ISSN : 2408-235X

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Volume 7 | Number 2 | July – December 2021

บทความวิจัย

การออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน
The Structure Design of Backpacks for Energy Harvesting
ปริญญา เกียรติภาชัย[1*], อาศิส บุณยะประภัศร[1], วนชาติ บริสุทธิ์[1], อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง[1] และ วีระพันธ์ ด้วงทองสุข[2]

การเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานหลอดแอลอีดีแบบ T8 กับหลอดแอลอีดีทรงกลม
The Comparison of Electrical Energy and the Economics of T8 LED bulbs with Spherical LED bulbs
ประสิทธิ์ สุขเสริม[1] และ สิริวิช ทัดสวน[2*]

ออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศกังหันตีน้ำพลังงานแสงอาทิตย์
Design and Build Solar Energy Paddle Wheel Aerator
พิพัฒน์ เลิศโกวิทย์[1] และ บัณฑิต อินทรีย์มีศักดิ์[2*]

การวิเคราะห์โครงข้อหมุนแบบ 2 มิติจากข้อมูลกราฟฟิกแบบ DXF ในโปรแกรมฟรีแคด
2D Truss Analysis from DXF file in FreeCAD
จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ[1], จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ[2*] และ สมภพ ลิ้มประไพพงษ์[3]

การออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายเครื่องจักร เพื่อลดเวลาในการขนย้าย กรณีศึกษา บริษัท AAA จำกัด
Case study for company AAA ltd: Arranging equipment to minimize machinery transportation time
บุริม นิลแป้น[*]

SAUJOURNALST.SAU.AC.TH

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

เจ้าของ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ที่ปรึกษา

ดร.ฉัทฑวุฒิ พีชผล

บรรณาธิการ

รศ.ดร.วีระพันธ์ ด้วงทองสุข (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

กองบรรณาธิการ

รศ.ดร.วีระพันธ์ ด้วงทองสุข กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

ดร.ภานุวัฒน์ แตระกุล กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

ผศ.จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

พันเอก ผศ.ดร.ชวน จันทวาลย์ กรรมการ (ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า)

รศ.ดร.สมบัติ ทีฆทรัพย์ กรรมการ (มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย)

รศ.ดร.จิระศักดิ์ ชาญวุฒิธรรม กรรมการ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)

รศ.ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ กรรมการ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

กรรมการบริหาร

รศ.ประสิทธิ์ สุขเสริม ผศ.ดร.สมเกียรติ เพียงพรานทอง

ผศ.ดร.ณัฏฐ์ โอธนาทรัพย์ ผศ.วราธร แก้วแสง

ผศ.วีระพงษ์ กาญจนวงศ์กุล ผศ.เสรี ชื่นอารมณ์

ผศ.พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี นายวฐา ยงสมิทธ์

นายมานิตย์ ธิมาทา

ฝ่ายพัฒนา ดูแลและปรับปรุงเวปไซต์

นางสาวรุ่งทิวา ลังกาพินธ์ นายระพี วาทะศรีศิลป์

นางสาวจิราภรณ์ ปรากฏ

ฝ่ายเลขานุการ

นางสาวชุมภูนุช แย้มรู้การ นางณัฐภาวี จิระภาพันธ์

จัดพิมพ์โดย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ถนนเพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

ที่ติดต่อ วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ถนนเพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160 โทร 0-2807-4500-27 ต่อ 404

เว็ปไซต์ saujournalst.sau.ac.th อีเมล SAUJournalST@sau.ac.th

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเอกสารเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยและบทความวิชาการ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมอุตสาหการ อาชีวอนามัยและความปลอดภัย วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และวิศวกรรมเกษตร
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ใหม่ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระหว่างนักวิจัย นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป
3. เพื่อเป็นเอกสารรวบรวมรายงานและบทความวิจัยที่น่าสนใจ และมีคุณค่าทางวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดองค์ความรู้ใหม่แก่นักวิจัยของมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป

ขอบเขต

เป็นเอกสารเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการ (บทความวิชาการปริทรรศน์ บทความวิชาการเทคนิค บทความวิชาการพิเศษ) ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วาระการเผยแพร่

วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY มีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ โดยฉบับที่ 1 จะจัดพิมพ์ระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 จะจัดพิมพ์ระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม ของทุกปี

ข้อคิดเห็นในบทความของวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY เป็นทรรศนะส่วนตัวของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย

Objectives

The main objectives of this journal are:

1. to publish research articles and academic articles in science and technology, Journal focus are Electrical Engineering, Electronics and communication Engineering, Computer Science, Computer Engineering, Civil Engineering, Mechanical Engineering, Industrial Engineering, Occupational Health and Safety, Environment Engineering and Agricultural Engineering;
2. to become a center for exchanging innovations in science and technology among researchers and interested persons;
3. to become a collection of interesting and valuable research papers and articles;
4. to promote and encourage Southeast Asia University researchers and interested persons to develop innovations.

Scope

To publish research articles and academic articles (Review articles, Technical article, Special Articles) in science and technology.

Schedule

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY is published two issues annually. The first volume is published between January and June and the second is published July and December in each year.

Comments on the article of the SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY is a personal opinion of the author. Editors boards may not necessarily agree.

บทบรรณาธิการ

วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 ประจำเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2564 ปัจจุบันเป็นวารสารที่ได้รับรองให้อยู่ในฐานข้อมูลของ TCI 2

จากผลการดำเนินงานของวารสารฉบับนี้มีบทความที่น่าสนใจทั้งหมด 5 บทความ เป็นบทความวิจัย ได้แก่ เรื่อง “การออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน” เรื่อง “การเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานหลอดแอลอีดีแบบ T8 กับหลอดแอลอีดีทรงกลม” เรื่อง “ออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศกังหันตีน้ำพลังงานแสงอาทิตย์” เรื่อง “การวิเคราะห์โครงข้อหมุนแบบ 2 มิติจากข้อมูลกราฟฟิกแบบ DXF ในโปรแกรมฟรีแคด” และ เรื่อง “การออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายเครื่องจักร เพื่อลดเวลาในการขนย้าย กรณีศึกษา บริษัท AAA จำกัด” ซึ่งกองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านจะได้รับความรู้จากงานวิจัยต่าง ๆ ในวารสารเล่มนี้เป็นอย่างมาก

และในนามของ กองบรรณาธิการวารสาร ต้องขอขอบพระคุณ ผู้ประเมินบทความทุกท่าน ที่ยอมเสียสละเวลาอันมีค่าช่วยกลั่นกรองงานวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ นักศึกษา บุคคลทั่ว ๆ ไปทุกท่าน ที่ให้ความสนใจส่งบทความเพื่อเข้าสู่ขบวนการพิจารณาคุณภาพเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ทำให้กองบรรณาธิการทุกท่านมีกำลังใจเป็นอย่างมากในการพัฒนาวารสารฯ ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย **หน้า**

การออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน 1
The Structure Design of Backpacks for Energy Harvesting
ปริญญา เกียรติภาชัย[1], อาศิส บุณยะประภัศร[1], วนชาติ บริสุทธิ์[1], อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง[1] และ วีระพันธ์ ด้วงทองสุข[2]*

การเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานหลอดแอลอีดีแบบ T8 กับหลอดแอลอีดีทรงกลม 15
The Comparison of Electrical Energy and the Economics of T8 LED bulbs with Spherical LED bulbs
ประสิทธิ์ สุขเสริม[1] และ สิริวิช ทัดสวน[2]*

ออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศกังหันตีน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 27
Design and Build Solar Energy Paddle Wheel Aerator
พิพัฒน์ เลิศโกวิทย์[1] และ บัณฑิต อินทรีย์มีศักดิ์[2]*

การวิเคราะห์โครงข้อหมุนแบบ 2 มิติจากข้อมูลกราฟฟิกแบบ DXF ในโปรแกรมฟรีแคด 43
2D Truss Analysis from DXF file in FreeCAD
จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ[1], จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ[2] และ สมภพ ลิ้มประไพพงษ์[3]*

การออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายเครื่องจักร เพื่อลดเวลาในการขนย้าย กรณีศึกษา บริษัท AAA จำกัด 56
Case study for company AAA ltd: Arranging equipment to minimize machinery transportation time
บุริม นิลแป้น[*]

การออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน
The Structure Design of Backpacks for Energy Harvesting

ปริญญา เกียรติภาชัย[1*], อาศิส บุณยะประภัศร[1], วนชาติ บริสุทธิ์[1],
อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง[1] และ วีระพันธ์ ด้วงทองสุข[2]

Parinya Kiatpachai[1*], Arsit Boonyaprapasorn[1], Wanachart Borisut[1],
Anotai Suksangpanomrung[1] and Weerapun Duangthongsuk[2]

[1]กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก 26001

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ หนองแขม กทม. 10160

ผู้นิพนธ์ประสานงาน : parinya.pongsoi@gmail.com

วันที่รับบทความ: 23 มิถุนายน 2564 / วันที่แก้ไขบทความ: 6 กันยายน 2564 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 8 กันยายน 2564

บทคัดย่อ เป้สนามนี้ถูกออกแบบให้มีโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) มาติดตั้งกับโครงอยู่กับที่ (Fixed Structure) ที่มีอยู่ดั้งเดิม กระเป๋าและสัมภาระถูกติดตั้งกับโครงเคลื่อนที่ และถูกทำให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่งหรือทิศทางตามแนวแบริง ซึ่งจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน สปริงจะเป็นอุปกรณ์สำคัญที่สร้างการเคลื่อนไหวของสัมภาระโดยอาศัยคุณสมบัติของสปริง ที่สามารถยืดตัวและหดตัวในทิศทางตามแนวดิ่งหรือแบริง โครงเป้สนามรูปแบบนี้จะส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวของสัมภาระเมื่อผู้ใช้มีการเคลื่อนที่หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังศึกษาการกระจัด ณ ตำแหน่งจุดอ้างอิงบนโครงเป้สนามโดยใช้เลเซอร์เซนเซอร์ตรวจจับระยะทาง ดังนั้น การศึกษานี้มีความสำคัญต่อการออกแบบโครงสร้างเป้สนามสำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน นำไปสู่ การผลิตกระเป๋านวัตกรรมที่ตอบสนองความต้องการของสังคมโลกาภิวัตน์ต่อไป

คำสำคัญ **:** โครง, เคลื่อนที่, เป้สนาม, สปริง, พลังงาน

Abstract This backpack is designed having moving structure and fixed structure (i.e., conventional structure). Bag and load are installed with moving structure, which is motioned in vertical or bearing guideline. It is relation to the movement of users. The spring is used for generating motion of bag load by using Hooke's law and spring properties. It can be stretched and shrunk to change the form and size of spring in vertical. The mechanism of this backpack will lead to generation of motion on bag load when users have activities assigned to walking or running. Fourthermore, it also studied the displacement at the reference position measurement by using a laser displacement sensor. Therefore, this study has an important role in new structure designing of backpacks for energy harvesting. It also applicable to other works for innovative backpack leading to globalized society in the future.

Keywords : structure, move, backpack, spring, energy

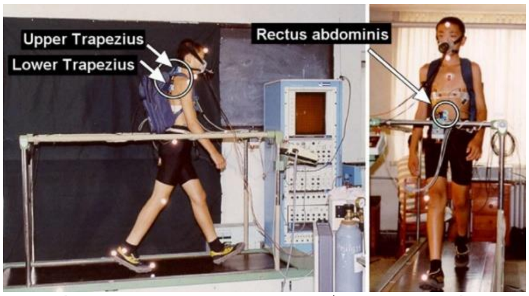
1. บทนำ

ปัจจุบัน การวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับใช้ในชีวิตประจำวันเป็นเรื่องสำคัญ เป้เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งเป้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบรรจุสัมภาระและอื่น ๆ ทั้งนี้ ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีสถานที่ท่องเที่ยวมากมาย นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและต่างชาตินิยมเดินทางมาท่องเที่ยวในแบบแบ็คแพ็คเกอร์ (Backpacker) มากขึ้น ทั้งนี้ เป้หรือเป้สนาม (Backpack) จะเป็นอุปกรณ์ประจำตัวเพื่อบรรจุสัมภาระของนักท่องเที่ยวหรือนักเดินทาง รวมถึงทหารที่ใช้เป้สนามสำหรับบรรจุสิ่งของต่าง ๆ ของทหารเพื่อนำติดตัวออกไปปฏิบัติงานนอกหน่วยที่ตั้ง เป้สนามประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก คือ โครง (Structure) และกระเป๋า (Bag) ซึ่งเป้สนามเป็นอุปกรณ์สำหรับบรรจุสัมภาระหรือสิ่งของต่าง ๆ ทั้งนี้ เป้สนามยังประกอบไปด้วยสายสะพายหลังที่รัดไหล่สองข้างเพื่อยึดสัมภาระและทำหน้าที่รับแรง ทั้งนี้ น้ำหนัก รูปร่าง โครงสร้าง และลักษณะของเป้สนามมีอิทธิพลต่อการเลือกใช้งาน การปรับปรุงและพัฒนาเป้สนามเพื่อประโยชน์อื่น ๆ จะช่วยให้เป้สนามมีความเป็นอเนกประสงค์มากขึ้น ดังนั้น การวิจัยและค้นคว้าเพื่อออกแบบและปรับปรุงโครงเป้สนามจึงเป็นเรื่องสำคัญ ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มความเป็นอเนกประสงค์มากขึ้น ด้วยเหตุนี้ การประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิศวกรรมจะช่วยพัฒนาเป้สนามให้เกิดนวัตกรรม ที่สามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลกระทบต่อการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย

2. งานวิจัยและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง

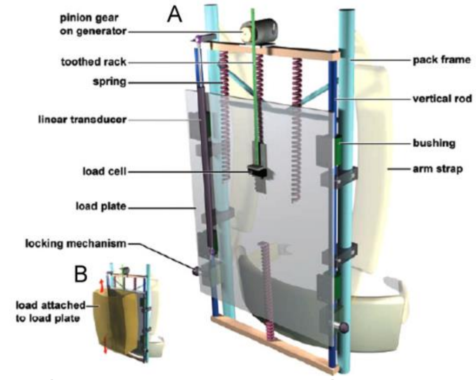
ผลการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและประยุกต์ใช้เป้แสดงให้เห็นถึงความสนใจและสำคัญในประโยชน์ของการออกแบบในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงการประยุกต์ใช้งาน ดังนี้

Hong และคณะ [1] ศึกษาอิทธิพลของภาระหรือน้ำหนักของเป้ที่กระทำต่อกล้ามเนื้อและความเหนื่อยล้าของ ซึ่งทดสอบเชิงทดลองในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที และนำเสนอความเหมาะสมกับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของเป้กับน้ำหนักของผู้ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 1

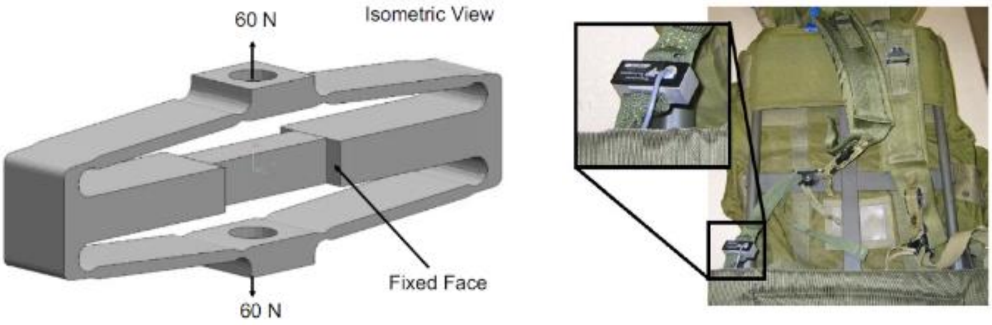


รูปที่ 1 แสดงการทดสอบการรับน้ำหนักของเป้ที่เวลาต่าง ๆ กับผลกระทบต่อกล้ามเนื้อ (Hong และคณะ [1])

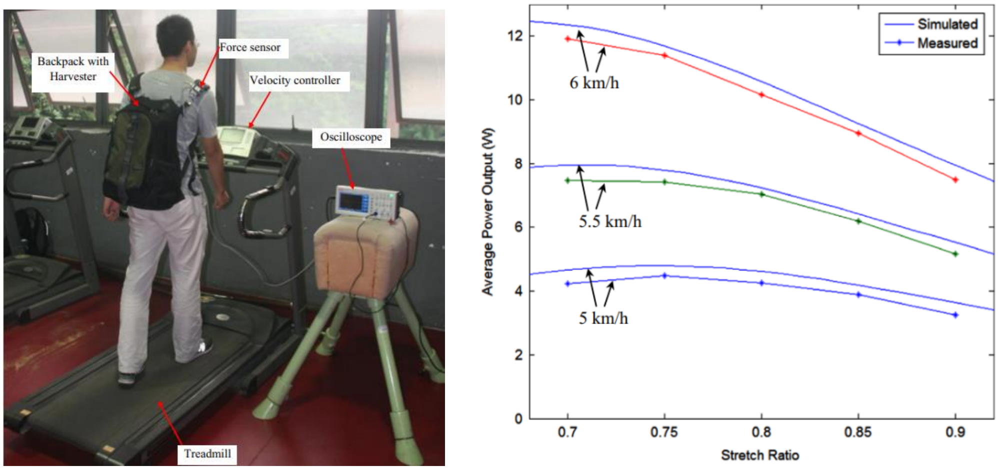
Feenstra และคณะ [2] ได้ทำการศึกษาการนำเป้มาประยุกต์ใช้กับ piezoelectric เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะนำแรงของโหลดที่กระทำต่อระบบกลับมาเป็นพลังงาน ที่มีกลไกและอุปกรณ์ดังรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



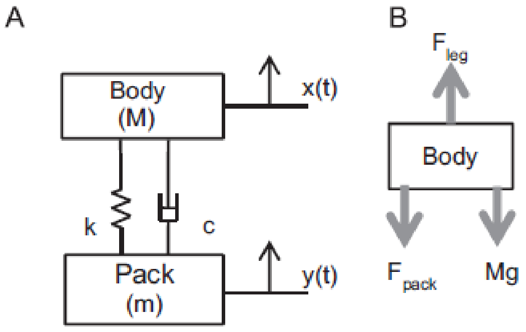
รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างและกลไกที่ประกอบกับเป้ (Feenstra และคณะ [2])



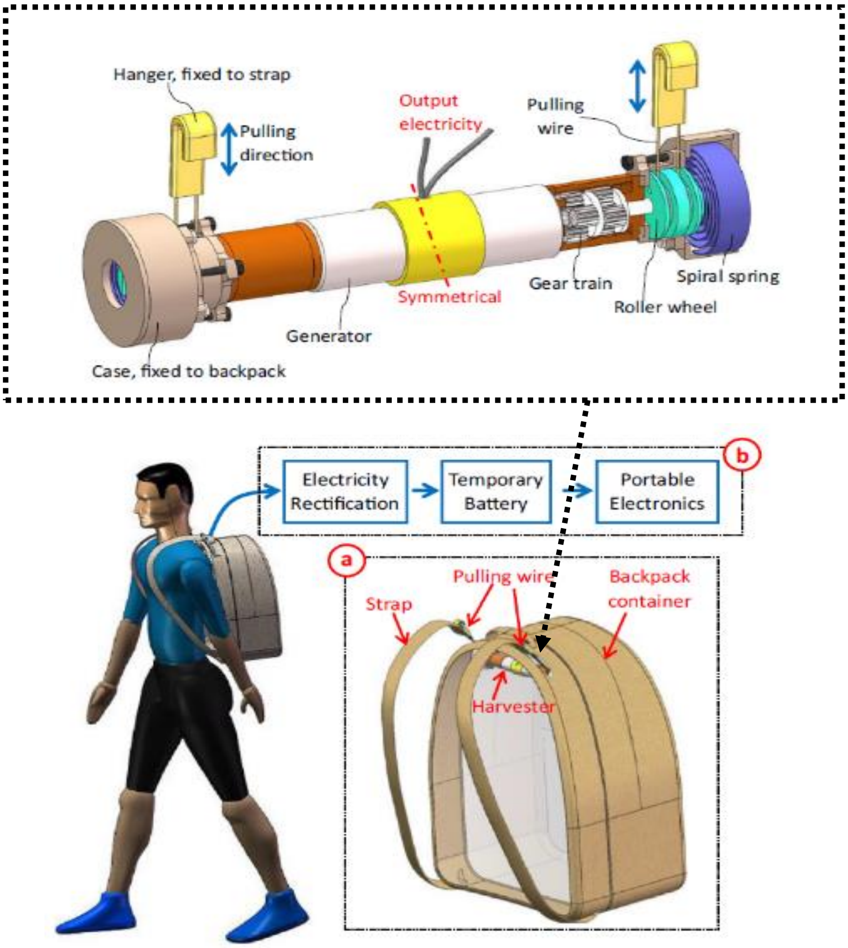
รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของแรงและการประยุกต์ใช้ piezoelectric เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Feenstra และคณะ [2])



รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์การทดลองและการเปรียบเทียบระหว่างการทดลองและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Xie และ Cai [3])



รูปที่ 5 แสดงการจำลองกลไกของระบบที่มีการรับภาระจากเป้และความสัมพันธ์ของงาน (work) และเวลา (Li และคณะ [4])

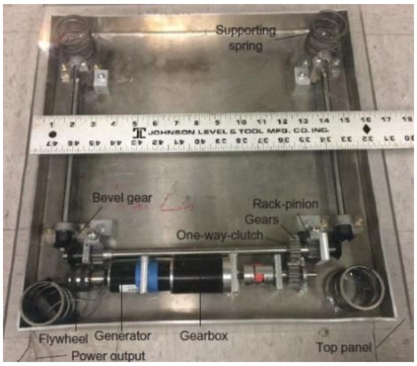


รูปที่ 6 แสดงกลไกการนำแรงที่กระทำต่อเป้สู่การผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ที่ตำแหน่งสายยึด (Xie และคณะ [5])

Xie และ Cai [3] ศึกษากลไก harvesting device เพื่อนำพลังงานกลจากเป้โดยการศึกษาที่ความเร็วและภาระขนาดต่าง ๆ อีกทั้ง ยังมีการเปรียบเทียบระหว่างการทดลองและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังรูปที่ 4

Li และคณะ [4] ศึกษารูปแบบกลไกและการสร้างแบบจำลอง governing equation ของการรับแรงจากเป้ และความสัมพันธ์ของการรับภาระงานเมื่อเทียบกับเวลารวมถึงแสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานของระบบและการรับภาระงานที่สภาวะทดสอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 5

Xie และคณะ [5] ศึกษากลไกการเกิดแรงกระทำขณะเคลื่อนที่ ให้กลับมาในรูปของการหมุนหรือโมเมนต์ เพื่อนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า ผลการทดสอบตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าที่ภาระ 5 กิโลกรัม สามารถสร้างพลังงานได้ประมาณ 7 วัตต์ ที่การเดิน 5.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กลไกและลักษณะการทำงาน แสดงดังรูปที่ 6

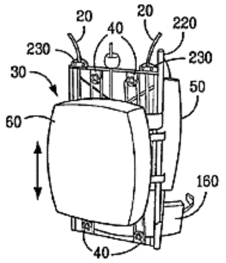
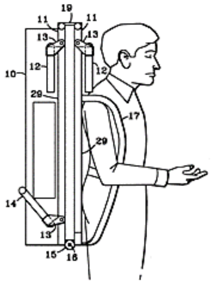


รูปที่ 7 แสดงอุปกรณ์การทดลองสำหรับเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า (Liu และคณะ [6])

Liu และคณะ [6] ศึกษาเชิงทดลองโดยการจำลองระบบที่มีการนำกลไกรูปแบบใหม่ ที่ได้พลังงานผ่านกลไกของเฟืองและผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบเดียวกัน ซึ่งสามารถสร้างพลังงานได้สูงถึง 12 วัตต์ จากระบบดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 7

ยิ่งไปกว่านั้น การสำรวจการออกแบบเป้จากสิทธิบัตร [7-9] ดังแสดงในรูปที่ 8 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

Rome และ Ruina [7] ได้นำเสนอเป้ ซึ่งตามการประดิษฐ์นี้เป็นเป้ที่นำรอกและกลไกการทดรอบของรอกมาช่วยในการรับแรงจากสัมภาระ ซึ่งระบบนี้จะมีความซับซ้อนเมื่อเปรียบเทียบกับเป้ที่มีการนำสปริงมาประยุกต์ใช้ และมีระบบสายโยงเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อช่วยในการลดแรงกระแทกหรือแรงจากสัมภาระ Vierthaler และคณะ [8] นำเสนอเป้เอนกประสงค์ ที่มีความพิเศษ คือ โครงสร้างที่เชื่อมต่อกับเป้ด้านหน้า เพื่อประยุกต์ใช้งานในกรณีต้องรับสัมภาระด้านหน้า แต่การออกแบบนี้จะไม่มีระบบสปริงหรืออื่น ๆ เข้ามาช่วยรับแรงกระแทกขณะเคลื่อนที่ ยิ่งไปกว่านั้น เป้ตามการออกแบบของ Daneau [9] มีกลไก ที่เป็นลักษณะบานพับมาประยุกต์ใช้ เพื่อรับโหลดสัมภาระและมีกลไกที่ปรับโครงสร้างให้สามารถเก็บสัมภาระได้ อีกทั้ง ยังแปลงเป็นเตียงได้อีกด้วย เป้ตามการประดิษฐ์นี้จะนิยมใช้กับการเดินทางในป่า และการตั้งแคมป์ เป็นต้น ลักษณะของเป้นี้จะมีขนาดยาว ซึ่งจะลำบากต่อการใช้งานในพื้นที่แคบ และไม่มีระบบสปริงหรืออื่น ๆ เข้ามาช่วยแบ่งเบาภาระโหลดสัมภาระ หรือลดแรงกระแทกหรือแรงจากสัมภาระ

Rome และ Ruina [7]	Vierthaler และคณะ [8]	Daneau [9]
		
สิทธิบัตร: Suspended loadergonomic Backpack หมายเลขการตีพิมพ์: US 7.931,178 B2 ผู้ประดิษฐ์: L. C. Rome, A. L. Ruina	สิทธิบัตร: Articulated front accessible backpack หมายเลขการตีพิมพ์: US 8,887,976 B2 ผู้ประดิษฐ์: P. R. Vierthaler, C. S. Lewis, C. R. Vierthaler	สิทธิบัตร: Combined backpack, cot and tent หมายเลขการตีพิมพ์: US5660050 A ผู้ประดิษฐ์: G. Daneau

รูปที่ 8 แสดงสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเป้สนาม [7-9]

ผลการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่านักวิจัยและนักประดิษฐ์ให้ความสนใจการศึกษาและพัฒนาเป้ในหลายรูปแบบ รวมถึงการนำเสนอรูปแบบและกลไกที่ประกอบเป็นเป้รูปแบบต่าง ๆ ดังที่กล่าวมา มีการประยุกต์ใช้พลังงานจากการเคลื่อนที่ของเป้ผ่านอุปกรณ์เสริมที่ติดตั้งภายในเป้เพื่อใช้ประโยชน์จากการเคลื่อนที่ของสัมภาระ แต่อย่างไรก็ตาม ผลการสำรวจเอกสารยังไม่พบการศึกษาและพัฒนาเป้สนามที่ใช้งานภายใต้สภาวะภาระงานสูง รวมถึงการออกแบบโครงสร้างรูปแบบใหม่ ที่ไม่มีความซับซ้อน และง่ายต่อการผลิต เพื่อรองรับการประยุกต์ใช้กับเป้สนามสำหรับทหารในการนำติดตัวออกไปปฏิบัติงานนอกที่ตั้ง หรือการประยุกต์ใช้กับผู้ที่สนใจอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จะเป็นการนำเสนอการออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการประยุกต์ใช้ในการกักเก็บพลังงาน (Energy Harvesting) ซึ่งข้อมูลของการนำเสนองานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากเพื่อต่อยอดนำไปสู่การประยุกต์ใช้กลไกเพื่อกักเก็บพลังงาน และเพื่อสร้างนวัตกรรมเป้สนามในอนาคต

3. ความมุ่งหมายของการออกแบบเป้สนาม

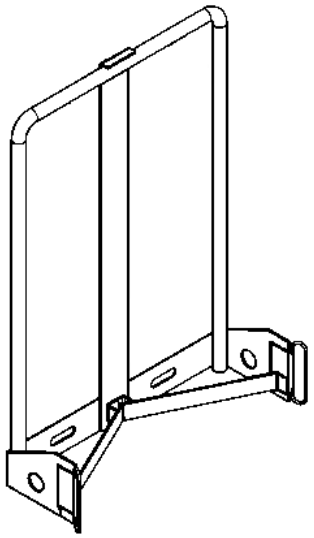
ความมุ่งหมายของการออกแบบโครงเป้สนามนี้เพื่อเพิ่มประโยชน์ของเป้สนาม ให้มีความเป็นอเนกประสงค์ ที่ส่งผลให้เป้สนามมีกลไกให้กระเป๋าเคลื่อนที่ได้ เป้สนามรูปแบบใหม่นี้สามารถประยุกต์ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting) เป็นต้น ดังนั้น การปรับปรุงและพัฒนาเพื่อนำกลไกของโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) มาประยุกต์เป็นเป้สนาม สำหรับโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) รูปแบบนี้ เมื่อโครงนี้ถูกนำมาประกอบเป็นเป้สนาม กระเป๋าและสัมภาระจะถูกทำให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่งหรือทิศทางตามแนวแบริง เนื่องด้วยกายภาพของมนุษย์ขณะเดินหรือวิ่ง ก็จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนและส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของกระเป๋าและสัมภาระในแนวดิ่ง ทั้งนี้ การนำรูปแบบของโครงเคลื่อนที่ซึ่งเป็นโครงรูปแบบใหม่จะช่วยสร้างการเคลื่อนที่ให้แก่กระเป๋าและสัมภาระเพื่อประยุกต์ใช้ในการสร้างประโยชน์ต่าง ๆ ที่รวมถึงการสร้างพลังงานจากการเคลื่อนที่ของสัมภาระได้

ลักษณะของการออกแบบเป้สนามนี้ประกอบด้วย กลไกของโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) มาประยุกต์ใช้เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลงของกระเป๋าที่มีสัมภาระในแนวดิ่ง ซึ่งถือเป็นนวัตกรรมในการออกแบบของเป้สนาม เป้สนามรูปแบบใหม่นี้ให้ถูกเรียกว่า ***“เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy harvesting backpack, EHB)”*** ซึ่งจะส่งเสริมให้เป้สนามสร้างการเคลื่อนไหวขึ้นลงในแนวดิ่งได้ และนำปรากฏการณ์นี้ประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อื่น ๆ ได้ ซึ่งถือเป็นนวัตกรรมในการประดิษฐ์เป้สนามรูปแบบใหม่ เป้สนามนี้จะเป็นการประดิษฐ์เพื่อสร้างการเคลื่อนที่ของสัมภาระ และนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างพลังงานไฟฟ้าได้ ยิ่งไปกว่านั้น เป้สนามนี้มีกลไกของโครงเคลื่อนที่ ที่จะทำให้กระเป๋าและสัมภาระเคลื่อนที่ได้ ยิ่งไปกว่านั้น เป้สนามนี้เหมาะต่อการประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์เสริม อาทิการชาร์จพลังงานให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์สื่อสารภายในเป้สนาม เป็นต้น หรือการประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์อื่น ๆ ต่อไป

4. การออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน

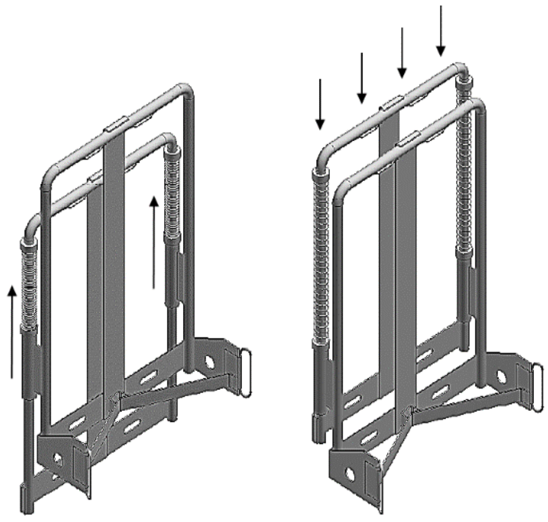
เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานที่มีการเพิ่มกลไกของโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) จากโครงเป้สนามแบบดั้งเดิม เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานจะมีประสิทธิภาพเมื่อผู้ใช้อยู่ในสภาวะที่มีการเคลื่อนไหว เช่น การเดิน การวิ่ง และอื่น ๆ กลไกของโครงเคลื่อนที่จะสร้างการเคลื่อนที่ของสัมภาระจากพฤติกรรมการเคลื่อนที่ดังกล่าว ดังนั้น การออกแบบเป้สนามนี้จะเป็นนวัตกรรมชิ้นหนึ่งซึ่งจะถูกประยุกต์ใช้เพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting) ได้ หรือการประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ยิ่งไปกว่านั้น เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานนี้จะนำ

พลังงานที่สูญเสียไปจากการเดินหรือวิ่ง ที่เป็นกิจกรรมในการใช้พลังงานในดำเนินชีวิตของมนุษยกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้ การออกแบบเป้สนามนี้ จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ซึ่งจะแสดงอย่างละเอียดดังนี้

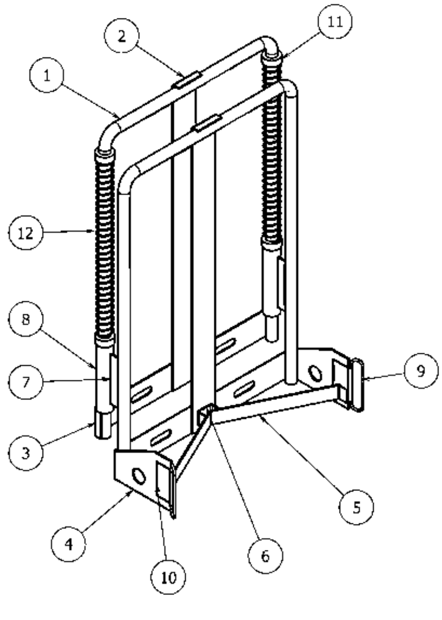


รูปที่ 9 โครงเป้สนามแบบดั้งเดิม

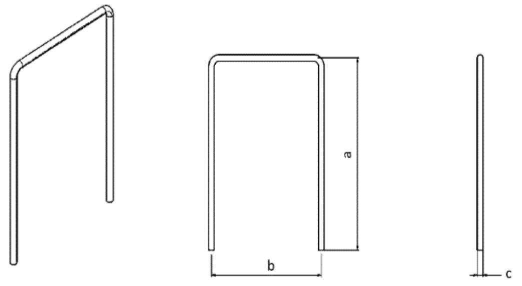
รูปที่ 9 แสดงโครงเป้สนามแบบดั้งเดิม ซึ่งจะมีพียงโครงอยู่กับที่ (Fixed Structure) โครงเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานตามการออกแบบนี้ ตามรูปที่ 10 จะมีการเพิ่มกลไกของโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) ซึ่งสังเกตุได้ว่าโครงเคลื่อนที่ จะสามารถเคลื่อนที่ได้ในทิศทางตามแนวลูกศร โครงเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานถูกแยกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 11 หมายเลข 1-12 คือส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงาน ทั้งนี้ หมายเลข 1-12 ที่เป็นส่วนประกอบต่าง ๆ อาจจะเป็นวัสดุ เหล็ก ทองแดง ทองเหลือง อลูมิเนียม สแตนเลส พลาสติก หรือวัสดุอื่น ที่สามารถขึ้นรูปได้ตามการประดิษฐ์ ซึ่งแสดงในรูปที่ 12-23 ตามลำดับ



