



การออกแบบและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์
Design and development of a photovoltaic panel using sun
tracking systems

กัณฑ์พิชญ์ กังสกุล

Kantapich Kangsukul

ณัฐชนน พงศ์อารีย์

Natchanon Pongaree

ธนพัทธ์ บุญชัย

Tanapat Bonchai

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์
Design and development of a photovoltaic panel using sun
tracking systems



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and development of a photovoltaic panel using sun tracking systems



A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL
ENGINEERING DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON
2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การออกแบบและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

PROJECT TITLE Design and development of a photovoltaic panel using sun tracking systems

ชื่อนักศึกษา กันตพิชญ์ กังสกุล รหัสประจำตัว 62201026
ณัฐชนน พงศ์อารีย์ รหัสประจำตัว 62201047
ธนพัทธ์ บุญชัย รหัสประจำตัว 62201058

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล	กรรมการสอบ
ผศ.ดร.นารถระพี นาคะวัจนะ	กรรมการสอบ
ผศ.ดร.ศรียรัตน์ ช่วยบุญ	กรรมการสอบ
รศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์	กรรมการสอบ
ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช	อาจารย์ที่ปรึกษา

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 22 พฤษภาคม 2566 เวลา 8.00 น.

สถานที่สอบ ห้องประชุมกาสะลอง

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 16 มิถุนายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์	
ชื่อนักศึกษา	กันตพิชญ์ กังสกุล	รหัสประจำตัว 62201026
	ณัฐชนน พงศ์อารีย์	รหัสประจำตัว 62201047
	ธนพัทธ์ บุญชัย	รหัสประจำตัว 62201058
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช	
ปริญญานิพนธ์		

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่หมุนตามดวงอาทิตย์การศึกษาในครั้งนี้จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ ซิลิคอน (Mono-crystalline silicon) ขนาด 1.2x1.0 เมตรกำลังไฟฟ้าสูงสุด 60 วัตต์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ จะติดตั้งหันไปทางทิศใต้และทำมุมเอียง 15 องศาจากพื้นดินนอกจากนี้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งระบบติดตามดวงอาทิตย์จะหมุนตามดวงอาทิตย์เพื่อให้แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในระนาบเดียวกันกับดวงอาทิตย์จากผลการทดลองพบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ในช่วงเวลา 7:00 AM - 11:00 AM และ 15:00 PM - 17:00 PM ความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีค่าใกล้เคียงกันช่วงเวลา 15:00 PM - 17:00 PM นอกจากนี้ประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่หมุนตามดวงอาทิตย์มีค่า 5.27% (36.49 วัตต์ต่อวัน) และ 6.95% (42.61 วัตต์ต่อวัน) ตามลำดับ

คำสำคัญ: แผงเซลล์แสงอาทิตย์, ระบบอยู่กับที่, ระบบติดตามดวงอาทิตย์, ประสิทธิภาพ

PROJECT TITLE	Design and development of a photovoltaic panel using sun tracking systems	
Student	Kantapich Kangsukul	Student ID 62201026
	Natchanon Pongaree	Student ID 62201047
	Tanapat Bonchai	Student ID 62201058
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Mechanical Engineering	
Project Advisor	Ph.D. Visit Eakvanich	

ABSTRACT

This research project aimed to investigate the design and development of a photovoltaic panel using sun tracking systems for a comparison of the efficiency between fixed tilt and tracking photovoltaic systems. Mono-crystalline silicon photovoltaic cells (size of 1.2x1.0 meter and 60-watt peak power) were investigated in this study. The fixed tile panel was facing South and a 15-degree tilt angle. Furthermore, the solar tracking system adjusted the face of the solar panel to align with the sun. The results showed that the net electric power output of the tracking photovoltaic systems was more than the fixed tilt system especially the case of time between 7:00 AM - 11:00 AM and 15:00 PM - 17:00 PM. The performance was not significantly different for the case of time from 11:00 AM to 15:00 PM. Moreover, the average value of the conversion efficiency for fixed tilt and tracking photovoltaic systems were 5.27% (0.0365 kW) and 6.95% (0.0426 kW), respectively.

Keyword: Photovoltaic panel, Fixed tile, Tracking, Conversion efficiency

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ความรู้ต่างๆ ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการในการทำปริญญาานิพนธ์

บุคคลที่ขาดมิได้คือ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณและเป็นทีเฝ้าปรัก ที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจแก่คณะผู้จัดทำเสมอ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ นักศึกษาที่คอยช่วยเหลือแนะนำและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมถึงกำลังใจซึ่งทำให้การจัดทำปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ไม่น้อยต่อผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

นายกันตพิชญ์ กังสุกุล

นายณัฐชนน พงศ์อารีย์

นายธนพัทธ์ บุญชัย

พฤษภาคม 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	4
2.2 ความสัมพันธ์การโคจรระหว่างโลกและดวงอาทิตย์	6
2.3 เซลล์แสงอาทิตย์	12
2.4 ปัจจัยที่กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	14
2.5 การคำนวณค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์	16
2.6 การคำนวณการลงทุนของเซลล์แสงอาทิตย์	17
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	21
3.1 การศึกษาการหาตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์	21
3.2 การศึกษาออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	23
3.3 การศึกษาออกแบบและสร้างระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์	28
3.4 การทดสอบสมรรถนะระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์	30
3.5 วิธีการดำเนินการทดลองและการเก็บผลการทดลอง	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	33
4.1 เปรียบเทียบระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบติดตั้งอยู่กับพื้นและระบบ ติดตามดวงอาทิตย์	33
4.2 การคำนวณประสิทธิภาพของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	34
4.3 สมรรถนะและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า	36
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	37
5.1 สรุปผลและการทดลอง	37
5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างทำการทดลอง และแนวทางการแก้ไข	37
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	44
ภาคผนวก ก การเขียนแบบทางวิศวกรรม	45
ภาคผนวก ข ผลการทดลอง	49
ภาคผนวก ค การคำนวณ	88
ประวัติผู้จัดทำ	92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ข.1	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 30 มีนาคม 2566	50
ข.2	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 1 เมษายน 2566	52
ข.3	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 2 เมษายน 2566	54
ข.4	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 3 เมษายน 2566	56
ข.5	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 4 เมษายน 2566	58
ข.6	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 5 เมษายน 2566	60
ข.7	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 6 เมษายน 2566	62
ข.8	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 19 เมษายน 2566	64
ข.9	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 21 เมษายน 2566	66
ข.10	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 22 เมษายน 2566	68
ข.11	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 23 เมษายน 2566	70
ข.12	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 24 เมษายน 2566	72
ข.13	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 26 เมษายน 2566	74
ข.14	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 27 เมษายน 2566	76
ข.15	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 29 เมษายน 2566	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงานการออกแบบและสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์	2
2.1	พลังงานจากดวงอาทิตย์ คู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2564)	4
2.2	สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์.	5
2.3	รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนที่ผ่านเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ	6
2.4	เปรียบเทียบรังสีอาทิตย์กับพื้นที่รับรังสี	6
2.5	แสดงขนาดของดวงอาทิตย์เมื่อมองจากพื้นโลก ณ จุดใดๆ	7
2.6	การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์	8
2.7	ตำแหน่งของดวงอาทิตย์	8
2.8	การบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยใช้ระบบอะซิมูทและอัลติจูด	9
2.9	แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน 2552)	11
2.10	ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน , การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2553)	11
2.11	ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน , การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2553)	12
2.12	ผลึกเดี่ยวของซิลิกอนบริสุทธิ์ และ เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์	13
2.13	ซิลิกอนที่เป็นรูปผลึกเดี่ยวที่บริสุทธิ์น้อย และ เซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์	13
2.14	เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง	14
2.15	การติดตั้งแผงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย	15
3.1	แสดงความสัมพันธ์ของมุมชั่วโมง	21
3.2	โครงสร้างและการติดตั้งระบบติดตั้งอยู่กับที่ทำมุมกับพื้น	22
3.3	โครงสร้างและการติดตั้งระบบแผงโซลาร์เซลล์หมุนตามการเคลื่อนที่ตรงอาทิตย์	24
3.4	ระบบการทำงานระบบการติดตาม ดวงอาทิตย์	24
3.5	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.6	วัตต์มิเตอร์	25
3.7	โซล่าชาร์จเจอร์	26
3.8	มอเตอร์แวนรนาบ	26
3.9	เบรกเกอร์	27
3.10	แบตเตอรี่	27
3.11	อินเวอร์เตอร์	27
3.12	กล่องควบคุมแบบติดตั้งทำมุมกับพื้น	27
3.13	กล่องควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์	29
3.14	แผนวงจรระบบติดตามดวงอาทิตย์	30
3.15	สมรรถนะการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์	31
3.16	ชิ้นงานระบบติดตั้งอยู่กับที่	31
3.17	ชิ้นงานระบบติดตามดวงอาทิตย์	32
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 6 เมษายน 2566 ในช่วงเวลา 7.00 - 17.00 นาฬิกา	33
4.2	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติด ตั้งอยู่กับที่	34
4.3	แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยในแต่ละวันของ ระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่	35
ก.1	โซล่าเซลล์แบบระบบติดตามดวงอาทิตย์	45
ก.2	โซล่าเซลล์แบบ Fixed tilt	45
ก.3	แผ่นสำหรับใส่แผงโซล่าเซลล์ และ เซ็นเซอร์ของแบบติดตามดวงอาทิตย์	46
ก.4	ฐานของระบบแบบติดตามดวงอาทิตย์	46
ก.5	แผ่นสำหรับใส่แผงโซล่าเซลล์	47
ก.6	ฐานของระบบแบบติดตามดวงอาทิตย์	47
ข.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 30 มีนาคม 2566	51
ข.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 1 เมษายน 2566	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ข.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 2 เมษายน 2566	55
ข.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 3 เมษายน 2566	57
ข.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 4 เมษายน 2566	59
ข.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 5 เมษายน 2566	61
ข.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 6 เมษายน 2566	63
ข.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 19 เมษายน 2566	65
ข.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 21 เมษายน 2566	67
ข.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 22 เมษายน 2566	69
ข.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 23 เมษายน 2566	71
ข.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 24 เมษายน 2566	73
ข.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 26 เมษายน 2566	75
ข.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 27 เมษายน 2566	77
ข.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 29 เมษายน 2566	79
ข.16	แสดงประสิทธิภาพพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 30 มีนาคม 2566	80
ข.17	แสดงประสิทธิภาพพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 1 เมษายน 2566	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ข.18	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 2 เมษายน 2566	81
ข.19	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 3 เมษายน 2566	81
ข.20	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 4 เมษายน 2566	82
ข.21	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 5 เมษายน 2566	82
ข.22	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 6 เมษายน 2566	83
ข.23	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 19 เมษายน 2566	83
ข.24	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 21 เมษายน 2566	84
ข.25	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 22 เมษายน 2566	84
ข.26	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 23 เมษายน 2566	85
ข.27	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 24 เมษายน 2566	85
ข.28	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 26 เมษายน 2566	86
ข.29	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 27 เมษายน 2566	86
ข.30	แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 29 เมษายน 2566	87
ข.31	ข.31 แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยในแต่ละวันของ ระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่	87

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันการพยายามหาแหล่งพลังงานทดแทนเป็นสิ่งที่ทั่วโลกกำลังเร่งศึกษา วิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพราะพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นขั้นพื้นฐานทั้งทางตรงและทางอ้อมของการเกิดและดำรงอยู่ของชีวิตทั้งหลาย รูปแบบของพลังงานที่ใช้กันมากส่วนใหญ่อยู่ในรูปของพลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแหล่งกำเนิดพลังงานหลักๆ ในปัจจุบัน คือ น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ พลังงานจากเชื้อเพลิงต่างๆ เหล่านี้ นอกจากจะมีปริมาณจำกัดแล้ว ยังสร้างปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมรวมถึงทำลายชั้นบรรยากาศของโลกด้วย ส่วนพลังงานไฟฟ้าจากเขื่อนกั้นน้ำนั้นได้พัฒนาไปถึงจุดอิ่มตัวแล้วสำหรับเกือบทุกประเทศ ในประเทศไทยพลังงานไฟฟ้า ได้มาจากการผลิตจากกระบวนการต่างๆ คือ ไฟฟ้าพลังความร้อน (จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง) 80% ไฟฟ้าพลังน้ำ 10% ส่วนพลังงานสำรองในประเทศ คือ ก๊าซ ธรรมชาติแนวทางแก้ปัญหา คือ การพยายาม หาแหล่งพลังงานอื่นมาทดแทน การพยายามใช้แหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศตนเอง เช่น ความร้อนใต้พิภพ พลังงานลม พลังงานคลื่น พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อสร้างไฟฟ้ารวมทั้งความร้อน ในกลุ่มพลังงานใหม่เหล่านี้ พลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างเด่นกว่าชนิดอื่น เพราะมีอยู่ทั่วไปและมีไม่จำกัดสะอาดดีต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการสร้างพลังงาน ไฟฟ้าโดยตรง นอกจากจะแก้ปัญหาข้อจำกัดของเชื้อเพลิงธรรมชาติแล้ว ยังจะแก้ปัญหาในด้าน มลพิษด้วย เนื่องจากปัญหาด้านพลังงาน จึงมีการนำพลังงานทดแทนมาใช้มากขึ้น เซลล์แสงอาทิตย์เป็น อีกทางเลือกหนึ่ง เทคนิคและวิธีการในการสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์สำหรับอุปกรณ์รับ พลังงานแสงอาทิตย์ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อการออกแบบและพัฒนาโซล่าเซลล์โดยระบบติดตามดวงอาทิตย์
- 1.2.2 เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบระบบติดตามดวงอาทิตย์กับแผงโซล่าเซลล์
- 1.2.3 เพื่อประเมินการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์โดยระบบติดตามดวงอาทิตย์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 โซล่าเซลล์ในระบบติดตามดวงอาทิตย์
- 1.3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโซล่าเซลล์ที่ตั้งอยู่กับที่และโซล่าเซลล์โดยระบบติดตามดวงอาทิตย์
- 1.3.2 เปรียบเทียบมุมของดวงอาทิตย์ที่ตั้งฉากกับแผงโซล่าเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 ตัวแปรที่มีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น ฝุ่น ความร้อนแฝงในโซล่าเซลล์และอื่นๆ

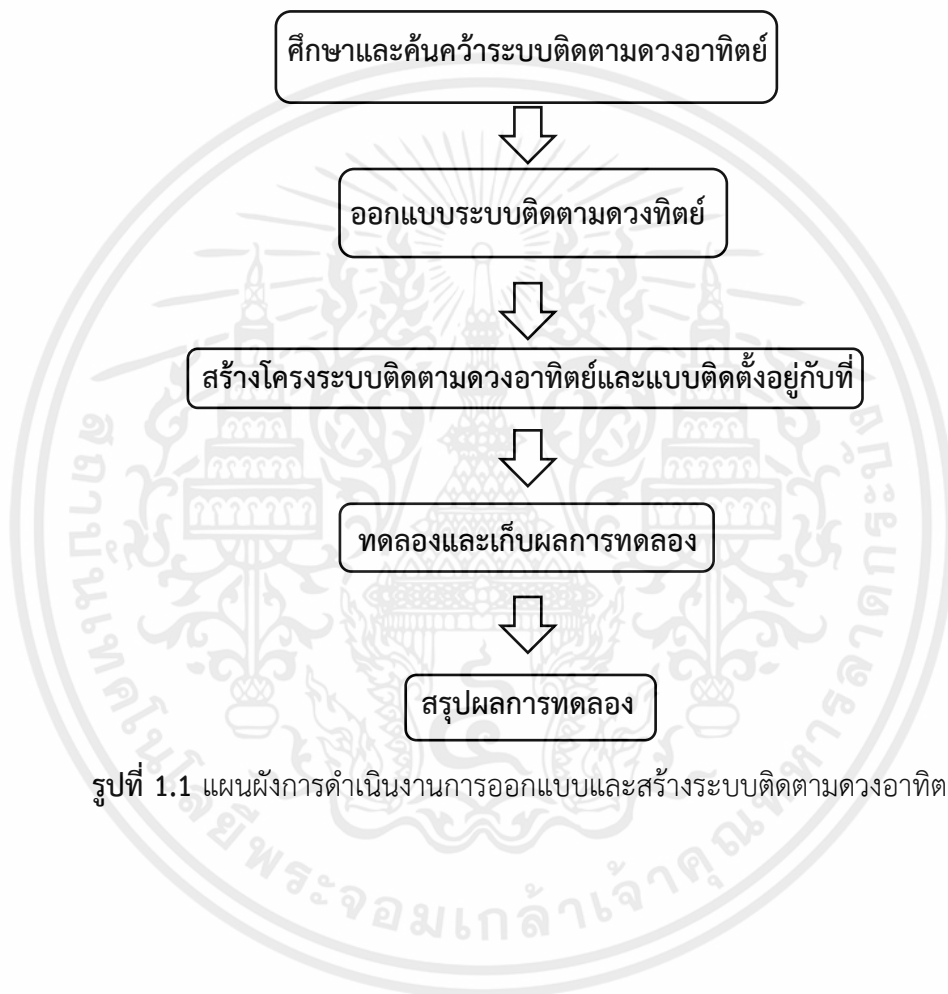
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้รับการผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

1.4.2 ได้รับข้อมูลประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์

1.4.3 ได้ออกแบบโซล่าเซลล์โดยระบบติดตามดวงอาทิตย์

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินการออกแบบและสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานการออกแบบและสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงานออกแบบและสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์									
	อาทิตย์									
	2565					2566				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาทฤษฎี หลักการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์	←→									
2.ออกแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์	←→									
3.จัดซื้ออุปกรณ์และสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์	←→									
4.ทดลองและปรับปรุง	←→									
5.สรุปผลการทดลอง	←→									
6.ทำเล่มปริญญานิพนธ์	←→									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของสุริยจักรวาลดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อโลกและความเป็นอยู่ของมนุษย์มาก ดวงอาทิตย์ทำให้สภาพภูมิศาสตร์ของโลกมีความแตกต่างกันออก เช่น เขตร้อน เขตอบอุ่น เขตหนาว และดวงอาทิตย์ทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสอากาศที่สำคัญ คือ ลม การหมุนเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรคือ กระแสน้ำอุ่น กระแสน้ำเย็น นอกจากนั้นดวงอาทิตย์ทำให้เกิดวัฏจักรของน้ำซึ่งมีผลต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดวงอาทิตย์นอกจากจะให้แสงสว่างแก่ โลกเราแล้วยังกระจายรังสีออกมาด้วย รังสีจากแสงสว่างจะช่วยให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้ ช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสงหรือโฟโตซินเทซิส คือ การปรุงอาหารในพืช เพื่อการดำรงชีพ และการเจริญเติบโตของพืช แต่รังสีแสงอาทิตย์ก็มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตเช่นกันถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไป พลังงานแสงอาทิตย์นับเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญและมีอยู่มากมาย เป็นพลังงานที่ได้ไปเราเพียงเสียค่าใช้จ่ายเฉพาะค่าอุปกรณ์ในการรวบรวมแสงอาทิตย์มาใช้งานเท่านั้น พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบโลกนี้มีปริมาณมากกว่าแหล่งพลังงานอื่นๆ ที่มีบนโลก เช่น พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานใต้พิภพ พลังงานแรงโน้มถ่วง ดังแสดงในภาพที่ 2.1



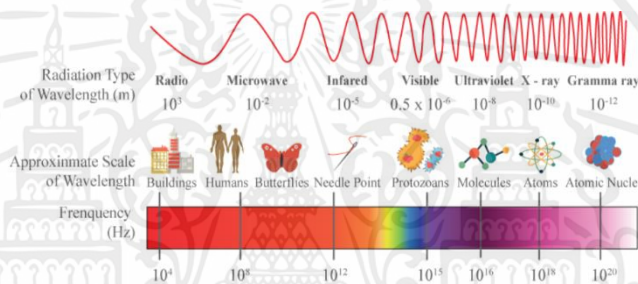
รูปที่ 2.1 พลังงานจากดวงอาทิตย์ คู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกรมพัฒนา

พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์

ในแต่ละส่วนของสเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์มีระดับพลังงานที่ต่างกัน แสงในส่วนที่มองเห็นได้ของสเปกตรัมแสงสีแดงจะมีพลังงานต่ำสุดและแสงสีม่วงมีพลังงานสูงสุด ในส่วนของแสงที่มองไม่เห็นของสเปกตรัมโฟตอนในช่วงอัลตราไวโอเล็ตมีพลังงานมากกว่าในช่วงแสงที่มองเห็นได้ แสงในช่วงที่อินฟราเรดทำให้รู้สึกร้อน มีพลังงานน้อยกว่าโฟตอนในพื้นที่ที่มองเห็นการเคลื่อนที่ของแสงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งนั้นสามารถอธิบายได้ดีที่สุดว่าเป็นการเคลื่อนที่ของคลื่นและชนิดของการแผ่รังสีความยาวคลื่นคือ ระยะทางจากจุดสูงสุดของคลื่นหนึ่งไปถึงจุดสูงสุดของคลื่นลูกถัดไป การแสดงการแผ่รังสีปริมาณพลังงานที่ต่างกัน ยิ่งความยาวคลื่นมากเท่าไรก็ยิ่งใช้พลังงานน้อยเท่านั้น ตัวอย่างเช่น แสงสีแดงมีความยาวคลื่นที่ยาวกว่าดังนั้นจะมีพลังงานน้อยกว่าแสงสีม่วง ดังแสดงในรูปที่ 2.2



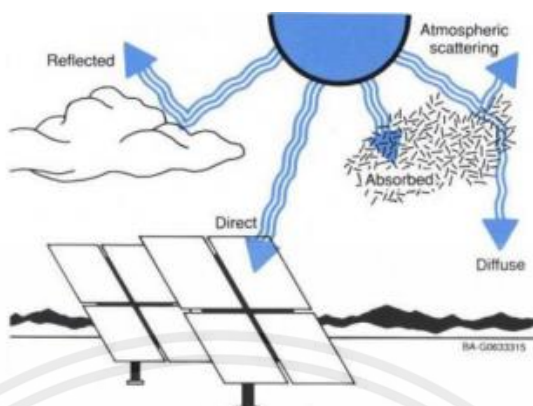
รูปที่ 2.2 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์.

2.1.2 พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลก

ดวงอาทิตย์ปล่อยพลังงาน ทั้งหมดออกมาในรูปของสเปกตรัมของความยาวคลื่นที่อยู่ในช่วง ประมาณ 2×10 เมตร ถึง 4×10 เมตร พลังงานส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของแสงที่มองเห็นในแต่ละความยาวคลื่น สอดคล้องกับความถี่และพลังงานโดยที่ความยาวคลื่นสั้น (ความถี่สูง) จะมีพลังงานสูง (แสดงในรูปที่ 2.2 หรืออิเล็กตรอนโวลต์ 1 อิเล็กตรอนโวลต์ คือปริมาณของพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นจากการที่อิเล็กตรอนอิสระเดินทางผ่านความต่างศักย์จากไฟฟ้าสถิตขนาด 1 โวลต์ ในสุญญากาศ) ทุกวินาทีดวงอาทิตย์จะปลดปล่อยพลังงานความร้อนจำนวนมหาศาลออกสู่ระบบสุริยะ โลกได้รับพลังงานนี้เพียงเล็กน้อยมีค่าเฉลี่ย 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่ขอบด้านนอกของชั้นบรรยากาศโลก ชั้นบรรยากาศดูดซับและสะท้อนการแผ่รังสีนี้ รังสีส่วนใหญ่เป็นรังสีเอกซ์และรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยปริมาณ ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่กระทบพื้นผิวโลกทุกนาที่นั้นมากกว่าปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ประชากรมนุษย์โลกบริโภคในหนึ่งปีชั้นบรรยากาศของโลกและก้อนเมฆปกคลุมดูดซับสะท้อนและกระจาย รังสีดวงอาทิตย์ บางส่วนเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ อย่างไรก็ตามมีพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่าน

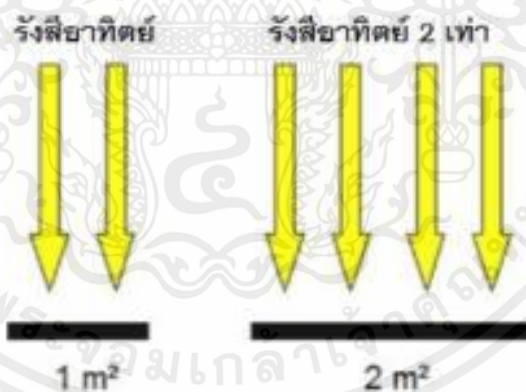
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตรงและแพร่กระจายจำนวน มหาศาลไปถึงพื้นผิวของโลกและสามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนที่ผ่านเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ

การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดพลังงานขึ้นและหน่วยสำหรับ การวัดกำลังคือวัตต์ (W) อย่างไรก็ตามปริมาณพลังงานขึ้นอยู่กับความเข้มของรังสี จากดวงอาทิตย์และขนาดของพื้นที่ผิวที่รับแสง พื้นที่ที่ใหญ่ขึ้นจะได้รับพลังงานมากขึ้น ดังนั้นการฉายรังสีจึงมีหน่วยวัตต์เป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) โดยพื้นที่ 2 ตารางเมตรได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ (W) 2 เท่ามากกว่าพื้นที่ 1 ตารางเมตรดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบรังสีอาทิตย์กับพื้นที่รับรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความสัมพันธ์การโคจรระหว่างโลกและดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ ณ จุดใดๆ บนพื้นโลกเมื่อมองขึ้นไปยังดวงอาทิตย์จะเห็นดวงอาทิตย์ครอบคลุมขนาดไปประมาณครึ่งองศา ดังรูปที่ 2.4 และจากที่ทราบว่าเป็นโลกหมุนรอบตัวเองใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ดังนั้นดวงอาทิตย์จะใช้เวลา 4 นาที ในการเคลื่อนตำแหน่งไป 1 องศา ชั้นนอกของดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนที่แบบ (Differential rotation) กล่าวคือ ณ บริเวณเส้นศูนย์สูตรดวงอาทิตย์หมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบใช้เวลา 25.4 วัน แต่ บริเวณขั้วหมุนหนึ่งรอบใช้เวลาถึง 365 วัน



รูปที่ 2.5 แสดงขนาดของดวงอาทิตย์เมื่อมองจากพื้นโลก ณ จุดใดๆ

2.2.1 การโคจรของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่สำคัญที่เป็นแหล่งให้แสงสว่างและพลังงานอยู่ห่างจากโลกมากแต่ก็ให้ความอบอุ่นและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตบนโลกขึ้นอยู่กับรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นสำคัญแกนโลกเอียงทำมุม 23.30 องศา กับระนาบวงโคจรของดวงอาทิตย์ทำให้มีอากาศเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ทำให้เกิดฤดูที่เหมาะสมขึ้น ความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระแสการและน้ำในมหาสมุทร ภูมิอากาศจะแตกต่างกันตามส่วนต่างๆของโลก บริเวณที่ร้อนที่สุดอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ทุกวัน ส่วนบริเวณที่หนาวที่สุดของโลกจะอยู่บริเวณรอบขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ ซึ่งไม่เคยได้รับแสงแดดโดยตรง ดังนั้นบริเวณใกล้ศูนย์สูตรจึงเป็นเขตภูมิอากาศร้อนและมีฝนตกชุก ในแต่ละวันอาจมีอากาศร้อนและความกดอากาศโดยทั่วไปต่ำความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้น้ำระเหยอย่างรวดเร็วเกิดเมฆและฝนตกในตอนบ่ายส่วนบริเวณที่อยู่ห่างจากศูนย์สูตรทั้งเหนือและใต้มีอากาศจะแห้งแล้ง เนื่องจากแกนโลกเอียง 23.30 องศา จากเส้นตั้งกับแล้ววนการโคจรของการเอียงจะทำให้ภาพที่ปรากฏตำแหน่งหนึ่งเปลี่ยนไปอย่างต่อเนื่องตลอดปีและจะกลับมาเหมือนเดิมอีกครั้ง เมื่อโลกกลับมาตำแหน่งเดิมในวงโคจรสำหรับการปรากฏของดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

