



JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

THONBURI UNIVERSITY

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธนบุรี

Vol 6 No 1 January – June 2022

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2565



ISSN 2730-3837 [Online]



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธนบุรี

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-มิถุนายน 2565



กำหนดการพิมพ์เผยแพร่

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธนบุรี กำหนดพิมพ์เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ

1. ฉบับที่ 1 มกราคม- มิถุนายน
2. ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม

พิมพ์ที่ : มหาวิทยาลัยธนบุรี

วัตถุประสงค์ของการจัดพิมพ์วารสาร

1. เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ ในด้านวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมการผลิต วิศวกรรมวัสดุ วิศวกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม รวมทั้งสาขาอื่นๆที่เกี่ยวข้อง และในด้านวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สาขาวิชา คณิตศาสตร์ สถิติ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา วิทยาศาสตร์การอาหาร วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาการสารสนเทศ หรือวิทยาศาสตร์ประยุกต์ และสาขาอื่นๆที่เกี่ยวข้อง
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ความคิดเห็น วิทยาการและเทคนิคใหม่ๆ อันนำไปสู่การพัฒนาทักษะและศักยภาพในการสร้างผลงานทางวิชาการ การค้นคว้า ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือและการนำเสนอบทความทางด้านการวิจัย และการบริการสังคม

เจ้าของ : มหาวิทยาลัยธนบุรี

ผู้ดำเนินการ : ดร.บัญชา เกิดมณี อธิการบดี มหาวิทยาลัยธนบุรี

บรรณาธิการวารสาร : ดร.ฐิติพร กรัยวิเชียร ผู้อำนวยการสำนักวิจัย มหาวิทยาลัยธนบุรี

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ปรัชญนันท์ นิลสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร. เฉลิมชาติ มานพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรรย์ แสงราช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ สุรัชย์ ธรรมทวีธิกุล	มหาวิทยาลัยธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนิต แต่งศรี	มหาวิทยาลัยธนบุรี

ฝ่ายจัดการ และเลขานุการ

อาจารย์ฐานพิณี วชิรสุรงค์	คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ ผศ.จิระศักดิ์ ส่งบุญแก้ว	คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ ผศ.ยอดนภา เกษเมือง	คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ ผศ.สมจินต์ อักษรธรรม	คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์วสันต์ ลีละธนาฤกษ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์สิทธิศักดิ์ ทองสุข	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์นันทวัน นาคอร่าม	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์อรรษาวิ เจ๊ะสะแม	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์เอนก นามขันธุ์	ศูนย์คอมพิวเตอร์และสารสนเทศ
อาจารย์สุดาร์ตน์ คงคาชาติ	สำนักวิชาศึกษาทั่วไป
อาจารย์วรารณ สุ่มมาตย์	สำนักวิชาศึกษาทั่วไป

คณะกรรมการกลั่นกรอง (Peer Review)

รศ.ดร.ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร

รศ.ดร.ชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล

รศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร

รศ. ดร.เฉลิมชาติ มานพ

ผศ.ดร.พิสิตี วิสุทธิเมธีกร

ผศ.ดร.เรวดี ศักดิ์ดุษฎีธรรม

ผศ.ดร. ประสพโชค ให้อทองคำ

ผศ.ดร.เมธา อึ้งทอง

ผศ.ยอดนภา เกษเมือง

ดร.ภรตดิษฐ์ แบ่งจิตต์

ผศ.ดร.กัม พรประเสริฐ

ผศ.ดร.ไวรุจน์ อิมโพ

ผศ.ดร.ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์

ผศ.จิระศักดิ์ ส่งบุญแก้ว

ผศ.กิตติพงษ์ พุ่มโกษนา

ผศ.บัญชา ศรีวิโรจน์

ผศ. ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล

ผศ.ดร.ปัญญา สำนานนท์

ผศ.ดร.พรรษา เอกพรประสิทธิ์

ผศ.ปัญญา สำนานนท์

ดร.อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล

ดร. ยุทธนา คงจีน

ผศ. วสันต์ เพชรพิมูล

ดร.น่านน้ำ บัวคล้าย

สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยธนบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยธนบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

มหาวิทยาลัยธนบุรี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ได้จัดพิมพ์ขึ้นเป็นปีที่ 6 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการ ผลงานวิจัย และแลกเปลี่ยนแนวคิด ความรู้ ความก้าวหน้าใหม่ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยบทความทุกเรื่องได้ผ่านการพิจารณากลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องจากหลายสถาบันการศึกษา โดยแต่ละบทความจะต้องการพิจารณากลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน และทางกองบรรณาธิการยังคงพัฒนาคุณภาพวารสารอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

กองบรรณาธิการของวารสารหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่านทุกท่าน และขอขอบคุณที่ท่านผู้อ่านได้ให้ความสนใจวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) สำหรับผู้อ่านที่มีความประสงค์จะเสนอแนะหรือมีคำติชมประการใด โปรดให้ความเห็นหรือทักท้วงตามที่อยู่ของกองบรรณาธิการ ยินดีตอบรับทุกความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

ดร.ฐิติพร กรัยวิเชียร

บรรณาธิการวารสาร

สารบัญ

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-มิถุนายน 2565

บทความวิจัย

- 1-12 การบริหารจัดการพลังงานในอาคาร โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม
THE BUILDING ENERGY MANAGEMENT USING MICROCONTROLLER CONTROL
เอกรัตน์ นภกานต์, บุญยัง ปลั่งกลาง, ศุภวัฒน์ ลาวัลย์วิสุทธิ
- 13-27 เครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า
DETERMINE THE ELECTRICAL POWER FOR THE USE OF ELECTRICAL EQUIPMENT
ฉัตรชัย โกสุม, ปานฤทัย โกสุม, เกชา อยู่แก้ว, ประกิจ ธรรมนิทัศน์
- 28-40 การลดของเสียจากกระบวนการตรวจสอบเหล็กแผ่นม้วน กรณีศึกษา : โรงงานตัวอย่าง
REDUCING WASTE FROM THE STEEL COILS INSPECTION PROCESS CASE STUDY :
SAMPLE FACTORY
วรเทพ ตริวิจิตร, เถลิง พลเจริญ
- 41-54 การปรับปรุงผังโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมการ
ผลิตภัณฑ์ประตูหน้าต่างอลูมิเนียม
INDUSTRIAL PLANT LAYOUT IMPROVEMENTS TO INCREASE PRODUCTIVITY CASE
STUDY OF ALUMINUM DOOR AND WINDOW PRODUCTS INDUSTRY
นันทพันธ์ กนกศิริจุฑา
- 55-61 การสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาด้วยเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า
A SYNTHESIS OF SILICA NANOFIBERS BY CURRENT HEATING TECHNIQUE
สมอ บุญพันธ์
- 62-72 โมเดลของการตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของจุดควบคุมภาพสำหรับดาวเทียมรายละเอียดสูง
ไทยโชต
MODEL OF QUANTITY AND QUALITY OF PHOTO CONTROL POINTS FOR THAICHOTE
SATELLITE IMAGERY
อภิเสฏฐ์ สุวรรณสะอาด
- 73-89 การวิเคราะห์ความเสถียรของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อกับกริดสามเฟส
STABILITY ANALYSIS OF THREE-PHASE GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS
อนุชิต อุไรรัตน์, เฉลิม จินาตุน
- 90-99 การออกแบบและทดสอบสกูเตอร์ไฟฟ้าสำหรับเดินทางระยะสั้นคนเดียว
DESIGN AND TESTING OF ELECTRIC SCOOTER FOR SHOT DISTANCE SOLO TRAVEL
ยุทธชัย เกี้ยวสันเทียะ, พิสิฐพงศ์ แป้นทอง, ลักษณะปรีชา เกี้ยวสันเทียะ
- 100-109 ระบบควบคุมคุณภาพ กรณีศึกษาบริษัทเอชบีซี โปรดักส์ อินดัสตรีส์ จำกัด
QUALITY CONTROL SYSTEM CASE STUDY HBC PRODUCTS INDUSTRIES CO., LTD
วัฒนา เอกปมิตศิลป์

- 110-122 การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อนโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า :
กรณีศึกษา โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แห่งหนึ่ง
WASTE REDUCTION IN PLASTIC THERMOFORMING PROCESS THROUGH SIX SIGMA
TECHNIQUES: CASE STUDY A PACKAGING FACTORY THE BUILDING ENERGY
กิตติภพ ปิ่นเทศ, เพ็ญศิริินทร์ สุขสมกิจ, และทิมมพร ทวีเดช

Received: Oct 28, 2021

Revised: Feb 7, 2022

Accepted: Feb 15, 2022

การบริหารจัดการพลังงานในอาคาร โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม

THE BUILDING ENERGY MANAGEMENT USING MICROCONTROLLER CONTROL

เอกรัตน์ นภกานต์¹ บุญยัง ปลั่งกลาง¹ ศุภวัฒน์ ลาววัลย์วิสุทธิ²

¹ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทพสตรี

Akeratana Noppakant¹ Boonyang Plangklang¹ Supawat Lawanvisut²

¹ Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

² Industrial Technology Thepsatri Rajabhat University

E-mail: akeratana_n@mail.rmutt.ac.th, s.lawanwisut@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ นำเสนอแนวทางการจัดการพลังงาน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมระหว่างการใช้ พลังงานกับความต้องการที่จะใช้พลังงาน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าต่อการใช้พลังงานมากที่สุด โดยนำเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบวงจร โดยวงจรที่ได้ทำการออกแบบนั้นจะเป็นวงจรที่ใช้ควบคุมการเปิด-ปิดโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เครื่องปรับอากาศ ดวงโคม และคอมพิวเตอร์ โดยใช้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ การควบคุมการเปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้ามี 2 เงื่อนไข คือ จำนวนคนเข้า-ออก และอุณหภูมิที่เหมาะสมภายในห้อง แบบจำลองที่ได้จัดทำเพื่อแสดงให้เห็นลักษณะการทำงานที่ใช้ควบคุมการเปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ตามความเหมาะสมของสภาพการใช้พลังงาน ซึ่งถ้านำแบบจำลองไปใช้งานจริงจะสามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้ประมาณ 76,599 วัตต์-สัปดาห์

คำสำคัญ: ต้นทุนการสั่งซื้อ วัตถุดิบ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด จุดสั่งซื้อใหม่ เวลานำ

Abstract

The purpose of this research is to present the energy management for the building. The power energy appropriate between the use of the energy and the requirements to power consumption in the order to achieve the maximum demand value for using the energy. This research applied the present technology to design the circuits, to control automatic on-off switch for the electric devices, for example, lighting, air conditioning and computer. The conditions of controlling concerned the number of people and the appropriate temperature inside the room. This model is made for to demonstrate the process that are used to control the on-off of the electric devices in accordance with the condition specified that suited for the use of the energy. This model can help to save electric power in lecturer room A 209 about 76,599 Watt per week.

Keywords: Air condition, Solar cell, Inverter.

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานภายในประเทศ ได้ขยายตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องท่ามกลางสถานการณ์ราคาน้ำมันในตลาดโลกที่ปรับตัวสูงขึ้น จึงก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรงที่ไม่อาจปฏิเสธได้ หลายองค์กรทั้งภาครัฐและเอกชนจึงเร่งหามาตรการเพื่อช่วยบรรเทาผลกระทบที่เกิดขึ้น การอนุรักษ์พลังงาน นับเป็นหนทางหนึ่งที่ไม่อาจมองข้ามได้ ซึ่งจะช่วยแก้ไข

ปัญหาด้านพลังงานในปัจจุบัน และในอนาคตได้ดีที่สุด อีกทั้งยังเป็นสิ่งที่ทุกคนในสังคมสามารถมีส่วนร่วมกันช่วยกันได้ง่ายที่สุด หากแต่ต้องอาศัยการสร้างแหล่งความรู้ ช่องทางการถ่ายทอด และที่สำคัญคือการกระตุ้นให้เกิดความร่วมมือจากทุกฝ่ายของสังคมในการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจัง ดังนั้นโครงการนี้จึงได้ทำการศึกษา และทำแบบควบคุมการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในอาคารแยกเป็นห้องต่าง ๆ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม ซึ่งเราจะทำการศึกษา เพื่อหาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานโดยการนับจำนวนคนเข้า-ออก การวัดอุณหภูมิภายในห้องเพื่อให้ทำการควบคุม การเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟ โดยใช้ระบบอัตโนมัติ ส่งส่งข้อมูลผ่านระบบ IoT และสามารถดูข้อมูลย้อนหลังผ่านระบบคลาวด์

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. หลักการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

1.1 การประหยัดพลังงานมีหลักการพื้นฐานมีดังนี้

- 1) การลดภาระของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน
- 2) การลดความสูญเสีย การสูญเสียของพลังงาน
- 3) ทั้งพลังงานเมื่อจำเป็นต้องใช้หรือไม่คุ้มที่จะนำกลับมาใช้ใหม่

1.2 การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่ใช้กันแพร่หลาย และใช้พลังงานมาก ดังนั้นการประหยัดพลังงาน ในเครื่องปรับอากาศจะเป็นการลดค่าไฟฟ้าอย่างมาก และช่วยชาติประหยัดพลังงานได้มากด้วย การเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศ เราควรพิจารณาดังนี้

- 1) ห้องปรับอากาศจะใช้งานในลักษณะใด ใช้เป็นห้องสำนักงาน ห้องเรียน หรือ ห้องนอน
- 2) ทิศทางของห้องปรับอากาศจะรับแสงแดดมากหรือไม่ เพราะหากรับแสงแดดมากจะเป็น การเพิ่มภาระของเครื่องปรับอากาศ
- 3) มีผนังโปร่งแสงมากหรือไม่ ยิ่งโปร่งแสงมากก็ยิ่งมีแสงแดดที่นำความร้อนเข้ามามาก
- 4) พิจารณาอุปกรณ์ในห้องว่ามีอุปกรณ์ใดสร้างความร้อนบ้าง แต่วิธีที่ดีที่สุดคือ นำอุปกรณ์สร้างความร้อน เช่น กระจกน้ำร้อน ตู้เย็น เครื่องถ่ายเอกสาร ออกไปไว้นอกห้องปรับอากาศ
- 5) ภาระความร้อนที่จะเข้ามาในห้องจะมีมากเท่าใด เช่น ห้องเรียนที่มีนักศึกษา อาจารย์ เข้ามาใช้ครั้งละหลายๆ ย่อมมีภาระความร้อนมาก ทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานหนักขึ้น

โดยทั่วไปการเลือกขนาดอย่างง่ายที่สุดจะคำนวณประมาณ 1,200 บีทียูหรือ 1 ตันความเย็นต่อ 15 ตารางเมตร ทั้งนี้หากเป็นห้องที่รับแสงแดดมากหรือมีผนังโปร่งแสงมาก ควรเลือกให้ขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อยเพื่อชดเชยภาระที่เกิดขึ้น

1.3 วิธีการใช้เครื่องปรับอากาศให้ประหยัดพลังงาน

เครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน ถูกกำหนดให้ต้องติดฉลากประหยัดไฟกำกับ ยิ่งเบอร์สูงยิ่งมีประสิทธิภาพสูง เบอร์ 5 คือ เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด แต่จะมีแค่เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ไม่เกิน 25,000 บีทียู หากเกินกว่านั้นจะมีสูงสุดเพียงเบอร์ 4 เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันยังไม่สามารถ ผลิตเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ที่มีประสิทธิภาพสูงได้

การใช้เครื่องปรับอากาศให้ประหยัดพลังงานนั้น เราควรทำความเข้าใจการทำงานของระบบ ปรับอากาศ และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ก็สามารถประหยัดพลังงานได้

- 1) ควรตั้งอุณหภูมิไม่ให้ต่ำเกินไปโดยปกติควรตั้งที่ 25 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ร่างกายคนปกติ สามารถอยู่ได้อย่างสบาย (เพียงปรับอุณหภูมิที่เทอร์โมสแตท เราก็สามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 10 % ต่อ 1 °C)
- 2) การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงาน เพราะหลังจากปิดเครื่องปรับอากาศแล้ว อากาศในห้องยังมีความเย็นหลงเหลือ อยู่อีกประมาณ 15 นาที
- 3) เปิดพัดลมดูดอากาศเท่าที่จำเป็น พัดลมดูดอากาศจะทำหน้าที่ดูดกลิ่นและควันที่ไม่พึงประสงค์ออกจากห้องปรับอากาศ แต่ถ้าเปิดทิ้งไว้ซึ่งมีทั้งอุณหภูมิและความชื้นที่ไม่เหมาะสมเข้ามาแทนที่ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้น ควรเปิดพัดลมดูดอากาศทิ้งไว้ 15 นาที แล้วค่อยเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ ขณะเปิดเครื่องปรับอากาศก็เปิดพัดลมดูด อากาศเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

4) ลดความร้อนที่จะเข้ามาในห้องโดยหน้าต่างให้ติดม่าน มู่ลี่ หรือย้ายตู้ไปบังส่วนที่ไม่จำเป็นต้องมีแสงสว่างมาก หรือมีเพียงพอยู่แล้วไม่ต้องใช้แสงสว่างภายนอกช่วย

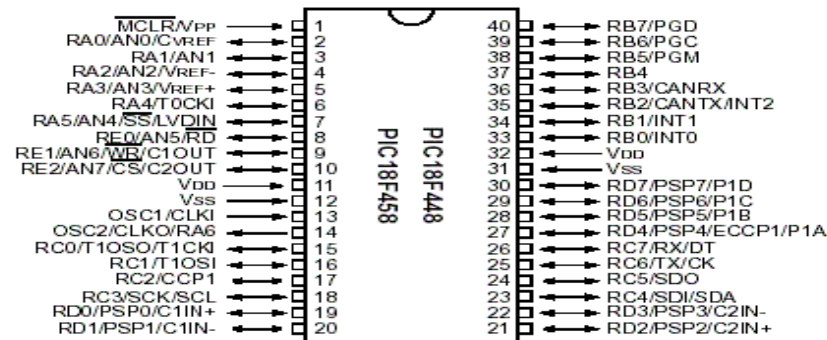
5) ป้องกันความเย็นไหลออกจากห้อง โดยตามขอบประตู หน้าต่างควรมีขอบซีลกันความเย็นไหลออก

6) ควรปรับปรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ และแผงระบายความร้อน โดยการใช้ลมเป่าทุกๆ 1 เดือนและควรล้างเครื่องปรับอากาศครั้งใหญ่ โดยใช้น้ำหรือน้ำยาฉีดทุกๆ 6 เดือน

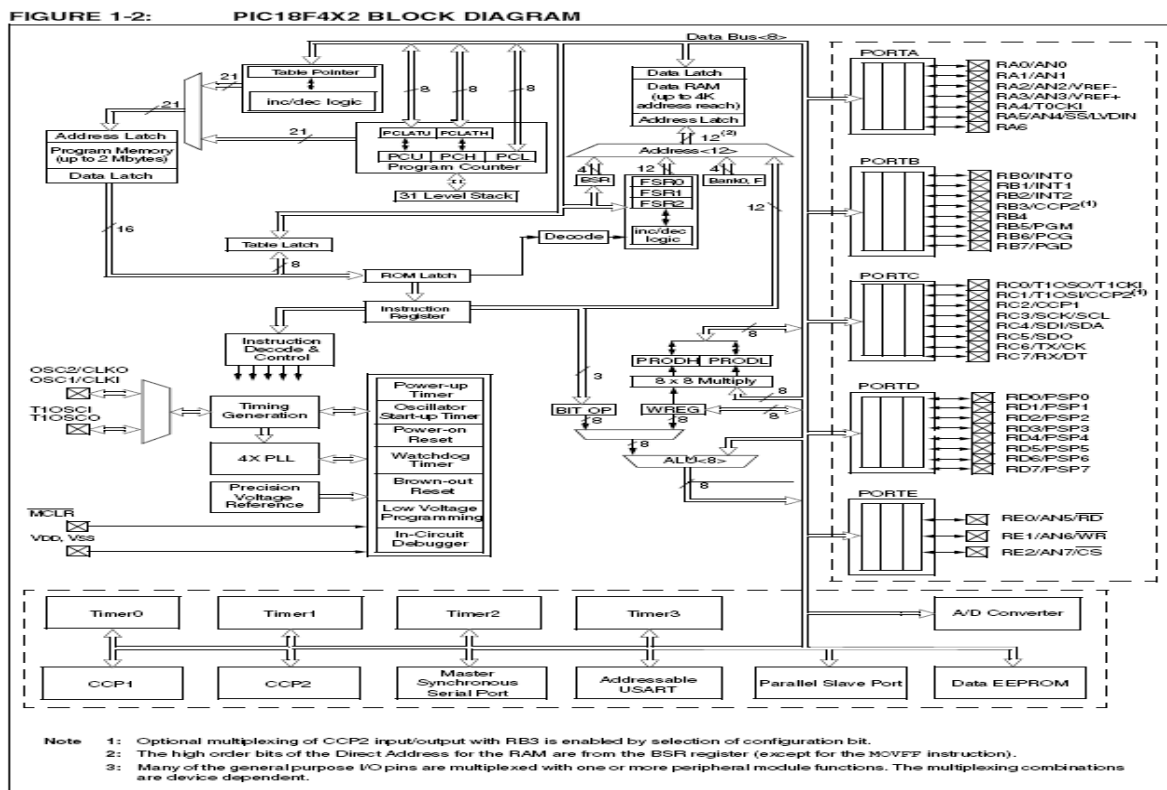
2. โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458

[1] โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโครงสร้าง และสถาปัตยกรรมคล้ายกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC18FXXX เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 8 กิโลไบต์ หน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 368 ไบต์ ขาสัญญาณมี จำนวน 40 ขา แสดงดังภาพที่ 1 และมีโครงสร้างพื้นฐานแสดงดังภาพที่ 2

PDIP



ภาพที่ 1 การจัดขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458



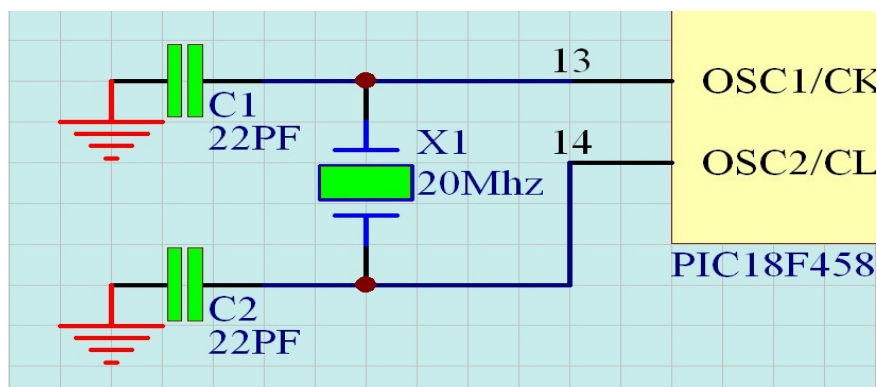
ภาพที่ 2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458

2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458

- 1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานร่วมกันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC18FXXX
- 2) มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 8 กิโลไบต์ สามารถลบ และเขียนได้ถึง 1,000 ครั้ง
- 3) ทำงานในช่วงแรงดัน 2 – 5.5 โวลต์
- 4) สามารถป้องกันการโปรแกรมได้
- 5) มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 368 ไบต์
- 6) มีอินพุตและเอาต์พุตขนาด 64 บิต
- 7) มีวงจรรนับและจับเวลาขนาด 32 บิต 3 วงจร
- 8) สามารถอินเทอร์รัปต์ได้จาก 14 แหล่ง
- 9) สามารถโปรแกรมการทำงานได้โดยผ่านพอร์ตอนุกรม

2.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

[2] [3] ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานตามสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้าระบบ เพื่อกำหนดจังหวะในการทำงานให้กับซีพียู และวงจรต่างๆ ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ คริสตัลเป็นตัวกำเนิดความถี่ และต้องใช้ตัวเก็บประจุในโหมด HS ความถี่ 20.0 MHz C1 และ C2 ขนาด 15 – 33 pF แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

2.3 วงจรรีเซ็ต

[4] [5] การรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องป้อนสัญญาณลอจิก “1” เข้าที่ขา Reset นานไม่ต่ำกว่า 2 แมกซ์ซีไคเคิล โดยที่ 1 แมกซ์ซีไคเคิลจะใช้เวลา 12 คาบเวลา ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาค่าเวลา ของ แมกซ์ซีไคเคิลได้จาก

1 คาบเวลา = $1 / \text{ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา}$

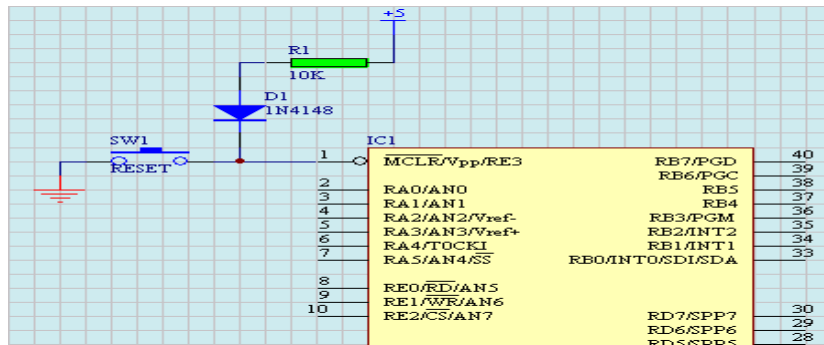
กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเท่ากับ 12 MHz

ดังนั้น 1 คาบเวลา = $1 / 12 \times 10^6 = 0.08333 \mu\text{sec}$

และ 1 แมกซ์ซีไคเคิล = $12 \times \text{คาบเวลา} = 12 \times 0.08333 = 1 \mu\text{sec}$

ดังนั้น 2 แมกซ์ซีไคเคิล = $2 \times 1 = 2 \mu\text{sec}$

ดังนั้นในการออกแบบวงจรรีเซ็ตจะต้องให้วงจรค้างสถานะ เป็นลอจิก “1” ไม่น้อยกว่า $2 \mu\text{sec}$



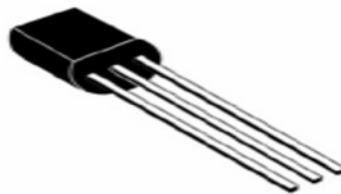
ภาพที่ 4 วงจรรีเซ็ต

2.3 ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

DS1820 เป็นไอซีตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้การติดต่อแบบระบบบัส 1 สาย มีขาต่อใช้งานเพียง 3 ขา คือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอก ขากราวด์

หัวใจสำคัญของ DS1820 อยู่ที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิและหน่วยความจำความเร็วสูงที่เรียกว่า สแครตช์แพด (Scratchpad) ซึ่งมีขนาด 9 ไบต์

เมื่อวัดอุณหภูมิได้ก็จะนำค่าที่วัดได้นี้มาเก็บไว้ในสแครตช์แพดที่ไบต์ 0 และ 1 ทั้งที่เนื่องจากไอซี DS1820 สามารถให้ข้อมูลของอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 16 บิต เมื่อนำมาแปลงเป็นข้อมูลเลขฐานสิบจึงสามารถแสดงความละเอียดของค่าอุณหภูมิได้ถึง 0.5 °C และ 0.9 °F โดยมีย่านวัดอุณหภูมิ - 55 ถึง + 125 °C หรือ - 67 ถึง + 257 °F โดยค่าของ °F ต้องใช้การแปลงหน่วยเข้ามาช่วยใช้เวลาในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิทัลประมาณ 200 มิลลิวินาที สามารถกำหนดขอบเขตของอุณหภูมิที่ทำการวัดได้ และแจ้งเตือนเมื่อค่าของอุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดต่ำลงถึงค่าที่กำหนด โดยค่า อุณหภูมิที่กำหนดนี้จะเก็บไว้ในที่ สแครตช์แพดในไบต์ 2 และ 3



ภาพที่ 5 รูปร่างของไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

3. การดำเนินงาน

โครงสร้างของระบบ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ดังนี้คือ

3.1 ส่วนของออกแบบระบบตรวจวัดค่าพลังงาน ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

การออกแบบในระบบที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าตามห้องต่างๆ การออกแบบจะใช้ Pic Microcontroller เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ได้นำมาใช้งานสำหรับการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ จำนวนคนที่อยู่ในห้อง การควบคุมระบบแสงสว่าง ในส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าที่ติดตั้งอยู่กับโหลต สำหรับใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้า, พลังงานไฟฟ้า แล้วแสดงผลออกทางจอ LCD ด้านหน้าให้สามารถอ่านค่าต่างๆ ได้



ภาพที่ 6 ไตอะแกรมของวงจรระบบแบบจำลองการอนุรักษ์พลังงาน โดยใช้ PIC ควบคุม

3.2 ส่วนของระบบการแสดงผลการทำงานผ่าน LoRa Gateway ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

LoRa Gateway จะใช้บอร์ด Arduino MEGA 2560 จำนวน 2 ชุดในการประมวลผลโดยแบ่งบอร์ด Arduino MEGA 2560 ชุดที่ 1 ต่อเชื่อมด้วยบอร์ดของ NB - IoT AIS Shield เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลขึ้นสู่ Cloud ของ AIS Magellan ส่วนบอร์ด Arduino MEGA 2560 ชุดที่ 2 ต่อเชื่อมด้วยบอร์ด LoRa Shield เพื่อใช้เป็นตัวรับข้อมูลระหว่างชุด Lora Meter กับชุด Lora Gateway

3.3 ส่วนการเก็บข้อมูลด้วยระบบ Cloud ของ AIS Magellan

ในส่วนของ AIS Magellan จะให้เก็บข้อมูลผ่าน Cloud โดยให้มาพร้อมกับชุดของ NB - IoT AIS Shield พร้อมรหัสผ่านและจะเรียกเก็บค่าบริการเป็นรายปีโดยในการนำมาใช้สำหรับทำการรับค่าข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนของชุด LoRa Gateway ซึ่งเป็นข้อมูลจากการที่วัดของไหลตมาจากชุดของ LoRa Meter ใน Cloud ของ AIS Magellan จะสามารถแสดงผลของค่าที่วัดต่างๆ ทั้งหมดได้ในขณะนั้น (Realtime) ให้ทราบรวมทั้งยังเก็บบันทึกข้อมูลไว้ให้ตรวจสอบย้อนหลังได้

3.4 ส่วน Web Server

เนื่องจาก Cloud ของ AIS Magellan ต้องมีการใช้ร่วมกับผู้ใช้รายอื่นๆ ที่ทาง AIS จำหน่ายชุด NB - IoT AIS Shield ด้วยทางผู้จัดทำโครงการเห็นว่าอาจจะเก็บได้น้อยไม่เพียงพอกับการต้องบันทึกข้อมูลกับเนื้อที่ที่ให้แก่ของ Cloud AIS Magellan ดังนั้นจึงได้เพิ่มการส่งข้อมูลเข้าเก็บใน Web Server คู่ขนานไปกับ Cloud AIS Magellan ให้สามารถตรวจสอบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าได้ตลอดเวลาและตรวจสอบได้ทุกสถานที่ที่มีเครือข่าย Internet



ภาพที่ 7 การต่อวงจรชุด LoRa Gateway

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ในการทำงานของวงจรได้แบ่งการทำงานของวงจรออกเป็น 3 แบบคือ วงจรวัดอุณหภูมิ วงจรการนับจำนวนคนเข้า-ออก และวงจรรีเลย์โดยทั้ง 3 วงจรจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานของหลักการทำงานของวงจรคือ วงจรวัดอุณหภูมิทำหน้าที่วัดอุณหภูมิแล้วส่งค่าที่วัดได้แสดงผลที่ LCD เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการควบคุม โดยใช้อินฟราเรดทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์จำนวน 2 ชุดติดไว้ที่หน้าโต๊ะบริเวณทางเข้า ในแต่ละห้อง โดยมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

ข้อกำหนด ถ้าอุณหภูมิ 25 °C แอร์จะทำงาน 1 ตัว	ถ้าอุณหภูมิ 27 °C แอร์จะทำงาน 2 ตัว
1-2 คน ไฟติด 15 หลอด แอร์ทำงาน 1 ตัว	1-4 คน ไฟติด 30 หลอด แอร์ทำงาน 1 ตัว
1-6 คน ไฟติด 30 หลอด แอร์ทำงาน 2 ตัว	7 คนขึ้นไป ไฟติด 30 หลอด แอร์ทำงาน 2 ตัว

หมายเหตุ : ในแบบจำลองจะควบคุมในการเปิด-ปิด แบบอัตโนมัติเฉพาะแอร์ และหลอดไฟเท่านั้น ส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ จะสามารถเปิด-ปิด การใช้งานตามความต้องการ

การแสดงผลของข้อมูลและสถานะการทำงานที่หน้าจอ แอลซีดี โดยมีการแสดงผลการทำงานในลักษณะและเงื่อนไขที่แตกต่างกันและมีการแสดงข้อความ ดังนี้

Temp = XX °C ซึ่งเป็นการบอกอุณหภูมิของห้องทำงานขณะนั้น

People = X เป็นการแสดงจำนวนคนในห้องทำงานขณะนั้น

Air 1 = เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1

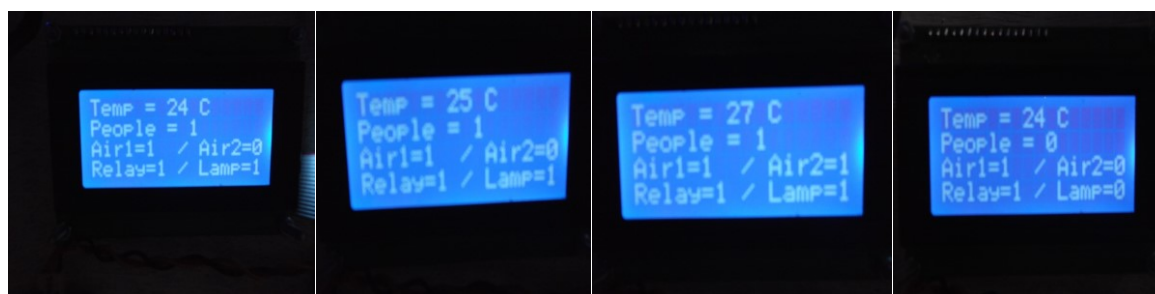
Air 2 = เครื่องปรับอากาศตัวที่ 2

Relay = โหลดอุปกรณ์ไฟฟ้า

Lamp = ฟลูออเรสเซนต์

เมื่อ 1 = Status Open

0 = Status Close



ภาพที่ 8 สถานะการแสดงผลของจอแอลซีดี

การเก็บค่าพลังงานในแต่ละห้องภายในอาคาร โดยในแต่ละห้องมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าพื้นฐานที่มีอยู่ในห้องซึ่งมีการใช้งานตามจำนวนชั่วโมงและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ในแต่ละวันดังแสดงตาม ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องพักอาจารย์

อุปกรณ์	จำนวน	วัตต์	ช.ม./วัน	วัตต์-ช.ม./วัน
Notebook	7	50	8	2,800
Com-PC 1	1	150	11	1,650
Com-PC 2	1	150	11	1,650
กาต้มน้ำ	1	2,100	2	4,200
ตู้เย็น 4 Cu	1	210	24	5,040
หลอดไฟ 38 w	10	11	11	1,210
อุปกรณ์	จำนวน	วัตต์	ช.ม./วัน	วัตต์-ช.ม./วัน
แอร์	2	1,500	11	33,000
TV LCD 21	1	60	3	180
			รวม	51,680

ผลการดำเนินงานการเก็บค่าพลังงานที่นำมาทดสอบและนำมาเปรียบเทียบกับระบบการจัดการ ทั้งหมด 7 ห้อง เพื่อหาค่าปริมาณสูงสุดที่สามารถประหยัดพลังงานได้ มีการสำรวจจำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ และความสัมพันธ์ของจำนวนชั่วโมงการใช้งานและจำนวนคนที่อยู่ในห้อง ตามเวลาที่แสดงการทำงานในแต่ละวัน และแสดงจำนวนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ในแต่ละวัน ดังแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แบบสำรวจการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเฉพาะแอร์ และหลอดไฟในห้องพักอาจารย์

ช่วงเวลา	จำนวน คน	แอร์ 1	วัตต์	แอร์ 2	วัตต์	หลอดไฟ	วัตต์	รวมวัตต์
9.00 - 10.00	1 - 8	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	On, 30 หลอด	$11 \times 1 = 11$	3,011

10.00 -13.00	1 - 4	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	9,033
13.00 -18.00	1 - 2	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	On, 30 หลอด	$11 \times 5 = 55$	15,055
18.00 -21.00	1 - 4	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	9,033
เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ							เท่ากับ	51,680
							รวม	87,812

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเฉพาะแอร์ และหลอดไฟ ห้องที่ 1

ช่วงเวลา	จำนวน คน	แอร์ 1	วัตต์	แอร์ 2	วัตต์	หลอดไฟ	วัตต์	รวมวัตต์
9.00 - 10.00	1 - 8	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	On, 30 หลอด	$11 \times 1 = 11$	3,011
10.00 -13.00	1 - 4	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	-	-	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	4,533
13.00 -18.00	1 - 2	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	-	-	On, 15 หลอด	$11 \times 2.5 =$ 27.5	7,527.5
18.00 -21.00	1 - 4	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	-	-	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	4,533
เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ							เท่ากับ	51,680
							รวม	71,284.5

สรุปผลการทดสอบ ห้องที่ 1 พบได้ว่าเมื่อมีการบริหารจัดการพลังงานที่ใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาจัดการบริหารปริมาณของเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถประหยัดพลังงาน $87,812 - 71,284.5 = 16,527.5$ วัตต์-ชม./วัน

ตารางที่ 4 แบบสำรวจการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเฉพาะแอร์ และหลอดไฟในห้องพักอาจารย์ ห้องที่ 2

ช่วงเวลา	จำนวน คน	แอร์ 1	วัตต์	แอร์ 2	วัตต์	หลอดไฟ	วัตต์	รวม วัตต์
9.00 - 10.00	1 - 5	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	On, 30 หลอด	$11 \times 1 = 11$	3,011
10.00 -13.00	1 - 2	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	-	-	On, 15 หลอด	$11 \times 3 = 33$	4,533
13.00 -18.00	1 - 9	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	On, 30 หลอด	$11 \times 5 = 55$	9,055
18.00 -21.00	1 - 3	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	-	-	On, 15 หลอด	$11 \times 3 = 33$	4,533
เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ							เท่ากับ	51,680
							รวม	72,812

สรุปผลการทดสอบ ห้องที่ 2 พบได้ว่าเมื่อมีการบริหารจัดการพลังงานที่ใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาจัดการบริหารปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถประหยัดพลังงาน $87,812 - 72,812 = 15,000$ วัตต์-ชม./วัน

ตารางที่ 5 แบบสำรวจการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเฉพาะแอร์ และหลอดไฟในห้องพักอาจารย์ ห้องที่ 3

ช่วงเวลา	จำนวน คน	แอร์ 1	วัตต์	แอร์ 2	วัตต์	หลอดไฟ	วัตต์	รวมวัตต์
9.00 - 10.00	1 - 12	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	On, 30 หลอด	$11 \times 1 = 11$	3,011
10.00 -13.00	1 - 8	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	9,033
13.00 -18.00	1 - 9	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	On, 30 หลอด	$11 \times 5 = 55$	15,055
18.00 -21.00	1 - 4	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	-	-	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	4,533
เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ							เท่ากับ	51,680
							รวม	83,312

สรุปผลการทดสอบ ห้องที่ 3 พบได้ว่าเมื่อมีการบริหารจัดการพลังงานที่ใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาจัดการบริหารปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถประหยัดพลังงาน $87,812 - 83,312 = 4,500$ วัตต์-ชม./วัน

ตารางที่ 6 การทดสอบการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเฉพาะแอร์ และหลอดไฟ ห้องที่ 4

ช่วงเวลา	จำนวน คน	แอร์ 1	วัตต์	แอร์ 2	วัตต์	หลอดไฟ	วัตต์	รวม วัตต์
9.00 - 10.00	1 - 7	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	On, 30 หลอด	$11 \times 1 = 11$	3,011
10.00 -13.00	1 - 10	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	9,033
13.00 -18.00	1 - 5	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	-	-	On, 15 หลอด	$11 \times 2.5 = 27.5$	7,527.5
18.00 -21.00	1 - 7	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	9,033
เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ							เท่ากับ	51,680
							รวม	80,284.5

สรุปผลการทดสอบ ห้องที่ 4 พบได้ว่าเมื่อมีการบริหารจัดการพลังงานที่ใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาจัดการบริหารปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถประหยัดพลังงาน $87,812 - 80,284.5 = 7,527.5$ วัตต์-ชม./วัน

ตารางที่ 7 การทดสอบการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเฉพาะแอร์ และหลอดไฟ ห้องที่ 5

ช่วงเวลา	จำนวน คน	แอร์ 1	วัตต์	แอร์ 2	วัตต์	หลอดไฟ	วัตต์	รวมวัตต์
9.00 - 10.00	1 - 3	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	On, 30 หลอด	$11 \times 1 = 11$	3,011
10.00 -13.00	1 - 4	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	-	-	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	4,533

13.00 -18.00	1 - 2	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	-	-	On, 15 หลอด	$11 \times 2.5 =$ 27.5	7,527.5
18.00 -21.00	1 - 2	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	-	-	On, 15 หลอด	$11 \times 1 = 11$	4,511
เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ							เท่ากับ	51,680
							รวม	71,262.5

สรุปผลการทดสอบ ห้องที่ 5 พบได้ว่าการบริหารจัดการพลังงานที่ใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาจัดการบริหารปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถประหยัดพลังงาน $87,812 - 71,262.5 = 16,549.5$ วัตต์-ชม./วัน

ตารางที่ 8 การทดสอบการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเฉพาะแอร์ และหลอดไฟ ห้องที่ 6

ช่วงเวลา	จำนวน คน	แอร์ 1	วัตต์	แอร์ 2	วัตต์	หลอดไฟ	วัตต์	รวมวัตต์
9.00 - 10.00	1 - 2	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	-	-	On, 15 หลอด	$11 \times 1 = 11$	3,011
10.00 -13.00	1 - 4	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	-	-	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	4,533
13.00 -18.00	1 - 4	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	-	-	On, 30 หลอด	$11 \times 5 = 55$	7,555
18.00 -21.00	1 - 2	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	-	-	On, 15 หลอด	$11 \times 3 = 33$	4,533
เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ							เท่ากับ	51,680
							รวม	71,312

สรุปผลการทดสอบ ห้องที่ 6 พบได้ว่าการบริหารจัดการพลังงานที่ใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาจัดการบริหารปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถประหยัดพลังงาน $87,812 - 71,312 = 16,500$ วัตต์-ชม./วัน

ตารางที่ 9 การทดสอบการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเฉพาะแอร์ และหลอดไฟ ห้องที่ 7

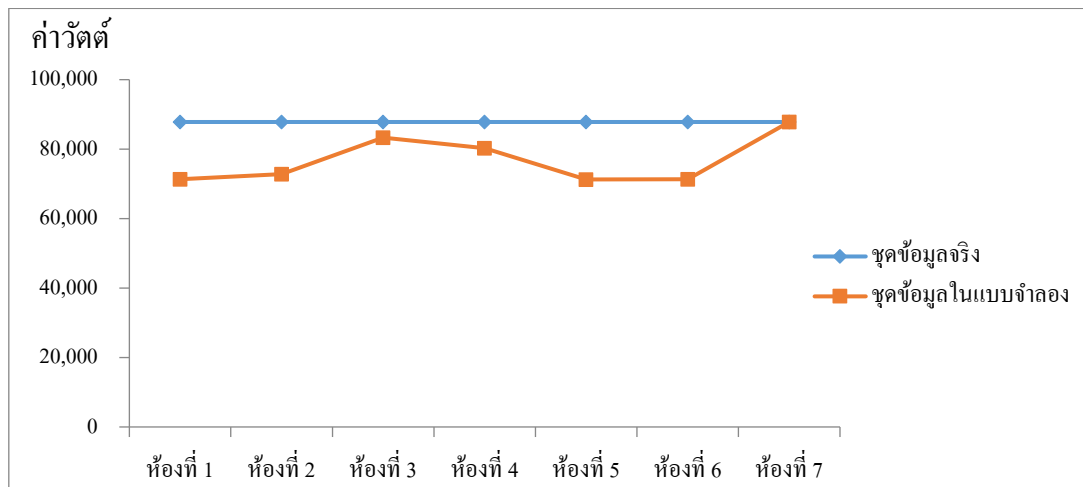
ช่วงเวลา	จำนวน คน	แอร์ 1	วัตต์	แอร์ 2	วัตต์	หลอดไฟ	วัตต์	รวมวัตต์
9.00 - 10.00	1 - 12	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	ON	$1,500 \times 1$ = 1,500	On, 30 หลอด	$11 \times 1 = 11$	3,011
10.00 -13.00	1 - 14	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	9,033
13.00 -18.00	1 - 9	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	ON	$1,500 \times 5$ = 7,500	On, 30 หลอด	$11 \times 5 = 55$	15,055
18.00 -21.00	1 - 8	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	ON	$1,500 \times 3$ = 4,500	On, 30 หลอด	$11 \times 3 = 33$	9,033
เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ							เท่ากับ	51,680
							รวม	87,812

สรุปผลการทดสอบ ห้องที่ 7 พบได้ว่าเมื่อมีการบริหารจัดการพลังงานที่ใช้ระบบไมโครโพรเซสเซอร์เข้ามาจัดการบริหารปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถประหยัดพลังงาน $87,812 - 87,812 = 0$ วัตต์-ชม./วัน

ตารางที่ 10 สรุปผลการทดสอบหมด 7 ห้อง

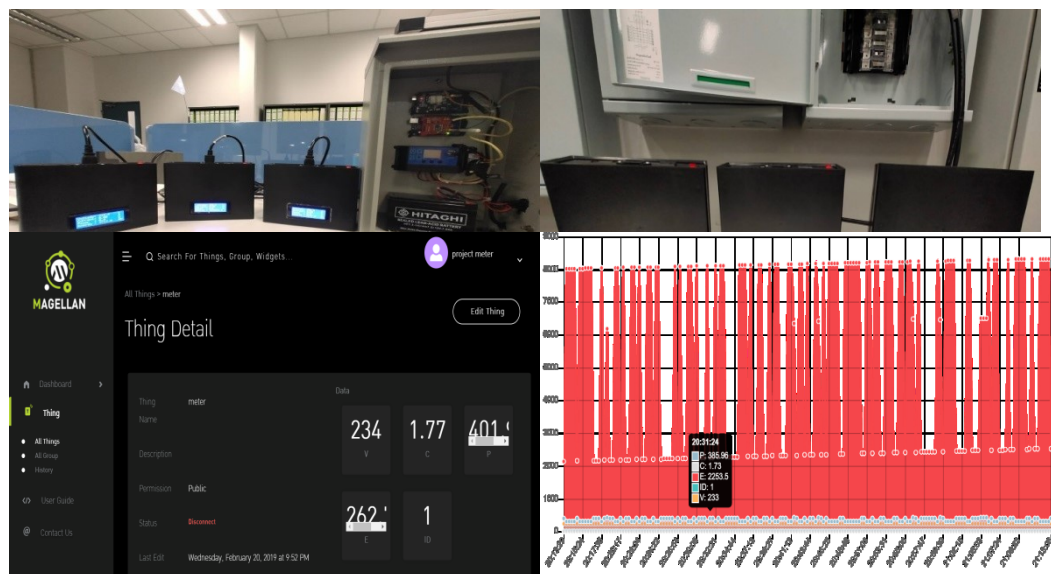
วันที่	ค่าพลังงานที่ใช้งาน (kWh)	ค่าข้อมูลหลังจากการควบคุม (kWh)	ปริมาณพลังงานที่สามารถประหยัดได้ (kWh)
1	87,812	71,284.5	16,527.50
2	87,812	72,812	15,000
3	87,812	83,312	4,500
4	87,812	80,284.5	7,527.5
5	87,812	71,262.5	16,549.5
6	87,812	71,312	16,500
7	87,812	87,812	0
		จะสามารถประหยัดได้	76,604.50 วัตต์/สัปดาห์

จากแบบสำรวจการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องที่ได้ทำการทดสอบจำนวน 7 ห้อง พบว่า สามารถประหยัดไฟฟ้าได้เท่ากับ 76,604.5 วัตต์-สัปดาห์



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบการใช้งานข้อมูลจริงกับในแบบจำลองใน 1 สัปดาห์

ภาพที่ 9 แสดงค่าเปรียบเทียบการใช้งานระหว่างการใช้งานปกติกับการใช้งานแบบมีการควบคุมด้วยระบบไมโครโพรเซสเซอร์ พบว่า ค่าพลังงานเฉลี่ยที่มีการควบคุมนั้น สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 10 การแสดงผลและการเข้าดูผลการตรวจวัด AIS NB-IoT

อภิปรายผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบการบริหารจัดการพลังงานทั้งหมด 7 ห้อง พบว่า การบริหารจัดการพลังงานโดยใช้เงื่อนไขจากการตรวจจับปริมาณคนที่อยู่ในแต่ละห้อง เพื่อกำหนดและตรวจจับอุณหภูมิภายในห้องและตั้งค่าการควบคุมการทำงานของแสงสว่างและอุปกรณ์ทำความเย็น พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง เมื่อปริมาณคนในห้องมีจำนวนน้อยและสามารถลดเวลาการทำงานของอุปกรณ์ต่างลงได้ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์

ผลการทํางานสำหรับการอ่านและวัดค่าได้ตามที่ต้องการคือสามารถวัดค่าพร้อมแสดงผลของแรงดันไฟฟ้า, ค่ากระแสไฟฟ้า, ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าพลังงานไฟฟ้าและยังสามารถส่งข้อมูลผ่านระบบคลื่นวิทยุเข้าเข้าสู่ LoRa Gateway ที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ AIS NB - IoT ได้เป็นอย่างดีและสามารถรับข้อมูลมาส่งเข้า Cloud ของ AIS Magellan เพื่อนำไปแสดงผลให้สามารถอ่านขณะนั้นได้และรวมทั้งสามารถเก็บบันทึกไว้ใน Cloud ให้สามารถดูผลย้อนหลังได้

เอกสารอ้างอิง

- ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง. 2550. PIC MICROCONTROLLER LEARNING BY DOING. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ :
- สมาร์ตเลิร์นนิ่ง
- ณัฐพล วงศ์สุนทรชัย. 2543. เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F628. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์. บจก.
- ดอนสัน ปงผาบ. 2551. ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และการประยุกต์ใช้งาน. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :
- สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F458. บริษัท อีเลคทรอนิกส์ ซอร์ท จำกัด. เข้าถึงได้จาก : www.es.co.th/index.asp.
- วงจร PROPICUSBV 1.0. เข้าถึงได้จาก : www.thaimicrotron.com.

Received: Nov 27, 2021

Revised: May 16, 2022

Accepted: May 26, 2022

เครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

DETERMINE THE ELECTRICAL POWER FOR THE USE OF ELECTRICAL EQUIPMENT

ฉัตรชัย โกสุม¹ ปานฤทัย โกสุม¹ เกชา อยู่แก้ว¹ ประกิจ ธรรมนิทัศน์¹

¹ สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4

Chatchai Kosoom, Panruthai Kosoom, Kecha Yookaew, Prakit Tammanitassana

Department of Electronics Technology (Continuing Program), Uthai Thani Technical College,

Institute of Vocational Education : Northern Region 4

E-mail: chatchai.ko@ovec.moe.go.th

บทคัดย่อ

สิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกำหนดกำลังไฟฟ้าสำหรับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อลดการใช้กำลังไฟฟ้าเป้าหมายของการประหยัดกำลังงานไฟฟ้าคือ กำลังไฟฟ้าที่มีการใช้งานลดลง แนวทางการประหยัดกำลังงานไฟฟ้าโดยทั่วไปนั้นจะต้องรอผลของการใช้กำลังไฟฟ้าเช่น การกำหนดเวลาเปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า ต้องรอผลของการใช้กำลังไฟฟ้าจนกว่าจะมีการแจ้งค่าไฟฟ้า เมื่อพิจารณาจะพบว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละสถานที่จะเหมือนเดิมเช่นในสำนักงาน จึงเป็นการง่ายที่จะรู้ถึงกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากการคำนวณการใช้กำลังไฟฟ้ามรวมของการใช้งานหรือสามารถนำข้อมูลจากใบแจ้งหนี้ของการไฟฟ้า ข้อมูลของกำลังไฟฟ้าที่ได้นี้สามารถนำมาบริหารด้วยการกำหนดปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ต้องการลดลงหรือปริมาณของกำลังไฟฟ้าที่สามารถใช้งาน ทำให้เป้าหมายของการประหยัดพลังงานชัดเจนจากการกำหนดค่ากำลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า

การกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าสามารถกำหนดได้จากหน้าจอโทรศัพท์มือถือที่มีแอปพลิเคชัน Blynk ผ่าน Blynk Sever ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมโยงกับอินเทอร์เน็ต รับข้อมูลกำลังไฟฟ้าจาก Blynk Sever ที่ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าและวัดกำลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงที่ได้จากโมดูลมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า SDM120CT-Modbus ทำการทดลองการทำงาน 3 รูปแบบ คือ 1.ทดสอบการวัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้โหลดแบบเหนี่ยวนำ 2. ทดสอบการวัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้โหลดแบบตัวต้านทาน 3. ผลทดสอบการวัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้โหลดแบบตัวต้านทานและเหนี่ยวนำ วัดค่าของกำลังงานไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ 3 ชนิดคือ 1. โมดูลมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า SDM120CT-Modbus 2. มิเตอร์ที่ใช้ทั่วไป 3. มิเตอร์ที่การไฟฟ้า

ผลทดสอบของเครื่องกำหนดกำลังไฟฟ้ามีการทดสอบ 2 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 ทดสอบว่าเครื่องกำหนดกำลังไฟฟ้าสามารถกำหนดและวัดกำลังไฟฟ้าสะสมได้หรือไม่ ผลการทดสอบพบว่าเครื่องกำหนดกำลังไฟฟ้ามีความคลาดเคลื่อนในการวัดกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 1.22% เครื่องหยุดจ่ายไฟฟ้าทันทีเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าสะสมครบกำหนด รูปแบบที่ 2 ทดสอบการตั้งเวลาจ่ายไฟฟ้าและหยุดจ่ายไฟฟ้าพบว่าเครื่องกำหนดกำลังไฟฟ้าสามารถทำงานได้ตรงตามเวลาที่กำหนด

คำสำคัญ: กำลังงานไฟฟ้า, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This invention aims to design and build a power regulator for the use of electrical equipment. In order to reduce the power consumption, the goal of saving electric power is reduced active power Energy saving approaches generally have to wait for the effect of power consumption, for example. Timing on-off electrical appliance must wait for the results of the power usage until the electricity bill is notified. When considering, it will be found that electrical appliances in each place will be the same as in the office. It is easy to know the electric power used from the total power consumption calculation of the usage or can take the information from the electricity bill. The resulting power data can be managed by determining the amount of power required to reduce or the amount of power that can be used. Make the goal of saving energy clear from determining the electrical power for electrical appliances.

The power configuration can be set from the mobile phone screen with the Blynk application via the Blynk Sever to the ESP8266 microcontroller, a microcontroller that can be linked to the Internet. Receive power data from the Blynk Sever, which controls the power supply and measures the actual power obtained from the power meter module. SDM120CT-Modbus Three types of working experiments were conducted: 1. Power measurement test using inductive load 2. Power measurement test using resistive load 3. Power measurement test using resistive and inductive loads. lead Measure the value of electric power with 3 types of meters: 1. Power meter module SDM120CT-Modbus 2. Commonly used meter 3. Electricity meter.

There are two types of test results of the power rectifier. Type 1 Tests whether the power rectifier can determine and measure the accumulated power. The test results showed that the power determiner has a power measurement error of not more than 1.22%. The power supply stops immediately when the accumulated power is reached. Determine the power to work at the specified time.