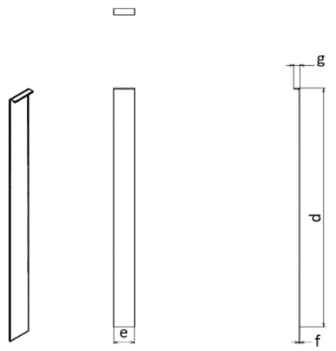
รูปที่ 10 โครงเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงาน



รูปที่ 11 ส่วนประกอบโครงเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงาน ตั้งแต่หมายเลข (1) ถึง (12)



รูปที่ 12 โครงตัวยู

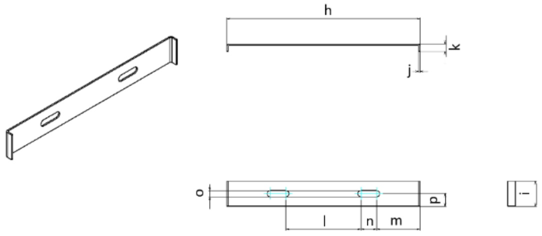


รูปที่ 13 แผ่นยึดโครงแนวตั้ง

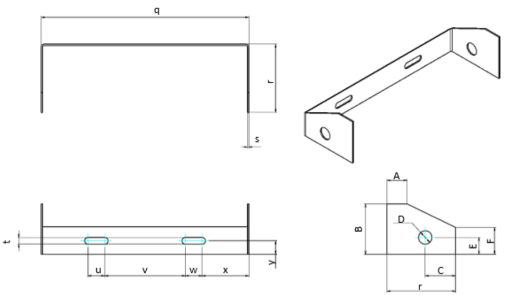
รูปที่ 12 แสดงโครงตัวยู (1) ซึ่งทำจากท่อ โครงตัวยู (1) จะมีมิติระยะต่าง ๆ ดังนี้ ระยะความสูงโครงตัวยู (a) ระยะความกว้างโครงตัวยู (b) และเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อด้านนอก (c)

รูปที่ 13 แสดงแผ่นยึดโครงแนวตั้ง (2) แผ่นยึดโครงแนวตั้ง (2) จะถูกพับมีลักษณะเป็นรูปตัวแอล และจะมีมิติระยะต่าง ๆ ดังนี้ ความสูงแผ่นยึดโครงแนวตั้ง (d) ความกว้างแผ่นยึดโครงแนวตั้ง (e) ความหนาแผ่นยึดโครงแนวตั้ง (f) ระยะพับแผ่นยึดโครงแนวตั้ง (g)

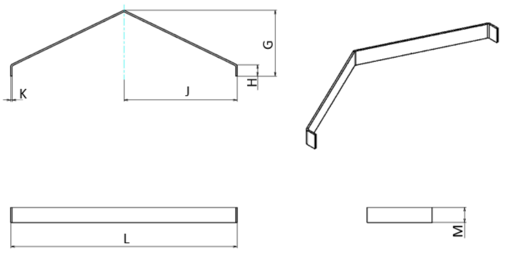
รูปที่ 14 แสดงแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่ (3) ซึ่งมีลักษณะแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าพับด้านหัวและด้านท้าย มีมิติระยะต่าง ๆ ดังนี้ ความยาวแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่ (h) ความกว้างแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่ (i) ความหนาแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่ (j) และระยะพับแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่ (k) อีกทั้ง ยังมีรูเจาะรูปวงรี 2 วง เพื่อใช้ในการร้อยเชือกของกระเป๋า ซึ่งมีระยะต่าง ๆ ดังนี้ ระยะห่างระหว่างวงรี (l) ระยะห่างระหว่างวงรีกับขอบ (m) ขนาดวงรียาว (n) ขนาดวงรีกว้าง (o) และวงรีห่างจากขอบ (p)



รูปที่ 14 แผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่



รูปที่ 15 แผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่

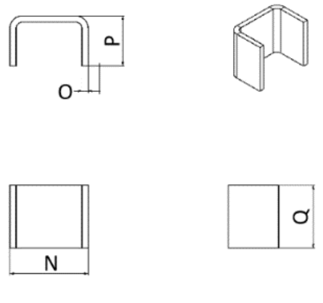


รูปที่ 16 แผ่นยึดโครงของโครงอยู่กับที่

รูปที่ 15 แสดงแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่ (4) โดยทำหน้าที่ยึดโครงอยู่กับที่กับกระเป๋า และ

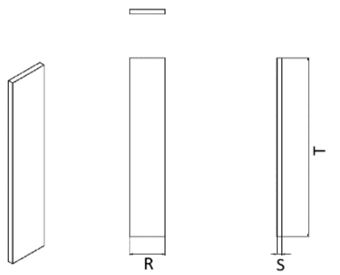
จะมีมิติระยะต่าง ๆ ดังนี้ ความยาวแผ่นโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่ (q) ความกว้างแผ่นโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่ (r) ความหนาแผ่นโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่ (s) อีกทั้ง ยังมีรูเจาะรูปวงรี 2 วง เพื่อใช้ในการร้อยเชือกของกระเป๋า ซึ่งมีระยะต่าง ๆ ดังนี้ ระยะห่างระหว่างวงรี (v) ระยะห่างระหว่างวงรีกับขอบ (x) ขนาดวงรียาว (u, w) ขนาดวงรีกว้าง (t) และวงรีห่างจากขอบ (y) สำหรับ มิติระยะต่าง ๆ ด้านข้าง เป็นลักษณะของสี่เหลี่ยมคางหมู (A, B, F, r) และรูเจาะวงกลมทั้งสองด้านที่มีระยะเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ระยะจากจุดศูนย์กลางกับขอบด้านล่าง (E) และระยะจากจุดศูนย์กลางกับขอบด้านข้าง (C)

รูปที่ 16 แสดงแผ่นยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (5) โดยมีลักษณะเป็นแผ่นพับหักมุมสามเหลี่ยม ที่มีมิติต่าง ๆ ดังนี้ ระยะความสูง (G) ระยะพับขอบ (H) ระยะห่างระหว่างขอบถึงกึ่งกลางจั่วสามเหลี่ยม (J) ความหนาแผ่นยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (K) ระยะห่างระหว่างขอบ (L) ความกว้างแผ่นยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (M)



รูปที่ 17 แผ่นข้อต่อยึดโครงของโครงอยู่กับที่

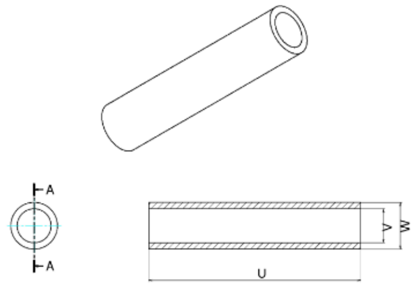
รูปที่ 17 แสดงแผ่นข้อต่อยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (6) มีลักษณะรูปตัวซี มีระยะความกว้าง (N) ความหนาแผ่นข้อต่อยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (O) ระยะฐานตัวซี (P) ระยะความสูง (Q) แผ่นข้อต่อยึดโครงของโครงอยู่กับที่จะทำหน้าที่ยึดติดระหว่างแผ่นยึดโครงแนวนอน



ของโครงอยู่กับที่ (4) กับ แผ่นยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (5)

รูปที่ 18 แผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่

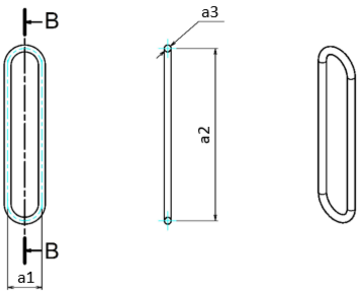
รูปที่ 18 แสดงแผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ (7) ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ แผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ (7) จะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด ดังนี้ ความกว้างแผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ (R) ความยาวแผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ (T) และความหนาแผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ (S)



รูปที่ 19 แบริง

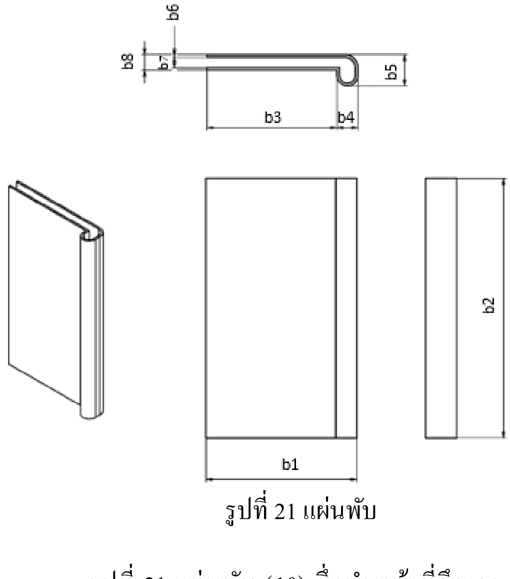
รูปที่ 19 แสดงแบริง (8) ซึ่งทำหน้าที่ประคองโครงตัวยู (1) ซึ่งทำจากท่อ เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงหรือแนวดิ่ง ลักษณะของแบริงจะเป็นทรงกระบอก และมีระยะมิติต่าง ๆ ดังนี้ ระยะความยาวแบริง (U) เส้นผ่าน

ศูนย์กลางแบริงด้านใน (V) และเส้นผ่านศูนย์กลางแบริงด้านนอก (W)



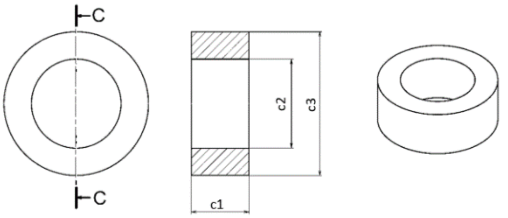
รูปที่ 20 ขดวงรี

รูปที่ 20 แสดงขดวงรี (9) ซึ่งทำหน้าที่ผูกเพื่อยึดติดกับเชือกหรือเข็มขัดรัดกระเป๋า มีขนาด ดังนี้ ขนาดขดวงรียาว (a2) ขนาดขดวงรีกว้าง (a1) และความหนาขดวงรี (a3)



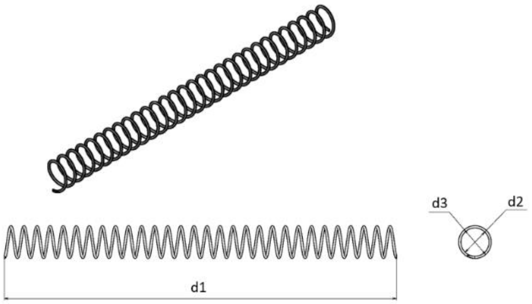
รูปที่ 21 แผ่นพับ

รูปที่ 21 แผ่นพับ (10) ซึ่งทำหน้าที่ยึดเกาะระหว่างขดวงรี (9) กับแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่ (4) แผ่นพับ (10) จะมีมิติต่างๆ ดังนี้ ความกว้าง (b1) ความสูง (b2) ความยาว (b3) ขนาดช่องวงรีกว้าง (b4) ขนาดช่องวงรียาว (b5) ความหนาแผ่นพับ (b6) ระยะห่างระหว่างแผ่นพับด้านใน (b7) และระยะห่างระหว่างแผ่นพับด้านนอก (b8)



รูปที่ 22 แหวนรองสปริง

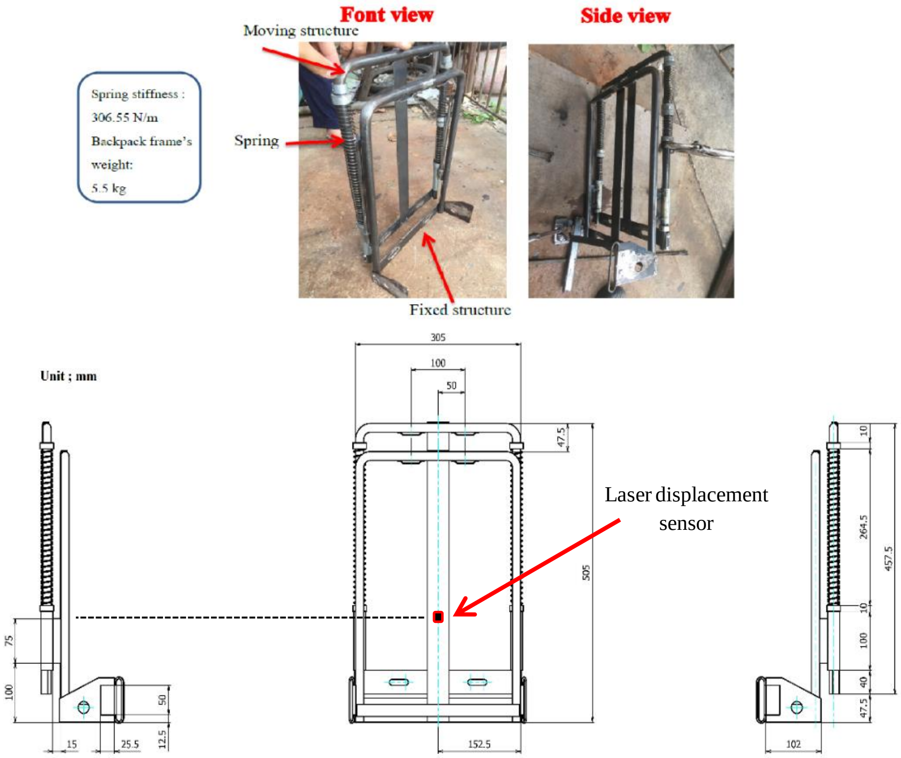
รูปที่ 22 แหวนรองสปริง (11) ซึ่งทำหน้าที่เป็นบ่าเพื่อรองรับแรงที่สปริงถูกกระทำขณะรับน้ำหนัก แหวนรองสปริง (11) มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีขนาดดังนี้ ความสูงแหวนรองสปริง (c1) ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (c2) และระยะเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก (c3)



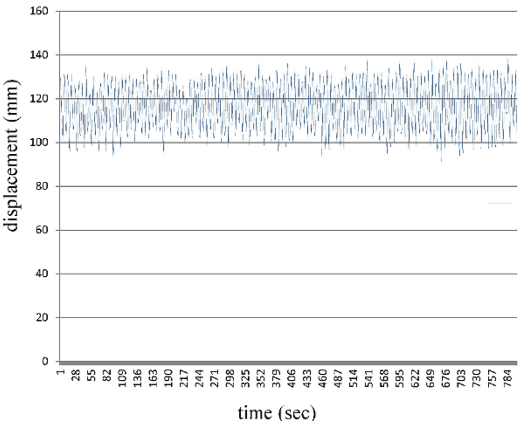
รูปที่ 23 สปริง

รูปที่ 23 สปริง (12) เป็นขดลวดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดต่าง ๆ ขดเป็นวงรูปทรงกระบอก มีความยาวสปริง (d1) ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางสปริงด้านใน (d2) และระยะเส้นผ่านศูนย์กลางสปริงด้านนอก (d3) สปริงจะเป็นอุปกรณ์สำคัญของเปี้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานที่คอยรับแรงจากสัมภาระขณะมีการเคลื่อนที่ และส่งผ่านแรงกระทำให้สัมภาระเคลื่อนที่ด้วยเช่นกัน ซึ่งการเลือกใช้สปริงจะออกแบบตามกฎของฮุก (Hook's Law) เพื่อวิเคราะห์ค่าความแข็งของสปริง

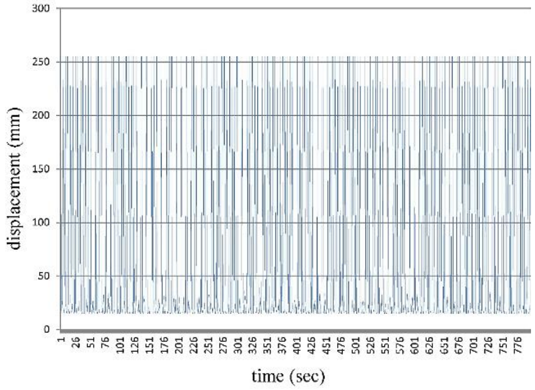
กล่าวได้ว่าลักษณะของการออกแบบเป้สนามแบบดั้งเดิมจะมีโครงและกระเป๋าที่ยึดติดกัน ซึ่งโครงแบบดั้งเดิม (ดังรูปที่ 1) เป็นแบบโครงอยู่กับที่ (Fixed Structure) ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากกระเป๋าหรือสัมภาระได้ ด้วยเหตุนี้ จึงนำมาสู่การประดิษฐ์จริงที่มีขนาดและส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 24 โดยการปรับปรุงกลไกของโครงให้สามารถเคลื่อนที่ได้ ที่เรียกว่าโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) เพื่อประยุกต์กับการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานโดยที่ยังสามารถบรรจุสัมภาระได้ตามปกติ ทั้งนี้ การศึกษาการกระจัด (displacement) โดยการตรวจวัดเซ็นเซอร์ ณ ตำแหน่ง (position measurement) ที่จุดอ้างอิงบนโครงเป้สนามในลักษณะเชิงเส้นในสภาวะการเดินที่ความเร็ว 6 km/h และการวิ่งที่ความเร็ว 8 km/h กับน้ำหนักภาระ 5 kg (ไม่รวมโครงสร้าง) ถูกแสดงดังรูปที่ 25 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าในสภาวะการเดินเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานให้การกระจัดสูงสุดและเฉลี่ยที่ 138 mm และ 116 mm ตามลำดับ สำหรับการทดสอบในสภาวะการวิ่ง เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานส่งผลให้เกิดการกระจัดสูงสุดและเฉลี่ยที่ 255 mm และ 73 mm ตามลำดับ ซึ่งผลจากการทดสอบจะนำไปสู่การออกแบบการประยุกต์ใช้ระยะการกระจัดของโครงเคลื่อนที่เพื่อสร้างพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ เป้สนามที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้จะมีสปริงและแบริงเพื่อประกอบกันเป็นโครงเคลื่อนที่ ที่จะเป็นนวัตกรรม ที่ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเป้สนามในยุคศตวรรษที่ 21 เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานนี้ยังช่วยในเรื่องของความเป็นอเนกประสงค์ให้มากขึ้น โดยการประยุกต์ใช้ประโยชน์ของการเคลื่อนที่ขึ้นลงของกระเป๋าที่มีสัมภาระ รวมถึงการประยุกต์ใช้สปริงกับเป้สนามเพื่อช่วยดูดซับและสร้างพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ขณะเคลื่อนที่



รูปที่ 24 แสดงโครงเป้สนามที่ออกแบบสำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน (หน่วยมิลลิเมตร, mm)



(a)



(b)

รูปที่ 25 แสดงการกระจัด (displacement) โดยการตรวจวัดเซ็นเซอร์ ณ ตำแหน่ง (position measurement) ที่จุดอ้างอิงบนโครงเป้สนามในลักษณะเชิงเส้นในสภาวะ (a) การเดินที่ความเร็ว 6 km/h และ (b) การวิ่งที่ความเร็ว 8 km/h

5. สรุปและวิเคราะห์การออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน

เป้สนามโดยทั่วไปจะใช้สำหรับแบกสัมภาระและยึดติดกับหลัง อีกทั้ง เป้สนามก่อนหน้าจะมีโครงและกระเป๋าที่ยึดติดกัน ซึ่งเป็นโครงแบบอยู่กับที่ (Fixed Structure) ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากกระเป๋าได้ เป้สนามจะใช้แบกสัมภาระ ที่มีข้อจำกัดเรื่องรูปทรงและรูปร่างเป้สนาม ซึ่งประกอบด้วย โครง (Structure) และ กระเป๋า (Bag) ทั้งนี้ เป้สนามยังประกอบไปด้วยสายสะพายหลังที่รัดไหล่สองข้างเพื่อยึดสัมภาระและทำหน้าที่รับแรง ทั้งนี้ น้ำหนัก รูปร่าง โครงสร้าง และลักษณะของเป้ทั่วไป จะส่งแรงกระทำต่อไหล่สองข้างของผู้นำไปใช้งาน ที่ไม่มีการกระจายแรงจากน้อยไปหามาก อีกทั้ง โครงแบบอยู่กับที่จะทำให้ไม่สามารถนำพลังงานหรือการเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนไหวของผู้แบกสัมภาระมาประยุกต์ใช้งานได้ เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานที่มีการเพิ่มกลไกของโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) จากโครงเป้สนามแบบดั้งเดิม เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานจะมีประสิทธิภาพเมื่อผู้ใช้อยู่ในสภาวะที่มีการเคลื่อนไหว เช่น การเดิน การวิ่ง และอื่น ๆ กลไกของโครงเคลื่อนที่จะสร้างการเคลื่อนที่ของสัมภาระจากพฤติกรรมการเคลื่อนที่ดังกล่าว ดังนั้น เป้สนามนี้จะถูกประยุกต์ใช้เพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting) หรือการประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ยิ่งไปกว่านั้น เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานจะนำพลังงานที่สูญเสียไปจากการเดินหรือวิ่ง ที่เป็นกิจกรรมในการใช้พลังงานในดำเนินชีวิตของมนุษกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ พันเอก ผศ.ดร.อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง ผู้อำนวยการกองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่ให้การสนับสนุนทั้งสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับการทดลอง รวมทั้ง เจ้าหน้าที่กองวิชาทุกนายที่ให้การช่วยเหลือในการทำงานจนทำให้งานวิจัยประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Y. Hong, J.X. Li and D.T.P. Fong, " Effect of prolonged walking with backpack loads on trunk muscle activity and fatigue in children," *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol. 18, pp. 990-996, 2008.

[2] J. Feenstraa, J. Granstroma and H. Sodano, "Energy harvesting through a backpack employing a mechanically amplified piezoelectric stack," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 22, pp. 721-734, 2008.

[3] L. Xie and M. Cai, "Increased energy harvesting and reduced accelerative load for backpacks via frequency tuning," *Mechanical Systemsand Signal Processing*, vol. 58-59, pp. 399-415, 2015.

[4] D. Li, T. Li, Q.Li, T. Liu and J. Yi, "A simple model for predicting walking energetics with elastically-suspended backpack," *Journal of Biomechanics*, vol. 49, pp. 4150-4153, 2016.

[5] L. Xie, X. Li, S.Cai, L. Huang and J. Li, "Increased energy harvesting from backpack to serve as self-sustainable power source via a tube-like harvester," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 96, pp. 215-225, 2017.

[6] M. Liu, R. Lin, S. Zhou, Y. Yu, A. Ishida, M. McGrath, B. Kennedy, M Hajj and L Zuo, "Design, simulation and experiment of a novel high efficiency energy harvesting paver," *Applied Energy*, vol. 212, pp. 966-975, 2018.

[7] L. C. Rome and A. L. Ruina, " Suspended load ergonomic backpack," *US patent*, No. US 7.931,178 B2, pp. 1-29 , 2011.

[8] P. R. Vierthaler, C. S. Lewis and C. R. Vierthaler, "Articulated front accessible backpack," *US patent*, No. US 8,887,976 B2, pp. 1-13 , 2018.

[9] G. Daneau, "Combined backpack, cot and tent," *US patent*, No. US006062446 A, pp. 1-7, 2000.

Authors' Biography:

Dr. Parinya Kiatpachai is a lecturer of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA). He received his D. Eng. in mechanical engineering from the King Mongkut's University of Technology, Thonburi, Bangmod, Thailand. His current research interests include the heat transfer performance and flow characteristics of fin-and-tube heat exchangers.

Asst. Prof. Dr. Arsit Boonyaprapasorn is an assistant professor of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA).

Asst. Prof. Dr. Wanachart Borisut is an assistant professor of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA).

Asst. Prof. Dr. Anotai Suksangpanomrung is an assistant professor and head of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA).

Assoc. Prof. Dr. Weerapun Duangthongsuk is a associate professor of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Southeast Asia University (SAU). His research interests include heat transfer, fluid mechanics, and nano fluids.

การเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานหลอดแอลอีดีแบบ T8 กับหลอดแอลอีดีทรงกลม

The Comparison of Electrical Energy and the Economics of T8 LED bulbs with Spherical LED bulbs

ประสิทธิ์ สุขเสริม[1] และสิริวิช ทัดสวน[2*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงาน:โทรศัพท์ 0-2807-4500-27 ต่อ 313; อีเมล : siriwicht@sau.ac.th

Prasit Sukserm and Siriwich Tadsuan[*]

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Southeast Asia University

[*]Corresponding Author: Tel.0-2807-4500-27 ext. 313; Email : siriwicht@sau.ac.th

วันที่รับบทความ: 3 สิงหาคม 2564 / วันที่แก้ไขบทความ:ครั้งที่ 1 : 31 สิงหาคม 2564 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 11 กันยายน 2564
วันที่แก้ไขบทความ:ครั้งที่ 2 : 10 กันยายน 2564

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้นำเสนอการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานหลอดแอลอีดีแบบ T8 กับหลอดแอลอีดีทรงกลมที่ใช้งานกับทางเดินเท้า จุดประสงค์เพื่อให้ทราบถึงข้อได้เปรียบ/เสียเปรียบในด้านพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปและด้านเศรษฐศาสตร์ โดยขั้นตอนการทดสอบได้ออกแบบและสร้างวงจรควบคุมมุมเฟสของแรงดันเพื่อใช้กับหลอด LED ทรงกลมชนิดที่ปรับความสว่างได้จำนวน 5 หลอด และใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ในการประมวลผล จากนั้นนำไปติดตั้งใช้งานกับทางเดินเท้าที่มีตัวตรวจรู้การเคลื่อนไหว PIR เพื่อตรวจจับคนที่เดินผ่าน โดยกำหนดให้สภาวะปกติที่ยังไม่มีคนเดินผ่านหลอดทุกดวงจะมีค่าความสว่างน้อยตามที่ได้ตั้งค่าไว้ แต่เมื่อมีคนเดินตัดผ่านตัวตรวจรู้ หลอดทุกดวงจะค่อย ๆ เพิ่มความสว่างขึ้นพร้อมๆกันทุกหลอด จนมีค่าสูงสุดและนานจนกว่าจะถึงเวลาที่หน่วงไว้ หลังจากนั้นหลอดทุกดวงจะค่อย ๆ ลดความสว่างลงจนถึงค่าต่ำสุดตามที่ตั้งค่าไว้อีกครั้ง บันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลา 18.00น. – 06.00 น. จำนวนระยะเวลา 30 วัน ค่าพลังงานที่ได้นี้จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าพลังงานที่ใช้จากการใช้หลอดแอลอีดีแบบ T8 จำนวน 3 หลอด ผลที่ได้ค่าพลังงานที่ใช้ไปจากการใช้หลอดแอลอีดีทรงกลมมีค่าต่ำกว่าหลอดแอลอีดีแบบ T8 35.7% แต่ในเรื่องของต้นทุนจากการใช้หลอดแอลอีดีทรงกลมมีค่าสูงกว่าหลอดแอลอีดีแบบ T8 โดยมีระยะเวลาคืนทุน 4.74 ปี แต่ถ้าพิจารณาถึงระยะเวลาการใช้งานยาวนาน หรือการนำไปใช้งานกับหลอดที่มีบริเวณพื้นที่มาก ๆ การใช้หลอดแอลอีดีทรงกลมที่มีเทคนิคการควบคุมมุมเฟสแรงดันจะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้เป็นปริมาณสูงกว่าหลอดแอลอีดีแบบ T8

คำสำคัญ : หลอดแอลอีดีแบบ T8, การส่องสว่าง, ไมโครคอนโทรลเลอร์, กำลังไฟฟ้า

Abstract This research compares T8 LED bulbs electrical energy and economics and Spherical LED bulbs used in pedestrian walkways. It aims to identify the advantages/disadvantages in terms of electricity consumption and economics. The voltage phase angle control circuit was designed and built for use with 5 adjustable brightness Spherical LED bulbs in the testing process. The Arduino Uno R3 microcontroller board was used for processing. It is then deployed to pedestrian walkways with PIR sensors to detect pedestrians. Setting the usual condition that no one walks through, all the lamps will have low brightness. Conversely, when someone crosses the path, the lamps will gradually increase their brightness simultaneously, all lights until they reach their maximum value and last until the delay time. After that, all the lamps will gradually dim down to the set minimum value again. The researcher recorded the electrical energy used during the period of 6:00 p.m. – 6:00 a.m. for a total of 30 days. The recorded energy values are compared with the energy values used by 3 conventionally installed T8 LED bulbs. The results showed that the energy consumption of Spherical LED bulbs was lower than that of T8 LED bulbs equal 35.7%. Nevertheless, the cost of using Spherical LED bulbs is higher than that of T8 LED bulbs, with a payback period of 4.74 years. However, if considering the long service life or the use of the lamp in a vast area, Spherical LED bulbs with voltage phase angle control technique will save more electricity costs than using T8 LED bulbs lamp work.

