มรภ.อุดรธานี มรภ.สกลนคร มรภ.เลย NIMT EXAT การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ECTI Association

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

ECTI-CARD 2017

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม

VOL.2

SESSION 301-318

วันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ.2560

ณ โรงแรม เชียงคาน ริเวอร์ เมาท์เทน

อ.เชียงคาน จ.เลย

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
SAKON NAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

ECTI-CARD 2017

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม

VOL.2

SESSION 301-318

วันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ.2560

ณ โรงแรม เชียงคาน ริเวอร์ เมาท์เทน

อ.เชียงคาน จ.เลย

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

© 2017 ลิขสิทธิ์นี้เป็นของ

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

Conference Organizer

สารจากอธิการบดี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี พร้อมด้วยมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ได้เป็นเจ้าภาพจัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ECTI-CARD 2017 เรื่อง “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม” การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมผลงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ งานนวัตกรรม และสิ่งประดิษฐ์รวมถึงเปิดโอกาสให้นักวิจัย ผู้พัฒนาและผู้ใช้งานหรือหน่วยงานต่างๆ ได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการร่วมกันและสามารถนำผลงานที่ตีพิมพ์ไปพัฒนาต่อยอดในระดับท้องถิ่นและสากลหรือพัฒนาสู่ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้

ในฐานะที่มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเป็นสถาบันอุดมศึกษา ภารกิจสำคัญในการขับเคลื่อนการศึกษาคือการทำวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้รับความไว้วางใจจากสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ (Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications, and Information Technology Association) หรือ (ECTI Association) ให้เป็นเจ้าภาพจัดการประชุมวิชาการในครั้งนี้ ซึ่งถือเป็นงานที่ตอบสนองต่อนโยบายและภารกิจหลักภารกิจหนึ่งของมหาวิทยาลัย การประชุมวิชาการครั้งนี้จัดเป็นครั้งที่ 9 โดยมีหัวข้อนำเสนอผลงานทางวิชาการและงานวิจัยด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเปิดโอกาสให้นิสิต นักศึกษา ได้เผยแพร่ผลงานวิจัยของตนเองสู่สาธารณะ จากการประชุมวิชาการครั้งที่ผ่านมาเห็นได้ว่านักวิจัย นักวิชาการ อาจารย์ และนักศึกษามีความสนใจอย่างมากในการเข้าร่วมการนำเสนอ ซึ่งในปีนี้เป็นที่น่าภาคภูมิใจและแสดงให้เห็นถึงทิศทางการทำวิจัยที่ดี โดยจำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณาตรวจอ่านและประเมินผลงานจากผู้ทรงคุณวุฒิของแต่ละสาขาวิชาเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมากว่า 200 บทความ ซึ่งผู้ร่วมงานสามารถนำองค์ความรู้ไปพัฒนาต่อยอด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นและส่งผลให้งานวิจัย นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์ และบุคลากรในประเทศไทยมีคุณภาพสูงสุด

ขอขอบคุณคณะทำงานทุกท่าน วิทยากร ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้นำเสนอผลงาน ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินงาน ผลักดัน และสนับสนุนให้การจัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ ในนามมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือและการสนับสนุนเป็นอย่างดีในโอกาสต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาติชาย ม่วงปฐม
รักษาราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

สารจากอธิการบดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

งานประชุมวิชาการ ECTI – CARD 2017 ครั้งที่ 9 “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม” ระหว่างวันที่ 25 – 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 ณ โรงแรมเชียงคาน ริเวอร์ เมาท์เทน จ.เลย ซึ่งมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อรวบรวมผลงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ งานนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ รวมถึงเปิดโอกาสให้นักวิจัย ผู้พัฒนา และผู้ใช้งานหรือหน่วยงานต่างๆ ได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการร่วมกัน และสามารถนำผลงานที่ตีพิมพ์ไปพัฒนาต่อยอดในระดับท้องถิ่นและสากล หรือพัฒนาสู่ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้

นับเป็นโอกาสดียิ่งที่คณาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครได้มีส่วนร่วมในการจัดประชุมวิชาการครั้งนี้ ถือเป็นการเข้าร่วมเวทีแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ด้านการวิจัย การนำเสนอบทความทางวิชาการ และนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ครั้งสำคัญ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาศักยภาพทางวิชาการของคณาจารย์ และยังตอบโจทย์การประกันคุณภาพการศึกษาของมหาวิทยาลัยอีกด้วย ตลอดจนสอดคล้องต่อการเป็นส่วนหนึ่งของการขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ยุค THAILAND 4.0 ด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม

ในนามของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขอขอบคุณกรรมการทุกท่าน จากทุกหน่วยงานที่เป็นองค์กรร่วมจัดงาน ECTI – CARD 2017 และขอให้การจัดงานสำเร็จลุล่วงบรรลุผลสำเร็จดังเจตนารมณ์ที่มุ่งหวังทุกประการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา ธรรมวินทร

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

สารจากอธิการบดี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

การจัดงานประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017 ครั้งที่ 9 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม ในครั้งนี้นับได้ว่ามีความสำคัญและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการศึกษา ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ตามพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547 หมวด 1 บททั่วไป มาตรา 7 ให้มหาวิทยาลัยเป็นสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นที่เสริมสร้างพลังปัญญาของแผ่นดิน ฯลฯ และมาตรา 8 ได้กำหนดภาระหน้าที่ของมหาวิทยาลัย ข้อ (1) แสวงหาความรู้ความจริงเพื่อสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการบนพื้นฐานของภูมิปัญญาท้องถิ่น ภูมิปัญญาไทยและภูมิปัญญาสากล ซึ่งจุดมุ่งหมายของการจัดงานในครั้งนี้ต้องการรวบรวมผลงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์งานนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์รวมถึงเปิดโอกาสให้นักวิจัย ผู้พัฒนาและผู้ใช้งานหรือหน่วยงานต่างๆ ได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการร่วมกันและสามารถนำผลงานที่ตีพิมพ์ไปพัฒนาต่อยอดในระดับท้องถิ่นและสากลหรือพัฒนาสู่ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ ยิ่งเห็นได้ว่าการประชุมครั้งนี้จะทำให้ตอบสนองต่อพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547 แล้ว ยังทำให้คณาจารย์ที่เข้าร่วมประชุมทางวิชาการได้มีเวทีแลกเปลี่ยนประสบการณ์ด้านการวิจัยและการนำเสนอบทความทางวิชาการจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยและต่อมหาวิทยาลัย ในการประกันคุณภาพการศึกษาระดับหลักสูตรและระดับมหาวิทยาลัย

นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการให้ประเทศไทยเป็นยุค THAILAND 4.0 โดยต้องการเปลี่ยนเศรษฐกิจแบบดั้งเดิมเป็นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม เพื่อให้ประชาชนผ่านกับดักรายได้ปานกลางเป็นรายได้สูง การจัดโครงการประชุมวิชาการดังกล่าวจะมีส่วนส่งเสริม สนับสนุน ให้ประเทศไทยก้าวไปสู่ THAILAND 4.0 ได้อย่างดียิ่ง

โดยเฉพาะคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ได้เข้าร่วมโครงการประชุมวิชาการในครั้งนี้จะได้รับประโยชน์โดยตรงที่จะทำให้ผู้บริหาร คณาจารย์ และบุคลากรได้รับประสบการณ์ตรงในการจัดประชุมทางวิชาการ และยังเป็นการกระตุ้นให้คณาจารย์ได้ทำผลงานทางวิชาการเพื่อทำให้คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมได้พัฒนางานทุกๆ ด้านมากยิ่งขึ้น

ในนามของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผู้บริหาร คณาจารย์และบุคลากร ขอให้ทุกท่านที่มาร่วมประชุมในครั้งนี้ นอกจากได้รับความสุขในการเดินทางมาจังหวัดเลยแล้ว ก็ขอให้ทุกท่านได้รับความรู้ ประสบการณ์และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชาว์ อินใย
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

สารจากรองผู้ว่าการฝ่ายกฎหมายและกรรมสิทธิ์ที่ดิน ทำการแทน ผู้ว่าการการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

สืบเนื่องจากในปี 2558 สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ (ECTI) ได้เชิญการทางพิเศษแห่งประเทศไทยส่งผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ ECTI - CARD 2015 และต่อมาในปี 2559 การทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้รับเกียรติเข้าร่วมแสดงปาฐกถาและนำเสนอผลงานวิจัย ในการประชุมวิชาการ ECTI - CARD 2016 ที่ผ่านมา การทางพิเศษแห่งประเทศไทยจึงได้เล็งเห็นว่าการประชุม วิชาการ ECTI เป็นเวทีที่เปิดโอกาส ให้กับนักวิจัย นักวิชาการ อาจารย์ และนักศึกษาจากสถาบันการศึกษาชั้นนำได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน นำไปสู่ความร่วมมือกันระหว่างหน่วยงานในอนาคต มาในครั้งนี้ การทางพิเศษแห่งประเทศไทยมีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้รับเกียรติจากสมาคม ECTI ให้ร่วมเป็นเจ้าภาพ ในการประชุมวิชาการ ECTI - CARD 2017 ครั้งที่ 9 “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม” ซึ่งนับเป็นโอกาสอันดีที่การทางพิเศษแห่งประเทศไทยจะได้เผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ในการดำเนินงานให้กับหน่วยงานที่สนใจนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ รวมถึงในวงวิชาการด้านการขนส่งและการจัดการจราจร

การทางพิเศษแห่งประเทศไทยในฐานะหน่วยงานสังกัดกระทรวงคมนาคมเห็นว่าการร่วมเป็นเจ้าภาพในครั้งนี้ถือเป็นการดำเนินงานร่วมกับภาคอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีในการตอบสนองนโยบายของรัฐบาลเพื่อเข้าสู่ยุค Thailand 4.0 ที่เน้นการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาเป็นตัวขับเคลื่อนการดำเนินงาน รวมถึงการเพิ่มมูลค่าสินค้าและการบริการ ซึ่งในการประชุมวิชาการ ECTI - CARD 2017 ครั้งนี้ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ได้มีโอกาสนำเสนอผลงานวิจัยและนวัตกรรม ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิด Expressway 4.0 ที่นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการทางพิเศษเพื่อให้ผู้ใช้ทางได้รับความสะดวกและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น อีกทั้ง ยังเป็นการพัฒนาศักยภาพของบุคลากรให้มีความเชี่ยวชาญด้านการวิจัยและพัฒนา เพื่อขับเคลื่อนหน่วยงานด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม เหล่านี้ถือเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาประเทศไปสู่ความ “มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน”

สุดท้ายนี้ การทางพิเศษแห่งประเทศไทยขอขอบคุณคณะกรรมการ คณะทำงาน รวมถึงผู้ประสานงานทุกท่านที่มีความมุ่งมั่นร่วมกันให้การดำเนินงานในทุกภาคส่วนบรรลุวัตถุประสงค์ของการประชุมในครั้งนี้ การทางพิเศษแห่งประเทศไทยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับเกียรติในการสนับสนุนการประชุมวิชาการ ECTI นำไปสู่ความเจริญก้าวหน้าทางวิชาการร่วมกันในโอกาสต่อไป

นายสุทธิศักดิ์ วรรธนวินิจ
รองผู้ว่าการฝ่ายกฎหมายและกรรมสิทธิ์ที่ดิน
ทำการแทน ผู้ว่าการการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

สารจากประธานจัดงาน

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ (Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications, and Information Technology Association) ซึ่งเรียกย่อๆว่า ECTI Association หรือ สมาคมอีซีทีไอ จัดตั้งขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมความก้าวหน้าด้านวิชาการในประเทศไทยในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ และเป็นแหล่งรวมข้อมูลความรู้ของงานประชุมวิชาการต่างๆ ที่จัดขึ้นภายในประเทศให้สามารถค้นหาข้อมูลบทความในสาขาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสะดวก และสามารถนำไปใช้ในการวิจัยต่อๆ ไปได้โดยสมาคมฯได้จดทะเบียนเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2545 ในการจัดตั้งสมาคมฯ นั้น ตั้งใจว่าจะพยายามให้คล้ายกับ IEEE หรือ IEICE (ของประเทศญี่ปุ่น). กิจกรรมหลักๆจะมี การออกวารสารวิชาการ (ซึ่งมี 2 ฉบับ คือ ECTI-EEC และ ECTI-CIT) ดำเนินการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ (เช่น ECTI CARD และอื่นๆ) ระดับนานาชาติ (เช่น ECTI CON, ECTI-NCON และอื่นๆ) การอบรมทางวิชาการ และการจัดบรรยายพิเศษ เป็นต้น

ECTI-CARD เป็นการประชุมทางวิชาการที่เน้นการวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการศึกษา อันส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย โดยผลงานที่นำเสนอจะได้รับการคัดกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างเข้มข้น นอกจากนี้คณะกรรมการจัดการประชุมยังได้คัดเลือกบทความรับเชิญที่น่าสนใจอีกจำนวนหนึ่งมานำเสนอในการประชุมอีกด้วย การประชุม ครั้งที่ 9 หรือ ECTI-CARD 2017 เป็นการจัดร่วมกัน ระหว่างสมาคมฯ กับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย การทางพิเศษแห่งประเทศไทย และสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ โดยกำหนดให้จัดขึ้นระหว่างวันที่ 25-28 กรกฎาคม 2559 ณ โรงแรม เชียงคาน ริเวอร์ เมาท์เทน จ.เลย ภายใต้หัวเรื่อง "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม" ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าระดับของเทคโนโลยีในปีปัจจุบันนั้นได้ก้าวหน้าไปมาก เมื่อเทียบกับปีก่อนเก่า การใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมนั้นจึงเป็นเรื่องจำเป็นสำหรับประเทศไทย ซึ่งก็เป็นหนึ่งสมาชิกใน ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (เออีซี)

ในฐานะนายกสมาคมอีซีทีไอ จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผู้เข้าร่วมประชุมจะได้รับประโยชน์อย่างสูงสุด และสามารถนำความรู้ไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและพัฒนาได้เป็นอย่างดี ตลอดจนได้พบปะนักวิชาการ นักวิจัยและพัฒนา สามารถสร้างเครือข่ายการทำงานในอนาคตได้ อันจะส่งผลต่อการพัฒนาประเทศในภาพรวมต่อไป

ท้ายที่สุด สมาคมฯ ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ผู้บริหารของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย การทางพิเศษแห่งประเทศไทย และสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ คณะกรรมการจัดงานทุกฝ่าย ผู้ทรงคุณวุฒิ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาที่มีส่วนร่วมทุกท่าน ในการจัดการประชุมวิชาการครั้งนี้

รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ชุมช่วย

นายกสมาคม ECTI

ชัยพันธุ์ ประการะพันธ์

ดร.ศักดิ์ดา พรรณไวย

อัจฉรา เจริญสุข

สารจากประธานคณะกรรมการวิชาการ

ก่อนอื่นต้องขอแสดงความยินดีกับนักวิจัยและผู้แต่งบทความที่ได้รับการคัดเลือกให้เป็นหนึ่งผู้ที่เข้าร่วมนำเสนอผลงานและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในงานประชุมวิชาการเชิงประยุกต์ ECTI-CARD 2017 ในครั้งนี้

งานประชุมนี้ถือได้ว่าเป็นงานประชุมระดับชาติที่มีความสำคัญ และประสบความสำเร็จเป็นอย่างยิ่งในระดับหนึ่ง โดยพิจารณาจากจำนวนบทความที่มีผู้สนใจส่งเข้าร่วมประเมิน โดยในปีนี้ซึ่งมีการจัดงานเป็นปีที่ 9 ติดต่อกัน ได้มีสถาบันการศึกษาและหน่วยงานต่างๆ จำนวน 51 หน่วยงาน ส่งผลงานเข้าร่วมประเมินจำนวนทั้งสิ้น 442 บทความ โดยมีอัตราการรับเข้าตีพิมพ์และนำเสนอผลงานอยู่ที่ 63.12% โดยแต่ละบทความจะได้รับการกลั่นกรองจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อให้ได้คุณภาพของผลงานตลอดจนความเหมาะสมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการประชุม

กระผมในนามของคณะกรรมการวิชาการ (Technical Program Committee) ทั้ง 4 ท่าน ต้องขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ช่วยพิจารณาผลงาน และให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยให้ดียิ่งขึ้นไป และต้องขอขอบคุณทางทีมงานทุกท่าน คณะเจ้าภาพจัดงาน รวมถึงการช่วยเหลือและสนับสนุนอย่างดีเยี่ยม จากทางสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ ประเทศไทย (ECTI)

ในท้ายที่สุดนี้กระผมขอให้ทุกท่านช่วยกันสนับสนุน ส่งผลงานทางวิชาการเข้าร่วม ร่วมเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงาน ตลอดจนมาเข้าร่วมงานประชุมกันอย่างต่อเนื่อง และนำความรู้ ความร่วมมือที่ได้จากการประชุมไปขยายผลและประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์กับประเทศชาติต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ผลเพิ่ม
ประธานคณะกรรมการวิชาการ

คณะกรรมการอำนวยการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017

ศ.ดร. โกสินทร์	จำนงไทย	(มจธ.)
ผศ.ดร. อภิรักษ์	จันทรสร้าง	(มก.)
รศ.ดร. อนันต์	ผลเพิ่ม	(มก.)
ศ.ดร. ประภาส	จงสถิตย์วัฒนา	(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
ศ.ดร. ประยุทธ	อัครเอกฒาลิน	(มจพ.)
ผศ.ดร. กฤษดา	ยิ่งขยัน	(มทร.ล้านนา)
รศ.ดร. สมศักดิ์	ชุมช่วย	(สจล.)
ผศ.ดร. ชัยวัฒน์	สากุล	(มทร.ศรีวิชัย)
ผศ.ดร. ณัฐพงศ์	พันธุนะ	(มทร.พระนคร)
ดร. ชัยวัฒน์	เจษตาจินต์	(NIMT)
ดร. ศักดิ์ดา	พรรณไวย	(กทพ.)

ที่ปรึกษาการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ดร. สุทธิพงศ์	เปรื่องค้า	(มรภ.อุดรธานี)
รศ.ดร. อลงกรณ์	พรมที	(มรภ.อุดรธานี)
ดร. เอกราช	ดีนาง	(มรภ. อุดรธานี)
ผศ. ปรีชาศาสตร์	มีเกาะ	(มรภ.สกลนคร)
ผศ.ดร. ชัยยศ	คำมี	(มรภ.เลย)
ดร. เกียรติศักดิ์	ศรีพิมาณวัฒน์	(ECTI)

คณะกรรมการดำเนินงานการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017

General Chairs

รศ.ดร. สมศักดิ์	ชุมช่วย	(สจล.)
ชัยพันธุ์	ประการะพันธ์	(มรภ.อุดรธานี)
ดร. ศักดิ์ดา	พรรณไวย	(กทพ.)
อัจฉรา	เจริญสุข	(มว.)

Technical Program Chairs

รศ.ดร. อนันต์	ผลเพิ่ม	(มก.)
ดร. ชัยวัฒน์	เจษฎาจินต์	(มว.)
ดร. สุชาดา	ตันติสถิระพงษ์	(มศว.)
ผศ.ดร. ณัฐพงศ์	พันธุนะ	(มทร.พระนคร)

Committee

ผศ.ดร. พินิจ	กำหอม	(มจธ.)
ดร. มนตรี	โพธิโสโนทัย	(สจล.)
รศ.ดร. อภินันท์	อุรโสภณ	(มมส.)
ผศ.ดร. กริช	สมกันธา	(มรภ. อุดรธานี)
ผศ. วิไลพร	กุลตังวัฒนา	(มรภ. อุดรธานี)
ผศ.ดร. คณิศร	จี้กระโทก	(มรภ. อุดรธานี)
ผศ.ดร. ลือชัย	พรหมรัตน์รักษ์	(มรภ. อุดรธานี)
ผศ. จุไรรัตน์จินดา	อรรคนิตย์	(มรภ.อุดรธานี)
ผศ. ปองพล	แสนสอน	(มรภ.อุดรธานี)
ดร. ภูเบศร์	พิพิธหิรัญการ	(มรภ.อุดรธานี)
ดร. ยุทธศักดิ์	ทอดทอง	(มรภ.อุดรธานี)
บัววรณ์	ไชยธงรัตน์	(มรภ.อุดรธานี)
ณัฐพงศ์	บุตรธนู	(มรภ.อุดรธานี)
ผศ.ดร. สราวุฒิ	บุญเกิดรัมย์	(มรภ.สกลนคร)
ผศ. รชต	บุณยะยุต	(มรภ.สกลนคร)
ปริญญา	รจนา	(มรภ.สกลนคร)
รณยุทธ	นนท์พละ	(มรภ.สกลนคร)
ก้องภพ	ชาอามาตย์	(มรภ.สกลนคร)

ผศ.ดร. ภาณุมาศ	พรหมเทศ	(มรภ.เลย)
ผศ. กิติศักดิ์	แสนประสิทธิ์	(มรภ.เลย)
ดร. คมยุทธ	ไชยวงษ์	(มรภ.เลย)
ผศ. ยุทธพงษ์	นาคโสภณ	(มรภ.เลย)
เมืองมล	เสนเพ็ง	(มรภ.เลย)
ภควดี	ศิริหล้า	(มรภ.เลย)
ปรกรณ์เกียรติ	ภูกองพลอย	(มรภ.เลย)
วันชาติ	สุพรมพิทักษ์	(มรภ.เลย)
จิระสักดิ์	เปมะศิริ	(กทพ.)
วิภาดา	เกษมสุข	(กทพ.)
วปิยภัทร	พงษ์นิทรัพย์	(กทพ.)
เรือโท เสนาะ	พุทธาวงษ์	(กทพ.)
เทพฤทธิ์	รัตนปัญญากร	(กทพ.)
เอกรินทร์	เหลืองวิลัย	(กทพ.)
รัชฎา	พรหมสาขา ณ สกลนคร	(กทพ.)
ดร. สัญญา	ควรคิด	(มรภ.นครปฐม)
ดร. ธวัชชัย	ทองเหลี่ยม	(มรภ.นครปฐม)
ยิ่งยศ	ศรีบุญเรือง	(มบ.สระแก้ว)
ดร. นิกร	แก้วแพรก	(วว.)
ดร. สถาพร	พรพรหมลิขิต	(มข.)
ธนาฒน์	สุกนวล	(มทร.อีสาน-นครราชสีมา)
ผศ. วิชชุพงษ์	วิบูลเจริญ	(มทร.อีสาน-นครราชสีมา)
ผศ.ดร. อดิเรก	จันตะคุณ	(มทร.อีสาน-ขอนแก่น)
ศราวุฑ	คงลำพันธ์	(มทร.อีสาน-ขอนแก่น)
กร	พวงนาค	(มทร.พระนคร)
มัณฑณา	เตี๋ยวงษ์สุวรรณ์	(มทร.พระนคร)
อัญชลี	มะโนสืบ	(มทร.พระนคร)
ผศ. จิรพงษ์	จิตตะโคตร์	(มทร.ธัญบุรี)
ดร. สายชล	ชุดเจือจีน	(มทร.กรุงเทพ)

Local Arrangement Chairs

ผศ. ปองพล	แสนสอน	(มรภ.อุดรธานี)
รณยุทธ	นนท์พละ	(มรภ.สกลนคร)
ก้องภพ	ชาอามาตย์	(มรภ.สกลนคร)
ผศ.กิตติศักดิ์	แสนประสิทธ์	(มรภ.เลย)
ณัฐพงศ์	บุตรธนู	(มรภ.อุดรธานี)

Information Management Chairs

ผศ.ดร. กริช	สมกันธา	(มรภ.อุดรธานี)
ผศ. วิไลพร	กุลตังวัฒนา	(มรภ.อุดรธานี)
ผศ.ดร. คณิศร	จี้กระโทก	(มรภ.อุดรธานี)
ไชยวัฒน์	หอมแสง	(มรภ.อุดรธานี)

Publication Chairs

ปริญญา	รจนา	(มรภ.สกลนคร)
ดร. ยุทธศักดิ์	ทอดทอง	(มรภ.อุดรธานี)
ผศ.ดร. สราวุฒิ	บุญเกิดรัมย์	(มรภ.สกลนคร)
ผศ. ปองพล	แสนสอน	(มรภ.อุดรธานี)

Workshop & Exhibition Chairs

ณัฐพงศ์	บุตรธนู	(มรภ.อุดรธานี)
ผศ.ณัฐกิตติ์	แสนทอง	(มรภ.อุดรธานี)

Finance & Registration Chairs

วิบูลย์	พร้อมพานิชย์	(สจล.)
หัถยา	คำภาษี	(มรภ.อุดรธานี)
ไพริน	แก้วกวย	(ECTI)

Secretaries

ปริญญา	รจนา	(มรภ.สกลนคร)
ผศ.กิตติศักดิ์	แสนประสิทธิ์	(มรภ.เลย)
ไมตรี	ธรรมมา	(มทร.อีสาน)
ณัฐพงศ์	บุตรธนู	(มรภ.อุดรธานี)

Special Session

รศ.ดร. วีระ	บุญจริง	(สจล.)
รศ.ดร. เอกรัฐ	บุญเชียง	(ม.เชียงใหม่)
ผศ.ดร. เกริก	ภิรมย์โสภา	(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
ดร. มนตรี	โพธิโสโนทัย	(สจล.)
ผศ.ดร. ชาญวิทย์	บุญช่วย	(บริษัทไซแนปประเทศไทยจำกัด)
ดร. เฉลิมภัณฑ์	ฟองสมุทร	(ม.บูรพา)
ผศ.ดร. นรรัตน์	วัฒนมงคล	(ม.บูรพา)
ณัฐพนธ์	จงฤกษ์มงคล	(SE-ED)
ดร. สุชาดา	ตันติสถิระพงษ์	(มศว.)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ผศ.ดร. นรรัตน์ วัฒนมงคล	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร. อภิรัฐ ลิ่มมณี	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร. เฉลิมภัณฑ์ ฟองสมุทร	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร. เชาวน์วัฒน์ เอื้อเฟื้อ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ยิ่งยศ ศรีบุญเรือง	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร. ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
รศ.ดร. ศันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร. ตรัสพงศ์ ไทยอุปถัมภ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร. กฤษณะ ไวยมัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ประดนเดช นีละคุปต์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. สุรศักดิ์ สงวนพงษ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร. จันทนา จันทราพรชัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร. พีรวัฒน์ วัฒนพงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร. ธนาวินท์ รักธรรมานนท์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร. พันธุ์ปิติ เปี่ยมสง่า	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร. ชัยพร ใจแก้ว	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร. สมชาย นำประเสริฐชัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร. ภุชงค์ อุทโยภาศ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร. อภิรักษ์ จันทร์สร้าง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. จิตติ นิรมิตรานนท์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. หัชทัย ชาญเลขา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. สุภาพร เอื้อจงมานี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. สุชัยศรี ไลออน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร สมศักดิ์ ชุมช่วย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ. ดร. รณชัย ติยะรัตนาชัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร. มนตรี โพธิโสโนทัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร. อุกฤษฏ์ วัชรีฤทัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร. พินิจ กำหอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศ.ดร โกสินทร์ จำนงไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร. ประเสริฐศักดิ์ เตียวงศ์สมบัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผศ.ดร. พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร. วิทวัส สิฏฐกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร. ณัฐพล ประยงค์พันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร. อภินันท์ อุรโสภณ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Withawat Tangtrongpairoj	NAIST
ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร. สุธาสินี ฉิมเล็ก	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร. ศักดิ์ดา พรรณไวย	การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
ดร. มณฑล หอมกลิ่นเทียน	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร. อ้อยใจ อ่องหร่าย	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร. ธัญญา คชวัฒน์	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
Natenapit Khumthukthit	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
เทพบดินทร์ บริรักษ์อราวินท์	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
รศ.ดร. สินชัย กมลภิวงศ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร. ธัชชัย เอ้งฉ้วน	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร. จิรวัฒน์ แท่นทอง	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร. วฤทธิ์ วิชกูล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร. เอกสิทธิ์ นุกูลเจริญลาภ	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผศ.ดร. อนนท์ นำอิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร. ชาญ ชัยเดชธรรมรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร. ธีระศักดิ์ สมศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร. นพพร พัชรประกิติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร. วิโรจน์ ปงลังกา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร. พลกฤษณ์ ทุนคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ. วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ธนาฒน์ สุกนวล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ไมตรี ธรรมมา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผศ.ดร. ณัฐพงศ์ พันธุนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร. พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อัญชลี มโนสืบ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร. นำคุณ ศรีสนิท	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร. ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผศ.ดร. อัญชลี สุวรรณมณี	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร. ดิเรก เสือสีนาค	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร. คมกฤษ ประเสริฐวงษ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร. สุชาดา ตันติสถิระพงษ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร. ทวีชัย อวยพรกชกร	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาคม ม่วงเขาแดง	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร. ชาญวิทย์ บุญช่วย	SYNAPES (Thailand) Co., Ltd. (AI Tech)
ดร. วนิดา พฤทธิวิทยา	มหาวิทยาลันธรรมศาสตร์
รศ.ดร. อลงกรณ์ พรมที	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.ดร. กริช สมกันธา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร. ชนันท์กรณ์ จันแดง	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ขอขอบคุณผู้ให้การสนับสนุนการจัดประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017

1. การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
2. บริษัท เยนเนอรัลอินสทรูเม้นท์ จำกัด
3. บริษัท แอสเวลล์ โซลูชั่น จำกัด
4. บริษัท แมริโกลด์ เทคโนโลยีส์ จำกัด
5. บริษัท ทรานส์โค้ด จำกัด
6. บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด
7. บริษัท จีเมติกส์ จำกัด
8. บริษัท อินฟราทรานส์ คอนซัลแตนซี (ประเทศไทย) จำกัด
9. บริษัท จีเนียส ทราฟฟิค ซีสเต็ม จำกัด
10. บริษัท แพลน บี มีเดีย จำกัด (มหาชน)
11. บริษัท ล็อกซเล่ย์ จำกัด (มหาชน)
12. บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)
13. ยู แอนด์ เอส อิเลคทรอนิกส์
14. สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
15. บริษัท เทรนประเทศไทย จำกัด
16. บริษัท ทางยกระดับดอนเมือง จำกัด (มหาชน)
17. บริษัท ไอซ์ แอลอีดี จำกัด
18. สถานีตำตรวจภูธร อ.เชียงคาน และ อบต.เชียงคาน

สรุปจำนวนบทความที่ส่งเข้าร่วมการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017

จำนวนบทความที่ส่งเข้าร่วมฯ มีทั้งสิ้น	**442**	**บทความ**
ผ่านการพิจารณา	279	บทความ
นำเสนอแบบบรรยาย	254	บทความ
นำเสนอแบบโปสเตอร์	25	บทความ
ไม่ผ่านการพิจารณา	105	บทความ
บทความที่ไม่สมบูรณ์	58	บทความ

สรุปจำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณา

กลุ่มที่ 1 : เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร	25	บทความ
กลุ่มที่ 2 : เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา	23	บทความ
กลุ่มที่ 3 : การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ	22	บทความ
กลุ่มที่ 4 : การเรียนการสอนทางไกล การศึกษาบันเทิงคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน	11	บทความ
กลุ่มที่ 5 : การกู้ภัย ระบบเตือนภัย และพยากรณ์	9	บทความ
กลุ่มที่ 6 : การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้านเครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย	17	บทความ
กลุ่มที่ 7 : การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม	16	บทความ
กลุ่มที่ 8 : ธุรกิจการธนาคาร การท่องเที่ยว และการโรงแรม	3	บทความ
กลุ่มที่ 9 : ระบบความปลอดภัย การควบคุมการเข้าถึงการยืนยันตัวตน ระบบตรวจจับ	13	บทความ
กลุ่มที่ 10 : มาตรวิทยา การวัดและควบคุม	20	บทความ
กลุ่มที่ 11 : วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	70	บทความ
กลุ่มที่ 12 : STEM เทคโนโลยีการศึกษา	12	บทความ
กลุ่มที่ 13 : ระบบควบคุมด้านการเกษตรและชีวิตประจำวัน	23	บทความ
กลุ่มที่ 14 : กลุ่มบทความพิเศษ	15	บทความ
Emerging Software and Hardware Technologies for Digital Smart Society		
Data Processing for Biomedical, Energy, and Environmental Applications		
กรมสอบสวนคดีพิเศษ(DSI)		

สรุปจำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณาแยกตามหน่วยงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	32	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	27	บทความ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	23	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	17	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย	14	บทความ
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ	14	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	12	บทความ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	14	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร	9	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	7	บทความ
การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	7	บทความ
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	7	บทความ
มหาวิทยาลัยนครพนม	8	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	6	บทความ
มหาวิทยาลัยบูรพา	6	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย	5	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี	5	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา	4	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	4	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	4	บทความ
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	4	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	3	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	3	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	3	บทความ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	3	บทความ
มหาวิทยาลัยมหิดล	3	บทความ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	3	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	2	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	2	บทความ
มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2	บทความ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2	บทความ

มหาวิทยาลัย นอร์ท-เชียงใหม่	2	บทความ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2	บทความ
มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2	บทความ
มหาวิทยาลัยสยาม	2	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด	1	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี	1	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์	1	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	1	บทความ
มหาวิทยาลัยสารคาม	1	บทความ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม	1	บทความ
มหาวิทยาลัยรังสิต	1	บทความ
โรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย	1	บทความ
มหาวิทยาลัยนเรศวร	1	บทความ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	1	บทความ
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์	1	บทความ
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	1	บทความ
มหาวิทยาลัยราชธานี	1	บทความ
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต	1	บทความ
วิทยาลัยพิชญบัณฑิต	1	บทความ
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์	1	บทความ

กำหนดการจัดงานประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017

วันอังคารที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ.2560 ลงทะเบียนผู้เข้าส่งบทความเตรียมการนำเสนอและจัดบูธจากผู้สนับสนุน								
วันพุธที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ.2560 เวลา 13:00 – 15:00 น.								
ห้อง นครเวียงจันทร์								**SESSION 111**
เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร ประธาน : ดร. สุวัฒน์ กิจเจริญวัฒน์(มทร.กรุงเทพ) รองประธาน : ดร. ยุทธศักดิ์ ทอดทอง(มรภ.อุดรธานี)								
ID	1053	1155	1188	1212	1224	1232	1256	1214
ห้อง แก่นท้าว								**SESSION 112**
เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา ประธาน : ดร. ศริญญา ปะสะกวี (สถาบันมาตรวิทยา) รองประธาน : ผศ. วาสนา เกษมสินธ์ (มรภ.สกล)								
ID	1341	1379	1322	1064	1112	1158	1387	
ห้อง วังเวียง								**SESSION 113**
เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา ประธาน : ดร. มณฑล หอมกลิ่นเทียน (สถาบันมาตรวิทยา) รองประธาน : ดร. ปิยวดี ยาบุษดี(มรภ.อุดรธานี)								
ID	1168	1065	1113	1161	1166	1196	1210	1296
ห้อง บ่อแก้ว								**SESSION 114**
กรมสอบสวนคดีพิเศษ(DSI) ประธาน : ดร. มนตรี โพธิโสโนทัย (สจล.) รองประธาน : ผศ. รชต บุณยะยุต (มรภ. สกลนคร)								
ID	1440	1441	1442	1156				
พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 15:00 – 15:15 น.								

วันพุธที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ.2560 เวลา 15:15 – 17:45 น.										
ห้อง นครเวียงจันทร์										**SESSION 115**
เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร ประธาน : รศ.ดร. อภินันท์ อุรโสภณ(มมส.) รองประธาน : ผศ. ปองพล แสนสอน(มรภ.อุดรธานี)										
ID	1186	1198	1223	1229	1250	1303	1328	1368	1404	
ห้อง แก่นท้าว										**SESSION 116**
ธุรกิจการธนาคาร การท่องเที่ยว และการโรงแรม ประธาน : ผศ.ดร. วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์(มทร.อิสาน โคราช) รองประธาน : ผศ.ดร. สราวุฒิ บุญเกิดรัมย์(มรภ.สกลนคร)										
ID	1066	1152	1260	1296	1325	1381	1146	1277		
ห้อง วังเวียง										**SESSION 117**
เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา ประธาน : ผศ.ดร. พินิจ กำหอม (มจธ.) รองประธาน : ดร. ภูเบศร์ พิพิธหิรัญการ(มรภ.อุดรธานี)										
ID	1034	1089	1138	1164	1184	1203	1248	1310	1313	1371
ห้อง บ่อแก้ว										**SESSION 118**
ระบบควบคุมด้านการเกษตรและชีวิตประจำวัน ประธาน : ผศ.ดร. ชาญวิทย์ บุญช่วย(บริษัทไซแนปประเทศไทยจำกัด) Speaker รับเชิญ รองประธาน : ดร. คมยุทธ ไชยวงษ์ (มรภ.เลย)										
ID	1008	1048	1098	1114	1183	1195	1231	1262	1275	
งานเลี้ยงต้อนรับ Welcome Party ลานสนามหญ้าเอนกประสงค์ 18:00 – 20:00 น.										

วันพฤหัสบดีที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ.2560 เวลา 08:00 – 10:00 น.								
ห้อง นครเวียงจันทร์								**SESSION 201**
การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ ประธาน : ดร. นฤดม นวลขาว (สถาบันมาตรวิทยา) รองประธาน : ดร. ธวัชชัย จารุวงศ์วิทยา (มทร.อีสาน โคราช)								
ID	1031	1083	1127	1176	1213	1245	1305	1354
ห้อง แก่นท้าว								**SESSION 202**
ระบบความปลอดภัย การควบคุมการเข้าถึงการยืนยันตัวตน ระบบตรวจจับ ประธาน : ผศ.ดร. ณัฐพงศ์ พันธุนะ(มทร.พระนคร) รองประธาน : ผศ. รชต บุณยะยุต(มรภ.สกลฯ)								
ID	1009	1072	1096	1282	1333	1334	1350	1069
ห้อง วังเวียง								**SESSION 203**
การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม ประธาน : ดร. ศักดา พรรณไวย(การทางพิเศษแห่งประเทศไทย) รองประธาน : ดร. ประจวบ อินระวงศ์ (มทร อีสาน โคราช)								
ID	1041	1087	1281	1038	1084	1205	1382	
ห้อง หลวงน้ำทา								**SESSION 204**
การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้านเครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย ประธาน : ผศ.ดร. อภิรักษ์ จันทรสร้าง(มก.) รองประธาน : อ. กร พวงนาค(มทร.พระนคร)								
ID	1032	1244	1316	1058	1200	1247	1378	
พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 10:00 – 10:15 น.								

วันพฤหัสบดีที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ.2560 เวลา 10:15 – 12:15 น.								
ห้อง นครเวียงจันทร์								**SESSION 205**
การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ ประธาน : ผศ.ดร. สายชล ชุดเจือจิน(มทร.กรุงเทพ) รองประธาน : ดร. ปิยวดี ยาบุษดี(มรภ.อุดรธานี)								
ID	1078	1126	1137	1179	1287	1340	1377	1395
ห้อง แก่นท้าว								**SESSION 206**
ระบบความปลอดภัย การควบคุมการเข้าถึงการยืนยันตัวตน ระบบตรวจจับ ประธาน : ผศ.ดร. วิทวัส สิฐกุล(มจพ.) รองประธาน : ผศ.ดร. คณิตศร จี้กระโทก(มรภ.อุดรธานี)								
ID	1046	1094	1194	1326	1424	1230	1422	1010
ห้อง วังเวียง								**SESSION 207**
การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม ประธาน : ดร. สัญญา ควรคิด (มรภ.นครปฐม) รองประธาน : อ. ก้องภพ ชาอามาตย์ (มรภ.สกลนคร)								
ID	1062	1143	1289	1040	1085	1386	1385	
ห้อง หลวงน้ำทา								**SESSION 208**
การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้านเครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย ประธาน : รศ.ดร. กฤษณะ ไวยมัย(มก.) รองประธาน : ผศ. วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ (มทร.อีสาน โคราช)								
ID	1043	1174	1246	1337	1095	1241	1304	1226
พักรับประทานอาหารกลางวัน ห้องดวงจำปา เวลา 12:15 – 13:00 น.								

วันพฤหัสบดีที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ.2560							
พิธีเปิด ห้องนครเวียงจันทร์ เวลา 13:00 - 13:30 น.							
Keynote ศ.ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา(จุฬาฯ), ศ.ดร.ประยุทธ อัครเอกฬาลิน(มจพ.), ศ.ดร.โกสินทร์ จำนงไทย(มจธ.) เวลา 13:30 - 14:15น.							
Keynote คุณจิระสักดิ์ เปมะศิริ ผู้อำนวยการฝ่ายสารสนเทศเวลา 14:15 - 15:00 น.							
พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 15:00 - 15:15 น.							
การนำเสนอภาคโปสเตอร์ ประธาน: รศ.ดร. อนันต์ ผลเพิ่ม(มก.) รองประธาน: ผศ.ดร. อภิรักษ์ จันทรสร้าง(มก.)							
1022	1047	1050	1051	1088	1136	1141	1150
1189	1191	1208	1215	1219	1220	1228	1264
1265	1271	1276	1297	1324	1370	1376	1392
1393							
วันพฤหัสบดีที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ.2560 เวลา 15:15 – 17:45 น.							
ห้อง นครเวียงจันทร์							**SESSION 211**
การกู้ภัย ระบบเตือนภัย และพยากรณ์ ประธาน : รศ.ดร. อนันต์ ผลเพิ่ม(มก.) รองประธาน : ผศ.ดร. คณิศร จี้กระโทก(มรภ.อุดรธานี)							
ID	1240	1128	1216	1283	1367	1284	1039	1178
ห้อง แก่นท้าว							**SESSION 212**
ระบบควบคุมด้านการเกษตรและชีวิตประจำวัน ประธาน : ผศ.ดร. ชัยพร ใจแก้ว(มก.) รองประธาน : ผศ. จิรพงษ์ จิตตะโคตร์(มทร.ธัญบุรี)							
ID	1019	1071	1270	1100	1187	1227	1267
ห้อง วังเวียง							**SESSION 213**
Special Session on Emerging Software and Hardware Technologies for Digital Smart Society ประธาน : ผศ.ดร. นรรัตน์ วัฒนมงคล(ม.บูรพา) รองประธาน : ผศ.ดร. สุรเชษฐ์ กานต์ประชา(ม.นเรศวร)							
ID	1428	1429	1430	1431	1432	1433	
ห้อง หลวงน้ำทา							**SESSION 214**
Special Session on Data Processing for Biomedical, Energy, and Environmental Applications ประธาน : รศ.ดร. เอกรัฐ บุญเชียง (ม.เชียงใหม่) รองประธาน : ดร. ชัยรัตน์ พินทอง (ม.นเรศวร)							
ID	1434	1435	1436	1437	1438	1439	
งานเลี้ยงรับรอง Banquet ลานสนามหญ้าเอนกประสงค์ เวลา 18:00 – 20:00 น.							

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560 เวลา 08:00 – 10:00 น.								
ห้อง นครเวียงจันทร์								**SESSION 301**
มาตรวิทยา การวัดและควบคุม ประธาน : รศ.ดร. เดชา พวงดาวเรือง (ม.เอเชียอาคเนย์) รองประธาน : ดร. เฉลิมภัณฑ์ ฟองสมุทร (ม.บูรพา)								
ID	1021	1074	1233	1396	1401	1405	1408	1407
ห้อง แก่นท้าว								**SESSION 302**
STEM เทคโนโลยีการศึกษา ประธาน : ดร. ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์(สถาบันมาตรวิทยา) รองประธาน : ดร. ธวัชชัย ทองเหลี่ยม (มรภ.นครปฐม)								
ID	1060	1104	1111	1181	1209	1338	1086	1037
ห้อง วังเวียง								**SESSION 303**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประธาน : ดร. กนกวรรณ นนทพจน์(สถาบันมาตรวิทยา) รองประธาน : อ. สมพร เตียเจริญ (ม.ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)								
ID	1011	1029	1063	1076	1118	1157	1006	1185
ห้อง หลวงน้ำทา								**SESSION 304**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประธาน : ดร. ชัยรัตน์ พินทอง (ม.นเรศวร) รองประธาน : ผศ. วิไลพร กุลตังวัฒนา (มรภ. อุดรธานี)								
ID	1026	1042	1097	1148	1162	1170		
พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 10:00 – 10:15 น.								

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560 เวลา 10:15 – 12:15 น.								
ห้อง นครเวียงจันทร์								**SESSION 305**
มาตรวิทยา การวัดและควบคุม ประธาน : ผศ.ดร. กฤษดา ยิ่งขยัน (มทร.ล้านนา) รองประธาน : ผศ. กิตติศักดิ์ แสนประสิทธิ์(มรภ.เลย)								
ID	1144	1327	1180	1398	1406	1411	1403	
ห้อง แก่นท้าว								**SESSION 306**
STEM เทคโนโลยีการศึกษา ประธาน : ผศ.ดร. ชัยยศ คำมี (มรภ.เลย) รองประธาน : อ. ยิ่งยศ ศรีบุญเรือง (ม.บูรพา สระแก้ว)								
ID	1099	1110	1175	1182	1237	1375	1159	1142
ห้อง วังเวียง								**SESSION 307**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประธาน : ผศ.ดร. ชัยวัฒน์ สากุล(มทร.ศรีวิชัย ตรัง) รองประธาน : ผศ.ดร. วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์(มทร.อิสาน โคราช)								
ID	1012	1035	1068	1103	1160	1169	1190	
ห้อง หลวงน้ำทา								**SESSION 308**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประธาน : ผศ. ดร. สุรเชษฐ์ กานต์ประชา(มน.) รองประธาน : ดร. วีรพล คงนุ่น(มรภ.อุตรดิตก์)								
ID	1027	1045	1075	1106	1154	1163	1177	1193
พักรับประทานอาหารกลางวัน ห้องหลวงน้ำทา เวลา 12:15 – 13:00 น.								

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560 เวลา 13:00 – 15:00 น.								
ห้อง นครเวียงจันทร์								**SESSION 311**
มาตรวิทยา การวัดและควบคุม ประธาน : รศ.ดร. อลงกรณ์ พรมที(มรภ.อุดรธานี) รองประธาน : อ. เมืองมล เสนเพ็ง(มรภ.เลย)								
ID	1402	1028	1335	1399	1423			
ห้อง แก่นท้าว								**SESSION 312**
การเรียนการสอนทางไกล การศึกษาบันเทิงคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน ประธาน : ดร. สุชาดา ตันติสถิระพงษ์(มศว.) รองประธาน : ดร. วีรพล คงนุ่น(มรภ.อุตรดิตก์)								
ID	1153	1211	1252	1363	1372	1016	1036	1067
ห้อง วังเวียง								**SESSION 313**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประธาน : ผศ.ดร. กริช สมกันธา (มรภ.อุดรธานี) รองปรธาน : ผศ.ดร. สราวุฒิ บุญเกิดรัมย์(มรภ.สกลนคร)								
ID	1199	1236	1258	1268	1280	1291	1302	1329
ห้อง บ่อแก้ว								**SESSION 314**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประธาน : ผศ. วิโรจน์ เพชรพันธุ์ศรี(มทร.กรุงเทพ) รองประธาน : ดร. ธวัชชัย ทองเหลี่ยม (มรภ.นครปฐม)								
ID	1225	1253	1261	1272	1288	1298	1319	1394
พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 15:00 – 15:15 น.								

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560 เวลา 15:15 – 17:45 น.						
ห้อง แก่นท้าว						**SESSION 316**
ธุรกิจการธนาคาร การท่องเที่ยว และการโรงแรม ประธาน : ผศ. สมเกียรติ ทองแก้ว(มทร.พระนคร) รองประธาน : อ. รณยุทธ นนท์พละ(มรภ.สกลนคร)						
ID	1421	1273	1410	1339	1400	1397
ห้อง วังเวียง						**SESSION 317**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประธาน : ผศ.ดร. ลือชัย พรหมรัตน์รักษ์(มรภ.อุดรธานี) รองประธาน : อ. ปริญญา รจนา (มรภ.สกลนคร)						
ID	1201	1239	1259	1286	1292	1315
ห้อง บ่อแก้ว						**SESSION 318**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประธาน : ผศ.ดร. ปภัศร์ชกรณ์ อารีย์กุล(มทร.ศรีวิชัย ตรัง) รองประธาน : ผศ. จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์(มรภ.อุดรธานี)						
ID	1234	1254	1266	1290	1301	1323

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 301**
มาตรวิทยา การวัดและควบคุม ห้อง นครเวียงจันทร์ ประธาน : รศ.ดร. เดชา พวงดาวเรือง (ม.เอเชียอาคเนย์) รองประธาน : ดร. เฉลิมภัณฑ์ ฟองสมุทร (ม.บูรพา)		
08:00 – 10:00 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1021	Measurement Corrosion Rate using Electrochemical Noise	589-592
1074	Lux Meter and Data Logger base on Arduino Board	593-596
1233	การค้นหาอัตราขยายวิธีการซีเกลอร์-นิโคลส์ด้วยขั้นตอนหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ	597-600
1396	การสอบเทียบเครื่องวัดเมกะโอห์มด้วยตัวต้านทานสูงมาตรฐาน	601-604
1401	Resistance Measurement Using Direct Current Comparator Bridge	605-608
1405	การสอบเทียบความยาวคลื่นของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง	609-612
1408	การศึกษาการวัดกระแสไฟฟ้าสูงของตัวต้านทานวัดกระแส 50 แอมแปร์ เพื่อเปรียบเทียบกับตัวต้านทานวัดกระแส 5, 10, และ 20 แอมแปร์ในการสอบเทียบฟังก์ชั่นกระแสสลับ	613-616
1407	การประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทานสาหรับใช้สอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทานแพลทินัมมาตรฐาน	617-620
	พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 10.00-10.15 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 302**
STEM เทคโนโลยีการศึกษา ห้อง แก่นท้าว ประธาน : ดร. ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์(สถาบันมาตรวิทยา) รองประธาน : ดร. ธวัชชัย ทองเหลี่ยม (มรภ.นครปฐม)		
08:00 – 10:00 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1060	TELEVISIONS LCD DEMONSTRATION SET	621-624
1104	A Study of Using Integrated Instructional Mathematics Education Model Based by Instructional Package	625-628
1111	การจำแนกกิจกรรมกลุ่มของนักเรียนภายในห้องเรียนโดยการระบุตัวตน	629-632
1181	DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION BASED ON STEM EDUCATION ON TOPIC: HOME ELECTRIC FOR PRATHOM SUKSA 3 STUDENTS	633-636
1209	Multimedia Instruction in topic Source of Energy According to Philosophy of the Sufficiency Economy for Pratomsuksa 3 Students	637-640

1338	การเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาโดยการใช้โครงงานเป็นฐานสำหรับการศึกษาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	641-644
1086	The Demonstrative Model of Car Audio Connection System	645-648
1037	Life Saving by sensors	649-652
	พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 10:00 – 10:15 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 303**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ห้อง วังเวียง ประธาน : ดร. กนกวรรณ นนทพจน์(สถาบันมาตรวิทยา) รองประธาน : อ. สมพร เตียเจริญ (ม.ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)		
08:00 – 10:00 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1011	Extraction of Parasitic Capacitances Model of p-n Junction in NMOSFET at Elevated Temperature	653-656
1029	โปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้จียูไอของแมทแล็ป	657-660
1063	ชุดควบคุมแสงสว่างของหลอด LED สำหรับการปลูกพืช	661-664
1076	ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ด้วยเทคนิคการกำหนดเวลา	665-668
1118	กรณีศึกษาเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง ประสิทธิภาพของหลอดไฟ และการวิเคราะห์ความเพียงพอของแสงสว่างภายในอาคาร โดยใช้โปรแกรม Dialux	669-672
1157	การประเมินสภาพหม้อแปลงด้วยวิธีวิเคราะห์ทางไฟฟ้า	673-676
1006	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคธาลัสซีเมียในประเทศไทย	677-680
1185	โมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัว	681-684
	พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 10:00 – 10:15 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 304**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ห้อง หลวงน้ำท่า ประธาน : ดร. ชัยรัตน์ พินทอง (ม.นเรศวร) รองประธาน : ผศ. วิไลพร กุลตังวัฒนา (มรภ. อุดรธานี)		
08:00 – 10:00 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1026	การศึกษาประสิทธิภาพระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบกริดฟอลแบค	685-688
1042	การวิเคราะห์ความผิดพร่องของขดลวดสเตเตอร์ลัดวงจรในมอเตอร์เหนี่ยวนาสามเฟสโดย	689-692

	พาร์คเวกเตอร์	
1097	A study on Separation plastic recycles using High electric field	693-696
1148	เครื่องตรวจจับรอยตำหนิอัตโนมัติด้วยระบบวิชั่น	697-700
1162	การศึกษาลักษณะและการป้องกันแก้ไขการเกิดกระแสกระชากในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	701-704
1170	การประเมินวิธีการประมาณภาระทางกลของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส เมื่ออ้างอิงตามประเภทความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า	705-708
	พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 10:00 – 10:15 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 305**
มาตรวิทยา การวัดและควบคุม ห้อง นครเวียงจันทร์ ประธาน ผศ.ดร. กฤษดา ยิ่งขยัน (มทร.ล้านนา) รองประธาน : ผศ. กิตติศักดิ์ แสนประสิทธิ์(มรภ.เลย)		
10:15 – 12:15 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1144	การออกแบบตัวควบคุม PID+Q เชิงวิเคราะห์เพื่อกำจัดอิทธิพลของซีโรที่มีต่อผลตอบสนองของระบบ	709-712
1327	เครื่องบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยราสเบอรี่พายผ่านอินเตอร์เน็ต	713-616
1398	การวัดสภาพความเป็นแม่เหล็กของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานโดยวิธี Susceptometer	717-720
1180	การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ LabVIEW เพื่ออ่านและเก็บข้อมูลอุณหภูมิแบบเรียลไทม์จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิผ่านมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ RS485	721-724
1406	Design and estimation of surface temperature of calibration apparatus for surface thermometers	725-728
1411	Establishment of the National Capacitance Standards for 1 pF, 10 pF, 100 pF, and 1000 pF in the Frequency Range 10 kHz to 1 MHz	729-732
1403	การศึกษาความต้านทานจำลองจากเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐานที่มีความสัมพันธ์ ต่อความถูกต้องของการสอบเทียบเครื่องวัดมัลติมิเตอร์	733-736
	รับประทานอาหารกลางวัน ห้องดวงจำปา เวลา 12:15 – 13:00 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 306**
STEM เทคโนโลยีการศึกษา ห้อง แก่นท้าว ประธาน : ผศ.ดร. ชัยยศ คำมี (มรภ.เลย) รองประธาน : อ. ยิ่งยศ ศรีบุญเรือง (ม.บูรพา สระแก้ว)		
10:15 – 12:15 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1099	Web Application Support Active Learning	737-740
1110	การจำแนกกิจกรรมนักเรียนสาหรับสะเต็มศึกษาโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ	741-744
1175	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	745-748
1182	Human Digestive System using Virtual Reality	749-752
1237	รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	753-756
1375	การสร้างชุดจำลองสายพานลำเลียงของการแยกวัสดุด้วยพีแอลซี	757-758
1159	แอนิเมชัน2มิติ เรื่อง โรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยเด็ก กรณีศึกษาโรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราชจังหวัดลพบุรี	759-762
1142	Mobile Application Case Study Network System Protection Game	763-766
	รับประทานอาหารกลางวัน ห้องดวงจำปา เวลา 12:15 – 13:00 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 307**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ห้อง วังเวียง ประธาน : ผศ.ดร. ชัยวัฒน์ สากุล(มทร.ศรีวิชัย ตรัง) รองประธาน : ผศ.ดร. วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์(มทร.อิสาน โคราช)		
10:15 – 12:15 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1012	โปรแกรมช่วยในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี	767-770
1035	การสร้างเครื่องย้อมสีแบคทีเรียแบบอัตโนมัติ	771-774
1068	เครื่องต้นแบบสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่ายภาพฉาย	775-778
1103	แอปพลิเคชั่นระบบแอนดรอยด์เปิด-ปิดไฟฟ้าผ่านบลูทูธ	779-782
1160	การออกแบบและสร้างเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ด้วยพีซีทีชนิดคู่สาหรับงานล้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ โดยวิธีการปรับกาลังไฟฟ้าของเรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์แบบเต็มบริดจ์ผ่านรูปคลื่นแรงดันที่ไม่สมมาตร	783-786

1169	การประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสในสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสมดุลต่ำกว่าปกติ สมดุลสูงกว่าปกติ และไม่สมดุลโดยใช้วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูลจริงในรูปแบบต่าง ๆ	787-790
1190	เครื่องอบข้าวเปลือกขนาดเล็กด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ Small grain dryers by solar energy	791-794
	รับประทานอาหารกลางวัน ห้องดวงจำปา เวลา 12:15 – 13:00 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 308**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ห้อง หลวงน้ำท่า ประธาน : ผศ. ดร. สุรเชษฐ์ กานต์ประชา(มน.) รองประธาน : ดร. วีรพล คงนุ่น(มรภ.อุตรดิตก์)		
10:15 – 12:15 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1027	Measurement Instrument Data Health Tracking for Exercise by Bicycling	795-798
1045	Oil Filling Machine Control by Arduino Board	799-802
1075	ระบบควบคุมป้ายทางโค้งแบบหลอด LED ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	803-806
1106	Brick from Micro fiber waste	807-810
1154	Detection of Foreign Bodies in Food using Thermal Imaging Technique	811-814
1163	Controlled PCB Etching Process with FPGA	815-818
1177	การตรวจจับควันบุหรี่ด้วยการประมวลผลภาพและโครงข่ายประสาทเทียม	819-822
1193	Development Obstruction Object Counting Using BLOB Analysis And Top- hat Filter Techniques	823-826
	รับประทานอาหารกลางวัน ห้องดวงจำปา เวลา 12:15 – 13:00 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 311**
มาตรวิทยา การวัดและควบคุม ห้อง นครเวียงจันทร์ ประธาน : รศ.ดร. อลงกรณ์ พรมที(มรภ.อุดรธานี) รองประธาน : อ. เมืองมล เสนเพ็ง(มรภ.เลย)		
13:00 – 15:00 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1402	Design and Development of Laser Energy Calibration System for Medical and Cosmetic Applications in Thailand	827-830
1028	ระบบตรวจวัดคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติแบบเวลาจริงผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต	831-834

1335	The Development of Liquid Level Control System Simulator by Microcontroller For used in Control System Laboratory	835-838
1399	การเตรียมวัสดุอ้างอิงรับรองเมลามีนในขนมปังกรอบ	839-842
1423	ชุดทดลองการควบคุมแท็งก์น้ำแบบ PID โดยโปรแกรม LabVIEW	843-846
	พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 15:00 – 15:15 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 312**
การเรียนการสอนทางไกล การศึกษาบันเทิงคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน ห้อง แก่นท้าว ประธาน : ดร. สุชาดา ตันติสถิระพงษ์(มศว.) รองประธาน : ดร. วีรพล คงนุ่น(มรภ.อุตรดิตก์)		
13:00 – 15:00 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1153	ระบบการเรียนรู้ไม่จำกัดสถานที่	847-850
1211	Virtue Reality Bike System for Google Cardboard	851-854
1252	การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สำหรับตีกลองชุดที่ความคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	855-858
1363	แอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	859-862
1372	การพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์	863-866
1016	เกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน กลุ่มวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5	867-870
1036	เกมเสริมทักษะการคิดคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6	871-874
1067	The Word Land	875-878
	พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 15:00 – 15:15 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 313**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ห้อง วังเวียง ประธาน : ผศ.ดร. กริช สมกันธา (มรภ.อุดรธานี) รองประธาน : ผศ.ดร. สราวุฒิ บุญเกิดรัมย์(มรภ.สกลนคร)		
13:00 – 15:00 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1199	ล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์	879-882
1236	การศึกษาการวัดความชื้นข้าวเปลือกด้วยการส่งผ่านความถี่ย่าน UHF	883-886
1258	Speed Control System For Bears Machine	887-890

1268	The Direct Current production by using Bicycle	891-894
1280	Google Map Application for Distribution network mapping base on DigSILENT Power Factory	895-898
1291	วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์โหมดกระแส 3 เฟส โดยใช้ CDCTA เพียงตัวเดียว	899-902
1302	การออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารโดยโปรแกรมไดอะลักซ์	903-906
1329	Modified simulated annealing Optimization for Solving Economic Dispatch Problem	907-910
	พักรับประทานอาหารว่าง 15:00 – 15:15 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 314**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ห้อง บ่อแก้ว ประธาน : ผศ. วิโรจน์ เพชรพันธุ์ศรี(มทร.กรุงเทพ) รองประธาน : ดร. ธวัชชัย ทองเหลี่ยม (มรภ.นครปฐม)		
13:00 – 15:00 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1225	The design demonstration set an automatic parking the easy use of the Excel program and control PLC	911-914
1253	Design of a Magnetic Levitation Control System with Phase Lead Controller	915-918
1261	Automatic pH and Electric Conductivity Adjustment Machine in Hydroponics System	919-922
1272	ตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะ	923-926
1288	Development of Transfer Robot for Automatic Stamping Machine	927-930
1298	การออกแบบหม้อแปลงพานาร์ในวงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ชนิดหลายเอาท์พุท สาหรับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์	931-934
1319	การประยุกต์ใช้เซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกเพื่อการตรวจจับล้อรถยนต์สำหรับเครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์อัตโนมัติ	935-938
1394	การขนานวงจรสวิตช์เดี่ยวแบบเรโซแนนซ์ขนานสำหรับงานทุบขึ้นรูปมีดอรัญญิก ด้วยการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ	939-942
	พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 15:00 – 15:15 น.	

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 316**
ธุรกิจการธนาคาร การท่องเที่ยว และการโรงแรม ห้อง แก่นท้าว ประธาน : ผศ. สมเกียรติ ทองแก้ว(มทร.พระนคร) รองประธาน : อ. รณยุทธ นนท์พละ(มรภ.สกลนคร)		
15:15 – 17:45 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1421	การบูรณาการรูปแบบการพัฒนาศักยภาพการพึ่งตนเองในกลุ่มผู้สูงอายุและหมอเมืองแบบยั่งยืน โดยเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ตำบลท่าก๊อ อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย	943-946
1273	The position checking system for part on the conveyor system by using Image Processing	947-950
1410	การพัฒนาตู้ฟักไข่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ	951-954
1339	ระบบสมองกลฝังตัวควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสั่งงานด้วยเสียงพูดเฉพาะบุคคล	955-958
1400	การประยุกต์ใช้วงจรแบบครึ่งบริดจ์ 2 กิ่งสำหรับวงจรแปลงกระแสสลับเป็นกระแสสลับควบคุมกระแสเพื่อทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์	959-962
1397	Development of CPW-FED Hexagonal Slot Antenna for Digital Television Application	963-966

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION317**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ห้อง วังเวียง ประธาน : ผศ.ดร. ลือชัย พรหมรัตน์รักษ์(มรภ.อุดรธานี) รองประธาน : อ. ปริญญา รจนา (มรภ.สกลนคร)		
15:15 – 17:45 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1201	Comparative Studies in Time and Frequency Domains Responses of SISO and MISO Polynomial Models for Discussion of Application in Nonlinear Signal Processing	967-970
1239	เครื่องช่วยยกผู้ป่วยควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	971-974
1259	Implement Chaotic Generator Based on Matlab Simulink for a Liquid Mixer	975-978
1286	การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สภาวะเฟสไม่สมดุล	979-982
1292	Design and fabrication of scrap oyster shell milling machine	983-986
1315	An Analysis of Mechanical Properties of Metals with Tensile Testing	987-990

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 318**
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ห้อง บ่อแก้ว ประธาน : ผศ.ดร. ปภัศร์ชกรณ์ อารีย์กุล(มทร.ศรีวิชัย ตรัง) รองประธาน : ผศ. จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์(มรภ.อุดรธานี)		
15:15 – 17:45 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1234	การวิเคราะห์ผลของรากสายดินต่อกับดักเสิร์จในระบบจำหน่ายด้วยโปรแกรม ATP	991-994
1254	State Feedback Controller Design for Speed Control System	995-998
1266	Design and Development of the Freeze Dryer.	999-1002
1290	ชุดสาธิตโซล่าเซลล์เคลื่อนที่แสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์	1003-1006
1301	ส่วนเหนี่ยวนำ 4 พอร์ต สำหรับการประยุกต์ใช้ในเครื่องเคลือบฟิล์มบาง	1007-1010
1323	ระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่และพลังงานลมแบบบูรณาการในระบบเอซีไมโครกริด	1011-1014

วันพฤหัสบดีที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**Poster**
Poster Session ประธาน : รศ.ดร. อนันต์ ผลเพิ่ม(มก.) รองประธาน : ผศ.ดร. อภิรักษ์ จันทรสร้าง(มก.)		
13:00 – 17:00 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1022	Assessment of Concentrator Photovoltaic Cooled	1015-1018
1047	ต้นแบบเพื่อศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นทะเลแบบลอย	1019-1022
1050	การศึกษาการเจริญเติบโตต้นอ่อนทานตะวันโดยการควบคุมแสงและน้ำด้วยอาร์ดูโน	1023-1026
1051	การควบคุมปัจจัยสำหรับการฟักไข่ไก่โดยอาร์ดูโน่	1027-1030
1088	ระบบติดตามและควบคุมเครื่องปรับอากาศ	1031-1034
1136	เครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอม	1035-1038
1141	โมดูลเปิด-ปิดหลอดไฟไร้สายด้วยแลปวิว	1039-1042
1150	7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD) Activity. : Bio-indicator for Agro-chemical Contamination in the Aquatic Environment	1043-1046
1189	Device for Bottle Opener Controlled by Blood Alcohol Concentration Level	1047-1050
1191	การพัฒนาชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบนอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง	1051-1054
1208	ระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุในเวลาจริงด้วยการใช้ข้อมูลสีร่วมกับการเทียบ	1055-1056
1215	ระบบทดสอบสมรรถภาพทางสายตาสำหรับการขอใบอนุญาตขับรถ	1057-1060

1219	Color Blindness and Reflex Tests for Driver License Issuance System	1061-1064
1220	การพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	1065-1068
1228	E-Learning of Human Anatomy in 3D Model	1069-1072
1264	Smart Air Condition Control via Internet	1073-1074
1265	ชุดค้นหาและตัดสัญญาณอุปกรณ์สื่อสารโดยใช้ SDR	1075-1076
1271	Intelligent Train Tracking System for Eastern Rail Route	1077-1078
1276	Mixing Machine for Seed Additives 2	1079-1082
1297	ปลั๊กพ่วงอัจฉริยะควบคุมด้วยสมาร์ทโฟน	1083-1086
1324	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย SVPWM บนพื้นฐานของDSP TMS320F28335	1087-1090
1370	เครื่องดูดและกำจัดควันตะกั่วบัดกรี โดยใช้พลังงานไฟฟ้าโอโซไนซ์	1091-1094
1376	อากาศยานการเกษตรขนาดเล็กกึ่งอัตโนมัติแบบ 6 ใบพัดพิกัด 600 วัตต์	1095-1098
1392	Development of KMITL-CubeSat Engineering Model and Testing with High Altitude	1099-1100
1393	ชุดอุปกรณ์ปลูกพืชและสวนยุคใหม่ผ่านเทคโนโลยี IoT และ Mobile Application	1101-1102

ผู้แสดงปาฐกถา (Keynote speaker)

วันที่ 27 กรกฎาคม 2560 ห้องนครเวียงจันทร์ เวลา 13:30 - 14:15 น.

ดร. พันธ์ศักดิ์ ศิริรัชตพงษ์

(คุณวุฒิ DEA. (Electronics) และ D. Ing จาก Institute National Polytechniquede Grenoble (INPG) ประเทศฝรั่งเศส)

หัวข้อบรรยายเรื่อง **เศรษฐกิจดิจิทัลกับประเทศไทย 4.0**

ตำแหน่งหน้าที่สำคัญในอดีต

- ปัจจุบัน ผู้ช่วยรัฐมนตรีประจำกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม
- พ.ศ.๒๕๕๗ - พ.ศ.๒๕๕๘ ผู้ช่วยรัฐมนตรีประจำกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- พ.ศ.๒๕๕๗ - พ.ศ.๒๕๕๘ ที่ปรึกษา ปลัดกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- พ.ศ.๒๕๔๙ - พ.ศ.๒๕๕๗ ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
- พ.ศ.๒๕๔๙ ผู้อำนวยการสำนักบริการเทคโนโลยีสารสนเทศภาครัฐ
- พ.ศ.๒๕๔๕ นายกสมาคมสมองกลฝังตัวไทย

ตำแหน่งงานอื่น

- พ.ศ.๒๕๕๐ - ปัจจุบัน กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ สภามหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- พ.ศ.๒๕๕๐ - ปัจจุบัน กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ สภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
- พ.ศ.๒๕๕๙ - ๑ ตุลาคม ๒๕๕๘ กรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พ.ศ.๒๕๕๔ - ๑ ตุลาคม ๒๕๕๘ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจัดหาระบบคอมพิวเตอร์ของรัฐ วงเงินงบประมาณเกิน ๑๐๐ ล้านบาท กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- พ.ศ.๒๕๕๓ - ๑ ตุลาคม ๒๕๕๘ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิในคณะกรรมการธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (ด้านวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์) กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- พ.ศ.๒๕๕๗ - ๑ ตุลมคม ๒๕๕๘ คณะทำงานปรับแผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ.๒๕๕๘ - ๒๕๖๑
- พ.ศ.๒๕๕๒ - ๑ ตุลาคม ๒๕๕๘ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะกรรมการบูรณาการและปฏิรูประบบทะเบียนแห่งชาติ
- พ.ศ.๒๕๕๙ - พ.ศ. ๒๕๕๗ คณะกรรมการสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ กระทรวงอุตสาหกรรม
- พ.ศ.๒๕๕๒ คณะกรรมการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของรัฐสภา

เครื่องราชอิสริยาภรณ์ชั้นสูงสุดที่ได้รับ

- เครื่องราชอิสริยาภรณ์มงกุฎไทย ชั้นที่ ๑ ชื่อ ประถมาภรณ์

ผู้แสดงปาฐกถา (Keynote speaker)

วันที่ 27 กรกฎาคม 2560 ห้องนครเวียงจันทร์ เวลา 14:15 – 15:00 น.

นายจิระสักดิ์ เปมะศิริ

(คุณวุฒิ ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (โยธา-ก่อสร้าง) วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทเวศน์)

หัวข้อบรรยายเรื่อง **การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการปฏิบัติงาน**
และบริการประชาชนของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

ประวัติ

เกิดวันที่ 30 ตุลาคม 2500

ตำแหน่งหน้าที่สำคัญในอดีต

ปัจจุบัน	ผู้อำนวยการฝ่ายสารสนเทศ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
พ.ศ. 2533	วิศวกร 7 หัวหน้าแผนกสำรวจและรังวัด กองจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน
พ.ศ. 2538	วิศวกร 8 ผู้อำนวยการกองจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน 1 ฝ่ายกรรมสิทธิ์ที่ดิน
พ.ศ. 2542	วิศวกร 8 ผู้อำนวยการกองรักษาเขตทาง ฝ่ายกฎหมาย
พ.ศ. 2544	วิศวกร 8 ผู้อำนวยการกองพัฒนาเขตทาง ฝ่ายกรรมสิทธิ์ที่ดิน
พ.ศ. 2546	วิศวกร 8 ผู้อำนวยการกองประเมินผล ฝ่ายสารสนเทศ
พ.ศ. 2548	วิศวกร 8 ผู้อำนวยการกองประเมินผล ฝ่ายนโยบายและแผน
พ.ศ. 2559	วิศวกร 9 ผู้อำนวยการฝ่ายสารสนเทศ

เครื่องราชอิสริยาภรณ์ชั้นสูงสุดที่ได้รับ

พ.ศ. 2549	เครื่องราชอิสริยาภรณ์ ช้างเผือก ชั้นที่ 4 ชื่อ จัตุรถาภรณ์ ช้างเผือก (จ.ช.)
พ.ศ. 2544	เครื่องราชอิสริยาภรณ์ มงกุฎไทย ชั้นที่ 4 ชื่อ จัตุรถาภรณ์ มงกุฎไทย (จ.ม.)
พ.ศ. 2539	เครื่องราชอิสริยาภรณ์ ช้างเผือก ชั้นที่ 5 ชื่อ เบญจมาภรณ์ ช้างเผือก (บ.ช.)

ผู้บรรยายรับเชิญ (Invited Speaker)

กลุ่มการขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม

วันที่ 27 กรกฎาคม 2560 ห้องวังเวียง เวลา 8:00 น.

ดร.ศักดิ์ดา พรรณไวย

(คุณวุฒิ Ph.D. (Intelligent Transport System), the University of Queensland, Australia)

หัวข้อบรรยายเรื่อง **ความท้าทายของวิศวกรรมให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคม**

กรณีศึกษา : การพัฒนาระบบเก็บค่าผ่านทางแบบไร้ด่าน

The Challenge of Engineering towards the Social Change Case Study: the Development of Multi-Lane Free Flow (MLFF)

"The Expressway Authority of Thailand (EXAT) has developed a novel toll collection tool known as Multi-Lane Free Flow (MLFF) to increase toll plaza capacity. According to the fact that EXAT aims to deal with traffic congestion at toll plaza, the MLFF can increase toll collection capacity from 400 vehicles/hour to 2,100 vehicles/hour which is a huge improvement around 3-4 times capacity increase. The development will reduce congestion and give overall benefits to road users and the people who live in Bangkok and vicinity."

ประสบการณ์ด้านงานวิจัย

- The Asia Pacific Economic Cooperation (APEC) (Civil Engineering)
- The ASEAN Chartered Professional Engineer (ACPE)
- Professional Engineer **(P.E.)**, Council of Engineers **(**COE**)**, Thailand
- IEEE Reviewer Member: the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- รางวัลบทความดีเด่น Best Paper Award บทความเรื่อง An Open - Source Application for Sustainable Knowledge Management: A Case study on Expressway Authority of Thailand ในการประชุม Knowledge and Digital Society National Conference ระหว่างวันที่ 25-26 ธันวาคม 2558
- นักวิจัยรับเชิญ (Invited researcher) School for International Development and Cooperation (IDEC), the Hiroshima University ประเทศญี่ปุ่น ระหว่างวันที่ 1-31 กรกฎาคม 2554
- รางวัลชนะเลิศ Travel Award Winner บทความเรื่อง Development of SIDRA-TRIP Integrated GPS Model to Evaluate Fuel Consumption/Emission on Expressway and Alternative Road ในการประชุม the 17th ITS World Congress สาธารณรัฐเกาหลี ระหว่างวันที่ 25-29 ตุลาคม 2553

ผู้บรรยายรับเชิญ (Invited Speaker) กลุ่มบทความพิเศษ

Special Session on Emerging Software and Hardware Technologies for Digital Smart Society

วันที่ 26 กรกฎาคม 2560 เวลา 15:00 น. ห้องนครเวียงจันทร์ เวลา 15:00 น.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ บุญช่วย

(คุณวุฒิ D.Eng. Energy, Asian Institute of Technology)

หัวข้อบรรยายเรื่อง **การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ (AI) สำหรับการประยุกต์สู่เชิงพาณิชย์**

Developing Artificial Intelligence for Commercial Applications

"Digital transformation brings the world much easier and smarter. For example, in the next decades, a driving license may not be required for driving a car since automatic self-driving cars are available. And almost devices may know you more than your close friends. The advancement of technologies relies on artificial intelligence (AI) adoptions. In this talk, success factors for commercial AI development will be mentioned such as combined AI algorithms, cloud computing, super-fast processor speed (quantum computing), high speed data transmission, large amount of data, and AI-on-chip technologies. In addition, information of AI development tools and learning resources will be provided."

ประสบการณ์ด้านงานวิจัย

- ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี AI และประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท ไซแนปส์ (ประเทศไทย) จำกัด
- เคยดำรงตำแหน่งอาจารย์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- C. Boonchuay, "Improving Regulation Service Based on Adaptive Load Frequency Control in LMP Energy Market," *IEEE Transactions on Power System*, vol.29, no.2, pp.988–989, Mar. 2014.

ผู้บรรยายรับเชิญ (Invited Speaker) กลุ่มบทความพิเศษ

Special Session on Emerging Software and Hardware Technologies for Digital Smart Society

วันที่ 27 กรกฎาคม 2560 เวลา 15:00 น. ห้องวังเวียง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรรัตน์ วัฒนมงคล

(คุณวุฒิ วศ.ด. วิศวกรรมไฟฟ้า, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

หัวข้อบรรยายเรื่อง **โคมไฟแอลอีดกำลังสูงสำหรับภาวะตัวเหลืองในทารกแรกเกิด**

High Power LED Lamp Phototherapy for Neonatal Hyperbilirubinemia

"สาเหตุการเกิดภาวะตัวเหลืองในทารกแรกเกิด (Neonatal Hyperbilirubinemia) เนื่องจากการเกิดมีสารบิลิรูบิน (Bilirubin) ซึ่งเป็นสารสีเหลืองอยู่ในเลือดสูงกว่าปกติ จึงส่งผลต่อพัฒนาการทางสมองของทารกอย่างมาก โดยการรักษาทางการแพทย์นั้นมักนิยมใช้วิธีการส่องไฟ (Phototherapy) ซึ่งมีความเสี่ยงในการรักษาน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ และให้ผลการรักษาที่ดี งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาโคมไฟแอลอีดีกำลังสูงสำหรับรักษาภาวะตัวเหลืองในทารกแรกเกิด แสงไฟที่ถูกนำมาใช้ในการรักษาได้มาจากหลอดแอลอีดีกำลังสูงที่ให้แสงที่มีช่วงความยาวคลื่น 450-460 นาโนเมตร ใช้กำลังไฟฟ้าเพียง 36 วัตต์เท่านั้น สามารถใช้งานร่วมกับตู้อบเด็ก (Incubator) หรือเสานำ้เกลือทั่วไปที่ในโรงพยาบาล จากผลการทดสอบพบว่า โคมไฟแอลอีดีที่นำเสนอนี้สามารถให้ความเข้มของแสง (Intensity) มากกว่า 30 $\mu W/cm^2/nm$ ที่ระยะห่างระหว่างโคมไฟกับเด็กทารก 30 เซนติเมตร (เป็นค่าพื้นฐานทางการแพทย์ที่ใช้รักษา) เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าเพียงแค่ 70% ของความสว่างสูงสุดที่ทำได้เท่านั้น มีความร้อนเกิดขึ้นที่ตัวโคมไฟโดยเฉลี่ยในขณะใช้งานจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิห้องไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส สามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดโคมไฟได้และสามารถบันทึกเวลาการทำงานของโคมไฟได้ ทั้งนี้โคมไฟได้ผ่านการรับรองมาตรฐานจากสถาบันมาตรวิทยา (ประเทศไทย) แล้ว"

ประสบการณ์ด้านงานวิจัย

- ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์และหัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยไฟฟ้าและการสื่อสารเพื่อการประดิษฐ์และนวัตกรรม (Electrical and Communication for Invention and Innovation : ECIL) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- ชนะเลิศรางวัลเหรียญทอง (Golden Medal) ในงานนักประดิษฐ์โลก 2015 ณ เมืองเจนีวา สมาพันธรัฐสวิส
- รางวัลชนะเลิศอันดับที่ 1 ในงานวันนักประดิษฐ์ประจำปี 2558 โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ผู้บรรยายรับเชิญ (Invited Speaker) กลุ่มบทความพิเศษ

Special Session on Data Processing for Biomedical, Energy, and Environmental Application

วันที่ 27 กรกฎาคม 2560 เวลา 15:00 น. ห้องหลวงน้ำทา

รองศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ บุญเชียง

(คุณวุฒิ Ph.D. Computer Science, Illinois Institute of Technology, USA)

หัวข้อบรรยายเรื่อง **ระบบอัจฉริยะสำหรับการทำนายการเกิดโรคล่วงหน้าโดยอาศัยการเรียนรู้ของเครื่อง**

Intelligent System for Early Disease Detection using Machine Learning

"ประเทศทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มักจะเป็นแหล่งกำเนิดของโรคอุบัติใหม่ หรือโรคติดเชื้อชนิดใหม่ หรือโรคติดเชื้อที่มีมาก่อนแล้วแต่เพิ่งพบว่ามีการแพร่กระจายครั้งใหม่ ปัจจุบันระบบการเฝ้าระวังโรคต่างๆเหล่านี้ยังไม่มีประสิทธิภาพมากนัก ระบบการรายงานหรือแจ้งเตือนยังช้าและล้าสมัย การรายงานหรือการแจ้งเตือนนี้มักจะเกิดขึ้นหลังจากการแพร่กระจายโรคได้ถึงจุดสูงสุด ระบบอัจฉริยะสำหรับการทำนายการเกิดโรคล่วงหน้าโดยอาศัยการเรียนรู้ของเครื่องที่นำเสนอนี้เป็นแนวคิดใหม่ที่อาศัยอินเตอร์เน็ตเป็นการเก็บข้อมูล และใช้เทคนิคการคำนวณแบบอัจฉริยะโดยอาศัยการเรียนรู้ของเครื่องร่วมกันในการคำนวณ ผลที่ได้สามารถที่จะดักจับและแจ้งเตือนการแพร่ระบาดของโรคที่กล่าวข้างต้นได้ภายในระดับสัปดาห์ซึ่งเร็วกว่าการแจ้งเตือนในระบบเก่าที่ใช้อยู่ การศึกษาของเรามุ่งเน้นที่จะพัฒนาการเฝ้าระวังโรคบนฐานของอินเตอร์เน็ตโดยใช้ข้อมูลปัจจุบันที่มีอยู่ในลักษณะข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) รวมถึงข้อมูลปัจจุบันที่มาจากอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นสามารถส่งต่อให้บุคคลากรผู้มีหน้าที่รับผิดชอบในทางสาธารณสุขที่ ทำการแจ้งเตือนกับส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมโรคต่อไป"

ประสบการณ์ด้านงานวิจัย

- ดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้อำนวยการและผู้ก่อตั้ง ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านข้อมูลสุขภาพชุมชน (Center of Excellence in Community Health Informatics : https://www.coeichi.org) แห่งแรกของประเทศไทย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การวัดอัตราการกัดกร่อนด้วยเทคนิคเคมีไฟฟ้ารบกวน

Measurement Corrosion Rate using Electrochemical Noise (ECN)

ไวทย์ สวรรณชัยรบ[1] กังวานไพร สวรรณเวช[1] รัตนากร วังคำแหง[2] และสมชาติ โสนะแสง[2*]

[1]นักศึกษาวิศกรรมไฟฟ้ากำลัง สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต

[2]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต

171/2 หมู่ 2 ตำบลหนองบัว อำเภอเมืองหนองบัวลำภู จังหวัดหนองบัวลำภู 39000 โทรศัพท์ 091-949-8425 E-mail: somchat.sonasang@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาการวัดอัตรากัดกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีตด้วยการคำนวณค่าความต้านทานโพลาไรเซชันด้วยวิธี Electrochemical Noise (ECN) ประมวลผลบนโปรแกรม LabVIEW ทำการทดสอบกับชิ้นงานตัวอย่างนำลงแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3% พร้อมกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าให้เกิดการผุกร่อน ผลการวัดพบว่าศักย์ไฟฟ้ารบกวนด้วยชุดวัด ECN สามารถวัดชิ้นงานตัวอย่างที่อยู่สภาวะแวดล้อมต่างกันได้ในช่วงเวลาของการทดลอง 0-418 ชั่วโมง อยู่ในย่าน 0.01-0.3 V ผลวัดกระแสไฟฟ้ารบกวนอยู่ในย่านเท่ากับ 0.1-3.6 μA และคำนวณหาค่าความต้านทานโพลาไรเซชันลดลงตามลำดับ

คำสำคัญ: อัตราการกัดกร่อน, เคมีไฟฟ้ารบกวน, การวัด

Abstract

This paper proposes measurement of corrosion rates for reinforced concrete by calculate of the polarization resistance using electrochemical noise (ECN). The corrosion rate is implemented with LabVIEW, the specimens immersed of sodium chloride 3% and also stimulated with electric current. The experiment results show that the voltage noise with ECN set can be measured of specimens in different environment during 0-418 hours, 0.001-0.3 Volt and 0.1-3.6 **μA** of current noise.

Keywords: Corrosion rate, electrochemical noise, and Measurement

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้จะพบว่าการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมโยธา มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ได้มีการนำคอนกรีตเสริมเหล็กมาใช้ในงานก่อสร้างอย่างแพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากคอนกรีตเสริมเหล็กมีคุณสมบัติที่ทนทาน แข็งแรงและมีราคาถูก [1] เมื่อโครงสร้างของคอนกรีตเสริมเหล็กมีอายุการใช้งานมากขึ้นและเกิดผลกระทบจากสภาพสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม [2] ซึ่งปกติแล้วเหล็กเสริมที่ฝังในคอนกรีตปกติจะถูกป้องกันโดยฟิล์มออกไซด์ (Fe_2O_3) ซึ่งทำปฏิกิริยากับเหล็กเสริมบริเวณรอยต่อคอนกรีตกับเหล็ก แต่สามารถถูกทำให้เกิดความเสียหายได้ เมื่อคอนกรีตมีรูพรุน ความชื้น และองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งอาจทำให้เหล็กที่อยู่ในคอนกรีตเกิดสนิม ทำให้โครงสร้างของคอนกรีตเสริมเหล็กเริ่มมีการผุกร่อนและมีสนิมเหล็กเกิดขึ้นดังรูปที่ 1 แสดงกระบวนการเกิดการผุกร่อนภายในคอนกรีตเสริมเหล็ก [3] สามารถแทนด้วยแบบจำลองทางไฟฟ้าแบบอย่างง่าย Randles [4] มีส่วนประกอบของคอนกรีตเสริมเหล็กโดยมีองค์ประกอบ ความต้านทานของคอนกรีต *(R_C)* ความต้านทานโพราไรเซชัน *(R_P)* และความจุไฟฟ้าระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม *(C_{dl})* ดังแสดงในรูปที่ 1 (ข) สามารถบ่งบอกถึงอัตราการผุกร่อน (Corrosion Rate) ตาม Stern-Geary [5] ดังสมการที่ 1 คำนวณกระแสการผุกร่อน *(i_{corr})* โดยที่ค่า B เท่ากับ 26 mV หรือ 52 mV [5] และอัตราการผุกร่อนที่เกิดขึ้นภายในของคอนกรีตเสริมเหล็กต่อไป

$$i_{corr} = \frac{B}{R_P} \tag{1}$$

(ก) (ข)

รูปที่ 1 (ก)กระบวนการเกิดการผุกร่อนภายในคอนกรีตเสริมเหล็ก [3] (ข) แบบจำลองทางไฟฟ้าแบบอย่างง่าย Randles [4]

สำหรับ ECN เป็นเทคนิคการวัดสัญญาณทางไฟฟ้ารบกวนของปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในสารละลายหรือในวัสดุที่ต้องการวัดพฤติกรรม ด้วยพื้นฐานการวัดค่าความต้านทานผ่านขั้วไฟฟ้า (working electrode, reference electrode) โดยวัดสัญญาณรบกวนไฟฟ้าระหว่าง

แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในสารละลาย [6,7] ซึ่งสามารถคำนวณหาความต้านทานโพราไรซ์ที่เกิดขึ้นในสารละลายหรือในสถาพแวดล้อมที่ต้องการวัด อย่างไรก็ตามการผลการวัดขึ้นอยู่ว่าขั้วไฟฟ้าอยู่ในสภาพแวดล้อมในสารละลาย หรือในวัสดุของแข็ง ซึ่งการวัด ECN ได้มีการนำเสนอในงานของวิจัยของ [8-11] สามารถแสดงให้ทราบถึงกลไกของการเกิดการผุกร่อนภายในได้อย่างชัดเจนผ่านการวัดสัญญาณรบกวนศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องใช้เครื่องมือวัดศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าแบบพิเศษ (Zero Resistance Ammeter, ZRA) ผ่านตัวเก็บข้อมูล (Data logger) และ [12] ได้มีการนำเสนอการวัดคุณสมบัติของการกัดกร่อนของคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยเทคนิคสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งวัดแบบไม่ทำลายสามารถแยกระดับของการผุกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีตได้ แต่ข้อจำกัดไม่สามารถคำนวณหาอัตราการผุกร่อนได้ [13] ได้เสนอการวัดคุณสมบัติทางเชิงกลของคอนกรีตด้วยการวัดค่าไดอิเล็กตริกด้วยการใช้โพรปวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า สามารถแยกความแข็งแรงของคอนกรีต แต่ข้อจำกัดไม่ได้นำเสนอการวัดการผุกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีตและเครื่องมือที่ใช้มีราคาแพง

ดังนั้นบทความนี้จะนำเสนอเทคนิคการวัดอัตราผุกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีตแบบต่อเนื่องด้วยการวัด ECN ซึ่งตามงานวิจัยที่ได้กล่าวมานั้นมีข้อจำกัดไม่มีการศึกษาการวัดในงานคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อวัดพฤติกรรมหรือกลไกของการเกิดการผุกร่อนที่เกิดขึ้นภายในเหล็กเสริมที่ตำแหน่งที่มีการเกิดกระบวนการผุกร่อนหรือมีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนบริเวณผิวของเหล็ก โดยเทคนิคมีข้อเด่นกว่าวิธีการวัดแบบ LPR หรือ EIS [3] ที่ไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าภายนอกกระตุ้นให้เกิดสัญญาณผลตอบสนองสัญญาณไฟฟ้า และเป็นการพัฒนาและสร้างเครื่องมือวัดในระดับห้องปฏิบัติการต่อไป

2. การออกแบบและการทดลอง

2.1 การออกแบบ

หลักการวัดอัตราการผุกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีตนั้นแบ่งได้ 2 ส่วนคือการวัดอัตราการผุกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีตแบบทำลายตัวอย่าง (Destructive test) และการวัดอัตราการผุกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีตแบบไม่ทำลายตัวอย่าง (Non-destructive) [5] โดยวิธี ECN การวัดอัตราการผุกร่อนของคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่ทำลาย เป็นการวัดเพื่อหาค่าความต้านทานโพราไรซัน และคำนวณอัตรากัดกร่อนที่เกิดขึ้นภายในเหล็กเสริม คำนวณหาความต้านทานโพราไรเซชันบนโปรแกรม LabVIEW [14] ดังแสดงรูปที่ 2 ผ่านขั้วไฟฟ้าหรือเรียกได้ว่าตัวตรวจจับ (Sensors) ติดตั้งกับเหล็กเสริมในคอนกรีต ซึ่งวัดพฤติกรรมทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในบริเวณผิวของเหล็กเสริมในคอนกรีตป้อนข้อมูลผ่าน DAQ USB6001 [13] ซึ่งจะวัดกระแสรบกวน(current noise) และศักย์ไฟฟ้ารบกวน (voltage noise) ที่เกิดขึ้นภายในบริเวณของเหล็กเสริม และมีโครงสร้างโปรแกรม LabVIEW ดังแสดงรูปที่ 3 ตามลำดับ

2.2 วัสดุและขั้นตอนการทดลอง

สำหรับขั้นตอนการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการออกแบบชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ และ ขั้นตอนการทดลอง

2.2.1 ชิ้นงานตัวอย่างงาน (Specimens)

วิจัยนี้มีการเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง เริ่มจากการเตรียมวัสดุที่ใช่ผสมคอนกรีตตามมาตรฐาน ACI 211 [15] โดยออกแบบกำหนดน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.5 ควบคุมปริมาณของซีเมนต์ หิน ทรายและน้ำคงที่ ชิ้นงานมีปริมาตร 8×8×8 ลูกบาศก์เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร และทำการควบคุมการเกิดการกัดกร่อนที่ระดับต่างกัน คือ ชิ้นงาน 1 ที่ไม่เกิดสนิม ชิ้นงาน 2 เกิดสนิมต่ำ ชิ้นงาน3 เกิดสนิมปานกลาง ชิ้นงาน 4 ชิ้นงานเกิดสนิมสูง ด้วยการกระตุ้นให้เกิดสนิทเหล็กด้วยกระแสไฟฟ้าคงที่

รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างโปรแกรม LabVIEW

รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างโปรแกรม LabVIEW

รูปที่ 4 แสดงหน้าแสดงผลการวัด ECN บนโปรแกรม LabVIEW

2.2.2 ขั้นตอนวิธีการทดลอง (Methodology)

การวัดความต้านทานโพราไรเซชันของเหล็กเสริมในชิ้นงานตัวอย่างด้วยเครื่องมือวัดต้นแบบ ECN นั้น โดยมีลำดับขั้นตอนตามแผนภาพลำดับขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 5 ด้วยการวัดความต้านทานโพราไรเซชันของเหล็กเสริมในคอนกรีตด้วยวิธี ECN โดยโปรแกรม LabVIEW คำนวณอัตราการกัดกร่อน [5] ทำการทดลองวัด ECN ช่วงเวลา 0-418 ชั่วโมง และการติดตั้งวัดดังแสดงรูปที่ 6 ตามลำดับ

รูปที่ 5 ขั้นตอนการทดลอง

รูปที่ 6 แสดงการวัดอัตราการกัดกร่อนด้วย ECN

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ผลการวัดศักย์ไฟฟ้าด้วยชุดวัด ECN สามารถวัดชิ้นงานตัวอย่างที่อยู่สภาวะแวดล้อมเดียวกันได้ในช่วงเวลา 0-418 ชั่วโมง ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์และมีการกระตุ้นให้เกิดสนิทเหล็ก ผลการวัดศักย์ไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้ารบกวนภายในคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธี ECN ผ่านการติดตั้งขั้วไฟฟ้าภายในชิ้นงานทดสอบนั้นตั้งแต่ 0- 418 ชั่วโมง พบว่าของชิ้นงานตัวอย่างที่อยู่สถานะในการถูกกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าตามสมการของฟาราเดย์ จะพบว่าผลวัดได้มีศักย์ไฟฟ้ารบกวนของชิ้นงานตัวอย่างที่ 1 ค่าศักย์ไฟฟ้ารบกวนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.02-0.39 Volt ศักย์ไฟฟ้ารบกวนเฉลี่ยเท่ากับ 0.0838 Volt ชิ้นงานตัวอย่างที่ 2 ศักย์ไฟฟ้ารบกวนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.01-0.16 Volt ซึ่งมีค่าศักย์ไฟฟ้ารบกวนเฉลี่ยเท่ากับ 0.0388 Volt ชิ้นงานตัวอย่างที่ 3 ค่าศักย์ไฟฟ้ารบกวนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.01-0.25 Volt ศักย์ไฟฟ้ารบกวนเฉลี่ยเท่ากับ 0.0387 Volt และชิ้นงานตัวอย่างที่ 4 ค่าศักย์ไฟฟ้ารบกวนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.01-0.25 Volt ดังแสดงในรูปที่ 7

สำหรับการวัดกระแสไฟฟ้ารบกวนที่เกิดขึ้นภายในคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธี ECN ชิ้นงานตัวอย่างที่ 1 ค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1-1.3 μA เฉลี่ยเท่ากับ 0.23 μA ชิ้นงานตัวอย่างที่ 2 ค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1-3.2 μA เฉลี่ยเท่ากับ 0.534 μA ชิ้นงานตัวอย่างที่ 3 ค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1-2.6 μA เฉลี่ยเท่ากับ 0.506 μA ชิ้นงานตัวอย่างที่ 4 ค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1-1.6 μA เฉลี่ยเท่ากับ 0.321 μA ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 7 เปรียบเทียบผลวัดศักย์ไฟฟ้ารบกวน

รูปที่ 8 เปรียบเทียบผลวัดกระแสไฟฟ้ารบกวน

และผลการวัดความต้านทานโพราไรเซชันคำนวณได้จากการอ้างอิงกฎของโอห์มจะได้ชิ้นงานที่ 1 อยู่ในช่วงระหว่าง 600 Ω -70 kΩ เฉลี่ย

เท่ากับ 684.22 Ω ชิ้นงานที่ 2 อยู่ในช่วงระหว่าง 200 Ω -15 kΩ เฉลี่ยเท่ากับ 382.68 Ω ชิ้นงานที่ 3 อยู่ในช่วงระหว่าง 100 Ω -11.5 kΩ เฉลี่ยเท่ากับ 361.53 Ω และชิ้นงานที่ 4 อยู่ในช่วงระหว่าง 100 Ω -15 kΩ เฉลี่ยเท่ากับ361.53 Ω ดังแสดงในรูปที่ 9 ตามลำดับ

รูปที่ 9 เปรียบเทียบผลวัดความต้านทานโพราไรเซชัน

4. สรุป

การวัดอัตราการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นภายในคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถวัดได้ผ่านการวัดด้วยวิธี ECN บนโปรแกรม LabVIEW สามารถวัดศักย์ไฟฟ้ารบกวนและกระแสไฟฟ้ารบกวนได้ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างกันของค่าความต้านทานโพราไรเซชันในระดับห้องปฏิบัติการได้

5. กิตติกรรมประกาศ

สำหรับบทความวิจัยนี้ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต และสำนักวิจัยและบริการวิชาการ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต สำหรับเอื้อเผื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการดำเนินการวิจัยและทุนสนับสนุนในการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ไกรวุฒิ เกียรวุฒิโกมล. ความคงทนของคอนกรีต. กรุงเทพมหานคร : บริษัท จุดทอง จำกัด , 2543.

[2] ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, ผลกระทบของความละเอียดเถ้าถ่านหินต่อปฏิกิริยาปอซโซลานในเพสต์. กรุงเทพมหานคร . 2547.

[3] Luca Bertolini & Berhard Elsener et al. Corrosion of Steel in Concrete in Structure. 4st editor. London and New York: Taylor & Francis. 2004.

[4] J.E. Randles. Kinetics of rapid electrode reactions. Discuss. Faraday Soc., 1947,1, 11-19

[5] M. Stern and A.L. Geary. Theoretical Analysis of the Shape of Polarization Curves. J. Electochem. Soc, 104, 56-63, 1957.

[6] J.R. Kearns, J.R. Scully, P.R. Roberge, D.L. Reichert, and J.L. Dawsor. Electrochemical Noise Measurement for Corrosion Applications, Proceeding of ASTM STP 1277, American Society for Testing and Materials, 1996.

[7] A.M. Lowe, H. Eren. Y.J. Tan, S.I. Bailey and B.J. Kinsella, Continuous Corrosion Rate Measurement by Noise Resistance Calculation, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Baltimore, 2000.

[8] Y.J. Tan, B. Kinsella, and S. Bailey. Monitoring Batch Teatment Inhibitor Performance Continuously Using Electrochemical Noise Analysis. British Corrosion Journal 1997, 32 (4), p 212-216.

[9] D.A. Eden, K. Hladky, S. Bailey, D.G. John, J.L. Dawson. Electrochemical Noise- Simultaneous Monitoring of Potential and Current Noise Signal from Corroding Electrodes, Paper 274 presented at Corrosion 91, NACE, 1991.

[10] U. Bertocci, C. Gabrielli, F. Huet, and M. Keddam. Noise Resistance Applied to Corrosion Measurements, J. Eectrochem. Soc., 144 (2), 1997.

[11] S. Matbbutt, D.J. Mills, and Christopher Woodcock. Develop of the Electrochemical Noise Method (ENM) for more practical assessment of anti-corrosion coatings. Progress in Organic Coatings, Vol.59 (3), Workshop on Application of Electrochemical Techniques to Organic Coatings, AETOC 2005, p. 192-196.

[12] J. Itsarawisut, S.Sonasang, T. Manasri, C. Sa-ngiamsak. Monitoring corrosion levels of fly ash concrete reinforcement using electromagnetic method. KKU ENGINEERING JOURNAL 39 (4), 321-329, 2012.

[13] N Piladaeng, N Angkawisittpan, S Homwuttiwong. Determination of Relationship between Dielectric Properties, Compressive Strength, and Age of Concrete with Rice Husk Ash Using Planar Coaxial Probe. Measurement Science Review ,16, No. 1 pp 14-20 ,2016.

[14] http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/212383G.

[15] ACI Committee 211, Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91), 2534.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องวัดและบันทึกความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรเลอร์อาดุยโน่

Lux Meter and Data Logger base on Arduino Board

สมชาย ศรีสกุลเตียว[1] เอกดำรงค์ ดำแก้ว[2] ขนิษฐา สีสมุทร์[3] เกตุกาญจน์ ไชยขันธุ์[4] และ วิทยา ศรีกุล[5]

[1, 2, 3, 4, 5]สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

สุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง นครราชสีมา โทรศัพท์: 044-271312-3 E-mail: Witaya@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอถึงกระบวนการและวิธีการออกแบบสร้างเครื่องวัดค่าความเข้มแสงด้วยไมโครคอลโทลเลอร์อาดุยโน่โดยใช้ความต้านทานแปรค่าตามแสงทำงานร่วมกับวงจรผลิตสัญญาณความถี่ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับความเข้มของแสง โดยการวัดจะ รับค่าสัญญานแอนะล็อกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลและมีความสามารถบันทึกค่าความเข้มของแสง โดยบันทึกตามเวลาที่ถูกกำหนด และสามารถนำข้อมูลออก ไปประมวลผลในโปรแกรมแอพพลิเคชั่นอื่นๆ โดยใช้หลักการวิเคราะห์แบบ การวิเคราะห์การถดถอย แบบเชิงเส้น โดยมีวิธีการกำหนดการอ่านค่าเป็นช่วงๆ ที่มีความเป็นเชิงเส้นทำให้เกิดความเที่ยงตรงในการวัดความเข้มแสงมีความเที่ยงตรงคิดเป็นร้อยละ 98.33

คำสำคัญ: ความเข้มแสง, อาดุยโน่, เครื่องบันทึก

Abstract

This paper presents the method and design process to build Lux meter and data logger based on Arduino board. The light dependent resistance (LDR) and (VCO) were used in this system and the combination of these devices is used to detect the intensity of light. The process of measuring is input the analog signal and converts to digital signal. Moreover, it has ability to record the intensity of light. This measuring instrument that we proposed can be record data in scheduling time. In addition, data logger file can be export data to processing by another application. The linear regression analysis is used to analyze the data as mentioned previously and separated data into linear part for analysis. The accuracy of the experimental results using light intensity meter is 98.33 percent.

Keywords: Intensity, Arduino, Data logger

1. บทนำ

การที่เราสามารถมองเห็นวัตถุต่างๆ ได้นั้นเนื่องด้วย เมื่อแสงกระทบกับวัตถุ และ วัตถุแต่ละประเภทก็จะมีการดูดกลืนแสงไม่เท่ากัน จึงทำให้เราสามารถเห็นความแตกต่างของสีของวัตถุนั้น โดยหลักการดังกล่าวก็เป็นวิธีการมองเห็นกรณีที่วัตถุไม่สามารถเปล่งแสงได้ แต่ก็จะมีวัตถุบางประเภทที่สามารถกำเนิดแสงออกจากตัวเองและส่องแสงมากระทบยังนัยตาของมนุษย์ ทำให้มองเห็นวัตถุนั้นๆ เกิดการมองเห็นส่วนวัตถุที่แผ่หรือเปล่งแสงออกมาได้ด้วยตัวเองจะเรียกว่า วัตถุเปล่งแสง

จะเห็นได้ว่าแสงได้มีความจำเป็นต่อการมองเห็นของมนุษย์ อีกทั้งยังรวมไปถึงกิจกรรมต่างๆ ที่มีความสำคัญ เช่น การศึกษา การทำงาน หรือ ระบบการขนส่ง ดังนั้นจึงมีการกำหนดมาตรฐานของแสงที่ใช้ในแต่ละสถานที่อย่างชัดเจนว่าควรมีค่าเท่าใด เพื่อให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมต่างๆ โดยกรณีที่แสงสว่างมากเกินไป จะทำให้ผู้ทำงานเกิดความไม่สบาย ปวดตา มึนศีรษะ กล้ามเนื้อหนังตากระตุก วิงเวียน นอนไม่หลับ การมองเห็นแย่ลง ซึ่งผลจากแสงสว่างน้อย และ แสงสว่างมากเกินไปก่อให้เกิดผลทางจิตใจ ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำลงและ ยังทำให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงานเกิดขึ้นได้ [1] โดยแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้มีค่าอยู่ระหว่าง 400 ถึง800นาโนเมตรและมีความถี่อยู่ในช่วง $3.9x10^{14}$ถึง $7.7x10^{14}$เฮิรตซ์ เรียกว่า แสงขาว (Visible light) และแสงสีขาวสามารถใช้ปริซึมแยกแสงสามารถออกเป็นแถบสีต่างๆ 7 สีเรียงติดกัน เรียกว่า สเปกตรัม (Spectrum) โดยความยาวคลื่น (Wave length) โดย (Hue) เป็นตัวกำหนดสี และ (Brightness) เป็นตัวกำหนดความสว่างของสี จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น ยังเป็นการยากที่จะนำข้อมูลเหล่านี้ป้อนเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ด้วยบทความนี้จึงนำเสนอวิธีการวัดแสงที่สามารถนำข้อมูลรูปแบบดิจิตอลไปประมวลผลได้โดยตรง ไม่ต้องผ่านการจดบันทึก

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการรวบรวมข้อมูลก่อนการสร้างเครื่องวัดความเข้มของแสงได้มีการสำรวจบทความที่มีความเกี่ยวข้องและคล้ายคลึงกันมาสามารถสรุปได้ดังนี้ ได้มีการใช้กล้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และประมวลผลภาพเพื่อใช้ในการวัดหาค่าความสว่างของแสง [2] โดยจากผล

การวิเคราะห์ของผู้นำเสนอบทความวิเคราะห์สมการแบบถดถอย ได้ค่า R^2 มีค่าค่อนข้างสูงบ่งบอกถึงความเที่ยงตรงแต่ไม่สะดวกต่อการพกพาไปวัดในพื้นที่ในสภาวะการภายนอก ส่วนบทความต่อมา ได้มีการนำเสนอแนวคิดการวัดค่าแสงโดยใช้แอพพลิเคชั่น LabVIEW ในการพัฒนาเครื่องวัดแสง [3] โดยใช้การรับค่าแสงผ่านทางกล้องที่ติดตั้งอยู่กับคอมพิวเตอร์ และ ประมวลผลการอ่านค่าแสงออกมาในรูปของกราฟโดยเทียบความเข้มแสงกับแกนเวลาโดยได้มีการอธิบายถึงคุณสมบัติของแสงในช่วงที่มีแสงแดดในวันที่ท้องฟ้าไม่มีเมฆ ซึ่งเหมาะกับการนำไปเก็บค่าสำหรับการทดลอง แต่อย่างไรก็ตามจะต้องใช้โปรแกรม ที่มีมูลค่าสูงเพื่อวัดแสงแบบต่อเนื่อง และยังต้องใช้ตัวประมวลผลที่มีความเร็วไม่เหมาะกับการนำไปวัดค่าความเข้มแสงนอกสถานที่ และ ในการวัดความเข้มของแสงนั้นได้มีงานวิจัยที่มีลักษณะคล้ายคือ ได้มีการพัฒนาเครื่องมือวัดแสงโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ อาดุยโน่ แต่มีความแตกต่างโดยใช้ตัวตรวจจับแสงที่เป็นแบบโมดูลรับแสงสำเร็จรูป จึงมีขีดจำกัดด้านการออกแบบ และยังไม่มีการแสดงการบันทึกผลของแสงแบบเวลาจริงทำให้ไม่สามารถนำไปใช้งานที่ต้องการติดตามผลแบบต่อเนื่องได้

ดังนั้นในบทความนี้จึงนำเสนอการพัฒนาเครื่องวัดค่าความเข้มแสงโดย สร้างเครื่องมือที่ใช้เซ็นเซอร์วัดแสงแบบ LDR เป็นตัวรับแสงด้วยคุณสมบัติการแปรค่าความต้านทานตามความเข้มแสง [5] และแปลงค่าความเข้มแสงที่ได้ให้อยู่ในรูปของสัญญาณแรงดันโดยมีการทำงานร่วมกับวงจรแบ่งแรงดัน เป็นอุปกรณ์ตรวจรับแสงและนำค่าแรงดันที่มีความแตกต่างตามค่าแสงที่ปรากฏ ส่งต่อเพื่อเข้าไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ในรูปแบบการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ใช้ในการวัดและเปรียบเทียบความเข้มแสงหรือตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสง โดยเครื่องวัดที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดความเข้มแสงได้ทั้งจากแหล่งกำเนิดแสงที่มาจากหลอดไฟและแสงอาทิตย์ที่และนำไปแสดงผลการวัดบนหน้าจอแสดงผลขนาด 20 × 40 ตัวอักษร และทำการเก็บข้อมูลแบบต่อเนื่องใน หน่วยความจำแบบ SD Card

3. วิธีดำเนินงาน

กระบวนการเริ่มจากการทดลองหาคุณสมบัติของตัวตรวจจับแสงโดยมีผังวงจรดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 การต่อวงจรผลิตความถี่ไมโครคอนโทรเลอร์อาดุยโน่

ได้ทำการทดลองเพื่อกำหนดคุณสมบัติของตัวตรวจจับแสงโดยนำผลของแรงดันที่ได้แปลงค่าให้เป็น A/D และบันทึกค่าเทียบกับค่าที่กับเครื่องวัดความเข้มแสง Dr.Meter รุ่น LX1330B โดยจะได้กราฟของความเข้มแสงในช่วง 0- 50000 lux ที่มีลักษณะดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ความเข้มแสงเทียบกับค่า ความถี่ที่เปลี่ยนแปลง

จากการทดสอบทำให้ทราบว่าค่าแรงดันมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าแบบไม่เป็นเชิงเส้น จึงใช้หลักการวิเคราะห์หาการถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Regression Analysis) ได้สมการดังสมการที่ 1

$$Y = 60.0001\varepsilon^{0.00585X} \quad (1)$$

โดยนำค่าที่ได้จากสมการที่ 1 ทดลองโปรแกรมลงบอร์ดและทำการสอบเทียบกับเครื่องวัดความเข้มแสง Dr.Meter รุ่น LX1330B ได้ค่าความเที่ยงตรงรวมตลอดย่านวัดอยู่ที่ร้อยละ 95 จึงได้ปรับวิธีการโดยวิเคราะห์หาการถดถอย แบบเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) โดยการแบ่งช่วงเป็นหลายช่วงโดยแสดงตัวอย่างผลบางช่วงดังรูปที่ 3(ก) ช่วงแสง 500 – 4,000 lux รูปที่ 3(ข) ช่วงแสง 2,000 – 4,500 lux และ รูป 3(ค) ช่วงแสง 30,000 – 45,000 lux และกำหนดไปจนกระทั่งถึงระดับ 100,000

lux เมื่อทำการทดลองแทนค่าสมการในช่วงต่างๆ ทำให้ได้ค่าความเที่ยงตรงเฉลี่ยตลอดย่านวัดสูงขึ้น

รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าความเข้มแสงกับ Arduino Lux Meter

ด้วยวิธีการดังกล่าวที่มีความเที่ยงตรงสูงเหมาะกับการนำไปใช้งานจึงนำวิธีการดังกล่าวสร้างเป็นเครื่องมือวัดความเข้มแสงโดยมีการออกแบบอัลกอริทึมสำหรับการออกแบบโปรแกรม ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ผังการออกแบบโปรแกรมเครื่องวัดแสง

โดยโปรแกรมจะเป็นการโปรแกรมภาษาซี ซึ่งมีขั้นตอนเริ่มจากรับค่าและแปรความหมาย A/D และคำนวณค่าแสงเมื่อมีการกดปุ่มใดๆจะทำให้เข้าสู่เมนูการเลือกบันทึกค่า โดยรับค่ามาตราฐานเวลา และบันทึกผลตามที่กำหนดไว้โดยผู้ใช้ ถ้าไม่มีการบันทึกก็จะเข้าสู่กระบวนการแสดงผลจนกว่าจะมีการกดคีย์ใดๆ ส่วนการออกแบบการประกอบดังบล็อคไดอะแกรมรูปที่ 5

รูปที่ 5 ผังการออกแบบการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรเลอร์อาดุยโน่

ในรูปที่ 5 เป็นลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆกับไมโครคอนโทรเลอร์อาดุยโน่ โดย เซ็นเซอร์ เชื่อมต่อกับบอร์ดผ่านวงจรแบ่งแรงดันและป้อนเข้าขา A/D ของบอร์ด ส่วนโมดูลการบันทึกค่าแสงเป็น Data logger shield ซึ่งมีฐานเวลาจริงอยู่ในโมดูลนี้ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมและตั้งค่าเวลาได้ถูกต้อง ในการเชื่อมต่อกับผู้ใช้มีส่วนแสดงผลหน้าจอแบบ LCD ขนาด 4 บรรทัดเชื่อมต่อด้วย I^2C

bus และส่วนการรับข้อมูลจากผู้ใช้ ผ่านทาง Key มีการเชื่อมต่อโดยตรงกับพอร์ท ไมโครคอนโทรเลอร์อาดุยโน่

4. ผลการทดลอง

จากการทดสอบเครื่องมือที่ได้ออกแบบได้ผลการทดสอบที่เที่ยงตรงโดยแสดงในรูปแบบกราฟ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าที่วัดได้นั้นทำการสอบเทียบกับเครื่องวัดจริงเครื่องหมายการค้า Dr.Meter รุ่น LX1330B ได้ผลดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความเที่ยงตรงของเครื่องวัดความเข้มแสง

สำหรับการสอบเทียบกับเครื่องวัดมาตราฐาน จะต้องมีการจัดตำแหน่งการวางตัวตรวจจับตัวรับแสงให้อยู่ในตำแหน่งที่เท่ากันและติดกัน โดยการวัดค่าแสงเทียบกับตัวเครื่องสอบเทียบแสดงดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 ตำแหน่งการวางตัวตรวจรับแสงขณะเปรียบเทียบ

5. สรุป

การทดสอบเครื่องวัดความเข้มของแสงที่ออกแบบสามารถตรวจวัดแสงได้ผลความเที่ยงตรงสูง และ ง่ายต่อ การนำไปใช้งาน จากการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือดังกล่าวสามารถบันทึกค่าตามเวลาที่ต้องการ โดยสามารถบันทึกได้ความละเอียดเป็นนาที โดยระยะเวลาจะขึ้นอยู่กับ หน่วยความจำที่นำเข้ามาต่อกับเครื่องวัดแสง โดยเครื่องวัดมีเที่ยงตรงสูงถึงร้อยละ 95 ซึ่งตั้งสมมุติฐานว่ายังสามารถเพิ่มความเที่ยงตรงให้สูงกว่าได้ โดยการจัดการปรับวงจรด้านอุปกรณ์ตรวจจับแสง และ เพิ่มกระบวนการวิเคาะห์ข้อมูลทางซอฟท์แวร์ให้มีความยืดหยุ่น

เอกสารอ้างอิง

[1] "Recommended Light Levels for Outdoor and Indoor Venues." [cited 2016 Mar 1]. Available from https://www.noao.edu/education/QLTkit/ACTIVITY_DocumentsSafety/LightLevels_outdoor+indoor.pdf

[2] A.H. Ismail, M.S. Muhamad Azmi, M.A. Hashim, M. NasirAyob, M.S.MHashim, Hassrizal H.B., ''Development of a Webcam Based Lux Meter'', IEEE Symposium on Computers & Informatics, pp. 70-74, April 2013

[3] Vladislav S. Popov, Elena I. Rumyantseva, Heybetullah Cengiz, "Light Meter CEM DT-1309 Data Acquisition with LabVIEW," International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Russia, pp. 1-3, May 2015

[4] นาถยา ศิริทอง, ศุภกร กตาธิการกุล, และสุวิทย์ คงภักดี, " การออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดความส่องสว่าง," งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24, pp. 44-50, 2557

[5] Derci Felix da Silva, Daniel Acosta-Avalos, " Light Dependent Resistance as a Sensor in Spectroscopy Setups Using Pulsed Light and Compared with Electret Microphones, " Sensors, pp. 514-525, May 2006

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การค้นหาอัตราขยายวิธีการซีเกลอร์-นิโคลส์ด้วยขั้นตอนหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ

Finding Parameter Ziegler-Nichols method approached by Whale Optimization Algorithm

กิตติศักดิ์ แสนประสิทธิ์[1*] ชัยยศ คำมี[1] อุดมพล นาอุดม[1] เกษม เนื้อแก้ว[2]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

234 ถนนเลย-เชียงคาน ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 42000 โทรศัพท์ 042-813060 E-mail: kittisak.san@lru.ac.th

[2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

บทคัดย่อ

วิธีการซีเกลอร์-นิโคลส์ (Ziegler-Nichols) เป็นวิธีการหรือกระบวนการใดๆ ที่ช่วยทำให้ผู้ออกแบบสามารถหาเป็นสูตรสำเร็จที่จะใช้เป็นกฎพื้นฐาน (empirically based rules) ในการออกแบบตัวควบคุม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หาอัตราขยาย critical gain สำหรับวิธีการวัฏจักรท้ายสุดของซีเกลอร์-นิโคลส์ ด้วยวิธีการหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ ในระบบอันดับที่ 3 (third order plant) และผลตอบสนองทางเวลาของการทดลอง มีลักษณะเป็นแบบไซนูซอยด์ ที่อัตราขยาย critical gain เท่ากับ 1.000000004356848 ในจำนวนรอบ 1,000 รอบ

คำสำคัญ: อัตราขยาย, ซีเกลอร์-นิโคลส์,ไซนูซอยด์, หาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ

Abstract

Ziegler-Nichols method was designed to find a formula to use as a basic rule of control systems. The purpose to researching was to find the critical gain in ultimate cycle method of Ziegler-Nichols method approached with new algorithm by Whale Optimization Algorithm (WOA) in third order plant. The results transient response were sinusoids and critical gain were 1.000000004356848 at iteration = 1,000

Keywords: gain, Ziegler-Nichols, sinusoids, Whale Optimization Algorithm (WOA)

1. บทนำ

ตัวควบคุมพีไอดี ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น มากกว่า 90 % [1] ถือได้ว่าได้ตัวควบคุมพีไอดีได้รับความนิยมอย่างมาก ซึ่งจะต้องใช้ประสบการณ์ของผู้ออกแบบในการปรับอัตราขยายของตัวควบคุมพีไอดี เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของระบบควบคุมเป็นไปตามที่ต้องการ และได้มีผู้วิจัยอีกหลายท่านได้หาวิธีการหรือกระบวนการใดๆ ที่ช่วยทำให้ผู้ออกแบบสามารถหาเป็นสูตรสำเร็จที่จะใช้เป็นกฎพื้นฐาน (empirically based rules) เพื่อเป็นแนวทางปรับค่าอัตราขยายของตัวควบคุมระบบ วิธีการซีเกลอร์-นิโคลส์ (Ziegler-Nichols) [2] [3] เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

วิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์มีด้วยกัน 2 วิธีคือ วิธีการปฏิกิริยาของกระบวนการ (process reaction method) และวิธีการวัฏจักรท้ายสุด (ultimate cycle method) [2] ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้วิธีการวัฏจักรท้ายสุดในการนำเสนอการหาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

วิธีการวัฏจักรท้ายสุด จะต้องเริ่มปรับเพิ่มค่าอัตราขยายแบบสัดส่วน (proportional) K_p จนกระทั่งระบบเริ่มมีการแกว่ง (oscillate) หรือเริ่มเข้าใกล้จุดที่ระบบเริ่มไม่มีเสถียรภาพ หรือเริ่มไม่มีความสมดุล (unstable) หรือค่ารูตบางตัวของสมการลักษณะเฉพาะของระบบวงปิด (closed-loop characteristic equation) มีค่าอยู่บนแกนจินตภาพ (imaginary axis) ในระนาบเอส (s-plane) ทำการบันทึกค่าอัตราขยายนี้ไว้เรียกว่า critical gain หรือตัวแปร K_{cr} [2] จากนั้นนำค่า K_{cr} ไปหาค่าอัตราขยายพีไอดีจากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการหาค่าเกนวิธีการวัฏจักรท้ายสุด โดยใช้เกน K_p,K_i,K_d [3]

Type of Controller	K_p	K_i	K_d
P	$0.5K_{cr}$	0	0
PI	$0.45K_{cr}$	$1.2\left(\frac{K_p}{P_{cr}}\right)$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$2\left(\frac{K_p}{P_{cr}}\right)$	$\frac{\left(P_{cr}K_p\right)}{8}$

การได้มาซึ่งตัวแปร K_{cr} อาจได้มาจากการแก้สมการคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนหรือจากการทดลองในการปรับอัตราขยายจากประสบการณ์ผู้ออกแบบระบบควบคุม วิธีการทางคณิตศาสตร์และการปรับแต่งจำเป็นที่ต้องใช้ความเชี่ยวชาญและการสังเกตผลลัพธ์เป็นอย่างมาก

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดหาค่าเหมาะที่สุด (optimization) [4] เป็นแนวทางในการพิจารณาฟังก์ชันเป้าหมายสำหรับตัวแปร K_{cr} วิธีการหาค่าเหมาะที่สุดมีวิธีการมากมายหลายวิธี เช่น ค้นหาแบบตาบู (tabu search) [5]ค้นหาแบบไต่เขา (hill-climbing search) [4] การคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (evolutionary computation) [4] [5] [6] การคำนวณเชิงนิวรอล (neural computing) [5] เชาวน์ปัญญาเชิงการเคลื่อนที่เป็นกลุ่ม (swarm intelligence) [4] [5] ขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดด้วยฝูงหมาป่าสีเทา (gray wolf optimizer : GWO)[7] ซึ่งแต่ละวิธีนั้นอาจมีการปรับปรุง เพิ่มเติมประสิทธิภาพให้มีความเหมาะสมกับปัญหา เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดกับปัญหานั้น

ปี 2016 Seyedali Mirjalili และ Andrew Lewis[8] ได้นำเสนอวิธีการหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ (The Whale Optimization Algorithm : WOA) ซึ่งเป็นการเลียนแบบพฤติกรรมการล่าอาหารใกล้พื้นผิวทะเลของปลาวาฬหลังค่อม (humpback whales) และได้มีผู้วิจัยได้นำวิธีการดังกล่าวไปประยุกต์ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ เช่น Thi-Kien Dao, Tien-Szu Pan and Jeng-Shyang Pan [9] ได้นำเสนอการวางแผนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ (mobile robot) ด้วยวิธีการหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ Whale Optimization Algorithm (WOA) R.H.Bhesdadiya [10] ได้นำเสนอการใช้วิธีการ WOA ในการหาค่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้มาตรฐาน IEEE 30 bus Hitarth Buch et al. [11] ได้นำเสนอการการแก้ปัญหาการจัดวางตำแหน่ง DG-SVC สำหรับระบบมาตรฐาน IEEE 30 ในระบบไฟฟ้าด้วยการใช้อัลกอริธึม WOA

ในการนี้ผู้วิจัยจึงจะนำเสนอวิธีการหาอัตราขยาย critical gain สำหรับวิธีการวัฏจักรท้ายสุดของซีเกลอร์-นิโคลส์ ด้วยวิธีการหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใหม่ในการแก้ไขปัญหาวิธีการหาอัตราขยาย critical gain

2.ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย (Research Methodology)

ผลงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การค้นหาคำตอบด้วยขั้นตอนวิธีหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ

2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยได้นำระบบอันดับที่ 3 (third order plant) เป็นระบบ (plant) ในการจำลองงานวิจัย มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{s^3+2s^2+s+1}$ [2]

รูปที่ 1 แสดงการหาค่าตัวแปร K_{cr} ของชนิดวิธีการวัฏจักรท้ายสุด [12]

วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ [2] ได้หาค่าอัตราขยาย critical gain วิธีการวัฏจักรท้ายสุดด้วยกระบวนคณิตศาสตร์จากสมการลักษณะเฉพาะ และได้ทำการทดสอบผ่านโปรแกรม Simulink มีค่าอัตราขยาย critical gain เท่ากับ 1 ซึ่งผลตอบสนองของระบบมีลักษณะเป็นแบบไซนูซอยด์ หรือระบบเริ่มจะไม่เสถียร

2.2 การค้นหาคำตอบด้วยขั้นตอนวิธีหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ

รูปที่ 2 พฤติกรรมการล่าอาหารของปลาวาฬหลังค่อม [8]

การล่าอาหารของปลาวาฬหลังค่อมเรียกว่า bubble-net ซึ่งปลาวาฬหลังค่อมจะทำการสร้างฟองอากาศ (bubbles) เป็นรูปทรงเกลียวรอบเหยื่อและว่ายน้ำขึ้นไปยังพื้นผิวตามรูปที่ 2 และแบบจำลองคณิตศาสตร์ WOA จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนนั้นคือ การล้อมเหยื่อ (encircling prey) การล่าอาหาร (bubble-net) การค้นหาเหยื่อ (search for prey) [8] พร้อมกับรหัสเทียมตามรูปที่ 3

```
Initialize the whales population Xi (i = 1, 2, ..., n)
Calculate the fitness of each search agent
X*=the best search agent
while (t < maximum number of iterations)
    for each search agent
    Update a, A, C, l, and p
        if1 (p<0.5)
            if2 (|A| < 1)
                Update the position of the current search agent by the Eq. (2.1)
            else if2 (|A| ≥ 1)
                Select a random search agent (Xrand)
                Update the position of the current search agent by the Eq. (2.8)
            end if2
        else if1 (p≥0.5)
            Update the position of the current search by the Eq. (2.5)
        end if1
    end for
    Check if any search agent goes beyond the search space and amend it
    Calculate the fitness of each search agent
    Update X* if there is a better solution
    t=t+1
end while
return X*
```

รูปที่ 3 รหัสเทียม (Pseudo-code) ของ WOA algorithm [8]

ฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function)คือการหาตำแหน่งโพลของระบบอยู่บนแกนจินตภาพ (imaginary axis) ในระนาบเอส (s-plane) สามารถหาฟังก์ชันเป้าหมายดังนี้

$$\min_{pole} = |\sigma|$$
$$subject\ to: h(x) = 0 \qquad (1)$$
$$g(x) \le 0$$

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การหาอัตราขยาย critical gain ผู้วิจัยได้นำโปรแกรม matlab ในการหาค่าดังกล่าว โดยให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำการสุ่มค่าตามวิธีการหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ ซึ่งมีการกำหนดค่าตัวแปรของการหาค่าเหมาะสมกตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าตัวแปรของการค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬดังนี้

พารามิเตอร์ Control parameter	ค่า(value)
จำนวนรอบ(Iteration)	1,000
ขนาดประชากร(Population size)	30
จำนวนหลัก	1
ค่าตัวแปรอยู่ในช่วง	0.5<x<2

รูปที่ 4 ค่าฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function)

รูปที่ 4 เป็นการคำนวณค่าฟังก์ชันเป้าหมายโดยปลาวาฬ ซึ่งต้องการให้ค่าโพลอยู่บนแกนจินตภาพ (imaginary axis) ในระนาบเอส (s-plane) มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.3568e-10 ที่มีค่าอัตราขยาย critical gain เท่ากับ 1.000000004356848 สามารถนำมาเขียนระนาบเอสตามรูปที่ 5

รูปที่ 5 ระนาบเอส (s-plane)

รูปที่ 6 ผลตอบสนองทางเวลาของระบบ

นำค่าอัตราขยาย critical gain เท่ากับ 1.000000004356848 ที่คำนวณได้จากการหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ คูณ $\frac{1}{s^3+2s^2+s+1}$ ในระบบวงปิดตามรูปที่ 1 สามารถเขียนระนาบเอส (s-plane) ได้ตามรูปที่ 5 ซึ่งมีค่าโพลจำนวน 3 ค่า มีค่าดังนี้

-2.000000000871365

0.000000000435685 + 1.000000000871370i

0.000000000435685 - 1.000000000871370i

ตามรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าค่าโพล อยู่ในแกนบนแกนจินตภาพ (imaginary axis) อย่างมาก

รูปที่ 6 เป็นผลผลตอบสนองทางเวลาของระบบ มีลักษณะเป็นแบบไซนูซอยด์ ในขนาดที่เท่ากันคือ 0.947 และมีคาบเวลาเท่ากับ 6.35 วินาที

4. สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หาอัตราขยาย critical gain สำหรับวิธีการวัฏจักรท้ายสุดของซีเกลอร์-นิโคลส์ ด้วยวิธีการหาค่าเหมาะสมโดยปลาวาฬ ในระบบอันดับที่ 3 (third order plant) โดยคำนวณฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 4.3568e-10 ที่จำนวน 1,000 รอบได้ค่าอัตราขยาย critical gain เท่ากับ 1.000000004356848 ส่งผลให้ผลผลตอบสนองทางเวลาของระบบ มีลักษณะเป็นแบบไซนูซอยด์ ในขนาดที่เท่ากันคือ 0.947 และมีคาบเวลาเท่ากับ 6.35 วินาที

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัวของผู้วิจัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในทุกด้านตลอดมา และคณะครู อาจารย์ของผู้วิจัยทั้งในอดีตและปัจจุบัน พร้อมคณาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยทุกท่าน ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ความดีที่เกิดขึ้นในผลงานวิชาการฉบับนี้ผู้วิจัย ขอมอบแด่มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยซึ่งเป็นต้นสังกัดของผู้เขียน และ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ร่วมเป็นเจ้าภาพในการจัดการประชุมวิชาการ ECTI-CARD ครั้งที่ 9 นี้ พร้อมกับมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่เพิ่มเติมองค์ความรู้ให้ผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Michael A.Johnson and Mohammad H.Moradi. (2005). **PID Control : New Identification and Design Methods. London** : Springer

[2] วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ. (2556). **การควบคุมระบบพลศาสตร์ = Control of Dynamic Systems**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] สุวัฒน์ กุลธนปรีดา. (2552).**วิศวกรรมการควบคุมอัตโนมัติ=Automatic Control Engineering**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).

[4] สุจินต์ บุรีรัตน์. (2556 ก). **การหาค่าเหมาะที่สุดของระบบทางวิศวกรรมเครื่องกล เล่ม 1**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[5] อาทิตย์ ศรีแก้ว. (ม.ป.ป.). **ปัญญาเชิงคำนวณ=COMPUTATIONAL INTELLIGENCE**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[6] กาญจนา เศรษฐนันท์. (2558). **เมตะฮิวริสติกส์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม=Metaheuristics and Applications for Industry**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น : คลังนานาวิทยา

[7] Kasem Nuaekaew, Nantiwat Pholdee, Pramin Artrit and Sujin Bureerat. COMPARATIVE PERFORMANCE OF MULTIOBJECTIVE EVOLUTIONARY ALGORITHMS FOR SOLVING MULTIOBJECTIVE OPTIMAL REACTIVE POWER DISPATCH PROBLEMS. *KKU Engineering Journal 2016(s1)* pp:18-22.

[8]Seyedai Mirjalili, Andrew Lewis. (2016, February). The Whale Opitmization Algorithm.*Advances in Engineering Software. 95 (2016)* : pp : 51-67.

[9] Thi-Kien Dao, Tien-Szu Pan and Jeng-Shyang Pan. (2016). A Multi-Objective Optimal Mobile Robot Path Planning Based on Whale Optimization Algorithm. *Signal Processing (ICSP), 2016 IEEE 13th International Conference on*. 6-10 Nov. 2016. pp: 337-342. DOI: 10.1109/ICSP.2016.7877851

[10]R.H.Bhesdadiya, Siddharth A. Parmar, Indrajit N. Trivedi, Pradeep Jangir, Motilal Bhoye, Narottam Jangir. (2016). Optimal Active and Reactive Power Dispatch Problem Solution using Whale Optimization Algorithm. *Indian Journal of Science and Technology May 2016*

[11] Hitarth Buch, Indrajit N. Trivedi, Pradeep Jangir, Dilip Ladumor, Narottam Jangir, R. H. Bhesdadiya. (2016). Optimal Placement and Coordination of Static VAR Compensator with Distributed Generation using Whale Optimization Algorithm. *IEEE (ICPEICES-2016)*

[12]Katsuhiko Ogata. (2010). **Modern Control Engineering**. Fifth Edition. New Jersey : Pearson

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การสอบเทียบเครื่องวัดเมกะโอห์มด้วยตัวต้านทานสูงมาตรฐาน

Megohmmeter Calibration by the High Resistance Standard

ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์[1] และ เนตรนพิศ คุ้มทุกทิศ[2]

[1]กลุ่มงานมาตรฐานปฐมภูมิไฟฟ้า เวลาและความถี่ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-5775100 ต่อ 1219 E-mail: chaiwat@nimt.or.th

[2]กลุ่มงานไฟฟ้ากระแสตรงและความถี่ต่ำ ความถี่สูงและสนามแม่เหล็ก สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-5775100 ต่อ 1219 E-mail: natenapit@nimt.or.th

บทคัดย่อ

เครื่องวัดเมกะโอห์มถูกนำมาใช้งานในการวัดค่าความเป็นฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ สำหรับค่าที่ถูกวัดจะเป็นค่าความต้านทานที่มีค่าสูงในย่านเมกะโอห์มและจิกะโอห์ม บทความนี้กล่าวถึงการสอบเทียบเครื่องวัดเมกะโอห์มด้วยการนำความต้านทานสูงชนิดฟิล์มและมีค่าความเหนี่ยวนำต่ำ ทนแรงดันได้สูงสุด 5 กิโลโวลท์ มีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ 80 พีพีเอ็มต่อองศาเซลเซียสและความเสถียร 0.01 เปอร์เซนต์ มาใช้เป็นตัวมาตรฐานในการสอบเทียบ โดยเครื่องวัดเมกะโอห์มจะถูกสอบเทียบในย่าน 1 เมกกะโอห์มถึง 100 จิกะโอห์มที่ระดับแรงดันทดสอบ 1000 โวลท์ จากผลการสอบเทียบสามารถประเมินความไม่แน่นอนในการวัดในย่านดังกล่าวได้ไม่เกิน 0.58 เปอร์เซนต์

คำสำคัญ: ความต้านทานสูง, เครื่องวัดเมกะโอห์ม, การสอบเทียบ

Abstract

The Megohmmeter is used to measure the electrical insulation of various electrical equipments. For the measured value, it will be a high resistance in the mega ohm and gig ohm range. This article describes the calibration of the Megohmmeter with film high resistance and non inductive. With a maximum voltage of 5 kV, the temperature coefficient of 80 ppm and the stability of 0.01 percentage is used as a standard for calibration. The Megohmmeter is calibrated in the 1 MΩ to 100 GΩ at the test voltage of 1000 V. The calibration resuls can estimate the uncertainty of measurement within 0.58 percentages.

Keywords: High resistance, Megohmmeter, Calibration

1. บทนำ

โดยทั่วไปเครื่องวัดมีการใช้งานในการวัดค่าต่างๆ ทางไฟฟ้า จำเป็นที่จะต้องมีการสอบเทียบเพื่อให้สามารถทราบได้ว่าเครื่องวัดดังกล่าวยังมีค่าความถูกต้องและสามารถใช้งานในวัดในย่านที่ต้องการได้ เครื่องวัดเมกะโอห์มที่มีการใช้งานในการวัดค่าความต้านทานของฉนวนไฟฟ้าในอุตสาหกรรมทั่วไป จำเป็นที่จะต้องสอบเทียบในย่านความต้านทานสูงและแรงดันทดสอบที่มีค่าสูง ตัวต้านทานที่นำมาใช้เป็นตัวมาตรฐานสำหรับการสอบเทียบต้องมีคุณลักษณะจำเพาะดังนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้สูง มีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิต่ำและมีความเสถียรที่ดี[1] บทความนี้จะนำเสนอตัวต้านทานสูงที่นำมาใช้เป็นตัวมาตรฐาน การสอบเทียบเครื่องวัดเมกะโอห์มและการประเมินความไม่แน่นอนในการวัดสำหรับการสอบเทียบเครื่องวัดดังกล่าว

2. ตัวต้านทานสูงมาตรฐานและการสอบเทียบ

2.1 ตัวต้านทานสูงมาตรฐาน

ตัวต้านทานสูงที่นำมาใช้เป็นตัวมาตรฐานสำหรับการสอบเทียบนั้น โดยทั่วไปควรมีคุณลักษณะจำเพาะในด้านต่างๆ เช่นการทนแรงดันไฟฟ้า(Maximum voltage) การเปลี่ยนแปลงค่าต่ออุณหภูมิหรือสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ(Temperature coefficient) การคงตัวของค่า (Stability) เมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลงที่ดี ความถูกต้อง(Accuracy) ที่ดีกว่าเครื่องวัดที่ต้องการสอบเทียบอย่างน้อย 4 เท่า เป็นต้น สำหรับตัวต้านทานสูงที่นำมาใช้เป็นมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดเมกะโอห์มในบทความนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1สำหรับการนำมาใช้งานจะถูกบรรจุอยู่ในกล่องโลหะ(Shielding Box) ที่มีลักษณะพื้นที่ผิวปิด[2] สำหรับป้องกันสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ขั้วต่อที่มีการป้องกันป้องกันกระแสรั่วไหลและความต้านทานรั่วไหล[3] ที่มีผลกระทบต่อค่าที่วัด โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2

รูปที่ 1 ตัวต้านทานมาตรฐาน

รูปที่ 2 ตัวต้านทานมาตรฐานในกล่องโลหะป้องกัน

2.2 การสอบเทียบ

สำหรับการสอบเทียบจะเป็นการนำตัวต้านทานมาตรฐานที่ถูกบรรจุไว้ในกล่องโลหะป้องกันมาเชื่อมต่อกับเครื่องวัดเมกะโอห์มดังรูปที่ 3 และทำการวัดค่านั้นๆ ตามแรงดันที่ใช้ทดสอบ โดยลักษณะการเชื่อมต่อจะมีการกำบังและป้องกัน(Shielding and Guarding) ทั้งในส่วนตัวต้านทานมาตรฐาน ส่วนขั้วต่อและสายไฟ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอกและลดผลกระทบจากการวัดในระบบที่เกิดจากการรั่วไหลในส่วนต่างๆ

รูปที่ 3 รูปแบบการเชื่อมต่อการวัด

ในส่วนของความไม่แน่นอนของระบบการวัดจะทำการประเมินตาม JCGM 100:2008 “Evaluation of measurement data-Guide to the expression of uncertainty in measurement” [4] โดยจะทำการประเมินในส่วนต่างๆ ของระบบการวัดตามรูปที่ 3 ความไม่แน่นอนจากตัวมาตรฐาน(Standard) คือ ความถูกต้อง ความมีเสถียรและการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิ และส่วนเครื่องวัดเมกกะโอห์มบริดจ์ หรือส่วน Unit Under Test (UUC) คือความละเอียดและการวัดซ้ำ (Repeatability) โดยรายละเอียดจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

3. วิธีการสอบเทียบและการประเมินความไม่แน่นอน

ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงวิธีการสอบเทียบและการประเมินความไม่แน่นอนจากการวัด

โดยในระบบการวัดจะทำการลดผลกระทบที่มีผลต่อค่าที่วัดทางด้านต่างๆ เช่นกระแสรั่วไหล ความต้านทานรั่วไหล ด้วยการเชื่อมต่อจุดต่างๆ อย่างแน่นหนาและมีการป้องกันสัญญาณรบกวนต่างๆ ส่วนการสอบเทียบจะทำการเชื่อมต่อตัวมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบและเครื่องวัดดังรูปที่ 3 โดยในส่วนตัวมาตรฐาน สายไฟและเครื่องวัดจะมีคุณลักษณะจำเพาะดังตารางที่ 1 โดยทำการสอบเทียบในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิ 23 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส และวัดแต่ละจุดด้วยการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ที่แรงดันทดสอบ 1000 โวลท์ ที่จุดสอบเทียบ 1 5 10 50 และ 100 เมกะโอห์ม 1 10 100 จิกะโอห์ม ตามลำดับ สำหรับแหล่งกำเนิดความไม่แน่นอน (Source of uncertainty) จากส่วนต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2

4. ผลการวัด

สำหรับผลการสอบเทียบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3. โดยจะแสดงถึงผลการวัดแต่ละครั้ง ผลการวัดเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐานของการวัดในแต่ละจุดที่สอบเทียบ โดยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณได้จะนำใช้ในการประเมินความไม่แน่นอนในส่วนของการวัดซ้ำ (Repeatability) ด้วยการนำไปหารด้วยรากที่สองของจำนวนครั้งของการวัด

ตารางที่ 1 คุณลักษณะจำเพาะ

Standard	Specifications
High Resistors 1, 5, 10, 50, 100 MΩ 1, 10 and 100 GΩ	Resistance Film : Non-Inductive Tolerance : 0.5 % Temperature Coefficient : 80 ppm/°C Stability : 0.01% per 1000 hours
UUC	Specifications
Megohmmeter	Max. Resolution $4^1/_2$ digits
Cable	Specifications
RG58 Polythene Cable	Insulation : > 50 GΩ

ตารางที่ 2 แหล่งกำเนิดความไม่แน่นนอน

Source	**1 MΩ**	**5 MΩ**	**10 MΩ**	**50 MΩ**	**100 MΩ**	**1 GΩ**	**10 GΩ**	**100 GΩ**
Accuracy	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
Stability	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
Temp. Coeff.	80 ppm	80 ppm	80 ppm	80 ppm	80 ppm	80 ppm	80 ppm	80 ppm
Resolution	0.1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ	10 kΩ	1 MΩ	1 MΩ	10 MΩ

ตารางที่ 3 ผลการสอบเทียบจำนวน 3 ครั้ง

Value	**Measured #1**	**Measured #2**	**Measured #3**	**Mean**	**Standard Deviation**
1 MΩ	0.9991	0.9992	0.9991	0.9991	0.00006
5 MΩ	4.995	4.995	4.995	4.995	0
10 MΩ	9.993	9.993	9.992	9.993	0.0006
50 MΩ	49.951	49.946	49.958	49.952	0.006
100 MΩ	99.93	99.93	99.93	99.93	0
1 GΩ	1.005	1.005	1.006	1.005	0.0006
10 GΩ	9.984	9.981	9.983	9.983	0.0015
100 GΩ	100.48	100.32	100.45	100.42	0.085

สำหรับการประเมินความไม่แน่นอนนั้น เมื่อนำค่าที่ได้จากแหล่งกำเนิดความไม่แน่นอนแต่ละค่ามาแจกแจงแบบสี่เหลี่ยมและทำการรวมค่ากับความไม่แน่นอนจากการวัดซ้ำ โดยการรวมค่าแบบผลรวมกำลังสอง(Sum of Square) หลังจากนั้นทำการคูณค่าแฟคเตอร์ (k=2) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % [5] จะสามารถรายงานผลการสอบเทียบและค่าความไม่แน่นอนได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายงานผลการสอบเทียบและค่าความไม่แน่นอนในการวัด

Applied Value	UUC Reading	Uncertainty
1 MΩ	0.9991 MΩ	0.58%
5 MΩ	4.995 MΩ	0.58%
10 MΩ	9.993 MΩ	0.58%
50 MΩ	49.952 MΩ	0.58%
100 MΩ	99.93 MΩ	0.58%
1 GΩ	1.005 GΩ	0.58%
10 GΩ	9.983 GΩ	0.58%
100 GΩ	100.42 GΩ	0.58%

5. บทสรุป

จากข้อมูลและผลการสอบเทียบจะพบหากนำเครื่องวัดเมกกะโอห์มนี้ไปใช้งานในการวัดค่าต่างๆ จะมีความถูกต้องที่ 0.58% ค่าความไม่แน่นอนจากการวัดจะมีผลมาจากแหล่งกำเนิดของความไม่แน่นอนต่างๆ โดยจะสามารถทำการวิเคราะห์และประเมินได้จากส่วนต่างๆ ของระบบการวัด เช่น ส่วนมาตรฐาน ส่วนเชื่อมต่อและส่วนเครื่องวัดที่นำมาสอบเทียบ ซึ่งหากกำจัดผลกระทบต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการวัดไปได้ ค่าความไม่แน่นอนที่ทำการประเมินได้จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะจำเพาะของตัวมาตรฐานที่นำมาใช้ในการสอบเทียบและขีดความสามารถของเครื่องวัดที่นำมาสอบเทียบ หากต้องการให้เครื่องมือที่นำมาสอบเทียบมีค่าความไม่แน่นอนที่ต่ำหรือมีความถูกต้องสูง ตัวมาตรฐานที่นำมาสอบเทียบต้องมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงต่อค่าต่างๆ ที่ต่ำ รวมถึงความสามารถของเครื่องวัดในด้านความเสถียรและความละเอียดเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

[1] Fluke corporation, “Calibration: Philosophy in practice,” Everett. WA. U.S.A., 1994.

[2] Henry W. Ott, “Noise Reduction Techniques in Electronic Systems,” JOHN WILEY & SONS, 1988.

[3] Keithley Instruments Inc., “Low Level Measurements Handbook,” Sixth Edition, 2004.

[4] BIPM, “JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data-Guide to the expression of uncertainty in measurement,”, September 2008.

[5] EA-4/02 M:2013, "Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration", rev 02, September 2013

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การวัดความต้านทานโดยวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุล

Resistance Measurement Using Direct Current Comparator Bridge

เนตรนพิศ คุ้มทุกทิศ[1] และ ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์[2]

[1]กลุ่มงานไฟฟ้ากระแสตรงและความถี่ต่ำ ความถี่สูงและสนามแม่เหล็ก สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-5775100 ต่อ 1219 E-mail: natenapit@nimt.or.th

[2]กลุ่มงานมาตรฐานปฐมภูมิไฟฟ้า เวลาและความถี่ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-5775100 ต่อ 1219 E-mail: chaiwat@nimt.or.th

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการวัดค่าความต้านทานโดยวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุล(Direct Current Comparator Bridge) วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อวัดค่าตัวต้านทานช่วงค่าความต้านทาน 1 โอห์ม ถึง 10 กิโลโอห์ม ได้ค่าความถูกต้องสูงจนได้รับการยอมรับจากห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติทั่วโลก โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการวัดค่าตัวต้านทาน 1 โอห์ม 10 โอห์ม 100 โอห์ม 1 กิโลโอห์ม และ10 กิโลโอห์ม แล้วทำการประเมินค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการวัดค่าตัวต้านทานทุกตัวที่ถูกวัดโดยวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุลพบว่าค่าของตัวต้านทาน และค่าความไม่แน่นอนของตัวต้านทานที่ถูกวัดโดยวิธีการนี้ได้ค่า 1.8 ส่วนในล้านส่วน part per million (ppm) สำหรับตัวต้านทาน 1 โอห์ม และ 10 โอห์ม 1.9 ppm สำหรับตัวต้านทาน 100 โอห์ม 1.5 ppm สำหรับตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม และ 1.7 ppm สำหรับตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ซึ่งค่าความถูกต้อง ที่ต่ำกว่า 2 ppm นี้สามารถชี้ให้เห็นว่าวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุลนี้เหมาะสำหรับใช้วัดค่าตัวต้านทานตั้งแต่ 1 โอห์มถึง 10 กิโลโอห์ม และให้ค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ต่ำเพียงพอกับที่ภาคอุตสาหกรรมต้องการ

คำสำคัญ: การวัดค่าความต้านทาน, วิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุล, การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดตัวต้านทาน

Abstract

This article describes a resistance measurement method by using the Direct Current Comparator Bridge. This measurement technique was developed for resistance measurement in the range of 1 ohm to 10 kohm where its high measurement accuracy was accepted by calibration laboratories and national metrology institutions worldwide. This study included five resistance measurement values of 1 ohm, 10 ohm, 100 ohm, 1 kohm and 10 kohm and its uncertainty was evaluated based upon each individual resistance measurement using the Direct Current Comparator Bridge algorithm. The analyses showed the uncertainties of measurement are 1.8 part per million (ppm) in accordance with resistance value of 1 ohm and 10 ohm; 1.9 ppm for resistance of 100 ohm; 1.5 ppm for resistance of 1 kohm and 1.7 ppm for resistance of 10 kohm. This achieved measurement uncertainty of less than 2 ppm had pointed out that the Direct Current Comparator Bridge technique is suitable to measure resistances ranged from 1 ohm to 10 kohm and its low-level of this accomplished uncertainty is complied with industry requirements.

Keywords: resistance measurement, Direct Current Comparator Bridge, evaluation of resistance uncertainty of measurement

1. บทนำ

ตัวต้านทานเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในงานด้านต่างๆของภาคอุตสาหกรรม เช่น การทดสอบผลิตภัณฑ์ หรือการตรวจสอบมาตรฐานสินค้า ที่ต้องนำตัวต้านทานมาใช้เป็นค่าอ้างอิง เพื่อผลผลิตที่มีคุณภาพ ตัวต้านทานที่ถูกนำมาใช้งานนั้น จะต้องได้รับการสอบเทียบจากห้องปฏิบัตการหรือสถาบันที่มีความน่าเชื่อถือ และในประเทศไทยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ มีหน้าที่จัดเก็บ บำรุงรักษาค่ามาตรฐานตัวต้านทาน และถ่ายทอดค่าความถูกต้องของตัวต้านทานไปยังห้องปฏิบัติการทุติยภูมิ และภาคอุตสาหกรรมต่อไป

2. ประเภทของตัวต้านทานมาตรฐาน

ตัวต้านทานไฟฟ้ามาตรฐานโดยทั่วไปแล้วเป็นตัวต้านทานที่นำมาเป็นค่ามาตรฐานในการถ่ายทอดค่าความถูกต้องไปยังตัวต้านทานที่อยู่ในระดับความถูกต้องที่ต่ำลงมา โดยจะแบ่งเป็นหลายชนิดตามการใช้งาน และค่าความถูกต้องที่ต้องการใช้ ตัวต้านทานจะเป็นชนิดขดลวดพันสร้างมาจากโลหะผสมเช่น Constantan Manganin หรือ Evanohm แล้วแต่โลหะที่ใช้ผสมโดยคุณสมบัติของตัวต้านทานมาตรฐานควรมีดังนี้คือมี

เสถียรภาพที่ดี ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปน้อยมากเมื่อเทียบกับระยะเวลาการใช้งานมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำ คือค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปไม่มากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป มีแรงเคลื่อนจากความร้อนต่ำ เมื่อเทียบกับทองแดง มีการตอบสนองกับความถี่ และมีขั้วต่อของตัวต้านทานควรมีคุณภาพดี

ในงานวิจัยนี้ทำการวัดค่าความต้านทาน 1 โอห์ม 10 โอห์ม 100 โอห์ม 1 กิโลโอห์ม และ10 กิโลโอห์มโดยข้อกำหนดเฉพาะของตัวต้านทานชุดดังกล่าวดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ข้อกำหนดเฉพาะของตัวต้านทานที่ใช้ในงานวิจัย

ค่าตัวต้านทานมาตรฐาน (โอห์ม)	กระแสสูงสุด (มิลลิแอมแปร์)	ค่าความเสถียร (± ppm ต่อ ปี)	สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (ppm /°C)
1	200	8	3
10	20	8	3
100	5	6	3
1000	2	6	2
10000	0.6	4	1.5

โดยทำการวัดค่าของตัวต้านทานทั้งห้าค่าโดยใช้วิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุล

3 การวัดค่าตัวต้านทานโดยวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุล (Direct Current Comparator Bridge)

วิธีการวัดตัวต้านทานมาตรฐานที่ใช้วัดในงานด้านมาตรวิทยามีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับช่วงค่าความต้านทานที่ต้องการวัด และค่าความไม่แน่นอนที่ต้องการใช้งาน วิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุลนี้เป็นที่นิยมกันมากที่สุด และคุณภาพดีที่สุดในการวัดหาค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่าใดๆซึ่งจะให้ผลการวัดดีที่สุดในช่วงค่าความต้านทานไม่เกิน 10 กิโลโอห์ม โดยวิธีการนี้จะอาศัยหลักการเทียบอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้าโดยการตรวจจับสภาวะที่เส้นแรงแม่เหล็กเป็นศูนย์ ในแกนแม่เหล็กดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 วงจรวัดค่าความต้านทานโดยวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุล

จากรูป เมื่อวงจรอยู่ในสภาวะสมดุล กระแสที่ไหลในขดลวดทั้งสองจะมีขนาดเท่ากันทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่แกนเหล็กทั้งสองโดยทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในทิศตรงกันข้าม ทั้งหมดนี้ถูกตรวจจับโดยเครื่องมือที่เรียกว่า Modulation Detector ซึ่งจะทำหน้าที่ตรวจจับ และควบคุมปริมาณกระแสที่ไหลออกจากแหล่งจ่ายโดยอัตโนมัติ ในการเปรียบเทียบค่าความต้านทานมาตรฐานของตัวที่ทราบค่า และไม่ทราบค่าโดยตัวต้านทานจะต่อกับขดลวดปฐมภมิ (N_s) และทุติยภูมิ (N_x) ตามลำดับ อัตราส่วนของปริมาณกระแสสามารถปรับได้โดยการเปลี่ยนรอบของขดลวด และแหล่งจ่ายไฟสำรองจะทำงานโดยอัติโนมัติเพื่อรักษาสภาวะของเส้นแรงแม่เหล็ก เมื่อพิจารณาสมการพบว่า

$$I_s \cdot N_s = I_x \cdot N_x \quad (1)$$

และเมื่อวงจรอยู่ในสภาวะสมดุล

$$V_s = V_x \quad (2)$$

$$I_s \cdot R_s = I_x \cdot R_x \quad (3)$$

สามารถคำนวณหาค่า ตัวต้านทานที่ไม่ทราบค่า (R_x) ได้จากสมการ

$$R_x = \frac{N_x}{N_s} R_s \quad (4)$$

โดย I_x คือกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_x
I_s คือกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_s
N_s คือจำนวนขดลวดปฐมภูมิ
N_x คือจำนวนขดลวดทุติยภูมิ
R_s คือตัวต้านทานที่ทราบค่า
R_x คือตัวต้านทานที่ไม่ทราบค่า

4. ผลการวัดค่าตัวต้านทานโดยวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุล

งานวิจัยนี้ทำการวัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานทั้งหมดห้าค่า ประกอบด้วย ตัวต้านทาน 1 โอห์ม10 โอห์ม 100 โอห์ม 1 กิโลโอห์ม 10 กิโลโอห์ม โดยวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุล ผลการวัดค่าตัวต้านทานแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดตัวต้านทานโดยวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุล

ค่าตัวต้านทานมาตรฐาน (โอห์ม)	กระแสทดสอบ (มิลลิแอมแปร์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ppm)
1	100	0.04
10	10	0.01
100	1	0.03
1000	1	0.02
10000	0.3	0.02

งานวิจัยนี้ทำการวัดค่าตัวต้านทานค่าละ 10 ครั้ง โดยใช้กระแสทดสอบและคำนวนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดจากการวัดซ้ำ โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้จะถูกนำไปใช้เป็นหนึ่งในแหล่งที่มาของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในด้วย

5. การประเมินความไม่แน่นอนในการวัดตัวต้านทาน

การประเมินความไม่แน่นอนของการวัดใดๆนั้น จะมีแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้ในระบบวัด การประเมินความไม่แน่นอนจะอาศัยหลักการทางสถิติมาช่วยในการคำนวนเพื่อให้ได้ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัด และการวัดตัวต้านทานโดยวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุลนี้พบว่าแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนประกอบด้วยตัวแปรต่างๆดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แหล่วที่มาของความไม่แน่นอนของตัวต้านทานที่วัดโดยวิธีเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุล

แหล่งที่มาความไม่แน่นอน (ppm)	1 (โอห์ม)	10 (โอห์ม)	100 (โอห์ม)	1000 (โอห์ม)	10000 (โอห์ม)
Type A	0.04	0.01	0.03	0.02	0.02
Drift Rs	0.08	0.08	0.1	0.1	0.1
Certificate Rs	0.15	0.15	0.3	0.3	0.7
Accuracy Bridge	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Resolution Bridge	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Tempe Coefficient R_s	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Tempe Coefficient R_x	0.9	0.9	0.9	0.6	0.5

โดย

Type A คือความไม่แน่นอนเนื่องจากค่าเฉลี่ยของผลการวัด

Drift Rs คือความไม่แน่นอนเนื่องจาก การเปลี่ยนค่าของตัวต้านทานมาตรฐาน

Certificate Rs คือความไม่แน่นอนเนื่องจาก ความไม่แน่นอนจากผลการสอบเทียบตัวต้านทานมาตรฐาน

Accuracy Bridge คือความไม่แน่นอนเนื่องจากความถูกต้องของบริดจ์

Resolution Bridge คือความไม่แน่นอนเนื่องจาก หลักสุดท้ายที่บริดจ์อ่านได้

Tempe Coefficient R_s คือความไม่แน่นอนเนื่องจากสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิของตัวต้านทานมาตรฐาน

Tempe Coefficient R_x คือความไม่แน่นอนเนื่องจากสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิของตัวต้านทานที่ต้องการทราบค่า

จากการวัดค่าตัวต้านทานทั้งหมดโดยเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุลพบว่าค่าของตัวต้านทาน และค่าความไม่แน่นอนของตัวต้านทานที่ทำการคำนวนโดยการรวมกันด้วยหลักทางสถิติ แบบรากที่สองสมบูรณ์ (Root sum Square) และที่ความเชื่อมั่น 95เปอร์เซนต์ (k= 2) พบว่าค่าความไม่แน่นอนแสดงได้ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวัดค่าตัวต้านทานและความไม่แน่นอนของตัวต้านทาน

ค่าตัวต้านทานมาตรฐาน (โอห์ม)	กระแสทดสอบ (มิลลิแอมแปร์)	ผลการวัดค่าตัวต้านทาน (โอห์ม)	ความไม่แน่นอน (ppm)
1	100	1.000 001 4	1.8
10	10	9.999 905	1.8
100	1	100.001 55	1.9
1000	1	1 000. 008 6	1.5
10000	0.3	10 000.340	1.7

6. สรุป

การวัดค่าความต้านทานให้ถูกต้องนั้นขึ้นอยู่กับการเลือกวิธีการวัดที่เหมาะสม กับช่วงค่าของตัวต้านทานที่ต้องการวัดนั้นๆและการวัดแบบเปรียบเทียบค่ากระแสตรงสมดุลนี้เหมาะสำหรับวัดค่าความต้านทานในช่วง 1 โอห์มถึง 10 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นค่าความต้านทานที่ใช้แพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม ค่าความไม่แน่นอนของตัวต้านทานแต่ละตัวที่ถูกประเมินจากการวัดด้วยวิธีการนี้ คำนวนค่าความไม่แน่นอนได้ค่าที่แตกต่างกันไป โดยตัวต้านทาน 1 โอห์ม และ 10 โอห์ม ประเมินค่าความไม่แน่นอนได้เท่ากับ 1.8 ppm ตัวต้านทาน 100 โอห์ม 1.9 ppm ตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม 1.5 ppm และ 1.7 ppm สำหรับตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม

จากงานวิจัยนี้พบว่าค่าความไม่แน่นอนของทุกตัวต้านทาน มีค่าน้อย 2 ppm ซึ่งเมื่อพิจารณาจากแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนแล้วผลที่คำนวณได้ของตัวต้านทานแต่ละตัวนอกจากจะขึ้นอยู่กับ ค่าความถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความต้านทานแล้ว ความเสถียรของตัวต้านทานแต่ละตัว และสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิของสสารที่ใช้ทำตัวต้านทานทั้งตัวต้านทานมาตรฐาน และตัวต้านทานที่ไม่ทราบค่าก็มีผลกับค่าความไม่แน่นอนนี้ด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติที่ส่งเสริม และสนับสนุนเครื่องมือในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] M. P. MacMartin and N. L. Kusters, "A Direct Currennt Comparator Ratio Bridge for four Terminal Resistance Measurements", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Volume: 15, Issue: 4, Dec. 1966.

[2] Fluke corporation, "Calibration: Philosoply in practice," Everett. WA. U.S.A., 1994.

[3] J. Hribik, B. Lojko, P. Fuchs, "Accuracy Verification of Simplified Error Correction Method in Digital Electricity Meters", MEASUREMENT 2011 Proceedings of the 8th International Conference, Smolenice, Slovakia, 2011.

[4] BIPM, "JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data-Guide to the expression of uncertainty in measurement,", September 2008.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การสอบเทียบความยาวคลื่นของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง

Wavelength calibration of Optical Spectrum Analyzer

มลฤดี เรณูสวัสดิ์[1] และ สิทธิชัย ศรีคำ[2]

ห้องปฏิบัติการความยาวคลื่น ฝ่ายมาตรวิทยามิติ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 ต. คลองห้า อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02- 5775100 ต่อ 1209

E-mail: 1: monludee@nimt.or.th and 2:sittichais@nimt.or.th

บทคัดย่อ

เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงเป็นเครื่องมือวัดค่ากำลังงานแสงตามการกระจายค่าความยาวคลื่นที่มีความถูกต้องสูง ที่ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ที่ใช้ในด้านโทรคมนาคมโดยเครื่องจะแสดงผลการวัดในรูปของกำลังงาน (มิลลิวัตต์) และ ความยาวคลื่น (นาโนเมตร) โดยพบว่าการตรวจสอบค่าความยาวคลื่นเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง ดังนั้นห้องปฏิบัติการความยาวคลื่น สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติจึงได้ทำการสอบเทียบความยาวคลื่นของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงเมตร ด้วยเครื่องวัดความยาวคลื่นมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 1310, 1550 และ 1600 นาโนเมตร โดยค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบนที่ได้คือ 0.294, 0.376 และ 0.411 นาโนเมตรตามลำดับที่ระยะช่วงขยายหน้าจอเท่ากับ 1 นาโนเมตร และค่าความไม่แน่นอนของการวัดอยู่ที่ 0.020 นาโนเมตรที่มีความเชื่อมั่น $k = 2$ โดยการสอบกลับได้ของการวัดความยาวคลื่นนี้ไปยังมาตรฐานปฐมภูมิความยาวของประเทศคือ ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ที่เสถียรความยาวคลื่นโดยไอโอดีน

คำสำคัญ: การสอบเทียบความยาวคลื่น, ค่าความไม่แน่นอนของการวัด, เครื่องวิเคราะห์สเปกตัมแสง

Abstract

Optical spectrum analyzer is the equipment to use in fibre-optic communication. It can measure the spectral power distribution with respect to the absolute wavelength of the light and display the results of such measurements. The display of optical spectrum analyzer are shown in power level (mW) and wavelength (nm). Thus the wavelength measurement is the one of important parameter for optical spectrum analyzer. To confirm the performance of optical spectrum analyzer, wavelength laboratory at National Institute of Metrology (Thailand) to conduct the wavelength calibration of optical spectrum analyzer using standard wavelength meter. The wavelength deviation of optical spectrum analyzer at 1310, 1550 and 1600 nm are 0.294, 0.376 and 0.411 nm respectively @ 1 nm wavelength span on display with measurement uncertainty is 0.02 nm with $k = 2$. The wavelength measurements are traceable to SI unit, through the Iodine stabilized He-Ne laser.

Keywords: wavelength calibration, measurement uncertainty, optical spectrum analyzer

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางแสงคือเทคโนโลยีที่สำคัญสาขาหนึ่งที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ความต้องการเครื่องมือวัดทางแสงที่มีความถูกต้องสูงเช่น เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง (Optical spectrum analyzer) จึงมีมากขึ้นเรื่อยๆ ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมโทรคมนาคม อุตสาหกรรมอิเลคทรอนิกส์ อุตสาหกรรมทางด้านความปลอดภัย การแพทย์ งานวิจัย การวิเคราะห์ทางเคมี และ สิ่งแวดล้อม เป็นต้น

ดังนั้นสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติได้จัดทำแนวทางการสอบเทียบเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง [1] เพื่อเป็นประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมดังกล่าว โดยตั้งคณะทำงานซึ่งประกอบไปด้วยนักวิชาการและผู้ทรงคุณวุฒิจากภาคการศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดทำแนวทางการสอบเทียบเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงฉบับภาษาไทยให้เป็นไปตามมาตรฐานนานาชาติ โดยใช้มาตรฐาน ISO 62129:2006 Calibration of Optical Spectrum Analyzers [2] ในปี 2559 ดังนั้นห้องปฏิบัติความยาวคลื่น จึงได้ดำเนินกา รสอบเทียบในส่วนของความยาวคลื่นของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงเพื่อให้สามารถเปิดให้บริการกับกลุ่มลูกค้าดังกล่าวได้

2. อุปกรณ์และการจัดเตรียม

2.1 อุปกรณ์

ห้องปฏิบัติการความยาวคลื่นได้ทำการวัดค่าความยาวคลื่นที่อ่านได้ของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงยี่ห้อ Yokogawa รุ่น AQ-6315A ที่มีค่าความละเอียดของการอ่านเท่ากับ 0.001 นาโนเมตรโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงชนิดเลเซอร์ไดโอดที่ไม่ทราบค่าความยาวคลื่นที่แน่นอน (Light source) ยี่ห้อ Agilent รุ่น81940A and 81600B และอ่านค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำหนดแสงที่ใช้โดยเครื่องวัดความยาวคลื่นมาตรฐาน (standard wavelength meter) ที่ได้รับการสอบเทียบแล้ว ยี่ห้อ High Finesse รุ่น WS7 ที่มีค่าความละเอียดในการอ่านค่าเท่ากับ 0.00001 นาโนเมตร โดยการอ่านค่าความยาวคลื่นเทียบกันระหว่างเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงกับเครื่องวัดความยาวคลื่นมาตรฐานในช่วงเวลาการวัดเดียวกันโดยผ่าน Optical fibre splitter ที่สามารถแยกลำแสงได้เป็น 2 ลำแสง โดยการจัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ แสดง ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 การจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการวัดความยาวคลื่น

2.2 ระบบการสอบกลับได้

การสอบกลับได้ของการวัดความยาวคลื่นของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง สามารถใช้อุปกรณ์มาตรฐานตาม ISO 62129:2006 Calibration of Optical Spectrum Analyzers [2] มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ 1. มาตรฐานแหล่งกำเนิดแสง 2. เครื่องวัดความยาวคลื่นแสง และ 3. อุปกรณ์ส่งผ่านแสงที่สามารถปล่อยหรือปิดกั้นความยาวคลื่นค่าใดค่าหนึ่งได้ (สอบกลับได้) ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 2 ระบบการสอบกลับได้ของการวัดความยาวคลื่นของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง

ระบบการการสอบกลับได้ของการวัดค่าความยาวคลื่นของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงโดยใช้เครื่องวัดความยาวคลื่นมาตรฐานที่ทำการสอบเทียบด้วยมาตรฐานปฐมภูมิความยาวของประเทศคือ ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ที่เสถียรความยาวคลื่นโดยไอโอดีน (Iodine stabilized He-Ne laser) ที่ความยาวคลื่น 633 นาโนเมตร และเป็นระบบการสอบกลับได้ของการวัดความยาวคลื่น 633 นาโนเมตรของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ [3] โดยการจัดเตรียมอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 การสอบกลับได้ของเครื่องวัดความยาวคลื่นโดยผ่าน Iodine stabilized He-Ne laser

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการทดลอง

ในการทดลองได้ทำการทดลองเก็บค่าความยาวคลื่นที่อ่านได้จากเครื่องวัดความยาวคลื่นมาตรฐานและเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง จำนวน 10 ครั้ง ในแต่ละความยาวคลื่นที่ 1310, 1550 และ 1600 นาโนเมตร โดยสามารถคำนวณหาค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบนของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงที่วัดได้จากเครื่องวัดความยาวคลื่นมาตรฐาน ดังสมการที่ (1)

$$\Delta\lambda = \lambda_{OSA_{AV}} - \lambda_{REF} \quad (1)$$

เมื่อ

$\lambda_{OSA_{AV}}$ คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง

λ_{REF} คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดความยาวคลื่น

โดยค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบนที่ 1310, 1550 และ 1600 นาโนเมตร ที่ปรับระยะขยายหน้าจอที่ 1 นาโนเมตร แสดงดังตารางที่ 1

นอกจากนั้นทำการทดลองปรับระยะขยายหน้าจอของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง (span) เพื่อดูค่าการเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นที่เกิดขึ้น โดยได้ปรับระยะขยายหน้าจออยู่ที่ 1, 5 และ 10 นาโนเมตร โดยทำได้ค่าความละเอียดของหน้าจออยู่ที่ 0.1 , 0.5 และ 1 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4

ตารางที่ 1 ค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบนของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงที่ความยาวคลื่น ที่ 1310, 1550 และ 1600 นาโนเมตร

การวัดครั้งที่	ค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบน, นาโนเมตร		
	1310	1550	1600
1	0.297	0.385	0.417
2	0.300	0.369	0.415
3	0.297	0.384	0.407
4	0.297	0.367	0.413
5	0.297	0.384	0.410
6	0.292	0.372	0.413
7	0.281	0.370	0.413
8	0.296	0.369	0.404
9	0.296	0.386	0.412
10	0.284	0.368	0.404
ค่าเฉลี่ย	0.294	0.376	0.411

รูปที่ 4 ค่าการเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นที่ขึ้นอยู่กับระยะขยายของหน้าจอ

3.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด

การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดใช้เอกสารอ้างอิง Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM100 [4] ซึ่งเป็นการประเมินโดยใช้หลักสถิติ ที่ได้จากการหาค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบนสมการที่ (1) และสามารถคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนของการวัด $\sigma_{\lambda OSA}$ ที่เกิดการวัดค่าความยาวคลื่นแสง λ_{OSAi} โดยใช้สมการ (2)

$$\sigma_{\lambda OSA} = \left[\sum_{i=1}^{m}(\lambda_{OSAi} - \lambda_{OSA_{AV}})^2/(m-1)\right]^{1/2} \quad (2)$$

ค่าความไม่แน่นอน $\sigma_{\Delta\lambda}$ ของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงที่ได้ เป็นไปตามสมการ (3)

$$\sigma_{\Delta\lambda} = (\sigma^2_{\lambda REF} + \sigma^2_{\lambda OSA} + \sigma^2_{\Delta\lambda})^{1/2} \quad (3)$$

เมื่อ

$\sigma_{\lambda REF}$ คือ ค่าความไม่แน่นอนของความยาวคลื่นของเครื่องวัดความยาวคลื่น,

$\sigma_{\lambda OSA}$ คือ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานของผลการวัดซ้ำระหว่างการทดสอบ

$\sigma_{\Delta\lambda}$ คือ ค่าความไม่แน่นอนของความคลาดเคลื่อนของความยาวคลื่นที่วัดได้ โดยหาได้จากสมการ (4)

$$\sigma_{\Delta\lambda} = (\lambda_{\Delta\lambda,MAX} - \lambda_{\Delta\lambda,MIN})/2\sqrt{3} \quad (4)$$

เมื่อ $\Delta\lambda_{\lambda,MAX}$ เป็นค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบนมากสุดที่วัดได้และ $\Delta\lambda_{\lambda,MIN}$ เป็นค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบนน้อยสุดที่วัดได้

ทั้งนี้ในการรวมกันของความไม่แน่นอนของการวัดนี้จะไม่นำค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากเครื่องวัดความยาวคลื่นมาตรฐานและค่าความละเอียดของการอ่านของเครื่องมาคำนวณด้วยเนื่องจากมีค่าน้อยมากจึงสามารถละทิ้งได้ ส่วนค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากผลการวัดซ้ำและความคลาดเคลื่อนของความยาวคลื่นที่ได้คือ 0.008 และ 0.005 นาโนเมตร ตามลำดับ

โดยในการสอบเทียบความยาวคลื่นของวิเคราะห์สเปกตรัมแสง ที่สอบเทียบที่ความยาวคลื่น 1310 , 1550 และ 1600 นาโนเมตร สามารถคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด คือ 0.020 นาโนเมตร ที่มีค่าความเชื่อมั่น $k = 2$ ในช่วงความยาวคลื่น 1310 – 1600 นาโนเมตร

4. สรุป

การสอบเทียบความยาวคลื่นของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงโดยใช้เครื่องวัดความยาวคลื่นมาตรฐานและแหล่งกำเนิดแสงชนิดเลเซอร์ไดโอดในย่านความยาวคลื่น 1310 – 1600 นาโนเมตร พบว่าเกิดค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบนที่ 1310, 1550 และ 1600 นาโน 0.294, 0.376 และ 0.411 ตามลำดับ โดยพบว่าค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบนเพิ่มขึ้นที่ระยะความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าการปรับระยะขยายหน้าจอของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงไม่มีผลกระทบกับค่าความยาวคลื่นเบี่ยงเบนที่เกิด ทั้งนี้ค่าความไม่แน่นอนของการวัดที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.020 นาโนเมตร ที่มีค่าความเชื่อมั่น $k = 2$ นอกจากนั้นยังพบว่าการคำนวณค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากค่าความละเอียดของการอ่านของเครื่องมือและค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากเครื่องวัดความยาวคลื่นมาตรฐานสามารถละทิ้งได้เนื่องจากมีค่าน้อยกว่าค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากผลการวัดซ้ำและความคลาดเคลื่อนของความยาวคลื่น

ทั้งนี้ในการสอบเทียบยังไม่ได้ทดลองในส่วนการแปรผันความยาวคลื่นที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปตามแนวทางการสอบเทียบเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงที่ทางสถาบันมาตรวิทยาได้จัดทำขึ้น ซึ่งในอนาคตจะได้ทำการทดลองและศึกษาต่อไปของผลกระทบดังกล่าว

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ นายอนุสรณ์ ทนหมื่นไวย ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ และ คณะทำงานจัดทำแนวทางการสอบเทียบเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง ซึ่งประกอบไปด้วยนักวิชาการและผู้ทรงคุณวุฒิจากภาคการศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการให้คำปรึกษาและแนะนำในวิธีการดำเนินการการสอบเทียบเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสง

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ, “แนวทางการสอบเทียบเครื่องวิเคราะห์สเปกตัมแสง (ฉบับภาษาไทย),” ตุลาคม 2559.

[2] International Electrotechinical Commission, “Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 1: Optical spectrum analyzer” IEC 62129-1: 2016.

[3] Ranusawud, M., Vacharanukul, K., and Tonmeanwai, A., 2009, “Traceability of 633 nm laser calibration at NIMT”, Proceedings of Conference on XIX IMEKO World Congress, Fundamental and Applited Metrology, Lisbon.Portugal,.

[4] Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG1), September 2008, “Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement”, JCGM100 : 2008 GUM 1995 with minor corrections.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การศึกษาการวัดกระแสไฟฟ้าสูงของตัวต้านทานวัดกระแส 50 แอมแปร์ เพื่อเปรียบเทียบกับตัวต้านทานวัดกระแส 5, 10, และ 20 แอมแปร์ในการสอบเทียบฟังก์ชั่นกระแสสลับ

Study of Measurement effect of Current Shunt Resistor 50A by comparing with current shunt resistor 5, 10 and 20A in Alternating Current Function

อดิเทพ จ่างอ่อน และ กองศักดิ์ ทองบุญ

ห้องปฏิบัติการเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าชนิดหลายฟังก์ชัน ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-577-5100 ต่อ 1220

E-mail: adithep@nimt.or.th และ kongsak@nimt.or.th

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการศึกษาผลการวัดของตัวต้านทานวัดกระแส 50 แอมแปร์และนำค่าจากการวัดที่ได้มาเปรียบเทียบกับตัวต้านทานกระแสไฟฟ้าขนาด 5 แอมแปร์, 10 แอมแปร์ และ 20 แอมแปร์ ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์โดยจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าต่อเนื่อง 10 นาที พบว่าเมื่อเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐานจ่ายกระแสมาที่ตัวต้านทานกระแสทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงและลดลงก่อนที่จะส่งผ่านมาถึงตัวอ่านมาตรฐาน ตามลำดับ และค่า ac-dc current transfer difference จากการวัดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่ค่าที่วัดได้มีความแตกต่างกันทั้งความแม่นยำและความเสถียรของการวัด ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในการเลือกใช้งานตัวต้านทานวัดกระแสให้เหมาะกับค่ากระแสไฟฟ้าที่ทำการวัดเพื่อให้การวัดมีความถูกต้องและมีความแม่นมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ตัวต้านทานวัดกระแส, ฟังก์ชันกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ, เครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐาน, ค่าความต้านทาน, ตัวอ่านมาตรฐาน

Abstract

This paper presents the change of the resistance on 50A current shunt Resistor as well at its comparison on the 5A, 10A, and 20A current shunt resistors, respectively. By continuous applying the electrical current for 10 minutes, it is found that the resistances of these current shunt resistors have been firstly decreased before reading by the standard multimeter. This is a good agreement closing to the trend of the ac-dc current transfer difference. Therefore, it is recommended to consider the appropriate current shunt resistor for each electrical current in order to gain the more accurate and precise measurement.

1. บทนำ

ตัวต้านทานวัดกระแสสลับ (AC Current shunt resistor) ปัจจุบันผู้ผลิตออกแบบมาใหม่ ให้สามารถใช้สำหรับวัดหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าได้ทั้งกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (direct current) และ กระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (alternating current) โดยเป็นตัวต้านทานที่มีความเที่ยงสูงและสามารถรับกระแสไฟฟ้าที่ขนาดต่างๆกัน โดยมีความสามารถวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้สูงมากจนถึง 100 แอมแปร์ ในทางมาตรวิทยาทางด้านการสอบเทียบเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐาน (calibrator) ที่ฟังก์ชันกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ ยังไม่สามารถสอบเทียบโดยใช้วิธีวัดตรง (Direct Measurement) ได้ เพราะเนื่องจากยังไม่มีตัวมาตรฐานที่ดีพอ ดังนั้นจึงต้องทำวัดค่ากระแสไฟฟ้าต่างๆ ผ่านตัวต้านทานวัดกระแสหรือ เรียกวิธีการสอบเทียบแบบนี้ว่าวิธีการสอบเทียบวิธีการวัดโดยอ้อม (Indirect Measurement) [1]

การวัดค่ากระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานวัดกระแสนั้น พบว่าจะต้องมีความร้อนเกิดขึ้น โดยในเชิงมาตรวิทยาจะต้องพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดว่าเกิดจากสาเหตุใดและสิ่งที่กระทบถึงค่าจากการวัดหรือความไม่แน่นอนของการวัดไปด้วย ไม่ว่าจะเป็นสายวัดหรือตัวต้านทานวัดกระแส หากพิจารณาถึงผลกระทบจากสายวัด พบว่ามีผลกระทบน้อยมาก เพราะสามารถเปลี่ยนสายวัดที่สามารถทนกระแสไฟฟ้าที่ต้องการวัดได้ แต่ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในตัวต้านทานวัดกระแสนั้น จะทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนไป [2] ซึ่งอาจจะมีผลต่อค่ากระแสไฟฟ้าที่ทำการวัด และในการสอบเทียบเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐานฟังก์ชันกระแสไฟฟ้า ต้องเลือกใช้ตัวต้านทานวัดกระแสที่เหมาะสมกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ทำการวัดด้วย เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากตัวต้านทานวัดกระแส โดยตัวมาตรฐานกระแสไฟฟ้ากระแสตรงสามารถทราบผลของความร้อนภายในได้จากข้อกำหนดจำเพาะ (specification) ของตัวต้านทานได้ แต่แตกต่างกับตัวต้านทานวัดกระแสสำหรับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่มีการออกแบบตัวต้านทานที่แตกต่างออกไป และ

ข้อกำหนดจำเพาะของตัวต้านทานจะบอกถึงค่าความแตกต่างระหว่างกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ (ac-dc different) สัมพันธ์กับปริมาณค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความถี่ รวมถึงขีดจำกัดของปริมาณกระแส [3]

ดังนั้นงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงผลการวัดที่ได้จากการเปรียบเทียบตัวต้านทานกระแสสลับ 50 แอมแปร์กับตัวต้านทานกระแสสลับ 5, 10 และ 20 แอมแปร์ ว่ามีความแตกต่างกันเช่นไร อะไรบ้างคือผลกระทบที่เกิดจากการวัด ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปของตัวต้านทานวัดกระแสสำหรับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับในการสอบเทียบฟังก์ชันกระแสไฟฟ้ากระแสสลับของเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐาน และการเลือกใช้ตัวต้านทานวัดกระแสสำหรับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มความถูกต้องของค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้

2. วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าเป็นเวลา 5 สัปดาห์ โดยใช้เครื่องมือในการทดลองได้แก่ เครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐาน รุ่น 5520A [4], ตัวต้านทานวัดกระแสสำหรับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 5 แอมแปร์ม 10 แอมแปร์, 20 แอมแปร์ และ 50 แอมแปร์ [3], ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 8 ½ หลัก รุ่น 3458A [5] และเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมาตรฐาน รุ่น 5790A [6] โดยห้องปฏิบัติการที่ใช้ทดลองควบคุมอุณหภูมิที่ 23 ± 2 องศาเซสเซียส (C°) โดยใช้วิธีการวัดโดยอ้อมในการวัดค่ากระแสไฟฟ้า โดยค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรงหาได้จากการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัวต้านทาน และวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานโดยใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 8 ½ หลัก และคำนวณค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรงตามสมการ 1

$$I = \frac{E}{R} \tag{1}$$

เมื่อ I = ค่ากระแสตรงที่ได้จากการคำนวณ
E = ค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านค่าได้จากดิจิตอลมัลติมิเตอร์
R = ค่าความต้านทานจากใบรับรองผลสอบเทียบ

และค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับหาได้จากการวัดค่า ac-dc current transfer difference และนำมาคำนวณตามสมการ 2

$$I_X = I_{DC} \bullet (1 + (\delta_m + \delta_s)) \tag{2}$$

เมื่อ I_X = กระแสสลับที่ได้จากการคำนวณ
I_{DC} = ค่ากระแสตรงที่ได้จากการวัดตามสมการที่ 1
δ_m = ค่า ac-dc current transfer difference จากการวัด
δ_s = ค่า ac-dc current transfer difference จากใบรับรองผลสอบเทียบ

มีขั้นตอนการทดลองดังนี้ ขั้นตอนแรก วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานวัดกระแสก่อนจ่ายค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐาน รุ่น 5520A ด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 8 ½ หลัก รุ่น 3458A ใช้วิธีการวัดค่าความตานทานแบบ 4 สาย และบันทึกค่าความต้านทาน โดยในงานวิจัยนี้วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานวัดกระแสสำหรับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 5 แอมแปร์ 10 แอมแปร์ 20 แอมแปร์ และ 50 แอมแปร์ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 การวัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานกระแสสลับ

ขั้นตอนที่สอง วัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับของตัวตานทาน 50 แอมแปร์ วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ 5 แอมแปร์ ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์โดยจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าต่อเนื่องนาน 10 นาที ที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้หากใช้ระยะเวลานานกว่านี้จะทำให้เครื่องแหล่งจ่ายและตัวต้านทานเกิดความเสียหายได้ เริ่มตั้งแต่ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยวิธีการวัดอ้อม (Indirect Measurement) เพื่อนำมาแทนค่าในสมการที่ 2 หลังจากนั้นทำการวัดกระแสไฟฟ้าสลับโดยผ่านตัวต้านทานวัดกระแสสำหรับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 50 แอมแปร์ วัดค่ากระแสไฟฟ้าสลับที่ 5 แอมแปร์ ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ผ่านเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมาตรฐาน รุ่น 5790A เพื่อวัดค่า ac-dc current transfer difference แล้วนำมาคำนวณตามสมการ 2 จากนั้นวัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานวัดกระแสหลังจ่ายค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วบันทึกค่าความต้านทาน ดังแสดงรูปที่ 2

รูปที่ 2 การวัดหาค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับ

ทำตามขั้นตอนที่ 1 และ2 ซ้ำ โดยเปลี่ยนค่าการวัดจาก 5 แอมแปร์ เป็น 10 แอมแปร์ และ 20 แอมแปร์ ตามลำดับ รวมถึงวัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานวัดกระแสก่อนและหลังจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าด้วย เมื่อได้ผลหรือค่าจากการวัดของตัวต้านทานวัดกระแส 50 แอมแปร์แล้ว เปลี่ยนมาทำการวัดกระแสไฟฟ้าสลับของตัวต้านทานวัดกระแส 5 แอมแปร์ โดยวัดที่ค่ากระแส 5 แอมแปร์ ทำจนถึงการใช้ตัวต้านทานวัดกระแส 20 แอมแปร์ และที่วัดค่ากระแส 20 แอมแปร์ ตามที่ผู้ผลิตกำหนด โดยทำซ้ำและทำการบันทึกผลตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

3 ผลการทดลอง

ผลการวัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานวัดกระแสขนาด 50 แอมแปร์ เพื่อเปรียบเทียบกับ 5, 10, 20 แอมแปร์ ก่อนและหลังจ่ายค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐาน ดังตารางที่ 1

ตาราง 1 ค่าความต้านทานก่อนและหลังการวัดค่ากระแสไฟฟ้า

เวลา	0 นาที	10 นาที	
ตัวต้านทานวัดกระแส	ความต้านทาน (โอห์ม)	ความต้านทาน (โอห์ม)	ค่าความต่าง (โอห์ม)
50 A	0.0176	0.0184	0.0008
5 A	0.1392	0.1429	0.0037
50 A	0.0175	0.0185	0.0011
10 A	0.0532	0.0583	0.0051
50 A	0.0172	0.0187	0.0015
20 A	0.0315	0.0389	0.0074

จากผลการทดลองค่าความต้านทานของตัวต้านทานวัดกระแส 50 แอมแปร์ ใช้วัดกระแสที่ 5 แอมแปร์พบว่ามีค่าความต้านทานความลดลงเพียง 0.8 มิลลิโอห์ม โดยที่ใช้ตัวต้านทานวัดกระแส 5 แอมแปร์ ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป 3.7 มิลลิโอห์ม เมื่อวัดกระแส 10 แอมแปร์ มีค่าความต้านทานความลดลง 1.1 มิลลิโอห์ม โดยที่ใช้ตัวต้านทานวัดกระแส 10 แอมแปร์ ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป 5.1 มิลลิโอห์ม และ ใช้วัดกระแสที่ 20 แอมแปร์ มีค่าความต้านทานความลดลง 1.5 มิลลิโอห์ม โดยที่ใช้ตัวต้านทานวัดกระแส 20 แอมแปร์ ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป 7.4 มิลลิโอห์ม เมื่อมีการจ่ายกระแสที่สูงขึ้น จะทำให้เกิดความร้อนที่ตัวต้านทานวัดกระแส และส่งผลให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงเช่นกัน และเมื่อนำผลการวัดของตัวต้านทานวัดกระแส 50 แอมแปร์ มาเปรียบเทียบผลการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า 5, 10 และ 20 แอมแปร์ ความถี่ 1 กิโลเฮริตท์ ทั้ง 3 ดังแสดงกราฟรูปที่ 3

รูปที่ 3 ค่ากระแสไฟฟ้า 50 แอมแปร์ เปรียบเทียบกับ 5 แอมแปร์, 10 แอมแปร์ และ20 แอมแปร์ ความถี่ 1 กิโลเฮริตท์

จากกราฟรูปที่ 3 พบว่า เมื่อจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานวัดกระแส ตัวต้านทานวัดกระแสจะมีค่าความต้านทานภายในเปลี่ยนดังผลการทดลองตารางที่ 1 ส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่วัดได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย และมีการเปลี่ยนแปลงของค่าที่วัดได้จากสัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 5 โดยที่ค่าความเสถียรของตัวต้านทานวัดกระแสที่แตกต่างกันซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างตัวต้านกระแส 50 แอมแปร์กับ ตัวต้านทานกระแสอื่นๆตามที่ทำการวัดค่าและบันทึกผล

หากพิจารณาถึงการเลือกตัวต้านทานวัดกระแสที่เหมาะสมไปใช้งาน ผู้วิจัยทดลองวัดค่ากระแส 5 แอมแปร์, 10 แอมแปร์และ 20 แอมแปร์ 1 กิโลเฮริตท์ ตัวต้านทานวัดกระแสที่สามารถนำมาวัดได้มีขนาดที่ 5 แอมแปร์, 10 แอมแปร์ และ 20 แอมแปร์ โดยทำการวัดภายใต้ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรง (I_{DC}) จากเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐาน, สายวัด, เวลาจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าจากเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐาน ได้ผลตามตารางที่ 2

ตาราง 2 ความสัมพันธ์ของตัวต้านทานวัดกระแสกับค่าเฉลี่ยของ δ_m จากการวัดโดยใช้วิธี AC-DC difference และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากลางของค่าที่วัดได้ ($S_{\overline{X}}$)

ตัวต้านทานวัดกระแส		δ_m (ppm)	$S_{\overline{X}}$ (ppm)
50 A	วัดค่า 5 A	-421	17
5 A	วัดค่า 5 A	-339	2
50 A	วัดค่า 10 A	-561	10
10 A	วัดค่า 10 A	-298	4
50 A	วัดค่า 20 A	-493	12
20 A	วัดค่า 20 A	-284	3

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยของ δ_m จากการวัดค่า ac-dc current transfer difference ที่นำไปคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับตามสมการ 2 ของแต่ละตัวต้านทานวัดกระแส 50 แอมแปร์ กับตัวต้านกระแส 5 แอมแปร์, 10 แอมแปร์ และ 20 แอมแปร์ จะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่ค่าที่ได้ค่อนข้างแตกต่างกันพอสมควร และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากลางของค่าที่วัดได้ ($S_{\overline{X}}$) ของแต่ละตัวต้านทานวัดกระแสที่แตกต่างกันด้วย จากตารางที่ 2 พบว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากลางของค่าที่วัดได้ของตัวต้านทานวัดกระแสขนาด 50 แอมแปร์ มีค่าการกระจายมากกว่า 5 แอมแปร์, 10 แอมแปร์ และ 20 แอมแปร์ เพราะอยู่ในช่วงของการวัดค่าในช่วง 10 %, 20 % และ40% ตามลำดับ ทำให้ไม่สามารถได้ผลการวัดที่อยู่ช่วง 100 % ของการวัดซึ่งมีความเสถียรที่ดีกว่า

4. สรุป

การเลือกใช้ตัวต้านทานวัดกระแสสำหรับสอบเทียบเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐานต้องคำนึงถึงระยะเวลาการจ่ายกระแสไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงที่ตัวต้านทานกระแส ส่งผลให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานวัดกระแสลดลงซึ่งผลการวัดนั้นจะถูกต้องและแม่นยำที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเหล่านี้ด้วย ดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่าผู้ผลิตจะต้องมีการทดลองและการเก็บประวัติที่มากพอสมควรจึงทำให้ตัวต้านทานวัดกระแส สามารถนำมาใช้งานและสามารถบ่งชี้ข้อกำหนดจำเพาะได้ และยังใช้งานได้อย่างถูกวิธี,มีผลการวัดที่แม่นยำและไม่สร้างความเสียหายให้แก่เครื่องมือ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ที่ส่งเสริมให้ทำงานวิจัยนี้ และนักมาตรวิทยา ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำทางด้านเทคนิคที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] IEC 60050-300, “311: Electrical and electronic measurements – General terms relating to measurements”, 311-02: Methods of measurement, 2001

[2] Hala Mohamed Abdel Mageed, Ahmed Faheem Zobaa, Mohamed Helmy Abdel Raouf, Abla Hosni Abd El-Rahman, Mohamed Mamdouh Abdel Aziz, “Temperature Effects on the Electrical Performance of Large Area Multicrystalline Silicon Solar Using the Current Shunt Measuring Techinque” Scientific Research, Engineering, 2010, 2, 888-894

[3] Fluke, AC Current Shunt Set, Instruction Manual A40B , Rev. 1, 7/09, U.S.A, July 2008

[4] Fluke, Multi-Product Calibrator Operator Manual 5520A, Rev. 6, 1/03, U.S.A, August 1998

[5] Agient Technologies, 3458A Multimeter User’s Guide, Part Number 03458-90014, U.S.A, Copyright 1988, 1992, 1994, 2000

[6] Fluke, AC Measurement Standard, Operator Manual 5790A, PN 893284 Rev. 4, 1/06, U.S.A, January 1992

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทานสำหรับใช้สอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทานแพลทินัมมาตรฐาน

Nonlinearity Assessment of Resistance Thermometry Bridges used for the Calibration of Standard Platinum Resistance Thermometer

จรวยรัตน์ เหย่ากุลบดี[1] สุทธิเกียรติ ชลลาภ[2]

[1]กลุ่มงานมาตรฐานปฐมภูมิอุณหภูมิ ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/ 4-5 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-5775100 ต่อ 1303 E-mail: charuayrat@nimt.co.th

[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

38 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160 โทรศัพท์ 02-8678088 E-mail: chollalarp_s@hotmail.com

บทคัดย่อ

เทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทานเป็นเครื่องมือหลักที่ใช้สำหรับการการสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทานแพลทินัมมาตรฐานของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ การประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ทำให้สะดวกในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดในส่วนของค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์สำหรับการสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทาน

ในการศึกษานี้ เป็นการประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน (ASL, model F18) การประเมินค่านี้ใช้เครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน (Resistance Bridge Calibrator) เครื่องมือสอบเทียบนี้ประกอบด้วยความต้านทาน 4 ตัว และเมื่อนำมาต่อขนานและอนุกรมกัน สามารถวัดค่าได้จำนวน 35 ค่า ซึ่งจะนำมาใช้ในการคำนวณค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของบริดจ์ ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากการวัดจริง ผลการวัดเท่ากับ 0.028 ppm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสถาบันมาตรวิทยาประเทศอื่น เช่น สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ผลที่ได้มีค่ามากกว่าค่าที่บริษัทผู้ผลิตได้ระบุไว้คือ $\leq \pm$ 0.01 ppm อาจเนื่องจากปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิขณะทำการวัด

คำสำคัญ: : เทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน, เครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน, ค่าความไม่เป็นเชิงเส้น

Abstract

Resistance thermometry bridges are the principal instruments used by National Institute of Metrology (Thailand) Nonlinearity Assessments of the resistance thermometry bridges facilitate estimation of the uncertainties from the resistance measurement.

In this work, to accurately evaluate the nonlinearity of the resistance thermometry bridge (ASL, model F18) at NIMT was assessed. The Resistance Bridge Calibrator (RBC) consist of four resistors of different resistances can produce 35 distinct resistance values, by series and parallel combinations of these resistors. The linearity of manufacturer's specification for resistance thermometry bridge ASL model F18 is $\leq \pm$0.01 ppm. The behavior of the bridge in terms of nonlinearity was investigated. The result is 0.028 ppm show that the linearity is closed to National Institute of Standards and Technology (NIST), USA but higher than manufacturer's specification.

Keywords: Nonlinearity, Standard Platinum Resistance Thermometer, Resistance Thermometry Bridge.

1. บทนำ

ค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการคำนวณค่าความไม่แน่นอนรวมสำหรับการสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทานแพลทินัมมาตรฐาน (Standard Platinum Resistance Thermometer, SPRT) โดยวิธีการในการประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นในระยะแรกๆ สามารถทำได้โดยการใช้ความต้านทานมาตรฐานที่ทราบค่ามาทำการต่อขนานและอนุกรมกัน แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากความต้านทานมาตรฐานไม่เพียงพอการได้มาของค่าดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาเครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน (Resistance Bridge Calibrator, RBC) ซึ่งพัฒนาโดย Dr.Rod White ผู้เชี่ยวชาญจาก Measurement Standards Laboratory of New Zealand

(MSL) ประเทศนิวซีแลนด์ โดยได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้การประเมินค่าประสิทธิภาพของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน [1] และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

2. วิธีการทดลอง

สำหรับเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทานที่ใช้ในการประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้น เป็น เทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ จากบริษัท ASL รุ่น F18 ดังรูปที่ 1 การอ่านค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทานชนิดนี้จะได้ค่าแสดงผลในรูปแบบของอัตราส่วนความต้านทาน

$$W = R_x/R_s$$

เมื่อ

W คือ อัตราส่วนระหว่างความต้านทาน

R_x คือ ความต้านทานของค่าที่ต้องการวัด

R_s คือ ค่าความต้านทานมาตรฐานที่ทราบค่า

รูปที่ 1 เทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน รุ่น F18

จากการวัดค่าจากเครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน (Resistance Bridge Calibrator, RBC) รุ่น RBC100M ตามรูปที่ 2 ซึ่งเครื่องมือนี้ไม่จำเป็นต้องทำการสอบเทียบ [2] เนื่องจากการอ่านค่าเป็นการเปรียบเทียบค่าความต้านทานในการแสดงผลเป็นอัตราส่วน สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้โดยการอ่านค่าความต้านทานที่มีค่าเหมือนกันเปรียบเทียบกัน คือ R_x/R_s และ R_s/R_x ผลที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 1

รูปที่ 2 เครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน (Resistance Bridge Calibrator)

เครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน RBC100M จะมีค่าความต้านทานมาตรฐานของเครื่องจำนวน 4 ค่า ซึ่งทราบค่าจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่ง คือ

$R_1 = 79.3316\ \Omega$

$R_2 = 47.4995\ \Omega$

$R_3 = 36.5896\ \Omega$

$R_4 = 28.2421\ \Omega$

ตัวอย่างการต่อวงจร[5] เป็นดังรูปที่ 3 ซึ่งสามารถต่อแบบอนุกรมและขนานกันสามารถปรับค่าได้เป็น 35 ค่า และค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ เป็นค่าที่อ่านได้จากการเปลี่ยนค่าจากตารางที่ 1

รูปที่ 3 ตัวอย่างการต่อวงจรในเครื่อง RBC

ตารางที่ 1 ค่าที่เกิดจากเครื่องสอบเทียบบริดจ์ชนิดความต้านทาน RBC100M

Number	Description	Reading
1	R1	0.7935133
2	R2	0.4749350
3	R3	0.3659053
4	R1//R2	0.2824642
5	R1+R2	1.2684603
6	R1+R3	1.1594287

7	R1+R4	1.0759890
8	R2+R3	0.8408495
9	R2+R4	0.7574026
10	R3+R1//R2	0.6483763
11	R4	0.2971102
12	R1//R3	0.2504320
13	R1//R4	0.2083128
14	R2//R3	0.2066764
15	R2//R4	0.1771195
16	R3//R4	0.1594074
17	R1+R2//R3	1.0001938
18	R1+R2//R4	0.9706449
19	R1+R3//R4	0.9529274
20	R2+R1//R3	0.7253743
21	R2+R1//R4	0.6832580
22	R2+R3//R4	0.6343493
23	R3+R4	0.6630196
24	R3+R1//R4	0.5742253
25	R4+R1//R3	0.5430321
26	R4+R1//R2	0.57957934
27	R3+R2//R4	0.53289996
28	R3+R1//R2//R4	0.48914280
29	R1+R2//R3//R4	0.91286968
30	R2+R1//R3//R4	0.60767936
31	R4+R2//R3	0.51071043
32	R1//R2+R3//R4	0.44643902
33	R4+R1//R2//R3	0.45651941
34	R1//R3+R2//R4	0.42755478
35	R1//R4+R2//R3	0.41499381

3. ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการอ่านค่าอัตราส่วนที่เกิดขึ้นทั้งหมดจำนวน 35 ค่า จากตารางที่ 1

วิธีการคำนวณค่าความไม่เป็นเชิงเส้น ตามสมการที่ (1)

$$u_{NL}^2 = \frac{1}{N-4}\sum_{i=1}^{N}\left(\left(W_{i,meas} - W_{i,cals}\right)^2\right. \qquad (1)$$

ซึ่ง

N คือ จำนวนค่าของอัตราส่วนความต้านทานที่วัด

$W_{i,meas}$ คือ อัตราส่วนความต้านทานที่วัดได้

$W_{i,calc}$ คือ อัตราส่วนความต้านทานที่ได้จากการคำนวณ

สามารถนำไปคำนวณโดยใช้โปรแกรมคำนวณ Resistance Bridge Calibrator ได้ดังรูปที่ 4

Switch	Index	Combination	Reading	Fitted Value	Correction
J+++ +UD+	1	R1	0.79351334	0.79351612	4.6063727e-8
+U++ U+D+	2	R2	0.47493500	0.47493783	2.7570143e-8
++U+ UD++	3	R3	0.36590527	0.36591047	2.1240929e-8
+++U UD++	4	R4	0.28246233	0.28246911	1.6397037e-8
UD++ ++++	5	R1+R2	1.26846337	1.26845395	7.3634743e-8
U+D+ ++++	6	R1+R3	1.15942872	1.15942659	6.7305243e-8
U++D ++++	7	R1+R4	1.07599601	1.07598523	6.2461945e-8
+UD+ ++++	8	R2+R3	0.84085564	0.84084829	4.8811964e-8
+U+D ++++	9	R2+R4	0.75740263	0.75740694	4.3967488e-8
++UD ++++	10	R3+R4	0.64837634	0.64837958	3.7638473e-8
JU++ ++UD	11	R1//R2	0.29711021	0.29711037	1.7247352e-8
J+U+ +U+D	12	R1//R3	0.25043205	0.25043057	1.4537668e-8
J++U +UD+	13	R1//R4	0.20831278	0.20831494	1.2092630e-8
+UU+ U++D	14	R2//R3	0.20667637	0.20667786	1.1997636e-8
+U+U U+D+	15	R2//R4	0.17711544	0.17712442	1.0281613e-8
++UU UD++	16	R3//R4	0.15940382	0.15941033	9.2534473e-9
UDD+ ++++	17	R1+R2//R3	1.00019378	1.00019398	5.8061599e-8
UD+D ++++	18	R1+R2//R4	0.97064488	0.97064054	5.6346275e-8
U+DD ++++	19	R1+R3//R4	0.95292738	0.95292646	5.5317768e-8
DUD+ ++++	20	R2+R1//R3	0.72537435	0.72536839	4.2108235e-8
DU+D ++++	21	R2+R1//R4	0.68325805	0.68325276	3.9663369e-8
+UDD ++++	22	R2+R3//R4	0.63434067	0.63434816	3.6823698e-8
DDU+ ++++	23	R3+R1//R2	0.66301630	0.66302084	3.8488328e-8
D+UD ++++	24	R3+R1//R4	0.57423034	0.57422540	3.3334272e-8
+DUD ++++	25	R3+R2//R4	0.54303207	0.54303489	3.1523201e-8
DD+U ++++	26	R4+R1//R2	0.57957934	0.57957948	3.3644783e-8
D+DU ++++	27	R4+R1//R3	0.53288996	0.53289968	3.0934448e-8
+DDU ++++	28	R4+R2//R3	0.48914280	0.48914697	2.8394910e-8
JDDD ++++	29	R1+R2//R3//R4	0.91286969	0.91286698	5.2992405e-8
DUDD ++++	30	R2+R1//R3//R4	0.60767365	0.60768120	3.5275668e-8
DDUD ++++	31	R3+R1//R2//R4	0.51070431	0.51071287	2.9646564e-8
DDDU ++++	32	R4+R1//R2//R3	0.44643023	0.44643952	2.5915431e-8
JUDD ++++	33	R1//R2+R3//R4	0.45651411	0.45652070	2.6500804e-8
JDUD ++++	34	R1//R3+R2//R4	0.42754781	0.42755499	2.4819300e-8
JDDU ++++	35	R1//R4+R2//R3	0.41499381	0.41499279	2.4090536e-8

รูปที่ 4 โปรแกรมคำนวณค่าความไม่เป็นเชิงเส้น

ผลที่ได้จากโปรแกรมการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ได้จากการวัดจริงมีค่าเท่ากับ 0.028 ppm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (National Metrology Institute) อื่น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของ NIMT และ NMI อื่น

NMI	ค่าความไม่เป็นเชิงเส้น
National Institute of Standards and Technology (NIST), USA	0.020 ppm

National Research Council of Canada (NRC), Canada	0.030 ppm
National Institute of Metrology Thailand (NIMT), Thailand	0.028 ppm

3. สรุป

การประเมินค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมมิเตอร์บริดจ์ความต้านทาน (ASL, model F18) โดยวิธีการวัดค่าจากเครื่อง RBC ผลที่ได้จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ได้จากการวัดจริงมีค่าเท่ากับ 0.028 ppm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสถาบันมาตรวิทยาอื่นๆที่ได้ทำการวัด [3] แต่มีค่ามากกว่าค่าที่บริษัทผู้ผลิตได้ระบุไว้คือ 0.01 ppm ซึ่งการได้ผลดังกล่าวอาจเกิดจากปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น อุณหภูมิขณะทำการวัด ซึ่งผู้ทำการวัดจะนำไปวิเคราะห์เพื่อพัฒนาระบบการวัดต่อไป โดยจะพัฒนาระบบการวัดในส่วนอื่นๆเพิ่มเติม เช่น ทำการเปลี่ยน Bandwidth และ Gain ในการวัด[6]

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติในการสนับสนุนการในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

[1] White D.R., “A Method for Calibrating Resistance Thermometer Bridges”, in Proceedings of TEMPMEKO’96, The 6th International Symposium on Temperature and Thermal Measurements in Industry and Science, edited by P.Marcarino, Torino, 1997, pp. 129-134.

[2] J.V.Pearce, J.Gray, R.I.Veltcheva, “Characterisation of a Selection of AC and DC Resistance Bridges for Standard Platinum Resistance Thermometry” Int J Thermophys (2016) 37:109.

[3] Strouse G.F., and Hill K.D., “Performance Assessment of Resistance Ratio Bridges Used for the Calibration of SPRTs” in Temperature: Its Measurement and Control In Science and Industry-2002, edited by D.C.Ripple et al., AIP Conference Proceedings 684, New York: American Institute of Physics, 2003, pp. 327-332.

[4] S. Rudtsch, G.Ramm, D.Heyer, R. Vollmert, “Comparison of test and calibration methods for resistance ratio bridges”, Proc. TEMPMEKO 2004, 773-780 (2004).

[5] D.Rod White, Keith Jones,Jonathan M.Williams, and Ian E.Ramsey, “A Simple Resistance Network for Calibrating Resistance Bridges”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 46, pp. 1068-1074, October 1997.

[6] W.Joung, K.S.Gam, I.Yang, and Y.G.Kim, “Nonlinearity Assessment of ASL F900 Resistance Thermometry Bridges”, Temperature: Its Measurement and Control In Science and Industry, Volume 8, AIP Conf. Proc. 1552, 404-408 (2013).

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์ จอแสดงผลแบบแอลซีดี

TELEVISIONS LCD DEMONSTRATION SET

ดนุพัฒน์ ดวงมาลัย[1] ทศพล มานะศรี[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

214 หมู่ 12 ต.หนองญาติ อ.เมือง จ. นครพนม 48000 โทรศัพท์ 042-503-777 E-mail: danuput@npu.ac.th.

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

214 หมู่ 12 ต.หนองญาติ อ.เมือง จ. นครพนม 48000 โทรศัพท์ 042-503-777 E-mail: thosapol.m@npu.ac.th.

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ สร้างชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี และหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม จำนวน 34 คน ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ตามสภาพการเรียนการสอนจริง สมมติฐานของการวิจัย ชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี มีประสิทธภาพ 80/80

ผลการวิจัยด้านการเรียนการสอนพบว่า หลังจากจบบทเรียนนักศึกษาได้ให้ความคิดเห็นด้านลำดับเนื้อหามีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}$ = 4.294) รองลงมาคือ ใบเนื้อหาอ่านเข้าใจง่ายไม่สับสน ($\bar{X}$ = 4.236) และแบบทดสอบมีความความยากง่ายเหมาะสม ($\bar{X}$ = 4.235) โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ด้านชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี พบว่ากรอบภาพมีความสัมพันธ์กับเนื้อที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยสูง ($\bar{X}$ = 4.382) รองลงมาคือภาพมีความสัมพันธ์กับการบรรยาย ($\bar{X}$ = 4.352) และสี สันที่ใช้มีความเด่นชัด เหมาะสมน่าสนใจ ($\bar{X}$ = 4.205) โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ชุดสาธิต, เครื่องรับโทรทัศน์สี, จอแสดงผลแอลซีดี

Abstract

The purpose of the research are build up the LCD television demonstration kit and determine its efficiency. The samples of this research were 34 persons of 3rd years students from electronic major, faculty of industrial technology, Nakhon Phanom University. We use the purposive sampling method and the research hypotheses was 80/80.

The leaning outcome results were found that the relationship and sequence of the lesson contents had the maximum mean $\bar{X}$ = 4.294, the ease of leaning was $\bar{X}$ = 4.236 and the difficulty index $\bar{X}$ = 4.235; overall, the satisfactions were at high level. In addition, the demonstration kit had the relation according with the lesson at the maximum of $\bar{X}$ = 4.382, the relationship with the lecture at $\bar{X}$ = 4.352 and color used in the kit were good and appropriate at $\bar{X}$ = 4.205; all in all, the satisfactions were at high level.

Keywords: Demonstrations, Television, LCD.

1. บทนำ

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์ จอแสดงผลแบบแอลซีดี และหาประสิทธิภาพในรายวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ของสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2559 มหาวิทยาลัยนครพนม โดยการเรียนการสอนรายวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ มีการเรียนการสอนทั้งทฤษฎี และการปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สามารถปฏิบัติจริงได้ ช่วยให้เกิดประสบการณ์ตรง ดังนั้นการปฏิบัติจึงเป็นวิธีที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการเรียนการสอนด้านอาชีวศึกษา ในทุกสาขาวิชาชีพ [1] โดยใช้ชุดสาธิตหรือชุดฝึกในการจัดการเรียนการสอน [2]

เทคโนโลยีเครื่องรับโทรทัศน์ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่หลอดสุญญากาศ ทรานซิสเตอร์ และไอซีที่เป็นแบบจอภาพขาวดำแบบจอสี ซึ่งการพัฒนาระบบของจอภาพนั้นจากเดิมจอแสดงผลเป็นแบบ CRT มีการพัฒนาปรับเปลี่ยนมาเป็นจอแสดงผลแบบ Plasma จอแสดงผลแบบ Liquid Crystal Display (LCD) และจอแสดงผลแบบ Lighting Emitting Diode (LED) ซึ่งปัจจุบันนี้พบว่าเครื่องรับโทรทัศน์ที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลาย คือจอแสดงผลแบบ LCD และLED [3]

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงสร้างชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์ จอแสดงผลแบบแอลซีดี และหาประสิทธิภาพ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนในวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสม และต้องทันสมัยกับการสอนใน ระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ในภาค

การศึกษาที่ 1/2558 โดยชุดสาธิตนี้ ประกอบด้วยชุดสาธิต เนื้อหา คู่มือและแบบประเมินผลสัมฤทธิ์การทดลอง โดยผลการวิจัยที่ได้เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุง หรือพัฒนาการเรียนการสอนวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ และสมมุติฐานของการวิจัย

เพื่อสร้างชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์ จอแสดงผลแบบแอลซีดี ให้มีคุณภาพ รวมทั้งหาประสิทธิภาพชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี และสมมุติฐานว่าชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์ จอแสดงผลแบบแอลซีดี มีประสิทธิภาพ 80/80

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์ จอแสดงผลแบบแอลซีดี และหาประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยเรื่องนี้ ดำเนินการโดยสร้างชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์ จอแสดงผลแบบแอลซีดี ประกอบด้วยชุดสาธิต เนื้อหา คู่มือและแบบประเมินผลสัมฤทธิ์การทดลอง แล้วกำหนดกลุ่มประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง แล้วหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดีตามสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้คือ ชุดสาธิตมีประสิทธิภาพ 80/80 โดยมีคำนิยามศัพท์ดังต่อไปนี้

1) ชุดการสาธิต หมายถึง ชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี ที่ประกอบ ด้วยคู่มือครู กิจกรรมการเรียนการสอน แบบฝึกหัด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2) คู่มือครู หมายถึง คู่มือที่ประกอบไปด้วยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหา วิธีการสอน แผนการเรียนการสอน แนวทางการวัดและประเมินผล

3) ประสิทธิภาพของชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี หมายถึง คุณภาพของชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี ที่วัดจากคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมดจากการทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งตามเกณฑ์กำหนด 80/80 โดยมีข้อกำหนดดังนี้

- 80 ตัวแรก หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดหลังการเรียนของนักศึกษาทั้งหมด

- 80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทั้งหมด

4) แผนการสอน หมายถึง แนวทางหรือกระบวนการที่ใช้ประกอบในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่อง เครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย คำแนะนำในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รวมถึง แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละบทเรียน แบบฝึกหัดระหว่างเรียน สื่อการเรียนการสอน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5) แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน หมายถึง แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา โดยการให้นักศึกษาทำหลังจากเรียนจบในแต่ละหัวข้อ

6) แบบทดสอบวัดผลสมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาโดยการให้นักศึกษาทำภายหลังจากการเรียนการสอน

3.2 กำหนดกลุ่มประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษารายวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1/2558 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม โดยมีจำนวน 34 คน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้สร้างชุดสาธิตและเครื่องมือที่จะนำไปใช้ในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดีที่มีขายในปัจจุบัน โดยแบ่งเป็น 4 ภาค ได้แก่ ภาคจ่ายไฟ มีจุดวัดสัญญาณไฟ 6 จุด ภาคสัญญาณภาพ มีจุดวัดสัญญาณไฟ 10 จุด ภาคสัญญาณเสียง มีจุดวัดสัญญาณไฟ 2 จุด และภาคแสดงผลการทำงาน มีจุดวัดสัญญาณไฟ 11 จุด ซึ่งจะมีปุ่มกดควบคุมจำนวน 4 ปุ่ม ในแต่ละภาคเพื่อแสดงพื้นที่ภาคต่างๆที่อยู่ภายในเครื่องรับโทรทัศน์ ดังแสดงในรูปที่ 1

จากรูปที่ 2 แสดงการวัดภาคแสดงผลการทำงาน จากการวัดสัญญาณที่จุดตรวจสอบสัญญาณนาฬิกา (CKV1) ของไอซี Scan Driver ในขณะที่มีสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก) และขณะที่ไม่มีสัญญาณแสดงในรูปที่ 2 (ข)

รูปที่ 1 ชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี

(ก) ขณะที่มีสัญญาณ (ข) ขณะที่ไม่มีสัญญาณ

รูปที่ 2 การวัดภาคแสดงผลการทำงานที่จุดวัด CKV1 โดยรูป (ก) ขณะที่มีสัญญาณ (ข) ขณะที่ไม่มีสัญญาณ

2) แผนการสอน จำนวน 4 หัวข้อ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชา เครื่องรับโทรทัศน์ ร่วมกับชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี มีดังนี้ เรื่องภาคจ่ายไฟ เรื่องภาคสัญญาณภาพ เรื่องภาคสัญญาณเสียง และ เรื่องภาคแสดงผล

3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยทดสอบหลังจากใช้ชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจากชุดทดลองและชุดประเมินที่สร้างขึ้น เป็นการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง จากนักศึกษาระดับอาชีวะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 34 คน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ด้วยสถิติต่างๆ ดังนี้

1) การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็น และความพึงพอใจของผู้เรียน ดังนี้ [4-5]

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \tag{1}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ คะแนนเฉลี่ย $\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด และ N คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2) การคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบสอบถาม [4]

$$S.D = \sqrt{\frac{\sum\left(X-\bar{X}\right)^2}{N-1}} \tag{2}$$

เมื่อ S.D คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน X คือ คะแนนแต่ละตัวในกลุ่มตัวอย่าง $\bar{X}$ คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง และ N คือ จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

3) การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) คือ

$$P = \frac{P_U + P_L}{N} \tag{3}$$

เมื่อ p คือ ค่าดัชนีความยากง่ายของแบบทดสอบ

P_U คือ จำนวนคนที่ทำข้อสอบได้ในกลุ่มสูง

P_L คือ จำนวนที่ทำแบบทดสอบได้ในกลุ่มต่ำ

N คือ จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

ค่าของความยากง่ายของแบบทดสอบที่ใช้ได้อยู่ในช่วงระหว่าง 0.2-0.8

4) สูตรในการวิเคราะห์หาอำนาจจำแนก (d) คือ

$$d = \frac{P_U + P_L}{N/2} \tag{4}$$

เมื่อ d คือ ค่าดัชนีอำนาจจำแนกแบบทดสอบมีค่า 0.2 ขึ้นไป

5) การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยวิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน [4]

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left\{1-\frac{\sum(pq)}{S^2}\right\} \tag{5}$$

เมื่อ r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n คือ จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

p คือ สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูก

q คือ สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบผิด

S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

5.6 การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน การวิเคราะห์กระทำหลังจากทดลองใช้ชุดการสอนกับกลุ่มตัวอย่างและทำการทดสอบแล้ว สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอนคือ [6]

$$E_1 = \frac{\sum X/N}{A} x100 \quad (6)$$

และ

$$E_2 = \frac{\sum Y/N}{B} x100 \quad (7)$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพจากชุดการสอนคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน

E_2 คือ คือประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

$\sum_X$ คือ คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน

$\sum_Y$ คือ คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

N คือ จำนวนผู้เรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยด้านการเรียนการสอน

ตารางที่ 1 ผลการประเมินด้านการเรียนการสอนของชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี

รายการ	X	SD	ระดับความเหมาะสม
1. ลำดับเนื้อหามีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน	4.294	0.523	ดีมาก
2. ใบเนื้อหาอ่านเข้าใจง่ายไม่สับสน	4.236	0.729	ดีมาก
3. แบบทดสอบมีความความยากง่ายเหมาะสม	4.235	0.553	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.255	0.601	ดีมาก

4.2 ผลการวิจัยด้านประสิทธิภาพชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี

ตารางที่ 2 ผลการประเมินด้านประสิทธิภาพของชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี จอแสดงผลแบบแอลซีดี

รายการ	X	SD	ระดับความเหมาะสม
1. กรอบภาพมีความสัมพันธ์กับเนื้อ	4.382	0.493	ดีมาก
2. ภาพมีความสัมพันธ์กับการบรรยาย	4.352	0.543	ดีมาก
3. สีสันที่ใช้มีความเด่นชัดเหมาะสมน่าสนใจ	4.205	0.495	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.313	0.510	ดีมาก

5. สรุปผล

ผลการวิจัยด้านการเรียนการสอนพบว่า ด้านลำดับเนื้อหามีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ใบเนื้อหาอ่านเข้าใจง่ายไม่สับสนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก และแบบทดสอบมีความความยากง่ายเหมาะสมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ด้านประเมินด้านประสิทธิภาพของชุดสาธิตพบว่ากรอบภาพมีความสัมพันธ์กับเนื้อที่ได้รับ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ภาพมีความสัมพันธ์กับการบรรยาย มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก และสีสันที่ใช้มีความเด่นชัดเหมาะสมน่าสนใจ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมากโดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ 2542, พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ, สำนักรัฐมนตรี, 2542.

[2] เชาวลิต ปิงไฝ, ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา และ และสมชาย หมื่นสาย, ชุดสาธิตเครื่องรับโทรทัศน์สี แอลซีดี.

[3] หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ. การประชุมวิชาการทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 4 “การพัฒนาประสบการณ์การเรียนรู้ในชีวิตจริง : กระบวนทัศน์การเรียนรู้สู่อาเซียน”

[4] วัชรา สามาลย์. 2545. การพัฒนาชุดฝึกอบรมการวิจัยชั้นเรียน เรื่องความรู้เกี่ยวกับการวิจัยชั้นเรียน และการวิเคราะห์ปัญหาการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร. ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย.

[5] วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2530. แนวทางการออกแบบอุปกรณ์ช่วยสอนประเภทอุปกรณ์สาธิต :วารสารอาชีวศึกษา.

[6] ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น. 2538

การศึกษารูปแบบการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบบูรณาการโดยใช้ชุดการสอน

A Study of Using Integrated Instructional Mathematics Education Model Based by Instructional Package.

สุพดี ธรรมเพชร[1] รุ่งโรจน์ เอียดเกิด [1] และสิงหา จุงศิริ[1]
[1] สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนและการสอนปกติ

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่ม อย่างเฉพาะเจาะจง จำนวน 60 คน ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1/2559 กลุ่มควบคุม 30 คน ที่ได้รับการสอนตามปกติและกลุ่มทดลอง 30 คน ที่สอนโดยใช้ชุดการสอน แล้วทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียน วิเคราะห์ข้อมูลใช้การทดสอบด้วยที

ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.25/82.50 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียน โดยใช้ชุดการสอนสูงกว่าการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : ชุดการสอน อัตราส่วนและร้อยละ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

The purpose of this study were, firstly, to develop instructional method of introduction to Mathematics on ratios and percentages using instructional package for bachelor's degree students. Secondly, to investigate the achievements of students who used the instructional package, compare to the students who used normal teaching method.

The sample were 60 bachelor's degree students who studying in the 1st semester at Rajamangala University of Technology Srivijaya Nakhon Si Thammarat Campus, Thung Song district, Nakhon Si Thammarat Province. The sample was divided into 2 groups: experimental (30 students) and control (30 students) groups. The control group was taught by normal teaching method, whereas, the experimental group was taught under instructional package. The efficiency of instructional package was evaluation by t-test.

The result showed that the efficiency of the instructional package on ratios and percentages were 85.25 and 82.50, respectively. The achievements of students studying ratios and percentages taught under instructional package were significantly higher than ($P<0.05$) those who were taught by normal teaching method.

Keywords : Instructional package, Ratios and percentages, Learning achievement

1. บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นรายวิชาที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องในการดำรงชีวิตประจำวันเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับ การประกอบอาชีพ การส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผล เป็นรากฐานของวิทยาการหลายสาขา ดังนั้นการวางรากฐานการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในทุกระดับ จึงมีความสำคัญที่ต้องส่งเสริมให้เด็กมีความงอกงามทางกาย อารมณ์ สังคมและสติปัญญา ดังนั้นการจัดรูปแบบกิจกรรมจึงควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดค้น ศึกษาและแก้ปัญหาด้วยตนเองโดยอาศัยประสบการณ์ เพื่อจะได้พัฒนาความรู้ ทักษะการคิด และนำไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิต

การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ ผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานสรุปผลการเรียนของนักศึกษาของแผนกงานทะเบียนและวัดผล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช รายวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 เฉลี่ย 2.71 และ 2.25 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เป็นปัญหาสำคัญที่ผู้สอนจะต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจ ในทักษะการคิดคำนวณและการแก้โจทย์ปัญหา

จากปัญหาดังกล่าวเทคนิคการสอนและสื่อการสอนมีความจำเป็น ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของชุดการสอน ซึ่งเป็นสื่อที่เป็นสิ่งเร้าความสนใจให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาในการศึกษาทำแบบฝึกหัด หรือกิจกรรม ผู้วิจัยจึงสร้างชุดการสอนเรื่องการ แก้โจทย์ปัญหาอัตราส่วนและร้อยละขึ้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ บูรณาการ เทคนิคการจัด

กิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อศึกษาการแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าได้สูงขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยใช้การบูรณาการ หมายถึงการนำศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันมาผสมผสานเข้าด้วยกัน สาเหตุที่ต้องจัดให้มีการบูรณาการหลักสูตรและการเรียนการสอนเนื่องจากชีวิตของคนเรามีเรื่องราวต่าง ๆ ที่สัมพันธ์ซึ่งกัน โดยการเรียนรู้ในสิ่งที่ใกล้ตัว แล้วขยายกว้างออกไป ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นและเรียนรู้อย่างมีความหมาย

2. เนื้อความหลัก

2.1 หลักการ ทฤษฎี ตัวแบบ แนวเหตุผล หรือสมมุติฐาน

2.1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. เพื่อพัฒนาชุดการสอน เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ โดยใช้รูปแบบการจัด การเรียนการสอนแบบบูรณาการ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ โดยใช้ชุดการสอนและการสอนแบบปกติ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

รูปที่ 1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

2.1.2 สมมุติฐานของโครงการวิจัย

สมมุติฐานของโครงการวิจัยในครั้งนี้ นักศึกษาที่ได้รับการสอนรูปแบบการจัดการเรียน การสอนแบบบูรณาการ โดยใช้ชุดการสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการสอนแบบปกติ

2.1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยคือ รายวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย พุทธศักราช 2555

2. ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ลงทะเบียนวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

3. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มอย่างเฉพาะเจาะจง จำนวน 2 กลุ่ม จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนแบบปกติ จำนวน 30 คน และกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ โดยใช้ชุดการสอน จำนวน 30 คน

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ได้จัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และนำไปทดสอบกับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี รายวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย พุทธศักราช 2555

2. วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ เรื่องอัตราส่วนและ ร้อยละ ประกอบด้วย 4 หัวข้อ อัตราส่วน การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วน ร้อยละ และการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ

3. สร้างเครื่องมือ ได้แก่

3.1 ชุดการเรียน วิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ประกอบด้วย เนื้อหาที่เน้นการทำโจทย์ปัญหาที่บูรณาการกับการใช้ในชีวิตประจำวัน ประกอบด้วย อัตราส่วน การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วน ร้อยละและการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ แบบฝึกหัดและแบบทดสอบย่อย นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 2/ 2558 จำนวน 33 คน เพื่อหาข้อบกพร่องแล้วปรับปรุงแก้ไข จำนวน 4 หัวข้อ เพื่อใช้สำหรับนักศึกษากลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน ในภาคเรียนที่ 1/2559

3.2 เอกสารประกอบการสอน เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักศึกษากลุ่มควบคุมที่ใช้การสอนตามปกติ จำนวน 30 คน ในภาคเรียนที่ 1/2559

3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย จำนวน 40 ข้อ นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแล้วไปทดสอบ กับนักศึกษาที่เรียน

เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ในภาคเรียนที่ 2 /2558 จำนวน 33 คน เวลา 2 คาบ

4. วิเคราะห์เครื่องมือ ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผล

4.1 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

4.2 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย ตามเกณฑ์ 0.20 - 0.80 จำนวน 20 ข้อ จัดทำแบบทดสอบปรนัย เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

4.3 หาความเชื่อมั่นของข้อสอบโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน มีค่า 0.73

4.4 นำแบบทดสอบไปใช้ทดสอบกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน เวลา 2 คาบ

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากที่ได้กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ดำเนินการสอนกลุ่มควบคุมโดยสอนปกติ และกลุ่มทดลองสอนโดยใช้ ชุดการสอน ใช้เวลาสอนกลุ่มละ 9 คาบ

2. ทดสอบหลังเรียนกับนักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม ใช้เวลาทดสอบกลุ่มละ 2 คาบ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. หาประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

2. หาค่าสถิติพื้นฐานโดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยร้อยละ ของคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ระหว่างกลุ่มทดลองซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนปกติ

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น เรื่องอัตราส่วนและร้อยละของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น เรื่องอัตราส่วนและร้อยละของนักศึกษาระดับปริญญาตรี แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น เรื่องอัตราส่วนและร้อยละของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

คะแนนประสิทธิภาพของบทเรียน	เกณฑ์มาตรฐาน
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)	85.25
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)	82.50

จากตาราง 1 ประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น เรื่องอัตราส่วนและร้อยละของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เท่ากับ 85.25/82.50

2. ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ระหว่างกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดการสอน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนปกติ

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ระหว่างกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดการสอน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนปกติ แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ระหว่างกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนปกติ

กลุ่ม	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$
ER	30	20	24.833	6.983	62.082
CR	30	20	20.933	5.138	52.332

จากตาราง 2 คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ระหว่างกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดการสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.833 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.983 และมีค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 62.082 และคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ของกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.933

มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.138 และมีค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 52.332

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดการสอน กลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนปกติ แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนจากการทำ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ ชุดการสอน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนปกติ

กลุ่ม	N	$\bar{x}$	S.D.	t	p
ER	30	24.833	6.983	2.464**	0.017
CR	30	20.933	5.138		(<0.05)

จากตาราง 3 นักศึกษากลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดการสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษากลุ่มที่ได้รับการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

3. สรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ระหว่างนักศึกษาที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนและการสอนปกติ ซึ่งสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

3.1 ประสิทธิภาพชุดการสอน พบว่ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.25/82.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์

3.2 นักศึกษาที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอน เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษาที่ได้รับการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนทุนวิจัยจากเงินรายได้ประจำปี พ.ศ.2559 ในครั้งนี้ และขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ตลอดทั้งคณะอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บรวมรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] จรัญ กองศรีกุลดิลก.การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้แบบฝึกกิจกรรมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นการวางแผนการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่6 โรงเรียนวัดบางกุฎีทอง จังหวัดปทุมธานี.วิทยานิพนธ์ศาสตรมหาบัณฑิตสาขาคณิตศาสตร์ศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, 2546.

[2] ถวัลย์ มาศจรัส. นวัตกรรมการศึกษา ชุดการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการ. กรุงเทพฯ : บริษัทเซ็นจูรี่ จำกัด, 2546.

[3] ทิศนา แขมมณี.ศาสตร์การสอน:องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[4] ประโรม กุยสาคร. การพัฒนาแบบฝึกทักษะเรื่องการคูณ การหาร โดยการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547.

[5] พรชนก เตียวเจริญกิจ.การพัฒนาชุดการสอนเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อมูลท้องถิ่นสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.

[6] ยุพิน พิพิธกุล. การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยุคปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ : บพิธการพิมพ์จำกัด, 2545.

[7] สุชาติ ผุดผ่อง. การวัดผลและประเมินผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์. คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี, 2542.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การจำแนกกิจกรรมกลุ่มของนักเรียนภายในห้องเรียนโดยการระบุตัวตน

Student Group Activity Classification in Classroom Based on Image Tracking

ชีวนันท์ บุญมาก[1] ธีรศักดิ์ โชติกวณิชย์ กมล จิรเสรีอมรกุล และ พินิจ กำหอม[2]

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทรศัพท์ 02-4270039, 02-4708000

[1] E-mail: Cheewanan.b@mail.kmutt.ac.th, [2] pinit.kum@kmutt.ac.th (Corresponding Author)

บทคัดย่อ

การตอบสนองกลับมีบทบาทสำคัญมากต่อกระบวนการของการเรียนรู้ บทความนี้นำเสนอระบบและวิธีการแยกแยะกิจกรรมของนักเรียน ภายใต้การเรียนรู้แบบใช้กิจกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม ระบบและวิธีการที่นำเสนอให้ผลลัพธ์ในรูปแบบของข้อมูลการสังเกตนักเรียนแต่ละคนว่ากำลังทำกิจกรรมพื้นฐานอะไรอยู่ในช่วงเวลาทุก ๆ n วินาที สำหรับในบทความนี้กิจกรรมพื้นฐานที่สนใจได้แก่ (1) ตำแหน่ง (2) สถานการณ์ยืนหรือนั่ง ของนักเรียนแต่ละคน และ (3) การแบ่งกลุ่มของนักเรียนโดยใช้ระยะห่างของนักเรียนแต่ละคู่เป็นฐานข้อมูลพื้นฐานทั้งเหล่านี้สามารถถูกใช้ในการประเมินการทำกิจกรรมของนักเรียน วิธีการที่นำเสนอใช้การประมวลผลภาพและวีดีโอจากกล้อง 2 ตัว โดยใช้วิธีการหาประมาณตำแหน่งหัวของนักเรียนแต่ละคนในโดเมน 3 มิติ จากพิกัดของหัวและเท้าของนักเรียนแต่ละคนที่ได้จากการประมวลภาพ ซึ่งเป็นวิธีการที่นำเสนอใน [9] หลังจากนั้นเราใช้ความสูงของหัวจากพื้นเพื่อบอกว่านักเรียนกำลังอยู่ในสถานะนั่งหรือยืน ส่วนสุดท้ายคือเมตริกซ์ประชิดจะถูกสร้างจากระยะความห่างของคนสองคน และถูกใช้เพื่อการจัดกลุ่มนักเรียน วิธีการที่นำเสนอได้รับการทดสอบจากการทดลองเพื่อจำลองเหตุการณ์การเรียนรู้ ภายใต้แนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งนักเรียนจะถูกแบ่งเป็นกลุ่มให้ทำงานที่กำหนด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการแยกแยะกิจกรรมมีความถูกต้องประมาณ 97% ทั้งนี้แม้ว่าความถูกต้องที่สูงนี้ส่วนหนึ่งมาจากการใช้การทำเครื่องหมายที่หัวและเท้าของนักเรียน แต่ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการนำวิธีการนี้ไปใช้งานจริงถ้ามีวิธีการตรวจจับและติดตามหัวของนักเรียนที่ดี

คำสำคัญ: การจำแนกกิจกรรมกลุ่ม, สะเต็มศึกษา, พิกัดสามมิติ

Abstract

Feedback responses play crucial roles in a learning process. This paper presents an activity classification of students under an activity-based learning environment, where students are assigned to work as in groups. The proposed system and method give student observation data in term of what student is doing in every n seconds. In this paper, the activities of interests include (1) location, (2) standing or sitting status of each student, and (3) grouping of students based on distances among them. This fundamental activities can be used in student evaluations during the learning process. The proposed method is based on image and video processing using 2 overhead cameras. The 3D location of a student's head in a real world space is estimated based on the coordinates of the student's head and feet in the image plane using our previous work [9]. Based the estimated height of the head, we can decided whether the student is standing or sitting. Finally, the adjacency matrix of the students and teachers is generated using the distances between a pair of persons, and used in grouping of students. The experiments were designed based on the STEM Education concept in which students are divided in groups and asked to carry out activities based on a specific guideline. The results showed that the classification accuracy is about 97%. Although the high accuracy is partly due to using of markers at students' heads and feet, it showed that the proposed method is practical provided a good detection and tracking of the head.

Keywords: Group Activity Classification, STEM Education, 3D position

1. บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการรู้จำสำหรับจำแนกกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ ได้มีงานวิจัยอย่างหลากหลาย สำหรับงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาได้มีวิจัยเกี่ยวกับการระบุตัวตนของคนแต่ละคนด้วยวิธีการมากมายหลายรูปแบบ [1] เช่น การระบุตัวตนโดยการแบ่งขอบเขตของแต่ละคนหรือวัตถุ [2] การระบุตัวตนโดยใช้สีของวัตถุ [3] การระบุตัวตนโดยใช้ตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter) [4] เมื่อระบุตัวตนได้สำเร็จจะต้องมีการ

ทำกระบวนการรู้จำเพื่อตรวจสอบกิจกรรมของแต่ละบุคคล โดยแบ่งออกเป็นการจำแนกกิจกรรมด้วยภาพ และการจำแนกด้วยเซ็นเซอร์ หรือเทคโนโลยีใหม่ๆ ในส่วนของการจำแนกกิจกรรมด้วยภาพ มีการจำแนกกิจกรรมโดยใช้เทคนิค Spatio – Temporal [5] ส่วนของการจำแนกกิจกรรมด้วยเซ็นเซอร์ หรือใช้เทคโนโลยี มีการจำแนกกิจกรรมเป็นกลุ่มโดยใช้เซ็นเซอร์เป็นตัวสั่งการเพื่อตรวจจับพฤติกรรม [6] และการจำแนกกิจกรรมกลุ่มภายในห้องเรียนโดยใช้เซ็นเซอร์เป็นเครื่องมือในการตรวจจับพฤติกรรม [7] แต่จากงานวิจัยในอดีตยังพบปัญหาว่าการใช้เซ็นเซอร์ติดที่ตัวผู้ติดตามไม่สามารถใช้ได้ในสถานการณ์จริงซึ่งจะรบกวนนักศึกษาขณะเรียนและอาจจะไม่สามารถได้พฤติกรรมที่แท้จริง

งานวิจัยนี้มีการทดสอบโดยใช้หลักการของเทคนิคการประมวลผลภาพภายใต้สถานการณ์สมมุติเสมือนจริงของการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา [8] โดยผู้วิจัยเห็นความสำคัญในบันทึกการตอบสนองกลับของผู้เรียน เนื่องจากผู้สอนเพียงคนเดียวไม่สามารถตรวจสอบการตอบสนองกลับของนักเรียน เช่น พฤติกรรมของนักเรียนหรือปฏิสัมพันธ์ต่างๆของนักเรียนได้อย่างทั่วถึง งานวิจัยนี้จึงมีการใช้เทคโนโลยีเข้าไปช่วยในการตรวจสอบพฤติกรรม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นข้อมูลที่ผู้สอนสามารถนำไปปรับปรุงการเรียนการสอน และกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้มีการโต้ตอบในการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

ลำดับการนำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ประกอบไปด้วย หัวข้อที่ 2 วิธีการที่นำเสนอ ซึ่งจะอธิบายเรื่องราวตั้งแต่การออกแบบการทดลอง แนวคิดในการทำวิจัย รวมไปถึงวิธีการและเทคนิคสำคัญที่ใช้ในการทำการทดลอง ส่วนเนื้อหาของการทดลอง การออกแบบการทดลอง การวัดประสิทธิภาพ ของ Training Data และ Testing Data รวมไปถึงการอภิปรายผลการทดลองจะถูกกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3 การทดลอง และผลการทดลอง ส่วนหัวข้อที่ 4 เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลองทั้งหมด

2. วิธีการ

2.1 แพลตฟอร์มระบบห้องเรียนอัจฉริยะ

รูปที่ 1 แพลตฟอร์มระบบห้องเรียนอัจฉริยะ

รูปที่ 1 แสดงรูปแบบของห้องเรียนที่ใช้ในงานวิจัยนี้โดยเป็นห้องเรียนขนาด 4 x 8 เมตร ประกอบด้วย โต๊ะสำหรับนักเรียนกลุ่ม A กลุ่ม B โต๊ะครู โต๊ะกลางสำหรับรวบรวมทรัพยากรในการเรียน ซึ่งประกอบด้วยกล้องวีดีโอ 3 ตัว คือสำหรับถ่ายวีดีโอภาพรวมมุมสูง 2 ตัว และสำหรับถ่ายภาพแบบซูม 1 ตัว

สำหรับในบทความนี้ เรามุ่งความสนใจไปที่การตอบคำถามว่านักเรียนแต่ละคนได้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมระดับพื้นฐานอย่างไรบ้าง โดยกิจกรรมพื้นฐานที่สนใจได้แก่ (1) นักเรียนแต่ละคนอยู่โซนใดของห้อง (2) นักเรียนแต่ละคนอยู่ในสถานะนั่งหรือยืน และ (3) เมตริกซ์ประชิดแสดงระยะขจัดของนักเรียนในห้องซึ่งสามารถนำไปหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนได้

2.2 วิธีการและเทคนิคสำคัญที่ใช้ในการทำการทดลอง

สำหรับแนวคิดงานของวิจัยนั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีนักเรียนเข้ามาในห้องเรียน จะมีการระบุตัวตนเพื่อให้ทราบ ID และกลุ่มของนักเรียนแต่ละคน เพื่อตรวจสอบกิจกรรมรายบุคคล กิจกรรมกลุ่ม สถานะ การนั่ง ยืน เดิน และข้อมูลการปฏิสัมพันธ์รายบุคคล

งานวิจัยนี้ใช้การจับพฤติกรรมจากนักเรียนจากวีดีโอ โดยใช้วิธีการกรองสี (Color Filtering) เพื่อระบุตัวตนของแต่ละคน จากนั้นหาพิกัดค่า u, v ที่หัวและเท้าของนักเรียนแต่ละคน เพื่อนำไปหาค่า (x, y, z) จากนั้นตรวจสอบกิจกรรมและแสดงสถานะ การนั่ง ยืน เพื่อนำข้อมูลกิจกรรมของแต่ละคนมารวบรวมรวมถึงแสดงผลลัพธ์เป็นแนวโน้มกิจกรรมของแต่ละกลุ่ม และยังสามารถตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ของแต่ละบุคคลอีกด้วย

รูปที่ 2 โครงสร้างที่ถูกกำหนดเพื่อใช้ในการคำนวณ (ภาพจาก [9])

2.2.1 การระบุตัวตนและการหาค่าคู่อันดับจุดพิกัด 2 มิติ บริเวณหัวและเท้าจาก Image Space ของนักเรียนแต่ละคน

การระบุตัวตนของนักเรียนใช้วิธีการกรองสีโดยการให้นักเรียนแต่ละคนสวมแถบสีบอกตัวตนที่บริเวณหัวและขา เราเลือกใช้วิธีนี้เพื่อสะดวกในการนำข้อมูลไปดำเนินการต่อ โดยการหาค่า RGB บริเวณสีที่สนใจ เพื่อระบุ ID และกลุ่มของนักเรียนแต่ละคน เมื่อได้ผลการกรองสีแล้วบริเวณสีที่สนใจกำหนดให้เป็นสีขาว และสีที่ไม่ได้สนใจกำหนดให้เป็นสีดำ ด้วยวิธีการแยกสีที่ไม่ต้องการออก (Labeling) จากนั้นนำไปหาค่าขอบเขตที่มีสีขาว (Bounding Box) ค่าที่ได้จะมี Left,

Top, Width, Height ของบริเวณหัวและเท้า และตรวจสอบค่า Top ค่ามากคือหัว และค่าน้อยคือเท้า ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าของคู่อันดับจุดพิกัด 2 มิติของหัวคือจุด (u_h, v_h) และเท้า คือจุด (u_f, v_f) จาก Image Space ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งจะนำไปสู่กระบวนการแปลงตำแหน่งวัตถุจาก 2 มิติเป็น 3 มิติในหัวข้อต่อไป

2.2.2 การแปลงตำแหน่งวัตถุจาก 2 มิติ เป็น 3 มิติ โดยอาศัยหลักการ Vanishing Point และจุดอ้างอิงบนแกน 3 มิติ [9]

เมื่อได้ค่า (u, v) ของตำแหน่งหัวและเท้าจาก Image Space ของนักเรียนแต่ละคนแล้ว นำมาแปลงเป็น 3 มิติ โดยอาศัยหลักการ Vanishing Point และจุดอ้างอิงบนแกน 3 มิติที่นำเสนอโดย T.Chotikawanid และคณะ [9] เพื่อให้ได้ค่า (x,y,z) ของนักเรียน

2.2.3 การตรวจสอบกิจกรรมรายบุคคลโดยใช้การโซนนิ่ง (Zoning)

จากรูปแบบแพลตฟอร์มห้องเรียนอัจฉริยะดังรูปที่ 1 มีการแบ่งพื้นที่ทั้งหมดเป็น 4 โซน คือ 1. โซนกลุ่ม A 2.โซนกลุ่ม B 3. โซนโต๊ะครู 4. โซนโต๊ะกลางสำหรับเก็บรวบรวมทรัพยากรทางการศึกษา โดยทำการกำหนดขอบเขต (x, z) (พิกัดบนระนาบพื้นห้อง) ของแต่ละโซน และทำการตรวจสอบค่า (x, z) ของแต่ละคนว่าอยู่ในโซนใด เพื่อตรวจสอบกิจกรรมของนักเรียนและช่วงเวลาการทำกิจกรรม

2.2.4 การตรวจสอบกิจกรรมกลุ่ม

จากผลลัพธ์ของกิจกรรมรายบุคคลสามารถนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบกิจกรรมของแต่ละกลุ่มได้ โดยนำข้อมูลของสมาชิกทุกคนภายในกลุ่มมาตรวจสอบกิจกรรมที่ทำในช่วงเวลาเดียวกัน โดยใช้วิธีการหาอินเตอร์เซคของกิจกรรมที่นักเรียนแต่ละคนทำภายในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละกลุ่ม ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นกิจกรรมกลุ่มและช่วงเวลาการทำกิจกรรมของแต่ละกลุ่ม

2.2.5 การตรวจสอบสถานะ การนั่ง ยืน รายบุคคล

สำหรับการตรวจสอบสถานะ การนั่ง ยืนนั้น ทำได้โดยการตรวจสอบค่า y (ระนาบความสูง) เพื่อตรวจเช็คสถานะของนักเรียนรายบุคคล ซึ่งเป็นการเพิ่มรายละเอียดจากการโซนนิ่งเพื่อหากิจกรรม

2.2.6 การตรวจสอบปฏิสัมพันธ์รายบุคคล

การตรวจสอบปฏิสัมพันธ์รายบุคคลนั้นใช้วิธีการสร้างเมตริกซ์ระยะประชิดของนักเรียนทั้ง 6 คน รวมถึงครูผู้สอน เพื่อตรวจสอบระยะห่างของแต่ละคน ในทุกช่วงเวลา 10 วินาที ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงปฏิสัมพันธ์ ระหว่างบุคคลในช่วงเวลาใดๆโดยอ้างอิงจากระยะห่างของแต่ละคน

3. การออกแบบการทดลอง ผลการทดลอง และการวิจารณ์ผล

3.1 การออกแบบการทดลอง

สำหรับการทดลองจะมีการบันทึกภาพโดยใช้กล้องวีดีโอมุมสูงจำนวน 2 กล้อง เพื่อจำลองเหตุการณ์ในห้องเรียนเป็นเวลา 20 นาที โดยมีนักเรียนทั้งหมด 6 คน ทุกคนจะมีการกำหนดบทบาทการแสดงและตำแหน่งที่ยืนเพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพของการประเมินสถานการณ์จากเหตุการณ์จริง และจากวิธีการที่นำเสนอ

การกำหนด ID ของนักเรียนคือกำหนดให้ ID 001 – ID 003 อยู่กลุ่ม A และ ID 004 – ID 006 อยู่กลุ่ม B ซึ่งจะตรวจสอบทั้งหมด 4 หัวข้อ คือ

1. กิจกรรมรายบุคคล ภายใต้รูปแบบกิจกรรมดังต่อไปนี้
   - การมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนภายในกลุ่ม
   - การมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนต่างกลุ่ม
   - การมีปฏิสัมพันธ์กับคุณครู
   - การไปโต๊ะที่รวบรวมทรัพยากร
2. กิจกรรมกลุ่ม ภายใต้รูปแบบเดียวกับตรวจสอบกิจกรรมรายบุคคล
3. สถานะ การนั่ง ยืน
4. ปฏิสัมพันธ์รายบุคคล

3.2 ผลการทดลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาตำแหน่งสามารถบ่งบอกถึงกิจกรรมตามเงื่อนไขของกิจกรรมที่กำหนดและสถานะ การนั่ง ยืน ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ในส่วนผลลัพธ์จากการจำแนกกิจกรรมที่ได้ของกลุ่ม A และ B แสดงในรูปที่ 5

0 = ค่าผิดพลาดจากการระบุตัวตน
1 = มีปฏิสัมพันธ์กับนร.ในกลุ่ม
2 = มีปฏิสัมพันธ์กับนร.ต่างกลุ่ม
3 = มีปฏิสัมพันธ์กับครู
4 = ไปโต๊ะที่รวบรวมทรัพยากร

รูปที่ 3 ผลการทดลองจากการหากิจกรรมของแต่ละบุคคล

0 = นั่ง
1 = ยืน

รูปที่ 4 ผลการทดลองจากการหาสถานะ

0 = สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มทำกิจกรรมต่างกัน

1 = สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มมีปฏิสัมพันธ์กับนร.ภายในกลุ่ม

2 = สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มมีปฏิสัมพันธ์กับนร.ต่างกลุ่ม

3 = สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มมีปฏิสัมพันธ์กับครู

4 = สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มไปโต๊ะที่รวบรวมทรัพยากร

รูปที่ 5 ผลการจำแนกกิจกรรมกลุ่มของนักเรียนกลุ่ม A และ B

การตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนแต่ละคนนั้นจะแสดงผลในรูปแบบของเมตริกซ์ประชิด เพื่อเช็คระยะห่างของนักเรียนของแต่ละ ID รวมถึงครูโดยอ้างอิงจากตำแหน่งโต๊ะครูมีหน่วยเป็นเซ็นติเมตรโดยเมตริกซ์จะถูกปรับค่าทุกๆ 10 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลตัวอย่างระยะห่างระหว่างบุคคล

	ID001	ID002	ID003	ID004	ID005	ID006	TEACHER
ID001	0	213.49	68.07	293.98	299.08	399.49	78.91
ID002	213.49	0	258.17	133.61	132.34	160.31	279.97
ID003	68.07	258.17	0	354.07	358.35	397.54	24.94
ID004	293.98	133.61	354.07	0	9.43	49.13	371.21
ID005	299.08	132.34	358.35	9.43	0	41.66	375.89
ID006	399.49	160.31	397.54	49.13	41.66	0	415.69
TEACHER	78.91	279.98	24.94	371.21	375.89	415.69	0

t_0

t_k

สำหรับผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองการจำแนกกิจกรรมรายบุคคลมีความแม่นยำ 98% การจำแนกกิจกรรมกลุ่มที่มีค่าความแม่นยำ 97% การจำแนกสถานะ การนั่ง ยืน มีค่าความแม่นยำ 98%และการตรวจสอบปฏิสัมพันธ์รายบุคคลมีค่าความแม่นยำ 95%

3.3 การวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอมีโอกาสที่จะนำไปใช้งานได้จริงแต่ยังมีส่วนที่ต้องปรับปรุงเพื่อให้ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ได้แก่ (1) การใช้แถบสีอาจไม่สะดวกแก่นักเรียนควรหาวิธีระบุตัวตนที่ดีกว่า (2) กระบวนการวิเคราะห์พฤติกรรมโดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาเป็นคนกำหนดโจทย์

4. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการตรวจสอบกิจกรรมรายบุคคล กิจกรรม-กลุ่ม สถานะ การนั่งยืน และข้อมูลการปฏิสัมพันธ์รายบุคคลโดยใช้ข้อมูลจากภาพวีดีโอ ภายใต้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาโดยใช้วิธีการแปลงตำแหน่งวัตถุจาก 2 มิติ (Image Space) เป็น 3 มิติ (Global Space) เพื่อนำข้อมูลดิบมาผ่านการประมวลผลเป็นข้อมูลที่สามารถช่วยในการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน ซึ่งมีความถูกต้องแม่นยำในการหาตำแหน่งเฉลี่ยอยู่ที่ 97% สำหรับผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเครื่องมือในการช่วยผู้สอนวิเคราะห์พฤติกรรมนักเรียนในการกระตุ้นการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] J. Shi, and C. Tomasi, “ Good features to track,” IEEE Trans., 1994.

[2] J. Maccormick, “ A probabilistic Exclusion Principle for Tracking Multiple Objects, “ International Journal of computer Vision, 2000, pp.57-71.

[3] J. Czyz, B. Ristric, and B. Macq, “ Aparticle filter for joint detection and tracking of color objects,” Image and Vision Computing, 2007, pp.1271-1281.

[4] Y. Satosh, and T. Okatana, “ A Color- based Tracking by Kalman Particle Filter,” IEEE Trans, 2004.

[5] O. Chomat, and J. Crowley, “ Probabilistic Recognition of Activity using Local Appearance,” Computer Vision and Pattern Recognition, April 1999.

[6] D. Gordon, “ Group Activity recognition Using Wearable Sensing Devices,” April 2014.

[7] J. Choi, and H. Yong, “ Conceptual Group Activity Recognition Model for classroom Environments, ” IEEE Trans, 2015.

[8] D. James, and M. Mario, “ Understanding STEM Education and Supporting Students Through Universal Design for Lrarning,” Teaching Exceptional, Vol.45,2013, pp.8-15.

[9] T.Chotikawanid, W.Suwansantisuk, and P.Kumhom, “A study of transformation of object location from an image plane to a 3d space based on vanishing point and reference points on the 3d axes,” International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), Oct 2016, pp. 1–5.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าภายในบ้าน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION BASED ON STEM EDUCATION ON TOPIC: HOME ELECTRIC FOR PRATHOM SUKSA 3 STUDENTS

มานะ โสภา[1] ปารมี บุญชู[2] อภิญญา ธาตุวิสัย[2]

[1]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040 E-mail: manasopa@hotmail.com

[2]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040 E-mail: parameeboonchoo@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าภายในบ้าน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/1 โรงเรียนเทศบาล 7 รถไฟสงเคราะห์ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 29 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบทดสอบย่อยระหว่างเรียน 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และสถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 75.71/73.56 2) นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อยู่ในระดับพอใจมาก ($\bar{X}$ = 4.25, S.D. = 0.91)

คำสำคัญ: บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน, สะเต็มศึกษา, ไฟฟ้าภายในบ้าน

Abstract

The purposes of research were 1) to find efficiency of computer assisted instruction based on stem education on topic: home electric for Prathom suksa 3 Students 2) to compare pretest-posttest students learning achievement and 3) to study the satisfaction towards the developed CAI. The sample group was conducted under the purposive sampling technique and consisted of 29 in Prathom Suksa 3/1 students from Thetsaban 7 Rot Fri Songkhro School, Meuang, Udon Thani, who were studying in second semester of academic year 2016. The research tools included: 1) the developed CAI 2) learning achievement test 3) subchapters test and 4) the satisfaction questionnaire. Statistics used for data analyses were mean, percentage, standard deviation, efficiency (E_1/E_2) and t-test dependent samples. The results showed that: 1) the developed CAI had efficiency at 75.71/73.56 2) The learning achievement had posttest score higher then pretest score at significant level .05 and 3) the satisfaction of sample groups also showed at high level ($\bar{X}$ = 4.25, S.D. = 0.91)

Keywords: Computer Assisted Instruction, STEM Education, Home electric

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าปัจจัยสี่ที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน เพราะพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนและเศรษฐกิจของประเทศ ความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องตระหนักถึงและใช้อย่างประหยัด อย่างไรก็ตาม แม้ประเทศไทยจะมีข้อได้เปรียบตรงที่มีเชื้อเพลิงจำนวนมากที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ แต่ยังคงต้องสร้างจิตสำนึกในการใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่าให้แก่ประชาชนในประเทศด้วย เพราะแม้เราจะผลิตไฟฟ้าเองได้ แต่หากใช้อย่างสิ้นเปลือง พลังงานไฟฟ้าก็อาจจะหมดไปในที่สุด [1] ซึ่งในการจัดการเรียนการสอน ครูควร

ตระหนักในเรื่องการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้ผู้เรียนรู้คุณค่าของการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด การจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจในศตวรรษที่ 21 คือการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต [2] ในการจัดการเรียนการสอน ครูควรใช้สื่อเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ สามารถเรียนรู้ได้ตลอดเวลา ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer – Assisted Instruction: CAI) เป็นการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาเสริม เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าภายในบ้าน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มากขึ้น และเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ตระหนักถึงการใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าภายในบ้าน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าภายในบ้าน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าภายในบ้าน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล 7 รถไฟสงเคราะห์ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 3 ห้อง รวมทั้งสิ้น 87 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/1 โรงเรียนเทศบาล 7 รถไฟสงเคราะห์ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 29 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตร

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาระดับประถมศึกษาปีที่ 3 ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สรุปได้ดังต่อไปนี้

3.2.1 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 5 พลังงาน สอดคล้องกับตัวชี้วัดที่ 1 และ 2 โดยกำหนดหัวข้อ คือ พลังงานไฟฟ้า

3.2.2 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี สอดคล้องกับตัวชี้วัดที่ 2 โดยกำหนดหัวข้อ คือ การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์เทคโนโลยีอย่างประหยัดและปลอดภัย และการออกแบบการประหยัดพลังงานในบ้าน

3.2.3 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สอดคล้องกับตัวชี้วัดที่ 1 และ 2 โดยกำหนดหัวข้อ คือ การคำนวณค่าไฟฟ้าสำหรับบ้าน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าภายในบ้าน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.44 – 0.75 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.25 – 0.50 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.75

3.3.2.2 แบบทดสอบย่อยวัดผลระหว่างเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 4 ชุด รวมทั้งสิ้น 20 ข้อ มีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.44 – 0.75 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.63 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.72

3.3.2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบประเมินแบบประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 12 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.507 – 0.851 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.72

3.4 วิธีการดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pretest) จำนวน 30 ข้อ กับกลุ่มตัวอย่าง ใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง

3.4.2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแต่ละหัวข้อย่อยตามแผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อย่อย ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบย่อย จำนวน 5 ข้อ รวมทั้งสิ้น 20 ข้อ

3.4.3 เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครบทุกหัวข้อ ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นชุดเดียวกับที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน แต่สลับข้อคำถาม ใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง

3.4.4 นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สอบถามนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และชี้แจงทำความเข้าใจขั้นตอนการตอบแบบสอบถามอย่างละเอียด

3.4.5 รวบรวมข้อมูลไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น ตามเกณฑ์ 70/70 ปรากฏผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	n	$\overline{X}$	S.D.	ร้อยละของค่าเฉลี่ย
กระบวนการ (E_1)	20	29	15.03	3.40	75.17
ผลลัพธ์ (E_2)	30	29	22.07	3.05	73.56

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) คะแนนสอบระหว่างเรียนมีค่าเท่ากับ 15.03 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 75.17 และค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) คะแนนสอบหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 22.07 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) มีค่าเท่ากับ 73.56 ดังนั้น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 75.17/73.56

4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การทดสอบ	N	$\overline{X}$	S.D.	$\sum D$	$\sum D^2$	df	T	Sig.
ก่อนเรียน	29	13.79	3.08	240	2114	28	20.86*	.05
หลังเรียน	29	22.07	3.05					

*ค่าวิกฤตของ t ที่ระดับนัยสำคัญ .05, df = 28 มีค่าเท่ากับ 1.701

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อนำค่าที (t) ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับตารางค่าวิกฤตที (t) ที่ df = 28 ระดับนัยสำคัญ .05 แบบหางเดียว มีค่าเท่ากับ 1.701 ซึ่งค่าที (t) ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 20.86 มากกว่าค่าจากตาราง แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียนมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียนจริง ดังนั้น นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ปรากฏผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน

ที่	รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D	แปลผล
1	อธิบายเนื้อหาเข้าใจง่าย	4.14	0.78	พอใจมาก
2	เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4.31	0.83	พอใจมาก
3	แบบทดสอบยากง่ายเหมาะสม	4.03	0.85	พอใจมาก
4	ภาพประกอบเหมาะสมกับเนื้อหา	4.14	0.94	พอใจมาก
5	สีพื้นหลังของบทเรียนเหมาะสม	4.17	1.08	พอใจมาก
6	ตัวอักษรอ่านง่ายชัดเจน	4.41	0.85	พอใจมาก
7	เสียงบรรยายมีความชัดเจน	4.14	0.97	พอใจมาก
8	เทคนิคพิเศษนำเสนอบทเรียนน่าสนใจ	4.21	1.09	พอใจมาก
9	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใช้งานง่าย	4.17	1.02	พอใจมาก
10	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจ เรื่อง ไฟฟ้าภายในบ้านได้ดีขึ้น	4.72	0.45	พอใจมากที่สุด
11	นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้เรียนรู้ได้ตลอดเวลา	4.34	0.88	พอใจมาก
12	นำความรู้ที่ได้ไปใช้งานในชีวิตประจำวันได้	4.17	1.21	พอใจมาก
	โดยภาพรวม	4.25	0.91	พอใจมาก

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยภาพรวมมีความพึงพอใจ อยู่ในระดับพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.25, S.D. = 0.91)

5. สรุปผล

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครั้งนี้ สรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

5.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 75.71/73.56

5.2 นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.3 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.25, S.D. = 0.91)

6. อภิปรายผล

6.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 75.71/73.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 70/70 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้วิเคราะห์หลักสูตรและออกแบบหน่วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 8 ขั้นตอน [3] ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาใช้ 4 ขั้นตอนแรก และในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้มีการนำหลักการ ADDIE มาใช้ในการพัฒนาบทเรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เข้าใจในเนื้อหาและเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธรรมจรรยา เรืองทองดี [4] ที่ได้พัฒนาบทเรียนการ์ตูนมัลติมีเดีย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education ในรายวิชาคอมพิวเตอร์ สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพ 85.11/80.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

6.2 นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้มีการนำสะเต็มศึกษามาบูรณาการเนื้อหา 4 วิชา ให้เกี่ยวข้องเชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้ความรู้ ตามลำดับจากง่ายไปยาก รวมถึงการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังได้นำแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพฤติกรรมนิยม [5] ซึ่งให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนเนื้อหาที่ต้องการได้ตามความสามารถและความสนใจของตนเอง จึงทำให้บทเรียนที่สร้างขึ้นมีความน่าสนใจ เข้าใจง่าย ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธรรมจรรยา เรืองทองดี [4] โดยผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนการ์ตูนมัลติมีเดีย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.3 นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยภาพรวมอยู่ในระดับพอใจมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน ตัวอักษรอ่านง่ายชัดเจน มีเทคนิคพิเศษในการนำเสนอบทเรียนทำให้บทเรียนมีความน่าสนใจ สามารถเรียนรู้ได้ตลอดเวลา และยังช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเรื่องไฟฟ้าภายในบ้านได้ดีขึ้น ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปานทิพย์ ดอนขันไพร [6] ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย เรื่อง ไฟฟ้าน่ารู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อยู่ในระดับมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน. (2552). **นโยบายพลังงาน.** กรุงเทพฯ: ไดเร็คชั่นแพลน.

[2] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). **สะเต็มศึกษา.** กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

[3] สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). **สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2)**: การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ,17 (3) ,155-157.

[4] ธรรมจรรยา เรืองทองดี. (2559). **การพัฒนาบทเรียนการ์ตูนมัลติมีเดีย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education ในรายวิชาคอมพิวเตอร์ สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 กรณีศึกษาโรงเรียนวัดจันทาราม (ตั้งตรงจิตร 5).** โครงงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

[5] วัชรพล วิบูลยศริน. (2556). **นวัตกรรมและสื่อการเรียนการสอนภาษาไทย.** กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] ปานทิพย์ ดอนขันไพร. (2555). **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย เรื่อง ไฟฟ้าน่ารู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.** โครงงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

สื่อมัลติมีเดีย เรื่อง แหล่งพลังงานตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

Multimedia Instruction in topic Source of Energy According to Philosophy of the Sufficiency Economy for Pratomsuksa 3 Students

สมชาย ชุมพลกุลวงศ์[1] ปิยสุดา ตันเลิศ[2] ละอองดาว จันทวงษ์[3] สุมิตตรา เกษสะอาด[4] ไพศาล ดาแร่[5]
[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 E-mail: somchai.li@gmail.com[1]
[2,5]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 E-mail: piyasuda@udru.ac.th[2], darae123@hotmail.com[5]
[3 4]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 E-mail: fang.56100145140@gmail.com[3], fang. Sumittra1994@gmail.com[4]

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1)เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง แหล่งพลังงานตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2)เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดีย 3)เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของสื่อมัลติมีเดีย และ 4)เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย กลุ่มตัวอย่าง คือ 1) กลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน และ 2)กลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนโนนสูง จังหวัดอุดรธานี โดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) สื่อมัลติมีเดีย 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และt-test ผลการวิจัยพบว่า 1) สื่อมัลติมีเดีย ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 81.00/83.75 2) นักเรียนที่เรียนด้วยสื่อมัลติมีเดียมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดียเท่ากับ 0.6026 และ 4)นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.66, S.D. = 0.66)

คำสำคัญ: สื่อมัลติมีเดีย, แหล่งพลังงาน, หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

Abstract

The purpose of this research were 1) to develop multimedia resources on electric power. according to sufficiency Economy Philosophy for Prathomsuksa 3 to be effective by 80/80 criteria 2) to compare students learning achievement during multimedia learning 3) to study the effectiveness index of multimedia and 4) to study the students' satisfaction with multimedia. Sample have 2 groups: 1) The control group consisted of 20 students and 2) Experiment group consisted 20 Students of Prathomsuksa 3, Chumchonnonsoong School, Udonthani Province and selected by purposive sampling. Instrument in this research include: 1) Multimedia instruction 2) Achievement test and 3) Satisfaction Questionnaire. Statistics for analysis consisted of percentage, mean, standard deviation, and t-test. The result of research found that 1) Multimedia instruction had efficiency on the basis of E_1 / E_2 is 81.00 / 83.75. 2) The student's achievement who study with multimedia was higher than the control group at .05 level. 3) The effectiveness index of multimedia instruction was 0.6026 or the student had a progress rate of learning was 60%. And 4) the students 'satisfaction with the multimedia instruction was high level ($\bar{x}$= 4.66, S.D. = 0.66).

