

ศักยภาพของการใช้สมาร์ตกริดเทคโนโลยีเพื่อการจัดการ
พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศภายในอาคารในช่วงฤดูร้อน
กรณีศึกษา : อาคารในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยพะเยา
Potential of Using Smart Grid Technology for
the Electrical Energy Management in
the Building Air-conditioning Systems During the Summer,
Case Study: Building in the Area of Phayao University

นัทธีธรรณท์ พงษ์พานิช* และบุญวัฒน์ วิจารณ์พล

คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

Nuttanon Pongpanit* and Bunyawat Vichanpol

School of Energy and Environment, University of Phayao, Maeka, Muang, Phayao, 56000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเฉพาะบริบทของพื้นที่ เพื่อสร้างฐานข้อมูลและประเมินเป็นรูปแบบแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศอาคารในพื้นที่สถานศึกษาในช่วงฤดูร้อน โดยมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนจากระบบผลิตไฟฟ้า smart grid UP มหาวิทยาลัยพะเยา ผลการศึกษานี้สามารถนำมาใช้สำหรับการออกแบบและสร้างทางเลือกของการจัดการพลังงานตามแนวทางสมาร์ตกริดเทคโนโลยี เพื่อเป็นแนวทางการลดภาระความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยในฤดูร้อน ผลจากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ศักยภาพของพลังงานทดแทนในพื้นที่ต้นแบบพบว่าระบบผลิตไฟฟ้า smart grid UP สามารถผลิตไฟฟ้า 0.80 kWh-day/(PV area)m² โดยมีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ 17.68 % นอกจากนี้การทดสอบในพื้นที่ต้นแบบยังแสดงให้เห็นว่าค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดและต้องการพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในช่วงเวลาที่มีการทดสอบ 77.898 W/(พื้นที่ปรับอากาศ)m² และ 0.297 kWh-day/(พื้นที่ปรับอากาศ) m² ตามลำดับ เมื่อประเมินระบบผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้งประกอบอาคารที่ 60 kWp พบว่าระบบดังกล่าวสามารถทำให้ระดับความต้องการพลังไฟฟ้าลดลง 24.05 % หรือระดับ 26.61 kW จากความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 110.42 kW แต่พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในระบบปรับอากาศเพียง 68.06 % ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 09:00-13:00 น. พบว่าสามารถใช้ประโยชน์ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตเหลือเพียง 47.90 % เท่านั้น ผล

การศึกษาพบว่าการใช้ประโยชน์จากการผลิตไฟฟ้าทำได้อย่างจำกัดจากภาวะแวดล้อมภายนอกและการใช้ประโยชน์อาคาร ดังนั้นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของอาคารสามารถทำได้โดยใช้ระบบการจัดการพลังงานในอาคาร (building energy management system, BEMS) และการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าตามแนวของสมาร์ตกริดเทคโนโลยี ซึ่งสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า (demand response, DR) เทคโนโลยีดังกล่าวทำให้เกิดการเชื่อมต่ออย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพระหว่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าหลักและระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ซึ่งต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

คำสำคัญ : สมาร์ตกริดเทคโนโลยี; การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์; ระบบการจัดการพลังงานในอาคาร

Abstract

This research has been studied for the context of the area in order to create the database and assess the trend pattern of electric energy consumption of the air conditioning system in the building of the education area during summer. The research focuses on the use of renewable energy from the smart grid UP, Phayao University. The results of this study can be used to design and create alternative energy management based on smart grid technologies for reducing the demand charge of Thailand. The results from data collection and analysis of the potential of the renewable energy system in the prototype area show that the smart grid UP can generate the average electricity at $0.80 \text{ kWh-day}/(\text{PV area})\text{m}^2$ with an average efficiency of electricity production from solar energy of 17.68 %. In addition, the testing in the prototype area also shows that the demand charge and the average electric energy consumption of the air conditioning system are $77.898 \text{ W}/(\text{air-condition area})\text{m}^2$ and $0.297 \text{ kWh-day}/(\text{air condition area})\text{m}^2$, respectively. Evaluating from electricity generating system installed at the building at 60 kWp, the system can reduce the demand charge by about 24.05 % at the level of 26.61 kW from the maximum demand charge 110.42 kW. However, the electrical energy can be used for the air conditioning system for only 68.06 %. From the data collected in the period between 9.00 and 13.00, the electricity can be used for the air conditioning system only 47.90 % of the electricity production. According to the study, it was found that the utilization of electricity is limited by the outdoor environment and the building use. Therefore, the approach that can use to increase the efficiency of electricity generation and the efficiency of electrical energy utilization in the building air-conditioning system is the building energy management system (BEMS) and the control of electrical energy usage according to smart grid technologies, which can change the demand for electricity (Demand Response, DR). This technology leads to a stable and efficient connection between the main grid and the renewable energy system, which require further study.

Keywords: smart grid technology; photovoltaic (PV); building energy management system (BEMS)

1. บทนำ

แนวโน้มความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ โดยเพิ่มขึ้นจากระดับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในรอบปี พ.ศ. 2548 ที่ 20,538 MW จากกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมเพียง 26,450 MW เป็นความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ 29,619 MW จาก

กำลังการผลิตไฟฟ้ารวมที่ต้องเพิ่มเกือบเท่าตัวที่ 41,453 MW [1] จึงเป็นความจำเป็นที่สำคัญในระดับประเทศที่ต้องรักษาเสถียรภาพพลังงานจากการเพิ่มขึ้นของความต้องการพลังงานไฟฟ้า เมื่อพิจารณาในปี พ.ศ. 2558-2560 ในรูปที่ 1 พบว่าระดับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดจะเกิดในช่วงฤดูร้อนระหว่างเดือนมีนาคมถึงมิถุนายนของทุกปี