Keyword : T8 LED bulbs, Illumination, Microcontroller, Electrical power

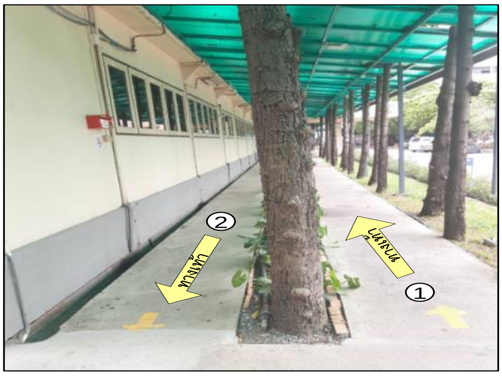
1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีด้านสารกึ่งตัวนำได้แก่การพัฒนาไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diodes :LED) มาสร้างเป็นหลอดไฟฟ้าที่เรียกว่าหลอด LED มาใช้แทนที่หลอดไฟฟ้าแบบอื่นๆ จาก [1] ได้นำเสนอถึงข้อเด่นในเรื่องต่างๆ ได้แก่ อายุการใช้งานยาวนาน โดยเฉลี่ยแล้ว LED จะมีแสงสว่างมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 35,000 ถึง 50,000 ชั่วโมง หลอด LED สามารถเปลี่ยนพลังงานได้ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์เป็นแสง มีช่วงสีที่โดดเด่นให้ช่วงสีที่กว้างมากซึ่งคงสีไว้ตลอดอายุการใช้งาน ความน่าเชื่อถือในกรณีที่หลอดไฟแบบเดิมประกอบด้วยเส้นใยและชิ้นส่วนที่เปราะบางอื่นๆ แต่หลอด LED ทนต่อแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนมากกว่าแสงรูปแบบอื่นๆ และความร้อนที่แผ่รังสีต่ำ การใช้แผ่นระบายความร้อนแบบพิเศษ หลอด LED จะดูดซับความร้อนที่เกิดขึ้นและกระจายออกจากไดโอดอย่างปลอดภัย จาก[2]ได้มีการพัฒนารูปแบบการควบคุมความสว่างโดยการสมดุลกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอด LED จำนวน 5 แถว โดยแต่ละแถวจะมี 6 หลอด โดยใช้ตัวแปรตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้า (VVR) โดยเทคนิคนี้จะสามารถควบคุมตัว MOSFETs ได้หลายตัว โดยแต่ละตัวจะสามารถปรับกระแสแบบเชิงเส้นของหลอด LED แต่ละแถวได้อย่างดี ในทางปฏิบัตินั้นหลอดLED จะต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จาก[3-4] ได้มีการศึกษาถึงเรื่องคุณภาพไฟฟ้าของหลอด LED ที่มีขายในท้องตลาด

โดยมีการเรื่องผลกระทบของแสงสว่างอันมีสาเหตุอันเนื่องมาจากฮาร์มอนิก การกระพริบของแรงดัน แรงดันเกินและแรงดันตก โดยใช้หลอด LED ใส่ในกล่องดำภายในมีลักซ์มิเตอร์ จากนั้นมีการทดสอบตามเงื่อนไขคุณภาพไฟฟ้าในแต่ละปัญหา ซึ่งการทดสอบเรื่องฮาร์มอนิกได้ทำการใช้แหล่งจ่ายที่เป็นคลื่นซายน์และไม่ใช่ซายน์ ผลที่ได้กระแสฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 7, 9, 11 กรณีของแหล่งจ่ายไม่ใช่ซายน์สูงกว่าค่ามาตรฐาน IEC 61000- 3-2 standard. ส่วนผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบจ่ายไฟฟ้าอันเนื่องมาจากฮาร์มอนิกนั้น จาก [5] ได้ทำการแก้ปัญหาการเพิ่มปริมาณของฮาร์มอนิก กระแสที่เกิดจากหลอดLED โดยการติดตั้งตัวกรองฮาร์มอนิกแบบ Single tune เพื่อกรองฮาร์มอนิกอันเนื่องมาจากหลอด LED ที่ติดตั้งในอาคาร 6 ชั้น โดยมีการกรองฮาร์มอนิกลำดับที่ 3, 5, 7 ให้ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน IEEE 519-2014 current harmonic standards นอกจากมีการพัฒนาหลอด LED ที่ใช้ในตัวอาคาร บ้านเรือนแล้วยังมีการพัฒนาหลอด LED ที่ใช้กับไฟถนน จาก[6] ได้มีการศึกษาสมรรถนะหลอด LED สำหรับไฟถนนโดยทดสอบอุณหภูมิสีที่สัมพันธ์กัน (CCT), ความสว่างของการมองเห็น การปรับความมืด สีการรับรู้ การแทรกซึมของหมอก และมลภาวะจากท้องฟ้า เห็นได้ว่าจากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาถึงการเศรษฐศาสตร์ของหลอด LED แบบที่สามารถปรับความสว่างได้กับหลอด LED ชนิดที่ปรับความสว่างไม่ได้ ในกรณีที่นำไปใช้งานกับสภาพแวดล้อมที่เป็นทางเดินเท้า

2. กรอบแนวคิด

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาหลอด LED ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ให้สามารถปรับแสงสว่างได้ ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าในสภาพงานจริง บางพื้นที่ในสภาวะปกติที่ไม่มีเหตุจำเป็นต้องใช้แสงสว่างที่มีความสว่างสูงมาก(ใช้แค่เพียงเป็นแนวสายตาหรือสร้างสภาพแวดล้อมไม่ให้มืดจนน่ากลัว) ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า แต่จะใช้งานที่ความสว่างมากสุดเฉพาะในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น ดังนั้นการประหยัดพลังงานโดยการปรับให้หลอดไฟฟ้ามีค่าความสว่างมากบ้างน้อยบ้างตามสถานการณ์หน้างานจริงจะทำได้ยากสาเหตุเพราะต้องใช้บุคลากรทำหน้าที่โดยตรง ซึ่งยิ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เพิ่มขึ้นอีก แต่ถ้ามองถึงการออกแบบและสร้างเครื่องปรับความสว่างของหลอด LED ให้เป็นแบบอัตโนมัตินั้น ก็จะต้องมีต้นทุนเพิ่มขึ้น เช่น ต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์, วงจรกำลังที่ใช้ปรับความสว่างของหลอด, ตัวเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับคนเดินผ่าน หลอด LED แบบปรับความสว่างได้ (ราคาสูงกว่าหลอดLED แบบปรับความสว่างไม่ได้) ทำให้การนำระบบดังกล่าวไปใช้งานจะต้องศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้ดีเสียก่อน ไม่เช่นนั้นอาจจะทำให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ตัวอย่างขึ้นมา โดยเลือกทางเดินเท้าบริเวณหน้าอาคาร แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ทางเดินเท้าบริเวณหน้าอาคารที่ใช้ทำวิจัย

ในงานวิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้ทางเท้าในช่วงเวลา 18.00น. ถึง 06.00น. ของวันรุ่งขึ้น โดยแต่ก่อนใช้แสงสว่างจากหลอดแอลอีดีแบบ T8 ขนาด 18W จำนวน 3 หลอด ติดตั้งบนเพดานตามแนวทางเดิน แสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 หลอดแอลอีดีแบบ T8 ขนาด 18W จำนวน 3 หลอดที่มีอยู่แต่เดิม

จากการศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้ทางเดินนี้จะมีความหนาแน่นในช่วง18.00 น ถึง 20.30 น. หลังจากนั้นการใช้ทางเท้าจะเบาบางลง จากแต่ก่อนค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จะคงที่ตลอด 12ชั่วโมง/วัน แต่ถ้าสามารถลดค่าพลังงานลง โดยการปรับความสว่างให้ลดลงในระดับที่ต้องการในช่วงเวลาที่ยังไม่มีผู้ใช้ทางเดิน (เวลายิ่งดึกการใช้ทางเท้ายิ่งลดลง) แต่เมื่อมีผู้ใช้ทางเดินความสว่างจะค่อย ๆ เพิ่มที่ละน้อยจนสว่างสูงสุด โดยจะหน่วงเวลาที่ความสว่างสูงสุดสักพักหนึ่ง(ตั้งค่าเวลาหน่วงได้) จากนั้นจะค่อย ๆ ลดความสว่างลงไปที่ระดับเดิมอีกครั้ง แต่ถ้าขณะที่มีการหน่วงเวลาแต่ยังไม่ถึงเวลาที่ตั้งไว้มีคนเดินผ่าน จะมีการรีเซตค่าเวลากลับไปเริ่มหน่วงเวลาใหม่ และความสว่างจะยังคงมีค่ามากสุดอย่างเดิม

งานวิจัยนี้ได้แบ่งหัวข้อออกเป็น 3 หัวข้อ ดังนี้

2.1 ความสว่างทางแสง

ความสว่างหรือความเข้มแสงที่จุดใดในการวัด ซึ่งเป็นผลจากหลอดไฟที่ทดสอบเป็นไปตามกฎกำลังสองผกผัน (Inverse square law) ดังสมการที่ 1 และกฎโคไซน์ (Cosine law)[7] ดังสมการที่ 2 ส่วนรูปที่ 3 เป็นความสัมพันธ์ของค่าการส่องสว่างที่จุดใด ๆ ที่เป็นผลจากหลอดไฟฟ้า

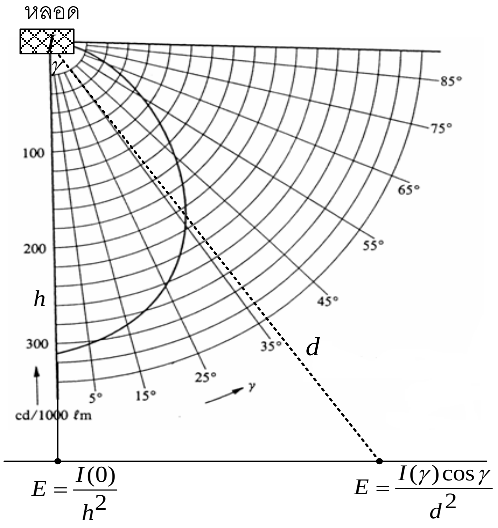
$$E = \frac{I(0)}{h^2} \tag{1}$$

เมื่อ

E คือ ค่าการส่องสว่างในแนวระนาบ (lx)

$I(0)$ คือ ค่าความเข้มส่องสว่างในแนวตั้งฉาก (cd)

h คือ ระยะระหว่างหลอดและจุดวัดในแนวตั้งฉาก(m)



รูปที่ 3 ค่าการส่องสว่างที่จุดใด ๆ ที่เป็นผลจากหลอดไฟฟ้า

$$E = \frac{I(\gamma)\cos\gamma}{d^2} \tag{2}$$

เมื่อ

E คือ ค่าการส่องสว่างในแนวระนาบ (lx)

$I(\gamma)$ คือ ค่าความเข้มส่องสว่างที่มุมใด ๆ (cd)

d คือระยะระหว่างหลอดและจุดวัด (m)

2.2 ปริมาณทางไฟฟ้า

เนื่องจากรูปคลื่นของแรงดันและกระแสไม่เป็นรูปคลื่นซายน์แต่จะมีฮาร์มอนิกมาปะปน ดังนั้น สมการที่ใช้คำนวณค่าปริมาณทางไฟฟ้า แสดงได้ดังสมการที่ 3 ถึง 8 [8-9] มีดังนี้

$$V_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_h^2} \quad (3)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} \quad (4)$$

$$S = V_{rms} I_{rms} \quad (5)$$

$$P = \sum_{h=1}^{\infty} V_h I_h \cos\phi_h \quad (6)$$

$$PF = \cos\phi = \frac{P}{S} \quad (7)$$

$$W = \frac{PxT}{1,000} \quad (8)$$

เมื่อ

V_{rms} คือ แรงดันไฟฟ้าประสิทธิผล (V)

I_{rms} คือ กระแสไฟฟ้าประสิทธิผล (A)

V_h คือ แรงดันลำดับ h ของฮาร์มอนิก (V)

I_h คือ กระแสลำดับ h ของฮาร์มอนิก (A)

S คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)

P คือ กำลังไฟฟ้าจริง (W)

ϕ_h คือ มุมต่างเฟสระหว่างแรงดันและกระแส

PF คือ ตัวประกอบกำลัง

W คือ พลังงานไฟฟ้า (ยูนิต หรือ kW-hour)

T คือ เวลา (ชั่วโมง)

2.3 การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

ในงานวิจัยนี้นอกจากราคาค่าหลอดไฟฟ้าและราคาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป ราคาชุดควบคุมความสว่างของหลอดไฟฟ้าก็เป็นต้นทุนอีกอย่างที่จะต้องนำมาคิดด้วย การคำนวณระยะเวลาในการคืนทุนภายในระยะเวลากี่ปี สามารถแสดงดังสมการที่ 9 [10]

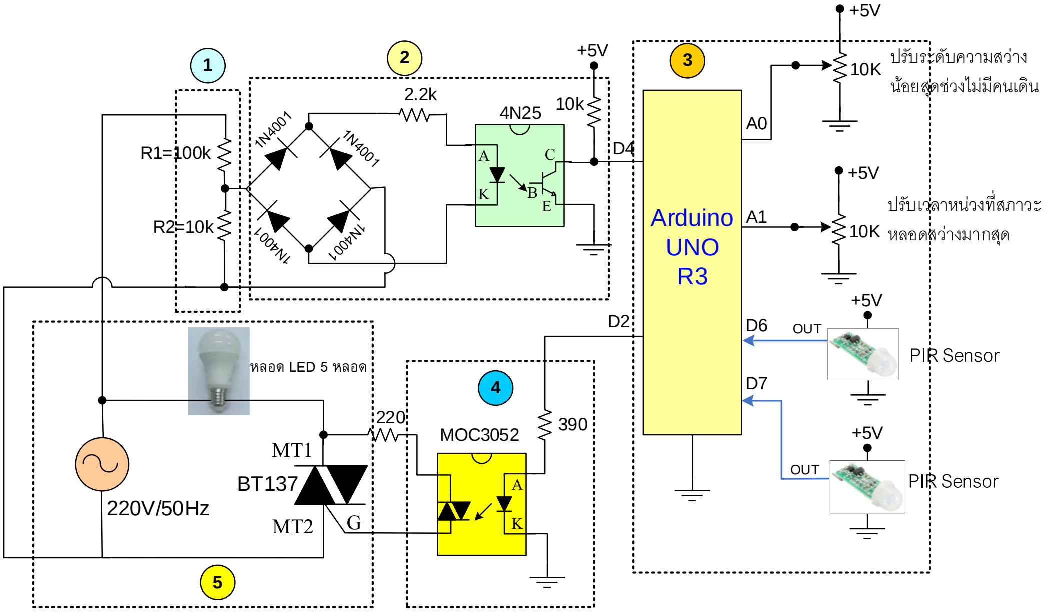
$$\text{ระยะเวลาการคืนทุน} = \frac{\text{ค่าการลงทุน}}{\text{ค่าประหยัด}} \quad (9)$$

3. ขั้นตอนการทดสอบ

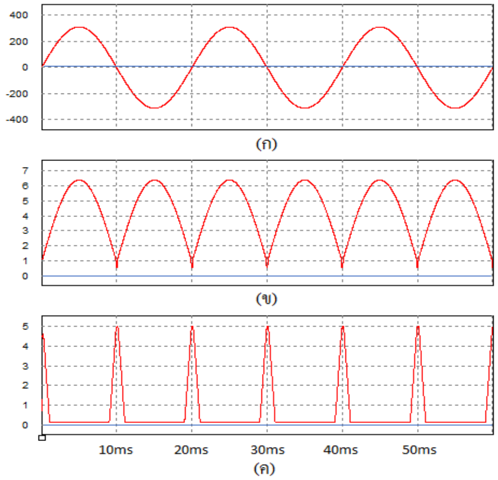
การออกแบบและสร้างตัวควบคุมความสว่างหลอดไฟฟ้า

ได้ทำการออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ ซึ่งมีส่วนประกอบภาคต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4

วงจรภาคที่ 1 ภาคแบ่งแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะทำหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดสูง(220V) ไปเป็นแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดต่ำที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายกับวงจรภาคอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 5(ก)โดยการออกแบบใช้ R1 ต่ออนุกรมกับ R2 ที่ต่อขนานกับอิมพีแดนซ์ของวงจรตรวจจับผ่านศูนย์ (Zero crossing detector)



รูปที่ 4 วงจรควบคุมมุมเฟสของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้กับหลอด LED ทรงกลมชนิดที่ปรับความสว่างได้



รูปที่ 5 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าของภาคตรวจจับผ่านศูนย์

วงจรภาคที่ 2 ภาคตรวจจับผ่านศูนย์ ซึ่งจะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณซีกบวกและสัญญาณซีกลบของแรงดันไฟฟ้ากระแสลับคลื่นซายน์ เพื่อใช้ในการกำหนดการจุดชนวนอุปกรณ์ไตรแอค การออกแบบเลือกใช้บริดจ์ไดโอดเพื่อเปลี่ยนสัญญาณซีกลบเป็นซีกบวกแสดงดังรูปที่ 5 (ข) จากนั้นแรงดันไฟฟ้าดังกล่าวจะไปไบอัสไดโอดเปล่งแสงของออปโต้คัปเปิล(4N25) ให้ทำงานโดยจะส่งคลื่นแสงไปกระตุ้นทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมขา C และ E เหลือน้อยใกล้เคียงศูนย์ ส่งผลให้สถานะของขา D4 เป็นลอจิก “0” แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของวงจรบริดจ์ตกต่ำกว่า 1.4 V (1.4V เป็นแรงดันตกคร่อมซิลิกอนไดโอดที่นำมาต่ออนุกรมจำนวน 2 ตัวขณะไบอัสตรง) ออปโต้คัปเปิล (IC เบอร์ 4N25) ก็จะไม่ทำงาน ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมขา C และ E มีค่าเกือบ 5V ส่งผลให้สถานะของขา D4 เป็นลอจิก “1” แสดงดังรูปที่ 5 (ค)

วงจรภาคที่ 3 ภาคประมวลผล ในงานวิจัยเลือกใช้บอร์ด Arduino UNO R3 ที่ใช้ตัวประมวลผลด้วย IC เบอร์ ATMEGA 328P[11] เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต มีขา D0-D13 และขา A0-A5 ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ในการออกแบบใช้ขา D4 กับภาควงจรตรวจจับผ่านศูนย์ เพื่อใช้ในการกำหนดเริ่มหน่วงเวลาสร้างสัญญาณลอจิก “1” ที่จะส่งออกไปที่ขา D2 เพื่อไป

จุดชนวนไตรแอค ตราบใดที่ D6 หรือ D7 ยังไม่ได้รับสัญญาณลอจิก "1"(โดยปกติคนยังไม่เดินผ่านจะรับสัญญาณลอจิก "0") ที่เกิดจากการทำงานของตัวตรวจรู้ PIR ที่ใช้ในการตรวจจับคนที่เดินผ่าน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณลอจิก "1" ไปไบอัสที่ไดโอดเปล่งแสงของตัวออปโต้คัปเปิล IC เบอร์ MOC3052 ในช่วงเวลาที่มุมแรงดันสัญญาณซายน์มีค่ามากๆ เช่น 144° (มุมยิ่งมากแสงยิ่งน้อย) ส่วนการกำหนดมุมจุดชนวนของไตรแอคได้จากการปรับค่า VR ขนาด 10 k□ ที่ต่อเชื่อมกับขา A0 แต่เมื่อตัวตรวจรู้ PIR ตรวจจับคนเดินผ่านทางเดินได้ D6 หรือ D7 จะเป็นลอจิก "1" ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการค่อย ๆ ลดมุมจุดชนวนอย่างช้า ๆ จนถึงมุมจุดชนวนที่ 18° (ที่มุมนี้ความสว่างจะมีค่ามากสุด) และจะใช้เวลาอยู่ที่มุม 18° นี้นานจนกว่าจะถึงเวลาที่ตั้งไว้ โดยกำหนดจากการปรับค่า VR ขนาด 10 k□ ที่ต่อเชื่อมกับขา A1 จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการค่อย ๆ เพิ่มมุมจุดชนวนอย่างช้าๆ จนถึงมุมจุดชนวนที่ 144° ดังเดิม แต่ถ้าขณะที่การหน่วงยังไม่ครบเวลาที่ตั้งไว้ ตัวตรวจรู้ PIR สามารถตรวจจับคนที่เดินตามหรือสวนทางมาได้ในขณะนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะรีเซตเวลาแล้วกลับไปเริ่มนับเวลาอีกครั้ง

วงจรภาคที่ 4 ภาคการจุดชนวนไตรแอคเลือกใช้ออปโต้คัปเปิล IC เบอร์ MOC3052 โดยใช้ความต้านทานขนาด 390 โอห์มในการจำกัดกระแส เมื่อขา D2 สร้างสัญญาณลอจิก "1" (ที่ระดับแรงดัน 5 V) ส่งผลไปไบอัสไดโอดเปล่งแสงทำให้ไดแอคทำงานสร้างแรงดันไปจุดชนวนที่ขาเกทของไตรแอค แต่เมื่อขา D2 เปลี่ยนเป็นสัญญาณลอจิก "0" (ที่ระดับแรงดันศูนย์โวลท์)จะไม่เกิดการไบอัสที่ขาไดโอดเปล่งแสงสภาวะนี้ไดแอคจะยังไม่สร้างแรงดันไปจุดชนวนที่ขาเกทไตรแอค

วงจรภาคที่ 5 วงจรกำลัง ใช้ไตรแอคเบอร์ BT 137 ที่สามารถรับกระแสได้ถึง 8 A[12] ต่ออนุกรมกับหลอดไฟฟ้าแบบ LED จำนวน 5 หลอด

4. ผลการทดสอบ

4.1 การวัดค่าความสว่างของหลอดไฟฟ้า

ในการเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ระหว่างหลอดแอลอีดีแบบ T8 (ปรับค่าความสว่างไม่ได้) เทียบกับหลอด LED ทรงกลม(ปรับค่าความสว่างได้) จำเป็นจะต้องกำหนดค่าความสว่างบนทางเดินเท้าที่มีค่าเท่ากัน (ทางปฏิบัติอาจใกล้เคียงกัน) จากการใช้งานของหลอดทั้งสองแบบ คณะผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าความสว่างของหลอดแอลอีดีแบบ T8 จำนวน 3 หลอด ซึ่งเป็นหลอดที่ติดตั้งอยู่แต่ก่อนแล้ว โดยการวัดความสว่างบนพื้นทางเดินจำนวน 50 ตำแหน่ง ได้ค่าเฉลี่ย 20.70 lux ซึ่งเท่ากับค่ามาตรฐาน[13] จากนั้นได้ทำการติดตั้งหลอด LED แบบทรงกลมที่สามารถปรับความสว่างได้ จำนวน 5หลอด การวางตำแหน่งหลอดแสดงดังรูปที่ 6 โดยทำการปรับค่าความสว่างของหลอดให้มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกับค่าความสว่างที่ได้จากหลอดแอลอีดีแบบ T8 ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ค่าความสว่างที่ได้จากหลอดแอลอีดีแบบ T8

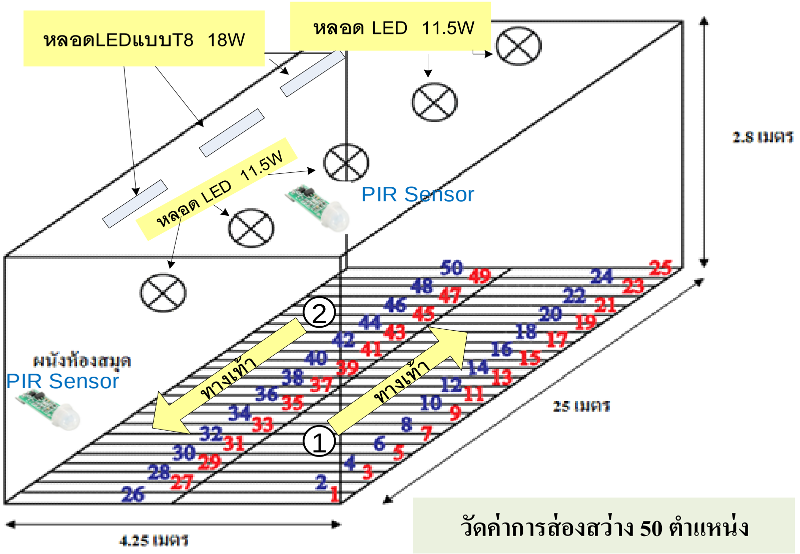
ทางเดินที่ 1 การส่องสว่าง (lux)	ทางเดินที่ 2 การส่องสว่าง (lux)
Emin = 4	Emin = 3
Emax = 24	Emax = 57
Eavทางที่ 1 = 13.28	Eavทางที่ 1 = 28.12
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (Total Eav) = 20.70	

ตารางที่ 2 ค่าความสว่างที่ได้จาก LED แบบทรงกลม กรณีที่มีการหรี่แสงน้อยสุด

ทางเดินที่ 1 การส่องสว่าง (lux)	ทางเดินที่ 2 การส่องสว่าง (lux)
Emin = 3	Emin = 9
Emax = 11	Emax = 19
Eavทางที่ 1 = 7.52	Eavทางที่ 1 = 12.16
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (Total Eav) = 9.84	

ตารางที่ 3 ค่าความสว่างที่ได้จาก LED แบบทรงกลม กรณีที่มีการหรี่แสงมากสุด

ทางเดินที่ 1 การส่องสว่าง (lux)	ทางเดินที่ 2 การส่องสว่าง (lux)
Emin = 8	Emin = 15
Emax = 19	Emax = 32
Eavทางที่ 1 = 14.8	Eavทางที่ 1 = 22.2
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (Total Eav) = 18.5	



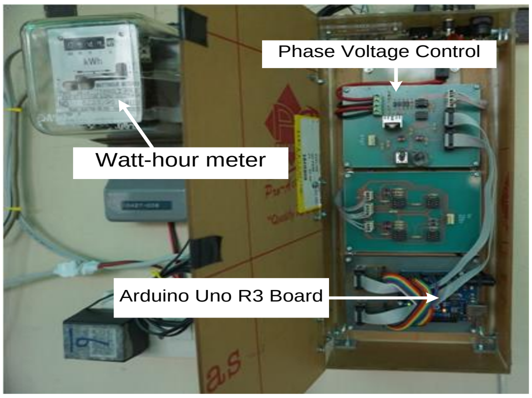
รูปที่ 6 การติดตั้งหลอดแอลอีดีแบบ T8 หลอดละ 18 W จำนวน 3 หลอด หลอดแอลอีดีทรงกลม หลอดละ 11.5 W จำนวน 5 หลอด และตำแหน่งการวัดค่าการส่องสว่างบนพื้นจำนวน 50 จุด

จากตารางที่ 2 ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ได้จาก LED แบบทรงกลม กรณีที่มีการหรี่แสงน้อยสุด(มุมทริก 144°) นั่นคือช่วงที่ไม่มีคนเดินผ่านมีค่า 9.84 lux และจากตารางที่ 3 กรณีที่มีคนเดินผ่านค่าความสว่างเฉลี่ยที่ได้จาก LED แบบทรงกลมมีค่า 18.5 lux ซึ่งใกล้เคียงกับหลอดแอลอีดีแบบ T8 ที่มีค่า 20.70 lux ส่วนรูปที่ 7 เป็นภาพถ่ายบริเวณทางเดินเท้าหน้าอาคารตอนเวลากลางคืน เป็นช่วงเวลาที่หลอด LED แบบทรงกลมให้แสงมีค่าความสว่างมากสุด

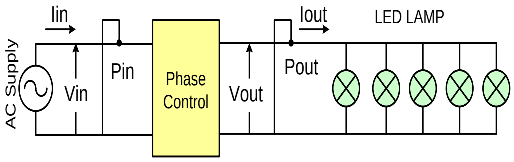
รูปที่ 7 ภาพถ่ายบรรยากาศจริงบริเวณทางเดินเท้า ขณะที่หลอด LED แบบทรงกลมทำงาน

4.2 การวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า

ในการทดสอบใช้ชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่สร้างขึ้นต่อร่วมกับเครื่องมือวัดปริมาณทางไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 8 ส่วนการต่อวงจรการทดสอบแสดงดังรูปที่ 9 ส่วนผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 10 ถึงรูปที่ 15

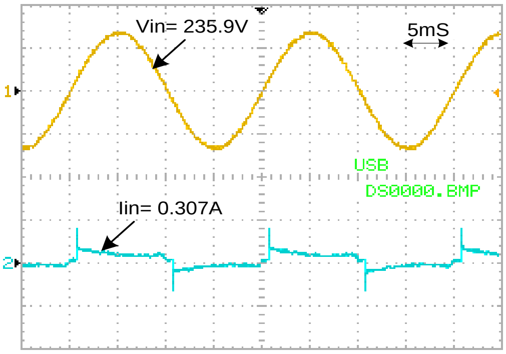


รูปที่ 8 ภาพจริงชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้า

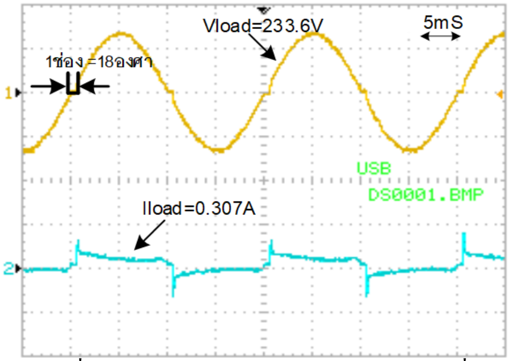


รูปที่ 9 วงจรการทดสอบ โดยติดตั้งเครื่องมือวัดด้านเข้าและด้านออกของชุดควบคุมมุมเฟส

รูปที่ 10 ค่าที่ได้จากการวัดแรงดัน กระแส และกำลังทั้งทางด้านเข้าและด้านออกที่มุมทริก 18°

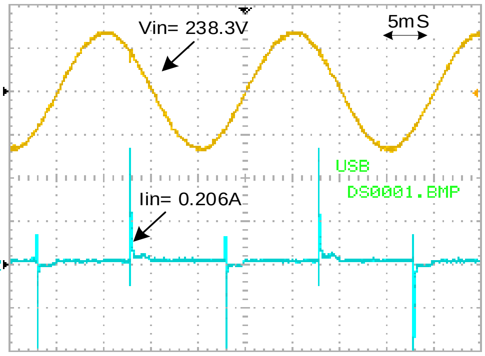


รูปที่ 11 สัญญาณแรงดัน กระแสทางด้านเข้าที่มุมทริก 18°

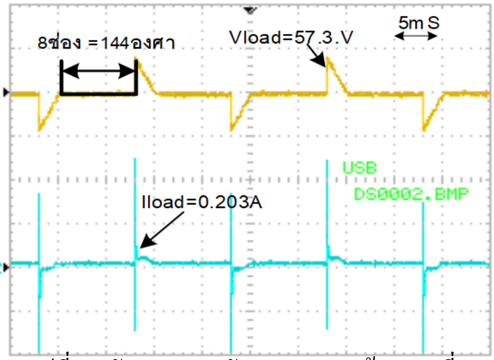


รูปที่ 12 สัญญาณแรงดัน กระแสทางด้านออกที่มุมทริก 18°

รูปที่ 13 ค่าที่ได้จากการวัดแรงดัน กระแส และกำลังทั้งทางด้านเข้าและด้านออกที่มุมทริก 144°



รูปที่ 14 สัญญาณแรงดัน กระแสทางด้านเข้าที่มุมทริก 144°



รูปที่ 15 สัญญาณแรงดัน กระแสทางด้านออกที่มุมทริก 144°

5. วิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.1 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้

จากตารางที่ 4 เห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มมุมทริกค่ากำลังไฟฟ้าขาเข้าและขาออกจะลดลง เช่น ที่มุมทริก 18° (เป็นค่าสภาวะตอนที่มีคนเดินบนทางเท้าทำให้หลอดมีค่าความสว่างเฉลี่ยมากที่สุด 18.5 lux)มีค่า Pin = 61.1W, Pout = 60.3W Ploss = 0.8 W ประสิทธิภาพ(η)มากสุด= 98.69%และเมื่อเพิ่มมุมทริกที่มุม 144° (เป็นค่าสภาวะตอนที่ไม่มีคนเดินบนทางเท้าทำให้หลอดมีค่าความสว่างเฉลี่ยน้อยสุด 9.48 lux) มีค่า Pin = 11.4 W, Pout = 9.1 W, Ploss = 2.3 W ประสิทธิภาพ(η)น้อยสุด = 79.82% ส่วนค่า Ploss มีค่ามากสุดที่มุมทริก 90°

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าสูญเสียและประสิทธิภาพของหลอด LED แบบทรงกลม

มุมทริก (°)	Pin (W)	Pout (W)	Loss (W)	η (%)
18	61.1	60.3	0.8	98.69
36	58.3	56.4	1.9	96.74
54	53.4	51.4	2.0	96.25
72	48.6	45.4	3.2	93.42
90	41.6	36.9	4.7	88.70
108	32.4	28.2	4.2	87.04
126	20.5	17.5	3	85.36
144	11.4	9.1	2.3	79.82

5.2 ผลประหยัดพลังงาน

ผลการประหยัดกรณีเป็นทางเดิน (แสงสว่างสำหรับพื้นที่ที่ใช้ไม่บ่อยหรือเพียงแต่ให้มีการมองเห็นไม่เป็นจุดอับสายตา) ในทางปฏิบัติจะเปิดใช้งานในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 06.00 น. ของวันรุ่งขึ้น การเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าด้วย Watt-Hour Meter ใช้เวลาจำนวน 30 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่เพียงพอกับข้อมูลที่ถูกต้องโดยค่าพลังงานไฟฟ้าคิดประมาณที่ 4 บาทต่อหน่วย[14] จากนั้นคิดเป็นต่อวัน ต่อสัปดาห์และต่อปี แสดงดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5 จากตารางทั้งสอง เมื่อพิจารณาดูจะเห็นว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 337.75 บาท/ปี หรือ 35.7% ([946.08 - 608.33]/ 946.08x100)

ส่วนการคิดค่าระยะเวลาคืนทุนจากสมการที่ 9 มีค่าเท่ากับค่าการลงทุน (ราคาบอร์ดควบคุมแรงดันสายไฟฟ้า และหลอดไฟ LED ทรงกลม รวมมูลค่า 1,600 บาท) หารด้วยผลประหยัด (ค่าไฟฟ้าที่แตกต่างระหว่างหลอดหลอดแอลอีดีแบบ T8 กับหลอดไฟ LED ทรงกลม 337.75 บาท) ดังนั้นจะได้ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) 4.74 ปี ซึ่งเห็นได้ว่าเป็นระยะเวลาที่ไม่

เกิน 5 ปี ซึ่งเหมาะกับการลงทุน[10] ถ้าคิดถึงเรื่องค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่มีแนวโน้มที่สูงขึ้นหรือนำไปใช้งานกับจำนวนหลอดมากกว่านี้ (รับกระแสได้ถึง 8 A เท่ากับ 133 หลอด) อีกทั้งราคาหลอด LED ทรงกลมที่มีแนวโน้มลดลง และถ้ามีการเปลี่ยนหลอดรอบใหม่แต่ก็ยังใช้ชุดควบคุม สายไฟฟ้า อื่นๆ ชุดเดิมอยู่ ก็จะทำให้ค่าระยะเวลาคืนทุนสั้นลงกว่านี้อีกมาก

ตารางที่ 5 ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ากรณีใช้หลอดแอลอีดีแบบ T8

ระยะเวลา(วัน) ช่วง 18.00น.-06.00น.	พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	0.648	2.60
7	4.536	18.14
30	19.44	77.76
365	236.52	946.08

ตารางที่ 6 ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ากรณีใช้ LED แบบทรงกลม

ระยะเวลา(วัน) ช่วง 18.00น.-06.00น.	พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	0.42	1.67
7	2.92	11.67
30	12.5	50
365	152.08	608.33

6. สรุปผล

การใช้วงจรเฟสคอนโทรลกับหลอด LED ทรงกลมที่มีการควบคุมการทำงานโดยใช้ตัวตรวจรู้การเคลื่อนไหว (PIR) สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 35.7% เมื่อเทียบกับการใช้หลอดแอลอีดีแบบ T8 ดังนั้น การใช้วงจรเฟสคอนโทรลดังกล่าวจึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความสว่างมากบางชั่วขณะ เช่น ทางเดินเท้าที่เป็นจุดที่อับสายตา,โรงอาหาร, ลานจอดรถ, บันไดหนีไฟ, สนามหญ้าหน้าบ้าน, สวนสาธารณะ อื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้งานร่วมกับพัดลมไฟฟ้า เช่น โดยปกติในโรงอาหารจะเปิดไฟและพัดลมตลอดระยะเวลาทำการ ไม่ว่าคนจะใช้พื้นที่มากน้อยแค่ไหน ซึ่งพฤติกรรมเช่นนี้จะทำให้เสียค่าไฟฟ้าปริมาณมาก แต่ถ้าใช้วงจรเฟสคอนโทรลดังกล่าว ยิ่งมีคนใช้พื้นที่จำนวนน้อยครั้งจะทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น จากฮาร์ดแวร์สามารถเพิ่มกระแสให้มากขึ้นได้อีกโดยการเปลี่ยนไตรแอคให้รองรับกับภาระไฟฟ้าตามที่ต้องการได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] B. Devenish.(2021, July. 25) ."A guide to LEDs in lighting design"[Online]. Available: https://www.hampshirelight.net/blog/guide-to-led-in-lighting-design

[2] H.I Hsieh and H. Wang,"LED Current Balance Using a Variable Voltage Regulator with Low Dropout vDS Control," Applied Sciences 7(2):206, Feb 2017

[3] R. M. Abdalaal and C. N. Man Ho, "Characterization of Commercial LED Lamps for Power Quality Studies," IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC), Saskatoon, SK, Canada, 22-25 Oct. 2017.

[4] P. Sukserm," Comparison Illuminance, Electrical Performance, Harmonic and Energy-saving During Normal Fluorescent Lamps and Fluorescent LED," The 3 rd SAU National Interdisciplinary Conference, Richmond Stylish Convention Hotel, Thailand, 23 Jun. 2016.(in thai)

[5] S. Adhigunarto, E. Mulyana and W. Surya, "The Analysis of Harmonics on LED Lamps," International Symposium on Materials and Electrical Engineering (ISMEE) 2017. Conf. Series: Materials Science and Engineering 384 (2018) 012061 DOI : 10. 1088/ 1757-899X/384/1/012061

[6] H. Jin and etc., "Performance of LED Street Lights with Different Color," IEEE Photonics Journal Lighting, vol. 7, no. 6, Dec. 2015.

[7] D. G. Fink and H. Wayne Beaty, Standard Handbook Electrical Engineering, 1993.

[8] IEEE Std C57.110 IEEE Recommended Practice for Establishing Transformer Capability When Supplying Non-sinusoidal Load Currents, 1998.

