



วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

RMUTL Engineering Journal

RMUTL Eng. J.

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2
กรกฎาคม - ธันวาคม 2559

ISSN 2465-4248

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา RMUTL Engineering Journal

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.นำยุทธ Professor Kiyoshi	สงค์ธนาพิทักษ์ Yoshikawa
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สนิท ดร.ภาสวรรณ	พิพิธสมบัติ วัชรดำรงศักดิ์
ดร.กิจจา	ไชยทนต์
ดร.กัญญ์ณัช	ศิริธัญญา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชนิตา	โชติเสถียรกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร ดร.ยรรยง	ผื่นชมภู เฉลิมแสน
นายภคพงศ์	เพชรบุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณ	โสทธิกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร	มูลปา
รองศาสตราจารย์ ดร.โกศล	โอฬารไพโรจน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประชา	ยืนยงกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์	กุลศิริศรีตระกูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุเทน	คำน่าน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นทีชัย	ผัสดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรีดิเรก	มณีวรรณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรินทร์	สิทธิเจริญ
นายสาคร	ปันตา
นายศรีธร	อุปคำ
ดร. บุญเวช	พันธุ์ศรี

กองบรรณาธิการ

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์	จ่านงไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.สักมณ	เทพหัสติน ณ อยู่ธยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.दनัย	ต.รุ่งเรือง	มหาวิทยาลัยเอเซีย
ศาสตราจารย์ ดร.ประดิษฐ์	เทอดทูล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.กอบวุฒิ	รุจิณากุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.สุเชษฐ์	ลิขิตเลอสรวง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Associate Professor Mark	Adom-Asamoah	Kwame Nkrumah University of Science & Technology
รองศาสตราจารย์ ดร.วิสันย์	วรรณจรรย์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต	สิริสิงห์	มหาวิทยาลัยมหิดล



รองศาสตราจารย์ ดร.ขจรศักดิ์	โสมภาจารย์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์	ภูมิภิตติพิชญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.กานต์	เกิดขึ้น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
รองศาสตราจารย์ ดร.สุทธิชัย	เปรมฤดีปรีชาชาญ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์	ชื่นแขก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.วารุณี	เปรมานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์	แก้วตาพิทย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ	บุตรดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนันท์	เจริญสุวรรณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์	คงประเสริฐ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมภาพ	รอดอัมพร	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุเทน	คำน่าน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประชา	เย็นยงกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิริลักษณ์	อินผาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กลิ่นประทุม	ปัญญาปิง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วชิรินทร์	สิทธิเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชานชัย	เดชธรรมรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นเรศ	อินต๊ะวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิวัตร	มูลปา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษดา	ยิ่งขยัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวีชัย	กาฬสินธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภกิต	แก้วดวงตา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร. ฟองจันทร์	จิราสิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ภาคภูมิ	จารุภูมิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร. บุปผเวช	พันธุ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ภาณุ	อุทัยศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.กุลทรัพย์	ผ่องศรีสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
นายณัฐชาติ	ชูเกียรติชกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
นางสาวปริศนา	กุลนลา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
Mr. Russell James Pierce		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
Miss Kalil Zender		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ฝ่ายประสานงานและเผยแพร่

นางสาวจิราภรณ์	กันทะใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
นางสาวอุไรวรรณ	สายะนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
นางสาวจุฑาทิพย์	สุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
นางสาวพิชญา	ศรีพรหมมา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

จดหมายจากบรรณาธิการ

ในนามของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ผมรู้สึกดีใจและภูมิใจเป็นอย่างยิ่งที่ วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี หรือ RMUTL ENGINEERING JOURNAL (RMUTL Eng. J.) ฉบับที่ 2 ของปี พ.ศ. 2559 นี้ได้ถูกเผยแพร่ออกสู่ประชาคมวิจัยของประเทศไทย โดยที่วารสารวิศวกรรมศาสตร์ฉบับนี้ยังคงรักษาแนวคิดของการสร้างพื้นที่เพื่อการแบ่งปันองค์ความรู้ในศาสตร์ด้านวิศวกรรมต่างๆ ให้กับผู้ที่มีความสนใจด้วยดีเสมอ

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ฉบับที่ 2 นี้ ได้นำเสนอบทความที่น่าสนใจ จำนวน 7 บทความ โดยมีรายละเอียดที่ครอบคลุมหัวข้องานวิจัยในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสารและอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรม อุตสาหการ วิศวกรรมพลังงานและวิศวกรรมเครื่องกล โดยเริ่มต้นที่บทความรับเชิญจำนวน 1 บทความ ซึ่งได้กล่าวถึงงานด้านวิศวกรรมเพื่อใช้กับงานด้านการเกษตรเพื่อโครงการหลวงและโครงการพระราชดำริฯ ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บทความปริทัศน์ จำนวน 3 บทความซึ่งได้กล่าวถึง การออกแบบแท็กเพื่อการส่งผ่านกำลังงานแบบไร้สายในระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูง 13.56 MHz การพัฒนาวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดของระบบสื่อสารสำหรับโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์จังหวัดเชียงใหม่ การออกแบบและสร้างเตาเผาแลกเปลี่ยนความร้อนสูงแบบมีระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติและ ส่วนสุดท้ายเป็นบทความวิชาการจำนวน 3 บทความ ได้กล่าวถึง การพัฒนาการประมาณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทิศและมุมต่างกันด้วยวิธีสหสัมพันธ์และใช้เทคนิคการจำแนกลักษณะท้องฟ้าแบบสถิติรูปทรงท้องฟ้าแจ่มใส การศึกษาอิทธิพลของมุมเอียงหน้าตายในกระบวนการลากขึ้นรูปลึก และการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงในเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิกเพื่อป้องกันการล้มคว่ำ ซึ่งทั้งหมดได้ถูกนำเสนอในวารสารฉบับนี้

ในนามของกองบรรณาธิการ ผมขอขอบคุณนักวิจัยที่ได้ให้ความกรุณาในการเขียนบทความรับเชิญนักวิจัยทุกๆ ท่านที่ได้ส่งบทความต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์ลงในวารสารฉบับนี้และขอขอบคุณคณะกรรมการประเมินบทความผู้ทรงเกียรติที่ได้ให้คำแนะนำพร้อมกับให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อทำให้บทความต้นฉบับมีความสมบูรณ์และทำให้วารสารวิศวกรรมศาสตร์มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้นและหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารวิศวกรรมศาสตร์ (RMUTL Eng. J.) นี้จะสร้างคุณประโยชน์ต่อวงการวิชาการต่อไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุเทน คำน่าน
บรรณาธิการ

สารบัญ

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559

บทความรับเชิญ

- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนากับมูลนิธิโครงการหลวง ภูมิศึกษา: งานวิศวกรรมเพื่อการเกษตร 1
วธัญญ์ วรรณพรหม วังระ กิตติวรเชษฐา สามารถ สาลี ณัฐธินิ ทราญแก้ว วรจักร เมืองใจ ชีระศักดิ์ สมศักดิ์
จิตตฤทธิ ทองปรอน และ กฤษณพงศ์ กิริติกร

บทความปริทัศน์

- การออกแบบของสายอากาศแท่งสำหรับการโอนถ่ายกำลังงานแบบไร้สายด้วยระบบอาร์เอฟไอทีที่ความถี่ 8
13.56 MHz
พัชรธรณ์ พูนเกตุ กมลชนก จันทร์ทองศรี นิพนธ์ เลิศมนโกล และ ศุภกิต แก้วดวงตา

- พัฒนาวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดของระบบสื่อสารสำหรับโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรม 14
ราชูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่
ธวัชชัย ตาใจ อรรถพล ณ ตะกั่วทุ่ง และ ยุพดี หัตถลีน

- การออกแบบและสร้างเตาเผาแลกเปลี่ยนความร้อนสูงแบบมีระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติ 22
กริช มารูยาม่า ทศพร คิตรังสรรค์ และ เพลิน จันทร์สุยะ

บทความวิชาการ

- การพัฒนาวิธีการประมาณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทิศและมุมต่างกันด้วยวิธีสหสัมพันธ์และใช้เทคนิคการ 29
จำแนกลักษณะท้องฟ้าแบบมิติสามมิติ : กรณีท้องฟ้าแจ่มใส
สาคร จำปอ้อม จิตตฤทธิ ทองปรอน จีรวรรณ แซ่เล้า รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ และ ชีระศักดิ์ สมศักดิ์

- การศึกษาอิทธิพลของมุมเอียงหน้าตายในกระบวนการลากขึ้นรูปลึก 35
เชษฐ อุทัยยัง วีรวิทย์ เลิศนิจจิรโชติ ไชยรัตน์ ปารจะมี สุรนนท์ เทียนทิพย์ และ สุวิช มาเทศน์

- การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งของจุดศูนย์กลางในเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิก 41
เพื่อป้องกันการล้มคว่ำ
น้ามนต์ โชติวิศุทธิ์ วชิรินทร์ แสงเงิน ณัฐนันท์ คำจูน ปัญญา ดวงแก้วเรือน พงศธร เดชธรรม และ ทนงเกียรติ
เกียรติศิริโรจน์



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนากับมูลนิธิโครงการหลวง

กรณีศึกษา : งานวิศวกรรมเพื่อการเกษตร

Rajamangala University of Technology Lanna and the Royal Project Foundation:
Case Study of : Engineering in Agricultural Systems

วัญญู วรรณพรหม¹ วุชระ กิตติวรเชษฐ์¹ สามารต สาลี¹ ณัฐธินี ทรายแก้ว^{2*} วรจักร เมืองใจ² ชีระศักดิ์ สมศักดิ์²
จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน³ และ กฤษณพงศ์ กิรติกร⁴

¹ส่วนสนับสนุนการดำเนินงานมูลนิธิโครงการหลวง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

²วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

98 หมู่ 8 ตำบลป่าป๋อง อำเภอค้อยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

³สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

⁴มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Wathanyu Wannoprom¹, Watchara Kittivorachate¹, Samart Salee¹, Nuttinee Saikaw^{2*}, Worajak Muangjai²
Teerasak Somsak², Jutturit Thongpron³ and Krissanapong Kirtikara⁴

¹Collaboration Center of RMUTL and KMUTT for Royal Project Foundation and Academic, Rajamangala University of Technology Lanna

²College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

98 M.8 Papong, Doi Saket, Chiangmai, 50220

³Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

⁴King Mongkut's University of Technology Thonburi

*ผู้รับผิดชอบบทความ: nuttineesaikaw@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 053-921-444

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาได้ดำเนินกิจกรรมที่สนับสนุนวิศวกรรมเกษตรด้วยการจัดการระบบวิศวกรรม ตามหลักการบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (total productive maintenance : TPM) ในพื้นที่ของสถานี/ศูนย์ฯ ของมูลนิธิโครงการหลวง จำนวน 38 สถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 จนถึงปัจจุบัน โดยเริ่มจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (preventive maintenance: PM) โดยใช้กลไกการพัฒนาและประเมินความสามารถเฉพาะทาง ผ่านกระบวนการของงานวิจัย งานบริการวิชาการ และการบูรณาการการเรียนการสอนกับพื้นที่ ผลการดำเนินการในระบบ TPM พบว่าสามารถยกระดับทักษะเฉพาะทางด้านช่างของเจ้าหน้าที่ศูนย์ฯ ในระดับ 2 จากการประเมินสมรรถนะตามเสาหลัก TPM ทั้ง 8 ด้าน ใน 5 หลักสูตร คือ เครื่องยนต์เล็ก ไฟฟ้าเบื้องต้น ระบบทำความเย็น เครื่องยนต์ดีเซล และเบนซิน ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรสูงขึ้นร้อยละ 83.17

คำสำคัญ มูลนิธิโครงการหลวง วิศวกรรมเกษตร ระบบ TPM การจัดการงานวิศวกรรม

Abstract

Rajamangala university of technology lanna has supported activities on total productive maintenance (TPM) for personnel of 38 stations and centers of the royal project foundation since 2006. The activities started by implementing programs on preventive maintenance and total productive maintenance. The university leverages its expertise by participation of university lecturers, technical personnel, and student through work integrated learning program, research and service projects. After TPM system was implemented, the evaluation result showed that the specified skills of technical staff were increased to second level. The assessment based on eight pillars of TPM in all five training courses which are small engine, basic electrical system, cooling system, diesel and gasoline engines showed that the overall equipment effectiveness (OEE) was significantly increased to 83.17%.

Keywords; royal project foundation, agricultural engineering, TPM, management engineering.

1. บทนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (มทร.ล้านนา) ร่วมกับหน่วยงานวิชาการและหน่วยงานภายนอก สนับสนุนการดำเนินงานมูลนิธิโครงการหลวงมาตั้งแต่ปี 2549 มีการตั้งศูนย์ความร่วมมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรีเพื่อมูลนิธิโครงการหลวงและกิจกรรมวิชาการ ภายใต้โปรแกรมการดำเนินงานวิศวกรรม พลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเกษตร (engineering, energy and environmental for agriculture: 3EforA) โดยเน้น 3 ด้านคือ (1) การใช้เทคโนโลยีสะอาดกับกระบวนการผลิตภาคเกษตร (2) การส่งเสริมบุคลากรมหาวิทยาลัยทั้งอาจารย์ เจ้าหน้าที่และนักศึกษาให้มีความรู้ สหวิทยาการและเข้าใจบริบทสังคมชุมชน (3) การจัดการองค์ความรู้และกลไกเชื่อมโยงถ่ายทอดไปสู่ชุมชน การดำเนินงานดังกล่าวยังส่งเสริมบทบาทในการมีส่วนร่วม ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา กับ มูลนิธิโครงการหลวง (และโครงการตามพระราชดำริ ซึ่งบทความนี้ไม่ครอบคลุม) บทความนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ ผลการดำเนินงานด้านการจัดการงานวิศวกรรมเพื่อการเกษตรที่สูงที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ให้การสนับสนุนแก่มูลนิธิโครงการหลวง โดยมุ่งเน้นให้เกิดการจัดการงาน สร้างความสามารถ และถ่ายทอดความรู้วิศวกรรมศาสตร์ให้กับบุคลากรเพื่อทำงานด้านเกษตรและการแปรรูปอย่างมีประสิทธิภาพ

2. กรอบแนวคิดในการดำเนินงาน

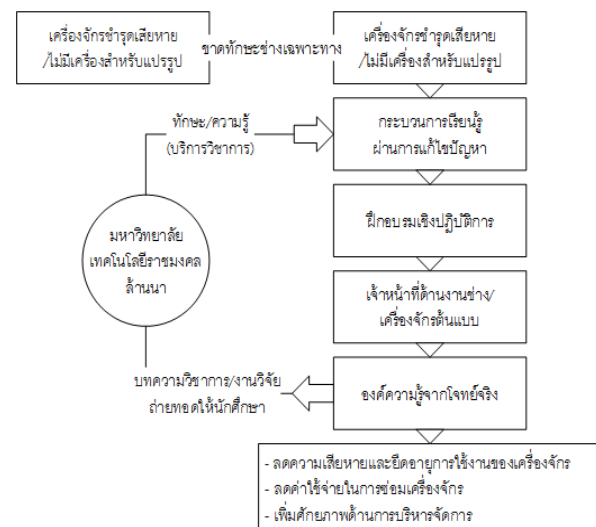
2.1 การจัดการงานวิศวกรรม (management engineering)

การจัดการวิศวกรรมเป็นการผสมผสานหลักการและวิธีการทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการ การจัดการ และเทคโนโลยีข้อมูล เพื่อนำมาใช้จัดการองค์กรให้มีประสิทธิภาพในการให้บริการสูงสุดและมีผลผลิตมากที่สุด การจัดการวิศวกรรมจะเน้นที่การออกแบบ วางแผน และบริหารหน่วยงานต่างๆ ในองค์กร โดยพิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติงานของหน่วยงานและองค์กร เช่น การเงิน บุคลากร การจัดซื้อ การวางแผนและควบคุมการผลิต(และการให้บริการ) การจัดการคุณภาพ การจัดการโซ่อุปทาน เป็นต้น [1]

2.2 การประยุกต์ใช้การจัดการงานวิศวกรรมเพื่อสนับสนุนกิจกรรมมูลนิธิโครงการหลวง

ในเบื้องต้นสถานี่และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงส่งเสริมการเกษตรพืชเมืองหนาว โดยพิจารณาปลูกพืชตามระดับความสูงของภูมิประเทศแทนพื้นที่ปลูกฝิ่น พัฒนาพื้นที่ที่ห่างไกลความเจริญยากลำบากในการพัฒนา นอกจากการผลิตผลผลิตเกษตร มูลนิธิฯ ใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

เทคโนโลยีเพื่อการแปรรูป ระบบโลจิสติกส์ การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในขั้นตอนต่างๆ ทำให้การพัฒนาเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ แต่การใช้เทคโนโลยีต้องการบุคลากรที่ได้รับการฝึกให้มีความรู้และทักษะเฉพาะ ต่างจากการทำการเกษตรที่เกษตรกรอาจมีความรู้และทักษะพื้นฐาน นอกจากบุคลากรเฉพาะแล้ว ต้องมีกลไกบำรุงรักษาและซ่อมแซม แต่เนื่องจากพื้นที่โครงการหลวงอยู่ห่างไกล บุคลากรมูลนิธิฯ ส่วนมากไม่มีความรู้ความชำนาญด้านช่าง ทำให้ไม่สามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ มทร. ล้านนา มีจุดแข็งด้านช่าง และงานวิศวกรรมเกษตรเชิงระบบ ดังนั้นหากใช้กรอบแนวคิดระบบการซ่อมบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม (total productive maintenance: TPM) ดังรูปที่ 1 เพื่อสนับสนุนงานให้กับมูลนิธิโครงการหลวงในด้านช่าง และด้านวิศวกรรมจะส่งผลดีโดยรวม



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานจะพิจารณาผลลัพธ์ใน 2 หัวข้อหลัก คือ

1) ผลลัพธ์ต่อมูลนิธิโครงการหลวง

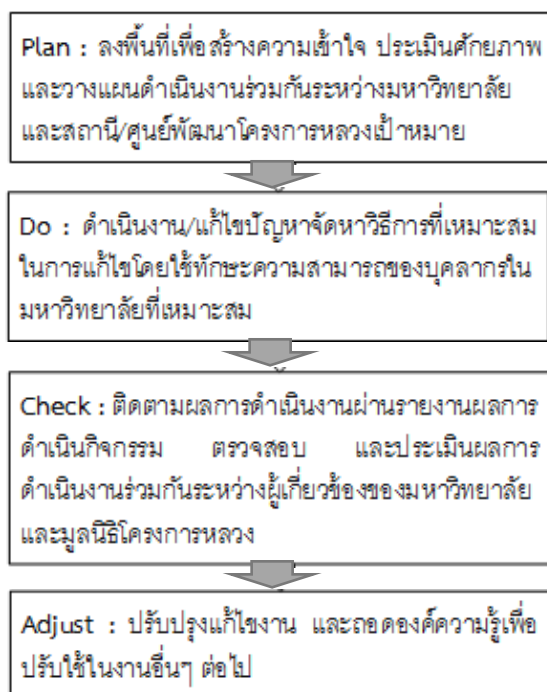
เจ้าหน้าที่ของมูลนิธิโครงการหลวงชาวบ้าน/เกษตรกรในชุมชนมีความสามารถในการซ่อมบำรุงเครื่องมือและเครื่องจักรทางการเกษตรและเรียนรู้การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (preventive maintenance) เพื่อลดการสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต

2) ผลลัพธ์ต่อมหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยมีกลไกสร้างความรับผิดชอบต่อสังคมและมีสถานที่ปฏิบัติงานจริง ที่ใช้พัฒนาอาจารย์ บุคลากรและนักศึกษาให้สามารถเชื่อมและประยุกต์ความรู้เทคนิคกับโจทย์จริงที่เป็นปัญหาของมูลนิธิโครงการหลวง ผ่านการเรียนรู้การสอนแบบบูรณาการงาน บริการวิชาการ งานวิจัย สิ่งประดิษฐ์

3. วิธีการดำเนินงาน

การทำงานสนับสนุนกิจกรรมของมูลนิธิโครงการหลวงด้านวิศวกรรมเกษตร ภายใต้ยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยด้าน สร้างความเป็นเลิศทางด้านวิชาการ วิจัย และนวัตกรรม (community research and innovation) ได้ประยุกต์ใช้ PDCA cycle โดยมีแนวคิดดังนี้



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดในการดำเนินงาน มทร.ล้านนา ร่วมกับ มจร. เริ่มให้บริการเทคนิคและสนับสนุนงานวิชาการแก่มูลนิธิโครงการหลวงและโครงการตามพระราชดำริตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2549 ภายใต้ “ศูนย์ความร่วมมือ มทร.ล้านนา และ มจร. เพื่อมูลนิธิโครงการหลวงและกิจกรรมวิชาการ” โดยเริ่มจากการนำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (preventive maintenance: PM) ไปประยุกต์ใช้กับสถานี/ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงก่อน หลังจากนั้นได้นำการบำรุงรักษาแบบที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) มาปรับใช้ภายหลัง จนถึงการสร้างและออกแบบเครื่องจักรที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตของสถานี/ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง (การสร้างและออกแบบเครื่องจักรไม่ได้ครอบคลุมในบทความนี้) การประเมินผลดำเนินงานหลังการประยุกต์ใช้ระบบ TPM เน้นการวิเคราะห์ดังนี้

- ร้อยละการทำงานของเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้น
- ความสามารถทางงานช่างที่ทำการอบรมเชิงทฤษฎี โดยมีแบบทดสอบใช้ในการประเมิน ความสามารถทางงานช่างซ่อมเครื่องยนต์ ของเจ้าหน้าที่ผู้เข้าฝึกอบรม
- บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีความพร้อมในการทำงานอยู่เสมอ (ลดการ break down)

- ยึดอายุการใช้งานของเครื่องจักรและประหยัดค่าใช้จ่ายจากการใช้เครื่องจักร

- ลดรายจ่ายงบประมาณของการบำรุงรักษาและลดการจัดซื้อเครื่องจักรของแต่ละสถานี/ศูนย์ฯ ของมูลนิธิโครงการหลวง

การจัดการระบบ TPM ให้มีประสิทธิภาพต้องเน้นกิจกรรมที่ทุกหน่วย ทุกฝ่ายในองค์กร และบุคคลทุกระดับ มีส่วนร่วม งาน TPM จะสำเร็จลุล่วงได้จะประกอบไปด้วยหลายกิจกรรม เช่น การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ การจัดทำคู่มือการบำรุงรักษา การประเมินเอกสารการตรวจเช็คเครื่องจักร เป็นต้น ทั้งนี้ มหาวิทยาลัยฯ ได้ทำอีกหนึ่งกิจกรรมที่สนับสนุนระบบ TPM เพื่อตอบโจทย์และพัฒนาทั้งระบบการจัดการ คือ ผ่านการเรียนรู้ปฏิบัติจริง (hands-on) โดยใช้งานวิจัยของอาจารย์ โครงการงาน/ปริญญาานิพนธ์นักศึกษา และใช้การฝึกอบรมปฏิบัติจริงเพื่อให้เจ้าหน้าที่/ช่าง ได้เรียนรู้แบบ hands-on ด้วย

4. ผลการดำเนินงาน

งานด้านการซ่อมบำรุงรักษาแบบทีพีแอล จนถึงปัจจุบันนี้ พัฒนาการดังนี้

4.1 การจัดการวิศวกรรมเกษตรอย่างเป็นระบบด้วยหลักการบำรุงรักษาแบบทีพีแอลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM)

การบำรุงรักษาแบบทีพีแอลที่ทุกคนมีส่วนร่วม มุ่งเน้นการพัฒนาและยกระดับคุณภาพของบุคลากรของมูลนิธิโครงการหลวงด้านงานวิศวกรรมในพื้นที่อย่างเป็นระบบ และเพิ่มศักยภาพของบุคลากรและนักศึกษาในมหาวิทยาลัยให้มีความรู้ความสามารถที่นำไปสู่การปฏิบัติ ได้จริง มีแผนติดตามผลที่มีประสิทธิภาพ สามารถแบ่งผลการดำเนินงานออกเป็น 4 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 พ.ศ. 2549

เริ่มจากการลงพื้นที่เพื่อ “สร้างความเข้าใจ” ให้กับสถานี/ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงถึงแนวทางการทำงานของมหาวิทยาลัยที่สนับสนุนกิจกรรมต่างๆ ของมูลนิธิโครงการหลวง ทำให้เกิดแนวทางการดำเนินงานเพื่อสามารถตอบโจทย์ในบริบทของสถานี/ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง

ระยะที่ 2 พ.ศ. 2550 - 2553

การดำเนินงานในระยะที่ 2 มุ่งเน้น “การถ่ายทอดองค์ความรู้” ให้เจ้าหน้าที่ และแลกเปลี่ยนความรู้กับทางบุคลากรของมหาวิทยาลัยในรูปแบบของการอบรมเชิงปฏิบัติการ และการสร้างเครื่องจักรต้นแบบ ผ่านโครงการปฏิบัติการซ่อมบำรุงและวางแผนป้องกันการซ่อมบำรุงเคลื่อนที่ ปีงบประมาณ 2550 โครงการในระยะเวลานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างจิตสำนึกทางด้านช่างดีและแนวความคิดให้แก่ช่างประจำศูนย์ฯ ในการวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเบื้องต้น

(preventive maintenance) ซึ่งอาจารย์และบุคลากรของมหาวิทยาลัยได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมเกษตรผ่านการฝึกอบรมการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันสร้างทักษะในการซ่อมบำรุงจัดระบบการทำงานของคอนกรีตร่วมกับเครื่องจักร เช่น การฝึกปฏิบัติการเชื่อม ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การฝึกทักษะปฏิบัติการเชื่อม

จากการดำเนินงานดังกล่าวเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวงจำนวน 173 คนมีความรู้และทักษะทางด้านงานวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรงานไฟฟ้าเบื้องต้นเครื่องยนต์เล็ก ระบบเครื่องยนต์ และมอเตอร์เบื้องต้นเพิ่มขึ้นนอกจากนี้ยังทำให้เกิดกลุ่มความร่วมมือคลัสเตอร์ (cluster) นำร่องสายเหนือ ได้แก่ ศูนย์ฯอ่างขาง ศูนย์ฯหนองเขียว ศูนย์ฯแก่งน้อย ศูนย์ฯห้วยลึก ศูนย์ฯแม่ป๋นหลวง และศูนย์ฯหมอกจำนงค์ และทำให้เกิดความร่วมมือจัดตั้งศูนย์ซ่อมบำรุงประจำคลัสเตอร์สายเหนือที่ศูนย์ฯห้วยลึกขึ้น เพื่อเป็นสถานที่ให้ทางคลัสเตอร์สามารถซ่อมบำรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ได้เองและใช้ฝึกอบรมทักษะด้านช่างสำหรับบุคลากรของศูนย์ฯพัฒนาโครงการหลวงหรือชุมชน โครงการปฏิบัติการซ่อมบำรุงและวางแผนป้องกันการซ่อมบำรุงเคลื่อนที่ปีงบประมาณ 2551-2553 “มุ่งเน้นสร้างความเข้าใจกับผู้บริหารของศูนย์ฯ” ให้เกิดแนวความคิดในการสนับสนุนให้ช่างประจำศูนย์ฯพัฒนาโครงการหลวง สามารถใช้ระบบซ่อมบำรุงเชิงป้องกันและวางแผนการซ่อมบำรุงเคลื่อนที่ (PM) เพื่อสร้างเอกสารการตรวจเช็คพร้อมทั้งชี้แนะและจัดระบบงานแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเบื้องต้น (PM) ให้กับช่างและเจ้าหน้าที่ของศูนย์ฯพัฒนาโครงการหลวงเพื่อซ่อมบำรุงเครื่องจักร สำหรับระบบไฟฟ้า ระบบประปาและงานโยธาทายในศูนย์ฯพัฒนาโครงการหลวงให้สามารถใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพโดยสร้างและพัฒนาความสามารถให้กับเจ้าหน้าที่และบุคลากร จำนวน 5 หลักสูตร คือ หลักสูตรการควบคุมงานก่อสร้าง เครื่องทำความเย็น ระบบไฟฟ้าเบื้องต้น การซ่อมเครื่องยนต์เล็ก และ เครื่องยนต์ดีเซล ดังรูปที่ 4 ในโครงการนี้มีผู้ผ่านการฝึกอบรมทั้งหมด 178 คน และจากการประเมินความรู้พื้นฐานทางทฤษฎีและทักษะใน

การปฏิบัติก่อนและหลังอบรม พบว่าผู้ผ่านการฝึกอบรมมีทักษะด้านช่างเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 87 มีเครื่องจักรที่ผ่านการซ่อมบำรุงจำนวน 227 เครื่อง สามารถกลับมาใช้งานได้ 221 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 97 จากเครื่องจักรที่ผ่านการซ่อมบำรุงทั้งหมด



รูปที่ 4 การฝึกอบรมเครื่องยนต์ดีเซล

ระยะที่ 3 ปี พ.ศ. 2554 - 2557

ในปี 2554 ได้มีแนวคิดในการสร้าง “ระบบบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (total productive maintenance : TPM)” ในการสร้างกลไกการบริหารจัดการ โดยเน้นการสร้าง ความเข้าใจเพิ่มให้กับหัวหน้าศูนย์ เจ้าหน้าที่ ช่างประจำศูนย์ และผู้ที่เกี่ยวข้องในการขับเคลื่อนงานวิศวกรรมเพื่อ การเกษตร และพัฒนาความสามารถเฉพาะทางให้กับช่างแต่ละสถานี/ศูนย์ฯ จำนวน 6 หลักสูตรได้แก่หลักสูตรความรู้เบื้องต้นทางไฟฟ้าและการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าหลักสูตรการซ่อมเครื่องยนต์เล็ก หลักสูตรการซ่อมบำรุงเครื่องจักรงานแปรรูปชาหลักสูตรเครื่องยนต์ดีเซลและหลักสูตรการใช้ อุปกรณ์สำนักงานด้านคอมพิวเตอร์รวมถึงงานบริการวิชาการด้านเครื่องจักรกลด้านไฟฟ้า-พลังงานและด้านโยธา ให้กับสถานี/ศูนย์ฯพัฒนาโครงการหลวง จำนวน 38 แห่ง อาจารย์/ผู้เชี่ยวชาญจากมทร.ล้านนา ด้านการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันตามสาขาต่างๆ ปฏิบัติงานร่วมกับช่างที่ผ่านการคัดเลือกจากสถานี/ศูนย์ฯมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและพัฒนาบุคลากรในพื้นที่ดังรูปที่ 5 โดยมีกลไกการทำงานแบบบูรณาการร่วมกับอาจารย์บุคลากร นักศึกษาของมหาวิทยาลัยเพื่อตอบโจทย์บูรณาการด้านการเรียนการสอน ด้านงานวิจัยนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์และด้านการบริการวิชาการแก่ชุมชนตามยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยเพื่อฝึกทักษะของบุคลากรให้เป็นมืออาชีพ (professional) และนักศึกษาเป็นนักปฏิบัติ (hands on) โดยใช้โจทย์การทำงานจริงในพื้นที่ให้เกิดแนวทางการพัฒนาร่วมกันอย่างยั่งยืน โครงการนี้มีผู้ผ่านการอบรมเรื่องการจัดการระบบบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม ทั้งหมด 451 คน ผลจากการประเมินความรู้พื้นฐานทางทฤษฎีและทักษะใน

