

การศึกษาและวิเคราะห์การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับพื้นที่เป้าหมาย เพื่อการใช้พลังงานให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับโหลดที่อยู่อาศัย

Study And Analysis of The Optimal Installation of Solar Cell Systems for Target Areas to Maximize Energy Efficiency for Residential Loads

ทศวรรษ มีมิ่งขวัญ¹ วณโน ยี่คำ¹ และ เวคิน ปิยรัตน์^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ thossawat.gseg@g.swu.ac.th wannoo@g.swu.ac.th
wekin@g.swu.ac.th*

บทคัดย่อ

ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในภาคที่อยู่อาศัยส่งผลให้เกิดการนำเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic: PV) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (Hybrid Off-Grid System) ในพื้นที่เป้าหมาย 5 จังหวัด ได้แก่ 1. ปทุมธานี 2. กรุงเทพมหานคร 3. สุพรรณบุรี 4. ชลบุรี และ 5. นครนายก โดยเก็บข้อมูลด้านรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ และโหลดทางไฟฟ้าของครัวเรือนเพื่อนำมาประเมินการเลือกใช้อุปกรณ์ในการติดตั้ง พร้อมทั้งประสิทธิภาพของระบบผ่านตัวชี้วัดมาตรฐาน ได้แก่ อัตราส่วนประสิทธิภาพของระบบ (Performance Ratio: PR), สัดส่วนการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Fraction: SF) และปัจจัยการใช้กำลังการผลิตของระบบ (Capacity Factor: CF)

ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของทั้ง 5 พื้นที่มีค่า PR = 0.8382 (≈83%), SF = 0.9222 (≈92%) และ CF = 0.1562 (≈15.6%) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสากล โดยกรุงเทพมหานครมีค่า PR สูงที่สุด (84.6%) สุพรรณบุรีมีค่า SF สูงสุด (116%) และชลบุรีมีค่า CF สูงสุด (17.6%) ขณะที่นครนายกมีค่าต่ำสุดในทุกตัวชี้วัด ผลลัพธ์นี้สะท้อนถึงความแตกต่างเชิงพื้นที่ที่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบ การออกแบบและติดตั้งจึงจำเป็นต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขเฉพาะพื้นที่เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และความเสถียรภาพของระบบ อีกทั้งยังเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาระบบสมรรถนะและการจัดการพลังงานอัจฉริยะในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบเซลล์แสงอาทิตย์, การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

Abstract

The increasing demand for residential electricity has led to the widespread adoption of renewable energy technologies, particularly solar photovoltaic (PV) systems. This study focuses on the installation of Hybrid Off-Grid PV systems in five target provinces in Thailand: 1. Pathum Thani, 2. Bangkok, 3. Suphan Buri, 4. Chon Buri, and 5. Nakhon Nayok. Data on solar irradiance, ambient temperature, and household electrical loads were collected to evaluate equipment selection and system performance. The assessment was conducted using three standard indicators: Performance Ratio (PR), Solar Fraction (SF), and Capacity Factor (CF).

The results indicate that the average values across the five sites are PR = 0.8382 (≈83%), SF = 0.9222 (≈92%), and CF = 0.1562 (≈15.6%), which are consistent with international

benchmarks. Bangkok recorded the highest PR (84.6%), Suphan Buri achieved the highest SF (116%), and Chon Buri had the highest CF (17.6%), while Nakhon Nayok showed the lowest performance across all indicators. These outcomes highlight the strong influence of site-specific conditions on PV system efficiency, emphasizing the need for customized design and installation to ensure economic feasibility and operational stability. Moreover, the findings provide an essential basis for future advancements in smart grid integration and intelligent energy management systems.