Keywords: Electrical power, Microcontroller

บทนำ

กำลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างหนึ่งในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ และมีความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง สถานที่ที่มีการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องคือสถานที่ทำงาน ในสำนักงานซึ่งต้องใช้ไฟฟ้าทุกวันที่มีการทำงานยกตัวอย่างเช่น การใช้งานเครื่องปรับอากาศในสำนักงานที่มีการเปิดไว้ตลอดเวลาแม้ว่าบางครั้งจำนวนผู้ที่ปฏิบัติงานมีจำนวนน้อย กระตักน้ำร้อนที่ต้องทำงานตลอดเวลาเพื่อให้น้ำร้อนโดยที่ไม่มีผู้มากค่น้ำร้อน เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่ามีการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาแต่มีความคุ้มค่าน้อย ทำให้ต้องมีมาตรการในการลดการใช้กำลังงานไฟฟ้า

การประหยัดกำลังงานไฟฟ้ามีอยู่หลากหลายรูปแบบ เช่นการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน การจัดสรรเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยคาดหวังว่าปริมาณการใช้กำลังงานไฟฟ้าจะลดลง จากมาตรการดังกล่าวถ้ามาพิจารณาแล้วจะพบว่าเป้าหมายของการประหยัดพลังงานนั้นอาจยังไม่แน่นอนไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะลดการใช้พลังงานได้ในปริมาณเท่าไร เพราะแท้จริงแล้วสิ่งที่จะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุดคือจำนวนของกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลงและควรทราบถึงปริมาณที่ลดลงได้ล่วงหน้า ดังนั้นการกำหนดปริมาณของกำลังไฟฟ้าเพื่อใช้งานจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการประหยัดพลังงานซึ่งจะทำให้สามารถบริหารจัดการการใช้กำลังไฟฟ้าได้อย่างคุ้มค่า

การควบคุมการใช้กำลังงานไฟฟ้าต้องมีเครื่องมือช่วย [9] ในการจัดการการใช้กำลังงานไฟฟ้าที่สามารถบริหารจัดการได้ในรูปแบบของการกำหนดการใช้งานและการรายงานปริมาณการใช้งานในรูปแบบเวลาจริง ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้อินเทอร์เน็ตในทุกๆ สรรพสิ่งมาช่วยในการทำงานหลากหลายรูปแบบ สามารถเชื่อมโยงกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดให้ทำงานร่วมกัน เช่น การใช้โทรศัพท์มือถือเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า การดูการรายงานปริมาณการใช้งานทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

ดังนั้นผู้จัดทำจึงสร้างเครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อกำหนดปริมาณการใช้กำลังงานไฟฟ้าสำหรับการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าและดูปริมาณการใช้งานกำลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน ซึ่งจะช่วยควบคุมปริมาณการใช้กำลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

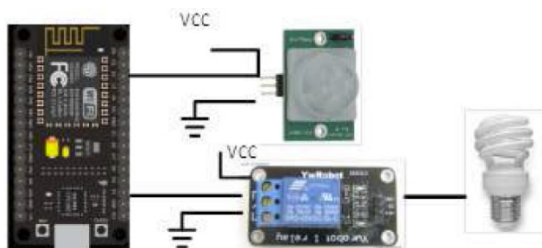
กรรณิกา สายสัญญาณและคณะ, 2561 : บทคัดย่อ) การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สามารถวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารบ้านพัก ที่อยู่อาศัยขนาด 220 โวลต์โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบ สร้างเครื่องวัดให้มีขนาด 10 x 15 x 8 ภายในเครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าตามรูปที่ 1 ประกอบด้วยชุดวงจรที่ออกแบบให้สามารถคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แล้วเก็บข้อมูลลงใน SD Card เพื่อคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ในแต่ละวันโดยใช้โปรแกรม

ประมวลผล Microsoft Excel โดยอาศัยหลักการทำงานของ CT ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าสามารถวัดกระแสได้สูงสุด 30 A ให้แรงดันเอาต์พุต 0-1 ทำงานร่วมกับไอซี PIC24FJ64GA002 ใช้ไฟ DC 3.3 V ซึ่งจะใช้ Voltage Regulator IC 5 (LM7805) ในการจ่ายไฟให้ PIC24FJ64GA002 มี Port ใช้งานทั้งหมด 13 Port และ ไอซี RTC DS1307 ที่สามารถเก็บข้อมูล วินาที นาที ชั่วโมง วัน วันที่ เดือน และปีได้ เมื่อมีการใช้ไฟฟ้าตัวเครื่องจะสร้างไฟล์ Time.txt และ Ft.txt ลงใน SD Card ซึ่งสามารถตั้งวันที่และเวลาที่ต้องการใช้ในไฟล์ Time.txt เช่น ชั่วโมง/นาที/วัน/เดือน/ปี



ภาพที่ 1 วงจรภายในเครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

มูหัมมัด มั่นศรีทธาและคณะ, 2560 ระบบเปิดปิดไฟอัตโนมัติภายในห้องน้ำโดยใช้โครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ESP8266/Node MCU กล่าวถึงปัญหาการลืมปิดไฟในห้องน้ำทำให้สูญเสียพลังงาน จึงได้พัฒนาระบบควบคุมแสงสว่างภายในห้องน้ำอัตโนมัติ โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบอินฟราเรด (PIR Sensor) สำหรับตรวจจับการเข้าห้องน้ำเมื่อมีผู้ใช้ห้องน้ำเซ็นเซอร์จะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เพื่อให้ทำการประมวลผลควบคุมโมดูลรีเลย์เพื่อให้ต่อไฟฟ้าให้กับหลอดไฟวงจรควบคุมตามรูปที่ 2 ทำการทดสอบการทำงานที่อาคาร 6 ชั้นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครราชสีมาครินทร์

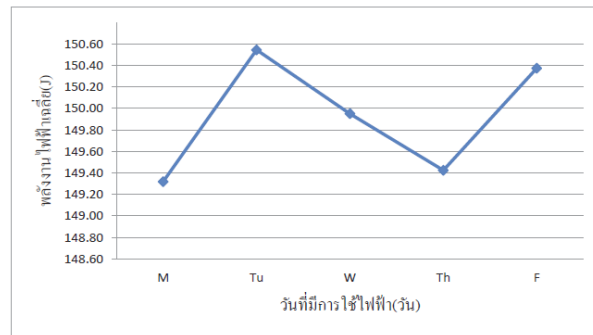


ภาพที่ 2 วงจรรวมของระบบควบคุมเปิดปิดหลอดไฟอัตโนมัติ

นายพลวัฒน์ ดำรงกิจภากร, 2556 การพัฒนาการเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โทรศัพท์มือถือ กรณีศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ระบบแอนดรอยด์ในโทรศัพท์มือถือ และหาแนวทางประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในโรงเรียน โดยสร้างโปรแกรมการเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแอนดรอยด์บนโทรศัพท์มือถือทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียนจำนวน 1 เดือน ตามภาพที่ 3 โดยใช้โปรแกรม Eclipse และบอร์ดโยโย่ที่ใช้กับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมที่พัฒนาสามารถเก็บข้อมูลตามที่กำหนดและสามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนภายในห้องเรียนได้ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าคือ 26 องศาเซลเซียส และสามารถระบุปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันได้ ตามภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266

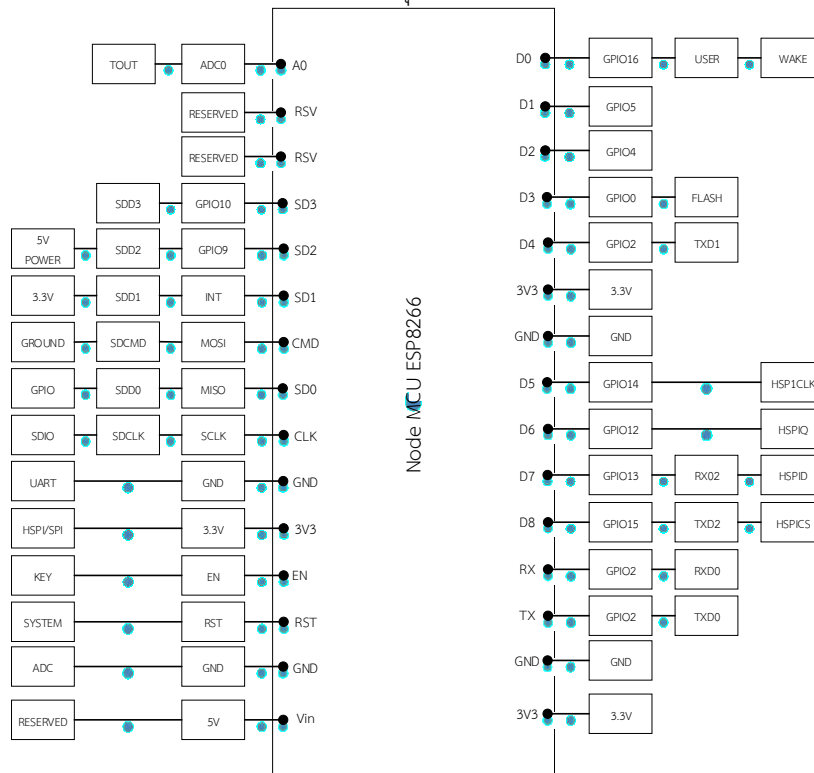


ภาพที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266

NodeMCU คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเชื่อมต่อ WiFi ได้ตามภาพที่ 5 สามารถเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE เหมาะสำหรับการสร้างหรือทดลองใช้งานเกี่ยวกับ Arduino, IoT, อิเล็กทรอนิกส์หรือการนำไปใช้จริง

1.1 ส่วนประกอบของ NodeMCU ESP8266

อุปกรณ์ภายในของ NodeMCU ประกอบไปด้วย ESP8266 ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเชื่อมต่อ WiFi ได้ พร้อมอุปกรณ์อำนวยความสะดวก เช่น พอร์ต micro USB สำหรับจ่ายไฟ/อัปโหลดโปรแกรม, ชิปสำหรับอัปโหลดโปรแกรมผ่านสาย USB, ชิปแปลงแรงดันไฟฟ้า และขาสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก



ภาพที่ 6 ขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266

1.2 การใช้งานขา GPIO แบบดิจิทัล

ขา GPIO ของ ESP8266 ตามรูปที่ 6 สามารถสั่งงาน ควบคุมเอาต์พุต และอ่านค่าอินพุตแบบดิจิทัลได้ โดยขาที่เป็นดิจิทัลขึ้นต้นด้วยตัว D หรือเรียกเป็นตัวเลขได้ การจัดขาของ NodeMCU โดยขา D0 - D10 เรียกใช้งานได้ตามชื่อที่เขียนบนบอร์ด หรืออ้างอิงเป็นตัวเลขได้ และแบ่งขา output และ Input ได้ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ขา INPUT ที่แสดงบนบอร์ดเทียบกับ
ขาอ้างอิงเป็นตัวเลข

ขาที่ใช้สำหรับ INPUT	
ขาที่แสดงบนบอร์ด	ขาอ้างอิงเป็นตัวเลข
D1	GPIO 5
D2	GPIO 4
D5	GPIO 14
D6	GPIO 12
D7	GPIO 13
D0	GPIO 16
D11	GPIO 9
D12	GPIO 10
RX	GPIO 3

ตารางที่ 2 ขา OUTPUT ที่แสดงบนบอร์ดเทียบกับขา
อ้างอิงเป็นตัวเลข

ขาที่ใช้สำหรับ OUTPUT	
ขาที่แสดงบนบอร์ด	ขาอ้างอิงเป็นตัวเลข
D1	GPIO 5
D2	GPIO 4
D5	GPIO 14
D6	GPIO 12

2 โมดูลมิเตอร์ SDM120CT-Modbus



ภาพที่ 7 มิเตอร์ SDM120CT-Modbus

(ที่มา: http://www.ett.co.th/product/DIN/SDM120CT-MV/Eastron_SDM120CT-Modbus_user_manual_2016_V1_3.pdf)

โมดูลมิเตอร์ SDM120CT-MV ตามภาพที่ 7 เป็น METER สำหรับวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ [10] ทางไฟฟ้าคือ แรงดัน (V) กระแสไฟฟ้า (A), ความถี่ (Hz), เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor), กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh), กิโลวัตต์ kW ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 220VAC แบบ 1 เฟส ทำงานร่วมกับ SPLIT CORE CURRENT ในการต่อวัดกระแสทำให้ไม่จำเป็นต้องตัดต่อสายไฟที่จะวัด เพียงนำ SPLIT CORE นั้นไปคล้องเข้ากับสายไฟ มีจอแสดงผลเป็นแบบ LCD 7-SEGMENT 6 หลัก พร้อมตัวอักษรเมนูสามารถอ่านค่าที่วัดได้โดยตรงทางจอ LCD และเขียนโปรแกรมอ่านค่าทาง PORT RS485 (MODBUS) เพื่อนำค่าไปประยุกต์ใช้ในการเก็บค่าไฟ ในหอพัก หรือโรงงานอุตสาหกรรมหรือนำไปใช้ในงาน IoT ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยในการอ่านค่าและแสดงผล



ภาพที่ 8 รูปร่าง SPLIT CORE CURRENT

(ที่มา : <http://www.ett.co.th/productDIN/SDM120CT-MV/SDM120CT-MV.html>)

การนำมิเตอร์ไปต่อใช้งาน [10] จะต้องวัดทั้งกระแสและแรงดันด้วยสมการที่ 1 ส่วนสมการที่ 2 เป็นการหาค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อให้ตัวมิเตอร์นำค่าทั้งสองไปทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และแสดงผลบนจอ LCD ได้ครบถ้วน การใช้งานมิเตอร์รุ่นนี้เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าจะต้องต่อร่วมกับ Split core current Transformer (ESCT-TU10) คู่ไปกับตัวมิเตอร์ ซึ่งตัว Split core นี้จะอาศัยการเหนี่ยวนำของ สนามแม่เหล็กที่เกิดจากสายไฟแปลงเป็นแรงดันส่งออกไปให้ตัวมิเตอร์ซึ่งจะทำให้การใช้งานสะดวก การติดตั้งและปลอดภัยจากการวัดกระแสขณะที่ต่อใช้งาน

$$P = V_{rms} \times I_{rms} \quad (1)$$

$$P = V_{rms} I_{rms} \cos(\theta) \quad (2)$$

โดยที่

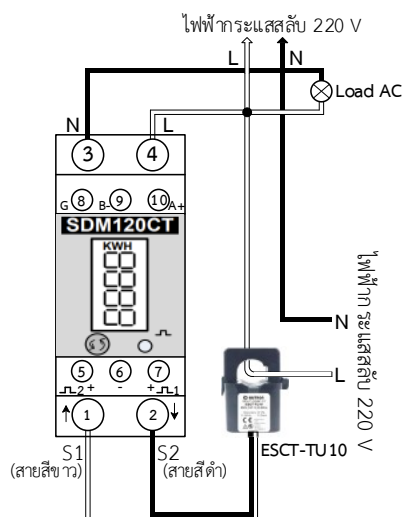
P = กำลังไฟฟ้าจริง มีหน่วยเป็นวัตต์

V_{rms} = ค่าแรงดันใช้งาน

I_{rms} = ค่ากระแสใช้งาน

θ = ค่ามุม

การต่อใช้งานปกติเป็น Monitor อย่างเดียว ให้ต่อ Split Core ที่ขา 1 และ 2 ของมิเตอร์ ตามภาพที่ 9 เพื่อใช้วัดกระแส ส่วนไฟฟ้ากระแสสลับให้ต่อเข้าที่ขา 3 และ 4 ของ มิเตอร์และต่อไปจ่ายให้ภาระหรือต่อไปใช้งานอื่นๆ ใช้ Split Core คล้องที่เส้น L หรือ N โดยเลือกคล้องเส้นใดเส้นหนึ่งเท่านั้น ห้ามคล้องคู่กัน 2 เส้น เพราะจะส่งผลให้มิเตอร์อ่านค่ากระแสไม่ได้ (จากรูปที่ 9 จะคล้องเส้น L) และห้ามพันเป็นเกลียวที่ Split Core เพราะอาจทำให้อ่านค่ากระแสผิดพลาดได้ในกรณีต้องการอ่านค่าจาก Monitor มาใช้งานให้ต่อสายเพิ่มที่ขาหมายเลข 10(A+) และ ขาหมายเลข 9(B-) ไปเข้าชุด Convert RS485 ไปเป็น RS232 แล้วส่งต่อไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าเพื่อนำไปใช้งาน ขาหมายเลข 10(A+) และ ขาหมายเลข 9(B-) ของโมดูลมิเตอร์ SDM120CT ต้องต่อไปยังชุดเปลี่ยนสัญญาณ RS485 เป็น RS232 ให้ถูกขั้วตามรูปด้วยโดย +เข้าบวก, -เข้าลบ หากต่อผิดสายจะทำให้จอแสดงผลของมิเตอร์ดับ ในการติดต่อ อ่าน/เขียน ข้อมูลกับมิเตอร์ต้องใช้คำสั่งในการอ่านเขียนตามมาตรฐาน Protocol Modbus RTU



ภาพที่ 9 การต่อใช้งาน มิเตอร์ SDM120CT-MV กับ ESCT-TU10

3 แพลตฟอร์ม Blynk

Blynk เป็นแพลตฟอร์มแบบโอเพ่นซอร์ส (Open Source) [6][7][8] มีระบบการทำงานตามภาพที่ 10 มีความสามารถสร้างแอปพลิเคชัน ด้วย iOS และ Android เพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino, Raspberry Pi บนระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นแผงควบคุมที่เป็นเครื่องมือ (widgets) การทำงานที่ผู้ใช้สามารถสร้างบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือถือการทำงานจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนดังนี้

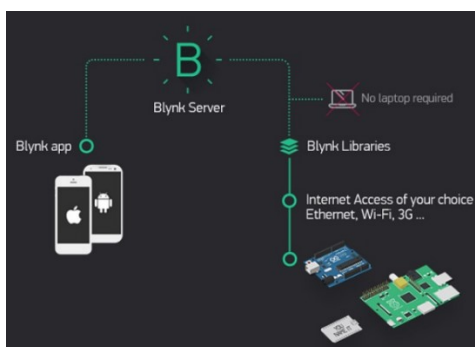
1) Blynk App – แอปพลิเคชันที่สามารถติดตั้งในมือถือเพื่อสร้าง Interface ในการควบคุมหรือแสดงผลค่าจากอุปกรณ์ Internet of Things

2) Blynk Server – ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันกับอุปกรณ์ Internet of Things มีทั้งที่ให้บริการฟรีและแบบมีค่าใช้จ่าย

3) Blynk Libraries – ถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ Internet of Things ให้สามารถสื่อสารกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และง่ายต่อการใช้งาน

4 การสร้างแอปพลิเคชันที่หน้าจอโทรศัพท์มือถือ

การสร้างแอปพลิเคชันการกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องติดตั้ง Blynk บนโทรศัพท์ เพื่อใช้ในการสร้างแอปพลิเคชันออกแบบโดยออกแบบภาพร่างตามรูปที่ 11 จากนั้นใช้ Blynk สร้างแอปพลิเคชันตามรูปที่ 12 โดยมีรายละเอียดของหน้าจอ ดังนี้

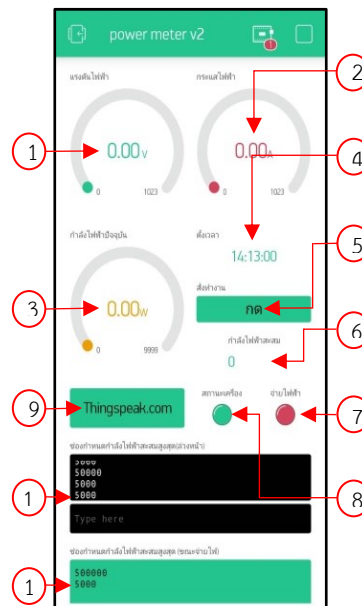


ภาพที่ 10 ระบบของแพลตฟอร์ม Blynk

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1) มาตรการแรงดันไฟฟ้า | 7) ไฟแสดงสถานะการจ่ายไฟฟ้า |
| 2) มาตรการกระแสไฟฟ้า | 8) ไฟแสดงสถานะของโมดูลวัดกำลังไฟฟ้า |
| 3) มาตรการกำลังไฟฟ้า | 9) ปุ่มกดเข้าเว็บไซต์ https://thingspeak.com |
| 4) ปุ่มตั้งเวลาเริ่ม-หยุดจ่ายไฟฟ้า | 10) จุดกำหนดกำลังไฟฟ้าสะสมล่วงหน้า |
| 5) บังคับจ่ายไฟฟ้า | 11) จุดกำหนดกำลังไฟฟ้าสะสมขณะจ่ายไฟฟ้า |
| 6) จุดแสดงกำลังไฟฟ้าสะสม | |



ภาพที่ 11 ภาพร่างแอปพลิเคชันที่หน้าจอโทรศัพท์มือถือ

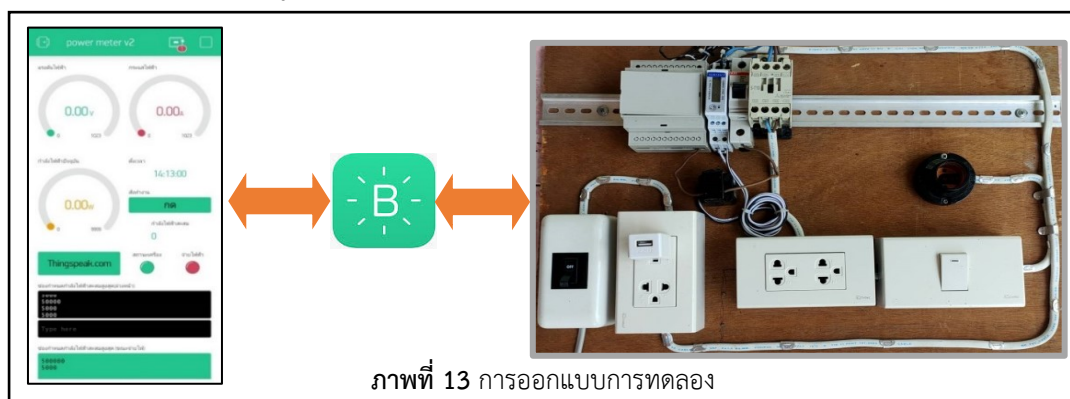


ภาพที่ 12 แอปพลิเคชันที่หน้าจอโทรศัพท์มือถือ

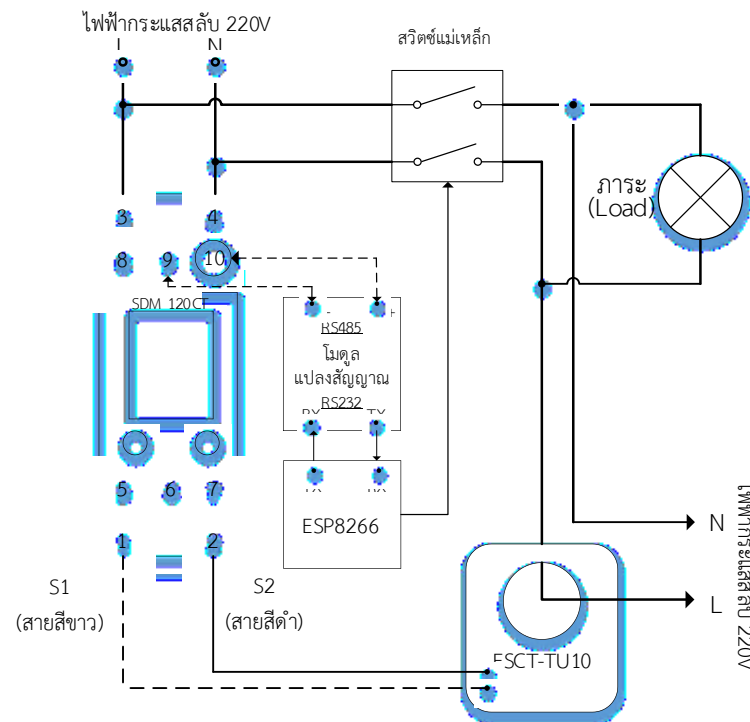
5. การออกแบบการทดลอง

ในการทดลองเครื่องกำหนดกำลังไฟฟ้าสำหรับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน ดังรูปที่ 13 คือ

1. แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ทำหน้าที่กำหนดกำลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า
2. Blynk Sever ทำหน้าที่ติดต่อระหว่างแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือกับชุดควบคุมการจ่ายไฟฟ้า
3. ชุดควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำหน้าที่ ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและวัดกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงตามรูปที่ 14



ภาพที่ 13 การออกแบบการทดลอง



รูปที่ 14 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับโมดูลมิเตอร์ SDM120CT-MV กับ ESCT-TU10

จากรูปที่ 14 เป็นการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เพื่ออ่านค่าของไฟฟ้าที่ส่งมากับโมดูลมิเตอร์ SDM120CT-MV โดยมีวิธีการเชื่อมต่อคือ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ต่อกับวงจรแปลงสัญญาณ RS485 เป็น RS232 เพื่ออ่านค่าที่ได้จากโมดูล SDM120CT และส่งค่าไปยัง Blynk sever

วงจรแปลงสัญญาณ ทำหน้าที่แปลงสัญญาณในรูปแบบ RS485 ให้อยู่ในรูปแบบ RS232 เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 สามารถรับค่าที่ส่งมาจากโมดูล SDM120CT ได้

โมดูล SDM120CT ทำหน้าที่วัดค่าพลังงานโดยรับค่ามาจาก 2 แหล่งคือ แหล่งที่ 1 ค่าของแรงดันที่วัดได้จากขาที่ 3 และขาที่ 4 แหล่งที่ 2 ค่าของกระแสวัดได้จากขาที่ 1 และขาที่ 2 ในการวัดกระแสต้องใช้ควบคู่กับโมดูล ESCT-TU10 ซึ่งทำหน้าที่วัดกระแสภายในวงจร

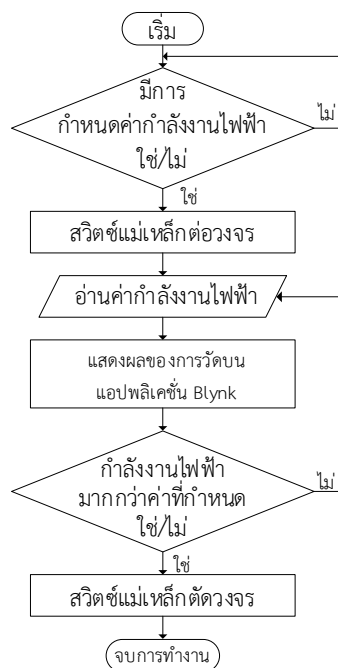
โมดูล ESCT-TU10 ทำหน้าที่วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลขณะมีต่อภาระเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ การต่อใช้งานเพื่อให้ได้ค่าของกระแสต้องใช้สายไลน์ (L) ลอดผ่านช่องว่างที่กำหนดไว้โดยห้ามพันรอบเนื่องจากอาจทำให้ผลการวัดผิดพลาดได้ตามรูปที่ 14

สวิตช์แม่เหล็กทำหน้าที่ตัดต่อไฟฟ้า 220 โวลต์เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับภาระไฟฟ้าที่นำมาต่อควบคุมการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์

6 การทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ 15 แสดงผังการทำงานของโปรแกรมเริ่มจากวนรอรับการตั้งค่าของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่ต้องการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับภาระ หลังจากได้รับค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานให้สวิตช์แม่เหล็กต่อวงจรไฟฟ้าส่งผลทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลไปยังภาระ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มทำการอ่านค่าที่วัดได้จากโมดูล SDM120CT-MV นำค่าที่ได้จากโมดูลแสดงผลของข้อมูลที่แอปพลิเคชัน Blynk พร้อมกับตรวจสอบค่าของกำลังไฟฟ้าและเวลาว่าครบตามกำหนดที่ตั้งไว้หรือไม่

เมื่อค่าของกำลังไฟฟ้าหรือเวลาครบตามจำนวนที่ตั้งค่าไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้สวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้าตัดการจ่ายไฟฟ้าไปยังภาระและจบการทำงาน



รูปที่ 15 ผังการทำงานของโปรแกรม

การทดลอง

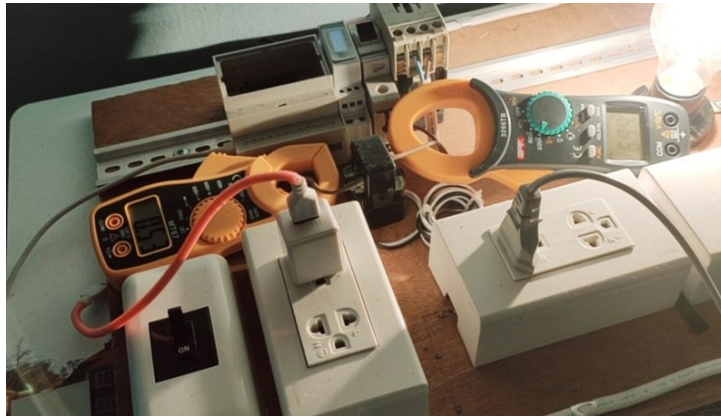
การออกแบบการทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เปรียบเทียบค่าของกำลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องวัดที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัดทั่วไป (มิเตอร์ ก) และเครื่องวัดจากการไฟฟ้า (มิเตอร์ ข)
2. และการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเมื่อค่าที่ตั้งไว้ครบกำหนดโดยมีภาระที่นำมาต่อเพื่อทำให้สามารถวัดค่าของกำลังงานไฟฟ้า กำหนดประเภทของภาระเป็น 3 แบบ คือ
 - แบบที่ 1 ทดสอบการวัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้ภาระแบบเหนี่ยวนำ ใช้พัดลมเป็นภาระ
 - แบบที่ 2 ทดสอบการวัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้ภาระแบบตัวต้านทาน ใช้หลอดไฟแบบไส้เป็นภาระ
 - แบบที่ 3 ทดสอบการวัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้ภาระแบบตัวต้านทานและเหนี่ยวนำ ใช้พัดลมและหลอดไฟเป็นภาระพร้อมกัน

ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองเพื่อทดสอบการวัดกำลังงานไฟฟ้าของเครื่องที่สร้างแสดงดังรูปที่ 16 มีดังนี้

1. กำหนดกำลังงานไฟฟ้าที่ต้องการให้ใช้จากโทรศัพท์มือถือ
2. ต่อภาระและนำแคลมป์มิเตอร์ ก. และมิเตอร์ ข. มาวัดเพื่ออ่านค่าของกำลังไฟฟ้าเทียบกับกำลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องที่สร้างขึ้นแยกการทดลองตามสภาพของภาระที่นำมาทดลองเพื่อวัดค่าของการใช้กำลังไฟฟ้ากับภาระทั้ง 3 แบบ
3. บันทึกผลการทดลองโดยจดผลจากการอ่านค่าที่ได้ทุกนาที จนกว่าจะถึงเวลาที่กำหนด
4. เปรียบเทียบค่าที่อ่านได้ระหว่างมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้ากับเครื่องที่สร้างขึ้นและหาค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยใช้สมการที่ 3



ภาพที่ 16 การวัดค่าพลังงานเพื่อเก็บข้อมูล

ผลการทดลอง

จากการทดลองวัดค่ากำลังงานไฟฟ้าชนิดละ 3 ตาราง ทำการวัดด้วยแคมป์มิเตอร์ 2 ชนิด คือมิเตอร์ ก.เป็นมิเตอร์ทั่วไป มิเตอร์ ข. เป็นมิเตอร์จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างเครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้ากับมิเตอร์ทั้ง 2 ชนิดโดยอ้างอิงค่าจากมิเตอร์ของการไฟฟ้าตามสมการที่ 3 มีผลการทดลองดังนี้

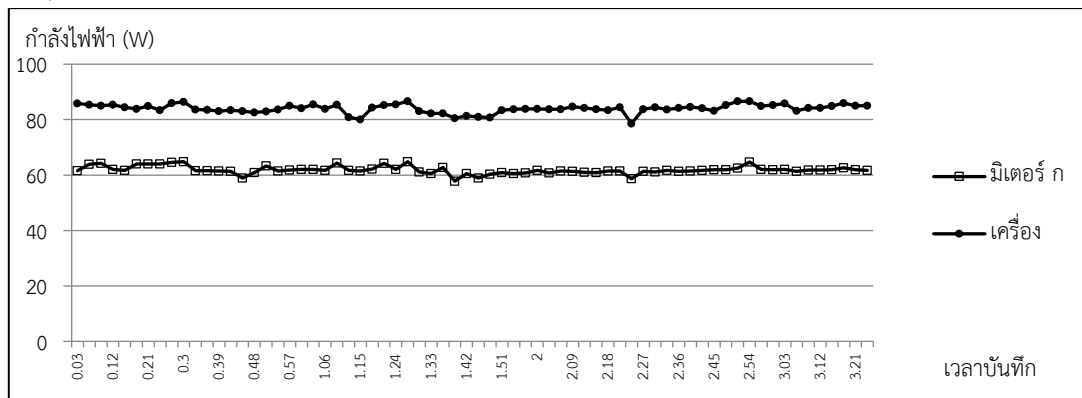
$$\text{เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (\%Error)} = \left| \frac{X_1 - X_2}{X_2} \right| \times 100 \quad (3)$$

โดยที่

X_1 = ค่าที่วัดได้

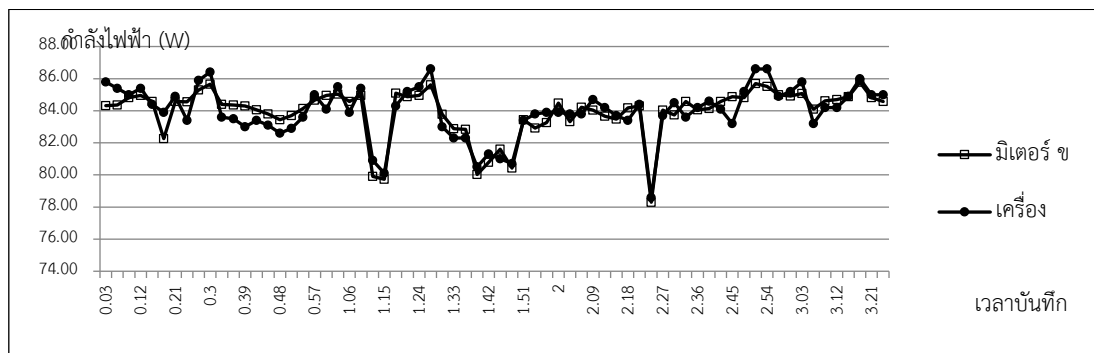
X_2 = ค่าจากมิเตอร์การไฟฟ้า

1) ผลทดสอบการวัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้โหลดแบบเหนี่ยวนำ



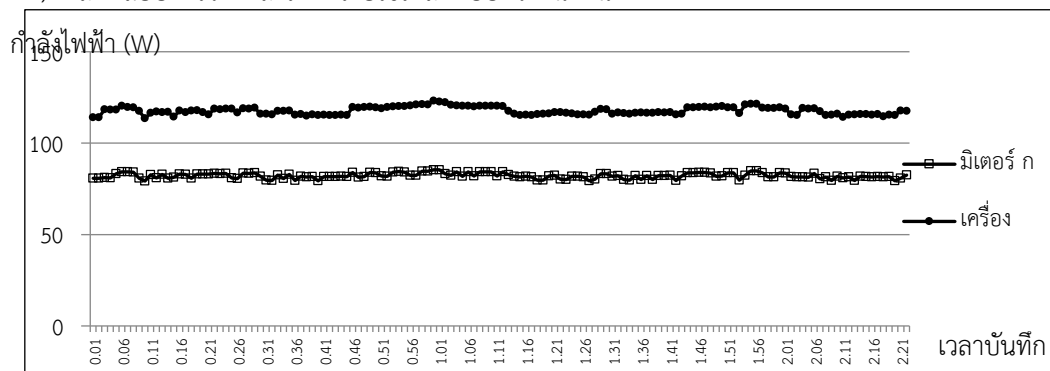
ภาพที่ 17 กราฟแสดงกำลังไฟโหลดแบบเหนี่ยวนำจากการทดสอบด้วย Digital clamp meter ก

กราฟรูปที่ 17 เปรียบเทียบค่าที่วัดได้ระหว่างเครื่องวัดทั่วไป (มิเตอร์ ก) กับเครื่องที่สร้างขึ้นพบว่าค่าที่วัดได้มีแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่วัดได้เป็นไปในทางเดียวกัน โดยค่าที่ได้จากวัดทั่วไป (มิเตอร์ ก) วัดค่าได้น้อยกว่าเครื่องวัดที่สร้างขึ้นมีค่าคลาดเคลื่อนร้อยละ 35.83

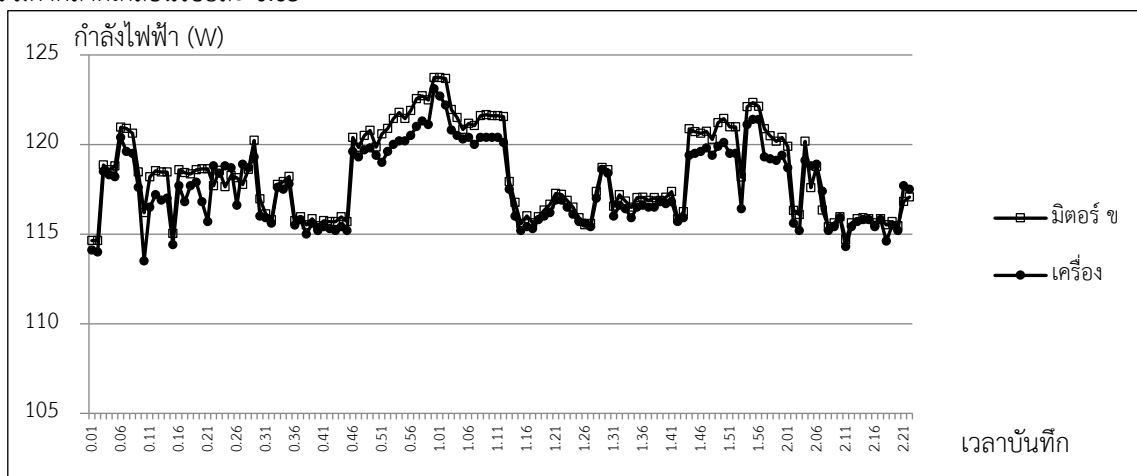


ภาพที่ 18 กราฟแสดงกำลังไฟโหลดแบบเหนี่ยวนำจากการทดสอบด้วย Digital clamp meter ข
 กราฟรูปที่ 18 เป็นการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ระหว่างเครื่องวัดของการไฟฟ้า (มิเตอร์ ข) กับเครื่องวัดที่สร้างขึ้นพบว่าค่าที่วัดได้มีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน โดยค่าที่ได้จากเครื่องวัดของการไฟฟ้า (มิเตอร์ ข) มีความคลาดเคลื่อนกับค่าที่วัดได้จากเครื่องที่สร้างขึ้นร้อยละ 0.73

2) ผลทดสอบการวัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้โหลดแบบตัวต้านทาน



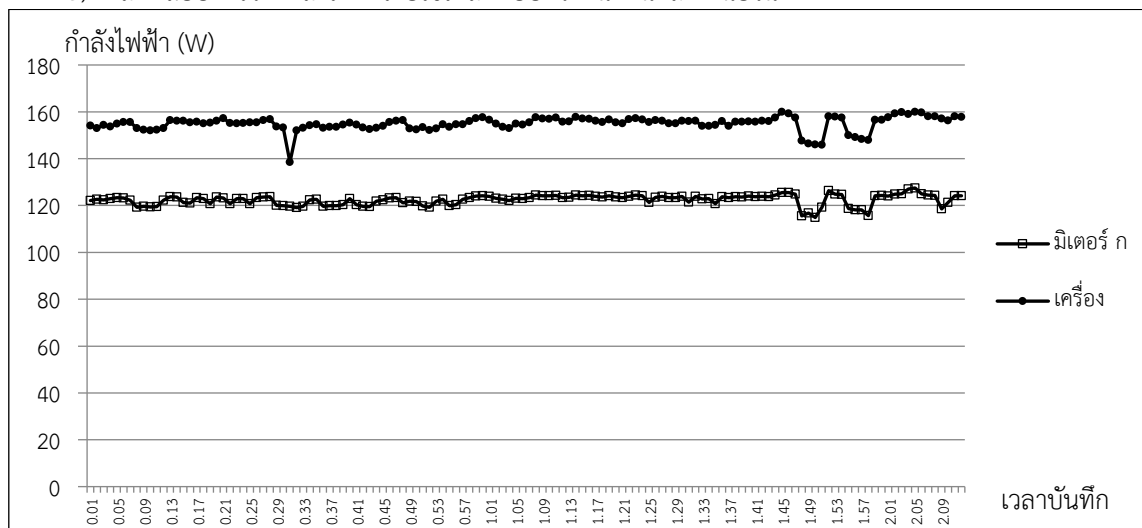
รูปที่ 19 กราฟแสดงกำลังไฟโหลดแบบตัวต้านทานจากการทดสอบด้วย Digital clamp meter ก
 กราฟรูปที่ 19 เป็นการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ระหว่างเครื่องวัดทั่วไป (มิเตอร์ ก) กับเครื่องที่สร้างขึ้น พบว่าค่าที่วัดได้มีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน โดยค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดทั่วไป (มิเตอร์ ก) วัดค่าได้น้อยกว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องที่สร้างขึ้น มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.65



ภาพที่ 20 กราฟแสดงกำลังไฟโหลดแบบตัวต้านทานจากการทดสอบด้วย Digital clamp meter ข

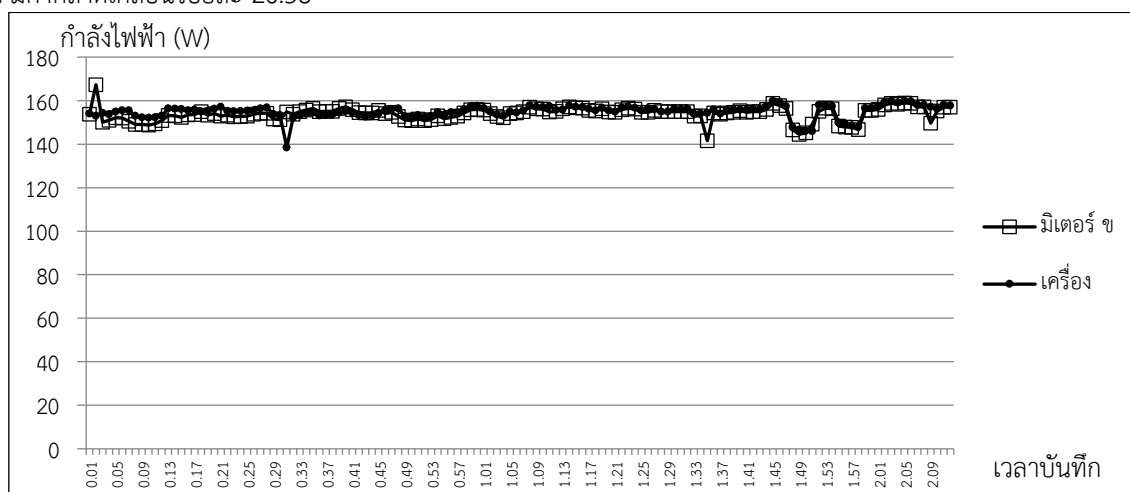
กราฟรูปที่ 20 เป็นการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ระหว่างเครื่องวัดของการไฟฟ้า (มิเตอร์ ข) กับเครื่องวัดที่สร้างขึ้นพบว่า ค่าที่วัดได้มีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน โดยค่าที่ได้จากเครื่องวัดของการไฟฟ้า (มิเตอร์ ข) มีความคลาดเคลื่อนกับค่าที่วัดได้จากเครื่องที่สร้างขึ้นร้อยละ 0.65

3) ผลทดสอบการวัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้โหลดแบบตัวต้านทานและเหนี่ยวนำ



ภาพที่ 21 กราฟแสดงกำลังไฟโหลดแบบเหนี่ยวนำและตัวต้านทาน

กราฟรูปที่ 21 เป็นการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ระหว่างเครื่องวัดทั่วไป (มิเตอร์ ก) กับเครื่องที่สร้างขึ้น พบว่าค่าที่วัดได้มีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน โดยค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดทั่วไป (มิเตอร์ ก) วัดค่าได้น้อยกว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องที่สร้างขึ้น มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 26.58



ภาพที่ 22 กราฟแสดงกำลังไฟโหลดเหนี่ยวนำและตัวต้านทาน

กราฟรูปที่ 22 เป็นการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ระหว่างเครื่องวัดของการไฟฟ้า (มิเตอร์ ข) กับเครื่องวัดที่สร้างขึ้นพบว่า ค่าที่วัดได้มีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน โดยค่าที่ได้จากเครื่องวัดของการไฟฟ้า (มิเตอร์ ข) มีความคลาดเคลื่อนกับค่าที่วัดได้จากเครื่องที่สร้างขึ้นร้อยละ 1.22

สรุปผลการทดลอง

จากการดำเนินการทดลองเครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยการทำการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องที่สร้างกับดิจิทัลคลอมป์มิเตอร์ 2 ตัว โดยใช้ภาระในการทดลอง 3 แบบสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1 เครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและสามารถตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตามที่กำหนดจากโทรศัพท์มือถือ

2 การวัดค่าของกำลังงานโดยการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากเครื่องที่สร้างกับเครื่องมือวัดแบบทั่วไป และเครื่องวัดจากการไฟฟ้านั้น เพื่อทดสอบความถูกต้องของการวัดโดยใช้การอ้างอิงผลกำลังงานไฟฟ้าของมิเตอร์การไฟฟ้าโดยพิจารณาแนวโน้มของค่าที่วัดได้และความคลาดเคลื่อนของผลการวัด สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ความคลาดเคลื่อนของเครื่องที่สร้างขึ้นกับมิเตอร์ที่ใช้ทั่วไป ค่าที่ได้จากมิเตอร์ทั่วไปจะมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากเครื่องที่สร้างขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ส่วนแนวโน้มของค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจะมีแนวโน้มของค่ากำลังไฟฟ้าเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

2) ความคลาดเคลื่อนของเครื่องที่สร้างขึ้นกับมิเตอร์จากการไฟฟ้า ค่าที่ได้จากมิเตอร์ทั้งสองตัวมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ส่วนแนวโน้มที่ได้จากการวัดจะมีแนวโน้มของการวัดเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

อภิปรายผล

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการวัดไม่คงที่ ทำให้ผลที่ได้จากการวัดมีลักษณะของกราฟขึ้นลงเป็นระยะ ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่ควบคุมโหลดให้มีค่าคงที่ไม่ได้ควรพัฒนาการทดลองในเรื่องของโหลดเพื่อให้ผลการวัดมีค่าที่คงที่ตามกำลังของโหลดที่กำหนด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทางสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4 ที่ทำการสนับสนุนเงินทุนทั้งหมด และวิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี ที่ได้อำนวยความสะดวกในด้านวัสดุ อาคารสถานที่ในการพัฒนาเครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าไว้ ณ ที่นี้ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทางสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4 ที่ทำการสนับสนุนเงินทุนทั้งหมด และวิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี ที่ได้อำนวยความสะดวกในด้านวัสดุ อาคารสถานที่ในการพัฒนาเครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ประสานพันธ์ สายสัญญาณ, กรรณิกา สายสัญญาณ, บุญชัย ไชยอาจ, พรเพ็ญ วังพิมูล, สวัสดิ์ ยันต์วิเศษ. (2561). เครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า. วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา. หน้า 34-40.

ปรีชา รักษาพล. (2558). ระบบตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้า ผ่านระบบเครือข่าย. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. พลวัฒน์ ดำรงกิจภกร. (2556). การพัฒนาการเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โทรศัพท์มือถือ. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มุห์หมัด มั่นศรีทรา, มุขอฟฟัล มุดอ, อับดุลเลาะ สะนอยานยา, ชุลกฟีลี กะเต็ง. (2560). ระบบเปิดปิดไฟอัตโนมัติภายในห้องน้ำโดยใช้โครงข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ESP8266/Node MCU. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2560. หน้า 73-82

อภิรักษ์ พันธุ์พัฒนาสกุล, อิดารัตน์ ศรีระสันต์, ภูวนาท จันทระชา และกนกรัตน์ จันทรมโน. (2019). การพัฒนาระบบควบคุมเปิด-ปิด ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศผ่านสมาร์ทโฟน. การประชุมหาใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10. หน้า 645-659.

Amirah Hasbullah, Aiman Hakimi Rahimi, Ahmad Ikram Hafiz Amrimunawar, Fatimah Nur Mohd Redzwan, Najwa Nasuha Mahzan, Suziana Omar, Nooradzianie Muhammad Zin. (2020). Journal of Physics. doi:10.1088/1742-6596/1529/2/022050

- Dathar Abas Hasan, Ayad Ghany Ismaeel. (2020). Designing ECG Monitoring Healthcare System Based on Internet of Things Blynk Application. *Journal of Applied and Technology Trends*. 1(3), 106-111.
- HIRAL S. DOSHI, MINESH S. SHAH, UMAIR S A. SHAIKH. (2017). INTERNET of THINGS (IoT): INTEGRATION of BLYNK for DOMESTIC USABILITY. *VJER-Vishwakarma Journal of Engineering Research*. 1(4), 149–157. Retrieved from <http://103.97.164.116:10028/index.php/vjer/article/view/21>
- Nordin, N., & Abu Hassan, O. (2019). Integration of IoT on Power Monitoring and Control for House Electrical System. *Advances in Computing and Intelligent System*, 1(2). Retrieved from <https://fazpublishing.com/acis/index.php/acis/article/view/12>
- Selvaraj, T., & Zulkifli, M. (2021). IOT Based Power Monitoring Device (Distribution Box). *Progress in Engineering Application and Technology*, 2(1), 635-641. Retrieved from <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/peat/article/view/901>

Received: Oct 19, 2021

Revised: Apr 20, 2022

Accepted: Apr 27, 2022

การลดของเสียจากกระบวนการตรวจสอบเหล็กแผ่นม้วน กรณีศึกษา : โรงงานตัวอย่าง

REDUCING WASTE FROM THE STEEL COILS INSPECTION PROCESS CASE STUDY :
SAMPLE FACTORYวรเทพ ตรีวิจิตร¹, เถลิง พลเจริญ¹¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธนบุรี,Worathep Treewichit¹, Thaloeng Ponjaeon¹

Faculty of Engineering, Thonburi University

E-mail: worathep@saha.co.th, ponjaroen@yahoo.com

บทคัดย่อ

วิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสาเหตุกระบวนการตรวจสอบเหล็กแผ่นม้วนที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้า เพื่อลดของเสียจากกระบวนการตรวจสอบเหล็กแผ่นม้วนให้เป็นศูนย์ และเพื่อกำหนดมาตรฐานการทำงานที่ถูกต้อง

จากการดำเนินการเก็บข้อมูลของหน่วยงานการผลิตในขั้นตอนการผลิตเหล็กม้วน ปัญหาที่พบมากที่สุด คือ ขั้นตอนในการตรวจวัดชิ้นงานที่ผิดพลาด ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาดังกล่าวด้วยผังก้างปลาและเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ประการ ซึ่งพบว่าขั้นตอนการตรวจสอบวัดชิ้นงาน การอ่านค่า และการคำนวณค่าจากการวัด ขาดความถูกต้อง จึงทำการแก้ไขโดยการติดตั้งเครื่องมือถ่ายโอนข้อมูลแบบอัตโนมัติเข้ากับเครื่องมือวัดและการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อการประมวลผลที่ถูกต้อง และจัดทำมาตรฐานการทำงาน

ผลการดำเนินงานก่อนการปรับปรุงกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วน ระหว่างเดือนมกราคม ถึงพฤษภาคม 2563 จำนวนการผลิตทั้งสิ้น 48,927,240 กิโลกรัม ซึ่งตรวจสอบพบของเสียที่เกิดจากกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วน รวมจำนวนของเสียทั้งสิ้น 15,892 กิโลกรัม โดยต้นทุนของเสีย กิโลกรัมละ 40 บาท เป็นมูลค่า 635,680 บาท และหลังการปรับปรุงระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงตุลาคม 2563 จำนวนการผลิตทั้งสิ้น 46,901,467 กิโลกรัม ซึ่งจากข้อมูลหน่วยงานผลิตไม่พบของเสียจากกระบวนการตรวจวัดชิ้นงาน และข้อมูลจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้า ก่อนการปรับปรุงระหว่างเดือนมกราคม ถึงพฤษภาคม 2563 ซึ่งมีจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้า รวมทั้งสิ้น 33 รายการ และหลังจากการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม Inspection System ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงตุลาคม 2563 ซึ่งจากข้อมูลไม่พบข้อร้องเรียนของลูกค้า

คำสำคัญ : เหล็กแผ่นม้วน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เครื่องมือถ่ายโอนข้อมูลอัตโนมัติ

Abstract

The objective of this research was to study the cause of the inspection process of steel coils that did not meet the customer's specifications. To reduce waste from the steel coil inspection process to zero. and to set the correct working standards.

from the data collection of the production unit in the process of producing steel coils The most common problem is the process of measuring the defective workpiece The researcher then analyzed the cause of the problem by using fishbone diagrams and 7 quality control tools. It was found that the process of measuring the workpiece, reading and calculating the measurement value was inaccurate. Therefore, the correction was made by installing the automatic data transfer tool to the measuring device and using a computer program. for accurate processing and standardization of work.

Performance before the improvement of the steel coil measurement process between January and May 2020, the total production amounted to 48,927,240 kilograms, which was found to be waste generated from the measurement process of steel coils. The total amount of waste was 15,892 kilograms, with a waste cost of 40 baht per kilogram, a value of 635,680 baht, and after adjustments between June and October 2020, the total production amount was 46,901,467 kilograms. work and information on the

number of customer complaints Before the improvement between January and May 2020, which has a total of 33 customer complaints, and after the improvement using the Inspection System program between June and October 2020, from the data, no customer complaints were found.

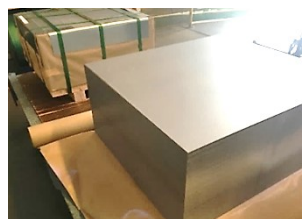
Keywords : Steel Coil, Computer Program, Automatic Data Transfer.

