



ปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

วิทยานิพนธ์

ของ

รักษศักดิ์ สาทะโพน

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์

พฤษภาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

วิทยานิพนธ์

ของ

รักษศักดิ์ สาทะโพน

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์

พฤษภาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

FACTORS OF ROOF TYPE AND INSTALLATION DISTANCE AFFECTING
ON SOLAR PANEL EFFICIENCY

BY

RAKSAK SATHAPHON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
The Master of Engineering in Engineering
at Sakon Nakhon Rajabhat University

November 2025

All Rights Reserved by Sakon Nakhon Rajabhat University



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ รักศักดิ์ สาทะโพน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ กรรมการสอบและ
(ศาสตราจารย์ ดร.วราวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล) และผู้ทรงคุณวุฒิ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พรหมพินิจ) ประธานที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์

..... กรรมการสอบ กรรมการสอบและ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงฤทธิ์ พุทธิลา) แต่งตั้งเพิ่มเติม (รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิทย์ บุญเกิดรัมย์) กรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์

..... กรรมการสอบ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาคิน ลอยเจริญ) แต่งตั้งเพิ่มเติม

คณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับรองแล้ว

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พรหมพินิจ)
ประธานหลักสูตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุศักดิ์ แสนทวีสุข)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เมื่อวันที่ 12 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พรหมพินิจ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ศาสตราจารย์ ดร.สราวุฒ บัญเกิดรัมย์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาแนะนำ เสนอแนะ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงฤทธิ์ พุทธลา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาศิน ลอยเจริญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอน ตลอดจนให้แนวคิดทางวิชาการ ซึ่งเป็นผลให้ผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยและพัฒนางานวิจัยนี้ได้อย่างสมบูรณ์ มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ

ท้ายที่สุดของความสำเร็จในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยจนสำเร็จไปได้ด้วยดี ทั้งบุคคลที่ได้กล่าวมาแล้วอีกทั้งที่ยังไม่ได้กล่าวถึง คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดาของผู้วิจัย และบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนจนผู้วิจัยสามารถดำรงตนและบรรลุผลสำเร็จในปัจจุบัน

รักษศักดิ์ สาทะโพ

ชื่อเรื่อง	ปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของ
	แผงโซลาร์เซลล์
ผู้วิจัย	รักษศักดิ์ สาทะโพน
กรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พรหมพินิจ
	รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิทย์ บุญเกิดรัมย์
ปริญญา	วศ.ม. (วิศวกรรมศาสตร์)
สถาบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปีที่พิมพ์	2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดจำลองการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ บนหลังคาคอนกรีต หลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ และหลังคาเมทัลชีท ที่ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ 4 ระดับ คือ 10, 20, 30, และ 40 ซม. รวมทั้งหมด 12 ชุด เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่ระยะห่างการติดตั้งบนวัสดุหลังคาทั้ง 3 ชนิด โดยแต่ละชนิด มี 4 ระดับ. ค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT673PV ซึ่งมีความแม่นยำ $\pm 1.0\% + 10$. การศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ทุก 1 ชั่วโมง เวลา 10.00-15.00 น. ในวันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2568

ผลการวิจัยพบว่าความสัมพันธ์ของค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคากระเบื้องคอนกรีตที่ระยะห่าง 10 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 80.80 วัตต์ คิดเป็น 13.03%; ที่ระยะห่าง 20 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 90.90 วัตต์ คิดเป็น 14.66%; ระยะห่าง 30 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 118.93 วัตต์ คิดเป็น 19.18% และระยะห่าง 40 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 164.42 วัตต์ คิดเป็น 26.52%. สำหรับหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ที่ระยะห่าง 10 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 94.35 วัตต์ คิดเป็น 15.22%, ระยะห่าง 20 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 88.40 วัตต์ คิดเป็น 14.26%; ระยะห่าง 30 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 90.82 วัตต์ คิดเป็น 14.65% และระยะห่าง 40 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 103.90 วัตต์ คิดเป็น 16.76%. หลังคาเมทัลชีทที่ระยะห่าง 10 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 133.23 วัตต์ คิดเป็น 21.49%; ระยะห่าง 20 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 133.07 วัตต์ คิดเป็น 21.06%; ระยะห่าง 30 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 121.35 วัตต์ คิดเป็น 19.57% และระยะห่าง 40 ซม. กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 117.03 วัตต์ คิดเป็น 18.88% ของพลังงานไฟฟ้าที่ระบุไว้. ระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงบนหลังคากระเบื้องคอนกรีต คือ 10 ซม. กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ คือ 20 ซม. และแผ่นเมทัลชีท คือ 40 ซม. ผลจากการทดลองสามารถนำระยะห่างการติดตั้งแผงบนหลังคาเพื่อการออกแบบและติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์สำหรับระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา.

คำสำคัญ: โซลาร์เซลล์บนหลังคา, ประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์, ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์, ชนิดวัสดุหลังคา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

TITLE	Factors of Roof type and Installation distance affecting Solar panel efficiency
AUTHOR	Raksak Sathaphon
ADVISORS	Asst. Prof. Dr. Krisada Prompinit Assoc. Prof. Dr. Sarawoot Boonkidram
DEGREE	M.Eng. (Engineering)
INSTITUTION	Sakon Nakhon Rajabhat University
YEAR	2025

ABSTRACT

This research aimed to design and construct a simulation model for installing 620-watt solar panels on concrete roofs, fiber cement roofs, and metal sheet roofs at four different solar panel spacings: 10, 20, 30, and 40 cm. A total of 12 sets were used to study the efficiency of the solar panels at four different roofing materials. The solar panel power was measured using a UNI-T UT673PV MPPT solar power meter, which has an accuracy of $\pm 1.0\% + 10$. The study measured solar panel power every hour from 10:00 a.m. to 3:00 p.m. on October 19, 2025.

The results showed that the power loss of solar panels on concrete tile roofs at a 10-cm spacing was 80.80 watts, representing 13.03%; at a distance of 20 cm, the power loss is 90.90 watts, which is 14.66%; at a distance of 30 cm, the power loss is 118.93 watts, which is 19.18%; and at a distance of 40 cm, the power loss is 164.42 watts, which is 26.52%. For a fiber cement tile roof at a distance of 10 cm, the power loss is 94.35 watts, which is 15.22%; at a distance of 20 cm, the power loss is 88.40 watts, which is 14.26%; at a distance of 30 cm, the power loss is 90.82 watts, which is 14.65%; and at a distance of 40 cm, the power loss is 103.90 watts, which is 16.76%. Metal sheet roofing: at a distance of 10 cm, the power loss is 133.23 watts, which is 21.49%; at a distance of 20 cm, the power loss is 133.07 watts, which is 21.06%; at a distance of 30 cm, the power loss is 121.35 watts, which is 19.57%; and at a distance of 40 cm, the power loss is 117.03 watts, which is 18.88% of the stated electrical power. The ideal distance for installing panels is 10 cm for concrete tile roofs, 20 cm for fiber cement roofs, and 40 cm for metal sheet roofs. The experimental results can be used to design and install solar panels for rooftop solar power generation systems.

Keywords: Solar Rooftop, Solar panel efficiency, Solar installation distance,
Roofing material type

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	3
ความสำคัญของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
ชนิดของหลังคา	7
วัสดุหลังคา	8
กระเบื้องหลังคา ดินเผา	8
กระเบื้องหลังคา เซรามิก	9
กระเบื้องหลังคา คอนกรีต	10
กระเบื้องหลังคา ไฟเบอร์ซีเมนต์	10
แผ่นหลังคา เมทัลชีท	11
คุณสมบัติวัสดุหลังคา	11
ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์	13
ระยะห่างระหว่างแถวของแผงโซลาร์เซลล์	13
ระยะห่างระหว่างแผงโซลาร์เซลล์กับพื้นหลังคา	14
ประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
งานวิจัยในประเทศ	18
งานวิจัยต่างประเทศ	18

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
ขอบเขตงานวิจัย	21
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	22
การสร้างชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา	27
การทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล	30
การวิเคราะห์ข้อมูล	30
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	31
ลำดับขั้นในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	31
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	31
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	38
ความมุ่งหมายของการวิจัย	38
สมมติฐานของการวิจัย	38
ขอบเขตของการวิจัย	38
การวิเคราะห์ข้อมูล	39
สรุปผลการวิจัย	39
อภิปรายผลการวิจัย	41
ข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	48
ภาคผนวก ก การออกแบบและสร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 620 วัตต์ ติดตั้งบนหลังคาคอนกรีต ไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท	49
ภาคผนวก ข ตารางข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ ความเร็วลม อุณหภูมิแวดล้อม และอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์.....	52
ภาคผนวก ค บทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	55
การจำลองปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของ แผงโซลาร์เซลล์ด้วย MATLAB	56
ประวัติย่อของผู้วิจัย	64

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา	4
2 ชนิดวัสดุหลังคา	11
2 (ต่อ) ชนิดวัสดุหลังคา	12
3 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (C_p) ของวัสดุหลังคา	12
4 คุณสมบัติเฉพาะของแผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ JINKO รุ่น 66HL4M	23
5 องค์ประกอบและข้อมูลส่วนผสมของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตยี่ห้อเอสซีจี	24
6 คุณสมบัติเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ยี่ห้อ UNI-T.....	25
7 คุณสมบัติเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ METREL รุ่น A1378 EUROTSTPV Remote	26
8 คุณสมบัติคอมพิวเตอร์ Lenovo	27
9 ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา	28
10 ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิด บนหลังคากระเบื้อง คอนกรีตที่ระยะห่าง 10 และ 20 เซนติเมตร	32
10 (ต่อ) ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิดบนหลังคากระเบื้องคอนกรีต ที่ระยะห่าง 30 และ 40 เซนติเมตร	32
11 ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิดบนหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ ซีเมนต์ ที่ระยะห่าง 10 และ 20 เซนติเมตร	33

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
11 (ต่อ) ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิดบนหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ ซีเมนต์ ที่ระยะห่าง 30 และ 40 เซนติเมตร	33
12 ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิดบนหลังคา แผ่นเมทัลชีทที่ระยะห่าง 10 และ 20 เซนติเมตร	34
12 (ต่อ) ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิดบนหลังคาแผ่นเมทัลชีท ที่ระยะห่าง 30 และ 40 เซนติเมตร	34

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
2 ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์	4
3 กระเบื้องหลังคา ดินเผาแบบเรียบ	8
3 (ต่อ) กระเบื้องหลังคา ดินเผาแบบลอน	9
4 กระเบื้องหลังคา เซรามิค	9
5 กระเบื้องหลังคา คอนกรีต	10
6 กระเบื้องหลังคา ไฟเบอร์ซีเมนต์	10
7 แผ่นหลังคา เมทัลชีท	11
8 โซลาร์เซลล์ติดตั้งบนดาดฟ้า	14
9 รูปภาพการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา	15
10 แผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ JINKO รุ่น 66HL4M	22
11 แผ่นหลังคากระเบื้องคอนกรีต ลอนเล็ก	23
12 แผ่นหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ลอนคู่	24
13 แผ่นหลังคาเมทัลชีท SSR760 ลอนมาตรฐาน	24
14 เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ยี่ห้อ UNI-T	25
15 เครื่องมือวัดค่าพารามิเตอร์แวดล้อมพร้อมอุปกรณ์	26
16 คอมพิวเตอร์ Lenovo	27
17 ชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา	28
18 การติดตั้งเครื่องวัดความเข้มแสง A1427 PV Reference cell	29
19 ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาพร้อมเครื่องมือวัด	29
20 กราฟแสดงผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ บนวัสดุ X1=หลังคากระเบื้องคอนกรีต X2=ระยะห่างการติดตั้งที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร	35

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
21 กราฟแสดงผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์บนวัสดุ X1=หลังคา กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ X2=ระยะห่างการติดตั้งที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร	36
22 กราฟแสดงผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์บนวัสดุ X1=หลังคา แผ่นเมทัลชีท X2=ระยะห่างการติดตั้งที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร	37

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั่วโลกไปสู่พลังงานหมุนเวียน ทำให้ระบบโซลาร์เซลล์กลายเป็นรากฐานสำคัญของการผลิตพลังงานอย่างยั่งยืน (IEA., 2568) สำหรับที่อยู่อาศัยและเชิงพาณิชย์ การติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคาถือเป็นการลงทุนที่สำคัญและเป็นกลยุทธ์ในการลดปริมาณคาร์บอน อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์นี้ ซึ่งก็คือความสามารถในการแปลงแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพโดยธรรมชาติของแผงโซลาร์เซลล์เพียงอย่างเดียว (NATIONAL GRID., 2568) งานวิจัยใหม่ๆ เน้นย้ำถึงผลกระทบอันลึกซึ้งของคุณลักษณะของหลังคาที่มีอยู่ โดยเฉพาะประเภทของวัสดุหลังคาและระยะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบอย่างสำคัญต่ออุณหภูมิในการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์และการไหลเวียนของอากาศรอบๆ แผง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตพลังงานไฟฟ้าและผลตอบแทนจากการลงทุนในระยะยาว (Freedom Solar Power., 2568)

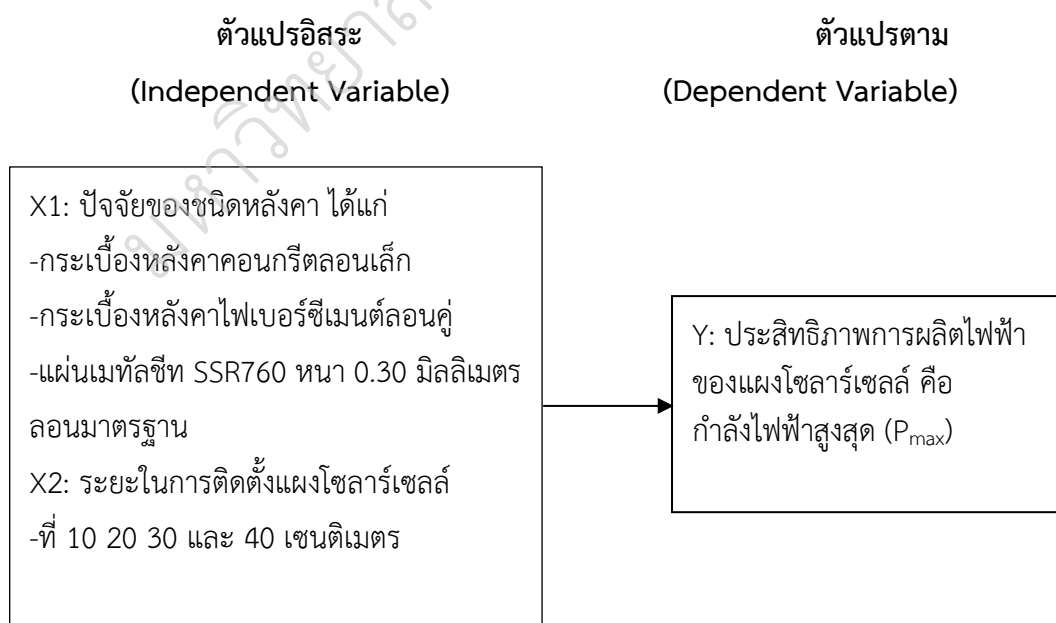
วัสดุหลังคาหลากหลายประเภทที่มักใช้ในการก่อสร้างนั้นแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมทางความร้อนที่หลากหลาย ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์อย่างชัดเจน วัสดุหลังคาต่างๆ เช่น กระเบื้องยางมะตอยหรือชิงเกิ้ลรูฟ ซึ่งพบในอาคารที่พักอาศัยหลายแห่ง มีแนวโน้มที่จะดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ในปริมาณมาก ส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวหลังคาสูงขึ้น ความร้อนที่ดูดซับนี้สามารถถ่ายโอนไปยังแผงโซลาร์เซลล์ที่อยู่ด้านบน ส่งผลให้อุณหภูมิในการทำงานสูงขึ้น และส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง ในทางกลับกัน หลังคาโลหะหรือหลังคาแผ่นเมทัลชีท ซึ่งขึ้นชื่อในเรื่องการสะท้อนแสงอาทิตย์และการแผ่รังสีสูง สามารถช่วยรักษาอุณหภูมิพื้นผิวหลังคาให้ต่ำได้ จึงช่วยให้แผงโซลาร์เซลล์มีสภาพแวดล้อมทางความร้อนที่เอื้ออำนวยมากขึ้น หลังคาแบบเซรามิกหรือคอนกรีต มีมวลความร้อนสูงกว่า ซึ่งอาจส่งผลให้อุณหภูมิลดลง แต่พื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอของหลังคายังส่งผลกระทบต่อรูปแบบการไหลของอากาศได้อีกด้วย การทำความเข้าใจคุณสมบัติทางความร้อนเฉพาะของวัสดุเหล่านี้ รวมถึงการดูดซับแสงอาทิตย์ การแผ่รังสีความร้อน และการนำความร้อน เป็นสิ่งสำคัญในการคาดการณ์ผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

นอกเหนือจากคุณสมบัติโดยธรรมชาติของวัสดุหลังคาแล้ว ระยะการติดตั้งหรือการรักษาช่องว่างอากาศระหว่างแผงโซลาร์เซลล์และพื้นผิวหลังคายังมีบทบาทสำคัญในการกำหนดประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ ระยะการติดตั้งนี้ ส่วนใหญ่กำหนดโดยลักษณะพื้นที่ที่ใช้ติดตั้ง เช่น การติดตั้งแบบเรียบติดพื้นผิวหลังคา การติดตั้งแบบเรียบขนานกับพื้นผิวหลังคา

หรือชั้นวางเอียงบนหลังคาเรียบหรือดาดฟ้า เป็นตัวกำหนดขอบเขตของการระบายความร้อนตามธรรมชาติที่อาจเกิดขึ้น ช่องว่างอากาศที่ใหญ่ขึ้นโดยทั่วไปจะส่งเสริมการไหลของอากาศที่ดีขึ้นด้านหลังแผง ซึ่งช่วยให้ความร้อนกระจายตัวได้ง่ายขึ้นและด้วยเหตุนี้จึงลดอุณหภูมิการทำงาน of แผงโซลาร์เซลล์ลง ระยะห่างที่ไม่เพียงพอ ซึ่งมักเกิดขึ้นกับระบบ ที่ติดตั้งแบบเรียบติดพื้นผิวหลังคาหรือแบบเรียบขนานกับพื้นผิวหลังคา อาจกักเก็บความร้อนไว้ ส่งผลให้แผงเกิดความเครียดจากความร้อนเพิ่มขึ้นและผลผลิตพลังงานลดลง

ดังนั้นการทำความเข้าใจอย่างครอบคลุมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัสดุหลังคากับระยะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่แตกต่างกันจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการปรับปรุงการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์และเพิ่มการผลิตพลังงานให้ดีขึ้น งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์ระยะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนวัสดุหลังคาประกอบด้วย กระเบื้องหลังคาคอนกรีต กระเบื้องหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ และหลังคาแผ่นเมทัลชีท ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ โดยอธิบายความสัมพันธ์ของวัสดุหลังคา ระยะห่างการติดตั้ง และกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์จะช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญและผู้ติดตั้งสามารถตัดสินใจได้อย่างชาญฉลาดมากขึ้นในการวางแผนและดำเนินการโครงการโซลาร์เซลล์บนหลังคา ซึ่งจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าสินทรัพย์พลังงานหมุนเวียนที่สำคัญเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพ อายุการใช้งานยาวนานขึ้น และมีความยั่งยืนทางเศรษฐกิจมาก

กรอบแนวคิดของการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. เพื่อสร้างชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคากระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท ถูกติดตั้งห่างจากหลังคาที่ระยะห่าง 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์บนวัสดุหลังคากระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท ที่ระยะห่างจากหลังคาที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร
3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์บนหลังคา

สมมติฐานของการวิจัย

ระยะห่างการติดตั้งของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาในประเทศไทยมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์มากน้อยเท่าไร

ความสำคัญของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความสำคัญของการวิจัย ไว้ดังนี้

1. ได้ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ ติดตั้งบนหลังคากระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท ที่ระยะห่างจากพื้นผิวใต้แผงโซลาร์เซลล์ถึงลอนบนของหลังคาที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร จำนวน 12 ชุด
2. ได้ทราบประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ของชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ ทั้ง 12 ชุด
3. สามารถนำข้อมูลใช้สำหรับออกแบบและติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคากระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ลอนคู่ และแผ่นเมทัลชีท

ขอบเขตของการวิจัย

1. ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา สร้างบ้านจำลองแบบเพิงหมาแหงนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 250 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร ทำมุมเอียงขึ้น 15 องศา มุงด้วยแผ่นหลังคากระเบื้องคอนกรีต รุ่นเอลาบานา สีเทาปีกนางวล ยี่ห้อเอสซีจี จำนวน 4 หลัง กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ รุ่นลอนคู่ สีเทาศิลา ยี่ห้อเอสซีจี จำนวน 4 หลัง และแผ่นหลังคาเมทัลชีท สีเทา หนา 0.30 มิลลิเมตร ลอน 760 ยี่ห้อจิงโจ้ จำนวน 4 หลัง ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ ยี่ห้อ JINKO รุ่น 66HL4M ขนาด 620 วัตต์ ขนาด กว้าง 113.4 เซนติเมตร

ยาว 238.2 เซนติเมตร หน้า 3.5 เซนติเมตร บนบ้านจำลองแบบเพิงหมาแหงนที่มุงด้วยวัสดุหลังคา 3 ชนิด ระยะห่าง 4 ระดับ รวม 12 ชุด

2. ออกแบบและสร้างชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งบนหลังคาที่ใช้ในงานวิจัยจำนวน 12 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพประกอบ 2 ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์

ตารางที่ 1 ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา

ชุดทดสอบ	ระยะห่างระหว่างแผงโซลาร์เซลล์ถึงหลังคา หน่วยเป็น เซนติเมตร			
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4
ชุดที่ 1 กระเบื้องคอนกรีต รุ่นเอลาบานา สีเทาปีกนางนวล	10	20	30	40
ชุดที่ 2 กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ รุ่นลอนคู่ สีเทาศิลา	10	20	30	40
ชุดที่ 3 แผ่นเมทัลชีท ลอน SSR760 หนา 0.30 มิลลิเมตร สีเทา	10	20	30	40

3. ทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาทั้ง 12 ชุด เพื่อวัดและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ เลือกใช้เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT673PV

4. เก็บข้อมูลและบันทึกค่าพารามิเตอร์แวดล้อม เช่น อุณหภูมิอากาศ และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ เลือกใช้เครื่องวัดประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ METREL รุ่น A1378 EUROTSTPV Remote

5. สถานที่ทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาจำนวน 12 ชุด บริเวณอำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร ประเทศไทย ในวันที่ 19 ตุลาคม พุทธศักราช 2568 ตั้งแต่เวลา 10.00 ถึง 15.00 นาฬิกา

นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์เฉพาะไว้ ดังนี้

1. ปัจจัยของชนิดหลังคา คือ วัสดุของหลังคาที่ใช้ในงานวิจัย มีดังนี้ แผ่นหลังคากระเบื้องคอนกรีต รุ่นเอลาบานา สีเทาปีกนางนวล ยี่ห้อเอสซีจี แผ่นหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ รุ่นลอนคู่ สีเทาศิลา ยี่ห้อเอสซีจี และแผ่นหลังคามทัลชีท สีเทา หนา 0.30 มิลลิเมตร ลอน 760 ยี่ห้อจิงโจ้

2. ระยะห่างการติดตั้ง คือ ระยะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์โดยวัดจาก สันบนลอนหลังคาถึงพื้นผิวด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์

3. แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร (มีหน่วยเป็นโวลต์, V) คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก ขั้วบวกและขั้วลบของแผงโซลาร์เซลล์ขณะที่ไม่ได้ต่อโหลดไฟฟ้า

4. กระแสไฟฟ้าวงจรปิด (มีหน่วยเป็นแอมป์, A) คือค่ากระแสไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์สามารถสร้างได้ เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ขั้วเป็นศูนย์หรือเกิดการลัดวงจร

5. แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (มีหน่วยเป็นโวลต์, V) คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์จ่ายพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบมาตรฐานเมื่อต่อโหลดไฟฟ้า

6. กระแสไฟฟ้าสูงสุด (มีหน่วยเป็นแอมป์, A) คือค่ากระแสไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้มากที่สุดในสภาวะที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด

7. กำลังไฟฟ้าสูงสุด (มีหน่วยเป็นวัตต์, W) คือ กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ ที่เกิดจากผลคูณของค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดและค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด

8. ความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar Irradiance มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร, W/m^2) คือพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ (ความหนาแน่นของพลังงานพื้นผิว) ที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ ในรูปแบบของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าใน ช่วงความยาวคลื่นของเครื่องมือวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ วัดเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ในหน่วยSI

9. เงื่อนไขมาตรฐานการทดสอบ (Standard Test Condition) คือ การทดสอบแผงโซลาร์เซลล์เมื่อได้รับแสงอาทิตย์ ความเข้ม (Irradiance) 1000 วัตต์ ต่อ 1 ตารางเมตร อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ 25 องศาเซลเซียส แสงที่ผ่านชั้นบรรยากาศ 1.5 เท่าของมวลอากาศ

10. อุณหภูมิเซลล์ทำงานปกติ (Nominal Operating Cell Temperature) คือ การทดสอบแผงโซลาร์เซลล์เมื่อได้รับแสงอาทิตย์ ความเข้ม (Irradiance) 800 วัตต์ ต่อ 1 ตาราง

เมตร อุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส แสงที่ผ่านชั้นบรรยากาศ 1.5 เท่าของมวลอากาศ ลมพัดผ่านด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที

11. ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ (Solar cell panel efficiency, %) คือ กำลังไฟฟ้าขาออกหารด้วยกำลังไฟฟ้าขาเข้า แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์

12. โมโน-เฟเชียล โมดูล (Mono-Facial Module) คือ แผงโซลาร์เซลล์แบบหน้าเดียวที่มีเซลล์แสงอาทิตย์อยู่หนึ่งด้าน

13. ไบเฟเชียล โมดูล (Bifacial Module) คือ แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

14. โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานแสงจากแสงอาทิตย์ และแปรสภาพให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

15. แผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cell Panel or Solar Cell Module) คือ เซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากที่ต่ออนุกรมและขนานกันและถูกประกอบเข้าด้วยโครงอลูมิเนียม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถสรุปสาระสำคัญตามลำดับ ดังนี้

1. ชนิดของหลังคา
 - 1.1 วัสดุหลังคา
 - 1.1.1. กระเบื้องหลังคา ดินเผา
 - 1.1.2. กระเบื้องหลังคา เซรามิก
 - 1.1.3. กระเบื้องหลังคา คอนกรีต
 - 1.1.4. กระเบื้องหลังคา ไฟเบอร์ซีเมนต์
 - 1.1.5. แผ่นหลังคา เมทัลชีท
 - 1.2 คุณสมบัติของวัสดุหลังคา
2. ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์
 - 2.1 ระยะห่างระหว่างแถวของแผงโซลาร์เซลล์
 - 2.2 ระยะห่างระหว่างแผงโซลาร์เซลล์ถึงพื้นหลังคา
3. ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ชนิดของหลังคา

ชนิดของหลังคา คือวัสดุที่ใช้มุงหลังคาอาคารที่พักอาศัยรวมถึงอาคารโรงงานอุตสาหกรรม นิติมา คุตตะสิงคี. (2560, หน้า 5) ได้ให้ความหมายของหลังคาไว้ว่า เป็นส่วนปกคลุมภายนอก อยู่ด้านบนอาคาร เป็นส่วนหนึ่งที่ให้ร่มเงากับพื้นที่ในอาคาร โดยหลังคาประกอบด้วยวัสดุมุงหลังคา เพื่อป้องกันน้ำฝนไม่ให้ไหลผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร อีกทั้งยังช่วยป้องกันแสงแดดและความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร

หลังคาในประเทศไทยมีรูปทรงที่เป็นเอกลักษณ์ตั้งแต่อดีตและมีวิวัฒนาการรูปทรงหลังคาเพิ่มขึ้นอีกหลายแบบ โดยลักษณะหลังคาที่พบเห็นทั่วไป ได้แก่ หลังคาทรงแบน (Flat Roof) หลังคาทรงจั่ว (Gable Roof) หลังคาทรงปั้นหยา (Hip Roof) หลังคาทรงมะนิลา (Manila

Roof หรือ Dutch Gable Roof) หลังคาทรงหมาแหงน (Lean to Roof) หลังคาทรงปีกผีเสื้อ (Butterfly Roof) หลังคาทรงโค้งกลม (Curved Roof) หลังคาทรงหลายเหลี่ยม ซึ่งมีทั้งแบบหกเหลี่ยม (Hexagonal Roof) และแบบแปดเหลี่ยม (Octagonal Roof) สุดท้ายคือ หลังคาทรงโดม (Dome Roof) โดยรูปทรงหลังคาแต่ละแบบที่กล่าวมานั้นใช้วัสดุคลุมหลังคาที่แตกต่างกัน

1. วัสดุคลุมหลังคา

วัสดุที่ใช้คลุมหลังคาในประเทศไทย (นิติมา คุตตะสิงคี., 2560. หน้า 8) ได้แก่

- กระเบื้องหลังคาดินเผา
- กระเบื้องหลังคาเซรามิก
- กระเบื้องหลังคาคอนกรีต
- กระเบื้องหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์
- แผ่นหลังคาเมทัลชีท

1.1 กระเบื้องหลังคา ดินเผา

นิติมา คุตตะสิงคี. (2560, หน้า 12) ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกระเบื้องหลังคาดินเผาซึ่งถูกใช้มากกว่า 4000 ปี ทำมาจากดินเหนียวและส่วนผสมอื่นๆ ในประเทศไทยมีใช้ตั้งแต่กรุงสุโขทัยเป็นราชธานี ถูกนำมาใช้คลุมหลังคาในงานสถาปัตยกรรมต่างๆ อาทิเช่น วัด วังและโรงเรียน

ผู้ผลิตหลังคากระเบื้องดินเผาไทยได้ผลิตแผ่นหลังคาหลายรูปแบบ เช่น แบบเกล็ดปลา แบบใบโพธิ์ หรือแบบว่าว มีคุณสมบัติการระบายความร้อนได้ดี โดยแผ่นหลังคากระเบื้องดินเผาที่ได้รับความนิยมมี 2 รูปแบบ คือ แบบเรียบ และแบบลอน ภาพประกอบที่ 3 การติดตั้งจึงต้องซ้อนกันและมีองศาการติดตั้งที่มากเพื่อให้น้ำไหลผ่านได้ดีเพื่อป้องกันการรั่วของน้ำและการเกิดเชื้อราดำ ดังนั้นหลังคาควรมีความลาดเอียง 22 องศา ขึ้นไป (TH-TILE.,2568)



กระเบื้องสุโขทัย (ใบโพธิ์)



กระเบื้องเกล็ดปลา

ภาพประกอบ 3 กระเบื้องหลังคา ดินเผาแบบเรียบ

ที่มา : <https://www.thaistrongbrick.com/>

กระเบื้องดินเผา-หลังคา-2/



กระเบื้องแบบลอน

ภาพประกอบ 3 (ต่อ) กระเบื้องหลังคา ดินเผาแบบลอน

ที่มา : <https://kppcorp.com/roof-scg/>

1.2 กระเบื้องหลังคา เซรามิก

กระเบื้องหลังคาเซรามิกได้รับการพัฒนาจากกระเบื้องดินเผา โดยมีส่วนผสมของดินเหนียวชนิดพิเศษเผาด้วยอุณหภูมิมากกว่า 1000 องศาเซลเซียส ทำให้มีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนต่ำ และสะท้อนความร้อนได้ดีโดยเฉพาะสีอ่อน การแผ่รังสีความร้อนที่ดูดซับไว้ได้ดี ทำให้ความร้อนสะสมบนหลังคาน้อยซึ่งเป็นผลดีต่อการอยู่อาศัย และช่วยประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทนทานต่อสภาพอากาศและรังสียูวี ภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 กระเบื้องหลังคา เซรามิก

ที่มา: <https://www.scgsmartliving.com/Calculation/Product/roof>

1.3 กระเบื้องหลังคา คอนกรีต

กระเบื้องหลังคาคอนกรีต ภาพประกอบ 5 ผลิตจากวัสดุปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมทรายและน้ำขึ้นรูปเป็นแผ่นลอน SCGHOME., (2568) มีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ดีโดยเฉพาะสีเข้ม และแผ่รังสีความร้อนออกมาในรูปของรังสีอินฟราเรดและรังสีคลื่นยาว ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้น นิยมใช้มุงหลังคาบ้านหลากหลายสไตล์ เช่น หลังคาทรงปั้นหยา (Hip Roof) หลังคาทรงหมาแหงน (Lean to Roof) ด้วยคุณสมบัติที่มีความแข็งแรงทนทาน และอายุการใช้งานนาน



ภาพประกอบ 5 กระเบื้องหลังคา คอนกรีต

ที่มา: <https://www.scgsmartliving.com/Calculation/Product/roof>

1.4 กระเบื้องหลังคา ไฟเบอร์ซีเมนต์

กระเบื้องหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ ภาพประกอบ 6 ผลิตจากวัสดุที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และเส้นใยสังเคราะห์ขึ้นรูปเป็นแผ่นแบบลอน มีคุณสมบัติในการดูดซับและแผ่รังสีความร้อนได้ดี ทำให้ช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคารได้ เนื่องจากกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นฉนวนที่ป้องกันความร้อนได้ดีและนำความร้อนต่ำ ให้ความร้อนจากภายนอกอาคารซึมผ่านได้น้อย และรังสีความร้อนที่สะสมอยู่ในกระเบื้องถูกระบายออกไปสู่ภายนอกได้เร็วขึ้น จึงมีค่าแผ่รังสีความร้อนที่ค่อนข้างสูงดี



ภาพประกอบ 6 กระเบื้องหลังคา ไฟเบอร์ซีเมนต์

ที่มา : <https://www.scgsmartliving.com/product/roof/roman-tile>

1.5 แผ่นหลังคา เมทัลชีท

แผ่นเมทัลชีท ภาพประกอบ 7 ผลิตจากแผ่นเหล็กชุบสังกะสีผสมอะลูมิเนียม มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและมีน้ำหนักเบา (SCG E-NEWSLETTER., 2568) มีขนาดความหนาตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.70 มิลลิเมตร สามารถดูดซับและแผ่รังสีความร้อนได้ดี ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิภายในอาคาร และสามารถสะท้อนรังสีความร้อนได้ด้วยเช่นกัน ใช้มุงหลังคาโรงเก็บรถหรืออาคารโรงเรือน และโรงงานอุตสาหกรรม



ภาพประกอบ 7 แผ่นหลังคา เมทัลชีท

ที่มา : <https://www.scgsmartliving.com/product/roof/ssr760>

2. คุณสมบัติวัสดุหลังคา

วัสดุหลังคาที่ได้รับความนิยม และพบเห็นทั่วไปในประเทศไทย และโครงการหมู่บ้านจัดสรร รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย ได้แก่ กระเบื้องดินเผา กระเบื้องเซรามิก กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท โดยมีผู้ผลิตหลักๆ ได้แก่ SCG ตราห่าน TPI และตราเพชร แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชนิดวัสดุหลังคา

ชนิด	ผู้ผลิต	ขนาด (เซนติเมตร)
1.กระเบื้องหลังคา ดินเผา		
กระเบื้องดินเผา รูปเกล็ดปลา	SCG	1.2x14x25
กระเบื้องดินเผา รูปทรงสุโขทัย	SCG	1.5x17x28
2.กระเบื้องหลังคา เซรามิก		
แอ็กซ์เซลล์ล่า คลาสสิก	SCG	33x42x2.25x2.5
แอ็กซ์เซลล์ล่า โมเดิร์น	SCG	33x42x2.35x2.5

ตารางที่ 2 (ต่อ) ชนิดวัสดุหลังคา

ชนิด	ผู้ผลิต	ขนาด (เซนติเมตร)
3.กระเบื้องหลังคา คอนกรีต		
กระเบื้องคอนกรีต ซีแพค	SCG	33x42x5.5x2.5
กระเบื้องคอนกรีต CT เพชร	ตราเพชร	33x42
กระเบื้องคอนกรีต รุ่น UTOPIA	TPI	33x2.4x42
4.กระเบื้องหลังคา ไฟเบอร์ซีเมนต์		
ลอนคู่ไฮบริด	SCG	50x120x5.5
รุ่นจตุลอน	ตราเพชร	50x120x0.4
รุ่นไตรลอน	ตราห้าห่วง	50x130x0.5
5.แผ่นหลังคา เมทัลชีท		
Metaluxe ลอน SSR760	SCG	7.6x2x0.35
ลอน 760	ตราจระเข้	7.6x2x0.35

วัสดุหลังคาแต่ละยี่ห้อที่กล่าวมานั้นต่างใช้ส่วนประกอบหลักที่คล้ายกัน แต่มีองค์ประกอบปลีกย่อยที่ผู้ผลิตสามารถทำให้คุณสมบัติของวัสดุหลังคาในเรื่องการนำความร้อนและสะท้อนความร้อนแตกต่างกัน ทั้งนี้คุณสมบัติของวัสดุหลังคาต้องมีค่าใกล้เคียงตามประกาศกระทรวงพลังงาน (กระทรวงพลังงาน, 2568) ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (C_p) ของวัสดุหลังคา

ลำดับ	วัสดุ	k (W/m. °C)	ρ (Kg/m ³)	C_p (KJ/kg. °C)
1	กระเบื้องหลังคาคอนกรีต	0.993	2,400	0.79
2	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	0.395	2,000	1.00
3	โลหะผสมของอะลูมิเนียมแบบธรรมดา	211	2,672	0.896

โครงสร้างหลังคาและวัสดุหลังคาได้รับอิทธิพลจากสถาปัตยกรรมตะวันตกและปรับเปลี่ยนเพื่อให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย อาคารที่พักอาศัยถูกพัฒนาในรูปแบบบ้านจัดสรร และแบบบ้านเดี่ยว (แพรวนภา วงศ์ กิตติ รักษ์., 2552) รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานของอาคาร (Kongpronprattana, K., 2021). วัสดุที่ใช้

หลังคาได้ถูกพัฒนาเพื่อให้มีความแข็งแรงทนทานและสามารถต้านทานความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร การติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคาถือเป็นการลงทุนที่สำคัญ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของระบบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ คุณภาพของแผงและคุณลักษณะของหลังคา เช่น วัสดุ มุมหลังคาและระยะการติดตั้ง ซึ่งในประเทศไทยมีแนวโน้มการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคาที่มากขึ้น โดยที่ได้รับความนิยมอย่างมาก คือ บ้านเดี่ยวหรือบ้านทรงโมเดิร์น รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งวัสดุที่ใช้มุงหลังคา ได้แก่ กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท

ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

ระยะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญในระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้แน่ใจว่าแผงโซลาร์เซลล์ได้รับแสงดวงอาทิตย์ตลอดวัน การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ควรคำนึงถึงระยะการติดตั้ง ซึ่งต้องให้แน่ใจว่ารูปแบบในการติดตั้งนั้นไม่ทำให้เกิดเงาบังบนแผงโซลาร์เซลล์อื่น โดยมีองค์ประกอบรวมคือ มุมของดวงอาทิตย์ต่อตำแหน่งที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์และความลาดเอียงของหลังคา รวมถึงระยะห่างระหว่างแถวและระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์กับพื้นหรือหลังคา

1. ระยะห่างระหว่างแถวของแผงโซลาร์เซลล์

ระยะห่างการติดตั้งระหว่างแถว ภาพประกอบ 8 มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงอย่างมีนัยสำคัญ โดยส่วนใหญ่ผลกระทบจากการบังแสงดวงอาทิตย์เนื่องจากระยะห่างระหว่างแถวที่ไม่เหมาะสมทำให้แผงไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่าที่ควร การเพิ่มระยะห่างช่วยลดการบังแสงดวงอาทิตย์ ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการเพิ่มกำลังการผลิต (Sanchez-Carbajal, S., & Rodrigo, P. M., 2019) ในงานวิจัยของ (Satheesh, S., Venkat, S., & Mulford, R. B., 2024) บ่งชี้ว่าการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แบบ 2 ด้าน (Bifacial Solar Panel) ในระยะห่างระหว่างแถวที่ 250 เซนติเมตร สามารถลดการสูญเสียพลังงานจากการบดบังแสงดวงอาทิตย์ อีกทั้งแผงโซลาร์เซลล์ดังกล่าวสามารถเพิ่มการผลิตกำลังไฟฟ้าต่อหน่วยได้มากกว่าแผงโซลาร์เซลล์ด้านเดียว (Mono-facial Solar Panel)



ภาพประกอบ 8 โซลาร์เซลล์ติดตั้งบนดาดฟ้า

<https://www.solarhub.co.th/solar-solutions/factory-solar/436-solar-mounting-concrete-slap>

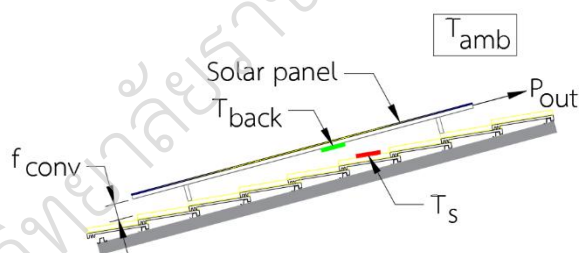
แผงโซลาร์เซลล์ที่เอียงจะทอดเงาลงบนแผงถัดไปที่อยู่ด้านหลังจำเป็นต้องมีช่องว่างที่ชัดเจนระหว่างแผงเพื่อลดการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากเงา ดังนั้น จำเป็นต้องกำหนดระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างแถวของแผง โดยระยะห่างระหว่างแถวของแผงโซลาร์เซลล์นั้นถูกกำหนดโดย ความเอียงของแผงโซลาร์เซลล์ (β) ความกว้างของแผง (W) ความแตกต่างของความสูง (H) มุมเงาและมุมราบ (α) มุมเอียงของแผงโซลาร์เซลล์จะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งของหลังคาและเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการตัดสินใจระยะห่างระหว่างแถว

2. ระยะห่างระหว่างแผงโซลาร์เซลล์กับพื้นหลังคา

แผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งบนหลังคาบ้านพักอาศัยในประเทศไทยส่วนใหญ่ติดตั้งลาดเอียงและขนานตามพื้นผิวหลังคา โดยปกติระยะห่างสำหรับติดตั้งแผงได้รับคำแนะนำจากผู้ผลิต (Longi., Installation manual, 2568) ให้เว้นช่องว่างระหว่างแผงโซลาร์เซลล์และหลังคาที่ 10 เซนติเมตร นักวิจัยหลายท่านได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาตามระยะห่างการติดตั้ง โดย (Hasan, G. T.) ได้ใช้ระยะห่างที่ 10 20 และ 30 เซนติเมตร เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ และ (de Souza Guimarães, B., et al., 2022) (Aliyu, A., et al., 2023). ได้ใช้ระยะห่างดังกล่าวทดสอบกับวัสดุหลังคาเซรามิก ไฟเบอร์ซีเมนต์ และหลังคาเหล็กชุบสังกะสี (Hasan, G. T.) พบว่าการเว้นช่องว่างอากาศส่งผลให้แผงระบายความร้อนมากขึ้นและส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มอย่างมาก โดย (de Souza Guimarães, B., et al.,

2022) ได้แนะนำระยะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาเซรามิกและไฟเบอร์ซีเมนต์ที่ 10 เซนติเมตร และเหล็กชุบสังกะสีที่ 20 ถึง 30 เซนติเมตร

แผงโซลาร์เซลล์จะผลิตไฟฟ้าเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบบนแผง โดยอิทธิพลที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม และอุณหภูมิแวดล้อม ซึ่งอิทธิพลจากตัวแปรเหล่านี้ทำให้อุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์สูงขึ้น ถึงแม้ว่าอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ที่พื้นผิวและด้านหลังมักจะถือว่าเท่ากับอุณหภูมิโดยรอบ (Neises, T. W., et al., 2012) แต่สมมติฐานนี้มองข้ามผลกระทบที่สำคัญของความร้อนที่แผ่ออกมาจากพื้นผิวหลังคาเมื่ออุณหภูมิสูงเกินอากาศโดยรอบ ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศใต้แผงโซลาร์เซลล์เพิ่มสูงขึ้น (Broadbent, A. M., et al., 2019). นอกจากนี้ อากาศที่อยู่ด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์มักมีการระบายอากาศที่จำกัดและผสมกับอากาศโดยรอบได้ไม่ดี (Skoplaki, E. P. J. A., & Palyvos, J. A., 2009) การสันนิษฐานว่าไม่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างพื้นผิวหลังคาและอากาศในสถานการณ์ดังกล่าวอาจทำให้ประเมินการถ่ายเทความร้อนทั้งแบบแผ่รังสีและการพาความร้อนไปยังแผงโซลาร์เซลล์ต่ำเกินไป โดยเฉพาะในช่วงเที่ยงวันที่รังสีดวงอาทิตย์สูงสุด ซึ่งอุณหภูมิพื้นผิวหลังคามักมีแนวโน้มจะสูงที่สุด (Scherba, A., et al., 2011) การประเมินค่าต่ำเกินไปนี้ส่งผลให้คาดการณ์อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำกว่าความเป็นจริง และคาดการณ์กำลังไฟฟ้าของแผงสูงเกินไป



ภาพประกอบ 9 รูปภาพการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา

เพื่อกำหนดการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบพาความร้อนไปยังแผงโซลาร์เซลล์ ภาพประกอบ 9 อุณหภูมิของอากาศด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์จะถือว่าอยู่ระหว่างอุณหภูมิโดยรอบและอุณหภูมิพื้นผิวหลังคา โดยสามารถคำนวณอุณหภูมิของอากาศด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์ T_{back} ได้จากสมการที่ 1 (Cavadini, G. B., & Cook, L. M., 2021)

$$T_{back} = (T_{amb} - T_s) \times f_{conv} + T_s \quad 1$$

โดยที่

T_{back} คือ อุณหภูมิด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์ ($^{\circ}\text{C}$)

T_{amb} คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ($^{\circ}\text{C}$)

f_{conv} คือ ตัวปัจจัยระยะห่างการติดตั้ง [-]

T_s คือ อุณหภูมิพื้นผิวหลังคา ($^{\circ}\text{C}$)

ปัจจัยระยะห่างการติดตั้ง f_{conv} จะระบุปริมาณอากาศด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์ที่ผสมกันได้ดีเพียงใด โดยปัจจัยเหล่านี้จะไม่เหมือนกันสำหรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แต่ละแผง และได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะห่างระหว่างแผงโซลาร์เซลล์กับหลังคา มุมเอียงของแผงโซลาร์เซลล์ และการระบายอากาศของหลังคา ค่าเชิงประจักษ์นี้ควรได้รับการปรับเทียบสำหรับการติดตั้งแต่ละครั้ง ตัวอย่างเช่น ค่า f_{conv} เท่ากับ 0 แสดงว่าอากาศด้านหลังแผงเทียบเท่ากับอุณหภูมิพื้นผิวหลังคา ในขณะที่ค่า f_{conv} เท่ากับ 1 แสดงว่ามีการระบายอากาศที่ดีเยี่ยม โดยที่อุณหภูมิจะสมดุลกับอากาศโดยรอบ

การเว้นระยะห่างการติดตั้งของแผงโซลาร์บนหลังคานั้นไม่เพียงแต่ช่วยเรื่องระบายความร้อนของแผง แต่ส่งผลถึงการช่วยยืดอายุการใช้งานของแผง และอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์อีกด้วย ระยะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาพิจารณาจากระยะการติดตั้งที่แนะนำ คือ 10 เซนติเมตร และปรับเพิ่มระยะ 3 ถึง 4 ระยะ เพื่อใช้ศึกษาและวิเคราะห์ถึงกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในหลายๆ ประเทศที่ได้ศึกษา

ประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์เป็นส่วนประกอบสำคัญของระบบพลังงานแสงอาทิตย์และมีหลายประเภท แต่ละชนิดมีลักษณะและการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยที่พบเห็นและนิยมคือ แผงผลึกซิลิคอน การทำความเข้าใจประเภทของแผงโซลาร์เซลล์เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับความต้องการพลังงานที่เฉพาะเจาะจง

แผงผลึกซิลิคอน มีด้วยกัน 2 ชนิดคือ โมโนคริสตัลไลน์ซิลิคอนและโพลีคริสตัลไลน์ซิลิคอน โดยโมโนคริสตัลไลน์ซิลิคอนเป็นที่รู้จักในด้านประสิทธิภาพสูง แผงเหล่านี้ทำจากซิลิคอนคริสตัลเดี่ยวให้ประสิทธิภาพที่เหนือกว่าในพื้นที่ที่จำกัด ซึ่งต่างจากโพลีคริสตัลไลน์ซิลิคอนที่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าโมโนคริสตัลไลน์เล็กน้อย แผงเหล่านี้ทำจากผลึกซิลิคอนหลายตัวและโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพต่อต้นทุนมากกว่า

แผงโซลาร์เซลล์เชิงพาณิชย์ในปัจจุบันยังคงขับเคลื่อนโดยเทคโนโลยีผลึกซิลิคอนแบบโมโนคริสตัลไลน์และโพลีคริสตัลไลน์ ซึ่งผ่านการพัฒนาโครงสร้างเซลล์ย่อย ๆ เช่น PERC, TOPCON และ HJT เพื่อเพิ่มการกักเก็บโฟตอนและลดการสูญเสียพาหะ ณ ระดับโมดูล ประสิทธิภาพเชิงพาณิชย์ของแผงซิลิคอนอยู่ในช่วงประมาณ 15–22% ขึ้นกับชนิดและกระบวนการผลิต โดยกำลังไฟฟ้าของแผง จากสมการที่ 2 เป็นผลคูณของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์กับ พื้นที่ของแผงโซลาร์เซลล์ และประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของแผงในภาวะการทำงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแผงในสมการที่ 3 (Dubey, S., et al., 2013)

$$P_{\text{out}} = G \times A_m \times \eta_{\text{oc}}$$

$$\eta_{oc} = \eta_{ref} \times (1 - \beta (T_m - T_{ref})) \quad 3$$

โดยที่

η_{oc} คือ ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของแผงในภาวะการทำงาน

η_{ref} คือ ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานอ้างอิงภายใต้เงื่อนไข
(รังสีแสงดวงอาทิตย์ 1000 W/m^2 และอุณหภูมิที่ 25°C)

β คือ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิเซลล์ ($^\circ\text{C}^{-1}$)

T_m คือ อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ ($^\circ\text{C}$)

T_{ref} คือ อุณหภูมิแวดล้อม ($^\circ\text{C}$)

วิธีเชิงประจักษ์ในการประเมินกำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพของระบบการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ 4 ถึง 7 (Kumpanalaisatit, M., et al., 2022) โดยสมการ 4 ใช้ในการคำนวณการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์

$$\text{Power Generation (Kw)} = V_{mp} \times I_{mp} / 1000 \quad 4$$

โดยที่

V_{mp} และ I_{mp} คือ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่
เงื่อนไขมาตรฐานการทดสอบตามลำดับ

ปัจจัยการเติม (FF) สามารถนิยามได้ว่าเป็นอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าตามทฤษฎีต่อกำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งสามารถแสดงทางคณิตศาสตร์ได้จาก (Min, K. H., et al., 2020). สมการ 5 ใช้สำหรับการคำนวณปัจจัยการเติม

$$\text{Fill Factor (FF)} = V_{mp}/V_{oc} \times I_{mp}/I_{sc} \quad 5$$

โดยที่

V_{oc} และ I_{sc} คือ แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดและกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่
สอดคล้องกันของเซลล์ตามลำดับ

ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์สามารถระบุได้โดยการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าขาออกที่กำหนดหารด้วยกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่เงื่อนไขมาตรฐานการทดสอบ (Jatoi, A. R., et al., 2021) สมการ 6 ใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

$$\text{Power Performance (\%)} = P_{max} \times FF / P_{max \text{ STC}} \times 100 \quad 6$$

โดยที่

$P_{\max}$ หมายถึงกำลังไฟฟ้าขาออกสูงสุด

ประสิทธิภาพคืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าขาออก (P_{out}) ต่อกำลังไฟฟ้าขาเข้า (P_{in}) (Rozak, O. A., et al., 2023) โดยที่ประสิทธิภาพการแปลง สมการที่ 7 คือกำลังไฟฟ้าขาออกหารด้วยค่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ (E) และพื้นที่ผิว (A) ของแผงโซลาร์เซลล์ คูณแรงดันขาออกและกระแสไฟฟ้าที่วัดได้กับกำลังไฟฟ้าขาออก (Chiang, W. H., et al., 2022) และ (Siregar, Y., et al., 2020).

$$\text{Efficiency } (\eta) = P_{\text{out}}/P_{\text{in}} = P_{\text{out}}/ExA$$

7

จากผลการวัดที่ได้ จะคำนวณค่าประสิทธิภาพและสมรรถนะของแผงโซลาร์เซลล์ ดังนั้น ในการศึกษาจึงใช้สองวิธี คือ การวัดและการคำนวณ เพื่อให้สามารถทราบทั้งประสิทธิภาพและสมรรถนะของทั้งสองวิธีได้อย่างสมบูรณ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

Thanomsat, N., & Lekngam, S. (2020, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาและวิจัยเรื่อง ผลกระทบของหลังคาประเภทต่าง ๆ ต่อกำลังขับของระบบโซลาร์เซลล์บนดาดฟ้า ได้ทำการทดลองกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 600 วัตต์ ติดตั้งบนหลังคาแผ่นโลหะและหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ ในช่วงเวลา 09.00 ถึง 16.00 นาฬิกา เพื่อศึกษาข้อมูลกระแส แรงดันไฟฟ้า ความเข้มแสง และอุณหภูมิ โดยรอบหลังคา การทดลองพบว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งบนหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ผลิตพลังงานมากกว่าหลังคาแผ่นโลหะเนื่องจากการสะท้อนความร้อนที่ดีขึ้นและอุณหภูมิต่ำกว่าในช่องว่างระหว่างหลังคาและแผงโซลาร์เซลล์

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Aliyu, A. A., et al (2023, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาและวิจัยการประเมินประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งบนหลังคาแผ่นโลหะลูกฟูกลาดเอียงในรัฐคาโนประเทศไนจีเรีย โดยได้ทดลองกับแผงโซลาร์เซลล์โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 10 วัตต์ ติดตั้งบนหลังคาที่ระยะห่างแตกต่างกัน 4 ระดับ 0 100 200 และ 300 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องมือวัดค่าความเข้มแสง และมัลติมิเตอร์สำหรับวัดค่าไฟฟ้าและบันทึกผล ในช่วงเวลา 09.00 ถึง 17.00 นาฬิกา เป็นเวลา 3 เดือน การทดลองพบว่าการเพิ่มความสูงของการติดตั้งช่วยลดอุณหภูมิพื้นผิวแผงลง 7.5 10.91 และ 13.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดลดลงเมื่ออุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้นและพบว่า

แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะสูงขึ้นตามความสูงในการติดตั้งโดยเฉลี่ย 1.8 เปอร์เซ็นต์ 2.74 เปอร์เซ็นต์ และ 3.36 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มกำลังขับโดยเฉลี่ย 1.19 เปอร์เซ็นต์ 3.05 เปอร์เซ็นต์ และ 4.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่ากระแสไฟฟ้าปัดวงจรจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นตามระยะการติดตั้งโดยเฉลี่ย 0.15 เปอร์เซ็นต์ 0.44 เปอร์เซ็นต์ 0.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กำลังไฟฟ้าที่ได้ลดลงเมื่ออุณหภูมิพื้นผิวแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น แต่กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 1.19 เปอร์เซ็นต์ 3.05 เปอร์เซ็นต์ 4.65 เปอร์เซ็นต์ ตามความสูงของการติดตั้งที่เพิ่มขึ้นเป็น 100 มิลลิเมตร 200 มิลลิเมตร และ 300 มิลลิเมตร

Rozak, O. A., et al (2023, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ 2.56 กิโลวัตต์ ที่ติดตั้งในปี คริสต์ศักราช 2018 เพื่อทดสอบถึงประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของแผงโซลาร์เซลล์ ได้ทดสอบกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 320 วัตต์ ช่วงเวลา 08.00 ถึง 16.00 นาฬิกา ด้วยเครื่องมือวัดประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อวัดแรงดันและกระแสขาออก ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิแวดล้อมที่สูงทำให้ประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งบ่งชี้ว่าระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้ต้องการระบบการระบายความร้อนจากด้านนอกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ดีขึ้น

de Souza Guimarães, B., et al (2022, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่อยู่อาศัยทั่วไปในบราซิล ในการศึกษาและวิจัยได้จำลองการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาในระยะห่างที่ 0 10 20 30 เซนติเมตร บนวัสดุหลังคาแต่ละชนิดคือ เซรามิกสีแดง ไฟเบอร์ซีเมนต์ และหลังคาแผ่นเหล็ก ทดลองและวัดค่าอุณหภูมิในช่วงเวลา 06.00 ถึง 16.30 นาฬิกา ผลการทดลองคือแผงโซลาร์เซลล์อ้างอิงมีอุณหภูมิน้อยกว่า 50 องศาเซลเซียส ชุดที่ติดตั้งชิดหลังคามีอุณหภูมิ 55 ถึง 70 องศาเซลเซียส ค่าการสูญเสียพลังงานของไฟเบอร์ซีเมนต์อยู่ที่ 3 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดทดสอบอ้างอิง สำหรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่ชิดกับแผ่นเหล็ก มีการสูญเสียพลังงาน 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นไม่แนะนำให้ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ชิดกับหลังคา และระยะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมบนหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ และเซรามิก คือ 10 เซนติเมตร หลังคาเหล็ก คือ 20-30 เซนติเมตร