ในวันที่ 22 ธันวาคมแสงอาทิตย์จะส่องแสงขึ้นตั้งฉากกับเส้นทรอปิกออฟแคปริคอร์น หรือ 23.30 องศาใต้ หรือวันที่ฤดูหนาวใน 4 องศาเหนือหรือวันเริ่มต้นฤดูร้อนในซีกโลกใต้ ในประเทศไทยจะสังเกตเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้จะสัมพันธ์กับวิถีสุริยะดวงอาทิตย์จะอยู่ระหว่างกลุ่มดาวแมงป่องเคลื่อนเข้ามาสู่กลุ่มดาวคนยิงธนู



รูปที่ 2.7 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

หมายเหตุ กรณีแสงตั้งฉากของดวงอาทิตย์ จะอยู่ระหว่าง 23.30 องศาเหนือ-23.30 องศาใต้ โดยจะผ่านเส้นศูนย์สูตร 2 ครั้งในรอบ 1 ปี

-วันที่ 22 มิถุนายนแสงอาทิตย์จะตั้งฉาก ที่เส้นทรอปิกออฟแคนเซอร์ 23.30 องศาเหนือ (ซีกโลกเหนือ)

-วันที่ 23 มีนาคมและ 21 กันยายน ดวงอาทิตย์ส่องแสงตั้งฉากที่เส้นศูนย์สูตร

-วันที่ 22 ธันวาคม แสงอาทิตย์จะส่องแสงตั้งฉากที่เส้นทรอปิกออฟแคปริคอร์น หรือ 23.30 องศาใต้

2.2.2 การบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

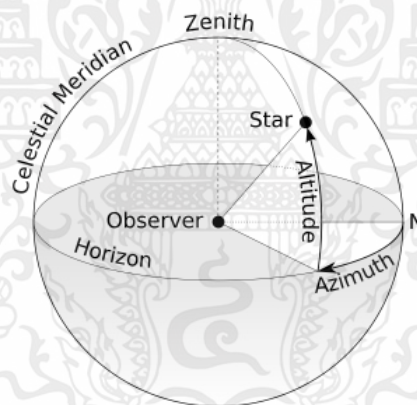
การบอกตำแหน่งดวงอาทิตย์สามารถบอกด้วยมุม หรือบอกด้วยส่วนโค้งของ ทรงกลมท้องฟ้า ที่รองรับมุม ในด้านการ พลังงานแสงอาทิตย์ มีการบอกตำแหน่งอยู่ 2 แบบ

2.2.2.1 ระบบอะซิมุทและอัลติจูด (azimuth-altitude system) ระบบน ใช้ 2 มุม

มุมอะซิมุท (azimuth) เป็นมุมวัดจาก แนวทิศใต้ ไปยังเงา ผ่านเส้นขอบฟ้าของ เส้นตรง โดยอยู่ระหว่างผู้สังเกต กับดวงอาทิตย์

มุมอัลติจูด (altitude) เป็นมุมมองเงย ณ ตำแหน่งผู้สังเกตที่อยู่ระหว่างดวงอาทิตย์ กับผู้สังเกตมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา และมุมที่อยู่ระหว่างผู้สังเกตกับดวงอาทิตย์เรียกว่า มุม เชนิธ (zenith angle) คือมุมที่สามารถบอกตำแหน่งดวงอาทิตย์ ได้เช่นกัน

การบอกตำแหน่งโดยใช้ระบบมุมอะซิมุทกับอัลติจูดมีข้อดีคือเข้าใจง่ายส่วนข้อเสีย คือค่าของมุมอะซิมุทกับอัลติจูดจะเปลี่ยนแปลงไปทุกขณะตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นจนตกและ เปลี่ยนแปลงไปตามวันในรอบปี



รูปที่ 2.8 การบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยใช้ระบบอะซิมุทและอัลติจูด

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fspaceth.co%2Fhorizontal-coordinate-system>

2.2.2.2 ระบบศูนย์สูตร (equatorial system) แล้วแบบนี้จะใช้มุมหรือ ส่วนโค้งของทรงกลมท้องฟ้าเป็นตัวบอกตำแหน่งเดคลิเนชัน (declination, δ) เป็นส่วน ของวงกลมภาพทรงกลมท้องฟ้าระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับ เส้นทางเดินของดวงอาทิตย์ มีค่า อยู่ระหว่าง $-23\frac{1}{2} < \delta < 23\frac{1}{2}$ องศา ในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงไปตามวันในแต่ละรอบ ปี เขียนสูตรการคำนวณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta = (0.006918 - 0.399912 \cos \Gamma + 0.0070275 \sin \Gamma - 0.006758 \cos 2\Gamma + 0.000907 \sin 2\Gamma - 0.002697 \cos 3\Gamma + 0.00148 \sin 3\Gamma) \left(\frac{180}{\pi} \right)$$

เมื่อ δ = เดคลิเนชัน (องศา)

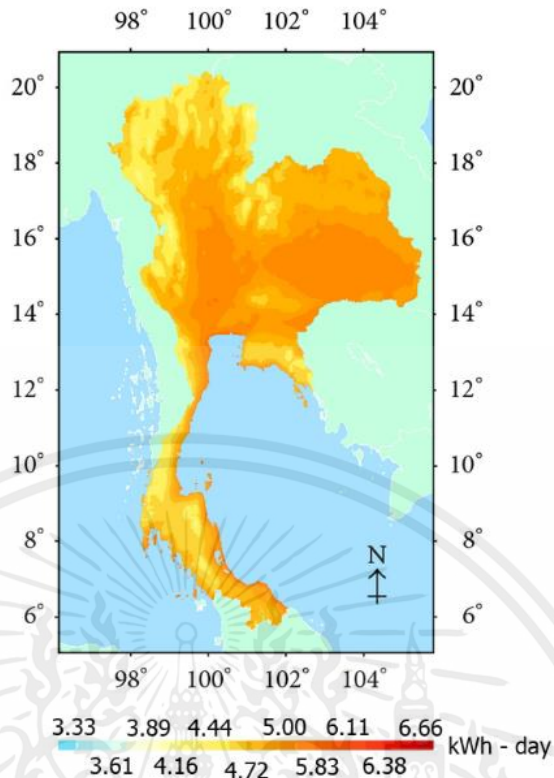
d_n = วันในรอบปี $d_n = 1$ สำหรับวันที่ 1 มกราคม

Γ = มุมวัน (day angle) (เรเดียม)

มุมชั่วโมง (hour angle , ω) เป็นมุมที่อยู่ส่วนโค้งของทรงกลมท้องฟ้าระหว่างเส้นเมริเดียนและวงกลมใหญ่ที่ลากผ่านดวงอาทิตย์และ 2 ขั้วของทรงกลมบนท้องฟ้ามีค่าเป็นบวกเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ทางตะวันออกของเมริเดียน และเป็นลบทางตะวันตกของเมริเดียน

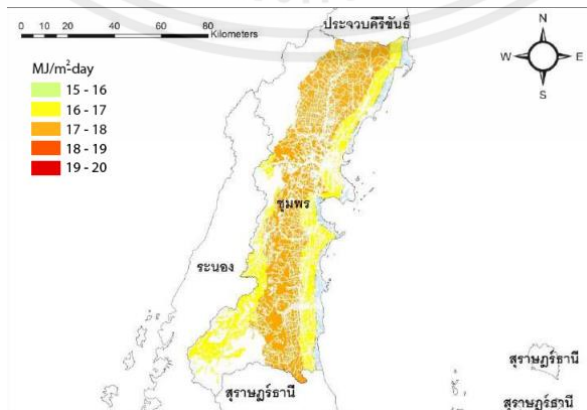
2.2.3 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

รังสีอาทิตย์จากดวงอาทิตย์ถูกนำมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถทราบค่าในรูปความเข้มรังสีอาทิตย์หน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร และพลังงานแสงอาทิตย์หน่วยเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ขึ้นกับวันที่และเวลารวมถึงตำแหน่งบนพื้นโลก รังสีอาทิตย์ประกอบด้วย สเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 0.3 ถึง 3 ไมโครเมตร เซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดสามารถตอบสนองต่อ สเปกตรัมได้แตกต่างกัน ดังนั้นประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าต่างกันในการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ การใช้งาน และบำรุงรักษาระบบมีความจำเป็นต้องทราบเกี่ยวกับค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ในพื้นที่นั้น และลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้งาน ปริมาณรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย โดยทั่วไปศักยภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบในพื้นที่นั้นการศึกษา เพื่อทราบปริมาณรังสีแสงอาทิตย์บนพื้นโลก จะใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพลังงาน แสงอาทิตย์ ซึ่งจะนำเสนอในรูปแบบที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทยมีแผนที่ศักยภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)



รูปที่ 2.9 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2552)

การกำหนดมุมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในจังหวัดชุมพรของประเทศไทยนั้น ต้องพิจารณาที่ละติจูดของจังหวัดชุมพรและสภาวะของแสงในพื้นที่จังหวัดชุมพรตั้งอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทยใกล้กับอาทิตย์อยู่ทีละติจูดโดยประมาณอยู่ที่ 10 องศาเหนือ สำหรับภูมิภาคที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรทั่วไปแล้วจะเอียงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในมุมที่เท่ากับละติจูดของสถานที่นั้นในจังหวัดชุมพรนั้นหมายถึงการเอียงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 10 องศาจากแนวนอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

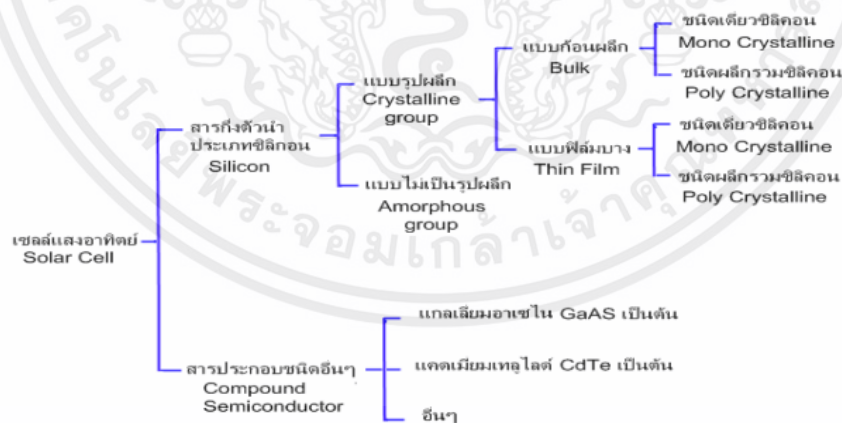
รูปที่ 2.10 แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นที่ที่สามารถ ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ของ จังหวัดชุมพร

2.3 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ โซลาร์เซลล์ (Solar cell) หรือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic cell) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงหรือโฟตอนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง โดยปรากฏการณ์โฟโตโวลตา คือ คุณสมบัติของสาร เช่น ค่าความต้านทาน แร่งตัน และ กระแสจะเปลี่ยนไปเมื่อมีแสงตกกระทบโดยไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอก และเมื่อต่อ โหลดให้จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านโหลดนั้นได้

2.3.1 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำซิลิคอนจะถูกแบ่งออกเป็นสารกึ่งตัวนำเป็น ผลึก (Crystal) และไม่เป็นผลึก (Amorphous) สารกึ่งตัวนำชนิดผลึกซิลิคอนจะใช้กันอย่าง แพร่หลาย เซมิคอนดักเตอร์ไม่เป็นผลึกทำงานได้ดีแม้ภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนั้นจึงใช้ เป็นแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องคิดเลขและนาฬิกาข้อมือ ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงาน แสงอาทิตย์ องค์ประกอบหลัก ของระบบคือ “แผงเซลล์แสงอาทิตย์” ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า โฟโตวอลเทอิก โดยใน ท้องตลาดมีเทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ 3 ชนิดหลัก ๆ คือ โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) และ ฟิล์มบาง (Thin film)



รูปที่ 2.11 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน , การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่ง ประเทศไทย (2553)

2.3.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ ทำจากผลึกเดี่ยวของ ซิลิคอนบริสุทธิ์พิเศษแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้ มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทั่วแล้วแผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดนี้มีประสิทธิภาพการแปลงได้ถึงร้อยละ 15-20 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มีอายุการใช้งานนานที่สุด และทำงานได้ดีในสภาพแสงน้อย



รูปที่ 2.12 ผลึกเดี่ยวของซิลิคอนบริสุทธิ์ และ เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

2.3.1.2 โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ทำจากซิลิคอนเช่นกัน แต่ชนิดของซิลิคอนที่ใช้มีบริสุทธิ์น้อยกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์เล็กน้อย แบบโมโนคริสตัลไลน์ แบบโพลีคริสตัลไลน์ทำงานได้น้อยกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ในอุณหภูมิสูง ความร้อนสามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งานสั้นลง อย่างไรก็ตามผลกระทบนี้มีเพียงเล็กน้อยประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์อยู่ที่ร้อยละ 13-16 เนื่องจากความบริสุทธิ์ของซิลิคอนที่ต่ำกว่า

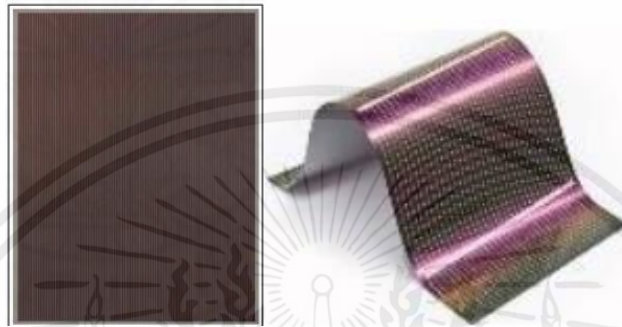


รูปที่ 2.13 ซิลิคอนที่เป็นรูปผลึกเดี่ยวที่บริสุทธิ์น้อย และ เซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

2.3.1.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell) แบบไปเป็นรูปผลึกหลักการการผลิตโดยทั่วไปคือ การนำเอาสารที่สามารถแปลงพลังงานจากแสงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้า มาฉาบเป็นฟิล์มหรือชั้นบาง ๆ ซ้อนกันหลาย ๆ ชั้นจึงเรียกเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ว่า ฟิล์มบาง หรือ thin film) ปัจจุบันแบบฟิล์มบางมีประสิทธิภาพต่ำแต่ราคาค่อนข้างสูงการผลิตกระแสไฟฟ้าจะใช้พื้นที่มากกว่าโมโนและโพลีคริสตัลมีอายุการใช้งานสั้นด้านประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางนั้นมีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 7-13 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาทำเป็นฟิล์มฉาบ แต่สำหรับบ้านเรือนโดยทั่วไปแล้วมีเพียงประมาณร้อยละ 6-8 เท่านั้น ที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง



รูปที่ 2.14 เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

2.4 ปัจจัยที่กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรืออัตราการแปรผันหมายถึง จำนวนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้า มาจะถูกแปรผันเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะอยู่ในช่วงร้อยละ 11-15 ซึ่งประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะได้รับอิทธิพลจากตัวแปรทั้งหมดดังต่อไปนี้

2.4.1 ประเภทแผงพลังงานแสงอาทิตย์

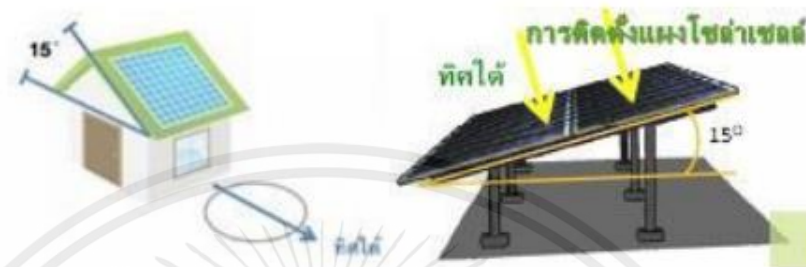
- โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) ทำจากซิลิกอนที่มีความบริสุทธิ์สูง ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพที่สูงสุด
- โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) ทำจากซิลิกอนที่มีความบริสุทธิ์สูงน้อยกว่าโมโนคริสตัลไลน์ แต่ประสิทธิภาพนั้นแตกต่างกันเล็กน้อย
- ฟิล์มบาง (Thin film) ปัจจุบัน แบบฟิล์มบาง มีประสิทธิภาพต่ำแต่ราคาต่ำกว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าจะใช้พื้นที่มากกว่าโมโน และโพลีคริสตัล และอายุการใช้งานสั้น

2.4.2 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในประเทศไทย

ยึดและติดตั้งแผงองศาเป็นตัวแปรที่มีผลเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องคำนวณว่าแผงควรติดตั้งในองศาความชันและความลาดเอียงจากพื้นท้องฟ้าและหันไปทางทิศทางใด (โดยทั่วไปในประเทศไทยจะติดตั้งในแนวระนาบแผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้โดยมีความชันจากนับจากพื้นดิน 0-30 องศา หรือ โดยทั่วไปนิยมใช้ความชันประมาณ 15 องศา จากพื้นดิน) การยึดและติดตั้งแผงนั้นมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งระบบถ้าติดตั้งผิดทิศทาง หรือความชันไม่เหมาะสม จะทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะลดลงเป็นอย่างมาก



รูปที่ 2.15 การติดตั้งแผงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

2.4.3 ความเข้มของแสงอาทิตย์

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูงกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือความเข้มแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง และวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก

2.4.4 อุณหภูมิ

กระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงร้อยละ 0.5 และในกรณีแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะสรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าจะลดลงทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็ลดลงด้วย

2.4.5 วัสดุประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุที่นำมาประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เช่นกระจกมีผลต่อประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน กระจกที่ต้องใช้ต้องลดการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ก่อนที่แสงจะผ่านไปถึงเซลล์ด้านใน

2.4.6 เงานที่บดบังแสง

เงาที่บดบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในบางส่วนก็มีผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ เพราะ โดยส่วนมากแล้วระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต่อวงจรเป็นอนุกรมแผงเซลล์ แสงอาทิตย์เข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ค่าแรงดันที่ออกแบบไว้

2.4.7 อายุการใช้งาน

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะค่อยๆลดลงตามอายุการใช้งาน โดยทั่วไปแล้วแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานไฟฟ้า ลดลงร้อยละ 0.5 ทุกๆปี ทำให้ผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์จะเสนอการรับประกันว่าการจ่ายพลังงานจะสูงกว่าร้อยละ 80 หลังจาก 25 ปี

2.5 การคำนวณค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

2.5.1 การคำนวณประสิทธิภาพ การทำงาน ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งกับที่

$$\text{Eff} = \frac{E_{\text{output}}}{E_{\text{input}}} = \frac{P_{\text{output, net}}}{I_b} = \frac{P_{\text{pv}}}{I_b} \times 100\%$$

เมื่อ Eff (fixed) คือ ค่าประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งกับที่ (efficient) (%)

E_{output} คือ ค่าพลังงานรวมทั้งหมด ที่คงเหลือของระบบ (W)

E_{input} คือ ค่าพลังงานรวมทั้งหมด ที่ผลิตได้ของระบบ (W)

$P_{\text{output, net}}$ คือ กำลังที่คงเหลือทั้งหมดของระบบ (W)

$P_{\text{solar cell}}$ คือ พลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (W)

I_b คือ รังสีตรงที่กระทำกับพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ (W/m^2)

2.5.2 การคำนวณประสิทธิภาพ การทำงาน ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์

$$\text{Eff} = \frac{E_{\text{output}}}{E_{\text{input}}} = \frac{P_{\text{output, net}}}{I_b} = \frac{P_{\text{pv}} - P_{\text{motor}}}{I_b} \times 100\%$$

เมื่อ Eff (tracking) คือ ค่าประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งกับที่ (efficient) (%)

เมื่อ Eff คือ ค่าประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งกับที่ (efficient) (%)

E_{output} คือ ค่าพลังงานรวมทั้งหมด ที่คงเหลือของระบบ (W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E_{input} คือ ค่าพลังงานรวมทั้งหมด ที่ผลิตได้ของระบบ (W)

$P_{output, net}$ คือ กำลังที่คงเหลือทั้งหมดของระบบ (W)

$P_{solar cell}$ คือ พลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (W)

P_{motor} คือ กำลังที่มอเตอร์แนวตรงใช้ (ได้มาจากการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์)

I_b คือ รังสีตรงที่กระทำกับพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ (W/m^2)

2.6 การคำนวณการลงทุนของเซลล์แสงอาทิตย์

วิธีการคำนวณการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน ของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า จาก เซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการนี้

$$PB = \frac{I}{R}$$

เมื่อ PB คือ ระยะเวลาคืนทุน (payback period) (ปี)

I คือ เงินลงทุน (investment) (บาท)

R คือ ผลตอบแทนคิดจากค่าไฟฟ้าใน 1 ปี (net benefit per period) (บาท/ปี)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน (2564) [1] ในหัวข้อที่ 2.1 แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ให้พลังงานในรูปแบบรังสีความร้อน ที่นำมาใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้นำความรู้ ดวงอาทิตย์ สเปกตรัม การแผ่รังสีดวงอาทิตย์มายังพื้นโลก เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลวิจัยการทำงาน เป็นข้อมูล เกี่ยวกับการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งศักยภาพ การผลิตกระแสไฟฟ้า โดยเซลล์แสงอาทิตย์ หลักความสำคัญการแปลงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกระบวนการความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ หลักการหารังสีของดวงอาทิตย์ เช่นวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ การบอกตำแหน่ง และเวลาของดวงอาทิตย์ การวัดรังสีดวงอาทิตย์

นายณราธิป ศรีละโคตร นายสมโชค จากรณ์ย์ นางสาววราภรณ์ พรหมมาศ [16] เครื่องควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์ (2550) ในหัวข้อที่ 2.2 ได้ศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการโคจรของดวงอาทิตย์ ที่ทำให้อากาศมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ซึ่งแกนโลกทำมุมเอียง 23.30 ทำให้ตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่ปรากฏบนท้องฟ้าจะเปลี่ยนไปอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดปี การโคจรของดวงอาทิตย์ องค์กรเคลื่อนที่ จากงานวิจัยศึกษาเรื่อง การควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันตามดวงอาทิตย์โดยทำการออกแบบให้เป็นระบบอัตโนมัติ โดยใช้ การควบคุมการทำงานของมอเตอร์เพื่อปรับมุมทิศทางของแผงตามดวงอาทิตย์ เพื่อให้ได้รับพลังงานอย่างเต็มที่และคุ้มค่าที่สุด โดยใช้ วงจรเปรียบเทียบแรงดันทำหน้าที่เทียบแรงดัน ที่รับเซ็นเซอร์แสง แต่ละตำแหน่งที่ติดตั้งไว้ โดยเอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ขับมอเตอร์เพื่อเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และศึกษา เกี่ยวกับการเก็บค่า ตัวอย่าง การทำงานของ ระบบติดตามดวงอาทิตย์

นางสาวศิริพร เพิ่มพูล นางสาวน้ำทิพย์ ศรีสุข นายพุดิพร ชัญไพศาล [15] การศึกษาการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ (2549) ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของดวงอาทิตย์ ความสัมพันธ์ การโคจรระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ จากงานวิจัย มีการเปรียบเทียบ ระบบติดตามดวงอาทิตย์กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ นิยมติดตั้งทำมุมประมาณ 15 องศาทิศเหนือ พบว่าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ติดตั้งอยู่กับที่ จะได้รับพลังงานสูงสุด เฉพาะช่วงประมาณ 10.00-14.00 น. โดยศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมุม 15 องศา ทิศเหนือได้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันตามดวงอาทิตย์

นายเอกวัฒน์ บุพิ [14] ระบบการวัดความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเพื่อประยุกต์กับการติดตามดวงอาทิตย์ (2556) ศึกษาเกี่ยวกับการบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ระบบพิกัด มุมชั่วโมง ระบบพิกัดขอบฟ้า ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ รังสีที่ตกกระทบกับพื้นโลก จากงานวิจัย ออกแบบ ความเข้มแสง เพื่อประยุกต์ใช้สำหรับระบบติดตามดวงอาทิตย์ และศึกษาเกี่ยวกับมุมแนวตั้ง เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่สูงที่สุดที่ 3 ารผลิตได้ซึ่งค่ามุมจะสอดคล้องกับทฤษฎีการสะท้อนของแสง ในการตั้งระบบเซ็นเซอร์ ที่ค่ามุม 45 องศา แสงจะมีการกระทบลงบนฉากรับ แสงได้ดีที่สุด ซึ่งเมื่อวัดกระแสไฟฟ้าจากตัวรับแสงจะได้ค่ากระแสไฟฟ้าได้ดีที่สุด

นายทัตพงษ์ รุจิรกาล นายเพชร ประทีปรัตน์ นายภานุวัฒน์ แซ่กัว [13] การค้นหาแสงอย่างง่ายสำหรับ ระบบโซลาร์เซลล์ (2558) ศึกษาเกี่ยวกับชนิด ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งคุณสมบัติ ความต้านทานแรงดัน หลักการทำงาน ของเซลล์แสงอาทิตย์ คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญ จากงานวิจัย จะนำเสนอเกี่ยวกับ การควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามแสง โดยสามารถหมุนทิศทางได้ 2 แกน ในการควบคุมทิศทางโดยใช้ DC มอเตอร์ และการเปรียบเทียบแรงดัน เพื่อหมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รับเข้าหาแสง อาทิตย์

นางสาวกมลชนก ดีเมฆ [17] นายกิตติพิศ เจียรวัฒนานุกูล นายชยุต เปียร์แก้ว กระจ่าง การศึกษาระบบติดตามดวงอาทิตย์ (2556) ศึกษาเกี่ยวกับประเภทรังสีที่ผิวโลก และระบบควบคุมติดตามดวงอาทิตย์ จากงานวิจัย จะศึกษาระบบติดตามดวงอาทิตย์ ด้วยการประกอบและ การสร้างออกแบบ มอเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ สอง แกน และการทดสอบระบบติดตามดวงอาทิตย์ ทดสอบความแม่นยำของมอเตอร์ เพื่อทดสอบความคลาดเคลื่อนในทางทฤษฎีเกี่ยวกับการทำงาน ในการควบคุม การทำงานของระบบติดตาม

นายกิตติพงษ์ เพทหาย [12] การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาจังหวัดตรัง (2560) ศึกษาความเข้มแสง และศักยภาพ การผลิต พลังงานจากดวงอาทิตย์ จากแผนที่ ในประเทศไทย จากงานวิจัยจะศึกษา ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทั่วประเทศไทยโดยศึกษาข้อมูล ตำแหน่งที่ตั้ง สถานที่ ของแต่ละจังหวัดนำมาเปรียบเทียบค่าข้อมูล เพื่อศึกษา และวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

นายศิษฐ์ พลดี [10] การประมาณรังสีดวงอาทิตย์ในระดับเอียงและมุมเอียงที่เหมาะสมของแผ่นรับ รังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทย (2563) การกำหนดแผ่นรับรังสีดวงอาทิตย์ในทางทิศใต้ ให้พลังงานเหมาะสมสูงสุด ตลอดทั้งปี และปรับปรุงประสิทธิภาพจากการปรับมุมเอียงของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ จากงานวิจัยนี้ จะศึกษาการกำหนดมุม แทน เซลล์แสงอาทิตย์ในทางทิศใต้ที่ให้พลังงานสูงสุดสะสมตลอดทั้งปี โดยเปรียบเทียบและปรับปรุง ประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ 2 รูปแบบ โดยการเปรียบเทียบปรับมุมประจำฤดูกาลและปรับมุมประจำเดือน และศึกษาการวัดข้อมูลของรังสี และตำแหน่งที่ตั้ง การทดลอง แล้วติดจุดการตั้งในจังหวัดนครปฐม ที่ตำแหน่ง 13.62 องศา โดยเปรียบเทียบ ติดตั้งกับแนวระนาบที่ 0 องศา

นายชัชชล แก้วพิลา นายสิทธิ์ จงเฉลิมชัย [9] การจำลองระบบ รวมแสงอาทิตย์และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (2563) ศึกษาเรื่องการ เคลื่อนที่ การทำงานของ มอเตอร์ การขับ และตำแหน่งกัน ปรากฏของดวงอาทิตย์บนพื้นโลก งานวิจัยนี้ เสนอระบบการออกแบบ ระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยใช้โครงข่าย ประสาทเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุด โดยใช้ข้อมูลจากการทดสอบและสมการการคำนวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ค่าที่ได้นำมาปรับ แกนให้สะท้อน การเคลื่อนที่ 2 แนวมุม คือ มุมอะติจูดและมุมอะซิมุม โดยการศึกษาวเคราะห์ มุม ระยะเวลาการเก็บค่า การคำนวณ การเปรียบเทียบ การออกแบบ การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