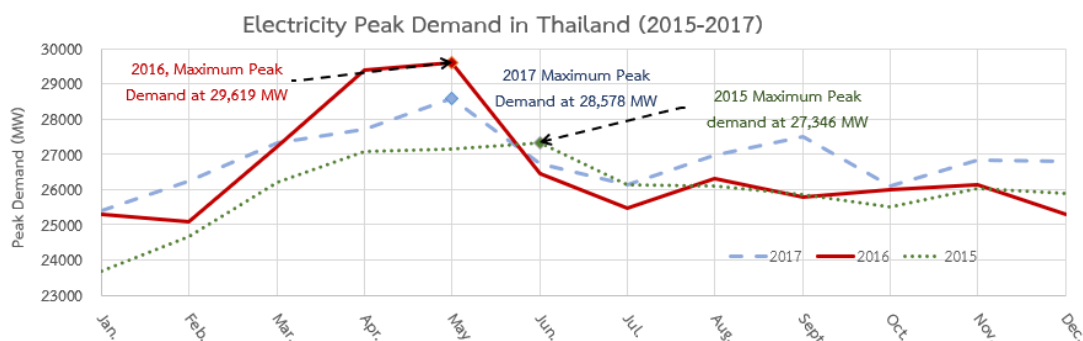


Figure 1 Electricity peak demand in Thailand (2015-2017) [1]

ผลกระทบจากการต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงเดือนดังกล่าวเกิดจากความร้อนจากอากาศภายนอกที่สูงสุดในรอบปี ทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศมากขึ้น เมื่อพิจารณาผลของการกระจายความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือนของประเทศไทย พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคม ซึ่งมีค่า 20-24 MJ/m²-day [2] ปริมาณของรังสีแสงอาทิตย์ที่มีปริมาณมากนับเป็นศักยภาพของพลังงานทางเลือกที่สามารถจะนำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยแนวโน้มของข้อมูลพบว่าในประเทศไทยยังไม่ได้ใช้ศักยภาพดังกล่าวมาเพื่อแก้ปัญหาเสถียรภาพพลังงานในระดับประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดการพัฒนาในการแก้ปัญหา ระบบจัดการเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด “ระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร (building

energy management system, BEMS)” ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการจัดการ ควบคุม และติดตามระบบพลังงานต่าง ๆ ภายในอาคาร โดยเฉพาะระบบสมาร์ตกริด (smart grid system) ซึ่งถูกใช้เพื่อเชื่อมต่อแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทางเลือกที่มีมากและหลากหลายให้เข้ากับระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพและเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับระบบไฟฟ้า ซึ่งแนวทางนี้เป็นการพัฒนาระบบไฟฟ้าให้เป็นระบบโครงข่ายที่มีความชาญฉลาด [3]

การศึกษาการใช้พลังงานของ The U.S. Department of Energy ในปี ค.ศ. 2011 พบว่ามีการใช้พลังงานสำหรับอาคารสูงถึง 40 % ของการใช้พลังงานทั้งโลก และปริมาณดังกล่าวก็นำไปใช้สำหรับการควบคุมสภาวะแวดล้อมพื้นที่ใช้งานของอาคารในระบบ HVAC ประมาณ 50 % หรือถ้าเปรียบเทียบเป็นการใช้พลังงานในระบบนี้อาจมากถึง

ประมาณ 20 % ของการใช้พลังงานทั่วโลก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเฉพาะรูปแบบการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ โดยความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีการสื่อสารและต้นทุนพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาด้านสมรรถกิริยาเทคโนโลยี ทำให้เกิดความยั่งยืน ความเชื่อมั่น และการมีส่วนร่วมจากผู้ใช้พลังงานเองส่งผลต่อต้นทุนการผลิตพลังงานรูปแบบอื่น ๆ ลดลงอย่างมาก เมื่อใช้ควบคู่กับระบบการจัดการพลังงานสำหรับอาคารหรือที่เรียกว่า SG-BEMS model จึงเป็นการศึกษาที่นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาพลังงานในอาคาร รูปแบบ SG-BEMS architecture แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ Level 1 management level: supervisory computers service server, data management server, Level 2 automation level: smart G/W (gateway) และ Level 3 field level: sensor, actuator, controller โดยลักษณะของ SG-BEMS architecture ส่วนใหญ่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการควบคุมระบบ HVAC และแสงสว่างในอาคารเป็นหลัก [4,5] แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างโมเดลที่มีการทำงานร่วมกันของ SG-BEMS อาจทำได้โดยใช้การเชื่อมโยงและควบคุมแบบ multi agent system (MAS) ที่ประกอบด้วยชั้นการทำงาน 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนอาคารอัจฉริยะ (smart building layer), neighborhood layer และ SG layer ทำงานเชื่อมโยงและสื่อสารกันทั้ง 2 ทาง โดยใช้ automatic demand response (ADR) และการประเมินภาวะโหลดสูงสุดจากระบบ HVAC และดำเนินการให้เกิดสมดุลพลังงานทั้งในด้าน demand และ supply ตามข้อจำกัดต่าง ๆ ร่วมกับรูปแบบการหาทางเลือกในการควบคุมที่ดีที่สุด (optimization technique) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีที่สุด ซึ่งจะรักษาความสบายของผู้ใช้อาคาร โดยรูปแบบทั่วไปของการ

ทำงานร่วมกันของ SG-BEMS [6]

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงศักยภาพของพลังงานทางเลือกของพื้นที่จังหวัดพะเยา เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการออกแบบและใช้สมรรถกิริยาเทคโนโลยีในการจัดการพลังงานไฟฟ้าเฉพาะในระบบปรับอากาศในอาคารต้นแบบพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา เนื่องจากในพื้นที่ดังกล่าวมีการใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น แสงสว่าง ในสัดส่วนการใช้งานในช่วงทดสอบกลางวันไม่เกิน 20 % ของปริมาณพลังงานทั้งหมดและเป็นภาระทางไฟฟ้าที่คงที่จึงไม่ได้อยู่ในขอบเขตการศึกษา โดยการจัดการพลังงานไฟฟ้าโดยใช้แนวทางของสมรรถกิริยาเทคโนโลยีจำเป็นต้องศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างศักยภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ตามบริบทที่เหมาะสมของพื้นที่