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วของการจำเป็นจะต้องปรับตัวให้สามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืน โดยเฉพาะอุตสาหกรรม การผลิตต้องเผชิญกับเครื่องจักรที่ทันสมัยมากขึ้น ซึ่งจะต้องมีการปรับตัวเพื่อให้องค์การสามารถดำเนินธุรกิจต่อไปได้ในอนาคต ได้แก่ การลดของเสีย การปรับปรุงกระบวนการผลิต การเพิ่มประสิทธิภาพ และการลดต้นทุน เป็นต้น [1] ดังนั้นธุรกิจ จะต้องเผชิญกับการแข่งขันที่ทวีความรุนแรงอย่างมาก จึงส่งผลให้ผู้บริหารจำเป็นต้องหาแนวทางการลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุด ซึ่งแนวโน้มทางการตลาดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะสิ่งที่เป็นปัจจัยหลักคือความต้องการของลูกค้าและความพึงพอใจ คุณภาพสินค้า และสิ่งสำคัญของการต้องตระหนักคือการเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันด้านคุณภาพ [2] ผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่าง คือสินค้าและบริการเหล็กแผ่นเหล็กม้วนแปรรูปมีปริมาณการผลิตที่ 150,000 ตันต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 0.86 ของความต้องการ ซึ่งธุรกิจเหล็กแปรรูปในปัจจุบันมีมากกว่า 280 บริษัท ส่งผลทำให้การแข่งขันทางการตลาดสูงและความเชื่อมั่นในคุณภาพสินค้า เมื่อการจัดส่งไปยังลูกค้าเป็นสิ่งจำเป็นหรือเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดในระยะยาว จากการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงพฤษภาคม 2563 พบว่ามีของเสียที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดส่งไปถึงลูกค้า จากข้อมูลมีข้อร้องเรียนจากลูกค้า ทั้งสิ้น 33 ครั้ง เมื่อตรวจสอบข้อมูลพบว่าเป็นของเสียที่เกิดจากปัจจัยภายนอก คือเกิดจากวัตถุดิบ 20 ครั้ง ซึ่งเป็นธรรมชาติของผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นเหล็กม้วนโดยส่วนมากผู้ผลิตสามารถตกลงมาตรฐานกับลูกค้าตั้งแต่เริ่มขั้นตอนการซื้อขายได้ เนื่องจากชิ้นงานมีลักษณะเป็นชิ้นยาวต่อเนื่องลูกค้าจะร้องเรียนเฉพาะจุดที่เป็นชิ้นงานเสียเท่านั้น ส่วนอีก 13 ครั้ง พบว่าเกิดจากกระบวนการผลิตและการจำแนกสาเหตุของเสียพบว่า มี 6 ครั้ง เกิดจากความผิดพลาดในกระบวนการตรวจวัดชิ้นงาน จึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานโดยกำหนดเป้าหมายในการ ลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานให้เป็นศูนย์



ภาพที่ 1 เหล็กม้วน



ภาพที่ 2 เหล็กแผ่น

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยเห็นว่าของเสียที่เกิดจากกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานเป็นปัญหาที่สำคัญของโรงงานตัวอย่าง และจะต้องได้รับการแก้ไขให้ได้ตามเป้าหมาย เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มโอกาสทางการแข่งขัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า
2. เพื่อลดของเสียจากกระบวนการตรวจสอบเหล็กแผ่นม้วน ให้เป็นศูนย์
3. เพื่อกำหนดมาตรฐานการทำงานที่ถูกต้อง [WI]

ขอบเขต

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันของความไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทปัญหาขนาดของชิ้นงานไม่ตรงตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดของผลิตภัณฑ์ที่เป็นเหล็กแผ่นม้วนเฉพาะของโรงงานตัวอย่าง
2. การใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ แผนภาพพาเรโต แผนภูมิแก๊งปลา และ why why analysis เพื่อวิเคราะห์กระบวนการที่ทำให้เกิดของเสีย

การดำเนินการ

ศึกษาขั้นตอนการผลิต โดยขั้นตอนและกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นม้วน มีกระบวนการ 6 ขั้นตอนดังภาพ



3. Un - Coiler



4. Slitter



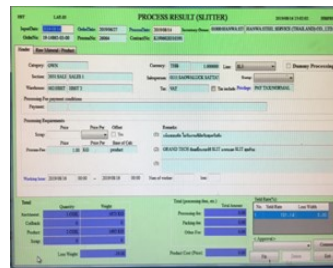
5. Inspection



6. Re - Coiler

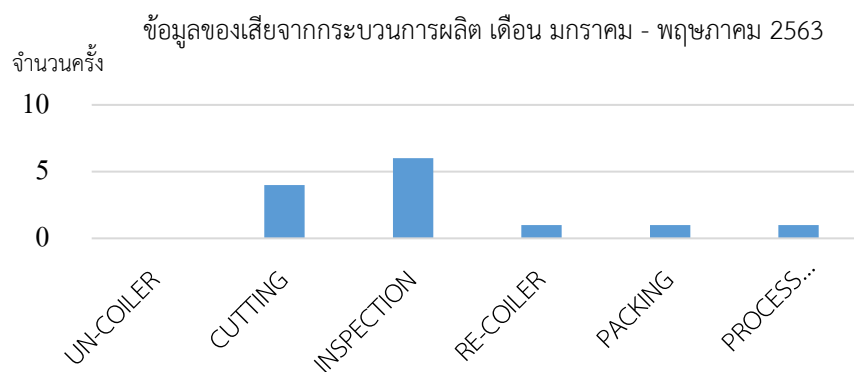


7. Packing



8. Process Result

จากข้อมูลของเสียที่พบในกระบวนการผลิต เมื่อแยกตามกระบวนการย่อย (Sup Process) พบว่ากระบวนการย่อยที่มีของเสียที่เกิดจากกระบวนการมากที่สุดคือ กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน (Inspection) คือ 6 ครั้ง คิดเป็น 45.8 % ของของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นม้วน



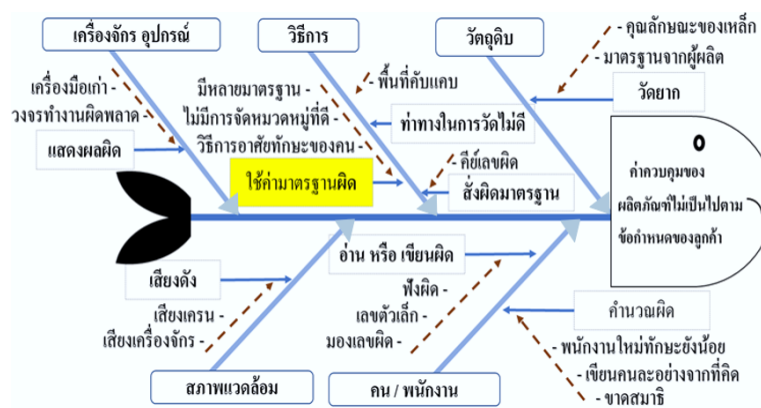
รูปที่ 9 แสดงข้อมูลจำนวนครั้งที่เกิดของเสียจากกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นม้วน

จากภาพที่ 9 ข้อมูลเดือนมกราคม พบข้อร้องเรียนจากลูกค้า จำนวน 4 ครั้ง, เดือนกุมภาพันธ์ จำนวน 5 ครั้ง, เดือนมีนาคม จำนวน 8 ครั้ง, เดือนเมษายน จำนวน 6 ครั้ง, และเดือนพฤษภาคม จำนวน 10 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 33 ครั้ง

ศึกษาและวิเคราะห์หาทางแก้ไข

1. การศึกษาและการวิเคราะห์หาทางแก้ไขโดยการเก็บข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้า จึงทำให้ทราบถึงปัญหาขั้นตอนในการตรวจวัดชิ้นงานผิดพลาด พบว่ามีของเสียที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดส่งไปถึงลูกค้า จากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้า ทั้งสิ้น 33 ครั้ง เมื่อตรวจสอบข้อมูลพบว่า เป็นของเสียที่เกิดจากปัจจัยภายนอก คือเกิดจากวัตถุดิบ 20 ครั้ง ซึ่งเป็นธรรมชาติของผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นเหล็กม้วน โดยลูกค้ายอมรับได้ตามมาตรฐานของวัตถุดิบตั้งแต่เริ่มขั้นตอนการซื้อขาย เนื่องจากชิ้นงานมีลักษณะเป็นชิ้นยาวต่อเนื่องลูกค้าจะร้องเรียนเฉพาะจุดที่เป็นชิ้นงานเสียเท่านั้น ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นจำนวน 13 ครั้งพบว่า เกิดจากกระบวนการผลิตและการจำแนกสาเหตุของเสียพบว่า 6 ครั้ง เป็นการเกิดจากความผิดพลาดในกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานของพนักงาน ผู้วิจัยร่วมกับหัวหน้างาน พนักงาน มีแนวคิดที่จะปรับปรุงกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานโดยมีเป้าหมายในการลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าที่เกิดจากกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานของพนักงานให้เป็นศูนย์ครั้ง

2. จากขั้นตอนการทำงาน โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาในการค้นหาสาเหตุของปัญหา เพื่อหามาตรการแก้ไข [2] [3] [8] [9] [10]



ภาพที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา

จากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลา ทำให้สามารถทราบถึงปัญหงานเสียที่ส่งไปถึงลูกค้า เกิดจากการหาสาเหตุ 4M และ 1E [4] ได้แก่

- 1) ปัญหาเกิดจากพนักงานมีความรู้พื้นฐาน ทักษะการทำงาน และประสบการณ์ของพนักงาน หรือพนักงานมีความชำนาญและความสามารถการรับรู้ และความเข้าใจที่แตกต่างกันเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้
- 2) ปัญหาเกิดจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machine) การใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือการตรวจสอบชิ้นงานไม่มีความทันสมัย เนื่องจากชิ้นงานมีค่าการควบคุมที่มีความละเอียดในการวัดมีหน่วยการวัดเป็นไมครอนแต่เครื่องมือที่ใช้ในปัจจุบันยังไม่รองรับการประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์หรือเครื่องมือที่ทันสมัย
- 3) ปัญหาเกิดจากวัตถุดิบ (Material) วัตถุดิบจากผู้ผลิตควบคุมโดยค่าที่เป็นมาตรฐานทั่วไปแต่ในความต้องการของลูกค้ามีความต้องการค่ามาตรฐานที่สูงกว่ามาตรฐานทั่วไปทำให้มีความเสี่ยงต่อการวัดชิ้นงานผิดพลาด
- 4) ปัญหาเกิดจากกระบวนการ (Method) สินค้ามีค่า Tolerance ที่หลากหลายตามที่ลูกค้ากำหนดทำให้มีโอกาสเกิดความสับสนในการใช้ค่ามาตรฐานที่แตกต่างกัน
- 5) ปัญหาเกิดจากสภาพแวดล้อม (Environment) เสียงการทำงานของเครื่องจักรเป็นอุปสรรคต่อการฟัง การอ่านค่าเพื่อบันทึกในเอกสารตรวจสอบชิ้นงาน

สรุปผลการวิเคราะห์ ผู้เข้าร่วมการวิเคราะห์มีความเห็นในการเลือกสาเหตุของปัญหาในหัวข้อการใช้ค่ามาตรฐานผิดไปวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ปัญหาด้วย Why - Why Analysis [5] [6] [7]

Problem	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Check	Improve
ใช้ค่ามาตรฐานผิด	เลือกค่าที่จะใช้ไม่ตรงกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ	ระบบควบคุมการใช้ค่ามาตรฐานไม่ชัดเจน / ไม่มีประสิทธิภาพ	ควบคุมโดยใช้คนในการเลือกมาตรฐานมาใช้ ซึ่งเสี่ยงต่อการคำนวณผิดพลาด	ยังไม่มีกระบวนการที่ทันสมัยกว่ามาใช้	ไม่ยอมรับ / ต้องแก้ไข	สร้างระบบที่สามารถควบคุมการใช้งานได้แม่นยำ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

แนวทางแก้ไขปรับปรุงโดยเพิ่มมาตรการในการตรวจสอบด้วยอุปกรณ์เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมีความแม่นยำในการตรวจสอบ และประมวผลชิ้นงานโดยบริษัท ฮันวาสตีล เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด ตัดสินใจที่จะติดตั้งโปรแกรมประมวลผลการวัดชิ้นงานโดยเชื่อมต่ออุปกรณ์ส่งสัญญาณกับเครื่องมือวัด (U - WAVE) เพื่อส่งสัญญาณค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดไปยังโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบค่าการวัดชิ้นงานต่างๆ โดยใช้ข้อมูลจากการทำข้อมูลตั้งต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความแม่นยำในการนำไปเปรียบเทียบกับค่าควบคุมต่างๆ ตามข้อกำหนดของลูกค้า



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการวัดชิ้นงานหลังการปรับปรุง

การทำงานในกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานหลังการปรับปรุง โดยการส่งข้อมูลจากเครื่องมือวัดผ่านโปรแกรม U - Wave ในการส่งสัญญาณข้อมูลไปสู่การประมวลผลค่าการวัดชิ้นงาน

สรุปผลวิเคราะห์วิธีการทำงานแบบเก่า

กระบวนการตรวจวัดชิ้นงานชนิดเหล็กแผ่นม้วน มีขั้นตอนการทำงานด้วยการใช้พนักงาน การใช้เครื่องมือวัด การวัดชิ้นงานแล้วอ่านค่าที่หน้าจอแสดงผลให้พนักงานอีกคนหนึ่งจดบันทึกค่าที่ได้จากการวัดก่อนจดบันทึก โดยพนักงานต้องตรวจสอบค่าที่จะทำการจดบันทึกอยู่ในค่ามาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดหรือไม่ ซึ่งในการตรวจวัดชิ้นงานในแต่ละครั้งมีจำนวนของข้อมูลที่หลากหลายทำให้มีความเสี่ยงที่พนักงานจะอ่านค่าที่วัดชิ้นงานผิดพลาด

ขั้นตอนการทำงานแบบเดิม

1. เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือวัด ได้แก่ ไมโครมิเตอร์ และเวอร์เนียรดิจิตอล



ภาพที่ 12 อุปกรณ์เครื่องมือวัด

2. พนักงานคนที่ 1 ทำหน้าที่วัดชิ้นงานและอ่านค่าที่หน้าจอเครื่องมือวัด

3. พนักงานคนที่ 2 ทำหน้าที่จดบันทึกค่าที่วัดชิ้นงานตามที่พนักงานคนที่ 1 อ่านค่าที่วัดชิ้นงานได้ โดยก่อนจดบันทึกต้องตรวจว่าค่าที่วัดชิ้นงานอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดหรือไม่ ซึ่งหากค่าที่วัดชิ้นงานไม่อยู่ในค่ามาตรฐานพนักงานจะต้องแจ้งให้หัวหน้างานรับทราบเพื่อดำเนินการต่อไป โดยหากค่าที่วัดชิ้นงานอยู่ในค่ามาตรฐานให้ทำการวัดและจดบันทึกจนเสร็จสิ้นกระบวนการทำงาน



ภาพที่ 13 การตรวจวัดและจดบันทึกค่า

4. พนักงานคนที่ 1 และ 2 สลับหน้าที่กันตรวจวัดชิ้นงานอีกครั้งเพื่อทวนสอบความถูกต้อง

5. การตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง หลังจากตรวจวัดชิ้นงานและจดบันทึกเสร็จสิ้น

แนวทางแก้ไขและปรับปรุง

การปรับปรุงกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานชนิดเหล็กแผ่นม้วน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน รวมถึงการควบคุมวิธีการตรวจสอบชิ้นงานไม่ให้ชิ้นงานเสียส่งมอบไปยังลูกค้า ดังนี้

1. ติดตั้งระบบประมวลผลจากโปรแกรม Inspection System
2. ติดตั้งระบบส่งสัญญาณจากเครื่องมือวัดสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้อุปกรณ์ U - Wave ในการส่งสัญญาณ

ข้อมูล

3. จัดทำคู่มือมาตรฐานการทำงาน (WI) [4]
4. อบรมพนักงานเกี่ยวกับขั้นตอนและมาตรฐานการทำงานที่ถูกต้อง

วิธีการทำงานและขั้นตอนการทำงานหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนและภาพประกอบการทำงานจริง

1. ขั้นตอนการวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วน

- 1) ใส่ถุงมือผ้าและอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล ทุกครั้งก่อนเริ่มปฏิบัติงาน



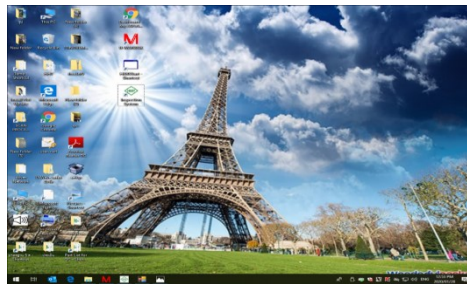
ภาพที่ 14 แสดงการเตรียมตัวก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

- 2) พนักงานเตรียมเครื่องมือที่จะใช้ในการวัดชิ้นงาน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ U - Wave ไว้แล้ว และทำการรีเซ็ตให้เป็นศูนย์ทุกครั้งก่อนการเริ่มวัดชิ้นงาน ได้แก่ วัดความหนาใช้ไมโครมิเตอร์ วัดความกว้างใช้เวอร์เนียรติจิตอล



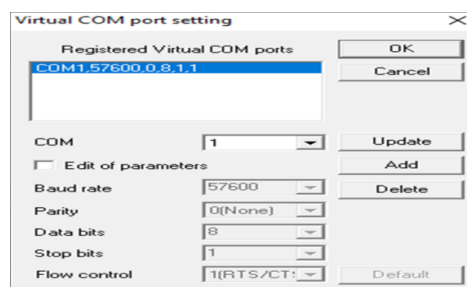
ภาพที่ 15 แสดงการเตรียมเครื่องมือก่อนปฏิบัติงาน

3) เปิดโปรแกรม U - Wave เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์และโปรแกรม



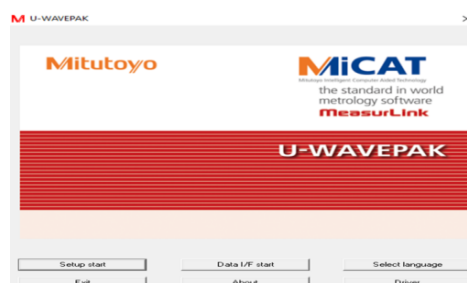
ภาพที่ 16 แสดงการเปิดโปรแกรม U - Wave

4) คลิก OK เพื่อเปิดใช้โปรแกรมที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่กำหนดการตั้งค่าการใช้งาน



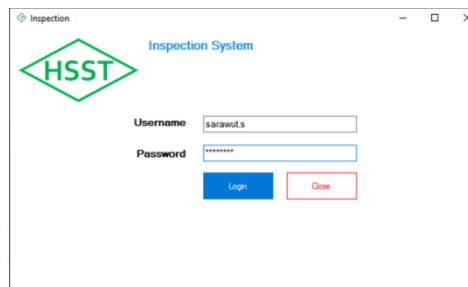
ภาพที่ 17 แสดงการเชื่อมต่อ U - Wave เข้ากับคอมพิวเตอร์

5) คลิก Setup Start อุปกรณ์ U - Wave



ภาพที่ 18 แสดงการเริ่มเชื่อมต่อสัญญาณ U - Wave เพื่อเริ่มการใช้งาน

6) ใส่ Username และ Password เพื่อเข้าใช้งานโปรแกรมและ Login เข้าโปรแกรม

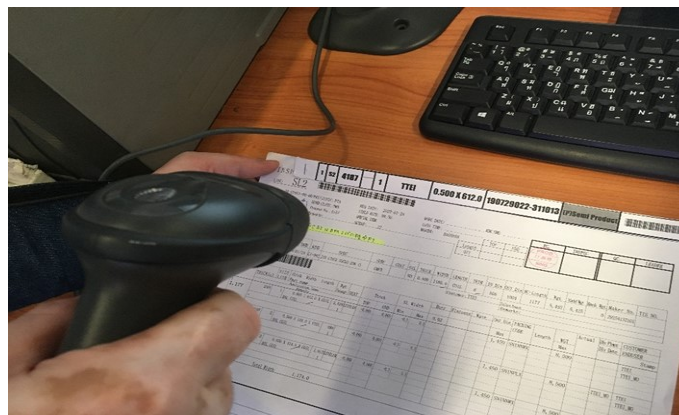


ภาพที่ 19 แสดงการใส่ Username และ Password

7) นำเข้าข้อมูลของลำดับการผลิตที่ต้องการโดยการวางบาร์โค้ดในช่อง Order No. เพื่อสแกนบาร์โค้ดเลือกคำสั่งผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจวัดชิ้นงาน

ภาพที่ 20 แสดงการนำเข้าข้อมูลของลำดับการผลิต

8) สแกนบาร์โค้ดที่ใบสั่งการผลิตเพื่อเข้าสู่หน้าจอการบันทึกผลตามลำดับการผลิตที่จะทำการตรวจวัดชิ้นงาน



ภาพที่ 21 แสดงการสแกนบาร์โค้ดที่ใบสั่งการผลิต

9) นำบาร์โค้ดที่วางที่ช่องแรกสำหรับการวัดชิ้นงานเมื่อวัดชิ้นงานที่ 1 เสร็จสิ้น โดยบาร์โค้ดจะเลื่อนไปยังชิ้นงานที่ 2 และสามารถวัดชิ้นงานที่ 2 ต่อเนื่องได้ทันที

Slitter_Thick

Process No. 20-00286-00-00 ProcessCut : NO

	Sl. Width Top1		Thick Top		Burr Top	
	Min	Max	Min	Max		
1. 3.600 X 347.0 X COIL C36034700000T000 191223105-011001	346.700	347.300	3.390	3.810	0.03	3
2. 3.600 X 347.0 X COIL C36034700000T000 191223105-011002	346.700	347.300	3.390	3.810	0.03	3
3. 3.600 X 347.0 X COIL C36034700000T000 191223105-011003	346.700	347.300	3.390	3.810	0.03	3

ภาพที่ 22 แสดงวิธีการนำเคอร์เซอร์เตรียมสำหรับการวัดชิ้นงาน

10) การวัดชิ้นงาน และกดส่งสัญญาณจากอุปกรณ์ U - Wave ติดอยู่กับเครื่องมือวัด เพื่อป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม Inspection System เพื่อทำการประมวลผล



ภาพที่ 23 แสดงวิธีการส่งสัญญาณจาก U - Wave

11) โปรแกรม Inspection System ทำการประมวลผล โดยเงื่อนไขของค่ามาตรฐานที่ลูกค้าสั่งผลิต ซึ่งข้อมูลได้จากฐานข้อมูลในการทดลองการผลิต และอนุมัติใช้งานโดยลูกค้าหากค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน หน้าโปรแกรมจะขึ้นข้อความสีเขียวว่า “OK”

Slitter_Thick

Process No. 19-27725-00-00 ProcessCut : NO Login By: NATHANOL K Year: 17/01/17

	101.02	0.994	0.024	101.01
1. 1.000 X 101.0 X COIL 191221042-011001	100.700	101.300	0.9000	1.1000
2. 1.000 X 101.0 X COIL 191221042-011002	101.01	0.993	0.03	100.99
3. 1.000 X 101.0 X COIL 191221042-011003	100.98	0.990	0.03	100.99
4. 1.000 X 101.0 X COIL 191221042-011004	100.98	0.995	0.03	100.99
5. 1.000 X 101.0 X COIL 191221042-011005	100.700	101.300	0.9000	1.1000
6. 1.000 X 101.0 X COIL 191221042-011006	100.97	0.988	0.03	100.99
7. 1.000 X 101.0 X COIL 191221042-011007	100.700	101.300	0.9000	1.1000
8. 1.000 X 101.0 X COIL 191221042-011008	101.01	0.993	0.03	101.01
9. 1.000 X 101.0 X COIL 191221042-011009	101.04	0.996	0.03	100.98
10. 1.000 X 101.0 X COIL 191221042-011010	100.700	101.300	0.9000	1.1000

OK

Process Slitter ProcessNo Reason User

ภาพที่ 24 แสดงการประมวลผลการวัดชิ้นงานผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

12) กรณีที่การประมวลผลไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน หน้าโปรแกรมจะขึ้นข้อความสีแดง “NG” พนักงานต้องทำการใส่หมายเหตุหากต้องการให้บันทึกค่าเดิม หรือพนักงานสามารถวัดค่าใหม่หากความผิดพลาดเกิดจากการใช้เครื่องมือวัด

Process No. : 20-00742-00-00 ProcessCut : NO Login by : SAKDAK K Your IP : 172.16.1.78

	SL Width Top1		Thick Top		Burr Top	SL Width Top2		Thick End	
	Min	Max	Min	Max		Min	Max	Min	Max
1. 0.400 X 105.0 X COIL SAL PPL TNA169J8Z2 200113017-011001	104.700	105.300	0.340	0.460	0.03	104.700	105.300	0.340	0.460
2. 0.400 X 105.0 X COIL SAL PPL TNA169J8Z2 200113017-011002	104.700	105.300	0.340	0.460	0.03	104.700	105.300	0.340	0.460
3. 0.400 X 105.0 X COIL SAL PPL TNA169J8Z2 200113017-011003	104.700	105.300	0.340	0.460	0.03	104.700	105.300	0.340	0.460
4. 0.400 X 105.0 X COIL SAL PPL TNA169J8Z2 200113017-011004	104.700	105.300	0.340	0.460	0.03	104.700	105.300	0.340	0.460
5. 0.400 X 105.0 X COIL SAL PPL TNA169J8Z2 200113017-011005	104.700	105.300	0.340	0.460	0.03	104.700	105.300	0.340	0.460
6. 0.400 X 105.0 X COIL SAL PPL TNA169J8Z2 200113017-011006	104.700	105.300	0.340	0.460	0.03	104.700	105.300	0.340	0.460
7. 0.400 X 94.6 X COIL SAL PPL TNA169J8Z2 200113017-011007	94.300	94.900	0.340	0.460	0.03	94.300	94.900	0.340	0.460
8. 0.400 X 94.6 X COIL SAL PPL TNA169J8Z2 200113017-011008	94.300	94.900	0.340	0.460	0.03	94.300	94.900	0.340	0.460

Please input Details!!
กรุณาใส่หมายเหตุหากมี

Process: Status: ProcessNo: Reason: User:

ภาพที่ 25 แสดงการประมวลผลการวัดชิ้นงานไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

13) เมื่อวัดชิ้นงานในขั้นตอนสุดท้ายเสร็จสิ้นแล้วให้บันทึกข้อมูลโดยคลิกปุ่ม Save ที่มุมขวามือของโปรแกรม และคลิก Yes เพื่อยืนยันการบันทึกข้อมูลในโปรแกรม เพื่อสามารถสืบค้นข้อมูลย้อนหลังได้

ProcessCut : NO Login by : SAKDAK K Your IP : 172.16.1.78

Thick Top		Burr Top	SL Width Top2		SL Width End		Thick End	
Min	Max		Min	Max	Min	Max	Min	Max
3.390	3.810	0.03	346.700	347.300	346.700	347.300	3.390	3.810
3.644		0.003	346.93		346.93		3.605	
3.390	3.810	0.03	346.700	347.300	346.700	347.300	3.390	3.810
3.661			346.85		346.85		3.623	
3.390	3.810	0.03	346.700	347.300	346.700	347.300	3.390	3.810
3.623		0.005	346.91		346.93		3.602	

Confirm Save!!
Are you sure to save this // คุณแน่ใจที่จะบันทึกข้อมูลไหม ??

Yes No

ภาพที่ 26 แสดงการบันทึกข้อมูล

Work Instruction

Slitter

COPY

OK NG NG

ภาพที่ 27 แสดงมาตรฐานการทำงาน

การทำงานแบบเดิมกำหนดมาตรฐานในกระบวนการตรวจสอบการวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วนจะบันทึกเอกสารเป็นแบบกระดาษจัดใส่แฟ้มเอกสาร แต่การกำหนดมาตรฐานแบบใหม่จะบันทึกอยู่ในแฟ้มข้อมูลออนไลน์ ซึ่งเชื่อมต่อกับโปรแกรม Inspection System เพื่ออำนวยความสะดวกการทำงานให้กับพนักงานสามารถเลือกดูตามมาตรฐานของลูกค้าได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานก่อนและหลังการปรับปรุง

ลำดับ	กระบวนการ	วิธีการวัดแบบเดิม	วิธีการวัดแบบใหม่
1	การเตรียมเครื่องมือและโปรแกรม	1.00 นาที	0.30 นาที
2	การวัดชิ้นงานครั้งที่ 1 โดยพนักงานคนที่ 1	3.30 นาที	3.30 นาที
3	พนักงานคนที่ 2 จดบันทึก	3.30 นาที	-
4	การวัดงานครั้งที่ 2 โดยพนักงานคนที่ 2	3.30 นาที	-
5	พนักงานคนที่ 1 จดบันทึก	3.30 นาที	-
6	การตรวจสอบเอกสารเพื่อยืนยันความถูกต้อง	3.30 นาที	-
รวม		17.50 นาที	3.40 นาที

จากตารางที่ 2 เปรียบเทียบวิธีการทำงานแบบเดิมใช้เวลาในการตรวจวัดชิ้นงาน 17.50 นาที คิดเป็นต้นทุนแรงงาน 11.03 บาท โดยค่าเฉลี่ยในการตรวจวัดชิ้นงานต่อวันอยู่ที่ 60 ครั้ง เป็นเงิน 661.80 บาทต่อวัน หลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่าใช้เวลาในการตรวจวัดชิ้นงาน 3.40 นาที ต่อการทำงาน 1 เครื่องจักร คิดเป็นต้นทุนแรงงาน 128.40 บาทต่อวัน จากการปรับปรุงกระบวนการทั้งหมด 4 เครื่องจักร สามารถลดต้นทุนแรงงานได้ 525.00 บาทต่อวัน

จัดอบรมพนักงาน

การจัดอบรมพนักงาน เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน และประสิทธิภาพในการ
ทำงานที่ดีขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อให้การฝึกอบรมพนักงานใหม่เป็นไปตามมาตรฐาน และสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่ออบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องให้มีทักษะ สามารถปฏิบัติงานตามขั้นตอนและวิธีการใหม่ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

HSST

HANWA STEEL SERVICE (THAI) AND CO., LTD.

บริษัท ฮันวา สตีล เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด

พนักงาน

☒ การ Training
☐ การจัดส่งคน
☐ อื่น

☐ การ Re-training
☐ การอื่นๆ

วันที่ 29 Jan 20

เวลา 08.30

สถานที่ Meeting 681-819

โดยผู้เข้าร่วม 5 คน

หัวข้อ Vehicle Inspection system

สรุปโดย

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	เลขที่	ตำแหน่ง	สรุปโดย
1	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	- นำทีมตรวจสอบการติดตั้งระบบ
2	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	Inspection system
3	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	WT-51-030 (ขอ 1)
4	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
5	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
6	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
7	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
8	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
9	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
10	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
11	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
12	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
13	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
14	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
15	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
16	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
17	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
18	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
19	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
20	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
21	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
22	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
23	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
24	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
25	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
26	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	
27	อ. ธีรเดช ธีรเดช	51	หัวหน้างาน	

☐ ผู้รับผิดชอบเอกสารการอบรม

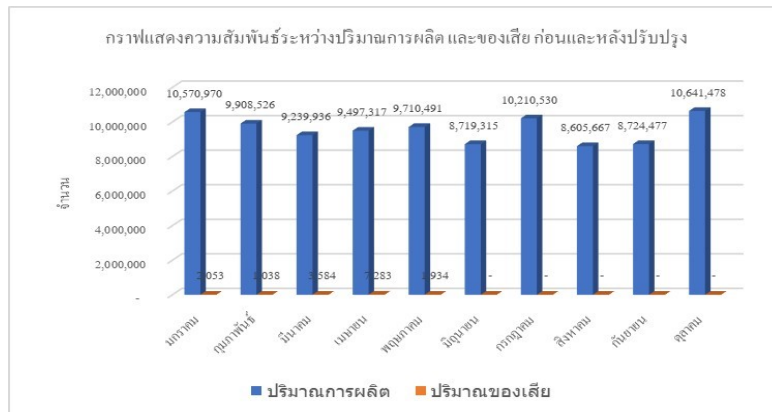
เอกสารอ้างอิง (ถ้ามี)

Signature: *Shue*
 Title: *leader*

ส่วน 3

FM-FAC-003-000003

ภาพที่ 27 ใบตรวจสอบ การฝึกอบรมพนักงาน



ภาพที่ 29 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตและของเสียก่อนและหลังปรับปรุง

จากภาพที่ 29 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตและของเสียก่อนและหลังปรับปรุง ซึ่งก่อนการปรับปรุง กระบวนการตรวจวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วน ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม 2563 จำนวนการผลิต ทั้งสิ้น 48,927,240 กิโลกรัม ซึ่งตรวจสอบพบของเสียที่เกิดจากกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วน เดือนมกราคม 2,053 กิโลกรัม, กุมภาพันธ์ 1,038 กิโลกรัม, มีนาคม 3,584 กิโลกรัม, เมษายน 7,283 กิโลกรัม, และพฤษภาคม 1,934 กิโลกรัม รวมจำนวนของเสีย ทั้งสิ้น 15,892 กิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนของเสีย กิโลกรัมละ 40 บาท เป็นมูลค่า 635,680 บาท และหลังจากการปรับปรุงกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วนระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม 2563 มีจำนวนการผลิต ทั้งสิ้น 46,901,467 กิโลกรัม ซึ่งจากข้อมูลไม่พบของเสียจากกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วน



ภาพที่ 30 แสดงข้อมูลจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้า

จากภาพที่ 30 แสดงข้อมูลจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้า ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วน ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม 2563 ซึ่งมีจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้า ได้แก่ เดือนมกราคม 4 รายการ, กุมภาพันธ์ 5 รายการ, มีนาคม 8 รายการ, เมษายน 6 รายการ, และพฤษภาคม 10 รายการ รวมทั้งสิ้น 33 รายการ และหลังจากการปรับปรุงกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วนโดยการใช้โปรแกรม Inspection System ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม 2563 ซึ่งจากข้อมูลไม่พบข้อร้องเรียนของลูกค้า

สรุปผลการดำเนินการ

ข้อมูลลักษณะของเสียจากกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วน ผลก่อนการปรับปรุงระหว่างเดือนมกราคม ถึงพฤษภาคม 2563 จำนวนการผลิตทั้งสิ้น 48,927,240 กิโลกรัม ตรวจสอบพบของเสียจากการตรวจวัดชิ้นงาน จำนวนของเสียที่ตรวจพบ รวมทั้งสิ้น จำนวน 15,892 กิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนของเสีย กิโลกรัมละ 40 บาท คิดเป็นมูลค่า 635,680 บาท และผลหลังการปรับปรุงกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานเหล็กแผ่นม้วนระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม 2563 จำนวนการ

ผลิตทั้งสิ้น 46,901,467 กิโลกรัม ซึ่งจากข้อมูลไม่พบของเสียจากกระบวนการตรวจวัดชิ้นงาน ซึ่งสามารถลดของเสีย คิดเป็นมูลค่า 635,680 บาท

ข้อมูลจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้า ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานหลักแผ่นมัน ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม 2563 ซึ่งมีจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้า ได้แก่ เดือนมกราคม 4 รายการ, กุมภาพันธ์ 5 รายการ, มีนาคม 8 รายการ, เมษายน 6 รายการ, และพฤษภาคม 10 รายการ รวมทั้งสิ้น 33 รายการ และหลังจากการปรับปรุงกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานหลักแผ่นมันโดยใช้โปรแกรม Inspection System ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม 2563 ซึ่งจากข้อมูลไม่พบข้อร้องเรียนของลูกค้า

ผู้วิจัยร่วมกับผู้บริหาร หัวหน้างาน และพนักงาน จึงสามารถสรุปได้ว่าโปรแกรม Inspection System และการติดตั้งระบบส่งสัญญาณจากเครื่องมือวัดสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้อุปกรณ์ U - Wave ในการส่งสัญญาณข้อมูลสามารถป้องกันความผิดพลาดจากกระบวนการวัดชิ้นงานไม่ได้ตามมาตรฐาน และลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียจากกระบวนการตรวจสอบหลักแผ่นมันให้เป็นศูนย์

ข้อเสนอแนะ

1. โรงงานตัวอย่างควรนำวิธีแก้การปัญหาการวัดชิ้นงานหลักแผ่นมันไปพัฒนาแก้ไขกับผลิตภัณฑ์หลักแผ่นเรียบและผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป
2. ผู้บริหารควรตระหนักถึงการสนับสนุนพนักงานสำหรับต่อยอดแนวคิดด้วยระบบเทคโนโลยีที่สามารถช่วยแก้ปัญหาความผิดพลาดของพนักงานในขั้นตอนอื่นและนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมให้กับองค์กร

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุทธิโรจน์ ศิวานุพงศ์. (2559). การลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตแบบฟอร์มธุรกิจ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://rubberplasma.com/2019/02/05> (สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2563)
- [2] วรเทพ ตรีวิจิตร. (2561). การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 96-6002 ด้วยกิจกรรม คิวซีซี กรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2561. อุบลราชธานี. หน้า 136 – 141.
- [3] ธนิชญา มีชำนาญ. (2563). การลดของเสียประเภทมีจุดดำ ในกระบวนการผลิตไม้แขวนพลาสติก กรณีศึกษา : บริษัทพลาสติกเวิร์ล จำกัด. รายงานการค้นคว้าอิสระ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต การจัดการสิ่งแวดล้อม คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- [4] ธนิชญา แก้วปานกัน และคณะ. (2564). การบริหารจัดการกระบวนการผลิต 4M1E และการจัดการกิจกรรมหลัก 5S กรณีศึกษา : บริษัทยาคุลท์(ประเทศไทย) จำกัด สาขาอยุธยา.” วารสารวิจัยวิชาการ ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 เมษายน – มิถุนายน 2564
- [5] ศุภพัฒน์ ปิงตาและคณะ. (2563). การปรับปรุงการตรวจสอบคุณภาพสลักเพลลา. วารสารช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ไทย. ฉบับที่ 1, มกราคม – มิถุนายน 2563.
- [6] กิตติศักดิ์ ทาประโคน. การทำ Work Instruction งานเชื่อม และการตัดโลหะด้วยแก๊ส. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <https://www.welovesafety.com/17286434/wi-work-instruction> (สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2563).
- [7] SUMIPOL. (2562). การถ่ายโอนข้อมูลแบบไร้สายจากเครื่องมือวัดสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ PC. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.sumipol.com/knowledge/u-wave> (สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2562).
- [8] มงคล กิตติญาณขจร. (2018). การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ในการคัดเลือกโครงการปรับปรุงคุณภาพเพื่อลดของเสีย: กรณีศึกษากระบวนการผลิตถังบรรจุอากาศ, วารสารวิศวกรรมศาสตร์, ราชชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 16, ฉบับที่ 2, หน้า 71-83.
- [9] โสภณ เกิดสมบัติ และคณะ. (2560). การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและแนวทางการลดต้นทุนในกระบวนการบรรจุน้ำดื่ม โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง KAIZEN, ปริญญาทิพนธ์ อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต, เทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, กรุงเทพฯ.
- [10] วรเทพ ตรีวิจิตร และชาคริต ศรีทอง. (2562). การลดของเสียชิ้นส่วนยานยนต์ S801-13-810W : กรณีศึกษา การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2562. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

Received: Nov 8, 2021

Revised: Apr 3, 2022

Accepted: Apr 10, 2022

การปรับปรุงผังโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตหน้าต่างอลูมิเนียม

INDUSTRIAL PLANT LAYOUT IMPROVEMENTS TO INCREASE PRODUCTIVITY CASE STUDY OF ALUMINUM DOOR AND WINDOW PRODUCTS INDUSTRY

นันทพันธ์ กนกศิริรุจิยา

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี

Nunthaphan Kanoksirujisaya

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University

Email: nunthaphan@thonburi-u.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ใช้หลักการจัดวางผังโรงงานในการปรับปรุงและได้ทำการวิเคราะห์การไหลของขั้นตอนการทำงานโดยใช้แผนภูมิวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ปรับปรุงโดยการออกแบบวางผังโรงงานและการปรับปรุงสายการผลิตประตูหน้าต่างอลูมิเนียม ผลการดำเนินงานพบว่าสามารถลดเวลารอคอยของการผลิตประตูบานเลื่อนจาก 187 นาทีเป็น 3.25 นาที คิดเป็น 98.26 เปอร์เซ็นต์ ประตูบานสวิงจาก 144 นาทีเป็น 3.6 นาที คิดเป็น 97.50 เปอร์เซ็นต์ หน้าต่างบานเลื่อนจาก 189 นาทีเป็น 3.1 นาที คิดเป็น 98.35 เปอร์เซ็นต์ หน้าต่างบานเปิดจาก 140 นาทีเป็น 3.1 นาที คิดเป็น 97.78 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดระยะทางในการผลิตของประตูบานเลื่อนจาก 83 เมตรเป็น 23 เมตร คิดเป็น 72.28 เปอร์เซ็นต์ ประตูบานสวิงจาก 73 เมตรเป็น 23 เมตร คิดเป็น 68.49 เปอร์เซ็นต์ หน้าต่างบานเลื่อนจาก 83 เมตรเป็น 23 เมตร คิดเป็น 72.28 เปอร์เซ็นต์ หน้าต่างบานเปิดจาก 73 เมตรเป็น 23 เมตร คิดเป็น 68.49 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การเพิ่มผลผลิต การวางผังโรงงาน แผนภูมิวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต

Abstract

The research of this project using the Flow Process Chart then using data to analyze, using the Relationship chart to designed a new factory production process layout design and process improvement in Aluminum doors and windows. The result of this project show that, it can decrease waiting time of slide door process. 3.25 minutes or 98.26 %, swing doors process from 144 minutes to 3.6 minutes or 97.50 %, sliding window process from 189 minutes to 3.1 minutes or 98.35 %, casement window process from 140 minutes to 3.1 minutes or 97.78 %, and decrease distance of production process of slide doors process from 83 meters to 23 meter or 72.28 %, swing door process from 73 meters to 23 meters or 68.49 %, slide windows process from 83 meters to 23 meters or 72.28 %, and casement window process from 73 meters to 23 meters or 68.49 %.

Keywords: Productivity, Factory Layout, Process Flow Chart Analysis

บทนำ

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัส COVID-19 ไปทั่วโลก ส่งผลกระทบอย่างมากต่อทุกอุตสาหกรรม ทุกภาคส่วน ทุกด้านของชีวิต ไม่เว้นแม้แต่โรงงานขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ ทั้งไทยและต่างประเทศ ด้วยการสูญเสียทางเศรษฐกิจ การเงิน และที่สำคัญ คือ ความไม่แน่นอนในสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งจะกล่าวถึงการแก้ปัญหา และทางออกที่จะช่วยให้อุตสาหกรรมอยู่รอดในยุคโควิด ทางรอด คือ ต้องเรียนรู้สิ่งใหม่เมื่อเหตุการณ์เปลี่ยนไปแล้ว เพื่อให้ทันกับยุคสมัย พฤติกรรม เทคโนโลยี และโลกที่เปลี่ยนแปลงไป การเริ่มต้นใหม่ (restart) คิดใหม่ ทำใหม่ (reimagine) และปรับโครงสร้างธุรกิจครั้งใหญ่ (reform) เป็นขั้นตอนที่สำคัญ ที่จะทำให้โรงงานอุตสาหกรรมอยู่รอด เช่นเดียวกับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ประตุนหน้าต่างอลูมิเนียมออกแบบและติดตั้งประตู หน้าต่าง โดยใช้อลูมิเนียมที่ได้ทำการออกแบบมาโดยเฉพาะ ซึ่งจะไม่มีในท้องตลาด มีความแข็งแรง ทนทาน รับแรงลมได้ดี โดยผลิตภัณฑ์หลักมีอยู่ 4 ชนิด ได้แก่ ประตูบานเลื่อน ประตูบานสวิง หน้าต่างบานเลื่อน หน้าต่างบานเปิด เป็นต้น โดยจะทำการประมูลรับเหมางานเข้ามาแล้วทำการผลิตในโรงงานเป็นประตู หน้าต่าง

กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ประตุนหน้าต่างอลูมิเนียม กำลังประสบปัญหาในสายการผลิตที่ใช้เวลาในช่วงเวลาการผลิตมากแต่การส่งมอบงานล่าช้า จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัส COVID-19 ทำให้กำลังคนไม่เพียงพอต่อการผลิตอันมาจากสาเหตุข้างต้นเพราะคนงานมีการติดเชื้อ และทางโรงงานมีความจำเป็นในการป้องกันจากพนักงาน ในส่วนการทำงานจึงส่งผลให้คนงานไม่เพียงพอต่อสายงานในกระบวนการผลิต จากการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาพบว่าการปรับปรุงโดยเลือกวิธีการบริหารจัดการผังโรงงานจะสามารถที่จะควบคุมระบบการผลิต สามารถลดจำนวนพนักงานได้ส่วนหนึ่งแต่ยังคงมาตรฐานในการทำงานเหมือนเดิม พร้อมกับการวางแผนเครื่องจักรให้เหมาะสมกับการทำงานใหม่

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิเคราะห์การวางแผนผังโรงงานและ การทำงานของพนักงานเพื่อปรับปรุงสภาพภายในโรงงานให้ดีขึ้นสามารถช่วยลดความความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจึงได้ทำการศึกษาลักษณะต่างๆ และแนวคิดที่จะนำหลักการของการจัดผังโรงงาน มาประยุกต์ใช้ และปรับปรุงกับโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษากระบวนการผลิตประตูหน้าต่างอลูมิเนียม ลดปริมาณการเคลื่อนย้ายวัสดุ และสิ่งของโดยจัดรูปแบบการไหลที่ไม่ซับซ้อนและเพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยเป็นผู้ทำการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเลือกแบบจำเพาะเจาะจงโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ การทดลอง หรือการสังเกตการณ์ เก็บข้อมูลปฐมภูมิเป็นข้อมูลที่มีรายละเอียดตรงตามที่ใช้ต้องการ ได้แก่ การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ผลิตภัณฑ์หลักมีอยู่ 4 ชนิด ได้แก่ ประตูบานเลื่อน ประตูบานสวิง หน้าต่างบานเลื่อน หน้าต่างบานเปิด เป็นต้น โดยจะทำการประมูลรับเหมางานเข้ามาแล้วทำการผลิตในโรงงานเป็นประตู หน้าต่างสำเร็จรูป แล้วจึงค่อยจัดส่งมาทำการติดตั้งที่หน้างาน ในส่วนหน้างานจะจ้างผู้รับเหมาจากภายนอกมาทำการติดตั้งจนแล้วเสร็จ ถึงจะทำการส่งมอบงานได้ ซึ่งงานประเภทรับเหมาก่อสร้างจะใช้เวลาในการดำเนินงานและจำนวนปริมาณของงานไม่แน่นอน

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยไม่ได้เก็บรวบรวมเอง แต่มีผู้อื่นหรือ หน่วยงานอื่นๆ ทำการเก็บรวบรวมไว้แล้ว เช่น รายงานวิจัย หน่วยงานของรัฐ สมาคม บริษัท สำนักงานวิจัย นักวิจัย วารสาร หนังสือพิมพ์ เป็นต้น

ลักษณะ อุปะทะ (2558) ได้ทำการศึกษา การออกแบบและวางแผนผังโรงงานของ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที.ที.เอ็น.สแตนเลส และเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: AHP) ในการตัดสินใจเลือกผังโรงงานเพิ่มทำการประเมินผังด้วยวิธีการตัดสินใจโดยกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ของผังทั้ง 3 แบบ

อักษรสวรรค์ วชรสุนทรกิจ (2559) ได้ทำการศึกษากลยุทธ์ 5 ส และการวางแผนผังโรงงานอย่างมีระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานภายในคลังสินค้ากำหนดกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานภายในคลังสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการทำงานภายในคลังสินค้าและเสนอแนวทางการปรับปรุงการจัดระเบียบ

การจัดเก็บอุปกรณ์ติดตั้งนั่งร้าน และการจัดวางผังคลังสินค้าใหม่โดยมีการประยุกต์ใช้แผนภูมิกำปาลามาใช้ในการวิเคราะห์หาปัญหาภายในคลังสินค้า และใช้ 5 ส. “การวางผังโรงงานอย่างมีระบบ” ในการวางแผนผังสินค้าใหม่

สหพล มรรคผล และ บุชบา พฤกษาพันธุ์รัตน์ (2563) ได้ทำการศึกษาการออกแบบผังโรงซ่อมแซมถังก๊าซโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ มีแนวคิดที่จะสร้างโรงงานซ่อมแซมถังก๊าซเองในบริเวณพื้นที่จังหวัดอยุธยาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ถังก๊าซยังมีหลากหลายรูปแบบซึ่งต้องเข้าซ่อมแซมในสายการผลิตเดียวกัน ทฤษฎีการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning : SLP) และการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบผังโรงซ่อมแซม

เครื่องมือในงานวิจัย

1. การศึกษาการทำงาน (Work Study) การศึกษาการทำงานเป็นเทคนิคในการศึกษาวิธีการ การวัดผลงาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานต่างๆ เพื่อนำไปสู่ปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น ในการจัดตั้งและพัฒนามาตรฐานการทำงาน เวลาทำงาน รวมไปถึงการใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารแผนการ เพื่อนำไปสู่การเกิดผลผลิตภาพ (Productivity) ที่ดีขึ้น

2. การวางผังโรงงาน (Plant Layout) หรือ การออกแบบในการวางผังโรงงาน ระบบการผลิต ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบถึงขั้นตอนระบบการผลิต เพื่อจัดสถานที่ปฏิบัติงาน และ การจัดวางเครื่องจักรต่าง ๆ ให้เหมาะสมเพื่อที่จะให้การผลิต มีความสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพสูงสุด ตาม พรบ.กำหนด แต่ถ้าหากจัดวางตำแหน่งเครื่องจักรและอุปกรณ์ไม่เหมาะสม ผลที่ตามมาอาจเกิดความสูญเสียในการทำงาน เครื่องจักรว่างงานมาก คนงานเกิดความสับสนในการทำงาน ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (สมศักดิ์ ตรีสัตย์.2535)

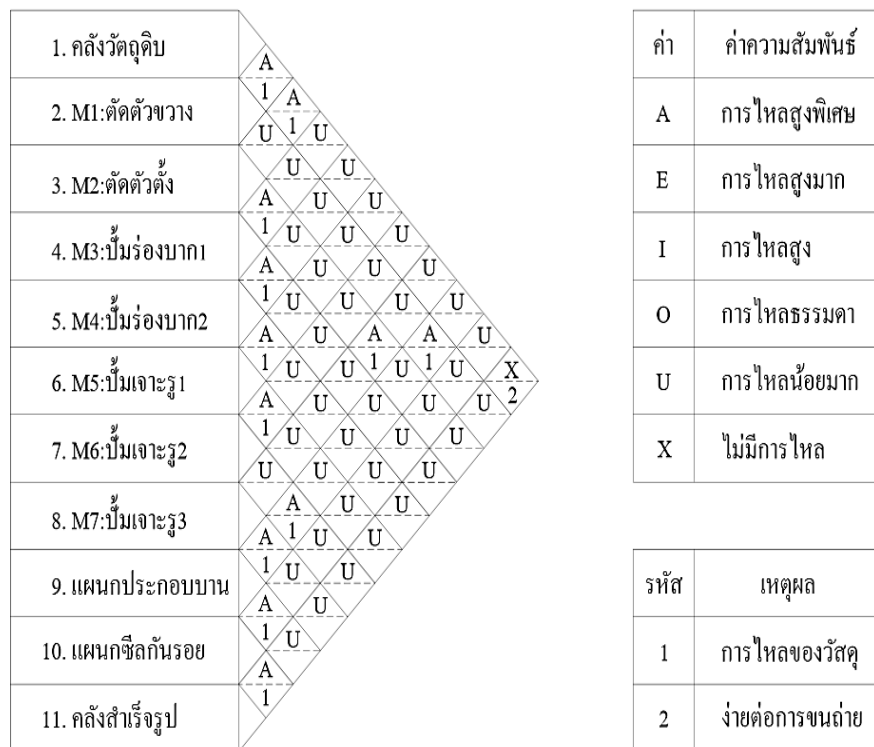
3. สายการประกอบ เป็นประเภทของการผลิตทางอุตสาหกรรมซึ่งนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปและเปลี่ยนได้ถูกนำมาใช้เพื่อประกอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ระบบการประกอบขึ้นพื้นฐานที่สุดประกอบด้วยสายพานลำเลียงแบบง่าย ๆ ซึ่งประกอบผลิตภัณฑ์เช่นของเล่นผ่านชุดของสถานีงานจนกว่าจะเสร็จสิ้น เส้นที่ซับซ้อนมากขึ้นรวมถึงสายพานป้อนเพื่อลำเลียงชิ้นส่วนไปยังสถานีงานตามแนวที่ใช้สำหรับการสร้างรถยนต์และอุปกรณ์ที่ซับซ้อนอื่น ๆ การพัฒนาศายการประกอบปฏิบัติการผลิตและมีส่วนช่วยสร้างความมั่งคั่งให้กับผู้เล่นรายใหญ่หลายรายในการปฏิบัติอุตสาหกรรม

4. โปรแกรมเขียนแบบ เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้วิศวกร ที่ช่วยให้ การเขียนแบบได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นประโยชน์ของงานเขียนแบบมีผลต่อการปฏิบัติงานช่างที่จะกำหนดรายละเอียดของงานและดำเนินงานไปได้ตามขั้นตอนอย่างเหมาะสม การศึกษาวิธีการเขียนแบบเราจะต้องศึกษาหลักการเบื้องต้นของการเขียนแบบได้อย่างถูกวิธี จะช่วยให้มีความเข้าใจและนำไปเขียนแบบได้ความสำคัญของงานเขียนแบบนี้จะเป็นประโยชน์

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรม

ในการศึกษาและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรม (Relationship Chart) ของโรงงานกรณีศึกษานั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและกำหนดกิจกรรมพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการผลิต ดังแสดงในแผนภูมิความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม

จากตารางที่ 1 คะแนนรวมความสัมพันธ์ของกิจกรรมของโรงงานกรณีศึกษา ได้แสดงถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ รวมไปถึงการรวมคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของโรงงานกรณีศึกษานั้น โดยจะคำนวณจากค่าระดับความสัมพันธ์ ค่า TCR : Total Closeness Rating ซึ่งเป็นค่าอัตราความใกล้ชิดของแต่ละกิจกรรมที่สัมพันธ์กัน ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้คำนวณได้จากแผนผังความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม (Relationship Chart) โดยเรียงลำดับจากกิจกรรมที่มีค่า TCR สูงสุดนำมาทำการวางแผนเป็นอันดับแรกและพิจารณากิจกรรมที่ความสัมพันธ์ “A” กับกิจกรรมนั้นด้วย ซึ่งจะนำมาพิจารณาเป็นลำดับต่อไป ทำเช่นนี้ต่อไปจนครบทุกสถานีงานโดยพิจารณาจากกิจกรรมที่มีค่า TCR รองลงมา ดังนั้นเมื่อทำการวางแผนตามขั้นตอนแล้วทางผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการขั้นตอนต่อไปคือเขียนแผนภาพความสัมพันธ์ (ผศ.ดร. ประจวบ กล่อมจิตร. 2555).

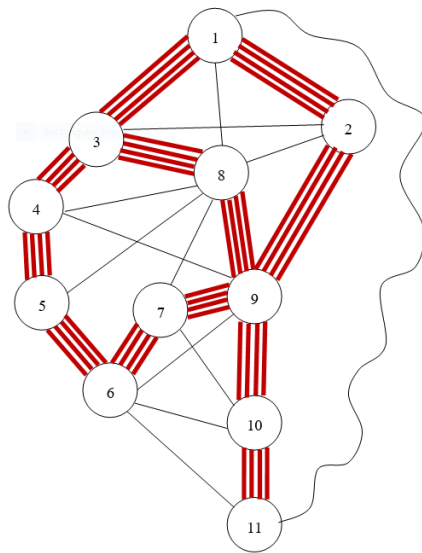
ตารางที่ 1 คะแนนรวมความสัมพันธ์ของกิจกรรมของโรงงานกรณีศึกษา

กิจกรรมเครื่องจักร/	ความสัมพันธ์	คะแนนรวมความสัมพันธ์ (TCR)
1. คลังวัตถุดิบ	A,AU,U,U,U,U,U,X	7
2. M1 : ตัดตัวขวาง	A,U,U,U,U,U,A,U,U	8
3. M2 : ตัดตัวตั้ง	A,U,A,U,U,U,A,U,U,U	12
4. M3 : ป้อนร่องบาก 1	U,U,A,A,U,U,U,U,U,U	8
5. M4 : ป้อนร่องบาก 2	U,U,U,A,A,U,U,U,U,U	8
6. M5 : ป้อนเจาะรู 1	U,U,U,U,A,A,U,U,U,U	8
7. M6 : ป้อนเจาะรู 2	U,U,U,U,U,A,U,A,U,U	8
8. M7 : ป้อนเจาะรู 3	U,U,A,U,U,U,U,A,U,U	8

กิจกรรมเครื่องจักร/	ความสัมพันธ์	คะแนนรวม ความสัมพันธ์ (TCR)
9. แผนกประกอบบาน	U,A,U,U,U,U,A,A,U	12
10. แผนกซีลกันรอย	U,U,U,U,U,U,A,U,A,A	12
11. คลังสำเร็จรูป	X,U,U,U,U,U,U,U,A	3

2. แผนภาพความสัมพันธ์ของกิจกรรม

เพื่อให้สามารถมองเห็นตำแหน่งของกิจกรรมต่างๆ ว่าควรอยู่ที่ใดโดยนำข้อมูลที่ได้จากการแจกแจงระดับความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ จากแผนภูมิความสัมพันธ์ (Relationship Chart) และนำมาเขียนเป็นแผนภาพความสัมพันธ์ของคู่กิจกรรม (Relationship Diagram) เพื่อให้ได้ภาพพจน์ชัดเจนขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังความสัมพันธ์ของกิจกรรม

ผลจากการหาความสัมพันธ์ด้านการไหลและความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ และได้เขียนเป็นแผนภาพความสัมพันธ์ (Relationship Diagram) ซึ่งในจุดนี้ทางผู้วิจัยได้มีแนวความคิดที่จะนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม (Relationship Chart) และแผนภาพความสัมพันธ์ของกิจกรรม (Relationship Diagram) มาทำการเขียนแผนภาพความสัมพันธ์ของเนื้อที่ แต่ทางผู้วิจัยคิดว่าน่าจะเอาข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกกิจกรรมต่างๆ เหล่านั้นนำมาออกแบบวางผังโรงงานบนโปรแกรมเขียนแบบต่างๆ ได้เลยตั้งแต่ขั้นตอนนี้ ซึ่งจะทำให้ผู้ที่ทำการปรับปรุงผังโรงงานนั้นสะดวกในการจัดวางผังโรงงานมากยิ่งขึ้น และนอกจากนั้นการออกแบบวางผังโรงงานบนโปรแกรมเขียนแบบต่างๆ นั้นจะมีความชัดเจนในเรื่องของมาตราส่วนและยังช่วยให้ลดเวลาในการออกแบบวางผังให้น้อยลง (วิทยา อินทร์สอน. 2560).

3. การกำหนดเนื้อที่ของหน่วยผลิต

ในการกำหนดเนื้อที่ของหน่วยผลิตสิ่งที่ควรคำนึงคือต้องมีพื้นที่ทำงานของคนงานมีพื้นที่รับของ และพื้นที่สำหรับของที่ทำเสร็จแล้ว และนอกจากนั้นยังต้องการไหลของวัสดุในศูนย์การผลิตอย่างไม่ติดขัด และไม่สวนทางกับทิศทางการขนวัสดุตามปกติ ตามตารางที่ 2 แสดงเนื้อที่ของหน่วยผลิต

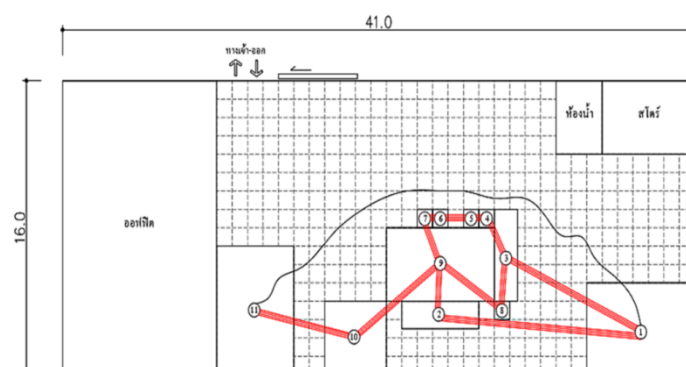
ตารางที่ 2 แสดงเนื้อที่ของหน่วยผลิต

แผนก	จำนวน	อุปกรณ์	วัสดุ	คนงาน	รวม
1. คลังวัตถุดิบ	1	-	35	-	35 ตรม.
2. เครื่องตัด M 1	1	7.5	5	7.5	20 ตรม.
3. เครื่องตัด M 2	1	7.5	5	7.5	20 ตรม.
4. เครื่องปั๊ม M 3	1	1	2	3	6 ตรม.
5. เครื่องปั๊ม M 4	1	1	2	3	6 ตรม.
6. เครื่องปั๊ม M 5	1	1	2	3	6 ตรม.
7. เครื่องปั๊ม M 6	1	1	2	3	6 ตรม.
8. เครื่องปั๊ม M 7	1	1	2	3	6 ตรม.
9. แผนกประกอบ	1	8	12	4	24 ตรม.
10. แผนกซีลกันรอย	1	8	12	4	24 ตรม.
11. คลังสำเร็จรูป	1	-	35	-	35 ตรม.
รวมทั้งหมด					188 ตรม.

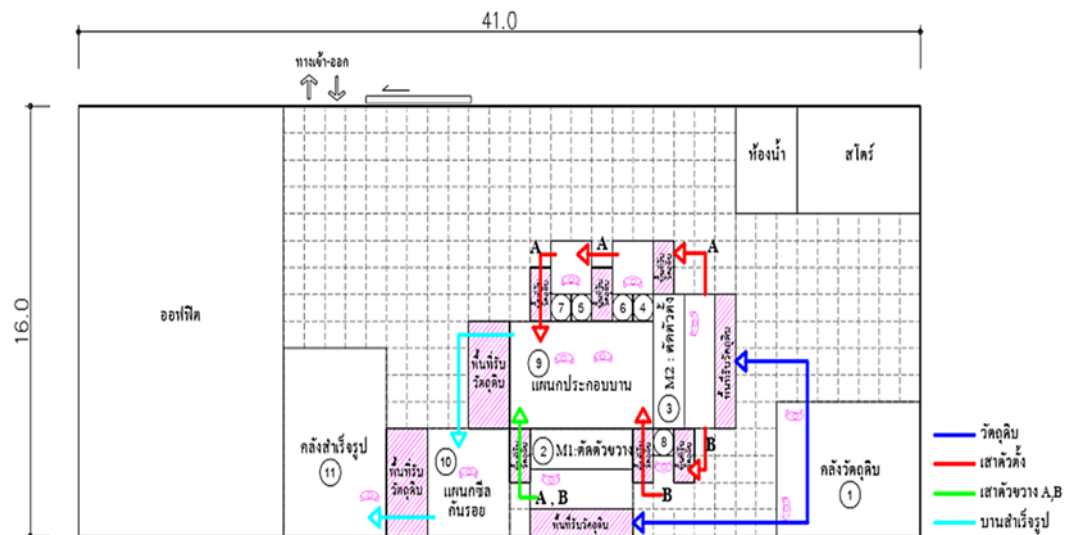
4. การออกแบบปรับปรุงผังโรงงาน

จากขั้นตอนที่ผ่านมาข้างต้นไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการละเอียดในแต่ละขั้นตอน เช่น ขั้นตอนด้านการผลิตรายการเครื่องจักร แผนผังโรงงานปัจจุบันรวมไปถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรม (Relationship Chart) ของโรงงานกรณีศึกษาเป็นส่วนช่วยที่สามารถทำให้ การออกแบบปรับปรุงผังโรงงานกรณีศึกษานั้นสามารถทำได้ แต่สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการออกแบบปรับปรุงผังโรงงานกรณีศึกษานั้น คือ ชัดจำกัดต่างๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งชัดเจนต่างๆ นั้น สืบเนื่องได้มาจากหลายสาเหตุ เช่น ข้อจำกัดทางด้านพื้นที่การวางเครื่องจักร มุมมอง หรือวิสัยทัศน์ของเจ้าของกิจการ หรือผู้จัดการฝ่ายที่อาจเห็นไม่ตรงกับผู้วิจัย ที่ได้รับมอบหมายให้ออกแบบปรับปรุงผังโรงงานเนื่องจากสาเหตุต่างๆ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิช เจริญ, 2560).