นายธนศ ต้นรุ่งโรจน์ [8] นายธรรมนนท์ ฉายรัตน์โรจน์ นายธีรัตน์ สัมมาเลิศพันธ์ (2556) ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบผสมผสานการใช้ระบบวิสัยทัศน์อัตโนมัติและแบบไร้อุปกรณ์ตรวจจับ จากงานวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบและการจำลองระบบติดตามดวงอาทิตย์ ด้วย Machine Vision System ในการประยุกต์ ใช้ในการผลิต พลังงานจากแสงอาทิตย์ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การออกแบบการสร้างและวิเคราะห์ระบบการวัดค่าความสว่างของรังสีดวงอาทิตย์ในการนำไปประยุกต์ใช้งานมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

3.1 การศึกษาการหาตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

3.2 การศึกษาออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.3 การศึกษาออกแบบและสร้างกล่องควบคุมระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

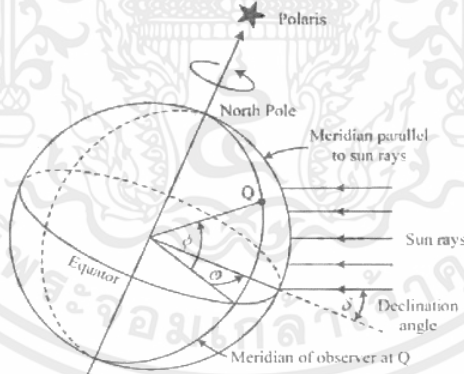
3.4 การทดสอบสมรรถนะระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

3.5 วิธีการดำเนินการทดลองและการเก็บผลการทดลอง

3.1 การศึกษาหาตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

3.1.1 คำนวณตำแหน่งการเคลื่อนที่ AZIMUTH และ ALTITUDE

จากสมการการติดตามการเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์จำเป็นต้องรู้ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ในเวลาต่างๆ ในแต่ละวันและสามารถคำนวณตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ได้จากสูตรการคำนวณมุมชั่วโมง และสมการคำนวณเวลา



รูปที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ของมุมชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\omega = 15(t_s - 12)$$

เมื่อ t_s คือ เวลาสุริยะคติปรากฏ

ω คือ มุมชั่วโมง

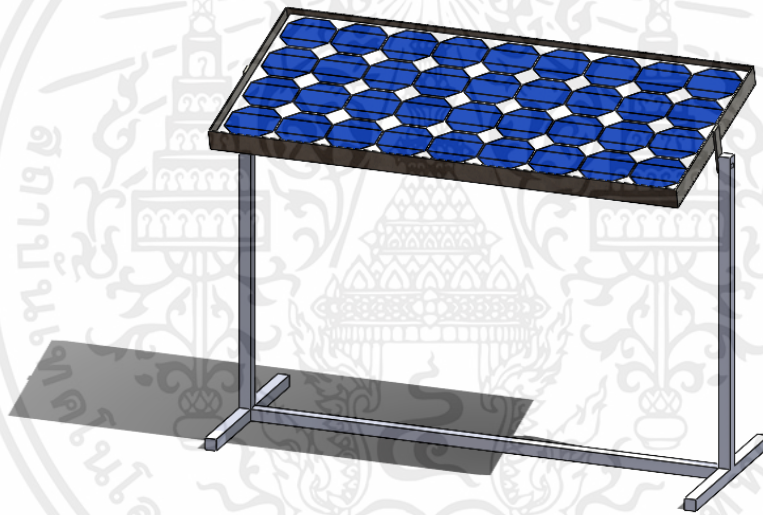
สมการคำนวณเวลาที่บอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งบนพื้นโลก

3.1.2 การศึกษาออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.2.1 การศึกษาออกแบบและโครงสร้างระบบติดตามการเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์

- แบบติดตั้งอยู่กับที่ทำมุมกับพื้น

โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่สามารถปรับมุมได้และสามารถกำหนดมุมมองในการติดตั้งเพื่อสามารถทำการทดลอง

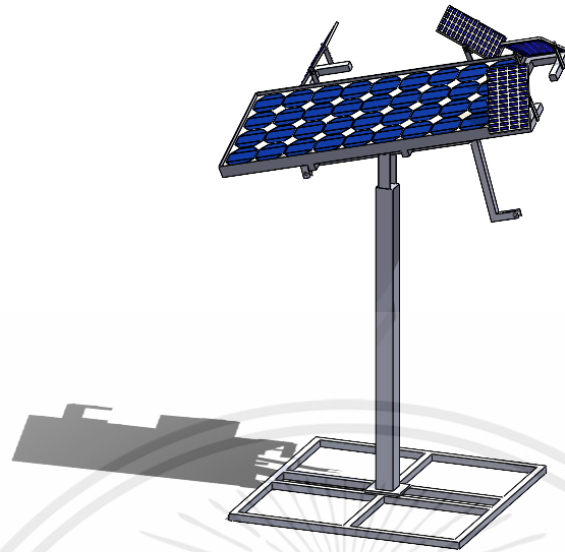


รูปที่ 3.2 โครงสร้างและการติดตั้งระบบติดตั้งอยู่กับที่ทำมุมกับพื้น

- ระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนตามการเคลื่อนที่ตรงอาทิตย์

โครงสร้างระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน สามารถเคลื่อนที่ได้หลายทิศทาง และมีการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงเล็กอยู่รอบ บริเวณรอบๆ การเคลื่อนที่ของแผ่น โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก 4 แผ่น โดยกำหนด แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดเล็ก 2 แผ่น กำหนดทิศทางขึ้นและลง และ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กอีก 2 แผ่นกำหนดทิศทาง ซ้ายและขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

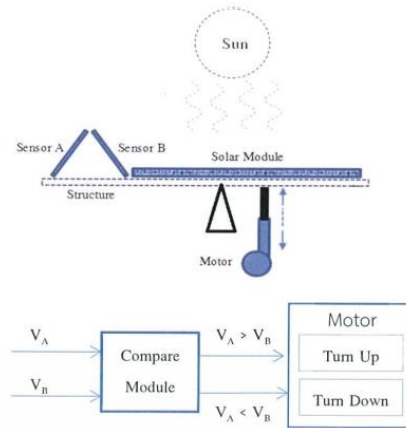


รูปที่ 3.3 โครงสร้างและการติดตั้งระบบแผงโซลาร์เซลล์หมุนตามการเคลื่อนที่ตรงอาทิตย์

3.2 การศึกษาออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 การศึกษาออกแบบและโครงสร้างระบบติดตามการเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์

สิ่งที่น่าสนใจในการออกแบบระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ได้แก่ ความแข็งแรงทางโครงสร้างวัสดุและรูปร่าง จากแนวคิดที่ให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา แต่ต้นทุนในการสร้างระบบแผง แสงอาทิตย์หมุนตามการเคลื่อนที่ ที่มีราคาต่ำจึงได้ออกแบบให้มีแรงดันไฟฟ้า V_0 สูงที่สุดดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตามหลักความสัมพันธ์ของการผลิตไฟฟ้า คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีพลังงานไฟฟ้า 100% เมื่อได้รับแสงตั้งฉากจากดวงอาทิตย์จะมีซึ่งหลักการนี้จึงออกแบบระบบปรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยแรงดันไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก



รูปที่ 3.4 ระบบการทำงานระบบการติดตาม ดวงอาทิตย์

หลักการทำงานของระบบตรวจจับดวงอาทิตย์จะอาศัยการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็กที่ทำหน้าที่ตรวจจับแสงดวงอาทิตย์ ซึ่งประกอบไปด้วยแผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็ก 4 แผง ขนาด 5W 7V วางท่ามุม 45 องศา ,โมดูลเปรียบเทียบแรงดัน (Compare Module) , และ วงจรขับมอเตอร์เพื่อดันให้แผงแสงอาทิตย์ขึ้นลง และหมุนซ้ายขวา ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็ก ทำหน้าที่ผลิตแรงดันไฟฟ้าจากการรับแสงอาทิตย์ทั้ง 4 แผง จะผลิตแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดเท่ากัน ใช้หลักการเปรียบเทียบแรงดันและส่งสัญญาณไปยังวงจรขับมอเตอร์ ที่เป็นแบบมอเตอร์เกียร์ทำหน้าที่ดันให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นลงตามแรงดันไฟฟ้า

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

- แผงโซลาร์เซลล์แบบโมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) ทำจากซิลิกอนที่มีความบริสุทธิ์สูง ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพที่สูงสุด



รูปที่ 3.5 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- วัดต์มิเตอร์ (DC Watt Meter) วัดพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 3.6 วัดต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โซล่าชาร์จเจอร์ (solar charge controller) คือ เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เข้าสู่แบตเตอรี่



รูปที่ 3.7 โซล่าชาร์จเจอร์

- ลิเนียร์มอเตอร์ (linear actuator motor) ออกแบบมาเพื่อให้ทำงานในแนวราบและแนวตรง สามารถทำงานในแนวราบโดยไม่ต้องผ่านระบบส่งกำลังอื่น



รูปที่ 3.8 มอเตอร์แนวระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เบรกเกอร์ (Circuit Breakers) สวิตซ์ไฟฟ้าอัตโนมัติที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันวงจรไฟฟ้าจากความเสียหายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน



รูปที่ 3.9 เบรกเกอร์

- แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เก็บสะสมพลังงานไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้



รูปที่ 3.10 แบตเตอรี่

- อินเวอร์เตอร์ (Inverter) อุปกรณ์ที่ช่วยในการสลับกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ ทำให้อุปกรณ์ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับสามารถใช้งานกับไฟฟ้ากระแสตรงได้

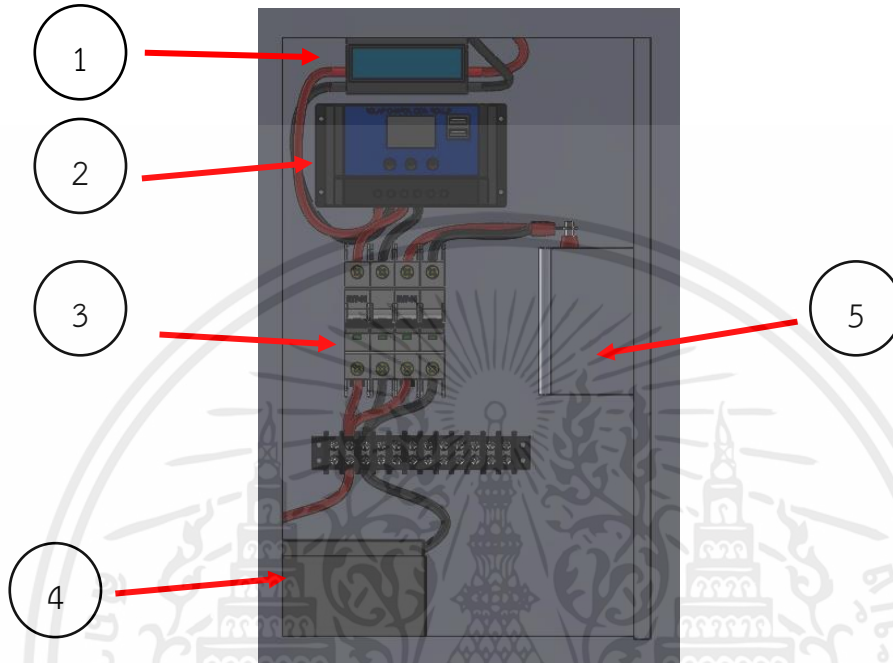


รูปที่ 3.11 อินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาออกแบบและสร้างกล่องควบคุมระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

3.3.1 ระบบแบบติดตั้งอยู่กับที่ทำมุมกับพื้น

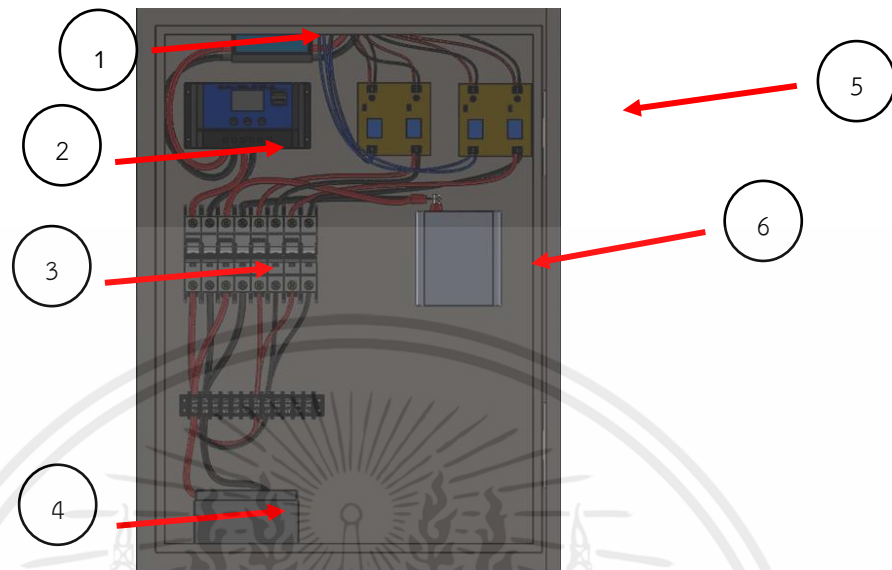


รูปที่ 3.12 กล่องควบคุมแบบติดตั้งทำมุมกับพื้น

อุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมแบบติดตั้งทำมุมกับพื้น มีดังนี้

1. วัดโวลต์มิเตอร์
2. โซลาร์ชาร์จเจอร์
3. เบรกเกอร์
4. แบตเตอรี่
5. อินเวอร์เตอร์

3.3.2 แบบระบบติดตามการเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์

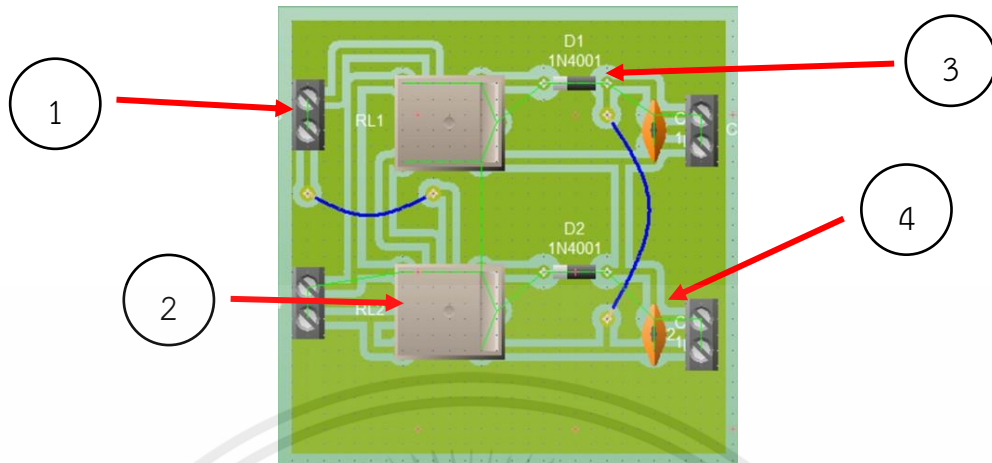


รูปที่ 3.13 กล่องควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์

อุปกรณ์ภายในกล่องระบบควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์ มีดังนี้

1. วัตต์มิเตอร์
2. โซลาร์ชาร์จเจอร์
3. เบรกเกอร์
4. แบตเตอรี่
5. แผงวงจรระบบติดตามดวงอาทิตย์
6. อินเวอร์เตอร์

3.3.2.1 แผงวงจรระบบติดตามดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.14 แผงวงจรระบบติดตามดวงอาทิตย์

หลักการทำงานของแผงวงจรติดตามดวงอาทิตย์ จากวงจรควบคุมแกนเดี่ยวถ้าต้องการต้องมีวงจรควบคุมสองแกน ทำการควบคุมมอเตอร์แกนตรง สองชุดโดยใช้หลักการการใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็กทำการเปรียบเทียบแรงดันเพื่อจ่ายไฟเลี้ยงไปยังรีเลย์แต่ละตัว ใช้แรงดันจากแบตเตอรี่ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าผ่านไปยังทิศทางที่ทำงานทำให้มอเตอร์ แกนตรงทำงาน ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หมุนไปในทิศทางที่ต้องการโดยมีอุปกรณ์ แผงวงจรระบบติดตามดวงอาทิตย์มี ดังนี้

1. ขั้วต่อเทอร์มินอลบล็อก
2. รีเลย์
3. ไดโอด
4. คาปาซิเตอร์

3.4 การทดสอบสมรรถนะระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

ระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ สามารถทำงานได้ปกติมีการปรับแกนมอเตอร์ทั้ง 2 แกน เพื่อหมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ารับหาแสงอาทิตย์เพื่อทำการผลิตไฟฟ้า โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่เป็นระบบเซ็นเซอร์ ทั้ง 2 ด้าน สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้แรงดันทางไฟฟ้าในการขับมอเตอร์แนวตรง โดยแสงอาทิตย์จะอยู่ตรงกลางระหว่างตรงกลางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่เป็นระบบเซ็นเซอร์ เพื่อให้รังสีที่กระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กสามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.15 สมรรถนะการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์

3.5 วิธีการดำเนินการทดลองและการเก็บผลการทดลอง

ระบบติดตั้งอยู่กับการดำเนินการทดลองกำหนดมุมมองของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่มุม 15 องศา ณ วันที่ 1 เมษายน 2566 ถึงวันที่ 6 เมษายน 2566 และมุม 12 องศา ณ วันที่ 19 เมษายน 2566 ถึงวันที่ 29 เมษายน 2566 เก็บผลการทดลองโดยวัตต์มิเตอร์ เพื่อเก็บค่ากำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ และทำการเก็บอุณหภูมิบนพื้นผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ ความเร็วลมเหนือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยอุณหภูมิบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์และความเร็วลม ที่เกิดขึ้นเพื่อสามารถกำหนดการวิเคราะห์การผลิตกำลังไฟฟ้า และอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ก่อนเก็บผลการทดลองในช่วงเช้าของทุกวันต้องเช็คทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อกำหนดประสิทธิภาพสูงสุดของการเก็บผลการทดลอง



รูปที่ 3.16 ชิ้นงานระบบติดตั้งอยู่กับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบติดตามดวงอาทิตย์การดำเนินการทดลองโดยทำการเปิดระบบติดตามดวงอาทิตย์ และทำความสะอาด แผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการทดลอง และดำเนินการเก็บผลการทดลองโดยวัดด้วยมิเตอร์เพื่อเก็บค่ากำลังไฟฟ้า ที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้และเก็บค่าอุณหภูมิบนพื้นผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และความเร็วมอเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยอุณหภูมิ บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์และความเร็วลมที่เกิดขึ้นสามารถนำมากำหนดวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตกำลังไฟฟ้า และสามารถอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้



รูปที่ 3.17 ชิ้นงานระบบติดตามดวงอาทิตย์

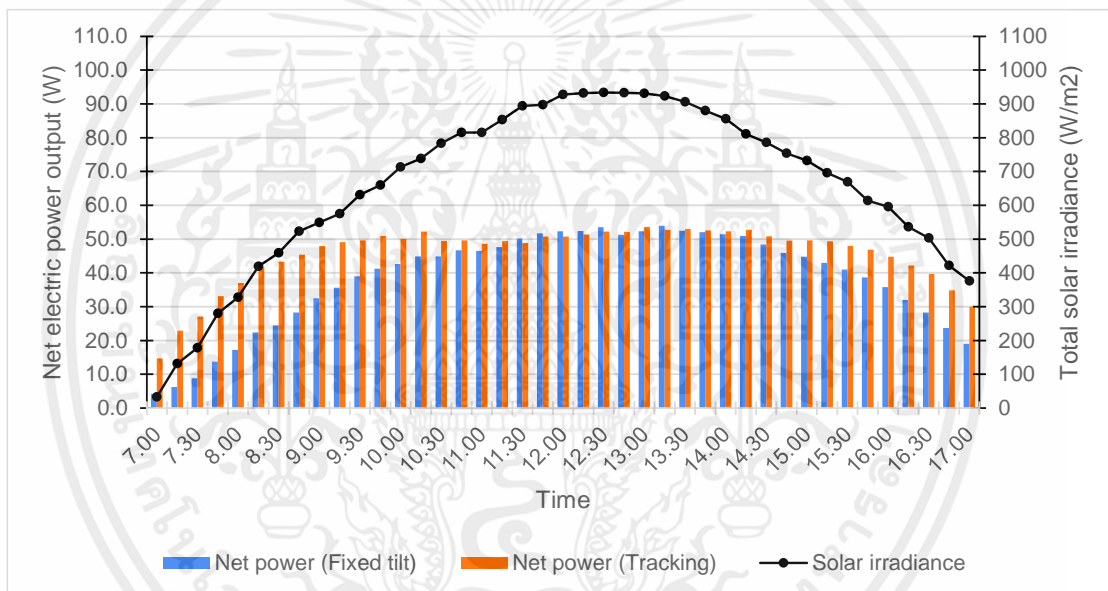
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองและวิเคราะห์ของ โครงการทดลองการเปรียบเทียบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตามดวงอาทิตย์เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับพื้น และระบบที่ติดตามดวงอาทิตย์ จะทำการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยวัดผลจากค่าประสิทธิภาพการทำงานทั้ง 2 ระบบ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

4.1 เปรียบเทียบระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบติดตั้งอยู่กับพื้นและระบบติดตามดวงอาทิตย์



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 6 เมษายน 2566 ในช่วงเวลา 7.00-17.00 นาฬิกา

การทดลองครั้งนี้พบว่า การวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์ ณ วันที่ 6 เมษายน 2566 จากตารางที่ ตั้งแต่เวลา 7.00 นาฬิกา จนถึง 17.00 นาฬิกา เป็นการวัดทุกๆ 15 นาที กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์มีค่ามากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ ซึ่งสามารถดูได้จากกราฟ เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า ซึ่งอ้างอิงจากความเข้ม แสงที่เสถียรเป็นตามทฤษฎี ดูได้จากรูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความเข้มแสง และพลังงานสุทธิที่ผลิตได้ของแต่ละระบบ ทั้งระบบติดตั้งอยู่กับพื้นและระบบติดตามดวงอาทิตย์

โดยในช่วงเช้าและช่วงเย็นระบบติดตามดวงอาทิตย์จะมีการผลิตกำลังไฟฟ้ามากกว่าระบบติดตั้งอยู่กับพื้น ส่วนประมาณช่วงเที่ยงทั้ง 2 ระบบ มีการผลิต ด้านกำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกัน ซึ่งระบบติดตั้งอยู่กับที่มีการผลิตกำลังไฟฟ้า เป็นไปตามทฤษฎี โดยมีการเพิ่มขึ้นของการผลิตกำลังไฟฟ้าลักษณะรูปกราฟเป็นแบบระฆังคว่ำ โดยอ้างอิงตามความเข้มแสงที่เกิดขึ้นส่วนในด้านของระบบติดตามดวงอาทิตย์มีการผลิตกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในสถานะเสถียรมีการผลิตกระแสไฟฟ้าใกล้เคียงกัน แต่ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงของดวงอาทิตย์

4.2 การคำนวณประสิทธิภาพของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงาน

แสงอาทิตย์

มีสูตรการคำนวณประสิทธิภาพดังสูตรนี้

$$Eff = \frac{52.3 \text{ w}}{(998(W/m^2) \times (1.2 \times 1(m^2)))} \times 100\%$$

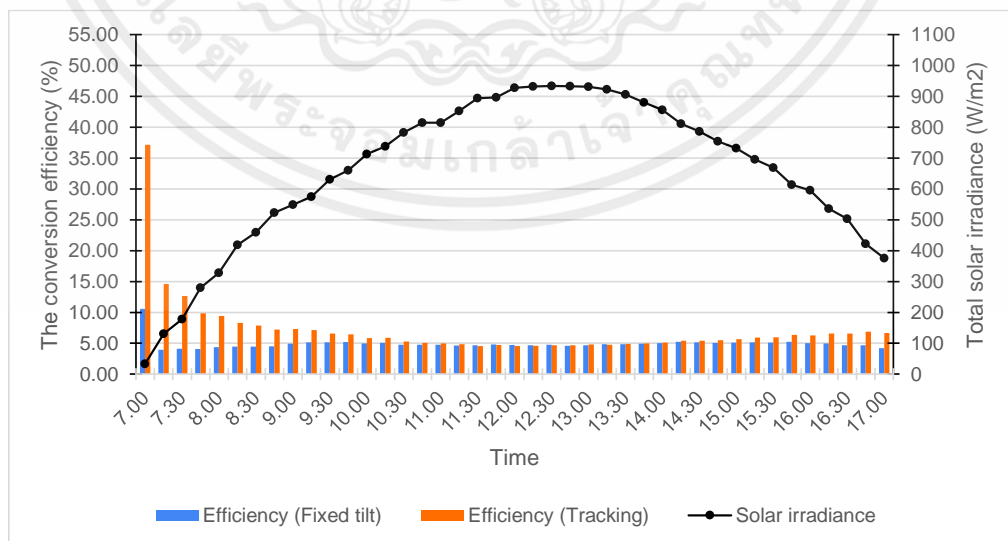
Eff = 4.86 % ณ วันที่ 6 เมษายน 2566 เวลา 12.00 น.

4.2.2 การคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ

ติดตามดวงอาทิตย์รายชั่วโมง

$$Eff = \frac{50.9 \text{ w} - 0.1812 \text{ w}}{(998(W/m^2) \times (1.2 \times 1(m^2)))} \times 100\%$$

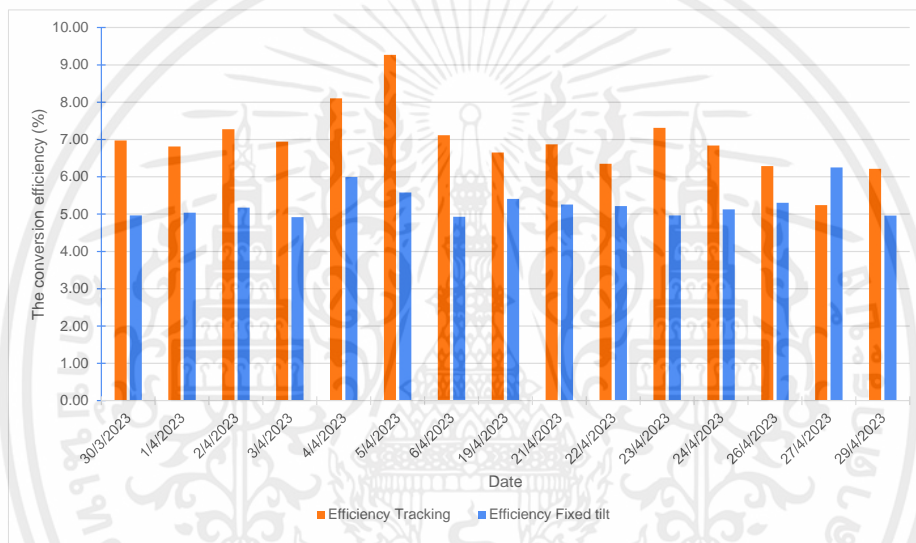
Eff = 4.55 % ณ วันที่ 6 เมษายน 2566 เวลา 12.00 น.