Keywords: Multimedia Instruction, Source of Energy , Philosophy of the Sufficiency Economy

1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานเป็นสิ่งพื้นฐานที่มนุษย์จำเป็นต้องใช้ในการดำรงชีวิตทุกวันนี้เราพึ่งพลังงานที่มีอย่างจำกัดเป็นอย่างมาก แต่ปริมาณสำรองพลังงานสิ้นเปลืองจะลดลงเรื่อย ๆ จนไม่มีให้ใช้อีกในอนาคตข้างหน้า จากการสำรวจพบว่าแหล่งพลังงานสำรองของโลก นับตั้งแต่ปี 2540 น้ำมันจะมีใช้ได้อีก 42 ปี ก๊าซธรรมชาติ 64 ปี และถ่านหิน 220 ปี ซึ่งประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานสิ้นเปลืองจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ และยังสร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมอย่างมาก การที่สามารถพึ่งตนเองได้โดยการนำพลังงานที่มีอยู่ในประเทศมาใช้จะช่วยลดปัญหาเหล่านี้ลงได้และด้วยสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เอื้อ ทำให้สามารถ

ใช้ประโยชน์จากพลังงานทางเลือกที่มีภายในประเทศ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถผลิตพลังงานใช้เองได้ โดยต้องคำนึงถึงการใช้ที่ไม่สิ้นเปลือง ใช้อย่างมีเหตุมีผล พึ่งตนเองเป็นหลัก และต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและสังคมรอบ ๆ จึงได้นำ[1]หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ของรัชกาลที่ 9 มาปรับใช้ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งคำว่าความพอเพียง จะประกอบไปด้วย 5 ส่วน คือ 1) กรอบแนวคิด 2) คุณลักษณะ 3) คำนิยาม 4) เงื่อนไข 5) แนวทางปฏิบัติ/ผลที่คาดว่าจะได้รับ ซึ่งผู้เรียนสามารถนำไปปฏิบัติและประยุกต์ใช้ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้จริง ทั้งนี้ ยังเป็นการส่งเสริมให้เด็กมีความพอประมาณ มีเหตุผล และมีภูมิคุ้มกันที่ดี โดยอาศัยความรอบรู้ และดำเนินชีวิตด้วยรอบคอบ เพื่อให้สมดุล และพร้อมต่อการรองรับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง

ดังนั้นผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง แหล่งพลังงาน ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาด้วยตัวเอง มีส่วนร่วมในกิจกรรม เห็นคุณค่าและตระหนักถึงการใช้พลังงาน อีกทั้งเป็นการเรียนรู้ที่บูรณาการ ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่องแหล่งพลังงานตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง แหล่งพลังงาน ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง แหล่งพลังงานตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง แหล่งพลังงานตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

3. ทบทวนวรรณกรรม

3.1 สื่อมัลติมีเดีย

รูปแบบมัลติมีเดีย สามารถแบ่งออกได้เป็น 2ประเภท [2] ดังนี้ 1) มัลติมีเดียเพื่อการนำเสนอ มุ่งสร้างความตื่นตาตื่นใจ น่าสนใจ ติดตาม และถ่ายทอดผ่านประสาทสัมผัสที่หลากหลายผ่านตัวอักษร ภาพ และเสียง เน้นการนำไปใช้งานเพื่อเสนอเป็นขั้นตอนไว้เรียบร้อยแล้ว และ 2) มัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์ เน้นให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบสื่อสารกับสื่อได้โดยตรงผ่านโปรแกรมมัลติมีเดียที่มีลักษณะของสื่อหลายมิติที่เนื้อหาภายในสามารถเชื่อมโยงถึงกัน ดังนั้นในการผลิตสื่อรูปแบบบทเรียนมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง จะออกแบบการนำเสนอเนื้อหาและกิจกรรมในบทเรียนตามหลักทฤษฎีการเรียนรู้ เน้นให้บทเรียนมีลักษณะการโต้ตอบมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้หรือผู้เรียนมากขึ้นมีการใช้งานที่ง่ายสะดวก และเหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียน

3.2 หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

การพัฒนาตามหลักแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง คือการพัฒนาที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทางสายกลางและความไม่ประมาท โดยคำนึงถึง ความพอประมาณ ความมีเหตุผล การสร้างภูมิคุ้มกันที่ดีในตัว ตลอดจนใช้ความรู้ความรอบคอบ และคุณธรรม ประกอบการวางแผน การตัดสินใจและการกระทำ[3]

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนโนนสูง รวมทั้งสิ้น 54 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ 1) กลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน และ 2) กลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง

4.2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ สื่อการเรียนการสอนมัลติมีเดีย เรื่อง แหล่งพลังงานตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และ แบบสอบถามความพึงพอใจของของนักเรียนที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย

4.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เอกสาร หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสาระวิทยาศาสตร์พร้อมทั้งศึกษาหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อประยุกต์ใช้ในแผนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหา จากนั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีสื่อมัลติมีเดีย นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง นำไปปรับปรุงแก้ไข

2. การสร้างสื่อมัลติมีเดีย แบ่งเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหาหลักสูตรตามแผนการเรียนรู้ ออกแบบ เขียนบทดำเนินเรื่อง พัฒนาสื่อมัลติมีเดียพร้อมทั้งหาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ปรับปรุงแก้ไข นำไปใช้และประเมินผล

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อมัลติมีเดีย แล้วทำแบบทดสอบย่อยระหว่างเรียน เมื่อจบบทเรียน ทำแบบทดสอบหลังเรียน แล้วทำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ สรุปผล

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ผลการพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง แหล่งพลังงานตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

สื่อมัลติมีเดีย เรื่อง พลังงานที่มีอย่างจำกัด ประกอบด้วย 1) เนื้อหาแบ่งออกเป็น 2 เรื่อง คือ (1) พลังงานที่มีอย่างจำกัด ประกอบด้วย ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติน้ำมันดิบ และ (2) พลังงานหมุนเวียน พลังงานแสงอาทิตย์-พลังงานลม พลังงานน้ำ และ 2) แบบทดสอบ มี แบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

รูปที่ 1 หน้าจอสื่อมัลติมีเดีย เรื่องแหล่งพลังงาน

5.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดีย เรื่องแหล่งพลังงาน

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดีย ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดีย

ประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	n	$\bar{x}$	S.D.	ร้อยละของค่าเฉลี่ย
กระบวนการ (E_1)	20	20	16.20	1.43	81.00
ผลลัพธ์ (E_2)	20	20	16.75	1.33	83.75

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบระหว่างเรียน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.00 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 83.75 ดังนั้นสื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 81.00/83.75

5.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดีย

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลักเรียน ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ทดสอบ	n	$\bar{x}$	S.D.	t	dt	Sig.
กลุ่มควบคุม	20	16.20	1.43	3.487*	38	.001
กลุ่มทดลอง	20	16.75	1.33			

*ค่าวิกฤตของ t ที่ระดับนัยสำคัญ .05, df = 38 มีค่าเท่ากับ 1.686

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อนำค่าที (t) ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับตารางค่าวิกฤตของที (Critical Values of t) ที่ df = 38 ระดับนัยสำคัญ .05 ได้ค่าที (t) เท่ากับ 1.686 ซึ่งค่าที (t) ที่คำนวณได้ มีค่าเท่ากับ 3.487* มีค่ามากกว่าค่าจากตาราง แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยสื่อมัลติมีเดีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.4 การวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลด้วยสื่อมัลติมีเดีย

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลด้วยสื่อมัลติมีเดีย ปรากฏผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

n	คะแนนเต็ม	ผลรวมของคะแนน		(E.I)
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	
20	20	244	335	0.6026

จากตารางที่ 3 พบว่า สื่อมัลติมีเดีย มีเท่ากับ 0.6026 หรือนักเรียนมีอัตราความก้าวหน้าทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ 60.26

5.5 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย

การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย ปรากฏผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1	เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์ เข้าใจง่าย	4.65	0.50	มากที่สุด
2.	เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.70	0.47	มากที่สุด
3.	ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวน่าสนใจมีความเหมาะสม	4.45	0.76	มาก
4.	เสียงบรรยายและเสียงประกอบ มีความเหมาะสม	4.50	0.76	มาก
5.	ปุ่มควบคุมบทเรียนใช้ง่ายและสื่อความหมายได้ชัดเจน	4.60	0.68	มากที่สุด
6.	ตัวอักษร สี และขนาดชัดเจน ง่ายต่อการเรียนรู้	4.50	0.69	มาก
7.	แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ครอบคลุมเนื้อหา	4.55	0.76	มากที่สุด
8.	ผู้เรียนมีความสนใจ สนุกสนาน ในการเรียน	4.50	0.60	มาก
9.	สื่อมัลติมีเดียมีประโยชน์ต่อผู้เรียน	4.60	0.61	มากที่สุด
10.	ผู้เรียนมีความประทับใจในสื่อมัลติมีเดีย	4.65	0.50	มากที่สุด
โดยภาพรวม		4.57	0.63	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดีย โดยภาพรวมมีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.57, S.D. = 0.63)

6. สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนมัลติมีเดีย สามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

6.1 สื่อมัลติมีเดีย มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) คือ 81.00/83.75 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ (80/80) ทั้งนี้เนื่องมาจากได้วิเคราะห์หลักสูตร

ออกแบบหน่วยการจัดการเรียนรู้ตามกาเย่ 9 ขั้น และในการออกแบบสื่อมัลติมีเดียได้มีการนำหลัก ADDIE มาใช้ในการพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ในวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เข้าใจในเนื้อหาและเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ[4] ที่ได้พัฒนาบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่ามีประสิทธิภาพ 88.73/90.31 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

6.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลอง พบว่า นักเรียนที่เรียนจากสื่อมัลติมีเดีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนจากการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะว่าการออกแบบสื่อมัลติมีเดีย มีการนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาประยุกต์เข้ากับวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้สื่อมัลติมีเดียมีการเชื่อมโยงกัน เนื้อหามีความสัมพันธ์กัน ง่ายต่อการเรียนรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี และกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยสื่อมัลติมีเดียมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนปกติ สอดคล้องกับงานวิจัย [4] พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 88.13 สูงกว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละ 77.40 ของนักเรียนที่สอนโดยวิธีสอนแบบปกติ

6.3 ดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดีย มีค่าร้อยละ 60.26 ทั้งนี้เพราะว่าสื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น มีรูปภาพ มีเสียงคำอธิบายประกอบเนื้อหาของบทเรียนที่ชัดเจน ผู้เรียนสามารถโต้ตอบและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อมัลติมีเดียมีพัฒนาการจากก่อนเรียนและหลังเรียนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย [5] พบว่า บทเรียนบนเครือข่าย เรื่อง การสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.6779 แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนร้อยละ 67.79

6.4 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดีย อยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เพราะว่าสื่อมัลติมีเดียมีเนื้อหา และการนำเสนอที่ใช้ภาพเคลื่อนไหวประกอบคำอธิบายที่ชัดเจน ผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้ง่าย สามารถเรียนรู้ได้ตามความต้องการของตนเอง ระยะเวลาที่ใช้มีความเหมาะสม ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจเรื่องแหล่งพลังงานไฟฟ้าได้ดีขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง สอดคล้องกับงานวิจัย [6] พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).(2549). เศรษฐกิจพอเพียง ร่วมเรียนรู้ สานข่าย ขยายผล. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

[2] ณัฐกร สงคราม. (2553). การออกแบบและพัฒนามัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: วี พริ้นท์.

[3] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.). (2549). เศรษฐกิจพอเพียง ร่วมเรียนรู้ สานข่าย ขยายผล. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

[4] ไพรศรี วิลัยศิลป์.(2549).การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสาระวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านถ้ำปลา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเชียงราย เขต 3. โครงงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

[5] ทิพย์กมล สนสมบัติ.(2553). การ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการสื่อสารข้อมูลและ เครือข่ายแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และการคิดวิเคราะห์ ระหว่างการเรียนด้วยบทเรียนบน เครือข่ายและการเรียนปกติ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่6. โครงงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

[6] . อรสร เผ่าฉนวน. (2554). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. โครงงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9
9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาโดยการใช้โครงงานเป็นฐานสำหรับการศึกษาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

The STEM education using Project-Based Learning Model for Industrial Technology Education

พิชิต อ้วนไตร
แขนงวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
321 ถนนนารายณ์มหาราช ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000 โทรศัพท์ 036-422125
E-mail: pichitutri@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองใช้การเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาโดยการใช้โครงงานเป็นฐานสำหรับการศึกษาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการทางด้านเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกำหนดหัวข้อ 2) การวิเคราะห์ 3) การวางแผนและการออกแบบ 4) การดำเนินการ และ 5) การประเมินผล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีจำนวน 11 คนโดยเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการเรียนรู้มีความพึงพอใจของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก
คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

Abstract

The objectives of this research The STEM education using Project-Based Learning Model for Industrial Technology Education. consists of 5 activities, consist of 1) Determination 2) Analysis 3) Planning and Design 4) Operation and 5) Assessment. The research tools include project assessment and questionnaires. Samples were 11 students in program of industrial electrical technology curriculum of Thepsatri Rajabhat University. The research results the mean of satisfaction of the developed research tools was at high level. In concluding, model can be applied to learning and teaching in industrial technology curriculum.
Keywords: STEM, Project-Based

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันมากขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านสังคมและด้านเศรษฐกิจ ดังนั้นเพื่อการพัฒนาประเทศให้เท่าเทียมกับกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว การพัฒนาคนจึงเป็นสิ่งสำคัญเพราะความรู้และความสามารถของประชากรเป็นดัชนีชี้วัดพื้นฐานในการยกระดับประเทศและสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยในชื่อของประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) ซึ่งเป็นนโยบายที่มีจุดมุ่งหมายหลักคือต้องการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจ ไปสู่ “Value–Based Economy” หรือ “เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” โดยมีฐานความคิดหลัก คือ เปลี่ยนจากการผลิตสินค้า “โภคภัณฑ์” ไปสู่สินค้าเชิง “นวัตกรรม” เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรม ไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม และเปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้า ไปสู่การเน้นภาคบริการมากขึ้น [1] ดังนั้นสถานศึกษาต่างๆจึงเร่งผลิตบุคลากรทางด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมเพื่อเป็นผู้สร้างและใช้เทคโนโลยีสำหรับการพัฒนาประเทศ เพื่อให้ผู้เรียนได้ความรู้และได้ประโยชน์สูงสุดการจัดการศึกษายุคใหม่จึงเปลี่ยนรูปแบบจากเดิมที่ผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้อย่างเดียวไปเป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและเรียนรู้พร้อมไปกับผู้เรียน ดังระบุในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 ในหมวด 4 ที่มีการระบุแนวทางการจัดการศึกษา ในมาตรา 22 ว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดดังนั้นการศึกษาจึงต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ โดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญและต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและประโยชน์สูงสุดที่ผู้เรียนจะได้รับ โดยต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้และได้ใช้กระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย อันจะนำไปสู่การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงได้ด้วยตนเอง [2]

สะเต็ม หรือ “STEM” จึงเป็นอีกนโยบายหนึ่งที่เข้ามาสู่ระบบการศึกษาของประเทศไทย สะเต็มเป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) [3] โดยแนวทางการจัดการศึกษาเน้นที่การบูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนา

กระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎี แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา การหาข้อมูลและวิเคราะห์ สามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ โดยไม่จำกัดการเรียนรู้แค่ภายในชั้นเรียนเพียงด้านเดียวซึ่งในยุคปัจจุบันผู้เรียนจะต้องมีความรู้ที่หลากหลายที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสังคมปัจจุบันซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนจะต้องมีทักษะหลักๆ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ทักษะชีวิตและการทำงาน 2) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 3) ทักษะด้านสารสนเทศ การสื่อสารและเทคโนโลยี ผู้เรียนมีอิสระทางความคิดและให้ความสำคัญกับการสืบข้อมูลและเรียนรู้ด้วยตัวเองในทุกสถานที่ตลอดเวลา สร้างการยอมรับความคิดเห็นผู้อื่นและกล้านำเสนอสิ่งที่รู้แก่เพื่อนร่วมชั้นเรียนโดยมีผู้สอนเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนและค้นคว้าหาความรู้ [4] ดังนั้นรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสมกับแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มคือรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning : PBL) ซึ่งเหมาะสมกับการเรียนทางด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นประโยชน์ของการสอนแบบโครงงานเป็นฐานที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบสะเต็ม ซึ่งจะช่วยสร้างความสนใจในกิจกรรมที่มอบหมายให้ค้นคว้า ช่วยฝึกกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบ รู้จักการวางแผนการทำงาน ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา ได้ทำการทดลอง ได้พิสูจน์สิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย คือ สร้างลำดับขั้นตอนการเรียนรู้และการประเมินผลตามรูปแบบโครงงาน

2. การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning : PBL) ใช้แนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการสร้างสรรค์งาน (Constructionism) เป็นทฤษฎีที่เน้นการเรียนรู้ด้วยการกระทำของตนเอง โดยให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา โดยผู้เรียนจะต้องพยายามคิดหรือกระทำอย่างไตร่ตรองจนสามารถนำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาที่สามารถคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้ซึ่งผู้เรียนจะต้องเป็นผู้สร้างความคิด และนำความคิดนั้นไปสู่การสร้างสรรค์ โดยอาศัยเทคโนโลยีและสื่อที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความรู้ที่เป็นรูปธรรมชัดเจนดังนั้นการจัดเตรียมรูปแบบการเรียนรู้จำเป็นต้องจัดเป็นกิจกรรมการพัฒนาพฤติกรรมพื้นฐานของผู้เรียนจากขั้นพื้นฐานไปสู่ระดับที่ต้องการได้ เป้าหมายของการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานนี้ต้องให้ผู้เรียนค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีวัสดุอุปกรณ์ต่างๆซึ่งเป็นการเรียนรู้ในขั้น “S” หรือวิทยาศาสตร์หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบ ลองผิดลองถูกกับสิ่งนั้นๆโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเช่น โปรแกรมจำลองการทำงาน หรือชุดฝึกปฏิบัติการซึ่งเป็นการเรียนรู้ในขั้น “T” เทคโนโลยีจนเกิดเป็นความเข้าใจขึ้นพร้อมทั้งสามารถสร้างโครงงานขึ้นมาซึ่งเป็นการเรียนรู้ในขั้น “E” วิศวกรรมและ “M” คณิตศาสตร์ ที่จะต้องประเมินหรือประมาณค่าของชิ้นงานรวมทั้งเกี่ยวข้องกับการใช้คณิตศาสตร์ในการคำนวณด้วยโปรแกรมต่างๆ ผู้เรียนจึงมีบทบาทการเรียนรู้อย่างเต็มที่โดยผู้เรียนเลือกสิ่งที่ต้องการเรียนเอง ตั้งกฎระเบียบเองแก้ปัญหาเอง ผู้สอนมีบทบาทที่นอกเหนือจากให้ความรู้เพียงอย่างเดียวเปลี่ยนเป็นการให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวก ช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ และทำหน้าที่สร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียน จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตรงกับความสนใจของผู้เรียน ดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปในทิศทางที่ส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน ให้คำปรึกษาแนะนำทั้งด้านวิชาการและด้านสังคมแก่ผู้เรียน ดูแลให้ความช่วยเหลือผู้เรียนที่มีปัญหาและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน การเรียนรู้แบบนี้ผู้เรียนจะมีความรู้ที่อยู่ทน ไม่ลืมง่ายและสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นได้ทราบและเข้าใจความคิดของตนนอกจากนั้นความรู้ที่สร้างขึ้นยังเป็นฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่สิ้นสุด

ดังนั้นเพื่อให้การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานสัมฤทธิผล จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญจึงได้มีขั้นตอนการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนที่เป็นงานวิจัยที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญที่ชื่อว่า DAPOA [5] โดยเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้และใช้การเรียนรู้แบบสะเต็มสอดแทรกในการเรียนแต่ละขั้นตอนซึ่งการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน DAPOA ประกอบด้วยวิธีการดังนี้

1) D : Determination เป็นขั้นตอนกำหนดโจทย์หรือผลลัพธ์ที่ให้ผู้เรียนรับโจทย์หรือข้อมูลเกี่ยวกับหัวข้อที่ผู้สอนกำหนดให้ โดยผู้เรียนสามารถเลือกหัวข้อที่ตนสนใจได้หรือได้จากการสัมมนาหรือค้นคว้าจากการมอบหมายการเรียนรู้ด้วยตนเองและนำมาประเมินความเหมาะสมของหัวข้อโดยใช้แบบประเมิน

2) A : Analysis เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหาของโครงงานโดยให้ผู้เรียนและผู้สอนวิเคราะห์ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงานที่จะสร้างโดยผู้เรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลได้ทั้งในและนอกเวลาเรียนและผู้สอนมีหน้าที่ให้คำปรึกษาเพื่อหาความเป็นไปได้และใช้แบบประเมินในการวิเคราะห์งาน

3) P : Planning & Design เป็นขั้นตอนการวางแผนและการออกแบบ โดยนำข้อมูลจากขั้นการวิเคราะห์เนื้อหาของโครงงานมาสร้างโดยใช้เทคโนโลยี เช่น โปรแกรมออกแบบ จำลองการทำงาน แล้วสร้างเป็นแบบร่างงานโดยจะเห็นถึงรายละเอียดและแบบร่างของโครงงานที่พร้อมที่จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

4) O : Operation เป็นขั้นตอนดำเนินการสร้างตามแบบร่างเป็นการดำเนินการตามแผนการที่วางไว้โดยให้เวลาทำโครงงานตามกำหนดนอกเวลาเรียน และมีการนัดหมายตรวจสอบความก้าวหน้าทุกๆ

สัปดาห์หรือวันแล้วแต่การกำหนดเพื่อนำเสนอสิ่งที่ทำ ปัญหาที่ค้นพบ และวางแผนงานในการทำงานในสัปดาห์หรือวันต่อไป

5) A : Assessment เป็นขั้นตอนการวัดและประเมินผล โดยรวบรวมข้อมูล เขียนรายงานตามการดำเนินงานโครงงาน วิธีดำเนินงาน ผลการดำเนินงาน การสรุปผลของโครงงานและข้อเสนอแนะที่ผ่านการดำเนินการเอง ผู้สอนมีหน้าที่ประเมินรวมทั้งสรุปสิ่งที่ได้

รูปที่ 1 ขั้นตอนการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน DAPOA

3. การดำเนินการวิจัย

รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานใช้กลุ่มตัวอย่างกับนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวงจรควบคุมการขับเคลื่อนและการประยุกต์ซึ่งเป็นวิชาที่ว่าด้วยการควบคุมอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเช่น มอเตอร์ สายพาน ฯลฯ โดยใช้วิธีการและอุปกรณ์ควบคุมต่างๆที่หลากหลาย โดยได้เลือกหัวข้อสำหรับการวิจัยในครั้งนี้คือการควบคุมระบบอัตโนมัติ เนื่องจากขาดแคลนวัสดุและอุปกรณ์ในการเรียนรู้โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างตามสภาพการเรียนจริง

รูปที่ 2 ผังการดำเนินการเรียนรู้

จากรูปที่ 2 เมื่อดำเนินการเรียนรู้ตามผังแล้วในระหว่างการเรียนผู้สอนต้องเก็บผลทางสถิติกับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือคือที่แบบประเมินผลตามกิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนการสอนตามรูปแบบที่วิจัย

รูปที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้

รูปที่ 4 แบบประกิจกรรมการเรียนรู้ตาม DAPOA

4. ผลของการวิจัย

4.1 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบโครงงานเป็นฐาน

พบว่านักศึกษามีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนรู้แบบ DAPOA Model ที่ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.25, S.D = 0.14) แสดงดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

รายการประเมินแต่ละด้าน	Mean	SD	ระดับความเหมาะสม
1.กระบวนการเรียนรู้	4.42	0.39	มาก
2.กิจกรรมการเรียนการสอน	4.35	0.40	มาก
3.ด้านสื่อการเรียนการสอน	4.28	0.39	มาก
4.ด้านการวัดและการประเมินผล	4.44	0.43	มาก
รวม	4.37	0.35	**มาก**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนดังตารางที่ 1 พบว่าระดับความพึงพอใจของผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก

5. สรุปผล

บทความวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาโดยการใช้โครงงานเป็นฐานสำหรับการศึกษาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยนำไปทดลองใช้กับการเรียนการสอนในรายวิชาวงจรควบคุมการขับเคลื่อนและการประยุกต์โดยกำหนดโจทย์คือชุดควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจของรูปแบบการเรียนโดยผู้เรียนพบว่ามีความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.37, S.D = 0.35) ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังจากใช้วิธีการเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานผู้เรียนมีความแตกต่าง

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาผลของการดำเนินงานในการจัดการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน โดยกลุ่มทดลองที่เป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 พบว่าผู้สอนจำเป็นต้องมีการวางแผนการจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับขั้นตอนของการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ และต้องทบทวนเนื้อหาเบื้องต้นของวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมการจัดกิจกรรมให้ตรงตามกรอบเวลาที่กำหนด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป การเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาโดยการใช้โครงงานเป็นฐานสำหรับการศึกษาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คือการนำรูปแบบการเรียนรู้ไปใช้กับรายวิชาโครงงานที่ต้องประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังสิ้นภาคการศึกษาหรือนำไปประยุกต์ใช้กับรายวิชาที่มีเนื้อหาที่จำเป็นต้องเสริมความรู้ด้วยการปฏิบัติการแบบโครงงาน เพื่อให้การวิจัยสมบูรณ์จะต้องนำรูปแบบการเรียนรู้ไปพัฒนากิจกรรม แหล่งค้นคว้าและสร้างสื่อการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับเนื้อหาและผู้เรียนสามารถเลือกใช้งานได้ตามความต้องการและเหมาะสม โดยกิจกรรมและสื่อที่พัฒนาต้องสามารถใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ในหลักสูตรนั้นๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] Thailand 4.0 [Online]. Available: https://www.it24hrs.com
[2] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542, กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์ครุสภาลาดพร้าว, 2542.
[3] รู้จักสะเต็ม [Online]. Available: http://www.stemedthailand.org
[4] นำโชค วัฒนานัย.“การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาโครงงานพิเศษกรณีศึกษา : นักศึกษาครุศาสตร์ไฟฟ้า หลักสูตรต่อเนื่อง”, การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 7, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มจพ. 7 พฤศจิกายน 2557
[5] พิชิต อ้วนไตร.“การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานแบบ DAPOA สำหรับการศึกษาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม” การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติครั้งที่ 8, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มจพ.2558.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์

The Demonstrative Model of Car Audio Connection System.

สามารถ ขันนันต๊ะ[1] อดิศร สวัสดิ์ภิรมย์[1] นิวัติ นวลกัน[2] และเทอดศักดิ์ เงินมูล[2]

[1]หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย เลขที่ 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
โทรศัพท์ 053-723979 E-mail : chiangraicampus@rmutl.ac.th

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
เลขที่ 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โทรศัพท์ 053-723979 E-mail : chiangraicampus@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ ชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงในรถยนต์ สำหรับใช้ฝึกทักษะด้านการปฏิบัติการต่อระบบเสียงในรถยนต์ ซึ่งประกอบด้วยภาคอินพุต ภาคขยาย และภาคเอาต์พุต โดยใช้สายเชื่อมต่อภาคต่างๆให้สามารถใช้งานได้ โดยมีการสาธิตทั้งหมด 5 การสาธิต และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงในรถยนต์ได้ผ่านการประเมินโดยผู้เชียวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบประเมินแบบ IOC ซึ่งค่า IOC ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 นอกจากนี้ยังได้รับการประเมินจากนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม จำนวน 20 คน โดยใช้การประเมินแบบ IOC โดยผลรวมค่า IOC ของนักศึกษาโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษาถือว่าชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงในรถยนต์สามารถนำไปใช้ได้จริง

คำสำคัญ: ชุดสาธิต, ระบบเครื่องเสียง, เครื่องเสียงภายในรถยนต์

Abstract

This article presents the demonstrative model of car audio connection system for practicing skill in car audio connection system. The system consist of input section, amplifier section, and output section that they, work by connecting every sections together. There are five demonstrative models which can relocated easily. These demonstrative models of car audio connection system were evaluated by three experts using the index of Item Objective Congruence (IOC) The IOC which were given by the experts has the mean score of 0.64. In addition, the demonstrative models were also evaluated with IOC by 20 students. Who studying in Electronics and Communications Engineering at the Faculty to Engineering, too. The mean of IOC is 0.89. According to the evaluation of three experts and 20 students, it can be concluded that these demonstrative model of car audio connection system can be practically applied in real situation.

Keywords: the demonstrative model, car audio system, audio system

1. บทนำ

ปัจจุบันการเรียนรู้ในภาคปฏิบัติการด้านเครื่องเสียง โดยเฉพาะเครื่องเสียงในรถยนต์เมื่อนักศึกษาได้ทำการศึกษาในเรื่องของการต่อระบบเสียงในรถยนต์นักศึกษาสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ไปประกอบอาชีพได้ โดย สวงค์ พุทธิเนตร [1] ได้เสนอ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนแบบเนื้อหาและภาคปฏิบัติ โดยเรียนผ่านคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบเครื่องเสียง ผลปรากฏว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยภาคปฏิบัติมีผลสัมฤทธิ์ที่ดีกว่าผู้เรียนที่เรียนแบบเนื้อหา แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของภาคปฏิบัติเป็นอย่างยิ่งรวมถึงสื่อที่ใช้สอนก็มีความสำคัญด้วยเช่นกัน โดย วารุณี คุ้มบัว [2] ได้เสนอ การใช้สื่อเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการติดตั้งเครื่องเสียงในสถานการณ์ต่างๆ ผลปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสื่อการเรียนการสอน นอกจากบทเรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สื่อชุดสาธิตก็มีความสำคัญเช่นกันโดย ธวัชชัย ปัญญารัตน์และคณะ [3] ได้เสนอ ชุดสาธิตระบบเซ็นทรัลล็อก ได้เสนอ ชุดสาธิตที่สามารถต่อสายจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์หนึ่งได้อย่างอิสระ ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและยังได้ความรู้เรื่องการต่อระบบและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในระบบ แต่มีอุปสรรคอยู่เล็กน้อยคือ เมื่อทำการต่อระบบเสร็จเรียบร้อยแล้วสายที่ใช้ต่อระบบนั้นกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ ดังนั้นบทความนี้ขอเสนอชุดสาธิตการต่อระบบเสียงในรถยนต์เพื่อเป็นสื่อสำหรับใช้ในภาคปฏิบัติ เรื่องการต่อระบบเสียง ชุดสาธิตนี้จะช่วยประหยัดเวลาในการเตรียมอุปกรณ์ มีบอร์ดการทดลองสำหรับใช้ต่อระบบเสียง ทำการออกแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โครงสร้างของชุดสาธิตใช้ไม้อัดประเภท MDF ขนาด 15 mm. ใช้พรมสีน้ำตาลในการหอหุ้มโครงสร้าง ใช้ลำโพงเสียงต่ำขนาด 10 นิ้ว 800 วัตต์ จำนวน 1 คู่ ลำโพงเสียงกลางขนาด 6.5 นิ้ว 350วัตต์ จำนวน 1 คู่ ใช้ลำโพงเสียงแหลม ขนาด 150 วัตต์ จำนวน 1 คู่ มี ใบการสาธิตจำนวน 5 การสาธิต นอกจากการฝึกต่อระบบเสียงแล้ว ยังมีการทดสอบคุณสมบัติของลำโพงเพื่อนำไปออกแบบตู้ลำโพง โดยเฉพาะลำโพงเสียงต่ำจำเป็นต้องมีตู้เฉพาะเพื่อให้ได้เสียงตามที่ต้องการ ชุดสาธิตสามารถเคลื่อนย้ายได้ ตามต้องการ

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

รูปที่ 1 แผนผังการดำเนินงาน

จากภาพแสดงแผนผังการทำงานแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษารวบรวมข้อมูลทฤษฎีที่จำเป็นต่อการจัดทำโครงการ และการวางแผนการออกแบบโครงสร้างตู้ลำโพง และประกอบโครงสร้าง และชุดเครื่องเสียง

2. การทดสอบการทำงาน หลังจากการประกอบโครงสร้างและประกอบชุดเครื่องเสียงเข้ากับโครงสร้าง ได้ทำการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของชุดเครื่องเสียง หากมีข้อบกพร่องใดๆของโครงสร้างหรือชุดเครื่องเสียง สามารถทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3. หลังจากการทดสอบการทำงานชุดเครื่องเสียงแล้ว ได้ทำการออกแบบบอร์ดทดลอง และประกอบบอร์ดทดลงเข้ากับตัวโครงสร้างแล้วต่อสายสัญญาณเข้ากับชุดเครื่องเสียง

4. การทดสอบการทำงาน หลังจากการประกอบบอร์ดทดลงเข้ากับตัวโครงสร้าง ได้ทำการทดสอบการทำงานของบอร์ดทดลองกับชุดเครื่องเสียง หากมีข้อบกพร่องใดๆของบอร์ดทดลองกับชุดเครื่องเสียงสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

5. เก็บข้อมูล และสรุปผล เมื่อผ่านกระบวนการ การทดสอบการทำงานของชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์ และทำการปรับปรุงแก้ไข เพื่อสามารถใช้ในการเรียนการสอนได้

3. ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างตู้ลำโพง

3.1 ออกแบบโครงสร้างตู้ลำโพง

ผู้จัดทำโครงงานได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบโครงสร้าง จากรูปที่ (ก) คือขนาดของโครงสร้างที่มองจากด้านข้างของชิ้นงาน และจากรูปที่ (ข) คือขนาดของโครงสร้างที่มองจากด้านหน้าของชิ้นงาน เมื่อผู้จัดทำโครงงานได้เขียนแบบร่างเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำแบบที่ได้ไปร่างเป็นแบบสามมิติ จากรูปที่ (ค)

(ก) ขนาดของโครงสร้างที่มองจากด้านข้างของชิ้นงาน

(ข) ขนาดของโครงสร้างที่มองจากด้านหน้าของชิ้นงาน

(ค) แบบร่างโครงสร้างสามมิติ

รูปที่ 2 โครงสร้างของตู้ลำโพง

3.2 ออกแบบตู้ลำโพงซับวูฟเฟอร์

การออกแบบตู้ลำโพงจำเป็นต้องทราบปริมาตรของตู้ที่เหมาะสมกับขนาดของดอกลำโพง ซึ่งต้องทราบค่าคุณสมบัติของลำโพงก่อนโดยการใช้เครื่องมือทดสอบหาค่าดังต่อไปนี้ (Q_{TS} = 1.755),(Q_{TC}= 0.7),(V_{AS}= 1.127) และค่า(f_S = 37.68) [4] สูตรการหาค่าของปริมาตรของตู้ลำโพง คือ $\propto = (\frac{Q_{TC}}{Q_{TS}})^2$-1 เมื่อได้ค่า $\propto$ **ออกมาแล้ว** นำค่าที่ได้แทนค่าลงในสูตร $V_B = \frac{V_{AS}}{\propto}$ ค่าที่คือค่าปริมาตรของตู้ลำโพง โดยมีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุต เมื่อแทนค่าลงในสูตรจะได้ค่า V_B = 1.34 ลูกบาศก์ฟุต ผู้จัดทำโครงงานได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างตู้ลำโพงแบบปิด คือลำโพงซับวูฟเฟอร์ที่ใช้ในโครงงานมีขนาด 10 นิ้ว จากปริมาตรที่คำนวณได้ควรจะมีปริมาตรไม่เกิน 1.34 ลูกบาศก์ฟุต โดยใช้สูตรคำนวณ กว้าง x ยาว x สูง = ผลลัพธ์ แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปหารกับ 1728 จะได้ผลลัพธ์ออกมา หน่วยจะเป็นลูกบาศก์เมตร จากสูตรที่กล่าวมาจะได้ 13 นิ้ว x 13 นิ้ว x 13.2 นิ้ว = 2230.8 แล้วนำไป 2230.8 ÷ 1728= 1.29 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นขนาดตู้ลำโพงซับวูฟเฟอร์มีขนาดที่ กว้าง 13 นิ้ว ยาว 13 นิ้ว สูง 13.2 นิ้ว รูปที่ 3

รูปที่ 3 ขนาดโครงสร้างตู้ลำโพงซับวูฟเฟอร์

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของลำโพง

จากการทดสอบการทำงาน เมื่อจ่ายสัญญาณให้ชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์ โดยใช้โปรแกรม Tone Generator จากเว็บ onlinetonegenerator.com เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของลำโพงจำนวน 3 แบบ คือ ลำโพงเสียงต่ำ ลำโพงเสียงกลาง และลำโพงเสียงสูง ซึ่งลำโพงเสียงต่ำ ทดสอบการตอบสนองย่านความถี่ 50Hz 150Hz และ 200Hz ลำโพงเสียงกลาง ทดสอบการตอบสนองย่านความถี่ 300Hz 5000Hz และ 10000Hz และลำโพงเสียงสูง ทดสอบการตอบสนองย่านความถี่ 5000Hz 15000Hz และ 20000Hz โดยใช้แอพพลิเคชั่น Advanced Spectrum Analyzer Pro ผลปรากฏว่าเมื่อดูแถบสเปกตรัมความถี่จากแอพพลิเคชั่นแล้ว ลำโพงสามารถตอบสนองความถี่ที่จ่ายให้ได้เป็นอย่างดีจากตารางที่ 1

ชนิดลำโพง	วัดการตอบสนองย่านความถี่		
ลำโพงเสียงต่ำ	50Hz	150Hz	200Hz
	46Hz at -8dB	140Hz at -11dB	210Hz at -15dB
ลำโพงเสียงกลาง	10000Hz	5000Hz	300Hz
	9960Hz at -52dB	4992Hz at -25dB	304Hz at -19dB
ลำโพงเสียงสูง	15000Hz	20000Hz	5000Hz
	15023Hz at -70dB	19992Hz at -58dB	4992Hz at -10dB

รูปที่ 4 กราฟแถบสเปกตรัมการตอบสนองย่านความถี่

4.2 ผลการหาความพึงพอใจของเชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน

ผลการหาคุณภาพผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ซึ่งเป็นคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย และผลการหาคุณภาพของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นนักศึกษาในสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ได้ประเมินคุณภาพของชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์ มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ผลการประเมินคุณภาพชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์ จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ผลการประเมินดังตาราง

ตารางที่ 2 ตารางวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

รายการข้อความคิดเห็น	ประมาณค่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3		
ด้านสื่อ					
1.ความสอดคล้องของตัวสื่อกับวัตถุประสงค์	+1	+1	0	0.66	ใช้ได้
2.ความถูกต้องของสัญลักษณ์	+1	0	-1	0	แก้ไข
3.การจัดลำดับความสำคัญของการทดลอง	+1	+1	-1	0.33	ปรับปรุง

ด้านการใช้งาน					
4.การมีส่วนร่วมในการใช้สื่อของผู้เรียน	+1	+1	0	0.66	ใช้ได้
5.ขนาดเหมาะสมกับจำนวนของผู้เรียน	+1	0	0	0.33	ปรับปรุง
6.ความสะดวกในการใช้ทดลอง	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
7.ความน่าสนใจของชุดทดลอง	+1	+1	0	0.66	ใช้ได้
8.ความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
9.ความสะดวกในการบำรุงรักษา	+1	+1	0	0.66	ใช้ได้
ด้านคุณลักษณะของสื่อ					
10.การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์	+1	+1	-1	0.33	ปรับปรุง
11.ความชัดเจนของอุปกรณ์ที่ต้องการให้นักศึกษาเห็น	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
12.ความไม่ซับซ้อนของโครงสร้าง	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
13.ความเหมาะสมของเทคโนโลยี	+1	+1	0	0.66	ใช้ได้
14.ความคงทนของวัสดุ	+1	+1	0	0.66	ใช้ได้
15.วัสดุที่ใช้มีอยู่ทั่วไปหาซื้อได้ง่าย	+1	+1	0	0.66	ใช้ได้

ค่าIOC

0.66+0+0.66+0.33+0.33+1+0.66+1+0.66+0.33+1+1+0.66+0.66+0.66

= 9.61 ÷ 15

= 0.64

จากตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ปรากฏว่ามีผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยกับความสอดคล้องของชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์ ซึ่งผลรวมของค่า IOC เท่ากับ 0.64 แสดงถึงชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เนื่องจากมีค่า 0.64 ซึ่งเข้าใกล้ค่า 1 ทั้งนี้ค่า IOC ที่ยอมรับไว้ว่า ชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์มีความเที่ยงตรงคือมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป [5] ถ้าหากมีค่าน้อยกว่า 0.5 ถือว่าชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์นั้นไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจะต้องนำไปทำการปรับปรุงใหม่

4.2.2 ผลการประเมินคุณภาพชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์ จากผู้ใช้งานจำนวน 20 คน ซึ่งผลรวมของค่า IOC เท่ากับ 0.89 แสดงถึงชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

5. สรุปผลการดำเนินงาน

ในส่วนการหาคุณภาพโดยผลจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มีความคิดเห็นว่า คุณภาพของชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์ ซึ่งได้ผลรวมของค่า IOC เท่ากับ 0.64 แสดงถึงชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และผลจากการหาคุณภาพโดยผลจากผู้ใช้งานจำนวน 20 คนความคิดเห็นว่า คุณภาพของชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์ ซึ่งได้ผลรวมของค่า IOC เท่ากับ 0.89 แสดงถึงชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เช่นเดียวกัน ซึ่งค่า IOC ที่ได้จากผู้เชี่ยวทั้ง 3 ท่าน และค่า IOC ที่ได้จากผู้ใช้งานจำนวน 20 คน มีค่าเข้าใกล้ค่า 1 ทั้งนี้ค่า IOC ที่ยอมรับไว้ว่า ชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์มีความเที่ยงตรงคือมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถ้าหากมีค่าน้อยกว่า 0.5 ถือว่าชุดสาธิตการต่อระบบเครื่องเสียงภายในรถยนต์นั้นไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจะต้องนำไปทำการปรับปรุงใหม่

เอกสารอ้างอิง

[1] สวงค์ พุทธิเนตร. (2544). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคโนโลยีการศึกษา เรื่องระบบเครื่องเสียง : แหล่งที่มา http://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php [23 มกราคม 2560]

[2] วารุณี คุ้มบัว. (2552). การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง เรื่อง การติดตั้งเครื่องเสียงในสถานการณ์ต่าง ๆ : แหล่งที่มา http://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php [25 มกราคม 2560]

[3] ธวัชชัย ปัญญารัตน์และคณะ. (2553). โครงการสื่อการเรียนการสอนชุดสาธิต ระบบเซ็นทรัลล็อก : แหล่งที่มา http://tdc.thailis.or.th/ [25 มกราคม 2560]

[4] อรรณนพ พีรชาติ. (2539). ออกแบบสร้างตู้ลำโพงขนาดใหญ่ (ปรับปรุงใหม่). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

[5] ปราณี หลำเบ็ญสะ. (2559). การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดและประเมินผล : แหล่งที่มา https://edu.yru.ac.th/evaluate/attach/ [25 มกราคม 2560]

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เซ็นเซอร์ช่วยชีวิต

Life Saving by sensors

วชิรวิทย์ รางแดง[1] ปฏิภาณไชยชาติ[1] กฤติยา ราชสีห์[1] อดิเรก สาระยาม[1] สุรินทร์ กิตติธรกุล[2] ญาณพัฒน์ ลาภพาณิชยกุล[3]

[1]โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี 15120 โทรศัพท์: 036650260-1 E-mail: pccllopburi@hotmail.com

[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง1 เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์: +66(0) 2329 8000

[3]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี 321 ถนนนารายณ์มหาราช ต.ทะเลชุบศร อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000

โทรศัพท์: +66(0) 36427485 E-mail: prcenter@tru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอนวัตกรรมการเตือนภัยเพื่อแก้ปัญหาเด็กถูกลืมทิ้งไว้ในรถตู้รับส่งนักเรียน ซึ่งทำให้เด็กนักเรียนเสียชีวิต ปัญหานี้มักเกิดขึ้นบ่อยครั้งในปัจจุบัน อีกทั้งปัญหานี้อาจเกิดขึ้นแม้กระทั่งกับสัตว์เลี้ยง ซึ่งนวัตกรรมนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม โดยสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในรถ การนั่งบนเบาะในกรณีที่เด็กหลับ และอุณหภูมิภายในรถ จากการสร้างแบบจำลองและติดตั้งอุปกรณ์บนรถจริงแล้วสร้างเหตุการณ์ขึ้นมา พบว่าการทำงานของนวัตกรรมเมื่อมีการเคลื่อนไหวหรือการนั่งบนเบาะรถ ในขณะที่รถปิดเครื่องยนต์และอุณหภูมิภายในรถสูงเกิน 42 องศาเซลเซียส เสียงเตือนจากเซ็นเซอร์จะดังขึ้นเพื่อให้ผู้คนที่อยู่รอบรถได้รับรู้และแจ้งพิกัดละติจูดและลองจิจูดของรถเป็นข้อความ SMSไปยังคนขับรถ และเจ้าของกิจการรถตู้หรือหน่วยงานกู้ภัยทันที ดังนั้นนวัตกรรมนี้จะสามารถใช้เป็นต้นแบบการเตือนภัยเพื่อช่วยชีวิตเด็กนักเรียนและสัตว์เลี้ยง

Abstract

The accidents of a child or pet forgotten in the school van frequently happen. They can lead to casualties and lives. This innovation can remind the drivers also increase safety for children and pets on board. The microcontroller and sensors check the motions of living things and detect excessive weights on the seats in case of over-sleeping children. In our simulation, the temperature inside the van that was off and parked could be higher than 42 degree Celsius. The siren will alarm and the GPS coordinates will be pushed through SMS to the car owner and rescue teams. Therefore, this innovation can reduce deaths caused by children or pets trapped in any cars or vans.

1. บทนำ

เนื่องจากวันที่ 11พฤษภาคม 2559 ได้เกิดเหตุการณ์เด็กนักเรียนถูกลืมทิ้งไว้ในรถตู้รับส่งนักเรียน ที่ ต.แพรกษาใหม่ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ ซึ่งปัญหานี้ทำให้เด็กนักเรียนคนนี้ได้เสียชีวิตลง และก่อนหน้านี้ก็มีเด็กนักเรียนได้เสียชีวิตเนื่องจากกรณีเดียวกันอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งบทความฉบับนี้ได้หาวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยคิดนวัตกรรมเซ็นเซอร์ช่วยชีวิต เพื่อเตือนภัยปัญหาที่นำไปสู่การสูญเสียชีวิตของเด็กที่ถูกลืมทิ้งไว้ในรถตู้รับส่งนักเรียน ทำให้เด็กได้รับการช่วยเหลือและรอดชีวิต อีกทั้งยังเพิ่มความมั่นใจให้กับคนขับรถและผู้ปกครองอีกทางหนึ่งด้วย

2. วิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์

ในการทำนวัตกรรมนี้ใช้กล่องขนาด 12" x 12" x 12" จำนวน 1 กล่อง โดยมีเซ็นเซอร์วัดแรงดันกระแสไฟฟ้า (Voltage sensor) สำหรับดูสถานะของรถ 1 ชิ้น เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (PIR motion sensor) สำหรับดูการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตภายในรถ 1 ชิ้น เซ็นเซอร์วัดแรงกดทับ (Force sensor) สำหรับตรวจวัดการนั่งที่เบาะรถ 1 ชิ้น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature sensor) สำหรับวัดอุณหภูมิภายในรถ 1 ชิ้น บอร์ดโมดูลสื่อสาร (3G board) สำหรับค้นหาพิกัด GPS ส่งข้อความ SMS และไมโครคอนโทลเลอร์ (Arduino board) เพื่อประมวลผลในการควบคุมระบบการทำงานของนวัตกรรม รวมไปถึงระบบการเตือนทั้งที่เป็นเสียงเตือนและเป็นข้อความ SMS

รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์การทดลองการทำงาน

การทดลองการทำงานของนวัตกรรมจะแบ่งแบบจำลองเป็นสองเหตุการณ์คือ เหตุการณ์ภายในรถที่มีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น และเหตุการณ์บนเบาะนั่งที่ไม่มีการเคลื่อนไหวหรือเด็กหลับ

2.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์

2.2.1 เชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดแรงดันกระแสไฟฟ้า (Voltage sensor)กับ Ignition key switch แล้วเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ (Arduino board) เพื่อประมวลผลสถานะของรถ

2.2.2 เชื่อมต่อเซ็นเซอร์ ตรวจจับการเคลื่อนไหว(PIR motion sensor) เซ็นเซอร์วัด แรงกดทับ(Force sensor) และเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature sensor) กับบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์(Arduino board) เพื่อประมวลผลเหตุการณ์ภายในรถและเหตุการณ์บนเบาะนั่ง

2.2.3 เชื่อมต่อ(3G board) กับบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ (Arduino board) เพื่อรับค่าละติจูดและลองจิจูดจากดาวเทียมและส่งข้อความSMSเตือน

2.2.4 เชื่อมต่อSiren กับ Relay switch แล้วเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์(Arduino board) เพื่อควบ คุมระบบเสียงเตือน โดยมีอุปกรณ์จะกระบวนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์

รูปที่ 3 กระบวนการการทำงานของโปรแกรม

2.3 การทดลอง

การทดลองวัดน้ำหนักของเด็กที่ลงบนเบาะแบ่งเป็น 2 การทดลอง โดยน้ำหนักของเด็กที่นั่งขอบเบาะและน้ำหนักของเด็กที่นั่งกลางเบาะ ของเด็กที่มีน้ำหนัก 53 กิโลกรัม เพื่อหาความแตกต่างและผลที่มีต่อการใช้งานนวัตกรรม

2.4 การทดสอบการทำงานในการประยุกต์การใช้งาน

ติดตั้งอุปกรณ์แล้วจำลองเหตุการณ์เด็กติดภายในรถ โดยนำรถไปจอดไว้ที่กลางแจ้งเพื่อให้ได้อุณหภูมิมากกว่า 42 องศาเซลเซียส (ขีดจำกัดความสามารถทนทานความร้อนของร่างกายมนุษย์) จากนั้นจำลองสองเหตุการณ์คือ เหตุการณ์ภายในรถที่มีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น และเหตุการณ์บนเบาะนั่งที่ไม่มีการเคลื่อนไหวหรือเด็กหลับ โดยกำหนดน้ำหนักไว้ที่มากกว่า 5 กิโลกรัม

รูปที่ 4 ชุดอุปกรณ์การทดสอบการทำงาน

3. ผลการทดลอง

จากการทดลองวัดน้ำหนักของเด็กที่ลงบนเบาะทั้ง 2 กรณี จำนวน 10 ครั้ง ปรากฏว่า น้ำหนักของเด็กที่นั่งขอบเบาะเฉลี่ยและน้ำหนักของเด็กที่นั่งกลางเบาะเฉลี่ย แตกต่างกัน 10.15 กิโลกรัม และมากว่าน้ำหนักที่ตั้งค่าไว้ (5 กิโลกรัม)จึงทำให้ไม่มีผลต่อการใช้งานนวัตกรรม

ตารางที่ 1 น้ำหนักของเด็กที่วัดได้บนเบาะนั่ง (น้ำหนักเด็ก 53 กิโลกรัม)

น้ำหนักเฉลี่ย / การทดลอง	มวล (Kg)
น้ำหนักของเด็กที่นั่งขอบเบาะ	34.65
น้ำหนักของเด็กที่นั่งกลางเบาะ	44.8
ผลต่างของการทดลอง	10.15

รูปที่5 น้ำหนักของเด็กที่วัดได้บนเบาะนั่งจำนวน 10 ครั้ง

ทั้งนี้น้ำหนักที่เซ็นเซอร์วัดได้บนเบาะนั้น จะขึ้นอยู่กับท่านั่งในแต่ละท่าซึ่งไม่แน่นอน แต่เมื่อน้ำหนักเกินค่าที่ไว้ คือ 5 กิโลกรัม ซึ่งแน่นอนได้ว่าเป็นเด็ก แต่ก็อาจจะเป็นไปได้ว่าคือสิ่งของที่มีน้ำหนัก 5 กิโลกรัมขึ้นไป

จากการจำลองเหตุการณ์ เมื่อรถดับและอุณหภูมิภายในรถมากกว่า 42 องศาเซลเซียสเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (PIR motion sensor)จะตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตภายในรถ และเซ็นเซอร์วัดแรงกดทับ (Force sensor) ที่อยู่ในเบาะรถจะวัดแรงกดทับหรือการนั่งที่เบาะเมื่อมีการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตภายในรถหรือการนั่งที่เบาะรถ ระบบจะเปิดเสียงเสียงเตือนให้ผู้คนในละแวกนั้นได้รับรู้ และส่งข้อความ SMS ที่แสดงละติจูดและลองจิจูดของรถไปยังคนขับรถ และเจ้าของกิจการรถตู้หรือหน่วยกู้ภัยทุก4นาทีเพื่อที่จะได้มาช่วยเหลือ เด็กไว้ได้ทันก่อนที่เด็กจะเสียชีวิต

รูปที่5 ข้อความ SMS เตือนภัย

4. สรุป

การใช้นวัตกรรมนี้จะสามารถช่วยลดการเสียชีวิตที่เกิดจากลืมเด็กหรือสัตว์เลี้ยงที่ติดอยู่ในรถโดยการแจ้งเตือนคนขับรถ เจ้าของกิจการรถตู้และหน่วยกู้ภัย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบิดาและมารดา ที่เป็นแรงบันดาลใจ ให้ความช่วยเหลือด้านทุนทรัพย์ และเสียสละเวลาในการรับส่ง ทำให้ผลงานนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีและมีคุณค่า

ขอขอบคุณผศ.ดร.สุรินทร์ กิตติธรกุล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์แนะนำและส่งเสริมผลงานชิ้นนี้

ขอขอบคุณว่าที่ร้อยตรี ญาณพัฒน์ ลาภพาณิชยกุล คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ผู้ช่วยให้คำปรึกษาในการออกแบบอุปกรณ์และการทดลอง

ขอขอบคุณนางสาวกฤติยา ราชสีห์ และนายอดิเรก สาระยาม กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี ผู้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยให้คำปรึกษาในการทำผลงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] กิตตินันท์ พลสวัสดิ์,ไกรศร ตั้งโอภากุล, คู่มือการเรียนเขียนโปรแกรมภาษา C, ไอดีซี พรีเมียร์,2554

[2] รศ.นพ.สมศักดิ์ เทียมเก่า,สมองขาดออกซิเจน สมองพร่องออกซิเจน(Cerebral hypoxia), หาหมอ แหล่งรวมข้อมูลสุขภาพ, 2555

[3] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์คณะวิทยาศาสตร์ มจพ, Basic Electronics Arduino,12 ตุลาคม2557

[4] ข่าวทันกระแส,สลดรับเปิดเทอมลืมเด็ก3ขวบไว้ในรถเสียชีวิต, Workpoint News, พฤษภาคม 2559

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ถอดแบบจำลองค่าเก็บประจุแฝงของรอยต่อพีเอ็นใน เอ็นมอสเฟทที่อุณหภูมิสูง

Extraction of Parasitic Capacitances Model of p-n Junction in NMOSFET at Elevated Temperature

รุจิภาส เพชรลับ [1] , รังสรรค์ เมืองเหลือ [1] และ อนุชา เรืองพานิช [2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 E-mail:rujipad.p@gmail.com

[2] ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

เลขที่ 51/4 หมู่1 ต.วังตะเคียน อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 2400 E-mail: cmoslee517@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการถอดแบบจำลองค่าเก็บประจุแฝง ของรอยต่อพีเอ็นในเอ็นมอสเฟทที่อุณหภูมิสูง ใช้โครงสร้างของรอยต่อแบบ rectangular และแบบ multi fringe ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่าง เส้นรอบวงของรอยต่อ กับ พื้นที่ของรอยต่อ มีค่าน้อยและมาก แบบจำลองค่าความจุไฟฟ้าแฝงของรอยต่อ เสนอในแบบจำลองพารามิเตอร์ระดับ BSIM3v3 ข้อดีการถอดแบบจำลองสามารถคำนวณด้วยมือ มีค่าความถูกต้องในระดับ ต่ำกว่า 3.0% ค่า แบบจำลองดังกล่าวจะส่งไปให้กับนักออกแบบจำลองวงจรในโครงการ Multi Project Chip

คำสำคัญ: แบบจำลองค่าเก็บประจุ, เอ็นมอสเฟท, รอยต่อพีเอ็น

Abstract

This article describes extraction of parasitic capacitance model of pn junction in NMOSFET at elevated temperature. The rectangular and multi fringe structure of pn junction which the ratio between the perimeter and the area are low and high are used as a testing devices. The junction capacitance parameters models of BSIM3v3 are proposed. The benefit is a manual calculation. The results suggest that the correlation was found less than 3% level. The data should be hand out to the circuit designer in Multi Project Chip.

Keywords: capacitance model, NMOSFET, pn junction

1. บทนำ

ค่าความจุไฟฟ้า สำหรับวงจรขนาดใหญ่ VLSI สามารถแบ่งพิจารณาได้ 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่ง คือ ค่าความจุไฟฟ้าที่รอยต่อบริเวณฐานรองต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ และ ในส่วนที่สองคือ ค่าค่าความจุไฟฟ้าของเส้นรอบวงที่สัมผัสของรอยต่อแสดงดังรูปที่ 1 ค่าความจุไฟฟ้ารวมทั้งหมด แสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$C_j = C_{jA}A + C_{jP}P \tag{1}$$

โดยที่

C_J ค่าความจุไฟฟ้ารวมทั้งหมดของรอยต่อ

C_{jA} ค่าความจุไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

A ค่าพื้นที่ของรอยต่อ

C_{jP} ค่าความจุไฟฟ้าต่อเส้นรอบวงที่สัมผัส

P ค่า ความยาวเส้นรอบวงของรอยต่อ

สำหรับแบบจำลองของรอยต่อพีเอ็นในระดับ BSIM3V3 แสดงได้ตามสมการที่ (2) ถึง (6)

$$C_{jA} = CJ\left(1+\frac{V_R}{PB}\right)^{-MJ} \tag{2}$$

$$C_{jP} = CJSW\left(1+\frac{V_R}{PBSW}\right)^{-MJSW} \tag{3}$$

$$PB = \frac{kT}{q}\ln\left(\frac{N_D N_A}{n_i^2}\right) \tag{4}$$

$$n_i(T) = 2.63\times10^{16}T^{1.5}e^{\left(-\frac{6885}{T}\right)} \tag{5}$$

$$M(T_2) = M(T_1)\left[1+TM1(T_2-T_1)+TM2(T_2-T_1)^2\right] \tag{6}$$

โดยที่

CJ ค่าความจุไฟฟ้าที่รอยต่อบริเวณฐานรองต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ แรงดันไบอัสศูนย์โวลต์

CJSW ค่าความจุไฟฟ้าของเส้นรอบวงที่สัมผัสของรอยต่อ

MJ ค่า grading coefficient ของพื้นที่สัมผัส

MJSW ค่า grading coefficient ของเส้นรอบวงที่สัมผัสของรอยต่อ

PB ค่า built in potential ของพื้นที่สัมผัส

PBSW ค่า built in potential ของเส้นรอบวงที่สัมผัสของรอยต่อ

ค่า *M* ในสมการที่ (6) สามารถแทนด้วยค่าของ *MJ* และ *MJSW* ค่า TM1 เป็นค่าสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิอันดับที่1 และค่า TM2 เป็นค่าสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิ อันดับที่ 2

จุดประสงค์ของการศึกษา เพื่อต้องการหาค่าความจุไฟฟ้าแฝงของรอยต่อพีเอ็นในเอ็นมอสเฟท ด้วยการคำนวณด้วยมือที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนในระดับต่ำ ซึ่งเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีและช่วยในการลดค่าใช้จ่าย

รูปที่ 1 ความจุไฟฟ้าแฝงของรอยต่อพีเอ็นในโครงสร้างเอ็นมอสเฟท

ผลของอุณหภูมิต่อ ความหนาแน่นประจุพาหะชนิด อินทรินซิค (ni) และต่อค่า built in potential ของรอยต่อพีเอ็น N+Psub ในเอ็นมอสเฟทแสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ผลของอุณหภูมิต่อ ความหนาแน่นประจุพาหะชนิด อินทรินซิค (ni) และต่อค่าของ built in potential (PB)

2. ระเบียบวิธีการวิจัย

2.1 การออกแบบ และสร้างรอยต่อพีเอ็น

รอยต่อพีเอ็นถูกสร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยี CMOS บ่อแยกชนิดเอ็น ขนาด 0.8 ไมครอน จาก TMEC โดยเริ่มจากฐานรอง เป็นชนิด พี พิกัดความต้านทาน 25 Ω-cm หนา 600 ไมครอน ทำการยิงฝัง 2 ประจุโบรอนความเข้มข้น $8x10^{11}$ cm^{-3} พลังงาน 50 keV และ ทำการยิงฝังประจุโบรอนความเข้มข้น $7x10^{13}$ cm^{-3} พลังงาน 30 keV เพื่อ สร้างบ่อแยกชนิดพี และ ปรับปรุงกระบวนการ Anti Punch Through (APT) ยิงฝังประจุฟอสฟอรัสความเข้มข้น $6x10^{13}$ cm^{-3} พลังงาน 60 keV และยิงฝังประจุอาร์เซนิค ความเข้มข้น $5x10^{15}$ cm^{-3} พลังงาน 100 keV เพื่อ สร้างขั้วซอส-เดรนของ เอ็นมอส (N+Psub Diode) ออกแบบรอยต่อพีเอ็นโครงสร้าง แบบ rectangular มีพื้นที่ ประมาณ $8x10^4$ μm^2 ความยาวเส้นรอบวง $1.2x10^3$ μm (W = 200 μm, L = 400 μm) ส่วนโครงสร้างแบบ multi firinge มีพื้นที่ประมาณ $8x10^4$ μm^2 ความยาวของเส้นรอบวง $4.04x10^4$ μm (W = 4 μm, L = 400 μm, no.strip = 50) แสดงดังรูปที่ 3

(ก) A=80000 μm^2 , P=1200 μm

(ข) A=80000 μm^2 , P=40400 μm

รูปที่ 3 โครงสร้างรอยต่อ พีเอ็น
(ก) โครงสร้างแบบ rectangular
(ข) โครงสร้างแบบ multi-fringe

รูปที่ 4 ค่าความจุไฟฟ้าของรอยต่อ N+/Psub โครงสร้างแบบ rectangular ที่ อุณหภูมิ 300, 323, 348, 373 และ 400 เคลวิน

รูปที่ 5 ค่าความจุไฟฟ้าของรอยต่อ N+/Psub โครงสร้างแบบ rectangular และ multi fringe ที่ อุณหภูมิ 300 เคลวิน

(ก) ค่าความจุไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

(ก) ค่าความจุไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

(ข) ค่าความจุไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยความยาว

รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้าระหว่างวัดจริงกับแบบจำลอง (ก) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ข) ต่อหนึ่งหน่วยความยาว ของรอยต่อ N+/Psub ที่ อุณหภูมิ 300 เคลวิน

(ข) ค่าความจุไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยความยาว

รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้าระหว่างวัดจริงกับแบบจำลอง (ก) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ข) ต่อหนึ่งหน่วยความยาว ของรอยต่อ N+/Psub ที่ อุณหภูมิ 400 เคลวิน

2.2 การคำนวณหาค่าเก็บประจุ

โครงสร้างของรอยต่อแบบ rectangular

$$C_{j1} = C_{jA}A_1 + C_{jP}P_1 \quad (7)$$

โครงสร้างของรอยต่อแบบ multi fringe

$$C_{j2} = C_{jA}A_2 + C_{jP}P_2 \quad (8)$$

โดยที่ A_1 เป็นพื้นที่ของรอยต่อ rectangular มีค่า =(W×L), P_1 เป็นความยาวเส้นรอบวงมีค่า = 2× (W+L), A_2 เป็นพื้นที่ของรอยต่อ มีค่า = n× (W×L), P_2 เป็นความยาวเส้นรอบวงมีค่า = 2n× (W+L), n= จำนวนแถบของ ของรอยต่อ มีค่า เท่ากับ 50 จากสมการ (7) , (8) สามารถคำนวณหาค่า C_{JA} และ C_{Jp}

ตารางที่ 1 แบบจำลองความจุไฟฟ้าของรอยต่อ N+Psub

Parameter Description	Symbol	300K	400K
Bottom junction capacitance per unit area at zero bias (F/m^2)	CJ	2.66×10^{-4}	2.78×10^{-4}
Source/Drain side wall junction capacitance per unit length (F/m)	CJSW	4.45×10^{-10}	4.18×10^{-10}
Bottom junction capacitance grading coefficient	MJ	0.67	0.71
Source/Drain side wall junction capacitance grading coefficient	MJSW	0.32	0.34
Bottom built-in potential (V)	PB	0.95	0.84
Source/Drain side wall junction built-in potential (V)	PBSW	0.97	0.84

3. ผลการทดลอง

ระบบการวัดประกอบด้วย Semi Automatics Probe Station Cascade ALESSI REL6100 Model, Semiconductor Parameter Analyzer B1500A, Precision LCR Meter HP 418A สำหรับการวัดชิ้นงานโดยควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ วัดค่า C-V โดยการป้อนไบอัสย้อนกลับตั้งแต่ 0 ถึง 5 อุณหภูมิ 300, 323, 348, 373 และ 400 เคลวิน โวลต์ ที่ขั้วแอโนดของรอยต่อ พีเอ็น แบบ N+Psub ที่มีโครงสร้างของรอยต่อแบบ rectangular แสดงในรูปที่ 4 ใช้สมการที่ (2) และสมการที่ (3) ในการคำนวนค่าพารามิเตอร์ CJ, CJSW MJ, MJSW, PB และPBSW จากการทดลองพบว่าค่า CJ มีผลต่อค่าความจุไฟฟ้ารวมค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับค่า CJSW จากการถอดแบบจำลองยังได้ค่าความถูกต้องของพารามิเตอร์ CJ มีค่าความถูกต้องสูงมีค่าน้อยกว่า 1% ค่าแบบจำลองพารามิเตอร์ ที่อุณหภูมิ 300 และ 400 เคลวิน แสดงดังตารางที่ 1 รูปที่ 6 และรูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากการวัดกับค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากการถอดแบบจำลองค่าพารามิเตอร์ของรอยต่อ N+/Psub ที่อุณหภูมิ 300 และ 400 เคลวิน ตามลำดับ ค่า CJSW มีความคลาดเคลื่อนมากสุดไม่เกิน 3 % พารามิเตอร์ CJ, CJSW MJ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วน พารามิเตอร์ PB และ PBSW มีค่าลดลงเนื่องมาจากค่า ni ที่เพิ่มขึ้น ดังสมการ (5) ค่า TM1 มีค่า 6×10^{-4}/K และ 6.24×10^{-4}/K สำหรับ *MJ* และ *MJSW* ตามลำดับ

4.สรุป

การหาค่าความจุไฟฟ้าแฝงของ รอยต่อพีเอ็นของเอ็นมอสเฟทที่อุณหภูมิสูง ใช้รอยต่อพีเอ็นโครงสร้างแบบ rectangular และแบบ multi fringe ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่าง เส้นรอบวง กับ พื้นที่ของรอยต่อ มีค่าน้อยและมีค่ามากตามลำดับ การคำนวณเพื่อหาค่าแบบจำลองความจุไฟฟ้าเป็นแบบการคำนวณด้วยมือพบว่าให้ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด 3% ที่ อุณหภูมิการทำงาน 300 และ 400 เคลวิน แบบจำลองค่าความจุไฟฟ้าแฝงของรอยต่อถูกนำเสนอในแบบจำลองระดับ BSIM3v3 แบบจำลองดังกล่าวถูกนำใช้ในการทำ Layout Simulation ในการทดสอบ Layout Simulation ใน Tanner Tool ต่อไป.

เอกสารอ้างอิง

[1] Danieal Forty, MOSFET Modelling with SPICE principle and practice,Prentive Hall PTR:Newjersy, 1997, pp.22-25.

[2] Derild W Neudeck, The PN junction diode, Addison Wisely Publishing Company: Newyork, 1989, pp.93-98.

[3] Weidong Lui, BSIM3 v3.2.2 MOSFET model user manual. University of california berekely: 1999.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

โปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้จียูไอของแมทแล็ป

Program of Control System Analysis in the Work of Electrical Engineering by using MATLAB GUI

สมมารถ ขำเกลี้ยง

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

160 หมู่ที่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา 90000 โทรศัพท์ 080-7140955 E-mail: khamkleang@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ระบบควบคุมเบื้องต้นในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ฟังก์ชันจียูไอของแม็ทแลป สภาพแวดล้อมในการพัฒนาโปรแกรมจะทำตามอัลกอริทึมการทำงาน โดยการเขียนเอ็มไฟล์ฟังก์ชันร่วมกับฟังก์ชันเชิงวัตถุ การพัฒนาโปรแกรมประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ 1) ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา 2) ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม 3) ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม 4) ขั้นตอนการทดสอบและแก้ไขโปรแกรม และ 5) ขั้นตอนการจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน ผลของงานวิจัยสรุปได้ดังนี้ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถวิเคราะห์ระบบควบคุมเบื้องต้น โดยสามารถจำลองกราฟการตอบสนองชั่วขณะ กราฟการวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบควบคุม และผลตอบสนองในโดเมนความถี่แบบโบเดได้ถูกต้อง

คำสำคัญ: วิศวกรรมระบบควบคุม จียูไอของแม็ทแลป

Abstract

This research describes about the development of basic control system analysis program in the work of electrical engineering by using function GUI of MATLAB. Environment of program will follow the algorithm, written by m-file functions with object function. The development of program are comprises 5 steps, 1) the problem analysis, 2) the program design, 3) the program coding 4) the program testing & verification and 5) the program documentation. The research found that the results of the program can be analysis of control system basic, by can simulate of transient respond analysis, stability analysis, and the response in frequency domain Bode. The simulation results of program are correct.

Keyword: Control system engineering, MATLAB GUI

1. บทนำ

ระบบควบคุมได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และในชีวิตประจำวัน เช่น ระบบควบคุมในเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะคอยควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้คงที่ อีกทั้งในอุตสาหกรรมได้มีการนำระบบควบคุมอัตโนมัติไปใช้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร เป็นต้น [1] การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง จะใช้การหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตของระบบ จะใช้สัญญาณมาตรฐานทดสอบระบบ และกำหนดให้ค่าเงื่อนไขเริ่มต้นเป็นศูนย์ หลังจากนั้นทำการแปลงลาปลาซ และลาปลาซผกผันเพื่อหาค่าสมการผลตอบสนองของระบบ โดยที่การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับสองเป็นต้นไป การวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบ จะพิจารณาในเทอมของตัวแปรสองตัวคือ อัตราการหน่วงของระบบ (ζ) และความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ (ω_n) และจะต้องทำการแปลงลาปลาซ และลาปลาซผกผันเพื่อหาค่าสมการผลตอบสนองของระบบเช่นเดียวกัน [2] การทำให้ระบบมีเสถียรภาพเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่งของระบบควบคุม ดังนั้นผู้ออกแบบจึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีการวิเคราะห์และออกแบบให้ระบบควบคุมเป็นระบบที่มีเสถียรภาพมากที่สุด โดยวิธีวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบสามารถทำได้โดยใช้วิธีการต่าง ๆ ได้แก่ วิธีการทดสอบแบบไนควิทซ์ (Nyquist Stability Criterion) วิธีการทดสอบแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus) และวิธีวิกฤตของเร้าท์เฮอร์วิธ (Routh – Hurwitz Criterion) [3]

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ระบบควบคุมมีความซับซ้อนในการคำนวณหาค่าต่าง ๆ และต้องใช้ระยะเวลาเป็นอย่างมาก การแก้ปัญหาวิธีการหนึ่งในปัจจุบันคือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาคำนวณ [4], [5] โดยใช้โปรแกรมต่างๆ เช่น ไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) แม็ทแลป (Matlab), Visual C# หรือโปรแกรมที่ออกแบบมาเฉพาะทาง โปรแกรมที่นิยมนำมาใช้สำหรับวิเคราะห์งานทางด้านวิศวกรรม ได้แก่โปรแกรมแม็ทแลป ดังเช่นงานวิจัยหลาย ๆ งาน [6], [7], [8] และ [9] ที่ได้นำโปรแกรมแม็ทแลปไปใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบ เพราะใช้งานง่าย มีความสะดวกในการพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์ ดังนั้นจากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ระบบควบคุมเบื้องต้นในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ฟังก์ชันจียูไอของแม็ทแลปต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

พิจารณาจากรูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตของระบบเป็นดังนี้

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{Ts+1} \tag{1}$$

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

การวิเคราะห์ผลตอบสนองของระบบ จะใช้สัญญาณมาตรฐานทดสอบระบบ โดยจะใช้สัญญาณระดับ (unit-step) สัญญาณลาด (unit-ramp) และสัญญาณอิมพัลส์ (Impulse) เป็นสัญญาณอินพุตและกำหนดให้ค่าเงื่อนไขเริ่มต้นเป็นศูนย์ เมื่อทำการแปลงลาปลาซสัญญาณอันดับหนึ่งจะได้ $R(s) = \frac{1}{s}$ จากสมการที่ (1) เขียนผลตอบสนองของสัญญาณเอาต์พุตได้เป็น

$$C(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{Ts+1} \tag{2}$$

แปลงลาปลาซผกผันสมการที่ (2) จะได้

$$c(t) = 1 - e^{\frac{-t}{T}} \quad (t \geq 0) \tag{3}$$

เมื่อ $t = T$ สามารถเขียนสมการที่ (3) ได้เป็นดังนี้

$$c(t) = 1 - e^{-1} = 0.632 \tag{4}$$

และจากสมการที่ (3) สามารถเขียนสมการสัญญาณความคลาดเคลื่อนได้ดังนี้

$$e(t) = e^{\frac{-t}{T}} \tag{5}$$

เมื่อทำการแปลงลาปลาซสัญญาณลาดจะได้ $R(s) = \frac{1}{s^2}$ จากสมการที่ (1) เขียนผลตอบสนองของสัญญาณเอาต์พุตได้เป็น

$$C(s) = \frac{1}{s^2} - \frac{T}{s} \cdot \frac{T^2}{Ts+1} \tag{6}$$

แปลงลาปลาซผกผันสมการที่ (6) จะได้

$$C(t) = 1 - T(1 - e^{\frac{-t}{T}}) \qquad (t \geq 0) \tag{7}$$

และจากสมการที่ (7) สามารถเขียนสมการสัญญาณความคลาดเคลื่อนได้ดังนี้

$$e(t) = T(1 - e^{\frac{-t}{T}}) \tag{8}$$

สำหรับสัญญาณอินพุตอิมพัลส์จะได้ $R(s) = 1$ จากสมการที่ (1) เขียนผลตอบสนองของสัญญาณเอาต์พุตได้เป็น

$$C(s) = \frac{1}{Ts+1} \tag{9}$$

แปลงลาปลาซผกผันสมการที่ (9) จะได้

$$c(t) = \frac{1}{T} - e^{\frac{-t}{T}} \qquad (t \geq 0) \tag{10}$$

2.2 ระบบควบคุมอันดับสอง

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2 ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบปิดของระบบควบคุมอันดับสองสามารถเขียนได้เป็นดังนี้

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \tag{11}$$

โดยที่ ω_n คือความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ

ζ คือ อัตราการหน่วงของระบบ

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมอันดับสอง

การวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบอันดับสอง จะพิจารณาในเทอมของตัวแปรสองตัวคือ ζ และ ω_n เมื่อสัญญาณอินพุตเป็นฟังก์ชันอันดับหนึ่ง มีค่า $R(s) = \frac{1}{s}$ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กรณี $0 < \zeta < 1$ เป็นระบบที่มีความหน่วงน้อย (Under Damped) จะได้สมการสัญญาณเอาต์พุตดังนี้

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \zeta\omega_n + j\omega_d)(s + \zeta\omega_n - j\omega_d)} \cdot \frac{1}{s} \tag{12}$$

โดยที่ ω_d คือ ความเร็วเชิงมุมในการแกว่งขณะระบบมีความถ่วงน้อย มีค่าเท่ากับ $\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$

2. กรณี $\zeta = 1$ เป็นระบบที่มีความหน่วงวิกฤติ (Critical Damped) จะได้สมการแสดงการตอบสนองของระบบดังนี้

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s+\omega_n)^2} \cdot \frac{1}{s} \tag{13}$$

3. กรณี $\zeta > 1$ เป็นระบบที่มีความหน่วงเกิน (Over Damped) จะได้สมการแสดงการตอบสนองของระบบดังนี้

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \zeta\omega_n + \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1})(s + \zeta\omega_n - \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1})s} \tag{14}$$

2.3 การวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบควบคุม

วิธีการทดสอบแบบไนควิทซ์ เป็นวิธีกึ่งกราฟที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างจำนวนโพลและซีโร่ของฟังก์ชันถ่ายโอนแบบป้อนกลับ โดยการสังเกตพฤติกรรมจากกราฟไนควิทซ์ของโพล ของฟังก์ชันถ่ายโอนแบบป้อนกลับจะเป็นรากของสมการคุณลักษณะ

วิธีการทดสอบแบบเส้นทางเดินของราก เป็นการเขียนทางเดินของรากของสมการคุณลักษณะ เมื่อพารามิเตอร์ของระบบแปรค่าไปมากกว่าหนึ่ง เมื่อทางเดินของรากอยู่ทางครึ่งขวาของระนาบเอส ระบบควบคุมแบบป้อนกลับจะไม่เสถียร

3. การพัฒนาโปรแกรม

ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมมี 5 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์ปัญหา ในงานวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำไปแก้ปัญหาความยุ่งยากและลดต้นทุนในการจัดซื้อโปรแกรมมาใช้ในการวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า โดยที่ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเลือกวิเคราะห์ระบบควบคุมได้ตั้งแต่ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ระบบควบคุมอันดับสอง การออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน และการวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบควบคุมด้วยวิธีการต่างๆ การป้อนอินพุตจะเป็นการป้อนจากแป้นพิมพ์เป็นตัวเลข และใช้การเลือกข้อความผ่านเข้าไปประมวลผลตามสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละระบบควบคุม ซึ่งผลลัพธ์จะแสดงในรูปของตัวเลข และเส้นกราฟ 2 มิติ

2) การออกแบบโปรแกรม จะใช้ผังงานอธิบายลำดับขั้นตอนการทำงาน โดยเริ่มต้นการทำงานด้วยการเข้าสู่หน้าต่างโปรแกรมหลัก กำหนดชนิดของระบบควบคุม กำหนดค่าตัวแปรต่างๆ เลือกชนิดของการวิเคราะห์ ประมวลผล และแสดงผลการจำลอง

3) การเขียนโปรแกรม โดยทำการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface) หรือ GUI ในส่วนของการรับค่าทางอินพุตและการแสดงผลทางเอาต์พุต ในส่วนของการประมวลผลจะเขียนอัลกอริทึมโดยใช้เอ็มไฟล์ของโปรแกรม MATLAB® 2012a จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2 ของบทความ

4) การทดสอบและแก้ไขโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ GUI ของ MATLAB เป็นขั้นตอนการตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นว่าทำงานถูกต้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้ หรือตรงตามลักษณะงานของโปรแกรมนั้นหรือไม่

5) การจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ คู่มือสำหรับผู้ใช้โปรแกรม และคู่มือสำหรับผู้เขียนโปรแกรม จัดทำไฟล์เป็นนามสกุล .pdf และทำการเชื่อมต่อไว้ที่ปุ่ม Help ของโปรแกรม

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาโปรแกรม

โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นเรียกว่าโปรแกรม PCSA แสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 หน้าต่างเมนูหลักของโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุม

4.2 ผลการทดสอบคุณภาพของโปรแกรม

ในงานวิจัยนี้จะขอยกตัวอย่างการวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบควบคุมอันดับ 2 มีค่า $K \geq 0$ โดยมีค่าสัญญาณเอาต์พุตของระบบคือ

$$T(s) = C(s) = \frac{K(s+2)}{s^2 + 2s + 3}$$

เมื่อสัญญาณอินพุตเป็นฟังก์ชั่นอันดับหนึ่ง มีค่า $R(s) = \frac{1}{s}$ แสดงผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 8 จากรูปที่ 5 พบว่าผลตอบสองชั่วขณะที่เวลา 0 วินาที ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าเท่ากับ 0 และเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีการแกว่งไปมาจนถึงเวลาที่ 17.8 วินาที เป็นต้นไป ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าคงที่เท่ากับ 0.667 ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี จากรูปที่ 6 พบว่าผลตอบสนองในโดเมนความถี่แบบโบเดของระบบควบคุมอันดับ 2 มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี จากรูปที่ 7 พบว่าผลการหาเสถียรภาพด้วยวิธีการไนควิสต์ของระบบควบคุมอันดับ 2 ไม่มีโพลทางด้านฝั่งขวามือของระนาบเอส และจากการจำลองแผนภาพไนควิสต์โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไม่มีวงล้อมรอบตามเข็มนาฬิการอบจุด -1 ดังนั้นแสดงว่าระบบนี้มีคุณภาพ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี และจากรูปที่ 8 พบว่าผลการหาเสถียรภาพด้วยวิธีการเส้นทางเดินของรากของระบบควบคุมอันดับ 2 จะมีโพลและซีโรอยู่บนระนาบเอส จำนวน 2 คู่ เช่นที่ค่าโพล เท่ากับ -2 มีค่าอัตราการหน่วงของระบบ ζ เท่ากับ 1 มีค่าอัตราการขยาย เท่ากับ 0 ที่ความถี่ 1 rad/sec และ ซีโร่ เท่ากับ -1 + j1.41 มีค่าอัตราการหน่วงของระบบ ζ เท่ากับ 0.577 มีค่าอัตราการขยาย เท่ากับ α ที่ความถี่ 1.73 rad/sec ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

รูปที่ 5 ผลตอบสองชั่วขณะที่เวลา 0 ถึง 10 วินาที

รูปที่ 6 ผลตอบสนองในโดเมนความถี่แบบโบเด

รูปที่ 7 ผลการหาเสถียรภาพด้วยวิธีการไนควิสต์

รูปที่ 8 ผลการหาเสถียรภาพด้วยวิธีการเส้นทางเดินของราก

5. สรุป

โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น สามารถวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ระบบควบคุมอันดับสองเบื้องต้น ทั้งยังสามารถออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน โดยโปรแกรมสามารถจำลองกราฟการตอบสนองชั่วขณะ กราฟการวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบควบคุม และผลตอบสนองในโดเมนความถี่แบบโบเดได้ถูกต้อง ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ ได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว เหมาะกับการนำไปใช้วิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า และยังสามารถนำไปใช้ในการสอนวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจลักษณะของการตอบสนองของระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า และสามารถเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับการปฏิบัติได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Antonios S. Andreatos and Anastasios D. Zagorianos. [8]

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา หมายเลข 08/2559 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สุเธียร เกียรติสุนทร, *ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม : อุปกรณ์วัดและอุปกรณ์ควบคุมทางอุตสาหกรรม*. กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2556.

[2] Norman S. Nise, *Control System Engineering*, 4th Edition, JOHN WILEY&SONS, INC, 2004

[3] สุมาลี อุณหวณิชย์, *ระบบควบคุม*. กรุงเทพ ฯ : ว.เพ็ชรสกุล, 2545.

[4] Dejan V., Tosic and Milka Potrebic. "Solfware Tools for Research and Education," *Microwave Review*, vol. 12, No.2, pp. 45-54, November 2006.

[5] Nourdine Aliane., "A Matlab/Simulink-Based Interactive Module for Servo Systems Learning," *IEEE Transactions on Education*, vol. 53, No. 2, pp. 265-271, MAY 2010.

[6] Suhas Yadav, Prof.S.S.Patil. "Fuzzy PID Controllers Using Matlab GUI Based for Real Time DC Motor Speed Control", International *Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 3(4): April, 2014.

[7] M. Juhas, B. Juhasova, and P. Mydlo. "The Mechatronics System Control Quality Analysis Using Simulink and GUI in Matlab." *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2012 Vol II*, WCECS 2012, October 24-26, 2012, San Francisco, USA.

[8] Antonios S. Andreatos and Anastasios D. Zagorianos. "Matlab GUI Application for Teaching Control Systems." Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on *Engineering Education*, pp. 208-211, 2009.

[9] Rao V. Dukkipati. "Analysis and Design Control Systems using MATLAB," New Age International (P) Ltd., Publishers, 2006.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ชุดควบคุมแสงสว่างของหลอด LED สำหรับการปลูกพืช

Control Of LED Lighting For Growing Plants

ปองพล แสนสอน[1] อรรถสิทธิ์ ทวีกูล[2] และกิติศักดิ์ เหลาบับภา[2]

[1]อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[2]นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042211040 ต่อ 1510 E-mail: Nut_advice044@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการสร้าง ชุดควบคุมแสงสว่างของหลอด LED สำหรับการปลูกพืช มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของแสงเทียมที่สามารถช่วยให้พืชเจริญเติบโต ชุดควบคุมประกอบด้วยหลอด LED Grow Light 10W R/B 2 หลอด ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722 จอแสดงผล LCD วงจรขับกระแสสูง เซนเซอร์วัดแสง โดยวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดและปรับความสว่างของแสงที่แปลงปลูกพืชให้มีค่าระดับ 10000 LUX จากผลการทดลอง ผักสาระแหน่ที่แปลงทดลองมีค่าดัชนีพื้นที่ใบ(LAI)มากกว่าแปลงปลูกพืชแบบปกติ 9.75% และมีค่าความสูงเฉลี่ยมากกว่า 46.9% เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

Abstract

This peper presents a creation Control of LED lighting for growing plants. The purpose is to determine the effectiveness of artificial light that can help plants grow. The control unit consists of a tube LED Grow Light 10W R / B 2 Tube PIC18F8722 microcontroller LCD display driver circuit current high. Light sensor The integrated microcontroller to measure and adjust the brightness of the light at the field level up to 10000 LUX experimental results. Vegetable plot with a mint leaf area index (LAI), rather than the usual crop of 9.75% and the average height of more than 46.9%, according to the objectives set.

บทนำ

ในจังหวัดอุดรธานีมีร้านอาหารที่มีชื่อเสียงและได้รับความสนใจจากผู้คนทั้งในจังหวัดและต่างจังหวัดมากมาย เนื่องจากอาหารในจังหวัดอุดรธานี เป็นอาหารที่เน้นในการรักษาสุขภาพ เช่น แหนมเมือง ลาบหมู หรือยำต่างๆ จำเป็นต้องมีผักเป็นส่วนประกอบ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อวัตถุดิบในท้องตลาด ที่ไม่เพียงพอต่อการบริโภค มีราคาที่สูงขึ้น ถ้าเราสามารถช่วยให้ผักเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น ก็จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ จากงานวิจัย เครื่องต้นแบบแหล่งกำเนิดแสงเทียม สำหรับการปลูกต้นไม้ด้วยระบบการควบคุมการเปิดและปิดแสงแบบอัตโนมัติ[1] ได้ทำการศึกษาการปลูกพืชโดยใช้แสงเทียมในการเร่งการเจริญเติบโตของพืช ด้วยไดโอดเปล่งแสง (LED) เนื่องจากไดโอดเปล่งแสงเกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าสำหรับใช้งานน้อยกว่าการใช้แหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่นๆ โดยใช้ไดโอดเปล่งแสงชนิดพิเศษที่ให้ความยาวคลื่นแสงสีม่วงหรือเกิดจากความยาวของแสงสีแดงและสีน้ำเงินรวมกัน[2] ในอัตราส่วน 3:2 และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของแสงเทียมจากหลอด LED และเพื่อพัฒนาความคุมความสว่างให้คงที่ในการปลูกพืชสาระแหน่ ซึ่งเป็นพืชที่มีความต้องการในท้องถิ่น ใช้รับประทานร่วมกับอาหารในจังหวัดอุดรธานี ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบวงจรควบคุมความสว่างของหลอด LED ให้สามารถทำงานได้แบบอัตโนมัติสามารถเพิ่มหรือลดแสงได้โดยกำหนดค่าความสว่างอยู่ที่ 10000 LUX ให้เหมาะสมกับผักสาระแหน่ที่ใช้ในการทดลองโดยสามารถเขียนวงจรได้ ดังในรูปที่ 1

รูปที่ 1 วงจรควบคุมแสง

จากวงจรควบคุมแสง มีหลักการทำงานดังนี้เมื่อวงจรทำงานดังนี้ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะวัดแสงที่แปลงทดลองโดยวัดจากค่า

ของ LDR เพื่อหาค่าความสว่าง และเมื่อค่าความสว่างต่ำกว่า 10000 LUX ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการปรับสัญญาณ PWM ให้มี Duty Cycle ขนาดกว้างขึ้นในทางกลับกัน เมื่อค่าความสว่างสูงกว่า 10000 LUX ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการปรับสัญญาณ PWM ให้มี Duty Cycle ขนาดลดลง และเมื่อแสงมีค่าความสว่างมากกว่า 10000 LUX ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งสัญญาณ PWM ให้มี Duty Cycle เท่ากับ 0

จากหลักการทำงานของวงจรควบคุมแสงผู้วิจัยจึงได้ออกแบบ Flowchart การทำงานของโปรแกรมควบคุมได้ดังต่อไปนี้

รูปที่ 2 Flowchart การทำงานของโปรแกรมควบคุม

ผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้ออกแบบแปลงปลูกพืชทดลองมีขนาด 51x78 cm มีลักษณะที่แบ่งออกเป็น 2 แปลงมีที่กันแสงสีดำ ระหว่างกลางเพื่อรับแสงจากธรรมชาติเท่าเทียมกัน แต่แปลงทดลองฝั่งหนึ่งจะติดตั้งหลอดแอลอีดี ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 แบบแปลงปลูกพืชทดลอง

ผู้วิจัยได้สร้างแปลงปลูกพืชทดลอง และได้สร้างวงจรควบคุมแสง ติดตั้งหลอด LED Grow Light 10W 2 หลอด ที่แปลงทดลองพร้อมทั้งเชื่อมต่อชุดควบคุมและทดสอบการทำงานของวงจรควบคุมแสงดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 แปลงทดลองปลูกพืช

ผู้วิจัยได้ทดสอบการทำงานของวงจรโดยแบ่งการทดลองได้ตามขั้นตอนดังนี้ ขั้นแรกผู้วิจัยได้วัดค่าความส่องสว่างของหลอด LED โดยป้อนแรงดันไฟตรงแบบพัลส์ไปที่หลอด LED โดยทดลองปรับระดับ Duty Cycle อยู่ที่ระดับ 100% โดยระดับของแสงสว่างที่แปลงทดลองจะมีค่าไม่เกิน 12000 lux ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 กราฟค่าความส่องสว่างของหลอด ตามระดับของ Duty Cycle

ผู้วิจัยได้ทดลองวัดค่าความสว่างของแสงเพื่อกำหนดระดับแรงดันของวงจรเซนเซอร์วัดแสง เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมความคุมโดยผลการทดลองแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 กราฟค่าความสว่างของแสงที่มีผลต่อระดับแรงดันของวงจรLDR

จากการทดลองวัดค่าความสว่างของหลอด LED และวัดค่าความสว่างของแสงเพื่อกำหนดระดับแรงดันของวงจรเซนเซอร์วัดแสง แล้วผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดและปรับความสว่างของแสงที่แปลงปลูกพืชให้มีค่าระดับ 10000 LUX ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 กราฟค่าความสว่างของแสงเมื่อมีแสงจากภายนอกมารบกวน

ผู้วิจัยได้เริ่มปลูกพืชทดลองโดยเก็บผลการทดลองทั้งหมด 25 วันโดยแบ่งแปลงปลูกพืชทดลองออกเป็น พืชที่ได้รับการควบคุมแสง (แปลงทดลองที่ 1) และพืชที่ใช้แสงจากธรรมชาติเพียงอย่างเดียว (แปลงทดลองที่ 2) และได้เก็บภาพของพืชทดลอง ซึ่งจากงานวิจัยการออกแบบระบบประเมินพื้นที่ใบพืชด้วยวิธีการประมวลผลภาพร่วมกับการวิเคราะห์ความถดถอย[3]ได้ใช้ระบบวัดดัชนีพื้นที่ใบ (Left Area Index) หมายถึงการใช้สัดส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ทั้งหมด โดยสามารถคำนวนได้จากสมการที่ 1

$$LAI(\%) = \frac{leaf_pixel \times 100}{total_pixel} \qquad (1)$$

จากการเก็บภาพผักสาระแหน่ผู้ทดลองเก็บผลการทดลองทุกวันถ่ายรูปตอนเช้า และได้ใช้โปรแกรม Photoshop หาค่าของพื้นที่ใบและค่าของพื้นที่ทั้งหมด[4] โดยนำภาพที่ถ่ายไว้ตัดเอาเฉพาะในส่วนของแปลงปลูกพืช ตัดพื้นที่ของดินออกเลือกเฉพาะพื้นที่ที่เป็นใบของผักสาระแหน่ แล้วอ่านค่า Pixel บันทึกผลพืชทั้งสองแปลง แสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 รูปแปลงทดลองที่ตัดพื้นออก

นำค่าที่ได้มาบันทึกผลคำนวนหาค่า Left Area Index ของพืชทดลองแปลงที่ 1 และ2โดยสามารถนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 9 กราฟค่า leaf area index (%) ของแปลงทดลอง 1 และ 2

และผู้ทดลองได้เก็บค่าความสูงของพืชทดลองในแต่ละวันโดยทำการวัดความสูงของแต่ละต้นและนำมาหาค่าเฉลี่ยและทำการบันทึกผลโดยผลการทดลองที่ได้แสดงในรูปที่ 10

รูปที่ 10 กราฟค่าความสูงเฉลี่ยของพืชที่แปลงทดลอง 1 และ 2

จากการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่า วันที่ 25 สัดส่วนพื้นที่ใบซึ่งแปลงทดลองที่ 1 ที่ใช้วงจรควบคุมความสว่างของหลอด LED มีค่า Left Area Index เท่ากับ 43.43% ส่วนแปลงทดลองที่ 2 มีค่า 39.57% โดยแปลงทดลองที่ 1 มีค่ามากกว่า โดยสามารถหาค่าการเจริญเติบโตเทียบเป็น %[5] ได้จากสมการที่ 2

$$LAI(\%) = \frac{LAI_{lab} \times LAI_{normal}}{LAI_{normal}} \times 100 \qquad (2)$$

แทนค่า $$LAI(\%) = \frac{43.43 \times 39.57}{39.57} \times 100$$

$$LAI(\%) = 9.75\%$$

และความสูงของผักวันที่ 25 แปลงทดลองที่ 1 มีค่าความสูงเฉลี่ย 15.65cm ส่วนแปลงที่ 2 มีค่า 10.65cm โดยแปลงทดลองที่ 1 มีค่าความสูงที่มากกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยสามารถหาค่าการเจริญเติบโตเทียบเป็น %[5] ได้จากสมการที่ 3

$$h(\%) = \frac{h_{lab} \times h_{normal}}{h_{normal}} \times 100 \qquad (3)$$

แทนค่า $$h(\%) = \frac{15.65 \times 10.65}{10.65} \times 100$$

$$h(\%) = 46.9\%$$

ซึ่งจากค่าที่ได้พบว่า ชุดควบคุมแสงสว่างของหลอด LED ช่วยให้ผักสาระแหน่โตไวขึ้น มีขนาดของใบที่ใหญ่ขึ้นกว่าปกติ และมีความสูงมากกว่าปกติอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในรูปที่ 11

รูปที่ 11 รูปพืชที่แปลงทดลอง 1 และ 2 ตามลำดับ

อภิปรายผลการทดลอง

จากโครงงานชุดควบคุมแสงสว่างของหลอด LED สามารถนำไปใช้ได้จริงในการปลูกพืชซึ่งถ้าเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผักสาระแหน่ ที่ความสูง 10 ซ.ม.แปลงทดลองที่ติดตั้งชุดควบคุมสามารถเก็บเกี่ยวได้ภายใน 18 วัน ซึ่งแปลงปกติจะเก็บเกี่ยวได้ที่ 23 วัน และผู้วิจัยสามารถควบคุมแสงให้มีค่าได้ไม่น้อยกว่า 10000 lux ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยแปลงทดลองที่ติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่าง พืชทดลองแปลงที่ 1 มีค่า Left Area Index เท่ากับ 43.43% มีค่าความสูงเฉลี่ย 15.65cm ส่วนแปลงที่ 2 มีค่า Left Area Index เท่ากับ 39.57% มีค่าความสูงเฉลี่ย 10.65cm ซึ่งทำให้เห็นว่า แปลงทดลองที่ติดตั้ง ชุดควบคุมแสงสว่างของหลอด LED มีค่าดัชนีพื้นที่ใบมากกว่าแปลงทดลองแบบปกติ 9.75% และความสูงของลำต้นมากกว่าแปลงทดลองแบบปกติ 46.9% ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และจะเห็นว่าความสูงของลำต้นจะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนมากกว่า ดังนั้นพืชที่ควรใช้ชุดควบคุมแสงสว่างของหลอด LED ควรเป็นพืชที่เน้นไปในส่วนการเจริญเติบโตของลำต้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยเรื่องชุดควบคุมแสงสว่าง ของหลอด LED สำหรับการปลูกพืชสำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาคณาจารย์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีซึ่งได้ให้คำเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด จนโครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] ปัญญา มัฆะศร,"เครื่องต้นแบบแหล่งกำเนิดแสงเทียม สำหรับการปลูกต้นไม้ด้วยระบบการควบคุมการเปิดและปิดแสงแบบอัตโนมัติ," การประชุมวิชาการ ระบบเกษตรแห่งชาติครั้งที่ 5 : พลังงานทดแทนและความมั่นคงทางอาหารเพื่อมนุษยชาติ, ปีที่พิมพ์ 2558, หน้าที่ 321-328.

[2] แสงกับพืช,[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.cssckmutt.in.th/cssc/cssc_classroom/Solarenergy/Assignment/SolEn54/SolEn54_Doc/10_Plant%20and%20Solar.pdf

[3] สัตถาภูมิ ไทยพานิช บารมี โอสธีรกุล และ มหศักดิ์ เกตุฉ่า,"การออกแบบระบบประเมินพื้นที่ใบพืชด้วยวิธีการประมวลผลภาพร่วมกับการวิเคราะห์ความถดถอย," RMUTSB Acad. J. 2(1), ปีที่พิมพ์ 2557, หน้าที่23-31.

[4] Zach Jarou," Measuring Leaf Area with Adobe Photoshop CS3", [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.chlorofilms.org/index.php/crpVideo/display/videoid/46

[5] หน่วยที่1อัตราส่วนสัดส่วนและร้อยละ,[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.slideshare.net/fern1707/1-16013745

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยเทคนิคการกำหนดเวลา

Solar Tracking System with Timing Techniques

รณยุทธ นนท์พละ[1]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

680 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 โทรศัพท์ 042-970021 E-mail:ronnayut.no@ snru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้อธิบายถึง ระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยเทคนิคการกำหนดเวลา เพื่อพัฒนานวัตกรรมทางด้านพลังงาน ที่จะช่วยผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุดแต่มีอัตราสูญเสียน้อยสุด งานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์เป็นชุดควบคุมการทำงานกำหนดการกวาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ โดยปรับเปลี่ยนมุมแผง 8 ครั้ง ครั้ง 20 องศาโดยคำนวณจากเวลารับแสงตลอดทั้งวัน ตั้งแต่ 8.00 น. ถึง 16.00 น. คิดเป็น 8 ชั่งโมง ระบบประกอบด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ 250 วัตต์ 24 โวลต์ ชุดควบคุมการประจุและชุดควบคุมตำแหน่งแผง ผลการวิจัยพบ ว่า ค่าแรงดันวงจรเปิด (Voc)เฉลี่ย 29.30 โวลต์ ค่ากระแสลัดวงจร(Isc)เฉลี่ย 9.6 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 230.40 วัตต์ มีความเที่ยงตรงในการติดตามดวงอาทิตย์คิดเป็นร้อยละ 98.5

Abstract

This article describes Sun tracking system with timing techniques. To develop energy innovations It will produce the most electricity from the solar cells, but with the least loss. This research uses a microcontroller as a control unit for solar panel sweeping schedule according to sun position. By adjusting the panel angle of 8 times, 20 degrees, calculated from the daylight hours throughout the day from 8:00 am to 4:00 pm, representing 8 hours, 250 watt solar cell 24 volt, charge controller. The panel found that the average open circuit voltage (Voc) was 29.30 volts. The short circuit current (Isc) average of 9.6 amperes, average power 230.40 watts. The accuracy of tracking the sun accounted for 98.5 percent.

1.บทนำ

ปัจจุบันได้มีการใช้พลังงานในประเทศเป็นอย่างมาก ในแต่ละปีนั้นเราจะต้องใช้งบประมาณ หลายหมื่นล้านบาทที่สูญเสียไปกับค่าเชื้อเพลิงที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ลิกไนต์ และก๊าซธรรมชาติ และมีแนวโน้มว่าค่าใช้จ่ายจะต้องสูงขึ้นทุกปีประกอบกับแหล่งพลังงานแบบ Non - Renewable ซึ่งมีอย่างจำกัดก็ลดลงไปทุกที ดังนั้นพลังงานทางเลือกจึงมีส่วนสำคัญที่ช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงาน พลังงานแสงอาทิตย์เป็นอีกหนึ่งทางเลือก การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้ได้มากที่สุดนั้นมีเงื่อนไขสำคัญคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องได้รับแสงแดดอย่างต่อเนื่องและเพียงพอ

รูปที่ 1 ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบใช้เซนเซอร์

ผู้วิจัยสนใจในเรื่องประสิทธิภาพการรับแสงกับ การผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อหาวิธีการที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้วิจัยได้พิจารณาจากการแผ่รังสีบนพื้นราบและพื้นเอียงของแสงอาทิตย์ พร้อมทั้งศึกษาระบบติดตามแบบเดิม ที่ใช้หลักการตรวจจับดวงอาทิตย์ โดยใช้เซนเซอร์แสงและทำงานตลอดตลอดเวลา ทำให้เกิด ปัญหาด้านความคุ้มค่ากับอัตราแลกเปลี่ยนพลัง จากการสูญเสียในวงจรขับเคลื่อนแผง

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดสร้างระบบติดตาม ให้สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ตามการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์

เพื่อให้แผงโซล่าเซลล์ได้รับแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน โดยใช้เทคนิคที่แตกต่างจากระบบเดิม

2.หลักการทำงาน

การทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ทั้งหมด ควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล PIC ทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานของระบบเป็นอุปกรณ์นับเวลา และสั่งงานให้แผงหมุนตามดวงอาทิตย์ การเอียงแผง และกำหนดองศาในการกวาด

รูปที่ 2 แผนภาพที่ใช้เป็นข้อมูลการกำหนดมุมเงยและมุมกวาด

กำหนดโดยใช้ข้อมูลจากมุม อาซิมุส ของดวงอาทิตย์ ณ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร แผงจะทำมุมเงย 30 องศา และหันแผงไปทางทิศใต้ ระบบจะเริ่มปรับมุมแผงครั้งแรก เวลา 9.00 น. และเปลี่ยนมุม 25 องศาทุกๆชั่วโมง จนถึงเวลา 15.00 น. และเมื่อถึงเวลา 16.00น. ชุดไมโครโปรเซอร์จะสั่งงานให้มอเตอร์หมุนแผงกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น โดยจะมีเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งแผง เมื่อแผงเคลื่อนกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นแล้ว ไมโครโปรเซสเซอร์จะสั่งให้ระบบหยุดทำงาน และระบบจะทำงานอีกครั้งในเวลา 8.00 น.ในวันต่อไป

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

จากรูปที่ 2 เป็นบล็อกการทำงานโดยรวมของระบบควบคุม ไม่รวมระบบของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งระบบจะอาศัยแหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ ที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ประจุไว้

3. การออกแบบและสร้าง

ในการออกแบบโครงสร้างของระบบติดตามดวงอาทิตย์ ด้วยเทคนิคการกำหนดเวลา มีขนาด เสาสูง 220 เซนติเมตร แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนล่าง 210 เซนติเมตร ส่วนท่อนบนเป็นจุดรับแรงกดจุดหมุนสำหรับยึดติดกับชุดขับเคลื่อน มอเตอร์ขับเคลื่อน เป็นมอเตอร์ทดรอบที่มีความเร็วการหมุน 10 รอบ/นาที รับแรงได้ 30 กิโลกรัม ชุดขับเคลื่อนหมุนได้ 180 องศาในแนวกวาด ด้านบนมีโครงรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 250 วัตต์ 24 โวลต์ จำนวน 1 แผง ที่เสาส่วนล่าง มีกล่องควบคุม ซึ่งภายใน ประกอบด้วย วงจรควบคุมระบบไมโครโปรเซสเซอร์ วงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรรี่ และอินเวอร์เตอร์ขนาด 500 วัตต์

4.การหารประสิทธิภาพ

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพ โดยติดตั้งระบบไว้ในพื้นที่โล่ง รับแสงแดดได้ตลอดทั้งวันหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ เพื่อให้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ รายละเอียดอุปกรณ์และโครงสร้างของระบบมีดังนี้

รูปที่ 3 โครงสร้างแผงโซล่าเซลล์เมื่อประกอบเข้ากับเสา

1.ชุดจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2.กล่องควบคุม
3.เสา
4.ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน

5.ชุดไมโครโปรเซสเซอร์
6.เครื่องประจุแบตเตอรี่
7.อินเวอร์เตอร์
8.แบตเตอรี่

รูปที่ 4 ชุดควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์

การทดสอบระบบในด้านต่างๆอธิบายได้ ดังนี้

4.1ด้านความเที่ยงตรงของการติดตามดวงอาทิตย์ โดยให้ระบบทำงาน และสังเกต การทำงานของระบบขับเคลื่อน ว่ามีความเที่ยงตรง หรือไหม บันทึกลงในแบบบันทึกผลการทดลอง แล้วนำไปวิเคราะห์ผล

4.2ด้านพลังงานที่ผลิตได้ ทดสอบและเก็บข้อมูลแรงดันไฟฟ้า (Voc) และค่ากระแส (Isc) เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูล

4.3 ด้านกำลังไฟฟ้าสูญเสีย ที่เกิดจากการทำงานของระบบ

5. ผลการวิจัย

1.การทดสอบความเที่ยงตรงในติดตามดวงอาทิตย์ทำการทดสอบ ผลปรากฏว่า ระบบ มีความเที่ยงตรง คิดเป็นร้อยละ 99.5 เนื่องด้วยการติดตามดวงอาทิตย์ใช้ระบบเวลาในการปรับเปลี่ยนมุมทำให้ทำงานได้อย่างเที่ยงตรง ซึ่งมากกว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบเซนเซอร์ ที่มีความผิดพาดจากสิ่งแวดล้อม เช่น เมฆฝน

2.การทดสอบพลังงานที่ผลิตได้ โดยการบันทึกแรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในขณะวงจรเปิด(Voc) และวัดกระแสงสูงสุด (Isc) ผลการทดลองพบว่า มีแรงดันเฉลี่ย 29.30 โวลต์ กระแสเฉลี่ย 6.75 แอมแปร์ ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 กราฟค่าแรงดัน (Voc) ที่เซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 6 แรงดันไฟฟ้าที่มอเตอร์ขับเคลื่อนแผง

รูปที่ 6 กระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ขับเคลื่อนแผง

3.การทดสอบ กำลังไฟฟ้าสูญเสีย ที่เกิดจากการทำงานของระบบจากแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 เป็นค่าแรงดันและกระแสที่ใช้ในการขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทุกชั่วโมง และการขยับมุมแผง 25 องศา ใช้เวลา เฉลี่ย 5 วินาที ค่าแรงดันเฉลี่ย 23.60 โวลต์ กระแส เฉลี่ย 804.85 มิลลิแอมป์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 19 วัตต์

6. สรุป

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ด้วยเทคนิคการกำหนดเวลา มีเป้าประสงค์ที่จะพัฒนานวัตกรรมทางด้านพลังงาน ที่ทำให้การรับพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยคำนวณองศา

การกวาดติดตามดวงอาทิตย์จากเวลารับแสง ตลอดทั้งวันคือ 8 ชั่งโมง แล้วปรับเปลี่ยนมุม 20 องศา ทุกชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า ระบบมีความเที่ยงตรง คิดเป็นร้อยละ 99.5 เนื่องด้วยการติดตามดวงอาทิตย์ใช้ระบบเวลาในการปรับเปลี่ยนมุมทำให้ทำงานได้อย่างเที่ยงตรง แรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในขณะต่อกับชุดประจุแบตเตอรี่ มีแรงดันเฉลี่ย 24.08 โวลต์ ค่าแรงดันเปิดวงจร(Voc)เฉลี่ย 29.30 โวลต์ ค่ากระแสลัดวงจร(Isc)เฉลี่ย 9.6 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 230.40 วัตต์ มีความเที่ยงตรงในการติดตามดวงอาทิตย์ คิดเป็นร้อยละ 98.5 ค่าแรงดันและกระแสที่ใช้ในการขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทุกชั่วโมง และการขยับมุมแผง 20 องศา ใช้เวลา เฉลี่ย 5 วินาที ค่าแรงดันเฉลี่ย 23.60 โวลต์ กระแส เฉลี่ย 804.85 มิลลิแอมป์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 19 วัตต์

4. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องระบบติดตามดวงอาทิตย์ ด้วยเทคนิคการกำหนดเวลา เกิดขึ้นจากความต้องการที่จะแก้ไข้ปัญหาด้านพลังงาน และต้องการพัฒนานวัตกรรมทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนอย่างเหมาะสม ซึ่งจะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้หากมิได้ความช่วยเหลือจาก ท่าน ผศ.ดรฟุ้งศรี ภักดีสุวรรณ ที่ให้คำแนะนำและนักศึกษาสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ช่วยเหลือในการประกอบโครงสร้างของระบบติดตามดวงอาทิตย์ ด้วยเทคนิคการกำหนดเวลา ขอขอบพระคุณผู้ปกครองที่มีส่วนช่วยเหลือสนับสนุนด้านการศึกษา ขอขอบคุณทุกคนที่มีส่วนช่วยให้งานนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] เจนศึก นุชพ่วง. **การประยุกต์ใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS – 51 ในการควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็ก.**เชียงใหม่: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ท – เชียงใหม่, 2548.

[2] ชูศรี วงศ์รัตนะ. **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย.** กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ, 2544.

[3] โชคชัย จำปาโพธิ์ .**ศึกษาการทำงานของแขนกล**, 2547. http://elec.chandra.ac.th/form/ExPlanForm

[4] บุญสืบ โพธิ์ศรี. **งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ส่งเสริมอาชีวศึกษา, 2546.

[5] พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตย์พงศ์ และคณะ. **อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม.** กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ส่งเสริม อาชีวะ, 2549.

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9
9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

กรณีศึกษาเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง ประสิทธิภาพของหลอดไฟ และการวิเคราะห์ความเพียงพอของแสงสว่างภายในอาคารโดยใช้โปรแกรม Dialux

A Case Study on Electric Energy Efficient Lighting Scheme and Analysis of Insufficient of Indoor Using Dialux Software

ลือชัย พรหมรัตน์รักษ์[1] พีระพัฒน์ ปากแข็ง [1] วิศวชิต นามบำรุง [1] และ ชวลิต คานทอง [1]
[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042211040 ต่อ 1510 E-mail: luechai3086@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ออกแบบ จำลอง วิเคราะห์ แสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอดแอลอีดีภายในอาคาร วิธีดำเนินการใช้โปรแกรม DIALux evo ออกแบบ จำลอง ทดสอบ วิเคราะห์แสงสว่างของหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์กับหลอดแอลอีดี ภายในอาคารศูนย์วิทยบริการ มีพื้นที่ความยาว 56 เมตร กว้าง 18 เมตร ภายในอาคารมีทั้งหมด 6 ชั้น จำนวนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ทั้งหมด 678 หลอด เปิดใช้งาน 8-10 ชั่วโมง/วัน นำข้อมูลป้อนค่าลงในโปรแกรม DIALux evo กำหนดขนาดของอาคารศูนย์วิทยบริการ เลือกยี่ห้อหลอดไฟ จำนวนวัตต์ จัดวางตามแบบที่สำรวจ รันโปรแกรม DIALux evo คำนวณค่าแสงสว่าง บันทึกผลคำนวณค่าไฟฟ้าของรอบเดือนและ คำนวณระยะเวลาในการคืนทุน

ผลพบว่า การวัดระดับความเข้มของแสงสว่างในอาคารศูนย์วิทยบริการไม่ได้ตามค่ามาตรฐานเฉลี่ย 69.4 % และมีแสงธรรมชาติเข้ามาช่วยบางส่วนบริเวณด้านข้างหน้าต่าง มีบางจุดที่ได้ค่ามาตรฐาน เช่น ทางเดิน ห้องน้ำ การวิเคราะห์แสงสว่างของหลอดแอลอีดีจากโปรแกรม DIALux evo ให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน CIE 300 Lux ให้มีความพอเพียงของแสงสว่าง การใช้พลังงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 7485 ยูนิต เปรียบเทียบการใช้พลังงานของหลอดแอลอีดี 6,048 ยูนิต ค่าไฟฟ้าในรอบเดือนของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 38,916.59 บาท/เดือน ค่าไฟฟ้าในรอบเดือนของหลอดแอลอีดี 31,468.30 บาท/เดือน ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก 262,500 บาท ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี 89,376 บาท ระยะเวลาคืนทุน 2.9 ปี

Abstract

This research aims to design and simulate the illumination of fluorescent lamps with LEDs inside the building. Procedures, Use DIALux evo program to simulate the analysis of fluorescent light bulbs with LEDs. inside the Resource Center. The area is 56 meters long and 18 meters wide. The building has 6 fbors. Total number of 678 fluorescent bulbs. Activated 8-10 hours / day. The data entered into the DIALux evo software determine the size of the Resource Center building. Choose brand wattage bulb layout based on the model that runs the DIALux evo program. Calculate the lighting value, calculate the monthly electricity charge and Calculate the payback period.

The result showed that the illumination intensity in the Resource Center building was not 69.4% and the natural light was partially provided at the side of the window. There are some standard points, such as the bathroom corridor. The light analysis of the LEDs from the DIALux evo program is based on the CIE 300 Lux standard. Power Consumption of 7,485 Fluorescent Lamps compare the power consumption of 6,048 LED units. Monthly electricity charge for fluorescent tubes is 38,916.59 baht / month. Monthly electricity charge of LEDs is 31,468.30 Baht / month. Initial investment cost is 262,500 baht. Average net profit per year 89,376 Baht Payback period 2.9 years.

Keywords: Electric Energy Efficient Lighting, Insufficient of Indoor, DIAlux Software.

2. บล็อคแนวคิด

รูปที่ 1 แนวคิดพลังงานแสงสว่าง ประสิทธิภาพของหลอดไฟและความเพียงพอของแสงสว่างภายในอาคาร

1. รวบรวมข้อมูลของสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี การใช้งานของหลอดไฟในแต่ละวัน จำนวนหลอดไฟฟ้า ขนาดของห้องภายในอาคาร และการใช้งานของโปรแกรม DIALux 4.12 และ Dialux evo 2. ออกแบบโดยใช้โปรแกรม DIALux 4.12 และ Dialux evo คำนวณวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมา ให้แสดงผลและจัดเก็บข้อมูลบันทึก 3. โปรแกรม DIALux 4.12 และ Dialux evo แสดงผลที่ออกแบบตามข้อมูลที่ป้อนแล้วบันทึกผลการออกแบบ วิเคราะห์ จำลองระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3. วิธีดำเนินการ

3.1 ออกแบบพื้นที่ห้องและจำลองในโปรแกรม DIALux evo

รูปที่ 2 การจำลองและการสร้างห้อง

การออกแบบอาคารศูนย์วิทยบริการโดยจำลองห้องต่างๆ ในโปรแกรม DIALux evo ป้อนข้อมูลจากการสำรวจในพื้นที่จริง ความกว้าง ความยาวของอาคารศูนย์วิทยบริการ การวางตำแหน่งของหลอดไฟฟ้า ข้อมูลของหลอดไฟฟ้า นำมาออกแบบในโปรแกรม DIALux evo และใส่ค่าต่างๆ ลงในโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมวิเคราะห์ค่าแสงสว่างออกมา

3.2 การทดลองเปรียบเทียบชุดหลอดแอลอีดี T8 กับหลอด FL และ T5

รูปที่ 3 ค่าแสงสว่างจากโปรแกรม DIALux evo

ออกแบบตามที่กำหนดไว้แล้ว โปรแกรมจะแสดงค่าแสงสว่างออกมาของแต่ละห้องทั้งหมด โดยค่าจะแสดงทางช่องขวามือ ค่าที่ได้จะเรียงตามลำดับของห้องที่สร้างก่อน ห้องที่ค่าแสงสว่างถึงค่ามาตรฐาน จะขึ้นเป็นจุดสีเขียว

3.3 คำนวณค่าไฟฟ้าของอาคารศูนย์วิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ใช้งานอยู่ที่ 8 ชั่วโมงต่อ 1 วันโดยใช้โปรแกรม Protech Electrical คำนวณ

รูปที่ 4 การคำนวณหาค่าไฟฟ้าของหลอดแอลอีดี T8

จากรูปที่ 4 การคำนวณหาค่าไฟฟ้าของหลอดแอลอีดี T8 ของอาคารศูนย์วิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ใช้โปรแกรม Protech Electrical ป้อนข้อมูลค่ายูนิตที่ได้ คือ 6,050 ยูนิต ป้อนค่า Ft จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 2559 กำหนดไว้ที่ 0.33 โปรแกรมจะคำนวณแสดงผลที่ต้องชำระเงินทั้งหมด 31,468.30 บาทต่อเดือน ซึ่งประกอบด้วย ค่าไฟฟ้า 28,569.33 บาท ค่าบริการรายเดือน 38.22 บาท ภาษีมูลค่าเพิ่ม 2,860.75 บาท ชำระเงินทั้งสิ้น 31,460.30 บาท/เดือน

3.4 ทดลองเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอดแอลอีดี T8

รูปที่ 5 การเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดแอลอีดี T8

การเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดแอลอีดี T8 ซึ่งหลอดแอลอีดี T8 สามารถใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ เมื่อทำการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด T8 แล้วเปิดไฟทำการวัดค่าแสงโดยใช้ Lux Meter วัดค่าแสงของหลอดแอลอีดี T8

4. ผลการทดลอง

4.1 **ตารางที่ 1** จำนวนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ และการวิเคราะห์แสงสว่างจากค่าที่วัดจริงของหลอดฟลูออเรสเซนต์

พื้นที่ใช้งาน/จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์		ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4	ชั้นที่ 5	ชั้นที่ 6	ผลเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ (%)
		89	89	89	89	89	89	
พื้นที่บริเวณใช้งาน	ค่ามาตรฐาน CIE (หน่วยเป็น Lux)	ค่าแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ (หน่วยเป็น Lux)						
ชั้นหนังสือ	300-500-700	270	233	270	164	120	100	28
พื้นที่นั่งอ่าน	300-500-700	100	122	112	147	120	190	33
เคาน์เตอร์	200-300-500	85	166	150	103	117	180	8
ทางเดิน	50-100-150	400	500	704	140	120	278	100
ห้องน้ำชาย	100-150-200	100	89	97	102	140	146	100
ห้องน้ำหญิง	100-150-200	98	80	100	120	139	140	100
ห้องประชุม 1	300-500-700	ไม่มีห้อง	250	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	72
ห้องประชุม 2	300-500-700	ไม่มีห้อง	290	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	67
ห้องจัดแสดง	300-500-700	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	116	ไม่มีห้อง	87
ห้องสวนิยาย	300-500-700	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	62	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	93

(ก) ข้อมูลค่าแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์กับค่ามาตรฐาน CIE

(ข) กราฟวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าแสงสว่าง

รูปที่ 6 ข้อมูลการเปรียบเทียบค่าแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์กับค่ามาตรฐาน และกราฟวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าแสงสว่าง

จากรูปที่ 6 ข้อมูลการเปรียบเทียบค่าแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (สีน้ำเงิน)กับค่ามาตรฐาน CIE (สีส้ม) ในอาคารศูนย์วิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จะเห็นได้ว่าค่าแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (สีน้ำเงิน) ที่ทำการวัดค่าแสงสว่างของหลอดไฟแต่ละจุดจะน้อยกว่าค่ามาตรฐาน (สีส้ม) ซึ่งค่าที่วัดได้จะอยู่ในช่วง 190 – 270 Lux ไม่ได้ค่าตามมาตรฐานที่ตั้งไว้ 300 Lux ทำให้เส้นกราฟสีน้ำเงินน้อยกว่าสีส้ม

4.2 การออกแบบแสงสว่างหลอดแอลอีดี ในโปรแกรม DIALux evo

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์แสงสว่างจากโปรแกรม DIALux ของหลอดแอลอีดี

พื้นที่ใช้งาน/จำนวนหลอดแอลอีดี		ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4	ชั้นที่ 5	ชั้นที่ 6	ผลเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ (%)
		175	175	175	175	175	175	
พื้นที่บริเวณใช้งาน	ค่ามาตรฐาน CIE (หน่วยเป็น Lux)	ค่าแสงสว่างหลอดแอลอีดี (หน่วยเป็น Lux)						
ชั้นหนังสือ	300-500-700	416	421	415	419	420	414	100
พื้นที่นั่งอ่าน	300-500-700	346	350	356	320	313	318	100
เคาน์เตอร์	200-300-500	403	405	398	395	401	339	100
ทางเดิน	50-100-150	230	255	248	235	214	237	100
ห้องน้ำชาย	100-150-200	237	241	240	238	241	240	100
ห้องน้ำหญิง	100-150-200	228	230	229	235	230	236	100
ห้องประชุม 1	300-500-700	ไม่มีห้อง	408	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	100
ห้องประชุม 2	300-500-700	ไม่มีห้อง	322	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	100
ห้องจัดแสดง	300-500-700	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	425	ไม่มีห้อง	100
ห้องนวนิยาย	300-500-700	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	406	ไม่มีห้อง	ไม่มีห้อง	100

(ก) เปรียบเทียบค่าแสงสว่างหลอดแอลอีดีกับค่ามาตรฐาน CIE

(ข) กราฟวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าแสงสว่าง

รูปที่ 7 ข้อมูลการเปรียบเทียบและกราฟวิเคราะห์ค่าแสงสว่างหลอดแอลอีดีกับค่ามาตรฐาน

จากรูปที่ 7 ข้อมูลและกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแสงสว่างของหลอดแอลอีดี (สีน้ำเงิน)กับค่ามาตรฐาน CIE (สีส้ม) ในอาคารศูนย์วิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ออกแบบในโปรแกรม DIALux evo ค่าแสงสว่างของหลอดแอลอีดี อยู่ในช่วง 250-425 Lux มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน 300 Lux ซึ่งได้ค่ามาตรฐาน CIE ตามที่ตั้งไว้

4.3 ผลการคำนวณหาค่าคุ้มทุน

ความคุ้มค่าและความคุ้มทุน ความคุ้มทุนของโครงการ คือการเปรียบเทียบผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการ ณ จุดที่ผลประโยชน์ เท่ากับต้นทุนของโครงการ จะถือเป็นจุดคุ้มทุนทางด้านการเงิน โดยโครงการจะมีความคุ้มค่าก็ต่อเมื่อผลที่ได้รับมีมูลค่าสูงกว่าต้นทุนของทรัพยากรที่ต้องใช้เพื่อการลงทุนในโครงการ และรวมกับผลกระทบด้านลบที่เกิดขึ้น ตลอดจนเป็นที่ยอมรับแก่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง มีวิธีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าดังนี้

วิเคราะห์ความคุ้มค่าการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดแอลอีดี T8

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช่จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก

= (จำนวนหลอดไฟฟ้าแอลอีดี x ราคาหลอดแอลอีดี T8)

= 1,050 x 250

= 262,500 บาท

ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี = ผลประหยัดที่ได้จากการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดแอลอีดี T8 ขนาด 120 เซนติเมตร = 89,376 บาท

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{262{,}500}{89{,}376}$$

= 2.9 ปี หรือ 2 ปี 9 เดือน

อายุการใช้งานของหลอดแอลอีดี T8 อยู่ที่ 50,000 ชั่วโมง หรือคิดเป็น 17.36 ปี (ใช้งาน 10 ชั่วโมงต่อวัน) โดยไม่ต้องเปลี่ยนหลอดใหม่ เมื่อคำนวณระยะเวลาคืนทุนแล้วจะได้ 2.9 ปี ดังนั้นเมื่อนำระยะเวลาคืนทุนมาลบออกจากอายุการใช้งานจะเหลือเวลาประหยัดอีก 14.4 ปี จึงคุ้มค่าต่อการลงทุนเปลี่ยนเป็นอย่างยิ่ง

5. สรุป

การออกแบบแสงสว่างของหลอดแอลอีดีในโปรแกรม DIALux evo ใช้หลอดแอลอีดี T8-28w จำนวน 1,050 หลอด วางตำแหน่งเดียวกันกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยใส่แบบรางคู่ผลที่ได้จากโปรแกรม ค่าแสงสว่างของหลอดแอลอีดี T8 อยู่ในช่วง 310- 400 Lux ค่ามาตรฐานแสงสว่าง 300-700 Lux ทำให้ค่าของแสงสว่างของหลอดแอลอีดี T8 ทดลองในโปรแกรมได้ค่ามาตรฐาน CIE ที่กำหนดไว้

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี จากความร่วมมือของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มรภ.อ.ที่สนับสนุนเงินทุนในโครงการนี้ และสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

เอกสารอ้างอิง

[1] ประภาศิลป์ อเนกสุวรรณมณี. (2555). **การศึกษาความคุ้มค่าของโครงการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเพื่อมั่นคงด้านพลังงานกองดุริยางค์ทหาร**

บกปทุมธานี. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.
[2] มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. (2559). **ค่าไฟฟ้า ประจำปีงบประมาณ ปี2558-2559**. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
[3] มนตรี ยืนสา. (2556). **การศึกษาความคุ้มค่าของการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าหอพักชาย 3 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.**
[4] **ย้อนรอยประวัติศาสตร์หลอดไฟตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน.** (2014). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ledsave.co.th. วันที่สืบค้นข้อมูล 17 พฤษภาคม 2559.
[5] ลือชัย พรหมรัตน์รักษ์. (2558). **การวิจัยและการพัฒนาทางอิเล็กทรอนิกส์.** สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
[6] วิวัฒนาการของหลอดไฟ. (2015). [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก:https://lamptanlighting.com**.** วันที่สืบค้นข้อมูล 25 พฤษภาคม 2559.
[7] สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. (ม.ป.ป.) .**คู่มือการเลือกหลอด LED สำหรับผู้บริโภค.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://www.tieathai.org/news/2014/140403 LEDv1-WebOriginalSize.pdf. วันที่สืบค้นข้อมูล 19 มิถุนายน 2559.
[8] สรินนาถ ชูแก้ว. (2559). **ค่า Ft การไฟฟ้านครหลวง, หน่วยงาน: งานวิเคราะห์ต้นทุนค่าไฟฟ้า กอพ.ฝศก.**[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://www.mea.or.th/profile/index.php?l=th&tid=3&mid=2986&pid=2985. วันที่สืบค้นข้อมูล 23 มิถุนายน 2559.
[9] สุทธิศักดิ์ เต็มเกษมสุข. (2555). **การศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ด้วยหลอดแอลอีดีในโคมไฟป้องกันระเบิด.** ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การประเมินสภาพหม้อแปลงด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางไฟฟ้า

Power Transformer Assessment Using Electrical Test Method

เธียรไท คามรัตนภูมิ[1] และ แคทรียา สุวรรณศรี[2]

[1]นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอถึงผลการประเมินสภาพหม้อแปลงแรงดันสูง ด้วยโปรแกรมสำหรับการประเมินที่ถูกพัฒนาขึ้นด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางไฟฟ้า เพื่อให้ทราบถึงสภาพการใช้งานปัจจุบันและการวางแผนซ่อมบำรุงและพัฒนาในอนาคต โดยการประเมินนี้ทำการประเมินสภาพหม้อแปลงขนาดพิกัด 550 kVA-110 MVA ที่ระดับแรงดันระหว่าง 22-525 kV จำนวน 13 ตัวซึ่งถูกใช้งานจริง ณ ปัจจุบัน ในสถานีไฟฟ้าแรงสูง โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 5 ชิ้นส่วนของหม้อแปลง คือ แกนเหล็ก ขดลวดแรงดันสูง ขดลวดแรงดันต่ำ ขดลวดตติยภูมิ รวมทั้งบุชชิ่ง ผลการประเมินจะใช้หลักเกณฑ์การคำนวณค่าน้ำหนักคะแนน และค่าระดับการประเมิน เพื่อให้เห็นถึงระดับสภาพของอุปกรณ์ที่ถูกใช้งาน จากผลการประเมินสภาพหม้อแปลงพบว่าโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถประเมินผลให้เห็นถึงสภาพระดับการใช้ของอุปกรณ์แต่ละส่วนโดยรวมของหม้อแปลงทั้ง 13 ตัว เพื่อสามารถนำผลไปใช้วางแผนงานได้ต่อไป

Abstract

This paper presents a developed program by using an electrical test method for condition evaluation of power transformers to be able to know and assess the equipment operation and maintenance. Used in actual application, the thirteen transformers have rating of 550 kVA to 110 MVA at the voltage levels from 22 to 525 kV. Furthermore, five parts of power transformer considered to evaluate those conditions consist of Core, High-Voltage Winding, Low-Voltage Winding, Tertiary Winding, and Bushing. Besides, weight and score criteria are used for evaluating the equipment performance. Finally, the sequent results of the condition evaluation of power transformers show out the developed program could effectively evaluate. Among those useful results, that can be applied to further planning and application.

1. บทนำ

หม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูงเป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทสำคัญตัวหนึ่งในสถานีไฟฟ้าแรงสูง เพื่อใช้เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าหรือขนาดของกระแสไฟฟ้า โดยปกติจะใช้เชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าแรงสูง และระบบไฟฟ้าแรงต่ำ หม้อแปลงจึงเป็นอุปกรณ์หลักในระบบส่งกำลังไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้ถ้าหม้อแปลงไฟฟ้าเกิดความเสียหายทันทีทันใดย่อมส่งผลต่อความเสถียรภาพต่อระบบไฟฟ้า [1] ด้วยเหตุนี้ผู้ดูแลระบบดังกล่าวจึงต้องทำการตรวจเช็คสภาพการใช้งานอย่างต่อเนื่องเพื่อลดปัญญาความรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นได้นั้น ดังนั้นในบทความนี้ได้นำเสนอถึงวิธีการประเมินสภาพหม้อแปลงด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้หลักเกณฑ์การประเมินในแต่ละส่วนของอุปกรณ์ในหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ คือ แกนเหล็ก ขดลวดแรงดันสูง ขดลวดแรงดันต่ำ ขดลวดตติยภูมิ รวมทั้งบุชชิ่ง ซึ่งหลักเกณฑ์การประเมินสภาพนี้ได้อ้างอิงค่าการกำหนดน้ำหนักคะแนน ของสภาพการใช้งานตามระดับการประเมิน ตามผลการสรุปรายงานการประเมินสภาพหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย [2] ซึ่งการวิเคราะห์ผลการประเมินนี้ได้ถูกประเมินผ่านโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กซ์เซล โดยใช้ข้อมูลจากผลการวัดจริง และการคำนวณค่าต่างๆของอุปกรณ์แต่ละส่วน รวมทั้งประเมินสภาพโดยรวมของหม้อแปลง โดยข้อมูลต่างๆจะถูกคำนวณ เพื่อจัดระดับสภาพตาม Score ที่กำหนดไว้ โดยมี 5 ระดับด้วยกัน คือ ดี ยอมรับได้ ต้องการการตรวจสอบ แย่ ต้องการการบำรุงรักษา สุดท้ายแล้วจะได้ทราบค่าของน้ำหนักคะแนน ที่กำหนดความสำคัญสำหรับการบำรุงรักษา [2] แสดงผลบนโปรแกรมเป็นระดับคะแนน 0-4 อีกทั้งผลการประเมินนี้สามารถนำไปใช้เพื่อการวางแผนการจัดซื้ออุปกรณ์สำรองได้ในอนาคต

2. ทฤษฎีการทดสอบทางไฟฟ้า

2.1 การวัดค่าความต้านทานฉนวน (Winding insulation resistance measurement)

การตรวจสอบการเสื่อมสภาพของฉนวน เพื่อประเมินหาความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ๆ ในขณะใช้งาน หรือช่วยในการประเมินคุณภาพของการบำรุงรักษา จึงนับว่าเป็นการป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อจำกัดการลดระยะเวลาที่หม้อแปลงหยุดทำงาน รวมถึงป้องกันการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน การทดสอบความเป็นฉนวน ตรวจสอบค่าความต้านทานของฉนวนนั้นว่า

ยังคงปกติอยู่ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ สามารถหาค่าอัตราส่วนความต้านทานฉนวนได้จากสมการ

$$PI = R_{10\,min} / R_{1\,min} \quad (1)$$

โดย $R_{10\,min}$ และ $R_{1\,min}$ (MΩ) คือ ความต้านทานฉนวนที่เวลา 10 นาทีและความต้านทานฉนวนที่เวลา 1 นาที

ตารางที่ 1 วัดค่าความต้านทานที่ 2500 V ของหม้อแปลงตัวที่ 10

TEST	R (MΩ) AT ANY TIMES (min.)										PI
Vdc.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2500	2570	3360	3830	4120	4350	4520	4680	4800	4900	4990	1.94
2500	1350	2000	2490	2930	3300	3620	3890	4140	4360	4560	3.38

2.2 การวัดค่าตัวประกอบกำลังของฉนวนบุชชิ่ง (Bushing insulation power factor measurement)

บุชชิ่งของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแรงสูงมักเกิดการเสียหายจากปัญหาของฉนวนและความเครียดจากอุณหภูมิ ถ้าหากบุชชิ่งเสียหายแล้วจะส่งผลต่อผู้ใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง จำเป็นต้องดับไฟฉุกเฉิน โดยบางครั้งอาจส่งผลให้ขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าภายในเสียหายได้อีกด้วย การวัดค่าของตัวประกอบกำลังและตัวเก็บประจุไฟฟ้า จะเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์และน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์บุชชิ่ง การทดสอบค่าตัวประกอบกำลังที่วัดได้เทียบกับค่ากำหนดจากแผ่นป้ายประจำตัวหม้อแปลง ว่ามีความคลาดเคลื่อนไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้หรือไม่ สามารถหาค่าตัวประกอบกำลังของฉนวนบุชชิ่งได้จากสมการ

$$\%PF = [P/(V \times I)] \times 100 \quad (2)$$

โดย P (W), V (V) , I (A) คือ กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 2 วัดค่ากระแสและวัตต์ที่แรงดัน 10 kV ของหม้อแปลงตัวที่ 10

PHASE	V (kV)	I (mA)	P (Watt)	% PF	CAPACITANCE (pF)
		AVG.	AVG.	AVG.	AVG.
H1 (C1)	10	0.899	0.017	0.19	286.05
H1 (C2)	2	2.721	0.086	0.32	865.77
H2 (C1)	10	0.906	0.019	0.21	288.27
H2 (C2)	2	2.863	0.088	0.31	910.95
H3 (C1)	10	0.916	0.019	0.21	291.45
H3 (C2)	2	2.456	0.078	0.32	781.45

2.3 การวัดค่าความต้านทานการรั่วไหลต่อหนึ่งเฟส (Single phase leakage impedance measurement)

อิมพีแดนซ์เป็นสิ่งทั้งหมดในวงจรที่ขวางการไหลของกระแส มีความคล้ายกับความต้านทาน แต่ต้องคำนึงถึงผลกระทบของความจุและการเหนี่ยวนำ ถ้าหากความถี่ของกระแสที่ไหลผ่านวงจรมีการเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่ออิมพีแดนซ์ของตัวความจุและตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งความจุและตัวเหนี่ยวนำทำให้เกิดการเคลื่อนเฟสระหว่างกระแสและแรงดัน ทำให้ความต้านทานและรีแอคแตนซ์ไม่สามารถรวมกันเป็นอิมพีแดนซ์ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลว่าหม้อแปลงที่มีค่าความต้านทานการไหลแตกต่างกันระหว่างเฟสและแตกต่างกับค่าที่วัดได้จากแผ่นป้ายประจำตัวหม้อแปลงว่าอยู่ในช่วงที่รับได้หรือไม่ สามารถหาค่าความแตกต่างของความต้านทานการไหลสูงสุดได้จากสมการ

$$\%Max\ Deviation = [(Z_c - Z_n)/Z_n] \times 100 \quad (3)$$

โดย Z_c และ Z_n (Ω) คือ ค่าความต้านทานที่ได้จากการคำนวณและค่าความต้านทานที่อ่านได้จากแผ่นป้ายประจำตัวหม้อแปลง

ตารางที่ 3 วัดค่าแรงดันตามแทปที่กำหนด โดยกระแสทดสอบเป็น 2 A ของหม้อแปลงตัวที่ 10

HV WDG.	WDG. ENERGIZE H1-H2			WDG. ENERGIZE H2-H3			WDG. ENERGIZE H3-H1		
7L TAP	WDG. SHORT X1-X0			WDG. SHORT X2-X0			WDG. SHORT X3-X0		
LV WDG.	V (V)	I (A)	Z_c (Ω)	V (V)	I (A)	Z_c (Ω)	V (V)	I (A)	Z_c (Ω)
TAP	247.5	2	123.75	246.28	2	123.14	245.9	2	122.95
Z_n (Ω)			123.71			123.21			123.15
% DEVIATION			0.03			0.06			0.16
%Max Deviation							0.16		

2.4 การวัดค่ากระแสลัดวงจรต่อสามเฟส (Three phase equivalent short circuit measurement)

การคำนวณค่ากระแสลัดวงจร เป็นสิ่งจำเป็นที่สุดอย่างหนึ่งของการออกแบบระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องทราบค่ากระแสลัดวงจรล่วงหน้า เพื่อที่จะได้เลือกบริภัณฑ์ที่ทนกระแสลัดวงจรที่เหมาะสม ถ้าหากเลือกใช้บริภัณฑ์ที่ทนกระแสลัดวงจรไม่เพียงพอ อาจจะเกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินและชีวิตเมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้น ค่าความต้านทานที่ได้จากการคำนวณเทียบกับค่าที่วัดได้จากแผ่นป้ายประจำตัวหม้อแปลงไม่ควรเกิน 3% สามารถหาค่าความต้านทานและค่าความผิดพลาดความต้านทานสูงสุดได้จากสมการ

$$\%Z = \sum Z_m \times S_{3\Phi} / (60 \times V^2) \quad (4)$$

โดย $\sum Z_m$ (Ω),$S_{3\Phi}$ (kVA), และ V (kV) คือ ผลรวมของความต้านทานการไหลของการวัดในแต่ละคู่, พิกัดของขดลวดที่ป้อน, และแรงดันพิกัดของขดลวดชุดที่วัด ณ ตำแหน่งแทปที่ทดสอบ

$$\%Max\ \varepsilon = \left|[(\%Z - \%Z_n)/\ \%Z_n]\right| \times 100 \quad (5)$$

โดย %Z (Ω) และ $\%Z_n$ (Ω) คือ ค่าความต้านทานและค่าความต้านทานที่อ่านได้จากแผ่นป้ายประจำตัวหม้อแปลง

ตารางที่ 4 วัดค่าแรงดันตามแทปที่กำหนด โดยกระแสทดสอบเป็น 3 A ของหม้อแปลงตัวที่ 10

HV WEG.	WDG. ENERGIZE H1-H2			WDG. ENERGIZE H2-H3			WDG. ENERGIZE H3-H1		
10R TAP	WDG. SHORT X1-X2-X3			WDG. SHORT X1-X2-X3			WDG. SHORT X1-X2-X3		
LV WEG.	V (kV)	I (A)	Z_m(Ω)	V (kV)	I (A)	Z_m(Ω)	V (kV)	I (A)	Z_m(Ω)
TAP	133.41	3	44.47	132.9	3	44.30	132.95	3	44.32
$\%Z_n$= 11.66				%Z = 11.61			%Max ε= 0.43		

2.5 การวัดค่ากระแสกระตุ้น (Exciting current measurement)

กระแสกระตุ้น เกิดจากขดลวดด้านปฐมภูมิได้รับแรงดันและขดลวดทุติยภูมิอยู่ในสภาพเปิดวงจร ทำให้เกิดค่ากระแสปริมาณหนึ่งไหลในขดลวด

และมีผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดทั้งสอง การวัดค่ากระแสกระตุ้น โดยการวัดทุกแทปและทุกเฟสของหม้อแปลงเรียงตามลำดับเฟสในขณะทำการวัดขดลวดที่มีแทปปรับแรงดันในลักษณะของตัวปรับแทป โดยตัวแปรยังคงปรับค่าไว้ที่แรงดันตามที่กำหนด ให้สังเกตเข็มของเครื่องวัดกระแสว่ามีการแกว่งที่ผิดปกติหรือไม่ เพื่อเป็นการตรวจสอบการทำงานของไดเวอร์เตอร์สวิตซ์ สามารถหาค่ากระแสกระตุ้นสูงสุด ได้จากสมการ

$$\%\text{Max } I_{diff} = \text{Max } [I_{rated}] \quad (6)$$

โดย I_{rated} (A) คือ กระแสที่วัดได้แต่ละแทป

ตารางที่ 5 วัดค่ากระแสที่แรงดัน 200 V ของหม้อแปลงตัวที่ 10

HV WDG.	TERMINAL H1-H2		TERMINAL H2-H3		TERMINA H3-H1	
TAP	(V)	I_{rated} (mA)	(V.)	I_{rated} (mA)	(V)	I_{rated} (mA)
7L	200	1.374	200	1.666	200	1.658
6L	200	1.393	200	1.69	200	1.688
5L	200	1.429	200	1.717	200	1.722
4L	200	1.45	200	1.751	200	1.752
3L	200	1.486	200	1.786	200	1.79
2L	200	1.496	200	1.825	200	1.826
1L	200	1.533	200	1.855	200	1.863
N	200	1.56	200	1.893	200	1.902
1R	200	1.586	200	1.93	200	1.935
2R	200	1.613	200	1.966	200	1.976
3R	200	1.674	200	2.045	200	2.053
4R	200	1.71	200	2.09	200	2.099
5R	200	1.748	200	2.135	200	2.149
6R	200	1.791	200	2.177	200	2.198
7R	200	1.835	200	2.235	200	2.255
8R	200	1.875	200	2.287	200	2.308
9R	200	1.925	200	2.335	200	2.369
10R	200	1.975	200	2.39	200	2.441
%Max I_{diff}						2.441

2.6 การวัดค่าความต้านทานฉนวนกระแสตรง (Insulation resistance measurement)

การทดสอบค่าความต้านทานฉนวนไฟฟ้า เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร ป้องกันตัวบุคคล และการลดระยะเวลาที่หม้อแปลงหยุดทำงาน การทดสอบค่าความต้านทานฉนวนไฟฟ้าเป็นการตรวจจับการเสื่อมของฉนวน แล้วบันทึกลงในตารางการซ่อมแซม เพื่อเป็นการช่วยประเมินคุณภาพของการซ่อมแซม ก่อนที่อุปกรณ์ไฟฟ้าจะถูกนำกลับไปใช้งานอีกครั้ง การทดสอบค่าความต้านทานฉนวนของขดลวดของทุกเฟสเทียบกับค่าทดสอบความต้านทานของขดลวดตัวที่เหลือ เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าค่าที่ได้อยู่ในระดับที่สามารถรับได้หรือไม่ สามารถหาค่าความผิดพลาดระหว่างเฟสสูงสุดได้จากสมการ

$$\%\text{ Max } \varepsilon \text{ btw phase} = \text{Max } [(R_{M.Ph}-R_{m.Ph})/ R_{m.Ph}]\times 100 \quad (7)$$

โดย $R_{M.Ph}$ และ $R_{m.Ph}$ (Ω) คือ ค่าความต้านทานระหว่างเฟสสูงสุดและค่าความต้านทานระหว่างเฟสต่ำสุด

ตารางที่ 6 วัดค่าแรงดัน โดยทดสอบด้วยกระแส 5 A ของหม้อแปลงตัวที่ 10

HV.WDG	TERMINAL H1-H2			TERMINAL H2-H3			TERMINAL H3-H1			%Max ε
	DC	DC	R_{Ph} (Ω)	DC	DC	R_{Ph} (Ω)	DC	DC	R_{Ph} (Ω)	btw
TAP	(V)	(A)		V (V)	I (A)		(V)	(A)		phase
7L	4.020	5.000	0.804	4.020	5.000	0.804	4.000	5.000	0.800	0.500
6L	3.935	5.000	0.787	3.940	5.000	0.788	3.920	5.000	0.784	0.510
5L	3.865	5.000	0.773	3.865	5.000	0.773	3.845	5.000	0.769	0.520
4L	3.785	5.000	0.757	3.785	5.000	0.757	3.765	5.000	0.753	0.531
3L	3.710	5.000	0.742	3.710	5.000	0.742	3.690	5.000	0.738	0.542
2L	3.635	5.000	0.727	3.635	5.000	0.727	3.620	5.000	0.724	0.414
1L	3.560	5.000	0.712	3.560	5.000	0.712	3.550	5.000	0.710	0.282
N	3.485	5.000	0.697	3.490	5.000	0.698	3.475	5.000	0.695	0.432
1R	3.420	5.000	0.684	3.420	5.000	0.684	3.410	5.000	0.682	0.293
2R	3.320	5.000	0.664	3.320	5.000	0.664	3.320	5.000	0.664	0.000
3R	3.455	5.000	0.691	3.500	5.000	0.700	3.485	5.000	0.697	1.302
4R	3.540	5.000	0.708	3.570	5.000	0.714	3.565	5.000	0.713	0.840
% Max ε btw phase										1.302

2.7 การทดสอบค่าอัตราส่วนของขดลวด (Ratio test)

เป็นการทดสอบการต่อเชื่อมของระบบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ควรทำการทดสอบนี้ตอนติดตั้ง ก่อนที่จะทำการทดสอบในหัวข้ออื่น ๆ ต่อไป การทดสอบค่าอัตราส่วนระหว่างแรงดันที่กำหนดของขดลวดเทียบกับค่าที่กำหนดจากแผ่นป้ายประจำตัวหม้อแปลง ว่าถูกต้องและมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงพิกัดมาตรฐานหรือไม่ สามารถหาค่าอัตราส่วนขดลวดสูงสุดได้จากสมการ

$$\%\text{Max } \varepsilon = [(R_m - R_{rated})/R_{rated}]\times 100 \quad (8)$$

โดย R_m และ R_{rated} คือ ค่าอัตราส่วนของขดลวดที่วัดได้และค่าอัตราส่วนของขดลวดจากแผ่นป้ายประจำตัวหม้อแปลง

ตารางที่ 7 ผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนระหว่างค่าที่คำนวณกับแผ่นป้ายประจำตัวหม้อแปลงของหม้อแปลงตัวที่ 13

LV WDG.	VOLTAGE (V)		RATED	TERMINAL H1-H0/X1-X0		TERMINAL H2-H0/X2-X0		TERMINAL H3-H0/X3-X0	
TAP	HV	LV	R_m	R_{rated}	% ε	R_{rated}	% ε	R_{rated}	% ε
8L	231000	103500	2.2319	2.2289	-0.1337	2.2277	-0.1875	2.2288	-0.1382
2L	231000	113600	2.0335	2.0369	0.1696	2.0362	0.1352	2.0363	0.1401
1L	231000	114300	2.0210	2.0219	0.0447	2.0214	0.0199	2.0218	0.0397
N	231000	115000	2.0087	2.0121	0.1695	2.0117	0.1496	2.0118	0.1545
1R	231000	115700	1.9965	2.0026	0.3034	2.0018	0.2633	2.0022	0.2834
2R	231000	116400	1.9845	1.9883	0.1897	1.9873	0.1393	1.9877	0.1594
8R	231000	126500	1.8261	1.8341	0.4388	1.8335	0.4060	1.8335	0.4060
%Max ε					0.4388				

3. ประเมินผลด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางไฟฟ้า

ผลการประเมินด้วยการใช้ผลค่าน้ำหนักคะแนนและค่าคะแนนการประเมินแสดงในตารางที่ 8 สามารถหาค่ารายละเอียดส่วนประกอบได้จากสมการ

$$\%Factor = [(\sum(S_i \times W_i)/(\sum W_i \times 5))] \times 100 \quad (9)$$

โดย S_i และ W_i คือ คะแนนการประเมินและค่าน้ำหนักคะแนนการประเมินรายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ ของหม้อแปลง เช่น การวัดค่าความต้านทานฉนวน, การวัดค่าตัวประกอบกำลังของฉนวนบุชชิ่ง, การวัดค่าความต้านทานการรั่วไหลต่อหนึ่งเฟส, การวัดค่ากระแสลัดวงจรต่อสามเฟส, การวัดค่ากระแสกระตุ้น, การวัดค่าความต้านทานฉนวนกระแสตรง, และการทดสอบค่าอัตราส่วนของขดลวด ผลการทดสอบที่ได้จะถูกประเมินด้วยคะแนนการประเมินและค่าน้ำหนักคะแนนตามตารางที่ 8 โดยค่าที่ไม่สามารถวัดได้ให้มีคะแนนการประเมินเป็น 1

ตารางที่ 8 ผลการประเมินหม้อแปลงของหม้อแปลงตัวที่ 10

Testing	Evaluation	ผลการทดสอบ	Si	Wi	%Factor	HIF	Condition
Exciting Current	%Max.I_{diff}:200V	2.441	2	3	22	3	ยอมรับได้
	%Max.I_{diff}:10kV	-	1	3			
1Φ Leakage Impedance	%Max Deviation: HV-to-LV	0.16	1	4			
	%Max Deviation: HV-to-TV	-	1	4			
3Φ Equivalent Leakage	%Max Error: HV-to-LV	0.43	1	4			
	%Max Error: HV-to-TV	-	1	4			
Ratio	%Max Error: HV-to-LV	-	1	4			
	%Max Error: HV-to-TV	-	1	4			
DC Winding Resistance	%Max.Error btw Phase	1.302	2	3			
	%Max.Error btw Commis.&Phase	-	1	3			
Winding Insulation	%Max. PF	0.208	1	5			
	%Max. Cap	-	1	4			
	PI	3.38	1	4			

ผลการประเมินรายละเอียดส่วนประกอบที่ได้จะถูกนำมาเทียบกับตารางที่ 9 เพื่อทำการตรวจสอบหม้อแปลงตัวดังกล่าวว่าอยู่ในสภาพใด โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับด้วยกัน คือ ดี ยอมรับได้ ต้องการการตรวจสอบ แย่ ต้องการการบำรุงรักษา

ตารางที่ 9 คุณลักษณะของหม้อแปลง

HIF	Condition	Description %Factor		
4	Good		<	20
3	Acceptable	20	-	30
2	Need Caution	30	-	40
1	Poor	40	-	50
0	Very Poor		>	50

4. สรุปผลการประเมิน

ผลการประเมินด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าของทั้ง 5 อุปกรณ์ในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจำนวนทั้งหมด 13 ตัว ทั้งนี้ประเมินด้วยการใช้ค่าน้ำหนักคะแนนและค่าคะแนนการประเมิน ทำให้ผลการทดสอบออกมาเป็นดังนี้

1. หม้อแปลงจำนวน 11 ตัว มีผลการทดสอบเป็นยอมรับได้

2. หม้อแปลงจำนวน 2 ตัว มีผลการทดสอบเป็นต้องการการตรวจสอบ ซึ่งผลการทดสอบที่ออกมาเป็นยอมรับได้ สามารถยอมรับให้ปฏิบัติงานต่อไปได้ แต่ผลทดสอบที่ออกมาเป็นต้องการการตรวจสอบอาจจะต้องมีการซ่อมบำรุงแก้ไขก่อน จึงจะทำการปฏิบัติงานอีกครั้ง

ตารางที่ 10 สรุปผลการประเมินของหม้อแปลงจำนวน 13 ตัว

TR	Rated kVA	V_{Rated} (kV)	%Factor	HIF	Condition
1	55000	525	23	3	ยอมรับได้
2	550	33	22	3	ยอมรับได้
3	110000	525	20	3	ยอมรับได้
4	550	33	23	3	ยอมรับได้
5	25000	115-22	28	3	ยอมรับได้
6	-	230/121-22	23	3	ยอมรับได้
7	-	230/121-22	23	3	ยอมรับได้
8	-	230/115-22	27	3	ยอมรับได้
9	50000	115-22	25	3	ยอมรับได้
10	50000	115-22	22	3	ยอมรับได้
11	-	230/115-22	31	2	ต้องการการตรวจสอบ
12	16500	230/115-22	30	2	ต้องการการตรวจสอบ
13	-	230/115-22	26	3	ยอมรับได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] https://th.wikipedia.org/wiki/หม้อแปลงไฟฟ้า

[2] T. Suwanasri, R. Phadungthin and C. Suwanasri, (ค.ศ. 2013): "Asset Management of Power Transformer in High Voltage Substation" ECTI TRANSACTIONS ON ELECTRICAL ENG., ELECTRONICS, AND COMMUNICATIONS VOL.11, NO.1 February 2013 (SCORPUS)

[3] มาตรฐานทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. มท. กฟผ. 1-2546

[4] www.retc.ac.th/v3/kru_pitoon/2/2.doc

[5] web.eng.ac.th/eng2012/enmis/doc/project/complete/2013_05_20_19_39_48.pdf

[6] www.charoenchai.com/File/TransformerAndMaintenance.pdf

[7] Montri.rmutl.ac.th/old/ee/04210210machine/2_transformer.pdf

[8] Montri.rmutl.ac.th/old/ee/04210436Design/011.pdf

[9] www.measurestation.com/2015/ติดตามสภาพบุชชิ่ง-bushing-real-time

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9
9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคธาลัสซีเมียในประเทศไทย

Mathematical Model Formulation of Thalassemia Disease in Thailand

พันธนี พงศ์สัมพันธ์
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพฯ E-mail: kppuntan@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการลดแนวโน้มของจำนวนผู้ที่จะป่วยเป็นโรคธาลัสซีเมียในประเทศไทย ผู้จัดทำได้ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการลดการระบาดของโรคทางพันธุกรรมชนิดนี้ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ได้จากการศึกษากลไกการจับคู่กันของเชื้อที่ทำให้เกิดโรคธาลัสซีเมีย และผลเฉลยเชิงตัวเลขได้นำมาแสดงเพื่อใช้เป็นแนวทางหาวิธีการลดจำนวนผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมียในประเทศไทย

คำสำคัญ: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, โรคธาลัสซีเมีย, โรคทางพันธุกรรม

Abstract

The purpose of this article is to decrease the trend of Thalassemia disease in Thailand. We apply the mathematical knowledge for finding the appropriated model. This will be helpful for reducing genetic disease in Thailand. The mathematical model is created by learning mechanism of genetic transmission of Thalassemia disease. The numerical results are shown to be the way for decreasing the cases of Thalassemia disease in Thailand.

Keywords: Mathematical model, Thalassemia, Genetic disease

1. บทนำ

โรคธาลัสซีเมีย (Thalassaemia) เป็นโรคเลือดจางที่มีสาเหตุมาจากความผิดปกติทางพันธุกรรม ทำให้มีการสร้างโปรตีนที่เป็นส่วนสำคัญของเม็ดเลือดผิดปกติ จึงทำให้เม็ดเลือดแดงมีอายุสั้นกว่าปกติ แตกง่ายและถูกทำลายง่าย ผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้จึงมีเลือดจางสามารถพบได้ทั้งหญิงและชายปริมาณเท่าๆ กัน โรคนี้ถ่ายทอดมาจากพ่อ และแม่ทางพันธุกรรม [1-2] โรคนี้พบได้ทั่วโลก และพบมากในประเทศไทย เมื่อบุตรได้รับการถ่ายทอดจะทำให้มีการสร้างฮีโมโกลบินที่ผิดปกติส่งผลให้เม็ดเลือดแดงแตกง่าย และมีอายุสั้นลง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผู้ป่วยเกิดภาวะซีดหรือมีโลหิตจางเรื้อรัง ระดับความรุนแรงของโรคนี้จะแตกต่างกันโดยที่หากผู้ป่วยอาการรุนแรงจะมีอาการซีด ตาเหลือง ตับโต ม้ามโต ใบหน้าเปลี่ยน ดั้งจมูกแบนแฟบ กะโหลกศีรษะหนา โหนกแก้มสูง คางและขากรรไกรกว้าง ฟันบนยื่น กระดูกบางเปราะง่าย ผิวหนังดำคล้ำ ร่างกายเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ในบางรายอาจมีอาการรุนแรงมากจนถึงขั้นเสียชีวิตตั้งแต่อยู่ในครรภ์หรือหลังคลอดภายใน 24 ชั่วโมงได้ [3] การถ่ายทอดทางพันธุกรรมเกิดขึ้นเนื่องจากยีนที่ควบคุมการสร้างฮีโมโกลบินที่มีเป็นคู่นั้นเกิดการผิดปกติ โดยคนที่มียีนการสร้างฮีโมโกลบินผิดปกติเพียงข้างเดียวจะไม่แสดงอาการของโรคแต่ยังคงมียีนผิดปกติแฝงอยู่ ซึ่งเรียกว่าเป็นพาหะ (thalassemia trait หรือ thalassemia carrier) การเป็นพาหะนี้สามารถถ่ายทอดไปสู่บุตรหลานได้ โดยมีอัตราร้อยละ 30-40 คือประมาณ 20-25 ล้านคน โดยประเทศไทยพบผู้ป่วยโรคนี้ร้อยละ 1 หรือประมาณ 6 แสนคน เมื่อคนที่เป็นพาหะแต่งงานกันและพบยีนผิดปกติร่วมกัน ก็อาจมีบุตรที่เกิดโรคนี้ได้ โรคธาลัสซีเมียในประเทศไทยมีมากกว่า 60 ชนิดเป็นโรคกรรมพันธุ์ที่เป็นตลอดชีวิต ที่พบมี 2 ชนิด คือแอลฟาและเบต้าธาลัสซีเมีย มีความรุนแรงของโรคที่แตกต่างกันตั้งแต่ มีอาการน้อยมากจนถึงรุนแรงมากถึงขั้นเสียชีวิตในวัยแรกเกิด วัยเด็ก ผู้ป่วยธาลัสซีเมียชนิดเดียวกันยังมีความรุนแรงของโรคคล้ายคลึงกัน คนไทยทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบได้บ่อยกว่าภาคอื่น คนเหล่านี้ถ้าไปแต่งงานกับผู้ที่มียีนแฝงแต่ละครั้งของการมีครรภ์ ก็มีโอกาสที่บุตรจะเป็นธาลัสซีเมีย ได้ 25% [4] Fisher, Haldane, and Wright เป็นผู้ริเริ่มการประยุกต์ใช้ความรู้ทางแบบจำลองคณิตศาสตร์กับพันธุกรรม [5-6] หลังจากนั้นพบงานวิจัยทางด้านนี้เพิ่มขึ้น [7-8]ในงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคธาลัสซีเมียโดยพิจารณาความเสี่ยงของการเป็นโรคนี้และนำเสนอความน่าจะเป็นที่บุตรสามารถเป็นโรคนี้จากการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในบทความนี้พิจารณาการสร้างแบบจำลองของประชากรโดยพิจารณา ความเสี่ยงในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของโรคธาลัสซีเมีย กำหนดให้หน่วยพันธุกรรมหรือยีน (gene) แทนโดย

MM แทน คนปกติ
Mm แทน คนที่เป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมีย; Mm เท่ากับ mM
mm แทน คนที่เป็นโรคธาลัสซีเมีย และ
a แทนสัดส่วนของยีน MM
b แทนสัดส่วนของยีน Mm
c แทนสัดส่วนของยีน mm

ตารางที่ 1 ตารางลักษณะทางพันธุกรรม

ลักษณะทางพันธุกรรม			บิดา		
			MM	Mm	mm
		สัดส่วน	a	b	c
ของยีน%					
มารดา	MM	a	a^2	ab	ac
	Mm	b	ba	b^2	bc
	mm	c	ca	cb	c^2

ตารางที่ 1 สามารถอธิบายโดยแผนภาพแสดงความเสี่ยงในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของโรคธาลัสซีเมีย

กำหนดสัญลักษณ์ดังนี้

แทน คนปกติ
แทน คนที่เป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมีย
แทน คนที่เป็นโรคธาลัสซีเมีย

โดยพิจารณาเป็นกรณีได้ ดังนี้

กรณีที่ 1 กรณีที่บิดา และมารดาปกติทั้งคู่ สำหรับกรณีนี้ให้ ยีนบิดา คือ x และยีนมารดา คือ a ดังนั้น การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา จะได้ a^2

รูปที่ 1 กรณีที่ทั้งบิดาและมารดาปกติทั้งคู่ ในการตั้งครรภ์แต่ละครั้ง โอกาสที่บุตรจะเป็นปกติ เท่ากับร้อยละ 100 ในกรณีนี้จึงไม่มีบุตรที่ป่วยเป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมีย และไม่มีบุตรที่เป็นโรคธาลัสซีเมีย

กรณีที่ 2 กรณีที่บิดา หรือมารดาปกติ และอีกฝ่ายเป็นพาหะธาลัสซีเมียเพียงคนเดียว สำหรับกรณีนี้สามารถคิดได้ 2 กรณี คือ กรณีแรกให้ ยีนบิดา คือ a และยีนมารดา คือ b จะได้การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา ab อีกกรณีคือ ให้ ยีนบิดา คือ b และยีนมารดา คือ a จะได้การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา ba ซึ่ง $ab = ba$ ดังนั้น การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา จะได้ $ab + ba = 2ab$

รูปที่ 2 กรณีที่บิดา หรือมารดาปกติ และอีกฝ่ายเป็นพาหะธาลัสซีเมียเพียงคนเดียว (ปกติ 1 คน เป็นพาหะ 1 คน) ในการตั้งครรภ์แต่ละครั้งโอกาสที่จะมีบุตรปกติเท่ากับร้อยละ 50 หรือ 2 ใน 4 ของการตั้งครรภ์แต่ละครั้ง โอกาสที่บุตรจะเป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมียเท่ากับ ร้อยละ 50 หรือ 2 ใน 4

กรณีที่ 3 กรณีที่บิดาปกติ หรือมารดาปกติ และอีกฝ่ายเป็นโรคธาลัสซีเมียเพียงคนเดียว สำหรับกรณีนี้สามารถคิดได้ 2 กรณี คือ กรณีแรกให้ ยีนบิดา คือ a และยีนมารดา คือ c จะได้การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา ac อีกกรณีคือ ให้ยีนบิดา คือ c และยีนมารดา คือ a จะได้การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา ca ซึ่ง $ac = ca$ ดังนั้น การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา จะได้ $ac + ca = 2ac$

รูปที่ 3 กรณีที่บิดาปกติ หรือมารดาปกติ และอีกฝ่ายเป็นโรคธาลัสซีเมียเพียงคนเดียว (ปกติ 1 คนเป็นโรค 1 คน) ในการตั้งครรภ์แต่ละครั้งบุตร

ทุกคนจะเป็นพาหะเท่ากับร้อยละ 100 ในกรณีนี้จึงไม่มีบุตรที่ป่วยเป็นโรคธาลัสซีเมีย และไม่มีบุตรที่เป็นปกติด้วย

กรณีที่ 4 กรณีที่บิดา และมารดาเป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมียทั้งคู่ สำหรับกรณีนี้ให้ยีนบิดา คือ b และยีนมารดา คือ b ดังนั้น การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา จะได้ b^2

รูปที่ 4 กรณีที่บิดา และมารดาเป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมียทั้งคู่ ในการตั้งครรภ์แต่ละครั้งโอกาสที่บุตรจะเป็นปกติ เท่ากับ ร้อยละ 25 หรือ 1 ใน 4 ในการตั้งครรภ์แต่ละครั้งโอกาสที่บุตรจะเป็นพาหะ เท่ากับ ร้อยละ 50 หรือ 2 ใน 4 ในการตั้งครรภ์แต่ละครั้งโอกาสที่จะมีบุตรจะเป็นโรคธาลัสซีเมีย เท่ากับ ร้อยละ 25 หรือ 1 ใน 4

กรณีที่ 5 กรณีที่บิดา หรือมารดาเป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมีย และอีกฝ่ายเป็นโรคธาลัสซีเมียเพียงคนเดียว สำหรับกรณีนี้สามารถคิดได้ 2 กรณี คือ กรณีแรกให้ ยีนบิดา คือ b และยีนมารดา คือ c จะได้การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา bc กรณีที่ 2 ให้ ยีนบิดา คือ c และยีนมารดา คือ b จะได้การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา cb ซึ่ง $bc = cb$ ดังนั้น การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา จะได้ $bc + cb = 2bc$

รูปที่ 5 กรณีที่บิดา หรือมารดาเป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมีย และอีกฝ่ายเป็นโรคธาลัสซีเมียเพียงคนเดียว(เป็นพาหะ 1 คน เป็นโรค 1 คน) ในการตั้งครรภ์แต่ละครั้งโอกาสที่บุตรจะป่วยเป็นโรคเท่ากับร้อยละ 50 หรือ 1 ใน 2 ในการตั้งครรภ์แต่ละครั้งโอกาสที่บุตรจะเป็นพาหะเท่ากับร้อยละ 50 หรือ 1 ใน 2 ในกรณีนี้จึงไม่มีบุตรที่เป็นปกติเลย

กรณีที่ 6 กรณีที่บิดา และมารดาเป็นโรคธาลัสซีเมียทั้งคู่ สำหรับกรณีนี้ให้ยีนบิดา คือ c และยีนมารดา คือ c ดังนั้น การจับคู่ของยีนบิดาและมารดา จะได้ c^2

รูปที่ 6 กรณีที่บิดา และมารดาเป็นโรคธาลัสซีเมียทั้งคู่ ในการตั้งครรภ์แต่ละครั้งบุตรทุกคนจะป่วยเป็นโรคธาลัสซีเมียเท่ากับ ร้อยละ 100 ในกรณีนี้จึงไม่มีบุตรที่เป็นปกติเลย

ตารางที่ 2 สัดส่วนของพันธุกรรมในรุ่นลูก

ชนิดยีนของบิดา-มารดา	ผลรวมสัดส่วนของยีน	สัดส่วนของลักษณะทางพันธุกรรมในรุ่นลูก		
		MM	Mm	mm
$MM \times MM$	a^2	a^2	0	0
$MM \times Mm$	$2ab$	ab	ab	0
$MM \times mm$	$2ac$	0	$2ac$	0
$Mm \times Mm$	b^2	$b^2/4$	$b^2/2$	$b^2/4$
$Mm \times mm$	$2bc$	0	bc	bc
$mm \times mm$	c^2	0	0	c^2
ผลลัพธ์		$a^2 + ab + b^2/4$	$ab + 2ac + b^2/2 + bc$	$b^2/4 + bc + c^2$

จากตารางที่ 2 นำมาเขียนแบบจำลองได้ ดังนี้

$$a_{n+1} = a_n^2 + a_n b_n + \frac{b_n^2}{4},$$

$$b_{n+1} = a_n b_n + 2a_n c_n + \frac{b_n^2}{2} + b_n c_n, \qquad (1)$$

$$c_{n+1} = \frac{b_n^2}{4} + b_n c_n + c_n^2$$

โดยที่ $a_n + b_n + c_n = 1$ และ n แทน ประชากรรุ่นที่ n $(n = 0, 1, 2, ...)$

3. ผลเฉลยเชิงตัวเลข

ในหัวข้อนี้แสดงการประยุกต์ระบบสมการ (1) กับการเกิดโรคธาลัสซีเมีย พิจารณากรณีต่างๆดังนี้

กรณีที่ 1 สัดส่วนของยีน MM เท่ากับ 1 หรือ $a_0 = 1$ Mm เท่ากับ 0 หรือ $b_0 = 0$ mm เท่ากับ 0 หรือ $c_0 = 0$ จากระบบสมการ (1) จะได้สัดส่วนของยีนสำหรับรุ่นลูกแต่ละคนคือ
สัดส่วนของยีน MM เท่ากับ 1 Mm เท่ากับ 0 mm เท่ากับ 0 หรือ เปอร์เซ็นต์ที่บุตรแต่ละคนจะไม่เป็นโรคคือ 100%

กรณีที่ 2 สัดส่วนของยีน MM เท่ากับ 0 หรือ $a_0 = 0$ Mm เท่ากับ 0 หรือ $b_0 = 0$ mm เท่ากับ 1 หรือ $c_0 = 1$ จากระบบสมการ (1) จะได้สัดส่วนของยีนสำหรับรุ่นลูกแต่ละคนคือ สัดส่วนของยีน MM เท่ากับ 0 Mm เท่ากับ 0 mm เท่ากับ 1 หรือ
เปอร์เซ็นต์ที่บุตรแต่ละคนจะเป็นโรคคือ 100%

กรณีที่ 3 สัดส่วนของยีน MM เท่ากับ 0.5 หรือ $a_0 = 0.5$ Mm เท่ากับ 0.5 หรือ $b_0 = 0.5$ mm เท่ากับ 0 หรือ $c_0 = 0$ จากระบบสมการ (1) จะได้สัดส่วนของยีนสำหรับรุ่นลูกแต่ละคนคือ สัดส่วนของยีน MM เท่ากับ 0.56 Mm เท่ากับ 0.38 mm เท่ากับ 0.06 หรือ เปอร์เซ็นต์ที่บุตรแต่ละคนจะไม่เป็นโรคคือ 56% บุตรแต่ละคนจะเป็นพาหะคือ 38% และบุตรแต่ละคนจะเป็นโรคคือ 6%

กรณีที่ 4 สัดส่วนของยีน MM เท่ากับ 0.5 หรือ $a_0 = 0.5$ Mm เท่ากับ 0 หรือ $b_0 = 0$ mm เท่ากับ 0.5 หรือ $c_0 = 0.5$ จากระบบสมการ (1) จะได้สัดส่วนของยีนสำหรับรุ่นลูกแต่ละคนคือ
สัดส่วนของยีน MM เท่ากับ 0.25 Mm เท่ากับ 0.5 mm เท่ากับ 0.25 หรือ เปอร์เซ็นต์ที่บุตรแต่ละคนจะไม่เป็นโรคคือ 25% บุตรแต่ละคนจะเป็นพาหะคือ 50% และบุตรแต่ละคนจะเป็นโรคคือ 25%

กรณีที่ 5 สัดส่วนของยีน MM เท่ากับ 0.25 หรือ $a_0 = 0.25$ Mm เท่ากับ 0.25 หรือ $b_0 = 0.25$ mm เท่ากับ 0.5 หรือ $c_0 = 0.5$ จากระบบสมการ (1) จะได้สัดส่วนของยีนสำหรับรุ่นลูกแต่ละคนคือ
สัดส่วนของยีน MM เท่ากับ 0.14 Mm เท่ากับ 0.47 mm เท่ากับ 0.39 หรือ เปอร์เซ็นต์ที่บุตรแต่ละคนจะไม่เป็นโรคคือ 14% บุตรแต่ละคนจะเป็นพาหะคือ 47% และบุตรแต่ละคนจะเป็นโรคคือ 39%
สำหรับกรณีอื่นๆสามารถคำนวณความน่าจะเป็นการเกิดโรคจากระบบสมการ(1) ดังกล่าวข้างต้น สังเกตได้ว่าอัตราส่วนเริ่มต้น a_0, b_0 และ c_0 มีผลต่ออัตราส่วนของยีนในรุ่นถัดไปและพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป ผลที่ได้จากสมการจะลู่เข้าค่าคงที่ค่าๆหนึ่ง

4. สรุป

พันธุกรรมคือ ลักษณะต่างๆของสิ่งมีชีวิตที่ได้รับการถ่ายทอดจากสิ่งมีชีวิตรุ่นก่อนหน้าโดยสามารถถ่ายทอดส่งต่อจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่งได้ ศตวรรษที่ 18 เมนเดล เป็นผู้ที่ได้ค้นพบและอธิบายหลักของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม [9] โรคธาลัสซีเมียเป็นโรคที่ติดต่อทางพันธุกรรม ในงานวิจัยฉบับนี้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นำมาประยุกต์กับการเกิดโรคนี้ ผลที่ได้สามารถเป็นแนวทางศึกษาความน่าจะเป็นของการเป็นโรคของบุตรที่เกิดจากบิดา มารดาที่เป็นโรคนี้หรือเป็นพาหะของโรคนี้ ซึ่งสามารถพยากรณ์ผู้ที่เป็นโรคนี้ได้ในอนาคต

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางสาวจารุวรรณ หอมภูงา นางสาววิยะดา ถนอมเกียรติ และนางสาวศิริลักษณ์ แก้วมณี และ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

[1] “โรคเลือดจางธาลัสซีเมีย Thalassemia” (ออนไลน์) สืบค้นจาก: http:// www.thaiclinic.com/thalassemia.html

[2] “เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับโรคธาลัสซีเมีย” (ออนไลน์) สืบค้นจาก: http:// www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/articledetail.asp

[3] ต่อพงศ์ สงวนเสริมศรี และคณะ, “ธาลัสซีเมีย คู่มือการวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการ”, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เครือข่ายงานธาลัสซีเมียและมูลนิธิโรคโลหิตจางธาลัสซีเมียแห่งประเทศไทย, 2541.

[4] เพ็ญแข แดงสุวรรณ, “โรคธาลัสซีเมีย”, กรุงเทพฯ : ใกล้หมอ, 2548. มูลนิธิโลหิตจางธาลัสซีเมียแห่งประเทศไทย.ห้องสมุดกระทรวงสาธารณสุข.

[5] J.F. Crow and M.Kimura, An Introduction to population genetics theory, Harper and Row, New York, 1970

[6] Mathematical Genetics, [online] Avaiable at: http://www.genetics.ucla.edu/courses/hg236b/Lange_Chapter_PopGenetics.pdf

[7] N.Sargolzaie and E.Miri-Moghaddam, “A local equation for differential diagnosis of β-thalassemia trait and iron deficiency anemia by logistic regression analysis in Southeast Iran”, Hemoglobin, 38(5): 2014, pp.355-358.

[8] P.Pongsumpun, “Analysis of Difference Equations for Population Genetics”, KMITL Sci. Tech. J. 16(2), 2016, pp.12-19.

[9] พันธุกรรม คือ อะไร (ออนไลน์) สืบค้นจาก: http://www.thaibiotech.info/what-is-heredity.php

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

โมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัว

The Solar Plum Controller Module with Embedded System

อัญชลี พานิชเจริญ[1] ณัฐวุฒิ พานิชเจริญ[2] และ จารุกิตติ์ แสนใส[3]

[1, 2, 3]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก เลขที่ 41/1 ถนนพหลโยธิน หมู่ 7 ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

โทรศัพท์ 08 9857 4527 E-mail: anchalee_tak@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัว เพื่อประยุกต์ใช้กับระบบประปาครัวเรือนหรือการนำไปใช้ในระบบโซล่าปั๊ม โมดูลที่ออกแบบสร้างนี้มีความยืดหยุ่นสามารถประยุกต์ใช้งานได้ง่ายไม่ต้องออกแบบฮาร์ดแวร์หรือวงจรควบคุมใหม่ หากข้อกำหนดเปลี่ยนแปลงไปสามารถปรับเฟิร์มแวร์ก็สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวโมดูลหน่วยประมวลผลใช้ Raspberry Pi3 ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กมีประสิทธิภาพสูง มีอุปกรณ์ที่เอื้อต่อระบบสมองกลฝังตัว ซึ่งใช้ประกอบกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นทำให้โมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัวทำงานตามเงื่อนไขของระบบ การอ่านค่าแรงดันจากจุดทดสอบแรงดันของแผงเซลแสงอาทิตย์โดยอ่านค่าตั้งแต่แรงดัน 1 โวลต์ ถึง 20 โวลต์ มีค่าเที่ยงตรงสูงค่าเฉลี่ยความผิดพลาดมีค่าร้อยละ 0.93 เมื่อแรงดันผ่านการประจุลงแบตเตอรี่ทดสอบที่แรงดัน 5 โวลต์ ถึง 15 โวลต์ พบว่ามีความเที่ยงตรงสูงโดยมีความผิดพลาดเฉลี่ยเป็นร้อยละ 0.22 ส่วนพลังงานที่ป้อนให้โมดูลมาจากแบตเตอรี่ของระบบ การทดสอบพบว่าแรงดันที่สามารถจ่ายให้โมดูลได้อย่างมีเสถียรภาพตั้งแต่แรงดันของแบตเตอรี่ตั้งแต่ 5 โวลต์ขึ้นไป สำหรับแรงดันผลการทดสอบทุกจุดจะนำมาใช้ในการประมวลผลซึ่งโมดูลสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไข แสดงให้เห็นว่าโมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัวที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

คำสำคัญ: สมองกลฝังตัว, โซล่าปั๊ม

Abstract

This research aims to develop the module of solar pump controller with embedded systems for application to the household plumbing systems or applications in the solar pump system. This module is designed to create flexible applications and easy to design new hardware or control circuits. If requirements or order change, the firmware can also be used effectively. The processor on module uses Raspberry Pi3. It is a small high performance computer, a device that is conducive to the Embedded Systems which combined with other electronic devices, making solar pump system with embedded operating conditions of the system. The read voltage from the voltage test point from solar panel by reading the voltage steps from 1 volt to 20 volts with high accuracy, the average error is percentage 0.93, when the voltage to charge up a battery test voltage 5 volts to 15 volts showed average error was 0.22 percent. The energy input to the module from the battery system. Tests showed that the pressure modules can be supplied to a stable voltage from the battery of 5 volts or more. All the test results will be used in processing module, which can operate under conditions shows that solar pump control module with embedded effectively created the purposes of research.

Keywords: embedded system, solar pump

1. บทนำ

ประเทศไทยจะได้ขยายการให้บริการด้านน้ำประปาไปอย่างกว้างขวางและทั่วถึง แต่มีประเด็นที่น่าพิจารณาบางประเด็นคือการใช้พลังงานในการผลิตน้ำประปายังเป็นพลังงานหลักคือพลังงานไฟฟ้าที่เรามีแนวโน้มจะขาดแคลนและต้องประหยัด ซึ่งถ้ามีพลังงานทางเลือกอื่นมาทดแทนทางภาครัฐจะให้การสนับสนุนทันทีอันเนื่องมาจากวิกฤตการทางพลังงานของประเทศ และอีกปัญหาที่พบเป็นประจำคือในหน้าแล้งพบว่าขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภคทั้งในเขตเมืองและเขตชนบทของประเทศ ดังนั้นหากชุมชน ครัวเรือนที่มีแหล่งน้ำดิบ เช่นจากธารน้ำตก แหล่งน้ำผิวดินสามารถนำมาผลิตเป็นประปาครัวเรือนได้ก็จะลดปัญหาการขาดแคลนน้ำ

แนวคิดของระบบประปาครัวเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ ในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบประปาในลักษณะของโซล่าปั๊มขึ้นอย่างแพร่หลายสามารถเลือกมาใช้งานได้มากขึ้น แต่เนื่องจากเทคโนโลยีนี้ยังอยู่ในระดับสูงต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้ด้านเทคนิคต่างๆ จึงจะทำให้การใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับมีความหลากหลายใน

ราคา ส่วนใหญ่จะมีราคาที่สูงการจัดหาสำหรับชุมชนระดับฐานรากจึงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความมุ่งหมายที่จะพัฒนาระบบประปาครัวเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ ขึ้นมาโดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แนวคิดระบบประปาครัวเรือนพลังงานแสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าไปใช้งานได้ ระบบควบคุม ใช้ควบคุมการจ่ายพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายให้ระบบปั๊มน้ำ และอาจต้องสะสมพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ตามการคำนวณที่ใช้งานที่เหมาะสมในโครงการวิจัยนี้เป็นลักษณะ Experimental Research Project จะได้จุดทำงานที่เหมาะสมเพื่อให้ต้นทุนต่ำที่สุดและยังรักษาสมดุลของประสิทธิภาพไว้ได้ โดยมีเงื่อนไขสำคัญคือ พลังงาน ปั๊ม และปริมาณน้ำ

2. วัตถุประสงค์

1 พัฒนาโมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัวเพื่อรองรับการพัฒนาสู่ระบบ IoT

2 ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกับระบบประปาครัวเรือนพลังงานแสงอาทิตย์แก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำของครัวเรือนโดยมีต้นทุนต่ำ

3 ขยายผลต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้ต้นแบบต้นทุนต่ำ

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โลกได้พัฒนาเข้าสู่ อุตสาหกรรม 4.0 ประเทศไทยของเราก็ได้ปรับตัวเพื่อเข้าสู่ยุค ประเทศไทย 4.0 เป็นความมุ่งมั่นของประเทศที่ต้องการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจ ไปสู่ Value–Based Economy หรือ เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม นั่นหมายถึงการขับเคลื่อนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสำคัญ คือ (1) เปลี่ยนจากการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม (2) เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรม ไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม (3) เปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่การเน้นภาคบริการมากขึ้น ดังนั้น ประเทศไทย 4.0 จึงเป็นการเปลี่ยนผ่านทั้งระบบใน 4 องค์ประกอบสำคัญ คือ (1) เปลี่ยนจากการเกษตรแบบดั้งเดิมในปัจจุบัน ไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ ที่เน้นการบริหารจัดการและเทคโนโลยี (Smart Farming) โดยเกษตรกรต้องร่ำรวยขึ้น และเป็นเกษตรกรแบบเป็นผู้ประกอบการ (2) เปลี่ยนจาก Traditional SMEs หรือ SMEs ที่มีอยู่ที่รัฐต้องให้ความช่วยเหลืออยู่ตลอดเวลา ไปสู่การเป็น Smart Enterprises และ Startups ที่มีศักยภาพสูง (3) เปลี่ยนจาก Traditional Services ซึ่งมีการสร้างมูลค่าค่อนข้างต่ำ ไปสู่ High Value Services (4) เปลี่ยนจากแรงงานทักษะต่ำไปสู่แรงงานที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และทักษะสูง โดยมีกลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป้าหมาย 5 กลุ่มด้วยกันคือ (1) กลุ่มอาหาร เกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ (2) กลุ่มสาธารณสุข สุขภาพ และเทคโนโลยีทางการแพทย์ (3) กลุ่มเครื่องมืออุปกรณ์อัจฉริยะ หุ่นยนต์ และระบบเครื่องกลที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม (4) กลุ่มดิจิตอล เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตที่เชื่อมต่อและบังคับอุปกรณ์ต่างๆ ปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Digital, IoT, Artificial Intelligence & Embedded Technology) และ (5)กลุ่มอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ วัฒนธรรม และบริการที่มีมูลค่าสูง

ระบบสมองกลฝัง ระบบสมองกลฝังตัวกลไกสำคัญของระบบการพัฒนาอุตสาหกรรม 4.0 มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีของระบบสมองกลฝังตัว คือการประยุกต์ไมโครโปรเซสเซอร์หรือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กร่วมกับซอฟต์แวร์ฝังตัว ในการสร้างหน่วยควบคุมของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งต่างเป็นอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ที่อาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมการทำงาน การปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในยุคนี้ เช่น มีขนาดเล็ก หลากหลายฟังก์ชัน ประหยัดพลังงาน และราคาถูก ก็ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวในการสร้างหน่วยควบคุมที่มีความสามารถเพิ่มขึ้น เทคโนโลยีด้านนี้จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยภาคอุตสาหกรรมที่ถูกจัดเป็นยุทธศาสตร์สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ อุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ และอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า ต่างก็มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวในผลิตภัณฑ์อย่างกว้างขวาง คุณลักษณะเด่นของเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว คือ การเพิ่มความฉลาดในส่วนซอฟต์แวร์จะทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมาก ในขณะที่ต้นทุนของฮาร์ดแวร์อาจไม่ได้ปรับเปลี่ยนมากนัก จึงเป็นแนวทางที่แต่ละผู้ผลิตได้ดำเนินการมาตลอด

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา การบรรยายรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ในยุคนี้จึงได้มีสัดส่วนของคุณลักษณะทางซอฟต์แวร์ที่มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดทางฮาร์ดแวร์โดยเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคคาดหวังความสะดวกสบายในการใช้งาน หัวใจหลักของเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวคือ ซอฟต์แวร์ฝังตัวหรือที่มักเรียกว่า เฟิร์มแวร์ (firmware) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ควบคุมการทำงานของทั้งระบบ การนำระบบสมองกลฝังตัวมาใช้การโครงการระบบประปาครัวเรือนพลังงานแสงอาทิตย์ในส่วนของโมดูลควบคุมโซล่าปั๊ม เนื่องจากจะได้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานโดยหากมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของอุปกรณ์ได้แก่จำนวนโซล่าเซลล์ ขนาดของแบตเตอรี่ขนาดของปั๊มการปรับเปลี่ยนระบบเซ็นเซอร์ต่างๆ โมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยสมองกลฝังตัวนี้ก็ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนโมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยสมองกลฝังตัวเพียงแต่ปรับเฟิร์มแวร์ก็จะทำให้เกิดความคล่องตัวในการใช้งานประหยัดการออกแบบโครงสร้างทางตัวเครื่องไปได้

4. วิธีการวิจัย

โครงสร้างของโมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัวแสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 โครงสร้างของโมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัว

Solar Panel คือ แผงเซลแสงอาทิตย์ที่จะนำมาต่อเข้าระบบขนาดของกำลังไฟฟ้ามีความยืดหยุ่นสามารถเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน ทั้งนี้โมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัวสามารถปรับเฟิร์มแวร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ ทั้งนี้จุดขาออกของแรงดัน (TP1) จะส่งผ่านเข้าไปยังหน่วยประมวลผลผ่าน I^2C Bus เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการประมวลผล

Charger Module ทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าจาก Solar Panel ประจุพลังงานไว้ในแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าจาก Solar Panel และมีจุดทดสอบแรงดัน (TP2) เพื่อใช้ประกอบการประมวลผล

Module Power Supply เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันจากแบตเตอรี่จาก 12V ให้เป็น 5V เพื่อจ่ายให้กับบอร์ดประมวลผล มีจุดทดสอบแรงดัน (TP3)

I^2C ADC ทำหน้าที่รับสัญญาณแอนาลอกแล้วแปลงเป็นดิจิตอลเพื่ออ่านค่าสัญญาณต่างๆ ใช้ในการประมวลผล

Processor Unit เป็นหน่วยประมวลผลและเป็นกลไกสำคัญของระบบสมองกลฝังตัวใช้บอร์ดคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi3 ในการพัฒนาเฟิร์มแวร์ให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Interface firmware เป็นอินเตอร์เฟสที่ผู้พัฒนาเฟิร์มแวร์ติดต่อกับ Processor Unit ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ Raspberry Pi3 ที่มีความสะดวกต่อการพัฒนามากสามารถต่อแป้นพิมพ์ มอนิเตอร์ หน่วยความจำต่างๆ ได้โดยง่าย และมีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากเป็นระบบคอมพิวเตอร์เต็มระบบ พัฒนาก้าวสู่ระบบ IoT ในอนาคตได้โดยสะดวก

Plum & Drive เป็นส่วนของการควบคุมปั๊มให้ทำหน้าที่สูบน้ำสามารถตรวจสอบปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ปั๊มใช้งานได้สูงสุด 30A เพื่อใช้ประกอบการประมวลผล

High level sensor และ **Low level sensor** ใช้ตรวจสอบระดับน้ำในถังเก็บ

5. ผลการวิจัย

การดำเนินโครงการครั้งนี้ได้ดำเนินการส่วนของโมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัว ได้ทำการทดสอบโดยการป้อนสัญญาณเสมือนต่อระบบจริงและกำหนดจุดทดสอบดังนี้

5.1 ทดสอบแรงดันที่ Solar Panel (TP1) การทดสอบใช้แหล่งจ่ายแรงดันจากภายนอกต่อแทน Solar Panel ค่าแรงดันที่ทำการทดสอบ 1-20V โดยเพิ่มแรงดันครั้งละ 1V ทุกๆ ค่าแรงดันจะวัดซ้ำจำนวน 5 ครั้งแล้วนำมาหาค่าผิดพลาดเฉลี่ย พบว่าค่าผิดพลาดโดยรวมมีค่าร้อยละ 0.93

5.2 ทดสอบแรงดันที่แบตเตอรี่ (TP2) การทดสอบใช้แหล่งจ่ายแรงดันจากภายนอก ทำการวัดในห้องปฏิบัติการ ค่าแรงดันที่ทำการทดสอบ 5-15V โดยทำเช่นเดียวกับ 5.1 พบว่าค่าผิดพลาดโดยรวมเฉลี่ยมีค่าร้อยละ 0.22

5.3 ทดสอบแรงดันที่ Module Power Supply (TP3) การทดสอบใช้แหล่งจ่ายแรงดันจากภายนอกต่อแทน แบตเตอรี่ จากนั้นทำการวัดแรงดันขาออก พบว่าค่าแรงดันจะเป็น 5V เมื่อแรงดันที่ป้อนเข้ามาตั้งแต่ 6V ขึ้นไป

5.4 ทดสอบระบบปั๊มและเซ็นเซอร์ระดับน้ำ การทดสอบจำลองการทำงานโดยใช้สวิตช์ เปิดปิดแทนสัญญาณจากเซ็นเซอร์และบันทึกผลการทำงานของปั๊มโดยกำหนดระดับแรงดันจากแบตเตอรี่ไว้ไม่ต่ำกว่า 11.5V ผลจากการทดสอบ เป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถานะของปั๊มน้ำตามเงื่อนไขของระบบ

แบตเตอรี่ (V)	High Level Sensor	Low Level Sensor	สถานะของปั๊ม
12	off	off	On
12	off	on	On
12	on	on	Off
12	off	on	Off
12	off	off	On
12	off	on	On
12	on	on	Off
11.5	x	x	Off
11.4	x	x	Off

6. อภิปรายผลการวิจัย

จาก TP1 เป็นผลการจำลองแรงดันของ Solar Panel โดยการอ่านค่าผ่านบัสชนิด I^2C แรงดันที่ได้จะใช้สำหรับการประมวลผลของโมดูล ผลการอ่านด้วยสมองกลฝังตัวเทียบกับเครื่องมือทดสอบทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งพบว่าระบบมีความเที่ยงตรงโดยค่าความผิดพลาดคิดเป็นร้อยล่ะ0.93

จาก TP2 เป็นการทดสอบแรงดันแบตเตอรี่ของระระบบผลที่ได้ต้องนำไปประมวลผลเพื่อใช้ควบคุมระบบประจุเพื่อให้การใช้งานแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพสูงสุดยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่และลดการซ่อมบำรุง ผลการทดสอบพบว่ามีความเที่ยงตรงสูงมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยล่ะ 0.22

จาก TP3 เป็นการทดสอบระบบกำลังที่จ่ายให้โมดูลถือว่าเป็นหัวใจของระบบโดยตัวโมดูลได้ถูกออกแบบไว้ให้รองรับกับระบบแรงดัน 5 โวลต์ ทั้งนี้ความเป็นไปได้ที่ประจุของแบตเตอรี่ที่จะลดลงมาต่ำขนาดนี้เป็นไปได้น้อยมาก จึงทำให้ถึงแม้ว่าแบตเตอรี่จะมีประจุต่ำระบบก็ยังสามารถทำงานต่อไปได้ จากการทดสอบพบว่าระบบจะมีเสถียรภาพสมบูรณ์นั้นแรงดันของแบตเตอรี่มีปริมาณเท่ากับหรือมากกว่า 5 โวลต์ ระบบจะสามารถรักษาระดับแรงดันที่มาจ่ายเป็นพลังงานให้สมองกลฝังตัวทำงานได้

7. สรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบโมดูลควบคุมโซล่าปั๊มด้วยระบบสมองกลฝังตัวสามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด และเมื่อนำไปใช้ในสถานการณ์จริงจะพบว่าระบบแต่ละระบบจะมีโครงสร้างที่เหมือนกัน ต่างกันแต่ในตัวแปรบางอย่าง เช่น กำลังของปั๊ม ขนาดของแบตเตอรี่ ขนาดกำลังของ Solar Panel ทั้งนี้หากต้องนำไปใช้งานในสภาพจริงสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงฮาร์ดแวร์ ปรับเพียงเฟิร์มแวร์ที่ไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม แนวทางการพัฒนาสู่ระบบ IoT สามารถเป็นไปได้ ตลอดจนสามารถต่อยอดทางพาณิชย์ได้

8. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่มอบทุนและสนับสนุนเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] ธนารักษ์ ธีระมั่นคง และคณะ. **เทคโนโลยี สมองกลฝังตัว**. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. 2549.

[2] Agus Kurniawan. **Raspberry Pi LED Blueprints.** Published by Packt Publishing Ltd. UK. 2015.

[3] John C. Shovic. **Raspberry Pi IoT Projects: Prototyping Experiments for Makers**. Liberty Lake, Washington, USA. 2016.

[4] Priyanka D. Hande and Prof. S.S. Kulkarni, **Microcontroller based Irrigation International Journal of Microcircuits and Electronic.** Volume3, Number 1, pp. 1-6, 2012.

[5] Simon Monk. **Raspberry Pi Cookbook**. Published by O'Reilly Media USA. 2014.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การศึกษาประสิทธิภาพระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบกริดฟอลแบค

Study of the Efficiency Solar cell system for Grid fallback

อาจศึก มามีกุล

สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

680 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 โทรศัพท์ 042-970053 E-mail: mameekul22@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพระบบโซล่าเซลล์แบบกริดฟอลแบค โดยทำงานอัตโนมัติเมื่อมีพลังงานจากแสงอาทิตย์ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ และตัดระบบเป็นพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเมื่อแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ระดับต่ำ โดยมีผลการหาประสิทธิภาพดังนี้ ค่าความสว่างของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงโซล่าเซลล์ มีค่าเฉลี่ย 576,290 ลักซ์ อุณหภูมิใต้แผงโซล่าเซลล์ มีค่าเฉลี่ยรวม 49.96 องศาเซลเซียส แรงดันไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ มีค่าเฉลี่ย 49.96 โวลต์ กระแสไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ มีค่าเฉลี่ย 4.55 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ มีค่าเฉลี่ย 27.08 โวลต์ กระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ มีค่าเฉลี่ย 2.50 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ย 225.52 โวลต์ กระแสไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ย 0.03 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าที่อินเวอร์เตอร์ มีค่าเฉลี่ย 221.79 โวลต์ สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ตลอดช่วงกลางวัน (พัดลมตั้งพื้น 78 วัตต์) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบกริดฟอลแบค ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: กริดฟอลแบค, ผสมผสาน, เซลล์แสงอาทิตย์

Abstract

This paper purposes to Study of the Efficiency Solar cell system for Grid fallback. Solar cell system works automatically when the sun's energy to charge the battery. And systems used to cut the Utility Grid when the battery level is low. The brightness of the sunlight that falls on the solar panel average 576,290 lux. The temperature of the solar panel average 49.96 C°, Voltage solar cells average 49.96 V, Current solar cells average 4.55 A, the voltage of the battery average 27.08 V, Current Battery average 2.50 A, the voltage of the electrical system average 225.52 V, Current from the Utility Grid the average 0.03 A, Voltage's inverter average 221.79 V, Can supply electricity throughout the day. Solar power system Razorbacks built with performance objectives set.

Keywords: Grid fallback, Hybrid, Solar Cell

1. บทนำ

แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่สะอาด และมีมากมายมหาศาล จนไม่มีวันใช้ได้หมดเพราะตราบใดที่ยังมีดวงอาทิตย์อยู่ในระบบสุริยะจักรวาลนี้ ตราบนั้นยังคงมีพลังงานจากดวงอาทิตย์ส่งมายังโลกเราทุกเวลาวัน ถึงแม้ว่าสิ่งมีชีวิตทุกสิ่งบนโลกได้ใช้ประโยชน์โดยตรงจากแสงอาทิตย์แต่ปริมาณที่ใช้กันอยู่นั้นน้อยเสียเหลือเกินเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานที่ได้มา ถึงกระนั้นก็ตามในปัจจุบันนี้ มนุษย์ก็ยังคงคิดค้นพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อที่จะนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้มากที่สุด ทั้งในรูปของพลังงานความร้อนโดยตรงหรือการเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งในอนาคต

ปัจจุบันบ้านพักอาศัยจำนวนมากได้มีการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ภายในบ้านไม่ว่าจะเป็นแบบเชื่อมต่อเข้าระบบ และไม่เชื่อมต่อเข้าระบบก็ตาม ในลักษณะการออกแบบวงจรจะคำนึงถึงวงจรไฟฟ้า กำลังผลิตที่ได้ออกมา แต่ก็ยังมีอีกระบบที่ยังไม่มีการใช้อย่างแพร่หลายเนื่องอยากมีความยุ่งยาก ซับซ้อน นั่นคือระบบโซล่าเซลล์แบบกริดฟอลแบค (grid fallback) คือโดยการชาร์จกระแสไฟฟ้าสู่แบตเตอรี่ใช้นำมาใช้งานเมื่อพลังงานแบตเตอรี่หมดลงจะเปลี่ยนเป็นการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ ซึ่งระบบดังกล่าวยังไม่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากมีความยุ่งยากในการดูแล้วรักษา

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญดังกล่าว จึงคิดสร้างและหาประสิทธิภาพของระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบกริดฟอลแบค โดยศึกษาและสร้างระบบให้ลดความยุ่งยากและซับซ้อนเพื่อประชาชนทั่วไปก็สามารถใช้งานได้ ดูแลรักษาได้เองโดยไม่จำเป็นต้องมีพื้นฐานทางไฟฟ้ามากนัก และที่สำคัญไม่จำเป็นต้องขออนุญาตหน่วยงานใดๆ เพื่อเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2. การออกแบบ

2.1 การออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบกริดฟอลแบค

สามารถอธิบายการทำงานโดยบล็อคไดอะแกรม ดังนี้

รูปที่ 1 บล็อคไดอะแกรมการทำงาน

2.2 การออกแบบวงจรการทำงาน

รูปที่ 2 วงจรการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบกริดฟอลแบค

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการออกแบบและสร้าง

รูปที่ 3 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบกริดฟอลแบค

3.2 ผลการหาประสิทธิภาพ

รูปที่ 4 แรงดันไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า

รูปที่ 5 กระแสไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า

จากรูปที่ 4 และรูปที่ 5 เป็นผลการบันทึกค่าแรงันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของระบบการไฟฟ้าเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบที่สร้างขึ้นมาว่า เมื่อมีการเปิดระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบกริดฟอลแบค จะมีการใช้พลังงานจากระบบของการไฟฟ้าอยู่หรือไม่ ซึ่งมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นมาเพียง 0.032 แอมแปร์ ตลอดเวลา 5 วัน

4. สรุป

บทความนี้ได้ศึกษาระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบกริดฟอลแบค โดยทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของระบบโดยมีสรุปผลผลการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่โซล่าเซลล์ผลิตได้เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 155.35 วัตต์ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่จริงของระบบคือ 240 วัตต์ คิดเป็น 64.73 % ที่ระบบโซล่าเซลล์สามารถผลิตได้ และกำลังไฟฟ้าที่วัดจากระบบของการไฟฟ้าเฉลี่ยเพียง 7.22 วัตต์

ข้อเสนอแนะ ในการวิจัยเรื่องระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบกริดฟอลแบค ทำการหาประสิทธิภาพเพียงด้านเทคนิค คือ เก็บข้อมูลต่างๆ ด้านไฟฟ้าเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ ไม่ได้ทดลองกับผู้ใช้จริงเป็นระยะเวลานาน

4. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณที่ปรึกษางานวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้มาโดยตลอด ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ ของการวิจัยมาโดยตลอดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

[1] **กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน**: www.dede.go.th (กันยายน พ.ศ.2559)

[2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, **ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์**: www.egat.co.th/rdo/ energy/web-pv/index_pv.htm. , 2547 (กันยายน พ.ศ.2559)

[3] **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์**: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554

[4] ประวิทย์ สุดประเสริฐ, **แบตเตอรี่และเครื่องชาร์จ**: กองบรรณาธิการหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554

[5] พุทธพร เศวตสกุลานนท์ และจักราวุธ เดชวิเศษ, **โคมไฟถนนอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์**: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.เทคโนโลยีมหานคร, 2530

[6] ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช. **การออกแบบระบบไฟฟ้า:** ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรม เทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์, 2530

[7] วาระสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์. **แบตเตอรี่และเครื่องชาร์จ:** ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2553

[8] วรนุช แจ้งส่าง. **พลังงานทดแทน**: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2551

[9] ผศ.บรรจบ สุขประภาภรณ์, **พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการออกแบบโซล่าเซลล์**: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ม.ราชภัฏเชียงราย

[10] รศ.ธานินทร์ ศิลป์จารุ, **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS**, พิมพ์ครั้งที่ 9, กรุงเทพฯ, บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี, 2551

[11] อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์, **การเพิ่มประสิทธิภาพแผงรับรังสีแสงอาทิตย์โดยการติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์แบบปรับองศาที่เหมาะสม**, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2554

[12] จักราวุธ เดชวิเศษ.พุทธพร เศวตสกุลานนท์, **การออกแบบและสร้างโคมไฟถนนอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์**, 2550

[13] กิตติ ผิวขาว.และสาธิต วณิชชัยกิจ, **ปัญหาราคาและผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel)**, 2549

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การวิเคราะห์ความผิดพร่องของขดลวดสเตเตอร์ลัดวงจรในมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสโดยพาร์คเวกเตอร์

Fault Diagnosis of Short Circuit Stator Coils in Three Phase Induction Motors by Park Vector

ภานี น้อยยิ่ง[1] วีระยุทธ คุณรัตนสิริ[2]

[1]ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-mail: paneen@kmutnb.ac.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-mail: weerayuth.k@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเป็นมอเตอร์ที่ใช้นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หากมอเตอร์เกิดการเสียหายหรือทำงานผิดปกติจะส่งผลต่อกระบวนการผลิตในโรงงานได้ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการตรวจสอบหาความผิดพร่องที่เกิดขึ้นในมอเตอร์ เทคนิคการวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์ (Motor Current Signature Analysis : MCSA) เป็นเทคนิคที่สามารถหาความผิดพรอ่งที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ โดยการวิเคราะห์จากกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส ซึ่งการวัดค่ากระแสในแต่ละเฟสของมอเตอร์สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องปิดมอเตอร์ในระหว่างการเก็บข้อมูล งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบค่าในกรณีต่าง ๆ ได้แก่ กรณีไม่มีโหลด กรณีมีโหลดที่ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยนำค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสของมอเตอร์มาแปลงด้วยวิธีพาร์คเวกเตอร์ให้อยู่ในปริภูมิสองมิติ (I_d และ I_q) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าสามารถตรวจจับความผิดพร่องของขดลวดสเตเตอร์ในมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสได้ โดยดูจากลักษณะความเป็นวงกลมของกราฟที่ได้จากการแปลงพาร์คเวกเตอร์ ความบิดเบี้ยงของกราฟแสดงถึงเกิดความผิดพร่องที่ของขดลวดสเตเตอร์ ซึ่งความผิดพร่องของขดลวดสเตเตอร์ 10% กราฟที่ได้เกิดการบิดเบี้ยวจนกลายเป็นรูปวงรี

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความผิดพร่องของขดลวดสเตเตอร์ลัดวงจร, พาร์คเวกเตอร์, มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส

Abstract

Three Phase Induction Motors are widely used in the industry. If the motor is a fault or damaged, it affects the manufacturing process in the manufactory. So it has to detect the fault occurs in the motor. Motor Current Signature Analysis (MCSA) is a technique that can determine any fault of motors. It performs an analysis of the current in each phase. To measure the current in each phase of the motor can be achieved without to turn off the motors during storage. This research compared the case in such circumstances such as no load, take load 0, 25, 50, 75 and 100 percent, respectively. The current in each phase of the motor is converted by Park vector in the space of two-dimensional (I_d and I_q). The results showed that it could detect the fault of the stator coils in three phase induction motor. The result of Park vector is looked link a circle, it means the normal motor. But if the graph has a very distorted to show that the big problem of stator coils fault. The fault of the stator coils 10% is shown the distorted into an oval.

Keywords: Fault Diagnosis of Short Circuit Stator Coils, Park Vector, Three Phase Induction Motors

1. บทนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่พบเห็นได้มากในโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นเมื่อเกิดความผิดพลาดหรือเสียหายขึ้นกับมอเตอร์อาจส่งผลให้กระบวนการผลิตในโรงงานหยุดชะงักได้ ซึ่งหากสามารถตรวจจับพฤติกรรม ที่ทำให้สามารถทำนายความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์เหนี่ยวนำได้ล่วงหน้าก็จะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายและความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ โดยชนิดของความผิดพลาดของที่มักเกิดขึ้นกับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสมีกรณี แต่ที่พบได้บ่อยที่สุด [1]

- การลัดวงจรระหว่างเฟสภายในขดลวดสเตเตอร์
- การแตกหักของแท่งโรเตอร์หรือแหวนโรเตอร์
- ความผิดปกติของช่องอากาศภายในมอเตอร์
- ความเสียหายของแบริ่ง

โดยความผิดปกติเหล่านี้อาจสังเกตได้จากอาการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ไม่สมดุลแรงดันไฟฟ้าที่ช่องว่างอากาศและกระแสไฟฟ้า
- การเพิ่มขึ้นของแรงบิดที่มีการสะดุดเป็นช่วง ๆ
- ค่าเฉลี่ยของแรงบิดที่ลดลง
- การสูญเสียกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น
- ความร้อนมากเกินไป

จากวิจัยต่าง ๆ พบว่าสัญญาณแรงดันและกระแสไฟฟ้าเป็นตัวบ่งชี้การผิดพร่องที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ เมื่อนำมาวิเคราะห์สัญญาณที่มีความแตกต่างกัน และใช้เทคนิคทางการคณิตศาสตร์ สามารถนำมาสู่การวิเคราะห์หาความผิดพร่องที่เกิดขึ้นภายในมอเตอร์ได้ ซึ่งข้อดีของการใช้สัญญาณทางไฟฟ้าแทนการใช้สัญญาณในรูปแบบอื่นๆ (การสั่นสะเทือน, สัญญาณเสียงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และอื่น ๆ) [2] คือ

- สัญญาณไฟฟ้าใช้งานง่าย มีราคาถูกในการวัดและบันทึกผล
- สามารถวัดค่าได้โดยตรงจากแผงควบคุมมอเตอร์ นอกจากนี้สัญญาณสามารถวัดค่าได้ถึงจะแม้จะอยู่ในพื้นที่อันตราย
- การตรวจสอบการผิดพร่องทำได้โดยไม่ต้องปิดมอเตอร์
- สามารถทราบถึงความผิดพร่องของมอเตอร์ได้ในระยะแรก ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงมอเตอร์ลง

สาเหตุที่ทำให้มอเตอร์เกิดความเสียหาย เช่น การใช้งานมอเตอร์เกิดนกำลังเป็นระยะเวลานาน ๆ , การทำงานเกินพิกัดกำลังที่กำหนด, การปรับเปลี่ยนกำลังของมอเตอร์อย่างฉับพลัน เป็นต้น ซึ่งความผิดพร่องที่เกิดขึ้นสามารถตรวจสอบได้โดยการวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์ (Motor Current Signature Analysis : MCSA) [3] ซึ่งการวิเคราะห์เพื่อหาความผิดพร่องของมอเตอร์โดยใช้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละเฟสของมอเตอร์ สามารถทำได้หลายวิธี หนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมคือ การดูลักษณะสัญญาณโดยใช้พาร์คเวกเตอร์ [4] ซึ่งวิธีการนี้นำค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสของขดลวดสเตเตอร์มาพล็อตกราฟ ตามสมการที่ 1 และ 2 โดยผลลัพธ์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นวงกลม ซึ่งแสดงถึงมอเตอร์ปกติ และกรณีที่ผลลัพธ์เกิดการบิดเบี้ยวแสดงว่าเกิดความผิดพร่องที่มอเตอร์

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์หาความผิดพร่องของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสที่เกิดขึ้นในขดลวดสเตเตอร์ โดยใช้พาร์คเวกเตอร์ ซึ่งทำการทดสอบในสภาวะปกติแบบไม่มีโหลด และกรณีมีโหลด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะความผิดพร่องของขดลวดสเตเตอร์ในกรณีต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการแปลงพาร์คเวกเตอร์ ปริมาณกระแสของทั้งสามเฟสจะถูกแปลงไปสู่ปริมาณกระแสแบบสองเฟส โดยภาพสองมิติที่ได้สามารถนำมาการตรวจจับความผิดพร่องของมอเตอร์ ดังนั้นกระแสสเตเตอร์ของทั้งสามเฟสจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบปริภูมิสองมิติ โดยองค์ประกอบของกระแสไฟฟ้าของขดลวดสเตเตอร์แสดงในแกน D และแกน Q ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 และ 2

$$I_D = \sqrt{\frac{2}{3}}i_A - \sqrt{\frac{1}{6}}i_B - \sqrt{\frac{1}{6}}i_C \qquad (1)$$

$$I_Q = \sqrt{\frac{1}{2}}i_B - \sqrt{\frac{1}{2}}i_C \qquad (2)$$

โดยที่ i_A , i_B , i_C คือกระแสไฟฟ้าแต่ละเฟสของขดลวดสเตเตอร์

ภายใต้เงื่อนไขของกระแสไฟฟ้าของขดลวดสเตเตอร์ในทางอุดมคติ สามารถเขียนในรูปแบบของสมการพาร์คเวกเตอร์ ได้ดังสมการที่ 3 และ 4

$$I_D = \sqrt{\frac{6}{2}}i_M \sin(\omega t) \qquad (3)$$

$$I_Q = \sqrt{\frac{6}{2}}i_M \sin\left(\omega t - \pi/2\right) \qquad (4)$$

โดยที่ I_M คือ ค่ากระแสไฟฟ้าของเฟสที่จ่ายให้สูงสุด (A)
ω คือ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)
t คือ ตัวแปรเวลา (s)

3. ขั้นตอนการทดลอง

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้จัดเก็บข้อมูลก่อนกระบวนการวิเคราะห์ แสดงดังรูปที่ 1 โดยใช้เซนเซอร์วัดกระแสแบบฮอลล์ (Hall Current Effect Sensor) เพื่อวัดค่ากระแสในแต่ละเฟส ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกส่งต่อไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล โดยในการทดสอบใช้ชุดเพนดูลัมเป็นตัวสร้างโหลดให้กับมอเตอร์

รูปที่ 1 ชุดทดลองในการการทดสอบความผิดพร่องของมอเตอร์

4. ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม LabVIEW เพื่อรับค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส โดยใช้เซนเซอร์วัดกระแสแบบฮอลล์ รุ่น LEM HY5-P และตรวจจับความเร็วรอบของมอเตอร์โดยใช้

รูปที่ 2 กระแสไฟฟ้าของขดลวดสเตเตอร์ กรณีสเตเตอร์ปกติ

รูปที่ 3 กระแสไฟฟ้าของขดลวดสเตเตอร์ กรณีสเตเตอร์ผิดพร่อง 1%

เทคโคเจนเนอร์เรเตอร์ (Tachogenerator) ซึ่งให้ค่าแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 1V/1,000 rpm โดยค่ากระแสไฟฟ้าและความเร็วรอบของมอเตอร์จะถูกส่งเข้ามา ประมวลผลผ่านการ์ดรับสัญญาณ รุ่น NI 9215 ซึ่งมีคุณสมบัติในการรับสัญญาณอินพุต 10 โวลต์ ความละเอียด 16 บิต โดยกำหนดจำนวนข้อมูลที่ 25,000 ข้อมูล อัตราการสุ่มสัญญาณ 6,250 เฮิรตซ์ จากนั้นนำมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ดัดแปลง มาต่อเข้ากับชุดเพนดูลั่ม (Pendulum) แสดงในรูปที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ผู้วิจัยทำการทดสอบกรณีต่าง ๆ เพื่อให้ครอบคลุมการทดสอบ ดังนี้ กรณีผิดพร่องของสเตเตอร์ 1%, 4%, 8% และ 10% ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละกรณีทำการทดสอบ โดยการใส่โหลด

รูปที่ 4 กระแสไฟฟ้าของขดลวดสเตเตอร์ กรณีสเตเตอร์ผิดพร่อง 4%

รูปที่ 5 กระแสไฟฟ้าของขดลวดสเตเตอร์ กรณีสเตเตอร์ผิดพร่อง 8%

ให้กับมอเตอร์ ดังนี้ กรณีไม่มีโหลด (no Load) และกรณีใส่โหลด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 2 ถึงรูปที่ 6 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของขดลวดสเตเตอร์ในกรณีสเตเตอร์ปกติ และกรณีที่สเตเตอร์ผิดพร่อง 1%, 4%, 8% และ 10% โดยที่แกนนอนเป็นปริมาณกระแส Id และแกนตั้งเป็นปริมาณกระแสไฟฟ้า I_q ซึ่งได้จากการแปลงพาร์คเวกเตอร์ของค่ากระแสไฟฟ้าทั้งสามเฟสของมอเตอร์ โดยรูปที่ 2 แสดงกรณีสเตเตอร์ปกติ ที่ไม่มีโหลด

และกรณีที่มีโหลด 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% โดยกราฟจะมีลักษณะใกล้เคียงกับวงกลม รูปที่ 3-6 แสดงกรณีสเตเตอร์ที่เกิดความผิดพร่องที่ 1%, 4%, 8%, 10% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟของกรณีที่มี

รูปที่ 6 กระแสไฟฟ้าของขดลวดสเตเตอร์ กรณีสเตเตอร์ผิดพร่อง 10%

เปอร์เซ็นต์ความผิดพร่องเพิ่มขึ้นจะมีลักษณะความเป็นวงกลมลดลง ซึ่งในการทดลองนี้มีลักษณะเป็นวงรีซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้ากราฟผลลัพธ์ที่ได้จากพาร์คเวกเตอร์ถ้ามีความเป็นวงกลมมากจะหมายถึงมอเตอร์อยู่ในสภาวะปกติ แต่ถ้าเกิดความบิดเบี้ยวมากขึ้นจะบ่งบอกถึงการผิดพร่องที่เกิดขึ้นกับสเตเตอร์ของมอเตอร์นั่นเอง

5. สรุป

การวิเคราะห์ความผิดพร่องของขดลวดสเตเตอร์ในมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส โดยใช้พาร์คเวกเตอร์เป็นการนำค่ากระแสไฟฟ้าทั้งสามเฟสของมอเตอร์มาแปลงให้อยู่ในรูปของปริภูมิสองมิติ ประกอบด้วย I_d และ I_q ซึ่งผลการทดลองพบว่ากรณีสเตเตอร์ปกติ และกรณีสเตเตอร์ผิดพร่อง 1% กราฟที่จะได้จะมีลักษณะเป็นวงกลม แต่เมื่อเกิดความผิดพร่องที่มากขึ้นจนถึงความผิดพร่องที่ 10% พบว่ากราฟวงกลมที่ได้เกิดความบิดเบี้ยวจนมีลักษณะเป็นรูปวงรี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเป็นวงกลมของกราฟเป็นตัวบ่งชี้เปอร์เซ็นต์ความผิดพร่องของมอเตอร์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น โดยค่าโหลดที่ใส่ให้กับมอเตอร์ที่ความผิดพร่องของขดลวดสเตเตอร์มีแนวโน้มเดียวกัน ซึ่งวิธีการนี้สามารถระบุความผิดพร่องได้ดีกว่าเทคนิคการแปลงฟูริเยร์ [5] ที่ได้ทำการทดลองในบทความก่อนหน้านี้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการวิจัยและการนำเสนอบทความ

เอกสารอ้างอิง

[1] G.G. Acosta, C.J. Verucchi, E.R. Gelso, “A current monitoring system for diagnosing electrical failures in induction motors,” Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 20, Issue 4, pp. 953-965, May 2006.

[2] Shehata, Somaya A. M. et al., “Detection of Induction Motors Rotor/Stator Faults Using Electrical Signatures Analysis,” International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ’13), March, 2013.

[3] W. T. Thomson and M. Fenger, "Current signature analysis to detect induction motor faults," IEEE Industry Applications Magazine, vol. 7, no. 4, pp. 26-34, Jul/Aug 2001.

[4] A. J. Marques Cardoso, et al., "Rotor cage fault diagnosis in three-phase induction motors, by Park's vector approach," Industry Applications Conference (IAS '95), pp. 642-646 vol.1, 1995.

[5] ภานี น้อยยิ่ง, “การวิเคราะห์ความผิดพร่องของขดลวดสเตเตอร์ลัดวงจรในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส,” การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8 (ECTI-CARD2016), ประจวบคีรีขันธ์, 27-29 กรกฎาคม 2559

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การศึกษาการแยกพลาสติกรีไซเคิลด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง

A study on Separation plastic recycles using High electric field

สัญญา คูณขาว[1] อภิชฎา ทองรักษ์[2] เอกชัย ดีศิริ[1] และชัยรัตน์ วิสุทธิรัตน์[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

2410/2 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์: 02-579-1111 E-mail: sanya.kh@spu.ac.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทรศัพท์ 02-8363000 ต่อ 4160 E-mail: Aphichata@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้าสูงกระแสตรงเพื่อการแยกพลาสติกรีไซเคิลซึ่งสามารถกระทำได้ด้วยหลักการของไฟฟ้าสถิตย์ด้วยการสร้างให้มีศักย์แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วแผ่นอิเล็กโทรด โดยการใช้พลาสติกตัวอย่าง 2 ประเภท คือโพลีโพรพิลิน (PP) และโพลีเอทีลิน (PE)เพื่อการคัดแยกพลาสติกรีไซเคิลสามารถกระทำได้ด้วยการออกแบบแหล่งพลังงานที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกระแสตรงที่สามารถควบคุมสัญญาณสวิทชิ่ง pulse width modulation(PWM) โดยการปรับความถี่ได้ถึง 50kHz และduty cycles ที่ 25% และหม้อแปลงแบบ flyback converter เป็นตัวเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าสูงถึง 40kVdc จากนั้นเมื่อทำการปล่อยให้พลาสติกรีไซเคิลผ่านเข้าสู่ระหว่างแผ่นขั้วอิเล็กโทรดที่ขนานกันแล้วจะถูกคัดแยกที่ภายใต้สนามไฟฟ้าสถิตย์ความเข้มสูง โดยที่พลาสติกที่มีประจุบวกและลบจะถูกดึงดูดเข้าหาแผ่นขั้วโลหะที่มีศักย์แรงดันไฟฟ้าตรงกันข้าม

คำสำคัญ: สนามไฟฟ้า, พลาสติกรีไซเคิล, แรงดันไฟฟ้าสูง,

Abstract

The application of electric fields from high-voltage direct current to separate recycled plastic, which can be performed with the principles of the electrostatic potential generated by the voltage at the terminals of the electrode plates. By using two types of sample plastic polypropylene (PP) and polyethylene (PE) to the separate the plastics recycling can be performed with the power source design with high-voltage direct current that can control the switching pulse width modulation type signal (PWM). By adjusting the frequency up to 50kHz and duty cycles at 25% with both use transformers fly-back converter with increased voltage level up to 40kVdc. Then, when released, recycled plastic into the parallel electrode polarity will be separated under static high intensity. By the positively charged plastic, and were attracted into the sheet metal that has a voltage potential on the contrary.

Keywords: Electric field, Plastic recycles, High voltage

1. บทนำ

พลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันจากกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่น(Polymerization) ของมอนอเมอร์ ปัจจุบันพบว่าการใช้พลาสติกนั้นมีมากทำให้เกิดเป็นปัญหาของเสียที่ย่อยสลายยาก จึงได้มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เพื่อลดปริมาณขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกในสิ่งแวดล้อม ด้วยการแยกพลาสติกส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าของพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่และช่วยลดปริมาณมลพิษจากพลาสติกให้น้อยลง

2. ทฤษฎี

ในการวิจัยนี้ได้มีการประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าแรงดันสูงเพื่อคัดแยกพลาสติกรีไซเคิลโดยการเลือกศึกษามีทั้งหมด 2 ประเภท คือ พลาสติกที่มีประจุบวกและลบ ด้วยความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าสูงกระแสตรงและระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดแรงดันไฟฟ้าสูงและความจุไฟฟ้าของพลาสติก

2.1 หลักการคัดแยกพลาสติกด้วยสนามไฟฟ้า

หลักการคัดแยกพลาสติกด้วยสนามไฟฟ้าแบบพัลส์ที่ประกอบด้วยขั้วอิเล็กโทรด 2 ขั้ววางขนานกันโดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบพัลส์ให้กับแผ่นอิเล็กโทรดเพื่อให้แผ่นอิเล็กโทรดด้านหนึ่งมีค่าประจุเป็นบวกและแผ่นอิเล็กโทรดอีกด้านหนึ่งค่ามีประจุเป็นลบดังรูปที่1

รูปที่ 1 ความจุไฟฟ้าระหว่างแผ่นแพลทโลหะ

โดยการปล่อยเศษพลาสติกที่มีประจุต่างชนิดกันลงไปให้ผ่านแผ่นอิเล็กโทรด จากนั้นสนามไฟฟ้าจะทำการดึงเศษพลาสติกที่มีประจุต่างกัน โดยพลาสติกประจุบวก จะถูกดึงเข้าหาแผ่นอิเล็กโทรดประจุลบ และพลาสติกประจุลบจะถูกดึงเข้าหาแผ่นอิเล็กโทรดที่มีประจุบวก ทั้งนี้แรงเนื่องจากสนามไฟฟ้า (F) จะต้องมีมากกว่าแรงดึงดูดจากแรงโน้มถ่วง

$$F \rangle W$$

แรงดึงดูดเนื่องจากแรงโน้มถ่วง $W = mg$ (1)

แรงเนื่องจากสนามไฟฟ้า $F = Q\vec{E}$ (2)

ดังนั้น $Q\vec{E} \rangle mg$ (3)

จากที่แผ่นตัวนำยาวอนันต์ $V(\infty) = 0$ เมื่อพิจารณาประจุที่เป็นทรงกลมที่ห่างจากที่ผิวตัวนำเป็นระยะทาง R โดยที่ Vs เป็นศักย์แรงดันที่ผิวตัวนำ

ดังนั้น $C = \frac{Q}{|V|} = \frac{Q}{Q/4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R} = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R$

หรือ $Q = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R V_s$ (4)

เมื่อพิจารณาความเข้มสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด

$$\vec{E} = \frac{V}{d} \quad (5)$$

ดังนั้นเมื่อแทนค่าสมการที่(3) (4)และ(5)แรงดันที่จ่ายให้กับแผ่นขั้วอิเล็กโทรดเพื่อแยกพลาสติก $V \rangle \frac{mgd}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R V_s}$ (6)

โดยที่ g : ความเร่งจากแรงดน้มถ่วง $g = 9.81 \quad m/s^2$

ε: permittivity of free space = 8.854 x 10^{-12} $c^2/N.m^2$

εr : permittivity ratio of the air=1.0059

m: ทวลของเม็ดพลาสติก

สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดเป็นสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอโดยการจ่ายแรงดันให้กับแผ่นอิเล็กโทรดทั้งสองที่ 40 kV ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด 5 cm คำนวณหาค่าสนามไฟฟ้า

$$\vec{E} = \frac{40\times10^3 V}{5cm} = 800 kV/m$$

โดยที่

E = สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หน่วยเป็น นิวตัน/คูลอมบ์ หรือ โวลต์/เมตร

V = ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างตัวนำขนาน หน่วย โวลต์

d = ระยะห่างระหว่างความต่างศักย์วัดขนานกับสนามไฟฟ้า หน่วย เมตร

2.2 การการออกแบบเครื่องกัดแยกพลาสติก

การออกแบบสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณ PWM ด้วย IC TL 494 ที่สามารถปรับความถี่และสนามไฟฟ้าแรงดันสูงขนาด 40kV ที่แปรผันกับระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโตรด(d) ให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ IGBT เพื่อการขับกำลังให้กับหม้อแปลงด้านปฐมภูมิในการสร้างแรงดันสูงด้านทุติยภูมิให้กับแผ่นอิเล็กโทรดที่วางขนานกันดังรูปที่ 2 โดยการแยกชิ้นพลาสติกรีไซเคิลที่มีประจุไฟฟ้าบวกและลบที่มีขนาด 1x1 cm^2 หนา 0.05 cm หรือใกล้เคียง

รูปที่2 โครงสร้างการออกแบบของเครื่องคัดแยกพลาสติก

2.2.1 วงจรกำเนิดสัญญาณควบคุม PWM (PWM Generator)

สัญญาณมอดูเลทที่มีการควบคุมความกว้างพัลส์(Duty Cycle)ที่ทำงานด้วยโหมดควบคุมจากแรงดันไฟฟ้า โดยการใช้ไอซี TL 494 ถูกในการสร้างสัญญาณสวิตชิ่งแบบ PWM(Pluse Width Modulation) ที่สามารถควบคุมความถี่สูงที่ 50kHz และการปรับคาบเวลาเพื่อควบคุมแรงดันเอาท์พุทที่ 40kV ดังรูปที่3 ร่วมกับวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์แบบเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้วยโหมดควบคุมจาก duty cycle โดยให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงใช้งานในวงจร 15 โวลต์ จ่ายให้กับอุปกรณ์ IGBT ในที่นี้ตัวต้านทานปรับค่าได้(R-adjust) ขนาด 5kΩ ทำหน้าที่ปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์ และมีตัวเก็บประจุ (C_1) ขนาด 0.01μF เป็นตัวกำหนดความถี่ที่ 5kHz และ15kHzตามลำดับ ดังรูปที่**4**

รูปที่3 วงจรควบคุมสัญญาณ PWM ของไอซี TL494

(ก) (ข)

รูปที่ 4 สัญญาณพัลส์ที่ความถี่ 5kHz(ก) และ 15kHz(ข)

สัญญาณเอาท์พุทของ TL 494 มีการปรับค่า Duty Cycle ให้เหมาะสมกับการทำงานของชุดอุปกรณ์กำลัง IGBT ที่ Duty Cycle 10% , 15% และ 25% เพื่อลดการทำงานของอุปกรณ์กำลังดังแสดงตามรูปที่ 5

รูปที่ 5 สัญญาณ PWM ในช่วงDuty Cycle ที่15% และ 25%

2.2.2 วงจรแยกสัญญาณทางแสง (Opto Isolated Circuit)

สัญญาณ PWM ที่มีค่า Duty Cycle ในลำดับต่างๆที่ 15% และ 25% ได้ถูกทดสอบและหาค่าการทำงานที่เหมาะสมกับการขับกำลังของ IGBT ที่จะควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของหม้อ Flyback Converter ทั้งสองส่วน โดยที่การไหลของกระแสที่มากเพียงพอจะส่งผลให้สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำกับขดลวดด้านทุติยภูมิมีศักย์ดาแรงดันสูงเพียงพอต่อการคัดแยกพลาสติก โดยที่สัญญาณนี้ถูกนำเข้าสู่อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงด้วย Opto-Isolate ดังรูปที่ 6 เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณทางแสงโดยการแยกส่วนควบคุม PWM ออกจากส่วนของอิเล็กทรอนิกส์กำลังด้วยการแยกกราว์ดออกจากวงจรทั้งสองส่วน ในการออกแบบนี้ใช้ IC-Opto Isolate เบอร์ H1L11M ซึ่งเป็น IC ดิจิตอล เพื่อช่วยลดความเสียหายหากเกิดการลัดวงจร จากนั้นสัญญาณPWM จะถูกนำเข้าสู่วงจรขับเกทที่เป็นแบบ gate driveให้กับภาคขับกำลังดังรูปที่ 7

รูปที่ 6 วงจรOpto Isolate เบอร์ H1L11M เพื่อแยกส่วนวงจรไฟฟ้า

(ก) (ข)

รูปที่ 7 สัญญาณเอาท์พุทของ Opto-Isolate ด้านบวก(ก)และด้านลบ(ข)

2.2.3 วงจรขับกำลัง (Power Drive Circuit)

การขับสัญญาณ PWM ให้กับอุปกรณ์กำลังโดยต่อร่วมกันกับหม้อแปลง Flyback Converter ซึ่งทำการต่อตัวต้านทานขนานกับขดลวดปฐมภูมิดังรูปที่ 8 จะพบว่าสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานนี้จะมีการ Oscillate ในขณะที่สัญญาณ PWM นั้น OFF โดยสัญญาณดังกล่าวจะไปรบกวนการทำงานของ IGBT เป็นอย่างมาก จะพบว่าการสั่นของสัญญาณเป็นแบบ Critical Damp ดังรูปที่ 9(ก) จะไปมีผลต่อสนามไฟฟ้าในช่วงด้านบวกหรือลบดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการแก้ไขด้วยการต่อไดโอดแบบขนานเพื่อทำให้สัญญาณด้านเอาท์พุทนั้นถูก Rectifier เป็นสัญญาณด้านบวกซึ่งมีการแสดงจากรูปสัญญาณเอาท์พุทของ IGBT โดยเทียบกับสัญญาณที่ต่อค่าความต้านทานขนานและต่อ Diodeอนุกรมเข้ากับหม้อแปลงทางด้านอินพุทเพื่อลดค่าสัญญาณ Damp ในช่วงการทำงาน OFF ของวงจร ดังแสดงตามรูปที่9(ข)

รูปที่8 วงจรขับกำลังของ IGBT เบอร์ G4PH50K

รูปที่ 9 สัญญาณของ IGBT เทียบความต้านทานที่นำมาต่อขนาน(ก) เทียบความต้านทานที่ต่อขนานและอนุกรมไดโอด(ข)

จากลักษณะของสัญญาณอินพุทจาก PWM นั้นจะพบว่าในช่วง IGBT นั้นได้รับสัญญาณกระตุ้นจากสัญญาณ Duty Cycle ที่ขณะ ON นั้นจะทำให้แรงดันสูงส่งเข้าสู่แผ่นอิเล็กโทรดโดยจะมีการอัดประจุให้กับระหว่างขั้วอิเล็กโทรดภายหลังจากนั้นเมื่อสัญญาณ PWM อยู่ในสถานะ OFF และ IGBT หยุดการทำงานแต่แรงดันไฟฟ้าถูกอัดประจุอยู่ที่ระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดจะถูกคายประจุ (Discharge) ออกซึ่งที่แผ่นขั้วอิเล็กโทรดนั้นจะมีแรงดันที่ทำให้เกิดค่าสนามไฟฟ้า +E และ –E ที่กลับเฟสกัน

รูปที่ 10 **แผงวงจรควบคุมและชุดขับกำลังพร้อมหม้อแปลงแรงดันสูง**

2.2.4 ออกแบบหม้อแปลงความถี่สูง

หม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูงโดยเลือกใช้แกนเฟอร์ไรต์รูปทรงตัว U หรือ C ใช้ในการคำนวณรอบของขดลวดด้านปฐมภูมิ (Primary) และด้านทุติยภูมิ(Secondary) โดยนำแกนทั้ง2 มาประกบกัน พื้นที่หน้าตัดแกน $Ae = 8.32cm^2$ ความถี่ $f = 50kHz$ แรงดันอินพุท $V_p = 50V$ แรงดันเอาท์พุท $V_s = 40kV$ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก $B_{max} = 3000G$ จากนั้นคำนวณหารอบของขดลวดปฐมภูมิจาก

$$N_p = \frac{V_p \times 10^8}{4B_{max} f A_c} \qquad (7)$$

$N_p = 1\,turn/V$

เลือกพันที่ 2 รอบ ด้านปฐมภูมิต้องการแรงดัน 50V
เพราะฉะนั้นต้องพันทั้งหมด (1รอบ/V) x 50V = 50 รอบ
คำนวณหารอบของขดลวดด้านทุติยภูมิจากความสำพันธ์

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P} \qquad (8)$$

เพราะฉะนั้นพันขดลวดด้านทุติยภูมิ $N_s = 800$ รอบ
โดยวงจรควบคุมและหม้อแปบงแรงดันสูงแสดงดังรูปที่10

2.3 การทดลองและผลการทดลอง

1. นำพลาสติกทั้ง 2 ชนิดที่เตรียมไว้แล้วใส่ภาชนะรับรองเพื่อทำการปั่นให้พลาสติกทั้ง 2 ชนิดเกิดการเสียดสีเพื่อเพิ่มประจุของพลาสติกก่อนนำไปปล่อยในสนามไฟฟ้า
2. ปรับระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดให้เหมาะสมกับความเข้มสนามไฟฟ้าที่ต้องการ โดยในการทดลองได้ปรับระยะห่างอยู่ที่ 5 cm.
3. ปรับค่าแรงดันอินพุทให้กับหม้อแปลงให้กับแผ่นอิเล็กโทรดทั้ง 2 ขั้ว โดยปรับค่าแรงดันอยู่ที่ 30Vความถี่ที่ 5 kHz และ Duty Cycle 25%
4. ปล่อยพลาสติกที่เตรียมเอาไว้ให้ผ่านสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด โดยพลาสติก PP มี ปริมาณ 25 กรัม และ พลาสติก PE มี ปริมาณ 25 กรัม

เงื่อนไขในการทดสอบจะกำหนดให้สัญญาณ PWM อยู่ที่ความถี่ 5 kHz และ 10%, 15% และ 25% ตามลำดับ ที่ระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโตรด 5 cm โดยมีการวัดขนาดของกระแสและแรงดันเอาท์พุทระหว่างขั้วอิเล็กโตรด จากการทดลองนี้เป็นการวัดค่าของกระแสรวมทางด้าน Output ของขดลวดหม้อแปลงทั้งสองตัวซึ่งมีแรงดัน Output ทางด้านขั้วของ Electrode ดังรูปที่ 10 (ก) และ(ข) ซึ่งจากตารางจะพบว่าที่ความถี่ 5 kHz และ Duty Cycle 25 % ที่ระห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดนั้นมีศักย์ดาแรงดันที่สูงมากและกระแสที่สูงเช่นเดียวกัน

(ก) (ข)

รูปที่10 ความสัมพันท์ระหว่างกระแสเอาท์พุทและแรงดันอินพุท(ก) แรงดันเอาท์พุทและแรงดันอินพุท(ข) ที่ความถี่ 5 kHz และ Duty Cycle 10%,15% และ 25% ระยะห่างแผ่นโลหะ 5 เซ็นติเมตร

จากนั้นจึงได้ทำการทดสอบกับชิ้นพลาสติก PP และ PE ตามลำดับ ซึ่งเป็นการทดสอบแยกพลาสติกที่มีน้ำหนัก PP เท่ากับ 25 กรัม และ PE เท่ากับ 25 กรัมโดยการให้พลาสติกนั้นไหลผ่านสู่รางที่มีช่องแยกพลาสติกทั้งสอง จากนั้นทำการคัดแยกและชั่งน้ำหนักเป็นจำนวน 10 ครั้ง

ตารางที่1 ผลการทดลองการคัดแยกพลาสติกชนิด PP และ PE

พลาสติก (กรัม)		สัดส่วน PP (กรัม)		สัดส่วน PE (กรัม)	
PP)	(PE)	สัดส่วนคัดแยก	Yeild	สัดส่วนคัดแยก	Yeild
25	25	27	5.42	23	5.12
25	25	26.19	5.32	23.81	5.02
25	25	28.2	5.21	21.8	4.9
25	25	26.43	5.43	25.37	5.17
25	25	28.4	5.39	21.6	4.37
25	25	29.5	5.5	20.5	4.7
25	25	28.7	4.93	21.3	4.5
25	25	27.3	4.74	22.7	4.32
25	25	28.1	5.36	21.9	5.21
25	25	26.3	5.11	23.7	4.92

3. สรุป

การคัดแยกพลาสติกด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูง 2 ชนิดคือ โพลีโพรพิลิน (PP) และโพลีเอทีลิน (PE) พบว่าการคัดแยกพลาสติกมีความสามารถแยกพลาสติกยังได้น้อยอยู่เนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง คือ ระยะห่างของแผ่นอิเล็กโทรด และขนาดของเศษพลาสติก ส่วนปัจจัยที่สำคัญคือ แรงดันไฟฟ้าสูงกระแสตรงเป็นส่วนสร้างความเข้มสนามไฟฟ้าสถิตย์ซึ่งมีผลต่อแรงของสนามไฟฟ้าที่กระทำกับมวลประจุ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการคัดแยกได้มากขึ้นควรเพิ่มประจุให้กับพลาสติกและความแรงของสนามไฟฟ้าสถิตย์ระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดที่จะทำทำให้แรงของสนามไฟฟ้ามีค่ามากกว่าแรงของมวลที่ถูกปล่อยลงมา

เอกสารอ้างอิง

[1] G.Dodbaiba, A. Shibayama, T. Miyazaki and T. Fujita. "Electrostatic Separation of the Shredded Plastic mixtures using a tribo-cyclone" Magnetic and Electrical Separation,Vol. 11, No. 1-2, pp. 63-92

[2] E. Dijkgraaf,R. Gradus. "Post Separation of Plastic Waste:Better for the Environment and LowerCollection Costs" Tinbergen Institute Discussion Paper, TI 2016-103/VI, pp. 1-18.

[3] S. Saisinchai. " Separation of PVC from PET/PVC Mixtures Using Flotation by Calcium Lignosulfonate Depressant",ENGINEERING JOURNAL Volume 18 Issue 1, pp. 45-53.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องตรวจจับรอยตำหนิอัตโนมัติด้วยระบบวิชั่น

Automatic detection for surface defect with vision system

จิรพันธ์ พิมพล[1] นาตยา สีเอาะ[1] อรพิน ชาญนำสิน[1] และ วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 E-mail: jirapun.pi@rmuti.ac.th, orapin.ch@rmuti.ac.th

[2]ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 E-mail: worapong.ta@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอเครื่องตรวจจับรอยตำหนิแบบอัตโนมัติ โดยมีคุณสมบัติ คือ สามารถตรวจสอบพื้นผิวที่มีความผิดปกติ อาทิเช่น รอยขีดข่วน รอยบุ๋ม และรอยถลอกบนชิ้นงานด้านหลังเบสฮาร์ดดิสก์แบบอัตโนมัติได้ โดยใช้หลักการระบบวิชั่น(vision system) นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบพื้นผิวที่มีความผิดปกติบนฮาร์ดดิสก์ได้ 3 ขนาด คือ 1 นิ้ว 2.5 นิ้ว และ 3.5 นิ้ว ตามลำดับ ระบบตรวจจับนี้จะช่วยตรวจสอบความผิดปกติบนชิ้นงานด้วยการประมวลผลแทนการตรวจสอบด้วยพนักงาน ระบบตรวจจับนี้สามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิต ลดระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน รวมถึงยังสามารถลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้จำนวน 2 คน/ไลน์การผลิต/วัน ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่าเครื่องที่นำเสนอมีความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งผิดปกติสูงถึง 98% อีกด้วย

คำสำคัญ: ระบบวิชั่น, เบสฮาร์ดดิสก์, การตรวจสอบรอยตำหนิ

Abstract

This paper presents the automated surface defect detection on the back side hard disk with vision systems. The proposed system is designed and implemented to detect the surface defect on the part back side hard disk such as scratches, abrasion and dents for three sizes; 1-inch, 2.5 inch and 3.5 inch, respectively. The proposed approach can do an automatic detection and help staff to find out the defective surface works faster than the existing approach. Moreover, the proposed system helps to reduce the cost in the production process, reduce the time for defect detection and reduce the number of staff by two persons in the production process/ a production line/ a day. The results of defect detection have good accuracy of 98%.

Keywords: vision system, back side hard disk, defect detection

1. บทนำ

บริษัท นิเด็ค อีเล็คโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทที่ทำการผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ สปรินเดิลมอเตอร์(spindle motor) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของผลิตภัณฑ์เก็บข้อมูล(hard disk) ที่มีขนาด 1 นิ้ว 2.5 นิ้ว และ 3.5 นิ้ว โดยส่งจำหน่ายให้กับบริษัทลูกค้าไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์เก็บข้อมูล ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยมีลูกค้า 3 บริษัท ได้แก่ บริษัท Western Digital บริษัท Seagate และบริษัท HGST โดยมีการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพในกระบวนการการผลิตทุกๆขั้นตอนก่อนส่งมอบงานให้กับลูกค้า ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตนั้น พบว่าจากการใช้คนในการตรวจสอบความผิดปกติบนชิ้นงาน อาทิเช่น รอยขีดข่วน รอยบุ๋ม รอยถลอก และการปนเปื้อนน้ำมัน หรือแม้กระทั่งรอยกาวบนชิ้นงาน เป็นต้น [1]-[3] โดยใช้สายตาในการตรวจสอบเป็นระยะเวลานาน จึงก่อให้เกิดความเมื่อยล้าและส่งผลทำให้ประสิทธิ์ภาพในการตรวจสอบลดน้อยลง นอกจากนี้ระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงานเป็นไปย่างรวดเร็ว อาจทำให้เกิดการปล่อยผ่านงานเสียไปยังลูกค้าได้อีกด้วย

จากการศึกษาข้อมูลและทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาดังกล่าว จึงพบว่าปัญหาดังกล่าวว่าเกิดจากการทำงานที่ใช้สายตาเป็นระยะเวลานาน อีกทั้งในกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานในแต่ละชิ้นเป็นไปด้วยความรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการตรวจสอบงานที่ไม่ละเอียดมากนัก ดังนั้น จึงทำการออกแบบและสร้างระบบเครื่องตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติที่มีความละเอียดและแม่นยำกว่าสายตามนุษย์ สามารถตรวจสอบรอยตำหนิต่างๆ บนชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพ อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณชิ้นงานที่เสียก่อนนำส่งชิ้นงานไปยังลูกค้าได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นการลดพื้นที่การทำงานในกระบวนการผลิต รวมถึงสามารถลดจำนวนพนักงานในกระบวนการผลิตลงได้ 2 คน/ไลน์การผลิต/วันอีกด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงหลักการในเชิงวิชาการอย่างเข้าใจ เพื่อใช้เป็นแนวทางและหลักอ้างอิงในการศึกษาและวิเคราะห์ เพื่อให้การแก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างถูกต้อง และเป็นแนวทางในการดำเนินการ ทางผู้ดำเนินการจึงได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ระบบวิชั่น

ระบบวิชั่น (vision system) หรืออาจเรียกว่า แมชชีนวิชั่น (Machine Vision) [4]-[8] ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลักที่สำคัญสองส่วนคือ กล้องถ่ายรูป อาจจะเป็นได้ทั้งแบบแอนะล็อกหรือดิจิตอล และชุดประมวลผลสัญญาณภาพ (image processing) ระบบวิชั่นที่เราคุ้นเคยและเห็นได้ทั่วไป เช่น โทรทัศน์วงจรปิดตามห้างสรรพสินค้า และร้านค้าต่างๆ ระบบนี้เป็นเพียงการจับสัญญาณภาพด้วยกล้องแอนะล็อกที่มีความละเอียดไม่มากนักแล้วนำสัญญาณที่ได้ออกสู่หน้าจอแสดงผล ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้กล้องที่มีความละเอียดสูงและมีชุดประมวลผลที่สามารถเขียนโปรแกรมลงได้ จึงทำให้ระบบวิชั่นเข้ามามีบทบาทในการตรวจสอบคุณภาพ เนื่องจากระบบดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้ 100% ของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังมีความละเอียดและแม่นยำกว่าสายตามนุษย์ สามารถควบคุมคุณภาพได้สม่ำเสมอ ซึ่งแตกต่างจากสายตามนุษย์ที่อาจเกิดความเหนื่อยล้า เป็นสาเหตุทำให้ประสิทธิ์ภาพในการตรวจสอบลดน้อยลง นอกจากนี้ระบบยังสามารถตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการผลิตได้อีกด้วย ซึ่งบางขั้นตอนในกระบวนการผลิตนั้นมนุษย์ไม่สามารถเข้าไปในพื้นที่เหล่านั้นได้ จึงอาจทำให้เกิดการเสียเวลากว่าจะพบชิ้นงานที่มีความผิดปกติ โดยข้อดีของการนำระบบวิชั่นมาช่วยในการตรวจสอบนั้นทำให้สามารถคัดแยกชิ้นงานที่เสียออกแต่เนิ่นๆ ไม่ต้องรอให้เสร็จสิ้นกระบวนการจึงจะมีการตรวจสอบ เพราะถึงเวลานั้นชิ้นงานอาจมีมูลค่าที่สูง การใช้งานระบบวิชั่นสามารถนำมาใช้ในตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และสามารถนำมาตรวจสอบความครบถ้วนของอุปกรณ์ เช่น รอยแตกร้าวที่ผิวชิ้นงาน การติดฉลากบนภาชนะอาหาร และเครื่องดื่ม ตรวจสอบสีและขนาดของผลิตภัณฑ์ที่มีความผิดเพี้ยน รวมทั้งตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนบนชิ้นงาน เป็นต้น ดังตัวอย่างการใช้งานในรูปที่ 1

2.2 การถ่ายภาพแบบไลน์สแกน

รูปที่ 2 แสดงลักษณะการถ่ายภาพของกล้องไลน์สแกน เมื่อกล่าวถึงการถ่ายภาพแบบความละเอียดสูง และความสามารถในการถ่ายภาพวัตถุที่มีขนาดใหญ่นั้น กล้องไลน์สแกนจะมีคุณสมบัติไลน์ของพิกเซล 1 เส้นพาดไปที่ทั่ววัตถุ เพื่อทำการสร้างภาพสองมิติของวัตถุนั้น โดยกล้องหรือวัตถุจะเคลื่อนที่ไปในแนวตั้งฉากกับไลน์พิกเซล ซึ่งอาจเป็นวิธีที่มีความซับซ้อน เมื่อเทียบกับ "กล้องถ่ายภาพแบบพื้นที่ XY" ที่ใช้ภาพสองมิติ (เป็น "พื้นที่ XY") อย่างไรก็ตามเมื่อวัตถุที่มีขนาดใหญ่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องหรืองานที่ต้องการความสมบูรณ์แบบหรือการถ่ายภาพความละเอียดสูง กล้องไลน์สแกนจึงเป็นทางเลือกที่ดีกว่ากล้องถ่ายภาพแบบพื้นที่ XY

รูปที่ 1 การใช้งานของระบบวิชั่น

รูปที่ 2 ลักษณะการถ่ายภาพของกล้องไลน์สแกน [9]

รูปที่ 3 ลักษณะงานเสีย

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินการศึกษากระบวนการผลิตเครื่องตรวจจับรอยตำหนิอัตโนมัติบริเวณด้านหลังเบสฮาร์ดดิสก์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบรอยตำหนิที่เกิดจากกระบวนการผลิต [1]-[3] และลดการสัมผัสชิ้นงานจากพนักงาน จึงมีแนวทางในการแก้ไขกระบวนการผลิตดังกล่าว และเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความถูกต้องและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนั้น จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะชิ้นงานที่เป็นงานเสียหรือมีรอยตำหนิ ที่นิยมเรียกกันว่า งาน NG (no good) ในลักษณะต่างๆ จากไลน์การผลิตก่อนนำชิ้นงานดังกล่าวมาเขียนโปรแกรมตรวจจับในเครื่องจักรอัตโนมัติต่อไป ซึ่งการจากการศึกษาชิ้นงานที่เสียในกระบวนการผลิต พบว่าลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่มีปัญหาส่วนใหญ่แสดงได้ดังรูปที่ 3 ได้แก่ มีรอยขูด รอยบุ๋ม รอยถลอก หรือแม้กระทั่งรอยที่เกิดจากการบัดกรี ซึ่งงานเหล่านี้ถือว่าเป็นงานเสียที่ไม่สามารถส่งมอบให้ลูกค้าได้

รูปที่ 4 เครื่องตรวจจับรอยตำหนิที่นำเสนอ

รูปที่ 7 ลักษณะชิ้นงานดีและชิ้นงานเสีย

4 ผลการทดลอง

ทำการทดสอบเครื่องตรวจจับรอยตำหนิด้านหลังเบสอัตโนมัติ ก่อนนำไปใช้งานจริง เมื่อนำชิ้นงานวางบนเครื่องตรวจจับรอยตำหนิด้านหลังเบสอัตโนมัติดังรูปที่ 4 จากนั้นเครื่องจะทำการประมวลผลเพื่อตรวจสอบลักษณะของชิ้นงานว่าเป็นชิ้นงานดี หรือชิ้นงานเสียดังรูปที่ 5 และทำการแสดงผลที่หน้าจอแสดงผลต่อไป ซึ่งเครื่องตรวจจับรอยตำหนิที่นำเสนอจะตรวจสอบโดยการอ้างอิงจากรูปภาพต้นแบบที่ถ่ายไว้ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 7 เป็นผลที่ได้จากการทดสอบการตรวจจับรอยตำหนิด้านหลังเบสอัตโนมัติดังตารางที่ 1 จากการทดสอบพบว่าระบบตรวจจับนี้สามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิต และลดระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน อีกทั้งยังสามารถลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้จำนวน 2 คน/ไลน์การผลิต/วัน ได้ดังรูปที่ 8

รูปที่ 6 ลักษณะภาพถ่ายชิ้นงานและการเขียนโปรแกรมตรวจจับ

รูปที่ 7 ผลการทดสอบการตรวจจับรอยตำหนิด้านหลังเบสอัตโนมัติ

ตารางที่ 1 ผลการอ่านค่าของชิ้นงานที่มีตำหนิ

Test	Input	Total machine NG	Yield %	Real NG	Over reject	Yield %
1	15	5	33.33	0	5	33.33
2	30	3	10.00	0	3	10.00
3	150	15	10.00	11	4	2.67
4	105	10	9.52	8	2	1.90

รูปที่ 8 การเปรียบเทียบการลดจำนวนพนักงานในกระบวนการผลิต

5. สรุป

จากการดำเนินการสร้างเครื่องตรวจจับรอยตำหนิด้านหลังเบสอัตโนมัติ เพื่อตรวจสอบรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน พบว่าเดิมจากการใช้คนในตรวจสอบรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานมักมีความผิดพลาดในการตรวจสอบ และทำให้มีงานเสียหลุดออกไปยังลูกค้า ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทั้งลูกค้าและบริษัท หลังจากการสร้างเครื่องตรวจจับรอยตำหนิด้านหลังเบสอัตโนมัติ ทำให้ในกระบวนการผลิตมีการตรวจสอบงานที่แม่นยำ 98% นอกจากนี้ยังเป็นการลดพื้นที่ในกระบวนการผลิตและยังสามารถลดพนักงานในกระบวนการผลิตได้ 2 คน/ไลน์การผลิต/วัน

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท นิเด็ค อีเล็คโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] A. Kumar, “Computer-vision-based fabric defect detection: a survey,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 55, no. 1, pp.348-363, 2008.

[2] D. M. Tsai, M. C. Chen, W. C. Li and W. Y. Chiu, “A fast regularity measure for surface defect detection,” Machine Vsion and Applications, vol. 23, no. 5, pp. 869-886, 2012.

[3] D. Ming and J. Y. Luo, “Mean shift-based defect detection in multicrytalline solar wafer surfaces,” IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 7, no. 1, pp. 125-135, 2011.

[4] H. Sari-Sarraf and J. S. Goddard, “Vision system for on-loom fabric inspection,” IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 35, no. 6, pp.1252-1259, 1999.

[5] Y. R. Chen, K. Chao and M. S. Kim, “Machine vision technology for agricultural applications,” Computers and Electronics in Agriculture, vol. 36, pp. 173-191, 2002.

[6] R. Stojanovic, P. Mitropulos, C. Koulamas, Y. Karayiannis, S. Koubias and G. Papadopoulos, “Real-time vision-based system for textile fabric inspection,” Real-Time Imaging, vol. 7, pp. 507-518, 2001.

[7] E. N. Malamas, E. G. M. Petrakis, M. Zervakis, L. Petit, J. D. Legat, “A survey on industrial vision systems, applications and tools,” Image and Vision Computing, vol. 21, pp. 171-188, 2003.

[8] J. J. Hong, K. J. Oark and K. G. Kim, “Parallel processing machine vision system for bare PCB inspection,” Proceedings of the 24th Annual Conference of the IEEE Industrial Elecronics Society (IECON 98), pp. 1346-1350, 31 Aug.- 4 Sep. 1998.

[9] K. Hirahara and K. Ikeuchi, “Detection of Street-Parking Vehicles Using Line Scan Camera and Scanning Laser Range Sensor,” Proceedings of the 2003 Intelligent Vehicles Symposium, 9-11 June 2003.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การศึกษาลักษณะและการป้องกันแก้ไขการเกิดกระแสกระชากในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

A study of the characteristics and prevention of inrush current in power transformer

วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ* ประพันธ์ มิ่งมรกต และ สิรเบศร์ ทุนอินทร์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย

99 หมู่ที่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120 โทรศัพท์ 053-723979 E-mail: wichet_thip@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเกิดกระแสกระชากในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังศึกษามุมแรงดันไฟฟ้าที่เกิดกระแสกระชากในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังสูงสุด งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกระแสกระชากในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 3 ตัว พิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า 330VA, 380/220V, 50Hz ต่อแบบ Wye-Wye โดยผู้วิจัยจะทำการจำลองโดยใช้โปรแกรม PSCAD ผลการจำลองพบว่ากระแสกระชากเกิดขึ้นเมื่อปลดวงจรและทำการสวิทช์ซิ่งต่อวงจรใหม่อีกครั้ง จากผลการทดลองที่ได้กระแสกระชากมากที่มุมแรงดัน 1° และ 181° และเกิดกระแสกระชากน้อยสุดที่มุมแรงดัน 91° และ 271° สรุปได้ว่าค่าฟลั๊กซ์ล้าหลังแรงดันที่มุม 57° ฟลั๊กซ์สูงสุดทางด้านบวกเกิดขึ้นที่มุมแรงดันไฟฟ้า 1° และฟลั๊กซ์สูงสุดทางด้านลบเกิดขึ้นที่มุมแรงดันไฟฟ้า 181°

คำสำคัญ: หม้อแปลงไฟฟ้า, กระแสกระชาก, ฟลั๊กซ์, สวิทช์ซิ่ง, โปรแกรม PSCAD

Abstract

This research aims to study the occurrence of inrush current in transformer and study voltage angles of the highest inrush current in transformer. This research studies the factors that affect the occurrence of inrush current in power transformer by using 1 phase and 3 pieces of transformer. The co-ordinates of transformer is the 330VA, 380/220V, 50Hz per Wye-Wye in which the researcher will make up the situation by using PSCAD programs. The result of the experiment is found that the inrush current occurs when unplugging the circuit and plugging the switching of the circuit again. From the results of the experiment shows that a high inrush current occurs at the voltage angle of 1° and 181°, and the lowest inrush current occurs at the voltage angle of 91° and 271°. It can be concluded that the values of flux is behind the voltage angles of 57° and the highest positive flux occurs at the voltage angle of 1° and the highest negative flux occurs at the voltage angle of181°.

Keywords: transformer, inrush current, flux, switching, PSCAD programs

1. บทนำ

หม้อแปลงไฟฟ้า (Power Transformer) เป็นอีกอุปกรณ์สำคัญที่ต้องใช้ในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ผู้บริโภค และเป็นอีกหนึ่งอุปกรณ์สำคัญที่มีราคาสูงในสถานีไฟฟ้าทำหน้าที่ในการแปลงระดับแรงดันจากต่ำไปสูง เพื่อให้สามารถมีประสิทธิภาพในการส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังระยะทางที่ไกลได้ และแปลงระดับแรงดันจากสูงไปต่ำเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าปลายทาง ในกรณีการเกิดกระแสอินรัชซึ่งเกิดขึ้นขณะระบบทำการจ่ายไฟให้กับหม้อแปลงไฟฟ้า โดยการเกิดกระแสอินรัชในหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นขณะเริ่มจ่ายไฟ (Energizing) ไม่ถือเป็นความผิดปกติในหม้อแปลงขณะเริ่มจ่ายไฟ ซึ่งจะมีกระแสกระตุ้นแม่เหล็ก (Magnetizing Current) ขนาดสูงไหลเข้าหม้อแปลงไฟฟ้าด้านปฐมภูมิพียงด้านเดียว จนอาจทำให้ระบบป้องไฟฟ้าทำงานผิดพลาด เนื่องจากมองเห็นผลต่างของกระแสระหว่างขดลวดทั้งสองชุดของหม้อแปลงมีลักษณะคล้ายกรณีการเกิดฟอลต์ [1]

ดังนั้นจึงได้จำลองการเกิดกระแสกระชาก (Inrush Current) ในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมาศึกษาวิจัยลักษณะในการเกิดกระแสกระชาก (Inrush Current) โดยอาศัยการวิเคราะห์หาค่าโดยใช้เครื่องออสซิลโลสโคป (Oscilloscopes) เปรียบเทียบกับการจำลองการเกิดกระแสกระชาก (Inrush Current) โดยการใช้โปรแกรม PSCAD ในการศึกษาลักษณะและศึกษาการป้องกันแก้ไขการเกิดกระแสกระชาก (Inrush Current) ในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันและแก้ไขการเกิด (Inrush Current) ในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Inrush Current [2]

ปรากฏการณ์ที่มีกระแสทรานเซี้ยนต์พุ่งเข้าหม้อแปลงไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิในช่วงแรก ขณะที่หม้อแปลงเริ่มมีการจ่ายไฟ (Energizing) และยังคงสภาพของขนาดของกระแสที่พุ่งเข้าดังกล่าวในช่วงเวลาตั้งแต่ 100 ms ไปจนถึงหลายๆนาที นั่นเรียกว่า กระแสอินรัช

รูปที่2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกระตุ้นแม่เหล็กกับฟลั๊กซ์แม่เหล็กทีเกิดขึ้นในแกนเหล็กของตัวเหนี่ยวนำ [3]

2.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกระแสอินรัช [4]

2.2.1.1 ขนาดพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า

2.1.1.2 ขนาดพิกัดของระบบไฟฟ้า

2.1.1.3 ค่าความต้านทานในระบบไฟฟ้าระหว่างแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า

2.1.1.4 ชนิดของแกนเหล็กที่ใช้ในหม้อแปลงไฟฟ้าละค่าความเข้มในการอิ่มตัวของสนามแม่เหล็ก(Saturation Density)

2.1.1.5 ค่าฟลั๊กซ์แม่เหล็กตกค้างในหม้อแปลงไฟฟ้า (Residual Flux)

2.1.1.6วิธีการจ่ายไฟ

2.1.2 กระแสอินรัชทีเกิดขึ้นขณะหม้อแปลงไฟฟ้าถูกจ่ายไฟ (Initial Inrush) [4]

เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าถูกปลดออกจากระบบไฟฟ้า กระแสกระตุ้นแม่เหล็กจะลดลงเป็นศูนย์ ส่วนฟลั๊กซ์แม่เหล็กจะค่อยลดลงตาม Hysteresis Loop จนเหลือค่าเท่ากับฟลั๊กซ์แม่เหล็กตกค้าง ต่อมาเมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าถูกจ่ายไฟอีกครั้ง ณ ตำแหน่งบนรูปคลื่นรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าทีค่าฟลั๊กซ์แม่เหล็กมีความต่อเนื่องจากตำแหน่งที่ปลดหม้อแปลงไฟฟ้าออกจากระบบนั้นก็จะไม่ปรากฏของกระแสกระตุ้นแม่เหล็กทรานเซี้ยนต์ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ แทบเป็นไปไม่ได้ที อุปกรณ์ตัดต่อจะควบคุมตำแหน่งการสวิตซ์ชิงได้ ดังนั้นกระแสทรานเซี้ยนต์อินรัชที่เกิดขึ้นจึงเป็นสิ่งทีหลีกเสียงไม่ได้

นอกเหนือจากเงื่อนไขดังกล่าวในหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟส ค่าฟลั๊กซ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละเฟสจะมีมุมต่างกัน 120 องศา จึงทำให้ถ้าเฟสหนึ่งมีค่าฟลั๊กซ์บวก อีก 2 เฟสที่เหลือจะมีค่าฟลั๊กซ์ลบ โดยผลลัพธ์ของกระแสอินรัชที่เกิดขึ้นจะเป็นผลมาจากค่าของฟลั๊กซ์แม่เหล็กตกค้าง ณ ตำแหน่งแรงดันทีทำการสวิตซ์ซึ่งรวมกับฟลั๊กซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจมีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้

รูปที่2.2 ความสัมพันธ์รูปคลื่นกระแสอินรัชกระตุ้นแม่เหล็กทั่วไป [4]

2.1.3. สมการการคำนวณ

แรงดันไฟฟ้าในสภาวะชั่วครู่ในวงจร RL [5]

$$t \geq 0;\ e(t) = R_i(t) + L\frac{di(t)}{dt} \tag{1}$$

กรณีแหล่งจ่ายเป็นแหล่งจ่ายกระแสสลับจะได้

$$t \geq 0;\ V_{\max}\sin(\omega t + \alpha) = R_i(t) + L\frac{di(t)}{dt} \tag{2}$$

จาก (2) แก้สมการอนุกรมอันดับ 1 ได้คำตอบเป็น

$$i(t) = \frac{V_{\max}}{|Z|}\sin(\omega t + \alpha - \theta) - \frac{V_{\max}}{|Z|}e^{-\frac{Rt}{L}}\sin\left(\alpha - \theta\right) \tag{3}$$

หรือ

$$i(t) = I_{\max}\sin(\omega t + \alpha - \theta) - I_{\max}e^{-\frac{t}{\tau}}\sin\left(\alpha - \theta\right) \tag{4}$$

3. ผลการทดลอง

จากการคำนวณจากชุดสูตร และโปรแกรม PSCAD พบว่าค่ามุมกระแสไฟฟ้าในหม้อแปลงทดลองมีค่ามุมล้าหลังมุมแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 57°

รูปที่3.1 ความสัมพันธ์มุมกระแสกับมุมแรงดันไฟฟ้า

รูปที่3.2 การเกิดกระแสกระชากสูงสุดเมื่อทำการสวิทช์ซิ่ง

จากผลการทดลองกระแสจะกลับมาสู่สภาวะคงตัวอีกครั้งขึ้นอยู่กับขนาดพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า, ค่าความต้านทาน, ค่าความเหนี่ยวนำภายในระบบ โดยค่าความต้านทานสูงจะทำให้ระยะเวลากระแสกระชากกลับสู่สภาวะคงตัวเร็ว และค่าความเหนี่ยวนำสูงจะทำให้ระยะเวลาที่เกิดกระแสกระชากยาวนาน

รูปที่3.3 ความสัมพันธ์ระยะเวลากับกระแสกระชาก

จากการทดลองในห้องทดลองด้วยหม้อแปลงจริง และทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์เข้ากับหม้อแปลงทดสอบต่อแบบสตาร์ – สตาร์ และต่อโหลดประเภทความต้านทานที่กำลังไฟฟ้า 200 วัตต์ ทางด้านทุติยภูมิ และทำการสวิทช์ซิ่งต่อวงจรเพื่อเปรียบเทียบกระแสกระชากที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป พบว่ากระแสกระชากสูงเมื่อทำการสวิทช์ซิ่งที่มุมแรงดันใกล้เคียง 1° และเกิดกระแสกระชากน้อยเมื่อทำการสวิทช์ซิ่งที่มุมแรงดันใกล้เคียง 271°

รูปที่3.4 การเกิดกระแสกระชากสูงสุดเมื่อทำการสวิทช์ซิ่งในการทดลองด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

รูปที่3.5 การเกิดกระแสกระชากน้อยสุดเมื่อทำการสวิทช์ซิ่งในการทดลองด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

รูปที่3.6 ความสัมพันธ์ระยะเวลากับกระแสกระชากในการทดลองด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

4. วิเคราะห์ผลการจำลอง

การวิเคราะห์ผลของการจำลองหลัก ๆ นั้นมีดังนี้

4.1 รูปคลื่นสัญญาณไซน์ของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

รูปคลื่นสัญญาณไซน์ของกระแสไฟฟ้าจะช้ากว่าหรือล้าหลังรูปคลื่นสัญญาณไซน์ของแรงดันไฟฟ้าที่มุม 57° เนื่องจากมีค่าความเหนี่ยวนำภายในหม้อแปลงไฟฟ้า

4.2 ผลกระทบการเกิดกระแสกระชากจากการสวิทช์ซิ่ง

กระแสกระชากเกิดขึ้นจากการสวิทช์ซิ่งที่ตำแหน่งมุมของแรงดันไฟฟ้า ณ เวลาชั่วขณะ ซึ่งกระแสกระชากมากที่สุดอยู่ที่มุม 1°,181° และกระแสกระชากน้อยมากที่มุม 91°,271°

4.3 ระยะเวลากระแสกระชากกลับเข้าสู่สภาวะคงตัว

กระแสกระชากจะกลับมาสู่สภาวะคงตัวอีกครั้ง ขึ้นอยู่กับขนาดพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า, ค่าความต้านทาน, ค่าความเหนี่ยวนำภายในระบบ โดยค่าความต้านทานสูงจะทำให้ระยะเวลากระแสกระชากกลับสู่สภาวะคงตัวเร็ว และค่าความเหนี่ยวนำสูงจะทำให้ระยะเวลาที่เกิดกระแสกระชากยาวนาน

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกระแสกระชากในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 3 ตัว พิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า 330VA,380/220V,50Hz ต่อแบบ Wye-Wye โดยใช้โปรแกรม PSCAD ในการจำลองพบว่ากระแสกระชากเกิดขึ้นเมื่อปลดวงจรและทำการต่อวงจรใหม่อีกครั้ง จากผลการทดลองที่ได้กระแสกระชากมากที่มุมแรงดัน 1° และ 181° และเกิดกระแสกระชากน้อยสุดที่มุมแรงดัน 91° และ 271° สรุปได้ว่าค่าฟลั๊กซ์ล้าหลังแรงดันที่มุม 57° และ ฟลั๊กซ์สูงสุดทางด้านบวกเกิดขึ้นที่มุมแรงดันไฟฟ้า 1° และ และ ฟลั๊กซ์สูงสุดทางด้านลบเกิดขึ้นที่มุมแรงดันไฟฟ้า 181° และเมื่อในระหว่างแรกค่าความอิ่มตัวแม่เหล็กจะมีค่าสูง ซึ่งเป็นผลให้ค่าความเหนี่ยวนำมีต่ำ ต่อมาเมื่อในวงจรมีความต้านทานเกิดขึ้น ทำให้ค่าความอิ่มตัวแม่เหล็กลดลง เป็นผลให้ค่าความเหนี่ยวนำมีค่าเพิ่มขึ้น และจากกราฟการทดลองพบว่าเมื่อมีค่าความต้านทานมากในระบบจะทำให้ช่วงเวลาการเกิดกระแสกระชากน้อย และเมื่อมีค่าความเหนี่ยวนำในระบบมากพบว่าช่วงเวลาการเกิดกระแสกระชากจะยาวนาน

เอกสารอ้างอิง

[1] เกรียงไกร กิตติวราวุฒิ, “การศึกษาและวิเคราะห์กระแสอินรัชของหม้อแปลงไฟฟ้าโดยใช้วิธีการแปลงเวฟเล็ต”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, (2003).

[2] A.A Hudson, Transformer, “Magnetizing Inrush Current A Resume of Published Information. Electrical Research Association”, Report No.5152, August, (1966).

[3] GEC ALSTHOM MEASUREMENTS LIMITED, “Protective Relays Application Guide”, Stafford, England, (1987).

[4] H. J. Li and J. L. Blackbom , “Applied Proteetive Relaying, First Edition”, Westinghouse Electric Corporatio, (1976).

[5] วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ, “การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย, (2558).

[6] S.V. Kulkarni and S. A. Khaparde, “Transformor Engineering Design and Practice”, Marcel Dekker, Ine, (2004).

[7] เกรียงไกร กิตติวราวุฒิ, “การศึกษาและวิเคราะห์กระแสอินรัชของหม้อแปลงไฟฟ้าโดยใช้วิธีการแปลงเวฟเล็ต”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, (2003).

[8] Sami G. Abdulsalam, “Analytical Study of Transformer Inrush Current Transients and Its Applications”, (2001).

[9] John H. Brunke and Klaus Fröhlich, “Elimination of Transformer Inrush Currents by Controlled Switching”, (1997).

[10] SeshannaPanthala, “ได้ศึกษาการควบคุม Inrush Current ในหม้อแปลงไฟฟ้า”, มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ, (1999).

[11] Guo Zheng Qi, Zhi Zhen Liu, Yong Yang, Wei Ping Liao, “Simulation Analysis of Transformer Inrush Current Based on the Same Switching Angle”, (November 20-23, 2015).

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การประเมินวิธีการประมาณภาระทางกลของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส เมื่ออ้างอิงตามประเภทความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า

Evaluation of Load Estimation Methods for Three-Phase Induction Motor Based on Types of Voltage Unbalance

ธีระ นิรัมย์[1] สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ[2] นนทวัฒน์ จุลเดชะ[3]

[1]บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530 โทรศัพท์ 0-2988-3666 ต่อ 3305 E-mail: teeranirum@hotmail.com

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[3]ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินวิธีการประมาณภาระทางกลของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเมื่ออ้างอิงตามประเภทความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า โดยประเมินจากวิธีการคำนวณที่แตกต่างกัน 2 วิธี ด้วยกัน คือวิธีการคำนวณด้วยค่ากำลังไฟฟ้าอินพุท และวิธีการคำนวณด้วยค่าสลิป โดยพิจารณาทั้งกรณีที่นำ และไม่นำค่าตัวประกอบความถูกต้องของแรงดันไฟฟ้าเข้ามาคำนวณร่วม หลังจากนั้นนำผลที่ได้จากการคำนวณในแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจริง

คำสำคัญ : วิธีการประมาณภาระกลของมอเตอร์, การประเมินโหลด, ประเภทความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

Abstract

This paper focuses on the evaluation of load estimation methods for three-phase induction motor based on types of voltage unbalance. Two motor load methods which are the input power method and the slip method are investigated at a wide range of the stator-winding current operation. Moreover, a voltage correcting factor is offered and also determined. After that, all calculated results are compared with the experimental results.