การปฏิบัติพบว่า เจ้าหน้าที่ช่างที่เป็นผู้ช่วยมีความเข้าใจในการดำเนินงานของคณะทำงานและเห็นถึงความสำคัญในการบำรุงรักษาแบบทวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมมีทักษะด้านช่างเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 87 มีเครื่องจักรจากการซ่อมบำรุงจำนวน 407 เครื่อง สามารถใช้งานได้ 402 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 98 มีแผนการบำรุงรักษาแผนการป้องกันความเสียหายครบทุกเครื่อง ลดค่าใช้จ่ายในส่วนงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรจำนวน 8 สถานี เป็นจำนวนเงินทั้งหมด 119,482 บาท คิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ทั้งนี้ยังไม่รวมการลดการสูญเสียด้านผลิตภาพจากเวลาที่เครื่องจักรทำงานไม่ได้ (down time) ที่อาจมีมูลค่าหลายแสนบาท

ในปี 2555-2556 มหาวิทยาลัยได้มุ่งเน้นในการสร้างความสามารถช่างเฉพาะทาง ค้นหาผู้นำความเปลี่ยนแปลง (change agent : CA) ประเมินสมรรถนะด้านช่างและประเมินระบบการบำรุงรักษาตามกลไกของ TPM 8 ระบบ 5 ขั้นตอนดังแสดงในหัวข้อที่ 3 ซึ่งนอกจากการลงพื้นที่ทำงานในพื้นที่สถานี/ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแล้ว ยังครอบคลุมไปถึงการพัฒนาความสามารถบุคลากรในโรงงานแปรรูปชา 3 แห่ง และสถานีวิจัยเห็ด 1 แห่ง



รูปที่ 5 การฝึกอบรมระบบควบคุมมอเตอร์จากการดำเนินงาน มีผู้ผ่านการประเมินสมรรถนะจากการฝึกอบรม จำนวน 135 คน สามารถซ่อมระบบ/เครื่องจักรภายในศูนย์ฯ จำนวน 24 รายการ มีการสำรองอุปกรณ์/อะไหล่ในงานซ่อมบำรุง 45 รายการ มีเอกสารการตรวจเช็คเครื่องจักร จำนวน 7 ชุดฐานข้อมูล ตัวอย่างการประเมินสมรรถนะผู้เข้าอบรมแสดงดังตารางที่ 1

ระยะที่ 4 ปี พ.ศ. 2557-ปัจจุบัน

นับตั้งแต่ ปี 2557 มหาวิทยาลัยมุ่งมั่นในการพัฒนาการบำรุงรักษาแบบทวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วมที่เน้นการประเมินสมรรถนะและพัฒนาบุคลากรของมูลนิธิ โครงการหลวง และพัฒนาศักยภาพบุคลากรของมหาวิทยาลัยให้มีความรู้ความสามารถที่นำไปสู่การปฏิบัติได้จริงในพื้นที่สนับสนุนการ

บริหารจัดการและติดตามผลการอบรมจากหลักสูตรเบื้องต้นอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งการดำเนินงานตามตารางที่ 1 ตัวอย่างผลการประเมินสมรรถนะผู้อบรมในโครงการ TPM ภายในโรงชาโครงการหลวง

กลุ่มเป้าหมาย	โรงงานแปรรูปชา	ระดับ
ช่าง/ลูกจ้างชั่วคราว	ขุนแม่วาก	2
	ปงตอง	1
	ห้วยน้ำขุ่น	1
หัวหน้าช่าง	ขุนแม่วาก	2
	ปงตอง	1
	ห้วยน้ำขุ่น	1
หัวหน้าศูนย์ฯ	ขุนแม่วาก	1
	ปงตอง	2
	ห้วยน้ำขุ่น	2

หมายเหตุ ระดับของการประเมินมีทั้งหมด 4 ระดับ (ตารางที่ 2)

กลไกในระบบการบำรุงทวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม และการลงพื้นที่วางแผนการซ่อมบำรุงเคลื่อนที่ได้ ทั้งนี้ได้นำร่องในการดำเนินกลไกระบบการบำรุงรักษาทวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วมในพื้นที่โรงงานแปรรูปชาโครงการหลวงทั้งหมด 3 แห่ง ได้แก่ โรงงานแปรรูปชาขุนแม่วาก (ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง) โรงงานแปรรูปชาปงตอง (ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ) และโรงงานแปรรูปชาห้วยน้ำขุ่น (ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น) ในโครงการนี้ได้ประเมินผลความก้าวหน้าของระบบ TPM ด้วยค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (overall equipment effectiveness: OEE) ของโรงงานแปรรูปชาจำนวน 3 แห่งของมูลนิธิโครงการหลวงเพื่อสร้างระบบการจัดการขั้นพื้นฐานภายในโรงงานชาในพื้นที่โครงการหลวงให้มีมาตรฐานตามการควบคุมการผลิตฯ ผลที่ได้นำมาใช้ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลโดยเน้นแก้ไขปัญหาการหยุด เนื่องจากการชำรุดอย่างถาวร (เสีย) ของเครื่องจักร ให้มีโอกาสการหยุดเท่ากับร้อยละศูนย์ (zero breakdown) การดำเนินงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรภายในโรงงานชาขึ้นร้อยละ 15.80 จากร้อยละ 67.36 เป็นร้อยละ 83.17 ซึ่งเข้าใกล้ค่าในระดับมาตรฐาน คือร้อยละ 85 โดยมีตัวแปรในการเก็บข้อมูลและสมการในการคำนวณที่เกี่ยวข้อง [2] แสดงไว้ดังนี้

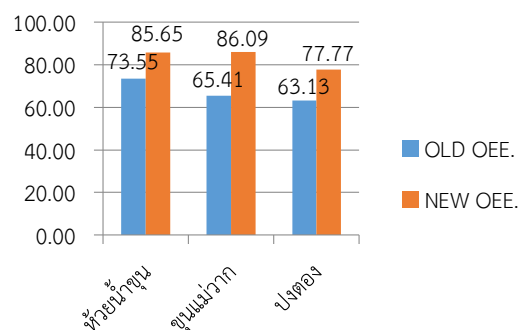
$$\text{ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร} = \text{อัตราเดินเครื่อง} \times \text{ประสิทธิภาพเดินเครื่อง} \times \text{อัตราคุณภาพ}$$

โดยที่อัตราเดินเครื่อง (availability) คือ ความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน (%) ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (performance) คือ สมรรถนะการทำงานของเครื่องจักร (%) อัตราคุณภาพ (quality) คือ คุณภาพของชิ้นงานที่ผลิตได้ (%)

ตารางที่ 2 อธิบายความหมายการประเมินสมรรถนะผู้อบรมในโครงการ TPM

ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4
ช่าง/ลูกจ้างชั่วคราว			
มีทักษะเรื่องบำรุงรักษาวงรอบ การ และการซ่อมบำรุง เครื่องจักรเบื้องต้น ดังนี้ ทำความสะอาดเครื่องจักรการอัดจาระบี เปลี่ยนน้ำมันเครื่อง และบำรุงรักษาระบบหล่อลื่น เครื่องจักร	มีทักษะและความรู้ในการเปลี่ยน อะไหล่ และซ่อมบำรุงเครื่องจักรเชิงลึก ดังนี้ เปลี่ยนมอเตอร์ ลูกกลิ้ง โซ่งกำลัง เปลี่ยนสายพาน โดยมี คณะทำงานจากมหาวิทยาลัยเป็น ที่เลี้ยง	มีความรู้เบื้องต้นทางด้านทฤษฎี เรื่องระบบการบำรุงรักษาเชิง ป้องกัน โดยผ่านเกณฑ์การ ประเมินการวัดความรู้ทางด้าน ทฤษฎี และปฏิบัติไม่น้อยกว่า ร้อยละ 70 จากคะแนนการ ประเมิน	สามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ จากการฝึกอบรมไปปรับใช้ในงาน จริง รู้เรื่องตารางการตรวจเช็ค เครื่องจักร และการเก็บค่าใช้จ่ายใน งานซ่อมบำรุงประจำปี
หัวหน้าช่าง			
มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการ ระบบ TPM และวิธีการ ดำเนินการซ่อมบำรุง การเปลี่ยน อะไหล่ ปัญหาเครื่องจักรเชิงลึก	มีความรู้เบื้องต้นทางด้านทฤษฎี เรื่องการซ่อมบำรุงโดยผ่านเกณฑ์ ประเมินการวัดความรู้ทางด้าน ทฤษฎี และปฏิบัติไม่น้อยกว่า ร้อย ละ 90จากคะแนนการประเมิน	สามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ จากการฝึกอบรมไปปรับใช้ในงานจริง และถ่ายทอดองค์ความรู้ ที่จากการอบรมให้กับผู้สนใจได้ และ จัดทำตารางการตรวจเช็ค เครื่องจักร และการเก็บค่าใช้จ่าย ในงานซ่อมบำรุงประจำปี	สามารถสรุปงานและจัดทำรายงาน ประจำเดือน,วางแผนการสำรอง อะไหล่ และจัดส่งข้อมูลสรุป ค่าใช้จ่ายประจำปี
หัวหน้าศูนย์ฯ			
มีเจตคติที่ดีต่อระบบการบำรุง รักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม	มีความรู้และความเข้าใจเบื้องต้นใน ระบบการบำรุง รักษาที่ทุกคน มีส่วนร่วม	สามารถตรวจสอบความถูกต้อง ของเอกสารการตรวจเช็ค เครื่องจักรที่คณะทำงานของ ศูนย์ฯได้จัดทำได้อย่างถูกต้อง	ออกกฎและข้อบังคับการใช้ระบบ การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วน ร่วมให้เป็นนโยบายของศูนย์ฯ

หลังจากการฝึกอบรมสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบ การบำรุงรักษา และการซ่อมบำรุงเครื่องจักรภายในโรงงาน แปรรูปฯ โดยเน้นการลงมือปฏิบัติแก้ไขปัญหาเครื่องจักร ภายในโรงงานที่ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ และที่ชำรุดถาวร ใช้ช่างประจำศูนย์และลูกจ้างชั่วคราวเป็นผู้ซ่อมบำรุง ซึ่งมี บุคลากรของมหาวิทยาลัยเป็นผู้ให้ความรู้และเป็นที่ปรึกษา ด้านต่างๆกล่าวคือ 1) การทำความสะอาดเครื่องจักร2) การ บำรุงรักษาและบริการจุดการหล่อลื่นของล้อหมุนต่างๆของ เครื่องจักร เช่น การอัดจาระบีและหยอดน้ำมันเครื่อง 3) การตรวจสอบจุดบกพร่องของเครื่องจักรภายในโรงงานที่ สามารถแก้ไขปัญหาหน้างานได้ เช่น ตั้งโซ่ ตั้งความตึงสาย พาย รวมทั้งสิ้น 39 เครื่อง แยกเป็นเครื่องจักรของโรงงาน แปรรูปฯโครงการหลวงขุนแม่วาง จำนวน 12 เครื่อง โรงชาปตองจำนวน 17 เครื่อง และโรงชาห้วยน้ำขุนจำนวน 10 เครื่อง จากการดำเนินการดังกล่าว ได้แสดงค่าเฉลี่ย ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) แบบแยกรายศูนย์ฯ ไว้ ดังรูปที่ 6 และผลการประเมินความก้าวหน้าระบบ TPM แสดงไว้ดังตารางที่ 3



รูปที่ 6 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรแยกตาม รายศูนย์

ตารางที่ 3 ผลความก้าวหน้าของระบบ TPM

กิจกรรมที่	1	2	3	4	5	6	7
ระดับความก้าวหน้า	1	2	3	4			
ขุนวาง							
ม่อนเงาะ							
ห้วยน้ำขุน							

ตารางที่ 4 ความหมายการประเมินความก้าวหน้าของระบบ TPM

เกณฑ์การประเมิน	กิจกรรมการดำเนินงาน
ระดับที่ 1	กิจกรรมที่ 1 คือ ประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักร เป้าหมายคือ ได้ข้อมูลประสิทธิภาพเครื่องจักร กิจกรรมที่ 2 คือ ดำเนินการอบรม ทำความเข้าใจ/TPM สร้างความเข้าใจร่วมกันกับศูนย์ฯ เป้าหมายคือ สร้างความเข้าใจเรื่อง TPM โดยใช้ OEE ในการดำเนินงานและประเมินผล
ระดับที่ 2	กิจกรรมที่ 3 คือ สร้างความเข้าใจเรื่อง TPM โดยใช้ OEE ในการดำเนินงานและประเมินผล เป้าหมายคือ สามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น กิจกรรมที่ 4 คือ 1. ดำเนินการติดตามผล 2. ติดตามสถานะอาการเสียของเครื่องจักรโดยใช้ป้าย (tag) 3. ติดตามเอกสารตรวจเช็คเครื่องจักร (check sheet) 4. ติดตามเอกสารประเมินการปลด tag ของศูนย์ฯ 5. รายงานความคืบหน้าการปลด tag ของศูนย์ฯ เป้าหมายคือ ได้ข้อมูลความคืบหน้าการดำเนินการปลด tag ของศูนย์ฯ ได้ข้อมูลจากเอกสารตรวจเช็ค/เครื่องจักร/สามารถประเมินผลการดำเนินงานโดยระบบ OEE ของศูนย์ฯ และประเมินความก้าวหน้า
ระดับที่ 3	กิจกรรม 5 คือ วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน TPM โดยใช้ระบบ OEE เป้าหมายคือ ได้ข้อมูลการดำเนินงานเพื่อใช้ในการปรับปรุงแก้ไข กิจกรรม 6 คือ ดำเนินการประเมินผลประจำเดือน เป้าหมายคือ ความคืบหน้าประจำเดือน
ระดับที่ 4	กิจกรรมที่ 7 คือ สรุปผลการดำเนินงาน ประจำเดือน/ เป้าหมายคือ รายงานสรุปผลการดำเนินงานประจำเดือน และค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุงประจำปี

ปัจจัยที่ส่งผลให้ระดับความก้าวหน้าแตกต่างกัน คือการให้ความสำคัญในการติดตามกิจกรรมของหัวหน้าศูนย์และทักษะความสามารถของช่างประจำศูนย์ คำอธิบายความหมายของระดับความก้าวหน้าของระบบ TPM แสดงดังตารางที่ 4 ปี 2558 มหาวิทยาลัยฯ จัดฝึกอบรมพัฒนาความสามารถทักษะทางด้านช่างเบื้องต้น ในหลักสูตรการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์เบนซิน เครื่องทำความเย็น และระบบไฟฟ้า เพื่อประเมินสมรรถนะผู้เข้าอบรม โดยมีช่างประจำศูนย์และเยาวชนในพื้นที่เข้าร่วม และผ่านการประเมินสมรรถนะในระดับ 1 จำนวน 42 คน ในปี 2559 ได้จัดทำแผนการดำเนินงานเพื่อขยายผลการประเมินโดยใช้ค่า OEE ในการพัฒนาวิศวกรรมเกษตรบนพื้นที่สูงโดยใช้หลักการสร้างความสามารถในการแก้ไขปัญหาในอาคารผลิตผลของสถานี/ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ทั้ง 38 แห่ง

5. บทสรุป

มหาวิทยาลัยสนับสนุนสถานี/ศูนย์ฯ ของมูลนิธิโครงการหลวง จำนวน 38 สถานี ในด้านวิศวกรรมเกษตรด้วยการจัดการระบบวิศวกรรม ตามหลักการบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 จนถึงปัจจุบัน โดยเริ่มจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) โดยใช้กลไกการพัฒนาและประเมินความสามารถเฉพาะทาง

ผ่านกระบวนการของงานวิจัย งานบริการวิชาการ และการบูรณาการการเรียนการสอนกับพื้นที่ สามารถลดความสูญเสียจากการทำงานและเพิ่มผลิตภาพ รวมทั้งพัฒนาเจ้าหน้าที่ให้มีความสามารถทางด้านช่าง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่สนับสนุนสถานที่และบุคลากรในการดำเนินงาน และขอขอบคุณศูนย์ความร่วมมือ มทร.ธัญบุรี และ มจร. เพื่อมูลนิธิโครงการหลวงและกิจกรรมวิชาการ ที่ให้ข้อมูลในการเขียนบทความ รวมถึงสนับสนุนการดำเนินงานมูลนิธิโครงการหลวงของมทร.ธัญบุรีที่สนับสนุนองค์ความรู้และงบประมาณในการดำเนินงาน

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Phulporn. S. *Engineering Management*, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Thailand; 2555.
- [2] Namnaphol. P. *Overall Equipment Effectiveness (OEE) Improvement of a Power Filling Machine*, Department of Engineering Management, Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University, Thailand; 2555.

การออกแบบของสายอากาศแท็กสำหรับการถ่ายโอนกำลังงานแบบไร้สายด้วยระบบอาร์เอฟไอดี ที่ความถี่ 13.56 MHz

A Design of Tag Antenna for Wireless Power Transfer with RFID Systems at 13.56 MHz

พัชราธรณ์ พูนเกตุ กมลชนก จันทรทองศรี นิพนธ์ เลิศมนโนกุล และ ศุภกิต แก้วดวงตา *

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Patcharathorn Poonkate, Kamonchanok Janthongsri, Nipon Lertmanokul and Supakit Kawdungta *

Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

128 HuayKaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* ผู้รับผิดชอบบทความ: supakitting@rmutl.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 086-565-9485

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบการสร้างและการทดสอบสายอากาศแท็กเพื่อการส่งผ่านกำลังงานแบบไร้สายด้วยระบบอาร์เอฟไอดี ย่านความถี่สูง (13.56 MHz) โดยออกแบบสายอากาศแท็กแบบวงให้มีขนาดใกล้เคียงกับบัตรมาตรฐาน ISO (5.4 cm x 8.6 cm) สำหรับชิปไอซี 2 เบอร์ คือ MF1S5000 และ M24LR04 จากผลการทดสอบการรับส่งกำลังงานระยะการอ่านข้อมูลและระยะการส่งผ่านกำลังงานพบว่าแท็กต้นแบบทั้ง 2 ตัวสามารถรับส่งกำลังงานได้ซึ่งระยะของการอ่านและการส่งผ่านกำลังงานสูงสุดจะอยู่ที่ระยะ 4 cm และระยะที่สามารถส่งกำลังงานได้สูงที่สุดอยู่ที่ระยะ 0-3 cm และสามารถเปลี่ยนพลังงานมาเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ในช่วงเท่ากับ 3-7 Vdc

คำสำคัญ การส่งผ่านกำลังงานแบบไร้สาย การสื่อสารไร้สายระยะใกล้ อาร์เอฟไอดี

Abstract

This paper presents the designation, fabrication and measurement for wireless power transfer (WPT) with high frequency radio frequency identification systems (HF-RFID : 13.56 MHz). Tag antennas are designed as loop antenna with size of ISO card (5.4 cm x 8.6 cm) for two chips that are MF1S5000 and M24LR04. From measured results of power transfer, read range and power transfer range, the prototype tags can be transferred power. They can be read and transferred power at the distance of 4 cm and can be transferred maximum power at 0-3 cm with 3-7 Vdc.

Keywords; wireless power transfer (WPT), near field communication (NFC), radio frequency identification (RFID).

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้ด้วยเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สื่อสารระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายการสื่อสารระยะใกล้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้หลากหลายรูปแบบโดยเฉพาะการเชื่อมต่อการสื่อสารของระบบอาร์เอฟไอดี (radio frequency identification system: RFID System) ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ตัวคือแท็ก (tag) และเครื่องอ่านข้อมูล (reader) และเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยสนามระยะใกล้หรือเอ็นเอฟซี (near field communication : NFC) [1]-[3] โดยทั้ง 2 เทคโนโลยี

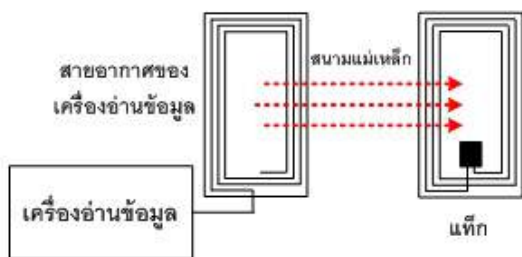
นี้ถูกออกแบบมาให้ใช้คลื่นวิทยุความถี่ย่าน 13.56 MHz ซึ่งเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีและเอ็นเอฟซีมีความคล้ายคลึงกันมาก นั่นก็คือการสื่อสารระหว่างแท็กและเครื่องอ่านข้อมูลโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กแต่อย่างไรก็ตามทั้งสองเทคโนโลยีนี้มีความแตกต่างกันคือเอ็นเอฟซีสามารถที่จะทำการติดต่อสื่อสารระหว่างแท็กและเครื่องอ่านข้อมูลในแบบทางเดียวหรือสองทางก็ได้ซึ่งจากบทความวิจัยที่มีมาก่อนได้มีการนำเสนอการออกแบบสายอากาศสำหรับแท็กของระบบอาร์เอฟไอดีสองย่านความถี่คือย่านความถี่สูง (HF) และย่านความถี่สูงยิ่งยวด (ultra high frequency : UHF) ซึ่งแท็กดังกล่าวสามารถทำงานได้ในสองย่านความถี่พร้อมกันซึ่ง

ถูกนำเสนอโดย Nishioka และคณะ [4] อีกทั้ง Phatarachaisakul และคณะ[5] ได้นำเสนอสายอากาศแบบแผ่นพิมพ์สำหรับแท็กเพื่อใช้งานในสองย่านความถี่เช่นกันคือ ย่านความถี่ 13.56MHz และย่านความถี่ 920-925MHz ฉะนั้นในบทความนี้จะได้นำเสนอการออกแบบการสร้างและการทดสอบสายอากาศแบบวงสำหรับแท็กของระบบอาร์เอฟไอดีและเอ็นเอฟซีในย่านความถี่ 13.56MHz เพื่อที่จะใช้สำหรับส่งผ่านข้อมูลและกำลังงานได้ระหว่างแท็กและเครื่องอ่านข้อมูล

โดยส่วนต่อไปของบทความนี้จะถูกแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้หัวข้อที่สองจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหัวข้อที่สามจะกล่าวถึงการออกแบบหัวข้อที่สี่จะกล่าวถึงผลการทดสอบและหัวข้อที่ห้าจะเป็นการสรุปผล

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากหลักการการสื่อสารด้วยสนามแม่เหล็กในย่านความถี่ 13.56 MHz ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือระบบอาร์เอฟไอดีและระบบเอ็นเอฟซีซึ่งมีหลักการคือเป็นระบบที่มีการติดต่อสื่อสารกันแบบไร้สายด้วยสนามแม่เหล็กที่อยู่ในระยะใกล้โดยจะมีการส่งผ่านข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์สองตัวคือเครื่องอ่านข้อมูลและแท็กดังแสดงในรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าเนื่องจากการติดต่อสื่อสารที่ใช้เป็นลักษณะของการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กสายอากาศที่ใช้จึงมีลักษณะเป็นสายอากาศแบบวงทั้งสายอากาศของเครื่องอาร์เอฟไอดี

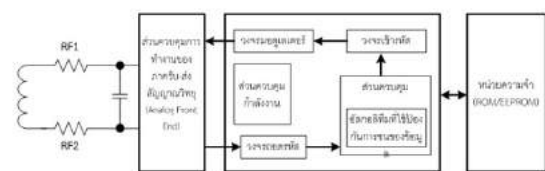


รูปที่ 1 ลักษณะการติดต่อสื่อสารของระบบและเอ็นเอฟซีอ่านข้อมูลและแท็กซึ่งในทั้งสองระบบนี้จะมีความถี่ใช้งานที่ 13.56MHz ซึ่งอยู่ในย่านความถี่สูงสาเหตุที่เลือกใช้นี้เพราะเป็นความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปในย่านความถี่สูงและอาศัยหลักการส่งผ่านข้อมูลด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (inductive coupling) ซึ่งเป็นวิธีการส่งผ่านพลังงานแบบไร้สายผ่านสนามแม่เหล็กที่เกิดจากไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดในสนามระยะใกล้ (near field) มีระยะทางการติดต่อสื่อสารอยู่ที่ประมาณ 2-10 cm สำหรับแท็กแบบพาสซีฟโดยวิธีการนี้จะใช้งานในย่านความถี่สูงซึ่งมักจะใช้สายอากาศแบบวงทั้งกับเครื่องอ่านข้อมูลและแท็กเนื่องจากสามารถกระจายและรับสนามแม่เหล็กได้ดีโดยใน

บทความนี้จะมุ่งเน้นไปที่การออกแบบสายอากาศสำหรับแท็กแบบพาสซีฟของทั้งสองระบบซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.1 อาร์เอฟไอดีแท็ก

แท็กของระบบอาร์เอฟไอดีโดยปกติจะมีขนาดเล็กซึ่งสามารถติดตั้งเข้ากับผลิตภัณฑ์สินค้าและบุคคลได้ โครงสร้างภายในของแท็กอาร์เอฟไอดีจะประกอบด้วยสองส่วนได้แก่ขดลวดขนาดเล็กทำหน้าที่เป็นสายอากาศสำหรับรับส่งคลื่นความถี่วิทยุและไมโครชิป (microchip) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆดังแสดงในรูปที่ 2 [6]-[7] แท็กของระบบอาร์เอฟไอดีแบ่งได้เป็นสองประเภทคือแท็กอาร์เอฟไอดีแบบแอคทีฟ (active RFID tag) แท็กชนิดนี้จะอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอกเพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจรภายในทำงานสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 10 m มีขนาดค่อนข้างใหญ่มีราคาต่อหน่วยแพงและมีระยะเวลาในการทำงานที่จำกัดและแท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟ (passive RFID tag) แท็กชนิดนี้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอกภายในแท็กจะมีวงจรเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟในตัวอยู่ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนักระยะอ่านสูงสุด 1 m ขึ้นอยู่กับความแรงของเครื่องอ่านข้อมูลและคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ปกติแท็กชนิดนี้มักมีหน่วยความจำขนาดเล็กโดยทั่วไปประมาณ 16 ถึง 1,024 บิตมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา โครงสร้างภายในที่เป็นไอซีของแท็กนั้นจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆได้แก่ส่วนควบคุมการทำงานของภาครับ-ส่งสัญญาณวิทยุ (analog front-end) ส่วนควบคุมภาคลอจิก (digital control unit) ส่วนของหน่วยความจำ (memory) ซึ่งอาจจะเป็นแบบ ROM หรือ EEPROM



รูปที่ 2 โครงสร้างของแท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟ[7]

2.2. เอ็นเอฟซีแท็ก

แท็กเอ็นเอฟซี (NFC tag) เป็นแท็กมาตรฐาน ISO 14443 สำหรับใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้งานกับเอ็นเอฟซีด้วยกันสามารถส่งข้อมูลได้เร็วและยังใช้พลังงานต่ำหากเปรียบเทียบเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีกับเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันจะพบว่าเอ็นเอฟซีมีรูปแบบการสื่อสารคล้ายกับบลูทูธ (bluetooth) แต่ใช้งานง่ายกว่าและมีความเสถียรของการรับส่งข้อมูลมากกว่าเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีถูกพัฒนาโดยอ้างอิงพื้นฐานมาจากระบบอาร์เอฟไอดีลักษณะการทำงานของเอ็นเอฟซีจึงใกล้เคียงกับอาร์เอฟไอดีความแตกต่างหลักๆของเอ็นเอฟซีกับอาร์เอฟไอดีคือเอ็นเอฟซี

สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเอ็นเอฟซีด้วยกันได้ซึ่งในอาร์เอฟไอดีนั้นสามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียวแต่ระยะการทำงานของเอ็นเอฟซีนั้นสั้นกว่าอาร์เอฟไอดีมากแท็กของเอ็นเอฟซีจะเป็นลักษณะอุปกรณ์แบบพาสซีฟโดยแท็กเอ็นเอฟซีนี้จะประกอบด้วยชิปประมวลผลหน่วยความจำและสายอากาศสำหรับรับส่งสัญญาณแท็กเอ็นเอฟซีจะมีแหล่งพลังงานในตัวเองหรือใช้พลังงานจากการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีมาจากแท็กเอ็นเอฟซีหรือเครื่องอ่านข้อมูลที่จะติดต่อสื่อสารด้วยก็ได้การทำงานของเอ็นเอฟซีมีด้วยกัน 3 โหมด [1] คือ 1. ระบบอ่านหรือเขียน (reader/writer mode หรือactive mode) อุปกรณ์เอ็นเอฟซีจะทำงานในโหมดแอคทีฟทำงานเป็นเครื่องอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดีสามารถอ่านและเขียนข้อมูลในแท็กเอ็นเอฟซีได้และสามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลกับแท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟที่ใช้ทั่วไปได้ 2. โหมดการจำลองการ์ด (card emulation mode หรือ passive mode) ในโหมดนี้อุปกรณ์เอ็นเอฟซีจะทำงานในลักษณะคล้ายกับสมาร์ทการ์ด (smart card) ที่ใช้ในการทำธุรกรรมหรือคีย์การ์ด (key card) ที่ใช้ในการเข้าถึงตัวอาคาร และ 3. โหมดเครือข่ายขนาดเล็ก (peer-to-peer (P2P) mode) ในโหมดนี้อุปกรณ์เอ็นเอฟซีสองตัวจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยตรงเมื่อต้องการส่งข้อมูล

2.3. มาตรฐานของอาร์เอฟไอดีและเอ็นเอฟซี

มาตรฐานระหว่างประเทศสำหรับการใช้งานอาร์เอฟไอดีมีอยู่ 2 หน่วยงานหลัก ได้แก่ International Organization of Standard หรือISO และEPC Global โดยที่มาตรฐานของอาร์เอฟไอดีมีการกำหนดไว้ 4 ด้านได้แก่ 1. มาตรฐานด้านเทคโนโลยี (technology) 2. มาตรฐานรูปแบบของข้อมูล (data format) 3. มาตรฐานวิธีการทดสอบ (conformance) 4. มาตรฐานการใช้งาน (applications) และสำหรับการใช้งานแท็กเอ็นเอฟซีได้มีการกำหนดแท็กพื้นฐานไว้ 4 แบบ (Type 1-Type 4) เพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบการสื่อสารและความจุข้อมูลที่ต้องการใช้โดยรูปแบบทั้งหมดของแท็กเอ็นเอฟซีจะอิงตามมาตรฐานของISO 14443 แบบA B และ Sony FeliCa

2.4. แท็กสำหรับระบบอาร์เอฟไอดี

องค์ประกอบภายในของแท็กจะประกอบด้วยขดลวดขนาดเล็กซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศและไมโครชิปซึ่งขดลวดขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศนั้นจะใช้สำหรับเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและรับสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาทางคลื่นความถี่วิทยุสายอากาศของแท็กที่นำมาทำเป็นตัวรับกำลังงานในย่านความถี่สูงโดยทั่วไปจะเป็นสายอากาศแบบบ่วงรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเนื่องจากสายอากาศแบบบ่วงลักษณะนี้มีโครงสร้างที่ง่ายในการออกแบบและสามารถกระจาย

สนามแม่เหล็กได้ดีจึงทำให้เป็นที่นิยมใช้ในระบบอาร์เอฟไอดีในย่านความถี่สูง

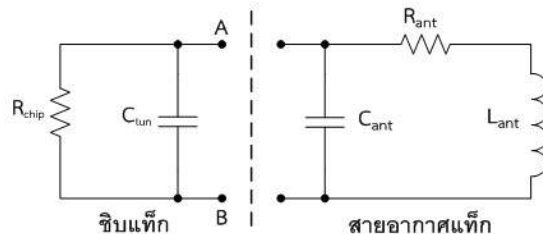
3. การออกแบบ

การออกแบบสายอากาศสำหรับในบทความนี้จะทำการออกแบบสายอากาศของแท็กสำหรับชิปไอซีทั้งหมด 2 เบอร์คือ