Hasan, G. T. (2021, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาและตรวจสอบผลกระทบของอุณหภูมิพื้นผิวด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ โดยเน้นถึงความสำคัญของการกระจายอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ และผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าของแผง วิธีการทดสอบโดยการจำลองการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ 3 แผง ที่ถูกติดตั้งในระยะห่างจากหลังคาต่างกัน 10 20 30 เซนติเมตร และทดสอบในช่วงเวลา 10.00 ถึง 18.00 นาฬิกา ภายใต้เงื่อนไข แสงอาทิตย์ 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร และอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์จะแตกต่างกันไปตามระยะห่างระหว่างพื้นผิวหลังคา และแผง

โซลาร์เซลล์ ขนาดช่องว่างอากาศที่เพิ่มขึ้น ทำให้เพิ่มความสามารถกระจายความร้อนของแผง
โซลาร์เซลล์ ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตงานวิจัย
2. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
3. การสร้างชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา
4. การทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมี ดังนี้

ขอบเขตงานวิจัย

1. ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา สร้างบ้านจำลองแบบเพิงหมาแหงนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 250 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร ทำมุมเอียงขึ้น 15 องศา มุงด้วยแผ่นหลังคากระเบื้องคอนกรีต รุ่นเอลาบานา สีเทาปีกนางนวล ยี่ห้อเอสซีจี จำนวน 4 หลัง กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ รุ่นลอนคู่ สีเทาซิล่า ยี่ห้อเอสซีจี จำนวน 4 หลัง และแผ่นหลังคาเมทัลชีท สีเทา หนา 0.30 มิลลิเมตร ลอน 760 ยี่ห้อจิงโจ้ จำนวน 4 หลัง ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ ยี่ห้อ JINKO รุ่น 66HL4M ขนาด 620 วัตต์ ขนาด กว้าง 113.4 เซนติเมตร ยาว 238.2 เซนติเมตร หนา 3.5 เซนติเมตร บนบ้านจำลองแบบเพิงหมาแหงนที่มุงด้วยวัสดุหลังคา 3 ชนิด ระยะห่าง 4 ระดับ รวม 12 ชุด

2. ออกแบบและสร้างชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งบนหลังคาที่ใช้ในงานวิจัย จำนวน 12 ชุด แสดงในภาพประกอบ 2 และตารางที่ 1

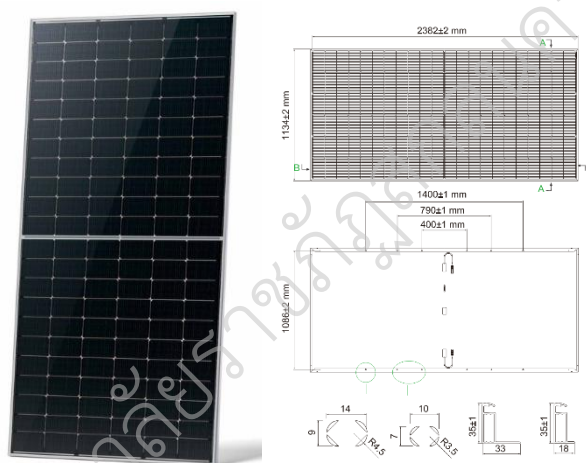
3. ทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาทั้ง 12 ชุด เพื่อวัดและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ เลือกใช้เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT673PV

4. เก็บข้อมูลและบันทึกค่าพารามิเตอร์แวดล้อม เช่นอุณหภูมิอากาศ และความชื้นรังสีดวงอาทิตย์ เลือกใช้เครื่องทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ METREL รุ่น A1378 EUROTSTPV Remote

5. สถานที่ทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาทั้ง 12 ชุด บริเวณอำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร ประเทศไทย ในวันที่ 19 ตุลาคม พุทธศักราช 2568 ตั้งแต่เวลา 10.00 ถึง 15.00 นาฬิกา

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. แผงโซลาร์เซลล์ที่นำมาทดสอบเลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ ยี่ห้อ JINKO รุ่น 66HL4M ขนาด 620 วัตต์ ขนาด กว้าง 113.4 เซนติเมตร ยาว 238.2 เซนติเมตร หนา 3.50 เซนติเมตร ภาพประกอบ 10 โดยมีคุณสมบัติเฉพาะของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงในตารางที่ 4



ภาพประกอบ 10 แผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ JINKO รุ่น 66HL4M

ตารางที่ 4 คุณสมบัติเฉพาะของแผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ JINKO รุ่น 66HL4M

JINKO รุ่น 66HL4M	STC
Maximum Power – P_{max} [W _p]	620
Maximum Power Voltage – V_{mp} [V]	40.90
Maximum Power Current – I_{mp} [A]	15.16
Open-Circuit Voltage – V_{oc} [v]	48.95
Short-Circuit Current – I_{sc} [A]	16.15
Power tolerance	0 ~ +3%
Number of Cell	36 (9x4)
Temperature coefficients of P_{max}	-0.29%/°C
Temperature coefficients of V_{oc}	-0.25%/°C
Temperature coefficients of I_{sc}	-0.045%/°C
Operating Temperature (°C)	-40°C ~ +70°C

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, AM=1.5

2. วัสดุหลังคาที่นำมาใช้มุงหลังคาบนชุดทดสอบเลือกใช้แผ่นหลังคาที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยและผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) มีทั้งหมด 3 ชนิด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นหลังคากระเบื้องคอนกรีตรุ่นซีแพค รุ่นเอลาบานา สีเทาปีกนางนวล ยี่ห้อ เอสซีจี ภาพประกอบ 11 มีขนาดความกว้าง 33 เซนติเมตร ยาว 42 เซนติเมตร และหนา 5.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 4.05 ต่อแผ่น ตัวกระเบื้องหลังคาคอนกรีตมีรูปลอนเอลาบานา (ลอนเล็ก) และถูกเคลือบด้วยสีสองชั้น โดยมีองค์ประกอบและข้อมูลส่วนผสม แสดงตารางที่ 5



ภาพประกอบ 11 แผ่นหลังคากระเบื้องคอนกรีต ลอนเล็ก

ที่มา: <https://www.scgsmartliving.com/product/roof/cpac>

ตารางที่ 5 องค์ประกอบและข้อมูลส่วนผสมของกระเบื้องหลังคาคอนกรีต ยี่ห้อเอสซีจี

องค์ประกอบ	สูตรทางเคมี	CAS No.	Content
Quartz (Silica Crystalline)	Si-O ₂	14808-60-7	45% - 65%
Portland Cement	N/A	65997-15-1	20% - 40%
Water	H ₂ O	7732-18-5	8% - 12%

2.2 แผ่นหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ รุ่นลอนคู่ สีเทาซีลา ยี่ห้อเอสซีจี มีขนาดความกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร และหนา 0.55 เซนติเมตร น้ำหนัก 8.4 กิโลกรัม ต่อแผ่น เคลือบด้วยสีสองชั้น มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เส้นใยเซลลูโลส ซิลิกาทรายละเอียด ผสมกับเส้นใยสังเคราะห์ ภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 แผ่นหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ลอนคู่

ที่มา: <https://www.scgsmartliving.com/product/roof/roman-tile>

2.3 แผ่นหลังคาเมทัลชีท รุ่นลอนมาตรฐาน SSR760 สีเทา ยี่ห้อจิงโจ้ มีขนาดความกว้าง 76 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร และหนา 0.30 เซนติเมตร ทำจากแผ่นเหล็กเคลือบโลหะ โดยมีสัดส่วนอลูมิเนียม 55 เปอร์เซ็นต์ และสังกะสี 45 เปอร์เซ็นต์ ภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 แผ่นหลังคาเมทัลชีท SSR760 ลอนมาตรฐาน

ที่มา: <https://www.nsbluescope.com/th/products/coated-steel/>

3. เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT673PV แสดงภาพประกอบ 14 เป็นเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์สามารถวัดค่าตั้งแต่ 0 ถึง 800 วัตต์ โดยเครื่องมือวัดสามารถแสดงผลของค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด กระแสไฟฟ้าสูงสุด แรงดันไฟฟ้าสูงสุด อีกทั้งยังแสดงค่ากระแสไฟฟ้าวงจรปิด และค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร รายละเอียด และคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT แสดงในตารางที่ 6



ภาพประกอบ 14 เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ยี่ห้อ UNI-T

ตารางที่ 6 คุณสมบัติเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ยี่ห้อ UNI-T

UNI-T รุ่น UT673PV	ย่านการวัด	ความแม่นยำ
Maximum Power – P_{max} (W)	5-800 W	$\pm (1.0 \% + 10)$
Maximum Power Voltage – V_{mp} (V)	12-60 V	$\pm (1.5 \% + 5)$
Maximum Power Current – I_{mp} [A]	0-35 A	$\pm (1.5 \% + 5)$
Open-Circuit Voltage – V_{oc} [V]	12-60 V	$\pm (1.5 \% + 5)$
Short-Circuit Current – I_{sc} [A]	0-35 A	$\pm (1.5 \% + 5)$

4. เครื่องทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ METREL รุ่น A1378 EUROTSTPV Remote ภาพประกอบ 15 เป็นเครื่องมือวัดค่าพารามิเตอร์แวดล้อม เช่น อุณหภูมิแวดล้อม อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ และค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ คุณสมบัติของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ METREL รุ่น A1378 EUROTSTPV Remote แสดงในตารางที่ 7



A1378 EUROTSTPV Remote



A1427 Solar Reference cell



A1400 Temperature Probe

ภาพประกอบ 15 เครื่องมือวัดค่าพารามิเตอร์แวดล้อมพร้อมอุปกรณ์

ตารางที่ 7 คุณสมบัติเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ยี่ห้อ METREL

รุ่น A1378 EUROTSTPV Remote

ค่าพารามิเตอร์แวดล้อม

อุปกรณ์วัดความเข้มแสง A1427 PV Reference cell

ช่วงวัด	ค่าความละเอียด (วัดต์/ตารางเมตร)	ความแม่นยำ
0 ÷ 999 วัดต์/ตารางเมตร	1	± (4 % + 5 ตัวเลข)
1.00 ÷ 1.75 กิโลวัตต์/ตารางเมตร	10	± 4 %

เงื่อนไขการดำเนินการ:

ช่วงอุณหภูมิการทำงาน

-20 องศาเซลเซียส ÷ 55 องศาเซลเซียส

ระดับการป้องกัน

P 44

อุณหภูมิ (แผงโซลาร์เซลล์ และ อุณหภูมิแวดล้อม) Probe A 1400

ช่วงวัด (องศาเซลเซียส)	ค่าความละเอียด (องศาเซลเซียส)	ความแม่นยำ
-10.0 ÷ 85.0	0.1	± 5 ตัวเลข

5. คอมพิวเตอร์และโปรแกรมประมวลผล คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล เลือกใช้คอมพิวเตอร์ Lenovo รุ่น LOQ 15IRX9 ซึ่งใช้ชิปประมวลผลของ Intel Core i7-13650HX พร้อมหน่วยความจำขนาด 48 GB ภาพประกอบ 16 และข้อมูลคุณสมบัติ คอมพิวเตอร์ แสดงไว้ในตารางที่ 8 และการแสดงผลด้วยโปรแกรม Excel และ Originalab เป็นโปรแกรมสำหรับจัดเก็บข้อมูลให้ออกมาเป็นรูปแบบตาราง และแสดงผลด้วยกราฟต่างๆ เพื่อใช้วิเคราะห์ผล



ภาพประกอบ 16 คอมพิวเตอร์ Lenovo

ตารางที่ 8 คุณสมบัติคอมพิวเตอร์ Lenovo

Microprocessor	Intel® Core™ i7-13650HX
ระบบปฏิบัติการ	Windows 11 Pro
การ์ดแสดงผล	GPU สูงสุด NVIDIA® GeForce RTX® 4060 8 GB GDDR6 (115W) 2370MHz Boost Clock (รองรับ VR, รองรับ G-SYNC, รองรับ Advanced Optimus (DDS))
หน่วยความจำ	DDR5 5600MHz* ขนาด 48GB

การสร้างชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา

การออกแบบและสร้างชุดทดสอบเพื่อใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาบ้านจำลองแบบเพิงหมาแหงน ขนาดความยาว 250 เซนติเมตร กว้าง 150 เซนติเมตร มีความสูงจากพื้น 100 เซนติเมตร ทำมุมเอียงขึ้น 15 องศา มุงด้วยแผ่นหลังคากระเบื้องคอนกรีต รุ่นเอลาบานา สีเทาปีกนางวล ยี่ห้อเอสซีจี จำนวน 4 หลัง แผ่นหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ รุ่นลอนคู่ สีเทาศิลา ยี่ห้อเอสซีจี จำนวน 4 หลัง และ

แผ่นหลังคาเมทัลชีท สีเทา หนา 0.30 มิลลิเมตร ลอน 760 ยี่ห้อยี่ห้อ จำนวน 4 หลัง รวม 12 หลัง ภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 ชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา
โดยเรียงจากซ้าย หลังคาแผ่นเมทัลชีท กระเบื้องไฟเบอร์
ซีเมนต์ และกระเบื้องคอนกรีต

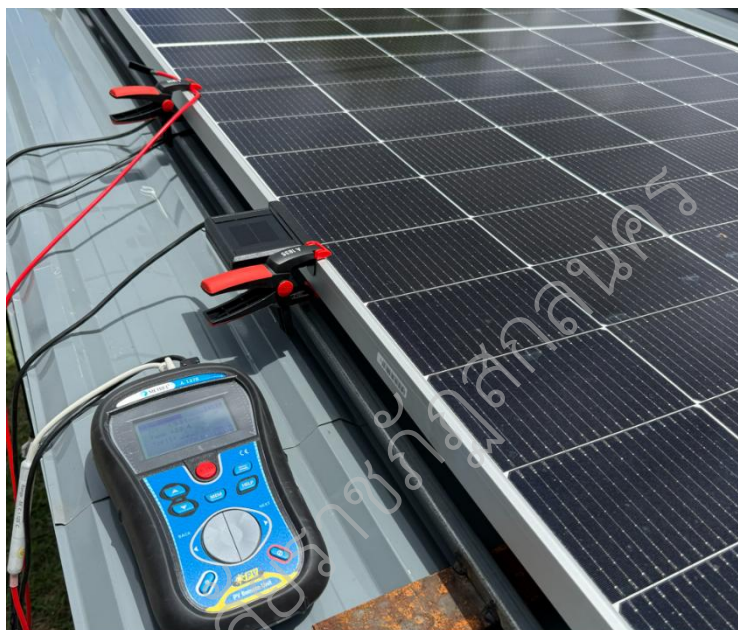
2. แผงโซลาร์เซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ยี่ห้อ JINKO รุ่น 66HL4M ขนาด 620 วัตต์ ขนาดกว้าง 113.4 เซนติเมตร ยาว 238.2 เซนติเมตร หนา 35 มิลลิเมตร ถูกติดตั้งบนหลังคา จำลองทั้ง 12 หลัง ที่สร้างขึ้นโดยติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่ระยะห่างระหว่างพื้นผิวใต้แผงโซลาร์เซลล์ถึงพื้นสันลอนบนหลังคา 4 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา

ชุดทดสอบ	ระยะห่างระหว่างแผงโซลาร์เซลล์ถึงหลังคา			
	หน่วยเป็น เซนติเมตร			
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4
ชุดที่ 1 กระเบื้องคอนกรีต รุ่นเอลาบานา สีเทาปีกนางนวล	10	20	30	40
ชุดที่ 2 กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ รุ่นลอนคู่ สีเทาศิลา	10	20	30	40
ชุดที่ 3 แผ่นเมทัลชีท ลอน SSR760 หนา 0.30 มิลลิเมตร สีเทา	10	20	30	40

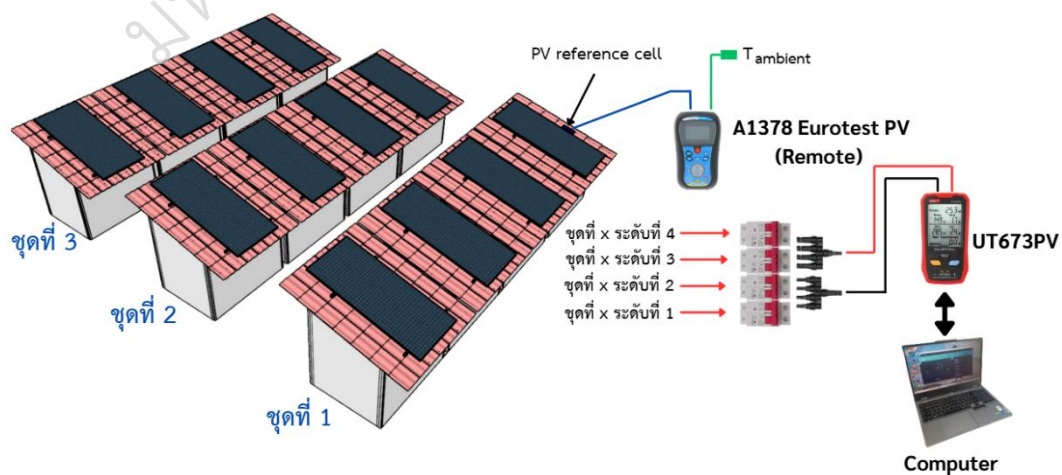
3. ติดตั้งสวิตช์ปิด/เปิดไฟฟ้าเพื่อควบคุมไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ทั้ง 12 ชุด ก่อนเข้าอุปกรณ์เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ภาพประกอบ 19

4. ติดตั้งอุปกรณ์วัดความเข้มแสง A1427 PV Reference cell ที่ข้างแผงโซลาร์เซลล์ ภาพประกอบ 18 และเครื่องวัดอุณหภูมิแวดล้อม ที่ต่อออกมาจากเครื่องวัดพารามิเตอร์แวดล้อม A1378 EUROTSTPV Remote



ภาพประกอบ 18 การติดตั้งเครื่องวัดความเข้มแสง A1427 PV Reference cell

5. ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาพร้อมเครื่องมือวัด แสดงใน ภาพประกอบที่ 19



ภาพประกอบ 19 ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาพร้อมเครื่องมือวัด

การทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา ดำเนินการโดยวัดค่าอุณหภูมิแวดล้อม และค่าความเข้มแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องวัดพารามิเตอร์แวดล้อม A1378 EUROTSTPV Remote และทดสอบพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งบนหลังคา กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีทที่ระดับ 1 ระยะห่าง 10 เซนติเมตร โดยปิดสวิตช์ควบคุมเพื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด กระแสไฟฟ้าสูงสุด แรงดันไฟฟ้าสูงสุด กระแสไฟฟ้าวงจรปิด และแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร ด้วยเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT และบันทึกผล จากนั้นทดสอบซ้ำ สำหรับแผงโซลาร์เซลล์ในระดับที่ 2 ระยะห่าง 20 เซนติเมตร ระดับที่ 3 ระยะห่าง 30 เซนติเมตร และระดับที่ 4 ระยะห่าง 40 เซนติเมตร ตามลำดับ

2. การทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา ดำเนินการทดสอบและบันทึกผล ทุก 1 ชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่ 10.00 นาฬิกา ถึง 15.00 นาฬิกา ในวันที่ 19 ตุลาคม พุทธศักราช 2568

3. ชุดทดสอบและการทดสอบบริเวณหมู่บ้านดงหลวง อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงทดลอง จุดประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์บนวัสดุหลังคาที่ระยะห่างการติดตั้งที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคากระเบื้องคอนกรีตที่ระยะห่าง 10 20 30 40 เซนติเมตร กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ ที่ระยะห่าง 10 20 30 40 เซนติเมตร และแผ่นเมทัลชีทที่ระยะห่าง 10 20 30 40 เซนติเมตร

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ครั้งนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ลำดับขั้นในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ลำดับขั้นในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