Keywords: motor load estimation, load evaluation, types of voltage unbalance, unbalanced voltage

1. บทนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเป็นมอเตอร์ที่มีความสำคัญมากและเป็นที่นิยมใช้จนได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางมากที่สุดในภาคอุตสาหกรรม ตลอดจนอาคารสำนักงานรวมถึงที่อยู่อาศัย ในระบบไฟฟ้าจริงโดยทั่วไปแล้ว แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสามเฟสมักมีค่าไม่คงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากโหลดในระบบมีทั้งโหลดหนึ่งเฟส และโหลดสามเฟส [1-2] เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าค่าแรงดันไฟฟ้าแต่ละเฟสก็จะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นการประมาณค่าโหลดของมอเตอร์ให้ได้ค่าตรงกับค่าจริงมากที่สุด จึงเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการตรวจสอบการออกแบบระบบ และความเหมาะสมของขนาดมอเตอร์ รวมถึงการประเมินศักยภาพของระบบไฟฟ้า

บทความนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าเปอร์เซ็นต์การรับโหลดของมอเตอร์ที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ วิธีการคำนวณด้วยค่ากำลังไฟฟ้าอินพุท และวิธีการคำนวณด้วยค่าสลิป โดยนำค่าที่ได้จากการประมาณแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบจริง โดยทดสอบในสภาวะตั้งแต่มอเตอร์ไม่มีภาระโหลดจนถึงภาระโหลดเต็มพิกัดกระแสไฟฟ้าของขดลวดสเตเตอร์ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการประมาณสภาวะการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสให้ถูกต้องและแม่นยำเป็นไปตามการใช้งานจริงของมอเตอร์มากที่สุด

2. ประเภทของความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าสามเฟส

ประเภทของความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าสามเฟส มี 8 ประเภทดังนี้ [3]

1) ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าต่ำหนึ่งเฟส (Single-Phase Under Voltage Unbalance) เกิดขึ้นกรณีมีโหลดหนึ่งเฟสขนาดใหญ่ในระบบและไม่สามารถชดเชยขนาดแรงดันไฟฟ้าของระบบให้เพียงพอทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าในเฟสใดเฟสหนึ่งต่ำกว่าอีกสองเฟส

2) ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าต่ำสองเฟส (Two-Phase Under Voltage Unbalance) เกิดขึ้นกรณีมีโหลดขนาดใหญ่ในระบบอยู่สองเฟสและไม่สามารถชดเชยขนาดแรงดันไฟฟ้าของระบบให้เพียงพอ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกที่ระบบทั้งสองเฟสเป็นผลให้แรงดันไฟฟ้าทั้งสองเฟสมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าของเฟสที่สาม

3) ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าต่ำทั้งสามเฟส (Three-Phase Under

Voltage Unbalance) ถ้าในระบบรับโหลดขนาดใหญ่ทั้งสามเฟสมากเกินไป จะทำให้เกิดความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าต่ำทั้งสามเฟส

4) ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าเกินหนึ่งเฟส (Single-Phase Over Voltage Unbalance) เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบที่ค่าพิกัดแรงโดยปกติจะใช้ตัวเก็บประจุในการชดเชยค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนของระบบ แต่ถ้าหากเฟสใดเฟสหนึ่งของระบบไฟฟ้าสามเฟสมีการชดเชยที่มากเกิดไปจะทำให้เกิดความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าเกินที่เฟสนั้น

5) ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าเกินสองเฟส (Two-Phase Over Voltage Unbalance) กรณีแรงดันไฟฟ้าสองเฟสจากสามเฟสถูกชดเชยแรงดันไฟฟ้ามากเกินไป จะทำให้เกิดความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าเกินที่สองเฟสนั้น

6) ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าเกินสามเฟส (Three-Phase Over Voltage Unbalance) กรณีแรงดันไฟฟ้าสามเฟสถูกชดเชยด้วยแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดแรงดันสูงเกินกว่าค่าพิกัด และค่าจะไม่ เท่ากัน ถ้ากรณีนี้เกิดขึ้นจะต้องปิดระบบไฟฟ้าและทำการปลดตัวเก็บประจุออกจากระบบไฟฟ้า

7) ระบบไฟฟ้าหนึ่งเฟสมีค่าองศาทางไฟฟ้าไม่เท่ากัน (Unequal Single Phase Angle Displacement) โดยปกติแรงดันไฟฟ้าที่สมดุลจะมีมุมระหว่างเฟสต่าง 120 องศาทางไฟฟ้า ถ้าเกิดมีเฟสใดเฟสหนึ่งจากสามเฟสมีค่าองศาทางไฟฟ้าที่หันเหไปจากปกติทำให้เกิดมุมที่ไม่เท่ากันหนึ่งเฟส

8) ระบบไฟฟ้าในระบบสองเฟสที่มีค่ามุมไม่เท่ากับ (Unequal Two Phase Angle Displacement) ถ้ามุม ทางไฟฟ้าของเฟสมีค่ามุมหันเหไปจากปกติสองเฟสทำให้เกิดมุมที่ไม่เท่ากันสองเฟส

3. วิธีการคำนวณเพื่อประมาณภาระทางกลของมอเตอร์

วิธีการคำนวณเพื่อใช้ทำนายโหลดให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าจริงของมอเตอร์นั้นมีด้วยกันหลายวิธี โดยวิธีการเหล่านั้นมักจะถูกพิจารณาภายใต้เงื่อนไขที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟสมีความสมดุล ในกรณีที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลจะนำค่าตัวประกอบความถูกต้องของแรงดันไฟฟ้า (Voltage correcting factor) เข้ามาคำนวณร่วมด้วย [4-5]

3.1 วิธีคำนวณด้วยค่ากำลังไฟฟ้าอินพุท (Input power Method; IPM)

ในการคำนวณหาค่าโหลดด้วยกำลังไฟฟ้าอินพุทมี 2 วิธีคือ

3.1.1 กำลังไฟฟ้ารวม ($P_{in,total}$) ใช้ค่ากำลังไฟฟ้าอินพุทของแต่ละเฟสมารวมกัน นั่นคือ $P_{in,total} = P_{in,A} + P_{in,B} + P_{in,C}$ หลังจากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โหลดดังนี้

$$\%Load\ of\ IPM_{exact} = \frac{P_{in,total}}{P_{in,rated}} \times 100 \quad (1)$$

$$P_{in,rated} = \sqrt{3} V_{in,rated} I_{in,rated} PF_{in,rated} \quad (2)$$

โดยที่

$P_{in,rated}$ คือ กำลังไฟฟ้าอินพุทที่คำนวณได้จากแผ่นป้ายมอเตอร์

$V_{in,rated}$ คือ แรงดันไฟฟ้าที่พิกัดได้จากแผ่นป้ายมอเตอร์

$I_{in,rated}$ คือ กระแสไฟฟ้าที่พิกัดได้จากแผ่นป้ายมอเตอร์

$PF_{in,rated}$ คือ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่พิกัดได้จากแผ่นป้ายมอเตอร์

3.1.2 กำลังไฟฟ้าอินพุทเฉลี่ย ($P_{in,avg}$) วิธีการนี้เป็นการนำค่าแรงดันไฟฟ้าไลน์เฉลี่ย ($V_{L,avg}$) กระแสไฟฟ้าไลน์เฉลี่ย ($I_{L,avg}$)และตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (PF_{avg}) ถ้า V_{AB}, V_{BC} และ V_{CA} เป็นแรงดันไฟฟ้าไลน์ AB, BC และ CA ตามลำดับ I_A, I_B และ I_C เป็นกระแสไฟฟ้าไลน์ A, B และ C ส่วน PF_A, PF_B และ PF_C คือตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเฟส A, B และ C จะได้ค่า $V_{L,avg} = \frac{V_{AB} + V_{BC} + V_{CA}}{3}$, $I_{L,avg} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}$ และ $PF_{avg} = \frac{PF_A + PF_B + PF_C}{3}$ ได้ค่ากำลังไฟฟ้าอินพุทเฉลี่ยเป็นดังนี้

$$P_{in,avg} = \sqrt{3} V_{L,avg} I_{L,avg} PF_{avg} \quad (3)$$

โดย $P_{in,avg}$ คือ กำลังไฟฟ้าอินพุทเฟส A

$V_{L,avg}$ คือ แรงดันไฟฟ้าไลน์เฉลี่ย

$I_{L,avg}$ คือ กระแสไฟฟ้าไลน์เฉลี่ย

PF_{avg} คือ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย

ด้วยการคำนวณวิธีนี้ เปอร์เซ็นต์โหลดมีค่าเป็นดังสมการที่ (4) นั่นคือ

$$\%Load\ of\ IPM_{avg} = \frac{P_{in,avg}}{P_{in,rated}} \times 100 \quad (4)$$

3.2 วิธีคำนวณด้วยค่าสลิป (Slip Method : SP)

วิธีการนี้เป็นการวัดความเร็วที่แกนเพลามอเตอร์ขณะใช้งานเพื่อนำค่าสลิปที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบกับค่าความเร็วสลิปพิกัดที่ได้จากแผ่นป้ายมอเตอร์ สามารถคำนวณได้ 2 วิธีคือ

3.2.1 สลิปแบบพื้นฐาน (Slip without Compensation; SSM_{WO})

วิธีการนี้ใช้การวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ขณะใช้งาน แล้วเทียบอัตราส่วนกับสลิปที่พิกัดของมอเตอร์ที่ได้จากแผ่นป้ายมอเตอร์ รายละเอียดเป็นดังแสดงในสมการ

$$\%Load\ of\ SSM_{WO} = \frac{N_{syn} - N_{r,measured}}{N_{syn} - N_{r,rated}} \times 100 \quad (5)$$

เมื่อ N_{syn} คือความเร็วซิงโครนัส ซึ่งคำนวณได้จาก $N_{syn} = \frac{120f}{P}$

$N_{r,measured}$ คือ ความเร็วโรเตอร์ที่วัดได้

$N_{r,rated}$ คือ ความเร็วโรเตอร์พิกัดได้จากแผ่นป้ายมอเตอร์

f คือ ความถี่ไฟ

P คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก

3.2.2 สลิปแบบชดเชยแรงดัน (Slip with Voltage Compensation; SSM_W)

วิธีการนี้เป็นการวัดความเร็วที่แกนเพลามอเตอร์ขณะใช้งาน เพื่อนำค่าสลิปที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบกับค่าสลิปพิกัดที่ได้จากแผ่นป้ายมอเตอร์ ถ้า V_{AB}, V_{BC} และ V_{CA} เป็นแรงดันไฟฟ้าไลน์ *AB, BC* และ *CA* ตามลำดับ จะได้ค่าของแรงดันไฟฟ้าไลน์เฉลี่ย สามารถคำนวณได้โดยการชดเชยแรงดันไฟฟ้า ดังนี้คือ

$$\%Load\ of\ SSM_W = \frac{N_{syn} - N_{r,measured}}{N_{syn} - N_{r,rated} \times \left(\frac{V_{in,rated}}{V_{L,avg}}\right)^2} \times 100 \quad (6)$$

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสที่ใช้ในการทดสอบเป็นแบบกรงกระรอก มีขนาดพิกัด 5 HP (3.7 kW), 220/380 V, 13.7/7.9 A, 50 Hz, 1420 rpm, 4 pole, PF 0.83 ต่อแบบสตาร์ แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบเป็นดังตารางที่ 1 จากตารางเป็นการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวดสเตเตอร์ทั้งสามเฟส การจ่ายแรงดันไฟฟ้าสมดุลแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าพิกัด (UV) และจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าพิกัด (OV) โดยใช้วิธีการคำนวณความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEEE ซึ่งเป็นการคำนวณโดยใช้อัตราส่วนความไม่สมดุลของแรงดันเฟส (Phase Voltage Unbalance Ratio; %PVUR) เป็นดังสมการที่ (7) ค่าแรงดันเฟสเฉลี่ยมีค่าคือ $V_{avg,phase} = \frac{V_{AN} + V_{BN} + V_{CN}}{3}$ เมื่อ V_{AN}, V_{BN}, V_{CN} เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส *a, b* และ *c* ตามลำดับ

$$\%PVUR = Max\left(\frac{V_a - V_{avg}, V_b - V_{avg}, V_c - V_{avg}}{V_{avg}}\right) \times 100 \quad (7)$$

ตารางที่ 1 แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

Under Voltage Unbalance				
Unbalance	Phase	Va (V)	Vb (V)	Vc (V)
5%	1	220	220	203
	2	220	204	204
	3	210	207	193
Over Voltage Unbalance				
Unbalance	Phase	Va (V)	Vb (V)	Vc (V)
5%	1	220	220	237
	2	220	235	240
	3	225	230	245

เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากการคำนวณ โดยพิจารณาเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดกับเปอร์เซ็นต์การรับโหลดมอเตอร์ที่ได้จากการแยกตามสภาวะของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ได้ความสัมพันธ์เป็นดังแสดงในรูปที่ 1-6 จากรูปจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า

- วิธีคำนวณด้วยค่ากำลังไฟฟ้าอินพุทสามารถทำการประมาณโหลดได้เฉพาะในช่วงโหลดปานกลาง และโหลดหนัก ส่วนในช่วงโหลดเบาข้อมูลที่ได้มีความผิดพลาดสูงมาก ซึ่งน่าจะเนื่องมาจากค่าความสูญเสียในสภาวะไร้โหลดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ จากกราฟจะเห็นว่าการประมาณโหลดด้วยวิธีการคำนวณด้วยกำลังไฟฟ้าอินพุทเฉลี่ยมีค่า ความผิดพลาดน้อยกว่าวิธีการคำนวณด้วยค่ากำลังไฟฟ้ารวม และการคำนวณโหลดมอเตอร์ในสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าปกติจะมีค่าความผิดพลาดมากกว่าในสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า ซึ่งน่าจะเนื่องมาจากแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าพิกัดของมอเตอร์มีผลทำให้แกนเหล็กมอเตอร์อิ่มตัว ค่าความสูญเสียในสภาวะไร้โหลดจึงมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากกำลังไฟฟ้าอินพุทประกอบด้วยกำลังไฟฟ้าเอาท์พุท และความสูญเสียของมอเตอร์ ดังนั้นเมื่อความสูญเสียเพิ่มขึ้น การนำค่ากำลังอินพุทมาคำนวณเป็นโหลดมอเตอร์จึงผิดพลาดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย
- วิธีคำนวณด้วยค่าสลิปให้ค่าใกล้เคียงผลการรับโหลดจริงมากกว่าวิธีคำนวณด้วยค่ากำลังไฟฟ้าอินพุทตลอดย่านกว้างการรับโหลดเกือบทุกสภาวะของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่พิจารณา วิธีการคำนวณแบบชดเชยแรงดันให้ค่าใกล้เคียงกับวิธีการคำนวณแบบพื้นฐาน อย่างไรก็ตามในช่วงโหลดเบาที่สภาวะแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติจะให้ค่าใกล้เคียงผลการทดสอบจริงมากกว่าสภาวะแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าปกติ

รูปที่ 1 เปอร์เซ็นต์ Error กับโหลดที่ความไม่สมดุลแบบ 1 เฟส UV 5%

รูปที่ 2 เปอร์เซ็นต์ Error กับโหลดที่ความไม่สมดุลแบบ 2 เฟส UV 5%

รูปที่ 3 เปอร์เซ็นต์ Error กับโหลดที่ความไม่สมดุลแบบ 3 เฟส UV 5%

รูปที่ 4 เปอร์เซ็นต์ Error กับโหลดที่ความไม่สมดุลแบบ 1 เฟส OV 5%

รูปที่ 5 เปอร์เซ็นต์ Error กับโหลดที่ความไม่สมดุลแบบ 2 เฟส OV 5%

รูปที่ 6 เปอร์เซ็นต์ Error กับโหลดที่ความไม่สมดุลแบบ 3 เฟส OV 5%

5. สรุป

จากการประเมินวิธีการคำนวณภาระทางกลของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสในสภาวะที่มอเตอร์ได้รับแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลแบบหนึ่งเฟส สองเฟส และสามเฟส ทั้งในสภาวะแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติและสูงกว่าปกติ ผลการเปรียบเทียบได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าวิธีการประเมินโดยใช้ค่าสลิปของมอเตอร์สามารถทำการประมาณภาระทางกลของมอเตอร์ได้ใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุดในทุกสภาวะแหล่งจ่ายตลอดย่านการรับโหลดมอเตอร์ ส่วนวิธีการประเมินโดยใช้ค่ากำลังไฟฟ้าอินพุทให้ค่าได้ถูกต้อง และแม่นยำเฉพาะในย่านโหลดปานกลางและโหลดหนักเท่านั้น และการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าอินพุทเฉลี่ยให้ค่าใกล้เคียงกว่าการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าอินพุทรวมทุกสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณโสภณ เพ็งสุข คุณวรยุทธ กมลสุวรรณคุณจักรรัตน์ อัชฌาลัย และคุณบัญชา ไทยทมิพ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการทดสอบ และบันทึกผลการทดสอบ คุณกมลวิช บุรุษเวศน์ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการดำเนินการวิจัย และวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

[1] Ali Ebadi, Mohammad Mirzaie, Sayyed Asghar Gholamain, “Torque analysis of three-phase induction motor under voltage unbalance using 2-D FEM,” International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 3,No. 2, pp. 871-873, Feb 2011.

[2] The Motor Challenge, Fact Sheet, DETERMINING ELECTRIC MOTOR LOAD AND EFFICIENCY, a Program of the U.S. Department of Energy, pp. 1-10.

[3] Y. J. Wang, “An analytical study on steady-state performance of an induction motor connected to unbalanced three-phase voltage,”in 2000 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Singapore, Jan. 23–27, 2000.

[4] กมลวิช บุรุษเวศน์, สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ และ นนทวัฒน์ จุลเดชะ (2557). การเปรียบเทียบวิธีการประมาณโหลดมอเตอร์สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสในสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าปกติ ต่ำกว่าปกติ และไม่สมดุล, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37, หน้า 165-168, 2557.

[5] กมลวิช บุรุษเวศน์ และ สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ “การเปรียบเทียบวิธีการประมาณโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสในสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสมดุล และไม่สมดุล”การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ , หน้า 1574-1580, 2559.

[6] *IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators*” IEEE 112-2004.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบตัวควบคุม PID^{+}Q เชิงวิเคราะห์เพื่อกำจัดอิทธิพลของซีโรที่มีต่อผลตอบสนองของระบบ

Analytical Design of PID^{+}Q Controllers to Suppress Zero's Effects on System Responses

เดชา พวงดาวเรือง[1,*] ไชโย ธรรมรัตน์[2] สาโรจน์ หลั่งน้ำทิพย์[2] และ อรรถรัตน์ นาวิกาวตาร[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160 โทรศัพท์ 02-807-4500 ต่อ 317 E-mail: deachap@sau.ac.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160 โทรศัพท์ 02-807-4500 ต่อ 313

[*]ผู้ประพันธ์ให้การติดต่อ (Corresponding author)

บทคัดย่อ

การออกแบบตัวควบคุม PID เชิงวิเคราะห์มีเป้าหมายเพื่อจัดวางตำแหน่งโพลวงปิด (closed-loop poles) ของระบบให้สอดคล้องกับโพลเด่น (dominant poles) ที่ถูกกำหนดจากข้อกำหนดสมรรถนะของผลตอบสนองที่ต้องการ แต่ละเลยอิทธิพลของซีโร (zeros) ของตัวควบคุมซึ่งมีผลต่อการตอบสนองของระบบโดยตรง ทำให้การออกแบบดังกล่าวประสบความสำเร็จในการจัดวางโพลในตำแหน่งที่ต้องการ แต่ไม่สามารถให้ผลตอบสนองตามข้อกำหนดสมรรถนะที่ต้องการได้ บทความนี้นำเสนอขั้นตอนการออกแบบเชิงวิเคราะห์สำหรับตัวควบคุม PID^{+}Q ซึ่งประกอบด้วยตัวควบคุม PID และพลีฟิลเตอร์ Q เพื่อการจัดวางตำแหน่งโพลวงปิดอย่างเหมาะสมสำหรับกำจัดอิทธิพลของซีโรและให้ผลตอบสนองตามข้อกำหนดสมรรถนะที่ต้องการ จากผลการทดสอบพบว่า ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิเคราะห์ที่นำเสนอสามารถออกแบบตัวควบคุม PID^{+}Q เพื่อจัดวางโพลวงปิดในตำแหน่งที่ต้องการและให้ผลตอบสนองตามข้อกำหนดสมรรถนะได้อย่างน่าพึงพอใจ

คำสำคัญ: ตัวควบคุม PID, ตัวควบคุม PID^{+}Q, พลีฟิลเตอร์, อิทธิพลของซีโร, การออกแบบเชิงวิเคราะห์

Abstract

Analytical design of the PID controller aims to place the closed-loop poles corresponding to the dominant poles set by the specification of the desired responses. Unfortunately, it neglects the zeros effecting on the system responses. This make the design can satisfy only the pole placement, but cannot provide the desired responses set as the system specification. This paper proposes the new analytical design for the PID^{+}Q consisting of the PID controller and the pre-filter Q to place the closed-loop poles and gain the desired responses. As results, it was found that the proposed analytical design can satisfactory design PID^{+}Q controller to the closed-loop poles and provide the system responses according to the system specification efficiently.

Keywords: PID controller, PID^{+}Q controller, pre-filter, zero's effects, analytical design

1. บทนำ

ในบริบทของทฤษฎีระบบควบคุม เป้าหมายของการออกแบบระบบคือเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์หลักสองประการ ได้แก่ การเฝ้าติดตามอินพุต (input following หรือ command tracking) และการคุมค่าโหลด (load regulating หรือ disturbance rejection) [1-4] สำหรับระบบควบคุมในภาคอุตสาหกรรมได้มีการประยุกต์ตัวควบคุม PID (proportional-integral-derivative controller) อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน และสามารถให้ผลการออกแบบตามวัตถุประสงค์หลักทั้งสองประการข้างต้น [5-6] อย่างไรก็ตาม การออกแบบของตัวควบคุม PID นับเป็นงานที่ท้าทาย แนวทางการออกแบบตัวควบคุม PID เชิงวิเคราะห์ได้กำหนดความต้องการเบื้องต้นว่าต้องทราบแบบจำลองของพลานต์ (plant) [1-6] จากนั้นจึงกำหนดสมรรถนะของผลตอบสนองที่ต้องการ (system specification) และตีความออกมาเป็นโพลเด่น (dominant poles) กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ โพลเด่นที่กำหนดขึ้นจะเป็นตัวแทนของสมรรถนะของผลตอบสนองที่ต้องการเอาไว้ เป้าหมายของการออกแบบคือความพยายามจัดวางตำแหน่งโพลวงปิด (closed-loop poles) ของระบบให้สอดคล้องกับโพลเด่น เพื่อมุ่งหวังให้ระบบผลิตผลตอบสนองตามสมรรถนะที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการออกแบบดังกล่าวประสบความสำเร็จในการจัดวางโพลในตำแหน่งที่ต้องการ แต่ไม่สามารถทำให้ระบบผลิตผลตอบสนองตามข้อกำหนดสมรรถนะที่ต้องการได้ เนื่องจากภายในตัวควบคุมที่ออกแบบนั้นมีซีโร (zero) ซึ่งมีอิทธิพลต่อผลตอบสนองของระบบอย่างมีนัยสำคัญ [7-13]

บทความนี้นำเสนอการออกแบบเชิงวิเคราะห์สำหรับตัวควบคุม PID^+Q เพื่อการจัดวางตำแหน่งโพลวงปิดและให้ผลตอบสนองตามข้อกำหนดสมรรถนะที่ต้องการ โดยตัวควบคุม PID^+Q ที่นำเสนอจะประกอบด้วยตัวควบคุม PID และพลีฟิลเตอร์ Q ผลการทดสอบจะให้การเปรียบเทียบระหว่างตัวควบคุม PID และตัวควบคุม PID^+Q โดยอิงกับตำแหน่งโพลเด่นและข้อกำหนดสมรรถนะที่ต้องการ

2. การออกแบบตัวควบคุม PID^+Q

โครงสร้างของระบบที่มีตัวควบคุม PID^+Q แสดงดังรูปที่ 1 เมื่อ $G_p(s)$ คือฟังก์ชันถ่ายโอนของพลานต์, $G_c(s)$ คือฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุม PID และ $Q(s)$ คือฟังก์ชันถ่ายโอนของพลีฟิลเตอร์ Q ขั้นตอนการออกแบบตัวควบคุม PID^+Q เชิงวิเคราะห์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบควบคุม PID^+Q

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> กำหนดผลตอบสนองในโดเมนเวลาที่ต้องการอันอาจประกอบด้วย เวลาขึ้น (rise time: t_r), การพุ่งเกินสูงสุด (maximum overshoot: M_p) และเวลาเข้าที่ (settling time: t_s) ในฐานะข้อกำหนดสมรรถนะ จากนั้นตีความเป็นโพลเด่นตามระบบอันดับสองต้นแบบ (second-order prototype system) ในรูปที่ 2 และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ดังสมการที่ (1) – (3) [1-4] เมื่อ ζ คืออัตราส่วนการหน่วง (damping ratio), ω_n คือความถี่ธรรมชาติแบบไม่หน่วง (undamped natural frequency) และ ω_d คือความถี่ธรรมชาติแบบหน่วง (damped natural frequency) กำหนดให้โพลเด่นเป็น $s = \sigma \pm j\omega_d$ เมื่อ σ คือการลดทอน (attenuation)

รูปที่ 2 โพลเด่นตามระบบอันดับสองต้นแบบ

$$t_r = \frac{\pi - \beta}{\omega_d} \tag{1}$$

$$M_p = e^{-\pi\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}} \tag{2}$$

$$t_s = \frac{4}{\zeta\omega_n} = \frac{4}{\sigma} \tag{3}$$

เมื่อ $\zeta = \cos\beta$, $\sigma = \zeta\omega_n$ และ $\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> ออกแบบตัวควบคุม PID ในวงการควบคุม (control loop) เมื่อ $G_c(s)$ ของตัวควบคุม PID แสดงดังสมการที่ (4) โดยอาศัยหลักการเทียบค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างสมการลักษณะสมบัติ (characteristic equation) ของระบบอันดับสองต้นแบบในสมการที่ (5) และสมการลักษณะสมบัติของระบบที่ต้องการออกแบบในสมการที่ (6)

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s} \tag{4}$$

$$s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 = 0 \tag{5}$$

$$1 + G_c(s)G_p(s) = 0 \tag{6}$$

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> ออกแบบพลีฟิลเตอร์ Q เมื่อ $Q(s)$ ของพลีฟิลเตอร์แสดงดังสมการที่ (7) โดยอาศัยหลักการหักล้างอิทธิพลของซีโรของระบบด้วยอิทธิพลของโพลของพลีฟิลเตอร์ดังปรากฏในเทอมส่วนของ $Q(s)$ และเพื่อรักษาระดับการตอบสนองในสภาวะคงตัวเอาไว้ด้วยการคงค่าอัตราขยายดีซี (dc-gain) ดังปรากฏในเทอมเศษของ $Q(s)$

$$Q(s) = \frac{K_i}{K_d s^2 + K_p s + K_i} \tag{7}$$

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงการควบคุม $G_L(s)$ ดังแสดงในสมการที่ (8) ซึ่งปรากฏซีโรของตัวควบคุม PID จะส่งผลต่อการตอบสนองของระบบ ในขณะที่ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบควบคุม PID^+Q ในรูปที่ 1 ซึ่งพลีฟิลเตอร์ Q แสดงดังสมการที่ (9) จะพบว่าไม่ปรากฏซีโรอีกต่อไป

$$G_L(s) = \frac{[K_d s^2 + K_p s + K_i]G_p(s)}{s + [K_d s^2 + K_p s + K_i]G_p(s)} \tag{8}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K_i G_p(s)}{s + [K_d s^2 + K_p s + K_i]G_p(s)} \tag{9}$$

3. ตัวอย่างการออกแบบตัวควบคุม PID^+Q

การออกแบบตัวควบคุม PID^+Q สำหรับระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้รับการนำเสนอเป็นกรณีศึกษา โดยที่ $G_p(s)$ ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบประมาณแสดงดังสมการที่ (10) [1]

$$G_p(s) = \frac{K}{\tau s + 1}, \quad K = 1, \tau = 0.5 \text{ sec} \tag{10}$$

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> กำหนดผลตอบสนองในโดเมนเวลาที่ต้องการได้แก่ $t_r = 0.2$ sec และ $M_p = 5\%$ ซึ่งพบว่า $\zeta = 0.7$, $\omega_d = 11.73$ rad/sec และ $\omega_n = 16.43$ rad/sec จากนั้นตีความเป็นโพลเด่นได้เป็น $s = -11.50 \pm j11.73$

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> ออกแบบตัวควบคุม PID ในวงการควบคุมโดยสมการลักษณะสมบัติของระบบอันดับสองต้นแบบแสดงดังสมการที่ (11) และสมการลักษณะสมบัติของระบบที่ต้องการออกแบบในสมการที่ (12)

$$\begin{aligned} &s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 = 0 \\ &s^2 + 2(0.7)(16.43)s + (16.43)^2 = 0 \\ &s^2 + 23.002s + 269.945 = 0 \end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned} &1 + G_c(s)G_p(s) = 0 \\ &1 + \left(\frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s}\right)\left(\frac{1}{0.5s+1}\right) = 0 \\ &(0.5 + K_d)s^2 + (1 + K_p)s + K_i = 0 \end{aligned} \tag{12}$$

เมื่อทำการเทียบค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างสมการที่ (11) และ (12) จะพบความสัมพันธ์ดังสมการที่ (13) นั่นคือตัวควบคุม PID จะได้เป็นดังสมการที่ (14)

$$\left.\begin{aligned} &0.5 + K_d = 1 \quad \Rightarrow \quad K_d = 0.5 \\ &1 + K_p = 23.002 \quad \Rightarrow \quad K_p = 22.002 \\ &K_i = 269.945 \end{aligned}\right\} \tag{13}$$

$$G_c(s) = \frac{0.5s^2 + 22.002s + 269.945}{s} \tag{14}$$

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> ออกแบบพลีฟิลเตอร์ Q เมื่อ $Q(s)$ ของพลีฟิลเตอร์ตามสมการที่ (7) นั่นคือ

$$Q(s) = \frac{269.945}{0.5s^2 + 22.002s + 269.945} \tag{15}$$

4. ผลการออกแบบและการอภิปรายผล

ผลการออกแบบในหัวข้อที่ 3 ได้รับการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม MATLAB โดยเริ่มจากผลการออกแบบตัวควบคุม PID ในขั้นตอนที่ 2 และฟังก์ชันถ่ายโอนของวงการควบคุม $G_L(s)$ ดังสมการที่ (8) ซึ่งพบว่าระบบมีโพลเด่นที่ $s = -11.50 \pm j11.73$ ตรงตามค่าโพลเด่นที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 1 ผลการจำลองสถานการณ์แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่าผลตอบสนองของระบบปรากฏค่า $t_r = 0.07$ sec และ $M_p = 8.80\%$ ซึ่งไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดสมรรถนะที่ต้องการเนื่องจากอิทธิพลของซีโรของตัวควบคุม PID

จากนั้น เมื่อนำผลการออกแบบตัวควบคุม PID^+Q ในหัวข้อที่ 3 มาทำการจำลองสถานการณ์ ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบควบคุม PID^+Q ในรูปที่ 1 ดังสมการที่ (9) จะมีให้ค่าโพลเด่นที่ $s = -11.50 \pm j11.73$ ตรงตามค่าโพลเด่นที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 1 ผลการจำลองสถานการณ์แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่าผลตอบสนองของระบบปรากฏค่า $t_r = 0.2$ sec และ $M_p = 5\%$ ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดสมรรถนะที่ต้องการ เนื่องจากโพลของพลีฟิลเตอร์ Q ได้กำจัดอิทธิพลของซีโรของตัวควบคุม PID ตามแนวทางการออกแบบตัวควบคุม PID^+Q ที่นำเสนอ

รูปที่ 3 ผลตอบสนองของระบบควบคุม PID และ PID^+Q

5. สรุป

บทความนี้นำเสนอขั้นตอนการออกแบบเชิงวิเคราะห์สำหรับตัวควบคุม PID^{+}Q เพื่อการจัดวางตำแหน่งโพลวงปิดอย่างเหมาะสมสำหรับกำจัดอิทธิพลของซีโรและให้ผลตอบสนองตามข้อกำหนดสมรรถนะที่ต้องการ ตัวควบคุม PID^{+}Q ประกอบด้วยตัวควบคุม PID และพลีฟิลเตอร์ Q การตัวควบคุม PID^{+}Q เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้รับการนำเสนอเป็นกรณีศึกษา จากผลการทดสอบพบว่า ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิเคราะห์ที่นำเสนอสามารถออกแบบตัวควบคุม PID^{+}Q เพื่อจัดวางโพลวงปิดในตำแหน่งโพลเด่นที่ต้องการและให้ผลตอบสนองสอดคล้องกับข้อกำหนดสมรรถนะที่ต้องการ โดยสามารถกำจัดอิทธิพลของซีโรด้วยโพลของพลีฟิลเตอร์ Q

เอกสารอ้างอิง

[1] K. Ogata, Modern Control Engineering, Prentice-Hall, 2010.

[2] C.L. Phillips, and R.D. Harbor, Feedback Control Systems, Prentice-Hall, 1991.

[3] B.C. Kuo, Automatic control systems, John Wiley & Sons, 2003.

[4] R.C. Dorf, and R.H. Bishop, Modern Control Systems, Prentice-Hall, 2005.

[5] N. Minorsky, “Directional stability of automatically steered bodies,” American Society of Naval Engineering, vol. 34, pp. 284, 1922.

[6] A. Dwyer, Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules, Imperial College Press, 2003.

[7] J.H. Mulligan Jr., “The effect of pole and zero locations on the transient response of linear dynamic systems,” in Proc. of the IRE, pp. 516–529, 1949.

[8] G.F. Franklin, J.D. Powell, and A. Emami-Naeini, Feedback Control of Dynamic Systems, Upper Saddle River, NJ, 2006.

[9] M.E.M. Meza, and A. Bhaya, “Zero-placement approach to the design of sliding surfaces for linear multivariable systems,” IEE - Control Theory and Applications, vol. 148(5), pp. 333–339, 2001.

[10] T.V. Waterschoot, and M. Moonen, “A pole-zero placement technique for designing second-order IIR parametric equalizer filters,” IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, vol. 15(8), pp. 2561–2565, 2007.

[11] A. Nehorai, “A minimal parameter adaptive notch filter with constrained poles and zeros,” IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, vol. ASSP-33(4), pp. 983–996, 1985.

[12] D.M. Sajnekar, S.B. Deshpande, and R.M. Mohril, “Comparison of pole placement and pole zero cancellation method for tuning PID controller of a digital excitation control system,” International Journal of Scientific and Research Publications, vol. 3(4), pp. 1–7, 2013.

[13] สราวุฒิ สุจิตจร, การออกแบบและอนุวัตระบบควบคุมด้วยการจัดตำแหน่งซีโร, รายงานวิจัย NT-B-06-4D-99-012, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2541.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยราสเบอรี่พายผ่านอินเตอร์เน็ต

Energy recorder by Raspberry Pi via internet

วุฒิชัย สง่างาม[1] ประจวบ อินระวงค์[1] สุรชาติ ส่วนบุญ [1] และ ปิยเทพ เนื้อนุ่ม[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-252659 E-mail: wutichai@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการจัดเก็บค่ากำลังไฟฟ้า อันได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าจริง ค่ากำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ ค่ากำลังไฟฟ้าต้านกลับ และค่าตัวประกอบกำลัง จากมัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์ที่ทำการต่ออยู่กับภาระโหลดที่ต้องการ เพื่อจัดเก็บค่าเข้าที่ฐานข้อมูลข้อมูลโดยใช้ บอร์ดราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi) [1][3,4]

หลักการทำงานจะให้บอร์ดราสเบอรี่พายติดต่อกับมัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์เพื่ออ่านค่าพารามิเตอร์ต่างๆผ่านการสื่อสารแบบ อาร์เอส 485 แล้วส่งค่าเหล่านั้นผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตไปเก็บที่เซิฟเวอร์ฐานข้อมูลแบบ MSSQL โดยค่าเวลาเร็วที่สุดในการส่งข้อมูลคือ 1 นาที

คำสำคัญ: มัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์ เซิฟเวอร์ฐานข้อมูล ราสเบอรี่พาย

Abstract

This project presents the electrical parameters recorder such as the voltage, current real power, appearance power, reversion power and power factor form multifunction meter connected to requirement loads. These parameters were imported to database using Raspberry Pi. The principle of the system is that the Raspberry Pi Board will communicate with a multifunction meter to read the parameters through RS 485 standard. The parameters were sent through the Internet to the database server, MSSQL. The best transmission rate of data was 1 minute.

Keywords: multifunction meter , database server , Raspberry Pi

1. บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าการบันทึกข้อมูลค่าต่างๆในอดีตจำเป็นที่จะต้องใช้มนุษย์เป็นผู้จดบันทึกค่า ในการจดค่าทางไฟฟ้าก็เช่นเดียวกัน จะต้องใช้มนุษย์เป็นจดบันทึกข้อมูลเป็นระยะๆ ถ้าเครื่องมือวัดเหล่านั้นอยู่ในพื้นที่ห่างไกลหรือยากลำบากต่อการเข้าถึง ก็จะก่อให้เกิดอุปสรรคต่อการจดบันทึกข้อมูล ในขณะเดียวกันข้อมูลที่จดบันทึกอาจมีการชำรุดหรือสูญหายได้ ทำให้เมื่อมีความต้องการที่จะใช้ข้อมูลเหล่านั้น อาจจะไม่ได้ความสะดวก

ดังนั้นโครงงานจึงมีแนวความคิดที่จะจัดเก็บ ข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้า เพื่อให้สะดวกต่อการเข้าถึงและการใช้งาน โดยที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้จะถูกจัดเก็บไว้ที่เซิฟเวอร์ฐานข้อมูล โดยผ่านบอร์ดราสเบอรี่พาย ที่มีการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

2. อุปกรณ์และการสื่อสาร

2.1 บอร์ดราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi Board)

ราสเบอรี่พาย เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่สามารถรองรับการเชื่อมต่อเข้ากับจอแสดงผล คีย์บอร์ด เมาส์ และอุปกรณ์ภายนอก ตัวบอร์ดราสเบอรี่พาย จะใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ ที่ต้องต้องติดตั้งบนแผ่นหน่วยความจำถาวร หรือ เอสดีการ์ด (SD Card) [2] บอร์ดนี้ถูกออกแบบให้มี หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยประมวลผลสำหรับแสดงภาพ (GPU) หน่วยความจำหลัก (RAM) และจุดเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายนอก (GPIO) ดังรูปที่ 1

2.2 มัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์

มัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์ ยี่ห้อ PRIMUS รุ่น KM-07-A-2 [5] เป็นมิเตอร์ 3 เฟส ที่สามารถวัดค่า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า มุมเฟสระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้า ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของโวลท์และแอมป์ (ค่าเปอร์เซนต์ THD) และทำการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกโดยผ่าน อาร์เอส 485 (RS-485) แบบโหมดบัส อาร์ทียู (Modbus RTU) สามารถวัดค่า กิโลวัตต์ฮาวร์ กิโลวาร์ฮาวร์ และกิโลโวลต์แอมป์ฮาวร์ สูงสุดได้ 13 หลัก

รูปที่ 1 บอร์ด ราสเบอรี่พาย

รูปที่ 2 มัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์ ยี่ห้อ PRIMUS รุ่น KM-07

2.3 การสื่อสารแบบโหมดบัส อาร์ทียู (Modbus RTU)

ก) โหมดบัส อาร์ทียู คือ รูปแบบการสื่อสารแบบเปิด ที่เป็นการสื่อระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รูปแบบหนึ่ง การสื่อสารจะเป็นในลักษณะแม่ข่าย-ลูกข่าย (Master-Slave) โดยแม่ข่ายจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมการรับ-การส่งข้อมูล ส่วนลูกข่ายที่อยู่ในเครือข่ายของแม่ข่ายจะทำหน้าที่รับหรือส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว ในระบบการใช้งานสำหรับหนึ่งเครือข่าย จะมีแม่ข่ายหนึ่งตัวและมีลูกข่ายได้สูงสุด 247 ตัว โดยที่ลูกข่ายแต่ละตัวจะมีรหัสประจำตัวที่ไม่ซ้ำกัน ทุกครั้งที่ต้องการอ่านค่าข้อมูลหรือเขียนข้อมูล ตัวแม่ข่ายจะต้องส่งคำสั่งไปยังลูกข่ายในระบบ จากนั้นเมื่อลูกข่ายได้รับคำสั่งที่มีตำแหน่งที่ตรงกับหมายเลขของตนเองจึงตอบกลับข้อมูลที่แม่ข่ายต้องการ

ข) การสื่อสาร อาร์เอส 485 (RS-485) คือ มาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรม ลักษณะการส่งสัญญาณข้อมูลจะเป็นแบบการส่งสัญญาณกึ่งทางคู่ (Half-Duplex) ระดับสัญญาณลอจิกอยู่ที่แรงดัน –15 โวลท์ ถึง + 15 โวลท์

ค) ยูเออาร์ที (UART) คือ รูปแบบการส่งข้อมูลที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม คือการส่งข้อมูลที่ไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกา มาเป็นตัวกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล แต่จะใช้วิธีกำหนดรูปแบบ การรับส่งข้อมูลขึ้นมาแทน และอาศัยการกำหนดความเร็วของการรับและการส่งที่เท่ากันของทั้งฝั่งรับและฝั่งส่ง ระดับสัญญาณลอจิกอยู่ที่แรงดัน 0 โวลท์ ถึง 5 โวลท์

ง) การแปลง อาร์เอส 485 เป็น ยูเออาร์ที คือการแปลงระดับแรงดันของสัญญาณลอจิก จากระดับ 0 โวลท์ ถึง 5 โวลท์ ให้อยู่ในรูปของสัญญาณระดับ แรงดัน –15 โวลท์ ถึง + 15 โวลท์ เพื่อให้อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันไม่เกิดความเสียหายเพราะระดับแรงดันสัญญาณลอจิกที่ต่างกัน

3. การออกแบบการวัดค่าไฟฟ้า

ในการออกแบบการวัดค่าไฟฟ้าจะใช้มัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์ ยี่ห้อ PRIMUS รุ่น KM-07 ซึ่งสามารถวัดค่าไฟฟ้าได้ 3 เฟส กระแสสูงสุด 5 แอมป์ต่อเฟส แรงดัน 230 โวล์ท โดยที่ตัวมิเตอร์นี้จะทำการสื่อสารผ่านตัวแปลง อาร์เอส 485 เป็น ยูเออาร์ที เพื่อสื่อสารกับบอร์ดราสเบอรี่พาย ดังรูปที่ 3 และส่งค่าการวัดไฟฟ้า จำนวน ทั้งหมด 27 ค่า ไปเก็บที่ เซิฟเวอร์ฐานข้อมูล

รูปที่ 3 ลักษณะการวัดค่าไฟฟ้าโดยใช้บอร์ดราสเบอรี่พายร่วมกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

ในส่วนของตัวโปรแกรมบนบอร์ดราสเบอรี่พายนั้น จะติดตั้งระบบปฏิบัติการลินุกซ์ และใช้ภาษาจาวา (java) ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งหน้าตาดังรูปที่ 4 และตัวโปรแกรมจะมีการทำงาน ดังต่อไปนี้

รูปที่ 4 ส่วนประกอบหน้าจอแสดงผลของโปรแกรม

1.โปรแกรมส่งคำขอค่าการวัดไฟฟ้า 27 ค่า ไปที่มัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์ จากนั้นมัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์จะส่งข้อมูลพารามิเตอร์ไฟฟ้ากลับมายังโปรแกรม

2.เมื่อโปรแกรมได้รับข้อมูลตอบกลับจากมัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์เรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะทำการส่งข้อมูลค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้าเข้าเซิฟเวอร์ฐานข้อมูล

3.ในกรณีที่ไม่สามารถเชื่อมต่อกับเซิฟเวอร์ฐานข้อมูลได้ ค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้า จะถูกโปรแกรมจัดเก็บลงบนบนแผ่นหน่วยความจำถาวร หรือ เอสดีการ์ด

4. การทดสอบ

ในการทดสอบการใช้งาน จะทดสอบกับห้องเรียนที่มีเครื่องปรับอากาศเพียง 1 เครื่อง โดยเริ่มทำการทดสอบตั้งแต่วันที่ 14 มกราคม 2560 ถึง 13 กุมภาพันธ์ 2560 จำนวน 30 วัน

จากข้อมูลของเซิฟเวอร์ฐานข้อมูล สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟรายงานประจำวันได้ดังรูปที่ 5 จะพบห้องดังกล่าวมีการใช้งานตั้ง 09.00 ถึง 17.00 และรูปที่ 6 เป็นรูปกราฟแสดงรายงานประจำ 30 วัน จากเซิฟเวอร์ฐานข้อมูล เช่นกัน

จากรูปที่ 6 เป็นการบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่อง จำนวน 30 วัน ซึ่งใช้พลังงานไปทั้งหมด 226.476 กิโลวัตต์ฮาวร์ จากรูปจะเห็นว่ากราฟใช้พลังงานไม่สม่ำเสมอ เนื่องห้องที่ทำการทดสอบเป็นห้องเรียนที่มีความถี่ในการใช้งานที่ไม่

รูปที่ 5 การทดสอบการบันทึกในรอบ 1 วัน

รูปที่ 6 การทดสอบการบันทึกค่าพลังงาน 30 วัน

5.สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบชุดรับส่งค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าจากมัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์ จัดเก็บเข้าเซิฟเวอร์ฐานข้อมูลโดยใช้บอร์ด ราสเบอรี่พาย จะเห็นว่าการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานั่นสามารถอ่านค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าจากนั้นมัลติฟังก์ชั่นมิเตอร์ และส่งเข้าสู่เซิฟเวอร์ฐานข้อมูล ได้โดยใช้เวลาในการอ่านและส่งข้อมูลในแต่ละชุดข้อมูลเข้าเซิฟเวอร์ฐานข้อมูลชนิด MSSQL เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 119.93 วินาทีหรือประมาณ 2 นาที และในกรณีที่ไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ ก็สามารถสำรองข้อมูลในรูปแบบของเท็กซ์ไฟล์ ลงบนบนแผ่นหน่วยความจำถาวร หรือ เอสดีการ์ด

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สืบค้นจาก http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/(วันที่ 10 พฤษภาคม 2559)

[2] สืบค้นจาก https://www.sdcard.org/downloads/formatter_4/eula_windows/ (วันที่ 20 พฤษภาคม 2559)

[3] สืบค้นจาก http://www.raspberrypi.org/downloads (วันที่ 20 พฤษภาคม 2559)

[4] สืบค้นจาก http://sourceforge.net/projects/win32diskimager/ (วันที่ 20 พฤษภาคม 2559)

[5] สืบค้นจาก
www.primusthai.com/productsdetail.php?view&id_product=4288]
(วันที่ 20 พฤษภาคม 2559)

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การวัดสภาพความเป็นแม่เหล็กของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานโดยวิธี Susceptometer

Volume Magnetic Susceptibility Measurement of Mass Standard by Using Susceptometer Method

รังสิยา สุคนธ์[1] **วิรุณ เล้าพรพิชยานุวัฒน์**[2] **มนต์ชัย มิตรอารีย์**[3] **และสมภพ แสงผึ้ง**[4]

กลุ่มงานมาตรฐานปฐมภูมิมวลและปริมาณที่เกี่ยวข้อง ฝ่ายมาตรวิทยาเชิงกล สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3-4/5 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-5775100

E-mail: [1]rungsiya@mail.nimt.or.th, [2]wirun@nimt.or.th [3]monchai@nimt.or.th and [4]sompop@nimt.or.th

บทคัดย่อ

ในท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรมจะมีการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีมาตรวิทยาด้านมวลที่เห็นได้ชัด ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก ซึ่งจะต้องมีการสอบเทียบ หรือทวนสอบความถูกต้อง จากตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน และตุ้มน้ำหนักมาตรฐานเองก็มีข้อกำหนดทางเทคนิคแตกต่างกัน ได้แก่ สภาพความเป็นแม่เหล็ก ของตุ้มน้ำหนักฯ ที่นำมาใช้เกี่ยวข้องกับความถูกต้องที่เครื่องชั่งอ่านได้ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความละเอียดของเครื่องชั่ง สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติจึงได้พัฒนาระบบการวัดสภาพความเป็นแม่เหล็กขึ้น เป็นการวัดความอ่อนไหวความเป็นแม่เหล็กเชิงปริมาตร (volume magnetic susceptibility) ของตุ้มน้ำหนักฯขึ้น โดยใช้วิธี susceptometer method ได้ในขนาด 1g ถึง 20 kg ที่ความไม่แน่นอน 10 ถึง 20%

คำสำคัญ: เครื่องชั่งน้ำหนัก, ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน, สภาพความเป็นแม่เหล็ก, susceptometer

Abstract

Mass metrology has been obviously used in both local and industrial sectors such as weighing instruments which should be calibrated or verified by mass standards. Besides, the mass standards have a difference in technical requirement which includes magnetic property of the mass standards. This property has influence on accuracy of reading which related to the resolution of instruments. Therefore, the National Institute of Metrology Thailand (NIMT) has developed system to measure volume magnetic susceptibility of the mass standard by using susceptometer method in range 1g to 20 kg which has standard uncertainty 10 to 20%.

Keywords: weighing instruments, mass standard, magnetic property, susceptometer

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้เครื่องชั่งน้ำหนักส่วนใหญ่ที่ใช้งานเป็นเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ได้รับการออกแบบให้วัดค่าน้ำหนักโดยใช้เทคโนโลยีด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่จะมีแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnets) เป็นส่วนประกอบ ดังนั้นเมื่อนำวัตถุหรือตุ้มน้ำหนักฯ ที่ความเป็นแม่เหล็กมาชั่งน้ำหนัก เครื่องชั่งย่อมอ่านค่าได้ไม่ถูกต้อง เพราะเกิดแรงทางแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นระหว่างสิ่งที่ชั่ง และผลรวมของแรงทางแม่เหล็กของเครื่องชั่งกับของโลกนั่นเอง

การวัดสภาพความเป็นแม่เหล็กของตุ้มน้ำหนักฯ ที่จักต้องใช้ในการสอบเทียบหรือทวนสอบเครื่องชั่ง ดังในรูปที่ 1 การสอบย้อนกลับความถูกต้องที่เกี่ยวข้องกับการชั่งน้ำหนัก โดยทั่วไปความถูกต้องในการชั่งน้ำหนักนั้นหากตุ้มน้ำหนักฯ สอดคล้องกับข้อกำหนดขององค์การมาตรวิทยาทางกฎหมายระหว่างประเทศ [1] แล้ว สภาพความเป็นแม่เหล็กของตุ้มน้ำหนักฯ จะแตกต่างกันไปตามระดับ (class) ซึ่งสัมพันธ์กับการนำมาใช้ในสอบเทียบหรือทวนสอบเครื่องชั่งที่แตกต่างกันด้วย [2] บทความนี้ได้อธิบายถึงการวัดการสภาพความเป็นแม่เหล็กของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน โดยวิธี Susceptometer method ที่ฝ่ายมาตรวิทยาเชิงกล สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติได้พัฒนาขึ้น

รูปที่ 1 การสอบย้อนกลับความถูกต้องที่เกี่ยวข้องกับการชั่งน้ำหนัก

2. รายละเอียด

ชุดระบบการวัดสภาพความเป็นแม่เหล็กนี้ เป็นการวัดความอ่อนไหวความเป็นแม่เหล็กเชิงปริมาตรของตุ้มน้ำหนักฯ โดยใช้วิธี susceptometer method ในขนาด 1g ถึง 20 kg ดังรูปที่ 2 มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องโดยหลัก ได้แก่

- เครื่องชั่งชนิด mass comparator UMX5 ที่รับน้ำหนักได้สูงสุด 5.1 g ความละเอียดในการอ่านค่าเป็น 0.1 μg
- แม่เหล็ก และวัสดุทรงกระบอก ที่ใบรับรองผลการสอบเทียบ แสดงค่า relative magnetic permeability

รูปที่ 2 ชุดระบบการวัดสภาพความเป็นแม่เหล็ก

เมื่อ h = ความสูงของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

R_w = รัศมีของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

Z_0 = ระยะระหว่างกึ่งกลางของแม่เหล็กถึงฐานของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

Z_1 = ระยะระหว่างกึ่งกลางของแม่เหล็กถึงบนของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

นอกจากนี้แล้วในการวัดใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับด้านมวลแล้วยังต้องมีชุดวัดสภาวะแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และ ความดัน ด้วย

3. หลักการ ขั้นตอนการวัด และการคำนวณ

ความแรงของสนามแม่เหล็กบนผิวของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานด้านบนที่อยู่บนโต๊ะอะลูมิเนียม [1] มีค่าเป็น H

$$H = \frac{m_d}{2\pi Z_0^3} \tag{1}$$

H มีหน่วยเป็น A m^{-1}

Z_0 มีหน่วยเป็น m

m_d เป็นค่าโมเมนต์ของสนามแม่เหล็กอันเนื่องมาจากแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น A m^2

ระบบการวัดนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงค่า H ในการวัดตุ้มน้ำหนักฯ ที่มีระดับ (class) ต่างกัน และถ้า H น้อยเกินไปให้ลดขนาด Z_0 ลง เพื่อให้มีค่าเพิ่มขึ้น

การวัดสภาพความเป็นแม่เหล็กฯ โดยวิธี susceptometer method นี้ ดังสมการ (2) เมื่อ χ เป็นความอ่อนไหวความเป็นแม่เหล็กเชิงปริมาตรของตุ้มน้ำหนัก

$$\chi = \frac{F_a}{I_a \times F_{\max} - 0.4F_a} \tag{2}$$

ในขั้นตอนแรกวางแม่เหล็กโดยให้ทิศเหนือขึ้น วางตุ้มน้ำหนักฯ บนโต๊ะน้ำหนักที่เครื่องชั่งอ่านได้มีค่าเป็น $F_1 = -\Delta m_1.g$ จากนั้นสลับขั้วแม่เหล็กโดยเอาทิศใต้ขึ้น เครื่องชั่งอ่านค่าเป็น $F_2 = -\Delta m_2.g$ ทำให้สามารถคำนวณ F_a ได้ดังสมการ (3)

$$F_a = \frac{F_1 + F_2}{2} \tag{3}$$

I_a เป็นค่าแก้ทางเรขาคณิต (geometric coreection factor) ที่มีค่าเป็นดังสมการ (4)

$$I_a = 1 - \left[\frac{Z_0}{Z_1}\right]^4 - \frac{1+\frac{(R_w/Z_0)^2}{3}}{\left[1+\left(\frac{R_w}{Z_0}\right)^2\right]^3} + \left[\frac{Z_0}{Z_1}\right]^4 \times \frac{1+\frac{(R_w/Z_1)^2}{3}}{\left[1+\left(\frac{R_w}{Z_1}\right)^2\right]^3} \tag{4}$$

แต่ค่าแรงสูงสุดเนื่องจากสนามแม่เหล็ก F_{max} ดังสมการ (5) ข้างล่างนี้จะยังหาไม่ได้ จำเป็นต้องหาจากสมการ (1) โดยใช้ แม่เหล็กหายาก (rare-earth magnet) ในระบบนี้เป็นวัสดุผสมของ Nd Fe B ที่ได้จัดหามาจากการสั่งซื้อจากต่างประเทศพร้อมวัสดุทรงกระบอก และมีใบรายงานผลการสอบเทียบ แสดงค่า relative magnetic permeability (u_r)

$$F_{\max} = \frac{3\mu_0}{64\pi} \times \frac{m_d^2}{Z_0^4} \tag{5}$$

และ

$$u_r = 1 + \chi \tag{6}$$

ในการวัดนี้จึงเริ่มต้นจากใช้ แม่เหล็กหายาก (rare-earth magnet) พร้อมวัสดุทรงกระบอก (Reference block) ที่มีใบรายงานผลการสอบเทียบแสดงค่า relative magnetic permeability เป็น 1.005192 แทนที่การใช้ตุ้มน้ำหนักฯ จากสมการที่ (6) ได้ค่า $\chi = 1.005192 - 1 = 0.005192$

เพื่อหาค่าโมเมนต์ของสนามแม่เหล็กอันเนื่องมาจากแม่เหล็ก m_d มีหน่วยเป็น A m^2

ขั้นตอนการวัดสรุปมีดังนี้

1) ตั้งระบบการวัดใช้แม่เหล็กและวัสดุทรงกระบอก ดังกล่าว วัดระยะ h, R_w, Z_0 และ Z_1 ทำให้สามารถคำนวณหาก I_a ได้ดังสมการ (4)

2) นำขั้วแม่เหล็กในทิศเหนือขึ้น วางวัสดุทรงกระบอก เครื่องชั่งอ่าน Δm_1 เพื่อคำนวณหา $F_1 = -\Delta m_1 . g$

3) กลับขั้วแม่เหล็กให้ทิศเหนือลง วางวัสดุทรงกระบอก เครื่องชั่งอ่าน Δm_2 เพื่อคำนวณหา $F_2 = -\Delta m_2 . g$

4) จากขั้นตอนที่ 2 และ 3 คำนวณหา F_a ได้ดังสมการ (3)

5) จากสมการ (2) ค่า χ ทราบแล้วในใบรายงานผลการสอบเทียบ ดังนั้น

เมื่อพิจารณา $F_{\max} = \frac{3\mu_0}{64\pi} \times \frac{m_d^2}{Z_0^4}$ ในสมการที่ (5) และ $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$

แล้ว จะทำให้ทราบค่าโมเมนต์ของสนามแม่เหล็กอันเนื่องมาจากแม่เหล็ก m_d ที่ระยะดังกล่าวในที่สุด

<u>หมายเหตุ</u> ทุกครั้งที่จะเตรียมการวัดตุ้มน้ำหนักฯ ต่อไปจำเป็นต้องไปตรวจเช็คดังสมการ (1) เพื่อให้ความแรงของสนามแม่เหล็กบนผิวของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานด้านบนที่อยู่บนโต๊ะมีความเหมาะสมตามระดับ (Class) ของตุ้มน้ำหนักฯ

6) ในการวัดของตุ้มน้ำหนักฯ ให้ใช้แทนวัสดุทรงกระบอก ดังกล่าว และระยะ h, R_w, Z_0 และ Z_1 ทำให้สามารถคำนวณหาก I_a ได้ดังสมการ (4)

7) ทำเหมือนขั้นตอนที่ 2 3 และ 4 ข้างต้น ได้ F_a ได้ดังสมการ (3)

8) ทราบค่า m_d และ Z_0 แล้วจึงหา F_{max} ได้ดังสมการ (5)

9) สุดท้ายจากสมการ (2) ได้ค่าสภาพความเป็นแม่เหล็กฯ χ ของตุ้มน้ำหนักฯ

4. การประเมินผลความไม่แน่นอนของระบบการวัด

ด้วยโครงสร้างของตุ้มน้ำหนักฯ ที่มีส่วนเว้าขยายทั้งในส่วนบนล่าง และกลางกับด้านหัวบน ดังนั้นความไม่แน่นอนส่วนหนึ่งจึงเป็นผลจากปัจจัยดังกล่าว และจากสมการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องข้างต้น สรุปความไม่แน่นอนของการวัดสภาพความเป็นแม่เหล็ก ของระบบการวัดนี้ เป็นดังสมการที่ (7)

$$u(\chi) = \left\{ \begin{array}{c} (c_1.u(\Delta m_1))^2 + (c_2.u(\Delta m_2))^2 + (c_3.u(g))^2 + (c_4.u(m_d))^2 \\ + (c_5.u(Z_0))^2 + \sum_{u=1}^{p} (c_{6,u}.u(r_u))^2 + \sum_{v=1}^{q} (c_{7,v}.u(h_v))^2 \end{array} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

เมื่อ

$$c_1 = \frac{\partial \chi}{\partial(\Delta m_1)}, \quad c_2 = \frac{\partial \chi}{\partial(\Delta m_2)}, \quad c_3 = \frac{\partial \chi}{\partial(g)}$$

$$c_4 = \frac{\partial \chi}{\partial(m_d)}, \quad c_5 = \frac{\partial \chi}{\partial(Z_0)}, \quad c_{6,u} = \frac{\partial \chi}{\partial(r_u)}$$

และ

$$c_{7,v} = \frac{\partial \chi}{\partial(h_v)}$$

ตัวอย่างวัดค่าสภาพความเป็นแม่เหล็ก χ ของตุ้มน้ำหนักฯ ขนาด 1 g และ 1 kg ได้เป็น 0.00633 และ 0.011 ความไม่แน่นอนของการวัดสภาพความเป็นแม่เหล็กของตุ้มน้ำหนักฯ ขนาด 1 g และ 1 kg ดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ความไม่แน่นอนของการวัดสภาพความเป็นแม่เหล็ก χ ของตุ้มน้ำหนักฯ ขนาด 1 g

X_i	$u(X_i)$	c_i		u_i (m)	
Δm_1	4.0E-08 kg	c_1/kg^{-1}	-1.7E+04	u_1	-6.6E-04
Δm_2	4.0E-08 kg	c_2/kg^{-1}	-1.7E+04	u_2	-6.6E-04
g	1.0E-02 ms^{-2}	c_3/s^2m^{-1}	3.4E-04	u_3	3.4E-06
m_d	2.0E-04 Am^2	$c_4/A^{-1}m^{-2}$	-7.3E-02	u_4	-1.5E-05
Z_0	7.3E-05 m	c_5/m^{-1}	1.5E+00	u_5	1.1E-0.4
r_1	5.0E-05 m	$c_{6,1}/m^{-1}$	-2.0E+00	$u_{6,1}$	-9.9E-05
r_2	5.0E-05 m	$c_{6,2}/m^{-1}$	-2.9E-01	$u_{6,2}$	-1.4E-05
r_3	5.0E-05 m	$c_{6,3}/m^{-1}$	1.6E-01	$u_{6,3}$	7.9E-06
h_1	1.0E-04 m	$c_{7,1}/m^{-1}$	-3.5E-01	$u_{7,1}$	-3.5E-05
h_2	1.0E-04 m	$c_{7,2}/m^{-1}$	-4.5E-02	$u_{7,2}$	-4.5E-06
h_3	1.0E-04 m	$c_{7,3}/m^{-1}$	7.5E-01	$u_{7,3}$	7.5E-05
$u(X)$					9.5E-04

ตารางที่ 2 ความไม่แน่นอนของการวัดสภาพความเป็นแม่เหล็ก χ ของตุ้มน้ำหนักฯ ขนาด 1 kg

X_i	$u(X_i)$	c_i		$u_i(m)$	
Δm_1	4.0E-08 kg	c_1/kg^{-1}	-1.5E+04	u_1	-5.9E-04
Δm_2	4.0E-08 kg	c_2/kg^{-1}	-1.5E+04	u_2	-5.9E-04
g	1.0E-02 ms^{-2}	c_3/s^2m^{-1}	3.2E-03	u_3	3.2E-05
m_d	2.0E-04 Am^2	$c_4/A^{-1}m^{-2}$	-6.9E-01	u_4	-1.4E-04
Z_0	7.6E-05 m	c_5/m^{-1}	5.7E+00	u_5	4.3E-04
r_1	5.0E-05 m	$c_{6,1}/m^{-1}$	-7.1E-01	$u_{6,1}$	-3.5E-05
r_2	5.0E-05 m	$c_{6,2}/m^{-1}$	-2.1E-03	$u_{6,2}$	-1.1E-07
r_3	5.0E-05 m	$c_{6,3}/m^{-1}$	8.6E-02	$u_{6,3}$	4.3E-06
h_1	1.0E-04 m	$c_{7,1}/m^{-1}$	-2.5E-03	$u_{7,1}$	-2.5E-07
h_2	1.0E-04 m	$c_{7,2}/m^{-1}$	-2.8E-04	$u_{7,2}$	-2.8E-08
h_3	1.0E-04 m	$c_{7,3}/m^{-1}$	4.7E+00	$u_{7,3}$	4.7E-04
$u(X)$					1.1E-03

5. สรุปผลการวัด

ระบบการวัดนี้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (มว.) ได้รับการรับรองในระบบคุณภาพ ISO 17025 สาขามวลในระดับ (class) E1 ระบบการวัดสภาพความแม่เหล็กของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานจำเป็นต้องมีในการสอบเทียบหรือทวนสอบเครื่องชั่ง เพื่อถ่ายทอดความถูกต้องและความเป็นธรรมของผู้ใช้งานที่มีส่วนได้ส่วนเสีย ขีดจำกัดของระบบนี้วัดได้ในช่วงตุ้มน้ำหนัก 1 g ถึง 20 kg ที่ความไม่แน่นอน (10 ถึง 20%) อีกทั้งต้องส่งตัวแม่เหล็กไปสอบเทียบ แต่หากพัฒนาวิธีการวัดใหม่ที่เรียกว่า “3-magnet method” แล้ว มว.ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการส่งตัวแม่เหล็กไปสอบเทียบได้

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ที่ได้ให้โอกาศผู้เขียนในการพัฒนาระบบนี้ขึ้น ขอขอบคุณ Mr.Frank Scholz ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันมาตรวิทยา สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมันนี (PTB- National Metrology Institute of Germany) ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขการคำนวณให้ ขอบพระคุณ อาจารย์วีระ ตุลาสมบัติ อดีตหัวหน้าฝ่ายมาตรวิทยาเชิงกล ที่เป็นที่ปรึกษา และขอขอบคุณทีมงานที่ดีของกลุ่มงานมาตรฐานปฐมภูมิมวลและปริมาณที่เกี่ยวข้อง ฝ่ายมาตรวิทยาเชิงกล ที่พร้อมมีส่วนร่วมแลกเปลี่ยนความคิดช่วยเหลือกัน

เอกสารอ้างอิง

[1] “International Organization of Legal Metrology-OIML R 111-1”, Edition 2004, pp 35-38.

[2] “LAB14- In house Calibration and Use of Weighing Machines”, Edition5, July 2015, pp 11-12.

[3] R. Davis and M. Glaser, “Magnetic properties of weights, their measurements and magnetic interactions between weights and balances”, *Metrologia,* vol. 40, nº. 3, pp. 339-355, December 2003.

[4] Jack Blitz, *Electrical and Magnetic Methods of Nondestructive Testing*, Adam Hilger, New York, pp 35-37 1991.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ LabVIEW เพื่ออ่านและเก็บข้อมูลอุณหภูมิแบบเรียลไทม์จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิผ่านมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ RS485

Application for programming on LabVIEW software for real time temperature logging via RS485 Modbus

[1]นฤดม นวลขาว และ [2]วิทวัส สิฏฐกุล

[1]กลุ่มงานมาตรฐานปฐมภูมิอุณหภูมิ ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 หมู่ที่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอ คลองหลวง ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-5775100 ต่อ 1332 E-mail: narudom@nimt.or.th

[2]สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ โทรศัพท์ 02-5552000 ต่อ 6333 E-mail: vitawat.sittakul@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการใช้ซอฟต์แวร์ LabVIEW ในการอ่านและเก็บค่าอุณหภูมิจากเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature data logger) ผ่านมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ RS485 ด้วยการออกแบบระบบการเชื่อมต่อสายเป็นแบบไขว้ (Twisted Pair) และต่อตัวต้านทานขนาด 100 โอห์มเข้ากับหน่วยรับข้อมูลทั้งสองฝั่ง ทำให้สามารถสร้างการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เครื่องบันทึกอุณหภูมิและคอมพิวเตอร์แบบ Half Duplex จากนั้นซอฟแวร์ LabVIEW จะใช้ในการส่งคำสั่ง Function Code ตามมาตรฐานการรับส่งข้อมูล RS-485 เพื่ออ่านและเก็บค่าอุณภูมิโดยหัววัดเซนเซอร์จากรีจิสเตอร์ภายในเครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบเรียลไทม์และนำค่าที่ได้จากรีจิสเตอร์ทั้งคู่มาแปลงเป็นค่าอุณหภูมิในเลขฐานสิบ

คำสำคัญ: LabVIEW, RS485, เครื่องบันทึกอุณหภูมิ, มาตรวิทยา

Abstract

This paper presents the application of LabVIEW software for the real time temperature reading and logging from the temperature data logger via RS-485 Modbus RTU. The connection between the devices is twisted pair cable type with 100 ohm resistors connected to the both receiving ends. This is to allow us to half-duplex connect both devices successfully. Finally, the LabVIEW software is used to send the function-code command according to RS-485 standard to measure the temperature from the temperature sensors. Then the measured values of registers are converted to the temperature in decimal number.

Keywords: LabVIEW, RS485, Modbus, Temperature logging, Metrology

1. บทนำ

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งอาศัยเครื่องบันทึกอุณหภูมิสำหรับบันทึกค่าอุณหภูมิและนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อปรับขั้นตอนการผลิตให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมมาตรฐานการผลิต[1] อาทิ ในการผลิตปูนซิเมนต์ จะต้องควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 1,250 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ก็จะทำให้เม็ดปูน (Clinker) ที่ได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ไม่สามารถขายได้ ในขณะที่หากใช้อุณหภูมิสูงเกินไป ก็จะทำให้เม็ดปูนละลาย และเป็นการทำลายผนังเตาเผา รวมถึงสิ้นเปลืองพลังงานส่งผลต่อต้นทุนในการผลิต ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการผลิตจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง แต่ปัญหาหนึ่งที่พบบ่อยในการใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ อาทิ เครื่องบันทึกอุณหภูมิยี่ห้อ Keyence รุ่น TR-W550 คือ ระบบการเชื่อมต่อที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลโดยมากจะเป็นแบบ Modbus RTU ตามมาตรฐานการรับส่งข้อมูล RS485 ทำให้เกิดความยากในการดึงข้อมูลมาใช้งาน ดังนั้นผู้ใช้งานโดยมากจึงบันทึกข้อมูลด้วยการจดด้วยมือซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการจดบันทึก หรือหากบันทึกข้อมูลผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปของเครื่องมือ ก็จะทำให้การข้อมูลที่บันทึกไปใช้ในการวิเคราะห์มีความล่าช้าเนื่องจากข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลแบบไม่เรียลไทม์ (Non-real time) ส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล และไม่สามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในกระบวนการผลิตได้ทันท่วงที หากแต่ต้องอาศัยการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ควบคู่กับข้อมูลด้านอุณหภูมิที่บันทึกมาใช้ในการปรับปรุงการควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตในชุดต่อไป ทำให้อาจเกิดทั้งความล้าช้าในการผลิต รวมถึงอาจเกิดความเสียหายขึ้นกับผลิตภัณฑ์

จากปัญหาข้างต้นทำให้ผู้จัดทำมีแนวคิดที่จะสร้างโปรแกรมเพื่อลดขั้นตอนในการเก็บข้อมูลและเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน รวมถึงลดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลโดยอาศัยโปรแกรมที่เขียนขึ้นจากซอฟต์แวร์ LabVIEW ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ในการสร้างระบบอัตโนมัติในการวัด ทดสอบ และควบคุม โดยใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษารูปภาพ (Graphical programming) ทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้และใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมน้อยลง อีกทั้งยังรองรับมาตรฐานการติดต่อสื่อสารหลากหลายรูปแบบ เช่น Serial Communication USB LAN GPIB Modbus PLC และ ActiveX เป็นต้น ทำให้ LabVIEW ถูกใช้งานอย่างกว้างขวางในแทบทุกอุตสาหกรรมและการวิจัยที่ต้องการ

ระบบอัตโนมัติในการวัดและการควบคุม อาทิเช่น อุตสาหกรรมการผลิตอิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ เป็นต้น ทั้งนี้โปรแกรมที่ผู้จัดทำเขียนขึ้นจะสามารถควบคุมการทำงานเครื่องบันทึกอุณหภูมิผ่านทางการสื่อสารแบบ RS485 Modbus ซึ่งมาตรฐาน RS485 เป็นมาตรฐานการติดต่อสื่อสารที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีเสถียรภาพสูง และสามารถรับส่งข้อมูลได้เป็นระยะทางไกลถึง 1.2 กิโลเมตร และโปรโตคอล Modbus เป็นโปรโตคอลที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม และเป็น Open Protocol ทำให้บุคคลทั่วไปสามารถพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้การสื่อสารแบบ Modbus โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถเก็บบันทึกและแสดงผลภาพและกราฟอุณหภูมิได้แบบเรียลไทม์ (Real Time) โดยในงานวิจัยนี้ จะอธิบายเรื่องทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในหัวข้อข้อที่ 2 และอธิบายการต่อชุดอุปกรณ์รวมถึงผลการทดลองในหัวข้อที่ 3 ในขณะที่การสรุปผลการทดลองจะอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 4

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โปรโตคอล Modbus

การติดต่อสื่อสารแบบ Modbus จะเป็นวิธีการเชื่อมต่อสื่อสารกันระหว่าง Master กับอุปกรณ์ย่อยต่างๆที่เรียกว่า Slave ดังรูปที่ 1 ซึ่งจะมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น Master เพียงตัวเดียวคอยส่งคำสั่งต่างๆไปยัง Slave ตัวอื่นๆ ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ย่อยในการ รับ-ส่งข้อมูล และทำงานตามคำสั่งจาก Master หรือ คอยส่งข้อมูลต่างๆที่ Master ต้องการกลับไป โดย Slave แต่ละตัวจะมี Address ไม่ซ้ำกันดังนั้นในการสื่อสารจึงต้องกำหนด Address ของ Slave ตัวที่ต้องการสื่อสารลงไปด้วย และเมื่อ Slave ได้รับคำสั่งจาก Master ผ่านโปรโตคอล Modbus ทาง Slave ก็จะเช็ค Address ที่สั่งมา ซึ่งหากตรงกับ Address ของตัวเอง Slave ตัวนั้น ก็จะทำตามคำสั่งที่สั่งมาหรือส่งข้อมูลกลับไปยัง Master [2-4].

รูปที่ 1 แสดงเครือข่ายระหว่าง Master กับ Slave

ระบบสื่อสารของเครือข่ายระหว่าง Master กับ Slave ซึ่งประกอบไปด้วยโหนด Master (Master Node) ที่ทำหน้าที่ในการออกคำสั่งไปยังอุปกรณ์ย่อย (Slave Node) แล้วทำการประมวลผลและส่งการตอบรับกลับโดยที่โหนดอุปกรณ์ย่อย (Slave Node) นั้นไม่สามารถส่งข้อมูลได้ โดยที่ไม่ได้รับการร้องขอจาก Master Node หรือการติดต่อสื่อสารกับโครงข่ายย่อยอื่นๆ โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Master สามารถระบุได้ว่าต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นลูกข่ายย่อยเพียงตัวใดตัวหนึ่ง หรือจะทำการแพร่ข้อมูลไปให้กับอุปกรณ์ย่อยทุกตัว และเมื่ออุปกรณ์ย่อยทำงานตามคำสั่งแล้วจะส่งสัญญาณพร้อมทั้งที่อยู่ (Address) ของตัวอุปกรณ์ย่อยตัวนั้นๆ กลับไปให้ Master รับทราบ โดยการสื่อสารแบบ Modbus จะมีรูปแบบในการส่งข้อความที่ส่งไปเพื่อถามค่าจาก Slave โดยจะรอรับข้อความตอบกลับจากลูกข่าย (Query Message) อ้างอิงจากหมายเลข Address ของอุปกรณ์ลูกข่ายดังกล่าว ทั้งนี้ในการสั่งงานจะใช้ Function Code ในการกำหนดคำสั่งการทำงานให้กับ Slave เมื่อได้รับข้อความที่ส่งกลับมา (Query Data) จาก Slave แล้ว ข้อมูลนี้จะแสดงถึงผลการตรวจสอบค่าผิดพลาด (Error-Check) ผลการยืนยันข้อมูล (Field Confirming) เพื่อเป็นการรายงานผลการทำงานของ Slave ให้ Master ทราบ

2.1.1 โครงสร้างการทำงานของ RS485

มาตรฐาน RS485 ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาข้อจำกัดในด้านต่างๆ ของ RS232 อาทิ RS485 สามารถทำการเชื่อมต่อเป็นเน็ตเวิร์คได้ และระยะในการสื่อสารนั้นยังทำได้ไกลมากกว่า 1,000 ฟุต ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการต่อ RS-485 กับ Node

2.1.2 คุณสมบัติโดยย่อของ RS485 มีดังต่อไปนี้

1) สามารถต่อเป็นเน็ตเวิร์ค ได้สูงสุด 128 โหนด

2) สามารถส่งได้ไกลถึง 4,000 ฟุต

3) ลักษณะการส่งเป็นแบบครึ่งดูเพล็กซ์ (Half Duplex) คือรับส่งพร้อมกันไม่ได้ดังนั้นจึงต้องมีสัญญาณควบคุมมาควบคุมการรับส่ง โดยมาตรฐานการเชื่อมต่อจะถูกแสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงการสื่อสารระหว่าง Master Unit กับ RS485

2.1.3 การเก็บข้อมูลในรูปแบบ Modbus

ข้อมูลต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่เป็น Slave จะเก็บอยู่ในตารางที่ 1 ซึ่งมี 4 ส่วนที่มีคุณลักษณะต่างกัน โดยสองตางรางแรกจะเก็บข้อมูลแบบ Discrete ที่เป็นค่า On/Off (Coil) ส่วนอีกสองตารางที่เหลือจะเก็บค่าตัวเลข (Register) Coil และ Register ต่างก็มีตารางแบบ Read-only คืออ่านได้อย่างเดียวและ Read-write คืออ่านได้และเขียนข้อมูลลงไปได้ แต่ละตารางจะมีข้อมูล 9999 ค่า ในขณะที่ Coil หรือ Contact ซึ่งเป็น Discrete

แต่ละตัวจะถูกระบุตำแหน่งด้วย Address ตั้งแต่ 0000 ถึง 270E ซึ่งเป็นเลขฐานสิบหก (แปลงเป็นฐานสิบคือ 0 ถึง 9998) โดย Register แต่ละตัวใช้พื้นที่ 16 bits = 2 bytes = 1 word และมี Address ตั้งแต่ 0000 ถึง 270E เช่นกัน [2-4]

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่เป็น Slave ซึ่งมี Address ตั้งแต่ 0000 ถึง 270E

Data Addresses	Coil/Register Numbers	Type	Table Name
0000 to 270E	1 - 9999	Read-Write	Discrete Output Coils
0000 to 270E	10001 - 19999	Read-Only	Discrete Input Contacts
0000 to 270E	30001 - 39999	Read-Only	Analog Input Registers
0000 to 270E	40001 - 49999	Read-Write	Analog Output Holding Registers

Coil / Register Number จะเป็นเพียง Location name และไม่ปรากฏอยู่ในข้อมูลที่ถูกรับส่ง แต่ Data Address จะถูกระบุอยู่ในข้อมูลเช่นเดียวกับบุรุษไปรษณีย์จะส่งจดหมายได้ต้องปรากฏบ้านเลขที่อยู่บนซองจดหมาย ยกตัวอย่างเช่น Register ตัวแรกคือ 40001จะมี Data Address คือ 0000 เมื่อนำตัวเลข 40001 ลบด้วย 0000 จะได้ค่าที่เรียกว่า Offset คือ 40001 ดังนั้นในแต่ละตารางจะมีค่า Offset เป็น 1, 10001, 30001 และ 40001 ตามลำดับ

2.1.4 Function Code ของอุปกรณ์ Slave แต่ละตัวใน Network จะมี Address ไม่ซ้ำกัน ตั้งแต่ 1 ถึง 247 เมื่อ Master ร้องขอข้อมูลไปข้อมูล Byte แรกที่ถูกส่งไปจะต้องเป็นค่า Slave Address เพื่อระบุว่า จะส่งไปที่ Slave ตัวใด ส่วน Byte ต่อไปจะเป็น Function Code เพื่อระบุว่าต้องการติดต่อกับ Table ใดขึ้นอยู่กับว่า ต้องการ Read อย่างเดียว หรือ Read / Write Function Code ดังแสดงในตารางที่ 2 [2-4]

ตารางที่ 2 แสดง Function Code ของอุปกรณ์ Slave

Function Code	Action	Table Name
01 (01 hex)	Read	Discrete Output Coils
05 (05 hex)	Write single	Discrete Output Coils
15 (0F hex)	Write multiple	Discrete Output Coils
02 (02 hex)	Read	Discrete Input Contacts
04 (04 hex)	Read	Analog Input Registers
03 (03 hex)	Read	Analog Output Holding Registers
06 (06 hex)	Write single	Analog Output Holding Register
16 (10 hex)	Write multiple	Analog Output Holding Register

2.1.5 CRC (Cyclic Redundancy Check) CRC คือข้อมูล 2 Byte หลังสุดของข้อมูลแต่ละ Message ที่ส่งด้วย Modbus Protocol โดยทำหน้าที่ตรวจสอบ Error ซึ่งข้อมูลแต่ละ Byte ใน Message ที่ส่งไปจะถูกนำมาคำนวณหาค่า CRC ในขณะเดียวกัน เมื่ออุปกรณ์ที่รับ Message ก็จะคำนวณค่า CRC ด้วยแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่า CRC ที่ส่งมาจากอุปกรณ์ที่ส่ง Message มาดังนั้น เมื่อข้อมูลไม่ว่า Bit ไหนก็ตามของ Message ที่รับมาไม่ถูกต้องค่า CRC ที่คำนวณได้ก็จะต่างออกไปจาก CRC ของอุปกรณ์ที่ส่ง Message มาก็จะทำให้ทราบว่า มี Error เกิดขึ้น

การรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล MODBUS สามารถเลือกได้ 2 โหมด คือ โหมด ASCII และโหมด RTU ซึ่งทั้ง 2 โหมดนี้มีความแตกต่างกันที่การกำหนดรูปแบบของชุดข้อมูลภายในเฟรม จะเลือกโหมดใดก็ได้แต่มีเงื่อนไขว่า อุปกรณ์ทุกตัวที่ต่อร่วมกันอยู่ในบัสหรือเครือข่ายเดียวกันจะต้องตั้งให้เลือกใช้โหมดเดียวกันทั้งหมด

2.1.6 MODBUS RTU

เฟรมข้อมูลในโหมด RTU ประกอบด้วยข้อมูลแสดง Data Address จำนวน 1 Byte, Function Code จำนวน 1 Byte, ข้อมูลที่ทำการรับส่งจำนวนมากสุดไม่เกิน 252 Byte และ CRC ขนาด 2 ไบต์ ค่า CRC นี้เป็นค่าที่คำนวณมาจากข้อมูลทุก Byte ไม่รวม Start-Bit, Stop-Bit และ Parity Check สำหรับการรับส่งข้อมูลใน Modbus RTU การรับส่งข้อมูล 1 Byte ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลส่วนใดภายในเฟรมจะต้องทำการส่งบิตข้อมูลรวม 11 Bit กล่าวคือ Start-Bit จำนวน 1 Bit, Data-Bit จำนวน 8 Bit, Parity Check-Bit จำนวน 1 Bit และ Stop-Bit จำนวน 1 Bit หรือในกรณีที่ไม่มี Parity Check-Bit ก็จะแทนที่ด้วย Stop-Bit จำนวน 2 Bit ในการกำหนดให้มี Parity Check-Bit นั้น สามารถเลือกเป็นแบบคู่ (Even Parity) หรือคี่ (Odd Parity) ก็ได้ โดยหากต้องการออกแบบให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มีใช้กันทั่วไปมากที่สุด ควรเลือกแบบคู่โดยที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นแบบคี่หรือไม่มีการตรวจสอบ Parity (No Parity) ได้ [2-4]

3. การต่ออุปกรณ์ทดลองและผลการทดลอง

การเชื่อมต่อเครื่องบันทึกอุณหภูมิเพื่อบันทึกค่าลงในคอมพิวเตอร์ผ่านทาง Modbus RTU RS-485 ดังแสดงในรูปที่ 4 จะเห็นว่าอุปกรณ์แปลงสัญญาณ USB to RS485 จะถูกใช้เป็นตัวกลางในการแปลงสัญญาณการเชื่อมต่อทาง USB ของคอมพิวเตอร์ให้เป็นแบบมาตรฐาน Serial RS485 เนื่องจากระบบมาตรฐานนี้ใช้การเชื่อมต่อแบบ Half Duplex ตามรูปที่ 3 โดยการเชื่อมต่อจะใช้สายสัญญาณ 4 เส้นประกอบด้วย สาย RX สาย TX สาย RTS และสาย Ground ดังรูปที่ 5 ซึ่งสายดังกล่าวจะถูกไขว้ (Twisted) เข้าด้วยกันเพื่อลดผลของสัญญาณรั่วระหว่างเส้น (Cross talk) ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นอกจากนั้นจะมีการใช้ตัวความต้านทานขนาด 100 โอห์มมาต่อคร่อมระหว่าง RX+ และ RX- ทั้งสองฝั่งเพื่อช่วยเรื่องการ Matching ทางโหลดของอุปกรณ์ทั้งสองดังแสดงในรูปที่ 5

จากนั้นคณะผู้วิจัยจึงเขียนโปรแกรมควบคุมการส่งผ่านข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อ Modbus RTU RS485 โดยใช้ซอฟแวร์ Labview เป็นตัวกลางป้อนคำสั่ง Function Code ตามหัวข้อ 2.1.4 เพื่อส่งคำสั่งให้อ่านค่า (Read) ข้อมูลในตัว Register ภายใน ซึ่งในตัวอย่างนี้ได้กำหนดให้ค่าที่อ่านนั้นถูกเก็บไว้ใน Address ที่ 0 ของตัวอุปกรณ์ โดยรูปที่ 6 แสดงหน้าจอการทำงานของซอฟแวร์ Labview ที่ใช้ในการดึงข้อมูลจาก Register ในตำแหน่ง 0 ของอุปกรณ์รวมทั้ง Source Code ของโปรแกรมดังกล่าว

รูปที่ 4 การเชื่อมต่อเครื่องบันทึกอุณหภูมิเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกค่าผ่านทาง Modbus RTU RS485

รูปที่ 5 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องบันทึกอุณหภูมิ Modbus RS485 (ซ้าย) เข้ากับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ USB เป็น RS485 (ขวา)

รูปที่ 6 หน้าจอแสดง Source Code โปรแกรม Labview

ข้อจากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ถูกเก็บจาก Shift Registers ด้านบนจะถูกแปลงปีนข้อมูลที่ต้องการเก็บผ่านทางการใช้ Joint Number function และแปลงค่ากลับเป็นตัวเลขแสดงผลได้ ตัวอย่างเช่นหากค่าที่อ่านได้จาก Register#1 คือ 16944 และ Register#2 คือ 39348 เมื่อใช้ฟังก์ชั่น Joint Number แปลงค่ากลับเป็นตัวเลขฐานสิบจะมีค่า 43.9001 และ 43.6000 ซึ่งหมายถึงอุณหภูมิที่อ่านได้ในขณะนั้นคือ 43.9001 องศาเซลเซียส และ 43.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

4. สรุปผลการทดลอง

ซอฟแวร์ Labview สามารถนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อบันทึกข้อมูลของเครื่องบันทึกอุณหภูมิได้แบบเรียลไทม์โดยการเชื่อมต่อผ่าน Modbus RS485 และการออกแบบระบบการเชื่อมต่อสายเป็นแบบไขว้ (Twisted Pair) ทำให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ในรูปแบบ Half Duplex โดยซอฟแวร์ Labview สามารถใช้งานในการส่งคำสั่ง Function Code ตามมาตรฐาน RS485 เพื่ออ่านค่า (Read) จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่มีค่า 43.9001องศาเซลเซียส และ 43.600 องศาเซลเซียส มาแสดงผลได้สำเร็จ ในทางกลับกันยังสามารถใช้ซอฟแวร์ Labview สำหรับการเขียน (Write) ใน register ของอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อสั่งการทำงานอุปกรณ์ได้อีกด้วย นอกจากนี้การเชื่อมต่อแบบนี้ยังสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบบัสได้จำนวนมากถึง 128 อุปกรณ์และมีเสถียรภาพในการเชื่อมต่อที่สูงมาก ทนทานต่อสัญญาณรบกวนภายนอก

เอกสารอ้างอิง

[1] Yaguang Guo ; B.X. Du ; Y. Gao ; Xiaolong Li ; H.B. Li, "On-line monitoring system based on MODBUS for temperature measurement in smart grid", *IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)*, 2012 ,21-24 May 2012

[2] Patel Tejashkumar L1, Patel Ashish G2 and Patel Hardik A3, "An Efficient and Compact Industrial Gateway for Modbus Serial to Ethernet Protocols", *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*

[3] MODBUS over serial line specification and implementation guide V1.02aR (www.modbus.org)

[4] Igor Nai FovinoAndrea CarcanoMarcelo MaseraAlberto Trombetta, "Design and Implementation of a Secure Modbus Protocol", *International Conference on Critical Infrastructure Protection ICCIP 2009: Critical Infrastructure Protection III*,pp 83-96.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบและประเมินค่าอุณหภูมิพื้นผิวของอุปกรณ์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสพื้นผิว

Design and estimation of surface temperature of calibration apparatus for surface thermometers

อ้อยใจ อ่องหร่าย

กลุ่มงานถ่ายทอดค่ามาตรฐานและความชื้น ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-577-5100 ต่อ 1311 E-mail: oijai@nimt.or.th

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมในประเทศจำนวนมากมีความจำเป็นในการวัดอุณหภูมิที่พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ หรืออุปกรณ์ที่ให้ความร้อน เช่น อุตสาหกรรมการผลิตโลหะ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมอาหาร และชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องมือวัดอุณหภูมิพื้นผิวแบบสัมผัส (Surface thermometer) นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากความสะดวก ราคาประหยัดและง่ายต่อการใช้งาน และเมื่อต้องการการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล เครื่องมือวัดอุณหภูมิพื้นผิวแบบสัมผัสที่ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมควรได้รับการสอบเทียบที่สอบย้อนกลับได้สู่มาตรฐานแห่งชาติและมาตรฐานสากล

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติได้พัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการสอบทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิพื้นผิวแบบสัมผัส ในการศึกษานี้ได้ทำการประเมินผลกระทบจากการสัมผัสของเทอร์โมมิเตอร์กับผิวของแหล่งกำเนิดอุณหภูมิพื้นผิวที่สร้างจากแท่งวัสดุอลูมิเนียมทรงกระบอกที่วัดอุณหภูมิด้านในโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ความต้านทาน (IPRTs) 2 ตัว ฝังในเนื้อวัสดุอะลูมิเนียมในแนวขนานกับพื้นผิวที่ระยะ 6 mm และ 12 mm ตามลำดับ อุณหภูมิที่พื้นผิวของอุปกรณ์ได้ถูกประเมินโดยวิธี linear extrapolation ในสภาวะ steady state และจากผลการทดลอง พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามเวลา (Stability) ตลอดช่วงเวลา 30 นาทีของเครื่องมือมีค่าดีกว่า ± 0.1 °C ที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่พื้นผิวที่วัดได้โดย Surface Thermometer จะมีค่าดีกว่า 0.4% เมื่อรอเข้าสู่ภาวะสมดุลหลังจากการสัมผัสเป็นเวลามากกว่า 5 นาที

คำสำคัญ: อุณหภูมิของพื้นผิว, การวัด, การสอบเทียบ, เทอร์โมมิเตอร์

Abstract

Many industry sectors in Thailand, for example steel, automobile parts, semiconductor, and food production, require measurement of the surface temperature of products or heating apparatus. Surface thermometers are extensive use because of their cost effective, simple and easy operation. For achievement of product quality according to ISO standards, the surface thermometers for industrial use should be checked or calibrated according to National Standard for temperature measurement (ITS-90).

Thermometry and photometry metrology department, National Institute of Metrology (Thailand) has been developed a calibration apparatus for contact surface thermometers. This study estimated the influence of a contact surface thermometer on the reference surface heat source apparatus. The apparatus was fabricated by using the aluminum block which can be used at temperature up to 400 °C. In steady state, the reference surface temperature was estimated by linear extrapolation using two industrial platinum resistance thermometers (IPRTs) which are parallel aligned along the center of the aluminum surface at distance 6mm and 12 mm, respectively. The stability of the surface temperature was within ± 0.1 °C. The output of a surface thermometer after applied to the calibration apparatus over period of 30 min were observed at around 400 °C. It was found that after 5 min the differences of surface temperature is less than 0.4% of temperature used .

Keywords: Surface temperature, measurement, calibration, thermometer

1. บทนำ

การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบสัมผัสผิวต่างจากการวัดอุณหภูมิแบบใช้หัววัดทั่วไปเพราะไม่จำเป็นต้องเจาะลงไปวัดในเนื้อของวัสดุ แต่เป็นเพียงการสัมผัสบนพื้นผิวเพื่อวัดอุณหภูมิ การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบสัมผัสผิวนั้นได้รับความนิยมในภาคอุตสาหกรรมมากกว่าเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิพื้นผิวแบบแผ่รังสี (ไม่สัมผัส) เพราะเป็นเครื่องมือวัดที่มีราคาประหยัด วัดอ่านค่าได้โดยตรง ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงค่าสัมประสิทธิ์การเปล่ง (emissivity) ของพื้นผิวที่ถูกวัด รวมถึงไม่มีความผิดพลาดจากระยะและมุมมอง (size of source effect) [1-2]

การสอบเทียบเพื่อหาค่าความถูกต้องและได้ผลการวัดที่สอบย้อนกลับได้สู่มาตรฐานแห่งชาติของเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิที่

พื้นผิวแบบสัมผัส แต่เดิมทำโดยการเปรียบเทียบผลการวัดกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่ผ่านการสอบเทียบและจุ่มที่ระยะใกล้กันในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งวิธีนี้ถือว่าผิดไปจากลักษณะการใช้งานจริงอยู่มากเพราะเทอร์โมมิเตอร์เหล่านี้ได้ออกแบบ หน้าสัมผัสเพื่อใช้งานวัดอุณหภูมิของผิววัสดุของแข็ง ไม่ใช่ของเหลวหรืออากาศ ดังนั้นการสอบย้อนกลับได้ของผลการวัดของเครื่องมือประเภทนี้ ควรเทียบกับอุณหภูมิที่พื้นผิวของแหล่งกำเนิดอุณหภูมิที่พื้นผิวอ้างอิง ที่ผ่านการศึกษาและประเมินคุณสมบัติทางอุณหภูมิ อย่างถี่ถ้วนเพื่อใช้ในงานสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง บทความนี้จะอธิบายถึงการออกแบบและประเมินค่าอุณหภูมิที่พื้นผิวของอุปกรณ์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสโดย ให้สามารถสอบย้อนกลับได้สู่มาตรฐานแห่งชาติ [3-4] เสนอการออกแบบและการทดลองหาค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามเวลา (Stability), การประเมินค่าอุณหภูมิที่พื้นผิวของอุปกรณ์ และการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ขณะสัมผัส Surface Thermometer ที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C

2. การจัดการทดลอง (Measurement set up)

2.1 เครื่องมือ

อุปกรณ์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสแสดง ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ภาพ Drawing ต้นแบบ ในหน่วยมิลลิเมตร ของอุปกรณ์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสแสดงแท่งอลูมิเนียมและตำแหน่งของ IPRTs

เครื่องมือได้พัฒนาปรับปรุงจากงานวิจัยที่ผ่านมา [5] โดยใช้วัสดุอลูมิเนียมแกนกลางรูปทรงกระบอกผิวเรียบเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm สูงประมาณ 60 mm มีตัวทำความร้อน(Heater) แบบแผ่นประกอบไว้ด้านล่างสุด มีวัสดุอลูมิเนียมชนิดเดียวกันในขอบด้านข้างชั้นที่ 2 ล้อมรอบแกนกลาง เพื่อให้ระยะจุ่มของเทอร์โมมิเตอร์อ้างอิงเพิ่มขึ้นจากเดิม 60 mm เป็น 85 mm และความสูงของขอบอลูมิเนียมด้านนอกสูงขึ้นกว่าบริเวณที่ Surface thermometer สัมผัสเป็นระยะ 25 mm เพื่อลดปัญหาการสูญเสียความร้อน (heat conduction error) เนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่าง รอบอุปกรณ์ทั้งหมดด้านข้างห่อหุ้มด้วยวัสดุฉนวนทนความร้อน และบรรจุทั้งหมดลงในกล่องโลหะ

เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิงที่ใช้วัดอุณหภูมิในเนื้อวัสดุ เป็นเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทาน (IPRT) แบบ Pt-100 ที่ผ่านการสอบเทียบเหมือนกันทั้ง 3 ชุด ที่ถูกฝังลงในเนื้ออลูมิเนียมแกนกลางลึก 60 mm ที่ระดับความสูง 6 mm, 12 mm และ 18 mm ตามลำดับ เพื่อประเมินอุณหภูมิในแต่ละจุดของแท่งอะลูมิเนียม และมี PRT cut off/control ตำแหน่งล่างสุด(บนฮีตเตอร์)และด้านข้าง เพื่อระบบ temperature control

รูปที่ 2 แสดง Surface thermometer ใช้ในตลอดการศึกษานี้เป็นแบบที่นิยม ใช้งานมากในอุตสาหกรรม มีเซนเซอร์เป็นเทอร์โมคัปเปิล Type K ที่ยึดติดกับด้านหลังของแผ่นสปริง โมเดล 80PK-2A ผลิตโดย Fluke แสดงดังรูปที่ 2 ต่ออ่านค่าอุณหภูมิในโหมด Internal cold junction ผ่านตัวอ่านอุณหภูมิ The black stack โมเดล 1590 ความแม่นยำของการอ่านค่าในโหมดนี้ของตัวอ่านอยู่ที่ ± 0.1 °C

รูปที่ 2 Surface thermometer under test

2.2 วิธีทำการวัด (Measurement Method)

การจัดการทดลองเพื่อทำการวัดอุณหภูมิภายในพื้นผิวของเครื่องมือในแต่ละระยะจากพื้นผิวเพื่อประเมินหาอุณหภูมิที่ผิวทำโดยใช้ Reference thermometer (IPRT) และอุณหภูมิพื้นผิวโดย Surface thermometer แสดงได้ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 การจัดการทดลองเพื่อทำการวัดอุณหภูมิภายในพื้นผิว

ชุดอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะถูกปรับค่าอุณหภูมิไปยังจุดที่ต้องการทำการวัดโดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นแต่ละตำแหน่งจะถูกอ่านโดยเทอร์โมมิเตอร์ IPRTs อ้างอิง และบันทึกข้อมูลโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทุก 6 วินาที เมื่ออุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ Surface thermometer จะถูกกดด้วยแรงกดคงที่ทุกครั้งที่ 6 ± 0.6 N ที่ควบคุมด้วยชุดแขนจับที่มี Load cell ประกอบอยู่ โดยอุณหภูมิที่อ่านค่าได้จาก IPRTs และ Surface thermometer ตลอดการทดลองจะถูกบันทึกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทุก 6 วินาทีเช่นกัน

2.3 การหาค่าอุณหภูมิที่พื้นผิว

หาอุณหภูมิของพื้นผิว ณ ตำแหน่งความลึกต่างๆ ได้ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 แสดงแผนภาพอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในของแข็งทรงกระบอก Reference Surface heat source และ Surface Thermometer ที่อ่านค่าอุณหภูมิ

ความสัมพันธ์เชิงเส้นทางคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถคำนวณเพื่อคาดการณ์ค่าอุณหภูมิที่พื้นผิว (t) ได้โดยวิธีการ linear extrapolation จากความสัมพันธ์

(1)

เมื่อ

X_1 คือระยะห่างจากพื้นผิวถึงระยะที่พิจารณาวัดอุณหภูมิเท่ากับ

X_2 คือระยะห่างจากพื้นผิวถึงระยะที่พิจารณาวัดอุณหภูมิเท่ากับ

X_3 คือระยะห่างจากพื้นผิวถึงระยะที่พิจารณาวัดอุณหภูมิเท่ากับ

พิจารณาอุณหภูมิที่ระยะ ใกล้เคียงกับพื้นผิวมากที่สุด (X_1 และ X_2) และจัดรูปสมการใหม่ สำหรับคำนวณหาค่าคาดการณ์อุณหภูมิที่พื้นผิว (t) ได้ว่า

(2)

3 ผลการทดลอง (Measurement Results)

รูปที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามเวลาของ IPRTs ที่ตำแหน่งใกล้กับพื้นผิวมากที่สุด (6 mm) ในสภาวะ steady state เมื่อเข้าสู่สมดุลและยังไม่สัมผัสกับ Surface thermometer ที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามเวลา (Stability) มีค่าเท่ากับ ± 0.090 °C ในช่วงเวลาประมาณ 45 นาที ซึ่งพัฒนาดีขึ้นกว่าค่า stability ที่รายงานใน [5] 10 เท่า ณ. อุณหภูมิเดียวกัน ผลการทดลองสำหรับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ค่า Stability ที่อุณหภูมิ 50 °C 100 °C 200 °C และ 300 °C มีค่าเท่ากับ ± 0.018 °C , ± 0.016 °C, ±0.034 °C และ ± 0.089 °C ตามลำดับ ซึ่งอุปกรณ์มีค่า Stability ที่ดีที่อุณหภูมิต่ำลง

รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามเวลา Stability at 400 °C

ค่าเฉลี่ยของผลการวัด 10 ค่า ของ IPRTs สองตัวที่ฝังในเนื้อวัสดุอะลูมิเนียมในแนวขนานใกล้กับพื้นผิวที่ระยะ 6 mm และ 12 mm ตามลำดับ ขณะที่ไม่ได้สัมผัสกับ Surface Thermometer ได้นำมาคำนวณตามสมการที่ (2) ได้ ค่าอุณหภูมิที่พื้นผิว (Depth from surface = 0 mm) ข้อมูลค่าอุณหภูมิที่ของอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C แสดงได้ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 ข้อมูลค่าอุณหภูมิพื้นผิวและที่ตำแหน่งต่างๆของอุปกรณ์สอบเทียบ Surface thermometer ที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C

Error bar ในรูปที่ 6 แสดงความไม่แน่นอนของการวัดจากการสอบเทียบ IPRTs (k=2)

เมื่อทำการสัมผัสพื้นผิวด้วย Surface thermometer พิจารณาผลการวัดที่ได้จาก Surface thermometer เมื่อใช้งานกับชุดอุปกรณ์เทียบกับเวลา แสดงได้ดังรูปที่ 7 จะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 400 °C จะต้องใช้เวลาประมาณ 30 นาทีเพื่อให้ระบบเข้าสู่สมดุล (Stability น้อยกว่า ±0.1 °C) ดังนั้นหากผู้ใช้งาน ใช้เวลาในการวัดน้อยกว่า 5 นาที จะทำให้ผลการวัดผิดพลาดไปจากขณะที่อุณหภูมิเข้าสู่สมดุลประมาณ 0.4 % ของอุณหภูมิที่ใช้งาน

รูปที่ 7 ผลการวัดที่ได้จาก Surface thermometer เมื่อทำการสัมผัสพื้นผิวด้วย Surface thermometer

4. สรุป

บทความนี้ ได้นำเสนอการออกแบบและประเมินค่าอุณหภูมิที่พื้นผิวของอุปกรณ์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส (Surface thermometer) อุปกรณ์ออกแบบโดยใช้แท่งวัสดุอลูมิเนียมทรงกระบอกที่มีฮีตเตอร์ทำความร้อนแบบแผ่นด้านล่างสุด และวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งด้านในพื้นผิวโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ความต้านทาน (IPRTs) 2 ตัวที่ฝังในเนื้อวัสดุ อุณหภูมิที่พื้นผิวของอุปกรณ์ได้ถูกวิเคราะห์โดยวิธี linear extrapolation ในภาวะ steady state ค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามเวลา (Stability) ของอุปกรณ์ที่พัฒนามีค่าที่ดีกว่า ± 0.1 °C ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่พื้นผิวที่วัดได้โดย Surface Thermometer จะน้อยลงกว่า 0.4% เมื่อผู้ใช้งานวัดรอให้ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลหลังจากการสัมผัสเป็นเวลามากกว่า 5 นาที

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากศูนย์ประสานงานนักเรียนทุนรัฐบาลทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ขอขอบคุณสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติในการสนับสนุนการดำเนินการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] J. V. Nicholas and D. R. White, Traceable Temperature, 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2001.

[2] L. Michalski, K. Eckersdorf, J. Kucharski, and J. McGhee, "Temperature Measurement of Solid Bodies by Contact Method," in Temperature Measurement, 2 ed England: John Wiley & Sons Ltd., 2001.

[3] H. Preston-Thomas, "The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)," *Metrologia,* vol. 27, p. 3, 1990.

[4] H. G. Liedberg, "Traceability of surface temperature measurements using contact thermometers," Temperature: Its measurement and Control in Sciences and Industry, vol. 7, pp. 535-540, 2003.

[5] Wongnut P. et al. "Reference Surface Temperature Heat Source for Surface thermometer calibration", Update News letter, vol. 20, pp.11-14, 2015.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

Establishment of the National Capacitance Standards for 1 pF, 10 pF, 100 pF, and 1000 pF in the Frequency Range 10 kHz to 1 MHz

มณฑล หอมกลิ่นเทียน

ห้องปฏิบัติการอิมพีแดนซ์ ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3/4-5 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-7555100 ต่อ 1254 E-mail: monthol@mint.or.th

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการสถาปณามาตรฐานความจุไฟฟ้าความถี่สูงสำหรับ 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF ที่ความถี่ 10 kHz ถึง 1 MHz เพื่อใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงของประเทศ โดยมาตรฐานความจุไฟฟ้าความถี่สูงคำนวนได้จากความเหนี่ยวนำแฝง และความจุไฟฟ้าแฝง ซึ่งอธิบายด้วยวงจรสมมูลภายในตัวเก็บประจุไฟฟ้าชนิดอากาศเป็นไดอิเล็กทริก รุ่น GR1403 อนึ่ง การวัดค่าความเหนี่ยวนำแฝง และความจุไฟฟ้าแฝงจะใช้เทคนิคการวัดแบบ 4 ขั้วและ 3 ขั้ว ด้วยบริดจ์สมดุล จากการศึกษาพบว่าตัวเก็บประไฟฟ้า 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF รุ่น GR1403 เหมาะสมที่จะเป็นตัวมาตรฐานความจุไฟฟ้าอ้างอิงในย่านความถี่ 10 kHz ถึง 1 MHz ให้กับผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศ ส่งผลให้เครื่องมือในภาคอุตสาหกรรมเหล่านั้น สามารถสอบย้อนกลับไปยังมาตรฐานแห่งชาติได้

คำสำคัญ: ความจุไฟฟ้าความถี่สูง, วงจรสมมูล, สอบเทียบ, บริดจ์สมดุล การวัดแบบ 4 ขั้ว, การวัดแบบ 3 ขั้ว

Abstract

This article describes an establishment of the high frequency capacitance standards for 1 pF 10 pF 100 pF and 1000 pF in frequencies of 10 kHz to 1 MHz as the national standards. A high frequency capacitance is calculated from the measured parasitic inductances, and parasitic capacitances which are described in term of a well-defined equivalent circuit. In order to determine all parasitics, a four-terminal and three-terminal measurement techniques were used with an auto balancing bridge. Air dielectric capacitors 1 pF 10 pF 100 pF and 1000 pF, models GR1403 have been qualified and approved to be national standard in the frequency range 10 kHz to 1 MHz. The project objectives have been achieved to all customer needs, which can be served by providing calibration services to their measuring equipment and traceability.

Keywords: high frequency capacitance, equivalent circuit, calibration, auto balancing bridge, 4-terminal, 3-terminal

1. บทนำ

จากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีทางด้านการวัด ทำให้มาตรฐานการวัดที่ถูกต้องและแม่นยำ มีบทบาทเพิ่มมากขึ้นในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ ในการช่วยให้ผู้ประกอบการมีความเข้มแข็ง โดยเฉพาะผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมการผลิต อีกทั้งยังมีส่วนช่วยผลักดันในการพัฒนาเศรษฐกิจให้สามารถแข่งขันได้ด้วยการสร้างมาตรฐานการสอบกลับได้ภายในประเทศ ทำให้ผู้ประกอบการลดต้นทุนการส่งเครื่องมือไปสอบเทียบยังต่างประเทศ ส่งผลต่อการพัฒนาโครงสร้างเศรษฐกิจสู่การเติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน โดยจะเป็นฐานความรู้เพื่อให้ประเทศไทยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ในปัจจุบันห้องปฏิบัติการอิมพีแดนซ์ ได้รับการรับรองระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 จากสถาบันรับรองระบบคุณภาพประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี (DakkS) โดยมีความสามารถในการวัดความจุไฟฟ้าในช่วง 1 pF ถึง 1 μF ในย่านความถี่ระหว่าง 100 Hz ถึง 10 kHz

ด้วยสามารถทางการวัดดังที่ได้กล่าวมานั้น ยังไม่ครอบคลุมกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ อีกทั้งประเทศไทยยังคงไม่มีมาตรฐานการวัดอ้างอิงทางด้านความจุไฟฟ้าความถี่สูง ด้วยหลักการและเหตุผลข้างต้นทางห้องปฏิบัติการอิมพีแดนซ์ เล็งเห็นว่าการสถาปนาการสอบกลับได้ของความจุไฟฟ้าในช่วงความถี่ 10 kHz ถึง 1 MHz มีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้ตอบสนองความต้องการ ของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องและเพื่อการพัฒนาระบบมาตรวิทยาทางด้านการวัดความจุไฟฟ้าของประเทศให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความจุไฟฟ้าความถี่สูง (High Frequency Capacitance)

ความจุไฟฟ้าที่ความถี่สูงสามารถคำนวณได้จากพารามิเตอร์ในวงจรสมมูลของตัวเก็บประจุไฟฟ้า [1] [2]

$$C(\omega) \cong C_0\{1+\omega^2[L_H(C_0+C_{HG})+L_L(C_0+C_{LG})]\} \qquad (1)$$

ซึ่งประกอบด้วย ความเหนี่ยวนำแฝง L_H และ L_L (Parasitic inductances) ความจุไฟฟ้าสถิต C_0 (Static capacitance) และความจุไฟฟ้าแฝง C_{HG} และ

C_{LG} (Parasitic capacitance) โดยความจุไฟฟ้าที่ความถี่ 10 kHz ถึง 1 MHz สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) ในขณะที่ความต้านทานจะไม่ปรากฏในวงจรสมมูลเนื่องด้วยไม่ส่งผลต่อการตอบสนองต่อความถี่ของตัวเก็บประจุ [3] จากสมการที่ (1) พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญมากที่สุดในการคำนวณค่าความจุไฟฟ้าที่ความถี่สูง ได้แก่ความเหนี่ยวนำไฟฟ้าแฝง ดังนั้นความถูกต้องของการวัดความเหนี่ยวนำไฟฟ้าแฝงจึงเป็นปัจจัยเบื้องต้นที่สำคัญที่มีผลต่อความถูกต้องในการคำนวณค่าความจุไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ ฉะนั้นในการทดลองในครั้งนี้เลือกใช้การวัดค่าความเหนี่ยวนำแฝงภายในตัวเก็บประจุไฟฟ้าด้วยวิธีการวัดโดยตรงด้วยเทคนิคการวัดแบบ 4 ขั้ว เพื่อความถูกต้องในการคำนวณค่าความจุไฟฟ้า ณ ความถี่ใช้งานมากขึ้น

2.3 เทคนิคการวัด

การวัดความเหนี่ยวนำแฝงจะใช้การวัดแบบ 4 ขั้ว [4] ดังรูปที่ 1 ช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากอิมพิแดนซ์ของสายวัด (ωL_Lและ R_L) และความต้านทานของหน้าสัมผัส (R_C) วิธีนี้เหมาะกับการวัดอิมพีแดนท์ต่ำ (Low impedance) แต่จะไม่เหมาะกับการวัดอิมพีแดนท์สูง (High impedance) เนื่องจากสเตร์คาปาซิแตนซ์ระหว่างสายวัด (C_{str})

รูปที่ 1 วงจรสมมูลของการวัดแบบ 4 ขั้ว

การวัดแบบ 4 ขั้ว กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านคู่สายสัญญาณกระแสไฟฟ้า (H_c และ L_c) และจะสร้างสนามแม่เหล็กภายนอกรอบๆสายสัญญาณกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กนี้จะไปเหนี่ยวนำแรงดันของคู่สายสัญญาณศักย์ไฟฟ้าทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของแรงดัน (Induced error voltage) ซึ่งการเหนี่ยวนำร่วม (Mutual coupling) ระหว่างสายสัญญาณกระแสและศักย์ไฟฟ้าจะทำให้ผลการวัดที่ได้คลาดเคลื่อน ดังนั้น ในการแบบ 4 ขั้ว ควรบิดเกลียวคู่สายสัญญาณกระแสไฟฟ้าและคู่สายสัญญาณศักย์ไฟฟ้าเพื่อลดการควบคู่ทางแม่เหล็ก (Magnetic Couplings)

วัดความจุไฟฟ้าแฝงจะใช้การวัดแบบ 3 ขั้ว (Three-terminal measurement) จะใช้สายโคเอกเชียล (Coaxial cable) ซึ่งช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากสเตรย์คาปาซิแตนท์ (C_{str}) โดยที่ตัวนำภายนอกหรือชีลด์ (shield) ของโคเอกเชียลจะถูกต่อไปที่ guard terminal [4] วิธีนี้เหมาะสมกับการวัดอิมพีแดนท์สูง (high impedance) แต่จะไม่เหมาะกับการวัดอิมพีแดนท์ต่ำ (low impedance) เนื่องจากอิมพิแดนซ์ของสายวัด (ωL_L และ R_L) และความต้านทานของหน้าสัมผัส (R_C) ยังคงมีอยู่

3 ผลการทดลองของพารามิเตอร์ในวงจรสมมูลของตัวเก็บประจุไฟฟ้า GR1403

การวัดความเหนี่ยวนำแฝง และความจุไฟฟ้าแฝง ที่ความถี่ทดสอบ 10 kHz 20 kHz 50 kHz 100 kHz 200 kHz 500 kHz และ 1 MHz แรงดันทดสอบ 1 V ด้วยเครื่องมือ Precision LCR Meter เมื่อมีการเปลี่ยนความถี่ทดสอบ (Test Frequency) หรือแรงดันทดสอบ (Test Voltage) ก่อนทำการวัดทุกครั้งจะต้องทำการชดเชยความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลมาจากสายวัดและขั้วต่อ (Open และ Short compensation) เพื่อให้ระบบการวัดมีความถูกต้องมากขึ้น [4] ผลการทดลองของค่าพารามิเตอร์ในวงจรสมมูลของตัวเก็บประจุไฟฟ้า 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF [5] ดังตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ผลการวัดความเหนี่ยวนำแฝงสุทธิ (L_{sf}) และความไม่แน่นอนในการวัด (U) ในหน่วย nH ของตัวเก็บประจุ 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF ที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95 % (k=2)

ความถี่	1 pF		10 pF		100 pF		1 000 pF	
(kHz)	L_{sf}	U	L_{sf}	U	L_{sf}	U	L_{sf}	U
10	99.1	19.6	115.6	19.7	102.9	19.8	112.9	19.6
20	96.6	10.4	111.6	10.4	99.0	10.5	108.5	10.4
50	92.3	5.1	107.7	5.0	93.0	5.2	99.3	5.0
100	89.3	3.5	104.4	3.3	88.9	4.1	92.7	3.3
200	85.7	2.7	100.8	2.5	85.2	3.9	87.9	2.6
500	82.2	2.9	97.3	2.1	81.3	3.5	83.2	2.3
1000	80.5	3.0	95.8	2.3	79.6	3.4	81.4	2.4

ตารางที่ 2 ผลการวัดความจุไฟฟ้าแฝง (C_{HG}) และค่าความไม่แน่นอนในการวัด (U) ในหน่วย pF ของตัวเก็บประจุ 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF ที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95 % (k=2)

ความถี่	1 pF		10 pF		100 pF		1 000 pF	
(kHz)	C_{HG}	U	C_{HG}	U	C_{HG}	U	C_{HG}	U
10	25.4	0.8	19.1	0.8	23.6	0.8	26.8	0.8
20	25.3	0.5	19.1	0.4	23.6	0.5	26.6	0.5
50	25.3	0.3	19.1	0.2	23.6	0.3	26.6	0.3
100	25.4	0.2	19.1	0.2	23.7	0.2	26.8	0.2
200	25.6	0.2	19.2	0.2	23.8	0.2	26.5	0.2
500	25.6	1.0	19.2	0.9	23.7	1.0	25.6	1.0
1000	25.8	0.9	19.4	0.9	24.1	0.9	22.2	0.9

ตารางที่ 3 ผลการวัดความจุไฟฟ้าแฝง (C_{LG}) และค่าความไม่แน่นอนในการวัด (U) ในหน่วย pF ของตัวเก็บประจุ 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF ที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95 % (k=2)

ความถี่ (kHz)	1 pF		10 pF		100 pF		1 000 pF	
	C_{LG}	U	C_{LG}	U	C_{LG}	U	C_{LG}	U
10	26.4	0.8	24.2	0.8	27.7	0.8	30.9	0.8
20	26.3	0.5	24.2	0.5	27.7	0.5	30.8	0.5
50	26.3	0.3	24.2	0.3	27.7	0.3	30.8	0.3
100	26.4	0.2	24.3	0.2	27.7	0.2	30.9	0.2
200	26.6	0.2	24.4	0.2	27.8	0.2	30.8	0.2
500	26.6	1.0	24.5	1.0	27.8	1.0	30.6	1.0
1000	26.9	0.9	24.7	0.9	28.2	0.9	30.3	1.0

จากตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 จะเห็นว่าความจุไฟฟ้าแฝงของตัวเก็บประจุไฟฟ้า 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF มีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นเนื่องจากคลาดเคลื่อนที่อธิบายได้ด้วย $\omega^2 C_o L$ มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับถูกต้องของเครื่องมือวัด Precision LCR Meter สำหรับการวัด C_0 ของตัวเก็บประจุ 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF ด้วยเครื่อง Ultra-Precision Capacitance Bridge AH 2700A ที่ความถี่ 1 kHz แรงดัน 2 V ผลการวัดดังตารางที่ 4 เนื่องจาก C_0 ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้าที่ความถี่สูงในสมการที่ (1) เป็นค่าความจุไฟฟ้าที่ความถี่ DC ซึ่งในทางปฏิบัติ การตอบสนองต่อความถี่ของตัวเก็บประจุในช่วง DC ถึง 1 kHz มีค่าน้อยกว่า 10^{-6} ดังนั้น ประมาณได้ว่า $C_0 \approx C_{1kHz}$ [6]

ตารางที่ 4 ผลการวัดความจุไฟฟ้าสถิต (C_{1kHz}) ของตัวเก็บประจุ 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF ในหน่วย pF ที่ความถี่ 1 kHz และและค่าความไม่แน่นอนในการวัด (U) ในหน่วย parts per million (ppm) ที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95 % (k=2)

1 pF		10 pF		100 pF		1 000 pF	
C_{1kHz}	U	C_{1kHz}	U	C_{1kHz}	U	C_{1kHz}	U
0.999257	12	9.99238	6	100.049 4	6	999.825	6

4 การวัดการตอบสนองต่อความชื้นของตัวเก็บประจุไฟฟ้า

ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าชนิดอากาศเป็นไดอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลง เกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น อุณภูมิ หรือความชื้นที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น สำหรับการตอบสนองต่ออุณภูมิของตัวเก็บประจุไฟฟ้า ผู้ผลิตได้กำหนดให้ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุทั้ง 4 ตัวนี้เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 40 ppm/°C แต่ผู้ผลิตไม่ได้กำหนดการตอบสนองต่อความชื้นมาให้ ซึ่งความชื้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลทำให้ตัวเก็บประจุมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากในห้องปฏิบัติการได้ควบคุมความชื้นอยู่ที่ (50±15) %RH

ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองวัดการตอบสนองต่อความชื้นของตัวเก็บประจุทั้ง 4 ตัว ที่ความชื้น 35 %RH 40 %RH 50 %RH 60 %RH และ 70 %RH โดยใช้เครื่องควบคุมความชื้น รุ่น Dew-Master ผลการวัดการตอบสนองต่อความชื้นของตัวเก็บประจุ 1 pF คือ (1.97±0.03) ppm/%RH 10 pF คือ (4.34±0.37) ppm/%RH 100 pF คือ (2.47±0.06) ppm/%RH และ 1000 pF คือ (4.99±0.48) ppm/%RH

จากผลการทดลองพบว่าตัวเก็บประจุ 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF จะใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุลในความชื้นประมาณ 3 ชั่วโมง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากความชื้นค่านึงไปยังความชื้นอีกค่านึง อนึ่งผลกระทบจากเวลาเข้าสู่สมดุลของตู้ควบคุมความชื้นสามารถละเลยได้ และในขณะที่ทำการวัดการตอบสนองต่อความชื้นของตัวเก็บประจุไฟฟ้าได้วัดความดันบรรยากาศของเครื่องควบคุมความชื้น ด้วยเครื่อง Thermo Recorder รุ่น TR-73U โดยมีค่าความดันบรรยากาศระหว่าง 1004 hPa ถึง 1010 hPa

5 การคำนวนความจุไฟฟ้าความถี่สูงและการถ่ายค่าความถูกต้อง

เมื่อกำหนดให้โครงสร้างของตัวเก็บประจุไฟฟ้าสมมาตร จะได้ว่า ความเหนี่ยวนำ L_H และ L_L มีค่าเท่ากัน ดังนั้นความเหนี่ยวนำที่วัดได้จะเป็นความเหนี่ยวนำรวมของ L_H ต่ออนุกรมกับ L_L มีค่าเท่ากับ L_{sf} ซึ่งสามารถเขียนสมการที่ (1) ให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ดังสมการที่ (2)

$$C_f = C_{1kHz}(1+(\omega^2 \times L_{sf} \times (C_{1kHz} + (C_{HG} + C_{LG})/2))) \qquad (2)$$

ดังนั้น เมื่อนำผลการวัด ค่าความจุแฝง (C_{HG}และ C_{LG}) ค่าความเหนี่ยวนำแฝง (L_{sf}) และค่าความจุไฟฟ้าสถิต (C_{1kHz}) ของตัวเก็บประจุ 1 pF 10 pF 100 pF 1000 pF มาแทนค่าในสมการ (2) และทำการพลอตกราฟการตอบสนองต่อความถี่ของตัวเก็บประจุ 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF ดังรูปที่ 2 เมื่อ ΔC คือ ผลต่างระว่างความจุไฟฟ้าที่ความถี่ 10 kHz ถึง 1 MHz กับความจุไฟฟ้าที่ความถี่ 1 kHz

รูปที่ 2 การตอบสนองต่อความถี่ของตัวเก็บประจุ 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF รุ่น GR1403

5.1 การถ่ายค่าความถูกต้องความจุไฟฟ้าให้กับตัวเก็บประจุไฟฟ้า รุ่น GR1404 และ AH11A

จากผลการคำนวณค่าความจุไฟฟ้าความถี่สูงของตัวเก็บประจุไฟฟ้า 1 pF 10 pF100 pF และ 1000 pF เมื่อทำการถ่ายค่าความถูกต้องของตัวเก็บประจุไฟฟ้า ทั้ง 4 ตัว ในช่วงความถี่ 10 kHz ถึง 1 MHz ให้กับตัวเก็บประจุที่มีแก็สไนโตรเจนเป็นไดอิเล็กทริกค่า 10 pF 100 pF และ 1000 pF รุ่น GR1404 และตัวเก็บประจุที่มีฟิวส์ซิลิกาเป็นไดอิเล็กทริกค่า 1 pF 10 pF และ 100 pF รุ่น AH11ด้วยวิธีการวัดแบบส่งผ่านโดยมีตัวเก็บประจุไฟฟ้า 1 pF 10 pF 100 pF และ 1000 pF รุ่นGR1403 เป็นตัวมาตรฐานอ้างอิง (National standard) มีเครื่องวัด Precision LCR Meter รุ่น 4284A เป็นเครื่องส่งผ่านความถูกต้องซึ่งตัวเก็บประจุไฟฟ้ารุ่น GR1404 และ AH11 เป็น เครื่องมือไม่ทราบค่า (Unit under calibration) โดยมีความสามารถทางการวัด (Measurement capability) ที่อธิบายได้ด้วยค่าความไม่แน่นอนของการวัด อยู่ในช่วงระหว่าง 50 ppm ถึง 115 ppm ดังตัวอย่างผลการถ่ายค่าและการประเมินค่าความไม่แน่นอน [6]

6. สรุปและวิเคราะห์ผล

ค่าความจุไฟฟ้าความถี่สูงเป็นผลมาจากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้จากการวัดในวงจรสมมูลของตัวเก็บประจุไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยความเหนี่ยวนำแฝง ความจุไฟฟ้าแฝง และความจุไฟฟ้าสถิต ผลการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในวงจรสมมูลของตัวเก็บประจุไฟฟ้าด้วย Precision LCR Meter เนื่องจากอิมพิแดนซ์ของตัวเก็บประจุไฟฟ้าดังกล่าวมีค่าต่ำ ดังนั้นเทคนิคที่ใช้ในการวัดจึงเป็นแบบ 4 ขั้ว โดยคู่สายกระแสไฟฟ้าและคู่สายศักย์ไฟฟ้าถูกบิดเป็นเกลียวเพื่อลดการควบคู่ทางแม่เหล็ก อีกทั้งช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากอิมพิแดนซ์ของสายวัดและความต้านทานของหน้าสัมผัสอีกด้วย

การถ่ายค่าความถูกต้องของตัวเก็บประจุไฟฟ้าทั้ง 4 ตัว ให้กับตัวเก็บประจุไฟฟ้า 10 pF 100 pF และ 1000 pF รุ่น GR1404 และ 1 pF 10 pF และ 100 pF รุ่น AH11 ในช่วงความถี่ระหว่าง 10 kHz ถึง 1 MHz ด้วยวิธีการวัดแบบส่งผ่าน โดยมีเครื่องวัด Precision LCR Meter รุ่น 4284A เป็นเครื่องส่งผ่านความถูกต้อง และจากผลการดำเนินงานภายใต้งานวิจัยทำให้มีความสามารถทางการวัดเพียงพอต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรม สำหรับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนในการวัด มีด้วยกันสองปัจจัยหลัก ดังนี้ 1) สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความชื้น และ 2) สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางอุณหภูมิของตัวมาตรฐาน

จากผลการดำเนินงานภายใต้โครงการนี้สามารถสร้างมาตรฐานการสอบกลับได้ภายในประเทศทำให้ผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมลดต้นทุนการส่งเครื่องมือในสอบเทียบยังต่างประเทศ อีกทั้งยังทำให้เกิดระบบการวัดและการถ่ายค่าความถูกต้องไปยังผู้ประกอบการ ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพและมีคุณภาพในการผลิตที่สูงขึ้นอีกด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ศูนย์ประสานงานนักเรียนทุนรัฐบาลทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติปี พ.ศ. 2558 และในการนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณพัชรินทร์ มูลมิรัตน์ อดีตผู้ช่วยนักวิจัย สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ในการมีส่วนร่วมให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

[1] R.Hanke and K.Dröge, “Bestimmung des Frequenzganges von Luftkondensatoren des Typs GR 1403 im Frequenzbereich von 10 kHz bis 1 MHz”, *PTB-Mitteilungen 97*, 1987, p.377-383.

[2] M. Homklintian, H. Bothe, T. Funck, J. Melcher, and M. Schilling,"Refined model to calculate the frequency dependence of air capacitors for frequencies from 20 kHz to 1 MHz", *Conference on Precision Electromagnetic Measurements* , Daejeon, Korea (South), IEEE, pp. 428 - 429, 2010

[3] M.D. Klionskii and G.N. Tsiklauri, “Determiningthe value of reference air capacitors at high frequencies”, *Measurements of Electrical and Magnetic Quantites*, Vol. 15, Issue 7, pp.1046-1049, Jul. 1971

[4] Agilent Technologies, *Impedance Measurement Handbook*, 4th ed., Agilent Technologies, Inc., USA, 2013.

[5] P. Moonmirat and M. Homklintian, “Characterizing the Impedance of the Parallel Plate Air Capacitors GR-1403 using Four-Terminal Measurement Technique”, EECON 38th, Thailand, pp.333-336, 2015.

[6] P. Moonmirat, M. Homklintian, C. Kumtawee, “Measurement of the Frequency Dependence of Standard Capacitors in the Frequency range 10 kHz to 1 MHz” Conference on Precision Electromagnetic Measurements, Ottawa, Canada. IEEE, pp.1-2, 2016.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang Khan, Thailand

การศึกษาความต้านทานจำลองจากเครื่องแหล่งจ่ายมาตรฐานที่มีความสัมพันธ์ต่อความถูกต้องของการสอบเทียบเครื่องวัดมัลติมิเตอร์

A study of the resistance model of Calibrator for the accurate of Multimeter calibration

กองศักดิ์ ทองบุญ[1] และ อดิเทพ จ่างอ่อน[1]

[1] ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดชนิดหลายฟังก์ชัน ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทร. 0-2577-5100

E-mail: kongsak@nimt.or.th และ adithep@nimt.or.th

บทคัดย่อ

บทความนี้อธิบายถึงที่มาของ ค่าความต้านทานจำลองที่มี อยู่ในเครื่องมาตรฐานแหล่งจ่ายคาลิเบรเตอร์ ซึ่ง ถูกนำมาเป็นใช้ในเครื่องมาตรฐานที่ใช้สำหรับสอบเทียบเครื่องวัดปริมาณทางไฟฟ้า (Multimeter) ชนิดต่างๆ ในพารามิเตอร์ความต้านทาน โดยเครื่องคาลิเบรเตอร์ สามารถจ่ายค่าความต้านทานที่ค่าใดๆ ตามจุดที่ต้องการจะสอบเทียบ Multimeter โดยอาศัยกระแสไฟฟ้าจาก Multimeter ตามคุณลักษณะ (Specification) ที่ได้ระบุไว้ในคู่มือของเครื่องมือแต่ละรุ่น เพื่อความถูกต้อง ทั้งในส่วนการตั้งค่าการใช้งาน ตั้งย่านการวัดให้เหมาะสมกับปริมาณที่จะทำการวัด ทั้งนี้ในการสอบเทียบจะถูกระบุ ไว้ในเงื่อนไขตาม Specification ของเครื่องมือทั้งสองที่นำมาต่อวงจรการวัด ซึ่งจะทำ การเปรียบเทียบผลความสัมพันธ์ของเครื่องคาลิเบรเตอร์กับเครื่อง Multimeter ที่พารามิเตอร์การวัดดังกล่าว

คำสำคัญ: การสอบเทียบ, คาลิเบรเตอร์, คุณลักษณะ

Abstract

This paper describes the calibration method of digital multimeter in a resistance mode. Typically, direct measurement is selected for calibration ,i.e. a multimeter is connected directly to the calibrator. The calibrator generates required resistor values, for a multimeter. The simplified diagram of resistor emulation circuit is presented, and its principle is explained. Finally, the effect of input current from multimeter on the accuracy of calibration is measured and discussed.

Keywords: Calibration, calibrator, Specification

1. บทนำ

เครื่องสอบเทียบชนิดหลายฟังก์ชั่น (Calibrator) เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมใช้งานกันมากในห้องปฏิบัติการทางไฟฟ้า ที่ ถูกใช้เป็นเครื่องมาตรฐาน (Standard) ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (Multimeter) แบบต่างๆ ซึ่งทั้งสอง เป็นเครื่องมือวัดที่มีหลายฟังก์ชั่นการใช้งานภายในเครื่องเดียวกันและเป็นที่นิยม ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันเครื่อง Calibrator ได้ถูกออกแบบมาให้มีหลายพารามิเตอร์รวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน เช่น แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง , แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ, กระแสไฟฟ้ากระแสตรง , กระแสไฟฟ้ากระแสสลับ และความต้านทาน ทั้งนี้ผู้ผลิต Calibrator ออกแบบวงจรการทำงานภายในเพื่อให้มีความหลากหลายครอบคลุมการใช้งานและการนำไปใช้สอบเทียบ Multimeter ให้ครบตามฟังก์ชั่นนั่นเอง หรือพูดได้ว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดได้ถูกสร้างมาให้มีความสัมพันธ์กัน ทางการสอบเทียบ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับปริมาณทางไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 1. ความถูกต้องในการจ่ายค่าที่แม่นยำและเสถียรภาพคงที่ดีต่อปี ของเครื่อง Calibrator นั้น อยู่ที่การออกแบบวงจรภายในของแต่ละผู้ผลิต

รูปที่ 1. การสอบเทียบ Multimeter ด้วย Calibrator

เป็นที่ทราบกันดีว่าใน สอบเทียบ ปริมาณ ค่าความต้านทาน เราต้องใช้เครื่อง คาลิเบรเตอร์ ที่มีความถูกต้องอัตราส่วนดีกว่าเครื่อง Multimeter 4 เท่า (Test Accuracy Ratio ≥ 4 : 1) เพื่อให้ผลการสอบเทียบจะได้รู้ปริมาณค่าที่แท้จริง ซึ่งค่าที่วัดได้นั้นจะถูกต้องมากน้อยแค่ไหนจะต้องทำตามขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือ ตลอดจน การศึกษาคู่มือการใช้งานการอ่านและคำนวณ Specification เช่น วิธีการวัด การ อุ่นเครื่อง การตั้งค่าเครื่อง มือ การเลือกใช้ สายวัด สภาวะแวดล้อม เป็นต้น การตั้งค่าต่างๆ เหล่านี้ช่วยให้เราใช้งานเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง ได้ผลการวัดที่ใกล้เคียงค่าจริง และเต็มประสิทธิภาพ จากข้อมูลต่างๆ จะเป็น

แหล่งความไม่แน่นอน ที่มีผลในกระบวนการสอบเทียบ จึงต้องนำมาคำนวณทางสถิติเพื่อให้ได้ค่าความไม่แน่นอนรวมของผลการวัด

2. การดำเนินการวิจัย

2.1 หลักการและวิธีการ

ในหลักการสอบเทียบค่าความต้านท าน จะใช้วิธีการวัดค่าความต้านทานแบบโดยตรง ซึ่งเป็นวิธีที่นิยม มี 2 วิธี คือ แบบ2 สาย และแบบ 4 สาย ดังนั้นการวัดค่าความต้านทานจาก Calibrator ที่ออกแบบโดยใช้ค่าความต้านทานจริง จะเหมือนกับการวัดตัวต้านทานแบบจำลอง โดยแสดงวิธีการวัดแบบ 2 สายและ 4 สาย ดังรูปที่ 2.[1]

แบบ 2 สาย

แบบ 4 สาย

รูปที่ 2 แสดงวิธีการวัดแบบ 2 สายและ 4 สาย

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2. หลักการวัด Muilitmeter จ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่รู้ค่าจากแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า กระแสตรง (Is) ภายใน Multimeter ออกทางขั้ววัด Hi ไหลผ่านสายวัดและไหลผ่านตัวต้านทานที่ต้องการวัด (Rx) แล้วกระแสไหลกลับเข้าขั้ววัด Lo ครบวงจร จะเห็นว่า เมื่อกระแสไหลผ่านตัวต้านทานใดๆ จะเกิดแรงดันตกคร่อมบนตัวต้านทานนั้นๆ จากนั้นภายใน Multimeter จะมีวงจรที่ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (V) ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน แล้วคำนวณหาค่าความต้านทาน ตามกฎของโอห์ม (Ohm's law) ดังสมการที่ 1

สมการที่ 1 $$R_X = \frac{E_X}{I_S}$$

โดยที่ R_X = ค่าความต้านทานที่ Multimeter วัดได้

E_X = ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ Multimeter วัดได้

I_S = ค่ากระแสไฟฟ้า กระแสตรงที่รู้ค่าจาก Multimeter โดยทั่วไป ระบุไว้ในคู่มือของ ค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรง Current Source ที่ใช้ตามย่านการวัดที่ตั้งค่าใช้งานของ Multimeter

การออกแบบวงจร ความต้านทานจำลอง ใน Calibrator เพื่อสร้างเครื่อง calibrator ผู้ผลิตจะต้องคำนึงถึงเป้าหมายความต้องการของลูกค้า การครอบคลุมย่านที่นำไปใช้งาน ความต้องการความถูกต้อง ดังนั้นในการออกแบบวงจรในส่วนของแหล่งจ่ายความต้านทานในเครื่อง Calibrator แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบแรกการใช้ตัวต้านทานค่าคงที่ ที่มีการเก็บประวัติใส่ในวงจร ในส่วนนี้ทางผู้ผลิตจะเลือกตัวต้านทานที่รู้ค่า และค่าที่ต้องการใส่ในวงจรเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เลือกใช้งาน ความถูกต้องก็จะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวต้านทานที่นำมาใช้ออกแบบวงจร ยังต้องคำนึงถึงค่า สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของตัวต้ านทาน (Temperature coefficient of resistance) อีกด้วย จึงทำให้มีค่าความถูกต้องที่สูง แบบที่สอง ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการสร้างค่าตัวต้านทานขึ้น หรือความต้านทานจำลอง (an electronic resistor emulation circuit) ความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับวงจรที่ใช้ เสถียรภาพของอุ ปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรอบข้างและเสถียรภาพของวงจรเมื่อวงจรทำงาน รวมไปถึงการออกแบบวงจรสร้างค่าตัวต้านทานที่ต้องการ โดยแบบที่สองนี้มี ข้อดีคือผู้ใช้งานสามารถปรับค่าความต้านทานที่มีความต่อเนื่องในการใช้งานได้ตามที่ต้องการ แต่จะมีความถูกต้องน้อยกว่าแบบแรก

2.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบตามคุณลักษณะ

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลตามคุณลักษณะของเครื่องมือทั้งสองจากรูปที่ 3. ตารางแสดงคุณลักษณะเครื่องมือ จะเห็นได้ว่า เมื่อต้องการจ่ายค่าความต้านทาน 100 Ω จากคาลิเบรเตอร์ และต้องการวัดค่าคว าม ต้านทานโดยตั้งค่าย่านการวัดที่ Range 100 Ω ของ Multimeter นั้นได้ถูกกำหนดค่า source current = 1mA เป็นกระแสที่รู้ค่าเฉพาะตัวเครื่องมือวัดนั้นๆ และทางด้านคาลิเบรเตอร์ที่ย่านการจ่าย 33 Ω to 109.9999 Ω ระบุช่วงการยอมรับกระแส Allowable Current ไว้ 1mA – 70mA นั่นหมายถึงเงื่อนไขความสัมพันธ์ของเครื่องมือทั้งสองเมื่อทำการต่อวงจรการวัด หากกระแสที่มาจาก Multimeter อยู่ในช่วง Allowable Current ของคาลิเบรเตอร์ที่กำหนดไว้ ทำให้ผลการจ่ายและผลการวัดในย่านดังกล่าวจะมีผลการวัดที่ถูกต้อง และหากพิจารณาถึงการนำค่าคุณลักษณะของคาลิเบรเตอร์ไปประเมินค่าความไม่แน่นอนที่มาจากตัวมาตรฐาน ที่ค่า 100 Ω ที่ความถูกต้อง 1 ปี = **28 ppm of output + Floor 0.0014 Ω**

แต่ถ้าหากไม่เป็นไปตามเงื่อนไข เช่นเปลี่ยนค่า current source = 50μA และช่วงการยอมรับกระแส Allowable Current ยังคงไว้ 1mA – 70mA ซึ่งไม่เป็นไปตามเงื่อนไขแล้วนั้น เมื่อต่อวงจรก ารวัดผลที่ได้คือ Multimeter อาจจะไม่สามารถวัดค่า 100 Ω ได้อย่างถูกต้องหรืออาจจะต้องเปลี่ยนย่านการวัด ให้มากขึ้นเพื่อให้ source current มีค่าที่เหมาะสมกับช่วงการยอมรับกระแส Allowable Current และหากพิจารณาถึงการนำค่าคุณลักษณะของคาลิเบรเตอร์ไปประเมินค่าความไม่แน่นอนที่มาจาก

ตัวมาตรฐาน ที่ค่า 100 Ω ที่ความถูกต้อง 1 ปี จะต้องมีการคิดคำนวณความถูกต้องของค่า Floor ใหม่ จากสมการ

Floor(new) = Floor(old) * (Imin/Iactual)

เมื่อคำนวณหาค่า Floor ใหม่ โดยการแทนค่า = **Floor(new) = 0.0014 Ω * (1mA/50μA)** จะได้ **= 0.028Ω** ดังนั้นความถูกต้อง ที่ 1 ปี ที่มาจากตัวมาตรฐานคาลิเบรเตอร์ จะมีค่าเปลี่ยนไป = **28 ppm of output + Floor 0.028 Ω** จะเห็นได้ว่าความถูกต้องจะมีค่าเปลี่ยนไปซึ่งเมื่อพิจารณาทางมาตรวิทยาและความถูกต้องเ มื่อใช้งานเครื่องมือผิดเงื่อนไข ก็จะมีผลกระทบต่อการสอบเทียบ และการประเมินค่าความไม่แน่นอน

Multimeter
Two-wire and Four-wire Ohms (OHM and OHMF Functions)

Range	Full Scale	Maximum Resolution	Current Source[6]	Test Voltage	Open Circuit	Maximum Lead Resistance (OHMF)	Maximum Series Offset (OCOMP ON)
10 Ω	12.00000	10 μΩ	10 mA	0.1 V	12 V	20 Ω	0.01 V
100 Ω	120.00000	10 μΩ	1 mA	0.1 V	12 V	200 Ω	0.01 V
1 kΩ	1.2000000	100 μΩ	1 mA	1.0 V	12 V	150 Ω	0.1 V
10 kΩ	12.000000	1 mΩ	100 μA	1.0 V	12 V	1.5 kΩ	0.1 V
100 kΩ	120.00000	10 mΩ	50 μA	5.0 V	12 V	1.5 kΩ	0.5 V
1 MΩ	1.2000000	100 mΩ	5 μA	5.0 V	12 V	1.5 kΩ	
10 MΩ	12.000000	1 Ω	500 nA	5.0 V	12 V	1.5 kΩ	
100 MΩ[9]	120.00000	10 Ω	500 nA	5.0 V	5 V	1.5 kΩ	
1 GΩ[7]	1.2000000	100 Ω	500 nA	5.0 V	5 V	1.5 kΩ	

Calibrator

Range [1]	Absolute Uncertainty, tcal ±5 °C ±(ppm of output +floor) [2] ppm of output 90 days	1 year	Floor (Ω) Temp and temp since ohms zero cal 12 hrs ±1 °C	7 days ±5 °C	Resolution Ω	Allowable Current [3]
0 to 10.9999 Ω	35	40	0.001	0.01	0.0001	1 mA to 125 mA
11 to 32.9999 Ω	25	30	0.0015	0.015	0.0001	1 mA to 125 mA
33 to 109.9999 Ω	22	28	0.0014	0.015	0.0001	1 mA to 70 mA
110 Ω to 329.9999 Ω	22	28	0.002	0.02	0.0001	1 mA to 40 mA
330 Ω to 1.099999 kΩ	22	28	0.002	0.02	0.001	1 mA to 18 mA
1.1 to 3.299999 kΩ	22	28	0.02	0.2	0.001	100 μA to 5 mA
3.3 to 10.99999 kΩ	22	28	0.02	0.1	0.01	100 μA to 1.8 mA
11 to 32.99999 kΩ	22	28	0.2	1	0.01	10 μA to 0.5 mA
33 to 109.9999 kΩ	22	28	0.2	1	0.1	10 μA to 0.18 mA
110 to 329.99999 kΩ	25	32	2	10	0.1	1 μA to 0.05 mA
330 kΩ to 1.099999 MΩ	25	32	2	10	1	1 μA to 0.018 mA
1.1 to 3.299999 MΩ	40	60	30	150	1	250 nA to 5 μA

จากรูปที่ 3. ตารางคุณลักษณะเครื่องมือ [2],[3]

2.3 วงจรสร้างค่าความต้านทานจำลอง

ผู้ผลิตเครื่องจึงได้นำข้อดีของ OP-AMP มาใช้ในการออกแบบวงจรสร้างค่ าความต้านทานจำลอง โดยอาศัยหลักการพื้นฐานวงจรเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดัน (Current to Voltage Convertors) โดยวงจรจะทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสที่ขาเข้าให้เป็นแรงดันขาออก หรือเรียกว่า วงจรแบบแหล่งจ่ายแรงดันควบคุมด้วยกระแส (Current Controlled Voltage Source; CCVS) ซึ่งแร งดันเอาท์พุทจะมีค่าเท่ากับ $V_{out} = A * I_{in}$ โดยที่ A คืออัตราขยาย(gain)มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω) บางครั้งอัตราขยายของวงจรลักษณะนี้ มักจะนิยมเขียนในรูปของ R (transresistance gain) หรืออาจจะเรียกวงจรแบบนี้ว่า วงจรขยายค่าความต้านทาน (transresistance amplifier) ก็ได้ รูปที่ 4 แสดงวงจรสมมูล เมื่อพิจารณาวงจรสร้างค่าความต้านทานจำลองจากคู่มือของผู้ผลิตเครื่องคาลิเบรเตอร์ และรูปที่ 5 แสดงวงจรสมมูล ความต้านทานจำลองคาลิเบรเตอร์ ก็จะอาศัยหลักการวงจรที่เหมือนกันคือ เมื่อใช้งานเครื่อง คาลิเบรเตอร์ ย่านความต้านทาน จะต้องใช้ Multimeter ทำการวัด ซึ่ง Multimeter จะทำหน้าที่เหมือนเป็นแหล่งจ่ายกระแส (I_m) ที่ทราบค่า โดยค่ากระแสจะแตกต่างกันตามย่านที่ตั้งค่าทำการวัด โดยกระแส I_m จะไม่สามารถไหลผ่านออปแอมป์ที่ขั้วอินพุทได้ เนื่องจากคุณสมบัติของตัวออปแอมป์จ ะมีค่าความต้านทานภายใน (R_{in}) สูงมาก ดังนั้นกระแสจึงไหลผ่านตัวต้านทาน R_{ref} และ R จะเกิดแรงดันตกคร่อมบนค่าความต้านทานที่ได้รับการออกแบบไว้จากผู้ผลิต Calibrator ค่า V_{out} ของวงจรที่ได้จะมีค่าเปลี่ ยนแปลงตามกระแส I_m ของมิเตอร์ที่ไหลเข้ามายังวงจร เมื่อพิจารณา (Specification) จากคู่มือของมิเตอร์จะเห็นค่า Test Voltage ถูกระบุไว้ในคู่มือเช่นกัน ดังนั้นค่ากระแส I_m และ Test Voltage ของมิเตอร์แต่ละยี่ห้อ แต่ละรุ่นก็จะมีค่าแตกต่างกันไปด้วย

รูปที่ 4 วงจรขยายค่าความต้านทาน transresistance amplifier

รูปที่ 5 วงจรค่าความต้านทานจำลองของคาลิเบรเตอร์

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

จากการ วัดครั้งนี้ได้ใช้เครื่องคาลิเบรเตอร์ รุ่น 5522 A เป็นแหล่งจ่ายความต้า นทานจำลอง ใช้ Multimeter รุ่น 3458 A วัดค่าความต้านทาน และใช้ Multimeter รุ่น 8846 A วัดค่าแรงดันไฟฟ้าตรงและกระแสไฟฟ้าตรง โดยเลือกใช้วิธีการวัดแบบ โดยตรง ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าตรงที่ขั้ว Output คาลิเบรเตอร์และ ทำการวัดกระแสไฟฟ้าตรงที่ขั้ว Input Multimeter รุ่น 3458 A แสดงดังรูปที่ 4. วัดตามจุดที่กำหนดดังนี้ 100Ω, 10kΩ,1MΩ ตามลำดับ โดยใช้ข้อมูลดังรูปที่ 3. เพื่อทำการทดลอง โดยจะทำการวัดและเก็บผลของการวัด 5 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของผลการวัด โดยผลที่ได้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 5. ตารางแสดงผลการวัด จะเห็นได้ว่าเมื่อได้ทดลองทำการจากจุดที่เรากำหนด ผลการวัดที่ได้ จากค่าเฉลี่ยจะ มีค่าใกล้เคียงกับ Measured Value ตาม

คุณลักษณะของ Multimeter รุ่น 3458 A ซึ่งเมื่อพิจารณาคุณลักษณะของคาลิเบรเตอร์ รุ่น 5522 A พบว่าช่วง Allowable Current ย่านการใช้งานดังกล่าว กระแสจาก Multimeter ยังอยู่ในช่วง Allowable Current กำหนดไว้ ซึ่งจะทำให้ผลการวัดมีความถูกต้องและไม่ต้องคำนวณค่า Floor ใหม่ในกรณีที่ต้องนำไปประเมินค่าความไม่แน่นอนในระบบการสอบทียบ

รูปที่ 6 แสดงการวัดค่า Current Source และ ค่า Test Voltage

3458A	Measured	Test Voltage 8846A reading					Average
Range	Value	#1	#2	#3	#4	#5	(V)
100 Ω	0.1 V	0.09877	0.09878	0.09877	0.09877	0.09877	**0.099**
10 kΩ	1 V	0.98584	0.98584	0.98584	0.98584	0.98584	**0.986**
1 MΩ	5 V	4.92743	4.92743	4.92743	4.92743	4.92743	**4.93**

3458A	Measured	Current Source 8846A reading					Average
Range	Value	#1	#2	#3	#4	#5	
100 Ω	1 mA	0.9879	0.9879	0.9879	0.9879	0.9879	**0.99 mA**
10 kΩ	100 µA	98.58	98.58	98.58	98.58	98.58	**98.6 µA**
1 MΩ	5 µA	4.922	4.922	4.922	4.922	4.922	**4.92 µA**

รูปที่ 7 แสดงผลการวัดค่า Current Source และ ค่า Test Voltage

4. สรุป

เมื่อได้ใช้โวลท์มิเตอร์ ทำการวัดที่ขั้วเอาท์พุทของ Calibrator พบว่าค่า V_{out} ที่วัดได้นั้นจะมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันกับค่า Test Voltage ของมิเตอร์อย่างสมนัยกัน จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดได้ถูกสร้างมาให้มีความสัมพันธ์กันในการวัดค่าความต้านทาน เมื่อพิจารณาข้อมูลจำเพาะ จากคู่มือของ Calibrator ก็จะระบุค่า Allowable Current เป็นช่วงกระแสไว้ กระแสดังกล่าวคือขีดจำกัดของกระแสอินพุท I_m ที่จะไหลเข้ามาในวงจรภายในเครื่อง Calibrator ซึ่งมีผลในเรื่องของค่าความถูกต้องของเครื่อง Calibrator หากกระแสไม่เป็นไปตามขีดจำกัดที่ระบุไว้ จะต้องมีการคำนวณค่า Floor ของค่าความต้านทานใหม่ก่อนที่จะนำไปใช้ได้ ดังนั้นงานสอบเทียบที่ต้องการความถูกต้อง จำเป็นอย่างมากที่จะต้องศึกษาคู่มือและข้อมูลจำเพาะของเครื่องมือ เพื่อการตั้งค่าใช้งานเครื่อง การเลือกย่านการวัดที่เหมาะสมกับปริมาณ ทำให้สามารถสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง และยังป้องกันเครื่องมือเสียหายได้อีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณฝ่ายมาตรวิทยา ไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติที่สนับสนุนเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ช่วยให้ทำงานวิจัยนี้ และ นักมาตรวิทยาฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำทางด้านเทคนิคที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Ilya F Budovsky และคณะ “The Measurement of Electrical Quantities” Monograph 6: NMI Technology Transfer Series Third Edition, National Measurement Institute, Australian Government, September 2009

[2] Fluke Corporation “5520A Multi Product Calibrator Operator manual” Rev. 6, The United states of America, August 1998

[3] Agilent Technologies, “3458A Multimeter user manual” Edition 3, Malaysia, 2000

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

โปรแกรมประยุกต์บนเว็บสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนเชิงรุก

Web Application Support Active Learning

วรากรณ์ บุญเพ็ชร์ สุจารีย์ บุญสิทธิ์ และ ธนา หงษ์สุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย ฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง แขวง/เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์ 023298000-8099 E-mail: khthana@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีโปรแกรมประยุกต์หลายโปรแกรมที่ช่วยในการจัดการเรียนการสอนเชิงรุก โดยส่วนใหญ่จะเป็นโปรแกรมที่ช่วยทำแบบทดสอบออนไลน์ ซึ่งมักมีข้อจำกัด ได้แก่ การต้องเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตตลอดเวลา ดังนั้นหากห้องเรียนไม่มีเครือข่ายอินเตอร์เน็ตหรือเครือข่ายล่ม ก็ไม่สามารถใช้งานได้ และเนื่องจากโปรแกรมเหล่านี้ใช้งานทั่วโลก มีผู้ใช้จำนวนมาก บ่อยครั้งที่นักศึกษาบางคนไม่สามารถเข้าร่วมหรือหลุดออกระหว่างการใช้งาน นอกจากนั้นการจัดเก็บและวิเคราะห์จากโปรแกรมเหล่านี้ยังทำได้ยาก งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ เพื่อใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนเชิงรุก โดยนอกจากแก้ปัญหาข้างต้นแล้ว ยังมีความสามารถอื่นๆ ได้แก่ ระบบเช็คชื่อออนไลน์ ระบบสุ่มชื่อนักศึกษา ระบบจับเวลาในการทำกิจกรรม แบบทดสอบออฟไลน์ และระบบจัดเก็บและวิเคราะห์คะแนน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนการสอนเชิงรุกได้สะดวกขึ้น

คำสำคัญ: การเรียนเชิงรุก , แบบทดสอบออนไลน์, การประเมินนักศึกษา

Abstract

Nowadays, there are many applications that developed to support the active learning. Most of them are online quiz which have some limitations such as network connection problems, difficult score retrieving and lack of score analyzing functions. This research develops the hybrid online-offline active learning application which is free from the above problems. This application also has useful and convenience additional features such as attendance check, student names randomizer, activities timer, offline quiz function and score collecting and analyzing system.

Keywords: Active Learning, Online Assessment, Student Assessment

1. บทนำ

การจัดการเรียนการสอนเชิงรุก (Active Learning) คือ การเรียนการสอน ที่เน้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking) ตั้งแต่ทำความเข้าใจ ประยุกต์ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่า โดยผู้เรียนจะเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้รับความรู้ไปสู่การมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้

ในปัจจุบันมีโปรแกรมประยุกต์หลายโปรแกรมที่ช่วยในการจัดการเรียนการสอนเชิงรุก เช่น Kahoot หรือ Socrative [1-3] ซึ่งเป็นโปรแกรมทำแบบทดสอบออนไลน์ (Online Quiz) แต่เนื่องจากการใช้โปรแกรมประยุกต์เหล่านี้จะมีข้อจำกัด คือ ต้องใช้งานแบบออนไลน์ หากระบบเครือข่ายล่ม หรือไม่มีอินเตอร์เน็ต จะไม่สามารถใช้งานได้ นอกจากนั้นยังเป็นระบบที่ใช้งานร่วมกันทั่วโลก บ่อยครั้งที่นักศึกษาบางคนไม่สามารถร่วมตอบแบบทดสอบได้ หรือหลุดออกระหว่างการใช้งาน นอกจากนั้นการจัดเก็บผลการทดสอบเอาไว้ใช้งาน ยังทำได้ยาก

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับการจัดการเรียนการสอนเชิงรุก โดยนอกจากจะสามารถแบบทดสอบออนไลน์แล้ว ยังมีความสามารถอื่นๆ ที่สามารถตอบสนองการจัดการเรียนการสอนเชิงรุกได้ ได้แก่ ระบบเช็คชื่อออนไลน์ ระบบสุ่มนักศึกษา ระบบจับเวลาทำกิจกรรม ระบบแบบทดสอบแบบออฟไลน์ (Offline Quiz) ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนการสอนเชิงรุก ได้สะดวกยิ่งขึ้น

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการเรียนการสอนเชิงรุก

เมเยอร์และคณะ ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนเชิงรุกในมหาวิทยาลัยประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ [4] 1) จัดกิจกรรมที่เปิดให้โอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้หรือค้นพบความรู้ด้วยตนเอง โดยจัดให้มีการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้มีประสบการณ์ประสบการณ์ตรงกับการแก้ปัญหาตามสภาพจริง (Authentic Learning) 2) จัดกิจกรรมที่มีลักษณะบูรณาการเนื้อหา (Integration) หลายส่วนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเข้าหากัน 3) จัดกิจกรรมโดยใช้วิธีของกระบวนการกลุ่ม และจัดบรรยากาศในชั้นเรียนให้เอื้อต่อการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Cooperative

Learning) 4) จัดกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student Centered) และ 5) จัดกิจกรรมที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน (Student Engagement) เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย

2.2 การออกแบบโปรแกรมประยุกต์ที่ปรับขนาดตามจอภาพ

การออกแบบโปรแกรมประยุกต์ที่ปรับขนาดตามจอภาพ (Responsive Design) เป็นแนวคิดการออกแบบ “One Size Fit All” โดยโปรแกรมจะสามารถตรวจจับขนาดของจอภาพ สามารถปรับขนาดและรูปลักษณ์ (Layout) ให้เหมาะสมตามขนาดของหน้าจอได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นจะสามารถพัฒนาโปรแกรมเดียว แต่สามารถแสดงในจอแสดงผลที่หลากหลายของอุปกรณ์พกพาได้

3. รายละเอียดการพัฒนา

การพัฒนาระบบจะพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application) โดยพัฒนาให้มีคุณสมบัติด้าน Responsive คือ สามารถแสดงผลได้ดีในหน้าจอขนาดต่างกัน ดังนั้นโปรแกรมนี้จึงสามารถแสดงผลได้ดีทั้งในจอภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์และจอภาพของโทรศัพท์มือถือ

3.1 ภาพรวมของระบบ

ภาพรวมของโปรแกรมแสดงดังในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

เพื่อให้โปรแกรมนี้มีสภาพพร้อมใช้งาน แม้ในกรณีที่ห้องเรียนไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ จึงออกแบบให้โปรแกรมนี้สามารถทำงานได้ใน 2 รูปแบบ คือ 1) แบบออนไลน์โดยจะทำงานกับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายกลาง (Central Server) ซึ่งจะใช้ในกรณีที่ในห้องเรียนมีอินเตอร์เน็ตพร้อมใช้ ผู้สอนสามารถจะใช้งานผ่านระบบได้เลย 2) แบบทำงานออฟไลน์ จะใช้ในกรณีที่ห้องเรียนไม่มีอินเตอร์เน็ตหรือระบบเครือข่ายล่ม ผู้สอนสามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ของตนเองเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยใช้ร่วมกับจุดเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย (Wireless Access Point) อีก 1 เครื่อง ก็สามารถใช้งานโปรแกรมได้ภายในห้อง โดยผู้สอนสามารถซิงค์ข้อมูลที่เกิดขึ้นภายในห้องกับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายกลางภายหลังได้

อุปกรณ์ที่สามารถใช้งานกับระบบ สามารถใช้งานได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์พกพาต่างๆ เช่น สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ท ซึ่งปัจจุบันเป็นที่แพร่หลายอยู่แล้ว โดยโปรแกรมจะปรับจอภาพให้เข้ากับขนาดหน้าจอของอุปกรณ์โดยอัตโนมัติ ทำให้สะดวกต่อการใช้งานมาก

ก่อนการใช้งานโปรแกรม ผู้สอนจะต้องเตรียมข้อมูลในระบบ โดยเริ่มจากการสร้างรายวิชา จากนั้นจะต้องนำเข้าข้อมูลรายชื่อนักศึกษา ซึ่งประกอบด้วยรหัสประจำตัวนักศึกษา และ ชื่อนักศึกษา ในรูปแบบของไฟล์เอ็กเซลตามรูปแบบที่กำหนด เมื่อเตรียมข้อมูลในระบบเรียบร้อยก็สามารถใช้งานในระบบได้

ในโปรแกรม จะมีเครื่องมือสำหรับผู้สอน จำนวน 6 เครื่องมือ ได้แก่ 1) เช็คชื่อเข้าเรียน 2) จับเวลาทำกิจกรรม 3) สุ่มชื่อนักศึกษา 4) แบบทดสอบออนไลน์ 5) แบบทดสอบออฟไลน์ 6) ระบบคะแนน

รูปที่ 2 หน้าจอหลักของโปรแกรม

3.2 การออกแบบและการพัฒนาระบบ

การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมแบ่งออกเป็น 7 ส่วน โดยในแต่ละส่วน อธิบายได้ดังนี้

3.2.1 การออกแบบส่วนลงทะเบียนผู้ใช้งานและการเข้าร่วมคอร์ส

การลงทะเบียนผู้ใช้งานจะมีการยืนยันตัวตนของผู้ใช้ด้วยอีเมล์ เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นผู้ใช้ที่มีตัวตนจริง จากนั้นผู้สอนจึงสร้างคอร์สสำหรับการเข้าร่วมคอร์สของนักศึกษา โปรแกรมจะสร้าง PIN เพื่อให้ผู้สอนนำไปแจ้งนักศึกษาในชั้นเรียน โดยผู้ที่จะเข้าร่วมคอร์สจะต้องมีรายชื่อตามที่ผู้สอนได้นำเข้าข้อมูลไปก่อนหน้านี้ และต้องมี PIN จึงจะเข้าร่วมคอร์สได้ โดยผู้สอนสามารถเลือกได้ว่าจะอนุมัติการเข้าร่วมด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบตัวตนของนักศึกษาอีกครั้ง หรือจะให้โปรแกรมอนุมัติอัตโนมัติ (Pre Approve) ก็ได้

3.2.2 การออกแบบส่วนเช็คชื่อเข้าห้องเรียน

ได้ออกแบบให้ผู้สอนสามารถเช็คชื่อนักศึกษาได้ง่าย โดยโปรแกรมจะแสดงตัวเลข PIN บนจอภาพ โดยเมื่อผู้สอนฉายบนโปรเจ็กเตอร์ นักศึกษาจะต้องนำตัวเลข PIN ไปป้อนในจอภาพของนักศึกษาบนอุปกรณ์พกพา เพื่อยืนยันการเข้าเรียน โดยสถานะของการเข้าเรียนจะมี 3 ระดับ คือ เข้าเรียนตามปกติ เข้าเรียนสาย และขาดเรียน โดยผู้สอนสามารถตั้งค่าช่วงเวลาของการเช็คชื่อในแต่ละสถานะได้ นอกจากนั้นเพื่อป้องกันการแอบเช็คชื่อเข้าห้องเรียน ระบบจะมีการเก็บหมายเลขไอพีเพื่อตรวจสอบตำแหน่งที่มีการเช็คชื่ออีกด้วย

Number	Name	Faculty / Major	University	Status	Date / Time
56010808	Mr.Pornpinut Keawmuang	Computer Engineering	KMITL	Absent	17 Nov 2016
56010841	Mr.Puntawath Sutthijumnong	Computer Engineering	KMITL	Present	17 Nov 2016
56010873	Mr.Pisit Sripornsawad	Computer Engineering	KMITL	Present	17 Nov 2016
56010999	Mr.Rapeepat Suwasri	Computer Engineering	KMITL	Absent	17 Nov 2016
56011077	Mr.Warakorn Boonpetch	Computer Engineering	KMITL	Present	17 Nov 2016
56011332	Ms.Sujaree Boonsith	Computer Engineering	KMITL	Present	17 Nov 2016

รูปที่ 3 ส่วนเช็คชื่อเข้าห้องเรียน

3.2.3 การออกแบบส่วนสุ่มชื่อนักศึกษาและกลุ่ม

ในการสอนบางครั้ง ผู้สอนอาจเรียกชื่อนักศึกษาเพื่อให้ตอบคำถาม โปรแกรมจะช่วยให้ผู้สอนไม่ต้องจัดหารายชื่อเพื่อเรียกชื่อ โดยเมื่อใช้งานโปรแกรมส่วนนี้ สามารถสุ่มชื่อนักศึกษา โดยแสดงเป็นรายชื่อวิ่ง เพื่อสร้างความสนใจ โดยผู้สอนสามารถเลือกได้ว่า จะสุ่มเฉพาะผู้ที่เช็คชื่อเข้าเรียนหรือไม่ นอกจากนั้นยังสามารถกำหนดไม่ให้สุ่มชื่อซ้ำ กล่าวคือ ผู้ที่ถูกสุ่มชื่อขึ้นมาแล้ว จะไม่ถูกสุ่มซ้ำขึ้นมาอีก และกรณีที่ผู้สอนกำหนดให้นักศึกษาสร้างกลุ่ม ยังสามารถกำหนดให้โปรแกรมสุ่มเป็นกลุ่มได้อีกด้วย

รูปที่ 4 ส่วนสุ่มชื่อนักศึกษา

3.2.4 การออกแบบส่วนแบบทดสอบออนไลน์ (Online Quiz)

เป็นระบบแบบทดสอบ (Quiz) ที่ใช้งานภายในห้องเรียน โดยผู้สอนจะต้องสร้างแบบทดสอบเอาไว้ล่วงหน้า ระบุคำตอบ และเวลาที่ให้ใช้ในแต่ละข้อ โดยแบบทดสอบที่สร้างในโปรแกรมนี้ได้ทำได้ 2 ประเภท ได้แก่ แบบหลายตัวเลือก และแบบคำตอบสั้น

เมื่อเริ่มทำแบบทดสอบ หลังจากนักศึกษาเข้าสู่ระบบ และป้อน PIN ที่โปรแกรมกำหนดให้ เพื่อเข้าสู่การทดสอบ หลังจากนั้นจะสั่งให้โปรแกรมแสดงคำถามพร้อมตัวเลือกคำตอบ ทีละข้อบนจอภาพโปรเจ็กเตอร์ โดยเครื่องโทรศัพท์พกพาของนักศึกษา ก็จะแสดงตัวเลือกของข้อเดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นการทำแบบทดสอบไปพร้อมๆ กันทั้งห้อง โดยนักศึกษาต้องป้อนคำตอบก่อนหมดเวลา มิฉะนั้นถือว่าสละสิทธิ์การตอบ

ในแต่ละแบบทดสอบ ผู้สอนสามารถกำหนดเวลาสำหรับแต่ละข้อ สามารถกำหนดคะแนนของแต่ละข้อ นอกจากนั้นยังสามารถเลือกได้ว่าจะมีคะแนนสำหรับการตอบเร็วด้วยหรือไม่ ซึ่งจะทำให้การทำแบบทดสอบสนุกสนานมากยิ่งขึ้น โดยหลังจากหมดเวลาที่ตั้งเอาไว้ โปรแกรมจะแสดงคำตอบที่ถูกต้องให้นักศึกษาทราบ นอกจากนั้นโปรแกรมยังมีความสามารถในแสดงสรุปว่า แต่ละข้อมีนักศึกษาตอบถูกมากน้อยเพียงใด เพื่อให้ผู้สอนสามารถสอนทบทวนในส่วนที่นักศึกษาไม่เข้าใจได้ และนำไปใช้เป็นคะแนนเก็บได้

3.2.5 การออกแบบส่วนแบบทดสอบออฟไลน์ (Offline Quiz)

ระบบแบบทดสอบออฟไลน์ จะเป็นแบบทดสอบอีกประเภทหนึ่ง โดยผู้สอนสามารถสร้างแบบทดสอบได้ 2 ประเภท คือ แบบหลายตัวเลือก และแบบคำตอบสั้น โดยกำหนดวันเวลาให้เริ่มทำ และวันเวลาสิ้นสุด ซึ่งนักศึกษาจะเข้ามาทำแบบทดสอบเมื่อไรก็ได้ ผู้สอนสามารถเลือกได้อีกว่าเมื่อถึงวันเวลาสิ้นสุดจะให้ปิดระบบ คือ เข้ามาทำแบบทดสอบไม่ได้อีกต่อไป หรือยังสามารถเข้ามาทำได้ แต่โดนหักคะแนนล่าช้า หลังจากนั้นโปรแกรมยังอำนวยความสะดวกต่อผู้สอน โดยช่วยตรวจแบบทดสอบและให้คะแนนได้

รูปที่ 5 ตัวอย่างแบบทดสอบ

3.2.6 การออกแบบส่วนจับเวลา

การทำงานในส่วนนี้จะช่วยเวลาที่ผู้สอนกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมกลุ่ม ซึ่งนักศึกษามักจะใช้เวลาเกินกำหนด ดังนั้นจึงออกแบบให้มีการแสดงเวลานับถอยหลัง เพื่อกระตุ้นให้นักศึกษารักษาเวลาในการทำกิจกรรม

รูปที่ 6 ส่วนจับเวลา

3.2.7 การออกแบบส่วนคะแนน

ส่วนคะแนนเป็นส่วนที่ใช้ในการแจ้งคะแนนต่อนักศึกษา ทั้งคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้งออนไลน์และออฟไลน์ และคะแนนส่วนอื่นๆ โดยคะแนนส่วนอื่นๆ เช่น คะแนนสอบ หรือ คะแนนชิ้นงาน ผู้สอนสามารถเลือกได้ว่าจะนำเข้าโดยการป้อนหรือโดยผ่านไฟล์เอ็กเซล โดยนักศึกษาจะสามารถเห็นได้ว่าตนเองมีคะแนนเก็บส่วนต่างๆ เท่าไรแล้ว

3.2.8 การพัฒนาโปรแกรม

การพัฒนาโปรแกรม จะใช้ภาษา PHP เป็นหลัก โดยใช้เครื่องมือช่วยทำหน้าเว็บ Bootstrap โดยจัดเก็บลงฐานข้อมูล MySQL โดยพัฒนาให้รองรับการใช้งานบนอุปกรณ์พกพาต่างๆ และหน้าจอของเครื่อง โดยส่วนติดต่อผู้ใช้จะปรับเปลี่ยนไปตามขนาดของจอที่เปิดใช้งาน

4. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบการใช้งานได้ทดสอบในทุกฟังก์ชันการทำงานและความถูกต้องของข้อมูล โดยทดสอบการเรียกใช้งานโปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์พกพาที่มีขนาดหน้าจอต่างๆ เพื่อทดสอบการแสดงผล และการใช้งาน และทดสอบการทำแบบทดสอบ โดยให้ผู้ใช้ทำแบบทดสอบ และดูผลการทำงาน

ได้ทดสอบการใช้งานจริงกับนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สจล. โดยมีจำนวนนักศึกษา 37 คน โดยมีอาจารย์ประจำวิชาเป็นผู้เตรียมข้อมูลแบบทดสอบทั้งส่วนของออนไลน์และออฟไลน์ และทดสอบฟังก์ชันการทำงานอื่นๆ

ผลจากการทดสอบการทำงาน คือ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานตามที่ตั้งไว้ โดยมีความเร็วในการทำงาน ความง่ายในการใช้งาน และความถูกต้องของการทำงาน ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ อาจารย์ผู้สอนยินดีจะใช้งานโปรแกรมนี้ต่อไป

3. สรุป

โปรแกรมประยุกต์บนเว็บสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนเชิงรุก สามารถทำงานได้ตามเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้ โดยแนวทางการพัฒนาต่อ คือ พัฒนาให้เพิ่มความสามารถในการทำงานอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น สามารถให้นักศึกษาสามารถส่งงาน (Assignment) เข้าระบบ สามารถอัปโหลดไฟล์สื่อการสอน เพื่อให้นักศึกษาดาวน์โหลด นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนวิเคราะห์ผล เช่น วิเคราะห์นักศึกษาแต่ละคน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] C.F. Origel, “Using Apps for Learning Assessment”, The 10th International Symposium on Advances in Technology Education, pp. 410-413, September 2016, ISATE Sendai

[2] Kahoot Academy, “Getting Start with Kahoot”, Guia, Kahoot Academy, 2016

[3] Olatoye F., “Technology Enhanced Learning – Evaluation of Online Formative Assessment in the classroom: A Comparative Case Study of Kahoot and Socreatives”, 2016

[4] Meyers, Chet and Jones, Thomas B. (1993). “Promoting Active Learning: Strategies for the Collage Classroom”. San Francisco: Jossey-Bass.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การจำแนกกิจกรรมนักเรียนสำหรับสะเต็มศึกษาโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ

Student Activity Classification for STEM Education Using Image Processing Method

ณัฐนารี ปิ่นทอง[1] ธีรศักดิ์ โชติกวณิชย์ กมล จิรเสรีอมรกุล และ พินิจ กำหอม[2]

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กโทรนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทรศัพท์ 02-4270039, 02-4708000

E-mail: [1]nattanaree.p@mail.kmutt.ac.th, [2]**pinit.kum@kmutt.ac.th** (Corresponding Author)

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการทางการประมวลผลวีดีโอ ในการจำแนกลักษณะกิจกรรมของนักเรียน ในระหว่างการเรียนรู้ภายใต้บริบทของห้องเรียนชาญฉลาดสำหรับสะเต็มศึกษา เราต้องการตอบคำถามว่าในขณะที่นักเรียนนั่งอยู่นั้นกำลังทำอะไรใน 4 กิจกรรมดังต่อไปนี้ (1) กำลังทำงานกับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (2) กำลังทำงานกับเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา (3) กำลังอ่านหรือเขียนหนังสือ และ (4) ทำกิจกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ 3 ข้อข้างต้น การเฝ้าติดตามการทำกิจกรรมพื้นฐานเหล่านี้ของนักเรียนสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการประเมินนักเรียน ทุก ๆ เฟรมของภาพวีดีโอ เราใช้เทคนิคการตรวจจับสีผิวมนุษย์ เพื่อหาพื้นที่ของใบหน้า และมือทั้งสองข้าง แล้วจากนั้นเราใช้เทคนิค histogram oriented gradient (HOG) เพื่อสร้างเวคเตอร์ที่บ่งบอกลักษณะเด่น ซึ่งจะถูกนำเข้าสู่ SVM เพื่อการจำแนกชนิด วิธีการที่นำเสนอได้รับการทดสอบด้วยการใช้กล้องไอพีจับภาพการจำลองการนั่งทำกิจกรรมต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่ามีวิธีที่นำเสนอสามารถจำแนกกิจกรรมที่ทำได้ถูกต้อง 92.14% เปรียบเทียบกับการใช้คนสังเกต

คำสำคัญ: การเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา, การจำแนกท่าทาง, การตรวจจับผิว, Skin detection, Histogram oriented gradient (HOG), Supported Vector Machine (SVM)

Abstract

This paper presents a image processing method for classifying student postures while learning in a smart classroom environment for STEM education. We want to answer whether a sitting student is (1) using a desktop computer or (2) using a mobile device or (3) reading/writing or (4) doing other activities. This basic activity tracking can help a teacher in evaluating a student. For every frame of video sequence of a sitting student, we use a skin detection technique for identifying areas of face and hands. Then, the histogram oriented gradient (HOG) technique is applied to form feature vector, which in turn is classified into the 4 classes using the support vector machine (SVM). The proposed method needs a training data set is for both the skin detection and SVM. The proposed method was verified by simulating various postures that were captured by an IP camera. The captured videos were divided into training and testing data sets. The results showed that the classification accuracy is 92% comparing with human observation.

Keywords: STEM Education, Posture Recognition, Skin detection, Histogram oriented gradient (HOG), Supported Vector Machine (SVM)

1. บทนำ

ปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์พฤติกรรมมีผู้สนใจเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นงานวิจัยพื้นฐานที่สามารถนำมาใช้ในการประยุกต์ใช้กับงานต่างๆเช่น งานเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัยในสถานที่สำคัญต่างๆ[1] การเฝ้าระวังอุบัติเหตุของผู้สูงอายุ โดยการทำงานของระบบจะใช้ภาพจากกล้องวิดีโอนำมาวิเคราะห์ลักษณะพฤติกรรมของมนุษย์ เพื่อจำแนกท่าทางต่างๆ โดยสามารถบ่งบอกเหตุการณ์ที่ผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ทันที ซึ่งจะช่วยผู้สูงอายุได้ทันที [2]

ความท้าทายที่สำคัญมากของการจัดกระบวนการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพคือการได้มาของการตอบสนองกลับของผู้เรียนต่อการกระตุ้น นอกจากนี้ในปัจจุบัน แนวการจัดการศึกษา เช่น สะเต็มศึกษา ได้ใช้การกระตุ้นผ่านกระบวนการเรียน ที่ผู้เรียนได้ทำกิจกรรม (active learning) ซึ่งจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อผู้สอนได้เห็นและวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียนต่อการการกระตุ้นซึ่งเทคโนโลยีสามารถเข้ามาช่วยในการตรวจจับและแยกแยะพฤติกรรมในลักษณะนี้ได้

จากงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาได้นำเสนอการพิจารณาพฤติกรรมมนุษย์จากรูปร่าง จากสี จากการเคลื่อนไหว จากเทมเพลตของแต่ละท่าทาง [3] ต่อมา J. Yang et.al[4] ได้นำวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมของมนุษย์โดยใช้เทคนิค background subtraction สำหรับตรวจจับวัตถุที่สนใจ ต่อมาได้มีการนำเสนอวิธีสกัดวัตถุที่สนใจ[5-6] โดยได้ลดองค์ประกอบที่ซับซ้อน ของร่างกายมนุษย์ออกไปให้เหลือองค์ประกอบหลัก แต่ในปัจจุบันแนวโน้มทิศทางการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมักจะมุ่งเน้นไปที่การหาลักษณะเด่นของท่าทางต่างๆ เช่น การนั่ง ยืน หรือ

นอน มาใช้ในการสกัดหาลักษณะเด่นโดยวิธีการหาขนาดการเคลื่อนไหวของวัตถุที่สนใจ ซึ่ง SVD coefficient จะเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยในการวิเคราะห์การทดสอบท่าทางต่างๆดังกล่าว ซึ่ง D. James et.al [9] แต่จากงานวิจัยในอดีตที่ผ่านยังเป็นการจำแนกพฤติกรรมใหญ่ๆเช่นการนั่ง การยืน การนอน ซึ่งอาจยังไม่สามารถบอกลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออกมาแบบเฉพาะเจาะจงได้ เช่น นั่งทำอะไรอยู่ ในงานวิจัยนี้จึงเน้นการวิเคราะห์พฤติกรรมเฉพาะเจาะจงของแต่ละท่าทาง ได้นำแนวคิดดังกล่าวมาผนวกเป็นวิธีการจำแนกท่าทางของนักเรียน ในห้องเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบ STEM Education

ในบทความนี้ เราจะพุ่งความสนใจไปที่การแยกแยะกิจกรรมของผู้เรียนในขณะที่นั่งทำงานอยู่ที่โต๊ะ เพื่อต้องการตอบคำถามว่านักเรียนแต่ละคนกำลัง นั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนโต๊ะ หรือทำงานกับอุปกรณ์แบบพกพาที่อยู่ที่มือ หรือกำลังอ่านหรือเขียนหนังสือ เพื่อให้ผู้สอนนำไปวิเคราะห์พฤติกรรมของนักเรียนได้ตรงจุดที่ผู้สอนสนใจได้ ส่วนที่เหลือของบทความได้จัดลำดับไว้ดังนี้ ในหัวข้อ 2 อธิบายวิธีการที่นำเสนอ ส่วนหัวข้อ 3 จะเป็นการนำเสนอเนื้อหาของการทดลองและการวัดประสิทธิภาพของผลการทดลองรวมถึงการวิจารณ์ผลการทดลอง สุดท้ายหัวข้อ 4 จะเป็นบทสรุปของบทความนี้

2. วิธีการที่นำเสนอ

2.1 แพลตฟอร์มระบบห้องเรียนชาญฉลาด

รูปที่ 1 รูปแบบแพลตฟอร์มระบบห้องเรียนอัจฉริยะ

ในบทความนี้เราได้กำหนดเพื่อการทดลอง เป็นห้องเรียนขนาด 4 x 8 เมตร ประกอบด้วย โต๊ะสำหรับนักเรียนกลุ่ม A, กลุ่ม B, โต๊ะครู, โต๊ะกลางสำหรับรวบรวมทรัพยากรในการเรียน ดังที่แสดงในรูปที่ 1 สำหรับระบบห้องเรียนชาญฉลาดประกอบด้วยกล้องสำหรับถ่ายวีดีโอภาพรวมมุมสูง 2 ตัวเพื่อการติดตามนักเรียน และกล้องวีดีโอ 1 ตัวต่อกลุ่ม สำหรับถ่ายวีดีโอแบบซูมเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมย่อยรายบุคล

2.2 วิธีการแยกแยะพฤติกรรมที่นำเสนอ

วิธีการที่นำเสนอจะแบ่งวีดีโอออกเป็นสองกลุ่มคือ วีดีโอสำหรับทดสอบและวีดีโอที่ใช้สำหรับสอนคุณลักษณะของการทำงานดังรูปที่ 2 โดยทั้งสองส่วนจะต้องทำการหาคุณลักษณะเฉพาะตัวโดยใช้วิธีการตรวจจับสีผิว ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้คือ บริเวณที่เป็นสีผิวของมนุษย์จะถูกแปลงเป็นสีขาว ส่วนอื่นๆจะแปลงเป็นสีดำ จากนั้นจะทำการพิจารณาขนาดเพื่อจำแนกตำแหน่งของมือและหัว หลังจากนั้นกระบวนการหาค่าความถี่ของค่าทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ (Histogram of oriented gradients (HOG)) จะถูกใช้เพื่อหาค่าเวคเตอร์เฉพาะตัวระหว่างหัวและมือทั้งสองข้างของวัตถุที่สนใจเพื่อจำแนกชนิดของพฤติกรรม เวคเตอร์ดังกล่าวจากวีดีโอในส่วนที่จะใช้สำหรับสอนคุณลักษณะจะนำมาสร้างเงื่อนไขในการจำแนกพฤติกรรมโดยใช้โมเดลที่ใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่ามัลติคลาสซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Multi-Class Support Vector Machine หรือ Multi-Class SVM) ดังนั้นเมื่อมีภาพจากวีดีโอเข้ามาก็จะสามารถจำแนกพฤติกรรมได้ด้วยวิธีการดังกล่าว

รูปที่ 2 กระบวนการโดยรวมของการวิเคราะห์พฤติกรรมของมนุษย์

2.2.1 การตรวจจับพื้นที่ที่สนใจด้วยการตรวจจับสีผิว

ในขั้นตอนแรกของวิธีการที่นำเป็นการตรวจจับพื้นที่ที่สนใจ โดยในบทความนี้พื้นที่ที่สนใจคือบริเวณใบหน้าและมือ ซึ่งทั้งสองส่วนเป็นพื้นที่ที่มองเห็นผิว ดังนั้นเราจึงใช้วิธีการตรวจจับสีของผิวในการตรวจจับ เราเลือกใช้การตรวจจับสีผิดในระบบสี yCbCr โดยเลือกพิจารณาเฉพาะช่องสี Cb และ Cr เพื่อระบุใบหน้าและมือ เนื่องจากเราสามารถระบุนักเรียนแต่ละคนได้จากกระบวนการติดตาม เราจึงสามารถเลือกสีผิวของนักเรียนแต่ละคนเพื่อเรียนรู้เพื่อหาระดับ threshold สำหรับของนักเรียนแต่ละคนไว้ก่อนได้ หลังการเปรียบเทียบเราจะกำหนดให้ส่วนบริเวณที่เป็นสีผิวเป็นสีขาว ส่วนอื่น ๆ จะแปลงเป็นสีดำ จากนั้นทำการหาบริเวณสีขาวที่เป็นพื้นที่ปิด โดยใช้วิธีการทำฉลากภาพ (Labeling) โดยการกรองขนาดเอาขนาดที่เราต้องการซึ่งก็คือมือและใบหน้าเท่านั้น พร้อมทั้งหาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ผิวที่ผ่านการกรอง

2.2.2 การดึงลักษณะเด่น และการแยกแยะท่าทาง

ขั้นตอนต่อมาของวิธีการที่นำเสนอคือ การดึงลัษณะเด่นของพื้นที่ผิวที่ตรวจจับได้ในขั้นตอนการตรวจจับพื้นที่ที่สนใจ และการแยกแยะท่าทาง ในบทความนี้เราเลือกใช้วิธีที่เรียกว่ามัลติคลาสซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Multi-Class Support Vector Machine หรือ Multi-Class SVM) มาใช้ในการแยกแยะ โดยเราได้เลือกกระบวนการหาค่าความถี่ของค่าทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ (Histogram of oriented gradients (HOG)) เพื่อกำหนดเวคเตอร์ที่เป็นตัวแทนคุณลักษณะ โดยการหาพารามิเตอร์ที่แสดงความสัมพันธ์กับท่าทางมนุษย์ ด้วยวิธีการหาค่าความถี่ของค่าทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ ซึ่งจะพิจารณาโดยแบ่งภาพออกเป็นส่วนเล็กๆที่เรียกว่าเซลล์ โดยแต่ละเซลล์จะเก็บรวบรวมค่าความถี่ของเกรเดียนท์ไว้ สุดท้ายค่าความถี่ของทุก ๆ เซลล์จะถูกนำมานอร์มอลไลซ์เพื่อคำนวณตัวชี้วัดค่าความถี่ตลอดทั้งภาพ ซึ่งท้ายที่สุดผลลัพท์ดังกล่าวจะให้ค่าเป็นรูปแบบเวกเตอร์เฉพาะตัวของท่าทางต่าง ๆ สำหรับในบทความนี้ ท่าทางที่ต้องการแยกแยะคือ (1) การทำงานกับคอมพิวเตอร์บนโต๊ะ (2) การทำงานกับอุปกรณ์ที่อยู่ที่มือ (3) การอ่านหรือเขียนหนังสือ (4) ท่าทางอื่น ๆ

สำหรับส่วนของมัลติคลาสซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เราจะต้องใช้เวคเตอร์เฉพาะตัวของเซตภาพสำหรับการเรียนรู้ เพื่อสร้างตัวแยกแยะ (classifier) ที่ใช้สำหรับตัดสินว่าเวคเตอร์เฉพาะตัว HOG ของภาพเฟรมใดเฟรมหนึ่ง นักเรียนมีท่าทางเป็นอะไรใน 4 กลุ่มที่กำหนดข้างบน

3. ผลการทดลอง และการวิจารณ์ผล

3.1 การออกแบบการทดลอง

เพื่อทดสอบวิธีการที่นำเสนอ เราได้ทำการทดลองภายใต้สมมุติฐานของห้องเรียนสำหรับสะเต็มศึกษาตามรูปที่ 1 โดยในบทความนี้เราพุ่งความสนใจไปที่กล้องดูพฤติกรรมระยะใกล้ของแต่ละกลุ่ม และเราได้ตั้งเงื่อนไขเพิ่มเติมว่าส่วนของนักเรียนแต่ละคนที่นั่งอยู่ได้ถูกตัดแยกออกมาแล้ว ดังนั้นเราจึงสามารถทำการทดลองโดยการบันทึกวีดีโอของคน 1 คนที่ทำการจำลองท่าทางต่าง ๆ ใน 4 กลุ่มในช่วงเวลาหนึ่ง ทำการแล้วนำภาพวีดีโอดังกล่าว ไปแบ่งเป็นเซตสำหรับการเรียนรู้ และเซตสำหรับการทดสอบ ในการทดลอง เราใช้กล้องวิดีโอ มีความละเอียดในการบันทึกภาพ 1920 x 1080 มีความเร็วในการบันทึกภาพ 30 เฟรมต่อวินาที

3.2 ผลการทดลอง

รูปที่ 3, 4 และ 5 แสดงตัวอย่างของภาพ และผลลัพธ์ที่ได้จากการดึงลักษณะเด่นของ การทำงานกับคอมพิวเตอร์บนโต๊ะ การทำงานกับอุปกรณ์ในมือ และการอ่านหรือเขียนหนังสือตามลำดับ

รูปที่ 3 ผลการทดลองการตรวจจับท่าทางในทำงานกับคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค

รูปที่ 4 ผลการทดลองการตรวจจับท่าทางในทำงานกับเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา

รูปที่ 5 ผลการทดลองการตรวจจับท่าทางในการเขียนหรืออ่านหนังสือ

รูปที่ 6 แสดงผลการแยกแยะท่าทางของต่อเนื่องเป็นเวลา 30 นาที ผลลัพธ์ของกิจกรรมรายบุคคลข้างต้น โดยการออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมตามที่กำหนดในห้องเรียนเป็นเวลา 30 นาที เพื่อสังเกตว่านักเรียนได้ทำกิจกรรมใดบ้างตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งจากรูปที่ 6 จะเห็นว่าถ้าผู้สอนจะพิจารณากรณีที่ (2) คือนักเรียนทำงานกับอุปกรณ์ในมือ จะเห็นว่าในช่วงเวลาทั้งหมด 30 นาที นักเรียนใช้เวลาอยู่กับอุปกรณ์ในมือเวลาประมาณ 7 นาที ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 23.33%

ความถูกต้องของการจำแนกเทียบกับการสังเกตด้วยตา แสดงในตารางที่ 1

(1) ทำงานกับคอมพิวเตอร์บนโต๊ะ (2) ใช้งานโทรศัพท์มือถือ
(3) เขียนหรืออ่านหนังสือ (4) ทำอย่างอื่น

รูปที่ 6 ผลลัพธ์การแยกแยะท่าทางของของนักเรียนคนหนึ่ง ในขณะทำกิจกรรมตลอดช่วงเวลา 30 นาที

ตารางที่ 1 ความถูกต้องของการตรวจสอบสำหรับลักษณะเด่นจาก HOG ของภาพและค่าการเคลื่อนไหวของภาพรวมโครงสร้างมนุษย์

กิจกรรมที่ทำ	จำนวน (ภาพ)	จำนวนที่ตอบเป็น				ความถูกต้อง
		(1)	(2)	(3)	(4)	
(1)ใช้คอมบนโต๊ะ	6965	6784	34	59	88	97.40%
(2)ใช้มือถือ	4210	35	3754	321	100	89.16%
(3)อ่าน/เขียน	6549	125	254	6046	124	92.31%
(4)อื่น ๆ	1057	7	48	52	948	89.68%
ร้อยละความถูกต้องรวม						92.14%

3.3 การวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถทำให้ แนวคิดในการใช้การจำแนกกิจกรรมในระหว่างเรียนของนักเรียนเป็นข้อมูลป้อนกลับพื้นฐานให้กับผู้สอนนั้นมีความเป็นไปได้ และจะเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ (active learning method) เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามการใช้งานเทคโนโลยีดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ประเด็นปัญหา สำหรับในบทความนี้ประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ อยู่ภายใต้เงื่อนไขว่า (1) นักเรียนจะต้องนั่งบนเก้าอี้ (2) ต้องใช้ข้อมูลระบุตัวตนของนักเรียนจากระบบการติดตามนักเรียนในห้อง นอกจากนี้ในแง่ของเทคนิคที่ใช้นั้นเราเลือกใช้การตรวจจับสีผิว ซึ่งระดับแสงที่แตกต่างกันอาจจะมีผลต่อการตรวจจับ นอกจากนี้การเลือกใช้ วิธีการที่นำเสนอมีโอกาสที่จะนำไปใช้งานได้จริง แต่ยังมีส่วนที่ต้องปรับปรุงเพื่อให้ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ การใส่เสื้อของนักเรียนเพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งการตรวจจับมือและหัวอาจจะยังไม่ใช่เสื้อที่ใช้ในการเรียนจริงๆ หรือหากเพิ่มให้กระบวนการวิเคราะห์พฤติกรรมโดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาเป็นคนกำหนดโจทย์ เพิ่มเติมได้

4. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคด้านการประมวลภาพวิเคราะห์การรู้จำท่าทางของมนุษย์เพื่อใช้สำหรับช่วยในการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในรูปแบบการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อนำมาวิเคราะห์ไปปรับใช้ในการสอน โดยงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่เทคนิคการรู้จำท่าทางของนักเรียนในขณะนั่งทำงานที่โต๊ะ โดยกำหนดกิจกรรมที่ต้องการแยกแยะคือ (1) ทำงานกับคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค (2) ทำงานกับเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา (3) การเขียนหรืออ่านหนังสือ และ (4) กิจกรรมอื่นๆที่ไม่ใช่ 3 กิจกรรมดังกล่าว จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอมีโอกาสที่จะนำไปใช้ได้จริง โดยต้องทำงานร่วมกับส่วนของการติดตามนักเรียนในห้อง ข้อมูลป้อนกลับที่ได้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐาน จำเป็นจะต้องนำไปวิเคราะห์เพื่อใช้ในการตอบคำถามว่านักเรียนคนใดคนหนึ่งได้ทำกิจกรรมในการเรียนรู้อย่างไร หรือใช้ช่วยในการวินิจฉัยว่านักเรียนแต่ละคนมีสัมฤทธิผลการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ในแต่ละด้านมากน้อยเพียงใด

เอกสารอ้างอิง

1. N. Suvakorn, “A Generic Visual Surveillance System,” The Sixth PSU Engineering Conference, May 2008.
2. ยุทธนา บุราณรมย์,บัณฑิต วรรธนาภาและพรชัย มงคลสนาม, “Smart Bed room Prototype for the Elderly using Kindnect Camera Motion Capture,” ICSEC 2013.
3. P. Chawalitsittikul, “Profile-based Humen Action Recognition using Depth Information,” K. H. Johansson, M. Torngren, and L. Nielsen, “Vehicle applications of controller area network,” ACSE2012, pp. 376-380 .
4. J. Yang, David Zhang, “ Two-Dimensional PCA: Anew approach to Appearance-Based Face Represention and Recognition,” IEEE Trans, Vol.26, No.1, January 2004.
5. D. Ramanan, D. Forsyth, and A. Zisserman, “ Tracking People by Learning Their Appearance,” IEEE Trans , Vol.29, No.21 , 2007.
6. M. Panwar, “Hand Gesture Recognition based on Shape Parameters,”
7. S. Jun, J. Park, I. Jung, and Y. Oukkim, “ Morphological Approach of Strero Camero based Human Motion Capture System,” IEEE Trans 2007,17 October.
8. N. Zerrouki, and A. Houacine, “Automation Classification of Human Body Postures Based on the Truncated SVD,” Journal of Advances in computer Networks, Vol. 2, No.1, March 2014.
9. D. James, and M. Mario, “ Understanding STEM Education and Supporting Students Through Universal Design for Learning,” Teaching Exceptional, Vol.45,2013, pp.8-15

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

THE DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION BASE ON STEM EDUCATION ON SUBJECT: EARTHQUAKE FOR MATHAYOM SUKSA 4 STUDENTS

นิพล สังสุทธิ[1] สุจิตตรา สีนวนจันทร์[2] รณิดา โสภา[2] มานะ โสภา[1]

[1]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

E-mail: niponsst@gmail.com, manasopa@hotmail.com

[2]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คระครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 E-mail: oosujittra2537@gmail.com, raniploy@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนเทศบาล 7 รถไฟสงเคราะห์ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 19 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ทำการวิจัย ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบย่อย และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และสถิติค่าทีแบบไม่เป็นอิสระจากกัน ผลการวิจัยพบว่า (1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 84.47/82.80 (2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อยู่ในระดับพอใจมาก ($\bar{x}$ = 4.44, S.D. = 0.70)

คำสำคัญ: บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน, สะเต็มศึกษา, แผ่นดินไหว

Abstract

The purposes of this research were (1) to find efficiency of computer assisted instruction base on STEM education on subject Earthquake for Mathayom Suksa 4 students (2) to compare pretest-posttest students learning achievement and (3) to study the satisfaction towards the developed CAI. The sample group was conducted under the purposive sampling technique and consisted of 19 in first section Mathayom Suksa 4 students from Thetsaban 7 Rod Fai Songkhro School, Meuang, Udon Thani province, who were studying in second semester of the academic year 2016. The research tool included: the developed CAI, learning achievement test, subchapters test and the satisfaction questionnaire. Statistics used for data analyses were mean, percentage, standard deviation, efficiency (E_1/E_2) and t-test dependent sample. The results showed that: (1) the developed CAI had efficiency at 84.47/82.80 (2) The learning achievement had posttest score higher than pretest score at significant level .05 and (3) the satisfaction of sample groups also showed at high level ($\bar{x}$ = 4.44, S.D. = 0.70)

Keywords: computer assisted instruction, STEM education, Earthquake

1. บทนำ

พื้นที่บางส่วนของประเทศไทยตั้งอยู่ในพื้นที่แผ่นดินไหวที่มีขนาดความรุนแรงปานกลางและยังมีโอกาสเกิดขึ้น เกิดความสูญเสียแก่ชีวิตและทรัพย์สิน การศึกษาเกี่ยวกับแผ่นดินไหวจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ เข้าใจในภัยพิบัติแผ่นดินไหว รู้จักวิธีการวางแผนและป้องกันเพื่อลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น การเรียนรู้จึงต้องมีความเข้าใจอย่างถูกต้องโดยใช้กระบวนการเรียนรู้จากความรู้สู่การเชื่อมโยงและคิดวิเคราะห์ แนวทางจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM) เป็นแนวทางจัดการเรียนรู้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และกระบวนการต่าง ๆ ระหว่างสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ [1] ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในปัจจุบันมีการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ถือว่าเป็นสื่อการสอนหนึ่งที่เหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ประกอบด้วย ข้อความ ภาพ เสียงและภาพเคลื่อนไหว ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ มีความเสมือนจริง มีปฏิสัมพันธ์ เพื่อให้เกิดการเสริมแรงในระหว่างเรียน ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างไม่จำกัด [2]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ด้วยการบูรณาการแบบสหวิทยา การนำแนวคิดแบบสะเต็มศึกษา ลงสู่ภาคปฏิบัติในชั้นเรียน สามารถทำได้ในรูปของการบูรณาการด้านเนื้อหา ทักษะปฏิบัติการ กิจกรรมการเรียนรู้ หรือการประยุกต์ความรู้ที่สามารถปฏิบัติได้ทั้งแบบแยกรายวิชาและแบบรวมรายวิชา เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้นต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตของการวิจัย

3.1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทศบาล 7 รถไฟสงเคราะห์ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้อง รวมทั้งสิ้น 49 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนเทศบาล 7 รถไฟสงเคราะห์ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 19 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.50 - 0.78 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.28 – 0.85 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.70

3.2.3 แบบทดสอบย่อยวัดผลระหว่างเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 4 ชุด 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.50 - 0.79 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.29 – 0.71 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.75

3.2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นแบบประเมินแบบประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.50 – 0.87 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.75

3.3 วิเคราะห์หลักสูตร

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551[3] ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หลักสูตรแนวคิดสะเต็มศึกษา

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี
- ทดลองเลียนแบบและอธิบายกระบวนการเกิดภูเขา รอยเลื่อน รอยคดโค้ง แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด	- มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความสัมพันธ์และฟังก์ชัน เขียนแสดงความสัมพันธ์และฟังก์ชันในรูปต่าง ๆ เช่น ตาราง กราฟ และสมการ	- อธิบายและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น ๆ

รูปที่ 1 วิเคราะห์หลักสูตรแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.4 แบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ใช้แผนการทดลอง The Single Group Pretest - Posttest Design ได้ดังนี้

ตารางที่ 2 แบบแผนการวิจัย The Single Group, Pretest - Posttest Design

วัดก่อนการทดลอง	กระทำตามโปรแกรม	วัดหลังการทดลอง
T1	X	T2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย

T1 แทน วัดก่อนการทดลอง

X แทน จัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

T2 แทน วัดหลังการทดลอง

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ปรากฏผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	n	$\bar{x}$	S.D.	ร้อยละของค่าเฉลี่ย
กระบวนการ (E_1)	20	19	16.90	1.99	84.47
ผลลัพธ์ (E_2)	30	19	24.80	2.14	82.80

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ของคะแนนสอบระหว่างเรียนมีค่าเท่ากับ 16.90 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 1.99 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 84.47 และค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ของคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 24.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าเท่ากับ 2.14 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 82.80 ดังนั้น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.47/82.80

4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ปรากฏผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การทดสอบ	n	$\bar{x}$	S.D.	$\sum D$	$\sum D^2$	t	df	Sig.
ก่อน	19	18.89	2.28	113	801	9.691*	18	.05
หลัง	19	24.84	2.14					

*ค่าวิกฤตของ ค่าที (t) ที่ระดับนัยสำคัญ .05, df = 18 มีค่าเท่ากับ 1.734

จากตารางที่ 4 พบว่า เมื่อนำค่าที (t) ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับตารางค่าวิกฤตของที (Critical Values of t) ที่ df = 18 ระดับนัยสำคัญ .05 เป็นการทดสอบแบบหางเดียว (One-tail) ได้ค่าที (t) เท่ากับ 1.734 ซึ่งค่าที (t) ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 9.691 มากกว่าค่าจากตาราง แสดงว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบหลังเรียนมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบก่อนเรียนจริง

4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ปรากฏผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน

ที่	รายการคำถาม	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1	การอธิบายและเรียงลำดับเนื้อหาเข้าใจง่าย	4.47	0.51	มาก
2	ภาพประกอบสวยงาม เหมาะสม	4.37	0.76	มาก
3	ตัวหนังสือมีความชัดเจน	4.53	0.61	มากที่สุด
4	ภาพและวิดีโอประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา	4.42	0.69	มาก
5	เสียงบรรยาย และเสียงประกอบมีความเหมาะสม	4.26	0.81	มาก
6	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนน่าสนใจกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	4.37	0.68	มาก
7	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ช่วยให้นักเรียนเข้าใจและจดจำได้ยิ่งขึ้น	4.58	0.61	มากที่สุด
8	ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อโดยรวม	4.32	0.75	มาก
9	แบบฝึกหัด ช่วยให้เข้าใจเนื้อหามากขึ้น	4.00	0.82	มาก
10	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ช่วยให้มีความรู้เรื่อง แผ่นดินไหวเพิ่มขึ้น	4.21	0.71	มาก
	โดยภาพรวม	4.44	0.70	มาก

จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น โดยภาพรวมมีความพึงพอใจ อยู่ในระดับพอใจมาก ($\bar{x}$ = 4.44, S.D. = 0.70)

4. สรุปผล

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งนี้ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.47/82.80

4.2 นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับพอใจมาก ($\bar{X}$ = 4.44, S.D. = 0.70)

5. อภิปรายผล

5.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.47/82.80 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้วิจัยได้ออกแบบหน่วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เชื่อมโยงเนื้อหา 3 สาระการเรียนรู้ร่วมกัน วิเคราะห์ตามตัวชี้วัดที่สอดคล้องกันในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามแนวทางที่ สิรินภา กิจเกื้อกูล [4] ได้นำเสนอใน 4 ขั้นตอนแรกคือ 1) เลือกสาระการเรียนรู้หลัก 2) เชื่อมโยงปัญหาชีวิต 3) เลือกสาระการเรียนรู้รอง 4) จัดการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ และได้มีการพัฒนาบทเรียนตามกระบวนการของ ADDIE Model ทั้ง 5 ขั้นตอน สอดคล้องกับงานวิจัยของโสภา มั่นเรืองและ จรินทร -

อุ่มไกร [5] ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การพัฒนาสื่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษา โรงเรียนสุพรรณภูมิ พบว่าการพัฒนาสื่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษา โรงเรียนสุพรรณภูมิ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์คือ 86.00/81.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

5.2 นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ได้มีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยยึดแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี[6] โดยจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คือ ความหมาย สาเหตุ คลื่นแผ่นดินไหว เครือข่ายการตรวจวัดฯ และขนาดของแผ่นดินไหว เทคโนโลยี คือ เทคโนโลยีเครื่องตรวจวัดแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว วิศวกรรมศาสตร์ คือ การออกแบบบ้านทนแผ่นดินไหว และคณิตศาสตร์ คือ การวัดขนาดของแผ่นดินไหว สอดคล้องกับงานวิจัยของโสภา มั่นเรือง และจรินทร อุ่มไกร [5] ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การพัฒนาสื่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษา โรงเรียนสุพรรณภูมิ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.3 นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยรวม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการอธิบายและเรียงลำดับเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นเข้าใจง่าย ภาพประกอบสวยงาม เหมาะสม ตัวหนังสือมีความชัดเจน ภาพและวิดีโอประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา เสียงบรรยาย และเสียงประกอบ มีความเหมาะสม กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจและจดจำได้ยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของวิไล เกรัมย์ และคณะ [7] ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ดาราศาสตร์และอวกาศ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความพึงพอใจในระดับมาก

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). **มาตรฐานสะเต็มศึกษา**. กรุงเทพฯ. สถาบันส่งเสริมการสอน-วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

[2] สุทิน ทองไสว. (2552). **เทคโนโลยีการสอน ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์**. วารสารวิชาการ. ฉบับที่ 1. 49-50.

[3] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551ก). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**.

[4] สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558)สะเต็มศึกษา STEM Education [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์] .**ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร** ,17 (2),201.

[5] โสภา มั่นเรือง และจรินทร อุ่มไกร. (2559). **การพัฒนาสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปี ที่ 5 โดยใช้การจัดการศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษา โรงเรียนสุพรรณภูมิ.** โครงงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

[6] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์แลเทคโนโลยี. (2557). **สะเต็มศึกษา.** กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

[7] วิไล เกรัมย์, พรพิมล พงศ์สุวรรณ, สมหมาย ปะติตังโข และสมศักดิ์ จีวัฒนา. (2554). **การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ดาราศาสตร์และอวกาศ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. โครงงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบย่อยอาหารมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน

Human Digestive System of Virtual Reality

สุทธิกานต์ บ่อจักรพันธ์[1] เอกรัตน์ เชื้อวังคำ[2] สุริยา ดีรักษา[3]

[1] สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[2, 3] สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040-59 ต่อ 1205

E-mail: ttsutthikarn@gmail.com, tonek_oote@hotmail.com and suriya9541@gmail.com

1. บทคัดย่อ

โครงการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันระบบย่อยอาหารด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ 3) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนโรงเรียนหนองกุงศรีวิทยาคาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 35 คน โดยวิธีสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ 1) แอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน 3) แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ สถิติที่ใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test

ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ มีค่าเท่ากับ 84.71/81.29 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ .05 ค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.67 และความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ อยู่ระดับพอใจมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ0.61 ($\bar{x}$= 4.28 ,S.D. = 0.61)

คำสำคัญ : ความจริงเสมือน, แว่นสามมิติเสมือนจริง, โมเดลสามมิติ, ระบบย่อยอาหารของมนุษย์

Abstract

The objectives of this research were : 1) to develop of the instruction media of human digestive system with augmented reality technology, 2) to compare pre-test and achievement scores after studied by the instruction media with Augmented reality technology of human digestive system, 3) to study the effectiveness index of applications to the virtual reality of the human digestive system, 4) to determine the satisfaction of the students learning with the instruction media with augmented reality technology of human digestive system. The samples used in this study were 35 students in Matthayomsuksa 2of Nongkungsriwittayakarn School, selected by simple sampling. The tools used in this study were 1) he instruction media with Augmented reality technology of human digestive system 2) a pre-test and post-test of study achievement, 3) the satisfaction of students with the application offers a virtual reality of the human digestive system. The data analysis was conducted by percentage, mean, standard deviation and t-test.

The result revealed that the efficiency of the media was 84.71/81.29. There was a significant difference between the pre-test and the post-test at learning achievement at p<.05. The effectiveness index of the instruction media with augmented reality technology of human digestive system is equal to 0.67 and the satisfaction with the instruction media with augmented reality technology was at a good level. Z with the average of 4.28 and standard deviation of 0.61 ($\bar{x}$= 4.28 ,S.D. = 0.61)

Keywords: Virtual Reality, 3D virtual reality glasses, 3D model, human digestive system.

2. บทนำ

จากสภาพของสังคมในยุคปัจจุบันที่เข้าสู่ยุคโลกาภิวัฒน์ ทำให้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้า และเปลี่ยนแปลงไปอย่างไม่หยุดยั้ง ซึ่ง “เทคโนโลยีการศึกษา” ถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญมากต่อการจัดการศึกษาในยุคปัจจุบัน รัฐบาลไทยและรัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้ตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยีทางการศึกษา โดยที่สนับสนุนการนำเทคโนโลยีมาใช้ในโรงเรียนตั้งแต่ พ.ศ. 2493 เป็นต้นมา โดยให้การ

สนับสนุนอุปกรณ์และรายการโทรทัศน์ทางการศึกษา เครือข่ายการศึกษาทางไกล ความช่วยเหลือทางเทคโนโลยีแก่ผู้พิการในการเรียนรู้ รวมทั้งการจัดตั้งเครือข่ายโทรคมนาคมและการวางแผนด้านเทคโนโลยีการศึกษาด้วย[7]

ความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วทางด้านเทคโนโลยี ทำให้ปัจจุบันได้มีการนำ Virtual Reality ไปประยุกต์ใช้ในงานหลายด้าน ทั้งด้านการค้า ความบันเทิง การแพทย์ การพัฒนาเกม การฝึกอบรม หรือการศึกษา ตัวอย่างเช่น การพัฒนาเครื่องจำลองการบิน (Flight Simulator) เพื่อใช้ฝึกนักบินให้มีทักษะและความเชี่ยวชาญในการบินมากขึ้น หรือการจำลองการผ่าตัดเพื่อช่วยให้นักศึกษาแพทย์สามารถเรียนรู้วิธีผ่าตัดได้จากระบบที่สร้างขึ้น เป็นต้น นอกจากนี้ยังนำไปสร้างสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สามารถควบคุมอุปกรณ์จากระยะไกลได้ เช่น ควบคุมอุปกรณ์สำหรับซ่อมเครื่องจักรขนาดเล็กที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงได้ เป็นต้น[4] ในทศวรรษที่ 21 จึงควรมุ่งเน้นที่การส่งเสริมให้ผู้ใช้ได้เป็นบุคคลที่มีเครื่องมือในการสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นหลัก มีความสามารถในการสกัดและคัดกรองข้อมูลที่ควรเรียนรู้ การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา การจัดการแก้ไขปัญหา การสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีมร่วมกับผู้อื่น การสร้างเครือข่าย มีทักษะปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล โดยใช้ไอซีที เป็นเครื่องมือในการช่วยแสวงหาความรู้และนำมาสร้างองค์ความรู้ ฝึกการวางแผนการทำงาน ได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการความรู้เพื่อให้บรรลุผลลัพธ์ที่ต้องการ รวมทั้งได้เรียนรู้วิธีการวิเคราะห์แนวโน้มและสามารถคาดการณ์ความเป็นไปได้ในอนาคต[3]

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น [1] ด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวของเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality : VR) ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญในเรื่องระบบย่อยอาหารของมนุษย์ ที่ผู้ใช้อาจไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ การใช้แอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน เป็นเทคโนโลยีใหม่ในปัจจุบัน มีความทันสมัย มีเชิงตอบโต้กับผู้ใช้ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สนใจบทเรียนและเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น ง่ายต่อการทำความเข้าใจ สะดวกในการใช้งาน เรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว และที่สำคัญนักเรียนสามารถมองเห็นภาพการจำลองเสมือนจริงได้ เพราะแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน สามารถแสดงรูปภาพ เสียง ภาพคลื่นไหว ได้พร้อม ๆ กัน และสามารถเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดี ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อ 1. เพื่อหาประสิทธิภาพแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนด้วยแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ 3. เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ และ 4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความจริงเสมือน

ความจริงเสมือน (Virtual Reality) หรือ วีอาร์ (VR) เป็นเทคโนโลยีที่คอมพิวเตอร์จำลองสภาพแวดล้อมเสมือนขึ้นโดยส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับการมองเห็น แสดงทั้งบนจอคอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์แสดงผล 3 มิติ โดยผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับสิ่งแวดล้อมเสมือนได้ทั้งการใช้อุปกรณ์นำเข้ามาตรฐานเช่น แป้นพิมพ์ หรือ เมาส์ สภาพแวดล้อมจำลองยังสามารถทำให้คล้ายกับโลกจริงได้ [6] ระบบ VR แบ่งตามลักษณะมีพื้นฐานบนวิธีที่ติดต่อกับผู้ใช้ ได้แก่ Desktop VR or Window on World Systems (WoW),Video Mapping Immersive Systems ,Telepresence และ Augmented/Mixed Reality Systems การทำงานของแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ เมื่อสวมจอภาพศีรษะซึ่งประกอบด้วยจอมอนิเตอร์เล็กๆ ในลักษณะภาพ 3 มิติ เกิดภาพในจอมอนิเตอร์อย่างเหมาะสม เทคโนโลยีความจริงเสมือนคอมพิวเตอร์จะสร้างภาพเหตุการณ์จำนวน 30 ภาพต่อวินาทีให้ปรากฏขึ้นต่อหน้าโดยปรับให้เหมาะสมกับตำแหน่งศีรษะในทันที ทำให้คอมพิวเตอร์สร้างภาพลวงตาว่ากำลังเคลื่อนไหวโดยรอบอยู่ภายในโลกภายนอกที่หยุดนิ่งในเวลานั้น

รูปที่ 1 ทดสอบแอปพลิเคชันกับกลุ่มทดลอง

2.2 ระบบย่อยอาหาร

ระบบนี้รวมอวัยวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการรับอาหาร การย่อยและการดูดซึมอาหาร และการขับถ่ายกากอาหารที่ไม่ย่อย มีความยาวตั้งแต่ปากถึงทวารหนักประมาณ 9 เมตร อวัยวะต่างๆ เรียงตามลำดับคือ ปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก

นอกจากนั้นยังรวมต่อมต่างๆ ซึ่งเปิดเข้าสู่ปาก ได้แก่ ต่อมน้ำลาย และเปิดเข้าสู่ลำไส้เล็ก ได้แก่ ตับและตับอ่อน ต่อมต่างๆ เหล่านี้ช่วยในการย่อยอาหาร ส่วนปากและคอหอย ยังใช้สำหรับการหายใจอีกด้วย[8]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ ซอฟต์แวร์ที่ใช้ใน มีดังต่อไปนี้ระบบปฏิบัติการ Android OS เวอร์ชัน 4.4 ขึ้นไป Android Studio, Android SDK, Cardboard SDK for Unity, Unity และโปรแกรมตกแต่งภาพใช้ Maya , Adobe Photoshop ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนา มีดังนี้ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแบบพกพา สมาร์ทโฟน ขนาดหน้าจอ 5 - 7 นิ้ว ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ อุปกรณ์สำหรับใช้กับความจริงเสมือน Cardboard VR ขั้นตอนการวิจัยมีดังนี้

3.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 [2] และศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ระบบย่อยอาหาร จากนั้นกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาและจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร แล้วนำเนื้อหาให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่านตรวจความถูกต้อง

3.2 ออกแบบ วิธีการและเทคนิคการนำเสนอด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน นำเนื้อหามาจัดทำผังงาน (Flowchart)

3.3 เขียนบทดำเนินเรื่อง (Story Board)โดยมีการเขียนบรรยายภาพ เสียง การเคลื่อนไหวที่ต้องการในแต่ละลำดับ ออกแบบหน้าจอภาพกราฟิกและต้นแบบของแอปพลิเคชัน

3.4 นำบทดำเนินเรื่อง ไปพัฒนาแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 2 ภาพรวมระบบ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันความจริงเสมือนระบบการย่อยอาหารของมนุษย์

รูปที่ 3 หน้าจอหลัก

รูปที่ 4 หน้าจออวัยวะเกี่ยวกับระบบย่อยอาหาร

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ มีค่าเท่ากับ 84.71/81.29 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันความเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์

จำนวนนักเรียน (N)	คะแนนระหว่างเรียน (E_1)			คะแนนหลังเรียน (E_2)		
	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
35	10	8.47	84.71	20	16.26	81.29

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.71/81.29 แสดงว่า มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน

กลุ่มทดลอง	N	X	S.D.	df	$T_{คำนวณ}$	sig
ก่อนเรียน	35	8.54	2.78	34	15.543*	.000
หลังเรียน	35	16.26	2.09			

*ค่า $T_{ตาราง}$ = 1.6909 นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, df = 34

เมื่อ df คือจำนวนค่าของตัวแปรที่เป็นอิสระ มีค่าเท่ากับ N-1 จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 ผลการหาค่าดัชนีประสิทธิผลจากการเรียนรู้ด้วยแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์

N	คะแนนเต็ม	ผลรวมคะแนน		ดัชนีประสิทธิผล
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	
35	20	299	569	0.6733

จากตารางที่ 3 แสดงว่า ค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index)ในการเรียนรู้ เท่ากับ 0.6733 ซึ่งหมายความว่า แอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 67.33

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน

ที่	รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1.	ด้านความต้องการของผู้ใช้งาน	4.13	0.61	มาก
2.	ด้านการทำงานของฟังก์ชันการทำงาน	4.23	0.66	มาก
3.	ด้านความเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.27	0.71	มาก
ภาพรวม		**4.28**	**0.61**	**มาก**

ตารางที่ 4 พบว่าระดับความพึงพอใจของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหาร มีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=4.28,S.D.=0.61)

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ .05 ค่าดัชนีประสิทธิผลนักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 67.33 หรือ สูงกว่าร้อยละ 50 และความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันความจริงเสมือนของระบบย่อยอาหารมนุษย์อยู่ระดับ พอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.80 การพัฒนาด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนควรจะมีการนำไปใช้กับรายวิชาอื่น ๆ ที่ต้องอาศัยจินตนาการหรือรายวิชาชั้นอื่นเพื่อให้ผู้เรียนกระตือรือร้นอยากเรียน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี และศูนย์เทคโนโลยีและอิเล็กทรอนิกส์แห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมวิชาการ. (2544). สื่อมัลติมีเดียเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว

[2] กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

[3] ชัยวัฒน์ สุทธรัตน์. (2558). 80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. นนทบุรี : พี บาลานซ์ดีไซด์แอนปริ้นติ้ง

[4] ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ. (2552). “เทคโนโลยีมัลติมีเดีย” กรุงเทพ ฯ : เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์

[5] ทิศนา แขมมณี. (2557). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 18. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยพระบรมราชูปถัมภ์

[6] เทคโนโลยีความจริงเสมือน. (ม.ป.ป.). สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2559 , จาก http://www.scimath.org/articles/item/4818-virtual-reality

[7] วรวิทย์ นิเทศศิลป์. (2551). สื่อและนวัตกรรมแห่งการเรียนรู้. ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์

[8] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 8. (2526). ระบบย่อยอาหาร. สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2559 ,จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

Learning Model of STEM Education via e-Portfolio on Cloud Technology for Electronics Course

วรรณวิศา วัฒนสินธุ์[1] และ ณมน จีรังสุวรรณ, Ph.D.[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี e-mail: w.wattanasin@gmail.com

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ e-mail: namon.j@fte.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิธีการดำเนินงานวิจัย (1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยว (2) ออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ฯ (3) นำเสนอรูปแบบการเรียนรู้ฯ (4) สร้างเครื่องมือสำหรับประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ฯ (5) นำรูปแบบการเรียนการรู้ฯ ที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 7 ท่าน ประเมินความเหมาะสม แบ่งเป็นด้านการสอนและด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (6) วิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย 1) รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และ 2) แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ฯ ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์นี้มี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสนใจปัญหา (Motivation : M) ขั้นศึกษาข้อมูล (Information : I) ขั้นการปฏิบัติการ (Operation : O) ขั้นส่งงานผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud technology :C) และขั้นประเมินผล (Evaluation : E) ผลจากการประเมินรูปแบบการเรียนรู้ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญมีความเหมาะสมในระดับดีมาก (X= 4.50 , S.D.= 0.24)

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, แฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์, เทคโนโลยีคลาวด์, วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

Abstract

This research aimed to (1) design the Learning Model of STEM Education via e-Portfolio on Cloud Technology for Electronics Course, (2) evaluate the Learning Model. Research Methodologies (1) studied documents and related research, (2) designed the Learning Model, (3) presented the Learning Model and checked by advisors, (4) created the assessment for suitability of the Learning Model, (5) evaluated the Learning Model by experts and (6) analyzed the suitability of the Learning Model. The target group included 7 experts by specific selection, divided into 4 experts in education and 3 experts in information and communication technology. The statistics used in this study were average and standard deviation. The research found that the Learning Model had five steps of learning process as follows. Motivation: M, Information : I, Operation: O, Cloud technology :C and Evaluation: E. The results of the evaluation from the 7 experts found that the Learning Model had suitability at the highest level (X= 4.50 , S.D.= 0.24)

1. บทนำ

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่กำลังได้รับความสนใจกันอย่างมากในปัจจุบัน เป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการเนื้อหาและทักษะด้านวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาเทคโนโลยี เข้าด้วยกันซึ่งรวมเรียกว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) โดยที่วิชาทั้งสี่ในสะเต็มศึกษานี้ล้วนแต่เป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สังคมตั้งอยู่บนฐานของความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยีที่นับวันยิ่งเจริญก้าวหน้าขึ้นไป จุดเด่นของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม คือ การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน ในขณะ ที่ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ

เทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมี โอกาสนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ ชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จึงนำ "กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม" มาใช้เป็นฐาน ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน สิ่งที่สำคัญประการหนึ่งในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะ ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิต จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสนำความรู้ในชั้นเรียนมาประยุกต์ใช้ในการ แก้ปัญหาให้บังเกิดผลเป็นรูปธรรมอย่างแท้จริง

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano (2014) ทำการวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรมศาสตร์(Engineering Design Process) ในการ ออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ทั้งในส่วนของ บทเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ตั้งอยู่บนฐานของกระบวนการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ทั้ง 8 ขั้นนี้ เป็นองค์ความรู้ส่วนหนึ่งที่กล่าวไว้ในหลักสูตรของรัฐแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts) ที่ต้องการให้ครูนำไป ประยุกต์ใช้เป็นโมเดลการจัดการเรียนรู้ (Instructional Model) ขั้นตอนดำเนินไปตามเข็มนาฬิกา หมุนขวาไปตาม หัวลูกศรเส้นทึบ (⟶) อาจมีบางขั้นตอน ที่สามารถ ย้อนกลับได้ตามหัวลูกศรเส้นประ (⋯)

ภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (ที่มา: Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano, 2014) [7]

การจัดการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร ได้บรรจุรายวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เข้ามาในหลักสูตร โดยที่ลักษณะรายวิชามีเนื้อหาเกี่ยวกับทฤษฎี การคำนวนค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์และการออกแบบวงจร โดย การออกแบบและวิเคราะห์ดังกล่าวนั้น มีขั้นตอน และการคำนวณในทางทฤษฎีที่ซับซ้อน ทำให้ ผู้เรียนเกิดปัญหาในการเรียนรู้ และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำไปด้วย สอดคล้องกับงานวิจัย [2],[3],[4] ที่ผู้เรียนมี ปัญหากับการเรียนในรายวิชาที่ต้องคำนวณค่าพารามิเตอรต่างๆ ซึ่งมีสูตรการคำนวณที่ยุ่งยาก นอกจากนี้ผู้เรียนยังขาดทักษะ ด้านการปฏิบัติการทดลอง เนื่องจาก หลักสูตรรายวิชาเน้นการเรียนการสอนในเชิงทฤษฎีอย่างเดียว ประกอบกับปัจจุบันเทคโนโลยีการเรียนการสอนได้ก้าวหน้า ไปมาก รูปแบบการเรียนรู้สมัยใหม่มีแนวโน้มที่จะผนวกการ สอนเชิงทฤษฎีควบคู่กับการทดลองในเชิงปฏิบัติ และควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ๆ ที่มีความ สอดคล้องกับรายวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยกิจกรรมการเรียนการสอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองมากขึ้น นำไปสู่การเพิ่มความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติ เรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม นำมาสู่การสรุปความรู้ใหม่ เพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้ชิ้นงานซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับการสอน ในรายวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในทางทฤษฎี และมีทักษะในด้านการปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
2. ประเมินรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 7 ท่าน แบ่งออกเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนจำนวน 4 ท่าน และด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จำนวน 3 ท่าน ประเมินรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยการเลือกแบบเจาะจง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

3.2.2 แบบประเมินความเหมาะสมต่อรูปแบบการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านความเหมาะสมต่อระบบ ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

4.2 ออกแบบรูปแบบรูปแบบการเรียนรู้ฯ มีขั้นตอนดังนี้

4.2.1 วิเคราะห์การเรียนรู้รูปแบบ MIAP ต้นแบบจากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในขั้นตอน M-I

4.2.2 วิเคราะห์ขั้นตอนของกิจกรรมเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ในรูปแบบของสะเต็มศึกษาในขั้นตอน O

4.2.3 วิเคราะห์การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ ด้วยรูปแบบแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ ในขั้นตอน C

4.3.4 วิเคราะห์ความเหมาะสมในการประเมินผลผู้เรียนผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ ในขั้นตอน E

4.2.5 สังเคราะห์รูปแบบรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

4.3 นำเสนอรูปแบบการเรียนรู้ฯ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

4.4 สร้างเครื่องมือสำหรับประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ฯ

4.5 นำรูปแบบการเรียนการรู้ฯ ที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 7 ท่านประเมินความเหมาะสม

4.6 วิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ฯตามเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ (นคร เสรีรักษ์ และภรณี ดีราษฎร์วิเศษ. 2555)

5. ผลการวิจัย

5.1 รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ดังภาพที่ 2 ประกอบด้วย

ขั้นสนใจปัญหา (Motivation : M)

เป็นขั้นตอนนำเข้าสู่บทเรียนด้วย คำถามหรือปัญหาประกอบด้วยสื่อต่าง ๆ ที่ท้าทายความคิดและน่าสนใจให้คิดแก้ปัญหา ในเวลาสั้น ๆ

ขั้นศึกษาข้อมูล (Information : I)

เป็นช่วงการให้เนื้อหา ทำโดยการสอนด้วยรูปแบบหรือวิธีการต่าง ๆ ที่จะช่วยให้ผู้เรียนรับข้อมูลได้ง่าย รวดเร็วและเพียบพร้อมมากที่สุด

ขั้นการปฏิบัติการ (Operation : O)

เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการ เพื่อที่จะได้พิสูจน์หลักการ ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงต่างๆ ตามที่ได้เรียนมา เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรม ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งคณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา (ผลการประชุมคณะกรรมการนโยบายการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ครั้งที่ 2/2559 เมื่อวันศุกร์ที่ 27 พฤษภาคม 2559) ได้มีการกำหนดขั้นตอนของกิจกรรมเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ในรูปแบบของสะเต็มศึกษา ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Science+Math & Technology)
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Engineering)
ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (Engineering)
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

ขั้นส่งงานผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud technology :C)

เป็นขั้นตอนการส่งรายงานรวบรวมผลการปฏิบัติงาน และชิ้นงาน ในรูปแบบของแฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio)

ขั้นประเมินผล (Evaluation : E)

เป็นขั้นสุดท้ายของ กระบวนการเรียนรู้ เพื่อประเมินผลว่าผู้เรียนได้บรรลุเป้าหมาย ตามวัตถุประสงค์หรือไม่

ภาพที่ 2 รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

5.2 ผลการประเมินรูปแบบ

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านความ เหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด (X= 4.50 , S.D.= 0.24) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

รายการ	$\bar{x}$	S.D.
1. หลักการและแนวคิดที่ใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฯ		
1.1 สะเต็มศึกษา	5	0
1.2 Cloud	4.29	0.49
2. กระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ขั้นสนใจปัญหา ขั้นศึกษาข้อมูล ขั้นการปฏิบัติการ ขั้นส่งงานผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ และขั้นประเมินผล		
2.1 ขั้นสนใจปัญหา (Motivation : M)	4.29	0.49
2.2 ขั้นศึกษาข้อมูล (Information : I)	4.14	0.37
2.3 ขั้นการปฏิบัติการ (Operation : O)	4.57	0.53
2.4 ขั้นส่งงานผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud technology : C)	4.43	0.53
2.5 ขั้นประเมินผล (Evaluation : E)	4.43	0.53
3. ความเหมาะสมของรูปแบบและกิจกรรมการเรียนรูเพื่อพัฒนารูปแบบฯ		
3.1 รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	4.71	0.49
3.2 ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ฯ	4.57	0.53
3.3 การนำรูปแบบการเรียนรู้ฯ ไปใช้ได้จริง	4.57	0.53
เฉลี่ย	4.50	0.24

6. อภิปรายผล

รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัย พัฒนาขึ้น เป็นรูปแบบการเรียนรู้สมัยใหม่ที่ผนวกการสอนเชิงทฤษฎีควบคู่กับการทดลองในเชิงปฏิบัติ และมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับรายวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยกิจกรรมการเรียนการสอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองมากขึ้น ซึ่งวิธีการนี้จะเป็นวิธีการสอนแบบใหม่โดยหัวใจสำคัญของรูปแบบการสอนคือ ขั้น O - C ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการ เพื่อที่จะได้พิสูจน์ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงต่างๆ ตามที่ได้เรียนมา เพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรม ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21

เอกสารอ้างอิง

[1] ณมน จีรังสุวรรณ. (2558). หลักการออกแบบและประเมิน. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[2] พิชิต อ้วนไตร สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์ และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2558). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานแบบ DAPOA สำหรับการศึกษา ด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[3] วิชญา รุ่นสุวรรณ์, ดวงกมล โพธิ์นาค และปรวัฒน์ วิสูตรศักดิ์ (2558). รูปแบบระบบการจัดการเรียนการสอนบนเทคโนโลยีก้อนเมฆ เพื่อสนับสนุนการเรยีนการสอนด้านคอมพิวเตอร์. Panyapiwat Journal Vol.7 No.2 May - August 2015.

[4] ศรัณย์ ชูคดี และสมศักดิ์ อรรคทิมากลู. การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ MIDEAP สำหรับการเรียนการสอนรายวิชาวิศวกรรมไมโครเวฟ เรื่องท่อนำคลื่นและการประยุกต์ใช้งาน.งานประชุมวิชาการครุ ศาสตร์อุตสาหกรรมระดบัชาติครั้งที่ 3 .มจพ , 2553

[5] ศรัณย์ ชูคดี "การพัฒนารูปแบบการคำนวณวงจรไมโครเวฟในท่อ นำคลื่นสี่เหลี่ยม สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรม ไมโครเวฟ." วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลยั เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.

[6] ศิวดล นวลนภดล, มานิตย์ สิทธิชยั และ สมศักดิ์ อรรคทิมากลู. "การ สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องท่อนำคลื่น อุปกรณ์พาส ซีฟ และสายอากาศไมโครเวฟ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต" การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดบัชาติ ครั้งที่ 2. NCTechEd 04, 2552, หน้าที่ 195-202.

[7] Billiar, K., Hubelbank, J., Oliva, T., and Camesano, T. (2014). Teaching STEM by design. Advance in Engineering Education, 4(1), 1-21.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การสร้างชุดจำลองสายพานลำเลียงของการแยกวัสดุด้วยพีแอลซี

The Cons traction Conveyers model for Divide Material with PLC

ชัยยศ คำมี[1]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

234 ถนนเลย-เชียงคาน ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 42000 โทรศัพท์ 0818730649 E-mail: chaiyos3249@Gmail.com

บทคัดย่อ

ชุดจำลองสายพานลำเลียงมีวัตถุประสงค์ส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 โดยบูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ หรือเรียกว่า STEM Education ในรายวิชาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทำการทดสอบเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยสถิติ t test ผลการวิจัยพบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ ชุดจำลองสายพานลำเลียง, STEM Education

Abstract

Conveyor models are intended to promote the skills needed for students in the 21st century by integrating knowledge in four interdisciplinary science, engineering, technology and mathematics are also known as STEM Education Course in Control Engineering

It the test before and after learning. Test compares with a record of achievement. Results t test showed that the experimental built quality is very good. After school and academic achievement were higher than the previous level of statistical significance 0.05

Keywords : Conveyor models, STEM Education

1. บทนำ

รัฐบาลมีนโยบาย ส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 โดยบูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ หรือเรียกว่า STEM Education[1]

ผู้วิจัยจึงได้จัดสร้างชุดจำลองสายพานลำเลียงเป็นอุปกรณ์สื่อการเรียนการสอน ในรายวิชาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (Programmable Controller) หลักสูตรเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ปรับปรุง พ.ศ. 2554 มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย[2] ซึ่งได้ทดสอบกับนักศึกษาชั้นปีที่ 3

ชุดจำลองสายพาลำเลียงดังกล่าว ประมวลผลด้วยพีแอสซี (PLC) เพื่อควบคุมมอเตอร์ในการลำเลียง และควบคุมกระบอกลมเพื่อแยกชิ้นงาน โดยแยกวัตถุ 3 ขนาด

รูปที่ 1 ชุดจำลองสายพานลำเลียง

2.ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย (Research Methodology)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อสร้างชุดทดลองการจำลองสายพานลำเลียงของการแยกวัตถุ 3 ขนาด มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลเพื่อเตรียมการวิจัย

2.2 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.3 ออกแบบและสร้างชุดทดลอง

2.4 สร้างใบงาน

2.5 การสร้างและหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบ

2.6 ขั้นตอนการสร้างและเก็บรวบรวมข้อมูล

2.7 วิเคราะห์ผล

2.8 สรุปผลการวิจัย

3.เครื่องมือในการวิจัย

3.1การจำลองสายพานลำเลียงของการแยกวัตถุ 3 ขนาด

3.2 แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน

4.สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

4.1 ค่าเฉลี่ย (Mean)

4.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.3 t-test

5.ผลของการวิจัย

ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและหลังจากสอนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน

นักศึกษาคนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D^2
รวม	251	498	247	3135
ค่าเฉลี่ยคะแนน	12.55	24.90		

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบก่อนเรียน คือ 12.55 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบหลังเรียน คือ 24.90

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
ก่อนเรียน	12.55	20	1.820	0.407
หลังเรียน	24.90	20	1334	0.298

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบก่อนเรียน คือ 12.55 คะแนนและคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบหลังเรียนคือ 24.90

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% confidence Interval of the Difference	
				Lower	Upper
ก่อนเรียน หลังเรียน	-12.35	2.110	0.472	-13.34	-11.36

6. สรุป

ชุดจำลองสายพานลำเลียงที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สื่อการเรียนการสอน ในรายวิชาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (Programmable Controller) ดังกล่าว ประมวลผลด้วยพีแอสซี (PLC) เพื่อควบคุมมอเตอร์ในการลำเลียง และควบคุมกระบอกลมเพื่อแยกชิ้นงาน โดยแยกวัตถุ 3 ขนาด และ แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นปีที่ 3 จำนวน 20 คนมีผลคะแนนก่อนเรียน 12.55 และมีผลคะแนนหลังเรียน 24.90 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัวของผู้เขียน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในทุกด้านตลอดมา และคณะครู อาจารย์ของผู้เขียนทั้งในอดีตและปัจจุบัน พร้อมคณาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยทุกท่าน ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ผู้เขียนขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ ความดีที่เกิดขึ้นในผลงานวิชาการฉบับนี้ผู้เขียนขอมอบแด่มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยซึ่งเป็นต้นสังกัดของผู้เขียน

เอกสารอ้างอิง

[1] พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 = STEM Education and 21st Century Skills Development. วารสารนักบริหาร. ปีที่ 33 ฉบับที่ 2. เมษายน-มิถุนายน 2556. หน้า 49-56

[2] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554

แอนิเมชัน2มิติ เรื่อง โรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยเด็ก กรณีศึกษาโรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราชจังหวัดลพบุรี

2D Animation project to Asthma in Pediatric Patients Case study King Narai Hospital in Lopburi Province

นางสาวหทัยรัตน์ บุญเนตร[1]
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง สาขาเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150 โทรศัพท์ 075-2040516 E-mail: koogolf1@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่องโรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยเด็กให้กับเด็กที่เข้ารับการรักษาโรคหอบหืดที่โรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราช จังหวัดลพบุรี เพื่อต้องการให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องถึงวิธีการดูแลตัวเองสำหรับผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรคหอบหืด และเพื่อกระตุ้นให้ผู้ป่วยเด็กเกิดความสนใจอยากปฏิบัติตามวิธีการดูแลตัวเองตามคำแนะนำของแพทย์ อีกทั้งต้องการให้ผู้ป่วยเด็กเห็นความสำคัญของการหลีกเลี่ยงสิ่งกระตุ้นที่อยู่รอบตัวเพื่อลดอาการการเกิดโรคหอบหืด ที่ผ่านมามีความเข้าใจว่า “โรคหืดรักษาไม่หาย” เพราะคิดว่าเป็นโรคที่เกิดจากความผิดปกติของกล้ามเนื้อหลอดลมที่โตขึ้นและหดตัวมากกว่าปกติแต่การศึกษาวิจัยในปัจจุบันพบว่าโรคหืด สามารถควบคุมให้ผู้ป่วยใช้ชีวิตเป็นปกติได้เพราะเป็นโรคที่เกิดจากการอักเสบของหลอดลมจนหลอดลมไวต่อสิ่งกระตุ้นผิดปกติดังนั้นหากมีการให้ยาลดการอักเสบของหลอดลมอย่างเหมาะสมและรักษาแต่เนิ่น ก่อนที่จะเป็นเรื้อรังก็สามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้ จากผลการวิจัยพบว่า สื่อแอนิเมชัน2มิติ เรื่อง โรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยในเด็ก มีการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน3ท่าน ผลที่ได้คือ 4.66 พบว่ามีความพึงพอใจมากที่สุด เนื้อหาสาระครบถ้วนตามต้องการ ข้อมูลมีประโยชน์ต่อการนำไปปฏิบัติตาม การลำดับเนื้อหาสร้างความเข้าใจให้กับผู้ชมอยู่ในระดับมากที่สุด เป็นเพราะเนื้อหาที่เข้าใจได้ง่าย เหมาะกับกลุ่มตัวอย่าง มีความทันสมัยเนื่องจากใช้สื่อแอนิเมชัน2 มิติ ที่กำลังได้รับความนิยมและแพร่หลายมากในยุคปัจจุบัน ใส่ส่วนของการประเมินผลทางด้านของสื่อแอนิเมชัน2 มิติ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อแอนิเมชันจำนวน3 ท่านผลที่ได้คือ 4.53 พบว่ามีความพึงพอใจมากที่สุด สีสันภายในสื่อสร้างความน่าสนใจต่อการใช้งานและการเรียนรู้ กลุ่มสีมีความเหมาะสมกับการนำเสนอ ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับระดับวัยของผู้ชม ภาพประกอบมีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการนำเสนอ เสียงที่ใช้ประกอบการบรรยายมีความเหมาะสมเนื่องจากมีความเข้าใจต่อสิ่งที่ต้องการจะสื่อ เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้ชม รูปแบบการนำเสนอเหมาะสมกับวัย ข้อมูลมีประโยชน์ต่อการนำไปปฏิบัติตาม สีสันของสื่อมีความน่าสนใจ และสามารถถ่ายทอดเรื่องราวเนื้อหาความเป็นนามธรรมให้เห็นเป็นรูปธรรมได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: แอนิเมชัน,โรคหอบหืด

Abstract

This research aims to create 2D Animation project of Asthma in Pediatric Patients Case study King Narai Hospital in Lopburi Province. The objectives are to provide an understanding of how to care for themselves for pediatric patients with asthma, and to stimulate children's interest to follow the doctor's advice to take care of themselves. Furthermore, children have to understand the importance of avoiding the stimuli around to reduce the incidence of asthma. In the past, many people believed that “asthma cannot be cured” because they thought about the disease is caused by disorders of the bronchial muscles grow and shrink more than normal. However, the current research found the patients of asthma can live a normal, because the disease is caused by inflammation of the trachea and bronchial sensitivity, so if the drugs reduce inflammation of the trachea and proper treatment early before becoming chronic, it can be returned to normal. The research found that 2D Animation project of Asthma in Pediatric Patients is evaluated from three experts, and the result is 4.66 It is found that the most satisfied with full content on demand useful information on its compliance, and the sequence of content to audiences in the most. It is because the content is easy to understand and appropriate with representative samples; moreover, 2D animation is gaining popularity and more prevalent in modern times. In the evaluation of 2D animation from three multimedia animation specialists were found to be 4.53, the result is the most satisfying. The color theme is attractive to use and learning. The sheds of color are appropriate to the presentation. The illustrations are appropriate to the age of the audience and consistent with the content they want to offer and sound lecture is appropriate. According to there is an understanding of the

purpose to convey, content is appropriate to the audience, presentation format is appropriate for their age, information is useful on its compliance, colors of media is interesting, and the story content of the abstract show the concrete as well.

Keywords: Animation, Asthma.

1. บทนำ

คนทั่วโลกป่วยเป็นโรคหืดมากกว่า 300 ล้านคน ขณะที่คนไทยป่วยเป็นโรคหืดมากถึง 3 ล้านราย พบว่าเด็ก 10 - 12 % และผู้ใหญ่ 6.9% เป็นโรคหืด จากข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุขพบมีผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคหืดเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2538 มีผู้ป่วยโรคหืดเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลกว่า 66,679 ราย และเพิ่มเป็น 102,273 ราย ในปี พ.ศ. 2552

"ปี พ.ศ. 2540 มีผู้เสียชีวิตด้วยโรคหืด จำนวน 806 ราย ปี พ.ศ. 2546 มีผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นเป็น 1,697 ราย"

ประเทศไทยมีจำนวนผู้ป่วยเข้าห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาลจากอาการของโรคหืดมากกว่าปีละ 1 ล้านครั้ง โรคหืดยังเป็นโรคที่มีผลกระทบต่อผู้ป่วยและระบบสาธารณสุขค่อนข้างสูง เพราะเป็นโรคเรื้อรัง ทำให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยลดลงตามความรุนแรงของโรคที่เพิ่มขึ้น จากการสำรวจพบผู้ป่วยโรคหืดมากกว่าครึ่งไม่สามารถทำกิจกรรมต่างๆ ได้เช่นคนปกติทั่วไป [1]

วัชรา บุญสวัสดิ์ กล่าวว่าสำหรับในปี พ.ศ. 2559 นี้ คาดว่าจะมีผู้ป่วยโรคหืดและโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทั่วโลกเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล และมลภาวะทางอากาศต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง หรือควันจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี รวมไปถึงการดำเนินชีวิตประจำวันที่เปลี่ยนแปลงไป เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้จำนวนผู้ป่วยโรคหืด และโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเพิ่มสูงขึ้นโดยทั้งที่รู้ตัวและไม่รู้ตัว ซึ่งจากข้อมูลขององค์กรอนามัยโลก (WHO) จำนวนผู้ป่วยทั่วโลกอาจสูงถึง 325 ล้านคน และจำนวนผู้ป่วยที่เสียชีวิตส่วนมากมาจากประเทศที่มีรายได้น้อย ซึ่งในความเป็นจริง หลายเคสสามารถป้องกันได้ หากได้รับการรักษาที่ถูกต้อง[2]

โรคหอบหืด (Definition of Asthma) หมายถึง โรคที่มีการอักเสบเรื้อรังของหลอดลม การอักเสบของหลอดลมมีผลทำให้เยื่อบุหลอดลมของผู้ป่วยมีปฏิกิริยาต่อสารก่อภูมิแพ้และสิ่งแวดล้อมมากกว่าคนปกติ (Bronchial Hyper Responsiveness ,BHR) ผู้ป่วยมักมีอาการแน่นหน้าอกหายใจมีเสียงวี้ด (Wheezing)หรือหอบเหนื่อย เกิดขึ้นเมื่อได้รับสารก่อโรคหรือสิ่งกระตุ้นและอาการเหล่านี้อาจหายไปได้เองหรือหายไปเมื่อได้รับยาขยายหลอดลม[3]

โรคหืดไม่ใช่โรคติดต่อ แต่เป็นโรคที่เกิดจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรม หรือ จากการสัมผัสสารเคมี มลพิษ หรือสารก่อภูมิแพ้เป็นเวลานานโรคหืดเป็นโรคที่เกิดจากการอักเสบเรื้อรังของหลอดลมส่งผลให้หลอดลมปฏิกิริยาตอบสนองไวต่อสิ่งกระตุ้นสารก่อภูมิแพ้ สารระคายเคืองและสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมผู้ป่วยมีอาการไอ หายใจลำบาก หายใจมีเสียงวี้ดที่เรียกว่า "จับหืด"บางครั้งหลอดลมหดมากจนผู้ป่วยขาดอากาศหายใจและอาจเสียชีวิตได้ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 กลไกการเกิดโรคหืด

มลภาวะในอากาศ ทั้งที่เป็นมลพิษภายในและภายนอกบ้าน เช่น เขม่าควัน ควันไฟจากการปรุงอาหาร แก๊สหุงต้ม ควันท่อไอเสียรถยนต์ อากาศเป็นพิษ กลิ่นฉุน กลิ่นอับ กลิ่นเหม็น ฝุ่นผงจากโรงงานอุตสาหกรรม ถ่านหิน หมอกควันจากโรงงาน เส้นใยสังเคราะห์ พรมวัสดุตกแต่งบ้าน สารระคายเคือง เช่น ควันบุหรี่ น้ำหอม สเปรย์ สีพ่น สีทาบ้าน ทินเนอร์ น้ำยาหรือสารเคมี แก๊ส ควันธูป ควันเทียน ละอองยาฆ่าแมลง ฝุ่นก่อสร้าง ฝุ่นหิน[3]

คุณหมอโรคหอบหืดในเด็กจากโรงพยาบาลลพบุรีให้ข้อมูลว่ามีผู้ป่วยเด็กมารับการรักษาโรคหอบหืดเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มว่าจะมีผู้ป่วยเด็กเพิ่มขึ้นทุกปีการรักษาที่ดีจะมีประสิทธิภาพมากถ้าควบคู่กับการดูแลตัวเองของผู้ป่วยเด็ก ถึงแม้ว่าคุณหมอจะสามารถอธิบายการดูแลรักษาตัวจากโรคหอบหืดในผู้ป่วยเด็กได้แต่ไม่สามารถทำให้ผู้ป่วยเด็กเกิดความสนใจได้เท่าที่ควร การอธิบายให้ผู้ป่วยเด็กเข้าใจถึงอาการการรักษาและการควบคุมเรื่องโรคหอบหืดจึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องใช้สื่อแอนเมชัน2มิติ เข้ามาเป็นสื่อที่จะช่วยให้ผู้ป่วยเด็กเกิดความสนใจที่จะรับฟังรับชมด้วยความบันเทิงเพลิดเพลิน มากกว่าการพูดอธิบายจากคุณหมอเพียงอย่างเดียว (พ.ญ.สายสวาสดิ์ โชติรสนิรมิต กุมารแพทย์ประจำโรงพยาบาลพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี)

ผู้วิจัยจึงสร้างการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่องโรคหอบให้กับผู้ป่วยเด็กเพื่อให้ผู้ป่วยเด็กเกิดความเข้าใจ สนใจและปฏิบัติตามคำแนะนำของคุณหมออย่างเคร่งครัด ผู้วิจัยจึงนำปัญหาและวัตถุประสงค์ไปวิเคราะห์คิดหาทางแก้ไขหาแนวทางการผลิตสื่อ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้ จะแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนของการจัดทำแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง โรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยเด็ก กรณีศึกษา โรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราช จังหวัดลพบุรี

และส่วนของการประเมินผลและวิเคราะห์ผล แบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อยคือ ประเมินคุณภาพของสื่อแอนิเมชัน2มิติ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อ และประเมินคุณภาพของสื่อแอนิเมชัน 2 มิติ จากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และประเมินความพึงพอใจของสื่อแอนิเมชัน 2 มิติ จากกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยเด็ก

ส่วนของการจัดทำแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง โรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยเด็ก กรณีศึกษา โรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราช จังหวัดลพบุรี ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 Pre-Production ในส่วนนี้คือการออกแบบคาร์แรกเตอร์ ออกแบบฉาก ออกแบบโครงเรื่อง ออกแบบมุมกล้อง เขียนสตอรี่บอร์ดและสรุปผลได้ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 สตอรี่บอร์ด เรื่อง โรคหอบหืด

ส่วนที่ 2 Production ในส่วนนี้จะดำเนินการในขั้นตอนของการจัดทำสื่อแอนิเมชัน2 มิติ โดยการใช้โปรแกรมการดราฟภาพในการทำตัวละครแบบแยกชิ้นส่วน จัดทำฉากหลังตามสตอรี่บอร์ด จากนั้นพอได้ตัวละครและฉากแล้วจึงทั้งสองอย่างนี้มาแอนิเมทหรือทำการเคลื่อนไหวของตัวละครและฉากให้สอดคล้องกับเนื้อเรื่องในส่วนนี้ใช้โปรแกรมการตัดต่อและใส่เอฟเฟกภาพและเสียงดังแสดงในรูปที่3และรูปที่4

ส่วนที่ 3 Post-Production ในส่วนนี้ คือ การตัดต่อภาพและเสียงเช่นเสียงเพลง เสียงคนพากย์ โดยใช้โปรแกรมสำหรับตัดต่อภาพและเสียงรวมถึงการสร้างไฟล์แอนิเมชันหรือทำการประมวลผลของภาพออกมาเป็นวิดีโอ ตรวจทานความเรียบร้อยและพร้อมฉายดังแสดงในรูปที่5

รูปที่ 3 ตัวละครคุณหมอแบบแยกชิ้นส่วน

รูปที่ 4 ตัวละครเด็กชายแบบแยกชิ้นส่วน

รูปที่ 5 แสดงวิดีโอที่เสร็จแล้วเป็นตัวละครเด็กชาย

ส่วนการประเมินผลของสื่อแอนิเมชัน2มิติ หลังจากทำการพัฒนาแอนิเมชัน2 มิติเรื่องโรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยเด็กผู้วิจัยได้วัดผลย่อยออกเป็น 2 ส่วน คือติดตั้งให้ผู้ประเมินทางด้านสื่อได้รับชมประเมินคุณภาพของสื่อแอนิเมชัน2มิติ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน และประเมินผลจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน การวิเคราะห์แบบสอบถามจึงปรากฏผลที่ได้จากกการแสดงตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตางรางจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาผลการประเมินคุณภาพของสื่อแอนิเมชัน 2 มิติ

หัวข้อการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
1. ส่วนนำเร้าความสนใจต่อผู้ชม	4.67	0.57	มากที่สุด
2. เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้ชม	4.67	0.57	มากที่สุด
3. ข้อมูลมีความครบถ้วนสมบูรณ์	0	0	มากที่สุด
4. ข้อมูลมีประโยชน์ต่อการนำไปปฏิบัติตาม	0	0	มากที่สุด
5. การลำดับเนื้อหาสร้างความเข้าใจให้กับผู้ชม	0	0	มากที่สุด
รวมทุกด้าน	4.67	0.23	

ตารางที่ 2 ตางรางจากผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อผลการประเมินคุณภาพของสื่อแอนิเมชัน 2 มิติ

หัวข้อการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
1. สีสันภายในสื่อสร้างความน่าสนใจต่อการใช้งานและการเรียนรู้	4.33	0.57	มากที่สุด
2. กลุ่มสีมีความเหมาะสมกับการนำเสนอ	4.67	0.57	มากที่สุด
3. ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับระดับผู้ชม	4.67	0.57	มากที่สุด
4. ภาพประกอบมีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการนำเสนอ	4.33	0.57	มากที่สุด
5. เสียงที่ใช้ประกอบการคือเสียงพากย์และเสียงเพลงมีควาเหมาะสม	4.67	0.47	มากที่สุด
รวมทุกด้าน	4.53	0.57	

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

สื่อแอนิเมชัน2มิติ เรื่องโรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยเด็ก สามารถช่วยให้ผู้ป่วยเด็กสามารถเข้าใจอาการของโรคหอบหืด สาเหตุ การรักษา และการควบคุมโรคได้เป็นอย่างดี และเป็นการช่วยคุณหมออธิบายเรื่องโรคหอบอย่างน่าสนใจ เนื่องจากเป็นสื่อในรูปแบบแอนิเมชันการ์ตูน ถือเป็นช่องทางในการเรียนรู้ถึงโรคหอบหืดที่ดีอีกช่องทางหนึ่ง จากผลการวิจัยพบว่า สื่อแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง โรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยในเด็ก มีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเป็น 4.66 พบว่ามีความพึงพอใจมากที่สุด เนื้อหาสาระครบถ้วนตาม ข้อมูลมีประโยชน์ต่อการนำไปปฏิบัติตาม การลำดับเนื้อหาสร้างความเข้าใจให้กับชมอยู่ในระดับมาก เป็นเพราะเนื้อหาที่เข้าใจได้ง่าย เหมาะกับกลุ่มตัวอย่าง มีความทันสมัยเนื่องจากใช้สื่อแอนิเมชัน 2 มิติ ที่กำลังได้รับความนิยมและแพร่หลายมากในยุคปัจจุบัน ในส่วนของการประเมินผลทางด้านของสื่อแอนิเมชัน2 มิติ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อแอนิเมชันผลที่ได้คือ 4.53 สีสันภายในสื่อสร้างความน่าสนใจต่อการใช้งานและการเรียนรู้ กลุ่มสีมีความเหมาะสมกับการนำเสนอ ภาพประกอบมีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน ภาพประกอบมีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการนำเสนอ เสียงที่ใช้ประกอบการบรรยายมีความเหมาะสม เหมาะสมกับระดับผู้ชม รูปแบบการนำเสนอเหมาะสมกับ ต่อการนำไปปฏิบัติตาม สีสันของสื่อมีความน่าสนใจ และสามารถถ่ายทอดเรื่องราวเนื้อหาความเป็นนามธรรมให้เห็นเป็นรูปธรรมได้เป็นอย่างดี

4. สรุปผล

สื่อแอนิเมชัน2มิติ เรื่องโรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยเด็ก สามารถช่วยให้ผู้ป่วยเด็กสามารถเข้าใจอาการของโรคหอบหืด สาเหตุ การรักษา และการควบคุมโรคได้เป็นอย่างดี และเป็นการช่วยคุณหมออธิบายเรื่องโรคหอบอย่างไม่น่าเบื่อเนื่องจากเป็นสื่อในรูปแบบแอนิเมชันการ์ตูน ถือเป็นช่องทางในการเรียนรู้ถึงโรคหอบหืดที่ดีอีกช่องทางหนึ่ง จากผลการวิจัยพบว่า สื่อแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง โรคหอบหืดสำหรับผู้ป่วยในเด็ก มีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาด้านสื่อด้านความพึงพอใจพบว่ามีความพึงพอใจมากที่สุดเหมาะกับกลุ่มตัวอย่างมีความทันสมัยเนื่องจากใช้สื่อแอนิเมชัน 2 มิติ ที่กำลังได้รับความนิยมและแพร่หลายมากในยุคปัจจุบัน

5. เอกสารอ้างอิง

[1] การพัฒนาระบบการดูแลโรคหืด เครือข่ายหน่วยบริการปฐมภูมิระดับอำเภอ (CUP) และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล,2554
[2] สสส.2559ถึงเวลาคนไข้โรคหืด แอดมิดลดลง Prawpan Suriwong http://www.thaihealth.or.th/Content
[3] กลุ่มงานกุมารเวชกรรมและผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราช

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

แอปพลิเคชันบนมือถือ กรณีศึกษาเกมการป้องกันระบบเครือข่าย

Mobile Application Case Study Network System Protection Game

กันตินันท์ สังขจันทร์[1], ธนาธิป อับดุลเลาะห์[2], วิบูลย์ พร้อมพานิชย์[3] และ คณัฐ ตังติสานนท์[4]

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอยฉลองกรุง 1 เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

56010067@kmitl.ac.th[1], 56010573@kmitl.ac.th[2], wiboon.pr@kmitl.ac.th[3], kanut.ta@kmitl.ac.th[4]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่กลายเป็นส่วนหนึ่งของผู้บริโภคคือสมาร์ทโฟน ซึ่งมีแอปพลิเคชันหลากหลายประเภทที่พัฒนาออกมาเพื่อตอบสนองผู้ใช้ในด้านต่างๆ หนึ่งในแอปพลิเคชันที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับต้นๆ คือเกมแอปพลิเคชัน เนื่องจากผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้ทุกเวลาโดยมีเกมหลากหลายประเภทให้ผู้ใช้สามารถเลือกเล่นได้ ไม่ว่าจะเป็นเกมแนวแอคชั่น, แก้ไขปริศนา หรือเป็นสื่อการเรียนการสอนจำลองสถานการณ์ต่างๆเพื่อให้ผู้ใช้แก้ปัญหา ซึ่งทางผู้จัดทำเห็นว่าการพัฒนาเกมให้ตอบโจทย์ผู้ใช้งานนั้นต้องอาศัยปัจจัยหลายๆด้านเพื่อให้เกมน่าสนใจและดึงดูดผู้เล่น ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้ลองค้นคว้ากระบวนการผลิตเกมต่างๆเพื่อดูว่าการออกแบบหรือทฤษฎีไหนที่ทำให้เกมแอปพลิเคชันต่างๆมีความสนุกและเพลิดเพลินเพื่อนำไปประยุกต์กับเกมที่แฝงความรู้ต่างๆเพิ่มเข้าไปด้วย ทั้งนี้เกมที่ผู้จัดทำจะสร้างจะให้ความรู้ทางด้านจัดการการสร้างและการป้องกันระบบเครือข่ายในคอมพิวเตอร์ โดยเป็นแอปพลิเคชันเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ Unity engine เพื่อที่จะสามารถพัฒนาและศึกษาการออกแบบเกมให้น่าสนใจและดึงดูดผู้ใช้ โดยปัจจัยหลักในการออกแบบของตัวเกมคือการแฝงความรู้ทางด้านการป้องกันระบบเครือข่ายควบคู่กับความสนุกของผู้ใช้

คำสำคัญ: แอปพลิเคชันบนมือถือ, เกม, ระบบเครือข่าย

Abstract

Nowadays, smart phones are technology that essential part of everyday life. There have many categories of application that develop for user to use in many ways. One of the most popular applications is game application because user can enjoy the game wherever they want and have many genres for user to choose freely such as action game, puzzle game or educational game that simulation events for user to find a solution etc. From this reason, we see that game development process uses a lot of factors to create the game that make user interested and entertained so we are going to research the procedure to develop game in term of what designs or theories that make an interesting and an additive game mobile application for apply to the educational games. So this game that we make is about network system protection game. It is an Android application and uses Unity engine to develop and design game that make it more interesting and attractive. The main factor to design this game is a knowledge about network system protection with the enjoyment of the game.

Keywords: mobile application, game, computer network

1. บทนำ

สื่อต่างๆในปัจจุบันมีได้หลายรูปแบบทั้งหนังสือ วีดีโอ และรูปแบบอื่นๆอีกมากมายหนึ่งในนั้นก็คือเกม ซึ่งเป็นสื่อในรูปแบบใหม่ที่ช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจเนื้อหาที่ตนเองกำลังเล่นได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังทำให้ผู้ใช้รู้สึกสนใจกับเนื้อหาที่กำลังศึกษาอยู่โดยเมื่อทำให้การเล่นเป็นรูปแบบที่เข้าใจง่าย ออกแบบการเล่นให้มีความเพลิดเพลินพร้อมทั้งสอดแทรกเนื้อหาเรื่องระบบเครือข่ายบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาและต่อยอดความคิดไปในตัว เกิดการเรียนรู้ควบคู่ไปกับความสนุกสนาน ในปัจจุบันการเรียนเรื่องระบบเครือข่ายขั้นพื้นฐานนั้นขาดการปฏิบัติจริงเนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆมีราคาค่อนข้างสูง ทำให้ผู้เรียนไม่เห็นถึงการทำงานจริงของอุปกรณ์ต่างๆภายในระบบเครือข่ายว่ามีหน้าที่และความสำคัญอย่างไร อีกทั้งการเรียนเรื่องภัยคุกคามทางคอมพิวเตอร์ผู้เรียนจะขาดความเข้าใจในพฤติกรรมของภัยคุกคามต่างๆอาทิเช่น การปฏิเสธการกระจายการให้บริการ (DDoS : Distributed Denial of Service) เนื่องจากภัยคุกคาม

มีความซับซ้อนและหลากหลายจึงทำให้ผู้เรียนไม่เห็นถึงภาพรวมของระบบเครือข่ายทั้งหมดส่งผลให้เข้าใจยากต่อเนื้อหาที่เรียน หากเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้เป็นแอปพลิเคชันเกมที่ทำให้ผู้ใช้เข้าใจง่าย เรียนรู้พฤติกรรมของอุปกรณ์โดยตรง เห็นถึงพฤติกรรมต่างๆของภัยคุกคามที่จะโจมตีระบบเครือข่าย ได้ปฏิบัติจริงทุกที่ทุกเวลาที่ต้องการ อีกทั้งยังสร้างความเพลิดเพลินให้กับผู้ใช้ทำให้ผู้ใช้ไม่รู้สึกน่าเบื่อและอยากจะเรียนรู้ต่อไปมากขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าว ตลอดความคิดที่จะออกแบบพัฒนาเกมที่มีความน่าสนใจ มีความสนุก และส่งเสริมการเรียนรู้ให้มากขึ้น อาศัยจากเทคโนโลยีในปัจจุบันที่ใครๆก็สามารถเข้าถึงอย่างสมาร์ทโฟน จึงมีแนวคิดในการจัดทำเกมแอปพลิเคชันที่ให้ความรู้ด้านระบบเครือข่ายโดยอาศัยการออกแบบที่ทำให้เกมมีความสนุกและน่าสนใจ ทำให้การเรียนรู้สำหรับผู้ใช้และผู้ที่สนใจในเรื่องระบบเครือข่ายและวิธีป้องกันภัยคุกคามทางคอมพิวเตอร์ง่ายขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Unity Engine

เป็นโปรแกรมจำพวก Cross-platform game engine ซึ่งใช้สำหรับการพัฒนาเกมบนอุปกรณ์ต่างๆอาทิเช่น คอมพิวเตอร์เครื่อง console มือถือ หรือเว็บไซต์ ฯลฯ โดยการพัฒนาจะอาศัยการเขียนเป็น Script ด้วยภาษา C# หรือ JavaScrpit โดยโปรแกรมจะแบ่งแยกการทำงานเป็น 2 แบบคือ

1) 2 Dimensional
2) 3 Dimensional

จุดเด่นของโปรแกรม Unity คือเป็น Game engine ที่มีราคาถูกแต่สามารถพัฒนาเกมให้มีคุณภาพระดับสูงได้ สร้างเกมได้หลายรูปแบบ อาทิเช่น เกมยิงบุคคลที่ 1 (First-Person Shooting) เกมวางแผน (Strategy) แนวไขปริศนา (Puzzle) ฯล และสามารถพอร์ทเพื่อไปลงแพลตฟอร์มได้หลายรูปแบบ ซึ่งผู้พัฒนาสามารถเลือกใช้Software Develop Kit ที่โปรแกรมมีไว้สำหรับการพัฒนาเกมหรือโหลด SDK อื่นๆ นอกเหนือผ่านทาง Asset Store ได้ ภายในจะแบ่งพื้นที่ทำงานออกเป็นมุมกล้องที่เห็นจากในเกมกับมุมที่สามารถปรับเปลี่ยนมุมกล้องของเกมได้ซึ่งสามารถควบคุมกล้องได้ 360 องศาไม่ว่าจะเป็นการทำเกม 2D หรือ 3D แต่สำหรับในเกม 2D นั้นจะถูกแสดงผมออกมาแค่แกน X และแกน Y เท่านั้นจะไม่มีความลึกของแกน Z ด้วย ผู้พัฒนายังสามารถทำ นอกจากนี้ยังมีแอปพลิเคชันบนมือถือ Unity Remote สำหรับนักพัฒนาที่ต้องการพัฒนาเกมบนมือถือทั้ง Android และ IOS โดยที่แอปพลิเคชันจะสามารถให้นักพัฒนารันเกมของตนเองผ่านมือถือได้โดยตรง โดยที่ยังไม่ต้องลงเกมผ่านมือถือเลย

โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ Game engine นี้ในการพัฒนาเกมแอปพลิเคชันเนื่องจากง่ายต่อการพัฒนา ฟังก์ชันในการทำงานพร้อมและยังมีข้อมูลต่างๆมากมายที่สามารถช่วยพัฒนาเกมได้ดียิ่งขึ้น

2.2 Malware & DDOS

2.2.1 Malware “Malicious Software” หมายถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทุกชนิด ที่มีจุดประสงค์ร้ายต่อระบบคอมพิวเตอร์และเครือข่าย โดยจะเข้ามาบุกรุกเครื่องคอมพิวเตอร์ของเรา โดยที่เราไม่รู้ตัวและสร้างความเสียหายให้กับระบบคอมพิวเตอร์และเครือข่าย นั้นๆ นอกจากนั้นแล้ว ถ้ามีโอกาสก็จะทำการแทรกตัวเข้าไประบาดในระบบคอมพิวเตอร์ของเครื่องอื่นๆ และระบบเครือข่าย สาเหตุดังกล่าวอาจจะเกิดจากการนำเอาอุปกรณ์จำพวก ดิสก์ หรือ แฟลชไดร์ที่ติดไวรัสจากเครื่องหนึ่ง เอาไปใช้งานในอีกเครื่องหนึ่ง อาจจะผ่านระบบเครือข่ายหรือระบบสื่อสารข้อมูล ก็ถือว่าเป็นสาเหตุที่ทำ ให้ไวรัสแพร่ระบาดได้เช่นกัน

2.2.2 DDOS denial-of-service attack เป็นการโจมตีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการเครื่องหนึ่งหรือหลายเครื่องผ่านการระดมการร้องขอเข้าไปที่ระบบนั้นๆ ทำให้ไม่สามารถให้บริการได้ตามปกติ โดยที่ผู้โจมตีส่วนมากจะส่ง Botnet เข้าไปในคอมพิวเตอร์เป้าหมายซึ่งจะกลายสภาพคอมพิวเตอร์เป้าหมายเป็นซอมบี้เพื่อช่วยให้ผู้โจมตีมีสิทธิในการเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าต่างๆ ลักลอบการใช้งาน ควบคุม และแพร่กระจาย Botnetไปยังเครื่องอื่นๆ ส่งผลให้ผู้โจมตีมีทรัพยากรมากพอในการโจมตีคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการต่างๆ เป็นต้น

3. การออกแบบและพัฒนาเกมแอปพลิเคชัน

3.1 คำอธิบายแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันเกมจัดการการสร้างและการป้องกันระบบเครือข่ายบนมือถือเป็นเกมในรูปแบบ 2 Dimensional [1] ซึ่งเกี่ยวกับการวางระบบเครือข่ายเพื่อขยายเครือข่ายตามเป้าหมายและป้องกันมัลแวร์ต่างๆที่เข้ามาโจมตีระบบ จุดประสงค์เพื่อให้ผู้เล่นได้เรียนรู้อุปกรณ์ภายในระบบเครือข่ายเบื้องต้นและพฤติกรรมการโจมตีเครือข่ายของมัลแวร์ประเภทต่างๆ

1) สำหรับหัวข้อความรู้ที่เป็นเป้าหมายหลักในการที่จะให้ผู้ใช้ได้เรียนรู้ภายในเกมประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานภายในเครือข่าย ภายในเกมจะมีการสร้างเครือข่ายระบบ ซึ่งผู้ใช้จะต้องสร้างตามเป้าหมายตามที่เกมกำหนดให้ ในแต่ละรอบโดยอุปกรณ์ต่างๆภายในเครือข่ายจะมีหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกันตามชนิด

และคุณภาพของอุปกรณ์ซึ่งความสามารถของอุปกรณ์ภายในเกมจะอิงจากลักษณะการทำงานจริงของอุปกรณ์ดังกล่าว

2) พฤติกรรมการโจมตีของมัลแวร์ซึ่งเป็นศัตรูหลักในการขัดขวางผู้เล่นส่งผลให้ผู้เล่นสร้างเครือข่ายได้ช้าและเมื่อผู้ใช้ทำตามเป้าหมายที่กำหนดไม่ทันกำหนดการ(จำนวนรอบที่กำหนด) ผู้เล่นจะเป็นฝ่ายแพ้ซึ่งการโจมตีของมัลแวร์นั้นจะแตกต่างกันตามแต่ละประเภท โดยอิงจากพฤติกรรมของมัลแวร์จริงๆที่เกิดขึ้นภายในระบบเครือข่ายรวมไปถึงการตรวจจับและการกำจัดด้วย

3) คำศัพท์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายโดยภายในเกมความสามารถต่างๆที่อุปกรณ์สามารถทำได้นั้นประกอบไปด้วยศัพท์เทคนิคต่างๆซึ่งใช้ในเครือข่ายเช่น คำสั่ง ping เป็นต้น ซึ่งตัวเกมจะอธิบายให้ผู้ใช้เข้าใจรายละเอียดคำศัพท์ต่างๆด้วย

การสร้างระบบเครือข่ายนั้นเป็นส่วนการเล่นหลักของผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถสร้างสิ่งก่อสร้างต่างๆได้อย่างอิสระเพื่อบรรลุเป้าหมายของเกม

สำหรับการสร้างระบบเครือข่ายภายในเกมนั้นจะมีสิ่งก่อสร้าง 4 ประเภท คือ

1) Computer & Server อุปกรณ์ปลายทางสำหรับผู้ใช้ เช่น PC และเครื่อง Server ซึ่งอุปกรณ์ประเภทนี้จะเป็นสิ่งก่อสร้างหลักที่สร้างรายได้ (money) ภายในเกม

2) Router & switch สิ่งที่ก่อสร้างสำหรับการเชื่อมต่อกับภายนอกเครือข่าย (Router) และการจัดสรรการทำงานภายในเครือข่าย (switch) อุปกรณ์ประเภทนี้สามารถอัพเกรดขยายหรือป้องกันการโจมตีระบบในรูปแบบต่างๆได้

3) Wire สิ่งที่ก่อสร้างสำหรับการเชื่อมต่อต่างๆ ภายในระบบเครือข่าย ซึ่งจะมีหลากหลายรูปแบบโดยแต่ละแบบนั้นจะส่งผล

3.2 Use case diagram

รูปที่ 1 Use case diagram

3.3 ระบบการเล่นหลัก

การสร้างระบบเครือข่ายนั้นเป็นส่วนการเล่นหลักของผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถสร้างเครือข่ายและ อุปกรณ์ต่างๆเพื่อบรรลุเป้าหมายของเกม

สำหรับการสร้างระบบเครือข่ายภายในเกมนั้นจะมีอุปกรณ์ 4 ประเภท คือ

1) Computer & Server อุปกรณ์ปลายทางสำหรับผู้ใช้ เช่น PC และเครื่อง Server ซึ่งอุปกรณ์ประเภทนี้จะเป็นอุปกรณ์หลักที่สร้างรายได้ (money) ภายในเกม
2) Router & switch อุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อกับภายนอกเครือข่าย (Router) และการจัดสรรการทำงานภายในเครือข่าย (switch) อุปกรณ์ประเภทนี้สามารถอัพเกรดขยายหรือป้องกันการโจมตีระบบในรูปแบบต่างๆได้
3) Wire อุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อต่างๆภายในระบบเครือข่าย ซึ่งจะมีหลากหลายรูปแบบโดยแต่ละแบบนั้นจะส่งผลต่อค่าความเร็วได้การเชื่อมต่อซึ่งมีผลต่อการสร้างรายได้ภายในเกม
4) Security อุปกรณ์สำหรับการป้องกันต่างๆโดยสิ่งที่สร้างดังกล่าวจะต้องสร้างบริเวณจุดเฉพาะที่เกมกำหนดไว้เท่านั้น ซึ่งผู้ใช้อาจจะต้องสร้างสิ่งก่อสร้างแบบอื่นก่อน สิ่งก่อสร้างประเภทนี้สามารถใช้ป้องกันมัลแวร์ที่โจมตีระบบได้ แต่จะต้องสร้างให้ถูกต้องตามประเภทมัลแวร์ที่ต้องการจะป้องกัน

การป้องกันระบบเครือข่ายนั้นผู้ใช้จำเป็นจะต้องสร้างสิ่งก่อสร้างประเภทความปลอดภัยเพื่อป้องกันการโจมตีประเภทต่างๆ ซึ่งนอกจากการสร้างสิ่งก่อสร้างประเภทความปลอดภัยแล้วผู้ใช้ยังสามารถอัพเกรดสิ่งก่อสร้าประเภทอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันได้อีกด้วย

4. สรุป

โครงงานนี้มุ่งเน้นไปที่การออกแบบเกมให้มีความน่าสนใจและสามารถถ่ายทอดความรู้ทางด้านการป้องกันเครือข่ายให้กับผู้เล่น โดยการแสดงพฤติกรรมการโจมตีของ ภัยคุกคามเครือข่ายประเภทต่างๆ ออกมาในรูปแบบเกมที่ผู้เล่นจะต้องมีการวางแผนเพื่อรับมือและแก้ปัญหา ทำให้สามารถที่จะเข้าใจพฤติกรรมหรือรูปแบบการโจมตีของภัยคุกคามต่างๆ ได้ง่ายขึ้นและยังสร้างความสนุกเพลิดเพลินอีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สามารถจัดทำขึ้นมาอย่างสำเร็จลุล่วงได้เนื่องด้วยการช่วยเหลือและการให้คำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วิบูลย์ พร้อมพานิชย์ ที่คอยแนะนำ สอบถามความคืบหน้า เอาใจใส่ดูแลคอยให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีในทุกๆเรื่อง ซึ่งทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอาจารย์วิบูลย์เป็นอย่างสูง นอกเหนือจากนี้คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมวิชาความรู้ต่างๆ ในการจัดทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ คณะผู้จัดทำได้ใช้ความรู้ในหลากหลายสาขาวิชา นำความรู้ที่อาจารย์ทั้งหลายได้สั่งสอนมาบูรณาการจนทำเป็นปริญญานิพนธ์เล่มนี้ได้จนสำเร็จ ซึ่งคณะผู้จัดทำมีความซาบซึ้งและสำนึกในบุญคุณเป็นอย่างมาก ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่อยู่กันมา เป็นเพื่อน เป็นพี่ เป็นน้อง ให้คำปรึกษากันมา และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการทางด้านเน็ตเวิร์คที่เป็นสถานที่ทำงานตลอดการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ท้ายสุดนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่ได้ให้กำลังใจและมีส่วนช่วยเหลือให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Unity Technologies. 2557.2D Game Development Walkthrough. [Online]. Available: https://unity3d.com/learn/tutorials/topics/2d-game-creation/2d-game-development-walkthrough?playlist=17093

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

โปรแกรมช่วยในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี

Software for Installation of Cutting Tool on CNC Turning

จตุพร ใจดำรงค์[1*] และ บรรเลง คำเกตุ[2]

[1,2]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000 โทรศัพท์ 081-3119507 E-mail: jatuporn1974@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีดของเครื่องกลึงซีเอ็นซี โปรแกรมพัฒนาขึ้นด้วยวิชวลเบสิก 6.0 ด้วยวิธีการแบบไปข้างหน้า การทำงานของโปรแกรมประกอบด้วยสามส่วน คือ ส่วนรับข้อมูล ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลการติดตั้ง ผลการทดลองกับการทำงานจำนวน 15 กรณีพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีดมีจำนวนช่องในการหมุนเปลี่ยนเครื่องมือตัดน้อยกว่าวิธีการแบบสุ่มเท่ากับ 51.46 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เครื่องกลึงซีเอ็นซี, เครื่องมือตัด, การติดตั้ง

Abstract

This research aims to develop a software to determine where to position install the cutting tools on the turret of CNC turning. Applications developed with Visual Basic 6.0 by a forward method. The work program consists of three parts: data input, data processing and display panels. The results of the work of the 15 cases were found. The program was developed to determine where to install the cutting tool on the turret that the number of slots to rotate the cutting tool less than random method was 50.77 percents.