1. เบอร์MF1S5000X/V1เป็นชิปอาร์เอฟไอดีใช้งานที่ความถี่ในช่วง13.56 MHz ตามมาตรฐานISO/IEC 14443 Type A [8] มีการถ่ายโอนข้อมูล106 kbit/s มีหน่วยความจำแบบEEPROM ขนาด1-kbit และมีค่าความจุภายในเท่ากับ16.9 pF

2. เบอร์M24LS04E-R เป็นชิปแบบไดนามิกเอ็นเอฟซี/อาร์เอฟไอดีใช้งานความถี่ในช่วง13.56 MHz ตามมาตรฐานISO 15693และISO 18000-3 mode 1 [8] มีหน่วยความจำแบบEEPROMขนาด4-Kbit มีโหมดการเก็บเกี่ยวพลังงาน (energy harvesting) และมีค่าความจุภายในเท่ากับ27.5 pF

อย่างไรก็ตามการเชื่อมต่อกันระหว่างชิปไอซีและสายอากาศสามารถพิจารณาในลักษณะของวงจรไฟฟ้าเพื่อเป็นวงจรไฟฟ้าเทียบเคียง (equivalent circuit) ได้เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ [9]



รูปที่ 3 วงจรเทียบเคียงการเชื่อมต่อระหว่าง ชิปไอซีและสายอากาศ [9]

จากรูปที่ 3 แสดงวงจรเทียบเคียงของชิปไอซีและสายอากาศโดยในตัวของชิปไอซีจะมีค่าความจุภายในใช้ตัวแปร C_{tun} และค่าความต้านทานของชิปใช้ตัวแปร R_{chip} และเปรียบเทียบกับสายอากาศเป็นลวดทองแดงที่จะมีค่าความต้านทานภายในโดยใช้ตัวแปร R_{ant} และค่าความจุของสายอากาศใช้ตัวแปร C_{ant} นอกจากนี้สายอากาศยังมีความเหนี่ยวนำของขดลวดโดยใช้ตัวแปรแทนด้วย L_{ant}

เมื่อนำชิปไอซีและสายอากาศมาต่อกันจะเปรียบเสมือนวงจรแอลซี (LC circuit) แบบขนานโดยการออกแบบสายอากาศของแท็กจะต้องทำให้ค่าความเหนี่ยวนำของสายอากาศและค่าความจุภายในของชิปเกิดการเรโซแนนซ์ (resonant) กันและทำให้ค่าความต้านทานภายในของสายอากาศมีค่าเป็นศูนย์นั่นคือจะทำให้ค่าอินดักทีฟรีแอก

แทนซ์ (XL) มีค่าเท่ากับค่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (XC) จึงจะเกิดการส่งกำลังงานสูงสุดระหว่างชิปกับสายอากาศ

โดยในการออกแบบสายอากาศแบบบ่วงนั้นสามารถออกแบบได้หลากหลายรูปทรงขึ้นอยู่กับความต้องการและลักษณะการใช้งานเช่นทรงกลมทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสทรงหกเหลี่ยมทรงแปดเหลี่ยม เป็นต้นในที่นี้จะเลือกออกแบบสายอากาศเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งจะพิจารณาค่าความเหนี่ยวนำของสายอากาศ (L_{ant}) หาได้จากสมการ

$$L_{ant} = \frac{0.0276(CN)^2}{1.908C + 9b + 10h} \quad (\mu H) \quad (1)$$

$$C = x + y + 2h \quad (2)$$

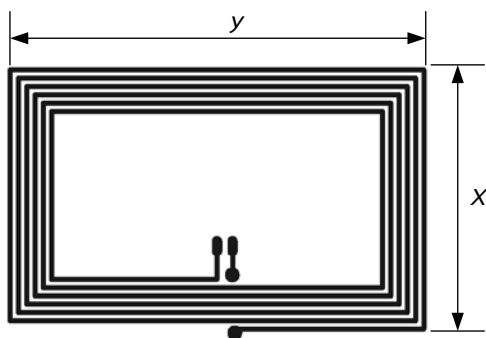
เมื่อ N คือจำนวนรอบของสายอากาศ

x คือความกว้างของขดลวดสายอากาศมีหน่วยเป็น cm

y คือความยาวของขดลวดสายอากาศมีหน่วยเป็น cm

b คือความกว้างของเส้นลวดตัวนำมีหน่วยเป็น cm

h คือความสูงของเส้นลวดตัวนำบนแผ่นวงจรพิมพ์มีหน่วยเป็น cm



รูปที่ 4 แสดงการจำลองแบบสายอากาศรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

การออกแบบแท็กนี้จะทำการออกแบบโดยใช้ค่าความจุ (capacitance) ของชิปไอซีในแต่ละเบอร์ในการคำนวณหาความเหนี่ยวนำของสายอากาศเพื่อนำไปหาจำนวนรอบของสายอากาศและจะทำการออกแบบสายอากาศสำหรับชิปไอซี 2 เบอร์สายอากาศที่ออกแบบจะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 5 cm ยาว 8 cm ซึ่งทั้งสองเบอร์มีผลการออกแบบดังนี้

การออกแบบสายอากาศสำหรับชิปไอซีเบอร์ MF1S5000X/V1 ภายในชิปมีค่าความจุ 16.9 pF และสามารถคำนวณหาความเหนี่ยวนำของสายอากาศที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์ได้เท่ากับ 8.151 μH และจากการออกแบบมีจำนวนรอบของขดลวดสายอากาศที่ได้จาก (1) ได้จำนวนรอบ 6.622 รอบหรือประมาณ 7 รอบโดยในที่นี้จะใช้เป็นสายอากาศ

ที่อยู่บนแผ่นพิมพ์ (PCB) และเพื่อที่จะให้แท็กดังกล่าวสามารถเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กมาใช้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้จึงออกแบบให้สายอากาศสองตัววางอยู่สองด้านของแผ่นพิมพ์คือด้านหน้าจะมีสายอากาศต่อกับชิปไอซีใช้ทำหน้าที่เป็นแท็กและด้านหลังเป็นสายอากาศสำหรับรับกำลังงานและวงจรเรียงกระแสสำหรับแปลงสัญญาณที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

การออกแบบสายอากาศสำหรับชิปไอซีเบอร์ M24LS04E-R ชิปไอซีที่ใช้เป็นชิปแบบเอ็นเอฟซีภายในชิปมีค่าความจุ 27.5 pF และสามารถคำนวณหาความเหนี่ยวนำของสายอากาศที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์ได้เท่ากับ 5.0094 μH และจากการออกแบบมีจำนวนรอบของขดลวดสายอากาศที่ได้จาก (1) ได้จำนวนรอบ 5.211 รอบหรือประมาณ 6 รอบและชิปไอซีนีจะมีโหมดการเก็บเกี่ยวพลังงาน (energy harvesting) โดยควบคุมการทำงานในโหมดนี้ด้วยการกำหนดค่าบิต (enable bit) ที่หน่วยความจำ EEPROM ซึ่งจะอยู่ที่ไบต์ F4h จะมีทั้งหมด 7 บิตคือบิต 0 และบิต 1 กำหนดค่ากระแสสูงสุดบิต 2 กำหนดการเปิดใช้งานโหมดการเก็บเกี่ยวพลังงาน (EH_mode) ถ้ากำหนดค่าเป็น 0 คือเปิดใช้งานถ้ากำหนดค่าเป็น 1 คือปิดใช้งานบิต 3 กำหนดการทำงานของโหมดความถี่วิทยุ (RF mode) บิต 4 ถึงบิต 7 ไม่ต้องกำหนดค่าเมื่อเปิดใช้งานโหมดนี้แล้วจะสามารถส่งพลังงานที่ได้จากการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กออกทางขาเอาต์พุตของชิปไอซี (vout) ได้โดยไม่ต้องต่อกับวงจรรักษาระดับแรงดัน

4. ผลการทดสอบ

จากผลการออกแบบได้นำมาทำการสร้างสายอากาศต้นแบบโดยใช้แผ่นพิมพ์ชนิด FR4 และออกแบบให้สามารถวางชิปไอซีทั้งสองได้ดังแสดงในรูปที่ 5 จากนั้นได้ทำการทดสอบกับเครื่องอ่านข้อมูลรุ่น M24LR ของบริษัท STMicroelectronics

จากการทดสอบการอ่านข้อมูลและการส่งผ่านกำลังงานพบว่าแท็กต้นแบบทั้งสองสามารถที่จะติดต่อสื่อสารกับเครื่องอ่านข้อมูลได้และสามารถส่งผ่านกำลังงานได้ดังแสดงในรูปที่ 6ก โดยแท็กอาร์เอฟไอดีสามารถอ่านข้อมูลได้ที่ระยะ 0-4 cm และส่งผ่านกำลังงานมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ที่ระดับ 1-7Vdc และแท็กเอ็นเอฟซีสามารถอ่านข้อมูลได้ที่ระยะ 0-4 cm และส่งผ่านกำลังงานมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ที่ระดับ 3.25 Vdc ดังแสดงในรูปที่ 6ข

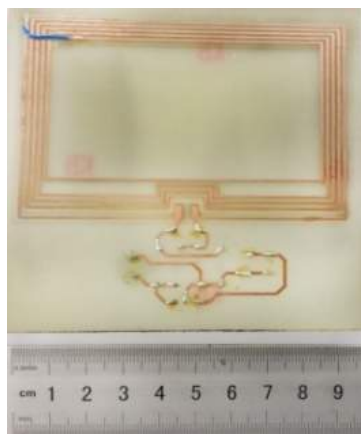
การออกแบบของสายอากาศแท็กสำหรับการถ่ายโอนกำลังงานแบบไร้สายด้วยระบบอาร์เอฟไอดี ที่ความถี่ 13.56 MHz สามารถส่งผ่านกำลังงานมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ เมื่อเทียบกับงานอื่นๆ เช่น งานวิจัย Printed antenna for HF

and UHF RFID tag [5] ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการจ่ายค่าผ่านทางในระบบบนทางหลวงโทลเวย์



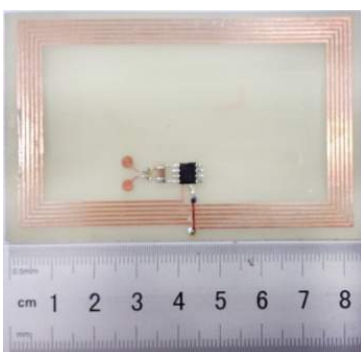
(ด้านหน้า)

(ก) สายอากาศแท็กอาร์เอฟไอดี



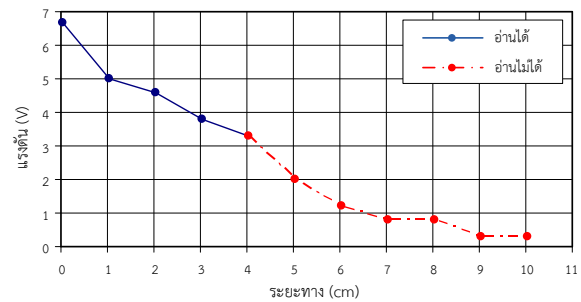
(ด้านหลัง)

(ก) สายอากาศแท็กอาร์เอฟไอดี

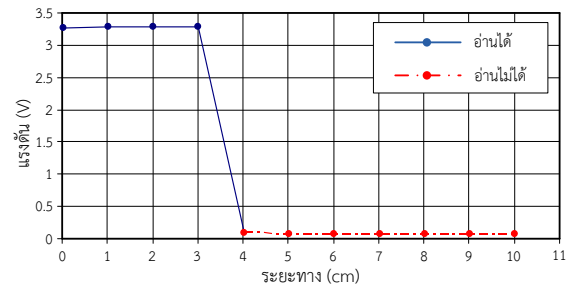


(ข) สายอากาศแท็กเอ็นเอฟซี

รูปที่ 5 สายอากาศต้นแบบแท็กอาร์เอฟไอดีและแท็กเอ็นเอฟซี



(ก) แท็กอาร์เอฟไอดี



(ข) แท็กอาร์เอฟไอดี

รูปที่ 6 ผลการทดสอบระยะทางการอ่านข้อมูลและกาส่งผ่านกำลังงานระหว่างเครื่องอ่านข้อมูลกับแท็ก

5. สรุป

สายอากาศแท็กแบบบ่วงที่มีขนาดใกล้เคียงกับบัตรสมาร์ทการ์ดมาตรฐานISO (5.4 cm x 8.6 cm) ของทั้งสองระบบสามารถที่จะติดต่อสื่อสารกับเครื่องอ่านข้อมูลและสามารถส่งผ่านกำลังงานได้โดยแท็กอาร์เอฟไอดีสามารถอ่านข้อมูลได้ที่ระยะ 0-4 cm และส่งผ่านกำลังงานมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ที่ระดับ 1-7 Vdc และแท็กเอ็นเอฟซีสามารถอ่านข้อมูลได้ที่ระยะ 0-4 cm และส่งผ่านกำลังงานมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ที่ระดับ 3.25 Vdc

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์งานสร้างสรรค์และงานบริการชุมชนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Kovintavewat. P, Cheunta. W, Kuankid. S, Buangam, W and Dinsakul. H. *Radio Frequency Identification (RFID) System*, Pathumthani: National Science and Technology Development Agency: NSTDA; 2009.
- [2] Sresangnum. S. *NFC and Related Threats*, Available from : <https://www.thaicert.or.th/papers/general/2013/pa2013ge001.html> [Accessed 19th September 2015]. (Thai)



- [3] Sra-ium. N and Pattanatadapong T. *The tendency to use technology Near Field Communication (NFC) in Thailand*, Available from:<http://161.246.18.199/telecom/download-document/nfc.html> [Accessed 19th September 2015]. (Thai)
- [4] Nishioka Y, Hitomi K, Okegawa H, Mizuno T, Fukasawa T, Miyashita H and Iida Y. *Design and Evaluation of HF/UHF dual-band RFID tag utilizing HF-Coil as UHF antenna conductor*, *IEEE Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)*; 2014, p. 225 – 228.
- [5] Phatarachaisakul T, Pumpoung T, Wongsiritorn P, Pansoonboon R, Phongcharoenpanich C. *Printed antenna for HF and UHF RFID tag*, *Antennas and Propagation (ISAP)*; 2014, p. 513 – 514. Thai
- [6] *The structure of the radio-frequency identification (Tag)*, Available from :<http://www.id.co.th/component/content/article/57-support/74-rfid-knowledge-structure-rfid-tag> [Accessed 5th December 2014]. (Thai)
- [7] Cheunta. W, Kuankid. S and Kovintavewat. P. *Radio frequency identification technology and applications*. Faculty of Science and Technology, NPU, Available from: <http://www.ectithailand.org/Emagazine/views/60> [Accessed 5th December 2015]. (Thai)
- [8] Chusri. T, Charoentaveepon. N and A. Kunwongsarom, *RFID Standard*, Available from:http://seminaritm26.blogspot.com/p/rfid_386.html [Accessed 19th September 2015]. (Thai)
- [9] AN2972. *Application note Designing an antenna for the M24LRxx-R and M24LRxxE-R*, Available from : http://www.st.com/weweb/en/resource/technical/document/application_note/CD00232630.pdf [Accessed 21st August 2014].

พัฒนาวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดของระบบสื่อการสอนสำหรับโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือ ในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่

Development of the Pinpoint Material on Barcode Symbols with a Barcode Readable System for Northern School for the Blind under the Patronage of the Queen, Chiang Mai

ธวัชชัย ตาใจ อรรถพล ณ ตะกั่วทุ่ง และ ยุพดี หัตถสิน*

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Thawachai Tajai, Atthapol Na Takuawthoong and Upady Hatthasin*

Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

128 HuayKaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

*ผู้รับผิดชอบบทความ : UHT@rmutl.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 053-921-4444 ต่อ 2130 หรือ 085-164-7683

บทคัดย่อ

“อยู่อย่างมีประโยชน์และไม่เป็นภาระต่อสังคม” คือคติพจน์ของโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ ที่มีอิทธิพลให้งานวิจัยนี้ต้องเร่งค้นหาแนวทางเพื่อช่วยแก้ปัญหาการเรียนการสอนให้แก่บุคลากรผู้สอนที่มีไม่เพียงพอสำหรับโรงเรียนสอนคนตาบอดและเพื่อช่วยส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้พิการทางสายตา ซึ่งมีขบวนการสอนแบบตัวต่อตัวโดยจับมือนักเรียนไปคลำสัมผัสที่สื่อการสอนแล้วอธิบายโดยให้นักเรียนจินตนาการตาม อีกทั้งผู้สอนต้องอธิบายซ้ำหลายๆ รอบเพื่อให้นักเรียนเข้าใจ งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบาร์โค้ด และออกแบบวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสอน ช่วยให้มีสมาธิในการเรียนของนักเรียน และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ผลวิจัยสรุปเป็นเปอร์เซ็นต์ความพึงพอใจได้ว่าการใช้งานด้านฮาร์ดแวร์ได้ 84% ด้านโปรแกรมระบบได้ 97% ด้านคุณภาพการได้ 71.42% และด้านภาพรวมเฉลี่ยได้ 78.25% ตามลำดับ

คำสำคัญ ผู้พิการทางสายตา ซอฟต์แวร์สังเคราะห์เสียง บาร์โค้ด ระบบช่วยอ่านสื่อการสอนจากบาร์โค้ด

Abstract

“Living usefully and no burdens to society” is the motto of the Northern School for the Blind under the Patronage of the Queen. The aforementioned slogan influences our research to accelerate development on the pinpoint material on barcode symbols with a barcode readable system. Our research can help improve the quality of life for blind people. This research proposes an approach to help aid the teaching staff at schools for the blind. Once the taught process is the kind of one by one, a teacher must describe and bring a student’s hands to grope and perceive an instruction media based on imagination. Then the teacher has to explain and repeat themselves until the student understands. Therefore our research is applied using barcode technology and designed materials for pointing a barcode in order to enhance teaching. This allows students to concentrate on learning and encourages students to learn by themselves. The study reveals that the satisfy percentage in the hardware is 84%, the system software is 79%, the contribution is 71.42%, and the overall average is 78.25%, respectively.

Keywords; blind people, voice synthesis software, barcode, barcode readable system.

1. บทนำ

สื่อการเรียนการสอนในโลกนี้มีหลากหลายชนิด แต่มีอยู่จำกัดสำหรับโรงเรียนสอนคนตาบอด นัยเดียวกัน บุคลากร

ผู้สอนก็มีอยู่มากมาย แต่มีไม่เพียงพอสำหรับนักเรียนผู้มีความบกพร่องทางสายตา ซึ่งเป็นผู้ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนและไม่สามารถรับรู้เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบตัวได้[1]

อย่างแม่นยำ อีกทั้งไม่สามารถใช้สายตาให้เป็นประโยชน์ในการทำกิจกรรมต่างๆ หรือการเรียนการสอนได้เหมือนคนปกติจากการไปศึกษาที่โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ [2] ได้พบปัญหว่านักเรียนต้องอาศัยสื่อการสอนประกอบรวมและไม่สามารถเรียนรู้สื่ออื่นๆได้ด้วยตนเอง จำเป็นต้องมีอาจารย์เป็นคนดูแลและคอยบรรยายแบบประชิดตัวเสมอ แต่การดูแลและบรรยายก็ไม่สามารถทำได้ทั่วถึง เพราะจำนวนผู้สอนมีน้อยกว่าจำนวนนักเรียนตาบอด ทำให้หลายๆ ครั้งเกิดการล่าช้าในการสอนและเกิดความเหนื่อยล้าที่จะต้องอธิบายเนื้อหาในสื่อการสอนต่างๆ ด้วยตัวของตนเอง อีกทั้งขบวนการเรียนรู้ในห้องเรียนมักสอนแบบตัวต่อตัวโดยใช้มือคลำสัมผัสสื่อการสอนนั้น แล้วค่อยอธิบายเหตุการณ์ไปตามลำดับโดยให้นักเรียนจินตนาการตาม ในปัจจุบันสื่อการสอนเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้แก่ผู้พิการมีจำนวนเพิ่มขึ้น ในขณะที่บุคลากรผู้สอนก็ไม่ได้เพิ่มจำนวนตามสื่อการสอนนั้นๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นโดยการประยุกต์เทคโนโลยีบาร์โค้ด [3]-[5] พร้อมทั้งสร้างวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดเพื่อให้นักเรียนใช้งานได้ด้วยตนเอง มีการออกแบบแผ่นวัสดุชนิดต่างๆ และมีการจัดทำซอฟต์แวร์ที่จะบันทึกข้อมูลของสื่อการสอนนั้นไว้ในสัญลักษณ์ของบาร์โค้ด [3] แล้วทำการสื่อสารโดยใช้เสียงพูดบรรยายทางลำโพง อีกทั้งเป็นการช่วยแก้ปัญหาบุคลากรผู้สอนที่ไม่เพียงพอได้อีกด้วย อีกทั้งยังมีหลากหลายงานวิจัยที่พยายามพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อสนับสนุนให้ผู้พิการทางสายตาสามารถพึ่งพาตนเองได้เช่น งานวิจัยด้านบาร์โค้ดเพื่อผู้พิการทางสายตา [6]-[8] ด้านโมเดลบอกสเกลเวลาและน้ำหนักเพื่อฝึกทักษะสำหรับคนตาบอด [9] และด้านแว่นตาเพื่อคนตาบอด [10]-[12] ด้านไม้เท้าพูดได้สำหรับคนพิการทางสายตา [13] ซึ่งใช้เอาต์พุตเป็นสัญญาณเสียงและนำเทคโนโลยีตัวตรวจจับชนิดจำแนกความถี่วิทยุมาประยุกต์รวม ด้านนวัตกรรมเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ยาในคนตาบอด [14] และด้านเครื่องอ่านฉลากยา [15] ก็เป็นงานวิจัยที่ช่วยให้ผู้พิการสามารถใช้อยาหรือทานยาได้ด้วยตัวเอง จุดด้อยของทั้งสองงานวิจัยหลังนี้คือบนขวดยาที่ติดบาร์โค้ดหรือฉลากยาอยู่นั้นไม่มีตำแหน่งที่ชัดเจนเพื่อให้ผู้พิการได้สัมผัสหรือนำไปสแกนได้ ทำให้ลำบากและยากต่อการใช้งานของผู้พิการ

2. หลักการเบื้องต้น

2.1 สื่อเรียนรู้สำหรับคนพิการทางสายตาแบบกระดานสัมผัสมือ

สื่อการเรียนรู้แบบกระดานเหล่านี้ถูกออกแบบโดย [2] วิธีใช้งาน จะเป็นการที่นำสื่อการสอนดังกล่าว มาแจกให้นักเรียนใช้มือคลำสัมผัส แล้วให้จินตนาการตามที่ครูบรรยาย โดยครูจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับสื่อการสอนและต้องอธิบาย

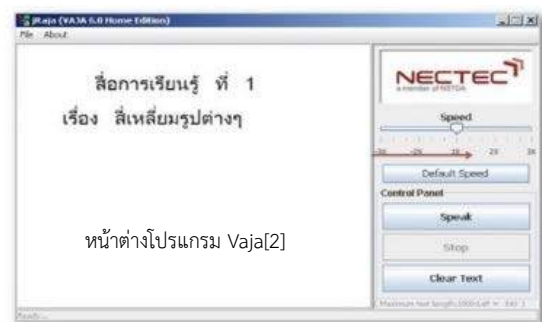
ซ้ำๆ หลายครั้ง จึงอาจทำให้เกิดความลำบากเกิดขึ้นกับครูผู้สอนดังแสดงในรูปที่ 1

2.2 โปรแกรมสังเคราะห์เสียง (Vaja)

โปรแกรมสังเคราะห์เสียงพูดภาษาไทย “วาจา” (Vaja) [16] เป็นซอฟต์แวร์ที่แปลงข้อความภาษาไทยบนคอมพิวเตอร์ ให้กลายเป็นเสียงพูดที่พัฒนาขึ้นโดย NECTECT ซึ่งโปรแกรมจะทำงานโดยการรับข้อมูลเป็นตัวอักษร หรือตัวเลข หรือข้อความ จากนั้น จะทำการวิเคราะห์ แล้วสังเคราะห์เสียงพูดเป็นภาษาไทยโดยผ่านลำโพง ซึ่งแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 สื่อเรียนรู้เพื่อคนตาบอดแบบกระดานสัมผัสมือ[2]

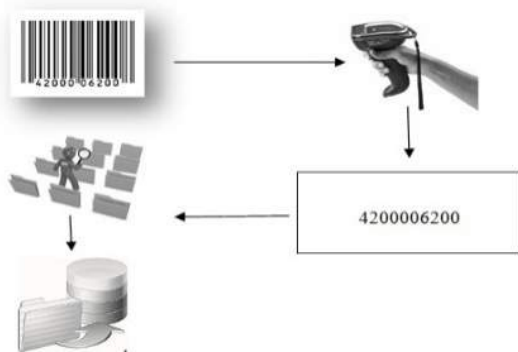


รูปที่ 2 การทำงานของโปรแกรมสังเคราะห์เสียง (Vaja) [16]

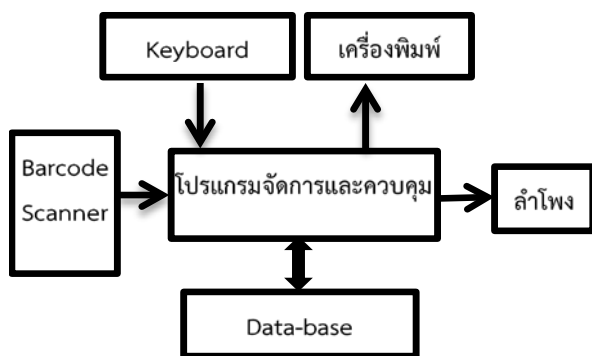
2.3 โปรแกรมสแกนบาร์โค้ด

โปรแกรมสแกนบาร์โค้ด [3]-[5] โดยปกติมักถูกใช้ในเชิงพาณิชย์ มีการทำงานโดยเริ่มจากการนำเอาหัวอ่านของเครื่องสแกน มาวางลงตรงตำแหน่งที่มีสัญลักษณ์บาร์โค้ด แล้วกด

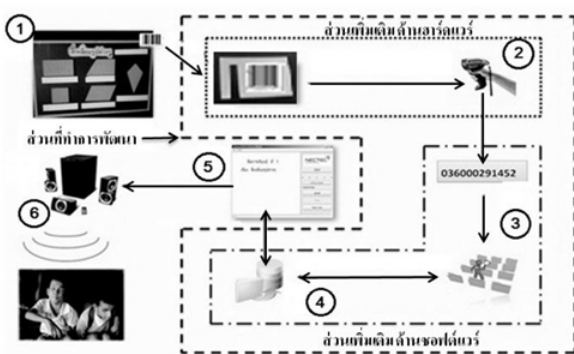
ป้อนสั่งให้สแกน จากนั้นเครื่องสแกนก็จะส่งชุดตัวเลขที่ได้เข้าสู่ตัวโปรแกรมเพื่อเก็บเป็นข้อมูลดิบ ลงในฐานข้อมูล ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การทำงานของโปรแกรมสแกนบาร์โค้ด [3]-[5]



รูปที่ 4 กรอบแนวคิดการออกแบบโครงสร้างระบบ



รูปที่ 5 ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบ

3. วิธีการวิจัย

3.1 การออกแบบและสร้างระบบ

จาก 3 หัวข้อหลักการเบื้องต้น ได้ถูกนำมาสังเคราะห์ให้เป็นระบบช่วยอ่านสื่อการสอนจากบาร์โค้ดเพื่อผู้พิการทางสายตา ทำให้ได้กรอบความคิดแบบองค์รวมระบบ ดังรูปที่ 4 ซึ่งเมื่อสังเคราะห์ให้มองเห็นภาพรวมทั้งหมดที่มีอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการเชื่อมต่อทุกส่วนจนกลายเป็นระบบที่สมบูรณ์ ดังรูปที่ 5 และมีลำดับการทำงานได้ดังนี้

ลำดับที่ 1 ทุกสื่อการสอน ถูกสร้างจากอาจารย์ศิริพร [2] และถูกนำมาแปะติดด้วยวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดที่ได้ออกแบบไว้เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้มือคลำและสแกนเครื่องสแกนบาร์โค้ด [5] ได้ด้วยตัวเอง

ลำดับที่ 2 เครื่องสแกนบาร์โค้ด จะถูกสแกนไปที่สัญลักษณ์บาร์โค้ด [3]-[5] ที่ติดอยู่บนสื่อการสอน

ลำดับที่ 3 โปรแกรมสแกนบาร์โค้ด [4] จะผลิตชุดตัวเลขในที่กำหนดใช้บาร์โค้ดแบบ EAN-13 ซึ่งได้เลข 1 ชุด [15]

ลำดับที่ 4 Database จะถูกตรวจสอบเมื่อเลขชุดถูกนำมาเปรียบเทียบ หากได้ชุดข้อมูลที่ตรงกันแล้ว ก็จะส่งรหัสของชุดข้อมูลนั้นไปยังลำดับที่ 5

ลำดับที่ 5 โปรแกรม Vaja [16] จะทำการวิเคราะห์ตัวหนังสือของสื่อการสอนในฐานข้อมูลแล้วสังเคราะห์ออกมาเป็นเสียงพูด พร้อมส่งสัญญาณเสียงไปยังลำดับที่ 6

ลำดับที่ 6 ลำโพง จะทำการขยายสัญญาณพร้อมแปลงเสียงพูดส่งต่อไปยังผู้ฟัง

3.2 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

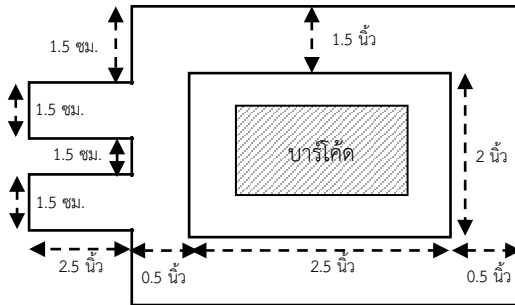
3.2.1 ออกแบบโครงร่างวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดเพื่อผู้พิการสามารถช่วยตนเองได้

การใช้เครื่องสแกนบาร์โค้ดในกรณีที่ขาดแคลนบุคลากรผู้สอนให้ความรู้ นักเรียนจำเป็นต้องลงมือสแกนเอง และปัญหาที่ตามมาคือ การไม่สามารถทราบตำแหน่งแน่ชัดของบริเวณที่บาร์โค้ดติดอยู่บนสื่อการสอน หรือแม้กระทั่งเมื่อคลำหาเจอแล้ว นักเรียนก็อาจจะสแกนไม่ตรงตำแหน่ง เช่น สแกนเฉียงซ้าย-ขวา หรืออาจไม่โดนตำแหน่งที่บาร์โค้ดติดอยู่ ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการคลำหาและรับรู้ตำแหน่งบาร์โค้ดที่ติดอยู่ พร้อมสแกนได้แม่นยำตรงเป้าหมาย จึงได้ออกแบบวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งและวิธีใช้งานง่ายๆ ขึ้นโดยมีแบบร่างวาดไว้ดังในรูปที่ 6 และลักษณะแผ่นวัสดุที่ใช้เป็นชิ้นงานแสดงในรูปที่ 7 การออกแบบครั้งแรกจะใช้แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ซึ่งมีกราวด์แบบไว้ 3 ขนาดคือ เล็ก กลาง และใหญ่ จากนั้นตัดออกมาและได้แม่แบบจริงดังรูปที่ 8(ก) โดยขวามือบนสุดเป็นขนาดใหญ่แล้วมีช่องให้นิ้วสัมผัสขนาดกว้าง 2 ซม. ตรงขวาล่างเป็นขนาดกลาง มีช่องให้นิ้วสัมผัสขนาดกว้าง 1.5 ซม. ส่วนขวามือสุดเป็นขนาดเล็กมีช่องให้นิ้วสัมผัสขนาดกว้าง 1 ซม. ตามลำดับ เพื่อให้วัสดุชี้ตำแหน่งถูกใช้งานได้จริง จึงมีการร่างตำแหน่งที่ติดอยู่บนสื่อการเรียนการสอน หรือ บอร์ดสัมผัสมือ ดังแสดงในรูปที่ 9 จากนั้น ทำการสร้างโมเดลสื่อการเรียนการสอนจำลองที่ได้รับการติดวัสดุช่วยอ่านบาร์โค้ดดังแสดงในรูปที่ 10(ก) โดยลักษณะของการทาบนิ้วมือเพื่ออ้างอิงตำแหน่งสแกน สาธิตได้ดังรูปที่ 10(ข)