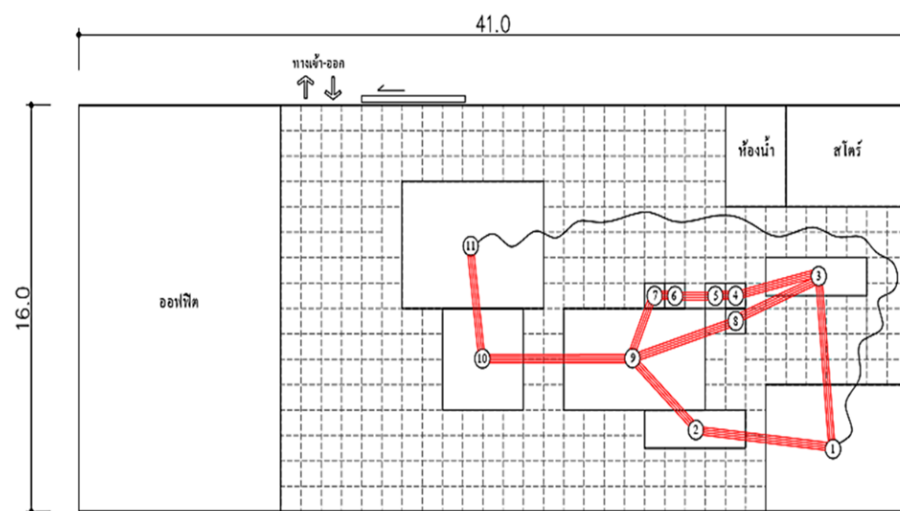
ดังนั้น ในการออกแบบปรับปรุงผังโรงงานจริงนั้น ในบางกรณีจึงไม่สามารถที่จะจัดทำ หรือปรับปรุงได้อย่างสมบูรณ์แบบหรือเป็นไปตามที่หลักการทฤษฎีหรือเป็นไปตามที่ได้ทำการวิเคราะห์ การออกแบบปรับปรุงผังโรงงาน จึงไม่อาจหลีกเลี่ยงชัดเจนต่างๆ เหล่านี้ได้ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ เหล่านี้มาเป็นหลักการในการพิจารณาในการออกแบบปรับปรุงผังโรงงานด้วย และนำมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากันหรือให้ใกล้เคียงกับหลักการทฤษฎีในการวิเคราะห์เพื่อออกแบบปรับปรุงผังโรงงานให้มากที่สุด ตามที่กล่าวมาข้างต้นรวมถึงจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรม (Relationship Chart) และแผนภาพความสัมพันธ์ของกิจกรรม (Relationship Diagram) รวมไปถึงชัดเจนของโรงงานกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผังโรงงาน สำหรับกระบวนการผลิตประตูหน้าต่างอลูมิเนียม จำนวน 3 ผัง ดังแสดงในรูปที่ 3 ถึง 8 และเมื่อทำการออกแบบผังโรงงานต่างๆ เรียบร้อยแล้ว จะมีการประเมินผังโรงงานต่างๆ ที่ได้ออกแบบมาในรูปแบบของคะแนนของผังที่มีระยะการเคลื่อนที่ระหว่างกิจกรรม หลังจากนั้นก็ต้องนำผังโรงงานที่เป็นแนวทางนั้นมาจัดวางในรายละเอียดอีกครั้งหนึ่ง (สุทธิชัย ขวาคำ, 2554).



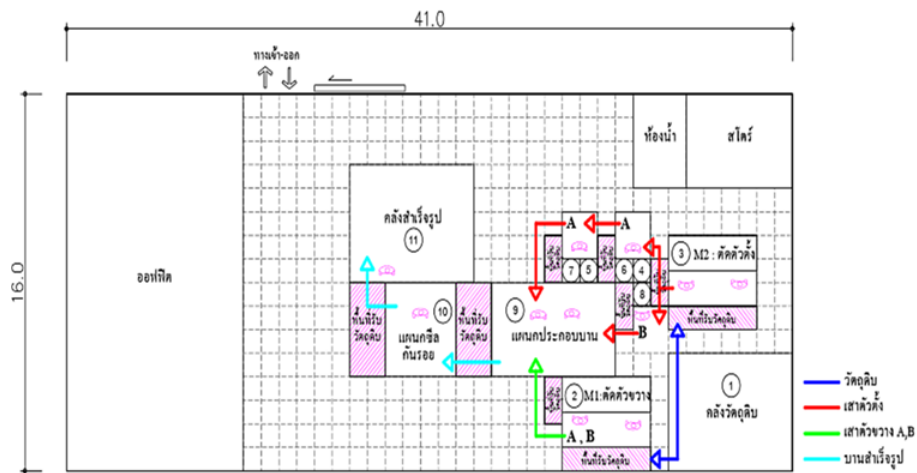
ภาพที่ 3 แผนภาพความสัมพันธ์ของของเนื้อที่ (ผังโรงงานแบบที่ 1)



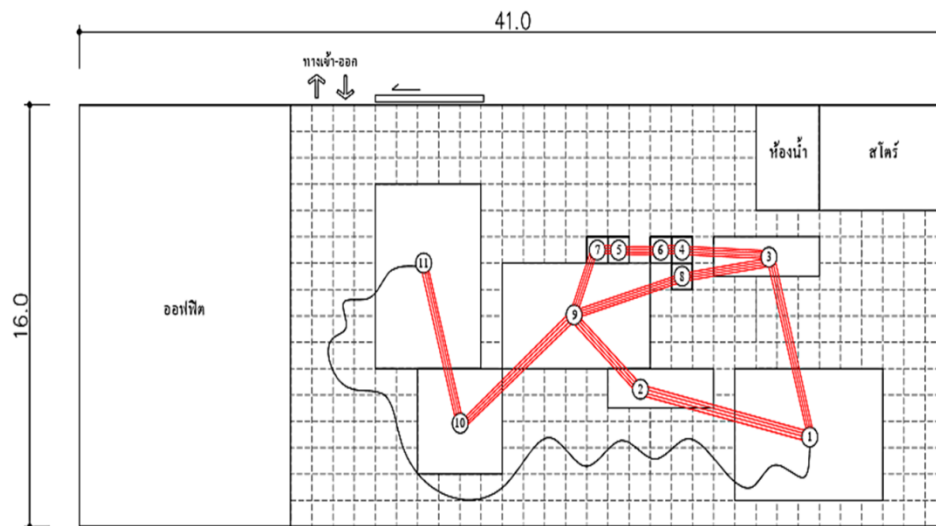
ภาพที่ 4 ตำแหน่งเครื่องจักร (ผังโรงงานแบบที่ 1)



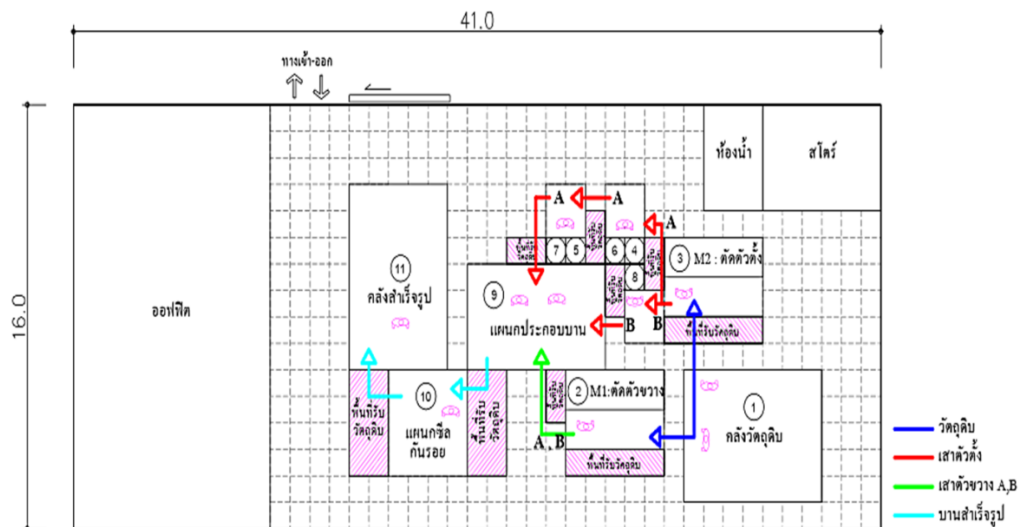
ภาพที่ 5 แผนภาพความสัมพันธ์ของของเนื้อที่ (ผังโรงงานแบบที่ 2)



ภาพที่ 6 ตำแหน่งเครื่องจักร (ผังโรงงานแบบที่ 2)



ภาพที่ 7 แผนภาพความสัมพันธ์ของของเนื้อที่ (ผังโรงงานแบบที่ 3)



ภาพที่ 8 ตำแหน่งเครื่องจักร (ผังโรงงานแบบที่ 3)

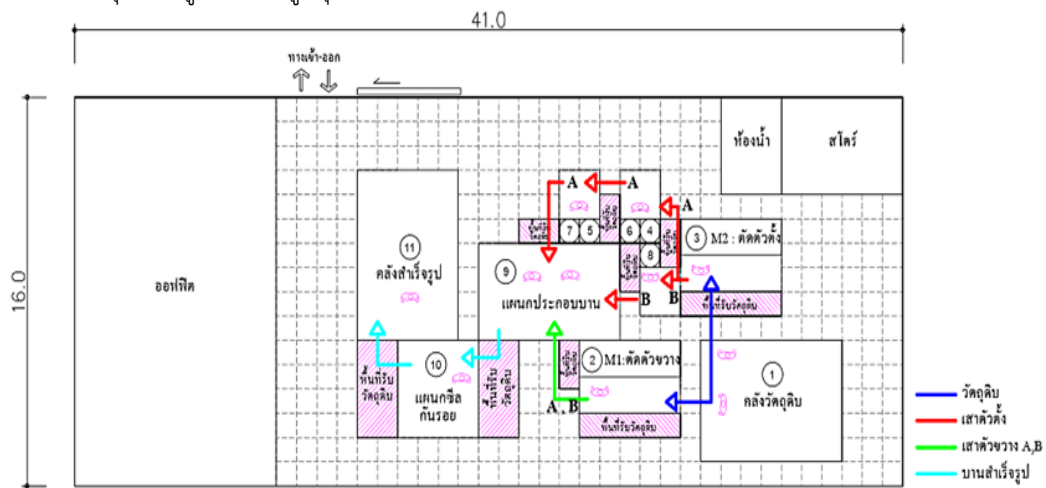
5. การหาผังโรงงานที่ดีที่สุด

เมื่อทำการออกแบบผังโรงงานเรียบร้อยแล้ว และได้ทำการประเมินผังโรงงานแต่ละแบบด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยพิจารณาที่ละองค์ประกอบเปรียบเทียบกับแผนต่างๆ ในเวลาเดียวกัน ซึ่งวิธีการทำการประเมินร่วมคือทุกคนมีส่วนร่วมวิเคราะห์ และพิจารณาแล้วพิจารณาประเมินร่วมกันดังแสดงตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประเมินผลผังโรงงาน

องค์ประกอบ	น้ำหนัก	Ratings and weighted ratings		
		แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
1. การไหลของวัสดุ	10	I 20	E 30	A 40
2. ง่ายต่อการควบคุมดูแล	8	E 24	E 24	E 24
3. ความยืดหยุ่น	9	I 18	E 27	A 36
4. การใช้เนื้อที่ให้เป็นประโยชน์	7	I 14	I 14	I 14
5. สภาพแวดล้อมการทำงาน	6	I 12	I 12	I 12
6. สามารถดัดแปลงได้ง่าย	5	E 15	E 15	E 15
Total		103	122	141

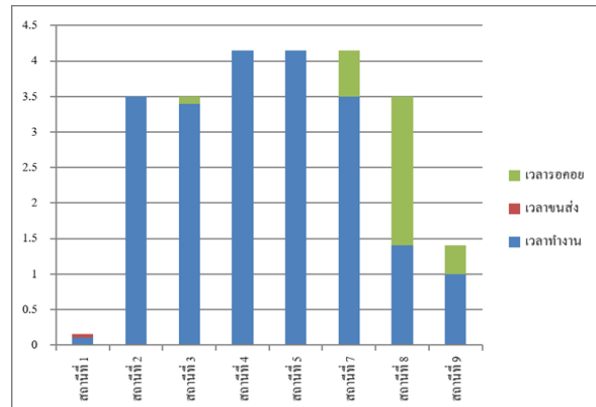
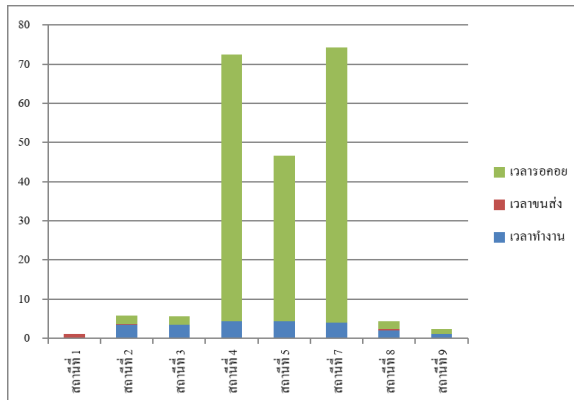
จากการประเมินผังโรงงานแบบวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งในการดำเนินการระหว่างผู้วิจัยการวางผังโรงงาน (ผู้ประเมิน) และผู้อนุมัติ ร่วมทำการวิเคราะห์องค์ประกอบและความเหมาะสมของผังโรงงานแต่ละแผน ทั้งนี้ เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นมาในทางปฏิบัติ ซึ่งตัดสินใจเลือกผังโรงงานจากหลายๆ แผนนั้น พบว่าการวางผังโรงงานแบบที่ 3 มีผลการประเมินออกมาดีที่สุด ทางผู้วิจัย และผู้อนุมัติ จึงได้ดำเนินการปรับผังโรงงานตามแบบที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 9



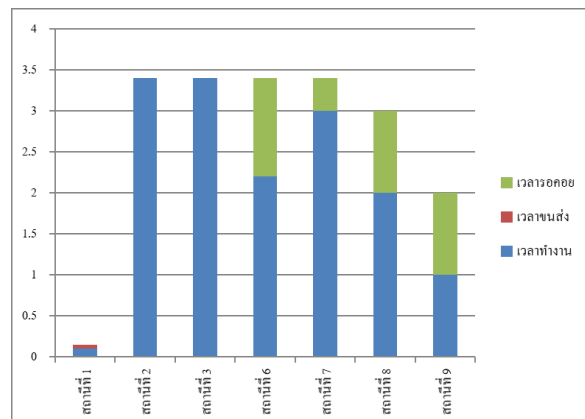
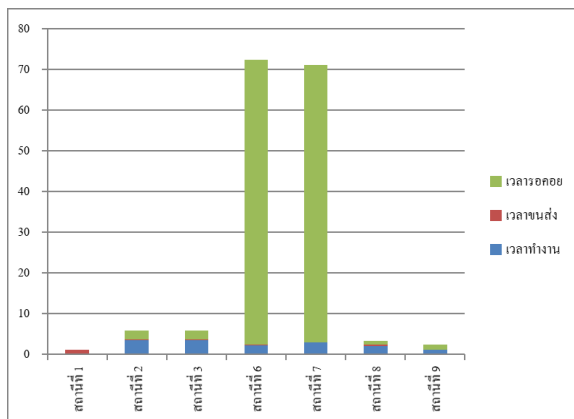
ภาพที่ 9 ผังโรงงานที่ถูกเลือกนำมาใช้ทำการปรับปรุง

6. การวัดผลการปรับปรุงโรงงาน

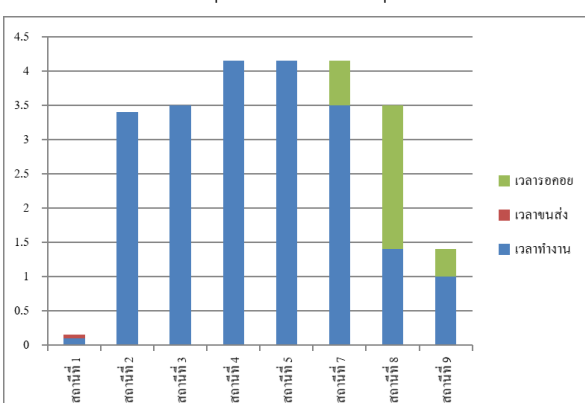
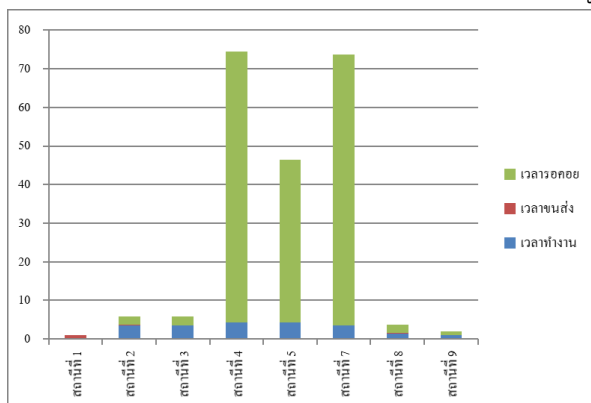
จากการออกแบบปรับปรุงผังโรงงานโรงงานกรณีศึกษานั้นการวัดผลนั้นจะวัดออกในรูปแบบของเวลาในการผลิตต่อชิ้นระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบและปริมาณที่ผลิตต่อวันดังแสดงในภาพ



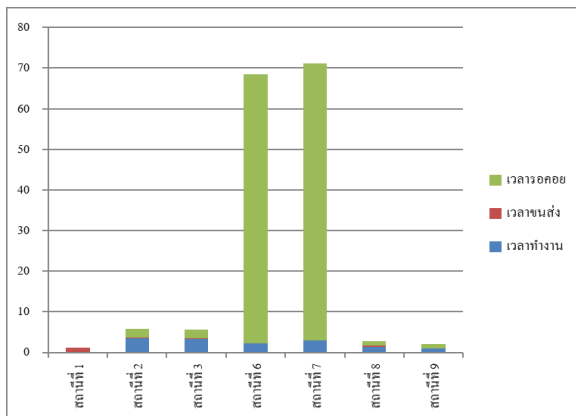
(ก) (ข)
ภาพที่ 10 เวลาในการผลิตของประตูบานเลื่อน (ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง



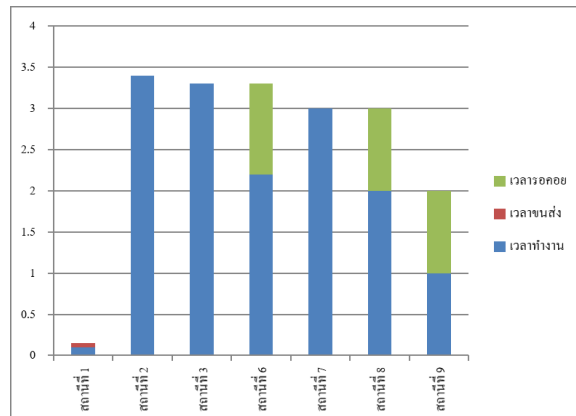
(ก) (ข)
ภาพที่ 11 เวลาในการผลิตของประตูบานสวิง (ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง



(ก) (ข)
ภาพที่ 12 เวลาในการผลิตของหน้าต่างบานเลื่อน (ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง

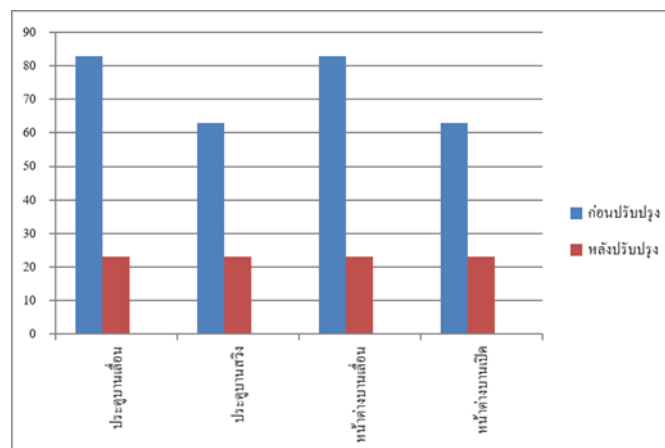


(ก)



(ข)

รูปที่ 13 เวลาในการผลิตของหน้าต่างบานเปิด (ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง



ภาพที่ 14 ระยะเวลาในการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ (หลังปรับปรุง)

7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการปรับปรุงผังโรงงาน

จากผลของการออกแบบปรับปรุงผังโรงงานกรณีศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบก่อนและหลังทำการปรับปรุงผังโรงงานในแง่ของเวลารอคอยในกระบวนการผลิตระยะทางการไหลของวัตถุดิบ ดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5 จากผลการปรับปรุงผังโรงงานในครั้งนี้นอกจากจะช่วยลดเวลาในการรอคอย และระยะทางการไหลของวัตถุดิบให้น้อยลงแล้วผลทางด้านค่าใช้จ่ายจากการปรับปรุงผังโรงงานพบว่าไม่มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น หรือมีเพียงเล็กน้อยเนื่องจากการปรับปรุงภายในพื้นที่การทำงานเดิมอุปกรณ์ต่างๆ จึงไม่ได้ถูกเพิ่มเติมมากดังนั้นก็เลยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นดังนั้นก็สรุปได้ว่าการปรับปรุงผังโรงงานไม่มีผลกระทบต่อด้านค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเวลารอคอยในการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เปรียบเทียบผล
1. ประตูบานเลื่อน	187	3.25	ลดลง 98.26 %
2. ประตูบานสวิง	144	3.6	ลดลง 97.50 %
3. หน้าต่างบานเลื่อน	189	3.1	ลดลง 98.35 %
4. หน้าต่างบานเปิด	140	3.1	ลดลง 97.78 %

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบระยะทางการไหลของวัตถุดิบของแต่ละผลิตภัณฑ์

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เปรียบเทียบผล
1. ประตูบานเลื่อน	83	23	ลดลง 72.28 %
2. ประตูบานสวิง	73	23	ลดลง 68.49 %
3. หน้าต่างบานเลื่อน	83	23	ลดลง 72.28 %
4. หน้าต่างบานเปิด	73	23	ลดลง 68.49 %

สรุปผลการดำเนินงาน

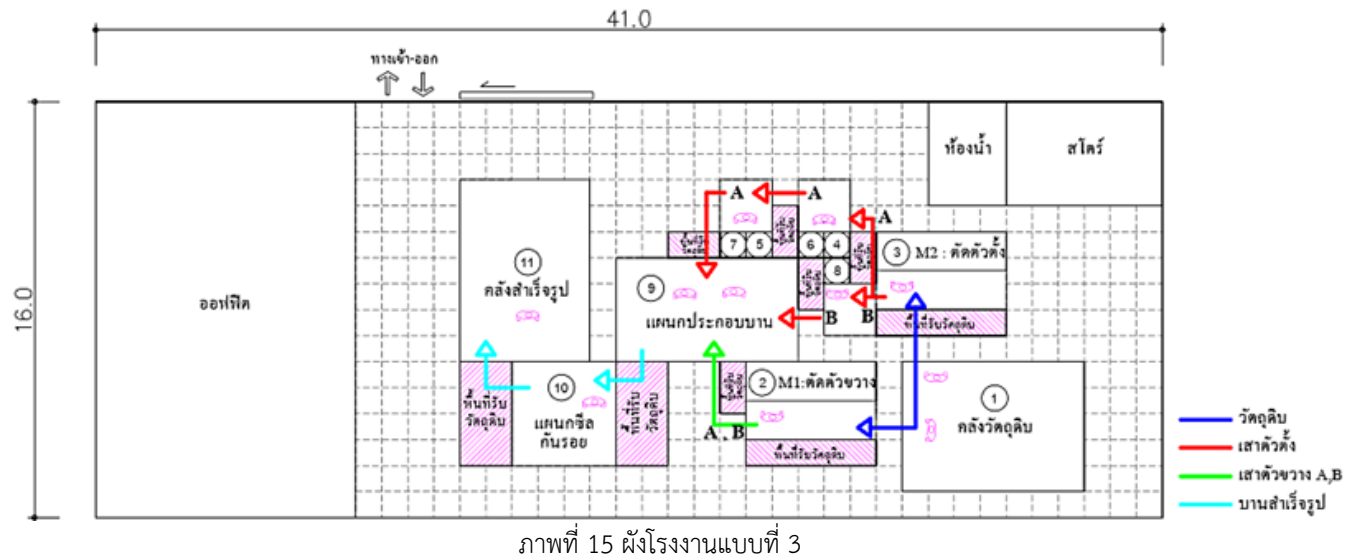
งานวิจัยนี้มีประสงค์หลักคือ การลดเวลาในการผลิต การลดระยะทางการไหลของวัตถุดิบและการเพิ่มผลผลิตให้กับโรงงานกรณีศึกษา โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีทางด้านการออกแบบการปรับปรุงผังโรงงาน ซึ่งจากการที่ผู้วิจัยได้เข้าไปทำการศึกษาวงจรการผลิตของโรงงานกรณีศึกษานี้พบว่า สาเหตุหลักๆ ที่ส่งผลให้เกิดเวลารอคอยในกระบวนการผลิตมากและผลผลิตลดลงต่ำ คือเกิดเวลาที่สูญเปล่า (Idle Time) ซึ่งไม่ได้สร้างมูลค่าให้กับงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เข้าไปทำการศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุของเวลาที่สูญเปล่าโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าให้กับงาน พบว่าการจัดวางตำแหน่งของเครื่องจักรไม่เหมาะสม สภาพการไหลของผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสม รวมถึงการจัดสรรทรัพยากรในการดำเนินการผลิตในแต่ละจุดปฏิบัติงานไม่เหมาะสม ทำให้มีปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตมาก (Work In Process) และส่งผลให้เวลาในการผลิตสูง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขสภาพการไหลไม่เหมาะสม โดยการนำหลักการออกแบบผังโรงงานมาประยุกต์ใช้เพื่อการปรับปรุงสภาพผังโรงงาน และสภาพการไหลให้มีความเหมาะสมมากขึ้น โดยการจัดวางอุปกรณ์และสิ่งสนับสนุนหรือสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และแก้ไขปัญหาในด้านกระบวนการผลิต โดยเน้นให้เกิดการไหลของงานอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) การทำงานเป็นทีมและการเพิ่มความสามารถหลายด้านของพนักงาน เพื่อเพิ่มอัตราการผลิต และให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษารายละเอียดในส่วนต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบปรับปรุงผังโรงงาน เช่น กำลังการผลิต จำนวนเครื่องจักร รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับผังโรงงานปัจจุบันและสภาพการไหล และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรม อีกทั้งผู้วิจัยได้ทำการศึกษากับขีดจำกัดต่างๆ ของโรงงานกรณีศึกษา ในการออกแบบปรับปรุงผังโรงงาน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผังโรงงานจำนวน 3 ผัง และได้ทำการประเมินหาผังโรงงานแบบวิธีการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบ เพื่อหา

ผังโรงงานที่ดีที่สุด พบว่าผังโรงงานแบบที่ 3 ได้คะแนนมากที่สุด 141 คะแนนโดยทางผู้วิจัยและผู้บริหารของโรงงานเห็นชอบด้วย จึงทำการแก้ไขผังโรงงานตามผังโรงงานแบบที่ 3

หลังจากที่ทางผู้วิจัยได้เข้าดำเนินการทำการปรับปรุงผังโรงงานกรณีศึกษาตามที่ได้เสนอแล้วนั้นดังแสดงในภาพที่ 15 และผลลัพธ์ของการปรับปรุงมีแสดงดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7



ตารางที่ 6 เปรียบเทียบระยะทางการไหลของวัตถุดิบของแต่ละผลิตภัณฑ์

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เปรียบเทียบผล
1. ประตูบานเลื่อน	83	23	ลดลง 72.28 %
2. ประตูบานสวิง	73	23	ลดลง 68.49 %
3. หน้าต่างบานเลื่อน	83	23	ลดลง 72.28 %
4. หน้าต่างบานเปิด	73	23	ลดลง 68.49 %

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบเวลารอคอยในกระบวนการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เปรียบเทียบผล
1. ประตูบานเลื่อน	187	3.25	ลดลง 98.26 %
2. ประตูบานสวิง	144	3.6	ลดลง 97.50 %

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เปรียบเทียบผล
3. หน้าต่างบานเลื่อน	189	3.1	ลดลง 98.35 %
4. หน้าต่างบานเปิด	140	3.1	ลดลง 97.78 %

อภิปรายผล

ในการศึกษาและดำเนินงานโครงการในครั้งนี้ภายหลังจากการทำการศึกษารื่องการปรับปรุงผังโรงงานเพื่อการลดเวลารอคอยในการผลิต และใช้เทคนิคการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบในการค้นหาปัญหาของงานที่ล่าช้าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ และทำการหามาตรการแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มปริมาณของงานในกระบวนการเมื่อเทียบกับผลผลิตตลอดจนสามารถจัดทำเป็นมาตรฐานในการทำงานได้จากกรณีศึกษาใน บริษัทกรณีศึกษา กระบวนการผลิตประตู หน้าต่างอะลูมิเนียมสามารถอภิปรายผลของการดำเนินงานโครงการโดยสามารถเพิ่มปริมาณของชิ้นงานในกระบวนการผลิตและนำมาตรการดังกล่าวมาจัดทำเป็นมาตรฐานในการทำงานได้

เอกสารอ้างอิง

- ลักษณะ อุปะทะ.(2558) .การออกแบบและวางผังโรงงานของ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที.ที.เอ็น.สแตนเลส [วิทยานิพนธ์ปริญญา ไม่ได้ตีพิมพ์].มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- อักษรสวรรค์ วชิรสุนทรกิจ. (2559).กลยุทธ์ 5 ส และการวางผังโรงงานอย่างมีระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการท างาน ภายในคลังสินค้า เลส [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์].มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สหพล มรรคผล และ บุชบา พฤษภาพันธุ์รัตน์. (2563).การออกแบบผังโรงซ่อมแซมถังก๊าซโดยการจำลองสถานการณ์ด้วย คอมพิวเตอร์
- สมศักดิ์ ตรีสัตย์. (2535). การออกแบบและวางผังโรงงาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- ผศ.ดร. ประจวบ กล่อมจิตร. (2555). การออกแบบและวางผังโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มผลิตและความปลอดภัย. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- วิทยา อินทร์สอน. (16 สิงหาคม 2560). การวางผังโรงงานอุตสาหกรรม. (Industrial E-Magazine).
<http://www.thailandindustry.com/onlineimag/view2.php?id=1229§ion=16&issues=79>
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (22 สิงหาคม 2560). แผนภูมิการไหลของกระบวนการ.(DSpace Repository).
<http://ir.rmuti.ac.th/xmlui/bitstream/handle>.
- สุทธิชัย ขวาคำ. (2554). การออกแบบผังโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์หลายประเภทในสายการผลิตเดียวกัน. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์.

Received: Jan 27, 2022

Revised: Apr 18, 2022

Accepted: May 24, 2022

การสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาด้วยเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า A SYNTHESIS OF SILICA NANOFIBERS BY CURRENT HEATING TECHNIQUE

สมอ บุญพันธ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Samor Boonphan

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

Email: samor_b@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาจากแท่งแกรไฟต์ผสมกับซิลิคอนไดออกไซด์ที่อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของซิลิคอนไดออกไซด์เป็น 10 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าภายใต้บรรยากาศของก๊าซอาร์กอน ทำการศึกษารูปร่างและโครงสร้างจุลภาคของเส้นใยนาโนซิลิกาที่เตรียมได้โดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffractometry, XRD) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope, TEM) พบว่าเส้นใยนาโนที่ได้มีลักษณะเรียบยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 50 - 90 นาโนเมตร ความยาวมากกว่า 20 ไมโครเมตร ที่เงื่อนไข 20 wt% ของซิลิคอนไดออกไซด์ เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์เนื่องจากปริมาณเส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ได้มากที่สุดคือ 10 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เส้นใยนาโนซิลิกา, เทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า, โครงสร้างจุลภาค, กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

Abstract

This study aimed to find the optimum conditions for synthesis silica nanofibers from the mixture of graphite and silicon dioxide. The ratio of silicon dioxide at 10%, 20%, 30% and 40% by weight were used. A current heating technique was use for synthesis silica nanofibers in inert gas. A chemical composition and microstructure of silica nanofibers were characterization by X-ray diffractometry (XRD), scanning electron microscope (SEM) and transmission electron microscope (TEM). It was found that, silica nanofibers were smooth and long, diameter about 50-90 nm and the length more than 20 μ m were obtained. At 20 wt% of silicon dioxide is the best condition for synthesis silica nanofiber. Because of, the maximum amount of synthesized nanofibers is 10 percent.

Keywords: Silica nanofiber, Current heating technique, Microstructure, scanning electron microscope

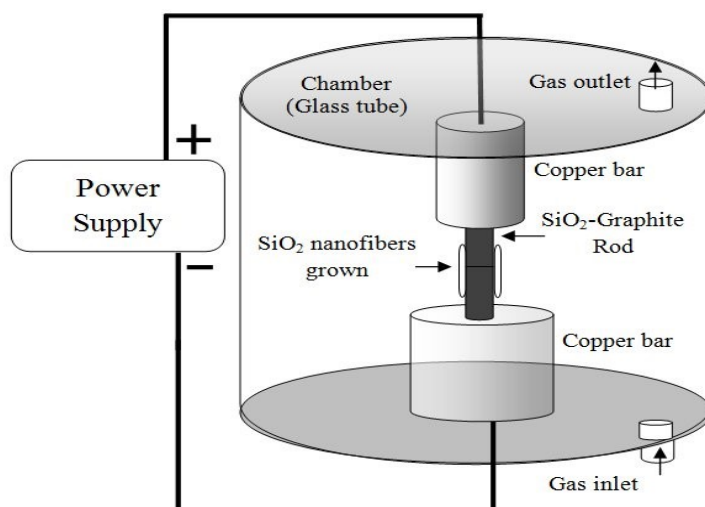
บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาวัสดุนาโน (nanomaterials) ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตปัจจุบัน รวมทั้งอยู่ในความสนใจของนักวิทยาศาสตร์ ด้วยขนาดที่เล็กลงจากเส้นใยแบบดั้งเดิมในระดับไมโครเมตร ส่งผลให้เส้นใยนาโนมีสมบัติที่พิเศษมากขึ้น ทั้งความสามารถในการยืดหยุ่นที่ดี อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเพิ่มขึ้น รวมไปถึงสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น (E. Loccufer et al., 2019, Yehia et al., 2018) วัสดุนาโนที่กำลังอยู่ในความสนใจของนักวิทยาศาสตร์ เช่น ท่อนาโนคาร์บอน กราฟีน เส้นใยนาโน

โนซิลิกา อนุภาคนาโนซิลิกา เป็นต้น (Boonphan and Singjai., 2017, Mehran et al., 2018, Daniel et al., 2019) สำหรับซิลิกานั้น มีการนำวัสดุนาโนซิลิกามาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของวัสดุให้ดีขึ้น เพื่อผลิตและสร้างวัสดุที่มีประสิทธิภาพดีกว่าวัสดุดั้งเดิม รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย เช่น วัสดุนาโนคอมโพสิต (Jianming et al., 2019) วัสดุใช้งานอุตสาหกรรมการกรองลมร้อน (Beyza et al., 2019) นอกจากนี้ยังมีการใช้ซิลิกาเป็นสารเสริมแรงในผลิตภัณฑ์ยาง ซิลิกายังเป็นสารเสริมแรงที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเพิ่มความแข็งแรงและสมบัติเชิงกลด้านต่าง ๆ (Maha and Sylvie, 2020, Niloufa and Ali., 2017) ซิลิกายังนิยมนำมาใช้ในงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะการใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา (Muhamad et al., 2020) ในการสังเคราะห์เส้นใยนาโนนั้นสามารถสังเคราะห์ได้หลายวิธีด้วยกันไม่ว่าจะเป็น เทคนิคการอาร์คดิสชาร์จ (Arc discharge) เทคนิคเลเซอร์แอบเลชัน (Laser ablation) เทคนิคการตกสะสมไอเคมี (Chemical vapor deposition, CVD) หรือเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า สำหรับเทคนิคการสังเคราะห์เส้นใยนาโนโดยการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้านั้น เป็นเทคนิคที่สามารถทำได้ง่ายและไม่ยุ่งยาก ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะผลิตเส้นใยนาโนซิลิกาโดยใช้เทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า เพื่อที่จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาและนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ ต่อไป

ระเบียบการวิจัย

ทำการสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาโดยเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า (Singjai et al., 2002) จากแท่งแกรไฟต์บดเป็นผงผสมกับซิลิกอนไดออกไซด์ที่ส่วนผสมโดยน้ำหนักของซิลิกอนไดออกไซด์เป็น 10 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์อัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ได้ชิ้นงานเป็นแท่งทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรที่มีความยาว 20 มิลลิเมตร และให้กำลังไฟฟ้าในช่วง 200 – 260 วัตต์ เป็นเวลา 50 นาที ภายใต้บรรยากาศของก๊าซอาร์กอนเพื่อไม่ให้เกิดการทำปฏิกิริยาของแท่งสารขณะเกิดความร้อนกับก๊าซออกซิเจนที่อยู่ในครอบแก้ว จึงต้องผ่านก๊าซอาร์กอนซึ่งเป็นก๊าซเฉื่อยเพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนออกไป ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นแบบจำลองชุดอุปกรณ์การสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาโดยเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วยครอบแก้วรูปทรงกระบอก เจาะรูที่ขอบด้านบนและด้านล่างเพื่อให้ก๊าซอาร์กอนไหลผ่าน ภายในครอบแก้วจะมีแท่งทองแดงเป็นขั้วแคโทดและขั้วแอโนดที่ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ ระหว่างขั้วทั้งสองจะวางแท่งสารที่จะทำการสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน รูปที่ 2 เป็นแท่งสารขณะทำการสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกา โดยเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยเริ่มจากนำแท่งสารไปวางไว้ระหว่างขั้วแคโทดและขั้วแอโนด ซึ่งทำจากแท่งทองแดง ปิดครอบแก้วแล้วปล่อยก๊าซอาร์กอนด้วยอัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาทีเพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนที่อยู่ในครอบแก้วออกให้หมด จากนั้นจึงให้กำลังไฟฟ้าโดยการปรับเพิ่มค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันจนคงที่ จากนั้นคงที่ไว้ เมื่อครบ 50 นาทีจึงหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า เส้นใยนาโนซิลิกาที่สังเคราะห์ได้จะเกาะกันเป็นแผ่นที่ขอบผิวของแท่งสาร นำเส้นใยนาโนซิลิกาที่สังเคราะห์ได้ไปทำการวิเคราะห์ด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)



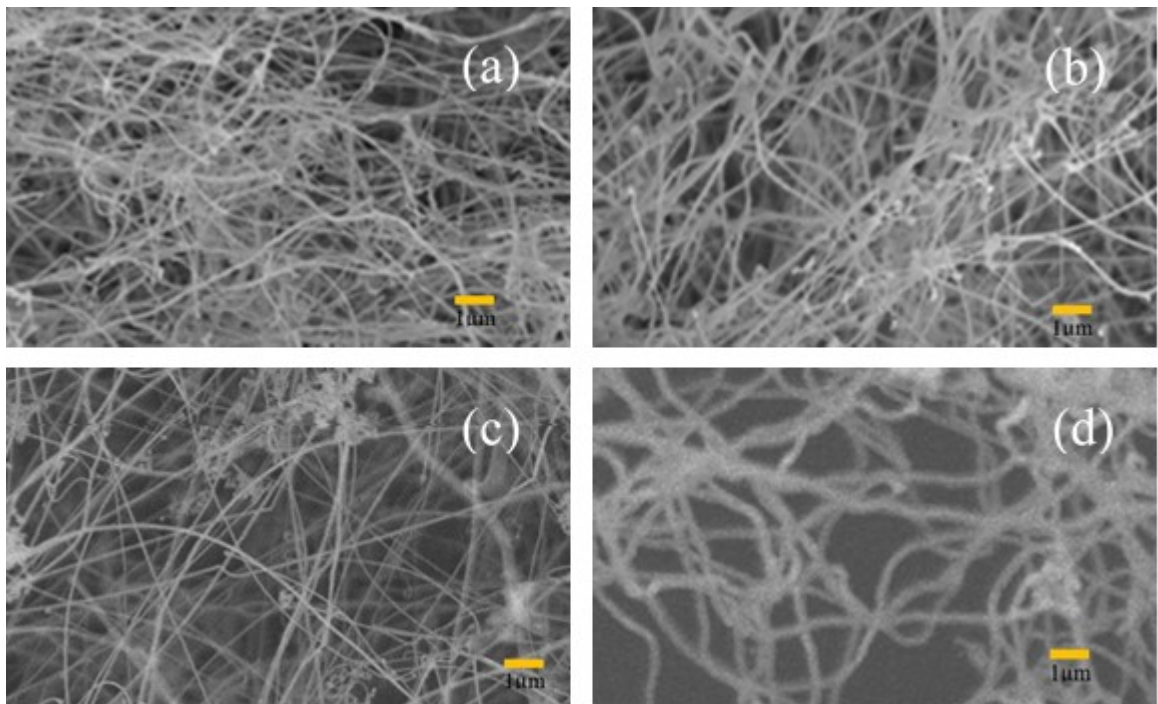
ภาพที่ 1 ชุดอุปกรณ์การสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาโดยเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 2 แท่งสารขณะทำการสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาโดยเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า

ผลการดำเนินงาน

ผลจากการทดลอง เมื่อสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาโดยการถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 3 a – c จะเห็นได้ว่าเส้นใยนาโนซิลิกาที่สังเคราะห์ได้จะมีลักษณะเรียบและยาวมาก มีความยาวมากกว่า 20 ไมโครเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ประมาณ 50 – 90 นาโนเมตร ส่วนในรูปที่ 3 d จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ประมาณ 150 นาโนเมตร จากการวิเคราะห์พบว่ากลไกที่ทำให้เกิดเส้นใยนาโนซิลิกานั้นเกิดจาก เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในแท่งวัสดุผสมระหว่างแกรไฟต์กับซิลิคอนไดออกไซด์ จะทำให้ภายในแท่งวัสดุผสมเกิดความร้อนสูงมาก และทำให้ซิลิคอนไดออกไซด์เกิดการหลอมละลายและระเหยออกมาก่อนแกรไฟต์ (จุดหลอมเหลวซิลิคอนไดออกไซด์ประมาณ 1700 ° ซ ส่วนแกรไฟต์ ประมาณ 3600 ° ซ) (Chuang et al., 2010) เมื่อไอของซิลิคอนไดออกไซด์ระเหยออกมาที่ช่องผิวของแท่งวัสดุผสมมาเจออุณหภูมิภายนอกที่เย็นกว่าจึงทำให้ไอตกสะสมที่ผิวและงอกออกมาเป็นเส้นใยนาโนซิลิกา (Singjai et al., 2002) มีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวที่ผิวของแท่งวัสดุผสม

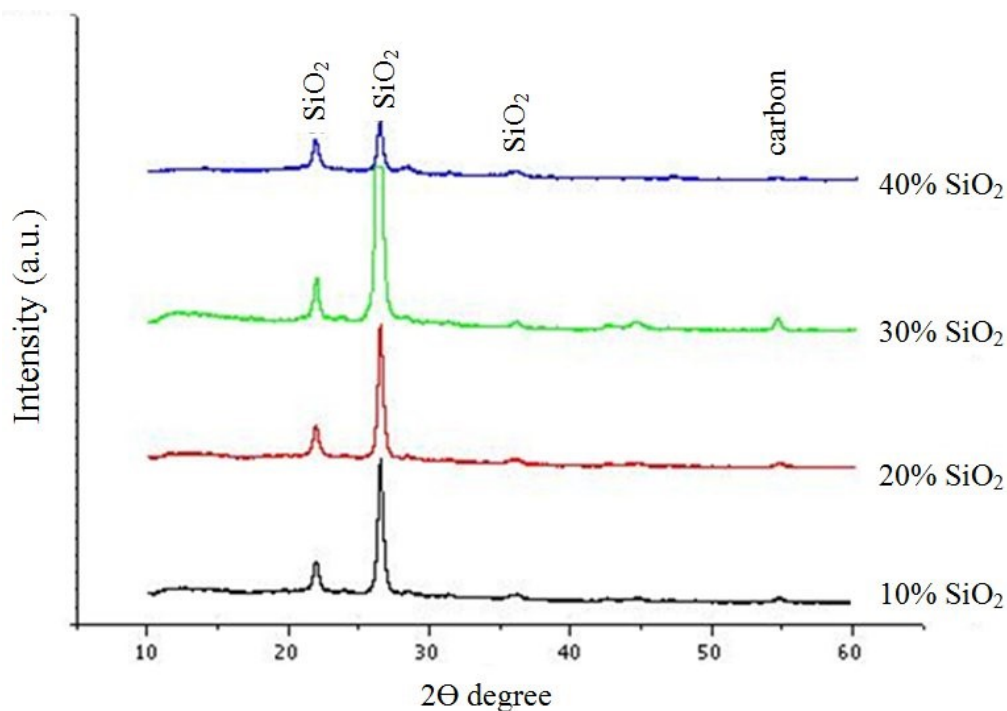


ภาพที่ 3 แสดง SEM ลักษณะเส้นใยนาโนเซลลูโลสที่เตรียมจากแกรไฟต์ผสมเซลลูโลนไดออกไซด์ที่อัตราส่วนผสมของเซลลูโลส (a) 10 wt%, (b) 20 wt%, (c) 30 wt% และ (d) 40 wt%

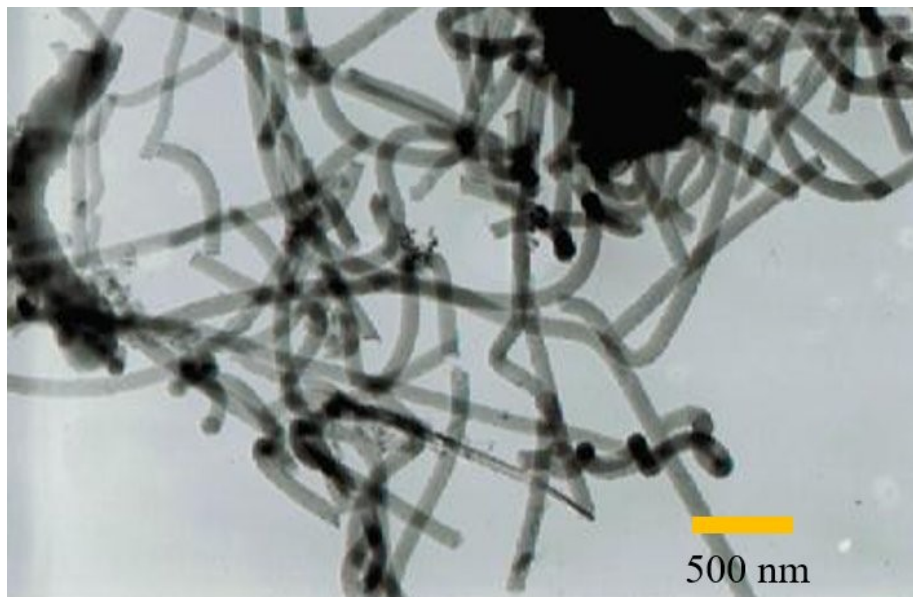
หลังจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์เส้นใยนาโนเซลลูโลสด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ดังรูปที่ 4 พบว่ามีองค์ประกอบของเซลลูโลส (Magda et al., 2013, Mansour et al., 2018) ซึ่งปรากฏพีคหลัก 2 พีค ที่ระนาบ (100) ซึ่งตรงกับมุม 2Θ เท่ากับ 21.6° และระนาบ (101) ที่มุม 2Θ เท่ากับ 26.4° ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นผลึกของเส้นใยนาโนเซลลูโลส และจากกราฟที่ส่วนผสมของเซลลูโลส 30 wt% ความกว้างของพีคค่อนข้างจะกว้างกว่าที่ส่วนผสมอื่น ๆ เมื่อใช้ความสัมพันธ์ของสมการ Scherrer formula

$$t = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

โดยที่ t คือ ขนาดผลึกเฉลี่ย λ คือค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์ β คือความกว้างที่ความสูงครึ่งหนึ่งของความสูงสูงสุดของกราฟและ θ คือมุมของแบร็ก (Bragg's angle) จากการวิเคราะห์ขนาดผลึกเฉลี่ย (t) แปรผกผันกับความกว้างของพีคที่ความสูงครึ่งหนึ่ง (Full width at half maximum: FWHM) ก็จะสอดคล้องกับรูปที่ 3 คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนใหญ่ของเส้นใยนาโนเซลลูโลสที่ส่วนผสม 30 wt% ค่อนข้างเล็กกว่าที่ส่วนผสมอื่น นอกจากนี้ยังมีพีคของแกรไฟต์ที่โผล่มาด้วย ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากตอนที่แกะเส้นใยนาโนเซลลูโลสออกจากที่ขอบผิวของแท่งสารนั้นจะมีผงแกรไฟต์ติดปนมาด้วย ซึ่งไม่สามารถที่จะแยกออกได้ ด้วยเหตุนี้เมื่อนำมาวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์จึงมีพีคของแกรไฟต์โผล่มาด้วย ส่วนในรูปที่ 5 เป็นภาพถ่ายลักษณะของเส้นใยนาโนเซลลูโลสที่ทำการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) จากภาพถ่ายเส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะทึบ ไม่โปร่งแสง นั้นแสดงให้เห็นว่าเส้นใยที่สังเคราะห์ได้ไม่เป็นท่อนั่นเอง ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ประมาณ 80 นาโนเมตร



ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยนาโนซิลิกาที่เตรียมจากแกรไฟต์ผสมซิลิกาที่อัตราส่วนผสมของซิลิกา 10 – 40 wt% ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์



ภาพที่ 5 ภาพถ่าย TEM แสดงลักษณะของเส้นใยนาโนซิลิกา

ในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ลักษณะเส้นใยนาโนซิลิกาที่สังเคราะห์ได้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยและปริมาณของเส้นใยที่สังเคราะห์ได้ จากตาราง ในเงื่อนไขที่ใช้ซิลิคอนไดออกไซด์ 10 wt% เส้นใยนาโนที่ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 50 - 90 นาโนเมตร แต่ปริมาณที่สังเคราะห์ได้น้อยมาก ๆ ส่วนเงื่อนไขที่ใช้ซิลิคอนไดออกไซด์ 20 wt% เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 50 - 90 นาโนเมตร และปริมาณที่สังเคราะห์ได้อยู่ที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับน้ำหนักก่อนสังเคราะห์ได้ ซึ่งเป็นปริมาณที่สังเคราะห์ได้มากกว่าเงื่อนไขอื่น ๆ ที่เงื่อนไขซิลิคอนไดออกไซด์ 40 wt% เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 150 นาโนเมตร เมื่อใช้ปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นกำลังไฟฟ้าที่ใช้

ในการสังเคราะห์จะมีค่าลดลงทั้งนี้ก็เนื่องมาจากค่าความต้านทานของแท่งสารมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะของเส้นใยที่สังเคราะห์ได้นั้นมีลักษณะที่เรียบและยาวเหมือนกันทุกเงื่อนไข

ตารางที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและปริมาณเส้นใยนาโนซิลิกาที่สังเคราะห์ได้ที่เงื่อนไขต่าง ๆ

SiO ₂	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)*	เส้นผ่านศูนย์กลาง (nm)	ปริมาณที่สังเคราะห์ได้ (wt%)**
10	260	50 - 90	-
20	250	50 - 90	10
30	230	50 - 90	5
40	200	150	4

หมายเหตุ: * กำลังไฟฟ้าคำนวณจากค่ากระแสคูณกับแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับแท่งสาร

** ปริมาณที่เคราะห์ได้เป็นปริมาณเส้นใยนาโนเทียบกับน้ำหนักก่อนสังเคราะห์โดยประมาณ

สรุปผลการวิจัย

เส้นใยนาโนซิลิกาที่สังเคราะห์ได้ด้วยเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าจะมีลักษณะเรียบและมีความยาวมากกว่า 20 ไมโครเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ในช่วง 50 – 90 นาโนเมตร ยกเว้นที่เงื่อนไขซิลิคอนไดออกไซด์ 40 wt% เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 150 นาโนเมตร และปริมาณของเส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ได้เมื่อเทียบกับน้ำหนักก่อนทำการสังเคราะห์จะได้อยู่ที่ประมาณ 4 – 10 เปอร์เซ็นต์ การสังเคราะห์ที่เงื่อนไข 20 wt% ของซิลิคอนไดออกไซด์ เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์เนื่องจากปริมาณเส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ได้มากที่สุดคือ 10 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้หากจะทำการสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาให้ได้ปริมาณที่มากขึ้น อาจจะต้องทำการศึกษาโดยการปรับเปลี่ยนขนาดของแท่งสารที่ใช้ในการสังเคราะห์ให้มีพื้นที่ผิวที่ขอบด้านนอกมากขึ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการเกิดเส้นใยนาโนซิลิกา ซึ่งทางผู้วิจัยก็ต้องทำการศึกษาเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์เส้นใยนาโนซิลิกาให้ได้ปริมาณที่มากขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่ได้สนับสนุนแหล่งทุนสำหรับทำวิจัย และขอขอบคุณหน่วยวิจัยนาโนและวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Loccufier, E., Geltmeyer, J., Esquivel, D., D'hooge, D. R., De Buysser, K., & De Clerck, K. (2019). Electrospinning of silica nanofibers without carrier polymer for advanced engineering applications. 19th World Textile Conference on Textiles at the Crossroads, 11-15 June 2019, Ghent, Belgium.
- Yehia, M. M., Ihsanullah, Ayman, S., Tareq A., & Muataz, A. A. (2018). A Review of Carbon Nanomaterials' Synthesis via the Chemical Vapor Deposition (CVD) Method. Journal of Materials, 11, 822-858.
- Samor, B. & Singjai, P. (2017). Solar heat absorbing coating from multi-walled carbon nanotube composites with linear low-density polyethylene-coated copper sheet. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 36(9), 714–721.
- Mehran, S., Saeed, B. & Morteza, D. J. (2018). Fabrication and investigation of silica nanofibers via electrospinning. Journal of Materials Science & Engineering C, 91, 502-511.
- Daniel, F. H. R., Posidia, P. G. & Andres, R. R. (2019). Production and characterization of silica nanoparticles from rice husk. Advanced Materials Letters, 10(1), 67–73.
- Jianming, Y., Chao, W., Shiheng, L., Nian, L., Jia, Z. & Zhenda, L. (2019). Li⁺-Containing, Continuous Silica Nanofibers for High Li⁺ Conductivity in Composite Polymer Electrolyte. Small Journal, 15, 1–9.

- Beyza, N., Mehed, D. C., Yusuf, P., Yasin, A. & Ali, K. (2019). Centrifugally spun silica (SiO₂) nanofibers for high temperature air filtration. *Aerosol Science and Technology*, 53(8), 921–932.
- Maha, B. & Sylvie, L. (2020). Laser-induced breakdown measurements of silica nanofibers in air and immersed in water, ethanol and isopropanol. *EPJ Web of Conferences*, 238, 1–2.
- Niloufa, S. & Ali, A. G. (2017). How Porous Nanofibers Have Enhanced the Engineering of Advanced Materials: A Review. *Journal of Textiles and Polymers*, 5(2), 57-72.
- Muhamad, N., Heru, S., & Widiya, S. (2020). Synthesis of PVA/SiO₂ Nanofibers by Electrospinning Method for Supercapacitor Separators. 6th International Seminar on Science and Technology, July 25th 2020, Surabaya, Indonesia.
- Singjai, P., Wongjamras, A., Yu, L. D. & Tunkasiri, T. (2002). Production and characterization of beaded nanofibers from current heating of charcoal. *Journal of Chemistry Physics Letters*, 366, 51-55.
- Chuang, Hwang, W. & Liu, S. (2010). Effects of Graphite, SiO₂, and Fe₂O₃ on the Crushing Strength of Direct Reduced Iron from the Carbothermic Reduction of Residual Materials. *Materials Transactions*, 51(3), 488-495.
- Magda, A., Hesham, F. A., Hesham, M. S., Aref M. E., & Ahmed, I. (2013). Preparation and Characterization of Silica Nanoparticles by Wet Mechanical Attrition of White and Yellow Sand. *Journal Nanomedicine and Nanotechnology*, 4(6), 183-196.
- Mansour, B., Behzad, N. & Ali, M. (2018). A study on crystallization of amorphous nano silica particles by mechanical activation at the presence of pure aluminum. *Journal of Solid State Chemistry*, 263, 208-215.

