



การจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดด้วยระบบ POWER CONTROL DEMAND RESPOND ENERGY MANAGEMENT IN ISLAND MODE WITH SYSTEM POWER CONTROL DEMAND RESPOND

เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์*, บุญวัฒน์ วิจารย์พล, วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร, วัชรระ วงศ์ปัญญา
Saowalak Yotwinyuwong*, Bunyawat Vichanpol, Wattanapong Rakwichian,
Watchara Wongpanyo

วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา อ.เมือง จ.พะเยา ประเทศไทย 56000
School of Energy and Environment, University of Phayao, Mueang, Phayao, Thailand, 56000

*Corresponding author e-mail: poo.sert@gmail.com

วันที่เข้ารับ 22 มีนาคม 2566

วันที่แก้ไขบทความ 11 เมษายน 2566

วันที่ตอบรับบทความ 11 เมษายน 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดด้วยระบบ Power control demand respond ของอาคารปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยนำหลักการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (Demand response :DR) และระบบการบริหารจัดการพลังงาน (Building energy management system : BEMS) เพื่อวางแผนควบคุมการจ่ายไฟฟ้าแบบอัตโนมัติและตอบสนองความต้องการการใช้ไฟฟ้าระหว่างโหลดกับแหล่งจ่ายให้เหมาะสม ทำให้ลดต้นทุนในการสำรองไฟฟ้าในช่วงเวลา Peak period กับโหลดที่ใช้ภายในอาคาร ประกอบด้วย ไฟฟ้าแสงสว่าง พัดลมไอน้ำ ชุดลำโพงช่วยสอน โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์และตู้เย็น จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดภายในอาคารปฏิบัติการ พบว่า ในช่วงเวลาหนึ่งวันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 9.89 kWh ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของโหลดเฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 0.41 kWh และความต้องการใช้งานไฟฟ้าสูงสุดของวันจำนวน 7 ชั่วโมง เกิดขึ้นเวลาประมาณ 08.30-12.00 น. และ 13.00-16.30 น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.24 kWh ค่าความต้องการไฟฟ้าต่ำสุดของวันจำนวน 1 ชั่วโมง เกิดขึ้นเวลาประมาณ 12.00-13.00 น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 kWh ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการของอัลกอริทึมร่วมกับการพัฒนาชุดอุปกรณ์ควบคุม ด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino mega พบว่า การทำงานของระบบ Power control demand respond จะทำการตรวจสอบสถานะของแหล่งจ่าย จากนั้นจะทำการตรวจสอบสถานะความต้องการใช้งานไฟฟ้าของโหลด ถ้าไม่มีการใช้งานของโหลดระบบจะทำการชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเก็บไว้ที่แบตเตอรี่สำรอง หากมีการใช้งานของโหลดระบบจะทำการจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นลำดับแรก ถ้าโหลดยังมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเกินกำลังของแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบจะทำจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานลมเป็นลำดับที่สอง

ถึงกระนั้นถ้าโหนดยังมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเกินกำลังของแหล่งจ่ายทั้งสองที่กล่าวมา ระบบ จะทำการตรวจสอบไฟฟ้าจากแบตเตอรี่สำรองเพื่อจ่ายให้กับโหนด ซึ่งถ้าโหนดมีความต้องการใช้ไฟฟ้า มากกว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั้งสาม ระบบจะทำการจ่ายไฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล และแสดง ข้อความแจ้งเตือนให้ทำการปิดโหนดตามเงื่อนไขความจำเป็นใช้งาน หากไม่ทำการปิดโหนดระบบจะ แสดงผลโอเวอร์โหนดทันที ในการบริหารจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดด้วยพลังงานเลือกทั้ง 4 แหล่งจ่าย สามารถเปิดใช้งานโหนดครบทุกอุปกรณ์ 5 ชั่วโมงต่อเนื่อง ใช้กำลังไฟฟ้ารวมจากแหล่งจ่าย ทั้งหมดเท่ากับ 6.91 kWh โดยใช้กำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 1.76 kWh พลังงานลม 0.68 kWh แบตเตอรี่สำรอง 3.60 kWh และเครื่องผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล 6.91 kWh เมื่อโหนดมีการใช้ งานเพิ่มขึ้นในช่วงที่หก ชุดอุปกรณ์ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลสามารถใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้าได้แก่ หลอดไฟ โปรเจคเตอร์ ลำโพงช่วยสอน และเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาให้ เพียงพอต่อแหล่งจ่าย ทั้งนี้หากมีการเพิ่มขนาดแผงโซลาร์เซลล์จากเดิมเป็น 4.25 kw จะทำให้สามารถ ใช้งานกับโหนดทุกชนิดอุปกรณ์ได้ต่อเนื่องจำนวน 7 ชั่วโมง สามารถนำไปสู่การประหยัดพลังงานจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลร้อยละ 15.92

