

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์ภายหลังการติดตั้ง: กรณีศึกษาอาคารเฉลิมพระเกียรติ วิทยาลัยเชียงราย

Performance Evaluation of Solar Cell System after Installation: A Case Study of Chaloei-Phra-Kiat Education Building,
Chiang Rai College

อดิเทพ บุญเสริม¹ ดำรงศักดิ์ วงศ์ตา¹ และศตวรรษ เมืองขึ้น^{1*}

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย Satawat.Muangchuen@crc.ac.th*

1. บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งบนอาคารเฉลิมพระเกียรติ วิทยาลัยเชียงราย โดยเก็บข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า รวมถึงค่าไฟฟ้าระหว่างเดือนพฤษภาคม 2566 ถึงเมษายน 2568 รวม 24 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ย 9,571.67 หน่วยต่อเดือน รวม 114,860 หน่วยต่อปี คิดเป็นร้อยละ 27.19 ของความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร โดยมีค่า Capacity Factor เท่ากับ 13.11% และ Performance Ratio เท่ากับ 66.76% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ระบบสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าได้รวม 603,103.05 บาทต่อปี หรือเฉลี่ย 43,078.79 บาทต่อเดือน และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี 9 เดือน ผลการศึกษาสะท้อนว่าการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคารเรียน

คำสำคัญ: ระบบโซลาร์เซลล์ การประเมินประสิทธิภาพ ค่าความสามารถในการผลิตจริง ผลตอบแทนการลงทุน

2. Abstract

This study evaluates the performance of a solar photovoltaic (PV) system installed on the Chaloei-Phra-Kiat Education Building at Chiang Rai College. Data were collected over 24 months (May 2023–April 2025) on electricity generation, consumption, and utility costs. Results showed that the system generated an average of 9,571.67 kWh per month, totaling 114,860 kWh per year, covering 27.19% of the building's electricity demand. The system achieved a Capacity Factor of 13.11% and a Performance Ratio of 66.76%, which are within standard efficiency ranges. It contributed to annual electricity cost savings of 603,103.05 THB, with a payback period of approximately 2 years and 9 months. The findings indicate that rooftop solar PV systems are an effective and feasible solution for energy cost reduction and renewable energy adoption in educational buildings.

Keywords: Solar cell system, Performance evaluation, Capacity Factor, Performance Ratio, Return on investment

3. ข้อมูลทั่วไป

สถานการณ์พลังงานไทยในปี 2566 แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.8 ซึ่งสะท้อนถึงการฟื้นตัวทางเศรษฐกิจในประเทศ ด้านการใช้ไฟฟ้า มีการเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.4 เกือบทุกภาคส่วน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จึงได้มีการกำหนดเป้าหมายในแผนการพัฒนากำลังการผลิตและพลังงานทางเลือก (2558 - 2579) ให้มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ได้ 6,000 เมกะวัตต์ ภายในปี พ.ศ. 2579

งานวิจัยจากกันต์ ปานประยูร ศึกษาาระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคาขนาด 8 kW พบว่า ผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย 978.64 kWh/เดือน หากขยายระบบเป็น 0.5 MW จะผลิตไฟฟ้าได้ 16.8 ล้านหน่วยใน 25 ปี ช่วยลดการปล่อยคาร์บอน 9,531.73 ตัน จุดคืนทุนอยู่ที่ 12–24 ปี ตามอัตราซื้อขายไฟ [1]

ชัชชัย วรพัฒน์ และคณะ ศึกษาาระบบโซลาร์เซลล์ 9.60 kW ในสำนักงาน พบว่า ผลิตไฟฟ้าปีแรก 12,222 kWh อายุโครงการ 25 ปี ผลผลิตรวม 287,890 kWh มีระยะเวลาคืนทุน 6.7 ปี และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 695,702 บาท [2]

ศาดตรา ศิริแก้ว และคณะ ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประเมินศักยภาพการติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคา อาคารเอ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พบหลังคาสามารถติดตั้งได้ 972 แผง กำลังติดตั้งรวม 291.6 kW ผลิตไฟฟ้ารวม 474.20 MWh/ปี โดยเน้นเลือกทิศทางและตำแหน่งติดตั้งเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด

ธีระศักดิ์ วาทยโยธา ศึกษาาระบบโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ Vanadium Redox Flow (VRF) ที่โรงพยาบาลทั่วไปในพื้นที่ปลายสายส่ง พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าได้ 175,255.1 kWh/ปี ลดค่าไฟฟ้าประมาณ 708,030 บาท และลดพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ 0.0151 ktoe/ปี แบตเตอรี่รองรับไฟตกดับ 115 ครั้ง ช่วยรักษาเสถียรภาพระบบไฟฟ้าและปกป้องอุปกรณ์ทางการแพทย์ [3]