Received: Jan 14, 2022

Revised: March 15, 2022

Accepted: Mar 21, 2022

โมเดลของการตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของจุดควบคุมภาพสำหรับดาวเทียมรายละเอียดสูงไทยโชต

MODEL OF QUANTITY AND QUALITY OF PHOTO CONTROL POINTS FOR THAICHOTE SATELLITE IMAGERY

อภิเสฏฐ์ สุวรรณสะอาด

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Apised Suwansaard

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of

Technology Rattanakosin

Email: apised.suw@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโมเดลของการตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของจุดควบคุมภาพสำหรับดาวเทียมรายละเอียดสูงไทยโชตด้วยวิธี Hold Out Validation (HOV) และวิธี Leave One Out Cross Validation (LOOCV) เพื่อใช้คัดกรองจุดควบคุมภาพที่มีคุณภาพ โดยการประมาณค่าการวางตัวภายนอกของเซนเซอร์เป็นค่าคงที่สำหรับการประมาณตำแหน่งของเซนเซอร์ () และค่ามุมเอียงรอบแกน X แกน Y ของเซนเซอร์ () ส่วนค่าแก้มุมเอียงรอบแกน Z ของเซนเซอร์ () เป็นสมการพหุนามกำลังสอง ซึ่งต้องการสัมประสิทธิ์ที่ไม่ทราบค่า 8 ค่า ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องใช้จุดควบคุมภาพถ่ายภาคพื้นดิน (GCPs) อย่างน้อย 4 จุด เพื่อใช้ปรับปรุงแบบจำลองของเซนเซอร์ เมื่อนำผลการปรับปรุงแบบจำลองเซนเซอร์ไปตัดแก้ภาพออร์โธและวาง GCPs บริเวณขอบเขตภาพในแนวขนานกับเส้นทางวงโคจร ผลการปรับปรุงแบบจำลองเซนเซอร์ได้ RMSE ของการปรับแก้เท่ากับ 0.21 เมตร และความละเอียดถูกต้องของภาพออร์โธตามมาตรฐาน NSSDA พบว่า ภาพออร์โธที่ใช้ GCPs 13 จุด และจุดตรวจสอบอิสระ 59 จุดจากวิธี HOV มีความละเอียดถูกต้องเท่ากับ 1.52 เมตร (2.98 จุดภาพ) และภาพออร์โธที่ใช้ GCPs 8 จุด และจุดตรวจสอบ 44 จุดจากวิธี LOOCV มีความละเอียดถูกต้องเท่ากับ 0.84 เมตร (1.63 จุดภาพ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี LOOCV ส่งผลให้คุณภาพออร์โธที่ผลิตได้ดีกว่าวิธี HOV

คำสำคัญ: ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต จุดควบคุมภาพ ภาพถ่ายออร์โธ

Abstract

The research was to study a model of monitoring the quantity and quality of image control points for Thaichote high-resolution satellites using Hold Out Validation (HOV) and Leave One Out Cross Validation (LOOCV) methods for screening control points and picture quality by estimating the sensor's external orientation as a constant for estimating the sensor's position () and the sensor's X-axis of inclination (), the sensor's Z-axis of inclination correction () is a polynomial squares equation. This requires 8 unknown coefficients, at least 4 ground-based photo control points (GCPs) are needed to improve the sensor model. The sensor model improvement results were applied to correct the ortho image and place the GCPs in the image boundary parallel to the orbital path, the sensor model improvement result was an RMSE of correction equal to 0.21 m and ortho image accuracy in accordance with NSSDA standards. It was found that the ortho images using 13 GCPs and 59 independent checkpoints from the HOV method had a resolution of 1.52 m (2.98 image points) and ortho images using 8 GCPs and

44 checkpoints. The LOOCV method has an accuracy of 0.84 m (1.63 image points), indicating that the LOOCV method results in better ortho-produced quality than the HOV method.

Keywords: Thaichote Satellite Imagery, Control Points, Ortho Photo

บทนำ

ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษหลายประการ เช่น ความละเอียดเชิงพื้นที่สูง (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2564) (spatial resolution) ทำให้สามารถจำแนกรายละเอียดของสิ่งต่างๆ ได้ชัดเจน ดาวเทียมส่วนใหญ่สามารถโคจรกลับมาบันทึกข้อมูลซ้ำบริเวณเดิมทำให้ได้ข้อมูลภาพที่ทันสมัย และการบันทึกข้อมูลภาพสามารถครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง เหมาะกับพื้นที่ห่างไกลยากแก่การเข้าถึง (จุฑามาศ, 2553) ตัวอย่างดาวเทียมรายละเอียดสูง เช่น ดาวเทียม IKONOS สามารถบันทึกข้อมูลด้วยความละเอียดจุดภาพ 1 เมตรในระบบบันทึกภาพขาวดำ (panchromatic) ดาวเทียม SPOT-5 (2.5 เมตร) ดาวเทียม QUICKBIRD (0.6 เมตร) ดาวเทียม Worldview-1 (0.5 เมตร) และดาวเทียม Thaichote (2.0 เมตร) เป็นต้น จากคุณสมบัติดังกล่าวสามารถนำข้อมูลภาพไปประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆ เช่นเดียวกับโครงการตรวจสอบความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง Worldview-1 ของกรมที่ดิน (กรมที่ดิน, 2551) เพื่อนำข้อมูลภาพไปใช้กับภารกิจของกรมที่ดิน เช่น การควบคุมการจัดสรรที่ดิน การตรวจสอบใบแจ้งการครอบครองที่ดิน การเข้าพื้นที่เพื่อรังวัดและออกโฉนดที่ดินให้แก่ประชาชน เป็นต้น แต่ข้อมูลภาพที่ได้มีข้อจำกัด เช่น การกระจายของจุดภาพผิดปกติ ความบิดเบี้ยวของภาพ ข้อมูลขาดหาย ซึ่งมีสาเหตุมาจากยานสำรวจเคลื่อนที่ไม่คงที่ การสะท้อน หักเหของแสงในชั้นบรรยากาศ และการบันทึกข้อมูล ก่อนนำข้อมูลภาพไปใช้งาน ควรปรับปรุงข้อมูลภาพให้ถูกต้องด้วยการกำจัดความคลาดเคลื่อนต่างๆ (มรกต, 2545)

การปรับแก้ภาพสามารถทำได้หลายวิธี ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของภาพหลังการปรับแก้ต้องคำนึงถึงสมการทางคณิตศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ใช้ปรับแก้ร่วมกับจุดควบคุมภาพ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองการแปลงพิกัดภาพ (ไพศาล, 2553) สำหรับการปรับแก้ภาพในงานวิจัยครั้งนี้เลือกแบบจำลองทางกายภาพในการตัดแก้ออร์โธ (orthorectification) ของข้อมูลภาพ Thaichote เนื่องจากใช้ข้อมูลจริงขณะบันทึกภาพทำให้สามารถลดความคลาดเคลื่อนบนภาพถ่ายที่เกิดจากการวางตัวของเซนเซอร์ (sensor orientation) และความสูงต่ำของภูมิประเทศ (relief displacement) เพื่อให้ภาพหลังการปรับแก้มีความถูกต้องสามารถวัดพิกัด ทิศทาง ระยะทาง เช่นเดียวกับแผนที่ลายเส้น การสร้างภาพออร์โธสามารถทำได้หากทราบค่าความสูงภูมิประเทศในแต่ละจุด (Kapnias et al., 2008) ที่เป็นตำแหน่งตรงกับจุดภาพบนข้อมูลภาพ (กรณีการถ่ายภาพในแนวดิ่ง) หากข้อมูลภาพไม่ได้ถ่ายในแนวดิ่งจำเป็นต้องทราบค่าพารามิเตอร์การจัดวางภาพภายนอก (Exterior Orientation Parameters; EOPs) และแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) ถึงแม้จะใช้ข้อมูลจริงขณะดาวเทียมบันทึกภาพแต่ข้อมูลที่ได้มักมีความคลาดเคลื่อนทำให้ผลการคำนวณไม่ถูกต้องซึ่งมีผลต่อความถูกต้องของภาพออร์โธ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแบบจำลองทางกายภาพ (Refinement of Physical Model) เพื่อคำนวณปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งและการวางตัวของเซนเซอร์ด้วยการใช้จุดควบคุมภาพ (Jon et al., 2017)

สำหรับจุดควบคุมภาพที่นำมาใช้ควรมีค่าความละเอียดถูกต้องสูงประมาณหนึ่งในสามของความละเอียดของจุดภาพ (Crespi et al., 2021) และมีจำนวนมากเพียงพอสำหรับการปรับแก้ภาพ และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ใช้ปรับแก้ หรือภาพหลังการปรับแก้ ปัจจุบันนิยมคัดเลือกจุดควบคุมภาพโดยแบ่งข้อมูลทั้งหมดเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกคือจุดควบคุมภาพถ่ายภาคพื้นดิน (ground control point; GCPs) กลุ่มที่สองคือจุดตรวจสอบอิสระ (independent check points; ICPs) หรือเรียกว่าวิธี Hold Out Validation (HOV) วิธี HOV ไม่เหมาะในกรณีที่มีจุดควบคุมภาพจำนวนจำกัด และอาจเกิดข้อผิดพลาดเมื่อมีการแบ่งกลุ่มผิด ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ได้เสนอวิธี Leave One Out Cross Validation (LOOCV) เป็นอีกหนึ่งเทคนิคในการคัดเลือกจุดควบคุมภาพโดยให้ข้อมูลทั้งหมดเป็น GCPs จากนั้นเลือกหนึ่งจุดเป็นจุดตรวจสอบแล้วคำนวณการปรับแก้ การคำนวณปรับแก้แต่ละครั้งจะทราบมีค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบเพื่อนำมาใช้ในการกรองข้อมูลก่อนคัดเลือกจุดควบคุมภาพ ทั้งสองวิธีนี้เป็นส่วนหนึ่งของเทคนิคครอสวาลิเดชัน (Brovellia et al., 2006)

วิธีการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงแบบจำลองทางกายภาพ และวิธีที่มีประสิทธิภาพในการหาจุดควบคุมภาพด้วยวิธี HOV และวิธี LOOCV เพื่อหาจำนวนจุดควบคุมภาพที่ใช้ร่วมกับแบบจำลองทางกายภาพที่ผ่านการปรับปรุงสำหรับการปรับแก้ภาพ Thaichote วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย รูปถ่ายทางอากาศจำนวน 4 แนวบิน ๆ ละ 13 รูปสามารถสรุปเป็นขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1) การปรับแก้การสามเหลี่ยมจากรูปถ่ายทางอากาศเป็นวิธีการขยายเพิ่มค่าพิกัดทางดิ่งและทางราบภาคพื้นดินโดยการรังวัดตำแหน่งของจุดควบคุมรูปถ่ายในพื้นที่ที่มีส่วนเหลือของรูปถ่ายทางอากาศ วิธีของการสามเหลี่ยมจากรูปถ่ายทางอากาศสามารถจำแนกรูปแบบการปรับแก้ (Adjustment) ได้ 3 วิธี คือ

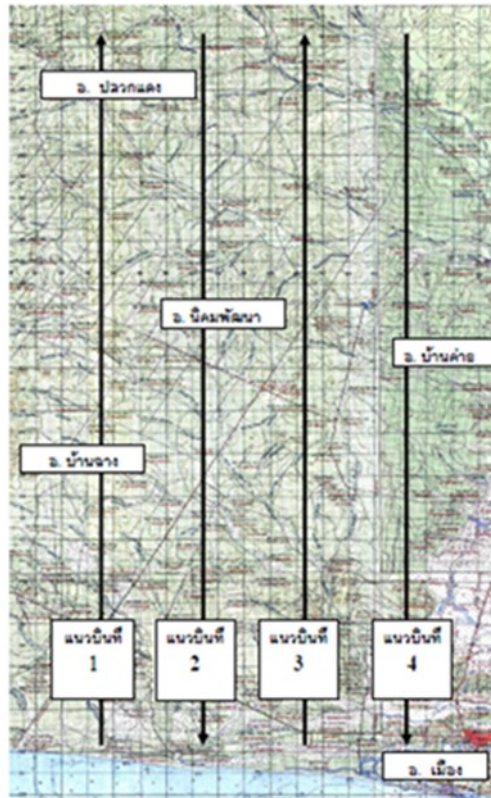
- 1.1) การปรับแก้แบบพหุนามหรือวิธีต่อลำดับ (Polynomial or Sequential)
- 1.2) การปรับแก้แบบจำลองอิสระ (Independent Model)
- 1.3) การปรับแก้แบบลำแสง (Bundle)
- 2) การเปรียบเทียบผลการปรับแก้ระหว่างบล็อกลำแสงกับบล็อกแบบจำลองอิสระ
- 3) การเปรียบเทียบผลการปรับแก้กับบล็อก Den Haag ประเทศเนเธอร์แลนด์
- 4) ขั้นตอนของการสามเหลี่ยมจากรูปถ่ายทางอากาศ
- 5) การปรับแก้และพิจารณาผลการปรับแก้

ผลการทดลอง

1) จุดควบคุมภาพ แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง Thaichote พื้นที่ศึกษาลอบคลุมเนื้อที่ประมาณ 500 ตารางกิโลเมตร การรังวัดพิกัดทางราบและทางดิ่งกระทำโดยอุปกรณ์จีพีเอส ยี่ห้อ Leica 520 ใช้การปรับแก้บล็อกแบบลำแสง (Bundle block adjustment) ด้วยซอฟต์แวร์ ERDAS Imagine 8.7 (ERDAS, 2021) พื้นที่ศึกษาประกอบด้วยภูมิประเทศที่ราบลอนลาดริมชายทะเลและเขตภูเขาที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางราว 100 เมตร พื้นที่ดังกล่าวมีการใช้ที่ดินแบบเข้มข้น (Intensive land use) หลายประเภท ได้แก่ การทำสวนยางพารา สวนผลไม้ ไร่มันสำปะหลัง ไร่อ้อย และอุตสาหกรรมเคมี พื้นที่ศึกษามีอาณาเขตดังนี้

- ทิศเหนือ อยู่ในเขตอำเภอปลวกแดง และอำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง
- ทิศตะวันออก อยู่ในอำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง
- ทิศใต้ อยู่ในเขตอำเภอเมืองและชายฝั่งทะเลของอ่าวไทย จังหวัดระยอง
- ทิศตะวันตก อยู่ในเขตอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมเนื้อที่ราว 500 ตร.กม. และประกอบด้วย 4 แนวบิน ๆ ละ 13 รูป (รวมจำนวน 52 รูป) ซึ่งบินถ่ายในแนวเหนือ-ใต้ ด้วยกล้องถ่ายภาพทางอากาศแบบเมตริก ยี่ห้อ WILD RC 30 ที่มีความยาวโฟกัส 152.860 มิลลิเมตรและบินถ่ายภาพทางอากาศเมื่อเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2545 ดังแสดงในภาพที่ 1



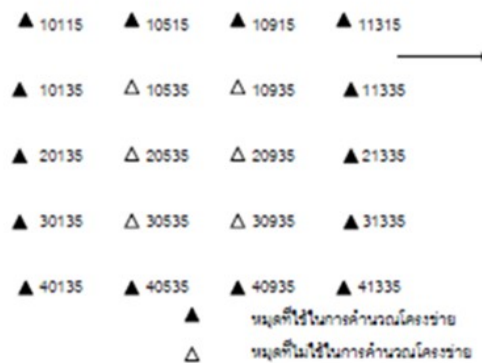
ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาซึ่งครอบคลุมพื้นที่กว่า 500 ตารางกิโลเมตร

2) การคัดเลือกจุดควบคุมภาพทั้ง 78 จุด

ก่อนรังวัดพิกัดภาพของจุดควบคุมภาพให้ตรงกับภูมิประเทศ จะต้องตรวจสอบเงื่อนไขคุณภาพของจุดควบคุมภาพ พื้นที่ศึกษาประกอบด้วยรูปถ่ายทางอากาศจำนวน 4 แนวบินๆละ 13 รูป รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 52 รูปซึ่งกำหนดให้มีหมายเลขประจำแต่ละรูปในแนวได้ - เหนือ ดังนี้

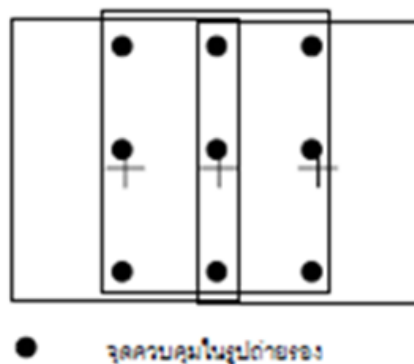
- แนวบินที่ 1 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113
- แนวบินที่ 2 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213
- แนวบินที่ 3 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313
- แนวบินที่ 4 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413

2.1) การกำหนดจุดควบคุมในรูปถ่ายหลักในห้องปฏิบัติการ กำหนดให้ระยะห่างระหว่างจุดควบคุมในรูปถ่ายหลัก (Bridging distance, i) ในแนวบิน มีค่าทุกๆ 4 เส้นฐานรูปถ่าย ($i = 4b$) และทุกๆ ส่วนเหลื่อมระหว่างแนวบิน (Side lap area) ในแนวได้ - เหนือ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การกำหนดระยะห่างระหว่างจุดควบคุมรูปถ่ายหลักให้ $i = 4b$

2.2) การกำหนดจุดควบคุมในรูปถ่ายรองในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ จุดผ่าน จุดข้าง และจุดโยงยึด ในแต่ละคู่แบบจำลองสามมิติ (A pair of stereoscopic models) ดังแสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ตำแหน่งของจุดควบคุมในรูปถ่ายรองของแต่ละคู่แบบจำลองสามมิติ



ภาพที่ 4 จุดควบคุมในรูปถ่ายของพื้นที่ศึกษาจังหวัดระยอง

2.3) การสร้างจุดควบคุมในรูปถ่ายในภาคสนาม

การกำหนดจุดควบคุมในรูปถ่ายจะเลือกวางในรูปถ่ายด้วยกล้องมองภาพทรวดทรงแบบกระจกเงา เพื่อพิจารณาลักษณะความสูง - ต่ำ ของภูมิประเทศ โดยพิจารณากำหนดจุดดังกล่าวให้เป็นจุดที่มนุษย์สร้างขึ้น

(Man – Made features) ในกรณีที่ไม่สามารถหาได้ก็ให้กำหนดเป็นจุดธรรมชาติ (Natural features) การกำหนดจุดควบคุมรูปถ่ายหลักจะต้องเป็นจุดที่เห็นได้ชัดเจนบนรูปถ่ายทางอากาศและอยู่ในภูมิประเทศที่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสได้ดี จะต้องมียมุมนั้นฟ้า (Mask angle) น้อยกว่า 15 องศา และผู้กำหนดจุดควบคุมในรูปถ่ายหลักในภาคสนามจะต้องจดบันทึกและบรรยายรายละเอียดของตำแหน่งที่ตั้งของหมุดดังกล่าว พร้อมทั้งบันทึกภาพของแต่ละหมุดด้วยเพื่อนำมาประกอบในการรังวัดจุดควบคุมในห้องปฏิบัติการ

2.4) การรังวัดพิกัดจุดควบคุมในรูปถ่ายในภาคสนาม แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

(1) การรังวัดพิกัดทางราบด้วยอุปกรณ์จีพีเอส กรรมวิธีการรังวัดจุดควบคุมในรูปถ่ายหลักจำนวน 20 หมุดสามารถกำหนดวิธีการรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสได้ดังนี้

(1.1) การรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสด้วยวิธีการสำรวจสถิต (Static survey)

จำนวน 8 หมุด

(1.2) การรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสด้วยวิธีการสำรวจสถิตอย่างรวดเร็ว (Rapid static survey) จำนวน 12 หมุด

(2) การรังวัดพิกัดทางตั้งด้วยกล้องระดับ โดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส คำนวณด้วยซอฟต์แวร์ SKI – Pro ให้ความถูกต้องของค่าพิกัดทางตั้งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความถูกต้องดีกว่า 15 เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความถูกต้องที่เพียงพอต่อการผลิตแผนที่รูปถ่ายออร์โธรี มาตราส่วน 1:25,000

2.5) การรังวัดจุดตรวจสอบระดับสูงของภูมิประเทศ

จุดตรวจสอบ (Check point) คือจุดควบคุมในรูปถ่ายหลักที่ไม่ได้นำค่าพิกัดทางราบ และค่าพิกัดทางตั้งไปใช้ในการรวมวิธีสามเหลี่ยมจากรูปถ่ายทางอากาศ แต่นำมาตรวจสอบกับค่าพิกัดของจุดควบคุมในรูปถ่ายรองที่ได้จากการคำนวณด้วยกรรมวิธีสามเหลี่ยมจากรูปถ่ายทางอากาศโครงการขยายจุดบังคับรูปถ่ายๆ นี้ประกอบด้วยจุดตรวจสอบระดับสูงของภูมิประเทศ(D) และจุดตรวจสอบพิกัดทางราบของภูมิประเทศ (P) อย่างละ 28 จุด รวมทั้งสิ้น 56 จุด ในบางภูมิประเทศภายในพื้นที่ศึกษาจะกำหนดให้จุดตรวจสอบ D และ จุดตรวจสอบ P เป็นจุดเดียวกันในหัวข้อนี้จะขอกกล่าวแต่เพียงจุดตรวจสอบ D ซึ่งจะเลือกวางในภูมิประเทศที่เห็นเด่นชัดบนรูปถ่ายทางอากาศ และเป็นพื้นที่ราบในภูมิประเทศจริง

- กำหนดจุดตรวจสอบ D ในตำแหน่งมุมทั้งสี่ของบล็อกรูปถ่ายๆ จำนวน 4 จุด และทำการรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ด้วยวิธีการสำรวจสถิตอย่างรวดเร็ว
- กำหนดจุดตรวจสอบ D ในตำแหน่งกึ่งกลางด้านทั้งสี่ของบล็อกรูปถ่ายๆ จำนวน 4 จุด และทำการรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ด้วยวิธีการสำรวจสถิตอย่างรวดเร็ว
- กำหนดจุดตรวจสอบในตำแหน่งจตุภาค (Quadrant, Q) ของบล็อกรูปถ่าย จำนวน 20 จุดซึ่งกำหนดให้กระจายแบบสุ่มครอบคลุมพื้นที่ในแต่ละจตุภาคและทำการรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสด้วยวิธีการสำรวจสถิตอย่างรวดเร็ว

2.6) การรังวัดจุดตรวจสอบพิกัดทางราบของภูมิประเทศ

จุดตรวจสอบพิกัดทางราบ (P) จะเลือกวางในภูมิประเทศที่เห็นเด่นชัดบนรูปถ่ายทางอากาศ ง่ายต่อการเข้าถึง และสามารถรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสได้ดี สำหรับพื้นที่ศึกษานี้ ได้จำแนกการวางตำแหน่งจุดตรวจสอบใน 3 ลักษณะดังนี้

- (1) กำหนดจุดตรวจสอบ P ในตำแหน่งมุมทั้งสี่ของบล็อกรูปถ่ายๆ จำนวน 4 จุด และทำการรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ด้วยวิธีการสำรวจสถิตอย่างรวดเร็ว
- (2) กำหนดจุดตรวจสอบ P ในตำแหน่งกึ่งกลางด้านทั้งสี่ของบล็อกรูปถ่ายๆ จำนวน 4 จุด และทำการรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ด้วยวิธีการสำรวจสถิตอย่างรวดเร็ว
- (3) กำหนดจุดตรวจสอบ P ในตำแหน่งจตุภาค (Quadrant, Q) ของบล็อกรูปถ่ายจำนวน 20 จุดซึ่งกำหนดให้กระจายแบบสุ่มครอบคลุมพื้นที่ในแต่ละจตุภาคและทำการรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสด้วยวิธีการสำรวจสถิตอย่างรวดเร็ว

3) การรังวัดพิกัดจุดควบคุมภาพด้วยโปรแกรม ERDAS IMAGINE Version 9.2

เริ่มจากสร้างโครงการ (Project) กำหนดระบบพิกัดและการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น กำหนดแบบจำลองหรือสมการที่ใช้ในการจัดทำโครงข่ายสามเหลี่ยมโดยเลือกเป็นแบบ Orbital Pushbroom เลือกชนิดของเส้นโครงแผนที่ (UTM) บนพื้นหลักฐาน (datum) World Geodetic System 1984 (WGS84) ข้อมูลที่ใช้ในการทำภาพออร์โธประกอบไปด้วย

- โปรแกรม ERDAS LPS 9.2
- ข้อมูลดาวเทียม Thaichote Level 1A
- ไฟล์ GCP.txt + ไฟล์ Description แต่ละจุด
- ข้อมูล DEM จาก GDEM

วิธีการมีดังนี้

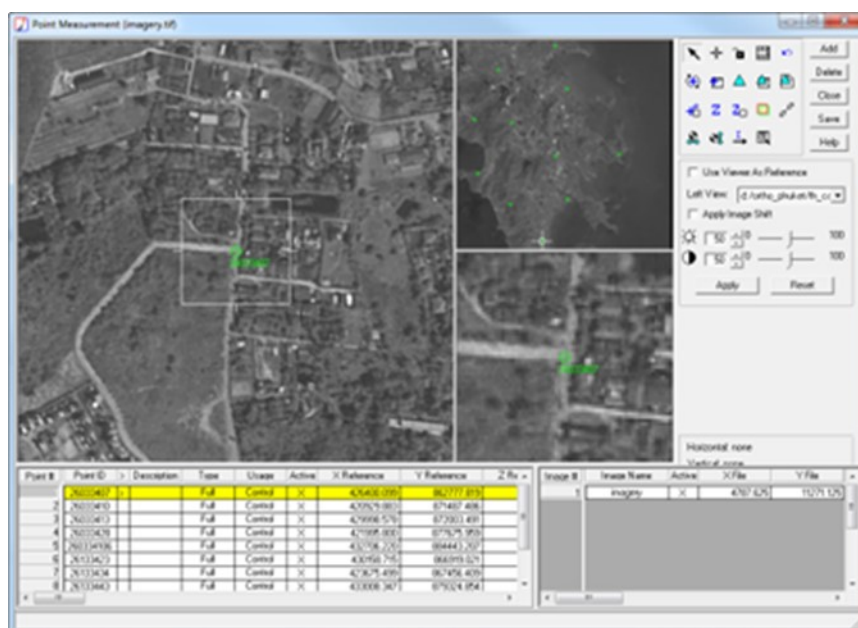
(1) เปิด LPS เลือก New... และตั้งชื่อ Block File หรือ Project กำหนด Geometric Model ได้แก่ Orbital Pushbroom — THEOS1

(2) กำหนดระบบพิกัดเป็น UTM WGS84 Zone 47N + กำหนดค่าความสูงคร่าวๆ ในพื้นที่ ในที่นี้กำหนดไว้ 90 เมตร (Average Elevation) เปิดข้อมูลภาพ THEOS Level 1A

(3) กดปุ่ม Point Measurement — เลือก Classic Point Measurement Tool

(4) เลือก Import or Export Points เลือก WhiteSpace และ Return NewLine (DOS)

(5) Select All จุด GCP ที่นำเข้ามาทั้งหมด และเลือก รูปโซ่ (Compute Image Coordinates From The Ground Points) เลื่อนแต่ละจุด GCP ให้ตรงตำแหน่งตาม Description บนข้อมูลภาพ THEOS



ภาพที่ 5 ทำการกำหนดแต่ละจุด GCP ให้ตรงตำแหน่งตาม Description บนข้อมูลภาพ THEOS

(6) เมื่อเลื่อน GCP ครบทั้งหมดแล้ว — กดปุ่ม Save และให้ทำการคำนวณ Triangulation ที่สามเหลี่ยม (Triangulation Properties)

(7) General — Pixels, Point — Fixed values, Exterior — No weight, และ Advanced Options — เลือก Use Image Observations of Check Points in Triangulation

(8) กดปุ่ม Run เพื่อดูสรุปผลการคำนวณ กดปุ่ม Report เพื่อดูผลการคำนวณอย่างละเอียด กดปุ่ม Accept ยอมรับผลการคำนวณ เปิดหน้าต่าง Point Measurement

(9) กดปุ่ม Start Ortho Resampling Process - ใส่ Output ใส่ GDEM - เลือก Cubic Convolution

4) การกำหนดข้อมูลเฉพาะของภาพถ่ายดาวเทียม เช่น ค่าการจัดวางภาพภายใน ค่าการจัดวางภาพภายนอก เป็นต้น

การกำหนดจุดควบคุมในรูปถ่ายในท้อง ปฏิบัติการจุดควบคุมในรูปถ่ายทางอากาศที่ใช้ในการขยายจุด บังคับรูปถ่ายสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

(1) จุดควบคุมในรูปถ่ายหลัก (Major photo control points)

(2) จุดควบคุมในรูปถ่ายรอง (Minor photo control points)

5) การรังวัดพิกัดจุดภาพของจุดควบคุมภาพให้ตรงกับภูมิประเทศ สำหรับการปรับปรุงแบบจำลองทางกายภาพ

แบบจำลองสามมิติ (Stereoscopic model) ใดๆจะนำไปใช้เพื่อการผลิตแผนที่ความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดของแบบจำลอง (Model space coordinate system) และระบบพิกัดภาคพื้นดิน (Ground coordinate system) จะต้องถูกสร้างขึ้นมาก่อนและเรียกว่า “การปรับสมบูรณ์ (Absolute orientation)” การปรับสมบูรณ์ต้องใช้พารามิเตอร์ / ตัวแปรเสริม 7 ตัวแปรได้แก่ การขยาย / หดมาตราส่วน (λ) การเลื่อนไปตามแนวแกนทั้งสาม (X_0, Y_0, Z_0) และหมุนรอบแนวแกนทั้งสาม (Ω, Φ, K)

ในการปรับสมบูรณ์แบบแอนะล็อก (Analog absolute orientation) การปรับจะเป็นแบบเชิงกลที่ต้องใช้ระบบพิกัดภาคพื้นดินช่วยในการปรับ โดยที่พิกัดทางราบจำนวน 2 จุดในแบบจำลองสามมิติจะช่วยในการขยาย / หดมาตราส่วนซึ่งจะเกิดการเลื่อน (Translation) ไปตามแนวแกน X และแนวแกน Y และการหมุนรอบ (Rotate) แนวแกน Z พิกัดทางตั้งจำนวน 3 จุดจะช่วยในการปรับระดับของแบบจำลองให้สอดคล้องกับระดับความสูงต่ำของภูมิประเทศ โดยการหมุนแบบจำลองสามมิติด้วย Ω และ Φ รอบแกน X และแกน Y (Ω and Φ rotation) ในการปรับสมบูรณ์เชิงวิเคราะห์ (Analytical absolute orientation) การปรับจะขึ้นอยู่กับการแปลงสามมิติ (Three – dimensional / Spatial similarity transformation) ดังสมการที่ (1)

$$S = \lambda * R * M + T \quad (1)$$

เมื่อ S = พิกัดภาคพื้นดิน (Ground coordinate: X_p, Y_p, Z_p)

λ = ตัวประกอบมาตราส่วน (Scale factor)

R = เมทริกซ์การหมุน (Rotation matrix)

M = พิกัดแบบจำลอง (Model coordinates: x, y, z)

T = การเลื่อน (Translation: X_0, Y_0, Z_0)

อภิปรายผลและสรุป

การปรับแก้ข้อมูลภาพต้องคำนึงถึงความถูกต้องเชิงตำแหน่ง เพื่อให้ได้พิกัดตำแหน่งที่ถูกต้องและสอดคล้องกับตำแหน่งบนพื้นโลกตามระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ หรือพิกัดยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator; UTM) ของแผนที่ จึงได้ข้อสรุปในการศึกษาเฉพาะการปรับแก้ภาพเชิงเรขาคณิต โดยแนวทางการปรับแก้มี 2 แนวทางหลัก ดังนี้

(1) การปรับแก้ภาพด้วยแบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model หรือ Rigorous Model)

(2) การปรับแก้ภาพด้วยแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model หรือ Replacement Model)

การปรับแก้ภาพในงานวิจัยครั้งนี้เลือกแบบจำลองทางกายภาพในการดัดแก้ออร์โธ (orthorectification) ของข้อมูลภาพ Thaichote การใช้ข้อมูลจริงขณะบันทึกภาพทำให้สามารถลดความคลาดเคลื่อนบนภาพถ่ายที่เกิดจากการวางตัวของเซนเซอร์ (sensor orientation) และความสูงต่ำของภูมิประเทศ (relief displacement) ทำให้สามารถวัดพิกัด ทิศทาง ระยะทาง เช่นเดียวกับแผนที่ลายเส้น การสร้างภาพออร์โธสามารถทำได้หากทราบค่าความสูงภูมิประเทศในแต่ละจุดที่เป็นตำแหน่งตรงกับจุดภาพบนข้อมูลภาพ หากข้อมูลภาพไม่ได้ถ่ายในแนวตั้ง

จำเป็นต้องทราบค่าพารามิเตอร์การจัดวางภาพภายนอก (Exterior Orientation Parameters; EOPs) และแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) ถึงแม้จะใช้ข้อมูลจริงขณะดาวเทียมบันทึกภาพแต่ข้อมูลที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนทำให้ผลการคำนวณไม่ถูกต้องซึ่งมีผลต่อความถูกต้องของภาพออร์โธ (Jeong et al., 2008)

สำหรับจุดควบคุมภาพที่นำมาใช้ควรมีค่าความละเอียดถูกต้องสูงประมาณหนึ่งในสามของความละเอียดของจุดภาพ (Kapnias et al., 2008) และมีจำนวนมากเพียงพอสำหรับการปรับแก้ภาพ และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ใช้ปรับแก้ หรือภาพหลังการปรับแก้ โดยแบ่งข้อมูลทั้งหมดเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกคือจุดควบคุมภาพถ่ายภาคพื้นดิน (ground control point; GCPs) กลุ่มที่สองคือจุดตรวจสอบอิสระ (independent check points; ICPs) หรือเรียกว่าวิธี Hold Out Validation (HOV) วิธี HOV ไม่เหมาะในกรณีที่มีจุดควบคุมภาพจำนวนจำกัด และอาจเกิดข้อผิดพลาดเมื่อมีการแบ่งกลุ่มผิด ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ได้เสนอวิธี Leave One Out Cross Validation (LOOCV) เป็นอีกหนึ่งเทคนิคในการคัดเลือกจุดควบคุมภาพโดยให้ข้อมูลทั้งหมดเป็น GCPs จากนั้นเลือกหนึ่งจุดเป็นจุดตรวจสอบแล้วคำนวณการปรับแก้ การคำนวณปรับแก้แต่ละครั้งจะทราบมีค่าเฉลี่ยเหลือของจุดตรวจสอบเพื่อนำมาใช้ในการกรองข้อมูลก่อนคัดเลือกจุดควบคุมภาพ (Liu et al., 2008)

วิธีที่มีประสิทธิภาพในการหาจุดควบคุมภาพด้วยวิธี HOV และวิธี LOOCV เพื่อหาจำนวนจุดควบคุมภาพที่ใช้ร่วมกับแบบจำลองทางกายภาพที่ผ่านการปรับปรุงสำหรับการปรับแก้ภาพ Thaichote ให้มีความถูกต้องและความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น สามารถเลือกจุดควบคุมภาพ 72 จุดจากจุดทั้งหมด 78 จุด คิดเป็น 92 % โดยแบ่งเป็น GCPs 13 จุด และจุดตรวจสอบอิสระ 59 จุด นอกจากนี้วิธี HOV ยังบ่งชี้จุดที่มีค่าผิดปกติ 6 จุด ส่วนวิธี LOOCV สามารถเลือกจุดควบคุมภาพได้ 52 จุดจากทั้งหมด 78 จุด คิดเป็น 67 % วิธี LOOCV ให้แบ่งจุดควบคุมภาพเป็น GCPs 8 จุด และเป็นจุดตรวจสอบอิสระ 44 จุด และวิธี LOOCV บ่งชี้จุดที่มีค่าผิดปกติ 26 จุด ซึ่งสรุปได้ในที่นี้ว่าการเลือกจุดควบคุมภาพที่ได้จากวิธี HOV จะมีจำนวนจุดมากกว่าวิธี LOOCV ในขณะเดียวอาจมองได้ว่าวิธี LOOCV มีเกณฑ์การคัดกรองสูงกว่าวิธี HOV (Minnesota, 2021)

เมื่อนำผลการปรับปรุงแบบจำลองเซนเซอร์ข้างต้นไปใช้ในตัดแก้ภาพออร์โธ และในงานวิจัยยังมีการวาง GCPs บริเวณขอบเขตภาพในแนวขนานกับเส้นทางวงโคจร ผลการปรับปรุงแบบจำลองเซนเซอร์ได้ RMSE ของการปรับแก้เท่ากับ 0.21 เมตร และเมื่อประเมินความละเอียดถูกต้องของภาพออร์โธตามมาตรฐาน NSSDA (Toutin, 2004) พบว่า ภาพออร์โธที่ใช้ GCPs 13 จุด และจุดตรวจสอบอิสระ 59 จุดจากวิธี HOV มีความละเอียดถูกต้องเท่ากับ 1.52 เมตร (2.98 จุดภาพ) และภาพออร์โธที่ใช้ GCPs 8 จุด และจุดตรวจสอบ 44 จุดจากวิธี LOOCV มีความละเอียดถูกต้องเท่ากับ 0.84 เมตร (1.63 จุดภาพ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี LOOCV ส่งผลให้คุณภาพออร์โธที่ผลิตได้ดีกว่าวิธี HOV (Wang et al., 2008) ในชุดข้อมูลในงานวิจัยนี้ งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอเสนอแนวทางในการศึกษาต่อยอดงานวิจัยในอนาคตดังนี้

(1) ควรมีการศึกษาค่าพารามิเตอร์ในกาใช้วิธีปรับแก้ภาพเชิงเรขาคณิตให้เหมาะสมต่อคุณลักษณะของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง Thaichote และศึกษาวิธีปรับปรุงแบบจำลองเพื่อเพิ่มความถูกต้องและความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น โดยการปรับแก้ ค่าพารามิเตอร์การจัดวางภาพภายนอก

(2) ควรศึกษาการเลือกจุดควบคุมภาพ ตำแหน่งการจัดวางจุดควบคุมภาพ และการคัดเลือกจุดควบคุมภาพด้วยวิธี Hold Out Validation และ Leave One Out Cross Validation เพื่อหาจำนวนจุดควบคุมภาพที่เหมาะสมและมีคุณภาพสำหรับการปรับแก้ภาพเชิงเรขาคณิตอย่างละเอียดเพื่อความถูกต้องของจุดควบคุม

(3) ควรศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องให้มีโมเดลที่หลากหลายในการเลือกวิธีการปรับแก้ภาพถ่าย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนเครื่องมือพร้อมบุคลากรในการทำการทดลอง และขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติ(วช) ในการสนับสนุนงบประมาณ

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA). (2564). ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง. กรุงเทพมหานคร.
- จุฑามาศ ปานกลิ่น. (2553). โมเดลของการตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของจุดควบคุมภาพสำหรับดาวเทียมรายละเอียดสูง WorldView-1. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2553). การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มรกต แก้วมณี. (2545). การทดสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งในการตัดแก้ภาพดาวเทียม Spot ด้วยสมการโพลีโนเมียล โดยใช้ค่าพิกัดซึ่งได้จากการรังวัดดาวเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมที่ดิน, สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่, ศูนย์ข้อมูลแผนที่รูปแปลงที่ดินแห่งชาติ, กระทรวง.(2551). มาตรฐานการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม. มาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดิน. (24 ธันวาคม) : หน้า 14-16.
- วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, กระทรวง.(2552). ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
- ศิริวรรณ ศิลป์สกุลสุข และกานดา โกมลวัฒน์ชัย. (2546). การจัดการกับข้อมูล การทดสอบความชำนาญด้วยวิธีทางสถิติ. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่ 51 ฉบับที่ 161, 29-33.
- Jon, O., Alfonso, B., Iban, L., and Luis, E.D. (2017) A Survey of Train Positioning Solutions, Sensors Journal IEEE, vol. 17, no. 20, pp. 6788-6797.
- Brovellia, M.A., Crespi, M., Fratarcangelib, F., Giannoneb, F., and Realinia E. (2006). Accuracy assessment of High Resolution Satellite Imagery by Leave-one-out method. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 533-542.
- Crespi, M., and Giannone, F. (2021). A rigorous model for High Resolution Satellite Imagery Orientation [Online] Available from: <http://w3.uniroma1.it/geodgeom/geodgeomrw/downloads/tesi%20dottorato/PhD%20Th>.
- Digital Globe. (2021). WorldView-1 Product Quick Reference Guide [Online] Available from: <http://gi.leica-geosystems.com/LGISub5x242x43.aspx>.
- ERDAS, Inc. (2021). Leica Photogrammetry Suite Project Manager [Online] Available from: http://www.digitalglobe.com/file.php/545/WV1_Product_QR_Guide.pdf.
- Jeong, I.S., and Bethel, J. (2008). Trajectory Modeling for Satellite Image Triangulation. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 901-907.
- Kapnias, D., Milenov, P., and Kay S. (2008). Guidelines for Best Practice and Quality Checking of Ortho Imagery. JRC Scientific and Technical Reports 3, 12-13.
- Kim, T., and Dowman, I. (2005). Analysis of sensor model accuracy on estimating exterior orientation parameters of satellite images. Proceedings of the IEEE, 165-1, 168.
- Liu, S.J., and Tong, X.H. (2008). Transformation between rational function model and rigorous sensor model for High Resolution Satellite Imagery. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 873-878.

- Minnesota Department of Administration. (2021). Positional Accuracy Handbook[Online]. Available from:http://www.mnplan.state.mn.us/pdf/2021/lmic/nssda_o.pdf.
- Toutin, T. (2004). Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods. *International Journal of Remote Sensing*, 893–1,924.
- Wang, Y., Yang, X., Xu, F., Leason, A., and Megenta, S. (2008). An Operational System for Sensor Modeling and Dem Generation of Satellite Pushbroom Sensor Images. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 745-750.

การวิเคราะห์ความเสถียรของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อกับกริดสามเฟส

STABILITY ANALYSIS OF THREE-PHASE GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

อนุชิต อุไรรัตน์¹, เฉลิม จินาตุน¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Anuchit Aurairat¹, Chalerm Jinatun¹

¹Department of Electrical Engineering Technology, Faculty of Industry and Technology, Rajamangala University of Technology-Rattanakosin

E-mail: anuchit.aur@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์ความเสถียรของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อกับกริดสามเฟสด้วยอินเวอร์เตอร์สามเฟสแบบขั้นตอนเดียวโดยการใช้อัลกอริทึมการเพิ่มความนำตรรกะคลุมเครือเพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าอ้างอิงร่วมกับโมเดลทำนายล่วงหน้าในการควบคุมจุดจ่ายกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์และควบคุมการเชื่อมต่อกับกริดเพื่อให้ระบบสามารถติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดเมื่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด โดยที่ระบบสามารถควบคุมผลรวมความผิดพลาดฮาร์โมนิกไม่ให้เกินค่ามาตรฐาน รักษาตัวประกอบกำลังของระบบให้เท่ากับ 1 รวมถึงสามารถรักษาการเชื่อมต่อกับกริดได้ จากผลการจำลองการทำงานแสดงให้เห็นว่าระบบที่นำเสนอสามารถรักษาค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1 ตลอดเวลา โดยที่ผลรวมความผิดพลาดฮาร์โมนิกส์เท่ากับ 2.5 เปอร์เซ็นต์เวลาในการเข้าสู่จุดจ่ายกำลังสูงสุด 0.02 วินาที สามารถติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดเมื่อการฉายรังสีและอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

คำสำคัญ: การเพิ่มความนำตรรกะคลุมเครือ โมเดลทำนายล่วงหน้า จุดจ่ายกำลังสูงสุด ความผิดพลาดฮาร์โมนิกส์ ตัวประกอบกำลัง

Abstract

This research presents the stability analysis of a three-phase grid-connected photovoltaic system with a single-stage three-phase inverter by applying increment conductance algorithms-fuzzy logic to control reference current in conjunction with a model predictive control to control the maximum power point of the photovoltaic

panel. As well as to control the grid connection so that the system can track the maximum power point when the irradiation and temperature change suddenly. The system is able to control the total harmonic distortion within the standard value, keeping the system power factor to be equal to 1 and be able to maintain a connection to the grid. The simulation results show that the proposed system can maintain a power factor of 1 at all times with the total harmonic distortion equal to 2.5 %. The maximum power point tracking time is 0.02 seconds. The maximum power point can be tracked when the irradiation and the temperature changes suddenly.

Keywords: Increment conductance, Model predictive control, Maximum power point, Total harmonic distortion, Power factor

บทนำ

ปัจจุบันระบบผลิตไฟฟ้าแบบกระจาย(distributed power generation system : DPGS) ที่ใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ได้รับความสนใจมากขึ้นเรื่อยๆ [1-3] เนื่องจากคุณสมบัติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยการอินเทอร์เฟสระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าแบบกระจายกับกริดอินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อกับกริดจึงมีบทบาทสำคัญในการจ่ายพลังงานคุณภาพสูงเข้าไปในกริด ตลอดจนรับประกันการทำงานด้านความปลอดภัยและการรองรับโครงข่ายไฟฟ้า[4-5]

อินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อกับกริดสามารถควบคุมกระแสไฟฟ้าหรือควบคุมแรงดันไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการจ่ายกระแสไปยังกริดเนื่องจากการตอบสนองแบบไดนามิกและความสามารถในการป้องกันการรบกวนที่ดี สำหรับอินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อกับกริดที่ควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้าส่วนใหญ่เน้นที่กลยุทธ์การควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าด้านกลับ โดยจะสร้างรูปคลื่นของมอดูเลตโดยตรงสำหรับมอดูเลเตอร์ความกว้างพัลส์ [6] (sine pulse width modulation : SPWM) ซึ่งสร้างสัญญาณขับของสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อกับกริด

อย่างไรก็ตามการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ในเชิงพาณิชย์ต้องการพื้นที่ขนาดใหญ่จึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและพื้นที่เกษตรกรรม ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการปรับปรุงระบบติดตามจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด (maximum power point tracking : MPPT)[7-10] เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดหรืออาจเกิดจากแผงถูกบังบางส่วน[11-12] การเพิ่มประสิทธิภาพการติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดมีหลายวิธีเช่น การรบกวนและการสังเกต (perturbation and observation : P&O)[13-14] การเพิ่มconductance (incremental conductance : INC)[15-16] ตรรกะคลุมเครือ (fuzzy logic control : FLC)[17] การปีนเขา (hill climbing) การเพิ่มประสิทธิภาพของฝูงอนุภาค (particle swarm optimization : PSO)[18-19] โครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural network : ANN) รวมถึงแบบผสม (HYBRID) เช่นระบบอนุมานประสาทคลุมเครือที่ปรับตัวได้ (hybrid adaptive neuro-fuzzy inference system : ANFIS) การรบกวนและการสังเกต

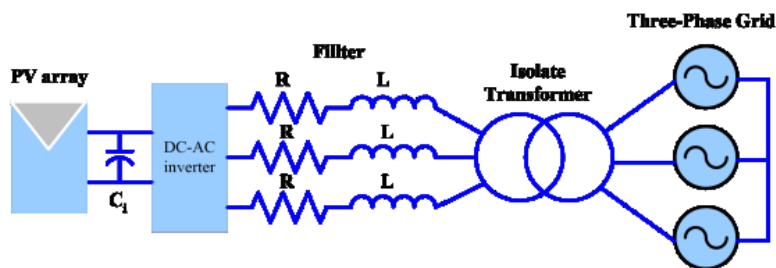
การป้อนและการเพิ่มความนำเป็นวิธีติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดแบบคลาสสิก การใช้ฮาร์ดแวร์ของวิธีการรบกวนและการสังเกตและการป้อนนั้นง่ายกว่า แต่ประกอบด้วยความผันผวนสูงใกล้กับจุดจ่ายพลังงานสูงสุด[21-23] ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงาน วิธีเพิ่มความนำนั้นแม่นยำและยืดหยุ่นได้ภายใต้สถานการณ์บรรยากาศที่ผันผวน อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ประกอบด้วย การจองและความซับซ้อนในการทดลอง อย่างไรก็ตาม อัลกอริธึมที่กล่าวถึงข้างต้นไม่มีประสิทธิภาพภายใต้การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ดังนั้นจึงมีการนำเทคนิคการควบคุมแบบคร่อมและโครงข่ายประสาทเทียมเป็นตัวติดตามจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของอัลกอริธึม แบบคลาสสิกภายใต้สภาพอากาศที่ผัน วิธีแบบคร่อมมีสถาปัตยกรรมที่เรียบง่ายกว่าและการออกแบบที่แข็งแกร่ง ซึ่งสามารถแก้ปัญหาความไม่แน่นอนและปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้นของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ วิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่ประกอบด้วยเซลล์ประสาทหลายชั้นนั้นใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดอย่างรวดเร็วภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตามการใช้วิธีนี้จำเป็นต้องมีข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับการฝึกอบรมที่เหมาะสมเป็นระยะๆ เพื่อให้ได้จุดจ่ายกำลังสูงสุดที่ อย่างไรก็ตามข้อเสียของตัวควบคุมนี้คือความซับซ้อนของฮาร์ดแวร์สูง

เพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์(photovoltaic : PV) จ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยจุดพลังงานสูงสุดจะต้องเชื่อมต่อกับวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสตรง (DC/DC) หรือวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสสลับ(DC/AC) โดยใช้อัลกอริธึมดังกล่าวมาแล้วทั้งหมดในการติดตามและควบคุมจุดพลังงานสูงสุด ส่วนอื่นๆของระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ได้แก่ อินเวอร์เตอร์ ตัวควบคุมและเซ็นเซอร์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการควบคุมพลังงานไฟฟ้าไปยังกริด ฟังก์ชันพื้นฐานทั้งหมดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อกับกริดเช่น ผลรวมความเพี้ยนของฮาร์โมนิก (THD) การแปรผันของแรงดันไฟฟ้าของกริด การติดตามจุดกำลังสูงสุด(MPPT) การตรวจจับการแรเงาบางส่วน การควบคุมตัวประกอบกำลัง การตรวจจับแรงดันไฟฟ้าที่รวดเร็ว และการตรวจจับความถี่ที่รวดเร็ว โดยที่ผลรวมความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกถูกจำกัดโดยมาตรฐาน การติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดต้องมีประสิทธิภาพสูงมากในสภาวะคงตัว การติดตามอย่างรวดเร็วระหว่างการเปลี่ยนแปลงการฉายรังสีอย่างรวดเร็วและการทำงานที่เสถียรที่ระดับการฉายรังสีที่ต่ำมาก

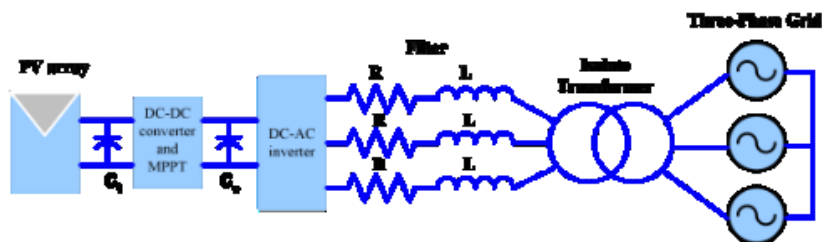
ปัจจุบันอินเวอร์เตอร์ที่ใช้กันร่วมกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทหลักๆ คือระบบสแตนด์ออลและระบบเชื่อมต่อกับกริด ระบบแบบสแตนด์ออลมักใช้ในระบบพลังงานต่ำ เช่นการใช้งานในที่พักอาศัยต้องมีแบตเตอรี่เพื่อเก็บพลังงานที่ผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้ในตอนกลางคืนรวมถึงช่วงที่ระดับของแสงอาทิตย์มีค่าต่ำ ระบบที่เชื่อมต่อกับกริดเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการผลิตพลังงานที่ดึงมาจากเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังกริดให้ได้มากที่สุดแม้ว่าอุณหภูมิและระดับการแผ่รังสีจะเปลี่ยนแปลง อินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อกับกริดแบ่งออกเป็นขั้นตอนเดียว (single state) และสองขั้นตอน (two state) [24] ระบบขั้นตอนเดียวเชื่อมต่อโดยตรงระหว่างด้านเซลล์แสงอาทิตย์และด้านอินเวอร์เตอร์ดังแสดงในรูปที่ 1 ระบบสองขั้นตอนต้องใช้ตัวแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสตรง (DC-DC) เพื่อเชื่อมต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับด้านอินเวอร์เตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2 อีกส่วนที่สำคัญคือการควบคุมการบิดกระแสของอินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อกับกริดซึ่งมีหลายวิธีเช่น ตัวควบคุมสัดส่วนอินทิกรัล (PI) ตัวควบคุมสัดส่วนเรโซแนนซ์ (PR)[25-26] การควบคุมกระแสไฟแบบสัดส่วนอินทิกรัลที่ใช้ในเฟรม

ซึ่งโครนัสมักใช้กับอินเวอร์เตอร์สามเฟส ในตัวแปลงแบบเฟสเดียวความสามารถของคอนโทรลเลอร์แบบสัดส่วนอินทิกรัลในการติดตามสัญญาณอ้างอิงจากกริดนั้นถูกจำกัด ในขณะที่ตัวควบคุมสัดส่วนเรโซแนนซ์สามารถให้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น อีกวิธีการหนึ่งก็คืออัลกอริทึมแบบจำลองการทำนายล่วงหน้า (model predictive control : MPC) ซึ่งมีข้อดีคือง่ายไม่ซับซ้อน การคำนวณที่รวดเร็ว[27] ปัจจุบันใช้ในการควบคุมอินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

เพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนของระบบควบคุมรวมถึงฮาร์ดแวร์งานวิจัยนี้นำเสนอการควบคุมกระแสอ้างอิงของอินเวอร์เตอร์เพื่อฉีดกระแสไฟฟ้าเข้าสู่กริดด้วยการพัฒนาอัลกอริทึมการเพิ่มความนำตรรกะคลุมเครือ ร่วมกับแบบจำลองการทำนายล่วงหน้า (modifier increment conductance fuzzy logic con troll-model predictive control: MINCFLC-MPC) เพื่อควบคุมจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสแบบขั้นตอนเดียวในการเชื่อมต่อกับกริด



ภาพที่ 1 กริดอินเวอร์เตอร์ชนิดขั้นตอนเดียว



ภาพที่ 2 กริดอินเวอร์เตอร์ชนิดสองขั้นตอน

ตารางที่ 1 การทบทวนวรรณกรรม

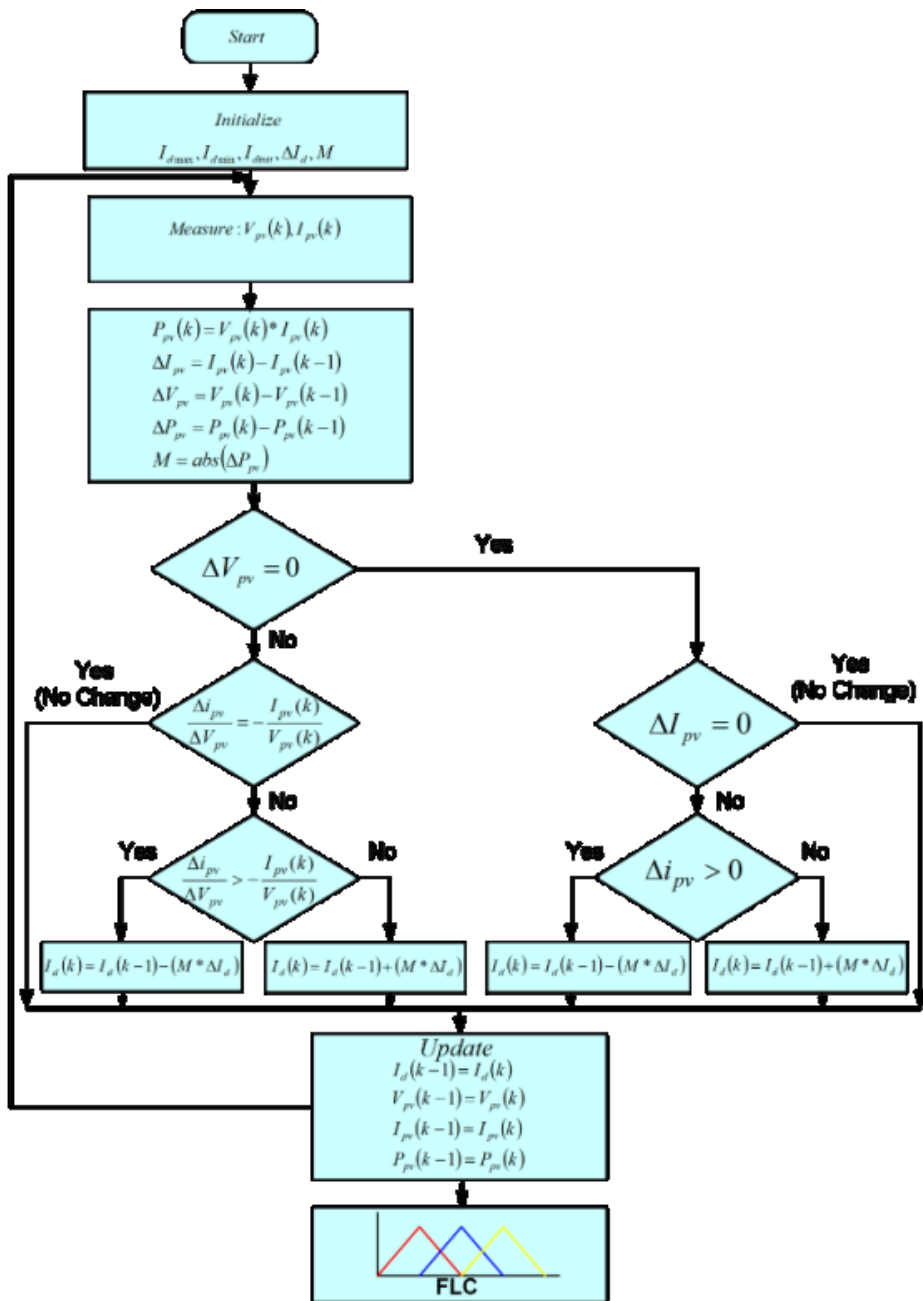
เรื่อง	อัลกอริทึม	ผลลัพธ์
An Enhanced Model Predictive Control Using Virtual Space Vectors for Grid-Connected Three-Level Neutral-Point Clamped Inverters[28]	Model Predictive control (MPC)	ติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้รวดเร็วเมื่อแสงมีการเปลี่ยนแปลง
Nonlinear control and stability analysis of single stage grid-	Voltage control base on P&O (VP&O) and	ติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้เมื่อแสงมีการเปลี่ยนแปลงและลด