คำสำคัญ: พลังงานทางเลือก, ดีมานด์ เรสปอนส์, อัลกอริทึม, Power control

Abstract

This study aims to manage the Island mode via power control demand respond system for the operation building of Kamphaengphet Rajabhat University. The Demand Response (DR) and Building Energy Management System (BEMS) are applied in order to plan the automatic electric supply and respond to the needs of the electric usage between loads and power supply appropriately. It helps reducing the cost to reserve the electric during the Peak Period and loads within the building including light bulbs, air cooling fans, portable speakers, notebooks, projectors and refrigerators. According to the analysis of electric usage in the building, discovered that the electric usage in one day is used 9.89 kWh. The average of electric usage needs of the loads is equally at 0.41 kWh and the need of electricity usage is seven hours per day. The usage occurs between 08.30-12.00 a.m. and 01.00 -04.30 p.m. Its usage average is 1.24 kWh. The least electric usage is 0.22 kWh, occurring one hours during lunch break which is between 12.00-01.00. The researchers applied the algorithm theory developing along with the controlling set with microcontroller Arduino Mega. The result determines that the operation of power control demand respond system will evaluate the electric

supply. Then it examines the usage needs of the load. Without the need of load usage, the system will reserve the solar and wind energy in the battery backup. If the load is requesting energy, they system releases the solar energy as the first source. If the load still requires more energy than solar energy could produce, the system will release the wind energy as the second supply. In case the electric usage is still required more energy than those two sources provided, the system will examine the electric from battery backup and supply to the loads. If the load still needs more energy, the system will release the electric power from diesel generator. The system will deliver the message to turn off the load if necessary. Without turning the load off, the system will show overload result immediately. In order to manage energy in island mode with four power sources, all loads can be turned on for 5 hours continue. The overall electricity is equally at 6.91 kWh which is 1.76 kWh from solar energy, 0.68 kWh from wind energy, 3.60 kWh from battery backup and 6.91 kWh from diesel generator. When the load increases over 5 hours, the microcontroller kit will limit the electric devices using only light bulbs, projectors, portable speakers and portable computer so it is adequate for the power supply. However, the size of solar cells is increased into 4.25 kw, it will produce enough energy 7 hours continually for all loads. It can save energy from diesel generator around 15.92 percent.

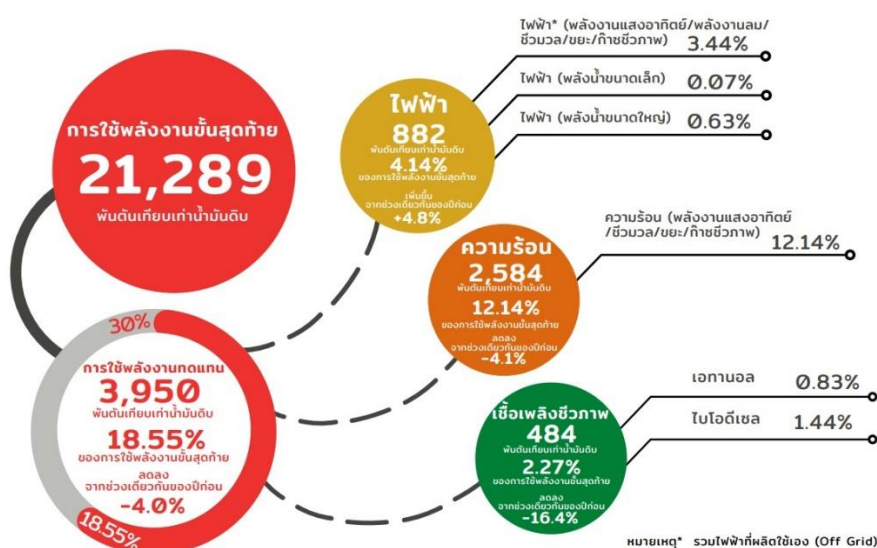
Keywords: Alternative energy, Demand response, Algorithm, Power control