3.2.2 ออกแบบปรับปรุงโครงร่างครั้งที่ 2 ที่โดยใช้แผ่นโฟมสี

จากครั้งแรก วัสดุฟิวเจอร์บอร์ดยังมีข้อบกพร่องเมื่อได้ไปสำรวจและได้รับคำแนะนำจากศิริพร [2] พบว่ามีความแข็ง

ทำให้ยากในการตัดตกแต่ง และยังมีความคมขอบของตัววัสดุเอง ดังนั้นจึงได้เปลี่ยนวัสดุมาเป็นแผ่นโฟมสี ซึ่งมีคุณสมบัติอ่อนนุ่ม ง่ายต่อการตัดแต่ง และไม่เป็นอันตรายให้กับนักเรียน ผู้ฝึกการในการหยิบจับ แสดงได้ดังรูปที่ 8(ข)



รูปที่ 6 แบบร่างวาดไว้ของวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ด



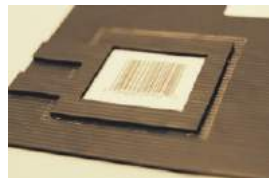
(ก) แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด



(ข) แผ่นโฟมสี



(ค) แผ่นพลาสติกใส



(ง) กรอบวัสดุของบาร์โค้ด

รูปที่ 7 ลักษณะแผ่นวัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบ



(ก) ฟิวเจอร์บอร์ด



(ข) แผ่นโฟมสี

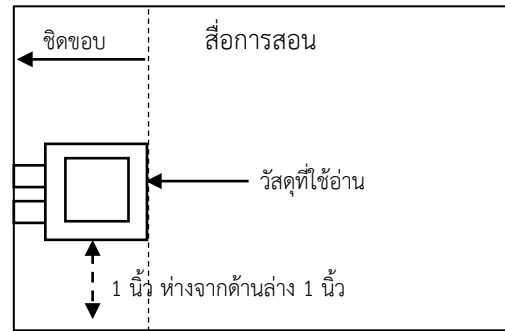


(ค) แผ่นพลาสติกใส



(ง) ตัดแต่งมุมให้มีลักษณะโค้งมน

รูปที่ 8 วัสดุชี้ตำแหน่ง 3 ขนาดที่มีช่องทาบนิ้วมือและการตัดแต่งมุมลบคมเพื่อป้องกันการบาดเจ็บระหว่างคลำ



รูปที่ 9 ร่างตำแหน่งที่ติดอยู่บนสื่อหรือบอร์ดสัมผัสมือ

3.2.3 ออกแบบปรับปรุงครั้งที่ 3 โดยใช้แผ่นพลาสติกใส

จากครั้งที่สอง เมื่อได้นำไปใช้งานจริงๆ แล้วปรากฏว่ามีความอ่อนนุ่มจริงแต่ไม่ทนทาน ดังนั้นจึงได้ทำการเปลี่ยนไปใช้วัสดุแผ่นพลาสติกใส [17] ซึ่งนอกจากจะมีลักษณะอ่อนนุ่มแล้ว ยังเหนียวทนทาน โดยทั้ง 2 วัสดุช่วงหลังนี้ได้มีการออกแบบร่างใหม่จากคำแนะนำของอาจารย์ศิริพร [2] ให้มีรูปลักษณะวัสดุที่คล้ายตัว a เพื่อให้สามารถใช้งานได้เหมาะสมกับนักเรียนผู้ฝึกการดังในรูปที่ 8(ค) เป็นวัสดุที่ใช้จริง

3.2.4 ปรับปรุงเพิ่มเติมตรงขอบของวัสดุชี้ตำแหน่ง

การสร้างแบบจากรูปที่ 8(ค) เมื่อนำไปทดลองจริง ก็ได้พบข้อบกพร่อง เพราะมุมของแบบมีความแหลมคม ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยต่อนักเรียนผู้ฝึกการ จึงตัดขอบมุมทุกๆ ด้านทิ้งไปให้มีลักษณะโค้งมนดังรูปที่ 8(ง) เพื่อให้วัสดุใช้งานได้ดียิ่งขึ้นและเป็นวัสดุเป้าหมาย

3.2.5 สร้างวัสดุเป้าหมายเพื่อใช้ในการประเมิน

ในการออกแบบจำเป็นต้องมีการสำรวจจากผู้ใช้งาน เพื่อที่จะได้ชิ้นงานที่มีความเหมาะสมและใช้งานได้ในชีวิตจริง จึงต้องทำวัสดุตัวอย่างขึ้นมาดังในรูปที่ 10 เพื่อใช้ในการสำรวจและประเมินผลการใช้งานเพื่อให้ได้ชิ้นงานและขนาดที่เหมาะสมกับผู้ใช้งานตรงตามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยคณะผู้วิจัยได้นำวัสดุทั้ง 3 ชนิดที่ได้ตัดแต่งตามแบบจริงแล้วทำเป็นต้นแบบประเมินทั้งสามขนาดของ เล็ก กลาง และใหญ่ เพื่อนำไปใช้ทดสอบจริงในห้องเรียน



(ก) โมเดลสื่อจำลอง



(ข) การทาบนิ้วมืออ้างตำแหน่ง

รูปที่ 10 โมเดลสื่อจำลองและตำแหน่งคลำด้วยมือ

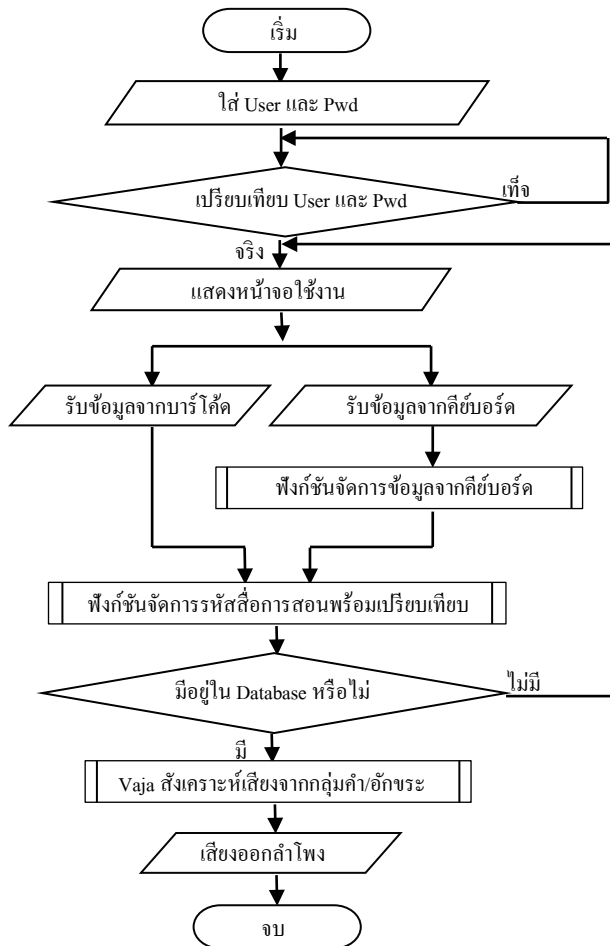


(ก) อุปกรณ์ตัวรับ



(ข) อุปกรณ์ตัวส่ง

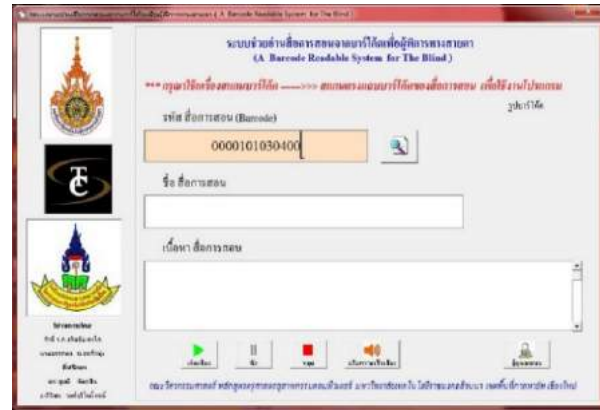
รูปที่ 11 ติดตั้งตัวรับ-ส่งสัญญาณจากตัวสแกนบาร์โค้ด



รูปที่ 12 ขั้นตอนของโปรแกรมควบคุมระบบ

3.2.6 การติดตั้งตัวสแกนบาร์โค้ด

ก่อนการใช้งานระบบ อีกส่วนหนึ่งที่ขาดไม่ได้คือ ตัวสแกนบาร์โค้ด (barcode scanner) ในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวสแกนบาร์โค้ดเป็นแบบระบบไร้สาย ส่วนการติดตั้งก็จะมีอุปกรณ์ 2 ตัว คือ ตัวรับและตัวส่ง ซึ่งตัวรับจะติดกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ต USB ดังรูปที่ 11(ก) ส่วนตัวส่งก็จะใช้มือจับในการยิงสัญญาณบาร์โค้ด ดังรูปที่ 11(ข)



รูปที่ 13 โปรแกรมควบคุมระบบที่สแกนรหัสสื่อการสอน

3.3 การออกแบบด้านซอฟต์แวร์

การทำงานของโปรแกรมควบคุมระบบแสดงเป็นโฟลว์ชาร์ตดังรูปที่ 12 เมื่อเข้าสู่หน้าต่างโปรแกรม จะต้องทำการ Login เพื่อให้เกิดความปลอดภัย จากนั้นจึงสามารถดูรายละเอียดและทำการเพิ่ม ลด แก้ไข บันทึกข้อมูลต่างๆ ในฟังก์ชันจัดการข้อมูลจากคีย์บอร์ด ให้เข้าสู่ Database ได้

อีกทั้งยังกำหนดรหัสสื่อการสอนแล้วส่งเข้าสู่ฟังก์ชันจัดการรหัสสื่อการสอนพร้อมเปรียบเทียบได้เช่นเดียวกับส่วนที่รับข้อมูลจากบาร์โค้ด ซึ่งเปรียบเทียบชุดตัวเลขจากบาร์โค้ดกับชุดตัวเลขใน Database จากนั้นจึงส่งผลเปรียบเทียบไปยังโปรแกรม Vaja ซึ่งทำการสังเคราะห์คำพูด แล้วส่งสัญญาณเป็นเสียงพูดออกมาทางลำโพง โปรแกรมควบคุมระบบนี้ถูกเขียนขึ้นโดยใช้ภาษา Visual Basic 6[18] และใช้ Microsoft Access[19] ในการสร้าง Database โดยหน้าต่างโปรแกรมควบคุมระบบ แสดงได้ในรูปที่ 13

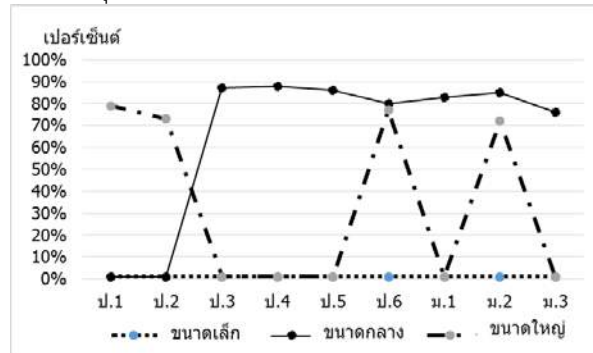


รูปที่ 14 นักเรียนทำการทดสอบและประเมินเลือกวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งของบาร์โค้ดจากวัสดุ 3 ชนิด

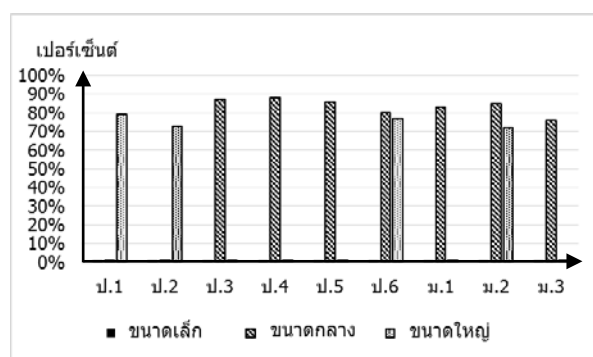
4. ทดสอบและผลการดำเนินงาน

4.1 การทดสอบทางด้านฮาร์ดแวร์

เนื่องจากวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดในงานวิจัยนี้ ยังไม่มีการออกแบบมาก่อน ดังนั้นจึงทำให้ยังไม่มีต้นแบบที่เป็นมาตรฐานในการผลิตวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ด คณะผู้วิจัยจำเป็นต้องทำการสำรวจ ออกแบบ ทดสอบ หาค่ามาตรฐานของวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ด เพื่อให้ออกแบบได้ค่ามาตรฐานเดียวกัน โดยใช้วัสดุตัวอย่างจากข้อที่ 3.2.5 มาใช้ในการหาผลประเมิน ซึ่งได้ทดสอบกับเด็กชายและเด็กหญิงจากระดับชั้น ป.1 - ม.3 โดยสุ่มตัวอย่างจากเด็กในแต่ละห้องๆ ละ 2 ถึง 3 คน รวมทั้งหมดเป็นจำนวน 30 คนเพื่อช่วยให้ทำการประเมินผล ซึ่งคะแนนที่ได้จะนำมาใช้เป็นค่ามาตรฐานต้นแบบของวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดแล้วนำมาสรุปเป็นกราฟต่อไปทั้งขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ โดยวัสดุแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ในรูปที่ 14 แสดงนักเรียนผู้ฝึกการกำลังทดลองใช้มือคลำสัมผัสวัสดุ และสามารถใช้อุปกรณ์สแกนบาร์โค้ดได้ด้วยตนเอง



รูปที่ 15 ผลประเมินเลือกวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งของบาร์โค้ดจากวัสดุ 3 ชนิด



รูปที่ 16 ผลการประเมินหาขนาดของวัสดุระหว่างขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ จากพื้นฐานแผ่นพลาสติกใส

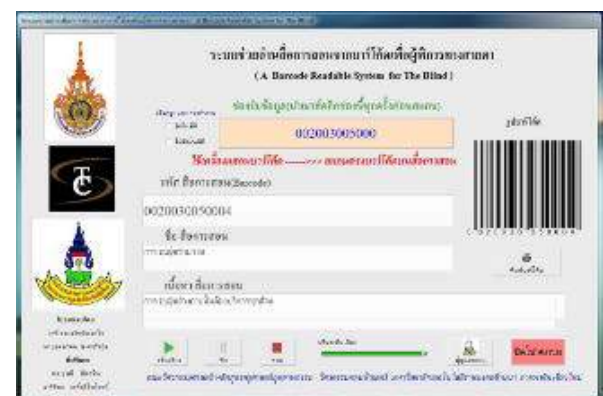
4.2 การประเมินและผลวิเคราะห์ด้านวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ด

ในรูปที่ 15 เป็นกราฟที่รวมคะแนนการประเมินของทั้งสามชนิดวัสดุไว้ในแต่ละขนาด วิเคราะห์ได้ว่า จากตัวอย่างวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดโดยภาพรวม นักเรียนชั้นขอบพลาสติกใสขนาดกลางมากที่สุด มีการเลือกรูปลักษณะวัสดุที่คล้ายตัว a เพื่อให้เป็นฟอร์มมาตรฐานต้นแบบ สรุปได้

ว่าวัสดุขนาดกลาง (1.5 ซม.) นั้นเหมาะสมกับผู้ใช้งานที่สุด เนื่องจากในกราฟแท่งวัสดุพลาสติกใสขนาดกลางนั้นมีคะแนนจากผู้ใช้งานในแต่ละระดับชั้นเรียนที่สูงที่สุด และจากผลดังกล่าว จึงได้ใช้ขนาดกลางนี้เป็นค่ามาตรฐานต้นแบบสำหรับนักเรียนผู้ฝึกการในระดับชั้น ป.1 - ม.3 โดยรูปที่ 16 เป็นกรณีใช้แผ่นพลาสติกใส

4.3 การทดสอบทางด้านซอฟต์แวร์

เมื่อได้ผลประเมินจากข้อที่ 4.2 แล้ว ก็จะต้องทดสอบในส่วนของโปรแกรมควบคุมระบบซึ่งมีหน้าต่างดังรูปที่ 17 ซึ่งอาจารย์ศิริพร[2] ได้ทดลองเป็นผู้ใช้งานโดยมีการใช้งานโปรแกรมตามขั้นตอนต่างๆตั้งแต่การอินพุตข้อมูลด้วยมือ



(ก) สแกนรหัสเพื่อการสอน



(ข) เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูล

รูปที่ 17 หน้าต่างที่มีผลสแกนรหัส และเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูล

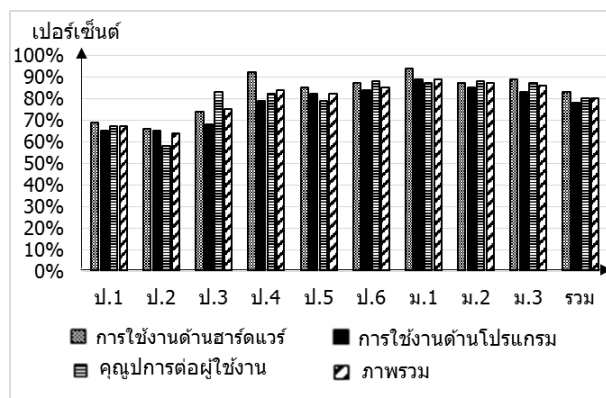
การอินพุตข้อมูลด้วยการสแกนบาร์โค้ด การใช้โหมดเลือกอ่านบาร์โค้ดและเลือกแสดงเสียงบรรยายเนื้อหาสื่อการสอนผ่านลำโพงแบบอัตโนมัติ การฟังเสียงชั่วคราว การหยุดเสียง การเพิ่ม-ลดความดังของเสียง การรักษาความปลอดภัยโดยผ่าน Login การค้นหาข้อมูลระบบโดยผ่าน Keyword การแก้ไขข้อมูล การลบไฟล์ การเพิ่มไฟล์ การบันทึกข้อมูลลงไฟล์ การสั่งพิมพ์สัญลักษณ์บาร์โค้ดออกจากเครื่องพิมพ์ ลักษณะการประเมินด้านซอฟต์แวร์แสดงในรูปที่ 18

4.4 การประเมินและผลวิเคราะห์ด้านซอฟต์แวร์

เพื่อให้ได้ผลการประเมินที่ตรงเป้าหมาย จึงมีการออกแบบใบประเมิน ให้ประกอบไปด้วยการใช้งานด้านโปรแกรม ด้านประสิทธิภาพของโปรแกรม ด้านคุณภาพการต่อผู้ใช้งาน ผลการประเมินจากนักเรียนแสดงในรูปที่ 19 และผู้มีสายตาศักดิ์แสดงในรูปที่ 20 ซึ่งการใช้งานทางด้านโปรแกรมได้ 97% ประสิทธิภาพของโปรแกรมระบบได้ 89.28% คุณภาพการต่อผู้ใช้งานได้ 71.42% และเปอร์เซ็นต์ภาพรวมทั้งหมด 78.25% ทำให้วิเคราะห์ได้ว่า งานวิจัยนี้ได้ส่งเสริมประสิทธิภาพการสอน ลดภาระการพูดสอนซ้ำซากของบุคลากรผู้สอน รวมถึงประหยัดพลังงานและเวลา



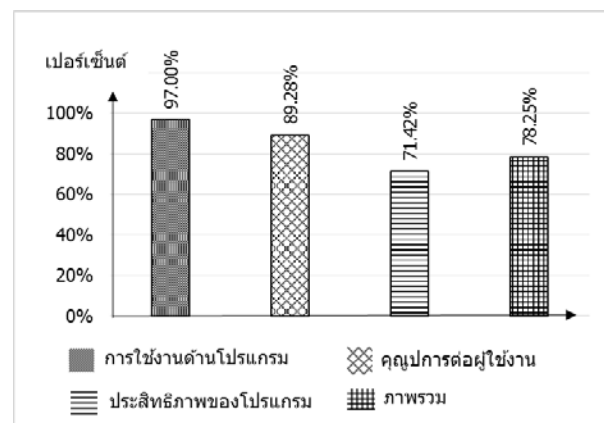
รูปที่ 18 ลักษณะการประเมินด้านซอฟต์แวร์



รูปที่ 19 ผลประเมินการใช้งานด้านฮาร์ดแวร์และการใช้งานด้านซอฟต์แวร์จากนักเรียนผู้ฝึกการ

4.5 อภิปรายผล

จากคะแนนการประเมินของทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์โดยภาพรวมทั้งหมด ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์รวมจากการที่ได้ไปสำรวจและได้รับผลการประเมินจากนักเรียนผู้ฝึกการกับบุคลากรผู้สอน จะเห็นได้ว่าทางด้านวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดหรือฮาร์ดแวร์นั้นได้ 84% ซึ่งเป็นแนวโน้มที่ดีแสดงว่าสามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียนและผู้ใช้งาน 97% ซึ่งใกล้เคียงไม่ต่างจากคะแนนของฮาร์ดแวร์แต่อาจได้มากกว่าเพราะว่าในการใช้งานของโปรแกรมระบบนั้น ตัวอาจารย์ผู้สอนจะเป็นผู้ใช้งานเอง ส่วนคุณภาพการหรือคุณประโยชน์ต่อผู้ใช้งานเป็น 71.42% และด้านภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ยเป็น 78.25% ซึ่งสามารถให้การตอบรับกับความต้องการของทั้งนักเรียนและอาจารย์ผู้สอนเป็นอย่างดี ดังนั้นโดยภาพรวมของงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงและส่งผลประโยชน์แก่ผู้ใช้งานทางด้านการเรียนการสอนทั้งกับนักเรียนผู้ฝึกการทางสายตาศักดิ์และบุคลากรผู้สอนโดยตรง



รูปที่ 20 ผลประเมินการใช้งานด้านซอฟต์แวร์ที่นำไปทดสอบจริงกับผู้ที่มีสายตาศักดิ์

5. สรุป

งานวิจัยนี้มีการพัฒนาออกแบบวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ด โดยใช้ แผ่นพีวีเจอร์บอร์ด แผ่นโฟมสตี และแผ่นพลาสติกใส่ม้วน มีการทดลองออกแบบอยู่ 4 ครั้ง มีการทำแบบประเมินให้นักเรียน ป.1 - ม.3 และอาจารย์ผู้สอนผลการประเมินได้เลือกแผ่นพลาสติกใส่ม้วน เลือกรูปลักษณะวัสดุที่คล้ายตัว a เป็นฟอร์มมาตรฐานต้นแบบมีการเขียนโปรแกรมระบบเพื่อช่วยบรรยายเนื้อหาของสื่อการสอนโดยอาศัยอุปกรณ์บาร์โค้ด งานวิจัยนี้จึงช่วยให้นักเรียนสามารถใช้งานได้ด้วยตัวเองและยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ผู้สอนและช่วยแบ่งเบาภาระในการสอนให้แก่อาจารย์ผู้สอน ผลของงานวิจัยสรุปเป็นเปอร์เซ็นต์ความพึงพอใจแสดงให้เห็นว่า สามารถนำไปใช้ในกระบวนการ



เรียนการสอน และการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้พิการทางสายตา ได้จริง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศิริพร วงศ์จุฬิไพโรจน์ วัชชีระ หาญกล้า และประมวล พลอยกมลคุณท์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัย และขอขอบคุณ NECTEC ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านซอฟต์แวร์ Vaja

7.เอกสารอ้างอิง

- [1] พรพรรณ ชินพงษ์. *ทัศนคติของคนตาบอดต่อการเข้าถึงสภาพแวดล้อม*, JARS 2010, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย;2553, หน้า 141-157
- [2] ศิริพร วงศ์จุฬิไพโรจน์, วัชชีระ หาญกล้า และประมวล พลอยกมลคุณท์. *สื่อการเรียนการสอน โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชานุอุปถัมภ์ เชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่*;2555.
- [3] นอร์แมน โจเซฟวูดแลนด์ . บาร์โค้ด, *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน, เทคโนโลยีสารสนเทศช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6*;2555, หน้า 38 - 45
- [4] พรศิลป์ พลทิวงค์. การพิมพ์รหัสบาร์โค้ดบนสติ๊กเกอร์สำหรับติดบนครุภัณฑ์, *วารสารวิทยบริการ*, ปีที่ 19, เม.ย.-พ.ค.; 2551.
- [5] ศรีนัย นาคดอนม. *การอ่านบาร์โค้ด 2 มิติที่ได้ภาพจากการเคลื่อนที่*, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิทยาลัยเกษตรกรรมสุพรรณภูมิ;2552
- [6] กฤษณ์ คำตื้อ และ กรกันยา โสภณ. *ระบบการอ่านบาร์โค้ดสองมิติแบบ QR Code เพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา*, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2550.
- [7] ยุพดี หัตถสิน ธวัชชัย ตาใจ และ อรรถพล ณ ตะกั่วทุ่ง. *วัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดของระบบสื่อการสอนเพื่อนักเรียนผู้พิการทางสายตา*, NCCIT, กทม;2556.
- [8] ยุพดี หัตถสิน. *พัฒนาระบบช่วยอ่านสื่อการสอนจากบาร์โค้ดสำหรับโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชานุอุปถัมภ์*, RCCON 2015, 23-24 มี.ค. 2558, โรงแรมเวียงอินทร์, เชียงราย;2558, หน้า439-442
- [9] ยุพดี หัตถสิน สิริพงษ์ มาทาเม และ สราวิทย์ ทิมอิม. *โมเดลบอกสเกลเวลาและน้ำหนักเพื่อฝึกทักษะสำหรับโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชานุอุปถัมภ์*, NCCIT 2014, ภูเก็ต;2557จำนวน 6 หน้า
- [10] ยุพดี หัตถสิน ธวัชพงษ์ ชุ่มแสง และ ศุภชัย ยิ่งแก้ว. *แว่นตาแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตา*, EENET 2014, 26-28 มี.ค.2557, โรงแรมมารีไทม์ ปาร์คแอนด์สปาร์ตอร์ท.กระบี่;2557.
- [11] ยุพดี หัตถสิน ธวัชวัฒน์ พยาราชบุรุษ ชาญณรงค์ ธรรมเสนา และ สิริพงษ์ มาทาเม. *การทดสอบระบบตรวจจับเพื่อความปลอดภัยสำหรับแว่นตาแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตา*, EENET 2015, พ.ค.2558,โรงแรม A-One The Royal Cruise, ชลบุรี;2558, หน้า 85-88
- [12] ยุพดี หัตถสิน ธวัชวัฒน์ พยาราชบุรุษ และ ชาญณรงค์ ธรรมเสนา. *พัฒนาระบบเสียงและการทดสอบระบบตรวจจับวัตถุในโครงการแว่นตาแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตา*, NCCIT 2015, 2-3 ก.ค. 2558, โรงแรมโนมา, กรุงเทพฯ;2558,หน้า 553-558
- [13] มนุ กวางแก้ว และ สิทธิชัย จันทิมพิง. *ไม้เท้าพูดได้สำหรับคนพิการทางสายตา*, โครงการเยาวชนยอดนักประดิษฐ์ฟิลิปส์ครั้งที่ 6,วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์;2549, หน้า 35 - 36.
- [14] พรัญญา จงจำรัสพันธ์ รุจิศา ทรงไตรจักร และธวัชชัย เหลืองโสภณพรณ. *นวัตกรรมเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ยาในคนตาบอด*, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่;2554.
- [15] วสันต์ ชอมแก้ว และ ศรีญญ ชามกุล. *เครื่องอ่านฉลากยา, ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*;22 เม.ย. 2553.
- [16] กันทมาลา โภคาพานิช และ วราวุฒิ พระลัทธิรักษา. *ซอฟต์แวร์สังเคราะห์เสียงพูดภาษาไทย คุณภาพสูง (Vaja)*, โครงการ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น;2551, หน้า 48 - 59
- [17] ไพศาล นาคพิพัฒน์. *ความหมายและความสำคัญของพลาตติก*, สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน;2547(28)
- [18] ธาริน สิทธิธรรม และ ประชา พฤกษ์ประเสริฐ. *Visual Basic 6 ฉบับสมบูรณ์*, ชิมพลีพราย, กรุงเทพฯ;2554.
- [19] ธัชชัย จำลอง. *การสร้างและการจัดตารางมือใหม่ ACCESS 2003 ใช้งานอย่างมืออาชีพ*, ซีเอ็ดยูเคชั่น;2549.

การออกแบบและสร้างเตาเผาแกลบความร้อนสูงแบบมีระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติ The Design and Build Husk Furnace Heat Automatic Shut-Off

กริช มารูยามา* ทศพร คิด้รังสรรค์ และ เฟลิน จันทรสุยะ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

Krit Maruyama*, Tossaporn Kidrangsan and Phiearn Jansuya

Department Electrical Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna.

99 Village No.10, Sai Khao, Phan, Chiang Rai, Thailand, 57120

*ผู้รับผิดชอบบทความ : krit1987@windowslive.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ เป็นการศึกษาและวิจัยเพื่อการออกแบบและสร้างเตาเผาแกลบคุณภาพสูงด้วยเตาความร้อนสูงแบบมีระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติ เพื่อเป็นการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและสร้างในส่วนฝาปิดของเตาเผาแกลบคุณภาพสูงด้วยเตาความร้อนสูง ในการออกแบบได้ คำนึงถึงราคาต้นทุนต่ำ สะดวกในการใช้งาน ในการเคลื่อนย้ายและการแก้ไขปัญหาในเรื่อง การประหยัดเวลาในการเผาคูแกลบและการเผาไหม้ของเตาเผาแกลบดำ จากการเผาแบบแรกโดยจะทำการเผาตามปกติหลังจากนั้นจะให้ ผู้ทดลองทำการปิดเตาที่เวลา 5 ชั่วโมง แกลบดิบที่ใส่เข้าไปเท่ากับ 18 กิโลกรัม แกลบดำที่ได้เท่ากับ 7.5 กิโลกรัม หรือร้อยละ 41.67 ทำการทดลอง อีกครั้งโดยออกแบบและสร้างระบบปิดอัตโนมัติและชุดแหล่งจ่ายจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทดลองโดยการเผาแบบปกติและเซตค่าอุณหภูมิที่ 280 องศาเซลเซียส เมื่อการเผาไหม้ลงมาถึงด้านล่างถึงอุณหภูมิ ถึง 280 องศาเซลเซียส เซ็นเซอร์สั่งการให้กลไกของระบบปิดอัตโนมัติปิดลงทันที แกลบดิบที่ทดลองเท่ากับ 18 กิโลกรัม และได้แกลบดำเท่ากับ 8.3 กิโลกรัม หรือร้อยละ 46.12 ซึ่งมากกว่าตอนที่ทำการทดลองโดยใช้การเผาแบบคนเฝ้าคอยปิดและยังประหยัดเวลาในการดูแลเตาอีกด้วย จากการเผาแกลบ ได้เตาเผาที่มีคุณภาพสูง แกลบที่มีคุณภาพสูงนั้น ต้องมีองค์ประกอบของขี้เถ้าแกลบน้อยที่สุดไม่เกินประมาณ 10% ของแกลบดำทั้งหมด และจะต้องได้ประมาณแกลบดำมากกว่าจากแกลบดิบ ในการเผาแกลบได้ใช้เตาเผาแกลบ โดยออกแบบและสร้างระบบปิดอัตโนมัติและชุดแหล่งจ่ายจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทดลอง โดยการเผาแบบปกติ ได้ใส่แกลบดิบเข้าไปเท่ากับ 18 กิโลกรัม แกลบดำที่ได้เท่ากับ 8.3 กิโลกรัม หรือร้อยละ 46.12 และได้ขี้เถ้าแกลบจากการเผาแกลบได้ประมาณ 5% จึงทำให้เตาเผาแกลบมีคุณภาพ ด้วยเตาความร้อนสูงแบบมีระบบปิดอัตโนมัติขึ้นมา

คำสำคัญ เตาเผาแกลบ ระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติ

Abstract

This article aims to study and research the design of a high quality rice husk furnace built with a high temperature furnace and an automatic-lid. In order to improve the design and construction process of the furnace lid, the design concept was based on lower costs, user-friendliness, movability and a solution to the time consumption in checking the combustion process of black rice husk ash. In the first experiment, 18 kilograms of raw rice husks were burned in the original furnace for 5 hours. The amount of black rice husk gathered from the burning was 7.5 kilograms or 41.67%. Then the process was redone using the re-designed rice husk furnace, which has an automatic-lid and was operated by a set of solar power generators. The temperature of the burning was set at 280°C. The experiment was tested by burning 18 kilograms raw rice husks until the heat reached the bottom of the tank at 280°C. The furnace was automatically shut off by a sensor. The collection of black rice husk was 8.3 kilograms or 46.12%. The results showed an increased number of black rice husk compared to the first method, with a decrease in the amount of time needed to check the burning process. In addition, the results found that the quality of the black rice husks greatly improved, which can be measured by the percentage of the ash. In general, the percentage of good quality black rice husks can be indicated by the amount of ash, which should not exceed more than 10%. Likewise, the results showed that there was only 5% of the ash from using the redesigned rice husk furnace.