[9] P. Sukserm and S. Tadsuan, "Comparison of testing results of Oil-immersed Transformer under Linear load and Non-linear load conditions," SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, vol.4, no. 1, Jan. 2018. (in thai)

[10] Sukhothai Thammathirat open University (2021, Jun. 10). " Project feasibility analysis tool"[Online].Available: https://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/04-01-02.html(in thai)

[11] Microchip. (2021, Jun. 3)."ATmega328-8bit-Microcontrollers" [Online]. Available : https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328?gclid=Cj0KCQjwl_SHBhCQARIsAFIFRVXGwFV1oNg7G70B61goh4iI7PhhFBAJ3nXJXNxsJDuy2QLol85oIcAaAgaBEALw_wcB

[12] Electronic Components Datasheet Search (2021, Jul. 20). Available: https://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/16764/PHILIPS/BT137.html

[13] Thailand law safety hot sound luminaire 2549 (2021, Aug. 25). Available: https://www.ratchakitcha.soc.go.th (in thai)

[14] electricity tariff Residential house type of the Metropolitan Electricity Authority(2021, Jul. 4). Available: https:// www.mea.or.th/profile/109/111 (in thai)

ประวัติผู้ประพันธ์

ประสิทธิ์ สุขเสริม
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (คอ.ม.ไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
งานวิจัยที่สนใจ : เครื่องจักรกลไฟฟ้า การออกแบบระบบส่องสว่าง ระบบควบคุม

สิริวิช ทัดสวน
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (วศ.ม.ไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
งานวิจัยที่สนใจ: คุณภาพไฟฟ้า การศึกษากำลังไฟฟ้าสูญเสียและความร้อนในเครื่องจักรกลไฟฟ้า การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับเครื่องจักรกลไฟฟ้าและการควบคุม ติดตามและป้องกันเครื่องจักรไฟฟ้า ด้วยระบบ Internet of Thing (IOT)

ออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศกังหันตีน้ำพลังงานแสงอาทิตย์
Design and Build Solar Energy Paddle Wheel Aerator

พิพัฒน์ เลิศโกวิทย์[1] และบัณฑิต อินทรีย์มีศักดิ์[2*]

Pipat Lertkowit[1] and Bundit Inseemeesak[2*]

[1]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี

248 แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร 10160

[2]สาขาวิศวกรรมการผลิตยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

85/1 หมู่ที่ 2 ถนนแจ้งวัฒนะ ตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด นนทบุรี 11120

Bundit086@hotmail.com*

วันที่รับบทความ: 24 พฤษภาคม 2564 / วันที่แก้ไขบทความ: ครั้งที่ 1: 25 มิถุนายน 2564 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 29 ตุลาคม 2564

วันที่แก้ไขบทความ: ครั้งที่ 2: 23 ตุลาคม 2564

วันที่แก้ไขบทความ: ครั้งที่ 3: 29 ตุลาคม 2564

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงแหล่งเดียว โดยมีขอบเขตโครงการคือ โดยการวัดประสิทธิภาพการตีน้ำของใบพัดทั้ง 2 รูปแบบว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด และทิศทางใดสามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์และนำไปใช้งานได้ดีที่สุด ซึ่งเครื่องเติมอากาศจะทำงานอยู่ที่ในช่วงเวลา 09.00 - 17.00 น. ของวันที่แดดปกติ โดยมีการวางโครงสร้างของแผงโซล่าเซลล์ตามทิศที่ดวงอาทิตย์ช่วงเช้าและช่วงบ่ายเป็นระบบอัตโนมัติในการเปลี่ยนแผงอัตโนมัติ ซึ่งในการทดลองจะทำการทดลองบริเวณคลองภายในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร

จากการออกแบบพบว่าจะใช้แผงโซล่าเซลล์ตามท้องตลาดทั่วไป ขนาดแผง 330 วัตต์ จำนวน 1 แผง โดยแผงจะเอียงทำมุมที่ 15 องศาที่สามารถรับแดดได้สูงสุดถ้าเทียบกับแนวนอนและแนวตั้ง โดยหันแผงไปในทิศใต้ และใช้ระบบตัว PLC เป็นตัวควบคุมวงจรของเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการนำไปใช้งานจริง ซึ่งหากน้ำหนักโครงสร้างหรือใบพัดจมน้ำมากไป จะทำให้เบรกเกอร์วงจรทริปเพื่อเป็นความปลอดภัยต่อระบบวงจรไฟฟ้า

ผลจากการทดลองประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ที่ดีที่สุด คือการวางแผงที่ 15 -20 องศา ในทิศใต้ และพบว่าใบพัดแบบ 8 ใบ สามารถสร้างออกซิเจนในน้ำได้ดีกว่าใบพัดแบบ 6 ใบ ซึ่งใบพัดแบบ 6 ใบ สามารถตีน้ำได้ไกลที่สุดคือ 80 เซนติเมตร ที่รอบมอเตอร์ 2300 รอบต่อนาที ใช้กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1.526 แอมป์ และใบพัดแบบ 8 ใบ สามารถตีน้ำได้ไกลที่สุดคือ 100 เซนติเมตร ที่รอบมอเตอร์ 2300 รอบต่อนาที ใช้กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1.522 แอมป์ ซึ่งใบพัดทั้งสอลแบบใช้กระแสไฟฟ้าใกล้เคียงกัน แต่แบบใบพัด 8 ใบ สามารถตีน้ำได้ไกลกว่าทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำที่ดีกว่าใบพัดแบบ 6 ใบ

***คำสำคัญ* :** เครื่องเติมอากาศ, โซล่าเซลล์, ระบบ PLC

Abstract This project is to study of solar aerator system by purpose to design a solar power system for aerators using only one solar power source. The project scope had been measuring the water hitting performance of two impeller difference forms which direction can get the direct solar energy. It has been working at 09.00 am - 05.00 pm. by designing the solar pane structure in automation system that is able to move in the sun direction in the morning and in the afternoon by automatic panel system, and this experiment will be conducted at Amata Nakorn Industrial Estate.

By design, it has been implemented with using a common market solar panel on the size of 330 watts which the panes is tilted at an angle of 15 degrees on maximum exposure to the sun comparing to the horizontal and vertical direction and turned the mechanical to the south and used the PLC system to control the entire solar aerator system. The observation was found in the practical application that the weight of structure is submerged too much which will be caused a short circuit breaker to safe the electrical circuit system.

The best result of the solar panel efficiency trials is to place the panel at 15-20 degrees in the south, it was found that the 8-blade propeller can generate oxygen in the water better than the 6-blade propeller which can hit the water as far as 80 centimeters at a motor speed of 2300 rpm, an average current of 1.526 amps. In addition, the 8-blade propeller can hit the water as far as 100 centimeters at 2300 rpm motor with an average current of 1.522 amps. The both propellers use electricity similarly, but the 8-blade propeller can hit the water farther, resulting in better water flow than the 6-blade propeller.

***Keywords* :** Aerator, Solar Cell, PLC System.

1. บทนำ

น้ำ คือ ปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของคน และสิ่งมีชีวิตเป็นแหล่งกำเนิดของสัตว์น้ำ และพืชหลากหลายชนิด นอกจากนั้นน้ำยังมีประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม มีประโยชน์สำหรับครัวเรือนในการดื่มกิน ใช้ประกอบอาหาร หรือใช้ชำระล้างร่างกายและสิ่งสกปรกต่างๆ และน้ำยังทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์แก่สิ่งมีชีวิตคุณสมบัติของน้ำที่เป็นประโยชน์สำหรับมนุษย์และสิ่งมีชีวิตมากที่สุดก็คือ น้ำบริสุทธิ์ สะอาด ปราศจากเชื้อโรค และสารพิษเจือปนในอดีตมนุษย์สามารถนำทรัพยากรน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้ ต่างจากปัจจุบันที่เกิดปัญหาด้านคุณภาพของน้ำ หรือเกิดมลพิษทางน้ำจนไม่สามารถนำน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติมาใช้ได้ ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ จึงมีความต้องการที่จะแก้ปัญหาน้ำเน่าเสียที่เกิดทั้งในภาคเกษตรกร และภาคอุตสาหกรรม การบำบัดน้ำเสียทำได้ทั้งแบบธรรมชาติ และนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการบำบัดน้ำเสีย และเห็นผลได้ดีในปัจจุบัน [1]

เครื่องเติมอากาศในน้ำมีคุณประโยชน์ต่อการบำบัดน้ำเสียเป็นการเพิ่มออกซิเจนในน้ำส่งผลให้สัตว์น้ำในการดำรงชีวิตอยู่ได้ ทำให้สภาพแวดล้อมภายในน้ำอุดมสมบูรณ์มากขึ้น กลับมาใช้อุปโภคได้และยังสามารถเอาไปใช้ในการเติมอากาศในบ่อกุ้ง และบ่อปลาได้ แต่ปัญหาของเครื่องเติมอากาศต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามากและค่าใช้จ่ายสูง เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและนำพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย [2]

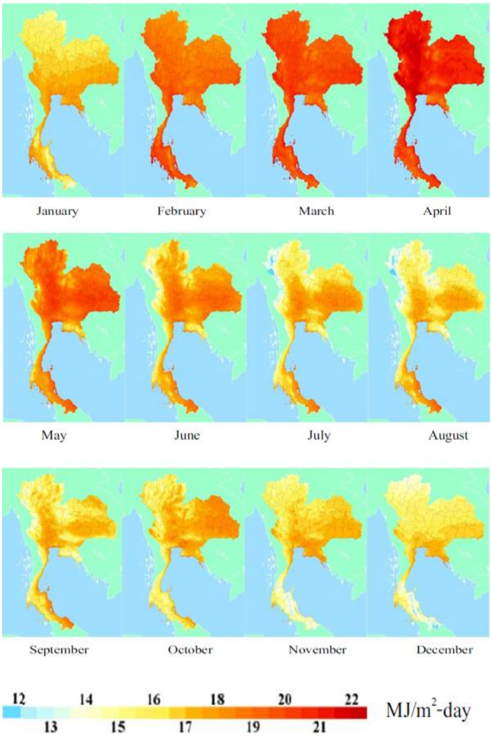
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ศึกษาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมของประเทศไทย โดยวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจภาคพื้นดิน พบว่าการกระจายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ในแต่ละเดือนของประเทศได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคมโดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 23 MJ/m^2 - day และเมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีพบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี อุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และจังหวัดลพบุรี โดยได้รับรังสีดวง อาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีที่19 ถึง 20 MJ/m^2 - day พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 11.0 % ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ และยังพบว่า 35.6 % ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีในช่วง 18-19 MJ/m^2 – day จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.0 MJ/m^2 - day จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงและได้จัดทำเป็น แผนที่เรียกแผนที่ดังกล่าวว่าแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ในแผนที่จะแสดง ความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์ที่บริเวณต่างๆ ของประเทศไทยได้รับในรูปของค่ารายวันเฉลี่ยต่อปีใน หน่วย MJ/m^2 – day และภายหลังนำผลที่วิเคราะห์ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมไปตรวจสอบกับสถานีวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ของ พพ. ที่ได้จัดตั้งไว้ 38 แห่ง และสถานีวัดของ มหาวิทยาลัยศิลปากร 4 แห่ง จากการเปรียบเทียบ RMSD = 7.3 % ซึ่งถือว่าความละเอียดอยู่ในเกณฑ์ดี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากแผนที่ฯ กับค่าที่ได้จากสถานีวัด [3]

จังหวัด	ความเข้มรังสี (Map) MJ/m^2	ความเข้มรังสี (Measurement) MJ/m^2	Difference (%)
กรุงเทพมหานคร	17.9	17.5	2.2
กาญจนบุรี (กรมอุตุนิยมวิทยา)	18	18.4	2.0
กาญจนบุรี (ทองผาภูมิ)	17.1	17.3	0.8
ขอนแก่น	17.9	18.5	3.0
ชลบุรี	17.3	17.9	3.2
ชุมพร	17.5	17.5	0.1
เชียงราย	17.0	17.1	0.6
เชียงใหม่	17.2	18.0	4.8
ดอยอินทนนท์ (แม่กลาง)	17.0	16.8	0.8
ดอยอินทนนท์ (เรดาร์)	17.0	16.1	5.3
ดอยอินทนนท์ (สำนักงาน)	17.0	15.4	9.1
ตรัง	16.9	17.9	5.8
ตราด	17.2	17.1	0.3
ตาก	16.7	16.5	1.3
นครพนม	17.4	17.4	0.5
นครราชสีมา	18.1	18.1	0.1
นครสวรรค์	18.3	17.9	2.2
นราธิวาส	18.8	18.6	1.0
น่าน	17.2	17.3	0.3
ประจวบคีรีขันธ์	18.7	18.5	1.1

ปราจีนบุรี	17.9	17.6	1.7
พิษณุโลก	17.9	18.2	1.8
เพชรบูรณ์	17.6	17.8	1.1
แพร่	17.1	17.6	2.9
ภูเก็ต	17.9	19.1	6.7
แม่สะเรียง	16.8	16.8	0.0
แม่ฮ่องสอน	17.0	16.3	4.5
ร้อยเอ็ด	18.1	18.9	4.3
ระนอง	15.8	16.0	1.0
ลพบุรี	17.9	18.4	2.7
เลย	17.1	16.8	1.6
สงขลา	17.1	17.7	3.3
สระแก้ว	18.2	16.8	7.5
สุราษฎร์ธานี (เกาะสมุย)	18.2	18.7	2.8
สุราษฎร์ธานี (พุนพิน)	17.4	17.7	1.6
สุรินทร์	18.5	18.0	2.5
หนองคาย	17.5	18.5	5.7
อุบลราชธานี	18.1	18.2	0.4
RMSD (%)	7.3% Root Mean Square Difference		

รังสีดวงอาทิตย์นอกจากจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและทางเดินของดวงอาทิตย์ตามเวลาในรอบปีแล้วยังขึ้นอยู่กับภูมิประเทศด้วย ดังปรากฏตามแผนที่ความเข้มรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือนของเดือนต่างๆ จะเห็นว่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่ทั่วประเทศมีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และตามฤดูกาลในรอบปี โดยในช่วงเดือน ม.ค. - ก.พ. ภาคใต้ฝั่งตะวันตกจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันออกยังคงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้ท้องฟ้ามีเมฆและฝน รังสีดวงอาทิตย์ที่รับจึงมีค่าต่ำกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก สำหรับในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือถึงแม้ท้องฟ้าส่วนใหญ่จะแจ่มใส (Clear Sky) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ [3]

2.2 การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรจึงทำให้ได้รับแสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดทั้งปีซึ่งความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.0 MJ/m^2 - day หรือ 5.0 kWh/m^2/day จัดอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับหลายๆ ประเทศ ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับพัฒนา และใช้ประโยชน์ ซึ่งประเทศไทยได้รู้จักการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นเวลานาน เริ่มจากการใช้ประโยชน์เพื่อถนอมอาหาร โดยการตากแห้งและการอบแห้งอาหาร และผลผลิตทางเกษตรต่างๆ ตลอดจนการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อการปรุงอาหาร และกิจการอื่นๆ เช่นเพื่อการตากผ้าและการทำนาเกลือเป็นต้น

ในปัจจุบันประเทศไทย ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีในการนำเอาความร้อนของแสงอาทิตย์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ เช่นการใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงพยาบาล โรงแรม การทำเครื่องต้มน้ำจากแสงอาทิตย์ การทำเตาแสงอาทิตย์ การทำเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์ การทำเครื่องอบแห้งผลิตผลเกษตรกรรม และอื่นๆ อีกมากมายซึ่งเป็นการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรงที่มิต้องอาศัยเทคโนโลยีสูงหรือสลับซับซ้อนนัก และการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ทำได้ 2 วิธี คือการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งเป็นหลักการสำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ หรือโซล่าเซลล์ (Solar Cell) ซึ่งอาศัยวัสดุสำคัญประเภทสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน

ส่วนอีกวิธีหนึ่งของการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ก็คือ ใช้ความร้อนของแสงอาทิตย์ไปต้มน้ำหรือทำให้ก๊าซร้อน แล้วใช้ไอน้ำร้อนหรือก๊าซร้อนไปทำให้เทอร์ไบน์ หรือกังหันใบพัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนอีกต่อหนึ่ง โดยสรุปแล้วถ้าจะผลิตไฟฟ้าในระดับใหญ่ถึงขั้นเป็นโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์แล้วก็ทำได้ 2 วิธี คือใช้เซลล์สุริยะจำนวนมาก หรือใช้แสงอาทิตย์เป็นปริมาณมากไปต้มน้ำหรือทำให้ก๊าซร้อน แล้วไปทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานอีกต่อหนึ่ง ซึ่งในการนี้จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีค่อนข้างสูง สลับซับซ้อนและราคาการลงทุนชั้นแรกสูงมาก [4]

2.3 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic)

การใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์โดยตรง จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ อาทิแผงเซลล์แสงอาทิตย์เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่เครื่องเปลี่ยนระบบไฟฟ้าและแบตเตอรี่ โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องมีการออกแบบเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานในบ้านพักอาศัย ซึ่งในการออกแบบระบบจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจในอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและประสิทธิภาพที่สุดในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องใช้ส่วนประกอบที่สำคัญ [5] ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 อุปกรณ์ที่ผลิตไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์

2.4 แรงลอยตัว (Buoyant Force)

ในกรณีวัตถุจม

ขนาดแรงลอยตัว = ขนาดน้ำหนักของเหลวที่มีปริมาตรเท่าวัตถุ

ในกรณีวัตถุลอย

ขนาดแรงลอยตัว = ขนาดน้ำหนักของเหลวที่มีปริมาตรเท่าวัตถุส่วนที่จมในของเหลว

แรงลอยตัว คือแรงพยุงของของเหลว และแก๊สที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของเหลว และแก๊สนั้น ทำให้วัตถุลอยอยู่ได้ในชีวิตประจำวันเราจะพบว่าวัตถุบางชนิดลอยอยู่ในน้ำได้ เพราะแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุนั้นมีค่าเพียงพอที่จะต้านน้ำหนักของวัตถุ ที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้ แต่สำหรับวัตถุบางชนิดที่จมลงน้ำแสดงว่าแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุนั้นมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุ [6]

แรงลอยตัว มีค่าดังสมการที่ 1

$$F_B = m_d g \quad (1)$$

จากสมการ $\rho = \frac{m}{V_d}$ สามารถหาค่าน้ำหนักของของไหลที่ถูกแทนที่ได้โดยการพิจารณาว่าปริมาตรในส่วนที่จมนั้นมีค่าเท่ากับปริมาตรของไหลที่ถูกแทนที่จึงได้สมการที่ 2

$$F_B = \rho_f V_d g \quad (2)$$

เมื่อ

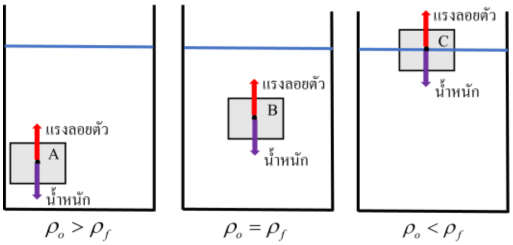
F_B คือ แรงลอยตัว (Buoyancy Force) หน่วย N

m_d คือ มวลของของไหลที่ถูกแทนที่ (Mass of Displaced Fluid) หน่วย kg

g คือ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก (Gravitational Acceleration) หน่วย m/s^2

ρ_f คือ ความหนาแน่นของของไหล (Density of Fluid) หน่วย kg/m^3

V_d คือ ปริมาตรส่วนที่ถูกแทนที่ (Volume of Displaced Body of Fluid) หน่วย m^3



รูปที่ 3 ลักษณะแรงลอยตัววัตถุจมในของไหล

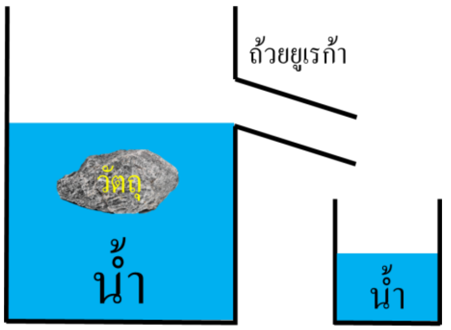
จากรูปที่ 3 พบได้ว่าวัตถุจะลอยตัวอยู่ในของไหลได้ก็ต่อเมื่อแรงลอยตัวมีค่าน้ำหนักมากกว่าน้ำหนักของวัตถุ จากสมการที่ 2 แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับ $\rho_f V_d g$ ในขณะที่น้ำหนักของวัตถุมีค่า $\rho_o V_o g$ ซึ่งจากรูปสามารถแยกพิจารณาได้ 3 กรณี ดังนี้

1) พิจารณาวัตถุ A ซึ่งจมในของไหลทั้งก้อน ($V_d = V_0$) นั่นหมายความว่าน้ำหนักมีค่ามากกว่าแรงลอยตัวหรือก็คือความหนาแน่นของวัตถุมากกว่าความหนาแน่นของของไหล $\rho_0 > \rho_f$

2) พิจารณาวัตถุ B ซึ่งจมแต่ก็ลอยตัวนิ่งในของไหล $(V_d = V_0)$ นั่นหมายความว่าน้ำหนักมีค่าเท่ากับแรงลอยตัว หรือก็คือความหนาแน่นของวัตถุมีค่าเท่ากับความหนาแน่นของของไหล $\rho_0 < \rho_f$

3) พิจารณาวัตถุ C ซึ่งลอยตัวในของไหล โดยมีปริมาตรบางส่วนเท่านั้นที่จมในของไหล $V_d < V_0$ นั่นหมายความว่าน้ำหนักมีค่าน้อยกว่าแรงลอยตัว หรือก็คือความหนาแน่นของวัตถุมีค่าน้อยกว่าความหนาแน่นของของไหล $\rho_0 < \rho_f$

ในกรณีที่เป็นของเหลว ชนิดเดียวกัน เราพบว่าการลอยหรือจมของวัตถุขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัตถุ วัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยจะลอยตัวได้ดีกว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นมาก แต่ถ้าหากเราใช้วัตถุชนิดเดียวกันลอยในของไหลที่แตกต่างกัน ความหนาแน่นของของไหลก็ยังคงมีผลต่อการลอยหรือจมของวัตถุ หรือก็คือของไหลที่มีความหนามากจะส่งผลให้วัตถุลอยตัวได้ดีกว่า ดังนั้นจะเห็นได้การจม หรือลอยของเรือ ซึ่งพบว่าเรือลำเดียวกันเมื่อลอยในคลองเรือจะจมลงมากกว่าเมื่อลอยในน้ำทะเล เนื่องจากในน้ำทะเลมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำคลองนั่นเอง เราจึงสรุปได้ว่า วัตถุใดๆ จะสามารถลอยตัวในของไหลได้ก็ต่อเมื่อวัตถุนั้นมีความหนาแน่นน้อยกว่าของไหล



รูปที่ 4 การหาปริมาตรของวัตถุโดยการแทนที่น้ำ

2.5 การคำนวณมอเตอร์ [3]

ค่า Polar Moment of Inertia สำหรับเพลาตันและเพลากลวง คือ

ค่า Polar Moment of Inertia เพลาตัน ดังสมการที่ 3

$$J = \frac{\pi}{32}d^2 \quad (3)$$

ค่า Polar Moment of Inertia เพลากลวง

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4) \quad (4)$$

เมื่อ J คือ Polar Moment of Inertia (mm^4)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเพลา (mm)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของเพลา (mm)

หาค่าแรงบิดและกำลัง

ลักษณะการใช้งานโดยทั่วไปของเพลาก็คือ การใช้ส่งกำลังจากส่วนหนึ่งไปอีกส่วนหนึ่ง กำลัง (Power) คืออัตราการทำงาน ดังนั้น กำลังที่เกิดจากแรงบิดหรือโมเมนต์บิด ก็คือ T ก็คือ

$$P = T(t) \quad (5)$$

เมื่อ P คือ กำลังที่ส่ง มีหน่วยเป็น (W) หรือ (kW)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม มีหน่วยเป็น (rpm)

แต่

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \quad (6)$$

$$\therefore P = \frac{2\pi NT}{60} \quad (7)$$

และ N คือ ความเร็วรอบของเพลา มีหน่วยเป็น (rpm)

T คือ โมเมนต์บิดหรือแรงบิดที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น $(N.m)$

2.6 ใบพัดองค์ประกอบสำคัญในการเติมอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ [7]

สำหรับเครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ หรือ Paddle Wheel ใบพัดแขนตีน้ำนับเป็นหนึ่งในสามองค์ประกอบที่สำคัญมาก ที่ต้องทำงานให้สัมพันธ์กับต้นกำลังขับและชุดทดรอบอย่างเหมาะสม จึงจะทำให้การเติมออกซิเจนลงในบ่อเลี้ยงกุ้งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ที่ผ่านมามีการศึกษาการทำงานของใบพัดแขนตีน้ำกันอยู่บ้าง แต่ก็ยังไม่มีการพัฒนาใบพัดแขนตีน้ำกันอย่างจริงจังและเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน ในโครงการศึกษาการเลี้ยงกุ้งเชิงเศรษฐนิเวศน์ด้านพลังงานสำหรับฟาร์มกุ้ง ที่เริ่มต้นในปี พ.ศ. 2549 โดยหน่วยงาน GIZ (ชื่อเดิม GTZ) ร่วมกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) และกรมประมง ถือว่าเป็นโครงการที่มีการศึกษาการใช้ใบพัดในแขนตีน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเติมออกซิเจน โดยได้มีการวัดประสิทธิภาพการเติมออกซิเจนของใบพัดแบบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อมุ่งศึกษาหาจุดเหมาะสมในการทำงานของใบพัดแต่ละประเภทของเครื่องเติมอากาศแบบ Paddle Wheel ทั้งในเรื่องของความเร็วรอบใบพัด และการปรับตั้งความลึกของใบพัด โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน SAE (Standard Aeration

Efficiency) ซึ่งหมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่เครื่องเติมอากาศสามารถส่งลงสู่น้ำต่อหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ (kg - O_2/kWh)

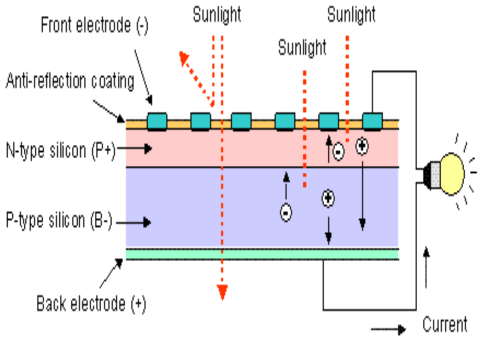
รูปที่ 5 ลักษณะของเครื่องเติมอากาศแบบ Paddle Wheel ที่มีใช้กันอยู่ทั่วๆ ไป [8]

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน [9]

3.1.1 ศึกษาหลักการทำงานของโซล่าเซลล์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเลคตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ ดังรูปที่ 6

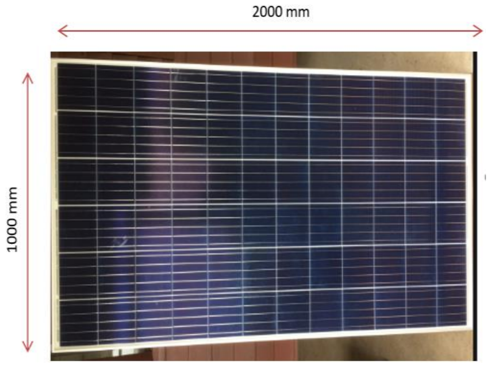


รูปที่ 6 หลักการทำงานของโซล่าเซลล์

3.1.2 การออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ [5-7]

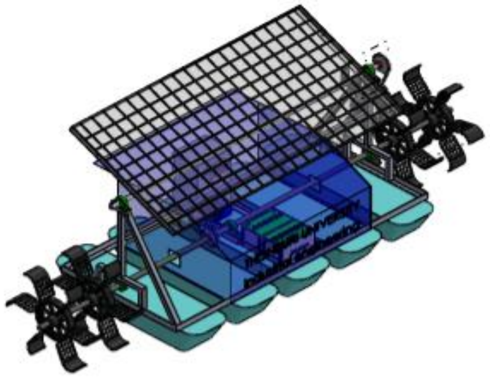
ขั้นตอนการออกแบบเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

1) ทำการวัดขนาดแผงโซล่าเซลล์ที่ทำการสั่งซื้อมาที่จะใช้ในการทดลอง คือ กว้าง 1000 มิลลิเมตร ยาว 2000 มิลลิเมตร จึงต้องทำการออกแบบเครื่องให้เหมาะสมกับแผงโซล่าเซลล์ที่จะทำการทดลอง ดังรูปที่ 7



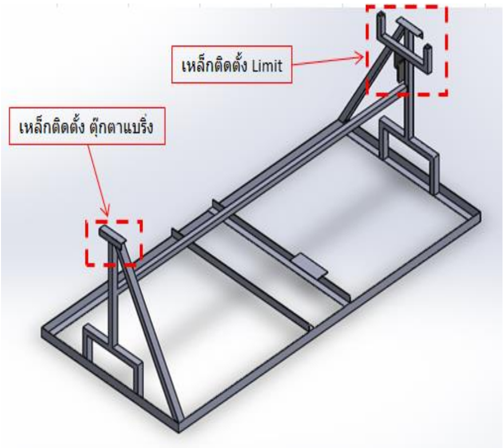
รูปที่ 7 แผงโซล่าเซลล์

2) ทำการออกแบบโครงให้เหมาะสมกับแผงโซล่าเซลล์ที่จะใช้ในการทดลอง โดยมีขนาด ยาว 3600 มิลลิเมตร กว้าง 1270 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 เครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

3) ทำการเชื่อมโครงสร้างและติดตั้ง ตุ๊กตาแบริ่งด้านบน และตัวใส่ Limit ส่วนโครงด้านข้างเหล็กค้ำเพื่อช่วยเสริมความแข็งแรงให้โครงสร้างเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 โครงสร้างเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

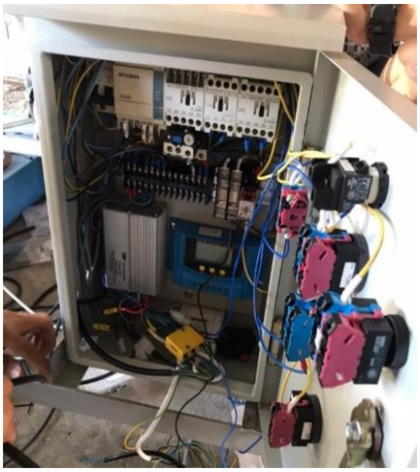
4) ทำการติดตั้งทุ่นลอยน้ำ จำนวน 5 ทุ่น และยึดแผงโซล่าเซลล์โดยการยิงสกรูเข้าด้านข้างแผงเพื่อติดตั้งแผงให้อยู่ในตำแหน่งที่ได้ทำการออกแบบไว้ ดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 ยึดแผงโซล่าเซลล์หลัก
เข้ากับตัวโครงสร้างเครื่องเติมอากาศ

5) ทำการนำเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ไปทดลองการลอยน้ำเพื่อดูการทรงตัวของตัวเครื่อง และอุปกรณ์ที่ได้ทำการติดตั้ง ดังรูปที่ 11

รูปที่ 11 ทดสอบการทรงตัวของเครื่องเติมอากาศ

6) ทำการต่อวงจรชาร์จเจอร์ และกล่องควบคุมมอเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 กล่องควบคุมมอเตอร์และชาร์จเจอร์
เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

3.2 ขั้นตอนการทดลองวางแผงโซล่าเซลล์ให้เหมาะสม [8-12]

3.2.1 เริ่มจากนำแผงโซล่าเซลล์วางไว้ที่กลางแดด เพื่อจะเก็บข้อมูลว่า แผงที่วางในลักษณะใดจะสามารถรับแสงแดดและผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากที่สุด ตามลำดับ

3.2.2 วางแผงโซล่าเซลล์ในแต่ละลักษณะ ทั้ง 3 ลักษณะ คือ 1. แบบตั้งฉากกับพื้น 2. แบบตั้งนอนระนาบกับพื้น 3. แบบเอียง 15-20 องศาแนวนอน

3.2.3 ทำการวัดกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 ลักษณะ ซึ่งสามารถผลิตได้จำนวนเท่าใด และลักษณะไหนสามารถใช้งานได้ดีที่สุด

3.3 คำนวณแรงลอยตัวของเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์มีปริมาตร 1.3 ลูกบาศก์เมตร และมีน้ำหนักเครื่องที่ 170 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 1.667 กิโลนิวตัน ใช้ทุ่นจำนวน 5 ทุ่น เมื่อนำไปลอยน้ำผิวด้านบนอยู่สูงจากระดับน้ำ 20 เซนติเมตร จึงต้องคำนวณหาค่าความหนาแน่นของทุ่นที่ใช้กับเครื่องเติมอากาศกรณีวัตถุลอยตัวได้ดังนี้

ขนาดแรงลอยตัว = ขนาดน้ำหนักของเหลวที่มีปริมาตรเท่าวัตถุส่วนที่จมในของเหลว ดังสมการที่ 8

$$F_b = mg + \rho V g \tag{8}$$

F_b = เป็นแรงลอยตัว (N)

mg = เป็นน้ำหนักของวัตถุในอากาศ (N)

ρ = ความหนาแน่นของของเหลว (kg/m^3)

V = ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมลงในของเหลว (m^3)

g = ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

คำนวณหาน้ำหนักของวัตถุในอากาศ

โดยที่ น้ำหนักเครื่องเติมอากาศ 170 กิโลกรัม และค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก 9.81 m/s^2

$$\begin{aligned} mg &= 170 \times 9.81 \\ &= 1667\ N \end{aligned}$$

คำนวณหาปริมาตรของทุ่น

โดยทุ่นมีขนาดกว้าง 0.33 ยาว 1.29 สูง 0.165 เมตร

$$\begin{aligned} V_{\text{ทุ่น}} &= 0.33 \times 1.29 \times 0.165 \\ &= 0.07\ m^3 \end{aligned}$$

คำนวณหาปริมาตรของทุ่นที่จมน้ำ

โดยทุ่นที่จมน้ำมีขนาดกว้าง 0.33 ยาว 1.29 สูง 0.1 เมตร

$$\begin{aligned} V_{\text{จม}} &= 0.33 \times 1.29 \times 0.1 \\ &= 0.04\ m^3 \end{aligned}$$

คำนวณหาค่าความหนาแน่นของทุ่น จากสมการที่ 9 โดยทุ่นมีน้ำหนัก 3.7 กิโลกรัม จะได้

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ทุ่น}} &= \frac{m}{V} \\ &= \frac{3.7\ kg}{0.07\ m^3} \\ &= 52.86\ kg/m^3 \end{aligned} \tag{9}$$

คำนวณหาจำนวนทุ่นจากสมการที่ 10

$$n\rho_{\text{น้ำ}} V_{\text{จม}} g = mg + n\rho_{\text{ทุ่น}} V_{\text{ทุ่น}} g \tag{10}$$