1. บทนำ

ในช่วงเวลาปัจจุบันจนถึงปี พ.ศ.2578 ความต้องการใช้พลังงานของโลกเพิ่มสูงขึ้นมาก เนื่องจากมาตรฐานการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจของจีน อินเดีย และประเทศในภูมิภาคตะวันออกกลางดีขึ้น ทั้งนี้ในภูมิภาคเอเชียใต้ประเทศจีนมีความต้องการพลังงานมากที่สุด แต่ถึงกระนั้นในปี พ.ศ.2563 ประเทศอินเดียและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จะกลายเป็นภูมิภาคสำคัญที่มีความต้องการพลังงานเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นศูนย์กลางความต้องการพลังงานของโลกนั้นจะอยู่ที่กลุ่มประเทศเศรษฐกิจเกิดใหม่ (Emerging economies) ซึ่งสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลในปัจจุบันยังคงอยู่ที่ร้อยละ 82 แต่ในปี พ.ศ.2578 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลจะลดลงอยู่ที่ร้อยละ 76 เนื่องจากมีสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ประเทศจีนจะเป็นผู้นำเข้าและบริโภคน้ำมันรายใหญ่ที่สุดในปี พ.ศ.2573 ส่วนประเทศสหรัฐอเมริกาจะกลายเป็นประเทศที่สามารถตอบสนอง

ความต้องการพลังงานของตนเองด้วยทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศ ภายในปี พ.ศ.2578 (สถานการณ์พลังงานโลก, 2558)

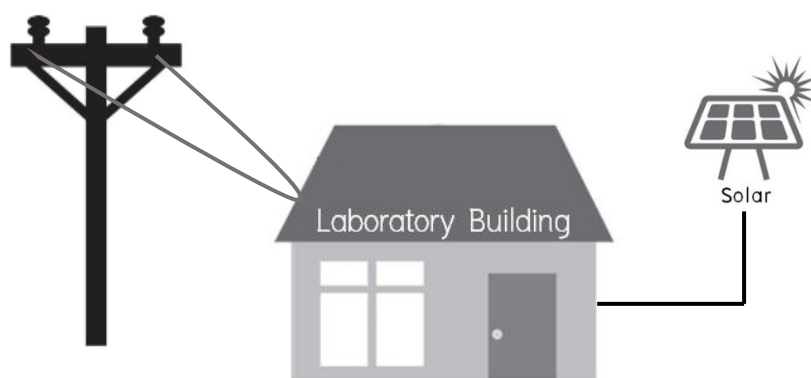
อย่างไรก็ตาม การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพยังคงมีความสำคัญกับทุกประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย การที่รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยลดสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวม (Energy intensity) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2565) พบว่า ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในช่วงไตรมาสแรกของปี 2565 มีปริมาณ 21,289 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 8.4 คิดเป็นมูลค่าการใช้พลังงานรวมกว่า 494,266 ล้านบาท โดยในช่วงไตรมาสแรกของปี 2565 ประเทศไทย มีการนำเข้าพลังงานคิดเป็นมูลค่ากว่า 418,729 ล้านบาท พบว่ามีการนำเข้าน้ำมันดิบมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 62 ของการนำเข้าพลังงานทั้งหมด และมีการส่งออกพลังงาน คิดเป็นมูลค่ากว่า 71,040 ล้านบาท พบว่ามีการส่งออกน้ำมันสำเร็จรูปมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 87 ของการส่งออกพลังงานทั้งหมด ในช่วงไตรมาสแรกของปี 2565 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย 21,289 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยพบว่าการใช้พลังงานทดแทนปริมาณ 3,950 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบมีอัตราลดลงร้อยละ 4.0 จากช่วงเดียวกันของปีก่อนคิดเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนในอัตราร้อยละ 18.55 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ทั้งนี้เป้าหมายการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายที่ร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ.2580 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2565) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สถานการณ์ด้านพลังงานทดแทน ไตรมาส 1/2565
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2565)