Keywords: Solar cell system, Efficiency analysis

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันการใช้พลังงานมีมากขึ้นในทุกวัน โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าที่เป็นปัจจัยหลักสำคัญสำหรับการใช้ชีวิตประจำวัน จึงก่อให้เกิดเทคโนโลยีต่างๆ สำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้ใช้งานอย่างคุ้มค่า ลดค่าใช้จ่ายจากพลังงานดั้งเดิมที่ใช้งานอยู่ โดยที่พลังงานที่เข้ามาทดแทนหรือเสริมประสิทธิภาพในการใช้งานนั้น ก็คือพลังงานหมุนเวียน กล่าวถึงพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ที่เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน และมีแนวโน้มที่จะมีการใช้งานพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ โดยปัญหาที่พบจากการใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์ คือ ประสิทธิภาพของระบบที่ทำงานได้ไม่เต็มกำลังการผลิต การทำงานที่ไม่สามารถจัดสรรโหลดทางไฟฟ้าที่ใช้งานภายในที่อยู่อาศัยได้ การใช้งานโหลดทางไฟฟ้าที่เกินกำลังของระบบ [1-5]

ด้านตัวชี้วัด Performance Ratio (PR) ได้รับการกำหนดมาตรฐานใน IEC 61724 [6] และถูกใช้อย่างแพร่หลายในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ PV โดยงานวิจัยของ Fraunhofer ISE [7] และ NREL [8] ระบุว่าระบบที่ออกแบบได้ดีจะมีค่า PR อยู่ระหว่าง 75–90%

ด้านตัวชี้วัด Solar Fraction (SF) ถูกใช้สำหรับระบบโซลาร์เซลล์แบบไฮบริด โดย Yadav และคณะ [9] รวมถึง Al-Waeli และคณะ [10] พบว่าค่า SF อยู่ในช่วง 70–90% ขึ้นกับความจุแบตเตอรี่และรูปแบบการใช้โหลดไฟฟ้า

ในด้าน Capacity Factor (CF) งานของ IEA PVPS [11] รายงานว่าระบบ PV ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีค่า CF เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 15–20% โดยมีความผันผวนขึ้นกับศักยภาพรังสีแสงอาทิตย์และสภาพภูมิอากาศ งานล่าสุดของ Zhang และคณะ [12] รวมถึง Kumar และคณะ [13] ยังเน้นย้ำถึงผลกระทบของอุณหภูมิและการเสื่อมสภาพของแผงที่ควรถูกนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์ CF

โดยงานวิจัยนี้จะแก้ปัญหาได้โดยการศึกษาค่าตัวชี้วัดมาตรฐานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ 1. อัตราส่วนประสิทธิภาพของระบบ (Performance Ratio: PR), 2. สัดส่วนการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Fraction: SF) และ 3. ปัจจัยการใช้กำลังการผลิตของระบบ (Capacity Factor: CF) เพื่อให้ได้ค่ามาตรฐานตามที่ต้องการในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น สำหรับการพัฒนาในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตกำลังงานไฟฟ้า และจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมในการใช้งานต่อไป

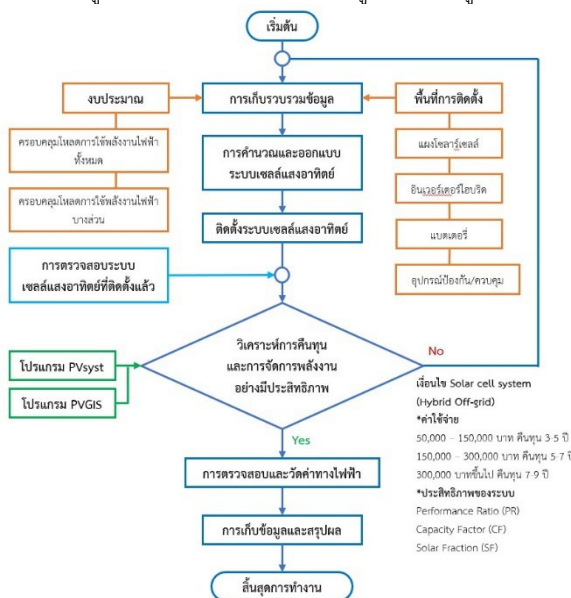
หัวข้อที่นำเสนอในบทความนี้จะมมีทั้งหมด 7 หัวข้อหลัก ได้แก่ วิธีการเก็บข้อมูลระบบเซลล์แสงอาทิตย์, อุปกรณ์ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์, กำลังการผลิตในระบบเซลล์แสงอาทิตย์, โดเมนภาพรวมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์, การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์, การวิเคราะห์ข้อมูลของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