นำค่าที่คำนวณได้ข้างต้นแทนค่าในสมการที่ 10 โดยที่ n คือจำนวนทุ่น จะได้

$$n \times 1000 \times 0.04 \times 9.81 = 1667 + n \times 52.86 \times 0.07 \times 9.81$$

$$n392.4 = 1667 + n36.3$$

$$n392.4 - n36.3 = 1667$$

$$n356.1 = 1667$$

$$n = 4.68 \approx 5 \text{ ทุ่น}$$

โดยออกแบบให้ทุ่นจมน้ำไป 100 มิลลิเมตร หรือประมาณ 65 % ของทุ่นทั้งหมด

3.4 หลักการคำนวณหาขนาดแผงโซล่าเซลล์

มอเตอร์ BLDC 350 W 24 V ต้องการใช้งานจำนวน 6 ชั่วโมง

มอเตอร์ใช้ไฟทั้งหมด 350 × 6 = 2100 W

มอเตอร์ต้องการกำลังไฟฟ้าทั้งหมดต่อวันที่ 2100 W

ขนาดแผงโซล่าเซลล์ = กำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้งานแต่ละวัน/ชั่วโมงแดด (7 ชั่วโมงที่มีแดด)

ขนาดแผงโซล่าเซลล์ = 2100 / 7 = 300 W

3.5 ขั้นตอนการทดลองใบพัดตีน้ำ

3.5.1 เริ่มจากทำการใช้ใบพัดแบบ 6 ใบ และทำการทดลองว่าสามารถตีน้ำได้ไกล ระดับไหน ที่ความเร็วรอบ แบบ ที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ และทำการวัดความไกลของการตีน้ำว่าสามารถสร้างฟองอากาศและพัดน้ำได้ไกลถึงระดับเท่าใด

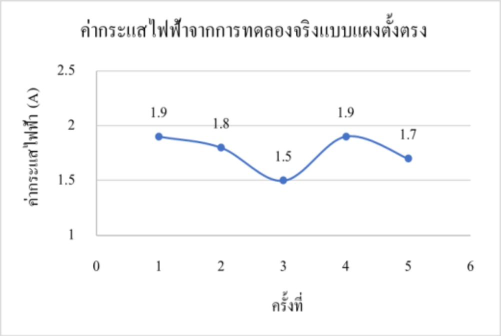
3.5.2 จากนั้นทำการเปลี่ยนใบพัดเป็นแบบ 8 ใบ เพื่อทำการทดลองแบบที่ 1 ตามลำดับจากนั้นทำการวัดเหมือนลำดับแรกเช่นกัน ที่ความเร็วรอบ ทั้ง 3 แบบ

3.5.3 นำใบพัดแบบ 6 ใบ และแบบ 8 ใบ มาทำการเปรียบเทียบกันว่าใบพัดแบบใด สามารถใช้งานได้ดีกว่ากัน ในแต่ละความเร็วรอบของมอเตอร์

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

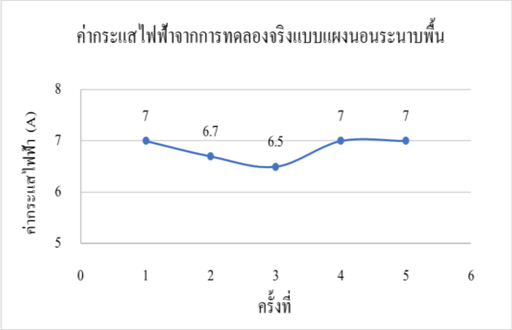
4.1 ผลการทดลองติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ 3 แบบ

การเปรียบเทียบ ลักษณะของแผงโซล่าเซลล์ที่ทำการติดตั้งทั้ง 3 แบบ สามารถวัดประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ได้มากที่สุด ซึ่งผลการทดลองลักษณะการวางของแผงโซล่าเซลล์แบบตั้งตรง ดังรูปที่ 13 มีค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า 1.76 A



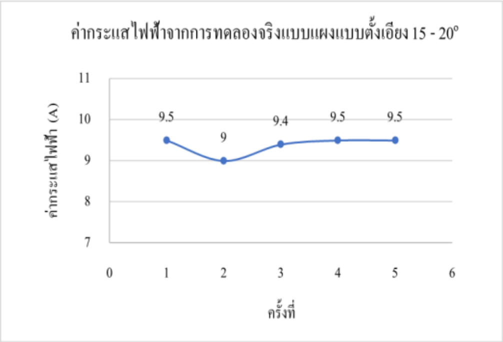
รูปที่ 13 ค่ากระแสไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์แบบแนวตั้งตรง

ผลการทดลองรับแสงแดดโซล่าเซลล์ในลักษณะการวางของแผงแบบตั้งนอนระนาบพื้น ดังรูปที่ 14 มีค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า 6.84 A



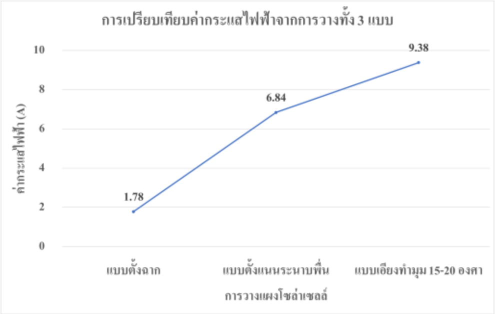
รูปที่ 14 ค่ากระแสไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์แบบตั้งนอนระนาบพื้น

ผลการทดลองรับแสงแดดโซล่าเซลล์ในลักษณะการวางของแผงแบบตั้งเอียง 15-20° ดังรูปที่ 15 มีค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า 9.38 A



รูปที่ 15 ค่ากระแสไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์แบบตั้งเอียง 15 -20°

ผลการทดลองเปรียบเทียบการรับแสงแดดทั้ง 3 ลักษณะของแผงโซล่าเซลล์ที่เวลา 10.00 น. ดังรูปที่ 16

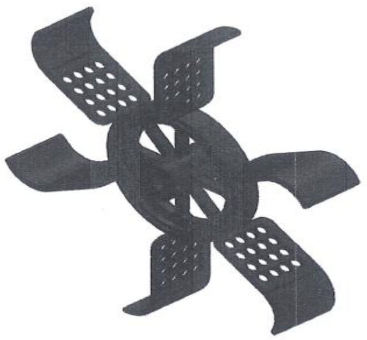


รูปที่ 16 เปรียบเทียบการรับแสงแดดที่เวลา 10.00 น.

สรุปผลการทดลองจะเห็นได้ว่าแผงชนิดเดียวกันที่ตั้งที่ลักษณะต่างกันทั้ง 3 แบบจะรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ต่างกันจากลักษณะการวางของแผง จะเห็นได้ว่า ลักษณะแบบตั้งตรงจะรับพลังงานได้น้อยที่สุด และแผงแนวนอนมาเป็นลำดับที่ 2 ส่วนแผงที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดคือ ลักษณะที่วางแผงโซล่าเซลล์ทำมุม 15-20° นั้นเอง ซึ่งเป็นการรับแสงแดดได้มากที่สุดของการวางแผงทั้ง 3 ลักษณะ

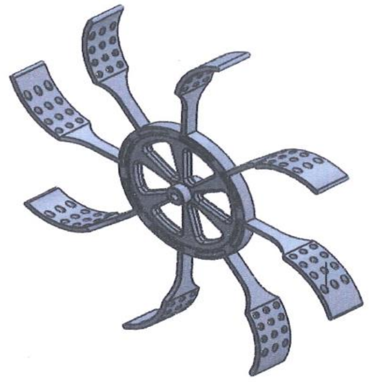
4.2 ผลการตีน้ำและใบพัดน้ำแต่ละชนิด

ผลจากการออกแบบลักษณะใบพัดแบบ 6 ใบ มีเส้นผ่าศูนย์กลางใบ 600 มิลลิเมตร กว้าง 120 มิลลิเมตร แต่ละใบเอียงทำมุม 45 องศา และมีรูเล็กๆ จำนวน 16 รู ขนาด 12 มิลลิเมตร ทำหน้าที่ตีน้ำที่ระดับผิวบนให้กระจายเป็นเม็ดเล็กๆ ขึ้นมาเพื่อสัมผัสกับอากาศ ดังรูปที่ 17 และทำการวัดค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้ามอเตอร์เปรียบกับระยะทางของน้ำที่สามารถไปได้ ดังรูปที่ 19



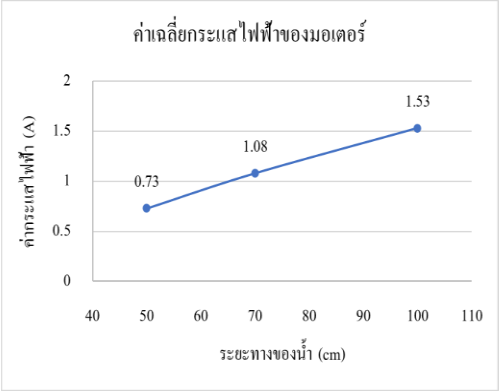
รูปที่ 17 กังหันแบบ 6 ใบพัด

ผลจากการออกแบบลักษณะใบพัดแบบ 8 ใบ มีเส้นผ่าศูนย์กลางใบ 600 มิลลิเมตร กว้าง 150 มิลลิเมตร แต่ละใบเอียงทำมุม 45 องศา และมีรูเล็กๆ จำนวน 12 รู ขนาด 12 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 18 ทำการวัดค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้ามอเตอร์เปรียบกับระยะทางของน้ำที่สามารถไปได้ ดังรูปที่ 20

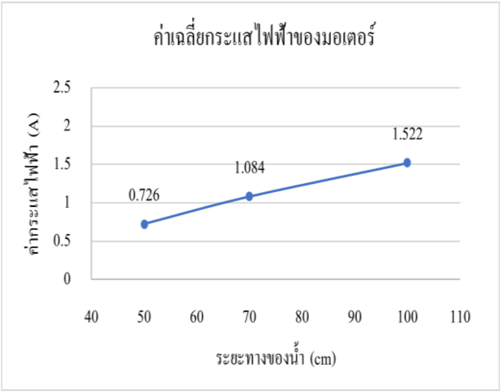


รูปที่ 18 กังหันแบบ 8 ใบพัด

ผลการเปรียบเทียบระหว่างใบพัดทั้ง 2 ชนิด สามารถตีน้ำได้ไกล และสามารถสร้างปริมาณฟองอากาศในน้ำได้มาก และกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งรูปที่ 19 เป็นผลการทดลองเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ และระยะทางการตีน้ำแบบ 6 ใบพัด และรูปที่ 20 เป็นการเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าและระยะทางการตีน้ำแบบ 8 ใบพัด



รูปที่ 19 ผลการทดลองเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ และระยะทางของน้ำของกังหันแบบ 6 ใบพัด



รูปที่ 20 ผลการทดลองเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ และระยะทางของน้ำของกังหันแบบ 8 ใบพัด

สรุปผลการทดลองจากการทดลองใบพัดแบบ 8 ใบ จะเห็นได้ว่าใบพัดแบบ 8 ใบ จะสามารถสร้างการตีในน้ำได้ดีกว่าแบบ 6 ใบ จะเป็นการทำงานให้กระแสน้ำไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้การไหลเวียนของน้ำดีขึ้น ซึ่งลักษณะทั้ง 2 ใบ จะใช้งานแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับงานที่จะทำไปใช้งานว่าต้องการใบพัดแบบใดในการใช้งานนั่นเอง

จากกราฟจะเห็นได้ว่าเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง ทั้ง 2 ลักษณะใบพัด สามารถเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ได้จากการเพิ่มกระแสไฟฟ้า ซึ่งขณะมอเตอร์ทำงานเต็มที่นั้น จะมีเบรกเกอร์ (Breaker) คอยควบคุมกระแสไฟฟ้าเกินกำหนด จึงสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ แต่ผู้ใช้งานต้องดูความเหมาะสมในการใช้งาน ไม่ปรับรอบมอเตอร์ให้สูงไป เพื่อสิ้นเปลืองพลังงาน แต่สมควรปรับให้เหมาะสมในระดับที่ผู้ใช้งานต้องการนั่นเอง ซึ่งเครื่องเติมอากาศตัวดังกล่าวสามารถเร่งความเร็วรอบมอเตอร์ได้สูงสุดที่กระแสไฟฟ้า 4 แอมแปร์

5. สรุปผล

5.1 สรุปผลการทดลองลักษณะการวางแผงโซล่าเซลล์

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าแผงโซล่าเซลล์ที่รับแสงแดดได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะในการวางและเวลาในการรับแสงแดด ซึ่งการทดลองที่ได้ทำการทดลองจะเห็นว่าการวางแผงที่ลักษณะต่างกันจะค่อนข้างเห็นผลได้ชัดเจน เช่น 1. การวางแผนที่ลักษณะแบบแนวตั้งฉาก จะไม่ค่อยได้รับแสงแดดเท่าที่ควร แสงแดดจะเข้าด้านข้างของแผงหรือถ้าได้รับแสงแดดจะได้รับแค่ ทิศใดทิศหนึ่งแล้วแต่ความเหมาะสมของช่วงเวลา เลยทำให้แผงที่ตั้งในแนวตั้งฉาก ไม่ค่อยได้รับความนิยมในการนับไปใช้งานมากเท่าที่ควร 2. การวางแผงแนวนอนเป็นระนาบพื้น จะได้รับแสงแดดมากกว่าแบบที่ 1 ซึ่งบุคคลส่วนมากที่ใช้งานก็นิยมใช้แผงในลักษณะการวางแบบนี้เป็นส่วนใหญ่เพราะสะดวก และไม่ยุ่งยากในการใช้งาน ซึ่งแผงก็จะรับแดดได้ดีตามทิศนั้นๆ แต่จะมีลักษณะการวางที่ 3 คือการวางแผงแบบ 15 -20 องศา ซึ่งวิธีการวางแผงวิธีนี้จะค่อนข้างยุ่งยากและต้องทำโครงที่มุมองศาให้อยู่ในช่วงนี้ คนส่วนมากที่ไม่รู้หรือไม่สะดวกในการทำงานของผู้ใช้ก็จะใช้วิธีเดิม แต่ปัจจุบันมีการแพร่หลายในโลกออนไลน์หรือมีการฝึกสอนการอบรมเกี่ยวกับ วิธีที่จะสามารถประหยัดพลังงาน และดึงประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ออกมามากที่สุด ก็คือการวางแผงที่ 15 -20 องศา ในทิศใต้ แต่องศาของการวางก็จะขึ้นอยู่กับจังหวัดและภาคที่เราอยู่ด้วยเพราะมีผลกระทบต่อการรับแสงแดดไม่เท่ากัน เช่น กรุงเทพฯแผงจะอยู่ที่ 13.5 องศา เพราะสามารถรับแดดได้ดีที่สุด ส่วน เชียงใหม่ ต้องวางแผงที่ 18.5 องศา ทั้ง 3 ลักษณะก็คือ แบบที่ 3 เป็นการเค้นประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ได้เยอะที่สุดจึงเหมาะสมกับการใช้งานทุกประเภท

5.2 สรุปผลการทดลองเปรียบเทียบใบพัด 2 ลักษณะ

จากการทดลองใบพัดแบบ 8 ใบ จะเห็นได้ว่าสามารถสร้างออกซิเจนในน้ำได้ดีกว่าใบพัดแบบ 6 ใบ ซึ่งในส่วนของใบพัดแบบ 6 ใบ จะเป็นการทำงานให้กระแสน้ำไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้การไหลเวียนของน้ำดีขึ้น และค่าการใช้กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของใบพัดแบบ 8 ใบ อยู่ที่ 1.522 แอมป์ รอบมอเตอร์ 2300 รอบต่อนาที สามารถตีน้ำได้ไกลที่สุดคือ 100 เซนติเมตร และใบพัดแบบ 6 ใบ สามารถตีน้ำได้ไกลที่สุดคือ 80 เซนติเมตร ที่รอบมอเตอร์ 2300 รอบต่อนาที ใช้กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1.526 แอมป์ โครงสร้างของใบพัดทั้ง 2 แบบ มีความแข็งแรงเป็นวัสดุพลาสติกเหนียว ชำรุดยาก ราคาถูก ตัวเฟืองด้านในเป็นทองเหลืองสึกหรอยากกว่าแบบเหล็กที่เสียดสีกันตลอด ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ใช้งานสามารถทำงานได้สูงสุดที่ 4 Amp ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่สูง แต่ข้อเสียก็คือกินพลังงานมาก แต่ระบบของเครื่องเติมอากาศที่ออกแบบไว้ จะใช้ระบบ PLC ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าทั้งหมด ถ้ากระแสไฟเกินรอบ จะมีเบรกเกอร์เป็นตัวตัดสัญญาณเพื่อไม่ให้ขดลวดภายในมอเตอร์ไหม้เพื่อเป็นการป้องกันตัวมอเตอร์ขับเคลื่อนนั่นเอง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณหลวงพ่อไพรินทร์ วัดสังฆทาน จังหวัดนนทบุรี ให้สถานที่ในการทดสอบเครื่องเติมอากาศกังหันตีน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และนายอดิศักดิ์ ยิ้มมา พร้อมทั้งคณะทำงานช่วยการรวบรวมข้อมูล ไว้ ณ โอกาสนี้ และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยธนบุรีและสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์สนับสนุนทุนเผยแพร่งานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Pollution Control Department Ministry of Natural Resources and Environment. (2018). [Online] (4 May 2019). (In Thai)

[2] Ministry of Energy. (2014). Solar energy. [Online] Accessed from: (11 May 2019). (In Thai)

[3] https://issuu.com/energy2tomorrow/docs /name1a7 -af4/10 [Online] (12 May 2019). (In Thai)

[4] Nataree Sridaranon, Sopawisitsak and Joseph Kedari. (2014). Innovative idea of using solar energy. For buildings in the tropics. Journal of the Constructive Environment Faculty of Architecture Khon Kaen University. Year 17 No. 2 July - December 2018 (in Thai)

[5] Ajarn Ampha Sarasiri. (2018). Electric energy from solar cells, clean energy that never goes out. Department of Electrical Engineering. May 28, 2018

[6] Therdsak Saisut and Huaychai Supaphot. (1998). Structural Mechanics. Bangkok: Academic Promotion Center Press.

[7] R. C. Hibbeler, Mechanics of Materials, (2014).

[8] https://www.indiamart.com/proddetail/3hp-paddle-wheel-aerator-19175512391.html [Online] (15 May 2019). (In Thai)

[9] Chartchai Sobun and So Rajaruwanchai (2013). Comparative study on the enhancement of solar cells. Department of Electrical Power Engineering Faculty of Engineering Mahanakorn University of Technology. September 29, 2013

[10] Sirichai Panya Samadhi. (2005). Improving efficiency of solar cells. Master of Science thesis King Mongkut's University of Technology Thonburi.

[11] Krisada Namwong, Phitsanupong Phannarapong and Tangheng Yonsathitkul, Evaluation of the heat transfer performance of solar panels. By using automatic cooling fans, 33rd Meeting of Mechanical Engineering Network of Thailand, 2-5 July 2019, Udon Thani Province.

[12] Chat Phon Nak, Chomphob Waewasak, Sompon Chiwamongkolkarn and Pranee Nuthongkaew, Efficiency Evaluation of Solar PV Rooftop and Connected Distribution Systems of 3 Kilowatts Using PVsyst Simulation. Journal of Thaksin University Year 20, a special issue from the National Academic Conference The 27th Thaksin University 2017 and the 3rd National Conference on Business Administration and Economics.

ประวัติผู้ประพันธ์ :

พิพัฒน์ เลิศโกวิทย์
- อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี
- งานวิจัยที่สนใจ การปรับปรุงกระบวนการผลิต ออกแบบวิศวกรรม

บัณฑิต อินทรีย์มีศักดิ์
- อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
- งานวิจัยที่สนใจ แปลรูปชีวมวล ออกแบบเครื่องจักรการเกษตร ออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์

การวิเคราะห์โครงข้อหมุนแบบ 2 มิติจากข้อมูลกราฟฟิกแบบ DXF ในโปรแกรมฟรีแคด

2D Truss Analysis from DXF file in FreeCAD

จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ[1], จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ[2*] และ สมภพ ลิ้มประไพพงษ์[3]

Chakkree Tiyawongsuwan[1] , Jirat Bunjongsiri[2*] and Somphop Limprapaipong[3]

[1,2,3] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160 ประเทศไทย

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน: โทรศัพท์ 089-7901235 อีเมล์ : Jiratb@sau.ac.th

วันที่รับบทความ: 7 กันยายน 2564 / วันที่แก้ไขบทความ: 4 ตุลาคม 2564 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์:9 พฤศจิกายน 2564

วันที่แก้ไขบทความ: 12 ตุลาคม 2564

วันที่แก้ไขบทความ: 3 พฤศจิกายน 2564

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการใช้ภาษาไพทอนในโปรแกรมฟรีแคด ซึ่งมีการนำไฟล์ DXF ที่เป็นไฟล์มาตรฐานในโปรแกรมกลุ่มแคดมาใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้าง การศึกษานี้ เป็นการนำไลบรารี ezdxf มาใช้สร้างแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์หาแรงภายในโครงข้อหมุนโดยใส่แรงกระทำและจุดรองรับ นอกจากนี้ โปรแกรมฟรีแคดยังมีส่วนเสริม NumPy สำหรับการคำนวณเชิงตัวเลขที่มีความสามารถประกอบเมทริกซ์สำหรับงานวิเคราะห์โครงสร้างได้ ผู้วิจัยจึงนำส่วนเสริมดังกล่าวมาสร้างเป็นโมดูลสำหรับวิเคราะห์โครงข้อหมุนสองมิติ ทั้งนี้ ในการทำงานของโมดูลเป็นการนำเข้าข้อมูลแบบตัวอักษร ซึ่งมีความยากในระดับหนึ่ง แต่เมื่อใช้ข้อมูลในรูปแบบไฟล์ DXF ที่สร้างขึ้น จะเพิ่มความสะดวกและลดขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลสำหรับหาแรงภายในโครงข้อหมุน นอกจากนี้ โมดูลดังกล่าวยังสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟฟิกโดยใช้วัตถุสามมิติของโปรแกรมฟรีแคด และแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของไฟล์ CVS ซึ่งผู้ที่ใช้งานสามารถนำไปออกแบบชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนในกลุ่มโปรแกรมสเปรดชีตต่อไปได้

คำสำคัญ **:** การวิเคราะห์โครงสร้าง, โครงข้อหมุน, ข้อมูลกราฟิกแบบ DXF, ภาษาไพทอน, แรงภายในชิ้นส่วน

Abstract The use of Python code in FreeCAD is examined in this study. Construction drawings are created using DXF files, which are common files in CAD software. In this research, the ezdxf library is used to develop a model for assessing forces in a truss structure with loads and supports. In addition, the NumPy add-on for numerical processing with matrix composite capabilities for structural analysis is also included in FreeCAD. As a result, the researcher created a module for evaluating two-dimensional scaffolds using the specified add-on. The module's purpose is to import text data, which is somewhat tough. However, using the data in the resulting DXF file format makes the importing procedure for locating forces within the truss much easier. FreeCAD's 3D objects can also be used to render the module graphically. The results are then displayed as a CSV file, which users can use to design the truss components in a variety of spreadsheet tools.

Keywords **:** Structural analysis, Truss, DXF graphic data, Python language, force member

1. บทนำ

การวิเคราะห์โครงข้อหมุนด้วยคอมพิวเตอร์ใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยวิธีเมทริกซ์ (Matrix Method) การวิเคราะห์โครงข้อหมุนโดยการคำนวณด้วยเครื่องคำนวณใช้เวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างมาก การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณจะใช้เวลาลดลง ปัจจุบันจะมีการพัฒนาโปรแกรมเชิงพาณิชย์สำหรับวิเคราะห์โครงข้อหมุน แต่ปัญหาที่พบคือโปรแกรมเหล่านี้มีราคาแพงและปรับแต่งผลลัพธ์ตามที่ผู้ใช้งานต้องการไม่ได้ ส่วนโปรแกรมที่ไม่คิดมูลค่าบางโปรแกรมก็ไม่ได้ปรับปรุงรุ่นให้สอดคล้องกับระบบปฏิบัติการที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง (โปรแกรมการวิเคราะห์ด้วยวิธีเมทริกซ์) โดยคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ถูกพัฒนาเป็นโปรแกรมแบบรหัสปิด ผู้ใช้ไม่สามารถนำไปพัฒนาเพิ่มเติมต่อไปได้ โดยมากโปรแกรมที่ใช้งานได้ดีก็จะเป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์และมีราคาสูงมาก ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์โครงข้อหมุนโดยใช้โปรแกรมแบบรหัสเปิด (Open Source) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถนำไปพัฒนาเพิ่มเติมต่อได้ตามความต้องการของตัวเอง และไม่มีปัญหาเกี่ยวกับลิขสิทธิ์ รองรับระบบปฏิบัติการ(operating system) ได้หลากหลาย เช่น Windows , Linux หรือ Mac OS เป็นต้น

ภาษาไพทอน (Python) เป็นภาษาโปรแกรมที่มีไลบรารีช่วยความสามารถในด้านการคำนวณ เช่น ไลบรารี SciPy และ NumPy ซึ่งสามารถนำมาใช้งานในการคำนวณวิธีการทางตัวเลข มีความสามารถในการการแก้สมการด้วยเมทริกซ์ ดังนั้นคาดว่าจะพัฒนาเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงข้อหมุนด้วยวิธีเมทริกซ์ได้ และโปรแกรมฟรีแคด (FreeCAD) [1] ที่ใช้ภาษาไพทอนเป็นภาษาสคริปต์สำหรับดำเนินการภายในมีความสามารถการสร้างแบบจำลองสามมิติ และเขียนภาพสองมิติ และนำมาใช้ในส่วนแสดงผลลัพธ์การคำนวณโครงข้อหมุนได้

ปัจจุบันนิยมใช้โปรแกรมช่วยการออกแบบและเขียนแบบซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง โปรแกรมฟรีแคดโปรแกรมกลุ่มโอเพนซอร์ส มีความสามารถในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อออกแบบวัตถุเสมือนจริง การสร้างแบบจำลองในแบบพาราเมตริก (Parametric) ช่วยให้สามารถปรับเปลี่ยนการออกแบบได้อย่างสะดวก การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์สามารถเปลี่ยนแบบจำลอง รวมถึงสามารถปรับแต่งด้วยสคริปต์ได้ เช่น ไพทอนซึ่งเป็นหนึ่งในภาษาสคริปต์ที่ดีที่สุด รวมถึงยังสามารถเพิ่มเติมส่วนขยายของโปรแกรมได้อย่างอิสระ โปรแกรมฟรีแคด สามารถทำงานได้ในหลายระบบปฏิบัติการด้วยรูปลักษณ์และฟังก์ชันการทำงานที่เหมือนกัน ยังเป็นโปรแกรมออกแบบที่ทันสมัย มีลักษณะเดียวกับหลาย ๆ โปรแกรม เช่น Revit โดยมี Workbench เป็นชุดเครื่องมือที่จัดกลุ่มไว้เป็นพิเศษสำหรับงานแต่ละกลุ่ม

การออกแบบโดยใช้โปรแกรมแคด (CAD Software) เป็นปกติของการออกแบบในยุคปัจจุบัน ที่ต้องการความสะดวกและรวดเร็วในการออกแบบ รวมถึงการแก้ไขและเปลี่ยนแปลงแบบทำได้โดยสะดวก การส่งไฟล์ออกแบบไปทำงานกับโปรแกรมอื่นก็เป็นเงื่อนไขความเข้ากันได้ของไฟล์ ด้วยระบบไฟล์ของโปรแกรมแคดที่เป็นไฟล์มาตรฐาน คือ ไฟล์รูปแบบ Drawing Exchange Format (DXF) เป็นไฟล์กลางในรูปแบบไฟล์ข้อความที่มนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้ [2] ใช้ในการแลกเปลี่ยนงานเขียนแบบของโปรแกรมเขียนแบบต่างๆ โดยกำหนดเป็นมาตรฐานกลาง การสร้างแบบก่อสร้างในรูปแบบไฟล์ DXF ด้วยความเป็นไฟล์มาตรฐานนี้จึงทำให้ โปรแกรมแคดทั้งหมดสามารถเปิดไฟล์นี้ได้ และด้วยความสามารถของไลบรารี ezdxf [3] จึงได้นำมาใช้เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลเข้าสู่โมดูลในการวิเคราะห์โครงข้อหมุนแบบ 2 มิติ ซึ่งจะตอบโจทย์วัตถุประสงค์ของการวิจัย ที่

ต้องการพัฒนา ทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกต่อการนำไปใช้งาน ผลของการศึกษาสามารถนำไปถ่ายทอดความรู้ให้กับนักศึกษาที่เพิ่งจบการศึกษารวมถึงวิศวกรจะได้มีทางเลือกการใช้งานโปรแกรมได้โดยไม่ละเมิดลิขสิทธิ์

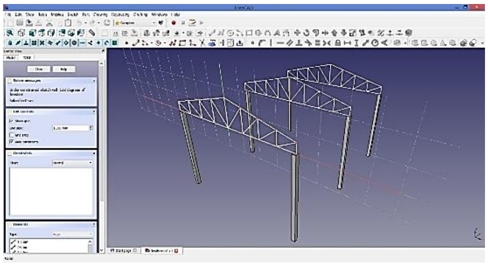
2. หลักการและเหตุผล

การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยคอมพิวเตอร์จะนิยมใช้วิธีเมทริกซ์ (Matrix) ในการแก้ปัญหา โดยการประกอบค่าข้อมูลของโครงสร้างในรูปแบบเมทริกซ์ โดยโครงสร้างอยู่ในรูปแบบเชิงตัวเลข การวิเคราะห์จึงกำหนดตัวเลขให้กับจุดต่อและชิ้นส่วน โดยจัดเก็บอยู่ในรูปแบบเมทริกซ์ของจุดต่อ, จุดรองรับ, ขนาดหน้าตัดชิ้นส่วน, ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ และแรงกระทำ [4]

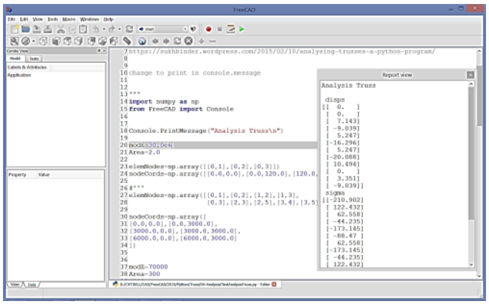
พิเชฐ และคณะ[5] ได้พัฒนาการวิเคราะห์โครงถักสองมิติด้วยวิธีเมทริกซ์ด้วยโปรแกรม MatLab เป็นโปรแกรมที่มีคำสั่งช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์ในการจัดการตัวแปรเมทริกซ์ แต่อย่างไรก็ตาม MatLab เป็นโปรแกรมที่มีราคาสูง อาจจะไม่สะดวกต่อการจัดหามาใช้งาน

ผู้ดำเนินการวิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการวิเคราะห์โครงถักด้วยวิธีเมทริกซ์ของ Kassimali [6] ได้อธิบายวิธีการคำนวณหาหมายเลขลำดับความอิสระให้กับจุดต่อของโครงข้อหมุน โดยจุดต่อใดที่เคลื่อนไม่ได้จะข้ามไปก่อน แล้วไล่ลำดับตามหมายเลขจุดต่อ แล้วค่อยมากำหนดหมายเลขลำดับความอิสระให้กับจุดรองรับอีกที โดยจะทำตามขั้นตอนในแผนภาพลำดับงาน และยังมีขั้นตอนที่ต้องดำเนินการสำหรับวิเคราะห์โครงข้อหมุน ทำให้สามารถดำเนินการพัฒนาคำสั่งโปรแกรมตามขั้นตอนได้ [4]

โปรแกรมฟรีแคดเป็นโปรแกรมสร้างแบบจำลองสามมิติใช้งานทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลในการสร้างชิ้นงานและมีบางส่วนใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรมใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติอาคารได้ โดยใช้สคริปต์ไพทอนช่วยช่วยในการสร้างวัตถุ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการวาดโครงข้อหมุนด้วยภาษาไพทอน ดังแสดงในรูปที่ 1 และนำสคริปต์วิเคราะห์โครงข้อหมุน มาทดสอบในเบื้องต้น โดยรายงานผลในเบื้องต้นผ่านหน้าจอ Report View ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 2 นอกจากนี้ยังใช้สคริปต์สำหรับใช้ในส่วนของการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโครงข้อหมุนได้อีกด้วย [4]



รูปที่ 1 แสดงภาพโครงข้อหมุนแบบ 3 มิติ จากโปรแกรมฟรีแคด [4]



รูปที่ 2 แสดงภาพการทดสอบการวิเคราะห์โครงข้อหมุนในโปรแกรมฟรีแคด [4]

ภาษาไพทอน เป็นเป็นภาษาโปรแกรมมิ่งที่มีไลบรารีช่วยงานเพิ่มความสามารถในด้านการคำนวณ เช่น ไลบรารี SciPy และ NumPy ซึ่งสามารถนำมาใช้งานในการคำนวณวิธีการทางตัวเลข โดยใช้ในการแก้สมการด้วยวิธีเมทริกซ์ ซึ่งมีความสำคัญใน

การแก้ปัญหาเชิงตัวเลขสำหรับการวิเคราะห์โครงข้อหมุนด้วยวิธีเมทริกซ์ ในงานวิจัยนี้เลือกไลบรารี NumPy นำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงข้อหมุน [4]

NumPy เป็นชื่อของไลบรารี อยู่ในโปรแกรมฟรีแคด ใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ภายในถูกเขียนด้วยภาษา C จึงทำงานได้เร็วและมีประสิทธิภาพ โดย NumPy มีความสามารถในการจัดการกับอาเรย์หลายมิติและข้อมูลแบบเมทริกซ์ โดยรวบรวมคำสั่งที่เกี่ยวกับเมทริกซ์ให้เลือกใช้ได้อย่างสะดวกสบาย เช่น dot product, transpose, inverse เป็นต้น โดยในโปรแกรมฟรีแคด รุ่น 0.20 จะติดตั้งไลบรารี NumPy ไว้เรียบร้อยแล้ว [4]