ความสัมพันธ์ของค่ากำลังไฟฟ้าจากชุดทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาอาคารจำลอง เมื่อ X1 คือหลังคากระเบื้องคอนกรีต หลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และหลังคาแผ่นเมทัลชีท X2 คือระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาชนิดเดียวกัน ที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อศึกษาประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ ที่ติดตั้งบนหลังคากระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท ตามระยะห่างการติดตั้งที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร โดยจำแนกออกดังต่อไปนี้

ความสัมพันธ์ของค่ากำลังไฟฟ้าจากชุดทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาอาคารจำลอง เมื่อ X1 คือหลังคากระเบื้องคอนกรีต หลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และหลังคาแผ่นเมทัลชีท X2 คือระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาชนิดเดียวกัน ที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ ด้วยเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ทุก 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9.00 ถึง 16.00 นาฬิกา วันที่ 19 ตุลาคม พุทธศักราช 2568 เพื่อการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาชนิดที่ระยะห่าง 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร หลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ที่ระยะห่าง 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร หลังคาแผ่นเมทัลชีทที่ระยะห่าง 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร รวม 12 ชุด

ค่ากำลังไฟฟ้าจากชุดทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาอาคารจำลอง เมื่อ X1 คือหลังคากระเบื้องคอนกรีต หลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และหลังคาแผ่น

เมทลชีท X2 คือระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาชนิดเดียวกัน ที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร แสดงในตารางที่ 10-12

ตารางที่ 10 ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิด บนหลังคากระเบื้องคอนกรีต ที่ระยะห่าง 10 และ 20 เซนติเมตร

หลังคากระเบื้องคอนกรีต											
เวลา ชั่วโมง	ความ เข้มแสง w/m^2	กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 10 ซม.					กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 20 ซม.				
		P_m (W)	V_m (V)	I_m (A)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)	P_m (W)	V_m (V)	I_m (A)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)
10.00	866	533.1	40.7	13.1	44.3	13.2	550.7	41.1	13.4	44.3	13.4
11.00	998	556.5	37.1	15.0	44.0	15.3	565.4	40.1	14.1	44.1	15.3
12.00	1160	603.1	37.0	16.3	44.2	17.9	582.9	38.1	15.3	44.2	15.3
13.00	1060	598.9	37.2	16.1	43.9	16.8	565.5	37.7	15.0	44.1	15.2
14.00	878	538.2	39.0	13.8	44.0	14.0	539.5	41.5	13.0	44.1	13.6
15.00	691	405.4	36.2	11.2	44.1	11.2	370.6	35.3	10.5	44.4	10.5

ตารางที่ 10 (ต่อ) ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิด บนหลังคากระเบื้องคอนกรีต ที่ระยะห่าง 30 และ 40 เซนติเมตร

หลังคากระเบื้องคอนกรีต											
เวลา ชั่วโมง	ความ เข้มแสง w/m^2	กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 30 ซม.					กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 40 ซม.				
		P_m (W)	V_m (V)	I_m (A)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)	P_m (W)	V_m (V)	I_m (A)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)
10.00	866	556.2	40.9	13.6	44.2	13.6	403.2	36.0	11.2	44.3	10.8
11.00	998	572.2	37.4	15.3	44.1	15.3	519.4	35.1	14.8	44.2	15.4
12.00	1160	536.8	37.8	14.2	44.2	14.3	513.0	34.9	14.7	44.2	15.2
13.00	1060	517.4	39.5	13.1	44.2	13.2	508.7	40.7	12.5	44.1	12.7
14.00	878	475.3	41.7	11.4	44.2	13.5	484.1	35.6	13.6	44.2	13.7
15.00	691	348.5	42.5	8.2	44.3	8.2	305.1	41.8	7.3	44.5	8.0

ตารางที่ 11 ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิด บนหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ ที่ระยะห่าง 10 และ 20 เซนติเมตร

หลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์											
เวลา ชั่วโมง	ความ เข้มแสง w/m ²	กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 10 ซม.					กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 20 ซม.				
		P _m (W)	V _m (V)	I _m (A)	V _{oc} (V)	I _{sc} (A)	P _m (W)	V _m (V)	I _m (A)	V _{oc} (V)	I _{sc} (A)
10.00	866	555.7	42.1	13.2	44.3	13.6	545.0	41.6	13.1	44.4	13.2
11.00	998	592.0	41.4	14.3	43.9	15.7	564.0	40.0	14.1	44.1	15.3
12.00	1160	599.6	33.5	17.9	43.9	18.2	614.2	34.9	17.6	44.1	18.1
13.00	1060	551.0	33.6	16.4	43.9	16.6	565.0	38.7	14.6	44.4	15.3
14.00	878	469.2	34.5	13.6	44.0	13.6	502.7	35.4	14.2	44.1	14.2
15.00	691	386.4	36.8	10.5	44.2	10.7	398.7	35.6	11.2	44.4	11.4

ตารางที่ 11 (ต่อ) ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิด บนหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ ที่ระยะห่าง 30 และ 40 เซนติเมตร

หลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์											
เวลา ชั่วโมง	ความ เข้มแสง w/m ²	กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 30 ซม.					กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 40 ซม.				
		P _m (W)	V _m (V)	I _m (A)	V _{oc} (V)	I _{sc} (A)	P _m (W)	V _m (V)	I _m (A)	V _{oc} (V)	I _{sc} (A)
10.00	866	531.7	40.9	13.0	44.4	13.2	538.7	40.5	13.3	44.4	13.5
11.00	998	549.2	35.9	15.3	44.2	15.4	550.8	40.8	13.5	44.1	16.5
12.00	1160	607.2	34.5	17.6	44.2	18.1	593.1	33.7	17.6	44.1	17.8
13.00	1060	577.6	36.1	16.0	44.1	16.5	555.8	34.1	16.3	44.2	16.6
14.00	878	492.0	35.4	13.9	44.1	13.9	477.3	35.1	13.6	44.3	13.8
15.00	691	417.4	38.3	10.9	44.5	11.0	380.9	35.6	10.7	44.6	10.9

ตารางที่ 12 ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิด บนหลังคาแผ่นเมทัลชีท ที่ระยะห่าง 10 และ 20 เซนติเมตร

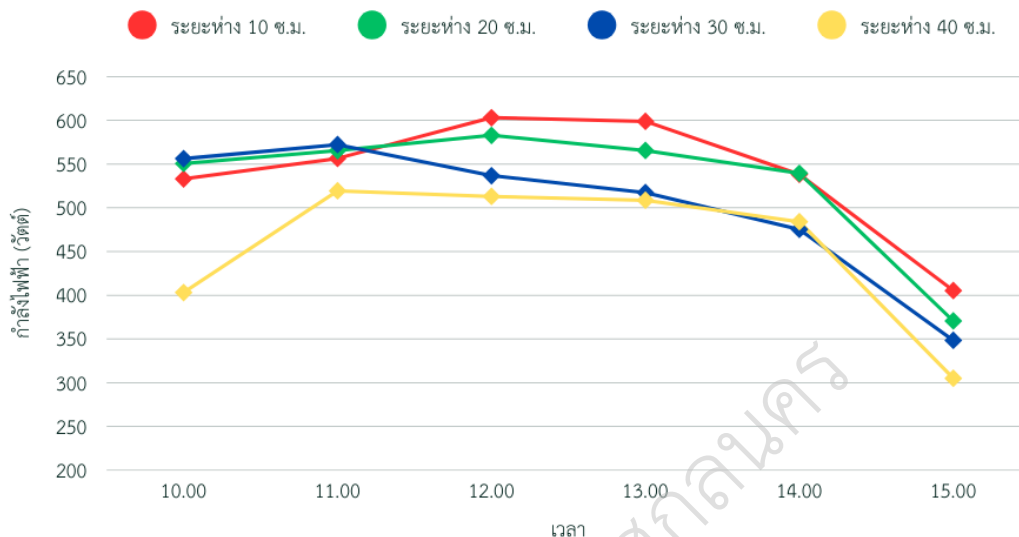
หลังคาแผ่นเมทัลชีท											
เวลา ชั่วโมง	ความ เข้มแสง w/m^2	กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 10 ซม.					กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 20 ซม.				
		P_m (W)	V_m (V)	I_m (A)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)	P_m (W)	V_m (V)	I_m (A)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)
10.00	866	441.4	35.6	12.4	44.0	12.6	448.9	36.5	12.3	44.2	12.8
11.00	998	518.3	36.5	14.2	43.5	14.6	509.6	36.4	14.0	43.8	14.6
12.00	1160	546.0	37.4	14.6	43.8	15.8	544.6	37.3	14.6	43.8	15.5
13.00	1060	535.8	36.7	14.6	43.5	15.8	547.6	37.0	14.8	43.5	15.0
14.00	878	509.5	38.9	13.1	43.7	13.1	502.7	39.9	12.6	43.8	12.8
15.00	691	369.6	36.6	10.1	43.8	10.3	368.2	37.2	9.9	44.2	10.0

ตารางที่ 12 (ต่อ) ตารางผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร และกระแสไฟฟ้าวงจรปิด บนหลังคาแผ่นเมทัลชีท ที่ระยะห่าง 30 และ 40 เซนติเมตร

หลังคาแผ่นเมทัลชีท											
เวลา ชั่วโมง	ความ เข้มแสง w/m^2	กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 30 ซม.					กำลังไฟฟ้าแผงที่ระยะ 40 ซม.				
		P_m (W)	V_m (V)	I_m (A)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)	P_m (W)	V_m (V)	I_m (A)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)
10.00	866	462.3	37.9	12.2	44.2	12.5	452.6	36.5	12.4	44.2	12.5
11.00	998	521.6	37.8	13.8	43.9	14.5	532.5	37.5	14.2	43.8	14.5
12.00	1160	560.2	37.6	14.9	43.9	17.0	574.5	38.3	15.0	43.7	16.8
13.00	1060	558.7	37.5	14.9	43.6	15.6	561.0	37.4	15.0	43.7	15.5
14.00	878	509.5	38.6	13.2	43.8	13.2	516.1	39.1	13.2	43.7	13.2
15.00	691	379.6	36.5	10.4	44.0	10.5	381.1	37.0	10.3	44.2	10.4

1. ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์จากชุดทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ ที่ติดตั้งบนหลังคากระเบื้องคอนกรีตที่ระยะห่าง 10 20 30 และ

40 เซนติเมตร จากภาพประกอบ 20 กำลังไฟฟ้าของแผงที่ติดตั้งบนหลังคาคอนกรีตสามารถวัดค่าได้ ดังนี้



ภาพประกอบ 20 กราฟแสดงผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับ
ค่ากำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์บนวัสดุ X1=หลังคากระเบื้องคอนกรีต
X2=ระยะห่างการติดตั้งที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร

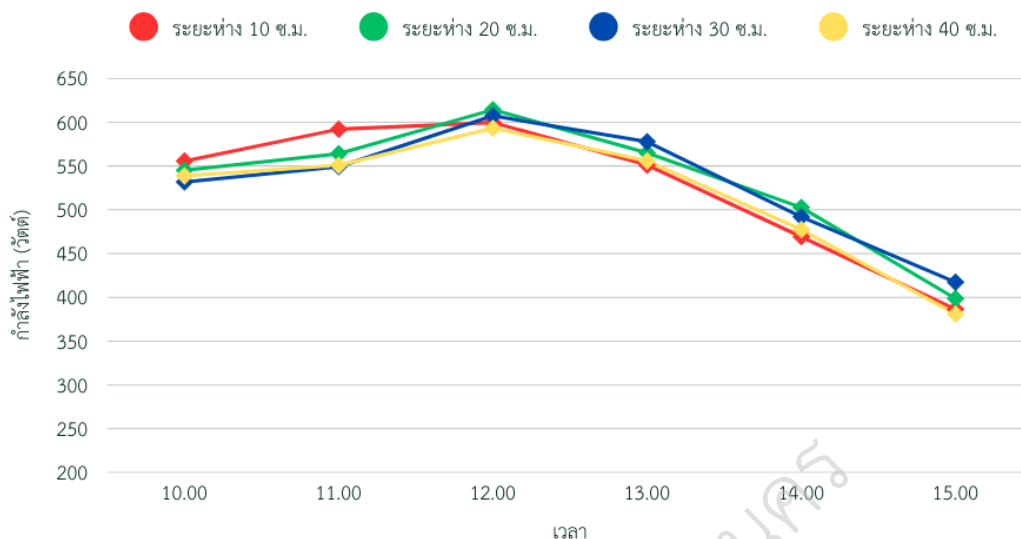
1.1 ที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 533.1 วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 556.5 603.1 598.9 538.2 และ 405.4 วัตต์ ตามลำดับ

1.2 ที่ระยะห่าง 20 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 550.7 วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 565.4 582.9 565.5 539.5 และ 370.6 วัตต์ ตามลำดับ

1.3 ที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 556.2 วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 572.2 536.8 517.4 475.3 และ 348.5 วัตต์ ตามลำดับ

1.4 ที่ระยะห่าง 40 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 403.2 วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 519.4 513 508.7 484.1 และ 305.1 วัตต์ ตามลำดับ

2. ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์จากชุดทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ ที่ระยะห่าง 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร จากภาพประกอบ 21 กำลังไฟฟ้าของแผงที่ติดตั้งบนหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ สามารถวัดค่าได้ ดังนี้



ภาพประกอบ 21 กราฟแสดงผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับ
ค่ากำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์บนวัสดุ X1=หลังคากระเบื้อง
ไฟเบอร์ซีเมนต์ X2=ระยะห่างการติดตั้งที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร

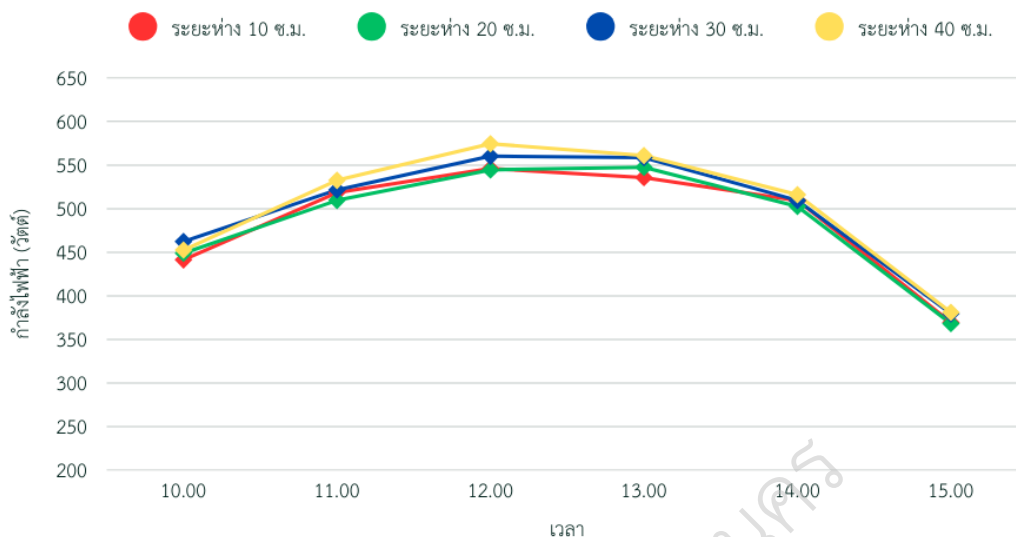
2.1 ที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 555.7
วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 592 599.6 551 469.2 และ 386.4 วัตต์
ตามลำดับ

2.2 ที่ระยะห่าง 20 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 545.0
วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 564 614.2 565.0 502.7 และ 398.7 วัตต์
ตามลำดับ

2.3 ที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 531.7
วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 549.2 607.2 577.6 492 และ 417.4 วัตต์
ตามลำดับ

2.4 ที่ระยะห่าง 40 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 538.7
วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 550.8 593.1 555.8 477.3 และ 380.9 วัตต์
ตามลำดับ

3 ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์จากชุดทดสอบประสิทธิภาพของ
แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ ที่ติดตั้งบนหลังคาแผ่นเมทัลชีท ที่ระยะห่าง 10 20 30 และ 40
เซนติเมตร จากภาพประกอบ 22 กำลังไฟฟ้าของแผงที่ติดตั้งบนหลังคาแผ่นเมทัลชีทสามารถวัด
ค่าได้ ดังนี้



ภาพประกอบ 22 กราฟแสดงผลการทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับ
ค่ากำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์บนวัสดุ X1=หลังคาแผ่นเมทัลชีท
X2=ระยะห่างการติดตั้งที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร

3.1 ที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 441.4 วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 518.3 546.0 535.8 509.5 และ 369.6 วัตต์ ตามลำดับ

3.2 ที่ระยะห่าง 20 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 448.9 วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 509.6 544.6 547.6 502.7 และ 368.2 วัตต์ ตามลำดับ

3.3 ที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 462.3 วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 521.6 560.2 558.7 509.5 และ 379.6 วัตต์ ตามลำดับ

3.4 ที่ระยะห่าง 40 เซนติเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลา 10.00 นาฬิกา วัดได้ 452.6 วัตต์ ทุก 1 ชั่วโมง สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้ 532.5 574.5 561 516.1 และ 381.1 วัตต์ ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ สรุปผลตามลำดับ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สมมติฐานของการวิจัย
3. ขอบเขตของการวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สรุปผลการวิจัย
6. อภิปรายผลการวิจัย
7. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. เพื่อสร้างชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคากระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท ที่ถูกติดตั้งห่างจากหลังคาที่ระยะ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์บนวัสดุหลังคากระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท ที่ถูกติดตั้งห่างจากหลังคาที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร
3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงการติดตั้งระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์บนหลังคา

สมมติฐานของการวิจัย

ระยะห่างการติดตั้งของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาในประเทศไทยมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์มากน้อยเท่าไร

ขอบเขตของการวิจัย

1. ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา สร้างบ้านจำลองแบบเพิงหมาแหงนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 250 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร ทำมุมเอียงขึ้น 15

องศา มุงด้วยแผ่นหลังคากระเบื้องคอนกรีต รุ่นเอลาบานา สีเทาปีกนางนวล ยี่ห้อเอสซีจี จำนวน 4 หลัง กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ รุ่นลอนคู่ สีเทาศิลา ยี่ห้อเอสซีจี จำนวน 4 หลัง และแผ่นหลังคาเมทัลชีท สีเทา หนา 0.30 มิลลิเมตร ลอน 760 ยี่ห้อจิงโจ้ จำนวน 4 หลัง ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ ยี่ห้อ JINKO รุ่น 66HL4M ขนาด 620 วัตต์ ขนาด กว้าง 113.4 เซนติเมตร ยาว 238.2 เซนติเมตร หนา 3.5 เซนติเมตร บนบ้านจำลองแบบเพิงหมาแหงนที่มุงด้วยวัสดุหลังคา 3 ชนิด ระยะห่าง 4 ระดับ รวม 12 ชุด

2. ออกแบบและสร้างชุดทดสอบแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งบนโครงสร้างหลังคาที่ใช้ในงานวิจัย จำนวน 12 ชุด ดังแสดงในตารางที่ 1 บทที่ 1

3. ทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาทั้ง 12 ชุด เพื่อวัดและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ เลือกใช้เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ MPPT ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT673PV

4. เก็บข้อมูลและบันทึกค่าพารามิเตอร์แวดล้อม เช่น อุณหภูมิอากาศ และความเข้มแสงดวงอาทิตย์ เลือกใช้เครื่องวัดประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ ยี่ห้อ METREL รุ่น A1378 EUROTSTPV Remote

