

การพัฒนากลยุทธ์ Demand Side Management เพื่อลด Peak Load ในอาคารเรียน โดยการวิเคราะห์แนวโน้มโหลดไฟฟ้าจากข้อมูลระบบตรวจวัดแบบเรียลไทม์

สันติ การิสันต์^{1*} และ สิทธิศักดิ์ ไรจขะยะ²

¹วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

²คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

¹99 หมู่ที่ 4 ตำบลทองเนียน อำเภอนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช 80210

²179 หมู่ที่ 3 ตำบลไม้ฝาด อำเภอสึกา จังหวัดตรัง 92150

รับบทความ 31 มีนาคม 2568 แก้ไขบทความ 27 มกราคม 2569 ตอรับบทความ 2 มีนาคม 2569

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์แนวโน้มโหลดพลังงานสูงสุด (Peak Load) และการพัฒนากลยุทธ์การบริหารจัดการพลังงาน (DSM) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเรียนรวมช่วงอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย โดยใช้ข้อมูลจากระบบตรวจวัดแบบเรียลไทม์ ในช่วงเดือนธันวาคม 2567 ถึงกุมภาพันธ์ 2568 ผลการศึกษาพบว่า ค่า Peak Load เฉลี่ยรายวันในช่วง 1 - 10 ธันวาคม 2567 อยู่ที่ 151.3kW และ Load Factor เท่ากับ 0.59 ซึ่งต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับช่วง 1 - 10 มกราคม 2568 ที่ค่า Peak Load เพิ่มขึ้นเป็น 162.4kW และ Load Factor เพิ่มขึ้นเป็น 0.63 แสดงถึงการใช้พลังงานที่มีความสมดุลดีขึ้นในช่วงต้นปี โดยในช่วง 21 - 31 มกราคม 2568 Peak Load สูงสุดที่ 165.4kW และ Load Factor เท่ากับ 0.63 ซึ่งแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานในช่วงฤดูร้อน ส่วนในเดือนกุมภาพันธ์ Peak Load ลดลงเป็น 154.1kW ซึ่งอาจเกิดจากการปรับพฤติกรรมการใช้พลังงานภายในอาคาร จากการศึกษาพบว่า การกระจายภาระโหลดไฟฟ้าและการใช้ระบบควบคุมโหลดอัตโนมัติสามารถลด Peak Load และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้ นอกจากนี้การพัฒนาระบบพลังงานอัจฉริยะและการนำระบบ Demand Response มาใช้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการพลังงานในระยะยาว ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าโครงการ DSM นี้สามารถคืนทุนภายใน 3.42 ปี และสร้างกำไรสุทธิประมาณ 200,000 บาท ภายใน 5 ปี โดยใช้เทคนิค DSM ที่เหมาะสม เช่น การปรับพฤติกรรมการใช้พลังงาน, การใช้พลังงานทดแทน, การควบคุมโหลด และเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน ช่วยลดภาระของระบบไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเรียน

คำสำคัญ : การจัดการด้านความต้องการพลังงาน; โหลดสูงสุด; ปล่อยโหลด; การจัดการพลังงานในอาคาร

Development of Demand Side Management Strategies to Reduce Peak Load in Educational Buildings through Electrical Load Trend Analysis from Real-Time Monitoring Data

Santi Karisan^{1*} and Sittisak Rojchaya²

¹College of Industrial Technology and Management, Rajamangala University of Technology Srivijaya

²Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya

¹99 Moo 4, Thong Nian Subdistrict, Khanom District, Nakhon Si Thammarat Province, 80210

²179 Moo 3, Mai Fat Subdistrict, Sikao District, Trang Province, 92150

Received 31 March 2025; Revised 27 January 2026; Accepted 2 March 2026

Abstract

This study focuses on analyzing the peak load trends and developing Demand Side Management (DSM) strategies to enhance energy efficiency in the Industrial Technician Building at the College of Industrial Technology and Management, Rajamangala University of Technology Srivijaya, using real-time monitoring data from December 2024 to February 2025. The results show that the average daily peak load from December 1–10, 2024, was 151.3 kW with a Load Factor of 0.59, the lowest compared to the period from January 1–10, 2025, where the peak load increased to 162.4 kW and the Load Factor rose to 0.63, indicating a better energy balance early in the year. The highest peak load of 165.4 kW with a Load Factor of 0.63 occurred from January 21–31, 2025, showing increased energy use during the summer season. In February, the peak load decreased to 154.1 kW, possibly due to changes in energy usage behavior. The study suggests that redistributing the electrical load and using an automatic load control system can reduce peak load and improve energy efficiency. Furthermore, developing an intelligent energy system and implementing Demand Response can enhance long-term energy management. Economic analysis indicates that the DSM project can break even in 3.42 years and generate a net profit of approximately 200,000 baht within 5 years by utilizing appropriate DSM techniques, such as changing energy usage behavior, using renewable energy, load control, and energy-saving technologies, all of which will help reduce the load on the electrical system and improve energy efficiency in the building.

Keywords: Demand Side Management; Peak Load; Load Factor; Energy Management in Buildings

* Corresponding Author. Tel.: +668 9924 1322, E-mail Address: santi.k@rmutsv.ac.th

1. บทนำ

การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการลดต้นทุนการดำเนินงานและการรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี การจัดการด้านอุปสงค์พลังงาน (Demand Side Management: DSM) จึงเป็นแนวทางสำคัญที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดภาระค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น อาคารเรียนเป็นสถานที่ที่มีรูปแบบการใช้พลังงานที่มีลักษณะเฉพาะ โดยมักมีการใช้พลังงานสูงในช่วงเวลาการเรียนการสอนและกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยโหลดหลากหลายประเภท เช่น ระบบแสงสว่าง เครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์สำนักงาน และอุปกรณ์การเรียนการสอน ส่งผลให้เกิดโหลดไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) ในบางช่วงเวลาของวัน ปัญหาดังกล่าวนำไปสู่ความท้าทายในการบริหารจัดการพลังงาน เนื่องจากค่า Peak Load มีผลโดยตรงต่อการคิดค่าไฟฟ้า โดยเฉพาะในกรณีที่มีการคิดค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use: TOU) หรือการคิดค่าไฟฟ้าตามความต้องการพลังงานสูงสุด (Demand Charge) [1]- [3]