รูปที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการทำงานในรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบติดตามอยู่กับที่ ในช่วงเวลาตอนเช้าเวลาประมาณตั้งแต่ 7.00-10.00 น. และตอนเย็นเวลาประมาณตั้งแต่ 15.00 -17.00 น. การทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบติดตั้งอยู่กับที่ เนื่องจากระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถ หันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉากกับรังสีของดวงอาทิตย์ทำให้ระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าระบบติดตั้งอยู่กับที่ ในช่วงเที่ยงเวลาประมาณตั้งแต่ 11.00 -14.00 น.ระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบติดตั้งอยู่กับที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันเนื่องจากองศารังสีที่กระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉากกัน ทำให้ทั้ง 2 ระบบ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยในแต่ละวันของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่

ประสิทธิภาพเฉลี่ยในแต่ละวันของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบติดตามอยู่กับที่ ระยะเวลาทำการทดลอง 10 ชั่วโมงของแต่ละวัน ตั้งแต่วันที่ 30 มีนาคม 2566 ถึงวันที่ 29 เมษายน 2566 เป็นการเปรียบเทียบแสดงประสิทธิภาพการทำงานของทั้ง 2 ระบบ จากการทดลองพบว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 9.27% มีประสิทธิภาพต่ำสุดที่ 5.24% และมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 6.95% ระบบติดตั้งอยู่กับที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 6.25% มีประสิทธิภาพต่ำสุดที่ 4.92% และมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 5.27% จะพบได้ว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบติดตั้งอยู่กับที่ถึง 1.68%

4.3 สมรรถนะและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

วิธีการคำนวณการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน ของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า จาก เซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการนี้

4.3.1 ระยะเวลาคืนทุน เงินลงทุนในโครงการเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งกับที่ 5600 บาท

คำนวณค่าไฟจากกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย คิดเป็น watt x hour ของโครงการ เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งกับที่ ผลตอบแทนคิดจากค่าไฟฟ้าใน 1 ปีเป็นเงิน 691.2 บาท/ปี

คำนวณโครงการเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่

$$PB = \frac{5600 \text{ บาท}}{691.2 \text{ บาท/ปี}}$$

$$PB = 8.1 \text{ ปี}$$

4.3.2 เงินลงทุนในโครงการระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งตามดวงอาทิตย์ 8600 บาท

คำนวณค่าไฟจากกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย คิดเป็น watt x hour ของโครงการเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งตามดวงอาทิตย์ผลตอบแทนคิดจากค่าไฟฟ้าใน 1 ปีเป็นเงิน 824.4 บาท/ปี

คำนวณโครงการเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งตามดวงอาทิตย์

$$PB = \frac{8600 \text{ บาท}}{824.4 \text{ บาท/ปี}}$$

$$PB = 10.4 \text{ ปี}$$

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและการทดลอง

จากการงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การออกแบบและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเปรียบเทียบกับพลังงานการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ระหว่างแบบระบบติดตั้งอยู่กับที่ และ แบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าระบบติดตั้งอยู่กับที่ นิยมใช้มุมที่ 15 องศา หันไปทางทิศใต้ ของประเทศไทย เพราะเป็นมุมที่รังสีตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ดีที่สุดในประเทศไทย โดยทำการเปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ และ จากการวิจัยออกแบบพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากการทดลองพบว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 9.27% มีประสิทธิภาพต่ำสุดที่ 5.24% และมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 6.95% ระบบติดตั้งอยู่กับที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 6.25% มีประสิทธิภาพต่ำสุดที่ 4.92% และมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 5.27% จะพบได้ว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบติดตั้งอยู่กับที่ถึง 1.68% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และปัจจัยต่างๆ ที่อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพลดน้อยลง ยกตัวอย่างเช่น มีเมฆบังทำให้เกิดการผลิตกระแสไฟฟ้าน้อยลง และอุณหภูมิที่อยู่บนหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์อุณหภูมิสูงทำให้ระบบสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีขึ้นเพราะอุณหภูมิทำให้ความต้านทานทางไฟฟ้าต่ำจึงสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดี หรือความเร็วลมก็อาจส่งผลทำให้เกิดการผลิตกำลังไฟฟ้าในการเก็บค่าแต่ละวันมีค่าไม่เท่ากัน

5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างทำการทดลอง และแนวทางการแก้ไข

5.2.1 โครงสร้างของระบบติดตามดวงอาทิตย์ กรอบโครงสร้างรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ในการหมุนสามารถ ลดน้ำหนักโครงสร้างรับแผงได้เพื่อลดภาระโหลดของการเคลื่อนที่ ในการทำงานของมอเตอร์แนวตรง

5.2.2 แผ่นวงจรควบคุมการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์แนวตรง ควรเลือกประสิทธิภาพแผ่นวงจรที่ลายทองแดงนั้นหลุดลอกยาก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และแก้ไขข้อผิดพลาดของระบบการทำงานที่ผิดพลาดได้

5.2.3 ชุดอุปกรณ์การเก็บข้อมูล ควรใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์ เก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการเก็บ ข้อมูลสามารถนำมาวิเคราะห์ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 การแยกชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลของมอเตอร์แนวตรงเพื่อใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงาน ระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถคำนวณค่าพลังงานสุทธิตั้งได้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพการทำงานและเปรียบเทียบข้อมูลของระบบแบบติดตั้งอยู่ที่

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

5.3.1 การใช้สมการการหาตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่มีความถูกต้องแม่นยำ หรือ ใช้โปรแกรมช่วยกำหนด ตำแหน่งการโคจรการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ตามแต่ละฤดู

5.3.2 การทำการเก็บข้อมูลการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ควรใช้เป็น Data logger เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และพัฒนาระบบติดตามดวงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำ ในการวิเคราะห์มากขึ้น

5.3.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถทำได้ โดยการลดความร้อนแผงในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการลดอุณหภูมิ ในแผงเพื่อลดการต้านทานการผลิตกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ทำให้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น

5.3.4 การกำหนดระยะเวลาการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ จากผลการทดลองพบว่าการทำงานของระบบ ติดตามดวงอาทิตย์และติดตั้งอยู่กับที่ ในช่วงเวลา ประมาณ 10.00-14.00 น ประสิทธิภาพการทำงานของทั้ง 2 ระบบ มีความใกล้เคียงกัน จึงสามารถ สรุป ได้ว่า เราสามารถตั้งเวลาปิด-เปิดระบบการทำงาน ของระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการ จะเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. (2564). “การผลิตไฟฟ้าจาก พลังงานแสงอาทิตย์การถ่ายทอดและเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ : 1-40
- [2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกกมล บุญยะผลานันท์ นายรพี บุญบุตร. (2564). **คู่มือองค์ความรู้การพัฒนาวัตนวัตกรรมพลังงานทดแทนเพื่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน** : 20-64
- [3] นายธนภัทร พรหมวัฒน์ภักดี. (2551). การเพิ่มประสิทธิภาพแผงรับรังสีแสงอาทิตย์โดยติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์เชิงดิจิทัล . **งานวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม** : 5-12
- [4] นายเจษฎา ไพรอด นายชาญยุทธ แสงศรี นายพรณวัฒน์ ซาดิวิทยา. (2558). การออกแบบหลักมิเตอร์สำหรับระบบติดตามดวงอาทิตย์ . **วิทยานิพนธ์บัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์) ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง** : 4-22
- [5] นายดิเรก พุทศรี นายสุทิน ยอดสันเทียะ. (2546). **แผงโซลาร์เซลล์ตามดวงอาทิตย์ 2 . ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร** : 4-10
- [6] นายกาญจนศิษฐ์ เวชการ. (2560). การวิเคราะห์สมรรถนะการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบลอยน้ำพิกัด 50 kWp **วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี** : 17-45
- [7] นางสาวอชิษฐาน ทิพย์พงศ์ธร. (2562). การศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี . **วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมจัดการพลังงานมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี** : 11-17
- [8] นายเนศ ต้นรุ่งโรจน์ นายธรรมนนท์ ฉายรัตน์โรจน์ นายธีรวัต สัมมาเลิศภักดิ์. (2556). ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบผสมผสานการใช้ระบบวิทัศน์อัตโนมัติ และแบบไร้อุปกรณ์ตรวจจับ. **ปริญญาานิพนธ์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง** : 6-14
- [9] นายชัชชล แก้วพิลา นายสิทธิ์ จงเฉลิมชัย. (2560). การจำลองระบบรวมแสงอาทิตย์และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสง. **ปริญญาานิพนธ์ ภาควิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาพลังงานไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง** : 25-27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [10] นายศิษณุ พลดี. (2563). การประมาณรังสีดวงอาทิตย์ในระนาบเอียงและมุมเอียงที่เหมาะสมของแผ่นรับรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทย วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ : 9-25
- [11] นางสาวจิตรา เลิศวิโรจน์ถาวร. (2560). การแก้ปัญหาระบบและวิเคราะห์ค่าพลังงานโซลาร์รูฟท็อปขนาด 2MWp ที่เลคิเซ่กรุป เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด. สหกิจศึกษาภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : 3-12
- [12] นายกิตติพงษ์ เพทาย. (2562). การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งโครงการการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์กรณีศึกษา จังหวัดตรัง. สารนิพนธ์ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ :16-70
- [13] นายทัตพงศ์ รุจิกาล นายเพชร ประทีปรัตน์ นายภาณุวัฒน์ แซ่กั่ว. (2558). การค้นหาแสงอย่างง่ายสำหรับระบบโซลาร์เซลล์. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : 3-20
- [14] นายเอกวัฒน์ บุพิ. (2556). ระบบการวัดความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเพื่อประยุกต์กับการติดตามดวงอาทิตย์. โครงการงานพิเศษสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : 3-40
- [15] นางสาวศิริพร เพิ่มพูล นางสาวน้ำทิพย์ ศรีสุข นายพุฒิพร ชฎาไพศาล. (2549). การศึกษาการใช้เซลล์แสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : 3-77
- [16] นายนราธิป ศรีละโคตร นายสมโชค จากระรัมย์ นางสาววารภรณ์ พรหมมาศ. (2546). เครื่องควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามทิศทางแสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ภาควิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี : 7-48
- [17] นางสาวกมลชนก ดีเมฆ นายกิตติพิศ เจียรวัฒนานุกุล นายชยุต เบี้ยแก้วกระจ่าง. (2556). การศึกษาระบบติดตามดวงอาทิตย์. โครงการงานพิเศษสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : 4-87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [18] นายกฤตชนนท์ สวนจันทร์. (2560). การออกแบบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์. **วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์** : 4-79
- [19] เสนอ สะอาด ดารุณี ชายทอง รุ่งลาวัลย์ ชูสวัสดิ์. (2556). ชุดทดสอบหาความเหมาะสมในการใช้งานเครื่องผลิต พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์. **คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย** : 4-94
- [20] อธิธิพล เหลาพรหม วิษณุ บัวเทศ. (2559). การออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่หมุนตามดวงอาทิตย์. **การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏ กำแพงเพชรครั้งที่ 3 ฉบับที่ 2.** : 293-299
- [21] สมภพ ผดุงพันธ์. (2558). การขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติ. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 1** : 81-91
- [22] กันต์ ปานประยูร. (2560). ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 8 กิโลวัตต์และความเป็นไปได้ของการขยายระบบ. **วารสารการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย ปีที่ 4** : 76-86
- [23] นางสาวอัจฉรา พาสุวรรณ. (2560). ระบบติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับควบคุมไฟฟ้าแบบอัจฉริยะ. **รายงานสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง** : 4-61
- [24] ธนัญฐ์ ปะกีน่าหัง ดร.สุภัทรา ปลื้มกมล. (2561). การควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์เดี่ยวแกนคู่ใช้พีซีซีลอจิก. **การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 19** : 210-218
- [25] ฉัตร ผลนาค จอมภพ แววศักดิ์ สมพร ชีวมงคลกานต์ ปราณีย์ หนูทองแก้ว. (2560). การประเมินประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบ ตั้งบนหลังคาและเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายขนาดกำลัง 3 กิโลวัตต์ โดยอาศัยการจำลองแบบด้วยโปรแกรม PVsyst. **วอนชานมหาวิทยาลัยทักษิณปีที่ 20 ฉบับพิเศษ จากงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 27 และการประชุมวิชาการระดับชาติด้วยบริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ครั้งที่ 3.** : 261-268
- [26] ศศิวิมล ทรงไตร พิรุฒิมิ ชินวรรังสี อัครวิณ หงส์สิงห์ทอง ณัฐกานต์ อุดมเดชาณัติ ทรงเกียรติ กิตติสนธิ รักษ์ ทวีวัฒน์ กระจำงสังข์ จรรย์ ศรีธาราธิคุณ กอบศักดิ์ ศรีประภา. (2559). การประเมินสมรรถนะและความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์แบบมีระบบติดตามดวงอาทิตย์และแบบมุมรับแสงคงที่ในประเทศไทย.

วิศวกรรมลาดกระบังปีที่ 33 ฉบับที่ 1 : 48-53

- [27] อนุรัตน์ เทวตา ยุทธนา ศรีอุดม. (2561). การศึกษาเชิงทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ท่อความร้อนแบบแบน. **วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 : 83-94**
- [28] WU, Chien-Hsing; WANG, Hui-Chiao; CHANG, Hornng-Yi. (2022). Dual-axis solar tracker with satellite compass and inclinometer for automatic positioning and tracking. **Energy for Sustainable Development**, 66: 308-318.
- [29] RAO, Roshan R., et al. (2015). Comparison of performance of solar photovoltaics on dual axis tracker with fixed axis at 13 N latitude. **Current science**, 2087-2094.
- [30] MUSA, Abdulwaheed, et al. (2015). A Review of Time-Based Solar Photovoltaic Tracking Systems. **Information**, 14.4: 211.
- [31] MAAROF, Hiwa Abdlla, et al. (2022). Influence of Micro-Controller-Based Single Axis Solar Tracker System on Solar Panel's Performance: **Case Study. NTU Journal of Renewable Energy**, 3.1: 33-43.
- [32] THARAMUTTAM, Jerin Kuriakose; NG, Andrew Keong. (2017). Design and development of an automatic solar tracker. **Energy Procedia**, 143: 629-634.
- [33] ANUSHA, K.; CHANDRA, S.; REDDY, Mohan. (2013). Design and development of real time clock based efficient solar tracking system. **International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)**, 3.3: 1219-1223.
- [34] RAY, Shashwati; TRIPATHI, Abhishek Kumar. (2016). Design and development of tilted single axis and azimuth-altitude dual axis solar tracking systems. In: **2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)**. IEEE, p. 1-6.

- [35] HAFEZ, A. Z.; YOUSEF, A. M.; HARAG, N. M. (2018). Solar tracking systems: Technologies and trackers drive types–A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 91: 754-782.
- [36] LI, Yuyang, et al. (2020). Feasibility of harvesting solar energy for self-powered environmental wireless sensor nodes. **Electronics**, 9.12: 2058.
- [37] CANALE, Eduard-Valentin, et al. (2019). Automatic solar tracking system. **International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics**, 6: 246-249.
- [38] ZHANG, Li-zhi, et al. (2019) Indoor experiments of dust deposition reduction on solar cell covering glass by transparent super-hydrophobic coating with different tilt angles. **Solar Energy**, 188: 1146-1155.
- [39] ABDULLAH SAIED, Ali Najim, et al. (2022). DESIGN AND PERFORMANCE STUDY OF A DUAL-AXIS SOLAR TRACKER SYSTEM FOR THE CLIMATE OF EASTERN LIBYA. **Eastern-European Journal of Enterprise Technologies**, 119.8.
- [40] JAMROEN, Chaowan, et al. (2020). A low-cost dual-axis solar tracking system based on digital logic design: Design and implementation. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, 37: 100618.
- [41] RACHARLA, Suneetha; RAJAN, K. (2017). Solar tracking system–a review. **International journal of sustainable engineering**, 10.2: 72-81



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

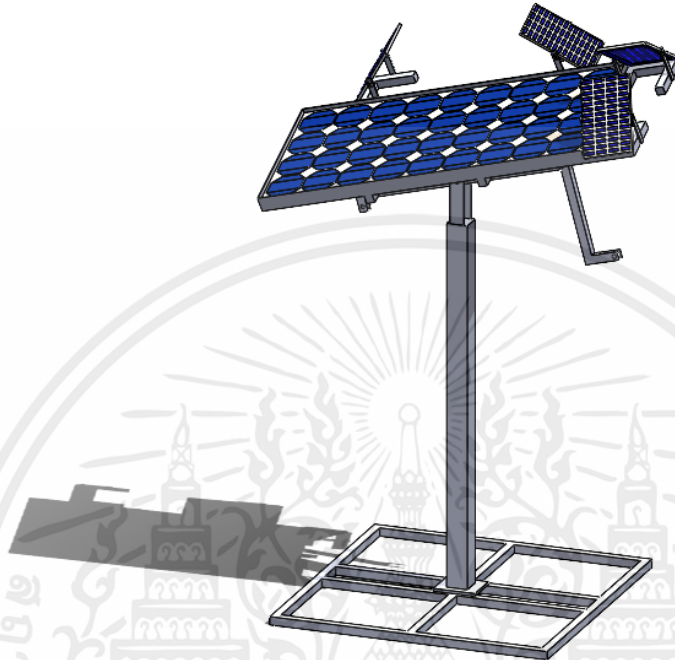


ภาคผนวก ก

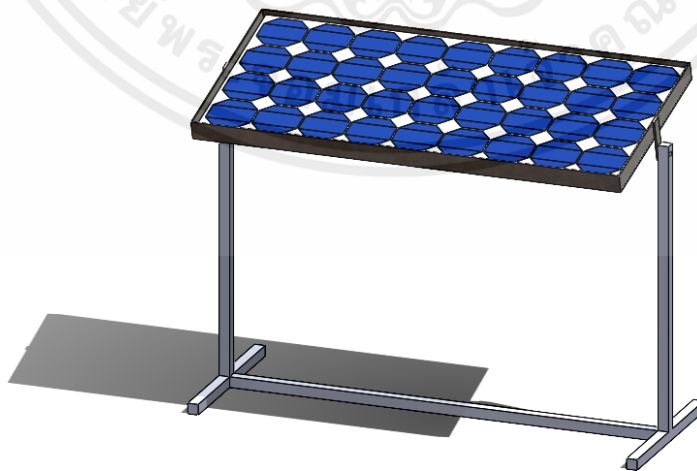
การเขียนแบบทางวิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนนี้จะเป็นการออกแบบของโซลาร์เซลล์แบบระบบติดตามดวงอาทิตย์และโซลาร์เซลล์แบบ Fixed tilt

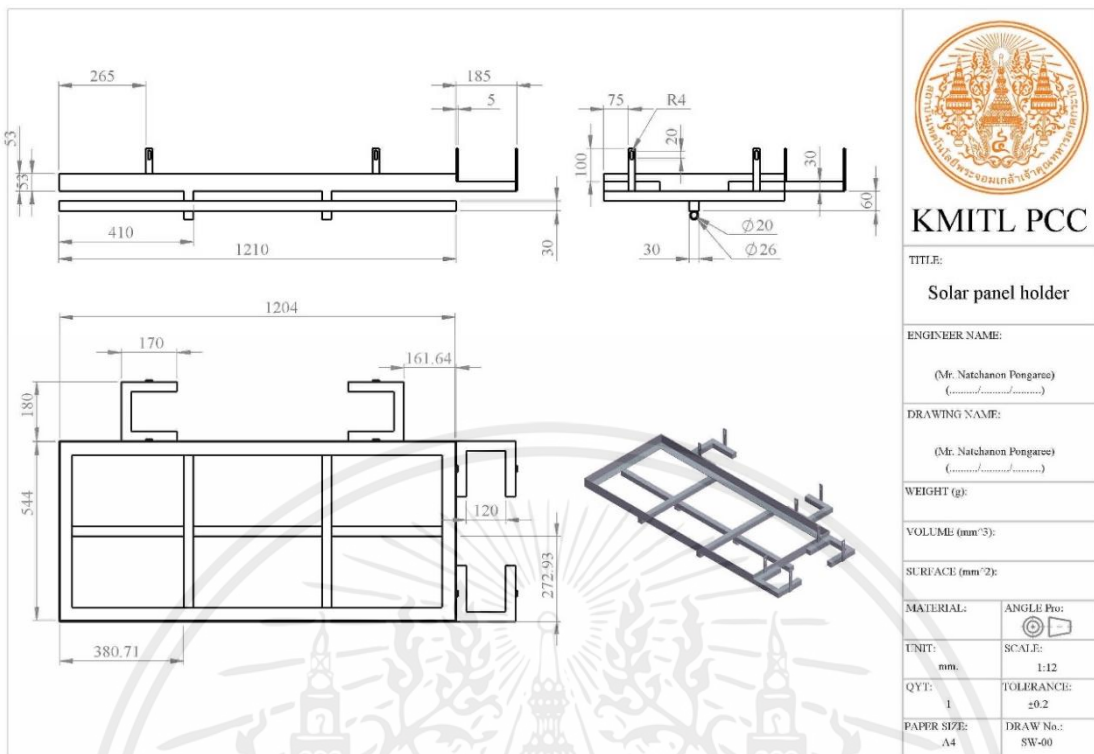


รูปที่ ก.1 โซลาร์เซลล์แบบระบบติดตามดวงอาทิตย์

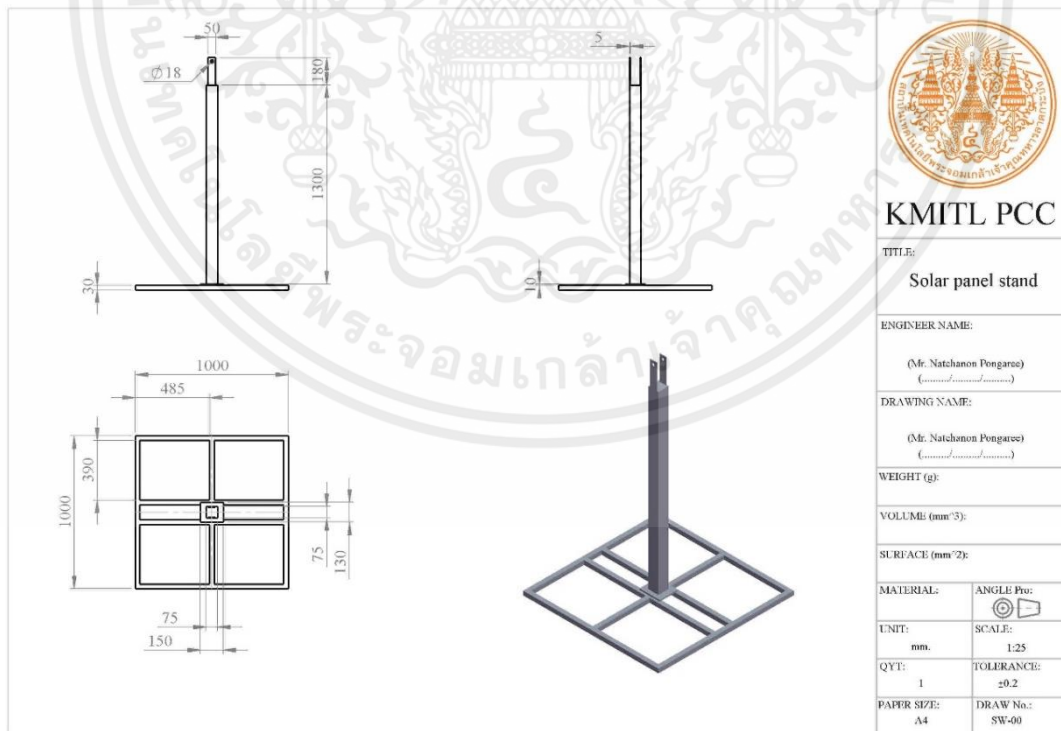


รูปที่ ก.2 โซลาร์เซลล์แบบ Fixed tilt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

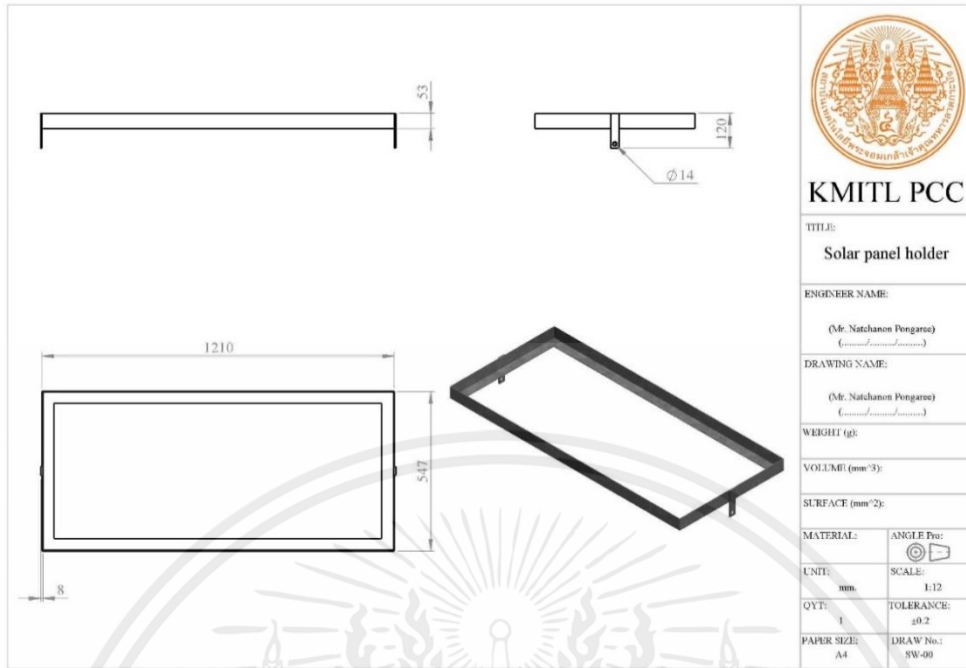


รูปที่ ก.3 แผ่นสำหรับใส่แผงโซลาร์เซลล์ และ เซ็นเซอร์ของแบบติดตามดวงอาทิตย์

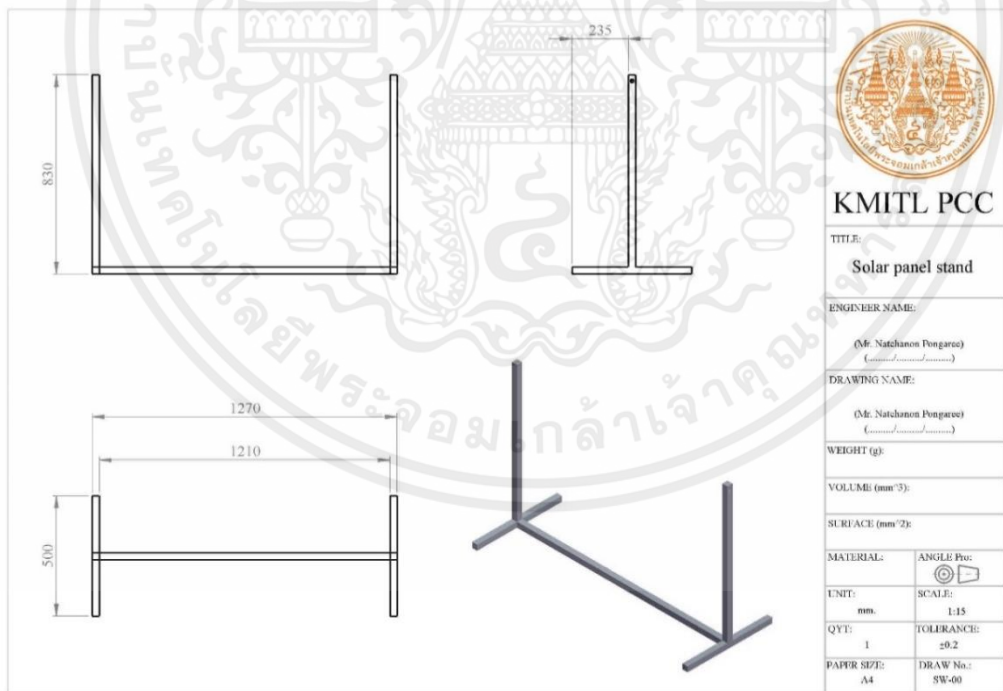


รูปที่ ก.4 ฐานของระบบแบบติดตามดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 แผ่นสำหรับใส่แผงโซล่าเซลล์



รูปที่ ก.6 ฐานที่ติดตั้งของระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองหาประสิทธิภาพของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบ Fixed tilt

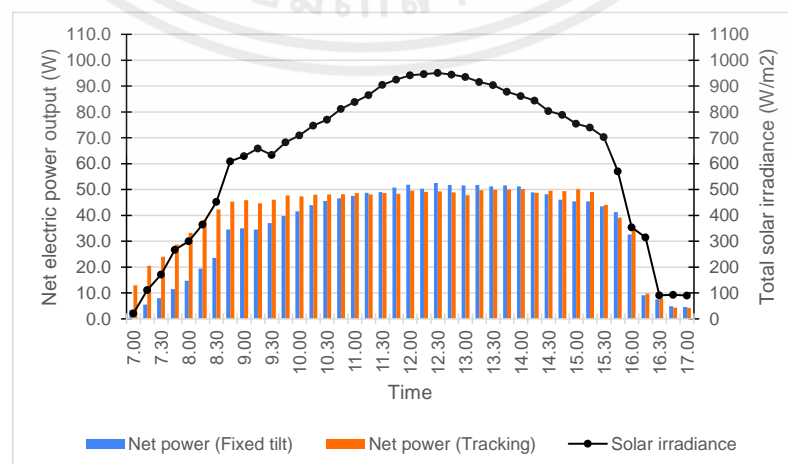
หาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่