ศักดิ์นรินทร์ ศรีบุญเรือง และ บุญยัง ปลั่งกลาง วิเคราะห์ระบบโซลาร์เซลล์แบบ 3 เฟส และ 1 เฟส ขนาด 10 kWp ในสมุทรปราการ โดยเก็บข้อมูลจริงและเปรียบเทียบการจำลองโปรแกรม Homer พบผลผลิตจริง 1,153 และ 1,126 kWh/เดือน ตามลำดับ ขณะที่ผลจำลองผลิต 773 และ 795 kWh/เดือน ค่า Performance Ratio (PR) เท่ากับ 96% สะท้อนประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกันของทั้งสองระบบ [4]

บทความนี้จึงนำเสนอการประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์ภายหลังการติดตั้ง: กรณีศึกษาอาคารเฉลิมพระเกียรติ วิทยาลัยเชียงราย โดยมุ่งเน้นวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจริงเทียบกับค่าประมาณการ พร้อมทั้งวัดประสิทธิภาพผ่านตัวชี้วัด ค่าความสามารถในการผลิต (Capacity Factor: CF) ผลผลิต ระบบ (System Yield: SY) ผลผลิต ต่อ อ้างอิง (Reference Yield: RY) และสัดส่วนประสิทธิภาพ (Performance Ratio: PR) ผลที่ได้จะช่วยให้ยืนยันความคุ้มค่าในการลงทุน (Return on Investment: ROI)

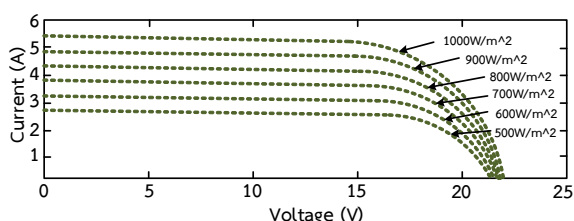
4. วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 พื้นฐานการสร้างและการเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์

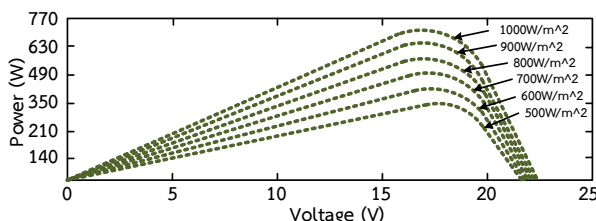
แรงดันไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เดี่ยวต่ำ จึงต้องต่อเซลล์หลายๆ ตัวแบบอนุกรมเป็นแผง (Solar panel) เพื่อเพิ่มแรงดัน แผงเซลล์จะมีแผ่นกระจกด้านหน้าเพื่อให้แสงผ่านและป้องกันความเสียหาย พร้อมวัสดุกันความชื้น เช่น ซิลิโคน และอีวีเอ เพื่อความทนทาน แผงเซลล์ประกอบเป็นพาเนล (Panel) เมื่อนำหลายพาเนลมาต่อกันเป็นสตริง (String) และสตริงหลายชุดต่อขนานเป็นอาร์เรย์ (Array) สำหรับการใช้งานที่หลากหลาย

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

การแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 11-15% สำหรับแผงเชิงพาณิชย์ โดยแผงที่มีประสิทธิภาพสูงสุดใช้เทคโนโลยี multijunction concentrator แปลงได้ถึง 44% ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ ได้แก่ ชนิดของแผง การติดตั้งที่เหมาะสมทั้งมุมและทิศทาง ในไทยติดตั้งให้หันทางทิศใต้และชัน 15 องศา ความเข้มโซลาร์เซลล์ ซึ่งสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้แรงดันและกำลังไฟฟ้าลดลง โดยทั่วไปแผงจะลดประสิทธิภาพ 0.5% ต่อปี และรับประกันพลังงานสูงกว่า 80% หลัง 25 ปี



รูปที่ 1 เส้นโค้งคุณสมบัติทางไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ของ I-V



รูปที่ 2 เส้นโค้งคุณสมบัติทางไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ของ P-V

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ที่แสดงเส้นโค้งแรงดัน-กระแส ของแผงโซลาร์เซลล์ แสดงค่าจุดกำลังสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ (Maximum Power Point : MPP) ซึ่งหมายถึงจุดที่ให้ทั้งกระแสและ

แรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังรูปที่ 1 และลักษณะเฉพาะแรงดัน-กำลังไฟฟ้า ดังรูปที่ 2 [5]

4.3 ปัจจัยในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

4.3.1 การประเมินความต้องการพลังงานไฟฟ้าขึ้นกับโหลดภายในระบบ การออกแบบระบบต้องพิจารณาตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เพื่อให้ทราบไฟฟ้าจริงที่สามารถจ่ายไฟได้ รวมถึงปริมาณพลังงานที่จำเป็นสำหรับใช้งาน เช่น หลอดไฟและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เพื่อวางระบบอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม

4.3.2 การประมาณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ คือการคำนวณพลังงานที่มีอยู่ ณ สถานที่โดยใช้ค่าชั่วโมงที่มีแสงอาทิตย์สูงสุด (Peak Sun Hour, PSH) ซึ่งหมายถึงเวลาที่พื้นที่นั้นได้รับแสงแดดเข้มข้นและไม่มีเมฆบดบังต่อวัน เช่น 5 PSH หมายความว่าพื้นที่ที่มีแสงแดดดีและปลอดเมฆประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวัน ค่านี้ช่วยในการวางแผนและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ได้อย่างแม่นยำ