Keywords: cnc turning, cutting tool, installation

1. บทนำ

การผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) ช่วยให้การทำงานมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดความผิดพลาดในการผลิตอันเนื่องมาจากคนงานได้อีกด้วย สำหรับเครื่องกลึงซีเอ็นซี (CNC Turning) สำหรับการทำงานด้วยเครื่องมือตัดจำนวนมากด้วยชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติ (Tool turret) ซึ่งช่วยลดเวลาเปลี่ยนเครื่องมือตัด แต่ในการทำงานก็ยังคงมีความสูญเปล่าอันเนื่องมาจากจำนวนครั้งในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด เส้นทางเดินของเครื่องมือตัดและลำดับขั้นตอนในการทำงานของชิ้นงานอีกด้วย

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานด้วยเครื่องซีเอ็นซีเพื่อลดเวลาสูญเปล่าพบว่าในการทำงานด้วยเครื่องมือตัดจำนวนมากเมื่อมีการเปลี่ยนเครื่องมือตัดแบบอัตโนมัติเพื่อช่วยลดเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดก็ยังคงมีเวลาสูญเปล่าอันเนื่องมาจากรูปแบบเส้นทางเดินของเครื่องมือตัดที่มีรูปแบบแตกต่างกันซึ่งทำให้เกิดเวลาเดินกัดชิ้นงานในอากาศโดย Kenneth Castelino, et al. [1] ได้ทำการออกแบบวิธีการสร้างเส้นทางเดินเครื่องมือเพื่อลดระยะเส้นทางเดินของเครื่องมือในช่วงที่ไม่มีการกัดชิ้นงานหรือเรียกว่าเวลาเดินในอากาศเพื่อให้มีเวลารวมในการกัดชิ้นงานน้อยที่สุด และการจัดลำดับขั้นตอนในการทำงานของชิ้นงานโดยการใช้เครื่องมือตัดที่มีลักษณะแตกต่างกันอีกด้วย สำหรับ M. Selim Akturk, et al. [2] ได้ทำการพัฒนากระบวนการจัดลำดับการทำงานของชิ้นงานบนเครื่องจักรเครื่องเดียวด้วยวิธีการจัดเรียงงานที่ใช้เวลาน้อยไปหามาก A. Gjelaj, J. Balic and M. Ficko [3] ทำการออกแบบวิธีการทำงานกับเครื่องซีเอ็นซี โดยพิจารณาปัจจัยในการเลือกใช้สองประการ คือ ประการแรกเป็นเวลาน้อยที่สุดของการเรียกใช้เครื่องมือตัดที่ติดตั้งในชุดเก็บหรือป้อมมีดด้วยโดยพิจารณาถึงมุมหมุนในการติดตั้งเครื่องมือตัดของชุดจัดเก็บเครื่องมือตัด (Tool Magazine) ประการที่สองเป็นรูปทรงของเครื่องมือตัดที่เหมาะสมกับการทำงานกับชิ้นงานรูปทรงต่างๆ โดยนำวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) มาช่วยในการค้นหาค่าสภาวะในการทำงานที่เหมาะสมอีกด้วย นอกจากนี้ E. Niemi [4] ได้พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์จำนวนเต็มเชิงเส้นแบบผสมสำหรับการติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีดแบบหมุนซึ่งเป็นแบบที่ไม่มีการเรียกเครื่องมือตัดกลับมาทำงานซ้ำ

งานวิจัยนี้ขอนำเสนอโปรแกรมวิชวลเบสิก 6.0 เพื่อช่วยกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีดของเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้วยวิธีการแบบเฟสไปข้างหน้าซึ่งแสดงในหัวข้อที่ 2 และหลักการติดตั้งเครื่องมือตัดในหัวข้อที่ 3 สำหรับการทำงานของโปรแกรมและผลการทดลองการทำงานของโปรแกรมจะแสดงในหัวข้อที่ 4 และ 5 ตามลำดับ สุดท้ายหัวข้อที่ 6 เป็นส่วนสรุปผลการวิจัย

2. วิธีการแบบไปข้างหน้า (Forward method)

ปารเมศ ชุติมา [5] ได้อ้างอิงถึงวิธีการแบบไปข้างหน้า (Forward method) โดยเริ่มต้นจัดลำดับการติดตั้งชิ้นงานตามลำดับการทำงานของเครื่องมือตัดเป็นรูปแบบเริ่มต้น ดำเนินการสลับตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดไปที่ละคู่ จนกระทั่งถึงตำแหน่งที่ N = n เมื่อกำหนดให้ N แทนลำดับที่ในการติดตั้ง เมื่อ N = 1 หมายถึงตำแหน่งแรกของตาราง และ N = n หมายถึงตำแหน่งสุดท้ายในตาราง และ k หมายถึงค่าความล้าหลัง (Lag) เชิงตำแหน่งระหว่าง 2 งานที่ซึ่งอยู่ในลำดับของการแลกเปลี่ยนตำแหน่ง ซึ่งกันและกัน เช่น งานที่อยู่ในตำแหน่งที่ 1 และ 4 จะมีค่าความล้าหลัง k = 3 เป็นต้น สำหรับแบบไปข้างหน้ามีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดให้ค่าความล้าหลัง k = n - 1
2. กำหนดให้ตำแหน่งของงาน j = k + 1
3. หาค่าของเป้าหมายที่เกิดขึ้นจากการแลกเปลี่ยนตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องมือตัด 2 ตำแหน่งที่อยู่ในลำดับงานที่ดีที่สุดในปัจจุบัน ซึ่งมีค่าความล้าหลังเท่ากับ k โดยงานที่อยู่ในตำแหน่ง j จะแลกเปลี่ยนตำแหน่งกับ งานที่อยู่ในตำแหน่ง j – k (ถ้า j – k มีค่าเป็นศูนย์) หรือลบให้ไปทำในขั้นที่ 6 คำนวณค่าเป้าหมายใหม่หลังจากการแลกเปลี่ยนตำแหน่ง แล้วเปรียบเทียบค่าเป้าหมายที่เกิดขึ้นใหม่กับค่าเป้าหมายปัจจุบันของตำแหน่งเครื่องมือตัด
4. ถ้าค่าเป้าหมายที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 เป็นศูนย์หรือมีค่าบวก ให้ไปทำต่อในขั้นตอนที่ 5 แต่ถ้าค่าเป้าหมายมีค่าเป็นลบ ให้ยกเลิกการแลกเปลี่ยนตำแหน่งดังกล่าวนี้ แล้วเพิ่มค่า j ขึ้น 1 ให้ (j = j + 1) ถ้า j น้อยกว่าหรือเท่ากับ n ให้ไปทำต่อในขั้นตอนที่ 3 หรือถ้าไม่ใช่ก็ให้ไปทำต่อในขั้นตอนที่ 6
5. ถ้าค่าเป้าหมายโดยรวมมีค่าลดลง พบว่าการสลับเปลี่ยนตำแหน่งเช่นนี้ก็จะเป็นสิ่งที่ยอมรับได้

ดังนั้นจึงกำหนดให้ทำการสลับตำแหน่ง แล้วดำเนินการปรับปรุงตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดที่ให้ค่าเป้าหมายที่ดีสุดเสียใหม่ และให้กลับไปทำในขั้นตอนที่ 1 อีกครั้ง ถึงแม้ว่าค่าเป้าหมายจะมีค่าเท่ากับศูนย์ก็ให้ทำการแลกเปลี่ยนตำแหน่งเช่นเดิม ยกเว้นกรณีที่เซตของงานที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนนี้ได้ถูกตรวจสอบพบว่ามีการแลกเปลี่ยนแล้วในตอนต้นของแบบไปข้างหน้า กรณีนี้จะไม่มีการแลกเปลี่ยนตำแหน่ง ต่อจากนี้ให้เพิ่มค่า j ขึ้นไปอีก 1 แต่ถ้า j น้อยกว่า n ให้ไปทำในขั้นตอนที่ 3 แต่ถ้า j = n ให้ไปทำในขั้นตอนที่ 6

6. ลดค่า k ลง 1 แต่ถ้าค่า k > 0 ให้ไปทำในขั้นตอนที่ 2 แต่ถ้า k = 0 ให้ไปทำในขั้นตอนที่ 7
7. ลำดับชิ้นงานที่ได้จะเป็นลำดับที่มีค่าเป้าหมายดีที่สุดจากวิธีการแบบไปข้างหน้า

3. การติดตั้งเครื่องมือตัด

การผลิตชิ้นงานบนเครื่องกลึงซีเอ็นซีจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนขั้นตอนการทำงานกับชิ้นงาน ซึ่งประกอบด้วยการกำหนดลักษณะการทำงาน เครื่องมือตัด และสภาวะในการตัดเฉือนชิ้นงาน ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยแสดงลำดับในการทำงานของเครื่องมือตัดดังนี้ คือ 1, 2, 3, 5, 4 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการวางแผนขั้นตอนการทำงาน

ลำดับ	การทำงาน	หมายเลขเครื่องมือตัด
1	กลึงปอกนอก	1
2	เซาะร่อง	2
3	กลึงเกลียวนอก	3
4	เจาะรูนำศูนย์	5
5	เจาะรู	4
6	ตัดชิ้นงาน	2

สำหรับการกำหนดตำแหน่งในติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีดของเครื่องกลึงซีเอ็นซีซึ่งมีตำแหน่งหรือจำนวนช่องในการติดตั้งเครื่องมือแตกต่างกันไปตามยี่ห้อหรือรุ่น เช่น 12, 16, 18 หรือ 24 ตำแหน่ง การกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งที่เหมาะสมจะช่วยลดเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดซึ่งต้องมีการหมุนเปลี่ยนเครื่องมือตัดที่ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งต่างๆบนป้อมมีดกลึง ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ลักษณะป้อมมีดของเครื่องกลึงซีเอ็นซี

4. การทำงานของโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมซึ่งพัฒนาด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิก 6.0 (Visual Basic 6.0) ช่วยในการกำหนดตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีดกลึง (Tool turret) ของเครื่องกลึงซีเอ็นซี แบ่งออกเป็นสามส่วนด้วยกัน คือ ส่วนรับข้อมูล ส่วนประมวลผลข้อมูล และสุดท้ายเป็นส่วนแสดงผลตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือตัด

4.1 ส่วนรับข้อมูล

การทำงานของโปรแกรมขั้นตอนแรกเป็นส่วนของการรับข้อมูล โดยกำหนดให้ผู้ใช้งานบันทึกข้อมูลลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือตัดสำหรับการผลิตชิ้นงานกลึงลงในแฟ้มงานซึ่งกำหนดลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด คือ 1, 2, 3, 5, 4 และ 2 ตามลำดับ กำหนดค่าจำนวนช่องของป้อมมีดกลึงใต้ข้อความ “Magazine” ดังแสดงในรูปที่ 2 จำนวนช่องสำหรับติดตั้งเครื่องมือตัดจำนวน 8 ช่อง โปรแกรมสามารถแสดงข้อมูลของแฟ้มงานดังแสดงในรูปที่ 3 โดยการเลือกแฟ้มงานที่บรรจุข้อมูลและกดปุ่ม “แสดงข้อมูล”

รูปที่ 2 ข้อมูลขั้นตอนการทำงานเครื่องมือตัด

รูปที่ 3 การแสดงข้อมูลการทำงานของเครื่องมือตัด

4.2 ส่วนประมวลผลข้อมูล

ส่วนประมวลผลข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลลำดับการทำงานของเครื่องมือตัด คือ 1, 2, 3, 5, 4 และ 2 ตามลำดับ และจำนวนช่องติดตั้งเครื่องมือตัดของป้อมมีดจำนวน 8 ช่องการจัดลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือตัดเป็นรูปแบบเบื้องต้นดังนี้ คือ 1, 2, 3, 5 และ 4 ตามลำดับ โดยเป็นการจัดเรียงเครื่องมือตัดตามลำดับการทำงานและตัดรายการเครื่องมือตัดที่ทำงานซ้ำกันออกไป

การค้นหาตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีดกลึงด้วยวิธีการแบบไปข้างหน้าที่มีค่าเป้าหมายหรือจำนวนช่องในการหมุนเปลี่ยนเครื่องมือตัดน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2 มีจำนวนในการหมุนป้อมมีดเปลี่ยนเครื่องมือตัดรวมเท่ากับ 1 + 1 + 1 + 1 + 3 = 7 ช่อง เมื่อป้อมมีดเครื่องกลึงมีรูปแบบการหมุนในทิศทางที่มีจำนวนช่องน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ผลการทดลองหมุนเปลี่ยนเครื่องมือตัด

ตำแหน่งป้อมมีด	1	2	3	4	5	6	7	8
มีดตัด	1	2	3	5	4	0	0	0

4.3 ส่วนแสดงผล

เมื่อกดปุ่ม “การติดตั้งเครื่องมือ” โปรแกรมจะทำการประมวลผลหาตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือและแสดงผลข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4 แสดงรูปแบบการติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีดของเครื่องกลึงซีเอ็นซี โดยมีการติดตั้งเครื่องมือตัดโดยเรียงลำดับต่อเนื่องกันดังนี้คือ 1, 2, 3, 5 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งการติดตั้งรูปแบบนี้มีจำนวนช่องในการหมุนรวมเท่ากับ 7 ช่อง

รูปที่ 4 ผลการทำงานของโปรแกรม

5. การทดลองและผล

การทดลองติดตั้งเครื่องมือตัดสำหรับการผลิตชิ้นงานจำนวน 15 กรณีศึกษา โดยการเปรียบเทียบวิธีการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดจำนวน 2 รูปแบบ คือ แบบสุ่ม (RANDOM) และแบบไปข้างหน้า (FORWARD) พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดได้และโดยมีจำนวนช่องในการหมุนน้อยกว่าการติดตั้งแบบสุ่มดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองหมุนเปลี่ยนเครื่องมือตัด

กรณีทดลอง	จำนวนตำแหน่งป้อมมีด	จำนวนช่องหมุนเปลี่ยนเครื่องมือตัด	
		แบบสุ่ม	แบบไปข้างหน้า
1	8	16	9
2	8	6	4
3	8	12	7
4	8	10	6
5	8	18	8
6	12	31	10
7	12	42	28
8	12	36	17
9	12	41	22
10	12	35	22
11	16	49	20
12	16	75	42
13	16	68	36
14	16	82	30
15	16	78	22
รวม		583	283

6. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดบนป้อมมีดของเครื่องกลึงซีเอ็นซี โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยวิธีการแบบไปข้างหน้า โดยมีลักษณะการทำงานของโปรแกรมประกอบด้วยสามส่วน คือ ส่วนรับข้อมูล ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผล ผลการทดลองพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นช่วยในการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือตัดโดยมีจำนวนช่องในการหมุนเปลี่ยนเครื่องมือตัดน้อยกว่าวิธีการแบบสุ่มเท่ากับ ((583 - 283) / 583) x 100 = 51.46 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีประโยชน์ช่วยลดเวลาในการหมุนเปลี่ยนเครื่องมือตัดในการทำงานบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับทุนสนับสนุนการทำวิจัยด้วยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2560 และ ร้านธีระการช่าง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

เอกสารอ้างอิง

[1] Kenneth Castelino, Roshan D' Souza and Paul K. Wright. 2004. Tool-path Optimization for Minimization Airtime during Machining. Mechanical Engineering Dept., University of California at Berkeley, Berkeley, California, USA Journal of Manufacturing Systems; DOI: 10.1016/S0278-6125(03)90018-5

[2] M. Selim Akturk, et al. 2004. Scheduling with tool changes to minimize total completion time: Basic results and SPT performance. European Journal of Operational Research, 157: 784–790.

[3] A. Gjelaj, J. Balic and M. Ficko. 2013. Intelligent optimal tool selections for cnc programming of machine tools. UDC 621.9.02:658.5.018.2 Transations of Famena, XXXVII-3: 559-574.

[4] E. Niemi. 2003. Optimal tool magazineoperation. Part 1: Rotating magazines with unbuffered tool change. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 22: 720-726.

[5] ปารเมศ ชุติมา. การประยุกต์เทคนิคการจัดตารางในอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การสร้างเครื่องย้อมสีแบคทีเรียแบบอัตโนมัติ

The Construction Bacteria Staining Machines Automatic

ปองพล แสนสอน

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042211040 ต่อ 1510 E-mail: pongpon2000@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ การสร้างเครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติ เพื่อช่วยลดขั้นตอนและความผิดพลาดการย้อมสีแบคทีเรียโดยวิธีการปกติ ระบบประกอบด้วย ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ pic18f8722 ชุดคำสั่งควบคุมการทำงาน และระบบกลไกสำหรับการย้อมแบคทีเรีย ผลการวิจัยพบว่า 1) การเคลื่อนที่ของชุดกล่องใส่แผ่นสไลด์ทำงานได้ที่ระยะ 8.8 17.5 และ26.5 เซนติเมตรอย่างถูกต้อง การหน่วงเวลาที่ 1 นาที และ 30 วินาทีทำงานได้อย่างถูกต้อง 2) เครื่องย้อมสีแบคทีเรียมีคุณภาพอยู่ในระดับดี($\bar{X} = 4.32$) และ 3) ความพึงพอใจผู้ใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.28$) และทำให้การย้อมสะดวกมากขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$)ดังนั้นระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: เครื่องย้อมสีแบคทีเรีย, แบคทีเรีย, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This paper the construction bacteria staining machines automatic. Reduce operational procedures and error in the stained bacteria by normal method. The systems are consisted of a microcontroller pic18f8722, instruction program and mechatronics system for bacteria staining system. The research results found that 1) the sliding box can move to 8.8, 17.5 and 26.5 cm. time delay as 1 minute and 30 seconds is precisely. 2) the bacteria staining machines automatic the quality was is at a more level ($\bar{X} = 4.32$). And 3) users' satisfaction with the bacteria staining machines automatic was at a more level ($\bar{X} = 4.28$) and more convenient ($\bar{X} = 4.57$). so the system can work well according to the objectives set.

Keywords: Bacteria Staining Machines, bacteria, microcontroller

1. บทนำ

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เมื่อเข้าสู่ร่างกายมนุษย์สามารถทำให้เกิดโรคได้ การแยกประเภทของแบคทีเรียจะทำให้สามารถทราบชนิดได้ และรักษาได้อย่างถูกต้อง วิธีการแยกประเภทจะใช้วิธีการย้อมสีแบคทีเรียซึ่งจะทำให้มองเห็นรูปร่างชนิดของแบคทีเรียได้ดียิ่งขึ้น ขั้นตอนการย้อมสีแบคทีเรีย 1. เตรียม สไลด์สำหรับการย้อม 2. ทิ้งไว้ในอากาศให้แห้ง 3. Fix slide ด้วยเปลวไฟโดยหงายด้านที่มีเชื้อขึ้น 4. หยดสารละลาย crystral violet จนท่วมสไลด์ ทิ้งไว้ 1 นาทีแล้วล้างออกด้วยน้ำ 5. หยดสารละลายไอโอดีน จนท่วมสไลด์ ทิ้งไว้ 1 นาทีแล้วล้างออก 6. ล้างออกโดยค่อยๆ หยด 95 % Ethanal เอียงสไลด์ไปมาจนกระทั่งสีน้ำเงินเริ่มจางแล้วจึงรีบล้างออกด้วยน้ำ 7. หยด safranin ให้ท่วมทิ้งไว้ 30 วินาทีแล้วล้างออกด้วยน้ำ ซับน้ำด้วยกระดาษหรือผ้าและทิ้งไว้ให้แห้ง 8. ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์[1,2] ในปัจจุบันจะใช้เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทำหน้าที่ย้อม ทำให้มีข้อผิดพลาดในเรื่อง ของเวลา, การลัดขั้นตอน จึงทำให้การสังเกตรูปร่าง ขนาด การเรียงตัวของเซลล์แบคทีเรียได้ไม่ชัดเจน ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าง ทางคณะผู้จัดทำจึงสร้างเครื่องย้อมสีแบคทีเรียแบบอัตโนมัติ ขึ้นเพื่อที่จะลดปัญหาดังกล่าว

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อสร้าง เครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติ (Bacteria Staining Machines)

2.2 เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้ดำเนินงานได้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาข้อมูลและการสร้างเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย
2) เครื่องมือในการวิจัย
3) กลุ่มตัวอย่างและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลและการสร้างเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย

เครื่องย้อมสีแบคทีเรียจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลโดยการสอบถามขั้นตอนการทำงานจากผู้ปฏิบัติงานในการย้อมสีแบคทีเรีย และนำมาออกแบบสร้างโดยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนการสำรวจระบบ เป็นขั้นตอนการศึกษาวิธีการย้อมสีปกติ จากผู้ทำหน้าที่ปฏิบัติการ

3.1.2 ขั้นการวิเคราะห์ระบบ เป็นขั้นตอนการนำวิธีการย้อมที่ได้ศึกษามาวิเคราะห์ขอบเขตเพื่อกำหนดวิธีการควบคุมการย้อมสีแบคทีเรียแบบอัตโนมัติดังรูปที่ 1

3.1.3 ขั้นการออกแบบและพัฒนาระบบ เป็นขั้นตอนการออกแบบเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย ดังนี้ การออกแบบโครงสร้างและการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆดังรูปที่ 2 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ดังรูปที่ 3 และชุดคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานตามที่ออกแบบไว้ดังรูปที่ 4

3.1.4 การทดสอบและนำไปใช้ เป็นขั้นตอนการติดตั้งระบบและนำระบบมาทดสอบคุณภาพดังรูปที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3ท่าน และนำระบบไปใช้งาน

3.1.5 การประเมินผล เป็นขั้นตอนศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

รูปที่ 1 แผนภาพบล็อกการทำงาน

A – สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (แกนX) F – ถาดใส่สไลด์
B – สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (แกนZ) G – มือจับถาดใส่สไลด์
C – สายพาน (แกนX) H – ถาดใส่สีแบคทีเรีย
D – พานสายพาน (แกนZ) I – โครงอลูมิเนียมโปรไฟล์
E – เพลา 8 มิลลิเมตร ยาว 50 เซนติเมตร

รูปที่ 2 โครงสร้างเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย

รูปที่ 3 วงจรควบคุมเครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติ

3.2 เครื่องมือสำหรับการวิจัย

3.2.1 เครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติ

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพเครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติ โดยใช้สอบถามแบบ 5 ระดับ

3.3.3 แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติ โดยใช้สอบถามแบบ 5 ระดับ

3.3 กลุ่มตัวอย่างและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับในการวิจัยครั้งจะใช้กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญสำหรับประเมินคุณภาพเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย จำนวน 3 ท่าน และผู้ใช้งานที่เป็นผู้ปฏิบัติงานย้อมสีแบคทีเรียด้วยวิธีการปกติจำนวน 5 ท่าน และวิธีการประเมินจะใช้ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

รูปที่ 4 แผนผังการทำงานชุดคำสั่งเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย

รูปที่ 5 เครื่องย้อมสีแบคทีเรีย

สำหรับการสร้างเครื่องยอมสีแบคทีเรียเสร็จสมบูรณ์ดังรูปที่ 5 ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญในการทำงานดังนี้

ชุดเลื่อนในแนวแกน X (1) ทำหน้าที่เลื่อนชุดสไลด์(2) ที่ต้องการย้อมสี ชุดเลื่อนในแกน Z (3) จะทำการยกสไลด์ขึ้นและลงในตำแหน่งที่กล่องน้ำยาวางไว้(4) จำนวน 4 กล่องประกอบด้วย น้ำยาย้อม 2 กล่อง น้ำล้างน้ำยาจำนวน 1 กล่อง และกล่องเปล่า 1 กล่อง เพื่อรอระยะเวลาให้สไลด์แห้ง การควบคุมระยะเวลาในการย้อมผ่านชุดควบคุมการทำงาน(5)

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย

เป็นการทดลองเพื่อหาค่าความผิดพลาดของการเคลื่อนที่และช่วงเวลาของการแช่ชุดแผ่นสไลด์ในแต่ละขั้นตอน ดังรูปที่ 6 และ 7

รูปที่ 6 การเคลื่อนที่จากระยะที่ 2 3 และ 4

รูปที่ 7 เวลาที่ใช้ในการแช่สไลด์ในแต่ละจุด

4.2 ผลการประเมินคุณภาพของเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย

คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมินคุณภาพของเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) การทำงานของเครื่องย้อม 2) การ

ทำงานตามขั้นตอนที่กำหนดถูกต้อง และ 3) ความสวยงามของเครื่องย้อม [4] และนำผลมาคำนวณค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินคุณภาพเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย

หัวข้อการประเมินคุณภาพ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ความหมาย
1. การทำงานของเครื่องย้อม	4.28	0.48	เห็นด้วยมาก
2. การทำงานตามขั้นตอนที่กำหนดถูกต้อง	4.57	0.49	เห็นด้วยมากที่สุด
3. ความสวยงามของเครื่องย้อม	4.13	0.43	เห็นด้วยมาก
โดยรวม	4.32	0.46	เห็นด้วยมาก

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานของเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย

การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องย้อมสีแบคทีเรียโดยใช้ผู้ที่ทำหน้าที่ย้อมสีแบคทีเรียโดยวิธีปกติจำนวน 5 คนและนำผลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมินดังแสดงในตารางที่ 2 [5]

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย

หัวข้อประเมินความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ความหมาย
1. เครื่องย้อมสีแบคทีเรียทำให้การย้อมสะดวกมากขึ้น	4.56	0.69	มากที่สุด
2. เครื่องย้อมสีแบคทีเรียมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.26	0.89	มาก
3. ความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องย้อมสีแบคทีเรีย	4.00	0.72	มาก
4. เครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติมีความรวดเร็วในการใช้งาน	4.26	0.84	มาก
5. เครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติติดตั้งอุปกรณ์ในตำแหน่งที่เหมาะสม	4.36	0.65	มาก
6. เครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติมีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.26	0.82	มาก
7. เครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติมีความง่ายในการใช้งาน	4.28	0.72	มาก
โดยรวม	4.28	0.76	มาก

5. อภิปรายผล

สรุปผลการทดลองได้ว่า เครื่องย้อมสีแบคทีเรียควบคุมอัตโนมัติสามารถเลื่อนชุดสไลด์ไปยังตำแหน่งของสารเคมีที่ใช้ในการย้อมสีแบคทีเรีย และควบคุมการหน่วงเวลาในการย้อมได้อย่างถูกต้อง สำหรับการประเมินคุณภาพของเครื่องย้อมสีแบคทีเรียอัตโนมัติโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก เพื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า สามารถทำงานได้ตามขั้นตอนที่กำหนดถูกต้องโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 สำหรับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่าเครื่องย้อมสีแบคทีเรียมีความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าสามารถทำให้การทำงานสะดวกมากขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ดังนั้นเครื่องย้อมสีแบคทีเรียจึงสามารถทำได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และสามารถนำไปใช้งานได้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรพัฒนาระบบการขับเคลื่อนให้รวดเร็ว สามารถย้อมได้ปริมาณมากกว่าเดิม

6.2 พัฒนาโครงสร้างให้มีขนาดเล็กลง

6.3 พัฒนาให้ระบบสามารถทำการย้อมพร้อมกันได้เครื่องเดียวกัน

7. กิติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อินโนเวชั่นแล็บ จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ และเจ้าหน้าที่นักเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชบ้านดุง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ที่ให้ข้อมูลต่างๆ ในการสร้างเครื่องย้อมสีแบคทีเรียจนสำเร็จ

8. เอกสารอ้างอิง

[1] นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2550 มกราคม 6). วิธีการย้อมสีแกรม (Gram staining) . [ออนไลน์] http://www.foodnetwork- solution.com/wiki/word/1768/gram-staining-การย้อมแกรม.

[2] วิรุธน์ บัวงาม. (2552 มกราคม 2). เทคนิคการย้อมสีแบคทีเรีย. [ออนไลน์] http://www.13nr.org/posts/265302.

[3] อรวรรณ คาไซร้ และทิพวิมล ชมภูคา. การพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าด้วยเซ็นเซอร์. การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย 30-31 มีนาคม 2559 หน้าที่ 16 ถึง 21

[4] เมธี บุญแสนแผน และคณะ. การสร้างชุดควบคุมหน้าต่างบานเลื่อนเปิดปิดอัตโนมัติสำหรับห้องเก็บอุปกรณ์. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 8: 2559 “การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมอย่างยั่งยืนสู่โลกาภิวัตน์” จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย 15 ธันวาคม 2559 หน้าที่ 800 ถึง 810

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องต้นแบบสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่ายภาพฉาย

Prototype of 3D Model Reconstruction from Orthographic Projection Snapshot

ธนากรณ์ สิงห์พลงาม[1] ประเสริฐศักดิ์ เตียวงศ์สมบัติ[2] และ อินทวดี จันทร์ทักษิโณภาส[3]

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800 โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 6333

E-mail: tanakorn18@hotmail.com[1], prasertsak.t@cit.kmutnb.ac.th[2], inthawadee.c@cit.kmutnb.ac.th[3]

บทคัดย่อ

งานเขียนแบบเครื่องกลเป็นเครื่องมือสากลที่ใช้สื่อถึงรูปร่างและขนาดของวัตถุอย่างชัดเจนเพื่อใช้ในการผลิตชิ้นงานตามที่ต้องการ อย่างไรก็ตามแบบงาน 3 มิติจะสื่อภาพได้ชัดเจนและเข้าใจง่ายกว่าภาพฉาย โดยเฉพาะแก่ผู้ที่ไม่มีทักษะด้านเขียนแบบ หรือผู้ที่เริ่มศึกษาวิชาเขียนแบบวิศวกรรม โดยเหตุผลดังกล่าว เครื่องต้นแบบและอัลกอริทึมสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่ายภาพฉายจึงได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ที่ขาดทักษะ และช่วยลดภาระงานในการเขียนแบบซ้ำโดยใช้เพียงภาพถ่าย จากการทดสอบจากภาพถ่ายจำนวน 145 ภาพสำหรับรูปแบบงานเขียนแบบที่ต่างกัน ผลการทดลองสรุปได้ว่าประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ซึ่งสามารถสร้างภาพแบบจำลอง 3 มิติที่สมบูรณ์ได้ถึง 140 ภาพ (96.5%) ทั้งสภาวะแสงปกติไม่มีการจัดแสง และสภาวะที่มีเงาทาบผ่านงานเขียนแบบ

คำสำคัญ: ภาพฉาย, ภาพแบบจำลอง 3 มิติ, เขียนแบบวิศวกรรม, อุปกรณ์พกพา

Abstract

An engineering drawing is a standard tool for describing shape and dimension of an object for manufacturing purposes. However, a 3D model is easier to understand than an orthographic projection, specifically, for an apprentice or people who are not in this field. For that reasons, a prototype of 3D model reconstruction from an orthographic projection snapshot is developed. It offers more understanding to novice in engineering drawings and reduces the drafting time by just taking only a snapshot of a drawing. The purposed research was evaluated with 145 photos of various designs of engineering drawings. As a result, a very good performance has been achieved. In particular, it can reconstruct the complete 3D model of 140 photos (96.5%) in both normal uncontrolled lighting and shadow disturbing conditions.

Keywords: Orthographic projection, 3D model, Engineering drawings, Portable device

1. บทนำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานเขียนแบบเครื่องกลเป็นเครื่องมือสากลที่ใช้สื่อถึงรูปร่างและขนาดของวัตถุอย่างชัดเจนเพื่อใช้ในการผลิตชิ้นงานตามที่ต้องการ แบบงานมาตรฐานแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ แบบงาน 3 มิติ (3D model) และแบบงาน 2 มิติ แบบงาน 2 มิติหรือแบบภาพฉาย (orthographic projections) นั้นได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมมากกว่าแบบงาน 3 มิติ เนื่องจากทำได้ง่ายและต้นทุนต่ำกว่า อย่างไรก็ตามแบบงาน 3 มิติจะสื่อภาพได้ชัดเจนและเข้าใจง่ายกว่าภาพฉาย โดยเฉพาะแก่ผู้ที่ไม่มีทักษะด้านเขียนแบบ หรือผู้ที่เริ่มศึกษาวิชาเขียนแบบวิศวกรรมซึ่งเป็นวิชาพื้นฐานวิศวกรรม เนื่องจากบุคคลเหล่านี้ขาดทักษะความสามารถทางมิติสัมพันธ์ (spatial ability) และการหมุนภาพ (mental rotation) จึงไม่สามารถจินตนาการภาพระหว่างภาพฉายและภาพสามมิติได้อย่างแม่นยำ [1, 2]

วิธีการแปลงภาพฉายซึ่งเป็นภาพแบบ 2 มิติเป็นภาพแบบจำลอง 3 มิติได้มีการพัฒนาและนำเสนอหลากหลายรูปแบบ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก ๆ ตามจำนวนภาพที่ต้องการนำมาแปลง คือแบบ single view approach และแบบ multi view approach [3] วิธี single view approach ใช้การแปลงโดยอาศัยภาพฉายเพียง 1 ภาพร่วมกับป้ายกำกับ (label) ส่วนวิธีการ multi-view approach จะใช้ภาพฉายมากกว่า 1 ภาพในการแปลง การแปลงภาพฉายยังแบ่งตามเทคนิคที่ใช้ได้ 2 เทคนิค คือ เทคนิคแบบ bottom up หรือแบบจำลองโครงลวด (wireframe model) และ เทคนิคแบบ top down หรือแบบเรขาคณิตของทรงตันเชิงโครงสร้าง (constructive solid geometry) โดยทั่วไป อินพุตในการสร้างแบบจำลอง 3 มิตินั้นจะมาจากไฟล์ภาพฉายที่สร้างโดยโปรแกรมเขียนแบบ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า การสร้างแบบจำลอง 3 มิติในลักษณะนี้ ผู้ใช้สามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติได้ในทันที อย่างไรก็ตาม สำหรับอินพุตภาพฉายในลักษณะของ hard copy โปรแกรมเขียนแบบที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่สามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติขึ้นมาได้โดยตรง ผู้ใช้จำเป็นต้องทำการ

ลอกแบบใหม่เป็นไฟล์ดิจิตอลก่อน แล้วจึงสามารถสร้างแบบจำลองขึ้นมาได้ในขั้นตอนต่อไป แต่เนื่องจากการลอกแบบใหม่นั้น เป็นขั้นตอนที่ใช้เวลา ทักษะ และความชำนาญสูง ไม่เหมาะกับบุคคลทั่วไป หรือผู้ที่ขาดทักษะทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาเครื่องสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่ายภาพฉาย [4] ขึ้น เครื่องต้นแบบนี้เป็นเครื่องแบบพกพา ประมวลผลด้วยอุปกรณ์สมองกลฝังตัวขนาดเล็ก เช่น ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry pi) [5] หน้าจอแบบสัมผัส กล้องที่มีความคมชัดสูงเป็นเซนเซอร์ในการรับภาพ และอัลกอริทึมเฉพาะ [6] ที่ถูกพัฒนา ขึ้นด้วยภาษาไพธอน (Python) (www.python.org) และ OpenCV (Open Source Computer Vision library) [7, 8] งานวิจัยนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบเพื่อแปลงภาพฉายจากรูปภาพหรือกระดาษเขียนแบบเพื่อสร้างเป็นภาพแบบจำลองปฏิสัมพันธ์ 3 มิติ เพื่อสื่อภาพที่ชัดเจนให้บุคคลทั่วไปเข้าใจได้ง่าย แสดงบนหน้าจอแบบสัมผัส สามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยเสริมทักษะการเรียนรู้วิชาเขียนแบบวิศวกรรม และยังสามารถนำไฟล์ออก (export) ไปใช้กับโปรแกรมเขียนแบบเพื่อทำการปรับแก้โครงสร้าง อีกทั้งยังสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติได้อีกด้วย

2. กระบวนการแปลงภาพฉายเป็นภาพแบบจำลอง 3 มิติ

การสร้างภาพแบบจำลอง 3 มิติมีขั้นตอนโดยรวมดังรูปที่ 1 โดยเริ่มจากนำภาพฉายจากการถ่ายภาพ หรือไฟล์ภาพมาปรับแก้มุมมองของภาพถ่ายให้อยู่ในมุมมองที่สัดส่วนถูกต้อง (projective transformation) จากนั้นจึงทำการแบ่งภาพฉาย (segmentation) เป็นภาพด้านบน ด้านข้าง และด้านหน้า ค้นหาตำแหน่งของภาพฉายด้านต่างๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ของจุดต่างๆ ระหว่างภาพฉายในแต่ละมุมมอง (features extraction) และนำมาสร้างพิกัด 3 มิติ (3D coordinate extraction) ตามสัดส่วนจริงของภาพงานเขียนแบบ ทั้งนี้กระบวนการแปลงภาพถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษาไพธอนเป็นภาษาหลัก

รูปที่ 1 กระบวนการแปลงภาพฉายเป็นแบบจำลอง 3 มิติ

3. เครื่องต้นแบบเพื่อแปลงภาพฉายเป็นภาพแบบจำลอง 3 มิติ

เครื่องต้นแบบเพื่อแปลงภาพฉายเป็นภาพแบบจำลอง 3 มิติ ประกอบด้วย 3 ส่วนดังรูปที่ 2 แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

รูปที่ 2 เครื่องต้นแบบสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากรูปถ่ายภาพฉาย

1) กล้องถ่ายภาพความละเอียดสูง เป็นเซ็นเซอร์รับภาพฉายจากกระดาษเขียนแบบเพื่อเข้าสู่กระบวนการแปลงภาพ

2) Single-board computer เป็นตัวประมวลผลการทำงานทั้งหมด ติดตั้งอยู่บริเวณด้านหลังของหน้าจอแบบสัมผัส ภายในมีการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux และโปรแกรมสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่ายภาพฉายที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาไพธอน และ OpenCV ไว้

3) หน้าจอแสดงผลแบบสัมผัสหลายจุดขนาด 7 นิ้ว ใช้แสดงผลภาพถ่ายที่ได้จากกล้องภาพ และแสดงภาพแบบจำลอง 3 มิติ มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับเครื่องต้นแบบด้วยกราฟฟิก (Graphical User Interface: GUI) ผู้ใช้สามารถเลือกคำสั่งการทำงานผ่านปุ่มต่างๆ บนหน้าจอ และสามารถหมุนภาพแบบจำลองเพื่อดูแบบจำลอง 3 มิติในมุมต่างๆ ได้อีกด้วย

รูปที่ 3 หน้าจอแสดงผลของโปรแกรมสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพฉาย

รูปที่ 3 แสดงลักษณะหน้าจอการทำงานของโปรแกรมสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่ายภาพฉาย ส่วนประกอบหลักของหน้าจอ

แสดงการทำงานประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ (1) ส่วนแสดงภาพ : ประกอบด้วย 2 หน้าจอแสดงผล (แสดงภาพถ่าย และแสดงรูปภาพแบบจำลอง 3 มิติ) ผู้ใช้สามารถเลือกสลับไปมาได้ (2) แถบแสดงสถานะการทำงาน (status bar) และ (3) ปุ่มสั่งการทำงานต่างๆ เช่น Capture (ถ่ายภาพ) Convert to 3D (แปลงภาพถ่ายเป็นแบบจำลอง 3 มิติ) Export to igs/iges (สร้างไฟล์ igs/iges [9] สำหรับใช้กับโปรแกรมเขียนแบบและเครื่องพิมพ์ 3 มิติ) Convert to Wireframe (แสดงภาพแบบจำลองโครงลวด) และ Convert to Solid (แสดงภาพแบบทรงตัน) เป็นต้น

4. ผลการทดลอง

เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานในส่วนของความถูกต้องในการสร้างภาพแบบจำลอง 3 มิติของเครื่องต้นแบบ การทดลองถูกจัดทำขึ้นในสภาวะแสงทั่วไป ไม่มีการจัดแสง ภาพที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนทั้งหมด 145 ภาพ ประกอบไปด้วยภาพเขียนแบบที่ต่างกัน 29 แบบ แต่ละแบบถูกถ่ายภาพในลักษณะมุมมองต่างๆ กันออกไป แบบละ 5 ภาพ

รูปที่ 4 เป็นภาพตัวอย่างหน้าจอการทำงานจริงของโปรแกรมสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่ายภาพฉาย ขั้นตอนแรกเริ่มจากการถ่ายภาพด้วยปุ่ม Capture จากนั้นจึงทำการแปลงภาพโดยกดปุ่ม Convert to 3D ในขั้นตอนนี้ โปรแกรมจะทำการประมวลผล ปรับแก้มุมมองของภาพ (projective transformation) และทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมุมมองต่างๆ เพื่อสร้างพิกัด 3 มิติขึ้นมา ผลลัพธ์ที่ได้คือภาพจำลอง 3 มิติแบบโครงลวด ผู้ใช้สามารถเลือกลักษณะภาพจำลองเป็นแบบทรงตันได้ด้วยการเลือกคำสั่ง Convert to Solid และสามารถเปลี่ยนมุมมองกลับเป็นแบบโครงลวดได้ด้วยคำสั่ง Convert to Wireframe

ผลการทดลองจากการถ่ายภาพทั้งหมด 145 ภาพในสภาพแสงปกติ เครื่องต้นแบบสามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติที่สมบูรณ์ได้ทั้งหมด 140 ภาพ คิดเป็น 96.5% สะท้อนให้เห็นว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ในสภาวะที่มีแสงเงาทาบอยู่บนกระดาษ (รูปที่ 4) อย่างไรก็ตาม หากมีเงาทาบ หรือในสภาวะแสงที่น้อยเกินไป เครื่องต้นแบบนี้จะไม่สามารถสร้างภาพแบบจำลองออกมาได้อย่างสมบูรณ์ และหากภาพถ่ายภาพฉายขาดความสมบูรณ์ นั่นคือ ขาดองค์ประกอบของกรอบการถ่ายภาพที่กำหนดไว้ ผลลัพธ์ของภาพแบบจำลอง 3 มิติที่ได้ก็จะเกิดความผิดพลาดเช่นกัน รูปที่ 5 แสดงผลลัพธ์บางส่วนของการสร้างภาพแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่ายภาพฉายด้วยอัลกอริทึมที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้

รูปที่ 4 ตัวอย่างขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องต้นแบบ และโปรแกรมสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่ายภาพฉาย โดยอธิบายส่วนประกอบหลักของเครื่องต้นแบบ พร้อมทั้งอธิบายขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมสร้างแบบจำลอง 3 มิติที่พัฒนาขึ้นเองด้วยภาษาไพธอน และ OpenCV ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบจากการทดลองถ่ายภาพงานเขียนแบบจำนวนทั้งหมด 145 ภาพ (29 แบบๆ ละ 5 ภาพ) พบว่า อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างภาพแบบจำลอง 3 มิติที่สมบูรณ์ได้สูงถึง 140 ภาพ (96.5%) ทั้งสภาวะแสงปกติ ไม่มีการจัดแสง และสภาวะที่มีเงาทาบผ่านกระดาษเขียนแบบ

รูปที่ 5 ตัวอย่างผลลัพธ์ภาพแบบจำลอง 3 มิติจากรูปถ่ายภาพฉาย

เอกสารอ้างอิง

[1] Chih-Fu Wu, Ming-Chin Chiang, Effectiveness of applying 2D static depictions and 3D animations to orthographic views learning in graphical course, Computers & Education, Volume 63, April 2013, Pages 28-42, ISSN 0360-1315

[2] K. Kadam and S. Iyer, “Impact of Blender Based 3D Mental Rotation Ability Training on Engineering Drawing Skills,” 2015 IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies, Hualien, 2015, pp. 370-374.

[3] M. A. Fahiem, S. A. Haq and F. Saleemi, “A Review of 3D Reconstruction Techniques from 2D Orthographic Line Drawings,” Geometric Modeling and Imaging, 2007. GMAI '07, Zurich, 2007, pp. 60-66.

[4] ธนากรณ์ สิงห์พลงาม และประเสริฐศักดิ์ เตียวงศ์สมบัติ, อุปกรณ์อ่านภาพเขียนแบบเครื่องกลแบบพกพา, อนุสิทธิบัตร เลขที่ 10275, ออกให้ 20 ส.ค. 2558 – 29 เม.ย. 2564.

[5] G. Halfacree and E. Upton, Raspberry Pi User Guide, 3rd ed., Wiley, 2014.

[6] ธนากรณ์ สิงห์พลงาม และประเสริฐศักดิ์ เตียวงศ์สมบัติ, โปรแกรมสร้างภาพ 3 มิติ จากภาพเขียนแบบเครื่องกล 2 มิติ, ลิขสิทธิ์ เลขที่ ว1. 5407, ออกให้ 1 พ.ค. 2558.

[7] Itseez, The OpenCV Reference Manual ver.2.4.9.0, http://opencv.org, April, 2014.

[8] Itseez, Open Source Computer Vision Library, https://github.com/itseez/opencv, 2015.

[9] Kamrani, Ali K., and Emad Abouel Nasr, Rapid Prototyping: Theory and Practice, Springer, 2006.

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9
9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

แอปพลิเคชั่นระบบแอนดรอยด์เปิด-ปิดไฟฟ้าผ่านบลูทูธ

Android Application Turn off Electricity via Bluetooth

ลือชัย พรหมรัตน์รักษ์[1] อริษา ฟองนาที[1] กฤษณะ ภูมิดี[1] และจักรกฤษณ์ สีดาห้าว [1]
[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042 211040 ต่อ 1510 E-mail: luechai3086@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างแอปพลิเคชั่นระบบแอนดรอยด์เปิด-ปิดไฟฟ้าผ่านบลูทูธ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ วิธีการดำเนินงาน การออกแบบและสร้างแอปพลิเคชั่น โดยใช้ App. Inventor, โทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบแอนดรอยด์, บอร์ด Arduino UNO R3, บอร์ด Bluetooth HC-05, วงจร Relay, และวงจร Power supply สร้างระบบสั่งการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ทดสอบการทำงานของระบบแอปพลิเคชั่น เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ ผลพบว่าระบบสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในที่โล่งได้ในระยะ 0-30 เมตร และพื้นที่มีสิ่งกีดขวางชั้นที่ 1-4 ของอาคาร 6 ได้ในระยะ 0-10 เมตร จากมุม 0-360 องศา ค่าใช้จ่ายเปิด-ปิดไฟฟ้าต่อ 1 ชั่วโมง มีค่า 0.04 ยูนิต คิดเป็นเงินค่าไฟ 0.14 บาท และแสดง 3 สถานะการใช้งานบนหน้าจอโทรศัพท์ คือการเชื่อมต่อ Bluetooth การเปิด-ปิด และคำนวณค่าใช้ไฟ

Abstract

This research aims to design and build an application system Android-Turn off electricity via Bluetooth. To test the effectiveness of the system. The procedure to design and build applications using App. Inventor, Mobile Android System, Board Arduino UNO R3, Board Bluetooth HC-05, Circuit Relay, and Circuit Power Supply System to the on-off electrical equipment. Functional testing of application functionality. Data collection and analysis. The results show that the system can control electrical equipment in the open areas in the 0-30 meters and area with obstacles floor 1-4 of Building 6 within a range of 0-10 meters from 0-360 °. The cost-turn off power to one hour with 0.04 units. Nett charge 0.14 baht and status on the phone screen automatically have three states: Bluetooth connectivity-off and calculating electricity usage.

Keywords: Android App., Electricity, Bluetooth, Mobile phone.

2.1 บล็อคแนวคิด

รูปที่ 1 แนวคิดแอปพลิเคชั่นระบบแอนดรอยด์เปิด-ปิดไฟฟ้าผ่านบลูทูธ

จากรูปที่ 1. บอร์ดบลูทูธโมดูล (Bluetooth Module) จะเชื่อมต่อกับบอร์ดอาดูโน่(Arduino Board) โดยผ่านทางซีเรียลนัมเบอร์(Serial number) ใช้ไลเบรารี่ซอฟแวร์ซีเรียล(Library Software Serial) ในการรับส่งข้อมูลกัน บอร์ดรีเลย์(Relay Module) ทำหน้าที่เปิด-ปิดไฟ รับคำสั่งมาจากบอร์ดอาดูโน่(Arduino Board) และบลัคอินเวอร์เตอร์(Buck converter) ทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ดรีเลย์ (Relay Module) เนื่องจากบอร์ดอาดูโน่ มีกระแสไม่พอที่จะสามารถขับให้รีเลย์ทำงานได้ จึงจำเป็นต้องมีซับพลายเพิ่มส่วน LDR เป็นตัววัดแสง และ Push button มีไว้สำหรับเปิด-ปิดสวิตซ์อีกทางหนึ่ง

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้

1.โปรแกรม App. Inventor
2.โทรศัพท์ระบบแอนดรอยด์
3.บอร์ด Arduino UNO R3
4.บอร์ด Bluetooth
5.บอร์ด Relay
6. LDR

รูปที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบแอนดรอยด์

3. ขั้นตอนดำเนินการ

3.1 การออกแบบและการสร้างแอปพลิเคชั่น

ก.หน้าต่างเริ่มต้น ข.หน้าต่างสวิตซ์เปิด-ปิดไฟฟ้า

รูปที่ 3 รูปแบบหน้าจอของแอปพลิเคชั่น

การออกแบบแอปพลิเคชั่นระบบแอนดรอยด์เปิด-ปิดไฟฟ้าผ่านบลูทูธ โดยใช้โปรแกรม App Inventor ในการออกแบบและสร้างแอปพลิเคชั่นใช้เป็นสวิตซ์ในการเปิด-ปิดไฟฟ้า ประกอบด้วย

ก. หน้าต่างเริ่มต้นโดยมี User Name และ Pass code เพื่อความปลอดภัย

ข. หน้าต่างสวิตซ์เปิด-ปิดไฟฟ้า มีสถานะแสดงบนหน้าจอ 3 สถานะ คือ 1. สถานะการเชื่อมต่อ Bluetooth 2. สถานะการการเปิด-ปิด 3. สถานะการคำนวณค่าใช้จ่ายในการเปิด-ปิดแต่ละครั้ง

3.2 การออกแบบและสร้างชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ก. ภายในตู้ ข. ภายนอกตู้

รูปที่ 4 ชุดสั่งการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

การออกแบบชุดสั่งโดยทำการเขียนโค้ดคำสั่งบอร์ดอาดูโน่ในโปรแกรม sketch เบิร์นโปรแกรมสั่งการลงบอร์ดอาดูโน่เพื่อนำคำสั่งที่ได้ไปสั่งบอร์ดรีเลย์ (Relay Module) เปิด-ปิดไฟ ประกอบตู้คอนโทรลภายในตู้และภายนอกตู้ ดังรูปที่ 4

ก. ภายในตู้คอนโทรลประกอบด้วยบอร์ด Arduino UNO R3, **บอร์ด** Bluetooth HC-05 วงจร Relay วงจร Power supply

ข. ภายนอกตู้คอนโทรลประกอบด้วย 1. หลอดไฟแสดงสถานะ และ 2. Push button สำหรับเปิด-ปิดไฟ

3.3 การทดลอง

รูปที่ 5 การทดลองการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ตั้งแต่ระยะ 0 – 30 เมตร

ทดลองควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในระยะ 0 –30 เมตรเริ่มจากระยะ 0 เมตร โดยเพิ่มระยะครั้งละ 2 เมตร ไปจนถึงระยะ 30 เมตร สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในโล่งและที่มีสิ่งกีดขวางชั้นที่ 1-4 ของอาคาร 6 ในระยะ 30 เมตรจากมุม 0-360 องศา

รูปที่ 6 การทดลองการวัดค่าแรงดันและกระแสในระยะ 0-30 เมตร

การทดลองสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟในที่โล่งเริ่มต้นระยะที่ 2 เมตร ไปจนถึงระยะ 30 เมตรโดยเพิ่มระยะการทดลองขึ้นครั้งละ 2 เมตร

ส่วนการทดลองสถานะการเปิด-ปิดหลอดไฟในที่มีสิ่งกีดขวางที่ผนังปูนเริ่มต้นระยะที่ 1 เมตรไปจนถึงระยะ 10 เมตร โดยเพิ่มระยะการทดลองขึ้นครั้งละ 1 เมตร

ก. ทำงาน ข. ไม่ทำงาน

รูปที่ 7 การคำนวณค่าไฟของแอปพิเคชั่น

ผลการทดลองการเปิด-ปิดไฟฟ้าโดยใช้แอปพลิเคชั่น โดยเริ่มต้นการเปิด-ปิดที่ 1 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นครั้งละ 1 ชั่วโมงไปจนถึง 24 ชั่วโมง เมื่อกดสั่งปิดแอปพลิเคชั่นก็จะหยุดทำงาน คำนวณค่าไฟและแสดงผลบนหน้าจอมือถือจากสูตรการคำนวณ

$$\text{ค่าไฟการเปิด-ปิดแต่ละครั้ง} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า(W)x จำนวน(n)}}{1{,}000} \times \text{ชั่วโมง (h)}$$

4.ผลการทดลอง

4.1 ทดลองการวัดระยะในที่โล่งและมีสิ่งกีดขวางการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะ 0-30 เมตร

ตารางที่ 1 ผลการทดลองระยะที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ระยะการทดลอง (m)	จำนวนครั้ง	มุม 0°		มุม 90°		มุม 180°		มุม 270°		มุม 360°		ความถี่ทดลอง (ครั้ง)
		เปิด (ครั้ง)	ปิด (ครั้ง)	เปิด (ครั้ง)	ปิด (ครั้ง)	เปิด (ครั้ง)	ปิด (ครั้ง)	เปิด (ครั้ง)	ปิด (ครั้ง)	เปิด (ครั้ง)	ปิด (ครั้ง)	
0	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0
2	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0
4	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0
6	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0
8	100	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0
10	100	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0
12	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0
14	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0
16	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0
18	100	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0
20	100	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0
22	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0
24	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0
25	100	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	30
26	100	36	28	36	28	36	28	36	28	36	28	36
27	100	20	17	20	18	20	18	20	18	20	18	63
28	100	18	8	18	10	18	10	18	10	18	10	74
29	100	10	3	10	2	10	2	10	2	10	2	87
30	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

<u>หมายเหตุ</u>
- คือระยะที่ 1-24 เมตร สามารถรับสัญญาณ Bluetooth ได้ตามปกติ
- คือระยะที่ 25 –29 เมตร สามารถรับสัญญาณ Bluetooth ไม่เสถียรภาพ
- คือระยะที่ 30 เมตรไม่สามารถรับสัญญาณ Bluetooth ไม่ได้เลย

จากตารางที่ 1 การทดลองควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในระยะ 0 –30 เมตร สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในโล่งและที่มีสิ่งกีดขวางชั้นที่ 1-4 ของอาคาร 6 ในระยะที่ 25 –29 เมตร สามารถรับสัญญาณ Bluetooth ไม่เสถียรภาพและในระยะที่ 30 เมตรขึ้นไปไม่สามารถรับสัญญาณ Bluetooth

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบแรงดันและกระแสในการเปิดปิดในที่โล่งและในที่มีสิ่งกีดขวางเป็นผนังปูน

ระยะ (m)	การเปิดปิดในที่โล่ง		การเปิดปิดในที่มีสิ่งกีดขวางเป็นผนังปูน	
	แรงดัน	กระแส	แรงดัน	กระแส
1	226.9	0.05	226.7	0.05
2	226.9	0.03	226.7	0.03
3	226.9	0.03	226.7	0.03
4	226.9	0.03	226.7	0.03
5	226.9	0.05	226.4	0.05
6	226.7	0.03	226.4	0.03
7	226.7	0.03	226.4	0.03
8	226.7	0.03	226.4	0.03
9	226.7	0.03	15.45	0.02
10	226.7	0.05	0	0
29	15.45	0.02	0	0
↓	↓	↓	↓	↓
30	0	0	0	0

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองแรงดันในการเปิดปิดในที่โล่งในระยะ1 เมตรมีค่า 226.9 โวลต์ และสามารถสั่งการได้สูงสุด 30 เมตร ส่วนในที่มีสิ่ง

กีดขวางเป็นผนังปูนในระยะ 1 เมตร มีค่า 226.7 โวลต์ และสามารถสั่งการได้สูงสุด 10 เมตร จะเห็นได้ว่าแรงดันในการเปิดปิดในที่โล่งมีระยะไกลกว่าแรงดันในที่มีสิ่งกีดขวางเป็นผนังปูน จากข้อมูลสามารถเขียนวิเคราะห์ได้จากกราฟดังนี้

รูปที่ 8 กราฟการเปรียบเทียบแรงดันในการเปิด-ปิดในที่โล่งและในที่มีสิ่งกีดขวางเป็นผนังปูน

จากรูปที่ 8 พบว่าผลการทดลองแรงดันในการเปิด-ปิดในที่โล่งในระยะ 1 เมตร มีค่า 226.9 โวลต์ และสามารถสั่งการได้สูงสุด 30 เมตร ส่วนในที่มีสิ่งกีดขวางเป็นผนังปูนในระยะ 1 เมตร มีค่า 226.7 โวลต์ และสามารถสั่งการได้สูงสุด 10 เมตร จะเห็นได้ว่าแรงดันในการเปิดปิดในที่โล่งมีระยะไกลกว่าแรงดันในที่มีสิ่งกีดขวางเป็นผนังปูน

ตารางที่ 3 ทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชั่นเปิด-ปิดไฟฟ้าผ่านบลูทูธ

จำนวนชั่วโมง	จำนวนหน่วย (Unit)	ค่าไฟ (บาท)
1	0.14	0.54
2	0.29	1.08
3	0.43	1.62
4	0.58	2.16
5	0.72	2.70
6	0.86	3.24
7	1.01	3.78
8	1.15	4.32
9	1.30	4.86
10	1.44	5.4
↓	↓	↓
24	3.46	12.96

จากตารางที่ 3 ข้อมูลทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชั่นเปิด-ปิดไฟฟ้าผ่านบลูทูธ ทำการเก็บผลการทำงานแต่ละครั้งในการเปิด-ปิด โดยระยะเวลาของการทดลองเก็บค่าทุก 1 ชั่วโมง เริ่มต้นการทดลองจาก 1 ชั่วโมงไปจนถึง 24 ชั่วโมง เมื่อกดปุ่มเปิดแอปพลิเคชั่นจะเริ่มนับเวลาตั้งแต่ 0 นาทีไปถึงเวลาปิด และคำนวณค่าออกมาเป็น Unit คำนวณค่าใช้จ่ายในการเปิด-ปิดแต่ละครั้ง จะเห็นได้ว่าเวลาการใช้งานเพิ่มขึ้นจำนวนหน่วยเพิ่มรวมถึงค่าใช้จ่ายจะเพิ่มขึ้นในการเปิด-ปิดแต่ละครั้ง จากข้อมูลสามารถเขียนวิเคราะห์ได้จากกราฟ ดังนี้

รูปที่ 9 กราฟแสดงผลค่าใช้จ่ายในการเปิด-ปิดไฟฟ้าแต่ละครั้ง

จากกราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเปิด -ปิดไฟฟ้า แต่ละครั้ง โดยใช้แอปพลิเคชั่นเปิด-ปิดไฟฟ้าผ่านบลูทูธเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงาน 24 ชั่วโมง เริ่มต้นการเปิด-ปิดที่ 1 ชั่วโมง บันทึกค่าทุก 1 ชั่วโมงจนถึง 24 ชั่วโมง รวมจำนวนหน่วยมีค่า 3.456 หน่วย(Unit) และค่าใช้จ่ายมีค่า 12.96 บาท จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาการใช้งานเพิ่มขึ้นจำนวนหน่วยและค่าใช้จ่ายจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วน

5. สรุป

ผลการศึกษาพบว่า การใช้แอปพลิเคชั่นระบบแอนดรอยด์เปิด-ปิดหลอดไฟฟ้าผ่านบลูทูธ สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในโล่งได้ในระยะ 0-30 เมตรและที่มีสิ่งกีดขวางชั้นที่ 1-4 ของอาคาร 6 ได้ในระยะ 0-10 เมตร จากมุม 0-360 องศา ส่วนค่าใช้จ่ายในการเปิด-ปิดไฟฟ้าแต่ละครั้งใน 1 ชั่วโมง มีค่า 0.04 ยูนิต คิดเป็นค่าไฟ 0.14 บาท และแสดงสถานะการใช้งานบนหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยอัตโนมัติ บนหน้าจอของแอปพลิเคชั่นจะแสดงผล **3** สถานะ คือการเชื่อมต่อ **Bluetooth** การเปิด-ปิดไฟ และคำนวณค่าใช้จ่ายในการเปิด-ปิดแต่ละครั้ง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องแอปพลิเคชั่นระบบแอนดรอยด์เปิด-ปิดไฟฟ้าผ่านบลูทูธ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดีจากที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลือชัย พรหมรัตน์รักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์ และคณาจารย์ในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีที่สนับสนุนเงินงบประมาณการวิจัยสร้จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] การใช้งาน Arduino UNO R3 (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก http://www.thaieasyelec.com/

[2] คณะวิศกรรมศาสตร์ มจพ. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก http://www.thaieasyelec.com/products/wireless-modules/bluetooth.html

[3] โครงสร้างของแอนดรอยด์(ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก http://www.pinlert.wordpress.com/โครงสร้าง-android/

[4] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล.(2548).คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

[5] ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก http://www.adisak51.com/avr2.html

[6] ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก http://www.panomkorn.wordpress.com/2013/07/26/

[7] เริ่มต้นใช้งาน Arduino UNO ตอนที่ 1 (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก /http://www.arduitronics.com

[8] ลือชัย พรหมรัตน์รักษ์. (2556). การวิจัยและพัฒนาทางอิเล็กทรอนิกส์. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[9] ห้องปฏิบัติการระบบสมองกลฝังตัว. (Embedded System Lab) ภาควิชาวิศวกรรมและคอมพิวเตอร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบและสร้างเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ด้วยพีซีทีชนิดคู่สำหรับงานล้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ โดยวิธีการปรับกำลังไฟฟ้าของเรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์แบบเต็มบริดจ์ผ่านรูปคลื่นแรงดันที่ไม่สมมาตร

The designing and implementation of the ultrasonic cleaner for driving double PCT for the ultrasonic cleaning of science equipment using varying output power of the full-bridge resonant inverter though an asymmetrical voltage

จิรพงษ์ จิตตะโคตร[1] บัญชา แสนโสดา [1] ประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ[1] บุญทัน ศรีบุญเรือง[1] และ สายชล ขุดเจือจีน [2]

[1]คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 02-5494742 E-mail:jirapong_j@rmutt.ac.th, jirapong2@hotmail.com

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์สำหรับล้างเครื่องแก้วในห้องทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์ถูกใช้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันทำงานที่ความถี่สวิตซ์ 38 kHz เพื่อนำไปขับเพียโซอิเล็กตริกทรานดิวเซอร์สองตัว การปรับกำลังของเครื่องสามารถปรับผ่านรูปคลื่นแรงดันด้านออกของอินเวอร์เตอร์แบบไม่สมมาตร เมื่อกำลังไฟฟ้าถูกปรับจาก 23 W ถึง 95 W โดยขึ้นอยู่กับโหลดที่นำมาล้าง จากผลการทดลองจริงสามารถยืนยันความถูกต้องของการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

คำสำคัญ: อินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์, เพียโซอิเล็กตริกทรานดิวเซอร์, การปรับแรงดันไม่สมมาตร

Abstract

This paper presents the designing and implementation of the ultrasonic cleaner for driving double PCT for the ultrasonic cleaning of science equipment using varying output power of the full-bridge resonant inverter though an asymmetrical voltage. The inverter is operated at the high switching frequency of 38 kHz. The output power of the inverter is adjusted from 23 W to 95 W. The designing and implementations of the prototype can be confirmed by the experimental results.

Keywords: full-bridge inverter, piezoelectric transduce, asymmetrical voltage

1. บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาด้านเครื่องมือสำหรับห้องทดลองทางด้านวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการนำเข้าเครื่องมือทดลองจากต่างประเทศ กรณีการทำความสะอาดเครื่องแก้วในห้องทดลองวิทยาศาสตร์มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการขจัดสิ่งสกปรกจากสารเคมีออกจากผิวเครื่องแก้ว ในกรณีที่ล้างทำความสะอาดเครื่องแก้วด้วยมือเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เนื่องอาจจะเกิดอันตราย และอุปกรณ์เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์บางชนิดมีขนาดเล็กเกินไปการล้างด้วยมือจึงเป็นอุปสรรคต่อการทำความสะอาด ดังนั้นในปัจจุบันได้มีการนำอุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกทรานดิวเซอร์ มาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง เช่น เครื่องเชื่อมพลาสติก [1] เครื่องนวดบำบัด [2] มอเตอร์อัลตราโซนิกส์ และเครื่องทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ [3-5] เป็นต้น การทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์มีหลักการเบื้องต้นคือ การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลเพื่อทำให้เกิดฟองอากาศจำนวนมากและมีความแรง หลักการเบื้องต้นของเครื่อง สามารถทำได้โดยการนำเพียโซอิเล็กตริกทรานดิวเซอร์ มาเชื่อมต่อกับถังโลหะและจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่สูง เพื่อทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกส์ผ่านน้ำที่เป็นตัวกลาง ปรากฏการณ์ดังกล่าวยังทำให้เกิดฟองอากาศจำนวนมากพร้อมกับมีความแรงวิ่งไปกระแทกสิ่งสกปรกที่เกาะตามผิวของเครื่องแก้วให้หลุดออกมา โดยทั่วไปอุปกรณ์ เพียโซอิเล็กตริกทรานดิวเซอร์ จะทำงานที่ความถี่ในย่านมากกว่า 20 kHz หรืออยู่ในย่านระหว่าง 20 kHz ถึง 100 kHz [1-10] ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องมือทำความสะอาดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกส์ ได้นำเทคโนโลยีด้านวิศวกรรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เช่น การสร้างแหล่งจ่ายแรงดันทำงานที่ความถี่สูง จะใช้อินเวอร์เตอร์ที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เช่น เรโซแนนซ์

อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายกระแส [11-12] หรือเรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดัน [13-16] เป็นต้น จากงานวิจัยทางด้านการประยุกต์ใช้คลื่นอัลตราโซนิกซ์ในงานอุตสาหกรรม [5] ใช้วิธีการปรับกำลังไฟฟ้าของเครื่องล้างด้วยคลื่นอัลตราโซนิกซ์โดยวิธีการปรับความถี่สวิตซ์ชิ่งของเรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดันแบบเต็มบริดจ์ ซึ่งวิธีการนี้มีข้อจำกัดบางประการ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภาระโหลดจะทำให้อินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำลง [7] ได้ศึกษาการแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสำหรับอินเวอร์เตอร์คลาสอีแบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อใช้ในการขับโหลดเครื่องล้างอัลตราโซนิกซ์ขนาดเล็กที่ใช้หัว เพียโซอิเล็กตริกทรานดิวเซอร์ หนึ่งชุด ในการควบคุมกำลังของเครื่องจะใช้การทำให้ความถี่สวิตซ์กำลังคงที่ วิธีการดังกล่าวนี้มีข้อจำกัดบางประการเช่นในขณะที่มีการเปลี่ยนภาระโหลดจะทำให้พารามิเตอร์ของเครื่องเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และอินเวอร์เตอร์อาจสูญเสียการควบคุมได้ง่ายเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ตรวจจับความถี่เรโซแนนซ์ อีกทั้งมีข้อจำกัดทางด้านการจ่ายกำลังไฟฟ้าเนื่องจากใช้ตัวขับเพียโซอิเล็กตริกทรานดิวเซอร์ มีเพียงตัวเดียว ดังนั้นจึงมีงานวิจัยด้านอื่นเช่นการให้หม้อแปลงอัลตราโซนิกส์ในอุปกรณ์แหล่งจ่ายหลอด LED ที่ได้นำการติดตามความถี่ของโรโซแนนซ์โหลดโดยใช้วงจรเฟส-ล็อก-ความถี่ (Phase Locked Loop: PLL) [17-18] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ด้วยพีซีทีชนิดคู่สำหรับงานล้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่มีการปรับกำลังไฟฟ้าของเรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์แบบเต็มบริดจ์ผ่านรูปคลื่นแรงดันที่ไม่สมมาตรในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงภาระโหลดเช่นปริมาณน้ำในถัง และปริมาณเครื่องแก้ว จะทำให้ความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นระบบการควบคุมที่นำเสนอสามารถแก้ไขได้โดยใช้ระบบเฟสล็อกความถี่แบบอัตโนมัติ

2. คุณลักษณะของ PCT

เพียโซอิเล็กทริกอัลตราโซนิกส์ทรานดิวเซอร์ (Piezoelectric Ultrasonic Transducer: PCT) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลในรูปของคลื่นเสียงโดยการสั่นสะเทือนโดยมีของเหลวเป็นตัวกลาง เพื่อทำให้เกิดฟองอากาศที่มีความแรงสูงวิ่งไปกระแทกสิ่งสกปรกที่เกาะบนผิวเครื่องแก้วให้หลุดออก ซึ่งโครงสร้างของ PCT แสดงดังรูปที่ 1 (ก) ประกอบด้วย แผ่นเพียโซเซรามิก อลูมิเนียม แหวนสแตนเลสทั้งสองด้าน และ วงจรสมมูลย์ของ PCT แสดงดังรูปที่ 2 ประกอบด้วยตัวต้านทานแบบขนาน (C_p) และค่าอิมพีแด้นซ์ที่ต่อแบบอนุกรม (Z_s) เป็นตัวแปรสำคัญทางกล ที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน R_m ตัวเหนี่ยวนำ L_m และตัวเก็บประจุ C_m ในรูปที่ 2 แสดงการวัดหาค่าความต้านทานรวมของอิมพีแด้นซ์ PCT (Z_{PCT}) เพื่อนำไปหาค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูลย์ PCT ในรูปที่ 2 (ก) แสดงค่าขนาด Z_{PCT} และรูปที่ 2 (ข) แสดงค่ามุมของ Z_{PCT} จากรูปที่ 2 (ก) และ (ข) สามารถนำไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูลย์ PCT ดังตารางที่ 1.1

(ก)

(ข)

รูปที่ 1 (ก) โครงสร้าง PCT (ข) วงจรสมมูลย์ของ PCT

(ก)

(ข)

รูปที่ 2 (ก) อิมพีแด้นซ์ของ PCT (ข) มุมเฟสของ PCT

ตารางที่ 1

ตัวแปร	สัญลักษณ์	ค่า
ความต้านทานทางกล	R_m	340 Ω
ความเหนี่ยวนำทางกล	L_m	38 mH
ตัวเก็บประจุทางกล	C_m	920 pF
ตัวเก็บประจุขนาน	C_p	6.15 nF
ความถี่เรโซแนนซ์ของ Z_{PCT}	f_r	40.1 kHz
ความถี่แอ้นไทเรโซแนนซ์ ของ Z_{PCT}	f_a	44.3 kHz
พิกัดกำลังไฟฟ้าของ PCT	P_{PCT}	50 W

3. การควบคุมกำลังไฟฟ้าผ่านแรงดันที่ไม่สมมาตร

3.1 วงจรเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์

วงจรเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์สามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยวงจรฟูลบริดจ์เรคติไฟเออร์ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยส่วนประกอบของวงจรฟูลบริดจ์เรคติไฟเออร์ที่ใช้ไดโอด 4 ตัว และแรงดันด้านออกของวงจรจะผ่านตัวเก็บประจุที่ต่อแบบขนานมีขนาด 5 μF เพื่อทำให้แรงดันเรียบขึ้น ในส่วนของวงจรกำลังที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับ พีซีทีชนิดคู่ใช้อินเวอร์เตอร์แบบเต็มบริดจ์ที่ประกอบด้วยมอสเฟส เบอร์ IRFP460 จำนวน 4 ตัว และตัวเหนี่ยวนำอนุกรม (Lseries) ทำหน้าที่ขยายกระแสไฟฟ้ามีขนาด 5 mH ส่วนของโหลดค่าตัวแปรใช้ตามตารางที่ 1

รูปที่ 3 วงจรเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์

3.2 การปรับกำลังไฟฟ้า

การควบคุมกำลังไฟฟ้าของเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์แบบชนิดคู่พีซีทีจะใช้การปรับกำลังไฟฟ้าโดยผ่านรูปคลื่นแรงดันแบบไม่สมมาตร ดังรูปที่ 4 เมื่อเพิ่มมุม δ จะทำให้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ($P_{o(AVG)}$) ลดลง เนื่องจากรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้านออก ($v_o(t)$) แรงดันด้านบวกลดลง เช่นเดียวกันกระแสไฟฟ้า ($i_o(t)$) ด้านออกก็ถูกลดขนาดลงตามไปด้วย สมการของกำลังไฟฟ้า $P_{o(AVG)}$ สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$P_{o(AVG)} = I_{o[RMS]} \times V_{o[RMS]} \times \cos\vartheta \qquad (1)$$

รูปที่ 4 การปรับกำลังแบบแรงดันไม่สมมาตร

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองของเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ด้วยพีซีทีชนิดคู่สำหรับงานล้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์แสดงดังรูปที่ 5 ที่แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า $v_o(t)$ กระแสไฟฟ้า $i_o(t)$ กำลังไฟฟ้า $p_o(t)$ การปรับกำลังที่มุม $\delta = 0^\circ$ แสดงดังรูปที่ 5 (ก) เมื่อกำลังไฟฟ้า $P_{o(AVG)} = 95$ W และเมื่อทำการลดมุม $\delta = 90^\circ$ แสดงดังรูปที่ 5 (ข) เมื่อกำลังไฟฟ้า $P_{o(AVG)} = 47$ W

(ก)

(ข)

รูปที่ 5 ผลการทดลองจริง (ก) การปรับกำลังที่มุม $\delta = 0^\circ$ (ข) การปรับกำลังที่มุม $\delta = 90^\circ$

5. สรุป

การออกแบบและสร้างเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ด้วยพีซีทีชนิดคู่สำหรับงานล้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ โดยวิธีการปรับกำลังไฟฟ้าของเรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์แบบเต็มบริดจ์ผ่านรูปคลื่นแรงดันที่ไม่สมมาตร จากผลการทดลองจริงของระบบอินเวอร์เตอร์สามารถปรับกำลังไฟฟ้าตามการปรับมุม δ ของรูปคลื่นแรงดันด้านออกของอินเวอร์เตอร์ กำลังไฟฟ้าที่สามารถปรับได้จาก 23% ถึง 100% และความถี่ของอินเวอร์ทำงานในช่วง 35 kHz ถึง 38 kHz

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้ทุนในการทำวิจัย จากทุนโครงการวิจัยงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปีงบประมาณ 2560 (ทุนโครงการวิจัยนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์)

เอกสารอ้างอิง

[1] Lorenzo Parrini, “Design of Advanced Ultrasonic Transducers for Welding Devices,” IEEE trans. on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, vol. 48, no. 6, november 2001, pp. 1632-1639

[2] S. H. Wong, M. Kupnik, R. D. Watkins, K. Butts-Pauly, and B. T. Khuri-Yakub, “Capacitive micromachined ultrasonic transducers for therapeutic ultrasound applications,” *IEEE Trans.Bio. Engineering*, vol. 57, no. 1, pp. 114–123. Jan. 2010.

[3] C. Buasri and A. Jangwanitlert, “Comparison of Switching Strategies for an Ultrasonic Cleaner,” IEEE Proceedings of ECTI-CON 2008, pp. 1005-1008.

[4] Belincourt, don. “Ultrasonic transducer materials.” New-York, Plenum press, 1971.

[5] H. L. Cheng, C. A. Cheng, C. C. Fang, and H. C. Yen, “Single-switch high power factor inverter driving piezoelectric ceramic transducer for ultrasonic cleaner,” *IEEE Trans. Ind. Electron*., vol. 58, no. 7, pp. 2898-2905, Jul. 2011.

[6] T. Suzuki, H. Ikeda, H. Yoshida, S. Shinohara, K. Honda, T. Miyamoto, and T. Yamamoto, “Short wave DC-to-RF inverter to drive ultrasonic transducer,” in Proc. IEEE Int. Symp. Ind. Electron., 1993, pp. 332–335.

[7] R. M. Hall, T. D. Jarvis, T. Parry, L. Li, and R. C. Hauthorne, “Investi-gating particle, metallic deposition in megasonic wafer cleaning,” IEEE Micro, vol. 14, pp. 81–90, July/Aug. 1996.

[8] E. Lefeuvre, A. Badel, C. Richard, L. Petit, and D. Guyomar, “A comparison between several vibration-powered piezoelectric generators for standalone systems,” Sensors Actuat. A, Phys., vol. 126, no. 2, pp. 405–416, Feb. 2006.

[9] A. Erturk and D. Inman, “An experimentally validated bimorph can-tilever model for piezoelectric energy harvesting from base excitations,” Smart Mater. Struct., vol. 18, no. 2, p. 025009, Feb. 2009.

[10] A. Badel, G. Sebald, D. Guyomar, M. Lallart, E. Lefeuvre, C. Richard, and J. Qiu, “Piezoelectric vibration control by synchronized switching on adaptive voltage sources: Toward wideband semi-active damping,” J. Acoust. Soc. Amer., vol. 119, no. 5, pp. 2815–2825, 2006.

[11] Y.Hatanaka, S.Kubota, Y.Sekiya, "Novel ZeroCurrent Switching High Frequency Inverter Applied for an Emission Control in Diesel Engine", Proc. of EPE'97, vol.4 pp.315-320, Sep 1997.

[12] H.Ogiwara and M.Nakaoka, "Instantaneous current-vector-controlled zero current soft switching inverter using B-SITs", IEE PROCEEDINGS, Electric Power Applications, vol.148, Num. 1, Jan 2001

[13] S. Nakashima, T. Ninomiya, H. Ogasawara, and H. Kakehashi, “Piezo-electric-transformer inverter with maximum-efficiency tracking and dimming control,” in Proc. Applied Power Electronics Conf., 2002, pp. 918–923.

[14] S. Bronstein and S. Ben-Yaakov, “Design considerations for achieving ZVS in a half bridge inverter that drives a piezoelectric transformer with no series inductor,” in Proc. Power Electronics Specialists Conf., 2002, pp. 585–590.

[15] Y. H. Hsu, C. K. Lee, and W. H. Hsiao, “Electrical and mechanical fully coupled theory and experimental verification of Rosen-type piezoelec-tric transformers,” IEEE Trans. Ultrason., Ferroelectr. Freq. Control, vol. 52, no. 10, pp. 1829–1839, Oct. 2005.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสในสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสมดุลต่ำกว่าปกติ สมดุลสูงกว่าปกติ และไม่สมดุลโดยใช้วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูลจริงในรูปแบบต่าง ๆ

Efficiency Evaluation of Three-phase Induction Motor in case of Under Balanced Voltage, Over Balanced Voltage, and Unbalanced Voltage Supplies using Various Computation Methods of Exactly Equivalent Circuit Parameters

ธนา มณีงาม[1] สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ[2]

[1]บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530 โทรศัพท์ 0-2988-3666 ต่อ 3305 Email : thana_me19@hotmail.com

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสในสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลโดยใช้วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูลจริงในรูปแบบที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ หลังจากนั้นนำค่าสลิปที่ได้จากการทดสอบมอเตอร์จริงแทนค่าลงในวงจรสมมูลเพื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพมอเตอร์ตั้งแต่ไม่มีภาระโหลดจนถึงภาระโหลดเต็มพิกัดกระแสสเตเตอร์ และนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจากวงจรสมมูลรูปแบบต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจริงเพื่อพิจารณาหารูปแบบการหาค่าพารามิเตอร์ที่ให้ค่าประสิทธิภาพมอเตอร์ใกล้เคียงกับผลการทดสอบจริงมากที่สุด

คำสำคัญ: แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล, แรงดันไฟฟ้าสมดุลต่ำกว่าปกติ, แรงดันไฟฟ้าสมดุลสูงกว่าปกติ, การคำนวณประสิทธิภาพมอเตอร์

Abstract

This paper purposes an efficiency evaluation of three-phase induction motor in case of under balanced voltage, over balanced voltage, and unbalanced voltage supplies using three different computation methods of exactly equivalent circuit parameters. After that, the slips of the authentic test are supplanted into the equivalent circuits. Then, the given results are compared with the experimental results to find out an appropriate circuit for the efficiency evaluation of three-phase induction motor.

Keywords: unbalanced voltage, under balanced voltage, over balanced voltage, efficiency calculation

1. บทนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมและบ้านพักอาศัย ในสภาวะปกติเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้าสมดุลที่พิกัดใช้งาน พฤติกรรมของมอเตอร์จะเป็นไปตามที่ออกแบบ และมีคุณสมบัติตามแผ่นป้ายพิกัด แต่เมื่อเกิดสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลขึ้นผลกระทบของแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุลนี้จะส่งผลต่อพฤติกรรมของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ทั้งในเรื่องของคุณสมบัติ และสมรรถนะ [1] ดังนั้นการประเมินสมรรถนะของมอเตอร์ในสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ามีค่าไม่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าพิกัด ทั้งในสภาวะแรงดันไฟฟ้าสมดุล และไม่สมดุลจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง

บทความนี้เป็นการศึกษาเพื่อค้นหาวิธีการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสในสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสมดุลแบบต่ำกว่าปกติ สูงกว่าปกติ และสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลโดยใช้วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ในวงจรสมมูลจริงของมอเตอร์ 3 รูปแบบ คือ แบบแยกเฟส แบบค่าเฉลี่ยต่อเฟส และตามมาตรฐาน IEEE112-2004 [2-3] หลังจากนั้นนำค่าสลิปของมอเตอร์ที่ได้จากการทดสอบจริงมาแทนค่าในวงจรสมมูลแบบต่างๆ และนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณของวงจรสมมูลทั้ง 3 รูปแบบ มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบจริง ซึ่งทำให้ทราบว่าวิธีการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์แบบใดเหมาะสมกับการนำมาใช้ประเมินประสิทธิภาพในสภาวะที่แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีความไม่สมดุล และ/หรือมีค่าไม่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าพิกัด

2. วงจรสมมูล และการหาค่าพารามิเตอร์ในวงจรสมมูล

2.1 วงจรสมมูลจริง

วงจรสมมูลจริงต่อเฟสเมื่อพิจารณาทางด้านสเตเตอร์เป็นดังรูปที่ 1 เมื่อ V_1 , I_1 , R_1 และ X_1 คือแรงดันไฟฟ้าพิกัด กระแสไฟฟ้าพิกัด ความต้านทานและความต้านทานเสมือนของขดลวดสเตเตอร์ R_c และ X_m เป็นค่าความต้านทานความสูญเสียแกนเหล็ก และค่าความต้านทานเสมือนการสร้างสนามแม่เหล็ก R_2 และ X_2 เป็นความต้านทาน และความต้านทานเสมือนของขดลวดโรเตอร์ s คือค่าสลิป

รูปที่ 1 วงจรสมมูลต่อเฟสของมอเตอร์เหนี่ยวนำพิจารณาด้านสเตเตอร์

2.2 การทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ในวงจรสมมูล และหาค่าความสูญเสียจากแรงเสียดทานและแรงต้านลมเพื่อใช้คำนวณหาค่าประสิทธิภาพมอเตอร์นั้นประกอบด้วยการทดสอบ 4 การทดสอบคือ

2.2.1 การทดสอบแบบไม่มีภาระทางกล (No-Load Test)

การทดสอบนี้กระทำโดย ต่อมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบสตาร์ และที่แกนเพลามอเตอร์ต้องไม่มีโหลด หลังจากนั้นจ่ายแรงดันไฟฟ้าจนถึงพิกัดแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ และทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าของแต่ละเฟส V_{nl}, I_{nl}, P_{nl}

2.2.2 การทดสอบแบบยึดโรเตอร์ (Blocked-Rotor Test)

การทดสอบนี้กระทำโดย ต่อมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบสตาร์ และยึดจับแกนเพลาให้หยุดนิ่งอยู่กับที่ หลังจากนั้นจ่ายแรงดันไฟฟ้าจนถึงพิกัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ และทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าของแต่ละเฟส V_{bl}, I_{bl}, P_{bl} การทดสอบนี้กระทำ 2 แบบ คือ จ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่พิกัดใช้งานสำหรับวงจรสมมูลแบบแยกเฟส และแบบค่าเฉลี่ยต่อเฟส และจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 12.5%ของความถี่พิกัดใช้งานสำหรับวงจรสมมูลตามมาตรฐาน IEEE112-2004 ซึ่งเป็นการกระทำภายใต้เงื่อนไขที่กระแสสเตเตอร์ และความถี่ไฟโรเตอร์ประมาณใกล้กับค่าที่เกิดขึ้นในสภาพการทำงานต่างๆ ของมอเตอร์

2.2.3 การทดสอบด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC Test)

การทดสอบกระทำโดยการป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขั้วของมอเตอร์คู่ใดคู่หนึ่ง แล้วทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ค่าน้อยๆจนถึงพิกัดกระแสไฟฟ้าขดลวดสเตเตอร์ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาพล๊อตกราฟเพื่อหาค่าความต้านทานไฟฟ้าของขดลวดสเตเตอร์ R_1

2.2.4 การทดสอบลดค่าแรงดันไฟฟ้า (Decreasing voltage test)

การทดสอบนี้ต่อวงจรแบบเดียวกับการทดสอบในสภาวะไม่มีโหลด และจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ตั้งแต่ค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าพิกัด 10% หลังจากนั้นจ่ายแรงดันไฟฟ้าลดลงเป็นลำดับ โดยวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ในงานวิจัยนี้จ่ายแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 240 V -60 V หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาความสูญเสียจากแรงเสียดทานและแรงต้านลมดังนี้คือ

$$P_{nl} = 3I_{nl}^2R_1 + P_{r,total} \quad (1)$$

ดังนั้น

$$P_{r,total} = P_{nl} - 3I_{nl}^2R_1 \quad (2)$$

เนื่องจากค่าความสูญเสียทางกลประกอบไปด้วยสองส่วนคือ ความสูญเสียในแกนเหล็ก (P_{core}) และค่าความสูญเสียจากแรงเสียดทานและแรงต้านลม ($P_{f\&w}$) นั่นคือ $P_{r,total} = P_{core} + P_{f\&w}$ ดังนั้นจึงต้องแยกความสูญเสียทั้งสองออกจากกันโดยการพล๊อตกราฟเพื่อหาจุดตัดแกน y ซึ่งเป็นค่า $P_{f\&w}$ค่านี้เป็นค่าคงที่สำหรับมอเตอร์แต่ละตัว

2.3 การหาค่าพารามิเตอร์

2.3.1 วงจรสมมูลแบบแยกเฟส และแบบค่าเฉลี่ยต่อเฟส

วงจรสมมูลทั้งสองรูปแบบนี้ใช้สมการคำนวณเหมือนกันแตกต่างกันในเฉพาะตัวเลขที่นำมาแทนค่า โดยวงจรสมมูลแบบแยกเฟสใช้ข้อมูลที่ได้จากการวัดของแต่ละเฟสมาแทนค่า ดังนั้นในการคำนวฯจึงคิดทีละเฟส จึงทำให้วงจรสมมูลของมอเตอร์แต่ละเฟสมีค่าไม่เท่ากัน ในขณะที่วงจรสมมูลแบบค่าเฉลี่ยต่อเฟสเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทั้งสามเฟสมาหาค่าเฉลี่ย หลังจากนั้นจึงนำผลเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ในวงจรสมมูล สมการที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

- การทดสอบแบบไม่มีภาระทางกลใช้คำนวณหาค่า R_c และ X_m ดังนี้

$$P_r = P_{nl} - 3I_{nl}^2R_1 \quad (3)$$

$$P_{core} = P_r - P_{f\&w} \quad (4)$$

ดังนั้น

$$R_c = \frac{3V_{nl}^2}{P_{core}} \quad (5)$$

และ

$$X_m = \frac{V_{nl}}{I_m} \quad (6)$$

โดยที่ $I_m = I_{nl}\sin\theta$

- การทดสอบแบบยึดโรเตอร์ใช้คำนวณหาค่า R_2, X_1 และ X_2 ดังนี้

$$R_{bl} = \frac{V_{bl}^2}{P_{bl}} = R_1 + R_2 \quad (7)$$

$$X_{bl} = \sqrt{Z_{bl}^2 + R_{bl}^2} = X_1 + X_2 \quad (8)$$

$$R_2 = R_{bl} - R_1 \quad (9)$$

$$X_2 = X_1 = \frac{X_{bl}}{2} \quad (10)$$

2.3.2 วงจรสมมูลตามมาตรฐาน IEEE112-2004

ในมาตรฐาน IEEE112-2004 ประมาณความสัมพันธ์ระหว่าง X_1 และ X_2 มีค่าเท่ากันสำหรับมอเตอร์ Class A ส่วนการคำนวณกำลังไฟฟ้าเสมือนที่ได้จากการทดสอบแบบไร้ภาระทางกล และกำลังไฟฟ้าเสมือนที่ได้จากการทดสอบแบบยึดโรเตอร์ใช้สมการดังนี้

$$Q_{\mathrm{nl}} = \sqrt{\left(mV_{\mathrm{nl}}I_{\mathrm{nl}}\right)^2 - P_{\mathrm{nl}}^2} \tag{11}$$

$$Q_{\mathrm{bl}} = \sqrt{\left(mV_{\mathrm{bl}}I_{\mathrm{bl}}\right)^2 - P_{\mathrm{bl}}^2} \tag{12}$$

ค่าความต้านทานเสมือนในการสร้างสนามแม่เหล็กมีสมการดังนี้

$$X_{\mathrm{m}} = \frac{mV_{\mathrm{nl}}^2}{Q_{\mathrm{nl}} - \left(mI_{\mathrm{nl}}^2 X_1\right)} \times \frac{1}{\left(1 + \frac{X_1}{X_{\mathrm{m}}}\right)^2} \tag{13}$$

ค่าความต้านทานเสมือนที่สเตเตอร์ที่ความถี่ที่ทดสอบ

$$X_{1,\mathrm{bl}} = \frac{Q_{\mathrm{bl}}}{mI_{\mathrm{bl}}^2 \times \left[1 + \left(\frac{X_1}{X_2}\right) + \frac{X_1}{X_{\mathrm{m}}}\right]} \times \left[\frac{X_1}{X_2} + \frac{X_1}{X_{\mathrm{m}}}\right] \tag{14}$$

กำหนดค่าความต้านทานเสมือนที่ความถี่พิกัด

$$X_1 = \frac{f}{f_{\mathrm{bl}}} \times X_{1,\mathrm{bl}} \tag{15}$$

ขั้นตอนการคำนวณมี 4 ขั้นตอนดังนี้

(1) คำนวณหาค่า X_{m} โดยกำหนดให้ $\frac{X_1}{X_{\mathrm{m}}}$ และ X_1 มีค่าเท่ากับ 1

(2) คำนวณหาค่า $X_{1,\mathrm{bl}}$ โดยกำหนดให้ $\frac{X_1}{X_{\mathrm{m}}}$ มีค่าเท่ากับ 1 และ $\frac{X_1}{X_2} = 1$

(3) คำนวณหาค่า X_1 โดยใช้ค่า $X_{1,\mathrm{bl}}$ ที่ได้จากขั้นตอนที่ (2)

(4) เช็คค่า %Error X_1 กับ X_{m} ถ้ายังไม่เท่ากับ 0 % ให้ย้อนกลับไปคำนวณตามขั้นตอนที่ (1) จนค่า %Error X_1 กับ X_{m} ที่ค่าเท่ากับ 0 % แล้วนำค่า X_{m} , $X_{1,\mathrm{bl}}$, X_1 ไปใช้ในการคำนวณดังนี้

$$X_{2,\mathrm{bl}} = \frac{X_{1,\mathrm{bl}}}{\left(\frac{X_1}{X_2}\right)} \tag{16}$$

กำหนดค่าความต้านทานเสมือนที่ความถี่พิกัด

$$X_2 = \frac{f}{f_{\mathrm{bl}}} \times X_{2,\mathrm{bl}} \tag{17}$$

และจาก

$$G_{\mathrm{c}} = \frac{P_{\mathrm{nl}}}{mV_{\mathrm{nl}}^2} \times \left(1 + \frac{X_1}{X_{\mathrm{m}}}\right)^2 \tag{18}$$

ดังนั้นค่าความต้านทานจากการสูญเสียในแกนเหล็กสามารถคำนวณจาก

$$R_{\mathrm{c}} = \frac{1}{G_{\mathrm{c}}} \tag{19}$$

และค่าความต้านทานขดลวดโรเตอร์คือ

$$R_2 = \left(\frac{P_{\mathrm{bl}}}{mI_{\mathrm{bl}}^2} - R_1\right) \times \left(1 + \frac{X_2}{X_{\mathrm{m}}}\right) - \left(\frac{X_2}{X_1}\right)^2 \times \left(X_{1,\mathrm{bl}}^2 G_{\mathrm{c}}\right) \tag{20}$$

3. ผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผล

มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสที่ใช้ทดสอบมีขนาดพิกัด 3 HP (2.2 kW), 220/380 V, 9.5/5.5 A, 50 Hz, 940 rpm, 6 pole, PF 0.75 ต่อแบบสตาร์ ตารางที่ 1 เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับทดสอบการรับโหลดของมอเตอร์โดยทำการทดสอบตั้งแต่ไม่มีภาระโหลดจนถึงรับโหลดเต็มพิกัดกระแส จากตารางเป็นการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวดสเตเตอร์ทั้งสามเฟสประกอบด้วยแรงดันไฟฟ้าสมดุลต่ำกว่าปกติ (UBL) แรงดันไฟฟ้าสมดุลสูงกว่าปกติ (OBL) และแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลชนิดต่ำ และสูงกว่าพิกัดโดยใช้อัตราส่วนความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าเฟสที่ (Phase Voltage Unbalance Ratio; %PVUR) 3% และ 5% ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEEE สามารถคำนวณค่าอัตราส่วนความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าเฟส โดยใช้สมการที่ 21 และจากผลการทดสอบได้ค่าพารามิเตอร์ในวงจรสมมูลแต่ละแบบเป็นดังตารางที่ 2

$$\%PVUR = Max\left(\frac{V_a - V_{avg},\ V_b - V_{avg},\ -V_c - V_{avg}}{V_{avg}}\right) \times 100 \tag{21}$$

โดยที่แรงดันไฟฟ้าเฟสเฉลี่ย $V_{avg,phase} = \frac{V_{AN} + V_{BN} + V_{CN}}{3}$ เมื่อกำหนดให้ V_{AN}, V_{BN}, V_{CN} คือค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส *a, b* และ *c* ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แรงดันไฟฟ้าแต่ละเฟสที่ใช้ในการทดสอบ

%PVUR	แรงดันเฟส		
	V_{an}	V_{bn}	V_{cn}
แรงดันไฟฟ้าสมดุล (Balance voltage)			
UBL	209	209	209
OBL	231	231	231
แรงดันต่ำกว่าปกติ (under voltage)			
3%	210	209	200
5%	210	207	193
แรงดันสูงกว่าปกติ (over voltage)			
3%	225	230	245
5%	221	245	247

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูลแบบต่าง ๆ

ชนิดวงจรสมมูล	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	$X_1 = X_2$ (Ω)	R_c (Ω)	X_m (Ω)
เฟส *a*	2.6537	4.3048	3.9711	774.657	68.549
เฟส *b*	2.6565	4.1001	3.9730	804.186	68.512
เฟส *c*	2.6391	4.1445	3.9906	2065.790	65.673
เฉลี่ย	2.6497	4.1831	3.9782	1214.880	67.578
IEEE 112	2.6497	2.4036	5.0519	1302.400	62.624

ผลที่ได้จากการทดสอบ และการคำนวณโดยใช้วงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำทั้ง 3 แบบ แยกตามสภาวะของแรงดันไฟฟ้าเป็นดังรูปที่ 2-7 จากรูปจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าวิธีการคำนวณโดยใช้วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ตามมาตรฐาน IEEE และการใช้วงจรสมมูลแบบแยกเฟสให้ค่าใกล้เคียงกับผลการทดสอบจริงมากที่สุดทุกรูปแบบของการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่พิจารณา

รูปที่ 2 แรงดันไฟฟ้าสมดุลต่ำกว่าปกติ

รูปที่ 3 แรงดันไฟฟ้าสมดุลสูงกว่าปกติ

4. สรุป

จากผลการเปรียบเทียบการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส โดยใช้วิธีการหาค่าพารามิเตอร์แบบต่างๆ กับค่าที่ได้จากการทดสอบมอเตอร์จริงตั้งแต่ไม่มีภาระโหลดจนถึงรับโหลดเต็มพิกัดกระแสในสภาวะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสมดุล แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าพิกัด และแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าพิกัด พบว่าการคำนวณโดยใช้วิธีการแบบแยกเฟส และวิธีตามมาตรฐาน IEEE ให้ค่าใกล้เคียงมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ตามมาตรฐาน IEEE มีหลายขั้นตอนในการคำนวณซึ่งยุ่งยากซับซ้อนมากกว่าวิธีการคำนวณแบบแยกเฟส ส่วนวงจรสมมูลแบบเฉลี่ยต่อเฟสให้ค่าใกล้เคียงค่าจริงน้อยที่สุด

รูปที่ 4 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าพิกัด 3%

รูปที่ 5 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าพิกัด 5%

รูปที่ 6 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าพิกัด 3%

รูปที่ 7 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าพิกัด 5%

เอกสารอ้างอิง

[1] Annette von Jouanne and Basudeb (Ben) Banerjee "Assessment of Voltage Unbalance" IEEE Trans. Power Delivery, vol. 16, no. 4, pp. 782–790, Oct. 2001.

[2] A. Gastli, "Identification of Induction Motor Equivalent Circuit Parameters using The Single-phase Test," IEEE Trans. on Energy Conversion, vol. 14, no. 1, pp. 51-56, March 1999.

[3] IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators, IEE E Standard 112, 2004.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องอบข้าวเปลือกขนาดเล็กด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

Small grain dryers by solar energy

จิรวัฒน์ ตั้งวันเจริญ[1] และณัฐพงศ์ สอนอาจ[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชธานี

261 ถนนเลี่ยงเมือง ตำบลแจระแม อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000 โทรศัพท์ 045-319900 ต่อ 125 E-mail: jtcenter1000@gmail.com

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชธานี

261 ถนนเลี่ยงเมือง ตำบลแจระแม อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000 โทรศัพท์ 045-319900 ต่อ 125 E-mail: Nutthapong@rtu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องอบข้าวเปลือกขนาดเล็กด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีแผงรับแสงอาทิตย์เก็บพลังงานแสงในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า นำพลังงานไฟฟ้าไปควบคุมการหมุนของถังอบข้าวเปลือกเพื่อพลิกข้าวและความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยลดความชื้นในข้าวเปลือกได้ จากการทดลอง ได้นำข้าวเปลือกมาอบจำนวน 50 กิโลกรัม อุณหภูมิของอากาศที่เข้าอบข้าวเปลือกประมาณ 31.5 – 41.2 องศาเซลเซียส อบข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้น 20 – 23 % มาตรฐานแห้ง ใช้เวลาในการอบประมาณ 2.5 – 5.3 ชั่วโมง ทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นลดลงเหลือประมาณ 15 % มาตรฐานแห้ง และมีอัตราการลดความชื้นของข้าวเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 % มาตรฐานแห้งต่อชั่วโมง วิธีใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และการเปิดมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนถังอบ จะช่วยการลดความชื้นของข้าวเปลือกให้เหลือ 15% มาตรฐานแห้ง ใช้เวลา 318 นาที (5ชม. 18 นาที) น้อยกว่าวิธีดั้งเดิมใช้เวลา 500 นาที (8ชม. 20 นาที)

คำสำคัญ: เครื่องอบข้าวเปลือก,พลังงานแสงอาทิตย์, ตู้อบข้าวเปลือก

Abstract

This research aims to construct a small paddy dryer with solar energy. Solar panels store light energy in the form of electrical energy, bring the electric power to control the rotation of the rice paddies to flip the rice and the heat generated by solar energy reduces the moisture in the paddy. The experiment was carried out 50 kg of paddy the temperature of the air to bake the paddy is about 31.5 - 41.2 degrees celsius. Bake paddy from initial moisture content of 20-23% dry standards, it takes about 2.5 - 5.3 hours to bake. The moisture content of paddy is reduced to about 15% dry standard and the average moisture content of paddy was 0.83% dry standard per hour. How to use a solar incubator and turn the electric motor rotate the baking tank, it will help to reduce the moisture content of paddy to 15%. The dry standard takes 318 minutes (5 hours 18 minutes) less than traditional way 500 minutes (8 hours 20 minutes)

Keywords: grain dryers, solar energy, incubators paddy.

1. บทนำ

เครื่องอบข้าวด้วยแสงอาทิตย์ [1] แบ่งระบบออกเป็นสองระบบระบบสร้างความร้อนด้วยแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการความร้อนสะสมของแสงพระอาทิตย์ โดยสังกะสีแผ่นบางโดยที่ความร้อนจะสะสมอุณหภูมิประมาณที่ 30-35 องศา ระบบเซ็นเซอร์การตัดต่อการทำงานของเครื่องหมุนกลับข้าวเปลือกภายในในอุณหภูมิที่เหมาะสมเมื่อได้อุณหภูมิความร้อนที่เพียงพอระบบมอเตอร์ไฟฟ้า AC [2] จะทำงานโดยหมุนกลับข้าว และจะทำงานโดยการหมุนคล้ายหลักการการปั่นเกาลัดเข้ามาใช้การนำหลักวิชาทฤษฎีและปฏิบัติที่ได้รับการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเกษตรกรชาวนามีความจำเป็นมากในการอบข้าวด้วยแสงอาทิตย์เพื่อลดระยะเวลาและพื้นที่ที่มีอยู่จำกัด

2. แนวคิดและทฤษฎี.

2.1 ทฤษฎีการอบแห้ง

กระบวนการอบแห้ง เป็นกระบวนการลดความชื้นโดยจะใช้วิธีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่เอาความชื้นออกจากการระเหย การถ่ายเทความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหยการอบแห้งจะทำให้สามารถที่จะเก็บหรือถนอมวัสดุไว้ได้นานขึ้น และยังสามารถลดปริมาตรและน้ำหนักของวัสดุ

2.2 ความสำคัญของการอบแห้ง

การอบแห้งเป็นกระบวนการลดความชื้นซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้

ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ประโยชน์ของการอบแห้งพอสรุปได้ดังนี้

เพื่อการถนอมอาหาร อาหารที่แห้งแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสียเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีน้อย เมื่อปริมาตรและน้ำหนักของวัสดุ วัสดุที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและน้ำหนักลดลง ทำให้สามารถลดต้นทุนในการเก็บรักษาและการขนส่ง

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

การทำแห้ง คือ การเคลื่อนย้ายน้ำออกจากวัสดุ ปัจจัยใดๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำจึงมีผลต่ออัตราการทำแห้ง ได้แก่ ธรรมชาติของวัสดุ วัสดุเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนของน้ำภายในวัสดุแบบผ่านแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในวัสดุเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งเร็วกว่าอาหารที่มีเนื้อแน่น วัสดุที่มีน้ำตาลสูงจะมีความเหนียวกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า

ขนาดและรูปร่าง ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น รูปร่างเหมือนกันขนาดเล็กจะมีพื้นที่ต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่ จึงแห้งเร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่เคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกันการระเหยเกิดได้เฉพาะพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้งๆ ที่พื้นที่ต่อหน่วยน้ำหนักมากตำแหน่งของอาหารในเตา น้ำในวัสดุที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากแล้วจะรับไอน้ำได้น้อย มีผลในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ จึงมีผลต่ออัตราการทำแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้น จึงมีผลต่อช่วงการทำแห้งลดลงด้วย

2.4 การลดความชื้น

ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม เมล็ดมีความชื้นประมาณ 20-25% เมื่อนำข้าวเปลือกมากองรวมกัน เนื่องจากเมล็ดมีการหายใจ จะทำให้กองข้าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ มีผลทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพ เช่น เกิดข้าวเน่า ข้าวบูด ข้าวเหลือง ข้าวมีคุณภาพการสีต่ำ เมล็ดพันธุ์เสื่อมความงอกเร็ว จึงต้องทำการลดความชื้นของเมล็ดข้าวให้เหลือประมาณ 14% สำหรับการเก็บข้าวไว้นาน 2 เดือน แต่ถ้าเก็บนานเกินกว่า 3 เดือน ควรลดความชื้นเมล็ดให้เหลือต่ำกว่า 12% การลดความชื้น ทำได้หลายวิธี ได้แก่ การใช้แสงอาทิตย์ และการใช้เครื่องอบโดยแสงอาทิตย์

2.5 การใช้เครื่องอบ

การใช้แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งความร้อนโดยมีการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นตัวช่วยพาความชื้นออกจากเมล็ด ทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลง เป็นวิธีการที่ประหยัด ไม่ยุ่งยาก แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้แรงงานและพื้นที่ในการตาก และไม่สามารถควบคุมคุณภาพข้าวได้การตากข้าวในนาจากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ทำให้เกิดการสูญเสีย ทั้งน้ำหนัก และคุณภาพข้าว เนื่องจากเกิดการร่วงหล่นขณะตาก ขนย้าย และถูก นก หนู เข้าทำลาย ส่วนการสูญเสียคุณภาพ ในตอนกลางวันข้าวได้รับอุณหภูมิสูงจากแสงแดด ความชื้นของเมล็ดลดลง ในช่วงกลางคืน อุณหภูมิลดต่ำลง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงขึ้น ข้าวจึงดูดความชื้นกลับเข้าไปอีกครั้ง การเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในเมล็ดข้าว แห้งและชื้นสลับกัน ทำให้เกิดการร้าวในเมล็ด นอกจากนี้ยังได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม เช่น ข้าวเปียกน้ำค้างในเวลากลางคืน หรือเปียกฝนในระหว่างการตาก ทำให้ข้าวเกิดรอยร้าวในเมล็ด

รูปที่ 1 การตากข้าวแบบแขวนราว

รูปที่ 2 การตากข้าวในนา

จากรูปที่ 3 การตากข้าวในลาน ปัจจุบันการใช้รถเกี่ยวนวด ทำให้เกษตรกรขายข้าวสด ให้พ่อค้าทันที ดังนั้นภาระในการลดความชื้นจึงอยู่ที่พ่อค้า หรือโรงสี แต่เกษตรกรบางกลุ่มยังคงตากข้าวลดความชื้นเองหรือเพื่อเก็บไว้ทำเมล็ดพันธุ์

รูปที่ 3 การตากข้าวในลาน

การใช้เครื่องอบ ในรูปที่ 4 วิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถปฏิบัติได้ในทุกสภาวะอากาศ แม้ว่าฝนจะตกหรือมีแสงแดดน้อย ใช้พื้นที่น้อย สามารถควบคุมการลดความชื้น ให้อยู่ในระดับตามต้องการ สามารถควบคุมป้องกันความเสียหายต่อคุณภาพข้าวได้ แต่มีข้อเสีย คือ ค่าใช้จ่ายสูงราคาเครื่องอบ สูงมาก

รูปที่ 4 เครื่องอบข้าว

3. การวัดและการออกแบบ

3.1 วงจรเครื่องวัดความชื้น

จากรูปที่ 5 C1 คือ ตัวเก็บประจุที่จะเทเมล็ดพืชลงไปเพื่อทดสอบ เมล็ดพืชชื้นมากค่าความจุไฟฟ้าจะมาก เมล็ดพืชชื้นน้อยค่าความจุไฟฟ้าจะน้อยลง C2 คือ ตัวเก็บประจุอีกตัวหนึ่งที่ปรับเพิ่มค่าความจุไฟฟ้าหรือลดค่าความจุไฟฟ้าได้ ใช้สำหรับเปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้ากับ C1 ถ้า C1 และ C2 มีค่าความจุไฟฟ้าเท่ากันเข็มของ มิเตอร์จะชี้อยู่ตรงกลาง แต่ถ้าค่าความจุไฟฟ้าของ ตัวเก็บประจุ C1 จะเพิ่มหรือลดตามความชื้นของเมล็ดพืชเข็มมิเตอร์จะไม่ชี้ตรงกลาง เราจะปรับค่าความจุของตัวเก็บประจุ C2 ให้มีค่าเพิ่ม หรือลดเท่ากับตัวเก็บประจุ C1 เมื่อค่าความจุไฟฟ้าเท่ากันเข็มมิเตอร์จะชี้ตรงกลางเหมือนเดิม ที่แกนหมุนของตัวเก็บประจุ C2 จะต่อกับหน้าปัดแสดงตัวเลขปรับเทียบแสดงค่าเป็นความชื้นเมล็ดพืชได้

รูปที่ 5 *วงจรเครื่องวัดความชื้นอย่างง่าย*

งานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องวัดความชื้นในเมล็ดพันธุ์พืช EE-KU รุ่นเกษตร 60 ปี จากรูปที่ 6 ซึ่งผลิตโดยหัวหน้าโครงการ รศ.ชัยวัฒน์ ชัยกุล ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์(บางเขน) ซึ่งได้รับความนิยมและความเชื่อถือจากโรงสีข้าวหลายๆโรง ใช้ง่ายและมาตรฐาน วิธีการวัด เริ่มจากชั่งข้าวเปลือกจำนวน 100 กรัม แล้วกดเมนู ON จากนั้นเทข้าวเปลือกลงไปในเครื่องวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ แล้วกดเมนู STAR เครื่องจะแสดงร้อยละความชื้นของข้าวเปลือก

รูปที่ 6 เครื่องวัดความชื้นในเมล็ดข้าว

3.2 เครื่องอบแห้งแบบใช้แผงรับแสงอาทิตย์

ในงานวิจัยนี้ [3] จากรูปที่ 7 จะมีแผงรับแสงอาทิตย์ขนาด 1 ตารางเมตร (Solar Collector) ภายในจะมีวัสดุสำหรับดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ โครงสร้างใต้แผงรับแสงอาทิตย์ของตู้อบจะทำจากแผ่นสังกะสีบางจะทำหน้าที่สะสมความร้อนอุณหภูมิประมาณที่ 30-35 องศา และจะถ่ายเทความร้อนไปยังอากาศทำให้อากาศร้อนเคลื่อนที่ไปยังห้องอบที่บรรจุข้าวเปลือก ภายในห้องอบแห้งสามารถหมุนโดยอาศัยชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สายพานและมูเลย์ จากรูปที่ 8 จะช่วยกลับข้าวเปลือกคล้ายหลักการปั่นเกาลัด เมื่ออากาศร้อนจะเข้าไปกำจัดความชื้นของข้าวเปลือกได้ทุกๆพื้นที่ของตู้อบ

รูปที่ 7 เครื่องอบแห้งแบบใช้แผงรับแสงอาทิตย์

รูปที่ 8 ชุดควบคุมการหมุนของถังอบข้าว

รูปที่ 9 เครื่องอบข้าวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบข้าวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้มีขนาด 1x1x0.6 เมตร ในรูปที่ 9 การออกแบบมีการดำเนินการและสร้าง สามารถแบ่งตามหลักการทำงานในแต่ละส่วนคือ 1. เหล็กฉาก นำมาประกอบโดยการเชื่อม เป็นตัวโครงเครื่องอบ 2. เหล็กฉากใช้เชื่อม เป็นฐานมอเตอร์ 3. สังกะสีแผ่นเรียบ เพื่อนำมาตัดตามที่ต้องการ 4. นำเหล็กแผ่นบางมาทำให้เป็นวงกลม โดยเชื่อมเข้ากับเหล็กฉาก ซึ่งยึดเข้ากับ รีเบคทั้ง 2 ข้าง 5. มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการหมุนของสายพานเพื่อต้องการให้แกนเพลานั้นหมุนรอบตัวถังข้าวในการอบข้าวเปลือก 6. เครื่องวัดอุณหภูมิเป็นการแสดงของความชื้นของข้าวในการอบข้าวแต่ละครั้ง

4. ผลการทดลอง

ผลจากลดความชื้นข้าวเปลือก รูปที่ 10 เส้นกราฟความชื้น A วิธีดั้งเดิมใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นจาก 22% ถึง 15% ใช้เวลาทั้งสิ้น 500 นาที (8 ชั่วโมง 20 นาที) , เส้นกราฟความชื้น B วิธีใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวยังไม่เปิดมอเตอร์ไฟฟ้าใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นจาก 22% ถึง 15% ใช้เวลาทั้งสิ้น 420 นาที (7 ชั่วโมง) และเส้นกราฟความ C วิธีใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และเปิดมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนตู้อบ ใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นจาก 22% ถึง 15% ใช้เวลาทั้งสิ้น 318 นาที (5 ชั่วโมง 18 นาที) และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมอเตอร์ใช้กำลังไฟฟ้า 1 แรงม้าจะใช้พลังงานเท่ากับ 3.95 kWh ต่อการอบ 50 กก. หรือ 0.079 kWh/kg คิดเป็นค่าใช้จ่าย 0.316 บาท/กก.

รูปที่ 10 การลดความชื้นของข้าวเปลือก

3. สรุปผลการวิจัย

ในบทความนี้ได้เพื่อสร้างเครื่องอบข้าวเปลือกขนาดเล็กด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีแผงรับแสงอาทิตย์เก็บพลังงานแสงในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า นำพลังงานไฟฟ้าไปควบคุมการหมุนของถังอบข้าวเปลือกเพื่อพลิกข้าวและใช้ความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ช่วยลดความชื้นในข้าวเปลือก งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบกันการลดความชื้น 3 วิธี คือ วิธีตากแดดด้วยธรรมชาติใช้เวลา 8 ชั่วโมง 20 นาที วิธีตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวยังไม่เปิดมอเตอร์ไฟฟ้าใช้เวลา 7 ชั่วโมง และวิธีใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เปิดมอเตอร์ไฟฟ้าใช้เวลา 5 ชั่วโมง 18 นาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เปิดมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถใช้เวลาอบข้าว ซึ่งข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้ในการประเมินและวิเคราะห์ความคุ้มค่าระยะยาวต่อไป ดังตารางที่ 1

ต้นทุนการผลิต	วิธีดั้งเดิม	เครื่องอบข้าวพลังงานแสงอาทิตย์
1. ผ้าใบรองข้าวเปลือก	ใช้ขึ้นกับปริมาณข้าวเปลือก	ไม่ใช้
2. อุปกรณ์สร้างตู้อบ	ไม่ใช้	5,000 บาท
3. ความเสียหายของข้าวเปลือก	ถูกหนูและนกกินเป็นอาหาร	ไม่มี
4. พื้นที่ทำงาน	ค่อนข้างมาก	น้อย
5. จำนวนแรงงานคน	ขึ้นกับปริมาณข้าวเปลือก	1-2 คน ดูแลตู้อบ
6. เวลาที่ใช้	8 ชม./50ก.ก.	5 ชม.18 นาที /50 ก.ก.
7. การใช้พลังงาน	ไม่มีค่าใช้จ่าย	พลังงานไฟฟ้า 0.316 บาท/ก.ก.
8. อุปกรณ์แผงรับแสงอาทิตย์ 250 W 4 แผงเครื่องแปลงไฟ INVERTERและแบตเตอรี่ 12V 7.5A 4 ลูก	ไม่ใช้	39,180 บาท

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบวิธีดั้งเดิมกับวิธีใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารอ้างอิง

[1] นภัทร วัจนเทพินทร์, การผลิตไฟฟ้าโรงไฟฟ้าและพลังงานทดแทน ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์, 2550.

[2] บุญศักดิ์ ใจจงกิจ, มอเตอร์ไฟฟ้า กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2521.

[3] ขจรศักดิ์ ใจยาว, พีรพล โคตรไกรสร และ อดินันท์ เครือคุณ, "เครื่องอบข้าวเปลือกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์" ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชธานี.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องมือวัดข้อมูลสุขภาพสำหรับการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน

Measurement Instrument Data Health Tracking for Exercise by Bicycling

ณัทกร เกษมสำราญ[1] เวียงชัย คาระมาตย์[1] และนรรัตน์ วัฒนมงคล[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131 E-mail: norrarat@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันคนไทยได้ให้ความใส่ใจในการดูแลสุขภาพด้วยการปั่นจักรยานกันมากขึ้น เนื่องจากเป็นการออกกำลังที่ช่วยลดโอกาสการได้รับบาดเจ็บจากการออกกำลังกายลงได้เมื่อเทียบกับการวิ่งหรือยกน้ำหนัก อีกทั้งยังเป็นการออกกำลังกายที่ได้ท่องเที่ยวและสัมผัสกับธรรมชาติโดยตรง บทความวิจัยฉบับนี้นำเสนอเครื่องมือวัดข้อมูลสุขภาพการออกกำลังกายที่สามารถติดตั้งเข้ากับจักรยานทั่วไปได้ ผู้ออกกำลังกายสามารถทราบข้อมูลที่สำคัญต่างๆ เช่น ระยะทางในการปั่นจักรยาน พลังงานที่สูญเสียไปในการออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยาน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากการประมวลผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงข้อมูลผ่านทางจอแอลซีดี เมื่อผู้ออกกำลังกายทราบข้อมูลเหล่านี้แล้วจะสามารถควบคุมการออกกำลังกายของตนเองได้อย่างเหมาะสมกับเพศ อายุ และน้ำหนัก จากการทดสอบพบว่าเครื่องวัดข้อมูลสุขภาพที่นำเสนอสามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ถูกต้องมากกว่า 95% เมื่อเทียบกับเครื่องมือวัดข้อมูลสุขภาพที่ได้มาตรฐาน

คำสำคัญ: วงจรอิเล็กทรอนิกส์, ข้อมูลสุขภาพ, อัตราการเต้นหัวใจ, จักรยาน

Abstract

Currently, people in Thailand have to pay attention to health care with the bicycling increasingly. Because bicycling can reduce the opportunity of injury from exercise when compared with the running or lifting weights. Moreover, it also has exercise tourism and experience the nature directly. In this paper, we propose the measurement instrument data health tracking for exercise by bicycling that can be mounted on the general bicycle. User can track the report of an important data health while bicycling such as distance, heart rate, energy wasted (or calories burned), and time spent on bicycling. These data health will be computed from the microcontroller and show the results on LCD display. When users get the data health, they can control the exercise by themselves properly with the sex, age and weight. From the experiment results, we found that our proposed devise provides the data health correctly more than 95% when compared with other standard instruments.

Keywords: electronic circuit, data health, heart rate, bicycle

1. บทนำ

ปัจจุบันคนทั่วโลกได้หันมาสนใจดูแลสุขภาพด้วยการออกกำลังกายกันมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการวิ่ง การเดิน และการเข้าศูนย์ออกกำลังกาย โดยการเดินหรือวิ่งเป็นระยะเวลานานๆ นั้นอาจจะได้รับการกระแทกรับแรงที่บริเวณข้อต่อซึ่งอาจส่งผลเสียทำให้ข้อเสื่อมได้ ดังนั้นการปั่นจักรยานจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดการกระแทกจากการเดินและวิ่ง จากการสำรวจใน พ.ศ. 2558 [1] พบว่าในประเทศไทยมีจำนวนผู้ใช้จักรยานทั้งหมด 2,250,000 คน แบ่งเป็นผู้ใช้จักรยานในกรุงเทพฯ และปริมณฑล 150,000 คน ผู้ใช้จักรยานในจังหวัดอื่นๆ อีก 2,100,000 คน โดยในจำนวนนี้ มีผู้ใช้จักรยานเพื่อการเดินทางท่องเที่ยวมากถึง 260,000 คน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานได้รับความนิยมอย่างมาก

นอกจากนั้นแล้ว ในการออกกำลังกายยังต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของสภาพร่ายกายของแต่ละบุคคลด้วย เช่น เพศ อายุ และน้ำหนัก เพื่อจะช่วยลดโอกาสที่จะเกิดอันตรายในระหว่างออกกำลังกาย ดังนั้นหากผู้ออกกำลังกายได้รับทราบข้อมูลที่สำคัญต่างๆ จะส่งผลดีต่อร่างกาย เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ระยะทางในการปั่นจักรยาน และพลังงานที่สูญเสียไปในการออกกำลังกาย เพื่อให้สามารถวางแผนการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับผู้ออกกำลังกายนั้นเอง ในปัจจุบันผู้ออกกำลังกายจำนวนมากนิยมใช้สายรัดข้อมือเพื่อสุขภาพ (Wristband fitness tracker) [2] ที่สามารถวัดข้อมูลสุขภาพการออกกำลังกาย โดยผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูล เพศ อายุ และน้ำหนัก ซึ่งจะสามารถวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ระยะทางในการออกกำลังกาย พลังงานที่ใช้ไปในระหว่างการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตาม สายรัดข้อมือเช่นนี้จะให้ข้อมูลไม่ถูกต้องมากนัก เช่น ระยะทางในการปั่นจักรยานจะใช้ระบบพิกัด GPS มีสเกลค่อนข้างกว้างจึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ หรือจักรยานที่มีราคาแพงถึงจะมี

การติดตั้งมิเตอร์วัดระยะทางในตัว รวมถึงสูตรในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก็ไม่ทราบแหล่งอ้างอิงที่ชัดเจนหรือเชื่อถือได้ ดังนั้นจึงอาจส่งผลกระทบต่อการคำนวณค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

ด้วยเหตุผลข้างต้นที่กล่าวมา งานวิจัยฉบับนี้จึงได้นำเสนอเครื่องมือวัดข้อมูลสุขภาพการออกกำลังกายที่สามารถติดตั้งเข้ากับจักรยานทั่วไปได้ ที่สามารถแสดงข้อมูลสุขภาพได้เช่นเดียวกับการใช้สายรัดข้อมูล และยังให้ความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากกว่า จึงถือเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้ออกกำลังกายที่ชอบปั่นจักรยาน

2. ระบบที่นำเสนอ

2.1 วัสดุอุปกรณ์

ในงานวิจัยนี้เราได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 เพื่อนำมาประมวลที่ได้จากการป้อนข้อมูลจากผู้ใช้งานก่อนเริ่มออกกำลังกายซึ่งประกอบด้วยข้อมูลเพศ อายุ น้ำหนัก และขนาดของวงล้อรถจักรยาน รวมถึงรับค่าในขณะกำลังออกกำลังกายที่ได้เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ และฮอลเอฟเฟกเซนเซอร์ (Hall effect sensor) ซึ่งนำมาใช้คำนวณหาค่าระยะทางในการปั่นจักรยาน จอแสดงผลแอลซีดีจะถูกติดตั้งด้านหน้าของตัวรถเพื่อให้ผู้มองเห็นได้อย่างชัดเจนโดยจะแสดงค่าระยะทางในการปั่นจักรยาน อัตราการเต้นของหัวใจ และพลังงานที่สูญเสียจากการออกกำลังกาย ดังปรากฏในรูปที่ 1 สำหรับแหล่งจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ทั้งหมดจะได้จากแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออน แบตเตอรี่สำรองมีความจุ 2,600 mAh แรงดัน 5.5 โวลต์ สามารถประจุไฟฟ้าได้โดยตรงผ่านพอร์ตยูเอสบี และประจุไฟฟ้าได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 2 แผง ต่อขนานกัน ซึ่งช่วยเพิ่มทางเลือกในการนำพลังงานไฟฟ้าใช้งาน

เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นหัวใจที่นำมาใช้เป็นแบบอินฟาเรดและมีคลิปหนีบหู ซึ่งสามารถตรวจจับสัญญาณได้โดยการใช้หลอดแอลอีดีส่องไปยังเลือดที่แสงสามารถทะลุผ่านได้ อัตราการเต้นของชีพจร (Arterial pulse rate) โดยทั่วไปจะเท่ากับอัตราการเต้นของหัวใจในคนปกติ อัตราการเต้นหัวใจตามเป้าหมายคือ การกำหนดระดับความหนักหน่วงในการออกกำลังกายเพื่อให้การเต้นของหัวใจไม่เกินขีดความสามารถของร่างกายตัวเอง และเป็นการออกกำลังกายอย่างค่อยเป็นค่อยไป ไม่หักโหมจนเกิดการบาดเจ็บ ฉะนั้นเมื่อเราออกกำลังกายร่างกายจะใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น การทำงานของหัวใจเพิ่มขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสามารถคำนวณได้จากสมการ (1) มีหน่วยเป็นจำนวนครั้งต่อนาที ผู้ที่เพิ่งเริ่มการออกกำลังกายและผู้ที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอควรให้มีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ประมาณ 50 - 60% และ 70 - 80% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ตามลำดับ [2]

รูปที่ 1 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของจักรยาน

$$\text{อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด} = 220 - \text{อายุ} \quad (1)$$

การเผาผลาญแคลอรี่จากการออกกำลังกายสามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

การเผาผลาญแคลอรี่ (ผู้ชาย)

$$= [(\text{อายุ} \times 0.2017) - (\text{น้ำหนัก} \times 0.09036) + (\text{อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย} \times 0.6309) - 55.0969] \times \text{เวลา} / 4.184 \quad (2)$$

การเผาผลาญแคลอรี่ (ผู้หญิง)

$$= [(\text{อายุ} \times 0.074) - (\text{น้ำหนัก} \times 0.05741) + (\text{อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย} \times 0.4472) - 20.4022] \times \text{เวลา} / 4.184 \quad (3)$$

การเผาผลาญแคลอรี่มีหน่วยเป็น กิโลแคลอรี่ (Kcal) น้ำหนักมีหน่วยเป็นปอนด์ (Pound) โดย 1 ปอนด์ เท่ากับ 0.45359237 กิโลกรัม และเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย มีหน่วยเป็นนาที [3]

การวัดระยะทางจากการปั่นจักรยาน จะคำนวณจากรัศมี (r) ของวงล้อจักรยานและใช้ฮอลเอฟเฟกเซนเซอร์ รุ่นAH-1751 ในการวัดจำนวนรอบของวงล้อที่หมุนไปขณะปั่นจักรยาน โดยจะถูกติดตั้งที่บริเวณแกนล้อหลัง ระยะทางปั่นจักรยานคำนวณได้จากสมการ (4)

$$\text{ระยะทาง} = 2\pi r \times \text{จำนวนรอบของวงล้อที่หมุนไปเมื่อปั่นจักรยาน} \quad (4)$$

2.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนตอนต่างๆ ดังนี้

1. ออกแบบและสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของชุดเครื่องมือวัดข้อมูลสุขภาพ

2. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์เชื่อมต่อเข้าชุดประมวลผลแล้วจึงนำไปติดตั้งที่ตำแหน่งต่างๆ ของรถจักรยานตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่ง

ประกอบด้วยการติดตั้งฮอลเอฟเฟกเซนเซอร์กับแม่เหล็ก แผงวงจรเซลล์แสงอาทิตย์และจอแสดงผล ดังแสดงในรูปที่ 2

3. ปรับสัญญาณพัลส์ของเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นหัวใจและสัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ประสานจังหวะกันถูกต้อง

4. เขียนโปรแกรมตามโฟลว์ชาร์ทที่ได้ออกแบบไว้และทดสอบการทำงานของโปรแกรม ก่อนนำไปใช้ทดสอบในลำดับถัดไป

(ก) การจัดอุปกรณ์ภายในกล่องควบคุม

(ข) การติดตั้งฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์กับแม่เหล็ก

(ค) การติดตั้งแผงวงจรเซลล์แสงอาทิตย์และจอแสดงผล

(ง) ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดข้อมูลสุขภาพเข้ากับตัวรถจักรยาน

รูปที่ 2 ขั้นตอนการการติดตั้งเครื่องมือวัดข้อมูลสุขภาพ

3. การทดสอบและผลการทดสอบ

เราจะทำการทดสอบและเปรียบเทียบผลการทดสอบในกรณีต่างๆ โดยใช้เครื่องวัดสัญญาณชีพและอัตราการเต้นหัวใจ รุ่น M9500 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจและวัดความดันโลหิต OMRON รุ่น HEM-7120 และสายรัดข้อมือวัดอัตราการเต้นหัวใจที่รองรับ Android iOS ดังแสดงในรูปที่ 3 รวมถึงจักรยานออกกำลังกาย (Magnetic bike) รุ่น NT-906B ซึ่งใช้ในศูนย์ออกกำลังเพื่อนำมาเป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในการนำมาเปรียบเทียบระหว่างเครื่องมือวัดที่เรานำเสนอและสายรัดข้อมือเพื่อสุขภาพ

(ก) M9500 (ข) HEM-7120 (ค) สายรัดข้อมือเพื่อสุขภาพ

รูปที่ 3 เครื่องมือวัดอัตราการเต้นหัวใจที่ได้มาตรฐานและสายรัดข้อมือเพื่อสุขภาพ

จากตารางที่ 1 ต้องการเปรียบเทียบการวัดค่าอัตราการเต้นหัวใจระหว่างเครื่องวัดที่เรานำเสนอกับเครื่องวัดที่ได้มาตรฐาน 2 รุ่น โดยพิจารณาขณะที่ผู้ใช้อยู่นิ่งกับที่และผู้ที่กำลังออกกำลังกายเพื่อคำนวณหาเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน เมื่อทำการทดลองซ้ำๆ จำนวน 30 ครั้ง โดยใช้ผู้ทดสอบคนเดิมทุกครั้ง แล้วนำหาค่าเฉลี่ย สำหรับการปั่นจักรยานจะกำหนดให้ปั่นในระยะ 1,000 เมตร ผลการทดสอบพบว่า เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงสุดไม่เกิน 4.17% และจะเกิดความผิดพลาดสูงขึ้น เมื่ออัตราการเต้นหัวใจมีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการวัดค่าอัตราการเต้นหัวใจกับเครื่องวัดมาตรฐาน

สิ่งที่นำมาพิจารณา	เครื่องมือที่นำเสนอ	เครื่องรุ่น M9500	เครื่องi6jo HEM-7120
อัตราการเต้นหัวใจ (ครั้งต่อนาที) อยู่นิ่ง/ ออกกำลังกาย	76/115	74/120	74/118
% ความคลาดเคลื่อนของอัตราการเต้นหัวใจ	-	2.70/4.17	2.70/2.54

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการอ่านค่าข้อมูลสุขภาพต่างๆ

สิ่งที่นำมาพิจารณาเปรียบเทียบ	เครื่องมือที่นำเสนอ	สายรัดข้อมือเพื่อสุขภาพ	จักรยานออกกำลังกาย NT-906B
อัตราการเต้นหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	75	81	76
ระยะทางในการปั่นจักรยาน (เมตร)	1,000	984	1,000
การเผาผลาญพลังงาน (แคลลอรี่)	214	188	206
% ความคลาดเคลื่อนของการเผาผลาญพลังงาน	3.88	8.37	-

จากตารางที่ 2 เราตั้งสมมติฐานว่าจะใช้มิเตอร์ของจักรยานออกกำลังกายเป็นเครื่องมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบกับสายรัดข้อมือเพื่อสุขภาพ โดยกำหนดระยะทางในการปั่นจักรยาน 1,000 เมตร ทดสอบ 10 ครั้ง โดยผู้ใช้งานคนเดียวกันและมีน้ำหนักเท่าเดิมทกครั้งที่เริ่มทดสอบ ข้อมูลสุขภาพที่จะนำมาพิจารณาคือ อัตราการเต้นหัวใจ ระยะทางในการปั่นจักรยาน และการเผาผลาญพลังงาน จากผลการทดสอบพบว่า การอ่านค่าอัตราการเต้นหัวใจ ระยะทางในการปั่นจักรยาน และการเผาผลาญพลังงานมีค่าใกล้เคียงกับจักรยานออกกำลังกายมากกว่าสายรัดข้อมูลเพื่อสุขภาพ โดยมีความคลาดเคลื่อนของการเผาผลาญพลังงานเพียง 3.88% อย่างไรก็ตาม ในการทำการทดสอบแต่ละครั้งอาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เช่น สภาพพื้นถนนที่ใช้ปั่นจักรยาน สภาพอากาศ และสุขภาพร่างกายของผู้ทดสอบ ซึ่งเราควบคุมการทดสอบได้ยาก

4. สรุป

บคความวิจัยฉบับนี้เราได้นำเสนอเครื่องมือวัดข้อมูลสุขภาพสำหรับการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานที่สามารถวัดค่าอัตราการเต้นหัวใจ ระยะทางในการปั่นจักรยาน และการเผาผลาญพลังงาน เมื่อเทียบกับการวัดค่าจากเครื่องมือทางการแพทย์ที่ได้มาตรฐาน รวมถึงจักรยานออกกำลังกายที่ใช้ในศูนย์ออกกำลังกาย จากการทดสอบพบว่ามีความถูกต้องมากกว่า 95% และเมื่อเทียบกับสายรัดข้อมูลเพื่อสุขภาพที่คนทั่วไปนิยมนำมาใช้งานอยู่ในปัจจุบันจะให้ความถูกต้องมากกว่า

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่สนับสนุนงบประมาณในการเข้าร่วมนำเสนอผลงานทางวิชาการในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

[1] บุษยา ประกอบทอง ผู้จัดการทั่วไป บริษัท เอ็น.ซี.ซี. เอ็กซิบิชั่น ออกาไนเซอร์ จำกัด, อินเตอร์เนชั่นแนล บางกอกไบค์ 2015, http://marketeer.co.th/archives/41800

[2] เทคโนโลยีการออกกำลังกายและไลฟ์ไสตล์, TSMACTIVE, ที่มา: http://tsmactive.com/wareble-tech-sub

[3] อัตราการเต้นของหัวใจตามเป้าหมาย, กองโภชนาการ กรมอนามัย, ที่มา: กระทรวงสาธารณสุข, http://nutrition.anamai.moph.go.th/

[4] L. R. Keytel, J. H. Goedecke, T. D. Noakes, H. Hiiloskorpi, R. Laukkanen, L. Van der Merwe and E. V. Lambert, " Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise," Journal of Sports Sciences & Medicine, vol. 16, pp. 14-21, March 2005.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องบรรจุน้ำมัน ควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่

Oil Filling Machine Control by Arduino Board

จุลศักดิ์ โยลัย[1]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

680 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 โทรศัพท์ 042-970021 E-mail: jullasak@snru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้อธิบายถึง เครื่องบรรจุน้ำมัน ที่สามารถใช้ในธุรกิจขายส่งน้ำมันแบบขวด ที่ลดปัญหาด้านความผิดพลาด และความคาดเคลื่อน ของปริมาณน้ำมัน รวมถึงลดไอระเหยของน้ำมันที่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายของผู้ที่ทำงานกรอกน้ำมัน มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อสร้างเครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ และหาประสิทธิภาพ เครื่องบรรจุน้ำมัน ประกอบด้วย บอร์ด Arduino Maga 2560 R3 เป็นส่วนประมวลผลและควบคุมการทำงานของหัวจ่าย 4 ชุด และตรวจจับปริมาณการจ่ายน้ำมันด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำมัน เปิดปิดการจ่ายน้ำมันด้วยโซลินอยด์วาล์ว หัวจ่ายสามารถเคลื่อนที่ได้ในแกน X และแกน Z ขับเคลื่อนด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ สามารถบรรจุน้ำมันได้ครั้งละ 20 ขวด ผลการวิจัยพบว่า เครื่องบรรจุน้ำมัน ควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ มีประสิทธิภาพโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 98.32

Abstract

This article describes an oil pump machine that can be used in the bottled oil business that reduces the problem of error. It also estimates the amount of oil, including reducing the vapors of the oil, the impact on the health of those who work to fill the oil. The purpose of the research was to create a controlled oil container with the Arduino board, and find the performance. The oil pump machine consists of an Arduino Maga 2560 R3 board, which processes and controls four dispensers and detects the amount of oil dispensed with the oil flow sensor and you can turn off the fuel supply with a solenoid valve. The dispenser is movable in the X axis and the Z axis is driven by a stepping motor. The Oil pump machine controlled by Arduino board Can pack up to 20 bottles at a time. Overall performance Accounted for 98.32 percent

1. บทนำ

ปัจจุบันน้ำมันเชื้อเพลิงมีความสำคัญต่อการคมนาคมไม่ว่าจะเป็นทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ ล้วนแต่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ ซึ่งรถจักรยานยนต์ ที่ใช้น้ำมันเบนซินมีจำนวนมากที่สุด ผู้ใช้มีความต้องการจุดในการเติมน้ำมันที่สะดวกสบาย สามารถกำหนดราคาหรือปริมาณด้วยตนเอง จึงเกิดธุรกิจบริการน้ำมันแบบบรรจุขวดขายจำนวนมาก ผู้วิจัยได้สอบถามถึงที่มาของน้ำมัน พบว่า ผู้จำหน่ายได้ทำการบรรจุน้ำมันเพื่อขายเองและบางส่วนรับมาจากพ่อค้าคนกลางที่บรรจุน้ำมันขวดแล้วใส่ลังมาให้พร้อมขาย โดยส่งขายในราคาเฉลี่ยขวดละ 16 บาทและ 34 บาท เพื่อขายในราคาปลีก 20 บาท และ40 บาท จากการลงพื้นที่ศึกษาพบว่า ในกระบวนการบรรจุน้ำมันเพื่อส่งขาย ของพ่อค้าคนกลาง ต้องใช้เวลามากในการวัดระดับให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการ ทำให้เกิดความผิดพลาด คาดเคลื่อนของปริมาณน้ำมัน อีกทั้งไอระเหยของน้ำมัน มีผลกระทบต่อสุขภาพ ร่างกายผู้ปฏิบัติงาน

รูปที่ 1 การบรรจุน้ำมันลงขวด

จากสภาพปัญหาที่กล่าว ผู้ทำวิจัยจึงพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ ขึ้น เพื่อป้องกันอันตรายจากไอระเหยของ

น้ำมัน และเพิ่มความสะดวกสบายในกระบวนการบรรจุน้ำมันขวด ด้านความเที่ยงตรงและเวลาในการทำงาน

2.หลักการทำงาน

เครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ผ่านชุดเพาเวอร์ซัพพลายแล้วจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมแปร์ให้ระบบ เมื่อเปิดเครื่อง ชุดArduino Maga 2560 R3 จะทำการตรวจจับข้อมูลจากคีย์บอร์ดเลือกปริมาณน้ำมันและเซนเซอร์ต่างๆเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทำงาน เมื่อกดปุ่มเลือกปริมาณน้ำมัน ส่วนประมวลผลและควบคุมการทำงานจะเลื่อนหัวจ่ายเข้าสู่ตำแหน่งพร้อมบรรจุ และสั่งโซลินอยด์วาล์ว จ่ายน้ำมันผ่านหัวจ่าย 4 หัว พร้อมกับตรวจจับปริมาณการจ่ายน้ำมันด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำมัน (Flow Sensor) เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดการจ่ายน้ำมัน ของหัวจ่ายแต่ละหัว เมื่อปริมาณน้ำมันได้ระดับตามต้องการทุกขวดในแถวแรกแล้ว ชุดควบคุมจะสั่งให้ Stepping Motor ยกและเคลื่อนหัวจ่ายไปแถวต่อไป และทำงานระบบจะทำงานจนครบ 20 ขวด และยกเคลื่อนหัวจ่ายกลับ ณ จุดเริ่มต้น เพื่อรับคำสั่งใหม่อีกครั้ง

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

3. การออกแบบและสร้าง

ในการออกแบบได้ใช้โปรแกรม AutoCad 2010 เพื่อออกแบบโครงสร้างของเครื่องบรรจุน้ำมัน ควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ โดยออกแบบให้มีขนาด กว้าง 80 เซนติเมตร สูง 220 เซนติเมตร สามารถเติมน้ำมันในปริมาณ 400 มิลลิลิตรและ 700 มิลลิลิตร เติมครั้งละ 20 ขวด และใช้ Arduino Mega 2560 ซึ่งจะมีการทำงานเหมือนไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหัวใจหลัก โดยมีโครงสร้าง ดังนี้

1.วงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์
2.บอร์ด Arduino Mega 2560
3.วงจรควบคุม โซลินอยด์วาล์ว
4.โซลินอยด์วาล์ว และหัวจ่ายน้ำมัน
5.ถังบรรจุน้ำมัน 200 ลิตร
6.ถังบรรจุขวดน้ำมัน จำนวน 20 ขวด

รูปที่ 3 วงจรในชุดควบคุมการทำงาน

รูปที่ 4 วาล์วจ่ายน้ำมันและโครงสร้างโดยรวม

4.การหารประสิทธิภาพ

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพ ด้วยวิธีการทดสอบความเที่ยงตรงในด้านต่างๆ ดังนี้

4.1 ด้านความเที่ยงตรงของหัวจ่ายน้ำมัน ทดสอบโดยการให้เครื่องทำงาน แล้วสังเกตการทำงานของระบบขับเคลื่อนหัวจ่ายน้ำมันว่ามีความเที่ยงตรงหรือไหม บันทึกผลลงในแบบบันทึกผลการทดลอง แล้วนำไปวิเคราะห์ผล

4.2 ด้านความเที่ยงตรงปริมาณการจ่ายน้ำมัน ของเครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ โดยทดสอบ 2 ค่า คือปริมาณ400 มิลลิลิตร และ 700 มิลลิลิตรโดยทดสอบชุดละ 20 ขวด ทดลองซ้ำจำนวน 10 ชุด ชุดละ10 รอบ แล้วบันทึกค่าปริมาณน้ำมันแต่ละขวด แต่ละชุดเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลหาค่า ความเที่ยงตรง

4.3เวลาในการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำมันขวด ควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ บันทึกผลเวลาในการจ่ายน้ำมันปริมาณต่างๆทดสอบหลายๆรอบแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย

5.ผลการวิจัย

การทดสอบความเที่ยงตรงในการบรรจุน้ำมัน ของเครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ ทำการทดสอบ 10 ชุด ชุดละ10ครั้ง ผลปรากฏว่า หัวจ่ายน้ำมันมีความเที่ยงตรงในการจ่ายน้ำมันลงในขวดโดยเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 98.50

ผลการทดสอบด้านความเที่ยงตรง ปริมาณน้ำมัน 400 มิลลิลิตร เครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน มีค่าปริมาณน้ำมันเฉลี่ย 393 มิลลิลิตร มีความเที่ยงตรงคิดเป็นร้อยละ 98.00

ผลการทดสอบด้านความเที่ยงตรง ปริมาณน้ำมัน 700 มิลลิลิตร เครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน มีค่าปริมาณน้ำมันเฉลี่ย 686 มิลลิลิตร มีความเที่ยงตรงคิดเป็นร้อยละ 98.25 แสดงผลการทดสอบในรูปที่ 5

รูปที่ 5 กราฟแสดงปริมาณน้ำมันที่ทดสอบเฉลี่ย

รูปที่ 6 กราฟร้อยละของความเที่ยงตรงในการจ่ายน้ำมันปริมาณต่างๆ

ผลการทดสอบเวลาที่เครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ ใช้ในการบรรจุน้ำมัน 20 ขวด(1ลัง) ผู้วิจัยสรุปผลได้ ตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าเวลาที่เครื่องบรรจุน้ำมันใช้ บรรจุน้ำมัน ปริมาณ 400 ml และ700 ml

ครั้งที่	เวลาในการบรรจุน้ำมัน (นาที)	
	ปริมาณ 400 มิลลิลิตร	ปริมาณ 700 มิลลิลิตร
1	3.20	4.06
2	3.00	4.06
3	3.00	4.05
4	3.10	4.06
5	3.00	4.06
6	3.00	4.07
7	3.50	4.05
8	3.30	4.06
9	3.00	4.05
10	3.20	4.06
ค่าเฉลี่ย	3.13	4.06

จากตารางที่ 1 พบว่าเครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ มีความเที่ยงตรงด้านเวลาสูง ใช้เวลาในการบรรจุน้ำมันปริมาณ 400 และ700 มิลลิลิตร ใช้เวลาเฉลี่ย 3.55 นาที

6. สรุป

เครื่องบรรจุน้ำมัน ควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ มีประสิทธิภาพโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 99.32 ทั้งนี้ เพราะการสร้างเครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ มีการสร้างอย่างเหมาะสมตรงตามจุดมุ่งหมายที่ได้ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาในด้านต่างๆ พบว่า ด้านความเที่ยงตรงของหัวจ่ายน้ำมันมีความเที่ยงตรงคิดเป็นร้อยละ 98.50 เพราะมีการออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ด้านความเที่ยงตรงของปริมาณน้ำมันมีความเที่ยงตรง เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 98.25 เพราะใช้เซนเซอร์วัดการไหลที่ได้คุณภาพและเขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เวลาที่ใช้ในการบรรจุน้ำมันมีค่าเฉลี่ยในปริมาณ 400 มิลลิลิตร คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.13 นาที ปริมาณ 700 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.06 นาที เพราะเครื่องทำงานได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากมีการออกแบบโครงสร้างและระบบควบคุมต่างๆได้อย่างเหมาะสม

4. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องเครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ เกิดขึ้นจากความต้องการที่จะแก้ไขปัญหาสุขภาพของผู้ที่ประกอบธุรกิจน้ำมันขวดตามความต้องการของผู้ใช้ และต้องการพัฒนานวัตกรรมทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อที่จะตอบสนองนโยบายของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เรื่องการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนอย่างเหมาะสม พร้อมกับพัฒนาผลงานวิจัยที่สามารถใช้แก้ปัญหา หรือตอบสนองความต้องการของชุมชน ซึ่งจะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้หากมิได้ความช่วยเหลือจาก ท่าน ผศ.ดรฟุ้งศรี ภักดีสุวรรณ ที่ให้คำแนะนำและอาจารย์สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นักศึกษาสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ช่วยเหลือในการประกอบโครงสร้างของเครื่องบรรจุน้ำมันควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ ขอขอบพระคุณผู้ปกครองที่มีส่วนช่วยเหลือสนับสนุนด้านการศึกษา ขอขอบคุณทุกคนที่มีส่วนช่วยให้งานนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค .**อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค**,2559.
http://www.eppo.go.th
[2] ชูศรี วงศ์รัตนะ .**เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย** .กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์, 2544.
[3] โชคชัย จำปาโพธิ์ .**ศึกษาการทำงานของแขนกล**, 2547.
http://elec.chandra.ac.th/form/ExPlanForm
[4] เซ็นเซอร์วัดการไหลของน้ำ.
http://www.sangchaimeter.com/category/
[5] ธนวัฒน์ ควรรติกุล**. เครื่องวัดระดับน้ำมัน,** 2550.
http://pirun.ku.ac.th/~b5511100269/warm
[6] นภัทร วิจนเทพินทร์ . **ความรู้พื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์** . พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพรังสิต,2552.
[7] ฟุ้งศรี ภักดีสุวรรณ . **แผนภูมิควบคุมคุณภาพ**,2549.
[8] ภูษิต บุณยทรรพ. **ศึกษาการทำงานของตัวแขนกลโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์**,2549.
http:// elec.chandra.ac.th/form/ExPlanForm
[9] สุริยา อามาตร. **ศึกษาการนำเซอร์โวมอเตอร์มาเป็นตัวขับเคลื่อน** ,2547.
http://elec.chandra.ac.th/form/ExPlanForm

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบควบคุมป้ายทางโค้งแบบหลอด LED ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

The LED Lamp Curve Sign Control System with Solar Power

ฐาปนพงษ์ กองทอง[1] และ จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042211040 ต่อ 1510 E-mail: stampjatupol@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นการควบคุมการกระพริบของหลอด LED ป้ายเตือนทางโค้งโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแผงโซล่าเซลล์เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า มีวงจรชาร์จประจุแบตเตอรี่และ PIR เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุเพื่อควบคุมเวลาในการกระพริบ จากผลการทดลองพบว่าเมื่อไม่มีรถวิ่งผ่านเซ็นเซอร์หลอด LED จะกระพริบเป็นเวลา 0.5 วินาที โดยติดที่ละแถว กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 8.1 วัตต์ เมื่อมีรถวิ่งผ่านเซ็นเซอร์หลอด LED จะติดกระพริบเป็นแถวจนครบใช้เวลา 10 วินาที และความสว่างของป้ายเตือน 68 ลักซ์ อัตราการลดลงกำลังไฟฟ้า 0.56 วัตต์ต่อชั่วโมง โดยป้ายเตือนไฟกระพริบทำงานเวลา 18.00 น. - 6.00 น. โดยติดสว่างได้ทั้งคืน

คำสำคัญ : ป้ายเตือนทางโค้ง PIR เซ็นเซอร์ กำลังไฟฟ้า

Abstract

The research aims to control the flashing of the LED curves signs using a microcontroller. The solar cells are source of energy and a rechargeable battery circuit , the PIR sensor detects an object to control the flashing of curve warning signs. The results showed that sensor does not detect the object, the LED will flash 0.5 s next row by row, electric power average 8.1 watts . When it runs through the sensor LED will flash in 10 seconds and 68 lux illuminated of warning sign. The rate of electric power reduction was 0.56 w/hr .The warning lights flashing, will run from 18.00 am. - 6:00 pm.The LED warning sigh were on all night.

Keywords: Curve warning sign , PIR Sensor , Electric Power

1. บทนำ

จากข้อมูลของบริษัทประกันภัยทางรถยนต์ พ.ศ. 2560 พบว่าสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทยมี 4 ประการ คือ เกิดจากบุคคลซึ่งได้แก่พฤติกรรมการขับขี่ เช่น เมาแล้วขับ 67 % จากสภาพยานพาหนะ 17% จากลักษณะถนน 13% และจากสภาพแวดล้อม 3% โดยข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในจังหวัดอุดรธานีในช่วงเทศกาลปีใหม่ 2559 พบว่าสถิติเกิดอุบัติเหตุสูงสุดในคือเขตอำเภอเมืองมากที่สุดคือ เมาสุรา ขับรถเร็วเกินกำหนด และขับรถตัดหน้าในระยะกระชั้นชิด และช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด คือระหว่างเวลา 16.00น.-20.00 น. และเกิดอุบัติเหตุบนถนนสายตรง 57.14 % รองลงมาคือบริเวณทางโค้งทางแยก 26.76% ซึ่งการแก้ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจะนิยมติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง โดยในบริเวณที่ติดตั้งอาจมีสิ่งกีดขว้าง หรือมุมในการติดตั้งไม่ชัดเจนทำให้ผู้ใช้ถนนไม่สามารถมองเห็นได้ในระยะไกล ปัจจุบันได้มีการนำป้ายเตือนทางโค้งแบบไฟกระพริบโซล่าเซลล์มาใช้เพื่อเพิ่มความสว่างในการมองเห็นในระยะไกล และลดการเกิดอุบัติเหตุลงได้ ซึ่งระบบที่มีใช้ในปัจจุบันจะมีการกระพริบเพียง 1 จังหวะและทำงานเฉพาะในตอนกลางคืน สำหรับงานวิจัยเรื่องนี้ได้ใช้เซ็นเซอร์เป็นตัวควบคุมจังหวะในการกระพริบของสัญญาณไฟโดยเมื่อมีรถวิ่งผ่านจะมีการกระพริบเร็ว และเมื่อไม่มีรถสัญญาณเตือนจะกระพริบช้า เพื่อเป็นประหยัดการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

2. หลักการออกแบบ

ป้ายเตือนทางโค้งแบบแอลอีดี มีระบบผังงานดังนี้

ข.การควบคุมจังหวะการกระพริบของป้ายเตือน

รูปที่ 1 แผนภาพป้ายเตือนทางโค้ง LED โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 2 ระบบควบคุมการกระพริบของป้ายเตือนพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 2 ป้ายทางโค้งแบบ LED โดยใช้โซล่าเซลล์เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งใช้บอร์ด Arduino และเซ็นเซอร์แบบ PIR ในการควบคุมการกระพริบของป้าย โดยมีเวลาการกระพริบ 2 ช่วงเวลา คือ แบบกระพริบช้าใช้เวลา 0.5 วินาที และกระพริบเร็วใช้เวลา 10 วินาทีเพื่อให้หลอด LED ติดเต็มป้ายทั้ง 5 แถว

2.1 การออกแบบโครงสร้างป้ายทางโค้ง

ใช้ป้ายเตือนทางโค้งพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดตามมาตรฐานของทางหลวงชนบทซึ่งเป็นถนนแบบสวนเลน ขนาด 60 x 75 cm เสาสูง 2 เมตร ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3โครงสร้างป้ายไฟเตือนทางโค้งพลังงานแสงอาทิตย์

2.2 การออกแบบโมดูลหลอดแอลอีดี

เลือกใช้หลอดแอลอีดีขนาด 5 มม. แบบอัลตราไบท์ จำนวน 75 หลอด ต่อแบบเมตริกซ์ แบ่งเป็นแถวจำนวน 5 แถว แถวละ 17 หลอด ซึ่งแต่ละแถวมีแรงดัน 5 V 340 mA ใช้ค่าตัวต้านทาน 15 โอห์ม เพื่อจำกัดการไหลของกระแส โดยตามข้อกำหนดมาตรฐานหลอดขั้นต่ำอยู่ที่ 75 หลอดต่อป้าย กระแสที่ไหลในวงจรทั้งหมด 1.7 A ต่อป้าย

รูปที่ 3 การต่อหลอดแอลอีดี

2.3 การออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 4 ใช้วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนอิมิเตอร์ โดยสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อเข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ เลือกใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3055 ซึ่งมีอัตราขยาย 100 เท่าทนกระแสได้ 1 A ค่า V_{cc} = 5 V, I_B = 2 mA ,V_{ce} = 2 V จะได้ค่า R_B = 2.2 kΩ และ R_C = 15 kΩ

วงจรรักษาระดับแรงดัน วงจรขับหลอด LED

รูปที่ 4 วงจรควบคุมการกระพริบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4 การคำนวณขนาดของแผงโซล่าเซลล์

จากโมดูลหลอด LED จำนวน 75 หลอดมีค่ากำลังไฟฟ้ารวม 8.5 W x 10 ชั่วโมง ค่าพลังงานไฟฟ้า 85 W-hr เนื่องจากเป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรงไม่มีการต่ออินเวอร์เตอร์ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์มีค่าเป็น 1 ขนาดของแผงโซล่าเซลล์ เป็นไปตามสมการ

$$PV = \frac{E_{Load}}{(QCHI)/S} \quad (1)$$

เมื่อ PV = กำลังวัตต์ของโซล่าเซลล์ (โวลต์)

E_{Load} = พลังงานไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ – ชั่วโมง)

Q = ค่าพลังงานแสงที่ได้รับ / วัน (ประมาณ 5 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง/เมตร^2)

C = ค่าความสูญเสียของเซลล์ (ประมาณ 0.8)

H = ค่าความสูญเสียเชิงความร้อน (ประมาณ 0.85)

I = ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (ประมาณ 0.8 – 0.9)

S = ค่าความเข้มแสงบนโลก (ประมาณ 1 กิโลวัตต์/เมตร^2)

$$PV = \frac{85}{(5{,}000x0.8\,x0.85x1)/1{,}000} = 25\,W$$

เลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 30 W 18 V จำนวน 1 แผง

2.5 การคำนวณขนาดของแบตเตอรี่

ขนาดของแบตเตอรี่ สามารถคำนวณจากพลังงานของที่ใช้ใน 1 วัน โดยกำหนดการใช้งานตอนตลอดคืน 10 ชั่วโมงต่อวัน

$$Q_{Batt} = \frac{P_{Load}}{V_{Batt}x\%DODxE_{inverter}} \qquad (2)$$

เมื่อ Q_{Batt} = ความจุแบตเตอรี่ (แอมแปร์-ชั่วโมง)

P_{Load} = กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)

V_{Batt} = แรงดันแบตเตอรี่ (โวลต์)

%DOD = ค่าระดับความลึกการคายประจุ (40 – 60 %)

$E_{Inverter}$ = ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (0.8 – 0.9)

$$Q_{Batt} = \frac{8.5}{12x\,0.6\,x\,1} = 1.18Ah$$

เลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V 7 Ah 1 ตัว

3.5 การเลือกขนาดของตัวชาร์จประจุต้องมีขนาดกำลังวัตต์ที่ไม่น้อยกว่าแผงโซล่าเซลล์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก สมการ

$$C_{Batt} = \frac{PV}{V_{Batt}} \qquad (3)$$

C_{Batt} = ขนาดกระแสประจุ (แอมแปร์)

PV = กำลังวัตต์ของโซล่าเซลล์ (วัตต์)

V_{Batt} = แรงดันของแบตเตอรี่ (โวลต์)

$$C_{Batt} = \frac{30}{12} = 2.5\,A$$

เลือกใช้เครื่องชาร์จประจุขนาด 5 A การออกแบบวงจรชาร์จแบตเตอรี่

3.ผลการทดลอง

3.1 การทดลองวัดสัญญาณรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณทางด้านเอาต์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการกระพริบของโมดูลป้ายทางโค้งแบบหลอดแอลอีดี

(ก) ไม่มีรถวิ่งผ่าน (ข) รถวิ่งผ่าน

รูปที่ 5 สัญญาณทางเอาต์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 5 (ก) สัญญาณทางเอาต์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อมีรถวิ่งผ่านที่เซนเซอร์เวลา ในการติด 100 ms และเวลาดับ 400 ms ความถี่ 1.001 Hz,Duty cycle 10.01% รูปที่ 5(ข) สัญญาณทางเอาต์พุทเมื่อมีรถวิ่งผ่านเซนเซอร์เวลาในการติด 500 ms และเวลาดับ 100 ms ความถี่ 5k Hz,Duty cycle 40 %

3.2 การวัดค่ากระแสและแรงดันของวงจรชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยโซล่าเซลล์ ระหว่างวันที่ 28 พฤษภาคม 2558 – วันที่ 5 มิถุนายน 2558 และคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของวงจรชาร์จประจุแบตเตอรี่และกำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ ค่าความส่องสว่างของแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดที่เวลาประมาณ 13.00 น. ค่าความส่องสว่าง 13,500 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าสูงสุด 14 วัตต์ กำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่มีค่าสูงสุด 84 วัตต์ กำลังไฟฟ้าจะแปรผันตามค่าความส่องสว่าง ตามรูปที่ 6

รูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่เมื่อทำการชาร์จประจุด้วยโซล่าเซลล์

รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าเมื่อต่อโหลดโมดูลป้ายไฟกระพริบ

รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าของโมดูลป้ายไฟกระพริบมีค่า 8.1 วัตต์ อัตราการลดลงของกำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ 0.56 วัตต์ต่อชั่วโมง โดยป้ายเตือนไฟกระพริบจะทำงานตั้งแต่เวลา 18.00 น. จนกระทั่งถึงเวลา 6.00 น. ซึ่งสามารถทำงานได้ตลอดทั้งคืน

รูปที่ 8 มุมและระยะในการมองเห็นของป้ายไฟกระพริบ

รูปที่ 8 มุมและระยะในการทำงานของเซ็นเซอร์ PIR สำหรับป้ายไฟกระพริบแบบหลอดแอลอีดี มุมในการทำงานอยู่ระหว่าง 45 ° ถึง 135 ° ส่วนระยะทำงาน 0 – 3 เมตร โดยที่ระยะ 4 เมตรเซ็นเซอร์ไม่สามารถตรวจจับการทำงานได้ ป้ายไฟกระพริบจึงไม่เปลี่ยนเวลาในการติดกระพริบ

4. สรุปผลการทดลอง

เมื่อเวลาปกติไม่มีรถวิ่งผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำให้หลอด LED จะติดกระพริบที่ละแถวแถวละ 0.5 วินาที ความสว่างของหลอด LED 23.2 ลักซ์ และเมื่อเวลามีรถวิ่งผ่านเซ็นเซอร์ทำงานส่งขอ้มูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ให้หลอด LED จะติดค้างที่ละแถวจนกระทั่งเต็มป้าย ความสว่างของหลอด LED มีค่า 68 ลักซ์ ซึ่งระยะของเซ็นเซอร์ทำงานได้สูงสุด 3 เมตร มุม 45° – 135 ° กำลังไฟฟ้าสูงสุดวงจรชาร์จประจุแบตเตอรี่มีค่า 14 วัตต์ที่เวลา 13.00 น. ค่าความส่องสว่างของแสงอาทิตย์ 13,500 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าของโมดูลป้ายไฟกระพริบมีค่า 8.1 วัตต์ อัตราการลดลงของกำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ 0.56 วัตต์ต่อชั่วโมง โดยป้ายเตือนไฟกระพริบจะทำงานตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึง 6.00 น. ซึ่งสามารถทำงานได้ตลอดทั้งคืน

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] วัลลภ ภูผา , บทความวิชาการ เรื่อง การศึกษาโคมไฟฟ้าแสงสว่างด้วยระบบพลังงานระบบผสมผสาน.การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 วันที่ 27 – 29 มีนาคม 2559 โรงแรมหัวหินแกรนด์แอนด์พลาซ่า จ.ประจวบคีรีขันธ์ . (2559).

[2] สุชาติ เขียวนอก.รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ชุดโคมไฟส่องสว่างถนนหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์,[ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา research.pcru.ac.th /rdb/pro_data/files /5601022.pdf , เข้าดูเมื่อวันที่ 1/06/2559,(2556).

[3] Diala Jamaa, The Optimal Trigger Speed of Vehicle Activated Signs, School of Technology and Business Studies ,Dalarna University, Sweden ,2014.

[4] Syamsul Rais B Ahmed Tazalli ,Solar LED Based Traffic Light ,Thesis of Bachelor of Electrical Engineering ,University of Malaysia Pahang, November,2010.

[5] Taek Mu Kwon , Ryan Weidemann ,Advanced LED Warning Signs For Rural Intersections Powered by Renewable Energy,Department of Electrical and Computer Engineering University of Minnesota Duluth, December 2010.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

อิฐบล็อกคอนกรีตจากขยะฉนวนใยแก้ว

Brick from Micro fiber waste.

สุธรรม ชุมพร้อมญาติ[1]

[1] สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างอิฐประดับและอิฐบล็อกจากขยะฉนวนใยแก้ว มาใช้ในการตกแต่งและประดับในการสร้างอาคารบ้านเรือนและจัดสวน โดยเน้นคุณภาพอิฐให้มีน้ำหนักเบาทนต่อแรงกระแทกและมีความสวยงาม

ในการวิจัยได้มีการทดสอบน้ำหนักอิฐแห้ง น้ำหนักอิฐเปียก การดูดกลืนน้ำ การขึ้นรูปและการทนต่อแรงกระแทกหรือแรงอัด พบว่าอิฐประดับและอิฐบล็อกที่ผสมขยะฉนวนใยแก้ว มีน้ำหนักเบาดูดกลืนน้ำได้น้อยกว่าอิฐในท้องตลาด ทนต่อแรงกระแทกหรือแรงอัดได้ดี ส่วนการขึ้นรูปพบว่าอิฐทั้งสองแบบมีการขึ้นรูปได้ดีและมีรูปร่างที่สวยงาม

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ ถือว่าเป็นการนำขยะฉนวนใยแก้ว ซึ่งกำจัดได้ยากและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ มาใช้เป็นวัสดุตกแต่งและก่อสร้างอาคาร ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้

คำสำคัญ: ขยะฉนวนใยแก้ว , อิฐบล็อก

Abstract

The purpose of this study was to create ornamental bricksand bricks from micro fiber waste to use for decoration on building and garden by focusing on quality bricks that there were lightweight, impact resistance and be gorgeous.

In this finding, there was a test of dry bricks, wet bricks, water absorption, molding and impact resistance or pressure indicated that ornamental bricks and block bricks from micro fiber waste there was lightweight which can absorb water less than bricks from the market, there was impact resistance or pressure as well.

In the part of molding found that both bricks there were molding as well and gorgeous shape. The benefits from this research is bringing micro fiber waste that is difficult extermination and dangerous to humans to use as decorative materials and building construction for reduction environmental problems.

Keywords: Micro fiber waste, Block bricks.

1. บทนำ

ในประเทศไทยของเราเป็นประเทศเมืองร้อน จึงมีการผลิตและจำหน่ายฉนวนใยแก้วหรือใช้กันความร้อนและดูดซับเสียง โดยได้รับการส่งเสริมจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนแห่งประเทศไทย มาตั้งแต่พ.ศ. 2519 และมีการผลิตใยแก้วในประเทศไทยมามากว่า 30 ปี โดยมีเป้าหมายในการประหยัดพลังงาน ในบ้านเรือน และอาคารสถานที่ ใยแก้วมีอายุการใช้งานประมาณ 10-15 ปี และกลายเป็นขยะใยแก้วที่ยากแก่การกำจัด เนื่องจากทนความร้อนสูงไม่อาจเผาทำลายได้ และการที่ใยแก้วทำจากเส้นแก้วเมื่อปลิวออกมาจะตำที่ตัวผิวหนังซึ่งจะทำให้เกิดการระคายเคืองเพราะความคมของแก้ว โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญชั้นนำด้านสุขภาพและความปลอดภัยของวัสดุประเภทเส้นใยแก้วจาก IARC : International Agency for Research on Cancer เมืองเลียงประเทศฝรั่งเศส ได้ลดหมวดความอันตรายของใยแก้ว ใยหินและใยแร่จากกลุ่ม 2B ซึ่งหมายถึงหมวดที่อาจเป็นสารก่อมะเร็งแก่มนุษย์ เป็นกลุ่มสาม คือไม่จัดเป็นสารก่อมะเร็งแก่มนุษย์ได้

เนื่องจากผลึกใยแก้วที่ผลิตใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมีลักษณะเป็นผลึกรูปทรงกระบอก ไม่ใช้ผลึกรูปดาวเหมือนแก้วทั่วไป จึงไม่สามารถทำลายเยื่อหุ้มปอดจากการสูดดมอย่างที่หลายๆคนเข้าใจผิดได้ ทุกวันนี้สิ่งที่เข้าใจกันอยู่ทั่วไปก็คือ Asbestos หรือแร่ใยหินซึ่งมีความใกล้เคียงกับใยแก้วมาก คุณสมบัติที่ดีของ Asbestos คือ สามารถทนอุณหภูมิได้สูงแต่เป็นสารก่อมะเร็งเมื่อนำมาส่องกล้องขยายจะพบว่ามีโครงสร้างเป็นรูปดาวเมื่อสูดเข้าสู่ร่างกายก็จะไปติดได้ทุกตำแหน่งในร่างกาย ดังนั้น Asbestos จึงถูกกำจัดออกให้ไปใช้กับอุตสาหกรรมเฉพาะอย่างไม่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมฉนวนความร้อน แต่เส้นใยแก้วเป็นรูปทรงกระบอกเป็นแก้วประเภทหนึ่ง แม้ว่าจะเข้าร่างกาย แต่ก็ไม่ทำปฏิกิริยา อีกทั้งขนาดของฝุ่นใยแก้ว มีขนาดประมาณ 6 – 7 ไมโครอน ซึ่งถือว่าไม่เป็นอันตรายในการเข้าสู่ร่างกาย อีกทั้งใยแก้วไม่มีเชื้อรา จึงสามารถนำมาใช้ทำอิฐบล็อกคอนกรีตได้โดยปลอดภัย

โครงการวิจัยนี้จึงเป็นการค้นหาสูตรในการสร้างอิฐบล็อกจากขยะฉนวนใยแก้ว เปรียบเทียบมาตรฐานของอิฐบล็อกกับมาตรฐานโดยตรวจสอบคุณสมบัติในแง่ความทนทาน การใช้งาน และเพิ่มสีสัน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของตลาด

2. เนื้อความหลัก

2.1 หลักการ ทฤษฎี ตัวแบบ แนวเหตุผล หรือสมมุติฐาน

ปัจจุบันการผลิตอิฐประดับที่สวยงามกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้างหลายประเภท โดยเฉพาะในงานอาคารประเภทต่างๆ เช่น บ้านพักอาศัย อาคารชุด รีสอร์ท เป็นต้น ลักษณะของการนำไปใช้งานจะเป็นงานทางด้านสถาปัตยกรรม ภูมิสถาปัตย์ ตกแต่งภายใน เช่นใช้การตกแต่งผิวอาคาร ในการจัดสวน ตกแต่งลานบ้าน รั้ว เสาอาคารที่อยู่ในรูปอิฐบล็อกที่คงทนสวยงามกลมกลืนกับธรรมชาติหรือรูปแบบของอาคาร ซึ่งอิฐเหล่านี้เราต้องนำเข้ามาจากแหล่งผลิตอื่นที่มีระยะขนส่งไกล ทำให้เพิ่มต้นทุนในการขนส่ง แต่ถ้าเราสามารถนำเศษขยะใยแก้ว มาใช้งานทำให้ประหยัด ลดต้นทุนการผลิตอิฐ ได้อิฐที่มีน้ำหนักเบา กันความร้อนและเสียง เหมาะแก่การก่อสร้างผนังอาคาร สร้างเสาคานที่มีน้ำหนักเบา ใช้เป็นอิฐประดับที่สวยงาม มีความคลาดเคลื่อนเชิงมิติน้อย และเคลื่อนย้ายได้สะดวก

2.1.1 ขอบเขตงานวิจัย

- จัดสร้างอิฐบล็อก(คอนกรีต) จากขยะใยแก้ว โดยมุ่งเน้นในแง่ความสวยงามโดยการแต่งสีและมีความคลาดเคลื่อนเชิงมิติน้อย น้ำหนักบา ก่อง่าย คงทน และรับแรงได้ดี
- ทดสอบคุณสมบัติของอิฐตามหัวข้อต่อไปนี้
  - ชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับอิฐมอญ
  - ทดสอบความหนาแน่นแห้งและการดูดซึมน้ำ
  - ความคลาดเคลื่อนเชิงมิติ
- เปรียบเทียบความสวยงามของอิฐใยแก้วกับอิฐประดับ
- เปรียบเทียบอัตราส่วนการใช้เศษขยะใยแก้วทดแทนส่วนผสมอื่นๆ ในแง่การลดปริมาณขยะต่อผลผลิตอิฐ
- เปรียบเทียบการลดต้นทุนของอิฐจากเศษขยะใยแก้วกับอิฐบล็อกซีเมนต์ทั่วไป

2.1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- สร้างอิฐประดับจากเศษขยะใยแก้วในท้องถิ่น เพื่อลดมลพิษในสิ่งแวดล้อมและขยะมูลฝอยในชุมชน
- จัดสร้างอิฐบล็อกที่มีคุณภาพดี ได้มาตรฐาน โดยปรับปรุงคุณภาพอิฐให้มีน้ำหนักเบา ทนทานเหนียว แตกหักยาก มีความคลาดเคลื่อนเชิงมิติน้อย ง่ายแก่การก่อสร้าง และมีความสวยงามใช้งานประดับตกแต่งสวนและอาคารได้

2.1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ลดมลพิษและขยะที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระเบื้องภายในชุมชน
- ลดการใช้เชื้อเพลิงในการเผาอิฐอันเป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์โลกร้อน
- สร้างอิฐต้นแบบที่มีคุณภาพจากเศษวัสดุกระเบื้องกระดาษที่มีคุณภาพคงทน รับแรงกดได้ดี น้ำหนักเบา กันความร้อน แตกหักยาก และสีสันสวยงาม
- เป็นแหล่งรายได้เพิ่มเติมแก่คนในชุมชน (ผู้ประกอบการโรงอิฐขนาดย่อย)
- ชุมชนมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
- เกิดการพัฒนาอิฐบล็อกในชุมชนให้มีคุณภาพดี
- เกิดการพัฒนาอิฐบล็อกในชุมชนให้มีความสวยงามใช้งานเป็นอิฐประดับทดแทนการนำเข้าจากท้องถิ่นข้างเคียง ทำให้ประหยัดค่าขนส่ง
- เป็นต้นแบบการผลิตอิฐจากเศษกระเบื้อง และเป็นแนวทางในการผลิตอิฐจากเศษขยะโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไป

2.1.4 หน่วยงานหรือกลุ่มเป้าหมายที่สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ มี 2 กลุ่ม

- หน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการศึกษาและองค์กรระดับท้องถิ่น
- หน่วยงานภาคเอกชน ได้แก่ โรงอิฐขนาดย่อม โดยมีชุมชนหลักที่ได้รับประโยชน์ดังนี้คือ อำเภอทุ่งสง อำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการนำเศษขยะใยแก้ว มาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยนำมาผสมในอิฐบล็อก จากนั้นนำมาทดสอบมาตรฐานตามกระบวนการวิจัย ดังนี้

1) เก็บตัวอย่างเศษขยะฉนวนใยแก้ว แยกเอาเศษขยะปนเปื้อน เช่น เศษอลูมิเนียมฟรอยด์ที่ห่อฉนวนบางชนิดออก

2) กำหนดส่วนผสม และส่วนประกอบทางเคมีหลากหลายสูตร โดยปรับเพิ่มปริมาณฉนวนใยแก้วครั้งละครึ่งถังโดยค่อยๆ ปรับลดส่วนผสมอื่น เช่น หินฝุ่น ปูน ทราย ในปริมาณเดียวกันตามลำดับ

3) ผสมขึ้นรูปอิฐอัดไฮโดรลิกแต่ละสูตร สูตรละ 6 โม่ ประมาณ 900 ก้อน บ่ม ตากแห้ง

4) ทำการชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากอิฐแต่ละสูตรเดียวกัน จำนวน 10 ก้อน จากทุกๆ 900 ก้อนเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีความน่าเชื่อถือ

5) ทดสอบคุณสมบัติของอิฐแต่ละสูตรในแง่ต่างๆ ดังนี้
- ชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับอิฐมอญ
- ทดสอบน้ำหนักแห้ง น้ำหนักเปียกและการดูดซึมน้ำ

6) เปรียบเทียบความสวยงามระหว่างอิฐขยะฉนวนใยแก้วกับอิฐประดับในแง่ความคลาดเคลื่อนเชิงมิติ

2.3 ผลการวิจัย

2.3.1 ผลการดำเนินงานวิจัย

ในการทำการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างอิฐประดับและอิฐบล็อกจากขยะใยแก้ว โดยมีการทดสอบน้ำหนักแห้ง น้ำหนักเปียก ความทนต่อแรงอัด จากการทดสอบอิฐประดับและอิฐบล็อกจากขยะใยแก้ว มีผลดังนี้

ตารางที่ 1 ผลทดสอบน้ำหนักแห้งและเปียกของอิฐประดับ

ก้อนที่	น้ำหนักอิฐประดับผสมขยะใยแก้ว		น้ำหนักอิฐประดับในท้องตลาด	
	น้ำหนักแห้ง (kg)	น้ำหนักเปียก (kg)	น้ำหนักแห้ง (kg)	น้ำหนักเปียก (kg)
1	4.9	5.0	5.5	6.0
2	4.9	5.0	6.0	6.5
3	4.9	5.0	6.0	6.5
4	5.2	5.5	5.5	6.0
5	5.0	5.3	5.9	6.3
6	5.0	5.3	5.5	6.0
7	4.9	5.0	5.5	6.0
8	5.0	5.2	6.0	6.5
9	4.8	5.0	6.0	6.5
10	4.8	5.0	5.5	6.0
เฉลี่ย	4.94	5.13	5.73	6.23

ตารางที่ 2 ผลทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐประดับ

ก้อนที่	การดูดกลืนน้ำอิฐประดับผสมใยแก้ว (%)	การดูดกลืนน้ำอิฐประดับในท้องตลาด (%)
1	2.04	9.00
2	2.04	8.33
3	2.04	8.33
4	5.76	9.09
5	6.00	6.77
6	6.00	9.00
7	2.00	9.00
8	4.00	8.33
9	4.16	8.33
10	4.16	9.00

ตารางที่ 3 ดัชนีชี้วัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักด้วยเศษขยะใยแก้ว

ชุดทดลองหินคลุก-ขยะใยแก้ว	น้ำหนักอิฐแห้ง (kg)	น้ำหนักอิฐแห้ง (kg)	การดูดกลืนน้ำ %	ทนแรงอัด (kg)
อิฐตามท้องตลาด	7.8	8.5	8.97	7671
24-1	8.1	8.5	4.93	8900
24-2	8.2	8.6	4.87	8454
24-3	8.3	8.7	4.81	8150
23-2	8.2	8.6	4.87	9952
23-3	8.3	8.5	2.40	9000
23-4	8.4	8.6	2.38	8462
22-3	8.2	8.5	3.65	9750
22-4	8.3	8.6	3.61	5752
22-5	8.4	8.7	3.57	8120
21-4	7.8	8.2	5.12	9565
21-5	8.0	8.4	5.00	8500
21-6	8.2	8.6	4.87	8025
20-5	7.8	8.2	5.12	9481
20-6	8.0	8.3	3.75	8402
20-7	8.2	8.6	4.87	7855
19-6	8.3	8.5	2.24	9100
19-7	7.9	8.4	3.79	8200
19-8	8.2	8.6	4.87	8493

รูปที่ 1 อิฐที่ขึ้นรูป

รูปที่ 2 การอบแห้งเพื่อหาน้ำหนัก

รูปที่ 3 การนำมาใช้ประโยชน์สร้างบ้าน

2.3.2 ข้อวิจารณ์

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขยะฉนวนใยแก้วมาใช้ทดแทนดินแดงและหินคลุก บางส่วนโดยใช้หลักการทำเสถียรและการทำให้แข็งตัวเป็นก้อนด้วยซีเมนต์ จะเห็นว่าสามารถขึ้นรูปได้ดีพอๆ กับอิฐในท้องตลาด และสามารถนำมาใช้งานได้จริงโดยเฉพาะนำมาประดับหรือจัดสวนหย่อม นอกจากนี้ยังส่งผลโดยตรงในแง่ของการกำจัดขยะ

3. สรุป

3.1 อภิปรายผล

จากการผลิตอิฐประดับและอิฐบล็อกจากขยะใยแก้ว โดยการทดสอบน้ำหนักอิฐแห้ง น้ำหนักอิฐเปียก การดูดกลืนน้ำ การทนต่อแรงกระแทกหรือแรงอัดและการขึ้นรูป ได้ผลการทดสอบดังนี้

การทดสอบน้ำหนักแห้งของอิฐประดับมีโดยค่าเฉลี่ย 4.94 กิโลกรัม และน้ำหนักอิฐเปียกของอิฐประดับมีโดยค่าเฉลี่ย 5.13 กิโลกรัม และมีการดูดกลืนน้ำคิดเป็นร้อยละ3.82 เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐตามท้องตลาดจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอิฐจากขยะใยแก้วจะมีการดูดกลืนน้ำได้น้อยกว่าเล็กน้อย ซึ่งมีน้ำหนักเบาและทนต่อแรงกระแทกได้ดี ส่วนการขึ้นรูปจะมีความคงรูปที่สวยงาม ผิวเรียบ

การทดสอบน้ำหนักแห้งของอิฐบล็อกจากขยะใยแก้วมีโดยค่าเฉลี่ย 8.15 กิโลกรัม และน้ำหนักอิฐเปียกของอิฐบล็อกมีโดยค่าเฉลี่ย 8.97 กิโลกรัม และมีการดูดกลืนน้ำคิดเป็นร้อยละ 4.15 เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกตามท้องตลาดจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอิฐบล็อกจากขยะใยแก้วจะมีการดูดกลืนน้ำได้น้อยกว่าเล็กน้อย ซึ่งมีน้ำหนักเบาและทนต่อแรงกระแทกได้ดี ส่วนการขึ้นรูปจะ มีความคงรูปที่สวยงาม ผิวเรียบ

3.2 ประโยชน์ในการประยุกต์ของผลงานวิจัย

การประเมินความคุ้มค่าของงานวิจัยในครั้งนี้สามารถกำจัดขยะที่เป็นมลพิษโดยการขึ้นรูปไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจาย ซึ่งทดแทนการฝังกลบลดการใช้เชื้อเพลิงในการเผา ช่วยในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ทั้งยังเพิ่มมูลค่าของขยะใยแก้ว ในด้านอุตสาหกรรม เพื่อนำไปใช้ประโยชน์จัดตกแต่งภูมิทัศน์ สวนหย่อม รีสอร์ท รั้วบ้าน สถานราชการต่าง ๆ

3.2 ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินงานวิจัยต้องใช้ความระมัดระวังและต้องมีเครื่องมือป้องกันที่ดีเนื่องจากขยะใยแก้วมีการระคายเคืองต่อผิวหนังและระบบการหายใจ และควรจะนำไปผสมกับวัสดุอื่น เช่น น้ำยาง เพื่อเปรียบเทียบการคงรูปและการกำจัดขยะใยแก้ว และควรนำขยะอื่น ๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมมาทำการวิจัย เพื่อหาแนวทางในการกำจัด ซึ่งจะช่วยลดมลพิษสิ่งแวดล้อมและสร้างมูลค่าเพิ่ม

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลที่สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ.2555

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงอุตสาหกรรม.2540.ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ใช้แล้ว.

[2] เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2546. ของเสียอันตราย (Hazardous wastes). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรังสิต.

[3] ชัย จาตุรพิทักษ์, สุรเชษฐ์ จึงเกษมโชคชัย และวราภรณ์ คุณษวนากิจ. 2542. "คุณสมบัติพื้นฐานทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าลอย (Chemical and Physical Properties of Fly Ahh)" วารสารกฟผ. 2 (ตุลาคม – ธันวาคม 2542), 13

[4] บุรฉัตร ฉัตรวีระ, พิชัย นิมิตยงสุกล และสุกัญญา นุตาลัย. 2540. "การผลิตบล็อกปูถนนราคาถูกโดยใช้ขี้เถ้าลอยแม่เมาะ". วารสารกฟผ. 1 (มกราคม – มีนาคม 2540), 57.

[5] พจณีย์ อินทสโร. 2545. "การนำเถ้าลอยจากเตาเผาขยะชุมชนมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน

[6] หิน เกตุรัตนบวร, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และเอกภพ อังศุวัฒนา, 2541."การใช้เถ้าถ่านหินแยกขนาดจากแม่เมาะในงานคอนกรีตกำลังสูง (Use of Chassified Mae Moh Fly Ash in High Strength Concrete)" , วารสาร กฟผ. 2 (เมษายน – มิถุนายน 2541), 36

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การตรวจหาสิ่งแปลกปลอมในอาหารด้วยเทคนิคการถ่ายภาพความร้อน

Detection of Foreign Bodies in Food using Thermal Imaging Technique

ปกรณ์เกียรติ์ เศวตเมธิกุล มนัสนันท์ มานพ สุริยา วงศ์ใหญ่ และ ศุภวรรณ ทองถา

ห้องปฏิบัติการวิจัยนวัตกรรมคลื่นความถี่สูงและการประยุกต์

ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110

โทรศัพท์ 0-2549-4750 โทรสาร 0-2549-4751

E-mail: pkkt@rmutt.ac.th, mehn_9@hotmail.co.th, nukswikiyp@gmail.com, aumaim_0811@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาวิจัยการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมในอาหารด้วยเทคนิคการถ่ายภาพความร้อน ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีข้อดี คือ สามารถทำได้รวดเร็ว ไม่มีการสัมผัสอาหารที่ทดสอบ และสามารถใช้กับอุตสาหกรรมอาหารระบบสายพานได้ โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษากับสิ่งแปลกปลอมที่อาจพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ สิ่งแปลกปลอมทางกายภาพ สิ่งแปลกปลอมทางเคมี และสิ่งแปลกปลอมทางชีวภาพ ได้แก่ ก้อนกรวด เศษโลหะ เศษพลาสติก สารฟอร์มาลีน ยาฆ่าแมลง และแมลง เป็นต้น จากผลการวิจัย พบว่า สามารถตรวจพบสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพและสิ่งแปลกปลอมทางชีวภาพได้ จากอาหารประเภทผัก เมล็ดธัญพืช และอาหารสด ด้วยการจำแนกจากความแตกต่างของอุณหภูมิสีของภาพถ่ายความร้อนที่ได้ที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

คำสำคัญ: สิ่งแปลกปลอมในอาหาร, การควบคุมสิ่งปลอมปน, การถ่ายภาพความร้อน

Abstract

This paper proposes a detection of foreign bodies in food using thermal imaging technique with fast-testing, contactless and applicable to food handling conveyers system. The foreign bodies include physical, chemical and biological categories, which can be found in everyday life, i.e. pebble, metal, plastic, formalin, insecticide and insect. In our experiment, physical and biological bodies can be clearly discriminated from grain, vegetable and fresh food, due to the differences of thermal temperature.

Keywords: foreign bodies in food, contaminant control, thermal imaging

1. บทนำ

การตรวจหาสิ่งแปลกปลอมในอาหาร เป็นสิ่งจำเป็นที่จะขาดไปเสียมิได้เลยในอุตสาหกรรมผลิตและแปรรูปอาหารแทบทุกประเภท โดยลักษณะของสิ่งแปลกปลอมในอาหารที่พบ อาจสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ สิ่งแปลกปลอมประเภทวัตถุกายภาพทั่วไป (Physical) ได้แก่ เศษถุง เศษพลาสติก เป็นต้น สิ่งแปลกปลอมประเภทสารเคมี (Chemical) ได้แก่ สารบอแรกซ์ สารฟอร์มาลีน เป็นต้น และสิ่งแปลกปลอมประเภทชีวภาพ (Biological) ได้แก่ เศษซากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ปลอมปนไปในอาหารในระหว่างกระบวนการผลิตหรือแปรรูป แม้ว่า โรงงานอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่จะมีกระบวนการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมในกระบวนการผลิตหรือแปรรูปก่อนที่จะมีการบรรจุแล้วก็ตาม ก็ยังคงสามารถพบเห็นสิ่งแปลกปลอมข้างต้นนี้ได้อยู่เสมอเรื่อยมา ทั้งผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตในประเทศ ตลอดจนสินค้านำเข้าหรือส่งออกก็ตาม

จากการศึกษาเทคนิควิธีการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมในอาหาร พบว่า มีเทคนิคที่หลากหลาย เช่น เทคนิคการตรวจจับโลหะ การตรวจคัดกรองด้วยแรงแม่เหล็ก การตรวจด้วยคลื่นแสง การตรวจสอบด้วยการสะท้อนกลับของคลื่นไมโครเวฟ เทคนิคทางรังสีนิวเคลียร์ การตรวจด้วยอิมพีแดนซ์ทางไฟฟ้า คลื่นอัลตราซาวด์ และรังสีเอ็กซ์ เป็นต้น ตลอดจนเทคนิควิธีการทดสอบทางวิทยาศาสตร์อย่างง่ายที่เป็นเทคนิคดั้งเดิม [1-4] ในขณะเดียวกัน ก็พบด้วยว่า มีการศึกษาเทคนิควิธีการถ่ายภาพความร้อนเพื่อตรวจหาสิ่งแปลกปลอมในอาหารมากยิ่งขึ้น [5-7] แต่ยังไม่แพร่หลายมากนักในประเทศไทย อีกทั้ง ยังเป็นเพียงการศึกษากับอาหารบางประเภทเท่านั้น สำหรับข้อดีของเทคนิคการถ่ายภาพความร้อน คือ ต้นทุนไม่สูงมากนัก ใช้เวลาตรวจหาได้อย่างรวดเร็ว และสามารถใช้กับสายพานการผลิตแบบต่อเนื่องได้ อีกทั้งไม่มีการแตะต้องส่วนหนึ่งส่วนใดของอาหารในระหว่างการตรวจสอบด้วย ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงให้ความสนใจเทคนิคการถ่ายภาพความร้อนในการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมใน

อาหาร โดยมีการขยายขอบเขตการศึกษาประเภทของอาหารที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ได้แก่ อาหารคาว อาหารแห้ง เมล็ดธัญพืช ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์สด เป็นต้น โดยทดสอบกับสิ่งแปลกปลอมประเภทกายภาพทั่วไป สิ่งแปลกปลอมทางเคมี และสิ่งแปลกปลอมทางชีวภาพ ดังจะได้นำเสนอรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

2. ทฤษฎีเบื้องต้น [8-10]

2.1 สัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนของผิววัสดุ (Emissivity, ε)

สัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนของผิววัสดุ คือ ค่าประสิทธิผลในการแผ่พลังงานความร้อนออกจากพื้นผิวของวัตถุนั้นๆ ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 เท่านั้น ค่าสัมประสิทธิ์ที่ต่ำ จะหมายถึง การแผ่รังสีความร้อนออกมาจากพื้นผิวได้น้อย โดยวัตถุผิวดำสนิท (Black body) จะมีความสามารถในการแผ่ความร้อนออกได้สูง นั่นคือ มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนใกล้เคียง 1 อย่างไรก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุและอุณหภูมิด้วย ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 1 ที่แสดงค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ของความของวัสดุที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนผิววัสดุชนิดต่างๆ

Material surface	λ [μm]	Temp. [K]	Emissivity [ε]
Aluminum; Oxidized	-	273-373	0.11
Aluminum; Polished	-	273-373	0.05
Aluminum; Rough	-	273-373	0.06-0.07
Brass; Oxidized	9.3	-	0.61
Brass; Polished	5.4-9.3	-	0.10
Copper; Oxidized	-	298	0.78
Copper; Polished	-	390	0.023
Iron; Cast, Oxidized	3.6-9.3	-	0.63-0.76
Iron; Oxidized	9.3	-	0.96
Iron; Polished	3.6-9.3	-	0.06-0.13
Stainless Steel; Types 304	-	489	0.44
Stainless Steel; Types 316; Polished	-	-	0.28
Bread	-	-	> 0.8
Chocolate	-	-	0.85
Coke	10	-	0.95-1.00
Ice; Rough	10	300	0.99
Ice; Smooth	8-13	300	0.97
Paper	-	300	0.9-0.98
Vegetation	-	300	0.92-0.96
Water	9.3	-	0.96

ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อน ดังแสดงในตารางที่ 1 นี้ สามารถใช้ในการอ้างอิงและสันนิษฐานกับวัสดุที่ใกล้เคียงกันนี้ได้เป็นอย่างดี โดยจากตารางนี้ จะสังเกตเห็นว่า พื้นผิวที่มีความมันวาว จะมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนที่ต่ำ ในขณะที่ของเหลว น้ำแข็ง ผัก และกระดาษ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนที่สูง นอกจากนี้ ยังสังเกตพบอีกด้วยว่า โลหะที่ขัดมันวาวจะมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนที่ต่ำกว่าโลหะผิวด้าน

2.2 อัตราส่วนระยะต่อจุด (Distance-to-Spot Ratio, D : S)

ค่าอัตราส่วน D : S คือ อัตราส่วนระหว่างระยะของการวัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ในการวัด ดังรูปที่ 1 โดยระยะ D คือ ระยะระหว่างกล้องและจุดวัด และระยะ S คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่วงกลมที่สามารถวัดได้ โดยจากรูป ระยะ D เท่ากับ 10 ฟุต และระยะ S เท่ากับ 1 ฟุต ได้ว่า D : S เท่ากับ 10 : 1 นั่นคือ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องและวัตถุ 10 ฟุต จะสามารถวัดขนาดวัตถุได้ไม่เกิน 1 ฟุต ในทางกลับกัน ก็ทำให้ทราบถึงระยะที่เหมาะสมในการวัดของวัตถุนั้นๆ ด้วย

รูปที่ 1 ตัวอย่างแสดงนิยามของอัตราส่วน D : S

3. สมมุติฐานและขอบเขตการศึกษาวิจัย

3.1 สมมุติฐาน

การจำแนกสิ่งแปลกปลอมและอาหาร สามารถกระทำได้โดยการจำแนกจากอุณหภูมิสีของภาพถ่ายความร้อนที่แตกต่างกัน จากสมมุติฐาน ดังนี้

1) อาหารและสิ่งแปลกปลอมเป็นวัตถุที่แตกต่างกัน จึงมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนที่แตกต่างกัน
2) ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนของวัตถุที่แตกต่างกันจะมีผลให้อุณหภูมิสีของภาพถ่ายความร้อนแตกต่างกัน

3.2 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

ก) ประเภทของตัวอย่างทดสอบ
- อาหารคาว อาหารปรุงสุก
- เมล็ดธัญพืช และผักสด

ข) ประเภทสิ่งแปลกปลอม
- สิ่งแปลกปลอมทางกายภาพทั่วไป (Physical)
- สิ่งแปลกปลอมทางเคมี (Chemical)
- สิ่งแปลกปลอมทางชีวภาพ (Biological)

4. การทดลองและผล

ในการตั้งค่าการทดลองได้กำหนดอุณหภูมิห้องไว้ที่ 25°C และอัตราส่วน D : S เป็น 7 : 2 โดยระยะ D เท่ากับ 70 ซม และระยะ S เท่ากับ 20 ซม สำหรับสิ่งแปลกปลอมในอาหารได้เลือกสุ่มจากความเป็นไปได้ที่อาจพบในชีวิตประจำวันตามการทดลอง ดังต่อไปนี้

4.1 สิ่งแปลกปลอมทางกายภาพ (Physical Foreign Bodies)

- **เศษโลหะและก้อนกรวดกับเมล็ดข้าวสาร**

ผลการตรวจสอบเศษโลหะและก้อนกรวดที่ปะปนในเมล็ดข้าวสาร สามารถจำแนกได้จากภาพถ่ายความร้อนที่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิสีความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 2 อุณหภูมิความร้อนของเศษโลหะและก้อนกรวด วัดได้ 26°C (สีม่วง) และกองเมล็ดข้าวสาร วัดได้ 28°C ถึง 29°C (สีส้มเหลือง) โดยใช้ช่วงอุณหภูมิการวัดในย่าน 24.72°C ถึง 30.41°C

รูปที่ 2 ภาพถ่ายความร้อนเศษโลหะ (สีม่วง, 26°C) และก้อนกรวด (สีม่วง, 26°C) ที่ปะปนในเมล็ดข้าวสาร (สีส้มเหลือง, 28°C ถึง 29°C)

- **เศษโลหะในผักสด**

ผลการตรวจสอบเศษโลหะที่ปะปนมากับผักกะหล่ำปลีสด สามารถจำแนกได้จากภาพถ่ายความร้อนที่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิสีความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 3 อุณหภูมิความร้อนของเศษโลหะวัดได้ 29.8°C ถึง 30°C (สีดำ) และผักกะหล่ำปลีสด วัดได้ 30.5°C ถึง 31.5°C โดยใช้ช่วงอุณหภูมิการวัดในย่าน 29.83°C ถึง 35.54°C

รูปที่ 3 ภาพถ่ายความร้อนเศษโลหะ (สีดำ, 29.8°C ถึง 30°C) ที่ปะปนในผักกะหล่ำปลีสด (สีส้มแดง-ม่วง, 30.5°C ถึง 31.5°C)

- **เศษพลาสติกในอาหารกล่องโฟม**

ผลการตรวจสอบเศษพลาสติกที่ปะปนในอาหารกล่องโฟม สามารถจำแนกได้จากภาพถ่ายความร้อนที่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิสีความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4 อุณหภูมิความร้อนของเศษพลาสติก วัดได้ 23.2°C ถึง 30°C (สีขาวเหลือง) และอาหารกล่องโฟม วัดได้ 18.8°C ถึง 21°C โดยใช้ช่วงอุณหภูมิการวัดในย่าน 17.89°C ถึง 23.59°C

รูปที่ 4 ภาพถ่ายความร้อนเศษพลาสติก (สีขาวเหลือง, 23.2°C) ที่ปะปนในอาหารกล่องโฟม (สีม่วงส้ม, 18.8°C ถึง 21°C)

4.2 สิ่งแปลกปลอมทางเคมี (Chemical Foreign Bodies)

- สารฟอร์มาลีนและยาฆ่าแมลงในผักสด

ผลการตรวจสอบสารฟอร์มาลีนและยาฆ่าแมลงที่ปะปนในผักสด พบว่า ไม่สามารถจำแนกสิ่งแปลกปลอมและอาหารได้ เนื่องจากเป็นสิ่งแปลกปลอมที่เป็นของเหลวที่มีปริมาณน้อย ทำให้ไม่สามารถตรวจพบความแตกต่างของอุณหภูมิสีได้

รูปที่ 5 ภาพถ่ายความร้อนผักสดที่ปนเปื้อนสารฟอร์มาลีนและยาฆ่าแมลง (สีม่วง-เหลือง, 19°C ถึง 25°C)

4.3 สิ่งแปลกปลอมทางชีวภาพ (Biological Foreign Bodies)

- **ซากแมลงวันในอาหารบรรจุถุงพลาสติก**

ผลการตรวจสอบแมลงที่ปะปนในอาหารบรรจุถุงพลาสติก สามารถจำแนกได้จากภาพถ่ายความร้อนที่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิสีความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 6 อุณหภูมิความร้อนของแมลง วัดได้ 21.8°C (สีดำ) และอาหารบรรจุถุงพลาสติก วัดได้ 23°C ถึง 25.7°C โดยใช้ช่วงอุณหภูมิการวัดในย่าน 21.7°C ถึง 27.38°C

รูปที่ 6 ภาพถ่ายความร้อนแมลง (สีดำ. 21.8°C) ที่ปะปนในอาหารบรรจุถุงพลาสติก (สีส้ม-ม่วง, 23°C ถึง 25.7°C)

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางเบื้องต้นในการประยุกต์เทคนิคภาพถ่ายความร้อนในการจำแนกสิ่งแปลกปลอมในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร โดยสิ่งแปลกปลอมที่ศึกษาเป็นสิ่งที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวันและมีความเป็นไปได้สูงที่จะพบปะปนในอาหาร ได้แก่ เศษโลหะและก้อนกรวดที่ปะปนในกองเมล็ดข้าวสาร เศษโลหะที่ปะปนในผักสด เศษพลาสติกที่ปะปนในอาหารกล่องโฟม สารฟอร์มาลีนและยาฆ่าแมลงที่ปนเปื้อนในผักสด และแมลงที่ปะปนในอาหารสด เป็นต้น โดยจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ พบว่า สามารถจำแนกสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพและชีวภาพ คือ โลหะ ก้อนกรวด พลาสติก และแมลง ออกจากอาหารประเภทเมล็ดธัญพืช ผักสด อาหารกล่องโฟม และอาหารสดได้จากความแตกต่างของอุณหภูมิสีของภาพถ่ายความร้อน แต่ไม่สามารถจำแนกสิ่งแปลกปลอมทางเคมี คือ ฟอร์มาลีนและยาฆ่าแมลงออกจากผักสดได้

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Edwards, Detecting Foreign Bodies in Food, Cambridge: CRC Press, 2004.

[2] ทนงพันธ์ สัจจปาละ, คู่มือการวิเคราะห์ Light Filth, นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2557.

[3] D. Mery and et. al., "Automated detection of fish bones in salmon fillets using X-ray testing," PSIVT 2010, pp. 46-51, Dec. 2010.

[4] วราวิช พรพระ, ทวีพล ซื่อสัตย์ และ นวภัทรา หนูนาค, "การตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในเมล็ดพืชด้วยเทคนิคแอคทีฟเทอร์โมกราฟฟี," การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14, น. 672-679, เม.ย. 2556.

[5] T. Miyakawa and K. Honjo, "Development of instrument detecting non-metal foreign bodies in food material," IEEE Trans. Instru. and Meas., vol. 43, no. 2, pp. 359-363, Aug. 2002.

[6] G. Ginesu and et. al., "Detection of foreign bodies in food by thermal image processing," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 51, no 2, pp. 480-490, Aprl. 2004.

[7] R. Vadivambal and D. S. Jayas, "Applications of thermal imaging in agriculture and food industry—A review," Food and Bioprocess Tech., vol. 4, no. 2, pp. 186-199, Feb. 2011.

[8] นวภัทรา หนูนาค และ ทวีพล ซื่อสัตย์, การวัดและเครื่องมือวัดประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร: งานบริการการเรียนการสอน คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555.

[9] M. Vollmer and K.-P. Möllmann, Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications, Weinhein: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010.

[10] T. L. Williams, Thermal Imaging Cameras: Characteristics and Performance, Florida: CRC Press, 2009.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การควบคุมกระบวนการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย เอฟพีจีเอ

Controlled PCB Etching Process with FPGA

ธนาฒน์ สุกนวล[1], นราวิชญ์ แก้วลังกา[2], ทรงพล ศักดิ์มณีศรี[3],สุรินทร์ อ่อนน้อม[4], วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ[5]

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

744 ถนนสุรนารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-233000 โทรสาร 044-233052 E-mail: info@rmutil.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอเครื่องควบคุมกระบวนการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย เอฟพีจีเอ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งในด้านเวลาที่ใช้ในการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ และด้านความสะอาดของสารที่นำมาใช้ในการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ โดยมีการทดลองนำสารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) มาใช้ในการกัดแผ่นวงจรพิมพ์แทนสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) และใช้ FPGA Xilinx Spartan6 เป็นตัวควบคุมกระบวนการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ และใช้ภาษา VHDL เป็นภาษาเขียนโปรแกรมควบคุม FPGA Xilinx Spartan6 ผลการทดลองพบว่าการควบคุมกระบวนการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย เอฟพีจีเอ และสารเป็นคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) สามารถกัดแผ่นวงจรพิมพ์ได้มีประสิทธิภาพตามต้องการ

Abstract

This article describes a Controlled PCB Etching Process with FPGA. The purpose is to control the PCB etching process more effectively. Both in terms of time used in etching PCB. The cleanliness of the substance used etching PCB. With the trial of Copper (II) Chloride ($CuCl_2 + 2H_2O$) for etching PCB instead of Ferric Chloride ($FeCl3$) . Use the FPGA Xilinx Spartan6 controls the PCB etching process and use VHDL language is a programming language. The results showed Controlled PCB Etching Process with FPGA and Copper (II) Chloride ($CuCl_2 + 2H_2O$) can be etching PCB bitten effectively as needed.

1. บทนำ

ในปัจจุบันการกัดแผ่นวงจรพิมพ์นั้น สารที่ใช้ในการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ คือ เฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) มีความเป็นกรด และมีสีเหลืองเข้ม ข้อเสียของสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) คือ ในการเก็บรักษาสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) นั้นจะต้องเก็บรักษาอย่างดีเพราะสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) นั้นดูดความชื้นซึ่งถ้าหากเก็บไว้ไม่ดีอาจจะทำให้ตัวสารนั้นละลายได้ เนื่องจากสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) มีสีเหลืองเข้ม เมื่อเกิดการละลายแล้วเกิดไปโดนสิ่งรอบข้างจะทำความสะอาดได้ยาก และมีความสกปรกมาก ถึงแม้สารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) จะมีสถานะเป็นกรดแต่การทำปฏิกิริยากับทองแดงนั้นช้ามากทำให้การกัดแผ่นวงจรพิมพ์เกิดความล่าช้า ข้อดีของสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) คือ สามารถหาซื้อและใช้งานได้ง่าย สะดวกต่อการใช้ในงานเล็ก ๆ [1] ทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะทำเครื่องควบคุมกระบวนการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย เอฟพีจีเอ ขึ้นมา โดยใช้ FPGA Xilinx Spartan6 เป็นตัวควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ และทำการเปลี่ยนสารที่ใช้ในการกัดแผ่นวงจรพิมพ์จากสารเฟอร์ริคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) เป็นสารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) [3] โดยสารดังกล่าวนี้ มีสถานะเป็นกรดสามารถทำปฏิกิริยากับทองแดงได้ดีกว่าสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) ทำให้การกัดแผ่นวงจรพิมพ์นั้นทำได้เร็วกว่าสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) และสารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) นั้นมีสีใสเวลานำไปใช้สามารถทำความสะอาดได้ง่ายไม่สกปรก จึงทำให้การกัดแผ่นวงจรพิมพ์นั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. สารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Cooper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$)

สารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) นั้นเกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างทองแดงกับสาร 2 ชนิด คือ กรดเกลือ (Hydrochloric Acid, HCl) 35% และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide, H_2O_2) 3% ได้สมการทางเคมี คือ

$$Cu + 2HCl + H_2O_2 \rightarrow CuCl_2 + 2H_2O \qquad (1)$$

อัตราส่วนการผสมคือ กรดเกลือ (Hydrochloric Acid, HCl) 35% 1 ส่วน ต่อ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide, H_2O_2) 3% 5 ส่วน

ซึ่งสามารถหาได้จาก $2HCl$ นั้นมีมวลยู่ที่ 73 mL เนื่องจากใช้กรดเกลือ (Hydrochloric Acid, HCl) 35% หรือ 35 : 100 โดยการเทียบอัตราส่วน คือ มีกรดเกลือ 35% จะได้ 35 = 100 เนื่องจาก $2HCl$ ต้องการใช้ 73 mL จะได้ 73 = 208 จึงได้ปริมาณกรดเกลือ 35% ที่ต้องใช้อยู่ที่ 208 mL ในส่วน H_2O_2 นั้นมีมวลอยู่ที่ 34 mL เนื่องจากใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide, H_2O_2) 3% หรือ 3 : 100 โดยการเทียบอัตราส่วน คือ มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3% จะได้ 3 = 100 เนื่องจาก H_2O_2 ต้องการใช้ 34 mL จะได้ 34 = 1,133 จึงได้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3% ที่ต้องใช้อยู่ที่ 1,133 mL นำอัตราส่วนของสารทั้ง 2 ที่ต้องใช้มาเปรียบเทียบกัน กรดเกลือ 35% = 208 mL และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3% = 1,133 mL ทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนจะได้อัตราส่วนการผสมอยู่ที่ 1 : 5 และนำสารทั้ง 2 ที่ผสมกันแล้วมากัดแผ่นวงจรพิมพ์ ทำให้สารทั้ง 2 ทำปฏิกิริยากับทองแดงจึงเข้ากับสมการทางเคมี คือ $Cu + 2HCL + H_2O_2$ จึงทำให้เกิดสารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) ที่ใช้ในการกัดแผ่นวงจรพิมพ์

3. การออกแบบการควบคุมกระบวนการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย เอฟพีจีเอ

หลักการทำงานของการควบคุมกระบวนการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ คือ ใช้สวิตช์เมตริกซ์เป็นอินพุตเพื่อป้อนข้อมูลการเลือกฟังก์ชันการทำงานเข้ามาที่โมดูลกรองสัญญาณรบกวนช่วงสั้น (Debounce) เพื่อทำการกรองสัญญาณรบกวนที่เกิดจากหน้าสัมผัสที่ไม่สะอาดของสวิตช์เมตริกซ์แล้วส่งไปที่โมดูล Digital clock Management โดยโมดูล Digital clock Management จะทำการรับข้อมูลที่ได้มาจากการป้อนฟังก์ชันของสวิตช์เมตริกซ์มาประมวลผลตามที่ได้โปรแกรมไว้แล้ว จากนั้นก็จะทำการส่งสัญญาณไปควบคุมรีเลย์เพื่อสั่งการให้ปั๊มลมทำงาน ในอีกทางหนึ่งนั้นโมดูล Digital clock Management จะส่งข้อมูลเวลาที่ระบบทำงานไปที่โมดูลถอดรหัส (Decoder) เพื่อที่โมดูลถอดรหัส (Decoder) ทำหน้าที่ถอดรหัสเลขฐานสองออกมาในภาพของ 7-segments (BCD to 7-segment) แล้วทำการส่งข้อมูลไปแสดงที่ 7-segments ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผล และเมื่อกระบวนการทำงานทุกอย่างเสร็จสิ้น โมดูล Digital clock Management จะส่งสัญญาณไปควบคุมลำโพงไฟฟ้า (Buzzer) ให้ดังขึ้น เพื่อเป็นสัญญาณเตือนว่าการกัดแผ่นวงจรพิมพ์นั้นเสร็จสิ้นแล้ว บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการควบคุมกระบวนการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย เอฟพีจีเอ ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

การออกแบบโมดูลรับค่าสวิตช์เมตริกซ์นั้น จะทำการกำหนดตัวแปรขึ้นมาตัวหนึ่งแล้วทำการสแกนรับค่าของ Column และ Row เก็บไว้ในตัวแปรเพื่อนำข้อมูลของตัวแปรไปใช้งานต่อไป เช่น Column = “1000” และ Row = “1000” ตัวแปรก็จะเก็บค่า “0001” เป็นต้น

การออกแบบโมดูลกรองสัญญาณรบกวนช่วงสั้น (Debounce) นั้น จะใช้หลักการของฟลิปฟลอปเข้ามาช่วยคือเมื่อไม่มีสัญญาณป้อนเข้ามาจะทำการป้อนค่าให้เอาต์พุตเป็น ‘0’ ตลอดและเมื่อมีสัญญาณเข้ามาเกิน 30 mS จะทำการป้อนค่าให้เอาต์พุตเป็น ‘1’

การออกแบบโมดูล Digital clock Management นี้จะใช้การเขียน Finite State Machine (FSM) โดยใช้วิธีเขียนแบบ Moore Machine คือ ระบบที่เอาต์พุตขึ้นอยู่กับสถานะเท่านั้น โดยจะเขียนเป็นฟังก์ชันไว้ เมื่อรับค่าสัญญาณอินพุตมาจากสวิตช์เมตริกซ์ฟังก์ชันจะทำงานตามที่โปรแกรมไว้

การออกแบบโมดูลถอดรหัส (Decoder) นั้น จะทำใช้หลักการถอดรหัสแสดงผลแบบ 7-segments (BCD to 7-segment) คือ ถอดรหัสเลขฐานสองออกมาในภาพของ 7-segments

เมื่อทำการออกแบบโปรแกรมด้วยภาษา VHDL เสร็จแล้ว จึงทำการจำลองโปรแกรม (Simulation) เพื่อเป็นการทดสอบดูว่าโปรแกรมทำงานตามที่ต้องการหรือไม่มีและข้อผิดพลาดเกิดขึ้นหรือไม่

รูปที่ 2 การจำลองโปรแกรม (Simulation)

รูปที่ 2 การจำลองโปรแกรมเพื่อดูผลการจำลองของโมดูลถอดรหัส (Decoder) ว่าทำงานความถูกต้องหรือไม่

เมื่อทำการจำลองโปรแกรมเสร็จแล้ว จึงทำการสังเคราะห์ (Synthesize) ภาษา VHDL ให้เป็นภาษาระดับลอจิกเกต (RTL)

รูปที่ 4 การสังเคราะห์ (Synthesize)

รูปที่ 4 การสังเคราะห์ภาษา VHDL ให้เป็นภาษาระดับลอจิกเกต และมีการนำโมดูลต่างที่ได้โปรแกรมไว้มารวมเข้าด้วยกันเป็นโมดูลหลัก (Top module) เพื่อเตรียมเข้าสู่การออกแบบโปรแกรมในขั้นตอนต่อไป

เมื่อทำการสังเคราะห์เสร็จแล้ว จึงทำการ Implement คือ การวางแบบลอจิกที่จะอยู่บนไอซีเอฟพีจีเอแล้วทำการเดินสายเชื่อมต่อเกตต่างๆไว้ และทำการเชื่อมต่อขาอินพุตเอาต์พุตต่างๆเข้ากับขาของไอซีที่ได้กำหนดขาไว้แล้ว ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 การ Implement

เมื่อทำการ Implement เสร็จแล้ว จะ Generate Programming File คือ การทำให้โปรแกรมที่เขียนขึ้นเป็นไฟล์พร้อมนำไปใช้งาน เราจึงนำไฟล์ที่ Generate Programming File มาโปรแกรมลงไอซีเอฟพีจีเอ การออกแบบโปรแกรมจึงเสร็จสิ้น

4. ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้จะทดลองกัดแผ่นวงจรพิมพ์นี้ จะใช้สารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ ไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) และเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) ว่ามีเวลาแตกต่างกันเท่าไร

ตารางที่ 1 การทดลองหาเวลาที่ใช้ในการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ 3 ขนาด โดยใช้สารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$)

จำนวนครั้ง	1 “ × 1 “	4 “ × 4 “	8 “ × 8 “
1	5.00 นาที	6.20 นาที	8.00 นาที
2	5.30 นาที	6.40 นาที	8.00 นาที
3	5.40 นาที	6.50 นาที	8.15 นาที
4	5.40 นาที	7.00 นาที	8.25 นาที
5	5.50 นาที	7.00 นาที	8.40 นาที
6	5.50 นาที	7.10 นาที	8.40 นาที
7	6.00 นาที	7.20 นาที	8.50 นาที
8	6.00 นาที	7.20 นาที	9.00 นาที
9	6.05 นาที	7.30 นาที	9.00 นาที
10	6.10 นาที	7.45 นาที	9.10 นาที
ค่าเวลาเฉลี่ย	5.47 นาที	7.06 นาที	8.36 นาที

ตารางที่ 2 การทดลองหาเวลาที่ใช้ในการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ 3 ขนาดโดยใช้สารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$)

จำนวนครั้ง	1 “ × 1 “	4 “ × 4 “	8 “ × 8 “
1	9.20 นาที	12.00 นาที	14.20 นาที
2	9.30 นาที	12.10 นาที	14.40 นาที
3	9.50 นาที	12.40 นาที	15.00 นาที
4	10.10 นาที	13.00 นาที	15.20 นาที
5	10.30 นาที	13.40 นาที	15.45 นาที
6	10.40 นาที	13.50 นาที	15.50 นาที
7	10.40 นาที	14.10 นาที	16.00 นาที
8	11.00 นาที	14.20 นาที	16.00 นาที
9	11.05 นาที	15.00 นาที	16.10 นาที
10	11.15 นาที	15.20 นาที	16.20 นาที
ค่าเวลาเฉลี่ย	10.24 นาที	13.37 นาที	15.33นาที

ตารางที่ 1 ได้ค่าเวลาเฉลี่ยของสารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) ที่แผ่นวงจรพิมพ์ขนาด 1 " × 1 " อยู่ที่ 5.47 นาที, 4 " × 4 " อยู่ที่ 7.06 นาที และ8 " × 8 " อยู่ที่ 8.36 นาที

ตารางที่ 2 ได้ค่าเวลาเฉลี่ยของสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) ที่แผ่นวงจรพิมพ์ขนาด 1 " × 1 " อยู่ที่ 10.24 นาที, 4 " × 4 " อยู่ที่ 13.37 นาที และ8 " × 8 " อยู่ที่ 15.33 นาที

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 เปรียบเทียบจากค่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดต่างๆ จึงได้ว่าสารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) นั้นทำปฏิกิริยากับทองแดงได้เร็วกว่าสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) จึงทำการนำแผ่นวงจรพิมพ์ขนาด 4 " × 4 " 2 แผ่น มากัดด้วยสารทั้ง 2 ชนิด โดยใช้เวลาการกัดอยู่ที่ 6 นาที เท่ากันเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพอีกรอบ ผลที่ได้ ดังรูปที่ 6

(ก) (ข)

รูปที่ 6 กัดแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยเวลา 6 นาที (ก) สารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (ข) สารเฟอร์ริคคลอไรด์

จากที่ได้ทำการทดลองการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดต่าง ๆ โดยใช้บอร์ดเอฟพีจีเอควบคุมกระบวนการกัดนั้น สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความเสถียร สามารถทำงานตามที่โปรแกรมไว้ได้ จึงทำให้การกัดแผ่นวงจรพิมพ์มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ

5. สรุป

การทำปฏิกิริยากับทองแดงระหว่างสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) และสารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) จะเห็นได้ว่าสารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) นั้นทำปฏิกิริยากับทองแดงได้ดีกว่าสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารคอปเปอร์ทูคลอไรด์ (Copper (II) Chloride, $CuCl_2 + 2H_2O$) มีประสิทธิภาพในการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ได้ดีกว่าสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric Chloride, $FeCl3$)

การใช้เอฟพีจีเอสามารถควบการทำงานของการควบคุมกระบวนการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

ดร.อาทิตย์ อัศวสุขี และสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และงบประมาณสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] อาจารย์กฤษณะพงศ์ นันทศรี.(2558).กรดกัดปริ้น Recycle ตอนที่2. มทม., หน้าที่1.

[2] Adam Seychell.(2005).Etching With Air Regenerated Acid Crupic Chloride.

[3] O. C¸akır , H. Temel , M. Kiyak .(2005). Chemical Etching of Cu-Etp cooper.275-279

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การตรวจจับควันบุหรี่โดยใช้การประมวลผลภาพและโครงข่ายประสาทเทียม

A Cigarette Smoke Detection Using Image Processing And Neural Network

สมหมาย บัวแย้มแสง[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

เมืองเอก ตำบลหลักหก อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000 โทรศัพท์ (66)29972200-30 E-mail: sommai.b@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความการตรวจจับควันบุหรี่ด้วยการประมวลผลภาพและโครงข่ายประสาทเทียมถูกจัดทำขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ตรวจจับแบบเดิมที่จำเป็นต้องมีปริมาณควันที่มากพอ จึงสามารถตรวจจับได้ ระบบใหม่จะตรวจสอบจากภาพควันที่ได้จากกล้องแทน การทำงานของระบบเริ่มจากทำการถ่ายภาพ ควันบุหรี่ 2 ภาพที่มีระยะเวลาแตกต่างกัน 1 วินาทีมาตรวจสอบหาการเคลื่อนไหวของควันบุหรี่ ทำการแก้ไขปัญหาภาพควันบุหรี่ที่ขาดออกจากกันและลบจุดต่างๆที่ไม่สนใจ [1]โดยใช้วิธี Dilation และ Erosion เพื่อให้เหลือเฉพาะภาพควันบุหรี่เพียงอย่างเดียว หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียม โดยจะตรวจสอบจากค่าต่างๆของภาพคือ พื้นที่ สีและตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง หากผลลัพธ์ที่ได้คือภาพควันบุหรี่โปรแกรมจะแจ้งเตือนด้วยข้อความว่า “ตรวจพบ ควันบุหรี่” พร้อมส่งเสียงสัญญาณเตือน

จากการทดสอบโปรแกรมโดยใช้ภาพถ่ายที่มีผู้สูบบุหรี่จำนวน 30 กรณีพบว่าผลลัพธ์ที่ได้ ถูกต้อง 27 กรณีโดยสามารถแสดงผลลัพธ์เป็นภาพกลุ่มควันบุหรี่และแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้องและอีก 3 กรณีที่เกิดข้อผิดพลาดซึ่งมีสาเหตุมาจากผู้สูบบุหรี่อยู่ใกล้หรือไม่ก็อยู่ไกลกับตัวกล้องมากเกินไป ทำให้ขนาดของควันบุหรี่ไม่ตรงกับที่กำหนดไว้และปัญหาการเคลื่อนไหวจากวัตถุอื่นที่มีขนาดและสีใกล้เคียงกับกลุ่มควันบุหรี่ทำให้โปรแกรมไม่สามารถแยกแยะและตรวจจับได้ดังนั้นในอนาคตควรมีการพัฒนาอัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทเทียมให้สามารถแก้ไขข้อผิดพลาด ดังกล่าวได้

คำสำคัญ: การตรวจจับควันบุหรี่, Dilation, Erosion, โครงข่ายประสาทเทียม

Abstract

A cigarette smoke detection using image processing and an artificial neural network is developed in order to solve the problem of the traditional detectors which are unable to detect smoke because the detectors require the amount of smoke is enough. The system is able to detect smoke from images taken from a camera.

The system begins by taking 2 sequential images at 1 second interval to detect the movement of smoke. Dilation and erosion methods are used to correct torn images and remove uninterested spots to distinguish only smoke area. Then, the smoke images will be processed with an artificial neural network by examining image properties which are area, color and the center of gravity. If the smoke is detected, the program will send alert message, “cigarette smoke is detected” with alarm.

From testing on 30 trials of people smoking, it was found that 24 trails were correct. The error occurred because the smokers were too close or too far from the camera. Therefore, the size of smoke did not match the determined area. In addition, the other objects’ movements that have similar size and color of the smoke thus make the program unable to distinguish and detect the smoke. Therefore, the future development should improve an artificial neural network algorithm to solve these errors.

Keywords: cigarette smoke detection, Dilation, Erosion, artificial neural network

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีจำนวนผู้ที่สูบบุหรี่มากขึ้น จึงเป็นต้องมีการกำหนดบางสถานที่เป็นพื้นที่สูบบุหรี่และพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่เพราะอาจเป็นการรบกวนและสร้างอันตรายต่อบุคคลรอบข้างได้ รวมไปถึงการเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากบุหรี่สามารถเป็นต้นกำเนิดของอุบัติเหตุไฟไหม้ได้ อุปกรณ์ในการตรวจจับควันส่วนใหญ่ก็ใช้สำหรับป้องกันไฟไหม้และใช้กับกลุ่มควันขนาดใหญ่ซึ่งกลุ่มควันบุหรี่มีปริมาณที่น้อยจึงยากในการตรวจจับ

2. เนื้อหาบทความ

2.1 การตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวในภาพ

หลักการของการตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Analysis) นั้นจะสนใจไปที่การเคลื่อนไหวของสิ่งต่างๆไม่ว่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตหรือวัตถุ โดยจะวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวจากจุดตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสิ้นสุด วิธีการคือนำภาพทั้งสองมาลบกันตามสมการที่ 1

$$Pm = |Pa - Pb| \quad (1)$$

เมื่อ Pa คือภาพที่ตำแหน่งเริ่มต้น

Pb คือภาพที่ตำแหน่งสิ้นสุด

Pm คือภาพผลลัพธ์

ในบทความนี้ได้นำหลักการ Motion Analysis [2] มาใช้งานในส่วนของการตรวจจับความเคลื่อนไหวของควันบุหรี่ เริ่มจากการนำภาพ 2 ภาพซึ่งถ่ายในเวลาต่างกัน 1 วินาทีมาแปลงเป็นสีเทา จากนั้นนำภาพทั้งสองมาลบกันซึ่งจะแสดงผลลัพธ์เฉพาะส่วนของภาพที่มีการเคลื่อนไหว ส่วนที่ไม่มีการเคลื่อนไหวจะมีค่าของจุดภาพเท่ากันดังนั้นเมื่อลบกันแล้ว จึงมีค่าเป็นศูนย์ได้ภาพที่มีสีดำ ดังภาพที่ 1

รูปที่ 1 ผลลัพธ์จากการตรวจจับการเคลื่อนไหว

2.2 โครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งหน่วยแบบหลายอินพุต

โครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งหน่วยแบบหลายอินพุต [3] ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2 มีค่าอินพุทอยู่ในรูปเวกเตอร์ P โดยมีจำนวน R ค่า อินพุตแต่ละตัวถูกคูณด้วยเวกเตอร์น้ำหนัก W จากนั้นป้อนให้กับฟังก์ชันถ่ายโอน f ได้เอาต์พุต a ดังสมการที่ 2

$$a = f(w_{11}p_1 + w_{12}p_2 + \ldots + w_{1R}p_R + b) \quad (1)$$

เมื่อ a คือค่าเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียม

b คือค่าอินพุทไบอัส

รูปที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งหน่วยแบบหลายอินพุต

จากโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งหน่วยแบบหลายอินพุต ดังรูปที่ 2 เราจะนำมาประยุกต์ใช้กับระบบโดยทำการป้อนค่าสี ค่าพื้นที่ ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงเป็นค่าอินพุทของระบบ ค่าถ่วงน้ำหนักปรับตามความสำคัญของค่าอินพุท ส่วนฟังก์ชันถ่ายโอนเลือกแบบ hard limit เพื่อให้ได้เอาท์พุทเพียงสองค่า แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 ประยุกต์โครงข่ายประสาทเทียมกับระบบ

2.3 ผังงานแสดงการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 4 ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบเริ่มจากรับภาพควันบุหรี่จำนวนสองภาพซึ่งถ่ายจากกล้องดิจิตอล โดยแต่ละภาพถ่ายในระยะเวลาห่างกัน 1 วินาทีถ้านานกว่านี้ควันบุหรี่จะจางเกินไป

รูปที่ 4 ผังงานขั้นตอนการทำงานของระบบ

จากนั้นตรวจสอบหาองค์ประกอบสีของภาพเพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาว่าเป็นภาพควันบุหรี่หรือไม่ แปลงจากภาพสีเป็นภาพเทาเพื่อลดข้อมูลที่ต้องประมวลผลในขั้นตอนต่อๆ ไป นำทั้งสองภาพมาลบกันเพื่อตรวจสอบว่าเป็นภาพเคลื่อนไหวหรือไม่เป็นการแยกควันออกจากวัตถุอื่นๆ ที่อยู่นิ่ง นำผลลัพธ์ไปหาองค์ประกอบของสีเทา ทำการประมวลผลภาพเบื้องต้นเพื่อปรับปรุงข้อมูลภาพให้ดีขึ้นเช่นลดสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการย่อภาพ หรือแก้ไขในกรณีที่ภาพขาดออกจากกันโดยใช้วิธีขยายภาพ คำนวณหาพื้นที่ของภาพควันบุหรี่ และหาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงเพื่อประกอบการพิจารณาว่าควรเป็นตำแหน่งที่จะตรวจพบควันหรือไม่เช่นไม่อยู่สูงหรือต่ำเกินไป

นำค่าข้อมูลคุณสมบัติต่างๆ ที่หาได้ไปป้อนเป็นข้อมูลอินพุทให้กับระบบโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อใช้ในการตัดสินว่าใช่ภาพควันบุหรี่หรือไม่ โดยอินพุทแต่ละค่าจะมีตัวถ่วงน้ำหนักที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับระดับความสำคัญซึ่งได้มาจากการทดลอง ในกรณีที่ตรวจพบควันบุหรี่จะทำการแจ้งเตือนเป็นข้อความว่า “ตรวจพบควันบุหรี่”และกรณีที่ตรวจไม่พบควันบุหรี่จะทำการแจ้งเตือนเป็นข้อความว่า “ตรวจไม่พบควันบุหรี่”

2.4 อัลกอริทึมตรวจสอบค่าพื้นที่และองค์ประกอบสี

เป็นการตรวจสอบค่าพื้นที่และองค์ประกอบสีของภาพควันว่าอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ถ้าใช่จะกำหนดให้ค่าอินพุทนั้นมีค่าเป็น 1 ถ้าไม่อยู่ในช่วงจะให้มีค่าเป็น 0 อัลกอริทึมในการตรวจสอบเป็นดังนี้

```
IF ( Area >= 1000 AND Area <= 6000)
    Area_m = 1;
ELSE
    Area_m = 0;
IF ( Red >= 140 AND Area <= 230)
    Red_m = 1;
ELSE
    Red_m = 0;
            ……….
IF ( Centroid_X >= 100 AND Area <= 800)
    Cx_m = 1;
ELSE
    Cx_m = 0;
```

2.5 ตัวอย่างการใช้งาน

การใช้งานโปรแกรมเริ่มจาก โหลดภาพอินพุทที่ต้องการประมวลผลภาพ จากนั้นกดปุ่ม Process ตามรูปที่ 5

รูปที่ 5 หน้าจอโปรแกรมใช้งาน

2.6 ผลลัพธ์จากการทดสอบ

ทำการทดสอบโดยนำภาพอินพุทป้อนเข้าโปรแกรม ผลลัพธ์ที่ได้ส่วนใหญ่ถูกต้อง แต่บางส่วนมีข้อผิดพลาดอยู่บ้างเนื่องจากมีปริมาณแสงและสีที่ทำให้ควันดูจางไป หรืออยู่นอกตำแหน่งที่ควรจะเป็น ตัวอย่างภาพอินพุทและผลลัพธ์ที่ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลการทดสอบ

ภาพที่ใช้ทดสอบ	ผลการทดลอง
ภาพที่ 1	พบควันบุหรี่
ภาพที่ 2	พบควันบุหรี่
ภาพที่ 3	พบควันบุหรี่
ภาพที่ 4	ไม่พบควันบุหรี่
ภาพที่ 5	ไม่พบควันบุหรี่
ภาพที่ 6	ไม่พบควันบุหรี่

3. สรุป

จากการทดลองกับภาพจำนวนทั้งหมด 30 ภาพ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ถูกต้อง 27 ภาพ และมีภาพที่เกิดความผิดพลาด 3 ภาพ โดย 2 ภาพอยู่ในเงื่อนไขที่กำหนดแต่ตรวจไม่พบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีลมแรงทำให้ควันจางเร็ว ส่วนอีก 1 ภาพอยู่บริเวณริมขอบควรตรวจไม่พบแต่กลับตรวจพบ ในอนาคตถ้ามีการพัฒนาต่อควรเพิ่มส่วนการเรียนรู้ต่อจากระบบโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อให้ผลลัพธ์มีความถูกต้องมากขึ้น

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนาย ณัฐชานนท์ พงศ์ศุภโรจน์ และนาย ธวัชชัย ยศศิริ นักศึกษาโครงงานที่ช่วยถ่ายภาพ และทำการทดสอบโปรแกรมเป็นผลให้งานสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] สมหมาย บัวแย้มแสง, “โปรแกรมวิเคราะห์กราฟแท่งเทียนผ่านการประมวลภาพ”, การประชุมวิชาการ ECTI 2015 หน้า 112

[2] MILAN SONKA, VACLAV HLAVAC, and ROGER BOYLE, “Image Processing Analysis and Machine Vision,” PWS Publishing, 1998

[3] RAFAEL GONZALEZ, RICHARD WOODS, “Digital Image Processing ” Addison Wesley Publishing, pp. 595-598, 1998

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การพัฒนาการนับจำนวนของวัตถุโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ BLOB และ Top- hat Filter

Development Obstruction Object Counting Using BLOB Analysis And Top- hat Filter Techniques

อนุรักษ์ พรหมโคตร[1] และ จักรี ศรีนนท์ฉัตร[2,*]

Anuruk Prommakhot and Jakkree Srinonchat

[1,2] ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางด้านการประมวลผลสัญญาณ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 ม.1 ต.ครองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี Email : jakkree.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาเทคนิคประมวลผลภาพในการนับวัตถุ ส่วนใหญ่เป็นการนับวัตถุในลักษณะของรูปทรงกลม[5,6,7]ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้กับการนับวัตถุรูปทรงอื่นๆได้ บทความนี้เป็นการพัฒนาการนับจำนวนของวัตถุโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ BLOB และ Top- hat Filter ในการวิเคราะห์และนับวัตถุทรงกระบอกที่มีลักษณะที่ติดกัน ในการทดลองได้ทำการทดสอบวัตถุที่วางในลักษณะที่แตกต่างกัน 4 แบบ จากการทดลองพบว่าเทคนิคที่นำเสนอนี้สามารถนับวัตถุได้ถูกต้องร้อยละ 95 และ 75 เมื่อวัตถุที่วางในทิศทางเดียวกันและวัตถุที่มีขนาดไม่เท่ากัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การนับวัตถุ , BLOB Analysis , Top-hat

Abstract

Image processing is now applied to count the objects which most of the objects are the sphere [5][6][7]. Those techniques cannot use to count another object shapes. This article presents the development obstruction object counting using BLOB analysis and Top- hat filter techniques to analysis and count cylinder objects that stick together. In the experiment, the objects are set in 4 different position. The results shown that this technique provides the accuracy performance as 95% and 75%, when the objects are located in the same direction and the objects are not the same size, respectively.

Keywords: objects counting, BLOB Analysis, Top-hat

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการวิจัยการประมวลผลภาพในการหาตำแหน่งของวัตถุ (การนับวัตถุ) โดยเป็นที่น่าสนใจและนำมาประยุกต์ใช้กับวิสัยทัศน์ของคอมพิวเตอร์ในการตรวจหาอุปกรณ์ในงานอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำและความหลากหลายในการใช้งาน โดยการตรวจหาวัตถุที่วางเรียงติดกัน มักจะเกิดปัญหา ทำให้ยากต่อการนับและหาจำนวนของวัตถุ จากที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยหลากหลายแบบที่ศึกษาเกี่ยวกับการประมวลผลภาพในการตรวจหาวัตถุเช่น ในการวิจัยของ [1] ได้นำเสนอการนับจำนวนของเหรียญที่ทับซ้อนกันโดยใช้การกรองภาพแบบ Motion จากนั้นใช้เทคนิคการหาขอบแบบ Canny เพื่อเพิ่มความคมชัดของขอบ แล้วใช้การหาพื้นที่ของความสูงจากแนวแกนของภาพในการนับจำนวนของวัตถุ ในงานวิจัยของ [2] ได้นำเสนอ การแบ่งกลุ่มของเส้นหลอดเลือดหัวใจ เป็นการสกัดหาหลอดเลือดโดยใช้ Top-hat filter เพิ่มแสงสีขาวให้กับหลอดเลือดทำให้หลอดเลือดชัดเจนมากขึ้นจากนั้นใช้เทคนิค Multi-Threshold ในการปรับปรุงภาพแล้วแยกหลอกเลือดออกจากเนื้อเยื่อ ในงานวิจัยของ [3] ได้นำเสนอการ จำแนกเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวโดยใช้ Double Thresholding และ Blob Analysis ในการจำแนกเม็ดเลือดขาวและเม็ดเลือดแดง โดยใช้ Grass Fire Algorithm ในการวิเคราะห์ Blob Analysis เพื่อหาขนาดของเซล และใช้ Annular Ring Radio (ARR) ผลการทดลอง สามารถแบ่งเม็ดเลือดขาวและเม็ดเลือดแดงได้ความแม่นยำ 84.43 % และ 85.5 % ตามลำดับ ในงานวิจัยของ [4] ได้นำเสนอการตรวจหาวัตถุในทะเล โดยใช้เทคนิค Gaussian Mixture Models ในการจำลองการกระจายของสีของภาพกับพื้นหลังจากนั้นใช้คุณสมบัติของ Blob ในการหาขนาดของวัตถุเพื่อแยกประเภทของวัตถุ ในงานวิจัยของ [5] ได้นำเสนอการตรวจจับและนับวัตถุทรงกลมที่ทับซ้อนกันบางส่วนอาศัยหลักการของ มอร์โฟโลจิคอล ในการสร้างภาพแยกโครงสร้างของทรงกลมกับพื้นหลังจากนั้นใช้การคำนวณหาจุดตัดของวงกลมที่ทับซ้อนกัน แล้วสกัดขอบเขตของพื้นที่วงกลมที่ติดกันเพื่อหาจุดเซนทรอยด์ของทรงกลมจากนั้นใช้วิธีคำนวณหารัศมีของวงกลมเพื่อสร้างเส้นของรัศมี ในงานวิจัยของ [6] ได้นำเสนอการตรวจจับและนับวัตถุทรงกลมโดยใช้การแปลงแบบ Candy หาเส้นขอบของภาพแบ่งรูปร่างที่ไม่ต้องการออกจากนั้นใช้ Hough เพื่อวิเคราะห์วัตถุทรงกลมและแยกวัตถุออกจากกันจะได้วัตถุที่ตัดขาดจากกันโดยชัดเจนแล้วนับวัตถุในภาพในงานวิจัยของ[7]ได้นำเสนอการนับวัตถุสำหรับการประยุกต์ใช้การตรวจ สอบภาพโดยแปลงภาพ RGB เป็นภาพจำลอง HSV แล้วใช้ Laplace กรอง noise ออกจากภาพ จากนั้นแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง โดยแบ่ง ภาพ H-plane, S-plane และ V-plane แล้วใช้ หาค่า เทรดโฮลด์ S-

plane และ V-plane จะได้ภาพไบนารี่ที่แยกออกจากกันโดยไม่มี noise แล้วทำการนับจำนวนวัตถุ ในงานวิจัยของ[8] ได้นำเสนอการตรวจหาพฤติกรรมการเดินที่อันตราย หรือ สุ่มเสี่ยงต่อความไม่ปลอดภัย โดยเป็นการตรวจสอบเส้นทางการเดินของมนุษย์โดยใช้รูปแบบของ Conditional Random Field (CRF) ในการตรวจหาการเครื่องไหว จะได้วิถีการเคลื่อนที่ของวัตถุ (เวกเตอร์) รวมเข้ากับการวิเคราะห์พื้นที่ข้อมูลของ Blob เป็นข้อมูลใช้ในการตรวจสอบหาพฤติกรรมการเดินที่สุ่มเสี่ยง

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการนับวัตถุที่เรียงติดกันในลักษณะที่แตกต่างกัน ใช้เทคนิค top - hat และ blob Analysis ในการวิเคราะห์และนับวัตถุ ซึ่งมีขั้นตอนในหัวข้อที่ 3 ของงานวิจัย ผลการทดลองในส่วนที่ 4 และ สรุปผลในลำดับที่ 5

2. การประมวลผลภาพ (Image processing)

2.1 การแปลงภาพระดับสีเทา (Grayscale image) [9]

ภาพสีเทาเป็นภาพที่มีค่าในแต่ละจุดของพิกเซล คือ ความเข้มของสี ตั้งแต่สีขาวจนถึงสีดำ ภาพในระดับสีเทาจะมีความละเอียดอยู่ที่ 8 บิต ภาพจะมีความเข้มของสีดำอยู่ในระดับเท่ากับ 0 ความเข้มของสีขาวอยู่ในระดับ 255

$$G(x , y) = 0.2989*R(x , y) + 0.5870*G(x , y)+0.1140*B(x , y) \quad (1)$$

เมื่อ G(x , y) คือระดับที่ได้จากการสมการ

R(x , y), G(x , y), B(x , y) คือระดับของสีแดง,เขียว,น้ำเงิน

2.2 การกรองภาพด้วย Top-hat [9]

คือการกรองภาพรูปแบบหนึ่ง เป็นการหาตำแหน่งของจุดพิกเซลที่ใกล้เคียงกันแต่จะใช้พื้นที่แตกต่างกันโดยการเปรียบเทียบความสว่างของพิกเซล กับพื้นที่โดยรอบหากแตกต่างกันจะเก็บระดับความสว่างไว้แล้วตัดภาพพื้นหลัง ซึ่งเป็นการพัฒนาร่วมกับเทคนิค มอร์โพโลยี 2 รูปแบบ รูปแบบที่หนึ่ง คือรูปแบบ opening โดยใช้ภาพระดับสีเทามาแปลงภาพ แล้วกัดกร่อนภาพ (erosion) จากนั้นขยายภาพ (dilation) เพื่อหาโครงสร้างของภาพดังสมการ

$$f \circ s = (f \ominus s) \oplus s \quad (2)$$

รูปแบบที่สอง คือรูปแบบ closing จะเป็นการเชื่อมต่อกันของภาพด้วยวิธีการทำ closing คือการทำ dilation ก่อน จากนั้นจึงทำ erosion ดังสมการ

$$f \bullet s = (f \oplus s) \ominus s \quad (3)$$

โดยงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้การกรองภาพแบบ top-hat โดยนำภาพที่ผ่านการกรองมาทำการ opening เมื่อได้ค่าที่ต้องการนำมา closing แล้วนำมาวิเคราะห์ดังสมการที่ 5

$$f\,th = f - f \circ s \quad (4)$$

$$fcth = ((f\,th) - (f \bullet s)) \quad (5)$$

เมื่อ $f \bullet s$, $f \circ s$ = ภาพที่ผ่านการแปลง closing และ opening

f = ภาพต้นฉบับระดับสีเทา

s = องค์ประกอบโครงสร้างภาพ

$fcth$ = ภาพที่ผ่านการแปลงทาง มอร์โพโลยี

2.3 การแปลง Multi-Threshold [9]

เป็นการพิจารณาพิกเซลของภาพตั้งแต่ 0 - 255 โดยเปรียบเทียบค่าของแต่ละพิกเซล หากค่า f (x, y) ที่น้อยกว่า เทรดโฮลด์ จุดพิกเซลนั้นจะถูกปรับให้เป็นสีดำ และหากค่า f (x, y) มากกว่าหรือเท่ากับเทรดโฮลด์ จุดพิกเซลนั้นจะถูกปรับให้เป็นสีขาวดังสมการ

$$w0(t) = \sum_{i=0}^{t-1} p(i) \quad (6)$$

$$w1(t) = \sum_{i=t}^{L-1} p(i) \quad (7)$$

เมื่อ W0(t), W1(t) = ความแปรปรวนของกลุ่มที่ 1 , กลุ่มที่ 2

P (i) = Normalization ค่าให้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

2.4 การวิเคราะห์ด้วย BLOB [9]

เป็นการวิเคราะห์ของกลุ่มพิกเซลของภาพหรือกลุ่มภาพไบนารี่ที่แตกต่างกันเป็นการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังแล้วนับเฉพาะบริเวณที่สนใจ ในการหา blob ใช้สมการดังนี้ [9]

$$\text{Compactness} = \frac{Area}{width \,.\, height} \quad (8)$$

หาเซนทรอยด์ของ blob เป็นการหาค่า เฉลี่ย x และ y ของภาพไบนารี่ โดยกำหนดพิกัดแกน x ,y ของพื้นที่ blob แล้วหารด้วยจำนวนพิกเซลทั้งหมด โดยมีสมการ ดังนี้

$$Xc = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} xi \;,\; Yc = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} yi \quad (9)$$

เมื่อ N = จำนวนของพิกเซลใน blob

Xi , Yi = พิกัดของ N

3. ขั้นตอนการทดลอง

จากการทดลองนี้ใช้ตัวอย่างจากภาพถ่าย ดังรูปที่1 (ก-ง) มีพื้นหลังเป็นสีขาว โดยวางวัตถุในลักษณะที่แตกต่างกัน ถ่ายภาพในระยะห่าง 10-15 เซนติเมตร โดยมีขั้นตอนการทดลองในบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2

ภาพต้นฉบับ (ก) ภาพต้นฉบับ (ข)

ภาพต้นฉบับ (ค) ภาพต้นฉบับ (ง)

รูปที่ 1 ภาพถ่ายวัตถุในลักษณะต่างๆ

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการทดลอง

3.1 การแปลงระดับภาพสีเทา

นำภาพสีต้นฉบับดังรูปที่ 1 (ก-ง) ทำการแปลงระดับของสีของภาพ RGB ออก โดยการแทนค่าในสมการที่ 1 เพื่อหาระดับภาพสีเทา ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นภาพระดับสีเทาในรูปแบบ 2 มิติ ดังรูปที่ 4(ก)

3.2 การแปลงภาพทางมอร์โฟโลยี

เป็นเครื่องมือที่ใช้งานด้านการประมวลผลภาพ ใช้สำหรับการแก้ไขหรือแต่งเติมโครงสร้างเมทริกในภาพ โดยขั้นตอนของการดำเนินการทางมอร์โฟโลยีมีขั้นตอนตามรูปที่ 3 โดยทำการแปลงภาพเป็นระดับสีเทาผลที่ได้ดังรูปที่ 4(ก) แล้วกรองภาพด้วย top-hat ทำให้ความเข้มของแสงที่ตกกระทบต่อวัตถุและพื้นหลังสมดุลขึ้นวัตถุเด่นชัดขึ้นจะได้ภาพดังรูปที่ 4 (ข) ทำการ opening และ closing ทำให้เห็น โครงสร้างของวัตถุตัดขาดจากกัน จะได้ภาพดังรูปที่ 4 (ค)

รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนทางมอร์โฟโลยี

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4 ผลจากการแปลงภาพทางมอร์โฟโลยี

3.3 การแปลงเป็นภาพไบนารี่ (Binary Image)

เป็นการเปรียบเทียบค่าของผลการแปลงเมทริกซ์ ของ closing กับเทรดโฮลด์เพื่อหาตำแหน่งของภาพ เพื่อให้ได้ค่าไบนารี่ (0,1) แล้วนำมาวิเคราะห์ blob เพื่อนับจำนวนของวัตถุดังสมการที่ 10

$$Bri = [\,fcth\,] > [\,\mathrm{MTh}\,] \qquad (10)$$

Bri = ภาพไบนารี่

MTh = เมทริกของภาพที่ผ่านการแปลงเทรดโฮลด์

รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการเปรียบเทียบ เมทริกต์

(ก) (ข)

รูปที่ 6 ผลจากกาวิเคราะห์ด้วย blob และนับวัตถุ

จากรูปที่ 5 เป็นการนำรูปที่ผ่านการแปลง closing และ เทรดโฮลด์ แล้วนำเมทริกต์ของภาพมาเปรียบเทียบและหักล้างกันผลการทดลองจะได้ดังรูปที่ 6 (ก) แล้วใช้เทคนิค blob analysis ในการวิเคราะห์และนับจำนวนของวัตถุแสดงในภาพระดับสีเทาดังรูปที่ 6 (ข)

4. ผลการทดลอง

จากการทดลองนำเสนอการวิเคราะห์และนับวัตถุทรงกระบอก ผิวเรียบมัน โดยวางเรียงติดกันในลักษณะที่แตกต่างกัน 4 แบบ จำนวน 80 ภาพ ขนาดของภาพ 300x300 พิกเซล โดยมีผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลที่ได้จากการทดลองและการเปรียบเทียบเทคนิค Blob

ชนิดของภาพ	จำนวน (ภาพ)	นับ (ภาพ)	Blob & Top - hat ผิดพลาด %	Blob ผิดพลาด %
ทิศทางเดียวกัน	20	18	10%	100%
ทิศทางตรงกันข้าม	20	17	15%	100%
กระจายกัน	20	17	15%	100%
ขนาดไม่เท่ากัน	20	15	25%	100%

จากตารางสรุปได้ว่าการนับวัตถุที่ติดกันในลักษณะที่แตกต่างกันโดยใช้เทคนิค blob analysis ในการวิเคราะห์เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถนับวัตถุที่ติดกันได้ โดยบทความนี้ใช้เทคนิค top - hat filter และ blob analysis ในการวิเคราะห์และพัฒนาการนับวัตถุ ทำให้สามารถนับวัตถุได้สูงสุด 90 % ในลักษณะของภาพที่มี ขนาดเท่ากัน ทิศทางเดียวกัน แต่ยังมีข้อเสียและข้อผิดพลาดในการนับวัตถุ เนื่องจากแสงของภาพ , ระยะห่างในการถ่ายภาพ, ความซับซ้อนของวัตถุและขนาดของวัตถุที่ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้น

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เสนอการพัฒนาเทคนิค top - hat และ blob analysis สำหนับการหาตำแหน่งและนับวัตถุที่ติดกัน ทดลองกับวัตถุทรงกระบอกผิวเรียบมัน วางเรียงติดกันในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยแปลงภาพ RGB เป็นภาพระดับสีเทา แล้วแปลงภาพด้วยเทคนิค มอร์โฟโลยี ทำการแปลง top-hat filter ตามด้วย opening และ closing จะทำให้ได้ค่าของเมทริกซ์ แล้วใช้ Multi-Threshold ในการแปลงภาพ แล้วมาทำการหักล้างกันกับเมทริซ์ของภาพที่ผ่านการแปลง closing จะได้ภาพไบนารี่ ลบขนาดพิกเซลที่ไม่ต้องการ จากนั้นใช้การวิเคราะห์ blob แล้วนับจำนวนของวัตถุในภาพ จากการทดลองพบว่าสามารถนับวัตถุได้สูงสุด 90 % ในลักษณะของภาพที่มี ขนาดเท่ากัน ทิศทางเดียวกันและวัตถุที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดคือ วัตถุที่มีขนาดไม่เท่ากัน นับได้ 75 % โดยข้อผิดพลาดในการนับวัตถุ เนื่องจากแสงของภาพ , ระยะห่างในการถ่ายภาพ, ความซับซ้อนของวัตถุและขนาดของวัตถุที่ไม่เท่ากัน งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาต่อและนำไปประยุกต์ใช้กับการนับจำนวนวัตถุได้ แต่ต้องพิจารณาวัตถุและการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] นพดลย์ อิษฎาธิคม และ จักรี ศรีนนทฉัตร, " การนับจำนวนของ วัตถุโดยการกรองภาพ",การประชุมวิชาการเครือข่าวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล , ครั้งที่ 6 , กระบี่, 26-28 มีนาคม 2557.

[2] F. Bukenya , J. Ehling , A. K. Kalema , I. Eyoh , J. Robert, L. Bai , " 3D Segmentation of the Whole Heart Vasculature Using Improved Multi-threshold Otsu and White Top- Hat Scale Space Hessian Based Vessel Filter", IEEE Symposium Series on Computational intelligence (SSCI) , pp 1-7 , 2016 .

[3] J.Gatc , F.Maspiyanti , "Red Blood Cell and White Blood Cell Classification using Double Thresholding and BLOB Analysis ", International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT) , pp 1-5 , 2016.

[4] H. Zhou, L. Llewellyn, L . Wei, D. Creighton, S. Nahavandi, " Marine object detection using background modeling and Systems , Man , and Cybernetics " , IEEE International Conference on Systems , and Cybernetics, pp 430-435, 2015.

[5] S. Bera, " Partially Occluded Object Detection and Counting ", Third International Conference on Computer ,Communication, Control and Information Technology (C3IT) , pp 1 - 6 , 2015.

[6] J. Ni , Z . Khan, S . Wang , K . Wang , S . K . Haider, " Automatic Detection and Counting of Circular Shaped Overlapped Objects Using Circular Hough Transform and Contour Detection ," World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), June 12-15, 2016.

[7] A. A. Khule , R. D. Komati , M. S. Nagmode, " Automated Object Counting for Visual Inspection Applications " , International Conference on Information Processing (ICIP) Vishwakarma Institute of Technology, pp 16-19, 2015.

[8] Z. Long1, L. Wufeng2, L. Yaqiao1, P. Xiaotao3, G. Zhihua3. "International Substation Risk Behavior Detection Based on Blob adn Trajectory ", 2016 IEEE 8th International Power Electronics and Motion Control Control Conference (IPEMC-ECCE Asia), pp 430 - 435 , 2016.

[9] R..C. Gonzalez , R .E. Woods , S .L. Essins .(2004). Digital Image Processing Using Matlab. America : Pearson Prentice Hall .

[10] what-when-how. BLOB Analysis [Online] . Available at http:// www.what-when-how.com .

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบและพัฒนาระบบสอบเทียบพลังงานเลเซอร์เพื่อการแพทย์และความงามในประเทศไทย

Design and Development of Laser Energy Calibration System for Medical and Cosmetic Applications in Thailand

กนกวรรณ นนทพจน์

ห้องปฏิบัติการเลเซอร์พาวเวอร์ ฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวงจังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 0 2577 5100 ต่อ 1333 E-mail: kanokwan@nimt.or.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการนำเลเซอร์มาใช้เพื่อการแพทย์และความงามอย่างแพร่หลายและมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นเลเซอร์เพื่อความงาม เลเซอร์ในการรักษาโรคผิวหนัง โรคเหงือก และรักษาสายตา หรือที่เรียกว่าเลสิก เพื่อเป็นการคุ้มครองผู้บริโภคและยกระดับมาตรฐานของเครื่องมือทางด้านเลเซอร์ และเพื่อรองรับ พรบ. เครื่องมือแพทย์ ห้องปฏิบัติการเลเซอร์พาวเวอร์ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ จึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบสอบเทียบพลังงานเลเซอร์เพื่อการแพทย์และความงาม และกำลังเปิดให้บริการสอบเทียบในปีนี้ โดยมีการถ่ายค่าความถูกต้องของพลังงานเลเซอร์มาจากสถาบันมาตรวิทยาประเทศญี่ปุ่น (NMIJ) นอกจากนั้นยังได้ทำการวัดเปรียบเทียบค่าที่ได้กับระบบวัดพลังงานเลเซอร์ที่สถาบันมาตรวิทยาประเทศเยอรมันนี (PTB)

คำสำคัญ: เลเซอร์เพื่อการแพทย์, พลังงานเลเซอร์, การสอบเทียบ

Abstract

Due to the increasing use of pulse laser in medical and cosmetic applications in Thailand, NIMT has set up a laser energy system and plan to provide calibration service to customers this year. The service will support calibration of low-level laser pulse at wavelength of 1064 and 532 nm and at energy range 1 mJ-100 mJ. The laser energy standard was calibrated by NMIJ and compared with PTB measurement system under scientific collaboration MOU between NIMT & PTB.

Keywords: Medical laser, cosmetics laser, laser energy, calibration

1. บทนำ

แสงเลเซอร์คือพลังงานรูปหนึ่ง เวลาใส่หมวกสีเข้มๆ แล้วโดนแสงแดด จะรู้สึกร้อนเพราะหมวกดูดแสงจากแสงแดดแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ตา ฝ้า กระ ไฝ รอยสัก เส้นขน ก็เปรียบได้กับหมวก ซึ่งจะดูดพลังงานจากแสงเลเซอร์ในความยาวคลื่นที่เหมาะสมและโดนทำลายได้ เนื่องจากเลเซอร์มีคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือมีความยาวคลื่นเดียว (monochromatic) ดังนั้นแพทย์จะสามารถเลือกความความคลื่นที่เหมาะสมต่อการรักษาแต่ละอย่างได้ (selective targeting) นอกจากนี้ การที่เลเซอร์มีเฟสเดียว (coherent) และมีลำแสงขนาน (collimated) พลังงานจากแสงเลเซอร์จึงมีค่าพลังงานต่อพื้นที่สูง (fluence) ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการรักษาด้วยเลเซอร์เป็นที่น่าพอใจและไม่น่าพอใจได้ หากพลังงานที่ใช้นั้นมีค่าที่มากไปหรือน้อยไป เมื่อแสงเลเซอร์กระทบผิวหนัง แสงเลเซอร์จะมีการหักเห ทะลุผิวหนัง หรือ ถูกดูดซับ พลังงานที่ถูกดูดซับนี้คือส่วนที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ในการรักษาเนื่องจากพลังงานนี้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นรูปความร้อนนั่นเอง ผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ส่วนหนึ่งเกิดจากการเลือกความยาวคลื่นและพลังงานที่ไม่เหมาะสม ทำให้เนื้อเยื่ออื่นๆที่อยู่รอบๆเป้าหมาย (chromophore) ที่เราต้องการทำลาย โดนทำลายไปด้วย ดังปรากฏในข่าวตามหนังสือพิมพ์หรือในทีวีเป็นระยะๆ ดังนั้น ชนิดของเลเซอร์ที่ใช้ รวมถึงผลข้างเคียงที่เกิดขึ้น จึงเป็นเรื่องสำคัญ สำหรับคนที่สนใจที่จะทำการรักษาด้วยเลเซอร์เป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นนอกจากความเชี่ยวชาญของแพทย์ที่ทำการรักษาแล้วตัวเครื่องมือเองก็ต้องมีมาตรฐาน โดยเฉพาะ พลังงานที่ปล่อยออกมา ต้องมีความแม่นยำ ระดับหนึ่ง ความยาวคลื่นก็ต้องมีความถูกต้อง นอกจากนั้น ค่าอื่นๆเช่น pulse duration, fluence, ที่มีผลต่อการรักษา ก็ต้องมีความถูกต้องเช่นกัน การทดสอบค่าต่างๆเหล่านี้ ตามเวลาที่สมควรย่อมมีความสำคัญ เนื่องจากเครื่องมีความเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ดังนั้นเครื่องมือที่จะนำมาทดสอบค่าเหล่านี้ เช่น laser power detector ก็ต้องมีความถูกต้อง และมีการสอบเทียบตามระยะเวลาที่เหมาะสมด้วย เพื่อเป็นการคุ้มครองผู้บริโภคและยกระดับมาตรฐานของเครื่องมือทางด้านเลเซอร์ และเพื่อรองรับ พรบ.เครื่องมือแพทย์ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กำลังเปิดให้บริการสอบเทียบ laser energy detector ซึ่งเป็น

พารามิเตอร์ใหม่ของห้องปฏิบัติการเลเซอร์พาวเวอร์ โดยมีการถ่ายค่าความถูกต้องของพลังงานเลเซอร์มาจากสถาบันมาตรวิทยาประเทศญี่ปุ่น (NMIJ) นอกจากนั้นยังได้ทำการวัดเปรียบเทียบค่าที่ได้กับระบบวัดพลังงานเลเซอร์ที่สถาบันมาตรวิทยาประเทศเยอรมันนี (PTB)

1.1 ประเภทของเลเซอร์เพื่อการแพทย์และความงาม

ในปัจจุบันศัลยกรรมเลเซอร์จะแบ่งประเภทตามความยาวคลื่นที่ใช้ และโหมดของเลเซอร์ โดยเลเซอร์จะมีการปล่อยพลังงานสองแบบคือแบบต่อเนื่อง (continuous mode, cw) หรือเป็นแบบลูกคลื่นที่ปล่อยพลังงานออกมาเป็นระยะๆสม่ำเสมอ (pulsed mode) ซึ่งเป็นประเภทที่ใช้ในความงามและการแพทย์ส่วนใหญ่ นอกจากโหมดของเลเซอร์แล้ว ชนิดของเลเซอร์ยังแบ่งไปตามความยาวคลื่น (สี) ซึ่งจะอยู่ในย่าน uv, visible, หรือ infrared ตัวอย่างของประเภทของเลเซอร์และชนิดของการรักษา สามารถแบ่งได้ดังตารางที่ 1 [1]

ตารางที่ 1: ตัวอย่างของประเภทของเลเซอร์และชนิดของการรักษาในปัจจุบัน

เลเซอร์	ความยาวคลื่น (nm)	การรักษา
Excimer	ย่าน UV 193,208,351	เลสิก (lasik) รักษาสายตาสั้น/ยาว
Nd YAG	1064	เส้นเลือดขอด กำจัดขน รอยดำ
Er YAG	2940	รอยสิว Skin resurfacing
CO_2	10600	ไฝ ขี้แมลงวัน
Diode	810, 940	ลบรอยสัก
KTP	1064/532	ลบรอยสัก ปานแดง/ดำ
Dye	585-600	ลบรอยสัก รอยดำ
Alexandrite	755	กำจัดขน
Ruby	694	ลบรอยสัก กำจัดขน รอยดำ

1.2 Selective photothermolysis

ชนิดของเลเซอร์และความยาวคลื่นที่จะนำมาใช้นั้น จะขึ้นอยู่กับเป้าหมายที่ต้องการรักษา โดยการใช้หลักการ "selective photothermolysis" ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป้าหมาย (chromophores) แต่ละอย่าง ก็จะมีการดูดซับพลังงานของเลเซอร์ที่ความยาวคลื่นต่างๆกัน โดยที่หลักการ selective photothermolysis มีดังนี้

- พลังงานของเลเซอร์ต้องทะลุทะลวงผิวหนังและดูดซับโดยเซลล์เป้าหมาย
- Pulse energy ต้องตรงกับหรือน้อยกว่า Thermal relaxation time ของเซลล์เป้าหมาย
- พลังงานของเลเซอร์จะต้องสูงพอที่จะทำลาย Target ได้ หากต่ำหรือสูงเกินไปจะทำให้มีผลข้างเคียงร้ายแรงได้ เช่นผิวไหม้ เป็นต้น
- ซึ่งแพทย์จะนำหลักการนี้มาใช้ในการเลือกประเภทและความยาวคลื่นของเลเซอร์ที่จะนำมารักษา [1]

รูปที่ 1 แสดงหลักการ Selective photothermolysis [1]

1.3 ข้อผิดพลาดจากการทำเลเซอร์ทรีทเมนต์

งานวิจัยจากสหรัฐอเมริกา [2] ได้ทำการศึกษากรณีข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทำเลเซอร์ทรีทเมนต์ 494 กรณี ที่เกิดขึ้นระหว่างปี 2549-2554 พบว่าผลข้างเคียงที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ ผิวไหม้ เกิดรอยแผลเป็น ผิวอักเสบ ติดเชื้อ และพบว่าสาเหตุหลักเกิดมาจาก ความผิดพลาดของผู้ใช้เครื่องมือ (user error) 30% ตามมาด้วยความผิดพลาดของเครื่องมือ (laser device malfunction) 20% และ ความผิดพลาดจากคนไข้ (patient error) 4% ในประเทศไทยเองก็มีกรณีข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทำเลเซอร์ทรีทเมนต์ จากรายงานสถิติเรื่องร้องเรียนกรณีได้รับความเสียหายจากการใช้บริการความงามของสำนักงานคุ้มครองผู้บริโภค (สคบ.) ที่ได้เปิดเผยข้อมูลว่า สคบ. ได้รับการร้องเรียน จากผู้ได้รับความเสียหายจากการทำเลเซอร์ทรีทเมนต์เป็นจำนวนไม่น้อยในแต่ละปี ดังนั้นนอกจากความเชี่ยวชาญของแพทย์ที่ทำการรักษาแล้ว ตัวเครื่องมือเองก็ต้องมีมาตรฐาน โดยเฉพาะ พลังงานที่ปล่อยออกมา ต้องมีความแม่นยำระดับหนึ่ง ความยาวคลื่นก็ต้องมีความถูกต้อง นอกจากนั้น ค่าอื่นๆเช่น pulse duration, fluence, ที่มีผลต่อการรักษา ก็ต้องมีความถูกต้องเช่นกัน การทดสอบค่าต่างๆเหล่านี้ ตามเวลาที่สมควร ย่อมมีความสำคัญ

เนื่องจากเครื่องมีความเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ดังนั้นเครื่องมือที่จะนำมาทดสอบค่าเหล่านี้ เช่น laser energy detector ก็ต้องมีความถูกต้อง และมีการสอบเทียบตามระยะเวลาที่เหมาะสมด้วย

2. ระบบวัดพลังงานเลเซอร์

ระบบวัดพลังงานเลเซอร์ของห้องปฏิบัติการเลเซอร์พาวเวอร์ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่างๆดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 Laser energy calibration system at NIMT

โดยที่ YAG:Nd pulse laser มี fundamental wavelength ที่ 1064 nm maximum energy ที่ 200 mJ repetition rate 10 Hz beam splitter คือ wedge beam splitter ทำการแยกลำแสงเลเซอร์ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก direct transmission (E_1) ไปยัง Reference standard detector หรือ unit under test (UUT) ส่วนที่สอง (E_2) ไปยัง monitor energy detector โดยที่ Reference standard คือ pyroelectric laser energy detector QED65 (Gentec) และ monitor energy meter คือ pyroelectric laser energy detector QED25 (Gentec)

3. วิธีการสอบเทียบ Laser energy ที่ NIMT

3.1 วัด energy (E_1) ของ standard (Joule) เทียบกับ energy ของ monitor (E_2) (Joule)

จะได้อัตราส่วน

$$S_{system} = E_2/E_1 = E_{corr}/E_{std} \quad (1)$$

3.2 คำนวณค่า Calibration factor (CF)

$$Calibration\ factor\ (CF) = E_{uuc}/E_{std} = S_{system} x\ (E_{UUC}/E_{Cor}) \quad (2)$$

4. การสอบเทียบ Standard energy detector กับระบบที่ PTB

4.1 ระบบการวัด laser energy (single pulse laser measurement) ที่ PTB แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

4.1.1 Standard LI-17ANS glass disk calorimeter

4.1.2 Pulse laser, wavelength 1.06 um, 6mm beam diameter, 400 us pulse duration

4.1.3 External trigger สำหรับ Trigger เลเซอร์ (10 Hz)

4.1.4 Monitor detector ที่อ่านผลสัญญาณ volt จาก meter หรือเป็นกำลังจาก power meter

4.1.5 Beam splitter เพื่อแบ่งแสง laser เป็น 2 ส่วน ส่วนแรก direct transmission ไปยัง standard detector หรือ device under test (DUT) ส่วนที่สองไปยัง monitor detector

รูปที่ 3 ระบบสอบเทียบ Laser power/energy ที่ PTB

4.2 ขั้นตอนการสอบเทียบ

4..2.1 วัด power (Φ_1) หรือ voltage (Vs) ของ standard เทียบกับ voltage (V_{mon}) ของ monitor จะได้อัตราส่วน

$$s_{Mon} = V_{Mon}/\Phi_1 \quad (3)$$

โดยที่

$$\Phi_1 = V_s/s_s \quad (4)$$

V_s คือค่า Voltage ที่อ่านได้จาก standard และ s_s คือ spectral responsivity ของ standard

4.2.2 วัด power (Φ_1) หรือ voltage (Vs) ของ standard เทียบกับ voltage (V_{mon}) ของ monitor จะได้อัตราส่วน

$$s_{Mon} = V_{mon}/\Phi_1 \quad (5)$$

4.2.3 วัด power (Φ_2) หรือ voltage (V_u) ของ DUT เทียบกับ voltage (V_{mon}) ของ monitor จะได้ spectral responsivity ของ DUT คือ

$$S_{DUT} = V_{DUT}/\Phi_2 \quad (6)$$

หรือ correction factor

$$f_K = \Phi_2 / P_{DUT} \quad (7)$$

โดยที่

$$\Phi_2 = V_{mon}/s_{mon} \quad (8)$$

โดยที่ single pulse energy คือ

$$E = \text{Peak power (W)} \times \text{pulse duration (t)} \quad (9)$$

สำหรับ Average power measurement Standard detector ที่ใช้คือ Thermopile detector XLR157 ซึ่งถ่ายค่ามาจาก Standard thermopile detector LM7 ใช้หลักการสอบเทียบเดียวกันกับการสอบเทียบ CW laser power โดยที่

$$P_{avg} = E_{avg}(J) \times \text{repetition rate (Hz)} \quad (10)$$

5. ผลการสอบเทียบ Standard energy detector กับระบบที่ PTB

ตารางที่ 2 ผลการสอบเทียบ Standard energy detector ที่ PTB

Type	Laser energy/power	Calibration factor (PTB)	Calibration factor (NMIJ)	% different
Single pulse energy	100 mJ	0.97852	0.97847	0.005%
Average power	10 mW	0.949	0.941	0.9%
	1W	0.97567	0.97561	0.01%

โดยที่ค่าความไม่แน่นอนในการวัดของทั้งสองประเภทอยู่ที่ 0.6%

6. สรุป

เพื่อเป็นการคุ้มครองผู้บริโภคและยกระดับมาตรฐานของเครื่องมือทางด้านเลเซอร์ และเพื่อรองรับ พรบ.เครื่องมือแพทย์ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ จึงมีโครงการเปิดให้บริการสอบเทียบ laser energy detector ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ใหม่ของห้องปฏิบัติการเลเซอร์พาวเวอร์ โดยมีขอบข่ายการให้บริการดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ขอบข่ายการให้บริการสอบเทียบ laser energy detector

Wavelength	Energy Range	Uncertainty
1064 nm	1-100 mJ	2.4 %
532 nm	1-100mJ	3%

โดยมีการถ่ายค่าความถูกต้องของพลังงานเลเซอร์มาจากสถาบันมาตรวิทยาประเทศญี่ปุ่น (NMIJ) นอกจากนั้นยังได้ทำการวัดเปรียบเทียบค่าที่ได้กับระบบวัดพลังงานเลเซอร์ที่สถาบันมาตรวิทยาประเทศเยอรมันนี (PTB) โดยที่ค่าที่วัดได้จากระบบของ PTB นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการสอบเทียบจาก NMIJ เป็นอย่างมาก โดยมีความแตกต่างที่ 0.005% สำหรับการวัดแบบ single pulse energy และ 0.01%-0.9% สำหรับการวัดแบบ average power

เอกสารอ้างอิง

[1] Lasers and Related Technologies in Dermatology, McGraw-Hill Professional; 1 edition (August 9, 2013)

[2] Zachary Zelickson, Sarah Schram MD and Brian Zelickson MD Complications in Cosmetic Laser Surgery: A Review of 494 Food and Drug Administration Manufacturer and User Facility Device Experience Reports Dermatologic Surgery Volume 40, Issue 4, pages 378–382, April 2014

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบตรวจวัดคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติแบบเวลาจริงผ่านอินเตอร์เน็ต

Real-Time Natural Water Resources Quality Monitoring System via Internet

ไมตรี ธรรมมา[1] การัณย์ หอมชาติ[1] วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ[2] ธนาฒน์ สุกนวล[2] และ ปิยะณัฐ อาจประจันทร์[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา e-mail: maitree.th@rmuti.ac.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา e-mail: thanat.so@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติแบบเวลาจริงผ่านอินเตอร์เน็ต โดยการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต. เพื่อให้สามารถวัดคุณภาพของน้ำ, ประมวลผลข้อมูล, จัดเก็บข้อมูล และแสดงผลข้อมูลผ่านอินเตอร์เน็ต โดยไม่ต้องมีคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และสามารถเรียกดูข้อมูลแบบเวลาจริงผ่านเว็บบราวเซอร์ได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ ตัวชี้วัดค่าคุณภาพของน้ำที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) และวัดค่าความนำไฟฟ้า (EC) และสถานที่ในการทดลอง คือ แหล่งน้ำในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และวัดค่าความนำไฟฟ้า (EC) จากอุปกรณ์ตรวจวัด และแสดงผลผ่านอินเตอร์เน็ตได้แบบเวลาจริง

คำสำคัญ: ระบบตรวจวัดแบบเวลาจริง, คุณภาพน้ำ, ระบบสมองกลฝังตัว

Abstract

This paper presents the development of Real-Time Natural Water Resources Quality Monitoring System via Internet with implementation the 32-bit microcontroller. It is designed to measure the quality of water, processing, data storages and display over the internet without a computer server. While the monitoring water quality can browse through the web browser both on computers and mobile devices at any time. In this research, we choose the Potential of Hydrogen ion (pH) and electrical conductivity (EC) sensor for measuring of water quality. The space of the experiment is a water resource in Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima. Experimental results show that, the system can monitor both of pH and EC from sensors and indicators the data over the internet in real-time.