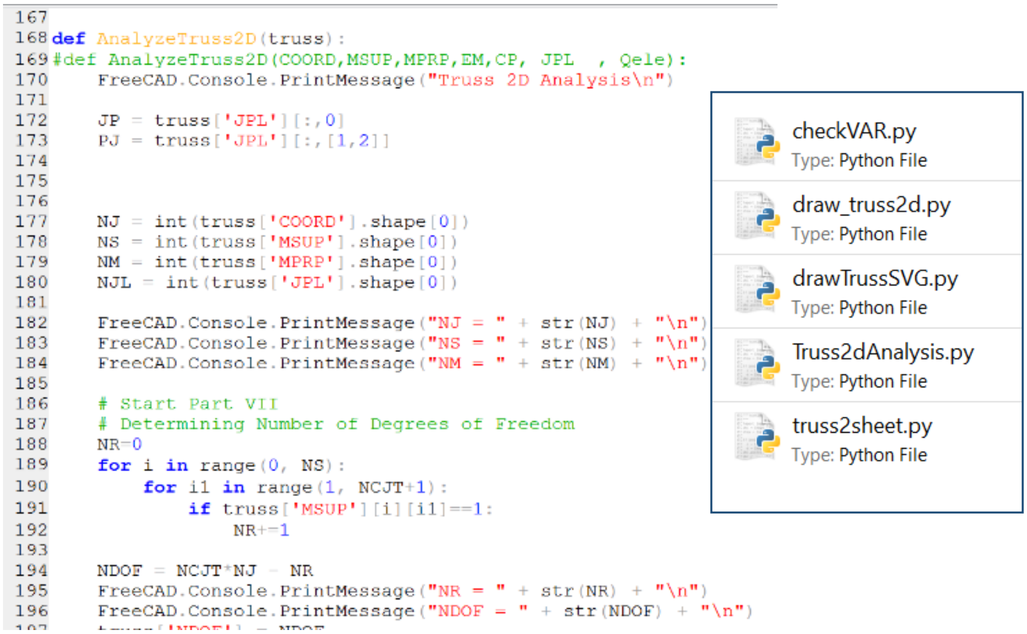
ezdxf [3] เป็นชื่อของไลบรารีภาษาไพทอนสำหรับสร้างและจัดการไฟล์ DXF พัฒนาโดย Manfred Moitzi ใช้สร้างไฟล์ DXF ซึ่งสามารถ อ่าน, แก้ไข, เขียนไฟล์ DXF โดยรองรับ DXF เวอร์ชันใหม่ : ตั้งแต่ R12, R2000, R2004, R2007, R2010, R2013 และ R2018 เพิ่ม DXF เวอร์ชัน R13/R14 ไปจนถึง เวอร์ชัน DXF ที่เก่ากว่า R12 รองรับการอ่านและเขียนสำหรับไฟล์รูปแบบ ASCII DXF และไบนารี DXF ใน FreeCAD รุ่น 0.20 จะติดตั้งไลบรารี่ exdxf ไว้เป็นไลบรารี่ใช้งานภายในโดยไม่ต้องติดตั้งเพิ่มเติม ezdxf จะมีคำสั่งช่วยในการจัดการเขียนไฟล์ dxf ได้เพิ่มความสะดวกในการใช้งานควบคุมไฟล์งานเขียนแบบ เช่น กำหนดเลเยอร์, คำสั่ง add_line ใช้เพิ่มเส้นตรง, คำสั่ง add_text เพิ่มข้อความ เป็นต้น

การเขียนแบบก่อสร้างในอดีตที่มีการพัฒนาไปถึงการสร้างแบบจำลองอาคาร โปรแกรม CAD การพัฒนาไฟล์ในรูปแบบของไฟล์ DXF เป็นไฟล์มาตรฐาน (Drawing Exchange) ก็ถูกพัฒนาไปตามโปรแกรมแคดที่ใช้เขียนแบบทำให้มีความทันสมัยมากขึ้นเพื่อใช้สำหรับแลกเปลี่ยนไฟล์ระหว่างกันได้ ทำให้สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างโปรแกรมเขียนแบบต่างบริษัทกันได้ เช่น โปรแกรมแคดของบริษัท ก สามารถทำงานร่วมกันกับโปรแกรมแคดของบริษัท ข ได้ [7]

การติดตั้งโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุนให้กับโปรแกรมฟรีแคด ในส่วนโปรแกรมฟรีแคดมีการติดตั้งภาษาไพทอนรวมถึงไลบรารีเสริม NumPy, ezdxf มาให้เรียบร้อยแล้ว และติดตั้งโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุนเพิ่ม(พัฒนาในงานวิจัยก่อนหน้า) และเมื่อต้องการใช้งานก็ทำการเรียกผ่านเมนูมาโคร (Macro) รายละเอียดส่วนประกอบของโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุน ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งมีประกอบด้วยโมดูล 5 ส่วน ดังต่อไปนี้

- โมดูลวิเคราะห์ (Analysis Module)
- โมดูลแสดงผลลัพธ์เป็นวัตถุสามมิติ (3D Object Result Module)
- โมดูลแสดงผลลัพธ์เป็น SVG ลงบนกระดาษเขียนแบบ (SVG Result Module)
- โมดูลแสดงผลลัพธ์แผ่นงาน (Spreadsheet Display Result Module)
- โมดูลตัวช่วยสำหรับสร้างโครงข้อหมุน (Truss Generator Module)

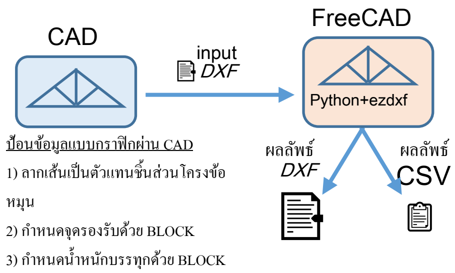
การใช้ไฟล์ DXF ในโปรแกรมแคดในการเขียนแบบหรือสร้างแบบจำลองนั้นเป็นเรื่องปกติในการใช้งานอยู่แล้ว [8] เมื่อต้องการใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างไฟล์เพื่อใช้ในการป้อนข้อมูลให้กับโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุนเนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ในรูปแบบเดิมนั้นมีลักษณะเป็นข้อมูลแบบตัวอักษร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาไลบรารี ezdxf ว่ามีลักษณะของการอ่านและเขียนข้อมูลอย่างไรจึงจะสามารถสร้างไฟล์ DXF ได้อย่างถูกต้อง


```
def AnalyzeTruss2D(truss):
#def AnalyzeTruss2D(COORD,MSUP,MPRP,EM,CP, JPL  , Qele):
    FreeCAD.Console.PrintMessage("Truss 2D Analysis\n")

    JP = truss['JPL'][:,0]
    PJ = truss['JPL'][:,[1,2]]



    NJ = int(truss['COORD'].shape[0])
    NS = int(truss['MSUP'].shape[0])
    NM = int(truss['MPRP'].shape[0])
    NJL = int(truss['JPL'].shape[0])

    FreeCAD.Console.PrintMessage("NJ = " + str(NJ) + "\n")
    FreeCAD.Console.PrintMessage("NS = " + str(NS) + "\n")
    FreeCAD.Console.PrintMessage("NM = " + str(NM) + "\n")

    # Start Part VII
    # Determining Number of Degrees of Freedom
    NR=0
    for i in range(0, NS):
        for i1 in range(1, NCJT+1):
            if truss['MSUP'][i][i1]==1:
                NR+=1

    NDOF = NCJT*NJ - NR
    FreeCAD.Console.PrintMessage("NR = " + str(NR) + "\n")
    FreeCAD.Console.PrintMessage("NDOF = " + str(NDOF) + "\n")
```


รูปที่ 3 รหัสคำสั่งภาษาไพทอนวิเคราะห์โครงข้อหมุนสองมิติ [4]

3. การวิเคราะห์โครงข้อหมุนจากข้อมูลกราฟิกแบบ DXF โดยใช้ภาษาไพทอน

วิเคราะห์โครงข้อหมุนจากไฟล์ DXF ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ คือส่วนแรกเป็นการอ่านไฟล์ข้อมูลแบบ DXF ที่สร้างจากโปรแกรมแคดและส่วนที่สองคือส่วนของโมดูลในการวิเคราะห์โครงข้อหมุนโดยส่วนนี้จะทำงานในโปรแกรมฟรีแคดและเขียนไฟล์ผลลัพธ์เป็น ไฟล์ DXF กลับไปแสดงผลในโปรแกรมแคดอีกครั้ง โดยมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4

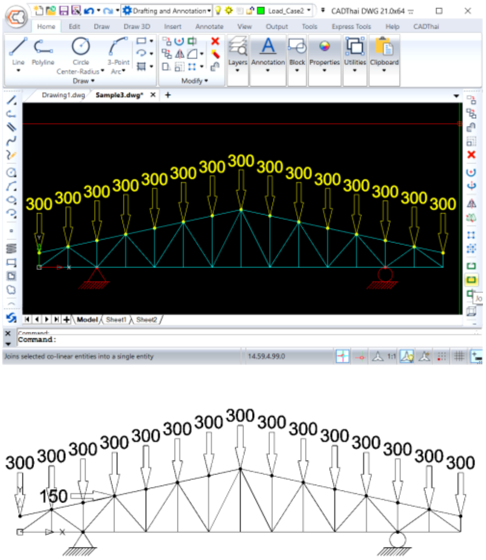


รูปที่ 4 ขั้นตอนทำงานของโปรแกรมในงานวิจัยนี้

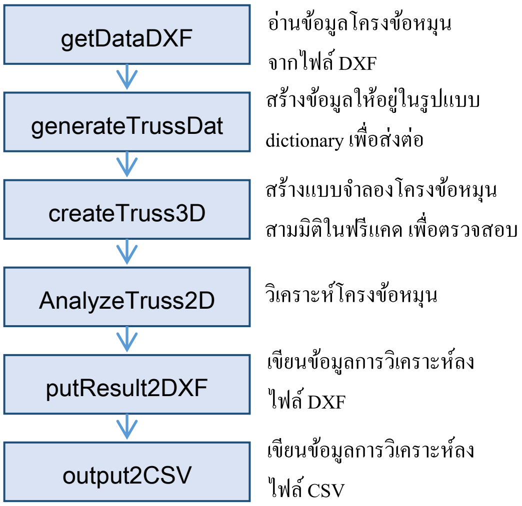
3.1 การเตรียมข้อมูลแบบไฟล์ DXF โดยใช้โปรแกรม CADThai

การเตรียมไฟล์ DXF โดยใช้โปรแกรม CADThai ในแสดงในรูปที่ 5 การเขียนแบบและสร้าง Block เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ประกอบด้วย Block ของ Load, Support และ Member ที่สร้างจากการเขียนแบบ โดยสร้างขึ้นมาให้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับสัญลักษณ์ที่ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ เพื่อให้ง่ายขึ้นจึงได้สร้างเป็น Block และกำหนดเป็น Attribute และ Block Definition และแก้ไขค่าตัวแปรในบาง Block ที่ได้สร้างขึ้น เช่น Load ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าของ Load ได้ ในส่วนของโครงข้อหมุนทั้งหมดใช้วิธีการเขียนภาพเพื่อให้มีตำแหน่งที่แม่นยำจึงใช้ยใช้ความสามารถของโปรแกรมเขียนแบบรวมถึงการตั้งค่า Entity Snap เป็นการกำหนดตำแหน่งเป็นไปอย่างถูกต้อง แม่นยำ เพื่อลดความผิดพลาดของตำแหน่งของ Node ในโครงสร้างได้ดี เพราะหากส่วนสำคัญนี้เกิดความผิดพลาด ทำให้การนำเข้าขอมูลผิดไปด้วย

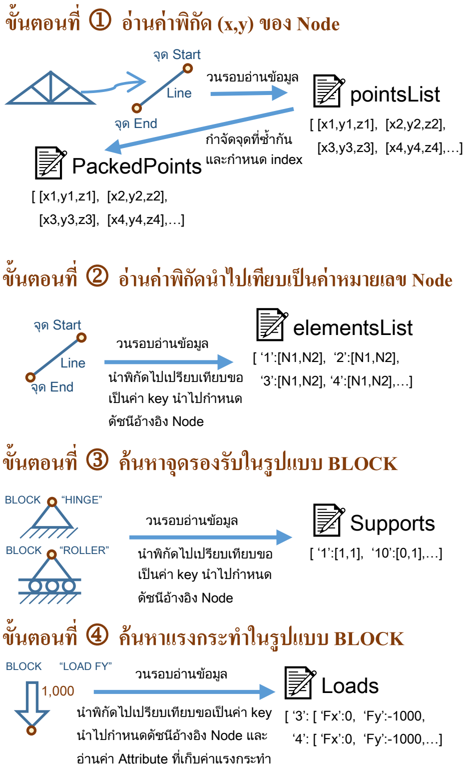
เป็นส่วนสำคัญของการอ่านข้อมูลโครงข้อหมุนจากไฟล์ DXF แสดงในรูปที่ 6 โดยขั้นตอนทำงานชุดคำสั่งภาษาไพทอน



รูปที่ 5 ภาพโครงข้อหมุนที่สร้างในโปรแกรม CADThai เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับอ่านสำหรับการวิเคราะห์



รูปที่ 6 ขั้นตอนทำงานชุดคำสั่งภาษาไพทอนในการอ่านข้อมูลโครงข้อหมุนจากไฟล์ DXF

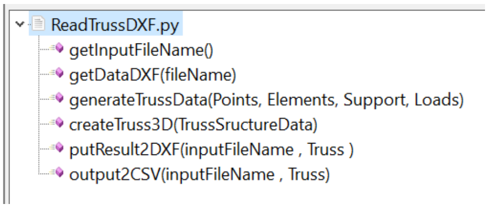


รูปที่ 7 ขั้นตอนทำงานของการแปลงข้อมูลจาก DXF เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โครงข้อหมุน

3.2 การอ่านและเขียนไฟล์ข้อมูลแบบ DXF ด้วยไลบรารี ezdxf

การอ่านข้อมูลกราฟิกจากไฟล์ DXF มีขั้นตอนทำงานของการแปลงข้อมูลจาก DXF เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โครงข้อหมุน ดังแสดงในรูปที่ 7 จะเรียกผ่านคำสั่ง getDataDXF โดยจะมีข้อกำหนดคือ เส้นแต่ละเส้นแทนชิ้นส่วนโครงถัก ดังนั้นเมื่อทำการเขียนภาพโครงถักในโปรแกรมแคดจะต้องทำการแบ่งเส้น TopChord และ BottomChord ด้วยคำสั่ง Divide แล้วดำเนินอ่านข้อมูลของชิ้นส่วนเส้น(Line Entities) แล้วอ่านข้อมูล Attribute จุดหัว-ท้ายของเส้นมาเก็บไว้ หลังจากนั้นดำเนินการกำจัดจุดที่ซ้ำกันแล้วทำการตั้งชื่อเป็น key ให้กับชุดข้อมูล ขั้นตอนถัด

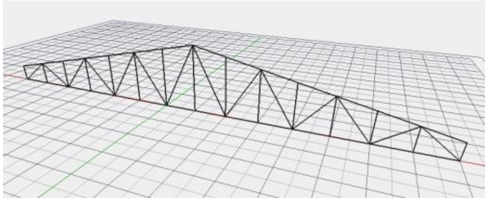
มาคือทำการอ่านข้อมูลจุดหัว-ท้ายของเส้นแล้วทำการเทียบพิกัดเพื่อกำหนดเป็นค่าของ key ให้กับชิ้นส่วนโครงถักตามหลักการวิเคราะห์โครงถักด้วยวิธีแมทริกซ์ การกำหนดจุดรองรับและน้ำหนักบรรทุกจะใช้วิธีกำหนดเป็น BLOCK ในโปรแกรมแคดเพื่อเก็บข้อมูล แล้วนำพิกัดมาเทียบเพื่อหาชื่อ key ของพิกัด และอ่านค่าของแรงกระทำจาก Attribute ของ BLOCK นำมากำหนดลงในชุดข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ต่อไป มีขั้นตอนการทำงานของคำสั่งดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขั้นตอนการทำงานของคำสั่ง

หลังจากอ่านข้อมูลต่างๆ สำหรับวิเคราะห์โครงถักในขั้นตอนก่อนหน้าจะได้ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของอาร์เรย์ แต่ยังไม่สามารถส่งต่อเพื่อวิเคราะห์ได้ โดยทำการจัดรูปแบบให้เหมาะสมตามข้อกำหนดของรูทีนวิเคราะห์โครงถักด้วยชุดคำสั่ง generateTrussData หลังจากนั้นทำการสร้างโครงถักสามมิติแบบโครงลวด(Wireframe) แสดงในรูปที่ 9 ของโปรแกรมฟรีแคด เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการอ่านข้อมูล

หลังจากขบวนการวิเคราะห์โครงข้อหมุนแล้ว จะทำการเขียนผลลัพธ์ของแรงในโครงข้อหมุนโดยใช้คำสั่ง ezdxf ช่วยทำการเขียนเส้นและข้อความลงในไฟล์ DXF เพื่อแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟิกแสดงผลลัพธ์ในโปรแกรม CADThai ได้ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นชิ้นส่วนรับแรงดึงและแรงอัด พร้อมทั้งแสดงค่าของแรงในแต่ละชิ้นส่วน ทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกต่อการอ่านค่าและผู้ใช้สามารถใช้ไฟล์ DXF นี้เพื่อใช้ในการเขียนรายละเอียดจุดต่อ ต่อไปได้



รูปที่ 9 ภาพโครงข้อหมุนที่สร้างในโปรแกรมฟรีแคดเพื่อใช้ตรวจสอบผลลัพธ์จากการอ่านข้อมูล

3.3 โมดูลภาษาไพทอนวิเคราะห์โครงข้อหมุน

โมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุนภาษาไพทอนของงานวิจัยนี้ ได้นำจากส่วนวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยที่ผ่านมา ขั้นตอนการทำงานตามรูปที่ 10 การจัดเก็บโมดูลในตำแหน่งโฟลเดอร์ด้วยไฟล์ ReadTrussData.py โดยการเรียกใช้งานโครงสร้างข้อมูลสำหรับโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุน ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ โดยส่วนข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ มีดังต่อไปนี้

1. จุดต่อ(Joint or Node) ของโครงข้อหมุนจะเก็บข้อมูลในรูปแบบเมทริกซ์สองมิติ เก็บข้อมูลพิกัดของจุดต่อแบบสองมิติคือ ค่า x และ y โดยสร้างลำดับของข้อมูลคือหมายเลขอ้างอิงของจุดต่อได้เลย เก็บค่าไว้ใน 'COORD'

2. ชิ้นส่วน(Member or Element) แต่ละชุดข้อมูลจะจัดเก็บ หมายเลขจุดเริ่ม, หมายเลขจุดท้าย, หมายเลขของค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และหมายเลขของขนาดหน้าตัด เก็บค่าไว้ใน 'MRPR'

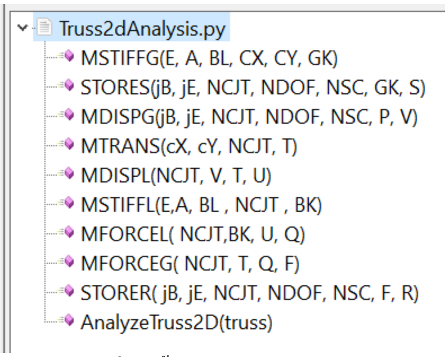
3. จุดรองรับ(Supports) จะมีข้อมูลควบคุมอยู่สามลำดับ มีความหมายดังนี้ หมายเลขจุดต่อ, การล็อกหรือไม่เคลื่อนตัวในทิศ X , การล็อกหรือไม่เคลื่อนตัวในทิศ Y โดยสามารถดูข้อมูลของชนิดจุดรองรับ

และรหัสข้อมูลได้จากตาราง และเก็บค่าไว้ใน 'MSUP'

4. คุณสมบัติวัสดุของชิ้นส่วน ได้แก่ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ เก็บค่าไว้ใน 'EM'

5. พื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วน เก็บค่าไว้ใน 'CP'

6. แรงกระทำ ที่จุดต่อ จะมีข้อมูลควบคุมอยู่สามลำดับ มีความหมายดังนี้ หมายเลขจุดต่อ, แรงกระทำในทิศ X , แรงกระทำในทิศ Y เก็บค่าไว้ใน 'JPL'



รูปที่ 10 ขั้นตอนการทำงานของคำสั่ง

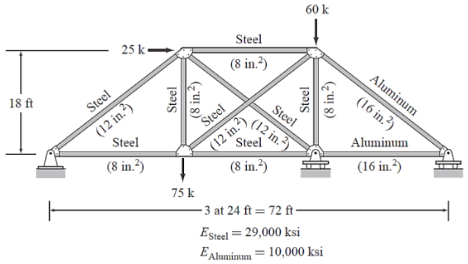
3. 4 การบันทึกผลการวิเคราะห์ลงไฟล์ CSV

ภาษาไพทอนมีไลบรารีมาตรฐานสำหรับบันทึกไฟล์ในรูปแบบ Comma Separated Value หรือมีชื่อย่อ CSV เป็นไฟล์ในรูปแบบการเก็บข้อมูลตัวเลข และตัวอักษร เป็นการเก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง ก่อนการใช้งานจะทำการเพิ่มคำสั่ง import csv ไว้ที่ต้นโปรแกรม หลังจากนั้นทำการเปิดไฟล์ข้อมูลเพื่อทำการเขียนผ่านคำสั่ง writerow ไฟล์ CSV ถูกเปิดโดยโปรแกรมต่างๆ เช่น Microsoft Excel, เอกสาร Google และ OpenOffice Calc ซึ่งโปรแกรมในกลุ่มนี้สามารถนำผลจากการวิเคราะห์โครงข้อหมุนไปคำนวณการออกแบบชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนต่อไป โดยใช้ความสามารถของคำสั่งต่าง ๆ ในการหาค่าแรงสูงสุดของชิ้นส่วนรับแรงอัดและชิ้นส่วนรับแรงดึง ซึ่งนำแรงที่ได้นี้ไปทำการออกแบบต่อไป

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดสอบ

โปรแกรมที่ได้ไปทดสอบวิเคราะห์โครงข้อหมุนตามตัวอย่างหนังสือ Matrix analysis of structures เพื่อเปรียบเทียบค่า และความถูกต้องของโปรแกรมตัวอย่างดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 โครงข้อหมุนตัวอย่าง

ผลการทดสอบป้อนข้อมูลโครงข้อหมุนสองมิติ เมื่อทำการวิเคราะห์พร้อมกับแสดงผล โดยนำไปเปรียบเทียบกับค่าคำตอบโดยการวิเคราะห์โครงสร้างจากการคำนวณด้วยเครื่องคำนวณ พบว่ามีค่าตรงกัน โดยมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้จากโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุนโดยใช้วิธีการป้อนข้อมูลด้วยไฟล์ DXF เมื่อเทียบกับโปรแกรมวิเคราะห์โครงข้อหมุนที่มีการเผยแพร่และใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ โปรแกรม SUTStructor และโปรแกรม CCT-Truss ได้ผลลัพธ์อย่างถูกต้องและเท่ากันทั้งค่าของแรงภายในชิ้นส่วน ทิศทางของแรง รวมถึงตำแหน่งของชิ้นส่วน ยังตรงกันอีกด้วย โดยตรวจสอบจากหมายเลขของชิ้นส่วนการวิเคราะห์แบบไฟล์ DXF เป็นหลักและเทียบตามตำแหน่งเดียวกันของโครงข้อหมุนที่ได้จากการวิเคราะห์กับโปรแกรมดังกล่าวข้างต้น จากกระบวนการที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงข้อหมุนที่มีพื้นฐานเดียวกันที่มาจากการวิเคราะห์โดยวิธีเมตริกซ์ ทำให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าเท่ากัน ดังแสดงผลของแสดงผลของแรงภายในในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการคำนวณแรงภายในของแต่ละโปรแกรม

Member No.	แรงภายในชิ้นส่วน (kg.)		
	DXF.	SUT.	CCT.
1	61.06	61.062	61.06
2	52.64	52.635	52.64
3	-44.32	-44.316	-44.32
4	29.75	29.751	29.75
5	-87.99	-87.991	-87.99
6	-23.43	-23.434	-23.43
7	-7.88	-7.877	-7.88
8	9.68	9.679	9.68
9	38.48	38.478	38.48
10	-46.24	-46.24	-46.24

<u>หมายเหตุ</u>

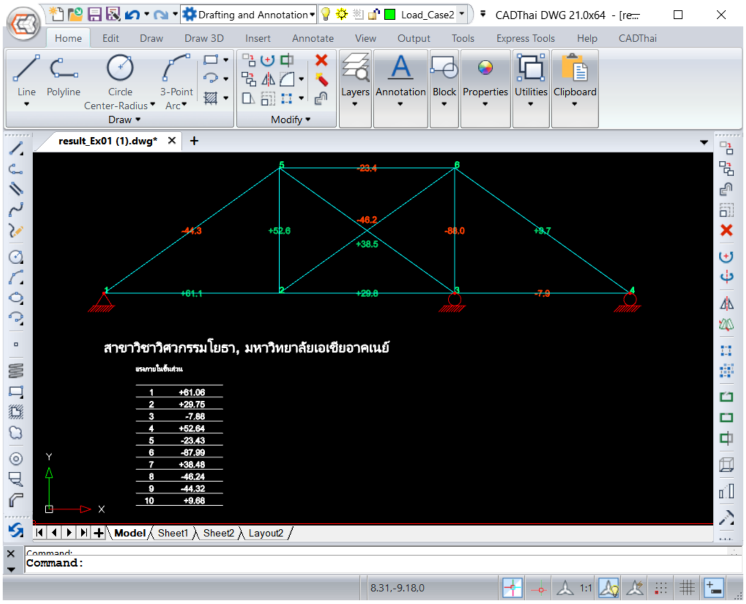
DXF : โปรแกรมจากการป้อนข้อมูลแบบไฟล์ DXF

SUT : โปรแกรม SUTStructor

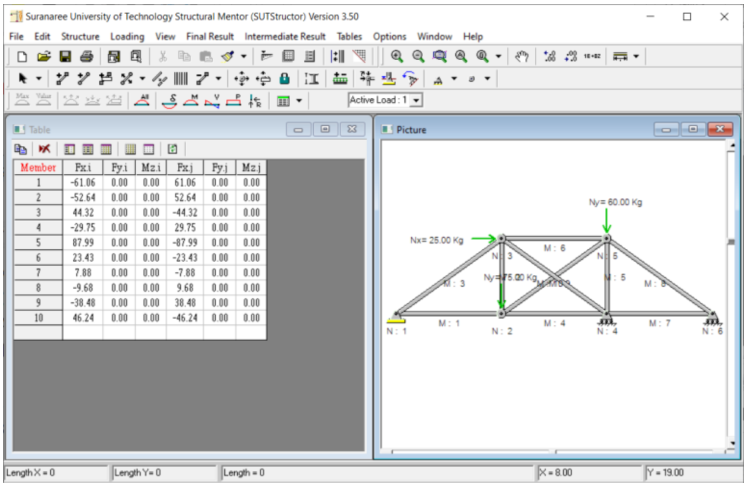
CCT : โปรแกรม CCT-Truss

แรงภายในชิ้นส่วน + แรงดึง, - แรงอัด

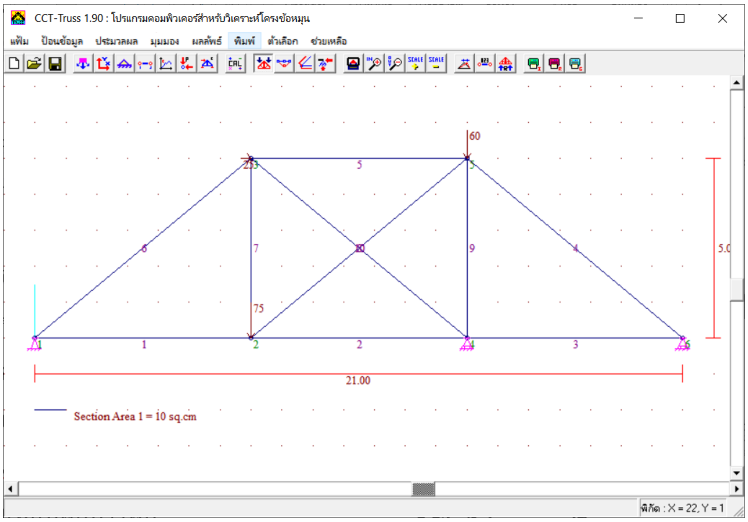
ผลวิเคราะห์ของโครงข้อหมุน แสดงในรูปที่ 12(ก) ผลลัพธ์จากการป้อนข้อมูลแบบไฟล์ DXF รูปที่ 12(ข) ผลลัพธ์จากโปรแกรม SUTStructor และรูปที่ 12(ค) ผลลัพธ์จากโปรแกรม CCT-Truss เปรียบเทียบผลการผลวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าได้ค่าผลลัพธ์เท่ากันและตำแหน่งแรงสูงสุด เหมือนกันทุกโปรแกรมทั้งตำแหน่งแรงดึงและแรงอัด นอกจากส่วนของแรงภายในโครงข้อหมุนแล้วยังมีผลของการเสียรูปของโครงถัก (Displacement) ที่ตำแหน่งจุดต่อ (nodal displacement) ของโครงข้อหมุนแสดงในรูปแบบไฟล์ DXF และผลลัพธ์ของตัวเลขในไฟล์ CSV ที่เป็นส่วนของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โครงข้อหมุนแต่ผลของการวิเคราะห์ในส่วนนี้ยังไม่ได้เป็นส่วนหลักที่งานวิจัยในส่วนนี้ทำการศึกษา แต่มีความสามารถในการแสดงผลได้และด้วยกระบวนการของการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเมตริกซ์ก็ต้องอาศัยค่า Displacement ของโครงข้อหมุนเพื่อใช้ในการคำนวณหาแรงภายใน เหลือเพียงการแสดงผลทางด้านกราฟฟิค ยังมีความไม่สมบูรณ์อยู่บ้าง



(ก) ผลการวิเคราะห์แบบไฟล์ DXF



(ข) ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม SUTStructor



(ค) ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม CCT-Truss

รูปที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์โครงข้อหมุน

ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวณแรงภายในของแต่ละโปรแกรม

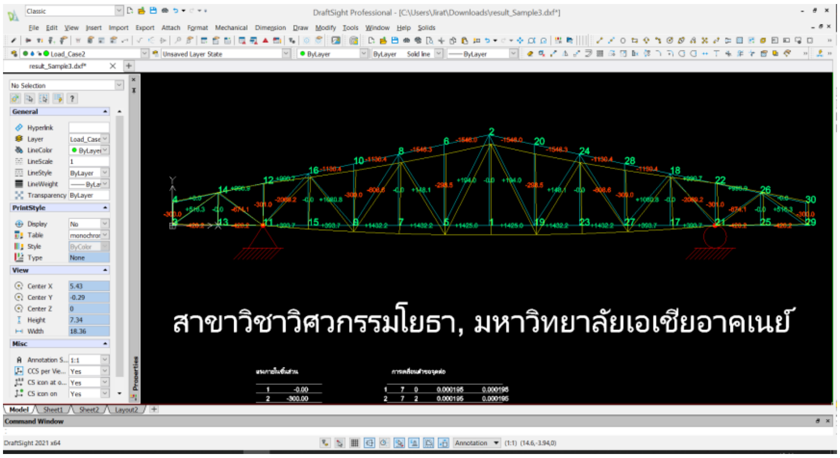
Member No.	แรงภายในชิ้นส่วนสูงสุด (kg.)		
	DXF.	SUT.	CCT.
แรงดึง	1432.21	1432.43	1431.82
แรงอัด	-2069.20	-2077.04	-2069.81

<u>หมายเหตุ</u>

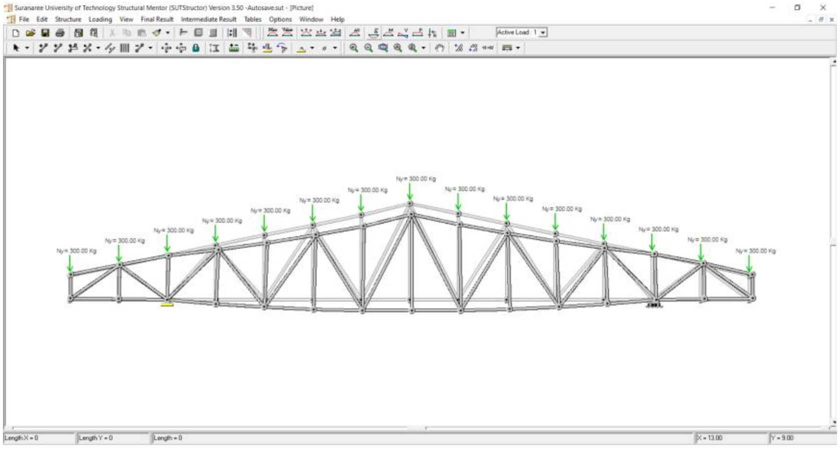
DXF : โปรแกรมจากการป้อนข้อมูลแบบไฟล์ DXF

SUT : โปรแกรม SUTStructor

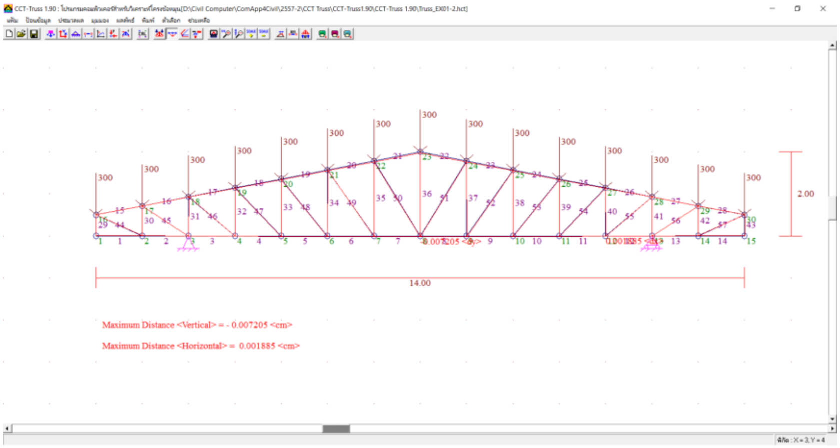
CCT : โปรแกรม CCT-Truss



(ก) ผลการวิเคราะห์แบบไฟล์ DXF



(ข) ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม SUTStructor



(ค) ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม CCT-Truss

รูปที่ 13 ข้อมูลโครงข้อหมุนตัวอย่างที่ 2 และการเสียรูปของโครงข้อหมุน

ผลการทดสอบวิเคราะห์โครงข้อหมุนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ผลของหารวิเคราะห์ของค่าแรงดึงและแรงอัดสูงสุด แสดงในตารางที่ 2 และรูปแบบของโครงถักรวมถึงการเสียรูปของโครงถักดังแสดงในรูปที่ 13 ผลลัพธ์ที่ได้เทียบกับโปรแกรมทั้งสองมีค่าแตกต่างของแรงภายในชิ้นส่วนสูงสุดไม่เกินร้อยละ 1 การเสียรูปนั้นในงานวิจัยนี้เป็นการเริ่มต้นพัฒนาส่วนของโปรแกรมและยังไม่ได้เป็นส่วนหลักในการทดสอบ

4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลลัพธ์ของค่าแรงดึงและแรงอัดของแรงภายในชิ้นส่วน ที่ได้จากการวิเคราะห์โครงข้อหมุนโดยการใช้ไฟล์ DXF นำเข้านั้นต้องมีการเขียนที่ถูกต้องแม่นยำ ไลบรารี ezdxf ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการอ่านข้อมูลเข้าสู่โมดูลในการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง ค่าที่มีความใกล้เคียงกันมากนี้เป็นผลจากวิธีทางการคำนวณที่เหมือนกันโดยใช้แบบเมทริกซ์ ดูจากผลลัพธ์ที่ได้เทียบกับโปรแกรม SUTStructor และโปรแกรม CCT-Truss มีค่าแตกต่างกันน้อยมาก

5. สรุปผล

การอ่านข้อมูลจากไฟล์ DXF ซึ่งได้จากการเขียนแบบโครงข้อหมุนร่วมกับการใช้ Block เพื่อนำเข้าสู่การวิเคราะห์นั้นทำได้สะดวกทั้งส่วนของการนำเข้าข้อมูลและการแสดงผลลัพธ์

การคำนวณที่เหมือนกันโดยใช้วิธีเมทริกซ์ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเทียบกับโปรแกรม SUTStructor และโปรแกรม CCT-Truss ที่ได้รับการยอมรับการใช้งานโดยทั่วไป มีค่าไม่แตกต่างกันมีความคลาดเคลื่อนน้อย แสดงว่าโมดูลส่วนของการวิเคราะห์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมีความถูกต้องแม่นยำสูง

จากผลการวิจัยเมื่อแสดงผลจากการอ่านข้อมูลด้วยการป้อนจากการสร้างไฟล์ DXF แล้วสามารถนำไปพัฒนาต่อในส่วนต่างๆ เพิ่มเติม เช่น การใช้ภาษา LISP + DCL ในการสร้างโครงสร้างแบบอัตโนมัติ ส่วนผลการวิเคราะห์ควรนำไปพัฒนาเพิ่มเติมต่อในส่วนเลือกขนาดหน้าตัดเหล็กรูปพรรณมาตรฐานจากตารางเพื่อตรวจสอบการโก่งตัวให้ผ่านตามเกณฑ์การออกแบบ และการออกแบบจุดต่อรวมถึงการเขียนจุดต่อโครงถักเพื่อการก่อสร้างจริง (Shop Drawing) ควรพัฒนาให้แสดงผลเป็นแบบจำลองโครงถักสามมิติเพื่อใช้ในการตรวจสอบขนาดโครงสร้างจะทำให้มีขบวนการ BIM ที่มากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณย่าแปลก เหมือนปิ๋ว ,อาจารย์ชยาทิตย์ วัฒนวิกย์กิจ ผู้สอนการประกอบ เมทริกซ์แก่ลูกศิษย์ด้วยความอดทน และอาจารย์ปิติ อังสุโวทัย ผู้ให้กำลังใจกับลูกศิษย์ให้ทำวิจัยอย่างต่อเนื่อง ขอขอบคุณ สำนักวิจัยมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และการจัดอบรมเพื่อส่งเสริมคุณภาพของนักวิจัย ขอขอบคุณ ผศ.เทอดศักดิ์ สายสุทธิ์ สำหรับข้อมูลโครงข้อหมุน

เอกสารอ้างอิง

[1] FreeCAD. (2021, May). [Online]. https://www. freecadweb.org/

[2] จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ, นิยม กิจหนองสรวง, ยุทธนา พลเสนา, วีระ โฆสิกุล, สมศักดิ์ ลาภเวที และ สุขสันติ์ เคนทวาย (2559). แบบก่อสร้าง : มาตรฐาน การจัดทำ แนวทาง การปรับปรุงและพัฒนา, SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol. 2, No. 1, January – June 2016, หน้า 29 – 43.