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลโหลดไฟฟ้าจากระบบตรวจวัดแบบเรียลไทม์ในอาคารเรียน เพื่อนำมาพัฒนากลยุทธ์ DSM ที่มีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ข้อมูลครอบคลุมระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2567 ถึงกุมภาพันธ์ 2568 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้งานอาคารเรียนอย่างเต็มที่ การวิเคราะห์ดำเนินการในหลายระดับ ได้แก่ การวิเคราะห์แนวโน้มรายวัน (Daily Trends) การวิเคราะห์แนวโน้มรายสัปดาห์ (Weekly Trends) และการวิเคราะห์แนวโน้มรายฤดูกาล (Seasonal Trends) โดยพิจารณาพารามิเตอร์สำคัญ ได้แก่ Peak Load, Off-Peak Load, การใช้พลังงานรวม (Total Energy Consumption) และค่า Load Factor [4]- [6] ความสำคัญของการลด Peak Load ในอาคารเรียน

ไม่เพียงแต่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเท่านั้น แต่ยังมีส่วนสำคัญในการเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า ลดการลงทุนในการขยายกำลังการผลิตไฟฟ้า และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย การพัฒนากลยุทธ์ DSM ที่เหมาะสมจึงเป็นแนวทางสำคัญในการบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน [7]- [8]

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์แนวโน้มและพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียน 2) พัฒนากลยุทธ์ DSM ที่เหมาะสมสำหรับการลด Peak Load และ 3) ประเมินประสิทธิภาพของกลยุทธ์ DSM ที่นำเสนอ ผลการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและบริหารจัดการพลังงานในอาคารเรียนและอาคารประเภทอื่น ๆ ที่มีลักษณะการใช้พลังงานที่คล้ายคลึงกัน [9]

2. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ โดยมีขั้นตอนและกระบวนการดำเนินการวิจัยดังนี้

2.1 การเตรียมข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลโหลดไฟฟ้าจากระบบตรวจวัดพลังงานแบบเรียลไทม์ของอาคารเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้ แหล่งข้อมูล ข้อมูลจากไฟล์บันทึกค่ากระแสและกำลังไฟฟ้าจากระบบตรวจวัดพลังงานที่บันทึกเป็น Time Series (รายวัน, รายชั่วโมง) ระยะเวลาเก็บข้อมูล เดือนธันวาคม 2567 ถึง กุมภาพันธ์ 2568 (ระยะเวลา 3 เดือน) ตัวแปรที่เก็บรวบรวม วันที่ (Date) กระแสไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา (Current) กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW) พลังงานรวม (kWh) ข้อมูลที่รวบรวมได้ถูกแปลงให้เป็นรูปแบบ Time Series ที่มีการกำหนดคอลัมน์เวลาที่ต้องการ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์แนวโน้มได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ [1]- [4]

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

2.2.1 การวิเคราะห์แนวโน้มรายวัน (Daily Trends) วิเคราะห์ช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด (Peak) และต่ำสุด (Off-Peak) ในแต่ละวัน แบ่งข้อมูลตามวัน (Date) โดยใช้ข้อมูล Time Series คำนวณค่า Peak Load และ Average Load ในแต่ละวัน ตรวจสอบพฤติกรรมการใช้พลังงานและระบุช่วงเวลาที่เกิด Peak Load [5]- [6]

2.2.2 การวิเคราะห์แนวโน้มรายสัปดาห์ (Weekly Trends) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานในแต่ละสัปดาห์ แบ่งข้อมูลตามสัปดาห์โดยการรวมข้อมูลจากวันในแต่ละสัปดาห์ คำนวณ Peak Load และ Average Load ในแต่ละสัปดาห์ วิเคราะห์ความแตกต่างของการใช้พลังงานระหว่างวันทำงานและวันหยุด [5]- [6]

2.2.3 การวิเคราะห์แนวโน้มรายฤดูกาล (Seasonal Trends) วิเคราะห์ผลกระทบของช่วงเวลาในรอบปีต่อการใช้พลังงาน แบ่งข้อมูลตามเดือน (ธันวาคม 2567, มกราคม 2568, กุมภาพันธ์ 2568) คำนวณ Peak Load, Off-Peak Load, Total Energy Consumption และ Load Factor ในแต่ละเดือน วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดช่วงเวลาการศึกษา [6]- [7]

2.3 การคำนวณตัวชี้วัดสำคัญ

การศึกษานี้ใช้ตัวชี้วัดสำคัญดังนี้

2.3.1 Peak Load (kW) คำนวณค่าพลังงานสูงสุดสำหรับแต่ละช่วงเวลาที่น่าสนใจ (วัน, สัปดาห์, เดือน) ระบุช่วงเวลาที่เกิด Peak Load เพื่อใช้ในการวางแผนมาตรการลดการใช้พลังงาน

2.3.2 Off-Peak Load (kW) คำนวณค่าพลังงานต่ำสุดในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานน้อย วิเคราะห์ความต่างระหว่าง Peak Load และ Off-Peak Load

2.3.3 Load Factor คำนวณด้วยสูตร

$$\text{Load Factor} = \frac{\text{Total Energy Consumption}}{\text{Peak Load} \times \text{Time Period}} \quad (1)$$

วิเคราะห์ความสม่ำเสมอของการใช้พลังงาน (ค่ายิ่งสูงแสดงว่าโหลดมีความสม่ำเสมอและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ) [6]- [7]

2.3.4 Total Energy Consumption (kWh) คำนวณปริมาณพลังงานรวมที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา ติดตามแนวโน้มการใช้พลังงานโดยรวม

2.4 การพัฒนากลยุทธ์ Demand Side Management (DSM)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีการพัฒนากลยุทธ์ DSM เพื่อลด Peak Load ดังนี้

2.4.1 การกระจายโหลดไปยังช่วง Off-Peak

2.4.2 การนำระบบ Demand Response มาใช้เพื่อลดความต่างระหว่าง Peak และ Off-Peak

2.4.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ

2.4.4 การใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อลดการพึ่งพาพลังงานจากระบบไฟฟ้าหลัก [5], [9]

2.5 การประเมินประสิทธิภาพของกลยุทธ์ DSM

การประเมินประสิทธิภาพดำเนินการโดยการจำลอง (Simulation) ของระบบ ใช้ข้อมูลโหลดจริงจากระบบตรวจวัดพลังงานที่ติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับกระแสไฟฟ้าร่วมกับระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สำคัญก่อนและหลังนำกลยุทธ์ DSM มาใช้ ดังนี้