2. วิธีการวิจัย

สำหรับแนวทางการดำเนินงานเพื่อศึกษาและประเมินศักยภาพของพลังงานทางเลือกจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จะใช้การเก็บข้อมูลจากระบบ smart grid UP และทดสอบการใช้งานพลังไฟฟ้าในระบบปรับอากาศในพื้นที่ต้นแบบ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประเมินเพื่อสร้างฐานข้อมูลและเสนอรูปแบบทางเลือกของการจัดการพลังงานไฟฟ้าในฤดูร้อนสำหรับลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าในระบบปรับอากาศโดยเฉพาะ โดยมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

2.1 การบันทึกและรวบรวมข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในระบบ smart grid UP โดยมีข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่ ภาพรวมของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด คาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิแวดล้อม โดยรูปแบบการเก็บข้อมูลของระบบแสดงได้ดังรูปที่ 2

2.2 กำหนดพื้นที่ต้นแบบสำหรับการศึกษา คือ อาคาร B3 ของมหาวิทยาลัยพะเยา โดยมีจุดพื้นที่ 2 ส่วน ได้แก่ จุด EN3 และ จุด EN4 มีพื้นที่ปรับอากาศต้นแบบในการศึกษา 1,417.5 ตารางเมตร การติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน มีขนาดทำความเย็น

รวม 1,500,265 Btu/hr ติดตั้งระบบสถานีผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 56 kWp ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารพื้นที่ 396 ตารางเมตร คิดเป็น 25.50 % ของพื้นที่หลังคาทั้งหมด ประมาณ 1,553 ตารางเมตร รูปที่ 3 แสดงพื้นที่ที่ศึกษา

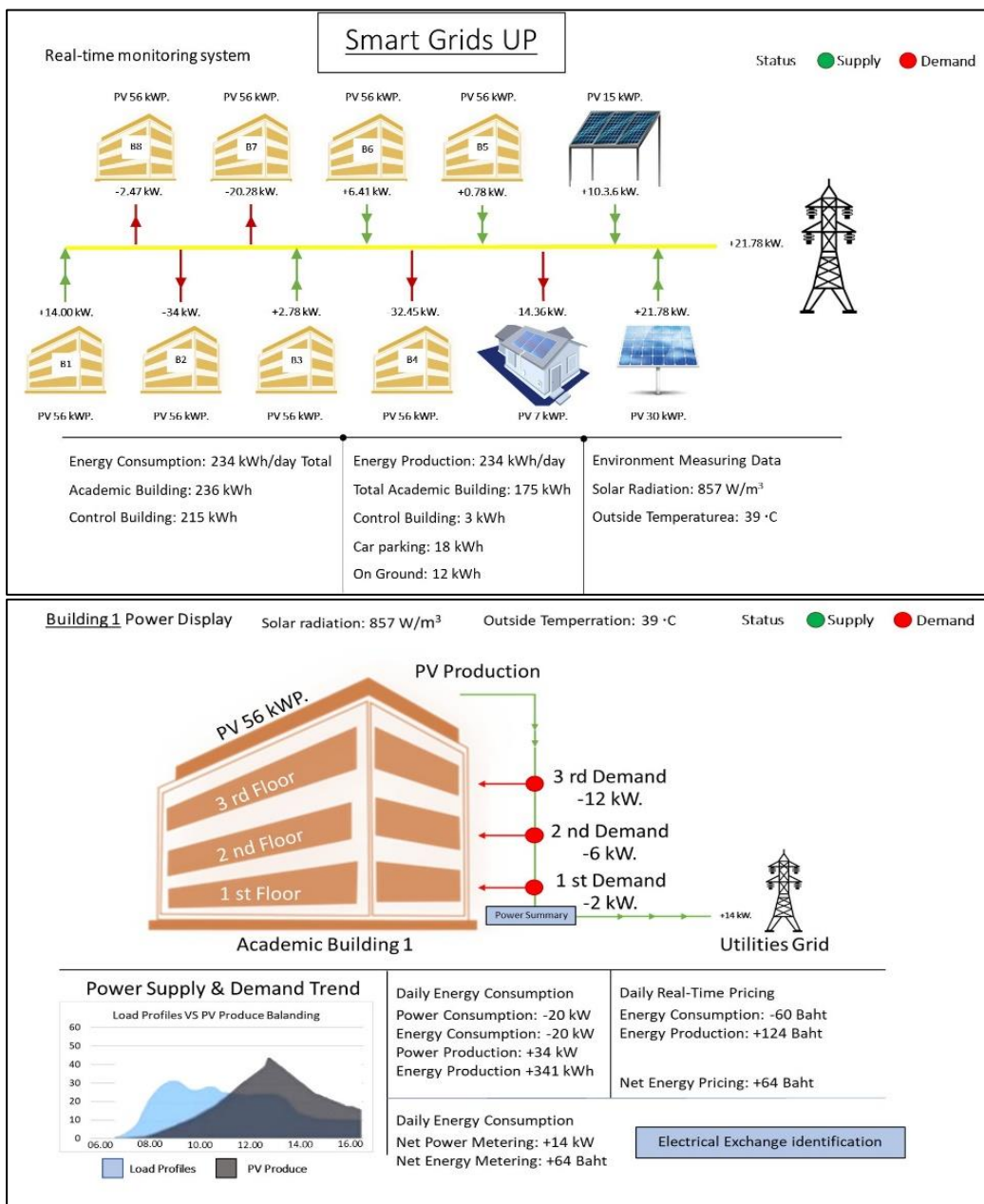


Figure 2 Data recording format of the smart grid UP



Figure 3 An installation of solar panels of the smart grid UP system and the roof area of the B3 building

