

การศึกษาความสูงที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านแบบตรึงอยู่กับที่
The Study of Optimal Height for Fixed Type Bifacial Solar Panel Installation

เจิมธง ประรณารักษ์^{1*} กังสดาล สกกุลพงษ์มาลี¹ จุติพร อินทะนิน¹

ปองพล รักการงาน¹ และชลีตล อินยาศรี¹

Chermdhong Prattanaruk^{1*} Kangsadan Sagulpongmalee¹ Jutiporn Intanin¹

Pongpol Rakkanrane¹ and Chaleedol Inyasri¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เพชรบุรี 76000

¹ Energy Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology,

Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi 76000

*Corresponding Author: Tel 064-965-4192, E-mail Address: chermdhong.pra@mail.pbru.ac.th

Received: 15 March 2024, Revised: 9 April 2024, Accepted 10 April 2024, Published online: 30 April 2024

Abstract

The bifacial solar panel could produce electrical power per surface unit more than general solar panels, but the price is similar. This research aimed to find the optimal height for installing a fixed bifacial solar panel in parallel and perpendicular to the equinoctial line which above the ground and glossy white painted surface. The panel was moved up and down to find the height that produces the most electrical power every 30 minutes from 8.00 a.m. to 16.30 p.m. in both parallel and perpendicular line. The testing was divided into four periods in March, June, September, and December. The height was weighted by a power rating coefficient that varies with the tilts angle and sun path over the year. The results exhibited that the optimal height for installing a bifacial solar panel were 104.70 and 123.28 centimeters. Consequently, electrical power will increase up to 11.98% and 2.83%, respectively. When placing the panel over the white glossy surface, the optimal height were 97.87 centimeters in parallel and 108.58 centimeters in perpendicular to the equator which could produce electrical power up to 19.51% and 14.49%, respectively. Moreover, the light and glossy albedo surface has a lower optimum height for installing solar panels.

Keywords: Bifacial solar panel, Installation height, Albedo

บทคัดย่อ

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านสามารถผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยพื้นที่ได้มากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไปแต่มีราคาใกล้เคียงกัน ความสูงในการติดตั้งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสูงที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านแบบติดตั้งอยู่กับที่ในแนวขนานและตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตรเหนือพื้นดินและพื้นทาสีขาวผิวมัน โดยปรับระดับแผงขึ้นลงเพื่อหาความสูงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดทุกครึ่งชั่วโมง ตั้งแต่ 8.00-16.30 นาฬิกาทั้งในแนวขนานและตั้งฉาก และแบ่งการทดสอบตลอดปีเป็น 4 ช่วงเวลาในเดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และธันวาคม ทำการถ่วงน้ำหนักค่าความสูงที่ได้ด้วยสัมประสิทธิ์การผลิตไฟฟ้าที่แปรผันตามมุมเอียง และทางเดินของดวงอาทิตย์ในรอบปี ผลจากการศึกษาพบว่า ความสูงที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านเหนือพื้นดินในแนวขนานและตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตร คือ 104.70 และ 123.28 เซนติเมตร จะผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น 11.98 % และ 2.83 % ตามลำดับ และเมื่อวางแผงเหนือพื้นสีขาวผิวมันจะมีความสูงที่เหมาะสมที่ 97.87 เซนติเมตรในแนวขนาน และ 108.58 เซนติเมตรในแนวตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตร สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น 19.51 % และ 14.49 % ตามลำดับ โดยพื้นผิวสะท้อนใต้แผงที่มีความสว่างและผิวมันเงาจะมีความสูงที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง

คำสำคัญ: แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้าน, ความสูงในการติดตั้ง, อัตราส่วนรังสีสะท้อน