2. การเก็บข้อมูลระบบเซลล์แสงอาทิตย์

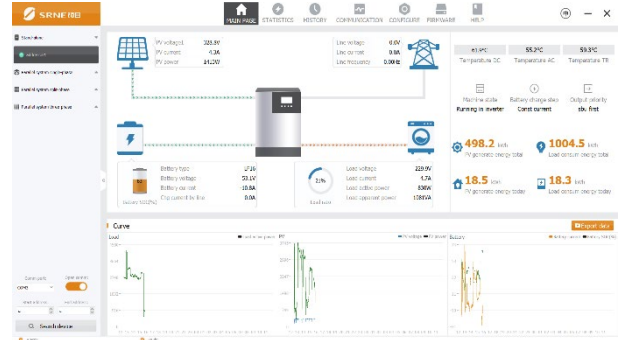
2.1 วิธีการเก็บข้อมูลระบบเซลล์แสงอาทิตย์

การดำเนินงานวิจัยมีพื้นที่ทั้งหมด 5 จังหวัด ได้แก่ 1. ปทุมธานี, 2. กรุงเทพมหานคร, 3. สุพรรณบุรี, 4. ชลบุรี และ 5. นครนายก เพื่อการศึกษาล้างงานแสงอาทิตย์, การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์พร้อมกับอุปกรณ์ควบคุม, การเก็บข้อมูลจากโปรแกรม iPower และ Family BMS, การศึกษาประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์, และการนำระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งไปแล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ โดยวิธีการทำงานแสดงตามรูปที่ 1

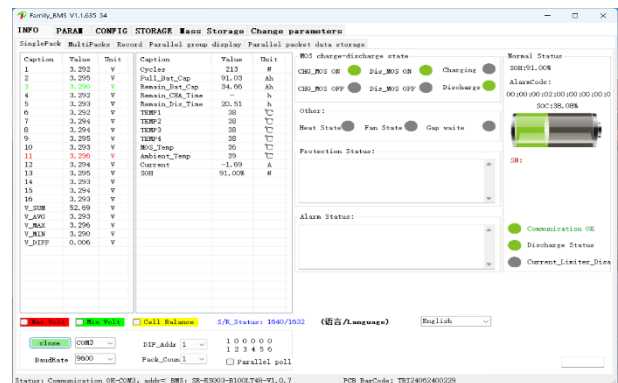
โปรแกรม iPower เก็บข้อมูลจากอินเวอร์เตอร์ [14], และ Family BMS เก็บข้อมูลจากแบตเตอรี่ [15] แสดงตามรูปที่ 2 และ รูปที่ 3



รูปที่ 1 แผนผังการเก็บข้อมูลระบบเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2 โปรแกรม iPower เก็บข้อมูลจากอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 3 โปรแกรม Family BMS เก็บข้อมูลจากแบตเตอรี่

2.2 อุปกรณ์ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

อุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ 1. ความต้องการใช้งานโหลด และ 2. งบประมาณ เมื่อรู้ถึงความต้องการที่ใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จะได้ข้อมูลของอุปกรณ์หลัก 3 อย่าง คือ 1. แผงโซลาร์เซลล์ 2. อินเวอร์เตอร์ไฮบริด และ 3. แบตเตอรี่ ดังรูปที่ 4 ถึง รูปที่ 6 (ยกตัวอย่างมาจากจังหวัดสุพรรณบุรี 1 จังหวัด)



รูปที่ 4 แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 580 W จำนวน 30 แผง



รูปที่ 5 อินเวอร์เตอร์ไฮบริดขนาด 5 kW จำนวน 3 เครื่อง และอุปกรณ์ควบคุม



รูปที่ 6 แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟตขนาด 51.2V 200Ah 10.24 kWh