2.3 การประเมินศักยภาพของพลังงานทดแทนในระบบสมาร์ตกริดเทคโนโลยี เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศในอาคารของมหาวิทยาลัยพะเยา ภายใต้การวิเคราะห์ดังนี้

2.3.1 ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าของระบบในรอบ 1 ปี โดยการใช้การเก็บข้อมูลแล้วประเมินสรุปในรูปแบบของค่าเฉลี่ย ภายใต้ความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานหรือ conversion efficiency (η_{el}) = พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบ smart grid UP ÷ พลังงานจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

2.3.2 การประเมินศักยภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของพื้นที่ต้นแบบ (อาคาร B3) มีการประเมิน 2 รูปแบบ ได้แก่

(1) การประเมินภาระโหลดความร้อนที่เข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศของอาคาร (cooling load of building) ซึ่งคำนวณจากมาตรฐานการออกแบบของ American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) โดยวิธี residential load factor (RLF) method [7] เพื่อหาภาระความร้อนสูงสุดที่เกิดในช่วงเวลา 14:00-16:00

ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มียุณหภูมิภายนอกสูงที่สุดในพื้นที่ต้นแบบ

(2) การประเมินจากขนาดของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ติดตั้งแล้วในพื้นที่ต้นแบบ ซึ่งเป็นความสามารถของระบบในการจัดการกับภาระโหลดความร้อนอาคาร

ข้อมูลส่วนนี้สามารถประเมินเป็นความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดจากระบบปรับอากาศที่เกิดจากภาระความร้อนภายนอกและความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดจากการติดตั้งอุปกรณ์ โดยใช้ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ หรือ COP ซึ่งแสดงได้ดังสมการ estimate power demand = cooling load of building ÷ COP of air conditioning

2.3.3 การทดสอบเพื่อประเมินรูปแบบและศักยภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของอาคารในช่วงฤดูร้อน ในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม โดยเก็บข้อมูลรวมกัน 30 วัน ซึ่งช่วงเวลาที่ศึกษาเป็นช่วงเดือนที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและมีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดของปี เพื่อประเมินเป็นรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาที่

สนใจ แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ผล โดยจำลองเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ smart grid UP ทดแทนความต้องการพลังงานไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศของพื้นที่ต้นแบบ

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 การประเมินศักยภาพพลังงานทดแทน

จากการผลิตไฟฟ้าของระบบ smart grid UP

ผลของการเก็บข้อมูลศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีของระบบ smart grid UP ของมหาวิทยาลัยพะเยา และการเปรียบเทียบความเข้มแสง กำลังการผลิต และประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สรุปได้ดังตารางที่ 1

Table 1 The average PV conversion efficiency of annual electricity production for smart grid UP.

Seasons	Months	Average solar radiation intensity (kWh/m ² /day)	Average electricity production (kWh/m ² /day)	Conversion Efficiency (η_{el}) (%)
Summer	February	4.19	0.86	20.55
	March	4.39	0.83	18.91
	April	4.61	0.71	15.40
	May	4.97	0.81	16.49
Average		4.54	0.80	17.68
Rainy	June	4.87	0.77	15.85
	July	4.59	0.52	11.33
	August	3.95	0.47	11.89
	September	4.38	0.51	11.64
Average		4.45	0.57	12.75
Winter	October	4.78	0.51	10.67
	November	3.28	0.65	19.76
	December	3.22	0.71	22.05
	January	3.48	0.79	22.56
Average		3.69	0.67	18.02

ประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุดจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูหนาว ในตรงกันข้ามประสิทธิภาพจะต่ำสุดในช่วงฤดูฝน โดยในช่วงฤดูหนาวมีความร้อนสะสมได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำ ทำให้อุณหภูมิในตำแหน่งนั้นต่ำไปด้วย

ทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูง ส่วนในช่วงฤดูฝนมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากในช่วงฤดูฝนมีเมฆฝนบังแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นอุปสรรคทำให้แสงอาทิตย์ไม่สามารถส่องถึงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต่ำ การศึกษา

ของ พฤทธิ์ [8] แสดงให้เห็นว่าผลของอุณหภูมิได้แมงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้าขาออกลดลง ทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง การทำให้อุณหภูมิลดลงโดยใช้วิธีติดตั้งท่อเทอร์โมโซฟอนและการพ่นน้ำระบายความร้อนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงาน 0.5-1.2 % อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์พบว่าผลตอบแทนค่อนข้างต่ำ

โดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ คือ ความเข้มแสงและอุณหภูมิได้แมง โดยในช่วงฤดูร้อนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดจากการใช้งานในระบบปรับอากาศ ขณะเดียวกันช่วงเวลาดังกล่าวมีศักยภาพที่จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด การศึกษาระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร (BEMS) ร่วมกับระบบ smart grid UP ของมหาวิทยาลัยพะเยา ทำให้สามารถประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศสอดคล้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่สูงขึ้นด้วย

3.2 การประเมินศักยภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของอาคารต้นแบบ

3.2.1 การคำนวณภาระการทำงานของระบบปรับอากาศภายในพื้นที่อาคารต้นแบบ ในช่วงเวลาที่ศึกษา โดยผลที่ได้จากการคำนวณสามารถประเมินเป็นภาระความร้อนที่เครื่องปรับอากาศต้องทำงาน $714.14 \text{ Btu/hr}\cdot\text{m}^2$ ซึ่งสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP) ที่ติดตั้งในพื้นที่ต้นแบบเฉลี่ย 3.05 ทำให้มีภาระความร้อนของระบบปรับอากาศ $1,012,293.45 \text{ Btu/hr}$ หรือทำให้เกิดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดสำหรับระบบปรับอากาศสูงสุด 97.27 kW