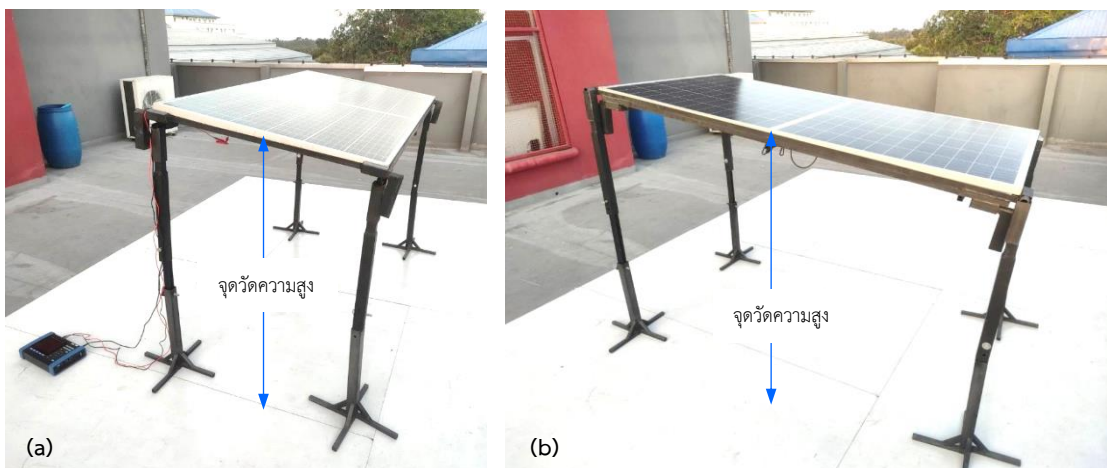
บทนำ

การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ปัจจุบันเป็นที่นิยมแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากเป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่สามารถประมาณการลงทุนได้ง่าย ส่วนประกอบของระบบมีน้อย ต้นทุนในการดูแลรักษาต่ำ อายุใช้งานของระบบค่อนข้างยาวนาน ดังจะเห็นได้จากการลงทุนทางพลังงานแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสิบปีที่ผ่านมา ทั้งนี้เป็นเพราะประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่ราคาเซลล์แสงอาทิตย์ต่อหน่วยพลังงานลดลงมาก [1-3] โดยการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้จำกัดอยู่ในภาคครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมเท่านั้น แต่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางทุกภาคส่วน ทั้งภาคธุรกิจ ขนส่ง ครัวเรือนและเกษตร โดยประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ปัจจุบัน (มีนาคม 2567) อยู่ที่ 27.8 % สำหรับเซลล์ซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยว 23.3 และ 21.2 % สำหรับเซลล์แบบผลึกรวมและฟิล์มบางตามลำดับ [4] และยังคงพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของ effective cell โดยตลอด ส่งผลให้ประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงานสูงขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีอื่นอีก เช่น cell แบบ Half cut cell ซึ่งช่วยลดความต้านทานและการสูญเสียกำลังทางไฟฟ้า (Power loss) ลดการเกิดจุดร้อน (Hotspot) ที่เกิดขึ้นบนแผงเนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์บางเซลล์ไม่โดนแสง และเทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้าน (Bifacial solar panel) ซึ่งถูกนำมาใช้แทนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไปมากขึ้นเรื่อย ๆ [2] เนื่องจากมีราคาใกล้เคียงกัน แต่มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่า จุดเด่นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้าน คือ มี effective cell อยู่ทั้งด้านบนและด้านล่างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเซลล์แสงอาทิตย์ด้านบนจะผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ที่มากกระทบโดยตรง ส่วนเซลล์ที่อยู่ด้านล่าง (ใต้แผง) จะผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ที่สะท้อนขึ้นมาจากพื้นผิวใต้แผง ซึ่งค่าอัตราส่วนรังสีสะท้อนนี้ เรียกว่า อัลเบโด (Albedo) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านจึงสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปประมาณ 5-30 % [5-6] บนขนาดพื้นที่ติดตั้งที่เท่ากัน ดังนั้น อัลเบโดจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับความเข้มของรังสีอาทิตย์และแนวรับรังสี โดยปกติเราจะหันเซลล์แสงอาทิตย์ด้านหน้า (Front panel) ให้อยู่ในแนวตั้งฉาก (Normal) กับรังสีอาทิตย์ ในกรณีเซลล์แสงอาทิตย์ด้านล่าง (Back panel) นอกจากจะขึ้นอยู่กับองศาสะท้อนของรังสีใต้แผงแล้ว [6-10] ยังขึ้นอยู่กับความสูงในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย [6, 8-11] เนื่องจากความเข้มของรังสีสะท้อนจะแปรผกผันกับระยะห่างกำลังสองของแผงกับพื้นผิวใต้แผง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสูงที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านแบบ
 ตรีงอยู่กึ่งที่ โดยในการดำเนินงานจะใช้อัลเบโดสองแบบ คือ พื้นดินซึ่งเป็นพื้นผิวได้แผงที่พบได้ทั่วไปโดยมีอัลเบโดประมาณ
 0.25 [12] และพื้นทาสีขาวผิวมัน เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน

วิธีการวิจัย

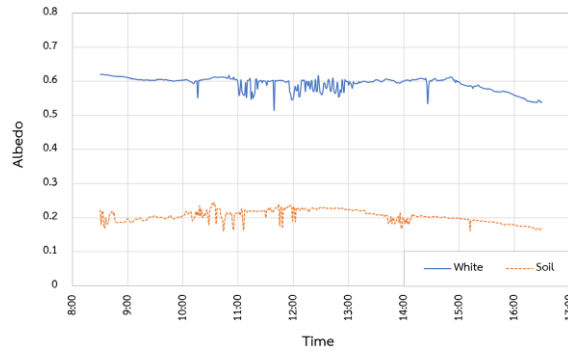
ในการดำเนินงานวิจัยใช้อุปกรณ์วัดรังสีอาทิตย์ชนิดรับรังสีรวม (Pyranometer) ยี่ห้อ Kipp and Zonen รุ่น CMP 11
 มีค่าคงที่การตอบสนอง (Sensitivity) ที่ $8.38 \mu\text{V/W/m}^2$ ต่อกับเครื่องบันทึกสัญญาณยี่ห้อ Hioki รุ่น LR8401-20 ใช้อัตรา
 การสุ่มสัญญาณ (Sampling rate) 1 นาที่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านชนิด PERC Monocrystalline ในกลุ่ม
 tier 1 แบบ Half cell ขนาด 400 W รุ่น SRP-400-BMA-BG ขนาด 204×101 cm มีพิกัดทางไฟฟ้า คือ แรงดัน V_{oc} ที่ 49.5
 V กระแส I_{sc} ที่ 10.12 A มีพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max}) ที่ I_{mpp} เท่ากับ 9.6 A และ V_{mpp} เท่ากับ 41.7 V ติดตั้งแผงเซลล์
 แสงอาทิตย์บนโครงเหล็กที่สามารถปรับระดับความสูงได้ โดยหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าหาเส้นศูนย์สูตร (หันไปทางทิศใต้
 สำหรับกลุ่มประเทศทางซีกโลกเหนือ) และวางแผงเอียงตามละติจูดที่ตั้ง สำหรับจังหวัดเพชรบุรีวางเอียง 13 องศา (จุด
 ทดสอบมีพิกัดอยู่ที่ 13.07N 99.98E) ขยับแผงขึ้นลงเป็นขั้นที่ระยะ 50, 55, 60, ..., 150 cm พร้อมกับวัดกระแสและ
 แรงดันไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า Hioki รุ่น PQ3100 ร่วมกับ clamp DC auto zero current รุ่น CT7731 จนได้
 ระดับความสูงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุด โดยทำการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองแนว คือ วางแผง
 เซลล์แสงอาทิตย์ในแนวขนานและตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตร ดังแสดงในภาพที่ 1 ทำการวัดระดับความสูงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์
 ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุดโดยวัดที่กึ่งกลางแผง พร้อมทั้งวัดกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และรังสีอาทิตย์ทุกครั้งชั่วโมง
 ช่วงเวลาที่ทำการวัดและบันทึกผลจะเริ่มวัดก่อนเที่ยงสุริยะ (Solar noon) 4 ชั่วโมง ถึงหลังเที่ยงสุริยะ 4 ชั่วโมง พื้นที่ทดสอบ
 มีเที่ยงสุริยะอยู่ในช่วงเวลา 12.03 – 12.34 น. จึงตรวจวัดและบันทึกผลในช่วง 8.00-16.30 น. โดยแบ่งการทดสอบเป็น 4
 ช่วงเวลาตามวันอายัน (Solstice) และวันวิษุวัต (Equinox) คือ เดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และธันวาคม [13] เป็น
 ตัวแทนการสุ่มทดสอบรายปี