Keywords: Real -Time Monitoring System, Water Quality, Embedded System

1 บทนำ

วิธีดั้งเดิมของการตรวจสอบคุณภาพน้ำ คือ การเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำมาตรวจสอบและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างนาน ซึ่งกว่าจะทราบผล คุณภาพของน้ำในบริเวณดังกล่าวอาจเปลี่ยนไปแล้ว [1–5] แม้ว่าวิธีที่ใช้ในปัจจุบันสามารถวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และสารชีวภาพได้ แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องหลายประการ เช่น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและค่าอุปกรณ์สูง และใช้ระยะเวลาที่ยาวนานในการวิเคราะห์ ทำให้ได้ข้อมูลคุณภาพของน้ำไม่เป็นปัจจุบัน ซึ่งอาจส่งผลต่อการดำเนินการป้องกันและแก้ไข ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องมีระบบตรวจสอบคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติแบบออนไลน์และอย่างต่อเนื่อง

ในงานวิจัย [6] ได้กล่าวว่า อินเตอร์เน็ตได้เข้ามาบทบาทในการเปลี่ยน วิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์ และกลายมาเป็นรากฐานสำคัญสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ เข้ากับระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะ ซึ่งระบบอินเตอร์เน็ตสำหรับทุกสิ่ง [7] จะทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลทางกายภาพและนำไปสู่นวัตกรรมใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีเทคโนโลยีที่สำคัญหลายประการที่เกี่ยวข้องกับระบบอินเตอร์เน็ตสำหรับทุกสิ่ง เช่น เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) หรือ การประมวลผลบนกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) เป็นต้น ซึ่งการประมวลผลบนกลุ่มเมฆสามารถให้บริการสำหรับการประมวลผล หน่วยจัดเก็บข้อมูล ลดความยุ่งยากในการติดตั้งและดูแลระบบ โดยรายละเอียดเกี่ยวกับการประมวลผลบนกลุ่มเมฆอธิบายไว้ใน [8–11] ระบบอินเตอร์เน็ตสำหรับทุกสิ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับระบบบ้านอัตโนมัติ (Home Automation) การตรวจสอบสภาพแวดล้อมและการวัดคุณภาพของน้ำ ฯลฯ การนำเอาเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตสำหรับทุกสิ่งมาประยุกต์ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีต้นทุนที่สูง เนื่องจากเป็นระบบที่มีการกระจายตัวของอุปกรณ์ตรวจวัดและมีระบบเครือข่ายขนาดใหญ่ [12–13] ซึ่งนอกจากนี้แล้วยังมีการแยกอัลกอลิทึมในการตรวจวัดและแสดงผลไว้ต่างหาก ซึ่งอธิบายไว้ในงานวิจัย [14]

2 การออกแบบระบบ

ในรูปที่ 1 แสดงถึงโครงสร้างหลักการทำงานของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงผ่านอินเตอร์เน็ต ประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ 1) ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ ซึ่งในโครงการวิจัยนี้จะเลือกวัดค่า pH และค่า EC 2) ชุดควบคุมการทำงานหลัก จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต เป็นตัวควบคุมหลักและมีโมดูล SQLite สำหรับเก็บข้อมูล และ 3) ชุดเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต ซึ่งจะมีโมดูล Ethernet และ 3G/4G Router เป็นอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อ

รูปที่ 1 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงผ่านอินเตอร์เน็ต

รูปที่ 2 ส่วนประกอบของระบบ

รูปที่ 2 เป็นการแสดงส่วนประกอบของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงผ่านอินเตอร์เน็ตโดยรายละเอียดแต่ละส่วน อธิบายได้ดังนี้

2.1 ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ในโครงการวิจัยนี้จะเลือกวัด 2 ปริมาณ คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าความนำไฟฟ้า (EC) ซึ่งมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

2.1.1 ชุดควบคุมการทำงานหลัก

ชุดควบคุมการหลัก ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ STM 32 ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลหลัก, โมดูล SQLite ทำหน้าเก็บและให้บริการข้อมูล (Database Server) และให้บริการเว็บไซต์ (Web Server), โมดูล RTC หรือ Real Time Clock ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดฐานเวลาของ Database Server และ Web Server ให้ตรงกับเวลามาตรฐาน ระบบจะอ่านข้อมูลคุณภาพน้ำ (ค่า pH และ EC) ทุกๆ 30 วินาที ผ่านทางพอร์ตแอนาล็อกอินพุต (A0 และ A1) จากนั้นจะนำข้อมูลไปบันทึกไว้ที่ Database Server เพื่อรอให้บริการข้อมูลผ่านทาง Web Server ต่อไป

ในรูปที่ 3 เป็นการต่อใช้งานโมดูล SQLite ที่ทำหน้าที่เป็น Database Sever และ Web Server โดยจะสื่อสาร (Communication) กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย UART ความเร็วสูง และไฟล์ข้อมูลที่จะเก็บในฐานข้อมูลมีอยู่ 3 ลักษณะ คือ .text, .cvs และ .html ซึ่งจะถูกเก็บลงในหน่วยเก็บข้อมูล (SD Card)

รูปที่ 3 ชุดควบคุมการทำงานหลัก

รูปที่ 4 การทำงานของโมดูล SQLite

2.1.2 ชุดเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต

ชุดเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ อยู่ 2 ตัวคือ โมดูล Ethernet และ 3G/4G Router โดยโมดูล Ethernet จะเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีการระบุตัวตนที่แน่นอน เพื่อเป็นการนำข้อมูลจากฐานข้อมูลผ่านทางพอร์ต RJ-45 ไปยัง 3G/4G Router ด้วยสาย LAN โดยที่ 3G/4G Router จะทำหน้าที่เชื่อมต่อ Database Server กับ Web Server เข้ากับอินเตอร์เน็ต ซึ่งสามารถเลือกใช้ SIM การ์ดแบบ 3G/4G ของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต (Internet Provider)

รูปที่ 5 ส่วนประกอบชุดเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต

2.2 การตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบเวลาจริงผ่านอินเตอร์เน็ต จะตรวจวัดแบบอัตโนมัติและต่อเนื่อง พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำลงในฐานข้อมูลทุกๆ 30 วินาที โดยงานวิจัยนี้จะเลือกตรวจวัดคุณภาพน้ำ 2 พารามิเตอร์ ดังนี้

2.2.1 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำ (pH)

ค่าบ่งชี้ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแหล่งน้ำ เป็นหนึ่งพารามิเตอร์ที่นิยมนำมาเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 14 หน่วย แหล่งน้ำที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 จะถือว่ามีสภาพเป็นกรด ในขณะที่แหล่งน้ำที่มีค่า pH สูงกว่า 7 จะถือว่ามีสภาพเป็นด่าง และแหล่งน้ำที่ดีควรมีค่า pH ใกล้เคียง 7 จะถือว่ามีสภาพเป็นกลาง มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินของประเทศ ค่า pH ควรมีค่าอยู่ในช่วง 5 – 9 หน่วย

2.2.2ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC)

ค่าความนำไฟฟ้า เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อนำทางไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของปริมาณเกลือหรือสารละลายต่างๆ ที่อยู่ในน้ำ โดยค่าความนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็นไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร $(\mu S/\ cm)$ น้ำบริสุทธิ์จะมีค่าความนำไฟฟ้าเป็น 0 ในขณะที่แหล่งน้ำปกติจะมีค่าการนำไฟฟ้า ประมาณ 150 – 300 $(\mu S/\ cm)$ แหล่งน้ำที่มีค่าความนำไฟฟ้าเกินกว่า 1,000 $\mu S/\ cm$ ถือว่าเป็นอันตรายต่อการนำมาใช้

3 การทดลองและผลการทดลอง

3.1 ฮาร์ดแวร์

ฮาร์ดแวร์ของระบบที่แสดงดังรูปที่ 6 ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F417IGT6 เป็นตัวประมวลผล รับข้อมูลค่า pH และค่า EC ผ่านพอร์ตแอนาล็อกอินพุต และแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD และมีโมดูล SQLite ทำหน้าที่เป็น Database Server และส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบอินเตอร์เน็ตด้วยโมดูล Ethernet

รูปที่ 6 องค์ประกอบฮาร์ดแวร์ของระบบ

3.2 ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ แสดงดังรูปที่ 7 จะเขียนโดยใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ซึ่งเป็นการเขียนในลักษณะของบล็อกไดอะแกรม โดยมี GMU Compiler ทำหน้าที่แปลงเป็นภาษา C และดาวน์โหลดลงบนบอร์ด STM32F417IGT6

รูปที่ 7 องค์ประกอบซอฟต์แวร์

3.3 ผลการทดลอง

ในการวิจัยนี้จะยกตัวอย่างการวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) และการวัดค่าความนำไฟฟ้า (EC) จากแหล่งน้ำ ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัด นครราชสีมา โดยวัดจากแหล่งน้ำในสระบริเวณอาคารคุรุสัมมนาคาร และแหล่งน้ำบริเวณสระหลังโรงยิม

รูปที่ 8 กราฟจากการวัดน้ำสระบริเวณคุรุสัมมนาคาร

รูปที่ 9 กราฟจากการวัดน้ำสระบริเวณหลังโรงยิม

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ในรูปที่ 8 เป็นกราฟในหน้าเว็บเพจที่แสดงทั้งค่า pH และ ค่า EC จากสระบริเวณอาคารคุรุสัมมนาคาร ซึ่งมีค่า pH เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.691 - 8.649 และมีค่า EC เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.433 - 1.662 $\mu S/\ cm$ ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานแล้ว ถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์ที่เป็นน้ำดีและสามารถใช้ในงานเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมได้ และปลอดภัยต่อสัตว์น้ำในแหล่งน้ำ ในขณะที่รูปที่ 9 เป็นกราฟในหน้าเว็บเพจ ที่แสดงทั้งค่า pH และ ค่า EC จากสระน้ำบริเวณหลังโรงยิม โดยมีค่า pH เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.887 - 8.408 และมีค่า EC เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.827 - 1.117 $\mu S/\ cm$ ซึ่งถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์ที่เป็นน้ำดีที่สามารถใช้ในงานเกษตรกรรมและปลอดภายต่อสัตว์น้ำ เช่นกัน

4 สรุป

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอระบบตรวจวัดคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติแบบเวลาจริงผ่านอินเตอร์เน็ต โดยสถานที่ทดลองคือแหล่งน้ำธรรมชาติในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัด นครราชสีมา ซึ่งจากการทดลองพบว่า แหล่งน้ำ มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีเหมาะแก่การทำเกษตรกรรมและการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ แต่ยังไม่เหมาะแก่การอุปโภคบริโภคของมนุษย์ โดยค่า pH อยู่ระหว่าง 7 – 9 ในขณะที่ค่า EC อยู่ระหว่าง 0.6 – 1.8 $\mu S/\ cm$ การทำงานของระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำสามารถตรวจสอบได้จริงผ่านอินเตอร์เน็ต และสามารถเรียกดูข้อมูลได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ (Smart Phone)

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ด้วย

6 เอกสารอ้างอิง

[1] Alif Syarafi Mohamad Nor, Mahdi Faramarzi, Mohd Amri Md Yunus, and Sallehuddin Ibrahim "Nitrate and Sulfate Estimations in Water Sources Using a Planar Electromagnetic Sensor Array and Artificial Neural Network Method," IEEE SENSORS JOURNAL, VOL.15, NO. 1, JANUARY 2015

[2] T. P. Lambrou, C. G. Panayiotou, and C. Anastasiou, "A low-cost system for real time monitoring and assessment of potable water quality at consumer sites," in Proc. IEEE Sensors, Oct. 2012.

[3] S. Zhuiykov, "Solid-state sensors monitoring parameters of water quality for the next generation of wireless sensor networks," Sens. Actuators B, Chem., vol. 161, no. 1, pp.1–20, 2012.

[4] A. Aisopou, I. Stoianov, and N. Graham, "In-pipe water quality monitoring in water supply systems under steady and unsteady state flow conditions: A quantitative assessment," Water Res., vol.46, no. 1, pp. 235–246, 2012.

[5] Marco Grossi, Roberto Lazzarini, Massimo Lanzoni, Anna Pompei, Diego Matteuzzi, and Bruno Riccò "A Portable Sensor With Disposable Electrodes for Water Bacterial Quality Assessment," IEEE SENSORS JOURNAL, VOL.13, NO. 5, MAY 2013.

[6] D.Uckelmann, M.Harrison and F.Michahelles, "An architecture approach towards the future Internet of Things. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2011, pp. 1-24.

[7] E. Fleisch, What is the Internet of Things: An Economics Perspective, Auto ID Labs White Paper, WP-BIZAPP-053,Jan. 2010.

[8] D. Paulraj, S. Swamynathan, and M. Madhaiyan, "Process model-based atomic service discovery and composition of composite semantic web services using web ontology language for services," Enterp.Inf. Syst., vol. 6, no. 4, pp.445–471, 2012.

[9] L. Ren, L. Zhang, F. Tao, X. Zhang, Y. Luo, and Y.Zhang, "A methodology towards virtualization-based high performance simulation platform supporting multidisciplinary design of complex products," Enterprise Inf. Syst., vol. 6, no. 3, pp. 267–290, 2012.

[10] M. Spinola. (2013). "The Five Characteristics of Cloud Manufacturing Things," eBook.

[11] D. M. Surgient. (2014). "The Five Defining Characteristics of Cloud Manufacturing," eBook.

[12] Muinul H. Banna, Syed Imran, Alex Francisque, Homayoun Najjaran, Rehan Sadiq, Manuel Rodriguez & Mina Hoorfar "Online Drinking Water Quality Monitoring: Review on Available and Emerging Technologies", Journal: Critical Reviews in Environmental Science and Technology. Volume 44, Issue 12, June 2014, pages 1370-1421

[13] Konstantinos C. Makris, Syam S. Andra & George Botsaris. "Pipe Scales and Biofilms in Drinking-Water Distribution Systems: Undermining Finished Water Quality" Journal: Critical Reviews in Environmental Science and Technology. Volume 44, Issue 13, July 2014, pages 1477-1523

[14] Theofanis P. Lambrou, Christos C. Anastasiou, Christos G. Panayiotou, and Marios M. "A Low-Cost Sensor Network for Real-Time Monitoring and Contamination Detection in Drinking Water Distribution Systems", Poly carpou, IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 14, NO. 8, AUGUST 2014.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การพัฒนาชุดจำลองระบบควบคุมระดับของเหลวด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการระบบควบคุม

The Development of Liquid Level Control System Simulator by Microcontroller For used in Control System Laboratory

สมศักดิ์ อภิรักษ์สมบัติ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

9/1 หมู่ 5 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-9020299 E-mail: somsak.a@bu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดจำลองระบบควบคุมระดับของเหลวเพื่อใช้ทดแทนระบบเดิมซึ่งใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการระบบควบคุม ระบบเดิมเป็นระบบที่ใช้หลักการจริงประกอบด้วย ถังเก็บน้ำทรงกระบอก ชุดส่งน้ำเข้าสู่ถังน้ำใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมอัตราส่งน้ำด้วยแรงดันอินพุตภายนอก อัตราส่งน้ำจากมอเตอร์ถูกตรวจวัดด้วยเซนเซอร์จ่ายเป็นแรงดันออกที่เอาท์พุตหนึ่ง ระดับความสูงของน้ำในถังทรงกระบอกถูกตรวจวัดด้วยเซนเซอร์และจ่ายออกเป็นแรงดันเอาท์พุตของระบบ ที่ก้นถังมีท่อขนาดเล็กและวาล์วเพื่อควบคุมการปล่อยทิ้งน้ำ ระบบที่พัฒนาขึ้นจะจำลองการทำงานของระบบจริงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1.) การเลียนแบบการทำงานของระบบส่งน้ำด้วยมอเตอร์ซึ่งถูกควบคุมอัตราส่งด้วยแรงดันอินพุตภายนอก และ 2.) การจำลองระดับความสูงของน้ำในถังเมื่อมีการส่งน้ำเข้าพร้อมกับมีการปล่อยทิ้งน้ำออก ส่วนที่ 1 ใช้หลักการทดสอบหาผลตอบสนองจริงชั่วขณะและผลตอบสนองที่สภาวะคงตัวจากนั้นเลียนแบบโดยการหาสมการคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นฟังก์ชันถ่ายโอน ส่วนที่ 2 ความสูงของระดับน้ำในถังจำลองโดยสมการคณิตศาสตร์ตามทฤษฎีของโตร์ริเชลลี สมการทั้ง 2 ส่วนถูกเชื่อมต่อกันและจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมภาษาซีบนบอร์ดควบคุมอาดูอิโน (ดิว) ผลการทดสอบโดยการเปรียบเทียบผลตอบสนองระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากระบบที่พัฒนาขึ้นและระบบต้นแบบเดิมโดยค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย ระบบส่งน้ำด้วยมอเตอร์ส่งน้ำมีค่าเป็น 0.0116 ในส่วนของการจำลองระดับน้ำในถังโดยการปล่อยน้ำออกจากถังอย่างเดียวที่ค่าวาล์ว 1 2/3 และ 1/3 มีค่าเป็น 0.216 0.266 และ 0.400 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ระบบควบคุมระดับของเหลว

Abstract

This article presents the design and construction of a liquid level control system simulator for the replacement of the original system used in the control system laboratory. The original system has used the traditional principles, which consisted of cylindrical tank and motor pumping for feeding water into the tank that pumping rate was controlled by external input voltage. The flow rate of water in the tank was measured by the sensor as the one output voltage. A part of water height in the tank was measured by sensor as the system output voltage. In the tank have small drained hole and valves for controlling the drained of water at the bottom. The developed system will simulate the original system with a mathematical model by using the microcontroller. The proposed system is divided into two parts. The first part is the simulation of the water pumping system which pump rate is controlled by external input voltage. The final part is simulation of the level of the water in the tank simultaneously with the discharge of the water controlled by valves. Part 1 is an experimental test to find transient and steady state response, and then simulated by the mathematical model. Part 2, the water level in the tank is simulated by the Torricelli's theorem. All mathematical models used in the proposed system are applied to Arduino board based on the C programming. Finally, the responses between original and the developed system are compared in the term of mean square error (MSE). The water pumping system according to input voltage has a mean square error value with 0.0116 and water level simulation in a drained tank with 1, 2/3 and 1/3 as valves constant. The MSE values are 0.216, 0.266 and 0.400, respectively.

Keywords: liquid level control system

1. บทนำ

ชุดควบคุมระดับของเหลว (Liquid Level Control System) เป็นส่วนประกอบหนึ่งในชุดทดลองด้านระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control system) ในวิชาปฏิบัติการระบบควบคุม มักเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แพลนต์ (Plant) บทความนี้นำเสนอกระบวนการในการพัฒนาระบบใหม่ที่เลียนแบบระบบเดิมด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถใช้ทดแทนระบบเดิมที่เริ่มทรุดโทรมและไม่สามารถซ่อมแซมได้ เครื่องต้นแบบจึงถูกใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา ดังนั้น ความแม่นยำในระดับใกล้เคียงของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงมีความเพียงพอในการใช้งาน

2. ระบบควบคุมระดับของเหลวต้นแบบ

ระบบควบคุมระดับของเหลวต้นแบบแสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วยถังน้ำทรงกระบอกขนาด Æ= 6.5 ซม. จุน้ำได้สูง 10 ซม. มอเตอร์สำหรับส่งน้ำเข้าถังเก็บถูกควบคุมอัตราส่งน้ำด้วยแรงดันอินพุต 0-10 โวลต์ผ่านตัวคุมอัตราส่งน้ำ (Pump delivery rate) Vu ซึ่งปรับค่าได้จาก 0.1 – 1.0 ที่ท่อส่งน้ำออกของมอเตอร์มีเซ็นเซอร์ตรวจวัดอัตราส่งน้ำจ่ายเป็นแรงดันออกขนาด 0 –10V ที่เอ๊าต์พุต X_Q ค่าคงที่ของเซ็นเซอร์เป็น k_Q = 1.14 ลบ.ซม/วินาที/โวลต์ ภายในถังน้ำติดตั้งเซ็นเซอร์วัด

รูปที่ 1 ระบบควบคุมระดับของเหลวต้นแบบ

ระดับความสูงของน้ำในถังและจ่ายเป็นแรงดันออกขนาด 0 – 10V ที่เอ๊าต์พุต X_R ค่าคงที่ของเซ็นเซอร์เป็น k_R = 1 ซม./โวลต์ ที่ก้นถังน้ำทรงกระบอกมีท่อปล่อยน้ำทิ้งขนาด Æ= 0.6 ซม. มีวาล์วควบคุมการปล่อยทิ้งน้ำ (Discharge valve) k_v ที่ปรับค่าได้ 3 ระดับ คือ 0 1/3 2/3 และ 1

3. การจำลองระบบต้นแบบด้วยสมการคณิตศาสตร์

ดังที่ได้กล่าวข้างต้น ระบบควบคุมระดับของเหลวที่พัฒนาขึ้นนี้จะแบ่งการจำลองการทำงานด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1.) การจำลองพฤติกรรมการทำงานของมอเตอร์ส่งน้ำ และ 2.) การจำลองระดับความสูงของน้ำที่คงอยู่ในถังเมื่อมีการส่งน้ำเข้าถังจากมอเตอร์ส่งน้ำและการปล่อยทิ้งน้ำออกที่วาล์วที่ก้นถัง ดังนี้

3.1 การจำลองการทำงานของมอเตอร์ส่งน้ำ

โดยการทดสอบการทำงานจริงของมอเตอร์ส่งน้ำ โดยใช้ค่าอัตราส่งน้ำ X_Q เป็นเอ๊าต์พุต และทำการทดสอบใน 2 ลักษณะ คือ ทดสอบ X_Q ที่สถานะคงตัว (Steady state) ที่แรงดันอินพุตค่าต่างๆ กัน ซึ่งจะได้ ผลตอบสนองที่สถานะคงตัว (Steady state response) และทดสอบ X_Q ที่สถานะชั่วขณะ (Transient) โดยป้อนแรงดันอินพุตแบบสเต็ป 1 หน่วยเพื่อหาผลตอบสนองที่สภาวะคงตัว (Steady state response) ดังนี้

โดยการป้อนแรงดันอินพุตที่ค่าต่างๆ และวัดแรงดันที่เอ๊าต์พุต X_Q ที่สถานะคงตัวจะได้ผลตอบสนองดังรูปที่ 2 จากผลตอบสนองพบว่าที่แรงดันอินพุตตั้งแต่ประมาณ 4.5V เป็นต้นไปความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอ๊าต์พุต X_Q และแรงดันอินพุตมีความเป็นเชิงเส้นที่ดี ที่แรงดันอินพุตประมาณ 3.5V – 4.5V ไม่มีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นกับช่วงก่อนหน้านี้แต่เป็นเพียงช่วงแคบๆ และที่แรงดันอินพุตตั้งแต่ 0 - 3.5V มอเตอร์ส่งน้ำไม่ทำงาน อย่างไรก็ตามถ้าประมาณช่วงการทำงานทั้งหมดเป็นเส้นตรงจะพบว่ามอเตอร์ส่งน้ำมีแรงดันขีดเริ่มการทำงานอยู่ที่ประมาณ 2.7V ดังนั้น จะได้สมการที่จำลองผลตอบสนองที่ภาวะคงตัวดังนี้

รูปที่ 2 ผลตอบสนองที่สถานะคงตัว (Steady state response) ของมอเตอร์ส่งน้ำที่เอ๊าต์พุต X_Q

$$E_{SS} = \begin{cases} 0 & ,0 \le V_{in} \le 2.7V \\ V_u(1.6V_{in} - 4.32) & ,2.7 \le V_{in} \le 10V \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ E_{SS} คือ ค่าแรงดันที่สถานะคงตัวที่เอ๊าต์พุต X_Q

V_u คือ ค่าสเกลอัตราส่งน้ำ (Pump delivery rate) ปรับตั้งโดยผู้ใช้มีค่าจาก 0.1 ถึง 1.0 (ดูรูปที่ 1)

V_{in} คือ แรงดันอินพุตภายนอกของระบบ

ผลตอบสนองตามสมการที่ (1) แสดงในรูปที่ 2 โดยเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบจริง

รูปที่ 3 ผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient response) ของมอเตอร์ส่งน้ำที่เอ๊าต์พุต X_Q

ในส่วนของผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient response) เมื่อป้อนแรงดันอินพุตแบบสเต็ป 1 หน่วยที่แรงดันอินพุตหลายค่า ได้ผลดัง **ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง** ซึ่งแสดงตัวอย่างการทดสอบที่แรงดันอินพุต 4 ค่า คือ 5V 6V 8V และ 10V ผลตอบสนองมีลักษณะเดียวกัน (รวมถึงที่แรงดันอินพุตค่าอื่นๆ) มีเวลาหน่วงเริ่มต้นที่ประมาณ 120-150 มิลลิวินาที จากนั้นอัตราส่ง
น้ำจึงเพิ่มขึ้นในลักษณะของเอ็กซ์โพเนนชียลและเข้าสู่สถานะคงตัวที่ค่าคงที่ใกล้กับค่าแรงดันอินพุต จากผลตอบสนองดังกล่าวสามารถจำลองด้วยสมการในรูปแบบเอ็กซ์โพเนนชียลกำลัง 2 ดังนี้

$$X_Q(t) = E_{SS}(1 - e^{-k_0(t-t_d)})^2 u(t - t_d) \qquad (2)$$

เมื่อ E_{SS} คือ ค่าอัตราส่งน้ำที่สถานะคงตัวที่ได้จากสมการที่ (1)
t_d คือ เวลาหน่วง และ k_0 คือ ค่าคงที่มีค่าประมาณ 8.2

ผลตอบสนองที่ได้จากสมการที่ (2) แสดงใน**ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง** โดยเปรียบเทียบกับผลจากการทดสอบจริง ซึ่งได้ค่าที่ใกล้เคียงและสามารถใช้งานจริงได้ในทางปฏิบัติ

3.2 การจำลองระดับน้ำในถัง

โดยอาศัยทฤษฎีของโตร์ริเชลลี (Torricelli's theorem) [1] ซึ่งอธิบายความเร็วของน้ำที่ออกจากท่อทิ้งน้ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก เป็น

$$v_f(t) = \sqrt{2gh(t)} \qquad (3)$$

เมื่อ $v_f(t)$ คือ ความเร็วของน้ำที่ออกจากท่อทิ้งน้ำ (m/S) ที่เวลา t
g คือ ความเร่งที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/S^2)
$h(t)$ คือ ระดับน้ำในถังเทียบกับระดับท่อทิ้งน้ำ (m) ที่เวลา t

ดังนั้น จะสามารถหาปริมาตรน้ำในถังที่หายไปขณะเวลาใดๆ ได้เป็น

$$\frac{d}{dt}V(t) = -k_v C_d A_d v_f \qquad (4)$$

เมื่อ $V(t)$ คือ ปริมาตรน้ำในถังที่หายไปที่เวลา t ใดๆ
A_d คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อทิ้งน้ำ (m^2)
C_d คือ สัมประสิทธิ์ของท่อทิ้งน้ำ มีค่าเท่ากับ 0.63
k_v คือ ค่าปรับตั้งของวาล์วทิ้งน้ำ มีค่าเป็น 0, 1/3, 2/3 และ 1

เมื่อกำหนดให้ A_t เป็นพื้นที่หน้าตัดของถังน้ำ ดังนั้น จากสมการที่ (4)

$$A_t \frac{d}{dt}h(t) = -k_v C_d A_d \sqrt{2gh(t)} \qquad (5)$$

สมการที่ (5) เป็นสมการเชิงอนุพันธ์สามัญอันดับ 1 เมื่อทำการแก้สมการแล้ว จะได้สมการแสดงความสูงของระดับน้ำในถังที่มีการเปิดวาล์วทิ้งน้ำ ดังนี้

$$h(t) = k_v^2 C_v^2 t^2 - 2k_v C_v \sqrt{h_0}\, t + h_0 \qquad (6)$$

เมื่อ $C_v = \dfrac{C_d D_d^2 \sqrt{2g}}{2D_t^2}$ โดย D_d และ D_t คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทิ้งน้ำและถังน้ำซึ่งมีค่าเป็น 0.6 ซม. และ 6.5 ซม.ตามลำดับ และ h_0 คือ ระดับน้ำในถังที่มีอยู่เดิม

สมการที่ (6) คือสมการแสดงระดับน้ำในถังที่เวลาใดๆ หลังจากถังซึ่งมีน้ำอยู่ที่ระดับ $h(0)$ ถูกปล่อยทิ้งที่ค่าวาล์ว k_v

4. ระบบควบคุมระดับของเหลวที่พัฒนาขึ้น

ระบบที่พัฒนาขึ้นแสดงดังไดอะแกรมในรูปที่ 4 ประกอบด้วยบอร์ดควบคุมอาดูอิโน (ดิว) ส่วนอินพุต ได้แก่ วงจรสเกลแรงดันอินพุตและวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน เพื่อจัดการแรงดันอินพุตก่อนป้อนเข้าสู่ ADC ขนาด 12 บิตบนบอร์ดควบคุม สวิตช์ตั้งค่าวาล์วทิ้งน้ำ (Discharge valve) k_v สวิตช์ตั้งค่าสเกลอัตราส่งน้ำ (Pump delivery rate) V_u ใช้ตัวป้อนค่าแบบ Incremental encoder และส่วนเอ๊าต์พุต ได้แก่ วงจรสเกลแรงดันสำหรับสเกลค่าแรงดันจากวงจร DAC ขนาด 12 บิตบนบอร์ดควบคุมเป็นแรงดันที่เอ๊าต์พุต X_R (ระดับน้ำ) วงจร DAC ขนาด 12 บิตเชื่อมต่อกับบอร์ดควบคุมผ่านบัสแบบ SPI พร้อมวงจรสเกลแรงดันเป็นแรงดันที่เอ๊าต์พุต X_Q (อัตราส่งน้ำเข้าถัง) หน่วยแสดงผลระดับน้ำในถัง (X_R) ซึ่งใช้ตัวแสดงผลแอลอีดีแบบแถวแนวตั้งจำนวน 52 หลอด หน่วยนี้ใช้ชิพขับแอลอีดีแบบ PWM หมายเลข PCA9635 เชื่อมต่อกับ

รูปที่ 4 ไดอะแกรมระบบควบคุมระดับของเหลวที่พัฒนาขึ้น

รูปที่ 5 ระบบควบคุมระดับของเหลวที่พัฒนาขึ้น

บอร์ดควบคุมผ่านบัส I^2C และสุดท้ายหน่วยขับตัวแสดงผลแบบ 7 ส่วน 2 หลักเพื่อแสดงผลการตั้งค่าสเกลอัตราส่งน้ำ (Pump delivery rate) V_u ตั้งค่าได้จาก 0.1 ถึง 1.0 ระบบที่พัฒนาขึ้นแสดงใน**ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง**

สมการสำคัญที่ใช้ในขั้นตอนพัฒนาโปรแกรม ได้แก่ สมการที่ (1) สมการที่ (2) และสมการที่ (6) โดยต้องมีการปรับสมการที่ (2) เพื่อให้อยู่ในรูปที่สามารถดำเนินการในระดับโปรแกรมได้ เนื่องจากเป็นฟังก์ชันที่มีการหน่วงเวลาอยู่ด้วย โดยใช้การแปลงแซด (Z Transform) เป็นเครื่องมือจะได้สมการที่ (2) ในรูปเวลาเต็มหน่วย (discrete time) ดังนี้

$$X_Q(n) = K_A E_{SS}\left(n - (N_d + 1)\right) + K_B q(n-1) + K_C q(n-2) \quad (7)$$

เมื่อ $K_A = 2k_0T_s\left(e^{-k_0T_s} - e^{-2k_0T_s}\right)$

$K_B = e^{-k_0T_s} + e^{-2k_0T_s}$ และ $K_C = -e^{-3k_0T_s}$

T_s คือ คาบเวลาการสุ่มสัญญาณ (sampling period) มีค่า 3mS

N_d คือ จำนวนสเตจหน่วงเวลา มีค่า t_d / T_s

สมการที่ (6) เป็นสมการที่แสดงระดับน้ำปัจจุบันในจากระดับน้ำเดิม h_0 ที่มีอยู่ในถัง เมื่อพิจาณาสิ่งที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาสุ่มสัญญาณ T_s จะพบว่า มีน้ำไหลเพิ่มเข้ามาในถังอันเนื่องจากมอเตอร์ส่งน้ำด้วยอัตรา $X_Q(n)$ ดังนั้น ระดับน้ำที่มีอยู่เดิม h_0 จึงเพิ่มขึ้นเป็น

$$h_0 = h(0) + \frac{k_Q X_Q T_s}{A_t}$$

โดย $h(0)$ คือ ระดับน้ำตั้งต้น

ดังนั้น ระดับน้ำในถังเมื่อเวลาผ่านไป T_s จึงเป็น

$$h(T_s) = k_v^2 C_v^2 T_s^2 - 2k_v C_v \sqrt{h_0}\, T_s + h_0 \quad (8)$$

ที่เวลา T_s ถัดมา ระดับน้ำตั้งต้นในถังจะเป็น

$$h_0 = h(T_s) + \frac{k_Q X_Q T_s}{A_t}$$

และทำกระบวนการในสมการที่ (8) ซ้ำ ซึ่งสามารถดำเนินการได้ในระดับการเขียนโปรแกรม

5. ผลการทดสอบ

โดยการหาค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ระหว่างผลตอบสนองของระบบต้นฉบับและระบบที่พัฒนาขึ้นกับ 2 ส่วนได้ผลดังนี้ 1.) เมื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองตามรูปที่ 3 ที่แรงดันอินพุต 10V ได้ MSE=0.0116 2.) เมื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองจากการปล่อยน้ำทิ้งเพียงอย่างเดียวของระบบต้นฉบับเทียบกับระบบซึ่งจำลองตามสมการของโตร์ริเชลลีในสมการที่ (6) ที่ค่าคงที่วาล์ว 1 2/3 และ 1/3 มีค่า MSE เป็น 0.216 0.266 และ 0.400 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 ระดับความสูงของน้ำในถังเปรียบเทียบระหว่างค่าจากการทดลองและค่าจากแบบจำลองตามสมการที่ (6)

จากผลการเปรียบเทียบระบบที่พัฒนาขึ้นซึ่งอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับระบบต้นฉบับ พบว่ายังคงมีความผิดพลาดจากระบบต้นฉบับ แต่ผลตอบสนองมีความสอดคล้องกับระบบต้นฉบับและสามารถใช้ทดแทนระบบเดิมได้ตามวัตถุประสงค์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Wikipedia. (2017, Mar 10). Torricelli's law. [Online] Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Torricelli's_law

[2] NXP Semiconductors. (2017, Feb 5). PCA9635: 16-bit Fm+ I2C-bus LED Driver. [Online] Available: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCA9635.pdf

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การเตรียมวัสดุอ้างอิงรับรองเมลามีนในขนมปังกรอบ

จีรพา บุญญคง และ ปรียาภรณ์ พุกรอด

กลุ่มงานวิเคราะห์อินทรีย์เคมี ฝ่ายมาตรวิทยาเคมีและชีวภาพ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

3/4-5 หมู่ 3 คลอง 5 คลองหลวง ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 025-775-100 E-mail: cheerapa@nimt.or.th

บทคัดย่อ

วัสดุอ้างอิงรับรองเมลามีนในขนมปังกรอบถูกผลิตขึ้นมาเพื่อรองรับความต้องการการทดสอบหาปริมาณเมลามีนที่ปลอมปนในนมและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง อันเนื่องจากอุบัติการที่เกิดขึ้นในประเทศจีน ที่มีการปลอมปนเมลามีนลงในนมที่ใช้เลี้ยงทารก วัสดุอ้างอิงชนิดนี้เตรียมมาจากการผสมขนมปังกรอบที่ปลอมปนด้วยเมลามีนและขนมปังกรอบที่ปราศจากเมลามีน เพื่อให้ได้ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดโดยคณะกรรมการอาหารและยา มีการระบุหรือให้ค่า (certify) ปริมาณเมลามีนในวัสดุอ้างอิงรับรองโดยใช้เทคนิค Isotope Dilution Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry (ID-LC-MS/MS) ซึ่งค่าที่ได้คือ 1.56 ± 0.13 mg/kg วัสดุอ้างอิงรับรองชนิดนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้ในการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบเมลามีนและเพื่อปรับปรุงสมรรถนะของห้องปฏิบัติการที่ทำการทดสอบเมลามีนในนมและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อให้ผลการวัดมีความน่าเชื่อถือและสร้างสายโซ่แห่งการสอบกลับได้ (Traceability) ของค่าที่รายงานไปยังมาตรฐานอ้างอิงที่เป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ

คำสำคัญ: วัสดุอ้างอิงรับรอง เมลามีน ความไม่แน่นอนของการวัด

Abstract

A new certified reference material (CRM) of melamine in cracker was developed aiming to support the great demand of melamine testing in milk and related products after the melamine crises. The material was prepared by appropriately combining melamine-contaminated and melamine free crackers. Characterization of the material relied on isotope dilution mass spectrometry (IDMS) employing liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). Certified value of melamine in dry mass fraction is 1.56 mg/kg. Expanded uncertainty due to sample inhomogeneity, long term stability and variability in the characterization procedure was at 8.2 % or 0.13 mg/kg. The CRM is primarily used to provide a complete method validation and to improve the technical competence of melamine analysis in food and chemical testing laboratories.

Keywords: Certified Reference Material, Melamine, Uncertainty of measurement

1. บทนำ

วัสดุอ้างอิง (Reference Material, RM) และวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material, CRM) คือวัสดุหรือสารมาตรฐานที่มีการระบุสมบัติที่สนใจ มีความเป็นเนื้อเดียวกันและมีความเสถียรในช่วงระยะเวลาหนึ่ง วัสดุอ้างอิงรับรองมีความแตกต่างจากวัสดุอ้างอิงคือ การผลิตวัสดุอ้างอิงรับรองเป็นไปตามข้อกำหนดใน ISO 17034:2016 และข้อมูลในใบรับรองเป็นไปตาม ISO Guide 31 ซึ่งนอกจากมีการระบุค่าสมบัติที่สนใจแล้ว ยังมีการรายงานค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty of measurement) และมีคำอธิบายความสามารถในการสอบย้อนกลับได้ทางมาตรวิทยาของค่าที่ระบุนั้นๆ (Statement of traceability)

เมลามีนเป็นสารอินทรีย์ที่สังเคราะห์จากการให้ความร้อนแก่ dicyanamide ทำให้เกิดแอมโมเนียและเมลามีน ชื่อทางเคมีของเมลามีนคือ 1,3,5-triazine-2,4,6-triamine ($C_3H_6N_6$) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้เล็กน้อย เมื่อนำเมลามีนไปผสมกับฟอร์มัลดีไฮด์จะได้เมลามีนเรซินซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ด้วยความร้อน มีความทนทาน จึงมีประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก แผ่นฟอร์ไมกา จานชาม และกาว เป็นต้น

รูปที่ 1 โครงสร้างของเมลามีน

เมลามีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงถึง 66.7% โดยน้ำหนัก จึงมักนำมาใช้ผสมในวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจนที่เรียกว่า non protein nitrogen (NPN) และในบางครั้งพบการปนปลอมของเมลามีนในนมและอาหาร เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนอย่างผิดกฎหมาย เนื่องจากการทดสอบโปรตีนในอาหารมักใช้การวัดปริมาณไนโตรเจนตามวิธี Kjeldahl หรือ Dumas การเติมเมลามีนลงไปจึงทำให้เข้าใจผิดว่ามีปริมาณโปรตีนสูงเพราะไนโตรเจนส่วนใหญ่มาจากเมลามีน

การปนปลอมเมลามีนในนมเกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศจีน และสร้างความตื่นตระหนกไปทั่วโลก สำหรับประเทศไทยมีเพียงการนำเข้าผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของนมจากจีน เช่น ขนมปังกรอบ ช็อคโกแลต นมรสช็อคโกแลต นมเคลือบน้ำตาล ลูกอมรสโยเกิร์ต เป็นต้น ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ได้ร่วมมือกันเพื่อเฝ้าระวัง และตรวจวัดปริมาณเมลามีนที่ปลอมปนในอาหารเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคโดยเฉพาะผู้บริโภคที่เป็นเด็ก ทั้งนี้ คณะกรรมการอาหารและยาได้กำหนดเกณฑ์ความปลอดภัยของปริมาณสารเมลามีนในอาหาร ให้ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สำหรับนมผงทุกชนิด และ ไม่เกิน 2.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สำหรับอาหารที่มีนม หรือองค์ประกอบของนมเป็นส่วนผสม

2. การดำเนินการวิจัย

2.1 จัดหาตัวอย่างขนมปังกรอบที่ถูกปลอมปนด้วยเมลามีนและขนมปังกรอบที่ปราศจากเมลามีน

2.2 การศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity testing) ของตัวอย่าง

2.3 การศึกษาความเสถียรระยะสั้น (Short term stability testing)

2.4 การให้ค่า (value certification) โดยใช้เทคนิค Isotope Dilution Liquid Chromatography tandem Mass Spectrometry (ID-LC-MS/MS)

2.5 การศึกษาความเสถียรระยะยาว (Long term stability testing)

3. ผลการวิจัย

3.1 การเตรียมตัวอย่างและการบรรจุ

ตัวอย่างขนมปังกรอบที่ปนปลอมด้วยเมลามีนถูกนำมาผสมกับตัวอย่างขนมปังกรอบที่ไม่มีการปนปลอมเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของเมลามีนที่ใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยเติมน้ำลงไปให้มีลักษณะเหนียวข้นเพื่อให้คนผสมได้ง่าย ทำการคนผสมเป็นเวลา 4 ชม. จากนั้นนำไปใส่ถาดเพื่ออบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำการบด และร่อนคัดขนาดให้ได้อนุภาคที่เล็กกว่า 500 μm แล้วบรรจุตัวอย่างที่ได้ในขวดแก้วสีชา ขวดละประมาณ 20 กรัม และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C

3.2 การศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน

ทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ขวด เพื่อศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เทคนิค ID-LC-MS/MS โดยแต่ละขวดจะแบ่งตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์สองซ้ำ และใช้ปริมาณตัวอย่างซ้ำละ 1 กรัม สกัดตัวอย่าง และฉีดเข้าเครื่อง LC-MS/MS เป็นลำดับแบบสุ่ม (random order) ทำการประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันตามแนวทางใน ISO Guide 35 โดยใช้ one-way Analysis of Variance (ANOVA) พบว่าตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากให้ผล F (0.062) น้อยกว่า F_{crit} (4.41) ดังแสดงในรูปที่ 2

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	0.0009	1	0.0009	0.062	0.81	4.41
Within Groups	0.271	18	0.015			
Total	0.272	19				

รูปที่ 2 ผลการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันของเมลามีนในขนมปังกรอบและผลการประเมินทางสถิติโดยใช้ ANOVA

3.3 การศึกษาความเสถียรของตัวอย่าง

3.3.1 การศึกษาความเสถียรระยะสั้นของวัสดุอ้างอิงรับรองเมลามีนในขนมปังกรอบ (Short-term stability) เพื่อระบุสภาวะที่ใช้ในการขนส่งวัสดุอ้างอิงรับรอง

ศึกษาความเสถียรของตัวอย่างระยะสั้น (short-term stability) โดยใช้ isochronous scheme เริ่มต้นตัวอย่างจะถูกเก็บที่อุณหภูมิอ้างอิงคือ -20 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่คาดว่าตัวอย่างจะมีความเสถียรที่สุด จากนั้นตัวอย่างจะถูกนำออกมาวางในเตาอบที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นระยะเวลาต่างๆ กันคือ 4, 3, 2 และ 1 สัปดาห์ แล้วจึงทำการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมดพร้อมๆ กัน ภายใต้สภาวะการทดลองเดียวกัน (repeatability conditions) ซึ่งจะสามารถลดผลกระทบที่อาจเกิดจากความไม่คงที่ของการตอบสนองของเครื่องมือ วิธีการเตรียมตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์ รวมทั้งการทำกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ที่เวลาต่างๆ กัน ผลการศึกษาความเสถียรระยะสั้นแสดงในรูปที่ 3 ผลการประเมินทางสถิติพบว่า ความชันของกราฟไม่มีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าเมลามีนมีความเสถียรแม้จะถูกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิของบรรยากาศภายนอกห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการขนส่งวัสดุอ้างอิงชนิดนี้จึงไม่จำเป็นต้องทำการควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 3 ความเสถียรระยะสั้นของเมลามีนในขนมปังกรอบที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 °C

3.3.2 การศึกษาความเสถียรระยะยาวของวัสดุอ้างอิงรับรองเมลามีนในขนมปังกรอบ (Long-term stability)

ตัวอย่างบางส่วนจะถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C และ 20 °C เพื่อศึกษาความเสถียรระยะยาว (long-term stability) โดยเก็บรักษาวัสดุอ้างอิงไว้เป็นระยะเวลา 1, 3, 6, และ 12 เดือน ผลการศึกษาความเสถียรระยะยาวแสดงดังรูปที่ 4 และตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินความทางสถิติ ซึ่งพบว่าวัสดุอ้างอิงมีความเสถียรในช่วงระยะเวลา 12 เดือน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C และ -20 °C

รูปที่ 4 แนวโน้มความเสถียรระยะยาวของเมลามีนในขนมปังกรอบที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ

ตารางที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์ความเสถียรระยะยาวของเมลามีนในขนมปังกรอบที่อุณหภูมิ -20 °C 4 °C และอุณหภูมิห้อง

Storage temperature	t_{calc}	t_{crit}	conclusion
-20 °C	0.294	2.365	CRM is stable
4 °C	0.425	2.262	CRM is stable
Room Temp	0.379	2.262	CRM is stable

3.4 การให้ค่าและการประเมินความไม่แน่นอนของวัสดุอ้างอิงเมลามีนในขนมปังกรอบ

การให้ค่าหรือการระบุค่าความเข้มข้นของเมลามีนในวัสดุอ้างอิงรับรองได้จากค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นจากการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์ที่ใช้จำนวนตัวอย่างจำนวนมากและใช้เทคนิคที่ถือว่าเป็นวิธีปฐมภูมิของการวัดทางเคมี โดยแต่ละตัวอย่างสามารถคำนวณความเข้มข้นได้จากสมการที่ 1 ส่วนค่าความไม่แน่นอนการวัดของวัสดุอ้างอิงรับรองชนิดนี้ได้จากการประเมินความไม่แน่นอนจากแหล่งต่างๆ ดังตารางที่ 2

——— (1)

= ความเข้มข้นของเมลามีนในตัวอย่าง, mg/kg

= ความเข้มข้นของเมลามีนใน calibration blend, mg/kg

= น้ำหนักของ isotope analogue ที่เติมในตัวอย่าง, g

= น้ำหนักของสารมาตรฐานที่เติมใน calibration blend, g

= น้ำหนักของตัวอย่าง, g

= น้ำหนักของ isotope analogue ที่เติมใน calibration blend, g

= อัตราส่วนของจำนวน isotope ใน sample blend

= อัตราส่วนของจำนวน isotope ใน calibration blend

ตารางที่ 2 แสดงแหล่งของค่าความไม่แน่นอนของการวัดเมลามีนในขนมปังกรอบ

Factor	Value	Uncertainty	Rel. Uncertainty
	x	u(x)	u(x)/(x)
Measurement equation factor			
Method Precision	1.0000	0.02321	2.321%
m_{zc}	0.14526	0.000071	0.0492%
m_y	0.15513	0.000071	0.0460%
m_{yc}	0.15457	0.000071	0.0462%
m_x	1.00513	0.000071	0.0071%
w_z	10.1968	0.110669	1.0853%
Additional Factor			
Homogeneity	1.0000	0.0070	0.7007%
Long term stability	1.0000	0.0300	3.0000%
Dry mass	1.0000	0.0004	0.0004
Extraction effects	1.000	0.0100	1.000%
Interference from two ion pairs	1.000	0.0054	0.541%

Wx = 1.563 mg/kg

u(x) = 0.065 mg/kg

Veff (total) = 129.809

k = 1.98 (@ 95% level)

U(x) = 0.129

%U(x) = 8.24%

4. สรุปผล

กลุ่มงานวิเคราะห์อินทรีย์เคมีได้ดำเนินการเตรียมวัสดุอ้างอิงรับรองเมลามีนในขนมปังกรอบ มีการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน ความเสถียรระยะสั้น โดยเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ พบว่าวัสดุอ้างอิงรับรองมีความเสถียรที่สภาวะดังกล่าว นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาความเสถียรระยะยาวโดยเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 4 °C และ -20 °C เป็นระยะเวลา 1, 3, 6, และ 12 เดือน พบว่าเมลามีนมีความเสถียรที่ทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา วัสดุอ้างอิงรับรองชนิดนี้สามารถใช้เพื่อการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีหรือใช้เป็น control sample ในการวิเคราะห์เมลามีนในนมและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้มั่นใจในผลการวัดและสร้างสายโซ่ของการสอบกลับได้ของผลการวัดไปยังมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ

เอกสารอ้างอิง

1. L.G. Mackay, C.P. Talor, R.B. Myors, R. Hearn, B. King, High accuracy analysis by isotope dilution mass spectrometry using an iterative exact matching technique. Accred Qual. Assur., 2003, 8:191-194.
2. ISO Guide 35:2006 Reference material-General and statistical principles for certification

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ชุดทดลองการควบคุมแท็งก์น้ำแบบ PID โดยโปรแกรม LabVIEW

PID Control of Tank Water Exponential Set by LabVIEW

นุชจิเรศ แก้วสกุล[1] กรภัทร เฉลิมวงค์[2] และขจรศักดิ์ พงศ์ธนา[3]

[1,2] หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

[3]คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 2/1 ถนนราชดำเนินนอก ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

[1] โทร.086-624-4319 อีเมลล์ : nut2222@hotmail.com

[2] โทร.086-525-7155 อีเมลล์ : hatyai_34@hotmail.com

[3] โทร.084-700-4299 อีเมลล์ : pkajornsak1@gmail.com

บทคัดย่อ

การควบคุมแบบอัตโนมัติแบบต่อเนื่อง ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลักในการควบคุม โดยมีรูปแบบในการควบคุมทั้งแบบเปิด-ปิด (ON/OFF) และแบบ PID ซึ่งการที่จะควบคุมพลศาสตร์ ของกระบวนการให้ได้ค่าตามเป้าหมาย จะต้องปรับค่าพารามิเตอร์บนหน้าจอ ซึ่งอาศัยหลักการทฤษฎีระบบควบคุม การศึกษาเรื่องระบบควบคุม นับว่าเป็นเรื่องที่เข้าใจยากโดยการเรียนรู้ทางทฤษฎี ต้องฝึกปฏิบัติให้เกิดการเรียนรู้ในการนำไปใช้งานจริง การควบคุมแบบ PID คือ การควบคุมตัวแปร 3 ตัว อันประกอบด้วย 1) Proportional เป็นส่วนปฏิกิริยาต่อค่าความผิดพลาด ณ ขณะนั้น 2) Integral เป็นส่วนปฏิกิริยาที่เกิดจากผลรวมของค่าผิดพลาดที่ ผ่านมาล่าสุด 3) Derivative เป็นส่วนปฏิกิริยาที่ เกิดจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าค่าผิดพลาด งานวิจัยนำเสนอการออกแบบระบบควบคุมแบบ PID ที่ใช้กับระบบแท็งก์น้ำใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับและการควบคุมการเปิดปิดวาล์ว โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ในการเขียนคำสั่งควบคุมและแสดงผลโดยใช้โปรแกรม LabVIEW โดยรับสัญญาณจากผ่าน DAQ card รุ่น NI USB-6009 ซึ่งทำให้ผลการทดลองการควบคุมกระบวนการสามารถทำงานในสภาวะปกติ (Normal-State) และแสดงผลแบบ Real-time ทำให้มีความเข้าใจเรื่องการควบคุม แบบ PID ซึ่งสามารถควบคุมระดับน้ำตามระดับที่ต้องการได้และการควบคุมการเปิดปิดวาล์วจากแท็งก์น้ำทั้ง 2 แท็งก์จากโมเดลจำลองที่สร้างขึ้นได้

คำสำคัญ: PID , Lab VIEW, ชุดทดลอง

Abstract

The computer is the main control for continuous automatic control with both ON/OFF and PID control format. The dynamics control of the process to the target value, parameter was adjusted on the screen, which based on control system principle. Theoretical learning of control system is difficult to understand. Therefore, it was practice to learn to use the system. PID control is a three way control is comprised in the first, proportional is the reaction part to the error of that moment. The second, integral is the reaction part of the summation of recent error value. The last, derivative is the reaction part of the rate of changes the error value. This research was studied on PID control design which, the tank system, sensor level, and valve control were used by using LabVIEW program. LabVIEW was applied to system control and output program by receiving signal DAQ card, NI USB-6009 model. It made the process control experiment work on normal state and displayed output on real time so, it make sure to understand the PID control. The desired level of water and valve control from two the tank model was controlled by PID control.

Keywords: PID ,Lab VIEW, Experimental set

1. บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตที่มีลักษณะการทำงานอย่างต่อเนื่อง เช่น โรงไฟฟ้า อุตสาหกรรมปิโตรเคมี หรืออุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ส่วนใหญ่จะเป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติแบบต่อเนื่อง ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลักในการควบคุม โดยมีรูปแบบในการควบคุมทั้งแบบเปิด-ปิด (ON/OFF) และแบบ PID ซึ่งการที่จะควบคุมพลศาสตร์ ของกระบวนการให้ได้ค่าตามเป้าหมาย จะต้องปรับค่าพารามิเตอร์บนหน้าจอ ซึ่งอาศัยหลักการทฤษฎีระบบควบคุม ในการศึกษาเรียนรู้เรื่องระบบควบคุม นับว่าเป็นเรื่องที่เข้าใจยากโดยการเรียนรู้ทางทฤษฎี ต้องฝึกปฏิบัติให้เกิดการเรียนรู้ในการนำไปใช้งานจริง อุปกรณ์ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับห้องทดลองอุปกรณ์ในการควบคุมระบบแท็งก์น้ำ

6 mm

ตามที่ต้องการโดยจะมีการตั้งค่าเซ็ตพอยน์ (Set point) ที่ต้องการไว้และนำมาเปรียบเทียบกับค่าตัวแปรกระบวนการหรือค่าจริง ที่เกิดจากผลการทำงานของระบบ (Process Variable) เพื่อให้ได้ค่า Error แล้วนำค่า Error นั้นมาทำการปรับแต่งค่าเอาต์พุต เพื่อ ลดค่า Error ให้ได้ต่ำที่สุด การควบคุมแบบ PID คือ การควบคุมตัวแปร 3 ตัว อันประกอบด้วย 1) Proportional เป็นส่วนปฏิกิริยาต่อ Error ณ ขณะนั้น 2) Integral เป็นส่วนปฏิกิริยาที่เกิดจากผลรวมของ ค่า Error ที่ ผ่านมาล่าสุด 3) Derivative เป็นส่วนปฏิกิริยาที่ เกิดจากอัตราการ เปลี่ยนแปลงของค่า Error ผลรวมตามน้ำหนัก(Weighted Sum) ของทั้งสาม ซึ่งปรับแต่งโดยค่าคงที่ Kp, Ki, และ Kd เพื่อให้ได้การตอบสนองที่ต้องการ

การออกแบบระบบควบคุมแบบ PID ที่ใช้กับระบบแท็งก์น้ำใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับและการควบคุมการเปิดปิดวาล์ว โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ในการเขียนคำสั่งควบคุมและแสดงผลโดยใช้โปรแกรม LabVIEW โดยรับสัญญาณจากผ่าน DAQ card รุ่น NI USB-6009 ซึ่งทำให้ผลการทดลองการควบคุมกระบวนการสามารถทำงานในสภาวะปกติ (Normal-State) และแสดงผลแบบ Real-time ทำให้มีความเข้าใจเรื่องการควบคุม แบบ PID ซึ่งสามารถควบคุมระดับน้ำตามระดับที่ต้องการได้และการควบคุมการเปิดปิดวาล์วจากแท็งก์น้ำทั้ง 2 แท็งก์จากโมเดลจำลองที่สร้างขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การคอนโทรลแบบ PID[1]

คอนโทรลเลอร์แบบ PID (หรือ PID controller) มีสองส่วน คือ คอนโทรลเลอร์ และ PID ส่วนคอนโทรลเลอร์ ก็คือ อุปกรณ์ในการควบคุมระบบตามที่ต้องการโดยจะมีการตั้งค่าเซ็ตพอยน์หรือค่าที่ต้องการไว้ (Set point :SP) และนำมาเปรียบเทียบกับค่าตัวแปรกระบวนการหรือค่าจริง (Process Variable:PV) ที่เกิดจากผลการทำงานของระบบเพื่อให้ได้ค่าผิดพลาดแล้ว คอนโทรลเลอร์จะนำค่าผิดพลาดนั้นมาทำการปรับแต่งค่าเอาต์พุตหรือตัวแปรที่ถูกควบคุม(Manipulated Variable : MV) บางที่จะเรียกว่าตัวแปรในการคอนโทรล (Control Variable :CV) เพื่อลดค่าผิดพลาดให้ได้ต่ำที่สุด ส่วน PID ย่อมาจาก Proportional-Integral-Derivative แปลเป็นไทยก็จะได้ว่า อัตราส่วน-อินทีกรัล-อนุพันธ์ โดย

1) Proportional เป็นส่วนปฏิกิริยาต่อค่าผิดพลาด ณ ขณะนั้น (Current error)

2) Integral เป็นส่วนปฏิกิริยาที่เกิดจากผลรวมของค่า Error ที่ผ่านมาล่าสุด (Sum of recent errors)

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของคอนโทรลเลอร์แบบ PID

3) Derivative เป็นส่วนปฏิกิริยาที่เกิดจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า Error (Rate at which the error has been changing) ผลรวมตามน้ำหนัก (Weighted sum) ของทั้งสาม ซึ่งปรับแต่งโดยค่าคงที่ Kp, Ki,และ Kd เพื่อให้ได้การตอบสนองที่ต้องการ จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการต่างๆ เช่น รอบเครื่อง/เพลา ตำแหน่งวาล์ว หรืออุปกรณ์ทำความร้อน โดยทั่วไปค่า Gain บางค่า อาจเป็นศูนย์ก็ได้ ซึ่งคอนโทรลเลอร์ PID นั้นจะกลายมาเป็นคอนโทรลเลอร์แบบ PI, PD, P หรือ I ขึ้นอยู่กับว่าเทอมไหนหายไป

2.2 DATA FLOW AND PROGRAMING [2] [3]

เนื่องจาก LABVIEW เป็นโปรแกรมที่ใช้รูปภาพ หรือสัญลักษณ์แทนการเขียนด้วยตัวอักษรเหมือนโปรแกรมปกติทั่วไป ซึ่งข้อดีข้อแรกก็คือการลดความผิดพลาดด้านการสะกดผิดหรือพิมพ์ผิดออกไป ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งที่สำคัญของการเขียนโปรแกรมแบบ Graphic กับการเขียนด้วยตัวหนังสือก็คือ การเขียนด้วยภาษา Graphic นี้เป็นการเขียนโดยใช้หลักการของ Data Flow ซึ่งเมื่อเริ่มส่งข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมเราจะต้องกำหนดทิศทางไหลของข้อมูลว่าจะไปที่ส่วนใด ผ่านการประเมินผลและคำนวณในส่วนใดบ้าง และจะให้แสดงผลอย่างไร ซึ่งลักษณะการเขียนภาษา Graphic หรือ Data Flow นี้จะมีลักษณะเหมือนกับการเขียน Block Diagram ซึ่งทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถให้ความสนใจกับการเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้โดยไม่ต้องจดจำรูปแบบคำสั่งที่ยุ่งยาก เนื่องจาก LabVIEW ใช้ลักษณะการเขียนแบบ Block Diagram ซึ่งวิศวกรส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยอยู่แล้ว จึงเป็นการง่ายที่จะทำความเข้าใจและนำไปพัฒนาใช้ต่อไปได้ และถ้าหากเราจำได้ถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมว่าก่อนที่จะเขียนโปรแกรม จะต้องเขียน โฟลชาร์ตให้เสร็จสิ้นก่อน หลังจากตรวจสอบ โฟลชาร์ตเรียบร้อยแล้วเราจึงนำไปเขียนโปรแกรม ซึ่งจะมีความสะดวกมากขึ้น ถ้าหากการเขียน โฟลชาร์ตของ LabVIEW ก็คือการเขียนโปรแกรมนั่นเองซึ่งเป็นการลดขั้นตอนการทำงานลงไปได้เป็นอย่างมากแม้ว่าการเขียนโปรแกรมใน

LabVIEW ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมใดๆ มาก่อนเลย แต่การมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมหรือใช้โปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆ จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี LabVIEW จะมี Front Panel ซึ่งเปรียบเสมือนได้กับสิ่งที่ผู้ใช้จะเห็นและควบคุมการทำงาน ผู้ใช้สามารถสร้างรูปแบบขึ้นเองได้อย่างรวดเร็วเพราะ LabVIEW มีส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้สำหรับออกแบบหน้าจอมากมาย เช่น จอแสดงผลแบบออพิโลลโครบ, ปุ่มหมุน (Dial) และ สวิตช์ เป็นต้น โดย LabVIEW จะแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ พื้นที่ส่วนเขียนโปรแกรมจะเรียกว่า Block Diagram เปรียบเสมือนกับ Hardware ภายในเครื่องมือวัด โดย LabVIEW จะเขียนโปรแกรมโดยอาศัยรูปภาพ

รูปที่ 2 หน้าต่าง Block Diagramของ LabVIEW

LabVIEW อาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบตามที่ผู้ใช้ต้องการ หลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

รูปที่ 3 Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW

1. Acquisition ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล (Input) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ระบบในที่นี้คือ คอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบนี้อาจมาจากการ์ด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า)

2. Analysis หลังจากที่ได้รับข้อมูลแล้วอาจจะผ่านฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะแสดงผลในรูปที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้

3. Presentation คือ การแสดงผลในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เช่น DMM (Digital Multimeter) แสดงผลเฉพาะที่วัดได้โดยไม่จำเป็นต้องรู้ความสำคัญกับเวลา หรือ Spectrum Analysis จะแสดงสัญญาณในรูปความถี่หรือการพิมพ์ออกมาเป็นรายงานหรือเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

3.วิธีการดำเนินงาน

3.1 ส่วนโครงสร้างของชุดทดลอง

ศึกษาสูตรการหาปริมาตรพื้นที่ทรงกระบอก แล้วคำนวณหาปริมาตรของแท็งก์น้ำเพื่อให้ได้ความจุของน้ำจำนวน 4 ลิตร

รูปที่ การออกแบบแท็งก์น้ำ

ศึกษาวัสดุที่ใช้ในการสร้างฐาน แล้วออกแบบตัวฐาน โดยคำนึงถึงส่วนประกอบชิ้นส่วนอื่นๆที่จะนำมาวางบนฐาน หลังจากนั้นก็นำแบบร่างไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ ถ้าไม่ผ่านก็ปรับปรุงแก้ไขให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าหากอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบผ่านแล้วก็จัดทำฐานได้เลย

รูปที่ 4 การออกแบบฐานวางชุดแท็งก์น้ำ

3.2 ส่วนควบคุม (โปรแกรม LabVIEW)

ศึกษาการใช้งานโปรแกรม LabVIEW แล้ววิเคราะห์หลักการทำงานของชุดทดลองแท็งก์น้ำว่ามีหลักการทำงานอย่างไร ต้องมีการคอนโทรลอะไรบ้าง หลังจากนั้นก็เริ่มออกแบบหน้าตาของชุดทดลองแท็งก์น้ำในส่วนหน้าต่าง Font Panel และหน้าต่าง Block Diagram ของโปรแกรม LabVIEW

รูปที่ 5 หน้าตาโปรแกรม LabVIEW ในหน้าต่าง Font Panel

รูปที่ 6 หน้าตาโปรแกรม LabVIEW ในหน้าต่าง Block Diagram

4.ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการควบคุมน้ำไหลเข้าและน้ำไหลออกแบบ P (Manual) ที่ระดับ 10 ซม., 20 ซม., และ 30 ซม.

ระดับน้ำ	เวลาที่ใช้ (นาที)						เวลาเฉลี่ย (นาที)	
	น้ำไหลเข้า			น้ำไหลออก			น้ำไหลเข้า	น้ำไหลออก
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
10 ซม.	0.43	0.45	0.42	4.02	4.05	4.00	0.43	4.02
20 ซม.	1.27	1.32	1.25	7.02	7.08	7.05	1.28	7.05
30 ซม.	2.02	2.00	1.98	9.39	9.46	9.52	2.00	9.45

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการควบคุมน้ำไหลเข้าและน้ำไหลออกแบบ PID ที่ระดับ 10 ซม., 20 ซมและ 30 ซม.

ระดับน้ำ	เวลาที่ใช้ (นาที)						เวลาเฉลี่ย (นาที)	
	น้ำไหลเข้า			น้ำไหลออก			น้ำไหลเข้า	น้ำไหลออก
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
10 ซม.	0.36	0.39	0.35	4.07	4.05	4.02	0.37	4.05
20 ซม.	1.13	1.10	1.15	6.48	6.52	6.50	1.13	6.50
30 ซม.	1.49	1.53	1.45	9.42	9.40	9.41	1.49	9.41

3. สรุป

ผลการตอบสนองของกระบวนการควบคุมแท็งค์น้ำ ทั้งแท็งค์1 และแท็งค์ 2 สามารถตั้งระดับน้ำได้ 3 ระดับ ทั้ง 10 ซม. 20 ซม.และ 30 ซม. การควบคุมน้ำไหลเข้าและน้ำไหลออกแบบ PID จะควบคุมได้ดีกว่าแบบ P เพราะใช้เวลาในการตอบสนองได้น้อยกว่า และยังสรุปได้อีกว่าผลการตอบสนองของน้ำไหลเข้าเร็วกว่าน้ำไหลออกมาก เพราะการควบคุมน้ำไหลเข้าใช้มอเตอร์ปั๊มน้ำเข้ามาช่วย จึงทำให้น้ำไหลเข้าเร็วกว่าน้ำไหลออก สามารถถ่ายเทน้ำจากแท็งค์ 1 ไปยังแท็งค์ 2 ได้อีกด้วย ระบายน้ำออกจากแท็งค์ 1 และแท็งค์ 2 ได้ดี ปราศจากข้อผิดพลาด

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบิดามารดาผู้เป็นแรงใจ ในการทำงาน และเป็นตัวอย่างของการขยันต่อการทำงานเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

[1] กัปตัน เตียวตระกูล. **ทบทวนความรู้ คอลโทรลเลอร์แบบPID**. วารสารกรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ ปีที่ 15 ฉบับที่ 16 หน้า 52-57

[2] สามารถ โนนสะอาดและอนุวัฒน์ จันทะกา. **การควบคุมกระบวนการโดยใช้พีแอลซี(PLC) และ(Lab VIEW).** โครงการของนักศึกษาชั้นปี ที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.,2555

[3] NI-6008 ADC manual. [ออนไลน์] มปป. วันที่สืบค้น 18 มีนาคม 2559สืบค้นได้จากhttp://www.tau.ac.il/~electro/pdf_files/computer /ni_6008_ADC_manual.pdf

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบการเรียนรู้ไม่จำกัดสถานที่

Anywhere Learning System

เตชวัฒน์ ก้อนแก้ว[1] สุทธิพงษ์ หมื่นตาบุตร[2] และ สุขุมาล กิติสิน[3]

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

E-mail: taechawat.k@ku.th[1], suttipong.m@ku.th[2], sukumal.i@ku.th[3]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการเรียนรู้เป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาตนเอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้สามารถประเมินได้จากการฝึกทำแบบฝึกหัด บททดสอบย่อย การสอบ ดังนั้นการเรียนรู้ในห้องเรียนซึ่งมีผู้สอนหนึ่งคนสอนนักเรียนจำนวนมาก โดยการสอนผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบเดียวกับนักเรียนทุกคน ซึ่งไม่เหมาะสมและจำกัดในเรื่องประสิทธิภาพการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีความสามารถในการเรียนและใช้เวลาในการทำความเข้าใจที่แตกต่างกัน เทคนิคการสอนแบบเดียวจึงไม่สามารถสื่อสารและทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพแก่นักเรียนทุกคนในคราวเดียวกันได้ สำหรับนักเรียนด้วยการแข่งขันที่สูงขึ้นทำให้ต้องมีช่องทางในการเรียนรู้และทบทวนบทเรียนเพิ่มเติม อาทิเช่น การไปเรียนที่สถาบันสอนพิเศษนอกห้องเรียน การใช้ห้องสมุด เป็นต้น ซึ่งช่องทางที่ได้กล่าวมาแล้วอาจไม่ใช่ช่องทางที่สะดวกทั้งด้านเวลาและค่าใช้จ่าย ปัจจุบันเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและการใช้งานผ่านสมาร์ทโฟนหรือแทบเล็ตเป็นที่แพร่หลาย จึงเป็นช่องทางที่จะเข้าถึงแหล่งการเรียนรู้ออนไลน์จึงสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจบทเรียนตามแบบของตนเอง

คำสำคัญ: การเรียนรู้ออนไลน์, เว็บแอปพลิเคชัน

Abstract

At present, an educational accomplishment of a student is measured by his/her test results. It is necessary that exam practice must be done. Students must review the contents of each course to improve their skills. Currently, lesson reviews can be done easier because there are multiple channels a person can do that, such as enrolling in a tutorial school, reading extra books, etc. Those channels may take lots of time and can be costly. Today, with smartphone and tablet using Internet technology which became a part of our everyday life.

Keyword: Education, Online, Website, Web Application

1. บทนำ

ปัจจุบันสถานศึกษาทั้งในระบบและนอกระบบได้มีการนำระบบจัดการการเรียนการสอน (Learning Management System) มาใช้ในการให้การศึกษาออนไลน์ โปรแกรมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น Moodle ซึ่งมีข้อจำกัด คือ ยังไม่มีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนจากบทเรียนหรือวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ของนักเรียนจากบทเรียนในหัวข้อต่างๆ ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของระบบการเรียนรู้แบบใหม่หรือที่เรียกว่า Massive Open Online Course (MOOC) มาเป็นต้นแบบในการออกแบบระบบการเรียนรู้ไม่จำกัดสถานที่

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เว็บไซต์นี้จะเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่จะช่วยในการศึกษาหาความรู้ต่างๆ ซึ่งเว็บไซต์นี้จะมีแนวคิดตามแนวคิดของ Massive Open Online Course (MOOC) ซึ่งหมายถึงการนำเสนอเนื้อหาการเรียนรู้หลักสูตรต่างๆ ผ่านสื่อการสอนออนไลน์โดยสามารถรองรับผู้ใช้จำนวนมากได้และผู้ใช้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ [1] เช่น Coursera [2] EdX [3] สิ่งที่ MOOC แตกต่างออกไปจากการเรียนการสอนแบบปกติ คือ ผู้ใช้สามารถเข้ามาเรียนในเวลาที่ผู้ใช้ต้องการจะเรียน ไม่จำเป็นต้องกำหนดเวลาเรียนที่ชัดเจน การเรียนในระดับอุดมศึกษาหรือต่ำกว่าให้ความเป็นอิสระแก่ผู้ใช้มากขึ้นและในส่วนของการนำเสนอเนื้อหาจะไม่ต้องมีครูหรืออาจารย์มาสอนหน้าชั้นแต่จะเป็นการเรียนผ่านสื่อการสอนออนไลน์บนเว็บไซต์ไม่ว่าจะเป็น วิดิทัศน์ คลิปเสียง เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ยิ่งไปกว่านั้นยังมีฟอรั่มหรือกระดานสนทนาเพื่อให้นักเรียนสามารถได้แลกเปลี่ยนความรู้กันภายในบทเรียนนั้นๆ รวมไปถึง

สามารถถามอาจารย์หรือผู้ช่วยอาจารย์ภายในบทเรียนนั้นๆ ได้เช่นกัน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการศึกษาหาความรู้แก่ผู้ที่ไม่สามารถศึกษาตามสถาบันการศึกษาหรือด้วยปัญหาเรื่องค่าใช้จ่าย เว็บไซต์นี้เป็นทางเลือกที่ดีแก่ผู้ใช้ทุกระดับตั้งแต่ นักเรียน-นักศึกษา ไปจนกระทั่งผู้ใหญ่ที่ต้องการจะศึกษาหาความรู้ ในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ประกอบการพัฒนาเว็บไซต์แอปพลิเคชันดังกล่าว ประกอบไปด้วย

2.1 PHP

PHP เป็นภาษาที่ออกแบบสำหรับใช้ในการพัฒนาเว็บแอพพลิเคชัน สามารถใช้ PHP ร่วมกันกับ HTML โดยถูกพัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ. 1994 โดย Rasmus Lerdorf ในเวลาต่อมาได้พัฒนาแนวทางที่ช่วยให้สามารถเขียนโค้ดได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น คือ ภาษาเชิงวัตถุ หรือ Object Oriented Programming Design (OOP) [4] ในปัจจุบันภาษา PHP ได้ถูกพัฒนาจนถึงเวอร์ชัน 7 ซึ่งมีจุดเด่นด้านความปลอดภัยมากขึ้นมาก

2.2. Laravel Framework 5

Laravel เป็น PHP Framework ที่ได้รับความนิยมมากโดยเป็นแนวคิดแบบภาษาเชิงวัตถุ หรือ Object-oriented programming (OOP) เวอร์ชันแรกออกในเดือนมิถุนายน ค.ศ. 2011 และ Laravel 5 เผยแพร่อย่างเป็นทางการเมื่อเดือนตุลาคม ค.ศ. 2014 โดย Taylor Otwell ซึ่งความต้องการหลักของ Laravel Framework 5 มีจุดเด่นในเรื่องของความปลอดภัยสูงและมีความยืดหยุ่นที่จะสามารถนำ plug-in ต่างๆ ภายนอกมาทำงานร่วมกันได้ง่าย [5]

3. การออกแบบระบบ

ระบบการทำงานจะแบ่งออกเป็น ส่วนของอาจารย์ ส่วนของนักเรียนและส่วนของผู้ปกครองซึ่งแต่ละส่วนจะมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับแต่ละบทบาทของผู้ใช้

3.1 ส่วนของอาจารย์ (Teacher Component)

อาจารย์จะสามารถสร้างบทเรียนได้โดยภายในบทเรียนจะแบ่งออกเป็นหลายหัวข้อและยังสามารถสร้างแบบทดสอบและแบบฝึกหัดเพื่อเป็นการวัดค่าผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาซึ่งระบบจะเก็บสถิติการทำแบบฝึกหัด โดยแสดงให้อาจารย์ดูได้ว่านักเรียนตอบคำถามในตัวเลือกใดบ้าง ทำให้อาจารย์สามารถทราบถึงประสิทธิภาพในการเรียนของนักเรียนแต่ละคนได้

3.2 ส่วนของนักเรียน (Student Component)

นักเรียนจะสามารถค้นหาบทเรียนจากหมวดหมู่ภายในระบบและสามารถสมัครเรียนในแต่ละบทเรียนที่นักเรียนสนใจได้ ซึ่งเงื่อนไขในการเรียนบทเรียนนั้นนักเรียนจะต้องผ่านแบบฝึกหัดระดับง่ายของหัวข้อบทเรียนปัจจุบันก่อนระบบจึงสามารถยอมให้นักเรียนได้ศึกษาในหัวข้อบทเรียนถัดไป

3.3 ส่วนของผู้ปกครอง

ผู้ปกครองสามารถติดตามผลการเรียนและตรวจสอบสถิติของบุตรหลานได้ มีลักษณะคล้ายกับส่วนของอาจารย์แต่ผู้ปกครองสามารถติดตามผลเรียนได้เฉพาะบุตรหลานของตนที่ลงทะเบียนไว้เท่านั้น โดยในขั้นตอนการสมัครสมาชิกของระบบผู้ปกครองจะต้องกรอกรหัสของบัญชีนักเรียนที่ระบบสุ่มมาให้เพื่อทำการระบุว่าต้องการติดตามผลการเรียนของนักเรียนคนนั้น แสดงให้เห็นดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 Data Flow diagram ของระบบการศึกษาผ่านอินเทอร์เน็ตระดับ Context Diagram

4. การพัฒนาระบบ

ในส่วนของการพัฒนาระบบได้ทดลองนำบทเรียนในหัวข้อ PHP Laravel Framework 5 เพื่อทดสอบการใช้งานระบบ เมื่ออาจารย์สร้างบทเรียนเสร็จจะเข้าสู่หน้าจัดการบทเรียน ซึ่งจะสามารถจัดการบทเรียนได้ โดยจะแสดงภาพรวมทั้งหมดของบทเรียน เมื่ออาจารย์ต้องการเพิ่มหัวข้อบทเรียน สามารถเพิ่มได้จากหน้าจัดการบทเรียนและผลที่ได้เมื่อนักเรียนมาเข้าถึงบทเรียนจะเห็นได้ ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้การจัดการบทเรียนของอาจารย์

นักเรียนสามารถเลือกดูวิดีทัศน์ของบทเรียนได้ตามอัทธยาศัย ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้การจัดการดูวิดีทัศน์ของนักเรียน

ซึ่งในส่วนนี้จะสามารถเพิ่มเฉพาะ หัวข้อของบทเรียนเท่านั้นและเมื่ออาจารย์ได้เพิ่มหัวข้อของบทเรียนแล้ว อาจารย์สามารถเลือกเพิ่มกลุ่มของเนื้อหาได้โดยจะสามารถเพิ่มวิดิทัศน์และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนได้ โดยจะสามารถเพิ่มกลุ่มของเนื้อหาได้มากตามที่ต้องการ ในบทเรียนที่สร้างขึ้นนั้น อาจารย์จำเป็นต้องเพิ่มวัตถุประสงค์สำหรับทุกๆ บทเรียนที่สร้างขึ้นและเมื่อมีบทเรียนที่อาจารย์ต้องการแล้ว อาจารย์สามารถเพิ่มแบบฝึกหัดและแบบทดสอบของแต่ละหัวข้อบทเรียนได้ โดยจะแบ่งเป็นระดับ 3 ระดับ คือ ระดับง่าย ระดับกลางและระดับยาก อาจารย์ต้องเลือกระดับความยากก่อนจึงจะสามารถเพิ่มคำถามและคำตอบได้ ซึ่งคำถามและคำตอบจะต้องเพิ่มที่ละคำถาม โดยคำตอบที่ถูกต้อง จะมีช่องให้กรอกแยกเฉพาะเพื่อบอกว่าข้อใดถูกส่วนตัวเลือกที่เหลือจะมีให้กรอกเป็นส่วนเสริม สำหรับนักเรียนสามารถสืบค้นโดยเลือกจากหมวดหมู่หลักและภายในจะมีหมวดหมู่ย่อยให้นักเรียนได้เลือกต่อไป ดังรูปที่ 4 เมื่อได้บทเรียนที่สนใจแล้วนักเรียนสามารถดูภาพรวมของบทเรียนได้ ภาพรวมของบทเรียนจะแสดงจำนวนหัวข้อของบทเรียน จำนวนแบบฝึกหัดและจำนวนแบบทดสอบ ที่มีอยู่ในบทเรียนเพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงทะเบียนเรียน ดังรูปที่ 5 และเมื่อนักเรียนตัดสินใจเลือกบทเรียนได้แล้ว นักเรียนสามารถศึกษาบทเรียนได้ โดยจะแสดงบทเรียนที่สามารถเรียนได้เรียงจากหัวข้อที่อาจารย์กำหนดไว้ตามลำดับ เมื่อนักเรียนศึกษาบทเรียนมาถึงหัวข้อบทเรียนที่มีแบบทดสอบนักเรียนจะต้องทำแบบทดสอบก่อนถึงจะสามารถศึกษาบทเรียนต่อไปได้

รูปที่ 4 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้การสำรวจหมวดหมู่ของบทเรียน

รูปที่ 5 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ภาพรวมของบทเรียน

โดยแบบทดสอบจะมีเวลากำหนดไว้ต้องส่งแบบทดสอบก่อนเวลาที่กำหนดหรือถ้าเวลาหมดจะบังคับให้ส่งคำตอบเฉพาะที่ทำไปแล้วเท่านั้น ดังรูปที่ 6 เมื่อนักเรียนศึกษาบทเรียนได้ระยะหนึ่งจะต้องผ่านการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ ระบบจะมีกราฟแสดงคะแนนที่ได้ในแต่แบบทดสอบ ดังรูปที่ 7

รูปที่ 6 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้การทำแบบทดสอบ

รูปที่ 7 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้กราฟแสดงสถิติการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

5. สรุป

ระบบการศึกษาไม่จำกัดสถานที่นั้นเป็นเว็บแอพพลิเคชันที่ใช้แนวคิดของ Massive Open Online Course (MOOC) อย่างไรก็ดีสามารถพัฒนาต่อยอดในเรื่องของการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียนในการดูวิดีทัศน์และในการทำแบบทดสอบเพื่อนำเสนอบทเรียนที่คาดว่าผู้เรียนควรศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้หลักการของ Machine Learning เข้ามาร่วมด้วย นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มฟังก์ชันในส่วนของผู้ปกครองของนักเรียนเพื่อติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่ได้มีความกรุณาในการสอนสั่งทำให้ข้าพเจ้าสามารถสั่งสมความรู้ที่ได้เรียนมาและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโครงงานชิ้นนี้ได้ลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ผลประโยชน์จากโครงงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ ทางผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน รวมทั้งบูรพาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้จัดทำ

เอกสารอ้างอิง

[1] D. Glušac, D. Karuović and D. Milanov, "Massive open online courses - pedagogical overview," Proceedings of the 2015 16th International Carpathian Control Conference (ICCC), Szilvasvarad, 2015, pp. 142-146. doi: 10.1109/CarpathianCC.2015.7145063

[2] In edX. Retrieved June 17, 2015, from https://www.edx.org/

[3] In Coursera. Retrieved June 18, 2015, from https://www.coursera.org/

[4] In The PHP Group. Retrieved June 18, 2015, from http://php.net/

[5] Sukumal Kitisin. PHP Programming With Laravel Framework. 2015 Available from https://sites.google.com/site/phplaraveltraining/documents

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบจักรยานเสมือนจริงสำหรับ Google Cardboard

Virtual Reality Bike System for Google Cardboard

บงกชทิพย์ รุจิราธำรง[1] สุพิชชา บูรพาพรพันธ์[2] และ วชิราวุธ ธรรมวิเศษ[3]

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

123 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40001 โทรศัพท์ 0-4336-2188-90 ต่อ 101-103

E-mail[1]: gingmins@gmail.com, E-mail[2]: sbambu28@gmail.com, E-mail[3]: twachi@kku.ac.th

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาจักรยานเสมือนจริงที่สามารถให้ผู้เล่นสวมชุดแว่นตาสามมิติ และ ปั่นจักรยานอยู่กับที่ แต่ให้ความรู้สึกเหมือนกับการขี่จักรยานในโลกเสมือนจริงที่สวยงาม โดยในงานวิจัยนี้จะออกแบบอุปกรณ์ให้สามารถถอดประกอบได้ง่าย ผู้ใช้สามารถนำจักรยานมาติดตั้งบนโครงเหล็กและเชื่อมต่อกับกล่องควบคุมได้โดยไม่ต้องดัดแปลงจักรยาน

อุปกรณ์ต้นแบบพัฒนาโดยใช้บอร์ด ESP8266 เขียนโปรแกรมด้วยภาษา C เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ Rotary Encoder เพื่อวัดความเร็วของล้อ และ เซ็นเซอร์ Volume เพื่อวัดมุมการหมุนของคันบังคับที่ล้อหน้า และ ส่วนโปรแกรมประยุกต์การแสดงผลเสมือนจริงนั้นจะทำงานบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พัฒนาโดยใช้โปรแกรม Unity 3D ร่วมกับ Google VR SDK เพื่อแสดงภาพโลกเสมือนจริงในแว่นตาสามมิติ Google Cardboard โดยอุปกรณ์ควบคุม และโปรแกรมแสดงภาพเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟนจะมีการเชื่อมต่อกันแบบไร้สาย (WiFi) ซึ่งเมื่อมีการปั่นจักรยานอุปกรณ์ควบคุมจะส่งค่าความเร็วของล้อและมุมการหมุนของคันบังคับมาที่โปรแกรม ซึ่งจะไปควบคุมความเร็วและทิศทางของจักรยานในโลกเสมือนจริง นอกจากนี้ในโปรแกรมจะมีการแสดงผลระยะทาง เวลาที่ใช้ และ คำนวณแคลอรี่ที่ใช้ไปจากการปั่น และ มีไอเท็มต่าง ๆ ให้เก็บสะสมคะแนนระหว่างการปั่นจักรยานช่วยให้ผู้เล่นมีความสนุกสนาน อีกทั้งยังช่วยให้ได้ออกกำลังกายและมีสุขภาพที่ดีขึ้น และผลการทดสอบกับผู้ใช้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ต้องการออกกำลังกายแต่ไม่มีเวลาออกกำลังกายข้างนอกและมีพื้นที่ออกกำลังกายอยู่อย่างจำกัด พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบปั่นจักรยานเสมือนจริงเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: Virtual Reality, Spin Bike, Google Cardboard, ESP8266

Abstract

This research aims to create a virtual reality spin bike (VR-Bike) that player can wear a virtual reality headset and spin the bike; the system also simulates a user's environment, and make it look like they are riding the bike in the fantastic world. In this research, we designed the VR system as pluggable devices that users can simply setup the system with their own bike without modify it.

The prototype device is developed by using ESP8266 board, coding with C and connecting to a rotary encoder sensor for capturing a wheel speed and a volume sensor for capturing a handle angle. The virtual reality application is developed for Android smart phone using Unity 3D and Google VR SDK. When the bike's wheel is rolled, or the handle is rotated then the controller box will send data to the VR Application via WiFi for controlling a bike's speed and direction in the virtual world. While spinning the bike, the application will display a distance, time and calorie of the exercise. Moreover, for health with fun, the player must ride the bike to collect the coins.

Keywords: Virtual Reality, Spin Bike, Google Cardboard, ESP8266

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้คนสนใจออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานมากขึ้น แต่การปั่นจักรยานกลางแจ้งบนถนน มีข้อจำกัดสำหรับผู้ที่อยู่ในเมือง เนื่องจากถนนในเมืองมีรถยนต์จำนวนมาก มีมลพิษทางอากาศ และทางสำหรับจักรยานมีจำกัด การปั่นบนถนนอาจเกิดอันตรายจากอุบัติเหตุ ส่วนเครื่องปั่นจักรยานอยู่กับที่ (Spin Bike) นั้นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการออกกำลังกาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิด ในการนำเทคโนโลยีการสร้างโลกเสมือนจริงด้วยแว่นตาสามมิติ และ เทคโนโลยีอินเทอร์เนตของสรรพสิ่ง (IoT) ที่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดค่า (เซนเซอร์) ต่างๆ มาพัฒนาเป็นจักรยานเสมือนจริงที่สามารถให้ผู้เล่นปั่นจักรยานอยู่กับที่

พร้อมกับ สวมชุดแว่นตาสามมิติ Google Cardboard [1-2] ที่ใช้ร่วมกับสมาร์ทโฟนในการแสดงภาพแบบสามมิติ ทำให้ผู้เล่นรู้สึกเหมือนกับการขี่จักรยานอยู่ในโลกเสมือนจริงที่สวยงาม จึงทำให้การปั่นจักรยานมีทั้งความสนุกสนานและช่วยในเรื่องสุขภาพของผู้เล่นได้อีกด้วย

2. รายละเอียดการพัฒนา

2.1 ภาพรวมของระบบ

ในงานวิจัยนี้จะออกแบบชุดขาตั้งจักรยานที่สามารถถอดประกอบได้ โดยขาตั้งที่ใช้ยึดจักรยานจะวางกับพื้น ผู้ใช้สามารถนำจักรยานคันเดิมของตนเองมาติดตั้งบนชุดขาตั้ง ให้ล้อจักรยานลอยขึ้นเหนือพื้นจึงทำให้สามารถปั่นจักรยานอยู่กับที่ได้ และ ติดตั้งเซนเซอร์ไว้ที่คันบังคับเพื่อตรวจจับการเลี้ยว และ ติดเซนเซอร์ไว้ที่ล้อหลังของจักรยานเพื่อวัดความเร็วของการหมุนของล้อ ดังแสดงในรูปที่ 1

สำหรับการเล่นนั้นภาพเสมือนจริงจะแสดงผลบนหน้าจอสมาร์ทโฟน ซึ่งผู้เล่นจะต้องติดตั้งสมาร์ทโฟนกับชุด VR Headset [3] และต้องสวมใส่ในขณะที่ปั่นจักรยาน ซึ่งจะทำให้ผู้เล่นมองเห็นภาพแบบเสมือนจริง เมื่อผู้เล่นปั่นจักรยาน ชุดควบคุมเซนเซอร์จะส่งข้อมูลความเร็วล้อและทิศทางของคันบังคับไปให้โปรแกรมในสมาร์ทโฟนผ่าน WiFi และ ควบคุมความเร็วและทิศทางของจักรยานในโลกเสมือนจริงให้ตรงกับการปั่นของผู้เล่น เพื่อให้ผู้เล่นรู้สึกว่ากำลังปั่นจักรยานเคลื่อนที่อยู่ในโลกเสมือนจริง นอนจากนี้ โปรแกรมจะมีการเก็บคะแนนสะสมจากการปั่น คำนวณแคลอรี่ที่จากการออกกำลังกาย เวลา และ ระยะทางที่ปั่นได้ ซึ่งระยะทางที่ปั่นได้จะถูกแปลงเป็นคะแนน รวมไปถึงมีไอเท็มเหรียญทองให้เก็บระหว่างทางที่ปั่นเป็นคะแนนพิเศษด้วย สำหรับฉากที่แสดงจะสร้างโดยใช้โปรแกรม Unity [4] เพื่อให้การปั่นจักรยานมีความเสมือนจริง ยกตัวอย่างเช่น ฉากบ้านเมือง [5] ฉากป่าไม้ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 1 ส่วนประกอบของจักรยานเสมือนจริง

รูปที่ 2 ตัวอย่างฉากที่ได้สร้างขึ้น

2.2 ทฤษฎีที่นำมาใช้

2.2.1 ค่าสรุปของกิจกรรมการปั่นจักรยาน Metabolic Equivalent (MET) หรือ Standard Metabolic Equivalent หมายถึง “หน่วย” [6] ที่ใช้ในการประมาณค่าจำนวนออกซิเจนที่ร่างกายใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย จะถูกวัดเป็นค่าเป็นจำนวน ซึ่งจำนวนจะเพิ่มเมื่อร่างกายทำงานมากขึ้น

ตารางที่ 1 ค่า MET ที่เกิดขึ้นต่อการปั่นจักรยาน

Codes	METs	ชนิดของการปั่นจักรยาน
01010	4.0	ปั่นไม่เกิน 10 mph โดยปั่นเพื่อความสนุก
01011	6.8	ปั่นไป - กลับจากที่ทำงาน
01013	5.8	ปั่นในเส้นทางที่ขรุขระ
01015	7.5	ปั่นจักรยานธรรมดา
01018	3.5	ปั่นโดยใช้อัตราความเร็วประมาณ 5.5 mph
01019	5.8	ปั่นโดยใช้อัตราความเร็วประมาณ 9.4 mph
01020	6.8	ปั่นโดยใช้อัตราความเร็วประมาณ 10-11.9 mph
01030	8.0	ปั่นโดยใช้อัตราความเร็วประมาณ 12-13.9 mph
01040	10.0	ปั่นโดยใช้อัตราความเร็วประมาณ 14-15.9 mph
01050	12.0	ปั่นโดยใช้อัตราความเร็วประมาณ 16-19.9 mph
01060	15.8	ปั่นโดยใช้อัตราความเร็วมากกว่า 20 mph

2.2.2 สูตรคำนวณหาค่าแคลอรี่ที่สูญเสียต่อการปั่นจักรยาน คำนวณดังนี้ 1) น้ำหนัก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม 2) เวลา มีหน่วยเป็นชั่วโมง 3) ความเร็ว มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที 4) นำค่าความเร็วที่มีหน่วยเมตรต่อวินาที ไปแปลงเป็นหน่วยเมตรต่อชั่วโมง คำนวณจาก

$$\text{ความเร็ว}\ (\text{mph}) = \frac{\text{ความเร็ว}\ (\text{m/s}) \times 3.6}{1.609} \qquad (1)$$

5) ได้ค่าความเร็วหน่วยเมตรต่อชั่วโมง นำไปเทียบในตารางค่า MET
6) จะได้สูตรการหาค่าจำนวนแคลอรี่ที่สูญเสียไปในการปั่นจักรยาน

$$\text{แคลลอรี่ที่สูญเสีย} = \text{น้ำหนัก} \times \text{ค่า MET} \times \text{เวลา} \qquad (2)$$

2.3 โครงสร้างซอฟต์แวร์

เมื่อผู้ใช้เปิดใช้งานแอปพลิเคชัน ผู้ใช้ต้องกรอกชื่อและน้ำหนัก เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณแคลอรี่ที่สูญเสียต่อการปั่นจักรยาน เมื่อผู้ใช้หยุดเล่นหรือครบกำหนดการเล่น แอปพลิเคชันจะแสดงคะแนนสะสมจากการปั่น ค่าแคลอรี่ที่สูญเสียและระยะทางทั้งหมดที่ผู้ใช้ทำได้ และจัดเก็บเป็นสถิติ เพื่อให้ผู้ใช้รู้สึกอยากที่จะกลับมาปั่นจักรยานอีกครั้ง

รูปที่ 3 หน้าจอในแอปพลิเคชัน

2.4 โครงสร้างฮาร์ดแวร์

จักรยานเสมือนจริงมีส่วนประกอบแสดงดังรูปที่ 1 และชุดต้นแบบที่ติดตั้งกับจักรยาน แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งจะประกอบไปด้วย 1) Rotary Encoder Sensor [7] รับค่ารอบหมุนของล้อซึ่งติดอยู่ที่แกนล้อหลังของจักรยาน 2) Volume Sensor รับค่าการเลี้ยวจากการหันคันบังคับจักรยานซึ่งติดอยู่บริเวณโครงตั้งจักรยานใต้ล้อหน้าของจักรยาน 3) ESP8266 Board [8] รับค่าจาก Rotary Encoder และ Volume ซึ่งอยู่ภายในกล่องที่ตั้งไว้ 4) อุปกรณ์ VR Headset เพื่อมองเห็นภาพเสมือนจริงที่สามารถมองเห็นฉากได้รอบตัว 5) สมาร์ทโฟน ใช้แสดงผล ซึ่งอยู่ในอุปกรณ์ VR Headset ซึ่งจะต้องใช้สมาร์ทโฟนที่มี Gyroscope Sensor

รูปที่ 4 อุปกรณ์จักรยานต้นแบบ

สำหรับการเชื่อมต่อกันระหว่างโปรแกรมบนสมาร์ทโฟนกับ NodeMCU ESP8266 จะเชื่อมต่อแบบไร้สายผ่าน WiFi โดย ESP8266 จะรับค่าจาก Rotary Encoder และ Volume นำไปประมวลผลแล้วแสดงผลออกมาทางหน้าจอสมาร์ทโฟน ซึ่ง สมาร์ทโฟน ทำหน้าที่เป็น Client และ ESP8266 ทำหน้าที่เป็น Server เพื่อให้สามารถรับส่งค่าระหว่างกันได้ ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่าง Client และ Server

2.5 ข้อจำกัดของระบบ

2.5.1 ในการใช้งานแต่ละครั้ง สามารถมีได้เพียง 1 คนเท่านั้น
2.5.2 ผู้เล่นต้องมีน้ำหนักมากกว่า 22 กิโลกรัม และน้อยกว่า 120 กิโลกรัม
2.5.3 ระบบไม่สามารถแสดงผลการถอยหลังของจักรยาน
2.5.4 โทรศัพท์มือถือเป็นสมาร์ทโฟนที่มีขนาดจอ 4.7 นิ้ว ถึง 5.5 นิ้ว

3. การทดสอบระบบ

เพื่อวัดประสิทธิภาพหลังใช้งาน ซึ่งกลุ่มผู้ใช้ที่ทดสอบและประเมินผล คือ บุคคลที่ต้องการออกกำลังกายและกลัวอันตรายจากการไปปั่นข้างนอก ประกอบกับการมีพื้นที่ออกกำลังกายอยู่อย่างจำกัด

3.1 วิธีการทดสอบ

การทดสอบจะให้กลุ่มผู้ใช้ได้ใช้งาน แล้วทำแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลทั่วไปและความพึงพอใจ ซึ่งวิเคราะห์ผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยที่ระดับ 0 ถึง 5 และกำหนดระดับความพึงพอใจ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ค่าเฉลี่ย 4.50 - 5.00 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด, ค่าเฉลี่ย 3.50 - 4.49 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก, ค่าเฉลี่ย 2.50 - 3.49 อยู่ในระดับ

ความพึงพอใจปานกลาง, ค่าเฉลี่ย 1.50 - 2.49 อยู่ในระดับความพึงพอใจน้อย และ ค่าเฉลี่ย 0.00 - 1.49 อยู่ในระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตารางบันทึกผลความพึงพอใจ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ความน่าสนใจในเทคโนโลยีและการใช้งานอุปกรณ์(ฮาร์ดแวร์) ด้านที่ 2 ความเหมาะสมและความน่าสนใจของแอปพลิเคชัน(ซอฟต์แวร์) ด้านที่ 3 ความพึงพอใจโดยรวมของการใช้งานระบบจักรยานเสมือนจริง สำหรับคำถามจะมีจำนวนด้านละ 4 คำถาม รวมเป็น 12 คำถาม ตัวอย่างคำถาม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจโดยรวมของการใช้งานระบบ (ด้านที่ 3)

ข้อ	รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย	ความพึงพอใจ
1	มีความคิดสร้างสรรค์ สวยงาม	4.00	มาก
2	รูปแบบน่าสนใจ เหมาะแก่การมีไว้ใช้งาน	4.17	มาก
3	มีความสะดวกสบายในการใช้งาน	4.08	มาก
4	ความสนุกสนานที่ได้จากการใช้งาน	3.83	มาก

3.2 ผลการทดสอบ

การทดสอบการใช้งานระบบจักรยานเสมือนจริง มีผู้ทดสอบจำนวน 12 คน เป็นเพศชาย จำนวน 5 คน เพศหญิงจำนวน 7 คน พบว่าโดยภาพรวม กลุ่มผู้ทดสอบมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบจักรยานเสมือนจริงเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ตามรายละเอียด ดังนี้ ด้านที่ 1 ความน่าสนใจในเทคโนโลยีและการใช้งานอุปกรณ์ (ฮาร์ดแวร์) อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.64$) ด้านที่ 2 ความเหมาะสมและความน่าสนใจของแอปพลิเคชัน (ซอฟต์แวร์) อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.71$) และด้านที่ 3 ความพึงพอใจโดยรวมของการใช้งานระบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.02$) จะได้ว่า ผู้ทดสอบมีความเข้าใจและสนใจในระบบจักรยานเสมือนจริง และทราบถึงน้ำหนักมากที่สุดที่อุปกรณ์รองรับได้ คือ 108 กิโลกรัม จากข้อมูลทั่วไปในแบบสอบถาม

4. สรุป

จากการศึกษาโครงงานนี้ได้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ คือ การสร้างจักรยานเสมือนจริง เพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับใช้ออกกำลังกายให้ผู้เล่นมีสุขภาพที่ดีขึ้น ซึ่งอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถถอดประกอบได้ง่าย สะดวกในการเคลื่อนย้าย จัดเก็บ ทำให้สามารถนำมาใช้ภายในบ้านได้ และ สามารถนำมาใช้กับจักรยานทั่วไปที่มีอยู่แล้วได้โดยไม่ต้องมีการดัดแปลง อย่างไรก็ตามระบบที่พัฒนาขึ้นยังมีข้อจำกัดหลายอย่างเช่น สามารถจำลองการขี่จักรยานในเฉพาะทางราบซึ่งเป็นไปได้ที่จะมีการพัฒนาต่อให้สามารถจำลองการปั่นในทางแบบต่าง ๆ เช่น ทางขึ้นเนิน ทางลงเนิน และ การใช้เซนเซอร์เพื่อวัดน้ำหนักของผู้เล่นโดยอัตโนมัติ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Google VR SDK for Unity. (2559). ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2559, จาก https://developers.google.com/vr/unity/

[2] Google SDK for Android. (2559). ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2559, จาก https://developers.google.com/vr/android/

[3] Google Cardboard. (2559). ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2559, จาก https://vr.google.com/cardboard/

[4] Unity Manual. (2559). ค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2559, จาก https://docs.unity3d.com/Manual/index.html

[5] Jonathan Linowes (2558). Unity Virtual Reality Projects. Packt Publishing

[6] Arizona State University and National Cancer Institute. (2554). CompendiumOfPhysicalactivities - Bicycling. ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2559, จาก https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/Activity-Categories/bicycling

[7] Encoder. [ม.ป.ป.]. ค้นเมื่อ 9 ตุลาคม 2558, จาก http://encoder.com

[8] Arduino (2559). Getting Started with Arduino. ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2559, https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สำหรับตีกลองชุดที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

A Designed and Fabrication of Robot Drummer Controlled by Microcontroller

อังศนา พงษ์นุ่มกูล, ชัชวาลย์ ใจบุญ, กมล บุญล้อม, กลชาญ อนันตสมบูรณ์และเสกสรรค์ วินยางค์กูล

ศูนย์ความเชี่ยวชาญทางคลื่นไมโครเวฟและเทคโนโลยีหุ่นยนต์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
80 หมู่ 9 ถนน พหลโยธิน อ. เมือง จ.เชียงราย 57100 โทรศัพท์: 053-776395 ต่อ 111 E-mail: armza_arm@hotmail.com , kamol_boon@yahoo.com

บทคัดย่อ

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีหุ่นยนต์ มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งหุ่นยนต์ในแต่ละประเภทมีหน้าที่การทำงานในแต่ละด้านขึ้นอยู่กับการควบคุมโดยตรงจากมนุษย์ การควบคุมระบบสื่อสารระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ สามารถทำได้โดยการบังคับด้วยมือและอัตโนมัติ ทำให้หุ่นยนต์เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากยิ่งขึ้น และหุ่นยนต์ยังสามารถทดแทนแรงงานของมนุษย์ได้อีกด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นที่จะพัฒนาหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนไหวเสมือนมนุษย์ เพื่อสามารถให้หุ่นยนต์เล่นกลองชุดและช่วยเล่นเครื่องดนตรีได้ เนื่องจากหุ่นยนต์มีประสิทธิภาพในการทำงานอย่างต่อเนื่องมากกว่ามนุษย์ สามารถทำงานได้หลายชั่วโมงโดยไม่ต้องหยุดพัก แต่การควบคุมหุ่นยนต์นั้น ต้องมีความแม่นยำในการเคลื่อนไหว และสอดคล้องกับผู้ใช้งานด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสร้างหุ่นยนต์เล่นกลองชุด (Drum) ที่มีการควบคุมการทำงานของแขนโดยถูกออกแบบโครงสร้างรูปร่างเสมือนการตีกลองชุดของมนุษย์ และได้มีการเคลื่อนไหวของแขนสำหรับการใช้ตีและเท้าสำหรับการใช้เหยียบ โดยมีระบบการควบคุมสั่งการผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ ผลจากการทดสอบสามารถหาประสิทธิภาพของการทำงานโดยได้เวลาของการเคลื่อนที่ของแขนกลจากการคำนวณเท่ากับ 40ms และจากการทดลองเท่ากับ 120 ms และสามารถตีกลองชุดได้ที่ความเร็วสูงสุดในจังหวะของการตีที่ 120 metronome ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำหุ่นยนต์สาธิตการเล่นดนตรีและสื่อการเรียนการสอนดนตรีได้ในอนาคต

คำสำคัญ: หุ่นยนต์ตีกลองชุด, เมทอนอม ,ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

Nowadays the advancement of technological robot has Continuous of development. Which the each type of robot has duty on each worked dependding on controlled from human. The communication between a human and robot can be control form manual and automatic control. Affect the robot to over come in real life of the humans and robot can be substitution of labor. Which in this research to focus improved performance of the robot for the human virtual movement. Since the robot has high performance do the work more than human it can be doing at the long time. But robot control require high precision of movement. Therefor the researcher to build the drummer robot and designed robot structure virtual shaped for arm and foot as human. The control system can be controlled through microcontroller. The result of testing performance of robot has a time movement of robot arm from calculation is 40ms and time of experiment testing is 120ms can playing the drum in speed step is 120 metro norm. Which, can be to apply for the demonstration robot music player and music instruction media in the future.

Keywords: Robot Drummer, metro norm, microcontroller

1. บทนำ

ปัจจุบันดนตรีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญกับชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นร้านอาหาร สถานบันเทิง หรือเทศกาลงานประเพณีตามสถานที่ต่างๆ ล้วนแล้วแต่มีการขับร้องเสียงเพลง และบรรเลงดนตรี เพื่อให้เกิดความรื่นรมย์ และทำให้เกิดความสุขแก่ผู้ฟังและวงดนตรีต้องอาศัยเครื่องดนตรีจำนวนมาก จึงทำให้เกิดการขับเล่นเครื่องดนตรีไม่เพียงพอและทั่วถึงมนุษย์ไม่สามารถเล่นดนตรีต่อเนื่องและเป็นเวลานานได้

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างหุ่นยนต์ตีกลองชุดต้นแบบขึ้นมาเพื่อทดแทนมนุษย์ ยกตัวอย่างเครื่องดนตรีสากล เพื่อให้เสียงดนตรีที่สมบูรณ์จึงต้องใช้เครื่องดนตรี 3 ชนิด คือ กีตาร์ไฟฟ้า เบสและกลองชุด โดยการนำหุ่นยนต์เข้ามาเป็นตัวช่วยเสริมในการบรรเลงเครื่องดนตรีร่วมกับการทำงานของมนุษย์ และเป็นสิ่งแปลกใหม่ในวงการดนตรี และยังสามารถดึงดูดความสนใจจากผู้ฟังได้

หุ่นยนต์ตีกลองชุดสามารถตีบางจังหวะได้ดีกว่ามนุษย์ การตีกลองจะใช้ไม้กลองติดอยู่กับแขนหุ่นยนต์และใช้กระบอกลม (Pneumatic)เป็นจุดหมุนแล้วปล่อยแรงลมอัดลงไปในกระบอกลมเพื่อใช้

ในการตีกลอง การใช้หุ่นยนต์ตีกลองชุดสามารถทำงานได้นานกว่าโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการโปรแกรมและสั่งการในการควบคุมจังหวะและสั่งการดำเนินการตีกลอง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ตัวโน้ตกลองแต่ละตัว จะมีค่าเวลา และมีจังหวะในการตีที่แตกต่างกัน หนึ่งจังหวะใหญ่ของกลองจะแบ่งเป็น 4 จังหวะเล็ก โดยโน้ตตัวกลมจะมี 4 จังหวะ โน้ตตัวขาวจะมี 2 จังหวะ โน้ตตัวดำจะมี 4 จังหวะ โน้ตตัวเขบ็ต 1 ชั้นจะมี ½ จังหวะ โน้ตตัวเขบ็ต 2 ชั้นจะมี ¼ จังหวะ และตำแหน่งแต่ละอุปกรณ์ของกลองชุด ประกอบด้วย Bass Drum , Snare Drum , Hi-Hat , High Tom , Middle Tom , Floor Tom , Ride Cymbal จะแบ่งแต่ละอุปกรณ์ ตามบรรทัด 5 เส้น Bass Drum จะอยู่ระหว่างบรรทัดที่ 1 และ 2 Snare Drum จะอยู่บรรทัดที่ 3 และ 4 Ha-Hat จะอยู่บรรทัดบนสุดมีสัญญาลักษณ์เป็นรูปกากบาท High Tom จะอยู่บรรทัดที่ 4 และ 5 Middle Tom จะอยู่บรรทัดที่ 4 Floor Tom จะอยู่บรรทัดที่ 2 และ 3 Ride Cymbal จะอยู่บรรทัดบนสุดมีสัญญาลักษณ์เป็นรูปดอกจัน ตามรูปที่ 1

รูปที่ 1 Drum Key

ในการคำนวณการหาค่าเวลาตีกลอง เริ่มจาก หาขนาดกระบอกลม ขนาด 20 mm. โดนใช้แรงดันของลมขนาด 6 บาร์ ระยะความยาวเท่ากับ 15 cm. ตามรูปที่ 3

รูปที่ 2 ขนาดของกระบอกลมที่ใช้ในงานวิจัย

โดยพื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบ

$$A_{arm} = \frac{\pi(0.02)^2}{4} = 3.14 \times 10^{-4}\ m^2 \qquad [1]$$

ดังนั้น

$$d_{arm} = 0.02 m w_T = w_1 + w_2 = 100 + 400 \approx 500g \approx 0.5kg \qquad [2]$$

แรงกระทำบนหัวกระบอกลม

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA = (6\times10^5)(3.14\times10^{-4}) = \frac{N}{m^2} m^2 = 188.4N \qquad [3]$$

และเมื่อพิจารณาระยะเคลื่อนที่ 15 cm.

$$v = \frac{ds}{dt}, a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow vdv = ads \qquad [4]$$

$\int_1^2 vdv = \int_1^2 ads$ เมื่อ a คือค่าคงที่จากความดันในกระบอกลมคงที่ 6 บาร์

$\frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} = a(s_2 - s_1)$ กำหนดให้ $v_1 - s_{1=0}$ ซึ่งเป็นระยะเริ่มต้น

$v_2^2 = a(s_2) =$ ความยาวของกระบอกลม 15 cm = 0.015 m และเมื่อพิจารณาหาค่า a จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $F = ma - \mu n$ แต่กำหนดให้แรงเสียดทานที่บริเวณผิวกระบอกสูบมีค่าน้อย $\mu \approx 0$

$$F = ma = F/m = \frac{188.4kgm}{0.5kgs^2} = 376.8\ m/s^2 \qquad [5]$$

จากสมการที่ 1 $v_2 = \sqrt{2as_2} = \sqrt{2(376.8)(0015)} = 3.36\frac{m}{s}$

และเมื่อพิจารณาแขน

รูปที่ 3 สามเหลี่ยมความสัมพันธ์ของแขนกลที่ใช้

$$\cos\theta = \frac{135^2 + 100^2 - 213^2}{2(135)(100)} = -0.635\ \theta \approx 129.4^\circ \approx 130^\circ \qquad [6]$$

$$\cos\mu = \frac{213^2 + 100^2 - 135^2}{2(231)(100)} = 0.871 = 29.31^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - 29.31^\circ - 129.4^\circ = 21.28^\circ \qquad [7]$$

รูปที่ 4 ความเร็วในแนวหมุนของมุม

จะได้ความเร็วในแนวหมุน $v_p = v \cos 60.69^\circ = (3.36)(\cos 60.69^\circ)$

$$v_p = 1.64\ m/s \qquad [8]$$

รูปที่ 5 ความเร็วของแขนกลและจรดปลายของไม้กลอง

$\rho \approx 445\text{mm} \approx 0.445\text{m}$ พิจารณา $v_\theta = v\theta^\circ$ เมื่อแขนยึดติดกัน θ° คงที่

$$\theta^o = \frac{v_\theta}{v} \Rightarrow \frac{v_p}{100} = \frac{v_e}{445} = 4.45v_p = 4.45(1.64) = 7.298\ m/s \quad [9]$$

เมื่อพิจารณาระยะในการเคลื่อนที่ s = 150 mm จากสมการเคลื่อนที่

$$a_c = \frac{dv}{dt} \quad \int_1^2 dv = \int_1^2 a_c dt = at \text{ และ } v = \frac{ds}{dt} \Rightarrow \int vdt = \int ds$$

$$\int atdt = s \Rightarrow a\int tdt = s \quad \frac{at^2}{2} = s \quad t^2 = \frac{s2}{a\cos 60.69^o} \quad [10]$$

$$t = \sqrt{\frac{s2}{a(\cos 60.69^o)}} = \sqrt{\frac{(0.15)(2)}{376.8(\cos 60.69^o)}} = 0.040s \quad [11]$$

ถ้าพิจารณาสมการที่ 2 ตำแหน่งความเร็วที่ปลาย

$$t = \frac{v}{a(\cos 60.69^o)} = \frac{7.298ms^2}{376.8(\cos 60.69^o)m} = 0.040s$$

จังหวะเวลาของแต่ละโน้ตจะมีหลักการโดยนำค่าเวลามาตรฐานของจังหวะดนตรีคือ 1 นาที นำมาหารกับจังหวะ Metronome ของเพลงโดยใช้หน่วยเป็น มิลลิวินาที (ms) ตามสมการที่ 1

$$Ti\min g(ms) = \frac{60000}{Metronome} \quad [12]$$

ms = มิลลิวินาที
60000 = ค่า 1 นาทีโดยแปลงเป็นมิลลิวินาที
Metronome = ค่าจังหะของเพลง

3. วิธีการทำงาน

หุ่นยนต์ตีกลองชุดอัตโนมัติ มีองค์ประกอบของระบบการทำงาน คือ ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino mega 2560 สามารถควบคุมเพลงตามที่ต้องการโดยจะมีจอแสดงผล LCD บอกสถานะเพื่อไปควบคุมบอร์ด arduino MP3 เพื่อเล่นเพลงประกอบจังหวะตามคำสั่งออกทางลำโพงและควบคุมไปยังบอร์ด ATmega128 เพื่อไปควบคุมบอร์ด Transistor Array ทำการปิดเปิด โซลินอยด์วาวล์(Solenoid Valve) ให้ทำการควบคุมการปิด-เปิดลมให้กับกระบอกลม ในระบบควบคุมการทำงานจะเลือกใช้แรงดันลมอยู่ที่ 6 บาร์(6 bar air pressure) เพื่อส่งผ่านไปยังกระบอกลมนิวเมติกส์(Pneumatic)ที่ติดตั้งบนแขนหุ่นยนต์เพื่อทำการตีกลอง ตามรูปที่ 6 ในการทำงานของหุ่นยนต์ตีกลอง เมื่อได้ค่าเวลาของจังหวะเพลงเพื่อนำไปลบกับค่า Time Delayโดยค่า Time Delay ที่ดีที่สุดจากการทดลองคือ 120 ms จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการตีกลองตามโน้ตเพลงลงในไมโครคอนโทรเลอร์โดยจะเรียกใช้พอร์ต 0 ถึง 7 โดยพอร์ต 0 จะเป็นกลอง Snare Drum พอร์ต 1 จะเป็นกลอง High Tom พอร์ต 2 จะเป็นกลอง Middle Tom และกลอง Ride Cymbal พอร์ต 3 จะเป็นกลอง Floor Tom พอร์ต 4 จะเป็นกลอง Bass Drum พอร์ต 5 จะเป็นกลอง Hi-Hat พอร์ต 6 จะเป็นตำแหน่งกระบอกลมสั่งการเปลี่ยนตำแหน่งแขนกลเพื่อจะตีกลอง Middle Tom หรือกลอง Ride Cymbal

รูปที่ 6 แผนผังของวงจรการทำงานของหุ่นยนต์ตีกลองชุด

เมื่อเริ่มโปรแกรม ระบบจะทำการประมวลผลคำสั่งเวลาเพื่อจะให้วาล์วลมอิเล็กทรอนิกส์ (Solenoid Valve) ทำงานตามเวลาที่รับคำสั่งมาจากซีพียูเพื่อควบคุมการจ่ายแรงดันลมให้กระบอกลม (Pneumatic) เพื่อจะดันได้กลองให้สัมผัสกับหน้ากลอง ถ้าหากค่าเวลาค่าหนึ่งยังไม่สัมผัสหน้ากลองก็ต้องเพิ่มค่า Delay Time ทีละ 20 ms จนกว่าไม้สัมผัสหน้ากลอง เมื่อไม้มีการสัมผัสหน้ากลอง จึงเก็บค่า Delay Time ไว้ แล้วทำการเปรียบเทียบเสียงโน้ตว่าเสียงตรงกับตัวโน้ต ถ้าเสียงไม่ตรงให้กลับไปเพิ่ม Delay Time ใหม่จนกว่าเสียงจะตรงตัวโน๊ตจึงจบการทำงาน แล้วทำการทดลอง เพิ่มค่า Delay Time เริ่มต้นที่ 0 ถึง 200 ms เพื่อหาเสียงที่ใกล้เคียงกับตัวโน้ตมากที่สุด และจังหวะเวลาที่ดีน้อยที่สุด

4. ผลการทดลอง

ในการทดลองจะกำหนดระยะความสูงของไม้กลองถึงหน้าสัมผัสกลองอยู่ที่ 10 เซนติเมตร และแรงดันของลมอยู่ที่ 6 บาร์(6 bar air pressure) โดยกำหนดค่าเวลาในการตี 0 ถึง 200 msโดยการทดลอง 8 จุด จุดที่1 แขนซ้ายล่างตีกลอง Snare Drum แขนซ้ายบนตีกลอง High Tom แขนขวาบนตีกลอง Ride Cymbal และกลอง Middle Tom แขนขวาล่างตีกลอง Floor Tom เท้าขวาเหยียบกลอง Bass Drum เท้าซ้ายเหยียบ Hi-Hat โดยทดลอง 8 ชิ้น ได้ค่าเท่ากันทั้งหมด จากตารางที่1 สามารถบอกได้ว่าค่า Delay Time ที่ต้องการความไวและเกิดเสียงตรงโน้ตที่ชัดเจน อยู่ที่ค่าDelay Time ที่ 100 msขึ้นไปจะสามารถสัมผัสหน้ากลองและค่า Delay Timeที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ120 ms ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การหาค่า Delay Time

ระยะห่างของแขนกลถึงกลอง(cm)	แรงดันลม (Bar)	ค่า Delay Time (ms)	การสัมผัสหน้ากลอง
15	6	0	ไม่สัมผัส
15	6	40	ไม่สัมผัส
15	6	80	ไม่สัมผัส
15	6	120	สัมผัส
15	6	160	สัมผัส
15	6	200	สัมผัส

จากการทดลองหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแขนหุ่นยนต์ ซ้ายบน ซ้ายล่าง ขวาบน ขวาล่าง จากเวลาที่คำนวณได้ 40 ms และเวลาที่ใช้จริงเท่ากับ 120 ms ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดได้เท่ากับ 200เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากความผิดพลาดนั้นเกิดจากการสูญเสียจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นทาเมคานิคอล(Mechanical)ของแขนกลหุ่นยนต์จึงทำให้เกิดค่าความผิดพลาดที่สูงอย่างไรก็ตามเราสามารถชดเชยการสูญเสียที่เกิดขึ้นของเวลาเพื่อให้แขนกลทำงานสอดคล้องกับเวลาที่ใช้โดยการเพิ่มค่า Delay Time ในการเปิดวาล์วของกระบอกลมเพิ่มขึ้นจะทำให้แขนกลทำงานสอดคล้องกับเวลาและสามารถสัมผัสหน้ากลองได้ซึ่งเวลา Delay Time ที่ใช้ในโปรแกรมกับการคำนวณแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเวลา

แขนหุ่นยนต์	เวลาที่คำนวณ(*ms*)	เวลาที่ใช้จริง (*ms*)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเวลา(%)
ซ้ายบน	40	120	200
ซ้ายล่าง	40	120	200
ขาวบน	40	120	200
ขวาล่าง	40	120	200

ในการทดลองกำหนดค่าเมโทรนอมที่ 50 จะหาค่าเวลาจังหวะของเพลงตามสมการที่ 12 60000 /50 จะได้ค่าตามตาราง โดยโน้ตตัวกลมจะได้ค่าเวลา 4,800 ms และจะเอาค่าเวลาไปลบกับค่า Delay Time จะได้ค่าเวลา 4,680 msโน้ตตัวขาวจะได้ค่าเวลา 2,400 ms และจะเอาค่าเวลาไปลบกับค่า Delay Time จะได้ค่าเวลา 2,280 ms โน้ตตัวดำจะได้ค่าเวลา 1,200 ms และจะเอาค่าเวลาไปลบกับค่า Delay Time จะได้ค่าเวลา 1,080 ms โน้ตเขบ็ต 1 ชั้นจะได้ค่าเวลา 600 ms. และจะเอาค่าเวลาไปลบกับค่า Delay Time จะได้ค่าเวลา 300 ms โน้ตเขบ็ต 1 ชั้นจะได้ค่าเวลา 600 ms และจะเอาค่าเวลาไปลบกับค่า Delay Time จะได้ค่าเวลา 180 ms และค่าเมโทรนอมที่ 120 ไม่สามารถเล่นโน้ตตัวเขบ็ต 2 ชั้นได้ เนื่องจากค่าความเร็วของจังหวะเมโทรนอม ในโน้ตนั้นๆมีค่าเวลาที่เร็วเกินกว่าที่แขนกลจะทำงานทัน

ตารางที่ 3 การทดลองตามค่าเมโทรนอมกับจังหวะของตัวโน้ต

ตัวโน้ต	ค่าเวลาจังหวะของเพลง	ค่าเวลาที่ใช้ในหุ่นยนต์
โน้ตตัวกลม	4,800 ms	4,680 ms
โน้ตตัวขาว	2,400 ms	2,280 ms
โน้ตตัวดำ	1,200 ms	1,080 ms
โน้ตตัวเขบ็ต 1ชั้น	600 ms	480 ms
โน้ตตัวเขบ็ต 2 ชั้น	300 ms	180 ms

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าในการทดลองให้หุ่นยนต์ทำการตีกลองชุดโดยกำหนดระยะความห่างระหว่างไม้กลองกับหน้ากลองมีค่าเท่ากับ 10cm แบบคงที่นั้นจะใช้เวลาเดินทางของแขนกลโดยใช้เวลาเท่ากับ 100ms จึงจะสัมผัสหน้ากลองและเมื่อนำหุ่นยนต์มาทดสอบการตีกลองในจังหวะที่แตกต่างกันจะพบว่าเมื่อทำการตีกลองในจังหวะที่เมโทรนอมเท่ากับ 120 หุ่นยนต์จะไม่สามารถตีกลองให้เข้าจังหวะกับเพลงได้เนื่องจากค่าความเร็วของจังหวะเมโทรนอม ในโน้ตนั้นๆมีค่าเวลาที่เร็วเกินกว่าที่แขนกลจะทำงานทันซึ่งจากงานวิจัยนี้ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำหุ่นยนต์สาธิตการเล่นดนตรีและสื่อการเรียนการสอนดนตรีได้ในอนาคต

รูปที่ 7 หุ่นยนต์ตีกลองชุดที่ใช้ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Palangsantikul PJ.C Programming for AVR Microcontroller and WinAVR(CCompiler).Bangkok:Appsofttech;2006.

[2] Rizzoni, G., & Hartley, T. T. (2000). Principles and applications of Electrical engineering (Vol. 3). New York: McGraw Hill.

[3] C. Bezdek. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algoritms. Plenum Press, New York, 1981.

[4] มงคล พรหมเทศ, ณรงค์ชัย กล่อมสุนทร. ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพ ฯ : เอมพันธ์, 2546

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

แอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

Learning support application on android

พิศณุ ชัยจิตวณิชกุล[1*] ศักดิธัช พันพิมพ์ [2] และ พงศกร คำสุกดี [3]

[123]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

E-mail: pitsanuc@gmail.com[1], touchkungs29@gmail.com[2] และ pongsakorn9012@gmail.com[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นแอปพลิเคชันที่นำมาช่วยในเรื่องจัดการเรียนการสอนให้อยู่ในรูปแบบบทเรียนออนไลน์ผ่านเทคโนโลยีไร้สาย (M-Learning) เพื่อเพิ่มความสะดวก รวดเร็วในการเข้าถึงเนื้อหาในรูปแบบของ บทเรียนออนไลน์ วีดีโอประกอบการสอน และการเช็คเชื่อเข้าเรียนของผู้เรียนผ่านแอปพลิเคชันโดยการใช้แผนที่ Google Maps และเทคโนโลยีการอ้างอิงตำแหน่ง ผลการทดสอบวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนจากอาสาสมัครจำนวน 60 คน ปรากฏว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และผลการทดสอบการเช็คชื่อโดยใช้แอปพลิเคชันเร็วกว่าการเช็คชื่อแบบปกติ 5 เท่า

คำสำคัญ: บทเรียนออนไลน์, เช็คชื่อเข้าเรียน, การอ้างอิงตำแหน่ง

Abstract

This research aims to develop Learning support applications on android operation system. This application can help in teaching and learning in the online learning (m-Learning). Students can quick access to content in online tutorials, video tutorials and checking student class attendance by using Google Maps and Location-Based Services. The results of the 30 volunteer satisfaction tests showed high satisfaction level. And the results of class attendance check by using the application are five times faster than manual class attendance check.

Keywords: M-Learning, Class Attendance, Location based

1. บทนำ

ในปัจจุบันการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม ที่อาศัยการบรรยายโดยมีครูผู้สอนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้นั้นมีข้อเสีย คือ ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย เพราะผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้น้อย ความรู้ที่ได้จากการรับฟังเพียงอย่างเดียวไม่สามารถอยู่ได้นาน และเรื่องของเอกสารในการเรียนการสอนในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังใช้เป็นรูปแบบหนังสือหรือเอกสารประกอบการสอน จึงทำให้มีปัญหาในด้านการพกพาเพราะว่าจะต้องพกพาไปด้วยทุกสถานที่ ทำให้ขาดความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลเนื้อหาบทเรียน รวมไปถึงในเรื่องของการเช็คชื่อการเข้าเรียนผู้เรียนและในปัจจุบันการเช็คชื่อส่วนใหญ่ยังเป็นการเช็คชื่อเข้าเรียนโดยการเรียกชื่อจากครูผู้สอน ซึ่งการเช็คชื่อลักษณะนี้ค่อนข้างใช้เวลาพอสมควรในการตรวจเช็คแต่ละครั้งและทำให้เกิดความผิดพลาดในการข้ามชื่อ หรือผู้เรียนไม่ได้ยิน ถ้าหากนับเวลาทุกครั้งรวม ๆ แล้ว ต้องเสียเวลาเหล่านั้นโดยเปล่าประโยชน์ในการเรียนการสอนทุกวัน โดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบเก่ายังขาดความสะดวกรวดเร็ว และมีข้อจำกัดหลายอย่าง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยการใช้เทคโนโลยีให้มีความทันสมัยในรูปแบบที่ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองได้ เกิดการเรียนรู้โดยไม่มีข้อจำกัดในด้านเวลาสถานที่หรือค่าใช้จ่าย อีกทั้งเพื่อให้การเรียนการสอนมีความน่าสนใจมากขึ้น ทำให้ผู้เรียนนั้นมีความกระตือรือร้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น และยังช่วยแบ่งเบาภาระของครูผู้สอน รวมทั้งช่วยในเรื่องของการเช็คชื่อเข้าเรียนในแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้เรียนและผู้สอนเกิดความสะดวก และประหยัดเวลาในชั้นเรียนได้อีกด้วย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 M-Learning (Mobile Learning)

M-Learning มีหลักการคือทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะนำเอาบทเรียนมาวางไว้บนสมาร์ทโฟนและเรียกดูได้ตลอดเวลาทุกที่ พร้อมทั้งสามารถที่จะรับส่งข้อมูลได้เมื่อจำเป็นและมีสัญญาณจากเครือข่ายโทรคมนาคม นอกจากนั้น จะต้องสามารถทำงานได้ทั้งสองทาง เปลี่ยนแปลงบทเรียนส่งการบ้าน หรือวิเคราะห์คะแนนจาก แบบฝึกหัดได้เช่นกัน Mobile Learning สามารถแยกพิจารณาได้เป็น 2 ส่วน จากราก

ศัพท์ที่นำมาประกอบกัน คือ 1) Mobile (Devices) หมายถึง อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ หรือ สมาร์ทโฟน และเครื่องเล่น หรือแสดงภาพที่พกพาติดตัวไปได้ 2) Learning หมายถึงการเรียนรู้ เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอันเนื่องมาจากบุคคล กับสิ่งแวดล้อมจึงเกิดประสบการณ์ การเรียนรู้เกิดขึ้นได้เมื่อมีการแสวงหาความรู้ การพัฒนาความรู้ความสามารถของบุคคลให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น รวมไปถึงกระบวนการสร้างความเข้าใจ และ ถ่ายทอดประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อบุคคล เมื่อพิจารณาจากความหมายของคำทั้งสองแล้วจะพบว่า Learning นั่นคือแก่นของ M-Learning เพราะเป็นการใช้เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ [1]

2.1.2 Location-Based Service

การบริการการบอกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ โดยใช้อุปกรณ์พกพา เช่น สมาร์ทโฟน PDA หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านสัญญาณเครือข่ายของผู้ให้บริการต่าง ๆ การให้บริการตำแหน่งที่อยู่นั้น ต้องอาศัยอุปกรณ์เฉพาะในการเชื่อมต่อกับดาวเทียม สามารถระบุตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้อุปกรณ์ไร้สายได้อย่างแม่นยำ โดยสามารถแบ่งการให้บริการเป็นกลุ่ม ๆ ใหญ่ได้ดังนี้ Pull Service เป็นบริการเช่นเดียวกับการเข้าใช้งานบนเว็บ แบ่งเป็น Function services (ฟังก์ชันบริการ) เช่น การเรียกแท็กซี่ รถพยาบาล และ Information services (บริการข้อมูล) คือการค้นหาธนาคารหรือร้านอาหารต่าง ๆ อีกกลุ่ม คือ Push services (ผลักดันบริการ) เป็นบริการของการส่งข้อมูลต่าง ๆ แบบมีการร้องขอ หรือไม่มีการร้องจากผู้ใช้ โดยบริการจะเริ่มทำงานเมื่อผู้ใช้เข้าสู่บริเวณที่กำหนด หรือ ตามเวลาที่ตั้งไว้ เช่น โฆษณาสินค้าลดราคา ข้อมูลจะถูกส่งมาในสมาร์ทโฟน และสามารถสั่งซื้อของได้ทันทีผ่านสมาร์ทโฟน [2]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพ็ญศรี ศรีสวัสดิ์ กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ และ กานดา พูนลาภทวี ได้พัฒนาแอปพลิเคชันในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อช่วยในการเรียนรู้และทำให้เทคโนโลยีทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้เข้ามามีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ในชีวิต และเพื่อความสะดวกในการดำรงชีวิต พร้อมใช้ในการ ประกอบธุรกิจ หรือติดต่อสื่อสารด้วยโซเชียลเน็ตเวิร์คมีการใช้ประโยชน์เพื่อการศึกษาการจัดการเรียนการสอน โดยใช้เทคโนโลยีแบบเคลื่อนที่ในสถาบันได้มีการพัฒนาโดยใช้เทคนิคในการพัฒนาคือ ศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมของโทรศัพท์เคลื่อนที่และมีระบบเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต Bluetooth , Wi-fi และรองรับการเชื่อมต่อแบบ 3G [3]

ภาณุวัฒน์ วรพิทย์เบญจา, จำรัส กลิ่นหน และ ณรงค์ศักดิ์ ศรีสม ได้พัฒนาแอปพลิเคชันการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของระบบบริหารรจัดการเรียนการสอน ให้สามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ แอปพลิเคชันจะถูกพัฒนาในลักษณะ Responsive Web Design โดยนำวงจรการพัฒนา ระบบ (SDLC) ลักษณะ Hybrid Apps ซึ่งเป็นการใช้ความสามารถของ HTML5 CSS3 และ JavaScript (jQuery Mobile Framework) ใช้ภาษา PHP และ MySQL ท างานร่วมกันในการจัดเก็บฐานข้อมูล ผลการทดลองพบว่าแอปพลิเคชันสามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4]

Kann Seyitogullari และ Sevan Katrancioglu ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้บนโทรศัพท์มือถือ เป็นสื่อการเรียนรู้ที่สามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอน โดยระบบจะมีส่วนประกอบในการทำงานสองส่วนคือ ฝั่งเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนต์ โดยจะสื่อสารการโดยมีอินเทอร์เน็ตเป็นตัวกลางการสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียน และการจัดการฐานข้อมูลจะใช้บริการฐานข้อมูลบนเว็บในการจัดการข้อมูลและฐานข้อมูลที่สองคือฐานข้อมูลบนโทรศัพท์มือถือในการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ใช้ การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบเลือกใช้รูปแบบ Android platform โดยสรุปแอปพลิเคชันนี้นำมาใช้เพียงเป็นการเสริมหลักสูตรในการเรียนการสอน ยังเป็นเพียงการเริ่มต้นในการพัฒนาระบบสื่อการเรียนรู้แบบเคลื่อนที่ [5]

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 แนวคิดในการออกแบบ

การทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของผู้สอนจะมีในส่วนของเว็บไซต์เข้ามาใช้ในการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ของวิชาเรียน เช่น จัดการข้อมูลผู้เรียน อัพโหลดไฟล์ต่าง และส่วนที่สองส่วนของแอปพลิเคชัน ผู้สอนจะใช้ในการจัดการการเช็คชื่อเข้าเรียนของผู้เรียน และส่วนของผู้เรียนจะต้องทำการสมัครสมาชิกผ่านในแอปพลิเคชัน และเข้าสู่ระบบ จะสามารถสมัครลงเรียนจากวิชาที่ผู้สอนเปิดสอนไว้ก่อนหน้าจึงจะสามารถเข้าสู่บทเรียนในรายวิชานั้น ๆ ได้

3.2 การพัฒนาระบบ

แบ่งการพัฒนาเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนพัฒนาโดยใช้โปรแกรม Android Studio และภาษา Java 2) ส่วนเว็บแอปพลิเคชันพัฒนาใช้ PHP และ MySQL

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการพัฒนา

หลังจากที่ได้พัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่ได้วางแผนไว้สามารถอธิบายผลการออกแบบและพัฒนาระบบได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้ดังนี้

1) ส่วนการจัดการข้อมูลบนเว็บไซต์ จะแสดงเมนูต่าง ๆ ของผู้ใช้งานเฉพาะในส่วนของผู้สอน คือ การจัดการหลักสูตร การจัดการข้อมูลผู้เรียน การจัดการแผนการเรียน การจัดการเนื้อหาบทเรียน การจัดการวีดีโอสื่อการสอน การจัดการการรับผู้เรียนเข้าเรียนในรายวิชา แสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 หน้าจอหลักการจัดการข้อมูลของผู้สอน

2) ส่วนของแอปพลิเคชัน จะแสดงเมนูต่าง ๆ ของผู้ใช้งาน มีทั้งส่วนของผู้ใช้งานที่เป็นผู้เรียนและผู้ใช้งานที่เป็นผู้สอน แสดงดังรูปที่ 3 ในส่วนของผู้ใช้ที่เป็นผู้เรียนจะต้องมีการสมัครลงทะเบียนเรียนในรายวิชาก่อนที่จะเข้าสู่วิชาเรียน และเมื่อเข้าสู่วิชาเรียนก็จะแสดงข้อมูลเนื้อหาต่าง ๆ ของวิชานั้น ๆ แสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 3 หน้าจอหลักของผู้ใช้งานผู้เรียนและผู้สอน

4.2 ผลการประเมินระบบ

ผู้วิจัยได้ทำการหาประสิทธิภาพบทเรียนของแอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จำนวน 3 วิชา วิชาละ 20 คน แบ่งเป็นคนใช้แอปพลิเคชัน 10 คน และไม่ใช้แอปพลิเคชัน 10 คน โดยการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของบทเรียนวิชาละ 1 บทเรียนจากผู้เรียนที่ไม่ใช้แอปพลิเคชันและผู้เรียนที่ใช้แอปพลิเคชัน โดยแต่ละบทเรียนมีคะแนนการทำแบบทดสอบวิชาละ 20 คะแนน แสดงดังตารางที่ 1

(ก) (ข)

รูปที่ 4 (ก) หน้าจอการสมัครลงทะเบียนเรียนในรายวิชา
(ข) หน้าจอการเข้าสู่บทเรียนในรายวิชา

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน

วิชาเรียน	ก่อนเรียน (คะแนนเฉลี่ย)		หลังเรียน (คะแนนเฉลี่ย)	
	ไม่ใช้	ใช้	ไม่ใช้	ใช้
ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร	7	8	12	17
สถิติสำหรับวิทยาศาสตร์	6	9	14	18
วิศวกรรมซอฟต์แวร์	8	6	11	17
รวมเฉลี่ย	7	8	12	17

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนจากคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนของผู้เรียนที่ไม่ใช้แอปพลิเคชันเท่ากับ 7 คะแนน ผู้ที่ใช้แอปพลิเคชันเท่ากับ 8 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนที่ไม่ใช้แอปพลิเคชันเท่ากับ 12 คะแนน ผู้ที่ใช้แอปพลิเคชันเท่ากับ 17 คะแนน จากผลประเมินพบว่าผู้เรียนที่ไม่ใช้แอปพลิเคชันมีผลคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าผู้ที่ใช้แอปพลิเคชันอยู่ 5 คะแนน สรุปได้ว่าผู้ที่ใช้แอปพลิเคชันมีคะแนนเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบมากกว่าผู้ที่ไม่ใช้แอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพการเช็คชื่อโดยประเมินจากการเข้าเรียนของผู้เรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จำนวน 3 วิชา แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายการประเมินประสิทธิภาพของการเช็คชื่อเข้าเรียน

วิชาเรียน	จำนวนผู้เรียน (คน)	เช็คชื่อแบบปกติ (วินาที)	เช็คชื่อผ่านแอปพลิเคชัน (วินาที)
ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร	36	270	54
สถิติสำหรับวิทยาศาสตร์	47	338	79
วิศวกรรมซอฟต์แวร์	42	252	63

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบเรื่องการเช็คชื่อเข้าเรียนโดยใช้แอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยที่การใช้การเช็คชื่อในแบบปกติใช้เวลาเฉลี่ยในการเช็คชื่อต่อคนอยู่ที่ 7 วินาที และการเช็คชื่อด้วยแอปพลิเคชันใช้เวลาเฉลี่ยต่อคนไปเพียง 1.5 วินาที จากผลประเมินพบว่าการเช็คชื่อด้วยแอปพลิเคชันใช้เวลาน้อยกว่าเช็คชื่อแบบปกติอยู่ 5 เท่า ดังนั้นจึงทำให้ช่วยประหยัดเวลาในเช็คเชื่อเข้าเรียนได้และทำให้ครูผู้สอนนำเวลาส่วนนี้ไปใช้เพิ่มเติมในการสอนรายวิชาในห้องเรียนได้มากขึ้น เพื่อให้รูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบคุณภาพแอปพลิเคชัน

ฟังก์ชัน	แอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้บนแอนดรอยด์	Udemy	Coursera
ระบบเช็คชื่อผู้เรียน	✓	✗	✗
สร้าง course เรียน	✓	✓	✓
บทเรียนออนไลน์	✓	✓	✓

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของแอปพลิเคชันพบว่าแอปพลิเคชัน Udemy และ Coursera สามารถสร้าง course เรียนและมีบทเรียนออนไลน์ แต่ยังขาดเรื่องของการเช็คชื่อผู้เรียนภายในชั้นเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เพิ่มระบบการเช็คชื่อภายในแอปพลิเคชันเพื่อให้สามารถนำมาในการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้ ทำให้แอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. บทสรุป

ผลการวิจัย พบว่า การนำแอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มาใช้ในการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจมากขึ้นกว่าที่เรียนในรูปแบบดั่งเดิมคือการฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว ซึ่งการเรียนการสอนในรูปแบบเดิมนั้นทำให้ผู้เรียนนั้นเกิดความเบื่อหน่าย ดังนั้นแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นใช้ประกอบการสอนนี้จะทำให้การเรียนการสอนมีความน่าสนใจขึ้นและลดเรื่องของการใช้กระดาษเอกสารบทเรียน โดยที่ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาบทเรียนในรูปแบบไฟล์ PDF และสื่อการสอนในรูปแบบวิดีโอผ่านทางสมาร์ทโฟนของผู้เรียน ตามที่ผู้สอนได้ทำการจัดการวิชาเรียนบนเว็บไซต์ ซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ในทุกสถานที่โดยไม่ต้องฟังบรรยายเพียงแต่ในห้องเรียนเพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้เรียนไม่เกิดความเบื่อหน่าย รวมไปถึงเรื่องของการเช็คชื่อเข้าเรียนของผู้เรียนผ่านแอปพลิเคชันที่ช่วยให้ผู้สอนไม่ต้องเสียเวลาเรียกชื่อในการเช็คชื่อทำให้ประหยัดเวลาในการเรียนรู้ในห้องเรียนได้เพิ่มขึ้น ทำให้ผู้สอนมีเวลาในการสอนเพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ไตรรัตน์ ฉัตรแก้ว. (2547) **m-Learning** ค้นเมื่อ 27 สิงหาคม 2559 , จาก https://www.nectec.or.th/schoolnet/library/create-web/10000/generality/10000-13325.html

[2] เมธาสิทธิ์ ปูชิตภากรณ์. **เทคโนโลยี Location Based Service(LBS)** ค้นเมื่อ 7 กันยายน 2559 , จาก https://locationbasedbc429.wordpress.com

[3] เพ็ญศรี ศรีสวัสดิ์, กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ และ กานดา พูนลาภทวี.(2558) **การพัฒนาระบบการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ บนโทรศัพท์เคลื่อนที่**. พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 6 ฉบับที่ 1. ค้นเมื่อ 5 กันยายน 2559 , จาก http://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/jote/article/view/713

[4] ภาณุวัฒน์ วรพิทย์เบญจา, จำรัส กลิ่นหน และ ณรงค์ศักดิ์ ศรีสม. (2558) **การพัฒนาแอพลิเคชั่นการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเสมือนจริงบนอุปกรณ์เคลื่อนที่.** วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีที่ 8 ฉบับที่ 2. ค้นเมื่อ 5 กันยายน 2559 , จาก http://www.journal.itech.lpru.ac.th/

[5] Kann Seyitogullari และ Sevan Katrancioglu.(2013) **Mobile Learning Management System as a Course Supplementary.** ค้นเมื่อ 5 กันยายน 2559 , จาก http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813011543

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์

The Development of Multimedia Presentation of Kalasin's Traditional Prae-Wa Dance Patterns

กนกเนตร พินิจด่านกลาง[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ แอนิเมชั่นและเกม คณะอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

13 หมู่ 14 ตำบลสงเปลือย อำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ 46230 โทรศัพท์ 043-602031 E-mail: kanoknet@fci.ksu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เป็นอีกนวัตกรรมหนึ่งที่ช่วยในการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่บุคคล และยังสามารถเก็บเป็นข้อมูลเพื่อการศึกษาย้อยหลังได้ ในการพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ในเชิงการพัฒนาองค์ความรู้อย่างยั่งยืน เพื่อให้ผู้ที่ต้องศึกษาท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ ได้เรื่องรู้จากสื่ออย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผล ทั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ ในรูปแบบสื่อวีดีโอภาพเคลื่อนไหว ความยาว ไม่เกิน 10 นาที เนื้อหาประกอบด้วยการแนะนำท่าฟ้อน จำนวน 12 ท่า เมื่อพัฒนาสื่อเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้นำสื่อไปถ่ายทอดยังกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 70 คน ชม และประเมินความพึงพอใจสื่อที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ คุณภาพของสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านอยู่ในระดับดีมาก จำนวน 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเสียง รองลงมา ด้านการดำเนินเรื่อง และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด อยู่ในระดับดี ได้แก่ด้านภาพเคลื่อนไหว

โดยสรุปสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดีย เรื่องฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เพื่อการเรียนรู้ต่อไป

คำสำคัญ: สื่อมัลติมีเดีย, ท่าฟ้อนแพรวา

Abstract

Multimedia is an innovation that has been utilized to provide a knowledge body for people and to store the information for learning repetition. This study aimed to develop an effective multimedia presentation for Kalasin's Traditional Prae - Wa Dance Patterns to be a sustainable knowledge body for people who are interested in the Prae - Wa Dance Patterns. The researcher has created and developed a 10-minute video presentation Kalasin's Traditional Prae - Wa Dance Patterns. The video presents 12 patterns of the Prae - Wa Dance. The multimedia was tested with 70 participants. The participants watched and evaluated the multimedia. The research outcome indicated that the participant were satisfied with the multimedia presentation for Kalasin's Traditional Prae - Wa Dance Patterns. That is, sound and plot were rated with very high score. In term of animation, it was rated with the lowest score.

In conclusion, the multimedia presentation has been created and developed to promote the knowledge of Kalasin's Traditional Prae - Wa Dance Patterns to people. The participants were mostly satisfied with the benefit of the multimedia; therefore, it is verified to be an effective instructional media.

Keywords: Multimedia, Prae-wa Dance

1. บทนำ

การฟ้อนรำ ถือเป็นศิลปะแขนงหนึ่ง ที่สื่อทอดจากรุ่นสู่รุ่น โดยมีการดัดแปลงและพัฒนาตามสภาวการณ์ต่างๆ เพื่อนำเสนอความงามของศิลปะการฟ้อนรำ และเล่าเรื่องราวที่ต้องการสื่อสาร ผ่านการแสดง ซึ่งท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ เป็นศิลปะการฟ้อนรำที่ประยุกต์มาจากดัดแปลงมาจากท่วงท่าการทอผ้าไหมแพร โดยผู้แสดงจะแต่งกายด้วยการใช้ผ้าแพรวาสีต่างๆ พันอก ฟ้อนรำ โดยท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ได้นำการแสดง เนื่องในวโรกาสที่สมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ พระชนม์มายุครบ 60 พรรษา และในงานมหกรมการแสดงนาฏศิลป์ดนตรีและนิทรรศการงานศิลปะของสถาบันการศึกษา สังกัดกรมศิลปากรประจำปีการศึกษา 2535 ณ โรงละครแห่งชาติ และปัจจุบันการสืบทอดศิลปะการฟ้อนรำ ต้องอาศัยการสอนจากผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้รู้ ซึ่งพบว่าผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้รู้ในศิลปะแขนงนี้มีจำนวนน้อยลง และผู้สนใจในด้านศิลปะการฟ้อนรำมีจำนวนลดน้อยลง เนื่องจากกระแสความนิยมการแสดงจากต่างชาติ อาทิเช่น เกาหลี ญี่ปุ่น และชาติตะวันตกเข้ามามีอิทธิพลกับวัยรุ่นไทยมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะผลิตสื่อมัลติมีเดีย

ท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ ที่จะสามารถดึงดูดของเยาวชนได้มีความสนใจมากขึ้น และสามารถเก็บรักษาอนุรักษ์ศิลปะการฟ้อนรำให้เยาวชนรุ่นหลังสืบทอดต่อไป

จากปัญหาและความจำเป็นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์และพัฒนาเป็นสื่อมัลติมีเดีย โดยมีเนื้อหาประกอบด้วยการแนะนำท่าฟ้อนตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการแสดง เพื่อเก็บเป็นคลังความรู้ในการถ่ายทอดไปสู่คนรุ่นหลังในการศึกษาท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ และเป็นคลังความรู้ให้กับผู้ที่ต้องการศึกษาต่อไป การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียเรื่องฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1) ผ้าไหมแพรวา เป็นผ้าแพรสไบที่ทอด้วยเทคนิคการทอคล้ายกับผ้าจก นิยมทอให้มีความยาวประมาณ 1 วากับอีก 1 ศอกหรือ 1 ช่วงแขน หรือยาวประมาณ 2-2.5 เมตร ตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งเป็นผ้าทอพื้นบ้านของชาวภูไทบ้านโพน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ และนิยมทอกันอย่างแพร่หลายในหลายจังหวัด เพราะได้การสนับสนุนจากโครงการศูนย์ศิลปาชีพในสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ และมีการพัฒนารูปแบบ สีสัน และลวดลายต่าง ๆ มากขึ้น ทำให้ผ้าไหมแพรวาเป็นที่นิยม และนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งการฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ ได้ประดิษฐ์คิดค้นการแสดงโดย คณาจารย์ภาควิชานาฏศิลป์และดุริยางค์ โดยการควบคุมของ นายสิริชัย นักจำรูญ ผู้อำนวยการจากวิทยาลัยนาฏศิลปกาฬสินธุ์ ในปี พ.ศ. 2534 เนื่องในวโรกาสที่สมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ พระชนม์มายุครบ 60 พรรษา และได้ออกนำเสนอผลงาน ในงานมหกรมการแสดงนาฏศิลป์ดนตรีและนิทรรศการงานศิลปะของสถาบันการศึกษา สังกัดกรมศิลปากรประจำปีการศึกษา 2535 ณ โรงละครแห่งชาติ โดยผู้แสดงแต่งกายด้วยการใช้ผ้าแพรวาสีต่าง ๆ พันอก ท่าฟ้อนรำก็ได้ดัดแปลงมาจากท่วงท่าการทอผ้าไหมแพรวา [1]

2) มัลติมีเดีย (Multimedia) มาจากคำ 2 คำ คือ มัลติ หมายถึง ความข่าวสาร เมื่อรวมกันจึงมีความหมายว่าการทำงานร่วมกับสื่อหลายๆ อย่าง เพื่อทำหน้าที่สื่อสาร ระหว่างกันและกัน เพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น การสื่อสารด้วยข้อความ ภาพนิ่ง วีดิทัศน์ เสียง [2] กระบวนการออกแบบและการสร้างสื่อมัลติมีเดีย ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคนิค ADDIE [3] เป็นรูปแบบการสอนที่ออกแบบขึ้นมา เพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบการเรียนการสอน โดยอาศัยหลักของวิธีระบบ (System Approach) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าสามารถนำไปใช้ออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็น CAI/CBT , WBI/WBT หรือ E-Learning ก็ตามเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ครอบคลุมกระบวนการทั้งหมดและเป็นระบบปิด (Closed System) โดยพิจารณาจากผลลัพธ์ในขั้นประเมินผลซึ่งเป็นขั้นสุดท้ายแล้วนำข้อมูลไปตรวจปรับ (Feed back) มีขั้นตอนจำนวน 5 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ (Analyze) ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design) ขั้นที่ 3 การพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย (Development) ขั้นที่ 4 การนำไปใช้/การทดลอง (Implementation) ขั้นที่ 5 การประเมินและปรับปรุงแก้ไข (Evaluation)

2.2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

นิเวศน์ วงศ์ประทุม [3] ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียประกอบการสอนวิชาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีชาร์ป 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียประกอบการสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.47/82.66 สูงกว่าเกณฑ์ที่ต้องไว้ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้สื่อมัลติมีเดียประกอบการสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อมัลติมีเดียอยู่ในระดับดีมาก

อังค์สร กฤตนันท์ [4] ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียโดยใช้บริบทชุมชนเชิงสร้างสรรค์เรื่องเครื่องเบญจรงค์ สำหรับนักศึกษาช่วงชั้นที่ 3 พบว่า การพัฒนาและหาประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ที่เรียนด้วยสื่อมัลติมีเดียมีสิทธิภาพเท่ากับ 79.17/79.11 เป็นไปตามเกณฑ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนกับเรียนหลัง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความคิดเห็นของผู้เรียนต่อสื่อมัลติมีเดียอยู่ในระดับดี

อติพร ปานพุ่ม และวงกต ศรีอุไร [5] การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่องการทดลองวิทยาศาสตร์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สำหรับนำเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 พบว่า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.00/89.75 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมาก

จิตตพันธ์ แสนเมือง [6] ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียบนเว็บ วิชาดนตรี โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบโกลเบสซิเนริโอ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก และความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้จากการใช้สื่อมัลติมีเดียอยู่ในระดับมากที่สุด

3. ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียน วิทยาลัยนาฏศิลปกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนวิทยาลัยนาฏศิลปกาฬสินธุ์ จำนวน 70 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.2. ด้านเนื้อหา

ผู้วิจัยได้ศึกษา ท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ จากการสัมภาษณ์ นายสิริชัย นักจำรูญ ผู้อำนวยการจากวิทยาลัยนาฏศิลปกาฬสินธุ์ ผู้ประดิษฐ์คิดค้นการแสดง ฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ จำนวน 12 ท่า ดังนี้

ท่าที่ 1 เอียงซ้ายมือซ้ายจีบม้วนออกเป็นตั้งวงมือขวาจีบม้วนออกเป็นตั้งวงกลางก้าวเท้าซ้ายเปลี่ยนเอียงศีรษะเป็นเอียงขวามือทั้งสองพนมมือระดับอกก้าวเท้าขวาปฏิบัติทั้งหมด 6 ครั้ง

ท่าที่ 2 ศีรษะตรงก้มหน้าเล็กน้อยมือทั้งสองจีบหงายระดับชายพกก้าวเท้าซ้ายมือทั้งสองดึงจีบออกมาเป็นตั้งวงกลางระดับไหล่แล้วมือทั้งสองจีบคว่ำปล่อยออกเป็นตั้งวงเอียงซ้ายก้าวเท้าขวา ปฏิบัติทั้งหมด 6 ครั้ง

ท่าที่ 3 กลุ่มที่ 1 เอียงขวา มือขวาจีบมือม้วนออกระดับชายพกมือซ้ายจีบม้วนมือระดับเอวเป็นมาปฏิบัติด้านซ้ายเอียงซ้ายมือซ้ายจีบมือม้วนออกระดับชายพกมือขวาจีบม้วนมือออกระดับเอว ก้าวเท้าขวาเอียงซ้ายมือซ้ายแทงมือออกข้างลำตัวมือขวาไล่นิ้วเลื่อนมือทั้งสองขึ้นระดับศีรษะ ปฏิบัติทั้งหมด 5 ครั้ง

กลุ่มที่ 2 เอียงขวามือขวาจีบหงายระดับชายพกด้านซ้ายแตะเท้าขวามือซ้ายจีบส่งหลัง แล้วกลับมาเอียงซ้ายมือซ้ายดึงจีบขึ้นมาตั้งวงระดับหน้ามือขวาจีบคว่ำระดับหน้าลักคอขวาและซ้ายแล้วปล่อยจีบออกเป็นตั้งวงระดับหน้าขยับขวา 2 จังหวะ ปฏิบัติทั้งหมด 5 ครั้ง

ท่าที่ 4 ศีรษะเอียงซ้ายมือทั้งสองจีบปล่อยออกมือระดับข้างสะโพกก้าวเท้าซ้ายหันมาด้านซ้ายมือทั้งสองจีบมือทั้งสองม้วนออกตั้งวงระดับศีรษะเอียงขวาก้าวเท้าขวา ปฏิบัติทั้งหมด จนหมดจังหวะเพลงช้า

ท่าที่ 5 ผู้แสดงแถวกลางนั่งลงไล่ระดับเอียงซ้ายมือขวาจีบคว่ำระดับชายพกมือซ้ายทำท่าผาลาสั้นแล้วเปลี่ยนมาเอียงขวามือขวาเปลี่ยนเป็นท่าผาลาสั้นมือซ้ายจีบคว่ำระดับชายพกส่วนผู้แสดงที่อยู่แถวด้านหลังปฏิบัติท่ารำท่าที่ 4 ไปเรื่อย ๆ จนหมดจังหวะเพลง

ท่าที่ 6 แตะเท้าขวาหันหน้าไปด้านขวามือทั้งสองประกบกันในลักษณะท่าตบมือเอียงซ้ายก้มตัวเล็กน้อยหันตัวมาด้านซ้ายยกเท้าขวามือขวาตั้งวงระดับแง่ศีรษะมือซ้ายจีบจีบเข้าหาลำตัวในลักษณะซ้อนมือปฏิบัติทั้งหมด 8 ครั้ง

ท่าที่ 7 ศีรษะเอียงขวาแตะเท้าขวามือขวาจีบม้วนมือออกตั้งวงระดับปากมือซ้ายหงายหักข้อมือระดับแง่ศีรษะแล้วเปลี่ยนมาศีรษะเอียงซ้ายมือซ้ายจีบม้วนมือออกระดับปากแตะเท้าซ้ายมือขวาหงายหักข้อมือระดับแง่ศีรษะ และก้าวเท้าขวาลงด้านหน้าหนักหน้าเปิดส้นเท้าหลังเอียงซ้ายมือขวาจีบม้วนมือออกตั้งวงระดับชายพกมือซ้ายทอดแขนลงหักข้อมือข้างลำตัว ปฏิบัติทั้งหมด 4 ครั้ง

ท่าที่ 8 ศีรษะเอียงซ้ายมือทั้งสองจีบหงายข้างสะโพกขวาแล้วปล่อยออกเป็นตั้งวงข้างสะโพกขวาแตะเท้าซ้าย ศีรษะเอียงขวามือทั้งสองจีบหงายข้างสะโพกซ้ายแล้วปล่อยออกเป็นตั้งวงข้างสะโพกซ้ายแตะเท้าขวา

ท่าที่ 9 มือขวาตั้งวงระดับชายพก มือซ้ายจีบส่งหลังลักคอซ้ายเท้าแตะส้นเท้าด้านหน้าแล้วเปลี่ยนมือซ้ายตั้งวงระดับชายพกมือขวาจีบส่งหลังลักคอขวาเท้าขวาแตะส้นเท้าด้านหน้า

ท่าที่ 10 ผู้แสดงกลุ่ม 1 ส่ายมือลงนั่งตรงกลาง ผู้แสดงกลุ่ม 2 มือขวาตั้งวงมือซ้ายทอดแขนลงข้างลำตัวหักข้อมือ (ท่าผาลา) ผู้แสดงกลุ่ม 2 ปฏิบัติท่ารำไปเรื่อยๆ กลุ่มผู้แสดงกลุ่ม 1 ก้มตัวลงเอียงขวามือซ้ายจีบมือข้างลำตัวมือขวาหักข้อมือแล้วเปลี่ยนมาปฏิบัติด้านก้มตัวลงเอียงซ้ายมือขวาจีบมือข้างลำตัวมือซ้ายหักข้อมือแล้วเปลี่ยนมาปฏิบัติด้านแล้วยืดตัวขึ้นเอียงขวามือขวาหงายมือหักข้อมือลงระดับแง่ศีรษะมือซ้ายจีบคว่ำระดับข้อมือขวา

ท่าที่ 11 ลุกขึ้นแตะเท้าขวามือขวาจีบยาวข้างลำตัวมือซ้ายใช้นิ้มหัวแม่มือนิ้วชี้และนิ้วกลางแตะที่ไหล่ลักคอซ้ายแล้วปฏิบัติสลับข้าง

ท่าที่ 12 ลักคอซ้ายลักคอขวามือขวาจีบหงายข้างลำตัวมือซ้ายตั้งวงข้างลำตัวดึงจีบสลับกันไปมาแล้วมือขวาทำท่าบัวชูฝักมือซ้ายจีบส่งหลังเท้าใช้ส้นเท้าซ้ายวางด้านหน้าและปฏิบัติสลับกันไปมา

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) สื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ 2) แบบประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้สื่อมัลติมีเดีย

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย ประยุกต์ใช้เทคนิค ADDIE [3] เพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย) มีขั้นตอนจำนวน 5 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design) ขั้นที่ 3 การพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย (Development) ขั้นที่ 4 การนำไปใช้/การทดลอง (Implementation) ขั้นที่ 5 การประเมินและปรับปรุงแก้ไข (Evaluation)

รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำสื่อมัลติมีเดีย

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อมัลติมีเดียเรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ ซึ่งผลจากการศึกษาท่าฟ้อนแพรวา จำนวน 12 ท่า และมีผลการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ โดยผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อสื่อ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านการดำเนินเรื่อง	4.71	.24	ดีมาก
2. ด้านเนื้อหา	4.29	.33	ดี
3. ด้านภาพเคลื่อนไหว	4.12	.05	ดี
4. ด้านเสียง	5.00	.00	ดีมาก
โดยรวม	4.53	.10	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าคุณภาพของสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านอยู่ในระดับดีมาก จำนวน 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเสียง รองลงมา ด้านการดำเนินเรื่อง และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด อยู่ในระดับดี ได้แก่ด้านภาพเคลื่อนไหว

2. ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียเรื่องฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อสื่อมัลติมีเดีย

ความพึงพอใจต่อสื่อ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ	4.19	.47	มาก
2. ด้านภาพ	3.66	.46	มาก
3. ด้านเสียง	4.24	.56	มาก
4. ด้านตัวอักษร	3.52	.51	มาก
5. ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	4.05	.44	มาก
โดยรวม	3.93	.37	มาก

จากตาราง 2 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ โดยรวมอยู่ในระดับมาก แต่เกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านอยู่ในระดับมากทุกด้าน ได้แก่ ด้านเสียง รองลงมา ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดอยู่ในระดับมาก ได้แก่ ด้านตัวอักษร

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัย พบว่า การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ จากการศึกษาท่าฟ้อนแพรวา จำนวน 12 ท่า ได้พัฒนาสื่อมัลติมีเดีย มีความยาว ไม่เกิน 10 นาที โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดียในระดับดีมาก และเมื่อนำสื่อไปทดลองใช้กับนักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดีย เรื่องท่าฟ้อนแพรวากาฬสินธุ์ในระดับมาก สามารถนำไปเป็นประกอบการให้ความรู้หรือใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

เอกสารอ้างอิง

[1] อดิศักดิ์ สาสิริ. “การฟ้อนรำจังหวัดกาฬสินธุ์”. [ออนไลน์]. 2550 [สืบค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2560]; ได้จาก: http: http://www.isan.clubs.chula.ac.th

[2] ฐะปะนีย์ เทพญา. “มัลติมีเดียกับงานบริการห้องสมุด”. วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2540; 8[1]: 6-9.

[3] นิเวศน์ วงศีประทุม. “การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียประกอบการสอนวิชาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีชาร์ป 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” [วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต]. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร; 2558.

[4] อังค์สร กฤตนันท์. “การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียโดยใช้บริบทชุมชนเชิงสร้างสรรค์เรื่องเครื่องเบญจรงค์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3” [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2557.

[5] อดิพร ปานพุ่ม และวงกต ศรีอุไร. “การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่องการทดลองวิทยาศาสตร์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สำหรับนำเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2” เอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 10; 8 - 9 พฤษภาคม 2557; ภูเก็ต, ประเทศไทย: 2557. หน้า 425-430.

[6] จิตตพันธ์ แสนเมือง. “พัฒนาสื่อมัลติมีเดียบนเว็บ วิชาดนตรี โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบโกลเบสซิเนริโอ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่” [วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต]. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2555.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน กลุ่มวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

Computer game with learning entitled in "Kids garden" in occupations and technology subject for Prothomsuksa 5

คณิศร จี้กระโทก[1] รวี เวธิตะ[2] และ จีรนันท์ ล้อดงบัง[3]

[1]สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040 E-mail: kanisorn.je@365.udru.ac.th

[2]สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040 E-mail: rwraweegame@gmail.com

[3]สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040 E-mail: jeeranan.lor@gmail.com

บทคัดย่อ

เกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน กลุ่มวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนอนุบาลหนองหานวิทยายน ในปีการศึกษาที่ 2558 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ เกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน กลุ่มวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และแบบประเมินความพึงพอใจ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, SD= 0.12)

คำสำคัญ: เกมคอมพิวเตอร์, งานเกษตรคู่บ้าน

Abstract

The purposes of this research were to 1) development of computer game with learning entitled in "Kids garden" in occupations and technology subject for Prothomsuksa 5 2) study the satisfaction who learned by using the developed of computer game with learning entitled in "Kids garden" in occupations and technology subject for Prothomsuksa 5. The samples were 30 for student Prothomsuksa 5/4 in Anubannonghanwittayayon school, semester of 2015. The research instruments consisted computer game with learning entitled in "Kids garden"and a satisfaction questionnaire. Results of the research were as follows: The satisfaction with learning through use of the computer game was a high level ($\bar{X}$ = 4.52, SD= 0.12).

Keywords: computer game, Kids garden

1. บทนำ

ความก้าวหน้าในเทคโนโลยีสารสนเทศมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยทำให้ออกแบบ พัฒนา และการใช้นวัตกรรมการศึกษากลายเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ ที่สำคัญในด้านการศึกษาในยุคปัจจุบัน [1] นวัตกรรมด้านศึกษารูปแบบหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจในบทเรียนมากขึ้น ได้แก่ เกมคอมพิวเตอร์ เพราะมีแรงกระตุ้น (motivation) ธรรมชาติของมนุษย์นั้น ทุกเพศทุกวัยต้องการความเป็นที่หนึ่ง ด้วยความอยากเล่นนี้เองทำให้ผู้ที่เล่นเกมได้พัฒนาทักษะด้านต่างๆ ความมีอิสระในขณะเล่นเกมเป็นอีกส่วนที่สามารถบังคับให้ผู้เรียน ต้องทำการสำรวจทางเลือกเพื่อการแก้ปัญหาและชนะการแข่งขัน โดยการสำรวจในเกมเป็นการบังคับแบบผู้เล่นให้ความยินยอมพร้อมที่จะทำการสำรวจทดสอบ และทดลองสิ่งใหม่ๆ เสนอสิ่งท้าทายและการให้รางวัล ในหลายๆ ครั้งเราสามารถใช้เกมเป็นแบบทดสอบเพื่อช่วยในการผ่อนคลาย การใช้เกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาจึงสามารถช่วยลดแรงกดดันในการเรียน และลดความตึงเครียดให้ผู้เรียนได้ในระดับหนึ่ง [2] วิธีสอนโดยใช้เกม จึงเป็นวิธีการที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เรื่องต่าง ๆ อย่างสนุกสนานและท้าทายความสามารถ โดยผู้เรียนเป็นผู้เล่นเองและมีความต้องการที่จะเล่น ทำให้ได้รับประสบการณ์ตรง เป็นวิธีการที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมได้

อย่างเต็มที่ [3] การใช้เกมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการศึกษาเป็นการช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียน ด้วยการนำเสนอเนื้อหาที่มีความแปลกใหม่ น่าสนใจ ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจโดยอยู่ภายใต้ของกฎ กติกาของเกม ที่จะต้องปฏิบัติตาม เกมคอมพิวเตอร์เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ได้รับความสนุกสานและที่สำคัญทำให้เกิดการเรียนรู้ขึ้นพร้อมๆกัน ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องเรียนแต่ภายในห้องเรียนเท่านั้น ยังสามารถเรียนรู้จากภายนอกซึ่งช่วยให้เกิดการเรียนรู้ตลอดเวลา [4] จากปัญหาในปัจจุบันที่นักเรียนขาดสมาธิ และมีความสนใจในการเรียนรู้น้อย ขาดความกระตือรือร้นในการเรียน ซึ่งวัดได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อีกทั้งในปัจจุบันหน่วยงานรัฐให้ความสำคัญเกี่ยวกับการศึกษาทางการเกษตรกรรมมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงการนำสื่อการสอนในรูปแบบเกมคอมพิวเตอร์ เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ กระตือรือร้นต่อการเรียน

2. ขอบเขตของการศึกษา

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอนุบาลหนองหานวิทยายน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวนทั้งหมด 128 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนอนุบาลหนองหานวิทยายน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวนทั้งหมด 30 คน

2.2 เนื้อหา

การศึกษาครั้งนี้ใช้เนื้อหาสาระวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาที่ 5 ตามมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน ประกอบไปด้วย 5 เนื้อหาตามลำดับ ดังนี้

1) รู้จักเครื่องมือเกษตร
2) ดินและปุ๋ย
3) การขยายพันธุ์พืชผักสวนครัว
4) การดูแลรักษาพืชผักสวนครัว
5) ตัวอย่างการปลูกพืชผักสวนครัว

3. ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเกม

3.2.1 โปรแกรม stencyl 3.40 beta2 ใช้ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาเรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน

รูปที่ 1 โปรแกรม stencyl 3.40 beta2 ที่ใช้ในการพัฒนาเกม

3.2.2 โปรแกรม Photoshop CS6 ในการสร้างรูปภาพเพื่อใช้ในเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาเรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน

รูปที่ 2 โปรแกรม Photoshop CS6

4. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

4.1 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ พัฒนาตามขั้นตอน ดังนี้

4.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กระทรวงศึกษาธิการ กลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี เทคโนโลยี เกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มาตรฐานวิชาชีพ เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน [5]

4.1.2 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี

4.1.3 ศึกษาการวัดและประเมินผลตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ

5. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในการดำเนินงานในครั้งนี้ ได้แบ่งการนำเสนอรายออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.1 ผลการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน

รูปที่ 3 หน้าจอแรกของเกมคอมพิวเตอร์

รูปที่ 4 เนื้อหาพืช และรายระเอียดในการปลูก การเก็บผลผลิตในเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา

รูปที่ 5 ผู้เล่นสามารถเข้ามาเพื่อศึกษาขั้นตอนของการเล่นเกม โดยการศึกษาข้อมูลได้จากไอคอนคุณลุงด้านขวาบน

รูปที่ 5 ผู้เล่นสามารถเข้ามาเพื่อศึกษาขั้นตอนของการเล่นเกม โดยการศึกษาข้อมูลได้จากไอคอนคุณลุงด้านขวาบน

5.2 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา โดยได้นำแบบประเมิน ความพึงพอใจที่ได้จากนักเรียน มาวิเคราะห์หาระดับความพึงพอใจ โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยในการวิเคราะห์ จะใช้ค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์การประเมินดังนี้ [6] ดังแสดงในตารางที่ 1

4.50 – 5.00 หมายความว่า มากที่สุด
3.50 – 4.49 หมายความว่า มาก
2.50 – 3.49 หมายความว่า ปานกลาง
1.50 – 2.49 หมายความว่า น้อย
1.00 – 1.49 หมายความว่า น้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยเกมคอมพิวเตอร์

รายการ	$\bar{X}$	S.D	แปลผล	ลำดับ
ภาพประกอบในสื่อสวยงาม	4.70	0.53	มากที่สุด	1
สีสันที่ใช้มีความเหมาะสม	4.60	0.56	มากที่สุด	2
การจัดวางเนื้อหาและรูปภาพเหมาะสม	4.43	0.67	มาก	6
องค์ประกอบโดยรวมมีความน่าสนใจ	4.30	0.79	มาก	7
เสียงดนตรีมีความเพลิดเพลิน	4.43	0.81	มาก	6
ลำดับเนื้อหาเข้าใจง่าย	4.47	0.62	มาก	5
ตัวอักษรอ่านง่ายสวยงาม	4.53	0.62	มากที่สุด	3
การใช้งานเข้าใจง่าย	4.70	0.46	มากที่สุด	1
ได้รับความเพลิดเพลินในการใช้งาน	4.53	0.77	มากที่สุด	3
ได้รับความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืช	4.52	0.55	มากที่สุด	4
รวม	4.52	0.12	มากที่สุด	

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดมีสองหัวข้อ ได้แก่ ภาพประกอบในสื่อสวยงาม และการใช้งานเข้าใจง่าย ($\bar{X}$ = 4.70, 4.70 ตามลำดับ) และในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, SD= 0.12)

6. สรุป

ผลการวิจัยและพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาเรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน สามารถสรุปประเด็นได้ดังนี้ นักเรียนมีความสนใจต่อบทเรียนที่เป็นแบบเกมทำให้เกิดการสามารถช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ในตัวเด็กได้ในระดับหนึ่ง [7] เนื้อหาของบทเรียนมีภาพประกอบในสื่อสวยงาม เป็นอีกหนึ่งตัวช่วยที่ทำให้เด็กเกิดการจดจำที่ดี และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง [8] ในด้านความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาเรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เพราะเนื้อหาของเกมมีการใช้งาน เข้าใจง่าย ตัวอักษรอ่านง่ายสวยงาม เป็นส่วนที่ช่วยในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี [6]

7. กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการ คณะครู โรงเรียนอนุบาลหนองหานวิทยายน เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ทีมผู้วิจัยเข้าไปทำงานวิจัยในครั้งนี้ และขอบใจนักเรียน โรงเรียนอนุบาลหนองหานวิทยายน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิวัฒน์ มีสุวรรณ์. “การเรียนรู้ด้วยการสร้างโลกผสานเสมือนจริง”. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.** 13(2) พฤษภาคม-สิงหาคม 2554, 2554.

[2] โกวิท รพีพิศาล. "เกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา". **นิเทศศาสตรปริทัศน์**, 2553.

[3] ทิศนา แขมมณี. "14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ". กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[4] วิชัย บำรุงศรี. “การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกเสียงภาษาอังกฤษของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก”, **ปริญญานิพนธ์**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก, 2550.

[5] กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ. "หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม(ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545". กรุงเทพมหานคร : องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.), 2546.

[6] มนตรี แย้มกสิกร. “เกณฑ์ประสิทธิภาพในงานวิจัยและพัฒนาสื่อการสอน”. วารสารศึกษาศาสตร์ ปีที่19 ฉบับที่ 1 เดือนตุลาคม 2550 มกราคม 2551. หน้า 1-16.

[7] พิทยา ถาพร. "การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกม เรื่อง เครือข่ายคอมพิวเตอร์เบื้องต้นที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ". **ปริญญานิพนธ์**. ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการศึกษา. มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2557.

[8] รัชฎาภรณ์ เอี่ยมโลกสูง. "การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องภาวะโลกร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1". **ปริญญานิพนธ์**. ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, 2555.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เกมเสริมทักษะการคิดคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6

Games to Improve Math Skills for Primary Students Grades 3-6

สุธาสินี ฉิมเล็ก[1] และ ชลภัทร ฟักเขียว[1]

[1]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000 โทรศัพท์ 055-961000 ต่อ 3225 E-mail: sutasineec@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การเรียนคณิตศาสตร์เป็นเรื่องยาก ทำให้เด็กเกิดความเบื่อต่อการเรียนการสอนได้ง่าย และไม่อยากเรียนรู้ จึงจำเป็นต้องมีการเรียนรู้แบบใหม่ที่จะทำให้เด็กเกิดความสนใจกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นรูปแบบการเรียนการสอนในรูปแบบเกมที่สร้างความสนุกสนาน จะสามารถช่วยกระตุ้นความสนใจ และเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้ให้แก่เด็ก ซึ่งการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและพัฒนาเกมเสริมทักษะการคิดคำนวณสำหรับเด็กระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เริ่มจากศึกษา รวบรวมข้อมูลจากเอกสาร แบบทดสอบคิดเลขเร็วของระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 แล้วนำมาพัฒนาเป็นสื่อเกม ซึ่งประกอบไปด้วยตัวการ์ตูนแอนิเมชั่นสำหรับเพื่อสร้างความน่าสนใจ โดยใช้โปรแกรมคอนสทรัค 2 ซึ่งเกมที่ได้พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจและระดับคะแนนที่ได้จากเล่นเกมจำนวน 3 ครั้ง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 จากโรงเรียนอนุบาลลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งพบว่าความพึงพอใจเฉลี่ย 2.93 อยู่ในระดับมาก และมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.15 คะแนนจากการเล่นเกมจำนวน 3 ครั้ง

คำสำคัญ: เกมเสริมทักษะการคิดคำนวณ, การคิดคำนวณ, เด็กระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6

Abstract

The mathematics is difficult for children that caused to bore and ignore to learn. Therefore, there is a new approach that was developed to motivate mathematics teaching and enhance learning with enjoyable activity such as games. This study aimed to research and develops game for calculated skills improvement of primary students in grades 3 - 6. This study collected data such as related theory and research study, calculation tests of primary students in grades 3 – 6. Game for calculated skills improvement of primary students in grades 3 – 6 consisted of design of animation cartoons and development game using CONSTRUCTION 2. The performances evaluation used satisfaction questionnaire and scores of three games playing from primary students in grades 3 - 6 at Anubanlankrabue School. The average satisfaction level was 2.93 that demonstrated high level of satisfaction. The average score increased 2.15 points from three times of games playing.

Keywords: Games to improve math skills, Math skills, Primary students grades 3-6

1. บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นวิชาเสริมสร้างทักษะ ยิ่งฝึกฝนมาก จะช่วยให้มีทักษะคณิตศาสตร์มากขึ้น ปัจจุบันคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญของศาสตร์อื่น ๆ อีกหลายสาขา เช่น วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ เป็นต้น คณิตศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล สามารถวิเคราะห์ปัญหาเพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

จากการเปรียบเทียบความสามารถในการเรียนด้านการคำนวณ การอ่าน และทางวิทยาศาสตร์ โดย PISA หรือโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment) ซึ่งเป็นโครงการประเมินผลการศึกษาของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจว่าระบบการศึกษาของประเทศ โดย PISA เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนวัย 15 ปี จากการประเมินในปี 2559 วิชาคณิตศาสตร์คะแนนเฉลี่ยมาตรฐานคือ 490 คะแนน จาก 600 คะแนน ซึ่งประเทศไทยได้คะแนนเฉลี่ยที่ 415 คะแนน [1] ซึ่งต่ำกว่าระดับเฉลี่ยมาตรฐาน ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจากปีก่อน

จากผลประเมินสามารถทางการคิดคำนวณของ PISA นั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำแบบสำรวจเพื่อวัดระดับความรู้ทางด้านการคิดคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 จากกลุ่มตัวอย่างคือโรงเรียนอนุบาล

ลานกระบือ ตำบลลานกระบือ อำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร โดยทำการสุ่มกลุ่มนักเรียนตัวอย่างทั้งหมด 30 คน เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 5 คน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 คน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 คน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 10 คน เพื่อทำแบบทดสอบคิดเลขเร็วจากการบวก ลบ คูณ หาร โดยใช้เลขจำนวนเต็ม 1 - 4 หลัก แบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 ชุด ชุดที่หนึ่งความยากอยู่ในระดับง่าย ชุดที่สองความยากอยู่ในระดับปานกลางและชุดที่สามอยู่ในระดับยาก โดยแต่ละชุดจะมีคำถามชุดละ 7 ข้อ รวมทั้งหมดจำนวน 21 ข้อ คะแนนเต็ม 21 คะแนน และจับเวลา 10 นาทีในการทำแบบทดสอบ พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 มีค่าเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบได้ประมาณ 14 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.74 มีนักเรียนทำคะแนนได้สูงสุด 20 คะแนน และได้คะแนนต่ำสุด 5 คะแนน

ดังนั้นจากผลการทดสอบของ PISA และกลุ่มตัวอย่าง แสดงให้เห็นศักยภาพและความสามารถในการเรียนด้านการคำนวณของนักเรียนไทยอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ดี จึงมีความจำเป็นต้องมีการเรียนรู้แบบใหม่ที่จะทำให้เด็กเกิดความสนใจกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนในรูปแบบเกมที่สร้างความสนุกสนาน โดยที่ผู้เรียนเป็นผู้เล่นเอง ทำให้ได้ประสบการณ์ตรง เป็นวิธีที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมสูง ซึ่งจะสามารถช่วยกระตุ้นความสนใจ และเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนได้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและพัฒนาเกมเสริมทักษะการคิดคำนวณสำหรับเด็กระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6

ข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตรคณิตศาสตร์ [2] มีเนื้อหาดังนี้

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยการบวก ลบ คูณ หาร และบวก ลบ คูณ หารระคนของจำนวนนับไม่เกินหนึ่งแสน และศูนย์

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยการบวก ลบ คูณ หาร และบวก ลบ คูณ หารระคนของจำนวนนับและศูนย์

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วยการบวก ลบ คูณ หาร และบวก ลบ คูณระคนของเศษส่วน ที่คำตอบเป็นทศนิยมไม่เกินสองตำแหน่ง

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วยการบวก ลบ คูณ หาร และบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วน จำนวนคละ และทศนิยม

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศักรินทร์ หมื่นนรินทร์ [3] พัฒนาเกมฝึกทักษะการบวกและการลบเลขอย่างง่ายสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนบ้านคลองตะเคียน จำนวน 30 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการเลือกใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง แล้วทำการพัฒนาเกมฝึกทักษะการบวกและ การลบเลขอย่างง่ายขึ้นมา ได้ผลการวิจัยพบว่า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.86/84.50

ดวงฤดี ศรีวงษา [4] พัฒนาทักษะการคิดคำนวณเรื่องการคูณการหารโดยใช้เกมคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม มีเครื่องมือ คือ แผนการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียนหลังเรียนและแบบสอบถามความพึงพอใจ พบว่านักเรียนมีทักษะในการคิดคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีอัตราพัฒนาการด้านทักษะการคิดคำนวณระหว่างเรียนเท่ากับ 0.28 เพิ่มค่าเฉลี่ยขึ้น 0.14 คะแนนต่อครั้ง จากคะแนนเต็ม 5 และนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ปรัชญา สุริวงษ์และคณะ [5] พัฒนาเกมหมู โดยจะมีการเน้นสร้างฉากเกมการคิดเลขที่สวยงามสดใสสบายตา ซึ่งเกม 2 รูปแบบ คือ แบบเล่นฝึกทักษะที่มีระดับการฝึกสูงสุดถึง 20 ระดับ ในระหว่างเล่นเกมผู้เล่นยังสามารถสะสมเหรียญ และคะแนนทักษะต่างๆ เพื่อเพิ่มความดึงดูดใจในการเล่นเกม และแบบการเล่นเกมแข่งขัน โดยที่ผู้เล่นสามารถสร้างห้องแข่งขันได้ ซึ่งผู้เข้าร่วมแข่งขันจะต้องมีระดับดาวจากการฝึกทักษะที่เท่าเทียมกันกับผู้สร้างห้องแข่งขัน ในการเล่นเกมแข่งขันทุกครั้งจะต้องใช้เหรียญที่สะสมจากการเล่นแบบฝึกทักษะ

3. การออกแบบเกมเสริมทักษะการคิดคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6

การออกแบบเกมในครั้งนี้แบบการออกแบบเป็น 2 ส่วนคือ การออกแบบระบบการทำงานของเกมและการออกแบบหน้าจอการทำงานของเกม

3.1 การออกแบบระบบการทำงานของเกม

ลักษณะการทำงานของเกมเสริมทักษะการคิดคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6 จะเป็นการทำโจทย์คำถามเกี่ยวกับการบวก ลบ คูณและหาร โดยโจทย์ที่เตรียมไว้ระดับชั้นละ 400 ข้อ โดยแบ่งเป็นระดับง่าย 200 ข้อ ระดับยาก 200 ข้อ ซึ่งโจทย์ที่แสดงให้นักเรียนทำจะถูกสุ่มขึ้นมาจากระดับง่ายก่อน ถ้านักเรียนสามารถทำระดับง่ายได้คะแนนตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วระบบจะทำการสุ่มโจทย์ในระดับยาก

รูปที่ 1 ระบบการทำงานของเกม

การสุ่มโจทย์นี้ทำให้นักเรียนที่ทำระดับง่ายไม่ถูกต้อง จะได้ฝึกฝนโจทย์ในระดับง่ายจนกระทั่งสามารถทำคะแนนได้ตามเงื่อนไงที่กำหนดจึงจะได้โจทย์ในระดับยาก ซึ่งทำให้นักเรียกไม่เกิดความท้อถอยในการทำโจทย์ เพราะระบบได้สุ่มโจทย์จากระดับความสามารถของนักเรียน ส่วนนักเรียนที่สามารถทำโจทย์ระดับง่ายได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด จะได้โจทย์ระดับยากเพื่อฝึกฝนโจทย์ในระดับยากให้มากขึ้น

โดยลักษณะการเล่นเกม นักเรียนสามารถเลือกเล่นเกมได้ 2 แบบคือ แบบที่ 1 จะเป็นโจทย์รวมสำหรับนักเรียนทุกระดับตั้งแต่ ป.3-ป.6 ซึ่งสุ่มโจทย์ตั้งแต่ระดับง่ายของ ป.3 จนถึงระดับยากของ ป.6 ส่วนแบบที่ 2 เป็นการเลือกโจทย์ทำตามระดับชั้นที่ต้องการ คือ ป.3 ป.4 ป.5 และ ป.6 โดยการเล่นจะมีการกำหนดเวลาในการเล่น และเมื่อตอบได้ถูกต้องในแต่ละข้อ จะได้คะแนนโบนัสบวกเวลาในการเล่นให้ 5 วินาที ซึ่งทำให้เสริมสร้างความท้าทายในการฝึกฝนทักษะให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งแผนผังงานสำหรับการทำงานของเกมแสดงดังรูปที่ 1

3.2 การออกแบบหน้าจอการทำงานของเกม

เกมที่ได้ออกแบบจะเพิ่มความสนุกสนานในการทำโจทย์การคำนวณด้วยการต่อสู้กับเหล่าสัปหลาดเพื่อไปหาคำตอบที่ถูกต้อง โดยในการต่อสู้จะมีพลังชีวิต ถ้าแพ้สัตว์ประหลาดพลังชีวิตจะน้อยลง ซึ่งการออกแบบจะประกอบด้วยตัวละครแทนตัวผู้เล่น สัตว์ประหลาดและฉากต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งฉากการแต่ละเกมที่เลือกจะแตกต่างกัน ซึ่งใช้โปรแกรม Adobe Illustrator CC สำหรับออกแบบตัวละครและฉากต่างๆ และโ ปรแกรมAdobe Photoshop CC สำหรับตกแต่งภาพ

หน้าจอของเกมประกอบด้วยหน้าจอหลักคือ หน้าจอคำชี้แจง หน้าจอการเลือกตัวละคร หน้าจอการเลือกเกม หน้าจอการเล่นเกมและหน้าจอแสดงคะแนน แสดงดังรูปที่ 3

4. ผลของการพัฒนาเกมและการประเมินประสิทธิภาพเกม

จากการออกแบบและพัฒนาเกมโดยใช้โปรแกรมคอนสทรัค 2 จะได้หน้าจอของเกมเสริมทักษะการคิดคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6 แสดงดังรูปที่ 4

การทดสอบประสิทธิภาพของเกมโดยการวัดความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างของระดับชั้นปีที่ 3 - 6 จำนวน 30 คน โดยแบ่งระดับความพึงพอใจเป็น 3 ระดับคือ

ระดับการประเมิน 1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

ระดับการประเมิน 2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

ระดับการประเมิน 3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลคือค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคำถามแบ่งเป็น 3 ส่วนคือส่วนการออกแบบมีระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 2.93 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.285 ส่วนการใช้งานของระบบมีระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 2.9 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.3 ส่วนการความรู้มีระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 2.97 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.11 ซึ่งผลจากการ

ประเมินโดยรวมระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 2.93 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.23

การทดสอบการพัฒนาทักษะการเรียนรู้โดยการเปรียบเทียบคะแนนการเล่นเกมจำนวน 3 ครั้งพบว่าโดยมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.15 คะแนน

รูปที่ 2 ตัวอย่างการออกแบบองค์ประกอบเกม

รูปที่ 3 ตัวอย่างการออกแบบหน้าจอเกม

5. สรุป

สัตว์ประหลาด

การพัฒนาเกมเสริมทักษะการคิดคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6 ในรูปแบบของการสุ่มโจทย์ตามระดับความสามารถของนักเรียน และการใช้ฉากการต่อสู้กับช่วยกระตุ้นการเรียนรู้การคำนวณด้วยความสนุกสนาน ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทักษะและการเรียนรู้เรื่องการคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6

รูปที่ 4 ตัวอย่างหน้าจอเกม

เอกสารอ้างอิง

[1] โครงการ PISA ประเทศไทย, “สรุปผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์,” สสวท., กรุงเทพ, ไทย, ธ.ค., 2559.

[2] สุนทรี ทองชิตร์, *คณิตคิดเลขเร็ว ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6*, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: เดอร์บุคส์, 2552.

[3] ศักรินทร์ หมื่นนรินทร์, “เกมฝึกทักษะการบวกและการลบเลขอย่างง่ายสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1,” วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, RMUTT., 2555.

[4] ดวงฤดี ศรีวงษา, “การพัฒนาทักษะการคิดคำนวณเรื่องการคูณการหารโดยใช้เกมคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3,” ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, มสธ., 2553.

[5] ปรัชญา สุริวงษ์, “เกมหมูคิดเลขเร็ว,” วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, RMUT, 2556.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ดินแดนแห่งคำศัพท์

The Word Land

จิราภรณ์ ธำรงลักษณ์[1] ชานน คำประเสริฐ[2] และ ชวลิต ศรีสถาพรพัฒน์[3]

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 02-5625555 ต่อ 647234

E-mail : [1]Chirapont.T@ku.th [2]Chanon.Kh@ku.th [3]Chavalit.S@ku.th

บทคัดย่อ

The Word Land เป็นเกมค้นหาคำศัพท์ในตาราง เพื่อช่วยแก้ปัญหาทักษะคำศัพท์ภาษาอังกฤษของผู้เล่นชาวไทย โดยมีการเพิ่มเรื่องราว ตัวละคร และมอนสเตอร์ เพื่อให้เกมมีความสนุกสนานยิ่งขึ้น ผู้เล่นต้องเดินทางผจญภัยในดินแดนที่เรียกว่า Word Land โดยมีการต่อสู้กับมอนสเตอร์ที่ต้องใช้การค้นหาคำศัพท์ให้เร็วที่สุดเพื่อเอาชนะและผ่านด่านไปได้ นอกจากนี้ยังสามารถเล่นในแบบคลาสสิคได้ คือ เป็นการค้นหาคำศัพท์ในตารางโดยไม่ต้องแข่งกับมอนสเตอร์ ซึ่งเหมาะสำหรับผู้เล่นที่ต้องการฝึกคำศัพท์แบบสบาย ๆ ตัวเกมยังมีตัวช่วย เช่น พจนานุกรมเพื่อค้นหาคำศัพท์ที่ไม่ทราบความหมายได้ แอพพลิเคชันเกมนี้พัฒนาโดยยูนิตี้ และภาษา C# โดยทำงานได้กับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

คำสำคัญ: เกม, แอนดรอยด์, ค้นหาคำศัพท์

Abstract

The Word Land is a vocabulary word search game to solve the problem of low English vocabulary skill in Thai players, which incorporates story, characters and monsters to make game playing more enjoyable. Players travel into the adventure land called “Word Land,” and fight with monsters by searching English words as quickly as possible to conquer before passing to the next level. Classic mode, where players just solely search for words with neither time constraint nor competing with monsters, is available as well. The game provides dictionary to aid novice players in searching words’ meaning. This game application was developed for Android operating system using Unity and C#.

Keywords: game, android, word search

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีแอพพลิเคชันเกมมากมายที่ให้ทั้งความบันเทิงและความรู้แก่ผู้เล่น เกม The Word Land นี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อให้ผู้เล่นในทุกระดับสามารถเพลิดเพลินกับการเล่นเกม พร้อมกับได้รับความรู้ เป็นการพัฒนาศัพท์ภาษาอังกฤษไปด้วยในขณะเดียวกัน เกมจะเน้นฝึกทักษะความรวดเร็วในการหาคำศัพท์ที่กำหนดมาให้ในตาราง โดยศัพท์จะถูกสุ่มขึ้นมา เริ่มจากคำศัพท์ที่ง่าย ไม่ยาวนัก และจะค่อย ๆ เพิ่มความยากขึ้นในแต่ละด่านที่ผ่านไป มีการจับเวลาแบบแข่งกับตัวเองเพื่อให้ได้เวลาที่เร็วที่สุด และการจับเวลาในการต่อสู้กับมอนสเตอร์ในตัวเกม และเนื่องจากศัพท์ภาษาอังกฤษมีเป็นจำนวนมาก เพื่อเป็นการช่วยเหลือผู้ที่เริ่มต้นเล่น ในตัวเกมจะมีพจนานุกรมที่สามารถค้นหาคำศัพท์และความหมายได้ทั้งจากภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

เมื่อเริ่มเข้าสู่เกม ผู้เล่นจะต้องสร้างตัวละครที่แทนตนเองขึ้น ตัวละครจะได้เข้าไปผจญภัยใน The Word Land มีการเก็บสะสมค่าประสบการณ์ และเหรียญ เพื่อใช้ในการซื้อตัวละคร และไอเทมต่าง ๆ เพิ่มเติมได้ เกมมี 2 โหมด คือ โหมดคลาสสิค (Classic mode) ซึ่งเป็นการค้นหาคำศัพท์ในตารางให้ครบ โดยไม่มีการกำหนดระยะเวลาของการเล่น มีการเก็บค่าประสบการณ์และเหรียญ แต่จะไม่สามารถใช้ไอเทมช่วยในการเล่นเกมได้ และโหมดความรู้ (Knowledge mode) ซึ่งตัวละครจะต้องต่อสู้กับมอนสเตอร์ด้วยการพยายามค้นหาคำศัพท์ในกระดานให้เร็วที่สุด เมื่อค้นพบคำศัพท์แต่ละคำ จะเป็นการโจมตีมอนสเตอร์หนึ่งครั้ง พร้อมกับจะมีการใช้ไอเทมช่วยในการค้นหาคำศัพท์ เก็บค่าประสบการณ์และเหรียญที่ได้รับ โดยสามารถนำเหรียญไปแลกซื้อไอเทมและตัวละครได้ที่ร้านค้าของเกม

เกมได้ถูกพัฒนาให้ใช้ได้กับแอนดรอยด์ 4 และ 5 เป็นอย่างต่ำ โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนา คือ Android Studio, ยูนิตี้ (Unity) และภาษา C#

2. ทฤษฎีและวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยูนิตี้ (Unity)

ยูนิตี้ [1] เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาเกมซึ่งสามารถทำงานได้ในทุกแพลตฟอร์ม มีความสามารถใช้ตัวจัดการกราฟฟิกได้หลากหลาย เช่น Direct3D บน Windows และ Xbox 360, OpenGL บน Mac และ Linux, OpenGL ES บน Android และ iOS ผู้ใช้ยูนิตี้ยังสามารถเขียนสคริปต์เพื่อเพิ่มเติมลอจิกของเกมได้ โดยเลือกใช้ได้ทั้งการสร้างสคริปต์บน Mono ซึ่งเป็น Open Source Tool หรือ Unity Script หรือ C# ยูนิตี้ยังใช้ Unity Asset Server ในการเก็บสินทรัพย์ (asset) และสคริปต์ โดยใช้ฐานข้อมูล PostgreSQL และเก็บเสียงใน FMOD library โดยใช้ Theora codec ในการเข้ารหัสเสียง ซึ่งจะได้ไฟล์เสียงชนิด Ogg ในการพัฒนาเกมนี้ ได้ใช้ยูนิตี้เวอร์ชัน 5.0

2.2 ภาษาซีชาร์ป (C#)

C# [2] ถูกพัฒนาโดย Anders Hejlsberg บริษัทไมโครซอฟต์ ให้เป็นภาษาที่มีไวยากรณ์เรียบง่าย มีลักษณะคล้ายกับภาษา C และ C++ ส่งผลให้โปรแกรมเมอร์ภาษา C ทำงานกับ C# ได้อย่างรวดเร็ว ภาษา C# รองรับ OOP (Objected Oriented Programming)

3. การพัฒนาเกม

3.1 ตัวละคร

ผู้พัฒนาได้ออกแบบตัวละครขึ้น 16 ตัว ซึ่งมีคุณสมบัติ (ปริมาณเลือด, ความสามารถโจมตี, การป้องกัน, ค่าประสบการณ์ที่ได้รับ, เหรียญที่ได้รับ และไอเทมประจำตัว) แตกต่างกันไป ตัวอย่างของตัวละครฟรี ซึ่งผู้เล่นจะเลือกได้เมื่อเริ่มเล่น แสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ตัวอย่างตัวละครและคุณสมบัติต่าง ๆ

3.2 มอนสเตอร์

มอนสเตอร์ในเกมมีทั้งหมด 12 ตัว โดยแต่ละตัวจะมีค่าความสามารถแตกต่างกันออกไป ตัวอย่างของมอนสเตอร์แสดงในรูปที่ 2

3.3 ไอเทม

ไอเทม มีไว้สำหรับช่วยผู้เล่นในโหมด Knowledge โดยผู้เล่นจะใช้ไอเทมได้เพียงชิ้นเดียวต่อการเล่น 1 ด่าน ไอเทมมีทั้งหมด 5 ชนิด ตัวอย่างของไอเทม 2 ชนิด แสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 2 ตัวอย่างมอนสเตอร์ ฉากหลัง และคุณสมบัติต่าง ๆ

รูปที่ 3 ตัวอย่างไอเทม 2 ชนิด

3.4 Use case diagram

Use case diagram ของเกม The Word Land แสดงในรูปที่ 4 จะทำให้มองเห็นภาพรวมในส่วนของผู้เล่นเกมว่ามีปฏิสัมพันธ์กับระบบในส่วนใดบ้าง

3.5 การพัฒนาโปรแกรมบน Unity 2D

ฉากในเกมสำหรับ Unity นั้นจะเรียกว่า scene โดยภายใน scene จะประกอบด้วย GameObject หรือวัตถุในเกม ซึ่ง script ที่เขียนขึ้นเพื่อให้เกมทำงานตามต้องการ จะต้องนำไปไว้ใน GameObject เสมอ เพื่อที่จะสามารถสั่งการ GameObject นั้นๆ หรือควบคุม GameObject อื่นได้ ในการพัฒนาเกม ต้องเพิ่มเติม script ให้กับฟังก์ชันต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการทำงานพื้นฐานของเกม เช่น `Start()`, `Update()`, `Awake()`, `ChangeScene()` เป็นต้น และมีการพัฒนา GameObject ต่าง ๆ ขึ้นเองทั้งหมด เช่น Text หรือรูปภาพแสดงข้อความ, images หรือรูปภาพประกอบ, button หรือปุ่ม, input field หรือช่องสำหรับกรอกข้อความ, panel หรือแผงแสดงคุณสมบัติของตัวละคร, scroll bar หรือแถบเลื่อน ที่ใช้ร่วมกับ scroll view เพื่อเลื่อนหน้าจอขึ้นหรือลง และ canvas หรือพื้นที่สำหรับจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ

รูปที่ 4 Use case diagram ของการพัฒนาเกม

รูปที่ 5 ขั้นตอนการวางคำศัพท์ในตาราง

3.6 การพัฒนาส่วนค้นหาคำศัพท์

ในการวางตำแหน่งคำศัพท์ลงบนตารางตัวอักษร เพื่อให้ผู้เล่นค้นหานั้น มีขั้นตอนวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5

สำหรับการสุ่มหาตำแหน่งที่จะวางคำศัพท์ จะเริ่มจากการหาว่าคำศัพท์ที่วางลงไปคำที่แล้ว มีตัวอักษรซ้ำกันกับศัพท์ที่กำลังจะวางลงไปหรือไม่ ถ้ามีก็จะสุ่มทิศทางที่จะวางตัวอักษรตัวถัดไปทั้ง 8 ทิศทาง แล้วตรวจสอบว่าตำแหน่งดังกล่าวว่างหรือไม่ ทำไปจนกว่าจะวางได้ครบทั้งคำ หรือจนกว่าจะค้นหาครบทุกตำแหน่งตัวอักษรแล้ว ไม่พบว่ามีตำแหน่งว่างให้วางคำศัพท์ได้

หากคำศัพท์ที่จะวาง ไม่มีตัวอักษรซ้ำกับคำเดิมเลย ก็จะหาตำแหน่งว่างติดกันที่ยาวพอที่จะวางคำศัพท์ลงไปได้

3.7 การพัฒนาส่วนฐานข้อมูลและคำศัพท์

เนื่องจากเกมที่พัฒนาขึ้นจะทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ซึ่งมีพื้นที่ใช้งานจำกัด ผู้พัฒนาจึงเลือกใช้ฐานข้อมูล SQLite ที่มีขนาดเล็ก โดยได้เขียนสคริปต์เพื่อเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมกับฐานข้อมูล ที่มีตารางเก็บข้อมูลผู้เล่น และคุณสมบัติต่าง ๆ ทั้งหมด รวมถึงคำศัพท์และพจนานุกรมด้วย สำหรับส่วนพจนานุกรมนั้น ได้ใช้ LEXITRON dictionary [3] ของ NECTEC

4. ผลการทดสอบเกมที่พัฒนาขึ้น

เกม The Word Land ที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ มีการวางคำศัพท์ได้ตามอัลกอริทึมที่ออกแบบไว้ทุกครั้ง โดยมีผลการทำงานบางส่วนแสดงดังรูปที่ 5

5. สรุป

เกม The Word Land เป็นเกมแนวส่งเสริมการพัฒนาคำศัพท์ภาษาอังกฤษผ่านการเล่นเกม ผู้เล่นในทุกระดับสามารถพัฒนาทักษะของศัพท์ได้ โดยเกมจะเริ่มจากระดับง่าย แล้วค่อย ๆ เพิ่มความยากขึ้นหลังจากผู้เล่น เล่นผ่านระดับต่าง ๆ ซึ่งระดับที่ยากขึ้น จะใช้คำศัพท์ที่ยาวขึ้น ผู้เล่นสามารถขอความช่วยเหลือได้ ตัวเกมจะมีพจนานุกรมให้ช่วยค้นหาคำศัพท์ที่ต้องการ และเมื่อเล่นจบเกม จะสามารถกลับไปทบทวนคำศัพท์ที่ได้เล่นผ่านมาแล้วได้

ในการพัฒนาเกม ปัญหาที่พบได้แก่ ความหลากหลายของหน้าจอแสดงผลในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งแก้ไขได้โดยกำหนดให้มีการปรับขนาด (scale) ของการแสดงผลตามขนาดหน้าจอฮาร์ดแวร์จริง (screen size)

รูปที่ 6 ตัวอย่าง screen capture ของเกม (a) การเริ่มต้นป้อนข้อมูลผู้เล่น, (b) เมนูหลัก, (c) ขณะเล่นใน Classic mode, (d) Knowledge mode, (e) ร้านค้า และ (f) Help screen

ในอนาคต การพัฒนาเกมให้ดียิ่งขึ้น ควรจะพิจารณาความสามารถต่าง ๆ เช่น การเพิ่มตัวละคร ฉาก มอนสเตอร์ หรือไอเทมใหม่ โดยอาจให้ผู้เล่นทำการซื้อหรือดาวน์โหลดได้จากเซิร์ฟเวอร์ของระบบหรือผ่าน Google Play Store, การให้ผู้เล่นเลือกขนาดของตารางคำศัพท์ และหมวดหมู่คำศัพท์ได้ รวมไปถึง การเล่นผ่านเครือข่ายระหว่างกลุ่มเพื่อนหลายคนเพื่อแข่งขันกันอีกด้วย นอกจากนี้ยังจะได้มีการพัฒนาส่วนรายงานผลความก้าวหน้าในทักษะการค้นหาคำศัพท์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถด้านคำศัพท์ที่เปลี่ยนแปลงไปของผู้เล่น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้พัฒนาขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่ให้การสนับสนุนในการจัดทำโครงงานพัฒนาเกม บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] PROGAMING. เกมที่สร้างด้วย Unity สามารถนำไปเล่นได้บนหลาย platform [ออนไลน์], 14 พฤษภาคม 2555 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 6 พฤษภาคม 2559]. เข้าถึงได้จาก: https://www.unity3d.in.th/ articles/ รู้จักกับ-unity-ตอนที่-1/

[2] J. Albahari and B. Albahari, C# 6.0 in a Nutshell: The Definitive Reference 6th Edition, O'Reilly Media, Inc., 2016.

[3] LEXiTRON's network. LEXITRON DICTIONARY. [ออนไลน์]. 21 มิถุนายน 2538 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559]. เข้าถึงได้จาก: http://lexitron.nectec.or.th/2009_1/

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9
9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์

Wheel electric wheelchair

ธีรวัต ซาซุม , พิสิทธิ์ มัณฑิมา และศราวุฑ คงลำพันธ์
สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
, Teerawat Sasum[1], pisit machchima[2] and Saravut Konglamphan[3]
Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Compus 40000
E-mail: teerawatsasum@icloud.com[1] bigkungclub@gmail.com[2] saravut.ko@rmuti.ac.th[3]

บทคัดย่อ

โครงการล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์นี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้กับผู้ดูแลคนพิการในการใช้เก้าอี้รถเข็น มีวิธีการดำเนินการดังนี้ 1.ศึกษาและรวบรวมข้อมูล 2.ออกแบบโครงสร้างล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ 3.ออกแบบวงจรควบคุมล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ 4.เขียนโปรแกรมความคุมล้อฟ้าสำหรับวีลแชร์ 5.ทดสอบและควบคุมล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ ซึ่งได้ผลดังนี้ ล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์มีน้ำหนักรวมทั้งหมด 20 กิโลกรัม และผลการทดสอบการทำงานของล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ ความเร็วสูงสุดประมาณที่ 4.71 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำหนักสูงสุดที่ล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์วิ่งได้ที่ 170 กิโลกรัม และชุดชาร์จแบตเตอรี่สามารถชาร์จเต็มโดยใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง 52 นาที สรุปได้ว่าล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปใช้กับผู้ดูแลคนพิการในการใช้เก้าอี้รถเข็นได้

Abstract

The objective of study was to invent the power wheels that was controlled by the micro controller for the wheelchair to support the caregiver. There are 5 processes 1. Education and information 2.Design a structure of the wheels 3.Design the integrated circuit 4.Programming the wheels controller 5.Testing To conclude, The wheels weight 20 kg, the highest speed is 4.71 km/nr. , weight is limited 170 kg and the battery charger can be charged for approximately 4 hours and 52 minutes. These result can be summarize that the wheels are applicable and helpful for the caregiver.

Keywords: wheelchair, wheelchair electric

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีผู้พิการด้านการเคลื่อนไหวเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น อุบัติเหตุ โรคทางสมองต่างๆ ที่ทำให้สมองไม่สามารถสั่งการร่างกายให้เกิดการเคลื่อนไหวได้ เรียกว่า ภาวะอัมพาตหรืออาจเกิดจากภาวะเจ็บป่วยเรื้อรังจนส่งผลกระทบต่อการทำงานของมือ เท้า แขน ขาทำให้อ่อนแรง การมีภาวะแขน ขาขาด การเสื่อมความแข็งแรงในผู้สูงอายุ เป็นต้น (กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์, 2552) จากรายงานสถิติในปี 2557 พบว่ามีผู้พิการด้านการเคลื่อนไหวในประเทศไทยจำนวน 1,728,218 ราย (ข้อมูลประมวลผลจากฐานข้อมูลทะเบียนกลางคนพิการ สำนักงานส่งเสริมและคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ,2557) ซึ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้เก้าอี้รถเข็น (วีลแชร์: Wheelchair) สำหรับใช้ในการเคลื่อนที่เพื่อดำรงชีวิตประจำวันหรือออกสู่สังคม

ปัจจุบันเก้าอี้รถเข็นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เก้าอี้รถเข็นด้วยมือและเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้า สำหรับเก้าอี้รถเข็นด้วยมือโดยส่วนใหญ่ผู้ป่วยจะเป็นผู้เข็นรถด้วยตนเอง แต่ผู้ป่วยบางรายที่มีความพิการมาก หรือมีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อแขนมากเช่น ผู้ที่มีภาวะอัมพาตทั้งตัว หรือผู้สูงอายุที่มีแรงน้อย ทำให้ไม่สามารถเข็นรถได้ด้วยตนเอง ก็มีความจำเป็นที่ต้องให้ผู้ดูแลเข็นให้ในการเคลื่อนย้ายตัวไปยังสถานที่ต่างๆ หากผู้ป่วยมีน้ำหนักตัวมาก หรือต้องใช้เส้นทางบริเวณที่เป็นเนิน เป็นพื้นที่ขรุขระ หรือระยะทางไกล ก็มักจะเป็นปัญหาสำหรับผู้ดูแลก่อให้เกิดความเหนื่อยล้า และมีความยากลำบากในการเดินเข็นรถเพื่อเคลื่อนย้ายตัวผู้ป่วยมากยิ่งขึ้นและหากใช้เก้าอี้รถเข็นด้วยมือเป็นเวลานานๆ ก็มักจะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บที่ข้อมือ ข้อศอก และข้อไหล่ก่อให้เกิดอาการปวดเรื้อรังตามมาได้ (วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 38 ฉบับที่ 4 (443-451) ตุลาคม - ธันวาคม 2554) ในกรณีที่เป็นเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้าผู้ป่วยบางคนยังสามารถบังคับทิศทางการเคลื่อนที่ด้วยแป้นบังคับที่มือได้ ซึ่งช่วยลดภาระสำหรับผู้ดูแล แต่ส่วนใหญ่มักจะมีราคาสูง และในขณะใช้งาน ผู้ดูแลยังคงต้องเฝ้าระวังอยู่ห่างๆ หรือเดินตามรถเข็นผู้ป่วยในการไปยังสถานที่ต่างๆซึ่งถือเป็นความจำเป็นที่ผู้ป่วยต้องพึ่งพาผู้ดูแลอย่างเลี่ยงไม่ได้ในการศึกษาที่ผ่านมามีการพัฒนาการเคลื่อนที่ของเก้าอี้รถเข็น โดยการสร้างชุดขับเคลื่อนไฟฟ้าติดประกอบสำหรับเก้าอี้รถเข็นคนพิการเพื่อให้รถเข็นแบบธรรมดาสามารถประกอบเข้ากับชุดขับเคลื่อนไฟฟ้าที่ทำการออกแบบได้(ผ.ศ. โอภาส ศิริครรชิตถาวร,2537) โดยการศึกษา

ดังกล่าวเป็นการพัฒนารถพ่วงคนพิการแบบขับเคลื่อนล้อหน้า ซึ่งไม่เหมาะสมกับผู้ที่มีความพิการมากและยังต้องอาศัยผู้ดูแล ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาล้อไฟฟ้าสำหรับเก้าอี้รถเข็น เพื่อให้เก้าอี้รถเข็นแบบธรรมดา สามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องใช้กำลังแขนจากผู้ดูแลในการควบคุม และเพิ่มพื้นที่ให้ผู้ดูแลสามารถยืนและเคลื่อนที่ไปพร้อมกับเก้าอี้รถเข็นในขณะใช้งานได้ โดยไม่ต้องเดินเข็น เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถใช้งานเก้าอี้รถเข็นได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

โครงการชิ้นนี้จึงมุ่งเน้นในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ดูแลคนพิการในการใช้เก้าอี้รถเข็นโดยอาศัยหลักการทางด้านกลศาสตร์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบนั้นประกอบด้วยล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ทำงานด้วยระบบส่งกำลังคือมอเตอร์ไฟฟ้า และสามารถควบคุมได้โดยใช้แฮนด์บังคับคันเร่งและควบคุมทิศทาง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ดูแลคนพิการในการใช้เก้าอี้รถเข็นได้ง่ายยิ่งขึ้น

2. หลักการทำงานของวงจร

2.1 AT mega8

เป็นไมโครคอนโทลเลอร์ 8 บิต ในอนุกรม AVR มีสถาปัตยกรรมแบบ Advance Risc มีความเร็วในการทำงานสูง โดยสามารถประมวลผล 1 คาสั่งในเวลา 1 สัญญาณนาฬิกา สามารถทำงานกับความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 16 MHz จึงสามารถประมวลคำสั่งได้สูงถึง 16 ล้านคำสั่งต่อวินาที

มีหน่วยความจำ 3 แบบเพื่อรองรับการทำงานประกอบด้วย

1. หน่วยความจำแบบแฟลช (Flase Memory) ความจุ 8 กิโลไบต์ ที่สามารถรักษาข้อมูลโปรแกรมไว้ได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง และสามารถป้องกันการอ่านได้ สามารถลบ-เขียนใหม่ได้ 10,000 รอบ

2. หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM Memory) ความจุ 512 ไบต์ สามารถรักษาข้อมูลไว้ได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง สามารถลบ -เขียนใหม่ได้ 100,000 รอบ

3. หน่วยความจำข้อมูลแรม (RAM) ความจุ 1 กิโลไบต์ ใช้ประมวลผลหลักร่วมกับซีพียู

มีพอร์ตอินพุตเอาท์พุตอิสระที่สามารถโปรแกรมได้ 23 ขา แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

1. พอร์ต B ใช้งานได้สูงสุด 8 ขา (PB0-PB7) โดยมี 2 ขา ใช้งานร่วมกับคริสตอลเพื่อกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้แก่ไมโครคอนโทลเลอร์

2. พอร์ต C ใช้งานได้ 7 ขา(PC0-PC6) โดย PC0-PC5 สามารถใช้เป็นอินพุตอนาล็อกได้

3. พอร์ต D 8 ขา (PD0 ถึง PD7)

· มีไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิต 1 ชุด รองรับการทำงานสมบูรณ์แบบทั้งในโหมดตั้งเวลา(Timer),ตัวนับ (Counter),เปรียบเทียบสัญญาณ (Compare) และตรวจจับสัญญาณ (Capture)

·มีโมดูลกำเนิดสัญญาณ PWM 3 ชุด

·มีโมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล(Analog to Digital Converter : ADC) ความละเอียด 10 บิต จานวล 6 ช่อง

·มีอินพุตเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อก 2 ช่อง

·มีโมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรม 2 สาย รองรับการทางานกับบัส IC

- มีโมดูลเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมหรือ SPI (Serial Peripheral Interface) ใช้สาหรับการโปรแกรมหน่วยความจาแบบแฟลช
- มีโมดูลสื่อสารอนุกรม UART (Universal asynchronous Receiver Transmitter)
- มีวอตช์ด็อกไทเมอร์เพื่อช่วยตรวจสอบการทางานของระบบ
- รองรับการอินเทอร์รัปต์ ทั้งจากสัญญาณภายนอกและการทางานของโมดูลต่างๆภายในไมโครคอนโทลเลอร์
- สามารถใช้ไฟเลี้ยง 4.5-5.5 v. กระแส 3.6 ma

2.2 มอสเฟต(MOSFET)

MOSFETชนิดดีพีทชั่น(Depletion MOSFET,D-MOSFET) จากรูปคือโครงสร้างพื้นฐานของ D-MOSFET เป็นชนิด(n-channel)ช่องทางเดินกระแสระหว่างเดรนและซอร์ส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดn และวัสดุฐานรอง(Substance) เป็นสารกึ่งตัวนำชนิด p ดังรูป ก.สำหรับ D-MOSFETชนิด (p-channel) จะมีช่องทางเดินกระแสระหว่างเดรนและซอร์สเป็นสารชนิดpและมีฐานรองเป็นสารชนิด nดังรูป ข. และมีเกตติดอยู่ระหว่างช่องทางเดินกระแสโดยมีซิลิคอนออกไซด์(SiO2) เป็นฉนวนกั้นระหว่างเกตและช่องทางเดินกระแส

รูปที่ 1 โครงสร้างมอสเฟตชนิดดีพีทชั่น

รูปที่ 2 สัญลักษณ์มอสเฟตชนิดดีพีทชั่น

เอนแฮนซ์เมนมอสเฟต (Enhancement MOSFET,E-MOSFET) ทำงานได้ลักษณะของเอนแฮนซ์เมนโหมดเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำงานในดีพีทชันโหมดได้ โครงสร้างE-MOSFET แตกต่างจาก D-MOSFET ที่ช่องทางเดินกระแสของE-MOSFETจะถูกสร้างขึ้นโดยการไบอัสที่เกตในสภาวะที่เกตไม่มีการไบอัสจะไม่มีช่องทางเดินกระแสเชื่อมต่อระหว่างเดรนกับซอร์ส ดังรูปก. เป็น E-MOSFET (n-channel) ส่วนเดรนและซอร์สเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นแต่ไม่มีแชนเนลต่อถึงกัน มีสารชนิดพีเป็นวัสดุฐานรองและระหว่างเกตกับวัสดุฐานรองเป็น(SiO2) เป็นฉนวนกั้นกลาง

รูปที่ 3 โครงสร้างและการทำงานของ E-MOSFET

การทำงานของ E-MOSFET ที่เพลตของเกตจะเกิดประจุบวกและวัสดุฐานรองของ E-MOSFETจะเกิดประจุลบ ทำให้เกิดประจุลบเหนี่ยวนำขึ้นเป็นช่องทางเดินกระแสเชื่อมต่อระหว่างเดรนกับซอร์ส ทำให้กระแสเดรน(ID) สามารถไหลข้ามช่องทางเดินกระแสซอร์สได้ จะไหลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันไบอัสที่เกตของ E-MOSFET เพราะขนาดของแชนเนลขึ้นอยู่กับขนาดของVGG

2.3 หลักการทำงานของอาร์ดูโน

อาร์ดูโน อูโน่ อาร์สาม [5] เป็น Microcontroller board ที่ใช้ ATmega328 (datasheet) เป็น MCU หลักซึ่งตัวนี้จะมีขา Digital 14 ขา อินพุต/เอาต์พุต (สามารถทำเป็น PWM ได้ถึง 6 ขา) และมีขา Analog อินพุตได้อีก 6 ขา, รันที่ความถี่ 16 MHz มี USB Connector และ Power Jack DC ซึ่ง Concept ของ Arduino Board นี้ทำมาเพื่อความสะดวกง่ายในการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ สามารถต่อ USB เข้ากับช่องคอมพอร์ตก็สามารถ Run โปรแกรมที่ Board

รูปที่ 4 ตำแหน่งขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328

บอร์ดอาร์ดูโน รุ่น Arduino328 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูล AVR เบอร์ Atmega328P ของ Atmel ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรเลอร์ 8 bit

2.4 PWM(Pulse Width Modulation)

PWM ย่อมาจาก Pulse Width Modulation การปรับความกว้างของพัลส์โดยการนำเอาสองสัญญาณมาเปรียบเทียบกัน และสองสัญญาณที่ว่านี้ก็คือสัญญาณ"สามเหลี่ยม" กับสัญญาณที่ต้องการปรับความกว้างของพัลส์

รูปที่ 5 สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงมาเปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยม

เมื่อไม่ใช้สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง แต่นำสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา สังเกตว่าความกว้างของพัลส์ก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

รูปที่ 6 สัญญาณที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยม

3. ผลการดำเนินงาน

เมื่อทำการออกแบบและสร้างล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์เรียบร้อยในลำดับต่อไปเป็นขั้นตอนการทดสอบใช้งานและหาประสิทธิภาพ

รูปที่ 4 แบบจำลองการใช้งาน

ล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนได้แก่ กลไกลล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ และระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2 ผลการทดสอบก่อนและหลังใช้เครื่อง

ตารางที่ 1 ผลรวมทดสอบน้ำหนักและแรงดันแบตเตอรี่ความสามารถในการใช้ ล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์

น้ำหนัก	เวลาและแรงดันแบตเตอรี่					
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที
100	25.8	25.6	25.3	24.9	24.6	24.4
110	26	25.4	24.8	24.5	24.3	23.9
120	26	25.8	25.5	25.2	24.9	24.5
130	26	25.7	25.4	25.2	24.9	24.6
140	25.9	25.7	25.5	25.2	24.9	24.5
150	25.9	25.7	25.3	25.1	24.8	24.4
160	25.8	25.5	25.2	25.2	24.6	24.4
170	26	25.8	25.4	25.2	24.8	24.5
รวมเฉลี่ย	25.9	25.6	25.3	25.1	24.8	24.5

กราฟที่ 1 กราฟทดสอบน้ำหนักและแรงดันแบตเตอรี่

ตารางที่ 2 ผลรวมทดสอบน้ำหนักและกระแสแบตเตอรี่ความสามารถในการใช้ ล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์

น้ำหนัก	เวลาและกระแสแบตเตอรี่					
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที
100	5.7	5.3	5	4.7	4.3	3.9
110	6.2	5.9	5.5	5.1	4.8	4.4
120	6	5.6	5.2	4.9	4.5	4.0
130	5.9	5.6	5.2	4.9	4.6	4.2
140	6.03	5.7	5.3	4.9	4.5	4.0
150	5.5	5.1	4.7	4.3	3.9	3.4
160	5.5	5	4.4	4.2	4	3.2
170	5.5	5.0	4.4	4	3.5	3.0
รวมเฉลี่ย	5.7	5.4	4.9	4.7	4.2	3.7

กราฟที่ 2 กราฟทดสอบน้ำหนักและกระแสแบตเตอรี่

ผลการทดสอบจากตารางที่ 1 และ 2 จะเห็นว่าเมื่อทำการทดลองล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ที่น้ำหนัก 100-170 กิโลกรัม แรงดันและกระแสจะลด ตามกราฟที่ 1 และ 2 ยิ่งใช้เวลาในการวิ่งมากเท่าไหร่ แรงดันและกระแส จะลดลงตามการใช้งาน

4. สรุป

ล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์มีน้ำหนักรวมทั้งหมด 20 กิโลกรัม และผลการทดสอบการทำงานของล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ ความเร็วสูงสุดประมาณที่ 4.71 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำหนักสูงสุดที่ล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์วิ่งได้ที่ 170 กิโลกรัม และชุดชาร์จแบตเตอรี่สามารถชาร์จเต็มโดยใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง 52 นาที สรุปได้ว่าล้อไฟฟ้าสำหรับวีลแชร์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปใช้กับผู้ดูแลคนพิการในการใช้เก้าอี้รถเข็นได้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์, 2552

[2] ข้อมูลประมวลผลจากฐานข้อมูลทะเบียนกลางคนพิการ สำนักงานส่งเสริมและคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ,2557

[3] ชาญชนก ทองพรัด, วัชรินทร์ มณีฉาย “เก้าอี้ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การศึกษาการวัดความชื้นข้าวเปลือกด้วยการส่งผ่านความถี่ย่าน UHF

A Study of Moisture Content of Rice by Transmitted Ultra High Frequency

สมพร ศรีวัฒนพล [1] นพมาศ พรมอาสา[2] ธานี สมวงศ์ [1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

เลขที่ 7/1 ถ.นนทบุรี1 ต.สวนใหญ่ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000 โทรศัพท์ : 0 2969 1369 – 74 E-mail: somporn.s@rmutsb.ac.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

เลขที่ 7/1 ถ.นนทบุรี1 ต.สวนใหญ่ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000 โทรศัพท์ : 0 2969 1369 – 74 E-mail: ple39151@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ การศึกษาการวัดความชื้นข้าวเปลือกด้วยการส่งผ่านคลื่นความถี่ย่าน UHF มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้คลื่นความถี่ตรวจวัดระดับความชื้นข้าวเปลือก งานวิจัยนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำเนิดคลื่นความถี่และสายอากาศรับส่ง รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ประมวลผล เมื่อกำเนิดคลื่นความถี่แล้วจะส่งไปยังสายอากาศไดโพล คลื่นความถี่บางส่วนจะถูกความชื้นดูดซับคลื่นและส่งผ่านมายังสายอากาศยากิส่งไปยังอุปกรณ์เพาเวอร์ดีเทคเตอร์ แปลงคลื่นความถี่เป็นแรงดันทางไฟฟ้า เพื่อแสดงผลเป็นกราฟบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จากผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าวเปลือกที่ 4 ระดับ 14.65% , 16.7% , 17.93% และ 18.57% มีผลทำให้คลื่นความถี่ย่านยูเอชเอฟ มีการตรวจจับได้ค่าความถี่ 395.8 MHz , 383.3 MHz , 375.3 MHz และ 369.9 MHz ตามลำดับ

คำสำคัญ: สายอากาศไดโพล, สายอากาศยากิ

Abstract

This paper present a study of moisture content of rice by transmitted ultra high frequency(UHF). The objective of the research proposal is to study to use the radiowave to measurement of rice moisture content. This research have oscillator and the device which use for controller. Measurement system for measurement transmitting part generated frequency and rice using developed dipole antenna , yagi antenna is measurement receiving part , frequency to voltage converter is power detector , to display on a computer . The result showed that the difference moisture four value have four value have 14.65%,16.7%,17.93% and 18.57%,frequency 395.8 MHz,383.3 MHz,375.3 MHz and 369.9 MHz ,respctively

Keywords: dipole antenna ,yagi antenna

1. บทนำ

ปัจจุบันข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มูลค่าการส่งออกข้าวของไทยโดยข้อมูลจากกระทรวงพาณิชย์ ระบุว่าในช่วง 4 ปีที่ผ่านมา (2556-2559) มีปริมาณการส่งออกรวมทั้งสิ้น มีมูลค่ารวม 641,430.37 ล้านบาท[1] ปัญหาสำคัญของเกษตรกรคือ ความชื้นในข้าวเปลือก เพราะปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกมีผลต่อน้ำหนัก คุณภาพการสี และการเก็บรักษา ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม เมล็ดมีความชื้นประมาณ 20 ถึง 25% จึงต้องทำการลดความชื้นของเมล็ดข้าวให้เหลือประมาณ 14% [2] ในงานวิจัยด้านความชื้นของแป้งถั่วเขียว[3] กลุ่มแป้งถั่วเขียว ซึ่งมีการหาค่าความชื้นและความถี่ รวมทั้งคุณสมบัติไดอิเล็กตริก โดยใช้ สายโคแอคเซียลโพรบกับเครื่องวิเคราะห์อิมพีแดนซ์ ช่วงความถี่ 10ถึง 1800 MHz, ช่วงความชื้นจาก 7.9 % ถึง 20.9 % ที่พื้นฐานเปียก เมื่อความถี่สูงขึ้น คุณสมบัติไดอิเล็กตริกของกลุ่มแป้งถั่วเขียวจะลดลง ในส่วนของงานวิจัย ด้านเซนเซอร์ไมโครสตริป [4] ได้มีการวิเคราะห์และการออกแบบเซนเซอร์ไมโครสตริปหลายชั้น สำหรับการวัดความชื้นของข้าวเปลือก เซนเซอร์ใช้งานที่ความถี่ 9 GHz และปริมาณความชื้น ตั้งแต่ 10 % ถึง 30% ที่พื้นฐานเปียก ในอีกวิธีการเทคนิคการวัดความชื้น [5] ได้มีเซนเซอร์วัดความชื้นโดยใช้สายอากาศไดโพล โดยชดเชยการสูญเสียคลื่นความถี่วิทยุ ที่ความถี่ 2.45 GHz ตัวอย่างเมล็ดพืชที่ใช้คือข้าว ซึ่งมีความชื้นอยู่ในช่วง 11% ถึง 22 % ที่พื้นฐานเปียก ทำการวัดตัวอย่างที่นำมาซ้ำแล้วซ้ำอีกหลายครั้ง ความชื้นโดยรวมของเซนเซอร์ผิดพลาดที่ $\pm$ 1.5 จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จึงมีแนวคิดในการจัดทำการศึกษาการวัดความชื้นข้าวเปลือกด้วยการส่งผ่านความถี่ย่าน UHF โดยจะใช้สายอากาศไดโพลส่งเป็นอุปกรณ์แพร่กระจายคลื่นลงไปในกองข้าวเปลือก และใช้สายอากาศรับเป็นอุปกรณ์ในการรับคลื่นความถี่บางส่วนที่แพร่กระจายขึ้นมาจากกองข้าวเปลือก หลักการทำงานก็คือถ้าบริเวณที่มีความชื้นสูงจะทำให้คลื่นความถี่ผ่านได้น้อย เพราะคลื่นบางส่วนจะถูกความชื้นดูดซับคลื่น แต่ถ้าบริเวณที่มีความชื้น

น้อย จะทำให้คลื่นสามารถผ่านได้มาก ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้จะสามารถช่วยแก้ปัญหาของชาวนาที่นำข้าวเปลือกไปขายให้โรงสีข้าว ก่อนที่จะถูกหักลดราคาหรือหักลดน้ำหนักข้าวเปลือกที่นำมาขายเพราะความชื้นไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ เครื่องตรวจวัดความชื้นข้าวเปลือกด้วยการส่งผ่านความถี่ย่าน UHF มีส่วนประกอบหลักของภาคส่งรับ คือ สายอากาศ มีพารามิเตอร์หลักเป็นแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ภาครับ มีสายอากาศยากิ ซึ่งมีรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศยากิ ดังแสดงรูปที่ 1 และภาคส่ง มีสายอากาศไดโพล ซึ่งมีรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล ดังแสดงรูปที่ 2

รูปที่ 1 แบบรูปการแผ่คลื่นของสายอากาศยากิ

รูปที่ 2 แบบรูปการแผ่คลื่นของสายอากาศไดโพล

3. การออกแบบและพัฒนา

การทำงานของเครื่องตรวจวัดความชื้นข้าวเปลือกด้วยการส่งผ่านความถี่ย่าน UHF แสดงดังรูปที่ 3 อุปกรณ์จ่ายคลื่นความถี่ปรับได้ด้วยแรงดัน (Voltage controller oscillator : VCO) ผลิตความถี่ได้จึงต้องป้อนให้ภาคขยายทำการขยายระดับแรงดันให้สูงขึ้นก่อนที่จะส่งให้ VCO เพื่อให้แรงดันเพียงพอต่อความต้องการของ VCO เมื่อภาคขยายป้อนแรงดันให้ VCO แล้ว VCO จะทำหน้าที่รับแรงดันที่ได้จากภาคขยายมาผลิตเป็นคลื่นความถี่ช่วง 300-500 MHz คลื่นความถี่ที่ถูกผลิตได้นั้นจะถูกส่งให้อุปกรณ์ควบคุมทิศทางคลื่นวิทยุ เพื่อทำการส่งคลื่นความถี่ออกไปยังสายอากาศไดโพล และแพร่คลื่นความถี่ออกไปในอากาศหรือข้าวเปลือกที่ต้องการวัดค่าความชื้น ในกระบวนการนี้จะเรียกว่า เทคนิคการส่งผ่าน (Transmission technique) คลื่นความถี่ที่ส่งผ่าน จะถูกสายอากาศยากิรับเข้ามายัง Power detector และทำการแปลงคลื่นความถี่ให้เป็นแรงดัน DC ระดับแรงดันที่ได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณคลื่นความถี่ที่สายอากาศยากิรับเข้ามา แรงดันไฟที่ได้จาก Power detector

รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมกำหนดการทำงานของตัวเครื่องตรวจวัดความชื้นข้าวเปลือก ด้วยการส่งผ่านความถี่ย่าน UHF

ส่วนหนึ่งของภาครับ คือ สายอากาศยากิ ซึ่งมีรูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศยากิ จะมีลักษณะการแพร่คลื่นไปข้างหน้าเพราะว่ามีการสะท้อนอยู่ด้านหลังเพื่อบังคับให้สายอากาศรับคลื่นข้างหน้าทิศทางเดียว เนื่องจากต้องการรับเพียงแค่คลื่นที่ถูกส่งผ่านมาจากข้าวเปลือกหรือตัวกลางที่จะวัดเท่านั้น เมื่อสร้างสายอากาศเสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 4 จะเห็นว่าในส่วนของ Driven element มีลักษณะเป็นวงรี เนื่องจากต้องการสร้างให้สายอากาศยากิเป็นแบบแบนวิดท์กว้าง เพื่อรองรับความถี่ที่เรโซแนนซ์แต่ละความถี่ และมีอยู่ทางด้านหลังเพื่อบังคับให้การแพร่คลื่นเป็นไปในทิศทางเดียว

รูปที่ 4 สายอากาศยากิที่ออกแบบเสร็จสมบูรณ์

อีกส่วนหนึ่งที่ภาคส่ง รูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศไดโพล จะมีลักษณะการแพร่คลื่นเป็นแบบวงกลม เพื่อที่จะทำให้สายอากาศสามารถวัดความชื้นของข้าวเปลือกได้ โดยรอบตัวของสายอากาศเอง เมื่อสร้างสายอากาศไดโพลเสร็จสมบูรณ์จะเป็นดังแสดง

ในรูปที่ 5 จะเห็นว่ามีลักษณะเป็นโพรบปลายแหลมเพื่อที่จะปักลงไปในข้าว และภายในเป็นโพรงเพื่อสอดสายอากาเข้าไปภายในโพรบ

รูปที่ 5 สายอากาศไดโพลที่ออกแบบเสร็จสมบูรณ์

รูปที่ 6 ภายในของสายอากาศไดโพล

ภายในโพรบที่ใช้ปักลงในกองข้าวเปลือก จะมีสายอากาศไดโพล ดังแสดงรูปที่ 6 และฐานรองเพื่อไม่ให้สายอากาศเกิดการโค้งงอ ความยาวของสายอากาศที่สร้างมีความยาวเท่ากับที่ออกแบบคือ 106 มิลลิเมตร

4. ผลการทดลอง

การทดสอบใช้งานเครื่องการศึกษาการวัดความชื้นข้าวเปลือกด้วยการส่งผ่านความถี่ย่าน UHF เริ่มจากการต่อสายอากาศเข้ากับตัวเครื่อง จากนั้นติดตั้งสายอากาศยากิให้ห่างจากสายอากาศไดโพล 3 เมตร ส่วนสายอากาศไดโพลให้นำไปปักลงในข้าวเปลือกความลึกระดับความลึก 20 เซนติเมตร ของกองข้าวเปลือกที่อยู่ในถัง ดังแสดงรูปที่ 7

รูปที่ 7 การใช้เครื่องการศึกษาการวัดความชื้นข้าวเปลือก ด้วยการส่งผ่านความถี่ย่าน UHF

ค่าเฉลี่ยความถี่ของความชื้นทั้ง 4 ระดับ ดังแสดงรูปที่ 8 กราฟในส่วนของการส่งผ่านคลื่น จะแสดงการแพร่กระจาย ของคลื่นความถี่ที่ส่งผ่านและถูกสายอากาศยากิรับเข้ามา ในส่วนของฝั่งการสะท้อนสายอากาศไดโพลปักลงในข้าวเปลือกที่มีระดับความชื้นปกติ ทำให้สายอากาศไดโพลเกิดการรีโซแนนท์ ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 กราฟแสดงความถี่ที่ความชื้นทั้ง 4 ระดับ ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร

รูปที่ 9 กราฟแสดงความถี่ที่ความชื้นทั้ง 4 ระดับ ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร

จะสังเกตได้ว่ากราฟเส้นสีแดงที่ตำแหน่งความถี่ 395.8 MHz จะมีการแพร่กระจายคลื่นได้มากที่สุด เมื่อลองเพิ่มความชื้นให้กับข้าวเปลือกสังเกตได้จากกราฟเส้นสีเหลืองในระดับความชื้น 17 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศเปลี่ยนไปในช่วงความถี่เดิม จึงทำให้ตำแหน่งที่คลื่นความถี่การแพร่กระจายคลื่นได้ดีที่สุดจะเกิดในช่วง 383.8 MHz และเมื่อเพิ่มระดับความชื้นอีกครั้งที่ระดับ 18.56 เปอร์เซ็นต์ ค่าอิมพีแดนซ์ที่ถูกออกแบบไว้จะเปลี่ยนตำแหน่งการแพร่กระจายคลื่น จะไปอยู่ในช่วงความถี่ 375.3 MHz และเมื่อเพิ่มระดับความชื้นอีกครั้งที่ 18.63 เปอร์เซ็นต์ ตำแหน่งการกระจาย ที่รับได้ดีที่สุดจะอยู่บนตำแหน่ง 369.9 MHz ดังแสดงในกราฟเส้นสีฟ้า จากการทดลองจะสรุปได้ว่าค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศไดโพล มีการเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความชื้นของข้าวเปลือก การเกิดรีโซแนนท์ของสายอากาศจะทำให้ตำแหน่งการกระจายคลื่น ที่ดีที่สุดเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ในส่วนของกราฟ ดังรูปที่ 9 กราฟแสดงผลความถี่ที่ความชื้นทั้ง 4 ระดับ ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ผลที่ได้มีการผิดพลาด กราฟในแต่ละเส้นระดับความชื้นไม่เป็นไปตามเงื่อนไขหรือเปลี่ยนแปลงตามระดับความชื้นที่ถูกต้อง ข้อมูลในส่วนนี้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของแต่ละระดับความชื้นได้ ปัจจัยที่เกิดการผิดพลาดนี้ อาจเป็นเพราะความชื้นของข้าวเปลือกที่อยู่ในภาชนะบรรจุมีความชื้นไม่สม่ำเสมอเท่ากันทุกจุด อาจเกิดจากปริมาณข้าวเปลือกที่มีปริมาณมาก จึงทำให้ขั้นตอนการพรมน้ำไม่ทั่วถึงชั้นล่างของภาชนะที่บรรจุข้าวเปลือก จึงเป็นเหตุให้การวัดทดสอบในระดับความลึก 30 เซนติเมตร เกิดการผิดพลาดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นความถี่ไม่เป็นไปตามลักษณะของความชื้นจริง

4. สรุป

การศึกษาการวัดค่าความชื้นข้าวเปลือก ด้วยการส่งผ่านความถี่ย่าน UHF จากการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าวเปลือกที่ 4 ระดับ 14.65% , 16.7% , 17.93% และ 18.57% มีผลทำให้คลื่นความถี่ย่านยูเอชเอฟ มีการตรวจจับได้ค่าความถี่ 395.8 MHz , 383.3 MHz ,375.3 MHz และ 369.9 MHz ตามลำดับงานวิจัยทำให้สามารถแยกแยะค่าความชื้นข้าวเปลือกด้วยระดับพลังงานคลื่นความถี่ย่าน UHF ได้ทั่วทั้งกองข้าวเปลือก ผลการทดลองการวัดความชื้นข้าวเปลือกด้วยความถี่ UHF โดยเทคนิคการส่งผ่าน ใช้งานได้จริงตามที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขตอย่างถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพาณิชย์, “สถิติการนำเข้า-ส่งออกสินค้า” แหล่งที่มา: http://www2.ops3.moc.go.th/, 19 มีนาคม 2560.

[2] วิบูลย์ เทพลนทร์, “การวัดชื้นเมล็ดพืช” หัวหน้ากลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

[3] W. Guo, G. Tiwari, J. Tang , S. Wang, “Frequency, Moisture and Temperature-Dependent Dielectric Properties of Chickpea Flour” Biosystems Engineering ,vol.101 , pp.217 – 224,2008 .

[4] F. Jafari , K. Khalid,W.M. Daud W. Yusoff ,J.Hassan,“The Analysis and Design of Multi-Layer Microstrip Moisture Sensor for Rice Grain” Biosystems Engineering ,vol. 1, pp.324-331,2010

[5] T. Limpiti and M. Krairiksh. “In Situ Moisture Content Monitoring Sensor Detecting Mutual Coupling Magnitude Between Parallel and Perpendicular Dipole Antennas” IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 61, no. 8, pp. 2230-2241, 2012.

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9
9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่

Speed Control System For Bears Machine

วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ สรศักดิ์ เชื้อรัมย์ ธนาฒน์ สุกนวล และ สุรินทร์ อ่อนน้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน
744ถนนสุรนารายณ์ ตำบล ในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา นครราชสีมา 30000โทรศัพท์ 044 233 000 E-mail: Vichupong@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่ด้วยระบบควบคุมระบบปิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงผลการตอบสนองของระบบให้เสถียรมากขึ้น รวมทั้งกำจัดค่าผิดพลาดที่เกิดจากระบบการควบคุมแบบเปิดในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานจริง ระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่ซึ่งประกอบไปด้วยชุดขับมอเตอร์และชุดขับเคลื่อนแกนค้นหมี่ โดยใช้เอ็นโค้ดเดอร์เป็นตัวตรวจจับความเร็วของมอเตอร์ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ตระกูล STM32 เป็นตัวควบคุม เขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้ Matlab/Simulink แสดงผลแบบเวลาจริงผ่านพอร์ตอนุกรม ผลของการทดลองพบว่าการออกแบบตัวควยคุมแบบพีไอ สามารถควบคุมความเร็วของเครื่องค้นหมี่ได้ตามที่ต้องการ

คำสำคัญ: ระบบควบคุมความเร็ว, เครื่องค้นหมี่, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, ตัวควบคุมแบบพีไอ

Abstract

This research presents a design of speed control system for bears machine using closed loop control system. The design targets to improve the system response to be more stabilized as well as to remove errors caused by open loop system with regard to dc motor speed control. It helps facilitate real users of the speed control system for bears machine which comprises motor driver and drive shaft of bears machine by applying encoder to detect motor speed and 32-bit microcontroller of STM32 family as controller. The control program is based on Matlab/Simulink and results displayed on a real time basis on computer monitor via serial port. Based on the study, the designed PI controller can control the speed of bears machine as required.

Keywords: speed control, bears machine, dc motor, PI cotroller

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันผ้าไหมไทยได้รับความนิยมอย่างมาก ทั้งทางด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้านระบบครัวเรือน ทำเป็นเครื่องนุ่งห่ม หรือตลาดการส่งออกกต่างประเทศการทอผ้าไหมในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นการทอผ้าไหมโดยใช้เครื่องจักรโดยใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิต ซึ่งข้อดีของการผลิตแบบนี้จึงมีความรวดเร็วและทำได้จำนวนมาก อย่างไรก็ตามการผลิตด้วยเครื่องจักรมีข้อเสีย คือ ผ้าไหมขาดความประณีต และขาดความคมชัด ต้นทุนในการผลิตสูงเนื่องจากเครื่องจักรมีราคาแพง และไม่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผ้าไหมได้ กลุ่มที่สองเป็นการทอผ้าไหมโดยใช้ภูมิปัญญาชาวบ้าน หรือ การทอด้วยมือแบบดั้งเดิมนั้น คือมีข้อดีผ้าไหมที่ได้นั้นมีความประณีตสวยงาม ลายผ้าไหมมีความคมชัด และเป็นธรรมชาติ สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผ้าไหมได้ อย่างไรก็ตามการทอด้วยมือมีข้อจำกัดคือใช้เวลาการผลิตนาน บางครั้งไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการ และมีขั้นตอนที่ซับซ้อน กระบวนหนึ่งของการทอผ้าไหมไทยด้วยมือ คือการนำเส้นไหมมาเข้ากระบวนการค้นหมี่ เพื่อเตรียมไหมก่อนสร้างลายผ้าไหมไทย ซึ่งใช้เวลาในการผลิตนานมากกว่าเครื่องจักรอุตสาหกรรม จึงทำให้ไม่สามารถตอบรับความต้องการของตลาดผ้าไหมไทยได้ รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการค้นหมี่นั้นเป็นแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน จึงทำให้ใช้เวลาในการค้นหมี่ช้า อีกทั้งปัญหาที่พบคือความสามารถในการผลิต เมื่อผลิตไปเป็นเวลานานส่งผลให้ผู้ผลิตเกิดความเมื่อยล้า ซึ่งอาจจะทำให้กระบวนการในการค้นหมี่นั้นเกิดความผิดพลาดรวมถึงอาจก่อให้เกิดความเสี่ยง และเกิดอุบัติเหตุจากกระบวนการผลิตได้การทำงานของเครื่องต้นแบบนั้นไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าตามที่ต้องการได้ การควบคุมการหมุนของมอเตอร์นั้นไม่สามารถทราบถึงความเร็วรอบ [1-2] และในการหมุนแต่ละรอบที่ทำไหมมัดหมี่นั้นผู้ผลิตจะต้องใช้การฟังเสียงไม้กระทบเพื่อนับจำนวนและใช้แรงคนในการปรับความเร็วรอบของการหมุนจากเครื่องต้นแบบซึ่งอาจจะเกิดความผิดพลาดได้

ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการปรับปรุงแก้ไข กระบวนการทำงานของเครื่องค้นหมี่โดยอาศัยการควบคุมอัตโนมัติเพื่อพัฒนาให้สามารถควบคุมความเร็วรอบ ตรวจจับความเร็วรอบ และปรับระดับ

ความเร็วได้ผ่านตัวควบคุมแบบอัตโนมัติ [3-5] เพื่อแก้ไขปัญหาที่ได้กล่าวมาในข้างต้น

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

พื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถหาสมการทางคณิตศาสตร์ ได้จากความสัมพันธ์ในรูปที่ 1

รูปที่ 1 แบบจำลองของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหาค่าความสัมพันธ์แรงดันทางด้านอาร์เมเจอร์ คือ

$$V_a = R_a i_n + L_a \frac{di_a}{dt} + e_g \quad (1)$$

เมื่อแทนค่า $e_g = k_e\omega$ สามารถเขียนแสดงได้ว่า

$$V_a = R_a i_n + L_a \frac{di_a}{dt} + e_g \quad (2)$$

แรงบิดที่เกิดขึ้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถเขียนแสดงได้ว่า

$$T_d = J\frac{d\omega}{dt} + \beta\omega + T_L \quad (3)$$

เนื่องจาก $T_d = k_i i_a$ เนื่องจากกระแสสนามมีค่าคงที่ ดังนั้น

$$k_i i_a = J\frac{d\omega}{dt} + \beta\omega + T_L \quad (4)$$

สามารถเขียนสมการ (3) และ (4) ในรูปสมการสถานะได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} \frac{di_a}{dt} \\ \frac{d\omega}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-R_a}{L_a} & \frac{-k_e}{L_a} \\ \frac{kt}{J} & \frac{-\beta}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} & \frac{-k_e}{L_a} \\ 0 & \frac{-\beta}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ T_i \end{bmatrix} \quad (5)$$

สามารถพิจารณาสมการทางไฟฟ้าและสมการทางกลของมอเตอร์กระแสตรงจากสมการ (3) และ(4) โดยแปลงให้อยู่ในรูปลาปลาซ ในรูปของกระแสอาร์เมเจอร์และความเร็วเชิงมุม ได้ดังนี้

$$L_a(s) = \frac{V_a(S) - K_e(\omega)(S)}{SL_a - R_a} \quad (6)$$

$$\omega(s) = \frac{K_t I_a(S) - T_L(S)}{SJ - \beta} \quad (7)$$

จากสมการ (5) และ (6) สามารถเขียนฟังก์ชันการถ่ายโอนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ได้ดังนี้

$$\frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{K_t}{L_a JS^2 + (L_a\beta + R_a)S + k_e k_t} \quad (8)$$

สามารถเขียนเป็นแผนภาพบล็อกได้ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมจากสมการพื้นฐาน

3. การออกแบบระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่

แผนภาพการทำงานของระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แผนภาพบล็อกของระบบ

จากรูปที่ 3 การทำงานเริ่มจากรับค่าจากความเร็วควบคุมเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 ทำการประมวลผลส่งสัญญาณไปยังวงจรขับมอเตอร์เพื่อสั่งงาน และส่งสัญญาณพัลล์ในการควบคุมความเร็ว เมื่อวงจรขับมอเตอร์ได้รับสัญญาณดังกล่าวจะจ่ายกระแสเพื่อ

สั่งให้มอเตอร์ทำงาน โดยทำการวัดความเร็วรอบ และส่งค่ากลับมาควบคุมความเร็วให้ได้ตามค่าที่ต้องการ และส่งสัญญาณเตือนในรูปของเสียงต่อการหมุนต่อหนึ่งรอบของมอเตอร์ และมีส่วนปรับระดับความเร็วให้กับมอเตอร์ และตัวตรวจจับกระแสใช้ในการตรวจสอบกระแสเกินขนาดเพื่อสั่งให้ระบบหยุดการทำงานเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน และแสดงผลการใช้งานผ่านหน้าจอแอลซีดี

4. การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอ

การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอ โดยการปรับจูนเพื่อหาค่า K_P และ K_I ใช้วิธีการ Ziegler–Nichols โดยอาศัยการทดสอบระบบควบคุมแบบวงปิด ด้วยตัวควบคุมแบบพี เพื่อปรับค่าอัตราขยายของตัวควบคุมให้ระบบเกิดการสั่นไกว ดังรูปที่ 4 และนำค่าอัตราขยาย K_u และช่วงเวลาการสั่นไกว P_u มาหาค่าตัวแปรควบคุมได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมของ Ziegler–Nichols

Control type	K_P	K_I	K_D
P	$0.50K_u$	-	-
PI	$0.45K_u$	$1.2K_p/P_u$	-
PID	$0.45K_u$	$2K_p/P_u$	$8K_p/P_u$

โดยที่ K_P คือ ค่าอัตราการขยายของตัวควบคุมแบบพี K_I และ K_D คือ ค่าคงที่ของตัวควบคุมแบบไอและแบบดี ตามลำดับ

รูปที่ 4 ผลตอบสนองเมื่อระบบเกิดการสั่นไกว

จากรูปที่ 4 เมื่อวัดค่า P_u หาค่าตัวพารามิเตอร์ของตัวควบคุมได้จากตาราง ที่ 1 จะได้ค่าพารามิเตอร์ $P_u = 0.978$, $K_P = 0.44$ และ $K_I = 1.2K_P/P_u$

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองจากการออกแบบระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 ขนาด 32 บิต ประมวลผลร่วมกับโปรแกรม MATLAB/SIMULINK เพื่อกำหนดคุณลักษณะการตอบสนองตัวควบคุมแบบพีไอให้ได้ตามที่ต้องการ และแผนภาพของระบบควบคุมแบบพีไอ ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 ระบบควบคุมแบบพีไอ

ผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็วของระบบที่ได้จากการออกแบบ โดยปรับค่าความเร็วคงที่ 80 รอบต่อนาที และ 130 รอบต่อนาทีแสดง ดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7 ตามลำดับ

รูปที่ 6 ผลตอบสนองของระบบที่ความเร็ว 80 รอบต่อนาที

รูปที่ 7 ผลตอบสนองของระบบที่ความเร็ว130 รอบต่อนาที

จากรูปจะเห็นได้ว่าตัวควบคุมพีไอที่ออกแบบให้ผลตอบสนองทางเวลาที่มีเสถียรภาพ ระบบควบคุมความเร็วสามารถกำจัดค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัวขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีการควบคุม อย่างไรก็ตาม ค่าพุ่งเกินของระบบมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากแกนหมุนของเครื่องค้นหมี่มีน้ำหนักมาก

5. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมพีไอของระบบวงปิดสำหรับควบคุมความเร็วเครื่องค้นหมี่ โดยอาศัยออกแบบและหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมจากการทดสอบระบบ จากผลการทดสอบระบบที่จุดทำงานของเครื่องค้นหมี่ที่ความเร็วคงที่ 80 รอบต่อนาที และ 130 รอบต่อนาที พบว่าระบบควบคุมสามารถปรับปรุงผลตอบสนองของระบบให้ได้ตามที่ต้องการ สามารถกำจัดค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัว ตัวควบคุมทำการประมวลผลแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 ร่วมกับโปรแกรม MATLAB/Simulink

6. กิตติกรรมประกาศ

เครื่องมือสำหรับทำการทดลองได้ความอนุเคราะห์จากสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และงบประมาณสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] K. J. Astrom, T. Hagglund, Automatic Tuning of PID Controllers. Instrument Society of America. 1998.

[2] W. Zhang, Y. Xi, G. Yang, X. Xu, "Design PID controllers for desired time-domain or frequency-domain response," ISA Transactions. vol.41 , pp. 511–520, 2002.

[3] T.E. Marlin, Process Control: Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance. McGraw Hill, New York, 2000.

[4] J.K. Seok, J.K Lee, D.C. Lee, "Sensorless speed control of nonsalient permanent-magnet synchronous motor using rotor-position-tracking PI controller", IEEE Transactions on Industrial Electronics. vol. 53, pp.399-405, 2006.

[5] S.Krzysztof, O.K. Teresa, "Vibration Suppression in a Two-Mass Drive System Using PI Speed Controller and Additional Feedbacks Comparative Study," IEEE Transactions on Industrial Electronics. vol. 54, pp. 1193-1206, 2007.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การผลิตไฟฟ้ากระแสตรงด้วยรถจักรยานทั่วไป

The Direct Current production by using Bicycle

พิจิตตรา วงค์ษา[1] และ ภาณุวัฒน์ พอรินทร์[1] สิทธิชัย จีนะวงษ์[2]

[1]หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

เลขที่ 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โทรศัพท์ 053-723979 E-mail : jittommy@gmail.com

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

เลขที่ 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โทรศัพท์ 053-723979 E-mail : sithichai19@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้เสนอการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยรถจักรยานทั่วไป โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 12/24 โวลต์ รุ่น NE-100 ติดตั้งเข้ากับรถจักรยาน เพื่อศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยรถจักรยาน โดยติดตั้งวงจรคอนโทรลชาร์จขนาด 12 โวลต์ 10 แอมป์ เพื่อประจุให้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมป์ และ 12 โวลต์ 1.3 แอมป์ และการหาจำนวนรอบ ระยะทาง และการเผาผลาญพลังงานแคลอรี่ ในขณะที่ทำการปั่นรถจักรยาน การทดสอบจะใช้รถจักรยานปั่นเพื่อทดสอบทั้งหมด 5 คัน โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบปั่นรถจักรยานจำนวน 1 นาที จากการทดลองพบว่า การปั่นรถจักรยานทั้งหมด 5 คัน ได้แรงดันไฟฟ้าที่ได้มีค่าคงที่ คือ 13.7 โวลต์ กระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตามแรงที่ใช้ในการปั่น การแสฟ้าที่ได้จากการปั่นรถจักรยานคันที่ 1 คือ 260 คันที่ 2 คือ 330 คันที่ 3 คือ 250 คันที่ 4 คือ 390 และคันที่ 5 คือ 360 มิลลิแอมป์ โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมด 5 คัน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 338 มิลลิแอมป์/นาที กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นรถจักรยานคันที่ 1 คือ 3.562 คันที่ 2 คือ 4.521 คันที่ 3 คือ 3.425 คันที่ 4 คือ 5.343 และคันที่ 5 คือ 4.932 วัตต์ และค่าแคลอรี่จะเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ใช้ในการปั่นจักรยาน

คำสำคัญ: รถจักรยานทั่วไป, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, แคลอรี่.

Abstract

This article presents the electric current production by bicycle in general. Using the generator 12 / 24 V version NE-100 installing on the bicycle. To study the production of electricity by bicycle. Installing the control charging circuit 12 V.10 A. for charge a battery 12 V. 7.5 A. and 12 V. 1.3 A. and finding the number of cycles, distance and metabolism calories energy. While the spin bikes. The test is used 5 bicycle ride vehicles. The duration of the test of spinning bicycle 1 minutes. From the experiment, it is found that the spinning all 5 bicycle. have voltage that has constant 13.7 V. Electric current has changed according the force used to spin. Electric current has changed according the force used to spin. Electric current from a spinning 1st bike is 260, 2nd bike is 330, 3rd bike is 250, 4th bike is 390 and 5th is 360 mAh. By thinking a total average 5 cars, mean in 338 mAh / min. The electrical power from the spinning 1st bike is 3.562, 2nd bike is 4.521, 3rd bike is 3.425, 4th bike is 5.343 and 5th bike is 4.932 watts. The calorie values are increased according to the distance used in cycling.

Keywords: bicycle general, electric generator, calorie.

1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีผู้คิดค้นการสร้างพลังงานทดแทนขึ้นมา เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม [1] พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานกล เป็นต้น ต่อมาได้มีผู้พัฒนาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานกล โดยการใช้รถจักรยานในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งได้มีโครงการรณรงค์ให้ผู้คนหันมาใช้รถจักรยานเพื่อออกกำลังกายหรือเป็นพาหนะ [2] เพราะเหมาะสำหรับประชาชนทุกเพศ ทุกวัย แต่ข้อเสียของการปั่นรถจักรยาน คือ ต้องอาศัยพื้นที่บริเวณกว้างในการปั่น บางท่านอาจเข้าไปปั่นบนท้องถนน ซึ่งอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุหรือเป็นอันตรายต่อชีวิต [3] หากผู้ใช้รถจักรยานสามารถออกกำลังกายอยู่ภายในบริเวณบ้านก็จะลดปัญหาการสูญเสียต่าง ๆ ลงได้ในระดับหนึ่ง ที่ผ่านมามีผู้วิจัยได้คิดค้น และประยุกต์ [4] รถจักรยานธรรมดาให้เป็นรถจักรยานที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้า โดยติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับดุมล้อด้านหลังของรถจักรยาน และ

[5] ศึกษาวิธีการเปลี่ยนรูปพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าสะสมโดยรถจักรยานออกกำลังกาย โดยการทดรอบระหว่างพูลเล่ย์ประมาณ 3.2 เท่า เมื่อปั่นจักรยานให้ไดนาโมหมุน 640 รอบต่อนาที จะได้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 14 – 16 โวลต์ จากการพัฒนารถจักรยานผลิตกระแสไฟฟ้าในแต่ละแบบมีข้อจำกัดการใช้งานผลิตกระแสไฟฟ้าใช้การหมุนจำนวนรอบที่สูง และให้กระแสฟ้าที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการผลิตไฟฟ้ากระแสตรงด้วยรถจักรยานทั่วไปที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยใช้ประโยชน์จากการออกกำลังกายด้วยการปั่นรถจักรยาน โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ติดตั้งวงจรชาร์จสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ และติดตั้งชุดควบคุมในการแสดงผลในขณะที่ทำการปั่นรถจักรยาน โดยที่จะแสดงผล จำนวนรอบ, ระยะทาง และค่าแคลอรี่ โดยจะแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล และได้ออกแบบโครงสร้างฐานสำหรับวางรถจักรยานได้หลายประเภท

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 ระบบควบคุมการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยรถจักรยานทั่วไป

รูปที่ 1 การทำงานของการผลิตกระแสฟ้าด้วยรถจักรยานทั่วไป

จากรูปที่ 1 การออกแบบระบบควบคุมการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยรถจักรยานทั่วไป มีส่วนประกอบในการทำงานทั้งหมดอยู่ 2 ส่วน ในส่วนที่หนึ่ง คือ การทำงานในส่วนของการผลิตไฟฟ้ากระแสตรงด้วยรถจักรยานทั่วไป โดยจะเริ่มจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะผลิตแรงดัน และกระแสไฟฟ้าออกมา จากนั้นแรงดัน และกระแสที่ได้จะนำมาเข้าวงจรสวิตซ์ชิ่งเพาเวอร์ เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟกระแสสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟกระแสตรงค่าต่ำ เพื่อส่งไปยังวงจรเร็กกูเลเตอร์ 0 – 30 โวลต์ เพื่อปรับแรงดันไม่ให้เกินขนาด 15 โวลต์ จากนั้นแรงดันที่ได้จะถูกส่งไปยังวงจรคอนโทรลชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 10 แอมป์ เพื่อทำการประจุให้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมป์ และแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 1.3 แอมป์ (ใช้สำหรับจ่ายไฟให้กับหน้าจอแอลซีดี) และติดตั้งพอร์ต HUB USB ขนาด 5 โวลต์ ไว้สำหรับชาร์จแบตเตอรี่ให้กับอุปกรณ์อื่น ๆ ในขณะที่ทำการปั่นรถจักรยาน ในส่วนที่ 2 คือ ส่วนของชุดควบการทำงานการแสดงผลผ่านทางหน้าจอแอลซีดี โดยใช้บอร์ด arduinoในการควบคุม และประมวลผลโดยใช้ตัวรับรู้ฮอลล์ เป็นเซ็นเซอร์ในการรับค่าจากแม่เหล็ก เพื่อนับค่าเป็นค่าของ จำนวนรอบ, ระยะทาง เพื่อทำการประมวลผล และคำนวณเป็นค่าการเผาผลาญพลังงานแคลอรี่ และส่งข้อมูลที่ได้ทำการประมวลผลของค่าแคลอรี่แสดงผ่านทางหน้าจอแอลซีดี โดยจะแสดงผลทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ จำนวนรอบ, ระยะทาง, แคลอรี่ โดยจะแสดงเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล

2.2 ออกแบบโครงสร้าง

ในการออกแบบโครงสร้างฐานสำหรับวางรถจักรยานจัดทำขึ้น เพื่อให้ใช้ประโยชน์จากชิ้นงานให้ได้มากที่สุด ใช้ต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าท้องตลาดมีและโครงสร้างที่แข็งแรง โดยโครงสร้างได้มาการ

ออกแบบ และจัดทำขึ้นให้มีขนาดใหญ่ เพื่อใช้รองรับน้ำหนักของผู้ใช้งาน และจักรยานที่ใช้ร่วมกับตัวโครงสร้างฐาน เพื่อให้ผู้ใช้งานมีความปลอดภัยตลอดการใช้งาน

รูปที่ 2 โครงสร้างฐานวางรถจักรยานด้านหน้า

รูปที่ 3 โครงสร้างฐานวางรถจักรยานด้านข้าง

รูปที่ 4 โครงสร้างสำหรับวางรถจักรยาน

3. ขั้นตอนการทดลอง

การเก็บผลการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยรถจักรยานทั่วไป จะใช้รถจักรยานทั้งหมดจำนวน 5 คัน โดยรถจักรยานแต่ละคันรัศมีวงล้อจักรยานที่ต่างกัน เพื่อต้องการทดสอบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากรถจักรยานแต่ละคัน ใช้เวลาในการทดสอบ 1 นาที ต่อรถจักรยาน 1 คัน โดยมีการเก็บผล และบันทึกผล ดังนี้

3.1.1 แรงดันไฟฟ้า

3.1.2 กระแสไฟฟ้า

3.1.3 กำลังไฟฟ้า

3.1.4 ระยะทาง

3.1.5 การเผาผลาญพลังงานแคลอรี่

3.1 การหากำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า (P) วัตต์ (W) คือ อัตราของงานที่ถูกกระทำในวงจรซึ่งเกิดกระแส (I) 1 แอมแปร์ (A) เมื่อแรงดัน (E) กำลังไฟฟ้าหาได้จากผลคูณของแรงดัน มีหน่วยเป็นโวลต์ คูณด้วยกระแส มีหน่วยเป็นแอมแปร์ เขียนเป็นสมการออกมาได้ดังสมการ

$$P = EI$$

3.2 การหาระยะทางจากความยาวเส้นรอบวง

สูตร เส้นรอบวงกลม = $2\pi r$ เมื่อ r = รัศมี

ล้อจักรยานมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 25 เซนติเมตร

$2\pi r = 2\pi(25cm) = 1.571$ เมตร

ดังนั้น 1 รอบของล้อจักรยานได้ระยะทางเท่ากับ 1.571 เมตร

3.3 การหาการเผาผลาญพลังงานแคลอรี่

การหาค่าของแคลอรี่ โดยเก็บผลจากเครื่องออกกำลังกายประเภทจักรยานออกกำลังกาย โดยมีการใช้เครื่องออกกำลังกายในการทดสอบ และเก็บผลทั้งหมดจำนวน 2 เครื่อง 2 ยี่ห้อ เครื่องที่ 1 คือ ยี่ห้อ impulse และเครื่องที่ 2 คือ ยี่ห้อ FORTEM โดยทดสอบเครื่องละ 3ครั้ง ครั้งละ 1 นาที จากนั้นนำค่าเฉลี่ยแคลอรี่รวมที่ได้จากทั้งสองเครื่องมาหารกับค่าเฉลี่ยระยะทางรวมที่ได้จากทั้งสองเครื่องจากนั้นนำมาคูณกับรอบของล้อจักรยาน จะเท่ากับผลแคลอรี่ ดังสูตร

(0.059 ÷ 3.45) × กับรอบของล้อจักรยาน 1.571 เมตร = 0.026 แคล

ดังนั้น 1 รอบ มีระยะทาง 1.571 เมตร แคลอรี่ที่ได้เท่ากับ 0.026 แคล

3.4 การหาจำนวนรอบ

การหาจำนวนรอบจะใช้ตัวรับรู้ฮอลล์ เป็นเซ็นเซอร์ในการนับจำนวนจำนวนรอบ และใช้แม่เหล็กแรงสูงติดกับล้อรถจักรยาน เมื่อแม่เหล็กวิ่งผ่านตัวรับรู้ฮอลล์ จำนวนรอบจะขึ้นเท่ากับ 1 รอบ โดยใช้บอร์ดอาดุยโน่เป็นตัวประมวลผลและควบคุมในการรับค่าและส่งค่าที่ได้รับ เพื่อแสดงผลผ่านทางหน้าจอแอลซดีเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล

4. ผลการดำเนินงาน และผลการทดสอบ

ในการทดสอบมีการแสดงผลผ่านทางหน้าจอทั้งหมด 3 อย่าง คือ จำนวนรอบ, ระยะทาง, แคลอรี่ โดยแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล

รูปที่ 2.6 จอแสดงผล

จากรูปที่ 2.6 เป็นจอที่ใช้ในการแสดงผลในการทดลองจะแสดงผลการทดลองดังนี้

around = จำนวนรอบ

distand = ระยะทาง

calorie = แคลอรี่

ตารางที่ 1 ทดสอบปั่นรถจักรยานจำนวน 5 คัน ในระยะเวลา 1 นาที

คันที่วัด	รัศมี	รอบ (รอบ)	ระยะทาง (เมตร)	แคลอรี่ (แคล)	V (V)	A (mA)	W (w)
1	25	196	307.9	5.096	13.7	260	3.562
2	25	217	340.9	5.642	13.7	330	4.521
3	25	208	345.6	5.408	13.7	250	3.425
4	29	247	388.0	6.422	13.7	390	5.343
5	29	298	468.1	7.748	13.7	360	4.932

จากตารางที่ 1 ได้ทำการทดสอบปั่นรถจักรยานทั้งหมด จำนวน 5 คัน โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบคันละ 1 นาที รัศมีของล้อรถจักรยานมีอยู่ 2 ขนาด คือ ขนาด 25, 29 เซนติเมตร ในการทดสอบพบว่า รัศมีของล้อรถจักรยานส่งผลต่อ จำนวนรอบ ระยะทาง และแคลอรี่ ในส่วนของแรงดันไฟฟ้ามีความคงที่ คือ 13.7 โวลต์ กระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วในการปั่นรถจักรยาน และกำลังไฟฟ้าหาได้จากสมาการที่ 1

5. สรุป

จากการทดลองการผลิตไฟฟ้ากระแสตรงด้วยจักรยานทั่วไป สามารถสรุปได้ว่า การปั่นรถจักรยานทั่วไปเพื่อผลิตแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพนั้น แบ่งออก 2 ส่วนในส่วนที่ 1 คือ เป็นการผลิตกระแสไฟฟ้า และเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไว้สำรองหรือใช้ในยามฉุกเฉิน ในการทดสอบแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบมีค่าคงที่ 13.7 โวลต์ โดยวัดได้จากวงจรคอนโทรลชาร์จแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าวัดได้จากวงจรคอนโทรลชาร์จแบตเตอรี่ขนาดกับแบตเตอรี่ ปรากฏว่ากระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วและแรงที่ใช้ในการปั่นรถจักรยาน โดยการคิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมด 5 คัน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 338 มิลลิแอมป์/นาที กำลังไฟฟ้าที่ได้จกาการปั่นรถจักรยานคันที่ 1 คือ 3.562 คันที่ 2 คือ 4.521 คันที่ 3 คือ 3.425 คันที่ 4 คือ 5.343 และคันที่ 5 คือ 4.932 วัตต์ในส่วนที่ 2 คือ การทำงานทางด้านซอฟแวร์ คือ โดยเขียนโปรแกรมการประมวลผล ใช้บอร์ด arduino เป็นชุดควบการทำงานการแสดงผลผ่านทางหน้าจอแอลซีดี โดยแสดงผลของจำนวนรอบ ระยะทาง และแคลอรี่ ค่าของจำจวนรอบ ระยะทาง และค่าแคลอรี่จะเพิ่มขึ้นได้เรื่อย ๆ จากการปั่นรถจักรยานในทุกครั้งที่ใช้งาน เมื่อหยุดการใช้งานการแสดงผลทั้งหมดก็จะหยุดการทำงานเช่นเดียวกัน และในขณะที่ทำการปั่นรถจักรยานเพื่อออกกำลังกายยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าไปพร้อม ๆ กันได้ทั้งประโยชน์ในเรื่องของสุขภาพ และได้กระแสไฟฟ้าเก็บไว้ใช้ในยามฉุกเฉิน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมที่ให้คำแนะนำปรึกษาและอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ สนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ในการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] นาย อนุรัตน์ เทวตา. (2549). โครงการเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำ. [ระบบออนไลน์]
แหล่งที่: http://tdc.thailis.or.th [24 ตุลาคม 2559]

[3] นายกรัฐมนตรีแถลงในรายการคืนความสุขให้คนไทย. (2556). ประเด็นส่งเสริมการใช้จักรยานออกอากาศทางโทรทัศน์ทั่วประเทศ.[ระบบออนไลน์]
แหล่งที่มา: http://www.thaicyclingclub.org [15 กันยายน 2558]

[4] ข่าวสด.วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558. ย้อนรอย 2 คดี (3ชีวิต) นักปั่นจักรยานรอบโลก ถูกรถชนตายใน ไทย. (2558). [ระบบออนไลน์]
แหล่งที่มา: http://www.khaosod.co.th [25 กันยายน 2558]

[5] นางสาวสาทอง ฮาดปากดี. (2554). การศึกษากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กใช้มอเตอร์แม่เหล็ก. [ระบบออนไลน์]
แหล่งที่มา: http://tdc.thailis.or.th [24 กันยายน 2559]

[6] อาจารย์วรรณ ตันติวัฒน์, ผศ.ประภัสร มหาพัฒนไทย. (2550).ศึกษาวิธีการเปลี่ยนรูปพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าสะสมโดยจักรยานออกกำลังกาย. [ระบบออนไลน์]
แหล่งที่มา: http://tdc.thailis.or.th [15 กันยายน 2559]

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การประยุกต์ใช้โปรแกรม Google map เพื่อจัดทำแผนที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ในโปรแกรม DIgSILENT Power Factory

Google Map Application for Distribution network mapping base on DigSILENT Power Factory

ศิลปชัย กลิ่นไกล บุญเทียม เลียมพระจันทร์ ณฐพล ชูสกุล ธนาพัฒน์ พูนคล้าย อิสรีย์ วงศ์ศรีใส ธงชัย คล้ายคลึง และ กฤติเดช บัวใหญ่

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน

อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 0854056516 E-mail: krittidet.bu@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้โปรแกรม Google Map เพื่อจัดทำ แผนที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าลงในโปรแกรม DIgSILENT Power Factory โดยมีจุดประสงค์เพื่อจัดทำ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้มีความ สอดคล้องกับระบบภูมิศาสตร์ และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อการวางแผน การออกแบบ การวิเคราะห์ เพื่อการปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ ในอนาคต ผลจากการวิจัย โดยการใช้ระบบจำ หน่ายของมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน พบว่าสามารถสร้างระบบไฟฟ้าได้สะดวก และสอดคล้องกับระบบภูมิศาสตร์ได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งได้วิเคราะห์ โหลดโฟล์ว เพื่อดูระดับแรงดันไฟฟ้าในแต่ละโหนด ค่ากำลังไฟฟ้า สูญเสีย รวมทั้งค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในระบบที่ทำการ วิเคราะห์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงระบบไฟฟ้าดังกล่าวได้ อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: การทำแผนที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า, DigSILENT Power Factory

Abstract

This paper presents the conceptual design of the novel integrated planning tool intended to distribution system mapping based on Google Map with DIgSILENT Power Factory program and it application. This tool is combined the power flow grogram and mapping. It is allows user to work on the real system by relating the output to the location of load and feeder. The distribution network in the Rajamangala University of Technology is the test system. Test result show that, the voltage magnitude, power flow, load demand and power losses of the system can be solve. Moreover, the value of visual information is that human intelligence can be closely combined with the domain of numbers. Together with the utilization of distribution network will become an essential tool for user.