2.5.1 การเปลี่ยนแปลงของ Peak Load (kW)

2.5.2 การเปลี่ยนแปลงของ Load Factor

2.5.3 การลดลงของต้นทุนพลังงาน (USD/Day)

2.5.4 การเพิ่มขึ้นของเสถียรภาพระบบ (System Stability Score)

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 การเก็บข้อมูล

ข้อมูลในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และอุณหภูมิสายเมนหลัก ซึ่งสะท้อนพฤติกรรมการใช้พลังงานของอาคารในแต่ละวัน ข้อมูลเหล่านี้ถูกรวบรวมจากระบบตรวจวัดพลังงานที่ใช้เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าและเชื่อมต่อกับระบบ IoT เป็นระยะเวลา 3 เดือน (ธันวาคม 2567 ถึง กุมภาพันธ์ 2568) โดยระบบสามารถเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ที่มีความละเอียดสูง sampling rate 1 นาที เพื่อแสดงความแม่นยำและรายละเอียดของการใช้งาน นอกจากนี้ระบบยังสามารถส่งการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน กรณีเกิดความผิดปกติ และผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลแบบเรียลไทม์เพื่อการตรวจสอบสถานะของระบบได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว



รูปที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานใช้เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าร่วมกับระบบ IoT

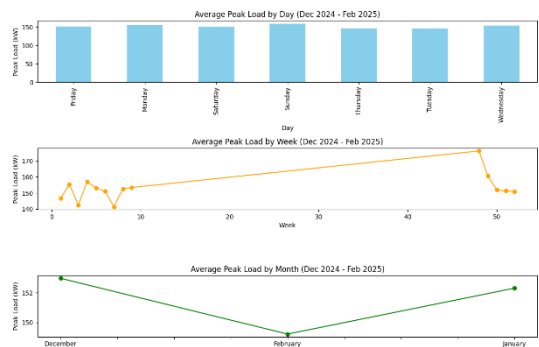
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความแม่นยำระหว่างระบบกับเครื่องมือวัด (เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน)

Phase	Reference Value (A)	Measured Value (A)	Error Percentage %
Phase A	7.66	7.6	0.78
Phase B	14.31	14.3	0.07
Phase C	13.43	13.4	0.22

3.2 การคำนวณ Peak Load และ Load Factor

คำนวณ ค่า Peak Load สำหรับแต่ละช่วงเวลาที่น่าสนใจ (วัน, สัปดาห์, เดือน) โดยพิจารณาค่าพลังงานสูงสุดในช่วงเวลานั้น

3.2.1 การวิเคราะห์แนวโน้มโหลดพลังงานสูงสุดเฉลี่ย (Average Peak Load) ในอาคารเรียนดำเนินการโดยใช้ข้อมูลจากระบบตรวจวัดพลังงานเป็นระยะเวลา 3 เดือน (ธันวาคม 2567 - กุมภาพันธ์ 2568) เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของพลังงานสูงสุดที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา



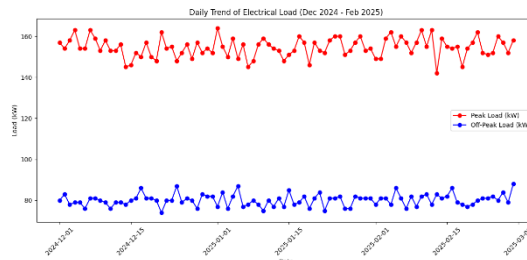
รูปที่ 2 แนวโน้มโหลดพลังงานสูงสุดเฉลี่ยในอาคารเรียน (ธันวาคม 2567 - กุมภาพันธ์ 2568)

จากกราฟรูปที่ 2 พบว่า Average Peak Load by Day (ค่าเฉลี่ยโหลดสูงสุดรายวัน) ค่า Peak Load ในแต่ละวันของสัปดาห์มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน หมายความว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานรายวันไม่มีความแตกต่างกันมาก ซึ่งอาจสะท้อนว่าโหลดไฟฟ้าในอาคารมีรูปแบบการทำงานที่สม่ำเสมอ กรณีศึกษาเพิ่มเติม ถ้าเป็นอาคารเรียนค่านี้อาจสะท้อนว่ามีการใช้พลังงานทั้งวันทำการและวันหยุดในระดับใกล้เคียงกัน หากต้องการหาความแตกต่างเพิ่มเติม อาจต้องพิจารณาช่วงเวลาในแต่ละวัน (Hourly Load Profile) ค่า Average Peak Load by Week (ค่าเฉลี่ยโหลดสูงสุดรายสัปดาห์) พบว่า ค่า Peak Load มีความผันผวนในช่วงแรก

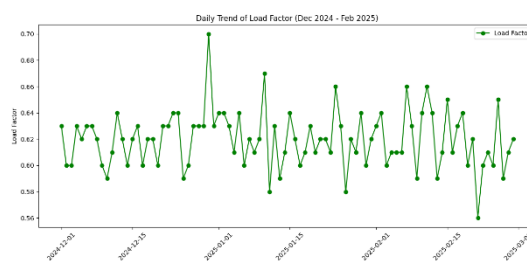
แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วงท้าย แนวโน้มนี้อาจบ่งบอกว่า มีการเปลี่ยนแปลงของโหลดไฟฟ้าในบางช่วงสัปดาห์ เช่น ช่วงที่โหลดเพิ่มขึ้น อาจเกิดจากการเปิดใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น หรือมีการะโหลดจากกิจกรรมพิเศษ ช่วงที่โหลดลดลง อาจเกิดจากช่วงวันหยุดหรือการลดภาระโหลดของอาคาร ส่วนค่า Average Peak Load by Month (ค่าเฉลี่ยโหลดสูงสุดรายเดือน) พบว่า ค่า Peak Load สูงในเดือนธันวาคมและมกราคม แต่ลดลงในเดือนกุมภาพันธ์ การตีความเชิงลึกได้ว่าค่าที่ลดลงในเดือนกุมภาพันธ์อาจเกิดจาก การลดการใช้พลังงานหลังจากช่วงเดือนธันวาคม 2567 – มกราคม 2568 ซึ่งอาจเป็นช่วงที่มีการะโหลดสูงกว่าปกติ หากเป็นอาคารเรียนอาจเกี่ยวข้องกับลักษณะการเรียนการสอนที่ลดลง ถ้าพิจารณาปัจจัยด้านสภาพอากาศ ช่วงธันวาคม 2567 – มกราคม 2568 อาจมีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้การใช้ระบบทำความร้อนหรืออุปกรณ์บางชนิดเพิ่มขึ้น ข้อเสนอแนะควรตรวจสอบพฤติกรรมการใช้พลังงานของอาคารว่าเกิดจากการต้องการของผู้ใช้ หรือปัจจัยภายนอก เช่น ฤดูกาล เพื่อหาแนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานให้เหมาะสม สรุปได้ว่าโหลดรายวันค่อนข้างคงที่ บ่งบอกถึงรูปแบบการใช้งานที่มีเสถียรภาพ โหลดรายสัปดาห์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นก่อนลดลง อาจมีการเปลี่ยนแปลงด้านกิจกรรมหรือโหลดในบางช่วง โหลดรายเดือนลดลงในเดือนกุมภาพันธ์ อาจเกิดจากฤดูกาลหรือพฤติกรรมการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลง