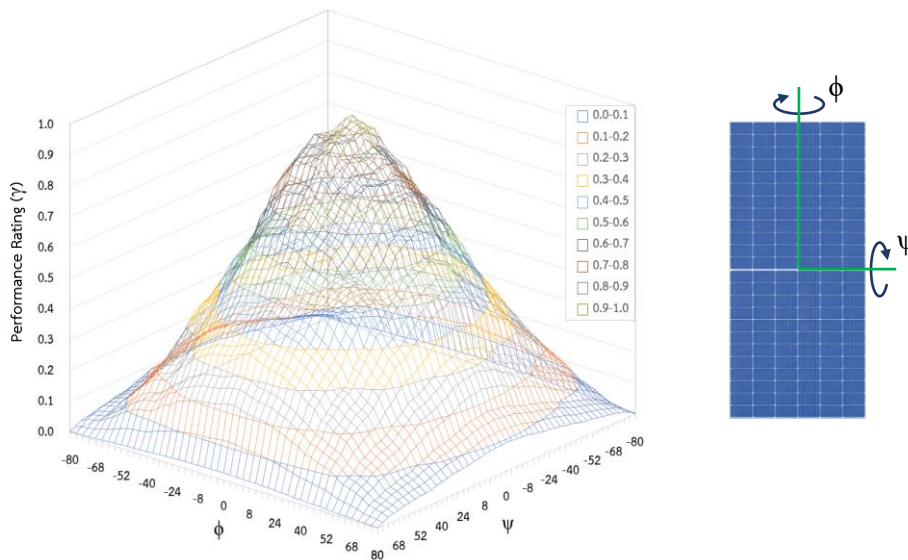
ภาพที่ 1 การทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านวางแผงเอียงไปทางทิศใต้ในแนว

(a) ขนานเส้นศูนย์สูตร (b) ตั้งฉากเส้นศูนย์สูตร

พื้นผิวได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นพื้นดินและพื้นทาสีขาวมัน โดยใช้สีน้ำมันเคลือบเงา Mandarin เบอร์ M111 การวัดอัตราส่วนรังสีสะท้อนของพื้นผิวจะใช้ pyranometer 2 ตัว ติดเข้าด้วยกันโดยตัวหนึ่งหงายและตัวหนึ่งคว่ำ ใส่ฝาครอบด้านบนเพื่อลดผลกระทบจากรังสีสะท้อนและรังสีกระจาย ติดตั้งอุปกรณ์วัดสูงจากพื้น 1.45 เมตร เก็บสายไฟให้เรียบร้อยและหัน pyranometer เข้าหาเส้นศูนย์สูตรเพื่อป้องกันผลกระทบจากเงาที่เกิดจากขาตั้งและสายสัญญาณ ค่าอัตราส่วนรังสีสะท้อนของพื้นดินและพื้นทาสีขาวมันที่ใช้ทดสอบมีค่าประมาณ 0.16-0.24 และ 0.51-0.62 ตามลำดับ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าอัตราส่วนรังสีสะท้อนของพื้นผิวได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ทดสอบ



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุมรับรังสีต่าง ๆ

สำหรับการวิเคราะห์ความสูงที่เหมาะสมจะใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักค่าระดับความสูงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่วัดได้ด้วยฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก (Weighting function) จากประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุมเอียงต่างๆ (Y) ดังภาพที่ 3 โดยฟังก์ชันประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าที่มุมเอียงต่างๆ ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการการสาขานิวเคลียร์พลังงาน มุม ϕ แทนมุมเอียงรอบแกนตามยาว และ ψ แทนมุมเอียงรอบแกนตามขวาง ซึ่งประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าที่มุมเอียงต่างๆ เป็นฟังก์ชันของมุม ϕ และ ψ ความสูงที่เหมาะสมรายเดือนหาได้จากสมการที่ 1

$$H_m = \sum_{n=1}^{18} \gamma(\phi, \psi) H_n(t) \quad (1)$$

เมื่อ H_m คือ ตัวแทนความสูงที่เหมาะสมรายเดือน (cm)

$H_n(t)$ คือ ความสูงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้ดีที่สุดในแต่ละช่วงเวลาของวัน (cm)

$\gamma(\phi, \psi)$ คือ ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เนื่องจากมุมเอียงของรังสีอาทิตย์

สำหรับความสูงที่เหมาะสมรายปีใช้การถ่วงน้ำหนักจากทางเดินของดวงอาทิตย์ (Sun path) ในรอบปี โดยค่าน้ำหนักที่ใช้ในช่วงมีนาคม มิถุนายน กันยายน และธันวาคมอยู่ที่ 0.35 0.15 0.35 และ 0.15 ตามลำดับ ค่าความสูงที่เหมาะสมรายปีหาได้จากสมการที่ 2