[3] ezdxf. (2021, May). [Online]. https://ezdxf. readthedocs.io/en/stable/index.html.

[4] จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ (2559). การพัฒนาโมดูลสำหรับวิเคราะห์โครงข้อหมุนสองมิติในโปรแกรม FreeCAD, การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2559 ครั้งที่ 3, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ โรงแรมริชมอนด์ สไตล์ลิช คอนเวนชั่น นนทบุรี

[5] พิเชฐ เยี่ยงยงค์, ณัฐตนัย อินทร และชลันธร อยู่ดี.(2552) การพัฒนาโปรแกรม MATLAB เพื่อวิเคราะห์โครงถัก 2 มิติ, ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[6] Kassimali, A. (1999). Matrix analysis of structures. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.

[7] จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ (2560). การศึกษาการสร้างไฟล์ DXF ด้วยไลบรารี่ภาษาไพทอน, การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2560 ครั้งที่ 4, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ โรงแรมริชมอนด์ สไตล์ลิช คอนเวนชั่น นนทบุรี

[8] จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ (2560). การศึกษาแนวทางการใช้สคริปต์ไฟล์จากไมโครซอฟท์เอกซ์เซลสร้างแคดไฟล์, การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2560 : การออกแบบนวัตกรรมเพื่อการศึกษาและงานวิจัย 4.0, วันศุกร์ที่ 23 - วันเสาร์ที่ 24 มิถุนายน 2560, โรงแรมริชมอนด์สไตลิชคอนเวนชั่น นนทบุรี.

ประวัติผู้ประพันธ์ :

จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ : สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (วศ.ม.วิศวกรรมโครงสร้าง) มหาวิทยาลัย ขอนแก่น ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ **งานวิจัยที่สนใจ** ได้แก่คอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมโยธา

จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ : สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (วศ.ม.วิศวกรรมโครงสร้าง) มหาวิทยาลัย ขอนแก่น ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ **งานวิจัยที่สนใจ** ได้แก่วัสดุวิศวกรรมโยธาและการทดสอบ, Graphic and Drawing in Civil Engineering

สมภพ ลิ้มประไพงษ์ : สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (วศ.ม.วิศวกรรมโครงสร้าง) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ **งานวิจัยที่สนใจ** ได้แก่การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก และอาคารเหล็กรูปพรรณ

การออกแบบอุปกรณ์ขนย้ายเครื่องจักร เพื่อลดเวลาในการขนย้าย กรณีศึกษา บริษัท AAA จำกัด

Case study for company AAA ltd: Arranging equipment to minimize machinery transportation time

บุริม นิลแป้น*

*สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ

Corresponding author e-mail : burimnilpan@hotmail.com

วันที่รับบทความ: 18 กันยายน 2564 / วันที่แก้ไขบทความ: 2 พฤศจิกายน 2564 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์:9 พฤศจิกายน 2564

บทคัดย่อ : บริษัท AAA จำกัด เป็นศูนย์จำหน่ายและแสดงเครื่องจักรด้านโลหะแผ่น ทำหน้าที่จัดหาและจัดส่งเครื่องจักรขนาดระหว่าง 1 – 20 ตัน บริษัทมีบริเวณพื้นที่โกดังในการเก็บ 2 โกดัง จึงทำให้มีการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรระหว่าง 2 พื้นที่ รูปแบบการเคลื่อนย้ายเป็นแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ การใช้เครน และใช้เพลาลำเลียงสำหรับบริเวณที่ไม่สามารถติดตั้งเครนได้ โดยเวลาที่ในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรขนาด 10 ตันด้วยเพลาจะเฉลี่ยอยู่ที่ 19.64 นาที ผู้วิจัยพิจารณาแล้วพบว่าการใช้เพลาในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรนั้นมีความเสี่ยงต่อพนักงาน และใช้เวลาการเคลื่อนย้ายนาน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดระยะเวลาในกระบวนการขนย้ายเครื่องจักร โดยการออกแบบและจัดสร้างอุปกรณ์เคลื่อนย้ายเครื่องจักร แนวคิดหลัก คือ เป็นการขนย้ายด้วยโรลเลอร์ มีความสามารถรับน้ำหนักได้ปริมาณมาก ลดแรงเสียดทาน กระบวนการออกแบบเริ่มจากการพิจารณาหาแรงกระทำที่อุปกรณ์ขนย้ายแต่ละตัวจะได้รับ โดยคำนวนจากในกรณีที่ใช้ในการขนย้ายเครื่องจักรขนาด 20 ตัน ซึ่งเป็นน้ำหนักมากที่สุดที่บริษัทได้ทำการจัดส่ง ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเกรด SS 400ทำโครงสร้างหลัก และเลือกใช้ล้อซุปเปอร์ลีนที่มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงในการรับแรงเสียดทานเป็นล้อ เมื่อนำอุปกรณ์ที่จัดสร้างไปใช้ในการขนย้ายเครื่องจักรขนาด 10 ตัน พบว่าระยะเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 93.9 นาที สามารถลดระยะเวลาโดยเฉลี่ยลงจากเดิม 71.9 นาที คิดเป็น 49.44% และสามารถลดเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรชนิดต่าง ๆ อีก 4 ชนิด (น้ำหนักไม่เกิน 12 ตัน) อยู่ที่ 55.95% อุปกรณ์เคลื่อย้ายเครื่องจักรที่ได้ทำการออกแบบและจัดสร้างนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 17,000 บาท โดยคิดเป็นค่าใช้จ่ายในแต่ละวันที่ดำเนินการใช้อยู่ที่ 65.13 บาท/วัน

คำสำคัญ : การเคลื่อนย้ายเครื่องจักร, การควบคุมคุณภาพ, การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล

Abstract *:* Company AAA ltd. is a representative and a distributor for machinery that works with metal sheets. The company mainly deals with sourcing and distributing machinery weighing between 1 – 20 tons and as they have 2 main warehouses in which they use for storing the machinery, they have 2 methods of transporting the machinery. First method is using a crane and the other method is by using a conveyor shaft for the areas that the crane

can not access, which takes an average of 19.64 minutes to move 10 tons. According to the researchers, this method is very dangerous towards the employees and time consuming, and that is why they are looking for a solution to reduce risk and time in transporting the machinery. During the design phase, they used calculations for moving machinery at 20 tons (which is the heaviest machinery that they supply), which concluded that they use low carbon steel SS400 for the structure and Superlene wheels (as they are the strongest type of wheels for this use). Once completing the equipment, tests show that moving 10 tons of machinery averaged at 9.93 minutes at first, then dropping down to an average of 9.71 minutes (which is 49.44% of the original time) and they were also able to bring the down the average of 4 other types of machinery (weighing no more than 12 tons) to 55.95% of the original average time. The design and construction fee is at 17,000baht or can be calculated to be a daily cost of 65.13baht per day.

Keywords **:** Machinery Movement, Quality Controls, Machinery Design

1. บทนำ

บริษัท AAA จำกัด เป็นศูนย์จำหน่ายและแสดงเครื่องจักรด้านโลหะแผ่น ซึ่งเครื่องจักรส่วนใหญ่มีน้ำหนัก ตัน 20 ตันไปจนถึง 1 เมื่อเครื่องจักรทำการขนส่งมาถึงโรงงาน พนักงานของบริษัทจะดำเนินการขนย้ายเครื่องลงจากรถบรรทุก เพื่อจัดเก็บเครื่องจักรให้เป็นระเบียบภายในโกดัง ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 เครื่องจักรที่ต้องทำการขนย้าย

ด้วยบริษัท AAA จำกัด ได้มีการจัดทำโกดังเพื่อเก็บเครื่องจักรที่ได้ดำเนินการจัดซื้อสำหรับรอดำเนินการจัดส่ง ออกเป็น 2 โกดัง โดยในโครงสร้างของโกดัง มีการออกแบบระบบเครน ที่ใช้ในการขนย้ายเครื่องจักรเป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีบริษัทมีการต้องขนย้าย เครื่องจักรที่ได้ซื้อมาข้ามระหว่างโกดังด้วยกันเอง หรือ ขนย้ายเข้ามุมอับที่เครนไม่สามารถดำเนินการได้ รูปแบบของการแก้ไขปัญหาที่ทางบริษัทได้ดำเนินการมี 2 แนวทางในการปฏิบัติ ได้แก่ 1.ทำการจัดจ้าง บริษัทขนย้ายเครื่องจักรจากภายนอกเข้ามาดำเนินการ 2.การขนย้ายด้วยการค่อย ๆ ลำเลียงผ่านแท่งเหล็กที่วางไว้ในแนวราบจนถึงตำแหน่งที่ต้องการ

สำหรับการลำเลียงเครื่องจักรขนาดเล็กด้วยวิธีการค่อย ๆ ลำเลียงด้วยแท่งเหล็กนั้น กระบวนการจะเริ่มจากทางพนักงานจะใช้แม่แรงไฮดรอลิกส์ยกเครื่องจักร แล้วจึงใช้เพลาเหล็กสอดใต้เครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นจึงค่อยทำการเข็นเครื่องจักร โดยระหว่างทาง มีการสอดและสลับแท่งเหล็กไปมา จนถึงบริเวณตำแหน่งที่ต้องการ

รูปที่ 2 การขนย้ายเครื่องจักรโดยใช้เพลาเป็นตัวรับแรง

จากการพิจารณากรณีศึกษา พบว่าสำหรับการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรน้ำหนัก 10 ตัน หากมีการจ้างบริษัทภายนอกมาทำการย้ายจะใช้ระยะเวลาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 12.72 นาที และต้นทุนที่ใช้ในการขนย้ายเครื่องจักรจำนวน 10 ครั้ง เสียค่าใช้จ่ายโดยประมาณ 70,000 บาท ในขณะที่การใช้เพลาเหล็กทำให้การขนระยะเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 19.64 นาที โดยเมื่อสรุปเปรียบเทียบเวลาระหว่างการขนส่งทั้ง 2 รูปแบบ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของเวลาในการขนย้ายเครื่องจักรขนาด 10 ตัน ของ 2 รูปแบบ

รูปแบบการขนย้าย	**ค่าเฉลี่ย (นาที)**
การจ้างบริษัทขนย้าย	12.72
การใช้เพลาเหล็ก	19.64

นอกจากนี้ ด้วยเคลื่อนย้ายเครื่องจักรด้วยวิธีการลำเลียงผ่านเพลาเหล็กนั้น ต้องอาศัยการการก้มไปดังและสลับเพลา เมื่อสลับเพลาแล้วต้องอาศัยการผลักดันของพนักงานตลอดกระบวนการจนกว่าจะถึงตำแหน่งที่ทำการจัดเก็บเครื่องจักร เมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่ากระบวนการทั้ง 2 นั้น (การก้ม และการผลักดัน)มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุระหว่างดำเนินการเคลื่อนย้ายค่อนข้างมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะแก้ปัญหาให้สามารถลดเวลาในกระบวนการขนย้ายเครื่องจักร และสร้างความปลอดภัยในระหว่างปฏิบัติงานเคลื่อนย้ายได้

2.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การขนถ่ายวัสดุ (Material Handling)

การจัดเตรียมสถานที่และตำแหน่งของวัสดุ โดยเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การบรรจุหีบห่อ การเก็บรักษา ซึ่งต้องอาศัยวิธีการในการเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการขนย้ายวัตถุดิบเข้ามาในสายการผลิต ให้เหมาะสมกับลักษณะงานจนเป็นสินค้า หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป [1]

2.1.2 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause Effect Diagram)

เป็นแผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างสาเหตุหลายๆ สาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาหนึ่งปัญหา [2]

2.1.3 การออกแบบเครื่องกล (Machinery Design)

การออกแบบรูปร่าง พื้นฐานทางด้านการคำนวณและหลักการเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนตามความเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกล และกับชิ้นงานในลักษณะต่างๆกัน [3]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุมาภรณ์ วุฒิวรานนท์, ศักดิ์ กองสุวรรณ์ และเชษฐ์ภนัฎ ลีลาศรีสิริ ได้ทำการแก้ไขปัญหาการลดความสูญเสียจากกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าจำพวกเสื้อยืดส่งออก ของบริษัท ไอวิดจีน จำกัด โดยกระบวนการแก้ไข ผู้วิจัยได้ทำแบบสอบถาม โดยการออกแบบตัวแปรบรรจุภัณฑ์ที่มีน้ำหนัก 30 กิโลกรัม 45 กิโลกรัม 60 กิโลกรัม และ 80 กิโลกรัม โดยจากการทำแบบสอบถาม ผู้วิจัยพบว่า ปัญหาที่พบได้แก่ พบความ

เสียหายมาจากการเคลื่อนย้ายบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมากกว่า 71 กิโลกรัม ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหา ดังนี้ 1)ควรลดน้ำหนัก และขนาดของสินค้าลง 2)ควรเพิ่มอุปกรณ์ผ่านแรง เช่น รถลาก (hand lift) กับชั้นวางสินค้า เพื่อให้ง่ายต่อการลำเลียงมากขึ้น [4]

มงคล ตุ่นเฮ้า และคณะ ได้มีการพัฒนาและสร้างเครื่องลำเลียงมัดอ้อยขึ้นรถบรรทุก โดยมีโครงสร้างเป็นโซ่ลำเลียง 2 เส้นติดตั้งด้านข้างรถบรรทุก โดยเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องลำเลียงมัดอ้อยทั่วไป มีโครงสร้างเล็กกว่า 25% ต้นกำลังเครื่องยนต์ที่ใช้น้อยกว่า 33.33% โดยมีอัตราการทำงาน และอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากัน สามารถลดต้นทุนในด้านการผลิตลงได้ 29.17% [5]

3.วัสดุ อุปกรณ์และวิธีวิจัย

3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.สามารถลดระยะเวลา (หน่วย:นาที) ของกระบวนการขนย้ายเครื่องจักรขนาด 10 ตันของบริษัทกรณีศึกษาได้

3.2 กำหนดขอบเขตงานวิจัย

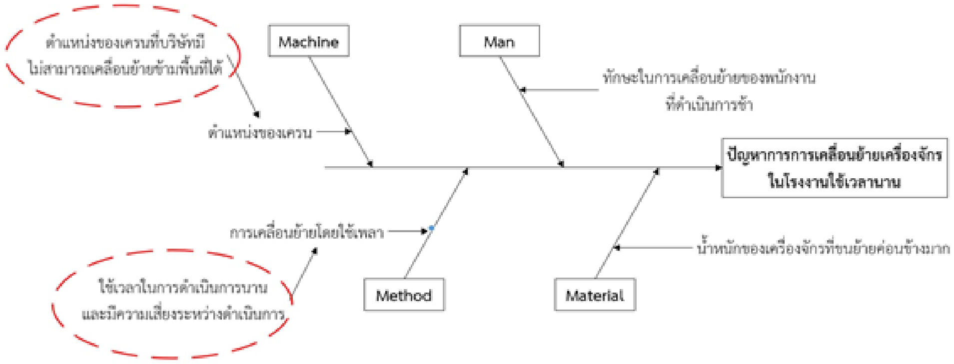
1.ดำเนินการจัดสร้างอุปกรณ์ช่วยในการขนย้ายเครื่องจักร

2.อุปกรณ์ขนย้ายเครื่องจักรที่ดำเนินการจัดสร้างสามารถรองรับน้ำหนักของเครื่องจักรได้ไม่เกิน 20 ตัน

3.3 พิจารณาหาสาเหตุของปัญหา

ผู้วิจัยใช้หลักการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผล (Cause Effect Diagram) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรในงานใช้เวลานาน ดังแสดงผลในรูปที่ 3

จากการวิเคราะห์ผังก้างปลาวิเคราะห์ได้ว่าสาเหตุหลักของการใช้เวลาในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรที่นานนั้นเกิดมาจากการที่บริษัทติดตั้งเครนไว้เฉพาะที่ในโกดัง และการใช้วิธีการเคลื่อนย้ายด้วยวิธีการค่อย ๆ ลำเลียงผ่านเพลาเหล็ก



รูปที่ 3 ผังแสดงเหตุและผล (Cause Effect Diagram)

3.4 วิเคราะห์แนวทางในการการแก้ไขปัญหา

เนื่องจากระหว่างการเคลื่อนย้ายจะมีการใช้เพลาสอดสลับไปมาใต้เครื่องจักรจนถึงตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งวิธีการดังกล่าวอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อพนักงานและเกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรได้ อีกทั้งการเปลี่ยนทิศทางในการเคลื่อนย้ายทำได้ยาก เพราะต้องจัดเพลาเหล็กให้ได้ระยะในการที่จะหมุนเครื่องจักร ทำให้เสียเวลาในการขนย้ายมากขึ้น

ผู้วิจัยจึงได้มีความคิดในการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับขนย้ายเครื่องจักรเพื่อให้สะดวก และง่ายต่อการใช้งาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรม พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วมีการใช้เต่าย้ายเครื่องจักร (Machinery Mover) ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 เต่าย้ายเครื่องจักร (Machinery Mover) ที่มาhttps://handtrucks2go.com/images/D/01_R3_Master-2a35a67dcf.jpg)

โดยมีวิธีใช้ในเต่าย้ายเครื่องจักรดังแสดงในรูปที่ 5

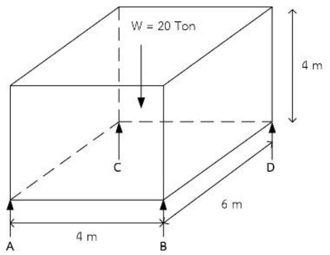
รูปที่ 5 การใช้เต่าย้ายเครื่องจักร (ที่มา:https://i.ytimg.com/vi/JWNtRh9d52A/maxresdefault.jpg)

โดยจากการเข้าไปตรวจสอบหาข้อมูลพบว่าราคาที่ขายขึ้นอยู่กับความสามารถในการรองรับน้ำหนักของเครื่องจักร แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผู้วิจัยได้ทำการนำเสนอเต่าเคลื่อนย้ายเครื่องจักรที่มีในท้องตลาดให้แก่ทางสถานประกอบการ ปัญหาที่พบ คือ เต่าที่มีในท้องตลาด ไม่สอดคล้องกับน้ำหนักของเครื่องจักรที่ขนย้ายเนื่องด้วยช่วงของน้ำหนักเครื่องจักรที่ขนย้าย อยู่ระหว่าง 10 – 20 ตัน ในกรณีที่ซื้อเต่าที่รับน้ำหนักได้น้อย (ตำแหน่งละไม่เกิน 3 ตัน) ความสามารถสูงสุดก็จะรับได้ไม่เกิน 12 ตัน (พิจารณากรณีกระจายน้ำหนักที่ ขอบทั้ง 4 ด้าน) แต่ถ้าซื้อในกรณีที่รับน้ำหนักได้ด้านละ 10 ตัน ขึ้นไป ก็จะประสบปัญหาราคาสูง อีกทั้งในการขนย้ายไม่ได้จำกัดที่น้ำหนักเท่าใดที่แน่นอนเป็นประจำ ผู้วิจัยจึงพิจารณาว่า การออกแบบเต่าในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรด้วยตัวเองจึงน่าจะเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมกับทางบริษัท กรณีศึกษา ด้วยสามารถคาดคะเนน้ำหนักที่ใช้ อีกทั้งเนื่องด้วยบริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทที่จัดจำหน่ายเครื่องจักรที่เกี่ยวกับโลหะแผ่น ดังนั้น การจัดเตรียมวัสดุที่ใช้ในการผลิตจึงทำได้โดยสะดวก

3.5 ออกแบบอุปกรณ์ในการช่วยขนย้ายเครื่องจักร

3.5.1 พิจารณาหาแรงที่กระทำบนตัวอุปกรณ์ช่วยในการขนย้าย

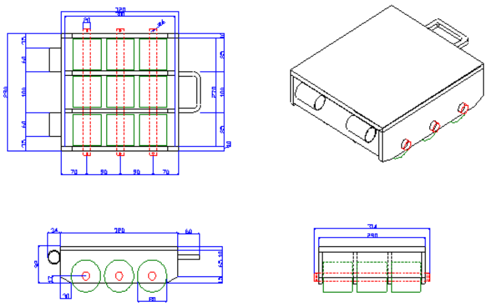
ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์หาแรงที่กระทำบนอุปกรณ์ในการขนย้ายแต่ละตำแหน่ง โดยคิดในสถานการณ์ที่ขนส่งเครื่องจักรที่มีน้ำหนัก 20 ตัน (20,000 กิโลกรัม : 196,200 นิวตัน) และมีขนาดของตัวเครื่องจักรขนาด 4 เมตร x 6 เมตร x 4 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) โดยแสดงรูปการวิเคราะห์ค่าแรงที่รับ ดังแสดงในรูปที่ 6 อุปกรณ์ช่วยในการขนย้ายเครื่องจักรตัวนี้จะใช้รองรับน้ำหนักของตัวเครื่องจักรจากด้านล่าง 4 จุด โดยอุปกรณ์แต่ละจุดจะรับแรงดังต่อไปนี้ แบ่งน้ำหนักออกเป็น 4 จุด เท่ากับฝั่งละ 5 ตัน (5,000 กิโลกรัม : 49,050 นิวตัน) ซึ่งในการออกแบบครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ค่าความปลอดภัยในการออกแบบ (Factor of Safety : F.S.) ที่ 1.25 ดังนั้นค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของอุปกรณ์แต่ละตำแหน่งจึงสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 6.25 ตัน (6,250 กิโลกรัม : 61,312.5 นิวตัน) [6]



รูปที่ 6 การวิเคราะห์ค่าแรงที่รับ

2.5.2 ทำการออกแบบอุปกรณ์ในการช่วยขนย้ายเครื่องจักร

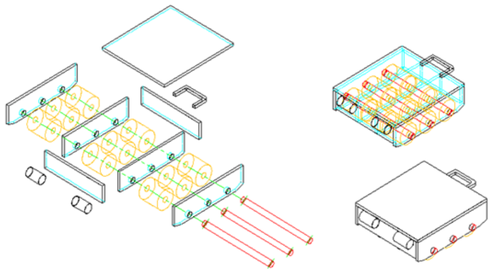
ผู้วิจัยต้องการให้อุปกรณ์ที่ออกแบบมานั้นมีความสามารถรองรับน้ำหนักได้ค่อนข้างดี แนวคิดในการออกแบบจึงเน้นให้อุปกรณ์มีการกระจายน้ำหนักที่ได้รับให้มากที่สุด ดังนั้นในการออกแบบจึงได้มีการออกแบบให้ลูกล้อที่ใช้ในการรับแรงมีทั้งสิ้น 9 ลูก* (ซึ่งจะแตกต่างจากที่มีขายในท้องตลาดที่โดยส่วนใหญ่นั้นมีล้อจำนวน 4 ล้อ) โดยรูปร่างของอุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบ แสดงในรูปที่ 7 [7]



รูปที่ 7 อุปกรณ์ขนย้ายที่ทำการออกแบบ

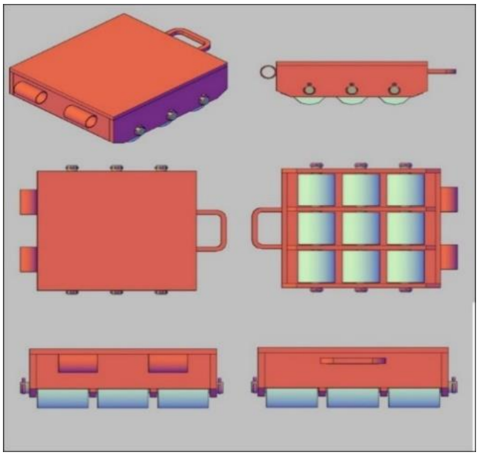
*หมายเหตุ จากการพิจารณาภาระแรงที่อุปกรณ์ขนย้ายเครื่องจักรที่จะดำเนินการสร้าง ต้องได้รับในขั้นตอนก่อนหน้า ล้อที่นำมาใช้ในการทำต้องรับแรงตำแหน่งละ 694.4 กิโลกรัม (6,250 กิโลกรัม/9) ดังนั้น วัสดุที่นำมาใช้เป็นล้อเพื่อรับแรงต้องมีความสามารถรับแรงได้ไม่ต่ำกว่าค่าดังกล่าว

โดยแสดงรูปชิ้นส่วนแยกประกอบดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 รูปชิ้นส่วนแยกประกอบ

และแสดงลักษณะอุปกรณ์ขนย้ายเมื่อได้ดำเนินการจัดสร้างเสร็จ ในรูปที่ 9



รูปที่ 9 อุปกรณ์ขนย้ายที่ทำการออกแบบเมื่อเสร็จ

3.5.3 จัดเตรียมวัสดุที่ใช้ในการสร้าง

1) แผ่นเหล็กสำหรับทำตัวของโครงสร้างหลัก เหล็กที่ใช้เป็นเหล็กรีดร้อน (เหล็กเหนียว) SS400 หนา 10 มม. เหล็กแผ่นรีดร้อนใช้สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี สามารถเชื่อมต่อ ได้ง่าย เป็นโครงสร้างต่าง ๆ ใช้ในการก่อสร้าง ตึก ก่อสร้างสะพาน สร้างเรือ หรือใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ [8][9]

2) ท่อเหล็กใช้สำหรับทำหูสอด ใช้ในการลากตัวอุปกรณ์หรือทำให้ตัวอุปกรณ์ขนานกันขณะเคลื่อนย้าย ซึ่งใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใน 25 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 34 มม.

3) เหล็กข้ออ้อย SD 30 ความหนา 10 มม ใช้สำหรับเป็นด้ามจับของตัวอุปกรณ์

4) แกนเพลาสำหรับประคองล้อซุปเปอร์ลีน ใช้เพลาแข็งหัวแดง S45C ขนาด 20 มม.

5) ล้อซุปเปอร์ลีนพร้อมลูกปืน ซึ่ง Superlene Nylon ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้วัสดุล้อซุปเปอร์ลีนเป็นล้อในการเคลื่อนย้าย ขนาด 80x80 ซึ่งมีความสามารถในการรับน้ำหนักต่อลูกได้ 700 kg.