4.3.3 การกำหนดขนาดอาร์เรย์โซลาร์เซลล์ ทำได้โดยหาความต้องการใช้พลังงานรายวันจากโหลดทั้งหมดในระบบ รวมทั้งพิจารณาประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์และปัจจัยอื่นที่ลดกำลังผลิตจริงการหาขนาดแผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมดโดยนำความต้องการพลังงาน (Whp)หารด้วย Peak Sun Hour (PSH) ที่เหมาะสมของพื้นที่ เช่น PSH ประมาณ 4-5 ชั่วโมงสำหรับประเทศไทย [6]

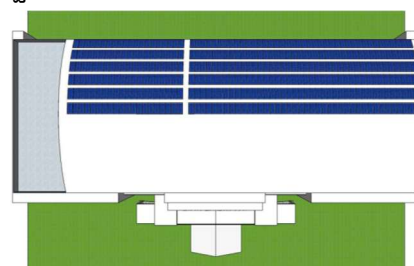
5. วิธีการศึกษา

5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

มีการเก็บข้อมูลจากระบบตรวจวัดและบริหารจัดการพลังงานของอาคารตั้งแต่พฤษภาคม 2023 ถึงเมษายน 2025 รวม 24 เดือน ข้อมูลที่เก็บได้แก่

- ข้อมูลค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าเรียกเก็บก่อน และหลังการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ โดยเก็บข้อมูลปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ ค่าไฟฟ้า
- ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ได้จากระบบตามปริมาณการผลิตในแต่ละเดือน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟ
- ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าถูกรวบรวมเป็นรายเดือน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์

5.2 พื้นฐานของอาคารที่ศึกษา



รูปที่ 3 พื้นฐานของอาคารที่ศึกษา

ระบบโซลาร์เซลล์ติดตั้งบนหลังคาอาคารสูง 7 ชั้น พื้นที่หลังคา 1,726 ตร.ม. (กว้าง 27 ม. ยาว 63 ม.) ตั้งอยู่ที่ ต.ป่าอ้อดอนชัย จ.เชียงราย (ละติจูด 19.863, ลองจิจูด 99.784) อาคารหันหน้าไปทางทิศเหนือ รับ

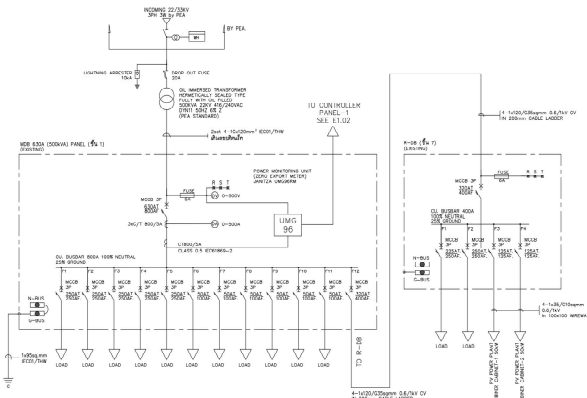
แสงอาทิตย์ทางซีกใต้ระหว่าง 07.00–17.00 น. แสงแดดแรงสุดช่วงเที่ยง และมีการใช้ไฟสูงสุดช่วงบ่าย บริเวณติดตั้งไม่มีเงาบังแผงโซลาร์เซลล์ ดังรูปที่ 3

5.3 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์

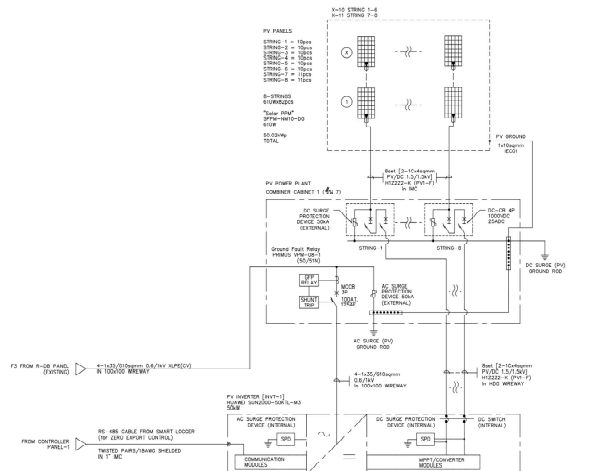
ตารางที่ 1 ข้อมูลการศึกษาการติดตั้งโซลาร์เซลล์

ข้อมูลแผงโซลาร์เซลล์	
ชนิดแผง	Mono
ยี่ห้อ	SOLAR PPM
กำลังการผลิต/แผง	610 W.
จำนวน	82x2set
กำลังการผลิตรวม	100kWp
ข้อมูลอินเวอร์เตอร์	
ยี่ห้อ	HUAWEI
รุ่น	SUN2000-50KTL-M3
กำลังการผลิต	50 kW.
จำนวน	2 เครื่อง
กำลังการผลิตรวม	100 kW.
ต้นทุนทั้งระบบ	1,417,523.16 บาท
ประสิทธิภาพของระบบ	ร้อยละ 80
Peak sun hour	4.5 (ชั่วโมง/วัน)