5. สถานที่ทดสอบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาจำนวน 12 ชุด บริเวณอำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร ประเทศไทย ในวันที่ 19 ตุลาคม พุทธศักราช 2568 ตั้งแต่เวลา 09.00 ถึง 16.00 นาฬิกา

การวิเคราะห์ข้อมูล

การออกแบบและสร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ ติดตั้งบนหลังคา 3 ชนิด ได้แก่ หลังคาคอนกรีต หลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ หลังคาแผ่นเมทัลชีท ตามระยะห่างที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ความสัมพันธ์ของค่ากำลังไฟฟ้าจากชุดทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาอาคารจำลอง เมื่อ X1 คือหลังคากระเบื้องคอนกรีต หลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และหลังคาแผ่นเมทัลชีท X2 คือระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาชนิดเดียวกัน ที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ ติดตั้งบนหลังคาคอนกรีต หลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ หลังคาแผ่นเมทัลชีท ระยะห่างที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร ในครั้งนี้ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ จากชุดทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคากระเบื้องคอนกรีตในระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร สามารถสรุปผลการทดสอบได้ 2 ช่วง คือ ช่วงเวลา 10.00

ถึง 12.00 นาฬิกา แผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในระยะห่าง 20 เซนติเมตร ผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของแผงเฉลี่ยที่ 53.67 วัตต์ คิดเป็น 8.66 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ที่ 55.77 วัตต์ คิดเป็น 8.99 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่าง 30 เซนติเมตร ที่ 64.93 วัตต์ คิดเป็น 10.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในระยะห่าง 40 เซนติเมตร มีค่ากำลังไฟฟ้าน้อยสุด โดยมีค่าการสูญเสียพลังงานเฉลี่ยที่ 141.47 วัตต์ คิดเป็น 22.82 เปอร์เซ็นต์ และช่วงเวลา 13.00 ถึง 15.00 นาฬิกา แผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของแผงเฉลี่ยที่ 105.83 วัตต์ คิดเป็น 17.07 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ระยะห่าง 20 เซนติเมตร ที่ 128.13 วัตต์ คิดเป็น 20.67 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่าง 30 เซนติเมตร ที่ 172.93 วัตต์ คิดเป็น 27.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยแผงโซลาร์เซลล์ในระยะห่าง 40 เซนติเมตร ยังคงผลิตไฟฟ้าได้น้อยเช่นเดิม โดยมีค่าการสูญเสียพลังงานที่ 187.37 วัตต์ คิดเป็น 30.22 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบดังกล่าว เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ถูกติดตั้งบนหลังคากระเบื้องคอนกรีตตลอดทั้งวัน ตั้งแต่เวลา 10.00 ถึง 15.00 นาฬิกา พบว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 80.80 วัตต์ คิดเป็น 13.03 เปอร์เซ็นต์ ระยะห่าง 20 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 90.90 วัตต์ คิดเป็น 14.66 เปอร์เซ็นต์ ระยะห่าง 30 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 118.93 วัตต์ คิดเป็น 19.18 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่าง 40 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 164.42 วัตต์ คิดเป็น 26.52 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ 80.80 วัตต์ เป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคากระเบื้องคอนกรีต

2. ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ จากชุดทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ในระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร สามารถสรุปผลการทดสอบได้ 2 ช่วง คือ ช่วงเวลา 10.00 ถึง 12.00 นาฬิกา แผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในระยะห่าง 10 เซนติเมตร ผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของแผงเฉลี่ยที่ 37.57 วัตต์ คิดเป็น 6.06 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ระยะห่าง 20 เซนติเมตร ที่ 45.60 วัตต์ คิดเป็น 7.35 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่าง 30 เซนติเมตร ที่ 57.30 วัตต์ คิดเป็น 9.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในระยะห่าง 40 เซนติเมตร มีค่ากำลังไฟฟ้าน้อยสุด โดยมีค่าการสูญเสียพลังงานเฉลี่ยที่ 59.13 วัตต์ คิดเป็น 9.54 เปอร์เซ็นต์ และช่วงเวลา 13.00 ถึง 15.00 นาฬิกา แผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในระยะห่าง 30 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของแผงเฉลี่ยที่ 124.33 วัตต์ คิดเป็น 20.05 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ระยะห่าง 20 เซนติเมตร ที่ 131.20 วัตต์ คิดเป็น 21.16 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่าง 40 เซนติเมตร ที่ 148.67 วัตต์ คิดเป็น 23.98 เปอร์เซ็นต์ และแผงโซลาร์เซลล์ในระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานที่ 151.13 วัตต์ คิดเป็น 24.38 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบดังกล่าว เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ถูกติดตั้งบนหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ ตั้งแต่เวลา 10.00 ถึง 15.00 นาฬิกา พบว่าแผง

โซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 94.35 วัตต์ คิดเป็น 15.22 เปอร์เซ็นต์ ระยะห่าง 20 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 88.40 วัตต์ คิดเป็น 14.26 เปอร์เซ็นต์ ระยะห่าง 30 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 90.82 วัตต์ คิดเป็น 14.65 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่าง 40 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 103.90 วัตต์ คิดเป็น 16.76 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ระยะห่าง 20 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ 88.40 วัตต์ เป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์

3. ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ จากชุดทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาแผ่นเมทัลชีทในระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร สามารถสรุปผลการทดสอบได้ 2 ช่วง คือ ช่วงเวลา 10.00 ถึง 12.00 นาฬิกา แผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในระยะห่าง 40 เซนติเมตร ผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของแผงเฉลี่ยที่ 100.13 วัตต์ คิดเป็น 16.15 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ระยะห่าง 30 เซนติเมตร ที่ 105.30 วัตต์ คิดเป็น 16.98 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่าง 10 เซนติเมตร ที่ 118.10 วัตต์ คิดเป็น 19.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในระยะห่าง 20 เซนติเมตร มีค่ากำลังไฟฟ้าน้อยสุด โดยมีค่าการสูญเสียพลังงานเฉลี่ยที่ 118.97 วัตต์ คิดเป็น 19.19 เปอร์เซ็นต์ และช่วงเวลา 13.00 ถึง 15.00 นาฬิกา แผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในระยะห่าง 40 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของแผงเฉลี่ยที่ 133.93 วัตต์ คิดเป็น 21.60 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ระยะห่าง 30 เซนติเมตร ที่ 137.40 วัตต์ คิดเป็น 22.16 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่าง 20 เซนติเมตร ที่ 147.17 วัตต์ คิดเป็น 23.74 เปอร์เซ็นต์ และแผงโซลาร์เซลล์ในระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานที่ 148.37 วัตต์ คิดเป็น 23.93 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบดังกล่าว เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ถูกติดตั้งบนหลังคาแผ่นเมทัลชีท ตั้งแต่เวลา 10.00 ถึง 15.00 นาฬิกา พบว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 133.23 วัตต์ คิดเป็น 21.49 เปอร์เซ็นต์ ระยะห่าง 20 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 133.07 วัตต์ คิดเป็น 21.46 เปอร์เซ็นต์ ระยะห่าง 30 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 121.35 วัตต์ คิดเป็น 19.57 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่าง 40 เซนติเมตร มีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่ 117.03 วัตต์ คิดเป็น 18.88 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ระยะห่าง 40 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ 117.03 วัตต์ เป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาแผ่นเมทัลชีท

อภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์ ติดตั้งบนหลังคา 3 ชนิด ได้แก่ หลังคาคอนกรีต หลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ หลังคาแผ่นเมทัลชีท ตามระยะห่างที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร ในครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

ความสัมพันธ์ของค่ากำลังไฟฟ้าจากชุดทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาอาคารจำลอง เมื่อ X1 คือหลังคากระเบื้องคอนกรีต หลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ และหลังคาแผ่นเมทัลชีท X2 คือ ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาชนิดเดียวกัน ที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร ผลการทดสอบสามารถอธิบายได้ว่า พลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้จะแปรผันกับความเข้มแสงอาทิตย์ โดยวัสดุหลังคาและระยะห่างการติดตั้งส่งผลต่อแผงโซลาร์เซลล์ต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ทำให้การผลิตไฟฟ้าลดลง พฤติกรรมการดูดซับรังสีแสงดวงอาทิตย์และการถ่ายโอนความร้อนของวัสดุ ซึ่งจากการทดสอบจะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาก่อน 12.00 นาฬิกา วัสดุหลังคาดูดซับรังสีแสงดวงอาทิตย์ทำให้เกิดผลกระทบต่อประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์น้อย ทำให้แผงสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มาก โดยมีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าน้อย ในทางกลับกันเมื่อวัสดุหลังคาดูดซับรังสีแสงดวงอาทิตย์และสะสมความร้อนมาก และถ่ายเทความร้อนจึงส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์มากทำให้แผงสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้น้อยลง และมีค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น สำหรับช่วงเวลา 13.00 ถึง 15.00 นาฬิกา โดยแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาคอนกรีตควรติดตั้งที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร หลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ควรติดตั้งที่ระยะห่าง 20 เซนติเมตร และหลังคาแผ่นเมทัลชีทควรติดตั้งที่ระยะห่าง 40 เซนติเมตร ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงได้ดี และมีค่าการสูญเสียเฉลี่ยที่น้อย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอแนะนำแนวปฏิบัติ ดังนี้

- 1.1 การทดลองในสภาพอากาศแวดล้อมจริง ทำให้มีตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ ส่งผลให้ผลการทดลองเบี่ยงเบนจากทฤษฎี
- 1.2 พฤติกรรมการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ การนำความร้อน การพาความร้อน และการถ่ายเทความร้อนของวัสดุหลังคา ไม่ได้ถูกพิจารณาและศึกษา ทำให้ไม่ทราบแน่ชัดถึงปริมาณความร้อนที่แผ่ออกจากวัสดุและสามารถแผ่รังสีความร้อนได้ไกลเท่าไร

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป

ผู้วิจัยขอแนะนำแนวปฏิบัติ ดังนี้

- 2.1 ควรเพิ่มระยะเวลาการทดสอบและนำผลทางสถิติมาวิเคราะห์ค่า แล้วจึงสรุปผลการทดลอง เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำขึ้น.
- 2.2 ควรนำเครื่องบันทึกผลแบบเรียลไทม์มาใช้เพื่อบันทึกผลได้แม่นยำ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2568, 30 กันยายน). ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย (ฉบับที่ 2), สืบค้นจาก ประกาศ กกพ. เรื่อง ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2566.pdf
- กระทรวงพลังงาน. (2568, 30 กันยายน). หลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ และการรับรองผลการตรวจประเมินในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร พ.ศ. 2564. ประกาศกระทรวงพลังงาน
- นิติมา คุณตะสิงคี. (2560). ปัญหา การใช้ กระเบื้อง หลังคา ดินเผา ใน งาน สถาปัตยกรรม ไทย: กรณี ศึกษา อาคาร ใน พุทธ มณฑล (Doctoral dissertation, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- จิระศักดิ์ พุกดำ, & วิทยา พวงสมบัติ. (2557). Assesment the temperature under the concrete roof tile by mathematical model.
- แพรว นภา วงศ์ กิตติ รัช. พัฒนาการ รูปแบบ บ้านจัดสรร ประเภท บ้าน เดี่ยว ใน กรุงเทพมหานคร และ ปริมณฑล: กรณี ศึกษา โครงการ บ้านจัดสรร ของ บริษัท สัมมา กร จำกัด (มหาชน) ระหว่าง ปี พ. ศ. 2516-2552 (Doctoral dissertation, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย).
- รักษศักดิ์ สาทะโพน, กฤษฎา พรหมพินิจ, สราวุฒิ บุญเกิดรัมย์, รณยุทธ นนท์พละ. (2568, 19-21 พฤศจิกายน). การจำลองปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ด้วย MATLAB [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 48. หัวข้อ Intelligent technology and innovation for human sustainability (น. 833-838),
- Kongpronprattana, K. (2021). การ ประเมิน ผล ประสิทธิภาพ การ อนุรักษ์ พลังงาน ของ บ้านพัก อาศัย พื้นฐาน. *Sarasatr: Journal of Architecture and Design*, 4(2), 303-313.
- Thanomsat, N., & Lekngam, S. (2020, October). Impact of Different Roof Types on Produced Power of Photovoltaic Rooftop System. In 2020 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI) (pp. 233-236). IEEE.

- TH-TILE., กระเบื้องหลังคาดินเผา. (2568). สืบค้นจาก <https://www.th-tile.com/15624541/กระเบื้องหลังคาดินเผา>
- SCGHOME., ข้อมูลเคมีภัณฑ์เพื่อความปลอดภัยสำหรับกระเบื้องหลังคาคอนกรีต. (2568). สืบค้นจาก <https://dam-production.scghome.com/%2Ffiles%2Fassets%2FProduct%20Application%20Media%2FBrochure%2F6360%2Fsds%20concrete%20roof%20tile.pdf>
- SCG E-NEWSLETTER., หลังคาเมทัลชีทคืออะไร รู้จักกับวัสดุที่สวยและทนทานในชั้นเดียวกัน. (2568). สืบค้นจาก <https://www.scgsmartliving.com/ideas/metal-sheet>
- LONGI., Installation manual for Longi Solar panel. (2568, หน้า14). สืบค้นจาก https://static.longi.com/Installation_Manual_for_LON_Gi_Solar_PV_Modules_V16_5b4d0bb591.pdf
- IEA., Solar PV. (2568). สืบค้นจาก <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv>
- NATIONALGRID., How does solar power work. (2568). สืบค้นจาก <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/how-does-solar-power-work>
- Satheesh, S., Venkat, S., & Mulford, R. B. (2024). *Optimization of Panel Spacing, Tilt Angle and Azimuth Angle for Bifacial Panels With Fixed Land Acreage and Orientation for Several United States Locations* (Vol. 87899, p. V001T09A003). American Society of Mechanical Engineers.
- de Souza Guimarães, B., Farias, L., Oliveira Filho, D., Kazmerski, L., & Diniz, A. S. A. C. (2022). Roof-mounted photovoltaic generator temperature modeling based on common Brazil roofing materials. *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 7, 5.
- Rozak, O. A., Ibrahim, M. Z., Daud, M. Z., Bakhri, S., & Muwaffiq, R. (2023). Impact of cell temperature on the performance of a rooftop photovoltaic system of 2.56 kWp at Universitas Pamulang. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 31(2), 599-608.
- Hasan, G. T. Study and analysis the effect of panel rear surface temperature on the photovoltaic system efficiency.
- Aliyu, A. A., Abdullahi, B., Tambaya, M., Ahmed, A., & Tukur, I. A. (2023). PERFORMANCE EVALUATION OF SOLAR PHOTOVOLTAIC PANEL MOUNTED ON SLOPED CORRUGATED METAL SHEET ROOF IN KANO STATE NORTHWEST NIGERIA. *FUDMA JOURNAL OF SCIENCES*, 7(3),

257-262.

- Sánchez-Carbajal, S., & Rodrigo, P. M. (2019). Optimum Array Spacing in Grid-Connected Photovoltaic Systems considering Technical and Economic Factors. *International Journal of Photoenergy*, 2019(1), 1486749.
- Satheesh, S., Venkat, S., & Mulford, R. B. (2024). *Optimization of Panel Spacing, Tilt Angle and Azimuth Angle for Bifacial Panels With Fixed Land Acreage and Orientation for Several United States Locations* (Vol. 87899, p. V001T09A003). American Society of Mechanical Engineers.
- Cavadini, G. B., & Cook, L. M. (2021). Green and cool roof choices integrated into rooftop solar energy modelling. *Applied Energy*, 296, 117082.
- Neises, T. W., Klein, S. A., & Reindl, D. T. (2012). Development of a thermal model for photovoltaic modules and analysis of NOCT guidelines.
- Broadbent, A. M., Krayenhoff, E. S., Georgescu, M., & Sailor, D. J. (2019). The observed effects of utility-scale photovoltaics on near-surface air temperature and energy balance. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 58(5), 989-1006.
- Skoplaki, E. P. J. A., & Palyvos, J. A. (2009). Operating temperature of photovoltaic modules: A survey of pertinent correlations. *Renewable energy*, 34(1), 23-29.
- Scherba, A., Sailor, D. J., Rosenstiel, T. N., & Wamser, C. C. (2011). Modeling impacts of roof reflectivity, integrated photovoltaic panels and green roof systems on sensible heat flux into the urban environment. *Building and Environment*, 46(12), 2542-2551.
- Dubey, S., Sarvaiya, J. N., & Seshadri, B. (2013). Temperature dependent photovoltaic (PV) efficiency and its effect on PV production in the world—a review. *Energy Procedia*, 33, 311-321.
- Kumpanalaisatit, M., Setthapun, W., Sintuya, H., & Jansri, S. N. (2022). Efficiency improvement of ground-mounted solar power generation in agrivoltaics system by cultivation of bok choy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* L.) under the panels. *International Journal of Renewable Energy Development*, 11(1), 103.
- Min, K. H., Kim, T., Kang, M. G., Song, H. E., Kang, Y., Lee, H. S., ... & Lee, S. H. (2020). An analysis of fill factor loss depending on the temperature for

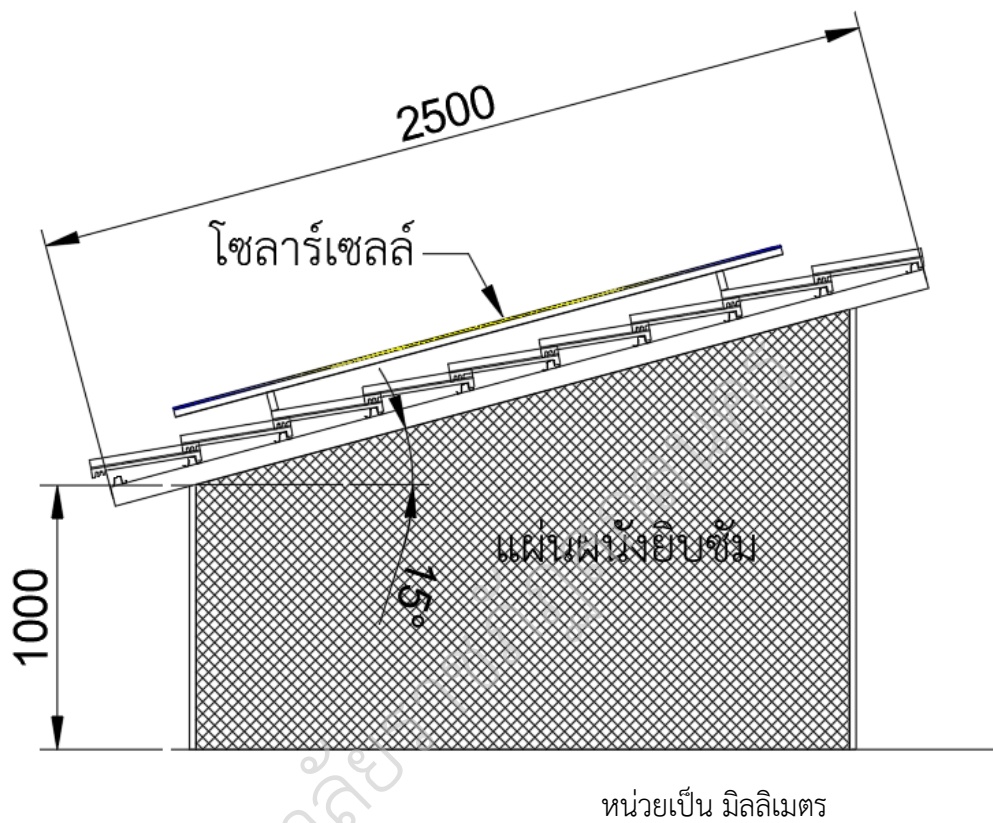
the industrial silicon solar cells. *Energies*, 13(11), 2931.