2.3 กำลังการผลิตในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

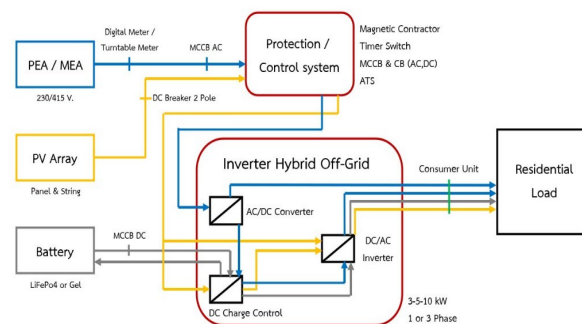
กำลังการผลิตของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ 5 จังหวัด มีความแตกต่างกัน ตามความต้องการในการใช้งานโหลดทางไฟฟ้า โดยขึ้นอยู่กับปริมาณ พื้นที่การติดตั้ง และข้อมูลศักยภาพของแสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งทั้ง 5 จังหวัด มีกำลังการผลิตและอุปกรณ์ที่ใช้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 กำลังการผลิตและอุปกรณ์ที่ใช้

ที่ตั้ง	ปทุมธานี	กรุงเทพมหานคร	สุพรรณบุรี	ชลบุรี	นครนายก
แผงโซลาร์เซลล์	450 W 6 Panel 1 String	550 W 32 Panel 2 String	580 W 30 Panel 3 String	580 W 8 Panel 1 String	555 W 4 Panel 1 String
อินเวอร์เตอร์	3 kW 1 P 1 Unit	10 kW 1 P 2 Unit (20 kW)	5 kW 1 P 3 Unit (5kW 3P)	5 kW 1 P 1 Unit	3 kW 1 P 1 Unit
แบตเตอรี่	LiFePo4 12V 80 Ah 1 Unit	Gel 12V 100 Ah 8 Unit	LiFePo4 51.2V 200 Ah 1 Unit	LiFePo4 51.2V 100 Ah 1 Unit	Gel 12V 55 Ah 2 Unit

2.4 ไดอะแกรมภาพรวมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

การวางระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีวงจรควบคุมและป้องกันเพื่อการใช้งานที่ปลอดภัยไม่กระทบต่อแหล่งพลังงานที่ต่างกัน จึงต้องมีการวางแนวทางการติดตั้งของอุปกรณ์ ดังรูปที่ 7 โดยเป็นการบอกถึงภาพรวมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ 5 จังหวัด



รูปที่ 7 ไดอะแกรมภาพรวมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

2.5 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

2.5.1 อัตราส่วนประสิทธิภาพของระบบ (Performance Ratio (PR)) คือ ค่าที่วัดความสามารถของระบบโซลาร์เซลล์ในการผลิตพลังงานเทียบกับพลังงานที่ควรผลิตได้ภายใต้สภาพแวดล้อมจริง ดังสมการที่ 1 [16-17]

$$PR = \frac{\text{พลังงานที่ผลิตได้จริง (kWh)}}{\text{พลังงานที่ควรผลิตได้ในเงื่อนไข STC (kWh)}} \quad (1)$$

2.5.2 สัดส่วนการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Fraction (SF)) คือ ค่าที่เป็นอัตราส่วนของพลังงานจากระบบโซลาร์เซลล์ที่สามารถใช้แทนพลังงานจากแหล่งอื่น เช่น ใช้แทนจากการไฟฟ้า ดังสมการที่ 2 [18-19]

$$SF = \frac{\text{พลังงานที่ผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์ (kWh)}}{\text{พลังงานที่ใช้โดยโหลดทั้งหมด (kWh)}} \quad (2)$$

2.5.3 ปัจจัยการใช้อำนาจการผลิตของระบบ (Capacity Factor (CF)) คือ ค่าที่บ่งบอกว่าสัดส่วนของพลังงานที่ผลิตจริงเมื่อเทียบกับพลังงานที่ระบบควรผลิตได้หากทำงานเต็มกำลังตลอดเวลา ดังสมการที่ 3 [20]

$$CF = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จริง (kWh)}}{\text{กำลังการผลิตติดตั้ง (kWp) \times เวลาทั้งหมด (ชั่วโมง)}} \quad (3)$$