Keywords; rice husk furnace, automatic shut-off

1 บทนำ

บทความนี้ เป็นการศึกษาและวิจัยเพื่อการออกแบบและสร้างเตาเผาแลกเปลี่ยนคุณภาพสูงด้วยเตาความร้อนสูงแบบมีระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติ การเผาถ่านในอดีตรมีการเผาถ่านในรูปแบบรูปการเผาถ่านด้วยหลุม เรายังไม่สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้อีกในรูปแบบเตาเผาแบบนี้ และต่อมามีการสร้างเตาเผาถ่านด้วยถัง 200 ลิตร ขึ้นมาใช้ แต่ได้สร้างแบบแนวอนปัญหาของเตาชนิดนี้ คือ ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ต่อมาการสร้างเตาเผาถ่านด้วยถัง 200 ลิตร แบบแนวตั้ง จึงได้นำเตาเผาถ่านไม้มาประยุกต์ใช้กับเตาเผาถ่านแลกเปลี่ยนคุณภาพสูงแบบมีระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติ ดังนั้นเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลและศึกษาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเตาเผาแลกเปลี่ยนคุณภาพสูงด้วยเตาความร้อนสูงแบบมีระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติ ได้ทำจากถัง 200 ลิตร แต่ทำแบบแนวตั้ง เพื่อสะดวกในการใส่และจัดเก็บผลผลิต และยังสามารถเคลื่อนย้ายไปไหนมาไหนได้อย่างสะดวก และยังได้นำเอาอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ได้เรียนหรือศึกษามาประยุกต์ใช้กับตัวเตาเผาแลกเปลี่ยนคุณภาพสูงด้วยเตาความร้อนสูงแบบมีระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติ ได้นำเอาเซ็นเซอร์มาวัดอุณหภูมิแล้วแสดงผลและไปสั่งให้โซลินอยด์ทำงานในการปิดฝาเตาอัตโนมัติ และยังการแสดงผลอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาเมื่อแลกเปลี่ยนมาถึงด้านล่าง เพื่อให้สะดวกสบายรวดเร็วในการเผาถ่านแลกเปลี่ยนและช่วยให้ผู้ประกอบการอาชีพในด้านนี้มีผลผลิตที่เพิ่มขึ้นในการประหยัดเวลาในการเผาถ่านแลกเปลี่ยนที่ต่ำลง แต่มีถ่านที่มีประสิทธิภาพสูงและคุณภาพที่ดี สามารถเผาถ่านแลกเปลี่ยนได้ปริมาณที่มากขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้เตาเผาแบบเดิมๆ เวลาใช้น้อยกว่าแบบเดิมอีกด้วยทำให้สามารถเพิ่มยอดขายการผลิตของถ่านให้ทันต่อความต้องการของตลาดหรือลูกค้าที่มีความต้องการเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีผู้ประกอบการอาชีพมีผลตอบแทนหรือรายได้เพิ่มมากยิ่งขึ้นและยังเป็นการลดต้นทุนทางด้านแรงงานคน ดังนั้นจึงเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการออกแบบและจัดสร้างเตาเผาถ่านด้วยความร้อนสูงเพื่อให้ผู้ประกอบการอาชีพมีผลผลิตที่มากยิ่งขึ้น อุณหภูมิสูงสุดของเตาเผาแลกเปลี่ยนอยู่ที่ 350 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในการเผาแลกเปลี่ยนจะน้อยกว่าอุณหภูมิในการเผาถ่านไม้ และระยะเวลาในการเผาแลกเปลี่ยนด้วยรวมอยู่ที่ 6 ถึง 7 ชั่วโมง โดยประมาณ แต่เตาเผาแลกเปลี่ยนคุณภาพสูงด้วยเตาความร้อนสูงแบบมีระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติ นี้จะใช้เวลารวมอยู่ที่ 5 ชั่วโมงโดยประมาณ จะเห็นได้ชัดเจนว่าทำให้ลดระยะเวลาในการเผา [1,2]

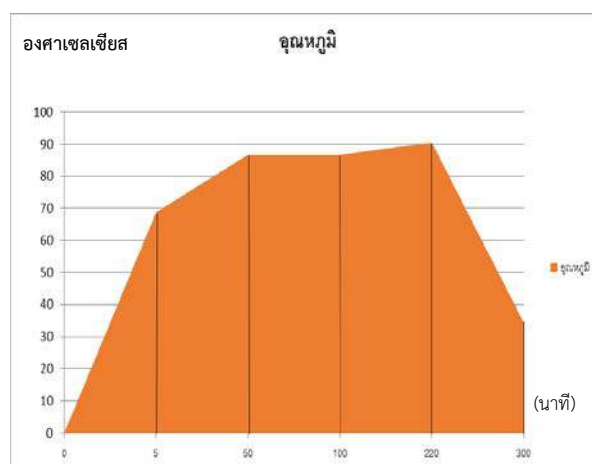
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถ่านไม้และถ่านจากกลบดำ

ถ่านไม้คือ ไม้ที่ได้นำผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยอาศัยความร้อนจากเปลวไฟ ในสภาวะที่ปราศจากก๊าซ ออกซิเจนที่เป็นตัวทำให้เกิดการเผาไหม้ การกลุ่ดไฟ ไม้ที่ได้รับความร้อนจนความชื้นระเหยแห้ง และสลายตัวออกไปจากเนื้อไม้ ซึ่งจะเหลือแต่ส่วนที่เป็นคาร์บอน ไม้จึงเปลี่ยนเป็นสีดำ ซึ่งเก็บไว้ใช้ได้นานไม่มีปัญหาจากปลวกและมอดมากินไม้ เนื่องจากอาหารของปลวกถูกสลายไป สามารถใช้งานเป็นเชื้อเพลิงในด้านต่างๆ รวมทั้งมีคุณสมบัติพิเศษในการใช้งานอื่นๆ โดยปกติก็จะทำการเผาให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิด้านล่างเตาที่ 450 องศาเซลเซียส และด้านบนเตา 700 องศาเซลเซียส ก็จะแน่ใจได้ว่า น้ำมันดิน (TAR) จะถูกขจัด ออกจากถ่านที่ทำการเผาจนหมดจากกลบดำ ซึ่งปัจจุบันมีการนำกลบดำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายด้านด้วยกันซึ่งถ้ากลบดำ เป็นขี้เถ้ากลบที่มีลักษณะสีเทา เนื้อขี้เถ้ากลบแข็ง และคงรูปมากกว่ากลบชนิดอื่น แต่จะแตกละเอียดหากได้รับแรงกดบีบ เป็นกลบที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ขณะเผาไหม้จะไม่เกิดเปลวไฟหลังจากนั้นถ่านจะกลายเป็นขี้เถ้าซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้



รูปที่ 1 ลักษณะกลบดีและถ่านกลบดำ



รูปที่ 2 แสดงระยะการทำงานจากเครื่องถ่ายภาพความร้อน

จากรูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการทำงาน กับอุณหภูมิ จะเห็นว่าในช่วงเวลาที่ 0 ถึง 50 นาที อุณหภูมิ สูงสุดอยู่ที่ 76.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 68.1 องศาเซลเซียส คือช่วงเวลาที่แกลบกำลังลุกไหม้หรือแกลบกำลัง ดัดไฟอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นทีละนิดต่อมาในช่วงเวลาที่ 50 ถึง 100 นาทีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 86.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 76.1 องศาเซลเซียสคือช่วงเวลาที่แกลบติด ไฟแล้ว อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ต่อมาในช่วงเวลาที่ 100 ถึง 220 นาที อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 90.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 63.9 องศาเซลเซียส คือช่วงที่แกลบก ลายเป็นถ่าน หรือ แกลบเริ่มสุก จะเห็นว่าในช่วงนี้อุณหภูมิ ของแกลบจะสูงมากที่สุด ต่อมาในช่วงเวลาที่ 220 ถึง 300 นาที อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 63.9 องศาเซลเซียสอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ ที่ 34.5 องศาเซลเซียส คือช่วงเวลาที่ปิดเตาเผา จะเห็นได้ ชัดเจนว่าอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิที่อยู่ ภายนอกของเตาเผา

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตถ่าน

2.2.1 อุณหภูมิ

- อุณหภูมิก็เป็นปัจจัยหลักที่มีผลกับปริมาณผลผลิตถ่านที่ ได้

- ที่อุณหภูมิต่างๆให้ผลผลิตสูงแต่ปริมาณคาร์บอนน้อยโดย ออกซิเจนไฮโดรเจนสูงปริมาณสารระเหยของถ่านไม้จะเป็น สัดส่วนกับ ปริมาณ ของ ออกซิเจน และ ไฮโดรเจน ในผลิตภัณฑ์ถ่าน

- ถ่านที่มีปริมาณคาร์บอนสูงๆจะมีความเปราะมีปริมาณ สารระเหยตามการเผาไหม้สะอาด (มีควันระหว่างการเผาไหม้ น้อย) แต่ติดไฟได้ยาก

2.2.2 ชนิดของวัสดุผลผลิตถ่านที่ได้

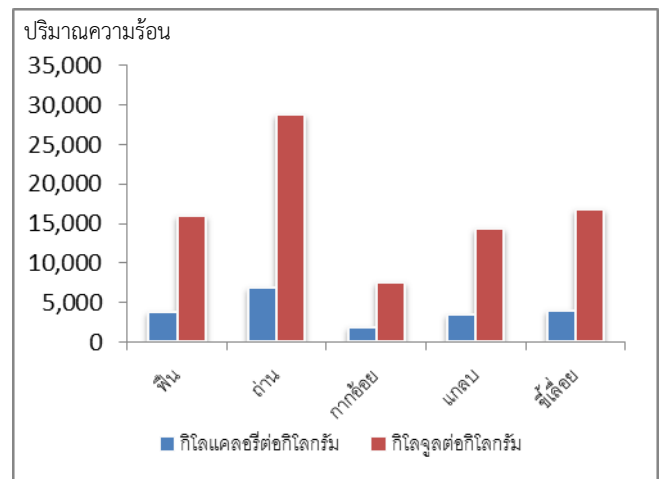
ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาเผาซึ่งมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณลิกนินที่มีอยู่ในเนื้อวัสดุนั้นโดยวัสดุนั้นที่มีปริมาณ ของลิกนินสูงจะให้ปริมาณผลผลิตถ่านที่สูง

2.3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล

เชื้อเพลิงเชื้อเพลิงชีวมวลจะมีปริมาณความชื้นและ องค์ประกอบที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีค่าความร้อนของ เชื้อเพลิงมีค่าแตกต่างกันด้วย ซึ่งค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ชีวมวลที่ได้จากการวิเคราะห์หาค่าความร้อนสูงสุดสามารถ แสดงได้ตามตารางที่ 1 เมื่อนำค่าความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด มาจัดทำในรูปแบบกราฟแท่งจะแสดงให้เห็นถึงค่าการให้ความ ร้อนของวัสดุชีวมวลนั้นๆได้อย่างชัดเจนตามรูปที่ 3 จากกราฟ แสดงให้เห็นถึงปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลชนิด ต่างๆซึ่งปริมาณของเชื้อเพลิง ที่ให้ค่าความร้อนมากที่สุดคือ ถ่าน และ รองลงมาจะเป็นไม้ฟืน

ตารางที่ 1 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล

ประเภทของ เชื้อเพลิงชีวมวล (กิโลกรัม)	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	
	กิโลแคลอรีต่อ กิโลกรัม	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ฟืน	3,820	15,989
ถ่าน	6,900	28,881
กากอ้อย	1,800	7,534
แกลบ	3,440	14,398
ขี้เลื่อย	4,000	16,742



รูปที่ 3 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิด

ส่วนการให้ปริมาณความร้อน ของแกลบนั้นจะอยู่ที่ ประมาณ 15,000 กิโลจูลต่อกิโลกรัม การให้ปริมาณความร้อน ของ แกลบจะเหมาะสมสำหรับนำมาทำเป็นถ่านอย่างมาก เพราะ แกลบ และ ไม้ฟืนจะให้ค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกันมาก

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

ในการออกแบบและสร้างเตาเผาแกลบคุณภาพสูงด้วยเตา ความร้อนสูงแบบมีระบบปิดฝาเตาอัตโนมัติ นั้นเราแบ่ง ออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.1 เตาเผาแกลบและระบบปิด

เตาเผาแกลบจะออกแบบโดยทำจากถัง 200 ลิตร ซึ่งมี ขนาดที่กะทัดรัดและมีขนาดเบาเคลื่อนย้ายได้ง่าย ในระบบ ปิดนั้นได้ใช้โซลินอยด์แบบลั่นชักเป็นตัวสั่งการทำงานของกลไก ของระบบปิดฝาของเตาเผาแกลบบนอัตโนมัติ



(ก) เตาเผาแลกเปลี่ยน



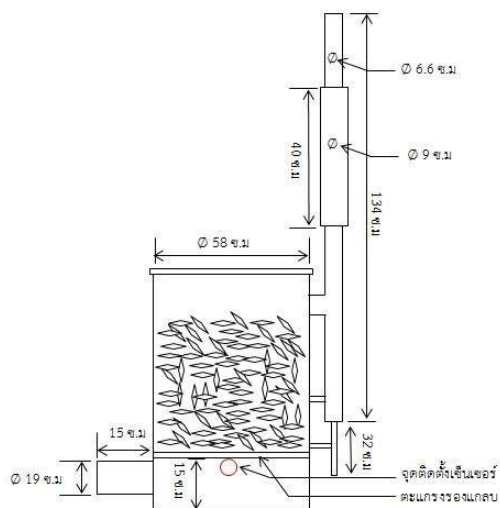
(ข) ระบบปิดด้านล่าง



(ค) ด้านในเตาเผา



(ง) ระบบปิดด้านบน



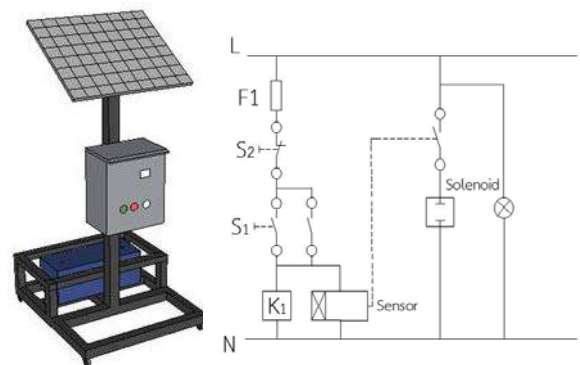
(จ) ขนาดและระยะของเตาเผาแลกเปลี่ยน
รูปที่ 4 เตาเผาแลกเปลี่ยนและระบบปิด

จากรูปที่ 4 เตาเผาแลกเปลี่ยนคุณภาพสูงด้วยเตาความร้อนสูงแบบมีระบบปิดอัตโนมัติ มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ คือ ได้ใช้ตัวถังขนาด 200 ลิตร ท่อระบายอากาศใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.6 เซนติเมตร ยาว 134 เซนติเมตร ท่อน้ำสัมน้ำไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร

ยาว 32 เซนติเมตร ฝาปิดใช้แผ่นเหล็กขนาด 2 มิลลิเมตร ด้านในติดปะเก็นหนังทนความร้อนเพื่อลดช่องว่างอากาศ กล้องโซลินอยด์ อากาศจะทำงานสูงจากท่อ 5 เซนติเมตร เพื่อลดความร้อนจากความร้อนของท่อ ส่วนตะแกรงสูงจากพื้น 15 เซนติเมตร เพื่อให้อากาศเข้าได้สะดวก ขนาดท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เพื่อใส่เทอร์โมคัปเปิล และขนาดท่อทางเข้าอากาศใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร

3.2 ชุดควบคุมและแหล่งจ่ายจากไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

เตาเผาแลกเปลี่ยนความร้อนสูงด้วยไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถรายละเอียดของ วงจร, ชุดควบคุมและแหล่งจ่ายได้ดังรูปที่ 5



(ก) โมเดลชุดควบคุมและแหล่งจ่าย (ข) วงจรควบคุม
รูปที่ 5 โมเดลชุดควบคุม, แหล่งจ่ายและวงจรควบคุม

จากรูปที่ 5 เตาเผาแลกเปลี่ยนความร้อนสูงด้วยไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบไปด้วยตัวถังที่สร้างขึ้นมาโดยถัง 200 ลิตร ระบบปิดได้ใช้โซลินอยด์เป็นตัวปิดฝาของเตาเผาแลกเปลี่ยน ส่วนชุดควบคุมได้ใช้เซ็นเซอร์เป็นตัววัดอุณหภูมิ เพื่อแสดงให้เห็นถึงเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของตัวเผาแลกเปลี่ยน เมื่ออุณหภูมิถึงที่กำหนดก็จะปิดฝาเตาเผาโดยอัตโนมัติ และแหล่งจ่ายได้จากพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ เป็นแหล่งจ่ายเตาเผาแลกเปลี่ยนความร้อนสูงด้วยไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และหลักการทำงานของวงจรมัน คือ เมื่อกดสวิตช์ s_1 จะทำการเริ่มต้นการทำงานของวงจร ทำให้ k_1 ทำงานและมาล่อค่าน้ำสัมผัส k_1 เมื่อปล่อยมือหลังจากกด s_1 ทำให้วงจรทำงานได้โดยไม่ต้องกดสวิตช์ตลอดเวลา และต่อมาเซ็นเซอร์อุณหภูมิจะทำงาน (sensor) เมื่ออุณหภูมิลงถึงด้านล่างของเตาเผาแลกเปลี่ยนอุณหภูมิของเซ็นเซอร์จะเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ตั้งไว้เซ็นเซอร์อุณหภูมิจะส่งให้หน้าสัมผัสทำงาน และจะสั่งให้โซลินอยด์ทำงาน (solenoid) จะทำให้เตาเผาปิดโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ถ่วงจรวดขัดข้อง

เรายังสามารถกดสวิตช์ S_2 เพื่อหยุดการทำงานได้ ประกอบ
สร้างเสร็จแล้วแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เตาเผาแลกเปลี่ยนความร้อนสูงด้วยไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์และชุดแหล่งจ่าย

3.3 วิธีการทดลอง

ทดลองการเผาแลกเปลี่ยนด้วยวิธีการแบบเดิมและวิธีการแบบ
เตาเผาแลกเปลี่ยนความร้อนสูงด้วยไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
เตาเผาแลกเปลี่ยนที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นได้นำเอา
เทคโนโลยีมาใช้งานเข้ากับตัวเตาเผาแลกเปลี่ยนเพื่อ
สะดวกสบายในการเผาแลกเปลี่ยนในการทดสอบจะทดสอบการ
เผาแลกเปลี่ยนโดยใช้เตาที่ไม่มีระบบปิดอัตโนมัติก่อน และ ทำการ
เผาแลกเปลี่ยนโดยใช้เตาเผาแลกเปลี่ยนด้วยไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
และเปรียบเทียบผลจากแลกเปลี่ยนที่ออกมาจากการเผาทั้งสอง
แบบและความสะดวกประหยัดเวลาในการเผาดูและการเผา
ของเตาเผาแลกเปลี่ยนทั้งสองแบบ

3.3.1 การเผาแลกเปลี่ยนแบบแรก

การเผาแบบปกติโดยจะใช้คนเฝ้าคอยดูตลอดระยะเวลา
เผาของเตา โดยจะสังเกตจากสีของควัน โดยควันนั้นจะ
ไม่มีสีที่แน่นอนทำให้ผู้ทำการทดลองลำบากในการหาช่วงเวลา
การปิดเตา

3.3.1 การเผาแลกเปลี่ยนโดยใช้เตาเผาแลกเปลี่ยนคุณภาพสูงด้วยเตา ความร้อนสูงแบบมีระบบปิดอัตโนมัติ

โดยจะเผาแบบปกติแต่จะมีระบบปิดอัตโนมัติที่รับ
แหล่งจ่ายจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในกันของเตาจะมี
เซ็นเซอร์อุณหภูมิอยู่เมื่อการเผาไหม้ถึงกันเตาเซ็นเซอร์
อุณหภูมิจะสั่งให้ระบบปิดเตา ปิดอัตโนมัติทันที ดังแสดงที่รูป
ที่ 8



รูปที่ 7 การเผาโดยใช้เตาเผาแลกเปลี่ยนแบบเดิม



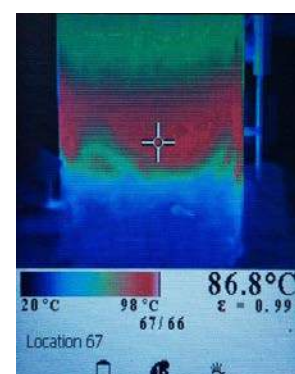
รูปที่ 8 การทดลองการเผาเตาเผาแลกเปลี่ยนคุณภาพสูงด้วยเตา
ความร้อนสูงแบบมีระบบปิดอัตโนมัติ

3.4 ผลการทดลอง

การถ่ายภาพความร้อนด้วยเครื่องเทอร์โมสแกนเพื่อดู
ระยะการเผาไหม้ของเตาเผาแลกเปลี่ยนตลอดจนสิ้นสุดการเผา

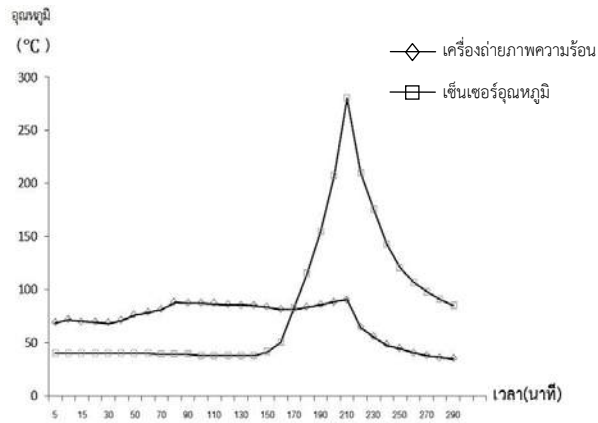


(ก) เซ็นเซอร์อุณหภูมิ



(ข) ภาพถ่ายความร้อนจาก
เครื่องเทอร์โมสแกน

รูปที่ 9 เซ็นเซอร์อุณหภูมิและภาพถ่ายความร้อน



รูปที่ 10 แสดงค่าอุณหภูมิของเตาเผาถ่านความร้อนสูงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของเซ็นเซอร์อุณหภูมิและเครื่องถ่ายภาพความร้อนเทอร์โมสแกน

จากการทดลองสรุปผลการทดลองได้ว่าการเผาแบบแรก โดยจะทำการเผาตามปกติหลังจากนั้นจะให้ผู้ทำการทดลอง เผาต่อโดยจะถ่ายภาพถ่ายความร้อนจากเครื่องเทอร์โมสแกน ตั้งแต่เริ่มต้น และ ถ่ายทุกๆ 15 นาทีหลังจากการเผาผ่านไป ประมาณ 4 ชั่วโมงค่าความร้อนจากภาพถ่ายพลังงานความร้อนของเครื่องเทอร์โมสแกนมาถึงกันถึง แต่ยังมีควันบริเวณท่อระบายอากาศ ผู้ทดลองทำการปิดเตาที่เวลา 5 ชั่วโมง ถ่านดิบที่ใส่เข้าไปเท่ากับ 18 กิโลกรัมถ่านดิบที่ได้เท่ากับ 7.5 กิโลกรัมหรือร้อยละ 41.67 ทำการทดลองอีกครั้งโดยออกแบบ และสร้างระบบปิดอัตโนมัติและชุดแหล่งจ่ายจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทดลองโดยการเผาแบบปกติ ได้ทำการถ่ายภาพพลังงานความร้อน เครื่องวัดอุณหภูมิทุกๆ 15 นาที ตั้งแต่เริ่มจน จบการทดลองและเซตค่าอุณหภูมิที่ 280 องศาเซลเซียส เมื่อการเผาไหม้ลงมาถึงอุณหภูมิถึง 280 องศาเซลเซียส เซ็นเซอร์สั่งการให้กลไกของระบบปิดอัตโนมัติปิดลงทันที ถ่านดิบที่ทดลองเท่ากับ 18 กิโลกรัม และได้ถ่านดิบเท่ากับ 8.3 กิโลกรัม หรือร้อยละ 46.12 ซึ่งการกว่าตอนแรกที่ทำ การทดลองโดยใช้การเผาแบบคนเฝ้าคอยปิดรวมทั้งยัง ประหยัดเวลาในการดูแลเตาอีกด้วย

จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านคุณภาพสูงด้วยเตาความร้อนสูงแบบมีระบบปิดอัตโนมัติ ที่ได้ใช้อุณหภูมิที่ 280 องศาเซลเซียส เป็นตัวควบคุมในระบบปิดเตา ได้มาจากการทดลองในเผาแต่ละครั้ง ในการเผาครั้งแรกได้ตั้ง ค่าอุณหภูมิไว้ที่ 250 องศาเซลเซียส เมื่อตอนเก็บผลผลิตพบว่า ยังมีถ่านดิบเหลืออยู่ จึงได้ทำการเผาใหม่ ได้ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 300 องศาเซลเซียส เมื่อตอนเก็บผลผลิตพบว่าไม่มีถ่านดิบจำนวนมาก จึงได้ทดลองอีกครั้งที่ 280 องศาเซลเซียส พบว่า ถ่านดิบที่ได้ไม่มีถ่านดิบ แต่ยังมีขี้เถ้าถ่านเหลือน้อยมาก จึงได้นำค่าอุณหภูมิที่ 280 องศาเซลเซียส มาใช้ในการควบคุม

ระบบปิดเตาอัตโนมัติ เพราะถ่านที่ได้มีขี้เถ้าถ่านน้อยที่สุดและไม่มีถ่านดิบเหลืออยู่ จึงเลือกใช้อุณหภูมิที่ 280 องศาเซลเซียส



(ก) ปริมาณถ่านดิบ



(ข) ถ่านดิบจากการทดลอง

รูปที่ 10 ปริมาณถ่านดิบถ่านดิบจากการทดลอง

4.สรุปผล

จากการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลต่างๆแล้วทำการออกแบบสร้างเตาเผาถ่านความร้อนสูงด้วยไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในการนำเตาเผาถ่านแบบเก่ามาประยุกต์ใช้ใหม่ โดยการใส่ระบบปิดเตาโดยอัตโนมัติจะช่วยให้สะดวกสบาย ในการเผาถ่านถ่านดิบ และยังได้ถ่านดิบที่มีคุณภาพจากผลการทดลองเมื่อการเผาแบบปกติโดยใช้คนเฝ้าคอยปิดเตาเผา ถ่านปริมาณถ่านที่ซึ่งก่อนเผาเท่ากับ 18 กิโลกรัมหลังจากทำการเผาเป็นถ่านดิบเท่ากับ 7.5 กิโลกรัม หรือร้อยละ 41.67 การเผาโดยใช้ระบบปิดอัตโนมัติ (ทำการปิดที่อุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียส) ปริมาณถ่านที่ซึ่งก่อนเผาเท่ากับ 18 กิโลกรัม หลังจากทำการเผาเป็นถ่านดิบเท่ากับ 8.3 กิโลกรัม หรือร้อยละ 46.12 แสดงการเผาแบบปิดอัตโนมัติจะได้ผลผลิตที่มากกว่ายังประหยัดเวลาในการเผาต่อเตาอีกด้วย

4.1 รายละเอียด ค่าใช้จ่าย (ต้นทุน) ดังนี้

- ค่าใช้จ่าย = ไม่มีค่าใช้จ่ายเพราะทำใช้ในครัวเรือน จึงทำให้ไม่มีค่าด้านแรงงาน
- ค่าไฟ = ไม่มีค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟเพราะใช้ไฟจาก แหล่งจ่ายจากพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์
- ค่าซ่อมแซม = ถึง 200 ลิตร เนื่องจากการเผาถ่านแต่ละครั้งจะถูกกัดกร่อนและเสื่อมสภาพไปตามการใช้งานจึงทำให้ การใช้งาน ใช้งานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จากการทดลอง ถึง 200 ลิตร มีราคา 400 บาท สามารถเผาได้ 50 ครั้ง การเผาแต่ละครั้งใช้ ถ่านดิบ 18 กิโลกรัม ราคาถ่านดิบที่ขายกิโลกรัมละ 1.50 บาท [3] ราคาต้นทุนการซื้อถ่านดิบเป็นเงิน 27 บาท เมื่อเผาถ่านดิบ แล้วในแต่ละครั้งได้ปริมาณถ่านดิบ 8.3 กิโลกรัม สามารถขาย ถ่านดิบได้ราคาต่อกิโลกรัมละ 20 บาท [4] เป็นเงิน 166 บาท ดังนั้นการเผาถ่านแต่ละครั้งจะได้กำไรทั้งหมด 139 บาท



5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Unmaung. D, Fungfaung. T, Noomkan. N. *Design and build husk kiln for agriculture*. Rajamangala University of Technology Lanna, Northern Campus; 2005.
- [2] Chunwarin. W, Chungtarasana. T. *Charcoal making and quality of charcoal from mangrove timbers by small brick kiln kind*, vol. Thai Journal of forestry.1986;3(4):253-275.
- [3] For biomass- Energy for Environment Foundation. Available from: <http://www.eff.or.th/> [Accessed 6th May 2016].
- [4] Price chaff. Available from: <http://www.banrainarao.com/> [Accessed 6th May 2016].

การพัฒนาวิธีประมาณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทิศและมุมต่างกันด้วยวิธีสหสัมพันธ์และใช้เทคนิคการจำแนกลักษณะท้องฟ้าแบบมิติสัทสิรูป : กรณีท้องฟ้าแจ่มใส

Development of Solar Energy Evaluation at Various Direction and Tilt with Correlation Method with Fractal Dimension Technique : Clear Sky Condition

สาคร จำปาอิม¹ จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน¹ จีรวรรณ แซ่เล่า² รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ³ และ ชีระศักดิ์ สมศักดิ์^{4*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

² ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

³ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

⁴ หน่วยวิจัยระบบพลังงานสะอาด วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

Sakorn Jampa-Im¹, Jutturit Thongporn¹, Jerawan Saerour², Roongrojana Songprakorp³ and Teerasak Somsak^{4*}

¹ Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

² Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Maejo University

³ School of Energy Environmental and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi

⁴ Clean Energy System Research Unit, College of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

98 M.8 Papong, Doisaket, Chiangmai, 50220

*ผู้รับผิดชอบบทความ: dhirasak@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 053-921-444

บทคัดย่อ

จากนโยบายของรัฐบาลภายใต้โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาสำหรับกลุ่มบ้านอยู่อาศัยกลุ่มอาคารธุรกิจและกลุ่มโรงงานนั้น โดยส่วนใหญ่การออกแบบตำแหน่งและทิศของอาคารไม่ได้ออกแบบให้ทิศและมุมรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุดเนื่องจากหลักการสร้างบ้านอยู่อาศัยและอาคารธุรกิจโรงงานขึ้นอยู่กับผู้อาศัยเป็นหลักโดยใช้ฐานความพึงพอใจพื้นที่ประโยชน์ใช้สอยและความสวยงาม ดังนั้นก่อนการติดตั้งระบบฯ ต้องมีการประมาณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาการประมาณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทิศและมุมต่างกันด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยและใช้เทคนิคการจำแนกลักษณะท้องฟ้าด้วยวิธีมิติสัทสิรูปโดยพัฒนาห้วตั่งรังสีแสงอาทิตย์ด้วยโฟโต้ไดโอดชนิดซิลิกอนครอบคลุมความยาวคลื่น 400 – 1100 นาโนเมตร จำนวน 24 ตัวครอบคลุมทิศทั้งแปดและในแต่ละทิศประกอบด้วยมุม 20 30 และ 40 องศา ตามลำดับ ติดตั้งเก็บข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ตั้งละติจูดที่ 18.43 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 98.78 องศาตะวันออก เหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 600 เมตร เก็บข้อมูลรายนาทิจองวันจากนั้นใช้เทคนิคมิติสัทสิรูปจัดกลุ่มข้อมูลตามสภาพท้องฟ้า โดยในบทความนี้ได้เลือกลักษณะท้องฟ้าแจ่มใสเป็นตัวแทนวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วยวิธีสหสัมพันธ์พบว่ากรณีท้องฟ้าแจ่มใสสามารถใช้สมการถดถอยประมาณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ได้โดยมีค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ยประมาณ 0.92 ทิศที่ได้พลังงานสูงสุดคือทิศใต้ที่มุมเอียง 40 องศาในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม

คำสำคัญ พลังงานแสงอาทิตย์ สหสัมพันธ์ มิติสัทสิรูป

Abstract

Thailand government has been a policy for solar photovoltaic rooftop (PVRT) such as household and factory building. Normally, the household and factory have had mention designed for living, functioning and comforting respectively by consumer. For this reason, the direction and title of almost building is hard to receive the maximum solar energy through the year. The design of PVRT for generate the electrical energy had related with solar energy directly. This article proposes the development of solar energy evaluation at

various direction and tilt with regression analysis method with fractal dimension technique. The 24 silicon pyrometers have been development in range 400-1100 nm and have been installed at 8 directions and 3 angles such as 20, 30 and 40 degree respectively on latitude 18.43 N, longitude 98.78 E and 600 meters above mean sea levels. The data acquisition had applied to collect the data at one minute interval. The fractal dimension technique was functional in clear sky condition and correlation factor technique was applied in this article. We found that the clear sky condition can be applied the least square equation for estimate the solar energy at various direction and title and had 0.92 correlation factor. The south direction at 40 degree had the highest solar energy in duration the February to March.

Keywords; solar energy, correlation, fractal dimension.

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปีต่อพื้นที่ประมาณ 18.2 เมกกะจูลต่อตารางเมตร มีศักยภาพสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ หลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยได้เจออุปสรรคปัญหา ด้านพลังงานอย่างต่อเนื่องเป็นต้นว่า ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีแนวโน้มราคาสูงขึ้นและมีโอกาสหมดไป ปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้ามีไม่เพียงพอเป็นบางพื้นที่ทำให้จ่ายกระแสไฟฟ้าไม่ต่อเนื่อง ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบโดยตรงในการพัฒนาประเทศ เพื่อให้การพัฒนาประเทศด้านพลังงานเป็นไปอย่างมั่นคง มีเสถียรภาพ จึงมีความจำเป็นต้องหาพลังงานทางเลือกเพื่อมาทดแทนพลังงานที่กำลังจะหมดไปตามมติของที่ประชุมคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 1/2557 (ครั้งที่ 1) วันศุกร์ที่ 15 สิงหาคม 2557 เวลา 09.00 น. เรื่องที่ 3 แนวทางการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบ Feed-in Tariff ในหัวข้อดังนี้

1. เห็นชอบอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบ Feed-in Tariff สำหรับใช้ในการรับซื้อไฟฟ้าในปี 2557-2558 โดยมีระยะเวลาสนับสนุน 25 ปี ดังนี้ (1.1) โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน ขนาดกำลังผลิตติดตั้งไม่เกิน 90 เมกกะวัตต์สูงสุด อัตรา Feed-in Tariff 5.66 บาทต่อหน่วย (1.2) โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา 1.2.1 กลุ่มบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังติดตั้ง 0 – 10 กิโลวัตต์สูงสุดอัตรา 6.85 บาทต่อหน่วย 1.2.2 กลุ่มอาคารธุรกิจ/โรงงาน 1.2.2.1 ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง มากกว่า 10 – 250 กิโลวัตต์สูงสุด อัตรา 6.40 บาทต่อหน่วย 1.2.2.2 ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง มากกว่า 250 – 1,000 กิโลวัตต์สูงสุด อัตรา 6.01 บาทต่อหน่วย (1.3) โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนพื้นดิน สำหรับหน่วยงานราชการและสหกรณ์การเกษตร อัตรา 5.66 บาทต่อหน่วย โดยให้คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ไปดำเนินการออกแบบระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบ Feed-in Tariff ต่อไป [1]

จากนโยบายด้านพลังงานของรัฐบาลที่ได้กล่าวมาข้างต้น เห็นว่าการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคามีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งนี้การติดตั้งระบบดังกล่าวบนหลังคาที่อยู่อาศัยไม่ได้ออกแบบให้ทิศและมุมรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุดเนื่องจากหลักการสร้างบ้านพักอาศัยขึ้นอยู่กับผู้อยู่อาศัยเป็นหลักโดยใช้ฐานความพึงพอใจ พื้นที่ประโยชน์ใช้สอยและความสวยงาม ดังนั้นก่อนการติดตั้งระบบฯ ต้องมีการประมาณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยทั่วไปการประมาณค่ารังสีอาทิตย์ส่วนใหญ่ใช้วิธีการประมาณค่ารังสีจากสถานีวัดเป็นค่าในแนวราบ แต่การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ต้องใช้ข้อมูลพลังงานที่ตกกระทบกับแผงเซลล์ซึ่งวางเป็นมุมเอียง ดังนั้นจึงใช้แฟกเตอร์มุมเอียงเปลี่ยนค่าพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นราบเป็นค่าพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นเอียง แฟกเตอร์มุมเอียงขึ้นอยู่กับความหนาของไอน้ำในอากาศตำแหน่งละติจูด ที่เดือนต่างๆ กันหรือถ้าต้องการประเมินค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบที่ทิศและมุมอื่นๆ ให้ได้ค่าที่แม่นยำจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องวัดรังสีอาทิตย์ ณ ตำแหน่งที่สนใจ [2-4] โดยวิธีทั้งสองดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นเป็นข้อจำกัดสำหรับประชาชนผู้สนใจโดยทั่วไปเนื่องจากราคาของเครื่องมือวัดราคาแพงและการวิเคราะห์ข้อมูลซับซ้อน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ได้พัฒนาวิธีการประเมินค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในทิศและมุมต่างๆ เมื่อทราบข้อมูลรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบในแนวราบโดยประยุกต์การจำแนกลักษณะท้องฟ้าด้วยเทคนิคสถิติสรุปเป็น 3 ลักษณะคือ 1. ลักษณะท้องฟ้าแจ่มใส 2. ลักษณะท้องฟ้าบดบัง 3. ลักษณะท้องฟ้าขุ่นมัวเพื่อจัดกลุ่มข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันโดยนำข้อมูลลักษณะท้องฟ้าแจ่มใสเป็นกรณีนำเสนอ จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์แนวราบกับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทิศและมุมต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินค่าพลังงานที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า [5]

2.1.1 มุมเดคลิเนชัน (declination angle, δ) เป็นมุมระหว่างแนวเส้นแวงอาทิตย์เมื่อเที่ยงสุริยกับระนาบศูนย์สูตร มีค่าเป็นบวกเมื่อวัดไปทางเหนือ มีค่าเปลี่ยนไปทุกวันระหว่าง 23.45 องศา (summer solstice) และ -23.45 องศา (winter solstice)

2.1.2 มุมเอียงพื้นที่รับแสง (Slop, β) เป็นมุมที่เกิดการเอียงพื้นที่รับแสงแนวราบอยู่ระหว่าง 0 ถึง 180 องศา มุมเกิน 90 องศา ลักษณะพื้นที่รับแสงแบบคว่ำหน้า

2.1.3 มุมละติจูด (latitude, ϕ) เป็นตำแหน่งละติจูดที่ทำการวัดเหนือเส้นศูนย์สูตรเป็นบวกใต้เส้นศูนย์สูตรเป็นลบ

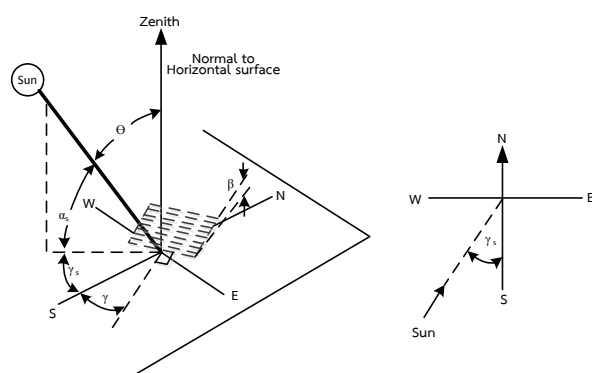
2.1.4 มุมหันหน้าพื้นที่รับแสง (surface azimuth angle, γ) เป็นมุมพื้นที่รับแสงหันหน้าทิศใต้เป็นศูนย์ หมุนไปทางทิศตะวันออกเป็นลบ หมุนไปทางทิศตะวันตกเป็นบวก

2.1.5 มุมชั่วโมง (hour angle, ω) เป็นมุมที่เกิดขึ้นระหว่างวันมีค่าเปลี่ยนไป 15 องศาต่อ 1 ชั่วโมง เที่ยงวันให้เป็นศูนย์ ก่อนเที่ยงมีค่าเป็นลบหลังเที่ยงมีค่าเป็นบวก

2.1.6 มุมลำแสงอาทิตย์ (angle of incidence, θ) เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากแนวเส้นแวงอาทิตย์ตกกระทบพื้นที่ผิวรับแสงเกิดมุมระหว่างแนวตั้งฉากพื้นที่รับแสงกับแนวเส้นแสง

2.1.7 ทิศใต้จำนวนทิศไว้ 8 ทิศดังนี้ ทิศเหนือ(N) ทิศตะวันออก(NE) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (E) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) ทิศใต้ (S) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

การกำหนดตำแหน่งทิศและมุมของดวงอาทิตย์กับพื้นที่ตกกระทบแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งทิศและมุมสำหรับการอ้างอิง[5]

2.2 การวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis)[6]

2.2.1 การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหรือปัจจัยที่แทนด้วยตัวแปรตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไปเพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ ทิศทางความสัมพันธ์ และลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือเป็นการ

วิเคราะห์โดยอาศัยค่าที่ทราบจากตัวแปรหนึ่งแล้วนำไปพยากรณ์ค่าอีกตัวแปรหนึ่งว่ามีความแปรผันในสัดส่วนใดหรือในระดับใดสมการถดถอยอย่างง่ายแสดงดังสมการที่ 1

$$y = ax + b \quad (1)$$

เมื่อ

y = เป็นตัวแปรตาม (ค่า y ขึ้นกับค่า x)

x = ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น

a = ค่าคงที่ (constant) หรือค่าที่ตัดกัน แกน y

b = ความชัน (slop) ของเส้นกราฟ

2.2.2 การถดถอยพหุคูณ (multiple linear regression) เป็นการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีมากกว่าหนึ่งตัวแปรกับตัวแปรตามหนึ่งตัวแปร

2.3 การจำแนกลักษณะท้องฟ้า [7]

ลักษณะท้องฟ้าจำแนกไว้ 3 แบบ คือ 1. ท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky) 2. ท้องฟ้าบดบังบางส่วน (partially clouded sky) 3. ท้องฟ้ามีดมัว (clouded sky) [2] ในการจำแนกลักษณะท้องฟ้าโดยวิธีการมิติสาคูรูปได้ลักษณะท้องฟ้าหลายแบบดังที่กล่าวไว้แล้วเบื้องต้น จำแนกลักษณะท้องฟ้าโดยวิธีมิติสาคูรูป เป็นวิธีการจำแนกลักษณะท้องฟ้ารายวัน โดยอาศัยค่ามิติ (dimension)เป็นค่าในการจำแนก ถ้าเป็นจุดค่ามิติเป็นศูนย์ เป็นเส้นค่ามิติเป็นหนึ่ง เป็นพื้นที่กว้างคุณยาวมีการระบายที่บดบังพื้นที่มิติเป็นสอง เป็นปริมาตรกว้างคุณยาวคุณสูงระบายที่บดบังเป็นสาม ฉะนั้นสิ่งที่เกิดขึ้นกับมิติลักษณะท้องฟ้าได้มากจากการวัดรังสีอาทิตย์ตลอดทั้งวันขณะพระอาทิตย์ขึ้นจนกระทั่งตก ในการเก็บข้อมูลจะต้องเก็บอย่างสม่ำเสมอและใช้สมการที่สองหาความสัมพันธ์ของลักษณะท้องฟ้าโดยจะได้ค่ามิติเป็นตัวกำหนดและจำแนกเป็นลักษณะของท้องฟ้าแบบต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1

$$\ln \left(\frac{S(\Delta\tau)}{\Delta\tau^2} \right) \cong DAB \ln \left(\frac{1}{\Delta\tau} \right) + C, \text{ with } \Delta\tau \rightarrow 0 \quad (2)$$

เมื่อ

$S(\Delta\tau)$ = ผลรวมที่เวลาต่างกัน

$\Delta\tau^2$ = ผลต่างเวลากำลังสอง

D = มิติสาคูรูป

C = ค่าคงที่

ตารางที่ 1 ค่า Dimension ใช้จำแนกลักษณะท้องฟ้า

ลักษณะท้องฟ้า	ค่ามิติ(Dimension)
แจ่มใส	1.00 – 1.119
บดบังบางส่วน	1.12 – 1.529
มีดมัว	1.53 ขึ้นไป

3. วิธีการดำเนินการ

คณะทำงานได้ติดตั้งห้ววัดพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเก็บข้อมูลรังสีอาทิตย์รวมจำนวนแปดทิศในแต่ละทิศประกอบด้วยมุม 0 20 30 40 องศา ตามลำดับ ณ ละติจูด 18.43 องศาเหนือ ลองจิจูด 98.78 องศาตะวันออก โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 ทั้งนี้ห้ววัดรังสีอาทิตย์ไม่ได้ปรับแก้ผลของอุณหภูมิของห้ววัดรังสีอาทิตย์แต่ใช้เทคนิคการปรับค่าอย่างง่ายด้วยการเทียบกับค่าที่วัดได้จากห้ววัดพารานอมิเตอร์ CMP03 แสดงดังรูปที่ 2

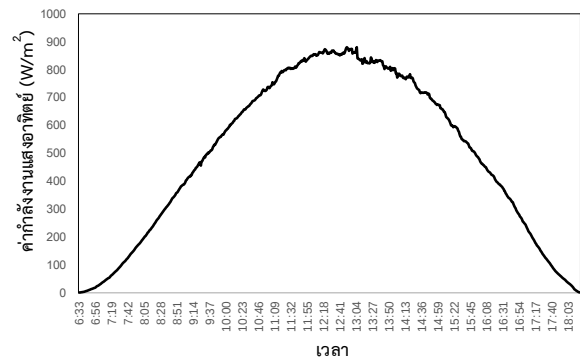


รูปที่ 2 การวัดพลังงานแสงอาทิตย์

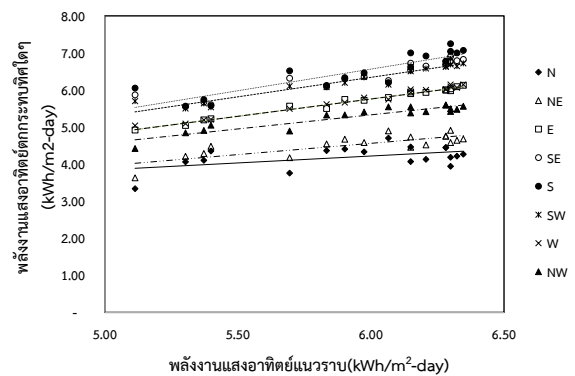
การจำแนกลักษณะท้องฟ้าโดยวิธีมิติสาคิรูป(fractal dimension) คัดกรองเฉพาะวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสมาทำการวิเคราะห์ เหตุที่ต้องเลือกแบบนี้เพราะไม่สามารถควบคุมสภาพอากาศ เมฆ ฝุ่นละอองในอากาศได้เป็นเหตุสุดวิสัยสภาพอากาศแต่ละวันไม่เหมือนกัน นำข้อมูลวันท้องฟ้าแจ่มใสมาวิเคราะห์ทั้งแปดทิศมุม

4. ผลการทดลอง

ผลการจำแนกวันท้องฟ้าแจ่มใสโดยวิธีมิติสาคิรูป(fractal dimension method) จากนั้นนำข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่มุม 40 องศาทั้งแปดทิศหาค่าเฉลี่ยและนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างทิศและมุมต่างๆ ดังแสดงดังรูปที่ 4-6 ตามลำดับ



รูปที่ 3 ลักษณะท้องฟ้าแจ่มใส

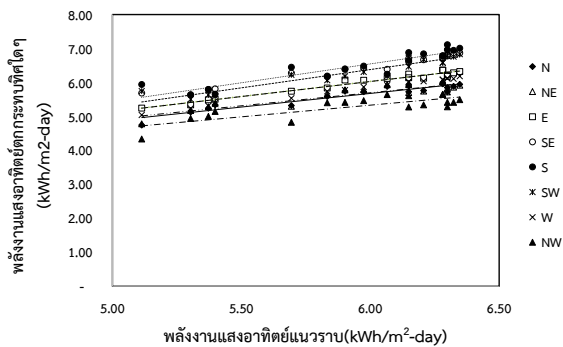


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์แนวราบ (E_T) กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทิศต่างๆที่มุม 40 องศา (E_{xx40})

ตารางที่ 2 สมการความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์แนวราบกับทิศต่างๆมุม 40 องศา

ทิศ	สมการ	R^2	E_{xx40} คำนวณ
N	$E_{N40} = 0.3746E_T + 1.97$	0.24	4.19
NE	$E_{NE40} = 0.6081E_T + 0.912$	0.64	4.52
E	$E_{E40} = 0.933E_T + 0.156$	0.98	5.69
SE	$E_{SE40} = 1.0348E_T + 0.211$	0.88	6.35
S	$E_{S40} = 1.1650E_T - 0.428$	0.78	6.49
SW	$E_{SW40} = 1.0519E_T + 0.029$	0.92	6.27
W	$E_{W40} = 0.9386E_T + 0.156$	0.98	5.73
NW	$E_{NW40} = 0.7592E_T + 0.775$	0.86	5.28

จากข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในแนวราบ (E_T) ลักษณะท้องฟ้าแจ่มใส $E_T = 5.94$ กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร-วัน แทนค่าลงในสมการตารางที่ 2 ได้ จากข้อมูลลักษณะท้องฟ้าแบบแจ่มใสมุม 40 องศา พบว่าทิศที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดตรงมาทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์น้อยสุดคือทิศเหนือ

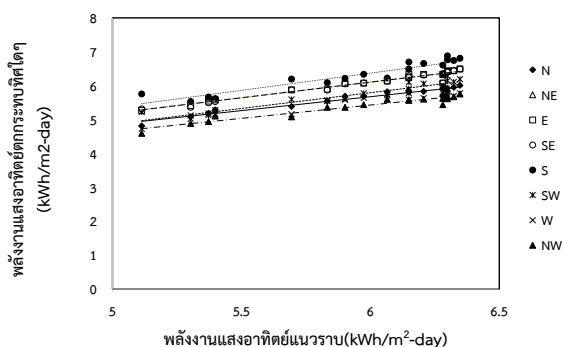


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์แนวราบ (E_T) กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทิศต่างๆ ที่มีมุม 30 องศา (E_{xx30})

ตารางที่ 3 สมการความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์แนวราบกับทิศต่างๆ มุม 30 องศา

ทิศ	สมการ	R^2	E_{xx30} คำนวณ
N	$E_{N30} = 0.8024E_T + 0.862$	0.89	5.62
NE	$E_{NE30} = 0.7683E_T + 1.087$	0.84	5.65
E	$E_{E30} = 0.8853E_T + 0.716$	0.96	5.97
SE	$E_{SE30} = 1.0289E_T + 0.288$	0.97	6.39
S	$E_{S30} = 1.1075E_T - 0.100$	0.86	6.47
SW	$E_{SW30} = 1.0743E_T - 0.672$	0.89	5.70
W	$E_{W30} = 0.8777E_T + 0.590$	0.99	5.80
NW	$E_{NW30} = 0.689E_T + 1.197$	0.66	5.28

จากข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในแนวราบ (E_T) ลักษณะท้องฟ้าแจ่มใส $E_T = 5.94$ กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร-วัน แทนค่าลงสมการตารางที่ 3 พบว่าทิศใต้ได้รับพลังงานสูงสุดรองมาทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือได้รับพลังงานแสงอาทิตย์น้อยสุด



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์แนวราบ (E_T) กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทิศต่างๆ ที่มีมุม 20 องศา (E_{xx20})

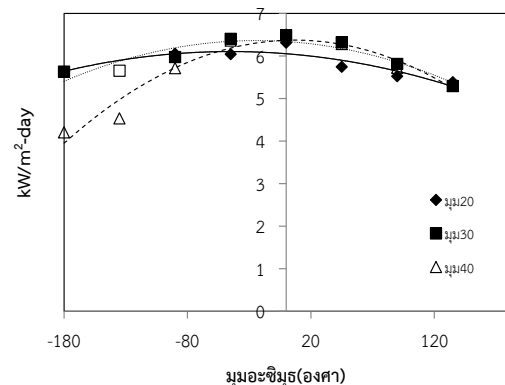
จากข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในแนวราบ (E_T) ลักษณะท้องฟ้าแจ่มใส $E_T = 5.94$ กิโลวัตต์ต่อตาราง

เมตร-วัน แทนค่าลงสมการตารางที่ 4 พบว่าทิศใต้ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดรองมาทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือได้รับพลังงานแสงอาทิตย์น้อยสุด

ตารางที่ 4 สมการความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์แนวราบกับทิศต่างๆ มุม 20 องศา

ทิศ	สมการ	R^2	E_{xx20} คำนวณ
N	$E_{N20} = 0.8215E_T + 0.746$	0.94	5.62
NE	ไม่มีข้อมูล	-	-
E	$E_{E20} = 0.9228E_T + 0.567$	0.95	6.04
SE	$E_{SE20} = 0.9335E_T + 0.492$	0.96	6.03
S	$E_{S20} = 1.0152E_T + 0.277$	0.88	6.30
SW	$E_{SW20} = 0.9314E_T + 0.205$	0.89	5.73
W	$E_{W20} = 0.6827E_T + 1.458$	0.85	5.51
NW	$E_{NW20} = 0.7882E_T + 0.699$	0.93	5.38

โดยรูปที่ 7 แสดงถึงผลของมุมอะซิมูทที่มีต่อค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบมุมต่างๆ ในกรณีท้องฟ้าแจ่มใส



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับมุมอะซิมูทกรณีท้องฟ้าแจ่มใส

ตารางที่ 5 สมการความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับมุมอะซิมูท

มุมอะซิมูท	สมการ	R^2	$E_{\text{มุมอะซิมูท}}$ เท่ากับศูนย์
20 องศา	$E_{20} = -3 \times 10^{-5} E_T^2 - 0.0023E_T + 6.0523$	0.82	6.04
30 องศา	$E_{30} = -4 \times 10^{-5} E_T^2 - 0.0019E_T + 6.339$	0.84	6.32
40 องศา	$E_{40} = -7 \times 10^{-5} E_T^2 + 0.001E_T + 6.3677$	0.93	6.37

จากข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในแนวราบ (E_T) ลักษณะท้องฟ้าแจ่มใส $E_T = 5.94$ กิโลวัตต์ต่อ

ตารางเมตร-วันแทนค่าลงสมการตารางที่ 5 พบว่ามุมเอียง 40 มีค่าพลังงานอาทิตย์สูงสุด

5.สรุป

การพัฒนาวิธีการประมาณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทิศและมุมต่างกันด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยและใช้เทคนิคการจำแนกมิติสถิติสรุปโดยพัฒนาห้ววัดรังสีแสงอาทิตย์ด้วยโฟโต้ไดโอดชนิดซิลิกอนครอบคลุมความยาวคลื่น 400 – 1100 นาโนเมตร จำนวน 24 ตัวครอบคลุมทิศทั้งแปดและในแต่ละทิศประกอบด้วยมุม 20 30 และ 40 องศา ตามลำดับติดตั้งเก็บข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ตั้งละติจูดที่ 18.43 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 98.78 องศาตะวันออก เหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 600 เมตร เก็บข้อมูลรายนาฬิกาของวันจากนั้นใช้เทคนิคมิติสถิติสรุปจัดกลุ่มข้อมูลตามสภาพท้องฟ้าโดยในงานบทความนี้ได้เลือกลักษณะท้องฟ้าแจ่มใสเป็นตัวแทนวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า กรณีท้องฟ้าแจ่มใสสามารถใช้สมการถดถอยประมาณค่าพลังงานได้โดยมีค่าสหพันธ์เฉลี่ยประมาณ 0.92 ทิศที่ได้พลังงานสูงสุดคือทิศใต้ที่มุมเอียง 40 องศาหันทางทิศใต้ได้ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดวันสูงสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยวิจัยระบบพลังงานสะอาด วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการทำงานวิจัยและวิทยาลัยการอาชีพป่าซางลำพูนที่ให้สถานที่ในการวัด

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Energy Regulatory Commission. *Announce Energy Regulatory Commission: Request for Proposal Solar PV Rooftop*. Available from: <http://www.erc.or.th/ERCWeb2>, [Accessed 15th February 2015].
- [2] Chang Y-P. *Optimal the tilt angles for photovoltaic modules in Taiwan*. JEPE.2010;32(9):956-64
- [3] Beringer S, Schilke H, Lohse I, Seckmeyer G. *Case study showing that the tilt angle of photovoltaic plants is nearly irrelevant*. SOL ENERGY.2011;85(3):470-6
- [4] Hussein H.M.S, Ahmad G.E, Ghetany H.H.E.L. *Performance evaluation of photovoltaic modules at different tilt angle and orientations*. ENERG CONVERS MANAGE. 2004; 45(15-16):2441-51

- [5] John A.D. and William A.B. (1980). *Solar Radiation, Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley and Sons Inc., New York
- [6] John O.R, Sastry G.P, David A.D. *Applied Regression Analysis; A Research Tool*. Springer;1998.
- [7] Samia H. *Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface*. In: *Fractal Classification of typical meteorological days from global solar irradiance: Application to five sites of different climate*. Springer;2008. p29-53

การศึกษาอิทธิพลของมุมเอียงหน้าตายในกระบวนการลากขึ้นรูปลึก

A Study on Influence Angle of Die Surface in Deep Drawing Process

เชษฐ อุทธิยง^{*} วีรวิชญ์ เลิศนิติจิรโชติ ไชยรัตน์ ปารจะมี สุรนันท์ เทียนทิพย์ และ สุวิช มาเทศน์

สาขาวิชาวิศวกรรมแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Chet Utthiyoung^{*}, Veravit Learntnithirachot, Chairut Prame, Suranut teantip and Suwit Matet

Department of Tool and Die engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

^{*}ผู้รับผิดชอบบทความ: chet_tde@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 053-291-444 ต่อ 2311

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษามุมเอียงหน้าตายของแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึกเพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์โลหะในการลากขึ้นรูปลึก โดยทำการศึกษาแรงในการลากขึ้นรูปลึก ทดสอบความสามารถในการลากขึ้นรูปลึกของวัสดุแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 สร้างชุดอุปกรณ์วัดแรง และอุปกรณ์วัดระยะ ทำการทดลองเพื่อหาความแตกต่างในการลากขึ้นรูปในแต่ละมุมเอียงของผิวหน้าตาย จากการทดลองพบว่าที่มุมเอียงผิวหน้าตาย 0 องศา 0.5 องศา และ 1.5 องศา สามารถใช้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.9 โดยใช้แรงลากขึ้นรูปสูงสุดที่ 53.98 กิโลนิวตัน ต่างจากมุมเอียงผิวหน้าตาย 2.0 องศา สามารถใช้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปได้น้อยที่สุดเท่ากับ 1.8 โดยใช้แรงลากขึ้นรูปสูงสุดที่ 44.58 กิโลนิวตัน ส่วนมุมเอียงหน้าตาย 1.0 องศา สามารถใช้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.1 โดยใช้แรงลากขึ้นรูปสูงสุดที่ 72.14 กิโลนิวตัน ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปขึ้นอยู่กับมุมเอียงหน้าตายที่เพิ่มขึ้น มุมเอียงหน้าตายที่แตกต่างกันจะใช้แรงในการลากขึ้นรูปแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

คำสำคัญ ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป มุมเอียงหน้าตาย แรงในการลากขึ้นรูป

Abstract

The research aimed to study the influences of the angle of die surface in deep drawing process. The objective of this work was to design and construct the deep drawing tool. In addition, the deep drawing force and drawability for stainless steel (AISI 304) cups were investigated. Besides, this study had installed the load cell and linear variable displacement transducer apparatus (LVDT). It was found that the limiting drawing ratio of 1.9 could be achieved when using die surface angle of 0, 0.5, and 1.5 degree. The maximum deep drawing force required was 53.98 kN. The experiments with 2 degree die face angle gained the minimum limiting drawing ratio of 1.8 and required the maximum deep drawing force of 44.58 kN. As for, the angle of die surface at 1.0 degree the drawing ratio was 2.1 and the maximum deep drawing force was 72.14 kN. The limit drawing ratio and the maximum deep drawing force had a little influence by changing the die surface angle.

Keywords; limiting drawing ratio, angle of die surface, deep drawing force.