เรื่อง	อัลกอริทึม	ผลลัพธ์
connected photovoltaic systems[29]	PI grid-connected inverter	การสูญเสียในวงจรแปลงผัน
Whale inspired algorithm based MPPT controllers for grid-connected solar photovoltaic system[30]	Whale optimization algorithm (WOA)	ติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้เมื่อแสงและอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด
Implementation of a novel hybrid BAT-Fuzzy controller based MPPT for grid-connected PV-battery system[31]	fuzzy controller and BAT algorithm (BA)	ติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้รวดเร็วเมื่อแสงและอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

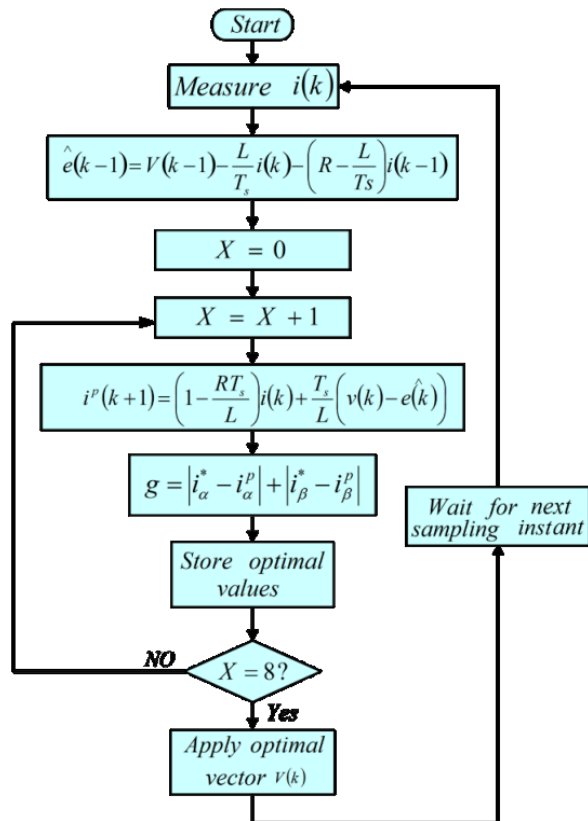
จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตารางที่ 1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีวัตถุประสงค์คือสามารถติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้อย่างรวดเร็วเมื่อแสงและอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วลดการสูญเสียในวงจรแปลงผันลดความผิดเพี้ยนของผลรวมฮามอนิกส์และรักษาตัวประกอบกำลังให้เท่ากับ 1 จึงนำมาสู่การพัฒนาาระบบเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับกริดสามเฟสด้วยวงจรแปลงผันแบบขั้นตอนเดียว

วิธีดำเนินการวิจัย

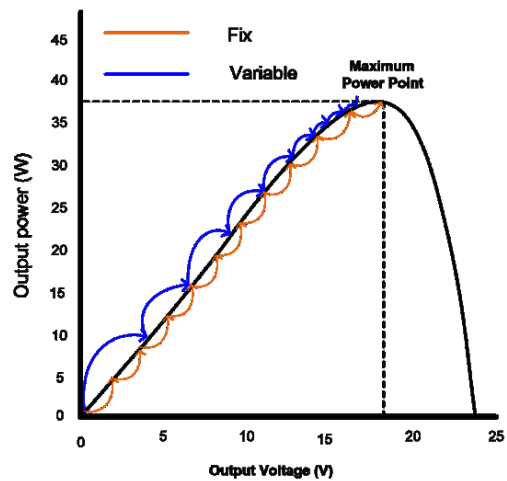
ระบบเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับกริดสามเฟสด้วยวงจรแปลงผันแบบขั้นตอนเดียวประกอบด้วยอัลกอริทึมสองอัลกอริทึมการเพิ่มความนำตรรกะคลุมเครือเพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าอ้างอิงให้อยู่ในตำแหน่งจุดจ่ายกำลังสูงสุดดังแสดงในภาพที่ 3 และโมเดลทำนายล่วงหน้าเพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและตัวประกอบกำลังดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ไดอะแกรมวิธีการเพิ่มความนำตรรกะคลุมเครือ



ภาพที่ 4 โมเดลการทำนายล่งหน้า



ภาพที่ 5 การปรับกระแสอ้างอิงด้วยอัลกอริธึมการเพิ่มความนำ

การติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุด

วิธีนี้ทำได้โดยการตรวจจับสนแรงดันและกระแสเอาต์พุตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นทำการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังเทียบกับแรงดันจากสมการที่ 1

$$dP/dV = I/V + dI/dV \quad (1)$$

โดยที่ I/V คือค่าความนำของเซลล์แสงอาทิตย์

dI/dV คืออัตราการเปลี่ยนแปลงความนำ

หากมีค่าเป็นบวกแสดงว่าระบบทำงานด้านซ้ายของจุดจ่ายกำลังสูงสุดตัวระบบก็จะปรับแรงดันเพิ่มขึ้น แต่ถ้าผลเป็นลบแสดงว่าจุดทำงานอยู่ทางด้านขวาของจุดจ่ายกำลังสูงสุดระบบก็จะปรับแรงดันลดลง แต่ถ้าผลรวมเท่ากับศูนย์แสดงว่าระบบทำงานที่จุดจ่ายกำลังสูงสุด ระบบก็จะคงยังขั้วสวิตช์ที่ให้แรงดันเดิมไว้ เพื่อเพิ่มความเร็วในการติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดจึงปรับปรุงวิธีการเดิมซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงกระแสสั่งการคงที่เป็นกระแสสั่งการแบบปรับเปลี่ยนตามอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 5 ด้วยการคูณกระแสสั่งการดังสมการที่ 2

$$M = \text{abs}(\Delta P_{pv}) \quad (2)$$

เพื่อลดการแกว่งบริเวณรอบๆจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดจึงเพิ่มตรรกะคลุมเครือด้วยกฎดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตรรกะคลุมเครือ

$\begin{matrix} \text{dErr} \\ \text{Err} \end{matrix}$	N	Z	P
N	Z	Z	Z
Z	Z	Z	S
P	S	M	L

โดยที่ N คือ ทิศทางลบ Z คือ ศูนย์ P คือ ทิศทางบวก S คือ น้อยที่สุด M คือ ปานกลาง L คือ มากที่สุด

การควบคุมการเชื่อมต่อกับกริด

การควบคุมการเชื่อมต่อกับกริดใช้อัลกอริทึมทำนายกระแสล่งหน้าเพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ฉีดเข้าไปในระบบกริด เทคนิคการควบคุมสามารถสรุปได้ดังนี้

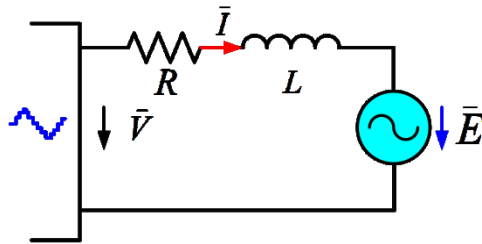
1. ตั้งค่าฟังก์ชันต้นทุนสมการ
2. สร้างแบบจำลองอินเวอร์เตอร์และการออกแบบสวิตช์ของอุปกรณ์สวิตซ์
3. สร้างแบบจำลองสำหรับการทำนาย

วัตถุประสงค์ของโมเดลการทำนายล่งหน้า คือการจำกัดข้อผิดพลาดระหว่างกระแสที่วัดได้กับกระแสอ้างอิง ฟังก์ชันต้นทุนสามารถเขียนได้ในรูปของแกนตั้งฉาก การวัดค่าความผิดพลาดระหว่างค่าอ้างอิงและค่าที่วัดได้แสดงไว้ในสมการที่ 3

$$g = |i_{\alpha}^*(k+1) - i_{\alpha}^p(k+1)| + |i_{\beta}^*(k+1) - i_{\beta}^p(k+1)| \quad (3)$$

เมื่อ $i_\alpha^*(k+1)$ เป็นส่วนจริง
 $i_\beta^p(k+1)$ เป็นส่วนจินตภาพ
 $i_\alpha^*(k+1)$ เป็นส่วนจริงของกระแสอ้างอิง
 $i_\beta^*(k+1)$ เป็นส่วนจินตภาพของกระแสอ้างอิง

หลักการทำนายกระแสของอินเวอร์เตอร์สามารถกำหนดได้โดยแรงดันตกคร่อม และแรงดันกริดดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 วงจรสมมูลของกริดอินเวอร์เตอร์

ตัวทำนายกระแสโพลต์ในแบบจำลองที่ไม่ต่อเนื่องของแบบจำลองสามารถอธิบายได้เป็นสมการที่ 4

$$v = Ri + L di/dt + e \quad (4)$$

สมการ 4 สามารถแสดงด้วยฟังก์ชันการประมาณเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง T_s คือเวลาสุ่มตัวอย่างแสดงในสมการที่ 5

$$d_i/dt \approx i(k+1) - i(k)/T_s \quad (5)$$

แทนสมการที่ 5 ลงในสมการที่ 4 ได้สมการที่ 6

$$v_k = Ri(k) + L \bullet i(k+1) - i(k)/T_s + e(k) \quad (6)$$

จากสมการที่ 6 ได้สมการที่ 7 ซึ่งเป็นสมการทำนายกระแสล่วงหน้า

$$i(k+1) = (T_s/L)(V(k) - e(k)) + (i(k)(1 - RT_s/L)) \quad (7)$$

สมการที่ 7 ใช้ในการทำนายกระแสโพลต์ที่จะเกิดขึ้นในลำดับถัดไปโดยเปรียบเทียบกับกระแสอ้างอิง $i^*(k)$ ของระบบ

ในการวิเคราะห์แรงดันเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์แบบ 3 เฟส เป็นวิธีการที่ซับซ้อนซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยเวกเตอร์แรงดันไฟฟ้าของ 3 เฟส 2 ระดับ โมดูลอินเวอร์เตอร์แสดงโดยสถานะของสวิตช์สองสถานะเปิดและปิด ($Si1, Si2 : i = a, b, c$) เมื่อ a, b, c คือแรงดันเฟส ระบบสามเฟสสามารถใช้กำหนดสัญญาณขับเกตโดยสมการที่ 8

$$S = 2/3(S_a + aS_b + a^2S_c) \quad (8)$$

ในการสร้างสัญญาณเอาต์พุตอินเวอร์เตอร์สามเฟสจากสัญญาณควบคุม S_a , S_b และ S_c จะเห็นได้ว่าการแปลงแรงดันไฟกระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้วยสมการทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายสามารถสรุปได้เป็นสมการแรงดันไฟฟ้า 9 และสถานะของสัญญาณขับเคลื่อนแสดงในตารางที่ 3

$$V_s = \sqrt{2/3} V_{dc} (S_a + S_b e^{j2\pi/3} + S_c e^{j4\pi/3}) \quad (9)$$

ระบบที่ใช้ในการจำลองการทำงานดังแสดงในภาพที่ 7 ประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์อินเวอร์เตอร์สามเฟส กริดสามเฟส ชุดควบคุมและเซ็นเซอร์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการจำลอง

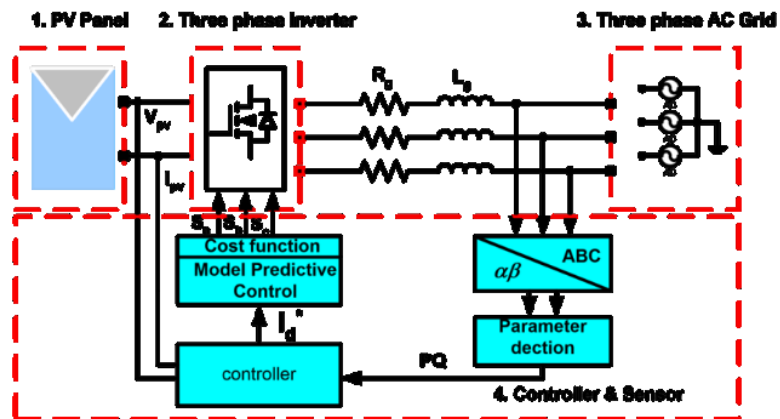
เพื่อทดสอบสมรรถนะของระบบที่นำเสนอเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น SPR-315E-WHT-D PV ถูกใช้ในการจำลองนี้ โดยโมดูลต่อแบบอนุกรมสิบเอ็ดชุดและสตริงต่อขนานสองชุด พารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 สัญญาณขับเคลื่อนและแรงดันเอาต์พุต

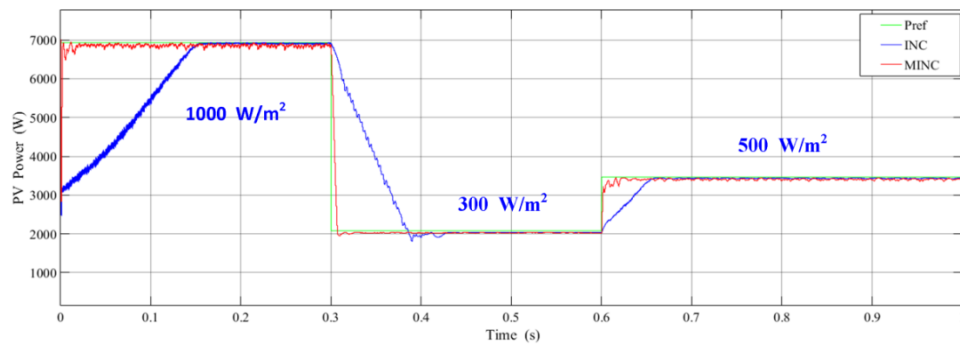
Vector	Output voltage equation	Gate drive		
		S_a	S_b	S_c
0	0	0	0	0
1	$(2/3) \cdot V_{dc}$	1	0	0
2	$((1/3) \cdot V_{dc}) + (j \cdot (\sqrt{3}/3) \cdot V_{dc})$	1	1	0
3	$((-1/3) \cdot V_{dc}) + (j \cdot (\sqrt{3}/3) \cdot V_{dc})$	0	1	0
5	$((1/3) \cdot V_{dc}) - (j \cdot (\sqrt{3}/3) \cdot V_{dc})$	0	0	1
6	$((-1/3) \cdot V_{dc}) - (j \cdot (\sqrt{3}/3) \cdot V_{dc})$	1	0	1
7	0	1	1	1

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

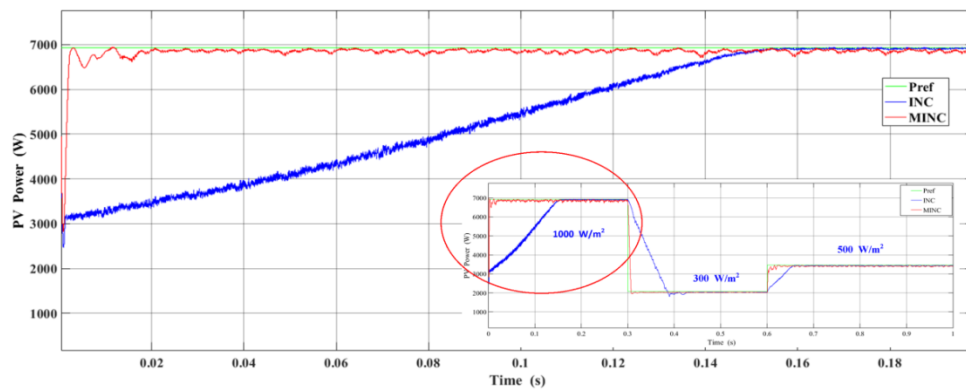
พารามิเตอร์	ขนาด	หน่วย
กำลังไฟฟ้าสูงสุด	315.072	วัตต์
จำนวนแผงที่ต่ออนุกรม	11	แผง
จำนวนสตริงที่ต่อขนาน	2	สตริง
แรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจร	64.6	โวลต์
แรงดันไฟฟ้าขณะจ่ายกำลังสูงสุด	54.7	โวลต์
กระแสลัดวงจร	6.14	แอมแปร์
กระแสไฟฟ้าขณะจ่ายกำลังสูงสุด	5.76	แอมแปร์
ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของแรงดันขณะเปิดวงจร	-0.27269	-
ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของกระแสขณะลัดวงจร	0.061694	-



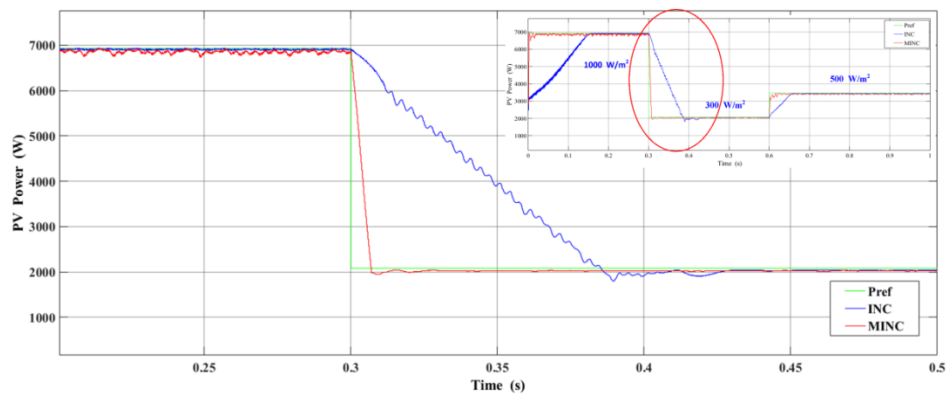
ภาพที่ 7 ผังรวมของระบบ



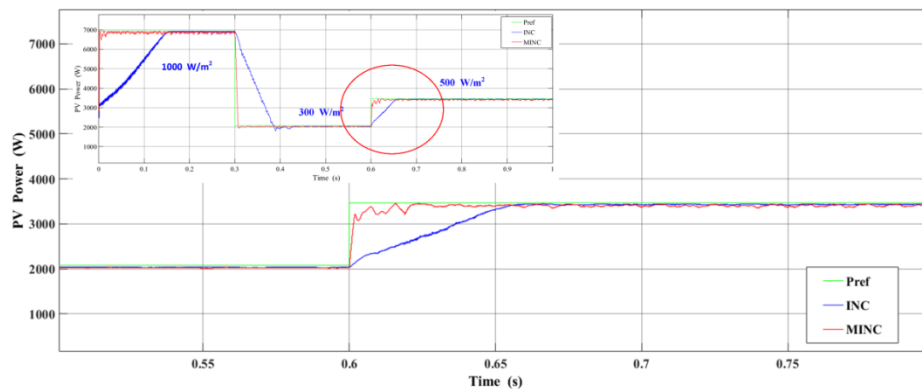
ภาพที่ 8 การติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุด



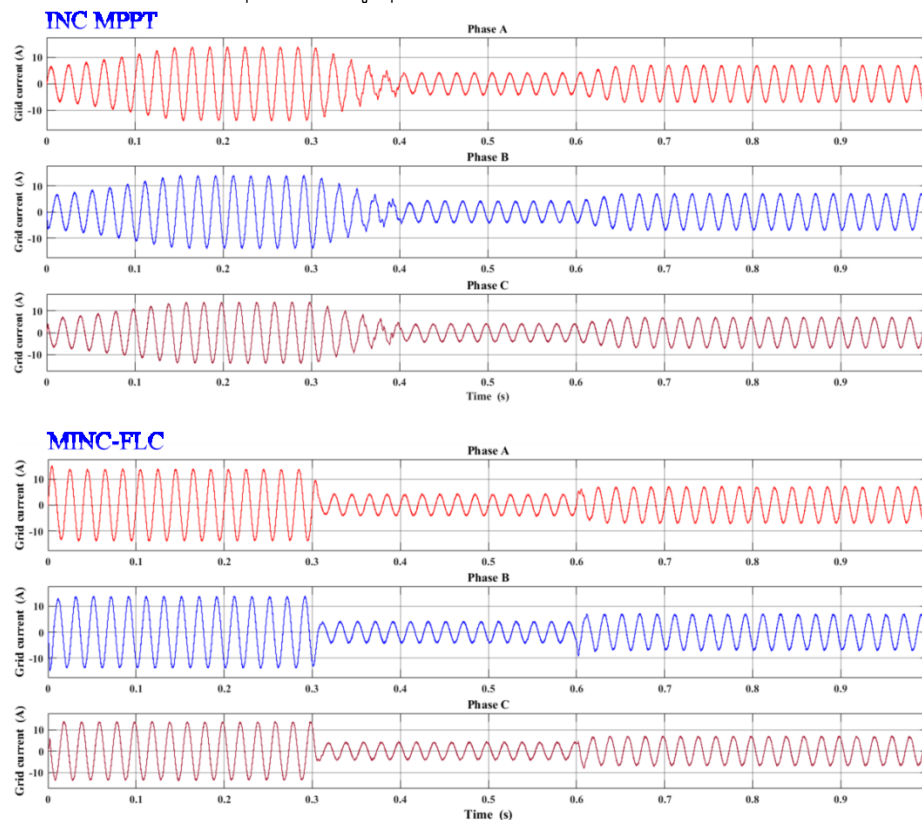
ภาพที่ 9 การติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดเมื่อแสงเท่ากับ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร



ภาพที่ 10 การติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดเมื่อแสงลดลงจาก 1,000 เป็น 300 วัตต์ต่อตารางเมตร



ภาพที่ 11 การติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดเมื่อแสงเพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 500 วัตต์ต่อตารางเมตร



ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบรูปร่างของกระแสกริด

ผลการทดลองและอภิปรายผล

เพื่อทดสอบสมรรถนะ

ของระบบ แบ่งการทดสอบเป็นสองส่วนคือ เมื่อแสงมีการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดที่อุณหภูมิคงที่ 25 องศาเซลเซียส และแสงคงที่ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด

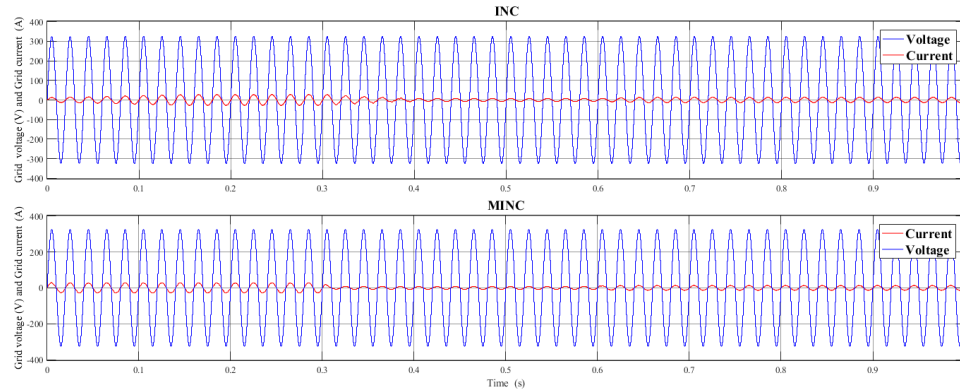
แสงเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด

การทดสอบนี้

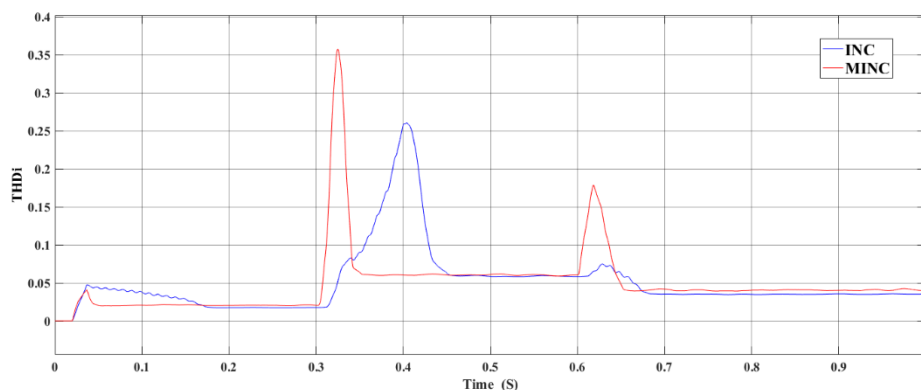
กำหนดให้แสงมีการเปลี่ยนแปลง 1,000 300 และ 500 วัตต์ต่อตารางเมตร ผลการจำลองดังแสดงดังรูปที่ 8 ถึง 14 ตามลำดับ ภาพที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบการติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดเมื่อแสงเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด จากภาพจะเห็นได้ว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้เร็วกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม ภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่าในช่วงเริ่มต้นเมื่อแสงเท่ากับ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร วิธีการที่นำเสนอติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดโดยใช้เวลา 0.02 วินาที ในขณะที่วิธีการแบบ

ดั้งเดิมใช้เวลา 0.16 วินาที เมื่อพิจารณาภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าเมื่อแสงลดลงเป็น 300 วัตต์ต่อตารางเมตร วิธีการที่นำเสนอ ยังคงสามารถติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้โดยมีความเร็วสูงกว่าวิธีการดั้งเดิม เมื่อแสงเพิ่มขึ้นเป็น 500 วัตต์ต่อตารางเมตร ทันทีทันใดดังภาพที่ 11 วิธีการที่นำเสนอ นั้นยังคงติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้ดีกว่าวิธีการดั้งเดิม

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบรูปร่างของกระแสกริดดังภาพที่ 12 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าวิธีการที่นำเสนอ นั้นสามารถฉีดกระแสเข้าสู่กริดที่กระแสสูงสุดได้รวดเร็วกว่าวิธีการแบบดั้งเดิมมากกว่ารวมถึงรูปคลื่นไม่ผิดเพี้ยนจากรูปคลื่นชานัน



ภาพที่ 13 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ากริด

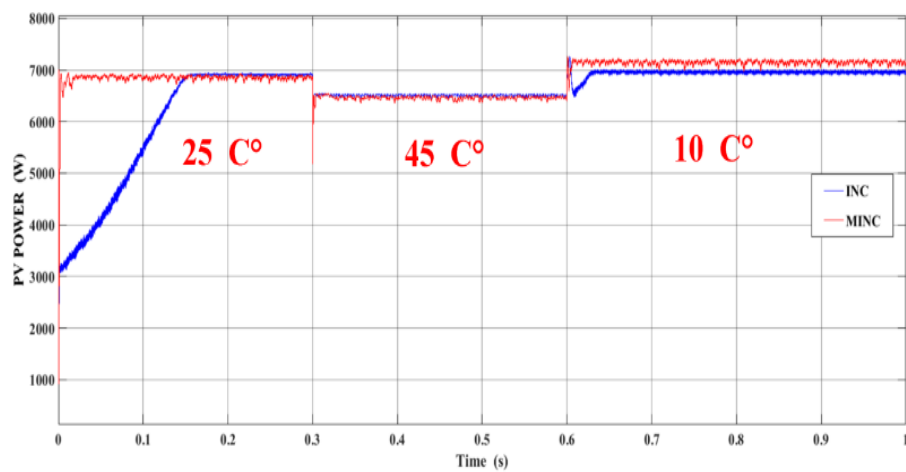


ภาพที่ 14 ผลรวมความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์เมื่อแสงเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด

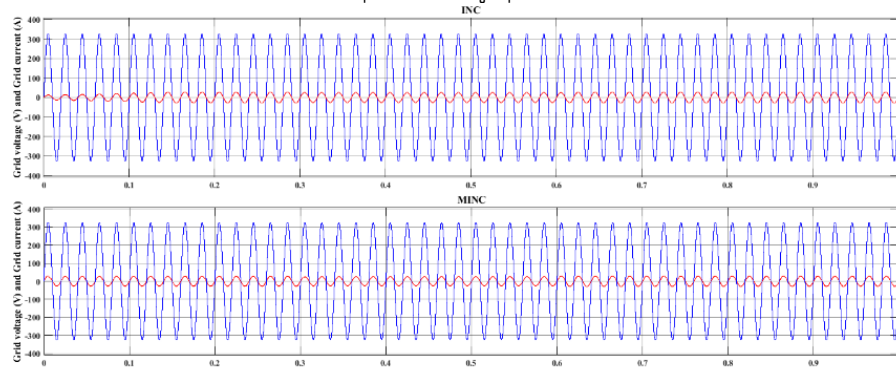
ภาพที่ 13 แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของการฉีดกระแสเข้าสู่กริดด้วยวิธีการทำนายล่วงหน้าที่สามารถควบคุมตัวประกอบกำลังให้เท่ากับ 1 ตลอดเวลาเมื่อแสงมีการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ภาพที่ 14 แสดงให้เห็นถึงผลรวมของความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ของกระแสซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.5 เปอร์เซ็นต์

อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด

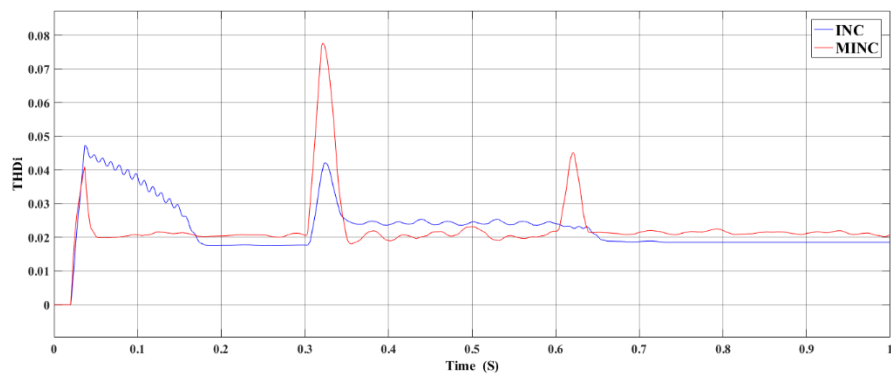
การทดสอบสมรรถนะของระบบเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดที่ 25 45 และ 10 องศาเซลเซียสตามลำดับ เพื่อตรวจสอบผลของการติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุด รูปร่างของกระแสกริดและผลรวมความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ของกระแสไฟฟ้า ผลการจำลองดังแสดงในภาพที่ 15-17



ภาพที่ 15 การติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดเมื่อแสงมีการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 16 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ากริดเมื่อแสงมีการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 17 ผลรวมความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด

ภาพที่ 15 แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของวิธีการที่นำเสนอสามารถติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้ดีกว่าวิธีการแบบดั้งเดิมเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดซึ่งสังเกตได้จากขณะที่อุณหภูมิลดจาก 45 เป็น 10 องศาเซลเซียส นั้นวิธีการแบบดั้งเดิมไม่สามารถติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้

ภาพที่ 16 แสดงให้เห็นว่าวิธีการควบคุมการจ่ายกระแสสู่กริดด้วยวิธีการทำนายล่วงหน้าสามารถควบคุมตัวประกอบกำลังให้เท่ากับ 1 ตลอดเวลาแม้ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ภาพที่ 17 แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของระบบที่สามารถรักษาผลรวมความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์เฉลี่ยอยู่ที่ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อกริดด้วยอินเวอร์เตอร์สามเฟสชนิดขั้นตอนเดียว โดยพัฒนาวิธีการควบคุมจุดจ่ายกำลังสูงสุดด้วยวิธีการเพิ่มความนำแบบไม่คงที่ร่วมกับวิธีการตรรกะคลุมเครือ การฉีดกระแสเข้าสู่กริดใช้วิธีการทำนายล่วงหน้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความเร็วในการติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดเร็วขึ้น ลดความสูญเสียในวงจรแปลงผันควบคุมตัวประกอบกำลังได้ ความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์ต่ำ โดยจำลองการทำงานของระบบด้วยโปรแกรมแมทแล็บซิมูลิงค์ แบ่งการจำลองออกเป็นสองส่วนคือ เมื่อแสงมีการเปลี่ยนแปลงโดยอุณหภูมิคงที่และเมื่อแสงคงที่ อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถติดตามจุดจ่ายกำลังสูงสุดโดยใช้เวลา 0.02 วินาที ความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่ให้การสนับสนุนซอฟต์แวร์ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MATLAB/Simulink ตลอดจนสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- H. J. El-Khozondar, R. J. El-Khozondar, K. Matter, and T. Suntio (2016). A review study of photovoltaic array maximum power tracking algorithms: Renewables Wind Water and Solar, 3(1).
- M. N. Bhukya and V. R. Kota (2019). A quick and effective MPPT scheme for solar power generation during dynamic weather and partial shaded conditions: Engineering Science and Technology an International Journal, 22(3), 869-884.
- V. Jatelly, B. Azzopardi, J. Joshi, B. Venkateswaran V, A. Sharma, and S. Arora (2021). Experimental Analysis of hill-climbing MPPT algorithms under low irradiance levels: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 50, 111467.
- L. Jia, X. Ruan, W. Zhao, Z. Lin, and X. Wang (2018). An Adaptive Active Damper for Improving the Stability of Grid-Connected Inverters Under Weak Grid: IEEE Transactions on Power Electronics, 33(11), 9561-9574.
- A. M. A. Haidar and N. Julai (2019). An improved scheme for enhancing the ride-through capability of grid-connected photovoltaic systems towards meeting the recent grid codes requirements: Energy for Sustainable Development, 50, 38-49.
- N. S. Ahmad, T.-W. Tsai, and Y.-M. Chen (2020). Single-Phase Grid-Connected Inverters With Simplified SPWM Control: IEEE Open Journal of Power Electronics, 1, 170-179.
- J. Ahmed and Z. Salam (2018). An Enhanced Adaptive P&O MPPT for Fast and Efficient Tracking Under Varying Environmental Conditions: IEEE Transactions on Sustainable Energy, 9(3), 1487-1496.
- M. A. Abdullah, T. Al-Hadhrani, C. W. Tan, and A. H. Yatim (2018). Towards Green Energy for Smart Cities Particle Swarm Optimization Based MPPT Approach: IEEE Access, 6, 58427-58438.
- M. M. Ahmed, W. S. Hassanein, N. A. Elsonbaty, and M. A. Enany (2020). Proposing and evaluation of MPPT algorithms for high-performance stabilized WIND turbine driven DFIG: Alexandria Engineering Journal, 59(6), 5135-5146.
- A. Ali, K. Almutairi, S. Padmanaban, V. Tirth, S. Algarni et al (2020). Investigation of MPPT Techniques Under Uniform and Non-Uniform Solar Irradiation Condition—A Retrospection: IEEE Access, 8, 127368-127392.

- C. H. Hussaian Basha and C. Rani (2020). Performance Analysis of MPPT Techniques for Dynamic Irradiation Condition of Solar PV: *International Journal of Fuzzy Systems*, 22(8), 2577-2598.
- A. Kihal, F. Krim, A. Laib, B. Talbi, and H. Afghoul (2019). An improved MPPT scheme employing adaptive integral derivative sliding mode control for photovoltaic systems under fast irradiation changes: *ISA Trans*, 87, 297-306.
- J. Macaulay and Z. Zhou (2018). A Fuzzy Logical-Based Variable Step Size P&O MPPT Algorithm for Photovoltaic System: *Energies*, 11(6), 1340.
- M. Gunasekaran, V. Krishnasamy, S. Selvam, D. J. Almakhlles, and N. Anglani (2020). An Adaptive Resistance Perturbation Based MPPT Algorithm for Photovoltaic Applications: *IEEE Access*, 8, 196890-196901.
- A. Harrag and S. Messalti (2019). IC-based Variable Step Size Neuro-Fuzzy MPPT Improving PV System Performances: *Energy Procedia*, 57, 362-374.
- A. Loukriz, M. Haddadi, and S. Messalti (2016). Simulation and experimental design of a new advanced variable step size Incremental Conductance MPPT algorithm for PV systems: *ISA Trans*, 62, 30-38.
- M. Jiang, M. Ghahremani, S. Dadfar, H. Chi, Y. N. Abdallah, and N. Furukawa (2021). A novel combinatorial hybrid SFL-PS algorithm based neural network with perturb and observe for the MPPT controller of a hybrid PV-storage system: *Control Engineering Practice*, 114, 104880.
- N. Priyadarshi, S. Padmanaban, J. B. Holm-Nielsen, F. Blaabjerg, and M. S. Bhaskar (2020). An Experimental Estimation of Hybrid ANFIS-PSO-Based MPPT for PV Grid Integration Under Fluctuating Sun Irradiance: *IEEE Systems Journal*, 14(1), 1218-1229.
- M. Sujith and S. Padma (2020). Implementation of PSOANN Optimized PI Control Algorithm for Shunt Active Filter: *Computer Modeling in Engineering & Sciences*, 122(3), 863-888.
- K. Yung Yap, C. R. Sarimuthu, and J. Mun-Yee Lim (2020). Artificial Intelligence Based MPPT Techniques for Solar Power System: *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 8(6), 1043-1059.
- O. Abdel-Rahim, N. Alamir, M. Orabi, and M. Ismeil (2020). Fixed-frequency phase-shift modulated PV-MPPT for LLC resonant converters: *Journal of Power Electronics*, 20(1), 279-291.
- K. Ali, L. Khan, Q. Khan, S. Ullah, and N. Ali (2021). Neurofuzzy robust backstepping based MPPT control for photovoltaic system: *TURKISH JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING & COMPUTER SCIENCES*, 29(1), 421-436.
- S. Bhattacharyya, D. S. Kumar P, S. Samanta, and S. Mishra (2021). Steady Output and Fast Tracking MPPT (SOFT-MPPT) for P&O and InC Algorithms: *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 12(1), 293-302.
- M. Y. Ali Khan, H. Liu, Z. Yang, and X. Yuan (2020). A Comprehensive Review on Grid Connected Photovoltaic Inverters: *Energies*, 13(16), 4185.
- R. Errouissi, A. Al-Durra, and S. M. Mueen (2016). A Robust Continuous-Time MPC of a DC-DC Boost Converter Interfaced With a Grid-Connected Photovoltaic System: *IEEE Journal of Photovoltaics*, 6(6), 1619-1629.

- H. Liao, X. Zhang, and Z. Ma (2021). Robust dichotomy solution-based model predictive control for the grid-connected inverters with disturbance observer: CES Transactions on Electrical Machines and Systems, 5(2), 81-89.
- R. O. Ramirez, C. R. Baier, F. Villarroel, J. R. Espinoza, J. Pou, and J. Rodriguez (2020). A Hybrid FCS-MPC With Low and Fixed Switching Frequency Without Steady-State Error Applied to a Grid-Connected CHB Inverter: IEEE Access, 8, 223637- 223651.
- W. Alhosaini, Y. Wu, and Y. Zhao (2019). An Enhanced Model Predictive Control Using Virtual Space Vectors for Grid-Connected Three-Level Neutral-Point Clamped Inverters: IEEE Transactions on Energy Conversion, 34(4), 1963-1972.
- M. Aourir, A. Abouloifa, I. Lachkar, C. Aouadi, F. Giri, and J. M. Guerrero (2020). Nonlinear control and stability analysis of single stage grid-connected photovoltaic systems: International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 115.
- M. A. Ebrahim, A. Osama, K. M. Kotb, and F. Bendary (2019). Whale inspired algorithm based MPPT controllers for grid-connected solar photovoltaic system: Energy Procedia, 162, 77-86.
- X. Ge, F. W. Ahmed, A. Rezvani, N. Aljojo, S. Samad, and L. K. Foong (2020). Implementation of a novel hybrid BAT-Fuzzy controller based MPPT for grid-connected PV-battery system: Control Engineering Practice, 98, 104380

Received: Jan 27, 2022

Revised: May 15, 2022

Accepted: May 25, 2022

การออกแบบและทดสอบสกูเตอร์ไฟฟ้าสำหรับเดินทางระยะสั้นคนเดียว

DESIGN AND TESTING OF ELECTRIC SCOOTER FOR SHOT DISTANCE SOLO TRAVEL

ยุทธชัย เกี้ยวสันเทียะ¹, พิสิฐพงศ์ แป้นทอง², ลักษณะปรีชา เกี้ยวสันเทียะ³

^{1, 2} สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

³ โรงเรียนนานาชาติแอ๊ดเวนตีส-โคราช

Yuttachai Keawsuntia¹, Pisitpong Pantong², Laksanapreecha Keawsuntia³

^{1, 2}Lecturer in Mechanical Engineering Department, Faculty of engineering, Vongchavalitkul University,

³ Student at Korat Adventist International School

Email: yuttachai_kea@vu.ac.th, laksanapreechakeaw@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการออกแบบ สร้าง และทดสอบสกูเตอร์ไฟฟ้าสำหรับการเดินทางระยะสั้นคนเดียว รวมถึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการขับเคลื่อนกับน้ำหนักรวมที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไปบนพื้นราบทางตรง และการเคลื่อนที่ขึ้นทางลาดชัน การดำเนินงานวิจัยได้เริ่มจากการศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงานของสกูเตอร์ไฟฟ้า แรงต้านการเคลื่อนที่ของสกูเตอร์ไฟฟ้า จากนั้นได้คำนวณหาค่ากำลังของมอเตอร์สำหรับการขับเคลื่อนสกูเตอร์ไฟฟ้าเพื่อนำไปสร้างและทดสอบ การทดสอบหาความเร็วสกูเตอร์ไฟฟ้าได้ทดสอบทางตรงในแนวระดับระยะทาง 100 เมตร และขึ้นทางลาดชันที่มีมุมเอียง 5 องศา เป็นระยะทาง 10 เมตร จากการศึกษาและทดสอบสกูเตอร์ไฟฟ้าที่สร้างขึ้น พบว่าสกูเตอร์ไฟฟ้าควรใช้ฮับมอเตอร์ขนาด 350 วัตต์ เป็นมอเตอร์ขับเคลื่อนเพื่อรองรับน้ำหนักของผู้ใช้งานประมาณ 90 กิโลกรัม และเพื่อให้ได้ความเร็วประมาณ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับการเคลื่อนที่ไปบนทางลาดชันที่มีมุมเอียง 5 องศา สกูเตอร์ไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นมีน้ำหนักประมาณ 6 กิโลกรัม ในการทดสอบความเร็วของการเคลื่อนที่พบว่าสกูเตอร์ไฟฟ้าทำความเร็วได้ประมาณ 22 ถึง 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับบนพื้นราบทางตรง ส่วนการเคลื่อนที่ขึ้นบนพื้นเอียง สกูเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำความเร็วได้ประมาณ 13 ถึง 17 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของผู้ใช้งาน

คำสำคัญ: สกูเตอร์ไฟฟ้า, ฮับมอเตอร์, ยานยนต์ไฟฟ้า

Abstract

The aims of this research are to design, build, and test the electric scooter to be used as an alternative for a short distance solo travel and study the relationship between moving speed and total weight in the case of moving along a straight direction on ground level and moving on towards the slope. The research operation has started from studying the component and the electric scooter working principle, resistance forces to movement of the electric scooter. After that, the motor power to propel the electric scooter was calculated for building and testing the electric scooter. To find the speed of the electric scooter, the electric scooter was tested on the 100 meters straight path in length without slope and moving towards a slope that has an angle of 5 degree, 10 meters in length. From the study and testing of the electric scooter, it was found that the electric scooter should use a hub motor of 350 watts to propel the electric scooter in order to support the driver's weight of about 90 kg and is capable of

moving on a slope that has an angle of 5 degree at 10 kilometers per hour. The electric scooter has weight 6 kg. The moving speed test results show that the electric scooter has the speed of about 22 to 25 kilometers per hour in the straightway on ground level. For moving on a slope that has an angle of 5 degree, the electric scooter has a speed of about 13 to 17 kilometers per hour. The speed of the electric scooter depends on the weight of driver.

Keywords: Electric scooter, Hub motor, Electric Vehicle.

บทนำ

ยานพาหนะที่ใช้งานปัจจุบันสำหรับการเดินทางระยะสั้นหรือระยะไกล เช่น รถมอเตอร์ไซด์ รถยนต์ หรือรถประจำทาง ล้วนเป็นยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การดำรงชีวิตของมนุษย์ เกิดมลพิษทางอากาศ รวมถึงการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น เพื่อลดผลกระทบดังกล่าว พลังงานงานไฟฟ้าจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการขับเคลื่อนยานพาหนะ เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังมีต้นทุนที่ต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้ปัจจุบันยานยนต์ไฟฟ้าได้เริ่มเข้ามามีบทบาทต่อการใช้งานในชีวิตประจำวัน สำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษายานยนต์ไฟฟ้าในรูปแบบของรถมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้า รถจักรยานไฟฟ้า รวมถึงสกูตเตอร์ไฟฟ้าสำหรับคนพิการ ดังแสดงในเอกสารของ ธนันต์ ศรีสกุล, อมร ศิลาพันธ์ และมนตรี ศิริปรัชญานันท์ (2550) ซึ่งได้ทำการศึกษาสกูตเตอร์ไฟฟ้าที่ดัดแปลงจากรถมอเตอร์ไซด์ทั่วไป โดยได้ใช้ฮับ มอเตอร์ (Hub DC motor) ขนาด 36 โวลต์ 12 แอมแปร์ 250 วัตต์ เป็นมอเตอร์ขับเคลื่อน ติดตั้งในดุมล้อหลัง จากการศึกษาพบว่าสามารถทำความเร็วได้ 30 ถึง 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยความเร็วนั้นขึ้นอยู่กับน้ำหนักของผู้ขับขี่ ต่อมา ธนันต์ ศรีสกุล, รังสิมันต์ น้อยเจริญ และมนตรี ศิริปรัชญานันท์ (2552) ได้ทำการศึกษาสกูตเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้มอเตอร์แบบโซ่ 24 โวลต์ 350 วัตต์ เป็นต้นกำลัง รับน้ำหนักได้ 80 ถึง 150 กิโลกรัม จากการศึกษาพบว่าสกูตเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำความเร็วได้ 20 ถึง 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับการใช้งานในรูปแบบจักรยานไฟฟ้า กิตติศักดิ์ หมึกแดง และอดิศักดิ์ ความพินิจ (2553) ได้ศึกษารถจักรยานไฟฟ้า 2 ล้อ ขับเคลื่อนด้วยฮับมอเตอร์ 2 ตัว ขนาด 250 วัตต์ 36 โวลต์ โดยรถจักรยานไฟฟ้ามีน้ำหนักของตัวรถรวมกับแบตเตอรี่ 80 กิโลกรัม จากผลการทดสอบการทำงานของรถจักรยานไฟฟ้าที่มีน้ำหนักของผู้ขับขี่ 80 กิโลกรัม สามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 32 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและสามารถไต่ระดับได้ถึงความชัน 20 , 27 และ 32 องศา ในส่วนรถสกูตเตอร์ไฟฟ้าสำหรับคนพิการ หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ (2554) ได้ทำการศึกษาสกูตเตอร์ไฟฟ้า 4 ล้อ สำหรับผู้ป่วย คนพิการ เหมาะสำหรับผู้ใช้น้ำหนักไม่เกิน 100 กิโลกรัม หรือ 200 กิโลกรัม เมื่อรวมกับน้ำหนักของรถ ใช้มอเตอร์แบบโซ่ (Chain motor) ขนาด 500 วัตต์ เป็นอุปกรณ์ส่งกำลังขับเคลื่อน แพล่งจ่ายพลังงานใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 2 ก้อน จากการศึกษาของหทัยเทพ พบว่าที่น้ำหนักรวม 150 กิโลกรัม การเคลื่อนที่ในแนวระดับสามารถทำความเร็วได้สูงสุด 6.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่น้ำหนักเดียวกันในการวิ่งทางลาดชัน 15 องศา ความเร็วของรถอยู่ที่ 2.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้นความเร็วจะลดลง ปัจจุบันในชั่วโมงเร่งด่วนสำหรับพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น การเดินทางระยะสั้นไม่เกิน 10 กิโลเมตร เช่นการไปและกลับระหว่างบ้านกับสถานที่ทำงานหรือสถานีรถไฟฟ้า รวมถึงป้ายรถเมล์ การใช้สกูตเตอร์ไฟฟ้าแบบยืนบนกระดาน (Razor scooter) เป็นหนึ่งในวิธีการเดินทางที่ได้รับความนิยม วิธีนี้จะช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางในกรณีที่รถติดบนถนนสายหลักได้ ธนบดี ราชบุณ, นครินทร์ เปียนกา และปรัชญาพร ดวงคา (2562) ได้ทำการศึกษาสกูตเตอร์ไฟฟ้า 2 ล้อ แบบพับได้ โดยใช้ฮับมอเตอร์ ขนาด 250 วัตต์ 24 โวลต์ ล้อขับเคลื่อนผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว น้ำหนักสกูตเตอร์รวมแบตเตอรี่ 10 กิโลกรัม จากการศึกษาพบว่าสกูตเตอร์ไฟฟ้ารับน้ำหนักได้สูงสุด 85 กิโลกรัม ความเร็วที่เคลื่อนที่ได้เท่ากับ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่เมื่อน้ำหนักรวมลดลงเหลือ 45 กิโลกรัม ความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 17 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น พบว่ารถสกูตเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทยมีการใช้มอเตอร์ 2 แบบ คือมอเตอร์แบบโซ่ (Chain motor) กับฮับมอเตอร์ (Hub motor) ซึ่งการใช้มอเตอร์แบบโซ่ ต้องใช้โซ่เป็นอุปกรณ์ช่วยส่งกำลังทำให้โครงสร้าง

ของสกูเตอร์มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ซึ่งไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานบนทางเท้าหรือบนถนนที่มีรถติดรวมถึงไม่สะดวกในการพกพาขึ้นรถไฟฟ้า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เน้นที่จะศึกษาการออกแบบ สร้างและทดสอบสกูเตอร์ไฟฟ้าสองล้อแบบยืนบนกระดานที่มีน้ำหนักรวมของตัวสกูเตอร์และแบตเตอรี่รวมไม่เกิน 10 กิโลกรัม และสามารถเคลื่อนที่ขึ้นทางลาดชันที่มีมุมเอียง 5 องศา (พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร, 2564) ด้วยความเร็วประมาณ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้ฮับมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังในการขับเคลื่อน สำหรับการเคลื่อนที่ระยะสั้นที่สามารถพกพาได้สะดวก และเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาการใช้สกูเตอร์ไฟฟ้าต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบ สร้างและทดสอบสกูเตอร์ไฟฟ้าสองล้อแบบยืนบนกระดานที่ใช้ฮับมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังในการขับเคลื่อน
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการขับเคลื่อนบนพื้นราบและเคลื่อนที่ขึ้นทางลาดชันกับน้ำหนักรวมที่ใช้ในการเคลื่อนที่

ขอบเขตการวิจัย

1. งานวิจัยนี้ได้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแบบฮับมอเตอร์ ขนาด 350 W 36 V เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนและมีเส้นผ่านศูนย์กลางล้อเท่ากับ 6.5 นิ้ว
2. การทดสอบได้ทดสอบที่น้ำหนักของสกูเตอร์ไฟฟ้าและผู้ใช้งานรวมกันไม่เกิน 100 กิโลกรัม โดยสกูเตอร์ไฟฟ้าที่ออกแบบมีมวลไม่เกิน 10 kg
3. การทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของสกูเตอร์ไฟฟ้าได้ทำการทดสอบบนทางราบตรงที่ระยะ 100 เมตร ส่วนการเคลื่อนที่บนทางลาดชันได้ทดสอบที่มีมุมเอียงไม่เกิน 5 องศา ระยะทางในการทดสอบ 10 เมตร เท่านั้น

ระเบียบการวิจัย

การศึกษางานวิจัยเรื่อง การออกแบบและทดสอบรถสกูเตอร์ไฟฟ้าแบบยืนบนบอร์ดสำหรับการเดินทางระยะสั้นคนเดียว ผู้วิจัยได้เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ ส่วนประกอบและหลักการทำงานของสกูเตอร์ไฟฟ้า แรงต้านการเคลื่อนที่ของสกูเตอร์ไฟฟ้า จากนั้นได้ทำการคำนวณหาลำโพงของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนสกูเตอร์ไฟฟ้าเพื่อนำไปสร้างและทดสอบสกูเตอร์ไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ส่วนประกอบและหลักการทำงานของสกูเตอร์ไฟฟ้า

สกูเตอร์ไฟฟ้าเป็นยานพาหนะที่ไม่ปล่อยมลพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและต่อผู้คน เนื่องจากไม่ต้องการน้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนใหญ่ได้ใช้สำหรับการเดินทางระยะทางสั้นหรือปานกลางในตัวเมืองหรือหมู่บ้าน เนื่องจากขี้นง่าย ราคาถูก สกูเตอร์ไฟฟ้ามีส่วนประกอบหลักได้แก่มอเตอร์หรือแฮนด์ พื้นสำหรับเหยียบ ล้อ และระบบไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 1 สำหรับระบบไฟฟ้าของสกูเตอร์ไฟฟ้าประกอบด้วยแบตเตอรี่ มอเตอร์ ตัวควบคุมมอเตอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ



ภาพที่ 1 สกูตเตอร์ไฟฟ้า

ที่มา: www.mercular.com/ninebot-kickscooter-f30, (2564)

1) ฮับมอเตอร์ (Hub motor) (George Joseph and Vishnu R.Kammath, 2020) มอเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กับสกูตเตอร์ไฟฟ้ามีอยู่ 2 แบบคือ ฮับมอเตอร์ (Hub motor) หรือมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC motor) และมอเตอร์แบบโซ่โซ่ (Chain motor) บางครั้งเรียกว่ามอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน (Brushed DC motor) ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยมอเตอร์ทั้งสองแบบเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ซึ่งได้รับพลังงานจากแบตเตอรี่ งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ฮับมอเตอร์เพราะระบบของฮับมอเตอร์ในสกูตเตอร์ไฟฟ้านั้นง่ายต่อการติดตั้ง รวมถึงถอดออกจากสกูตเตอร์ได้ง่าย เนื่องจากไม่มีระบบเกียร์และโซ่สำหรับส่งกำลัง ฮับมอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบซิงโครนัสซึ่งขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ภายในมอเตอร์ชนิดนี้มีขดลวดอยู่ 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยขดลวดหลายขดและมีการป้องกันของสัญญาณจาก Hall sensor ทั้งหมด 3 ตัว ซึ่งจะทำงานในระดับต่ำและสูงตามขั้วของแม่เหล็ก โดยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของฮับมอเตอร์จะถูกจ่ายให้กับขดลวดที่อยู่หนึ่งในมอเตอร์ ทำให้แม่เหล็กถาวรหมุนโดยที่อาเมเจอร์ยังคงอยู่นิ่ง พลังงานจะถูกถ่ายโอนภายในฮับมอเตอร์ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถลดการสัมผัสกันระหว่างชิ้นส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนไหวยังเป็นผลให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลง แม้ว่าฮับมอเตอร์จะมีราคาแพงกว่ามอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าและใช้งานได้นานกว่าระบบมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน



a) ฮับมอเตอร์ (Hub motor) และส่วนประกอบ

b) มอเตอร์แบบโซ่ (Chain motor)

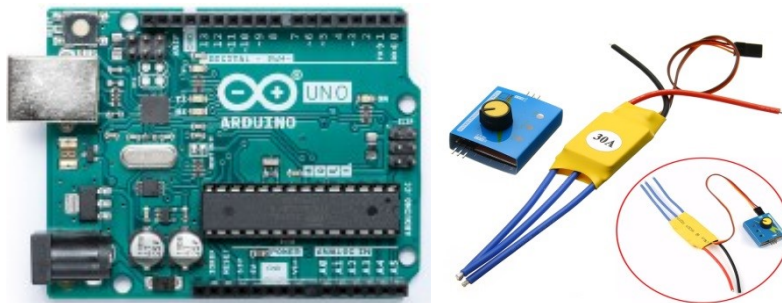
ภาพที่ 2 ฮับมอเตอร์และมอเตอร์แบบโซ่

ที่มา: a) George Joseph and Vishnu R.Kammath, (2020)

b) www.amazon.in/Electric-electric-tricycle-sprocket-eduction/dp/B00SL6012W, (2564)

2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) (Marc Gisbert Juárez, 2019) ในการปรับเปลี่ยนความเร็วของสกูตเตอร์ไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์เพื่อให้อุปกรณ์สามารถควบคุมระบบได้ เพื่อให้ระบบควบคุมทำงานได้อย่างสมบูรณ์ บอร์ดวงจร Arduino ได้ถูกนำมาใช้เพื่อให้อุปกรณ์ประมวลผลของเซ็นเซอร์ทั้งหมดที่ใช้ในสกูตเตอร์ อย่างไรก็ตามการใช้บอร์ดวงจร Arduino อย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ จึงต้องมีระบบควบคุมความเร็วแบบอิเล็กทรอนิกส์

(Electronic Speed Control, ESC) เพื่อใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าด้วย บอร์ดวงจร Arduino และชุดควบคุมความเร็วแบบอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3



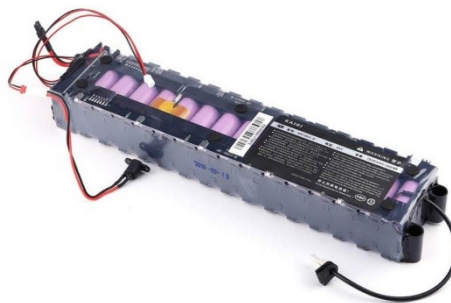
a) บอร์ดวงจร Arduino

b) ชุดควบคุมความเร็วแบบอิเล็กทรอนิกส์

ภาพที่ 3 บอร์ดวงจร Arduino และชุดควบคุมความเร็วแบบอิเล็กทรอนิกส์

ที่มา: Marc Gisbert Juárez, (2019)