3.2.2 พิจารณาระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในพื้นที่ต้นแบบ ขนาดการติดตั้งเครื่องปรับอากาศรวม $1,500,265 \text{ Btu/hr}$ ประเมินความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดสำหรับระบบปรับอากาศสูงสุดจากการติดตั้งถึง 139.15 kW และเมื่อทดสอบการทำงานของระบบปรับอากาศในอาคารในช่วงเวลาที่ทำให้เกิดภาวะโหลดความร้อนภายนอกอาคารสูงสุดของปี พ.ศ. 2560 พบว่ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 121.36 kW

โดยข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 พบว่ามีความแตกต่างกันของขนาดความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มากที่สุดของการปรับอากาศและขนาดของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่สูงกว่าการคำนวณภาระความร้อนถึง 43.05% เมื่อทดสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศในพื้นที่ต้นแบบพบว่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดสูงกว่าค่าจากการคำนวณภาระการทำงานของระบบปรับอากาศในข้อ 3.2.1 ถึง 24.09 kW หรือประมาณ 24.77% ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดความต้องการพลังงานไฟฟ้าเกินความจำเป็น การออกแบบระบบปรับอากาศที่เผื่อเกินไปส่งผลให้เกิดผลดังกล่าว การใช้ระบบการจัดการพลังงานที่ดีจะสามารถลดการการพลังงานในส่วนเกินนี้ด้วยการควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงของความต้องการสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมของพื้นที่และลดการใช้งานเครื่องปรับอากาศบางตัวด้วยการจำกัดการทำงานที่เหมาะสม

3.3 การทดสอบเพื่อประเมินรูปแบบและศักยภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

ทดสอบการทำงานของระบบปรับอากาศในฤดูร้อนในพื้นที่ต้นแบบ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการพิจารณาแนวทางการจัดการที่มีประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ โดยทดสอบและเก็บข้อมูลการทำงานของระบบปรับอากาศ 2 วัน ที่มีรูปแบบความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกัน โดยผลการทดสอบแสดงไว้ในรูปที่ 4

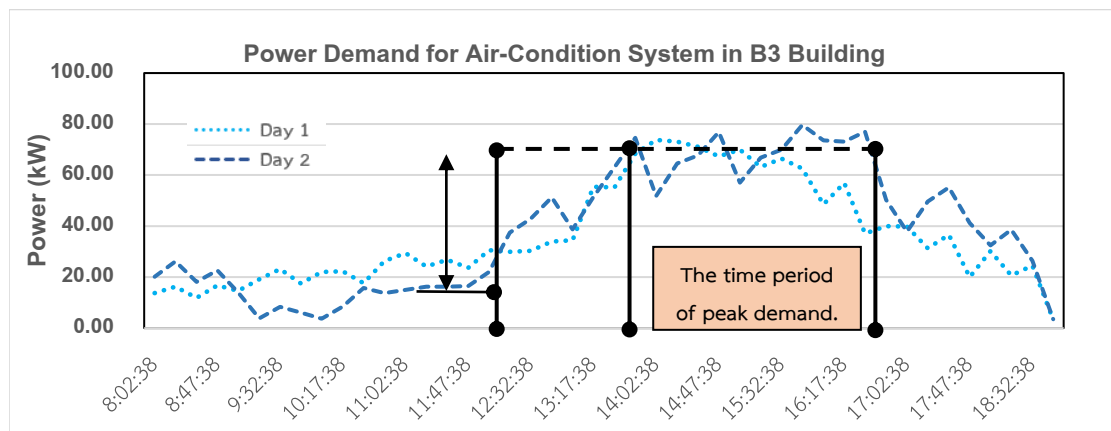


Figure 4 Power load profile for air conditioning system

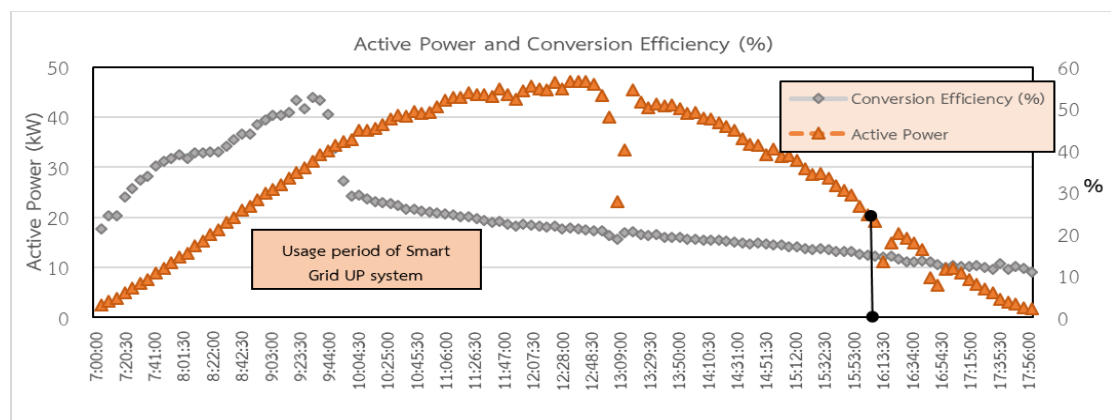


Figure 5 Variation of active power and PV conversion efficiency from smart grid UP

การทดสอบจะได้รูปแบบความต้องการพลังงาน พบว่าการใช้พลังงานของพื้นที่ในช่วง 4 ชั่วโมงแรกของวัน ตั้งแต่เวลา 08:00-12:00 น. ระดับความต้องการพลังงานอยู่ที่ระดับไม่เกิน 30 kW หลังจากนั้นระดับความต้องการพลังงานสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และขึ้นไปในระดับสูงสุดของวันเมื่อเวลา 13:45 น. และคงอยู่ในระดับที่สูงอีกประมาณ 3 ชั่วโมง รูปแบบดังกล่าวเกิดจากโหลดความร้อนภายนอกอาคารและสมบัติของวัสดุในการดูดกลืนและสะท้อนความร้อนหรือที่เรียกว่ามวลอุณหภาพ (thermal mass) สมบัตินี้เป็นความสามารถในการกักเก็บความร้อนของกรอบอาคาร การศึกษาเพิ่มเติมจะทำให้