ตารางที่ ข.1 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 30 มีนาคม 2566

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
7.00	21	25.8	28.7	3.5	13.0	13.9	51.7
7.15	111	27.7	32.6	5.5	20.5	4.1	15.4
7.30	171	28.9	34.8	8.0	24.0	3.9	11.7
7.45	267	30.8	37.4	11.5	28.7	3.6	9.0
8.00	300	31.5	37.7	14.7	33.2	4.1	9.2
8.15	365	32.1	33.6	19.4	38.2	4.4	8.7
8.30	452	34.2	39.3	23.6	42.3	4.4	7.8
8.45	609	36.4	38.8	34.5	45.3	4.7	6.2
9.00	629	39.4	40.3	35.0	45.9	4.6	6.1
9.15	659	41.8	45.4	34.5	44.7	4.4	5.7
9.30	634	41.2	45.1	37.0	46.0	4.9	6.0
9.45	683	42.7	51.2	39.8	47.7	4.9	5.8
10.00	709	43.5	46.0	41.5	47.3	4.9	5.6
10.15	747	44.5	46.4	43.9	48.0	4.9	5.4
10.30	770	45.9	49.3	45.6	48.1	4.9	5.2
10.45	812	43.8	50.9	46.6	48.2	4.8	4.9
11.00	838	46.8	53.3	47.5	48.6	4.7	4.8
11.15	865	47.2	48.2	48.7	48.1	4.7	4.6
11.30	905	47.9	49.3	49.0	48.6	4.5	4.5
11.45	925	50.7	46.6	50.8	48.3	4.6	4.4
12.00	942	53.4	54.8	51.9	49.5	4.6	4.4
12.15	946	50.2	52.9	50.3	49.1	4.4	4.3
12.30	951	51.8	52.6	52.5	49.3	4.6	4.3
12.45	944	50.7	52.1	51.8	48.9	4.6	4.3
13.00	935	50.9	52.1	51.6	47.8	4.6	4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
13.30	916	51.0	51.6	51.8	49.7	4.7	4.5
13.45	878	52.1	49.5	51.6	50.0	4.9	4.7
14.00	861	51.6	49.5	51.2	50.2	5.0	4.9
14.15	844	50.1	50.1	48.9	48.7	4.8	4.8
14.30	803	50.1	52.4	48.2	49.5	5.0	5.1
14.45	789	51.3	52.6	46.1	49.4	4.9	5.2
15.00	755	51.7	51.3	45.4	50.1	5.0	5.5
15.15	740	50.1	52.0	45.4	49.0	5.1	5.5
15.30	703	46.3	43.4	43.5	44.0	5.2	5.2
15.45	570	43.6	46.3	41.3	39.1	6.0	5.7
16.00	354	43.3	45.7	32.6	34.8	7.7	8.2
16.15	315	33.6	37.8	9.1	9.7	2.4	2.6
16.30	91	33.6	34.7	7.5	7.9	6.9	7.3
16.45	93	31.4	32.2	4.9	4.3	4.4	3.9
17.00	90	31.4	32.1	4.6	4.2	4.3	3.9
13.45	878	52.1	49.5	51.6	50.0	4.9	4.7
14.00	861	51.6	49.5	51.2	50.2	5.0	4.9
14.15	844	50.1	50.1	48.9	48.7	4.8	4.8
14.30	803	50.1	52.4	48.2	49.5	5.0	5.1
14.45	789	51.3	52.6	46.1	49.4	4.9	5.2
15.00	755	51.7	51.3	45.4	50.1	5.0	5.5
15.15	740	50.1	52.0	45.4	49.0	5.1	5.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

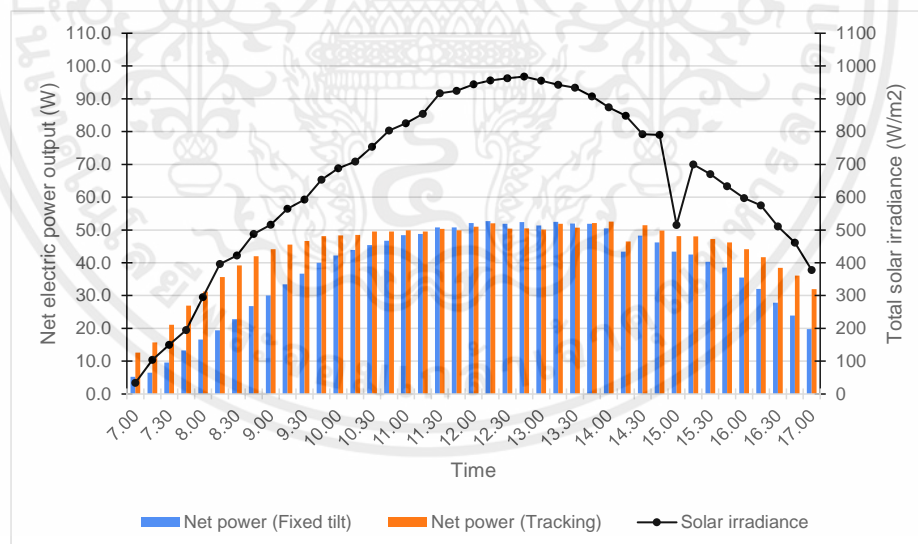
รูปที่ ข.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 30 มีนาคม 2566

ตารางที่ ข.2 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 1 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
7.00	34	25.5	25.6	5.2	12.6	12.75	30.93
7.15	104	25.5	27.3	6.5	15.7	5.21	12.60
7.30	150	26.1	29.4	9.6	21.1	5.33	11.73
7.45	195	27.3	36.3	13.3	26.9	5.68	11.50
8.00	295	31.4	31.7	16.6	31.2	4.69	8.82
8.15	396	31.7	32.1	19.4	35.6	4.08	7.50
8.30	422	36.7	42.8	22.8	39.2	4.50	7.74
8.45	488	40.4	43.7	26.8	42.0	4.58	7.18
9.00	516	42.0	47.3	30.0	44.1	4.84	7.13
9.15	565	43.1	48.3	33.4	45.5	4.93	6.71
9.30	593	45.4	50.3	36.7	46.6	5.16	6.55
9.45	653	46.3	51.1	40.0	48.1	5.10	6.14
10.00	688	48.4	51.9	42.2	48.3	5.11	5.85
10.15	709	49.9	51.7	43.9	48.5	5.16	5.70
10.30	754	49.5	51.4	45.4	49.5	5.02	5.47
10.45	803	49.3	50.9	46.7	49.5	4.85	5.14
11.00	825	50.3	51.0	48.4	49.9	4.89	5.04
11.15	854	52.5	51.3	48.8	49.5	4.76	4.83
11.30	917	51.0	50.8	50.8	50.3	4.62	4.57
11.45	924	53.6	51.4	50.8	49.9	4.58	4.50
12.00	944	55.3	51.4	52.1	51.0	4.60	4.50
12.15	956	53.3	51.1	52.7	52.0	4.59	4.53
12.30	963	46.7	49.9	51.9	50.4	4.49	4.36
12.45	968	51.3	53.2	52.4	50.5	4.51	4.35
13.00	955	54.6	55.0	51.4	50.1	4.49	4.37
13.15	943	54.7	58.4	52.5	51.9	4.64	4.59
13.30	934	53.0	52.8	52.0	50.7	4.64	4.53
13.45	907	53.2	53.0	51.9	52.1	4.77	4.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	874	53.2	53.0	50.5	52.5	4.82	5.01
14.15	848	50.8	52.3	43.4	46.5	4.26	4.57
14.30	792	47.3	49.8	48.3	51.4	5.08	5.41
14.45	790	47.2	48.3	46.2	49.8	4.87	5.26
15.00	515	46.6	48.2	43.4	48.1	7.02	7.79
15.15	700	46.4	48.3	42.5	48.0	5.06	5.72
15.30	670	44.0	45.2	40.3	47.2	5.01	5.87
15.45	633	43.2	46.9	38.5	46.2	5.07	6.08
16.00	597	42.8	47.2	35.5	44.1	4.96	6.16
16.15	575	41.2	45.8	32.0	41.7	4.64	6.05
16.30	511	44.0	42.0	27.8	38.4	4.53	6.27
16.45	461	40.7	40.0	23.9	36.1	4.32	6.53
17.00	378	40.0	35.0	19.8	31.9	4.37	7.04



รูปที่ ข.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 1 เมษายน 2566

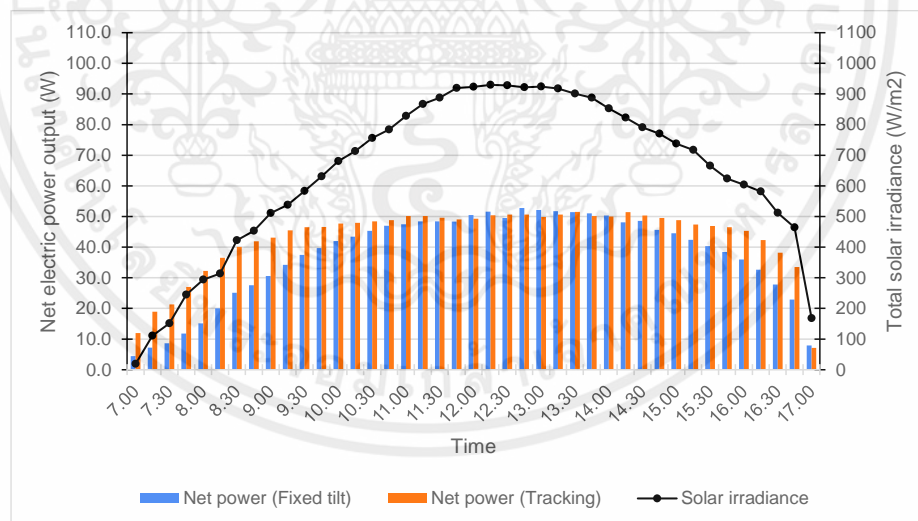
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 2 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
7.00	19	25.1	24.8	4.4	11.9	19.30	52.28
7.15	111	26.3	25.4	7.2	18.9	5.41	14.20
7.30	151	26.1	27.1	8.6	21.3	4.75	11.77
7.45	245	28.0	28.0	11.8	27.0	4.01	9.19
8.00	294	30.0	31.9	15.1	32.2	4.28	9.13
8.15	314	33.4	32.7	20.0	36.5	5.31	9.69
8.30	422	36.6	37.7	25.1	40.1	4.96	7.92
8.45	453	40.4	42.2	27.6	41.9	5.08	7.71
9.00	511	44.1	43.9	30.6	43.1	4.99	7.03
9.15	538	47.8	48.6	34.2	45.5	5.30	7.05
9.30	583	48.7	48.3	37.5	46.5	5.36	6.65
9.45	631	53.8	56.5	39.7	46.6	5.24	6.16
10.00	681	52.8	55.0	42.0	47.7	5.14	5.84
10.15	713	54.1	55.1	43.4	47.9	5.07	5.60
10.30	756	52.4	52.5	45.3	48.4	4.99	5.34
10.45	784	54.8	52.8	47.0	48.8	5.00	5.19
11.00	828	53.6	52.1	47.5	50.1	4.78	5.04
11.15	867	54.3	52.8	48.4	50.1	4.65	4.82
11.30	888	52.6	55.4	48.4	49.6	4.54	4.66
11.45	919	53.2	55.7	48.3	49.0	4.38	4.44
12.00	923	52.7	55.6	50.5	49.3	4.56	4.45
12.15	930	54.0	57.0	51.6	50.4	4.62	4.52
12.30	928	52.0	56.0	49.5	50.6	4.45	4.55
12.45	922	51.5	55.3	52.8	50.6	4.77	4.58
13.00	924	56.7	54.5	52.1	49.8	4.70	4.49
13.15	918	57.6	54.2	51.7	50.6	4.69	4.60
13.30	901	53.7	50.5	51.4	51.5	4.75	4.76
13.45	888	54.3	50.2	51.0	50.1	4.79	4.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	853	53.8	51.2	50.3	50.0	4.91	4.89
14.15	823	53.5	50.1	48.1	51.4	4.87	5.21
14.30	791	57.0	58.6	48.6	50.3	5.12	5.30
14.45	770	57.3	56.3	45.6	49.5	4.94	5.36
15.00	738	48.4	46.5	44.5	48.8	5.02	5.51
15.15	717	44.5	47.0	42.4	47.4	4.93	5.51
15.30	666	44.8	49.3	40.3	46.9	5.04	5.87
15.45	624	43.5	46.1	38.4	46.5	5.13	6.21
16.00	604	41.5	45.9	36.0	45.3	4.97	6.25
16.15	582	41.4	46.4	32.6	42.3	4.67	6.06
16.30	512	41.2	47.6	27.8	38.2	4.52	6.22
16.45	464	40.3	44.7	22.9	33.5	4.11	6.02
17.00	168	35.2	37.4	7.9	7.1	3.92	3.53



รูปที่ ข.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 2 เมษายน 2566

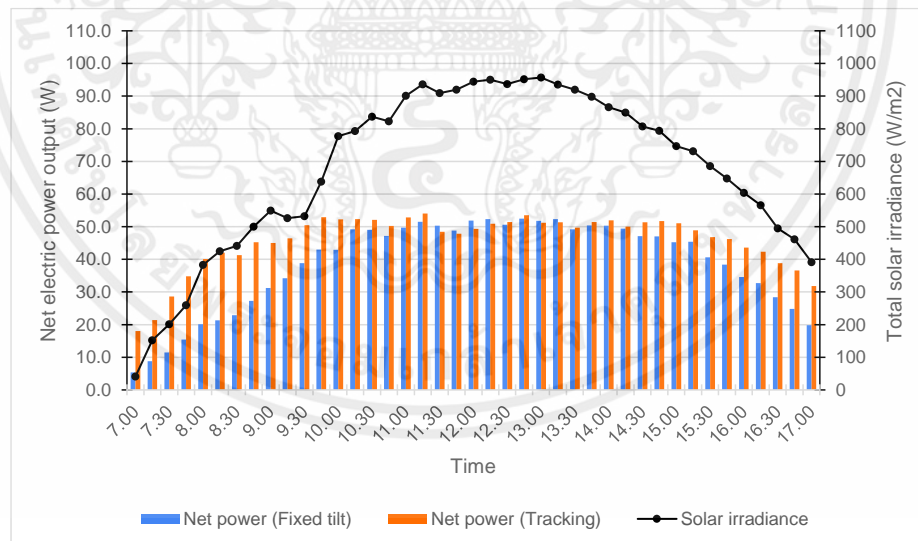
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 3 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
7.00	41	25.4	26.1	5.4	18.02	10.93	36.62
7.15	152	28.1	30.2	8.8	21.42	4.82	11.74
7.30	201	29.7	31.2	11.5	28.62	4.77	11.87
7.45	259	31.5	32.9	15.4	34.82	4.95	11.20
8.00	383	33.4	36.1	20.1	40.12	4.37	8.73
8.15	425	35.1	38.8	21.3	42.02	4.18	8.24
8.30	441	35.8	40.6	22.9	41.32	4.33	7.81
8.45	500	38.2	43.6	27.3	45.22	4.55	7.54
9.00	549	43.1	51.0	31.2	45.02	4.74	6.83
9.15	526	38.6	40.0	34.2	46.42	5.42	7.35
9.30	532	42.4	46.6	38.8	50.42	6.08	7.90
9.45	638	45.9	48.6	43.0	52.92	5.62	6.91
10.00	777	48.6	51.6	42.9	52.22	4.60	5.60
10.15	793	51.5	56.4	49.2	52.32	5.17	5.50
10.30	837	50.1	51.6	49.0	52.12	4.88	5.19
10.45	823	52.5	53.9	47.2	50.22	4.78	5.08
11.00	901	55.4	56.4	49.7	52.82	4.60	4.89
11.15	936	56.4	54.7	51.5	54.02	4.59	4.81
11.30	909	56.6	59.4	50.3	48.42	4.61	4.44
11.45	920	59.7	60.0	48.8	47.82	4.42	4.33
12.00	944	57.6	57.1	51.9	49.32	4.58	4.35
12.15	950	55.9	53.8	52.3	50.92	4.59	4.47
12.30	937	55.8	55.0	50.6	51.42	4.50	4.57
12.45	952	55.3	53.4	52.5	53.52	4.60	4.68
13.00	957	56.1	54.3	51.8	51.22	4.51	4.46
13.15	935	54.5	52.4	52.3	51.32	4.66	4.57
13.30	920	54.3	53.3	49.2	49.72	4.46	4.50
13.45	898	55.6	53.4	50.4	51.42	4.68	4.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	866	54.3	55.6	50.3	51.92	4.84	5.00
14.15	850	54	55.0	49.4	50.02	4.84	4.90
14.30	807	52.2	52.9	47.1	51.32	4.86	5.30
14.45	794	49.4	51.5	47.0	51.72	4.93	5.43
15.00	747	50.6	52.6	45.2	51.02	5.04	5.69
15.15	731	51.4	51.4	45.4	48.92	5.18	5.58
15.30	686	48.4	50.7	40.6	46.82	4.93	5.69
15.45	648	46.8	51.4	38.4	46.22	4.94	5.94
16.00	604	45.2	46.8	34.6	43.62	4.77	6.02
16.15	566	42.6	45.6	32.7	42.32	4.81	6.23
16.30	495	41.8	46.3	28.4	38.82	4.78	6.54
16.45	461	40.5	45.4	24.8	36.62	4.48	6.62
17.00	391	38.3	44.4	19.8	31.82	4.22	6.78



รูปที่ ข.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 3 เมษายน 2566

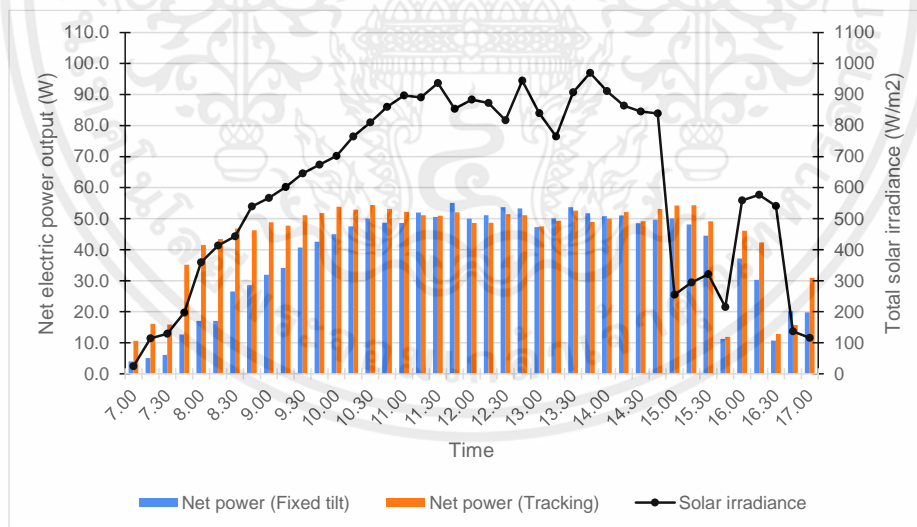
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 4 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
7.00	24	25.2	25.7	4.0	10.62	13.89	36.87
7.15	114	27.0	27.1	5.1	16.12	3.73	11.78
7.30	129	27.9	33.9	6.1	15.92	3.94	10.28
7.45	197	29.4	34.8	12.7	35.12	5.37	14.86
8.00	359	32.8	41.3	17.1	41.52	3.97	9.64
8.15	413	36.4	42.4	17.1	43.42	3.45	8.76
8.30	443	38.2	43.9	26.5	46.82	4.98	8.81
8.45	539	39.4	47.3	28.6	46.22	4.42	7.15
9.00	567	38.6	46.8	31.9	48.82	4.69	7.18
9.15	602	43.6	49.9	34.1	47.72	4.72	6.61
9.30	646	45.8	53.2	40.7	51.12	5.25	6.59
9.45	674	46.3	52.7	42.6	51.82	5.27	6.41
10.00	702	48.8	52.3	45.0	53.82	5.34	6.39
10.15	765	49.0	52.6	47.5	52.92	5.17	5.76
10.30	810	50.8	54.0	50.0	54.42	5.14	5.60
10.45	860	53.6	55.7	48.7	53.12	4.72	5.15
11.00	897	56.2	55.8	48.6	52.22	4.52	4.85
11.15	891	56.4	57.0	52.0	51.12	4.86	4.78
11.30	937	59.4	58.9	50.6	50.92	4.50	4.53
11.45	854	55.5	55.7	55.1	52.02	5.38	5.08
12.00	884	55.4	53.2	50.0	48.62	4.71	4.58
12.15	873	57.1	55.4	51.1	48.72	4.88	4.65
12.30	817	55.4	52.9	53.7	51.42	5.48	5.24
12.45	945	55.5	53.1	53.3	51.12	4.70	4.51
13.00	840	57.5	56.7	47.3	47.52	4.69	4.71
13.15	765	58.8	57.5	50.1	49.32	5.46	5.37
13.30	907	57.0	55.9	53.7	52.62	4.93	4.83
13.45	970	58.2	58.2	51.7	48.92	4.44	4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	911	58.6	57.0	50.8	50.02	4.65	4.58
14.15	864	58.9	57.2	51.0	52.12	4.92	5.03
14.30	845	60.8	58.9	48.5	49.12	4.78	4.84
14.45	839	54.2	56.5	49.7	53.12	4.94	5.28
15.00	255	54.3	54.3	50.1	54.22	16.37	17.72
15.15	294	47.9	49.5	48.1	54.32	13.63	15.40
15.30	321	47.8	50.4	44.5	49.12	11.55	12.75
15.45	215	37.6	38.8	11.3	11.92	4.38	4.62
16.00	559	44.2	47.2	37.2	46.12	5.55	6.88
16.15	577	40.4	43.4	30.3	42.32	4.38	6.11
16.30	541	35.0	37.0	10.7	12.82	1.65	1.97
16.45	137	36.5	40.1	20.2	15.72	12.29	9.56
17.00	116	36.0	39.9	19.8	30.92	14.22	22.21



รูปที่ ข.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 4 เมษายน 2566

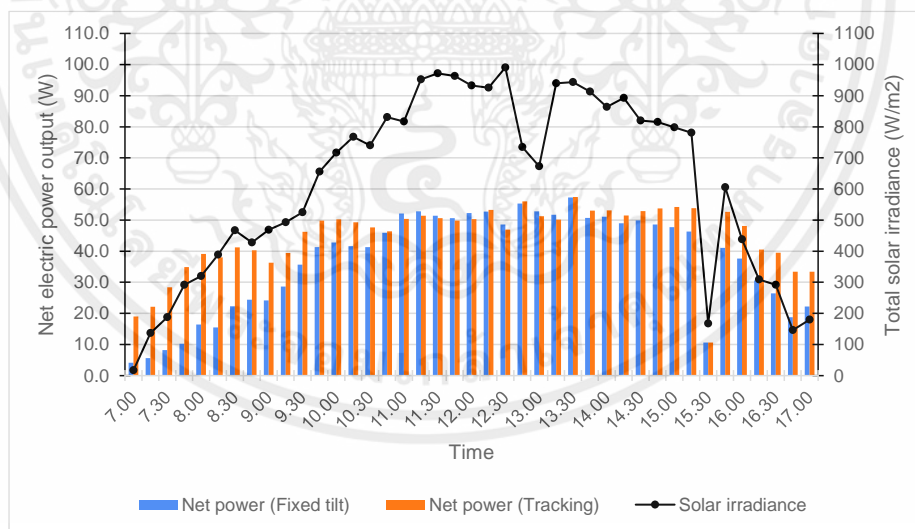
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 5 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
7.00	17	23.0	25.5	4.1	19.02	20.10	93.23
7.15	137	24.8	32.3	5.6	22.12	3.41	13.45
7.30	188	26.5	34.7	8.2	28.42	3.63	12.60
7.45	292	29.1	36.4	10.2	34.92	2.91	9.97
8.00	320	31.4	38.7	16.4	39.12	4.27	10.19
8.15	389	32.0	37.9	15.5	38.02	3.32	8.14
8.30	467	35.3	43.5	22.3	41.22	3.98	7.36
8.45	428	34.9	40.7	24.4	40.32	4.75	7.85
9.00	469	36.9	41.4	24.2	36.32	4.30	6.45
9.15	493	39.2	42.6	28.6	39.42	4.83	6.66
9.30	525	42.0	45.0	35.7	46.22	5.67	7.34
9.45	656	45.6	48.4	41.3	49.82	5.25	6.33
10.00	717	48.4	51.5	42.8	50.22	4.97	5.84
10.15	768	47.1	49.9	41.6	49.32	4.51	5.35
10.30	740	46.1	47.9	41.3	47.62	4.65	5.36
10.45	831	48.6	51.0	45.9	46.42	4.60	4.65
11.00	817	53.2	54.5	52.1	50.42	5.31	5.14
11.15	952	55.9	57.4	52.8	51.42	4.62	4.50
11.30	972	54.6	55.9	51.4	50.62	4.41	4.34
11.45	963	52.1	49.9	50.6	49.82	4.38	4.31
12.00	933	56.2	55.4	52.3	50.32	4.67	4.49
12.15	926	56.9	55.2	52.7	53.32	4.74	4.80
12.30	991	54.0	54.1	48.6	46.92	4.09	3.95
12.45	735	51.0	50.1	55.3	56.02	6.27	6.35
13.00	673	53.0	54.7	52.8	51.22	6.54	6.34
13.15	940	59.0	59.0	51.7	50.12	4.58	4.44
13.30	944	49.4	47.1	57.3	57.42	5.06	5.07
13.45	913	56.8	55.5	50.7	53.02	4.63	4.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	864	53.4	51.3	51.1	53.12	4.93	5.12
14.15	893	54.4	53.7	49.0	51.52	4.57	4.81
14.30	820	52.9	52.7	49.9	52.92	5.07	5.38
14.45	815	54.1	54.2	48.6	53.72	4.97	5.49
15.00	798	51.5	53.7	47.7	54.22	4.98	5.66
15.15	781	47.8	48.3	46.3	53.82	4.94	5.74
15.30	167	38.7	39.7	10.6	10.62	5.29	5.30
15.45	606	37.9	39.7	41.1	52.62	5.65	7.24
16.00	438	41.6	44.9	37.6	48.12	7.15	9.16
16.15	309	38.5	40.4	30.6	40.52	8.25	10.93
16.30	292	38.1	39.3	26.4	39.52	7.53	11.28
16.45	146	34.9	37.3	18.8	33.42	10.73	19.07
17.00	180	37.0	39.8	22.2	33.42	10.28	15.47