6) สลักเหล็ก ใช้สำหรับล็อคเพลาไม่ให้หลุดออกจากตัวอุปกรณ์

3.6 ขั้นตอนการประดิษฐ์อุปกรณ์ช่วยในการขนย้ายเครื่องจักร

1) ทำการตัดแผ่นเหล็ก ขนาดกว้าง 29 ซม. ยาว 32 ซม. จำนวน 4 แผ่น, ขนาดกว้าง 6.5 ซม. ยาว 27 ซม. จำนวน 8 แผ่น, ขนาดกว้าง 8 ซม. ยาว 32 ซม. จำนวน 8 แผ่น, ขนาดกว้าง 80 ซม. ยาว 29.7 ซม. จำนวน 8 แผ่น ดังแสดงในรูปที่ 10

รูปที่ 10 แผ่นเหล็กที่ใช้ทำโครงอุปกรณ์

2) ทำการเจาะรูตามตำแหน่งในแบบเพื่อใช้ในการสวมเพลาล้อซุปเปอร์ลีน ดังแสดงในรูปที่ 11

รูปที่ 11 เจาะรูและบากมุมตามแบบ

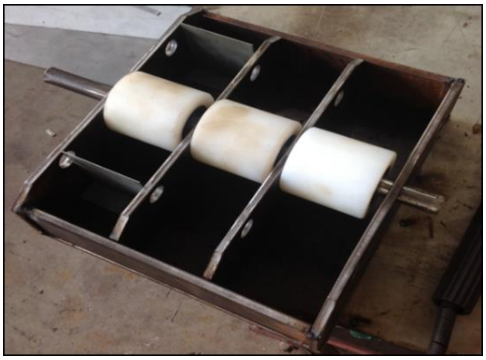
3) ทำการตัดเพลาเหล็กหัวแดงขนาดความยาว 31.4 ซม. จำนวน 12 เส้น แล้วเจาะรูหัวท้ายตามตำแหน่งเพื่อใส่ปริ้นล็อคในการล็อคเพลา ดังแสดงในรูปที่ 12

รูปที่ 12 เพลาเหล็กที่ตัดและเจาะรู

4) หลังจากตัดแผ่นเหล็กตามแบบที่เขียนไว้ครบตามจำนวนชิ้นแล้วจึงนำมาประกบกัน แล้วทำการเหล็กให้เชื่อมชิ้นส่วนให้ติดกัน และขัดแต่งผิวให้เรียบ ดังแสดงในรูปที่ 13

รูปที่ 13 ทำการประกบเพื่อเตรียมการเชื่อม

5) จากนั้นนำเพลาที่ทำการตัดแล้วมาทดลองสวมเข้ากับโครงโรลเลอร์และล้อซุปเปอร์ลีน ดังแสดงในรูปที่ 14 [10]



รูปที่ 14 ลักษณะการลองสวมเพลา
เข้ากับล้อซุปเปอร์ลีน

6) พ่นสีตัวโครงโรลเลอร์ ก่อนที่จะสวมเพลากลับที่เดิม ดังแสดงในรูปที่ 15

รูปที่ 15 ทำการพ่นสีรองพื้นโครงอุปกรณ์ให้สวยงาม

7) ล็อคเพลาด้วยสลัก ดังแสดงในรูปที่ 16

รูปที่ 16 ลักษณะการใช้สลักล็อคเพลาไม่ให้หลุดออกจากอุปกรณ์

8) เมื่อดำเนินการประกอบเสร็จจะได้อุปกรณ์ขนย้ายเครื่องจักรที่สมบูรณ์ 1 ตัว (ดังแสดงในรูปที่ 17)

รูปที่ 17 รูปของอุปกรณ์ช่วยในการขนย้ายที่สมบูรณ์

9) ทำขั้นตอนซ้ำ จาก 1 – 7 เป็นจำนวน 3 รอบ เพื่อให้ได้อุปกรณ์ขนย้ายจำนวน 4 ตัว ตามที่ต้องการ

3.7 ทดสอบนำไปใช้เคลื่อนย้ายเครื่องจักรขนาด 10 ตัน

1.ดำเนินการทดสอบโดยการนำอุปกรณ์ช่วยในการขนย้ายเครื่องจักรที่ได้จัดทำขึ้นมาใช้ขนย้ายเครื่องจักรแทนการขนย้ายแบบเดิม (ดังแสดงในรูปที่18)

รูปที่ 18 รูปการขนย้ายเครื่องจักรขนาดเล็ก 10 ตัน

จากนั้นทำการบันทึกค่าระยะเวลาในการขนย้ายเพื่อทำการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป

2.ทดสอบขนย้ายเครื่องจักร ชนิดอื่นเพิ่มเติม (ขนาดน้ำหนักไม่เกิน 12 ตัน) แล้วทำการบันทึกค่าเวลาเปรียบเทียบก่อนและหลังใช้อุปกรณ์ โดยรายชื่อเครื่องจักร และรายละเอียดน้ำหนักของตัวเครื่องแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เครื่องจักรประเภทอื่น(ขนาดน้ำหนักไม่เกิน 12 ตัน) ที่จะทำการทดสอบขนย้ายเพิ่มเติม

ลำดับที่	**ประเภทเครื่องจักร**	**น้ำหนัก (kg.)**
1	เครื่อง GEKA	1,109
2	เครื่องม้วนเหล็ก	2,010
3	เครื่องตัดไฮโดรลิค	9,100
4	เครื่องพับไฮโดรลิค	11,100

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

1.ตารางการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาของการขนย้ายเครื่องจักรขนาด 10 ตัน ระหว่างก่อนการแก้ไข และหลังการแก้ไข แสดงในดัง ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาของการขนย้ายเครื่องจักรขนาด 10 ตัน ระหว่างก่อนการแก้ไข และหลังการแก้ไข

ครั้งที่	ก่อนการแก้ไข (นาที)	หลังการแก้ไข (นาที)	เวลาที่ลดลง (นาที)
1	20.56	10.09	10.47
2	20.47	9.56	10.91
3	19.23	9.38	9.85
4	20.05	10.25	9.8
5	21.44	11.12	10.32
6	19.28	10.54	8.74
7	19.41	11.20	8.21
8	19.32	9.43	9.89
9	18.14	9.17	8.97
10	18.51	8.55	9.96
ค่าเฉลี่ย	**19.64**	**9.93**	**71.9**

2. ตารางการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาของการขนย้ายเครื่องจักรชนิดต่าง ๆ ระหว่างก่อนการแก้ไข และหลังการแก้ไข ดังแสดงใน ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาของการขนย้ายเครื่องจักรชนิดอื่น ๆ (ขนาดน้ำหนักไม่เกิน 12 ตัน) ระหว่างก่อนการแก้ไข และหลังการแก้ไข

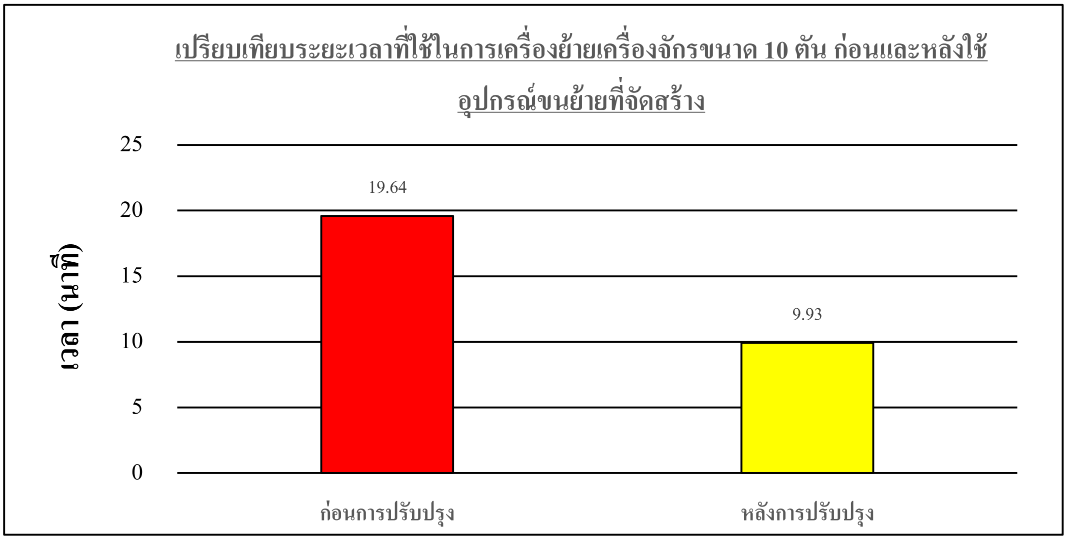
ลำดับที่	ประเภทเครื่องจักร	น้ำหนัก (kg.)	ระยะเวลา ก่อนใช้ (นาที)	ระยะเวลา หลังใช้ (นาที)	เวลาที่ลดลง (นาที)
1	เครื่อง GEKA	1,109	10.05	4.35	5.70
2	เครื่องม้วนเหล็ก	2,010	12.11	5.08	7.03
3	เครื่องตัดไฮโดรลิค	9,100	20.17	9.55	10.62
4	เครื่องพับไฮโดรลิค	11,000	19.33	8.43	10.09

5.สรุปผล

เปรียบเทียบระยะเวลาในการขนย้าย .1 เครื่องจักรขนาด10 ตัน ของบริษัท AAA ก่อนและหลังทำการจัดสร้างอุปกรณ์ในการขนย้าย แสดงดังรูปที่ 19 ผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินการระยะเวลาของการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรขนาด 10 ตัน ก่อนการแก้ไข เฉลี่ยอยู่ที่ 19.64 นาที ส่วนหลังการแก้ไขเฉลี่ย

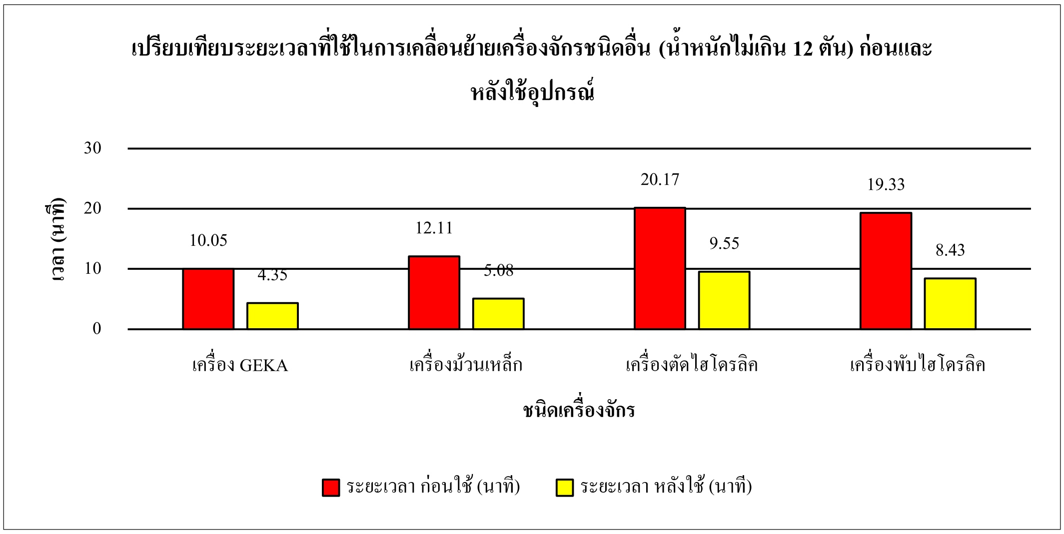
อยู่ที่ 9.93 นาที ดังนั้นสามารถลดระยะเวลาโดยเฉลี่ย 9.71 นาที คิดเป็น 49.44% [11]

เปรียบเทียบระยะเวลาในการขนย้ายเครื่องจักร.2 (น้ำหนักไม่เกิน 12 ตัน) ประเภทอื่น ของบริษัท AAA



รูปที่ 19 เปรียบเทียบค่าของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรขนาด 10 ตัน ก่อนและหลังมีอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้าย

ก่อนและหลังทำการจัดสร้างอุปกรณ์ในการขนย้าย แสดงดังภาพที่ 20 โดยแวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรชนิดต่าง ๆ อีก 4 ชนิด (น้ำหนักไม่เกิน 12 ตัน) ลดลง 55.95%



รูปที่ 20 เปรียบเทียบค่าของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักร (น้ำหนักไม่เกิน 10 ตัน) ชนิดอื่น ก่อนและหลังใช้อุปกรณ์ในการเคลื่อนย้าย

3. สำหรับค่าใช้จ่ายในการจัดทำอุปกรณ์ช่วยการขนย้ายเครื่องจักรเพื่อลดเวลาและต้นทุน โครงการนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 17,000 บาท โดยคิดเป็นค่าใช้จ่ายในแต่ละวันที่ดำเนินการใช้อยู่ที่ 65.13 บาท/วัน* (คิดที่จำนวน 261 วันทำงานต่อปี โดยหักลบวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดราชการ)

4. เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการใช้อุปกรณ์ช่วยการขนย้ายเครื่องจักร แสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการใช้อุปกรณ์ช่วยในการขนย้ายเครื่องจักร

ข้อดี	ข้อเสีย
- ช่วยลดระยะเวลาในการขนย้ายเครื่องจักรได้มากขึ้น - ลดค่าใช้จ่ายของทางโรงงานที่ไม่จำเป็นต้องจ้างบริษัทขนย้ายเครื่องจักร - ลดค่าใช้จ่ายของทางโรงงานที่ไม่จำเป็นต้องจ้างบริษัทขนย้ายเครื่องจักร - สร้างความปลอดภัยแก่พนักงานที่ทำหน้าที่ขนย้าย ไม่เกิดการเสียหายกับตัวเครื่องจักร	- อุปกรณ์มีน้ำหนักมากเนื่องจากทำจากเหล็กที่หนา - สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดเพียง 20 ตัน - ถ้าเครื่องจักรมีน้ำหนักมากไม่สามารถใช้แรงคนผลักและดันได้ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยลากจูง

เอกสารอ้างอิง

[1] S. Takulsubtawee, Handling and Logistics Equipment Design, TPA Publishing, 2005 (in Thai)

[2] Douglas C. Montgomery, Introduction to Statistical Quality Control, John Wiley & Son, 2004.

[3] Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Richard G. Budynas, Mechanical engineering design, Mc Graw Hill, 2003.

[4] A. Wuttivaranon, S. Kongsuwan, and C. Leelasrisiri, " Development Guideline for Losses Reductionin Process Movement I Wish Jean Co., Ltd.", NRRU Community Research Journal vol. 11 no. 1, pp. 85- 93 (January - April 2017) (in Thai).

[5] M. Tunhaw , "Reseacrh and Development of Sugarcane Truck Loading Mechanics", *Research Report*, Department of Agriculture, 2013 (in Thai).

[6] Beer- Johnston- Eisenberg- Mazurek, Vector Mechanics for Engineers Statics 12Ed, McGraw-Hill Book. Singapore, 2019.

[7] P. Pattising, AutoCAD 2019 for Engineer and Architecture Drawing, Provision, 2020.

[8] William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch, Materials science and engineering: an introduction 10th ed. Includes index.

[9] P. Vengkaew and C. Laprunksee. Steel Quick Reference Se-ed Education. 2011 (in Thai).

[10] Indyplastic, "Super Lean", Available form: http://www.thaiplastic2012.com/index.php?mo=3&art=42166649, 2012.

[11] John Wiley & Sone, Engineering Statistics. 111 River Street, Hoboken, 2012.

ประวัติผู้ประพันธ์ :

บุริม นิลแป้น

ประวัติการศึกษา :

- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเกษตร จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติการทำงาน :

- ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

งานวิจัยที่สนใจ :

- การควบคุมคุณรูปในการผลิต, การแก้ไขปรับปรุงปัญหาในกระบวนการผลิต

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2564

ชื่อ-นามสกุล		ต้นสังกัด
รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญญารัตน์	สายสิริรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์	รัตนมีชัยสกุล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิระ	สายศร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.จรัล	รัตนโชตินันท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพันธ์	ด้วงทองสุข	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษมสุข	เสพศิริสุข	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาทิพย์	ลีลาธนาพิพัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา	ประสพชัยชนะ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย	ชื่นวัฒนาประณิธิ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงศกร	คชาพงศ์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ดร.อมรชัย	ใจยงค์	มหาวิทยาลัยบูรพา

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY ตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ โดยมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ บทความที่พิจารณาตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ในการพิจารณาของวารสารอื่นๆ เรื่องที่จะตีพิมพ์จะต้องได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 คน กองบรรณาธิการอาจให้ผู้เขียนปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้นและทรงไว้ซึ่งสิทธิ์ในการตัดสินตีพิมพ์หรือไม่ก็ได้

ประเภทผลงานที่ตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research articles) เป็นผลงานที่เตรียมจากข้อมูลที่ผู้เขียน หรือทีมงานผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตนเอง
2. บทความวิชาการ (Academic articles) อาจแยกเป็นบทความปริทรรศน์ (Review articles) บทความเทคนิค (Technical article) เรียบเรียงจากการสืบค้น ตรวจสอบเอกสารวิชาการในสาขานั้นๆ และบทความพิเศษ (Special articles) เสนอความรู้ทั่วๆไปในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การเตรียมต้นฉบับบทความ

บทความหรือผลงานวิจัยที่นำเสนออาจอยู่ในรูปแบบภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ โดยจัดพิมพ์ด้วยโปรแกรมเวิร์ดโปรเซสเซอร์ ภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์ สำหรับตาราง แผนภาพและภาพประกอบในส่วนของต้นฉบับจะต้องตามรูปแบบที่กำหนดเพื่อให้พร้อมตีพิมพ์ได้ทันที (Camera ready) ต้นแบบสำหรับบทความสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซด์ saujournalst.sau.ac.th

การส่งบทความ

ส่ง “ต้นฉบับบทความ” โดยไม่ต้องระบุชื่อที่อยู่และประวัติของผู้ประพันธ์และทีมงานและส่ง “ใบรับรองบทความ” ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์นามสกุล PDF และ ไฟล์ Doc ส่งผ่านระบบ Thaijo ได้ที่ วารสาร SAUJOURNALST

บทความทุกบทความที่เสนอมายังวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY จะได้รับการกลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ หากมีการแก้ไขหรือตอบรับการตีพิมพ์ผู้เขียนต้องส่งต้นฉบับอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์นามสกุล PDF และ DOC ของบทความที่แก้ไข สอบถามข้อมูลเพิ่มได้ที่ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

โทรศัพท์ : 0-2807-4500-27 # 404 โทรสาร: 0-2807-4528

e-mail : SAUJournalST@sau.ac.th

ต้นฉบับสำหรับบทความที่เขียนเป็นภาษาไทยสำหรับวารสาร

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

ชื่อบทความ
Title of the Paper

ชื่อ-นามสกุล ผู้ประพันธ์ (ภาษาไทย)

ชื่อ-นามสกุล ผู้ประพันธ์ (ภาษาอังกฤษ)

ภาค/สาขาวิชา สถาบัน/มหาวิทยาลัย

ที่อยู่/ประเทศ

ผู้นิพนธ์ประสานงาน : Your email address

วันที่รับบทความ: .... / *วันที่แก้ไขบทความ:* .... / *วันที่ตอบรับการตีพิมพ์:* ....

บทคัดย่อ นี่คือต้นแบบสำหรับบทความของคุณเพื่อเสนอพิจารณาตีพิมพ์ในวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY จัดพิมพ์ด้วย Microsoft Word for Windows โดยจัดระยะขอบบน 3.0 ซม. ระยะขอบขวา ขอบซ้ายและขอบล่าง 2.5 ซม. โดยมีการตั้งค่าขนาดของกระดาษ Custom size (19 ซม.x26.5 ซม.) หลัง “***คำสำคัญ:***” ให้กำหนดรูปแบบเป็น 2 สดมภ์ ด้วยความกว้าง 6.73 ซม. และระยะห่างสดมภ์ 0.5 ซม. พิมพ์บทความด้วยอักษร Angsana New ขนาด 13pt ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า และสำหรับคำ ***บทคัดย่อ คำสำคัญ*** และ***เอกสารอ้างอิง*** ให้กำหนดเป็นตัวเข้ม-เอียงด้วยอักษร Angsana New ขนาด 14pt

คำสำคัญ **:** เว้น 1 บรรทัดหลังจากบทคัดย่อ แล้วพิมพ์คำสำคัญของบทความ (4-5 คำ)

Abstract This is a template of your full paper for publishing on SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY. Use Microsoft Word for Windows. Leave 3.0 cm. margins from the top, 2.5 cm. from the right side, left side and bottom. Please adjust the page setup to custom size (19 cm.x26.5 cm.) sheet. Use double-column format width of 6.73 cm. with a space of 0.5 cm. between columns after the keywords. Use 11 point Times New Roman font in typing the abstract. The length of paper should not be longer than 15 pages. For the headings, such as ***Abstract***, ***Keywords*** and ***References*** use 12 point Times New Roman bold-Italic.

Keywords: Please leave one blank line after the *Abstract* and write your keywords (4-5 words).

1. บทนำ

ชื่อบทความภาษาไทย (ใช้ตัวอักษรAngsana New ขนาด 20pt ตัวเข้ม กลางหน้ากระดาษ) ตามด้วยชื่อบทความภาษาอังกฤษ (ใช้ตัวอักษร Times New Roman ขนาด 16pt ตัวเข้ม กลางหน้ากระดาษ) จากนั้นเว้น 1 บรรทัด ตามด้วยชื่อผู้ประพันธ์ (ใช้ตัวอักษรAngsana New ขนาด 13pt ตัวเข้มกลางหน้ากระดาษ) ภาค/สาขาวิชา สถาบัน/มหาวิทยาลัย (ใช้ตัวอักษรAngsana New ขนาด 13pt กลางหน้า) และที่อยู่/ประเทศ(ใช้ตัวอักษรAngsana New ขนาด 13pt กลางหน้า) จากนั้นระบุ email address ของผู้นิพนธ์ประสานงาน (ใช้ตัวอักษรTimes New Roman ขนาด10pt กลางหน้า) หัวข้อเรื่องแต่ละข้อ (ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด15pt หนาชิดขอบซ้าย) โดยใช้หมายเลขแบบฮินดู อารบิก (1, 2, 3,…) ไม่ใช้แบบเลขโรมัน (I, II, III, …).

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สรุปอธิบายถึงขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์และมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับคนอื่นๆ ที่จะสามารถที่จะทำให้เกิดการทดลองซ้ำได้

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

สำหรับชื่อหัวข้อใหญ่ใช้ตัวอักษรAngsana New ขนาด 15pt, ตัวเข้ม ชิดขอบซ้าย เรียงลำดับหัวข้อด้วย 1, 2, 3,.... (ไม่ใช่ I, II, III,…) การขึ้นหัวข้อใหม่แต่ละครั้งให้เว้น 1 บรรทัด สำหรับสมการคณิตศาสตร์ให้จัดเรียงด้วย (1), (2), (3),...

3.1 หัวข้อย่อยลำดับที่ 1

หัวชื่อข้อย่อยลำดับที่ 1 ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt ตัวเข้ม ชิดขอบซ้าย

3.1.1 หัวข้อย่อยลำดับที่ 2

หัวชื่อข้อย่อยลำดับที่ 2 ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt ตัวเข้ม ชิดขอบซ้าย

3.2 ตาราง รูป และการอ้างอิง

สำหรับรูปภาพตารางและการอ้างอิงตัวเลขควรเป็นเลขดังนี้ รูปที่ 1 รูปที่ 2, ... ฯลฯ (ที่กึ่งกลาง) และตารางควรจะเป็นเลขดังนี้ Table1, Table2 …ฯลฯ (ที่ด้านซ้าย) การอ้างอิงในบทความให้ใช้เครื่องหมายวงเล็บเหลี่ยม เช่น [2] จะต้องเรียงลำดับหมายเลขอ้างอิงจากหมายเลขน้อยไปสู่หมายเลขมากให้ถูกต้อง การอ้างอิงหมายเลขที่มีลำดับติดต่อกัน ตัวอย่างเช่น[1-5]

4. สรุปผล

เพื่อให้ทุกบทความที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์มีรูปแบบที่ตรงกัน ผู้ประพันธ์จะต้องจัดทำบทความตามต้นแบบ ไม่เช่นนั้นบทความของท่านจะถูกส่งคืนเพื่อปรับปรุงรูปแบบให้ตรงกับต้นแบบนี้ขอขอบคุณท่านสำหรับการให้ความร่วมมือ

5. กิตติกรรมประกาศ

ในส่วนนี้ไม่จำเป็นต้องมี แต่ท่านสามารถใช้ส่วนนี้ในการนำเสนอให้ทราบถึงผู้ที่สนับสนุนการทำงานวิจัยของท่าน เช่น นักศึกษาที่มีส่วนร่วม ผู้ที่มีส่วนร่วมจากภายในหรือภายนอก หรือองค์กรที่ให้ทุนสนับสนุน

6. หลักเกณฑ์ในการเขียนเอกสารอ้างอิง

การเขียนเอกสารอ้างอิงกำหนดให้ใช้ ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt และเขียนตามตัวอย่างของเอกสารอ้างอิงในแม่แบบนี้ กรณีที่เป็น

เอกสารอ้างอิง [1] หมายถึง “หนังสือ”
เอกสารอ้างอิง [2] หมายถึง “รายงาน”
เอกสารอ้างอิง [3] หมายถึง “วารสาร”
เอกสารอ้างอิง [4] หมายถึง “ประชุมวิชาการ”

เอกสารอ้างอิง [5] หมายถึง “มาตรฐาน”
เอกสารอ้างอิง [6] หมายถึง “เวปไซต์”
เอกสารอ้างอิง [7] หมายถึง “ปริญญานิพนธ์”
เอกสารอ้างอิง [8] หมายถึง “วิทยานิพนธ์”
เอกสารอ้างอิง [9] หมายถึง “ดุษฎีนิพนธ์”

โดยในกรณีที่เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษและใส่คำว่า “(in Thai)” ต่อท้าย

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Ned, U. M. Tore and R. P. William, Power Electronic, John Wiley and sons, 1995.

[2] The Federation of Thai Industries, Executive Summary: Eco-industrial development under the cost to develop green industry, 2013(in Thai).

[3] D. Susa and H. Nordman, “A Simple model for calculating transformer hot-spot temperature,” *IEEE Transaction on Power Delivery,* vol. 24, no.3, pp.1257-1264, Jul. 2009.

[4] C. Tangsiriworakul, S. Tadsuan, “A Comparison of iron losses and acoustic noise supplied by pwm inverter of dm and spwm techniques,” in Proc. *International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2009)*, China, 8-11Aug. 2009, pp. 105-110.

[5] IEEE Guide for loading mineral-oil-immerse overhead and pad-mounted distribution transformers rated 500 kVA and less with 65°C or 55°C average winding rise, ANSI/IEEE C57.91-1981.

[6] Wikipedia. (2010, Jun. 28). “Biodiesel” [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Biodisel

[7] K. Khianjutturut, W. Chaingam, S. Damrong-navavith, S. Nitcumharn, and A. Duangin, “The software implement for electric energy data logger of single-phase kilowatt-hour meter with image signal processing,” Student’s Project, Dep. Elec. Eng., Southeast Asia Univ., 2014 (in Thai).

[8] C. Bundanphrai, “A comparison of electric power and temperature on three- phase induction motor by varying wind flow with damper and pwm inverter supply,” M.S. Thesis, Southeast Asia Univ., 2014 (in Thai).

[9] V. Kinnares, “Measurement, Analysis and prediction of harmonic power losses in pwm feed inductionm otors,” Ph.D. Dissertations, Univ., Nottingham, 1997.

<u>หมายเหตุ</u> กรณีที่เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทย ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษและใส่คำว่า “(in Thai)” ต่อท้าย

ประวัติผู้ประพันธ์ :

ผู้ประพันธ์ระบุประวัติโดยย่อของตนเอง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับประวัติศึกษาตำแหน่ง สถานที่ทำงาน และงานวิจัยที่สนใจ พร้อมรูปถ่าย ขนาด 2 ซม. x 2.4 ซม.

Guidelines for Contributors

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY is published two-annually by Southeast Asia University. All articles are considered for publication in this journal will have to follow the following conditions, 1) they have not been published elsewhere and 2) they are not currently being submitted for consideration in any other journals. All articles are independently assessed (peer reviewed) by at least two specialists in their relevant fields. The editor board reserves a privilege to ask the authors to improve their articles, and to decide whether submitted articles should be published or not.

Types of work published

1. Research articles by individual or team researchers.
2. Academic articles include review articles, technical articles, and special articles on science and technology.

Manuscripts

Manuscripts must be prepared to meet professional standards using word processors on Windows. The table, diagrams and illustrations in the contributed manuscripts should be in a camera-ready format. For the template article can be downloaded from the website http://saujournalst.sau.ac.th

Submission

The manuscripts of the prospective contributors should be submitted to the editor-in-chief. Authors must submit manuscript (without name, address and authors, biography notifications) with electronic file (PDF) and "Copyright Transfer Form".

- Directly to the editor-in-chief of SAU JOURNAL OF SCIENCE& TECHNOLOGY, Faculty of Engineering, Southeast Asia University.

- By mail to the editor-in-chief of SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Faculty of Engineering, Southeast Asia University, 19/1, Nongkhangphlu, Nongkhaem, Bangkok 10160, Thailand.

-By online at Website saujournalst.sau.ac.th

All papers submitted to SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY are subject to peer review. If revised or accepted of article should be submitted the manuscript (PDF and DOC) to the editor-in-chief. You may contact us using the information listed at Southeast Asia University, Tel.#: 0-2807-4500-27 EXT 331, FAX : 0-2807-4528 19/1, Nongkhangphlu, Nongkhaem, Bangkok 10160, Thailand; Email address : SAUJournalST@sau.ac.th

Manuscripts of paper writing as english language for
SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Title of the Paper

Author's Names
Department, University
Address, (country)
Corresponding author : e-mail address

Received: .... / Accepted: .... / Published online:............................

บทคัดย่อ นี่คือต้นแบบสำหรับบทความของคุณเพื่อเสนอพิจารณาตีพิมพ์ในวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY จัดพิมพ์ด้วย Microsoft Word for Windows โดยจัดระยะขอบบน 3.0 ซม. ระยะขอบขวา ขอบซ้ายและขอบล่าง 2.5 ซม. โดยมีการตั้งค่าขนาดของกระดาษ Custom size (19 ซม.x26.5 ซม.) หลัง "คำสำคัญ :" ให้กำหนดรูปแบบเป็น 2 สดมภ์ ด้วยความกว้าง 6.73 ซม. และระยะห่างสดมภ์ 0.5 ซม. พิมพ์บทความด้วยอักษร Angsana New ขนาด 13pt ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า และสำหรับคำบทคัดย่อ คำสำคัญ และ***เอกสารอ้างอิง*** ให้กำหนดเป็นตัวเข้ม-เอียงด้วยอักษร Angsana New ขนาด 14pt

คำสำคัญ : เว้น 1 บรรทัดหลังจากบทคัดย่อ แล้วพิมพ์คำสำคัญของบทความ (4-5 คำ)

Abstract This is a template of your full paper for publishing on SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY. Use Microsoft Word for Windows. Leave 3.0 cm. margins from the top, 2.5 cm. from the right side, left side and bottom. Please adjust the page setup to custom size (19 cm.x26.5 cm.) sheet. Use double-column format width of 6.73 cm. with a space of 0.5 cm. between columns. Use 11 point Times New Roman font in typing the abstract. The length of paper should not be longer than 15 pages. For the headings, such as ***Abstract, Keywords*** and ***References*** use 12 point Times New Roman bold-Italic.

Keywords : Please leave one blank line after the Abstract and write your keywords (4-5 words).

1. Introduction

The title of the paper you must use 16 point Times New Roman in Bold at the center of the page. Leave one blank line and type the authors' names, department and country in capital letters with 11 point Times New Roman in Bold and centered. For the corresponding author, use 11 point Times New Roman centered. The heading of each section should be printed in small 12 point, left justified, bold Times New Roman font. Use Hindu-Arabic number(1, 2, 3,...) for the section's numbering and not the Roman Numerals (I, II, III, ...).

2. Materials and Methods

Brief description of the experimental procedure and analysis and sufficient information for others to be able to reproduce the experiments.

3. Results and Discussion

For section heading, use12 point left justified Times New Roman in bold, numbered as follows : 1, 2, 3,... ,(not I, II, III,...). Please leave one blank spaces between successive sections. Mathematical equations must be numbered as follows : (1), (2), (3).....

3.1 Subsection

For subsection heading, use 11 point left justified Times New Roman in bold.

3.1.1 Sub-subsection

When including a sub-subsection, use 11 point left justified Times New Roman in bold.

3.2 Figures, Tables andReference

Figures should be numbered as follows: Fig.1, Fig.2, ... etc.(at center) and Tables should be numbered as follows: Table.1, Table.2, ... etc.(at Left). Type the corresponding number of references in square brackets.

4. Conclusion

Please follow our instructions faithfully, otherwise, you have to resubmit your paper. This will enable us to maintain uniformity in the journal. Thank you for your cooperation.

5. Acknowledgement

This section is optional. You can use this section to acknowledge support you have had for your research from your colleagues, student's participation, internal or external partners' contribution or funding organization.

6. Rules for writing reference

The letter, in 11 point Times New Roman, will be used for writing reference and the reference in this template being subject to the condition as below :

Ref. [1] stand for "Book"

Ref. [2] stand for "Report"

Ref. [3] stand for "Journal"

Ref. [4] stand for "Conference"
Ref. [5] stand for "Standard"
Ref. [6] stand for "Website"
Ref. [7]stand for "Student' Project"
Ref. [8] stand for "Thesis"
Ref. [9] stead for "Dissertation"

In case of reference written in Thai being used. It need to be translated to English and put the word "(in Thai)" at the back of reference.

References

[1] M. Ned, U. M. Tore and R. P. William,Power Electronic, John Wiley and sons, 1995.

[2] The Federation of Thai Industries, Executive Summary: Eco-industrial development under the cost to develop green industry, 2013. (in Thai)

[3] D. Susa and H. Nordman, "A Simple model for calculating transformer hot-spot temperature," IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 24, no.3, pp. 1257-1264, Jul. 2009.

[4] C. Tangsiriworakul, S. Tadsuan, "A Comparison of iron losses and acoustic noise supplied by pwm inverter of dm and spwm techniques," in Proc. International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2009), China, 8-11 Aug. 2009, pp. 105-110.

[5] IEEE Guide for loading mineral-oil-immerse overhead and pad-mounted distribution transformers rated 500 kVA and less with 65□C or 55□C average winding rise, ANSI/IEEE C57.91-1981.

[6]Wikipedia. (2010, Jun. 28). "Biodiesel" [Online]. Available: http://en.wikipedia. org/wiki/Biodisel

[7] K. Khianjutturut, W. Chaingam, S.Damrongnavavith,S. Nitcumharn, and A. Duangin, "The software implement for electric energy data logger of single-phase kilowatt-hour meter with imagesignal processing," Student's Project,Dep. Elec. Eng., Southeast Asia Univ.,2014. (in Thai)

[8] C. Bundanphrai, "A comparison ofelectric power and temperature on three-phase induction motor by varyingwind flow with damper and pwm inverter supply,"M.S. Thesis, Southeast Asia Univ., 2014. (in Thai)

[9] Kinnares, "Measurement, Analysis and prediction of harmonic power losses in pwm feed induction motors," Ph. D. Dissertations, Univ.,Nottingham,1997.

Authors' Biography:

The author should include a brief introduction about his/her interest in the research topic and a scanned 2 cm.x2.4 cm. photo attached the original manuscript

หมายเลขบทความ …………………
(เฉพาะเจ้าหน้าที่กรอก)

แบบฟอร์มใบรับรองบทความ SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

1. ประเภทของบทความ

☐ บทความวิจัย ☐ บทความวิชาการปริทรรศน์ ☐ บทความวิชาการเทคนิค ☐ บทความวิชาการพิเศษ

2. สาขาบทความที่ส่ง

☐ Electrical Engineering ☐ Electronic & communication Engineering ☐ Industrial Engineering
☐ Civil Engineering ☐ Computer Science& Engineering ☐ Mechanical Engineering
☐ Agricultural Engineering ☐ Occupational Health & Safety ☐ Environment Engineering

3. ชื่อบทความ

ภาษาไทย………………………………………………………………………………………………

ภาษาอังกฤษ…………………………………………………………………………………………

4. ชื่อ-สกุลของผู้นิพนธ์ประสานงาน(Corresponding author)……………………………………………

5. สถานที่ติดต่อของผู้นิพนธ์ประสานงาน(Corresponding author) ที่อยู่………………………………

………

………

………………………โทรศัพท์……………………โทรสาร…………………… E-mail………………………

6. รายชื่อและที่อยู่ของเจ้าของบทความทั้งหมด

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย ตัวบรรจง)	ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ ตัวบรรจง)	หน่วยงาน	โทรศัพท์	E-mail
1.				
2.				
3.				

4.				
5.				

7. เสนอรายชื่อผู้ประเมิน

ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	โทรศัพท์	E-mail
1.			
2.			

8. การรับรองบทความ

☐ ขอรับรองว่าบทความต้นฉบับนี้ยังไม่เคยได้รับการเผยแพร่และตีพิมพ์ในวารสารอื่นใดมาก่อน

ขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ...ผู้นิพนธ์ประสานงาน

( )

วัน............... เดือน........................ พ.ศ. ....

<u>หมายเหตุ</u> ส่งแบบฟอร์มนี้มาร่วมกับบทความตามช่องทางในคำแนะนำสำหรับผู้เขียน (การส่งบทความ)

สมาชิกเลขที่
....

ใบสมัครสมาชิก SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

วันที่สมัคร ....

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว .... สกุล .... อาชีพ ....

ที่อยู่ (สำหรับจัดส่งวารสาร) เลขที่ .... ถนน .... แขวง/ตำบล ....

เขต/อำเภอ .... จังหวัด .... รหัสไปรษณีย์ ....

โทรศัพท์ .... โทรสาร .... E-mail ....

มีความประสงค์สมัครเป็นสมาชิก		**อัตราค่าสมาชิก**
❒ .... ปี	(2 ฉบับ/ปี)	500 บาท

พร้อมกันนี้ได้ส่งค่าสมาชิก จำนวน .... บาท

จำนวนเงิน(ตัวอักษร) ....

โอนเงินเข้าบัญชีธนาคาร .... ชื่อบัญชี .... เลขที่บัญชี ....

หมายเหตุ 1. กรุณาส่งสำเนาใบเสร็จการจ่ายเงินมาที่ E-mail Address : saujournalST@sau.ac.th หรือโทรสารมาที่ หมายเลข 0-2807-4528 พร้อมเขียนชื่อ-นามสกุล และหมายเลขสมาชิก (ถ้ามี)

ลงชื่อ .... ผู้สมัคร

(..)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ 19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

โทรศัพท์ 0-2807-4500-27 ต่อ 331 โทรสาร 0-2807-4528 E-mail Address : SAUJournalST@sau.ac.th

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
SOUTHEAST ASIA UNIVERSITY

สาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เปิดสอน

ปริญญาเอก

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (ปร.ด.)

ปริญญาโท

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (วศ.ม.)

สาขาวิชาบริหารงานวิศวกรรมก่อสร้าง (วศ.ม.)

ปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (วศ.บ.)
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (IoT) (วศ.บ.)
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (วศ.บ.)
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (วศ.บ.)
สาขาวิชาดิจิทัลมีเดีย (วท.บ.)
สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย (วศ.บ.)
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (วศ.บ.)
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ (วศ.บ.)
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ (วท.บ.)

ติดต่อศูนย์รับสมัคร

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
19/1 ถนนเพชรเกษม (ติดซอยเพชรเกษม 106)เขตหนองแขม กรุงเทพ 10160
โทรศัพท์ : 02-8074500 - 27 ต่อ 190,192
WWW.SAU.AC.TH