5.4 ระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ศึกษา



รูปที่ 4 การต่อระบบโซลาร์เซลล์เข้ากับระบบไฟของอาคาร



รูปที่ 5 การออกแบบระบบโซลาร์เซลล์

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ที่มีหลังคาเป็นทรงโค้ง จึงกำหนดให้ติดตั้งแผงวางตามแนวหลังคา เลือกอินเวอร์เตอร์ชนิด MPPT จากการออกแบบใช้แผงโซลาร์เซลล์พิกัด 610W จำนวน 164 แผง แบ่งเป็น 8 สตริง จำนวน 2 ชุด โดยสตริงที่ 1-6 จำนวน 10 แผง และสตริงที่ 7-8 จำนวน 11 แผง กำลังวัตต์ทั้งหมด 100 kWp ดังตารางที่ 1 อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินพิกัด 125AT/125AF ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5 Single Line Diagram ของระบบที่ออกแบบ

5.5 ผลประหยัที่เกิเกิดขึ้นเป็นจำนวนเงิน

ผลประหยัที่เกิจากการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ได้จากผลคูณของปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh) กับการค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท) ดังสมการที่ 2 ซึ่งปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละเดือน สามารถเก็บข้อมูลได้จากระบบตรวจวัดและบริหารจัดการพลังงาน

$$Cost_{save} = E_{gen} \times P_e \quad (2)$$

โดย $Cost_{save}$ คือ มูลค่าผลประหยัค่าไฟฟ้าต่อเดือน, E_{gen} คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ, P_e คือ ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย

6. ผลการศึกษา

6.1 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

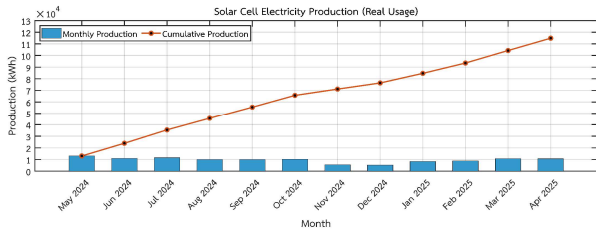
ปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากระบบโซลาร์เซลล์เป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของโครงการ โดยในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์ปริมาณการผลิตไฟฟ้าในสองส่วนหลัก ได้แก่ การประมาณการผลิตจากการคำนวณเบื้องต้นโดยใช้ข้อมูลด้านเทคนิคของระบบและสภาพภูมิอากาศ และการเก็บข้อมูลจากการใช้งานจริงหลังการติดตั้งระบบแล้ว เพื่อนำมาประเมินการทำงานของระบบในสภาพแวดล้อมจริง

6.1.1 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์จากการคำนวณ
กำลังการผลิตไฟฟ้าเบื้องต้น ในการประมาณการกำลังการผลิตได้อ้างอิงข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ระดับจังหวัดสำหรับประเทศไทย ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ที่อุณหภูมิการทำงาน 25°C โดยมีปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ตกกระทบบที่ 1,000W/m² ที่สภาวะมาตรฐาน (STC : Standard Test Condition) จากข้อมูลของระบบมีการติดตั้งแผงขนาด 610W จำนวน 164 แผง พื้นที่ติดตั้งรวม 492m² รวมกำลังการผลิตติดตั้ง 100.04 kWp

สามารถประมาณการกำลังการผลิตไฟฟ้าในเบื้องต้นได้ 156,037.50kWh ต่อเดือน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 13,003.13kWh ต่อเดือน ปริมาณการผลิตมีความแปรปรวนตามฤดูกาล โดยช่วงหน้าร้อนมีการผลิตสูง เนื่องจากมีแสงแดดมาก ส่วนช่วงหน้าฝนและหน้าหนาวมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ค่าประมาณการนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบ

6.1.2 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์จากการเก็บข้อมูล
การใช้งานจริง จากข้อมูลการตรวจวัดระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในช่วงเดือน 31 พฤษภาคม 2024 ถึง 30 เมษายน 2025 พบว่าผลิตไฟฟ้าสะสมได้รวม 114,860kWh หรือเฉลี่ย 9571.67kWh ต่อเดือน โดยเดือนพฤษภาคม 2024 ผลิตได้มากที่สุดคือ 13,040kWh และเดือนธันวาคม

2024 ผลิตได้น้อยที่สุดคือ 5,270kWh ความแตกต่างนี้เกิดจากปัจจัยหลายด้าน เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ สภาพอากาศ และหมอกควัน ซึ่งมีผลต่อชั่วโมงการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ในแต่ละวันและฤดูกาล