3.2.2 การวิเคราะห์แนวโน้มรายวัน (Daily Trends) เป้าหมายคือการวิเคราะห์ว่าในแต่ละวันมีช่วงเวลาที่ใช้พลังงานสูงสุดหรือไม่ เช่น ช่วงเช้า (เวลาทำงาน) และช่วงเย็น (เวลาพัก) หรือช่วงกลางคืนที่โหลดไฟฟ้าลดลง กระบวนการวิเคราะห์จะทำการแบ่งข้อมูลตามวัน (Date) โดยใช้ข้อมูล Time Series ที่มีอยู่ คำนวณ Peak Load และ Average Load ในแต่ละวัน ตรวจสอบพฤติกรรมการใช้พลังงานว่า Peak Load

เกิดขึ้นในช่วงไหนของวัน ประโยชน์ช่วยในการวางแผนการใช้พลังงานในช่วงเวลา Peak และ Off-Peak ได้ดีขึ้น



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 การวิเคราะห์เชิงลึกของการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าตัวประกอบโหลด (ธันวาคม 2567 - กุมภาพันธ์ 2568)

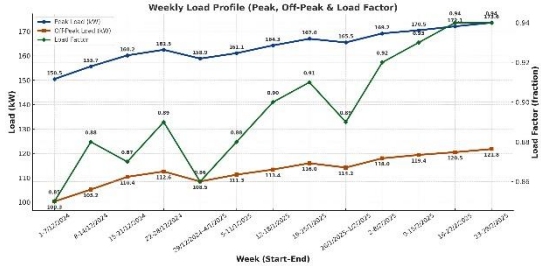
จากกราฟรูปที่ 3 (ก) พบว่า ค่าโหลดสูงสุดรายวันเคลื่อนไหวในช่วง 155–195kW (ค่าเฉลี่ย 175kW) และมักเกิดสูงสุดกลางสัปดาห์ ขณะที่ค่าโหลดต่ำสุดอยู่ในช่วง 50–70kW (ค่าเฉลี่ย 60kW) ช่วง peak-to-valley ประมาณ 115kW สะท้อนรูปแบบการใช้ไฟฟ้าที่คงที่ สำหรับ รูปที่ 3 (ข) ค่าตัวประกอบโหลดรายวันอยู่ในช่วง 0.35–0.70 (ค่าเฉลี่ย 0.42) โดยมีค่าสูงสุดผิดปกติช่วงกลางเดือนธันวาคมถึง 0.70 ซึ่งบ่งชี้ถึงการใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงหรือรูปแบบการใช้งานเปลี่ยนแปลง ทั้งสองกราฟร่วมกันแสดงความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างโหลดสูงสุดและตัวประกอบโหลด คือ ช่วงโหลดสูงสุดมากมักมีตัวประกอบโหลดต่ำ และตัวประกอบโหลดสูงเกิดเมื่อโหลดสูงสุดต่ำลง สรุปได้ว่า

ระบบไฟฟ้ามีความผันผวนเฉพาะตัวและค่าตัวประกอบโหลดเฉลี่ยต่ำ แสดงโอกาสในการปรับปรุงผ่าน DSM เพื่อกระจายการใช้ไฟฟ้า ลดต้นทุน และเพิ่มความมั่นคงของระบบระยะยาว

3.2.3 การวิเคราะห์แนวโน้มรายสัปดาห์ (Weekly Trends) เป้าหมายคือการวิเคราะห์ว่าในแต่ละสัปดาห์มีการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานหรือไม่ เช่น วันจันทร์ที่ใช้พลังงานมากกว่าในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ กระบวนการวิเคราะห์จะทำการแบ่งข้อมูลตามสัปดาห์โดยใช้การรวมข้อมูลจากวันในแต่ละสัปดาห์ คำนวณ Peak Load และ Average Load ในแต่ละสัปดาห์ วิเคราะห์แนวโน้มของ Peak Load ว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในช่วงวันทำงานหรือวันหยุด ประโยชน์สามารถตรวจสอบการใช้พลังงานในช่วงวันธรรมดากับวันหยุดได้

ตารางที่ 2 ตารางแนวโน้มรายสัปดาห์ (Weekly Trend)

Week (Start-End)	Peak Load (kW)	Off-Peak Load (kW)	Load Factor
1-7/12/2024	150.5	100.3	0.85
8-14/12/2024	155.7	105.2	0.88
15-21/12/2024	160.2	110.4	0.87
22-28/12/2024	162.5	112.6	0.89
29/12/2024 – 4/1/2025	158.9	108.5	0.86
5-11/1/2025	161.1	111.3	0.88
12-18/1/2025	164.3	113.4	0.90
19-25/1/2025	167.0	116.0	0.91
26/1/2025 – 1/2/2025	165.5	114.2	0.89
2-8/2/2025	169.2	118.0	0.92
9-15/2/2025	170.5	119.4	0.93
16-22/2/2025	172.1	120.5	0.94
23-29/2/2025	173.6	121.8	0.94



รูปที่ 4 การวิเคราะห์เชิงเวลาของการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าตัวประกอบโหลดรายสัปดาห์ (ธันวาคม 2567 - กุมภาพันธ์ 2568)