รูปที่ ข.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 5 เมษายน 2566

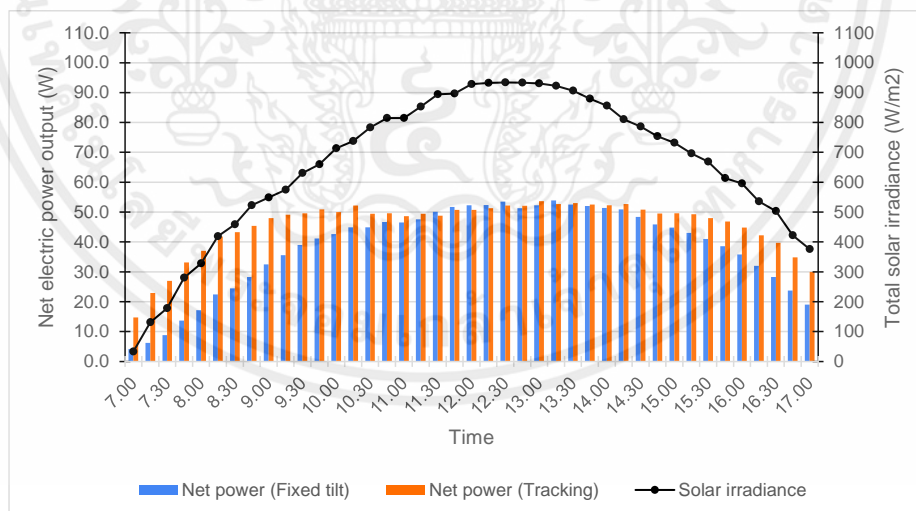
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 6 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
7.00	33	25.1	25.2	4.2	14.72	10.61	37.17
7.15	131	26.1	28.5	6.2	22.92	3.94	14.58
7.30	178	28.3	35.6	8.8	27.02	4.12	12.65
7.45	280	31.4	39.3	13.7	33.12	4.08	9.86
8.00	328	33.9	41.6	17.2	37.02	4.37	9.41
8.15	419	34.8	41.8	22.4	41.82	4.46	8.32
8.30	459	37.9	44.1	24.5	43.32	4.45	7.86
8.45	523	39.6	45.4	28.3	45.42	4.51	7.24
9.00	549	40.6	47.2	32.5	48.02	4.93	7.29
9.15	575	41.9	46.9	35.6	49.12	5.16	7.12
9.30	631	43.8	50.9	39.0	49.62	5.15	6.55
9.45	660	47.6	52.2	41.2	50.92	5.20	6.43
10.00	713	49.9	55.4	42.6	50.02	4.98	5.85
10.15	738	50.9	53.1	44.9	52.22	5.07	5.90
10.30	783	53.5	55.4	44.9	49.42	4.78	5.26
10.45	815	55.2	56.6	46.7	49.62	4.78	5.07
11.00	815	55.6	56.5	46.5	48.62	4.75	4.97
11.15	853	56.1	56.1	47.6	49.42	4.65	4.83
11.30	894	56.0	56.1	50.1	48.82	4.67	4.55
11.45	897	55.5	53.8	51.7	50.72	4.80	4.71
12.00	928	54.2	55.5	52.3	50.72	4.70	4.55
12.15	932	54.9	53.5	52.4	51.32	4.69	4.59
12.30	934	53.4	53.5	53.5	52.22	4.77	4.66
12.45	933	54.4	53.1	51.3	52.12	4.58	4.66
13.00	931	50.5	49.3	52.3	53.62	4.68	4.80
13.15	923	47.9	48.6	53.9	52.72	4.87	4.76
13.30	906	49.3	50.3	52.5	53.02	4.83	4.88
13.45	880	52.2	53.7	52.0	52.52	4.92	4.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	856	51.2	52.1	51.4	52.32	5.00	5.09
14.15	811	50.0	52.8	50.9	52.72	5.23	5.42
14.30	786	51.0	52.4	48.4	50.82	5.13	5.39
14.45	754	50.2	52.2	45.9	49.52	5.07	5.47
15.00	732	48.8	51.6	44.8	49.62	5.10	5.65
15.15	696	46.9	52.0	43.0	49.32	5.15	5.91
15.30	669	45.8	48.9	41.0	48.02	5.11	5.98
15.45	614	44.1	46.7	38.6	46.82	5.24	6.35
16.00	596	43.3	45.4	35.8	44.82	5.01	6.27
16.15	536	41.6	45.9	32.0	42.22	4.98	6.56
16.30	503	40.6	44.8	28.3	39.72	4.69	6.58
16.45	422	38.5	41.9	23.7	34.82	4.68	6.88
17.00	376	37.4	41.0	19.0	30.02	4.21	6.65



รูปที่ ข.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 6 เมษายน 2566

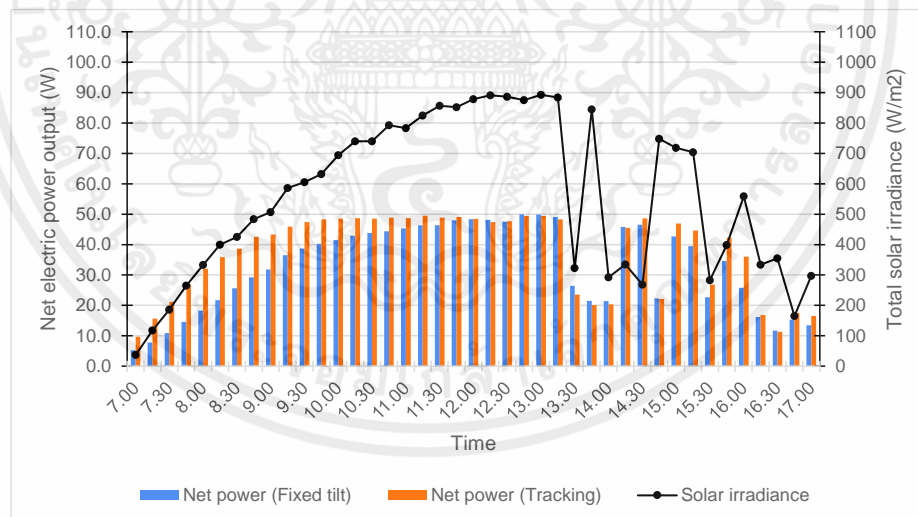
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 19 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance	Temperature (Fixed tilt)	Temperature (Tracking)	Net power (Fixed tilt)	Net power (Tracking)	Efficiency (Fixed tilt)	Efficiency (Tracking)
	(W/m ²)	(°C)	(°C)	(W)	(W)	(%)	(%)
7.00	37	25.2	27.4	5.2	9.72	11.71	21.89
7.15	118	27.3	31.5	7.8	15.62	5.51	11.03
7.30	186	29.5	35.4	10.9	21.12	4.88	9.46
7.45	265	31.8	38.1	14.6	26.92	4.59	8.47
8.00	333	33.7	38.8	18.3	32.02	4.58	8.01
8.15	400	36.2	41.3	21.7	35.92	4.52	7.48
8.30	425	37.6	42.2	25.6	38.72	5.02	7.59
8.45	484	38.8	42.9	29.2	42.52	5.03	7.32
9.00	507	40.5	45.3	31.8	43.32	5.23	7.12
9.15	586	42.2	45.2	36.5	45.92	5.19	6.53
9.30	605	48.5	51.6	38.7	47.42	5.33	6.53
9.45	632	44.1	46.6	40.3	48.32	5.31	6.37
10.00	694	46.4	48.1	41.5	48.52	4.98	5.83
10.15	740	48.8	49.9	42.9	48.72	4.83	5.49
10.30	740	50.6	51.1	43.8	48.52	4.93	5.46
10.45	793	50.7	49.7	44.4	48.82	4.67	5.13
11.00	783	53.7	53.2	45.3	48.72	4.82	5.19
11.15	825	52.4	50.4	46.4	49.52	4.69	5.00
11.30	857	54.5	52.0	46.4	48.82	4.51	4.75
11.45	852	55.2	53.4	48.0	49.12	4.69	4.80
12.00	878	57.6	53.5	48.4	48.42	4.59	4.60
12.15	891	58.8	52.9	48.1	47.42	4.50	4.43
12.30	886	57.4	55.7	47.5	47.62	4.47	4.48
12.45	875	54.9	53.2	50.0	49.42	4.76	4.71
13.00	893	58.6	55.1	49.9	49.42	4.66	4.61
13.15	884	59.8	56.7	49.1	48.32	4.63	4.55
13.30	323	51.9	50.2	26.4	23.52	6.81	6.07
13.45	845	50.7	50.2	21.5	20.12	2.12	1.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	292	50.6	49.7	21.4	20.32	6.11	5.80
14.15	335	48.8	48.5	45.8	45.52	11.39	11.32
14.30	268	49.9	50.8	46.5	48.62	14.46	15.12
14.45	748	45.8	46.5	22.3	22.12	2.48	2.46
15.00	718	49.2	51.5	42.7	46.92	4.96	5.45
15.15	704	46.6	48.2	39.5	44.62	4.68	5.28
15.30	283	45.5	47.6	22.7	26.82	6.68	7.90
15.45	399	42.1	43.7	34.6	42.32	7.23	8.84
16.00	559	42.9	45.7	25.8	36.02	3.85	5.37
16.15	334	41.0	42.4	16.2	16.82	4.04	4.20
16.30	355	40.2	41.1	11.7	11.32	2.75	2.66
16.45	165	39.4	42.6	15.3	17.52	7.73	8.85
17.00	297	38.0	40.8	13.5	16.52	3.79	4.63



รูปที่ ข.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 19 เมษายน 2566

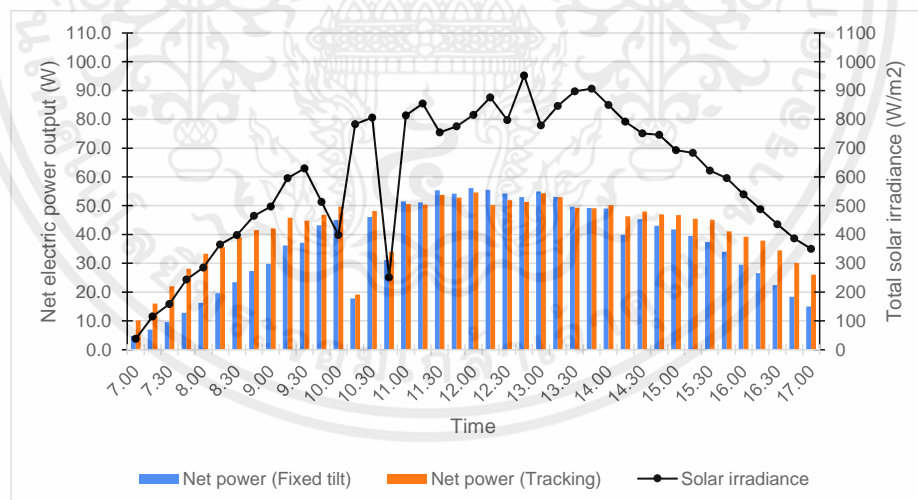
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 21 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
7.00	38	26.4	30.7	4.8	10.22	10.53	22.41
7.15	115	28.2	35.3	7.0	16.02	5.07	11.61
7.30	158	30.0	39.1	9.7	22.02	5.12	11.61
7.45	244	31.9	40.6	12.8	28.12	4.37	9.60
8.00	285	33.4	43.6	16.3	33.32	4.77	9.74
8.15	365	34.8	43.4	19.6	35.62	4.47	8.13
8.30	398	36.5	45.8	23.4	39.02	4.90	8.17
8.45	465	39.8	47.9	27.3	41.52	4.89	7.44
9.00	497	42.1	49.5	29.8	42.12	5.00	7.06
9.15	596	42.7	48.6	36.2	45.82	5.06	6.41
9.30	630	44.1	49.5	37.1	44.82	4.91	5.93
9.45	513	45.6	50.0	43.2	46.82	7.02	7.61
10.00	398	44.3	47.8	45.1	49.62	9.44	10.39
10.15	783	44.2	46.6	17.8	19.12	1.89	2.03
10.30	806	49.0	50.0	46.1	48.22	4.77	4.99
10.45	251	44.5	43.4	31.1	34.02	10.33	11.29
11.00	814	50.9	50.4	51.5	50.52	5.27	5.17
11.15	855	53.9	55.4	51.1	50.42	4.98	4.91
11.30	755	45.4	45.0	55.4	53.72	6.11	5.93
11.45	776	54.8	52.6	54.2	52.82	5.82	5.67
12.00	815	51.5	51.5	56.1	54.62	5.74	5.58
12.15	876	46.4	44.0	55.5	50.32	5.28	4.79
12.30	798	51.0	50.4	54.3	51.92	5.67	5.42
12.45	952	48.3	51.3	53.0	51.32	4.64	4.49
13.00	779	45.8	44.8	54.9	54.32	5.87	5.81
13.15	847	50.1	48.1	53.1	53.02	5.22	5.22
13.30	897	51.0	54.2	49.6	49.32	4.61	4.58
13.45	907	55.1	53.6	49.2	49.12	4.52	4.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	850	53.0	51.5	49.0	50.22	4.80	4.92
14.15	792	50.3	49.7	39.8	46.32	4.19	4.87
14.30	751	47.9	50.7	45.3	48.02	5.03	5.33
14.45	746	49.5	54.4	43.0	47.02	4.80	5.25
15.00	693	45.8	52.3	41.8	46.72	5.03	5.62
15.15	684	47.4	50.9	39.5	45.52	4.81	5.55
15.30	622	49.6	46.8	37.4	45.12	5.01	6.04
15.45	596	42.7	49.1	34.0	41.12	4.75	5.75
16.00	539	40.4	48.2	29.5	39.22	4.56	6.06
16.15	488	40.5	46.7	26.6	37.92	4.54	6.48
16.30	435	39.3	40.5	22.4	34.52	4.29	6.61
16.45	386	37.3	43.7	18.4	30.12	3.97	6.50
17.00	350	36.0	42.9	15.0	26.02	3.57	6.19



รูปที่ ข.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 21 เมษายน 2566

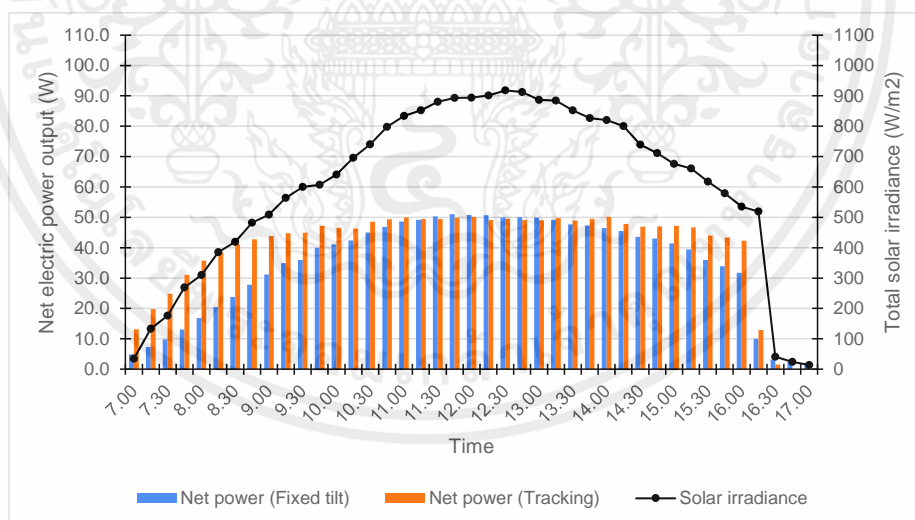
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 22 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance	Temperature (Fixed tilt)	Temperature (Tracking)	Net power (Fixed tilt)	Net power (Tracking)	Efficiency (Fixed tilt)	Efficiency (Tracking)
	(W/m ²)	(°C)	(°C)	(W)	(W)	(%)	(%)
7.00	35	25.8	30.7	4.9	13.12	11.67	31.24
7.15	133	27.7	35.3	7.3	19.82	4.57	12.42
7.30	176	30.0	39.1	9.8	24.82	4.64	11.75
7.45	269	31.7	40.6	13.1	31.12	4.06	9.64
8.00	310	34.5	43.6	16.8	35.72	4.52	9.60
8.15	385	37.5	43.4	20.4	38.52	4.42	8.34
8.30	419	39.6	45.8	23.8	41.22	4.73	8.20
8.45	482	40.4	47.9	27.8	42.82	4.81	7.40
9.00	509	41.8	49.5	31.2	43.82	5.11	7.17
9.15	564	42.6	48.6	34.9	44.82	5.16	6.62
9.30	600	45.8	49.5	36.0	44.92	5.00	6.24
9.45	607	47.5	50.0	40.0	47.22	5.49	6.48
10.00	641	48.4	47.8	41.1	46.52	5.34	6.05
10.15	696	48.7	46.6	42.4	46.32	5.08	5.55
10.30	740	49.3	50.0	45.0	48.52	5.07	5.46
10.45	798	48.2	43.4	46.9	49.32	4.90	5.15
11.00	834	50.2	50.4	48.6	50.02	4.86	5.00
11.15	852	54.5	55.4	49.2	49.42	4.81	4.83
11.30	880	56.7	45.0	50.3	49.42	4.76	4.68
11.45	893	55.0	52.6	51.0	49.92	4.76	4.66
12.00	894	56.0	51.5	50.8	50.12	4.74	4.67
12.15	901	55.0	44.0	50.7	49.12	4.69	4.54
12.30	918	56.9	50.4	50.0	49.52	4.54	4.50
12.45	912	55.8	51.3	50.1	49.12	4.58	4.49
13.00	887	56.5	44.8	49.9	49.02	4.69	4.61
13.15	884	55.9	48.1	49.2	49.72	4.64	4.69
13.30	852	56.8	54.2	47.7	48.92	4.67	4.78
13.45	827	54.0	53.6	47.3	49.52	4.77	4.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	820	54.6	51.5	46.5	50.12	4.73	5.09
14.15	800	49.1	49.7	45.5	47.82	4.74	4.98
14.30	739	47.8	50.7	43.6	46.92	4.92	5.29
14.45	711	46.9	54.4	43.0	47.02	5.04	5.51
15.00	676	48.2	52.3	41.4	47.22	5.10	5.82
15.15	661	46.5	50.9	39.4	46.72	4.97	5.89
15.30	618	46.5	46.8	36.0	44.02	4.85	5.94
15.45	579	44.8	49.1	33.9	43.32	4.88	6.23
16.00	535	43.2	48.2	31.7	42.32	4.94	6.59
16.15	519	36.9	46.7	10.0	12.92	1.61	2.07
16.30	41	32.3	40.5	3.2	1.52	6.50	3.09
16.45	24	30.9	43.7	2.3	0	7.99	0.00
17.00	14	31.5	42.9	2.1	0	12.50	0.00



รูปที่ ข.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 22 เมษายน 2566

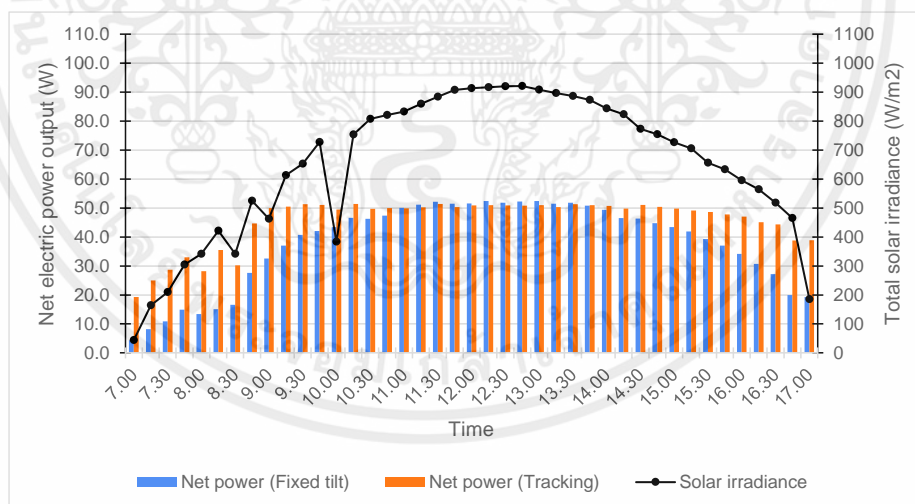
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.11 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 23 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance	Temperature (Fixed tilt)	Temperature (Tracking)	Net power (Fixed tilt)	Net power (Tracking)	Efficiency (Fixed tilt)	Efficiency (Tracking)
	(W/m ²)	(°C)	(°C)	(W)	(W)	(%)	(%)
7.00	44	26.7	32.4	4.3	19.32	8.14	36.59
7.15	164	28.5	42.9	8.2	25.02	4.17	12.71
7.30	210	30.3	41.0	10.9	28.72	4.33	11.40
7.45	305	33.4	44.0	14.9	33.02	4.07	9.02
8.00	342	34.2	45.1	13.4	28.22	3.27	6.88
8.15	422	35.2	44.6	15.1	35.52	2.98	7.01
8.30	342	34.8	39.9	16.6	30.22	4.04	7.36
8.45	525	38.0	43.6	27.6	44.72	4.38	7.10
9.00	463	41.4	49.0	32.6	50.02	5.87	9.00
9.15	613	45.3	51.4	37.0	50.52	5.03	6.87
9.30	653	43.7	48.4	40.7	51.32	5.19	6.55
9.45	728	48.1	52.2	42.1	51.12	4.82	5.85
10.00	384	49.2	52.1	43.4	49.52	9.42	10.75
10.15	754	48.8	48.8	46.6	51.42	5.15	5.68
10.30	808	51.4	52.8	46.3	49.72	4.78	5.13
10.45	821	51.1	52.8	47.4	50.02	4.81	5.08
11.00	833	56.8	55.8	50.1	49.92	5.01	4.99
11.15	860	53.8	52.1	51.2	50.22	4.96	4.87
11.30	884	56.6	54.0	52.2	51.42	4.92	4.85
11.45	908	58.4	54.1	51.5	50.32	4.73	4.62
12.00	914	56.7	53.4	51.6	50.92	4.70	4.64
12.15	917	56.4	53.3	52.4	51.02	4.76	4.64
12.30	920	57.7	54.0	51.8	50.92	4.69	4.61
12.45	921	57.9	53.4	52.3	50.82	4.73	4.60
13.00	909	58.4	52.8	52.4	51.02	4.80	4.68
13.15	897	59.0	53.5	51.5	50.32	4.78	4.67
13.30	887	58.0	53.4	51.8	51.32	4.87	4.82
13.45	873	58.1	53.4	50.8	51.02	4.85	4.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	844	54.8	52.8	49.4	50.72	4.88	5.01
14.15	824	51.7	51.9	46.5	49.82	4.70	5.04
14.30	773	51.6	52.4	46.4	51.12	5.00	5.51
14.45	755	50.5	51.8	44.8	50.42	4.94	5.56
15.00	727	50.2	53.4	43.4	49.82	4.97	5.71
15.15	706	50.1	52.1	41.9	49.12	4.95	5.80
15.30	656	48.3	51.6	39.3	48.62	4.99	6.18
15.45	634	46.8	51.4	37.0	47.82	4.86	6.29
16.00	596	52.1	52.1	34.2	47.02	4.78	6.57
16.15	565	43.2	49.2	30.7	45.12	4.53	6.65
16.30	518	39.8	48.3	27.2	44.32	4.38	7.13
16.45	465	39.9	47.1	20.0	38.82	3.58	6.96
17.00	185	38.0	43.7	19.3	38.92	8.69	17.53



รูปที่ ข.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 23 เมษายน 2566

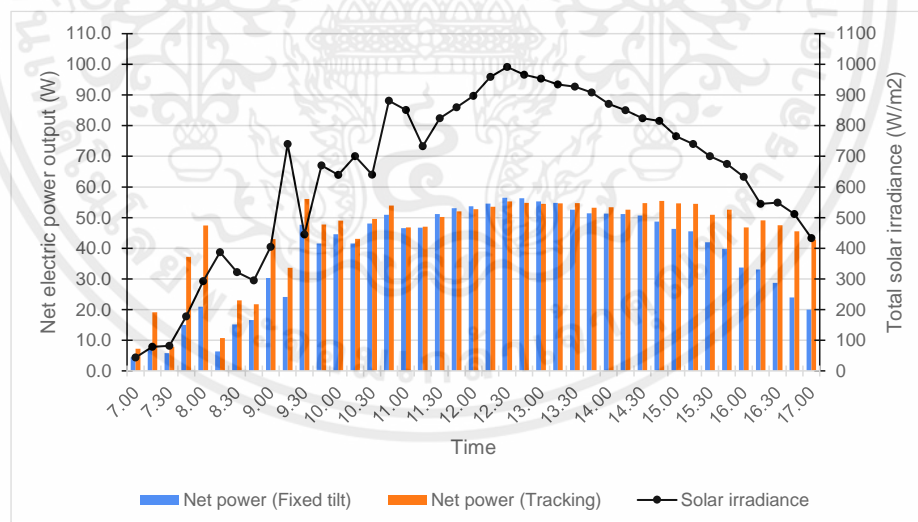
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.12 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 24 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance	Temperature (Fixed tilt)	Temperature (Tracking)	Net power (Fixed tilt)	Net power (Tracking)	Efficiency (Fixed tilt)	Efficiency (Tracking)
	(W/m ²)	(°C)	(°C)	(W)	(W)	(%)	(%)
7.00	44	27.0	29.3	4.5	7.22	8.52	13.67
7.15	79	27.9	31.5	7.0	19.12	7.38	20.17
7.30	82	28.1	31.2	5.8	7.92	5.89	8.05
7.45	178	30.7	38.5	15.0	37.22	7.02	17.42
8.00	293	35.1	47.0	21.0	47.42	5.97	13.49
8.15	387	32.6	38.6	6.4	10.72	1.38	2.31
8.30	322	33.1	38.3	15.2	23.02	3.93	5.96
8.45	295	35.7	39.4	16.6	21.72	4.69	6.14
9.00	405	41.2	45.3	30.3	43.02	6.23	8.85
9.15	740	40.2	46.2	24.1	33.62	2.71	3.79
9.30	445	45.6	51.4	47.7	56.12	8.93	10.51
9.45	670	47.2	51.2	41.6	47.72	5.17	5.94
10.00	639	46.3	49.6	44.6	49.02	5.82	6.39
10.15	700	46.1	49.7	41.6	43.12	4.95	5.13
10.30	640	47.6	48.7	48.1	49.62	6.26	6.46
10.45	881	49.4	50.9	50.9	53.92	4.81	5.10
11.00	851	47.4	47.7	46.6	46.82	4.56	4.58
11.15	733	48.4	48.0	46.7	47.02	5.31	5.35
11.30	824	52.7	50.3	51.2	50.22	5.18	5.08
11.45	860	53.2	51.1	53.1	52.02	5.15	5.04
12.00	897	50.0	49.7	53.7	52.72	4.99	4.90
12.15	959	55.3	54.0	54.6	53.52	4.74	4.65
12.30	991	53.0	49.6	56.5	55.32	4.75	4.65
12.45	966	51.0	47.6	56.3	54.82	4.86	4.73
13.00	953	52.7	49.4	55.3	54.52	4.84	4.77
13.15	934	52.3	49.1	54.8	54.62	4.89	4.87
13.30	927	50.2	49.0	52.6	54.72	4.73	4.92
13.45	908	55.7	53.5	51.4	53.22	4.72	4.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	871	53.3	50.2	51.3	53.42	4.91	5.11
14.15	850	51.5	52.3	51.2	52.62	5.02	5.16
14.30	824	51.1	52.3	50.7	54.72	5.13	5.53
14.45	815	50.6	51.6	48.7	55.42	4.98	5.67
15.00	765	48.0	51.5	46.3	54.62	5.04	5.95
15.15	740	44.7	45.9	45.5	54.52	5.12	6.14
15.30	700	46.3	52.1	42.0	50.92	5.00	6.06
15.45	675	44.9	51.1	39.8	52.62	4.91	6.50
16.00	633	43.8	48.5	33.7	46.82	4.44	6.16
16.15	545	42.0	49.0	33.1	49.12	5.06	7.51
16.30	549	40.8	49.5	28.7	47.52	4.36	7.21
16.45	512	38.8	47.5	24.0	45.52	3.91	7.41
17.00	433	36.4	45.5	20.0	42.82	3.85	8.24