สามารถกำหนดรูปแบบความต้องการพลังงานของระบบปรับอากาศในอาคารเพื่อนำมาประยุกต์เป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมสำหรับการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ในวันที่ทดสอบเพื่อประเมินรูปแบบความต้องการพลังงานในระบบปรับอากาศได้เก็บข้อมูลเพื่อประเมินศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบ smart grid UP โดยได้ผลแสดงดังรูปที่ 5

เมื่อพิจารณาจากผลของข้อมูลทั้งข้อ 3.1 และ 3.2 สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

3.3.1 ประเมินการใช้ประโยชน์จากความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมกับระดับความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ของอาคารในช่วง

08:00-12:00 น. มีค่าเฉลี่ย 21 kW ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของอาคาร ระบบผลิตไฟฟ้าจากระบบ smart grid UP สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้วันละ 7 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 09:00-16:00 น.

3.3.2 ประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุดของวันจะอยู่ในช่วงเวลา 09:00-09:30 น. โดยความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 250 W/m^2

ขณะเดียวกันผลของอุณหภูมิได้แบ่งที่สะสมจะสูงสุดในช่วงเวลาประมาณ 13:00-14:30 น. โดยผลกระทบดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าลดลง ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงแม้ว่าช่วงดังกล่าวจะมีความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดในรอบวัน โดยแนวโน้มของผลการทดสอบและการเก็บข้อมูลทำให้สามารถประเมินความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากระบบ smart grid UP

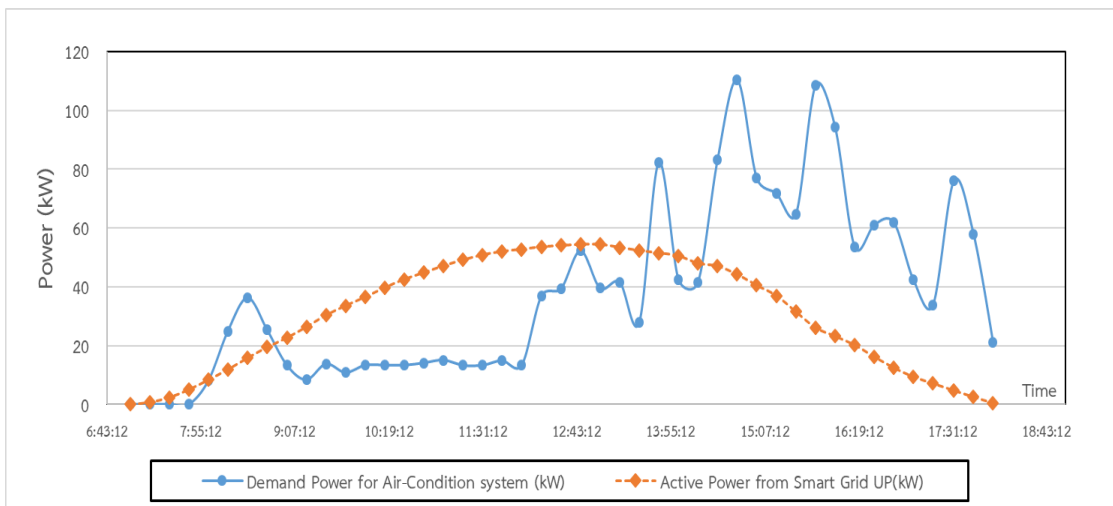


Figure 6 Comparison of demand power for air condition system and power generation of smart grid UP

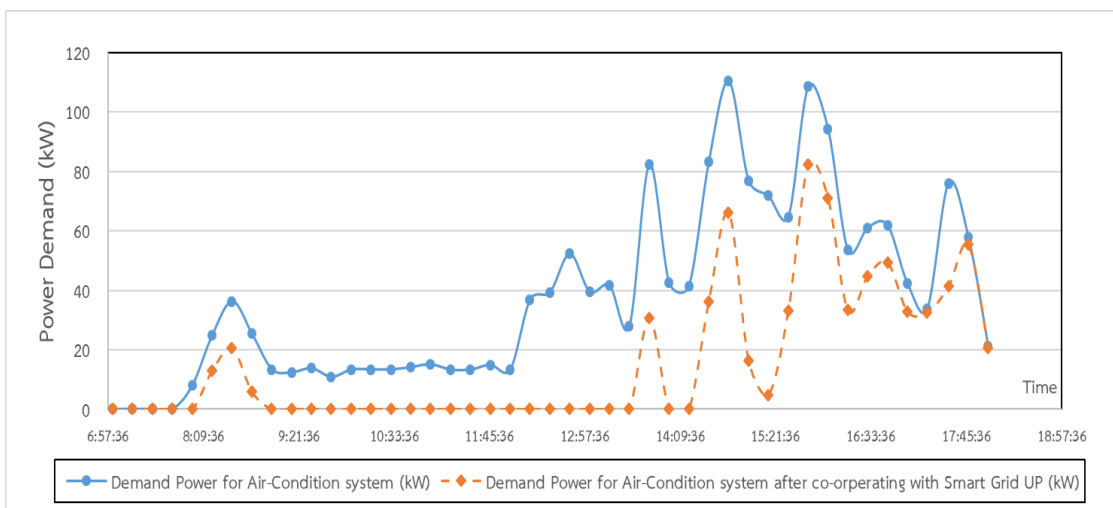


Figure 7 Simulation of electric power from smart grid for air conditioning system

Table 2 Comparison of the energy requirements for air conditioning (AC) and the energy generation from smart grid UP.