Keywords : Distribution network mapping, DIgSILENT Power Factory

1. บทนำ

ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาตำแหน่งของระบบไฟฟ้าได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการนำใช้แผนที่เพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญในการวางแผนและควบคุมการดำเนินงาน แผนที่เป็นสิ่งที่แสดงลักษณะ ภูมิประเทศบนผิวโลก ซึ่งเป็นสามมิติ ให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายบนแผ่นกระดาษซึ่งเป็นสองมิติ แผนที่สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ แต่หากแบ่งตามลักษณะภาพบนแผนที่จะแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ แผนที่ที่เป็นสัญญาลักษณ์แทนลักษณะภูมิประเทศต่างๆ และ แผนที่ที่เป็น ภาพจริงซึ่งเป็นภาพถ่ายอาจเป็นภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียมก็ได้ [1]

สำหรับระบบไฟฟ้าในปัจจุบันได้ใช้โปรแกรม DIgSILENT Power Factory ซึ่งทำให้การจัดการของข้อมูลระบบไฟฟ้าต่างๆ ที่ถูกสร้างขึ้นมาและจัดเก็บในโปรแกรม DIgSILENT Power Factory [2] อย่างไรก็ตามระบบจ่ายไฟฟ้าสามเฟสและในระบบไฟฟ้าที่มีความซับซ้อน ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าตามภูมิศาสตร์จริงเพื่อให้เห็นภาพในระบบไฟฟ้านั้นๆ ด้วยโปรแกรม DIgSILENT Power Factory จากงานวิจัย [3] ได้ศึกษาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จากกระแสการกระจายโหลดการวางแผนที่ดีขึ้นและการดำเนินงาน ซึ่งได้วิเคราะห์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) และการไหลของโหลดที่กระจายซึ่งเป็นตัวแทนที่เกี่ยวข้องในระบบการวางแผนและการดำเนินงานในหน่วยงานสาธารณูปโภค และนักลงทุนสามารถใช้การวางแผนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ สำหรับงานวิจัย [4] ได้ศึกษาการวิเคราะห์โหลดโฟล์วร่วมกับแผนที่ทางภูมิศาสตร์กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ได้จัดทำข้อมูลการไหลของโหลดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง ของ มทร.อีสาน วิเคราะห์โหลดโฟล์วในระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูงด้วยโปรแกรม Matpower และผลการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าสูญเสีย บนแผนที่ทางภูมิศาสตร์ และงานวิจัย [5] ได้ศึกษาโซลูชั่นโหลดโฟล์วในระบบพลังงานโดยวิธีนิวตัน ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการแก้สมการพีชคณิตแบบไม่เชิงเส้น ดังนั้นถ้าเรามีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดทำแผนที่ระบบไฟฟ้า ของ มทร. อีสาน โดยใช้ DIgSILENT Power Factory

ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการเก็บข้อมูล ตำแหน่งของอุปกรณ์และผลโหลดโฟล์วได้ต่อไป

ในงานวิจัยนี้เสนอการจัดทำแผนที่ระบบไฟฟ้า ของ มทร. อีสาน โดยใช้โปรแกรม DIgSILENT Power Factory เพื่อทำแผนที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ และวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้าที่โหนด กำลังไฟฟ้าสูญเสีย ค่ากำลังไฟฟ้า ดังนั้นการวางแผนสร้างระบบไฟฟ้าหรือปรับปรุงก็จะทำได้ง่ายขึ้น

2. การจัดทำแผนที่ระบบไฟฟ้าด้วย DIgSILENT Power Factory

2.1.โปรแกรม Google map

Google map เป็นบริการของ Google ที่ให้บริการเทคโนโลยีด้านแผนที่ประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย และให้ข้อมูลของธุรกิจในท้องถิ่นได้แก่ ที่ตั้งของธุรกิจ รายละเอียดการติดต่อ เส้นทางการขับขี่ และยังสามารถวัดขนาดความยาวของแต่ละพื้นที่ อีกทั้งเป็นบริการฟรี จัดให้แก่ผู้ใช้ทั่วโลก [6]

2.2 โปรแกรม DIgSILENT Power Factory

DIgSILENT Power Factory เป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง ที่สามารถสร้างแบบจำลองด้วยรูปภาพหรือป้อนข้อมูลด้วย Text file สามารถวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าได้ทั้งในระบบผลิต ระบบส่ง ระบบจำหน่าย และภาคอุตสาหกรรม อีกทั้งยังสามารถ นำเข้า (import) รูปเข้ามาในโปรแกรม เพราะฉะนั้นโปรแกรมจะสามารถใช้ทำเป็นแผนที่ระบบไฟฟ้าได้และสามารถแสดงแสดงค่าต่างๆในรูปแบบของโหลดโฟล์ว [7]

2.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้จัดทำแผนที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มี 5 ขั้นตอนดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1 สำรวจพื้นที่</u> ศึกษารายละเอียดและสำรวจข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ประกอบด้วย 1) สายจำหน่ายไฟฟ้า ที่ต้องทราบชนิดสายจำหน่ายไฟฟ้า ระยะสายจำหน่ายไฟฟ้า 2) หม้อแปลงไฟฟ้า ข้อมูลที่ต้องการ คือ ชนิดหม้อแปลง จำนวนเฟส พิกัดกำลัง 3) ตำแหน่งเสา หรือโหนด

<u>ขั้นตอนที่ 2 จัดทำแผนที่</u>

นำเข้าและขยายรูปภาพที่เลือกพิกัดแล้ว snap ไฟล์แผนที่จาก Google Map ขยายภาพ แล้วเลือกจัดวางอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ 1) จัดวางตำแหน่งของโหนด กำหนดแรงดันที่โหนดเป็น 22 kV หลังจากจัดวางสาย แล้ววางโหนดแรงต่ำขาออกหม้อแปลง กำหนดแรงดันที่โหนดเป็น 380 V 2) จัดวางสายจากนั้นเลือกชนิด ขนาด และพารามิเตอร์ ของสายจาก PEAMainLibrary ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [2] ที่ได้เลือก Library นำเข้าโปรแกรมไว้ก่อนหน้าแล้ว 3)วางหม้อแปลงตามตำแหน่ง แล้วเลือกชนิดและขนาด จาก PEAMainLibrary 4)วางโหลดตามตำแหน่งขาออกของหม้อแปลง จากนั้นคำนวณกำลังไฟฟ้าจริงสูงสุด (P) กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูงสุด (Q) จากสมการที่ (2) และ(3)

<u>ขั้นตอนที่ 3 คำนวณโหลด</u> การจำลองโหลดคิดจากพิกัดกำลังของหม้อแปลง ดังสมการที่ (1) – (5) กำหนดให้เพาเวอร์เฟกเตอร์ (P.F) ที่ 0.8 ล้าหลัง และขนาดของโหลดคิดจากดีมานด์โหลดเฟกเตอร์ (DLF)

$$S_{\max} = P_{\max} + jQ_{\max} \quad (1)$$

$$P_{\max} = S_{\max} COS(\theta) \quad (2)$$

$$Q_{\max} = S_{\max} Sin(\theta) \quad (3)$$

$$\theta = COS(P.F) \quad (4)$$

$$S_{demand} = DLF(P_{\max} + jQ_{\max}) \quad (5)$$

เมื่อ $S_{\max}$ คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏสูงสุด (kVA)
S_{demand} คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏที่ต้องการ (kVA)
$P_{\max}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงสูงสุด (kW)
$Q_{\max}$ คือ กำลังไฟฟ้ารีแอททีฟสูงสุด (kVar)
θ คือ มุมเฟส

รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

<u>ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความถูกต้อง</u> เมื่อทำการเขียนแผนที่เรียบร้อยแล้ว จะทำการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

<u>ขั้นตอนที่ 5 แสดงผล</u> จากการวิเคราะห์โหลดโฟล์วใน DIgSILENT PowerFactory จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้า (p.u) กำลังไฟฟ้าปรากฏ กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (P + jQ) ขั้นตอนทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 1

3 ผลการดำเนินงาน

3.1 แผนที่ระบบไฟฟ้าบนโปรแกรม DIgSILENT Power Factory

3.1.1 แผนที่ระบบไฟฟ้า

ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 จากผลการดำเนินงานดังรูปที่ 2 โดยการ Import แผนที่จาก Google Map และ จัดวางอุปกรณ์ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยใช้สัญลักษณ์ดังตารางที่ 1

ก) แผนที่สายจำหน่ายและจุดต่อภายใน มทร.อีสาน วงจรที่ 1

ข) แผนที่สายจำหน่ายและจุดต่อภายใน มทร.อีสาน วงจรที่ 2

รูปที่ 2 ผลลัพธ์การสร้างแผนที่และระบบไฟฟ้า

สำหรับโหนดจะแทนตำแหน่งของจุดต่อเชื่อมสายส่งไฟฟ้าและจุดต่อเชื่อมหม้อแปลงโดยที่ตำแหน่งของเสาจะถูกยุบรวมให้เหลือจำนวนโหนดน้อยที่สุด กล่าวคือจำนวนเสาหลายต้นจะถูกรวมเป็นโหนดเดียว

ตารางที่ 1 รายละเอียดสัญลักษณ์ในแผนที่

ลำดับที่	สัญลักษณ์	ความหมาย
1	•	โหนด หรือ บัส
2		สายส่งไฟฟ้า
3		หม้อแปลงไฟฟ้า
4		โหลด
5		บัสอ้างอิง

3.1.2. รันโหลดโฟล์วและการแสดงผล

เลือกให้แสดงโหลดโฟล์วค่ารวมที่โหนด 1 เมื่อกำหนดค่าดีมานด์โหลดแฟกเตอร์เท่ากับ 1 ผลที่ได้ประกอบไปด้วย แรงดันไฟฟ้า (p.u.) เท่ากับ 1 p.u. กำลังไฟฟ้าจริงรวม เท่ากับ 4.021 MW กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟรวม เท่ากับ 3.387 Mvar กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียรวม เท่ากับ 2.4 kW และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูญเสียรวมเท่ากับ 4.4 kVar ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 การแสดงผลพารามิเตอร์ที่สำคัญจากการวิเคราะห์

3.2. วิเคราะห์ผลการรันโหลดโฟล์ว

ผลการรันโหลดโฟล์วสามารถวิเคราะห์ค่าต่างๆเช่น แรงดันที่โหนด กำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ แสดงตัวอย่างการผลรันรันโหลดโฟล์ว ของวงจรที่ 1 รูปที่ 4 แสดงขนาดแรงดันไฟฟ้าที่โหนดพบว่าแรงดันต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 0.964 p.u. โหนดที่ 19

จากรูปที่ 5 แสดงกำลังไฟฟ้าในสายสายจำหน่ายไฟฟ้าทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ เป็นประโยชน์ในการพิจารณาพิกัดกำลังของสายส่งผลการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของวงจรที่ 1 รวมทั้งหมดคือ 4.021 MW และ 3.387 MVar ตามลำดับ มีกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูญเสียรวม คือ 2.4 kW และ 4.4 kVar ตามลำดับ

รูปที่ 4 แรงดันไฟฟ้า(p.u.)ในแต่ละโหนด ของวงจรที่ 1

รูปที่ 5 กำลังไฟฟ้าจริง (P) กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ(Q) วงจรที่ 1

3.3 แนวทางประยุกต์ใช้งาน

แผนที่ระบบไฟฟ้าที่ได้ประกอบเข้ากับถนน พื้นที่แหล่งน้ำ และอาคาร ทำให้ได้ข้อมูลที่ง่ายต่อการเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เป็นประโยชน์ต่อองค์กร เช่น การเข้าถึงข้อมูลช่วยให้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าเพิ่มเติมหรือการปรับปรุงระบบไฟฟ้ามีข้อมูลที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

การดำเนินงานที่ผ่านมาพบว่าการเขียนแผนที่ระบบไฟฟ้าด้วยโปรแกรม DIgSILENT PowerFactory ยังมีข้อจำกัดในเรื่องกริดที่ไม่ละเอียด ส่งผลให้การวาดสายส่งไฟฟ้ายังมีความคลาดเคลื่อนจากพื้นที่จริงเล็กน้อย และการนำเข้ารูปภาพโปรแกรมได้จำกัดขนาดของภาพกำหนดไว้ไม่เกิน 60 kB ดังนั้นจึงทำให้ภาพขาดความชัดเจนไปบ้าง

4.สรุป

แผนที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ประยุต์ใช้ Google Map ร่วมกับโปรแกรม DIgSILENT Power Factory ที่นำเสนอในบทความนี้เป็นแนวทางการประยุต์ใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าที่สามารถ แสดงผลในรูปแบบภาพบนแผนที่จริงที่ระบุตำแหน่งของเสาสายจำหน่าย และตำแหน่งหม้อแปลง ทำให้สะดวกต่อการใช้งานเป็นประโยชน์สำหรับงานด้านการซ่อมบำรุง งานออกแบบติดตั้งและการวางแผนระบบจำหน่ายไฟฟ้าในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 3 (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) จังหวัดนครราชสีมาที่อนุเคราะห์ข้อมูลพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าและสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1]. ณรงค์ศักดิ์ โอสถธนากร, “การสนับสนุนการดาเนินโครงการในพระราชดาริโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านการรังวัดทาแผนที่ของกรมที่ดิน”, [ออนไลน์], สืบค้นจาก:www.dol.go.th/dol/images/medias/dol/file/pdf/sr/royalproject.pdf

[2]. คู่มือการฝึกอบรมโปรแกรมประยุกต์, “โครงการพัฒนาสารสนเทศระบบไฟฟ้าทางภูมิศาสตร์ ระยะที่ 2 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค”, [ออนไลน์], สืบค้นจาก:extranet.pea.co.th/asp/gisp2/document/training/manual/INT/INT.doc

[3]. K. Buayai, W. Ongsakul, M. Nadarajah and K. Pauirnchai, “GIS Based Distribution Load Flow for Better Planning and Operation” IEEE Transl, Copyright Notice, 2012.

[4]. ส.ต.ต.ภูรินนท์ ต่อสกุล และ ปฐมพงษ์ ชัยเพชร, “การวิเคราะห์การไหลของโหลดร่วมกับแผนที่ทางภูมิศาสตร์กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, 2557

[5]. S.C. Tripathy, G. Durgaprased and O.P. Malik, “Load flow solutions for ill-conditioned power system by a Newton like method”, IEEE Trans, on Power apparatus and System, vol. 101, no. 10, 1982, pp.3648-3657.

[6] P. Ratana “Google maps” , [ออนไลน์], สืบค้นจาก: http://slideplayer.in.th/slide/2069464/

[7] . Francisco M. Gonzalez-Longatt and Dr.Sc Agosto. “DIgSILENT PowerFactory Manual de Usuario Parte I”.2009.[ออนไลน์], สืบค้นจาก http://www.fglongatt.org.ve

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์โหมดกระแส3 เฟส โดยใช้ CDCTAเพียงตัวเดียว

Three Phase Current-mode Sinusoidal Quadrature Oscillator Using Single CDCTA

จรินทร์ศักดิ์ แซ่เตียว[1], ศักดิ์สิทธิ์ สุ่มมาตย์[2]และศุภกิจ วงศ์ปัจฉิม[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 โทรศัพท์ 043-336371 E-mail: charinsak.sa@rmuti.ac.th

[2,3]สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

200 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 โทรศัพท์ 083-372-6340 E-mail: ton_3555@hotmail.com, Supakitgolf14@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์โหมดกระแส 3 เฟส โดยใช้ CDCTA วงจรที่นำเสนอใช้อุปกรณ์แอกทีฟ CDCTA เพียงแค่หนึ่งตัว ต่อร่วมกับตัวเก็บประจุอีกสองตัว โดยปราศจากการต่อด้วยตัวต้านทานภายนอก ทั้งนี้เงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณและความถี่ในการกำเนิดสัญญาณ ยังสามารถปรับด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยการปรับกระแสไบแอสภายนอกของ CDCTA รวมทั้งอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตยังมีค่าสูง เหมาะที่จะนำไปต่อใช้งานในโหมดกระแส นอกจากนี้วงจรกำเนิดสัญญาณใช้เพียงตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์ จึงเหมาะที่จะนำไปพัฒนาเป็นวงจรรวม ผลการจำลองด้วยโปรแกรมPSPICE พบว่าผลที่ได้มีความสอดคล้องกับที่วิเคราะห์ไว้ในทางทฤษฎี

คำสำคัญ: โหมดกระแส, วงจรกำเนิดสัญญาณแบบควอเดรเจอร์, CDCTA

Abstract

This article presents a three phase current-mode quadrature oscillator based on current differencing cascaded transconductance amplifier (CDCTA). It uses single CDCTA and two grounded capacitors without additional external resistors. In addition, the condition and frequency of oscillation can be adjusted by electronic method by adjusting the bias currents of the CDCTA. It has high output impedance appropriate for cascade connection in current mode. Moreover, the proposed circuit uses only grounded capacitors, it is considerably appropriate to further developing into an integrated circuit. The results of PSPICE simulation program are corresponding to the theoretical analysis.

Keywords: Current-mode, Quadrature Oscillator, CDCTA

1. บทนำ

วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์เป็นวงจรที่มีความสำคัญในงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งได้นำไปใช้งานในด้านต่างๆ เช่น ในระบบสื่อสาร การประมวลผลสัญญาณ และระบบเครื่องมือวัด เป็นต้น วงจรกำเนิดสัญญาณอีกประเภทหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งาน คือ วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์แบบควอเดรเจอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณประเภทนี้ จะสามารถให้สัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา ซึ่งจะเรียกสัญญาณดังกล่าวว่า สัญญาณควอเดรเจอร์ (Quadrature Signal) ตัวอย่างการนำไปใช้งาน เช่น การมอดูเลตสัญญาณแบบไซด์แบนด์เดี่ยว (single side band; SSB) และการผสมสัญญาณแบบควอเดรเจอร์ [1] ดังนั้นในช่วงที่ผ่านมา จึงมีผู้นำเสนอวงจรกำเนิดสัญญาณควอเดรเจอร์ออกมาเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เทคนิคที่นิยมใช้ คือ การสังเคราะห์และออกแบบวงจรในโหมดกระแส เนื่องจากทำให้ได้ข้อดีหลายประการ เช่น มีแบนด์วิธต์กว้าง มีความเป็นเชิงเส้นสูง มีค่าพิสัยพลวัตกว้างและวงจรไม่ซับซ้อนเมื่อเทียบกับวงจรที่ทำงานในโหมดแรงดัน [2]

จากการสำรวจผลงานวิจัยในช่วงที่ผ่านมาเกี่ยวกับการสังเคราะห์และออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ โดยการใช้อุปกรณ์แอกทีฟ (Active Building Block) เพียงตัวเดียว พบว่า วงจรที่นำเสนอยังมีข้อด้อยหลายประการ ตัวอย่างเช่น มีการต่อตัวต้านทานภายนอก [3-5] วงจรมีการต่อตัวเก็บประจุแบบลอย [6] ซึ่งทำให้วงจรที่ออกแบบไม่เหมาะในการนำมาสร้างเป็นวงจรรวม บางวงจรที่นำเสนอมีอิมพีแดนซ์ทางด้านเอาต์พุตต่ำ [7] นอกจากนี้ วงจรที่นำเสนอมีเงื่อนไขและความถี่ในการกำเนิดสัญญาณที่ไม่สามารถควบคุมด้วยวิธีอิเล็กทรอนิกส์ [3, 6]

2. หลักการทำงานของ CDCTA

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง CDCTA (Current Differencing Cascaded Transconductance Amplifier) พอสังเขป เนื่องด้วยเป็นอุปกรณ์แอกทีฟหลักที่นำมาใช้ในวงจร CDCTA เป็นอุปกรณ์แอกทีฟสมัยใหม่ ที่

นิยมนำมาใช้ในการออกแบบวงจรในโหมดกระแส ซึ่งถูกนำเสนอในปี ค.ศ. 2013 [8] สัญลักษณ์และวงจรสมมูลแสดงได้ดังรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 3 จะเป็นวงจรภายในที่ออกแบบด้วยมอสทรานซิสเตอร์ ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันแสดงได้ดังสมการที่ (1)

รูปที่ 1สัญลักษณ์ของ CDCTA

รูปที่ 2วงจรสมมูลของ CDCTA

$$\begin{bmatrix} I_z, I_{zc} \\ I_{x1}, I_{x1c} \\ I_{x2}, I_{x2c} \\ V_{x2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g_{m1} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & g_{m2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_p \\ I_n \\ V_z \\ V_{x1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

g_{m1} และ g_{m2} คือ ค่าความนำถ่ายโอน (Transconductance) สามารถปรับค่าได้ด้วยกระแสไบแอสภายนอก I_{B1} และ I_{B2} ตามลำดับ ค่าความนำถ่ายโอนของ CDCTAที่สร้างจากมอสทรานซิสเตอร์หาได้ดังนี้

$$g_{m1} = \sqrt{\mu_n C_{ox} \left[\frac{W}{L}\right]_{11,12} I_{B1}} \quad (2)$$

และ

$$g_{m2} = \sqrt{\mu_n C_{ox} \left[\frac{W}{L}\right]_{23,24} I_{B2}} \quad (3)$$

เมื่อ μ_n คือ ค่าความคล่องผิว (Channel Mobility), C_{ox} คือ ค่าประจุที่เกิดจากความหนาของออกไซด์ที่แชนแนล (Oxide Capacitance), W คือ ความกว้างของแชนแนล (Effective Channel Width) และ L คือ ความยาวของแชนแนล (Effective Channel Length)

3.วงจรกำเนิดสัญญาณที่นำเสนอ

วงจรกำเนิดสัญญาณควอเดรเจอร์โหมดกระแสที่ได้นำเสนอจะใช้ CDCTA เพียงตัวเดียว และ ตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์อีกจำนวน 2 ตัว แสดงดังรูปที่ 4 และจากวงจรในรูปที่ 4 สามารถเขียนสมการคุณลักษณะสมบัติ (Characteristic Equation)ได้เป็น

$$s^2 + s\frac{g_{m1}C_2 - g_{m2}C_1}{C_1C_2} + \frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2} = 0 \quad (4)$$

จากสมการที่ (4) จะเขียนสมการเงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณและความถี่ในการกำเนิดสัญญาณได้ดังสมการที่ (5) และ (6) ตามลำดับ

$$g_{m1} = g_{m2}, \quad C_2 = C_1 \quad (5)$$

และ

$$f_{osc} = \frac{1}{2p}\sqrt{\frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}} \quad (6)$$

แทนค่า g_{m1} และ g_{m2} จากสมการ (1) และ (2) ลงสมการที่ (5) และ (6) จะได้สมการเงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณและความถี่ในการกำเนิดสัญญาณดังสมการที่ (7) และ (8) ตามลำดับ

$$I_{B1} = I_{B2}, \quad C_1 = C_2 \quad (7)$$

และ

$$f_{osc} = \frac{1}{2p}\sqrt{m_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right) \frac{I_{B1}I_{B2}}{C_1C_2}} \quad (8)$$

ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนกระแสทางด้านเอาต์พุตสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (9)และ (10) ตามลำดับ

$$\frac{i_{o1}(s)}{i_{o2}(s)} = -\frac{g_{m2}}{sC_2} \quad (9)$$

และ

$$\frac{i_{o1}(s)}{i_{o3}(s)} = \frac{g_{m2}}{sC_2} \quad (10)$$

ในสภาวะคงตัวของสัญญาณไซน์สมการที่ (9)และ (10)สามารถเขียนได้ใหม่ดังนี้

$$\frac{i_{o1}(jw)}{i_{o2}(jw)} = j\frac{g_{m2}}{w_{osc}C_2} \quad (11)$$

และ

$$\frac{i_{o1}(jw)}{i_{o3}(jw)} = -j\frac{g_{m2}}{w_{osc}C_2} \quad (12)$$

รูปที่ 3วงจรภายในของ CDCTA

รูปที่ 4 วงจรกำเนิดสัญญาณควอเดรเจอร์โหมดกระแส 3 เฟส

ตารางที่ 1อัตราส่วน W/L ของทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

ทรานซิสเตอร์	W (μm)	L (μm)
M1-M10	20	1
M11-M12, M23-M24	40	1
M16, M21	5	1
M17, M22	5.35	1
M13-M15, M18-M20, M25-M30	6	1

4.ผลจำลองการทำงาน

หัวข้อนี้จะเป็นการทดสอบสมรรถนะของวงจรกำเนิดสัญญาณที่นำเสนอในรูปที่ 4 ด้วยโปรแกรม PSPICE ซึ่งจะใช้โครงสร้างภายในของ CDCTA ดังรูปที่ 3 ส่วนทรานซิสเตอร์จะใช้เทคโนโลยี 0.35μm TSMC [9] และอัตราส่วน W/L ของทรานซิสเตอร์มีค่าตารางที่ 1โดยแรงดันที่จ่ายให้กับวงจรจะมีค่า ±1.5V ส่วน C_1 และ C_2 มีค่าเท่ากันคือ 0.5nF ใช้กระแสไบอัส I_{B1}และ I_{B2} เท่ากับ 200μA และ 220μA ตามลำดับ ผลการจำลองแสดงได้ดังตารางที่ 2 นอกจากนี้ในรูปที่5 และ 6 แสดงสัญญาณเอาต์พุตในสภาวะชั่วขณะ และสภาวะอยู่ตัวตามลำดับ ส่วนในรูปที่ 7 จะเป็นสเปกตรัมความถี่ของสัญญาณ

ตารางที่ 2ผลจำลองการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณที่นำเสนอ

พารามิเตอร์	ค่าที่ได้จากการจำลอง
ความถี่ในการกำเนิดสัญญาณ f_{osc}	390.195 MHz
THD ที่เอาต์พุต i_{o1}	2.640%
THD ที่เอาต์พุต i_{o2}	2.009%
THD ที่เอาต์พุต i_{o3}	2.068%
เฟสของสัญญาณ i_{o1}	15.79 องศา
เฟสของสัญญาณ i_{o2}	-73.65องศา
เฟสของสัญญาณ i_{o3}	106.3 องศา

รูปที่ 5 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรกำเนิดสัญญาณที่นำเสนอ

รูปที่ 6 สัญญาณเอาต์พุตในสภาวะอยู่ตัว

รูปที่ 7 สเปกตรัมของสัญญาณ

5.สรุป

บทความนี้นำเสนอวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์โหมดกระแสโดยใช้อุปกรณ์แอกทีฟเพียงแค่ตัวเดียว วงจรที่นำเสนอสามารถให้สัญญาณไซน์ที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา จำนวน 3 เฟส นอกจากนี้ยังปรับเงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณและความถี่ในการกำเนิดสัญญาณได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งการออกแบบวงจรจะหลีกเลี่ยงการต่อตัวเก็บประจุแบบลอย และตัวต้านทานทั้งนี้การจำลองด้วยโปรแกรม PSPICE พบว่าวงจรสามารถกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์โหมดกระแสทางเอาต์พุตได้ตามที่วิเคราะห์ไว้ในทางทฤษฎี

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น และ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณ สำหรับงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] I.A. Khan, and S. Khawaja, “An integrablegm-C quadrature oscillator,” International Journal of Electronics, vol. 87, no.11, 2000, pp. 1353-1357.

[2] C. Toumazou, F.J. Lidgey, and D.G. Haigh, “Analogue IC design: the current-mode approach”, London: Peter Peregrinus, 1990.

[3] T. Bumrongchoke, D. Duangmalaiand and W. Jaikla, “Current differencing transconductance amplifier based current-mode quadrature oscillator using grounded capacitors,” International Symposium on Communications and Information Technologies, 2010,pp.192-195.

[4] A. Jantakun, and W. Sa-Ngiamvibool, “Current-mode sinusoidal oscillator using current controlled current conveyor transconductance amplifier,” Rev. Roum. Sci. Techn. - Électrotechn. etÉnerg, vol. 58, no. 4, 2013, pp. 415–423.

[5] W. Jaikla, M. Siripruchyanun, J. Bajer, and D. Biolek, “A simple current-mode quadrature oscillator using single CDTA,”Radioengineering, vol. 17, no. 4, 2008, pp. 33-40.

[6] J. Jin, and C. Wang, “Single CDTA-based current-mode quadrature oscillator,”International Journal of Electronics and Communications (AEU), vol. 66, no. 11, 2012, pp. 933-936.

[7] W. Jaikla, and M. Siripruchyanan, “A versatile quadrature oscillator and universal biquad filter using dual-output current controlled current differencing transconductance amplifier,” International Symposium on Communications and Information Technologies, 2006, pp. 1072-1075.

[8] X. Jun, W. Chunhua, and J. Jie, “Current differencing cascaded transconductance amplifier (CDCTA) and its applications on current-mode nth-order filters.” Circuits, System, and Signal Processing,vol. 32, no. 5, 2013, pp. 2047-2063.

[9] E. Yuce, “On the implementation of the floating simulators employing a single active device,”International Journal of Electronics and Communications (AEU),vol. 61, no. 2, 2007, pp. 453-458.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารโดยโปรแกรมไดอะลักซ์

Interior Illumination Designs by Dialux Program

จักรดุลย์ สุขสายออ มัณฑนา เพ็ชรตะกั่ว ธีรยุทธ เสริฐสูงเนิน ทวีศักดิ์ แสงจันทร์

จิตรภาณุ ศิลาเงิน นพณัฐ จิตกรียาน วิชัย สายคติกรณ์ และ กฤติเดช บัวใหญ่

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-233000 E-mail: krittidet.bu@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอวิธีการคำนวณและออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคาร เพื่อให้ได้ความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยใช้โปรแกรมไดอะลักซ์ ข้อมูลนำเข้าได้แก่ค่าความส่องสว่างของห้อง ขนาดของห้อง องค์ประกอบภายในห้อง เช่น โต๊ะทำงาน ตู้ อื่นๆ รวมถึงสีของห้อง และชนิดของดวงโคม เพื่อหาตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมและจำนวนของดวงโคม ทดสอบกับห้องประชุมโดยใช้โปรแกรมไดอะลักซ์เปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยวิธีลูเมน ผลการทดสอบพบว่าวิธีการทั้งสองวิธีได้จำนวนดวงโคมเท่ากัน ทั้งนี้โปรแกรมไดอะลักซ์ยังสามารถแสดงผลของความเข้มการส่องสว่างเป็นค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ย การจำลองภาพในรูปแบบสามมิติ การคำนวณเพื่อจัดหาตำแหน่งการจัดวางดวงโคมเพื่อให้ได้แสงตามที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้ประกอบในการเรียนในรายวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง รวมถึงเป็นเครื่องมือในการออกแบบระบบไฟฟ้าส่องสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ ; ไดอะลักซ์,วิธีลูเมน,ออกแบบแสงสว่าง

Abstract

This paper presents an interior illumination design for the most appropriate and efficiency lighting by DIALUX Program. The input data for DIALUX program are luminous intensity, room dimension, room environment such as table, cupboard, furniture, room color and type of luminaire. The program will be automatically to find nuๆฟผmber of luminaire and configuration of luminaire within the room. We used the meeting room is a simple example to use the DIALUX program for interior illumination design. It compares with the calculated by lumen method. Test result show that, the number of luminaire as same as by lumen method. The advantage of DIALUX program have too many functions help us easy to design the illumination in the building. In the project overview we can see all the objects used in the project, listed according the room. Also we can see the luminous intensity in maximum, minimum and average value, simulate in 3D model. Therefore this program can be used for illumination engineering studying. Which is important tool to apply for illumination design.

Keywords: Dialux, Lumen method, Illumination design

1.บทนำ

การออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารที่ดีต้องมีความเข้มการส่องสว่างเป็นไปตามมาตรฐานของกฎกระทรวง (ประกาศราชกิจจานุเบกษาเล่ม 123 ตอนที่ 23 ก. 6 มีนาคม 2549) [1] ที่กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวะ - อนามัยสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่างและเสียง พ.ศ. 2549 นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับการใช้งาน และมีความสวยงามตามหลักสถาปัตยกรรม

โปรแกรมไดอะลักซ์ (DIALUX) [2] คือโปรแกรมที่สามารถออกแบบและคำนวณระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้อย่างชัดเจน เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง รวมถึงใช้ในการคำนวณและออกแบบงานไฟฟ้าส่องสว่างในงานจริง โปรแกรมจะมีส่วนของ Plug – in ซึ่งเป็นข้อมูลของโคมไฟฟ้า และหลอดไฟแต่ละแบบให้สามารถนำมาใส่ในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาได้ โปรแกรมสามารถแสดงผลของความส่องสว่างจากโคมไฟฟ้าที่ใช้ออกมาได้อย่างสมจริง เป็นประโยชน์ในการจำลองการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างก่อนที่จะนำไปสร้างจริง

ในบทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม DIALUX เพื่อหาจำนวนดวงโคม และตำแหน่งการ

จัดวางดวงโคม เนื้อหาจะประกอบไปด้วยทฤษฎีการออกแบบและการคำนวณส่องสว่าง การออกแบบแสงสว่างโดยโปรแกรม DIALUX ทดสอบการออกแบบแสงสว่างสำหรับห้องประชุม ผลการทดสอบและสรุปผล

2. ทฤษฎีการออกแบบและคำนวณการส่องสว่าง

การให้แสงสว่างภายในอาคารนั้นสิ่งที่ต้องพิจารณาคือ ระดับความเข้มการส่องสว่างที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน การเลือกชนิดการกระจายแสงของดวงโคม สีของหลอดไฟ รวมถึงความสม่ำเสมอของแสงสว่างและความถูกต้องของสีของแสง อายุการใช้งาน และการประหยัดพลังงาน

2.1 ชนิดการกระจายแสงของดวงโคม

สามารถจำแนกได้เป็น 6 แบบได้แก่ [3]

1. แบบโดยตรง (direct)
2. แบบกึ่งโดยตรง (semi-direct)
3. แบบโดยตรง-โดยอ้อม (direct-indirect)
4. แบบกระจายทุกทิศทาง (general diffuse)
5. แบบกึ่งอ้อม (semi-indirect)
6. แบบโดยอ้อม (indirect)

2.2 การออกแบบแสงสว่าง

ทฤษฎีการออกแบบแสงสว่างแบ่งได้ 2 วิธีคือ

2.2.1. คำนวณวิธีจุดต่อจุด (Point By Point Method) [3]

เป็นการคำนวณเฉพาะจุด เหมาะกับกรณีที่ต้องการคำนวณเฉพาะพื้นที่

รูปที่ 1 ใช้ในการคำนวณวิธีจุดต่อจุด (Point By Point Method)

$$E = \frac{I}{D^2} \cos\theta \qquad (1)$$

E = ความส่องสว่างที่งาน (Lux)
I = ความเข้มแสง (Candela)
D = ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงถึงงาน (m)

2.2.2. คำนวณวิธีลูเมน (Lumen Method)

สำหรับบทความนี้ใช้การคำนวณด้วยวิธีลูเมนเพื่อหาจำนวนดวงโคม สูตรการคำนวณดังสมการที่ (2) [2] เพื่อใช้เปรียบเทียบกับการออกแบบด้วยโปรแกรมไดอลักซ์

$$N = \frac{E \, x \, A}{lm \, x \, CU \, x \, MF} \qquad (2)$$

N คือ จำนวนดวงโคม
E คือ ความส่องสว่างที่ต้องการ
A คือ พื้นที่ของห้อง
lm คือ จำนวนลูเมนต่อดวงโคม
CU คือ สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of utilization factor)
MF คือ ค่าการบำรุงรักษา (maintenance factor)

2.3 ความสม่ำเสมอของแสงสว่าง (uniformity of lighting)

การออกแบบที่ดีแสงสว่างจะต้องมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งห้อง โดยทั่วไปจะกำหนดอัตราส่วนระยะห่างระหว่างดวงโคม (S) และความสูงของดวงโคมหรือพื้นที่ทำงาน (MH) อยู่ระหว่าง 0.9-1.1 โดยขึ้นอยู่กับการกระจายแสงของโคม [3]

2.4 ผลการสะท้อนแสงของสีและวัสดุ

ผลการสะท้อนแสงของเพดาน ผนัง และพื้นมีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (CU) เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เป็นประสิทธิผลของแสงเนื่องจาดแสงบางส่วนถูกกลืนไปกับสภาพแวดล้อม เช่น การสะท้อนแสงของสีที่ใช้ทาผนังห้อง การสะท้อนแสงของวัสดุต่างๆ

3. การออกแบบแสงสว่างด้วยโปรแกรมไดอะลักซ์ (DIALUX)

โปรแกรมไดอะลักซ์ (DIALUX) คือโปรแกรมที่สามารถคำนวณและออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้อย่างชัดเจน สามารถจำลองการส่องสว่างในอาคารที่สร้างขึ้นได้ และโปรแกรมสามารถแสดงผลของการส่องสว่างจากโคมได้อย่างสมจริงเป็นประโยชน์ในการจำลองการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างก่อนที่จะนำไปสร้างจริงโดยโปรแกรม DIALUX จะแสดงผลลักษณะห้องในรูปแบบของสามมิติในรูปแบบไฟล์ pdf และรูปแบบไฟล์ Video ขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นการสร้างห้องโดยการวางแบบและหลังจากนั้น จึงทำการสร้างห้องตามแบบที่วาง เช่น ความกว้าง ความยาวความสูงรวมถึงองค์ประกอบอื่นๆที่จะต้องจัดวางภายในห้องหรืออาคารนั้นๆ

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเลือกดวงโคมให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ของอาคารและความเข้มของการส่องสว่างจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของกฎกระทรวง [3] โดยการเลือกดวงโคมจะต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานรวมถึงจะต้องคำนึงถึงความสวยงาม

ขั้นตอนที่ 3 ทำการคำนวณตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมโดยโปรแกรม DIALUX สามารถจัดวางตำแหน่งดวงโคมด้วยตนเองหรือผ่านโปรแกรมโดยการกำหนดค่าเพื่อให้ได้ค่าความส่องสว่างตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 4 จำลองผลการทดลองออกมาในรูปแบบสามมิติ และทำการเลือกสิ่งที่ต้องการให้โปรแกรมแสดงผลออกทาง pdf

4. ผลการทดลอง (กรณีศึกษา)

กรณีศึกษาได้ทำการทดลองการออกแบบแสงสว่างภายในห้องประชุมอาคาร 18 (วิศวกรรมไฟฟ้า) ห้อง18203 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน โดยได้ดำเนินการออกแบบตามวิธีลูเมนเปรียบเทียบกับโปรแกรม DIALUX รายละเอียดดังนี้

4.1 การคำนวณด้วยมือ

ขั้นตอนที่ 1. คำนวณหาจำนวนดวงโคม ระดับความสว่าง 500 Luxจากสมการ (2) ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 2x28 วัตต์ แบบ TL5 โดยกำหนดค่าต่างๆ ดังนี้

E (Lux)	A (m^2)	Lm	CU	MF
500	(8 x 12)	5250	0.91	0.75

ผลการคำนวณได้จำนวนดวงโคม 12 ดวงโคม

ขั้นตอนที่ 2. จัดวางดวงโคมภายในพื้นที่ของห้อง

รูปที่ 3 การจัดวางดวงโคมจากการคำนวณด้วยมือ

4.2 การคำนวณด้วยโปรแกรม DIALUX

ขั้นตอนที่ 1 สร้างแบบจำลองห้องขนาด กว้าง 8 เมตร ยาว 12 เมตร สูง 2.8 เมตรพร้อมองค์ประกอบต่างๆภายในห้องให้ใกล้เคียงกับสภาพจริงกำหนดองค์ประกอบต่างๆภายในห้องเพื่อให้โปรแกรมคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

รูปที่ 4 แบบจำลองแปลนห้องประชุม

ขั้นตอนที่ 2 ใช้ดวงโคม PHILIPS TCS165 2xTL5-28W HFP C3_827 เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด2x28วัตต์ แบบTL5 [5] ซึ่งเป็นหลอดประหยัดพลังงาน

รูปที่ 5 โคมและหลอดที่ใช้

จากรูปที่ 5 เป็นการบอกถึงค่าความกระจายแสงของดวงโคมและปริมาณเส้นแรงการส่องสว่าง

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าความเข้มแสง 500 Lux สำหรับห้องประชุม โดยให้โปรแกรมทำการคำนวณและจัดวางตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมแบบอัตโนมัติเพื่อให้ความเข้มการส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ของห้องมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด

รูปที่ 6 ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคม

รูปที่ 7 คอนทัวร์การกระจายแสง

จากรูปที่ 7 เป็นการแสดงค่าความส่องสว่างบนพื้นที่ใช้งานจริง ซึ่งกำหนดให้พื้นที่ใช้งานมีความสูงจากพื้น 0.75 เมตร

ขั้นตอนที่ 4 จำลองผลการทดลอง

รูปที่ 8 รูปแบบห้องแบบสามมิติ

รูปที่ 9 สเปกตรัมของแสงภายในห้องแบบสามมิติ

จากรูปที่ 8 และ 9 แสดงห้องเป็น 3 มิติและบอกถึงองศาการกระจายแสงของดวงโคมโดยที่แบ่งค่าความเข้มของแสงสว่างที่แตกต่างกันด้วยโทนสีจากค่าต่ำสุดจนถึงค่าสูงสุดมีหน่วยเป็นลักซ์

5. สรุป

การออกแบบระบบไฟฟ้าส่องสว่างโดยใช้โปรแกรม DIALUX แสดงองค์ประกอบต่างๆ เช่น ค่าความส่องสว่างในบริเวณที่ต้องการออกแบบหรือเฉพาะจุด ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคม จะบอกถึงจำนวนของดวงโคมของพื้นที่ที่ได้กำหนด บอกถึงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม และแสดงให้เห็นคอนทัวร์การกระจายแสง เป็นการแสดงให้เห็นถึงค่าความส่องสว่างในบริเวณต่างๆของห้อง เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจในการออกแบบมากยิ่งขึ้น ซึ่ง DIALUX เป็นโปรแกรมที่เหมาะสำหรับการออกแบบเพื่อนำไปใช้งานจริง รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการศึกษาให้มีความสะดวก รวดเร็ว และแม่นยำ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลับเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่สนับสนุนการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] www.bsa.or.th/กฎหมาย/กฎกระทรวง-การท างานเกี่ยวกับความร้อน-แสงสว่าง-และเสียง-พศ-๒๕๔๙.html

[2] http://www.dial.de/CMS/English/Articles/DIALux/Download/Download_d_e_fr_it_es_cn.html.

[3] ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช. การออกแบบระบบแสงสว่าง, หน้า 99-135; บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด (มหาชน),พ.ศ.2521.

[4] Kārlis Zālītis, Kristīna Bērziņa, “Effective and Optimal Simulation of Light Design in Riga Technical University’s Lighting Laboratory from the Point of View of Energy Efficiency,” IEEE 4th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering, pp. 5-7, 2016.

[5] Philips lighting , “Lighting manual,” 5th edition,1993.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การปรับเปลี่ยนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยการจำลองการอบเหนียว เพื่อแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด

Modified simulated annealing Optimization for Solving Economic Dispatch Problem

จิรพนธ์ ทาแกง[1] วันไชย คำเสน[2] อภินันท์ อุรโสภณ[3]

[1,2]สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง เลขที่ 200 หมู่ 17 ถนนลำปาง-งาว ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง โทรศัพท์ 054-342547 E-mail: su0008@hotmail.com, wanchai_kh@rmutl.ac.th

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม41/20 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150 โทรศัพท์ 043-754333 E-mail: aurasopon@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่มีฟังก์ชั่นราคาเชื่อเพลิงเป็นแบบเรียบ โดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบอัลกอริทึมของวิธีการจำลองการอบเหนียว (SA) โดยใช้หลักการเท่ากันของต้นทุนการผลิต (incremental cost: λ) เข้าไปแทนขั้นตอนของการสุ่มหาค่าเริ่มต้นและใช้หลักการ SA ในการดำเนินการหาคำตอบต่อไป โดยพิจารณาความต้องการของระบบไฟฟ้า ค่าสูญเสียในสายส่ง และเงื่อนไขข้อบังคับต่าง ๆ ของระบบ การจำลองโดยใช้โปรแกรม MATLAB และทดสอบกับกรณีศึกษาที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิด 6 หน่วย และได้ทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอกับวิธี GA และ PSO จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าวิธีการที่นำเสนอมีวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้านคุณภาพและคุณลักษณะของการลู่เข้าและการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจำลองการอบเหนียว, การจ่ายโหลดอย่างประหยัด, แลมด้า

Abstract

This article presents the most optimization to solve the economical dispatch problem with a smooth cost function by modified the algorithms of the SA simulations using the same principle of incremental cost (λ), instead of the initial randomization and SA To continue to find answers. Considering the needs of the electrical system, loss in transmission line And MATLAB simulation conditions and test cases with 6-unit generator and tested to evaluate the performance of the methods presented with the GA and PSO methods. The presentation offers an accurate solution to the problems of quality and convergence features and efficient calculations.

Keywords: Simulated annealing, Economical dispatch, Lamda

1. บทนำ

การผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้มีเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือเป็นสิ่งสำคัญ ในขณะที่ความต้องการพลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งจะนำมาด้วยปัญหาในการวางแผนการผลิตไฟฟ้า และสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการผลิตพลังงานไฟฟ้าคือค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นจะต้องจัดสรรกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องกำเนิดแต่ละเครื่องโดยที่ให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าโดยรวมน้อยที่สุด เพียงพอกับความต้องการ และอยู่บนข้อจำกัดข้อบังคับของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ปัญหานี้คือการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic Dispatch:ED)

การจ่ายโหลดอย่างประหยัดคือการพิจารณาความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยให้ค่าใช้จ่ายราคาเชื้อเพลิงในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำที่สุด มีหลายวิธีในการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด โดยสามารถแยกออกได้เป็น 2 วิธีแรกคือวิธีเชิงตัวเลข เช่น การทำซ้ำแบบแลมด้า (Lambda Iteration) เป็นวิธีอาศัยหลักการเท่ากันของต้นทุนที่เพิ่มขึ้น (Incremental Cose) วิธีเกรเดียน (Gradient Method) เป็นวิธีที่อาศัยความลาดชันในการหาคำตอบ วิธีนิวตัน (Newton's Method) เป็นการคำนวณคำตอบด้วยการประมาณของอนุกรมเทเลอร์ วิธีการประยุกต์ใช้ฟังก์ชั่นส่วนของเส้นตรง (Piecewise Function) แต่วิธีเหล่านี้เป็นเพียงการหาค้นหาคำตอบเฉพาะถิ่น (local search) วิธีที่สองคือเทคนิคใหม่ ๆ เช่นการจำลองการอบเหนียวของ

โลหะ (SA) [1] การค้นหาแบบตาบู (TS) [2] วิธีการทางพันธุกรรม (GA) [3] วิธีฝูงมด (ACO) [4] วิธีอนุภาค (PSO) [5], [6] วิธีแบบฝูงผึ้ง (BCO) [7] วิธีการเหล่านี้เป็นวิธีการที่ทันสมัยในการแก้ปัญหา ED ซึ่งสามารถค้นหาคำตอบที่เป็น global แต่อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้เป็นการค้นหาคำตอบแบบสุ่ม ต้องใช้เวลานานในการค้นหาคำตอบ ปัญหานี้มีการคิดค้นวิธีการเพิ่มความเร็วในการค้นหาคำตอบนั่นคือการผสมผสานวิธีแลมด้าและวิธีฝูงผึ้ง HLBCO [8] โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นของการค้นหาด้วยแลมด้า และใช้ ความสามารถของวิธีฝูงผึ้งในการค้นหาคำตอบ แต่วิธีการนี้มีโอกาสที่คำตอบจะติดอยู่ที่ local เนื่องจากในการวนรอบซ้ำคำตอบอาจจะอยู่ในจุดเดิม วิธีการจำลองการอบเหนียว (SA) เป็นวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ เมื่อเกิดคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเฉพาะที่ จะยอมรับคำตอบปัจจุบันเป็นคำตอบใหม่ กระบวนการลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็ยังคงเริ่มต้นด้วยการสุ่มค่าเริ่มต้น และอาจทำให้เกิดการลดอุณหภูมิที่เร็วเกินไปทำให้ได้คำตอบเฉพาะที่

บทความนี้นำเสนอการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดด้วยการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับวิธีการ SA โดยลดขั้นตอนของการสุ่มหาคำตอบและกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีการทำซ้ำแบบแลมด้า จากนั้นจึงใช้ขั้นตอนของวิธีการอบเหนียวในการหาคำตอบโดยเริ่มจากค่าแลมด้าที่คำนวณได้ โดยพิจารณาถึงฟังชั่นราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่มีสมการทางคณิตศาสตร์ของต้นทุนการผลิตที่เป็นแบบเรียบ รวมทั้งข้อจำกัดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การทดสอบได้จำลองการทำงานบนโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาใช้ระบบที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิด 6 หน่วย

2. ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด

การจ่ายโหลดอย่างประหยัดแบบสแตติก เป็นการวางแผนการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในระบบไฟฟ้า ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น โดยใช้ต้นทุนการผลิตน้อยที่สุด และสอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับต่าง ๆ ของระบบ ประกอบด้วย

2.1 ฟังก์ชั่นเป้าหมาย (Objective Function)

การวางแผนการผลิตเพื่อให้ต้นทุนการผลิตอยู่ในระดับต่ำที่สุดมีฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ตามสมการ (1)

$$Minimize : TC = \sum_{i=1}^{N} F_i(P_i) \tag{1}$$

โดยที่ TC คือ ต้นทุนรวมในการผลิตกำลังไฟฟ้า
i คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i
N คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับระบบทั้งหมด
$F_i(P_i)$ คือ ต้นทุนของเชื้อเพลิงการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i

2.2 ลักษณะของฟังก์ชั่นราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

โดยทั่วไปฟังก์ชั่นราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สมการทางคณิตศาสตร์ของต้นทุนการผลิตที่เป็นแบบเรียบ (Smooth Cost) และสมการทางคณิตศาสตร์ของต้นทุนการผลิตที่เป็นแบบไม่เรียบ (Non-Smooth Cost)

ฟังก์ชั่นราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเรียบ (Smooth Cost) การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน จึงได้มีการกำหนดฟังก์ชั่นราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นฟังก์ชั่นกำลังสอง (Single Quadratic Function) คือ

$$F_i(P_i) = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \tag{2}$$

โดยที่ a,b และ c คือสัมประสิทธิ์ราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i

2.3 เงื่อนไขบังคับ (Constraint) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข้อจำกัดกำลังไฟฟ้าสมดุลของระบบ (Power Balance Constraint) คือ กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับผลรวมของความต้องการปริมาณไฟฟ้า กับกำลังสูญเสียรวมในระบบส่งจ่าย

$$\sum_{i=1}^{N} (P_i) = P_D + P_{loss} \tag{3}$$

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} P_i B_{ij} P_j + \sum_{j=1}^{N} B_{0i} P_i + B_{00} \tag{4}$$

โดยที่ P_i คือ กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i
P_D คือ กำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการ
P_{loss} คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง
B_{ij}, B_{oi}, และ B_{oo} คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียของสายส่ง

3. การปรับเปลี่ยนวิธีการจำลองการอบเหนียว (Modified Simulated annealing: MSA) และ

วิธี Simulated Annealing หรือ SA เป็นวิธีการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในปี 1983 โดย Kirkpatrick เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้น โดยกระบวนการของ SA จะเลียนแบบกระบวนการปรับโครงสร้างอะตอมของโลหะด้วยวิธีการอบเหนียวโลหะ เริ่มต้นกระบวนการโดยการให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิ ใช้การปรับลดอุณหภูมิอย่างช้า ๆ เพื่อเพิ่มขนาดของผลึกและจัดเรียงตัวโครงสร้างโลหะ จนกระทั่งโลหะอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมที่สุด วิธี SA จะมีลักษณะการทำงานที่อาศัยหลักของ

การค้นหาคำตอบจากคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบปัจจุบัน ซึ่ง SA เกิดจากการปรับปรุงผลของคำตอบเฉพาะที่ เมื่อเกิดคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเฉพาะที่ จะยอมรับเป็นคำตอบใหม่ที่จะไปดำเนินการต่อไป แต่ถ้ามีคำตอบใหม่ที่คุณภาพด้อยกว่าเดิม อาจจะยอมรับคำตอบนั้น [9]

ในการปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมของกระบวนการจำลองการอบเหนียวนี้ จะใช้วิธีการเท่ากันของต้นทุนการผลิต (incremental cost: λ) ในการคำนวณหาคำตอบเริ่มต้น และใช้หลักการของกระบวนการอบเหนียวในการหาคำตอบจากค่าเริ่มต้นที่ได้คำนวณไว้ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับอัลกอริทึม SA ดังตารางที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าคำตอบเริ่มต้นด้วยหลักการเท่ากันของต้นทุน (λ) ด้วยสมการต่อไปนี้

$$\lambda = \frac{P_D + \sum_{i=1}^{m} \frac{b_i}{c_i}}{\sum_{i=1}^{m} \frac{1}{c_i}} \qquad (5)$$

นำค่า λ ที่ได้ไปคำนวณหาค่าต้นทุนการผลิต (s) โดยค่าที่ได้ต้องตอบสนองความต้องการของระบบโดยการพิจารณาเงื่อนไขของระบบ ข้อจำกัดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องอยู่ในช่วงต่ำสุดและสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ผลิตกระแสไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 3 สร้างคำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จาก λ แบบสุ่ม (S_j) และคำนวณค่าต้นทุนการผลิตเพื่อนำไปเปรียบเทียบจากค่าที่ได้จากขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 ถ้าตำตอบใหม่ดีกว่าคำตอบเดิมก็จะดำเนินการเลือกคำตอบใหม่ แต่หากคำตอบใหม่ด้อยกว่าคำตอบเดิม จะดำเนินการคำนวณค่าความเบี่ยงเบนของค่าใช้จ่าย $\Delta S = Sj - Si$ และสร้างจำนวนสุ่มจากนั้นทำการยอมรับค่าโซลูชั่นใหม่ (S_j) แทนค่าโซลูชั่นเดิม (S)

ขั้นตอนที่ 5 ดำเนินการปรับค่าอุณหภูมิในสภาวะถัดไป ($T_K = r*T_{K-1}$)

ขั้นตอนที่ 6 ดำเนินการวนซ้ำจนกระทั่งถึงเงื่อนไขการหยุดทำงาน

ตารางที่ 1. ค่าพารามิเตอร์สำหรับ SA

Parameters	Values
Initial temperature	100
Final temperature	5
Cool Shed	0.83
maximum number of tries	1000
Maximum number of successes within	50

4. ผลการทดสอบ

4.1 ระบบที่ใช้ทดสอบ ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน 6 หน่วย26 บัส 46 สายส่ง ความต้องการพลังงานไฟฟ้า 1263 MW คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องดังในตารางที่ 2 และค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย B ดังต่อไปนี้ [10]

$$B_{ij} = \begin{bmatrix} 1.7 & 1.2 & 0.7 & 0.1 & 0.5 & 0.2 \\ 1.2 & 1.4 & 0.9 & 0.1 & 0.6 & 0.1 \\ -0.1 & 0.1 & 0.0 & 0.2 & 0.6 & 0.8 \\ -0.5 & 0.6 & 0.1 & 0.6 & 12.9 & 0.2 \\ 0.2 & 0.1 & 0.6 & 0.8 & 0.2 & 15 \end{bmatrix}$$

$$B_{0i} = 10^{-3} \times [-0.3908 \;\; -0.1297 \;\; 0.7047 \;\; 0.0591 \;\; 0.2161 \;\; -0.6635]$$

$$B_{00} = 0.056$$

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดกรณีศึกษาที่ 2

Unit no.	a_i	b_i	c_i	$P_{i,min}$	$P_{i,max}$
1	0.0070	7.00	240	100	500
2	0.0095	10.0	200	50	200
3	0.0090	8.50	220	80	300
4	0.0090	11.0	200	50	150
5	0.0080	10.5	220	50	200
6	0.0075	12.0	190	50	120

4.2 การจำลองและเปรียบเทียบผล

ผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธี SA กับวิธี MSA ได้ผลดังตารางที่ 3 เมื่อทำการปรับปรุงอัลกอริทึมของ SA แล้วสามารถเปรียบเทียบความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบได้ดังรูปที่ 1 -2 ผลการเปรียบเทียบกับวิธี GA และ PSO ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบระหว่างวิธี SA และ MSA

Unit Output	SA	**MSA**
P_1 (MW)	457.2984	**454.8648**
P_2 (MW)	175.8797	**176.1417**
P_3 (MW)	253.5439	**258.4890**
P_4 (MW)	135.8327	**131.6245**
P_5 (MW)	162.4373	**164.6958**
P_6 (MW)	90.0995	**89.4228**
Total Power Output (MW)	1275.0915	**1275.2387**
Total Generation cost ($/h)	15440.2632	**15440.1831**
Power Loss	12.0915	**12.2387**

รูปที่ 1 การลู่เข้าหาคำตอบของวิธี SA

รูปที่ 1 การลู่เข้าหาคำตอบของวิธี MSA

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบผลกับวิธี GA และ PSO

Unit	GA[10]	PSO[10]	**MSA**
P_1 (MW)	474.81	446.71	**454.8648**
P_2 (MW)	178.64	173.01	**176.1417**
P_3 (MW)	262.21	265.00	**258.4890**
P_4 (MW)	134.28	139.00	**131.6245**
P_5 (MW)	151.90	165.23	**164.6958**
P_6 (MW)	74.18	86.78	**89.4228**
Power Output (MW)	1276.03	1275.7	**1275.2387**
Total cost ($/h)	15459	15447	**15440.183**
Power Loss	13.022	12.733	**12.2387**

5. สรุปผล

การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมของวิธี SA เมื่อผลมาเปรียบเทียบกับวิธี SA ธรรมดา จะพบว่า MSA มีความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบได้ดีกว่า และเมื่อนำผลไปเรียบเทียบกับ GA และ PSO ผลของคำตอบทั้งในแง่ของค่าใช้จ่ายในการผลิตรวมและค่าสูญเสียในสายส่ง ให้ผลของคำตอบที่ดีกว่า จึงถือได้ว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบสำหรับการแก้ปัญหานี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Kamlesh Kumar Vishwakarma, Hari Mohan Dubey." Simulated Annealing Based Optimization for Solving Large Scale Economic Load Dispatch Problems." IJERT, 2012.,pp.1-8

[2] K.Senthil, K.Manikandan." Economic Thermal Power Dispatch with Emission Constraint and Valve Point Effect loading using Improved Tabu Search Algorithm." International Journal of Computer Application, July 2010,pp.6-11

[3] Simona Dinu, Ioan Odagescu, Maria Moise." Environmental Economic Dispatch Optimization usinga Modified Genetic Algorithm." International Journal of Computer Applications , April 2011,pp.7-14

[4] Ismail Musirin, Nur Hazima Faezaa Ismail, Mohd. Rozely Kalil." Ant Colony Optimization (ACO) Technique in Economic Power Dispatch Problems." IMECS 2008.

[5] Rasoul Rahmani and Mohd Fauzi Othman."Solving Economic dispatch Problem Using Particle Swarm Optimization," JATIT, 2012. pp.526-536.

[6] Hardiansyah, Junaidi, Yohannes MS." Solving Economic Load Dispatch Problem Using Particle Swarm Optimization Technique." I.J. Intelligent Systems and Applications, 2012, pp. 12-18

[7] Chokpanyasuwan, S. Anantasate, S. Pothiya, W. Pattaraprakorn, P. Bhasaputra, "Honey Bee Colony Optimization to Solve Economic Dispatch Problem with Generator Constraints", In Proc. of ECTI-CON. 6th, 2009, pp. 200-203.

[8] Wanchai KHAMSEN, Chiraphon TAKEANG, "Hybrid of Lamda and Bee Colony Optimization for Solving Economic Dispatch", PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY, 2016, pp.220-223.

[9] พลอยพรรณ ศรีกิจการ, อรอุไร แสงสว่าง. "การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางการเดินรถขนส่งเครื่องสำอาง". วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2, 2556, หน้า 42-48.

[10] R. Rahmani, M. F. Othman, R. Yusof, M. Khalid, "Solving Economic Dispatch Problem Using Particle Swarm Optimization by an Evolutionary Technique for Initializing Particles", Theoretical and Applied Information Technology, Vol.46, 2012, pp. 526-532.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ชุดสาธิตลิฟต์จอดรถกึ่งอัตโนมัติ โดยสั่งงานด้วยโปรแกรม Excel และควบคุมระบบ PLC

The design demonstration set an automatic parking the easy use of the Excel program and control PLC

ประสพสุข สร้อยทอง[1] บัญชา ใต้ศรีโคตร[2]

[1]วิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนม

457 วิทยาลัยธาตุพนม ถ.พนมพนารักษ์ ต.ธาตุพนม อ.ธาตุพนม จ.นครพนม โทรศัพท์ 0866350316 E-mail: Prasubsuk@npu.ac.th

[2]วิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนม

457 วิทยาลัยธาตุพนม ถ.พนมพนารักษ์ ต.ธาตุพนม อ.ธาตุพนม จ.นครพนม โทรศัพท์ 042-540442 E-mail: ydeng13@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดสาธิตลิฟต์จอดรถกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้โปรแกรม Excel เป็นหน้าจอแสดงผลและบันทึกค่า พร้อมทั้งส่งค่าไปยัง PLC เพื่อให้ประมวลผลและสั่งการควบคุม โดยมีส่วนประกอบการทำงานอยู่ 3 ส่วน คือ In Put รหัสบาร์โค้ด แสดผลและบันทึกค่าโปรแกรม Excel และ ควบคุมการทำงานด้วย PLC การทำงานจะจำลองการที่ผู้ใช้นำรถเข้ามาจอด จะต้องรับบัตรสแกนบาร์โค้ดเพื่อบันทึกในโปรแกรม Excel โปรแกรมจะทำการรับค่าและประมวลผลเปรียบเทียบรหัสลานจอดรถที่บันทึกไว้ในโปรแกรม แล้วสั่งให้ระบบควบคุมทำงานนำรถไปเก็บตามชั้นที่ลงบันทึกไว้ ผลทดสอบพบว่าการออกแบบสร้างชุดสาธิตลิฟต์จอดรถกึ่งอัตโนมัติ โดยสั่งงานด้วยโปรแกรม Excel และควบคุมระบบPLC นั้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้

คำสำคัญ: ชุดสาธิตลิฟต์จอดรถ, กึ่งอัตโนมัติ

Abstract

This research project aims to design and create a demonstration of a semi automatic Parking elevator system Using Excel as the display screen and save the value and sent to the PLC . To process and order control There are 3 components : In Put by using bar code display and save data by Excel. and PLC Control. The function simulates the user entering the park. User will need to get a barcode scanner card and Excel will accept the value and compare the code. It will record the results and then instruct the control system to drive the car to the store. The test found that the design of the demonstration model of a semi-automatic parking elevator. By working with Excel and PLC control. It can work properly as designed.

Keywords: Parking elevator system, semi automatic

1. บทนำ

ระบบลานจอดรถหรืออาคารจอดรถที่ ใช้อยู่ในปัจจุบันทั้งในกรุงเทพมหานคร ปริมณฑลและต่างจังหวัดโดยมากเป็นระบบที่มีพนักงาน เขียน หมายเลขทะเบียนรถ ใช้เครื่องบันทึกเวลาลงวันที่ และเอาบัตรให้กับผู้ที่นำรถเข้าไปจอด ซึ่งง่ายแก่การชำรุดและสูญหาย และพนักงานจะคำนวณค่าจอดรถให้กับผู้ใช้บริการ ซึ่งมีโอกาสผิดพลาดได้ เช่น พนักงานไม่ทราบจำนวนลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการในลานจอดรถหรือไม่ทราบจำนวนที่จอดรถที่คงเหลืออยู่ ทำให้ผู้ใช้บริการต้องเสียเวลาและสิ้นเปลืองน้ำมันในการขับรถหาที่จอดรถ ถ้ามีระบบจอดรถที่มีประสิทธิภาพก็จะทำให้ลดปัญหาเรื่องการจัดการสถานที่จอดรถ มีข้อมูลพื้นที่จอดรถทำให้การบริหารจัดการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ มีฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลให้สามารถค้นหาและเข้าถึงข้อมูลได้โดยง่ายและรวดเร็ว

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

จากการค้นคว้าหาข้อมูลจากงานวิจัย บทความทางวิชาการและการลงสำรวจจะสังเกตได้ว่าสถานที่ รับฝากรถ ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการป้องกันการโจรกรรมรถยนต์น้อยมาก มีเพียงบัตรกระดาษ ให้ลูกค้าประทับตรา และแสดงเมื่อนำรถเข้าและออก ก็สามารถผ่านออกจากสถานที่จอดได้ หากรถของผู้ใช้บริการหายไป การตรวจสอบการนำรถเข้า – ออกสถานที่ จอดรถคงทำได้ยากเพราะไม่มีหลักฐานใดบ่งชี้ได้ว่าใครเป็นผู้นำรถเข้า – ออก สถานที่ ดังกล่าว

จากปัญหาดังกล่าว ผู้จัดทำงานวิจัยจึงเกิดแนวคิด สร้างชุดสาธิตลิฟต์ลำเลียงจอดรถ หรือแบบจำลองลานจอดรถกึ่งอัตโนมัติที่มีลักษณะเป็นอาคารเดี่ยว 10 ชั้น แต่ละชั้นมีห้องจำลองในการจอดรถ 1 ห้อง เก็บข้อมูลและสั่งงานด้วยโปรแกรม Excel และควบคุมระบบประมวลผลด้วย PLC ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ที่จำลองให้เป็นตัวขับเคลื่อนลิฟต์ เมื่อทำการบันทึก ทะเบียนรถที่เข้ามาจอดเสร็จแล้ว โปรแกรมจะสั่งงานให้ลิฟต์นำรถไปจอดในห้องที่ได้บันทึกไว้ แล้วแสดง

สถานะว่ามีรถจอดแล้วที่โปรแกรม Excel ที่เปรียบได้เหมือนศูนย์สั่งการ เมื่อเวลาที่จะนำรถออกก็ทำการตรวจสอบบาร์โค๊ด กับบาร์โค๊ดที่ลงบันทึกรถคันที่จะออกหากตรงกัน โปรแกรมก็จะสั่งงานไปยังลิฟต์ เพื่อให้เอารถคันที่ต้องการออกมาจากห้องเก็บรถ ซึ่งการสั่งงานจากโปรแกรม Excel สามารถบันทึกเวลาเข้าออกของรถ และทำให้ทราบจำนวนโรงจอดรถว่างกี่ห้อง และใช้งานแล้วกี่ห้อง ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้งานเครื่องอ่านบาร์โค๊ดร่วมกับโปรแกรม Excel ในการอ่านและเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในโครงงานวิจัยนี้เมื่อได้ออกแบบสร้างชุดสาธิตลิฟต์จอดรถกึ่งอัตโนมัติ สั่งงานด้วยโปรแกรม Excel และควบคุมด้วยระบบ PLC มีส่วนประกอบดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ผังการทำงานขอเครื่อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเพื่อออกแบบการเชื่อมต่อระหว่าง คอมพิวเตอร์และPLC ซึ่งมีการเชื่อมต่อได้หลายรูปแบบ แต่ในงานวิจัยนี่ได้เลือกการเชื่อต่อผ่าทางโปรแกรม MX component ในการเชื่อมต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถดึงค่าตัวแปลต่างๆภายใน PLC ได้หลากหลาย และได้ออกแบบการทำงานอยู่สองส่วน คือ การสร้างชุดสาธิตลิฟต์จอดรถกึ่งอัตโนมัติ โดยสั่งงานด้วยโปรแกรม Excel และควบคุมระบบPLC มีการออกแบบและสร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตที่ตั้งไว้ จากการออกแบบและสร้างขึ้น โดยนำอุปกรณ์วงจรย่อยแต่ละส่วนมาประกอบรวมกัน

รูปที่ 2 รูปแบบโครงสร้างชุดสาธิต

รูปที่ 3 ชุดสาธิตที่ประกอบสำเร็จและชุดควบคุม

4. รายละเอียดการพัฒนา

การทดลองชุดสาธิตลิฟต์จอดรถกึ่งอัตโนมัติ โดยสั่งงานด้วยโปรแกรม Excel และควบคุมระบบPLC โดยใช้หลักการการอ่านบาร์โค้ดที่โปรแกรม Excel และทำการประมวลผลมายังโปรแกรม PLC เพื่อไปสั่งมอเตอร์ทำงาน มอเตอร์ที่ใช้เป็น มอเตอร์ DC 12V จำนวน 2 ตัว ใช้เป็นชุดยก และชุดเลื่อนลิฟท์นำรถเข้าไปว่างในชั้น โดยการทำงานของโปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.1 กรณีของการนำรถเข้าเก็บ

รูปที่ 3 แผนผังการทำงานทำงากรณีของการนำรถเข้าเก็บ

จากรูปที่ 3 แผนผังการทำงานกรณีของการนำรถเข้าเก็บ เริ่มการทำงานจากเลือกชั้นที่ว่างในโปรแกรม Excel ทำการแสกนบาร์โค้ดเพื่อนำมาเก็บไว้ใน Excel และส่งโค้ดไปเก็บไว้ที่ ตำแหน่งจัดเก็บข้อมูล (ดาต้าของ PLC) ซึ่งตำแหน่งจะตรงกับชั้นที่ทำการเลือกในตอนต้น จากนั้น PLC ควบคุมมอเตอร์เพื่อนำรถไปยังชั้นที่กำหนดพร้อมทั้งส่งค่าดาต้ากลับไปที่ Excel เพื่อบอกสถานะของการจัดเก็บ

รูปที่ 4 หน้าหลักของโปรแกรม Excel

จากรูปที่ 4 หน้าจออินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อต้องการนำรถขึ้นไปเก็บในชั้นที่ต้องการ ทำการสแกนบาร์โค้ดเพื่อเก็บโค้ดโดยโค้ดจะส่งไปเก็บยัง ดาต้าของ PLC แล้วทำการเรียกค่าขึ้นมาแสดงบน Excel อีกที่หนึ่งเพื่อทำการยืนยันความถูกต้อง ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 โค้ดเพื่อเทียบชั้น-ค่าที่แสดงบน Excel

4.2 กรณีของการรับรถ

มีการทำงานดังรูปที่ 6 การทำงานจะเริ่มจากการแสกนบาร์โค้ด เพื่อมาเก็บไว้ที่ Excel แล้วส่งค่าไปเก็บไว้ที่ดาต้าตัวเปรียบเทียบของ PLC จากนั้น PLC จะทำการเปรียบเทียบค่าที่แสกนเข้ามากับค่าที่เก็บไว้ หากตรงกัน PLC จะทำการควบคุมมอเตอร์ลิฟท์เพื่อไปรับรถยังชั้นที่กำหนดแล้วนำรถลงมา ณ จุดรับรถ หากโค้ดไม่ตรงกัน PLC จะไม่ทำงาน

รูปที่ 6 แผนผังการทำงานทำงากรณีของการนำรถเข้าเก็บ

รูปที่ 7 ค่าของบาร์โค้ดในช่องรับรถ - ค่าที่แสดงจาก Excel

รูปที่ 8 การเปรียบเทียบโค้ดของโปแกรม PLC

5. บทสรุป

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดสาธิตลิฟต์จอดรถกึ่งอัตโนมัติ โดยสั่งงานด้วยโปรแกรม Excel และควบคุมระบบด้วย PLC เพื่อเป็นชุดสาธิตการจำลองที่จอดรถภายในตึก

จอดรถ โดยการสั่งงานใช้โปรแกรม Excel ในการควบคุม PLC เพื่อทำการเก็บรถในที่จอดรถ รับส่งข้อมูลด้วยตัวสแกนบาร์โค้ด และบันทึกเวลารถเข้าและออก

ผลจากการทดลองของการออกแบบชุดสาธิตลิฟต์จอดรถกึ่งอัตโนมัติ โดยสั่งงานด้วยโปรแกรม Excel และควบคุมระบบ PLC พบว่าชุดสาธิตลิฟต์จอดรถกึ่งอัตโนมัติ สามารถใช้โปรแกรม Excel ไปควบคุม PLC ให้สามารถควบคุมชุดลิฟต์นำรถขึ้นไปว่างไว้ในชั้นเดียวกันกับข้อมูลที่สแกนบาร์โค้ดในโปรแกรม Excel ได้อย่างแม่นยำ และนำรถที่ยกขึ้นไปไว้ในแต่ละชั้น ยกลงมาตามที่การสแกนแถบบาร์โค้ดได้อย่างแม่นยำ ตามจุดประสงค์ของการออกแบบ

5.1 แนวทางพัฒนา

จากแนวคิดการนำเอาแถบบาร์โค้ดมาใช้ในการระบุตำแหน่งการจัดเก็บและบันทึกค่า ยังสามารถนำไปประยุคใช้งานในการทำระบบจัดเก็บสินค่าแบบอัตโนมัติในอาคาร หรือโกดังจัดเก็บสินค่า ซึ่งจะทำให้สะดวกในการเรียกใช้สินค่า หรือจัดเก็บสินค่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ในท้องตลาดใช้บาร์โค้ดในการบันทึกค่าการจัดเก็บสินค่าอยู่แล้ว จึงสามารถนำระบบโปรแกรม Excel และควบคุมระบบPLC ไปประยุคใช้งานได้โดยง่ายและไม่ต้องพึ่งโปรแกรมจากส่วนอื่น

เอกสารอ้างอิง

[1] Mitsubishi,Introduction to FX Positionning Control System, Mitsubichi Copperatio, Japan, 2005.

[2] B. Möhl, “A Two Jointed Robot Arm with Elastic Drives and Active Oscillation Damping”, Workshop: Bio-Mechatronic Systems, IEEERSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, 1997.

[3] Mitsubishi,Introduction to MX Component Version3 Operating Manual, Mitsubichi Copperatio, Japan, 2005

[4] ศุภกฤต ชัยสวัสดิ, ระบบจัดการลานจอดรถกึ งอัตโนมัติผ่านเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี, (15 พฤศจิกายน 2559) สืบคนออนไลน์ www.research.rmutt.ac.th/wp-ontent/uploads/2014/03/133120.pdf

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9
9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบระบบควบคุมการลอยตัวด้วยแรงแม่เหล็กด้วยตัวควบคุมแบบมุมนำ

Design of a Magnetic Levitation Control System with Phase Lead Controller

สุรินทร์ อ่อนน้อม จักกฤษ ผลเจริญ ไมตรี ธรรมมา และวิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบล ในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา นครราชสีมา 30000โทรศัพท์ 044 233 000 E-mail: Vichupong@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบตัวชดเชยแบบมุมนำสำหรับระบบการลอยตัวด้วยแรงแม่เหล็กเพื่อใช้เป็นชุดทดสอบในห้องปฏิบัติการสำหรับการทดลองทางด้านระบบควบคุม รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของระบบอยู่ในรูปแบบจำลองด้วยฟังก์ชันถ่ายโอนและปริภูมิสถานะ ระบบการลอยตัวด้วยแรงแม่เหล็กเป็นระบบที่ไม่มีเสถียรภาพเมื่อไม่มีการควบคุม การออกแบบระบบควบคุมป้อนกลับด้วยตัวชดเชยแบบมุมนำสามารถสร้างเสถียรภาพให้กับระบบได้โดยทำการออกแบบด้วยวิธีทางเดินราก ผลการจำลองด้วยโปรแกรมแสดงให้เห็นว่าตัวชดเชยแบบมุมนำสามารถสร้างเสถียรภาพและให้ผลตอบสนองของระบบได้ดี

คำหลัก:ระบบการลอยตัวด้วยแรงแม่เหล็ก, ตัวชดเชยแบบมุมนำ, ระบบขาดเถียร, วิธีทางเดินราก

Abstract

This paper presents a design of a phase-lead compensator of a magnetic levitation system which can be used in the laboratory for control experiments. The co-energy function of the system was used to derive its transfer function and state space mathematical models. It was established that the system was inherently unstable. A phase-lead compensator was designed to stabilize the system using the root-locus method. Simulation results show that the phase-lead compensator can be used effectively resulting in very satisfactory responses.

Keyword:magnetic levitation, phase-lead compensator, unstable system, root-locus method

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบการควบคุมเป็นปัจจัยสำคัญพื้นฐานที่ส่งผลกระทบต่อระบบอุตสาหกรรม และการดำเนินชีวิต เช่น การควบคุมเครื่องจักรต่างๆ การควบคุมกระบวนการผลิต และการควบคุมอุณหภูมิ เป็นต้น ดังนั้น การศึกษาระบบควบคุมจึงจำเป็นต่อการนำมาใช้ในการทำงาน โดยจะต้องศึกษาให้ละเอียดถึงทฤษฎีและการปฏิบัติที่ถูกต้อง เพื่อความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

ในบทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบระบบการลอยตัวด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นพื้นฐานในการนำไปประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีสมัยใหม่[1-3] เช่น รถไฟ Maglev (magnetic levitation) ที่ใช้ตัวควบคุมสำหรับการลอยตัวด้วยแรงแม่เหล็กไฟฟ้าในการยกตัวรถ โดยระบบดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และยังประหยัดพลังงานเนื่องจากไม่มีแสงเสียดทาน รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้งานได้กับแบริ่งแบบอาศัยแรงแม่เหล็ก (magnetic bearings) และระบบการแยกการสั่นสะเทือน (vibration isolation) เป็นต้น [4-5] ในบทความนี้ได้สร้างแบบการจำลองระบบการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยเป็นการควบคุมลูกบอลเหล็กที่ลอยตัวไม่ให้ตกลงสู่พื้น โดยการควบคุมกระแสไฟฟ้าขดลวดเพื่อทำให้ให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในปริ ซึ่งสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำหน้าที่ดึงดูดลูกบอลเหล็กให้ลอยไว้ ด้วยแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วเหนือ และขั้วใต้ โดยปกติแล้วเมื่อ ทั้งสองขั้วเข้าใกล้กันจะเกิดแรงดึงดูดทำให้ถูกดูดเข้าประกบกัน แต่โครงการได้ใช้หลักการลอยตัวมาณที่เหมาะสม โดยมีอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งลูกบอลตัวควบคุมที่ใช้สำหรับชดเชยระบบการลอยตัวด้วยแรงแม่เหล็ก เป็นตัวชดเชยแบบมุมนำ (lead compensation)

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กแสดงในรูปที่ 1 โดยมีค่าความต้านทานขดลวด (R) ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด (L) น้ำหนักของลูกบอล (m) ค่าความโน้มถ่วง (g) การเปลี่ยนแปลงของระยะทางระหว่างลูกบอลที่มีผลต่อสนามแม่เหล็ก (d) โดยแหล่งกำเนิดแรงของสนามแม่เหล็กแทนด้วย f และ เซนเซอร์วัดการลอยตัวของลูกบอล (e)

รูปที่ 1 ระบบการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก

แหล่งกำเนิดแรงของสนามแม่เหล็กสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้คือ

$$f=k\frac{i}{d^3} \qquad (1)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับแรงดันที่ตรวจจับการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$e=\alpha+\beta\frac{1}{d^2}+\gamma i+n \qquad (2)$$

โดยที่ α, β, γ คือค่าคงที่ของเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดตำแหน่งnแทนด้วยการรบกวนสมการการเคลื่อนที่สำหรับลูกบอลหาได้จากจากความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มความเร็วของวัตถุเท่ากับผลรวมของแรงบนวัตถุเมื่อพิจารณาจากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

$$m\ddot{d}=mg-k\frac{i}{d^3} \qquad (3)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสในขดลวด

$$V=Ri+Li \qquad (4)$$

การหาฟังก์ชันถ่ายโอนจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากสมการสถานะ กำหนดเวคเตอร์สถานะ

$$x=\begin{bmatrix}x_1\\x_2\\x_3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}d\\d\\i\end{bmatrix} \qquad (5)$$

และเวคเตอร์เอาต์พุตy=eเขียนแสดงว่า

$$\dot{x}=\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\\dot{x}_2\\\dot{x}_3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\dot{d}\\\ddot{d}\\\dot{i}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}x_2\\-\frac{k}{m}\frac{x_3}{x_1^3}+g\\-\frac{R}{L}x_3+\frac{1}{L}u\end{bmatrix} \qquad (6)$$

โดยที่

$$y=e$$

$$u=v$$

$$d=z=x_1$$

$$y=\beta\frac{1}{x_1^2}+\gamma x_3+\alpha+w$$

สามารถเขียนในรูปตัวแปรสถานะได้ดังนี้

$$A=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ \frac{3g(gmR)^{1/3}}{(ku_\epsilon)^{1/3}} & 0 & -\frac{gR}{u_\epsilon}\\ 0 & 0 & -\frac{R}{L}\end{bmatrix} \qquad B=\begin{bmatrix}0\\0\\\frac{1}{L}\end{bmatrix} \qquad (7)$$

และ

$$c=\begin{bmatrix}-\frac{2\beta gmR}{ku_\epsilon} & 0 & \gamma\end{bmatrix} \qquad (8)$$

กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการออกแบบดังตารางที่ 1 และสามารถหาฟังก์ชันถ่ายโดยได้จากสมการสถานะ

ตารางที่ 1พารามิเตอร์ของระบบลูกบอลลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก

ตัวแปร	Values
y_0	2×10^{-2} m
M	41.30×10^{-3} kg
R	1.71 Ω
L	15.10×10^{-3} H
i_0	1.05 A
K	3.10×10^{-6} $kgm^5/s^2/A$
u_e	1.79 V
G	9.81 (m/s^2)

แทนค่าพารามิเตอร์ได้ดังนี้

$$A=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1470.9 & 0 & -9.3716 \\ 0 & 0 & -113.2450 \end{bmatrix}$$

$$B=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 66.2252 \end{bmatrix} \qquad (9)$$

$$C=\begin{bmatrix} -106.1254 & 0 & 0.31 \end{bmatrix}$$

อาศัยสมการที่ (9) สามารถหาฟังก์ชันถ่ายโอนได้ คือ

$$T(s)=C(sI-A)^{-1}B+D \qquad (10)$$

เขียนแสดงได้ว่า

$$\frac{20.529s^2+3.5667\times10^4}{s^3+113.245s^2-1470.9s-166572.0705} \qquad (10)$$

3. ตัวชดเชยแบบเฟสนำหน้า

การออกแบบระบบควบคุมโดยการชดเชย ทำให้ระบบควบคุมมีการทำงานและการตอบสนองอย่างที่ต้องการได้ การชดเชยแบบเฟสนำหน้าช่วยให้ระบบมีการตอบสนองต่อความถี่ในช่วงกว้างขึ้น ช่วยลดช่วงเวลาขึ้นและค่าพุ่งเกินของระบบ ระบบควบคุมที่มีการชดเชยแบบเฟสนำหน้ามีลักษณะการทำงานเหมือนกับตัวควบคุมแบบดี ส่วนการชดเชยแบบเฟสล้าหลังจะเพิ่มค่าอัตราขยายช่วงความถี่ต่ำ และช่วยลดค่าผิดพลาดในสถานะอยู่ตัว ระบบควบคุมที่มีการชดเชยแบบเฟสล้าหลังจะมีผลต่อระบบเหมือนกับตัวควบคุมแบบไอ ส่วนการชดเชยผสมแบบเฟสล้ำหน้ากับล้าหลังจะเป็นการนำคุณสมบัติของการชดเชยทั้งสองแบบมารวมกัน

รูปที่ 2 วงจรชดเชยแบบเฟสนำหน้า

เมื่อพิจารณากระแสที่ไหลเข้าขาอินพุตของออปแอมป์มีค่าน้อยมาก จะได้กระแส i_1 มีค่าเท่ากับกระแส i_2 นั่นคือ

$$\frac{E_1(s)-E(s)}{Z_1}=\frac{E_1(s)-E(s)}{Z_2} \qquad (11)$$

ดั้งนั้นเขียนกราฟฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรได้ว่า

$$\frac{E(s)}{E_1(s)}=-\frac{Z_2}{Z_1}=-\frac{R_2}{R_1}\frac{R_1C_1s+1}{R_2C_2s+1}=-\frac{C_1}{C_2}\frac{s+(1/R_1C_1)}{s+(1/R_2C_2)} \qquad (12)$$

4. การออกแบบตัวชดเชย

รูปที่ 3 แผนภาพบล็อคของระบบลูกบอลลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก

รูปที่3แผนภาพบล็อคของระบบลูกบอลลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กจากฟังก์ชันถ่ายโอนของพลานต์และตัวชดเชย ระบบวงเปิดมีตำแหน่งโพลอยู่ที่ -113.2450, 38.3523 และ -38.3523 ซีโรอยู่ที่ $\pm 41.6813i$ เมื่อพิจารณาการออกแบบตัวควบคุมแบบเฟสนำหน้า เพื่อออกแบบตัวควบคุมให้ระบบมีเสถียรภาพและคุณลักษณะการตอบสนองตามต้องการจากค่าอัตราส่วนการหน่วง กำหนดฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวชดเชย

$$D(s)=k\frac{s+33.33}{s+100} \qquad (13)$$

จากฟังก์ชันถ่านโอนของระบบวงปิด เมื่อแปรค่า k เพื่อกำหนดคุณลักษณะทางเดินรากของระบบวงปิดที่ต้องได้ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 ทางเดินรากของระบบวงปิด

เมื่อพิจารณาทางเดินรากของระบบในรูปที่ 5 พิจารณาจากค่าอัตราขยายคงที่ k ที่ค่าโพลของระบบวงปิดเสถียรภาพ ดังนั้นเลือกค่า k ที่ทำให้ผลตอบสนองตามต้องการที่ค่า k=6.5260 และค่าโพลของระบบวงปิดที่ตำแหน่ง -5.1224, -0.2906 และ -0.0561 ± 0.1301i

5. การจำลองสถานการณ์

ผลการจำลองสถานการณ์ระบบลูกบอลลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กที่ใช้ตัวชดเชยแบบมุมนำด้วยโปรแกรม MATLAB แสดงดังรูปที่ 6 จะพบว่าตัวชดเชยแบบมุมนำที่ออกแบบ ให้ผลการตอบสนองที่ดีและสามารถสร้างเสถียรภาพให้กับระบบการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กได้

รูปที่ 6 ผลตอบสนองของระบบ

6. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเห็นได้ว่า ระบบลูกบอลลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กเป็นระบบที่ขาดเสถียรเมื่อระบบไม่มีการควบคุม เมื่อเพิ่มตัวชดเชยแบบเฟสนำหน้า ตัวชดเชยสามารถควบคุมให้ระบบมีเสถียรภาพได้ และกำหนดคุณลักษณะของผลตอบสนองตามที่ต้องการ ตัวชดเชยพยายามรักษาเอาต์พุตให้ได้ตามต้องการ โดยการนำเอาสัญญาณเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการแล้วนำค่าความแตกต่างไปใช้ในการควบคุมต่อไป งานที่จะทำการพัฒนาต่อไปคือการนำค่าที่ได้จากการออกแบบไปสร้างและทำการทดลองระบบระบบลูกบอลลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

[1] C. Huixing, H. Aming,L. Zhiqiang, “The controller design and performance index analysis of Maglev train's suspension system,” Proc. of the 5th world congress on Intelligent Control and Automation, China, pp. 596-599. 2004.

[2] L. Yan, “Development and application of Maglev transportation system,” IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol.18, No. 2, pp.92–99. 2008.

[3] S. Guangwei, M. Reinhold, “State Estimation and Simulation of the magnetic Levitation System of a High-Speed Maglev Train,” International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology. 12-14 August. 2011.

[4] L. Hyung-woo, K. Ki-Chan, L. Ju,“Review of Maglev train technologies,” IEEE Transactions on Magnetics. Vol.42, No.7, pp.1917-1925. 2006.

[5] P.Samanta,H. Hirani,“Magnetic bearing configurations: Theoretical and experimental studies,” IEEE Trans. Magn., Vol.44, No.2, pp. 292–300. 2008.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องปรับค่ากรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ

Automatic pH and Electric Conductivity Adjustment Machine in Hydroponics System

วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ กฤษณะ อุบลเผื่อน ไมตรี ธรรมา และธนาฒน์ สุกนวล

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-233052 ต่อ 3124 E-mail: vichupong@gmail.com

บทคัดย่อ

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์เป็นที่นิยมในประเทศไทยเป็นอย่างมาก ซึ่งการปลูกส่วนใหญ่จะมีปัญหากับการปรับค่าการนำไฟฟ้า ค่ากรด-ด่างแก่พืชให้ได้ค่าอยู่ในช่วงที่ต้องการและจะต้องมีคนดูแลตรวจสอบตลอดระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว บทความนี้นำเสนอการใช้เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว ให้ปรับค่าการนำไฟฟ้าและค่ากรด-ด่าง แบบอัตโนมัติตลอดช่วงการปลูก จากการทดสอบระบบพบว่าสามารถควบคุมค่าการนำไฟฟ้าให้อยู่ที่ 1.5-3.0 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และค่าความเป็น กรด–ด่างอยู่ที่ 5.50 – 6.50 ซึ่งเหมาะสมต่อการเพาะปลูก จากการพัฒนาระบบควบคุมเครื่องปรับค่ากรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า ในระบบไฮโดรโปนิกส์ แบบอัตโนมัติ พบว่าการปรับค่าความเข้มข้นของสารอาหารมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยซึ่งมีผลมาจากความเที่ยงตรงของปั๊มน้ำ,โดยระบบสามารถทำงาน ได้ถูกต้องตามค่าที่กำหนด

คำสำคัญ: ไฮโดรโปนิกส์, ค่ากรด-ด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า, ระบบควบคุม

Abstract

Hydroponics cultivation is widely accepted in Thailand. Nonetheless, it mainly copes with problem in adjusting the desired level of electric conductivity and pH values. Moreover, it requires careful inspection right from planting till harvest. This research adopts embedded system technology to automatically adjust electric conductivity and pH values throughout cultivation period. Based on the system test, it can control electric conductivity value to be in the range of 1.5 - 3.0 millicement? per centimeter and pH value of 5.50 - 6.50 which appear to be suitable for crop growing. Further development of the automatic pH and electric conductivity adjustment control machine in hydroponics system indicates minimal deviation of nutrient intensity adjustment depending on the precision of water pump. The system works properly as per the assigned values.

Keywords: Hydroponics, (pH:Potential of Hydrogen ion), (EC:Electrical Conductivity), control system

1. บทนำ

การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ เป็นการปลูกพืชในน้ำที่มีธาตุอาหารพืชละลายอยู่ ซึ่งเป็นวิธีการใหม่ในการปลูกพืชที่กำลังได้รับความนิยม เนื่องจากจะช่วยประหยัดพื้นที่ในการปลูกและไม่ปนเปื้อนสารเคมีต่างๆ ในดิน ทำให้ได้พืชผักที่มีความสะอาด โดยปกติแล้วการที่พืชจะเจริญเติบโตได้ดีนั้น ต้องอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมหลายอย่าง เช่น แสงแดด อุณหภูมิ น้ำ และธาตุอาหารพืช การที่พืชจะนำธาตุอาหารพืชไปใช้ประโยชน์ได้นั้นจะต้องคำนึงถึงเรื่องความเป็นกรด - ด่าง (pH : Potential of Hydrogen ion) หรือสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกพืช การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ นั้นพืชจะได้รับธาตุอาหารในรูปสารละลายซึ่งพืชสามารถนำไปใช้โดยตรงเพราะมีการปรับค่าการนำไฟฟ้า (EC : Electrical Conductivity) ซึ่งบอกถึงความเข้มข้นของสารละลาย โดยปกติน้ำบริสุทธิ์จะมีค่านำกระแสไฟฟ้าต่ำหรือมีค่าเป็นศูนย์ แต่เมื่อมีการเติมสารละลายต่างๆ ลงในในน้ำนั้นจะทำให้ค่าสารละลาย หรือค่าการนำไฟฟ้าในน้ำนั้น ๆ สูงขึ้นพืชแต่ละชนิดจะมีความต้านทานต่อค่าการนำไฟฟ้า ที่ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ และชนิดของพืช หากใช้ค่าการนำไฟฟ้า และค่ากรด - ด่าง ไม่เหมาะสมกับพืช ส่งผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุสารอาหารของพืช เครื่องปรับค่ากรด - ด่าง ในระบบไฮโดรโปนิกส์ แบบอัตโนมัติ [1-3] บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมค่ากรด-ด่าง ให้เหมาะสมโดยการเติมกรดไนตริก ให้สามารถควบคุมและปรับค่ากรด- ด่างและค่าการนำไฟฟ้า ได้หลายระดับตามความต้องการของผู้ใช้ โดยทำการออกแบบเครื่องด้วยระบบอัตโนมัติควบคุมทั้งค่าการนำไฟฟ้าและค่ากรด-ด่าง ให้เหมาะสำหรับระบบไฮโดรโปนิกส์ สามารถทำงานได้แบบอัตโนมัติเพื่อนำไปใช้กับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ โดยอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นหน่วยประมวลผล

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ระบบกึ่งน้ำ

การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ระบบกึ่งน้ำลึกเป็นระบบที่มีการทำงาน คือให้น้ำผสมธาตุอาหารไหลผ่านรากพืชในรางปลูก น้ำที่ไหลผ่านรากพืชนั้นจะมีความลึกอยู่ที่ประมาณ 1 - 10 ซม ดังรูปที่ 1

รูป 1 การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบระบบกึ่งน้ำลึก

ระบบนี้เมื่อไฟฟ้าขัดข้องจนไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ปั๊มน้ำได้จะยังคงมีน้ำที่ใช้ปลูกพืชเหลือค้างบางส่วนในรางปลูกทำให้พืชรากพืชไม่ขาดน้ำในช่วงระยะเวลาหนึ่ง [1] น้ำที่ใช้จะประกอบไปด้วยแร่ธาตุอาหารต่างๆที่พืชต้องการ โดยต้องควบคุมความเข้มข้นของแร่ธาตุอาหาร และสภาพความเป็นกรด - ด่างให้เหมาะสมแก่การปลูกพืช ความเข้มข้นของสารละลายแร่ธาตุจะใช้ค่าการนำไฟฟ้า เป็นเกณฑ์ในการวัดความเข้มข้นโดยค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 1.5-3.0 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) และค่าความเป็นกรด-ด่างจะใช้ค่าความเป็นกรด - ด่างเป็นตัววัดโดยค่าที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 5.5-6.5

2.2 อุปกรณ์ตรวจจับความเป็นกรด–ด่าง

อุปกรณ์ตรวจจับกรด-ด่าง คืออุปกรณ์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical) ที่สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าซึ่งเป็นสัดส่วนกันกับค่ากรด-ด่างของสารละลายที่นำไปวัด ใช้หลักการวัดค่าความเป็นกรดหรือด่างที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายซึ่งก็ใช้หลักการทางเคมีไฟฟ้าเหมือนกัน หลังจากนั้นก็นำค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นมาระหว่างอิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) กับอิเล็กโทรดวัด (Sensing Electrode) ไปขยายปรับสภาพ และแสดงผลต่อไป

2.3 อุปกรณ์ตรวจจับค่าค่าการนำไฟฟ้า

อุปกรณ์ตรวจจับค่าการนำไฟฟ้าในรูปที่ 3 สามารถวัดค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ เพื่อตรวจสอบปริมาณสารอาหาร เกลือ หรือสิ่งสกปรกภายในน้ำ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณของสารตัวอย่างจากการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและอิเล็กโทรด โดยตัวตรวจจับค่าการนำไฟฟ้า ถูกกำหนดให้ใช้หลักการหาพื้นที่และระยะทางระหว่างอิเล็กโทรด โดยใช้กฎของโอห์ม การสอบเทียบโดยใช้อิเล็กโทรไลต์ (electrolytes) ของตัวนำไฟฟ้าเพื่อความแม่นยำในการวัดค่า ค่าความนำไฟฟ้าของของเหลวจะขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิเป็นสำคัญ อาศัยเครื่องมือชดเชยอุณหภูมิ หรือการสอบเทียบเครื่องในระดับอุณหภูมิเดียวกันกับของเหลวที่ต้องการวัด การวัดค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าผ่าน ซึ่งคุณสมบัตินี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของอิออนที่มีอยู่ในน้ำและอุณหภูมิของน้ำ และอุณหภูมิในการใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าจะต้องปรับเทียบกับสารละลายมาตรฐานก่อนใช้ตรวจวัดตัวอย่างน้ำ

3. การออกแบบระบบ

ระบบให้สารอาหารแก่พืชไฮโดรโปนิกส์แบบกึ่งน้ำลึกออกแบบให้แบ่งการทำงานออกเป็นสามระบบย่อย คือระบบปรับค่าความเข้มข้นของสารอาหาร ระบบปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง และระบบควบคุมอุณหภูมิ การทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า และค่ากรด-ด่างทั้งสองตัวไม่สามารถทำงานภายใต้แหล่งน้ำเดียวกันได้ ผู้วิจัยจึงได้ทำช่องสาหรับวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าโดยเฉพาะ

3.1 ออกแบบการทำงานของอุปกรณ์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลหลัก คอยรับค่าอินพุต รับค่าจากชุดตรวจจับค่ากรด-ด่าง ชุดตรวจจับค่าการนำไฟฟ้า และชุดตรวจจับอุณหภูมิ แสดงผลค่าอุณหภูมิ ค่ากรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า ออกที่จอแอลซีดี และไมโครคอลโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและควบคุมชุดรีเลย์เพื่อให้สั่งการทำงานของปั๊มน้ำกับโซลินอยด์วาล์ว ดังรูปที่ 2

รูป 2 แผนภาพการทำงานรวมของระบบ

3.2 การออกแบบการทำงานของโปรแกรม

การทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 3 แบ่งออกเป็นสาม ระบบย่อยคือ ระบบตรวจสอบและปรับค่ากรด – ด่าง ระบบตรวจสอบและปรับค่าการนำไฟฟ้า และระบบตรวจวัดอุณหภูมิ โปรแกรมจะเริ่มต้นการทำงาน ปั๊มจะดูดน้ำขึ้นมาในถังพักน้ำ เพื่อวัดค่าการนำไฟฟ้า และค่ากรด – ด่าง จากนั้นปล่อยน้ำกลับลงถังน้ำในระบบ แล้วทำการปรับค่าการนำไฟฟ้า และค่ากรด–ด่าง

รูป 3 การทำงานของโปรแกรม

การทำงานของการปรับค่ากรด-ด่างและค่าความนำไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 4 ชุดตรวจจับค่าการนำไฟฟ้า ทำการวัดค่าการนำไฟฟ้า แล้วตรวจสอบเงื่อนไขว่า ค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 1.5 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร หรือไม่ ถ้าน้อยกว่า จะคำนวณหาอัตราในการเติมสารเอ และสารบี แล้วเติมสารเพื่อปรับค่าการนำไฟฟ้า แต่ถ้าค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 1.5 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ระบบจะวนการทำงานไปเรื่อยๆ ทำนองเดียวกัน ชุดตรวจจับค่ากรด-ด่าง ทำการวัดค่า แล้วตรวจสอบเงื่อนไขว่า ค่ากรด–ด่างมากกว่า 6.0 หรือไม่ ถ้ามากกว่า จะคำนวณหาอัตราในการเติมกรดไนตริก แล้วเติมสารเพื่อปรับค่ากรด–ด่าง แต่ถ้าค่ากรด–ด่าง น้อยกว่า 6.00 ระบบจะวนการทำงานไปเรื่อยๆ

รูปที่ 4 แผนภาพแสดงการปรับค่ากรด–ด่างและค่าการนำไฟฟ้า

4. ผลการทดลอง

เครื่องปรับค่ากรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า ในระบบไฮโดรโปนิกส์ แบบอัตโนมัติ จะต้องทำในระบบแปลงปลูกผักไฮโดรโปนิกส์เพื่อทดสอบความแม่นยำของชุดตรวจจับค่ากรด-ด่างในน้ำ และชุดตรวจจับค่าการนำไฟฟ้า และเก็บผลค่ากรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จากการทดสอบพบเซ็นเซอร์วัดค่ากรด-ด่าง ที่ใช้ มีเปอร์เซ็นความต่าง ไม่เกิน 0.2 เมื่อเปรียบเทียบกับเซ็นเซอร์ตรวจจับค่ากรด-ด่างแบบพกพาที่จำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด ทำนองเดียวกัน ผลการทดลองพบเซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าที่ใช้ มีเปอร์เซ็นความแตกต่าง ไม่เกิน 0.4 เปอร์เซ็น เมื่อเปรียบเทียบกับเซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าแบบพกพา

ตารางที่ 1 การวัดค่ากรด-ด่าง

สารละลายตัวอย่าง	ค่ากรด-ด่าง		
	เซ็นเซอร์วัดค่า กรด-ด่าง	เซ็นเซอร์วัดค่ากรด-ด่างแบบพกพา	ค่าความแตกต่าง
น้ำประปา	7.1	6.92	+0.18
น้ำแป๊ปซี่	2.4	2.46	-0.06
M 150	3.4	3.30	+0.10
น้ำผงซักฟอก	10.6	10.6	+0.00
น้ำสบู่	10.4	10.43	-0.03
น้ำจากระบบไฮโดรโปนิกส์	6.0	6.03	-0.03

ตารางที่ 2 การวัดค่าการนำไฟฟ้า

สารละลายตัวอย่าง	ค่าการนำไฟฟ้า		ค่าความแตกต่าง (mS/cm)
	ชุดตรวจจับค่าการนำไฟฟ้า	ชุดตรวจจับค่าการนำไฟฟ้าแบบพกพา	
น้ำประปา	0.8	0.77	+0.3
น้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์	1.5	1.54	-0.4

รูปที่ 5 และ 6 แสดงผลการทดสอบโดยตั้งค่าการนำไฟฟ้าไว้ที่ 1.5 (mS/cm) และตั้งค่ากรด-ด่างไว้ที่ 6.0 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ระบบสามารถปรับค่าความนำไฟฟ้าและค่ากรดด่างให้สามารถเข้าสู่ค่าที่กำหนดไว้ได้ แต่ยังคงมีค่าผิดพลาดอยู่บ้าง เนื่องจากตัวควบคุมที่ใช้เป็นตัวควบคุมแบบปิดเปิด

รูป 5 การปรับค่าการนำไฟฟ้า

รูป 6 การปรับค่ากรด-ด่าง

จากผลการทดลองการปรับค่า ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในบางครั้งมีการปรับค่าได้ ไม่ตรงตามที่กำหนดไว้ ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดจากการเติมสาร อย่างไรก็ตามระบบสามารถทำงานได้จากค่าที่ตั้งไว้

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาระบบควบคุมการให้สารอาหารสาหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ พบว่าการปรับค่าความเข้มข้นของสาร และการปรับค่ากรด-ด่าง มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเนื่องจากตัวควบคุมที่ใช้เป็นแบบปิดเปิด แต่อย่างไรก็ตามระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยภาพรวมระบบสามารถปรับค่าการนาไฟฟ้าให้อยู่ในช่วง 1.5-3.0 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และสามารถควบคุมให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายสามารถอยู่ในช่วง 5.50-6.50 ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

เครื่องมือสำหรับทำการทดลองได้ความอนุเคราะห์จากสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และงบประมาณสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อัมพา คำวงษา "แนวทางการผลิตและลงทุน ผักไฮโดรโปนิกส์ เพื่อทำเงิน" บริษัทนาคาอินเตอร์มีเดียจำกัด. กรุงเทพ 2553

[2] ไกรสร วอนแม้น, ณัฐภูมินทร์ นิลโชติ "ระบบควบคุมการให้สารอาหารสาหรับปลูกพืช ไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำบาง" ปริญญาตรี 2558 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

[3] D.S. Domingues, H.W. Takahashi, "Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production" Computers and Electronics in Agriculture. vol.84, pp.53-61, 2012.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะ

Smart Donation Boxes

ณัฐวุฒิ พานิชเจริญ[1] อัญชลี พานิชเจริญ[2] ปริญญา นริชล[3] และ บริบูรณ์ ภักดีกระโทก[4]

[1, 2, 3,4]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก เลขที่ 41/1 ถนนพหลโยธิน หมู่ 7 ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

โทรศัพท์ 08 1288 2805 E-mail: nattrit@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์คือพัฒนาเทคโนโลยีตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะสร้างความน่าสนใจเป็นแรงจูงใจในการสร้างกุศลของชาวพุทธ และมีกลไกป้องกันการโจรกรรมเงินบริจาค การออกแบบสร้างตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะนี้ใช้เทคโนโลยีของสมองกลฝังตัว มีวงจรเซนเซอร์อินฟราเรดเป็นตัวตรวจจับความผิดปกติของการหยอดเหรียญหรือธนบัตร โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เป็นตัวรับค่าจากเซ็นเซอร์อินฟราเรดมาประมวลผลและส่งเป็นสัญญาณดิจิตอล ไปสั่งงาน โมดูล SD Card และไซเรน ผลการทดลองตู้รับบริจาคเงินอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น มีเสียงพรพระเมื่อมีการหยอดเหรียญหรือธนบัตร มีเสียงเตือนได้จริงเมื่อมีความผิดปกติของการหยอดเหรียญหรือธนบัตรและเมื่อมีการยกหรือเคลื่อนย้ายตู้รับบริจาคมีเสียงไซเรนดังขึ้น เมื่อนำตู้บริจาคเงินอัจฉริยะนี้ไปหาค่าความพึงพอใจ พบว่าในภาพรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($\overline{X}$=4.32, S.D.=0.75) เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

คำสำคัญ: สมองกลฝังตัว, ตู้รับบริจาค

Abstract

The purpose of this study is to develop the technology of Smart Donation Boxes, which are interesting as incentives for Buddhist charity, there is a mechanism to prevent theft of donations. The design of this intelligent donation box uses embedded technology. An infrared sensor circuit is a coin or coin detector. The microcontroller acts as an infrared sensor receiver to process and send digital signals to the SD Card module and siren. There is a sound of blessing when a coin or banknote. There is a real alert when there is a coin or banknote abnormality, and when lifting or moving the donut box, there is a siren sound. When bringing this intelligent donation box to find satisfaction. The results showed that overall satisfaction is very satisfactory. ($\overline{X}$=4.32, S.D.=0.75). It was successful could meet the aim set.

Keywords: embedded system, donation boxes

1. บทนำ

ประเทศไทยมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะทางด้านวัตถุ ดังจะเห็นได้จากการขยายตัวของตัวเมืองมีตึกน้อยใหญ่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด มีเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ทันสมัยเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ในสังคมที่เร่งรีบในปัจจุบัน จึงเห็นได้ว่าคนในปัจจุบันเข้าวัดปฏิบัติธรรมน้อยลง ซึ่งเป็นที่ยึดเหนี่ยวจิตใจ และขัดเกลาจิตใจ จึงทำให้มนุษย์มีจิตใจเสื่อมลงเกิดความอยากได้อยากมีในวัตถุที่ตนเองปรารถนา จึงเกิดการแข่งขันกันขึ้นในสังคมเพื่อให้ได้ในสิ่งที่ตนเองต้องการ ซึ่งบางคนอาจได้มาในสิ่งที่ตนต้องการอย่างสุจริต แต่บางคนอาจจะได้มาโดยไม่ถูกต้องดังจะเห็นได้จากข่าวสารจากสื่อต่างๆ เช่น โทรทัศน์ วิทยุ หนังสือพิมพ์ ว่ามีการโจรกรรม ฆาตกรรม ชิงทรัพย์ ไม่เว้นแม้กระทั่งทรัพย์สินภายในวัดหรืออารามต่าง ๆ ซึ่งเป็นที่ยึดเหนี่ยวจิตใจของชาวพุทธที่ถูกคนร้ายขโมยเงินในตู้บริจาคอยู่บ่อยครั้ง และทางวัดบางวัดอาจหาทางป้องกันโดยการติดกล้องวงจรปิดแต่ก็ยังไม่สามารถป้องกันได้ดังที่เป็นข่าวตามสื่อต่างๆ

หลักการทำงานของตู้รับบริจาคเงินอิเล็กทรอนิกส์นี้เป็นระบบสมองกลฝังตัว เป็นตัวควบคุมการทำงานของส่วนต่าง ๆ ตู้รับบริจาคอัจฉริยะนี้สามารถรับได้ทั้งเหรียญและธนบัตร เมื่อมีผู้บริจาคเงินจะมีระบบอินฟราเรดเป็นตัวตรวจจับความผิดปกติของการหยอดเหรียญหรือธนบัตร ถ้าปกติระบบสมองกลฝังตัวก็จะสั่งงานให้เสียงของพรพระดังขึ้น แต่ถ้ามีความผิดปกติเกิดขึ้นในครั้งแรกก็จะมีเสียงเตือนเป็นเสียงคนพูดก่อน แต่ถ้าเซ็นเซอร์ยังตรวจพบความผิดปกติอยู่ก็จะมีเสียงไซเรนดังขึ้น เพื่อเตือนให้ทราบว่าเกิดการขโมยเงินในตู้รับบริจาคเกิดขึ้น เช่น มีคนร้ายเข้ามาขโมยเงินในตู้รับบริจาคโดยการนำไม้ยาว ๆ ที่ปลายไม้แปะด้วยหมากฝรั่งนำเข้าไปทางช่องใส่เงินเพื่อจะดึงเงินขึ้นมา เซ็นเซอร์ก็จะพบถึงความผิดปกติก็จะส่งสัญญาณเตือนขึ้นมาให้ผู้กระทำทราบ และเครื่องยังออกแบบให้สามารถป้องกันการยกตู้รับบริจาค เครื่องจะมีเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวอยู่เพื่อป้องกันการยกหรือเคลื่อนย้าย

ถ้ามีการเคลื่อนย้ายเกิดขึ้น สมองกลฝังตัวจะสั่งงานให้เสียงไซเรนดังขึ้นทันที การศึกษานี้จะสร้างความเปลี่ยนแปลงไปจากตู้รับบริจาคเงินแบบเดิม ให้ดูมีความน่าสนใจดึงดูดผู้ที่มาไหว้พระทำบุญภายในวัดหรือในสถานที่สักดิ์สิทธิ์ต่างๆ แทนตู้รับบริจาคเงินแบบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน นอกจากจะสร้างความน่าสนใจแล้วตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะนี้ ยังจะช่วยป้องกันถึงเหตุการณ์การโจรกรรมตู้รับบริจาคเงินที่จะเกิดขึ้น

2. วัตถุประสงค์

6.1 พัฒนาเทคโนโลยีตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะสร้างความน่าสนใจเป็นแรงจูงใจในการสร้างกุศลของชาวพุทธ และมีกลไกป้องกันการโจรกรรมเงินบริจาค

6.2 ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกับชุมชนท้องถิ่นและศิลปวัฒนธรรมตามความต้องการของชุมชน

6.3 ขยายผลต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบฝังตัว หรือ สมองกลฝังตัว (embedded system) คือระบบประมวลผล ที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่ฝังไว้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อเพิ่มความฉลาดความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในยานพาหนะ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเน็ตเวิร์ก เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องกลและของเล่นต่าง ๆ คำว่าระบบฝังตัวเกิดจาก การที่ระบบนี้เป็นระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ว่าระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยในระบบสมองกลฝังตัวอาจจะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่เห็นได้ชัดเช่นโทรศัพท์มือถือ และในระบบสมองกลฝังตัวยังมีการใส่ระบบปฏิบัติการต่างๆแตกต่างกันไปอีกด้วย ดังนั้น ระบบสมองกลฝังตัวอาจจะทำงานได้ตั้งแต่ควบคุมหลอดไฟจนไปถึงใช้ในยานอวกาศ

สำหรับการศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์กับงานศิลปวัฒนธรรม อันสืบเนื่องมาจากชาวพุทธนั้นนิยมการบริจาคเพื่อสร้างทานบารมี แต่ก็ยังมีการลักลอบโจรกรรมเงินจากตู้บริจาคดังจะเห็นได้จากข่าวตามสื่อต่างๆ บ่อยครั้ง ดังนี้การศึกษานี้มุ่งที่จะพัฒนาเทคโนโลยีของสมองกลฝังตัวประยุกต์กับงานศิลปวัฒนธรรมที่สอดคล้องกับวัฒนธรรมของพื้นถิ่นไทยให้ประสานกันอย่างลงตัว ประโยชน์นอกจากเกิดทางใจแล้ว ยังสามารถนำต้นแบบจากการศึกษาขยายผลไปยังส่วนต่างๆ ในมุมกว้างได้ด้วยเนื่องจากชุมชนชาวพุทธเป็นชุมชนที่มีจำนวนมาก

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ออกแบบสร้างตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะ โดยได้รับการออกแบบมีรายละเอียดเป็นลำดับดังนี้

รูปที่ 1 แผนภาพบล็อกตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะ

จากรูปที่ 1 เป็นภาพรวมของวงจรตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะ สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ส่วนของเซ็นเซอร์ตรวจจับเหรียญหรือธนบัตร และเซ็นเซอร์ตรวจจับการยกหรือเคลื่อนย้ายตู้รับบริจาค ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าทำหน้าที่เป็นสมองกลฝังตัว โมดูล SD Card และไซเรนเพื่อแสดงผลส่วนที่ 3 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ

รูปที่ 2 วงจรเซ็นเซอร์และสมองกลฝังตัว

วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับเหรียญหรือธนบัตรโดยการรับส่งสัญญาณอินฟราเรด ซึ่งการทำงานของวงจรตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดจะ

ใช้ LED อินฟราเรดเป็นตัวส่งสัญญาณความถี่เพื่อตรวจจับความผิดปกติของการหยอดเหรียญหรือธนบัตร การทำงานส่วนของวงจรเซ็นเซอร์ภาครับสัญญาณอินฟราเรด การทำงานของวงจรตัวรับสัญญาณอินฟราเรดจะใช้ โฟโต้ไดโอด เป็นตัวรับสัญญาณอินฟราเรดที่ความถี่ 38KHz เมื่อโฟโต้ไดโอด ได้รับสัญญาณ จะทำให้ลอจิกเป็น “0” เมื่อโฟโต้ไดโอดไม่ได้รับสัญญาณอินฟราเรดหรือมีวัตถุตัดผ่านจะทำให้ลอจิกเป็น “1” แล้วทำการส่งสัญญาณลอจิกไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนของเซ็นเซอร์ยกหรือเคลื่อนย้ายจะใช้ไมโครสวิตช์เป็นตัวตรวจจับ โดยจะติดตั้งตั้งที่ขาตู้รับ เมื่อมีการยกหรือเคลื่อนย้ายตู้รับบริจาค ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ไซเรนดังขึ้น

การทำงานระหว่างติดตั้งปกติไมโครคอนโทรลเลอร์ จะควบคุมการทำงานของวงจร ทำหน้าที่รับค่าจากเซ็นเซอร์อินฟราเรดจำนวน 8 ตัว เพื่อไปสั่งงานโมดูล SD Card 1 SD Card 2 และรับสัญญาณลอจิกจากไมโครสวิตช์เพื่อไปสั่งงานไซเรนกันขโมย โดยมีลำดับที่ออกแบบ คือ เมื่อมีการหยอดเหรียญหรือธนบัตร ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งงานให้โมดูล SD Card 1 ทำงานออกเป็นเสียงพรพระ เมื่อมีความผิดปกติของการหยอดเหรียญหรือธนบัตรเช่น การโจรกรรมเงินในตู้โดยการคีบเงินโดยใช้วัสดุไม้หรือเหล็กคีบระบบจะสั่งให้โมดูล SD Card 2 ทำงานออกเป็นเสียงตักเตือน และเมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวพบว่ามีการยกหรือเคลื่อนย้ายตู้รับบริจาค ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ไซเรนดังขึ้น

รูปที่ 3 วงจรประจุแบตเตอรี่

รูปที่ 4 วงจรจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบ

การออกแบบตู้รับบริจาคเงินอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุที่สร้างตู้รับบริจาคเงินนี้ใช้ไม้สักทอง ซึ่งเป็นแบบสถาปัตยกรรมล้านนา ตู้รับบริจาคเงินมีโครงสร้างขนาด กว้าง 40 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ลึก 50 เซนติเมตร

รูปที่ 5 ด้านหน้าของตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะ

รูปที่ 6 ด้านหลังของตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะ

4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เป็นผู้เกี่ยวข้องกับการใช้ตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะ โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 30 ตัวอย่าง

4.3 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา เป็นแบบสอบถามความพึงพอใจของตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อรวมข้อมูลความพึงพอใจจากผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยมีลำดับขั้นการสร้าง คือ ออกแบบเครื่องมือเป็นแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือหรือดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถาม ปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำ จากนั้นทดลองใช้กับผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ชุด ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเป็น 0.90

4.4 นำเครื่องมือนี้ใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

4.5 วิเคราะห์ข้อมูล

5. ผลการวิจัย

ด้านการออกแบบสร้างตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะสามารถใช้งานได้ตามข้อกำหนดทุกประการ เมื่อนำไปสำรวจความพึงพอใจ ผลการ

วิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความพึงพอใจต่อตู้บริจาคเงินอัจฉริยะทั้ง 6 ด้านเป็นดังนี้

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะ

รายการ	จำนวน N=30	
	$\overline{X}$	S.D.
1. ด้านความสวยงามเรียบร้อยเหมาะสม	4.24	0.57
2. ขนาดของตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะ	4.47	0.67
3. ความสะดวกในการติดตั้งใช้งาน	4.50	0.65
4. มีฟังก์ชันเหมาะสมกับการใช้งาน	4.55	0.72
5. ระดับเสียงการเตือนระหว่างใช้งาน	4.20	0.67
6. ความมั่นใจในความปลอดภัย	3.98	1.22
รวม	4.32	0.75

จากตารางที่ 1 พบว่าด้านความสวยงามเรียบร้อยเหมาะสมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก($\overline{X}$=4.24, S.D.=0.57) อันเนื่องมาจากรูปลักษณ์จากภายนอกสวยงามไม่แตกต่างจากตู้บริจาคทั่วไปและไม่สามารถสังเกตความแตกต่างได้ ด้านขนาดของตู้บริจาคเงินอัจฉริยะความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก($\overline{X}$=4.47, S.D.=0.67) ด้านความสะดวกในการติดตั้งใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด($\overline{X}$=4.50, S.D.=0.65) อันเนื่องมาจากติดตั้งง่ายมาก ด้านมีฟังก์ชันเหมาะสมกับการใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.55, S.D.=0.72) ด้านระดับเสียงการเตือนระหว่างใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก($\overline{X}$=4.20, S.D.=0.67) และด้านความมั่นใจในความปลอดภัยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก($\overline{X}$=3.98, S.D.=1.22) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดอาจเนื่องมาจากสามารถส่งสัญญาณเตือนได้เท่านั้น ยังต้องใช้เจ้าหน้าที่เข้ามาตรวจสอบหลังจากได้รับสัญญาณเตือน

6. สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ผสมผสานระหว่างนำเทคโนโลยีเข้ากับวิถีชีวิตของชาวไทยเกิดเป็นนวัตกรรมของตู้รับบริจาคเงินขึ้นมาสามารถสื่อสารกับผู้ใช้มีผลทางจิตใจ สามารถป้องกันการโจรกรรมได้ในระดับหนึ่ง ผลการศึกษายังพบว่าตู้รับบริจาคเงินอัจฉริยะนี้ได้รับความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก อีกทั้งสามารถนำไปต่อยอดเพื่อใช้งานจริงได้

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่มอบทุนและสนับสนุนเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, **คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์ ฉบับ POCKET BOOK**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2558.

[2] ธนารักษ์ ธีระมั่นคง และคณะ. **เทคโนโลยี สมองกลฝังตัว**. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. 2549.

[3] นคร ภักดีชาติ,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, **ทดลองและใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์PIC 16F887 ด้วยภาษา C**. กรุงเทพฯ: อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์, 2544.

[4] ประจอน พลังสันติกุล, **PIC Work Examples C Source Code**. กรุงเทพฯ: แอฟซอฟต์เทค, 2547.

[5] สมบูรณ์ เนียมกล่ำ. **เรียนรู้และประยุกต์ใช้งาน PIC Microcontroller**. กรุงเทพฯ: เอดิสัเพรสโปรดักส์, 2547.

[6] Chrles L. Hutchion, K8CH, **The ARRL Handbook for the Radio Amateur**. Newwington: AMERICAN RADIO RELAY LEAGUE, 1985

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

โครงการพัฒนาหุ่นยนต์ขนย้ายชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มขึ้นรูปอัตโนมัติ

Development of Transfer Robot for Automatic Stamping Machine

ชวลิต ปัญญาอิสระ[1] อภิวัฒน์ จันโท[1] ทัศพันธุ์ สุวรรณทัต[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

43 หมู่ 6 ตำบล บางพระ อำเภอ ศรีราชา จังหวัด ชลบุรี 20110 โทรศัพท์ 038-358201 ต่อ 9133 E-mail: Chawalit_pa@rmutto.ac.th

E-mail:Apiwat_ju@rmutto.ac.th E-mail:Tassphan_su@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดขนย้ายชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มขึ้นรูปแบบอัตโนมัติ โดยออกแบบและสร้างแขนกลหยิบจับชิ้นงานเพื่อใช้แทนแรงงานคนหยิบจับชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จากการศึกษาข้อมูลพบว่าปัญหาในขั้นตอนการผลิตนั้น ไม่สามารถทำการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง อันเนื่องจากต้องเสียเวลาจากการใช้แรงงานคนหยิบจับชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและสร้างชุดขนย้ายชิ้นงานที่มีความสามารถในการหยิบจับชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ สามารถติดตั้งกับตัวเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมโดยไม่กีดขวางกระบวนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ ซึ่งผลการสร้างและทดสอบชุดขนย้ายชิ้นงานฯ พบว่า ชุดขนย้ายชิ้นงานฯ มีความสามารถในการหยิบจับชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมที่ความเร็วสูงสุด 14 วินาทีต่อ 1 ชิ้น โดยสามารถรับน้ำหนักในการหยิบจับได้สูงสุดที่ 3 กิโลกรัม มีความแม่นยำในการหยิบจับและปล่อยชิ้นงาน อยู่ที่ 4 มิลลิเมตร และจากผลงานวิจัยนี้บริษัทผู้ให้ทุนวิจัย ได้นำเครื่องต้นแบบไปพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ โดยนำไปผลิตเป็นหุ่นยนต์หยิบจับชิ้นงานสำหรับเครื่องปั๊มฝาตู้เย็น

คำสำคัญ: เครื่องปั๊มขึ้นรูปอัตโนมัติ , ฝาตู้เย็น, อุตสาหกรรม, แขนกล

Abstract

This article is intended to develop the automatic stamping machines for transfer work pieces. The objective of this research is to replace the workers who picked up the work pieces into the large industrial stamping machines. The study found that the problems in the production process is the down time production. Because of the time consumed by labor, people pick up work pieces into the industry. Therefore, this research has designed and created a transfer unit that is capable of picking work pieces into the automatic stamping machines. Therefore, this research has designed and created a transfer unit that is capable of picking work pieces into the automatic stamping machines and the machine can be installed with the industrial without interrupting the mold change process. The results of the construction and testing of moving parts found that it's capable of picking up work pieces into the machine at a maximum speed of 14 seconds per piece, with a maximum handling weight of 3 kilograms, accurate picking and discharge of 4 millimeters. Based on this research, the prototype was developed to commercial development. Used as a robot to pick up work pieces for stamping a refrigerator lid.

Keywords: Automatic stamping machines, refrigerator lid, industrial, Robotic arm

1. บทนำ

ด้วยปัจจุบันการย้ายชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมทำโดยใช้แรงงานคนหรือเครื่องขนย้ายแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งการควบคุมช่วงเวลาการผลิตงานชิ้นงานจึงไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น บจก. ทีเอ็มซี อุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน) จึงได้มีความต้องการจัดสร้างชุดขนย้ายชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มขึ้นรูปแบบอัตโนมัติขึ้น โดยต้องการให้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ทำการวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องขนย้ายชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มขึ้นรูปแบบอัตโนมัติ สำหรับเพื่อประสิทธิภาพการผลิตชิ้นงานอุตสาหกรรม

จากผลการสำรวจดังกล่าวพบว่า ระบบอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ดังนั้นการพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรมการผลิต โดยเฉพาะในส่วนที่จะช่วยให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน และสามารถเพิ่มความเร็วและปริมาณการผลิตนั้น จึงเป็นความจำเป็นอย่างมากต่ออุตสาหกรรมการผลิต

2. วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมของเครื่องขนย้ายชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตชิ้นงานของเครื่องปั๊มในโรงงานอุตสาหกรรม

3. ขอบเขตการวิจัย

- พัฒนาโปรแกรมเครื่องขนย้ายชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ
- พัฒนาโปรแกรมเพื่อป้องกันอันตรายจากหุ่นยนต์ขนย้ายชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ
- สามารถจับชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติด้วยความเร็วและระยะจับวางชิ้นงานต่าง ๆ ได้แม่นยำมากขึ้น

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 หลักการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ระบบทางกลของหุ่นยนต์ หมายถึง ส่วนที่เป็นโครงสร้างและส่วนที่ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์ และในส่วนของระบบควบคุมจะประกอบด้วย ระบบบังคับการทำงานหุ่นยนต์ ระบบป้อนข้อมูลกลับตลอดจนการสอนหุ่นยนต์ให้ทำงานตามชุดคำสั่ง [2]

4.2 ลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์

เนื่องจากหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้รับการออกแบบสร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่แทนคน ดังนั้น ลักษณะการออกแบบจึงมักจะเป็นส่วนบนของลำตัวมนุษย์ ประกอบด้วยหัวไหล่ แขน และมือ โดยปกติแล้วจะออกแบบเป็นลักษณะแขนเดียว โดยทางผู้วิจัยสนใจโครงสร้างแบบคาร์ทีเซียน หรือฉาก (Cartesian or Rectangular) เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่วางไว้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน 3 ส่วน ซึ่งทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการได้

4.3 หลักการทำงานของ PLC แบบนิรภัย (Safety PLC)

PLC แบบนิรภัย เป็นตัวควบคุมหรือส่วนประมวลผลที่มีจุดประสงค์ให้ถูกออกแบบมาเฉพาะเพื่อนำไปใช้งานสำหรับการควบคุมที่วิกฤติหรือการใช้งานในระบบนิรภัยควบคุมกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ โดยตัวควบคุมหรือส่วนประมวลผลเหล่านี้เป็นส่วนประกอบหนึ่งของระบบ SIS (Safety Instrumented System) ซึ่งเป็นระบบนิรภัยที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ประเภท Electrical/Electronic/Programmable Electronic System และจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการตรวจจับสภาวะที่กระบวนการผลิตมีความเสี่ยงต่อเหตุการณ์อันตราย

ในการออกแบบระบบ PLC แบบนิรภัย จะถูกออกแบบด้วยเทคนิคพิเศษต่าง ๆ ถูกรวมเข้าไป โดย PLC แบบนิรภัยจะให้ความสำคัญกับระบบวินิจฉัยภายใน (Internal Diagnostic) ในการทำงานนั้น ส่วนประกอบร่วมกันของชิ้นส่วนอุปกรณ์ (Hardware) และโปรแกรม (Software) จะยินยอมให้ระบบสามารถตรวจจับการทำงานที่ไม่เหมาะสมด้วยตัวมันเอง PLC แบบนิรภัยจะมีโปรแกรมที่ใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้แน่ใจว่ามีความเชื่อมั่นในการทำงาน PLC แบบนิรภัยจะมีระบบสำรองในการทำให้ระบบทำงานได้เมื่อมีส่วนใด ๆ เกิดความผิดพลาด PLC แบบนิรภัยจะมีระบบรักษาความปลอดภัยเพิ่มเติมขึ้นมาในการอ่านหรือเขียนข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสารแบบดิจิตอล [1]

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

5.1 การออกแบบหุ่นยนต์ขนย้ายชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรม

หุ่นยนต์ขนย้ายชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรม ได้ออกแบบให้มีความสามารถในการหยิบจับชิ้นงานป้อนเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมแทนการใช้แรงงานคน การออกแบบทางกลกำหนดให้มีต้นกำลังผสมผสานกันระหว่างเซอร์โวมอเตอร์และนิวเมติกส์ โดยการหยิบจับชิ้นงานขนาดใหญ่ได้ โดยมีรายละเอียดของการออกแบบชุดต้นกำลังดังนี้

5.2 การออกแบบและใช้งานต้นกำลังชนิดเซอร์โวมอเตอร์

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้ออกแบบให้ใช้งานเซอร์โวมอเตอร์จำนวน 10 ตัว โดยมีการติดตั้งและกำหนดหน้าที่การทำงานดังนี้

ตารางที่ 1 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

Motor	function
M1	Moving Up – Down
M2	Turning Right – Left
M3	Moving Front – Back

รูปที่ 2 การติดตั้งต้นกำลังชนิดเซอร์โวมอเตอร์

5.2.2 การออกแบบระบบควบคุม

ชุดควบคุมอัตโนมัติใช้โปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรล (Programmable Logic Control : PLC) ซึ่งมีฟังก์ชั่นการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ และติดตั้งโมดูลสำหรับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์อีก 5 โมดูล ซึ่งแต่ละโมดูลมีความสามารถในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์โมดูลละ 3 ตัว รวมทั้งสิ้นระบบนี้สามารถควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ได้ทั้งหมด 15 ตัว

การควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ ใช้หลักการควบคุมแบบใช้ตำแหน่ง (position control) โดยเลือกวิธีการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่เป็นแบบ absolute value control ซึ่งเป็นการกำหนดพิกัดการเคลื่อนที่แบบเทียบกับตำแหน่ง home

5.2.3 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อป้องกันอันตรายจากหุ่นยนต์

ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโครงสร้างของการพัฒนาโปรแกรม โดยการใช้ PLC safety เป็นกลไกหลักของระบบป้องกันอันตรายจากหุ่นยนต์ เมื่อเกิดข้อผิดพลาดในระหว่างการทำงาน โดยระบบจะหยุดการทำงานทั้งหมด เพื่อตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าว ซึ่งรูปที่ 3 จะแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบการป้องกันอันตรายจากหุ่นยนต์

รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของระบบการป้องกันอันตรายจากหุ่นยนต์

5.2.4 พัฒนาหน้าจอแสดงผลแบบสัมผัสเพื่อแจ้งเตือน

ในส่วนของการแสดงผลทางหน้าจอ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม GP-Pro Ex4.0 ในการพัฒนา ซึ่งการทำงานจะแสดงแจ้งเตือนเมื่อมีข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งลักษณะจอแสดงผลจะแสดงได้ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 หน้าจอแสดงผลแบบสัมผัส

5.2.5 พัฒนาโปรแกรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

ในส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหุ่นยนต์ดังนี้

1. ได้ทำการติดตั้งเลเซอร์เซนเซอร์แบบ CMOS ชนิดแอมพลิฟายเออร์ในตัว รุ่น LR-Z ซีรี่ย์ ยี่ห้อ KEYENCE โดยฟังก์ชันการทำงานสามารถที่จะตรวจจับชิ้นงานใดๆ ที่แตกต่างจากพื้นหลังได้ อีกทั้งการออกแบบที่มีลักษณะเซนเซอร์แบบหัวเดี่ยว จึงทำให้มีการตรวจจับชิ้นงานได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมให้สอดคล้องกับการทำงานของเลเซอร์เซนเซอร์รวมกับการทำงานของ PLC โดยการติดตั้งเลเซอร์เซนเซอร์ไว้ที่ชุดจับชิ้นงาน เมื่อชุดจับชิ้นงานเคลื่อนที่มาถึงระยะ 1000 มิลลิเมตร ก่อนถึงชิ้นงาน ชุดจับชิ้นงานจะชะลอความเร็วลง เพื่อ ป้องกันการความเสียหายที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน และเพิ่มความแม่นยำในการจับชิ้นงาน

รูปที่ 5 ลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์จับชิ้นงาน

2. ได้ทำการปรับเปลี่ยนแก้ไขโปรแกรมในส่วนของ PLC เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของหุ่นยนต์แต่ละตัว ให้ทำงานอิสระต่อกันแต่ยังคงสถานะ การทำงานต่อเนื่องซึ่งกันและกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตชิ้นงานให้มากขึ้น

3. ได้นำเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเข้ามาใช้ในส่วนของการดูแลระบบผ่านเครือข่ายระยะไกล เมื่อเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานขึ้น สามารถตรวจเช็กเบื้อต้นผ่านระบบเครือข่ายระยะไกลได้ทันที เพื่อลดระยะเวลาที่ระบบเกิดขัดข้องทำให้ไม่สามารถทำงานต่อไปได้ (ดาวน์ไทม์)

6. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

รูปที่ 6 หุ่นยนต์ขนย้ายชิ้นงานที่ติดตั้งบนเครื่องปั๊มอุตสาหกรรม

รูปที่ 6 แสดงภาพหุ่นยนต์ขนย้ายชิ้นงานที่ติดตั้งบนเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมที่สร้างและพัฒนาโดยผู้วิจัยและภาคเอกชนที่เข้าร่วมโครงการวิจัย โดยหุ่นยนต์ดังกล่าวติดตั้งใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า

จากผลการวิจัยการพัฒนาโปรแกรมหุ่นยนต์หยิบจับชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ สามารถออกแบบและพัฒนาโปรแกรมตามขอบเขตงานวิจัยที่กำหนดไว้ได้ โดยผลการทำงานของหุ่นยนต์หยิบจับชิ้นงาน สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม คือ จากเดิมหยิบจับชิ้นงานได้ 1ชิ้นต่อ 16 วินาทีเป็น 1 ชิ้นต่อ 14 วินาที โดยมีความผิดพลาดในการจับและวางชิ้นงานที่ 4 มิลลิเมตร รวมถึงเมื่อมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในขณะทำงาน ในส่วนของระบบการป้องกันอันตรายจากหุ่นยนต์ก็ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังแจ้งเตือนไปยังจอแสดงผลเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบถึงข้อผิดพลาดนั้น ๆ ด้วย

ตารางที่ 2 ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์จับชิ้นงาน

จำนวนครั้ง	**ก่อนปรับปรุง**			**หลังปรับปรุง**		
	จำนวนชิ้นงาน	ชิ้นงานที่เสีย	ความเร็ว/ชิ้นงาน (วินาที)	จำนวนชิ้นงาน	ชิ้นงานที่เสีย	ความเร็ว/ชิ้นงาน (วินาที)
1	400	56	16	400	0	14
2	400	45	16	400	0	14
3	400	40	16	400	0	14

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ทวิช ชูเมือง, ระบบวัดคุมนิรภัยในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิต, ISBN 974-212-172-9, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2548.

[2] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, เรื่องที่ 7 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม. , ที่มา : สืบค้นจากเว็ปไซต์; http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=11&chap=7&page=t11-7-infodetail03.html

[3] H. Nof, "Handbook of Industrial Robotics, Wiley; 2 edition (February 16, 1999) ISBN-IO: 0471177830

[4] John Mortimer, "Advanced Manufacturing in the Automotive Industry": Springer, IPS Ud, UK, Springer-Verlag. ISBN-I0: 0387171371

[5] William M. Goble and Harry Cheddie, ”Safety Instrumented System Verification Practical Probabilistic Calculations”, ISA-The Instrumentation, Systems and Automation Society

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบหม้อแปลงพานาร์ในวงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ชนิดหลายเอาท์พุท สำหรับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์

Multi-winding Planar Transformer in Push-Pull Converter for PV Applications

ไพโรจน์ แสงอำไพ [1]และกุสุมาลย์ เฉลิมยานนท์[2]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

99 หมู่4 ต.ท้องเนียน อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราชโทรศัพท์: 075-754024 E-mail: Eng_road@hotmail.com

[2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

15 ถ.กาญจนวณิชย์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา โทรศัพท์: 074-252659 E-mail: kusumal.s@psu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์การออกแบบหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายขดลวดในวงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์สำหรับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ โดยการวิเคราะห์ปริมาณสนามแม่เหล็กในตัวหม้อแปลงโดยใช้วิธีไฟล์ไนท์อิลิเมนต์ เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเข้มสนามแม่เหล็กของหม้อแปลงพานาร์จากรูปแบบการวางชั้นขดลวด ซึ่งผลการเปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กของหม้อแปลงในวงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ ผลการวิเคราะห์นำไปสู่แนวทางการออกแบบ การลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในวงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ชนิดหลายเอาท์พุทสำหรับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์

คำสำคัญ: หม้อแปลงพานาร์, พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์, ไฟล์ไนท์อิลิเมนต์ ความเข้มสนามแม่เหล็ก, ค่าความเหนี่ยวนำรั่ว

Abstract

The paper presents the analysis of multi- winding planar transformers in push-pull converter for solar cell applications. The analyzing the amount of magnetic field in planar transformer using the finite element method and compare the magnetic field intensity variation of the planar transformer from the transformer design. The comparative results from the analysis illustrate the magnetic field changes in the planar transformer of push-pull converter. The results lead to design guidelines and reduction of the losses in the multi-output push-pull converter circuit for PV Applications.

Keywords: Planar Transformer, Push-Pull Converter, Finite Element, Magnetic file intensity, Leakage inductance

1. บทนำ

ปัจจุบันวงจรสวิตชิ่งเพาว์เวอร์ซัพพลายถูกนิยมนำมาใช้งานกับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ อีกทั้งสามารถนำมาใช้กับแหล่งจ่ายพลังงานให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องมือสื่อสารในชนบทหรือที่ห่างไกล และมีแนวโน้มการใช้งานยิ่งสูงขึ้น[1] วงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรหนึ่งที่นิยมถูกนำมาพัฒนาและใช้งาน เพราะสามารถใช้งานที่พิกัดกำลังสูง อีกทั้งสามารถขยายจำนวนเอาท์พุทของวงจร เพื่อใช้งานกับระดับพิกัดแรงดันที่ต้องการได้ ดังรูปที่1

รูปที่1 วงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ชนิดหลายเอาท์พุทสำหรับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์

โดยทั่วไปวงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์จะเกิดปัญหาขณะใช้งานคือการไม่สมมาตรของฟลั๊กแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในตัวหม้อแปลงที่เกิดจากนำกระแสของมอสเฟส และส่งผลต่อการสูญเสียในตัวหม้อแปลง [2] และเมื่อมีการเพิ่มจำนวนเอาท์พุทมากขึ้นจะยิ่งส่งผลกระทบสูงขึ้น ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการควบคุมสนามแม่เหล็กในตัวหม้อแปลงและออกแบบหม้อแปลงที่เหมาะสม วิธีการดังกล่าวสามารถใช้แกนหม้อแปลงพานาร์หรือหม้อแปลงระนาบ มีคุณลักษณะทางโครงสร้างที่เกิดค่าความเหนี่ยวนำรั่วที่ต่ำ [3] ,[4] และสามารถออกแบบเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กและค่าความเหนี่ยวนำรั่วในตัวหม้อแปลงชนิดหลายเอาท์พุทได้

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการเปรียบเทียบและวิเคราะห์รูปแบบการออกแบบหม้อแปลงพานาร์ในวงจรพุช-พูลคอนเวอร์ชนิดหลายเอาท์พุทด้วยหม้อแปลงพาร์นาร์เพื่อนำไปใช้งานเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ โดยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบรูปแบบปริมาณสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายขดลวดโดยใช้วิธีการไฟล์ไนท์อิลิเมนต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กของหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายขดลวด มีเปลี่ยนแปลงค่าสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงพานาร์ที่เกิดขึ้นในวงจรพุช-พูลคอนเวอร์ชนิดหลายเอาท์พุท

2. สนามแม่เหล็กในหม้อแปลงพานาร์

วงจรสมมูลหม้อแปลงพานาร์ซึ่งมีองค์ประกอบทางกายภาพที่ประกอบด้วยแกนเฟอร์ไรท์และชั้นขดลวดแผ่น PCB ที่วางซ้อนกัน ข้อดีหลักของหม้อแปลงพานาร์มีสมบัติการสูญเสียทางไฟฟ้าและค่าความเหนี่ยวนำรั่วน้อยกว่าแกนหม้อแปลงรูปแบบอื่นๆ และมีขนาดเล็กประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง โดยมีค่าพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2. วงจรสมมูลตัวหม้อแปลงพานาร์

การวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในตัวหม้อแปลงสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมจากค่าความเข้มสนามแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กที่สะสมเกิดขึ้นในหม้อแปลง จากรูปแบบการวางขดขดลวดเพื่อพิจารณาปริมาณสนามแม่เหล็กในพื้นที่การพันขดลวดของหม้อแปลงพานาร์ สามารถประมาณค่าได้ดังในรูปที่ 3

รูปที่ 3. แบบการวิเคราะห์ความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในตัวหม้อแปลงพานาร์

พลังงานแม่เหล็กสะสมและค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในตัวหม้อแปลง ขึ้นอยู่ตำแหน่งการวางขดลวดและจำนวนชั้นการพันขดลวดที่มีกระแสไหลผ่าน ดังสมการที่ 1

$$E_{energy} = \frac{1}{2}\int_{total} B \cdot H \cdot dV = \frac{1}{2} \cdot L_{lk} \cdot I_p^2 \qquad (1)$$

$$E_{energy} = \frac{\mu_o}{2}\sum\int_0^h H^2 \cdot l_w \cdot b_w \cdot dx \qquad (2)$$

การออกแบบหม้อแปลงพานาร์สำหรับวงจรสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายแบบพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ สามารถพิจารณาปริมาณความหนาแน่นสนามแม่เหล็กในตัวหม้อแปลงโดยสามารถขนาดแกนเฟอร์ไรท์ ดังในสมการที่ 3

$$A_p = \frac{P_n}{K_j K_u B_m J f} 10^4 \qquad (3)$$

การพิจารณาหาจำนวนรอบขดลวดของหม้อแปลงพานาร์ ตามกฎฟาราเดย์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สามารถหาจำนวนรอบได้จากสมการที่ 4

$$N = \frac{V_{dc}}{K_j A_c B_{ac} f} 10^4 \qquad (4)$$

3. การออกแบบหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายเอาท์พุท

3.1 หม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายเอาท์พุท

การออกแบบหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายเอาท์พุท เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความเข้มสนามแม่เหล็ก โดยมีพิกัดที่กำลังไฟฟ้า 250W แรงดันอินพุท 48V แรงดันเอาท์พุทหลัก(Main Output :W_2) 5V(8A) แรงดันเอาท์พุทย่อย (Auxiliary Output:W_3,W_4) ที่ 12V(6A) และ 24V(6A) ที่ความถี่ 100KHz ด้วยแกนเฟอร์ไรท์ Planar E58/11/38 ชนิด 3C8 โดยมีจำนวนรอบและจำนวนชั้นแผ่น PCB ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4. หม้อแปลงพานาร์ชนิด 3 เอาท์พุทในวงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

การออกแบบการวางชั้นขดลวดด้วยแผ่น PCB หนา 0.8mm วางตำแหน่งขดลวดในตัวหม้อแปลงของวงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งการทำงานในวงจรพุช-พูล มอสเฟส Q_1 และ Q_2 จะสลับกันนำกระแส ซึ่งทำให้ขดลวดชุด W_{n1} และ W_{n2} ทำงานคนละช่วงเวลา ดังนั้นจึงพิจารณาการทำงานของหม้อแปลงพานาร์เป็น 2 รูปแบบโดย คือ รูปแบบที่1 ขดลวดชุด W_{n1} และ W_{n2} วางติดกัน รูปที่5(a) รูปแบบที่2 ขดลวดชุด W_{n1} และ W_{n2} วางแยกกัน รูปที่5(b) และจัดชั้นวางขดลวดตามตำแหน่ง ดังรูปที่6 กำหนดค่าพารามิเตอร์กระแสเอาท์พุทหลัก (W21,W22) 8A และกระแสในขดลวดเอาท์พุทย่อย(W31,W32) 6A และ (W41,W42) 6A

(a)

(b)

รูปที่ 5 รูปแบบตำแหน่งขดลวดหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายขดลวด ในวงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

3.2 การวิเคราะห์สนามแม่เหล็กด้วย Finite Element Magnetics Method

การออกแบบและวิเคราะห์หม้อแปลงพานาร์ เพื่อศึกษาปริมาณและการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายในตัวหม้อแปลงจากรูปแบบการวางชั้นขดลวด โดยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ (FEMM 4.0)

รูปที่ 6. การจัดวางชั้นขดลวดหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายขดลวด ในวงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

รูปที่ 7. ตำแหน่งการวิเคราะห์ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายขดลวด

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการวางขดลวดในตัวหม้อแปลงพานาร์และแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก เมื่อมีการทำงานของหม้อแปลงพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ชนิดหลายเอาท์พุทการดังรูปที่ 8-รูปที่11

รูปที่ 8 ความเข้มสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงพานาร์Type1,Wn1

รูปที่ 9 ความเข้มสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงพานาร์Type1,Wn2

รูปที่ 10 ความเข้มสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงพานาร์Type2,Wn1

รูปที่ 11 ความเข้มสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงพานาร์Type2,Wn2

ซึ่งเปรียบเทียบพฤติกรรมความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายในตัวหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายเอาท์พุท พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความเข้มสนามแม่เหล็ก เมื่อกระแสไหลผ่านในขดลวดหม้อแปลงพานาร์ จะเห็นว่ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในปริมาณและตำแหน่งชั้นขดลวดที่ต่างกัน ดังเปรียบเทียบ ดังรูปที่ 12 และ รูปที่ 13

รูปที่12 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายขดลวด Type1

รูปที่13 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายขดลวด Type2

ความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแกนหม้อแปลงพื้นที่ชั้นวางขดลวดมีการเปลี่ยนแปลงที่ต่างกัน ในการวางรูปแบบที่1 จะเห็นว่าปริมาณค่าความเข้มสนามแม่เหล็กจะอยู่บริเวณกึ่งกลางพื้นที่พันขดลวด ในขณะที่รูปแบบที่2 เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในส่วนบนและส่วนล่างของพื้นที่ขดลวดของหม้อแปลงพานาร์ ซึ่งผลจากวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบหม้อแปลงชนิดหลายขดลวด ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กและพลังงานสะสมในหม้อแปลงจากการออกแบบ

5. สรุป

การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กในการออกแบบหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายเอาท์พุทในวงจรพุช พูล คอนเวอร์เตอร์โดยการจำลองพฤติกรรมการทำงาน แสดงให้เห็นว่าเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของการจัดวางขดลวดที่เหมาะสม จะควบคุมปริมาณการเกิดความเข้มสนามแม่เหล็กในตัวหม้อแปลงพานาร์ ซึ่งรูปแบบพันขดลวดที่จัดชั้นขดลวดแบบกระจาย เป็นแนวทางการออกแบบหม้อแปลงพานาร์ชนิดหลายเอาท์พุทในวงจรพุช พูลคอนเวอร์เตอร์สำหรับสำหรับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารอ้างอิง

[1] European Renewable Energy Council, ”Renewable Energy Scenario to 2040 - Half of Global Energy Supply,” EREC, 2004, p. 16.

[2] D. Linde, C.A.M. Boon, J.B. Klaassens, “Design of a high frequency planar power transformer in multilayer technologies”, IEEE Transactions on Industrial Electronic, April 1991.

[3] S. Stegen and J. Lu, ”Structure comparison of high-frequency planar power integrated magnetic circuits”, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 47, no. 10, pp. 4425-4428, Oct. 2011.

[4] S. Djuric, G. Stojanovic, M. Damnjanovic, M. Radovanovic, and E. Laboure, ”Design, modeling, and analysis of a compact planar transformer”, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 48, no. 11, pp.4135-4138, Nov. 2012.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การประยุกต์ใช้เซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกเพื่อการตรวจจับล้อรถยนต์สำหรับเครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์อัตโนมัติ

An Application of Fiber Optic Sensor for Car Wheel Detection for Automatic Car Wheel Changer

ชนม์รัตน์ ตติยะวรนันท์

ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุมและเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์: 02-9883655 E-mail: chonrat@mut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกเพื่อการตรวจจับล้อรถยนต์สำหรับเครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์อัตโนมัติโดยใช้พีแอลซี ซึ่งการขียนโปรแกรมพีแอลซีมีขั้นตอนวิธีการควบคุมแบบลำดับขั้น โดยระบบนี้มีส่วนประกอบได้แก่ พีแอลซีมิตซูบิชิทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมหลัก มอเตอร์เซอร์โว มอเตอร์กระแสตรง เซนเซอร์เส้นใยแก้วนำแสง ประแจถอดนอตล้ออิเล็กทรอนิกส์จำนวน 4 ตัวและหน้าจอสัมผัสทำหน้าที่เป็นเอชเอ็มไอ สุดท้ายได้ผลการทดลองคือใช้เวลาตรวจจับน้อยกว่า 2 วินาที

คำสำคัญ: เครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์อัตโนมัติ เซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติก พีแอลซี

Abstract

This paper presents an application of fiber optic sensor for car wheel detection for automatic car wheel changer using by PLC. The PLC programming containing with sequential control algorithm. This system comprises of the MITSUBISHI PLC is main controller, the servo motors, the direct current motors, a fiber optic sensor, four electric impact wrenches and a touchscreen is HMI. Finally, the experiment results featured in detection time less than 2 seconds.

Keywords: automatic car wheel changer, fiber optic sensor, PLC.

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมยางรถยนต์เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ โดยเครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์อัตโนมัติที่นำเสนอนี้สามารถเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาอุตสาหกรรมทั้งสองได้ ซึ่งได้ประยุกต์ใช้เซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกในการตรวจจับล้อรถยนต์เพื่อทำการถอดล้อรถยนต์และเปลี่ยนล้อรถยนต์ได้เอง การนำเซ็นเซอร์ไฟเบอร์ออปติกมาประยุกต์ใช้ครั้งนี้ได้แนวความคิดจากหลายงานวิจัยอาทิเช่น งานวิจัยเกี่ยวกับการชดเชยค่าผิดพลาดทางความร้อนของเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกที่ถูกนำไปใช้ในการวัดความร้อนใน FPGA โดยมีอุณหภูมิตั้งแต่ -10 ºC ถึง 60 ºC แบบราคาต่ำ [1] งานวิจัยเกี่ยวกับการนำไฟเปอร์ออปติกเพื่อการวัดความเร่งหรือความเข้มสนามแม่เหล็กซึ่งสัญญาณที่ได้มี SNR (Signal to noise ratio) ที่ดี [2] งานวิจัยเกี่ยวกับการนำเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกตรวจวัดการก่อตัวแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำร้อนใต้ดินและนำไปใช้จริงที่ประเทศญี่ปุ่น [3] งานวิจัยเกี่ยวกับการนำเซนเซอร์วัดตำแหน่งและระยะทางไฟเบอร์ออปติกถูกนำไปใช้วัดเชิงกลของเซอร์กิตเบรคเกอร์แบบ HV-VCB [4] งานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกใช้วัดอุณหภูมิและวัดค่าความเครียดของวัสดุ [5] งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกที่ถูกใช้ในการวัดอุณหภูมิของขดลวดหม้อแปลงกำลัง [6] และงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ขั้นตอนวิธีการกรองในทรานสดิวเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าไฟเบอร์ออปติก [7]

2. การทำงานของระบบที่นำเสนอ

การทำงานของเครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์อัตโนมัติจะมีโหมดการทำงาน 2 โหมดคือโหมดแมนนวล และโหมดอัตโนมัติ โดยจะมีสวิตช์ลิมิตใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแกนเมคคานิกส์ต่างๆ ซึ่งมีตัวเข้ารหัส (รุ่น R25S-4G5-24C-200BM-2M) ใช้ในการตรวจสอบระยะการเคลื่อนที่แกน Y ของมอเตอร์กระแสตรงลำดับตัวที่สอง ซึ่งใช้เซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติก (รุ่น FS – V11) ใช้ในการตัวหาตำแหน่งนอตล้อ มีชุดวงจรรีเลย์เป็นชุดขับมอเตอร์กระแสตรง 2 ตัว ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งมีชุดขับมอเตอร์เซอร์โว 3 ตัว (รุ่น MR-J3-40A 2 ตัว , MR-J3-60A 1 ตัว) ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์เซอร์โว โดยมีมอเตอร์กระแสตรง 2 ตัวใช้สำหรับการเคลื่อนที่ในแกน X และ Y ตามลำดับ มอเตอร์เซอร์โว 3 ตัว (รุ่น HF-KP43 2 ตัว , HF-SP52 1 ตัว) โดยมอเตอร์เซอร์โวลำดับตัวที่ 1 ใช้สำหรับการหมุนของชุดถอดล้อรถยนต์ มอเตอร์เซอร์โวลำดับตัวที่ 2 ใช้สำหรับการหมุนของบล็อกชุดประแจลมถอดนอตล้ออิเล็กทรอนิกส์ และมอเตอร์เซอร์โวลำดับตัวที่ 3 ใช้สำหรับการเคลื่อนที่แกน Y ชุดบล็อกประแจลมถอดนอตล้ออิเล็กทรอนิกส์

3. การออกแบบเครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์

การออกแบบเครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์นี้สามารถแบ่งการออกแบบเป็น 3 ส่วนหลักใหญ่คือ ส่วนแรกเป็นการออกแบบระบบควบคุมโดยใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมหลักแสดงผลผ่านหน้าจอสัมผัส

ส่วนถัดมาเป็นการออกแบบเมคคานิกส์ที่ใช้สำหรับการจับ การถอดล้อรถยนต์โดยใช้ระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic) และมีการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกตรวจจับตำแหน่งนอตล้อรถยนต์ด้วย และส่วนสุดท้ายเป็นการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm)

3.1 การออกแบบระบบควบคุมด้วยพีแอลซี

พีแอลซีรุ่น FX3U-32MT-ES มีอินพุต 16 อินพุต (X0-X17) มีเอาต์พุต 16 เอาต์พุต (Y0-Y17) มีส่วนขยายอินพุต/เอาต์พุตเป็นรุ่น FX2N-8EX-ES มี8 อินพุต (X20-X27) และ FX2N-8EY-MR มี 8 เอาต์พุต (Y20-Y27) การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับหน้าจอสัมผัสเป็น HMI (Human machine interface) ผ่านมอดูลที่มีชื่อว่า FX3U-232-BD เป็นมาตรฐาน RS232 ซึ่งการออกแบบตำแหน่งอินพุตและเอาต์พุตของพีแอลซีนี้มีส่วนตำแหน่งอินพุตได้แก่ ตำแหน่ง X0 เป็นสวิตช์ลิมิต (Limit switch: L1) ตำแหน่ง X11 เป็นสวิตช์ลิมิต (R1) ตำแหน่ง X2 เป็นสวิตช์ลิมิต (F1) ตำแหน่ง X3 เป็นสวิตช์ลิมิต (B1) ตำแหน่ง X4 เป็นสวิตช์ลิมิต (FW) ตำแหน่ง X5 เป็นสวิตช์ลิมิต (F2) ตำแหน่ง X6 เป็นสวิตช์ลิมิต (B2) ตำแหน่ง X20 เป็นสวิตช์ลิมิต (D0) ตำแหน่ง X21 เป็นสวิตช์ลิมิต (A0) ตำแหน่ง X0,X1 เป็นตัวเข้ารหัส (Encoder: ED) ตำแหน่ง X22 เป็นเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติก (Fiber Optic Sensor: FB) และตำแหน่ง X27 เป็นสวิตช์หยุดฉุกเฉิน (Emargency) ส่วนตำแหน่งเอาต์พุตได้แก่ ตำแหน่ง Y0,Y4 เป็นมอเตอร์เซอร์โว 1 (Servo1) ตำแหน่ง Y1,Y5 เป็นมอเตอร์เซอร์โว 2 (Servo2) ตำแหน่ง Y2,Y6 เป็นมอเตอร์เซอร์โว 3 (Servo3) ตำแหน่ง Y3,Y7 เป็นมอเตอร์กระแสตรง 1 (Motor1) ตำแหน่ง Y10,Y11 เป็นมอเตอร์กระแสตรง 2 (Motor2) ตำแหน่ง Y12,Y13,Y14,Y15 เป็นบล็อกประแจลมถอดนอตล้ออิเล็กทรอนิกส์ (Air Impact) ตำแหน่ง Y20,Y21 เป็นวาล์วลมโซลินอยด์ 1 (Solenoid valve: S1) ตำแหน่ง Y22 เป็นวาล์วลมโซลินอยด์ 2 (S2) และตำแหน่ง Y23 เป็นวาล์วลมโซลินอยด์ 3 (S3) ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 การออกแบบเชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุตของพีแอลซี

3.2 การออกแบบเมคคานิกส์

เครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์อัตโนมัติมีโครงสร้างขนาดกว้างเท่ากับ 120 ซม. ยาวเท่ากับ 200 ซม. และสูงเท่ากับ 100 ซม. มีการออกแบบการวางตำแหน่งสวิตช์ลิมิต ตัวเข้ารหัส เซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติก สวิตช์หยุดฉุกเฉิน มอเตอร์เซอร์โว มอเตอร์กระแสตรง บล็อกประแจลมถอดนอตล้ออิเล็กทรอนิกส์ วาล์วลมโซลินอยด์ดังรูป 2-3

การออกแบบชุดถอดล้อรถยนต์และเปลี่ยนล้อรถยนต์ โดยมีตำแหน่ง I คือ ส่วนที่ใช้ในการถอดล้อรถยนต์ และตำแหน่ง II คือส่วนที่ใช้ในการใส่ล้อรถยนต์ โดยล้อรถยนต์ที่ใช้ในการการออกแบบมีขนาด 15 นิ้ว พร้อมยางขนาด 185/55 R15 มีนอตล้อจำนวน 4 ตัวระยะห่างเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร หรือเรียกว่า "4 รู 100" ดังรูปที่ 4

การออกแบบชุดบล็อกประแจลมถอดนอตล้ออิเล็กทรอนิกส์จำนวน 4 ตัวที่ใช้ในการถอดเปลี่ยนล้อรถยนต์ดังรูปที่ 5 (ก) เป็นชุดบล็อกประแจลมถอดนอตล้ออิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการถอดหรือใส่นอตจำนวน 4 ตัวได้พร้อมกัน (ข) เป็นการเครื่องที่ของชุดบล็อกประแจลมถอดนอตล้ออิเล็กทรอนิกส์ในแกน Y

รูปที่ 2 การออกแบบตำแหน่งการวางมอเตอร์

รูปที่ 3 การออกแบบตำแหน่งการวางอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต

รูปที่ 4 การออกแบบชุดถอดล้อรถยนต์และเปลี่ยนล้อรถยนต์

(ก) (ข)

รูปที่ 5 การออกแบบชุดบล็อกประแจลมถอดนอตล้ออิเล็กทรอนิกส์

3.3 การออกแบบขั้นตอนวิธี

การออกแบบขั้นตอนวิธีขั้นตอนวิธีการควบคุมแบบลำดับขั้นของการทำงานในโหมดอัตโนมัติของเครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์โดยมีขั้นตอนวิธีการทำงานหลัก และขั้นตอนวิธีการขัดจังหวะเมื่อกดปุ่มฉุกเฉินดังรูป 6

4. การทดสอบ และผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบหาระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกกับนอต

การทดสอบหาตำแหน่งระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกกับนอตล้อรถยนต์ไม่เกิน 3 เซนติเมตรดังรูปที่ 7 โดยมีปรับโหมดการวัดของตัวขยายสัญญาณไฟเบอร์ออปติกทั้ง 3 โหมดได้แก่ โหมด Fine โหมด Turbo และโหมด Super ได้ผลการทดสอบเลขดิจิทัลของค่าความเข้มแสงขนาด 12 บิต (ค่าสูงสุด 4096) ได้ผลทดสอบดังรูปที่ 8

4.2 การทดสอบการตรวจจับนอตด้วยเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติก

การทดสอบการตรวจจับนอตล้อรถยนต์ด้วยเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกด้วยโหมด Fine มีระยะห่างระหว่างนอตล้อรถยนต์ด้วยเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกอยู่ที่ 0.5 เซนติเมตรดังรูปที่ 9 เมื่อ (ก) ตำแหน่งเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกเคลื่อนที่กำลังเข้าหานอตล้อรถยนต์ (ข) ตำแหน่งเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกเคลื่อนที่ประชิดด้านเข้านอตล้อรถยนต์ (ค) ตำแหน่งเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกเคลื่อนที่กึ่งกลางนอตล้อรถยนต์ (ง) ตำแหน่งเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกเคลื่อนที่ประชิดด้านออกนอตล้อรถยนต์ และ (จ) ตำแหน่งเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกเคลื่อนที่ออกจากนอตล้อรถยนต์ ซึ่งได้ผลทดสอบการตรวจจับนอตล้อรถยนต์ด้วยเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกที่เคลื่อนที่จากลำดับ (ก) ถึง (จ) ตามลำดับดังรูปที่ 10

(ก) ขั้นตอนการทำงานหลัก

(ข) ขั้นตอนการขัดจังหวะเมื่อมีสภาวะฉุกเฉิน

รูปที่ 6 การออกแบบขั้นตอนวิธีการควบคุมแบบลำดับขั้น

รูปที่ 7 การทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติก

รูปที่ 8 ผลการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติก

รูปที่ 9 การทดสอบการตรวจจับนอตด้วยเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติก

รูปที่ 10 ผลการทดสอบการตรวจจับนอตด้วยเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติก

5. สรุป

จากรูปที่ 8 ผลการทดสอบหาตำแหน่งระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกกับนอตล้อรถยนต์มีค่าความเข้มแสงมากในช่วงระยะไม่เกิน 1 เซนติเมตร จากรูปที่ 10 ผลการทดสอบการตรวจจับนอตล้อรถยนต์ด้วยเซนเซอร์ไฟเบอร์ออปติกโดยกระบวนการตรวจจับนอตสามรถหาตำแหน่งนอตเพียงแค่ 1 ตัว เนื่องจากมุมและระยะห่างของนอตทั้ง 4 ตัวมีขนาดเท่ากันคือ 90 องศา และใช้เวลาการตรวจจับนอตเท่ากับ 1.65 วินาที ทำให้เครื่องเปลี่ยนล้อรถยนต์อัตโนมัตินี้สามารถถอดล้อรถยนต์และสามารถเปลี่ยนล้อรถยนต์ขนาด 15 นิ้ว พร้อมยางขนาด 185/55R15 มีนอตล้อจำนวน 4 ตัวระยะห่างเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตรจำนวน 1 ล้อรถยนต์ใช้เวลาทั้งกระบวนการไม่เกิน 2 นาทีได้อย่างเสถียรภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายธีรพงศ์ เนตรโสภา นายมารุต ไขจาระพันธ์ และนายทศพล เก้าเอี้ยน เป็นนักศึกษาช่วยงานวิจัยที่ช่วยประกอบอุปกรณ์และเก็บผลทดสอบสำหรับงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Sajjad, *et al.*, “A low-cost approach to thermal error compensation of fiber optic sensor in field programmable gate array (FPGA)”, in *IBCAST 2017 Conf.*, 10-14 Jan. 2017, pp. 342-345.

[2] Z. Wang, *et al.*, “A Fiber Optic Accelerometer-magnetometer,” *Journal of Lightwave Technology*, vol. PP, Issue 99, pp. 1-1, Jan. 2017.

[3] T. Okazaki, *et al.*, “A Reusable Fiber Optic Sensor for the Real-Time Sensing of $CaCO_3$ Scale Formation in Geothermal Water,” *Journal of IEEE Sensors*, vol. 17, Issue 5, pp. 1207-1208, Mar. 2017.

[4] M. Fei, *et al.*, “Mechanical parameters on-line monitoring method for high voltage vacuum circuit breaker using fiber optic displacement sensors”, in *M2VIP 2016 Conf.*, 28-30 Nov. 2016, pp. 1-6.

[5] N. Anjum, P.C. Sreekanth and J. Nayak, “Fiber optic sensors and optical sensing technology”, in *ICEEOT 2016 Conf.*, 3-5 Mar. 2016, pp. 3884-3891.

[6] I. Hurezeanu, *et al.*, “Temperature control and monitoring system for power transformer windings using fiber optic sensors”, in *ISFEE 2016 Conf.*, 30 Jun. 2016 - 2 Jul. 2016, pp. 1-4.

[7] M. Cao, *et al.*, “Noise character and filtering algorithm in fiber optic current transducer”, in *ICST 2016 Conf.*, 11-13 Nov. 2016, pp. 1-4.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การขนานวงจรสวิตช์เดี่ยวแบบเรโซแนนซ์ขนานสำหรับงานทุบขึ้นรูปมีดอรัญญิก ด้วยการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

A Parallel Connection of Single Switch Resonant Converter with Parallel Resonance for Arunyik Knife Forging Application with Induction Heating

วิเชียร หทัยรัตน์ศิริ สายชล ชุดเจือจีน และ วิโรจน์ เพชรพันธุ์ศรี

หน่วยวิจัยพลังงานทดแทน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาธร กรุงเทพฯ 10120 โทรศัพท์ : 0-2286-3991-5 E-mail: saichol.c@rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการขนานวงจรสวิตช์เดี่ยวแบบเรโซแนนซ์ขนานสำหรับงานทุบขึ้นรูปมีดอรัญญิกด้วยการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ มีวงจรภาคกำลังเป็นวงจร Quasi-resonant Converter อุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวสวิตช์คือไอจีบีที (IGBT) ซึ่งทำงานแบบสวิตช์เดี่ยวแรงดันศูนย์เพื่อช่วยในการลดกำลังสูญเสียขณะทำงานที่ความถี่สูง โดยมีช่วงความถี่เรโซแนนท์เป็นช่วงการทำงานในภาควงจรกำลังที่ 25 kHz จากการประยุกต์ใช้หลักการเหนี่ยวนำความร้อนสำหรับเครื่องใช้ในครัวเรือน ได้นำมาพัฒนาให้ความร้อนกับแท่งเหล็ก โดยเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำนี้สามารถให้กำลังความร้อนได้ 1 kW และสามารถให้ความร้อนจนแท่งเหล็กร้อนแดงได้

คำสำคัญ: การเหนี่ยวนำความร้อน ควอไซน์เรโซแนนซ์ การขนานคอนเวอร์เตอร์

Abstract

This paper describes a parallel connection of single switch resonant converter with parallel resonance for arunyik knife forging application with induction heating. Converter is implemented by using IGBT as its switching. The switching loss is minimized by operating the IGBT in the zero voltage resonance modes. The output power is rated at approximately 1 kW, with operating frequency ranging from 25 kHz. The operation principles of quasi- resonant are investigated and validity is verified by simulation and experimental results.

Keywords: Induction heating, quasi resonant, a parallel connected converter

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เช่นงานให้ความร้อนเพลา งานให้ความร้อนท่อเพื่อดัดเป็นฮีทเตอร์และงานชุบแข็งน็อตเป็นต้น ยังคงใช้ความร้อนโดยใช้แก๊สหุงต้มอยู่ซึ่งเป็นอันตรายอย่างมากถ้ามีการรั่วไหลของแก๊ส การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเนื่องจากมีความปลอดภัยกว่าและเกิดมลพิษน้อยกว่า แต่ต้นทุนราคาของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำขนาดเล็กสูงอยู่มาก เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำขนาดเล็กโดยทั่วไปจะใช้ไฟฟ้าระบบเป็นแบบหนึ่งเฟส ซึ่งระบบจะประกอบไปด้วยวงจรเรียงกระแสเพื่อทำการแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง แล้วจึงนำไปเข้าคาปาซิเตอร์เพื่อกรองแรงดันให้เรียบก่อนจะถูกส่งเข้าอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงเป็นไฟสลับที่มีความถี่ตามต้องการ วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ถูกนำมาใช้ส่วนใหญ่ได้แก่ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบเต็มบริดจ์ดังแสดงในรูปที่ 1 และอินเวอร์เตอร์แบบครึ่งบริดจ์ ซึ่งมีอุปกรณ์สวิตซ์ 4 และ 2 ตัวตามลำดับ

ในงานความร้อนสำหรับงานทุบขึ้นรูปความถี่ที่ป้อนจะต้องเหมาะสมกับชิ้น ซึ่งถ้าสูงเกิดไปจะทำให้ชิ้นงานเกิดความร้อนเฉพาะที่ผิวด้านนอก ด้านในยังแข็งอยู่จะทำให้ขึ้นรูปยาก หรือถ้าปล่อยให้ความร้อนซึมเข้าไป จะมีผลทำให้ผิวชิ้นงานแตก งานทุบขึ้นรูปโดยทั่วไปจะใช้ความถี่ประมาณ 10 kHz โดยจะขึ้นกับชิ้นงาน ถ้าชิ้นงานเป็นแหนบรถยนต์ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นยาวซึ่งมีลักษณะแตกต่างกับชิ้นงานทั่วไปที่มีลักษณะกลม ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบขดเหนี่ยวนำให้มีลักษณะให้เข้ากับชิ้นงานและต้องมีการทดสอบกับงานจริงเพื่อหาความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานนี้ สำหรับงานขึ้นรูปมีดอรัญญิก ปัจจุบันเป็นงานที่ใช้ในครัวเรือนและเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก การให้ความร้อนเหล็กยังคงใช้เป็นถ่านซึ่งต้องใช้เป็นจำนวนมากประมาณ 2-3 กระสอบต่อวัน ซึ่งราคาตกอยู่กระสอบละประมาณ 250 บาท ราคาจึงค่อนข้างสูง และราคาถ่านจะสูงขึ้นอีกในช่วงฤดูฝนเพราะจะทำถ่านได้น้อยลงเนื่องความชื้นของอากาศ ดังนั้นการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวจึงเป็นทางเลือกใหม่สำหรับงานให้ความร้อนกับมีดอรัญญิกนี้ซึ่งยังไม่มีใครเคยนำมาใช้ในงานนี้มาก่อน การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวเป็นการให้ความร้อนเกิดขึ้นที่

ชิ้นงานโดยตรง ดังนั้นจึงเกิดการสูญเสียความร้อนน้อยจะแตกต่างกับการให้ความร้อนโดยการเผาไหม้ ทำให้มีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนสูง ประหยัดพลังงาน และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยนี้จึงได้□นำเสนอการขนานวงจรสวิตช์เดี่ยวแบบเรโซแนนซ์ขนานสำหรับงานทุบขึ้นรูปมีดอรัญญิกด้วยการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำซึ่งถูกแสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้า 380 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ วงจรเรียงกระแส วงจรกรองแรงดัน โหลดเรโซแนนซ์แบบขนานซึ่งต่ออยู่กับสวิตช์เพียงตัวเดียว และวงจรควบคุมการปรับความถี่ตามเมื่อชิ้นงานเกิดความร้อน การทำงานของวงจรจะอาศัยหลักการถ่ายคืนพลังงานระหว่างตัวเหนี่ยวนำกับตัวเก็บประจุทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับไปเหนี่ยวนำชิ้นงานทำให้เกิดความร้อนขึ้นโดยมีลักษณะการทำงานของสวิตซ์ที่แรงดันเป็นศูนย์ ช่วยลดการสูญเสียที่สวิตซ์ การควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ตลอดเวลาเมื่อชิ้นงานมีอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อแก้ปัญหามลพิษ ค่าถ่านสูง ค่าขนส่งถ่าน และอัตราการผลิต เพื่อการเติบโตของธุรกิจในชุมชนและลดการนำเข้าเครื่องจากต่างประเทศที่มีราคาสูงได้

2. ระบบการให้ความร้อน

ระบบการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือส่วนจ่ายกำลังไฟฟ้าและส่วนให้ความร้อนชิ้นงาน ดังรูปที่1 สำหรับแหล่งจ่ายที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสกระแสตรงจะต้องมีตัวเหนี่ยวนำสำหรับกรองกระแสที่มีค่ามากเพื่อให้กระแสเรียบเข้าสู่ อินเวอร์เตอร์เป็นแหล่งจ่ายกระแสสลับตามความถี่ที่ออกแบบเพื่อให้ความร้อนลึกที่เหมาะสมกับลักษณะงาน โดยวงจรที่ใช้จะเลือกเป็นวงจรสวิตช์เดี่ยวที่ต่อขนานกันดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 งานเหนี่ยวนำความร้อนด้วยการขนานวงจรสวิตช์เดี่ยวแบบเรโซแนนซ์ขนานสำหรับงานทุบขึ้นรูปมีดอรัญญิกที่นำเสนอ

3. ต้นแบบเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

3.1 ขดลวดเหนี่ยวนำความร้อน

จากวัตถุประสงค์ที่ต้องการออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำโดยใช้วงจรควอไซน์ หรือวงจรสวิตช์เดี่ยว ที่ความถี่ 25 kHz พิกัดที่ 1 kW การออกแบบขดลวดเหนี่ยวนาสามารถกำหนดได้จากชิ้นงานที่เป็นโลหะ ที่มีความยาวเท่ากับ 30 เซนติเมตร สูง 0.5 เซนติเมตร กว้าง 4.8 เซนติเมตร โดยระยะห่างขดลวดกับชิ้นงานโลหะ เท่ากับ 2 เซนติเมตร ซึ่งกำหนดจากความเหมาะสมของการทางานในการซุบแข็งซึ่งขนาดและระยะต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2 (ภาพจริง)

รูปที่ 2 ขดลวดเหนี่ยวนำความร้อน

จากรูปที่ 2 จะใช้ท่อทองแดงกลวง เบอร์ 3 ซึ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.7 cm ซึ่ง สาเหตุที่เลือกทองแดงกลวงขนาดกลวงขนาดเล็กเนื่องจาก สามารถนามาขดเป็นขดลวดทองแดง (Coil) ได้ง่ายกว่าท่อทองแดงขนาดใหญ่ และเพื่อที่จะสามารถพันรอบได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ฟลั๊กซ์ที่เหนี่ยวนาไปที่ชิ้นงาน มีเพิ่มขึ้น ซึ่งความยาวและความกว้างของชิ้นงานจะเป็นตัวกำ หนดรอบของ ขดลวด

3.2 การออกแบบหม้อแปลงความถี่สูง

จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ

$$N_P = \frac{E}{4.44.f.B_m.A}$$

$$= \frac{311}{4.44.5\times10^{3}.0.3.5.60\times10^{-4}}$$

= 83 รอบ

จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิกำหนด N_S = 2 รอบ ถ้ากระแสสูงสุดด้านปฐมภูมิเท่ากับ 10 A

จะได้ค่ากระแสด้านทุติยภูมิ $I_S = (N_P \times I_P) / N_S = (83\times10) / 2 = 415$ A

ขนาดขดลวดปฐมภูมิโดยทำการเผื่อพิกัดกระแสเกินไว้ที่ 20 A ความหนาแน่นของกระแสในสายเลือกใช้ลวดทองแดง 400 เซอร์คูลาร์มิลต่อ 1 แอมแปร์

ขนาดของเส้นลวด = 20 × 400

= 8000 เซอร์คูลาร์มิล

เลือกลวดทองแดง AWG เบอร์ 24 จำนวน 40 เส้นมาขนานตีเกลียวกัน โดยการตีเกลียวเพื่อลดการสูญเสียในเส้นลวดเนื่องจาก skin effect และเพิ่มพื้นที่ทางเดินของกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 3 หม้อแปลงความถี่สูง

3.3 การออกแบบระบบระบายความร้อน

ในวงจรการออกแบบระบบระบายความร้อนในส่วนไอจีบีที ใช้แผ่นระบายความร้อน และตัวหม้อแปลงจะใช้พัดลมในการระบายความร้อน และในส่วนของท่อทองแดงจ่ายพลังงานจะเป็นส่วนที่จ่ายกระแสสูงและอยู่ใกล้ชิ้นงานที่ร้อน จึงติดปั๊มน้ำในการระบายความร้อนผ่านท่อทองแดง

3.4 ออกแบบตัวเก็บประจุกรองแรงดัน

สูตรการคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุกรองแรงดัน

$$C = \frac{I_e \Delta t}{\Delta V_{ripple}}$$

เมื่อ C คือ ค่าตัวเก็บประจุ

I_e คือ ค่ากระแสประสิทธิผลของวงจรเรียงกระแส (A)

Δt คือ ช่วงเวลาที่ C คายประจุ (ms)

ΔV_{ripple} คือ แรงดันกระเพื่อมจากยอดถึงยอดที่เอาท์พุทของวงจรเรียงกระแส (V)

ตัวเก็บประจุกรองแรงดันที่กำลังเอาท์พุท 1 kW ขณะทำงานที่แรงดัน 220 Vac , 50Hz แรงดันไฟฟ้า 220 Vac 1 เฟส เมื่อผ่านวงจรกรองแรงดันจะมีค่ายอดเท่ากับ 311.12Vac กระเพื่อมที่ยอมรับได้ปกติจะไม่เกิน 10% ของแรงดันเอาท์พุท

$$\Delta V_{ripple} = \frac{10 \times 311.12}{100} = 31.11\ \text{Vdc}$$

คิดที่ประสิทธิภาพ 80% จะได้

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{1000}{0.8} = 1250\ \text{W}$$

ดังนั้นกระแสประสิทธิผลที่อินพุทคือ

$$I_e = \frac{P_{in}}{V_{in}} = \frac{1250}{220} = 5.68\ \text{A}$$

ตัวเก็บประจุจะเก็บประจุทุกๆครึ่งไซเกิลหรือประมาณ 10 ms เนื่องจากใช้ความถี่ 50 Hz ดังนั้นจะได้

$$C = \frac{5.68 \times (10 \times 10^{-3})}{31.11} = 182.58\ \mu\text{F}$$

ตัวเก็บประจุที่ใช้จะต้องทนแรงดันไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของแรงดันไฟตรงเอาท์พุทดังนั้น จะเลือกตัวเก็บประจุที่ทนแรงดันประมาณ เท่ากับ 470 โวลต์ แต่ในการใช้งานจริงจะเลือกตัวเก็บประจุกรองแรงดันขนาด 5 μF เป็นค่าที่เหมาะสมและหาซื้อได้ง่าย

4. ผลการจำลอง

รูปที่ 4 จำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Orcad

(ก) สัญญาณขับเกต IGBT

(ข) กระแสที่ไหลผ่านโหลด ($I_{L(rms)}$) กับกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์ ($I_{C(rms)}$)

(ค) แรงดันตกคร่อม สวิตช์ (V_{CE})

(ง) แรงดันตกคร่อม โหลด (V_L)

5. ผลการทดลอง

หลังจากสร้างเครื่องต้นแบบได้ทำการวัดสัญญาณไฟฟ้าที่จุดต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบกับผลจำลองการทำงาน และทดสอบการให้ความร้อนซึ่งให้ความสูงได้ถึง 800 องศาโดยสัญญาณที่จุดต่างๆแสดงดังรูปที่ 5 และ 6

รูปที่ 5 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตซ์ (V_{CE}) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสวิตซ์ (I_s)โดยวัดที่ Time/Div20 μs

รูปที่ 6 แรงดันตกคร่อมสวิตซ์ (V_{CE})และแรงดันไฟฟ้าด้าน Primary ของหม้อแปลงความถี่สูง โดยวัดที่ Time/Div20 μs

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษา และพัฒนาออกแบบสร้าง เพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าของเครื่องเหนี่ยวนำความร้อน โดยการขนานสวิตช์เดี่ยว อุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวสวิตช์นี้คือไอจีบีที ซึ่งทำงานแบบสวิตช์เดี่ยวแรงดันศูนย์ เพื่อช่วยในการลดกำลังสูญเสียขณะทำงานที่ความถี่สูง โดยเครื่องเหนี่ยวนำความร้อนใช้แรงดันไฟบ้าน 220 V แรงดันตกคร่อมสวิตช์ไอจีบีทีอยู่ที่ 980 V โดยมีช่วงความถี่เรโซแนนท์เป็นช่วงความถี่การทำงานในภาควงจรกำลังอยู่ที่ 25 kHz ผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ทำการศึกษามาทุกประการ โดยเครื่องเหนี่ยวนำความร้อนสามารถให้ความร้อนจนเหล็กร้อนแดงได้ สามารถให้กำลังความร้อนได้ 1 kW

เอกสารอ้างอิง

[1] ภมรชัย อ้นทา, และธนากร หวานเสั้ง. 2525. การประดิษฐ์โคมไฟส่องถนนแบบผสมผสานพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://irre.ku.ac.th/project/pdf/255503.pdf (10 เมษายน 2556).

[2] ชาย ชีวะเกต, และชนานัญ บัวเขียว. 2543. การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก : http://www.eppo.go.th/vrs/VRS49-09-Solar.html (15 เมษายน 2556).

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป). ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.cssckmutt.in.th/cssc/cssc_tranning/doc/Operator_CH1toCH5.pdf (26 เมษายน 2556).

[4] ไกรพัฒน์ จีนขจร. 2551. พลังงานหมุนเวียน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป). พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.electron.rmutphysics. com/sciTech/pdf/c07_2554_energy.pdf (6 พฤษภาคม 2556).

[6] องอาจ แสดใหม่. 2553. "การออกแบบและวิเคราะห์การติดตั้งระบบโฟโตโวลตาอิกขนาด10 กิโลวัตต์สูงสุดสำหรับปั๊มน้ำพุ 3 เฟสเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายการไฟฟ้า." วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[7] KANHA SOLAR POWER CO.,LTD. (ม.ป.ป). ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.kanhasolar.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539452491&Ntype=4 (11 พฤษภาคม 2556).

[8] บรรจบ สุขประภาภรณ์. (ม.ป.ป). พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการออกแบบระบบโซล่าเซลล์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.ind.cru.in.th/articleind/33.pdf (12 พฤษภาคม 2556).

[9] บริษัท เทคโนโลยีอีควิปเม้น แอนด์ เซอร์วิส จำกัด. (ม.ป.ป). หลักการทำงานของฮีตเตอร์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.aesthailand.net/index.php?lay=show&ac=article&Id=538894163&Ntype=7 (19 พฤษภาคม 2556).

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การบูรณาการรูปแบบการพัฒนาศักยภาพการพึ่งตนเองในกลุ่มผู้สูงอายุและหมอเมืองแบบยั่งยืน โดยเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ตำบลท่าก๊อ อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย

The Integration Patterns Development of Self-Reliance among Elder's Group and Traditional Medicine Experts with Information Technology Tools and Processes, Thago, Mae Suai District,Chiang Rai

วิชิต นางแล[1] เศรษฐชัย ใจฮึก[2]

[1,2]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

80 หมู่ที่ 9 ถนนพหลโยธิน ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100 โทรศัพท์ 053-776395 E-mail: firstiit@gmail.com

[2]สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีชื่อว่าการบูรณาการรูปแบบการพัฒนาศักยภาพการพึ่งตนเองในกลุ่มผู้สูงอายุและหมอเมืองแบบยั่งยืนโดยเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศตำบลท่าก๊อ อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงรายโดยมีวัตถุประสงค์. 1)เพื่อรวบรวมและจัดการองค์ความรู้ของภูมิปัญญาหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ. 2)เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์ โดยออกแบบเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อนำมาใช้ร่วมกับภูมิปัญญาหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ. 3)จัดทำตำรางค์ความรู้ถ่ายทอดสู่ชุมชนด้านการดูแลสุขภาพ. 4)สร้างเครือข่ายแบบมีส่วนร่วมและถ่ายทอดเทคโนโลยีหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ โดยทำการเก็บข้อมูลกลุ่มประชากรคือกลุ่มผู้สูงอายุและหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ จำนวน 22 หมู่บ้าน 1,461 คน เป็นการวิจัยการพัฒนาทดลอง (experimental development) เครื่องมือที่ใช้ 1)ตารางวิเคราะห์ข้อมูลประเภทหมอหมอเมือง เนื้อหาหมอเมืองที่ใช้รักษาตาราง Information matrix และ. 2)กระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการออกออกแบบเครื่องมือ. 3)การจัดทำตำราด้านการดูแลสุขภาพ. 4)การสร้างเครือข่ายแบบมีส่วนร่วมถ่ายทอดเทคโนโลยีหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ

ผลการวิจัยพบว่า :

จำนวนหมอเมือง ค่าอัตราร้อยละ 100 % พบว่าเนื้อหาหมอเมืองที่ใช้รักษามากที่สุด คือใช้คาถา รวม 68 ครั้งค่าอัตราร้อยละ 30.4 % และรองลงมา ใช้น้ำมนต์คาถาจำนวน 55 ครั้ง ค่าอัตราร้อยละ 24.6 % การใช้สมุนไพรจำนวน 45 ครั้ง ค่าอัตราร้อยละ 20.17 % ใช้เครื่องมือ 37 ครั้ง ค่าอัตราร้อยละ 16.5 % และน้อยที่สุด ที่ประเภทหมอเมืองเนื้อหาหมอเมืองที่ใช้รักษาการนวดและการใช้ยาและประคบจำนวน 6 ครั้งค่าอัตราร้อยละ 2.6 %ตามลำดับและการออกแบบชุดเครื่องนวดไฟฟ้าร้อน,เย็นผ่านระบบปฏิบัติการ Android งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกหมอเมืองมาจัดทำตำราจำนวน20คน

คำสำคัญ : การพึ่งตนเอง, เครื่องนวดสมุนไพร, กระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ

Abstract

This research is called "the Integration Patterns Development of Self-Reliance among The Elder's Group and Traditional Medicine Experts with Information Technology Tools and Processes, Thago, Mae Suai District,Chiang Rai". Research objectives: 1) to gather and manage knowledge based on traditional medicine experts for health care. 2)to analyze and synthesize tools integrated with process of information technology applied for wisdom on traditional medicine expert for health care 3) to design textbooks for community health care 4) to build participatory network and technology transmission on traditional medicine experts for health care. Data collection consists of 22 villages with seniors and traditional medicine experts for health care totally are 1,461 people. The research (experimental development) research tools consist of 1) Table analysis of contents showed the category of traditional medicine experts for the treatment in form of Information matrix and 2) process of information technology and design tools 3) the textbooks for health care 4) building participatory network for technology based traditional medicine experts for health care.

The Research findings are found that :

100 % of traditional medicine experts are found that 68 times of magic words used for treatment are 30.4% then 55 times of sacred water is used 24.6%, 45 times of herbal usage is 20.17%. For 37 times of tools application is 16.5% and the minimum percentage of 6 times are the way of traditional massage, drugs application and massage with hot press 2.6% respectively. Android OS Hot and cool Electrical massage device for this research, 20 traditional medicine experts are selected.

Keywords: Self-reliance,Herbal Massage Machine,Information Technology Process

1. บทนำ

สถานการณ์โลก ภาวะเศรษฐกิจ ภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลง มลพิษเพิ่มขึ้น โรคมีวิวัฒนาการที่แรงขึ้นมีการดื้อยาประกอบกับวิถีชีวิตของผู้คนอยู่ในภาวะที่ต้องแข่งขัน การดำเนินชีวิตที่รีบเร่งของประชาชน กินอาหารไม่ถูกส่วน ไม่เป็นเวลา พักผ่อนไม่เพียงพอ เกิดความตึงเครียด ร่างกายเสียสมดุล ภูมิคุ้มกันต่ำ เจ็บป่วยได้ง่าย ผู้ป่วยได้รับยาเคมีมากเกินไปเกิดการตกค้างในร่างกาย ส่งผลให้เกิดโรคร้ายต่างๆตามมา ยาเคมีจึงไม่อาจให้ผลการรักษาที่ดี โดยเฉพาะโรคเรื้อรังได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องย้อนกลับมาตระหนักถึงคุณค่าของภูมิปัญญาแพทย์แผนโบราณที่มีการนำสมุนไพรมาใช้เพื่อสุขภาพไม่ว่าจะใช้เป็นอาหาร ใช้เป็นยารักษาโรคใช้ดูแลส่งเสริมสุขภาพ

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อรวบรวมและจัดการองค์ความรู้ ของภูมิปัญญาหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ
2. เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์ โดยออกแบบเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อนำมาใช้ร่วมกับภูมิปัญญาหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ
3. จัดทำตำรางค์ความรู้ถ่ายทอดสู่ชุมชนด้านการดูแลสุขภาพ
4. สร้างเครือข่ายแบบมีส่วนร่วมและถ่ายทอดเทคโนโลยีหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ

3.สมมติฐานของการวิจัย

การพึ่งตนเองในกลุ่มผู้สูงอายุและหมอเมืองแบบยั่งยืน

1)ส่งเสริมการพึ่งตนเองด้านสุขภาพด้านการใช้พืชสมุนไพรในชีวิตประจำวัน.2)สนับสนุนให้เกิดการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นพืชสมุนไพรไทยในชุมชนตำบลท่าก๊อ.3)สร้างกระบวนการจัดการประโยชน์จากพืชสมุนไพรตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงชุมชนพึ่งตนเอง. 4)สร้างการมีส่วนร่วมในการจัดการพืชสมุนไพรไทยและส่งเสริมสุขภาวะตนเองครอบครัวชุมชนในตำบลท่าก๊อที่สอดคล้องกับศักยภาพและทุนทางสังคม

4.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เช่น ด้านวิชาการ ด้านนโยบาย ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ ด้านสังคมและชุมชน รวมถึงการเผยแพร่ในวารสารจดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1)ได้องค์ความรู้ ของภูมิปัญญาหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ โดยมีภาคชุมชนมีส่วนร่วม.2)ได้ภูมิปัญญาหมอเมืองและพืชสมุนไพรและหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ.3)ได้ทำตำราและหลักสูตรในการจัดการองค์ความรู้ถ่ายทอดสู่ชุมชนด้านการดูแลสุขภาพ.4)ได้เครือข่ายแบบมีส่วนร่วมและถ่ายทอดเทคโนโลยีหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ

5.วิธีดำเนินการวิจัย

1)ศึกษาข้อมูลจากเอกสารเกี่ยวกับองค์ความรู้ ของภูมิปัญญาหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ.2) การกำหนดกลุ่มประชากรตัวอย่าง ในการศึกษาองค์ความรู้ ของภูมิปัญญาหมอเมืองในการดูแลสุขภาพประชากรที่ใช้อาศัยอยู่ใน 22 หมู่บ้าน เขตตำบลท่าก๊อ อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย.3) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยแบบสอบถาม การบันทึกข้อมูลสนาม การจัดเวทีสัมมนา สนทนากลุ่มย่อย กล้องถ่ายรูป เครื่องบันทึกเสียง และวีดีทัศน์.4)วิธีรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์หมอเมืองในการดูแลสุขภาพ และนำวิเคราะห์และสังเคราะห์ จัดทำตำรางค์ความรู้ถ่ายทอดสู่ชุมชนด้านการดูแลสุขภาพ สร้างเครือข่ายแบบมีส่วนร่วมและถ่ายทอดเทคโนโลยีหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ

กลุ่มเป้าหมายหมอเมืองในการทำวิจัย

1) หมอเมือง เกี่ยวกับพิธีกรรม.2) หมอเมือง เกี่ยวกับรักษากระดูกหัก.3) หมอเมือง เกี่ยวกับรักษาพิษงูและแมลงสัตว์กัดต่อย.4) หมอพื้นบ้านในการรักษาอาการทางผิวหนัง.5) หมอเมืองเกี่ยวกับหมอยาสมุนไพร.6) หมอเมืองประเภทกายภาพบำบัด.7) หมอเมืองประเภทหมอตำแย.8) หมอเมืองประเภทไสยศาสตร์.9) หมอเมืองประเภทย่ำขาง.10) หมอเมืองประเภทเจ๊ดแหก.

6.ขอบเขตด้านเนื้อหา

1)สำรวจและรวบรวม หมอเมือง แยกอธิบายเป็น บริบทของหมอเมือง ได้แก่ ประวัติความเป็นมาของหมอเมือง ลักษณะการรักษา.2) ออกแบบเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ที่ผ่านการออกแบบจากการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นหมอเหมืองเข้ามาร่วมกับกระบวนการออกแบบทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสนเทศ ที่เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมตามคำสั่งในการดูแลการรักษาผู้ป่วย

รูปที่ 1 เครื่องนวดร่างกายกายภาพบำบัดด้วยสมุนไพรผ่านระบบปฏิบัติการ Android

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลของหมอเมืองโดยออกแบบเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อนำมาใช้ร่วมกับภูมิปัญญาหมอเมืองในการดูแลสุขภาพตาราง Information matrix

ลำดับที่	ประเภทหมอเมืองเกี่ยวกับ	ประเภทเครื่องมือเดิมที่ใช้ในการรักษา	ชุดเครื่องมือใหม่ที่ออกแบบ	จำนวนชิ้น
1	พิธีกรรม (ครูบาอินสม)	ตะกุด(พระห้อยคอ)ยันต์	(ไม่สามารถออกแบบได้ในช่วงระยะเวลางานวิจัยนี้)	-
2	รักษากระดูกหัก	ใช้ไม้ไผ่	ชุดเครื่องมือเข้าเฝือก	-
3	พิษงูและแมลงสัตว์กัดต่อย	-	(ไม่สามารถออกแบบได้ในช่วงระยะเวลางานวิจัยนี้)	-
4	อาการทางตา	-	(ไม่สามารถออกแบบได้ในช่วงระยะเวลางานวิจัยนี้)	-
5	ยาสมุนไพร	เครื่องมือบดยา,มีด, เขียง ,ครก,ลูกประคบ	(ไม่สามารถออกแบบได้ในช่วงระยะเวลางานวิจัยนี้)	
6	กายภาพบำบัด	บีบนวดประคบ	ชุดนวด ร้อน,เย็น	6
7	หมอตำแย	-	-	-
8	ไสยศาสตร์	-	-	-
9	ย่ำขาง	แผ่นไถ่, แท่นความร้อน	ชุดย่ำขาง	-
10	เจ็ดแหก	มีด	ชุดแหกส่งกระแสไฟฟ้า	
		รวม		6

7.การออกแบบเครื่องมือและไดอะแกรมเครื่องนวดไฟฟ้า

รูปที่ 2 ไดอะแกรมชุดนวดไฟฟ้า ผ่านระบบปฏิบัติการ Android

การทำงานตามไดอะแกรมดังภาพที่ 2 บอร์ด Arduino MEGA 2560 เป็นบอร์ดควบคุมการทำงานของวงจรต่างๆ โดยมี Bluetooth , Keypad Switch , Volume ส่งข้อมูลเข้าไปยังบอร์ด Arduino MEGA 2560 แล้วทำการส่งข้อมูลออกไปให้ Buzzer ,OLED และบอร์ด Arduino MEGA 2560 ส่งข้อมูลระดับความแรงไปยังเครื่องนวดเพื่อเข้าสู่ร่างกาย

8.หลักการทำงานหลักๆของส่วน Application

เมื่อเข้าโปรแกรมเครื่องนวดไฟฟ้า จะขึ้นหน้าจอตาม รูปที่ 3 โปรแกรมจะมี 2 ฟังก์ชั่นให้เลือกได้แก่ Bluetooth Terminal คือการสั่งงานผ่านCommand และButton Send CMD การใช้งานโดยการกดปุ่ม

รูปที่ 3 สถานะของหน้าจอ OLED สภานะในการปรับระดับความแรงในการกระตุกบนหน้าจอ OLED ทั้ง 5 ระดับระดับที่ 1-5

รูปที่ 4 หน้าจอ Application เมื่อกดเข้าใช้งานครั้งแรก

9.การหาความเชื่อมั่น

การคำนวณความน่าเชื่อถือ หรือความเชื่อมั่นของความถูกต้อง ในการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) ของการบูรณาการรูปแบบการพัฒนาศักยภาพการพึ่งตนเองในกลุ่มผู้สูงอายุและหมอเมืองแบบยั่งยืนโดยเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ตำบลท่าก๊อ อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงรายโดย โอลสตี (Holsti, 1969)

10.สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบประเมินการยอมรับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) (Cronbach ,1990 : 202-204) ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1-\frac{\sum s_i^2}{s^2}\right) \qquad (1)$$

เมื่อ

α แทน ค่าความเที่ยงของแบบสอบถาม

k แทน จำนวนข้อของแบบสอบถาม

$\sum s_i^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนแต่ละข้อของแบบสอบถาม

s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมของผู้ตอบแต่ละคน

2. การคำนวณความน่าเชื่อถือ หรือความเชื่อมั่นของความถูกต้องในการวิเคราะห์เนื้อหา(content analysis) ของการบูรณาการรูปแบบการพัฒนาศักยภาพการพึ่งตนเองในกลุ่มผู้สูงอายุและหมอเมืองแบบยั่งยืนโดยเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ตำบลท่าก๊อ อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงรายสูตรในการวิเคราะห์ดังนี้ (Holsti, 1969)

$$\text{ความน่าเชื่อถือ} = \frac{2M}{N_1+N_2}\times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ

M แทน จำนวนรหัสที่ผู้เชี่ยวชาญ เห็นตรงกัน

N_1 แทน จำนวนทั้งหมดของการลงรหัสของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

N_2 แทน จำนวนทั้งหมดของการลงรหัสของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

3. การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ของผู้ยอมรับและผู้ไม่ยอมรับเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ใช้การทดสอบไค-สแควร์ (Chi-square) ดังนี้ (Sheskin, 2007 : 260)

$$x^2 = \sum_{i=1}^{k}\left(\frac{O_i - E_i}{E_i}\right)^2 \qquad (3)$$

เมื่อ O_i แทน ค่าที่ได้จากการวัดหรือสังเกต

E_i แทนค่าที่คาดหวังหรือที่ได้มาตามทฤษฎี

k แทน จำนวนกลุ่มหรือจำนวนกลุ่ม

11. สรุปอภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลของหมอเมืองในการดูแลสุขภาพ ประเภทหมอเมืองทั้งหมด 85 คนประเภทหมอเมืองเกี่ยวกับพิธีกรรมล้านนา(วิถีชาวพุทธ)จำนวน 14 คนรักษากระดูกหัก 4 คนพิษงูและแมลงสัตว์กัดต่อย3 คนอาการทางตา 26 คน ยาสมุนไพร 12 คน กายภาพบำบัด 6 คนหมอตำแย 0 คนไสยศาสตร์ 7 คนย่ำขาง 0 คน เจ๊ดแหก 13 คน รวมหมอเมือง ชาย 66 คน หญิง 19 คน รวมทั้งหมด 85 คน ซึ่งตรงกับประเวศ วะสี (อ้างถึงในประโรม กุ่ยสาคร2547 : 62) กล่าวว่าภูมิปัญญาท้องถิ่นสะสมขึ้นมาจากประสบการณ์หรือความชัดเจนจากชีวิตและสังคมในท้องถิ่นหนึ่ง ๆ เพราะฉะนั้นจึงมีความสอดคล้องกับเรื่องของท้องถิ่นมากกว่าภูมิปัญญาที่มาจากข้างนอกซึ่งลักษณะสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นก็คือมีวัฒนธรรมเป็นพื้นฐาน มีความเป็นบูรณาการสูงทั้งในเรื่องของกาย ใจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

ประเภทหมอเมือง ประเภทหมอเมืองที่มีเนื้อหาที่ใช้รักษาตามตาราง Information matrix จำนวนหมอเมือง ค่าอัตราร้อยละ 100 % พบว่าเนื้อหาหมอเมืองที่ใช้รักษามากที่สุด คือใช้คาถา 68 ครั้ง ค่า 30.4 % และรองลงมาใช้น้ำมนต์คาถา 55 ครั้ง 24.6 % การใช้สมุนไพร 45 ครั้ง 20.17 %ใช้เครื่องมือ 37 ครั้ง 16.5 % น้อยที่สุดที่ประเภทหมอเมืองเนื้อหาหมอเมืองที่ใช้รักษาการนวดและการใช้ยาและประคบ6ครั้ง 2.6%ตามลำดับ

ผลงานวิจัยดังกล่าวได้มีการนำผลไปพัฒนาออกแบบเครื่องมือและกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ก่อเกิดเป็นนวัตกรรมนำไปส่งเสริมสนับสนุนในการส่งเสริมสุขภาพของประชาชนในชุมชนท้องถิ่นตรงตามแนวความคิดของ เพนดิ และโฮลป์ (Pande & Holpp, 2002, p. 5) ได้ให้ความหมายว่าซิกซ์ซิกม่าจะเป็นข้อตกลงทางด้านการจัดการโดยรวมและเป็นวิธีการที่ชาญฉลาด การมุ่งเน้นที่ลูกค้า การปรับปรุงกระบวนการและเป็นกฎเกณฑ์ของการวัดผลต่าง ๆ มากกว่าที่ใช้แค่ความรู้สึกว่ามีความสำคัญ

12. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสภาคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย กลุ่มหมอเมืองอำเภอแม่สราย จังหวัดเชียงราย

13.จดสิทธิบัตร

เลขที่คำขอ 1601007272 วันที่รับคำขอ 6 ธันวาคม 2559 ชื่อ **เครื่องนวดร่างกายกายภาพบำบัดด้วยสมุนไพรผ่านระบบปฏิบัติการ Android**

14.เอกสารอ้างอิง

[1] กรมวิชาการ. (2539). **สรุปผลการประชุมสัมมนาเรื่องภูมิปัญญาท้องถิ่นกับหลักสูตรที่พึงประสงค์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

[2] โกมาตร จึงเสถียรทรัพย์. (2536). **ภูมิปัญญาชาวบ้านกับการพัฒนาชนบท เล่ม 2.** กรุงเทพ ฯ: อมรินทร์พริ้นเตอร์กรุ๊ฟ.

[3] การนวดแผนไทย.(2559).**"การนวดแผนไทย".[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:** จาก https://th.wikipedia.org/wiki/การนวดแผนไทย.http://www.lanna108.com/article/74/วิธีการนวดแผนโบราณ. http://www.yesspathailand.com/.(1 มิถุนายน 2559)

[4] รัตนะ บัวสนธ์. (2533). **บทบาทของโรงเรียนประถมศึกษากับการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น ในการศึกษาแห่งชาติ.**24(1):เมษายน-พฤษภาคม หน้า 69.

[5] ระบบปฏิบัติการAndroid.(2559).**"แอนดรอยด์".**(ระบบปฏิบัติการ).

[6] Cronbach, L.J. (1990). **Essentials of psychological testing**. (5th ed.). New York: Harper & Row. pp. 202-204.

[7] Holsti, O.R. (1969). **Content Analysis for the Social Sciences and Humanities**. London : Addison-Wesley.Krejcie, R. V. and Morgan, E. W. (1971).**Educational and Psychological Measurement.** University of Minnesota, Duluth.

[8] Membranekeypad.(2559).**"Membrane keypad".[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา:** http://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?f=6&t=1615.

[9] OLED 2864 Display Module.(2556). **"OLED 2864 Display Module" .** [On-line]. Available: http://men.kapook.com/view54324.html. http://wiki.iteadstudio.com/128_X_64_OLED_MODULE. 25มีนาคม2559

[10] Relay.(2559).**"ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า".[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:**http://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/ตัวอย่างการใช้งาน-arduino-relay-module-ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า.html.(11มิถุนายน 2559)

[11] Wireless MCU และ Bluetooth Modul.(2557).การใช้งาน-bluetooth-module-hc05-แบบละเอียด. [On-line].Available : http://www.datasheetcafe.com/cc3200-datasheet-wireless-mcu/. (5 june 2016)

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบการตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงานบนสายพานลำเลียงด้วยการประมวลผลภาพ

The position checking system for part on the conveyor system by using Image Processing

สิทธิชัย เพราะสวน[1] มยุรา ปรากฎรัตน์[2] ถนอมศักดิ์ โสภณ[3] วิญญู ศิลาบุตร[4] และ วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์[5]

[1,2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

[3,4,5]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

[1,2,3,4,5]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

E-mail: [1]sitthichai_@hotmail.co.th, [2]mayura.prakodrat@gmail.com, [3] thanomsak.so@rmuti.ac.th,

[4]winyou_rmuti@hotmail.com, [5]wannaree.wo@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจสอบตำแหน่งจุดจอดของชิ้นงานที่เกิดความผิดพลาด จากกรณีที่ชิ้นงานหยุดอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ตรงตามที่กำหนดไว้ ซึ่งจะส่งผลทำให้กระบวนการผลิตเกิดความล่าช้าและเสียหาย โดยประยุกต์ใช้งานกล้องร่วมกับโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 ภาษา C# เพื่อใช้ในการประมวลผลภาพหาตำแหน่งจุดจอดการลำเลียงชิ้นงานที่ถูกต้อง แบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก ๆ คือ การออกแบบส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้งาน การประมวลผลภาพที่ใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งจุดจอดของชิ้นงาน ส่วนของการบันทึกข้อมูลลงใน SQL Server พร้อมทั้งแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ผลการทดสอบการใช้งานระบบในการวัดตำแหน่งจุดจอดของชิ้นงานโดยเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัด (ไดอัลเกจ) มีความผิดพลาดในการอ่านค่าระยะเฉลี่ยต่ำกว่า 2.5%

คำสำคัญ: ตำแหน่งจุดจอด, การประมวลผลภาพ, SQL Server, Microsoft Visual Studio 2010 C#

Abstract

This paper proposed the checking stop position system on conveyors. Movement of workpiece is not in position causing delays or damage to the manufacturing process. In this work, we apply the combination of webcam with software application from Microsoft visual studio 2010 C# for checking the stop location by using the image processing. The system divided into 4 main parts: the user interface, image processing for checking the stop location of a workpiece, data recording into SQL Server, and display results on the computer screen. The experimental results of the system for measuring the parking position of the workpiece in comparison with the measuring instrument (dial gauge) have the mean of error less than 2.5%.

Keywords: spot position, Image Processing, SQL Server, Microsoft Visual Studio 2010 C#

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้ระบบสายพานลำเลียงในสายการผลิตเพื่อความสะดวกสบาย ลดระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน และลดการใช้แรงงานคน [1] โดยในกระบวนการทำงานของระบบสายพานลำเลียงจะมีการกำหนดตำแหน่งจุดจอดการลำเลียงชิ้นงาน เรียกว่า “Work Zone” เป็นพื้นที่สำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตที่ต้องการความแม่นยำสูง โดยปัญหาอาจเกิดจากกรณีที่ชิ้นงานหยุดอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ตรงตามที่กำหนดไว้ [2] ซึ่งความผิดพลาดนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การหยุดก่อนตำแหน่งที่กำหนดไว้ (Under travel) และการหยุดเกินตำแหน่งที่กำหนดไว้ (Over travel) ซึ่งจะส่งผลทำให้กระบวนการผลิตเกิดความล่าช้า และชิ้นงานในกระบวนการผลิตเกิดความเสียหาย [3]

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบเพื่อตรวจสอบตำแหน่งและหาค่าระยะจุดจอดของชิ้นงาน โดยการประยุกต์ใช้กล้องเวปแคมร่วมกับโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 ภาษา C# ในการประมวลผลภาพ และทำการเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัด (ไดอัลเกจ) ซึ่งผลที่ได้จะแสดงออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยจะกล่าวทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการประมวลผลภาพในหัวข้อที่ 2 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานในหัวข้อที่ 3 ผลการดำเนินงานในหัวข้อที่ 4 และสรุปผลในหัวข้อที่ 5

2. การประมวลผลภาพ

ในการประมวลผลภาพนั้น ความละเอียดของภาพถือเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่มีผลต่อการประมวลผลภาพ โดยความละเอียดของภาพสามารถกำหนดได้จากค่าพิกเซล (Pixels) ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของรูปภาพ มีลักษณะเป็นจุดสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ที่เรียงต่อกันจนเกิดเป็นภาพดังแสดงในรูปที่ 1 แต่ละพิกเซลจะมีค่าระดับความเข้มสีที่แตกต่างกัน โดย 1 พิกเซลจะมีเพียงสีเดียว การกำหนดค่าความเข้มสีจะกำหนดอยู่ในรูปแบบของเลขฐานสองจำนวน 8 บิต [4]

รูปที่ 1 พิกเซลของภาพ

นอกจากนี้ การหาขอบภาพ (Edge Detection) ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ เนื่องจากขอบภาพนั้นจะประกอบด้วยข้อมูลของภาพที่มีความสำคัญ และมีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ในการแยกแยะระหว่างวัตถุหรือข้อมูลในภาพกับส่วนของพื้นหลังของภาพ ซึ่งขอบภาพคือส่วนที่เกิดจากความไม่ต่อเนื่องของค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลที่อยู่ติดกันมีค่าแตกต่างกันมาก ดังแสดงในรูปที่ 2 จึงทำให้เกิดขอบภาพขึ้น [4]

(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ขอบภาพของภาพต้นแบบ

รูปที่ 2 การหาขอบภาพของภาพ

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบซอฟแวร์

จากรูปที่ 3 แสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน เริ่มจากการวัดระยะด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้การปรับเทียบบัญญัติไตรยางศ์จากค่าความละเอียดของกล้อง จากนั้นทำการกำหนดตำแหน่งจุดจอดของชิ้นงานที่ถูกต้องเพื่อใช้ในการตรวจสอบเส้นขอบภาพของชิ้นงานว่าอยู่ที่ตำแหน่งใด ค่าที่วัดได้จากการประมวลผลภาพจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับระยะที่วัดได้จากเครื่องมือวัด (ไดอัลเกจ) เพื่อหาความผิดพลาดจากการประมวลผลภาพที่เกิดขึ้น โปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้จะนับจำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้ามาในสายพานลำเลียง โดยสามารถแยกกลุ่มของชิ้นงานที่จอดตรงตำแหน่ง และชิ้นงานที่จอดผิดตำแหน่งในแต่ละลักษณะเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสายพานลำเลียงต่อไป โดยข้อมูลจะถูกจัดเก็บลงในฐานข้อมูล SQL Sever และแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

รูปที่ 3 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

รูปที่ 4 หน้าจอแสดงผลการวัดระยะชิ้นงาน

ลักษณะของหน้าต่างแสดงผลการตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1. แสดงภาพถ่ายที่ได้จากกล้อง

ส่วนที่ 2. แสดงขอบภาพของชิ้นงานที่ได้จากภาพถ่าย

ส่วนที่ 3. กล่องข้อความแสดงผลการตรวจสอบตำแหน่งและหาค่าผิดพลาดตำแหน่งของชิ้นงาน โดยจะแสดงข้อมูล วันที่ทดสอบ ลำดับที่ของชิ้นงาน ตำแหน่งของชิ้นงาน ระยะขอบของชิ้นงานด้านซ้าย ด้านขวา มุมเอียง และจับเวลาการเคลื่อนที่

ส่วนที่ 4. ปุ่ม “เปิดวีดีโอ” ใช้สำหรับเปิด/ปิดการใช้งานกล้อง เพื่อเริ่มการใช้งานการวัดระยะชิ้นงานแบบอัตโนมัติ

ส่วนที่ 5. ปุ่ม “รายงานผล” สามารถส่งข้อมูลการทดสอบไปยังหน้าต่างรายงานผลการทดสอบเพื่อสั่งพิมพ์เอกสารออกทางปริ้นเตอร์และนำมาเป็นเอกสารอ้างอิง

ส่วนที่ 6. ปุ่ม “กลับสู่หน้าหลัก”

3.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการยึดจับกล้องให้ติดกับรางลำเลียงชิ้นงาน เลือกใช้วัสดุอะลูมิเนียมในการสร้าง เพราะมีความแข็งแรงทนทาน มีน้ำหนักเบา และสะดวกในการเคลื่อนย้าย การติดตั้งกล้องในการตรวจจับจะติดตั้งด้านบนเหนือรางลำเลียงชิ้นงาน โดยอุปกรณ์ที่ออกแบบสามารถปรับระดับได้ทั้งแนวนอนและแนวตั้ง และไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของรางลำเลียงชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 อุปกรณ์ยึดจับกล้องที่ประกอบเข้ากับรางลำเลียง

4. ผลการดำเนินงาน

ก่อนที่จะทำการทดสอบระบบการตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงานบนสายพานลำเลียงด้วยการประมวลผลภาพ จำเป็นต้องมีการติดตั้งกล้องให้คงที่ และทำการปรับระยะในภาพเทียบเท่าระยะจริงทุกครั้งที่มีการติดตั้งกล้อง วางชิ้นงานไว้บนรางลำเลียงโดยให้ตำแหน่งของชิ้นงานขนานกับฉากเพื่อไม่ให้เกิดมุมเอียงในการวิเคราะห์ภาพ กำหนดตำแหน่งจุดจอดที่ถูกต้องโดยเคลื่อนชิ้นงานมาชนกับปลายเข็มของไดอัลเกจ ดังรูปที่ 6 เพื่อเป็นการกำหนดให้ระบบการตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงานบนสายพานลำเลียงแสดงระยะเป็น 0.000 มิลลิเมตร เมื่อมีการใช้งานจริง ชิ้นงานที่ถูกลำเลียงเข้ามาจะหยุดที่ตำแหน่งใด ๆ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิง และแสดงผลที่ได้ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์

ในการทดสอบเพื่อหาค่าประสิทธิภาพในการอ่านค่าความผิดพลาดจากระบบประมวลผลที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งระยะความสูงของกล้องที่ติดตั้งเทียบกับค่าจริงของภาพที่อ่านได้ให้ค่าความละเอียด 1 พิกเซลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร กำหนดจุดจอดวัตถุที่ถูกต้องไว้ที่ตำแหน่ง 0 และเลื่อนชิ้นงานมาที่ตำแหน่งที่กำหนดโดยมีระยะห่างจากจุด 0 ตั้งแต่ 1-10 มิลลิเมตร เพื่อตรวจสอบการอ่านค่าจากระบบ ว่าสามารถอ่านค่าตำแหน่งได้ถูกต้องเพียงใด โดยการทดสอบ 3 รอบ รอบละ 10 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของผลที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 1

รูปที่ 6 การติดตั้งอุปกรณ์ยึดจับกล้องเข้ากับโต๊ะเพื่อทดลองการวัดระยะ

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดลองวัดระยะของชิ้นงานที่วางห่างจากตำแหน่งที่กำหนด 1-10 มิลลิเมตร จำนวน 3 รอบ รอบละ 10 ครั้ง

ระยะที่กำหนด (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ยในแต่ละรอบ			ค่าเฉลี่ย	ค่าผิดพลาด (%)
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3		
1	0.984	0.978	0.9667	0.976	2.377
2	1.951	1.951	1.962	1.955	2.267
3	2.941	2.924	2.929	2.931	2.289
4	3.907	3.931	3.902	3.913	2.167
5	4.892	4.892	4.903	4.896	2.087
6	5.869	5.859	5.91	5.879	2.011
7	6.894	6.871	6.894	6.886	1.624
8	7.885	7.885	7.905	7.892	1.354
9	8.884	8.873	8.867	8.875	1.393
10	9.84	9.912	9.84	9.864	1.360

รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดเฉลี่ยของการวัดระยะที่ตำแหน่ง 1-10 มิลลิเมตร

ผลที่ได้จากตารางที่ 1 สามารถแสดงกราฟเปรียบเทียบเปอร์เซนต์ค่าผิดพลาดเฉลี่ยของการวัดระยะดังรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดเฉลี่ยจากการอ่านค่าที่ได้จากโปรแกรมมีค่าต่ำกว่า 2.5% ซึ่งค่าผิดพลาดเกิดจากความละเอียดพิกเซลของรูปภาพที่มีน้อยกว่าความละเอียดของไดอัลเกจ (1 พิกเซล เท่ากับ 10ไมโครเมตร แต่ความละเอียดของไดอัลเกจเท่ากับ 1 ไมโครเมตร)

5. สรุป

จากการออกแบบระบบการตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงานบนสายพานลำเลียงด้วยการประมวลผลภาพ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพความแม่นยำของรางลำเลียง พบว่าระบบที่ได้ออกแบบขึ้นนี้สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงานบนสายพานลำเลียงได้เป็นอย่างดี โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยต่ำกว่า 2.5% ซึ่งค่าผิดพลาดดังกล่าวสามารถลดลงได้หากใช้กล้องที่มีความละเอียดสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กนิษฐา หงส์พรรคมนุญ วันทนีย์ จันทร์สมปอง และ รัตติยากร ทองจุนเจือ. 2551. “ระบบตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นงานแบบอัตโนมัติโดยวิธีประมวลผลภาพ”. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยบูรพา

[2] ภพธร หาระพันธุ์ และ บงกช สิงห์สี. 2554. “การวิเคราะห์ความผิดพลาดของระบบลำเลียง”. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์กลาง นครราชสีมา.

[3] ศิลายุ นอบสำโรง และ ตุลชัย น้าวเนือง. 2556. “การหาความผิดพลาดของรางลำเลียงชิ้นงานโดย Vision Builder AI on Lab VIEW.” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์กลาง นครราชสีมา.

[4] ผศ.ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล. 2550. การประมวลผลภาพเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การพัฒนาตู้ฟักไข่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ

The development of an egg incubator using automatic control devices

ศุภนิมิต ศรีคุณ[1] ธนากร นิลพาทย์[1] ทักษิณ ครุนันท์[1] ศิวกร แก้วรัตน์[1,2] และ คมยุทธ ไชยวงษ์[1,2,3]

[1]สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

[2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

[3]สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

234 ถนนเลย-เชียงคาน ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 42000 E-mail: siwakorn.kae@lru.ac.th, khomyuth.cha@lru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยพัฒนาเครื่องฟักไข่โดยใช้เทอร์โมอิเล็กตริก มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กตริก และใช้วิธีการระเหยของน้ำในการให้ความชื้น โดยมีขนาดตัวของตู้กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 53 เซนติเมตร สูง 63 เซนติเมตร ทำด้วยไม้อัดเคลือบสีขาว หนา 3 มิลลิเมตร ประกบกัน 2 ชั้น ติดแผ่นกันความร้อนไว้ด้านในของตู้ฟักไข่ เพื่อป้องกันการสูญเสียอุณหภูมิและความชื้นออกจากด้านในของตู้ฟักไข่ ติดตั้งพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 12 เซนติเมตร และพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 เซนติเมตร สำหรับการควบคุมความชื้นจะวางถาดน้ำลักษณะวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 เซนติเมตรโดยออกแบบและสร้างตู้ฟักไข่ อุณหภูมิภายในเครื่องฟักไข่อยู่ในช่วง 30 - 32 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องอยู่ในช่วง 60 - 65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมาะสมกับการฟักไข่

คำสำคัญ: เทอร์โมอิเล็กตริก, ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

Abstract

The research develops the egg incubator using the thermoelectricity. The purpose aim to design and build a temperature and moisture control system. The method uses water in the humidification. The Structure of the egg incubator has size that width is 50 cm, length is 53 cm, and height is 60 cm. the wood width is 3 mm which is 2 layers. Using prevent plate of the loss temperature and humidity from the inside. The fan was installed to the egg incubator that the dimension is 12 cm and 8 cm. For humidity control using circular tray has 5 cm of diameter. The design and construction of the egg incubator have the temperature range of 30 - 32 degrees Celsius and the humidity range of 60 - 65 percent, which appropriate egg incubator.

Keywords: thermoelectric, temperature and moisture control

1. บทนำ

การเลี้ยงไก่เป็นอาชีพที่คนไทยนิยมมากพอสมควรแต่ในการลงทุนเลี้ยงไก่ต้องใช้งบประมาณสูงสำหรับค่าอุปกรณ์ต่างๆและการดูแลรักษาการเลี้ยงไก่แบบปล่อยให้มีการฟักไข่ตามธรรมชาตินั้นมีผลกระทบต่อผลผลิตเนื่องจากสภาพแวดล้อม ภูมิอากาศ และความชื้น ทำให้ในปัจจุบันมีการคิดค้นการฟักไข่แบบไม่ต้องอาศัยแม่ไก่ที่ใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงในการฟัก ซึ่งสามารถฟักไข่ได้ผลผลิตมากขึ้นการเจริญเติบโตของตัวอ่อนในฟองไข่จนกระทั่งลูกไก่ฟักออกเป็นตัวนั้นจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยต่างๆอย่างเหมาะสมและเพียงพอที่ทำให้การฟักไข่ได้ผลดี การฟักไข่ด้วยเครื่องฟักไข่ได้มีการศึกษาและเรียนรู้วิธีการฟักไข่ตามธรรมชาติของแม่ไก่ จนสามารถฟักไข่ได้ผลสำเร็จเป็นอย่างดี ซึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญประกอบไปด้วย อุณหภูมิ ความชื้น การกลับไข่ และการระบายอากาศที่เหมาะสมถ้าควบคุมปัจจัยดังกล่าวได้แล้วการฟักไข่นั้นมีผลผลิตที่สูง การฟักไข่โดยใช้อุปกรณ์บางชนิดยังมีใช้จนถึงปัจจุบันซึ่งในปัจจุบันมีอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยสามารถช่วยควบคุมตัวแปรต่างๆในการฟักไข่ให้มีความแม่นยำเที่ยงตรงมากขึ้น เช่นการควบคุมให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 36-38°C และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 65-80% การพัฒนาเครื่องฟักไข่ในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาการให้ความร้อนจากขดลวดความร้อนที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าค่อนข้างสูงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการฟักไข่สูงขึ้นเพื่อเป็นการหาวิธีลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำอุปกรณ์แผ่นเทอร์โมอิเล็กตริก (Thermoelectric) ที่สามารถให้ความร้อนได้สม่ำเสมอและประยุกต์ใช้กับเครื่องฟักไข่ได้ โดยแผ่นเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลเป็นอุปกรณ์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ อาศัยหลักการทำงานโดยเมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล สารกึ่งตัวนำทำการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเป็นความร้อนและความเย็นเกิดขึ้น โดยด้านหนึ่งร้อนและด้านหนึ่งเย็น ด้านร้อนและด้านเย็นสามารถสลับกันได้ขึ้นอยู่ทิศทางการจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยสามารถปรับความร้อนที่คุณภาพต่ำให้สูงขึ้น ข้อดีของเทอร์โมอิเล็กตริกคือควบคุมอุณหภูมิในช่วง 36-38°C ได้ง่าย ไม่ร้อนเกินและอุณหภูมิไม่แกว่งมากและมีขนาดที่เล็ก

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การออกแบบโครงสร้างและวงจร

รูปที่ 1 แบบโครงสร้างของตู้ฟักไข่

การออกแบบโครงสร้างและการเลือกใช้วัสดุของตู้ฟักไข่โดยมีขนาดตัวของตู้กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 53 เซนติเมตร สูง 63 เซนติเมตร ทำด้วยไม้อัดเคลือบสีขาว หนา 3 มิลลิเมตร ประกบกัน 2 ชั้น และทำการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการควบคุมไว้ด้านบนของตู้ฟักไข่ และยกระดับจากพื้นขึ้นมา 10 เซนติเมตร ทำการติดตั้งพัดลมเพื่อระบายอากาศเพื่อทำการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ตามโครงสร้างรูปที่ 1

ทำการออกแบบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักไข่โดยจะมีการแบ่งบล็อกการทำงานตามรูปที่ 2 แสดงบล็อกไดอะแกรมออกแบบโครงสร้างซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง คือมีส่วนของการควบคุมความร้อนที่เกิดขึ้นภายในตู้ฟักไข่ด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กตริกและมีหลอดไฟที่ให้ความสว่างและเพิ่มความร้อนได้ด้วย ส่วนของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นด้วยพัดลม และมีเซ็นเซอร์สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในตู้ฟักไข่ ส่วนอื่นจะเป็นแหล่งจ่ายไฟที่ค่อยป้อนให้กับระบบของตู้ฟักไข่ และการออกแบบลายวงจรไฟฟ้าของระบบควบคุมตู้ฟักไข่ตามรูปที่ 3 แสดงวงจรของเครื่องควบควบอุณหภูมิ

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมออกแบบโครงสร้าง

ซึ่งจะเป็นสวิตซ์เปิดปิดการทำงานของตู้ฟักไข่ การตั้งอุณหภูมิสำหรับการทำงานของระบบควบคุมเพื่อให้เป็นไปตามที่ต้องการ ด้วยการทำความร้อนจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กตริก และมีเซ็นเซอร์ที่ค่อยตรวจวัดเพื่อมาควบคุมการเปิดปิดของแผ่นเทอร์โมอิเล็กตริกที่ให้ความร้อนภายในตู้ฟักไข่และถ้ามีอุณหภูมิที่เริ่มสูงขึ้นเกินระดับที่ได้กำหนดไว้พัดลมที่ติดตั้งไว้ก็จะทำงานร่วมด้วย

รูปที่ 3 วงจรของเครื่องควบควบอุณหภูมิ

2.2 ผลการทดลอง

รูปที่ 4 แสดงผลการทดลองควบคุมความอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่

ผลการทดลองของตู้ฟักไข่รูปที่ 4 แสดงผลการทดลองควบคุมความอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ ซึ่งให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการฟักไข่ของไข่ไก่อยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 30 – 35 องศาเซลเซียส ซึ่งจากกราฟในรูปเส้นสีส้มแสดงอุณหภูมิภายนอกของตู้ฟักไข่ เส้นสีน้ำเงินจะเป็นอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ จะเห็นว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ต้องการ และในช่วงแรกของการเปิดตู้ฟักไข่ให้ทำงานอาจจะใช้เวลาในการสร้างอุณหภูมิที่เหมาะสมค่อนข้างนานโดยประมาณ 30 นาที แต่หลังจากนั้นอุณหภูมิค่อนข้างที่จะคงที่จากตัวอุปกรณ์สำหรับควบคุมนี้

รูปที่ 5 แสดงผลการทดลองควบคุมความชื้นภายในตู้ฟักไข่

ในส่วนของการควบคุมความชื้นของตู้ฟักไข่ซึ่งความต้องการที่เหมาะสมนั้นจะอยู่ที่ 60 - 65 เปอร์เซ็นต์เซลเซียส ซึ่งจากกราฟในรูปเส้นสีส้มแสดงความชื้นภายนอกของตู้ฟักไข่ เส้นสีน้ำเงินแสดงความชื้นภายในของตู้ฟักไข่ จะเห็นว่าความชื้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่เหมาะกับการฟักไข่ โดยตู้ฟักไข่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติที่ประกอบและทดลองตามรูปที่ 6

3. สรุป

เครื่องฟักไข่เทอร์โมอิเล็กตริกมีระบบควบคุมแบบดิจิตอล สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องให้อยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงมาตรฐานการฟักไข่ซึ่งอุณหภูมิภายในเครื่องอยู่ในช่วง 30 - 32 °c และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องอยู่ในช่วง 55-75% ได้แม้ว่าอุณหภูมิและความชื้นแวดล้อมภายนอกจะมีการเปลี่ยนแปลงก็ตาม

รูปที่ 6 แสดงผลตู้ฟักไข่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ

เอกสารอ้างอิง

[1] สุภาพร บางใบ, ปิยพงศ์ บางใบ, พิพัฒน์ ชนาเทพาพร, กิตติธัช แก้วไขแสง และประจวบ สมทางดี. (2551). **การทำการเกษตรแบบพอเพียงภายใต้การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรที่ยั่งยืนสู่ชุมชนท้องถิ่นของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบูรณ์**. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

[2] สงคราม บุตรดาและสุนทร บุญตามทัน. (2541). **เครื่องอำนวยความสะดวกในการเลี้ยงไก่.** รายงานการวิจัยวิชางานวิจัยและพัฒนาอิเล็กทรอนิกส์. (หน้า 7-14). กรุงเทพมหานคร : สถาบันราชภัฏพระนคร.

[3] พงศ์สวัสดิ์ สวัสดิภาพ. (2546). **การพัฒนาเครื่องฟักไข่โดยใช้เทอร์โมอิเล็กตริกในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น.** วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเทคโนโลยีพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," J. Name Stand. Abbrev., in press.

[4] สินเดิม ดีโต, นฤมล กูลศิริศรีตระกูล และ ธิดารัตน์ คงทน. (2550). **การศึกษาประสิทธิภาพของตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กตริกแบบท่อนำความร้อน**. ตาก : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตตาก.

[5] สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์. (2554). **"เทอร์โมอิเล็กตริก" เทคโนโลยีแห่งวันวานที่ถูกจับตา.** Technology promotion, 37 (214), 62-65.

[6] วิโรจน์ เอกวงศ์มั่นคง.(2554). **การออกแบบระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับ ตู้ฟักไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบสมองกลฝังตัวควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสั่งงานด้วยเสียงพูดเฉพาะบุคคล
Electrical Device Controller with Personalization Voice Commands by Embedded System

สนั่น จันทร์พรม สุภัทรา เกิดเมฆ ธรรมกร ครองไตรภพ พุทธาวุฒิ ลีกุลธร และพุทธพงษ์ แหลมทอง

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

744 ถนนสุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 086-8687136 E-mail: sanan@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบสมองกลฝังตัวควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสั่งงานด้วยเสียงพูดเฉพาะบุคคล มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้งานโมดูลสมองกลฝังตัวแบบรู้จำเสียงพูด นำไปการควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ด้วยการสั่งงานปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเสียงพูด (Voice Command) ที่เป็นเสียงเฉพาะบุคคล (Dependent Voice) บุคคลอื่น ๆ ไม่สามารถสั่งงานได้ ตัวระบบมีความสามารถควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสูงสุดได้ 6 อุปกรณ์ไฟฟ้า

หลักการทำงานโดยภาพรวมเป็นโมดูลสมองกลฝังตัวแบบรู้จำเสียงพูด (Embedded System) ประมวลผลการทำงานรู้จำเสียงพูดสำเร็จในตัวโมดูล ไม่ต้องเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ประมวลผลภายนอก โมดูลรู้จำเสียงพูดมีการประมวลผลแบบเสียงพูดเฉพาะบุคคล (Dependent Voice Command) โดยจะต้องบันทึกเสียงต้นฉบับ (Voice Master) เพื่อเป็นต้นแบบ ใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเสียงพูดสั่งงาน (Voice Command) ถ้าเสียงสั่งงานตรงกับเสียงต้นฉบับ จะส่งค่าดิจิตอลให้แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเพื่อสั่งงานเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามความต้องการ

คำสำคัญ : โมดูลรู้จำเสียงพูด , Arduino , ระบบสองกลฝังตัว

Abstract

Embedded system control, turn on and off, power supplies, voice commands, personalization The purpose is to apply the embedded speech recognition module. Bring to control open-close electrical equipment. With turn-by-turn voice-activated voice command (Dependent Voice), other people can not do the job. The system has the ability to control the power on and of 6 Electrical equipment.

The overall principle is embedded system (Embeded System). No need to connect to external computer network. Voice recognition circuits have a Dependent Voice Command (Voice Command). Used in comparative analysis with voice commands. If the voice command matches the original sound Will send digital to microcontroller circuit board processing. To turn on and off the electrical equipment on demand.

Keywords : Voice Recognition Module , Arduino , Embedded System

1. บทนำ

ทฤษฎีรู้จำเสียงพูด (Speech Recognition)

โมดูลรู้จำเสียงพูด(Voice Recognition Voice/Speech Recognition) สามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิดเสียงได้ดังต่อไปนี้

1. Speaker Dependent Recognition (SD) คือการที่ระบบจดจำเอกลักษณ์เสียงเฉพาะตัวผู้พูดแต่ละคน ต้องเป็นเสียงของคนนั้นคนเดียว
2. Speaker Verification (SV) เหมือนกับ Speaker Dependent แต่เสียงที่พูดจะต้องใกล้เคียงกับเสียงต้นแบบมาก
3. Speaker Independent Recognition (SI) คือระบบรู้จำเสียงเดียวกันจากใครก็ได้ ระบบจะรู้ว่าเราพูดอะไรโดยที่คนพูดไม่จำเป็นต้องเป็นคนเดียวกัน

โมดูลนำมาใช้ คือ โมดูลจำเสียงพูดแบบ Speaker Dependent Recognition (SD) เลือกใช้โมดูลรู้จำเสียงพูด ยี่ห้อ Easy VR V.3 มีวงจรเชื่อมต่อสั่งงานผ่านพอร์ตอนุกรม (TTL Serial Port) ต่อร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduinoในการสั่งงาน

รูปที่ 1 โมดูลรู้จำเสียงพูด ยี่ห้อ Easy VR V.3

2. แนวความคิดออกแบบระบบสมองกลฝังตัวควบคุม ฯ

หลักการออกแบบระบบควบคุมสมองกลฝังตัวควบคุมฯ โดยแบ่งระบบงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

1. โมดูลรู้จำเสียงพูด
2. แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3
3. แผงวงจรรีเลย์ ขนาด 6 ช่อง
4. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ สำหรับการพัฒนาโปรแกรม

รูปที่ 2 แผนผังการทำงานระบบสมองกลฝังตัวควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสั่งงานด้วยเสียงพูดเฉพาะบุคคล

3. การออกแบบระบบวงจรฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบควบคุมฯ ประกอบไปด้วยตัวประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์บนแผงวงจร Arduino Uno R3 แผงวงจรรู้จำเสียงพูด แผงวงจรเรียงกระแส แผงวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า แผงวงจรรีเลย์ ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 วงจรระบบสมองกลฝังตัวควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสั่งงานด้วยเสียงพูดเฉพาะบุคคล

4. การออกแบบระบบซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงาน

การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานฮาร์ดแวร์ จะมีการตั้งค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ และการเลือกโหมดการทำงาน โดยจะมีโหมดการทำงานตามผังงาน

รูปที่ 4 ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานระบบสมองกลฝังตัวควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสั่งงานด้วยเสียงพูดเฉพาะบุคคล

5. หลักการทำงานของระบบฯ

เนื่องจากโมดูลที่ใช้รับคำสั่งเสียงนั้น มีความจำกัดในเรื่องของการประมวลผลข้อความเสียงได้เพียงทีละ 7 ข้อความ แต่การทำงานนั้นจำเป็นต้องใช้จำนวนเสียงที่เข้าประมวล 8 ข้อความเสียงจะได้แบบชุดข้อความที่จะประมวลผลออกเป็น 2 ชุดข้อความคือ ชุดที่ 1 เก็บข้อความเสียงของคำว่า “หนึ่ง” , “สอง” , “สาม” , “สี่” , “ห้า” , “หก” และชุดที่2 เก็บข้อความเสียงของคำว่า “เปิด” , “ปิด” โดยโปรแกรมควบคุมจะเป็นตัวสลับชุดข้อความที่ใช้ประมวลผลไปมาระหว่างชุดที่ 1 และ 2 ตามการสั่งงานจากผู้ใช้ เช่น เมื่อผู้ใช้งาน สั่งคำว่า “หนึ่ง” เมื่อโปรแกรมตรวจสอบเจอคำว่า “หนึ่ง” โปรแกรมจะสลับชุดข้อความชุดที่ 2 ที่มีคำว่า “เปิด” , “ปิด” มารอรับคำสั่งเสียงทันที และเมื่อผู้ใช้งานสั่งคำว่า “เปิด” หรือ“ปิด” แล้วนั้นโปรแกรมก็จะสั่งเปิดไฟฟ้าในช่องที่สั่งนั้น ๆ และสลับชุดข้อความเสียงชุดที่ 1 กลับมารอรับคำสั่งเสียงต่อไป

6. การตั้งค่าโมดูลรู้จำเสียงพูด

การทำงานโมดูลรู้จำเสียงพูด มี 2 ส่วน คือ

1. ส่วนบันทึกเสียงต้นฉบับเพื่อใช้ในการตรวจสอบการสั่งงานด้วยเสียงในเวลาการใช้งาน
2. ส่วนสั่งงานเครื่องด้วยเสียงของพูดของผู้ใช้งาน

1. บันทึกเสียงต้นฉบับเพื่อใช้ในการตรวจสอบการสั่งงานด้วยเสียงในเวลาการใช้งาน

ขั้นตอนการบันทึกเสียงต้นฉบับ เริ่มจากโมดูลรู้จำเสียง (Easy VR) เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Uno R3 ผ่านพอร์ตอนุกรมแบบ TTL และเปิดโปรแกรม Arduino IDE แล้วเลือกเมนู Com Port เพื่อเชื่อมต่อและทำการเปิดหน้าต่างโปรแกรม Serial Monitor โดยโมดูลรู้จำเสียง (Easy VR) ทำหน้าที่ในการรับค่าสัญญาณเสียง และประมวลผลเสียงที่ใช้ในการสั่งงาน ซึ่งลักษณะของวงจรสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 วงจรเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจร Arduino กับโมดูลรู้จำเสียงพูด

รูปที่ 6 หน้าต่างและเมนูการเชื่อมต่อ Serial Monitor

เมื่อเปิดโปรแกรม Serial Monitor แล้วตัวเครื่องสั่งงานด้วยเสียงจะแสดงคำสั่งที่ใช้ในการตั้งค่าต่าง ๆ ของตัวเครื่องขึ้นมา

รูปที่ 7 หน้าต่างและเมนูโปรแกรมติดตั้งค่าโมดูลรู้จำเสียง

โดยคำสั่งที่ใช้สำหรับการบันทึกเสียงต้นฉบับนั้นจะเป็นคำสั่ง **sigtrain (r) (sig)**

(r) คือช่องลำดับที่ใช้ในการบันทึกเสียงโดยจะมีตั้งแต่ 0 – 6

(sig) คือ ชื่อหรือข้อความที่ใช้บ่งบอกเสียงที่บันทึกในช่องนั้น ๆ

ตัวอย่าง จะทำการบันทึกเสียงว่า “เปิด” ลงในช่องที่ 0 โดยใช้คำสั่งพิมพ์ลงในช่องข้อความ **sigtrain 0 open**

รูปที่ 8 หน้าต่างและเมนูการบันทึกเสียงต้นฉบับ

โปรแกรมจะแสดงข้อความ Speak now เพื่อให้ผู้พูดบันทึกเสียงเข้าไป เมื่อบันทึกเสร็จโปรแกรมจะแสดงข้อความ Speak again เพื่อให้ผู้พูดทำการพูดบักทึกเสียงเดิมอีกครั้ง และเมื่อเสร็จโปรแกรมจะแสดงข้อความ Success เป็นการเสร็จสิ้นการบันทึกเสียงนั้น ๆ

รูปที่ 9 หน้าต่างและเมนูการบันทึกเสียงต้นฉบับเสร็จ สมบูรณ์

โดยจะต้องบันทึกเสียงคำสั่งต้นฉบับ ให้ครบทุกเสียง ตามที่กำหนดดังต่อไปนี้

1. บันทึกคำว่า “เปิด” ในช่องที่ 0
2. บันทึกคำว่า “ปิด” ในช่องที่ 1
3. บันทึกคำว่า “หนึ่ง” ในช่องที่ 2
4. บันทึกคำว่า “สอง” ในช่องที่ 3
5. บันทึกคำว่า “สาม” ในช่องที่ 4
6. บันทึกคำว่า “สี่” ในช่องที่ 5
7. บันทึกคำว่า “ห้า” ในช่องที่ 6
8. บันทึกคำว่า “หก” ในช่องที่ 7

2.สั่งงานเครื่องสั่งงานด้วยเสียงพูดของผู้ใช้งาน

การสั่งงานเครื่องนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงของการสั่ง ช่วงแรกคือการสั่งช่องที่จะเปิดการทำงานโดยผู้ใช้จะต้องพูดหมายเลขช่องที่ต้องการก่อน เมื่อเครื่องตรวจเจอเสียงที่สั่งแล้ว ตัวเครื่องจะแสดงไฟ LED ติดขึ้น

รูปที่ 10 เสียงต้นฉบับ ตรงกับเสียงสั่งงานหมายเลขช่อง LED ติดสว่าง

ให้ผู้ใช้งานพูดคำว่า เปิด หรือ ปิด ตามเป็นสั่งการเปิดปิดไฟฟ้าในช่องนั้น ๆ ตัวอย่าง ผู้สั่งงานต้องการเปิดการทำงานของช่องที่ 1 ผู้ใช้ต้องพูดว่า “หนึ่ง เปิด”

รูปที่ 11 ตัวเครื่องควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสั่งงานด้วยเสียงพูดเฉพาะบุคคล ประกอบสำเร็จพร้อมอุปกรณ์ไฟฟ้าทดลอง

7. ผลการทดลอง

นำตัวเครื่องที่ประกอบสำเร็จ และนำไปทดลองโดยการสั่งงานเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 6 อุปกรณ์ และหาค่าความแม่นยำในการทำงานในเป็นค่าร้อยละ แสดงดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 กราฟการทดลองความแม่นยำในการออกเสียงคำสั่ง ทดลองใช้งานแต่ละช่องจำนวนช่องละ 20 ครั้ง

8. สรุปผลการทดลอง

ระบบสมองกลฝังตัวควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสั่งงานด้วยเสียงพูดเฉพาะบุคคล สามารถสั่งงานควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า มีความแม่นยำ รวมเฉลี่ย ร้อยละ 60 โดยปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำในการทำงานมี 2 ปัจจัย คือ

1. การออกเสียงสั่งงานไม่ตรงกับเสียงต้นฉบับ
2. เสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีผลกระทบต่อความแม่นยำในการทำงานของระบบ

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรม - กรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ ห้องทดลอง และสถานที่ในการทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf

[2] https://github.com/elechouse/VoiceRecognitionV3#protocol

[3] http://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VoiceRecognitionV3.zip

[4] https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno

[5]https://www.arduitronics.com/product/144/2-channel-relay-opto-isolated-2

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การประยุกต์ใช้วงจรแบบครึ่งบริดจ์ 2 กิ่งสำหรับวงจรแปลงกระแสสลับเป็นกระแสสลับควบคุมกระแสเพื่อทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์

An Application of Two-leg for AC/AC Converter Controlled Current for Circuit breaker Testing

สุวัฒน์ กิจเจริญวัฒน์ และ สายชล ชุดเจือจีน

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 02-2879600 ต่อ 9629 E-mail: sw.rojn@gmail.com

บทคัดย่อ

บคความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้วงจรแปลงกระแสสลับเป็นกระแสสลับเพื่อประยุกต์ใช้ในการทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน IEC-60898 โดยระบบที่นำเสนอมีโครงสร้างโดยใช้วงจรแบบกึ่งบริดจ์2กิ่งเพื่อควบคุมกระแสและมีการควบคุมแบบลูปปิดโดยใช้การควบคุมแบบ PID เพื่อควบคุมทั้งกระแสขาเข้าและกระแสทางขาออก โดยการควบคุมกระแสขาออกจะมีลักษณะการควบคุมช่วงเริ่มต้นตามเงื่อนไขการทดสอบทั้งแบบคือแบบค่อยๆเพิ่มขึ้นและแบบทันทีทันใด โดยการทำงานของชุดสวิตช์กิ่งแรกจะทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันที่ตัวเก็บประจุและควบคุมกระแสทางขาเข้าเพื่อให้มีค่าตัวประกอบกำลังใกล้เคียง 1 ส่วนชุดสวิตช์ชุดที่สองจะทำหน้าที่ในการควบคุมกระแสขาออกรูปคลื่นไซน์ที่สามารถปรับความถี่ได้ ระบบที่นำเสนอได้มีการทดลองโดยใช้การจำลองทางซอฟแวร์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบ

คำสำคัญ: วงจรแปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ, แหล่งจ่ายกระแส, เซอร์กิตเบรกเกอร์

Abstract

This paper presents AC/AC converter controlled current for circuit-breaker (CB) testing according to the IEC-60898 standard. The proposed system uses two-leg topology for control the input current and output current with closed-loop control. The output current is controlled by ramp and step at the beginning of the test under test condition of standard. In the first leg of two-leg topology is used for input current control and dc-link capacitor voltage regulation with sinusoidal shaping to improve the power factor closing to unity. Second leg uses for output current control with sinusoidal waveform and adjustable frequency. The proposed system is test and verified by computer simulation to improve the performance.

Keywords: AC/AC converter, current control, circuit-breaker.

1. บทนำ

เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหรือในบ้านเรือนเพื่อใช้ป้องกันวงจรไฟฟ้าจากอันตรายที่เกิดจากการใช้กระแสไฟฟ้าเกินหรือการลัดวงจร เซอร์กิตเบรกเกอร์จะทำหน้าที่ในการตัดวงจรไฟฟ้าโดยการทริปเมื่อมีกระแสไฟฟ้าเกินกว่ากำหนด การทริปเพื่อตัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นจะเป็นไปตามมาตรฐานการทำงานที่มีการกำหนดไว้ในส่วนของคุณสมบัติเวลา-กระแส (Time-Current Characteristics) ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งในมาตรฐาน IEC-60898 ได้มีการระบุไว้ ในส่วนของการทดสอบที่กระแสเกิน เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีใช้ในปัจจุบันมีหลายประเภท เช่น แบบโมลเคสเซอร์ (Molded Case CB) หรือแบบมินิเอเจอร์ (Miniature CB) ขนาดพิกัดกระแสป้องกันก็มีหลายขนาดการใช้งานเช่น 6, 10, 15, 20, 32, 45, 50, 63, 100, 125 (หน่วย แอมแปร์) และมีจำนวนช่อง (Pole) ตั้งแต่ 1 ถึง 4 ช่อง ทั้งนี้เซอร์กิตเบรกเกอร์ยังมีการกำหนดประเภทของการทำงานออกเป็นแบบการทำงานต่างๆได้แก่ Type B, Type C และ Type D เพื่อให้เหมาะสมกับประเภทของโหลดที่ต่อจากเซอร์กิตเบรกเกอร์

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเวลา-กระแส (Time-Current Characteristics)

Test	Type	Test current	Limits of tripping or non tripping time	Results to be obtained
a	B, C, D	$1.13I_n$	$t \geq 1h$ ($I_n \leq 63$ A) $t \geq 2h$ ($I_n > 63$ A)	No Tripping
b	B, C, D	$1.45I_n$	$t < 1h$ ($I_n \leq 63$ A) $t < 2h$ ($I_n > 63$ A)	Tripping
c	B, C, D	$2.55I_n$	$1s<t<60s$($I_n \leq 32$A) $1s<t<120s$($I_n >32$A)	Tripping
d	B	$3I_n$	$t \geq 0.1$ s	No Tripping
	C	$5I_n$		
	D	$10I_n$		
e	B	$5I_n$	$t < 0.1$ s	Tripping
	C	$10I_n$		
	D	$20I_n$		

ในการทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน IEC-60898 ในส่วนของการทดสอบคุณสมบัติเวลา-กระแส (Time-Current Characteristics) ในตารางที่ 1 จะมีการทดสอบ 5 ขั้นตอน ซึ่งในสาม

ขั้นตอนแรกจะเป็นการจ่ายกระแสเกินพิกัดที่ $1.13I_n$, $1.45I_n$ และ $2.55I_n$ ตามลำดับ (I_n คือค่าพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์) โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Type B, Type C และ Type D มีการทดสอบที่กระแสเกินพิกัดจำนวนเท่าเหมือนกัน การจ่ายค่ากระแสทดสอบในสามขั้นตอนแรกจะเป็นแบบค่อยๆขึ้นภายใน 5 วินาที ในขั้นตอนแรกจ่ายจะกระแสจะทดสอบเป็นเวลามากกว่า 1 ชั่วโมงที่ $I_n \leq 63$ แอมแปร์ และมากกว่า 2 ชั่วโมงที่ $I_n > 63$ แอมแปร์ ซึ่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องไม่ทริป หลังจากนั้นก็ทดสอบในขั้นตอนที่สองทันที ในขั้นตอนนี้เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องมีการทริปเกิดขึ้นโดยช่วงเวลาจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือกรณีเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ $I_n \leq 63$ แอมแปร์ ต้องทริปภายใน 1 ชั่วโมง และที่ $I_n > 63$ แอมแปร์ ต้องทริปภายใน 2 ชั่วโมง หลังจากทดสอบในขั้นตอนที่สองแล้ว ต้องปล่อยให้เซอร์กิตเบรกเกอร์เย็นตัวลงจนแน่ใจว่าเปรียบเสมือนอยู่ในสภาวาะที่ไม่เคยมีการป้อนกระแสก่อนหน้านี้ หลังจากนั้นเริ่มทดสอบในขั้นตอนที่สามโดยการจ่ายค่ากระแสทดสอบที่ $2.55I_n$ ในขั้นตอนนี้เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องมีการทริปเกิดขึ้นโดยกรณี $I_n \leq 32$ แอมแปร์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องทริปภายในช่วงเวลา 1 วินาที ถึง 60 วินาที และกรณี $I_n > 32$ แอมแปร์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องทริปภายในช่วงเวลา 1 วินาที ถึง 120 วินาที

ในขั้นตอนการทดสอบที่สี่และห้านั้น การจ่ายกระแสทดสอบจะมีการกำหนดให้ใช้สวิตช์ช่วยในการจ่ายกระแสเพื่อให้มีการจ่ายค่ากระแสทดสอบแบบทันทีทันใดเนื่องจากระบบจ่ายกระแสทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเดิมที่มีใช้อยู่นั้นจะใช้วิธีการทางกลในการจ่ายค่ากระแสคือใช้หม้อแปลงวาไรแอคเป็นตัวควบคุมค่ากระแสทดสอบ ทำให้การจ่ายกระแสยังขาดความแม่นยำและทำงานช้าและยังคงทำการทดสอบในขั้นตอนส่วนนี้ได้ไม่ดีนัก การทดสอบขั้นตอนที่สี่และห้าจะมีช่วงเวลาสั้นมากและมีการระบุค่าจำนวนเท่าของกระแสทดสอบตามชนิดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้วย (Type B, C, D) การทดสอบในขั้นตอนที่สี่และห้าจะเริ่มทดสอบโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องอยู่ในสภาวะไม่มีการป้อนกระแสก่อนหน้านี้และจ่ายค่ากระแสทดสอบแบบทันทีทันใด ซึ่งขั้นตอนที่สี่นั้นเซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องไม่ทริปภายใน 0.1 วินาที ส่วนขั้นตอนที่ห้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องทริปภายใน 0.1 วินาที

2.1 ระบบที่นำเสนอ

ระบบที่นำเสนอในการประยุกต์ใช้วงจรแปลงกระแสสลับเป็นกระแสสลับสำหรับการทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมีโครงสร้างวงจรกึ่งบริดจ์2กึ่งเพื่อควบคุมกระแสขาเข้าและขับกระแสขาออก โครงสร้างวงจรประกอบด้วยสวิตช์ S_1 , S_2 , S_3 และ S_4 ตัวเหนี่ยวนำ L_S, แรงดันขาเข้า v_S, หม้อแปลงกำลังขาออก T_1, ตัวเก็บประจุสำหรับแรงดันกระแสตรง C_1 และC_2 โดยคู่สวิตช์ S_1 และ S_2 ในกึ่งแรกจะทำหน้าที่ควบคุมกระแสขาเข้าให้มีรูปคลื่นสัญญาณไซน์เพื่อให้ค่าตัวประกอบกำลังของกระแสขาเข้ามีค่าใกล้เคียง 1 และรักษาระดับแรงดันกระแสตรงที่ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ส่วนการทำงานของภาคขับกระแสขาออกจะใช้คู่สวิตช์ S_3 และ S_4 เพื่อขับสัญญาณพัลส์ PWM แบบ sPWM (sinusoidal PWM) ซึ่งเอ้าพุทของภาคขับจะต่อโดยตรงไปยังด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงกำลังเพื่อขับกระแสทางด้านทุติยภูมิแบบบลัดวงจร (short-circuit) สำหรับทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์

รูปที่ 1 ระบบที่นำเสนอ

รูปที่ 2 การชาร์จกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำ L_S, a) แรงดันขาเข้าเป็นด้านบวก, b) แรงดันขาเข้าด้านลบ

รูปที่ 3 การชาร์จประจุที่ตัวเก็บประจุ, a) ที่ C_1 ขณะแรงดันขาเข้าเป็นด้านบวก, b) ที่C_2 ขณะแรงดันขาเข้าด้านลบ

2.1 ภาคเร็คติไฟเออร์

การทำงานของระบบที่นำเสนอในส่วนแรกจะเป็นการสร้างแหล่งจ่ายกระแสตรงจากแรงดันขาเข้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสสลับ V_S โดยเมื่อแรงดัน V_S อยู่ในช่วงบวก สวิตช์ S_2 จะนำกระแสเพื่อชาร์จประจุผ่านตัวเก็บประจุ C_2 ดังรูปที่ 2 a) จากนั้นเมื่อสวิตช์ S_2 หยุดนำกระแสพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำ L_S จะถูกคายพลังงานเพื่อชาร์จประจุที่ตัวเก็บประจุ C_1 ผ่านไดโอดภายในของสวิตช์ S_1 ดังรูปที่ 3 a) ในช่วงลบของแรงดันขาเข้าก็มีการทำงานเหมือนกัน โดยสวิตช์ S_1 จะนำกระแสเพื่อชาร์จกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำ L_S ประจุผ่านตัวเก็บประจุ C_1 จากนั้นสวิตช์ S_1 หยุดนำกระแสเพื่อคายพลังงานไปชาร์จประจุไปที่ตัวเก็บประจุ C_2 แสดงการทำงานในรูปที่ 2 b) และรูปที่ 3 b) ตามลำดับ การชาร์จกระแสที่ตัวเหนี่ยวน L_S นั้นจะมีการควบคุมให้เป็นรูปคลื่นสัญญาณไซน์เพื่อให้ค่าตัวประกอบกำลังมีค่าใกล้เคียง 1 โดยอาศัยการป้อนกลับของสัญญาณกระแสขาเข้า i_S ,สัญญาณแรงดันกระแสตรงที่ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 มาประมวลผลการควบคุมที่คอนโทรลเลอร์ PID เพื่อควบคุมสัญญาณ PWM ที่สวิตช์ S1 และ S2 และรักษาระดับแรงดันที่ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ให้คงที่ตามสัญญาณแรงดันอ้างอิง

รูปที่ 4 วงจรสมมูลการขับสัญญาณ sPWM (a) การขับพัลส์บวก (b) การขับพัลส์ลบ

2.2 ภาคขับกระแสสลับขาออก

ในส่วนการทำงานของภาคขับขาออกทำงานโดยใช้โครงสร้างสวิตช์แบบครึ่งบริดจ์และทำงานโดยใช้เทคนิคการขับแบบ sPWM โดย S1 จะนำกระแสเพื่อขับแรงดันพัลส์บวกให้กับกระแสขาออกโดยอาศัยแหล่งจ่ายกระแสตรงจากคาปาซิเตอร์ C_1 ส่วน S_2 จะนำกระแสเพื่อขับแรงดันพัลซ์ลบให้กับขาออกจากแหล่งจ่ายกระแสตรงคาปาซิเตอร์ C_2 ทั้งนี้ขาออกแรงดันพัลซ์ที่เกิดขึ้นแบบ sPWM จะต่อตรงไปยังด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงกำลังโดยด้านทุติยภูมิจะเป็นด้านกระแสขาออกเพื่อต่อไปยังเซอร์กิตเบรกเกอร์ในการทดสอบโดยแรงดันขาออกที่เกิดขึ้นโดยเทคนิค sPWM กำหนดได้ว่า

$$V_o = \frac{m_a}{\sqrt{2}} \cdot V_{Ci} \qquad (1)$$

3. การควบคุมลูปปิด

ในส่วนของการควบคุมนั้นเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยใช้ PID สำหรับควบคุมกระแสทางขาเข้าและการควบคุมกระแสขาออก โดยการควบคุมกระแสขาเข้านั้นแสดงการควบคุมในผังการควบคุมในรูปที่ 5 โดยสัญญาณป้อนกลับแรงดันกระแสตรงที่ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ถูกเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงโดยแยกการทำงานตามสัญญาณแรงดันขาเข้าคือช่วงแรงดันขาเข้าเป็นบวกจะใช้สัญญาณป้อนกลับของ C_1 เป็นตัวควบคุมส่วนสัญญาณป้อนกลับของ C_2 จะใช้ในช่วงลบ จากนั้นระดับสัญญาณแรงดันขาออกของ PI คอนโทรลเลอร์จะถูกเลือกตามช่วงแรงดันขาเข้าเพื่อป้อนสู่การผสมสัญญาณกับแรงดันขาเข้าเพื่อกำหนดค่าสัญญาณอ้างอิงเพื่อมาเปรียบเทียบกับสัญญาณกระแสป้อนกลับขาเข้าเพื่อส่งค่าเปรียบเทียบไปยังตัวควบคุม PID เพื่อกำเนิดสัญญาณ PFC ในการสร้างสัญญาณควบคุมสวิตช์ S_1 และ S_2 ต่อไป

การควบคุมกระแสขาออกนั้นแสดงผังการทำงานดังรูปที่ 6 โดยใช้สัญญาณกระแสป้อนกลับจากทางปฐมภูมิของแปลงกระแสเนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดกว่าการป้อนกลับทางทุติยภูมิโดยตรงที่มีค่าพิกัดกระแสสูงมากหลายร้อยแอมป์ ระบบควบคุมจะใช้สัญญาณกระแสรูปคลื่นไซน์เป็นสัญญาณอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณป้อนกลับจากนั้นค่าผิดพลาด (error) จะถูกส่งต่อไปยังภาค PID เพื่อประมวลผลค่าเกนเพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยม (saw-tooth) เพื่อกำเนิดสัญญาณ sPWM เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานสวิตช์ของ S_3 และ S_4 ในภาคแปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับเพื่อสร้างแรงดันป้อนทางด้านของปฐมภูมิของหม้อแปลงกระแส

รูปที่ 5 วงจรสมมูลการขับสัญญาณ sPWM (a) การขับพัลส์บวก (b) การขับพัลส์ลบ

รูปที่ 6 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมกระแสขาออก

4. ผลทดลองโดยการจำลองทางซอฟแวร์

การทำงานของระบบที่นำเสนอได้มีการจำลองการทำงานทางซอฟแวร์เพื่อวิเคราะห์การทำงานโดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้ถูกกำหนดดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ของระบบ

Parameters	Value	Parameters	Value
L_s	1.5mH	v_s	220Vrms/50Hz
C_1	6,000μF	i_{out}	0-600A/50
C_2	6,000μF	V_{C1}	400V
f_s	20kHz	V_{C2}	400V

โดยในการทดลองสำหรับการสร้างกระแสเพื่อทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐานตามตารางที่ 1 ที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ในส่วนของการจ่ายค่ากระแสของสามขั้นตอนแรกนั้นจะเป็นการจ่ายค่ากระแสทดสอบที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากระแสภายในเวลาไม่เกิน 5 วินาทีโดยผลการจำลองการทำงานในรูปที่ 7 แสดงผลการทำงานเพื่อจ่ายค่ากระแสทดสอบตัวอย่างที่ 56.5 แอมแปร์ โดยใช้สัญญาณอ้างอิงกระแสควบคุมโดยใช้ฟังก์ชั่น ramp มาควบคุมในช่วงเริ่มต้นดังสมการดังนี้

$$ramp(\frac{t}{T}) = \begin{Bmatrix} \frac{t}{T} & if\ 0 \le t \le T \\ 0 & therwise \end{Bmatrix} \quad (2)$$

ส่วนการควบคุมค่ากระแสทดสอบในขั้นตอนที่สี่และห้าที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากระแสทดสอบแบบทันทีทันใดที่พิกัดค่ากระแสทดสอบนั้นแสดงผลการทดลองในรูปที่ 8 ที่ค่ากระแสตัวอย่างทดสอบที่ 150 แอมแปร์โดยในช่วงเริ่มต้นของการทดสอบนั้นค่ากระแสจะถูกควบคุมที่ค่าพิกัดค่ากระแสทดสอบโดยทันทีซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบที่สามารถควบคุมการจ่ายกระแสทดสอบได้อย่างรวดเร็วเป็นผลมาจากระบบควบคุมโดยบังคับสัญญาณอ้างอิงกระแสให้มีการเพิ่มขึ้นแบบขั้นบันไดโดยอาศัยฟังก์ชั่น unit step มาใช้ในการควบคุมกำหนดได้ว่า

$$u(t) = \begin{Bmatrix} 0 & for\ t < 0 \\ 1 & for\ t \ge 0 \end{Bmatrix} \quad (3)$$

รูปที่ 7 ผลการทดลองทางซอฟต์แวร์การควบคุมกระแสที่ 56.5 แอมแปร์

รูปที่ 8 ผลการทดลองทางซอฟต์แวร์การควบคุมกระแสที่ 150 แอมแปร์

5. สรุป

ระบบที่นำเสนอในการประยุกต์ใช้วงจรแปลงกระแสสลับเป็นกระแสสลับเพื่อควบคุมค่ากระแสทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยใช้วงจรกึ่งบริดจ์2กิ่ง สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแปลงกระแสสลับเป็นกระแสสลับควบคุมกระแสเพื่อทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ โดยการทดสอบทางการจำลองนั้นระบบสามารถควบคุมค่ากระแสรูปคลื่นสัญญาณไซน์ขาออกทั้งแบบ ramp และแบบ step สามารถรองรับการทดสอบได้ทุกขั้นตอนของการทดสอบตามตารางที่ 1 ในสภาวะการทดสอบกระแสเกินตามคุณสมบัติเวลา-กระแส ซึ่งระบบมีการควบคุมแบบลูปปิดโดยใช้ การควบคุมแบบ PID ทำให้การตอบสนองของระบบมีความแม่นยำและรวดเร็ว ผลการทดลองทางซอฟต์แวร์ ซึ่งบทความนี้ได้แสดงถึงประโยชน์ของการประยุกต์ใช้วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์กำลังเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือจริงในได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] International Electrotechnical Commission IEC, International Standard, “Circuit-breaker for over current protection for household and similar installations,” First edition 2002-01.

[2] S. B. Bekiarov and A. Emadi, “A New On-Line Single-Phase to Three-Phase UPS Topology with Reduced Number of Switches,” in *Proc*, *IEEE PESC*, 2003, pp.451-456.

[3] J.-H. Choi, J.-M. B. kwon, j.-H. jung, and B.-H. Kwon, “High-Performance Online UPS Using Three-Leg-Type Converter,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 52, no.3, pp. 889-897, Jun. 2005.