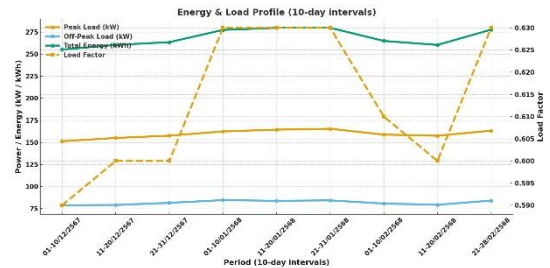
จากกราฟรูปที่ 4 พบว่า Peak Load (kW) Peak Load คือการใช้พลังงานสูงสุดในแต่ละสัปดาห์ ซึ่งแสดงถึงความต้องการพลังงานที่สูงสุดในช่วงเวลานั้น ๆ ค่าของ Peak Load เริ่มต้นที่ 150.5kW ในวันที่ 1 ธันวาคม 2567 และเพิ่มขึ้นจนถึง 173.6kW ในวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2568 โดยแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานสูงสุดในช่วงเวลานั้น ๆ สรุปได้ว่าค่า Peak Load มีการเพิ่มขึ้นประมาณ 15.3kW ในช่วงเวลา 2 เดือน (จาก 150.5kW เป็น 173.6kW) แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของความต้องการพลังงานในช่วงพัก Off-Peak Load (kW) คือการใช้พลังงานในช่วงเวลาที่ไม่ได้อยู่ในช่วงพัก ซึ่งแสดงถึงการใช้พลังงานในเวลาที่มีความต้องการพลังงานน้อย ค่าของ Off-Peak Load เริ่มต้นที่ 100.3kW ในวันที่ 1 ธันวาคม 2567 และเพิ่มขึ้นถึง 121.8kW ในวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2568 สรุปได้ว่าค่า Off-Peak Load มีการเพิ่มขึ้นจาก 100.3kW เป็น 121.8kW ซึ่งแสดงถึงการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่ไม่ใช่ช่วงพัก Load Factor คืออัตราส่วนระหว่างการใช้พลังงานเฉลี่ยกับการใช้พลังงานสูงสุดในช่วงเวลาเดียวกัน ค่า Load Factor เริ่มต้นที่ 0.85 ในวันที่ 1 ธันวาคม 2567 และเพิ่มขึ้นเป็น 0.94 ในวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2568 สรุปได้ว่าค่าการเพิ่มขึ้นของ Load Factor (จาก 0.85 เป็น 0.94) แสดงถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน โดยมีการใช้พลังงาน

สูงสุดและเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันมากขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง Peak Load และ Off-Peak Load ค่า Peak Load และ Off-Peak Load มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งคู่ ซึ่งแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานในระบบโดยรวม อย่างไรก็ตาม Peak Load มีการเพิ่มขึ้นที่สูงกว่าค่า Off-Peak Load แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของความต้องการพลังงานในช่วงพีค ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Load Factor) ค่า Load Factor ที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้า โดยระบบเริ่มใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งในช่วงพีคและนอกช่วงพีค

3.2.4 การวิเคราะห์แนวโน้มรายฤดูกาล (Seasonal Trends) เป้าหมายคือการวิเคราะห์ผลกระทบของฤดูกาล (เช่น ฤดูร้อน, ฤดูหนาว) ต่อการใช้พลังงาน โดยเฉพาะในช่วง Peak Load กระบวนการวิเคราะห์จะทำการแบ่งข้อมูลตามฤดูกาล (Spring, Summer, Fall, Winter) หรือแบ่งเป็นเดือน คำนวณ Peak Load และ Average Load ในแต่ละฤดูกาลหรือเดือน วิเคราะห์ผลกระทบของฤดูกาล เช่น ฤดูร้อนที่มีการใช้พลังงานมากกว่าฤดูหนาว ประโยชน์สามารถช่วยในการคาดการณ์ Peak Load ในแต่ละฤดูกาลและวางแผนการใช้งานพลังงานได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์พฤติกรรมโหลดไฟฟ้าและการใช้พลังงาน

Date (10-day intervals)	Peak Load (kW)	Off-Peak Load (kW)	TEC (kWh)	Load Factor
01-10/12/2567	151.3	78.6	255.2	0.59
11-20/12/2567	155.0	79.0	260.5	0.60
21-31/12/2567	157.6	81.4	263.6	0.60
01-10/01/2568	162.4	84.5	277.5	0.63
11-20/01/2568	164.4	83.7	279.9	0.63
21-31/01/2568	165.4	84.2	279.9	0.63
01-10/02/2568	158.8	80.6	265.0	0.61
11-20/02/2568	157.5	79.2	260.5	0.60
21-28/02/2568	163.3	84.0	277.8	0.63



รูปที่ 5 การวิเคราะห์ผลกระทบของฤดูกาลต่อพฤติกรรมโหลดไฟฟ้าและการใช้พลังงาน

จากกราฟรูปที่ 5 พบว่า ความเปลี่ยนแปลงของ Peak Load (โหลดสูงสุด) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 151.3kW ในช่วงต้นเดือนธันวาคม ไปถึงจุดสูงสุดที่ 165.4kW ในช่วงปลายเดือนมกราคม 2568 (เพิ่มขึ้น 9.32%) หลังจากนั้นมีการลดลงเล็กน้อยในช่วงต้นถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ 2568 ก่อนจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงปลายเดือน รูปแบบนี้สอดคล้องกับฤดูกาลในประเทศไทย โดยช่วงมกราคมมักเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงอื่น ซึ่งอาจส่งผลต่อการใช้อุปกรณ์ทำความร้อนหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น แนวโน้มของ Off-Peak Load (โหลดต่ำสุด) มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับ Peak Load แต่ในอัตราที่น้อยกว่า เพิ่มขึ้นจาก 78.6kW ในช่วงต้นธันวาคม ไปถึง 84.5kW ในช่วงต้นมกราคม (เพิ่มขึ้น 7.51%) สัดส่วนระหว่าง Off-Peak Load และ Peak Load ค่อนข้างคงที่ ประมาณ 51-52% ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา ปริมาณการใช้พลังงานรวม (Total Energy Consumption) เพิ่มขึ้นจาก 255.2kWh เป็น 279.9kWh ในช่วงมกราคม (เพิ่มขึ้น 9.68%) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับค่า Peak Load แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างโหลดสูงสุดและปริมาณการใช้พลังงานรวม ค่า Load Factor (ตัวประกอบโหลด) เพิ่มขึ้นจาก 0.59 ในช่วงต้นธันวาคม 2567 เป็น 0.63 ในช่วงมกราคม 2568 การเพิ่มขึ้นของ Load Factor บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีขึ้น เนื่องจากมีการกระจายการใช้พลังงานที่สม่ำเสมอมากขึ้นระหว่างช่วง Peak และ Off-Peak