รูปที่ 6 การผลิตไฟฟ้าสะสม

6.1.3 การประเมินการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

Capacity Factor (CF) คืออัตราส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จริง ต่อค่าพลังงานไฟฟ้าจากกำลังการผลิตติดตั้ง ที่ผลิตไฟฟ้าได้ต่อเนื่องในช่วงเวลาเดียวกันดังสมการที่ (3) โดยพิจารณาจากเวลาที่ผลิตได้จริงเป็นชั่วโมงคือ 720 ชั่วโมงต่อเดือน หรือ 8,760 ชั่วโมงต่อปี

$$CF = \frac{E_{ac}}{P_o \times h} \quad (3)$$

โดย E_{ac} คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จริง, P_o คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประเมินได้จากกำลังการผลิตติดตั้ง, h คือ จำนวนชั่วโมงใน 1 ปี จะได้

$$CF = \frac{114,860}{100 \times 8,760} \times 100 \quad (4)$$

$$CF = 13.11\% \quad (5)$$

จากการศึกษาพบว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มีค่า CF เท่ากับ 13.11% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติของค่าเฉลี่ยของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ IEA รายงานซึ่งอยู่ระหว่าง 10–21% โดยทั่วไประบบจะผลิตไฟฟ้าได้เต็มที่เฉพาะช่วงที่มีแสงแดดวันละ 4–5 ชั่วโมง หรือประมาณ 1,825 ชั่วโมงต่อปี การที่ระบบมีค่า CF อยู่ในค่าเฉลี่ยปกติ สะท้อนถึงข้อจำกัดจากสภาพอากาศ และปัจจัยเฉพาะพื้นที่ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิต

System Yield คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อช่วงเวลา (kWh-period) ต่อกำลังการผลิตติดตั้ง (kWp) เป็นค่าที่แสดงถึงจำนวนชั่วโมงที่ระบบมีการจ่ายไฟฟ้าได้ ซึ่งจะบอกได้ว่าระบบสามารถจ่ายไฟฟ้าในหนึ่งวันได้กี่ชั่วโมง [13] ค่ามาตรฐานที่ปรับปรุงจากข้อมูลจริงระบบในไทย ระบบที่ดีมาก 4.2-4.5 h/day (PR > 80%) ระบบที่ดี 3.8-4.2 h/day (PR 75-80%) ระบบที่ปกติ 3.3-3.8 h/day (PR 65-75%) ระบบที่ต้องปรับปรุงต่ำกว่า 3.3 h/day (PR < 65%) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6)-(8)

$$System Yield = \frac{E_{ac} / 365}{P_o} \quad (6)$$

โดย E_{ac} คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ ในที่นี้ คือ 365 วัน, P_o คือ ขนาดของกำลังการผลิตติดตั้งทั้งหมด จะได้

$$System Yield = \frac{114,860 / 365}{100} \quad (7)$$

$$System Yield = 3.1468 \text{ kWh/kWp/day} \quad (8)$$

พบว่าระบบสามารถจ่ายไฟได้เฉลี่ยวันละ 3.1468 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อเทียบกับกำลังผลิตติดตั้ง ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำ ปัจจัยที่ทำให้การผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาศึกษานี้ลดลง ได้แก่ ฤดูกาล สภาพอากาศ และค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์จริงที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจากฐานข้อมูลระดับตำบล ซึ่งเป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่ควบคุมไม่ได้

Reference Yield คืออัตราส่วนระหว่างค่าพลังงานแสงอาทิตย์รวมบนระนาบแผงเซลล์ (H) ต่อความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มาตรฐาน (G) ซึ่งเท่ากับ 1,000 W/m² มีหน่วยเป็นชั่วโมง หรือ kWh/m²/day แสดงถึงจำนวนชั่วโมงที่มีแดดสูงสุดในช่วงเวลานั้นๆ

จากข้อมูลสภาพอากาศเชียงใหม่ตลอดปี 2567 พบว่าพลังงานแสงอาทิตย์ สูงสุดในเดือนเมษายนเท่ากับ 6.17 kWh/m²/day และต่ำสุดในเดือนสิงหาคมคือ 4.0 kWh/m²/day แสดงให้เห็นว่าช่วงฤดูร้อนมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูงกว่าฤดูฝน อุณหภูมิเฉลี่ย 20.7°C โดยร้อนสุดเดือนเมษายนเท่ากับ 24.22°C และเย็นสุดเดือนธันวาคมคือ 13.86°C สะท้อนลักษณะภูมิอากาศเขตร้อนชื้น มีฝนหนักช่วงพฤษภาคม-ตุลาคม สูงสุด 386mm ในสิงหาคม และแห้งแล้งช่วงพฤศจิกายน-เมษายน ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นรูปแบบสภาพอากาศแบบมรสุมเขตร้อนที่ชัดเจน เหมาะสำหรับการวางแผนกิจกรรมตามฤดูกาล จากข้อมูลความเข้มแสงรวมที่ได้ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าว คือ 4.713 kWh/m² หรือมีจำนวนชั่วโมงที่มีแดดสูงสุด 4.7 ชั่วโมงต่อวัน