[4] C. B. Jacobina, T. M. Oliveira and E. R. C. da Silva, “Control of the Single-Phase Three-Leg AC/AC Converter,” *IEEE Trans. Ind. Electron*., vol.53, no. 2, pp.467-476, Apr 2006.

[5] I. S. de Freitas, C. B. Jacobina, E. C. dos Santos, “Single-Phase to Single-Phase Full-Bridge Converter Operating With Reduced AC Power in the DC-Link Capacitor,” *IEEE Trans. Power Electron*., vol.25, no.2, pp. 272-279. Feb.2010.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การพัฒนาสายอากาศช่องเปิดรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนสัญญาณด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม สำหรับประยุกต์ใช้งานย่านความถี่โทรทัศน์ดิจิตอล

Development of CPW-FED Hexagonal Slot Antenna for Digital Television Application

รัฐพล จินะวงค์[1] พดาภา บุตรงาม[1] และ ณัฐพงษ์ อินทรวิเศษ[2]

[1]ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110 E-mail: j_rattapon@hotmail.com

[2]ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-mail: nattakwan@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนสัญญาณด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม สำหรับประยุกต์ใช้งานย่านความถี่โทรทัศน์ดิจิตอล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค่าตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบสายอากาศ โดยออกแบบโปรแกรมจำลอง Zealand IE3D จากนั้นทำการสร้างวงจรจริงและทดสอบการทำงานด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายทางไฟฟ้าซึ่งผลที่ได้พบว่าการทำงานตอบสนองย่านความถี่ดิจิตอลทีวีที่ 0.470-0.862 GHz โดยค่าการสูญเสียย้อนกลับที่น้อยกว่า 10 dB ตลอดย่านการทำงาน และแบบรูปการแผ่พลังงานที่สอดคล้องกับโปรแกรมการจำลองเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: สายอากาศช่องเปิดรูปหกเหลี่ยมด้านเท่า, สายนำสัญญาณระนาบร่วม, โทรทัศน์ดิจิตอล

Abstract

This research paper presents the Design of CPW-FED Hexagonal Slot Antenna for Digital Television Application. First step, we studied and designed the antenna parameters using the Zeland IE3D. Then, CPW-fed hexagonal slot antenna was fabricated and measured by using network analyzer. The test results shown that the range of frequency response of the CPW-fed hexagonal slot antenna was at 1.5-3.5 GHz and the antenna return loss was less than 10 dB at the operating band in consistent with commercial simulation program.

Keywords: Hexagonal Slot Antenna, CPW-FED, Digital Television

1. บทนำ

การสื่อสารโทรคมนาคมเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาสังคมเศรษฐกิจซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำคลื่นย่านความถี่ความสูงมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆเช่น ระบบโทรศัพท์มือถือ การเกษตรกรรม การแพทย์ การทหาร ระบบการสื่อสารดาวเทียม ระบบโทรทัศน์ภาคพื้นดิน เป็นต้น โดยเมื่อพิจารณาในส่วนของระบบโทรทัศน์ภาคพื้นดินภายในประเทศไทยได้ออกอากาศในระบบดิจิตอลในปัจจุบัน โดยนำมาแทนการออกอากาศระบบเดิมที่เป็นแบบอนาล็อก โดยมาตรฐานของการออกอากาศระบบโทรทัศน์ดิจิตอลภาคพื้นดินของประเทศไทยคือ DVB-T2 (Digital Terrestrial Television System) โดยใช้งานในย่านความถี่ UHF ที่ความถี่ตั้งแต่ 470-862 MHz

การรับสัญญาณจึงจำเป็นที่จะต้องใช้สายอากาศในการรับสัญญาณ โดยสายอากาศที่ใช้งานจะต้องรองรับแถบความถี่ที่กว้างได้และสามารถรับสัญญาณได้รอบทิศทาง เช่น สายอากาศไดโพล สายอากาศโมโนโพล สายอากาศยากิ สายอากาศช่องเปิด เป็นต้น การออกแบบสายอากาศโทรทัศน์ดิจิตอลได้ถูกพัฒนากันมาอย่างแพร่หลายอย่างยิ่ง การป้อนสัญญาณให้กับสายอากาศด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมมักถูกนำมาใช้งานเป็นอย่างมากเนื่องจากสามารถสร้างชิ้นงานจริงได้ง่ายกว่าการใช้ระนาบกราวด์ที่อยู่ด้านล่างของแผ่นวงจรพิมพ์จากงานวิจัย [1-3] คุณสมบัติพื้นฐานของการป้อนสัญญาณประเภทนี้มีการสูญเสียของสัญญาณและการผิดเพี้ยนที่ต่ำจะส่งผลให้แถบความถี่ของสายอากาศมีความกว้างมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันมีนักวิจัย[3] โดยที่ส่วนใหญ่จะออกแบบสายอากาศที่รองรับการใช้งานในย่านความถี่ที่สูงมาก เช่น ระบบ IMT – 2000 (1920 – 2170MHz), ระบบWLAN IEEE 802.11 2.4 GHz (2400 – 2484 MHz) ระบบ WPAN IEEE 802.15.3a (3.1GHz-10.6GHz) และ WIMAX IEEE 802.16a (2GHz-11GHz)] อีกทั้งลักษณะของสายอากาศที่ผู้วิจัยเหล่านั้นจะมีโครงสร้างที่ค่อนข้างจะซับซ้อน วัสดุที่ใช้งานมีราคาแพง ทำให้การสร้างชิ้นงานจริงทำได้ยาก

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการนำเสนอการออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนสัญญาณด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมสำหรับประยุกต์ใช้งานย่านความถี่โทรทัศน์ดิจิตอล โดยโครงสร้างไม่ซ้ำซ้อนสามารถสร้างได้ง่าย ครอบคลุมความถี่ที่ 470 – 862 MHz โดยสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องใช้วงจรขยายกำลัง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง[4]

สายนำสัญญาณระนาบร่วม (Coplanar waveguide หรือ CPW) ซึ่งประกอบด้วยสตริปอยู่ตรงกลางด้านบนของซับสเตรท โดยมีความกว้างของสตริป(G) ความกว้างระหว่างสตริปถึงระนาบกราวด์คือ W ความหนาของซับสเตรท(h) การใช้งานสายส่งระนาบนาบร่วมมีข้อดีที่การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับระนาบกราวด์ทำได้ง่ายโดยแสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 โครงสร้างสายนำสัญญาณระนาบร่วม

การคำนวณหาความกว้างของสายส่ง (w) สามารถคำนวณได้โดยมีความสัมพันธ์ของค่าไดอิเล็กตริก (e_r) ความหนาของวัสดุ (h) และค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ Z_0 โดยใช้สมการดังนี้

$$Z_o = \frac{120\pi}{\sqrt{\varepsilon_{re}}} \frac{K(k_1)}{K'(k_1)} \qquad (1)$$

3. การออกแบบสายอากาศ

ออกแบบสายอากาศโดยเลือกใช้แผ่นวงจรพิมพ์วัสดุฐานรองแบบ FR4 ที่มีค่าไดอิเล็กตริกเท่ากับ 4.5 ความสูงของแผ่นเท่ากับ 1.6 mm โดยคำนวณจากความถี่มูลฐานในย่านความถี่ทีวีดิจิตอลที่ 470 MHz ทำให้ได้ขนาดความกว้างสายนำสัญญาณ (W_f) เท่ากับ 13 mm ความยาวของสายนำสัญญาณ (L_f) เท่ากับ 143.5 mm ระยะห่างระหว่างสายนำสัญญาณกับระนาบกราวด์ (G) เท่ากับ 3 mm รัศมีของหกเหลี่ยมระนาบกราวด์ (R_0) เท่ากับ 230 mm รัศมีของหกเหลี่ยมช่องเปิด (R_i) เท่ากับ 143.5 mm กำหนดค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะของสายนำสัญญาณเท่ากับ 75 Ω และความยาวของสตับแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับ $l_g / 4$ แสดงดังรูปที่ 2

(ก) สตับสี่เหลี่ยม (ข) สตับสามเหลี่ยม (ค) สตับวงกลม

รูปที่ 2 สตับที่ใช้ในการออกแบบสายอากาศ

รูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบชนิดของสตับที่ได้จากการจำลองการทำงาน

3.1 การศึกษาการปรับความยาวของสตับรูปสามเหลี่ยม

ทำการปรับความยาวของสตับรูปสามเหลี่ยม (R_t)โดยทำการปรับค่าพารามิเตอร์ตั้งแต่ 72 – 85 mm และ S=2 mm แสดงดังรูปที่ 4 โดยค่ามีผลการปรับพบว่าส่งผลต่อการส่งผ่านพลังงานสายอากาศได้ดี ซึ่งสตับรูปสามเหลี่ยม (R_t)เท่ากับ 80 mm จะมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่น้อยที่สุด แต่ยังไม่ครอบคลุมความถี่ในช่วง 0.4 GHz สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5

รูปที่ 4 โครงสร้างของการปรับความยาวของสตับรูปสามเหลี่ยม

รูปที่ 5 การปรับความยาวสตับที่ได้จากการจำลองการทำงาน

3.2 การศึกษาค่าระยะห่างระหว่างสายส่งกับสตับของสายอากาศ

ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ (S) โดยการปรับเพิ่มลดขนาดระยะห่างระหว่างสายส่งกับสตับของสายอากาศตั้งแต่ 8-14 mm แสดงดังรูปที่ 6 เพื่อทำการปรับจูนผลตอบสนองความถี่ซึ่งผลการปรับพบว่าการปรับระยะห่างทำให้สายอากาศสามารถตอบสนองในย่านความถี่ 0.4 GHz ได้ดังแสดงดังรูปที่ 7

รูปที่ 6 การปรับระยะห่างระหว่างสายส่งกับสตับของสายอากาศ

รูปที่ 7 ผลการจำลองการทำงานที่ได้จากการปรับระยะห่างระหว่างสายส่งกับสตับของสายอากาศ

3.3 การใช้เทคนิคการตัดมุมโค้งทั้งสองข้างของสตับ

ทำการตัดมุมทั้งสองของสตับ R_d โดยปรับค่าเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 5 - 20 mm แสดงดังรูปที่ 8 ผลการปรับพบว่าการเพิ่มขนาดของ R_d มีผลต่อย่านความถี่สูงเมื่อขนาด R_d เท่ากับ 20 mm สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 9

รูปที่ 8 การปรับระยะห่างระหว่างสายส่งกับสตับของสายอากาศ

รูปที่ 9 ผลการจำลองการทำงานที่ได้จากการใช้เทคนิคการตัดมุมโค้ง

3.4 การเพิ่มสตริปรูปสี่เหลี่ยมใต้ฐานสตับรูปสามเหลี่ยม

ทำการปรับเพิ่มฐานรองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าของสตับรูปสามเหลี่ยมโดยกำหนดค่าความสูง (S2) เท่ากับ 82 mm จากนั้นปรับเพิ่มขนาดความกว้างของฐานสตริป (S1) ตั้งแต่ 18- 22 mm แสดงดังรูปที่ 10 ผลการปรับพบว่าค่าสูญเสียจากการย้อนกลับต่ำกว่า -15 dB ในย่านความถี่ตั้งแต่ 0.470 -1 GHz สามารถแสดงดังรูปที่ 11

รูปที่ 10 การเพิ่มสตริปรูปสี่เหลี่ยมใต้ฐานสตับรูปสามเหลี่ยม

ลำดับ	ระยะห่าง (มม.)		$f_L - f_u$ (MHz)	f_c (MHz)	BW at 15 dB
	S_1	S_2			
1	18	82	478 - 1000	739	70.63
2	**20**	**82**	**550 - 1000**	**775**	**58.06**
3	22	82	460 - 1000	730	73.97

รูปที่ 11 ผลการจำลองการทำงานที่ได้จากการเพิ่มสตริปรูปสี่เหลี่ยมใต้ฐานสตับรูปสามเหลี่ยม

4. การทดสอบการทำงานของสายอากาศ

การวัดทดสอบทดสอบหาค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศพบว่าสายอากาศที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับโปรแกรมจำลองซึ่งตอบสนองในย่านความถี่ตั้งแต่ 0.3-1.0 GHz โดยที่ค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับน้อยกว่า –15 dB ตลอดย่านโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานของ Agilent รุ่น N5230C และทดสอบแบบรูปการแผ่พลังงานโดยในการทดสอบแสดงดังรูปที่ 13 ผลการทดสอบพบว่าสายอากาศแผ่พลังงานในแบบรอบทิศทาง (Omnidirectional) ที่ความถี่ 0.470 GHz และความถี่ 0.862 GHz ดังรูปที่ 14

รูปที่ 12 ผลการเปรียบเทียบระหว่างการจำลองและการวัดจริง

(ก) ความถี่ 0.470 GHz (ข) ความถี่ 0.862 GHz

รูปที่ 19 ผลการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศที่สร้างขึ้น ที่ระนาบ XY และ YZ

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาสายอากาศช่องเปิดรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนสัญญาณด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมสำหรับประยุกต์ใช้งานย่านความถี่โทรทัศน์ดิจิตอล การออกแบบสายอากาศเพื่อให้ได้สายอากาศที่มีแบนด์วิดท์กว้าง จะต้องใช้เทคนิควิธีที่หลากหลายในการออกแบบ ผลของงานวิจัยนี้ที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางให้กับผู้ออกแบบสามารถปรับจูนย่านความถี่ได้อย่างอิสระและตามความต้องการในการใช้งา เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างสายอากาศที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับสายอากาศเชิงพานิชย์พบว่ามีราคาที่ถูกกว่ามากเนื่องจากใช้วัสดุที่ใช้เป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบ FR4 ที่สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องใช้วงจรขยายสัญญาณ

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Bhujbal, D. C. Karia and A. Desai, "Planar dipole antenna design for DTV broadcasting application," *2014 International Conference on Advances in Communication and Computing Technologies (ICACACT 2014)*, Mumbai, 2014, pp. 1-6. K. Elissa, “Title of paper if known,” unpublished.

[2] J. H. C. de Morais and A. L. P. S. Campos, "Printed grating monopole antenna for DTV applications," *2011 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC 2011)*, Natal, 2011, pp. 213-216.

[3] G. S. Reddy, K. Chhabilwad, S. Kharche, P. Patel and J. Mukherjee, "Dual orthogonal CPW feed single element UWB antenna with polarization diversity," *2015 European Radar Conference (EuRAD)*, Paris, 2015, pp. 389-392.

[4] Rainee N. Simons “Coplaner Waveguide Circuits, Components, and Systems” John Wiley & Son, New York, 2001.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบผลตอบสนองเชิงเวลาและความถี่ของแบบจำลองโพลีโนเมียล SISO และ MISO สำหรับการพิจารณาประยุกต์ใช้ในการประมวลสัญญาณไม่เป็นเชิงเส้น

Comparative Studies in Time and Frequency Domains Responses of SISO and MISO Polynomial Models for Discussion of Application in Nonlinear Signal Processing

จินดา สามัคคี[1] สัญญา ผาสุก[2] และ ศุภชัย อรุณพันธ์[3]

[1, 2, 3]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เลขที่ 1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โทรศัพท์ 0-7431-7100 E-mail: chinda.s@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวเกี่ยวกับการประมวลสัญญาณไม่เป็นเชิงเส้นโดยใช้ตัวแทนระบบไม่เป็นเชิงเส้นด้วยแบบจำลองโพลีโนเมียลบนพื้นฐานสมการอนุกรมโวลเทอรา (Volterra series expansion) ในบทความนี้จะแสดงข้อพิสูจน์ถึงความสามารถของระบบอนุกรมโวลเทอราแบบหนึ่งอินพุทหนึ่งเอาท์พุท (Single input single output: SISO) และหลายอินพุทหนึ่งเอาท์พุท (Multiple input single output: MISO) การทดลองผลจำลองแบบกับคุณลักษณ์ไม่เป็นเชิงเส้นของทั้งสองนี้จะแสดงเปรียบเทียบความสามารถผลตอบสนองทั้งในเชิงเวลาและความถี่ ผลที่ได้รับจากการศึกษาสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาประยุกต์ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องได้ และมากกว่านั้นเพื่อขยายกรอบงานวิจัยหาวิธีการพัฒนาประยุกต์ใช้เป็นตัวกรองกับปัญหาที่มีข้อจำกัดสำหรับการแยกองค์ประกอบความถี่ตามที่ต้องการต่อไป

คำสำคัญ: อนุกรมโวลเทอรา, การประมวลสัญญาณไม่เป็นเชิงเส้น, ผลตอบสนองความถี่

Abstract

This article describes nonlinear signal processing by polynomial model representations based on Volterra series. In this paper is to demonstration shows the performance of the Volterra for single input single output (SISO) and multiple input single output (MISO) systems. Simulation results with the modeling of nonlinear attribute will show the performance comparison of responses in both time and frequency domains. Results obtained from this study that can be introduced discussion of application in any work-related issue. Moreover, it was for expanding framework research, and for finding methodological as applying filters to overcome problems in separating frequency component.

Keywords: Volterra series, Nonlinear signal processing, Frequency-response

1. บทนำ

ในงานทางด้านวิศวกรรมมีหลายๆงานที่มีพฤติกรรมเป็นระบบพลวัตไม่เป็นเชิงเส้นที่มีความซับซ้อนสูง ตัวอย่างเช่น การแกว่งหรือสั่นในกระบวนทางเคมี สัญญาณรบกวนเชิงกลและไฟฟ้า เป็นต้น [1] แหล่งกำเนิดสัญญาณไม่เป็นเชิงเส้นหรือกระบวนการระบบไม่เป็นเชิงเส้นต่างๆมีหลายรูปแบบดังในเอกสารที่ [2] และ [3] คุณลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นที่กำเนิดขึ้นในแต่ละระบบมีทั้งที่ไม่เป็นประโยชน์ซึ่งจะต้องกำจัดทิ้งและที่มีประโยชน์นั้นคือจะต้องดึงคุณลักษณะที่ต้องการออกมา ตัวอย่างในหลายๆงานของพฤติกรรมที่ไม่เป็นเชิงเส้น ดังเช่น การกำจัดสัญญาณสะท้อนในระบบการเชื่อมโยงสื่อสารดาวเทียม การกำจัดเสียงสะท้อนไม่เป็นเชิงเส้นที่ส่งผลให้เกิดความผิดเพี้ยนของลำโพง การระบุเอกลักษณ์ระบบภาพ และการระบุเอกลักษณ์ของระบบความไม่เป็นเชิงเส้นสำหรับการควบคุม เป็นต้น [4], [5], [6], [7] คุณลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นเหล่านี้ในหลายๆกรณีไม่สามารถที่จะกำจัดหรือควบคุมได้อย่างเด็ดขาด

พฤติกรรมที่ไม่เป็นเชิงเส้นสามารถสร้างตัวแทนทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยแบบจำลองโพลีโนเมียลโดยสมการอนุกรมโวลเทอราซึ่งได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้หลายๆระบบทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ [8], [9] สมการอนุกรมโวลเทอรามีรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไม่ต่อเนื่องอินพุท $x[n]$ และเอาท์พุท $y[n]$ ดังสมการ [10]

$$
\begin{aligned}
y[n] &= h_0 + \sum_{m_1=0}^{\infty} h_1[m_1]x[n-m_1] \\
&+ \sum_{m_1=0}^{\infty}\sum_{m_2=0}^{\infty} h_2[m_1,m_2]x[n-m_1]x[n-m_2] + \ldots \\
&+ \sum_{m_1=0}^{\infty}\sum_{m_2=0}^{\infty}\cdots\sum_{m_p=0}^{\infty} h_p[m_1,m_2,\ldots m_p]x[n-m_1]x[n-m_2]\ldots x[n-m_p] + \ldots \qquad (1)
\end{aligned}
$$

เมื่อ $h_p[m_1, m_1, \ldots, m_p]$ คือค่าเอกลักษณ์ของระบบที่อันดับ p ใดๆ คุณลักษณ์ทางความถี่ของค่าเอกลักษณ์จะถูกใช้ประโยชน์สำหรับอธิบายพฤติกรรมของระบบ ค่าในเชิงเวลาของ $h_p[m_1, m_1, \ldots, m_p]$ สามารถพิจารณาในเชิงความถี่ได้โดยการแปลงฟูเรียร์ (Fourier transform)

$$H_p[j\omega_1,\ldots,j\omega_p] = \sum_0^{\infty}\cdots\sum_0^{\infty} h_p[m_1,\ldots,m_p]\times e^{-(j\omega_1 m_1+\ldots+j\omega_p m_p)} \quad (2)$$

เรียก H_p ว่าผลตอบสนองเชิงความถี่ของระบบ p ใดๆ โดยทั่วไปแล้วสมการอนุกรมโวลเทอราที่เรียกว่าระบบแบบหนึ่งอินพุทหนึ่งเอาท์พุท (SISO) ยังมีข้อจำกัดไม่สามารถใช้ได้กับความถี่ฮาร์มอนิกย่อย (Subharmonic) ได้ ปัญหานี้สามารถใช้ระบบหลายอินพุทหนึ่งเอาท์พุท (MISO) [11] สร้างตัวแบบได้ แต่ไม่สามารถใช้สำหรับกรองความถี่

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองอนุกรมโวลเทอรา โดยการมุ่งประเด็นแสดงความสามารถระหว่างระบบ SISO และ MISO ของการเป็นตัวแทนคุณลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นทั้งในเชิงเวลาและเชิงความถี่ และมากกว่านั้นจะพิจารณาค่าเอกลักษณ์ของระบบซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพสำหรับการประยุกต์ใช้ในการกรองความถี่

2. สมการอนุกรมโวลเทอราสำหรับระบบไม่เป็นเชิงเส้น

2.1 โครงสร้างแบบจำลอง SISO

สมการโวลเทอราแบบ SISO เป็นรูปแบบทั่วไปที่ใช้ตามสมการเดิมดังสมการที่ (1) นั้นคือในส่วนของอินพุทไม่มีการปรับปรุงแยกย่อย ลักษณะโครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 โครงสร้างระบบ SISO โวลเทอรา

2.2 โครงสร้างแบบจำลอง MISO

ระบบ MISO ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาการจำลองแบบองค์ประกอบที่เป็นความถี่ย่อย โดยการปรับปรุงสัญญาณอินพุทเดิมออกเป็นสัญญาณย่อยๆ ออกเป็น n คาบ แต่ละคาบมีความถี่เดียวกับความถี่ย่อย ลักษณะโครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 โครงสร้างระบบ MISO โวลเทอรา

3. ผลการจำลองแบบและวิจารณ์ผล

3.1 พฤติกรรมไม่เป็นเชิงเส้น

พฤติกรรมไม่เป็นเชิงเส้นที่สามารถพบได้บ่อยในระบบวิศวกรรม ทางฟิสิกส์ และทางชีววิทยา สามารถเขียนได้ในรูปแบบสมการแบบจำลองการสั่นสะเทือนของ Duffing-Holmes [12]

$$\ddot{x} + \delta\dot{x} - \beta x + x^3 = \gamma\cos\omega t \quad (3)$$

เมื่อตัวแปร x คือค่าเอาท์พุทการสั่นสะเทือนโดยแรงจากภายนอกของแบบจำลอง δ คือสัมประสิทธิ์ความหน่วง β คือค่าคงที่ความแข็ง γ คือขนาดของแรงจากภายนอก และ ω คือความถี่ของแรงจากภายนอก ในบทความนี้ใช้พารามิเตอร์สำหรับสมการสั่นแบบ Duffing-Holmes ดังนี้ $\delta = 1.5$, $\beta = 1$, $\gamma = 1.2$ และ $\omega = 1$ การจำลองแบบสมการใช้วิธีรุงเง-คุตตาอันดับที่สี่ (Rung-Kutta method) ด้วยอัตราการสุ่มตัวอย่าง $15/\pi$ Hz ผลตอบสนองการสั่นแบบ Duffing-Holmes ดังแสดงในรูป 3(a) และสัญญาณอินพุทของแรงจากภายนอกแสดงในรูป 3(b)

3.2 ผลตอบสนองระบบ SISO ในเชิงเวลาและความถี่

การสร้างตัวแบบสำหรับประมวลผลสัญญาณโดยแบบจำลองโวลเทอราระบบ SISO ในบทความนี้ใช้เพียงอันดับสอง (P = 2) ซึ่งสามารถพิจารณาระบบไม่เป็นเชิงเส้นได้ ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทที่กำหนดขอบเขต ดังสมการ

$$y[n] = h_0 + \sum_{m_1=0}^{N-1} h_1[m_1]x[n-m_1] + \sum_{m_1=0}^{N-1}\sum_{m_2=0}^{N-1} h_2[m_1,m_2]x[n-m_1]x[n-m_2] \quad (4)$$

ผลตอบสนองเอาท์พุทของการทำนายสั่นแบบ Duffing-Holmes ไม่เป็นเชิงเส้นจากสมการที่ (4) (N = 20) ในเชิงเวลาและความถี่ ดังแสดงในรูป 4(a) และ 4(b) ตามลำดับ เส้นหนาคือ Duffing-Holmes และเส้นประคือโวลเทอรา จากรูปที่ 4(a) จะเห็น ระบบ SISO สามารถที่จะทำนายผลได้ คำนวณปริมาณความแม่นยำได้โดยค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยแบบนอมอลไลซ์ (Normalized Mean-Square Error: *NMSE*) ดังสมการ

รูปที่ 3 สัญญาณเอาท์พุทจากสมการที่ (3) และอินพุทจากแรงภายนอก

$$NMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_{Volterra} - y_{Nonlinear})^2}{\sum (y_{Nonlinear} - \bar{y}_{Nonlinear})^2}} \quad (5)$$

เมื่อ $y_{Volterra}$ คือเอาท์พุทที่ได้จากการทำนาย $y_{Nonlinear}$ คือเอาท์พุทจากการจำลองแบบ และ $\bar{y}_{Nonlinear}$ คือค่าเฉลี่ยเอาท์พุทการจำลองแบบ คำนวณค่า *NMSE* เท่ากับ 0.38 จากรูปที่ 4(b) จะเห็นได้ว่าระบบนี้สามารถทำนายได้เฉพาะองค์ประกอบความถี่ที่เป็นเท่าตัว นั้นคือความถี่อินพุทที่กระตุ้นเท่ากับ 0.159 Hz และเพิ่มขึ้นเป็น 0.318 Hz (2×0.159) ผลตอบสนองเชิงความถี่ของค่าเอกลักษณ์ $H_1(j\omega)$ และ $H_2(j\omega_1, j\omega_2)$ ของระบบแสดงในรูปที่ 5(a) และ 5(b) ตามลำดับ จะเห็นว่า $H_1(j\omega)$ ตอบสนองที่ 0.159 Hz และ $H_2(j\omega_1, j\omega_2)$ รอบๆบริเวณ 0.318 Hz ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการแยกความเป็นเชิงเส้น (ที่ 0.159 Hz) และไม่เป็นเชิงเส้น (0.318 Hz) ออกจากกันได้

3.3 ผลตอบสนองระบบ MISO ในเชิงเวลาและความถี่

เพื่อที่จะเปรียบเทียบประสิทธิ์ภาพของระบบ MISO กับ SISO เราพิจารณาแบบจำลองโวลเทอราระบบ MISO ที่อันดับสอง (P = 2) เช่นเดียวกัน การได้มาซึ่งผลตอบสองเอาท์พุทของแบบจำลองจะต้องทำการแยกส่วนอินพุท x ออกเป็นสัญญาณย่อย $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ โดย n เป็นจำนวนอินพุทที่แยกส่วน และโดยแต่ละอินพุทมีปริมาณข้อมูลเท่ากับหนึ่ง T มีค่าเท่ากับคาบของความถี่ฮาร์มอนิกย่อย จากการเปรียบเทียบคาบของอินพุทและผลตอบสนองไม่เป็นเชิงเส้นเอาท์พุท จะได้ $x = [x_1; x_2]$ ดังนั้นแบบจำลองย่อยอันดับสอง ($P = 2$) ของแต่ละระบบคือ

$$y_{x_1}[n] = h_{10} + \sum_{m_1=0}^{N-1} h_{11}[m_1]x_1[n-m_1] + \sum_{m_1=0}^{N-1}\sum_{m_2=0}^{N-1} h_{21}[m_1,m_2]x_1[n-m_1]x[n-m_2] \quad (6a)$$

$$y_{x_2}[n] = h_{20} + \sum_{m_1=0}^{N-1} h_{12}[m_1]x_2[n-m_1] + \sum_{m_1=0}^{N-1}\sum_{m_2=0}^{N-1} h_{22}[m_1,m_2]x_2[n-m_1]x[n-m_2] \quad (6b)$$

เมื่อผลตอบสนองของระบบ MISO คือ

รูปที่ 4 ผลการทำนายระบบ SISO ในเชิงเวลาและเชิงความถี่ เส้นหนาคือ Duffing-Holmes และเส้นประคือโวลเทอรา

รูปที่ 5 ผลตอบสนองเชิงความถี่ (a) $H_1(j\omega)$ และ (b) $H_2(j\omega_1, j\omega_2)$

$$y[n] = y_{x_1}[n] + y_{x_2}[n] \quad (7)$$

ผลตอบสนองเอาท์พุทที่ได้จากสมการที่ (7) ในเชิงเวลาและความถี่ แสดงดังในรูป 6(a) และ 6(b) ตามลำดับ คำนวณค่า *NMSE* เท่ากับ 0.014 ผลตอบสนองความถี่ของระบบในรูปที่ 6(b) จะเห็นว่าระบบนี้สามารถที่จะทำนายองค์ประกอบความถี่ย่อยได้ ประกอบด้วยความถี่ 0.079 Hz (0.5×0.159), 0.159 Hz, 0.238 Hz (1.5×0.159), 0.318 Hz (2×0.159), ... ผลตอบสนองเชิงความถี่ของค่าเอกลักษณ์ทั้ง 4 เทอม $H_{11}(j\omega)$, $H_{21}(j\omega)$, $H_{12}(j\omega_1, j\omega_2)$, และ $H_{22}(j\omega_1, j\omega_2)$ ของระบบแสดงดังในรูปที่ 7 จากรูปนี้จะเห็นว่าทั้งสี่เทอมมีผลตอบสนองช่วงความถี่กว้าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถใช้การแยกความเป็นเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นออกจากกันได้

4. สรุป

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเปรียบเทียบสองเทคนิคสำหรับระบบการสร้างต้นแบบพฤติกรรมไม่เป็นเชิงเส้นระหว่างระบบ SISO และ MISO บนพื้นฐานแบบจำลองอนุกรมโวลเทอราอันดับสอง การเปรียบเทียบประสิทธิ์ภาพของทั้งสองระบบสามารถสรุปได้ดังนี้ ทั้งสองระบบสามารถทำนายสัญญาณไม่เป็นเชิงเส้นได้ โดยระบบ SISO ในเชิงความถี่ทำนายได้เฉพาะฮาร์มอนิกที่เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวและมีสามารถที่จะ

รูปที่ 6 ผลการทำนายระบบ MISO ในเชิงเวลาและเชิงความถี่ เส้นหนาคือ Duffing-Holmes และเส้นประคือโวลเทอรา

รูปที่ 7 ผลตอบสนองเชิงความถี่ของระบบ (a) $H_{11}(j\omega)$, (b) $H_{12}(j\omega)$, (c) $H_{21}(j\omega_1, j\omega_2)$ และ (d) $H_{22}(j\omega_1, j\omega_2)$

ประยุกต์ใช้ในการแยกความถี่ได้ ในขณะที่ MISO ในเชิงเวลามีค่า *NMSE* น้อยกว่า SISO สำหรับในเชิงความถี่สามารถทำนายความถี่ฮาร์มอนิกย่อยได้ แต่ไม่สามารถใช้แยกองค์ประกอบความถี่ได้ ความรู้ที่ได้สามารถนำไปเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานได้ เช่น การแยกความถี่ที่เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวควรใช้ระบบ SISO อย่างไรก็ตามกรณีที่ต้องการควบคุมความถี่ฮาร์มอนิกย่อยต้องใช้ระบบ MISO ความเข้าใจสามารถของระบบทั้งสองนี้จะเป็นพื้นฐานสำหรับการคิดหาเทคนิควิธีการควบคุมความถี่ฮาร์มอนิกย่อยต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] Mitchell J. Feigenbaum, "Universal Behavior in Nonlinear Systems," Los Alamos Science/Summer, 1980.

[2] N. Kalouptsidis, Signal Processing Systems: Theory and Design, New York, Wiley, 1997.

[3] A. H. Nayfeh, and D. T. Mook, Nonlinear Oscillation, New York, Wiley, 1979.

[4] S. Benedetto, E. Biglieri, and V. Castellani, Digital Transmission Theory, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hill, 1987.

[5] A. Guerin, G. Faucon, and R. Le Bouquin-Jeannes, "Nonlinear acoustic echo cancellation based on Volterra filters," IEEE Transl. Speech and Audio Processing, vol. 11, pp. 672-683, November 2003.

[6] J. N. Lin, and R. Unbehauen, "2-D adaptive Volterra filter for 2-D nonlinear channel equalization and image restoration," Electron. Lett., vol. 28, no. 2, pp. 180-182, January 1992.

[7] M. Kortmanm, K. Janiszowski, and H. Unbehauen, "Application and comparison of different identification schemes under industrial conditions," Int. J. Contr., vol. 48, no. 6, pp. 2275-2296, 1988.

[8] S. Boyd, L. O. Chua, and C. A. Desoer, "Analytical foundation of Volterra series," IMA. J. Math Control Inform., vol. 1, pp. 243-282, 1984.

[9] W. J. Rugh, Nonlinear System Theory: The Volterra- Weiner Approach, John Hopkins University Press, Baltimore, 1981.

[10] V. J. Mathews, "Adaptive polynomial filters," IEEE Transl. Signal Processing Magazine, vol. 8, no. 3, pp. 10-26, July 1991.

[11] O. M. boaghe, and S. A. Billinge, "Subharmonic oscillation modeling and MISO Volterra series," IEEE Transl. Circ. Syst. Fund. Theor. Appl., vol. 50, no. 7, pp. 877-884, July 2003.

[12] J. Guckenheimer, and P. Holmes, Nonlinear Oscillations: Dynamical System and Bifurcations of Vector Field, New York, Springer, 1983.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องยกผู้สูงอายุควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

The Older Person Lift Controlled by Microcontroller

สมใจ อารยวัฒน์[1] และศราวุฑ คงลำพันธ์[2]

[1,2]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 โทรศัพท์ **043-236063** E-mail: Saijom@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องยกผู้สูงอายุควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนหลัก มีวงจรตรวจสอบกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดสูงสุดของมอเตอร์ นอกจากนี้ยังมีหลอดไฟและบัซเซอร์สำหรับการแจ้งเตือน

ผลการทดสอบการทำงานของเครื่อง พบว่า สามารถยกน้ำหนักสูงสุดได้ 90 กิโลกรัม ยกขึ้นแบบเร็วใช้เวลาในการยก 44.5 วินาที ยกขึ้นแบบช้าใช้เวลาในการยก 73.2 วินาที ที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักของคนที่สมส่วนไม่อ้วน ไปผอมเกินไป จำนวนครั้งในการยกผู้สูงอายุต่อการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มหนึ่งครั้ง โดยการยกขึ้นลงแบบช้าได้ทั้งหมด 35 ครั้ง การยกขึ้นลงแบบเร็วสามารถทำได้ทั้งหมด 43 ครั้งที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม ส่วนการยกขึ้นแบบเร็วที่น้ำหนักสูงสุด 90 กิโลกรัม สามารถทำได้ ทั้งหมด 28 ครั้ง เมื่อยกน้ำหนักเกิน 90 กิโลกรัม

คำสำคัญ: เครื่องยกผู้สูงอายุ, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This article describes to construct The Older Person Lift controlled by microcontroller. The motor is the main driver. There is current sensor circuit for checking maximum overload of the motor. There are also Lamps and Buzzer for alarm. The testing of The Older Person Lift result showed that. Can lift weights up to 90 kilograms. Lifting up speed takes 44.5 seconds and lifting up slowly takes 73.2 seconds by lifting the weight 60 kilograms the weight of the people, not fat, not too thin. The number of times to lift the older person to fully charge the battery once. By lifting up-down slow it all 35 times and lifting up-down speed it all 43 times the weight of 60 kilograms. Lifting up speed at maximum weight of 90 kilograms can be done 28 times. When lifting weights over 90 kilograms.

Keywords: older person lifts, microcontroller

1. บทนำ

คำนิยามความพิการทางการเคลื่อนไหวหรือทางร่างกาย ได้แก่ 1.ความพิการทางการเคลื่อนไหว หมายถึง การที่บุคคลมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือการเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางสังคม ซึ่งเป็นผลมาจากการมีความบกพร่องหรือการสูญเสียความสามารถของอวัยวะในการเคลื่อนไหว ได้แก่ มือ เท้า แขน ขา อาจมาจากสาเหตุอัมพาต แขน ขา อ่อนแรง แขน ขาขาด หรือภาวะเจ็บป่วยเรื้อรังจนมีผลกระทบต่อการทำงานมือ เท้า แขน ขา 2.ความพิการทางร่างกาย หมายถึง การที่บุคคลมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือการเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางสังคม ซึ่งเป็นผลมาจากการมีความบกพร่องหรือความผิดปกติของศีรษะ ใบหน้า ลำตัว และภาพลักษณ์ภายนอกของร่างกายที่เห็นได้อย่างชัดเจน (ประกาศกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ เรื่อง ประเภทและหลักเกณฑ์ความพิการ ประกาศ ณ วันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2552)

ในปัจจุบันมีการสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือช่วยผู้พิการทางการเคลื่อนไหว เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้พิการเช่น เครื่องยกผู้สูงอายุและคนชรา (มูลนิธิวิถีชีวิตอิสระผู้สูงอายุ) อุปกรณ์ยกอัตโนมัติ Home-Auto Lifting System (น.ส.กรณพัฒน์ ยันต์โกเศศ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) เป็นต้น โดยเครื่องยกผู้พิการที่กล่าวมาไม่มีระบบเตือนกรณีแรงดันแบตเตอรี่เหลือน้อย อาจทำให้เกิดอันตรายกับผู้พิการทางการเคลื่อนไหวจากการใช้งานได้ และเครื่องยกผู้พิการที่กล่าวมาไม่สามารถหมุนกวาดไปทางซ้ายและขวาได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยจึงได้ดังนั้นผู้จัดทำโครงการจึงตระหนักและเล็งเห็นความสำคัญของปัญหา จึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องยกผู้สูงอายุควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ดูแลในเรื่องของการเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุไปทำกิจกรรมต่างๆ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีการช่วยเหลือเบื้องต้นแก่ผู้สูงอายุด้านร่างกาย

การช่วยผู้สูงอายุด้านร่างกายในการเคลื่อนไหวและเดินทางในสถานการณ์ต่างๆ ดังนี้1) วิธีใช้และเก็บเก้าอี้เข็น เก้าอี้เข็นส่วนใหญ่พับที่รองนั่งเข้าหากันได้ ฉะนั้น เมื่อจะใช้ให้กางที่รองนั่ง พร้อมทั้งดึงที่วางแขนหรือด้านข้างทั้ง 2 ด้านของเก้าอี้เข็น เพื่อให้ที่รองนั่งกางออกและพร้อมที่จะนั่งได้ เมื่อต้องการเก็บ ให้ดึงตรงกลางที่รองนั่งให้พับขึ้นพร้อมกับดึงด้านข้างของเก้าอี้มาชิดกัน 2) วิธีล็อคล้อเก้าอี้เข็นเมื่อผู้สูงอายุนั่งเก้าอี้เข็นหยุดการเดินทางหรือไม่ต้องการเดินทางต่อ ควรช่วยล็อคล้อของเก้าอี้เข็น โดยปรับที่ล็อคซึ่งอยู่ใกล้กับล้อทั้ง 2 ข้าง 3) วิธีเข็นเก้าอี้เข็น ให้จับที่คันจับ หรือมือจับของเก้าอี้เข็นทั้ง 2 ข้าง ซึ่งอยู่ทางด้านบนของพนักเก้าอี้ด้านหลังของผู้สูงอายุ เข็นไปข้างหน้าอย่างมั่นคงและสม่ำเสมอ ไม่เร็วหรือช้าเกินไป พร้อมทั้งใช้เทคนิคการเข็นในที่ต่างๆ ดังนี้3.1)การเข็นลงทางลาด ถ้าผู้สูงอายุไม่แข็งแรงหรือไม่สามารถพยุงตัวให้มั่นคงได้ ควรเข็นโดยวิธีให้คนเข็นเดินหันหลังลงทางลาดและดึงเก้าอี้เข็นตามลงมา เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้สูงอายุหล่นจากเก้าอี้ โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่ไม่มีสายรัดตัวให้ติดกับเก้าอี้ ถ้าเดินหันหน้าลง ให้ใช้มือหนึ่งประคองหน้าอกผู้สูงอายุไว้ เพื่อไม่ให้ล้ม 3.2)การเข็นในที่ขรุขระ ใช้วิธียกล้อหน้าขึ้น ด้วยการเหยียบแท่งเหล็กใต้เก้าอี้ด้านหลังพร้อมๆ กับการยกล้อหน้าขึ้นและเข็นไปตลอดทางขรุขระ 3.3)การเข็นขึ้นทางเท้าหรือทางต่างระดับ ใช้วิธียกล้อหน้าขึ้นไปก่อนด้วยการเหยียบแท่งเหล็กใต้เก้าอี้ด้านหลัง แล้วยกล้อหลังตามขึ้นไป 3.4)การเข็นลงทางเท้าหรือทางต่างระดับ ใช้วิธีให้คนเข็นเดินหันหลังลงจากทางต่างระดับพร้อมกับดึงล้อหลังลงก่อน แล้วจึงดึงล้อหน้าตามลงมา 4) วิธียกเก้าอี้เข็น ในกรณีที่ต้องยกเก้าอี้เข็นขึ้น – ลงบันไดหรือข้ามสิ่งกีดขวาง ควรใช้คน 2 ถึง 4 คน ต้องยกเก้าอี้เข็นตามวิธีที่ผู้สูงอายุหรือผู้ดูแลผู้สูงอายุแนะนำ โดยทั่วไปใช้วิธีจับที่ด้านข้างของเก้าอี้เข็นข้างละ 1 คน และจับที่มือจับของเก้าอี้เข็นทางด้านหลังของเก้าอี้อีก 1 คน ยกเว้น ในกรณีผู้สูงอายุมีน้ำหนักไม่มากอาจใช้คนเพียง 2 คน โดยยกเก้าอี้เข็นที่ด้านหน้าและด้านหลัง ด้านละ 1 คน 5) วิธีเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุ เช่น เคลื่อนจากเก้าอี้เข็นไปนั่งรถ หรือเคลื่อนจากเก้าอี้เข็นไปที่เตียง ต้องยกผู้สูงอายุและเคลื่อนย้ายตามวิธีที่ผู้สูงอายุหรือผู้ดูแลผู้สูงอายุแนะนำเท่านั้น การเคลื่อนผู้สูงอายุอย่างไม่ถูกต้อง อาจทำให้เกิดอันตรายได้ (รูปที่ 1)

รูปที่ 1 วิธีเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุ

6) วิธีช่วยผู้สูงอายุใช้ไม้ค้ำยัน โดยทั่วไป ผู้สูงอายุที่ใช้ไม้ค้ำยันหรือไม้เท้าสามารถเดินได้ด้วยตนเอง ยกเว้น ถ้าทางเดินขรุขระหรือลื่นอาสาสมัครควรเดินตามหลังใกล้ๆ ผู้สูงอายุ คอยเฝ้าระวังและเข้าช่วยทันทีหากผู้สูงอายุเดินไม่มั่นคง นอกจากนั้น ขณะขึ้นบันได ผู้สูงอายุบางคนสะดวกในการจับราวบันไดเดินขึ้นไป ฉะนั้นอาสาสมัครควรรับไม้ค้ำยันหรือไม้เท้ามาถือและเดินตามไปส่งไม้เท้าหรือไม้ค้ำยันให้เมื่อผู้สูงอายุขึ้นบันไดเรียบร้อยแล้ว

2.2 PWM (Pulse Width Modulation)

PWM ย่อมาจาก Pulse Width Modulation ซึ่งแปลให้เข้าใจง่ายๆ มันก็คือ การปรับความกว้างของพัลส์โดยการนำเอาสองสัญญาณมาเปรียบเทียบกันและสองสัญญาณที่ว่านี้ก็คือสัญญาณ "สามเหลี่ยม" กับสัญญาณที่ต้องการปรับความกว้างของพัลส์ การสร้างสัญญาณ PWM มี 2 แบบ คือ

1. การสร้างสัญญาณ PWM ด้วยวงจรแอนะลอกจะใช้การสร้างสัญญาณฟันเลื่อยหรือสัญญาณแบบขั้นบันไดมาเปรียบเทียบกับระดับอ้างอิงที่เป็นระดับสัญญาณกระแสตรงหรือสัญญาณไซน์ ตามรูปแบบของสัญญาณ PWM ที่ต้องการการสร้างสัญญาณ PWM แบบแอนะลอกแสดงได้ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 วงจร PWM แบบแอนะลอก

จากรูปที่ 2 สัญญาณฟันเลื่อยจะถูกเปรียบเทียบกับสัญญาณกระแสตรงผลของการเปรียบเทียบทำให้ได้สัญญาณตามรูปที่ 3

รูปที่ 3 การสร้างสัญญาณ PWM

จากรูปที่ 3 แสดงสัญญาณ PWM ที่ได้จากสัญญาณฟันเลื่อย กับสัญญาณกระแสตรง ที่เปรียบเทียบกันผลของการเปรียบเทียบ เมื่อระดับของสัญญาณกระแสตรงสูงกว่าระดับของสัญญาณฟันเลื่อยจะทำให้ได้ระดับของ PWM เป็น High แต่เมื่อระดับของสัญญาณกระแสตรงต่ำกว่าระดับของสัญญาณฟันเลื่อยจะทำให้ได้ระดับของ PWM เป็น Low ซึ่งคำนวณค่า ดิวตี้ไซเคิล ได้เท่ากับ

$$D = \left(\frac{t_{on}}{T}\right) \times 100\% \qquad (1)$$

โดยที่ D แทนเปอร์เซ็นค่าดิวตี้ไซเคิล t_{on} แทนค่าช่วงเวลาในสภาวะ High และ T แทนค่าคาบเวลา สัญญาณไฟฟ้า

2.กำเนิดสัญญาณ PWM แบบดิจิตอล

PWM จะใช้หลักการที่ส่งค่าแบบดิจิตอลคือ 0-1 ด้วยความถี่ค่าหนึ่งแต่จะส่งค่าให้มีสัญญาณสูง (1) สลับกับสัญญาณต่ำ (0) โดยให้ระยะเวลาของแต่ละชนิดสัญญาณต่างกัน เพื่อให้ค่าเฉลี่ยของสัญญาณทั้งหมดออกมาเป็นค่าที่ต้องการ เช่น ส่งค่าที่มีระยะสัญญาณสูงและต่ำเท่ากันก็จะได้ค่าเป็น 2.5 โวลต์ ให้ค่าสัญญาณสูงยาวกว่า ก็จะได้ค่ามากกว่า 2.5 และในทำนองเดียวกัน ให้ค่าสัญญาณต่ำยาวกว่า ก็จะได้ค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 2.5 นั่นเอง Arduino สามารถรับค่าแอนะลอกได้ 255 ระดับ ดังนั้นหมายความว่าค่าสัญญาณ 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์ ก็จะแสดงได้เป็น 0 ถึง 255 ในสัญญาณดิจิตอล โดยสามารถใช้หลักบัญญัติไตรยางค์สามารถเปรียบเทียบค่าได้ในการใช้งาน PWM จะต้องเลือกขาที่เขียนว่าเป็น PWM เท่านั้นจะใช้ขาอื่นไม่ได้ เพราะบอร์ดไม่ได้รองรับและจำนวนขาที่เป็น PWM ก็จะมีไม่เท่ากันขึ้นกับรุ่นของบอร์ด

รูปที่ 4 ค่าแรงดันเฉลี่ยของสัญญาณสวิตช์

จากรูปสำหรับโมดูล PWM ของ Arduino มีความละเอียด 8 bit หรือปรับได้ 255 ระดับ ดังนั้นค่าสัญญาณ 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์ จะถูกแสดงเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลจะได้ 0 ถึง 255 ซึ่งสามารถเทียบสัดส่วนคำนวณจากเลขจริงเป็นเลขทางดิจิตอลได้

3. การออกแบบและสร้างเครื่องยกผู้สูงอายุ

3.1 การจัดทำรูปภาพ

1) การออกแบบโครงสร้างของเครื่องยกผู้สูงอายุ

รูปที่ 5 โครงสร้างและขนาดของเครื่องยกผู้สูงอายุ

2) การสร้างระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยกผู้สูงอายุ

-บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงานของเครื่องยกผู้สูงอายุ

รูปที่ 6 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงานของเครื่องยกผู้สูงอายุ

-การทำงานวงจรควบคุมระบบการทำงานของเครื่องยกผู้สูงอายุดังรูปที่ 7 ดังนี้คือระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์ต่างๆ และประมวลผลตามเงื่อนไขที่กำหนด ระบบตัวแจ้งเตือนกระแสเกิน (Overload indicator) ทำหน้าที่แสดงผลสภาวะกระแสเกิน (Over Current) ระบบแจ้งน้ำหนักเกิน มีหน้าที่ตรวจเช็คน้ำหนักของผู้สูงอายุ ระบบวงจรควบคุมแบบ H-Bridge drive motor ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ หรือขับมอเตอร์ให้ขึ้น-ลง และสุดท้ายระบบวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง (Switching power supply) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อจ่ายให้กับวงจรชาร์จแบตเตอรี่

รูปที่ 7 วงจรควบคุมระบบการทำงานของเครื่องยกผู้สูงอายุ

3. การหาประสิทธิภาพของระบบ

การหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เครื่องยกผู้สูงอายุกับถุงทรายน้ำหนัก 10 กิโลกรัม จำนวน 9 ถุง และถุงทรายน้ำหนัก 5 กิโลกรัม จำนวน 1 ถุง โดยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์นั้นจะต้องไม่เกิน 6.5 แอมแปร์ ตามข้อจำกัดของมอเตอร์ แขนยกจะยกขึ้นสุด – ลงสุด มี 2 แบบ คือ

1. การทดสอบกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ต่อน้ำหนักของตัวผู้สูงอายุ โดยการกดสวิตช์ยกแบบเร็วและแบบช้า ซึ่งจากตารางที่ 1 เป็นการการกดสวิตช์ยกแบบเร็วและแบบช้า พบว่า แบบเร็วเมื่อกระแสสูงสุดที่เครื่องทำงานปกติเท่ากับ 6.16 แอมแปร์ ที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม และที่น้ำหนัก 95 กิโลกรัม มอเตอร์ต้องการกระแส 6.74 แอมแปร์ ซึ่งเกินข้อจำกัดของมอเตอร์เป็นการและแบบช้า พบว่า กระแสสูงสุดที่เครื่อง

ทำงานปกติเท่ากับ 4.66 แอมแปร์ ที่น้ำหนัก 65 กิโลกรัม เพราะใช้หลักการ PWM จึงทำให้จ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ไม่เต็มที่ ทำให้สามารถยกน้ำหนักได้สูงสุดที่ 65 กิโลกรัม

2. การทดสอบเวลาที่ใช้ในการยกผู้สูงอายุต่อน้ำหนักของตัวผู้สูงอายุ โดยการกดสวิตช์ยกแบบเร็วและแบบช้า โดยจากตารางที่ 2 ได้การทดสอบแบบเร็วผลปรากฏว่า เวลาที่ใช้ในการยกผู้สูงอายุน้อยที่สุดอยู่ที่น้ำหนัก 10 กิโลกรัม และเวลาที่ใช้ในการยกผู้สูงอายุมากที่สุดอยู่ที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัมและแบบช้าเวลาที่ใช้ในการยกผู้สูงอายุน้อยที่สุดอยู่ที่น้ำหนัก 10 กิโลกรัม และเวลาที่ใช้ในการยกผู้สูงอายุมากที่สุดอยู่ที่น้ำหนัก 65 กิโลกรัม

4. สรุป

เครื่องยกผู้สูงอายุควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น เป็นเครื่องยกผู้สูงอายุที่สามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ดูแลในเรื่องของการเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุไปทำกิจกรรมต่างๆ โดยการสั่งการด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีวงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้า

ผลการหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยกผู้สูงอายุ ซึ่งใช้วิธีการทดสอบการยกน้ำหนักตัวผู้สูงอายุแทนด้วยถุง โดยได้แบ่งการควบคุมออกเป็น 2 แบบ คือ ยกขึ้น-ลงแบบเร็วและแบบช้า ซึ่งกระแสมอเตอร์ต้องไม่เกิน 6.5 แอมแปร์ ตามข้อจำกัดของมอเตอร์ โดยได้ผลปรากฏว่า แบบเร็ว สามารถยกได้สูงสุดที่ 90 กิโลกรัม และแบบช้าสามารถยกได้สูงสุดที่ 65 กิโลกรัม ยกขึ้นแบบเร็วใช้เวลาในการยก 44.5 วินาที ยกขึ้นแบบช้าใช้เวลาในการยก 73.2 วินาที ที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม

ตารางที่ 1 การทดสอบกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ต่อน้ำหนักของตัวผู้สูงอายุ

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	กดสวิตช์ยกแบบเร็ว			การกดสวิตช์ยกแบบช้า		
	ยกขึ้น (วินาที)	ยกลง (วินาที)	สภาวะการทำงาน	เวลายกขึ้น (วินาที)	เวลายกลง (วินาที)	สภาวะการทำงาน
10	1.42	0.75	ปกติ	34.5	30.5	สภาวะการทำงาน
15	29.8	25.9	ปกติ	35.3	30.9	ปกติ
20	30.7	26.3	ปกติ	38.2	31.6	ปกติ
25	32.1	26.3	ปกติ	40.8	32.3	ปกติ
30	32.9	26.3	ปกติ	42.9	32.6	ปกติ
35	33.8	26.7	ปกติ	46.1	34.1	ปกติ
40	35.3	27.2	ปกติ	50.6	35.3	ปกติ
45	37.2	28.3	ปกติ	57.0	35.9	ปกติ
50	38.7	27.9	ปกติ	60.9	36.3	ปกติ
55	40.4	27.8	ปกติ	64.8	38.2	ปกติ
60	42.7	28.8	ปกติ	73.2	38.3	ปกติ
65	44.5	28.4	ปกติ	73.1	38.5	ปกติ
70	44.8	28.3	ปกติ	-	-	-
75	47.7	27.7	ปกติ	-	-	-
80	54.2	27.4	ปกติ	-	-	-
85	56.3	27.7	ปกติ	-	-	-
90	57.9	27.4	ปกติ	-	-	-

ตารางที่ 2 เวลาที่ใช้ในการยกผู้สูงอายุต่อน้ำหนักของตัวผู้สูงอายุ

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	กดสวิตช์ยกแบบเร็ว			การกดสวิตช์ยกแบบช้า		
	ยกขึ้น (แอมแปร์)	ยกลง (แอมแปร์)	สภาวะการทำงาน	ยกขึ้น (แอมแปร์)	ยกลง (แอมแปร์)	สภาวะการทำงาน
10	1.42	0.75	ปกติ	ยกขึ้น (แอมแปร์)	ยกลง (แอมแปร์)	สภาวะการทำงาน
15	1.76	0.88	ปกติ	1.40	0.79	ปกติ
20	2.01	1.02	ปกติ	1.65	0.86	ปกติ
25	2.23	1.04	ปกติ	1.99	0.96	ปกติ
30	2.56	1.14	ปกติ	2.20	1.02	ปกติ
35	2.88	1.21	ปกติ	2.52	1.11	ปกติ
40	3.06	1.23	ปกติ	3.14	1.26	ปกติ
45	3.31	1.28	ปกติ	3.42	1.25	ปกติ
50	3.63	1.33	ปกติ	3.81	1.48	ปกติ
55	3.85	1.39	ปกติ	4.04	1.57	ปกติ
60	4.52	1.39	ปกติ	4.42	1.63	ปกติ
65	4.69	1.47	ปกติ	4.66	1.81	ปกติ
70	4.86	1.47	ปกติ	-	-	-
75	5.35	1.47	ปกติ	-	-	-
80	5.71	1.47	ปกติ	-	-	-
85	5.78	1.74	ปกติ	-	-	-
90	6.16	2.01	ปกติ	-	-	-
95	6.74	2.1	น้ำหนักเกิน	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติที่ได้สนับสนุนปี พ.ศ. 2559

เอกสารอ้างอิง

[1] เอกชัย มะการหนังสือ, 2552. “เรียนรู้ เข้าใจ ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVRด้วย Arduino” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : บริษัทอีทีทีจำกัด.

[2] ธีรพงศ์ สมุทรอัษฎงค์ , บรรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ และพัชรี คุณค้ำชู , 2555. “การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยฝึกเดินสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] ไม่มีชื่อผู้แต่ง, 2558. “วิธีการช่วยเหลือเบื้องต้นแก่คนพิการด้านร่างกาย. กรุงเทพมหานคร : มูลนิธิพัฒนาผู้สูงอายุไทย.”.

[4] ไม่มีชื่อผู้แต่ง, 2558. “PWM (Pulse Width Modulation).” แหล่งที่มาhttp://introduction-pwm.blogspot.com/2007/09/pwm.html. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2558.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การสร้างสัญญาณอลวนด้วยโปรแกรม Matlab Simulink สำหรับการผสมของเหลว

Implement Chaotic Generator Based on Matlab Simulink for a Liquid Mixer

วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ มนูญ พันธ์ผาง ธนาฒน์ สุกนวล และไมตรี ธรรมา

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30170โทรศัพท์ 086-5813680 E-mail: vichupong@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้สัญญาณอลวน (Chaos Signal) สำหรับควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับการปั่นผสม โดยใช้โปรแกรม Matlab Simulink ในการออกแบบและสร้างสัญญาณอลวนแทนการสร้างสัญญาณด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนสภาวะอลวน และลดปัญหาที่เกิดจากความความคลาดเคลื่อนของสัญญาณที่เกิดจากความร้อน และอายุการใช้งานที่เสื่อมสภาพตามระยะเวลาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จากการสร้างสัญญาณอลวนที่อาศัยการประมวลผลสัญญาณบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino สร้างสัญญาณควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง พบว่าสามารถประยุกต์ใช้สัญญาณอลวนควบคุมความเร็วและทิศทางในการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับการปั่นผสม

คำสำคัญ: สัญญาณอลวน, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, วงจรฉั่ว, การปั่นผสมของเหลว

Abstract

This research proposes an implementation of chaos signal for dc motor speed control in mixing. The Matlab Simulink program is used to design and implement chaos signal in place of conventional implementation through electronic devices. This is mainly to facilitate changes in chaotic criteria and decrease problems caused by deviation of chaos signal which are often attributed to heat and deterioration in proportion to life of usage of electronic devices. The implementation of processing and exporting chaos signal via Arduino microcontroller board seeks to control speed and rotation direction of dc motor. This application of chaos signal to control speed and rotation direction of dc motor aims to increase efficiency, minimize loss of energy and power, and lessen mixing time.

Keywords: **chaos signal**, dc motor, Chua circuit, liquid mixer

1. บทนำ

สัญญาณอลวนได้รับความสนใจและถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายในงานทางด้านวิศวกรรม เช่น ในด้านระบบสื่อสารที่มีการเข้ารหัสด้วยสัญญาณอลวน การเข้ารหัสลับสำหรับเสียงเพื่อป้องกันการดักฟังของบุคคลที่สาม หรือ การรักษาความลับของข้อมูลที่ส่งผ่านเครือข่ายซึ่งต้องเข้ารหัสเพื่อความปลอดภัยจากการถูกขโมยข้อมูล และการประยุกต์ใช้งานทางด้านอุตสาหกรรม เช่น การปั่นผสมไบโอดีเซลที่ต้องการการปั่นผสมที่รวดเร็ว และโมเลกุลชนกันมากที่สุดเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีประสิทธิภาพเป็นต้น สัญญาณอลวนคือสัญญาณมีลักษณะที่สับสน ปั่นป่วน เป็นปรากฏการณ์เช่นเดียวกับสัญญาณรบกวนในระบบพลวัตที่เป็นระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น เปลี่ยนแปลงตามเวลา ในทางวิทยาศาสตร์ให้ความหมายของระบบอลวนว่าเป็นระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear system) และเป็นกระบวนการที่ไร้เสถียรภาพ (Unstable) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เป็นเส้นตรงเป็นเส้นคดเคี้ยวกวัดแกว่ง บางครั้งมีการก้าวกระโดดแบบฉับพลันของผลลัพธ์ รูปแบบคุณลักษณะของพฤติกรรมแบบอลวนแสดงให้เห็นว่าเป็นพฤติกรรมแบบไม่เป็นรายคาบในระยะยาว ระบบอลวนมีลักษณะเป็นระบบที่มีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinearity) ซึ่งความอลวนจะไม่เกิดในระบบที่เป็นเชิงเส้น และระบบอลวนยังมีลักษณะที่ไม่เกิดแบบสุ่ม กล่าวคือพฤติกรรมทั้งหลายที่เกิดขึ้นในระบบอลวนเกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน และมีลักษณะที่ไวต่อสภาวะเริ่มต้น (Sensitivity to initial conditions)

การผสมของเหลวมีบทบาทสำคัญมากในการผลิตสินค้าหลายอย่างในทางอุตสาหกรรมการผสมต่าง ๆ เช่น งานการปั่นผสมสำหรับงานทางด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรมเคมี อาหาร ยา เป็นต้น [1-5] การประยุกต์ใช้สัญญาณอลวนสำหรับควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับการปั่นผสมเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพลดการสูญเสียพลังงานและกำลังไฟฟ้า นอกจากนี้ยังช่วยให้เวลาในการปั่นผสมเร็วขึ้น แม้ว่าการประยุกต์ใช้สัญญาณอลวนสำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการผสมให้ดีขึ้น แต่ยังมีข้อจำกัดที่เกิดจากการสร้างวงจรอลวน [6] เนื่องจากการสร้างวงจรอลวนด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้นเกิดความคลาดเคลื่อน ทำให้เงื่อนไขในการสร้าง

สภาวะอลวนมีการเปลี่ยนแปลงโดยมักเกิดจากอายุการใช้งานที่เสื่อมสภาพตามระยะเวลาที่ใช้งานและเกิดจากความร้อนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นอกจากนี้ยังมีความยุ่งยากในการถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ในวงจรในกรณีที่ต้องการปรับสภาวะอลวน งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรอลวนด้วยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แทนการใช้วงจรแบบเดิม เพื่อลดข้อจำกัดที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยสร้างสัญญาณอลวนและส่งออกในรูปสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) จากการประมวลผลสัญญาณและสเกลลิ่งเพื่อปรับความถี่ของสัญญาณอลวนที่มีความถี่สูงให้ต่ำลง เพื่อให้มอเตอร์สามารถตอบสนองได้ทัน และส่งสัญญาณไปที่วงจรควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์เพื่อสั่งให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนตามพฤติกรรมของสัญญาณอลวนได้

2. สัญญาณอลวนและการออกแบบวงจร

พฤติกรรมของระบบอลวนที่เกิดขึ้นนั้นมีปัจจัยที่เป็นตัวกำหนด 3 ส่วนคือสมการเชิงพลศาสตร์ที่ขึ้นกับเวลาสัมประสิทธิ์ของสมการระบบซึ่งมีผลต่อระบบมากสำหรับการเกิดพฤติกรรมอลวนและเงื่อนไขเริ่มต้นของสมการระบบ ทั้งนี้จากปัจจัยที่ทำให้เกิดพฤติกรรมอลวนได้นั้นสามารถแบ่งตามลักษณะการเกิดได้ 2 แบบ แบบแรกคือพฤติกรรมอลวนแบบมีขอบเขตหมายถึงพฤติกรรมอลวนที่มีการเกิดของจุดใหม่ที่เกาะกลุ่มไม่กระจัดกระจายสามารถระบุขอบเขตได้อย่างชัดเจน เช่นพฤติกรรมอลวนของเชน (Chen) พฤติกรรมอลวนของฉั่ว(Chua) พฤติกรรมอลวนของลอเรนซ์ (Lorenz) และพฤติกรรมอลวนของแวนเดอร์โพล เป็นต้น แบบที่สองเป็นพฤติกรรมแบบไม่มีขอบเขตหมายถึงพฤติกรรมอลวนที่มีการเกิดของจุดใหม่ที่ไม่เกาะกลุ่มกระจัดกระจายไม่สามารถระบุขอบเขตได้เช่นพฤติกรรมอลวนของอาร์โนล์ด (Arnold) โดยมีพฤติกรรมอลวนที่คล้ายการล่องลอยของควันไฟและการไหลอลวนในของไหล เป็นต้น

การนำสัญญาณอลวนมาควบคุมมอเตอร์ไม่สามารถกระทำได้โดยตรง ต้องมีการปรับเปลี่ยนสัญญาณเพื่อให้สามารถนำไปควบคุมมอเตอร์ได้แต่ยังคงพฤติกรรมความอลวนไว้คงเดิม โดยจะมีวงจรต่างๆดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

วงจรฉั่วเป็นวงจรสร้างสัญญาณอลวนที่นิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวางเนื่องจากเป็นวงจรที่ไม่ซับซ้อนสามารถสร้างให้สัญญาณเอาต์พุตอลวนที่มั่นคงและลักษณะการเคลื่อนที่ของสัญญาณเป็นแบบม้วนที่ซับซ้อนดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 วงจรฉั่วแบบพื้นฐาน

สัญญาณอลวนพื้นฐานที่ได้จากวงจรฉั่ว ที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 2 รูปแบบของสัญญาณที่ได้นี้ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานที่อยู่ระหว่างค่า C_1 และ C_2 ในวงจร

(ก) สัญญาณอลวนจากวงจรฉั่วในโดเมนเวลา

(ข) สัญญาณอลวนจากวงจรฉั่วในปริภูมิสถานะ

รูปที่ 2 สัญญาณอลวนจากวงจรฉั่ว

3. การสร้างสัญญาณอลวนด้วยโปรแกรม Matlab Simulink

สามารถเขียนสมการอลวนจากรูปที่ 2 ได้สมการดังนี้

$$\frac{dx}{d\tau} = \alpha\big(y - x - f(x)\big) \quad (1)$$

$$\frac{dy}{d\tau} = x - y + z \quad (2)$$

$$\frac{dz}{d\tau} = -\beta y \quad (3)$$

สมการไม่เป็นเชิงเส้น f(x) กำหนดได้ดังนี้

$$f(x) = bx + 0.5(a-b)(|x+c| - |x-c|) \quad (4)$$

เมื่อกำหนดค่า a = -1.27 , b =-0.86 *และ* c = 1 จึงสามารถสร้างสัญญาณอลวนได้ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 วงจรอลวนสร้างด้วย Simulink

อาศัยการสร้างแบบจำลองของระบบด้วยโปรแกรม simulink เชื่อมต่อผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ จะได้ผลตอบสนองของตัวแปรสถานะของระบบ แสดงดังรูปที่ 4

(ก) สัญญาณ x(t)

(ข) สัญญาณ y(t)

(ค) สัญญาณ z(t)

รูปที่ 4 ผลตอบสนองของตัวแปรสถานะของระบบ

4. ผลการทดลอง

การทดสอบโดยนำสัญญาณอลวนที่สร้างขึ้น ส่งสัญญาณออกในรูปสัญญาณ PWM ด้วยบอร์ด Arduino และนำสัญญาณไปควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในการควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

รูปที่ 5 สัญญาณอลวนในรูปของ PWM

รูปที่ 6 การปรับทิศทางการหมุนของมอเตอร์

5. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้สัญญาณอลวน จากการสร้างสัญญาณ**ด้วย**บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino **เพื่อ**ควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จากการนำสัญญาณของตัวแปรสถานะของวงจรอลวนในการควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง พบว่าสัญญาณอลวนที่สร้างขึ้นสามารถประยุกต์ใช้ในการควบคุมความเร็วและทิศทางในการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**ได้** โดยงานที่จะทำการพัฒนาต่อไป คือ นำสัญญาณไปใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดใหญ่ และนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ควบคุมด้วยสัญญาณอลวน ไปทำการทดสอบในกระบวนการปั่นผสมต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

เครื่องมือสำหรับทำการทดลองได้ความอนุเคราะห์จากสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และงบประมาณสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] M.M. Alvarez-Hernandez ,J.M. Zalc, T. Shinbrot, P.E. Arratia PE, F.J. Muzzio, "Mechanisms of mixing and creation of structure inlaminar stirred tanks," The American Institute of Chemical Engineers Journal, vol 10, pp. 2135–48, 2002.

[2] M.M. Alvarez-Hernandez, T. Shinbrot, J. Zalc,F.J. Muzzio, "Practical chaotic mixing," Chemical Engineering Science, vol 57, pp. 3749–53, 2002.

[3] Kennedy MP. Three steps to chaos. II. A Chua's circuit primer. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: FundamentalTheory and Applications, vol.10, pp.657–74, 1993.

[4] J.M. Zalc E.S. Szalai ,M.M. Alvarez, F.J. Muzzio, "Using CFD to understand chaotic mixing in laminar stirred tank," The American Institute of Chemical Engineers Journal. vol.10, pp. 2124–34, 2002.

[5] Z. Zhang, G. Chen, "Liquid mixing enhancements by chaotic perturbations in stirred tanks," *Journal of Chaos, Solitons and Fractals*, pp.144-149, 2008.

[6] Z. D.H. Mauricio, A. Leonardo, V. Yolanda, " An Experimental Realization of a Chaos-Based Secure Communication Using Arduino Microcontrollers" Hindawi Publishing Corporation, Scientific World Journal, pp.1-11, 2015.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สภาวะเฟสไม่สมดุล

Analysis effect depends on Temperature of the Induction Motor to Unbalanced Phase

ภัควี หะยะมิน[1,2] ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล[1]

[1]ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพฯ 10800 โทรศัพท์ 02-555200 ต่อ 3338 E-mail: Saman_may@hotmail.com

[2]สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพฯ 10800 โทรศัพท์ 02-555200 ต่อ 3338 E-mail: Saman_may@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สภาวะเฟสไม่สมดุล โดยทำการทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ขนาด 1200 kW จากการใช้งานภาคสนาม ซึ่งได้ทำการบันทึกค่าทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ ผลการทดสอบพบว่าการใช้งานมอเตอร์ในสภาวะเฟสที่ไม่สมดุลจะส่งผลทำให้อุณหภูมิของมอเตอร์มีการอัตราเพิ่มสูงขึ้นจากอุณหภูมิปกติขณะใช้งาน ซึ่งจากการทดสอบเมื่อค่าเปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลมีค่าประมาณ 1.28% จะส่งผลให้อุณหภูมิของมอเตอร์เพิ่มสูงขึ้นอีก 3.25% ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมอเตอร์อาจเป็นสาเหตุสำคัญในการเสื่อมสภาพของค่าความเป็นฉนวนขดลวด และเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการลัดวงจรของมอเตอร์ได้ จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่สนใจหรือผู้ที่เกี่ยวข้องที่กำลังศึกษาแนวทางการทดสอบผลกระทบที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์จากการใช้งานได้อีกทางหนึ่ง

คำสำคัญ: ผลกระทบ, มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ, สภาวะเฟสไม่สมดุล

Abstract

This paper presents Analysis effect depends on temperature of the induction motor to unbalance phase. It has been testing motor 1200 kW and records the electrical values that occur while during operation. Then analyzed for the effects that occur motor. The test results showed using motor unbalance phase will result in the temperature of the motor increased the rate normal, temperature while in use, from which the test when the percentage unbalance voltage has a value 1.28% will result in the temperature motor is increased 3.25%, the increase of the temperature of the motor may be a major cause in the deterioration of the insulation and the coil is the primary factor that causes motor short circuit. From this research and researchers hope this research will guide or a related person who is studying the approach to test the effect that occurs with the motor from using.

Keywords: effect, induction motor, unbalance phase

1. บทนำ

การใช้ไฟฟ้าของโรงงานภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นการรับไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันสูงแล้วทำการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้มีระดับแรงดันที่ต้องการใช้งาน [1] ซึ่งภายในวงจรของระบบไฟฟ้าอาจมีการแบ่งวงจรไฟฟ้าบางส่วนไปยังออฟฟิตหรือสำนักงานมีการใช้งานระบบไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นระบบ 1 เฟส เช่น คอมพิวเตอร์ โทรสาร เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น โดยการใช้งานระบบระบบไฟฟ้าเฟสหนึ่งเฟสใดมากเกินไปอาจส่งผลทำให้เกิดการไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสได้ การไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าดังกล่าวอาจจะก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบไฟฟ้าของโรงงาน เช่น เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าที่สายไฟมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเพิ่มขึ้น หรือทำให้สายนิวทรัล (Neutral) มีกระแสไฟฟ้าไหล ส่งผลทำให้การใช้โหลดการใช้โหลดไฟฟ้าที่เป็นระบบ 3 เฟสลดลง เนื่องมาจากแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลและเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานมอเตอร์ได้อีกด้วย [2-3]

ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำส่วนใหญ่ มีสาเหตุหลักๆ อยู่ 3 สาเหตุ คือ ความเสียหายจากแบริ่งประมาณ 40-50% ความเสียหายจากขดลวดสเตเตอร์ประมาณ 30-40% และความเสียหายจากโรเตอร์หรือการแตกหักประมาณ 5-10% [4-7] แต่ในการใช้งานจริงอาจมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของมอเตอร์ เช่น สภาพแวดในการติดตั้งมอเตอร์ หรือความไม่สมดุลของระบบแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่ ซึ่งผู้ใช้งานส่วนใหญ่ละเลยในส่วนนี้ไป

จากปัญหาและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สภาวะเฟสไม่สมดุล โดยได้ทำการทดสอบและวิเคราะห์การใช้งานมอเตอร์ในงานภาคสนาม เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ถึงสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผล

กระทบต่อมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำอีกทั้งยังเป็นแนวทางและประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษาการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อมอเตอร์จากการใช้งานอีกด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง [8-12]

2.1 เปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

$$\%VUB = \frac{V_{\max\ dev}}{V_{avg}} \times 100 \quad (1)$$

$$V_{avg} = \frac{V_{ab} + V_{bc} + V_{ca}}{3} \quad (2)$$

เมื่อ $\%VUB$ คือ เปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

V_{avg} คือ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยระหว่างเฟส

$V_{\max\ dev}$ คือ แรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนสูงสุดระหว่างเฟสใดเฟสหนึ่ง

V_{ab}, V_{bc}, V_{ca} คือ แรงดันระหว่างเฟส

2.2 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

การประมาณการค่าอุณหภูมิสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นขณะใช้งานมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

$$T_{rise,unb} = T_{rise,rated} \times \left(1 + \frac{\%\Delta T}{100}\right) \quad (3)$$

เมื่อ $T_{rise,unb}$ คือ อุณหภูมิที่สูงขึ้นจากแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

$T_{rise,rated}$ คือ พิกัดอุณหภูมิสูงสุดของฉนวนที่สามารถยอมรับได้ แสดงดังตารางที่ 2

$\%\Delta T$ คือ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในมอเตอร์ไฟฟ้า

2.3 เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ

การที่มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่พิกัดโหลดเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ตัวมอเตอร์ $(\%\Delta T)$ จะมีผลมาจากค่าของเปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล ซึ่งสามารถประมาณการอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นได้จากสมการที่ 4 และมีอัตราการเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 1

$$\%\Delta T = 2 \times (\%VUB)^2 \quad (4)$$

ภาพที่ 1 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมอเตอร์จากสภาวะเฟสไม่สมดุล

3. การทดสอบค่าทางไฟฟ้าของมอเตอร์

การทดสอบค่าทางไฟฟ้าเป็นการทดสอบการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 6.6 kV 125 A 50 Hz 1200 kW จำนวน 5 ตัว โดยการกำหนดสภาวะการทำงานปกติ พร้อมทั้งทำการบันทึกค่าทางไฟฟ้า และนำมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุและปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อตัวมอเตอร์

ภาพที่ 2 แรงดันไฟฟ้ามอเตอร์ตัวที่ 1

ภาพที่ 3 แรงดันไฟฟ้ามอเตอร์ตัวที่ 2

ภาพที่ 4 แรงดันไฟฟ้ามอเตอร์ตัวที่ 3

ภาพที่ 5 แรงดันไฟฟ้ามอเตอร์ตัวที่ 4

ภาพที่ 6 แรงดันไฟฟ้ามอเตอร์ตัวที่ 5

4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

การวิเคราะห์ผลจากการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เป็นการนำค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการใช้งานมอเตอร์มาทำการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้งานมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล โดยสามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 7-11 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะใช้งานมอเตอร์

ภาพที่ 7 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นของมอเตอร์ตัวที่ 1

หมายเหตุ: เมื่อ %DT คือ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในมอเตอร์ไฟฟ้า

% VUB คือ เปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

ภาพที่ 8 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นของมอเตอร์ตัวที่ 2

ภาพที่ 9 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นของมอเตอร์ตัวที่ 3

ภาพที่ 10 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นของมอเตอร์ตัวที่ 4

ภาพที่ 11 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นของมอเตอร์ตัวที่ 5

จากการวิเคราะห์ผลพบว่าหากมีการใช้งานมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล จะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิของมอเตอร์ โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเป็น 2 เท่าของเปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้า และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
$\%VUB$	0.84	0.60	**1.28**	0.48	1.00
$\%\Delta T$	1.40	0.71	**3.25**	0.46	2.01
$T_{rise,unb}$	111.5	110.8	**113.6**	110.5	112.2

5. สรุป

การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สภาวะเฟสไม่สมดุล พบว่าหากมีการใช้งานมอเตอร์ในสภาวะของแรงดันมีความไม่คงที่สูง มีผลทำให้อุณหภูมิที่ตัวมอเตอร์เพิ่มสูงขึ้นจากการทดสอบการใช้งาน มอเตอร์ตัวที่ 3 มีสภาวะของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงถึง 1.28% ทำให้มีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจากเดิมถึง 3.25% ส่งผลทำให้อุณหภูมิตัวมอเตอร์มีค่าสูงขึ้นถึง 113.6 องศา ซึ่งเป็นสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความเป็นฉนวนของขดลวด และเป็นผลทำให้เกิดการลัดวงจรหรือเกิดความเสียหายแก่ตัวมอเตอร์ได้ จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อมอเตอร์จากการใช้งานในงานภาคสนาม

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ภัควี หะยะมิน และชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล, การประเมินสภาพของการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ, การประชุมวิชาการทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและหุ่นยนต์, สมาคมวิชาการหุ่นยนต์แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 2016.

[2] ยุทธพงศ์ ทัพผดุง, "ผลกระทบต่อสมรรถนะของมอเตอร์เหนี่ยวไฟฟ้า 3 เฟส เมื่อแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล", อินดัสเทรียล เทคโนโลยี รีวิว, ปีที่ 13, ฉบับที่ 165 (111-113), 2550.

[3] IEEE, "IEEE Recommended Practice for Design of Reliable Industrial and Commercial Power System", IEEE STD 493-1997, 1997.

[4] P.J Tavner and J. Penman, "Condition Monitoring of Electric Machines", Research Studies Press and John Wiley & Sona, 1987.

[5] M. Haji and H.A., "Pattren Recognition-A Technique for Induction Machines Rotor Broken Bar Detection", IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 16-4, pp. 312-317, 2001.

[6] S. Nandi and H.A. Toliyat, "Condition Monitoring and fault Detection of Electrical Machines", Industrial Application Conference, Thirty-fourth IAS Annual Meeting, vol. 1, pp.197-204, 2005.

[7] Motor Reliable Working Group, "Repost of Large Motor Reliability Survey of Industrial and Commercial Installation: Part I and Part II", IEEE Transaction on Industrial Application, vol. IA-21, No.4, pp.853-872, 2001.

[8] รัชต มั่งมีชัย, พิชิต ลำยอง และชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย, "การวิเคราะห์สมรรถนะของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อใช้งานในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่ปกติ", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 21, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร, 2541.

[9] ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์ และประภาษ ไพรสุวรรณา, "การวิเคราะห์ผลกระทบของแรงดันไฟฟ้าสามเฟสไม่สมดุลต่อกระแสสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยพิจารณาจากมุมเฟสของค่าตัวประกอบความไม่สมดุลของแรงดันเป็นตัวบ่งชี้", วิศวกรรรมสาร มข., ปีที่ 33, ฉบับที่ 2 (131-144), มีนาคม-เมษายน, 2549.

[10] Electric Motor Voltage Quality Problems, U.S. Department of Energy – Energy Efficiency and Renewable Energy, Spring 2005.

[11] พิชิต ลำยอง, "อายุใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ", บทความเชิงความรู้ด้านวิศวกรรม, สมาคมศิษย์เก่าคระวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545.

[12] A.K. Sawhney, "Electrical Machine Design", Dhanpat Rai & co.

7. ภาคผนวก

ตารางที่ 2 ค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้เพิ่มขึ้นของมอเตอร์

ระดับชั้นของฉนวน (Class of Insulation System)	A	B	F	H
อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (อ้างอิงค่าอุณหภูมิรอบข้างสูงสุดที่ 40 องศา				
1. อุณหภูมิของขดลวด โดยวิธีความต้านทาน				
ก) มอเตอร์ที่มีค่า Service Factor = 1.0 นอกเหนือจากหัวข้อที่ 1(ค) และ 1(ง)	60	80	105	125
ข) มอเตอร์ที่มีค่า Service Factor = 1.15 หรือมากกว่า	70	90	115	-
ค) มอเตอร์ที่มีการปิดสนิทที่มีค่า Service Factor = 1.0	65	85	110	135
ง) มอเตอร์ที่มีการปิดชุดขดลวดและอื่นๆ สนิทที่มีค่า Service Factor = 1.0	65	85	110	-

ตารางที่ 3 Class ของฉนวนตามมาตรฐาน IEC 85

	อุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้ของฉนวน (°C)	อุณหภูมิห้องสูงสุด (°C)	อุณหภูมิเพิ่มสูงสุดที่ยอมรับได้ (°K)	ค่าเผื่อทางอณหภม (°C)
Class A	105	40	60	5
Class B	130	40	80	10
Class E	120	40	75	5
Class F	155	40	105	10
Class H	180	40	125	15

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบและสร้างเครื่องบดละเอียดเศษเปลือกหอยนางรม

Design and fabrication of scrap oyster shell milling machine

บุญฤทธิ์ ปินตาสี[1] ศิริชัย สมแสน [1] ทวีศักดิ์ พิมพะ[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

43 ถนนสุขุมวิท ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110 โทรศัพท์ 038-358137 ต่อ 9113 E-mail: bunyalith_pi@rmutto.ac.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

43 ถนนสุขุมวิท ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110 โทรศัพท์ 038-358137 ต่อ 9113

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบดละเอียดเศษเปลือกหอยนางรม โดยมีเป้าหมายเพื่อหาความชื้นที่เหมาะสมและความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องบดละเอียดเศษเปลือกหอยนางรม เครื่องบดละเอียดแบบค้อน (Hammer mill) การหาความชื้นที่เหมาะสม โดยนำเปลือกหอยนางรมตากแดดเป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน แล้วนำไปบด พบว่าความสามารถในการทำงานเท่ากับ 7.42, 10.27 และ 8.68 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งความสามารถในการทำงานที่ดีที่สุดคือ 5 วัน พบว่าที่ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาทีมีความสามารถในการทำงานที่ดีที่สุด ส่วนขนาดเฉลี่ย 0.46 มิลลิเมตร ดัชนีความสม่ำเสมอสำหรับ หยาบ: ปานกลาง:ละเอียด คือ 0 : 5 : 5 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เปลือกหอยนางรม, เครื่องบดแบบค้อน

Abstract

The article of this study was to design and fabricate scrap oyster shell milling machine in order to determine moisture and optimal speed of scrap oyster shell milling machine. This machine was designed as Hammer mill. Optimal moisture was determined from oyster shell which was dried by sunlight for 3, 5 and 7 days then they was milled. The result showed that work capacity was 7.42, 10.27 and 8.68 kg/hr, respectively. The best work capacity, which found at 5 days. The result also showed that the best work capacity was found at 1,200 rpm which had average shell particle and consistency index >> (rough: average: fine) as 0.46 mm and 0:5:5, respectively.

Keywords: Oyster shell, Hammer mill

1. บทนำ

ในเขตจังหวัดชลบุรี ที่มีพื้นที่บางส่วนต่อติดกับชายทะเล ประชากรบางส่วนที่อยู่บริเวณนั้นได้ทำฟาร์มหอยนางรม ทำให้ประชาชนที่อยู่บริเวณนั้นมีอาชีพรับจ้างแกะหอยนางรม ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้มีปริมาณของเปลือกหอยนางรมกองเรียงรายข้างถนนและบริเวณพื้นที่ว่างต่างๆให้เห็นเป็นจำนวนมากขึ้นทุกปี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดจะนำหลักการของเครื่องลดขนาดแบบค้อนมาพัฒนาให้เป็นเครื่องบดละเอียดเศษเปลือกหอยนางรม ซึ่งเครื่องลดขนาดแบบค้อนเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการลดขนาดของวัสดุที่นิยมใช้กันมาก เหมาะกับการบดละเอียดถึงปานกลาง ในการบดวัตถุดิบสำหรับการผลิตอาหารสัตว์บก เช่น อาหารสัตว์ปีก สุกร และสัตว์เคี้ยวเอื้อง ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบจากการบดด้วยเครื่องแบบค้อน อยู่ในช่วง 400 – 1,200 ไมครอน (ชลาพร, 2551)

2. วิธีการวิจัย

การออกแบบเครื่องบดเปลือกหอยนางรมนั้น จะต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรง รับแรงที่ถูกกระทำได้ดี เนื่องจากเปลือกหอยนางรมนั้นมีความแข็งสูง เครื่องบดที่ได้ทำการออกแบบเป็นเครื่องบดแบบค้อน (Hammer mill) ในการออกแบบและสร้างเครื่องบดละเอียดเปลือกหอยนางรม

2.1 การทบทวนวรรณกรรม

จักรพันธ์ และคณะ (2554) ผลของความหนาและความเร็วของใบตีของเครื่องย่อยแบบ Hammer Mill ที่มีต่อความสามารถในการย่อยซังข้าวโพด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความหนาและความเร็วของใบตีของเครื่องย่อยแบบ Hammer mill ที่มีต่อความสามารถในการย่อยซังข้าวโพด โดยทำการทดสอบกับซังข้าวโพดแบบหมักและแบบไม่หมัก โดยใช้ความเร็วของใบตี 800, 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที และความหนาของใบตี 3, 6 และ 9 มิลลิเมตร ผลการศึกษาพบว่าการย่อยซังแบบหมักสามารถย่อยได้ง่ายกว่า ใช้ความเร็วและความหนาของใบตีที่ 1,400 รอบต่อนาที และ 9 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3. วิธีการศึกษา

3.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเปลือกหอยนางรม

ในการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลนี้ได้ทำการสุ่มเปลือกหอยนางรมมาจำนวน 60 เปลือก การทดลองมีวิธีการดังนี้

1. น้ำหนักวัดโดยเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (PL3002, METTLER TOLEDO, Switzerland พิกัด 3100 กรัม ความละเอียด 0.01กรัม)

รูปที่ 1 วัดน้ำหนักเปลือกหอยนางรม

2. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (Geometric mean diameter) ขนาดของเปลือกนั้นจะวัดตามวิธีการหาเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตโดยใช้Vernier Caliper (Mitutoyo, Japan ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร) เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลเชิงเรขาคณิตหาได้ดังนี้

$$\text{เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลเชิงเรขาคณิต} = (a \times b \times c)^{1/3} \quad (1)$$

เมื่อ a คือด้านที่ยาวที่สุดของเปลือกหอย b คือด้านยาวรองลงมาจากด้าน a ฉากกับ a และ c คือด้านยาวรองลงมาจากด้าน a และ b ฉากกับ a และ b การวัดเส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลเชิงเรขาคณิตของเปลือกหอยนองรมใช้ตัวอย่างทั้งสิ้น 60 ตัวอย่างและนำมาหาค่าเฉลี่ย

รูปที่ 2 วัดขนาดของเปลือกหอยนางรม

3. แรงกดแตก การทดสอบแรงกดแตกของเปลือกหอยนางรมใช้เครื่อง Compression machine (ADR 3000, ELE, UK) ทำการทดสอบที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา การทดสอบแรงกดแตกของเปลือกหอยนางรมใช้ตัวอย่างทั้งสิ้น 60 ตัวอย่างและนำมาหาค่าเฉลี่ย

รูปที่ 3 เครื่อง Compression machine (ADR 3000, ELE, UK)

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องบดระเอียดเปลือกหอยนางรม

การออกแบบเครื่องบดเปลือกหอยนางรมนั้น จะต้องเลือกใช้วัสดุที่รับแรงที่ถูกกระทำได้ดี เนื่องจากเปลือกหอยนางรมนั้นมีความแข็งสูง เครื่องบดที่ได้ทำการออกแบบเป็นเครื่องบดแบบค้อน ในการออกแบบและสร้างมีขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. การออกแบบชุดถังป้อน ชุดถังป้อนจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเชื่อมติดกับฝาปิดบน เพื่อรองรับเปลือกหอยที่จะไหลลงสู่ห้องบดตามแรงสั่นสะเทือน

2. การออกแบบชุดใบตี เครื่องบดที่มีจำนวนหัวค้อนมากจะเพิ่มพื้นที่ให้วัตถุดิบตีกระแทกกับหัวค้อนมากขึ้น เครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ที่มีจำนวนหัวค้อน 8 แถว โดยใบตีมีขนาด 90x30x5 มิลลิเมตร

รูปที่ 4 ชุดถังป้อนกับฝาบนของเครื่องบด

รูปที่ 5 ชุดใบตี

3. การออกแบบตะแกรง ขนาดของรูตะแกรง มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการบด ตะแกรงที่ออกแบบเป็นแบบครึ่งวงกลม รูมีขนาด 1 มิลลิเมตร

รูปที่ 6 ตะแกรงเครื่องบด

3.3 การหาขนาดหลังการบด

ในการหาขนาดวัสดุหลังการบดจะหาขนาดโดยการเขย่าด้วยตะแกรงโดยใช้ตะแกรงเบอร์ 3/8, 4, 8, 14, 30, 50, และ 100 เมช ในการหาค่าโมดูลัสความละเอียดและค่าดัชนีความสม่ำเสมอมีวิธีการดังนี้

1. เตรียมตัวอย่างมวลแห้ง (Dry matter) ของเปลือกหอยนางรมอบแห้งที่อุณหภูมิ 135 องศา เป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่จำนวน 250 กรัม

2. จัดเรียงตะแกรงร่อนจากเบอร์ใหญ่สุดไปหาเบอร์เล็กสุด และชั้นสุดท้ายคือจานรอง (Pan)

3. ชั่งน้ำหนักวัสดุที่ค้างบนตะแกรง 3/8 นิ้วตะแกรงเบอร์ 4 และ 8 แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักวัสดุทั้งหมด

4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 สำหรับวัสดุที่เหลือติดอยู่ในตะแกรงเบอร์ 14 และ 30 จะได้เปอร์เซ็นต์ของวัสดุปานกลางและสำหรับวัสดุที่เหลือติดอยู่ในตะแกรงเบอร์ 50, 100 และในจานรองจะได้เปอร์เซ็นต์ของวัสดุละเอียด

5. ค่าดัชนีความสม่ำเสมอของทั้ง 3 ส่วนรวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับ 10 เสมอดังนั้นค่าที่ได้จากข้อ 3 และข้อ 4 จะต้องหารด้วย 10 ตัวเลขหลังทศนิยมเกิน 0.5 ให้ปัดเป็น 1 และต่ำกว่า 0.5 ให้ปัดเป็น 0 ค่าที่เรียกว่าดัชนีความสม่ำเสมอ (UI)

6. คำนวณหาค่าโมดูลัสความละเอียด

6.1 กำหนดให้ค่าคงที่ประจำตะแกรงเบอร์ 3/8, 4, 8, 14, 30, 50, 100 และ Pan มีค่าเท่ากับ 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 และ 0 ตามลำดับ

6.2 นำค่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของวัสดุที่ค้างบนตะแกรงคูณด้วยค่าคงที่ประจำตะแกรง

6.3 รวมผลคูณทั้งหมดในข้อ 6.2 แล้วหารด้วย 100 ค่าที่ได้จะเป็นค่าของโมดูลัสความละเอียด และคำนวณหาขนาดเฉลี่ยของอนุภาค

4.ผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาและวิจัยเครื่องบดละเอียดเศษเปลือกหอยนางรมประกอบไปด้วย การศึกษาหาคุณสมบัติทางกายภาพของเปลือกหอยนางรม คุณสมบัติเชิงกล ผล ความเร็วรอบที่มีผลต่อสมรรถนะการบดละเอียดเศษเปลือกและการทดสอบหาความสามารถของเครื่องบดละเอียดเศษเปลือกหอยนางรม ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลของคุณสมบัติทางกายภาพของเปลือกหอยนางรม

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณสมบัติทางกายภาพของเปลือกหอยนางรม จากตารางแสดงให้เห็นว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (cm) ของเปลือกหอยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.4 ± 2.7 cm น้ำหนักของเปลือกหอยเท่ากับ 30.46 ± 3.92 g ความชื้นของเปลือกหอยเท่ากับ 21.51 ± 3.94 % wet basis

คุณสมบัติทางกายภาพ	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (cm)	60	42.4	± 2.7
น้ำหนัก (g)	60	30.46	± 3.92
ความชื้น (% wet basis)	60	21.51	± 3.94

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณสมบัติทางกายภาพของเปลือกหอยนางรม

4.2 ผลของคุณสมบัติเชิงกลของเปลือกหอยนางรม

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณสมบัติเชิงกลของเปลือกหอยนางรม ซึ่งในตารางแสดงให้เห็นว่าค่ามุมเสียดทานบนพื้นเหล็กมีค่าสูงสุดเท่ากับ 39 ± 1.79 องศา ลำดับถัดมาคือค่ามุมเสียดทานบนพื้นไม้เท่ากับ 31 ± 2.27 องศา และค่ามุมเสียดทานบนพื้นพลาสติกเท่ากับ 15 ± 1.65 องศา ดังนั้นการออกแบบเครื่องบดย่อยเปลือกหอยนางรมจำเป็นต้องใช้แรงในการกดมากกว่า 1.4 kN

คุณสมบัติเชิงกล	พื้น	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	(SD)
มุมเสียดทาน (องศา)	ไม้	60	31	± 2.27
	พลาสติก	60	15	±1.65
	เหล็ก	60	39	±1.79
แรงกดแตก (kN)		60	1.4	±0.67

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณสมบัติเชิงกลของเปลือกหอยนางรม

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบหาความชื้นที่เหมาะสมและความเร็วรอบที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความชื้นที่เหมาะสมของเครื่องบดละเอียดเศษเปลือกหอยนางรมคือที่ความชื้น 4 เปอร์เซ็นต์ โดยความสามารถในการทำงานได้ดีที่สุดคือ 10.27 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ความเร็วรอบ (rpm)	ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)		ขนาดเฉลี่ย (mm)	การกระจายของขนาด	กำลังงานที่ใช้ (kW)
	Mean	sd			
800	6.27	0.38	0.5	1 : 4 : 5	0.89
1,000	10.36	0.57	0.45	0 : 5 : 5	1.03
1,200	15.40	0.17	0.46	0 : 5 : 5	0.76

ตารางที่ 3 ผลการหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องบดละเอียดเศษเปลือกหอยนางรม

2. ความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องบดละเอียดเศษเปลือกหอยนางรมคือ ที่ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที โดยความสามารถในการทำงานได้ดีสุดเท่ากับ 15.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และได้ขนาดเฉลี่ย 0.46 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพึ่งพอใจ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองครั้งต่อไปควรเพิ่มความเร็วรอบให้สูงกว่าเดิมเพราะจะทำให้เครื่องมีความสามารถในการทำงานได้มากขึ้น

2. ควรปรับปรุงตะแกรงให้ดีกว่าเดิมเพราะอันเก่าที่ใช้ทดลองตรงจุดที่เชื่อมมีรูที่เกิดจากการเชื่อมไม่สนิท ทำให้วัสดุที่ถูกบดมีขนาดไม่สม่ำเสมอ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] จักรพันธ์ ด้วงคำ, จันทร์ชาย ชวนอุดม และสมโภช สุดาจันทร์. 2554. ผลของความหนาและความเร็วของใบตีของเครื่องย่อยแบบ Hammer Mill ที่มีต่อความสามารถในการย่อยซังข้าวโพด. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.resjournal.kku.ac.th/scitech/abs/a16_05_478.asp?vol=16 (21 ธันวาคม 2558)

[2] ฉัตรชัย สวัสดิ์พาณิชย์ และเบน นาเจริญ 2553. การปรับปรุงและการประเมินผล เครื่อง Hammer Mill เพื่อลดขนาดของปุ๋ยหมัก ที่ได้จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://app.enit.kku.ac.th/mis/administrator/doc_upload/20110310170229.pdf (13 กันยายน 2558)

[3] ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์, วิบูลย์ เทเพนทร์ และเวียง อากรชี. 2551. ออกแบบพัฒนาเครื่องบดแห้งทุเรียน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.doa.go.th/aeri/files/research/5 1 2 5 _durian_miller.pdf (21 ธันวาคม 2558)

[4] ชลาพร มารคทรัพย์. 2551. ผลของชนิดเครื่องบดและขนาดของอนุภาคข้าวโพดต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีของอาหารผงคุณภาพไข่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์. กรุงเทพ 98 หน้า

[5] พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. การผลิตอาหารสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพ.

[6] ระวิน สืบค้า. 2555. วิศวกรรมแปรสภาพผลิตผลเกษตร 1. สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, ชลบุรี. หน้า 187-201

[7] อุทัย คันโธ. ม.ป.ป. เอกสารการเรียนการสอนวิชากระบวนการผลิตอาหารสัตว์และวัตถุดิบอาหารสัตว์ขั้นสูง. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของโลหะด้วยการทดสอบแรงดึง

An Analysis of Mechanical Properties of Metals with Tensile Testing

ชรัญ โขมะพันธ์[1*] อาภัสรา จันทะเพ็ง[1] ภาณุเดช ฟักสูงเนิน[1] และ ณัฐชัย โปธิ[2]

[1]นักศึกษา และ [2]อาจารย์ที่ปรึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

234 ถนนเลย-เชียงคาน ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 42000 โทรศัพท์ 042-835232 E-mail: nattachai_me@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมชิ้นงานโลหะ 2 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) และเหล็กเพลาขาว (steel round bars) ที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดในพื้นที่จังหวัดเลย เพื่อใช้สำหรับการทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของโลหะ โดยมีขั้นตอนคือ ศึกษาข้อมูล ออกแบบ และการขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับทดสอบด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ (CNC Lathe Machine) ให้ได้ขนาดตามมาตรฐาน ISO 6892-1984 (E) และทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของโลหะด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (WDW-100) โดยวิธีการทดสอบแรงดึง (Tensile Testing) เพื่อวิเคราะห์ผล

จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของโลหะทั้ง 2 ชนิด ทำให้ทราบค่าความเค้นที่พิกัดปฏิภาค (proportional limit) เค้นคราก (yield stress) ความเค้นสูงสุด (ultimate stress) ความเค้นประลัย (fracture stress) และค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ของวัสดุที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งการวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงความแข็งแรงและข้อจำกัดในการใช้งานของวัสดุดังกล่าว ตลอดจนสามารถเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสำหรับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหรือการออกแบบโครงสร้างทางด้านวิศวกรรมได้

คำสำคัญ: คุณสมบัติเชิงกล เครื่องกลึงอัตโนมัติ การทดสอบแรงดึง

ABSTRACT

This research is conducted with the aim of preparing 2 types of metal: stainless steel and steel round bar, generally available in markets in Loei province, for testing and analyzing their mechanical properties. The study begins with an examination of designs, as well as shaping and sizing of a workpiece, in accordance with ISO 6892-1984 (E) for testing with a CNC lathe machine. The resulting workpieces are then tested with a universal testing machine (WDW-100), through tensile testing so as to ascertain further data.

From mechanical properties testing, proportional limit, yield stress, ultimate stress, fracture stress, and modulus of elasticity of both materials are revealed. This research also suggests strength and limitations on uses of the materials; thus enabling a selection of a material suitable for designing mechanical parts and engineering structures.

Keywords: Mechanical properties, CNC lathe machine, tensile testing

บทนำ

การสร้างสรรค์งานทางด้านวิศวกรรมหรือการออกแบบที่พบเห็นในปัจจุบัน อาทิ รถยนต์ เครื่องจักร สะพาน สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ หรือแม้แต่งานสร้างสรรค์ใหม่ ๆ ที่ผู้ใช้งานอาจจะต้องออกแบบซึ่งล้วนต้องอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้งาน หากชิ้นงานนั้นเกี่ยวข้องกับการรับแรง ผู้ใช้งานต้องเข้าใจพฤติกรรมของแรงที่กระทำกับชิ้นงานหรือโครงสร้าง พฤติกรรมการเสียรูป ตลอดจนเงื่อนไขที่ทำให้ชิ้นงานหรือโครงสร้างนั้น ๆ แตกหักและพังเสียหายได้ ทั้งนี้เพื่อให้ชิ้นงานที่ออกแบบมีความคงทนและปลอดภัยต่อการใช้งาน [1] ตัวอย่างเช่น การสร้างรถยนต์ ผู้ใช้งานต้องออกแบบโครงสร้างที่มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นเพียงพอที่จะรองรับน้ำหนักบรรทุกและแรงกระแทกขณะชนได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐาน เป็นต้น การออกแบบดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ทางด้านกลศาสตร์วิศวกรรมเข้ามาช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้าใจด้านสมบัติของวัสดุ เพื่อสามารถเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท เพราะหากเลือกใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานจะส่งผลให้ชิ้นงานเกิดความเสียหายและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ เช่น การแตกหักของเพลาข้อเหวี่ยง และการแตกหักของเสารับน้ำหนัก เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาและทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุประเภทโลหะ 2 ชนิด ที่นิยมใช้ในงานออกแบบและขึ้นรูปชิ้นส่วนเครื่องจักรกล หรืองานทางด้านวิศวกรรม ซึ่งได้แก่ เหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กเพลารูปพรรณชนิดเหล็กเพลาขาว ที่จำหน่ายตามท้องตลาดในพื้นที่จังหวัดเลย โดยวัสดุทั้ง 2 ชนิด ต้องผ่านกระบวนการขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติให้ได้ขนาดชิ้นงานเพื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลตามมาตราฐาน ISO - 6892 ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงรุ่น (WDW-100) เพื่อวิเคราะห์ผล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานโลหะเหล็กกล้าไร้สนิม และเหล็กเพลาขาวมีจำหน่ายตามท้องตลาดในพื้นที่จังหวัดเลย ด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติสำหรับการทดสอบสมบัติเชิงกล

2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของโลหะด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (WDW-100) ของชิ้นงานทดสอบด้วยวิธีการทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ISO 6892 – 1984 (E)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยนี้เพื่อให้การทดสอบเป็นไปตามหลักเกณฑ์การทดสอบที่เป็นมาตรฐานสากลได้ งานวิจัยนี้จึงต้องศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. มาตรฐานของชิ้นงานทดสอบ

ในการทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกลของโลหะ โดยทั่วไปสามารถทดสอบได้หลากหลายมาตรฐาน เช่นมาตรฐาน ISO, ASTM, JIS, AISI เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลของการทดสอบของแต่ละมาตรฐานนั้นสามารถเทียบเคียงกันได้ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้มาตรฐานในการขึ้นรูปและทดสอบด้วยการดึงตามมาตรฐาน ISO 6892 – 1984 [2] โดยมีมิติของขนาดชิ้นงานทดสอบหน้าตัดกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.98 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1 และตารางที่ 1 ตามลำดับดังนี้

รูปที่ 1 สัญลักษณ์ของชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ISO - 6892

ตารางที่ 1 มิติของชิ้นทดสอบภาคตัดวงกลม [2] ตามมาตรฐาน ISO 6892

พื้นที่ภาคตัด (S_o)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (d)	ความยาวพิกัด (L_o)	ความยาวส่วนขนาดต่ำสุด (L_c)	รัศมีของบ่าต่ำสุด (r)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
12.5	3.99	20	22	4	0.02
25	5.64	28	31	5	0.03
*50	7.98	40	44	8	0.04*
100	11.28	56	62	10	0.05
150	13.82	69	76	13	0.06
200	15.59	80	88	15	0.08
400	22.56	113	124	23.5	0.13

2. เทคนิคการขึ้นรูปชิ้นงานโลหะด้วยการกลึง

เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีขนาดตรงตามที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานและมีผิวของชิ้นงานที่ไม่เป็นตำหนิหรือข้อบกพร่องซึ่งจะทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นการกลึงชิ้นงานจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องปรับค่าความเร็วรอบ (n) และความเร็วตัด (Vc) ซึ่งมีผลกระทบต่อการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบให้เหมาะสม ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ [3] ดังนี้

2.1 ชนิดของวัสดุ ซึ่งหากวัสดุที่นำมาขึ้นรูปมีความแข็งแรงมากต้องใช้ความเร็วตัดของใบมีดต่ำลง

2.2 ชนิดของใบมีดกลึง หากใบมีดกลึงเป็นมีดกลึงเหล็กรอบสูง ควรใช้ความเร็ว Vc อยู่ในช่วง 10 – 90 มิลลิเมตรต่อนาที และสำหรับมีดกลึงโลหะแข็งความเร็ว Vc จะอยู่ในช่วง 100 – 300 มิลลิเมตรต่อนาที

2.3 อัตราป้อนกลึง (feed rate) ที่มีความเร็วในหน่วยมิลลิเมตรต่อรอบ กรณีที่เป็นการกลึงละเอียดจะใช้อัตราการป้อนกลึงน้อยกว่างานกลึงหยาบ

2.4 ความลึกกลึง การกลึงผิวหยาบจะกัดชิ้นงานลึกมากกว่างานละเอียด

นอกจากนั้นยังสามารถคำนวณความเร็วรอบ และความเร็วตัดได้จากสมการที่ 1 ดังนี้

$$n = (1000 \times Vc)/\pi d \qquad (1)$$

สำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบงานวิจัยนี้ได้ใช้ใบมีดกลึงที่ทำมาจากมีดกลึงเหล็กรอบสูง โดยพิจารณาเลือกใช้ค่าความเร็วตัดเท่ากับ 40 มิลลิเมตรต่อนาที สำหรับการกลึงหยาบ และ 50 มิลลิเมตรต่อนาที สำหรับงานกลึงละเอียด จากการคำนวณหาค่าความเร็วรอบเพื่อให้ชิ้นงานทดสอบมีคุณภาพของผิวชิ้นงานที่เหมาะสมโดยคำนวณได้จากสมการที่ 1 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ความเร็วรอบในการกลึงหยาบที่ 800 รอบต่อนาที การกลึงระเอียดที่ 1600 รอบต่อนาที

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเภทของโลหะเหล็กกล้าไร้สนิม และเหล็กรูปพรรณชนิดเหล็กเพลาขาว
2. ศึกษาการทำงานของเครื่องกลึงอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการขึ้นรูปชิ้นทดสอบ
3. ออกแบบชิ้นงาน เขียน G – Gode และ จัดเตรียมชิ้นงานทดสอบ
4. ดำเนินการทดสอบตามแผนการทดสอบพร้อมทั้งบันทึกข้อมูล
5. ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลโดยวิธีการดึงเพื่อหาความสัมพันธ์ของความเค้น–ความเครียด
6. วิเคราะห์ผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องกลึงอัตโนมัติเพื่อใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบแล้ว จึงได้ดำเนินการควบคุมการทำงานเครื่องกลึง CNC ด้วยคำสั่ง G - Code ดังรูปที่ 2 เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบดังกล่าวตามรูปที่ 3 พร้อมตรวจสอบขนาดชิ้นงานที่ได้เทียบขนาดตามมาตรฐานการขึ้นรูป ISO - 6892 ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4 ตามลำดับดังนี้

รูปที่ 2 การควบคุมการทำงานเครื่องกลึง CNC ด้วยคำสั่ง G - Code

รูปที่ 3 การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องกลึง CNC

รูปที่ 4 ตรวจสอบขนาดชิ้นงานตามมาตรฐานการขึ้นรูป ISO – 6892

รูปที่ 5 การทดสอบทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของโลหะด้วยเครื่อง Universal Testing Machine

การทดสอบและผลการทดสอบ

จากรูปที่ 5 ที่แสดงไว้ก่อนหน้าเป็นการนำชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปตามมาตรฐานมาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของโลหะด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (WDW-100) โดยวิธีการทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ISO 6892 – 1984 (E)

จากผลการทดสอบพบว่าความสัมพันธ์ของความเค้น–ความเครียด ให้ผลการทดสอบของโลหะแต่ละชนิดดังนี้

การทดสอบที่ 1 (เหล็กเพลาวขาว)

กรณีเหล็กเพลาวขาวพบว่าให้ผลการทดสอบเป็นไปตามแผนภาพความเค้น-ความเครียด ในรูปที่ 6

รูปที่ 6 แผนภาพความเค้น-ความเครียด ของเหล็กเพลาขาว

จากแผนภาพทำให้ทราบค่าคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กเพลาขาวที่มีจำหน่ายทั่วไปในพื้นที่จังหวัดเลย ดังนี้

ความเค้นที่พิกัดปฏิภาค (proportional limit)	360 Mpa
เค้นคราก (yield stress)	405 Mpa
ความเค้นสูงสุด (ultimate stress)	727 Mpa
ความเค้นประลัย (fracture stress)	562 Mpa
โมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity)	21.66 Gpa

การทดสอบที่ 2 (เหล็กกล้าไร้สนิม)

กรณีเหล็กกล้าไร้สนิมพบว่าให้ผลการทดสอบเป็นไปตามแผนภาพความเค้น-ความเครียด ในรูปที่ 7 ดังนี้

รูปที่ 7 แผนภาพความเค้น-ความเครียด ของเหล็กกล้าไร้สนิม

จากแผนภาพทำให้ทราบค่าคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีจำหน่ายทั่วไปในพื้นที่จังหวัดเลย ดังนี้

ความเค้นที่พิกัดปฏิภาค (proportional limit)	520 Mpa
เค้นคราก (yield stress)	564 Mpa
ความเค้นสูงสุด (ultimate stress)	692 Mpa
ความเค้นประลัย (fracture stress)	400 Mpa
โมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity)	20.70 Gpa

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของโลหะ 2 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้าไร้สนิม และเหล็กเพลาขาวที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดในพื้นที่จังหวัดเลย ทำให้ทราบค่าความเค้นที่พิกัดปฏิภาค เค้นคราก ความเค้นสูงสุด ความเค้นประลัย และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งการวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงความแข็งแรงและข้อจำกัดในการใช้งานของวัสดุดังกล่าว ตลอดจนสามารถเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสำหรับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหรือการออกแบบโครงสร้างทางด้านวิศวกรรมได้

เอกสารอ้างอิง

[1] กนต์ธร ชำนิประศาสน์. “ปฏิบัติการทางวิศวกรรมเครื่องกล ภาค 1/59. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์,” กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2552.

[2] มานพ ตันตระบัณฑิตย์, “งานทดสอบวัสดุอุตสาหกรรม (ฉบับปรับปรุง),” กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546.

[3] สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ, “เครื่องกลึง CNC,” กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

[4] สิทธิชัย แสงอาทิตย์, “กลศาสตร์วัสดุ.” กรุงเทพฯ, 2552.

[5] Robert L. Mott. “Machine Elements in Mechanical Design 4rd ed. New Jersey. Pearson Prentice Hall. 2004

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การวิเคราะห์ผลของรากสายดินต่อกับดักเสิร์จในระบบจำหน่ายด้วยโปรแกรมเอทีพี-อีเอ็มทีพี

Analysis of the Earth Terminals to Surge Arrester in distribution system by ATP-EMTP Program

ธีระพงศ์ มงคลคลี วัฒนศักดิ์ บุญมี* และวิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย

99 หมู่ที่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120 โทรศัพท์ 053-723979 * Email: wattanasak201419@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ผลจำลองของรากสายดินต่อกับดักเสิร์จในระบบจำหน่าย ทำการจำลองจากโมเดลต้นแบบประกอบด้วย IEEE-Model, Pinceti-Model และ RMUTL-Model โดยมีการคำนวณวงจรระบบรากสายดินต่อร่วมเข้าไปเพื่อหาค่ากระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้น จึงเลือกใช้โปรแกรม Altemative Transient Program – Electromagnetic Transient Program (ATP-EMTP) มาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเกิดฟ้าผ่า เลือกใช้รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่า 8/20 μs ขนาดความชันหน้าคลื่น 10 kA เลือกผลิตภัณฑ์กับดักเสิร์จจากผู้ผลิต PRECISE รุ่น PAZ-P21-1 พิกัดแรงดัน 21kV 10 kA Class 1 กำหนดค่าความต้านทาน (R) ค่าความเหนี่ยวนำ (L) และค่าตัวเก็บประจุ (C) ของวงจรรากสายดินเท่ากับ 5.7865 โอห์ม, 0.0024 mH และ $1.4579\times10^{-21}F$ ตามลำดับ ผลของกระแสรั่วไหลจากการจำลองโมเดลทั้งสามแบบ มีค่ากระแสรั่วไหลเนื่องจากฟ้าผ่าใกล้เคียงกัน ผลจากการจำลองนี้สามารถนำไปเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดอิมพัลส์ฟ้าผ่าได้

คำสำคัญ: กระแสอิมพัลส์, กับดักเสิร์จ, รากสายดิน, โมเดล

Abstract

This paper presents “Analysis of the Earth Terminals in Surge Arrester distribution system” The simulation model There are three model of surge arrester which are IEEE model, Pinceti model, RMUTL model. By adding the Earth Terminal into the joint for measure to leakage current. Using Altermative transient program - Electromagnetic transient program (ATP-EMTP) in a comparative analysis of the lightning discharge. Using the impulse current wave 8/2 μs and steep wave front 10 kA. The producth from manufacturers is PRECISE Type: PAZ-P21-1 Rated Voltage 21 kV, 10 kA Class 1. Configurations resistace (R), inductance (L) and capacitor (C) of the Earth Terminals as 5.7865 Ohm, 0.0024 mH and $1.4579\times10^{-21}F$ to respectively. The result of three model have an leakage current to lightning nere the well. Can be used as database In order to learn more about the lightning impulse

Keywords : Impulse current, Surge Arrester, Earth Terminals, models

1. บทนำ

ปัญหาแรงดันเกินที่เกิดขึ้นในระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังส่วนมากเกิดขึ้นจากการถูกฟ้าผ่าลงบนสายดินป้องกัน (OHGW) และฟ้าผ่าลงบนสายตัวนำจึงเกิดปรากฏการณ์แรงดันเกินชั่วครู่ (Temporary Overvoltage) เปิด – ปิด ของวงจรทางไฟฟ้า (Switching Overvoltage) จากเหตุการณ์ที่กล่าวมานี้ เป็นสาเหตุให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นโดยเกิดขึ้นในสายส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังซึ่งจะส่งผลเสียหายต่อระบบ ทำให้ความน่าเชื่อถือของระบบลดลง และอาจจะทำให้เกิดการสูญเสียทั้งทรัพย์สินและชีวิตได้ ปัจจุบันอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานป้องกันแรงดันเกินในระบบไฟฟ้าก็คือ กับดักเสิร์จ [1]

ในส่วนของคุณสมบัติการทำงานของกับดักเสิร์จจะประกอบด้วยค่าความต้านทานที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Resistance) ในสภาวะการใช้งานปกติจะมีค่าอิมพีแดนซ์สูง (High Impedance) แต่เมื่อมีกระแสเสิร์จเข้ามาในระบบเพิ่มมากขึ้นค่าอิมพีแดนซ์จะมีค่าลดลง (Low Impedance) เพื่อขจัดกระแสเสิร์จที่เข้ามาในระบบลงสู่พื้นดิน แรงดันตกคร่อมของกับดักเสิร์จจะเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นเชิงเส้นกับกระแส ดังนั้นกับดักเสิร์จจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันที่ใช้งานในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยจะนำกระแสให้ไหลลงดินเมื่อมีแรงดันเกินเข้ามาในระบบ และป้องกันแรงดันเกินที่เกิดจากฟ้าผ่าและสวิตชิ่ง [2]

บทความวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ผลจำลองกระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นในวงจรของกับดักเสิร์จในระบบจำหน่าย ที่มีการต่อวงจรรากสายดินร่วมเข้าไป โดยเลือกใช้โปรแกรม ATP-EMTP มาใช้ในการจำลองและเลือกใช้ข้อมูลจากผลิตภัณฑ์กับดักเสิร์จชนิดเมทอลออกไซด์

ยี่ฮ้อ PRECISE รุ่น PAZ-P21-1 พิกัดแรงดัน 21kV 10 kA Class 1 มาใช้ใน การจำลอง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 รากสายดิน

รากสายดินที่ใช้ในระบบป้องกันฟ้าผ่านั้นจะเป็นแบบแท่งหลักดินแนวดิ่ง หรือรากสายดินแนวระดับ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านรากสายดินแต่ละชนิดก็จะมีผลตอบสนองต่อกระแสความถี่สูงของฟ้าผ่าต่างกัน เนื่องจากหลักดินแนวดิ่งจะมีค่าคาปาซิแตนซ์และอินดักแตนซ์อยู่ซึ่งจะมีผลต่อกระแสฟ้าผ่าความถี่สูง ในการวิเคราะห์หลักดินที่มีผลต่อกระแสฟ้าผ่าจะใช้เกณฑ์ของค่าเวลาคงที่ และความถี่ธรรมชาติของแท่งหลักดินซึ่งเป็นวงจร RLC [3]

รูปที่ 1 วงจรสมมูล RLC ระบบรากสายดิน
ที่มา: วงจรสมมูลโปรแกรม ATP-EMTP

2.2 การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ป้อนข้อมูลทดลองในโปรแกรม ATP-EMTP [3]

2.2.1 การหาค่า Resistance (R) ของสายกราวด์

$$R = \frac{\rho}{2\pi\ell}\ell n(\frac{2\ell}{a}) \qquad (1)$$

โดย

ρ = ค่าความต้านทานจำเพาะของดิน Ω/m

a = ค่ารัศมีของสาย mm

ℓ = ค่าความยาวของแท่งหลักดิน m

2.2.2 การหาค่า Inductance (L) ของสายกราวด์

$$L = 2\ell\mu\ell n(\frac{2\ell}{a})\times 10^{-7} H \qquad (2)$$

โดย

μ = ค่าความซึมซาบของเส้นแรงแม่เหล็กเทียบกับสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 1 แม้กระทั่งแท่งหลักดินที่ทำด้วยเหล็ก ก็เท่ากับ 1 เช่นกัน

2.2.3 การหาค่า Capacitance (C) ของสายกราวด์

$$C = \frac{\varepsilon\ell}{2\ell n(\frac{2\ell}{a})}\times\frac{10^{-9}}{9}F \qquad (3)$$

โดย

ε = ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกที่สัมพันธ์กับสุญญากาศ

3. วิธีการทดลอง

การจำลองผลจากการเกิดอิมพัลส์ฟ้าผ่าในวงจรกับดักเสิร์จที่มีการใช้วงจรรากสายดินต่อร่วมเข้าไปด้วย จะเลือกใช้รูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่า 8/20 μs ขนาดความชันหน้าคลื่น 10 kA เลือกผลิตภัณฑ์กับดักเสิร์จจากผู้ผลิต PRECISE รุ่น PAZ-P21-1 พิกัดแรงดัน 21kV 10 kA Class 1 กำหนดค่าความต้านทาน (R) ค่าความเหนี่ยวนำ (L) และค่าตัวเก็บ ประจุ (C) ของวงจรรากสายดินเท่ากับ 5.7865 โอห์ม, 0.0024 mH และ $1.4579\times10^{-21}F$ ตามลำดับ เลือกใช้สายตัวนำชนิดทองแดงขนาด 50 mm^2 และความยาวของหลักดิน 2 เมตร มาใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ป้อนเข้าไปในโปรแกรม ATP-EMTP ในส่วนของวงจรทดลองจะใช้โมเดลต้นแบบทั้งสามโมเดล ประกอบด้วย IEEE-Model, Pinceti-Model และ RMUTL-Model โดยจะนำวงจรระบบรากสายดินที่ได้คำนวณไว้มาต่อร่วมเข้าไปกับโมเดลทั้งสามแบบ จากนั้นก็จะทำการทดลองจ่ายแรงดันฟ้าผ่าเข้าไปในวงจร แล้วดูลักษณะของกราฟที่ได้ว่าลักษณะกราฟที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร และค่ากระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงหรือต่างกันอย่างไร รูปแบบของวงจรที่ใช้ในการจำลอง มีลักษณะดังต่อไปนี้

3.1 แบบจำลองกับดักเสิร์จแบบ RMUTL (RMUTL-Model) [2]

รูปที่ 2 แบบจำลองกับดักเสิร์จจาก RMUTL-Model
ที่มา: วงจรสมมูลโปรแกรม ATP-EMTP

3.2 แบบจำลองกับดักเสิร์จแบบ Penceti (Penceti Model) [4]

รูปที่ 3 แบบจำลองกับดักเสิร์จจาก Pinceti-Model
ที่มา: วงจรสมมูลโปรแกรม ATP-EMTP

3.3 แบบจำลองกับดักเสิร์จแบบ IEEE (IEEE Model) [5]

รูปที่ 4 แบบจำลองกับดักเสิร์จจาก IEEE-Model
ที่มา: วงจรสมมูลโปรแกรม ATP-EMTP

4. ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการทดลอง จะนำเสนอในรูปแบบของกราฟ เพื่อให้เห็นภาพรวมของการจำลอง โดยที่ผลของค่ากระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นขณะแรงดันเกินไหลผ่านกับดักเสิร์จในวงจรของโมเดลแต่ละแบบ ลักษณะของกราฟที่เกิดขึ้นขณะเกิดแรงดันเกินจะแสดงออกมาในลักษณะรูปคลื่นการเกิดอิมพัลส์ฟ้าผ่า ซึ่งแรงดันอิมพัลส์คือแรงดันทรานเซี้ยนต์แบบไม่เป็นรายคาบ เนื่องจากแรงดันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากศูนย์ไปจนถึงค่ายอด แล้วค่อยๆลดลงไปถึงศูนย์อย่างช้าๆ โดยสามารถดูได้จากกราฟที่จะแสดงดังรูปที่ 5-7

4.1 รูปคลื่นกระแสรั่วไหลของแบบจำลองกับดักเสิร์จ IEEE-Model

รูปที่ 5 ลักษณะกราฟของค่ากระแสรั่วไหลจาก IEEE-Model

4.2 รูปคลื่นกระแสรั่วไหลของแบบจำลองกับดักเสิร์จ Pinceti-Model

รูปที่ 6 ลักษณะกราฟของค่ากระแสรั่วไหลจาก Pinceti-Model

4.3 รูปคลื่นกระแสรั่วไหลของแบบจำลองกับดักเสิร์จ RMUTL-Model

รูปที่ 7 ลักษณะกราฟของค่ากระแสรั่วไหลจาก RMUTL-Model

5. สรุปผลการทดลอง

บทความวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ผลจำลองกระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นในวงจรของกับดักเสิร์จในระบบจำหน่าย โดยมีการต่อวงจรรากสายดินที่มีการคำนวณค่าต่างๆร่วมเข้าไป โดยเลือกใช้โปรแกรม ATP-EMTP มาใช้ในการจำลอง และเลือกใช้ข้อมูลจากผลิตภัณฑ์กับดักเสิร์จชนิดเมทอลออกไซด์ ยี่ห้อ PRECISE รุ่น PAZ-P21-1 พิกัดแรงดัน 21kV 10 kA Class 1 มาใช้ในการจำลอง ผลจากการจำลองพบว่าที่ค่ากระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่า 8/20 μs ขนาดความชันหน้าคลื่น 10 kA ค่ากระแสรั่วไหลที่ได้จากโมเดลทั้งสามแบบมีค่าใกล้เคียงกัน และลักษณะกราฟที่ได้จากการจำลองก็มีลักษณะรูปคลื่นที่ไม่ต่างกันมากนัก

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการออกแบบและทดลองที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย โดยบทความวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ อาจารย์ ดร.อนนท์ นำอิน และขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือ ให้ความอนุเคราะห์ และช่วยชี้แนะแนวทางทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวมาในที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ, ณัฐวุฒิ วงษ์แก้ว และ กิตติพันธ์ ประมายันต์. แบบจำลองกับดักเสิร์จชนิดเมทัลออกไซด์ ในระบบจำหน่าย 22 kV. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีที่ 11 ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม 2558

[2] วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ และ เสรี เลิศชมพู. สมรรถนะทางไฟฟ้าของกับดักเสิร์จชนิดพอร์ซเลน ในระบบจำหน่าย 22 kV ภายใต้สภาวะสิ่งเปรอะเปื้อน. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย; 2558

[3] วิวัฒน์ กุลวงศ์วิทย์. สมาคมวิศวกรออกแบบและปรึกษาเครื่องกลและไฟฟ้าไทย. การต่อลงดิน อิมพัลส์อิมพีแดนซ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. เค.พี จันทรเกษม; 2552.

[4] Pinceti P. and M. Giannttoni 1999. A simplified model for zinc oxide surge arrester.IEEE Transaction on Power Delivery. Vol. 14 (1999): 393-398

[5] IEEE Working Group 3.4.11 Application of Surge Protective Devices Subcommittee SurgeProtective Devices committee. 1992. Modeling of Metal Oxide Surge Arrester. IEEETransaction on Power Delivery. Vol.7 (1992): 302-309.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบตัวควบคุมป้อนกลับสถานะสำหรับระบบควบคุมความเร็ว

State Feedback Controller Design for Speed Control System

ไมตรี ธรรมา อภิวัฒน์ ลุนพงษ์ ธนาฒน์ สุกนวล และวิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

744 ถนนสุรนารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-233000 โทรสาร 044-233052 E-mail: info@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวิธีการปริภูมิสถานะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติที่สภาวะคงตัวของระบบควบคุมความเร็วเพื่อกำจัดค่าผิดพลาดให้เป็นศูนย์ โดยอาศัยตัวควบคุมป้อนกลับสถานะและอัตราขยายในส่วนไปหน้า จากค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมจากแบบจำลองของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวิธีการวางตำแหน่งโพล โดยการคำนวณหาค่าเมตริกซ์อัตราขยายด้วยวิธีการของอาร์คเคอร์มานน์ จากผลการจำลองและการทดลองพบว่าตัวควบคุมป้อนกลับสถานะให้ผลตอบสนองที่ดีและสามารถกำจัดค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัว

คำสำคัญ: ตัวควบคุมป้อนกลับสถานะ, การวางตำแหน่งโพล, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, การควบคุมความเร็ว

Abstract

The design and modeling for DC motor speed control using state space technique has been presented in this paper. The objective of the work is to improve the steady state performance of the DC motor speed control system thereby eliminating the steady state error of the motor speed. The state space model of the DC motor is considered and state feedback controller design is proposed. The state feedback controller with Feed-forward control are designed using Pole Placement Technique. Ackerman's formula is used to find the value of feedback gain matrix. According to the experimental result, state feedback controller with feed-forward path control has the better performance in terms of steady state error.

Keywords: state feedback, pole placement, dc motor, speed control

1. บทนำ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างยิ่งและนิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแบบลูปเปิดยังมีข้อที่บกพร่องอยู่ คือ ความเร็วของมอเตอร์ไม่คงที่ขณะที่โหลดมีการเปลี่ยนแปลงจึงทำให้เอาต์พุตอาจมีค่าเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดการรบกวนทั้งภายนอกและภายในระบบได้ ดังนั้นจึงมีความต้องการที่ออกแบบระบบควบคุมแบบลูปปิดที่สามารถตรวจจับความคลาดเคลื่อนของระหว่างสัญญาณขาออกและสัญญาณอ้างอิงได้ จึงได้มีการคิดค้นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ตัวควบคุมป้อนกลับสถานะ (State feedback) ขึ้นมาเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบแบบลูปเปิด

บทความนี้เป็นการออกแบบและสร้างระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการออกแบบระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ด้วยระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ตัวควบคุมป้อนกลับสถานะ ซึ่งเป็นตัวควบคุมที่สามารถควบคุมระบบที่มีความซับซ้อนได้และรวมทั้งระบบที่มีสัญญาณขาเข้าหลายทางและสัญญาณขาออกหลายทาง อีกทั้งเป็นระบบควบคุมที่ไม่จำกัดจำนวนโพลและซีโร่ของตัวควบคุม`[1-4] ซึ่งต่างจากระบบควบคุมแบบดั้งเดิมที่ใช้ตัวควบคุมพีไอดี ถึงแม้จะมีความสามารถในการปรับปรุงดีขึ้นมากกว่าระบบควบคุมแบบเปิดมากแต่ก็ยังเหมาะเพียงกับระบบที่มีสัญญาณขาเข้าทางเดียวและสัญญาณขาออกทางเดียว และมีข้อจำกัดของโพลและซีโร่ของตัวควบคุมไม่สามารถใช้กับระบบควบคุมที่มีอันดับสูงๆได้โดยตรง อย่างไรก็ตามตัวควบคุมป้อนกลับสถานะมีวิธีการออกแบบซับซ้อนกว่า [5,6] ดังนั้นการประยุกต์ใช้งานจำเป็นต้องพิจารณาถึงสมรรถนะของระบบที่ต้องการและต้นทุนที่เพิ่มขึ้น

2. มอเตอร์กระแสตรง

แบบจำลองระบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แบบจำลองระบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

แรงบิดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นสัดส่วนกับกระแสอาร์เมเจอร์ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\tau = k_i i \tag{1}$$

เมื่อ k_i คือ ค่าแรงบิดคงตัวของมอเตอร์ แรงดันไฟฟ้าย้อนกลับเป็นสัดส่วนกับความเร็วเชิงมุมสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$e = k_e \dot{\theta} \tag{2}$$

โดยที่ k_e คือ แรงดันไฟฟ้าย้อนกลับคงตัวของมอเตอร์ จากกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ช็อฟฟ์ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$L\frac{di}{dt} + Ri = V - k\dot{\theta} \tag{3}$$

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน จะได้

$$J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} = k_i \tag{4}$$

อาศัยจากสมการ (3) และ (4) โดยใช้วิธีการแปลงลาปลาซ สามารถเขียนสมการในรูปได้ดังนี้

$$s(Js + b)\theta(s) = kI(s) \tag{5}$$

$$(Ls + R)I(s) = V(s) - ks\theta(S) \tag{6}$$

จากสมการที่ (5) และ (6) เพื่อหาฟังก์ชันการถ่ายโอนวงเปิด จะทำการกำจัด $I(s)$ ซึ่งระหว่างทั้งสองสมการ ที่ความเร็วในการหมุนถือว่าเป็นเอาต์พุตและแรงดันไฟฟ้าอาร์เมเจอร์ถือว่าเป็นอินพุต สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$P(s) = \frac{\dot{\theta}(s)}{V(s)} = \frac{k}{(Ls+R)(Js+B)+k^2}\left[\frac{red/\sec}{V}\right] \tag{7}$$

สามารถเขียนในรูปสมการสถานะได้ดังนี้

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix}\dot{\theta}\\ i\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}-\frac{b}{J} & \frac{K}{J}\\ -\frac{K}{L} & \frac{R}{L}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{\theta}\\ i\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0\\ \frac{1}{L}\end{bmatrix}V \tag{8}$$

และ

$$y = \begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}\dot{\theta}\\ i\end{bmatrix} \tag{9}$$

3. การออกแบบตัวควบคุมป้อนกลับสถานะ

แผนภาพของระบบควบคุมป้อนกลับสถานะแสดงดังรูปที่ 2 โดยกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบมีดังนี้ ให้มีช่วงเวลาเข้าที่ไม่เกิน *2* วินาที ค่าพุ่งเกินสูงสุด น้อยกว่า *5%* และค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัวเป็นศูนย์

รูปที่ 2 ระบบควบคุมป้อนกลับสถานะ

จากสมการสถานะของระบบเชิงเส้นที่มาเปลี่ยนแปลงตามเวลา

$$\dot{x} = Ax + Bu$$
$$y = Cx \tag{10}$$

เมื่อ

x = ตัวแปรสถานะ
u = สัญญาณควบคุม
y = สัญญาณเอาท์พุท
A = เมทริกซ์ระบบ $(n \times n)$
B = เมทริกซ์ระบบ $(n \times 1)$
C = เมทริกซ์ระบบ $(1 \times n)$

พิจารณาการหาผลตอบสนองของระบบป้อนกลับสถานะจากเมตริกซ์ของระบบโดยอาศัยแทนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้

$$J = 1.60*10^{-6}\,Nms^2$$
$$B = 1.09*10^{-5}\,Nms$$
$$R = 5.22\Omega$$
$$L = 2.95*10^{-3}\,H$$
$$k_\omega = 2.34*10^{-2}\,Vs$$
$$k_i = 2.34*10^{-2}\,Nm/A$$

อาจเขียนแสดงได้ว่า

$$A = \begin{bmatrix} -6.8125 & 1.4625\times10^{4} \\ -7.9322 & -1.7695\times10^{3} \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 338.9831 \end{bmatrix} \quad (13)$$

กำหนดตำแหน่งโพลที่ต้องการ -1690 และ -90.7 โดยค่าอัตราส่วนการหน่วง (damping ratio) หรือ ζ =2.48 และค่า Wn= 64,036 หาค่าอัตราขยายของตัวควบคุมด้วยวิธีการของอาคเคอร์มานน์ได้ ค่าอัตราขยายของตัวควบคุม K=[0.0050 0.0013] เพื่อให้ผลตอบสนองที่ได้มีค่าเท่ากับสัญญาณอ้างอิงเพื่อกำจัดค่าผิดพลาดโดยการเพิ่มตัวชดเชยในวิถีไปหน้าเพื่อขยายให้สัญญาณเอาต์พุตถูกปรับขนาดให้อยู่ในระดับที่ต้องการ ซึ่งการชดเชยระบบไม่เพียงจะปรับปรุงการตอบสนองชั่วครู่ของระบบเท่านั้น ยังสามารถปรับปรุงค่าผิดพลาดในสถานะอยู่ตัวซึ่งจะออกแบบระบบควบคุมที่มีการปรับอัตโนมัติเพื่อให้สัญญาณผิดพลาดในสถานะอยู่ตัวมีค่าเป็นศูนย์ ได้อัตราขยายส่วนไปหน้าเท่ากับ 0.0312

เมื่อได้ค่าอัตราขายและตัวแปรสถานะที่กำหนดข้างต้น สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อออกแบบตัวควบคุมป้อนกลับสถานะ สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ซึ่งกำหนดให้สัญญาณอ้างอิงเป็นค่าคงที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 300 รอบต่อนาที

4. ผลการจำลองสถานการณ์และผลทดลอง

ผลการจำลองสถานการณ์ของระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 3 และผลทดลองจากการออกแบบตัวควบคุมป้อนกลับสถานะและสร้างตัวควบคุมแบบเวลาจริงโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 12 บิตประมวลผลร่วมกับโปรแกรม MATLAB/Simulink จากค่าอัตราการขยายของตัวควบคุมให้ผลตอบสนองดังรูปที่ 4

รูปที่ 3 ผลตอบสนองของความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(ก) ความเร็วรอบ

(ข) สัญญาณควบคุม

รูปที่ 4 ผลตอบสนองของตัวแปรสถานะของระบบป้อนกลับสถานะ

จากผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็วของสายพานลำเลียงจะเห็นว่า เมื่อมีการเพิ่มตัวชดเชยในวิถีไปหน้า เพื่อแก้ไขปัญหาของสัญญาณที่ไม่ได้ตามต้องการ สัญญาณถูกปรับให้มีผลสนองตามสัญญาณอ้างอิงที่ป้อนเข้าไป ซึ่งค่าผิดพลาดที่สถานะคงตัวมีค่าเป็นศูนย์ ช่วงเวลาขึ้นอยู่ที่ 0.03 วินาที และช่วงเวลาเข้าที่อยู่ที่ 0.108 วินาที และมีค่าพุ่งเกินเกิดขึ้นเนื่องจากค่าคงที่ที่ละเลยเช่น ค่าแรงเสียดทาน ค่าความฝืด เป็นต้น รูปที่ 5 แสดงผลของการทดลองเมื่อกำหนดภาระโหลดให้เปลี่ยนแปลง

(ก) ความเร็วรอบ

(ค) สัญญาณควบคุม

รูปที่ 5 ผลตอบสนองของระบบป้อนกลับสถานะขณะมีโหลด

จากผลการทดลองระบบควบคุมความเร็วเมื่อกำหนดให้โหลดมีการเปลี่ยนแปลงจะพบว่าระบบมีค่าผิดพลาดเกิดขึ้นแม้มีการชดเชยด้วยอัตราขยายไปหน้า เนื่องจากระบบควบคุมความเร็วเป็นระบบชนิดศูนย์ ซึ่งถ้าต้องการให้ค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัวเป็นศูนย์ต้องเพิ่มอันดับของตัวควบคุมด้วยตัวอินทิเกรเตอร์

5. สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบตัวควบคุมป้อนกลับสถานะที่เพิ่มตัวชดเชยในวิถีไปข้างหน้า สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จากการจำลองสถานการณ์และการทดลองสร้างตัวควบคุมแบบเวลาจริงโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 12 บิตประมวลผลร่วมกับโปรแกรม MATLAB/Simulink จากค่าอัตราการขยายของตัวควบคุมที่คำนวณค่าจากแบบจำลอง พบว่าตัวควบคุมป้อนกลับสถานะ ให้ผลตอบสนองทางเวลาที่ดีและค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัวเป็นศูนย์อย่างไรก็ตามเมื่อกำหนดการเปลี่ยนแปลงที่โหลด ระบบจะมีค่าผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากระบบควบคุมความเร็วเป็นระบบชนิดศูนย์ ถ้าต้องการกำจัดค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัวให้เป็นศูนย์จำเป็นต้องเพิ่มอันดับของตัวควบคุม

6. กิตติกรรมประกาศ

เครื่องมือสำหรับทำการทดลองได้ความอนุเคราะห์จากสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และงบประมาณสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] M. Valasek and N. Olgac, “Efficient pole placement technique for linear time-variant SISO systems,” *IEE Proceedings: Control Theory and Applications*, vol. 142, no. 5, pp. 451-458, 1995.

[2] M. Valasek and N. Olgac, “Efficient eigenvalue assignments for general linear MIMO systems,” *Automatica*, vol. 31, no. 11, pp. 1605-1617, 1995.

[3] T. H. S. Abdelaziz and M. Valasek, “A direct algorithm for pole placement by state-derivative feedback for single-input linear systems,” *Acta Polytechnica*, vol. 43, no. 6, pp. 52-60, 2003.

[4] T. H. S. Abdelaziz and M. Valasek, “Pole-placement for SISO linear systems by state-derivative feedback,” *IEE Proceedings: Control Theory and Applications*, vol. 151, no. 4, pp. 377-385, 2004.

[5] T. H. S. Abdelaziz and M. Valasek, “State derivative feedback by lqr for linear time-invariant systems,” *In Proceeding of 16th IFAC World Congress*, vol. 16, Part 1, Prague, Czech Republic, July, 2005.

[7] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, Prentice Hall, New York, NY, USA, 2002.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การออกแบบและพัฒนาเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง

Design and Development of the Freeze Dryer

วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์[1] วีระพงศ์ ทองสา[2] ถนอมศักดิ์ โสภณ[3] กฤษณะพงศ์ พันธ์ศรี[4] และศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส[5]

[1,3]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

[4]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

[5]สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์

[1,2,3,5]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

[4]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

E-mail: [1]wannaree.wo@rmuti.ac.th, [2]weerapong.3112@hotmail.com, [3]thanomsak.so@rmuti.ac.th,

[4]mrkpuntsri@gmail.com, [5]sasiphan_w@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการถนอมอาหารด้วยการทำแห้งแบบแช่แข็ง มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างเครื่องต้นแบบที่มีราคาต้นทุนต่ำ โดยทดลองกับวัตถุดิบ ได้แก่ พริกและเนื้อสุกร เพื่อศึกษาค่าความชื้นที่หายไปของวัตถุดิบที่ได้จากการทำแห้งด้วยเครื่องต้นแบบ การทำงานของเครื่องจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบได้แก่ ระบบทำความเย็น ซึ่งสามารถทำอุณหภูมิความเย็นได้ -28 องศาเซลเซียส และระบบสุญญากาศ (Vacuum Pump) ที่สามารถทำให้สภาวะภายในตัวเครื่องเป็นสุญญากาศได้ในระดับ -97 นิ้วปรอท ซึ่งมีระบบความคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ

คำสำคัญ: การทำแห้งแบบแช่แข็ง, การถนอมอาหาร

Abstract : This research investigated the food preservation by using freeze dryer which aimed to creating low cost prototypes machine. Experiment with raw materials such as chili and pork. We study the moisture content of raw materials obtained by drying with a prototype. The operation of the machine is divided into 2 systems: the cooling system which can make the temperature equal to -28 ^{o}C, and the Vacuum system which can make the vacuum inside the machine at -97 inHg. This machine has automatic control system.

Keywords: Freeze drying, Food preservation

1. บทนำ

การถนอมอาหาร เป็นวิธีการเก็บรักษาเพื่อให้สภาพของวัตถุดิบตลอดจนคุณค่าทางอาหารให้คงอยู่สูง โดยการทำแห้งแบบแช่แข็ง [1] [2] สามารถรักษาคุณภาพอาหารเช่น สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งแบบอื่น เช่น การทำแห้งแบบพ่นละออง (Spray drier) [3] [4] หรือการทำแห้งด้วยความร้อน แต่วิธีการดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งที่ใช้ความร้อนทั่วไป เครื่องทำแห้งแบบแช่แข็งจึงมักใช้ประโยชน์ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารและยา เช่น การเตรียมผลิตภัณฑ์ ยาฉีดชนิดผงสำหรับละลายน้ำ การเตรียมผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรให้อยู่ในรูปผงแห้ง การเก็บรักษาผัก ผลไม้ และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีราคาสูงในรูปแบบแห้ง รวมถึงเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพ เช่น เอนไซม์ ฮอร์โมน ยาปฏิชีวนะ วิตามิน เลือด วัคซีน หรือเชื้อจุลินทรีย์ การทำแห้งวิธีนี้ทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้เป็นเวลานานหลายปี โดยไม่เกิดการเสียหายและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ครบถ้วน แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของราคาที่ค่อนข้างสูง

งานวิจัยนี้ได้จัดทำเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็งที่ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ สามารถลดความดันเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิด (Sublimation) กลายเป็นไอด้วยการลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ (ที่อุณหภูมิเท่ากับหรือต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส) และมีระบบทำสุญญากาศเพื่อดูดไอความชื้นออกจากระบบเพื่อให้วัตถุดิบเกิดการแห้ง สามารถทำแห้งวัตถุดิบได้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็งที่มีราคาสูง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำแห้งแบบแช่แข็ง เป็นการทำแห้งขณะที่อาหารมีอุณหภูมิต่ำจึงลดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารเนื่องจากความร้อน ลดการทำลายเนื้อเยื่อและโครงสร้างอาหาร ทำให้ได้อาหารแห้งที่มีคุณภาพสูง มีการคืนตัว (Rehydration) ที่ดี ระบบการทำแห้งแบบแช่แข็งจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

2.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่อัดสารความเย็นที่อยู่ในสภาวะที่เป็นไอ จะดูดน้ำยาที่เป็นแก๊สความดันต่ำผ่านเข้ามาทางท่อดูดของคอมเพรสเซอร์ แล้วอัดแก๊สให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้นส่งเข้าไปยังคอนเดนเซอร์ โดยผ่านเข้าทางท่อดิสชาร์จ เพื่อไปกลั่นตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยา

2.2 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump)

ทำหน้าที่ดูดความดันหรือความชื้น เพื่อให้ความดันต่ำลงแล้วเกิดการระเหิดของน้ำโดยผ่านวาล์วดูด-จ่าย ซึ่งเป็นระบบทางกลที่ทำให้สามารถดูดความดันและความชื้น ซึ่งเป็นการลดปริมาตรของความดันและความชื้นนั่นเอง

2.3 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

ทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายเทความร้อนออกจากสารความเย็น โดยสารความเย็นจะรับความร้อนมาจากอีวาพอเรเตอร์ ซึ่งกระบวนการอัดการถ่ายเทความร้อนให้กับไอสารความเย็นจะมีการถ่ายเทความร้อนจนไอสารความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว

3. วิธีการดำเนินงาน

กระบวนการทำแห้งแบบแช่แข็ง จะเริ่มจากการทำให้วัตถุดิบเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็งก่อน แล้วจึงลดความดันเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิด (sublimation) กลายเป็นไอ ด้วยการลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ (ที่อุณหภูมิเท่ากับหรือต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส) แล้วดูดไอเย็นออกจากระบบจนหมด ซึ่งมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 บล็อกการทำงานของกระบวนการทำแห้งแบบแช่แข็ง

ซึ่งในการดำเนินงานของการทำแห้งแบบแช่แข็งด้วยระบบที่สร้างขึ้นจะมีขั้นตอนดังนี้

1) การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกวัตถุดิบสำหรับทดสอบการทำแห้งคือพริกและเนื้อสุกร โดยหั่นวัตถุดิบออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วจัดใส่ถ้วยภาชนะที่ทำจากฟรอยด์

2) นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

3) เตรียมพร้อมตัวเครื่องทำแห้งด้วยความเย็น โดยเปิดการทำงานระบบทำความเย็น ตั้งอุณหภูมิที่ – 28 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาอุณหภูมิของวัตถุดิบ

4) นำวัตถุดิบที่ผ่านการแช่แข็งแล้ว ใส่ในเครื่องทำแห้งด้วยความเย็น แล้วทำการเปิดระบบสุญญากาศ โดยตั้งเวลาการเปิด-ปิดระบบสุญญากาศทุก ๆ 25 นาที ทำงานสลับกัน จนกว่าจะครบเวลาที่ต้องการ

4. ผลการดำเนินงานและการอภิปราย

นำผลการทดสอบการทำแห้งจากวัตถุดิบที่ได้ด้วยระบบที่สร้างขึ้นมาทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับความชื้นที่หายไป โดยการพิจารณาจากค่าน้ำหนักของวัตถุดิบก่อนและหลังการทำแห้ง เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำหรือความชื้นที่สูญหายไปจากวัตถุดิบ ร้อยละของค่าความชื้นที่หายไปสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ (1)

$$W_L = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ W_L = ค่าร้อยละของความชื้นที่หายไป
W_a = น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง
W_b = น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง

ตารางที่ 1 ค่าร้อยละของความชื้นของวัตถุดิบที่หายไปที่ได้จากเครื่องรุ่น Coolsafe 110 ยี่ห้อ Scanvac และเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น

วัตถุดิบ	เครื่องทำแห้ง	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.	6 ชม.
พริก	รุ่น Coolsafe 110	11.04	26.21	30.90	36.89	63.28	64.91
	เครื่องต้นแบบ	12.28	21.68	31.73	38.22	49.72	62.84
เนื้อสุกร	รุ่น Coolsafe 110	10.39	22.21	28.55	34.96	52.95	60.49
	เครื่องต้นแบบ	19.37	27.18	32.66	41.42	52.67	59.07

ผลที่ได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็งรุ่น Coolsafe 110 ยี่ห้อ Scanvac โดยมีการเก็บผลค่าความชื้นที่หายไปของวัตถุดิบแต่ละประเภททุก ๆ 1 ชั่วโมง ในระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยทำการชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบและคำนวณตามสมการที่ (1) ผลการทดลองที่ได้

แสดงดังตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของค่าความชื้นที่หายไปในแต่ละชั่วโมงของเนื้อสุกร ระหว่างเครื่องยี่ห้อ Scanvac รุ่น Coolsafe 110 กับเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าที่ช่วงเวลา 1-4 ชั่วโมงแรกเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถทำแห้งได้เร็วกว่า แต่เมื่อเวลาผ่านไปที่ช่วงเวลา 5-6 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำแห้งที่ได้จากเครื่องยี่ห้อ Scanvac รุ่น Coolsafe 110 จะให้ผลดีกว่าเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น สำหรับร้อยละของค่าความชื้นที่หายไปในแต่ละชั่วโมงที่ได้จากการทำแห้งพริกดังแสดงในรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าเครื่องทั้งสองมีประสิทธิภาพการทำแห้งใกล้เคียงกันมาก แม้ว่าที่เวลา 5 ชั่วโมง เครื่องยี่ห้อ Scanvac รุ่น Coolsafe 110 จะทำแห้งได้ดีกว่า แต่ที่เวลา 6 ชั่วโมง เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นก็สามารถทำแห้งได้ใกล้เคียงเครื่องต้นแบบรุ่น Coolsafe 110 ยี่ห้อ Scanvac

เมื่อเพิ่มระยะเวลาการทดลองเก็บผลค่าความชื้นที่หายไปเพิ่มเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 4 ซึ่งแสดงร้อยละของค่าความชื้นที่หายไปในทุก ๆ 24 ชั่วโมง จนครบ 72 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการทำแห้งของเครื่องยี่ห้อ Scanvac รุ่น Coolsafe 110 มีประสิทธิภาพทำแห้งได้ถึงร้อยละ 74.59 ในขณะที่เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถทำแห้งได้ร้อยละ 70.88

รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบความชื้นที่หายไปของเนื้อสุกร

รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบความชื้นที่หายไปของพริก

รูปที่ 4 กราฟแสดงความชื้นที่หายไปของเนื้อสุกร ในช่วงระยะเวลา 72 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 ร้อยละของความชื้นของวัตถุดิบที่หายไปจากการทดลองทำแห้งวัตถุดิบ (เนื้อสุกร) ในช่วงระยะเวลา 72 ชั่วโมง

ร้อยละของความชื้นของวัตถุดิบที่หายไป			
เครื่อง \ ช่วงเวลา	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.
ยี่ห้อ Scanvac รุ่น Coolsafe 110	71.77±4.51	74.16±1.34	74.59±0.50
ต้นแบบที่สร้างขึ้น	68.90±0.77	69.98±1.06	70.88±1.11

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบราคาและประสิทธิภาพของเครื่องยี่ห้อ Scanvac รุ่น Coolsafe 110 และเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น

รายการ	เครื่องยี่ห้อ Scanvac รุ่น Coolsafe 110	เครื่องต้นแบบ
ราคา	> 200,000	< 50,000
ประสิทธิภาพการทำงาน	100%	95%

จากตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบราคาและประสิทธิภาพของเครื่องยี่ห้อ Scanvac รุ่น Coolsafe 110 และเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น จะเห็นได้ว่า เครื่องต้นแบบมีประสิทธิภาพการทำงาน 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยี่ห้อ Scanvac รุ่น Coolsafe 110 แต่ความแตกต่างของราคาต้นทุนการผลิตของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นมีราคาน้อยกว่า 50,000 บาทซึ่งต่างจากเครื่องที่ขายตามท้องตลาดมากกว่า 4 เท่า

4. สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองทำแห้งวัตถุดิบด้วยการแช่แข็งจากเครื่องต้นแบบที่ได้สร้างขึ้น พบว่าประสิทธิภาพทำในการทำแห้งวัตถุดิบจากการทดสอบเป็นเวลา 72 ชั่วโมง สามารถลดค่าความชื้นออกจากวัตถุดิบได้ถึงร้อยละ 70.88 ซึ่งใกล้เคียงกับเครื่องที่มีขายในท้องตลาดที่มีราคาสูง โดยใช้ต้นทุนการผลิตน้อยกว่า 50,000 บาท

เอกสารอ้างอิง

[1] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2550. การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3133/freeze-drying. (27 มิถุนายน 2559).

[2] ปัญญาธร ภัทรสถาพรกุล. 2547. "เทคโนโลยีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (ตอนที่ 1)." วารสารสมาคมเรื่องทำความเย็นไทย. ปีที่ 25 (ฉบับที่ 11) : 20-22.

[3] พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, มณฑิรา นพรัตน์, ดวงพร ตั้งบำรุงพงษ์, และสุเทพ อภินันท์จารุพงศ์. 2545. "กระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย และไมโครเวฟสุญญากาศ." วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 25 (ฉบับที่ 3) : 257-277

[4] ตูแวอิสมาแอ ตูแวบีรู. 2549. Spray Dryer. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก :http://web.yru.ac.th/~dolah/notes/4034605-2-48/PRT-22/PRT_404 841010-22.doc. (22 มิถุนายน 2559).

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ชุดสาธิตโซล่าเซลล์เคลื่อนที่แสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์

Demonstration Set Solar cell of Computer Display

สถาพร สิทธิวงค์[1] และ ผศ.ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล[2]

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 6311 E-mail: sathaporn.s@cit.kmutnb.ac.th

[2]ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3339, 2501 E-mail: srp@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอชุดสาธิตและชาร์จแบตเตอรี่โซล่าเซลล์แบบเคลื่อนที่ ขนาด 200 W ทั้งหมด 4 แผง แผงละ 50 W โดยออกแบบและสร้างให้สามารถเคลื่อนย้าย, พับเก็บได้และชาร์จแบตเตอรี่ ชุดสาธิตประกอบด้วยชุดวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าด้านแผงโซล่าเซลล์, ชุดควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่, ชุดกำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ขนาด 12 V 60 Ah โดยมีการวัดและแสดงค่าออกทางจอคอมพิวเตอร์เพื่อสะดวกในการบันทึกค่า โดยสามารถปรับองศาของแผงโซล่าเซลล์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ ศึกษาการชาร์จแบตเตอรี่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่, ความเข้มแสงและอุณหภูมิ การวัดค่าอินพุตนั้นใช้เซ็นเซอร์ในการวัดและใช้บอร์ด Arduino MEGA 2560 เพื่อรับค่าที่วัดได้และประมวลผลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลด้วยโปรแกรม LabVIEW ผลการทดสอบชุดสาธิตสามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้ขนาด 12V/60 Ah และสามารถแสดงผลค่าต่างๆผ่านทางคอมพิวเตอร์โดยเปรียบเทียบค่าความแม่นยำกับเครื่องวัด ซึ่งสะดวกในการศึกษาเรื่องการชาร์จแบตเตอรี่จากโซล่าเซลล์และสามารถนำแบตเตอรี่มาสับเปลี่ยนเพื่อนำมาชาร์จและนำไปใช้งานได้

คำสำคัญ: ชุดสาธิต, โซล่าเซลล์, แบตเตอรี่

Abstract

This paper is present demonstration kit and Solar cell battery charger Mobile. This set has a total power of 200 W 4 panels each panel of 50 W. The design and construction will allow this kit to move. This machine can be recharged and rechargeable batteries to study in the same machine. This demonstration kit includes a solar cell panel voltage and current measurement set, battery charger, battery size 12 V 60 Ah. This set can be measured and displayed on the computer screen for convenient recording. Features can be adjusted to the angle of the solar cell to study the electrical properties of solar cells. The computer shows the battery charge, voltage and current at the battery, light intensity, and temperature. Measurement uses a sensor to measure and use Arduino MEGA 2560 board to receive measured values for processing into a computer and for display with the LabVIEW program. Demonstration test results can be recharged at 12V / 60 Ah and can be displayed via the computer by comparing the accuracy of the meter. Convenient to study battery charging from solar cells and replacement battery for charging and utilize electric power, electrical load.

Keyword: Demonstration kit, Solar cell, battery.

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานทดแทนอันเนื่องมาจากวิกฤติพลังงานของโลกปัจจุบัน จากการทดสอบผลการดำเนินงานทางด้านพลังงานทดแทน[1-2] โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ใช้ในการผลิตไฟฟ้าของเดือนมกราคม 2560 สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 2,149.25 MW และได้ตั้งเป้าภายในปี 2579 จะมีกำลังผลิตไฟฟ้าได้ถึง 6,000 MW หรือคิดจากสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนในประเทศไทยที่ใช้อยู่ปัจจุบัน 14.88% จากเป้าหมาย 30% [3-4]

จากการสำรวจปริมาณความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทย[5] มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 5-6 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 85% ของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โซล่าเซลล์สามารถผลิตได้ โดยแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกได้กำหนดยุทธศาสตร์ส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนตามแผน AEDP คือ การส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตและการใช้พลังงานทดแทน, การประชาสัมพันธ์และสร้างความรู้ความเข้าใจต่อประชาชน และการส่งเสริมให้งานวิจัยเป็น

เครื่องมือในการพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนแบบครบวงจร [6] หลักสูตรแกนกลางการศึกษาในระดับมัธยมศึกษานั้นเป็นช่วงที่นักเรียนต้องตัดสินใจเลือกเรียนต่อสายอาชีพหรือสายสามัญ จึงมีความสำคัญต่อการศึกษาในเรื่องพลังงานของนักเรียน

จากปัญหาและแนวทางการดังกล่าวผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาองค์ความรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาเรื่องการใช้โซล่าเซลล์ โดยจัดทำเป็นชุดสาธิตที่สามารถต่อยอดความรู้จากที่นักเรียนได้มีการเรียนรู้ โดยนักเรียนได้เรียนความรู้พื้นฐานในเรื่องเรื่องพลังงานไฟฟ้าในเชิงการทดลอง, การต่อวงจรไฟฟ้า, การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์, วงจรไฟฟ้าในบ้าน หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551[7]

2. โครงสร้างและหลักการทำงาน

ชุดสาธิตเมื่อกางแผงโซล่าเซลล์มีขนาด 80x170x70 cm ประกอบด้วยแผงโซล่าเซลล์ขนาด 50 W จำนวน 4 แผง กำลังไฟฟ้าทั้งหมด 200 W คิดจากพลังงานแสงอาทิตย์ 1 วัน(6 ชั่วโมง) ชาร์จแบตเตอรี่ 12V/60A ใช้ชุดชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 4 ชุด เพื่อให้สามารถชาร์จได้ทั้ง 4 แผง

รูปที่ 1 ระบบการทำงานของชุดสาธิต

การออกแบบชุดสาธิตผู้วิจัยได้ใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 50 W ซึ่งมีขนาดกำลังไฟฟ้าที่เหมาะ และเพียงพอสำหรับโหลดที่เป็นหลอดไฟในบ้าน ออกแบบให้สามารถทำการทดลองบันทึกผลได้ 4 คน พร้อมกันได้ ปรับระดับองศาของแผงโซล่าเซลล์ให้ต่างกันได้ เพื่อดูกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตของโซล่าเซลล์

ซอฟต์แวร์ที่ใช้แสดงผลทางคอมพิวเตอร์เป็นโปรแกรมแล็พวิว ซึ่งมีความสะดวกและใช้งานง่าย ใช้บอร์ดอาดูโน่ MEGA 2560[8-9] ในการประมวลผลและรับค่าจากวงจรวัดแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้า ค่าความเข้มแสง ค่าอุณหภูมิ

รูปที่ 2 โปรแกรม Control Block ของชุดสาธิตโซล่าเซลล์เคลื่อนที่

หมายเลข 1 แสดงการเขียนโปรแกรมอ่านค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 แผง หมายเลข 2 แสดงการเขียนโปรแกรมอ่านค่าอุณหภูมิ หมายเลข 3 แสดงการเขียนโปรแกรมอ่านค่าความเข้มแสง หมายเลข 4 แสดงการเขียนโปรแกรมอ่านค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าแบตเตอรี่และโปรแกรมอ่านค่าปริมาณคงเหลือในแบตเตอรี่

รูปที่ 3 หน้าต่างโปรแกรมชุดสาธิต

รูปที่ 4 กล่องวงจรควบคุมชุดสาธิต

วัตถุประสงค์หลักของชุดสาธิต คือ การให้ผู้ใช้ได้เรียนรู้เรื่อง I-V Curve ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำการทดสอบกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์ (Maximum Power Point) การทดสอบการปรับองศาของแผงโซล่าเซลล์ที่มุมต่างกัน ประสิทธิภาพในการการชาร์จแบตเตอรี่ของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซล่าเซลล์

รูปที่ 5 ลักษณะภายนอกของเครื่องสาธิต

3. การดำเนินงาน

การทดสอบแผงโซล่าเซลล์ ทดสอบที่ค่าความเข้มแสงระหว่าง 980 -1,285 W/m^2 เวลา 10.00 น – 15.30 น. ในบางช่วงเวลาจะมีเมฆเข้ามาบดบังแดด ทำให้ค่าความเข้มแสงและกำลังไฟฟ้าลดลง ในการทดสอบใช้การปรับโหลดจากความต้านทาน ขนาดโหลด 0-110 โอห์ม 250 วัตต์

4. ผลการทดสอบ

เมื่อทดสอบค่า V-I Curve ของแผงที่ 1 พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าจะมีค่ามากที่สุดที่ 45.28 W ที่แรงดันไฟฟ้า 17.1 V และกระแสไฟฟ้า 2.64 A ค่าความต้านทานโหลด 8 โอห์ม ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของ แผงโซล่าเซลล์ที่ 2, 3 และ 4 มีค่า 42.29 W, 41.28 W และ 43 W ตามลำดับ

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของแผงโซล่าเซลล์ขนาด 50 W / แผง

Characteristics	Value
Norminal Volatge(V_{nom})	12 V
Maximum Power Rated	50 W
Open Circuit Volatege(V_{oc})	21.6 V
Short Circuit Current(I_{sc})	3.3 A
Maximum Power Voltage(V_{mp})	17.3 V
Maximum Power Current(I_{mp})	2.9 A
External Dimensions	780 x 680 x 30 mm

รูปที่ 6 การทดสอบค่า V-I Curve แผงที่ 1

รูปที่ 7 การทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดแผงที่ 1, 2, 3 และ 4

การดำเนินการทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 12 V/60A ผู้ใช้งานสามารถทดสอบชุดชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นการชาร์จแบบแรงดันไฟฟ้าคงที่(Constant Voltage) 13.8 V และสามารถจ่ายกระแสได้ไม่เกิน 5 A เมื่อแรงดันขณะชาร์จที่แบตเตอรี่เกินมากกว่า 13.8 V ชุดชาร์จจะตัดการทำงานและแสดงไฟโชว์ที่ตู้ควบคุม เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ และเมื่อแรงดันต่ำกว่า 10.5 V ระบบจะต่อชุดชาร์จเข้าไปที่

แบตเตอรี่เพื่อเริ่มการชาร์จใหม่ ชุดสาธิตนี้สามารถสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ได้ตั้งแต่ 7.2 Ah ถึง 60 Ah

4. สรุปผลการดำเนินงาน

ชุดสาธิตนี้ได้พัฒนาให้มีการเคลื่อนที่ได้สะดวกและสามารถพับเก็บได้ โดยมีการพัฒนาให้มีการแสดงค่าทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งสะดวกต่อการจดบันทึกค่าและการอ่านค่าต่างๆ โดยเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดประกอบด้วย วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่และแผงโซล่าเซลล์ วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่และแผงโซล่าเซลล์ ชุดสาธิตนี้ได้ทำการทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษา ช่วยให้นักเรียนได้มีความรู้ในเรื่องของคุณสมบัติของโซล่าเซลล์ การต่อโซล่าเซลล์และการชาร์จแบตเตอรี่ และในส่วนของการนำไปใช้งานจริงนั้นสามารถใช้ชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 12V, 7-60 Ah ได้ ซึ่งชุดสาธิตนี้สามารถใช้งานได้และเหมาะสำหรับนำไปใช้ในเรียนในโรงเรียนหรือชุมชนได้

เอกสารอ้างอิง

[1] ผลการดำเนินงานด้านพลังงานทดแทน เดือน ต.ค. 2559 - ม.ค. 2560(ปีงบประมาณ) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

[2] ภัควี หะยะมิน และชัยยพล ธงชัยสุรัชกูล, “การประเมินผลการผลิตไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ขนาด 25 kW,” การประชุมทางวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยพะเยา, 2559.

[3] S. Prasertsan, “Biomass and biogas energy in Thailand: Potential, opportunity and barriers” Renewable Energy Volume 31, Issue 5, April 2006, Pages 599–610

[4] ENERGY PLANNING, POLICY AND ECONOMY (S29) “Renewable Energy in Thailand” Zeitschrift fuer das Gesamte Recht der Energiewirtschaft; ISSN 2195-2841; Worldcat; v. 5(1); p. 13-17

[5] R.H.B. Exell “The solar radiation climate of Thailand” Solar Energy Volume 18, Issue 4, 1976, Pages 349-354

[6] แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 (AEDP2015) (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015), สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

[7] หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)

[8] Chi-Un Lei, “Teaching Introductory Electrical Engineering : Project-Based Learning Experience” IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE) 2012, August 20–23, 2012, Hong Kong

[9] สถาพร สิทธิวงค์, “การพัฒนาชุดทดลองการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา (A development of wind and solar generating experimental set applied for high school student),” การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 4, มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง, 2559

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ส่วนเหนี่ยวนำ 4 พอร์ต สำหรับการประยุกต์ใช้ในเครื่องเคลือบฟิล์มบาง

Four-Port Coupler Design for RF Sputtering Application

หฤทัย ดิ้นสกุล[1] วิโรจน์ บัวงาม[1] ณรงค์ชัย บุญโญปกรณ์[2] และสมบัติ หทัยรัตนานนท์[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

85 ถนนมาลัยแมน ตำบลเมืองนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม73000 E-mail: gudbell@gmail.com

[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

85ถนนมาลัยแมน ตำบลเมืองนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม73000 E-mail:nb_narongk@yahoo.com

บทคัดย่อ

ส่วนเหนี่ยวนำสัญญาณ ขนาด 4 พอร์ตสำหรับเครื่องเคลือบฟิล์มบาง วัตถุประสงค์เพื่อทำหน้าที่แยกสัญญาณและลดทอนค่ากำลังงานเพื่อส่วนตรวจจับสัญญาณการสะท้อนกลับและส่งให้หน่วยประมวลผล โดยทำงานในย่านความถี่ 3-30 MHz จำลองการทำงานในโดเมนความถี่และนำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการวัดจากเครื่องวิเคราะห์เครือข่าย (Network analyzer) ผลปรากฏว่ามีค่าใกล้เคียงกันที่สามารถยอมรับได้

คำสำคัญ: ส่วนเหนี่ยวนำสัญญาณ ขนาด 4 พอร์ต, เครื่องเคลือบฟิล์มบาง

Abstract

The four port directional coupler for RF sputtering application operating within HF 3-30 MHz using for sprit and attend power signal before to RF sensing and microprocessor unit. The directional coupler is then simulated using frequency domain simulators such as NI AWR Microwave office program design. The four port directional coupler is then implemented and measured with network analyzer. It has been shown that there is a good agreement between simulation and measurement result.

1. บทนำ

ปัจจุบันการเคลือบฟิล์มบางด้วยเทคนิควิธี RF sputtering ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรม เนื่องจากได้ฟิล์มบางที่มีคุณภาพ ซึ่งเทคนิควิธี RF sputtering เป็นเทคนิคที่เหมาะสมและต้นทุนในการเคลือบฟิล์มมีราคาถูก โดยการใช้อนุภาคพลังงานสูงจากพลาสมาวิ่งชนเป้าสารที่ต้องการเคลือบเกิดการแลกเปลี่ยนพลังงานและโมเมนตัมระหว่างอนุภาคที่วิ่งชนกับอะตอมที่ผิวสารเคลือบจนหลุดออกในรูปของไอซึ่งมีพลังงานสูง และกระจายไปยังชิ้นงานที่ต้องการเคลือบ เกิดการควบแน่นฝังตัวลงในวัสดุที่ต้องการเคลือบ เกิดการเคลือบขึ้น

ภายในระบบ RF sputtering ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุความถี่ 13.56 MHz ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานเพื่อกระตุ้นการจุดติดของพลาสมาในกล่องสุญญากาศ การติดของพลาสมาส่งผลให้อิมพีแดนซ์ในกล่องสุญญากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง และเกิดการสะท้อนกลับของสัญญาณวิทยุ ส่งผลให้การส่งผ่านพลังงานไปยังกล่องสุญญากาศ เพื่อการจุดติดพลาสมาไม่สมบูรณ์ การเคลือบฟิล์มไม่สมบูรณ์ตามด้วยเช่นกัน จึงมีส่วนเหนี่ยวนำสัญญาณ (directional coupler) เพื่อลดทอนกำลังงานของสัญญาณก่อนเข้าส่วนตรวจจับสัญญาณการสะท้อนกลับและใช้หน่วยประมวลผลคำนวณและควบคุมสเตปปิงมอเตอร์เพื่อปรับแต่งค่าของส่วนแมทซ์สัญญาณกับกล่องสุญญากาศ ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ระบบ RF sputtering

งานวิจัยนี้นำเสนอส่วนเหนี่ยวนำสัญญาณ ขนาด 4 พอร์ตเพื่อทำหน้าที่แยกสัญญาณและลดทอนค่ากำลังงานก่อนส่งไปยังส่วนตรวจจับสัญญาณการสะท้อนกลับเพื่ออ่านค่าและส่งให้หน่วยประมวลผลเพื่อควบคุมส่วนแมทซ์สัญญาณต่อไป ส่วนเหนี่ยวนำสัญญาณใช้หลักการการเหนี่ยวนำของสัญญาณความถี่ย่าน 3-30 MHz โดยจำลองการทำงานในโดเมนความถี่ และนำผลมาวิเคราะห์

เปรียบเทียบกับการวัดจากเครื่องวิเคราะห์เครือข่าย (Network analyzer) ผลปรากฏว่าสามารถยอมรับได้ระหว่างค่าจากการจำลองการทำงานและค่าจากการวัดจริง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ส่วนเหนี่ยวนำสัญญาณ 4 พอร์ต เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการวัดค่ากำลังของสัญญาณ โดยใช้หลักการการเหนี่ยวนำของขดลวด ประกอบด้วยพอร์ตอินพุต พอร์ตเอาต์พุต พอร์ตเหนี่ยวนำ และพอร์ตสะท้อนกลับ โดยมีคุณสมบัติคือค่าการคัปปลิง (coupling factor) คืออัตราส่วนค่ากำลังงานระหว่างพอร์ตเหนี่ยวนำกับพอร์ตอินพุต แสดงดังสมการที่ (1) ค่าไดเรคติวิตี (directivity factor) คืออัตราส่วนค่ากำลังงานระหว่างพอร์ตเหนี่ยวนำและพอร์ตสะท้อนกลับ ในขณะที่โหลดอยู่ในสภาวะแมทช์ ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 35 dB ที่ความถี่ 3.5 MHz และ 28 dB ที่ความถี่ 30 MHz [5].แสดงดังสมการที่ (2)และค่าไอโซเลต (isolated factor) แสดงดังสมการที่ (3) ลักษณะทางกายภายสามารถอธิบายได้ดังนี้คือพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตต่อถึงกัน พอร์ตเหนี่ยวนำและพอร์ตสะท้อนกลับต่อถึงกันด้วยการเหนี่ยวนำสัญญาณผ่านขดลวด ในทางอุดมคติถ้าอิมพีแดนซ์ของโหลดมีค่าสมดุลกับค่าอิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่ายจะไม่มีสัญญาณสะท้อนกลับมายังพอร์ตสะท้อนกลับ ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ส่วนเหนี่ยวนำสัญญาณ ขนาด 4 พอร์ต

ในงานวิจัยนี้ใช้ ค่า s-parameter [2].เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบส่วนเหนี่ยวนำ 4 พอร์ต

$$S12 = S34 = \frac{2.N_1.N_2}{d}\left(2.N_1.N_2 - 1\right) \quad (1)$$

$$S13 = -S24 = -\frac{2.N_1.N_2}{d}\left(N_1 + N_2\right) \quad (2)$$

$$S23 = \frac{2.N_2}{d}\left(N_1.N_2 - 1 - N_1^2.\right) \quad (3)$$

เมื่อ $d = 4.N_1^2.N_2^2 + 1 + \left(N_1 - N_2\right)^2$ (4)

3. ขั้นตอนและการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบส่วนเหนี่ยวนำ 4 พอร์ต

การออกแบบส่วนเหนี่ยวนำ 4 พอร์ตโดยสร้างขดปฐมภูมิของ T1 และ T2 ด้วยสายโคแอกเซียล RG-8 มีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม และสร้างขดทุติยภูมิของ T1 และ T2 โดยการพันลวด AWG #16 รอบแกนทอรอยน์จำนวน 10 รอบ กำหนดให้จำนวนรอบของ N_1 และ N_2 เท่ากันคือ $N_1 = N_2 = N$ โดยการหาค่าการสูญเสียจากการแทรกสอด (insertion loss) สามารถหาได้ดังสมการที่ (5) ค่าการเหนี่ยวนำสัญญาณ (coupling factor) หาได้ดังสมการที่ (6) และค่าไอโซเลต หาได้ดังสมการที่ (7) [4].

$$S12 = S34 = 1 - \frac{1}{2.N^2} \quad (5)$$

$$S13 = -S24 = -\frac{1}{N} \quad (6)$$

$$S23 = -\frac{1}{2 - N^3} \quad (7)$$

เมื่อ N คือจำนวนขดลวดที่พันรอบแกนทอรอยด์

ในงานวิจัยนี้ทำการพันขดลวดทุติยภูมิจำนวน 10 รอบ ซึ่งสามารถคำนวณค่าการสูญเสียจากการแทรกสอด (insertion loss) หรือ $S12 = S34$ เท่ากับ 0.0435 dB ค่าการคัปปลิง (coupling factor) หรือ $S13 = -S24$ เท่ากับ 20 dB และค่าไอโซเลต (isolated factor) หรือ $S23$ เท่ากับ 59.98 dB ค่าไดเรคติวิตี (directivity factor) คือค่าผลต่างระหว่างค่าไอโซเลตและค่าการคัปปลิง เท่ากับ 39.98 dB

3.2 การจำลองการทำงาน

การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม NI AWR Microwave office (AWR MWO) จำลองการทำงานในโดเมนความถี่ตั้งแต่ 3 – 30.5 MHz ดังรูปที่ 4 ผลการจำลองการทำงานด้วยพารามิเตอร์ S21 S31 S32 และ S14 แสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 3 การสร้างส่วนเหนี่ยวนำ 4 พอร์ต

รูปที่ 4 การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม NI AWR MWO

รูปที่ 5 ผลการจำลองการทำงาน

พารามิเตอร์ S21 แสดงค่าการสูญเสียจากการแทรกสอด มีค่าเท่ากับ 0.04376 dB S31 แสดงค่าการคัปปลิงมีค่าเท่ากับ 20 dB และ S32 แสดงค่าไอโซเลตมีค่าเท่ากับ 66.02 dB ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณด้านบน

3.3 ผลการทดลอง

การวัดทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์เครือข่าย (Network analyzer) พบว่าค่าการสูญเสียจากการแทรกสอด มีค่าเท่ากับ 0.083 dB ดังรูปที่ 6 ซึ่งผลจากการวัดส่วนเหนี่ยวนำจริงนั้นไม่มีค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น การสูญเสียของลวดตัวนำ แกนทอรอยด์ และขั้วต่อของส่วนเหนี่ยวนำ 4 พอร์ต และค่าไอโซเลตซึ่งมีผลกับค่าไดเรคติวิตี ดังรูปที่ 7 มีค่า 62.102 dB ที่ความถี่ 13.56 MHz

รูปที่ 6 ค่าการสูญเสียจากการแทรกสอด

รูปที่ 7 ค่าไอโซเลต

ตารางที่ 1 ผลการทดลอง

ความถี่ (MHz)	ค่าการสูญเสีย จากการแทรกสอด (dB)	ค่าการคัปปลิง (dB)	ค่าไอโซเลต (dB)	ค่าไดเรคติวิตี (dB)
3	0.081	27.64	81.174	53.534
7	0.081	27.41	68.012	40.602
13	0.081	26.00	62.012	36.012
19	0.085	26.07	60.643	34.573
23	0.089	25.96	57.689	31.729
27	0.089	23.28	57.581	34.301

4. สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้สร้างส่วนเหนี่ยวนำสัญญาณ ขนาด 4 พอร์ต ใช้หลักการเหนี่ยวนำของขดลวดสำหรับย่านความถี่สูง 3-30 MHz โดยการจำลองการทำงานในโดเมนความถี่ 3-30 MHz ด้วยโปรแกรม NI AWR MWO พบว่าค่าการสูญเสียจากการแทรกสอดมีค่าเท่ากับ

0.04376 dB ค่าการคัปเปิลมีค่าเท่ากับ 20 dB และค่าไอโซเลตมีค่าเท่ากับ 66.02 dB และวัดผลด้วยเครื่องวิเคราะห์ความถี่ พบว่าค่าการสูญเสียจากการแทรกสอดมีค่าเท่ากับ 0.0835 dB ค่าการคัปเปิลมีค่าเท่ากับ 26.00 dB และค่าไอโซเลตมีค่าเท่ากับ 62.102 dB ซึ่งค่าจากการคำนวณและการจำลองการทำงานไม่มีพารามิเตอร์ของแกนทอรอยด์ขั้วต่อ และขดลวดมาคำนวณด้วย จึงส่งผลให้ค่าที่วัดผลได้จากเครื่องวิเคราะห์ความถี่ และค่าที่ได้จากการคำนวณมีผลที่แตกต่างกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

เอกสารอ้างอิง

[1] Abdullah Erogl,Senior Member, IEEE and SathwikMadishetti, “Six-Port Coupler Design for High-Power Radio Frequency Applications,”IEEETransaction On Instrument and Measure.

[2] D. Kajfez, "Scattering matrix of a directional coupler with ideal transformers," in IEEE Proceedings - Microwaves, Antennas and Propagation, vol. 146, no. 4, pp. 295-297, Aug 1999.

[3] J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.

[4] R. Vishnu, “Design and Development of a Dual Directional Coupler with Transformers for HF band applications”2016 International Conference on Communication Systems and Networks (ComNet) , 21-23 July 2016.

[5] S. Madishetti and A. Eroglu, "Dual directional coupler design with transformers," 2013 IEEE 56th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), Columbus, OH, 2013, pp. 739-741.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่และพลังงานลมแบบบูรณาการในระบบเอซีไมโครกริด

Battery Energy Storage System and Wind Energy Integrated into the Microgrid

กฤษฎา พรหมพินิจ[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

680 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 โทรศัพท์ 042-970053 E-mail: krisada_lek@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวเกี่ยวกับระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่และพลังงานลมแบบบูรณาการในระบบเอซีไมโครกริด ความผันผวนของระบบไฟฟ้าที่มาจากกำลังไฟฟ้าด้านออกของพลังงานลม จะส่งผลกระทบกับคุณภาพและความเชื่อถือของระบบไฟฟ้ากำลัง การเชื่อมต่อระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่ในระบบเอซีไมโครกริดจะสามารถจัดการกำลังไฟฟ้าจริงที่ผันผวนของพลังงานลม ในบทความนี้จะใช้กลยุทธ์การควบคุมอัตราลาดเอียงเพื่อควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงผ่านการจำลองด้วยซอฟแวร์ PLCSIM เพื่อทำให้ค่าเบี่ยงเบนความถี่ในไมโครกริดมีเสถียรภาพและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในช่วง ±1 เฮิร์ต ในระบบ 50 เฮิร์ต ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าระบบที่ออกแบบมีประสิทธิภาพมาก และสามารถควบคุมอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าด้านออกของพลังงานลมด้วยวิธีการที่นำเสนอ

คำสำคัญ: ระบบสะสมพลังงานจากแบตเตอรี่, ไมโครกริด, กังหันลม, การควบคุมอัตราลาดเอียง

Abstract

This paper introduces battery energy storage system and wind energy integrated into the microgrid to address the increase in renewable energy sources. The variability of the power system from these power sources affects the reliability of the power system. In order to maintain the quality and reliability of the power system, a BESS is connected to wind turbine to manage the rapid change in absorption and transmission of power, so that the output of the power ramp rate from wind power sources is within the standard for connection to the power system. This study used a ramp rate control strategy to control the flow of real power by using the PLCSIM software program, so that the frequency deviation in the microgrid is stable. The control of this method ensures that the frequency stability is within the standard range of ±1 Hz in a 50-Hz system. The simulation results show that proposed ramp rate control could reduced BESS equipment size and also compensate active power of wind generation in ac microgrid.

Keywords: battery energy storage system, microgrid, wind turbine, ramp rate control

1. บทนำ

ในปัจจุบันการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกทั่วโลกได้ให้ความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากความต้องการพลังงานได้เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ภาคการผลิตไฟฟ้าจำเป็นต้องผลิตพลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ

ดังนั้น แหล่งผลิตพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้ากำลังจึงมีเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย (Distributed generators: DGs) จำพวกที่ใช้การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานลม และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้กำลังได้รับความสนใจ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและลดการปล่อยมลพิษ การนำเอาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์กำลังเชื่อมต่อเข้ากับ DG จึงมีความสำคัญอย่างมากในการเชื่อมต่อระหว่างแหล่งพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกกับระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ช่วยให้การควบคุมมีความยืดหยุ่นตามแนวคิดของไมโครกริด [1] การจัดการพลังงานในระบบทำได้โดยการควบคุมผ่านระบบโครงข่ายการสื่อสารแบบใหม่ (IT) กับศูนย์ควบคุม นี่คือส่วนหนึ่งของการควบคุมในไมโครกริด

การควบคุมการไหลกำลังไฟฟ้าในไมโครกริดจะมีความสำคัญต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ระบบบริหารจัดการพลังงานสำหรับระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก (Micro energy management system: μEMS) จะช่วยทำให้การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามีความมั่นคง การเชื่อมต่อระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage system: BESS) เข้ากับระบบไมโครกริดเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าจริงให้กับระบบไฟฟ้า ตามที่ปรากฏในรูปที่ 1 μEMS จึงเป็นเสมือนสมองของไมโครกริดที่หน้าที่ควบคุมการผลิตไฟฟ้าทำให้ขนาดของแรงดันและความถี่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จากการไฟฟ้า แบตเตอรี่ที่ใช้ร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้นำเสนอไว้ใน [2] การพิจารณาอัตราลาดเอียงของ BESS โดยการควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงจากเซลล์แสงอาทิตย์จะนำเสนอใน [3]

ปัจจุบันบันมีงานที่นำเสนอที่เกี่ยวกับการออกแบบการควบคุมสำหรับ BESS เพียงไม่กี่งานเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าจริง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้

นำเอาอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้ามาพิจารณาออกแบบพลังงานที่ต้องการจาก BESS เพื่อทำให้ค่าเบี่ยงเบนความถี่ในไมโครกริดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในบทความนี้จะถูกจัดเรียงแยกเป็น 5 ส่วน ส่วนแรกเป็นการแนะนำเบื้องต้นของการใช้ BESS ในไมโครกริด ส่วนที่ 2 เป็นการอธิบายหลักการพื้นฐานของพลังงานลมแบบบูรณาการ ส่วนที่ 3 จะกล่าวถึงระบบสะสมพลังงานจากแบตเตอรี่ ส่วนที่ 4 จะแสดงผลการจำลองและการตรวจสอบ และในส่วนที่ 5 เป็นการสรุปผลจากการทดลอง ตามลำดับ

รูปที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครกริด

2. พลังงานลมแบบบูรณาการ (Wind Power Integration)

2.1 หลักการพื้นฐานพลังงานลม

พลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีต้นกำเนิดมาจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อม การใช้ประโยชน์พลังงานลมจะอยู่ในรูปแบบของกังหันลม ซึ่งกังหันลมจะทำหน้าที่สกัดกำลังงานที่มีอยู่ในกระแสลมมาใช้ประโยชน์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของกระแสลมต่อหน่วยเวลา (t) สามารถหาค่ากำลังงานสูงสุด P ของกันหันลมเป็นผลมาจากการสกัดกำลังงานจากกังหันลม หรือค่าสัมประสิทธิ์กำลังงาน (Power coefficient: C_P) สามารถหาได้ตามสมการที่ 1

$$P = \frac{1}{2} C_P \rho A V^3 \qquad (1)$$

เมื่อ P คือ กำลังงาสูงสุดของกังหันลม (W)
C_P คือ ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงาน(Power coefficient)
ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^2)
A คือ พื้นที่หน้าตัด (m^2)

จากทฤษฎีของเบทซ์ (Betz's law) กังหันลมสามารถดึงพลังงานจลน์จากลมที่ผ่านพื้นที่การหมุนของใบพัดได้ไม่เกิน 59% ดังนั้น C_P จึงมีค่าไม่เกิน 0.59 [4]

3. ระบบสะสมพลังงานจากแบตเตอรี่

3.1 การควบคุมอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้า

เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจาก DG ซึ่งใช้พลังงานลมไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้กำลังไฟฟ้าด้านออกที่ผลิตได้เปลี่ยนแปลงไปตามความแรงของลม ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากับแหล่งพลังงานลมขนาดใหญ่อาจก่อให้เกิดปัญหาในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากความร้อนแบบเก่าพยามจะรักษาความสมดุลของกำลังไฟฟ้าให้คงที่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้ความถี่ของระบบเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งความถี่จะมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะมีผลโดยตรงต่อความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากความร้อน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้มีการนำเอาแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมมาเชื่อมต่อกับ BESS เพื่อรับมือกับกำลังไฟฟ้าด้านออกที่เปลี่ยนแปลงไปตามความแรงของลม เพื่อให้อัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าด้านออกอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในการเชื่อมกับระบบไฟฟ้า อัตราลาดเอียงปกติจะระบุโดยการไฟฟ้ามีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ต่อนาที (kW/min) ซึ่งจะใช้งานกับพลังงานลมและเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอัตราลาดเอียงเป็นค่ากำลังไฟฟ้าจริงเท่านั้นและกำลังไฟฟ้าเสมือนก็สามารถจ่ายออกมาจาก BESS ได้เพื่อให้ตรงตามความต้องการของระบบไฟฟ้า

พฤติกรรมเช่นนี้จะช่วยลดการชำรุดและการสึกหรอของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล การจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ BESS ชดเชยให้กับระบบจะช่วยให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากความร้อนรักษากำลังไฟฟ้าและความถี่ของระบบไฟฟ้าให้คงที่ ปกติเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากความร้อนจะเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดอัตราการเปลี่ยนแปลงสำหรับพลังงานลมที่ยอมรับได้ การควบคุมอัตราลาดเอียงจะเรียกว่า ความเรียบ (Smoothing)

3.2 การตอบสนองความถี่

ถึงแม้จะมีการควบคุมอัตราลาดเอียง การเบี่ยงเบนของความถี่ก็ยังมีอยู่เป็นครั้งคราวในระบบแรงดันต่ำ ความถี่ก็ยังสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ในช่วง 1-3 เฮิร์ต ในระบบ 50 เฮิร์ต หรือ 60 เฮิร์ต การใช้ตัวควบคุมแบบสัดส่วน เพื่อเพิ่มหรือลดกำลังไฟฟ้าจะช่วยในการรักษาเสถียรภาพความถี่ในโครงข่ายไฟฟ้า ซึ่งจะถูกเรียกว่า การตอบสนองดรูป (Droop response) ซึ่งเป็นพฤติกรรมทั่วไปในตัวควบคุมความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator governors) ที่ติดตั้งตัว Speed-Droop หรือ Regulation Characteristic การตอบสนองดรูป (Droop response) ในตัวกัฟเวอร์เนอร์ (Governor) จะมีคุณลักษณะเหมือนตัวควบคุมแบบสัดส่วนที่มีอัตราการขยายเท่ากับ 1/R ซึ่งค่า R คือ ค่าคงตัวสำหรับการควบคุมความเร็วจะกำหนดตามสมการ

$$\%R = \frac{percent\ frequency\ change}{percent\ power\ output\ change} \quad (2)$$

$$\%R = \left(\frac{\omega_{NL} - \omega_{FL}}{\omega_0} \right) 100 \quad (3)$$

ซึ่ง ω_{NL} คือ ความเร็วคงที่ขณะไม่มีโหลด, ω_{FL} คือความเร็วคงที่ขณะมีโหลด, ω_0 คือ ความเร็วใช้งานปกติหรือความเร็วพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นั่นหมายความว่าการตอบสนองดรูป 2% จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง 100% ในกำลังไฟฟ้าด้านออก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ 2% หรือ 1 เฮิร์ต ในระบบไฟฟ้า 50 เฮิร์ต

เนื่องจาก BESS ใช้อินเวอร์เตอร์ในการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้า ทำให้สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากไม่มีความเฉื่อยในระบบ เพราะฉะนั้นจะสามารถทำให้อัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าด้านออกใกล้เคียงกับพฤติกรรมที่พบในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากความร้อน โดยใช้วิธีการคำนวณออฟเซ็ต (Offset) แบบดิจิตอลเพื่อให้กำลังไฟฟ้าด้านออกของ BESS ตอบสนองตามสัดส่วนกับความถี่ และการตอบสนองจะมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ซึ่งสามารถกำหนดได้ตามสมการต่อไปนี้

$$Response = \left(\frac{\frac{f_{grid} - f_{DB}}{f_{DB}}}{\%R} \right) \times kVA_{BESS} \quad (4)$$

ซึ่ง f_{grid} คือ ความถี่กริด, f_{DB} คือ ความถี่ Dead-Band, และ kVA_{BESS} คืออัตรากำลังไฟฟ้าของ BESS ในหน่วย kVA ในรูปที่ 2 จะแสดงการการตอบสนองของ BESS ขนาด 24 kW ที่มีการดรูปของความถี่ไม่เกิน 2% เส้นที่แยกจากกันคือกำลังไฟฟ้าของ BESS ที่ทำการควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของการไฟฟ้า ซึ่งการตอบสนองกำลังไฟฟ้าของ BESS จะเป็นสัดส่วนกับความถี่ที่ต้องการควบคุม

รูปที่ 2 เส้นตอบสนองต่อการตอบสนองดรูปความถี่ไม่เกิน 2 % สำหรับ BESS ขนาด 24 kW [2]

3.3 กลยุทธ์การควบคุมอัตราลาดเอียง

ในบทความนี้จะนำเสนอกลยุทธ์การควบคุมอัตราลาดเอียงของ BESS เพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าที่เบี่ยงเบนไปของพลังงานลม โดยสมการคำนวณหาอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าของ BESS สำหรับรับและจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบ μEMS จะหาได้จากสมการที่ 5

$$P_{BESS}^{\text{int}}(t) = P_{WP}^{ramped}(t) - P_{WP}(t) \quad (5)$$

ซึ่ง $P_{BESS}^{\text{int}}(t)$ คือ กำลังไฟฟ้าเริ่มต้นของ BESS, $P_{WP}^{ramped}(t)$ คือ อัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมของพลังงานลม (kW), $P_{WP}(t)$ คือ กำลังไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม (kW) และสามารถควบคุมการไหลกำลังไฟฟ้าจริงของ BESS ได้ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 แบบจำลองการควบคุมอัตราลาดเอียง [5]

4. ผลการจำลอง

จากรูปที่ 4 จะแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าของพลังงานลมเพื่อคำนวณหาค่าพลังงานที่ต้องการจาก BESS การควบคุมอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าจำกัดไว้ ±300 วัตต์ต่อนาที ถ้าอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้ามากกว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ทำให้กำลังไฟฟ้าของ BESS อยู่ด้านบวก และในทางกลับกันกำลังไฟฟ้าของ BESS จะอยู่ด้านลบเมื่ออัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ซึ่งในสถานะนี้ BESS จะเปลี่ยนเป็นโหมดการชดเชยกำลังไฟฟ้า ในรูป 5 คือ ภาพขยายของการควบคุมอัตราลาดเอียงของ BESS ระหว่างเวลา 1:30น. ถึง 2:00น. และรูปที่ 6 จะแสดงให้เห็นการชดเชยกำลังไฟฟ้าของ BESS จากภาพที่ขยายในช่วงเวลา 0:00น.-8:00น. BESS จะสามารถรับกำลังไฟฟ้าและจ่ายกำลังไฟฟ้าตามการเปลี่ยนแปลงของอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าจากพลังงานลมได้

รูปที่ 4 กลยุทธ์การควบคุมอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าจากพลังงานลม

รูปที่ 5 ภาพขยายการควบคุมอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าจากพลังงานลม

รูปที่ 6 การชดเชยกำลังไฟฟ้าจริงจาก BESS

5. สรุป

ระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่และพลังงานลมแบบบูรณาการในระบบเอซีไมโครกริดที่นำเสนอนี้จะนำไปใช้เพื่อควบคุมอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากแหล่งพลังงานลม ที่มีมีการเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว เพื่อให้อัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้าด้านออกอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้า โดยใช้วิธีการ Coupling ระหว่างพลังงานลม และ BESS ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ค่าเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการไฟฟ้า การ Coupling ระหว่างพลังงานลม และ BESS ในระบบไมโครกริดจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้ากำลังตามสัดส่วนที่เหมาะสมที่สามารถประเมินได้จากอัตราลาดเอียงกำลังไฟฟ้า ผลการจำลองการควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงของ BESS ในเอซีไมโครกริดที่ถูกนำเสนอ สามารถชดเชยกำลังไฟฟ้าจริงให้กับระบบในกรณีที่การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ลดลงต่ำกว่าอัตรลาดเอียงกำลังไฟฟ้าที่กำหนดและ BESS จะรับกำลังไฟฟ้า ในกรณีที่การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม มีมากกว่าอัตรลาดเอียงกำลังไฟฟ้าที่กำหนด ปัญหาสำคัญของ BESS ในการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงคือขนาดและราคาของ BESS ที่เหมาะสมซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าและให้การควบคุมมีประสิทธิผลสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

[1] R. H. Lasseter, “MicroGrids,” in Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, vol. 1, pp. 305–308, January 2002.

[2] C. A. Hill, M. C. Such, Dongmei Chen, J. Gonzalez, and W. M. Grady, “Battery Energy Storage for Enabling Integration of Distributed Solar Power Generation,” IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 3, no. 2, pp. 850–857, June 2012.

[3] K. Prompinit, S. Khomfoi, “Ramp rate consideration of a BESS using active power control for PV generation,” IEEE Conference, pp. 1676-1680, 25–28 Oct. 2015.

[4] ดุสิต สุขสวัสดิ์, สาธิต จันทรี, วรวัฒน์ ตั้งศรีอนุกูล และชาย ชมภูอินไหว, “เครื่องวัดความเร็วลมและทิศทางลม,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34, มหาวิทยาลัยสยาม, หน้า 169-172, 2554.

[5] J. Marcos, O. Storkël, L. Marroyo, M. Garcia, and E. Lorenzo, “Storage requirements for PV power ramp–rate control,” Solar Energy, vol. 99, pp. 28–35, January 2014.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การประเมินศักยภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เลนส์รวมแสงร่วมกับการระบายความร้อน

Assessment of Concentrator Photovoltaic Cooled

กิตติวัฒน์ จีบแก้ว [1] นวพรรษ โพนสุภาพ[2]

[1]สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

680 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 โทรศัพท์ 042-970053 E-mail: kittiwath@snru.ac.th

[2]สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

680 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 โทรศัพท์ 082-1482433 E-mail: pi123.pi123@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในปัจจุบันแผงโซล่าเซลล์มีประสิทธิภาพเพียง 15-20 % เท่านั้น ได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพโซล่าเซลล์หลากหลายวิธี เช่น การติดตั้งกระจกและทำการปรับมุม การเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง เซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับเลนส์รวมแสง แต่วิธีดังกล่าวส่งผลให้เกิดความร้อนมากขึ้น ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวคิดวิธีระบายความร้อนให้กับเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดจากการใช้งาน โดยวิธีระบายความร้อนด้วยซิงค์แช่น้ำ โดยการทดลองจะแบ่งออกเป็น 4 แบบเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ วิธีระบายความร้อนด้วยซิงค์แช่น้ำ ประสิทธิภาพสูงขึ้น 3.01 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับวิธีการปกติ

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ใช้เลนส์, ระบายความร้อน

Abstract

The efficiency rates of photovotaic are typically 15-20%. There are a variety of ways to increase the efficiency of photovotaic. such as compound parabolic concentrator,dye-sensitized solar cells and photovoltaic by using lens. But such a method results in more heat. The researcher had an idea to cooling system of photovoltaic during operation with the heat sink was the best model .Solar cell's use was divided into 4 models .The cooling system with the heat sink was the best model. Higher efficiency 3.01 percent

Keywords: concentrator Photovoltaic, cooled

1. บทนำ

พลังงานถือได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นและสำคัญเป็นอย่างมากในการดำรงชีวิตของมนุษย์ การผลิตกระแสไฟฟ้าจะอาศัยทรัพยากรจากแหล่งกำเนิดพลังงาน ฟอสซิล อันได้แก่ปิโตรเลียม แก๊สธรรมชาติ และถ่านหินที่นับวันจะมีปริมาณน้อยลงทุกที ดังนั้นมนุษย์จึงให้ความสนใจในการพัฒนาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานชีวะมวล พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานแสงอาทิตย์ [1,4]

เซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าเนื่องจากสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงและยังสามารถปรับเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปแบบอื่นได้ง่าย ปัจจุบันในประเทศไทยมีหลายหน่วยงานได้ทำการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้ในลักษณะงานต่างๆกัน [2] มีวิจัยพบว่าการทำงานของแผงโซล่าเซลล์นั้นจะต้องควบคุมให้ระบบทำงานที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่เสมอแต่ในทางปฏิบัติจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามความเข้มของแสงอาทิตย์และสภาพเงื่อนไขอื่นๆ เช่นอุณหภูมิของตัวเซลล์แสงอาทิตย์เองซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอย่างมากและยังมีผลต่ออายุการใช้งานที่ลดลงอีกด้วย [3]

มีการวิจัยพบว่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากโซล่าเซลล์ มีการผันแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงตามสภาวะอากาศ [5] พลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่บริเวณพื้นผิวรับแสง และเกิดการสะสมอยู่ในโลหะที่เป็นส่วนประกอบโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะเกิดการผลิตแรงดันไฟฟ้ามีค่าลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง [6,8]ข้อการกำหนดเกี่ยวกับความร้อนแฝง ต้องเพิ่มไม่เกิน10° C ใต้สภาพ AM1.5D [7]

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาเทคนิคเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโซล่าเซลล์ การลดความร้อน

2. การออบแบบ

2.1 การออกแบบการประเมินศักยภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เลนส์รวมแสงร่วมกับการระบายความร้อน

รูปที่ 1 แบบเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ระบายความร้อนด้วยซิงค์แช่น้ำ

เซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนซิงค์ที่มีลักษณะเป็นที่เก็บน้ำภายในได้ ทำการต่อท่อน้ำเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของน้ำเข้าไปสู่ส่วนพักน้ำ

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการออกแบบศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โดยการใช้เลนส์

รูปที่ 2 ด้านหลังของฐานรองรับเทอร์โมอิเล็กทริกและซิงค์ระบายความร้อน

รูปที่ 3 การติดตั้งแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชุด

โดยแบ่งเป็น 4 ชุด ดังนี้
ชุด A คือ ระบายความร้อนด้วยซิงค์
ชุด B คือ ระบายความร้อนด้วยซิงค์แช่น้ำ
ชุด C คือ ระบายความร้อนด้วยซิงค์ติดพัดลม
ชุด D คือ ไม่มีตัวระบายความร้อน

3.1.1 อุณหภูมิใต้แผ่นเซลล์ เฉลี่ย12 วัน

รูปที่ 4 ค่าอุณหภูมิใต้แผ่นเซลล์ เฉลี่ย 12 วัน

ผลการทดลองบันทึกผลอุณหภูมิเฉลี่ยใต้แผ่นเซลลแสงอาทิตย์ของ ชุด A อุณหภูมิเฉลี่ย 36.20 องศาเซลเซียส ชุด B อุณหภูมิเฉลี่ย 35.70 องศาเซลเซียส ชุด C อุณหภูมิเฉลี่ย 31.40 องศาเซลเซียส และชุด D อุณหภูมิเฉลี่ย 42.30 องศาเซลเซียส

3.1.2 แรงดันไฟฟ้า เฉลี่ย12 วัน

รูปที่ 4 ค่าแรงดันไฟฟ้า(โวลต์) เฉลี่ย 12 วัน

ค่าแรงดันไฟฟ้า ชุด A ระบายความร้อนด้วยซิงค์ มีค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าตลอดทั้ง 12 วัน เท่ากับ 2.28 โวลต์ ชุด B ระบายความร้อนด้วยซิงค์แช่น้ำ เท่ากับ 2.33 โวลต์ ชุด C ระบายความร้อนด้วยซิงค์ติดพัดลม เท่ากับ 2.32 โวลต์ ชุด D คือ ไม่มีซิงค์ระบายความร้อน เท่ากับ 2.25 โวลต์

ชุด B และชุดC ได้ค่าของแรงดันใกล้เคียงกันคือได้แรงดันมากว่าแบบปกติ 3.01 เปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งสองวิธีมีต้นทุนเพิ่ม ส่วนชุด A มีแรงดันสูงกว่าแบบปกติ 1.31 เปอร์เซ็นต์ แต่ต้นทุนเท่ากับแบบ B

4. สรุป

บทความนี้ได้ทำการการศึกษาหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โดยการใช้เลนส์และหาวิธีระบายความร้อนให้กับเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดจากการใช้เลนส์นูนช่วยเพิ่มประสิทธิ์ภาพ โดยทำการสร้างชุดทดลองวิธีการระบายความร้อนแบบต่างๆ จะเห็นได้ว่าชุด C ระบายความร้อนได้ดีที่สุด แต่ไม่คุ้มค่ากับพลังที่ศูนย์เสียไป ชุดB วิธีระบายความร้อนด้วยซิงค์แช่น้ำจึงเป็นที่วิธีดีที่สุดมีประสิทธิภาพสูงขึ้น 3.01 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะในการวิจัยควรมีการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ มาทำการทดลองเพราะเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ทนความร้อนได้สูง

4. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณอาจารย์ที่ให้คำแนะนำ คณาจารย์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน รวมทั้งนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองและเก็บข้อมูลได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดจนคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ให้ใช้สถานที่และเครื่องมือในการทำเอกสารการวิจัยงานในครั้งนี้ รวมทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

[1] Roger A. Messenger, Jerry Ventre. “Photovoltaic Systems Engineering”. Second edition. Washington, D.C.: CRC PRESS; 2004.

[2] functions,กนกกานต์ ลายสนธิ์. “เปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นพลังงานนวัตกรรมพลังงานทดแทน”. [Online]. [cited สืบค้นเมื่อ วันที่ 2 ธันวาคม 59]; ได้จาก http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm.

[3] สิริชัย ปัญญาสมาธิ การปรับปรุงประสิทธิภาพของโซล่าเซลล์ Improving Efficiency of Solar Cell ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2548

[4] สุรักษ์ จันทร์บางและสุทธิ ตั้งแสวงพรกุล, “ผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนจากคอมเพรสเซอร์” บัณฑิตวิทยาลัยบูรพา,2554.

[5] นิธิวัฒน์ ชูสกุล และคณะ การตรวจพบความสัมพันธ์ของเวลาระหว่างค่าต่างกระแสไฟฟ้ากับการลดลงของอุณภูมิผิวพื้นด้วยโซล่าเซลล์ RMUTP Research Journal Special Issue The 5th Rajamanggala University of Technology National Conference

[6] Meral ME, Dincer F. A review of the factors affecting operation and efficiency of photovoltaic based electricity generation systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011;15:2176-2184.

[7] M. A. Schuetz, K. A. Shell, S. A. Brown, G. S. Reinbolt, R. H. French and R. J. Davis, "Design and Construction of a ～7× Low-Concentration Photovoltaic System Based on Compound Parabolic Concentrators," in IEEE Journal of Photovoltaics, vol. 2, no. 3, pp. 382-386, July 2012.

[8] A. Izadian, "Controllable Lenses for Photovoltaic Energy Generation Enhancement," in IEEE Journal of Photovoltaics, vol. 3, no. 3, pp. 1113-1117, July 2013

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ต้นแบบเพื่อศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นทะเลแบบลอย

The prototype to studying the electricity of wave energy on Floating Devices

มนตรี ไชยชาญยุทธ์[1] พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

[1]สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์

17/1 หมู่ที่ 6 ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว ชุมพร 86160 โทรศัพท์ 081-388-5657 E-mail: montree.ch@kmitl.ac.th

[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

1ซ.ฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอต้นแบบเพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเลแบบทุ่นลอย และศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเล โดยระบบประกอบด้วย ชุดกลไกขับเจนเนอเรเตอร์ เช่น ชุดโซ่ และเฟือง วงจรวงจรชาร์จ และวงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่ โมดูลวัดแรงดันไฟฟ้า โมดูลวัดกระแสไฟฟ้า เซ็นเซอร์วัดความสูงคลื่น วงจรวัดจำนวนรอบการหมุนของเจนเนอเรเตอร์ โมดูลวัดความเร็วลม และโมดูลเวลา พร้อมบันทึกข้อมูล โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการเก็บผลข้อมูลต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูล (วัน เดือน ปี เวลา โวลต์ กระแส รอบ ความสูงคลื่น และความเร็วลม) จากการทดสอบประสิทธิภาพในด้านต่าง ๆ ของแบบจำลองเพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเล อาทิ ทดลองการใช้เวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ การตรวจระดับแบตเตอรี่ที่แสดงค่าปริมาณพลังงานคงเหลือในแบตเตอรี่ การทดลองตรวจจับความสูงคลื่น ทดลองโมดูลวัดกระแส และแรงดัน วัดความเร็วลม และการทดลองระบบในสถานที่จริง ณ หาดบางจาก อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร โดยเก็บผลทั้งหมดลงในหน่วยความจำ จากการทดลองพบว่าทุกระบบของแบบจำลองเพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเลสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: กระแสไฟฟ้า, พลังงานคลื่น, อุปกรณ์แบบลอย

Abstract

This research presents the prototype to studying the electricity of wave energy on Floating Devices and the possibility of producing electric energy from sea waves. Whereas the system contains mechanism driven generator sets include chain sets and gear sets of adjust rotation speed generator, charging circuit, measuring battery level circuit, Volt Meter Sensor Module, Current Meter Sensor Module, sensor measuring altitude sea wave, circuit measured the number of rotation cycles to generator including wind speed sensor module and real time module. From the above data, there are recorded in SD card by using a microcontroller to control experiment recording for using as database. (day, month, year, times, voltage, current, number of rotation cycles, altitude sea wave, speed of wind) From the design and performance tests in various fields of the model to study the production of energy from sea waves, such as trials take time to recharge battery, verification of remaining power level in battery, experimentation inspect heights of sea waves in each level, experimental of volt and current meter sensor modules to giving with a precision value when comparable measuring with the variable from multi-meter. Next, install device using for detection number of rotation cycles and wind speed sensor module. After that, recorded all result in SD card. Finally, bring the model to taking experiment at Bang Chak Beach, Pathio district, Chumphon and conclude that this model can produces electrical energy from sea waves is effectively.

Keywords: electricity, wave energy, Floating Devices

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังเป็นต้นทุนของการผลิตภายในประเทศ ดังนั้นพลังงานทางเลือกจึงถูกหยิบยกขึ้นมาเป็นตัวเลือกในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งพลังงานทางเลือกเหล่านี้ นั้นมีข้อดี ข้อเสียที่แตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ และภูมิอากาศ

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ของต้นแบบเพื่อศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นทะเลแบบลอย

โดยส่วนใหญ่มักจะมีการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ ฟาร์มโซล่าเซลล์ กังหันลม ซึ่งโรงไฟฟ้าเหล่านี้ยังมีข้อดี ข้อเสีย และยังต้องใช้งบประมาณในการสร้างค่อนข้างสูง จึงได้มีการเสนอแนวคิดในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทางเลือกในอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นการผลิตพลังไฟฟ้าโดยการอาศัยคลื่นทะเล มาขับเคลื่อนทางกลแล้วแปลงเป็นกระแสไฟฟ้า เนื่องจากทะเลนั้นมีการเกิดคลื่นอยู่ตลอดสามารถเก็บเกี่ยวได้ไม่มีวันหมด ผู้วิจัยจึงต้องการคิดค้นแบบจำลองเพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเล เพื่อเป็นต้นแบบ ในการพัฒนาไปสู่การนำพลังงานจากคลื่นทะเลมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างสมบูรณ์ในอนาคต

2. หลักการ และการออกแบบ

2.1 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย

กรอบแนวความคิดของงานวิจัยนี้แสดงดังในรูปที่ 1 ซึ่งวงจรใช้งานทางอิเล็กทรอนิกส์ (บางส่วน) แสดงดังในรูปที่ 2ก-2ง รายละเอียดการคำนวณออกแบบ และการออกแบบโปรแกรมควบคุม ผู้วิจัยได้เสนอรายละเอียดไว้ในปริญญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ประจำปีการศึกษา 2558 เรื่อง แบบจำลองเพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

2.2 การออกแบบโครงสร้าง และหลักการทำงาน

โครงสร้างหลักของต้นแบบเพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเลจะทำด้วยเหล็กเคลือบสังกะสีขนาด 1x1 นิ้ว ทั้งหมดเชื่อมติดกันเป็นตัวโครง และใช้เหล็กเคลือบสังกะสีขนาด ½ x ½ นิ้ว เชื่อมเป็นแกนคันโยก 2 ด้าน โดยจะเป็นตัวที่ต่อกับทุ่นรับคลื่น ซึ่งตัวทุ่นรับคลื่นนี้จะเป็นตัวต้นกำลังในการรับแรงจากคลื่น และส่งแรงไปยังตัวโครงหลัก ลักษณะ การทำงานเป็นคันโยกขึ้นลง ส่วนระบบลอยตัวของตัวเครื่องแบบจำลองเพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเลนี้ ใช้ทุ่นในนากุ้ง 3 ตัวเพื่อรับน้ำหนักตัวเครื่องดังในรูปที่ 3

แบบจำลองเพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเล มีการติดตั้งทุ่นรับคลื่นที่ได้ถูกออกแบบมาให้รับแรงกระทบของคลื่นน้ำทะเลได้ดี ติดตั้งไว้ ทั้งด้านหน้า และด้านหลัง เพื่อให้รับคลื่นที่กระทบ

จากทางด้านหน้า และคลื่นที่ผ่านตัวเครื่องมากระทบกับทุ่นลูกหลัง เพื่อให้ได้รับแรงโยกทั้ง 2 ด้าน และเมื่อตัวทุ่นมีการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ในแนวดิ่งจะทำให้แกนกระทุ้ง สามารถส่งแรงที่คลื่นกระทำต่อทุ่น ไปเป็นแรงขับให้กับชุดเฟืองได้ โดยตัวชุดเฟืองนั้น ได้ทำการเพิ่มอัตราการทดรอบ เพื่อให้สามารถเพิ่มจำนวนรอบการหมุนของเจนเนอเรเตอร์ได้ โดยอัตราการทดรอบของชุดเฟืองอยู่ที่ 1:4.2 หรือ การที่เฟืองตัวที่ทำการรับแรงจากแกนกระทุ้งหมุน 1 รอบ จะทำให้ตัวเจนเนอเรเตอร์ หมุนประมาณ 4 รอบ โดยที่แกนที่ 3 ของชุดเฟืองจะทำการติดตั้งเจนเนอเร-เตอร์ และพูเล่ โดยพูเล่จะช่วยเพิ่มแรงเฉื่อยให้เจนเนอเรเตอร์ หมุนเพิ่มขึ้นจากแรงเฉื่อย ทางด้านข้างของตัวเจนเนอเรเตอร์ได้ติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุไว้ เพื่อตรวจนับรอบการหมุนของเจนเนอเรเตอร์ เมื่อเจน-เนอเรเตอร์หมุนก็จะเกิดไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิด 3 เฟส ไฟฟ้ากระแสสลับจะถูกส่งผ่านชุดวงจรเรียงกระแสแบบ 3 เฟส เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หลังจากแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแล้ว จะนำกระแสไฟฟ้าที่ได้มาผ่านชุดวงจรชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ เก็บไว้เป็นพลังงานสำรองต่อไป และอีกทั้งยังมีเซ็นเซอร์วัดลมแบบ 3 ลูกถ้วย เพื่อใช้ตรวจวัดความเร็วลมรอบตัวเครื่อง มีการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแส และแรงดัน เพื่อทำการตรวจสอบค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ และบันทึกลงในการ์ดความจำ พร้อมกันนี้มีการติดตั้งหลอดไฟไซเรน ไว้ที่บริเวณส่วนบนของตัวเครื่อง เพื่อส่องแสงให้ทราบตำแหน่งที่ของตัวเครื่อง และเป็นสัญญาณเตือนแสดงอาณาเขต

3. ผลการทดลอง

หลังจากการออกแบบ และจัดสร้างต้นแบบจำลองเพื่อศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นทะเลแบบลอยเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการทดลองตรวจจับความสูงคลื่น (cm) ทดลองโมดูลวัดกระแส (A) และแรงดัน (V) วัดความเร็วลม (m/s) ในสถานที่จริง ณ หาดบางจาก อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร ผลการทดลองดังในกราฟรูปที่ 4-5

รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ความสูงคลื่น จำนวนรอบ และกำลังไฟฟ้าเวลาใด ๆ

รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงคลื่น (75 เซนติเมตร) กับกำลังไฟฟ้า

4. สรุป และวิจารณ์

ในงานวิจัยนี้ได้จัดสร้างต้นแบบเพื่อจำลองการศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นทะเล สามารถทำงานได้จริง ซึ่งทำการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน ของวงจรชาร์จ วงจรตรวจวัดระดับแรงดัน เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดัน เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแส เซ็นเซอร์วัดลม เซ็นเซอร์วัดรอบ เซ็นเซอร์วัดความสูงคลื่น ระบบบันทึกข้อมูลลงในการ์ดความจำ อีกทั้งยังรวมไปถึงชุดระบบกลไก จากที่ได้ทำการนำเครื่องไปทดลองในสถานที่จริง ทั้งในสภาพที่ทะเลช่วงมีคลื่นสูง และไม่มีคลื่น กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ระบบสามารถผลิตได้อยู่ประมาณ 20 – 50 วัตต์ ต่อวัน

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตรชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารอ้างอิง

[1] สุริภณ สมควรพาณิชย์, ขนิษฐา แซ่ตั้ง **"สนามแม่เหล็กไฟฟ้า"**, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด, 2550.

[2] เอกชัย มะการ **"เรียนรู้เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino"** พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: บริษัท อีทีที จำกัด. 2552.

[3] ธวัชชัย อัตถวิบูลย์กุล **"เครื่องกลไฟฟ้า 2"** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, 2533

[4] กองบรรณาธิการซีเอ็ด **"ไฟฟ้าอุตสาหกรรม เรื่องน่ารู้สำหรับวิศวกร"** ฉบับที่ 2. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2550.

[5] พจนาฎ สุวรรณมณี **"เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ เบื้องต้น"** พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2554

รูปที่ 2ก วงจรชาร์ตแบตเตอรี่ 12 โวลต์

รูปที่ 2ค วงจรโฟโตอิเล็กทริกสวิตซ์เซนเซอร์

รูปที่ 2ข วงจรตรวจสอบระดับแรงดันแบตเตอรี่

รูปที่ 2ง วงจรตรวจจับกระแส

รูปที่ 3 ต้นแบบแบบจำลองเพื่อศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นทะเล

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การศึกษาการเจริญเติบโตต้นอ่อนทานตะวันโดยการควบคุมแสงและน้ำด้วยอาร์ดูโน่

The Study of Growth Sunflower Sprouts by Lighting and Watering Control with Arduino

ยุทธศักดิ์ ทอดทอง

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040 ต่อ 1510 E-mail: yutthasak.todtong@gmail.com

บทคัดย่อ

ต้นอ่อนทานตะวันเป็นพืชที่ได้รับความนิยมในการบริโภค เนื่องจากมีสารอาหารจำนวนมาก ซึ่งต้นอ่อนทานตะวันจะนำมาบริโภคได้ต้องเป็นช่วงที่เหมาะสม และต้องมีการควบคุมปัจจัยในการเจริญเติบโตเป็นอย่างดี บทความนี้ได้ออกแบบสร้างชุดทดสอบ โดยการควบคุมแสงและการรดน้ำ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน ชุดทดสอบได้ออกแบบให้มีช่องเปิด-ปิดการรับแสงจากธรรมชาติ ในแต่ละช่องจะเปิด-ปิด ตามเวลาที่กำหนด รวมไปถึงการรดน้ำได้ออกแบบการรดน้ำในลักษณะละอองน้ำ การควบคุมทั้งสองปัจจัยนี้ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์อาร์ดูโน่ ซึ่งผลการทดลองได้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันในแต่ละรูปแบบการปลูกที่แตกต่างกัน และเห็นได้ว่าการปลูกโดยการใช้แสงในช่วงเช้า มีการเจริญเติบโตดีกว่าการปลูกแบบทั่วไปอย่างเห็นได้ชัด

คำสำคัญ: การปลูกต้นอ่อนทานตะวัน, การควบคุม, อาร์ดูโน่

Abstract

Sunflower sprout is a popular food for consumer because it has many nutrients which must be consumed at reasonable period by factor control in the growth as well. This article designs the set test by lighting and watering control for study the growing of sunflower. The set is designed the channel for receiving a nature light which each channel is set open and close by time setting. In addition, the watering is designed for sunflower sprouts spraying. The both factor is controlled by microcontroller arduino. The results are compared to sunflower sprouts growth of each planting different. It is found that the light control of morning day is growth better than natural planting significantly.

Keywords: Sunflower Seed, Control, Arduino

1. บทนำ

ต้นอ่อนทานตะวันคือพืชที่งอกจากการเพาะเมล็ดทานตะวัน โดยใช้ระยะเวลาในการปลูก 7 – 11 วัน [1] ซึ่งในช่วงเวลานี้จะได้ต้นอ่อนที่มีใบเลี้ยงคู่สีเขียว และลำต้นสีขาวลักษณะคล้ายถั่วงอก ในปัจจุบันต้นอ่อนทานตะวันใช้ทำอาหารเพื่อสุขภาพ และมีสารอาหารมากมายที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย [2] ซึ่งประกอบด้วยสารอาหารหลายอย่างเช่น โปรตีน แคลเซียม เหล็ก ใยอาหาร ไขมัน สังกะสีและโพแทสเซียม นอกจากนี้ยังมีสารอีกหนึ่งชนิดที่เรียกว่าสาร GABA (Gamma Aminobotyric Acid) สารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการป้องกันโรคหลายอย่าง เช่น มะเร็ง เบาหวาน ควบคุมน้ำหนัก บำรุงเซลล์สมอง บำรุงสายตา บำรุงผิวพรรณ ช่วยชะลอความแก่ชราและช่วยป้องกันการเกิดอัลไซเมอร์

การปลูกต้นอ่อนทานตะวันจะต้องแช่น้ำไว้ 12 ชั่วโมง [3] แล้วนำผ้าขาวมาคลุมหรือห่อไว้เพื่อให้รากปริออกมา หลังจากนั้นนำมากระจายลงดินให้ทั่วแล้วรดน้ำให้พอชื่นๆ [4] ปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชคือแสงและน้ำ [5] ทั้งสองปัจจัยนี้ถ้าได้มากหรือน้อยเกินไปก็จะทำให้พืชนั้นตายหรือไม่มีการเจริญเติบโต ซึ่งการรับแสงและการรดน้ำพืชให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมและถูกวิธีนั้น มีความสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช โดยทั้งสองปัจจัยนี้ได้นำมากำหนดเป็นเงื่อนไขเริ่มต้นในการปลูกพืช ซึ่งในงานวิจัยนี้การให้แสงใช้แสงจากธรรมชาติ โดยพิจารณาช่วงเวลาของการรับแสง สำหรับการการรดน้ำที่เหมาะสมจะพิจารณาความชื้นในดิน ซึ่งการปลูกพืชในปัจจุบันสามารถนำเทคโนโลยี และการควบคุมอัตโนมัติ [6] มาควบคุมปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต รวมไปถึงเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ปลูก

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้เล่งเห็นความสำคัญของการปลูกต้นอ่อนทานตะวันซึ่งเป็นพืชที่นิยมบริโภค โดยมีการออกแบบการปลูก และควบคุมการให้น้ำและการรับแสงในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์อาร์ดูโน่ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน โดยผลการทดลองได้มีการเปรียบการปลูกโดยการควบคุมและการปลูกต้นอ่อนทานตะวันโดยธรรมชาติ

2. หลักการทำงาน

2.1 การออกแบบ

โครงสร้างชุดควบคุมอัตโนมัติสำหรับปลูกต้นอ่อนทานตะวันดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ชุดควบคุมอัตโนมัติสำหรับปลูกต้นอ่อนทานตะวัน

ชุดควบคุมการปลูกต้นอ่อนทานตะวัน ได้ออกแบบมีขนาด 2x3x3 ฟุต (กว้างxยาวxสูง) สามารถควบคุมแสงและน้ำของต้นอ่อนทานตะวัน ภายในประกอบไปด้วย 3 กระบะ เพื่อปลูกต้นอ่อนทานตะวันในรูปแบบต่างๆ ส่วนควบคุมประกอบไปด้วย 1. บอร์ดอาร์ดูโน่ 2. บอร์ดควบคุมเวลา DS3231 3. มอเตอร์เกียร์ 12 Vdc 4. สวิทชิ่ง 5. จอแอลซีดี 16x2 (Caracter Parallel) 6. หัวฉีดน้ำ และ 7. ปั๊มน้ำ

2.2 การทำงาน

หลักการทำงานของระบบการปลูกต้นออ่อนทานตะวันสามารถแสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 การทำงานของเครื่องควบคุมอัตโนมัติสำหรับปลูกต้นอ่อนทานตะวัน

จากรูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการทำงานของการควบคุมการปลูกต้นอ่อนทานตะวัน ขั้นแรกจะเริ่มจากการจ่ายไฟฟ้าให้กับบอร์ด โดยแอลซีดีจะแสดงวัน เดือน ปี เวลา อุณหภูมิ และรวมไปถึงควบคุมของการทำงานของปั๊มและการควบคุมการเปิด-ปิดการรับแสงจากธรรมชาติของหน้าต่าง 1 2 และ 3 ตามลำดับ และเวลาที่กำหนด

การเปิด-ปิด หน้าต่างรับแสงของชุดควบคุมอัตโนมัติสำหรับปลูกต้นอ่อนทานตะวัน โดยการเขียนโค้ดลงบอร์ดอาร์ดูโน่เพื่อสั่งรีเลย์ไปควบคุมมอเตอร์ให้ทำการเปิด-ปิดหน้าต่างรับแสง โดยการตั้งเวลาในการเปิด-ปิด เมื่อปั๊มน้ำทำงานเสร็จสิ้น หน้าต่าง 1 2 และ 3 จะเริ่มทำงานตามลำดับ โดยสังเกตการณ์เปิด-ปิดของหน้าต่างว่าเป็นไปตามลำดับที่กำหนดไว้หรือไม่ การทดลองจะลดเวลาลงมาเพื่อดูการทำงานตามลำดับที่ได้กำหนดไว้และเมื่อการเปิด-ปิด เป็นไปตามที่กำหนดจึงจะกำหนดเวลาจริงเพื่อควบคุมการเปิด-ปิด

3. ขั้นตอนการทดลอง

ชุดควบคุมอัตโนมัติสำหรับปลูกต้นอ่อนทานตะวันประกอบไปด้วย ช่องเปิด-ปิดรับแสง กล่องควบคุม และปั๊มน้ำ ซึ่งกระบะการปลูกได้ออกแบบการปลูกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

กระบะที่ 1 คือปลูกแบบทั่วไป (ห่อและแช่น้ำก่อนปลูก)
กระบะที่ 2 คือปลูกโดยการควบคุมอัตโนมัติ (ห่อและแช่น้ำก่อนปลูก)
กระบะที่ 3 คือปลูกโดยการควบคุมอัตโนมัติ (ไม่ห่อและไม่แช่น้ำก่อนปลูก) ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 โครงสร้างกระบะที่ใช้ปลูกต้นอ่อนทานตะวัน

โดยการให้แสงได้มีการควบคุมดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปิด ปิด ของการรับแสงจากดวงอาทิตย์ของชุดควบคุม

เวลา	เปิด	ปิด
กระบะที่ 1	08.00 – 16.00	16.00
กระบะที่ 2	08.00 – 12.00	12.00
กระบะที่ 3	08.00 – 12.00	12.00

4.ผลการทดลอง

ผลการทดลองของชุดควบคุมอัตโนมัติสำหรับปลูกต้นอ่อนทานตะวันได้เปรียบเทียบระหว่างกระบะที่ 1 คือการปลูกแบบทั่วไป และกระบะที่ 2 คือการปลูกโดยการควบคุมแสงและน้ำ ซึ่งทั้งสองกระบะนี้ก่อนปลูกได้ทำการแช่น้ำทิ้งไว้และห่อก่อนนำมาปลูก และกระบะที่ 3 คือการปลูกโดยการควบคุมแสงและน้ำ โดยมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบว่าเมื่อมีการควบคุมเฉพาะแสงและน้ำการเจริญเติบโตจะเป็นอย่างไร โดยก่อนปลูกจะแตกต่างจากกระบะที่ 1 และ กระบะที่ 2 คือ ไม่ผ่านการแช่น้ำทิ้งไว้และห่อก่อนปลูก จากการวัดอุณหภูมิอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งสามกระบะคือ 22 องศาเซลเซียส และความเข้มแสงตอนเช้า คือ 1,283 lux และตอนบ่ายคือ 4,488 lux โดยจะมีกราฟแสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันทั้ง 3 ช่องดังนี้

รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของทั้ง 3 กระบะ

จากรูปที่ 4 เห็นได้ว่ากระบะที่ 1 และกระบะที่ 2 เริ่มมีการเจริญเติบโตในวันที่ 3 แต่กระบะที่ 3 ยังไม่มีการเจริญเติบโต โดยกระบะที่ 3 มีการเจริญเติบโตในวันที่ 4 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าทั้ง 7 วันกระบะที่ 1 มีความสูงอยู่ที่ 10 ซม. กระบะที่ 2 มีความสูง 14 ซม. กระบะที่ 3 จะมีความสูง 8 ซม. จะเห็นได้ว่ากระบะที่ 2 มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า กระบะที่ 1 และกระบะที่ 3 อย่างเห็นได้ชัด และสามารถเก็บต้นอ่อนได้เร็วกว่ากระบะที่ 1 และกระบะที่ 3

เพื่อเป็นการแสดงถึงการงอก การเจริญเติบโต ความหนาแน่นและความสมบูรณ์ของต้นอ่อนทานตะวันจากผลการทดลองรูปที่ 4 ของต้นอ่อนทานตะวันทั้ง 3 กระบะ ลักษณะทางกายภาพของต้นอ่อนทานตะวันในช่วงระยะเวลาการปลูกสามารถแสดงดังตารางที่ 2 โดยแสดงวันที่ 1 วันที่ 4 และ วันที่ 7

ตารางที่ 2 รูปเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและความหนาแน่นการเกิดของต้นอ่อนทานตะวัน วันที่ 1 วันที่ 4 และวันที่ 7 ของทั้ง 3 กระบะ

กระบะ/วันที่	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 7
กระบะที่ 1			
กระบะที่ 2			
กระบะที่ 3			

จากภาพจะเห็นได้ว่าวันที่ 1 ของทั้ง 3 กระบะ ยังไม่มีการเจริญเติบ เมื่อเปรียบเทียบวันที่ 4 ของทั้ง 3 กระบะ จะเห็นได้ว่า กระบะที่ 1 และกระบะที่ 2 เริ่มมีการเจริญเติบที่เท่าๆกันแต่กระบะที่ 3 มีการเจริญเติบน้อยกว่ากระบะที่ 1 และกระบะที่ 2 รวมไปถึงเมื่อเปรียบเทียบวันที่ 7 ของทั้ง 3 กระบะ จากรูปจะเห็นได้ว่ากระบะที่ 2 มีต้นอ่อนทานตะวันจำนวนมากกว่ากระบะที่ 1 และกระบะที่ 3 ซึ่งจากการวัดความสูงพบว่ากระบะที่ 1 มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 10 ซม. กระบะที่ 2 มีความสูง 14 ซม. กระบะที่ 3 มีความสูง 8 ซม. เมื่อพิจารณาสีของต้นอ่อนทานตะวันทั้ง 3 กระบะ พบว่ากระบะที่ 1 กับกระบะที่ 2 มีสีของใบเป็นสีเขียวอ่อน ส่วนกระบะที่ 3 สีของใบเป็นสีเหลืองอ่อน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระบะที่ 2 มีความสูงมากกว่ากระบะที่ 1 และ 3 รวมไปถึงมีการเจริญเติบที่สมบูรณ์กว่ากระบะที่ 1 และ 3

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองชุดควบคุมแสงและน้ำ สำหรับปลูกต้นอ่อนทานตะวันระหว่างกระบะที่ 1 กระบะที่ 2 และกระบะที่ 3 พบว่ากระบะที่ 2 ซึ่งปลูกโดยการห่อและแช่น้ำก่อนปลูกและใช้การควบคุมน้ำและแสงสามารถทำให้ต้นอ่อนทานตะวันเจริญเติบโตได้ดีกว่าการปลูกแบบทั่วไปและการปลูกแบบไม่ห่อและไม่แช่น้ำก่อนปลูก ซึ่งแสงที่เหมาะสมคือแสงในช่วงเช้า มีความเข้มแสงค่าเฉลี่ย 1,283 lux โดยทำให้การเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันดีกว่าการปลูกที่ใช้แสงตอนบ่าย ซึ่งมีความเข็มแสงเฉลี่ย 4,488 lux

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีทุกท่านที่ให้คำแนะนำในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] รณรงค์ อยู่เกตุ ภัทรพล บุตรฉิ้ว และวิไลลักษณ์ ชินะจิตร "ผลของวัสดุเพาะกล้าและการแช่เมล็ดพันธุ์ที่มีต่อการผลิตทานตะวันงอก" วารสารแก่นเกษตร ปีที่ 42, ฉบับที่ 3 (พิเศษ), หน้า 928-930, 2557.

[2] ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ และธนิกพงศ์ ครองข้าวนาสาร "ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์ และเส้นใยอาหาร ของเมล็ดทานตะวันงอกอายุต่างๆ" วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 44, ฉบับที่ 3 (พิเศษ), หน้า 142-145, 2556.

[3] รักชนก ภูวพัฒน์ มูฮัมมัดบาคอรี ยูโซ๊ะ และ โซฟีย เมฆารัฐ "การศึกษาอายุที่เหมาะสมของต้นอ่อนทานตะวันต่อความสามารถในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ" วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ปีที่ 8, ฉบับที่ 1, หน้า 90-100, 2559.

[4] ปริชาติ ดิษฐกิจ "การปลูกผักปลอดภัย" รายงานผลการดำเนินโครงการบริการวิชาการแก่สังคม, สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, หน้า 1-41, 2558.

[5] ธีรชัย เชี่ยวชาญศิลป์ "ผลของปัจจัยการผลิตระดับต่างๆ ต่อทานตะวัน" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2554.

[6] พรรณวิภา อรุณจิตต์ นาวี โกรธกล้า และ ปิจิราวุช เวียงจันดา "โรงเรือนปลูกพืชควบคุมและมอนิเตอร์อัตโนมัติผ่านระบบเครือข่าย" การประชุมวิชาการเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 16, หน้า 454-458, 2558.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การควบคุมปัจจัยสำหรับการฟักไข่ไก่โดยอาร์ดูโน่

The Factors Control for Eggs Incubation by Arduino

ยุทธศักดิ์ ทอดทอง

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040 ต่อ 1510 E-mail: yutthasak.todtong@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอการควบคุมปัจจัยในการฟักไข่ โดยออกแบบเครื่องฟักไข่ให้มีราคาทุนต่ำ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก น้ำหนักเบา และใช้งานง่าย ซึ่งเหมาะสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ฟาร์มขนาดเล็กถึงขนาดกลาง รวมไปถึงสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการกลับไข่แบบอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรเลอร์อาร์ดูโน่ จากการทดลองพบว่าการควบคุมอุณภูมิมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.84 ความชื้นมีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด(ร้อยละ55-60) และการฟักไข่คือร้อยละ 90 ของไข่ทั้งหมดที่ฟักสมบูรณ์

คำสำคัญ: การฟักไข่, การควบคุม, ไมโครคอนโทรเลอร์ อาร์ดูโน่

Abstract

In the article, the objective is the factors control for eggs incubation. The egg incubator is designed to have a good properties such as low cost, portable and easy to use which is suitable for small to medium chicken farm. In addition, the temperature, humidity and egg tilting are automatically controlled by using arduino microcontroller. In the result, it is found that the temperature error is 0.84 %, the humidity is in the setting rang (55-60%) and the egg incubate is 90%.

Keywords: Eggs Incubation, Controlling, Arduino Microcontrollor

1. บทนำ

ปัจจุบันมีเกษตรกรเลี้ยงไก่ไข่เป็นจำนวนมากทั้งในการเลี้ยงเพื่อประกอบอาชีพและในครัวเรือน แต่เนื่องจากการซื้อลูกไก่เป็นปัจจัยในการเพิ่มต้นทุนในการเลี้ยง และการฝักไข่โดยวิธีธรรมชาติ โอกาสที่ไข่ไก่ฟักไม่สมบรูณ์เนื่องจากสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสม ซึ่งผู้เลี้ยงมีความเสี่ยงเป็นอย่างมากในการเลี้ยงแบบธรรมชาติ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการฟักไข่ไก่คือ อุณหภูมิ ความชื้น และการกลับไข่ [1] ตู้ฟักไข่สามารถสร้างสภาวะอากาศที่เหมาะต่อการฟัก ซึ่งช่วยทำให้การฟักไข่ไก่ได้ตามต้องการ และลูกไก่ที่ฟักออกมานั้นมีคุณภาพต่อการนำไปเลี้ยงในฟาร์ม แต่อย่างไรก็ตามราคาของตู้ฟักไข่ยังมีราคาสูง

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะสร้างตู้ฟัก เพื่อฟักไข่ไก่ที่มีประสิทธิภาพ ราคาถูก เหมาะสำหรับใช้ในครัวเรือนและการพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สามารถสร้างได้ง่าย ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้ออกแบบตู้ฟักไข่ซึ่งสามารถควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น และการกลับไข่ ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์อาร์ดูโน่ ซึ่งผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับการฟักไข่แบบธรรมชาติ

2. หลักการทำงาน

การควบคุมการฟักไข่จะทำงานตามคำสั่งที่ผู้ใช้งานได้กำหนดค่าการทำงานไว้ โดยสามารถปรับค่าอุณหภูมิความความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและเวลาในการกลับไข่ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานและความเหมาะสมของไข่ที่นำมาฟัก โดยจะแยกการทำงานออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตู้ฟักไข่อัตโนมัติใช้เซ็นเซอร์ DHT22 เป็นตัววัดอุณหภูมิและความชื้น และนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ถ้าค่าที่อ่านได้มีค่าน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้โปรแกรมก็จะสั่งงานให้รีเลย์เปิดให้หลอดไฟติดและเมื่ออุณหภูมิเท่ากับหรือมากกว่าค่าที่ตั้งไว้โปรแกรมก็จะปิดการทำงานของรีเลย์

2. การควบคุมการกลับไข่ ใช้บอร์ดอาร์ดูโน่ เป็นตัวตั้งเวลาเมื่อถึงเวลาที่กำหนดโปรแกรมจะสั่งงานให้มอเตอร์หมุนเอียงถาดไข่ให้อยู่ในตำแหน่งที่กำหนดโดยมีลิมิตสวิทช์เป็นตัวตัดการทำงานของมอเตอร์จนกว่าจะครบกำหนดเวลามอเตอร์ก็จะหมุนกลับอีกด้านหนึ่ง

2.1 แผนภาพการทำงาน

ส่วนประกอบของเครื่องได้แก่ วงจรจ่ายไฟที่มีแรงดันขนาด 5 โวลต์ ซึ่งจ่ายแรงดันให้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22, ไมโครคอนโทรเลอร์อาร์ดูโน่ และจอแสดงผลแอลซีดี เพื่อใช้ในการแสดงผลการทำงาน [2] ส่วนอื่นๆของระบบประกอบด้วย หลอดไฟแบบหลอดไส้ เพื่อให้ความร้อนภายในตู้ และมอเตอร์ที่ใช้ในการกลับไข่ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 แผนภาพบล็อกการทำงาน

2.2 การออกแบบโครงสร้างตัวชิ้นงาน

การออกแบบโครงตู้ฟักไข่สามารถฟักไข่ได้จำนวน 30 ฟอง โดยมีความสูงคือ 80 ซม. ความกว้างของตัวตู้คือ 32 ซม. และความยาวคือ 32 ซม. ใช้แผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิตเป็นผนังตู้ ซึ่งภายในเครื่องดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 โครงสร้างและส่วนประกอบของตู้ฟักไข่

2.3 การออกแบบวงจร

การควบคุมความชื้น และการกลับไข่ใช้บอร์ดอาดูโน่ [2] เป็นตัวควบคุมโดยการต่อขา data ของเซนเซอร์ DHT22 เข้ากับขา 2 ของบอร์ด ต่อโมดูลควบคุมทิศทางมอเตอร์ ขา IN1 เข้ากับขา 7 IN2 เข้ากับขา 6 และต่อมอเตอร์เข้ากับขา OUT1 และ OUT2 ของโมดูล ต่อสวิทช์ S1 ผ่าน R1 เข้ากับขา 13 และ S2 ผ่าน R2 เข้ากับขา 12 ขาของสวิทช์อีกด้านต่อลงกราว ต่อรีเลย์ RL1 เข้ากับขา 10 ต่อออกหลอดไฟ L1 และต่อรีเลย์ RL2 เข้ากับขา 11 และต่อออกเครื่องทำหมอกอัลตร้าโซนิค L2 ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 การออกแบบวงจรการควบคุมความชื้นและการกลับไข่

3. ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดสวิตช์เพื่อเริ่มการทำงานของตู้ฟัก
2. ตั้งอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยกดปุ่ม SET และกดปุ่ม UP DOWN เลือกโหมด Temp set กด Enter
3. ตั้งเวลากลับไข่โดยกดปุ่ม SET และกดปุ่ม UP DOWN เลือก Move Egg กด Enter
4. นำไข่เข้าวางในถาดไข่ ปิดฝาตู้

จากการทดลองตู้ฟักไข่อัตโนมัติ ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการฟักไข่โดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งได้ทดลองกับไข่ไก่ที่ใช้ตู้ฟักไข่ 2 ชุด ซึ่งแบ่งเป็นชุดละ 9 ฟอง ดังนี้

ชุดที่ 1 ใช้อุณหภูมิในการฟักอยู่ที่ 37.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 55-60 % กลับไข่ทุก 1 ชั่วโมง

ชุดที่ 2 ใช้อุณหภูมิในการฟักอยู่ที่ 37.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 55-60 % กลับไข่ทุก 30 นาที

4. ผลการทดลอง

ผู้จัดทำได้ทำการทดลองโดยนำไข่ไก่สายพันธุ์พื้นเมืองที่หาได้จากชาวบ้านมาทดลองฟักด้วยตู้ฟักไข่ไก่ และได้บันทึกผลอุณหภูมิ ความชื้น การกลับไข่ รวมไปถึงลักษณะของลูกไก่ที่ได้ฟักออกมาในแต่ละช่วง เป็นเวลา 21 วันนับตั้งแต่นำไข่เข้าฟักวันแรก โดยมีผลดังนี้

4.1 ผลของการควบคุมอุณภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการฟักไข่อยู่ที่ 37.5 องศาเซลเซียส [3,4] ซึ่งในการทดลองได้ตั้งค่าอุณภูมิไว้ที่ 37.5 องศาเซลเซียส และได้บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 3 ชม. คือ 9.00 น. 12.00 น. และ 15.00 น. เป็นระยะเวลา 21 วัน

รูปที่ 4 กราฟแสดงอุณหภูมิและเวลา

จากรูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิและเวลา จะเห็นว่าค่าอุณหภูมิที่ได้จากตู้ฟักไข่อยู่ระหว่าง 37.4 และ 37.5 ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลูกไก่ แต่อย่างไรก็ตามค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิคือร้อยละ 0.84

4.2 ผลของการควบคุมความชื้น

ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการฟักไข่อยู่ที่ 55-60 เปอร์เซนต์ [3] ซึ่งในการทดลองได้ตั้งค่าความชื้นไว้ที่ 55-60 เปอร์เซนต์ และได้บันทึกความชื้นทุกๆ 3 ชม. คือ 9.00 น.12.00 น. และ 15.00 น. เป็นระยะเวลา 21 วัน

รูปที่ 5 กราฟแสดงความชื้นและเวลา

จากรูปที่ 5 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นจะอยู่ระหว่าง 54.5 ถึง 56.5 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 55-60 เปอร์เซนต์ ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลูกไก่

4.3 ผลของการกลับไข่และการฟักไข่

เพื่อให้ไข่ไก่ได้รับอุณหภูมิที่ทั่วถึงจึงได้ทำการทดลองกลับไข่ทุกระยะเวลาการฟัก เป็นจำนวน 21 วัน จากการทดลองความชัดเจนของการกลับไข่ที่มีผลต่อการฟักของไข่ไก่นั่นอยู่ที่สามวันสุดท้าย [5] จึงได้มีการเปรียบเทียบการฟักไข่ 2 รูปแบบ คือ การกลับไข่ทุก 30 นาที และการกลับไข่ทุก 60 นาที

การกลับไข่	กลับไข่ทุก 60 นาที	กลับไข่ทุก 30 นาที
วันที่ 19		
วันที่ 20		
วันที่ 21		

รูปที่ 6 รูปแสดงการฟักไข่ไก่ในสามวันสุดท้าย

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่า ในวันที่ 19 การกลับไข่ทุก 60 นาที ไข่ไก่ได้แตกออกหมด จนกระทั่งเห็นเป็นตัวลูกไก่ ในทางกลับกันการกลับไข่ทุก 30 นาที ไข่ไก่พึ่งเริ่มแตก ในวันที่ 20 การกลับไข่ทุก 60 นาที และกลับไข่ทุก 30 นาที ลูกไก่ก็ได้ฟักเป็นตัว แต่อย่างไรก็ตามในวันที่ 21 การฟักไข่โดยกลับไข่ทุก 60 นาที ซึ่งลักษณะทางกายภาพสังเกตุได้ว่า ลูกไก่มีความแข็งแรง และฟักออกได้มากกว่าการกลับไข่ทุก 30 นาที

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองตู้ฟักไข่อัตโนมัติ ได้ทดลองฟักไข่ไก่ 2 ชุด แบ่งเป็นชุดล่ะ 9 ฟอง โดยชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ได้ความคุมอุณหภูมิในการฟักอยู่ที่ 37.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 55-60 % ซึ่งชุดที่ 1 กลับไข่ทุก 1 ชั่วโมง ผลที่ได้ไข่สามารถฟักตัวออกมาได้ 90% ชุดที่ 2 กลับไข่ทุก 30 นาที ผลที่ได้ไข่สามารถฟักตัวออกมาได้ 67% โดยลูกไก่ที่ฟักออกมามีร่างกายไม่สมบูรณ์และฟักตัวออกมาได้ไม่หมด ดังนั้นชุดควบคุมการฟักไข่โดยไมโครคอนโทรเลอร์อาร์ดูโน่มีประสิทธิภาพที่น่าพึงพอใจในการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น รวมไปถึงการควบคุมการกลับไข่ต้องใช้การกลับไข่ทุก 1 ชั่วโมง ไข่ไก่ที่ฟักออกมาจึงจะสมบูรณ์

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณชาวบ้านที่ให้ไข่ไก่ในการทดลอง และอาจารย์สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีทุกท่านที่ให้คำแนะนำในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ดร.สวัสดิ์ ธรรมบุตร ศิริพันธ์ โมราถบ สุรัตนชัย เตียงนิล "การเลี้ยงไก่พ่อแม่พันธุ์และการฟักไข่" สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.

[2] ณรงค์ นันทกุศล จักรกฤต จาปัญญะ เฉลิมพล กันจินะ และ ญาณวิทย์ กิ่มบางยาง "สถานีวัดสภาพอากาศโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์อาดูโน่" บทความสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่7, หน้า 722-725, 2558.

[3] คู่มือการปฏิบัติงานธุรกิจ ไก่-เป็ด กิจการไก่พันธุ์ไข่ "การฟักและการจัดการตู้ฟักไข่" บริษัท ซีพีเอฟ เทรนนิ่งเซ็นเตอร์ จำกัด, 2552.

[4] เอกชัย สิงหเดช ธวัช สุริวงษ์ สมชาย เจียจิตต์สวสัดิ์ และประพิธาริ์ ธนารักษ์, "การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของตู้ฟักไข่แบบขดลวดความร้อน และแบบเทอร์โมอิเล็กตริก" วารสารวิทยาศาสตร์บรูพา ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6, หน้า 271-276, 2557.

[5] วิโรจน์ เอกวงศ์มั่นคง และตุลย์ มณีวัฒนา "การออกแบบระบบปรับอากาศที่เหมาะสม สำหรับตู้ฟักไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม" วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9
9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบติดตามและควบคุมเครื่องปรับอากาศ

Air Conditioner Monitoring and Controlling System

สุรชาติ เหล็กงาม และ จันทนา ปัญญาวราภรณ์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถนนลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131 E-mail: surachat@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบติดตามและควบคุมเครื่องปรับอากาศสร้างขึ้นเพื่อแจ้งเตือนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ โดยทำการติดตั้งบอร์ดควบคุมเพื่อเช็คสถานะของเครื่องปรับอากาศแบบเวลาจริงผ่านทางเว็บไซต์ และมีการแจ้งเตือนเมื่อประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศลดลง ในส่วนของเว็บไซต์จะแสดงอุณหภูมิ 2 ตำแหน่ง คืออุณหภูมิภายในห้องและอุณหภูมิของเครื่องระเหย (Evaporator) ทั้งนี้เมื่ออัตราการลดลงของอุณหภูมิของเครื่องระเหยเร็วกว่าค่าปกติ ซึ่งอาจจะเกิดจากการอุดตันของระบบทำความเย็น ระบบจะทำการแจ้งเตือนผ่านทางเว็บไซต์ทันที

คำสำคัญ: เครื่องปรับอากาศ, เครื่องระเหย, อุณหภูมิ, ระบบเวลาจริง

Abstract

The purpose of air-conditioned monitoring and controlling system is to develop the notification of the efficiency of air conditioner. This real-time system monitors the status of air conditioner via website and alerts while the efficiency of air conditioner is decreased. Website shows temperature two positions, i.e. room and evaporator. The rate of decrease of evaporator temperature is faster than normal temperature. When the cooling system is blocked, this system will immediately alert via the website.

Keywords: air-conditioned, evaporator, temperature, real-time system

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น สภาวะอากาศโดยทั่วไปจึงร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี ฉะนั้นจึงมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิให้เย็นลง เครื่องปรับอากาศทำงานด้วยหลักการถ่ายเทความร้อน [1] กล่าวคือ เมื่อความร้อนถ่ายเทออกไปด้านนอก อากาศภายในห้องจะมีอุณหภูมิลดลง เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอัตราการใช้พลังงานสูงมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนชนิดอื่นๆ [2] แก้ไขปัญหาการใช้พลังงานที่สูงได้ดังนี้ ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้เหมาะสม และล้างแอร์ตามระยะเวลาที่กำหนด

คณะผู้วิจัยจึงได้สร้างระบบติดตามและควบคุมเครื่องปรับอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามสถานะของอุณหภูมิภายในห้อง อุณหภูมิของเครื่องระเหย (Evaporator) ผ่านทางเว็บไซต์ และสามารถปรับอุณหภูมิภายในห้องผ่านเว็บไซต์ อีกส่วนสำคัญคือการแจ้งเตือนเมื่อประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศลดลง ทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ดูแลระบบ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องปรับอากาศ

หลักการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศประกอบด้วย 4 ส่วนคือ เครื่องระเหย (Evaporator) เครื่องอัดไอ (Compressor) เครื่องควบแน่น (Condenser) และท่อลดแรงดัน (Capillary Tube) ระบบทำความเย็นแบบระบบอัดไอ (Vapor-Compression Cycle) มีหลักการทำงานคือ การทำให้สารทำความเย็นไหลวนไปตามระบบ โดยผ่านส่วนประกอบหลักทั้ง 4 ต่อเนื่องเป็นวัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) โดยมีกระบวนการดังนี้ [1]

1) เริ่มต้นโดยคอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นเพื่อเพิ่มความดันและอุณหภูมิของน้ำยา แล้วส่งต่อเข้าเครื่องควบแน่น
2) น้ำยาจะไหลวนผ่านแผงเครื่องควบแน่น โดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยระบายความร้อนทำให้น้ำยาจะที่ออกจากเครื่องควบแน่นมีอุณหภูมิลดลง และจะถูกส่งต่อให้อุปกรณ์ลดความดัน
3) น้ำยาที่ไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันจะมีความดันและอุณหภูมิที่ต่ำมาก แล้วไหลเข้าสู่เครื่องระเหย
4) น้ำยาจะไหลวนผ่านแผงเครื่องระเหย โดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยดูดซับความร้อนจากภายในห้อง ทำให้อุณหภูมิห้องลดลงส่งผลให้น้ำยาที่ออกจากเครื่องระเหยมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากนั้นจะถูกส่งกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อทำการหมุนเวียนน้ำยาต่อไป

2.2 ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC 16F886

PIC16F886 ผลิตโดยบริษัทไมโครชิพ มีคุณบัติดังนี้ มีความกว้างของบัสข้อมูล 8 บิต ค่าสูงสุดของความถี่นาฬิกาอยู่ที่ 20 MHz ขนาดหน่วยความจำของโปรแกรม 14 kB ขนาดข้อมูลใน RAM อยู่ที่ 368 ความละเอียดของตัวแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลคือ 10 บิต และมีทั้งหมด 11 ช่องสัญญาณ จำนวนอุปกรณ์ขาเข้า/ออก คือ 14 I/O และแรงดันที่ใช้งานอยู่ที่ 2 - 5.5 โวล์ต จากคุณสมบัติของ PIC16F886 ที่สามารถรองรับการทำงานได้ทั้งสัญญาณอนาล็อกและดิจิตอล งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ PIC16F886 เนื่องจากบอร์ดควบคุมที่ออกแบบไว้ สัญญาณขาเข้า (Input Signal) มีสัญญาณอนาล็อกด้วย

3. การออกแบบวงจรควบคุมในระบบปรับอากาศ

3.1 บอร์ดควบคุม

เครื่องปรับอากาศทั่วไปมีตัวขับ (Drive) ที่ควบคุมรีโมทคอนโทรล (Remote Control) ดังรูปที่ 1(ก) ทำการถอดตัวขับ (Drive) ออก และติดตั้งบอร์ดควบคุมโดยไมโครคอนโทรเลอร์ตามรูปที่ 1(ข) แทนที่ตัวขับ (Drive) ซึ่งออกแบบบอร์ดควบคุมดังแสดงในรูปที่ 2 โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- ☺ สามารถอ่านค่าการทำงานของรีโมทคอนโทรลเดิม และอ่านค่าสถานะการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้
- ☺ ควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ และควบคุมพัดลมภายในเครื่องปรับอากาศ
- ☺ สามารถติดต่อสื่อสารสื่อสารแบบ half duplex ผ่านพอร์ตอนุกรม RS485

(ก) (ข)

รูปที่ 1 ภาพรวมของวงจรควบคุม

รูปที่ 2 Schematic บอร์ดควบคุม

3.2 เว็บไซต์

มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. Log in เข้าสู่ระบบ (ดังรูปที่ 3) โดยต้องกรอก Username และ Password

รูปที่ 3 Log in เข้าระบบ

2. แสดงอุณหภูมิภายในห้องและอุณภูมิที่เครื่องระเหย (Evaporator)
3. ระบบจะแจ้งเตือนผ่านหน้าเว็ปไซต์ เมื่ออุณหภูมิที่เครื่องระเหยต่ำกว่า Evaporization ตามรูปที่ 4

รูปที่ 4 Pressure Enthalpy Chart

4. ผลการทดสอบ

เมื่อ Log in เข้าสู่ระบบเรียบร้อย ระบบจะแสดงอุณหภูมิปัจจุบันภายในห้อง และอุณหภูมิเครื่องระเหย ดังแสดงในรูปที่ 5 (ก) –(ข) และทำการทดสอบระบบฯ จากเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 เครื่อง โดยที่เครื่องแรกคือเครื่องปรับอากาศปกติ เครื่องที่สองคือเครื่องปรับอากาศที่ถึงกำหนดเวลาล้างแอร์ ผลการทดสอบเป็นดังรูปที่ 5 โดยรูปที่ 5(ก) เป็นห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในสถานะปกติ หน้าเว็บไซต์จะแสดงแถบสีเขียว สถานะ “Good” ส่วนรูปที่ 5(ข) แสดงแถบสีแดง สถานะ “Bad” แสดงว่าเครื่องปรับอากาศถึงกำหนดเวลาล้างแอร์

เก็บค่าอุณหภูมิภายในห้อง (Environment Temperature) และอุณหภูมิเครื่องระเหย (Freeze Temperature) เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วง 60 นาทีแรกดังแสดงในตารางที่ 1 อุณหภูมิห้องคงที่อยู่ในช่วงประมาณ 25 องศาเซลเซียส ทั้งที่ห้องเครื่องปรับอากาศปกติ ห้องที่เครื่องปรับอากาศใช้งานไประยะหนึ่งแล้ว และห้องที่เครื่องที่เครื่องปรับอากาศสกปรก สำหรับอุณหภูมิเครื่องระเหยจะค่อยๆ ลดลงจนถึงประมาณ 12 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเครื่องปรับอากาศสกปรกอัตราการลดลงจะเร็วกว่าเครื่องปรับอากาศที่ปกติ ดังแสดงในรูปที่ 6

(ก) (ข)

รูปที่ 5 อุณหภูมิและแจ้งสถานะของเครื่องปรับอากาศ

รูปที่ 6 อุณหภูมิเครื่องระเหย (Freeze Temperature)

ตารางที่ 1 อุณหภูมิภายในห้องและอุณหภูมิเครื่องระเหย

Time (sec)	อุณหภูมิห้อง (C)			อุณหภูมิเครื่องระเหย (C)		
	ปกติ	ปานกลาง	สกปรก	ปกติ	ปานกลาง	สกปรก
0	25.36	25.36	25.36	23.15	23.15	23.15
5	25.27	25.42	25.44	22.67	22.86	22.42
10	25.19	25.35	25.30	22.14	22.15	21.66
15	25.36	25.29	25.30	21.58	21.39	21.02
20	25.19	25.53	25.33	21.07	20.81	20.37
25	25.27	25.47	25.39	20.19	19.83	19.04
30	25.27	25.36	25.47	18.60	18.09	17.10
35	25.19	25.24	25.43	16.88	16.25	15.36
40	25.1	25.24	25.36	15.52	14.88	14.26
45	25.19	25.50	25.21	14.43	13.90	13.56
50	25.27	25.30	25.39	13.51	13.11	12.99
55	25.27	25.35	25.30	12.82	12.60	12.62
60	25.19	25.33	25.33	12.32	12.26	12.33

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาบอร์ดควบคุมที่ใช้สำหรับเช็คสถานะของเครื่องปรับอากาศ และระบบจะมีการแจ้งเตือนในกรณีที่ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศลงลง อันเนื่องมากจากอุณหภูมิของเครื่องระเหยลดลงเร็วค่าปกติ จากผลการทดสอบระบบฯ แสดงให้เห็นว่า ระบบทำงานได้สมบูรณ์ และช่วยให้ผู้ดูแลระบบทำงานได้ง่ายขึ้น เนื่องจากสามารถตรวจสอบและติดตามเครื่องปรับอากาศทางเว็บไซต์

เอกสารอ้างอิง

[1] M. S. Patil, et. al., "Heat transfer characteristics of the heat exchangers for refrigeration, air conditioning and heat pump systems under frosting, defrosting and dry/wet conditions—A review," Applied Thermal Engineering, vol. 113 pp. 1071–1087, 2017

[2] Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), Ministry of Energy (2010), Energy Report of Thailand.

[3] หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ, Retrieved from http://www.108air.com

[4] PIC16F886 Datasheet, Retrieved from http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F886

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอม

A Temperature Control for Drying mushroom

ณัฐพงศ์ บุตรธนู* ปองพล แสนสอน

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040 ต่อ 1510 E-mail: n.bootthanu@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอม มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เห็ดหอมที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแล้วเก็บรักษาไว้ได้นาน มีคุณภาพดีขึ้น ใช้พลังงานความร้อนจากหลอดไฟแบบไส้ การทำงานคือใช้ความร้อนค่อยๆ ลดความชื้นภายในดอกเห็ด ผลการทดลองปรากฏว่าได้เห็ดที่มีคุณภาพที่ดีกว่าเห็ดที่ตากแดดการอบใช้อุณหภูมิ เริ่มแรกประมาณ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทีละ 1-2 องศาเซลเซียส ทุก 1 ชั่วโมง จนถึง 50 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มให้เป็น 60 องศาเซลเซียส และรักษาอุณหภูมิระดับนี้ไว้ประมาณ 1 ชั่วโมงเพื่อเพิ่มรสชาติกลิ่นและทำให้ดอกเห็ดหอมมีลักษณะเป็นเงาสวยงาม

คำสำคัญ: ระบบควบคุมตู้อบแห้งเห็ดหอม

Abstract

This paper proposes a Temperature Control for Dyeing mushroom the preservation and keeps good quality. Heat energy of machine was performed via an incandescent light bull, which helps to decrease the moisture in the mushrooms. The results indicated than the obtained mushroom present the high-quality mushroom than of the sun-exposed mushroom. This process we can get the good quality mushroom instead of using the sunlight the oven start with 30°C and roll it up 1-2°C every hour until 50°C and with 60°C by an hour to and flavors and make it delicious looking.

Keywords: Drying mushroom

1. บทนำ

เนื่องจากการอบแห้งเห็ดหอมในภาคอีสานส่วนมากจะใช้แสงแดดเป็นหลักในการตากแห้งทำให้คลายความชื้นออกจากตัวเห็ดหอมแต่จะเกิดปัญหาตามมา คือ ดอกเห็ดหอมมีการติดเชื้อรา และทำให้ตัวเห็ดหอมหดตัวยุบเหี่ยวไม่สวยงามแล้วยังใช้ระยะเวลาในการตากแดดนาน 1-2 วัน[1] และบางสภาพอากาศ ร้อน ฝน หนาว บ้างตามฤดูกาลซึ่งทำให้ผลผลิตออกมาไม่ตามเป้าหมาย[2] ผู้วิจัยได้มีแนวความคิดในการสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอมสำหรับใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์เห็ดหอมทางการเกษตร โดยเห็นว่าในชุมชนหรือที่ทำการเกษตรจำนวนมากยังใช้วิธีการถนอมเห็ดหอมในการตากแดดปัญหาส่วนใหญ่เกิดขึ้นคือตัวของเห็ดหอมจะมีการติดเชื้อราของตัวดอก ไม่มีความสวยงาม และได้ผลผลิตไม่ตามเป้าหมาย[3]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้สร้างเครื่องความคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอมมาใช้ในการอบแห้งเห็ดหอมให้เกิดประสิทธิภาพลดความชื้นออกจากเห็ดหอม สำหรับการทำงานของชุดความคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอมนั้นจะนำหลักการของการใช้ความร้อนจากหลอดไฟแบบไส้ ทำให้ลดความชื้นภายในตัวเห็ดหอม ซึ่งจะได้คุณภาพดีกว่าเห็ดหอมที่ตากแดด จึงสร้างเครื่องความคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอมขึ้นมาใช้ในการอบแห้งเห็ดหอมให้มีระยะเวลาในการอบแห้งเร็วขึ้น ทำให้ตัวเห็ดหอมไม่ติดเชื้อราและมีสภาพของดอกเห็ดหอมที่สวยงาม

2. การออกแบบ

2.1 หลักการทำงาน

การทำงานใช้ลมร้อนค่อยๆ ลดความชื้นภายในดอกเห็ด ซึ่งจะได้เห็ดที่มีคุณภาพที่ดีกว่าเห็ดที่ตากแดด การอบใช้อุณหภูมิ เริ่มแรกประมาณ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทีละ 1-2 องศาเซลเซียส ทุก 1 ชั่วโมง จนถึง 50 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มให้เป็น 60 องศาเซลเซียส และรักษาอุณหภูมิระดับนี้ไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มรสชาติกลิ่น และทำ ให้ดอกเห็ดหอมมีลักษณะเป็นเงาสวยงาม

รูปที่ 1 การทำงานชุดควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอม

2.2 ออกแบบสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอม

สร้างตู้อบแห้ง ใช้ความร้อนจากหลอดไฟแบบไส้ จำนวน 6 หลอด เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับตู้อบแห้ง และติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม การทำงานของตู้อบแห้งเห็ดหอม ดังรูปที่ 2- รูปที่ 4

รูปที่ 2 ขนาดโครงสร้างเครื่องอบแห้งเห็ดหอม

รูปที่ 3 ภายนอกเครื่องอบแห้งเห็ดหอม

รูปที่ 4 ภายในเครื่องอบแห้งเห็ดหอม

2.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเห็ดหอม

ชุดควบคุมอุณหภูมินี้ประกอบไปด้วย

1) บอร์ด ET-PIC STAMP 18F8722สำหรับ ควบคุมการทำงาน

2) บอร์ด ET-OPTO AC DIMMER สำหรับ ควบคุมความสว่างของหลอดไส้

3) วงจร IC AD595 สำหรับ อ่านค่าอุณหภูมิ

4) วงจรรีเลย์

5) วงจรบริดจ์เร็กติไฟเออร์ สำหรับ แปลงไฟฟ้ากระสลับเป็นกระแสตรง

6) หม้อแปลงไฟฟ้า 12 V AC สำหรับ แปลงไฟฟ้ากระสลับจาก 220 V เป็น 12 V

7) จอแสดงผล LCD สำหรับ แสดงผลค่าต่างๆ

รูปที่ 5 ชุดควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเห็ดหอม

3 ผลการทดลอง

งานวิจัยเรื่อง เครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอม โดยใช้พลังงานความร้อนจากหลอดไฟแบบไส้ มีขั้นตอนทดสอบการอบเห็ดหอมโดยใช้พลังงานความร้อนจากหลอดไฟแบบไส้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ทำการทดลองวัดค่าอุณหภูมิในตู้อบโดยใช้หลอดไส้ขนาด 60 W จำนวน 2 หลอด

ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ทุกๆ 5 นาที เวลา 13.10 น. -14.10 น.

รูปที่ 6 อุณหภูมิภายในเครื่องอบโดยใช้หลอดไส้ 60W จำนวน 2 หลอด เปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกเครื่องอบ

3.2 ทำการทดลองวัดค่าอุณหภูมิในตู้อบโดยใช้หลอดไส้ขนาด 60 W จำนวน 4 หลอด

ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ทุกๆ 5 นาที เวลา 16.30 น.-17.30 น.

รูปที่ 7 อุณหภูมิภายในเครื่องอบโดยใช้หลอดไส้ 60W จำนวน 4 หลอด เปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกเครื่องอบ

3.3 ทำการทดลองวัดค่าอุณหภูมิในตู้อบโดยใช้หลอดไส้ขนาด 60 W จำนวน 6 หลอด

ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ทุกๆ 5 นาที เวลา 18.30 น ถึง 19.30 น

รูปที่ 8 อุณหภูมิภายในเครื่องอบโดยใช้หลอดไส้ 60W จำนวน 6 หลอด เปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกเครื่องอบ

3.4 ทำการทดลองโดยใช้เห็ดหอมสด 500 กรัม เขาไปในตู้อบในระยะเลา 5 ชั่วโมง

น้ำหนักและความชื้นของเห็ดหอมลดลงกี่กรัมและวัดค่าความร้อนทุกๆ 5 นาที เวลา 13.30 น - 18.30 น

รูปที่ 9 อบเห็ดหอมสด 500 กรัม

รูปที่ 10 อุณหภูมิภายในเครื่องอบโดยใช้หลอดไส้ 60W จำนวน 6 หลอด เปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกเครื่องอบ ระยะเวลา 5 ชั่วโมง

(ก)เห็ดหอมสด 500 กรัม (ข)เห็ดหอมอบแห้ง 213.5 กรัม

รูปที่ 11 น้ำหนักเห็ดของเห็ดหอม (ก)เห็ดหอมสด (ข)เห็ดหอมอบแห้ง

3.5 ทำการทดลองโดยใช้เห็ดหอมสด 500 กรัม เขาไปในตู้อบในระยะเลา 8 ชั่วโมง

น้ำหนักและความชื้นของเห็ดหอมลดลงกี่กรัมและวัดค่าความร้อนทุกๆ 5 นาที เวลา 13.30 น - 21.30 น

รูปที่ 12 อุณหภูมิภายในเครื่องอบโดยใช้หลอดไส้ 60W จำนวน 6 หลอด เปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกเครื่องอบ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง

(ก)เห็ดหอมสด 500 กรัม (ข)เห็ดหอมอบแห้ง 101 กรัม

รูปที่ 13 น้ำหนักเห็ดของเห็ดหอม (ก)เห็ดหอมสด (ข)เห็ดหอมอบแห้ง

3.6 ทำการตากแดดเห็ดหอมสด 500 กรัม ให้เหลือน้ำหนักเท่ากับ เห็ดหอมสดที่ใช้ตู้อบ อบแห้งแล้วน้ำมาเปรียบเทียบกัน

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องและการตากแดด

วิธีการทดลอง	น้ำหนัก(กรัม) เห็ดหอมก่อนการทดลอง	น้ำหนัก(กรัม) เห็ดหอมหลังการทดลอง	อุณหภูมิเฉลี่ย (C^o)	เวลาที่ใช้ (ชม.)	กลิ่นของเห็ดหอม
เครื่องควบคุม	500	213	54.6	5	มีกลิ่นหอม
เครื่องควบคุม	500	101	57.38	8	มีกลิ่นหอม
ตากแดด	500	101	33	32	ไม่มีกลิ่นหอม

4 สรุปผล

เครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอม มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอม และ ทดสอบชุดควบคุมอุณหภูมิและทำการเปรียบเทียบระหว่างการตากแดดและการอบแห้งด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอมโดยชุดควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอม ที่ทำขึ้นประกอบด้วยสร้างตู้ควบคุมอุณหภูมิเพื่ออบแห้งเห็ดหอมปรับอุณหภูมิความร้อนตั้งแต่ 30 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นจนถึง 60 องศาเซลเซียส และ ทดลองกับเห็ดหอมสดน้ำหนัก 500 กรัม สามารถควบคุมอุณภูมิได้จริงและลดระยะเวลาการอบแห้งเห็ดหอมได้ 75 %

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้ความสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์และงบประมาณในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่สนับสนุนงบประประมาณในการนำเสนอผลงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] E.Saniso, M.Prado, and F.Yayee, " Optimal Condition of Mushroom Drying UsingSolar Energy Combined with Infrared Radiation," Journal of Yala Rajabhat University, Vol.8 No.2 July-December 2013.

[2] I.S. Jacobs and C.P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in Magnetism, vol. III, G.T. Ra do and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.