3) แบตเตอรี่ (Battery) (Justin, 2021) แบตเตอรี่ดังแสดงในภาพที่ 4 เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าที่ประกอบด้วย เซลล์ไฟฟ้าเคมีตั้งแต่หนึ่งเซลล์ขึ้นไป มีจุดต่อภายนอกสำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า แบตเตอรี่มีหลายชนิด ได้แก่ แบตเตอรี่แบบตะกั่ว – กรด (lead - acid) แบตเตอรี่แบบแห้ง และแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในปัจจุบัน แต่มีราคาสูงกว่าแบตเตอรี่สองชนิดแรกข้างต้น แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนนิยมนำมาใช้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีความจุค่อนข้างสูงและสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายเช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องมือกล รถวีลแชร์ไฟฟ้า รถจักรยานไฟฟ้า รถไฟฟ้าและรถบัสไฟฟ้า งานวิจัยนี้แบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนขนาด 36 V 10 ah ได้ถูกนำมาใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้า เนื่องจากแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถชาร์จใหม่ได้ มีความจุไฟฟ้าสูงและมีน้ำหนักเบา ซึ่งทำให้การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ามีความคล่องตัวและสะดวกยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4 แบตเตอรี่สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า

ที่มา: Justin, (2021)

2. ความต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า (Thomas D. Gillespie, 2021) เพื่อหาค่าพลังของมอเตอร์ที่นำมาใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า แรงต้านการเคลื่อนที่ซึ่งประกอบด้วย แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling resistance force, F_r) แรงต้านอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamic drag force, F_d) และแรงต้านทางชัน (Gradient resistance force, F_g) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อคำนวณหาแรงต้านทานการเคลื่อนที่ทั้งหมด (Total force, F_t) ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$F_t = F_f + F_a + F_g \quad (1)$$

เมื่อได้แรงต้านการเคลื่อนที่ทั้งหมด จะสามารถหาค่ากำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนสกรูเตอร์ไฟฟ้าจากสมการที่ 2

$$Power = F_t \times V \quad (2)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ซึ่งมีหน่วยเป็น m/s

1) แรงต้านการหมุนของล้อ เป็นผลเนื่องจากการสัมผัสกันระหว่างยางของสกรูเตอร์ไฟฟ้ากับพื้นถนน สมการที่ใช้คำนวณหาแรงต้านการหมุนของล้อ สามารถหาได้จากสมการที่ 3

$$F_f = C_f \times M \times g \times \cos\theta \quad (3)$$

โดยที่ C_f คือสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างยางกับพื้นถนนซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.004 ในกรณีที่เป็นยางรถจักรยานกับพื้นคอนกรีต (Mahesh S. Khande, Akshay S. Patil, Gaurav C. Andhale, and Rohan S. Shirsat, 2020), M คือมวลรวมของสกรูเตอร์กับผู้ใช้งาน ในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ 100 kg และ θ คือมุมเอียงระหว่างพื้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ ในที่นี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5 องศา และ g คือค่าความโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2 จากสมการที่ 3 สามารถหาค่าแรงต้านการหมุนของล้อได้เท่ากับ 3.9 N

2) แรงต้านอากาศพลศาสตร์ เป็นแรงที่เกิดจากสกรูเตอร์เคลื่อนที่ผ่านอากาศด้วยความเร็ว แรงต้านอากาศพลศาสตร์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดและรูปร่างของยานพาหนะ แรงต้านอากาศพลศาสตร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$F_a = 0.5 \times C_d \times A_f \times \rho_{air} \times V^2 \quad (4)$$

โดยที่ C_d คือค่าสัมประสิทธิ์การดูดอากาศพลศาสตร์ ในกรณีที่เป็นรถสกรูเตอร์ ให้มีค่าเท่ากับ 0.7 (Ji-Young Lee, Byung-Chul Woo, Jong-Moo Kim and Hong-Seok Oh, 2017), ρ_{air} คือค่าความหนาแน่นของอากาศมีค่าเท่ากับ 1.18 kg/m^3 ที่ 25° , V คือความเร็วในการเคลื่อนที่ มีค่าเท่ากับ 3 เมตรต่อวินาที หรือประมาณ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับการรับน้ำหนักกรวมที่ใช้ในการออกแบบ 100 kg และ A_f คือพื้นที่หน้าตัด ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.8 \times H \times W$ (ธีระยุทธ, 2556) โดยที่ H คือความสูง และ W คือความกว้าง ทั้งนี้กำหนดให้ความสูงและความกว้างของผู้ใช้สกรูเตอร์ เท่ากับ 1.8 m และ 0.5 m ตามลำดับ จากสมการที่ 4 เมื่อแทนค่าต่าง ๆ สามารถหาแรงต้านอากาศพลศาสตร์ได้เท่ากับ 2.7 N

3) แรงต้านทางชัน เป็นแรงที่สกรูเตอร์ไฟฟ้าใช้ในการเคลื่อนที่ขึ้นทางลาดชัน แรงต้านทางชันสามารถหาได้จากสมการที่ 5

$$F_g = M \times g \times \sin\theta \quad (5)$$

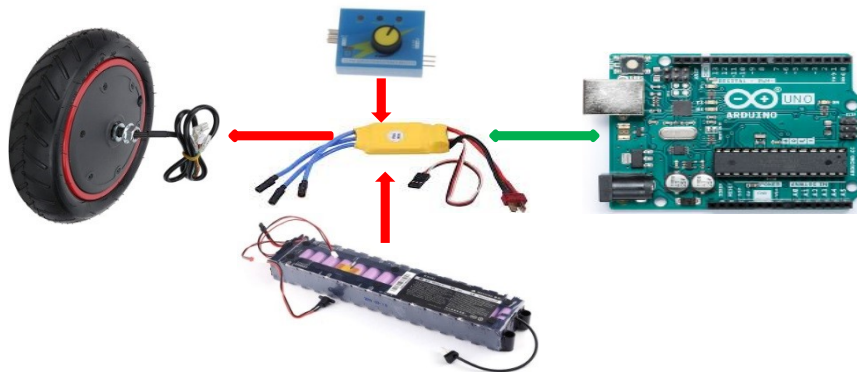
จากสมการที่ 5 เมื่อแทนค่า M และ ค่า g รวมถึงค่า θ ตามเงื่อนไขข้างต้น สามารถคำนวณหาแรงต้านทางชันได้เท่ากับ 85.5 N จากผลการคำนวณหาแรงต้านการหมุนของล้อ แรงต้านอากาศพลศาสตร์ และแรงต้านทางชัน เมื่อนำค่าต่าง ๆ เหล่านี้ไปแทนในสมการที่ 1 สามารถหาค่าแรงต้านการเคลื่อนที่ทั้งหมดได้เท่ากับ 97.1 N และสามารถหาค่ากำลังของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนสกรูเตอร์ไฟฟ้าตามสมการที่ 2 ได้เท่ากับ 291.3 W ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 350 W เป็นมอเตอร์ต้นกำลัง เนื่องจากได้คิดประสิทธิภาพการใช้งานของมอเตอร์ไว้ที่ 80 เปอร์เซ็นต์

3. การสร้างสกรูเตอร์ไฟฟ้า

ในการสร้างสกรูเตอร์ไฟฟ้า ส่วนประกอบทั้งหมดจะถูกเชื่อมต่อ ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ชุดเร่งแบบวอลุ่มและแบตเตอรี่จะถูกต่อเชื่อมต่อกับชุด ESC ด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านของชุด ESC จะถูกต่อเข้ากับมอเตอร์ ดังนั้นเมื่อผู้ต้องการขับเคลื่อนสกรูเตอร์ให้เร็วขึ้น สามารถทำได้โดยปรับชุดเร่งแบบวอลุ่ม และชุดเร่งนี้จะทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้นผ่านชุดควบคุมความเร็วหรือ ESC

2) ชุด ESC และชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino จะถูกต่อเข้าด้วยกันเพื่อส่งข้อมูลให้กันและกัน ชุด ESC จำเป็นต้องเชื่อมต่อกับบอร์ดวงจร Arduino เพื่อประมวลผลข้อมูลของชุดเร่งและควบคุมมอเตอร์ ในทางกลับกัน Arduino จะต้องเชื่อมต่อกับชุด ESC เพราะชุด ESC จะให้พลังงานจากแบตเตอรี่กับบอร์ดวงจร Arduino สกูเตอร์ไฟฟ้าที่สร้างสำหรับใช้ในการทดสอบมีน้ำหนักประมาณ 6 กิโลกรัม สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6 ซึ่งรายละเอียดส่วนประกอบหลักมีดังนี้ (1) โครงสร้างทำจากเหล็กกล่องหน้าตัด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว และเหล็กเพลากลมกลวงขนาด 6 หุน และเหล็กแผ่นหนา 3 mm น้ำหนักรวม 1.5 kg (2) ล้อหลังซึ่งเป็นฮับมอเตอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 นิ้ว 350 W 36 V น้ำหนัก 2.1 kg (3) ล้อหน้าซึ่งเป็นล้อฟรี เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว น้ำหนัก 0.6 kg (4) ชุดแบตเตอรี่ 36 V 10 ah และสายชาร์จแบตเตอรี่ น้ำหนัก 1.6 kg (5) ชุด ESC และอุปกรณ์ปรับความเร็ว น้ำหนัก 0.05 kg



ภาพที่ 5 โครงร่างการต่ออุปกรณ์การทำงานของสกูเตอร์ไฟฟ้า



a) สกูเตอร์ทั้งคัน

b) ล้อหน้ากับระบบพับ (บน) และล้อขับเคลื่อน (ล่าง)

ภาพที่ 6 สกูเตอร์ไฟฟ้าที่สร้างขึ้นสำหรับการทดสอบ

วิธีการทดลอง

การทดสอบสกูเตอร์ไฟฟ้าในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเร็วสูงสุดที่สกูเตอร์ไฟฟ้าทำได้เมื่อน้ำหนักรวมของผู้ใช้งานและสกูเตอร์ไฟฟ้าเท่ากับ 65, 80 และ 100 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยทำการทดสอบทางตรงในแนวระดับและการเคลื่อนที่ขึ้นทางลาดชันที่มีมุมเอียง 5 องศา สำหรับการทดสอบการเคลื่อนที่ทางตรงในแนวระดับได้ให้สกูเตอร์เคลื่อนที่เป็นทางตรงระยะทาง 100 เมตร ในส่วนของการเคลื่อนที่ขึ้นทางลาดชันได้ใช้ระยะทาง 10 เมตร จากนั้นทำการจับเวลาที่สกูเตอร์

เตอร์เคลื่อนที่ได้เพื่อคำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของสากเตอร์ไฟฟ้า สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อหาความเร็วของสากเตอร์นั้นได้ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 4 ครั้ง ในแต่ละเงื่อนไข แล้วนำข้อมูลที่ได้อาค่าเฉลี่ย

ผลการทดสอบและการอภิปรายผล

จากการทดสอบและเก็บข้อมูลเวลาในการเคลื่อนที่ของสากเตอร์ไฟฟ้าบนทางราบตรงเป็นระยะทาง 100 เมตร และเคลื่อนที่ขึ้นทางชัน 5 องศา เป็นระยะทาง 10 เมตร ที่น้ำหนักรวมต่าง ๆ กัน สามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

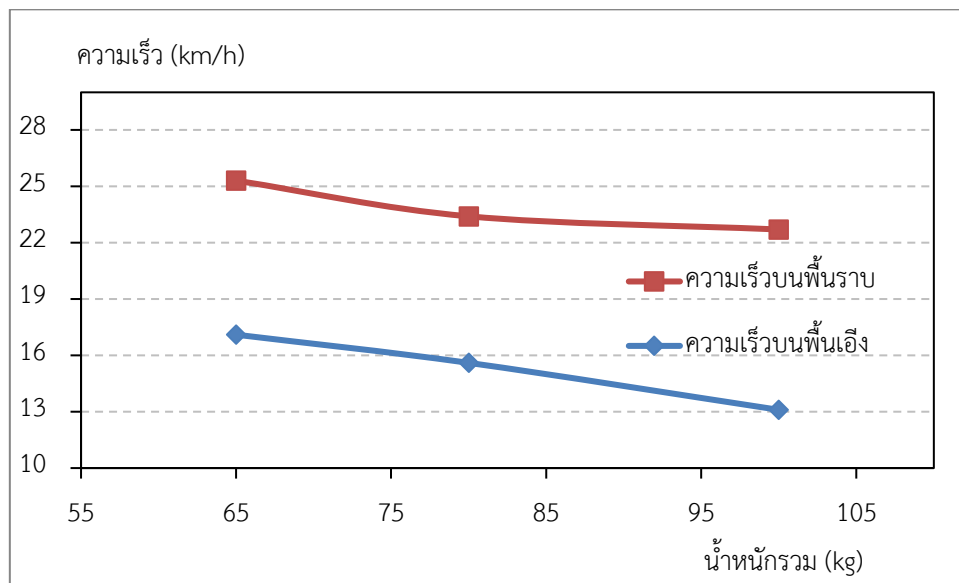
ตารางที่ 1 เวลาในการเคลื่อนที่บนทางราบตรงระยะทาง 100 เมตร

มวลรวม (kg)	เวลาในการเคลื่อนที่ (s)				เวลาเฉลี่ย (s)	ความเร็ว	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		(m/s)	(km/h)
65	14.3	13.9	15.1	13.5	14.20	7.04	25.34
80	15.2	15.7	14.8	15.4	15.27	6.54	23.54
100	15.8	16.4	15.4	15.7	15.82	6.32	22.75

ตารางที่ 2 เวลาในการเคลื่อนที่ขึ้นบนทางชัน 5 องศา ระยะทาง 10 เมตร

มวลรวม (kg)	เวลาในการเคลื่อนที่ (s)				เวลาเฉลี่ย (s)	ความเร็ว	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		(m/s)	(km/h)
65	2.1	2.1	2.1	2.0	2.07	4.83	17.38
80	2.3	2.4	2.3	2.3	2.32	4.31	15.51
100	2.7	2.8	2.7	2.8	2.75	3.63	13.06

จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรวมกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของสากเตอร์ไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 7 ซึ่งเป็นการแสดงผลการทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของสากเตอร์ไฟฟ้าที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบในกรณีที่ยังบนพื้นราบทางตรงและเคลื่อนที่ขึ้นบนพื้นเอียงที่มีความชัน 5 องศา ที่น้ำหนักของผู้ใช้งานต่าง ๆ กัน จากรูปที่ 7 พบว่า การวิ่งบนทางราบตรง สากเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำความเร็วได้สูงสุดประมาณ 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่น้ำหนักของผู้ใช้งานประมาณ 60 กิโลกรัม เมื่อน้ำหนักของผู้ใช้งานเพิ่มขึ้นความเร็วของการเคลื่อนที่ได้จะลดลง เมื่อผู้ใช้งานมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 75 และ 95 กิโลกรัม ความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ลดลงเหลือประมาณ 23 และ 22 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนั้นได้ทำให้แรงต้านการหมุนของล้อเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ความเร็วในการเคลื่อนที่นั้นลดลง และการที่สากเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำความเร็วได้สูงในกรณีที่เคลื่อนที่บนทางราบเนื่องจากไม่มีแรงต้านทางชันในการเคลื่อนที่ซึ่งทำให้แรงต้านการเคลื่อนที่น้อยลง ส่วนการเคลื่อนที่ขึ้นทางลาดชันที่มีมุมเอียง 5 องศา สากเตอร์ไฟฟ้ามีความเร็วลดลงมากเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนที่ขึ้นบนพื้นเอียงหรือทางลาดชัน แรงต้านการเคลื่อนที่จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีแรงต้านทางชันซึ่งมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น และเมื่อน้ำหนักของผู้ใช้งานเพิ่มขึ้นความเร็วของสากเตอร์ไฟฟ้าที่ได้นั้นจะลดลงไปด้วย ซึ่งจากผลการทดสอบการเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียง พบว่าเมื่อผู้ใช้งานมีน้ำหนักประมาณ 60, 75 และ 95 กิโลกรัม ความเร็วของสากเตอร์ไฟฟ้ามีค่าประมาณ 17, 15 และ 13 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรวมกับความเร็วในการเคลื่อนที่

สรุปผลการทดสอบ

จากการออกแบบ สร้าง และทดสอบ สกูเตอร์ไฟฟ้าแบบยีนบนกระดานสำหรับใช้ในการเดินทางระยะสั้นคนเดียว เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรวมของผู้ใช้งานและสกูเตอร์ไม่เกิน 100 กิโลกรัม กับความเร็วที่สกูเตอร์เคลื่อนที่ได้ ทั้งในการเคลื่อนที่ในแนวราบและการเคลื่อนที่ขึ้นบนทางลาดชัน จากการศึกษาและทดสอบ พบว่าสกูเตอร์ไฟฟ้าควรใช้ฮับมอเตอร์ขนาด 350 วัตต์ เป็นมอเตอร์ขับเคลื่อนเพื่อรองรับน้ำหนักของผู้ใช้งานประมาณ 90 กิโลกรัมและเพื่อให้ได้ความเร็วประมาณ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับการเคลื่อนที่ไปบนทางลาดชันที่มีมุมเอียง 5 องศา สำหรับสกูเตอร์ที่ได้สร้างขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งนี้มีน้ำหนักประมาณ 6 กิโลกรัม ในส่วนการทดสอบความเร็วของสกูเตอร์ไฟฟ้า พบว่าสกูเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำความเร็วได้ประมาณ 22 ถึง 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับบนพื้นราบ ส่วนการเคลื่อนที่ขึ้นบนพื้นเอียง สกูเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำความเร็วได้ประมาณ 13 ถึง 17 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของผู้ใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ หมึกแดง และอดิศักดิ์. (2553). รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless DC Motor 2 ตัว. (ปริญญาณินท์ ปริญาครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ธนบดี ราชปุม, นครินทร์ เปียนกา และ ปรัชญาพร ดวงคา. (2562). การออกแบบพาหนะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดพกพาด้วยการพับแบบเลื่อนเก็บ. วารสารการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 6 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 1, วันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 จังหวัดปทุมธานี จัดโดยมหาวิทยาลัยปทุมธานี, 271 – 275.
- ธนนต์ ศรีสกุล , ภูมิ ศิลาพันธ์ และ มนตรี ศิริปรัชญานันท์. (2550). รถสกูเตอร์ไฟฟ้ากับการใช้งานอีกรูปแบบหนึ่งในปัจจุบัน. วารสาร WHAT THAI Electronics, 2(5), 58 – 62.
- ธนนต์ ศรีสกุล, รังสิมันต์ น้อยเจริญ และ มนตรี ศิริปรัชญานันท์. (2552). รถสเก็ตบอร์ดไฟฟ้า I. วารสาร WHAT THAI Electronics, 4(41), 114 – 119.
- ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. (2556). วิศวกรรมยานยนต์ (พิมพ์ครั้งที่ 13). น. 35. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วิทย์พัฒน์, บจก.

- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร. (2564). กฎกระทรวง เรื่องกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคาร สำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพ และคนชรา พ.ศ. 2548. สืบค้น 1 กันยายน พ.ศ. 2564, จาก [https://download.asa.or.th/03media/04law/cba/mr/mr48-58e-upd\(02\).pdf](https://download.asa.or.th/03media/04law/cba/mr/mr48-58e-upd(02).pdf)
- มอเตอร์แบบโซ่ [รูปภาพ]. (2564). สืบค้น 1 กันยายน พ.ศ. 2564, จาก www.amazon.in/Electric-electric-tricycle-sprocket-eduction/dp/B00SL6012W
- สกูตเตอร์ไฟฟ้า [รูปภาพ]. (2564). สืบค้น 1 กันยายน พ.ศ. 2564, จาก www.mercular.com/ninebot-kickscooter-f30
- หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ. (2554).รถสกูตเตอร์ไฟฟ้าอเนกประสงค์. วารสารการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25, วันที่ 19-21 ตุลาคม พ.ศ. 2554 จังหวัดกระบี่ จัดโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- George Joseph and Vishnu R.Kammath, (2020). Study on Hub Motor & Design of Uni-Wheel Bike. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 9(8), 7524 – 7531. สืบค้น 1 กันยายน พ.ศ. 2564, จาก www.ijirset.com/upload/2020/august/111_STUDY_NC.PDF
- Ji-Young Lee, Byung-Chul Woo, Jong-Moo Kim and Hong-Seok Oh. (2017). In-wheel Motor Design for an Electric Scooter. Journal of Electrical Engineering Technology, 12(6), 2307 - 2316. DOI:10.5370/JEET.2017.12.6.2307
- Justin. (2021). Technical Guide: Electric Scooter Batteries. สืบค้น 1 กันยายน พ.ศ. 2564, จาก <https://electric-scooter.guide/guides/electric-scooter-batteries/>
- Mahesh S. Khande, Akshay S. Patil, Gaurav C. Andhale, and Rohan S. Shirsat. (2020). Design and Development of Electric scooter. International Research Journal of Engineering and Technology, 7(5), 359 – 364. สืบค้น 1 กันยายน พ.ศ. 2564, จาก <https://www.irjet.net/archives/V7/i5/IRJET-V7I578.pdf>
- Marc Gisbert Juárez. (2019). Design of an urban electric scooter. (Final Degree Project Engineering Degree in Industrial Technologies). Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. สืบค้น 1 กันยายน พ.ศ. 2564, จาก <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/173440/design-of-an-urban-electric-scooter-marc-gisbert-ju-rez.pdf>
- Thomas D. Gillespie. (2021). Fundamentals of Vehicle Dynamics, Revised Edition. pp 67-99. Warrendale, PA: Publisher: Society of Automotive Engineers.

Received: Jan 11, 2022

Revised: Apr 28, 2022

Accepted: May 5, 2022

ระบบควบคุมคุณภาพ กรณีศึกษาบริษัทเอชบีซี โปรดักส์ อินดัสตรีส์ จำกัด

QUALITY CONTROL SYSTEM CASE STUDY HBC PRODUCTS INDUSTRIES CO., LTD

วัฒนา เอกปมิตศิลป์

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธนบุรี

Wattana Eakpamitsin

Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Thonburi University

E-mail: e20npd@hotmail.com¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดศึกษาปัญหาในระบบงานเดิมและพัฒนาระบบงานใหม่ในควบคุมคุณภาพให้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้าและการแข่งขันในการทำธุรกิจ โดยโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาโปรแกรมควบคุมคุณภาพที่มีอยู่แล้ว ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีความโปร่งใสในการดำเนินงาน สามารถตรวจสอบกลับได้ตลอดเวลา อีกทั้งยังช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับระบบงานและองค์กร

ผลการวิจัยพบว่า การนำโปรแกรมควบคุมคุณภาพมาช่วยในการบันทึกข้อมูลนั้น ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยลดการใช้กระดาษ ลดเวลาในการค้นหาข้อมูล ลดเวลาในการทำงาน สามารถเก็บข้อมูลได้มากขึ้น รวมออกรายงานได้สรุปยอดตามรหัสสินค้า ประเภทสินค้าได้ทันที ทั้งยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวางแผนงานในอนาคตได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ระบบ, ควบคุมคุณภาพ, กรณีศึกษา

Abstract

This research aims to reduce the study of problems in the old system and develop a new system for effective quality control. Because it affects customer satisfaction and business competition. This project aims to develop an existing quality control program. to be able to work more efficiently There is transparency in the operation. can be traced back at any time It also helps create a good image for the work system and the organization.

The results showed that incorporating a quality control program to help record that information. make work more efficient Help reduce the use of paper. Reduce search time reduce working time can store more data Consolidated reports can be summarized by product code. product type immediately It can also analyze data to plan future work as well.

Keywords: System, Quality control, Case study

บทนำ

การควบคุมคุณภาพ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากกับองค์กรในยุคปัจจุบัน ซึ่งจะต้องผลิตและจัดส่งสินค้าที่มีคุณภาพให้กับลูกค้า อันจะเป็นการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า เพื่อวัตถุประสงค์ในการที่ธุรกิจจะสามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้ รวมทั้งเกิดผลกำไรจากการประกอบการสูงสุด จึงได้มีการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการควบคุมคุณภาพ โดยการพัฒนาโปรแกรมการควบคุมคุณภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานนี้ให้ดียิ่งขึ้น และสอดคล้องกับระบบบริหารคุณภาพ ISO 9000

เนื่องจากการควบคุมคุณภาพดังกล่าวนี้ แผนกตรวจสอบคุณภาพสินค้าได้รับข้อมูลเป็นจำนวนมาก ตั้งแต่วัตถุดิบหรือสินค้าที่รับเข้า (Incoming QC) สินค้าระหว่างผลิต (Inprocess QC) สินค้าที่ผลิตเสร็จก่อนส่งเข้าคลังสินค้า (FOC) และสินค้าก่อนส่งให้กับลูกค้า (QA) รวมไปถึงเรื่องการรับคืนสินค้าจากลูกค้า (Customer Reject Collective Action) ทางบริษัทจึงได้จัดทำโปรแกรมการควบคุมคุณภาพนี้ขึ้น แต่ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการบางประการได้อย่างเต็มที่ โดยมีปัญหาการออกรายงานที่ปัจจุบันยังไม่สามารถออกรายงานได้ ทำให้ผู้บริหารไม่สามารถวางแผน ตรวจสอบรายละเอียดต่างๆได้ ส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ปัญหาการการทำงานที่ไม่โปร่งใสที่ไม่สามารถตรวจสอบกลับไปยังผู้ลงบันทึกในระบบได้ ปัญหาการสื่อสารกับฝ่ายคลังสินค้าที่ไม่ทราบถึงผลการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ ทำให้บางครั้งอาจมีการนำบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานไปใช้ทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพตามมา

จากปัญหาดังกล่าวผู้จัดทำจึงได้ศึกษาและรวบรวมนำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นมาพิจารณาแล้วได้พัฒนาโปรแกรมควบคุมคุณภาพที่มีอยู่แล้ว ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความถูกต้อง ครอบคลุม รวดเร็ว เพิ่มความโปร่งใสในการดำเนินงาน หากต้องการที่จะตรวจสอบข้อมูลรายงานที่จะสรุปต่างๆก็สามารถทำได้ สามารถแก้ไขข้อมูลต่างๆรวมทั้งบันทึกข้อมูลสินค้าหรือวัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์ ใหม่ๆที่รับมาได้เป็นอย่างดีและไม่ยุ่งยาก และไม่ทำให้ข้อมูลต่างๆเกิดการสูญหาย ค้นหาการต่างๆได้ตามความต้องการ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีความโปร่งใสในการทำงานที่สามารถตรวจสอบกลับได้ตลอดเวลา อีกทั้งยังช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับระบบงานและองค์กรได้อีกด้วย

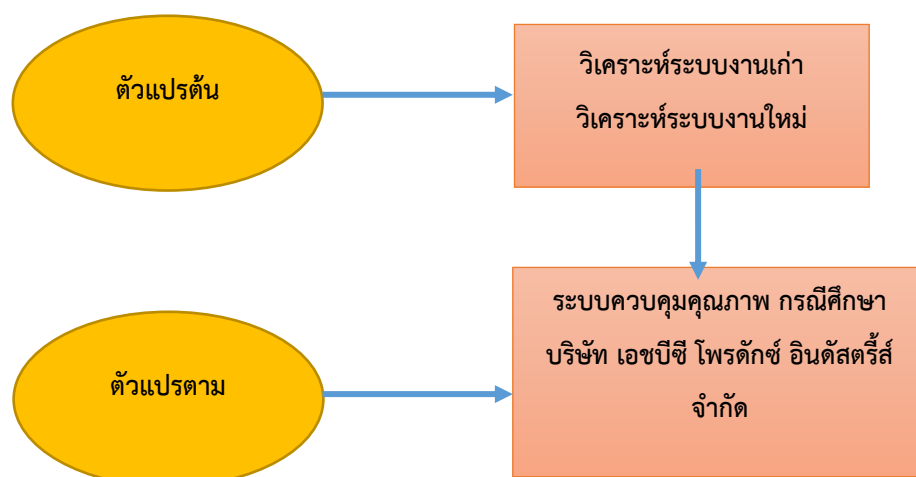
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดศึกษาปัญหาระบบงานเดิมและพัฒนาระบบงานใหม่ในควบคุมคุณภาพให้มีประสิทธิภาพ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. โปรแกรมควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพสามารถออกรายงานสรุปต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
2. สามารถสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กรได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความสำคัญของการควบคุมคุณภาพ

โดยปกติทั่วไปในตลาด สินค้าที่มีคุณภาพดีกว่าย่อมมีราคาที่สูงมากกว่าสินค้าด้อยคุณภาพ ราคาที่ถูกกำหนดขึ้นจึงมีค่าขึ้นอยู่กับคุณภาพของสินค้า ซึ่งในสมัยก่อนคุณภาพของสินค้านั้นค่อนข้างมีความแตกต่างและหลากหลาย บางชนิดถูกนำมาวางจำหน่ายโดยที่เป็นสินค้าที่มีคุณภาพไม่ได้มาตรฐานหรือมีคุณภาพไม่เหมาะสมกับราคา รัฐบาลจึงได้แก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการกำหนดมาตรฐานคุณภาพสินค้า เพื่อใช้สำหรับควบคุมคุณลักษณะของสินค้าทั้งทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด น้ำหนัก ขนาด และสี เป็นต้น โดยในปัจจุบันแนวทางหนึ่งของการควบคุมผลิตภัณฑ์หรือสินค้าบางชนิด จะใช้วิธีการกำหนดคุณภาพด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ม.อ.ก.)

ความหมายของการควบคุมคุณภาพ (Definition of Quality Control)

คำว่า การควบคุมคุณภาพ เป็นการรวมคำสองคำเข้าด้วยกัน คำหนึ่งคือคำว่า การควบคุมตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “Control” ส่วนอีกคำหนึ่งคือ คำว่า คุณภาพ ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “Quality” ซึ่งคำสองคำนี้มีความหมาย ดังนี้

การควบคุม (Control) หมายถึง การบังคับให้กิจกรรมต่าง ๆ ได้ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (เปรี๊ยะ กิจรัตน์กร, 2537 : 202) ส่วนคำว่า คุณภาพ (Quality) หมายถึง ผลผลิตที่มีความเหมาะสม ที่จะนำไปใช้งาน (Fine Ness For Use) ออกแบบได้ดี (Quality of Design) และมีรายละเอียดที่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด การควบคุมอีกความหมายหนึ่ง หมายถึง กิจกรรมจำเป็นอย่างอื่น ๆ ที่จะต้องกระทำเพื่อให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพและได้ผลตลอดไป (เกียรติชัย จิตต์แจ้ง, 2530 หน้า 16) นอกจากนี้คุณภาพยังมีความหมายอีกว่า คุณภาพคือ ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงทน มั่นคง มีสภาพดีสามารถใช้และทำงานได้รวมทั้งมีรูปร่างสวยงามเรียบร้อยกลมกลืน ทำให้งานใช้ด้วย(วิชัย แหวนเพชร, 2547 หน้า 111) กล่าวโดยสรุปแล้ว คุณภาพหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบได้เหมาะสมในงานได้ดี กระบวนการผลิตดี มีความคงทน สวยงามเรียบร้อย และมีรายละเอียดเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้สั่งซื้อที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังจะต้องมีความปลอดภัยในการใช้งานด้วย

Quality Assurance (QA) กับ Quality Control (QC)

QC (Quality Control) หมายถึง การควบคุมคุณภาพสินค้าให้เป็นไปตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ และสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าสูงสุด ด้วยกระบวนการ Inspection คือกระบวนการการตรวจสอบตำหนิและจุดบกพร่องของผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะทำการส่งกลับไปแก้ไขหรือคัดทิ้ง จากนั้นจึงทำการบันทึกและเก็บสถิติของลักษณะรวมทั้งจำนวนผลิตภัณฑ์ต่างๆที่เกิดการบกพร่อง สำหรับนำไปวิเคราะห์สาเหตุปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น แล้วจึงทำการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ผู้ผลิตสามารถทำการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับคุณสมบัติที่ตั้งไว้มากที่สุดต่อไป

QA (Quality Assurance) หมายถึง กระบวนการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของสินค้า ด้วยการวิเคราะห์หาสาเหตุข้อบกพร่องและความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์จากเอกสาร Work Instructions โดยใช้แนวคิด “Do it right the first time.” มาเป็นหลักในการผลิตสินค้า ซึ่งจะเป็นกระบวนการที่แตกต่างจาก QC เนื่องจากเป็นการตรวจสอบกระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจากเอกสาร แทนการคัดแยกของเสียออกจากของดีในขั้นตอนสุดท้าย ที่เป็นการเพิ่มต้นทุนและเสียเวลาโดยใช่เหตุ

จะเห็นได้ว่าทั้งกระบวนการ การตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพ (QC) และ การประกันคุณภาพ (QA) นั้นต่างเป็นกระบวนการตรวจสอบเพื่อทำการป้องกัน (Prevention) การเกิดความผิดพลาดที่สามารถส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสินค้าและบริการในทุกด้าน โดยที่ QC จะให้ความสนใจในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ ส่วน QA จะสนใจวงจรคุณภาพ (Quality Loop) เป็นหลัก

ภาษา PHP

PHP ย่อมาจาก PHP Hypertext Preprocessor แต่เดิมนำมาจาก Personal Home Page Tools PHP คือ ภาษาคอมพิวเตอร์จำพวก Scripting Language ภาษาจำพวกนี้คำสั่งต่างๆจะเก็บอยู่ในไฟล์ที่เรียกว่า Script และเวลาใช้งานต้องอาศัยตัวแปรชุดคำสั่ง ตัวอย่างของภาษาสคริปต์เช่น JavaScript, Perl เป็นต้น ลักษณะของ PHP ที่แตกต่างจากภาษาสคริปต์แบบอื่นๆ คือ PHP ได้รับการพัฒนาและออกแบบมา เพื่อใช้งานในการสร้างเอกสารแบบ HTML โดยสามารถสอดแทรกหรือแก้ไขเนื้อหาได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นจึงกล่าวว่า PHP เป็นภาษาที่เรียกว่า Server-side หรือ HTML-Embedded Scripting Language นั่นคือในทุกๆ ครั้งก่อนที่เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งให้บริการเป็น จะส่งหน้าเว็บเพจที่เขียนด้วย PHP ให้เรา มันจะทำการประมวลผลตามคำสั่งที่มีอยู่ให้เสร็จเสียก่อน แล้วจึงค่อยส่งผลลัพธ์ที่ได้ให้เรา ผลลัพธ์ที่ได้นั้นก็คือเว็บเพจที่เรา

เห็นนั่นเอง ถือได้ว่า PHP เป็นเครื่องมือที่สำคัญชนิดหนึ่งที่ช่วยให้เราสามารถสร้าง Dynamic Web Pages (เว็บเพจที่มีการโต้ตอบกับผู้ใช้) ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีลูกเล่นมากขึ้น

PHP เป็นผลงานที่เติบโตมาจากกลุ่มของนักพัฒนาในเชิงเปิดเผยแพร่ต้นฉบับ หรือ Opensource ดังนั้น PHP จึงมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว และแพร่หลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับ Apache Web Server ระบบปฏิบัติการอย่างเช่น Linux หรือ FreeBSD เป็นต้น ในปัจจุบัน PHP สามารถใช้ร่วมกับ Web Server หลายๆตัวบนระบบปฏิบัติการอย่างเช่น Windows 95/98/NT เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย เรื่องระบบบริหารงานคุณภาพ ISO 9001:2008 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำระบบบริหารคุณภาพ ISO 9001:2008 ไปใช้ในการปฏิบัติงานควบคุมงานก่อสร้าง ระหว่างเริ่มการก่อสร้างจนถึงส่งมอบงาน ของแต่ละระดับงานในการควบคุมงานก่อสร้างของทุกประเภทโครงการภายในบริษัท เทช ลิมิเตด จำกัด ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีความเห็นและความเข้าใจเกี่ยวกับการนำระบบควบคุมคุณภาพ ISO 9001:2008 ไปใช้ในการปฏิบัติงานควบคุมงานก่อสร้างไปใช้งาน ระหว่างเริ่มการก่อสร้างจนถึงส่งมอบงาน ของแต่ละระดับงานในการควบคุมงานก่อสร้างของทุกประเภทโครงการ อยู่ในเกณฑ์ที่มีการนำไปใช้งานมาก เนื่องจากในการก่อสร้างมีการประสานงานและมีการติดต่อสื่อสารในระหว่างการก่อสร้าง ดังนั้น เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการประสานงานจึงมีความสำคัญ โดยการที่ได้นำระบบควบคุมคุณภาพ ISO 9001:2008 ไปใช้ในการปฏิบัติงานควบคุมงานก่อสร้างจึงมีความสำคัญและเป็นประโยชน์ในการควบคุมงานก่อสร้างเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในส่วนของการบริหารโครงการที่ปรึกษาในการก่อสร้าง ซึ่งต้องประสานงานกับทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง อาทิเช่น ฝ่ายเจ้าของโครงการ ฝ่ายผู้ออกแบบ และฝ่ายผู้รับเหมาก่อสร้าง เป็นต้น และจากการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากการนำระบบควบคุมคุณภาพ ISO 9001:2008 ไปใช้ในการปฏิบัติงานควบคุมงานก่อสร้าง ระหว่างเริ่มการก่อสร้างจนถึงส่งมอบงาน ของแต่ละระดับงานในการควบคุมงานก่อสร้างของทุกประเภทโครงการ พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่มีผลกระทบในการนำไปใช้งานปานกลาง เนื่องจากการนำระบบควบคุมคุณภาพ ISO 9001:2008 ไปใช้ในการปฏิบัติงานควบคุมงานก่อสร้างนั้น จะมีระบบเอกสารต่าง ๆ จำนวนมาก ซึ่งอาจส่งผลกระทบในการนำไปใช้หากผู้ที่นำไปใช้ขาดความรู้ความเข้าใจในระบบเอกสารควบคุมคุณภาพ ISO 9001:2008 และอาจขาดการแนะนำให้กับทางผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างเข้าใจในระบบควบคุมคุณภาพ ISO 9001: 2008 แล้ว ก็จะมีผลกระทบต่อการใช้งานในการควบคุมงานก่อสร้าง (นันทชัย ก่อกิจโรจน์, อินเทอร์เน็ต, 2554)

งานวิจัย เรื่องการควบคุมคุณภาพภายในของการผลิตสินค้าของอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า และเพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบในการแข่งขัน แม้ว่าผู้ผลิตแต่ละรายในอุตสาหกรรมเดียวกันจะมีระบบและขั้นตอนการผลิตคล้ายคลึงกัน แต่ในรายละเอียดของการใช้เกณฑ์ในการประเมินคุณภาพภายใน อาจจะแตกต่างกันหรือเหมือนกัน ดังนั้น การทำวิจัยในครั้งนี้เพื่อหาข้อสรุปว่าผู้ผลิตแต่ละรายของไทยในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ความสำคัญต่อการใช้เกณฑ์ในการควบคุมคุณภาพภายในอย่างไร ระเบียบวิธีวิจัย การวิจัยในครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) แหล่งข้อมูลเป็นข้อมูลแบบปฐมภูมิ (Primary Data) การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างกำหนดจากจำนวนผู้รับผิดชอบควบคุมในหน่วยการผลิต อันได้แก่ ผู้จัดการโรงงาน หรือ หัวหน้าหน่วยควบคุมการผลิต โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 170 คน จากจำนวนโรงงานทั้งหมด 30 โรงงาน 5 นิคมอุตสาหกรรมในเขตนิคมอุตสาหกรรมจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามมีการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม (Reliability) ด้วยค่า Cronbach's Alpha วิธีการทางสถิติที่ใช้และสรุปผลข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ Paired Samples T-Test โดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลที่ได้จากการวิจัย ผลจากการศึกษาครั้งนี้ได้ว่า ปัจจุบันผู้ผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าของไทยที่ตั้งอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง ทั้งธุรกิจขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดย่อม ต่างให้ความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพภายในอยู่ขั้นระดับสูงและมีแนวโน้มว่าจะมีการพัฒนาระดับการควบคุมคุณภาพภายในของการผลิตสินค้าเพิ่มขึ้นในอนาคต 3-5 ปีข้างหน้า นอกจากนี้จากการเปรียบเทียบระดับการควบคุมคุณภาพภายในปัจจุบันกับอีก 3-5 ปี ข้างหน้าของธุรกิจขนาดใหญ่ พบว่า มีแนวโน้มในการเพิ่มระดับการควบคุมคุณภาพภายในเช่นเดียวกับธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (กฤติกา ลิ้มลาวัลย์, อินเทอร์เน็ต, 2557)

งานวิจัย เรื่องการบูรณาการระบบบริหารคุณภาพ อาชีวอนามัยและความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม ในโรงงานผลิตกระเบื้องหลังคาคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงระบบบริหารงานของโรงงานกรณีศึกษาให้สอดคล้องกับระบบบริหารงานคุณภาพ ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม และระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย อย่างบูรณาการ การดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอน (1) รวบรวมปัญหาจากกระบวนการสังเกตและสอบถาม (2) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (3) ศึกษาและวิเคราะห์พื้นฐานของระบบมาตรฐานที่มีการประยุกต์ใช้อยู่จำนวน 8 มาตรฐาน (4) เทียบเคียงข้อกำหนดระหว่างมาตรฐาน (5) เชื่อมโยงและออกแบบโครงสร้างระบบบริหารงานอย่างบูรณาการ บนตัวแบบที่หมุนตามวงจร PDCA (6) ระบุข้อกำหนดลงในโครงสร้างระบบบริหารงาน (7) ประยุกต์เข้ากับคู่มือระบบบริหารงานคุณภาพ จากนั้นผู้วิจัยสำรวจความเห็นต่อคู่มือระบบบริหารงานจากผู้ปฏิบัติงานผ่านแบบสอบถามที่มีคะแนน 5 เต็ม ซึ่งพบว่าในด้านความรู้ความเข้าใจในระบบบริหารงานได้ 4.05 คะแนน ด้านการนำไปใช้งานได้ 4.08 คะแนน ด้านการตรวจติดตามภายในได้ 4.04 คะแนน ด้านการตรวจประเมินจากภายนอกได้ 4.23 คะแนน และด้านการทบทวนโดยฝ่ายบริหารได้ 4.15 คะแนน และมีผลสัมฤทธิ์ความคิดเห็นของตัวแทนฝ่ายจัดการที่มีบทบาทเป็นผู้รับผิดชอบงานระบบบริหาร พบว่า (1) ระบบบริหารงานคุณภาพอย่างบูรณาการนี้ทำให้มั่นใจได้ว่าบริษัทฯ จะผ่านการรับรอง ISO 9001:2015 และ ISO 14001:2015 (2) ผู้ปฏิบัติงานสามารถเรียนรู้คู่มือระบบบริหารงานคุณภาพนี้ด้วยตัวเองได้ (3) ระบบบริหารงานนี้จะสามารถลดความสับสนของผู้ปฏิบัติงาน ลดความถี่ในการประชุมทบทวนฝ่ายบริหาร และสามารถตรวจติดตามทุกระบบบริหารงานในการตรวจติดตามภายในเพียงครั้งเดียวได้ ในท้ายที่สุดโรงงานกรณีศึกษานี้จะ (1) สามารถลดความซ้ำซ้อนของข้อกำหนดลงได้ 85% (2) สามารถลดภาระการตรวจติดตามภายในได้ทั้งหมด 200 วันทำงานต่อปี คิดเป็น 29% (3) สามารถลดความถี่ของการประชุมทบทวนฝ่ายบริหารลงได้ประมาณ 45 วันทำงานต่อปี คิดเป็น 86% (ทรงพล เสนาะล้ำ, อินเทอร์เน็ต, 2559)

วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการทำงานของระบบงานเดิม ซึ่งจากการสำรวจพบว่าระบบการควบคุมคุณภาพของระบบงานเดิมยังไม่ครอบคลุมขั้นตอนการทำงานและยังมีปัญหาภายในระบบ ดังนี้

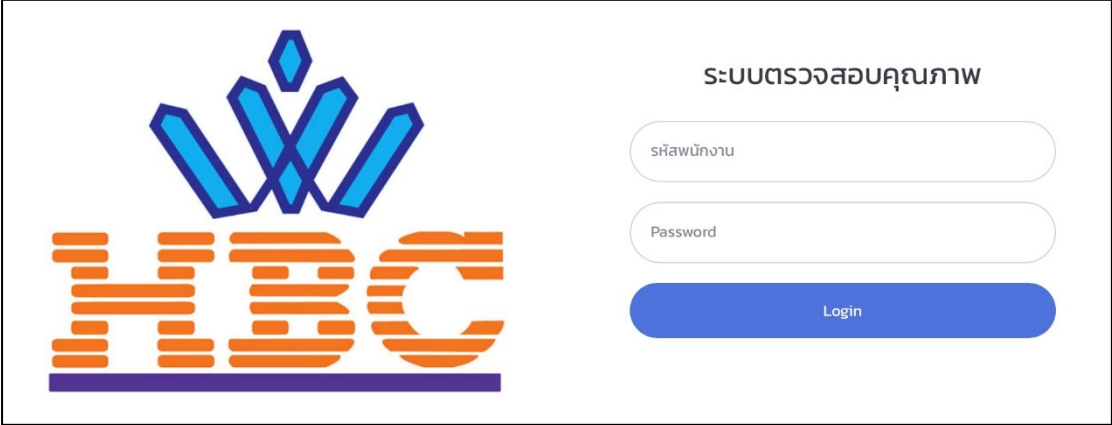
- 1) ไม่สามารถออกรายงานได้
- 2) ไม่สามารถโชว์สถานะแจ้งเตือนการตรวจสอบให้ฝ่ายคลังสินค้าได้
- 3) ไม่มีการกำหนดสิทธิ์การใช้งานโปรแกรม
- 4) ไม่สามารถค้นหาข้อมูลได้ตามที่ต้องการ

ความต้องการของระบบใหม่

- 1) สามารถออกรายงานได้
- 2) สามารถโชว์สถานะแจ้งเตือนการตรวจสอบให้ฝ่ายคลังสินค้าได้
- 3) กำหนดสิทธิ์การใช้งานโปรแกรม
- 4) สามารถค้นหาข้อมูลได้ตามที่ต้องการ

ผลการดำเนินงาน

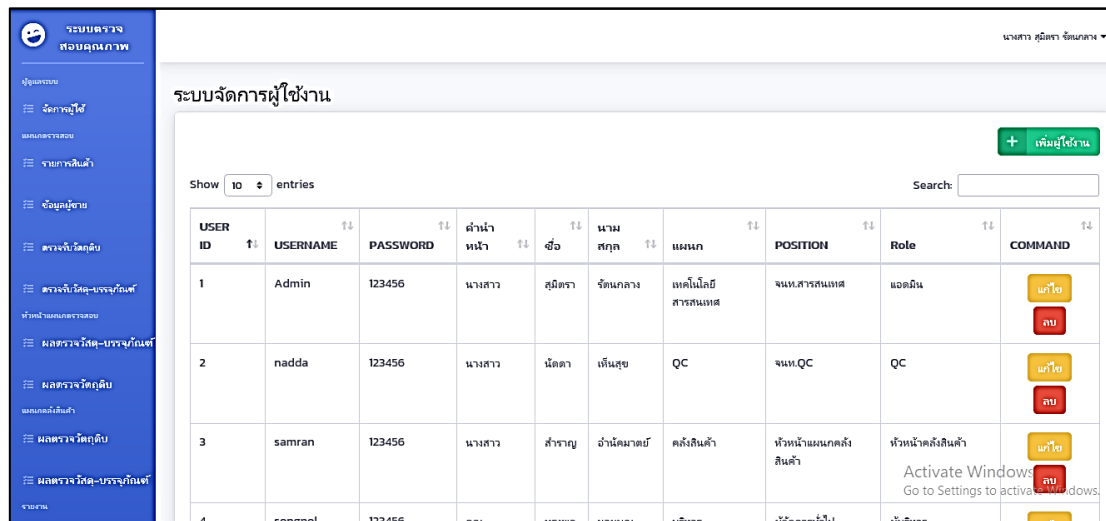
การออกแบบหน้าจอสำหรับผู้ดูแลระบบ (Admin)



ภาพที่ 1 หน้าจอการล็อกอินเข้าสู่ระบบ

หน้าจอหลักของโปรแกรมประกอบด้วยเมนูหลักต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) เมนูจัดการผู้ใช้ ประกอบด้วยเมนูย่อย ดังนี้
 - เพิ่มรายชื่อผู้ใช้งาน
 - กำหนดสิทธิการใช้งาน
- 2) เมนูรายการสินค้า
 - จัดการข้อมูลสินค้า (วัตถุดิบ/วัสดุ/บรรจุภัณฑ์)
- 3) เมนูข้อมูลผู้ขาย
 - จัดการข้อมูลผู้ขาย
- 4) เมนูตรวจรับวัตถุดิบ
 - จัดการข้อมูลการตรวจรับวัตถุดิบ
 - ข้อมูลไฟล์ COA (Certificate of analysis)
 - แสดงสถานะการรับทราบของฝ่ายคลังสินค้า
- 5) เมนูตรวจรับวัสดุ-บรรจุภัณฑ์
 - จัดการข้อมูลการตรวจรับวัสดุ-บรรจุภัณฑ์
 - แสดงสถานะการรับทราบของฝ่ายคลังสินค้า
- 6) เมนูรายงาน



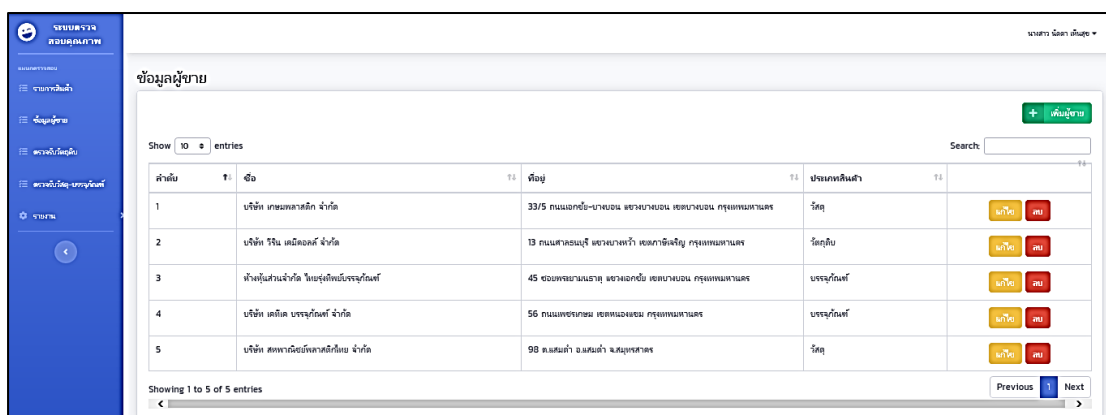
ภาพที่ 2 หน้าจอจัดการผู้ใช้

หน้าจอการจัดการข้อมูลผู้ใช้ ประกอบด้วยฟังก์ชัน ดังต่อไปนี้

- การเพิ่มข้อมูลผู้ใช้
- การแก้ไขข้อมูลผู้ใช้
- การลบข้อมูลผู้ใช้

หน้าจอการจัดการรายการสินค้า ประกอบด้วยฟังก์ชัน ดังต่อไปนี้

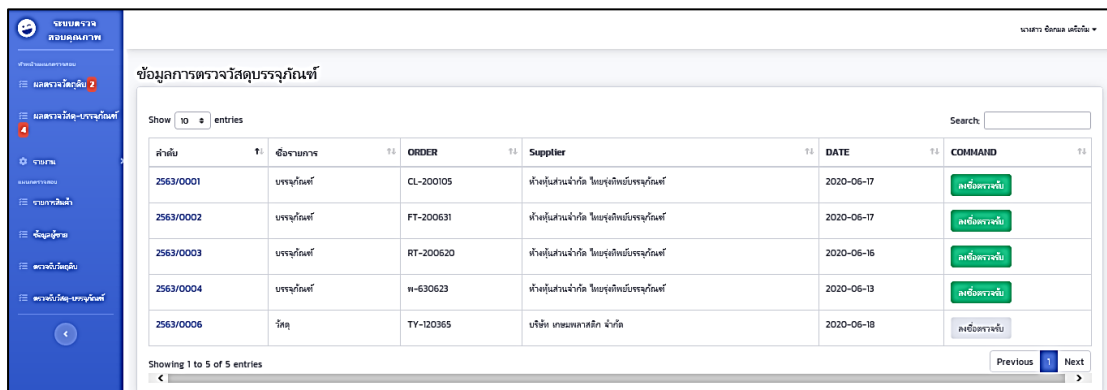
- การเพิ่มข้อมูลสินค้า (วัตถุดิบ/วัสดุ/บรรจุภัณฑ์)
- การแก้ไขข้อมูลสินค้า (วัตถุดิบ/วัสดุ/บรรจุภัณฑ์)
- การลบข้อมูลสินค้า (วัตถุดิบ/วัสดุ/บรรจุภัณฑ์)
- ค้นหารายการสินค้า (วัตถุดิบ/วัสดุ/บรรจุภัณฑ์)



ภาพที่ 3 หน้าจอการจัดการข้อมูลผู้ขาย

หน้าจอการตรวจรับวัตถุดิบ ประกอบด้วยฟังก์ชัน ดังต่อไปนี้

- การลงชื่อตรวจรับวัตถุดิบ
- การค้นหาข้อมูลการตรวจรับวัตถุดิบ

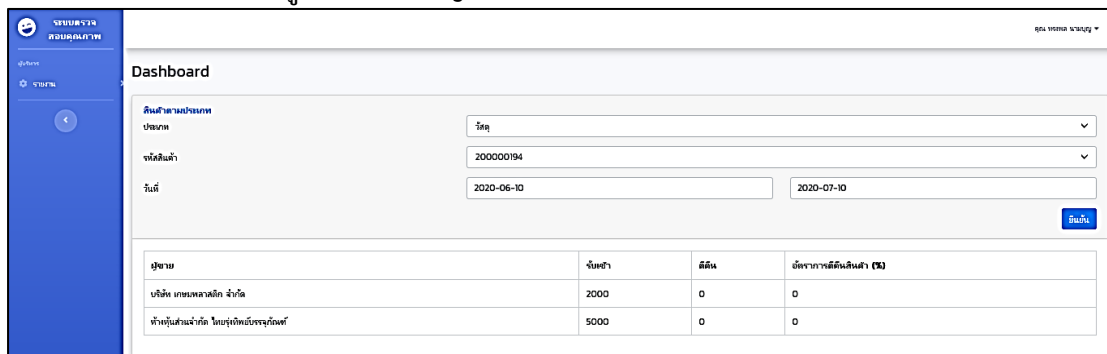


ภาพที่ 4 หน้าจอการตรวจรับวัสดุ-บรรจุมัณต์

หน้าจอการตรวจรับวัสดุ-บรรจุภัณฑ์ ประกอบด้วยฟังก์ชัน ดังต่อไปนี้

- การลงชื่อตรวจรับวัสดุ-บรรจุภัณฑ์
- การค้นหาข้อมูลการตรวจรับวัสดุ-บรรจุภัณฑ์

การออกแบบหน้าจอสำหรับผู้บริหาร (Management)



ภาพที่ 5 รายงานตามรหัสสินค้า

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

หลังจากได้ทดลองใช้ระบบควบคุมคุณภาพสำหรับ บริษัท เอชปียี โปรดักส์ อินดัสตรี่ส์ จำกัด กับพนักงานควบคุมคุณภาพที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง 4 คน และได้แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจต่อระบบดังกล่าว โดยผลการประเมินความพึงพอใจแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานระบบควบคุมคุณภาพสำหรับ บริษัทเอชบีซี โปรดัคส์ อินดัสตรีส์ จำกัด

ข้อคำถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1. การจัดรูปแบบในโปรแกรมง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน	4.40	0.52	มาก
2. ความถูกต้องของผลลัพธ์	4.44	0.55	มาก
3. โปรแกรมมีความสวยงาม มีความทันสมัย น่าสนใจ	4.66	0.76	มากที่สุด
4. สีสันในการออกแบบโปรแกรมมีความเหมาะสม	4.20	0.51	มาก
5. รูปแบบเมนูปุ่มคำสั่งและแถบเครื่องมือ	4.50	0.62	มาก
6. โปรแกรมไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย	4.68	0.77	มากที่สุด

7. โปรแกรมประมวลผล และแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว	4.43	0.53	มาก
8. โปรแกรมมีความสมบูรณ์ และทำงานได้อย่างต่อเนื่อง	4.50	0.62	มาก
9. ลดข้อผิดพลาดในการทำงาน	4.63	0.74	มากที่สุด
10. โปรแกรมใช้งานได้จริง และมีประสิทธิภาพ	4.50	0.62	มาก
รวมเฉลี่ย	4.49	0.62	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจต่อระบบควบคุมคุณภาพสำหรับ บริษัท เอชบีซี โพรดักซ์ อินดัสตรีส์ จำกัด จำนวน 10 คน โดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาารายด้านพบว่า ด้านโปรแกรมมีความสวยงาม มีความทันสมัย น่าสนใจ ด้านโปรแกรมไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย และด้านประโยชน์และลดข้อผิดพลาดในการทำงาน มีความพึงพอใจมาก

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลที่รับจากการพัฒนาระบบ ข้อดี ข้อเสียหลังจากนำระบบไปทดลองใช้ ซึ่งจะเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกหลายอย่าง เช่น ค่าใช้จ่าย สิ่งที่เป็นในการนำเสนอ ความถูกต้องของ ข้อมูล ความครบถ้วนของข้อมูล ข้อผิดพลาดของระบบ รวมไปถึงความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็น ปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาระบบงานให้มีความสมบูรณ์ต่อไปในอนาคต

สรุปผล

โปรแกรมระบบควบคุมคุณภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ทางด้านการเขียนโปรแกรมมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ เพื่อศึกษาพัฒนาโปรแกรมควบคุมคุณภาพให้สามารถใช้งานได้จริงและทำให้การทำงานในหน่วยงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพื่อพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูล ให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผล

1. ข้อดี

การนำโปรแกรมควบคุมคุณภาพมาช่วยในการบันทึกข้อมูลนั้น ทำให้การทำงานมี ประสิทธิภาพมากขึ้น ลดการใช้กระดาษ ลดการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นเอกสาร ลดเวลาในการค้นหาข้อมูล เก็บข้อมูลได้มากขึ้น ลดเวลาในการทำงานได้ดี วิเคราะห์การทำงานจากข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ได้

2. ข้อเสีย

เมื่อข้อมูลเพิ่มมากขึ้น จะทำให้โปรแกรมประมวลผลได้ช้า

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลมาพัฒนาไปใช้

ทบทวนการ Back Up ข้อมูลของโปรแกรม เพื่อไม่ให้ข้อมูลในโปรแกรมมีมากเกินไป ซึ่งจะส่งผลต่อการประมวลผลข้อมูล

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

ควรมีการศึกษาแบบฟอร์มในการบันทึกข้อมูลให้ครบถ้วน สำนวความต้องการจากหน่วยงานที่ต้องใช้งาน แล้วทำการแก้ไขแบบฟอร์มครั้งเดียว

3. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

เจ้าหน้าที่ หัวหน้า และผู้บริหารควรได้รับการอบรมเกี่ยวกับมาตรฐาน ISO ที่สูงขึ้นตลอดเวลาการปฏิบัติงานเพื่อให้ทราบถึงกฎระเบียบของการควบคุมคุณภาพที่เปลี่ยนไปตลอดเวลาเพื่อปฏิบัติงานได้ตามเป้าหมาย และเพื่อการบริหารงานที่ง่ายขึ้นได้ประสิทธิภาพ และเป็นเลิศด้านควบคุมคุณภาพของบริษัท

เอกสารอ้างอิง

- กตัญญู หิรัญญสมบุญ. (2542). การบริหารอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : งานตำราและเอกสารการพิมพ์ คณะครุศาสตร์
อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
- กฤติกา ลีมาวัลย์. (2557). ระดับการควบคุมคุณภาพภายในของการผลิตสินค้าของอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วน
อุปกรณ์ไฟฟ้า (Online). สืบค้นเมื่อ 19 กันยายน 2562 จาก
<http://dspace.bu.ac.th/jspui/handle/123456789/3419>
- ทรงพล เสนาะล้ำ. (2559). “การบูรณาการระบบบริหารคุณภาพ อาชีวอนามัยและความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม ใน
โรงงานผลิตกระเบื้องหลังคาคอนกรีต.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เปรี๊ยะ กิจรัตน์ภร. (2537). การควบคุม (Control). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช มสธ.
- เกียรติชัย จิตต์แจ้ง. (2537). การควบคุมคุณภาพและการจัดการสินค้าคงคลัง (Quality control and inventory
management). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช มสธ.
- นันทชัย ก่อกิจโรจน์. (2554). “ระบบบริหารงานคุณภาพ ISO 9001:2008.” สารนิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย วิทยา
การพัฒนาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีปทุม
- บริษัท เอสวี กรุ๊ป(ประเทศไทย) จำกัด. (2559). MySQL คืออะไร (Online). เข้าถึงข้อมูลวันที่ 19 ตุลาคม 2562. จาก
<http://www.sv-web.net/blog/detail/1>
- บริษัท ไชยเจริญเทคโนโลยี จำกัด. (2560). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ (Quality Control-Q.C.) (Online).
เข้าถึงข้อมูลวันที่ 14 กันยายน 2562. จาก <https://www.chi.co.th/article/article-1138>
- รัตนชนันท์ ถาวรศักดิ์สุธี(บัวลิ้ง). (2554). phpMyAdmin คืออะไร? (Online). เข้าถึงข้อมูลวันที่ 19 ตุลาคม 2562.
จาก <http://04126030sasd.blogspot.com/2011/08/phpmyadmin.html>
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2562). ภาษาพีเอชพี (Online). เข้าถึงข้อมูลวันที่ 19 กันยายน 2562. จาก
<https://th.wikipedia.org/wiki/ภาษาพีเอชพี>
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2561). มายเอสคิวเอล (Online). เข้าถึงข้อมูลวันที่ 19 ตุลาคม 2562. จาก
<https://th.wikipedia.org/wiki/มายเอสคิวเอล>
- วิชัย แหวนเพชร. (2547). การวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
ราชภัฏพระนคร
- สถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ. (2558). มาตรฐานระบบบริหารงานคุณภาพ (ISO 9001) (Online). เข้าถึงข้อมูลวันที่
14 กันยายน 2562. จาก [https://www.masci.or.th/service/มาตรฐานระบบบริหารงานคุณภาพ\(ISO9001\)](https://www.masci.or.th/service/มาตรฐานระบบบริหารงานคุณภาพ(ISO9001))
- Mindphp. (2561). แนะนำ Atom-IDE (อะตอม ไอดีอี) เพื่อการพัฒนาซอฟต์แวร์อย่างเต็มรูปแบบ (Online). เข้าถึง
ข้อมูลวันที่ 19 ตุลาคม 2562. จาก <https://www.mindphp.com/บทความ/239-it-technology/4672-atom-ide.html>
- Mindphp. (2560). Apache คืออะไร อาปาเช่ คือ เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Online). เข้าถึงข้อมูลวันที่ 19 ตุลาคม 2562. จาก
<https://mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2265-apache-คืออะไร>

Received: Nov 23, 2021

Revised: May 15, 2022

Accepted: May 25, 2022

การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อนโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า : กรณีศึกษา โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แห่งหนึ่ง

WASTE REDUCTION IN PLASTIC THERMOFORMING PROCESS THROUGH SIX SIGMA TECHNIQUES: CASE STUDY A PACKAGING FACTORY THE BUILDING ENERGY

กิตติภพ ปิ่นเทศ¹ เพ็ญศิริรินทร์ สุขสมกิจ² และธิคมพร ทวีเดช³บ.ดีเอสจี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด(มหาชน)¹สาขาวิชาบริหารธุรกิจอุตสาหกรรมและการค้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ^{2,3}Kittiphop Pintes¹, Phensirin Suksomkit² and Thikamporn Thaweched³¹DSG International (Thailand) Public Company Limited^{2,3}Department of Industrial Business Administration and Trade,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

E-mail : phensirins.s@bas.kmutnb.ac.th²

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์วิจัยเพื่อหาวิธีการลดจำนวนของเสียประเภทงานบางและงานรั่ว ในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อนของงานที่ผลิตจากเครื่องรุ่น NEW 1205 ดำเนินการวิจัยด้วยหลักการ DMAIC ของซิกซ์ซิกม่าและการทดลองแพคทอเรียลแบบเต็มทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า การตั้งอุณหภูมิความร้อนโดยการตั้งอุณหภูมิความร้อนบน ตั้งแต่ 240-330 ° C ความร้อนล่าง ตั้งแต่ 230-320 ° C และระยะเวลาในการขึ้นรูป 2 วินาที ส่งผลให้ของเสียประเภทงานบางและงานรั่วลดลงความสามารถของกระบวนการเดิม ≥ 1.17 เปลี่ยนเป็น ≥ 1.33 และระดับซิกม่าเดิม ≥ 3.5 เปลี่ยนเป็น ≥ 4 ลดต้นทุนของเสียจากเดิม 66,797 บาท เหลือเพียง 10,320 บาท คิดเป็นร้อยละ 15.45

คำสำคัญ: การลดของเสีย การขึ้นรูปพลาสติก ซิกซ์ซิกม่า

Abstract

Objective was reduced of waste (thin tray and leak tray) form machine New 1205. Analyze by DMAIC of six sigma techniques and simulate by general full factorial design for experimenting. Finding that reducing thin tray and leak tray in plastic thermoforming process was setting heating temperature at the upper heater from 240-330 ° C, the lower heater from 230-320 ° C and Forming time is setting for 2 second. Then process capability index from ≥ 1.17 to ≥ 1.33 . The level of sigma increase from ≥ 3.5 sigma to ≥ 4 sigma. Reducing cost of waste form 66,797 Bath to 10,320 Bath. Or 15.45% reduction.