2.5.4 การวิเคราะห์เชิงลึกของตัวชี้วัดทั้งสาม

2.5.4.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า PR

- อุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature): การทำงานของแผงโซลาร์เซลล์จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้พื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงอย่างสุพรรณบุรีและนครนายกมีค่า PR ต่ำกว่า

- การบังเงา (Shading Effect): อาคาร ต้นไม้ หรือสิ่งกีดขวางส่งผลให้พลังงานที่ผลิตได้ลดลง ส่งผลให้ค่า PR ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในบางพื้นที่

- ประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (Inverter Efficiency): อินเวอร์เตอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำหรือติดตั้งไม่เหมาะสมทำให้สูญเสียพลังงาน ส่งผลต่อค่า PR โดยตรง

2.5.4.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า SF

- ศักยภาพรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Irradiance Potential): จังหวัดสุพรรณบุรีมีค่ารังสีเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่อื่น ส่งผลให้ค่า SF สูงเกิน 100% ซึ่งหมายถึงการผลิตเกินความต้องการโหลด

- โหลดไฟฟ้าของครัวเรือน (Household Load Profile): หากปริมาณโหลดต่ำเมื่อเทียบกับกำลังผลิต จะทำให้ค่า SF สูงขึ้น ในทางกลับกัน หากโหลดสูงกว่าพลังงานที่ผลิตได้ เช่น ในกรุงเทพมหานครและนครนายก ค่า SF จะต่ำลง

- การกักเก็บพลังงาน (Energy Storage): ขนาดแบตเตอรี่ที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้พลังงานที่ผลิตได้บางส่วนสูญเสียไป ส่งผลต่อค่า SF

2.5.4.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า CF

- กำลังการผลิตติดตั้ง (Installed Capacity): หากกำลังการผลิตสูงเมื่อเทียบกับการใช้งานจริง ค่า CF อาจลดลงแม้จะผลิตพลังงานได้มาก

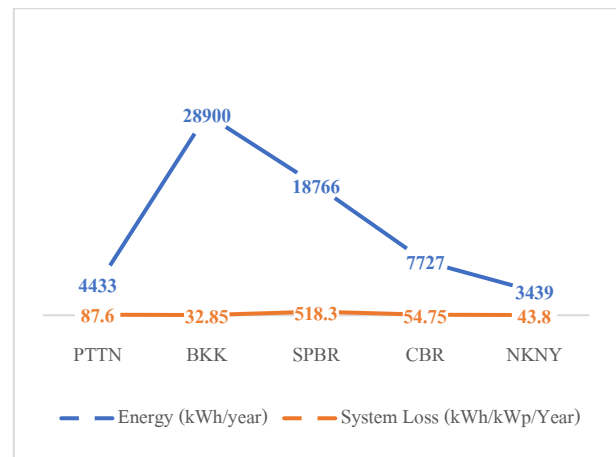
- ศักยภาพรังสีและภูมิอากาศ (Irradiance and Weather): จังหวัดชลบุรีที่มีค่ารังสีเฉลี่ยต่อปีสูงและสภาพอากาศคงที่ ส่งผลให้ค่า CF สูงที่สุด (17.6%)

- ความต่อเนื่องในการผลิต (System Availability): หากระบบมีเวลาหยุดทำงานบ่อย (downtime) เช่น การบำรุงรักษาหรือความผิดพลาดในการเชื่อมต่อ ค่า CF จะลดลง

3. ผลการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล และปัจจัยที่เกี่ยวข้องของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จะได้ข้อมูลดังกราฟ รูปที่ 8 โดยอ้างอิงพลังงานที่ผลิตได้ และสูญเสียในระบบต่อปี เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการเก็บข้อมูลการพัฒนา และปรับปรุงระบบเซลล์แสงอาทิตย์ต่อไป โดยที่สามารถเปรียบเทียบข้อมูลจากการคำนวณทางทฤษฎี และค่าในโปรแกรม iPower ที่วัดได้จริงจากการเก็บข้อมูลที่อินเวอร์เตอร์ไฮบริด แต่ละ 5 จังหวัด ได้แก่ 1. ปทุมธานี (PTTN), 2. กรุงเทพมหานคร (BKK), 3. สุพรรณบุรี (SPBR), 4. ชลบุรี (CBR) และ 5. นครนายก (NKNY)



รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh/year) และค่าการสูญเสียของระบบ (kWh/kWp/year) ในพื้นที่เป้าหมาย 5 จังหวัด

จากรูปที่ 8 พบว่า กรุงเทพมหานครมีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตสูงสุด และค่าการสูญเสียน้อยที่สุด ขณะที่สุพรรณบุรีมีค่าการสูญเสียสูงแม้จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในระดับปานกลาง สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบระบบ และปัจจัยเฉพาะพื้นที่ ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

3.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 9 คือ กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของพื้นที่ 5 จังหวัดที่ทำการศึกษ ได้แก่ 1. ปทุมธานี (PTTN), 2. กรุงเทพมหานคร (BKK), 3. สุพรรณบุรี (SPBR), 4. ชลบุรี (CBR) และ 5. นครนายก (NKNY) โดยเปรียบเทียบค่า ระหว่าง อัตราส่วนประสิทธิภาพของระบบ (Performance Ratio (PR)), สัดส่วนการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Fraction (SF)) และปัจจัยการใช้อำนาจการผลิตของระบบ (Capacity Factor (CF)) เพื่อพัฒนาระบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ให้ดียิ่งขึ้น โดยที่ค่าต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ดีตามมาตรฐานตามตารางที่ 2

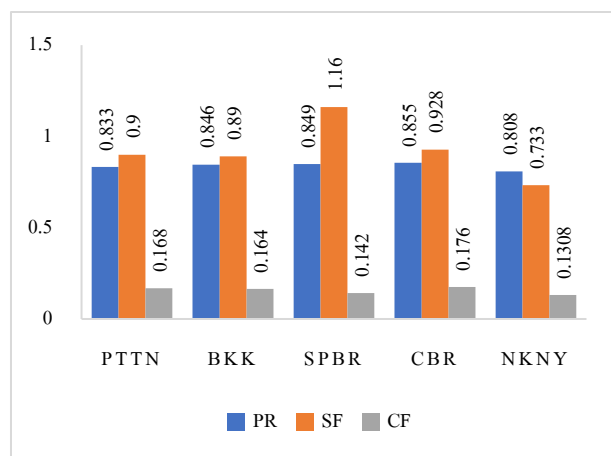
ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดค่ามาตรฐาน

ตัวชี้วัด	นิยาม	ค่ามาตรฐาน
Performance Ratio (PR)	อัตราส่วนประสิทธิภาพของระบบ	75–90%
Solar Fraction (SF)	สัดส่วนการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Hybrid)	50–90%
Capacity Factor (CF)	ปัจจัยการใช้จ่ายการผลิตของระบบ	15–25%

3.2.1 อัตราส่วนประสิทธิภาพของระบบ (Performance Ratio (PR)) คำนี้นสะท้อนถึงประสิทธิภาพเชิงเทคนิคของระบบ หาก PR ต่ำกว่า 75% อาจบ่งชี้ถึงปัญหาด้านการติดตั้ง เช่น เงาบัง, การเดินสายที่ไม่ได้มาตรฐาน, หรืออินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพต่ำ ส่วนระบบที่มี PR สูง (>85%) แสดงถึงการออกแบบที่ดี และการดูแลระบบอย่างเหมาะสม

3.2.2 สัดส่วนการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Fraction (SF)) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในระบบไฮบริดหรือออฟกริด ค่า SF สูงบ่งบอกว่า โหลดสามารถพึ่งพาพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้มาก ซึ่งช่วยลดภาระการพึ่งพาไฟฟ้าจากโครงข่าย (Grid) แต่อย่างไรก็ตาม ค่า SF ที่สูงมากเกินไป โดยไม่มีแบตเตอรี่สำรอง อาจทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานส่วนเกินในช่วงเวลาที่ไม่ใช้โหลด