Performance Ratio คือ อัตราส่วนระหว่าง System Yield ต่อ Reference Yield ซึ่งค่านี้จะบอถึงประสิทธิภาพของระบบ ผลกระทบจากการสูญเสียต่างๆ รวมทั้งช่วงเวลาที่ไม่มีผลผลิตไฟออกมา ค่า PR ที่พบจริงในไทยปกติระบบบ้านเรือนทั่วไปอยู่ที่ 65-75% ระบบที่ดูแลดีอยู่ที่ 75-82% ระบบ Solar Farm คุณภาพสูงอยู่ที่ 82-87% คำนวณได้ดังสมการที่ (9)-(11)

$$Performance Ratio = \frac{System Yield}{Reference Yield} \quad (9)$$

$$Performance Ratio = \frac{3.1468}{4.7133} \quad (10)$$

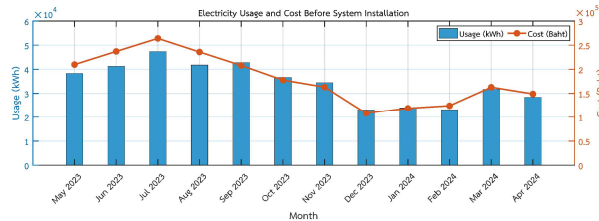
$$Performance Ratio = 0.6676 \quad (11)$$

ดังนั้นระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะเกิดการสูญเสียจากปัจจัยต่างๆ อยู่ที่ 0.6676 หรือ 66.76% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ อันเนื่องมาจากการวางมุมเอียงของแผงไม่เหมาะสมกับทิศทางดวงอาทิตย์ ทำให้รับรังสีไม่เต็มที่ การระบายความร้อนของแผงไม่ดีทำให้อุณหภูมิสูงเกินไปทำให้ประสิทธิภาพเซลล์ลดลง ปัจจัยสิ่งแวดล้อม หมอกควัน ฝุ่น จะลดค่าความเข้มรังสีที่ถึงผิวแผง และการบำรุงรักษา

6.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารที่ศึกษา

6.2.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าก่อนติดตั้งระบบ การวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงก่อนติดตั้งระบบอ้างอิงจากข้อมูลบิลค่าไฟฟ้าย้อนหลังจำนวน 12 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2023 ถึง เมษายน 2024 เพื่อ

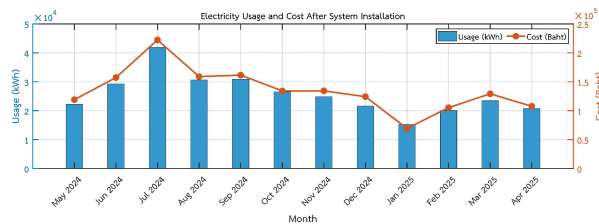
ประเมินค่าไฟฟ้าเฉลี่ยและแนวโน้มการใช้พลังงานของอาคารก่อนการติดตั้งระบบ



รูปที่ 7 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนย้อนหลัง

ดังรูปที่ 7 พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด 47,384 หน่วย ต่ำสุด 23,048 หน่วย เฉลี่ย 33,943.38 หน่วย ข้อมูลดังกล่าวถือเป็นพื้นฐานสำคัญในการวางแผนและเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ในอนาคต

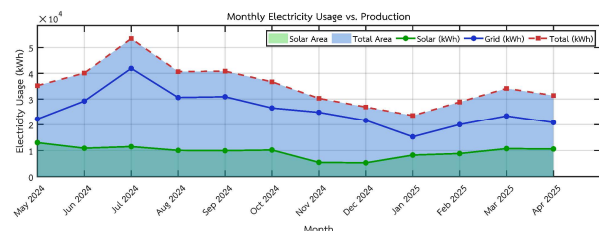
6.2.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าหลังจากการติดตั้งระบบ การวิเคราะห์ผลกระทบของการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยอ้างอิงจากข้อมูลบิลค่าไฟฟ้าจำนวน 12 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2023 ถึง เมษายน 2024 เพื่อประเมินค่าไฟฟ้าเฉลี่ยและแนวโน้มการใช้พลังงานของอาคารหลังการติดตั้งระบบ



รูปที่ 8 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน

ดังรูปที่ 8 พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด 30,928 หน่วย ต่ำสุด 15,304 หน่วย เฉลี่ย 25,628.67 หน่วย ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถช่วยลดการพึ่งพาไฟฟ้าภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการเปรียบเทียบชี้ให้เห็นแนวโน้มการประหยัดพลังงานชัดเจน และเป็นแนวทางที่ดีในการบริหารจัดการพลังงานอื่นในระยะยาว

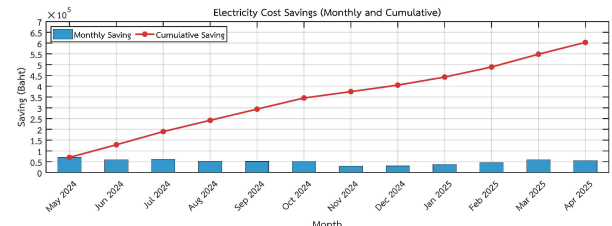
6.2.3 การศึกษาประสิทธิภาพระบบโซลาร์เซลล์ ระบบที่ติดตั้งขนาด 100 kWh โดยเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าของอาคารซึ่งมีค่า 422,404kWh ต่อปี และกำลังการผลิตมีค่า 114,860kWh ต่อปี พบว่าระบบสามารถผลิตไฟได้ 27.19% ของความต้องการทั้งหมด ดังรูปที่ 9 แม้ช่วยลดการใช้ไฟจากภายนอกได้บางส่วน แต่ยังไม่ครอบคลุมทั้งหมดเนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้าในเวลากลางคืนมาก จึงควรพิจารณาปรับการบริหารจัดการพลังงานให้เหมาะสมกับความต้องการจริงของอาคาร