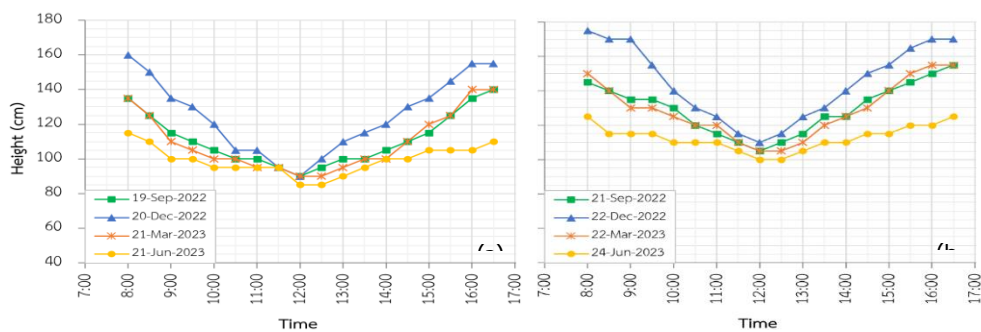
$$\bar{H} = \sum_{m=1}^4 \eta H_m \quad (2)$$

เมื่อ \bar{H} คือ ค่าความสูงที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์รายปี (cm)

η คือ ค่าถ่วงน้ำหนักเนื่องจากทางเดินของดวงอาทิตย์

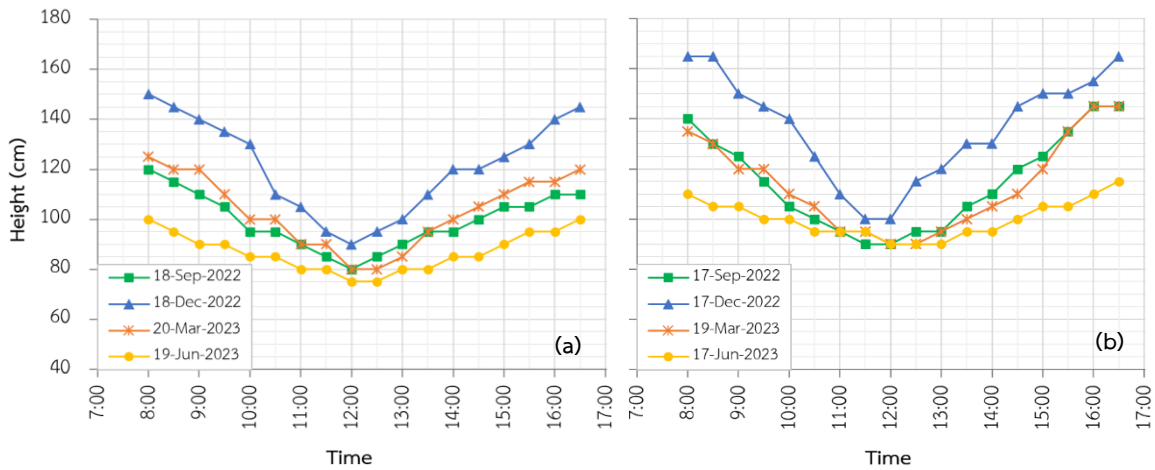
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบหาความสูงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านที่ติดตั้งเหนือพื้นดินโดยวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแนวขนานและตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตร แสดงดังภาพที่ 4 (a) และ (b) ตามลำดับ พบว่าระดับความสูงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด จะลดลงเมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ขึ้นสูงอย่างมีนัย โดยผลการทดสอบในเดือนธันวาคมจะมีความผลต่างของระดับความสูงตลอดทั้งวันมากที่สุดคือ 70 และ 65 cm เมื่อวางแผงในแนวขนานและตั้งฉากเส้นศูนย์สูตรตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม ผลต่างของระดับความสูงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดวันที่ทดสอบในเดือนมิถุนายนน้อยที่สุด โดยมีผลต่างตลอดทั้งวันเพียง 30 และ 25 cm ตามลำดับ ในขณะที่ผลการทดสอบในเดือนกันยายนและมีนาคม มีลักษณะกราฟคล้ายกันและมีความชันของเส้นกราฟรวมถึงผลต่างของระดับความสูงใกล้เคียงกัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะทางเดินของดวงอาทิตย์ (Sun path) ในเดือนกันยายนและมีนาคมใกล้เคียงกัน ระดับความสูงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่วัดได้จึงใกล้เคียงสอดคล้องกัน นอกจากนี้ยังพบว่าการวางแผงในแนวตั้งฉากจะมีความสูงโดยรวมโดยในช่วงเที่ยงอยู่ที่ 100-110 cm สูงกว่าการวางแผงในแนวขนานเล็กน้อยซึ่งอยู่ที่ 85-90 cm