Times	Electrical energy in air conditioning system (kWh)	Electrical energy generated from smart grid UP (kWh)	Electrical energy from smart-grid that can be used in AC system (kWh)
07:00-09:00	23.66	15.96	15.96
09:00-13:30	101.86	212.65	101.86
13:30-18:00	296.05	118.21	118.21
Total	421.57	346.82	236.03

Table 3 Peak demand of air conditioning system, prototype building, University of Phayao.

Descriptions	Power per Air-conditioned area (W/m ²)	Time periods
Power demand of air conditioning system. (calculation data)	68.621	14:00-15:00
Power demand of air conditioning system. (test data)	77.898	14:30-15:45
Active power potential of smart grid UP	38.384	12:30-13:30

Table 4 Energy generation and energy charge for air conditioning system in summer.

Descriptions	Energy per PV area (kWh-day/m ²)
Generation capacity for electrical energy of Smart Grid UP	0.876
Electrical energy for air condition system	1.065

ทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและเก็บข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากพื้นที่ต้นแบบเพิ่มเติมในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม สามารถแสดงผลการทดสอบดังกล่าวในรูปที่ 6 เป็นการประเมินระดับค่าเฉลี่ยของ active power ซึ่งเป็นพลังงานที่ผลิตได้จากระบบ smart grid UP และรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในระบบปรับอากาศ ส่วนในรูปที่ 7 เป็นการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าหลักหลังจากถูกชดเชยด้วยพลังงานไฟฟ้าจากผลิตของระบบ

smart grid UP โดยตรง ส่งผลทำให้เกิดการลดของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 26.61 kW หรือประมาณ 24.05 % ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของวัน และสามารถทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าหลักโดยตรงเฉลี่ยวันละ 24.70 kWh ขณะเดียวกันพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินจากการผลิตบางส่วนต้องถูกทิ้งไปในระหว่างวัน (ในช่วงเวลาประมาณ 09:00-12:00 น.) ซึ่งสรุปผลของการใช้พลังงานดังกล่าวได้ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบความ

ต้องการพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก smart grid UP โดยระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 82.27 % ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ แต่ในการใช้ในการใช้งานจริงไม่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพตามความสามารถดังกล่าว การศึกษานี้พบว่าสามารถใช้ประโยชน์จากการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพียง 60-70 % ของปริมาณที่ผลิตได้ หรือสามารถทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศเพียง 55 % ของปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ผลที่เกิดขึ้นมาจากความสามารถในการกักเก็บความร้อนของกรอบอาคาร ทำให้เกิดการหน่วงเวลาในการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร ทำให้เวลาที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารจะนานขึ้น ส่งผลให้การปรับอากาศไม่สัมพันธ์กับค่าโหลดความร้อนภายนอกอาคารที่เกิดผลกระทบจากรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งเห็นได้จากในช่วงเวลา 09:00-13:30 น. เป็นช่วงที่ความต้องการพลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศมีค่าค่อนข้างต่ำ แต่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงกว่าความต้องการ โดยสรุปผลการทดสอบความต้องการพลังงานไฟฟ้าและศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบ smart grid UP ได้ตามตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 แสดงถึงความต้องการพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ พบว่าในพื้นที่ทดสอบมีความต้องการใช้ระดับของพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าการประเมินจากการคำนวณถึง 13.52 % ซึ่งเป็นผลจากการติดตั้งระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่กว่าการใช้งานจริงของพื้นที่ ซึ่งจะพบได้จากการติดตั้งทั่วไปในอาคารอื่น ๆ ของมหาวิทยาลัยพะเยา ในประเด็นต่อมาพบว่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศมีค่ามากกว่าศักยภาพพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากระบบ smart grid UP

ถึงกว่า 100 % รวมทั้งไม่สามารถใช้ประโยชน์จากศักยภาพดังกล่าว เนื่องจากมีความแตกต่างกันของช่วงเวลาที่ต้องการใช้ประโยชน์และความสามารถในการผลิตไฟฟ้า

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ติดตั้งแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ของอาคารทดสอบกับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของอาคารเดียวกัน ข้อมูลที่ได้การใช้ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าสูงกว่าศักยภาพการผลิตไฟฟ้า 17.75 % ขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาในขนาดของพื้นที่ปรับอากาศอาคารจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศ 0.297 kWh-day/m² เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ต่อปีของอาคารประเภทสถานศึกษา ซึ่งถือเป็น energy baseline ที่ใช้อ้างอิง (reference) 102 kWh/m²-yr [9] โดยระบบปรับอากาศมีส่วนการใช้พลังงานที่ประเมิน 62.30 % [10] หรือคิดเป็นการใช้พลังงานในส่วนนี้ถึงปีละ 63.55 kWh/m²-yr โดยพื้นที่ที่ทดสอบเป็นพื้นที่อาคารเรียน โดยใช้งานปีละประมาณ 190 วันต่อปี ในแต่ละปีประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศไม่เกิน 56.50 kWh/m²-yr ซึ่งคิดเป็นส่วน 88.91 % ของระดับพลังงานอ้างอิงในระบบปรับอากาศในรอบ 1 ปี ค่าการใช้พลังงานในพื้นที่ทดสอบจะมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับในระดับ BEC (building energy code) หรือการติดฉลากอาคาร BEC ที่จะใช้บังคับเป็นเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในอาคาร โดยมีกลุ่มเป้าหมายที่บังคับคือ อาคารขนาดใหญ่สร้างใหม่ ช่วงที่มีการบังคับใช้เกณฑ์มาตรฐานอาคารดังกล่าว คือ ปี พ.ศ. 2562-2579

ในภาพรวมของการศึกษานี้จะได้ฐานข้อมูลและแนวโน้มผลการทดสอบที่มีความสำคัญต่อการออกแบบระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร (BEMS)