3.2.3 ปัจจัยการใช้จ่ายการผลิตของระบบ (Capacity Factor (CF)) คำนี้นสะท้อนถึงการใช้ศักยภาพของระบบโดยรวมในเชิงเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีศึกษาหลายพื้นที่ ค่า CF สามารถใช้เปรียบเทียบความเหมาะสมของศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ตามภูมิประเทศ หากค่า CF ต่ำกว่า 15% อาจเกิดจากตำแหน่งติดตั้งไม่เหมาะสม เช่น ทิศทางแผงไม่สัมพันธ์กับทิศทางแสง หรือพื้นที่มีเมฆมากในช่วงสำคัญ



รูปที่ 9 เปรียบเทียบค่า Performance Ratio (PR), Solar Fraction (SF) และ Capacity Factor (CF) ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ใน 5 จังหวัด

4. บทสรุป

จากรูปที่ 9 เปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ใน 5 จังหวัด ได้แก่ ปทุมธานี (PTTN), กรุงเทพมหานคร (BKK), สุพรรณบุรี (SPBR), ชลบุรี (CBR) และ นครนายก (NKNY) พบประเด็นที่น่าสนใจ ดังนี้

4.1 Performance Ratio (PR)

- ทุกพื้นที่มีค่า PR อยู่ในช่วง 0.808 – 0.855 (80.8-85.5%) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีตามมาตรฐาน (75–90%)

- ชลบุรี (CBR) และ สุพรรณบุรี (SPBR) มีค่า PR สูงสุด (0.855 และ 0.849) สะท้อนถึงคุณภาพของการออกแบบระบบและประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีและการสูญเสียน้อย

- นครนายก (NKNY) มี PR ต่ำสุด (0.808) แต่ยังคงอยู่ในระดับยอมรับได้ อาจเกิดจากสภาพภูมิอากาศและการบังเงา

4.2 Solar Fraction (SF)

- มีค่าระหว่าง 0.733 - 1.16 (73.3–116%)

- ค่าสูงที่สุดพบใน สุพรรณบุรี (SPBR) ที่ 1.16 ซึ่งเกิน 100% อาจแสดงถึงการผลิตพลังงานเกินโหลดที่ใช้จริง และควรมีการจัดการพลังงานส่วนเกิน (เช่น ส่งเข้ากริดหรือกักเก็บ)

- นครนายก (0.733) มีค่า SF ต่ำกว่าพื้นที่อื่น บ่งชี้ถึงการพึ่งพาโครงข่ายไฟฟ้า (Grid) สูงกว่าพื้นที่อื่น

4.3 Capacity Factor (CF)

- ทุกพื้นที่มีค่า CF อยู่ในช่วง 0.1308 – 0.176 (13.1-17.6%) ซึ่งโดยรวมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (15–25%)

- ชลบุรี (CBR) มีค่า CF สูงสุด (0.176) บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้จ่ายการผลิตของระบบได้ดี

- นครนายก (NKNY) มีค่า CF ต่ำสุด (0.1308) แสดงถึงการใช้จ่ายพลังงานที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ สอดคล้องกับค่า PR และ SF ที่ต่ำสุดด้วยข้อสังเกต

- กรุงเทพฯ และชลบุรี มีค่า PR สูง แสดงถึงประสิทธิภาพระบบโดยรวมที่ดี

- สุพรรณบุรี แม้ค่า PR ไม่สูงที่สุด แต่ค่า SF สูงเกิน 100% บ่งชี้ถึงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ที่มากเกินความต้องการโหลด