[3] A. De Kese, "A Mushroom Dryer for The Travelling Mycologist" Field Mycology Volume 2(4), October 2001.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

โมดูลเปิด-ปิดหลอดไฟไร้สายด้วยแลปวิว

Wireless on/off Lamps Module using LabVIEW

บัววรณ์ ไชยธงรัตน์[1] จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040 ต่อ 1510 E-mail: nakamhi@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน การติดต่อสื่อสารไร้สายเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมากเนื่องจาก ประหยัดพลังงานและลดต้นทุนในการติดตั้ง วิจัยนี้นำเสนอการสร้าง ชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับ เปิด–ปิดหลอดไฟไร้สายโดยใช้โปรแกรมแลปวิว โดยชุดทดลองประกอบด้วยโมดูล ET–RF24G V.2.0 และไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการทดลองได้ทำการศึกษาระยะทางระหว่างชุดควบคุม(ภาคส่ง) และ หลอดไฟ (ภาครับ) และเวลาที่ข้อมูลจากภาคส่งไปยังภาครับ เพื่อเปิด–ปิดหลอดไฟ พบว่า ชุดควบคุมไร้สายห่างจากหลอดไฟ ที่ระยะ 1–65 เมตร หลอดไฟสามารถเปิด–ปิดได้ตามคำสั่งที่ส่งจากชุดควบคุม โดยใช้เวลา 1 วินาที

คำสำคัญ: ไร้สาย, แลปวิว, ชุดทดลอง

Abstract

In the present, the wireless communication technology has become a part of daily life to achieve more comfortable and reduce the cost of performance. In this work, we present the simple fabrication of an experiment set of on/off the light lamp with wireless. An experiment set consists of wireless ET–RF24G V.2.0, the microcontroller (MCU) and the personal computer with LabVIEW software. In the experiment, we study the distance between transmitters and receivers for on/off light lamp operation. We found that the distance between the control unit (transmitters) and the incandescent lamp (receiver) was 1-65 m, which can be on/off follow in a command sent from the control unit and time used 1 secound.

Keywords: Wireless , LabVIEW, Experiment set

1. บทนำ

ปัจจุบัน การดำเนินชีวิตในประจำวันต้องเพิ่มความสะดวกสบายและรวดเร็ว เห็นได้จาก การติดต่อสื่อสารไร้สายที่ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจาก มีความรวดเร็ว ลดต้นทุนในการติดตั้งสาย(cable) ทำให้การเคลื่อนย้ายและการใช้งานได้สะดวก[1] จากความต้องการดังกล่าว การพัฒนาควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ให้สามารถเปิด–ปิดหลอดไฟ แบบไร้สายได้ จึงเป็นการอำนวยสะดวกสบาย รวมไปถึงเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้งาน ดังจะเห็นได้จากในปัจจุบัน ได้มีรายงานการพัฒนา เปิด–เปิดหลอดไฟไร้สาย อย่างกว้างขวาง ตัวอย่างเช่น ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างโดยใช้ระบบ Wireless ร่วมกับแอปพลิเคชันของระบบปฏิบัติการ Android โดยสามารถควบคุมการทำงานได้ที่ระยะ 30 เมตร [2] ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างผ่านระบบ Wireless ร่วมกับโมดูล XBee (2.4 Ghz) โดยสามารถควบคุมการทำงานได้ที่ระยะ 20 เมตร [3] และ ระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟ ไฟด้วย Wi-Fi ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ร่วมกับ Module Wi-Fi ESP8266 และภาษา Aruduino [4]

โปรแกรมแลปวิว (LabVIEW) คือ ซอฟต์แวร์ที่ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมและการวิจัยเพื่อการสร้างระบบการวัดและควบคุมอัตโนมัติได้ในเวลาอันสั้น เนื่องจากเป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) หรือ ภาษารูปภาพ ซึ่งลดความผิดพลาดในการเขียนโค๊ด [5] และสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย เนื่องจากมีการบรรจุโปรแกรม (Libraries)ไว้สำหรับเชื่อมต่อ DAQ (Data Acquisition), GPIB (General Purpose Interface Bus หรือ Hewlett Packard Interface Bus, HP-IB), พอร์ตอนุกรม หรือ Serial Port เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ที่ส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Instrument)[6]

งานวิจัยนี้ จึงมีแนวคิดในการสร้าง ชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับเปิด–ปิดหลอดไฟไร้สายโดยใช้โปรแกรมแลปวิว เพื่ออำนวยความสะดวกกับผู้ใช้งานและประหยัดต้นทุนในการติดตั้ง โดยชุดทดลองประกอบด้วยโมดูล ET–RF24G V.2.0 และไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการทดลองได้ทำการศึกษาระยะทางระหว่างชุดควบคุม(ภาคส่ง) และหลอดไฟ (ภาครับ) และเวลาที่ข้อมูลจากภาคส่งไปยังภาครับ เพื่อเปิด–ปิดหลอดไฟ

2.วิธีการดำเนินงาน

ในการออกแบบและการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น ทางคณะผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการออกเป็นสองส่วน ดังนี้

2.1.ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโปรแกรมแลปวิว

รูปที่ 1 แสดง การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโปรแกรมแลปวิว โดยในชุดทดลองประกอบด้วยภาครับและภาคส่ง ซึ่งภาคส่งประกอบด้วย คอมพิวเตอร์และชุดโมดูล Wireless ET–RF24G V.2.0 ซึ่งเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์อนุกรม RS–232 ภาครับประกอบด้วยโมดูล Wireless ET–RF24G(2) เชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ หลอดไฟ 220 โวตล์ จำนวน 2 หลอด ในการควบคุมการเปิด–ปิดหลอดไฟไร้สาย โปรแกรมแลปวิวจะควบคุมและแสดงสถานะ เปิด–ปิดหลอดไฟ โดยมีโมดูล Wireless ET–RF24G(1) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากพอร์อนุกรม RS–232 แปลงเป็นความถี่ RF ส่งออกไปในอากาศ (ภาคส่ง) ในทางด้านภาครับ จะมีโมดูล Wireless ET–RF24G(2) รับสัญญาณความถี่ RF แปลงเป็นสัญญาณข้อมูลแบบ RS–232 และส่งต่อไปยัง MCU (microcontroller; PIC16F877) เพื่อเปิด–ปิดหลอดไฟ

2.2. การประกอบอุปกรณ์ควบคุมเปิด–ปิดหลอดไฟผ่านโปรแกรมแลปวิว

การดำเนินการประกอบอุปกรณ์ชุดควบคุมการเปิด–หลอดไฟ ประกอบด้วย

2.2.1) อุปกรณ์ในภาคส่งประกอบด้วย ชุดโมดูล ET–RF24G (รูปที่ 1) เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์อนุกรม RS–232 สำหรับการตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ ET–RF24G (1) โดยไปที่ Control Panel System เลือกแท็ป Device Manager แล้ว ดับเบิลคลิกที่ ET-USB to RS232 Converter (COM8) (หมายเลข COM Port อาจมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งขึ้นอยู่กับคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง)

2.2.2) การสร้างโปรแกรมเพื่อควบคุมและแสดงสถานะการเปิด–ปิดหลอดไฟ เป็นการออกแบบด้วยโปรแกรมแลปวิว

รูปที่ 2 แสดงโปรแกรมแลปวิวซึ่งใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน ประกอบด้วย สวิตซ์ควบคุมการเปิด–ปิดหลอดไฟและสถานะการเปิด–ปิดหลอดไฟ โดยบล็อคไดอะแกรมของแลปวิวและการติดต่อระหว่างโปรแกรมแลปวิวกับพอร์อนุกรม RS–232 จะใช้ฟังก์ชันบล็อก VISA ซึ่งประกอบด้วย VISA Open, VISA Read, VISA Write, และ VISA Close และมีฟังก์ชันบล็อก case structure ทำหน้าที่เลือกเปิด–หลอดไฟตามค่าเงื่อนไขที่ได้รับ

2.2.3. อุปกรณ์ในภาครับและชุดควบคุมเปิด–ปิดหลอดไฟฟ้า (รูปที่ 3) โดยในชุดเปิด–ปิดหลอดไฟประกอบด้วย (1) วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า MCU (microcontroller; PIC16F877) (2) วงจร solid state relay (3) วงจรแปลงกระแส (4) Supply วงจรแปลงกระแส (5) Supply โมดูล ET–RF24G (2) ดังแสดงใน

รูปที่ 4 โดยเมื่อโมดูล ET–RF24G (2) รับสัญญาณที่เป็น RF มาจะแปลงเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า จากนั้นวงจรแปลงกระแสทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12 โวลต์ ให้เป็น 15 โวลต์ เพื่อเข้า MCU และเปิด–ปิดหลอดไฟ ตามคำสั่งที่ได้รับจากแลปวิว

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมชุดทดลองการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโปรแกรมแลปวิว

รูปที่ 2 หน้าต่างของโปรแกรมแลปวิวในการติดต่อกับผู้ใช้

รูปที่ 3 อุปกรณ์ในภาครับและแผงควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

2.3. ทดลองควบคุมเปิด–ปิดหลอดไฟผ่านโปรแกรมแลปวิว

เมื่อสร้างโปรแกรมเพื่อควบคุมและแสดงสถานะการเปิด–ปิดหลอดไฟเสร็จเรียบร้อย จึงได้ทำการทดลอง 1) เปิด–ปิดหลอดไฟ หลอดที่ 1 และ 2 สลับกัน และเปิด–ปิดหลอดไฟ หลอดที่ 1 และ 2 พร้อมกัน และ 2) ระยะการใช้งานของชุดควบคุมเปิด–ปิดหลอดไฟผ่านโปรแกรมแลปวิว โดยมีระยะทางที่ใช้ทดสอบ 1–99 เมตร และเวลาในการสั่งเปิด–ปิดหลอดไฟ

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลอง เปิด–ปิดหลอดไฟ ได้ทำการทดลองโดยใช้เงื่อนไข 1) หลอดที่ 1 และ 2 สลับกัน และ 2) เปิด–ปิดหลอดไฟ หลอดที่ 1 และ 2 พร้อมกัน โดยกำหนดระยะทางทดสอบ 1 เมตร พบว่า หลอดไฟสามารถเปิด–ปิดได้ตามที่ได้รับคำสั่งจากโปรแกรมแลปวิวโดยใช้เวลาในการเปิด–ปิด 1 นาที แสดงได้ดังตารางที่ 1

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลอง เปิด–ปิดหลอดไฟ ได้ทำการทดลองโดยใช้เงื่อนไข 1) หลอดที่ 1 และ 2 สลับกัน และ 2) เปิด–ปิดหลอดไฟ หลอดที่ 1 และ 2 พร้อมกัน โดยกำหนดระยะทางทดสอบ 1 เมตร พบว่า หลอดไฟสามารถเปิด–ปิดได้ตามที่ได้รับคำสั่งจากโปรแกรมแลปวิวโดยใช้เวลาในการเปิด–ปิด 1 นาที แสดงได้ดังตารางที่ 1

จากการทดลอง การใช้งานของชุดควบคุมเปิด–ปิดหลอดไฟผ่านโปรแกรมแลปวิว โดยมีระยะทางที่ใช้ทดสอบ 1–99 เมตร โดยทดลองด้วยการสั่งให้หลอดไฟ ติด–ดับ จำนวน 5 ครั้ง พบว่า ชุดควบคุมเปิด–ปิดหลอดไฟ สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในระยะทาง 1 ถึง 65 เมตร และประสิทธิภาพการใช้งานจะเริ่มลดลง ระยะทาง 66–95 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ พบว่า ที่ระยะทาง 66–95 เมื่อสั่งให้ หลอดไฟติด–ดับ จำนวน 5 ครั้ง แต่หลอดไฟติด–ดับ ตามคำสั่ง เพียงจำนวน 3 ครั้ง เนื่องจากระยะทางอาจจะไกลทำให้วงจรการทำงานผิดพลาดได้ จึงทำให้หลอดไฟทำงานตามคำสั่งลดลง แล้วแต่ระยะทางในการสั่งให้เปิด–ปิด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดลองที่ ระยะทาง 96 เมตร ถึง 99 เมตร นอกจากนี้ได้ทำการทดลอง ระยะเวลาในการสั่งเปิด–ปิดหลอดไฟ โดยมีระยะทางที่ใช้ทดสอบ 1–99 เมตร พบว่า ที่ระยะทาง 1–74 เมตร ระยะเวลาในการสั่งเปิด–ปิดหลอดไฟ ใช้เวลา 1 วินาที แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระยะห่าง 75 เวลาในสั่งเปิด–ปิด เริ่มนานขึ้นโดยใช้เวลา 3–7 วินาที จากการทดลองสรุปได้ว่า ชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับเปิด–ปิดหลอดไฟไร้สายโดยใช้โปรแกรมแลปวิว ชุดควบคุมไร้สายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อชุดควบคุม (ภาคส่ง) ห่างจากหลอดไฟ(ภาครับ) ที่ระยะ 1–65 เมตร โดยที่หลอดไฟสามารถเปิด–ปิด (ติดดับ 5 ครั้ง) ได้ตามคำสั่งที่ส่งจากชุดควบคุม โดยใช้เวลา 1 วินาที แต่อย่างไรก็ตามเมื่อระยะทางเพิ่มมากขึ้น หลอดไฟไม่สามารถ เปิด–ปิด (ติดดับ 5 ครั้ง) ตามคำสั่งและใช้เวลานาน เนื่องจากระยะทางอาจจะไกลเกินกว่าที่ตัวส่งและตัวรับที่จะรับส่งกันได้

ตารางที่ 1 ทดลองเปิด–ปิดหลอดไฟ

หลอดไฟ	เงื่อนไข 1				เงื่อนไข 2	
	เปิด 1	ปิด 2	ปิด 1	เปิด2	เปิด1+2	ปิด1+2
1	√	√	√	√	√	√
2	√	√	√	√	√	√

ตารางที่ 2 ระยะการเปิด–ปิด หลอดไฟไร้สายด้วยโปรแกรมแลปวิว

ระยะทาง (เมตร)	จำนวนครั้งการสั่งหลอดไฟ	จำนวนครั้งที่หลอดไฟทำงาน	เวลาในการส่ง (วินาที)
	สั่งติด/ดับ	ทำงานติด/ดับ	
0 : 65	5/5 : 5/5	5/5 : 5/5	1 : 1
66 : 95	5/5 : 5/5	4/4 : 3/3	1 : 7
69–99	5/5	ไม่ติด	–

รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางควบคุมเปิด–ปิดหลอดไฟ และเวลาเปิด–ปิดหลอดไฟ

5. ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมแลปวิว ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆได้ เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดแก๊ส หรืออุณหภูมิ เนื่องจากลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสายไฟและสามารถแสดงสถานะได้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความร่วมมือและคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์จากสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี และความช่วยเหลือจาก นายณัฐวุฒิ ครองบุ่งคล้า นายวัชระ พิมพันธุ์ และ นายขรรค์ชัย อันทะปัญญา นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

7. บรรณานุกรม

[1] " ระบบเครือข่ายไร้สาย" [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 30 มกราคม 2560: http://www.freebsd.sru.ac.th/course/4012702-Data Communication/parinya-book/

[2] เสฐียรพงษ์ สมบัติใหม่ และ อาทร สิริกุลธมาลา. "ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างผ่านเครือข่ายไร้สาย". วิทยานิพนธ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชพระนคร. 2557.

[3] วณพันธ์ วัยวุฒิ. "ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างผ่านเครือข่ายไร้สายอัตตราต่ำ". วิทยานิพนธ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชพระนคร. 2555.

[4] สามารถ ยืนยงพานิช. "ระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์". นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 12: วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ. 2559.

[5] กิจไพบูลย์ ชีวพันธุศรี. "การสร้างระบบอัตโนมัติด้วย LabVIEW ร่วมกับระบบ Data acquistion และ Machine vision สำหรับผู้เริ่มต้น". กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2557.

[6] "ข้อแตกต่างระหว่าง Labview กับโปรแกรมอื่นๆ" [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 30 มกราคม 2560: http://labview-develop.com/

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การใช้เทคนิค 7 – ethoxyresorufin O-deethylase (EROD) Activity เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในแหล่งน้ำธรรมชาติ

7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD) Activity. : Bio-indicator for Agro-chemical Contamination in the Aquatic Environment

กอบกุล นงนุช[1] พรรัตน์ ไชยมงคล[2] อาภาพล มหาวีระ[3]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

199 หมู่ 3 ถนนพังโคน-วาริชภูมิ อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47000 E-mail: khopkul25@gmail.com

[2]กองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10400 E-mail: b.chaimongkol@gmail.com

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

199 หมู่ 3 ถนนพังโคน-วาริชภูมิ อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47000 E-mail: konggola.ma@gmail.com

บทคัดย่อ

การขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดการใช้สารเคมีทางการเกษตรเพิ่มขึ้น เช่น ปุ๋ย สารปรับปรุงดิน และสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งหากใช้อย่างไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดผลเสียต่อทั้งสิ่งมีชีวิต สิ่งแวดล้อม และอาจส่งผลกระทบไปตามห่วงโซ่อาหารอีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีระบบการตรวจติดตามการปนเปื้อนของสารพิษเหล่านี้ก่อนที่จะก่อให้เกิดผลเสียดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับกิจกรรมของเอนไซม์ 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD) ในปลาจากแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืช และความเป็นไปได้ในการใช้การเปลี่ยนแปลงระดับกิจกรรมของเอนไซม์นี้ เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพสำหรับการปนเปื้อนนั้น

ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าระดับของ EROD Activity ในตัวอย่างปลาจากสถานีที่ใกล้แหล่งกำเนิดการปนเปื้อนจะมีค่ามากกว่าในปลาจากสถานีที่อยู่ไกลออกไป เมื่อพิจารณาความแตกต่างของฤดูกาล ระดับ EROD Activity ในตัวอย่างปลาในฤดูแล้งจะมีค่ามากกว่าตัวอย่างปลาในฤดูฝน ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพของแหล่งน้ำที่นิ่งในฤดูแล้ง ซึ่งจะส่งผลให้ปลามีโอกาสสัมผัสสารพิษได้มากกว่า นอกจากนั้นชนิดของปลาก็มีผลต่อระดับของ EROD Activity โดยปลากินเนื้อจะมีระดับของ EROD Activity มากกว่าปลากินพืช เนื่องจากผลของการถ่ายทอดสารพิษผ่านทางห่วงโซ่อาหารที่ปลาในระดับชั้นการบริโภคที่สูงกว่าจะมีการสะสมสารพิษมากกว่า โดยสรุปผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงระดับ EROD Activity สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพขั้นต้นของการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมได้

คำสำคัญ: สารกำจัดศัตรูพืช, ระดับกิจกรรมของเอนไซม์ 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD)

Abstract

The expanding of agricultural area causes an increasing in the usage of agro-chemical such as fertilizes, soil amendment, and pesticide. In some cases, it may result in adverse effects on organisms, environments, and further eventually food chains. Thus, it should establish the appropriate early warning system for the contamination. The aim of this study was to investigate the change in 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD) activity in fish collected from the area contaminated with pesticide and the possibility to use as an early warning bio-indicator. The results indicated that EROD activity in fish collected nearby the point source of contamination was higher than that of the distance. Moreover, EROD activity in fish collected in dry season was higher than that of the wet season.

Keywords: Pesticide, 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD) Activity

1. บทนำ

การใช้สารเคมีทางการเกษตรจัดว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางน้ำในหลายพื้นที่ทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศที่มีการทำเกษตรกรรมเป็นหลักของประเทศ รวมทั้งประเทศไทย สารเคมีทางการเกษตรที่มีการใช้อยู่ในประเทศไทยสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ปุ๋ย หรือสารปรับปรุงดิน และสารกำจัดศัตรูพืช เช่น ยาฆ่าแมลง ยากำจัดวัชพืชเป็นต้น

เมื่อสารเคมีเหล่านี้ลงสู่แหล่งน้ำจะมีบทบาทในการเป็นธาตุอาหารให้กับพืชน้ำ (Aquatic Plant) และแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) ส่งผลให้เกิดการเติบโตอย่างรวดเร็ว (Planton Bloom) จากนั้นเมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ใช้ธาตุอาหารหมดจะตายลง และจุลินทรีย์ในน้ำจะใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย ส่งผลให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำจนทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ [1]ในปัจจุบันมีการใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพหลายประเภทในการตรวจติดตามการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม เช่น การหายไปของสิ่งมีชีวิตบางชนิดซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องการสิ่งแวดล้อมที่สะอาด ไม่มีการปนเปื้อน หรือการเปลี่ยนแปลงของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายสิ่งมีชีวิตเพื่อตอบสนองต่อการรับสัมผัสกับสารพิษ เช่น การถูกกระตุ้นให้สร้างเอนไซม์ Cytochrome P450-dependent Monooxygenase (CYP) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทในระบบภูมิคุ้มกันของสิ่งมีชีวิต [2] หรือการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase (AChE) เนื่องจากการสัมผัสกับสารพิษบางชนิด [3] การเปลี่ยนแปลงระดับกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิด เช่น 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD) ในสิ่งมีชีวิตหลังจากสัมผัสกับสารพิษ โดยในการคัดเลือกตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมในการใช้ตรวจติดตามการปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อมจำเป็นจะต้องพิจารณาจากความจำเพาะของตัวบ่งชี้ต่อสารพิษ ความสะดวก รวดเร็ว และค่าใช้จ่ายที่จำเป็นต้องใช้ในการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งปัจจุบันการศึกษาระดับกิจกรรมของเอนไซม์ 7-ethoxyresorufin O-deethylsae เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการตรวจติดตามการปนเปื้อนของสารพิษหลายชนิด เช่น Persistant Organic Pollutants (POPs), Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) และสารกำจัดศัตรูพืชพวก Organochlorine (OCPs) เป็นต้น [4] เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก เสียค่าใช้จ่ายน้อย และรวดเร็ว เหมาะกับการใช้เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพเบื้องต้น

2. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับกิจกรรมของเอนไซมี 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD) ในปลาในแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืช และความเป็นไปได้ในการใช้การเปลี่ยนแปลงระดับกิจกรรมของเอนไซม์นี้เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพเบื้องต้นของการปนเปื้อนในแหล่งน้ำนั้น

ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ปลาดุก (Walking Catfish, *Clariidae*) และปลาตะเพียน (Spot Barb, *Puntius bimaculatus*) ซึ่งเป็นปลากินเนื้อและปลากินพืชตามลำดับ เนื่องจากต้องการศึกษาถึงผลของชนิดอาหารที่อาจมีต่อการรับสัมผัสของปลากับสารกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำ โดยปลาทั้งสองชนิดนี้พบได้ในแหล่งน้ำทั่วประเทศ จึงมีความน่าจะเป็นที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการปนเปื้อนได้

สถานีเก็บตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 9 สถานี โดยเก็บตัวอย่างปลาสถานีละ 15 ตัว (3 n, n = 5) ตามแนวลำน้ำซึ่งไหลผ่านพื้นที่ทำเกษตรกรรมซึ่งมีการใช้สาร OCPs โดยพื้นที่ตอนบน (สถานีที่ 1) มีการใช้สารนี้มากที่สุด การเก็บตัวอย่างกระทำทั้งในฤดูร้อน และฤดูฝน ตัวอย่างปลามีขนาดประมาณ 15 ถึง 20 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 50 กรัม หลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว นำตัวอย่างปลามาล้างให้สะอาด ผ่าแยกอวัยวะภายใน เช่น ตับอ่อน เพื่อนำไปศึกษาต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน [5]

1. การวัดปริมาณโปรตีน

นำตัวอย่างตับอ่อน ปริมาตร 0.10 มิลลิกรัม ผสมกับสี Coomasie Brilliant Blue G 250 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร บันทึกค่าที่ได้ นำมาคำวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานที่สร้างขึ้น

2. การทำกราฟมาตรฐาน

นำสารละลาย Bovine Serum Albumin (BSA) ที่มีความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 0.10 มิลลิลิตร ผสมกับสี Coomasie Blue ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาสร้างเป็นกราฟมาตรฐาน

การเตรียมตัวอย่างตับอ่อน สำหรับวิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์ [5]

นำตับอ่อนประมาณ 1 กรัม(น้ำหนักเปียก) มาบด เติม 50 mM Tris-HCl Buffer ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำมาทำการเขย่าอีกครั้งโดยใช้คลื่นเสียงด้วยเครื่อง Sonicator bath 3 ครั้งๆ ละ 15 วินาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 15,000 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 30 นาที นำของเหลวด้านบน (Supernatant) นำไปทำการวิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์ โดยนำของเหลวด้านบนที่ได้ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร มาผสมกับสารละลาย 100 mM Sodium Phosphate Buffer pH 7.0 ปริมาตร 850 ไมโครลิตร ให้เข้ากัน จากนั้นเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 33% ปริมาตร 5 ไมโครลิตร และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยเครื่อง UV Spectrophotometer จับเวลาโดยเริ่มอ่านค่าตั้งแต่ 30 วินาทีแรก และอ่านค่าทุกๆ 15 วินาที ทำการบันทึกผล และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มาคำนวณหาระดับการทำงานของเอนไซม์

3. ผลการวิจัย

เมื่อนำตัวอย่างปลาทั้งสองชนิดมาตรวจวัดระดับการทำงานของเอนไซม์ 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD activity) พบว่าระดับของ EROD activity ของปลาทั้งสองชนิดในช่วงฤดูแล้งมีมากกว่าปลาในช่วงฤดูฝนในทุกสถานีที่ทำการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 1 และ 2) และเมื่อพิจารณาในภาพรวม ระดับของ EROD activity ในปลาทั้งสองชนิดมีปริมาณลดลงตามระยะทางจากสถานีที่ 1 ไปจนถึงสถานีที่ 9 โดยปลาตะเพียนในฤดูแล้ง ระดับของEROD activity ลดลงจาก 0.27±0.01 pmol/min/mg protein ในสถานีที่ 1 มาเป็น 0.16±0.00 pmol/min/mg protein ในสถานีที่ 9 ส่วนในฤดูฝน ลดลงจาก 0.12±0.01 pmol/min/mg protein มาเป็น 0.11±0.03 pmol/min/mg protein (ภาพที่ 1)

ภาพที่ 1 ระดับการทำงานของเอนไซม์ 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD activity) ในปลาตะเพียน

ระดับของ EROD activity ในปลาดุกในฤดูแล้งจะลดลงจาก 0.37±0.00 pmol/min/mg protein ในสถานีที่ 1 มาอยู่ที่ 0.22±0.03 pmol/min/mg protein ในสถานีที่ 9 ส่วนในฤดูฝน ระดับของ EROD activity จะลดลงจาก 0.21±0.00 pmol/min/mg protein ลงมาที่ 0.14±0.05 pmol/min/mg protein (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 2 ระดับการทำงานของเอนไซม์ 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD activity) ในปลาดุก

3. สรุปและอภิปรายผล

จากภาพที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับ EROD activity ของปลาทั้งสองชนิดในช่วงฤดูแล้งมีมากกว่าปลาในช่วงฤดูฝนในทุกสถานีที่ทำการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ บ่งชี้ว่าปลาทั้งสองชนิดได้รับสัมผัสกับสารพิษในฤดูแล้งมากกว่า ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากคุณลักษณะของแหล่งน้ำในฤดูแล้งที่แตกต่างจากฤดูฝน โดยสภาพของแหล่งน้ำในฤดูแล้งจะมีน้ำไหลเข้าน้อย มวลน้ำไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหว (stagnation) ส่งผลให้สารกำจัดศัตรูพืชคงตัวในมวลน้ำ และถูกดูดซับอยู่บนผิวหน้าของคอลลอยด์ ของแข็งแขวนลอย หรือสารอินทรีย์ และถูกปลากิน หรือรับเข้าไปในที่สุด ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ [6] ซึ่งพบว่าปลาจะสะสมสารพิษในร่างกายในฤดูแล้งได้มากกว่าในฤดูฝน

จากการลดลงของระดับ EROD activity ตามระยะทางจากสถานีที่ 1 ถึงสถานีที่ 9 อาจมีสาเหตุมาจากการทำเกษตรกรรมในพื้นที่ศึกษาจะกระจุกตัวอยู่ในบริเวณต้นน้ำ (สถานีที่ 1) ดังนั้นทำให้ความเข้มข้นของสารกำจัดศัตรูพืชมีมากที่สุดในสถานีที่ 1 และลดลงตามระยะทางที่ห่างออกจากแหล่งกำเนิดการปนเปื้อน โดยระดับของ EROD activity ที่เปลี่ยนแปลงไปนี้เป็นผลมาจากการรับสัมผัสจากสารกำจัดศัตรูพืช สอดคล้องกับการศึกษาของ Tao et al (2013) ที่พบว่า ระดับการเพิ่มขึ้นของ EROD activity แปรผันตามความเข้มข้นของสาร endosulfan ที่เพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบระดับ EROD activity ของปลาทั้งสองชนิด พบว่า ปลาดุกมีระดับ EROD activity สูงกว่าปลาตะเพียนในทุกสถานีที่ทำการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ บ่งชี้ว่าปลาดุกได้รับสัมผัสกับสารพิษมากกว่าปลาตะเพียน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอาหารที่ปลาทั้งสองชนิดกินต่างกัน โดยปลาดุกซึ่งเป็นปลากินเนื้ออาจได้รับสารพิษมากกว่าปลาตะเพียนซึ่งเป็นปลากินพืชและอยู่ในระดับชั้นการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ (trophic level) ที่ต่ำกว่า ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องการการศึกษาของ [7] ที่บ่งชี้ว่าความแตกต่างนี้เกิดจากผลของการสะสมทางชีวภาพ (biomagnification) ซึ่งสารพิษที่ละลายน้ำได้น้อยจะถูกส่งผ่านไปตามลำดับชั้นการถ่ายทอดสะสารจากเหยื่อ (prey) ไปยังผู้ล่า (predator) ในลำดับถัดไป

4. เอกสารอ้างอิง

[1] Wan, Z. Bi, H., “Comparing model scenarios of variable plankton N/P ratio versus the constant one for the application in the Baltic Sea” Ecological Modelling. 272. 28-39, 2014.

[2] Dehn, P.F., Allen-Mocherie, S., Karek, J., Thenappan. A. “Organochlorine insecticides: impacts on human HepG2

cytochrome P4501A, 2B activities and glutathione levels" Toxicology in Vitro. 19. 261–273, 2005.

[3] Binelli, A., Ricciardi, F., Riva, C. Provini. A. "New evidences for old biomarkers: Effects of several xenobiotics on EROD and AChE activities in Zebra mussel (Dreissena polymorpha" Chemosphere. 62. 510–519, 2006.

[4] Tao, Y., Pan, L., Zhang, H., Tian, S. "Assessment ofthetoxicityoforganochlorinepesticideendosulfan in clams *Ruditapes philippinarum.*" Ecotoxicology and Environmental Safety. 93. 22-30, 2013.

[5] Guo, L., Yaowen Q., Gan Z., Gene J.Z., Paul K.S.L., Xiandong L. "Levels and bioaccumulation of organochlorine pesticides (OCPs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fishes from the Pearl River estuary and Daya Bay, South China" Environmental Pollution. 152. 604-611, 2008.

[6] Das, B., Khan, Y.S.A., Das, P., Shaheen, S.M. "Organochlorine pesticide residues in catfish, *Tachysurus thelassinus*(Ruppell,1835), from the South Patches of the Bay of Bengal" Environmental Pollution. 120. 255-259, 2002.

[7] Chatterjee, A., Pal, S. Chatterjee, S. "Bottom up and top down effect on toxin producing phytoplankton and its consequence on the formation of plankton bloom" Applied Mathematics and Computation. 218. 3387-3398, 2011.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

อุปกรณ์สำหรับเปิดขวดที่ถูกควบคุมโดยระดับความเข้มแอลกอฮอล์ในเลือด

Device for Bottle Opener Controlled by Blood Alcohol Concentration Level

จีรสุดา โกษียาภรณ์ ปราโมทย์ วาดเขียน เสาวลักษณ์ ธีระพันธ์พงศ์ และ หทัยภัทร คมแท้

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์ 02-3298324 E-mail: jeerasuda@telecom.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการสร้างอุปกรณ์สำหรับเปิดขวดที่ถูกควบคุมโดยระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือด อุปกรณ์นี้จะใช้วงจรก๊าซเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์จากลมหายใจ ค่าที่วัดได้นั้นจะส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแปลผลเป็นเปอร์เซ็นต์ระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือดเพื่อควบคุมการทำงานของการเปิด/ปิดขวดด้วยสลักแม่เหล็ก หากค่าที่วัดได้เกินกว่าที่กฎหมายกำหนดอุปกรณ์เปิดขวดจะไม่ทำงานและมีเสียงแจ้งเตือน ซึ่งอุปกรณ์จะสามารถทำงานได้ในช่วงเวลาขายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ตามที่กฎหมายกำหนดไว้เท่านั้น นอกจากนี้ค่าระดับแอลกอฮอล์ที่วัดได้ เวลาที่ใช้งานของอุปกรณ์ และจำนวนขวดแอลกอฮอล์ที่ถูกเปิด จะถูกส่งไปเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถเข้าถึงได้ทางหน้าเว็บไซต์ อุปกรณ์นี้ถูกนำเสนอเพื่อถูกใช้ในร้านจำหน่ายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์โดยมุ่งหวังให้ผู้ซื้อและผู้ขายได้มีส่วนร่วมช่วยเหลือสังคมส่วนรวมร่วมกันในการช่วยลดจำนวนผู้เมาแล้วขับที่อาจเป็นต้นเหตุของอุบัติเหตุอันร้ายแรงได้

คำสำคัญ: ก๊าซเซนเซอร์, ระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือด

Abstract

This paper presents the device for bottle opener controlled by blood alcohol concentration level. This device uses a gas-sensor circuit for measuring alcohol concentration level from breath. The measured signal is sent to a microcontroller to detect the percentage of blood alcohol concentration level (%BAC) to control open/close operation of the bottle opener engraved with magnetic latch. If the measured %BAC is over the legal limit the bottle opener will keep its locking status and the warning alarm is alert through the speaker. The proposed device will work during the time that is legally permitted to dispense the alcohol products only. The measured blood alcohol concentration level, time that the device is operated and number of the alcohol bottles that have been opened, will be stored in the database which can be accessed and displayed on the website. The proposed device is aimed to be used in the bar and restaurants that dispense the alcohol products. The contribution of this device is expected to be corporate social responsibility of the buyers and the sellers of alcohol products to decrease the drunk drivers that may cause the seriously accidents on the road.

Keywords: gas sensor, blood alcohol concentration level

1. บทนำ

ในปัจจุบันอัตราการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของประเทศไทยสูงมากจนติดลำดับต้นๆของโลกในเรื่องอัตราการเสียชีวิตบนท้องถนน โดยสาเหตุสำคัญที่สุดของการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของประเทศไทย คือ การเมาแล้วขับรถซึ่งสูงถึงร้อยละ 39.11 [1] เนื่องจากเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีฤทธิ์ที่ทำให้ความสามารถในการขับขี่ยานพาหนะลดลง แม้จะดื่มเพียงเล็กน้อยก็ตาม ซึ่งถึงแม้จะมีกฎหมายกำหนดโทษของการเมาแล้วขับแต่ก็ยังมีผู้ที่ละเมิดและไม่ใส่ใจรับผิดชอบต่อสังคมส่วนรวม จากความสำคัญนี้จึงเกิดแนวคิดในการสร้างอุปกรณ์เปิดขวดที่ถูกควบคุมโดยระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือดเพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้ผู้ซื้อและผู้ขายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้มีส่วนร่วมในการตระหนักและช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนที่เกิดจากสาเหตุการเมาแล้วขับลงได้

2. หลักการการทำงานและการออกแบบ

อุปกรณ์สำหรับเปิดขวดที่ถูกควบคุมโดยระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือด จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบสำคัญต่างๆที่มีการเชื่อมต่อกันดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 1. โดยอุปกรณ์ดังกล่าวถูกออกแบบให้มีโครงร่างดังแสดงในรูปที่ 2. ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า วงจรตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยก๊าซเซ็นเซอร์ วงจรควบคุมสลักแม่เหล็ก วงจรบัซเซอร์ วงจรหลอดไฟแอลอีดี วงจรสวิตช์กดติดปล่อยดับ และจอแสดงผล 7-segment โดยวงจรทั้งหมดนั้นต่อร่วมอยู่กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU V2 ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีไวไฟโมดูล ESP8266-12E สำหรับใช้ในการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตในตัว ดังแสดงในรูปที่ 3 [2-3]

อุปกรณ์ที่นำเสนอจะถูกครอบไว้กับฝาขวดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่เป็นแบบฝาจีบ โดยอุปกรณ์จะเริ่มทำงานในช่วงเวลาที่กำหนดให้สามรถจำหน่ายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เท่านั้น (11:00น-14:00น. และ 17:00น.-24:00น.) หากต้องการเปิดขวดจะต้องทำการเป่าลมหายใจ ซึ่งก๊าซเซนเซอร์จะทำหน้าที่เปลี่ยนปริมาณของก๊าซที่ตรวจจับได้ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลค่าเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือด (%BAC) ค่า %BAC ที่วัดได้ดังกล่าวจะถูกตรวจสอบว่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดหรือไม่ (ต้องไม่เกิน 0.05) หากค่าที่วัดได้น้อยกว่าค่ากำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณควบคุมให้สลักแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในสถานะเปิดและวงจรบัซเซอร์จะไม่ทำงานจึงไม่มีเสียงแจ้งเตือน แต่หากค่าที่วัดได้เกินกว่า 0.05 สลักแม่เหล็กไฟฟ้าจะไม่ทำงานทำให้ไม่สามารถเปิดขวดได้โดยวงจรบัซเซอร์จะทำงานทำให้มีเสียงแจ้งเตือนผ่านลำโพงขนาดเล็กที่ติดตั้งไว้กับอุปกรณ์ แต่ไม่ว่าจะเป็นกรณีใด ค่า %BAC ที่วัดได้จะแสดงผลทางหน้าจอ 7-segment นอกจากนี้ค่า %BAC ที่วัดได้ รวมทั้งสถานะการทำงานของวงจรควบคุมสลักแม่เหล็กไฟฟ้า วันที่ เวลา ที่ใช้งานอุปกรณ์ จะถูกส่งไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล

ในส่วนของวงจรตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยก๊าซเซ็นเซอร์นั้น จะถูกทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรก๊าซเซ็นเซอร์ (โวลต์) กับปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในกระแสเลือด (%BAC) เพื่อนำไปโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับค่าจากวงจรก๊าซเซนเซอร์ และแสดงผลผ่านทางจอแสดงผล 7-segment ความสัมพันธ์ดังกล่าวได้มาจากการเก็บข้อมูลจากการทดลองด้วยการเป่าเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์มาตรฐานเพื่อหาค่า %BAC และวงจรก๊าซเซ็นเซอร์ที่ออกแบบไว้เพื่อหาค่าแรงดันเอาต์พุต (โวลต์) จากผู้ดื่มแอลกอฮอล์จำนวน 5 คน ซึ่งได้ผลการวัดค่าแสดงดังแสดงในรูปที่ 4 โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$y = 0.1282x - 0.0324 \quad (1)$$

เมื่อ y คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในกระแสเลือด (%) และ x คือ ค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรก๊าซเซ็นเซอร์ (V) การทำงานของอุปกรณ์ที่นำเสนอจะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเอร์ NodeMCU V2 ซึ่งมีโปรแกรมการทำงานดังโฟลว์ชาร์ตในรูปที่ 5

3. ผลการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ กรณีที่ระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือดเกินค่ามาตรฐาน แสดงดังรูปที่ 6 สัญญาณแรงดันที่ตรวจจับได้โดยวงจรก๊าซเซนเซอร์ (รูปที่ 6(ก)) เมื่อแปลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้ค่า %BAC เท่ากับ 0.06 แสดงบนหน้าจอ 7-segmen (รูปที่ 6((ข)) ซึ่งเป็นระดับที่เกินกว่าค่าที่กำหนด

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์ที่นำเสนอ

รูปที่ 2 โครงร่างของอุปกรณ์ที่นำเสนอ

รูปที่ 3 วงจรของอุปกรณ์ไอโอทีสำหรับเปิดขวดที่ถูกควบคุมโดยระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือด

รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า %BAC กับค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรก๊าซเซ็นเซอร์

รูปที่ 5 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรม
โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU V2

ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงส่งสัญญาณให้วงจรบัซเซอร์ทำงานส่งเสียงแจ้งเตือน (รูปที่ 6(ค)) ในขณะที่วงจรสลักแม่เหล็กไม่ทำงาน (รูปที่ 6(ง)) ในกรณีตรงข้าม คือ กรณีที่ระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือดไม่เกินค่ามาตรฐานนั้น แสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ได้จากวงจรบัซเซอร์และวงจรสลักแม่เหล็กจะตรงข้ามกับในรูปที่ 6 นอกจากนี้ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลที่เก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลทางหน้าเว็บแสดงดังรูปที่ 8 – 10 โดยในรูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนขวดเครื่องดื่มที่ถูกเปิดในช่วงเวลาต่างๆ (ที่อนุญาตให้จำหน่าย) ของวันที่เลือกให้แสดงผลข้อมูล

(ก) แรงดันเอาต์พุตของวงจรก๊าซเซนเซอร์

(ข) ค่าที่แสดงผ่านจอแสดงผล 7-segment

(ค) แรงดันตกคร่อมบัซเซอร์

(ง) แรงดันตกคร่อมสลักแม่เหล็ก

รูปที่ 6 สัญญาณที่ได้จากการทำงานของวงจร
กรณีระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในกระแสเลือดมากกว่า 0.05%

(ก) แรงดันเอาต์พุตของวงจรก๊าซเซนเซอร์

(ข) ค่าที่แสดงผ่านจอแสดงผล 7-segment

(ค) แรงดันตกคร่อมบัซเซอร์

(ง) แรงดันตกคร่อมสลักแม่เหล็ก

รูปที่ 7 สัญญาณที่ได้จากการทำงานของวงจร
กรณีระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในกระแสเลือดน้อยกว่า 0.05%

รูปที่ 8 ตัวอย่างการแสดงผลจำนวนขวดที่ถูกเปิดในช่วงเวลาต่างๆของวันที่เลือกให้แสดงผลข้อมูล

รูปที่ 9 ตัวอย่างการแสดงผลจำนวนคนที่ใช้อุปกรณ์เปิดขวดและค่า%BACที่วัดได้

รูปที่ 10 ตัวอย่างการแสดงผลจำนวนเครื่องดื่มที่ติดตั้งอุปกรณ์เปิดขวดที่มีการจำหน่ายในเดือนที่เลือกให้แสดงผลข้อมูล

4. สรุป

ในบทความนี้นำเสนออุปกรณ์สำหรับเปิดขวดที่ถูกควบคุมโดยระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือด โดยใช้วงจรก๊าซเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์จากลมหายใจในรูปของสัญญาณแรงดันส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแปลผลเป็นเปอร์เซ็นต์ระดับความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในเลือดหรือ %BAC ค่า%BAC ที่วัดได้จะแสดงผลทางหน้าจอ 7-segment ซึ่งหากเกินกว่า 0.05 จะไม่สามารถเปิดขวดเครื่องดื่มได้และมีเสียงแจ้งเตือน แต่หากน้อยกว่า 0.05 วงจรสลักแม่เหล็กจะถูกปลดล็อกทำให้ฝาขวดถูกเปิดออก ค่าระดับแอลกอฮอล์ที่วัดได้ เวลาที่ใช้งานของอุปกรณ์ และจำนวนขวดแอลกอฮอล์ที่ถูกเปิด จะถูกส่งไปเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถเข้าถึงได้ทางหน้าเว็บไซต์ ซึ่งข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้สามารถนำไปเป็นข้อมูลศึกษาในเชิงการตลาดต่อไปได้ จากผลการทำงานแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่นำเสนอสามารถใช้เป็นเครื่องมือให้ผู้ซื้อและผู้ขายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้มีส่วนร่วมช่วยเหลือสังคมส่วนรวมร่วมกันเพื่อลดอุบัติเหตุอันเกิดจากการเมาแล้วขับลงได้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์. “อุบัติเหตุกับเครื่องดื่มแอลกอฮอล์.” http://www.thaiantialcohol.com/newsletters/view/1481.

[2] James K. Beard, Ph.D. (2007). A Simple Breath Alcohol Indicator. United State: Rowan University.

[3] จักราพิชญ์ อัตโน และอุดม ทิพราช. “จมูกอิเลกทรอนิกส์ยามเฝ้าคุณภาพอากาศ.” วารสารสิ่งแวดล้อม. 13 (2557) : 28-33

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การพัฒนาชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบนอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง

Development of Embedded System on Internet of Thing (IoT)

ธวัช ธรรมบุตร[1] ชาญ สิงห์แก้ว[2]

[1]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 โทรศัพท์ 043-336370 E-mail: Thawach.thammabut@gmail.com

[2]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

150 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 โทรศัพท์ 043-336370

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบนอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง โดยชุดฝึกจะประกอบไปด้วยเซนเซอร์จำนวน 6 ชนิด คือ เซนเซอร์แสง เซนเซอร์การเคลื่อนไหว เซนเซอร์แก๊ส เซนเซอร์อัลตราโซนิค เซนเซอร์วัดเปลวไฟ และเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น และมีการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตเพื่อรับส่งข้อมูลไปยังสมาร์ทโฟน ซึ่งออกแบบให้ผู้สนใจสามารถทดลองการต่อและเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานได้เอง ตามคู่มือการใช้งาน และชุดฝึกนี้ได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชียวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยผลการประเมินพบว่าชุดฝึกมีคุณภาพดี สามารถนำไปใช้งานกับผู้ที่สนใจได้

คำสำคัญ: อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง ระบบสมองกลฝังตัว เซนเซอร์

Abstract

This study aimed to construction and quality evaluation of practical training set for Embedded System on Internet of Thing (IoT). The practical training include 6 sensors; Light Sensor, Motion Sensor, Gas Sensor, Ultrasonic Sensor, Flame Sensor, and Temperature and Humidity Sensor. Moreover, this practical training set can connect with the Internet for sending and receiving data to Smart phone. There is design for student can practice the connecting and upload program. Through the assessment from three professional. The result showed that practical training set were congruent at Good level. Finally can bring the practical training set to the study and teaching as well.

Keywords: Internet of Things (IoT), Embedded System, Sensor

1. บทนำ

ในปัจจุบัน Internet of Things IoT มีความสำคัญมากในชีวิตประจำวัน โดยการที่สิ่งต่างๆ ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการ ควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เช่น การสั่งเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องมือทางการเกษตร เครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต [1] Internet of Things คือ เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์ ต่างๆ ผู้บริโภคทั่วไปจะเริ่มคุ้นเคยกับเทคโนโลยีที่ทำให้พวกเขา สามารถควบคุมสิ่งของต่างๆ ทั้งจากในบ้าน และสำนักงานหรือจากที่ไหนก็ได้

แต่อย่างไรก็ตาม เพราะว่าเทคโนโลยี IoT นี้เป็นเทคโนโลยีที่ใหม่และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้การจัดการเรียนการสอนไม่สามารถที่จะตามได้ทัน ยกตัวอย่างในรายวิชา 04-552-008 เครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม เราจำเป็นต้องเรียนรู้เซนเซอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการประกอบการเรียนการสอน โดยเฉพาะในด้านการฝึกทดลอง เนื่องจากยังขาดชุดฝึกที่จะให้นักเรียนนักศึกษาได้มาทำการเรียนรู้และทดลองในการใช้งานของอุปกรณ์ต่าง และเซนเซอร์ ต่าง ๆ เพื่อตามให้ทันกับเทคโนโลยีเหล่านี้

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าวโครงการนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อการพัฒนาชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT ขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนรายวิชา 04-552-008 เครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2558 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded system)

ระบบฝังตัว หรือ สมองกลฝังตัว (Embedded system) [2] คือ ระบบประมวลผล ที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่ฝังไว้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อเพิ่มความฉลาดความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในยานพาหนะ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเน็ตเวิร์ก เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องกลและของเล่นต่าง ๆ คำว่าระบบฝังตัวเกิดจาก การที่ระบบนี้เป็นระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ว่าระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยในระบบสมองกลฝังตัวอาจจะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่เห็นได้ชัดเช่นโทรศัพท์มือถือ และในระบบสมองกลฝังตัวยังมีการใส่ระบบปฏิบัติการต่างๆแตกต่างกันไปอีกด้วย ดังนั้น ระบบสมองกลฝังตัวอาจจะทำงานได้ตั้งแต่ควบคุมหลอดไฟจนไปถึงใช้ในยานอวกาศ

อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (The Internet of Things; IoT) คือ เครือข่ายของสิ่งที่เป็นตัวตนจับต้องได้ (“things”) ที่มีสิ่งประดิษฐ์ electronic หรือ sensors หรือ software ฝังตัวอยู่ โดยเชื่อมต่อถึงกันเพื่อเพิ่มประโยชน์และคุณค่าของบริการ โดยแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้ผลิต กับ operator และ/หรือกับอุปกรณ์ที่มีสิ่งฝังตัวอยู่ เช่น ตู้เย็นเตือนเรื่องไข่ไก่ได้ก็เพราะมี sensors ฝังตัวอยู่ในตู้ ซึ่งส่งสัญญาณไปยังมือถือของเจ้าของตู้เย็น เมื่อพบว่าจำนวนไข่ไก่มีน้อยลง (อาจอยู่ใต้ฐานแผงวางไข่ไก่ เมื่อน้ำหนักเหลือน้อยก็ส่งสัญญาณ หรือรับสัญญาณสะท้อนมาจากจำนวนไข่ไก่ที่เหลือน้อย) เครื่องปรับอากาศปรับอุณหภูมิได้ก็เพราะสัญญาณจากโทรศัพท์มือถือ ติดต่อไปยังชิ้นส่วน electronic ที่ฝังตัวอยู่ในเครื่องปรับอากาศ

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT

การออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT สามารถแบ่งการอธิบายได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) ด้านโครงสร้าง ดังรูปที่ 1 และ (2) ด้านระบบควบคุม หลังจากสร้างชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT แล้วจะทำทดสอบการทำงานของชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT และตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

รูปที่ 1 โครงสร้างของชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT

จากรูปที่ 1 โครงสร้างชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT โดยมีความด้านหน้าสูง 9 เซนติเมตร ด้านหลังสูง 16 เซนติเมตร ความกว้าง 26 เซนติเมตร และยาว 30 เซนติเมตร โครงสร้างทำด้วยไม้อัดและพลาสติกและวัสดุหุ้มไม้อัดด้วยผ้าสีดำ 6 ด้าน

ส่วนการออกแบบด้านระบบควบคุมชุดฝึกสมองกลฝังตัวบน IoT จะมีผังการทำงานดังรูที่ 2

รูปที่ 2 ผังการทำงานระบบควบคุมชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT

ในส่วนของการต่ออินเตอร์เน็ตนั้นจะใช้ NodeMCU ที่ใช้ชิป ESP8266 เป็นตัวเชื่อมต่อกับสัญญาณไวไฟ และใช้งานร่วมกับโปรแกรม Bylnk™ ซึ่งสามารถทำงานบนสมาร์ทโฟน

3.2 ขั้นตอนการทดสอบการทำงาน

ทำการทดสอบโดยการเขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับโมดูลและเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ดังนี้ (1) เขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับจอแสดงผลแอลซีดี (2) เขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับรีเลย์ (3) เขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิค (4) เขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์แก๊ส (5) เขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (6) เขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ (7) เขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์แสง (8) เขียนโปรแกรมเพื่อ

เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น และ (9) เขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต ผลการทดสอบพบว่าเซนเซอร์สามารถส่งข้อมูลไปยังเซฟเวอร์ของ Bylnk™ เพื่อแสดงผลบน สมาร์ทโฟนได้ ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 ตัวอย่างการแสดงข้อมูลจากเซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ บน สมาร์ทโฟนด้วยโปรแกรม Bylnk™

3.3 หาผลประเมินคุณภาพของชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน

สร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกและเชิญผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความคิดเห็นด้านคุณภาพของชุดฝึกและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล โดยที่แบบสอบถามจะมีค่า 5 ระดับ และจะหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) [3] ของแต่ละข้อออกมา โดยตั้งสมมุติฐานว่า จะต้องมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ระดับ ดี ขึ้นไป โดยหัวข้อที่ประเมินจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ (1) ส่วนโครงสร้างของชุดฝึก (2) ส่วนคู่มือการใช้งาน

4. ผลการดำเนินงาน

ชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT ที่ประกอบด้วยส่วนของโครงสร้าง ได้แก่ ชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT และส่วนของระบบระบบควบคุมด้วยโดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมหลัก ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 ชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT ที่สร้างขึ้นมา

4.1 ผลการวิเคราะห์ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินในส่วนโครงสร้างของชุดฝึกจะประเมิน 9 จุดคือ

1 ดึงดูดความสนใจ
2 มีความสวยงาม
3 การจัดวางอุปกรณ์มีเหมาะสม
4 สามารถแสดงการทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ ได้ชัดเจน
5 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้สร้างเหมาะสมกับชุดฝึก
6 รูปแบบ ขนาดและน้ำหนักเหมาะสมกับชุดฝึก
7 มีความแข็งแรงและทนทาน
8 การสร้างชุดฝึกมีความปราณีต
9 ชุดฝึกใช้งานได้อย่างปลอดภัย

และในด้านคู่มือการใช้งานชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบน IoT อีกจำนวน 9 จุดคือ

1 คำอธิบายส่วนประกอบของชุดฝึกมีความชัดเจน
2 คำชี้แจงการใช้คู่มือชุดฝึกเข้าใจง่าย
3 มีความชัดเจนของคู่มือและภาพประกอบ
4 ภาพการต่อใช้งานดูแล้วเข้าใจง่าย
5 อธิบายข้อมูลเซนเซอร์ ต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน
6 อธิบายการต่อใช้งานของเซนเซอร์ ต่าง ๆได้อย่างชัดเจน
7 การจัดเรียงลำดับขั้นตอนดูแล้วเข้าใจง่าย
8 ขนาดตัวหนังสือที่ใช้เหมาะสมกับคู่มือ
9 คำแนะนำในคู่มือชุดฝึกมีความชัดเจน

(ก)

(ข)

รูปที่ 5 (ก) ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในส่วนโครงสร้างของชุดฝึก
(ข) ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในส่วนคู่มือการใช้งานชุดฝึก

โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ดังรูปที่ 5 จะเห็นว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินในส่วนของโครงสร้างอยู่ในระดับ ดี ($\bar{X}$ = 3.59, S.D. = 0.32) และในส่วนของคู่มือการใช้งาน ในระดับดีเช่นเดียวกัน ($\bar{X}$ = 3.67, S.D. = 0.32) แต่อย่างไรก็ตามผู้เชียวชาญได้ให้คำแนะนำแก่ทางผู้วิจัยว่า ในการใช้ชุดฝึกนั้น จำเป็นต้องมีคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับการอัพโหลดโปรแกรมลงชุดฝึก ดังนั้นเพื่อให้ชุดฝึกมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ควรเพิ่มชุดคอมพิวเตอร์ไปในชุดฝึก เพื่อให้ผู้ที่สนใจใช้งานสามารถใช้งานได้ทันที

5. สรุป

ชุดฝึกระบบสมองกลฝังตัวบนอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง มีการทดลอง 9 เรื่อง ซึ่งมีการอธิบายการทดลองใช้งานเกี่ยวกับเซนเซอร์ชนิดต่างๆ และการส่งข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ต เพื่อแสดงผลไปที่สมาร์ทโฟน โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าชุดฝึกมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ ดี และสามารถนำไปใช้เพื่อทดลองการเรียนรู้เกี่ยวกับ ระบบสมองกลฝังตัวและอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่งได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

[1] สุวิทย์ ภูมิฤทธิกุล และ ปานวิทย์ ธุวะนุติ,. “Internet of Thing เพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยต่อสุขภาพของมนุษย์และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้โปรแกรม Hadoop” Pathumwan Academic Journal, Vol. 6, No. 15, มกราคม – เมษายน 2559 : 61 – 72.

[2] ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. “เทคโนโลยี : The Internet of Things” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ที่ http://its.sut.ac.th/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=468 (15 มกราคม 2560)

[3] ล้วน สายยศ และอังศณา สายยศ, เทคนิควิจัยทางการศึกษา, พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพ: สุวีริยาสาสน์, 2538.

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9
9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุในเวลาจริงด้วยการใช้ข้อมูลสีร่วมกับการเทียบโมเดลรูปร่าง

Real Time Falling Detection for Elderly System using Color Cue and Shape Model Comparison

สายฝน ภู่ทอง[1] ธนศักดิ์ ภู่ทอง[1] และ นนทรัฐ บำรุงเกียรติ[1]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ถนนนารายณ์มหาราช ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000 โทรศัพท์ 086-9880338 E-mail: b.nontarat@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุภายในบ้านด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพและวีดิทัศน์ โดยอาศัยขั้นตอนวิธีการติดตามบุคลและตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุในเวลาจริง ผ่านการใช้งานกล้องวีดิทัศน์จำนวนหนึ่งตัว โดยที่กล้องวีดีทัศน์นี้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์รับภาพเข้าแล้วนำมาประมวลผลด้วยขั้นตอนวิธีของการลบฉากหลังร่วมกับการย้ายตามค่าเฉลี่ยของข้อมูลสี และตรวจจับการล้มของบุคคลเป้าหมายโดยอาศัยขั้นตอนวิธีการเทียบโมเดลรูปร่างอย่างง่ายที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อให้เหมาะสมต่อการประมวลผลในเวลาจริงที่ต้องการการประมวลผลที่ไม่ซับซ้อน ผลการทดสอบระบบ พบว่าสำหรับขั้นตอนวิธีการติดตามและตรวจจับการล้มนั้น ระบบสามารถลบฉากหลัง ติดตามบุคคลได้จริง และการตรวจจับการล้มของบุคคลเป้าหมายนั้นมีความถูกต้อง แต่จะมีความผิดเพี้ยนบ้างในกรณีที่แสงสว่างภายในบริเวณมุมมองของกล้องวีดิทัศน์นั้นเปลี่ยนแปลงไป
คำสำคัญ: การตรวจจับการล้ม, ผู้สูงอายุ, เวลาจริง

Abstract

This paper purposed the falling detection system in home for elderly using image and video processing techniques via an camera. The camera using for real time human tracking and falling detection among the elderly with their algorithms to remove background and using color cue mean-shift algorithm for tracking and decision fall of elderly based on our basic shape model algorithm. The results of this purposed system for the detection and tracking algorithms to fall for it. The system can remove the background, human tracking and detection of individuals actually falling but there is distortion in the light within view of the camera.
Keywords: Fall Detection, Elderly, Real time

1. บทนำ

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (computer vision technology) เป็นเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์หนึ่งที่อาศัยหลักการทางคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ทางวิศวกรรมศาสตร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจจดจำ และเรียนรู้ทัศนียภาพภายนอกได้อย่างถูกต้องเลียนแบบอย่างการใช้สายตาและสมองของมนุษย์ จึงทำให้ในปัจจุบันนั้นเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิทัศน์จึงได้ถูกนำมาเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ในปัจจุบันทั้งด้านภาคอุตสาหกรรมการบริการ รวมถึงการช่วยพัฒนาคุณภาพชิวิตของมนุษย์ เช่น ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวงจรปิดการตรวจจับความเร็วของรถยนต์ตามท้องถนน ระบบการประมวลผลลายนิ้วมือ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาวิจัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยพัฒนาคุณภาพชิวิตของผู้สูงอายุที่ขาดผู้ดูแลอย่างใกล้ชิด โดยคณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุภายในบ้านด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพและวีดิทัศน์ขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

2. ขั้นตอนวิธีดำเนินงาน

2.1 การทำงานโดยรวมของระบบ

ขั้นตอนวิธีการตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยโมเดลรูปร่างที่นำเสนอนนี้ อาศัยขั้นตอนวิธีการตรวจสอบว่าบุคคลที่ถูกติดตามในมุมมองกล้องวีดิทัศน์ว่ามีลักษณะรูปร่างที่เปลี่ยนไปหรือมีการหยุดการเคลื่อนที่หรือไม่ ซึ่งจะเป็นการบอกได้ว่าบุคคลที่ได้ตรวจสอบอยู่นั้นอยู่ในสถานะใด แสดงแผนภาพขั้นตอนระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุในเวลาจริงด้วยการใช้ข้อมูลสีร่วมกับการเทียบโมเดลรูปร่างที่นำเสนอดังรูปที่ 1 โดยกระบวนการค้นหาและติดตามบุคคลอย่างต่อเนื่องนั้นอาศัยหลักการของ N. Bumrungkiat และคณะ [1,2] เมื่อได้ข้อมูลบุคคลเป้าหมายแล้ว ระบบจะนำข้อมูลรูปร่างของบุคคลเป้าหมายเปรียบเทียบกับโมเดลรูปร่างที่คณะผู้วิจัยกำหนดขึ้น หากข้อมูลของบุคคลเป้าหมายที่ตรวจสอบได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างกะทันหัน ระบบจะตีความหมายให้บุคคลเป้าหมายมีการล้มเกิดขึ้นในลำดับภาพวีดิทัศน์นั้นแล้วจะส่งเสียงเตือนผ่านทางคอมพิวเตอร์

2.2 กระบวนการตัดสินใจด้วยการเทียบโมเดลรูปร่าง

ขั้นตอนวิธีการตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยโมเดลรูปร่างเป็นวิธีการตรวจสอบว่าบุคคลที่ถูกติดตามในมุมมองกล้องวีดิทัศน์มี

ลักษณะรูปร่างที่เปลี่ยนไปอย่างกะทันหันและหยุดการเคลื่อนที่ด้วยหรือไม่ ซึ่งจะเป็นการบอกได้ว่าบุคคลที่ได้ตรวจสอบอยู่นั้นอยู่ในสถานะยืน เดินหรือล้ม โดยการสร้างโมเดลการยืนและการล้มนั้นจะอาศัยการสุ่มค่าตัวแปรจุดศูนย์กลางของวงรี ความยาวแกนเอก และความยาวแกนโท จำนวน 500 รูปแบบ ตัวอย่างของโมเดลรูปร่างส่วนหนึ่งที่ใช้ตัดสินใจในการทดสอบสถานะของการยืนและการล้ม แสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 1 แผนภาพการทำงานโดยรวมของระบบ

รูปที่ 2 ตัวอย่างของโมเดลรูปร่างที่ใช้ทดสอบการยืนและการล้ม

สำหรับกระบวนการตัดสินใจด้วยการเทียบโมเดลรูปร่างนั้นจะอาศัยค่าตัวแปรสองตัว นั่นคือ ค่าอัตราการตรวจหา (Detection Rate, DR) โดยทดสอบกับโมเดลรูปร่างการยืนและโมเดลรูปร่างการล้มที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 500 รูปแบบ แล้วคำนวณความน่าจะเป็นจะตัดสินใจว่าบุคคลเป้าหมายดังกล่าวอยู่ในสถานการณ์เดิน ยืนหรือล้ม และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันหรือไม่

3. ผลการทดสอบระบบ

ผลการทดสอบกระบวนค้นหาและติดตามบุคคลอย่างต่อเนื่อง แสดงผลการทดสอบกระบวนการดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วย ผลการทดสอบกระบวนการลบฉากหลัง และผลการทดสอบกระบวนการติดตามบุคคลอย่างต่อเนื่องด้วยวิธีการของ N. Bumrungkiat และคณะ แสดงดังรูปที่ 3 จากผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อทำการติดตั้งกล้องวีดิทัศน์ในบริเวณที่ไม่มีแสงเปลี่ยนแปลงมากนัก

รูปที่ 3 ตัวอย่างผลการทดสอบกระบวนการลบฉากหลัง และกระบวนการติดตามบุคคลเป้าหมาย

แต่เนื่องด้วยจุดประสงค์ของการทำงานของระบบนี้ คือ การติดตั้งในบริเวณบ้าน การทำงานของขั้นตอนวิธีการติดตามบุคคลเป้าหมายจึงเหมาะสมต่อการวิจัยนี้ เนื่องจากความสว่างนั้นไม่มีเปลี่ยนแปลงมากนัก สำหรับกระบวนการตัดสินใจว่าสถานะของบุคคลเป้าหมายนั้น ระบบจะตัดสินใจจากค่า DR นั่นคือ หากค่าโมเดลรูปร่างเป็นโมเดลการยืน ค่าเฉลี่ย DR ควรมีค่าสูงสำหรับภาพการยืนและมีค่าต่ำเมื่อเป็นภาพการล้ม ตัวอย่างของค่าเฉลี่ย DR เพื่อตัดสินใจสถานะของบุคคลเป้าหมายแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างค่า DR เพื่อตัดสินใจสถานะของบุคคลเป้าหมาย

โมเดลรูปร่าง	ภาพที่ 1 (ยืน)		ภาพที่ 2 (ยืน)		ภาพที่ 3 (ล้ม)		ภาพที่ 4 (ล้ม)	
	DR	สถานะ	DR	สถานะ	DR	สถานะ	DR	สถานะ
โมเดลที่ 1	0.97	ยืน	0.76	ยืน	0.12	ล้ม	0.25	ล้ม
โมเดลที่ 2	0.44	ล้ม	0.25	ล้ม	0.65	ยืน	0.78	ยืน
โมเดลที่ 3	0.88	ยืน	0.66	ยืน	0.26	ล้ม	0.33	ล้ม
โมเดลที่ 4	0.90	ยืน	0.60	ยืน	0.03	ล้ม	0.44	ล้ม
โมเดลที่ 5	0.79	ยืน	0.71	ยืน	0.32	ล้ม	0.28	ล้ม
การตัดสินใจ		ยืน		ยืน		ล้ม		ล้ม

4. สรุปผลการทดสอบระบบ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุภายในบ้านด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพและวีดิทัศน์ ผ่านกล้องวีดิทัศน์ โดยอาศัยขั้นตอนวิธีการติดตามและตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุในเวลาจริงผ่านการใช้งานกล้องวีดิทัศน์ โดยกล้องวีดีทัศน์จะทำหน้าที่ติดตามบุคคลและตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยการขั้นตอนวิธีของการลบฉากหลังร่วมกับการย้ายตามค่าเฉลี่ยและการตรวจจับการล้มด้วยการใช้โมเดลรูปร่าง พบว่า การทำงานของขั้นตอนวิธีนี้ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานการณ์ที่แสงสว่างคงที่

เอกสารอ้างอิง

[1] N.Bumrungkiat, S.Aramvith. T.H.Chalidabhonge, Continuous Person Tracking Across Multiple Cameras with Color Calibration, IWAIT'08, Hsinchu, Taiwan. 2008

[2] N.Bumrungkiat, S.Aramvith. T.H.Chalidabhonge, Continuous Person Tracking Across Multiple Active Cameras Using Shape and Color Cues, (IWAIT'09), Seoul , South Korea. 2009

ระบบทดสอบสมรรถภาพทางสายตาสำหรับการขอใบอนุญาตขับรถ

Peripheral Vision and Depth Perception Tests for Driver License Issuance System

ตุลยา ลิมปิติ ณัฐกานต์ พุทธรักษ์ กิตติพศ โพธิศิริ ชัชชนม์ แทนวันดี และ ณัฐวุฒิ พนัสอำพล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8324 E-mail: tulaya.li@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

สิ่งประดิษฐ์นี้เป็นการออกแบบและสร้างระบบทดสอบสมรรถภาพทางสายตาสำหรับการขอใบอนุญาตขับรถ เนื่องจากในปัจจุบันมีผู้ขอบัตรใหม่หรือต่ออายุใบอนุญาตขับรถเป็นจำนวนมาก ทำให้เจ้าหน้าที่และอุปกรณ์ทดสอบไม่เพียงพอ การบริหารจัดการระบบทดสอบจึงเป็นส่วนจำเป็นและสำคัญยิ่ง โดยระบบทดสอบสมรรถภาพทางสายตาที่พัฒนาขึ้น สามารถทำการทดสอบได้ 2 แบบ คือ การทดสอบสายตาทางกว้างและการทดสอบสายตาทางลึก ระบบประกอบด้วยป้ายอาร์เอฟไอดีในการระบุตัวตน, อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ, ฐานข้อมูลเพื่อบันทึกข้อมูลการทดสอบของแต่ละบุคคล และหน้าจอแสดงผลสำหรับเจ้าหน้าที่และผู้ทดสอบ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถทำงานร่วมกันได้โดยอัตโนมัติ

Abstract

This project proposes design and implementation of peripheral vision and depth perception tests for driver license issuance system. This is motivated from the observation that at present, many people apply for driver licenses daily, but there are not enough staffs or devices. Hence, an automatic system is important and necessary in order to efficiently use available human resource. Our proposed system uses RFID to identify each applicant. The integrated system includes custom-made testing devices, a central database to store personal information of each applicant, GUIs for displaying test results, and a microcontroller to systematically control all devices.

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบัน มีการใช้รถยนต์ในการสัญจรเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้มีผู้ขับขี่ต้องเข้ารับการทดสอบเพื่อขอใบอนุญาตขับรถเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ในการเข้ารับการทดสอบเพื่อขอใบอนุญาตขับรถหรือการต่ออายุใบอนุญาตขับรถนั้นต้องใช้ระยะเวลานานเนื่องจากหลายสาเหตุ อาทิเช่น เจ้าหน้าที่ที่คอยควบคุมดูแลไม่เพียงพอต่อผู้ใช้บริการซึ่งมีจำนวนมาก การประมวลผลและรวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์ทดสอบในแต่ละจุดทดสอบค่อนข้างช้าไม่เพียงพอในการรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมาก เป็นต้น ซึ่งสาเหตุเหล่านี้ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบลดลงและอาจทำให้ผู้ใช้บริการเกิดความไม่พึงพอใจได้ ดังนั้นหากระบบการทดสอบสมรรถภาพทางร่างกายสำหรับการขอใบอนุญาตขับรถนั้นสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติและไม่จำเป็นต้องมีเจ้าหน้าที่คอยควบคุมดูแลในทุกๆ ขั้นตอนการทดสอบ จะช่วยลดปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นได้และทำให้การให้บริการเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การทดสอบสมรรถภาพทางร่างกายในการขอบัตรใหม่และต่ออายุใบอนุญาตขับรถของกรมการขนส่งทางบกที่นำมาพัฒนาเป็นระบบอัตโนมัตินี้มี 2 ส่วนคือ 1) การทดสอบสายตาทางกว้าง ผู้เข้ารับการทดสอบต้องสามารถมองเห็นทั้งด้านซ้ายและด้านขวาเป็นมุมกว้าง ข้างละ 75 องศา โดยการระบุสัญญาณไฟติดทางด้านซ้ายและขวาได้อย่างถูกต้องสองในสามครั้งถือว่าผ่านการทดสอบ และ 2) การทดสอบสายตาทางลึก ทดสอบการมองเห็นในระยะ 2.50 – 3.50 เมตร โดยการขยับหลักทดสอบเข้า-ออกในแนวลึกให้ตรงกับความลึกของหลักอ้างอิง หากผลการทดสอบห่างจากจุดที่กำหนดไม่เกิน 1 นิ้ว สองในสามครั้งถือว่าผ่าน [1]

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

วิธีการตรวจจับใบหน้าของ Paul Viola และ Michael J. Jones [2] ซึ่งมีความสามารถในการประมวลผลได้รวดเร็วและมีอัตราความถูกต้องในการตรวจหาสูง ถูกนำมาใช้ในระบบทดสอบสายตาทางลึกเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของใบหน้าและดวงตาขณะทำการทดสอบ อัลกอริทึมดังกล่าวจะแปลงภาพอินพุตแบบ RGB เป็นภาพระดับสีเทาและใช้วิธีการแทนรูปภาพที่เรียกว่า Integral Image ซึ่งช่วยให้การหาคุณลักษณะของใบหน้า เช่น ตา จมูก ปาก ทำได้รวดเร็วขึ้น และได้มีการปรับปรุงอัลกอริทึมการเรียนรู้โดยมีพื้นฐานจาก Adaboost [3] เพื่อเลือกเฉพาะคุณลักษณะที่สำคัญ นอกจากนี้ยังได้ใช้การต่อเรียงตัวจำแนก (cascaded classifier) ซึ่งช่วยให้กำจัดส่วนพื้นหลังของภาพได้รวดเร็วและเน้นการคำนวณไปที่บริเวณของใบหน้ามากขึ้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 1

รูปที่ 1 การตรวจจับกรอบดวงตาด้วยวิธีของ Viola-Jones

3. การออกแบบ

การออกแบบระบบทดสอบสมรรถภาพทางสายตาสำหรับผู้ขอใบอนุญาตขับรถ ได้พัฒนาระบบทดสอบ 2 ระบบ คือ การทดสอบสายตาทางกว้างและการทดสอบสายตาทางลึก โดยควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบและประมวลผลการทดสอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ทดสอบจะถูกเก็บไว้บนป้ายอาร์เอฟไอดี นอกจากนี้ข้อมูลผู้ทดสอบและผลการทดสอบจะถูกส่งไปยังฐานข้อมูลแบบไร้สายเพื่อเก็บข้อมูลผลการทดสอบและแสดงผลผ่านส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (GUI) บล็อกไดอะแกรมของระบบทดสอบสมรรถภาพทางสายตาสำหรับการขอใบอนุญาตขับรถแสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของระบบทดสอบสมรรถภาพทางสายตาสำหรับการขอใบอนุญาตขับรถ

3.1 อุปกรณ์ทดสอบสายตาทางกว้าง

อุปกรณ์ทดสอบสายตาทางกว้างที่ได้ออกแบบไว้ดังแสดงในรูปที่ 3 ประกอบไปด้วย กล้อง (หมายเลข 1) ไฟ RGB LED (หมายเลข 2) สวิตช์คำตอบ (หมายเลข 3) และช่องวางสันจมูก (หมายเลข 4) โดยการทำงานคือเมื่อผู้ทดสอบเข้าประจำตำแหน่งโดยวางใบหน้าในช่องที่กำหนดแล้ว กล้องจะทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวของใบหน้าบริเวณรอบดวงตาโดยใช้เทคนิคของ Viola-Jones เพื่อป้องกันการทุจริตโดยการหันมองไฟ จากนั้นจะมีการเปิดไฟ LED ด้านข้างของผู้ทดสอบ โดยมีมุมมองในทางกว้างประมาณ 75 องศา ไฟ LED จะถูกสุ่มจาก 3 สี ได้แก่ แดง เหลือง เขียว และอาจจะติดฝั่งซ้ายหรือขวาก็ได้ หลังจากนั้นให้ผู้ทดสอบเลือกกดสวิตช์เพื่อระบุสีที่มองเห็นจากไฟ LED

(ก) (ข)

รูปที่ 3 อุปกรณ์ทดสอบสายตาทางกว้าง (ก) ชิ้นงาน (ข) การใช้งาน

3.2 อุปกรณ์ทดสอบสายตาทางลึก

(ก) (ข)

รูปที่ 4 อุปกรณ์ทดสอบสายตาทางลึก (ก) ภายนอก (ข) ภายใน

การออกแบบอุปกรณ์ทดสอบสายตาทางลึกสำหรับผู้ขอใบอนุญาตขับรถ แสดงดังรูปที่ 4 ประกอบไปด้วย หลักอ้างอิง (หมายเลข 1) หลักทดสอบ (หมายเลข 2) และสวิตช์ควบคุม (หมายเลข 3) โดยการทำงานคือผู้ทดสอบซึ่งนั่งประจำตำแหน่งห่างจากอุปกรณ์ 3 เมตร จะต้องบังคับสวิตช์เพื่อควบคุมหลักทดสอบซึ่งอยู่บนสายพานให้เคลื่อนที่ไปยังระยะความลึกเดียวกับหลักอ้างอิง ระบบใช้เซนเซอร์อินฟราเรด (หมายเลข 4) ในการวัดระยะความแตกต่างระหว่างตำแหน่งของหลักทดสอบและหลักอ้างอิงโดยอัตโนมัติ

3.3 ส่วนแสดงผลส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้

ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (GUI) ใช้สำหรับแสดงผลข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ทดสอบ และผลการทดสอบ การออกแบบส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน สำหรับจอแสดงผลสำหรับผู้ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 5 มุมบนซ้ายจะแสดงข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ทดสอบ และด้านล่างจะแสดงผลการทดสอบสมรรถภาพส่วนต่างๆ ส่วนหน้าต่างแสดงผลสำหรับเจ้าหน้าที่จะเป็นดังรูปที่ 6 โดยมีการล็อกอินก่อนเข้าใช้งาน และจะแสดงผลการทดสอบสมรรถภาพที่เสร็จสิ้นแล้วของผู้มาขอใบอนุญาตขับรถทุกราย

รูปที่ 5 ส่วนแสดงผลสำหรับผู้ทดสอบ

รูปที่ 6 ส่วนแสดงผลสำหรับเจ้าหน้าที่

4. ผลการทดสอบระบบ

ตารางที่ 1 ความแม่นยำในการตรวจจับการเคลื่อนไหวใบหน้า

	มีการเคลื่อนไหว	ไม่มีการเคลื่อนไหว
ระบบตรวจจับพบ	96%	2%
ระบบตรวจจับไม่พบ	4%	98%

ตารางที่ 2 ความแม่นยำในวัดระยะความลึกของหลักทดสอบ

	ไม่เกิน 1 นิ้วจาก จุดอ้างอิง (ผ่าน)	เกิน 1 นิ้วจาก จุดอ้างอิง (ไม่ผ่าน)
ผ่านการทดสอบ	96%	4%
ไม่ผ่านการทดสอบ	4%	96%

ตารางที่ 1 แสดงความแม่นยำของการตรวจจับการเคลื่อนไหวของใบหน้าด้วยกล้องระหว่างการทดสอบสายตาทางกว้าง ส่วนตารางที่ 2 แสดงความแม่นยำของระบบทดสอบสายตาทางลึก ในการวัดระยะความลึกของหลักทดสอบด้วยเซนเซอร์อินฟราเรด พบว่าระบบทั้งสองมีความแม่นยำค่อนข้างสูง (ถูกต้องเกิน 96%) จึงสามารถนำไปใช้งานจริงได้

รูปที่ 7 ผลการทดสอบจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล

รูปที่ 7 แสดงผลการทดสอบระบบทดสอบสมรรถภาพทางสายตาที่พัฒนาขึ้น พบว่าระบบสามารถประมวลผลการทดสอบสายตาทั้งทางลึกและทางกว้าง และเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดไปเก็บไว้ยังฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

5. สรุป

ผู้จัดทำประสบความสำเร็จในการพัฒนาต้นแบบของระบบทดสอบสมรรถภาพทางสายตาสำหรับการขอใบอนุญาตขับรถ 2 ส่วน คือ การทดสอบสายตาทางกว้างและการทดสอบสายตาทางลึก โดยทำให้เป็นระบบอัตโนมัติ และสามารถจัดเก็บผลข้อมูลผ่านระบบฐานข้อมูลได้ ระบบทดสอบสายตาทางกว้างมีการตรวจจับบริเวณรอบดวงตาด้วยกล้องเพื่อให้ผู้ทดสอบอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดและป้องกันการทุจริต ในส่วนของระบบทดสอบสายตาทางลึกได้มีการนำเซนเซอร์อินฟราเรดมาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของหลักทดสอบเทียบกับหลักอ้างอิง และใช้มอเตอร์และรีเลย์ในการควบคุมการเลื่อนตำแหน่ง โดยการทำงานของทั้ง 2 ระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นศูนย์กลางการควบคุมและประมวลผลในการรับค่าข้อมูล และสามารถส่งข้อมูลไปเก็บยังฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์ รวมทั้งแสดงผลผ่านส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณฝ่ายใบอนุญาตขับรถ สำนักงานขนส่งกรุงเทพมหานครพื้นที่ 4 ในการอนุเคราะห์เข้าเยี่ยมชมสถานที่ และอุปกรณ์สำหรับการทดสอบสมรรถภาพเพื่อขอใบอนุญาตขับรถ รวมทั้งให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะต่างๆ จนทำให้งานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ระเบียบกรมการขนส่งทางบกว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการอบรมและทดสอบผู้ขอรับใบอนุญาตขับรถ ผู้ขอต่ออายุใบอนุญาตขับรถ และผู้ขอรับบัตรประจำตัวคนขับรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2557

[2] P. Viola and M. Jones. "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," Procs. of IEEE Com. Soc. Conf. on Comp. Vision and Pattern Recognition (CVPR). vol. 1, pp. 1-9, 2001.

[3] Y. Freund and R.E. Schapire. “A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting,” Computational Learning Theory: Eurocolt ’95. pp. 23–37. Springer-Verlag, 1995.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบทดสอบการมองเห็นสีและปฏิกิริยาเท้าสำหรับการขอใบอนุญาตขับรถ

Color Blindness and Reflex Tests for Driver License Issuance System

ณัฐกานต์ พุทธรักษ์, ตุลยา ลิมปิติ, ชาญชัย จิตมั่น และ ชาวิน อุระแสง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8324 E-mail: nattakan.pu@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

กระบวนการทำงานของระบบออกใบอนุญาตขับรถในปัจจุบันมีความล่าช้าและความไม่แน่นอน อันเนื่องมาจากความล้าสมัยของระบบและจำนวนเจ้าหน้าที่ที่ไม่เพียงพอ สิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้จึงต้องการพัฒนาระบบอัตโนมัติเพื่อทดสอบการมองเห็นสีและปฏิกิริยาเท้าสำหรับการขอใบอนุญาตขับรถ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในด้านการสื่อสารและการควบคุมเพื่อความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการทำงาน โดยระบบที่พัฒนาขึ้นจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ ส่วนของอุปกรณ์การทดสอบการมองเห็นสีและปฏิกิริยาเท้า และส่วนของการจองคิวในการเข้ารับการทดสอบ ในส่วนของการทดสอบนั้นผู้ทดสอบจะได้รับป้ายอาร์เอฟไอดีในการระบุตัวตน ซึ่งการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่งผลการทดสอบแบบไร้สายไปเก็บในฐานข้อมูล ในส่วนของการจองคิวในการเข้ารับการทดสอบสามารถทำได้ผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยข้อมูลส่วนตัวของผู้ทำการทดสอบและวันเวลาทดสอบจะถูกนำไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลส่วนกลาง เพื่อความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล

Abstract

The current process for applying or renewing a driver license is slow due to outdated equipment and lack of staff. To solve this problem, this project develops an automatic system for color blindness and reflex tests, which are parts of the application process. Communications technology is applied for data transfer and system control to make the process more efficient. The proposed system consists of two parts: an integrated system for color blindness and reflex tests, and an Android application for reserving test date. For the system, RFID is used to identify the applicant. The microcontroller controls testing devices and analyzes test results before sending the data wirelessly to the database. For test date reservation, personal data and selected date and time are stored in the control database for easy access.

1. บทนำ

ในปัจจุบันนั้นมีผู้ที่ต้องการทำการทดสอบเพื่อขอใบอนุญาตขับรถเพิ่มขึ้นจำนวนมาก จึงก่อให้เกิดปัญหาของกระบวนการทำงานที่ล่าช้าเนื่องจากพนักงานไม่เพียงพอ หรืออุปกรณ์ทดสอบที่ให้ผลไม่แม่นยำเท่าที่ควร ปัญหาที่กล่าวมานี้จึงเป็นที่มาของการนำเสนอระบบทดสอบการมองเห็นสีและปฏิกิริยาเท้าสำหรับขอใบอนุญาตขับรถ ซึ่งระบบนี้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติทั้งในส่วนของการทดสอบ และในส่วนของการจัดการข้อมูล จึงทำให้กระบวนการทดสอบนั้นมีความแม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น

การขอใบอนุญาตขับรถใหม่และต่ออายุใบอนุญาตขับรถจะต้องมีขั้นตอนการทดสอบสมรรถภาพทางร่างกาย สิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้เลือกพัฒนาระบบสำหรับการทดสอบ 2 อย่าง คือ 1) การทดสอบการมองเห็นสี (ตาบอดสี) ให้ผู้เข้ารับการทดสอบดูไฟจราจรสีเขียว สีแดง สีเหลือง จากเครื่องทดสอบ โดยอยู่ห่างจากเครื่องทดสอบในระดับสายตาไม่น้อยกว่า 3 เมตร แล้วอ่านสีตามที่เจ้าหน้าที่กำหนด สีละ 3 ครั้ง หากอ่านได้สองในสามครั้ง ถือว่าผ่านการทดสอบ และ 2) การทดสอบปฏิกิริยาเท้าสำหรับการตอบสนองในการเหยียบเบรก ผู้เข้ารับการทดสอบต้องทำการทดสอบความสามารถในการใช้เบรกเท้า รวม 3 ครั้ง หากสามารถเหยียบเบรกเมื่อเห็นสีไฟจราจรเปลี่ยนจากเขียวเป็นแดงได้ในระยะเวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.75 วินาที สองในสามครั้งถือว่าผ่านการทดสอบ [1]

2. การออกแบบ

ภาพรวมของระบบแสดงดังรูปที่ 2 ระบบจัดการข้อมูลผู้ขอใบอนุญาตขับรถในการจองคิวเพื่อทดสอบสมรรถภาพทางกายผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพทางกาย 2 อย่าง คือ การมองเห็นสีสัญญาณไฟจราจร และปฏิกิริยาเท้าสำหรับการตอบสนองในการเหยียบเบรก โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมและประเมินผลการทดสอบ เครื่องทดสอบจะส่งข้อมูลผลการทดสอบไปยังฐานข้อมูลของ

ระบบโดยอัตโนมัติ โดยมีการระบุตัวตนและจัดเก็บข้อมูลส่วนบุคคลด้วยระบบอาร์เอฟไอดี

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

2.1 การออกแบบอุปกรณ์

รูปที่ 3 อุปกรณ์ทดสอบการมองเห็นสีและปฏิกิริยาเท้า

อุปกรณ์ทดสอบการมองเห็นสีและปฏิกิริยาเท้าสำหรับผู้ขอใบอนุญาตขับรถ ถูกออกแบบดังรูปที่ 3 โดยหมายเลข 1 คือ สัญญาณไฟจราจรสำหรับการทดสอบการมองเห็นสี หมายเลข 2 คือ แป้นเหยียบจำลองคันเร่งและเบรกในการทดสอบปฏิกิริยาเท้า หมายเลข 3 คือ สวิตช์ระบุสีสัญญาณไฟ และหมายเลข 4 คือ ไฟเส้น โดยการทำงานคือ ผู้ทดสอบจะยืนห่างจากอุปกรณ์เป็นระยะ 3 เมตร จากนั้นอุปกรณ์ทดสอบการมองเห็นสีจะทำการเปิดไฟจราจร โดยจะสุ่มสีไฟและตำแหน่งของไฟที่เปิด ผู้ทดสอบต้องกดสวิตช์เพื่อระบุสีของไฟจราจรที่มองเห็น เมื่อเสร็จสิ้นจะเริ่มการทดสอบปฏิกิริยาเท้า โดยผู้ทดสอบต้องทำการเหยียบคันเร่ง อุปกรณ์จะแสดงไฟสีเขียวขึ้น ผู้ทดสอบจะต้องเลื่อนเท้าไปเหยียบเบรกให้ทันเวลาที่กำหนดเมื่อเห็นไฟจราจรเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง โดยจะมีไฟเส้นแสดงผลของเวลาที่ผู้ทดสอบเปลี่ยนเท้าจากคันเร่งไปเบรก

2.2 การออกแบบแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันจะประกอบไปด้วย 4 ฟังก์ชันคือ ตรวจสอบสถานะการจอง (รูป 4 (ข)), จองคิวทดสอบ (รูป 4 (ค)), เปลี่ยนวันจอง (รูป 4 (ง)), และยกเลิกการจอง(รูป 4 (จ)) โดยแอปพลิเคชันจะเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล เพื่อนำไปใช้บันทึกผลการทดสอบต่อไป หน้าต่างของแอปพลิเคชันแสดงดังรูปที่ 4 โดยรูปหน้าแรกของแอปพลิเคชันและผลการจองคิวแสดงดังรูปที่ 4 (ก) และรูปที่ 4 (ฉ) ตามลำดับ โดยการจองคิวในการทดสอบนั้น ผู้ขอใบอนุญาตขับรถต้องกรอก ชื่อ-สกุล หมายเลขบัตรประชาชน อีเมล์และหมายเลขโทรศัพท์ หลังจากนั้นจึงเลือกวันและเวลาในช่วงเช้าหรือช่วงบ่ายในการเข้ารับบริการที่ต้องการ เมื่อทำการยืนยันแล้ว จะได้รับหมายเลขการจอง ดังรูปที่ 4 (ฉ) ซึ่งจะต้องใช้เป็นหมายเลขอ้างอิงหากผู้ขอใบอนุญาตขับรถต้องการยกเลิกการจองหรือเปลี่ยนวันจองในภายหลัง

รูปที่ 4 หน้าต่างของแอปพลิเคชัน (ก) หน้าแรก (ข) ตรวจสอบสถานะการจอง (ค) จองคิวทดสอบ (ง) เปลี่ยนวันจอง (จ) ยกเลิกการจอง และ (ฉ) ผลการจองคิว

3. ผลการทดสอบระบบ

ผู้จัดทำได้ทดสอบระบบเริ่มด้วยการจองคิวผ่านแอปพลิเคชัน ซึ่งข้อมูลจะบันทึกเข้าสู่ฐานข้อมูลเพื่อรอทำการทดสอบดังรูปที่ 5 หลังจากนั้นทำการระบุตัวตนผู้ทดสอบจากป้ายอาร์เอฟไอดี และเริ่มทำการทดสอบ โดยการแตะป้ายอาร์เอฟไอดีที่ตัวอุปกรณ์ อุปกรณ์จะเริ่มทดสอบการมองเห็นสีก่อนดังรูปที่ 6 และเมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบการมองเห็นสีจะเริ่มการทดสอบปฏิกิริยาเท้าต่อไปทันที ดังตัวอย่างผลการ

ทดสอบในรูปที่ 7 และเมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบอุปกรณ์จะประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังรูปที่ 8 จากนั้นระบบจะทำการบันทึกข้อมูลผลการทดสอบเข้าสู่ฐานข้อมูลของระบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 9

Reservation_No	ID_Tag	Name	ID_Card	Email	Telephone	Type	Dat	Tim	ColorBlindness	Reflex
1	0	chanchai	2200100060786	chanchai-pm@gmail.com	0830070964	Car	2017-02-1	morning		
2	0	Chawin	2200100060789	aaafaa@hotmail.com	0923412333	CarAndBike	2017-02-10	afternoon		
9	0	test	2200100060788	test@gmail.com	123455666	car	12-1-12	afternoon		
16	0	chanchai jitmun	2200100060782	test1@gmail.com	0800000000	Car	Mar 30 20	morning		
19	0	tt	1231231231231	123@gmail.com	0830090985	CarAndBike	Mar 30 20	morning		
20	0	chawin uraseng	1200100000000	boot@gmail.com	0909090090	CarAndBike	Mar 30 20	afternoon		

รูปที่ 5 ฐานข้อมูลของระบบ

รูปที่ 8 หน้าจอแสดงผลจากการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 6 ตัวอย่างการทำงานของอุปกรณ์ทดสอบการมองเห็นสี

รูปที่ 9 การบันทึกผลการทดสอบบนฐานข้อมูล

(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 7 การทำงานของอุปกรณ์ทดสอบปฏิกิริยาเท้า (ก) สัญญาณไฟจราจรเมื่อเหยียบคันเร่ง (ข) การเหยียบคันเร่ง (บน) และเบรก (ล่าง) (ค) การเหยียบเบรกในเวลาที่กำหนด (ง) การเหยียบเบรกเกินเวลาที่กำหนด

4. สรุป

สิ่งประดิษฐ์นี้เป็นต้นแบบของระบบทดสอบสมรรถภาพสำหรับการขอใบอนุญาตขับรถ โดยการสร้างแอปพลิเคชันในการจองคิวการทดสอบ และทำให้เป็นระบบทดสอบแบบอัตโนมัติ สามารถจัดเก็บผลข้อมูลผ่านระบบฐานข้อมูลได้ การทดสอบมี 2 ส่วน คือ การทดสอบการมองเห็นสี และการทดสอบปฏิกิริยาเท้า โดยการทำงานของทั้ง 2 ระบบได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นศูนย์กลางการควบคุมและประมวลผลในการรับค่าข้อมูลผลทดสอบ และมีการพัฒนาฐานข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลผลการทดสอบไปยังฐานข้อมูลของระบบอย่างอัตโนมัติ โดยมีการระบุตัวตนผู้ทดสอบในฐานข้อมูลด้วยอาร์เอฟไอดี

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณฝ่ายใบอนุญาตขับรถ สำนักงานขนส่งกรุงเทพมหานครพื้นที่ 4 สำหรับความอนุเคราะห์ในการเยี่ยมชมสถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อขอใบอนุญาตขับรถ รวมทั้งให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะต่างๆ จนทำให้งานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ระเบียบกรมการขนส่งทางบกว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข ในการอบรมและทดสอบผู้ขอรับใบอนุญาตขับรถ ผู้ขอต่ออายุใบอนุญาต ขับรถ และผู้ขอรับบัตรประจำตัวคนขับรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2557

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

Development of Engine parts oil cleaning machine

สุวิพงษ์ เหมะธุลิน[1]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

680 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 โทรศัพท์ 042-970021 E-mail: suwipong@snru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลในการออกแบบเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และหาคุณภาพของเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เพื่อเพิ่มความสามารถในการล้างคราบน้ำมันของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ การดำเนินงานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษารวบรวมข้อมูลต่างๆ จากปัญหาและอุปสรรคของเครื่องทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่มีในปัจจุบัน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โดยมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วนคือ ชุดโครงสร้าง ชุดต้นกำลัง ชุดท่อส่งน้ำยา ชุดหัวฉีดน้ำยา ชุดวงจรระบบอิเล็กทรอนิกส์ และทำการทดลองล้างคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ 5 ชิ้น ผลการทดลองดังนี้ ฝาครอบวาล์วจำนวน 1 ชิ้น ใช้เวลาในการล้าง 8 นาที อ่างน้ำมันเครื่องจำนวน 1 ชิ้น ใช้เวลาในการล้าง 8 นาที ลูกสูบจำนวน 4 ลูก ใช้เวลาในการล้าง 5 นาที ก้านสูบจำนวน 2 ชิ้น ใช้เวลาในการล้าง 5 นาที เพลาลูกเบี้ยวจำนวน 1 ชิ้นใช้เวลาในการล้าง 5 นาที และพบว่าความเหมาะสมในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุและการสร้างอยู่มีค่าเฉลี่ย 4.75 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ด้านคุณสมบัติของเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีค่าเฉลี่ย 4.90 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก และผลการทดลองใช้เครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีค่าเฉลี่ย 4.82 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

คำสำคัญ:เครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมัน, ชิ้นส่วนเครื่องยนต์

Abstract

The purposes of this research were studied about design and construction of oil cleaning machine for the engine part and find the efficiency of them to increase ability of the machine. This project was start from studied and collected the data about the trouble that the oil cleaning machine for the engine part is use in present. Then applied it to design the oil cleaning machine to be 5 main components. The results are as follows, cover crankcase is used for 8 minutes of clean, oil pan takes 8 minutes to clean. Four piston takes 5 minutes to clean. 2 connecting rods takes 5 minutes to clean and camshaft was washed for 5 minutes and found that the suitability in design and material selection and fabrication was 4.75 on average. The oil content of the engine components was 4.90 on average. The average of 4.82 was found to be very good.

Keywords: Oil cleaning machine, engine part

1. บทนำ

เครื่องยนต์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานกลเพื่อขับเคลื่อนรถยนต์ให้เคลื่อนที่ได้ เมื่อเครื่องยนต์มีอายุการใช้งานบางกรณีจำเป็นต้องถอดเครื่องยนต์และนำชิ้นส่วนทั้งหมดออกจากเครื่องยนต์หรือเรียกว่า การยกเครื่อง (Overhaul) เพื่อจะได้ตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกันหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุดออกไป ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน แต่การยกเครื่องเพื่อถอดชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งหมดนั้นจะต้องนำรถยนต์เข้ารับการบริการจากศูนย์บริการหรืออู่ซ่อมรถยนต์เพราะขั้นตอนการถอดและการประกอบชิ้นส่วนเครื่องยนต์จะต้องใช้ช่างปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์และใช้เครื่องมือพิเศษ เมื่อช่างปฏิบัติงานถอดแยกชิ้นส่วนเครื่องยนต์จะพบว่ามีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่บนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ถอดออกมา ดังนั้นช่างปฏิบัติงานจึงต้องทำความสะอาดพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์เพื่อจะได้สามารถมองเห็นการสึกหรอหรือสิ่งผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้น การทำความสะอาดพื้นผิวชิ้นงานจะต้องเลือกใช้ระบบการทำความสะอาดที่เหมาะสม สารบางชนิดสามารถใช้น้ำธรรมดาในการชำระล้างหรือละลายออกได้เลยแต่สารบาชนิดก็ต้องใช้ตัวช่วยหรือบางชนิดก็ต้องเปลี่ยนชนิดของตัวทำละลายเพื่อช่วยล้างสิ่งสกปรกให้ออกไปจากพื้นผิวชิ้นงานที่ต้องการให้สะอาด ดังนั้นเพื่อช่วยให้ช่างปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัยสามารถหลีกเลี่ยงสารพิษอันตรายที่ผสมอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงและเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงออกแบบและสร้างเครื่องทำความ

สะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ขึ้นเพื่อเพิ่มความสะดวกและลดเวลาในการทำงาน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2.2 เพื่อประเมินคุณภาพเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์รายละเอียดดังนี้ [1] ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกลซึ่งมีขนาดของห้องล้าง 1x1x0.722 เมตรมีหัวฉีด 14 หัว หัวเป่าลม 2 หัวทำงานด้วยระบบอัตโนมัติโดยมี Timer จำนวน 2 ตัวซึ่งทำการตั้งเวลาในการฉีด 1 ตัวและการเป่า 1 ตัวและเวลาที่เหมาะสมในการล้างคือ 3 นาทีและ 5 นาทีเวลาในการเป่าลมที่เหมาะสมคือ 15 นาทีและ 25 นาทีสามารถล้างชิ้นส่วนสูงไม่เกิน 50 เซนติเมตรและกว้างยาวในแนวราบไม่เกิน 90 เซนติเมตรน้ำหนักไม่เกิน 70 กิโลกรัมและแท่นรองรับชิ้นส่วนสามารถหมุนได้โดยการขับมอเตอร์ผ่านไปยังเฟืองทดอัตรา 1:80 [2]ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์โดยเครื่องล้างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เซนติเมตรความสูง 1.50 เมตรและมีหัวฉีด 23 หัว สารทำความสะอาดถูกขับโดยใช้ปั๊มน้ำชนิดปั๊มหอยโข่งขนาด 2 แรงม้าเวลาที่ใช้ในการล้างคือ 5 นาทีซึ่งน้ำที่หัวฉีดฉีดออกมาจะถูกให้ความร้อนจากขดลวดทำความร้อนขนาด 5,000 วัตต์ขดลวดทำความร้อนทำงานด้วยระบบอัตโนมัติโดยมีเทอร์โมสตัททำการควบคุมอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 40-60°C ชิ้นส่วนที่จะนำมาล้างด้วยเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ต้องมีความกว้างและความยาวไม่เกิน 90 เซนติเมตรความสูงต้องไม่เกิน 50 เซนติเมตรน้ำหนักไม่เกิน 70 กิโลกรัมหรือความจุกระบอกสูบไม่เกิน 2,500 ซีซีขนาดของชิ้นส่วนขนาดเล็กที่นำมาล้างต้องมีขนาดความกว้างและยาวไม่น้อยกว่า 2.54 เซนติเมตรเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาด 380 โวลต์ พบว่าการทำความสะอาดที่ใช้อุณหภูมิต่างกันประสิทธิภาพในการทำความสะอาดก็แตกต่างกันด้วยคือความสะอาดจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ [3]ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์โดยใช้มอเตอร์แบบปรับความเร็วรอบได้และติดตั้งเข้ากับตัวชุดเกลียวหมุนเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นลงของชุดแผงหัวฉีดและใช้โซลินอยด์วาล์วมาเป็นตัวควบคุมการจ่ายน้ำในการทำความสะอาดเพื่อใช้ในการล้างทำความแผงคอนเดนเซอร์จากการทดสอบการทำงานของเครื่องทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์พบว่าเครื่องมีความสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีโดยเมื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องปรับอากาศก่อนการล้างและหลังการล้างทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์พบว่าความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 16.35% และประสิทธิภาพการให้ความเย็นเพิ่มขึ้น 19.19% [4] ได้พัฒนาสร้างเครื่องทำความสะอาดสำหรับกาพ่นสีโดยมีขนาดของฐานรองรับน้ำหนักคือกว้าง 419 มิลลิเมตรยาว 520 มิลลิเมตรและสูง 533 มิลลิเมตรขนาดของถังล้างคือกว้าง 406 มิลลิเมตรยาว 508 มิลลิเมตรและสูง 482 มิลลิเมตรและขนาดของถังกรองคือกว้าง 368 มิลลิเมตรยาว 292 มิลลิเมตรและสูง 203 มิลลิเมตรผลการทดลองเครื่องทำความสะอาดสำหรับกาพ่นสีพบว่าเวลาที่ใช้ทำความสะอาดกาพ่นสีในแต่ละครั้งจะไม่เท่ากันเนื่องจากสีที่ใช้พ่นเป็นสีต่างชนิดกันคือสีรองพื้นจะใช้เวลาในการทำความสะอาดมากที่สุดสีจริงจะใช้เวลาในการทำความสะอาดน้อยรองลงมาและสีเคลือบเงาเป็นสีที่ใช้เวลาในการทำความสะอาดน้อยที่สุดและเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนล้างคือ 15 นาทีพบว่าเครื่องล้างกาพ่นสีประหยัดเวลาได้ 13 นาที [5] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างหลอดแก้วขนาดเล็กโครงสร้างประกอบด้วย แท่นประกอบยึดมอเตอร์ ส่วนควบคุมเวลาและ ส่วน Reservoir ที่ใช้เก็บน้ำยาทำความสะอาด (Detergent) และน้ำกลั่นเครื่องจะทำงานโดยการฉีดน้ำประปาเข้าสู่หลอดแก้วจากนั้นจึงฉีดน้ำยาทำความสะอาดล้างต่อด้วยน้ำประปาและน้ำกลั่นตามลำดับจากนั้นจึงเป่าลมให้หลอดแก้วแห้งสามารถล้างหลอดแก้วขนาดเล็กได้ครั้งละ 40 หลอดผลการทดลองพบว่าการล้างหลอดแก้วขนาดเล็กจำนวน 100 หลอดใช้น้ำประปาไม่เกิน 10 ลิตรและใช้เวลาล้างประมาณ 5 นาทีและเครื่องนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำความสะอาดเครื่องแก้วหรือภาชนะบรรจุขนาดเล็กอื่นๆได้ [6]ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดเข็มถักผ้าด้วยคลื่นอัลทราโซนิกส์โดยอาศัยหลักการทำงานของคลื่นอัลทราโซนิกส์ทำให้ของเหลวที่ใช้ทำความสะอาดเข็มถักเกิดการสั่นสะเทือนที่ความถี่สูงซึ่งทำให้สิ่งสกปรกที่ติดมากับเข็มถักเกิดการสั่นสะเทือนและหลุดออกจากเข็มถักผลการทดลองพบว่าสิ่งสกปรกที่ติดมากับเข็มถักหลุดออกจากเข็มถักได้ดีแม้จะติดอยู่ตามซอกเล็กๆของเข็มถักเวลาที่ใช้ทำความสะอาดน้อยและมีความสะดวกในการใช้งาน

สรุป จากการศึกษาค้นคว้าของผู้วิจัยพบว่ามีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในทางอุตสาหกรรมอยู่หลายแบบด้วยกันทั้งนี้ก็เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานจากสารพิษอันตรายต่างๆความสะดวกสบายความรวดเร็วและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดจากเอกสารของผู้วิจัยแต่ละคนพบว่ายังมีปัญหาอีกหลายๆด้านที่ต้องทำการปรับปรุงและแก้ไขดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์โดยใช้หลักการทำงานของเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ได้ออกแบบและสร้างไว้คือการทำความสะอาดนั้นจะต้องถอดแยกชิ้นส่วนเครื่องยนต์ออกก่อนและใช้หัวฉีดเป็นตัวฉีดพ่นสารทำ

ความสะอาดและสอดคล้องกับหลักการทำงานของเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ [2] ซึ่งได้เลือกใช้ปั๊มน้ำหอยโข่งสร้างแรงดันให้กับชุดหัวฉีดเพื่อฉีดสารทำความสะอาดไปยังชิ้นส่วนเครื่องยนต์และใช้ฮีทเตอร์ทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำและได้รูปแบบเครื่อง3มิติดังในรูปที่ 1 และเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 2

การไหลผ่านหัวฉีดที่ติดที่ปลายท่อ อัตราการไหลที่เกิดในท่อและที่หัวฉีดมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$Q = AV = av \quad (1)$$

$$\frac{V}{v} = \frac{a}{A} \quad (2)$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} xV = \frac{\pi D^2}{4} xv \quad (3)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล
A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ
V คือ ความเร็วของของไหลในท่อ
a คือ พื้นที่ภาคตัดที่ปลายหัวฉีด
v คือ ความเร็วของน้ำที่พุ่งออกที่ปลายหัวฉีด

รูปที่ 1 เครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในแบบ 3D

รูปที่ 2 เครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

4. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ข้อที่	หัวข้อการประเมิน			ระดับการประเมิน
ความเหมาะสมในการออกแบบเลือกใช้วัสดุ และการสร้าง				
1	รูปทรงและลักษณะทางกายภาพมีความเหมาะสมสวยงาม	4.60	0.54	ดีมาก
2	ขนาดและน้ำหนักของเครื่องเหมาะสมในการใช้งาน ทั้งในและนอกสถานที่	4.80	0.44	ดีมาก
3	มีความแข็งแรง ทนทาน	4.60	0.54	ดีมาก
4	มีความปลอดภัยในการใช้งาน	5.00	0.00	ดีมาก
5	ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น	4.40	0.54	ดี
6	ทำความสะอาด ดูแลรักษาง่าย	4.80	0.44	ดีมาก
7	เครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4.80	0.44	ดีมาก
8	วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดหาได้ง่าย	5.00	0.00	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.75	0.43	ดีมาก
คุณสมบัติของเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์				
9	เครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์เป็นเครื่องที่สร้างขึ้นมาใหม่	5.00	0.00	ดีมาก
10	เครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์สามารถใช้น้ำยาได้หลากหลายประเภท	4.60	0.54	ดีมาก
11	สามารถเก็บกักน้ำยาได้ในตัวเครื่อง	5.00	0.00	ดีมาก
12	สามารถนำน้ำยาที่ใช้แล้วกลับมาใช้ได้อีก	5.00	0.00	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.90	0.30	ดีมาก
ผลการทดลองใช้เครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์				
13	สามารถทำความสะอาดชิ้นงานที่มีช่องแคบๆได้	4.80	0.44	ดีมาก
14	สามารถทำความสะอาดคราบน้ำมันได้จริง	5.00	0.00	ดีมาก
15	ประหยัดเวลาในการทำความสะอาดชิ้นงาน	5.00	0.00	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.93	0.25	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.82	0.38	ดีมาก

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองจับเวลาในการล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ลำดับที่	ชิ้นงาน	ระดับความสะอาด		
		จำนวน/ชิ้น	เครื่อง/เวลา	คนล้าง/เวลา
1	ฝาครอบวาล์ว	1	8 นาที	20
2	อ่างน้ำมันเครื่อง	1	8 นาที	20
3	ลูกสูบ	4	5 นาที	20
4	ก้านลูกสูบ	2	5 นาที	10
5	เพลาลูกเบี้ยว	1	5 นาที	10

รูปที่ 3 ฝาครอบวาล์วก่อนล้างและหลังล้างด้วยเครื่องล้าง

รูปที่ 4 ลูกสูบก่อนล้างและหลังล้างด้วยเครื่องล้าง

5. สรุปผล

ผลการทดลองใช้เครื่องอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ สามารถทำความสะอาดชิ้นงานที่มีคราบน้ำมันได้ และสามารถทำความสะอาดชิ้นงานที่มีช่องแคบๆได้ และยังประหยัดเวลาในการล้างอีกด้วย ผลการทดลองใช้งานพบว่าเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์สามารถประหยัดเวลาในการทำความสะอาดชิ้นงานได้ โดยใช้เวลาเพียง 5-8 นาที ในการล้างชิ้นงานที่มีคราบน้ำมันติดอยู่นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อทำให้การพัฒนาเครื่องมีประสิทธิมากยิ่งขึ้นต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 การสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงมั่นคงของโครงสร้าง และควรเพิ่มขนาดของตัวโครงสร้าง เพื่อรองรับชิ้นงานขนาดใหญ่กว่าเดิม

6.2 ควรติดตั้งล้อเพื่อให้สะดวกในเวลาเคลื่อนย้าย และควรเพิ่มแรงดันและเพิ่มจำนวนหัวฉีดน้ำเพื่อให้การล้างรวดเร็วสะอาด และประหยัดเวลายิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] เกรียงศักดิ์ จันทร์นวลและคณะ, (2540).เครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[2] สมชาย นุชไพโรจน์และคณะ, (2545). เครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์. ภาควิชาครุศาสตร์ เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[3] สมจินต์ พ่วงเจริญชัย. (2550). เครื่องล้างทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[4] นาวิน เจนทรทินและคณะ, (2552). การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดสาหรับกาพ่นสี.ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีการผลิตและสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[5] ธีระ ฤทธิรอด, 2545.เครื่องล้างหลอดแก้วขนาดเล็ก.มข.วิจัย. 4(3): 20.

[6] สมภพ นราภิรมย์อนันต์และคณะ,(2543). เครื่องทำความสะอาดเข็มถักผ้าด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค. ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการระหว่างวันที่ 14 –16 มกราคม. หน้า 322. ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

สื่อการเรียนกายวิภาคของร่างกายมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติ

E-Learning of Human Anatomy in 3D Model

พีระพัทธ์ พงศ์สุวรรณ[1], ปวรปรัชญ์ ธรรมแสง[2], มัลลิกา วัฒนะ[3]

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: perapat8589@gmail.com[1],opal.opoor@gamil.com[2],monlwa@kku.ac.th[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอสื่อการเรียนกายวิภาคของมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งสื่อการเรียนนี้ถูกพัฒนาอยู่บนเว็บแอปพลิเคชันโดยเว็บแอปพลิเคชันมีการทำงานในการจัดการระบบของผู้ใช้งานและเนื้อหาเกี่ยวกับร่างกายมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งสื่อการเรียนที่พัฒนาได้สร้างโมเดลร่างกายมนุษย์รูปแบบ 3 มิติ ที่สามารถเคลื่อนไหวได้ โดยเครื่องมือที่ใช้พัฒนาส่วนของโมเดล 3 มิติ คือ 3Ds Max สำหรับการออกแบบโมเดลและ Blender ในการทำโมเดลให้เคลื่อนไหว และการพัฒนาระบบการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันถูกพัฒนาด้วย HTML5 และ CSS3 การติดต่อกับฐานข้อมูลด้วยภาษา PHP โดยใช้ phpMyAdmin สำหรับระบบได้พัฒนาแบ่งผู้ใช้งานเป็น 2 กลุ่ม คือผู้ใช้งาน และผู้ดูแลระบบ นอกจากนี้ระบบการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันได้สามารถนำไปประยุกต์กับสื่อการเรียนในเรื่องอื่น ๆ ได้

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชันร่างกายมนุษย์รูปแบบ 3 มิติ, โมเดลร่างกายมนุษย์รูปแบบ 3 มิติ

Abstract

The article presented e-Learning of Human Anatomy in 3D Model. The e-Learning is implement on web application that can manage the user's system and content of anatomy in 3D model. This learning media is developed in 3D model that can be animated. The 3Ds Max are used to design the 3D model and blender. The web application is implemented using HTML and CSS technology. PHP is used for connecting database in phpMyAdmin. There are two groups of users: general users and administrators. Moreover, the system of web application can be applied to other instructional medias.

Keywords: Human Anatomy 3D for Web, Anatomy 3D Model

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการพัฒนาสื่อการเรียนที่ผู้เรียนสามารถศึกษาบทเรียนผ่านทางเว็บไซต์เป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีความสะดวกสบายสามารถศึกษาได้ในเวลาที่ต้องการ แต่อย่างไรก็ตามบทเรียนเกี่ยวกับระบบร่างกายของมนุษย์ (Human Anatomy) ส่วนมากเป็นสื่อการเรียนที่มีเนื้อหามากและรูปแบบการนำเสนอที่ไม่สามารถดึงดูด จากปัญหาดังกล่าว ผู้จัดทำจึงได้นำเทคโนโลยีการสร้างโมเดล 3 มิติ มาช่วยในการเรียนระบบร่างกายมนุษย์ที่สามารถเข้าใจได้มากกว่าเนื้อหาที่เป็นตัวหนังสือหรือภาพ 2 มิติ นอกจากนี้โมเดล 3 มิติจำลองร่างกายของมนุษย์ยังมีความสวยงามมากและสมจริง และเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีระบบให้การจัดการเนื้อหาและผู้ใช้งาน มีแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย

2. การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบได้ศึกษาการทำงาน 2 ส่วน คือ ส่วนของผู้ใช้งานทั่วไปและส่วนของผู้ดูแลระบบ ซึ่งในส่วนของผู้ดูแลระบบได้สอบถามความต้องการจากคณะอาจารย์ประจำคณะพยาบาลศาสตร์ ซึ่งเป็นผู้ดูแลระบบ และส่วนของผู้ใช้งานทั่วไปได้สอบถามความต้องการจากนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ โดยการทำงานของระบบมี 2 ส่วนดังนี้ ส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป มีฟังก์ชันการทำงาน คือ การทำแบบทดสอบก่อนเรียน การศึกษาบทเรียน ทำแบบทดสอบหลังเรียน และตรวจสอบคะแนนที่ทำได้ของบทเรียนต่าง ๆ สำหรับส่วนของผู้ดูแลระบบ มีฟังก์ชันการทำงาน คือ การเพิ่มผู้ใช้งาน ตรวจสอบข้อมูลและคะแนนของผู้ใช้งาน เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลต่าง ๆ ของบทเรียน ทั้งเนื้อหา โมเดล 3 มิติ แบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน

3. การออกแบบและพัฒนาระบบ

จากการวิเคราะห์ระบบเว็บแอปพลิเคชันร่างกายมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติ ได้แบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ผู้ใช้ทั่วไป สามารถใช้งานระบบได้โดยสามารถเข้าทำแบบทดสอบก่อนเรียน ศึกษาบทเรียน ทำแบบทดสอบหลังเรียน และตรวจสอบคะแนนได้

2. ผู้ใช้ที่เป็นผู้ดูแลระบบ สามารถใช้งานระบบได้โดยสามารถทำตรวจสอบคะแนนผู้ใช้งาน เพิ่ม ลบ และแก้ไขในส่วนของเนื้อหาแบบทดสอบ และโมเดล จัดการส่วนของบทเรียน เทอมการศึกษาและปีการศึกษา สำหรับบทเรียนเกี่ยวระบบร่างกายที่ได้จัดทำมีทั้งหมด 4 บท ดังนี้

1. ระบบกระดูก
2. ระบบประสาท
3. ระบบย่อยอาหาร
4. ระบบสมอง

จากการออกแบบการทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชันร่างกายมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติ สามารถออกแบบหน้าจอการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันของระบบได้ดังตัวอย่างรูปด้านล่าง

รูปที่ 1 หน้าแสดงหน้าแรกของระบบ

รูปที่ 2 หน้าจอแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน

การทำงานในรูปที่ 2 ผู้ใช้งานจะต้องทำแบบทดสอบก่อนเรียนให้เสร็จเรียบร้อยก่อนที่จะเข้าสู่หน้าบทเรียนนั้น ๆ

รูปที่ 3 ตัวอย่างเนื้อหาของบทเรียน

ในรูปที่ 3 ผู้ใช้งานสามารถศึกษาบทเรียนเนื้อหาได้จากกน้านี้ทั้งหมด และสามารถเลือกโมเดลอื่น ๆ ที่อยู่ในบทเรียนเพื่อศึกษาเรื่องต่อไปได้อีกด้วย

รูปที่ 4 หน้าจัดการเนื้อหาของบทเรียนต่าง ๆ

จากการออกแบบหน้าจอการทำงานในรูปที่ 4 ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขเนื้อหาของบทเรียนต่าง ๆ ทั้งหมด

รูปที่ 5 หน้าจัดการคำบรรยายหรือคำอธิบายของโมเดลหรือเนื้อหา

จากการออกแบบหน้าจอการทำงานในรูปที่ 5 ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขคำบรรยายหรือคำอธิบายเนื้อหาต่างส่วนของเนื้อหาโมเดลต่าง ๆ ได้

รูปที่ 6 หน้าจัดการแบบทดสอบของบทเรียนต่าง ๆ

จากการออกแบบหน้าจอการทำงานในรูปที่ 6 ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนได้

รูปที่ 7 หน้าจัดการโมเดลของบทเรียนต่าง ๆ

รูปที่ 8 หน้าจัดการโมเดลของบทเรียนต่าง ๆ

จากการออกแบบหน้าจอการทำงานในรูปที่ 8 ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขบทเรียนต่าง ๆ และสามารถเลือกภาคการศึกษาหรือปีการศึกษาของบทเรียนนั้น ๆ เพื่อแบ่งบทเรียนและผู้ใช้งานให้เป็นไปตามภาคการศึกษาหรือปีการศึกษาที่เปิดสอนได้

รูปที่ 9 หน้าแสดงข้อมูลผู้ใช้งานทั้งหมด

จากการออกแบบหน้าจอการทำงานในรูปที่ 9 ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลของผู้ใช้งานทั้งหมดได้

4. สรุปผลการวิจัย

สื่อการเรียนกายวิภาคของมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติ บนเว็บแอปพลิเคชันได้พัฒนาขึ้นเพื่อนำเสนอสื่อการเรียนการสอนรูปแบบใหม่โดยใช้เทคนิคการสร้างภาพแบบ 3 มิติ เข้ามาช่วยในส่วนของเนื้อหาให้เกิดความน่าสนใจของเนื้อหามากขึ้น และยังมีส่วนของการจัดการเนื้อหาหรือแบบทดสอบต่าง ๆ ให้ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการเนื้อหาได้และตรวจสอบคะแนนต่าง ๆ ได้ โดยระบบได้ถูกพัฒนาในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน ทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น และส่วนของผู้ใช้งานทั่วไปสามารถลงทะเบียนเพื่อเข้าใช้งานศึกษาบทเรียนและตรวจสอบคะแนนของตัวเองได้ ดังนั้นระบบเว็บแอปพลิเคชันร่างกายมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติ สามารถพิมพ์ประสิทธิภาพการเรียนรู้แก่ผู้ใช้งานหรือผู้ที่เข้ามาศึกษาบทเรียนได้ นอกจากนี้ระบบในการจัดการบทเรียน

และการเรียนยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างบทเรียนในเรื่องอื่นๆบนเว็บแอปพลิเคชันได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์และนักศึกษาคณะพยาบาล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้แนะนำเกี่ยวกับเนื้อหาของบทเรียนและความร่วมมือในการทดสอบระบบที่ได้พัฒนา

เอกสารอ้างอิง

[1] การสร้างภาพ 3 มิติ. (2551). ค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2558, จาก https://jokung.wordpress.com/2008/12/14

[2] กายวิภาคศาสตร์มนุษย์. (2557). ค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2558, จาก http://www.zoneza.com/human-anatomy-view6924.htm

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศอัจฉริยะผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

Smart Air Condition Control via Internet

คงสถิตย์ สำโรงทอง คณิน สีแสงสุวรรณชัย ชัยนันท์ ศรีสะอาด จิรภูมิ บุตรโท

ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์ ศ.ดร.พรชัย ทรัพย์นิธิ และ รศ.ดร.พิสิฐ บุญศรีเมือง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520

บทคัดย่อ

โครงงานควบคุมเครื่องปรับอากาศอัจฉริยะผ่านระบบอินเทอร์เน็ตนี้สามารถสั่งการควบคุมเครื่องปรับอากาศจากแอนดรอยด์แอปพลิเคชันและเว็บแอปพลิเคชันจากภายนอกที่พักอาศัยเพื่อความสะดวกสบายโดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องอยู่บริเวณเครื่องปรับอากาศ ภายในวงจรควบคุมนั้นทางผู้จัดทำเลือกใช้ Raspberry Pi และหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดอินฟราเรดเพื่อส่งสัญญาณไปยังเครื่องปรับอากาศ และมีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ DHT22 เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในห้องเพื่อตรวจสอบว่าอุณหภูมิตรงตามที่ผู้ใช้งานสั่งการจริง โดยสั่งการได้ผ่านทางแอนดรอยด์แอปพลิเคชันหรือเว็บแอปพลิเคชัน นอกจากนี้ Raspberry Pi จะนำข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อจัดทำระบบเรียนรู้อัจฉริยะ โดยสามารถทำการ เปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศแบบอัตโนมัติตามระยะทางระหว่างผู้งานกับที่พักอาศัย ประมานค่าพลังงานที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศ มีการแจ้งเตือน และแนะนำอุณหภูมิที่ควรจะเป็นให้ผู้ใช้งาน

Abstract

This project is developed the smart air conditioner control system via the smartphone from everywhere. The Raspberry PI and Light Emitting Diode are used to transmit the IR bit pattern to control the air conditioner. In addition, the DHT22 sensor is used to measure the temperature and humidity to ensure that the air conditioner receives the user's command. This system starts with the user selecting temperature in the android or web application. The Raspberry Pi will bring user's data from the database to analyze and create a smart system which on-off the air conditioner automatically from the user and the user's residence distances, approximates electrical consumption of the air conditioner and has notification and suggestion of appropriate temperature.

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยเหลือการติดต่อสื่อสาร การใช้อินเตอร์เน็ต การเดินทางคมนาคม ส่งผลทำให้ชีวิตมีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทางคณะผู้จัดทำจึงจัดทำโครงการ ควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยมีแรงบันดาลใจมาจากความต้องการที่ว่า เมื่อผู้ใช้งานกลับมายังที่พักอาศัยแล้วมีความต้องการที่จะเปิดเครื่องปรับอากาศไว้ล่วงหน้า ก่อนที่จะเดินทางไปยังที่พักอาศัย และการใช้เครื่องปรับอากาศจะต้องถูกสั่งการด้วยรีโมทคอนโทรลทำให้ต้องเสียเวลารอให้อุณหภูมิในห้องเท่ากับที่เราสั่งการ ซึ่งใช้เวลาพอสมควร แต่ถ้าหากผู้ใช้งานควบคุมโดยสั่งการผ่านเว็บแอปพลิเคชันและแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน จะทำให้ปรับอุณหภูมิในห้องเท่ากับที่เราสั่งการก่อนที่จะกลับมาถึงที่พักอาศัยได้ โดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องรอให้อุณหภูมิในห้องเท่ากับที่เราสั่งการ

2. วิธีการดำเนินงานและการออกแบบการทดลอง

รูปที่ 1 บรรจุภัณฑ์วงจรสั่งงานเครื่องปรับอากาศ

ตัวกล่องภายในใช้ raspberry pi เป็น processor หลัก ภายนอกทำจากวัสดุอะคริลิคที่มีความแข็งแรง และสวยงาม

2.1 การวัดระยะทางในการรับและส่งข้อมูล

ทำการวัดระยะทางในการรับและส่งข้อมูล ระยะทางในการรับและส่งข้อมูลเริ่มต้นที่ 1 เมตร และเพิ่มระยะทางครั้งละ 1 เมตร โดยที่ระยะการทดลองสูงสุดอยู่ที่ 5 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดการทดลอง

ตัวแปรต้น	ระยะทางในการรับและส่งข้อมูลสูงสุด
ตัวแปรตาม	จำนวนครั้งที่ส่งสำเร็จ

ตัวแปรควบคุม	ห้องที่มีค่าความสว่าง 440 lux และทดสอบจำนวน 5 รอบ

2.2 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียม

จัดทำโมเดล neuron network (โครงข่ายประสาทเทียม) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ว่า เครื่องปรับอากาศกำลังเปิดหรือปิด ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียม

อินพุตจะประกอบไปด้วย เวลา (ในหน่วยชั่วโมง), อุณหภูมิ และความชื้น ได้ใช้ hidden layer จำนวน 20 layer และเทรนเป็นจำนวน 12 รอบ โดยข้อมูลที่นำมาเรียนรู้ค่า weight และ bias จำนวน 500 ข้อมูล มีทั้งกรณีที่เครื่องปรับอากาศกำลังใช้งาน และไม่ได้ใช้งาน หลังจากที่โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ค่า weight และ bias แล้วจะทำการทดสอบประสิทธิภาพ โดยใช้สมการ cross-entropy cost function ดังสมการที่ 1

$$C = -\frac{1}{n}\sum_x [y \ln a + (1-y)\ln(1-a)] \qquad (1)$$

โดย n คือจำนวนข้อมูลที่นำมาเรียนรู้, a คือเอาต์พุตที่ออกจากโครงข่ายประสาทเทียม, y คือ เอาต์พุตที่ต้องการ

3. ผลการทำงานของระบบ

3.1 การวัดระยะทางในการรับและส่งข้อมูล

ตารางที่ 2 ระยะทางในการรับและส่งข้อมูลในห้องที่สว่าง 440 lux

ระยะทาง	เปอร์เซ็นต์ที่รับได้
1 เมตร	100 %
2 เมตร	100 %
3 เมตร	100 %
4 เมตร	100 %
5 เมตร	20 %

จากตารางที่ 2 ในห้องที่มีความสว่างเท่ากับ 440 lux ระยะทางในการรับสัญญาณอินฟาเรดสูงสุดเท่ากับ 4 เมตร

3.2 ทดสอบประสิทธิภาพโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าในแต่ละรอบของจากเรียนรู้ และอัพเดตค่า weight และ bias ส่งผลให้ค่า cross-entropy cost มีค่าลดลงจนเข้าใกล้ 0 มากขึ้น ส่งผลให้เอาต์พุตจากโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าใกล้เคียงกับเอาต์พุตที่หวังไว้ และสามารถบอกได้ว่า ณ ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศกำลังถูกใช้งานอยู่หรือไม่ โดยมีความถูกต้องสูงสุด 99.5 เปอเซ็นต์ และเทรนจำนวน 8 รอบถึงจะเพียงพอ

รูปที่ 3 (ซ้าย) ค่า cross-entropy cost (ขวา) ค่า accuracy

4.สรุป

โครงงานเรื่องการควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านระบบอินเตอร์เน็ตมีการจัดทำสองส่วนได้แก่อินเตอร์เฟส และ core process ในส่วนอินเตอร์เฟสได้จัดทำแอนดรอย์แอปพลิเคชัน และเว็บแอปพลิเคชัน ในส่วน core process ได้ใช้ Raspberry PI เป็น processor หลัก นอกจานี้ยังมีการใช้โปรแกรม Appserv เพื่อเป็นฐานข้อมูลกลางในการเก็บคำสั่งการสั่งการต่าง ๆ เช่นคำสั่งการสั่งงานเครื่องปรับอากาศ, คัดลอกสัญญาณรีโมทเครื่องปรับอากาศ หรือคำสั่งเรียกใช้ฟังก์ชันสมาร์ท นอกจากนี้ได้ใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ DHT22 เพื่อตรวจสอบว่าอุณหภูมิโดยรอบมีการเปลี่ยนแปลงตามการสั่งการจากแอนดรอยด์แอปพลิเคชันหรือไม่ และค่าอุณหภูมิที่ได้จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ DHT22 ยังถูกนำไปวิเคราะห์ผ่าน neural network เพื่อช่วยตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้แม่นยำมากยิ่งขึ้น และสถานะที่ได้จะถูกใช้ในฟังก์ชันประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่อเดือนอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นยังมีฟังก์ชันสมาร์ทที่เปิด หรือปิดเครื่องปรับอากาศแบบอัตโนมัติตามระยะทางของผู้ใช้งาน และแนะนำอุณหภูมิให้แก่ผู้ใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] SB Project, “Theory and modulation” http://www.sbprojects.com/knowledge/ir/index.php

[2] Michael Nielsen ,”Neural Networks and Deep Learning” http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap3.html

[3] Jiawei Han, Micheline Kamber and Jian Pei “Data Mining: concepts and techniques,” Morgan Kaufmann Publishers, 2000.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ชุดค้นหาและตัดสัญญาณอุปกรณ์สื่อสารโดยใช้ SDR

Scanner and Jammer for Communicated Devices by SDR

จันทร์จิรา ปิ่นแก้ว ชัยวัฒน์ ประเสริฐกิจพันธ์ ณภัทร ทองเกษม จตุพร ด้วงทอง ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์ ศ.ดร.พรชัย ทรัพย์นิธิ และ รศ.ดร.พิสิฐ บุญศรีเมือง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520

บทคัดย่อ

โครงการนี้ออกแบบอุปกรณ์ค้นหาและรบกวนสัญญาณโทรศัพท์มือถือโดยใช้อุปกรณ์ SDR (Software Defined Radio) โดยพิจารณาย่านความถี่ของโทรศัพท์มือถือในประเทศไทย ระยะการทำงานขึ้นอยู่กับความสามารถอุปกรณ์ ในงานนี้ใช้ USRP-B210[1] เป็นเครื่องส่งสัญญาณรบกวน โดยที่อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ซึ่งใช้สัญญาณฟันเลื่อยที่สร้างจากวงจรควบคุมแรงดัน (VCO) โดยใช้ซอฟต์แวร์ในการออกแบบ

คำสำคัญ : การค้นหาสัญญาณ, การรบกวนสัญญาณ, SDR

Abstract

This project is designed to scan a frequency mobile signal and jam the signal by SDR (Software Define Radio). The frequency bands of cellular phone, allocated in Thailand. The activated range depend on tool's performance. We employ the USRP-B210 as a jamming signal transmitter. All of the jamming system, including generated saw tooth and voltage control oscillator (VCO) , are implemented in the software

Keywords: Scan, Jam, SDR

1. บทนำ

ในปัจจุบันโทรศัพท์เคลื่อนที่ถูกนำมาใช้งานเป็นจำนวนมาก ทั้งในทางที่เป็นประโยชน์และเป็นผลเสีย อย่างเช่น มีการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในห้องเรียนหรือในห้องประชุมในเวลาที่ไม่สมควร หรือสถานที่ไม่เหมาะสม และนอกจากนี้โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถนำไปใช้ในการจุดฉนวนระเบิดจากเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังนั้น อุปกรณ์ตัดสัญญาณโทรศัพท์จึงมีความจำเป็นเพื่อป้องกันการใช้งานไม่พึงประสงค์ อุปกรณ์ตัดสัญญาณโดยทั่วไปในท้องตลาด ถูกผลิตด้วยวงจรไฟฟ้า ทำให้การดัดแปลงแก้ไขในอนาคตสามารถทำได้ยาก ส่วน SDR นั้นสามารถดัดแปลงแก้ไขได้จากซอฟท์แวร์ซึ่งสิ้นเปลืองน้อยกว่าฮาร์ดแวร์ในระยะยาว

ในปีพศ. 2554 [2]ได้นำเสนอวิธีการตัดสัญญาณโดยใช้ SDR โดยตัดสัญญาณ เช่น เรดาร์ หรือสัญญาณวิทยุ แต่จำเป็นต้องระบุความถี่สัญญาณ ดังนั้นโครงงานนี้ จึงได้ทำการศึกษา SDR โดยสามารถค้นหาสัญญาณและใช้ตัดสัญญาณเครื่องมือสื่อสารในสถานที่งดใช้ เช่น ห้องประชุม สถานที่ราชการ นอกจากนี้ ในงานวิจัยยังได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์ SDR และผลกระทบจากการใช้งานของอุปกรณ์

2. ทฤษฎี

2.1 วิทยุกำหนดด้วยซอฟต์แวร์

เทคโนโลยีวิทยุกำหนดด้วยซอฟต์แวร์ (Software Defined Radio: SDR) คือ ระบบเครื่องรับ-ส่งวิทยุที่ใช้การปรับเปลี่ยนคุณลักษณะของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ โดยการควบคุมจากซอฟต์แวร์ทั้งหมดและเป็นระบบการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ ที่มีองค์ประกอบโดยทั่วไปในฮาร์ดแวร์ ตัวอย่างเช่น ตัวผสมสัญญาณ ตัวกรองสัญญาณ ฯลฯ จะถูกแทนที่โดยซอฟต์แวร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์หรือระบบสมองกลฝังตัว เนื่องจากการพัฒนาของอุปกรณ์ดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์สามารถพัฒนาอย่างรวดเร็ว ทำให้กระบวนการต่าง ๆ ที่เคยเป็นไปได้เฉพาะในทางทฤษฎีสามารถทำได้จริงในทางปฏิบัติ

2.2 ความถี่มือถือในประเทศไทย

ตารางที่ 1 ความถี่และข้อมูลที่ใช้ในการตัดสัญญาณ

Network	Band (MHz)	Downlink (MHz)	Center Freq(MHz)	Bandwidth (MHz)
Ais 2G	900	942.5-960	951.25	17.5
True 2G	1800	1805-1817.5	1811.25	12.6
Dtac 2G	1800	1817.6-1842.9	1830.25	25.3
True 3G	850	869-884	876.50	15
Dtac 3G	2100	2110-2125	2117.50	15
True 3G	2100	2125-2140	2132.50	15
Ais 3G	2100	2140-2155	2147.50	15

3. การออกแบบ

3.1 การค้นหาสัญญาณ

โครงงานนี้สามารถค้นหาสัญญาณโดยผู้ใช้งานระบุช่วงความถี่ได้ โดยอุปกรณ์จะแสดงความถี่ที่มีการใช้งานในช่วงนั้น และสามารถเลือกตัดสัญญาณในความถี่นั้นได้

รูปที่ 1 โปรแกรมค้นหาสัญญาณ

จากรูปที่ 1 ผู้ใช้งานป้อนค่าความถี่เริ่มต้น และสิ้นสุด เพื่อกำหนดขอบเขตการทำงานของอุปกรณ์ หลังจากนั้นโปรแกรมจะรับสัญญาณจาก SDR และนำข้อมูลที่ได้รับไปคำนวณหาความถี่ของสัญญาณ และกำลังของสัญญาณโดยใช้เทคนิคการแปลง ฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT) จากนั้นทำการวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนความถี่ (Frequency Domain) จะได้รับความถี่ และกำลังของสัญญาณ

3.2 การรบกวนสัญญาณ

การออกแบบโครงงานนี้ใช้เทคนิคครอบคลุมสัญญาณเต็มย่าน (Full Band Jamming) ครอบคลุมสัญญาณที่ใช้งานทั้งหมด โดยให้กำลังและแบนด์วิดท์ ของสัญญาณรบกวน มีค่ามากกว่า สัญญาณที่ใช้งาน โดยมีลักษณะแสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 2 Full Band Jamming

จากรูปที่ 2 ในระบบมือถือ 2G และ 3G มีการย้ายย่านความถี่ เมื่อกำลังของสัญญาณเทียบกับสัญญาณรบกวน (*Ec / Io*) มีค่าต่ำกว่าที่มือถือรองรับ ตัวอย่างเช่น มือถือย่าน 850(True) เมื่อค่า *Ec / Io* มีค่าต่ำมาก ๆ มือถือจะย้ายความถี่จาก 850(True) เป็น 2100(True) เป็นต้น

ผู้จัดทำได้ออกแบบสัญญาณรบกวนให้ครอบคลุมแบนด์วิดท์สัญญาณ โดยใช้เทคนิค Swept Jamming [3] สร้างจากโปรแกรม GNU Radio ใช้สัญญาณฟันเลื่อย ควบคุมความถี่สัญญาณ VCOกวาดสัญญาณให้มีความเร็วจนมองเห็นสเปกตรัมของสัญญาณมีแบนด์วิดท์กว้างมากยิ่งขึ้น แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 สเป็กตรัมสัญญาณ Swept Jamming

เมื่อสร้างสัญญาณรบกวนให้ครอบคลุมสัญญาณที่ต้องการตัด จากนั้นส่งสัญญาณผ่านอุปกรณ์ USRP-B210 ที่กำหนดค่าความถี่กลางของสัญญาณได้แก่ 876.5 MHz (True) 2117.5 MHz (Dtac) 2147.5 MHz (Ais) เป็นต้น ภาพรวมของระบบแสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมของ Swept Jammer

4. ผลการทดลอง

รูปที่ 5 โปรแกรมค้นหาสัญญาณความถี่ 91-94 MHz

จากรูปที่ 5 โปรแกรมแสดงกำลังของสัญญาณและความถี่ที่ค้นหา โดยระบุเป็นช่วงความถี่ที่พบหลังจากนั้นทำการตัดสัญญาณ โดยใช้ โปรแกรมที่ออกแบบไว้

รูปที่ 6 สเปกตรัมสัญญาณก่อนและหลังตัดสัญญาณ

จากรูปที่ 6 โปรแกรมจะควบคุม USRP-B210 ตัดสัญญาณความถี่ที่กำหนด จะพบว่าสเปกตรัมหลังตัดสัญญาณถูกสัญญาณรบกวนทำให้ไม่สามารถใช้งานอุปกรณ์สื่อสารในย่านความถี่นั้นได้

4. สรุป

อุปกรณ์สามารถค้นหาและตัดสัญญาณอุปกรณ์การสื่อสารได้ แต่การตัดสัญญาณ ระยะทางระหว่างอุปกรณ์กับสถานีฐาน หรืออุปกรณ์สื่อสารที่ต้องการตัด ส่งผลต่อความเร็ว และระยะทางการตัดสัญญาณของอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Ettus Research™ (2010), *USRP-B210 information sheet* [Online]. Available: https://www.ettus.com/product/details/UB210-KIT

[2] Vecima (2011, Sep 30). *Jammer* [Online]. Available: http://www.spectrumsignal.com/resources/SDR-4902_Jamming_AppNote

[3] R. E. Stoddard, “Multi-band jammer,” U.S. Patent 7 697 885, April 13, 2010.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ระบบติดตามรถไฟสายตะวันออกอัจฉริยะ

Intelligent Train Tracking System for Eastern Rail Route

อภิชญา สิริวณิชพงศ์ อภิเชษฐ์ พรมเกตุ อารีฟ ดาแตสาตู ศิรวิชญ์ กิตติวิชญกุล ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์ ศ.ดร. พรชัย ทรัพย์นิธิ และ ผศ.ดร.ณัฐกานต์ พุทธรักษ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีประชาชนจำนวนมากนิยมเดินทางด้วยรถไฟ โดยเฉพาะรถไฟในสายตะวันออก ซึ่งพบว่ามีนักเรียน นักศึกษาและคนทำงานใช้งานกันอยู่เป็นประจำ อย่างไรก็ตาม บ่อยครั้งขบวนรถไฟมักจะไม่ตรงตามเวลาตารางรถไฟ ส่งผลให้เสียเวลาและพลาดในการใช้บริการขบวนรถไฟที่ต้องการเดินทาง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้มีการออกแบบและพัฒนาระบบติดตามขบวนรถไฟสายตะวันออก ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนา เว็บไซต์ แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และจอมอนิเตอร์ เพื่อแสดงตำแหน่งรถไฟแก่ผู้ใช้งาน

Abstract

Currently, many people use the train transportation, especially who live in eastern suburban zone. Through our observation, there are many students and workers who always use the train transportation. Frequently, the trains are not on time bring about the waste of time and the missed of train service. Therefore, the train tracking systems have been invited. In this research, the researchers designed and developed the website, android application and monitor to display the train positions for the user.

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีประชาชนจำนวนมากนิยมเดินทางด้วยรถสาธารณะมากกว่ารถส่วนตัว เนื่องจาก ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง รวมถึงสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาการจราจรได้ ยกตัวอย่างเช่น การเดินทางด้วยรถไฟ ซึ่งก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ประชาชนนิยมเลือกใช้บริการ โดยเฉพาะรถไฟในสายตะวันออก ที่มีนักเรียน นักศึกษาและคนทำงานใช้บริการกันอยู่ประจำ จากการสอบถามผู้ใช้บริการรถไฟสายตะวันออกหลายคนพบว่า ปัญหาที่สำคัญของรถไฟสายนี้คือ ขบวนรถไฟมักจะมีความล่าช้า ไม่ตรงตามตารางเวลารถไฟ อันมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น รถไฟมีการจอดรอผู้โดยสาร หรือมีการจอดรอรถไฟอีกขบวนสวนผ่าน (ระบบรางเดี่ยว) เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าว ในงานวิจัยก่อนหน้า ได้มีการออกแบบระบบติดตามรถไฟสายตะวันออก โดยสามารถติดตามตำแหน่งรถไฟผ่านทางเว็ปไซต์ อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวอาจยังไม่ครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้บริการมากนัก ดังนั้น งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้มีการพัฒนาระบบติดตามรถไฟเดิมให้มีประสิทธิภาพ และครอบคลุมผู้ใช้บริการมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น มีการพัฒนาในส่วนอุปกรณ์ติดตามรถไฟขึ้นมาใหม่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลตำแหน่ง, พัฒนาส่วนของเว็ปไซต์เพื่อให้ใช้งานได้อย่างง่ายขึ้น, ออกแบบแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อแสดงผลตำแหน่งรถไฟ และออกแบบจอมอนิเตอร์แสดงผลตำแหน่งรถไฟ ที่ซึ่งถูกติดตั้งไว้ที่ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. วิธีการดำเนินงานและการออกแบบระบบ

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามรถไฟสายตะวันออกอัจฉริยะ

บล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามรถไฟที่ แสดงในรูปที่ 1 ในส่วนแรก (กรอบเส้นประ) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกติดตั้งบนรถไฟประกอบไปด้วย โมดูล GNSS [1] ที่ใช้สำหรับรับพิกัดตำแหน่ง และความเร็วรถไฟ จากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) จะนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล [2] และส่งไปยังฐานข้อมูลผ่านโมดูลสามจี (3G Module) ในส่วนการแสดงผลนั้น ผู้วิจัยได้มีการออกแบบและพัฒนา ส่วนการแสดงตำแหน่งรถไฟแก่ผู้ใช้บริการผ่านช่องทางต่างๆ เช่น เว็บไซต์ แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการณ์แอนดรอยด์ และมอนิเตอร์

3. ผลการทำงานของระบบ

ในส่วนผลการทำงานของระบบ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบติดตามรถไฟสายตะวันออกครอบคลุมรถไฟทั้งหมด 4 ขบวน ได้แก่ ขบวน 275-

276 (กรุงเทพ-อรัญประเทศ), ขบวน 283-284 (กรุงเทพ-บ้านพลูตาหลวง), ขบวน 281-282 (กรุงเทพ-กบินทร์บุรี) และขบวน 367-368 (กรุงเทพ-ฉะเชิงเทรา) โดยจะแบ่งผลออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

3.1 แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือระบบแอนดรอยด์

ในส่วนแอปพลิเคชันของระบบปฏิบัติการณ์แอนดรอยด์ ถูกออกแบบมาเพื่อผู้ใช้งานสมาร์ทโฟน ในแอปพลิเคชั่นนี้ ผู้ใช้งานสามารถกดเลือกขบวนที่ต้องการทราบตำแหน่งผ่านทางหน้าแรกของแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 3(a) จากนั้น ข้อมูลตำแหน่งรถไฟจะถูกแสดงแก่ผู้ใช้งานดังรูปที่ 3(b) มากกว่านั้น ผู้ใช้งานสามารถกดเลือกปุ่มแจ้งเตือน (Alert) เพื่อให้แอปพลิเคชั่นแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่านระบบเสียงและสั่น เมื่อรถไฟกำลังจะเข้าสู่สถานี ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ว่าจะให้แจ้งเตือนเมื่อรถไฟเข้าสู่สถานีใด ดังรูปที่ 3(c)

3.2 เว็บไซต์

นอกเหนือจากแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการณ์แอนดรอยด์ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบติดตามตำแหน่งรถไฟผ่านทางเว็บไซต์ด้วยเช่นกัน โดยมีทั้งเวอร์ชันภาษาไทยและอังกฤษ ดังแสดงในรูปที่ 4 สำหรับการใช้งานนั้น ผู้ใช้งานสามารถเลือกขบวนรถไฟผ่านหน้าหลักเว็ปไซต์ จากนั้น จะเข้าสู่หน้าแสดงตำแหน่งของขบวนรถไฟนั้นๆ (สามารถเข้าชมเว็ปไซต์ได้ที่ http://train.telecom.kmitl.ac.th/) ดังรูปที่ 5(a) และรับชมข้อมูลตำแหน่งรถไฟอย่างละเอียด (ข้อมูลแบบ Real time) สามารถรับชมผ่านหน้า Google Map ได้เช่นกัน ดังรูปที่ 5(b)

3.3 มอนิเตอร์

ในส่วนการแสดงตำแหน่งรถไฟผ่านทางมอนิเตอร์นั้นถูกออกแบบมาเพื่อ นักศึกษา และบุคลากรภายในสถาบัน ซึ่งมอนิเตอร์ถูกติดตั้งไว้ที่ หน้าภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมอนิเตอร์จะมีการแสดงตำแหน่งรถไฟเฉพาะสถานีใกล้เคียงสถานีพระจอมเกล้า (สถานีหน้าสถาบัน) จำนวน 9 สถานี โดยมีทั้งในส่วนเวอร์ชันภาษาไทยและอังกฤษสลับกันทุกๆ 10 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 7

4. สรุป

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบพัฒนาในส่วนการแสดงผลตำแหน่งรถไฟเพิ่มเติมจากระบบเดิม โดยได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์, เว็บไซต์ และจอมอนิเตอร์ ซึ่งครอบคลุมผู้ใช้งานมากขึ้นจากระบบเดิม จากการสำรวจโดยคร่าว มีผู้ใช้งานทั้ง 3 แอปพลิเคชันดังกล่าวรวมกันประมาณ 300 คนต่อวัน

(a) (b) (c)

รูปที่ 3 แอปพลิเคชันของระบบปฏิบัติการณ์แอนดรอยด์

รูปที่ 4 หน้าหลักเว็บไซต์

(a) (b)

รูปที่ 5 หน้าแสดงตำแหน่งขบวนรถไฟบนเว็ปไซต์

รูปที่ 7 หน้าจอมอนิเตอร์

เอกสารอ้างอิง

[1] GEOG 862 - GPS and GNSS for Geospatial Professionals, “The Pseudo range Equation.” https://www.e-education.psu.edu.

[2] Movable Type Scripts. “Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude.” http://www.movable-type.co.uk.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องผสมสารเสริมในเมล็ดพันธุ์พืช 2

Mixing Machine for Seed Additives 2

ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส[1] สมกิจ โสพันธ์[2] ถนอมศักดิ์ โสภณ[3] และวรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์[4]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

[3,4]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

[1,2,3,4]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

E-mail: [1]sasiphan_w@yahoo.com, [2]hochave@gmail.com, [3]thanomsak.so@rmuti.ac.th, [4]wannaree.wo@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเมล็ดพันธุ์พืชถือเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในการผลิต เนื่องจากเมล็ดพันธุ์พืชที่ดีมีคุณภาพ จะมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณของผลผลิตให้สูงขึ้น เกษตรกรมักใช้วิธีการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เอาไว้ใช้ด้วยการผสมสารเสริมเพื่อรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเครื่องต้นแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในขั้นตอนการผสมสารเสริม โดยมีการออกแบบเครื่องผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน มีหัวฉีดพ่นน้ำยา 4 จุด ให้มีการฉีดพ่นสารเสริมครอบคลุมทั่วบริเวณ มีเครื่องเป่าลมร้อนที่สามารถปรับอุณหภูมิได้สูงสุดถึง 60 องศาเซลเซียสเพื่ออบแห้งเมล็ดพันธุ์ และมีการตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น ลักษณะการทำงานของเครื่องจะทำการผสมวัตถุดิบในแบบแนวนอน สามารถนำไปใช้ได้กับการผสมวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ให้เข้ากันภายในเวลา 3 ถึง 5 นาที รองรับการผสมวัตถุดิบมีปริมาณสูงสุด 80 กิโลกรัม และลดค่าความชื้นที่ 13.7 เปอร์เซ็นต์ได้ภายในเวลา 150 นาที

คำสำคัญ: เครื่องผสมสารเสริม, ระบบควบคุมอัตโนมัติ, ระบบควบคุมด้วยมือ, การผสมวัตถุดิบ

Abstract

Nowadays, the good seeds are a major factor in the agriculture which becomes good quality and increasing of products. Farmers often use seed storage methods by mixing additives to maintain seed quality. This research has developed a prototype to enhance the mixing process of the seed additives. It has 4 spray nozzles which can sprayed to cover all areas, hot air dryer that can adjust the temperature up to 60 ° C to dry the seeds, and the temperature and humidity sensors. The machine's function is to mix raw materials in a horizontal manner. It can mix different types of raw materials in a 3 to 5 minutes, supports mixing of raw materials up to 80 kg, and can reduce the moisture content to 13.7 percent within 150 minutes.

Keywords: mixing additives machine, automatic control system, manual control system, material mixing

1. บทนำ

ปัจจุบันการประกอบอาชีพเกษตรกรรม เพื่อให้เกิดเป็นผลผลิตทั้งการปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ ทำประมง หรือเกษตรผสมผสานนั้น มีสิ่งสำคัญที่ผู้ประกอบการต้องคำนึงถึง คือ ปัจจัยของการผลิตในรูปแบบต่าง ๆ เช่น เมล็ดพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ ปุ๋ย สารเคมี เครื่องมืออุปกรณ์ ทรัพยากรธรรมชาติ เงินทุน และตลอดจนความรู้ความชำนาญและประสบการณ์ เป็นต้น เพื่อจะทำให้ได้ผลผลิตที่ดี สำหรับการปลูกพืชปัจจัยแรกที่ขาดไม่ได้ คือ เมล็ดพันธุ์พืชที่ดี เพราะถึงแม้จะมีปัจจัยการผลิตอื่น ๆ ที่ดีพร้อม หากขาดเมล็ดพันธุ์พืชที่ดีแล้ว ผลผลิตที่ได้ก็จะมีคุณภาพต่ำ แต่ถ้าหากการเพาะปลูกได้เมล็ดพันธุ์ที่ดี เมื่อนำไปเพาะปลูกก็จะตอบสนองต่อการบำรุงรักษา และมีการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี ทนทานต่อสภาพแวดล้อม ทนทานต่อโรค ตลอดจนเมื่อเก็บเกี่ยวจะได้ผลผลิตที่ดีเป็นที่ต้องการของตลาด ส่งผลให้ได้ราคาดี จึงทำให้เศรษฐกิจของเกษตรกรนั้นดีขึ้นด้วย

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชเอาไว้ใช้นั้น เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง โดยต้องมีกระบวนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เพื่อใช้ในการเพาะปลูกครั้งต่อ ๆ ไป จากความสำคัญข้างต้นโครงงานนี้จึงได้จัดทำการพัฒนาต่อยอดเครื่องผสมสารเสริมในเมล็ดพันธุ์พืชให้สามารถทำงานในกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบควบคุมด้วยมือ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกร ด้วยวิธีการผสมสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เอาไว้ในสภาพที่ต้องการ และปลอดภัยจากศัตรูพืช ช่วยให้การเพาะปลูกมีความสะดวก ปลอดภัย ประหยัดเวลา ลดการใช้แรงงาน และสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ดีเอาไว้ใช้เพาะปลูกและจำหน่ายได้

2. ภาคทฤษฎี

ในทางทฤษฎีการผสมจะเริ่มจากองค์ประกอบที่บริสุทธิ์ต่าง ๆ ที่แยกกันแต่ละองค์ประกอบในทางปริมาณนำมาผสมเข้ากัน โดยการผสมที่สมบูรณ์จะวัดได้จากการสุ่มตัวอย่างของการผสมตามองค์ประกอบต่าง ๆ จะต้องมีสัดส่วนปริมาณที่เทียบเท่ากับองค์ประกอบที่บริสุทธิ์ก่อนการผสม การออกแบบตัวเครื่องให้สามารถผสมสารเสริมได้ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบควบคุมด้วยมือนั้นจำเป็นต้องมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

บอร์ด Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดของไมโครคอนโทรล-เลอร์รุ่นใหญ่ในตระกูล Arduino โดยใช้ชิพประมวล ATmega 2560 มีหน่วยความจำแฟลช 256 กิโลไบต์ หน่วยความแรม 8 กิโลไบต์ ใช้แรงดันไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 โวลต์ และแรงดันไฟของระบบอยู่ที่ 5 โวลต์ มีขาดิจิทัลอินพุตและเอาต์พุตรวมทั้งหมด 54 ขา (เป็น PWM ได้ 14 ขา) มีขาแอนะล็อกอินพุต 16 ขา พอร์ตอนุกรม (Serial UART) 4 ชุด พอร์ตเชื่อมต่อแบบ I^2C 1 ชุด และแบบ SPI 1 ชุด ดังรูปที่ 1 ในการพัฒนาโปรแกรมเป็นแบบเปิด (open source) ซึ่งจะเขียนบน Arduino IDE และโปรแกรมผ่านพอร์ตยูเอสบี (Universal Serial Bus: USB) [1]

รูปที่ 1 บอร์ด Arduino Mega 2560

รูปที่ 2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส

มอเตอร์เป็นเครื่องกลทางไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหลักการทำงานคือ แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ซึ่งมีหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กไม่เกิน 10 แรงม้า ยกตัวอย่างดังรูปที่ 2 [2]

2.3 อุปกรณ์ให้ความร้อน

ฮีตเตอร์ (heater) เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนรูปแบบหนึ่งที่ใช้หลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ ซึ่งส่งผลให้ลวดตัวนำเกิดความร้อนขึ้น สามารถใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ มีรูปร่างและลักษณะดังรูปที่ 3 [3]

รูปที่ 3 ลักษณะรูปร่างของฮีตเตอร์แบบครีบ

(ก) ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ DS18B20 (ข) โมดูลตรวจวัดความชื้น

รูปที่ 4 อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

รูปที่ 5 ลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบของเครื่องผสมสารเสริม

2.4 อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

ตัวตรวจวัดอุณภูมิ DS18B20 ที่ให้เอาต์พุตแบบดิจิทัล [4] ดังรูปที่ 4 (ก) สามารถใช้วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -55 ถึง +125 องศาเซลเซียส และให้ความแม่นยำ ±0.5 องศาเซลเซียส ในช่วง -10 ถึง +85 องศาเซลเซียส ส่วนการตรวจวัดความชื้น ดังรูปที่ 4 (ข) เป็นโมดูลที่สามารถอ่านค่าได้ 2 แบบ คือ แบบแอนะล็อกแล้วทำการแปลงสัญญาณเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter: ADC) มีความละเอียดขนาด 8 บิต และแบบดิจิทัลใช้การเปรียบเทียบระดับแรงดันที่อ่านได้ โดยหากค่าแรงดันมากกว่าที่กำหนดจะให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 (logic high) หากต่ำกว่าจะให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 (logic low) ซึ่งวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันประยุกต์ใช้ไอซีเบอร์ LM393 (dual differential comparators) ที่สามารถกำหนดค่าจากตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ [5]

2.5 เครื่องผสมแบบริบบอน

เครื่องผสมชนิดนี้ภาชนะจะมีลักษณะหยุดนิ่ง และให้วัสดุภายในตัวเครื่องเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วยใบเกลียวสกรู 2 ใบยึดอยู่ใน

เพลาเดียวกันและมีทิศทางการหมุนสวนทางกัน คือ ใบเกลียวสกรูตัวที่ 1 หมุนซ้าย และใบเกลียวสกรูตัวที่ 2 หมุนขวา แสดงดังรูปที่ 5 [6]

3. การออกแบบเครื่องผสมสารเสริม

รูปที่ 6 เครื่องผสมสารเสริมในเมล็ดพันธุ์พืชต้นแบบ

หน้าที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบตัวเครื่องคือ จะต้องทำให้เกิดการผสมคลุกเคล้าระหว่างเมล็ดพันธุ์พืชกับสารเสริมในรูปแบบของแข็งและของเหลวได้อย่างทั่วถึง มีระบบการกวนและวัดค่าความชื้นในขณะทำงาน หลังจากนั้นจะทำการเป่าลมร้อนเพื่อลดความชื้นในเมล็ดพันธุ์ ลักษณะตัวเครื่องที่ออกแบบแสดงดังรูปที่ 6 โดยมีคุณสมบัติพื้นฐาน คือ มีความแข็งแรง และด้านในของตัวเครื่องเป็นรูปตัวยู สามารถนำไปใช้กับกระบวนการผสมได้หลายชนิด ซึ่งการทำงานเครื่องจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

3.1 ระบบควบคุมด้วยมือ

ใช้สำหรับควบคุมการทำงานตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน โดยจะสามารถเลือกสั่งการทำงานของมอเตอร์ควบคุมใบกวน หัวฉีดพ่นน้ำยา และการเป่าลมร้อน ได้อย่างอิสระ

3.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

การใช้งานในระบบนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมระบบให้ทำงานตามค่าพารามิเตอร์ที่ผู้ใช้งานตั้งค่าไว้แบบอัตโนมัติ

4. วิธีการทดลองและผลการทดลอง

ในการทดสอบการทำงานของเครื่องผสมสารเสริมที่สร้างขึ้นได้แบ่งการทดสอบออกเป็นแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการกวนผสมโดยการสุ่มตรวจ

ในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบการผสมข้าวเปลือกที่มีอัตราส่วนของข้าวเปลือกธรรมดาต่อข้าวเปลือกย้อมสีที่ 9:1 โดยเลือกใช้ปริมาณข้าวเปลือกที่ 30 60 90 และ 100 กิโลกรัม ต่อข้าวเปลือกย้อมสี 3 6 9 และ 10 กิโลกรัมตามลำดับ จากนั้นเพิ่มระยะเวลาในการผสมครั้งละ 1 3 5 7 และ 10 นาที แล้วเลือกสุ่มตรวจเมล็ดพันธุ์ข้าว 5 จุด ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งพบว่าอัตราส่วนของเมล็ดข้าวเปลือกธรรมดาที่ปะปนอยู่กับเมล็ดข้าวเปลือกย้อมสีมีค่าเข้าใกล้อัตราส่วน 9:1 ที่ช่วงเวลาการผสมตั้งแต่ 3 ถึง 5 นาทีขึ้นไป

4.2 การทดลองการฉีดพ่นน้ำ

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของปั๊มเพื่อทำการฉีดพ่นสารเสริมชนิดน้ำ โดยติดตั้งหัวฉีดพ่นน้ำที่ด้านบนของตัวเครื่องตามแนวนอนจำนวน 4 จุด เลือกการทำงานในระบบอัตโนมัติ ซึ่งประสิทธิภาพในการทดลองฉีดพ่นน้ำแสดงดังรูปที่ 8 เป็นการวัดปริมาณน้ำ 10 ลิตร ที่ถูกฉีดพ่นออกไปเทียบกับระยะเวลา จะเห็นได้ว่าการควบคุมระบบหัวฉีดพ่นน้ำที่ปริมาณ 10 ลิตร ใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 19.95 นาที

รูปที่ 7 อัตราส่วนการผสมข้าวเปลือกธรรมดาต่อข้าวเปลือกย้อมสี

รูปที่ 8 อัตราการฉีดพ่นของปริมาณน้ำยา

รูปที่ 9 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากการทดลองอบข้าวเปลือก

4.3 การทดลองการอบไล่ความชื้น

สำหรับการทำงานของเครื่องเป่าลมร้อนที่ทดลองด้วยระบบแบบอัตโนมัติ โดยทดสอบกับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีอัตราส่วนปริมาณข้าวเปลือก (กิโลกรัม) : ปริมาณน้ำ (ลิตร) ที่ 30:1.5 และ 80:4 ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 9 โดยตัวเครื่องสามารถทำอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 56.5 องศาเซลเซียส การทดลองอบไล่ความชื้นให้มีค่าต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่อัตราส่วน 30:1.5 ใช้เวลาในการอบไล่ความชื้น 100 นาที และอัตราส่วน 80:4 ใช้เวลาในการอบไล่ความชื้น 150 นาที

5. สรุปผล

ในการออกแบบเครื่องผสมสารเสริมในเมล็ดพันธุ์พืชที่ได้พัฒนาต่อยอดให้มีระบบควบคุมชุดส่งกำลังมอเตอร์ใบกวน ชุดปั๊มฉีดพ่นน้ำยา ชุดเป่าลมร้อน สามารถควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติและแบบควบคุมด้วยมือ โดยสามารถผสมวัตถุดิบให้เข้ากันภายในเวลา 3 ถึง 5 นาที รองรับการผสมวัตถุดิบมีปริมาณสูงถึง 80 กิโลกรัม และมีการเป่าลมร้อนเพื่ออบไล่ความชื้นในวัตถุดิบด้วยอุณหภูมิสูงสุด 56.5 องศาเซลเซียส เพื่อให้ค่าความชื้นต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ได้ภายในเวลา 150 นาที ทั้งนี้ช่วงเวลาในการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายนอกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] [ออนไลน์] https://www.arduino.cc/en/Main/OldSoftwareReleas-es, สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2560.

[2] มงคล ทองสงคราม. เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพ ฯ : รามาการพิมพ์, 2535.

[3] [ออนไลน์] https://www.indiamart.com/proddetail/fin-heaters-40-58963 388.html, สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2560.

[4] [Datasheet] DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Temperature, DALLAS SEMICONDUCTOR.

[5] [ออนไลน์] http://www.appsofttech.com/store/product/viewg/เซน-เซอร์วัดความชื้นในดิน_Soil_Moisture_Sensor_Module-28234697-th.html, สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2560.

[6] [ออนไลน์] https://grabcad.com/library/ribbon-belenderG., สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2560.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

ปลั๊กพ่วงอัจฉริยะควบคุมด้วยสมาร์ทโฟน

Smart Extension Cord Controlled by Smart Phone

ศุภชัย ระบอบ[1] อภิสิทธิ์ แฝงกระโทก[1] จัตุพล พลอยกระโทก[1] ประจวบ อินระวงค์[1] วุฒิชัย สง่างาม[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-252659 E-mail: inr.prajuab@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เสนอชุดปลั๊กพ่วงอัจฉริยะ ซึ่งสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า(เปิด/ปิด) และแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับปลั๊กได้ ผ่านสมาร์ทโฟน ชุดปลั๊กพ่วงอัจฉริยะประกอบด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อรับคำสั่งผ่านบลูทูธ จากสมาร์ทโฟน เพื่อสั่งงาน เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ และสามารถส่งสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้ากลับมาแสดงผลที่สมาร์ทโฟนได้ ทดสอบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการสั่งงาน เปิด/ปิด และ ตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า พบว่าสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ในพื้นที่มีผนังกั้นได้ระยะทางประมาณ 18 เมตร สามารถวัดค่ากระแส และแรงดันไฟฟ้า ได้จาก 0.02-10 A และ 0-250V ตามลำดับ ค่าคลาดเคลื่อนของกระแส และแรงดันไฟฟ้า ประมาณ 1%.

คำสำคัญ: ปลั๊กพ่วงอัจฉริยะ สมาร์ทโฟน

Abstract

This project presents smart extension cord. It can control electrical devices (on / off) and show the status of electrical equipment connected to the plug via a smartphone. The smart extension cord consists of a microcontroller set for receiving commands via Bluetooth device from smartphone to on/off electrical equipment. It can send the statuses of electrical equipment such as voltage, current and power back to display on smartphone. The test was carried out by operating the on/off and measuring the status of electrical equipment. The test result found that it could control electrical equipment in area with partition walls was about 18 meters. It could measure the current and voltage from 0.02-10A and 0-250V, respectively, with the error of 1%.

Keywords: Smart Extension Cord, Smart Phone

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบัน ที่มีเทคโนโลยีต่างๆมากมายเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมาสมาร์ทโฟนได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมาก เทคโนโลยีหลายๆ อย่างถูกพัฒนาให้เข้ามาอยู่ใกล้ตัวเรามากยิ่งขึ้น พยายามที่จะเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันของเรา ตั้งแต่ตื่นนอน ใช้ในการเดินทาง การทำงาน ก็ยังมีการใช้งานสมาร์ทโฟนเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยทั้งสิ้น นอกจากนี้สมาร์ทโฟน ยังสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อการควบคุมการทำงาน แสดงผล รวมถึงเชื่อมต่อการทำงานกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้ด้วย [1][2] ปัจจุบันมีอุปกรณ์หลากหลายอย่าง ที่รองรับการสั่งงานจากตัวสมาร์ทโฟนได้ ไม่ว่าจะเป็นแบบโดยตรง หรือผ่านเครือข่าย ทั้งภายนอก และภายในระบบ เพื่อความสะดวกสบายในการใช้งาน และควบคุมการทำงานด้านต่างๆ ของตัวอุปกรณ์ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการเปิด-ปิดระบบไฟฟ้า รวมถึงการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ ภายในบ้าน ที่ใช้สมาร์ทโฟนในการควบคุมอุปกณ์ภายในบ้าน เปลี่ยนจากบ้านธรรมดา ให้กลายเป็นบ้านอัจฉริยะ ที่สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว จากมือถือสมาร์ทโฟนที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน[3][4] อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ไฟฟ้าแบบธรรมดา ที่ไม่มีรีโหมดควบคุม หรือระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมนั้น จะไม่สามารถสื่อสารกับสมาร์ทโฟนได้ ดังนั้นการเปลี่ยนให้ปลั๊กพ่วงธรรมดาให้กลายเป็นปลั๊กพ่วงอัจฉริยะ ที่สามารถควบคุมผ่านสมาร์ทโฟนได้ เพื่อเปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อกับปลั๊กนั้น จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะทำให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ โดยไม่ต้องเพิ่มอุการณ์ใดๆ เข้าไป นอกจากนั้นปลั๊กพ่วงอัจฉริยะยัง สามารถสื่อสารเป็นแบบสองทาง ที่สามารถแสดงสถานะการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น กระแส แรงดันและกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นได้ โดยแสดงผลที่สมาร์ทโฟน ซึ่ง

สื่อสารข้อมูลผ่าน บลูทูธ(Bluetooth) ระหว่างปลั๊กพ่วงอัจฉริยะกับสมาร์ทโฟน

2. การออกแบบชุดปลั๊กพ่วงอัจฉริยะ

ชุดปลั๊กพ่วงอัจฉริยะแสดงในรูปที่ 1 ถูกออกแบบให้มีการติดต่อแบบ 2 ทาง โดยผู้ใช้สามารถตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า ปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ โดยสื่อสารข้อมูลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) จะส่งข้อมูลการใช้งานของปลั๊กพ่วงอัจฉริยะ มายังหน้าจอสมาร์ทโฟน

3.Single phase voltage sensor ทำหน้าที่วัดแรงดันไฟฟ้า 1 เฟสตั้งแต่ 0V-250V (AC)

4.ชุดติดต่อสื่อสาร Bluetooth module HC05 ทำหน้าติดต่อสื่อสารกับบอร์ด Arduino UNOR3 และสมาร์ทโฟน

5. แอพพลิเคชั่น (Application) พัฒนาขึ้นจากระบบปฏิบัติการ Android บน สมาร์ทโฟน เพื่อ ใช้ควบคุมระบบ สั่งงาน และรับข้อมูลจาก ปลั๊กพ่วงอัจฉริยะ

รูปที่ 1 หลักการทำงานของระบบ

1.บอร์ด Arduino UNOR3 ทำหน้าที่ประมวลผลหลักโดยรับค่าอินพุต จากเซ็นเซอร์วัดกระแสแรงดัน แล้วทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่ออกแบบไว้ เพื่อควบคุมการทำงานและส่งข้อมูล ไปแสดงผลที่มือถือ

2.Current sensor module ทำหน้าที่วัดกระแส โดยสามารถวัดค่ากระแสได้สูงสุด10 แอมป์ โดยส่งค่ามายัง Arduino โดยติดตั้งอยู่ระหว่าง Relay กับชุดปลั๊กพ่วงอัจฉริยะ

รูปที่1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดปลั๊กพ่วงอัจฉริยะ

3. การทดลองและวิจารณ์ผล

ปลั๊กพ่วงอัจฉริยะในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำเสนอแสดงในรูป 2 ได้ถูกทำการทดสอบกับโหลดต่างๆเช่น หลอดไฟฟ้า พัดลม กาต้มน้ำร้อน โดยการทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้า วัดแรงดันไฟฟ้า และทำการทดลองระยะที่สามารถติดต่อสื่อสารกับ Bluetooth module HC05 และทดสอบในพื้นที่โล่งและที่มีผนังกั้นเพื่อหาค่าระยะที่สามารถส่งข้อมูลได้ ระยะไกลสุด 20 เมตรในที่โล่งส่วนพื้นที่มีผนังกั้น 18 เมตร ค่ากระแสที่สมารถวัดได้ตั้งแต่ 0.02-10 A และแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0V-250V ค่าความผิดพลาดของ กระแส และแรงดันที่วัดได้ ประมาณ 1%

รูปที่ 2 ชุดปลั๊กพ่วงอัจฉริยะที่นำเสนอ

4. สรุป

ระบบชุดปลั๊กพ่วงอัจฉริยะผ่านบลูทูธ สามารถใช้งานได้จริงกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นหลอดไฟ พัดลม หรือว่าอุปกรณ์ที่เปิด-ปิดทั่วไป ก็สามารถควบคุมได้แต่ถ้าต้องการควบคุมระดับสูงขึ้นไปต้องศึกษาระบบวงจร ภายในของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ซึ่งจะเป็นการพัฒนาต่อไปในอนาคต ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านบลูทูธสมาร์ทโฟน นั้นจะเป็น ประโยชน์มาก สำหรับผู้ที่เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ยากลำบาก เช่น ผู้พิการ ซึ่งจะทำให้เกิดความ สะดวกสบายมากขึ้น อาจจะเป็นในครัวเรือน เช่น ห้องโถงที่ไม่เกินระยะการสื่อสารของบลูทูธ สามารถทำให้ควบคุมได้ง่ายและประหยัดเวลามากขึ้น ดังนั้นระบบนี้จึงเป็นระบบที่เหมาะสมในการใช้งานในสถานที่ต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] ธีรวัฒน์ประกอบผล. คู่มือการเขียนแอพพลิเคชันด้วย VISUAL BASIC 2008. กรุงเทพมหานคร : บริษัท รีไวว่า จำกัด, 2553

[2] กิตินันท์พลสวัสดิ์. เริ่มต้น Visual Basic 2008 ฉบับโปรแกรมเมอร์ นทบุรี : บริษัท ไอดีซีอินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์จำกัด, 2552

[3] บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ม จำกัด, ZX - Bluetooth. http://www.inex.co.th/inexstore/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&productid=56&categoryid=24&keyword=bluetooth&option=comvirtuemart&Itemid=7 (15 สิงหาคม 2553)

[4] ธนกฤต เหมวรางค์กูล, กฤษดา ใจเย็น, และชัยวัฒน์ลิ้มพรจิตรวิไล เรียนรู้และปฏิบัติการระบบควบคุมไร้สาย บลูทูธ. กรุงเทพมหานคร :บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์จำกัด, 2537

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วย SVPWM บนพื้นฐานของDSP TMS320F28335

Induction motor control by SVPWM based on DSP TMS320F28335

ปิยพงศ์ ธนสมบูรณ์[1] ธงชัย ระย้า[1] และเสถียร ธัญญศรีรัตน์[1]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

833 ถ.พระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์: 0-2219-3861 E-mail: Piyapong.tana2524@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความ นี้นำเสนอ การออกแบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยใช้อินเวอร์เตอร์แบบแรงดัน โดยควบคุมแรงดันไฟฟ้าและความถี่ เพื่อควบคุมความเร็วรอบและแรงบิดให้คงที่ ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดลองด้วยการใช้ SVPWM ควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ เพื่อ ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยการปรับแต่งแอมปลิจูดของแรงดันไฟฟ้า (V) และค่าความถี่ (f) ที่จ่ายให้กับสเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3เฟส ในรูปแบบของอัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความถี่ไฟฟ้าแบบเป็นเชิงเส้น ในขั้นตอนการทดลองระบบควบคุมได้ออกแบบกา รทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink ควบคุมการทำงานบน บอร์ด TMS 320 F28335 DSP และใช้การควบคุมปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PI คอนโทรลเลอร์ มาควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสให้คงที่ ในสภาวะที่ปลดโหลดและสภาวะที่มีโหลด โดยทดสอบกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 0.37 kw และป้อนกลับข้อมูลด้วย โรตารี่ เอ็นโค้ดเดอร์ ผลการทดลอง จากระบบที่ออกแบบ สามารถควบคุมการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสในขณะที่ปลดโหลดและที่มีโหลด ที่ค่าความเร็วรอบต่างๆได้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การควบคุม, SVPWM, มอเตอร์เหนี่ยวนำ

Abstract

This article presents. Design of 3-phase induction motor control using a voltage inverter. By controlling the voltage and frequency. To control the speed and torque to stabilize. In this research, we designed the experiment using SVPWM to control the inverter operation. To drive a 3-phase induction motor by adjusting the voltage amplitude (V) and frequency (f) supplied to the stator of a 3-phase induction motor in the form of a ratio Between Voltage and Frequency Linear In the experimental phase, the control system was designed with programmed Matlab / simulink Controls on the TMS 320 F28335 DSP board and uses closed control with a PI controller. The controller controls the speed of the 3-phase induction motor to remain constant in the unloaded state and load condition. Tested with a 0.37 kw 3-phase induction motor and fed back with rotary encoder. Can control 3-phase induction motor while unloading and loading. At different speeds Effectively

Keywords: control, SVPWM, Induction Motor

1. บทนำ

ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส การปรับความเร็วรอบส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมอินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์จะเป็นตัวขับเคลื่อนให้มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ให้ทำงานตามที่ต้องการ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนารูปแบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าหลายรูปแบบ เพื่อ ให้ได้ตามวัตถุประสงค์เพื่อ ควบคุมความเร็วรอบ ควบคุมแรงบิด และควบคุมตำแหน่ง ทั้งนี้ขึ้ นอยู่กับการออกแบบระบบควบคุม ให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด เพื่อตอบสนองงาน เหล่านั้น การควบคุมแบบสเกล่าร์ เป็น หนึ่งรูปแบบการควบคุมการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้าให้มีความเร็วรอบให้คงที่ โดยเป็นการควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความถี่ ให้มีสัดส่วนที่เหมาะสมให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ภายใต้สภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของภาระโหลดแบบทันทีทันใด เช่น ปั๊มลม คอมเพรสเซอร์ และอื่นๆให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ในการขับเคลื่อนจะใช้อินเวอร์เตอร์แบบแรงดัน (VSI) ควบคุมการทำงาน ของมอเตอร์ไฟฟ้าให้มีความเร็วรอบคงที่ ในสภาวะที่ปลดโหลดและมีโหลด ซึ่งแรงดันไฟฟ้า (V)และความถี่ (f) จะเป็นแบบ CVH ซึ่งหมายถึงการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้าและความถี่แบบคงตัว เ พราะการเพิ่มหรือลดของแรงดันไฟฟ้าและความถี่ มีผลต่อความเข้มของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดแรงบิดที่โรเตอร์ การควบคุมนี้เป็นการควบคุมแบบปิด โดยใช้ตัวควบคุมแบบ PI คอนโทรล มาเป็นตัวรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ให้เหมาะสม โดยรับค่าป้อนกลับมาจาก เอ็นโค้ด

เดอร์ นำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อปรับปรุงค่า SVPWM ให้มีค่าความกว้างของ PWM ที่เหมาะสม เพราะเทคนิคการใช้ SVPWM เป็นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมตัวแปร การทำงานของโหลดที่สภาวะแตกต่างกัน วิธีการปรับความกว้างพัลส์พัลส์เวคเตอร์ SVPWM ขั้นสูง วิธีใช้ PWM ในการคำนวณเป็นเทคนิคที่ดีที่สุดในการใช้ขับด้วยความถี่ของตัวแปร ตัวควบคุม PI จะนำมาใช้เพื่อควบคุมความเร็วให้คงที่เมื่อโหลดแตกต่างกันไป [1], [2], [3]

ความสัมพันธ์ของการทำ งานแต่ละเฟส ในการเพิ่มประสิทธิภาพและแก้ไขฮาร์มอนิกส์ที่เกิดขึ้นของโหลด ในรูปคลื่นไฟฟ้า 3 เฟส โดยได้สมการดังนี้

$$V_{An} = V_m \cos \omega t \tag{1}$$

$$V_{Bn} = V_m \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \tag{2}$$

$$V_{Cn} = V_m \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \tag{3}$$

$$\vec{V} = \frac{2}{3}\left[v_{An} + a v_{Bn} + a^2 v_{Cn}\right] \tag{4}$$

ถูกนำไปใช้กับมอเตอร์เหนี่ ยวนำ 3เฟสโดยใช้สมการ (4) อินเวอร์ เตอร์ 3เฟสดังแสดงในรูปที่ 1 มีสวิตช์ซึ่งอนุญาตได้ 8สถานะ ตารางที่ 1 สรุปสถานะสวิตช์ซึ่งเ ปลี่ยนและเฟสต่อเป็นแรงดันไฟฟ้า ที่สอดคล้องกับของเครื่อง

รูปที่ 1 อินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส

รูปที่ 2 พื้นที่เวกเตอร์ของแรงดันไฟฟ้า

Name	a	b	c	v_{An}	v_{Bn}	v_{Cn}
V_0	0	0	0	0	0	0
V_1	1	0	0	$\frac{2V_{DC}}{3}$	$-\frac{V_{DC}}{3}$	$-\frac{V_{DC}}{3}$
V_2	1	1	0	$\frac{V_{DC}}{3}$	$\frac{V_{DC}}{3}$	$-\frac{2V_{DC}}{3}$
V_3	0	1	0	$-\frac{V_{DC}}{3}$	$\frac{2V_{DC}}{3}$	$-\frac{V_{DC}}{3}$
V_4	0	1	1	$-\frac{2V_{DC}}{3}$	$\frac{V_{DC}}{3}$	$\frac{V_{DC}}{3}$
V_5	0	0	1	$-\frac{V_{DC}}{3}$	$-\frac{V_{DC}}{3}$	$\frac{2V_{DC}}{3}$
V_6	1	0	1	$\frac{V_{DC}}{3}$	$-\frac{2V_{DC}}{3}$	$\frac{V_{DC}}{3}$
V_7	1	1	1	0	0	0

ตารางที่1พิจารณาตัวอย่างเช่น V2 พื้นที่เวกเตอร์ของแรงดันไฟฟ้า (V2)

2. การดำเนินงาน

ที่จะใช้อัลกอริทึมใน จำลองค่า เราจะสมมติว่า แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ที่ขั้วสเตเตอร์จะต้องมีค่าไปนี้จาก EQS (1) - (3), ความถี่และความกว้างเป็นตัวแปร อย่างไรก็ตามขั้นตอนวิธีการ ควบคุมแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของแรงดันไฟฟ้าและความถี่นั่นคือ อัตราส่วนระหว่างสองปริมาณคงที่ [1], [2]

$$K = \frac{V_m}{f}. \tag{8}$$

รูปที่ 3. (a) จำลอง การดำเนินงานของ SVPWM, (b) Open loop V /F ควบคุม, (c) รูปคลื่นด้านเอาต์พุต

2.1 การควบคุมความเร็ว

หนึ่งในแพร่หลายมา กที่สุดที่ใช้ในการควบคุมโครงสร้างอุตสาหกรรมระ บบขับเคลื่อน คือการควบคุมความเร็ว ด้วยเหตุผลว่าระบบการควบคุม มั่นใจคุณสมบัติแบบไดนามิ กที่ดีขึ้น การปรับปรุง การ

ควบคุม V/F แบบลูปเปิดคือการควบคุมความเร็วของลูปปิด ดังแสดงในรูปที่ 3 นี่คือข้อผิดพลาดของลูปความเร็ว ผ่านสร้างสัดส่วน (PI) ควบคุมจะถูกเข้าไปในสัญญาณสะท้อนกลับเพื่อสร้างคำสั่งความถี่ตามที่แสดง คำสั่งความถี่ จะสร้าง คำสั่ง แรงดันไฟฟ้า /ความถี่ ซึ่งการชดเชยของสเตเตอร์ด้วยความถี่ต่ำ ประสิทธิภาพการทำงาน ขับ SVPWM จะดีขึ้นโดย 2 ชุด ควบคุม PI ชุดเดียว ถูกนำมาใช้ในกา รควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งในปัจจุบันและอีกชุดหนึ่งใช้ในด้านนอกเพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่แท้จริงพารามิเตอร์ตัวควบคุม PI ตามเกณฑ์โมดูลัสโมดูลัสที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้าง

รูปที่ 4. แผนผังของระบบการควบคุมการติดตั้ง

2.2 การทดลอง

ทดลองตั้งค่าแ สดงในรูปที่ 5 ดำเนิ นการเพื่อให้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3เฟสซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ : 0.37 กิโลวัตต์ 220/380 ΔY 0.78 / 0.45 A, 50Hz P.F. 0.79 ล้าหลังและ 2600 รอบต่อนาที ความเร็วของมอเตอร์ตั้งแต่ 0-3,000 รอบต่อนาทีจะถูกวัดโดยเพิ่มขึ้น 30 พัลส์/ รอบ กระแสและแรงดันไฟฟ้าจะถูกวัดโดยใช้เซ็นเซอร์ LEM และทั้งสองจะถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0 โวลต์ซึ่งจะมีการป้อนข้อมูลของ A/D ตามลำดับ โครงการนี้จะช่วยให้ผู้ใช้ สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ โดยรอบ การทำงาน V/F ที่ทำงานในโหมด SVPWM การควบ คุมความเร็ว โดยใช้ ในตัวควบคุม PIเพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยใช้ DSP ชุดควบคุม 'TMS320F28335 พร้อมกับเครื่องมือ Matlab/Simulink กับเวลาการสุ่มตัวอย่าง 0.001 วินาทีตามที่

รูปที่ 5 ทดลองติดตั้ง

2.3 ผลการค้นหาและการอภิปราย

ขั้นตอนของความเร็ว การตอบสนอง

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบชุดของการวัดได้รับความสำเร็จ การวัดสามาร ถแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม : ขั้นตอน ที่1คือการเปลี่ยนแปลงของการอ้างอิง ความเร็วที่แรงบิดโหลดคงที่และ ที่2 คือขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของแรงบิดภาร ะที่อ้างอิงความเร็วคงที่ รูป 6~8 แสดงประสิทธิภาพของตัวควบคุม ได้รับการทดสอบเวลาตอบสนองของความเร็วรอบหน้าที่และบรรทัดปัจจุบันผ่านการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนของความเร็วอ้างอิง 600~1200 รอบต่อนาที 1200 รอบต่อนาทีถึง 2400 มีแรงบิดโหลดเท่ากับศูนย์และเท่าเทียมกั นในการจัดอันดับต ามลำดับ รูปที่ 9-10 เป็นเวลาตอบสนองแสดงของความเร็วรอบหน้าที่และบรรทัดปัจจุบันผ่านขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของแรงบิดภาระที่อ้างอิงความเร็วคงที่ 825 รอบต่อนาที และ 1050 ตามลำดับ รูปที่ 11~13 ข้อผิดพลาดที่แสดงความเร็วความมั่นคงของรัฐที่ความเร็วอ้างอิงของ 600, 825 และ 1050 รอบต่อนาที ความเร็วในการโหลดจัดอันดับตามลำดับ ก็พบว่ามันมีสถานะข้อผิดพลาดที่น้อยกว่า ± 5 รอบต่อนาที จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของการควบคุมโดยขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของความเร็วในการอ้างอิงที่ แรงบิดคงที่ตามที่แสดงใน รูปที่ 6~8 ก็พบว่าเวลาที่เพิ่มขึ้น (TR) = 2.0 วินาทีเวลาสูงสุด (TP) = 3 วินาทีเวลา (TS) = 10 วินาที, สูงสุด (MP) = 25% ที่โหลดเป็นศูนย์และการเปลี่ยนแปลง ของแรงบิดภาระโหลดที่อ้างอิงความเร็วคงที่ตามที่แสดงในตัวควบคุม PI ที่สามารถรักษาความเร็วของมอเตอร์ให้คงที่ที่ความเร็วตั้งแต่ 300 ถึง 2400 รอบต่อนาที

รูปที่ 6 สภาวะไม่มีโหลด 600 rpm

รูปที่ 7 สภาวะไม่มีโหลด 1000 rpm

รูปที่ 8 สภาวะไม่มีโหลด 1400 rpm

แรงดันไฟฟ้าและกระแสรูปคลื่น

ตรวจสอบ แรงดันไฟฟ้าสาย โดยใช้เซ็นเซอร์ LEM ที่มีอัตราส่วนกับแอมป์ /โวลต์และอัตรา 100 V/โวลต์ ข้อมูลทั้งหมดของสัญญาณจะถูกเก็บไว้ในออสซิลโลสโคปแบบดิจิตอลก รูปคลื่นของ SVPWM แรงดันไฟฟ้าแต่ละเฟสผลดังรูปที่ (9), (10), (11)

รูปที่ 9 ในสภาวะมีโหลด 1,200 rpm

รูปที่ 10 ในสภาวะมีโหลด 2,400 rpm

รูปที่ 11 ในสภาวะมีโหลด 2,400 rpm

3. สรุป

ควบคุม PI ถูกนำไปใช้รูปแบ บของสัญญาณความเร็วรอบเครื่องและจากนั้นดาวน์โหลดไป DSP ผ่าน Simulink ผลการทดลองมีการวิเคราะห์ในการทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 0.37 กิโลวัตต์จากสภาพที่ไม่มีการโหลดจัดอันดับให้อยู่ในสภาพก็พบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถควบคุมความเร็วที่ ต้องการโดยไม่ผิดพลาด นอกจากนี้ความเร็วมอเตอร์ให้คงที่เมื่อโหลดแตกต่างกันไป

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เขียนบทความทุกท่านที่ให้ความร่วมมือรักษาระเบียบการเขียนบทความอย่างเคร่งครัด

เอกสารอ้างอิง

[1] Andrzej M. Trzynadlowski, *Introduction to Modern Power Electronics,* Copyright© 1998 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserced.

[2] BIMAL K.BOSE, *Modern Power Electronics and AC Drives,* © 2002 Prentice Hall PTR.

[3] W. Leonharn, *Control of Electrical Drives,* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, Tokyo, 1985.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

เครื่องดูดและกำจัดควันตะกั่วบัดกรี โดยใช้พลังงานไฟฟ้าโอโซไนซ์

Lead Smoke Eliminator Using Ozonize Electric Energy

ศิสีโรตม์ เกตุแก้ว

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ถนนรามคำแหง หัวหมาก บางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

โทร. 081-4435753 E-mail : siseerot@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเครื่องดูดและกำจัดควันตะกั่วบัดกรี โดยใช้พลังงานไฟฟ้าโอโซไนซ์ โดยที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง ได้นำหลักการของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์มาใช้งาน และควบคุมการทำงานของเพาเวอร์มอสเฟต ด้วยไอซีเบอร์ MB3579 ที่ความถี่ 20 กิโลเฮิร์ต ผ่านหม้อแปลงสวิตชิ่งแรงดันสูง เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง 1 กิโลโวลต์ ถึง 5 กิโลโวลต์ โดยที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอินพุต 36 โวลต์ เพื่อประยุกต์ใช้กับเส้นลวดทองแดงที่วางห่างจากแผ่นอะลูมิเนียมเท่ากับ 1 เซนติเมตรในชุดเซลล์โอโซไนซ์ และชุดสนามไฟฟ้า โดยประสิทธิภาพการดักละอองฝุ่น มีค่าเท่ากับ 98.75 % และออกแบบให้ทำงาน 1 ชั่วโมง ตัวเครื่องสามารถผลิตก๊าซโอโซนได้ 127 mgO_3 /hr ถึง 293 mgO_3 /hr และที่ปริมาณก๊าซโอโซน 258 mgO_3 /hr สามารถนำมาใช้ลดก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากควันธูปได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ก๊าซโอโซน, ควันตะกั่ว, ก๊าซไฮโดรคาร์บอน

Abstract

This paper presents lead smoke eliminator using ozonize electric energy. Using flyback converter principle and controlling of the switching by IC#MB3579. The flyback converter is designed to operate at 20 kHz frequency through a DC high voltage flyback transformer at output voltage of 1 kV to 5 kV, and at the input voltage of 36 V_{AC}, By adapting the copper wire between aluminium plates in ozonize cell set and electric field set. The efficiency of dust trap 98.75 % and one - hour operating yields the ozone gas (O_3) generating capacity of 127 mgO_3 /hr to 293 mgO_3 /hr and at 258 mgO_3 /hr enables decrease hydrocarbon gas as well.

Keywords : ozone, lead smoke, hydrocarbon gas

1. บทนำ

สภาวะแวดล้อมสังคมไทยในปัจจุบันมีปริมาณก๊าซพิษมากมายที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ พืช และสัตว์ รวมถึงชุมชนที่พักอาศัยขยายวงกว้างในสังคมเมืองทำให้ชุมชนและสังคมเมืองไม่น่าอยู่ โดยเฉพาะผลกระทบที่ใกล้ตัวเรามากที่สุด คือ มลภาวะที่เจือปนมาในอากาศบางครั้งเรามองเห็นหรือมองไม่เห็นก็ดี ที่เราหายใจสูดก๊าซพิษเข้าไปในร่างกายทำลายอวัยวะภายในร่างกาย เช่น ทางเดินหายใจ ปอด และทำลายมลภาวะสิ่งแวดล้อมโดยรอบ รวมถึงชั้นบรรยากาศของโลกให้เสื่อมโสมลงทุกที โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกระทำของมนุษย์ การเผาไม้ทำลายป่าทำให้เกิดหมอกควัน การปล่อยปะละเลยของโรงงานอุตสาหกรรม จนเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อยู่ร่วมกันในบริเวณนั้น มลภาวะก็สามารถแบ่งได้หลายประเภทคือ มลภาวะทางอากาศ เสียง กลิ่น และควัน เป็นต้น ผู้ประดิษฐ์จึงศึกษาหาแนวทางแก้ไขและกำจัดมลพิษเบื้องต้น เพื่อช่วยลดปริมาณสารพิษและอัตราการเสี่ยงของมนุษย์ในสภาพอากาศที่ปะปนอยู่ในอากาศบริเวณนั้นให้ดีขึ้น ซึ่งมนุษย์ดำรงตนอยู่ได้ก็ต้องอาศัยอากาศที่บริสุทธิ์จึงไม่ส่งผลเสียต่อร่างกายของเราในระยะยาว ซึ่งเป็นปัจจัยให้ผู้ประดิษฐ์หาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง

ผู้วิจัยจึงสร้างสรรค์นวัตกรรม เครื่องดูดและกำจัดควันตะกั่วบัดกรีจากอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าโอโซไนซ์ เพื่อช่วยกำจัดควันและสารพิษจากควันตะกั่วโดยนำแรงดันสูงไฟฟ้ากระแสตรงมาใช้ประโยชน์กับการลดมลพิษทางอากาศ ซึ่งได้มีการประยุกต์นำหม้อแปลงสวิตชิ่งมาผลิตแรงดันสูง เพื่อสร้างชุดดักจับละอองฝุ่นจากควันที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาหรือเป็นสารที่มีผลเสียต่อความเป็นอยู่ทั้งทางตรงและทางอ้อม สารพิษหรือสิ่งเจือปนในอากาศมีอยู่หลายประเภท ได้แก่ ฝุ่นละออง ไรฝุ่น กลิ่น ควัน เขม่า และก๊าซพิษต่างๆ เช่น คาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ออกไซด์ของกำมะถัน (SO_X) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_X) ไฮโดรคาร์บอน (HC) เป็นต้น สารก๊าซพิษเหล่านี้หากมีปริมาณเกินขีดจำกัดในอากาศจะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช เมื่อเข้าสู่ร่างกายอาจมีผลเฉียบพลัน (Acute Effect) ทำให้ถึงแก่ชีวิตก็เป็นได้ บางประเภทก็ทำให้เกิดพิษเรื้อรัง (Chronic Effect) ทำให้เสียชีวิตภายหลัง สารพิษอาจเข้าสู่ร่างกายโดยการสัมผัส หายใจ หรือเข้าสู่ร่างกายทางอ้อม เช่น ปนเปื้อนมากับอาหารที่เราบริโภค หรือเกาะติดอยู่ที่เครื่องนุ่งห่ม แล้วถ่ายทอดเข้าสู่ร่างกายของเราอีกต่อหนึ่ง

ผลงานวิจัยนี้ได้นำชุดเซลล์สนามไฟฟ้าสำหรับดักละอองฝุ่น และชุดเซลล์โอโซไนซ์ที่สามารถเปลี่ยนออกซิเจนในอากาศให้เป็นก๊าซโอโซน โดยเน้นถึงการออกแบบและการสร้างเครื่องดูดและกำจัดควันตะกั่วบัดกรีด้วยพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้สลายควัน ซึ่งช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า (คือ การนำพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยลดพลังงานไฟฟ้าเกินความจำเป็น ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยส่วนหนึ่ง) เพื่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพของผู้ใช้งานมากที่สุด โดยตัวเครื่องจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่ 1 เป็นการออกแบบสร้างแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงได้ 1 กิโลโวลต์ ถึง 5 กิโลโวลต์ ซึ่งได้นำไอซีเบอร์

MB3579 เป็นตัวสร้างพัลส์มอดูเลชั่นและเป็นวงจรควบคุมการสวิตช์ของเพาเวอร์มอสเฟตในวงจรฟลายคอนเวอร์เตอร์ โดยมีหม้อแปลงแรงดันสูงความถี่สูงจะทำหน้าที่เหนี่ยวนำสัญญาณพัลส์ เพื่อสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงไปประยุกต์ใช้จ่ายให้กับชุดเซลล์สนามไฟฟ้าและชุดเซลล์โอโซไนซ์ และส่วนที่ 2 เป็นการออกแบบสร้างชุดเซลล์สนามไฟฟ้าสำหรับดักละอองฝุ่นจากควัน ประกอบด้วยแผ่นอะลูมิเนียมวางขนานกัน และชุดเซลล์โอโซไนซ์ (ซึ่งชุดเซลล์โอโซไนซ์ ประกอบด้วยเส้นลวดทองแดงที่สอดอยู่ระหว่างแผ่นอะลูมิเนียม) ในส่วนการทดลองจะทำการปรับแรงดันไฟฟ้าแรงสูงที่จ่ายให้ชุดเซลล์ทั้ง 2 ส่วน ขณะที่ระดับแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อระดับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการดักละอองฝุ่นจากควัน สลายกลิ่นและสลายก๊าซพิษจากควัน โดยระดับพลังงานไฟฟ้าส่งผลต่อการควบคุมระดับความเข้มของความเครียดสนามไฟฟ้าได้อีกด้วย

2. หลักการและขั้นตอนการทำงานของเครื่องกำจัดควันตะกั่วบัดกรี แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

2.1 ส่วนที่ 1 หลักการและขั้นตอนของเซลล์สนามไฟฟ้า

ชุดเซลล์สนามไฟฟ้าจะเป็นการทำให้อากาศบริเวณรอบ ๆ เส้นลวดไอออไนซ์เกิดการแตกตัวเป็นประจุ โดยการป้อนไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงให้กับเส้นลวดโลหะตัวนำซึ่งจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าความเข้มสูงบริเวณผิวเส้นลวดตัวนำและเมื่ออะตอมหรือโมเลกุลของอากาศผ่านเข้าไปจะทำให้อากาศเกิดการแตกตัว โดยหลักการที่ว่าอะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซเมื่อได้รับพลังงานเพียงพอก็จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกไปหนึ่งอิเล็กตรอน ทำให้อะตอมหรือโมเลกุลนั้นจะมีประจุเป็นบวกเช่นนี้ เรียกว่า การไอออไนซ์ ส่วนกระบวนการที่แยกอิเล็กตรอนออกจากอนุภาคของก๊าซทำให้เกิดไอออนบวกเพิ่มขึ้นเรียกว่า กระบวนการไอออไนเซชั่นและกระบวนการที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากของแข็ง เรียกว่า การปล่อยอิเล็กตรอน ในที่นี้อิเล็กตรอนจะหลุดออกจากอิเล็กโตรด ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้ก๊าซมีสภาพนำไฟฟ้าขึ้นมาได้และเมื่ออากาศที่มีความสกปรก เช่น ฝุ่นควันและมลภาวะปะปนอยู่ผ่านเข้าไปในเซลล์สนามไฟฟ้า อากาศเหล่านี้จะหมุนเวียนผ่านแผ่นกรองหยาบขั้นต้น ซึ่งทำหน้าที่กรองฝุ่นหรือสิ่งปนเปื้อนที่มีอนุภาคใหญ่ทางด้านหน้า จากนั้นอากาศเหล่าจะถูกให้พลังงานจากสนามไฟฟ้าซึ่งมีความเข้มสูงจนเกิดการแตกตัว และเกิดการอัดประจุไฟฟ้าให้กับฝุ่นละอองต่าง ๆ จากนั้น ฝุ่นละอองที่ได้รับการอัดประจุไฟฟ้าแล้ว จะเคลื่อนที่เข้าไปติดอยู่บนชุดแผ่นดักฝุ่นที่มีประจุไฟฟ้าตรงกันข้าม จึงจะได้อากาศที่สะอาดปราศจากฝุ่นละอองจากควัน

2.2 ส่วนที่ 2 หลักการและขั้นตอนของเซลล์โอโซไนซ์

ชุดเซลล์โคโรนาจะเป็นการทำให้อากาศบริเวณรอบๆ เส้นลวดทองแดงเกิดการแตกตัวเป็นประจุ โดยการป้อนไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงให้กับเส้นลวดทองแดง ซึ่งจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าความเข้มสูงบริเวณผิวเส้นลวดและเมื่ออากาศผ่านเข้าไปจะทำให้อากาศเกิดการแตกตัวทำให้เกิดเป็นก๊าซโอโซน (ซึ่งก๊าซโอโซนนี้ก็ คือ ก๊าซออกซิเจนในสถานะ 3 อะตอม O_3 เกิดจากการใช้แรงดันไฟฟ้าแรงสูง ทำการเขย่าโมเลกุลของออกซิเจนด้วยวิธีโคโรนาดิสชาร์จในสถานะ 2 อะตอม O_2 ให้แตกตัวและรวมตัวเป็นโมเลกุลออกซิเจน 3 อะตอม O_3 จะได้ก๊าซโอโซน) โดยก๊าซโอโซนจะช่วยสลายกลิ่นและก๊าซพิษจากควัน และจะเปลี่ยนเป็นก๊าซออกซิเจน พร้อมทั้งสามารถฆ่าเชื้อโรคในอากาศได้ด้วย

รูปที่ 1 โครงสร้างภายในของเครื่องดูดและกำจัดควันตะกั่วบัดกรี โดยใช้พลังงานไฟฟ้าโอโซไนซ์

2.3 ชุดเซลล์สนามไฟฟ้า

ชุดเซลล์สนามไฟฟ้าประกอบด้วย ชุดแผ่นโลหะอะลูมิเนียมที่ป้อนศักดาไฟฟ้าบวกและลบวางสลับกันไป สำหรับแผ่นดักควันที่จะใช้ควรมีความหนาน้อยเพื่อไม่ให้มีแรงต้านการไหลของอากาศมากจนทำให้เกิดกระแสลมปั่นป่วน และจะทำให้ประสิทธิภาพในการดักควันลดลง ดังนั้นจึงกำหนดความหนาของแผ่นอะลูมิเนียมดักละอองฝุ่นให้มีค่าเท่ากับ 0.09 เซนติเมตร ดังนั้นการจัดวางระยะต่างๆ ของชุดแยกอิเล็กตรอนและชุดแผ่นดักละอองฝุ่นได้ดังนี้

2.3.1 หลักการออกแบบชุดเซลล์สนามไฟฟ้า (ประกอบด้วยชุดเซลล์แยกอิเล็กตรอน และชุดเซลล์แผ่นดักละอองฝุ่น)

รูปที่ 2 ชุดเซลล์สนามไฟฟ้า (ประกอบด้วยชุดเซลล์แยกอิเล็กตรอน และชุดเซลล์แผ่นดักละอองฝุ่น) (ต่อเส้นลวดไอออไนซ์หนึ่งเส้น)

2.3.2 การจัดวางและการออกแบบจำนวนแผ่นเพลต และระยะห่างของชุดเซลล์สนามไฟฟ้า

รูปที่ 3 การจัดวางและระยะห่างของชุดเซลล์สนามไฟฟ้า

2.3.3 ทฤษฎีสนามไฟฟ้า (เซลล์สนามไฟฟ้า)

เซลล์สนามไฟฟ้าเป็นอิเล็กโตรดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หมายถึงอิเล็กโตรดที่มีสนามไฟฟ้าทุกๆ จุดระหว่างช่องอิเล็กโตรดเท่ากัน ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$E_{max} = E = \frac{V}{d} \quad (1)$$

เมื่อ V คือ แรงดันที่ป้อนเข้าไประหว่างอิเล็กโตรด, d คือ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด, E คือ ความเครียดสนามไฟฟ้า ณ จุดใดๆ ระหว่างอิเล็กโตรด และ E_{max} คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด

3. การออกแบบและการสร้าง

3.1 ชุดเซลล์โอโซไนซ์ โดยใช้ทฤษฎีหลักการเกิดก๊าซโอโซน

ก๊าซโอโซน คือ ก๊าซที่เกิดจากการจับตัวกันของออกซิเจน 3 อะตอม การที่จะทำให้ออกซิเจนแตกพันธะได้นั้นจะต้องป้อนพลังงานจากภายนอกเข้าไปกระตุ้นให้ก๊าซออกซิเจน แตกพันธะออกเป็นอะตอมอิสระของออกซิเจน (O) แล้วจึงรวมตัวกับ O_2 กลายเป็น O_3 ซึ่งพลังงานของ O_3 จะน้อยกว่า O_2 มาก นั่นคือ ในกรณีที่มีการเพิ่มพลังงานให้กับระบบที่มี O_3 อยู่ พลังงานเพียงเล็กน้อยก็จะสามารถทำให้ O_3 สลายตัวได้ ดังนั้นในระบบจึงไม่ควรเกิดความร้อนขึ้นภายในช่องว่างอากาศมากเกินไป เช่น ความร้อนที่เกิดเนื่องจากการเบรคดาวน์ ซึ่งการผลิตก๊าซโอโซนนั้นย่านพลังงานที่ต้องใช้ทางเคมีคือ 493.2 kJ/mol ถึง 682.8 kJ/mol กระบวนการแปลงหน่วยจาก mol เป็นปริมาตร อ้างถึงพฤติกรรมของก๊าซในทางเคมี ก๊าซในทางอุดมคติ (Idle gas) มีแบบจำลองเป็นจุดและไม่มีแรงกระทำต่อกัน 1 โมลของก๊าซในอุดมคติเขียนเป็นความสัมพันธ์เรียกว่าสมการก๊าซในสมการที่ 1 เมื่อ n คือจำนวนโมลมีค่าเท่ากับ

จากกฎของก๊าซ (Gas law) $PV = nRT$ (2)

แต่ก๊าซจริง (Real Gas) พบว่าโมเลกุลก๊าซมีขนาดและแรงกระทำระหว่างโมเลกุลเป็นแรง Van der Walls ซึ่งขนาดของโมเลกุลและแรงกระทำนี้เป็นคุณสมบัติของก๊าซแต่ละชนิด สมการโดยประมาณของก๊าซจริงถูกนำเสนอโดย Van der Walls คือ

สมการแวนเดอวาลส์ (Van der walls)

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT \quad (3)$$

ดังนั้นสมการที่ (1) และสมการที่ (2) ย่านพลังงานที่จำเป็นต้องใช้คือ 5.58 kWh/m^3 ถึง 7.73 kWh/m^3 แต่เนื่องจากในอากาศมีออกซิเจนอยู่โดยประมาณ 21% ดังนั้นคิดเทียบแล้วพลังงานที่จำเป็นต้องใช้คือ 1.172 kWh/m^3 ถึง 1.62 kWh/m^3 จึงจะเพียงพอต่อการเกิดโอโซนใน (ช่องว่างอากาศภายในเซลล์อิเล็กโตรด)

3.1.1 การออกแบบและการสร้างชุดเซลล์โอโซไนซ์

เซลล์โอโซไนซ์ประกอบไปด้วย เส้นลวดทองแดงที่วางอยู่ระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าตรงกันข้าม หากพิจารณาความเครียดสนามไฟฟ้าของเซลล์โอโซไนซ์จะเป็นไปตามสมการ

$$E = \frac{V}{d \times \eta^*} \quad (4)$$

เมื่อ E = ความเข้มสนามไฟฟ้า, V = แรงดันไฟฟ้า, d = ระยะห่างระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมกับเส้นลวดทองแดง และ η^* = แฟคเตอร์สนามไฟฟ้า

เพราะฉะนั้นเซลล์โอโซไนซ์เลือกใช้เส้นลวดทองแดงเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.2 มิลลิเมตร เนื่องจากมีความทนทานต่อการใช้งานมีผิวเรียบ ราคาถูก และนำไฟฟ้าได้ดี และวางห่างระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมเท่ากับ 1 เซนติเมตร

รูปที่ 4 ชุดเซลล์โอโซไนซ์

3.1.2 การคำนวณหาแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง ของเซลล์โอโซไนซ์

ที่ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลต (d) = 1 cm., η^* = 20%

$$V = E \times d \times \eta^*$$

ที่สนามไฟฟ้า E_i = 16.27 kV/cm

$$V = 16.27\ \text{kV} \times 1 \times 0.2 = 3.254\ \text{kV}$$

ที่สนามไฟฟ้า E = 19.129 kV/cm

$$V = 19.27\ \text{kV} \times 1 \times 0.2 = 3.854\ \text{kV}$$

ดังนั้นย่านแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เริ่มเกิดการโคโรนา คือ 3.254 kV ถึง 3.854 kV ที่ย่านสนามไฟฟ้า 16.27 kV/cm ถึง 19.129 kV/cm

3.2 การออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงแบบสวิตชิ่ง สำหรับเซลล์สนามไฟฟ้า และเซลล์โอโซไนซ์

3.2.1 โครงสร้างของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง

การออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงแบบสวิตชิ่ง ได้นำหลักการวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์มาใช้ โดยใช้ไอซีเบอร์ MB3579 เป็นตัวสร้างพัลส์วิดมอดูเลชั่นเป็นวงจรควบคุมการสวิตชิ่ง ซึ่งใช้มอสเฟตกำลังเป็นอุปกรณ์ในการนำกระแสซึ่งมีความถี่ในการสวิตชิ่งประมาณ 20 กิโลเฮิร์ต สุดท้ายจะผ่านหม้อแปลงความถี่สูง เพื่อทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าแรงดันสูงตามที่ต้องการ

รูปที่ 5 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงแบบสวิตชิ่ง สำหรับจ่ายแรงดันไฟฟ้งแรงสูงให้กับเซลล์สนามไฟฟ้า และเซลล์โอโซไนซ์

4. ผลการทดสอบ

4.1 สัญญาณ V_{GS} ของเพาเวอร์มอสเฟต และสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงเอาต์พุต สำหรับเซลล์สนามไฟฟ้า และเซลล์โอโซไนซ์

(ก) (ข)

รูปที่ 6 (ก) สัญญาณ V_{GS} ของเพาเวอร์มอสเฟต และ (ข) สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงเอาต์พุต

4.2 ผลการทดสอบเซลล์สนามไฟฟ้า ด้วยเครื่องวัดปริมาณละอองฝุ่น

ประสิทธิภาพการดักละอองฝุ่น มีค่าเท่ากับ 98.75 %

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆ กับปริมาณการผลิตก๊าซโอโซน และความสามารถในการสลายกลิ่นและสลายก๊าซพิษ

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆ กับปริมาณการผลิตก๊าซโอโซน และความสามารถในการสลายกลิ่นและสลายก๊าซพิษ

แรงดันไฟฟ้าแรงสูงที่ต่อกับเซลล์โอโซไนซ์ (kV)	ปริมาณก๊าซโอโซน (mgO_3/hr)	ความสามารถในการสลายก๊าซพิษ (ก๊าซไฮโดรคาร์บอน) จากควัน
1	127	×
2	195	×
3	258	✓
4	271	✓
5	293	✓

5. สรุปผลการทดลอง

เครื่องดูดและกำจัดควันตะกั่วบัดกรี โดยใช้พลังงานไฟฟ้าโอโซไนซ์ ได้ออกแบบและสร้างชุดเซลล์สนามไฟฟ้า และชุดเซลล์โอโซไนซ์ ในส่วนของชุดเซลล์สนามไฟฟ้านี้ได้นำแผ่นอะลูมิเนียมมาวางขนานกันและทำการป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง เพื่อให้เกิดแรงของสนามไฟฟ้าในการดักละอองฝุ่นขนาดเล็กจากควัน และผลการทดสอบประสิทธิภาพในการดักฝุ่นโดยใช้อุปกรณ์เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณของละอองฝุ่น มีค่าเท่ากับ 98.75 % และได้ออกแบบสร้างชุดเซลล์โอโซไนซ์เพื่อใช้สลายก๊าซพิษ ซึ่งได้ประยุกต์ใช้เส้นลวดทองแดงที่อยู่ระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมมาสร้างโคโรนาดิสชาร์จเพื่อใช้ผลิตก๊าซโอโซนและสามารถปรับปริมาณก๊าซโอโซนได้ โดยอาศัยการปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงด้านเอาต์พุตของหม้อแปลงฟลายแบค คือ ถ้าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงมีค่ามากขึ้นจะทำให้อัตราการผลิตปริมาณก๊าซโอโซนสูงขึ้นด้วยตามลำดับ ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากความเครียดของสนามไฟฟ้าที่สูงขึ้น (เหตุผลที่ออกแบบให้สามารถปรับพลังงานเพื่อควบคุมปริมาณก๊าซโอโซนได้นั้น เพราะทางผู้วิจัยจะหาปริมาณก๊าซโอโซนที่มีความเหมาะสมต่อการสลายก๊าซพิษจากควัน เพื่อลดการใช้พลังงานให้น้อยลง) และผลการทดสอบที่ได้ก็คือชุดเซลล์โอโซไนซ์สามารถสลายก๊าซพิษให้น้อยลง (โดยการวัดค่า VOCs) ตลอดจนสามารถกำจัดเชื้อโรค เชื้อแบคทีเรียได้ ดังนั้นเครื่องกำจัดควันสามารถสลายควันได้จริงภายในระยะเวลาอันสั้น เพื่อลดอัตราความเสี่ยงและลดปริมาณสารพิษที่จะเข้าไปสะสมในร่างกาย ทำให้เป็นภัยต่อมนุษย์ พืช และสัตว์ จึงเป็นประโยชน์ในเชิงบวกของการสรรค์สร้างนวัตกรรมใหม่ เพื่อนำสิ่งประดิษฐ์มาบูรณาการให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นพันธมิตรกับสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนได้อีกด้วย

รูปที่ 7 เครื่องดูดและกำจัดควันตะกั่วที่ออกแบบสร้างขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนวิจัยของคุณพ่อและคุณแม่ และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่สนับสนุนเครื่องมือในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

[1] ศิศีโรตม์ เกตุแก้ว, “การศึกษาผลของแรงของสนามไฟฟ้าที่มีต่อมดคันไฟ,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34 (EECON – 34), ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, 25-26 ตุลาคม 2554.

[2] ศิศีโรตม์ เกตุแก้ว, “การศึกษาเทคนิคการผลิตก๊าซโอโซนโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงความถี่สูง แบบแรงดันกระเพื่อมสูง,” วิศวสารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีที่ 22 ฉบับที่ 2 เดือนมิถุนายน 2548, หน้า 1-6.

[3] S. Ketkaew, 2012, “Plasma Ozonizer Using Micro-Converter for Ammonia (NH_3) Decreasing in Shrimp Food Production”, Procedia Engineering 32 (2012), 148-154.

[4] Siseerot Ketkaew, October 20-22, 2010, Title : Electric air filter for dust trap and disease killing by applied electrostatic technique : TSB 2010 International Conference on Biotechnology for Healthy Living The 22nd Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology, Prince of Songkla University, Trang Campus, Thailand.

[5] ศิศีโรตม์ เกตุแก้ว, “การออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็ก”, การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ประจำปี 2555, ชุมชนท้องถิ่น ฐานรากการพัฒนาประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ร่วมกับมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 16-19 กุมภาพันธ์ 2555, หน้า 961-966.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

อากาศยานการเกษตรขนาดเล็กกึ่งอัตโนมัติแบบ 6 ใบพัดพิกัด 600 วัตต์

Small Agricultural aircraft semi autonomous type six rotors 600 watt range.

ศิริชัย ลาภาสระน้อย เกรียงกมล มงคลเมือง และ กฤษฎา ทาสันเทียะ[1]

[1]วิทยาลัยนวัตกรรมวิชาชีพ ศูนย์กลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อ.เมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 0862577377 E-mail: ja_peakmimiuav@hotmail.com

บทคัดย่อ

อากาศยานไร้นักบินในปัจจุบันมีสมรรถนะที่ดี เหมาะสมกับการบินในทุกสภาพอากาศ ขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบา และนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย การพัฒนาอากาศยานอัตโนมัติชนิด 6 ใบพัด ที่นำเสนอในบทความนี้ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแบบไร้แปรงถ่านยกน้ำหนักได้สูงสุด 3.5 kg. ควบคุมความเร็วรอบด้วย ESC แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ 12 V. ความจุ 6,000 mA/hr. ระบบควบคุมการบินประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M4 core 32-bit อิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์ ไจโรสามแกน ตัววัดความเร่ง เข็มทิศทาง ระบุความสูงพิกัดตำแหน่ง GPS/GNSS และโปรแกรมควบคุมระบบ ArduPilot ตัวลำติดตั้งถังบรรจุ 2 ลิตร มอเตอร์ปั๊ม 12V 10 วัตต์แรงดัน 0.8 Bar หัวฉีกพ่น 0.01 มม. จำนวน 3 หัว และวิทยุบังคับควบคุมภาคพื้น ผลการทดสอบพบว่า เสถียรภาพการบินด้วยตัวเองกึ่งอัตโนมัติแนวแกนการบิน รักษาระดับการบินหยุดนิ่ง ที่ความสูงต่าง ๆ กระทำตามแผนการบินได้อย่างแหม่นยำ กำหนดตำแหน่งการบิน 18 จุด ระยะห่างแถวบิน 3.2-3.6 เมตรที่ความสูง 2 เมตร มีความเร็วเดินทาง 200 cm/sec รวมระยะทาง 1.44 กิโลเมตร ใช้เวลาปฏิบัติภาระกิจทั้งสิ้น 6 นาที ครอบคลุมพื้นที่ 3,200 ตารางเมตรหรือ 2 ไร่ ความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งและความสูง 0.3 – 1.2 และ 0.1 -0.3 ตารางเมตร ตามลำดับ ภายหลังจากการบินนำแบตเตอรีประจุได้ 5,152 mA/hr สามารถบินได้ 10-12 นาที ต่อประจุหนึ่งครั้ง

คำสำคัญ: อากาศยานการเกษตร

Abstract

Nowadays, Autonomous Aerial Vehicles have good performances. They are suitable for all weather conditions. They are compact, lightweight and versatile applications. The development of the aircraft in this paper, it was driven by six electri brushless motors. The maximum carried loads were up to 3.5 kg. Speed control used ESC with lithium polymer battery, 12 V., 6,000 mA / hr. The flight control system consist of radio ground control, microcontrollers ARM Cortex M4 core 32-bit electronic gyro sensor, three axis accelerometer, compass, the specified height position GPS / GNSS and ArduPilot program. The tank is fitted with a 2 liter tank, a 12V 10W motor pump, a 0.8 bar pressure, 3 head at 0.1 mm , with all ground control radio. The test results showed that semi-automatic flying was stable. It can maintain the flying level at any high position, according to flight plan. 18-point fuselage, 3.2-3.6-meter fuselage at 2 meters, speed of 200 cm / sec, total length of 1.44 km, 6 minutes of mission time covering 3,200 square meters or 2 rai. Distortion from position and height 0.3 - 1.2 and 0.1 -0.3 square meters, respectively. After the flight, the battery charge of 5,152 mA / hr can fly 10-12 minutes per charge.

Keyword : Agricultural aircraft

1. บทนำ

ภาคเกษตรก็ยังมีความสำคัญในการหล่อเลี้ยงปากท้องประเทศ เป็นภาคส่วนที่มีฐานประชากรที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ด้วยรากเหง้าของประเทศไทยค่อนข้างอุดมสมบูรณ์มีสภาพภูมิศาสตร์ และภูมิอากาศที่เหมาะจะทำไร่ ทำนา ทำสวน ได้ตลอดทั้งปี การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรกรรมด้วยเครื่องพ่นยาสารเคมีเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย การลดอันตรายโดยการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ มาประยุกต์ใช้กับการเกษตรตามสภาพความเป็นจริงของพื้นที่ โดยการพัฒนาอากาศยานไร้นักบิน (Unmanned Aerial Vehicle) ที่สามารถบินได้อัตโนมัติระบบควบคุมการบินด้วยวิธีการเขียนโปรแกรม การควบคุมบนชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก หรือสมองกลฝังตัว (Embedded) ที่จัดทำแผนการบินไว้ก่อนล่วงหน้า ได้มีการวิจัยและพัฒนากันมานานแล้ว จากการศึกษาผลงานวิจัยในประเทศที่ผ่านมา ตัวอย่างอากาศยานการเกษตร บริษัท DJI AGRAS MG-1 [9] Yamaha RMAX [10] Bug Away Thailand รุ่น BA 5L [8] และ เฮลิคอปเตอร์ รุ่น NZ166 [4] ซึ่งมุ่งเน้นการให้บริการฉีดพ่นหรือจำหน่ายในภาคอุตสาหกรรมการเกษตรขนาดใหญ่ ต้นทุนสูง อากาศยานการเกษตรขนาดเล็กกระทัดรัด เหมาะสมกับพื้นที่

แปลงการเพาะปลูก ผลไม้ต้นสูง แปลงการเกษตรผสมผสานหรือชุมชุนขนาดเล็ก

2. ขั้นตอนและวิธีการ

2.1 อากาศยานมัลติโรเตอร์ชนิด 6 ใบพัด

อากาศยานทำจากอลูมิเนียมพับเก็บแขนได้เคลื่อนย้ายสะดวก ยึดมอเตอร์ที่ติดตั้งใบพัด 10x4.6 นิ้ว กับแผ่นอีฟ็อกซี แรงยก (Lift :F) จากการหมุนใบพัดที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 1 แรงที่กระทำบนตัวลำโดยทั่วไปประกอบด้วย แรงฉุด (Drag) แรงขับ (Thrust) น้ำหนัก (Weight) และ เกิดจากองค์ประกอบความเฉือน ความดันที่กระทำในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการบิน เป็นแรงที่ทำให้ลอยในอากาศ (Hovering) โดยควบคุมให้ความเร็วใบพัด [2] ทั้งหกตัว (F1 ถึง F6) ความเร็วและมีทิศทางใบพัดหน้า -หลังตรงข้ามกัน ทิศทางเคลื่อนที่เอียงซ้าย/ขวาแกนเอียง (Roll) เอียงหน้าและ หลังแกนระดับ (Pitch) ส่วนแกนการหมุน (Yaw) สำหรับการหมุนตัว เพื่อให้อากาศยานสามารถบินได้เองโดยการรักษาเสถียรภาพ และท่าทางการบินใน ตัวควบคุมการบิน (Flight Controller) ควบคุมให้อากาศยานทนต่อการรบกวนที่เกิดจากแรงลมหรือแปรปรวน

รูปที่ 1 การสร้างแรงยกตัวลำอากาศยาน 6 ใบพัด

การขับเคลื่อนใบพัดแนวราบหนึ่งอันหรือมากกว่านั้น ใบพัดด้านบนความโค้งมากกว่าด้านล่าง อากาศที่บริเวณผิวปีกด้านบนต้องเคลื่อนที่ได้ระยะทางไกลกว่าอากาศที่บริเวณผิวปีก อัตราเร็วของอากาศที่บริเวณผิวปีกด้านบนจะสูงกว่าที่ผิวปีกด้านล่าง ทำให้ความดันของอากาศที่ผิวปีกด้านล่างมากกว่าที่ผิวปีกด้านบน เกิดแรงยกขึ้นค่าของแรกยกดังกล่าวหาได้จากสมการมูลฐานของแรงยกตามหลักการของเบอร์นูลลีดังนี้

$$F = \left(\frac{1}{2}\rho V^2\right) A C_L \qquad (1)$$

เมื่อ F แทนด้วยแรงยกหน่วยนิวตัน ρ ความหนาแน่นของอากาศ (1.164) [7] ลูกบาศก์เมตร V อัตราความเร็วของอากาศ m/sec A แทนพื้นที่ผิวของใบพัดตารางเมตร(m^2) และ C_L ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงยก เท่ากับ (1.7) การหมุนใบพัดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านควบคุมความเร็วแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (V_{Bl}) [1] จ่ายให้กับขดลวดมอเตอร์ดังนี้

$$V_{Bl} = v_R + v_{Lm} + e$$

ดังนั้น

$$V_{Bl} = Ri + Lm\frac{\partial i}{\partial t} + \frac{\omega}{Kv} \qquad (2)$$

โดย e แทนแรงเคลื่อนเหนียวนำต้านกลับ *(emf)* R ค่าความต้านทานขดลวด Lm ค่าความเหนี่ยวนำขดลวด ω ความเร็วเชิงมุม (rad/sec) และ Kv แทนค่าคงที่แรงดันต่อรอบ (rad/sec/volt) ในกรณีนี้เลือกมอเตอร์เบอร์ 2213 ขนาด 930 Kv ความต่างศักย์ของไฟฟ้าแบตเตอรี่ 12 V. ประมาณการความเร็วในหน่วยรอบต่อวินาทีต่อโวลต์ 11,100 rpm คิดเป็น 1,162 rad/sec ใบพัดได้อัตราเร็วเฉลี่ย V เท่ากับ 73.8 m/sec ความยาว 10 นิ้ว มีพื้นที่ A วัดได้ 1.12 x 10^{-3} m^2 เมื่อนำไปแทนในสมการที่ (1) จะทำให้มีแรงยกสูงสุด 6.03 นิวตันต่อมอเตอร์หนึ่งลูก ดังนั้นอากาศยานไร้นักบินชนิด 6 ใบพัดรับน้ำหนักได้สูงสุด 3.5 kg.

รูปที่ 2 รายละเอียดระบบควบคุมการบิน

2.2 ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ

การควบคุมการบินส่วนหลักได้แก่ อิเล็กทรอนิกส์ประกอบการบินบนตัวลำรูปที่ 2 และระบบควบคุมภาคพื้น GCS บอร์ดควบคุมการบินโดยเลือกใช้ระบบควบคุม ArduPilot [5] ประกอบด้วย ArduPilot ARM Cortex M4 core 32-bit (PixHawk)[3] ควบคุมการทรงตัวมาพร้อมกับอิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์ไจโรสามแกนST Micro 16-bit ตัววัดความเร่งสามแกน ST Micro 14-bit ตัววัดแรงดันบอกความสูง MEAS เข็มทิศทาง MPU600 ระบุความสูงพิกัดตำแหน่ง GPS /GNSS [6] Ublox GPS NEO-M8N พร้อมโมดูลเข็มทิศ เซ็นเซอร์วัดแรงดัน กระแสไฟฟ้า นำส่งออกสัญญาณเอาต์พุตขับเคลื่อนมอเตอร์ทั้ง 6 ตัว

2.3 การควบคุมจากภาคพื้นดินแบบไร้สาย

การติดต่อสื่อสารระหว่างอากาศยาน กับการควบคุมภาคพื้นดินมี 2 ช่องทางหลัก ซึ่งใช้คลื่นความถี่แบบไร้สายที่ต้องไม่ทับซ้อนกัน การติดต่อด้วยวิทยุบังคับย่านความถี่ 2.4 GHz เพื่อควบคุมในระยะสายตา

นักบิน ใช้ในการนำเครื่องขึ้น-ลง รวมถึงหากเกิดกรณีฉุกเฉินที่เครื่อง หรือควบคุมการบินผิดปกติเกิดขึ้น ช่องสัญญาณ CH1-CH6 ใช้เลือกโหมดการบินจากสวิตช์ CH 5 ควบคุมโหมดการบิน Stabilize โหมดการบินอัตโนมัติ (Auto) ปฏิบัติตามภารกิจอาทิเช่น บินไปยังจุดที่กำหนด รอเวลา บินวนเป็นวงกลม ลอยตัวหยุดนิ่ง (Loiter) หมุนตัว ถ่ายภาพ ลงจอด บินกลับจุดปล่อย เป็นต้น การควบคุมและติดตามการบินด้วย Telemetry ในโหมดการบินอัตโนมัติ เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบสองทิศทางด้วยคลื่นความถี่ 433 MHz สามารถติดต่อโดยตรงกับโปรแกรม Mission Planner บนระบบปฏิบัติการ Windows หรือแอปพลิเคชันในระบบ Android โดย 3DR Services [3] บนสมาร์ทโฟน

3. ผลการดำเนินงาน

อากาศยานไม่เพียงแต่บินอัตโนมัติได้เท่านั้น การบินเข้าถึง และออกจากตำแหน่งที่กำหนดได้แม่นยำเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เพราะนั้นหมายถึงความคลาดเคลื่อนจากภารกิจที่ได้รับมอบหมาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น รูปทรงอากาศยาน สภาพอากาศทิศทางต้านหรือตามลม ความเร็วเข้าถึงเป้าหมาย และระยะห่างจากจุดหมายถัดไป เป็นต้น เงื่อนไขเหล่านี้ต้องทดสอบบินหลาย ๆ ครั้ง นำมากำหนดหาค่าพารามิเตอร์ควบคุมการบินที่เหมาะสม จากการทดสอบกำหนดแผนการบินและนำผลบันทึกการบิน (Log File) จำแนกข้อมูลด้วยโปรแกรม Matlab นำผลเปรียบเทียบกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าเส้นทางการบินเข้าหา-ออกจากตำแหน่ง ไปยัง Waypoint ถัดไปทำได้อย่างดี ยังคงรักษาระดับความสูง ความเร็วในการบินอัตโนมัติได้

การทดสอบการบินโดยควบคุมจากนักบินภายนอกรูปที่ 3 ก) ติดตั้งถังบรรจุขนาด 2 ลิตร พร้อมมอเตอร์ปั๊ม 12 V. ความดัน 0.8 Bar. ต่อกับสายยาง 6 mm. กับหัวฉีดพ่นหมอกขนาด 0.1 mm. จำนวน 3 หัว น้ำหนักพร้อมบิน 1.5 kg วัดค่ากระแสไฟฟ้า นำมาเปรียบเทียบกับบันทึกการบิน

ก) ควบคุมการบินจากนักบินภายนอก ข) ปรับเทียบวัดค่ากระแสไฟฟ้า

รูปที่ 3 การทดสอบบินในโหมดควบคุมด้วยนักบินภายนอก

อากาศยานเกษตรเมื่อบรรจุน้ำ 1 ลิตร บินฉีดพ่นน้ำ ดังรูปที่ 4 และ 5 จากผลการทดสอบพบว่าพลังงานใช้ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย 10.51 V. ที่กระแสไฟฟ้า 34.4 A กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 350 Watts ใช้เวลาฉีดพ่น 2.56 นาที และเมื่อนำแบตเตอรีมาชาร์จได้ 2,356 mA/hr

รูปที่ 4 น้ำหนักบรรทุก 1 ลิตร บินฉีดพ่น

ก)แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี

ข) กระแสไฟฟ้าที่ใช้

ก) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อเที่ยวบิน

รูปที่ 5 วิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าเมื่อบรรจุน้ำ 1 ลิตร

การทดสอบบรรจุน้ำ 1.5 ลิตร บินฉีดพ่นน้ำพบว่าใช้แรงดันเฉลี่ย 10.3 V กระแสไฟ 50.2 A กระแสสูงสุด 68 A กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 450 วัตต์ มีระยะเวลาฉีดพ่น 2.22 นาที ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 พลังงานไฟฟ้าเมื่อบรรจุน้ำ 1.5 ลิตร

ทดสอบบินพ่นน้ำอัตโนมัติในสนามฟุตบอลดังแสดงในรูปที่ 7 โดยกำหนดตำแหน่งการบิน 18 จุด ระยะห่างแถวบิน 3.2-3.6 เมตรที่ความสูง 2 เมตร มีความเร็วเดินทาง 200 cm/sec รวมระยะทาง 1.44 กิโลเมตร ใช้เวลาปฏิบัติภารกิจทั้งสิ้น 6 นาที ครอบคลุมพื้นที่ 3,200 ตารางเมตร หรือ 2 ไร่ ภายหลังจากการบินนำแบตเตอรีมาชาร์จได้ 5,152 mA/hr

ก)บันทึกการบิน Google Map ข) ติดตามการบินด้วยสมาร์โฟน

รูปที่ 7 จัดทำแผนการบินอัตโนมัติ

บันทึกการบินในรูปที่ 7 นำมาความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งได้ รูปที่ 8 ก) และความสูง รูปที่ 8 ข) พบว่าเลื่อนไปตากตำแหน่งเดิมในช่วง 0.3 – 1.2 และความสูง 0.1 -0.3 ตารางเมตร

ก) ความคากเคลื่อนจากตำแหน่ง ข) ระดับความสูง

รูปที่ 8 ผลความคลาดเคลื่อนจากการบินอัตโนมัติ

4. สรุป

การพัฒนาและทดสอบอากาศยานแบบ 6 ใบพัด ใช้วัสดุโครงสร้างไม่ซับซ้อนน้ำหนักเบาแขนอลูมิเนียมยึดมอเตอร์ช่วยระบายความร้อน ลดการรบกวนสนามแม่เหล็กจากสายไฟ ยึดด้วยแผ่นปริ้นท์อีพ็อกซี่มีความยืดหยุ่นสูง ยางลองลดแรงการสั่นสะเทือนจากมอเตอร์ พับแกนมอเตอร์เก็บได้กะทัดรัด การนำร่องด้วยจำนวนดาวเทียมที่มากขึ้นทำให้การหาตำแหน่งที่ถูกต้องแม่นยำ ในโหมดการทำงานอัตโนมัติเพื่อให้ได้ความเร็วคงที่ และการฉีดพ่นเพื่อให้แน่ใจว่าการเพาะปลูกจะได้รับสเปรย์เหมือนกันได้ อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะกับการบินใกล้กับมนุษย์ หรือสิ่งปลูกสร้าง ความเสี่ยงหรือเป็นอันตราย ได้อย่างสะดวก ลดระยะเวลา ช่วยทุ่นแรง ประหยัดค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้คนแบกถังน้ำยา แล้วเดินฉีดหรือพ่นยาไปตามท้องไร่นาหรือสวน ต้นไม้สูงๆ ก็ไม่สามารถที่จะขึ้นไปพ่นอย่างทั่วถึง บางครั้งก็ต้องเดินเยียบข้าวต้นเล็กๆ ให้เสียหายไปอีก อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันอากาศยานการเกษตร มีราคาที่แพงอยู่มาก เมื่อเทียบกับราคาค่าจ้างคนงานพ่นยา ที่ราคาอยู่ที่ 60-100 บาทต่อไร่ ต้องเรียนรู้เรื่องระบบต่างๆที่ซับซ้อนแบตเตอรี่ที่มีราคาแพง เครื่องบินมีปัญหา เกิดอุบัติเหตุ เช่นแบตเตอรี่เสื่อมบินชนต้นไม้ อุปกรณ์ขัดข้อง ทำให้เครื่องตก ก็จะเกิดความเสียหาย การบินพ่นยา เนื่องจากเครื่องบินบรรทุกน้ำยาได้ไม่มาก จึงต้องลงมาเติมน้ำยากันบ่อย และเปลี่ยนแบตเตอรี่ที่ใช้ไปในแต่ละเที่ยวอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โครงการพัฒนาอากาศยานไร้คนขับ ประจำปี พ.ศ. 2559

เอกสารอ้างอิง

[1] Mark Johnson Cutler, “Design and Control of an Autonomous Variable-Pitch Quadrotor Helicopter” Massachusetts Institute of Technology . 2012

[2] Wenhui Xiang, Yang Cao and Zengfu Wang “Automatic Take-Off and Landing of a Quad-rotor Flying Robot” University of Science and Technology of China

[3] กล่องควบคุมการบินเข้าถึงข้อมูลได้ที่ https://3drobotics.com/wp-content/uploads/2014/03

[4] ศิริชัย ลาภาสระน้อย และคณะ “อากาศยานเพื่อการเกษตรแบบเฮลิคอปเตอร์พิกัด 3.7 กิโลวัตต์ ควบคุมระยะไกล” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 8 25-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 โรงแรมดวงจิตต์ รีสอร์ท แอนด์ สปา จังหวัดภูเก็ต หน้า 753-756

[5] เข้าถึงข้อมูลได้ที่ http://ardupilot.org/ardupilot/index.html

[6] เข้าถึงข้อมูลได้ที่ https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation

[7] เข้าข้อมูลได้ที่ https://th.wikipedia.org/wiki/ความหนาแน่น

[8] โดรน Bug Away Thailand เข้าถึงข้อมูลได้ที่ https://www.facebook.com/A3-Bug-Away-Thailand-138175/

[9] เข้าถึงข้อมูลได้ที่ http://www.dji.com/mg-1/info

[10]เข้าถึงข้อมูลได้ที่ http://rmax.yamaha-motor.com.au/

การพัฒนาแบบจำลองทางวิศวกรรมดาวเทียม KMITL-CubeSat และการทดสอบด้วยบอลลูนความสูง

Development of KMITL-CubeSat Engineering Model and Testing with High Altitude Balloon

ภีมวิชญ์ สุทธิกาญจน์ ธีระเดช กุศลธรรมรัตน์ ธุวานนท์ เทพสิทธา อัครพล ตรีรัตน์ และ ศรวัฒน์ ชิวปรีชา
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 E-mail: sorawat@telecom.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างแบบจำลองทางวิศวกรรมดาวเทียมคิวบ์แซทซึ่งมีขนาด 10x10x10 cm โดยมีภารกิจหลักคือการถ่ายภาพ นอกจากนั้นยังมีการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิ ความกดอากาศ ความเร่ง 3 แกน และเครื่องรับ GPS ข้อมูลทั้งหมดที่ทำการตรวจวัดและภาพถ่ายที่ผ่านการบีบอัดในรูปแบบ JPEG จะถูกส่งผ่านกลับมายังสถานีภาคพื้นดินโดยมีการเข้ารหัสคอนโวลูชันด้วยอัตรารหัส ½ และ Constraint length เท่ากับ 7 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานและการติดต่อสื่อสารของต้นแบบดาวเทียม KMITL-CubeSat ดำเนินการด้วยการติดตั้งและปล่อยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ (ใกล้เคียงอวกาศ) ด้วยบอลลูนความสูงที่ระดับความสูงประมาณ 25 กิโลเมตร

คำสำคัญ: ดาวเทียมคิวบ์แซท, ดาวเทียมขนาดเล็ก, การรับรู้ระยะไกล

Abstract

This paper presents a design and implementation of CubeSat engineering model with size of 10x10x10 cm. Main mission of the proposed CubeSat is imaging however other sensors are installed as payload to acquire temperature, pressure, 3-axis acceleration, and GPS receiver. All measured data and satellite image in JPEG form will be transmitted to ground station using convolution encoding with code rate ½ and constraint length 7. The function and communication of KMITL-CubeSat can be tested by using high altitude balloon as a launcher to atmosphere (near space) at altitude about 25 km.

Keywords: CubeSat, miniaturized satellites, remote sensing.

1. บทนำ

ดาวเทียมขนาดเล็ก (Miniaturized satellites) มีบทบาทสำคัญมากขึ้นในปัจจุบัน หนึ่งในนั้นคือดาวเทียมคิวบ์แซท [1] ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างมากในกลุ่มนักวิจัยทั้งในด้านการศึกษาและการพัฒนาศักยภาพบุคคลากรในการสร้างองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีดาวเทียมเพื่อความสามารถในการสร้างดาวเทียมใช้งานได้เองภายในประเทศในอนาคต

ดาวเทียมคิวบ์แซทเป็นดาวเทียมที่มีมาตรฐานทั้งขนาด มวล พลังงาน และข้อกำหนดการปล่อยดาวเทียม โดยส่วนประกอบสำหรับสร้างดาวเทียมคิวบ์แซทสามารถหาได้ทั่วไป (Commercial Off-the-Shelf: COTS) หรือจะเป็นอุปกรณ์ที่วิจัยขึ้นมาเฉพาะและต้องการทดสอบการใช้งานในอวกาศ ด้วยเหตุนี้ทำให้ดาวเทียมคิวบ์แซทมีราคาค่อนข้างถูกและง่ายต่อการสร้างเมื่อเทียบกับดาวเทียมที่มีขนาดใหญ่ โดยแต่ละหน่วย (Unit: U) ของดาวเทียมคิวบ์แซทจะมีลักษณะเป็นลูกบาศก์ขนาดเท่ากับ 10x10x10 cm. มีมวลไม่เกิน 1.33 kg. [1] ซึ่งสามารถนำแต่ละหน่วยมาสร้างเป็นดาวเทียมคิวบ์แซทขนาด 1U, 1.5U, 2U หรือ 3U ได้

2. การออกแบบและทดสอบดาวเทียม KMITL-CubeSat ด้วย High Altitude Balloon

แบบจำลองทางวิศวกรรมของดาวเทียมคิวบ์แซทในบทความนี้มีขนาด 1 หน่วย (1U) ได้กำหนดให้มีภารกิจหลัก คือ การถ่ายภาพ รวมไปถึงการวัดสภาพแวดล้อมอื่นๆ อันได้แก่ อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความเร่ง 3 แกน และพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยเครื่องรับ GPS โดยภาพรวมของแบบจำลองทางวิศวกรรมดาวเทียม KMITL-CubeSat สามารถแสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ภาพรวมระบบของแบบจำลองทางวิศวกรรม KMITL-CubeSat

แบบจำลองดังกล่าวประกอบด้วยระบบย่อย 4 ระบบ คือ ระบบพลังงาน เซนเซอร์เพย์โหลด ระบบจัดการข้อมูลออนบอร์ด และระบบสื่อสาร ซึ่งการทดสอบการทำงานของดาวเทียมต้นแบบจะดำเนินการที่ระดับความสูงโดยประมาณ 25 km. จากการปล่อยดาวเทียม

ด้วยบอลลูนความสูง (High Altitude Balloon) ดังนั้นจึงได้กำหนดคุณลักษณะเบื้องต้นของดาวเทียมดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการของต้นแบบ KMITL-CubeSat

คุณลักษณะ	ค่าที่กำหนด
อุณหภูมิการทำงาน	-60 องศาเซลเซียส
ระยะเวลาการทำงาน	5 ชั่วโมง
น้ำหนัก	น้อยกว่า 500 กรัม
ระยะทางการสื่อสาร	มากกว่า 20 กิโลเมตร
การเข้ารหัสช่องสัญญาณ	รหัสคอนโวลูชัน R = 1/2 , K = 7
CubeSat form factor	1U (10 x 10 x 10 เซนติเมตร)

ต้นแบบของแบบจำลองทางวิศวกรรมดาวเทียม KMITL-CubeSat EM-2 แสดงดังในรูปที่ 2 และ 3 และตัวอย่างหน้า GUI (Graphic User Interface) สำหรับควบคุมการถ่ายภาพจากกล้อง JPEG Camera ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม ซึ่งตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมขนาด 640x480 pixel ที่ถ่ายได้ ณ พิกัด lat. 14.76717° long. 100.81517° ความสูง 18208.45 เมตร และพิกัด lat. 14.77917° long. 100.917° ความสูง 21389.64 เมตร แสดงในรูปที่ 5(a) และ (b) ตามลำดับ ส่วนในรูปที่ 6 แสดงภาพจากการปล่อยดาวเทียมด้วยบอลลูนความสูงทั้งจาก KMITL-CubeSat EM-1 ที่มีการปล่อยทดสอบเมื่อเดือนธันวาคม 2559 และล่าสุดกับ KMITL-CubeSat EM-2 เมื่อเดือนมีนาคม 2560 ที่ความสูงต่างๆใกล้ขอบฟ้าสภาวะใกล้เคียงอวกาศ

รูปที่ 2 ภาพแบบจำลองต้นแบบ KMITL-CubeSat EM-2

รูปที่ 3 ขณะตรวจสอบและการประกอบ KMITL-CubeSat EM-2

รูปที่ 4 หน้าต่าง GUI ของสถานีภาคพื้นดินเพื่อควบคุมการถ่ายภาพ

(a) (b)

รูปที่ 5 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จาก KMITL-CubeSat EM-2

(a) ที่ระดับความสูง 11.23 km.

(b) ที่ระดับความสูง 11.17 km.

(c) ที่ระดับความสูง 24.64 km.

รูปที่ 6 ภาพถ่ายจากการปล่อยดาวเทียม KMITL-CubeSat EM-2 (รูป a: มี.ค. 2560) และ KMITL-CubeSate EM-1 (รูป b, c: ธ.ค. 2559)

3. สรุป

ต้นแบบดาวเทียม KMITL-CubeSat EM-2 ที่พัฒนาขึ้นล่าสุดสามารถดำเนินภารกิจถ่ายภาพและส่งสัญญาณแบบเวลาจริง (Real-time) มายังสถานีภาคพื้นดินได้ จากการทดสอบปล่อยด้วยบอลลูนความสูงที่ระดับความสูงประมาณ 25 km. ข้อบกพร่อง/จำกัด จะดำเนินการแก้ไขและพัฒนาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] D. Krejci and D. Selva, "A Survey and assessment of the capabilities of CubeSats for earth observation," Acta Astronautica, vol. 74, pp. 50-68, 2012.

ชุดอุปกรณ์ปลูกพืชและสวนยุคใหม่ผ่านเทคโนโลยี IoT และ Mobile Application

Nextgen Garden Kit Using IoT Technology and Mobile Application

นภสินธุ์ คุณาพรสุจริต พงศ์พล ตรงศิริวัฒน์ พันธกานต์ สมุหทัย และ ศรวัฒน์ ชิวปรีชา
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 E-mail: sorawat@telecom.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับปลูกพืชและสวนสำหรับการสร้างพื้นที่สีเขียวในที่พักอาศัยหรือสำนักงานที่ไม่มีพื้นที่ในการเพาะปลูก โดยมีการนำเอาเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) มาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานในการควบคุมและดูแลการเพาะปลูกพืชหรือสวนประดับ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถควบคุมและเฝ้าดูแลการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกผ่านทาง Mobile Application จากสถานที่ใดและเวลาใดก็ได้

คำสำคัญ: สมาร์ทฟาร์ม, เทคโนโลยี IoT, mobile application

Abstract

This paper presents development of a kit for planting or gardening to make green space in a residence or office which has space limitation. Internet of things technology is applied to a nextgen garden kit to make users convenient for controlling and monitoring the planting or garden. Users can control and observe growing of plant using mobile application from anywhere and anytime.

Keywords: smart farm, IoT technology, mobile application.

1. บทนำ

ปัจจุบันเมืองใหญ่อย่างเช่นกรุงเทพมหานครมีปริมาณพื้นที่สีเขียวจำกัดคิดเป็น 3.49 ตารางเมตรต่อประชากรหนึ่งคน เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นเช่นสิงคโปร์ที่มีมากถึง 20 ตารางเมตรต่อประชากรหนึ่งคน ทั้งนี้เนื่องจากกรุงเทพมหานครนั้นเต็มไปด้วยตึก อาคาร และสิ่งปลูกสร้างมากมาย หากต้องการเพิ่มพื้นที่สีเขียวคงจะเป็นเรื่องยาก เพราะพื้นที่ว่างในตัวเมืองนั้นเหลือน้อยลงทุกที หากขาดพื้นที่สีเขียวไปจะทำให้เกิดผลกระทบต่างๆ มากมายตามมาไม่ว่าจะเป็นผลกระทบทางอากาศหรือผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น โอกาสที่จะเป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจเพิ่มมากขึ้น พัฒนาการทางสมองของเยาวชนช้าลง ดังนั้นถ้าหากมีอุปกรณ์ที่ช่วยให้คนเมืองที่อาศัยอยู่ตามคอนโดมิเนียมหรือในสำนักงานซึ่งมีพื้นที่จำกัดสามารถสร้างพื้นที่สีเขียวได้ไม่ว่าจะเป็นการปลูกผักปลอดสารพิษ สมุนไพร หรือจะเป็นการปลูกไม้ดอกไม้ประดับเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับตนเองนั้นเป็นเรื่องที่ง่ายและไม่เสียเวลา จะเป็นการช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มพื้นที่สีเขียวได้โดยเริ่มจากในที่พักอาศัยหรือสถานที่ทำงานของตนเอง

ทั้งนี้การนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่ไม่ว่าจะเป็น Internet of Things (IoT) และ Mobile Application [1-2] เข้ามาใช้ควบคู่กันในการพัฒนาชุดอุปกรณ์ปลูกพืชและสวนที่นำเสนอจะทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายสามารถปลูกพืชได้โดยที่ไม่ส่งผลกระทบเรื่องการเบียดบังเวลาในการใช้ชีวิตปกติประจำวันของผู้ใช้งานมากนัก ผู้ใช้งานสามารถควบคุมและเฝ้าดูแลการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกผ่านทาง Mobile Application จากสถานที่ใดและเวลาใดก็ได้ ดังนั้นอุปกรณ์นี้จะเป็นอีกหนึ่งส่วนที่สามารถช่วยให้ประชากรตามเมืองใหญ่สามารถที่จะสร้างพื้นที่สีเขียวเพิ่มมากขึ้น โดยนำเอาเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์ม (Smart Farm) [1] มาย่อส่วนลงเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กและทำการปรับปรุงให้สอดคล้องกับปัญหาที่ได้กล่าวไปข้างต้น

2. เทคโนโลยีที่ใช้และชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

ชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นจะมีความสามารถในการปลูกพืชด้วยการนำเซนเซอร์ชนิดต่างๆ เช่น วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ วัดความชื้นในดิน (ในภาชนะปลูก) วัดความเข้มแสง และวัดระดับน้ำในระบบการให้น้ำซึ่งใช้วิธีปั๊มขึ้นไปให้พืชที่ปลูกอยู่ด้านบนจากถังเก็บน้ำด้านล่าง เซนเซอร์ทั้งหมดถูกเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการตรวจวัดผ่านระบบ Cloud ไปยัง Mobile Application บนอุปกรณ์ Smart Phone เพื่อใช้ในการสังเกตการณ์รวมทั้งยังสามารถควบคุมกลับมายังชุดอุปกรณ์การปลูกเพื่อควบคุมการให้แสงและน้ำได้อีกด้วย นอกจากการควบคุมกลับโดยผู้ใช้งานระบบยังสามารถกำหนดการตั้งค่าเพื่อควบคุมแบบอัตโนมัติได้อีกด้วย ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน ภาพรวมการทำงานของระบบทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างชุดอุปกรณ์ที่นำเสนอแสดงได้ดังในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ภาพรวมการทำงานของระบบของอุปกรณ์ Nextgen Garden Kit ที่นำเสนอ

เทคนิคการปลูกพืชที่ใช้สำหรับระบบอุปกรณ์ที่นำเสนอเรียกว่า DRFT (Dynamic Root Floating Technique) ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคนิควิธีการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ สำหรับรูปถ่ายอุปกรณ์ต้นแบบและหน้าตาของ Mobile Application รวมทั้งผลการทดสอบการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น สามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

รูปที่ 2 อุปกรณ์ต้นแบบขณะทดสอบระบบปั๊มน้ำและการให้แสง

รูปที่ 3 หน้าตา Mobile Application (ซ้าย) และผลการทดลองตรวจจับ Packet ข้อมูลที่สื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์ (ขวา)

3. สรุป

อุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำการเฝ้าสังเกตการณ์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เซนเซอร์ทำการตรวจวัดได้และแสดงผลผ่านทาง Mobile Application รวมทั้งสามารถทำการควบคุมกลับไปยังอุปกรณ์ได้ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบกำหนดโดยผู้ใช้งาน ขณะนี้อยู่ระหว่างการทำสอบประสิทธิภาพการเพาะปลูกจริงกับพืชชนิดต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] Michael Tharrington, “The future of smart farming with IoT and open source farming,” https://dzone.com/articles/the-future-of-smart-farming-with-iot-and-open-sour

[2] อวยพร โกมลวิจิตรกุล, สร้าง Mobile App ข้ามแพลตฟอร์มด้วย PhoneGap, กรุงเทพฯ, วิตตี้กรุ๊ป, 2558.

ดัชนีผู้เขียนบทความ

		หน้า
ก	กนกเนตร พินิจด่านกลาง	863
	กนกวรรณ นนทพจน์	827
	กมล จิรเสรีอมรกุล	629,741
	กมล บุญล้อม	855
	กรภัทร เฉลิมวงค์	843
	กฤติเดช บัวใหญ่	895,903
	กฤติยา ราชสีห์	649
	กฤษฎา ทาสันเทียะ	1095
	กฤษฎา พรหมพินิจ	1011
	กฤษณะ ภูมิดี	779
	กฤษณะ อุบลเผือน	919
	กฤษณะพงศ์ พันธ์ศรี	999
	กลชาญ อนันตสมบูรณ์	855
	กองศักดิ์ ทองบุญ	613,733
	กอบกุล นงนุช	1043
	กังวานไพร สวรรณเวช	598
	กันตินันท์ สังขจันทร์	763
	การัณย์ หอมชาติ	831
	กิตติพศ โพธิศิริ	1057
	กิตติวัฒน์ จีบแก้ว	1015
	กิติศักดิ์ แสนประสิทธิ์	597
	กิติศักดิ์ เหลาบับภา	661
	กุสุมาลย์ เฉลิมยานนท์	931
	เกตุกาญจน์ ไชยขันธุ์	593
	เกรียงกมล มงคลเมือง	1095
	เกษม เนื้อแก้ว	597
ข	ขจรศักดิ์ พงศ์ธนา	843
	ขนิษฐา สีสมุทร์	593
ค	คงสถิตย์ สาโรงทอง	1073
	คณัฐ ตังติสานนท์	763
	คณิน สีแสงสุวรรณชัย	1073
	คณิศร จี้กระโทก	867
	คมยุทธ ไชยวงษ์	951
	แคทรียา สุวรรณศรี	673
จ	จตุพร ใจดำรงค์	767
	จตุพร ด้วงทอง	1075
	จรวยรัตน์ เหย่ากุลบดี	617
	จรินทร์ศักดิ์ แซ่เตียว	899
	จักกฤษ ผลเจริญ	915
	จักรกฤษณ์ สีดาห้าว	779
	จักรดุลย์ สุขสายออ	903
	จักรี ศรีนนท์ฉัตร	823
	จัตุพล พลอยกระโทก	1083
	จันทนา ปัญญาวราภรณ์	1031
	จันทร์จิรา ปิ่นแก้ว	1075
	จารุกิตติ์ แสนใส	681
	จิตรภาณุ ศิลาเงิน	903
	จินดา สามัคคี	967
	จิรพงษ์ จิตตะโคตร์	783
	จิรพนธ์ ทาแกง	907
	จิรพันธ์ พิมพล	697
	จิรภูมิ บุตรโท	1073
	จิรวัฒน์ ตั้งวันเจริญ	791
	จิราภรณ์ ธำรงลักษณ์	875
	จีรนันท์ ล้อดงบัง	867
	จีรพา บุญญคง	839
	จีรสุดา โกษียาภรณ์	1047
	จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์	803, 1039
	จุลศักดิ์ โยลัย	799
ช	ชนม์รัตน์ ตติยะวรนันท์	935
	ชรัญ โขมะพันธ์	987
	ชลภัทร ฟักเขียว	871
	ชวลิต คานทอง	669
	ชวลิต ปัญญาอิสระ	927

		หน้า
	ชวลิต ศรีสถาพรพัฒน์	875
	ชัชชนม์ แทนวันดี	1057
	ชัชวาลย์ ใจบุญ	855
	ชัยนันท์ ศรีสะอาด	1073
	ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล	979, 1003
	ชัยยศ คำมี	597, 757
	ชัยรัตน์ วิสุทธิรัตน์	693
	ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์	601, 605
	ชัยวัฒน์ ประเสริฐกิจพันธ์	1075
	ชาญ สิงห์แก้ว	1051
	ชาญชัย จิตมั่น	1061
	ชานน คำประเสริฐ	875
	ชาวิน อุระแสง	1061
	ชีวนันท์ บุญมาก	629
	ไชโย ธรรมรัตน์	709
ญ	ญาณพัฒน์ ลาภพาณิชยกุล	649
ฐ	ฐาปนพงษ์ กองทอง	803
ณ	ณฐพล ชูสกุล	895
	ณภัทร ทองเกษม	1075
	ณมน จีรังสุวรรณ	753
	ณรงค์ชัย บุญโญปกรณ์	1007
	ณัฐกานต์ พุทธรักษ์	1057, 1061
	ณัฐชัย โปธิ	987
	ณัฐนารี ปิ่นทอง	741
	ณัฐพงศ์ บุตรธนู	1035
	ณัฐพงศ์ สอนอาจ	791
	ณัฐพงษ์ อินทรวิเศษ	963
	ณัฐวุฒิ พนัสอาพล	1057
	ณัฐวุฒิ พานิชเจริญ	681, 923
	ณัทกร เกษมสาราญ	795
ด	ดนุพัฒน์ ดวงมาลัย	621
	เดชา พวงดาวเรือง	709
	ตุลยา ลิมปิติ	1057, 1061
ต	เตชวัฒน์ ก้อนแก้ว	847

		หน้า
ถ	ถนอมศักดิ์ โสภณ	947, 999, 1079
ท	ทรงพล ศักดิ์มณีศรี	815
	ทวีศักดิ์ พิมพะ	983
	ทวีศักดิ์ แสงจันทร์	903
	ทศพล มานะศรี	621
	ทักษิณ ครุนันท์	951
	ทัศพันธุ์ สุวรรณทัต	927
	เทอดศักดิ์ เงินมูล	645
ธ	ธงชัย คล้ายคลึง	895
	ธงชัย ระย้า	1087
	ธนศักดิ์ ภู่ทอง	1055
	ธนา มณีงาม	787
	ธนา หงษ์สุวรรณ	737
	ธนากร นิลพาทย์	951
	ธนากรณ์ สิงห์พลงาม	775
	ธนาฒน์ สุกนวล	815, 831, 887,919, 975, 995
	ธนาธิป อับดุลเลาะห์	763
	ธนาพัฒน์ พูนคล้าย	895
	ธรรมกร ครองไตรภพ	955
	ธวัช ธรรมบุตร	1051
	ธานี สมวงศ์	883
	ธีรยุทธ เสริฐสูงเนิน	903
	ธีรวัต ซาซุม	879
	ธีรศักดิ์ โชติกวณิชย์	629, 741
	ธีระ นิรัมย์	705
	ธีระเดช กุศลธรรมรัตน์	1099
	ธีระพงศ์ มงคลคลี	991
	ธุวานนท์ เทพสิทธา	1099
	เธียรไท คามรัตนภูมิ	673
น	นนทรัฐ บำรุงเกียรติ	1055
	นนทวัฒน์ จุลเดชะ	705
	นพณัฐ จิตกรียาน	903

		หน้า
	นพมาศ พรมอาสา	883
	นภสินธุ์ คุณาพรสุจริต	1101
	นรรัตน์ วัฒนมงคล	795
	นราวิชญ์ แก้วลังกา	815
	นฤดม นวลขาว	721
	นวพรรษ โพนสุภาพ	1015
	นาตยา สีเอาะ	697
	นิพล สังสุทธิ	745
	นิวัติ นวลกัน	645
	นุชจิเรศ แก้วสกุล	843
	เนตรนพิศ คุ้มทุกทิศ	601, 605
บ	บงกชทิพย์ รุจิราธารง	851
	บรรเลง คำเกตุ	767
	บริบูรณ์ ภักดีกระโทก	923
	บัญชา ใต้ศรีโคตร	911
	บัญชา แสนโสดา	783
	บัววรณ์ ไชยธงรัตน์	1039
	บุญทัน ศรีบุญเรือง	783
	บุญเทียม เลียมพระจันทร์	895
	บุญฤทธิ์ ปินตาสี	983
ป	ปกรณ์เกียรติ์ เศวตเมธิกุล	811
	ปฏิภาณไชยชาติ	649
	ประจวบ อินระวงค์	713, 1083
	ประพันธ์ มิ่งมรกต	701
	ประสพสุข สร้อยทอง	911
	ประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ	783
	ประเสริฐศักดิ์ เตียวงศ์สมบัติ	775
	ปราโมทย์ วาดเขียน	1047
	ปริญญา นริชล	923
	ปรียาภรณ์ พุกรอด	839
	ปวรปรัชญ์ ธรรมแสง	1069
	ปองพล แสนสอน	661, 771, 1035
	ปารมี บุญชู	633
	ปิยเทพ เนื้อนุ่ม	713
	ปิยพงศ์ ธนสมบูรณ์	1087
	ปิยสุดา ตันเลิศ	637
	ปิยะณัฐ อาจประจันทร์	831
พ	พงศกร คำสุกดี	859
	พงศ์พล ตรงศิริวัฒน์	1101
	พดาภา บุตรงาม	963
	พรชัย ทรัพย์นิธิ	1073, 1075, 1077
	พรรัตน์ ไชยมงคล	1043
	พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ	1019
	พันธกานต์ สมุหทัย	1101
	พันธนี พงศ์สัมพันธ์	677
	พิจิตตรา วงค์ษา	891
	พิชิต อ้วนไตร	641
	พินิจ กำหอม	629, 741
	พิศณุ ชัยจิตวณิชกุล	859
	พิสิฐ บุญศรีเมือง	1073, 1075, 1077
	พิสิทธิ์ มัณชิมา	879
	พีระพัฒน์ ปากแข็ง	669
	พีระพัทธ์ พงศ์สุวรรณ	1069
	พุทธพงษ์ แหลมทอง	955
	พุทธาวุฒิ ลีกุลธร	955
	ไพโรจน์ แสงอาไพ	931
	ไพศาล ดาแร่	637
ภ	ภัควี หะยะมิน	979
	ภาณุเดช ฟักสูงเนิน	987
	ภาณุวัฒน์ พอรินทร์	891
	ภานี น้อยยิ่ง	689
	ภีมวิชญ์ สุทธิกาญจน์	1099
ม	มณฑล หอมกลิ่นเทียน	729
	มนต์ชัย มิตรอารีย์	717
	มนตรี ไชยชาญยุทธ์	1019
	มนัสนันท์ มานพ	811

		หน้า
	มนูญ พันธ์ผาง	975
	มยุรา ปรากฎรัตน์	947
	มลฤดี เรณูสวัสดิ์	609
	มัณฑนา เพ็ชรตะกั่ว	903
	มัลลิกา วัฒนะ	1069
	มานะ โสภา	633, 745
	ไมตรี ธรรมมา	831, 915, 919, 975,995
ย	ยุทธศักดิ์ ทอดทอง	1023, 1027
ร	รณยุทธ นนท์พละ	665
	รณิดา โสภา	745
	รวี เวธิตะ	867
	รังสรรค์ เมืองเหลือ	653
	รังสิยา สุคนธ์	717
	รัฐพล จินะวงค์	963
	รัตนากร วังคาแหง	598
	รุ่งโรจน์ เอียดเกิด	625
	รุจิภาส เพชรลับ	653
ล	ละอองดาว จันทวงษ์	637
	ลือชัย พรหมรัตน์รักษ์	669, 779
ว	วชิรวิทย์ รางแดง	649
	วชิราวุธ ธรรมวิเศษ	851
	วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์	697
	วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์	947, 999, 1079
	วรรณวิศา วัฒนสินธุ์	753
	วรากรณ์ บุญเพชิร์	737
	วัฒนศักดิ์ บุญมี	991
	วันไชย คำเสน	907
	วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ	815, 831, 887, 915, 919 ,975, 995
	วิชัย สายคติกรณ์	903
	วิชิต นางแล	943
	วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ	701, 991
	วิเชียร หทัยรัตน์ศิริ	939
	วิญญู ศิลาบุตร	947
	วิทยา ศรีกุล	593
	วิทวัส สิฏฐกุล	721
	วิบูลย์ พร้อมพานิชย์	763
	วิรุณ เล้าพรพิชยานุวัฒน์	717
	วิโรจน์ บัวงาม	1007
	วิโรจน์ เพชรพันธุ์ศรี	939
	วิศวชิต นามบำรุง	669
	วีระพงศ์ ทองสา	999
	วีระยุทธ คุณรัตนสิริ	689
	วุฒิชัย สง่างาม	713, 1083
	เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์	1073, 1075, 1077
	เวียงชัย คาระมาตย์	795
	ไวทย์ สวรรณชัยรบ	598
ศ	ศรวัฒน์ ชิวปรีชา	1099, 1101
	ศราวุฑ คงลาพันธ์	879, 971
	ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส	999, 1079
	ศักดิธัช พันพิมพ์	859, 899
	ศิรวิชญ์ กิตติวิชญกุล	1077
	ศิริชัย ลาภาสระน้อย	1095
	ศิริชัย สมแสน	983
	ศิลปชัย กลิ่นไกล	895
	ศิวกร แก้วรัตน์	951
	ศิศีโรตม์ เกตุแก้ว	1091
	ศุภกิจ วงศ์ปัจฉิม	899
	ศุภชัย ระบอบ	1083
	ศุภชัย อรุณพันธ์	967
	ศุภนิมิต ศรีคุณ	951
	ศุภวรรณ ทองถา	811
	เศรษฐชัย ใจฮึก	943
	สถาพร สิทธิวงค์	1003
ส	สนั่น จันทร์พรม	955
	สมกิจ โสพันธ์	1079
	สมใจ อารยวัฒน์	971

	หน้า
สมชาติ โสนะแสง	598
สมชาย ชุมพลกุลวงศ์	637
สมชาย ศรีสกุลเตียว	593
สมบัติ หทัยรัตนานนท์	1007
สมพร ศรีวัฒนพล	883
สมภพ แสงผึ้ง	717
สมมารถ ขาเกลี้ยง	657
สมศักดิ์ อภิรักษ์สมบัติ	835
สมหมาย บัวแย้มแสง	819
สรศักดิ์ เชื้อรัมย์	887
สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ	705, 787
สัญญา คูณขาว	693
สัญญา ผาสุก	967
สามารถ ขันนันต๊ะ	645
สายชล ขุดเจือจีน	783
สายชล ชุดเจือจีน	939, 959
สายฝน ภู่ทอง	1055
สาโรจน์ หลั่งน้ำทิพย์	709
สิงหา จุงศิริ	625
สิทธิชัย จีนะวงษ์	891
สิทธิชัย เพราะสวน	947
สิทธิชัย ศรีคา	609
สิรเบศร์ ทุนอินทร์	701
สุขุมาล กิติสิน	847
สุจารีย์ บุญสิทธิ์	737
สุจิตตรา สีนวนจันทร์	745
สุทธิกานต์ บ่อจักรพันธ์	749
สุทธิเกียรติ ชลลาภ	617
สุทธิพงษ์ หมื่นตาบุตร	847
สุธรรม ชุมพร้อมญาติ	807
สุธาสินี ฉิมเล็ก	871
สุพดี ธรรมเพชร	625
สุพิชชา บูรพาพรพันธ์	851
สุภัทรา เกิดเมฆ	955
สุมิตตรา เกษสะอาด	637
สุรชาติ ส่วนบุญ	713
สุรชาติ เหล็กงาม	1031
สุรินทร์ กิตติธรกุล	649
สุรินทร์ อ่อนน้อม	815
สุรินทร์ อ่อนน้อม	887, 915
สุริยา ดีรักษา	749
สุริยา วงศ์ใหญ่	811
สุวัฒน์ กิจเจริญวัฒน์	959
สุวิพงษ์ เหมะธุลิน	1065
เสกสรรค์ วินยางค์กูล	855
เสถียร ธัญญศรีรัตน์	1087
เสาวลักษณ์ ธีระพันธ์พงศ์	1047
ห	
หทัยภัทร คมแท้	1047
หทัยรัตน์ บุญเนตร	759
หฤทัย ดิ้นสกุล	1007
อ	
อดิเทพ จ่างอ่อน	613, 649
อดิเรก สาระยาม	649
อดิศร สวัสดิ์ภิรมย์	645
อนุชา เรืองพานิช	653
อนุรักษ์ พรหมโคตร	823
อภิชญา สิริวณิชพงศ์	1077
อภิชฎา ทองรักษ์	693
อภิเชษฐ์ พรมเกตุ	1077
อภิญญา ธาตุวิสัย	633
อภินันท์ อุรโสภณ	907
อภิวัฒน์ จันโท	927
อภิวัฒน์ ลุนพงษ์	995
อภิสิทธิ์ แฝงกระโทก	1083
อรพิน ชาญนำสิน	697
อรรถรัตน์ นาวิกาวตาร	709
อรรถสิทธิ์ ทวีกุล	661
อริษา ฟองนาที	779
อ้อยใจ อ่องหร่าย	725

	หน้า
อัครพล ตรีรัตน์	1099
อังศนา พงษ์นุ่มกูล	855
อัญชลี พานิชเจริญ	681, 923
อาจศึก มามีกุล	685
อาภัสรา จันทะเพ็ง	987
อาภาพล มหาวีระ	1043
อารีฟ ดาแตสาตู	1077
อินทวดี จันทร์ทักษิโณภาส	775
อิสรีย์ วงศ์ศรีใส	895
อุดมพล นาอุดม	597
เอกชัย ดีศิริ	693
เอกดา รงค์ดาแก้ว	593
เอกรัตน์ เชื้อวังคา	749

แผนที่เที่ยว
อุดรธานี
1. สำนักงานการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย
2. ศาลเจ้าปู่-ย่า
3. ร้านคอฟฟี่บีตเล้
4. โรงแรมเซ็นทารา และเซ็นทารัลพลาซ่า อุดรธานี
5. ยูดีทาวน์
6. โรงแรมเจริญโฮเต็ล
7. โรงแรมพาราไดซ์
8. สนามบิน
CENTARA
UD TOWN
นกแอร์ ทุกเที่ยวบินมีของขึ้น
ดอนเมือง-อุดรธานี วันละ 4 เที่ยวบิน 06.05, 11.10, 15.40 และ 18.20 น.
อุดรธานี-ดอนเมือง วันละ 4 เที่ยวบิน 07.40, 12.45, 17.20 และ 19.55 น.
เช็คตารางบินของนกแอร์ได้ที่โทร.1318 หรือ www.nokair.com

สกลนคร
ภาพ แพ.ราปนันท์ นนิศนันท์
4 หมู่บ้านท่าเกลือ
5 พิพิธภัณฑ์อาจารย์ฝั้น
6 พิพิธภัณฑ์ภูพาน
7 อุทยานบัวรา
1 หมู่บ้านท่าแร่
2 Farm Hug
3 พระตำหนักภูพาน
จ.หนองคาย Nong Khai
จ.อุดรธานี Udon Thani
จ.สกลนคร Sakon Nakhon
จ.นครพนม Nakhon Phanom
จ.กาฬสินธุ์ Kalasin
จ.มุกดาหาร Mukdahan

แผนที่เที่ยว
เลย
1. วัดศรีมิตวิปัสสนา
2. พระธาตุศรีสองรัก
3. พิพิธภัณฑ์ผีตาโขน / วัดโพนชัย
4. ภูผาน้ำรีสอร์ท / ร้านอาหารริมผา
5. ภูเรือองโนกยาน
6. จุดล่องแก่งลำน้ำสาน อบต.ลาดค่าง
7. สวนกล้วยไม้ลุงวุฒิ
8. เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง
ทางไปสนามบิน
แผนที่เที่ยว
อ.เชียงคาน
1. วัดศรีคุณเมือง
2. สองพี่เมีย
3. See I 249
4. ไอเย็นถีถี
5. เชียงคานบุรี
6. เฮือนหลวงพระบาง
7. ชิค เชียงคาน
8. วัดท่าคก
แม่น้ำโขง
นกแอร์ ทุกเที่ยวบินมีของขึ้น
ดอนเมือง-เลย วันละ 1 เที่ยวบิน 11.45 น.
เลย-ดอนเมือง วันละ 1 เที่ยวบิน 13.30 น.
เช็คตารางบินของนกแอร์ได้ที่ โทร.1318 หรือ www.nokair.com
ทางไปแก่งคุดคู้

ECTI-CARD 2017

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