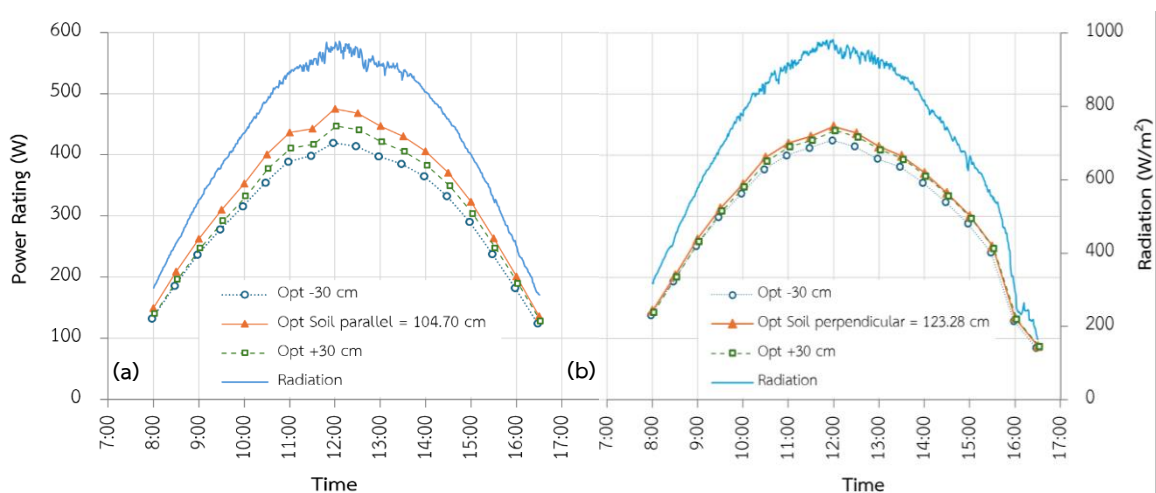
ภาพที่ 4 ความสูงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเมื่อติดตั้งเหนือพื้นดิน

(a) วางแผงขนานเส้นศูนย์สูตร (b) วางแผงตั้งฉากเส้นศูนย์สูตร

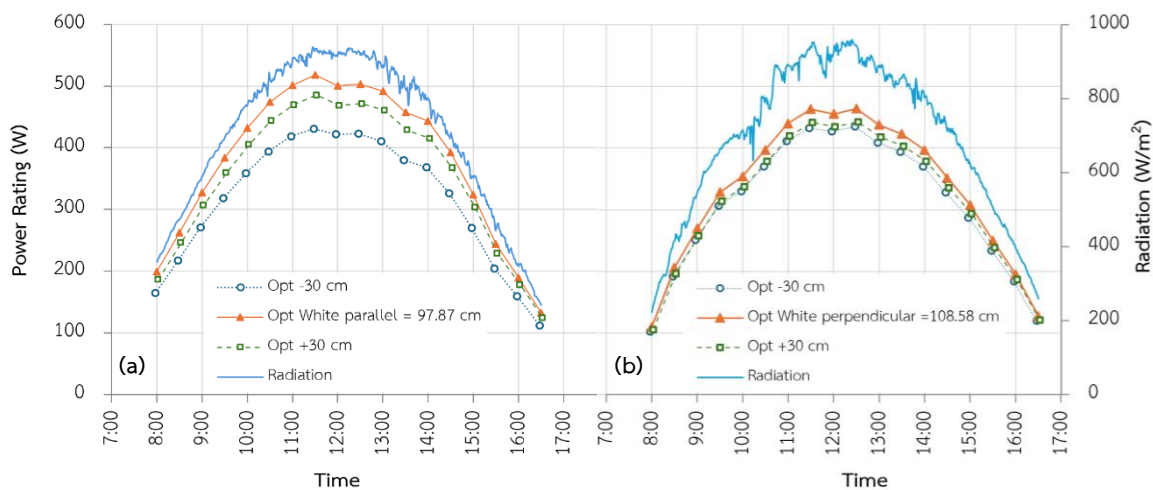


ภาพที่ 5 ความสูงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเมื่อติดตั้งเหนือพื้นทาสีขาวมัน
 (a) วางแผงขนานเส้นศูนย์สูตร (b) วางแผงตั้งฉากเส้นศูนย์สูตร

สำหรับความสูงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านที่ติดตั้งเหนือพื้นทาสีขาวมัน พบว่ากราฟความสูงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมตลอดวันมีลักษณะเช่นเดียวกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เหนือพื้นดิน ผลการวัดสอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 5 การใช้พื้นผิวใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสีขาวมันที่สะท้อนแสงได้มากจะทำให้ความสูงโดยรวมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง โดยความสูงในช่วงเที่ยงเมื่อวางแผงในแนวขนานจะอยู่ที่ 75-90 cm และ 90-100 cm สำหรับแผงที่วางในแนวตั้งฉาก และเมื่อทำการถ่วงน้ำหนักเพื่อหาความสูงที่เหมาะสมรายปีจากสมการที่ 2 จะได้ความสูงที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านเหนือพื้นดินในแนวขนานและตั้งฉาก อยู่ที่ 104.70 และ 123.28 cm ตามลำดับ ส่วนการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแนวขนานและตั้งฉากอยู่เหนือพื้นทาสีขาวมันจะมีความสูงที่เหมาะสมรายปีอยู่ที่ 97.87 และ 108.58 cm ตามลำดับ



ภาพที่ 6 กำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เหนือพื้นดิน ในแนว (a) ขนาน (b) ตั้งฉาก กับเส้นศูนย์สูตร



ภาพที่ 7 กำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เหนือพื้นทาสีขาวผิวมัน ในแนว (a) ขนาน (b) ตั้งฉาก กับเส้นศูนย์สูตร

ผลการวัดกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความสูงที่เหมาะสมรายปี (Optimum) และที่ความสูง optimum \pm 30 cm ดังกราฟในภาพที่ 6 และ 7 แสดงเห็นว่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แปรผันตามรังสีอาทิตย์ สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเหนือพื้นดิน หากวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแนวขนานที่ความสูง optimum สามารถผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 8.00-16.30 น. ได้ 3,003.82 W (คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผง 26.85 %) หากใช้ความสูงติดตั้งแผงที่ optimum +30 และ -30 cm กำลังไฟฟ้าจะลดลง ปริมาณไฟฟ้าโดยรวมที่ผลิตได้จะอยู่ที่ 2,826.60 W (25.23 %) และ 2,685.01 W (24.01 %) ตามลำดับ ดังภาพที่ 6 (a) กรณีวางแผงในแนวตั้งฉากพบว่า ที่ความสูง optimum สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด โดยอยู่ที่ 2,816.44 W (25.22 %) ดังภาพที่ 6 (b) และไฟฟ้าที่ได้จะลดลงเป็น 2,777.01 W (24.86 %) และ 2,686.95 W (24.05 %) เมื่อติดตั้งแผงสูงหรือต่ำกว่าจุดที่เหมาะสม +30 และ -30 cm ตามลำดับ

สำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เหนือพื้นทาสีขาวผิวมัน เมื่อวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแนวขนาน ที่ความสูง optimum ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ตั้งแต่ 8.00-16.30 น. เท่ากับ 3,339.83 W (ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเท่ากับ 30.47 %) และจะผลิตไฟฟ้าได้ 3,127.58 W (28.55 %) และ 2,782.64 W (25.40 %) หากติดตั้งแผงที่ความสูง optimum +30 cm และ -30 cm ตามลำดับ กรณีติดตั้งแผงในแนวตั้งฉากสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 2,961.45 W (คิดเป็น 27.20 %) ที่ความสูง optimum และลดลงเหลือ 2,825.27 W (25.94 %) และ 2,765.64 W (25.39 %) ที่ optimum +30 และ -30 cm ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

ความสูงที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยังขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวใต้แผง สำหรับจังหวัดเพชรบุรีความสูงที่เหมาะสม (optimum) กรณีติดตั้งแผงในแนวขนานเหนือพื้นดินและพื้นทาสีขาวผิวมันจะอยู่ที่ 104.70 cm และ 97.87 cm ตามลำดับ หากวางแผงในแนวตั้งฉากเส้นศูนย์สูตรเหนือพื้นดินและพื้นทาสีขาวผิวมัน จะมีความสูงที่เหมาะสมอยู่ที่ 123.28 และ 108.58 cm ตามลำดับ โดยความสูงที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความสว่างและมันเงาจะมีความสูง optimum ลดลงอย่างมีนัย กรณีที่ไม่ทราบความสูงที่เหมาะสม โดยทั่วไปแนะนำให้ติดตั้งที่ความสูงประมาณ 100 cm [12,14] คณะผู้วิจัยแนะนำให้ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนไปทางสูง คือ 105 และ 125 cm เมื่อวางแผงเหนือพื้นดินในแนวขนานและตั้งฉากเส้นศูนย์สูตรตามลำดับ โดยอาจลดความสูงของแผงลงมา 5 % เมื่อพื้นใต้แผงเป็นคอนกรีตหรือทราย และลดความสูงในการติดตั้งแผงลง 10 % เมื่อพื้นผิวใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นหินมะ หรือปูด้วยสแตนเลสหรือพื้นทาสีขาวเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า การศึกษานี้เป็นการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านจำนวนหนึ่งโมดูล เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กหนึ่งโมดูลหรือหนึ่งแถว (String) สำหรับระบบขนาดใหญ่ต้องนำระยะ Pitch ระหว่าง String อัตราส่วน GCR (ground coverage ratio) ของระบบ รวมถึง shading จากอุปกรณ์ยึดแผงและโครงสร้างมาพิจารณาด้วย