รูปที่ ข.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 24 เมษายน 2566

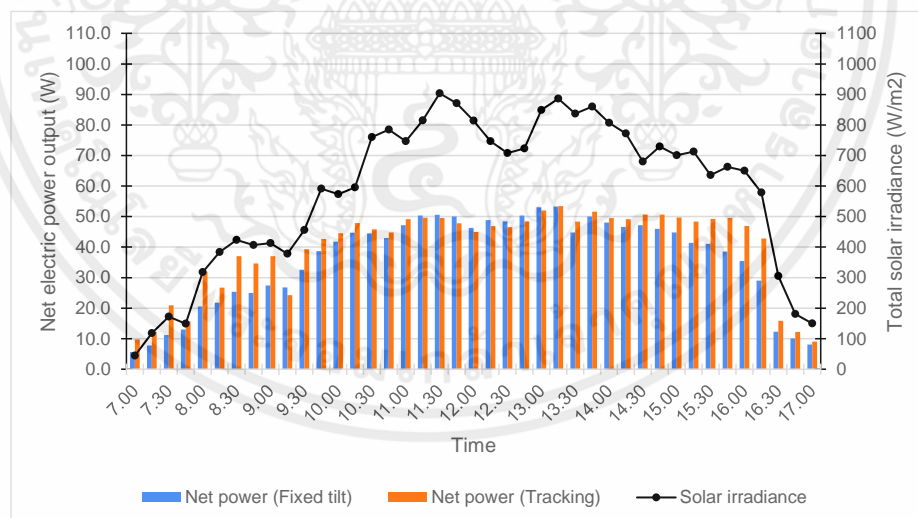
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.13 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 26 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance	Temperature (Fixed tilt)	Temperature (Tracking)	Net power (Fixed tilt)	Net power (Tracking)	Efficiency (Fixed tilt)	Efficiency (Tracking)
	(W/m ²)	(°C)	(°C)	(W)	(W)	(%)	(%)
7.00	44	28.3	30.6	5.6	9.72	10.61	18.41
7.15	118	30.4	33.0	7.8	12.22	5.51	8.63
7.30	172	33.0	38.1	11.2	20.92	5.43	10.14
7.45	149	35.6	37.6	13.0	15.72	7.27	8.79
8.00	318	36.1	38.8	20.5	31.92	5.37	8.36
8.15	384	36.7	40.6	21.8	26.72	4.73	5.80
8.30	423	37.2	42.0	25.4	37.02	5.00	7.29
8.45	407	37.4	42.0	25.0	34.62	5.12	7.09
9.00	413	37.1	41.7	27.4	37.02	5.53	7.47
9.15	378	38.1	41.9	26.8	24.22	5.91	5.34
9.30	456	40.0	44.0	32.6	39.32	5.96	7.19
9.45	591	42.7	46.9	38.7	42.62	5.46	6.01
10.00	573	46.3	49.0	41.8	44.52	6.08	6.47
10.15	595	44.2	46.5	44.7	47.92	6.26	6.71
10.30	760	47.0	48.7	44.5	45.82	4.88	5.02
10.45	785	48.0	49.0	43.0	44.82	4.56	4.76
11.00	747	46.9	48.1	47.2	49.12	5.27	5.48
11.15	815	48.6	49.2	50.3	49.62	5.14	5.07
11.30	904	53.5	52.5	50.6	49.52	4.66	4.56
11.45	871	51.2	51.9	50.0	47.82	4.78	4.58
12.00	814	50.0	49.1	46.3	44.92	4.74	4.60
12.15	747	50.5	47.9	48.8	46.82	5.44	5.22
12.30	708	48.3	46.7	48.4	46.52	5.70	5.48
12.45	723	50.2	47.6	50.3	48.42	5.80	5.58
13.00	849	51.9	47.5	53.0	52.02	5.20	5.11
13.15	886	49.6	46.0	53.3	53.42	5.01	5.02
13.30	837	49.5	47.4	44.8	48.32	4.46	4.81
13.45	860	49.4	46.1	50.0	51.62	4.84	5.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	807	49.5	50.2	48.0	49.52	4.96	5.11
14.15	772	46.5	46.2	46.6	49.12	5.03	5.30
14.30	680	45.2	44.1	47.2	50.62	5.78	6.20
14.45	729	45.0	44.5	46.0	50.62	5.26	5.79
15.00	701	46.9	47.8	44.8	49.72	5.33	5.91
15.15	713	45.5	45.5	41.4	48.32	4.84	5.65
15.30	636	45.7	48.0	41.1	49.22	5.39	6.45
15.45	663	42.0	48.2	38.5	49.52	4.84	6.22
16.00	650	44.5	47.2	35.4	46.92	4.54	6.02
16.15	579	40.4	45.2	29.0	42.82	4.17	6.16
16.30	305	35.5	38.5	12.3	15.82	3.36	4.32
16.45	181	36.3	36.3	10.1	12.22	4.65	5.63
17.00	150	32.6	33.1	8.1	9.02	4.50	5.01



รูปที่ ข.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 26 เมษายน 2566

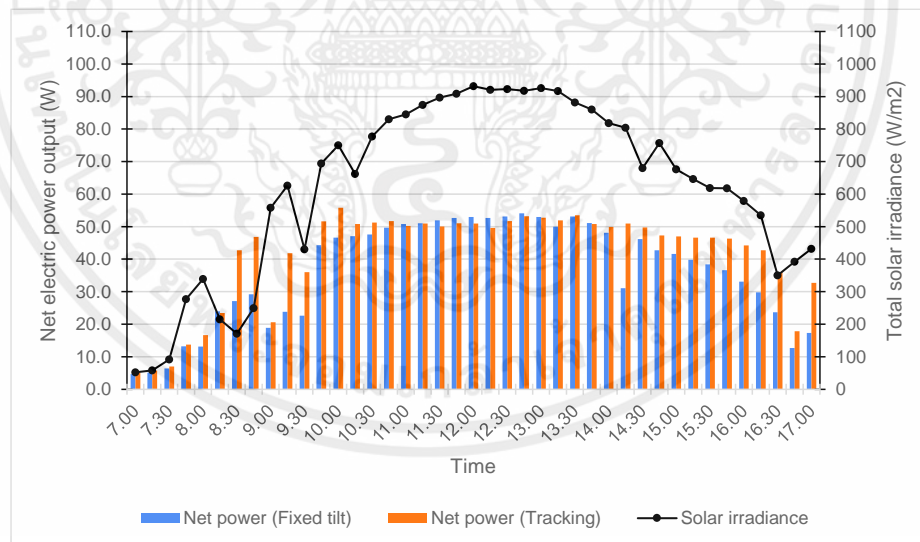
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.14 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 27 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance	Temperature (Fixed tilt)	Temperature (Tracking)	Net power (Fixed tilt)	Net power (Tracking)	Efficiency (Fixed tilt)	Efficiency (Tracking)
	(W/m ²)	(°C)	(°C)	(W)	(W)	(%)	(%)
7.00	52	27.0	27.3	4.7	5.02	7.53	8.04
7.15	58	28.9	30.6	5.1	5.72	7.33	8.22
7.30	92	28.9	30.1	6.4	7.02	5.80	6.36
7.45	277	33.1	37.2	13.2	13.72	3.97	4.13
8.00	339	35.5	40.7	13.1	16.62	3.22	4.09
8.15	215	37.0	42.4	24.0	23.42	9.30	9.08
8.30	171	37.9	46.1	27.1	42.72	13.21	20.82
8.45	249	38.6	45.1	29.2	46.82	9.77	15.67
9.00	558	40.4	45.2	18.9	20.62	2.82	3.08
9.15	626	39.1	43.0	23.8	41.82	3.17	5.57
9.30	430	42.9	46.0	22.6	36.02	4.38	6.98
9.45	694	44.2	47.5	44.3	51.62	5.32	6.20
10.00	750	43.7	46.4	46.6	55.82	5.18	6.20
10.15	662	45.2	47.9	47.1	50.82	5.93	6.40
10.30	777	48.0	50.1	47.6	51.22	5.11	5.49
10.45	830	47.6	49.3	49.7	51.72	4.99	5.19
11.00	845	52.6	51.6	50.8	50.22	5.01	4.95
11.15	874	50.9	52.0	51.0	50.92	4.86	4.85
11.30	897	52.0	52.0	51.9	50.02	4.82	4.65
11.45	909	53.4	52.5	52.7	51.02	4.83	4.68
12.00	932	51.1	48.1	53.0	50.92	4.74	4.55
12.15	921	53.9	51.6	52.7	49.62	4.77	4.49
12.30	923	53.1	49.0	53.1	51.72	4.79	4.67
12.45	918	51.0	51.0	54.1	53.22	4.91	4.83
13.00	926	52.0	51.4	53.0	52.72	4.77	4.74
13.15	917	53.5	49.7	50.0	51.92	4.54	4.72
13.30	882	52.4	48.3	53.1	53.52	5.02	5.06
13.45	860	48.1	47.6	51.1	50.82	4.95	4.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	818	52.3	50.5	48.1	49.92	4.90	5.09
14.15	804	48.6	47.8	31.1	50.92	3.22	5.28
14.30	680	50.5	48.7	46.2	49.72	5.66	6.09
14.45	757	50.2	52.5	42.7	47.32	4.70	5.21
15.00	676	47.6	46.8	41.6	47.02	5.13	5.80
15.15	646	45.3	47.1	39.8	46.62	5.13	6.01
15.30	619	46.2	47.3	38.4	46.62	5.17	6.28
15.45	618	43.7	47.4	36.6	46.32	4.94	6.25
16.00	579	42.8	47.0	33.1	44.22	4.76	6.36
16.15	535	41.6	46.6	29.8	42.72	4.64	6.65
16.30	350	40.7	44.4	23.7	35.92	5.64	8.55
16.45	392	38.6	43.2	12.7	17.82	2.70	3.79
17.00	432	38.0	43.5	17.3	32.72	3.34	6.31



รูปที่ ข.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 27 เมษายน 2566

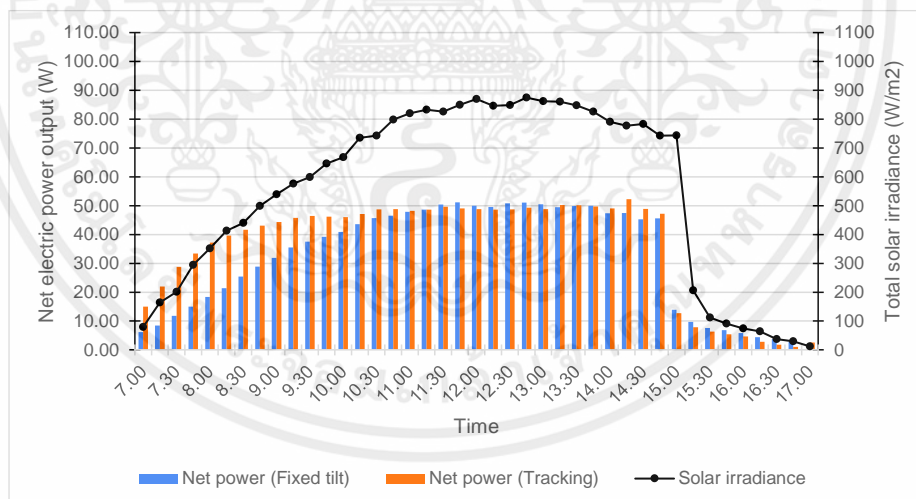
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.15 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ณ วันที่ 29 เมษายน 2566

Time	Solar irradiance	Temperature (Fixed tilt)	Temperature (Tracking)	Net power (Fixed tilt)	Net power (Tracking)	Efficiency (Fixed tilt)	Efficiency (Tracking)
	(W/m ²)	(°C)	(°C)	(W)	(W)	(%)	(%)
7.00	79	27.80	32.80	6.20	15.02	6.54	15.84
7.15	164	29.90	35.90	8.40	22.02	4.27	11.19
7.30	201	32.30	39.80	11.80	28.82	4.89	11.95
7.45	295	34.20	42.60	15.00	33.42	4.24	9.44
8.00	352	35.40	43.30	18.40	37.22	4.36	8.81
8.15	413	38.70	46.90	21.40	39.62	4.32	7.99
8.30	440	40.60	47.20	25.40	41.62	4.81	7.88
8.45	499	42.90	49.90	28.90	43.12	4.83	7.20
9.00	539	44.60	49.70	31.90	44.32	4.93	6.85
9.15	576	42.70	48.30	35.50	45.82	5.14	6.63
9.30	599	45.20	48.70	37.50	46.42	5.22	6.46
9.45	646	46.30	49.40	39.20	46.22	5.06	5.96
10.00	668	47.10	49.60	40.90	46.02	5.10	5.74
10.15	735	47.60	49.60	43.60	47.12	4.94	5.34
10.30	743	49.00	50.10	45.70	48.72	5.13	5.46
10.45	798	50.40	50.50	46.50	48.82	4.86	5.10
11.00	820	53.80	53.00	47.90	48.22	4.87	4.90
11.15	833	52.70	51.60	48.60	48.62	4.86	4.86
11.30	826	52.30	49.40	50.40	49.62	5.08	5.01
11.45	850	54.30	53.50	51.20	49.02	5.02	4.81
12.00	870	53.10	50.50	50.00	48.82	4.79	4.68
12.15	846	53.20	51.20	49.60	48.62	4.89	4.79
12.30	849	55.70	53.00	50.80	48.72	4.99	4.78
12.45	875	55.60	51.70	51.10	49.32	4.87	4.70
7.00	79	27.80	32.80	6.20	15.02	6.54	15.84
7.15	164	29.90	35.90	8.40	22.02	4.27	11.19
7.30	201	32.30	39.80	11.80	28.82	4.89	11.95
7.45	295	34.20	42.60	15.00	33.42	4.24	9.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

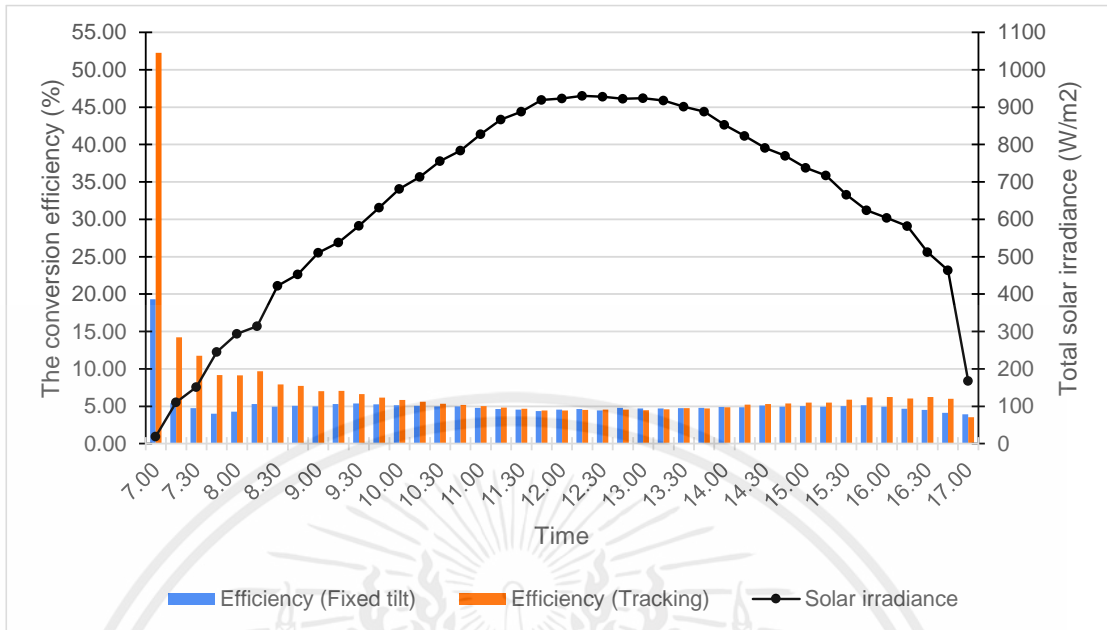
Time	Solar irradiance (W/m ²)	Temperature (Fixed tilt) (°C)	Temperature (Tracking) (°C)	Net power (Fixed tilt) (W)	Net power (Tracking) (W)	Efficiency (Fixed tilt) (%)	Efficiency (Tracking) (%)
14.00	791	53.60	50.10	47.40	49.02	4.99	5.16
14.15	777	51.20	50.30	47.50	52.22	5.09	5.60
14.30	783	52.00	53.80	45.30	48.92	4.82	5.21
14.45	743	50.50	50.00	45.60	47.22	5.11	5.30
15.00	744	41.10	40.70	13.90	12.72	1.56	1.42
15.15	206	36.70	35.30	9.70	7.82	3.92	3.16
15.30	112	34.80	33.90	7.60	6.32	5.65	4.70
15.45	91	33.90	33.60	6.80	5.42	6.23	4.96
16.00	74	33.90	33.40	5.80	4.62	6.53	5.20
16.15	64	32.80	32.70	4.40	2.82	5.73	3.67
16.30	37	32.70	32.40	3.70	1.82	8.33	4.10
16.45	30	31.90	32.70	2.80	1.02	7.78	2.83
17.00	12	30.80	31.30	0.00	2.52	0.00	17.49



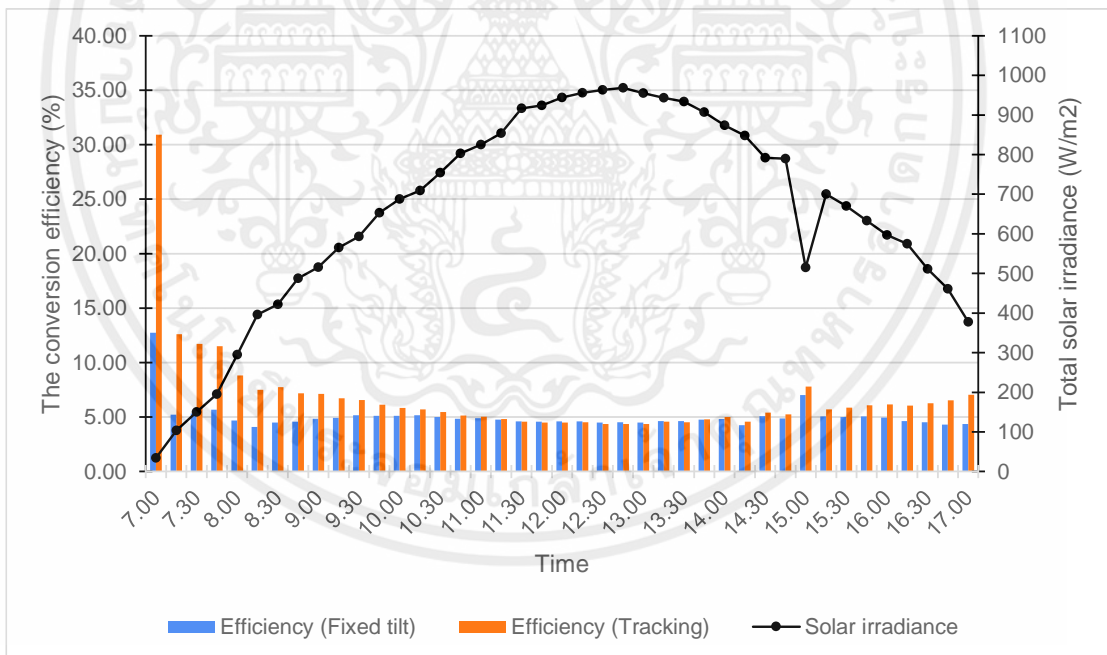
รูปที่ ข.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้า ณ วันที่ 29 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่

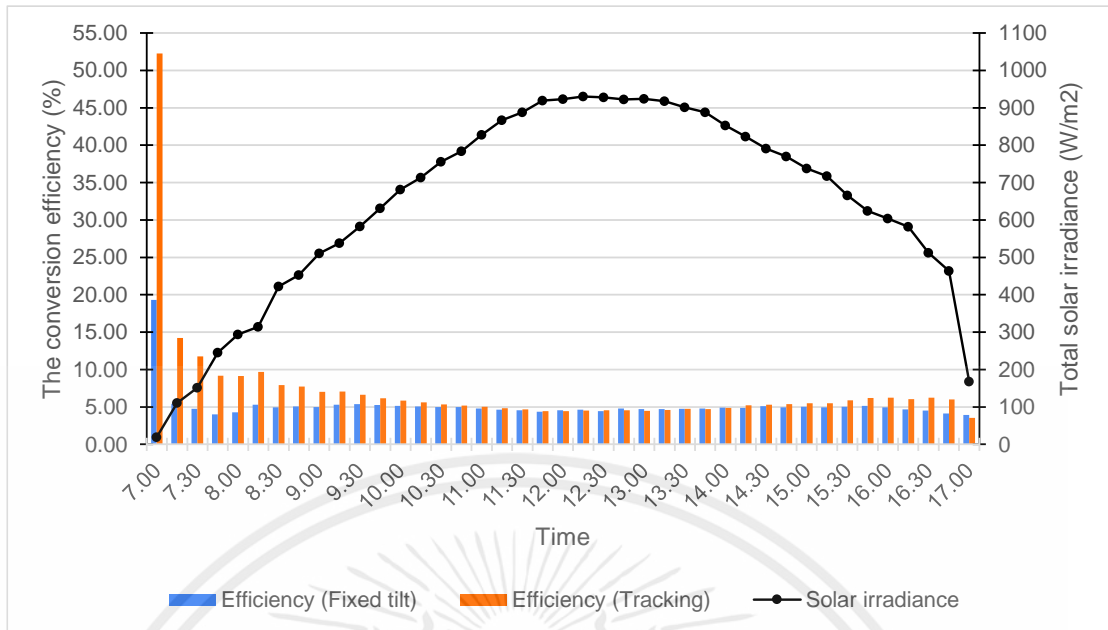


รูปที่ ข.16 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 30 มีนาคม 2566

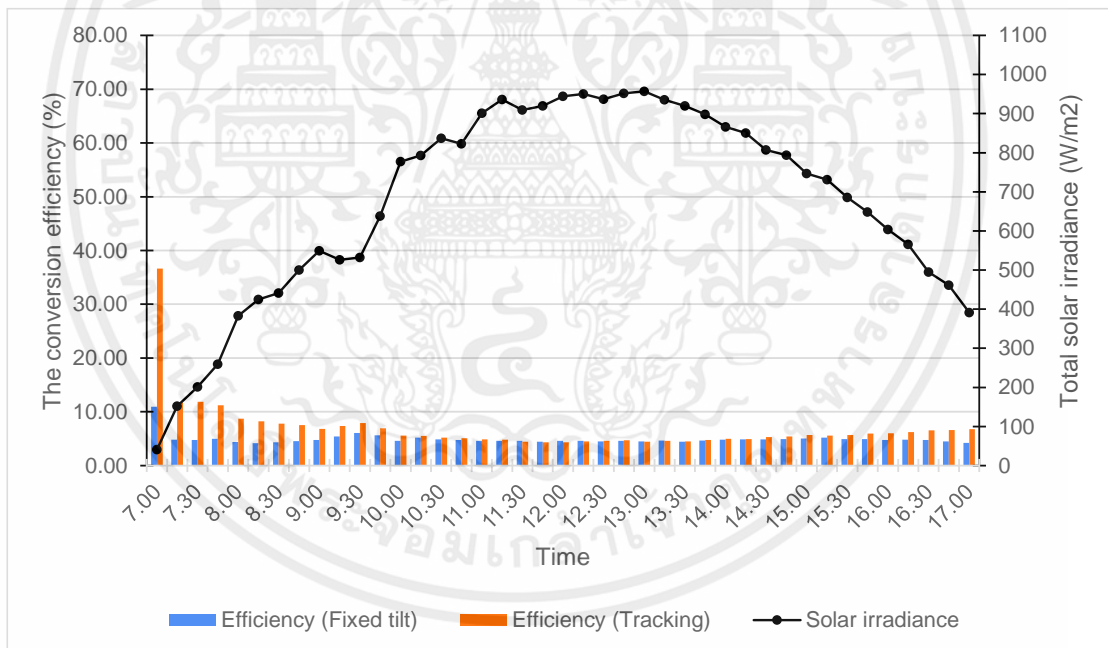


รูปที่ ข.17 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 1 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

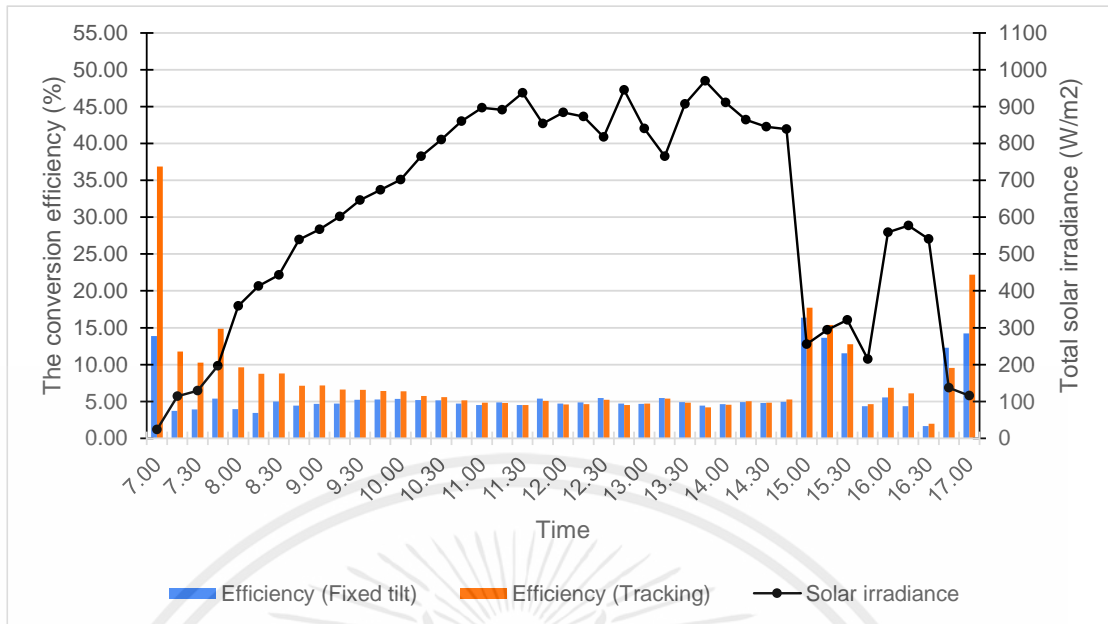


รูปที่ ๑๘.๑๘ แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 2 เมษายน 2566

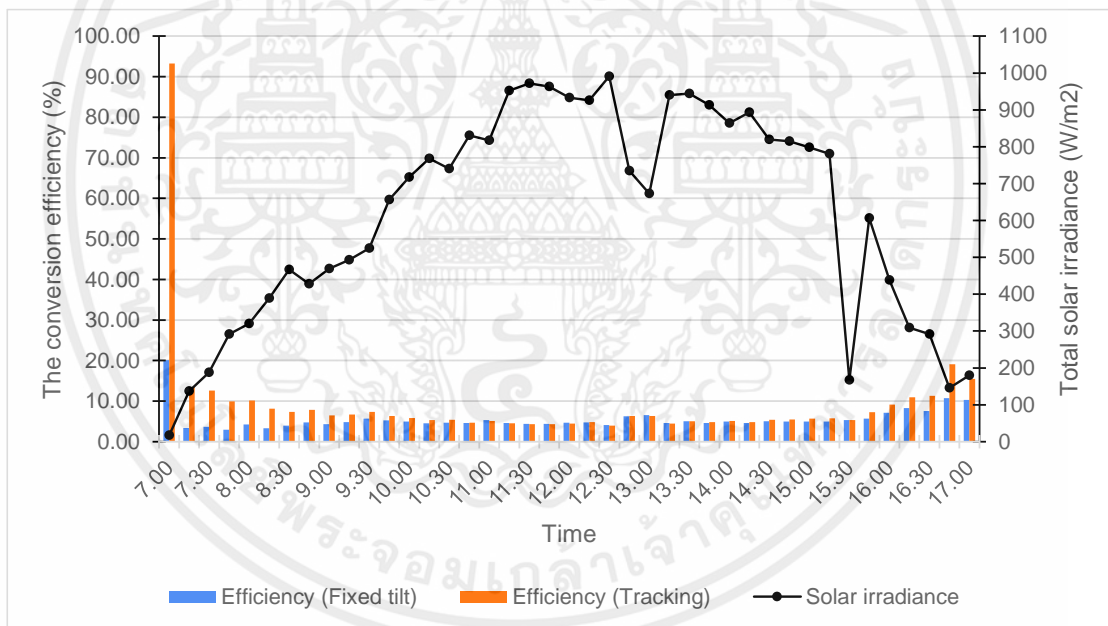


รูปที่ ๑๙.๑๙ แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 3 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