- นครนายก มีค่าต่ำทั้ง PR, SF และ CF สะท้อนข้อจำกัดด้านศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการออกแบบระบบ ผลการศึกษา พบว่าจากกราฟเปรียบเทียบค่า PR, SF และ CF ของทั้ง 5 จังหวัด พบว่า กรุงเทพมหานคร สุพรรณบุรี และชลบุรีมีค่า PR สูง แสดงถึงการออกแบบระบบที่มีประสิทธิภาพ ส่วน สุพรรณบุรีมีค่า SF สูงสุดเกิน 100% (อยู่ที่ 116%) สะท้อนถึงศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าเกินความต้องการโหลด ขณะที่ นครนายกมีค่าตัวชี้วัดทั้งสามต่ำสุด ซึ่งแสดงให้เห็นข้อจำกัดเชิงพื้นที่ที่ควรถูกนำมาพิจารณาในการออกแบบระบบ เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Almazrouei, S., Hamid, A. K., & Shamsuzzaman, M. (2018, 25-28 Feb. 2018). Predictive energy management in large-scale grid connected PV-batteries system. 2018 5th International Conference on Renewable Energy: Generation and Applications (ICREGA),

- [2] Barara, M., Alnejali, T., Labdai, S., Ouriagli, M., & Chrifi-Alaoui, L. (2021, 23-27 Nov. 2021). Energy management strategy for a hybrid PV-Battery isolated system. 2021 9th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC),
- [3] Houam, Y., Tayeb, A. S., & Khelifa, A. (2022, 6-10 May 2022). An Economic Strategy for Energy Management of a Residential Grid-Connected PV-Battery System. 2022 19th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD),
- [4] Masango, F. I., Jordaan, J., & Nnachi, A. F. (2023, 20-22 Sept. 2023). Modeling and Analysis of Residential DC Microgrid Energy Management Using System of Systems Architecture. 2023 IEEE AFRICON,
- [5] Polprasert, J., Wannakhong, K., Narkvichian, P., & Oonsivilai, A. (2021, 20-22 Oct. 2021). Home Energy Management System and Optimizing Energy in Microgrid Systems. 2021 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI),
- [6] IEC 61724: Photovoltaic system performance monitoring – Guidelines for measurement, data exchange, and analysis, IEC, 2021.
- [7] Fraunhofer ISE, Photovoltaics Report, Freiburg, Germany, 2023.
- [8] NREL, Best Practices for PV System Performance Analysis, USA, 2022.
- [9] Yadav, A., et al., “Performance Assessment of Hybrid PV-Battery Systems Using Solar Fraction,” Renewable Energy, vol. 185, pp. 1201–1213, 2022.
- [10] Al-Waeli, A., et al., “Evaluation of Solar Fraction in Hybrid Photovoltaic Systems,” Energy Reports, vol. 8, pp. 5490–5503, 2022.
- [11] IEA PVPS, Trends in Photovoltaic Applications, International Energy Agency, 2023.
- [12] Zhang, H., et al., “Temperature Impacts on PV Performance in Tropical Climates,” IEEE Access, vol. 11, pp. 56723–56734, 2023.
- [13] Kumar, P., et al., “Capacity Factor Benchmarking of PV Systems in Southeast Asia,” Solar Energy, vol. 245, pp. 132–145, 2024.
- [14] iPower, Version: VI.20, SRNE
- [15] FamilyBMS, Version: V1.1.635-54, SRNE
- [16] Fraunhofer ISE. "Photovoltaics Report." Freiburg, Germany, 2015.
- [17] IEC 61724. "Photovoltaic system performance monitoring – Guidelines for measurement, data exchange and analysis."
- [18] Duffie, J.A., & Beckman, W.A. "Solar Engineering of Thermal Processes." John Wiley & Sons, 2013.

[19] NREL. “PV System Design Guidelines.” National Renewable Energy Laboratory, USA.

[20] IEA PVPS. “Trends in Photovoltaic Applications.” International Energy Agency, 2022.



ประวัติผู้เขียนบทความคนที่ 1

นายทศวรรษ มีมิ่งขวัญ

กำลังศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

งานวิจัยที่สนใจ พลังงานทดแทน (ระบบเซลล์แสงอาทิตย์)



ประวัติผู้เขียนบทความคนที่ 2

ดร.วันโน ยีต้า

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

งานวิจัยที่สนใจ การออกแบบระบบควบคุม, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, คุณภาพระบบไฟฟ้ากำลัง และพลังงานทดแทน