รูปที่ 9 เปรียบเทียบการใช้และการผลิตไฟฟ้ารายเดือน

6.3 ผลการประหยัดไฟฟ้าและผลตอบแทนที่เกิดจากติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

6.3.1 การคำนวณผลประหยัดจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เพื่อประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบโซลาร์เซลล์ จึงนำค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าในแต่ละเดือนคูณกับอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของเดือนนั้น ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลจากบิลค่าไฟฟ้า พบว่าตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2024 ถึง เดือนเมษายน 2025 ประหยัดค่าไฟไปแล้ว 603,103.05 บาท ซึ่งเฉลี่ย 43,078.79 บาทต่อเดือนดังรูปที่ 10 สามารถนำข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนได้



รูปที่ 10 ผลประหยัดที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนเงิน (บาท)

6.3.2 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน เป็นการประเมินเบื้องต้น โดยตั้งสมมติฐานว่าระบบผลิตไฟฟ้าให้ผลประหยัดคงที่ ไม่มีค่าใช้จ่ายด้านบำรุงรักษาเนื่องจากอยู่ภายใต้การรับประกัน และมีช่วงประจําดูแล ทั้งนี้คำนวณผลตอบแทนเบื้องต้นได้จากสมการที่ (12)

$$PB = \frac{Inv_{Total}}{CE_{savings}} \quad (12)$$

โดย PB คือ ระยะเวลาคืนทุน (เดือน), Inv_{Total} คือ เงินสดจ่ายในการลงทุนสุทธิ (บาท), $CE_{savings}$ คือ ผลประหยัดที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนเงิน (บาท/เดือน)

โครงการนี้ใช้งบประมาณรวมทั้งสิ้น 1,417,523.16 บาท หรือเฉลี่ย 14,175.23 บาทต่อกิโลวัตต์ โดยวิทยาลัยเป็นผู้ลงทุนเอง ซึ่งครอบคลุมค่าอุปกรณ์ ค่าขนส่ง ค่าติดตั้ง และการรับประกันตลอดอายุโครงการ โดยราคาขึ้นอยู่กับคุณภาพอุปกรณ์และความยากในการขนส่งในพื้นที่ทางไกล

$$PB = \frac{1,417,523.16}{43,078.79} = 32.91 \quad (13)$$

จากการศึกษาพบว่ามีระยะเวลาคืนทุนที่ 32.91 เดือน หรือ 2 ปี 9 เดือน ซึ่งสะท้อนถึงความคุ้มค่าในการลงทุน โครงการนี้ใช้ระยะเวลาดำเนินการคืนทุน เนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้าในช่วง 8.00-16.00 น. เป็นหลัก โดยสมมติว่าระบบผลิตไฟฟ้าได้เท่ากันทุกปี ทั้งที่ในความเป็นจริง การผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มีความแปรปรวนตามสภาพอากาศและปัจจัยธรรมชาติอื่น ๆ จึงไม่สามารถคาดการณ์ปริมาณการผลิตได้อย่างแน่นอน ระยะเวลาคืนทุนจึงขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบ

6.3.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

Return on Investment (ROI) คือ ตัวชี้วัดทางการเงินที่นิยมใช้เพื่อวัดว่า “เงินที่ลงทุนไปให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือไม่” โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ของผลตอบแทนที่ได้รับเมื่อเทียบกับต้นทุนที่ลงทุนไป ROI

มากกว่า 0% คือการลงทุนให้ผลตอบแทนบวก (กำไร) ROI เท่ากับ 0% คือ เท่าทุน และ ROI น้อยกว่า 0% คือการลงทุนขาดทุน หาก ROI สูง หมายถึง การลงทุนให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า หาก ROI ต่ำ หรือเป็นลบ หมายถึงการลงทุนไม่คุ้ม หรือขาดทุน

$$ROI = \frac{(Return - Cost)}{Cost} \times 100 \quad (13)$$

โครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์บนหลังคาใช้งบประมาณรวมทั้งสิ้น 1,417,523.16 บาท และตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2024 ถึง เดือนเมษายน 2025 ประหยัดค่าไฟไปแล้ว 603,103.05 บาท ระบบโซลาร์เซลล์มีอายุ 25 ปี และประสิทธิภาพลดลง 0.5 % ต่อปี จึงสามารถคิด ROI ได้ตั้งสมการที่ 14

$$ROI = \frac{((\sum_{t=1}^{25} Return_t \times (1-d)^{t-1}) - cost)}{cost} \times 100 \quad (14)$$

โดย $Return_t$ คือ ผลประหยัดค่าไฟฟ้าในปีแรก (บาท/ปี), $cost$ คือ งบลงทุนเริ่มต้น (บาท), d คือ อัตราการเสื่อมประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ (ร้อยละต่อปี)