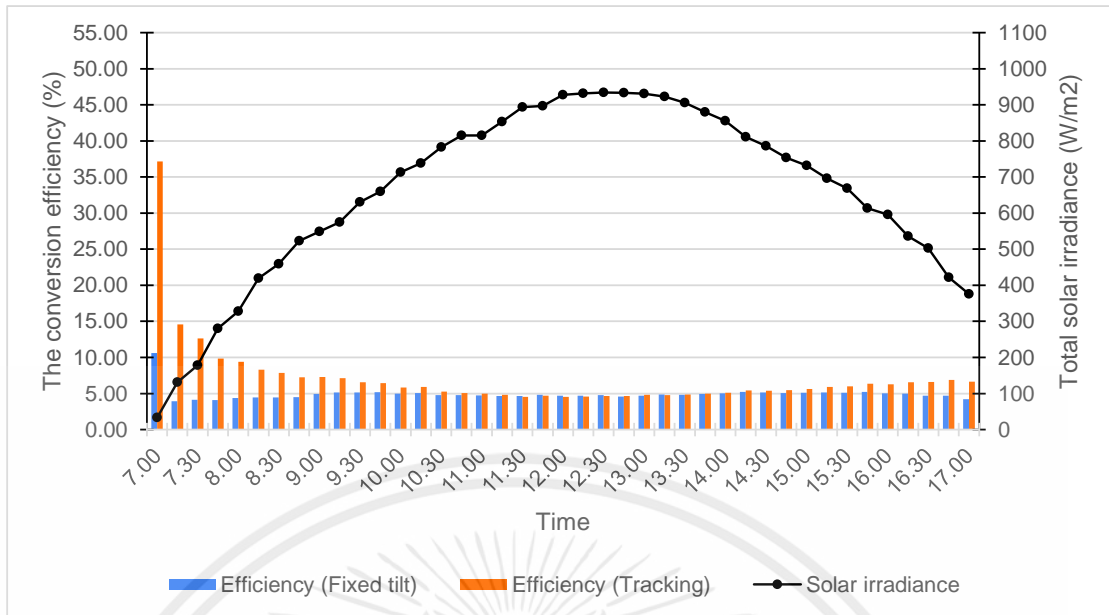


รูปที่ ข.20 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 4 เมษายน 2566

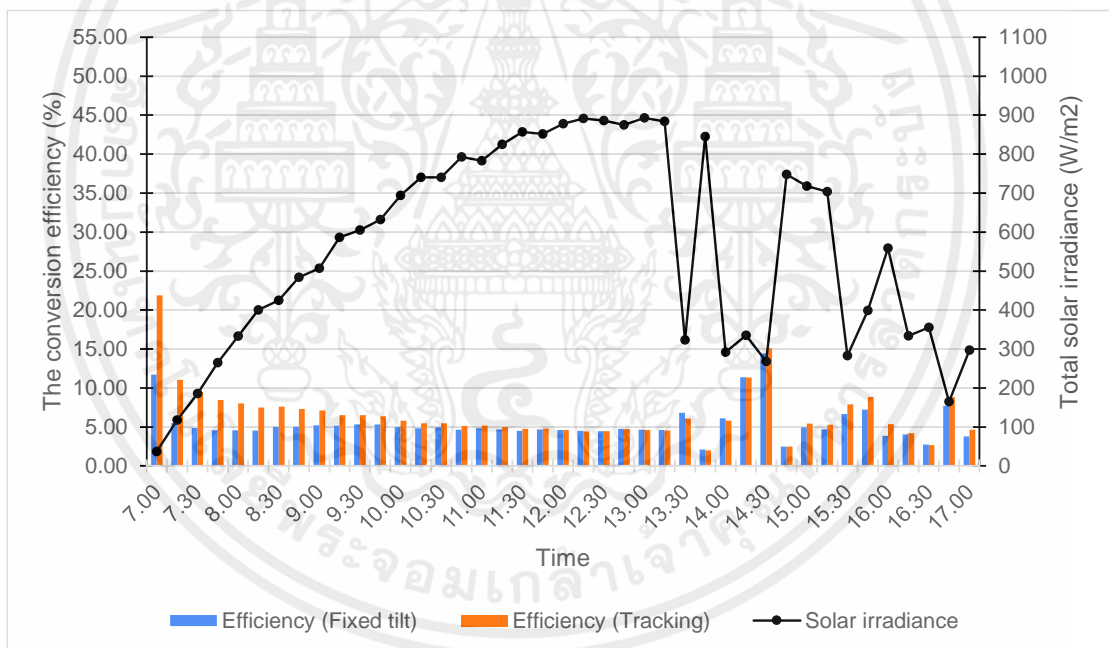


รูปที่ ข.21 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 5 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

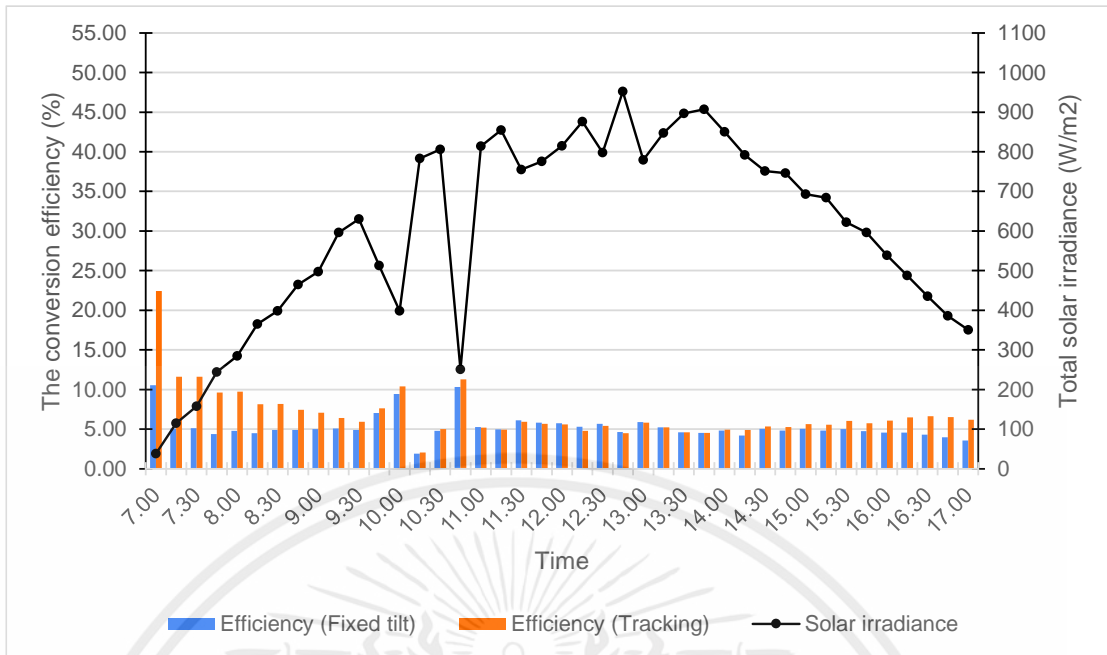


รูปที่ ข.22 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 6 เมษายน 2566

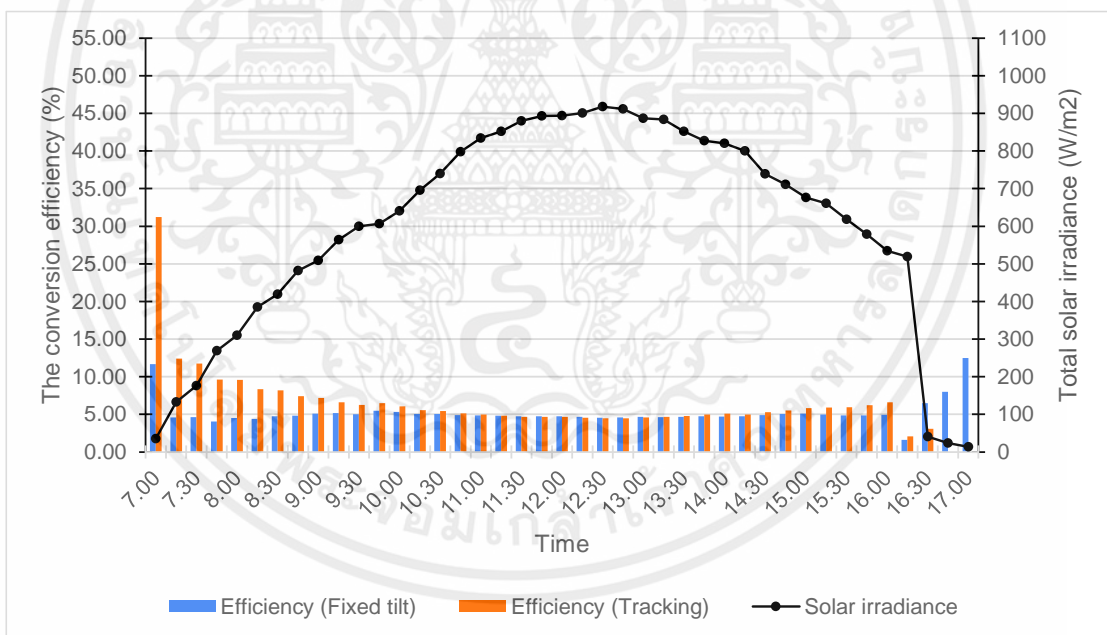


รูปที่ ข.23 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 19 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

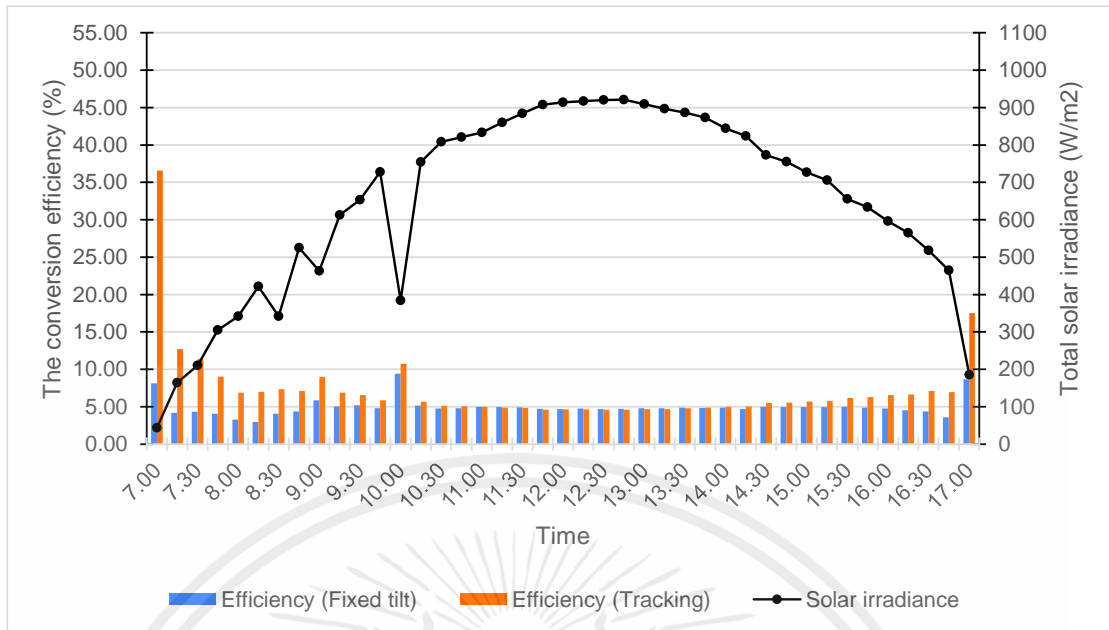


รูปที่ ข.24 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 21 เมษายน 2566

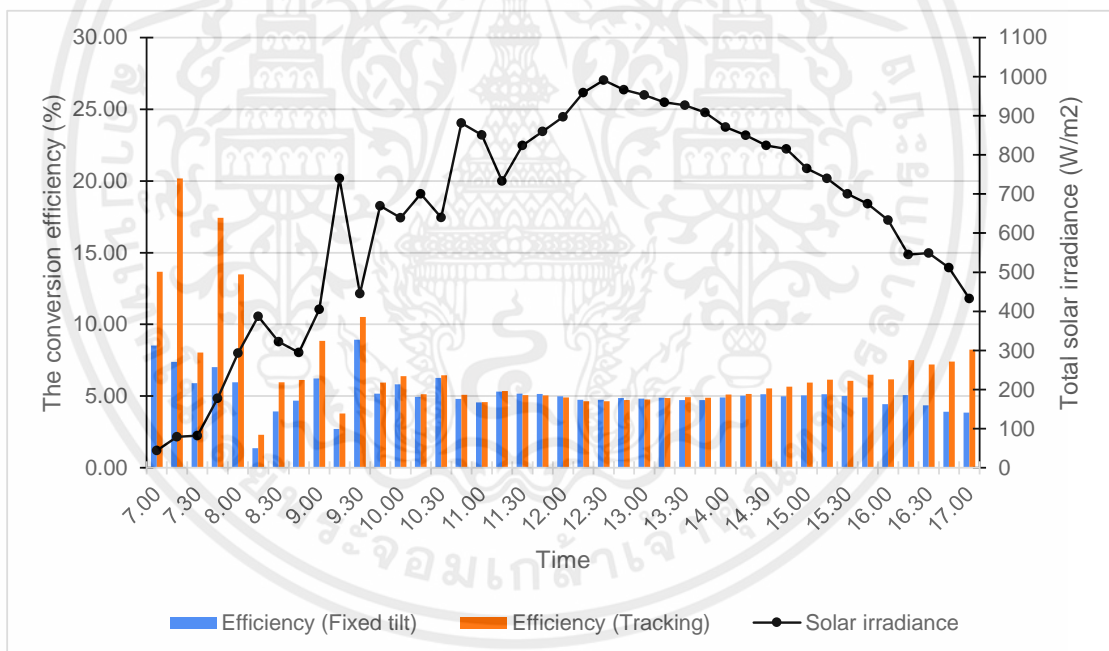


รูปที่ ข.25 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 22 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

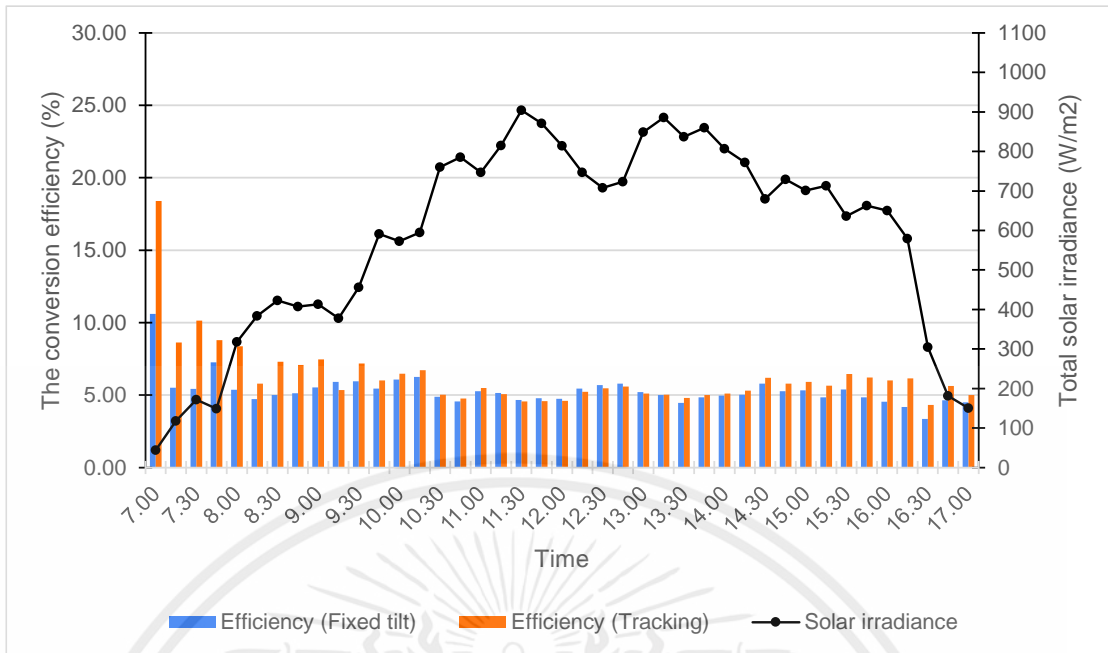


รูปที่ ๒.๒๖ แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 23 เมษายน 2566

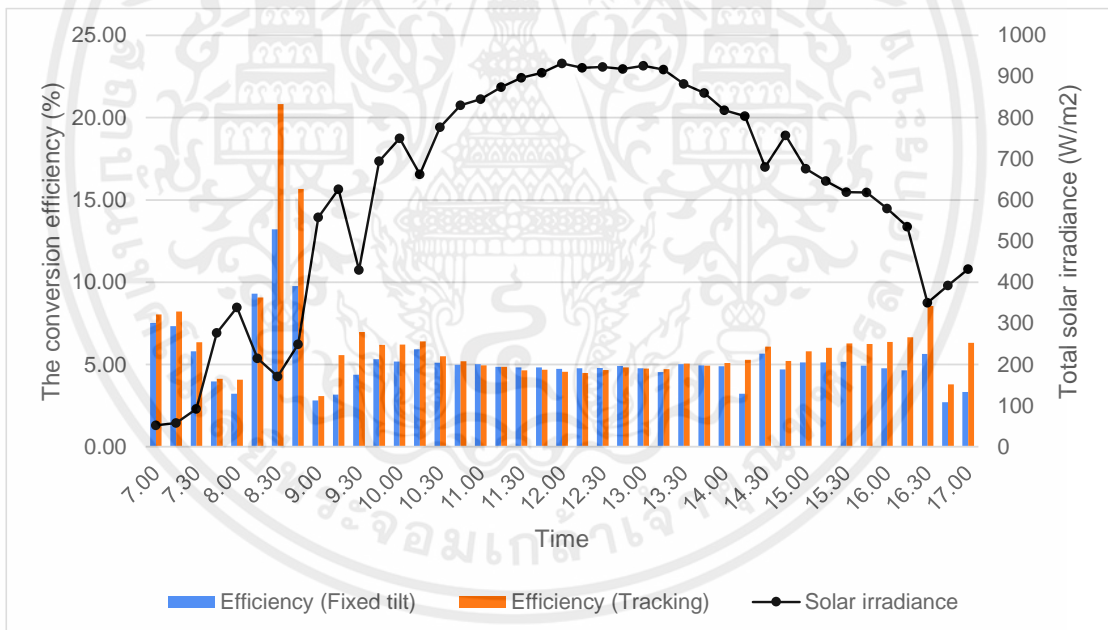


รูปที่ ๒.๒๗ แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 24 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

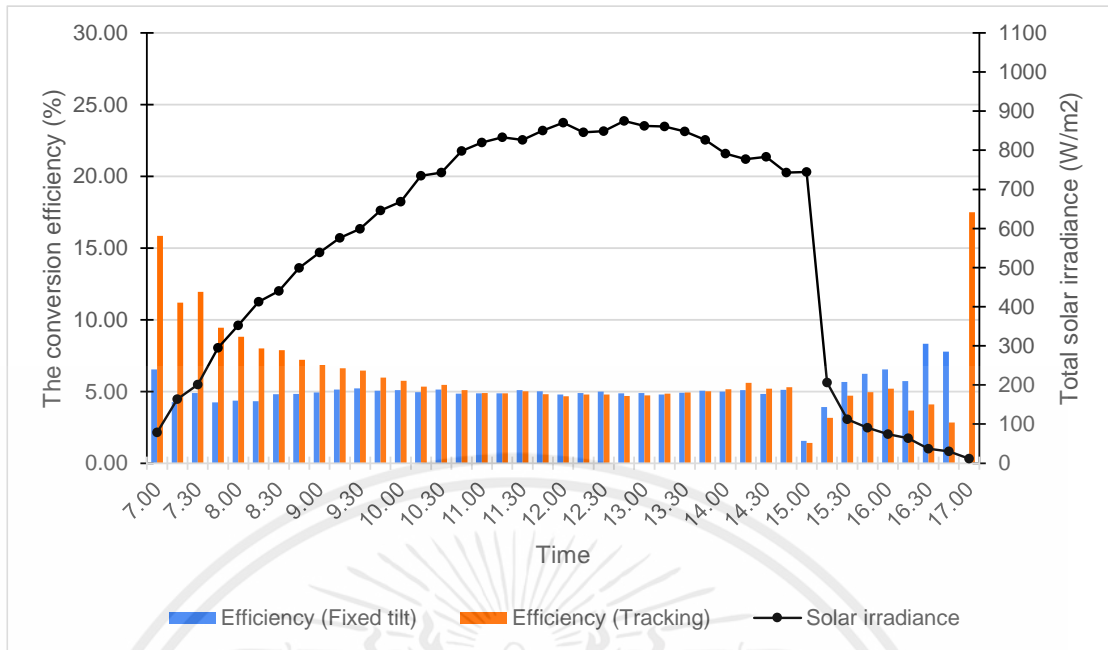


รูปที่ ข.28 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 26 เมษายน 2566

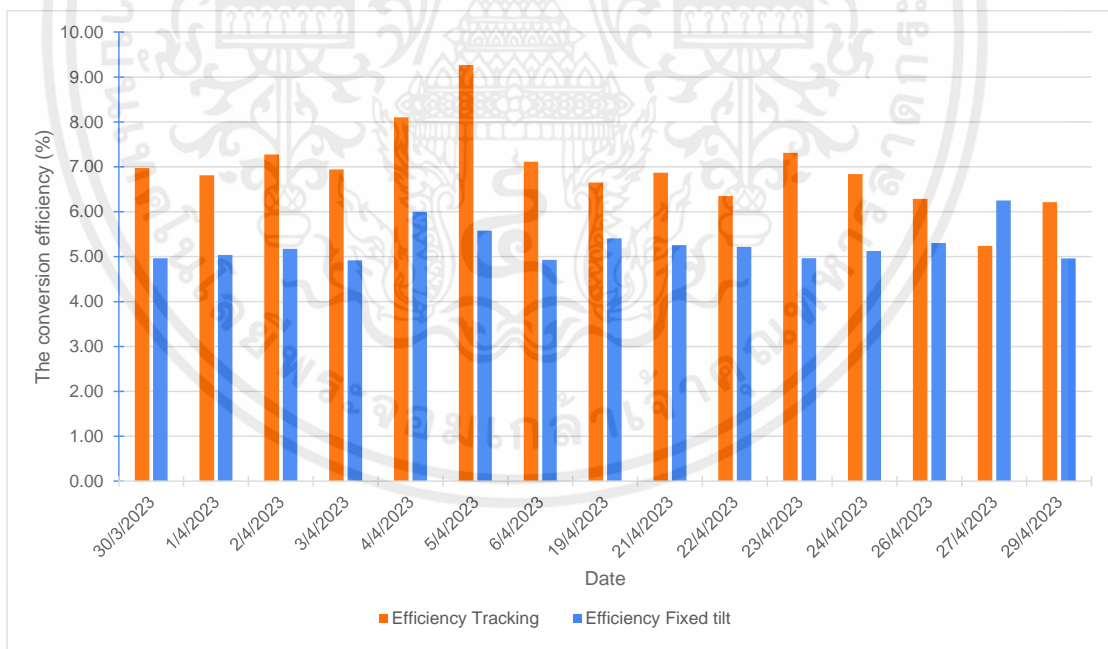


รูปที่ ข.29 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 27 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.30 แสดงประสิทธิภาพรายชั่วโมงของระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ ณ วันที่ 29 เมษายน 2566



รูปที่ ข.31 แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยในแต่ละวันของ ระบบติดตามดวงอาทิตย์ และ ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณประสิทธิภาพของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

$$\text{สูตรการคำนวณประสิทธิภาพ Eff} = \frac{E_{\text{output}}}{E_{\text{input}}} = \frac{P_{\text{output, net}}}{I_b \times A} = \frac{P_{\text{PV}} - P_{\text{motor}}}{I_b \times A} \times 100\%$$

เมื่อ Eff คือ ค่าประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งกับที่ (efficient) (%)

E_{output} คือ ค่าพลังงานรวมทั้งหมด ที่คงเหลือของระบบ (W)

E_{input} คือ ค่าพลังงานรวมทั้งหมด ที่ผลิตได้ของระบบ (W)

$P_{\text{output, net}}$ คือ กำลังที่คงเหลือทั้งหมดของระบบ (W)

$P_{\text{solar cell}}$ คือ พลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (W)

P_{motor} คือ กำลังที่มอเตอร์แนวตรงใช้ (ได้มาจากการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์)

I_b คือ รังสีตรงที่กระทำกับพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ (W / m^2)

การคำนวณประสิทธิภาพ การทำงาน ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งกับที่รายชั่วโมง

$$\text{Eff} = \frac{E_{\text{output}}}{E_{\text{input}}} = \frac{P_{\text{output, net}}}{I_b \times A} = \frac{P_{\text{solar cell}}}{I_b \times A} \times 100\%$$

$$\text{Eff} = \frac{P_{\text{solar cell}}}{I_b} \times 100\%$$

$$\text{Eff} = \frac{52.3 \text{ w}}{(998(W/m^2) \times (1.2 \times 1(m^2)))} \times 100\%$$

$$\text{Eff} = 4.70 \% \text{ ณ วันที่ 6 เมษายน 2566 เวลา 12.00น.}$$

การคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์รายชั่วโมง

$$\text{Eff} = \frac{E_{\text{output}}}{E_{\text{input}}} = \frac{P_{\text{output, net}}}{I_b \times A} = \frac{P_{\text{solar cell}} - P_{\text{motor}}}{I_b \times A} \times 100\%$$

$$\text{Eff} = \frac{P_{\text{solar cell}} - P_{\text{motor}}}{I_b} \times 100\%$$

$$\text{Eff} = \frac{50.9W - 0.1812W}{(998(W/m^2) \times (1.2 \times 1(m^2)))} \times 100\%$$

$$\text{Eff} = 4.55 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมรรถนะและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

วิธีการคำนวณการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน ของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจาก เซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการนี้

$$PB = \frac{I}{R}$$

เมื่อ PB คือ ระยะเวลาคืนทุน (payback period) (ปี)

I คือ เงินลงทุน (investment) (บาท)

R คือ ผลตอบแทนคิดจากค่าไฟฟ้าใน 1 ปี (net benefit per period) (บาท/ปี)

เงินลงทุนในโครงการ เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งกับที่ 5600 บาท

ค่าโครงสร้าง 1000 บาท

ค่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3000 บาท

ค่าอุปกรณ์ในกล่องควบคุม 1600 บาท

เงินลงทุนในโครงการระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์ 8600บาท

ค่าโครงสร้าง 1200บาท

ค่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3000 บาท

ค่าอุปกรณ์ในกล่องควบคุม 1600 บาท

ชุดระบบติดตาม 2800 บาท

คำนวณค่าไฟจากกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย คิดเป็น watt*hour ของโครงการโซล่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งกับที่

$$\frac{38.33 \text{ W} \times 10 \text{ ชั่วโมง}}{1000} \times 5 \text{ บาท} = 1.92 \text{ บาท/วัน}$$

$$1.92 \times 360 = 691.2 \text{ บาท/ปี}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่าไฟจากกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย คิดเป็น watt*hour ของโครงการเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์

$$\frac{45.81 \text{ W} \times 10 \text{ ชั่วโมง}}{1000} \times 5 \text{ บาท} = 2.29 \text{ บาท/วัน}$$

$$2.29 \times 360 = 824.4 \text{ บาท/ปี}$$

คำนวณโครงการเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่

$$PB = \frac{I}{R}$$

$$PB = \frac{5600 \text{ บาท}}{691.2 \text{ บาท/ปี}}$$

$$PB = 8.1 \text{ ปี}$$

คำนวณโครงการเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์

$$PB = \frac{I}{R}$$

$$PB = \frac{8600 \text{ บาท}}{824.4 \text{ บาท/ปี}}$$

$$PB = 10.4 \text{ ปี}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นาย กนต์พิชญ์ กังสกุล
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ.2543
 ภูมิลำเนา จังหวัด นครศรีธรรมราช
 ที่อยู่ 4 หมู่ 3 ตำบลโพธิ์เสด็จ อำเภอเมือง
 จังหวัดนครศรีธรรมราช
 E-mail 62201026@kmitl.ac.th

- ประวัติการศึกษา
- สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านท่าเรือมิตรภาพที่30
 - สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนเมืองนครศรีธรรมราช
 - สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเมืองนครศรีธรรมราช
 - สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
- ผลงานและกิจกรรม
- นักศึกษาฝึกงาน บริษัท เอส.พี.โอ. อะโกรอินดัสตรีส์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อ-นามสกุล นาย ณ์ฐชนน พงศ์อารีย์
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 2 เมษายน พ.ศ.2544
 ภูมิลำเนา จังหวัด สุราษฎร์ธานี
 ที่อยู่ 96 หมู่ 4 ตำบลประสงค์ อำเภอท่าชนะ
 จังหวัดสุราษฎร์ธานี
 E-mail 62201047@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียน โคกกลอยวิทยา
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนไชยาวิทยา
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนไชยาวิทยา
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 (วิศวกรรมเครื่องกล)ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอม
 เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัด
 ชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- นักศึกษาฝึกงาน บริษัท คิว เอ็ม บี (QMB) จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อ-นามสกุล นาย ชนพัทธ์ บุญชัย
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ.2543
 ภูมิลำเนา จังหวัด ราชบุรี
 ที่อยู่ 35/326 ตำบลบ้านโป่ง อำเภอบ้านโป่ง
 จังหวัดราชบุรี
 E-mail 62201058@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนอุดมวิทยา
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเบญจมราชูทิศราชบุรี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- นักศึกษาฝึกงาน บริษัท คิว เอ็ม บี (QMB) จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้