เพื่อใช้เชื่อมโยงระหว่างความต้องการใช้พลังงาน โดยเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและการใช้พลังงานทดแทนจากระบบ smart grid UP จึงอาจทำให้สามารถใช้พลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของพลังงานอย่างแท้จริง

4. สรุป

การศึกษาศักยภาพการใช้สมาร์ทกริดเทคโนโลยี เพื่อจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศในอาคาร กรณีศึกษา : อาคารในพื้นที่ มหาวิทยาลัยพะเยา พบว่า ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ไม่สอดคล้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าและความต้องการพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของอาคาร ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่สูงเท่าที่ควร ศักยภาพความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเกิดในฤดูร้อนสามารถใช้ประโยชน์จากการผลิตไฟฟ้าเพียง 60-70 % โดยสาเหตุเกิดจากภาระความร้อนสูงสุดของอาคารเกิดขึ้นหลังจากความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 2 ชั่วโมง โดยแนวทางการออกแบบเพื่อปรับปรุงการบริหารจัดการพลังงานในอาคารที่ใช้ร่วมกับสมาร์ทกริดเทคโนโลยีสำหรับพื้นที่ทดสอบสรุปได้ดังนี้

4.1 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เพียง 25.50 % ของพื้นที่หลังคาทั้งหมด ทำให้มีพื้นที่เหลือสำหรับติดตั้งแผงรับรังสีแสงอาทิตย์เพิ่มเติมได้ โดยในอนาคตที่แนวโน้มของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมีราคาถูกลง ทำให้สามารถเพิ่มกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์เสริมในการดำเนินการบริหารจัดการพลังงานในอาคาร การพิจารณาการเพิ่มแผงเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการออกแบบระบบการจัดการพลังงานทางเลือก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศในอาคารต้นแบบ

4.2 การศึกษาพบว่าในช่วงเวลา 09:30-13:30

น. เป็นช่วงที่ความร้อนภายนอกมีผลต่อการปรับอากาศไม่มาก เนื่องจากสมบัติมวลอุณหภาพของผนังอาคาร ทำให้การผลิตไฟฟ้าส่วนหนึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในระบบส่องสว่างของอาคาร ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 5.715 W/m^2 หรือประเมินเป็นพลังงานไฟฟ้าของระบบ 17.145 kWh การใช้หลอด LED และการใช้แสงจากธรรมชาติจะลดภาระทางไฟฟ้าในการส่องสว่าง การวิเคราะห์รูปแบบพลังงานที่ผลิตได้ดังกล่าวจะทำให้สัดส่วนการใช้ประโยชน์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น 4.94% ผลการศึกษาจากการทดสอบของอาคารต้นแบบในช่วงเวลานี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทางเลือก เช่น การสำรองพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบเตอรีหรือการกักเก็บน้ำเย็นเพื่อลดภาระความร้อนอาคารในช่วงโหลดความร้อนสูงสุดของวัน โดยการจัดการในรูปแบบทางเลือกที่เหมาะสมอาจต้องพิจารณาควบคู่กับข้อ 4.1 และการใช้ระดับและปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม ซึ่งเป็นการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

4.3 ปัจจุบันการติดตั้งระบบปรับอากาศในพื้นที่เดิมมีความไม่เหมาะสม ทั้งด้านขนาดของการปรับอากาศและการควบคุมอุณหภูมิใช้งานในพื้นที่ ทำให้เกิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าที่ควรจะเป็นมากกว่า 20 % การปรับปรุงระบบควบคุมอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศน่าจะลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินนี้ได้

ข้อ 4.1-4.3 สามารถนำมาประยุกต์เป็นต้นแบบสำหรับแนวทางการบริหารจัดการพลังงานในอาคาร หรือ BEMS ที่ใช้ร่วมกับสมาร์ทกริดเทคโนโลยีที่มีความสัมพันธ์กัน โดยการศึกษาเพิ่มเติมและพัฒนาจะทำให้เกิดประสิทธิภาพของการใช้พลังงานที่เป็นแนวทางและต้นแบบการแก้ปัญหาของความต้องการพลังงานไฟฟ้าในระดับประเทศ

5. References

- [1] Information from the Electricity Generating Authority of Thailand, Power Demand of the System, Available Source: https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=348&Itemid=116, February 9, 2018. (in Thai)
- [2] Development and Investment Guide to Solar Power Production, 2011, Solar Power Potential of Thailand, Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Bangkok. (in Thai)
- [3] Bayindir, R., Colak, I., Fulli, G. and Demirtas, K. , 2016, Smart grid technologies and applications, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 66: 499-516.
- [4] Murayama, D., Mitsumoto, K., Takagi, Y., Iino, Y. and Yamamori, S., 2012, Smart grid ready BEMS adopting model-based HVAC control for energy saving, *Proceedings IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)*, Orlando, FL.
- [5] Park, K., Kim, Y., Kim, S., Kim, K., Lee, W. and Park, H., 2011, Building energy management system based on smart grid, *Proceedings IEEE 33rd International Telecommunications Energy Conference (INTELEC)*, Amsterdam.
- [6] Mocanu, E., 2014, Optimizing the Energy Exchange between the Smart Grid and Building Systems, *Proceedings 49th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, Cluj-Napoca.
- [7] ASHRAE Handbook – Fundamentals, SI Ed., 2017, Chapter 17: Residential Cooling and Heating Load Calculations, Peachtree Corners, GA.
- [8] Sakulchangsattajai, P. and Kespradit, P. , 2012, Study of Solar Cell Efficiency with Heat Pipe for Development of Sustainable Energy, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai. (in Thai)
- [9] Energy Efficiency Plan (EEP), 2015, Energy Baseline and Building Energy Code (BEC), Ministry of Energy, Bangkok. (in Thai)
- [10] Tantiwanit, K., 2010, Benchmarking energy use towards systematic energy management in commercial bank branch, *J. Architect. Plan. Res. Stud.* 7(2): 189-203. (in Thai)