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านมี effective cell อยู่ด้านล่าง ลักษณะพื้นผิวใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า โดยพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเหนือพื้นดินทั่วไป ซึ่งมีอัลเบโดประมาณ 0.20 ในแนวขนานและตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตร สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น 11.98 % และ 2.83 % ตามลำดับ และหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีสองด้านให้สูงขึ้น สามารถใช้พื้นผิวสีสว่างหรือผิวปูใต้แผง โดยคณะผู้วิจัยใช้พื้นที่ทาสีขาวผิวมันซึ่งมีอัลเบโดประมาณ 0.60 รองใต้แผง พบว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ เพิ่มขึ้น 19.51 % และ 14.49 % เมื่อวางแผงในแนวขนานและแนวตั้งฉากตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการวางแผงในแนวขนานจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าวางแผงในแนวตั้งฉาก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ผู้สนับสนุนเงินวิจัยประจำปีงบประมาณ 2565 และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีที่อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงานและดำเนินการทางเอกสารวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Fraas L., and Partain L. (2010). **Solar cells and their applications**. John Wiley & Sons Press.
- [2] VDMA. (2020). **International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV)**. สืบค้นจาก <https://itrpv.vdma.org/en/>
- [3] VDMA. (2019). **International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV)**. สืบค้นจาก <https://itrpv.vdma.org/en/>
- [4] National Renewable Energy Laboratory (NREL). (ม . ป . ป .). **Best Research-Cell Efficiency Chart**. สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2567, จาก <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>
- [5] Sun, X., Khan, M.R., Deline, C. and Alam, M.A. (2018) Optimization and performance of bifacial solar modules: a global perspective. **Apply Energy**. 212, 1601–10.
- [6] Gu, W., Ma, T., Li, M., Lu, S. and Zhang, Y. (2020). A coupled optical-electrical-thermal model of the bifacial photovoltaic module. **Apply Energy**. 258.
- [7] Wei, Q., Wu, C., Liu, X., Zhang, S., Qian, F., Lu, J., Lian, W. and Ni, P. (2016). The glass-glass module using n-type bifacial solar cell with PERT structure and its performance. **Energy Procedia**. 92, 750–4.
- [8] Asgharzadeh, A., Lubenow, T., Sink, J., Marion, B., Deline, C., Hansen, C., Stein, J. and Toor, F. (2017). **Analysis of the Impact of Installation Parameters and System Size on Bifacial Gain and Energy Yield of PV Systems**. Albuquerque : Sandia National Laboratories.
- [9] Jose, E., Aguilera, C., and Hauser, P.S. (2016). Multi-Variable Bifacial Photovoltaic Module Test Results and Best-Fit Annual Bifacial Energy Yield Model. **IEEE**. 4, 498-506.

- [10] Yusufoglu, U.A., Pletzer, T.M., Koduvelikulathu, L.J., Comparotto, C., Kopecek, R. and Kurz, H. (2015). Analysis of the annual performance of bifacial modules and optimization methods. **IEEE J. Photovolt.** 5 (1), 320-328
- [11] Wang, S., Wilkie, O., Lam, J., Steeman, R., Zhang, W., Khoo, K.S., Siong, S.C. and Rostan, H. (2015). Bifacial photovoltaic systems energy yield modelling. **Energy Procedia.** 77, 428–33.
- [12] LG. **Bifacial Design Guide.** สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2567, จาก https://www.lg.com/global/business/download/resources/solar/Bifacial_design_guide_Full_ver.pdf
- [13] เสริม จันทร์ฉาย. (2560). **รังสีอาทิตย์.** นครปฐม : หน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [14] Couillard Solar Foundation. (ม.ป.ป.). **Design Tips for Bifacial Solar Arrays.** สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2567, จาก <https://couillardsolarfoundation.org/design-tips-for-bifacial-solar-panels/>