- Jatoi, A. R., Samo, S. R., & Jakhrani, A. Q. (2021). Performance evaluation of various photovoltaic module technologies at Nawabshah Pakistan. *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(1), 97.
- Rozak, O. A., Ibrahim, M. Z., Daud, M. Z., Bakhri, S., & Muwaffiq, R. (2023). Impact of cell temperature on the performance of a rooftop photovoltaic system of 2.56 kWp at Universitas Pamulang. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 31(2), 599-608.
- Chiang, W. H., Wu, H. S., Wu, J. S., & Lin, S. J. (2022). A method for estimating on-field photovoltaics system efficiency using thermal imaging and weather instrument data and an unmanned aerial vehicle. *Energies*, 15(16), 5835.
- Siregar, Y., Tial, M. K. S., Purba, Y. F. S., Suherman, S., & Soeharwinto, S. (2020). Design of solar cell using mirror cooling double axis and solar tracking. *Indones. J Electr. Eng. Comput. Sci.*, 15(3).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การออกแบบและสร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์
ติดตั้งบนหลังคาคอนกรีต ไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท



การออกแบบชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์
ติดตั้งบนหลังคาคอนกรีต ไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท



ภาพถ่ายชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 620 วัตต์
ติดตั้งบนหลังคาคอนกรีต ไฟเบอร์ซีเมนต์ และแผ่นเมทัลชีท
ระยะห่างการติดตั้งที่ 10 20 30 และ 40 เซนติเมตร

ภาคผนวก ข

ตารางข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ ความเร็วลม อุณหภูมิแวดล้อม
และอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์

ตารางแสดง อุณหภูมิแวดล้อม ความเข้มแสงสว่าง ความเร็วลม

เวลา	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ความเข้มแสง (วัตต์/ตารางเมตร)	อุณหภูมิแวดล้อม (องศาเซลเซียส)
10.00	0.8-1	866-871	33.60
11.00	2-3	993-998	34.50
12.00	2-3	1140-1160	37.80
13.00	1-1.5	1050-1060	37.20
14.00	1-1.3	871-878	35.70
15.00	0.5-2	685-691	38.40

ตารางแสดง อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ และหลังคากระเบื้องคอนกรีต

เวลา	อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งบนหลังคาคอนกรีต			
	ระยะห่าง 10 ซม. (องศาเซลเซียส)	ระยะห่าง 20 ซม. (องศาเซลเซียส)	ระยะห่าง 30 ซม. (องศาเซลเซียส)	ระยะห่าง 40 ซม. (องศาเซลเซียส)
10.00	61.69	61.00	60.50	59.00
11.00	65.50	63.63	61.13	60.13
12.00	66.75	63.81	62.38	61.69
13.00	68.38	64.81	63.06	62.63
14.00	63.44	59.94	58.25	59.19
15.00	59.88	56.69	56.06	56.50

ตารางแสดง อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ และหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์

เวลา	อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งบนหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์			
	ระยะห่าง 10 ซม. (องศาเซลเซียส)	ระยะห่าง 20 ซม. (องศาเซลเซียส)	ระยะห่าง 30 ซม. (องศาเซลเซียส)	ระยะห่าง 40 ซม. (องศาเซลเซียส)
10.00	62.25	60.63	60.19	58.75
11.00	67.19	64.19	63.13	60.81
12.00	68.88	66.00	64.81	62.63
13.00	68.06	67.00	66.38	64.06
14.00	64.56	62.88	61.50	59.88
15.00	59.81	59.31	58.25	56.75

ตารางแสดง อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ และหลังคาแผ่นเมทัลชีท

เวลา	อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ บนหลังคาแผ่นเมทัลชีท			
	ระยะห่าง 10 ซม. (องศาเซลเซียส)	ระยะห่าง 20 ซม. (องศาเซลเซียส)	ระยะห่าง 30 ซม. (องศาเซลเซียส)	ระยะห่าง 40 ซม. (องศาเซลเซียส)
10.00	64.56	62.88	61.38	61.38
11.00	68.56	66.13	65.69	64.50
12.00	70.69	67.50	67.13	66.31
13.00	70.44	67.63	68.75	68.13
14.00	66.69	64.19	64.31	63.13
15.00	59.19	59.00	59.63	59.38

ภาคผนวก ค

บทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจำลองปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของ
แผงโซลาร์เซลล์ด้วย MATLAB

การจำลองปัจจัยของชนิดหลังคาและระยะห่างการติดตั้งต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ด้วย MATLAB

Simulation of roof type and installation distance on solar panel performance using MATLAB

รัชศักดิ์ สาทะโพน^{1*} ฤกษ์ภา พรหมพินิจ^{1*} สราวุธ บุญเกิดรัมย์¹ และ รณยุทธ นนท์พละ¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร sathaphonr@gmail.com* krisada@snru.ac.th* sarawoot.b@snru.ac.th ronnayut.no@snru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการทดสอบแบบจำลองโซลาร์เซลล์ที่ถูกติดตั้งตามระยะห่างบนวัสดุหลังคาด้วย MATLAB โดยเป็นการจำลองการติดตั้งโดยปรับระยะห่างการติดตั้งแผงบนวัสดุหลังคาคอนกรีต ไฟเบอร์ซีเมนต์ และเมทัลชีท เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ โดยทั่วไประยะห่างสำหรับการติดตั้งบนหลังคาถูกแนะนำไว้ที่ 10 ซม. การติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคานั้น พบว่าวัสดุหลังคามีหลายชนิด ระยะที่ได้รับคำแนะนำอาจไม่เหมาะสมกับวัสดุหลังคาบางชนิด ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงต่ำกว่าที่ควร

การทดลองนี้ได้พัฒนา MATLAB model เพื่อใช้ศึกษาประสิทธิภาพแผงก่อนการติดตั้ง ซึ่งผลที่ได้คือกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์จะขึ้นกับวัสดุที่ใช้บนหลังคา โดยวัสดุหลังคาที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดคือกระเบื้องคอนกรีต ไฟเบอร์ซีเมนต์ และเมทัลชีท ตามลำดับ ระยะห่างที่ 0-0.4 ม. เป็นระยะที่ใช้สำหรับติดตั้งแผงบนหลังคาคอนกรีตและไฟเบอร์ซีเมนต์ ส่วนการติดตั้งแผงบนหลังคาเมทัลชีทไม่ควรติดตั้งชิดหลังคา และระยะที่แผงสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ดีคือ 0.3-0.4 ม. การเพิ่มความสูงมากกว่า 0.4 ม. ไม่ได้เพิ่มกำลังไฟฟ้าไปมากเท่าที่ควรและอาจทำให้ต้องเพิ่มขนาดโครงสร้างเพื่อป้องกันความเสียหายต่อระบบโซลาร์เซลล์จากแรงลม

คำสำคัญ: ระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคา, ระยะห่างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์, ปัจจัยวัสดุหลังคา

Abstract

This article presents a simulation of solar cell models installed at various distances on roofing materials using MATLAB. The simulation adjusts the installation distance of panels on concrete, fiber cement, and metal sheet roofing materials to test the electrical production efficiency of the solar panels. Generally, the recommended installation distance for rooftops is 10 cm. In the installation of solar cell systems on roofs, it has been found that there are various types of roofing materials. The recommended distance may not be suitable for some types of roofing materials, resulting in lower panel efficiency than expected.

This experiment developed a MATLAB model to study the efficiency of panels before installation. The results showed that the electrical power of the solar panels depends on the roofing material used. The roofing materials that provided the highest electrical power were concrete tiles, fiber cement, and metal sheets, respectively. The distance of 0-0.4 m was used for installing panels on concrete and fiber cement roofs. It is the

distance used for installing panels on concrete and fiber cement roofs. For installing panels on metal sheet roofs, they should not be installed too close to the roof, and the distance at which the panels can produce good electrical power is 0.3-0.4 m. Increasing the height beyond 0.4 m. It does not increase the power output as much as it should and may require increasing the size of the structure to prevent damage to the solar panel system from wind force.

Keywords: Solar rooftop, Installation distance of solar panel, roofing material

1. ข้อมูลทั่วไป

การเปลี่ยนแปลงสู่พลังงานหมุนเวียนทั่วโลกอย่างรวดเร็ว ทำให้ระบบโซลาร์เซลล์เป็นรากฐานสำคัญของการผลิตพลังงานอย่างยั่งยืน การติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคาถือเป็นการลงทุนที่สำคัญและเป็นกลยุทธ์ลดคาร์บอน อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของระบบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ คุณภาพของแผงและคุณลักษณะของหลังคา เช่น วัสดุของหลังคาและระยะการติดตั้ง ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่ออุณหภูมิในการทำงานของแผงและการไหลเวียนของอากาศ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตกำลังไฟฟ้าและผลตอบแทนจากการลงทุนระยะยาว

การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาในประเทศไทยได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องด้วยการสนับสนุนจากภาครัฐ [1] ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบต่ำซึ่งพบได้ในหลายๆ แห่ง ไม่ว่าจะเป็นที่บราซิล [2] หรือที่อินโดนีเซีย [3] มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าที่ติดตั้งบนหลังคาและระยะห่างในหลายงานวิจัย เช่น [4] ได้ศึกษาผลกระทบจากหลังคาเมทัลชีทและหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ต่อระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์บนหลังคา พบว่าหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ดีกว่าหลังคาเมทัลชีท และ [3] ได้ทดสอบกับระบบโซลาร์เซลล์ขนาด 2.56 kWp ที่ติดตั้งบนหลังคา มหาวิทยาลัยปทุมธานี พบว่าในสภาพอากาศแวดล้อมที่ 38°C อุณหภูมิแผง 50.9°C และความเข้มของแสงอาทิตย์เท่ากับ 702.7 W/m² ประสิทธิภาพแผงอยู่ที่ 27.7% เป็นผลจากอุณหภูมิของโซลาร์เซลล์ที่สูง และเสนอให้มีการระบายอากาศให้กับแผง

ในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคานั้น โดยปกติระยะห่างสำหรับติดตั้งแผงได้รับคำแนะนำจากผู้ผลิต [5] ให้เว้นช่องว่างระหว่างแผงและหลังคาที่ 10 ซม. ก็ตาม มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาตามระยะห่างการติดตั้ง โดย [6] ได้ใช้ระยะห่างที่ 10 20 และ 30 ซม. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ และ [2] [7] ได้ใช้ระยะห่างดังกล่าวทดสอบกับวัสดุหลังคาเซรามิกไฟเบอร์ซีเมนต์ และหลังคาเหล็กชุบสังกะสี [6] พบว่าการเว้นช่องว่างอากาศส่งผลให้แผงระบายความร้อนมากขึ้นและส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าเพิ่ม



อย่างมาก โดย [2] ได้แนะนำระยะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาเซรามิกและไฟเบอร์ซีเมนต์ที่ 10 ซม. และเหล็กชุบสังกะสีที่ 20-30 ซม.

จากบทความดังกล่าว ผลกระทบจากวัสดุหลังคาที่มีต่อประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ไม่ควรถูกมองข้าม บทความนี้ได้พัฒนาแบบจำลองแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในสภาพแวดล้อมที่ถูกติดตั้งบนหลังคาด้วย MATLAB [8]. โดยแบบจำลองนี้พัฒนาโดยใช้สมการพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์รวมถึงผลกระทบจากวัสดุหลังคาและระยะห่างการติดตั้ง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาตามระยะห่างการติดตั้งกับวัสดุหลังคาด้วยแบบจำลอง MATLAB

2. สมการประสิทธิภาพและการแลกเปลี่ยนความร้อนของแผงโซลาร์เซลล์

กำลังไฟฟ้า (1) เป็นผลคูณของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ พื้นที่ของแผงโซลาร์เซลล์ และประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของแผงในภาวะการทำงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแผง (2) [9]

$$P_{out} = G \cdot A_m \cdot \eta_{oc} \quad (1)$$

$$\eta_{oc} = \eta_{ref} * (1 - \beta * (T_m - T_{ref})) \quad (2)$$

โดยที่

η_{oc} คือ ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของแผงในภาวะการทำงาน

η_{ref} คือ ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานอ้างอิงภายใต้เงื่อนไข (รังสีแสงดวงอาทิตย์ 1000W/m² และอุณหภูมิที่ 25 °C)

β คือ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิเซลล์ (°C⁻¹)

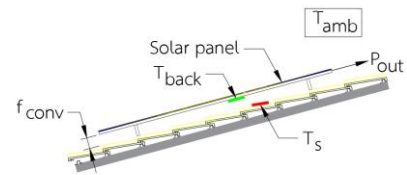
T_m คือ อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ (°C)

T_{ref} คือ อุณหภูมิแวดล้อม (°C)

ดังแสดงใน (2). อุณหภูมิของเซลล์ที่สูงขึ้นจะลดประสิทธิภาพของแผง เนื่องจากอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นด้วยความร้อนเริ่มมีอิทธิพลเหนือคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซมิคอนดักเตอร์ [9].

แผงโซลาร์เซลล์จะผลิตไฟฟ้าเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์มาตกกระทบบนแผง โดยอิทธิพลที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม และอุณหภูมิแวดล้อม ซึ่งอิทธิพลจากตัวแปรเหล่านี้ทำให้อุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์สูงขึ้น ถึงแม้ว่าอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ที่พื้นผิวและด้านหลังมักจะถือว่าเท่ากับอุณหภูมิโดยรอบ [10] แต่สมมติฐานนี้มองข้ามผลกระทบที่สำคัญของความร้อนที่แผ่ออกมาจากพื้นผิวหลังคาเมื่ออุณหภูมิสูงเกินอากาศโดยรอบ ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศใต้แผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น [11] นอกจากนี้ อากาศที่อยู่ด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์มักมีการระบายอากาศที่จำกัดและผสมกับอากาศโดยรอบได้ไม่ดี [12] การสันนิษฐานว่าไม่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างพื้นผิวหลังคาและอากาศในสถานการณ์ดังกล่าวอาจทำให้ประเมินการถ่ายเทความร้อนทั้งแบบแผ่รังสีและการพาความร้อนไปยังแผงโซลาร์เซลล์ต่ำเกินไป โดยเฉพาะในช่วงเที่ยงวันที่รังสีดวงอาทิตย์สูงสุด ซึ่งอุณหภูมิพื้นผิวหลังคามักมีแนวโน้มจะสูงที่สุด [13] การประเมินค่าต่ำเกินไปนี้ส่งผลให้

คาดการณ์อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำกว่าความเป็นจริง และคาดการณ์กำลังไฟฟ้าของแผงสูงเกินไป



รูปที่ 1 รูปภาพการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา

เพื่อกำหนดการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบพาความร้อนไปยังแผงโซลาร์เซลล์ รูปที่ 1 อุณหภูมิของอากาศด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์จะถือว่าอยู่ระหว่างอุณหภูมิโดยรอบและอุณหภูมิพื้นผิวหลังคา โดยสามารถคำนวณอุณหภูมิของอากาศด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์ (T_{back}) ได้โดยใช้ (3)

$$T_{back} = (T_{amb} - T_s) f_{conv} + T_s \quad (3)$$

โดยที่

T_{back} คืออุณหภูมิด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์ (°C)

T_{amb} คืออุณหภูมิอากาศแวดล้อม (°C)

f_{conv} คือตัวปัจจัยระยะห่างการติดตั้ง [-]

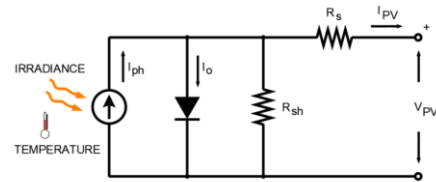
T_s คืออุณหภูมิพื้นผิวหลังคา (°C)

ปัจจัยระยะห่างการติดตั้ง (f_{conv}) จะระบุปริมาณอากาศด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์ที่ผสมกันได้ดีเพียงใด โดยปัจจัยเหล่านี้จะไม่เหมือนกันสำหรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แต่ละแผง และได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะห่างระหว่างแผงโซลาร์เซลล์กับหลังคา มุมเอียงของแผงโซลาร์เซลล์ และการระบายอากาศของหลังคา ค่าเชิงประจักษ์นี้ควรได้รับการปรับเทียบสำหรับการติดตั้งแต่ละครั้ง ตัวอย่างเช่น ค่า f_{conv} เท่ากับ 0 แสดงว่าอากาศด้านหลังแผงเทียบเท่ากับอุณหภูมิพื้นผิวหลังคา ในขณะที่ค่า f_{conv} เท่ากับ 1 แสดงว่ามีการระบายอากาศที่เยี่ยม โดยที่อุณหภูมิจะสมดุลกับอากาศโดยรอบ

3. การสร้างและทดสอบแบบจำลองแผงโซลาร์เซลล์

3.1 การสร้างแบบจำลองแผงโซลาร์เซลล์ด้วย MATLAB

การสร้างแบบจำลองแผงโซลาร์เซลล์สำหรับการติดตั้งบนหลังคาด้วย MATLAB ได้พัฒนาจากสมการพื้นฐานเซลล์แสงอาทิตย์ โดยแผงโซลาร์เซลล์สามารถใช้สมการทางคณิตศาสตร์ [14] เขียนขึ้นในรูปวงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ รูปที่ 2 เพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าจาก (4)



รูปที่ 2 วงจรสมมูลของวงจรไดโอด

$$I_{pv} = N_p * I_{ph} - N_p * I_o \left[\exp \left\{ \frac{q(V_{pv} + I_{pv} R_s)}{N_s A k T_m} \right\} - 1 \right] \quad (4)$$



โดยที่ $V_{pv}=V_{oc}$ แรงดันไฟฟ้าขาออกของแผงโซลาร์เซลล์
โดยที่ค่า I_{ph} คือค่ากระแสแสงอาทิตย์ (5)

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_1(T_m - 298)] * G / 1000 \quad (5)$$

ค่า I_{rs} คือค่ากระแสอิ่มตัวย้อนกลับ (6)

$$I_{rs} = I_{sc} / [\exp(\frac{qV_{oc}}{N_s k A T_m}) - 1] \quad (6)$$

และ I_o คือค่ากระแสอิ่มตัว (7) ซึ่งแปรผันกับอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์

$$I_o = I_{rs} \left[\frac{T_m}{T_{ref}} \right]^3 * \exp \left[\frac{qE_{go}}{k} \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_m} \right) \right] \quad (7)$$

อุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ T_m เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างแผงกับหลังคา ดังนั้น (3) สามารถเขียนใหม่ได้คือ

$$T_m = (T_{amb} - T_s) f_{conv} + T_s \quad (8)$$

ความเร็วลมไม่ได้ถูกพิจารณาใน (8) โดยค่า f_{conv} ปัจจัยระยะห่างการติดตั้งในงานทดลองนี้มีค่า 0-1 เมตร

ในการสร้างแบบจำลองนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องกับความเป็นจริง ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ข้อมูลความเข้มแสง รวมถึงอุณหภูมิแวดล้อม และอุณหภูมิหลังคาได้จากการวัดผลและบันทึกผล ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (ตารางที่ 1) และเครื่องวัดเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (ตารางที่ 2) รวมถึงคุณสมบัติแผงโซลาร์เซลล์ (ตารางที่ 3) ในวันที่ 24 มิ.ย. 2568 เวลา 13.56 น ดังแสดงในรูปที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

HIKMICRO B20S	
Object Temperature Range	-20°C to 150°C
Accuracy	Max. (±2°C, ±2%)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติอุปกรณ์วัดแสง Probe A1427 ยี่ห้อ METREL