Keywords: Waste Reduction, Plastic Thermoforming Process, Six Sigma

บทนำ

รายได้กิจการทราบกันโดยทั่วไปคือการเพิ่มขึ้นด้านการตลาด แต่อีกวิธีหนึ่งในการเพิ่มขึ้นของรายได้กิจการ โดยเฉพาะท่ามกลางการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันคือการบริหารจัดการด้านต้นทุน ซึ่งฝ่ายการผลิตโรงงานมีบทบาทสำคัญยิ่งในภารกิจนี้ กิจการที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปพลาสติกแห่งหนึ่งได้ขยายสายการผลิตโดยติดตั้ง

เครื่องจักรใหม่ที่ทันสมัย แต่เมื่อผลิตแล้วกับพบปัญหาของเสียจำนวนมากและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลพบว่าเครื่องรุ่น New 1205 ของเสียมีลักษณะงานบาง งานร้าว เป็นจิบ และขึ้นรูปไม่เต็ม ดังแสดงในตารางที่ 1 ของเสียที่เกิดขึ้นเฉลี่ยรวมทั้งสามเดือนมีค่าเท่ากับ 21,515 ต่อล้านชิ้น

ตารางที่ 1 ลักษณะของเสียจากเครื่องรุ่น New 1205 ระหว่างเดือนมกราคม – มีนาคม พ.ศ. 2562

เดือน	จำนวนที่ผลิต	ลักษณะของเสีย				ร้อยละ	ของเสียต่อล้านชิ้น
		ขึ้นรูปไม่เต็ม	เป็นจิบ	บาง	ร้าว		
ม.ค.	107,040	350	183	1,130	764	2.27	22,674
ก.พ.	161,476	344	402	2,560	545	2.38	23,849
มี.ค.	<u>287,624</u>	<u>875</u>	<u>655</u>	<u>2,260</u>	<u>869</u>	<u>1.63</u>	<u>16,292</u>
รวม	<u>364,391</u>	<u>986</u>	<u>803</u>	<u>4,443</u>	<u>1,608</u>	<u>2.15</u>	<u>21,515</u>

ดังนั้นเพื่อลดต้นทุนให้กิจการจากจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังทำให้สินค้าที่ผลิตและส่งออกสามารถเป็นไปตามแผนสร้างความพอใจให้กับลูกค้าได้ การศึกษาครั้งนี้จึงได้นำหลัก DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกให้สามารถช่วยลดของเสียได้ โดยตั้งเป้าหมายให้อยู่ในระดับซิกซ์ซิกม่าที่ต่ำกว่า 4 (ระดับ 4 จำนวนของเสียต่อล้านชิ้นเท่ากับ 6,209.6843153386 :Issa Bass.2007)

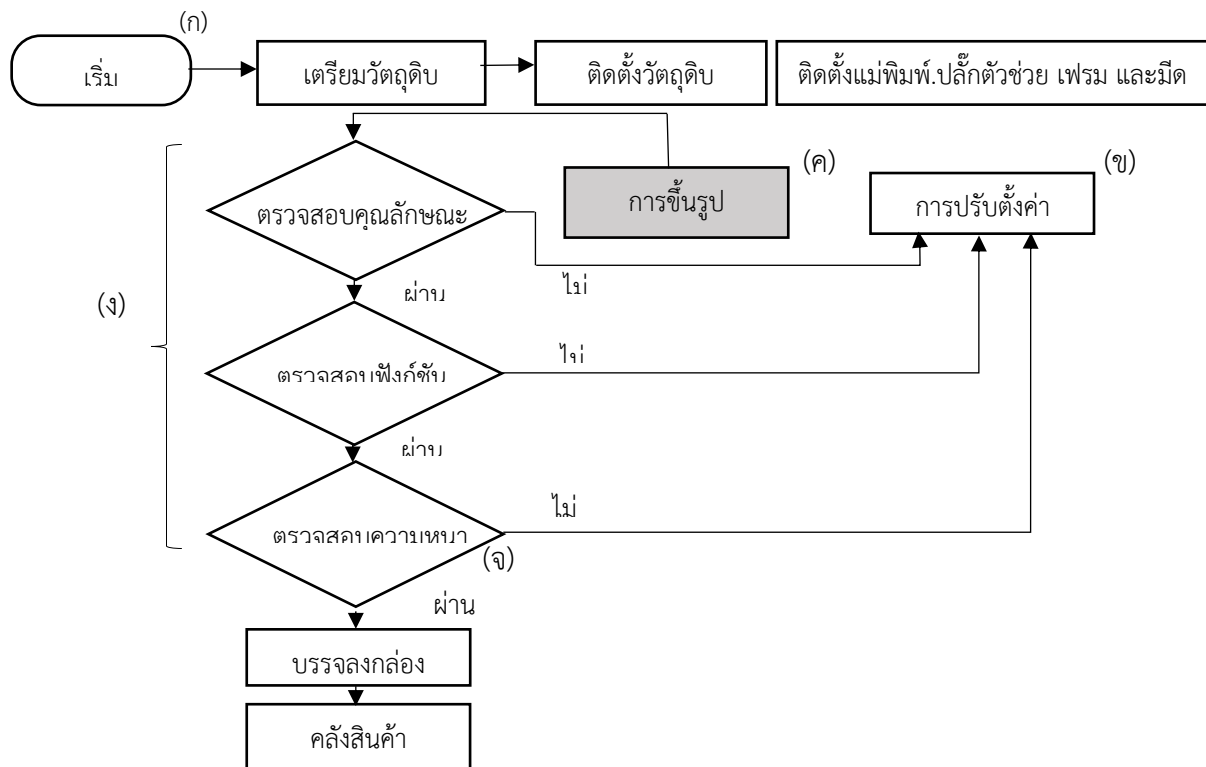
วัตถุประสงค์

เพื่อหาวิธีการลดจำนวนของเสียประเภทงานบางและงานร้าว ในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อนของเครื่องรุ่น NEW 1205 ให้ไม่เกิน 3,000 ชิ้นต่อล้านชิ้น ระดับซิกม่า ≥ 4 ความสามารถของกระบวนการ ≥ 1.33

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ซิกม่า(Six Sigma) ออกแบบมาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลลัพธ์กระบวนการโดยเน้นการใช้วิธีการทางสถิติ สำหรับแนวทางการวิเคราะห์ปัญหาและกิจกรรมการแก้ปัญหา(DMAIC)ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ คือ 1). D-Define คือ การกำหนดขั้นตอนโครงการ ได้แก่ การบรรยายปัญหา (Problem Statement) กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ (Business Goal) รายละเอียดของโครงการ (Project Charter) 2). M-Measure คือ ขั้นตอนการวัดมีไว้เพื่อยืนยันและหาจำนวนปัญหาโดยกำหนดการวิเคราะห์ความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด (MSA) ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันว่ามีข้อผิดพลาดใดที่อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล เครื่องมือ และการตรวจสอบของพนักงาน และคำนวณความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอยู่ในระดับซิกม่าใด 3). A-Analyze คือ การวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยจะเจาะลึกในรายละเอียดและวิเคราะห์ครอบคลุมถึง คน เครื่องจักร วัตถุดิบ วิธีการ การวัด แม่พิมพ์ สิ่งแวดล้อม แล้วทำการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) ของปัจจัยนำเข้า (KPIV) เพื่อประเมินค่าความเสี่ยงขึ้น (RPN) 4). I - Improve คือ การปรับปรุงโดยเน้นที่ต้นเหตุของปัญหา และแนะนำถึงแนวทางในการปฏิบัติเพื่อการปรับปรุง โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ General Full Factorial Design ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลาย ๆ ปัจจัย และแต่ละปัจจัยมีระดับที่แตกต่างกัน เพื่อหาความสัมพันธ์และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัย และนำ ปัจจัยดังกล่าวมาทำ การทดสอบสมมติฐานเพื่อยืนยันต้นเหตุที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ 5). C-Control คือ กำหนดมาตรการต่าง ๆ เพื่อเป็นตัวควบคุมตัวแปรที่สำคัญ ให้อยู่ในช่วงมาตรฐานใหม่ที่ระดับการทำงานที่ได้รับการปรับปรุงแล้วในขั้นตอนของการปรับปรุง จนมั่นใจว่าความสำเร็จต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากการปรับปรุงกระบวนการจริง ๆ (วชิรพงษ์ สาสีสิงห์.2549).

โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์กระดาษ มีกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อนประกอบด้วย (ก) การเตรียมวัตถุดิบแผ่นพลาสติกสำหรับการขึ้นรูปด้วยความร้อน (ข) การปรับตั้งค่าเครื่องขึ้นรูป ซึ่งจะทำการติดตั้งแม่พิมพ์ สายน้ำหล่อเย็น ปลั๊กตัวช่วย เฟรมแม่พิมพ์ เฟรมปลั๊กตัวช่วย ติดตั้งมิด และทำการเลือกโปรแกรมรุ่นที่จะทำการผลิต (ค) การขึ้นรูปพลาสติกประกอบด้วยสามขั้นตอนหลัก คือ การให้ความร้อนแผ่นเทอร์โมพลาสติก การทำให้เป็นสุญญากาศและแรงดันอากาศในการขึ้นรูป การระบายความร้อนออกจากชิ้นงาน (ง) การตรวจสอบชิ้นงาน มีสามขั้นตอนหลัก คือ การตรวจสอบคุณลักษณะภายนอก การตรวจสอบฟังก์ชันการทำงาน การตรวจสอบความหนาชิ้นงาน (จ) การบรรจุชิ้นงานสำเร็จรูป ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อน

การดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยด้วยหลัก DMAIC ของซิกซ์ซิกม่า ประกอบด้วยห้าขั้นตอนได้แก่

1) การกำหนดปัญหา (Define):เก็บข้อมูลของเสียระหว่างเดือนม.ค.-มี.ค.2562 ของเครื่องรุ่น NEW 1205 จัดประเภทของเสียและใช้ผังพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่จะนำไปวิจัย

2) การวัด (Measure) 2.1) การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA) เป็นการวัดกระบวนการตรวจสอบสินค้าด้วยสายตาและการส่องไฟมีความแม่นยำและเที่ยงตรง โดยการนำข้อมูลการทำงานของพนักงานตรวจสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ ประกอบด้วย (ก) ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) หมายถึง ความแตกต่างของระบบการวัดที่กำหนดเงื่อนไขต่างกัน (ข) ความสามารถในการทำเหมือน (Reproductability) หรือความไม่ลำเอียงหมายถึงความแตกต่างของระบบการวัดที่กำหนดเงื่อนไขต่างกัน โดยตัวชี้วัด คือเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านทำซ้ำ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านความไม่เอนเอียง ซึ่งทั้ง 2 ตัวชี้วัด ใช้เกณฑ์ดังนี้

%การทำซ้ำของพนักงานตรวจสอบ = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \times 100$

เกณฑ์การตัดสินใจ ถ้าเปอร์เซ็นต์การทำซ้ำของพนักงานตรวจสอบน้อยกว่าร้อยละร้อยเปอร์เซ็นต์ ต้องดำเนินการแก้ไขโดยการฝึกอบรมพนักงานใหม่

%ประสิทธิภาพการทำซ้ำ = $\frac{\text{จำนวนพนักงานทุกคนตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \times 100$

%ความไม่ลำเอียงของพนักงานตรวจสอบ = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ} \times 100}$

เกณฑ์การตัดสินใจ ถ้าเปอร์เซ็นต์ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบน้อยกว่าหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ต้องดำเนินการแก้ไขโดยการปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่

2.2) การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการหาสิ่งบ่งชี้ถึงความผันแปรของกระบวนการ เพื่อเป็นการพิสูจน์ความสามารถของกระบวนการในสภาพปัจจุบัน ด้วยการวิเคราะห์หาระดับซิกม่าเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดัชนีแสดงความสามารถของ

กระบวนการ(Process Capability Analysis : Cpk) ข้อมูลที่ใช้คือของเสียทั้งหมดตั้งแต่ ม.ค.-มี.ค. จำนวน 7,840 ชิ้น ใช้โปรแกรมมินิแทบเพื่อประมวลผลหาค่าระดับซิกม่าเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ(Process Capability Analysis : Cpk) ดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบระดับซิกม่ากับดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ

Sigma Level	1.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0
Cpk	0.50	1.00	1.17	1.33	1.5	1.67	2.00
ความหมาย	ควรปรับปรุง			ดีมาก ควรปรับปรุง		ดี	

3) การวิเคราะห์ปัญหา (Analyze): ด้วยการระดมสมองของพนักงานตรวจสอบคุณภาพจำนวน 5 คน อายุงานระหว่าง 2-16 ปี ดังนี้ 3.1) การวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดของเสียประเภทงานบางและงานรื้อด้วยผัง ก้างปลา 3.2) วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ(Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) โดยการนำสาเหตุที่ได้จากการวิเคราะห์ก้างปลา มาทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงร่วม ผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นถึงจุดเปราะบางของกระบวนการที่อาจเกิดข้อบกพร่องได้ ข้อมูลที่สำคัญเป็นจุดวิกฤติ(Risk Priority Number : RPN) ประเมินในสามประเด็นคือ ก) ความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากข้อบกพร่อง (S) ข) ความถี่ของโอกาสที่เกิดสาเหตุนั้นบ่อยเพียงใด(O) ค) ความเสี่ยงขึ้นเป็นความสามารถในการตรวจจับและป้องกัน ไม่ให้เกิดข้อบกพร่องขึ้นได้ดีเพียงใด(D) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

การหาค่า RPN = S x O x D ค่า RPN ยิ่งมีค่ามากหมายถึงมีความเสี่ยงที่จะเกิดข้อบกพร่องสูง

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้ค่าคะแนน ความรุนแรง โอกาสที่เกิดขึ้นและการตรวจสอบ

คะแนน	คำอธิบาย
ความรุนแรงของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น (Severity : S)	
1	ไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผลิตภัณฑ์ ลูกค้าไม่สามารถตรวจสอบได้
2 - 3	มีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อผลิตภัณฑ์ ลูกค้าอาจจะสังเกตเห็นถึงความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นได้
4 - 6	มีผลกระทบปานกลางต่อผลิตภัณฑ์ เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจได้ ซึ่งนำไปสู่การ Degrade ผลิตภัณฑ์ใหม่
7 - 8	มีผลกระทบค่อนข้างมากต่อผลิตภัณฑ์ เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก ซึ่งอาจนำไปสู่การผลิตที่หยุดชะงักได้ แต่ในระดับนี้ยังไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยและกฎหมายข้อบังคับของรัฐบาล
9 - 10	มีผลกระทบอย่างมากต่อผลิตภัณฑ์ มีผลโดยตรงต่อความปลอดภัยกฎหมายข้อบังคับของรัฐบาล
ความถี่ของโอกาสที่เกิดขึ้น (Occurrence : O)	
1	แทบไม่มี หรือโอกาสที่จะเกิดขึ้นมีเพียงแค่ประมาณ 1 ใน 1,000,000
2	เกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่น้อยมาก คือจะอยู่ในช่วง 1 ใน 20,000
3	เกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่น้อยมาก คือจะอยู่ในช่วง 1 ใน 4,000
4 - 6	เกิดความผิดพลาดขึ้นในระดับปานกลาง คือจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 ใน 1,000 ถึง 1 ใน 80
7 - 8	เกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่สูง คือจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 ใน 40 ถึง 1 ใน 20
9 - 10	เกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่สูงมาก คือสูงกว่า 1 ใน 20
ความสามารถในการตรวจสอบ (Detection : D)	
1	สูงมาก สามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้อย่างชัดเจน
2 - 5	สูงมาก มีโอกาสที่จะตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้
6 - 8	ปานกลาง มีโอกาสที่จะตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้ในบางส่วน
9	น้อย ไม่สามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้เลย
10	น้อยมาก ไม่มีโอกาสที่จะสามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้เลย

4) การปรับปรุง(Improve): กำหนดวิธีกำจัดปัญหาและทดสอบดำเนินการ ด้วยการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบเต็มทั่วไป(General full factorial designs) ตัวอย่างในการทดลองกลุ่มละ 641 ความเชื่อมั่นระดับร้อยละ 95 กำหนดปัจจัย

นำเข้า การปรับตั้งค่า อุณหภูมิในการให้ความร้อน กับค่าระยะเวลาในการขึ้นรูป โดยตั้งสมมติฐานในการทดลองของปัจจัย อุณหภูมิในการให้ความร้อน (ปัจจัย A) คือ

H0 : $\mu_1 = \mu_2$ อุณหภูมิในการให้ความร้อนต่ำกับความร้อนสูงส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบาง-ร้าวไม่มีความแตกต่างกัน

H1 : $\mu_1 < \mu_2$ อุณหภูมิในการให้ความร้อนต่ำส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบาง-ร่ว้นน้อยกว่าอุณหภูมิในการให้ความร้อนสูง ตั้งสมมติฐานในการทดลองของปัจจัยเวลาในการขึ้นรูป (ปัจจัย B) คือ

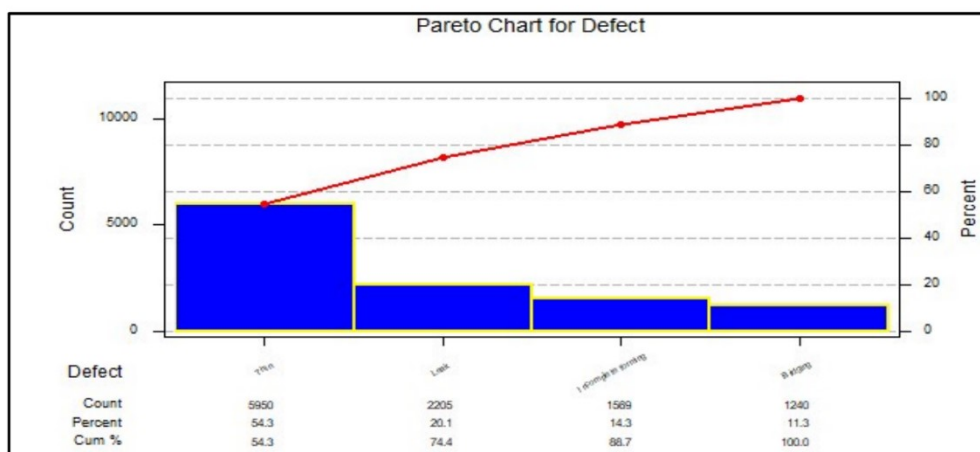
H0 : $\mu_1 = \mu_2$ เวลาในการขึ้นรูปสั้นกับการขึ้นรูปนานส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและร้าวไม่มีความแตกต่างกัน

H1 : $\mu_1 < \mu_2$ ระยะเวลาในการขึ้นรูปสั้นส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและร่ว้นน้อยกว่าระยะเวลาในการขึ้นรูปนาน

5) การควบคุม(Control): จัดทำแผนควบคุมและติดตามการดำเนินการโดยการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน การวิเคราะห์FMEA เพื่อประเมินผลหลังการปรับปรุง ใช้เครื่องมือ C-Chart บันทึกข้อมูลและของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละล็อตการผลิตหลังการปรับปรุง คำนวณระดับซิกมาโดยใช้ Minitab โดยใช้ข้อมูลการผลิตสินค้าตั้งแต่เดือนสิงหาคมจนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562

ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกปัญหา (Define Phase) นำบันทึกของพนักงานตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับจำนวนของเสียมาสร้างกราฟพาเรโต พบว่า ของเสียประเภทงานบาง(Thin) มีจำนวนร้อยละ55.35 งานร้าว(Leak) ร้อยละ20.16 ขึ้นรูปไม่เต็ม(Incomplete Forming) ร้อยละ13.61 และเป็นจิบ (Bridging)ร้อยละ10.88 ดังภาพที่ 2 ผู้วิจัยจึงเลือกปรับปรุงงานจากของเสียประเภทงานบางและร้าว เพราะมีสัดส่วนของเสียมาก



ภาพที่ 2 กราฟพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

2. การวัด (Measure Phase) ทำการทดสอบการตรวจสอบสินค้าด้วยสายตาและการส่องไฟของพนักงานคุณภาพจำนวน 4 คน ด้วยชิ้นงานสำหรับทดสอบจำนวน 20 ชิ้นงาน ให้พนักงานทดลองตรวจสอบจำนวน 2 ครั้งต่อชิ้นตัวอย่างพบว่าพนักงานควบคุมคุณภาพทั้งหมดมีประสิทธิผลด้านการทำซ้ำคิดเป็นหนึ่งในร้อยเปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านความไม่ลำเอียงคิดเป็นหนึ่งในร้อยเปอร์เซ็นต์ แสดงว่าข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพในขั้นตอนนี้มี ความแม่นยำและเชื่อถือได้ ดังแสดงในตารางที่ 3

3

ตารางที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพการตรวจสอบสินค้าด้วยสายตาและการส่องไฟของพนักงานคุณภาพ

งาน ที่	คุณ ภาพ งาน จริง	พนักงานคนที่ 1		พนักงานคนที่ 2		พนักงานคนที่ 3		พนักงานคนที่ 4	
		ทดสอบ#	ทดสอบ#	ทดสอบ#	ทดสอบ#	ทดสอบ#	ทดสอบ#	ทดสอบ#	ทดสอบ#
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	G	G	G	G	G	G	G	G	G

3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	G	G	G	G	G	G	G	G	G
6	G	G	G	G	G	G	G	G	G
7	G	G	G	G	G	G	G	G	G
8	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	G	G	G	G	G	G	G	G	G
11	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
13	G	G	G	G	G	G	G	G	G
14	G	G	G	G	G	G	G	G	G
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
16	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	G	G	G	G	G	G	G	G	G
18	G	G	G	G	G	G	G	G	G
19	G	G	G	G	G	G	G	G	G
20	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG

หมายเหตุ : G หมายถึง Good, NG หมายถึง Not Good

3. การวิเคราะห์ (Analyze Phase) การศึกษา ประกอบด้วย 3.1) การวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดของเสียประเภทงานบางและงานรื้อ โดยการระดมสมองของพนักงานตรวจสอบคุณภาพด้วยผังก้างปลา ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องหรือของเสียประเภทงานบาง และงานรื้อ

องค์ประกอบ	ลักษณะเหตุการณ์	รายละเอียดของสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภทงานบางและงานรื้อ(KPIVs)
คน	การปรับพารามิเตอร์ - พนักงานใหม่ขาดความรู้และประสบการณ์ - พนักงานเก่าไม่ปฏิบัติตามที่เคยผ่านการอบรม	1. พนักงานขาดทักษะ เนื่องจากประสบการณ์น้อย 2. ขาดความชำนาญในการปรับตั้งเครื่องเนื่องจากเป็นพนักงานใหม่
วัตถุดิบ	แผ่นพลาสติกที่มีความหนาไม่คงที่ เกิดขึ้นจากพลาสติกเข้าสกรูไม่สม่ำเสมอในกระบวนการอัดรีด	1. คุณภาพวัตถุดิบไม่ดี เนื่องจากการอัดรีดไม่ได้สเปก 2. ชนิดวัตถุดิบไม่ตรง เนื่องจากใช้วัตถุดิบผิดประเภท
แม่พิมพ์	การออกแบบแม่พิมพ์ไม่ได้ตามขนาดมาตรฐาน	1. แม่พิมพ์ผิดพลาด เนื่องจากแม่พิมพ์ไม่ได้ขนาด
เครื่องจักร	ขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักร เพราะความต้องการของลูกค้าสูงทำให้ผลิตอย่างต่อเนื่องและไม่ได้กำหนดระยะเวลาในการตรวจเช็คและการบำรุงรักษา	1. การทำงานของเครื่องจักรผิดพลาด เนื่องจากขาดการบำรุงรักษา 2. เครื่องจักรชำรุด เนื่องจากไม่กำหนดแผนการบำรุงรักษา
วิธีการ	การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการปรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีค่าสเปกกว้าง และไม่ได้กำหนดค่าสเปกคงที่	1. อุณหภูมิความร้อนสูงเกินไป เนื่องจากค่ามาตรฐานไม่ชัดเจน 2. เวลาในการใช้สุญญากาศนานเกินไป 3. เวลาในการให้แรงดันอากาศนานเกินไป 4. เวลาในการขึ้นรูปนานเกินไป

สิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิและความชื้นในห้องการผลิตมีความผันผวน	1. อุณหภูมิและความชื้นเกินสเปก
-------------	--	--------------------------------

ต่อมาประเมินผลทุกรายการ ดังในตารางที่ 5 ผลพบว่าอุณหภูมิการให้ความร้อนสูงเกินไป มีค่า RPN เท่ากับ 210 ระยะเวลาในการขึ้นรูปนานเกินไปมีค่า RPN เท่ากับ 140 ทั้งสองประเด็นมีสาเหตุมาจากวิธีการ

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

KPIVs		ความผิดพลาดของ KPIVs	ผลกระทบต่อ KPIVs	S	สาเหตุที่ทำให้ KPIVs ผิดพลาด	O	ระบบการควบคุมในปัจจุบัน	D	RPN
คน	ขาดทักษะในการตรวจสอบ	พนักงานปรับตั้งเครื่องไม่ถูกต้อง	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางตัว)	4	พนักงานขาดการอบรมก่อนเริ่มงาน	2	อบรมพนักงานใหม่ทุกครั้ง	4	32
	ขาดความชำนาญในการตรวจสอบ	พนักงานปรับตั้งเครื่องไม่ถูกต้อง	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางตัว)	4	พนักงานขาดการอบรมเพิ่มความรู้	2	มีการฝึกฝนเพื่อเพิ่มความรู้	3	24
เครื่องจักร	เครื่องจักรทำงานผิดพลาด	เครื่องจักรทำงานไม่ตรงค่าที่ตั้งไว้ได้	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางตัว)	7	บำรุงรักษาเครื่องจักรยังไม่เหมาะสม	3	ตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนทำงานทุกครั้ง	3	63
	เครื่องจักรชำรุด	ประสิทธิภาพการทำงานไม่ได้ตามที่กำหนด	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางตัว)	6	ไม่ได้กำหนดระยะเวลาตรวจเช็คบำรุงรักษา	2	มีแผนบำรุงรักษาทุก ๆ 1 เดือน	4	48
วิธีการ	<u>อุณหภูมิในการให้ความร้อน</u>	ตั้งค่าอุณหภูมิในการให้ความร้อนสูงเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางตัว)	7	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	6	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี $\pm$	5	<u>210</u>
	ระยะเวลาในการให้สุญญากาศ	เวลาในการให้สุญญากาศนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางตัว)	4	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	3	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี $\pm$	3	36
	ระยะเวลาในการให้แรงดันอากาศ	เวลาในการให้แรงดันอากาศนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางตัว)	5	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	4	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี $\pm$	4	80
	<u>ระยะเวลาในการขึ้นรูป</u>	เวลาในการขึ้นรูปนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางตัว)	7	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	4	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี $\pm$	5	<u>140</u>
วัตถุดิบ	คุณภาพของวัตถุดิบไม่ดี	วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางตัว)	10	ขาดการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ	1	ดูคุณภาพก่อนเริ่มงานทุกครั้ง	2	20

	ชนิดของ วัตถุดิบ	ใช้วัตถุดิบผิด ประเภท	ชิ้นงานไม่ได้ มาตรฐาน (งานบางตัว)	10	ขาดการ ตรวจสอบชนิด วัตถุดิบ	1	ตรวจชนิด วัตถุดิบก่อน เริ่มงานทุกครั้ง	2	20
แม่พิมพ์	แม่พิมพ์ ไม่ได้ขนาด	ขนาดแม่พิมพ์โต หรือเล็กกว่า	ชิ้นงานไม่ได้ มาตรฐาน (งานบางตัว)	5	แบบแม่พิมพ์ ไม่ตรงตาม ขนาด	1	ตรวจสอบ แม่พิมพ์ก่อน เริ่มการผลิต	3	15
สิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิ และ ความชื้น เกินสเปก	เย็นเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้ มาตรฐาน (งานบางตัว)	3	ขาดการ ตรวจสอบ อุณหภูมิ	1	ตรวจคุณภาพ ก่อนปฏิบัติ งานทุกครั้ง	2	6

4. การปรับปรุง (Improve Phase) จากการค้นพบในขั้นตอนที่ 3 จึงนำมาหาแนวทางแก้ไขปัญหา ประกอบด้วย (4.1) ออกแบบการทดลองซึ่งเลือกทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบทั่วไป เริ่มด้วยการหาจำนวนปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองด้วยการเปรียบเทียบสัดส่วนของ 2 ประชากร (Proportion) ความเชื่อมั่นระดับร้อยละ 95 จากการคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทบ เท่ากับ 0.4 กำลังของการทดสอบมีค่าจริงเท่ากับ 0.9502 และพบว่าตัวอย่างที่เหมาะสมในการทดลอง กลุ่มละ 641 และเพื่อหาปัจจัยในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรที่เหมาะสมที่สุดโดยกำหนด 2 ปัจจัยนำเข้า คือ ค่าอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่มี 2 ระดับ กับค่าระยะเวลาในการขึ้นรูปที่มี 3 ระดับ ดังในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปัจจัยนำเข้าอุณหภูมิ ค่าระยะเวลาในการขึ้นรูปและระดับที่แตกต่างกัน

ปัจจัยนำเข้า	ระดับ	รหัส
อุณหภูมิในการ ให้ความร้อน	Set ที่ 1 ฮีตเตอร์บน ตั้งแต่ 250 – 340 ° C, ฮีตเตอร์ล่าง ตั้งแต่ 247-330 ° C	1
	Set ที่ 2 ฮีตเตอร์บน ตั้งแต่ 240-330 ° C, ฮีตเตอร์ล่าง ตั้งแต่ 230-320 ° C	-1
ระยะเวลาในการ ขึ้นรูป	2 วินาที	2
	3 วินาที	3
	4 วินาที	4

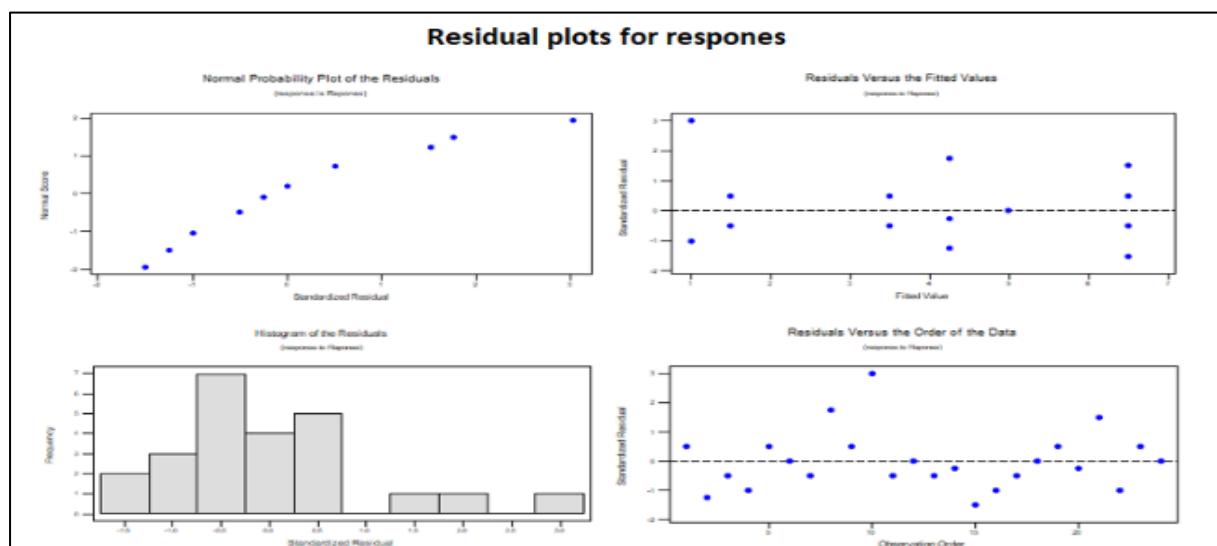
ทำการทดลองการให้อุณหภูมิความร้อนกับระยะเวลาในการขึ้นรูป ผลการทดลองดังในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การทดลองแบบ General Full Factorial Design และผลลัพธ์จากการทดลอง

Std. Order	Run Order	Blocks	Heating temp(Code)	Forming time(Code)	Sample	Response
1	1	1	1	2	641	4
2	2	1	1	3	641	3
3	3	1	1	4	641	6
4	4	1	-1	2	641	0
5	5	1	-1	3	641	2
6	6	1	-1	4	641	5
7	7	1	1	2	641	3
8	8	1	1	3	641	6
9	9	1	1	4	641	7
10	10	1	-1	2	641	4

11	11	1	-1	3	641	1
12	12	1	-1	4	641	5
13	13	1	1	2	641	3
14	14	1	1	3	641	4
15	15	1	1	4	641	5
16	16	1	-1	2	641	0
17	17	1	-1	3	641	1
18	18	1	-1	4	641	5
19	19	1	1	2	641	4
20	20	1	1	3	641	4
21	21	1	1	4	641	8
22	22	1	-1	2	641	0
23	23	1	-1	3	641	2
24	24	1	-1	4	641	5

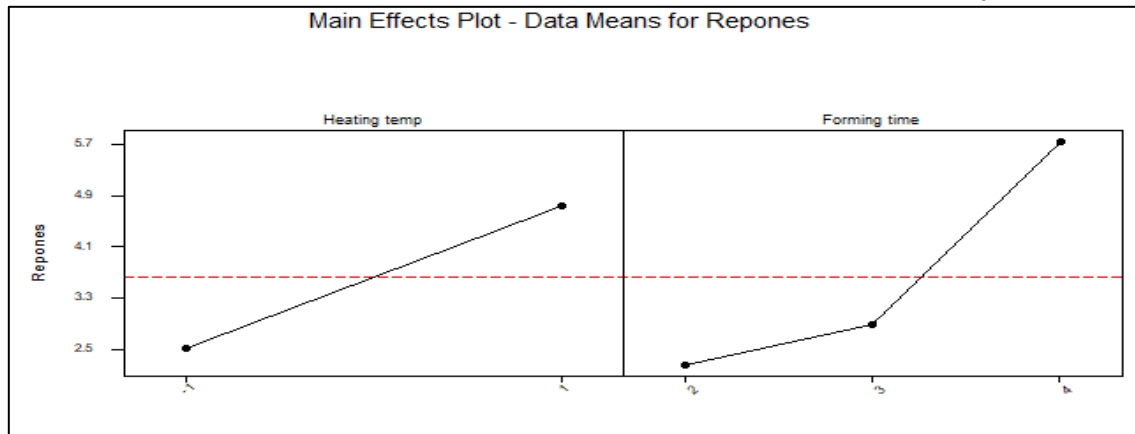
4.2 การทดสอบทางสถิติ เพื่อใช้ในการตัดสินใจหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด แต่ต้องทำการตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลก่อนโดยนำปัจจัยผลการทดลองในตารางที่ 9 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยเริ่มจากการวิเคราะห์อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) พบว่าค่า P-value = 0.527 แสดงว่าอิทธิพลร่วมไม่มีผลกระทบต่อการเกิดงานบางและร่วอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์อิทธิพลหลัก (Main Effect) พบว่าค่า P-value = 0.000 แสดงว่าอิทธิพลหลักมีผลกระทบต่อการเกิดงานบางและงานร่วอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล โดยใช้ Residual Plots ดังภาพที่ 3 สรุปได้ว่า ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกันเพราะกราฟ Versus Order ไม่มีแนวโน้มหรือรูปแบบที่แน่นอน และมีความเสถียรภาพของความแปรปรวนเพราะกราฟ Versus Fits ไม่มีแนวโน้มหรือกระจายแบบกรวยปากเปิด



ภาพที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลได้จากการทดลอง

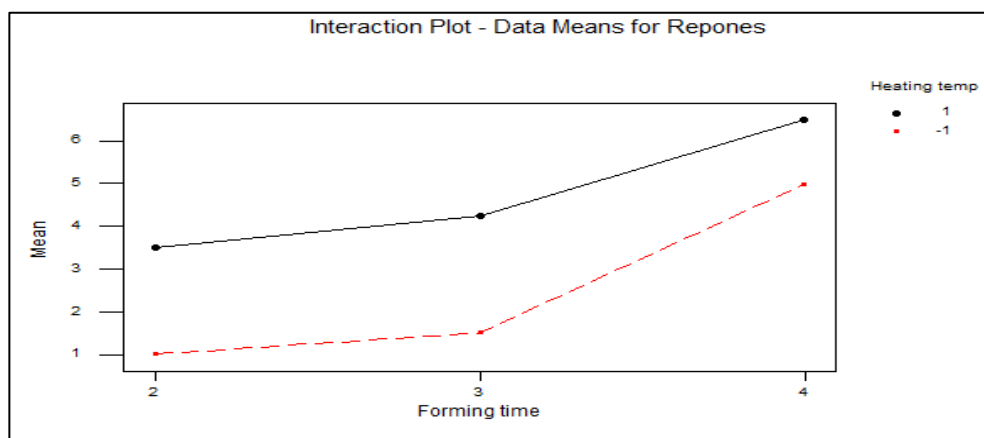
จากกราฟ Main Effect Plots ดังภาพที่ 4 พบว่าอิทธิพลปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและงานร่ว คือ อุณหภูมิให้ความร้อน ลักษณะเส้นกราฟขึ้นขึ้น หมายความว่า การปรับตั้งค่าอุณหภูมิสูงส่งผลกระทบต่อจำนวนการเกิดงานบางและร่วเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเวลาในการขึ้นรูปที่ระดับเวลา 2 วินาที กับ 3 วินาที พบว่ากราฟมีลักษณะเกือบเป็น

เส้นตรง แสดงว่าไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนการเกิดงานบางและร่วอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าเวลา 4 วินาที มีลักษณะเส้นกราฟ ขึ้นขึ้น แสดงว่าถ้าปรับตั้งค่าเวลาที่ 4 วินาทีส่งผลกระทบต่อการทำงานบางและร่วเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์อิทธิพลหลักที่มีผลต่อการเกิดงานบางและร่ว

จากการพิจารณากราฟอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย ดังภาพที่ 5 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิให้ความร้อนและเวลาในการขึ้นรูปส่งผลกระทบต่อจำนวนการเกิดงานบางและร่วอย่างมีนัยสำคัญอย่างชัดเจน เนื่องจากการปรับตั้งค่าอุณหภูมิให้ความร้อนต่ำและเวลาในการขึ้นรูปสั้นจะส่งผลให้จำนวนการเกิดงานบางและร่วอยู่ในระดับต่ำ แต่เมื่อการปรับตั้งค่าอุณหภูมิให้ความร้อนสูงและเวลาในการขึ้นรูปนานจะส่งผลกระทบต่อจำนวนการเกิดงานบางและร่วอยู่ในระดับสูง



ภาพที่ 5 การวิเคราะห์อิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย

4.3 การทดสอบสมมติฐาน ตัวอย่างที่ทำการทดลองและของเสียที่เกิดขึ้นในการทดลองของทั้งสองสมมติฐาน ดังในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ข้อมูลผลการทดลองและของเสียที่เกิดขึ้นในการทดสอบ 2 ครั้ง

ปัจจัย	รหัส	ชนิดเครื่องจักร	จำนวน	ของดี	ของเสีย
A	P1	RDKP72	641	639	3
	P2	RDKP72	641	630	11
B	P1	RDKP72	641	641	2
	P2	RDKP72	641	634	7

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นแบบสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องกรณีประชากรสองชุด จึงต้องนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแทบ โดยกำหนดกลุ่ม (P1) คือ สภาวะของอุณหภูมิการให้ความร้อนต่ำกับระยะเวลาในการขึ้นรูปสั้น และกลุ่ม (P2) คือ สภาวะของอุณหภูมิการให้ความร้อนสูงกับระยะเวลาในการขึ้นรูปนาน เลือกค่าระยะเวลาในการขึ้นรูปที่ระดับ 2 วินาที เพื่อใช้ในการทดลองผลิต เนื่องจากส่งผลต่อการผลิตอยู่ที่ 6.4 วินาที ซึ่งต่ำกว่ารอบการผลิตของ 3 วินาที อยู่ที่ 7 วินาที

วิเคราะห์การทดลองปัจจัย A : จากการเปรียบเทียบจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตที่สภาวะอุณหภูมิการให้ความร้อนต่ำกับอุณหภูมิการให้ความร้อนสูง ได้ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมมินิแทบ พบว่าค่า P-value = 0.016 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานรอง ($H_1 : \mu_1 < \mu_2$) ดังนั้นสามารถยืนยันได้ว่าปัจจัยอุณหภูมิการให้ความร้อนต่ำส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและร่วนน้อยกว่าอุณหภูมิการให้ความร้อนสูงอย่างมีนัยสำคัญ

Test and CI for Two Proportions			
Sample	X	N	Sample p
1	3	641	0.004680
2	11	641	0.017161
Estimate for p(1) - p(2): -0.0124805			
95% upper bound for p(1) - p(2): -0.00294893			
Test for p(1) - p(2) = 0 (vs < 0): Z = -2.15 P-Value = 0.016			

ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมมินิแทบ ปัจจัย A

วิเคราะห์การทดลองปัจจัย B : การเปรียบเทียบจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตที่ระยะเวลาในการขึ้นรูปสั้นกับระยะเวลาในการขึ้นรูปนาน พบว่าค่า P-value = 0.028 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานรอง ($H_1 : \mu_1 < \mu_2$) ดังนั้นสามารถยืนยันได้ว่าปัจจัยระยะเวลาในการขึ้นรูปสั้นส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและร่วนน้อยกว่าระยะเวลาในการขึ้นรูปนานอย่างมีนัยสำคัญ

Test and CI for Two Proportions			
Sample	X	N	Sample p
1	2	641	0.003120
2	8	641	0.012480
Estimate for p(1) - p(2): -0.00936037			
95% upper bound for p(1) - p(2): -0.00128889			
Test for p(1) - p(2) = 0 (vs < 0): Z = -1.91 P-Value = 0.028			

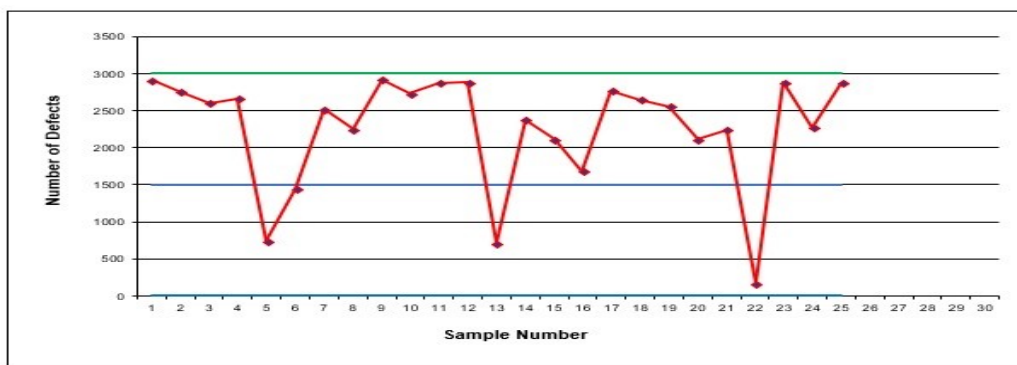
ภาพที่ 7 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมมินิแทบ ปัจจัย B

5) การควบคุม (Control Phase) (5.1) การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน โดยกำหนดการตั้งอุณหภูมิที่ความร้อนบนตั้งแต่ 240-330 °C ความร้อนล่างตั้งแต่ 230-320 °C และเวลาในการขึ้นรูปเร็ว 2 วินาทีลงในเลขเอกสารประจำเครื่องจักร จากนั้นแจกจ่ายเอกสารนี้ไปยังหน่วยงานฝ่ายผลิตเพื่อพนักงานควบคุมเครื่องจักรนำไปใช้ในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ให้ถูกต้อง (5.2) การวิเคราะห์FMEA เพื่อประเมินผลหลังการปรับปรุง พบว่า สาเหตุเดิมที่ทำให้เกิดของเสียหายไปคืออุณหภูมิการให้ความร้อนจากเดิม 210 RPN และระยะเวลาในการขึ้นรูปจากเดิม 140 RPN ปัจจุบันมีค่า 42 RPN ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ FMEA

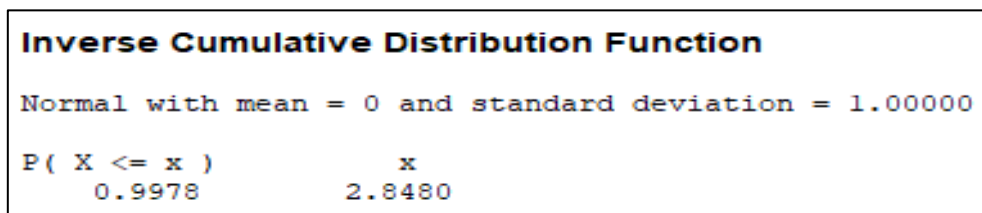
KPIVs		ความผิดพลาดของ KPIVs	ผลกระทบต่อ KPIVs	S	สาเหตุที่ทำให้ KPIVs ผิดพลาด	O	ระบบการควบคุมใน	D	RPN
วิธี	<u>อุณหภูมิในการให้ความร้อน</u>	ตั้งค่าอุณหภูมิในการให้ความร้อนสูงเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	7	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	3	ก่อนตั้งค่าเครื่องจักรอ้างอิงค่ามาตรฐานทุกครั้ง	2	<u>42</u>
	ระยะเวลาในการให้สุญญากาศ	เวลาในการให้สุญญากาศนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	4	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	3	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี ±	3	36
	ระยะเวลาในการให้แรงดันอากาศ	เวลาในการให้แรงดันอากาศนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	5	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	4	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี ±	4	80
	<u>ระยะเวลาในการขึ้นรูป</u>	เวลาในการขึ้นรูปนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	7	พนักงานไม่ได้ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน	3	ก่อนตั้งค่าเครื่องจักรอ้างอิงค่ามาตรฐานทุกครั้ง	2	<u>42</u>

(5.3) ติดตามผลการดำเนินการ เป็นการติดตามจำนวนของเสียหลังจากกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตั้งอุณหภูมิโดยความร้อนบน ตั้งแต่ 240-330 ° C ความร้อนล่าง ตั้งแต่ 230-320 ° C และระยะเวลาในการขึ้นรูป 2 วินาที โดยใช้เครื่องมือ C-Chart บันทึกข้อมูลและของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละล็อตการผลิตหลังการปรับปรุง พบว่ามีค่าไม่เกิน 3,000 ชิ้นต่อล้านชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แผนภูมิ C-chart แสดงข้อมูลของเสียหลังการปรับปรุง

คำนวณระดับซิกมาโดยใช้ Minitab : หลังจากปรับปรุงกระบวนการใหม่ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการผลิตสินค้า ตั้งแต่เดือนสิงหาคมจนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 เป็นจำนวน 542,835 ชิ้น มีจำนวนของเสีย 1,216 ชิ้น คิดเป็น 2,240 ต่อล้านชิ้น นำมาหาค่าสัดส่วนของเสียเทียบกับจำนวนของการผลิตทั้งหมด $1,216/542,835 = 0.0022$ นำ 1 ลบกับจำนวนสัดส่วนของเสีย $1-0.0022 = 0.9978$ ตามภาพที่ 9 ดังนั้น ระดับซิกมาจึงเท่ากับ $X + 1.5 \text{ Sigma}$ หรือ $2.8 + 1.5 \text{ Sigma}$ เท่ากับ 4.3 เมื่อนำระดับซิกมาเปรียบเทียบกับดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ จะได้ค่า Cpk เท่ากับ 1.33



ภาพที่ 9 การคำนวณระดับซิกม่าโดยใช้โปรแกรมมินิแทบ (Minitab)

สรุปการวิจัย

จากการประยุกต์ใช้หลัก DMAIC ของซิกซ์ซิกม่าและการทดลองแฟคทอเรียลแบบเต็มทั่วไป ในการทดลอง พบว่าการลดของเสียประเภทงานบาง งานรั่วทำได้โดยตั้งอุณหภูมิความร้อนบน ตั้งแต่ 240-330 °C ความร้อนล่าง ตั้งแต่ 230-320 °C และระยะเวลาในการขึ้นรูป 2 วินาที ด้วยวิธีการนี้ทำให้กิจการสามารถลดต้นทุนของเสียจากเดิม 66,797 บาทเหลือเพียง 10,320 บาท ลดของเสียประเภทงานบางและงานรั่วจากเดิมร้อยละ 0.0215 เหลือเพียงร้อยละ 0.0022 หรือคิดเป็นร้อยละ 84.48 เพิ่มระดับซิกม่าจาก 3.5 ซิกม่า เป็น 4 ซิกม่า หรือดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการจาก 1.17 เป็น 1.33 ดังแสดงในตารางที่ 12

รายการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
จำนวนการผลิต	364,391 ชิ้น	542,835 ชิ้น
ของเสีย	7,840 ชิ้น	1,216 ชิ้น
ร้อยละ	0.0215	0.0022
Cpk.	≥ 1.17	≥ 1.33
Sigma	≥ 3.5	≥ 4
ค่าความสูญเสีย หรือต้นทุน 8.52 บาทต่อชิ้น	66,797 บาท	10,320 บาท

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ เบญจรัฐพงศ์.(2558). การประยุกต์ใช้ซิกซ์ซิกม่าในกระบวนการผลิตไพวอด. การค้นคว้าอิสระ
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ปัญญา ลอนนิล. (2557). การปรับปรุงกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า : กรณีศึกษา
โรงงานผู้ผลิตและประกอบแผงวงจรรวม. การค้นคว้าอิสระ วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
คณะบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วชิรพงษ์ สาลีสึงห์. (2549). ปฏิบัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma. พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพฯ : ศรีวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์.
- เสน่ห์ไวย ครุฑธา.(2558). การลดของเสียจากกระบวนการหยอดกาวแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยวิธีการซิกซ์
ซิกม่า. การค้นคว้าอิสระหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางาน
อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- โสภิตา ท่วมมี.(2550). การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การ
ออกแบบการทดลอง : กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Issa Bass. (2007). Six Sigma Statistics with Excel and Minitab. United States of America :
The McGraw-Hill Companies.