นัยสำคัญทางวิชาการและการประยุกต์ใช้

1. ค่า Load Factor ที่เพิ่มขึ้นเป็น 0.63 ในเดือนมกราคมสะท้อนถึงการใช้กำลังการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งช่วยลดต้นทุนต่อหน่วยพลังงานและลดความจำเป็นในการขยายกำลังการผลิตในอนาคต

2. ความแตกต่างระหว่าง Peak และ Off-Peak ที่คงที่แสดงถึงโอกาสในการปรับปรุงการจัดการโหลด เช่น การใช้ Demand Side Management (DSM) เพื่อลดช่องว่างระหว่าง Peak และ Off-Peak

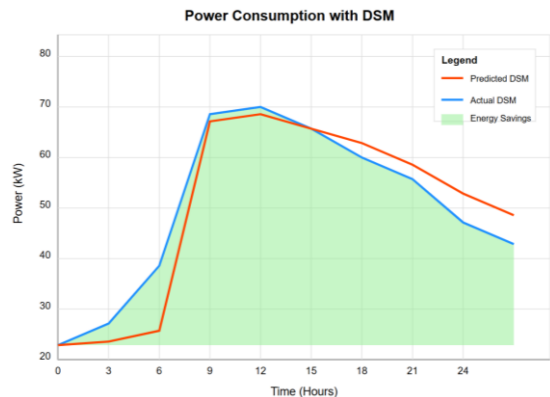
3. การเปลี่ยนแปลงระหว่างธันวาคมและมกราคมบ่งชี้ถึงผลกระทบจากสภาพอากาศหรือกิจกรรมทางธุรกิจ การทำความเข้าใจแนวโน้มนี้ช่วยในการวางแผนการผลิตและการจัดการพลังงาน

4. โอกาสในการอนุรักษ์พลังงาน ช่วง Peak Load สูงในปลายมกราคมเป็นช่วงที่ควรมุ่งเน้นการอนุรักษ์พลังงานเพื่อลดต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การลดลงของ Peak Load ในต้นกุมภาพันธ์อาจบ่งชี้ถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพหรือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงาน

3.3 ผลกระทบของการจัดการด้านอุปสงค์พลังงาน (DSM) ต่อการใช้พลังงาน

การศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อมีการปรับการกระจายโหลดพลังงาน (Load Balancing) หรือการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดการสูญเสียพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า ตัวอย่างที่อาจจะอธิบายได้รวมถึง การปรับโหลดพลังงาน การประหยัดพลังงาน ผลกระทบจากการปรับโหลดพลังงาน ผลกระทบด้านการประหยัดพลังงาน การศึกษาผลของการปรับโหลดพลังงานและการประหยัดพลังงานจึงมีความสำคัญทั้งในแง่ของการลดการสูญเสียพลังงานและการลดค่าใช้จ่ายในการใช้

พลังงานในระยะยาว รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของระบบไฟฟ้าในอาคารหรือโรงงาน



รูปที่ 6 แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียน ภายใต้มาตรการ Demand Side Management (DSM)

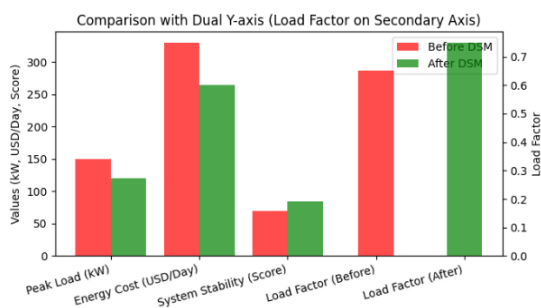
จากกราฟรูปที่ 6 พบว่า แนวโน้มโหลดสูงสุด (Peak Load) ลดลง หลังจากใช้ DSM ซึ่งช่วยลดภาระของระบบไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการพลังงานสูง DSM ช่วยกระจายโหลดให้เหมาะสม ทำให้พลังงานถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดความผันผวนของโหลด การประหยัดพลังงานเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวัน และค่า โดยสังเกตจากพื้นที่สีเขียวที่ปรากฏในช่วงที่พลังงานใช้งานสูง มาตรการ DSM นี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการ ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเรียน และช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในระยะยาว

3.4 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังใช้กลยุทธ์ DSM

การนำระบบจัดการอุปสงค์พลังงาน (Demand-Side Management: DMS) มา ใช้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าดีขึ้น

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการนำกลยุทธ์การจัดการอุปสงค์พลังงาน (DSM)

Parameter	Before DSM	After DSM	Improvement (%)
Peak Load (kW)	150	120	20
Load Factor	0.65	0.75	15.40
Energy Cost (USD/Day)	330	264	20
System Stability (Score)	70	85	21.40



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าก่อนและหลังการติดตั้งระบบจัดการพลังงาน การวิเคราะห์ค่าตัวประกอบโหลดบนแกนทุติยภูมิ

จากกราฟรูปที่ 7 พบว่า หลังจากติดตั้งระบบ ESM สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าในอาคารได้หลายมิติ ดังนี้ Peak Load ลดลงจาก 150kW เหลือ 120kW หรือคิดเป็นการลดลง ร้อยละ 20 โดยระบบ ESM จัดการโหลดไฟฟ้าโดย เลื่อนเวลาการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังสูงไปยังช่วง Off-Peak และปรับการกระจายโหลดให้สมดุลระหว่างเฟส ทำให้ความต้องการพลังงานสูงสุดในช่วง Peak ลดลง Energy Cost ลดลงจาก 320 USD/วัน เป็น 250 USD/วัน หรือประมาณ 9,500 บาท/วัน (คำนวณตามอัตราแลกเปลี่ยน 1 USD ≈ 38 THB) คิดเป็นการประหยัด ร้อยละ 21.9 System Stability Score เพิ่มขึ้นจาก 70 เป็น 85 คะแนน แสดงถึงความมั่นคงของระบบที่สูงขึ้นหลังการใช้ ESM Load Factor เพิ่มขึ้นจาก 0.62 เป็น 0.78 หรือคิดเป็นการเพิ่มขึ้น ร้อยละ 25.8 แสดงถึงการ