ช่วงวัด	ค่าความละเอียด (วัดต่อตารางเมตร)	ความแม่นยำ
0 ÷ 999 วัดต่อตารางเมตร	1	± (4 % + 5 ตัวเลข)
1.00 ÷ 1.75 กิโลวัตต์/ตารางเมตร	10	± 4 %

ตารางที่ 3 คุณสมบัติแผงโซลาร์เซลล์

โซลาร์เซลล์ Ulica UL-415M ขนาด 1.13x1.72 เมตร	
กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max}), W	415
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc}), V	37.5
กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{sc}), A	13.93
จำนวนเซลล์อนุกรม (N_s)	108
จำนวนเซลล์ขนาน (N_p)	1
ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของ I_{sc} , %/°C	0.049

ตัวแปรที่ประกอบในสมการพื้นฐานเซลล์แสงอาทิตย์ของแบบจำลองแผงโซลาร์เซลล์ด้วยโปรแกรม MATLAB มีดังนี้

I_{pv} คือกระแสขาออกของแผงโซลาร์เซลล์

T_{ref} คืออุณหภูมิอ้างอิง = 298°K

T_m คืออุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ (°K)

$A=B$ คือค่าปัจจัยอุณหภูมิ = 1.6

k คือค่าคงตัวโบลต์ซมันน์ = 1.3805×10^{-23} J/K

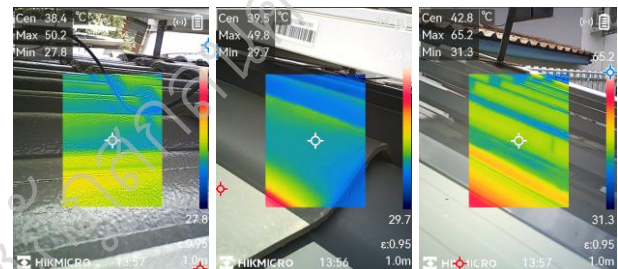
q คืออิเล็กตรอนชาร์จ = 1.6×10^{-19} C

R_s คือค่าความต้านทานอนุกรมของแผงโซลาร์เซลล์

K_i คือค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของ I_{sc} = 0.0068A/°C

G คือค่าความเข้มแสงดวงอาทิตย์ (W/m²)

E_{go} คือค่าแบนด์แก๊ปซิลิคอน = 1.1 eV



คอนกรีต

ไฟเบอร์ซีเมนต์

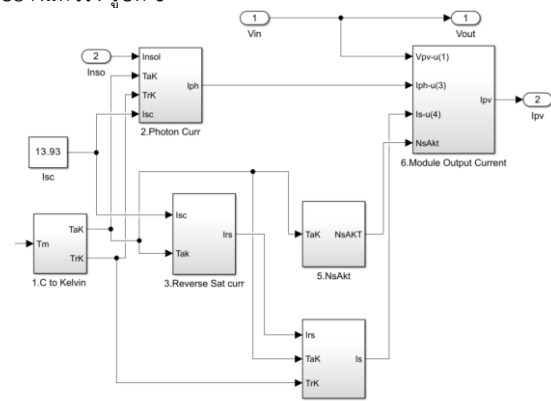
แผ่นเมทัลชีท

รูปที่ 3 อุณหภูมิวัสดุหลังคา

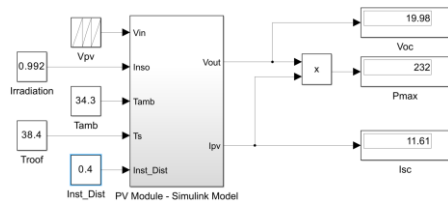
ตารางที่ 4 ข้อมูลอุณหภูมิและความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

รังสีดวงอาทิตย์ (G) (W/m ²)	992
อุณหภูมิแวดล้อม (T_{amb}) (°C)	34.3
อุณหภูมิวัสดุหลังคา (T_s) (°C)	
-หลังคากระเบื้องคอนกรีต	38.4
-หลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์	39.5
-หลังคาแผ่นเหล็กเมทัลชีท	42.8

แบบจำลองแผงโซลาร์เซลล์ถูกสร้างจากสมการ (5)-(8) ด้วยการเชื่อมต่อของ MATLAB Model รูปที่ 4 เพื่อสร้างแบบจำลองสุดท้าย รูปที่ 5 และพัฒนาแบบจำลองของฟังก์ชันระยะทางการติดตั้งและอุณหภูมิของวัสดุหลังคาจาก (8) เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่นำเข้าสู่แบบจำลองแผงโซลาร์เซลล์ได้อย่างแท้จริง รูปที่ 6



รูปที่ 4 การเชื่อมต่อ MATLAB Model ย่อยของแบบจำลองโซลาร์เซลล์



รูปที่ 5 แบบจำลองแผงโซลาร์เซลล์ด้วย MATLAB



รูปที่ 6 แบบจำลองย่อยระยะทางการติดตั้งและอุณหภูมิหลังคา

3.2 การทดสอบ

แบบจำลอง MATLAB รูปที่ 5 เปรียบเสมือนการจำลองการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาคอนกรีต ไฟเบอร์ซีเมนต์ และเมทัลชีทตามระยะทางการติดตั้ง ซึ่งในความเป็นจริงต้องมีชุดทดสอบหลายชุด เพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ภายใต้เงื่อนไขค่าความเข้มแสง อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิหลังคาเดียวกัน ดังนั้นค่าเหล่านี้ถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ โดยอุณหภูมิหลังคาทั้ง 3 ชนิดจะถูกป้อนเข้าแบบจำลองและทดสอบโดยการปรับระยะการติดตั้ง ตั้งแต่ 0 ถึง 1 เมตร เพิ่มขึ้นทุกๆ 0.2 เมตร และบันทึกผล เมื่อทดสอบโดยระยะทางการติดตั้งที่ 1 เมตร อุณหภูมิวัสดุหลังคาจะถูกเปลี่ยนและทำการทดสอบซ้ำ

4. ผลการทดสอบแบบจำลอง

ค่ากำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบแสดงในตารางที่ 5 ถึง 7 พบว่าแบบจำลองทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าไม่เท่ากัน ซึ่งผลที่ได้คือกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์จะขึ้นกับวัสดุที่ใช้หลังคา โดยวัสดุหลังคาที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดคือกระเบื้องคอนกรีต ไฟเบอร์ซีเมนต์ และเมทัลชีทตามลำดับ และกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์จะมากขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างแผงโซลาร์เซลล์กับหลังคามากขึ้น

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าต่อระยะทางการติดตั้ง รูปที่ 7 และกระแสไฟฟ้าต่อระยะทางการติดตั้ง รูปที่ 8 พบว่า

- ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงบนหลังคาทั้ง 3 ชนิด มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางการติดตั้ง และจะมีค่ามากที่สุด 245.7W และ 12.30A ที่ระยะ 1 ม.
- กำลังไฟฟ้าของแผงบนหลังคาคอนกรีตและไฟเบอร์ซีเมนต์ใกล้เคียงกัน คือ 220W และ 210.3W และหลังคาเมทัลชีทมีค่า 171.9W ที่ระยะการติดตั้งที่ 0 ม.
- กำลังไฟฟ้าต่อระยะทางการติดตั้งของหลังคาคอนกรีตและหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3-5W ในช่วงระยะ 0-0.4 ม. และจะน้อยลงเมื่อความสูงมากขึ้น ในกรณีของหลังคาเมทัลชีทกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 10-11W ในช่วงระยะ 0-0.4 ม. และลดลงเหลือ 4-5W เมื่อความสูงแผงที่ 0.4-1 ม.

ตารางที่ 5 ค่า P_{max} , V_{oc} และ I_{sc} แบบจำลองหลังคาคอนกรีต

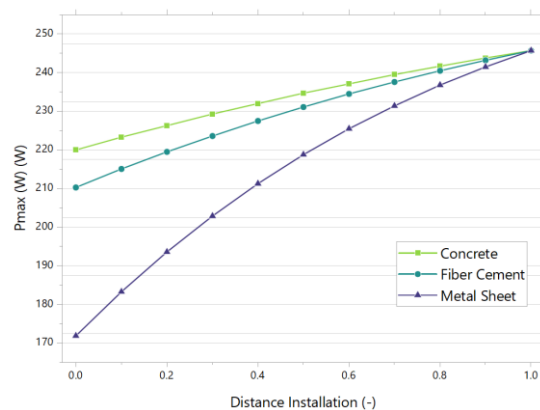
กระเบื้อง คอนกรีต	ระยะทางการติดตั้ง (เมตร)					
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
กำลังไฟฟ้า, P_{max} (W)	220.0	226.3	232.0	237.1	241.7	245.7
แรงดันไฟฟ้า, V_{oc} (V)	19.98	19.98	19.98	19.98	19.98	19.98
กระแสไฟฟ้า, I_{sc} (A)	11.01	11.33	11.61	11.87	12.10	12.30

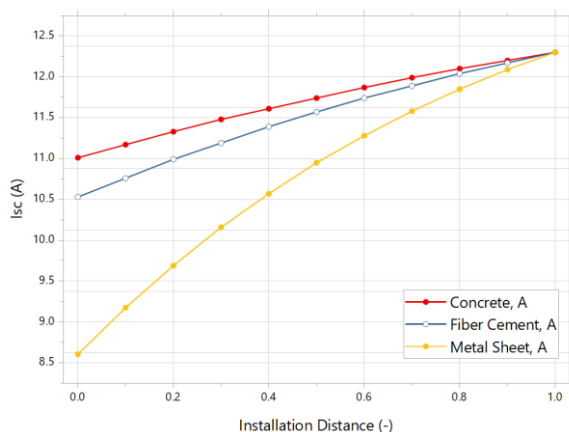
ตารางที่ 6 ค่า P_{max} , V_{oc} และ I_{sc} แบบจำลองหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์

ไฟเบอร์ ซีเมนต์	ระยะทางการติดตั้ง (เมตร)					
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
กำลังไฟฟ้า, P_{max} (W)	210.3	219.5	227.5	234.5	240.5	245.7
แรงดันไฟฟ้า, V_{oc} (V)	19.98	19.98	19.98	19.98	19.98	19.98
กระแสไฟฟ้า, I_{sc} (A)	10.53	10.99	11.39	11.74	12.04	12.30

ตารางที่ 7 ค่า P_{max} , V_{oc} และ I_{sc} แบบจำลองหลังคาแผ่นเมทัลชีท

หลังคา แผ่นเมทัล ชีท	ระยะทางการติดตั้ง (เมตร)					
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
กำลังไฟฟ้า, P_{max} (W)	171.9	193.6	211.3	225.5	236.8	245.7
แรงดันไฟฟ้า, V_{oc} (V)	19.98	19.98	19.98	19.98	19.98	19.98
กระแสไฟฟ้า, I_{sc} (A)	8.61	9.69	10.57	11.28	11.85	12.30

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P_{max} ต่อระยะทางการติดตั้ง



รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{sc} ต่อระยะทางการติดตั้ง

การทดสอบยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงยังส่งผลต่อค่ากระแสไฟฟ้าของแผง แต่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้คงที่ ซึ่งในสภาพอากาศจริงยังมีปัจจัยด้านอื่นที่ไม่ได้ถูกพิจารณาและนำค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไปคำนวณแบบจำลอง เช่น ความเร็วลม รวมถึงแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแสงและอุณหภูมิ ซึ่งจะทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นจริง

แบบจำลองนี้สามารถใช้เพื่อทดสอบผลกระทบจากอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ การพัฒนาแบบจำลองด้วยการเพิ่มฟังก์ชันของแรงดันไฟฟ้าที่สอดคล้องกับค่าแสงและปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ให้ตรงกับความเป็นจริงมากขึ้น รวมถึงตรวจสอบระยะการติดตั้งเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง ทำให้แบบจำลองสามารถจำลองค่าต่างๆได้แม่นยำมากขึ้น

5. สรุป

วัสดุที่ใช้หลังคาส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ โดยแผงที่ติดตั้งบนวัสดุหลังคาที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดคือกระเบื้องคอนกรีต ไฟเบอร์ซีเมนต์ และเมทัลชีทตามลำดับ ระยะห่างที่ 0-0.4 ม. เป็นระยะที่ใช้สำหรับติดตั้งแผงบนหลังคาคอนกรีตและไฟเบอร์ซีเมนต์ แผงบนหลังคาเมทัลชีทไม่ควรติดตั้งชิดหลังคา และระยะที่แผงสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ดีคือ 0.3-0.4 ม. การเพิ่มความสูงมากกว่า 0.4 ม. ไม่ได้เพิ่มกำลังไฟฟ้าไปมากเท่าที่ควรและอาจทำให้ต้องเพิ่มขนาดโครงสร้างเพื่อป้องกันความเสียหายต่อระบบโซลาร์เซลล์จากแรงลม

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (2567, กรกฎาคม). หลักการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพิ่มเติมในรูปแบบ FIT สำหรับปี 2565-2573. สืบค้นจาก https://www.erc.or.th/web-upload/200xf869baf82be74c18cc110e974eea8d5c/202304/m_publichearing/8776/493/file_download/002cffb957f1ee6cec32e50a930a66a.pdf
- [2] de Souza Guimarães, B., Farias, L., Oliveira Filho, D., Kazmerski, L., & Diniz, A. S. A. C. (2022). Roof-mounted photovoltaic generator temperature modeling based on common Brazil roofing materials. *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 7, 5.

- [3] Rozak, O. A., Ibrahim, M. Z., Daud, M. Z., Bakhri, S., & Muwaffiq, R. (2023). Impact of cell temperature on the performance of a rooftop photovoltaic system of 2.56 kWp at Universitas Pamulang. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 31(2), 599-608.
- [4] Thanomsat, N., & Lekngam, S. (2020, October). Impact of Different Roof Types on Produced Power of Photovoltaic Rooftop System. In 2020 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI) (pp. 233-236). IEEE.
- [5] Longi, June. 2025, "installation Manual for LONGI Solar PV Module," Longi, Download Center, Site Search, Installation manual, [online]. Available: https://static.longi.com/Installation_Manual_for_LON_Gi_Solar_PV_Modules_V19_EN_4c090dd107.pdf
- [6] Hasan, G. T. Study and analysis the effect of panel rear surface temperature on the photovoltaic system efficiency.
- [7] Aliyu, A. A., Abdullahi, B., Tambaya, M., Ahmed, A., & Tukur, I. A. (2023). PERFORMANCE EVALUATION OF SOLAR PHOTOVOLTAIC PANEL MOUNTED ON SLOPED CORRUGATED METAL SHEET ROOF IN KANO STATE NORTHWEST NIGERIA. *FUDMA JOURNAL OF SCIENCES*, 7(3), 257-262.
- [8] MATLAB – MathWorks. 2025. [online]. Available: <https://ch.mathworks.com/products/matlab.html>
- [9] Dubey, S., Sarvaiya, J. N., & Seshadri, B. (2013). Temperature dependent photovoltaic (PV) efficiency and its effect on PV production in the world—a review. *Energy Procedia*, 33, 311-321.
- [10] Neises, T. W., Klein, S. A., & Reindl, D. T. (2012). Development of a thermal model for photovoltaic modules and analysis of NOCT guidelines.
- [11] Broadbent, A. M., Krayenhoff, E. S., Georgescu, M., & Sailor, D. J. (2019). The observed effects of utility-scale photovoltaics on near-surface air temperature and energy balance. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 58(5), 989-1006.
- [12] Skoplaki, E. P. J. A., & Palyvos, J. A. (2009). Operating temperature of photovoltaic modules: A survey of pertinent correlations. *Renewable energy*, 34(1), 23-29.
- [13] Scherba, A., Sailor, D. J., Rosenstiel, T. N., & Wamser, C. C. (2011). Modeling impacts of roof reflectivity, integrated photovoltaic panels and green roof systems on sensible heat flux into the urban environment. *Building and Environment*, 46(12), 2542-2551.
- [14] Pandiarajan, N., & Muthu, R. (2011, January). Mathematical modeling of photovoltaic module with Simulink. In 2011 1st International Conference on Electrical Energy Systems (pp. 258-263). IEEE.

**ประวัติผู้เขียนบทความ**

นายรัชศักดิ์ สาทะโพน

ประวัติการศึกษา

2541-ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
บัณฑิตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าธนบุรี

2567 -กำลังศึกษาปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย
ราชภัฏสกลนคร

ประวัติการทำงาน - พนักงาน บ. แบล็คแอนดิวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

ในตำแหน่ง วิศวกรเทคนิคอาวุโส

มีความสนใจในงานวิจัยเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์และดาต้าเซ็นเตอร์

**ประวัติผู้เขียนบทความ**

ผศ.ดร.กฤษฎา พรหมพินิจ

ประวัติการศึกษา

2548-ปริญญาตรีวิศวกรรมไฟฟ้าจาก
มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2553-ปริญญาโทวิศวกรรมไฟฟ้าจาก

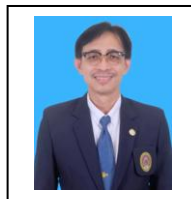
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีธบุรีราชมงคล

2563-ปริญญาเอกวิศวกรรมไฟฟ้าจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน - ดำรงตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัยคณะ

เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มีความสนใจในงานวิจัยเกี่ยวกับพลังงานทางเลือก และการประยุกต์ใช้
พลังงานอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

**ประวัติผู้เขียนบทความ**

รศ.ดร.สรวิทย์ บุญเกิดรัมย์

ประวัติการศึกษา

2535-ปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
จากมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
2548-ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จาก

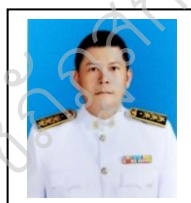
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

2559-ปริญญาเอกปรัชญาดุษฎีบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ประวัติการทำงาน - ดำรงตำแหน่งคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มีความสนใจในงานวิจัยเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และ
เครื่องมือวัด

**ประวัติผู้เขียนบทความ**

นาย.รณยุทธ นนท์พละ

ประวัติการศึกษา

2539-ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรมหากรรม
บัณฑิตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
2543-ปริญญาโทวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตจาก

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ประวัติการทำงาน - อาจารย์ประจำภาควิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มีความสนใจในงานวิจัยเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 48

The 48th Electrical Engineering Conference (EECON-48)

วันที่ 19-21 พฤศจิกายน 2568 ณ โรงแรมฟารามา จังหวัดเชียงใหม่



มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายรักษัศศักดิ์ สาทะโพน
วัน เดือน ปีเกิด	15 พฤษภาคม พ.ศ.2518
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	34/36 ถนน ลาดพร้าว ซอย 1 แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกรรมเทคนิคอาวุโส
สถานที่ทำงาน	บริษัท แบล็คแอนด์ไวทซ์ (ประเทศไทย) จำกัด เลขที่ 199 อาคาร S-OASIS ชั้น 25 และ 26 ถนนวิภาวดี-รังสิต แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2537	ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร
พ.ศ. 2539	ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยราชวมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2541	ปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2542	ช่างเทคนิคออกแบบระบบไฟฟ้า บริษัท ธนูปต์ อินเตอร์เนชั่นแนล จก.
พ.ศ. 2546	ช่างออกแบบไฟฟ้า Black & Veatch (Thailand) Ltd.
พ.ศ. 2551	วิศวกรโครงการ Siemens Limited
พ.ศ. 2552	วิศวกรเทคนิค Burns and Roe Asia Company Limited
พ.ศ. 2554	วิศวกรไฟฟ้า Black & Veatch (Thailand) Ltd
พ.ศ. 2561	วิศวกรเทคนิคอาวุโส Black & Veatch (Thailand) Ltd