1. บทนำ

ในปัจจุบันงานขึ้นรูปโลหะได้ถูกนำมาใช้อย่างมากในอุตสาหกรรมเช่นการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ในครัวเรือน ฯลฯ เป็นต้นซึ่งได้มีผู้วิจัยจำนวนมากได้ทำการวิจัยในหัวข้อต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปงานโลหะ เช่นการหาความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนในการลากขึ้นรูป ความหยาบของพื้นผิว สารหล่อลื่นที่ใช้ในงานลากขึ้นรูป ความสัมพันธ์ของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป แรงเสียดทานและสาร

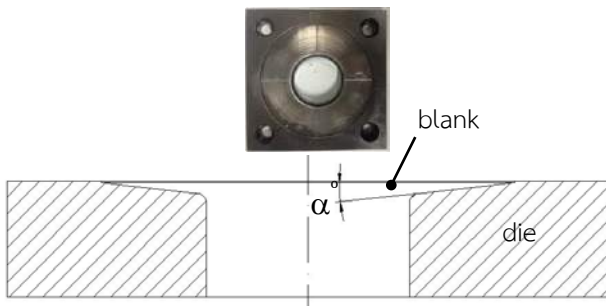
หล่อลื่น เป็นต้น เพื่อที่จะค้นหาเทคนิคและวิธีการใหม่ๆหรือ การปรับแต่งตัวแปรที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานขึ้นรูป เพื่อที่จะทำให้งานที่ได้ออกมาดีที่สุด มีผู้ที่ทำการศึกษาค้นคว้าในการลากขึ้นรูปโลหะแผ่น [1] ตัวแปรที่ศึกษาคือ รัศมีพันซ์ รัศมีตาย และแรงกดบนแผ่นจับยึดชิ้นงาน ว่าตัวแปรไหนมีผลต่อแรงในการลากขึ้นรูป รวมถึงการศึกษาลาดเอียงของแผ่นจับยึดชิ้นงาน [2] ตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการขึ้นรูปชิ้นงานก็คือค่ามุมเอียงของผิวหน้าตาย [3] ซึ่งมันจะส่งผลต่อบริเวณ

ขอบมุมโดยตรงถ้ามีค่ามุมเอียงมีขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไปก็อาจทำความเสียหายเกิดขึ้นต่อชิ้นงานได้ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจค่ามุมเอียงของตายที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับชิ้นงานที่นำมาศึกษาที่เป็นวัสดุ เหล็กกล้าไร้สนิมพร้อมสารหล่อลื่นที่เป็นตัวแปรในการขึ้นรูปจากนั้นใช้เครื่องโพลดเซลล์วัดแรงขณะทำการขึ้นรูป ซึ่งผู้วิจัยก็เลือกชิ้นงานรูปถ้วยมาทำการศึกษาเพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการกำหนดค่าองศาหน้าตายและสารหล่อลื่นที่ใช้ในการขึ้นรูปมาทำการหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการลากขึ้นรูป

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูป

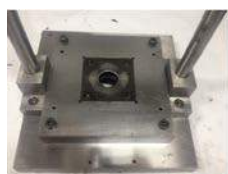
วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ในส่วนของพินซ์และตายเป็นเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD 11 และทำการชุบแข็ง 60 – 62 HRC และส่วนประกอบอื่นๆ ใช้เหล็กชนิดต่างๆ ตามความเหมาะสม มุมเอียงหน้าผาดาย (α) 0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 องศา ดังรูปที่ 1 ตายมีขนาดความโตรูใน 27.2 มิลลิเมตร และพินซ์มีขนาดความโตนอก 25 มิลลิเมตร รัศมีตาย 2.5 มิลลิเมตร รัศมีพินซ์ [4] 7.6 มิลลิเมตร ชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปดังรูปที่ 2 เพื่อใช้ลากขึ้นรูปชิ้นงานเป็นถ้วยกลม



รูปที่ 1 มุมเอียงหน้าผาดาย (α) ที่ต่างกัน



(ก) แม่พิมพ์ประกอบพินซ์และตาย



(ข) ลักษณะของตาย

รูปที่ 2 แม่พิมพ์ลากขึ้นรูปถ้วยด้วยกลม

2.2 วัสดุชิ้นงานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ใช้วัสดุชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 สมบัติทางกลมีค่าความแข็งแรงคราก (yield strength) 275 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ความแข็งแรงดึง (ultimate strength) 620 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ทนทาน 1 มิลลิเมตร โดยเตรียมชิ้นงานแผ่นเปล่าขนาดตั้งแต่ 45 47.5 50 52.5 55 57.5 และ 60 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3 ทำการทดลองลากขึ้นรูปถ้วยจำนวน 30 ชิ้นในแต่ละมุมเอียงหน้าผาดาย ใช้สารหล่อลื่น TDN 81 แรกกดบนแผ่นจับยึดชิ้นงานใช้ค่าคงที่ โดยติดตั้งชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปและอุปกรณ์วัดแรงกับระยะทาง เข้ากับเครื่องเพรสไฮดรอลิกขนาด 30 ตัน ดังรูปที่ 4 ทำการลากขึ้นรูปถ้วยด้วยกลมให้ได้ชิ้นงานสำเร็จไม่มีรอยย่นหรือฉีกขาด บันทึกผลของแรงในการลากขึ้นรูปและอัตราส่วนการลากขึ้นรูป



รูปที่ 3 การเตรียมชิ้นงานแผ่นเปล่าขนาดต่างๆ



รูปที่ 4 การติดตั้งชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปและอุปกรณ์วัดแรงกับวัดระยะทาง บนเครื่องเพรสไฮดรอลิก

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ลักษณะของชิ้นงานที่ได้จากการลากขึ้นรูป

ทำการทดลองลากขึ้นรูปถ้วยด้วยวัสดุชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 โดยใช้มุมเอียงหน้าผาดายที่มีขนาดต่างกัน โดยตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการทดลองมุมเอียงหน้าผาดาย 0 องศา ดังรูปที่ 5 ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการทดลองมุมเอียงหน้าผาดาย 0.5 องศา ดังรูปที่ 6 ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการทดลองมุมเอียงหน้าผาดาย 1 องศา ดังรูปที่ 7 ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการทดลองมุมเอียงหน้าผาดาย 1.5 องศา ดังรูปที่ 8 และตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการทดลองมุมเอียงหน้าผาดาย 2 องศา ดังรูปที่ 9



(ก) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8



(ข) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9

รูปที่ 5 ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปมุมเอียงหน้าตาย 0 องศา



(ก) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8

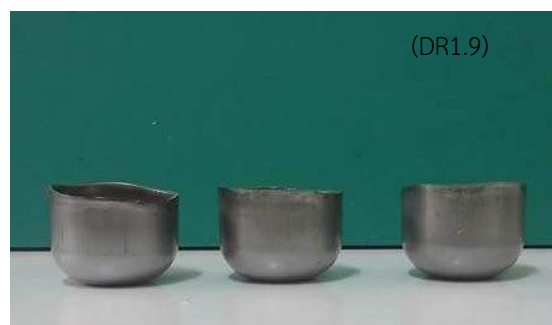


(ข) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9

รูปที่ 6 ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปมุมเอียงหน้าตาย 0.5 องศา



(ก) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8



(ข) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9



(ค) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0

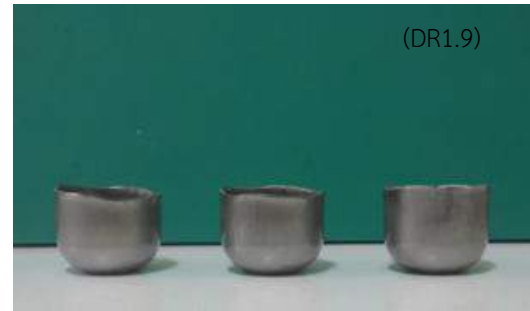


(ง) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.1

รูปที่ 7 ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปมุมเอียงหน้าตาย 1 องศา

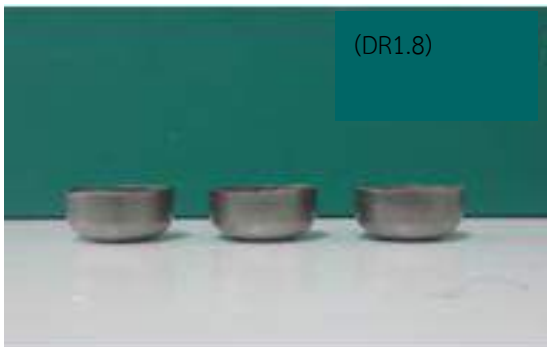


(ก) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8



(ข) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9

รูปที่ 8 ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปมูมเียงหน้าตาย 1.5 องศา



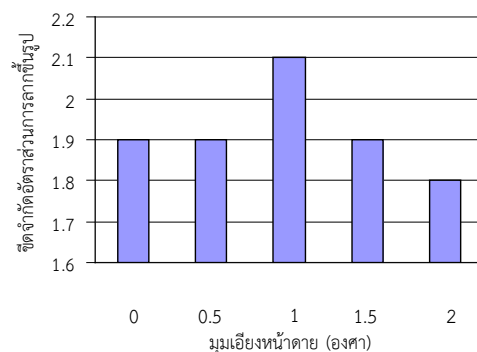
รูปที่ 9 ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปมูมเียงหน้าตาย 2 องศา

รูปที่ 5 มูมเียงหน้าตาย 0 องศา ชิ้นงานที่ได้จากการลากขึ้นรูปโดยไม่มีการร่อนและการฉีกขาด ทำการทดลองเพื่อให้ได้อัตราส่วนการลากขึ้นรูป (drawing ratio) จะขึ้นรูปได้เมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 45 และ 47.5 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 และ 1.9 หรือ DR1.8 และ DR1.9) เมื่อทำการลากขึ้นรูปใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 50 และ 52.5 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 และ 2.1 หรือ DR2.0 และ DR2.1) ชิ้นงานที่ได้มีการร่อนและการฉีกขาดที่เกิดจากรอยร่น แล้วรอยร่นถูกบีบหรือเปียดจนเกิดการฉีกขาดที่ปากถ้วย รูปที่ 6 มูมเียงหน้าตาย 0.5 องศา ชิ้นงานที่ทำทดลองลากขึ้นรูปได้เมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 45 และ 47.5 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 และ 1.9 หรือ DR1.8 และ DR1.9) เมื่อใช้ขนาดแผ่นเปล่าที่โตขึ้นชิ้นงานเกิดรอยร่น รูปที่ 7 มูมเียงหน้าตาย 1 องศา ชิ้นงานที่สามารถลากขึ้นรูปได้ไปจนถึงการใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 52.5 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.1 หรือ DR2.1) รูปที่ 8 เมื่อใช้มูมเียงหน้าตาย 1.5 องศา ชิ้นงานที่ทำทดลองลากขึ้นรูปได้เมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 45 และ 47.5 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 และ 1.9 หรือ DR1.8 และ DR1.9) เมื่อใช้ขนาดแผ่นเปล่าที่โตขึ้นชิ้นงานเกิดรอยร่น รูปที่ 9 มูมเียงหน้าตาย 2 องศา ได้ชิ้นงานที่ลากขึ้นรูปได้เมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 45 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้น

รูป 1.8 หรือ DR1.8) ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 47.5 (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9 หรือ DR1.9) ชิ้นงานมีรอยฉีกขาดซึ่งเกิดจากรอยร่นเมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่าที่โตขึ้นไม่สามารถลากขึ้นรูปได้ ชิ้นงานเกิดรอยร่น

3.2 อิทธิพลมูมเียงหน้าตายที่มีผลต่อขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป

จากการทดลองที่มูมเียงหน้าตายแตกต่างกันทำให้ได้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปที่แตกต่างกันด้วย



รูปที่ 10 ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปที่มูมเียงหน้าตาย

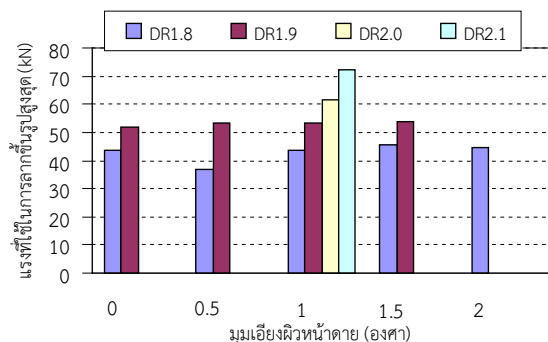
จากรูปที่ 10 การศึกษาความแตกต่างของมูมเียงหน้าตายขณะลากขึ้นรูปจะใช้สารหล่อลื่น TDN 81 การลากขึ้นรูปที่มูมเียงหน้าตาย 1 องศา ได้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.1 ส่วนมูมเียงหน้าตาย 0.5 และ 1.5 องศา ได้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9 และมูมเียงหน้าตาย 2 องศา ได้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากันคือ 1.8 มูมเียงหน้าตายที่เกิดขึ้นจะลดการสัมผัสของผิวหน้าตาย ผิวหน้าของแผ่นจับยึดชิ้นงานและผิวแผ่นเปล่าทำให้ลดการเกาะติดของผิวหน้าขณะทำการลากขึ้นรูป ความลาดเอียงที่เป็นมุมแหลมไปสู่รัศมีตายขณะทำการลากขึ้นรูปสารหล่อลื่นจะไหลตามการเคลื่อนที่ของปีกถ้วยทำให้สารหล่อลื่นไหลไปยังรัศมีตายช่วยลดความเสียดทานทำให้แรงรวมในการลากขึ้นรูปลดลงทำให้ความเค้นในผนังถ้วยลดลง มีโอกาสลากขึ้น



รูปสำเร็จได้มาก จากการทดลองเมื่อมุมเอียงหน้าตายเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงขึ้น จนมาถึงได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.1 ที่มุมเอียงหน้าตาย 1 องศา เมื่อเพิ่มมุมเอียงหน้าตายที่ 1.5 และ 2 องศา จะได้อัตราส่วนการลากขึ้นรูปลดลงมีค่า 1.9 และ 1.8 ตามลำดับ การลดลงนี้เนื่องจากการดัดและดัดงอของแผ่นเปล่าที่มีขนาดโตขึ้นจะเกิดรอยย่นที่ปากทางเข้ารีตมีด [5] มุมเอียงหน้าตาย 1 องศา ทำให้ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงสุดเนื่องจากความเค้นดึงในแนวรีตมีดลดลงแต่ทว่าความเค้นอัดตามแนวเส้นรอบวงเพิ่มขึ้นและการลากขึ้นรูปผ่านแรงเสียดทานทำให้แผ่นขึ้นงานถูกลากไปในด้ายง่ายขึ้น [6]

3.3 อิทธิพลของมุมเอียงผิวหน้าตายที่มีผลต่อแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป

ในการทดลองจะได้ชิ้นงานที่ให้อัตราส่วนการลากขึ้นรูป (drawing ratio) ที่แตกต่างกัน ซึ่งแรงในการลากขึ้นรูปเป็นผลรวมจากแรงสี่ส่วน คือหนึ่งแรงในการเอาชนะวัสดุในการเปลี่ยนรูป สองแรงจากการดัดบริเวณรีตมีด สามแรงเสียดทานที่ตายกับปิ๊กถ้วยกับแผ่นจับยึดชิ้นงาน และสี่แรงเสียดทานที่ผิวรีตมีด [7]



รูปที่ 11 แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปสูงสุดเมื่อทำการลากขึ้นรูปมุมเอียงผิวหน้าตายแตกต่างกัน

แรงที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปขึ้นงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากแผ่นโลหะเริ่มต้นจะถูกงอด้วยรีตมีดและดัดงอเหนือรีตมีดทำให้เกิดการเปลี่ยนรูป แล้วจะถูกทำให้ตรงอีกจนกลายเป็นผนังของถ้วยทรงกระบอก ช่วงที่สองเมื่อชิ้นงานเคลื่อนที่ไหลผ่านรีตมีด แรงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะช่วงชักของพินซ์ยาวขึ้นแรงกดของพินซ์จะพยายามดึงผนังถ้วยและเอาชนะแรงเสียดทานเพื่อที่จะลากขึ้นรูปได้เล็กน้อยจนกระทั่งแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูป และช่วงที่สามแรงจะค่อยๆ ลดลง เนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานลดลงสุดท้ายขณะทำการลากขึ้นรูปจนได้ถ้วยสำเร็จแรงจะมีค่าเท่ากับศูนย์ [8] ดังนั้นแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปเมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าตายที่แตกต่างกัน แสดงในรูปที่ 11 เมื่อพิจารณาการใช้มุมเอียงผิวหน้าตายทั้งห้าค่า ที่อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง

43.59 ถึง 45.47 กิโลนิวตัน ซึ่งขณะทำการลากขึ้นรูปแรงที่ทำให้วัสดุในการเปลี่ยนรูปและแรงจากการดัดบริเวณรีตมีดตายจะมีค่าคงที่เพราะใช้วัสดุชนิดเดียวกันคือเหล็กกล้าไร้สนิมและขนาดแผ่นเปล่าคงที่ ส่วนแรงเสียดทานที่ตายกับปิ๊กถ้วยกับแผ่นจับยึดชิ้นงานและแรงเสียดทานที่ผิวรีตมีดที่เกิดขึ้นในการลากขึ้นรูปใช้สารหล่อลื่นคือ TDN 81 ถึงแม้จะใช้มุมเอียงผิวหน้าตายที่ต่างกันก็ยังไม่ทำให้ได้แรงรวมในการลากขึ้นรูปมีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ถ้าใช้มุมเอียงผิวหน้าตายที่มากเกินไปใช้แผ่นเปล่าที่โตขึ้นทำให้เกิดการพับของปิ๊กถ้วยกลายเป็นรอยย่นที่ปิ๊กถ้วย ทำให้ไม่สามารถลากขึ้นรูปได้จากรูปที่ 11 มุมเอียงผิวหน้าตาย 1 องศา เมื่ออัตราส่วนการลากขึ้นรูปมีค่ามากขึ้นจะใช้แรงในการลากขึ้นรูปมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากแผ่นเปล่ามีขนาดเพิ่มมากขึ้น ที่อัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงสุด 2.1 จะใช้แรงในการลากขึ้นรูป 72.14 กิโลนิวตัน

4. บทสรุป

การทดลองการลากขึ้นรูปลึกโดยใช้มุมเอียงหน้าตายที่ค่าแตกต่างกัน พบว่า ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปขึ้นอยู่กับมุมเอียงหน้าตายที่เพิ่มขึ้น มุมเอียงหน้าตาย 1 องศาจะได้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงสุดเท่ากับ 2.1 เมื่อใช้มุมเอียงหน้าตายที่แตกต่างกันจะใช้แรงในการลากขึ้นรูปแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ประจำปี 2557

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Chanachai. V, Chaiwat. T. A study of variable in deep drawing process.(Bachelor thesis). Bangkok. Tools and die engineering. King Mongkut's University of Technology Thonburi; 1997. Thai.
- [2] Thawat. P. A Study on the Influence of blank holder slope on the deep drawing process of stainless steel sheet.(Master thesis). Technology metal forming. King Mongkut's University of Technology Thonburi; 1999. Thai.
- [3] Julsir. S. Basic of engineering sheet metal forming. Bangkok; 1983. Thai.
- [4] Varunee. P, Pongpan. K. Sheet metal forming. Bangkok. Technology promotion association (Thailand-japan); 2008.Thai.

- [5] Gavas M, Izciler M. *Effect of blank holder on deep drawing of square cups*. Journal of Materials & Design. 2007; 28:1641-1646.
- [6] Savas V, Secgin O. (2007). *A new type of deep drawing die desing and experimental results*. Journal of Materials & Design. 2007; 28:1330-1333.
- [7] Schey JA. *Introduction to Manufacturing Process*, McGrawHill; 2000.
- [8] Chet U. *Study on Increase the efficiency of deep drawing process by using lubricants*. (Master thesis). Technology metal forming. King Mongkut's University of Technology Thonburi; 2003. Thai.

การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงในเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิกเพื่อป้องกันการล้มคว่ำ

The Analysis of Center of Gravity Positioning Error in Patient Removing Hydraulic Craneto Prevent Overturns

น้ามนต์ โชติวิสูตร^{1*} วชรินทร์ แสงเงิน¹ ณัฐนันท์ คำจุน¹ ปัญญา ดวงแก้วเรือน¹ พงศธร เดชธรรม¹
และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์²

¹ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Nammont Chotivisarut^{1*}, Watcharin Sang-nguern¹, Nattanun Kumjun¹, Punya Daungkaeoruan¹,
Phongsathon Dettham¹ and Tanongkiat Kiatsiriroat²

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 HuayKaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

² Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University

* ผู้รับผิดชอบบทความ: nammont4426409@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 085-866-9848

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิกโดยมีวัตถุประสงค์คือใช้ยกและเคลื่อนย้ายผู้ป่วยเพื่อลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บกล้ามเนื้อของผู้เคลื่อนย้าย โดยในแง่ของความปลอดภัยนั้นได้มีการวิเคราะห์หาค่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่เปลี่ยนตำแหน่งไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงมุมฐานหมุนและมุมก้มเงยคานขณะทำการยกภาระโหลดน้ำหนักที่แขวนไว้ปลายคานเพื่อป้องกันการล้มคว่ำขณะใช้งานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมา ซึ่งผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมานั้นได้นำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจุดศูนย์ถ่วงโดยวิธีนำเครื่องไปแขวนกับคานรับน้ำหนักเพื่อหาตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงโดยใช้จุดตัดของเส้นแนวตั้ง โดยผลการทดลองการทำงานของเครื่องพบว่าแรงดันในกระบอกสูบไฮดรอลิกที่ใช้ขับเคลื่อนหมุนฐานของเครื่องนั้นแปรเปลี่ยนโดยไม่มีนัยสำคัญต่อมุมที่ฐานหมุน ส่วนแรงดันในกระบอกสูบไฮดรอลิกที่ใช้ยกคานจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของภาระโหลดที่ปลายคานในอัตราคงที่ส่วนการวิเคราะห์ระยะการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมานั้นพบว่านอกจากจุดศูนย์ถ่วงจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามมุมฐานหมุนและมุมก้มเงยคานของเครื่องยกผู้ป่วยแล้วยังมีการแปรผันตามภาระโหลดน้ำหนักที่แขวนไว้ปลายคานโดยมุมการทำงานของเครื่องยกผู้ป่วยที่ทำให้ค่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงเคลื่อนออกจากจุด origin คือโคนของเสาขมาทางระนาบแกน x มากที่สุดนั้นอยู่ที่มุมฐานหมุน 90 องศา มุมเงยคาน 20 องศาขณะรับโหลดยกที่ปลายคานเท่ากับ 120 กิโลกรัมจะมีค่าระยะการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงออกมา 0.67 เมตรซึ่งยังไม่เคลื่อนหลุดออกนอกฐานโครงสร้างของเครื่องจึงไม่พลิกล้มโดยเมื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจริงโดยวิธี plumb Lines พบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมานั้นมีความคลาดเคลื่อน 20.44 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมาจากการคลาดเคลื่อนของการจัดวางตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของอุปกรณ์ย่อยบนเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยนี้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมา

คำสำคัญ เครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วย จุดศูนย์ถ่วง ไฮดรอลิก

Abstract

The objective of this project was to design and assembly of hydraulic crane for patient removing purpose to lift and move the patient with the reduction of the risk of the lifter's muscular injury. The analysis of center of gravity (CG) of this unit which moved while lifting weight loads at any base angles and lift angles was done for prevent overturns by computer program. The experiment to find center of gravity of this unit at some working conditions by hanging method was setup to verify the computer program. The testing result showed

that hydraulic pressure in hydraulic piston which controls this unit base angle was not varied significantly with any base angle when hydraulic pressure in hydraulic piston which controls its lift angle was linear varied directly to weight load. The analysis of CG positioning by computer programming showed that CG positioning was depended on base angle, lift angle and weight load. The maximum CG positioning shift distance from origin at its pole base was only 0.67 meter at 90 degree base angle, 20 degree lift angle and 120 kilograms weight load. This value was still in base range and could guarantee its safety. This computer program result was compared to plumb lines experiment and found 20.44 percent error which due to accumulated error from each components positioning.

Keywords; patient removing, center of gravity, hydraulic.

1. บทนำ

ปัจจุบันการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่ต้องนอนพักรักษาตัวอยู่ในโรงพยาบาลหรือในที่พักอาศัยระหว่างที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งเป็นกิจกรรมหลักอย่างหนึ่งในการบริการผู้ป่วย โดยเฉพาะผู้ป่วยที่ช่วยเหลือตนเองได้น้อยหรือช่วยเหลือตนเองไม่ได้เลย เช่น ผู้ป่วยที่เป็นโรคอัมพฤกษ์, อัมพาตและกล้ามเนื้ออ่อนแรง การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจะต้องอาศัยผู้ดูแลอย่างน้อย 2 - 3 คน ในการเคลื่อนย้ายหรือยกผู้ป่วยขึ้นและลงระหว่างเตียงนอนกับรถเข็น เพื่อนำผู้ป่วยไปทำกิจวัตรประจำวันต่างๆ เช่น การทำความสะอาดร่างกาย การขับถ่าย หรือการนำผู้ป่วยไปทำกิจกรรมกายภาพบำบัด เป็นต้น เป็นเรื่องที่ลำบากมาก เพราะผู้ดูแลจะต้องระมัดระวังในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไม่ให้เกิดอันตรายและเจ็บปวด จัดว่าเป็นกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูง การดูแลผู้ป่วยดังกล่าวมาข้างต้นต้องมีการอุ้มยกพยุงผู้ป่วยซึ่งต้องใช้แรงกายมาก ทำให้มีผลต่อสุขภาพกายเป็นภาระที่ต้องใช้กำลังแรงงาน มีผลทำให้ร่างกายมีความอ่อนล้า ปวดตามร่างกาย จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยทุ่นแรงเข้ามาช่วยเหลือ เพราะฉะนั้น เครื่องยกผู้ป่วยจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการลดภาระของผู้ดูแลผู้ป่วยและมีความปลอดภัยต่อผู้ป่วย

ในประเทศไทยเองพบว่ามีการใช้เครื่องยกผู้ป่วยน้อยมาก [1] ทั้งนี้เนื่องด้วยเครื่องยกผู้ป่วยยังไม่มีการผลิตเชิงพาณิชย์ในประเทศ เครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศ [2] ดังแสดงในรูปที่ 1 ก็มีราคาค่อนข้างสูงจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยกผู้ป่วย [3-6] พบปัญหาจากการใช้งานคือ ตัวเครื่องยกผู้ป่วยมีขนาดใหญ่ มีลักษณะของฐานขาที่ยาว การทำงานของแขนยกขึ้นและลงเคลื่อนที่ช้าจนเกินไป การเคลื่อนย้ายและบังคับทิศทางทำได้ลำบากต้องใช้แรงมากเนื่องจากความฝืดของล้อเมื่อเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่มีน้ำหนักมาก

เนื่องจากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องยกผู้ป่วยที่ควบคุมการยกและหมุนด้วยระบบไฮดรอลิก โดยได้ออกแบบให้ฐานของเครื่องยกผู้ป่วยนี้สามารถหมุนซ้ายและขวาได้ด้วยเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการใช้งานให้มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้งานเครื่องยกผู้ป่วยอย่าง



รูปที่ 1 เครื่องยกผู้ป่วยที่มีใช้งานในต่างประเทศ[2]

โดยในโครงการวิจัยนี้ได้มีการวิเคราะห์ค่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity, CG.) ของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่เปลี่ยนตำแหน่งไปขณะใช้งานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงมุมที่ฐานหมุนและมุมก้มเงยของคานขณะทำการยกภาระโหลดน้ำหนักที่แขวนไว้ปลายคานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมา ทั้งนี้เพื่อป้องกันการล้มคว่ำขณะใช้งาน ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมานั้นได้นำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจุดศูนย์ถ่วงโดยวิธีการนำเครื่องทั้งเครื่องไปแขวนไว้กับคานรับน้ำหนักขนาดใหญ่เพื่อหาตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงจริงโดยใช้จุดตัดของเส้นแนวตั้งสองแนวขึ้นไปมาตัดกันเป็นตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วง

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องยกผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิกนี้ได้คำนึงถึงความปลอดภัยเป็นสำคัญ โดยมีการ

เลือกค่าความปลอดภัยในการออกแบบสำหรับโหลดน้ำหนักเป็นแบบแรงกระทำ โดยมีเป้าหมายในการใช้งานคือ

- แขนยกสามารถยกขึ้นและลงได้รวม 1.4 เมตร
- ฐานของเครื่องสามารถหมุนซ้ายและขวาได้รวม 180 องศา
- รับน้ำหนักผู้ป่วยสูงสุดได้ 120 กิโลกรัม
- ขนาดความสูงของเครื่องไม่เกิน 1.7 เมตร
- ขนาดความยาวของแขนไม่เกิน 1.0 เมตร
- เครื่องไม่พลิกล้มเมื่อใช้งานบนพื้นราบ

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางในทางแกน x นั้นเป็นไปตามสมการ

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1)$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือตำแหน่งของจุดศูนย์กลางที่นับระยะจากจุด origin ในทางแกน x, m

$\bar{x}$ คือตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของอุปกรณ์ย่อยแต่ละชิ้นที่นับระยะจากจุด origin ในทางแกน x, m

m คือมวลของอุปกรณ์ย่อยแต่ละชิ้น, kg

n คือลำดับนับตามจำนวนชิ้นของอุปกรณ์ย่อย, ไม่มีหน่วย

2.2 หลักการทำงาน

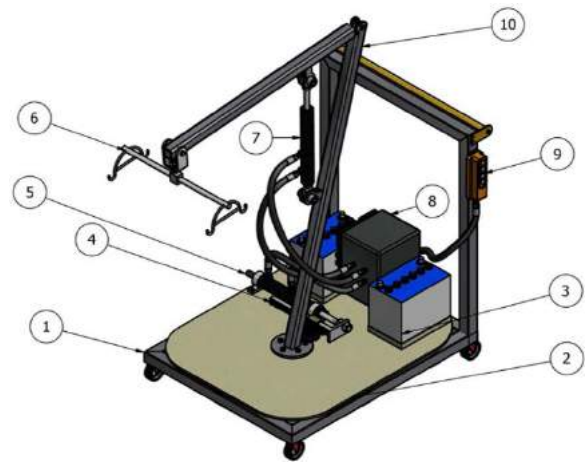
เครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ออกแบบและสร้างขึ้นนั้นมีลักษณะดังรูปที่ 2 (ก) สำหรับรูป 2 (ข) นั้นแสดงจุดอ้างอิงและแกนอ้างอิงในการหาจุดศูนย์กลางของเครื่อง โดยการยกของอุปกรณ์ย่อยต่างๆที่สำคัญนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายการของอุปกรณ์ย่อยๆของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิก

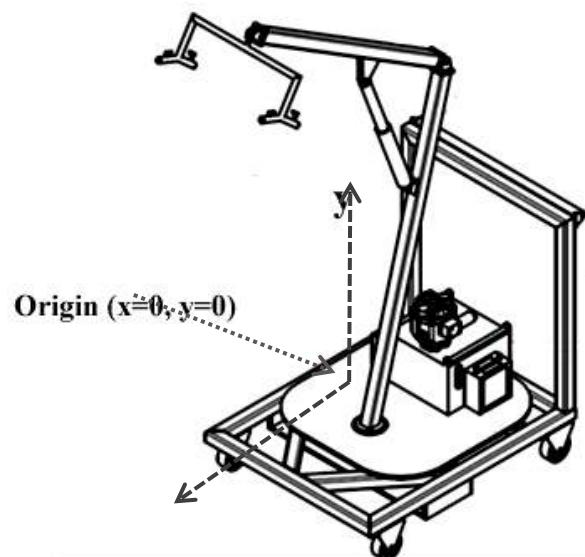
ลำดับที่	รายการ
1	โครงสร้างหลัก
2	ฐานรองรับที่หมุนได้
3	แบตเตอรี่
4	ชุดเฟืองขับเคลื่อน
5	กระบอกไฮดรอลิก
6	ก้านสำหรับคล้องผ้าใบรับน้ำหนัก
7	กระบอกไฮดรอลิก
8	มอเตอร์และปั๊มไฮดรอลิก
9	รีโมทสั่งการ
10	คานรับน้ำหนัก

เครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิกมีขนาดฐานเครื่องกว้าง 0.8 เมตร x 1.0 เมตร สูง 1.4 เมตรทำจากเหล็กกล่องมาตรฐาน มอก. มีปั๊มไฮดรอลิกที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรง 24 โวลต์ที่สามารถสร้างแรงดันไฮดรอลิกได้สูงสุด

14715.0 กิโลปาสคาลเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนกระบอกสูบไฮดรอลิกขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.00114 ตารางเมตรจำนวน 2 กระบอกเพื่อใช้ในการยกคานและหมุนฐานเครื่องมีการติดตั้งเกจวัดความดันไว้ที่กระบอกสูบทั้งสองกระบอกคานสามารถยกได้สูงสุด 2 เมตรจากระดับพื้นดินมมมมม 30 องศาโดยคิดเป็นระยะยกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ยกขึ้น 0.7 เมตรโดยที่ตัวคานยกเองมีความยาว 1.0 เมตร ฐานของเครื่องสามารถหมุนซ้ายไปขวาได้รวม 180 องศา



(ก) รูปสามมิติพร้อมชี้แสดงตำแหน่งอุปกรณ์ย่อยต่างๆ



(ข) จุดอ้างอิงและแกนอ้างอิงในการหาจุดศูนย์กลางของเครื่องรูปที่ 2 เครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิก

หลักการทำงานคือเมื่อผู้ดูแลผู้ป่วยกดปุ่มควบคุมที่รีโมทสั่งการ มอเตอร์ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่มีค่าความต่างศักย์ขนาด 24 โวลต์ (12 โวลต์จำนวนสองลูก) จะหมุนขับเคลื่อนปั๊มไฮดรอลิกให้ทำงานเพื่อทำการปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกผ่าน

วาล์วควบคุมไหลสู่กระบอกสูบที่ต้องการ ซึ่งมีทั้งสิ้น 2 กระบอก โดยกระบอกสูบที่อยู่ด้านล่างนั้นสำหรับบังคับฐานให้หมุนซ้ายหรือขวาผ่านชุดเฟืองขับเคลื่อน rack and pinion โดยจะเป็นการหมุนทั้งฐาน ส่วนกระบอกสูบที่อยู่ด้านบนนั้นใช้สำหรับบังคับคานรับน้ำหนักให้เคลื่อนที่ขึ้นหรือลงผ่านชุดเฟืองขับเคลื่อน rack and pinion อีกชุดหนึ่ง โดยได้มีการติดตั้งเกจวัดความดันของน้ำมันไฮดรอลิกเพื่อใช้ตรวจสอบความดันของปั๊มไฮดรอลิกและกระบอกไฮดรอลิกทั้งสองกระบอกด้วย



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานของเครื่องยกผู้ป่วย

ส่วนวิธีการใช้งานนั้น เมื่อผู้ป่วยนั่งอยู่บนรถเข็นวีลแชร์หรืออยู่บนเตียงนอน ผู้ดูแลสามารถนำเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยมาเทียบในระยะประชิดกับรถเข็นวีลแชร์ที่ผู้ป่วยนั่งหรือเตียงนอน และนำผ้าใบพวงตัวผู้ป่วยที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งของชุดอุปกรณ์ยกผู้ป่วย สอดเข้าไปรองรับที่ตัวผู้ป่วย หลังจากนั้นนำสายคล้องผ้าใบขึ้นแขนยกกับก้านสำหรับคล้องผ้าใบผู้ดูแลก็จะสามารถใช้งานอุปกรณ์ยกได้โดยควบคุมการทำงานผ่านรีโมทหลังการปั๊มไฮดรอลิก ให้คานรับน้ำหนักเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง หรือให้ฐานหมุนซ้ายหรือขวาตามทิศทางที่ผู้ดูแลต้องการ ในการทำงานของอุปกรณ์นี้ผู้ป่วยจะอยู่ท่าหนึ่ง

ในผ้าใบพวงตัวผู้ป่วยซึ่งห่อหุ้มผู้ป่วยอย่างปลอดภัย หลังจากนั้นผู้ดูแลสามารถเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยการเข็นเครื่องนี้ไปยังจุดที่ต้องการหย่อนวางตัวผู้ป่วยลงและควบคุมการทำงานผ่านรีโมทหลังการให้คานรับน้ำหนักหย่อนผู้ป่วยลง โดยมีแผนผังการทำงานของเครื่องแสดงดังรูปที่ 3

สำหรับผ้าใบพวงตัวผู้ป่วยนั้นสามารถสั่งตัดให้เหมาะสมกับสรีระและลักษณะการเจ็บป่วยของผู้ป่วย ทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้คำปรึกษาของนักเทคนิคการแพทย์กายภาพบำบัดเท่านั้น

ผลการทดลองการทำงานของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิกพบว่าสามารถใช้งานได้ดี โดยแรงดันกระบอกสูบไฮดรอลิกที่ใช้ยกคานจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของภาระโหลดที่ปลายคานในอัตราคงที่โดยภาระโหลดสูงสุด 120 กิโลกรัมภายในกระบอกสูบมีความดัน 3727.8 กิโลปาสคาลส่วนกระบอกสูบไฮดรอลิกที่ใช้ในการหมุนฐานมีความดันคงที่โดยความดันภายในกระบอกสูบจะเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกที่ไหลเข้าไปในกระบอกสูบเพื่อควบคุมความเร็วในการหมุนฐานเครื่องเท่านั้น

2.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

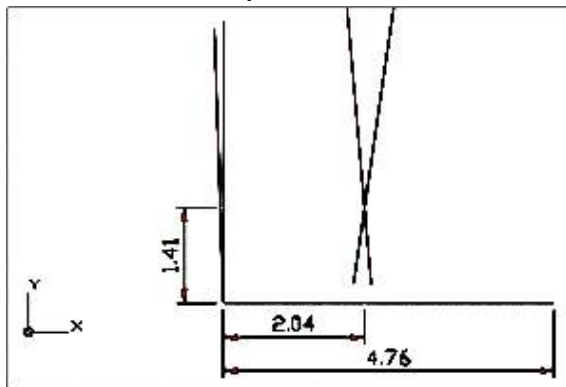
การวิจัยในแง่ของความปลอดภัยนั้นได้มีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์หาค่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงรวมของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยการแทนค่าน้ำหนักของอุปกรณ์ชิ้นย่อยๆลงไปตามระยะที่ห่างจากจุด Origin ในตำแหน่งที่อุปกรณ์ชิ้นย่อยนั้นตั้งอยู่แล้วคำนวณโดยสมการที่ 1 เพื่อหาตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงรวมโดยค่าจุดศูนย์ถ่วงรวมนี้จะเปลี่ยนตำแหน่งไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงมุมฐานหมุนจากมุม 0 45 90 135 และ 180 องศาจากซ้ายไปขวา และมุมก้มเงยของคาน -100 10 และ 20 องศาจากแนวระดับขณะทำการยกภาระโหลดน้ำหนักที่แขวนไว้ปลายคานรับน้ำหนัก เป็นการป้องกันการล้มคว่ำขณะใช้งานซึ่งต่อมาผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมานั้นได้นำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองหาจุดศูนย์ถ่วงโดยวิธี balance and plumb lines [7] ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในการหาจุดศูนย์ถ่วง โดยนำเครื่องไปแขวนกับคานรับน้ำหนักขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4 (ก) และ 4 (ข) เพื่อหาตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วง โดยนำค่าระยะและมุมจากการแขวนเครื่องสองครั้งขึ้นไปมาป้อนข้อมูลในโปรแกรมเขียนแบบ AutoCAD เพื่อหาจุดตัดของเส้นแนวตั้งบนโปรแกรมดังรูปที่ 4 (ค) จุดตัดของเส้นแนวตั้งที่เกิดขึ้นจะแทนค่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องที่เงื่อนไขการใช้งานนั้นๆ โดยค่าความผิดพลาดที่ได้จากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมาเมื่อเทียบกับการทดลองจริงนั้นเป็นองค์ความรู้ที่ช่วยแนะนำผู้ออกแบบอุปกรณ์ในลักษณะเดียวกันนี้ให้ประมาณการเรื่องการล้มคว่ำได้อย่างปลอดภัยมากขึ้น



(ก) การแขวนเครื่องยกผู้ป่วยเพื่อหาเส้นแนวตั้งแรก



(ข) การแขวนเครื่องยกผู้ป่วยเพื่อหาเส้นแนวตั้งที่สอง

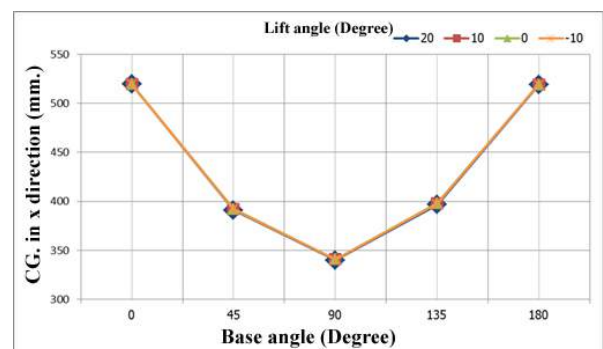


(ค) การนำค่าระยะและมุมจากเส้นแนวตั้งทั้งสองมาหาจุดตัดเพื่อสร้างจุดศูนย์ถ่วงด้วยการซ้อนภาพในโปรแกรม AutoCAD

รูปที่ 4 การแขวนเครื่องยกผู้ป่วยเพื่อหาจุดศูนย์ถ่วงโดยวิธีสมดุลและเส้นตั้งตั้งฉาก (balance and plumb line)

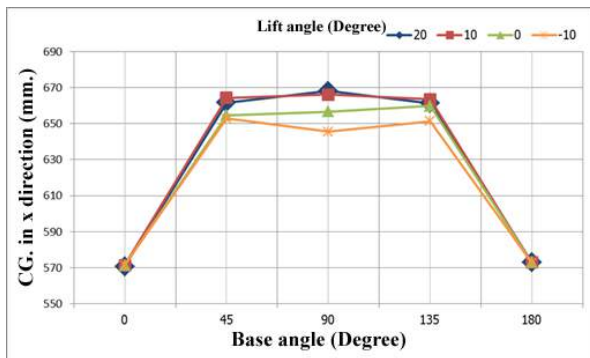
3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ค่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงเพื่อป้องกันการล้มคว่ำขณะใช้งานของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่เปลี่ยนตำแหน่งไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงมุมฐานหมุนและมุมก้มเงยของคานขณะทำการยกภาระโหลตน้ำหนักที่แขวนไว้ปลายคานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมาได้แสดงดังรูปที่ 5 และ 6 จากรูปที่ 5 แสดงกราฟตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องยกผู้ป่วยขณะไม่มีการโหลตพบว่า จุดศูนย์ถ่วงที่มุมฐานหมุนเท่ากับ 0 และ 180 องศา นั้นมีตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงที่ใกล้เคียงกันเพราะเป็นมุมที่เครื่องอยู่ในลักษณะการวางตัวคล้ายกัน เช่นเดียวกับที่มุมฐานหมุน 45 และ 135 องศาจะมีค่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงใกล้เคียงกัน ลักษณะการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงจะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งของมุมฐานหมุน ซึ่งตำแหน่งมุมฐานหมุนที่ 90 องศา มุมยกคานรับน้ำหนัก 20 องศา ส่งผลให้จุดศูนย์ถ่วงเคลื่อนออกจากจุด origin คือโคนของเสารับน้ำหนักมาทางระนาบแกน x น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 340.14 มิลลิเมตร รูปที่ 6 แสดงกราฟตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องยกผู้ป่วยที่ภาระโหลต 120 กิโลกรัมพบว่าที่ภาระโหลตนี้ ณ มุมฐานหมุนที่ 90 องศา มุมยกคานรับน้ำหนัก 20 องศา ทำให้จุดศูนย์ถ่วงเคลื่อนออกจากจุด origin มาทางระนาบแกน x มากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 668.06 มิลลิเมตร ซึ่ง ณ ตำแหน่งนี้ค่าของจุดศูนย์ถ่วงยังไม่เคลื่อนหลุดออกนอกฐานโครงสร้างเครื่องยกผู้ป่วย ดังนั้นเครื่องยกผู้ป่วยเครื่องนี้จึงไม่พลิกคว่ำ



รูปที่ 5 กราฟตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงทางแกน x ของเครื่องยกผู้ป่วยขณะไม่มีการโหลต

โดยเมื่อนำค่าที่ได้นี้ไปเปรียบเทียบกับทดสอบจริงโดยวิธีนำเครื่องไปแขวนกับคานรับน้ำหนักเพื่อหาตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงโดยใช้จุดตัดของเส้นแนวตั้งตั้งตารางที่ 2 พบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมานั้นมีความคลาดเคลื่อนในทางแกน x เท่ากับ 20.44 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมาจากความคลาดเคลื่อนในการป้อนข้อมูลตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของอุปกรณ์ย่อยบนเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยนี้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมา



รูปที่ 6 กราฟตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงทางแกน x ของเครื่องยกผู้ป่วยที่ภาระโหลด 120 กิโลกรัม

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าจุดศูนย์ถ่วง (CG.) ระหว่างการทดสอบจริงโดยวิธี balance and plumb lines กับการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ ขณะที่ไม่มีการะโหลด (ที่ตำแหน่งมุมฐานหมุน 90 องศา มุมยกแขนรับน้ำหนัก 0 องศา

ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง	ค่าตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง		
	ทดสอบจริง (mm.)	โปรแกรมวิเคราะห์ (mm.)	% ความคลาดเคลื่อน
CG _x	428.57	340.95	20.44
CG _y	273.12	235.26	13.86

4. บทสรุป

ผลการทดลองการทำงานของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยใช้ระบบไฮดรอลิกพบว่า แรงดันกระบอกสูบไฮดรอลิกที่ใช้อยู่จะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของภาระโหลดที่ปลายคานในอัตราคงที่โดยภาระโหลดสูงสุด 120 กิโลกรัมภายในกระบอกสูบมีความดัน 3727.8 กิโลปาสกาล สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีส่วนการทดสอบระยะการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยนั้นพบว่าจุดศูนย์ถ่วงจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามมุมฐานหมุนและมุมยกแขนรับน้ำหนักของเครื่องยกผู้ป่วยแล้วจะมีการแปรผันตามภาระโหลดน้ำหนักที่แขวนไว้ปลายคานโดยที่มุมฐานหมุนมีค่าเท่ากับ 0 องศาและ 180 องศาจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงที่ใกล้เคียงกันเพราะมุมทั้งสองมีลักษณะตำแหน่งการทำงานที่คล้ายกัน เช่นเดียวกับที่มุมฐานหมุนมีค่าเท่ากับ 45 องศาและ 135 องศาจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงที่ใกล้เคียงกันโดยมุมการทำงานของเครื่องยกผู้ป่วยที่ทำให้ค่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงเคลื่อนออกจากจุด Origin คือโคไซน์ของเสายกมาทางระนาบแกน x มากที่สุดนั้นอยู่ที่มุมฐานหมุน 90 องศาและมุมยกแขน 20 องศาซึ่งเมื่อรับโหลดปลายคาน 120 กิโลกรัมจะมีค่าระยะการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงออกมา 0.67 เมตรซึ่งค่าของจุดศูนย์ถ่วงนั้นยังไม่เคลื่อนหลุดออกนอกฐานโครงสร้างของเครื่องยกผู้ป่วยดังนั้น

เครื่องยกผู้ป่วยเครื่องนี้จึงไม่พลิกล้มมีความปลอดภัยในการใช้งานที่ภาระโหลดสูงสุดไม่เกิน 120 กิโลกรัมสำหรับค่าการทดสอบจุดศูนย์ถ่วงระหว่างการทดสอบจริงโดยวิธีนำเครื่องไปแขวนกับคานรับน้ำหนักเพื่อหาตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงโดยใช้จุดตัดของเส้นแนวตั้งกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมาวิเคราะห์นั้นพบว่าโปรแกรมวิเคราะห์ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อน 20.44 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมาจากความคลาดเคลื่อนในการป้อนข้อมูลตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของอุปกรณ์ย่อยบนเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยนี้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมา

5. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ประจำปี 2558 ทางคณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] *Patient lifter equipment*. Available from: <http://www.news.rmutt.ac.th/archives/11465> [Accessed 20th June 2014].
- [2] *Patient lifter unit*. Available from : <http://www.dolphinstairlifts.com/products/> [Accessed 20th June 2014].
- [3] Pichaiya. T and Mongkolgeard. K. *Innovation of low cost hydraulic structure for patient lifting purpose*; 2001: P 5 – 9.
- [4] Buengmum. L. *Impact on half-side parlay sis home attendant*. Half-side paralysis attending activities at attendant's house; 2009: P 75 – 78.
- [5] Kachinthorn. N. *Mobile patient lifter*: Daily News Press: November; 2013.
- [6] *Electrical patient lifter*. Available from: <http://thai.alibaba.com/product-gs/jy-ywd01-electric-patient-lift-570964256.html> [Accessed 10th September 2014].
- [7] *Finding the Center of Gravity Using Plumb Lines*. Available from: https://www.nasa.gov/audience/foreducators/topnav/materials/listbytype/ETE_Plumb_Lines.html [Accessed 15th June 2016].

คำแนะนำในการเขียนบทความ

วัตถุประสงค์ของวารสาร

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เป็นวารสารทางวิชาการจัดพิมพ์ฉบับแรกในเดือนมกราคม พ.ศ.2559 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและองค์ความรู้ทางที่น่าสนใจด้าน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการสร้างความก้าวหน้าทางวิชาการ และมาตรฐานการประกอบวิชาชีพ โดยสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องได้แก่ วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ วิศวกรรมระบบควบคุม วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมเครื่องกลวิศวกรรมเกษตร วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมแม่พิมพ์ วิศวกรรมโลหการ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมเหมืองแร่ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาที่เกี่ยวข้อง

ประเภทของบทความ

บทความวิจัย (research articles) เป็นรายการวิจัย หรือ รายงานทางวิชาการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งสร้างความก้าวหน้าวิชาการ โดยบทความดังกล่าวจะต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสือ

บทความปริทัศน์ (review articles) เป็นบทความที่รวบรวมความรู้เชิงวิชาการเรื่องใดเรื่องหนึ่งจากวารสารหรือหนังสือ โดยมีการวิเคราะห์และวิจารณ์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกอย่างแท้จริง

การส่งบทความ

นักวิจัยและผู้สนใจตีพิมพ์บทความในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา สามารถจัดส่งบทความโดยมีรายการดังต่อไปนี้ คือ (1) ต้นฉบับบทความที่เป็นข้อมูลของโปรแกรม Microsoft word และ Adobe Acrobat จำนวนอย่างละ 1 ชุด (2) จัดหมายนำส่งที่เป็นข้อมูลของโปรแกรม Adobe Acrobat จำนวน 1 ชุด โดยสามารถจัดส่งได้ทั้งทางอีเมล EngineeringJournal@rmutl.ac.th และทางไปรษณีย์

ที่อยู่และสถานที่จัดส่งจดหมาย

“กองบรรณาธิการวารสารวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา”

128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัด
เชียงใหม่ เบอร์โทรศัพท์ 053921444 ต่อ1236

กำหนดการตีพิมพ์เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ (รายหกเดือน)

กรณีที่บทความได้รับการตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะแจ้งรายละเอียดที่ต้องแก้ไขครั้งสุดท้ายให้ผู้เขียนบทความทราบ หลังจากที่ได้เขียนได้พัฒนาบทความฉบับสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว ผู้เขียนบทความจะต้องส่งเอกสารดังนี้ คือ 1) ต้นฉบับบทความที่เป็นข้อมูลของโปรแกรม Microsoft word และ Adobe Acrobat จำนวนอย่างละ 1 ชุด โดยสามารถจัดส่งได้ทั้งทางอีเมล และทางไปรษณีย์ตามที่อยู่ที่กล่าวไว้ในข้างต้น

โครงสร้างของบทความ

1. บทนำ
2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย
3. ผลการวิจัยและอภิปราย
4. สรุป
5. กิตติกรรมประกาศ
6. เอกสารอ้างอิง

การเตรียมบทความ

1. การพิมพ์บทความใช้แบบอักษร TH SarabunPSK ขนาดตัวอักษรเท่ากับ 14 ใช้กระดาษขนาด A4 ซึ่งมีความกว้าง x ยาว เท่ากับ 21.2x29.7 ซม. พิมพ์ด้านเดียว โดยระยะห่างระหว่างบรรทัดเท่ากับหนึ่งช่อง และพิมพ์ห่างระยะห่างจากขอบกระดาษเท่ากับ 2.5 ซม. ริมขอบกระดาษด้านบน 2.5 ซม. ริมขอบกระดาษด้านล่าง 2.0 ซม. ริมขอบกระดาษด้านซ้าย 2.5 ซม. ริมขอบกระดาษด้านขวา 2.0 ซม.

2. ทุกด้านข้างของกระดาษ ส่วนตัวเลขหน้ากำหนดให้อยู่ด้านล่างขวา จำนวนหน้าของบทความทั้งหมดไม่ควรเกิน 8 หน้ากระดาษขนาด A4

3. ภาพประกอบทุกภาพและตารางควรมีการอ้างอิงในบทความ รูปภาพที่เป็นดิจิทัลควรเลือกใช้รูปแบบ eps tiff หรือ jpg และมีความละเอียดของภาพไม่น้อยกว่า 300 dpi

4. ตัวเลขที่ใช้เป็นเลขอารบิกเท่านั้น

5. ตารางที่ใช้ต้องมีหัวข้อและเชิงอรรถเพื่อบรรยายคำย่อ สัญลักษณ์ หรือเครื่องหมายที่ใช้

6. หน่วยที่ใช้ควรใช้ระบบหน่วย International System Units หรือ SI โดยในบทความต้องเขียนเป็นภาษาอังกฤษ

7. คำภาษาไทยให้ใช้ตัวสะกดตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน

8. ศัพท์ภาษาอังกฤษให้แปลเป็นภาษาไทย ให้ใช้คำที่ราชบัณฑิตยสถานบัญญัติได้กำหนดไว้ให้ ในกรณีที่ไม่มีไม่ถูกกำหนด ให้เขียนภาษาอังกฤษในวงเล็บด้านหลังเฉพาะครั้งแรกเท่านั้น

9. การย่อคำและการกำหนดสัญลักษณ์ให้ใช้เฉพาะคำย่อมาตรฐานโดยควรกำหนดคำเต็มก่อนครั้งแรกและอ้างอิงคำย่อไว้ท้าย

ส่วนประกอบของบทความ

1. ชื่อเรื่องที่ใช้ควรกระชับและชัดเจนแต่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด และไม่ควรใช้ตัวอักษรย่อ

2. บทความย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จะต้องแสดงรายละเอียดและระบุ ชื่อเรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการวิจัย ผลการวิจัย สรุปผล โดยความยาวของบทความไม่ควรเกิน 250 คำ และมีคำสำคัญประมาณ 3-5 คำ ส่วนการค้นในบทความย่อภาษาไทย ให้ใช้ เว้นวรรค และเรียงตามตัวอักษร ส่วนการค้นคำสำคัญให้ใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) คำสำคัญภาษาอังกฤษต้องให้ความหมายคล้ายคำสำคัญภาษาไทย และมีจำนวนเท่ากับคำสำคัญภาษาไทย

3. เนื้อเรื่องของบทความจะประกอบไปด้วย บทนำ ทฤษฎี และวิธีการวิจัย ผลการวิจัยและอภิปราย บทสรุป กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง

3.1 บทนำ จะกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิจัย สมมติฐาน ซึ่งเชื่อมโยงกับผลการวิจัย

3.2 ทฤษฎีและวิธีการวิจัย จะกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดของวัสดุและวิธีการที่ใช้ในการศึกษา โดยรายละเอียดที่แสดง สามารถนำไปทดลองทำซ้ำได้

3.3 ผลการศึกษาจะต้องแสดงเป็นหมวดหมู่และสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ของบทความซึ่งผลการศึกษาสามารถแสดงในรูปแบบตารางและรูปภาพได้ แต่ต้องไม่ซ้ำกับเนื้อหาที่เขียนในส่วนนี้ ส่วนตำแหน่งการวางรูปภาพจะต้องอยู่หลังจากคำแนะนำในบทความ และไม่จำเป็นต้องแสดงทันทีทันใดหลังจากแนะนำหรือบรรยายบทความ ผู้เขียนอาจวางรูปใกล้กับรูปอื่นโดยจัดให้อยู่บริเวณด้านบนสุดหรือล่างสุดของบทความ โดยในแต่ละช่วงของผลการวิจัย ผู้เขียนสามารถเขียนบทวิจารณ์ และวิจารณ์ได้ทุกส่วนประกอบของบทความและผลของการวิจารณ์จะต้องแสดงองค์ความรู้ใหม่ที่ได้รับผลประโยชน์ที่ได้รับ รวมทั้งรายละเอียดของปัญหาและอุปสรรคต่างๆ

3.5 สรุป เป็นการกล่าวถึงผลโดยย่อและข้อสรุปจากบทวิจารณ์

3.6 กิตติกรรมประกาศ เป็นส่วนที่กล่าวคำขอบคุณถึงองค์กร หรือบุคคลที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนต่อผู้เขียน

3.7 เอกสารอ้างอิง ซึ่งการเขียนเอกสารอ้างอิงสามารถแสดงในลำดับถัดไป โดยใช้รูปแบบการอ้างอิงแบบ

การพิจารณาถ้อยแถลง

บทความวิจัยและบทความปริทัศน์จะได้รับการถ้อยแถลงจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขานั้นๆ อย่างน้อย 2 ท่าน โดยใช้เวลา

ประมาณ 4-8 สัปดาห์ ในกรณีที่ผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำให้แก้ไข ผู้เขียนต้องพิจารณาแก้ไขหรือชี้แจงเพิ่มเติมให้ผู้ทรงคุณวุฒิทราบ เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เขียนมีความเห็นตรงกัน และบทความได้แก้ไขเรียบร้อยแล้ว จึงสามารถดำเนินการขั้นตอนการตีพิมพ์บทความในวารสารได้

สำเนาพิมพ์

ผู้เขียนบทความวิจัยและบทความปริทัศน์จะได้รับวารสาร 1 ฉบับ และสำเนาพิมพ์ (Reprint) เรื่องละ 5 ชุด โดยหากผู้เขียนต้องการจำนวนมากกว่านี้จะต้องแจ้งให้ทราบเมื่อส่งบทความฉบับแก้ไขครั้งสุดท้ายและต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมตามอัตราที่กำหนดโดยสำนักพิมพ์

ตัวอย่างการอ้างอิงบทความจากวารสาร

- [1] Pennington, D.S., Nash, D.F.T., and Ling, M.L. (1997). Horizontally mounted bender element for measuring anisotropic shear moduli in triaxial clay specimens, *Geotechnical Testing Journal*, vol. 24(2), pp. 133 – 144.
- [2] ภราดร กาญจนสุธรรม นิพนธ์ ตั้งธรรม และ เรืองโรจน์ โดกฤษณะ (2557). การประมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรังด้วยข้อมูลดาวเทียม SMMS โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) : กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 22(1), หน้า 55 –66.

ตัวอย่างการอ้างอิงหนังสือ

- [1] Schofield, A.N. and Wroth, C.P. (1968). *Critical State Soil Mechanics*, McGraw-Hill, London
- [2] Cook, R. D., Malkus, D. S. and Plesha, M. E. (2001). *Concept and Applications of Finite Element Analysis*, 3rd edition, John Wiley, New York
- [3] ปราโมทย์ เดชะอำไพ (2547). *ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม*, พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

ตัวอย่างการอ้างอิงบทความจากเอกสารประกอบการประชุม

- [1] Armstrong, D. B., Fogarty, G. J., & Dingsdag, D. (2007) Scales measuring characteristics of small business information systems. In W-G. Tan (Ed.), *Proceedings of Research, Relevance and Rigour: Coming of age: 18th Australasian Conference on Information Systems*, Toowoomba, Australia, pp 163 – 171.

ตัวอย่างการอ้างอิงบทความจากเอกสารประกอบการประชุมฉบับอิเล็กทรอนิกส์

- [1] Fan, W., Gordon, M.D. and Pathak, R. (2000). Personalization of search engine services for

effective retrieval and knowledge management,
*Proceedings of the twenty-first international
conference on information systems*, pp. 20 – 34.
Available from: ACM Portal: ACM Digital Library.
[24 /6/2004].

ตัวอย่างการอ้างอิงวิทยานิพนธ์จากฐานข้อมูล

- [1] Ignatov, I. (2013). *Eastward voyages and the late
medieval European worldview* (Master dissertation),
University of Canterbury, Christchurch, New Zealand,
URL: <http://hdl.handle.net/10092/9187>

ตัวอย่างการอ้างอิงวิทยานิพนธ์ที่จัดพิมพ์

- [1] Considine, M. (1986). *Australian insurance politics in
the 1970s: Two case studies* (Doctoral dissertation),
University of Melbourne, Melbourne, Australia.

ตัวอย่างการอ้างอิงรายงานและมาตรฐาน

- [1] American Concrete Institute (2001). *Acceptance
Criteria for Moment Frames Based on Structural
Testing (ACI T1.1-01)*
- [2] จุฬารัตน์ วัฒนศิริ, นลินี ตันฐานันท์ และ ปณิศา
เพ็ชรสิงห์ (2529). รายงานการวิจัยเรื่องประวัติศาสตร์
หมู่บ้านควม่วง, โครงการวิจัยระบบการทอผ้าไหม มหำ
วิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 54 – 57.
- [3] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2554). มาตรฐานประกอบการ
ออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของ
แผ่นดินไหว (มยผ.1301-54)

ตัวอย่างการอ้างอิงเว็บไซต์

- [1] U.S. Geological Survey (2012). *National Water
Information System data available on the World
Wide Web (USGS Water Data for the Nation)*, URL:
<http://waterdata.usgs.gov/nwis>, access on 11/06/2012.
- 2] Department of Alternative Energy Development
and Efficiency, Ministry of Energy, Thailand (2004).
Statistic Data, URL: <http://www.dede.go.th>, access
on 24/04/2010.
- [3] สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2550). *ชื่อธาตุ* [ระบบ
ออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.royin.go.th> , สืบค้น
วันที่ 24/04/2010.ข



จดหมายนำส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เรียน หัวหน้ากองบรรณาธิการวารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ข้าพเจ้ามีความประสงค์ขอเสนอบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และขอรับรองว่าบทความนี้เป็นบทความต้นฉบับ ไม่มีส่วนลอกเลียนผลงานของผู้ใดและผลงานนี้ไม่ได้ส่งตีพิมพ์ผลงานในวารสารฉบับอื่นแล้วแต่ได้รับการปฏิเสธมาก่อน ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้าพเจ้ามีส่วนร่วมในการศึกษาและได้รู้เห็นข้อมูลทั้งหมดในบทความอย่างครบถ้วนรวมทั้งได้ตรวจสอบข้อมูลความถูกต้องของเนื้อหาเป็นอย่างดีแล้ว

ประเภทบทความ ○ บทความวิจัย ○ บทความปริทัศน์

ลายมือชื่อ

(.....) วันที่

ลายมือชื่อ

(.....) วันที่

ลายมือชื่อ

(.....) วันที่

ลายมือชื่อ

(.....) วันที่

ชื่อผู้เขียนที่ติดต่อเกี่ยวกับบทความ.....

สถานที่ติดต่อ

.....

โทรศัพท์E-Mail.....