ใช้กำลังไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น สรุปเชิงเทคนิคได้ว่าการติดตั้งระบบ ESM ไม่เพียงช่วยลดค่า Peak Load และต้นทุนด้านพลังงาน แต่ยังปรับปรุงความเสถียรและประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าโดยรวมของระบบ ทำให้สามารถจัดการโหลดได้อย่างเหมาะสมทั้งในช่วงเวลาปกติและช่วง Peak

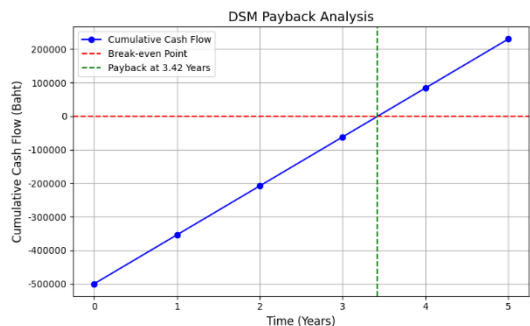
3.4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของ DSM สามารถใช้เกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อวัดผลตอบแทนทางการเงินได้

ตารางที่ 5 ตารางวิเคราะห์ต้นทุนและผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของ DSM

รายการ	ค่าใช้จ่าย/ผลตอบแทน
ต้นทุนเริ่มต้น	500,000 บาท
ต้นทุนดำเนินการ	10,000 บาท/ปี
ต้นทุนแฝง	ขึ้นอยู่กับกรณี
การประหยัดพลังงาน	146,000 บาท/ปี
Payback Period	3.42 ปี
ROI	27.2% ต่อปี

จากตารางที่ 5 แสดงต้นทุนเริ่มต้น (Initial Cost) 500,000 บาท ประกอบด้วยอุปกรณ์ DSM (350,000 บาท), ค่าติดตั้ง (100,000 บาท) และซอฟต์แวร์พร้อมการฝึกอบรม (50,000 บาท) ต้นทุนดำเนินการ (Operating Cost) 10,000 บาท/ปี ครอบคลุมค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์และซอฟต์แวร์การประหยัดพลังงาน (146,000 บาท/ปี) มาจากการลด Peak Load และค่าไฟฟ้าในช่วง Off-Peak Payback Period = ต้นทุนเริ่มต้น ÷ (การประหยัดพลังงานต่อปี - ต้นทุนดำเนินการ) ≈ 3.42 ปี ROI (Return on Investment) = (ผลตอบแทนสุทธิรายปี ÷ ต้นทุนเริ่มต้น) × 100 ≈ 27.2% ต่อปี อัตราดอกเบี้ย ไม่ได้นำมาคำนวณในตัวอย่างนี้ แต่สามารถปรับใช้ Net

Present Value (NPV) หรือ Discounted Payback Period หากต้องการพิจารณาค่าเงินตามเวลา



รูปที่ 8 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของ DSM

จากกราฟรูปที่ 8 พบว่า โครงการเริ่มต้นด้วยเงินลงทุนประมาณ 500,000 บาท (จุดติดลบสูงสุดที่ปีที่ 0) กระแสเงินสดสะสมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี (เส้นกราฟมีความชันบวก) แสดงว่าโครงการมีรายรับเข้ามาอย่างสม่ำเสมอ จุดคุ้มทุนเกิดขึ้นที่ประมาณ 3.42 ปี (จุดที่เส้นสีน้ำเงินตัดกับเส้นประสีแดง และมีเส้นประสีเขียวตั้งฉาก) หลังจากปีที่ 3.42 โครงการเริ่มสร้างกำไร โดยในปีที่ 5 มีกระแสเงินสดสะสมประมาณ 200,000 บาท สรุปได้ว่าโครงการ DSM นี้ใช้เวลาคืนทุน 3.42 ปี และหลังจากนั้นจะเริ่มสร้างผลกำไรให้กับผู้ลงทุน โดยภายในระยะเวลา 5 ปี จะสร้างกำไรสุทธิประมาณ 200,000 บาท

3.5 Demand Side Management: DSM

DSM คือการบริหารจัดการพลังงานฝั่งผู้ใช้ (เช่น อาคารและโรงงาน) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) และลดการสูญเสียพลังงาน โดยใช้แนวทางต่าง ๆ เช่น Behavioral Change (ปรับเปลี่ยนพฤติกรรม), Renewable Energy (พลังงานหมุนเวียน), Load Control (การควบคุมโหลด), Energy-Efficient Technology (เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน) และ

Demand Response (การตอบสนองด้านอุปสงค์) เพื่อสร้างระบบพลังงานที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 6 ตารางเปรียบเทียบเทคนิค DSM

DSM Technique	Description	Advantages	Disadvantages
Behavioral Change	Adjusting user habits	- Reduces peak load - Eases grid strain	- Hard to change habits - Low cooperation
Renewable Energy	Using solar/wind power	- Cuts fossil fuel use - Low emissions	- High cost - Intermittent supply
Load Control	Managing non-essential devices	- Reduces peak demand - Less grid load	- Affects comfort - Needs control
Energy-Efficient Tech	Using efficient appliances	- Saves energy - Lowers costs	- High cost - Durability issues
Demand Response	Adjusting load via signals	- Reduces peak demand	- Needs coordination - Real-time data required

จากตารางที่ 6 แสดงเทคนิค Demand-Side Management (DSM) มีหลายแนวทางที่ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดภาระของระบบไฟฟ้า โดยแต่ละเทคนิคมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม กระตุ้นให้ผู้ใช้ปรับพฤติกรรมเพื่อลด Peak Load แม้มีต้นทุนต่ำแต่ต้องอาศัยแรงจูงใจและความร่วมมือสูง
2. พลังงานทดแทน ใช้พลังงานสะอาดเพื่อลดการพึ่งพาฟอสซิล แต่มีต้นทุนติดตั้งสูงและอาจไม่เสถียร
3. การควบคุมโหลด บริหารพลังงานโดยลดการใช้ในช่วงพีค ช่วยรักษาเสถียรภาพระบบไฟฟ้า แต่ต้องมีการจัดการที่เหมาะสม

4. เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน ใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น หลอด LED แม้ช่วยลดค่าใช้จ่ายระยะยาว แต่มีต้นทุนเริ่มต้นสูง

5. Demand Response ปรับ โห ล ด ตาม สัญญาณจากผู้ให้บริการพลังงาน ลดภาระของระบบไฟฟ้า แต่ต้องใช้ข้อมูลเรียลไทม์และการประสานงานที่ดี

สรุปได้ว่าแต่ละเทคนิคของ DSM มีข้อดีและข้อจำกัดที่ต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับบริบทของระบบไฟฟ้าและลักษณะการใช้พลังงานของผู้ใช้ ในการเลือกใช้แนวทางที่ดีที่สุด ควรพิจารณาทั้งต้นทุน ประสิทธิภาพ และความสะดวกของผู้ใช้งานเพื่อให้สามารถบริหารจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

4. สรุป

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แนวโน้มโหลดพลังงานสูงสุด (Peak Load) ของอาคารเรียนมีความคงที่ในระดับรายวันระหว่างวันทำการและวันหยุด แต่มีความผันผวนสูงในระดับรายสัปดาห์ โดยสูงสุดในช่วงต้นและท้ายของระยะเวลาเรียน และแนวโน้มรายเดือนสูงสุดอยู่ในเดือนธันวาคม 2567 และมกราคม 2568 และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2568 ซึ่งสะท้อนพฤติกรรมการปรับการใช้พลังงาน (Demand Response Behavior) เช่น การเลื่อนเวลาใช้เครื่องปรับอากาศและการใช้ไฟฟ้าในช่วง Off-Peak การสังเกตนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาในงานวิจัยของ Panda et al. [1] และ Williams et al. [3] ซึ่งรายงานว่า อาคารและโรงงานที่ใช้ระบบ DSM มีแนวโน้มการลด Peak Load ผ่านการปรับพฤติกรรมผู้ใช้และการจัดสรรโหลดไปยังช่วง Off-Peak นอกจากนี้ Mayer et al. [5] พบว่า การใช้ DSM ในภาคอุตสาหกรรมช่วยสร้างความยืดหยุ่นต่อความผันผวนของโหลดไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบความแตกต่างของ Peak Load ในแต่ละช่วงเวลาของวันและเดือน ในขณะที่งานวิจัยของ Kanakadhurga [6] และ Ullah [7] เน้นการวิเคราะห์ DSM ใน Microgrid และผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายและการรวมพลังงานหมุนเวียน

การศึกษานี้ต่างออกไปตรงที่ใช้ข้อมูลจากระบบตรวจวัดเรียลไทม์ในอาคารเรียน ทำให้สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้และแนวโน้มการใช้พลังงานในระดับรายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือนได้อย่างละเอียด นอกจากนี้ การศึกษานี้ยังรวมการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ โดยระบุค่า ROI และเวลาคืนทุน ซึ่งพบว่าเทคนิค DSM สามารถลด Peak Load ได้อย่างน้อย 10–15% และเพิ่ม Load Factor 5–8% ภายในระยะเวลา 3.42 ปี ซึ่งงานวิจัยก่อนหน้านี้ไม่ได้ระบุรายละเอียดเชิงตัวเลข KPI ในลักษณะนี้ [1], [4], [8]–[9]

สรุปได้ว่า ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับแนวโน้มและเทคนิค DSM ที่รายงานในงานวิจัยก่อนหน้านี้ในเรื่องของการลด Peak Load และการปรับพฤติกรรมผู้ใช้ แต่มีความแตกต่างในแง่ของการใช้ข้อมูลเรียลไทม์และการประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเพิ่มความชัดเจนและความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้งานจริงสำหรับอาคารเรียน [1]–[9]

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบ คุณ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณปี 2568 และอนุญาตให้ใช้พื้นที่และอุปกรณ์ ขอขอบคุณทีมงานวิจัย คณาจารย์ และบุคลากรที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวก รวมถึงครอบครัวและเพื่อนร่วมงานที่ให้อำนาจใจและสนับสนุนตลอดกระบวนการศึกษาวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Panda, S. Mohanty, P. K. Rout, B. K. Sahu, S. M. Parida, I. S. Samanta, M. Bajaj, M. Piecha, V. Blazek, and L. Prokop, "A comprehensive review on demand side management and market design for

- renewable energy support and integration,” *Energy Reports*, vol. 10, pp. 2228-2250, Nov. 2023.
- [2] A. H. Nebey, “Recent advancement in demand-side energy management system for optimal energy utilization,” *Energy Reports*, vol. 11, pp. 5422–5435, 2024.
- [3] B. Williams, D. Bishop, P. Gallardo, and J. G. Chase, “Demand Side Management in industrial, commercial, and residential sectors: a review of constraints and considerations,” *Energies*, vol. 16, no. 13, 2023.
- [4] A. T. Dahiru, D. Daud, C. W. Tan, Z. T. Jagun, S. Samsudin, and A. M. Dobi, “A comprehensive review of demand side management in distributed grids based on real estate perspectives,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, pp. 81984–82013, 2023.
- [5] P. Mayer, M. Heer, D. Y. Shu, N. Zielonka, L. Leenders, F. J. Baader, and A. Bardow, “Flexibility from industrial demand-side management in net-zero sector-coupled national energy systems,” *Frontiers in Energy Research*, vol. 12, 2024.
- [6] D. Kanakadhurga and N. Prabakaran, “Demand side management in microgrid: a critical review of key issues and recent trends,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 156, article 111915, 2022.
- [7] K. Ullah, J. Quanyuan, R. A. Khan, and W. Khan, “Impact of demand side management on the operational cost of microgrids using ABC algorithm,” *Frontiers in Energy Research*, vol. 10, 2023.
- [8] R. Elazab, A. T. Abdelnaby, and A. A. Ali, “Impacts of multiple demand-side management strategies on microgrids planning: a literature survey,” *Clean Energy*, vol. 8, no. 1, pp. 36-54, 2024.
- [9] Y. B. Elias, M. Y. Yousef, A. Mohamed, A. A. Ali, and M. A. Mosa, “Energy management and demand side management framework for nano-grid under various utility strategies and consumer’s preference,” *Scientific Reports*, vol. 14, no. 25757, 2024.