จากการศึกษาพบว่าผลประหยัดสะสมตลอดอายุการใช้งาน 25 ปี ประมาณ 14,206,666.14 บาท ROI เท่ากับ 902.22 % แสดงว่าโครงการลงทุนให้ผลตอบแทนสูงมากเมื่อเทียบกับเงินลงทุนเริ่มต้น

7. สรุปผลการศึกษา ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งบนอาคารเฉลิมพระเกียรติ วิทยาลัยเชียงราย พบว่าระบบมีประสิทธิภาพการทำงานในระดับน่าพอใจ โดยมีค่า Capacity Factor เท่ากับ 13.11% และ Performance Ratio เท่ากับ 66.76% แม้ว่าปริมาณการผลิตไฟฟ้าจริงเฉลี่ยต่อเดือน (9,571.67 kWh) จะต่ำกว่าค่าทางทฤษฎี (13,003.13 kWh) แต่ยังสามารถลดการพึ่งพาไฟฟ้าจากภายนอกได้ถึง 27.19% และช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้มากกว่า 600,000 บาทต่อปี ส่งผลให้ระบบมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี 9 เดือน และจากการประเมินผลประหยัดสะสมตลอดอายุการใช้งาน 25 ปี พบว่ามีมูลค่ารวมประมาณ 14,206,666.14 บาท คิดเป็นอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) สูงถึง 902.22% ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของโครงการในการสร้างผลตอบแทนที่โดดเด่นเมื่อเทียบกับต้นทุนเริ่มต้น อย่างไรก็ตาม การประเมินดังกล่าวอิงจากสมมติฐานการผลิตไฟฟ้าคงที่ ซึ่งอาจไม่สะท้อนความแปรปรวนจากสภาพอากาศและปัจจัยแวดล้อมในระยะยาว จึงควรมีการติดตามข้อมูลการผลิตอย่างต่อเนื่องเพื่อปรับปรุงความแม่นยำในการวิเคราะห์ผลตอบแทน ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนของระบบในอนาคต ควรพิจารณาการขยายกำลังผลิต การเพิ่มระบบกักเก็บพลังงาน และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตและพยากรณ์ประสิทธิภาพระบบอย่างแม่นยำ

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยเชียงรายที่สนับสนุนทุนในการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] กันต์ ปานประยูร, “ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาด 8 กิโลวัตต์และความเป็นไปได้ของการขยายระบบ,” วารสารการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 76-86, 2560
- [2] ชัชชัย วรพัฒน์ และคณะ, “ประเมินศักยภาพและความคุ้มค่าของการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา กรณีศึกษา: อาคารสำนักงานคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย,” เทพสตรี I-TECH, ปีที่ 16, ฉบับที่ 2, หน้า 117-126, 2564
- [3] ชีระศักดิ์ วาทยธธา, “การประเมินผลกระทบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่แบบไฮบริดเพื่อลดการพึ่งพาไฟฟ้าสำหรับการรักษาเสถียรภาพและลดค่าไฟฟ้า : กรณีศึกษาโรงพยาบาลทั่วไป,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2563
- [4] ศักดิ์รินทร์ ศรีบุญเรือง และบุญยัง ปลั่งกลาง, “การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงต่อระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาชนิด 3 เฟสและ 1 เฟส,” การประชุมวิชาการ PEA ประจำปี 2558: เทคโนโลยีกับการพัฒนาระบบจำหน่ายไฟฟ้าในอนาคต, 2558, หน้า 45-49
- [5] M. Datta and T. Senjyu, “Fuzzy control of distributed PV inverters/energy storage systems/electric vehicles for frequency regulation in a large power system,” IEEE Trans. Smart Grid, vol. 4, no. 1, pp. 479-488, 2013
- [6] S. Muangchuen and D. Wongsata, “Potential and Cost-Effectiveness Evaluation of Solar Rooftop System: Case Study Chaloeam-Phra-Kiat Education Building, Chiang Rai College,” Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal, vol. 15, no. 22, pp. 145-158, 2023



อดิเทพ บุญเสริม กำลังศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากวิทยาลัยเชียงราย จังหวัดเชียงราย ประเทศไทย ความสนใจด้านการวิจัยปัจจุบัน ได้แก่ พลังงานทดแทน ระบบไฟฟ้ากำลัง



ดำรงศักดิ์ วงศ์ตา สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากวิทยาลัยเชียงราย ในปี พ.ศ. 2552 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยพะเยา ในปี พ.ศ. 2560 และปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยพะเยา ในปี พ.ศ. 2567 ความสนใจด้านการวิจัยปัจจุบัน ได้แก่ การควบคุมในระบบไฟฟ้ากำลัง และพลังงานทดแทน



ศตวรรษ เมืองสิน สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยพะเยา ในปี พ.ศ. 2556 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยพะเยา ในปี พ.ศ. 2560 และปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยพะเยา ในปี พ.ศ. 2567 ความสนใจด้านการวิจัยปัจจุบัน ได้แก่ การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อเสถียรภาพ และการควบคุมในระบบไฟฟ้ากำลัง พลังงานทดแทน ระบบไฟฟ้ากำลัง