การใช้สมาร์ท-กริดเทคโนโลยี (Smart grid technology: SGT) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งในการใช้พลังงานทางเลือกมาผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นโครงข่ายไฟฟ้าที่มีความชาญฉลาดที่สามารถรวมเอากิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเข้าไว้ด้วยกัน เชื่อมโยงผู้ผลิตและผู้บริโภคเข้าด้วยกันทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความมั่นคง ปลอดภัย เชื่อถือได้ มีคุณภาพในการผลิตและบริโภค (Ronnie, 2010)

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เป็นองค์กรที่ให้บริการทางด้านการศึกษา ที่ให้ความสำคัญทางด้านพลังงาน และมีนโยบายการประหยัดพลังงานของรัฐบาล ปัจจุบันมหาวิทยาลัยฯ ได้เปิดหลักสูตรเทคโนโลยีพลังงาน มีสวนพลังงานเพื่อใช้ในการเรียนการสอนและใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารปฏิบัติการ ซึ่งประกอบไปด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงระบบจ่ายไฟฟ้าของอาคารปฏิบัติการในสวนพลังงาน
ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

จากภาพ จะเห็นว่าสวนพลังงานประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟจากการไฟฟ้า และแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ซึ่งมีพลังงานจากแสงอาทิตย์ขนาด 2.2 kW พลังงานลมขนาด 680 W ในปัจจุบันอาคารปฏิบัติการใช้แหล่งจ่ายไฟจากการไฟฟ้าและจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก เพื่อจ่ายให้กับโหลดภายในอาคาร ทั้งนี้แหล่งจ่ายไฟจากพลังงานลมไม่นำมาใช้ในอาคารปฏิบัติการ ทำให้สูญเสียทรัพยากรโดยเปล่าประโยชน์

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดด้วยระบบ Power control demand respond เพื่อใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกให้มีประสิทธิภาพ และมีความมั่นคงโดยไม่พึ่งพาสายส่ง อีกทั้งเพื่อการบริหารจัดการพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกให้ก้าวไปสู่ระบบไมโครกริดและโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ให้มีความยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาการบริหารจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดจากพลังงานทางเลือด้วยระบบ Power control demand respond

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยนี้มุ่งเน้น การจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดด้วยระบบ Power control demand respond สำหรับการจัดการพลังงานในอาคารปฏิบัติการ เพื่อให้เพียงพอและเหมาะสมกับความต้องการของโหลด โดยนำหลักการดังต่อไปนี้มาใช้ในการวิจัย

3.1 หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3.1.1 ระบบการบริหารจัดการพลังงาน (Building energy management system: BEM) เป็นการบริหารพลังงานแบบกลุ่มอาคาร เช่น อาคารสำนักงาน อาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล รวมทั้งอาคารหน่วยงานราชการต่าง ๆ โดยการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์การใช้พลังงาน เพื่อควบคุมและลดการใช้พลังงานของระบบต่าง ๆ ในอาคาร เช่น ระบบปรับอากาศ (Air conditions) ระบบควบคุมไฟฟ้ากำลัง (Power monitoring) ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting control) ระบบควบคุมสาธารณูปโภค (Utility control) โดยระบบการบริหารพลังงานนี้ทำหน้าที่วางแผนและควบคุมการใช้พลังงานของอาคารให้ได้ประโยชน์สูงสุดโดยใช้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด พลังงานที่ใช้ในอาคารส่วนใหญ่ จะเป็น 2 รูปแบบ คือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานทดแทนในรูปพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ไม่ว่าการใช้พลังงานในรูปแบบใดก็จะมีราคาสูงมาก การบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยประหยัดพลังงานได้ โดยปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งานในสภาพต่าง ๆ ในอาคาร การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ใช้หลอดไฟ LED รวมทั้งการออกแบบอาคารให้สามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เช่น การใช้ที่บังแดดที่สามารถปรับเปลี่ยนการบังแดดตามองศาของดวงอาทิตย์สามารถทำให้อาคารประหยัดพลังงานได้ นับเป็นวิธีการประหยัดพลังงานได้วิธีหนึ่ง ในระบบบริหารพลังงาน BEMS ที่มีความสามารถมาก ๆ นั้น สามารถนำข้อมูลประวัติการใช้พลังงานในอาคาร มาวิเคราะห์แล้วสั่งให้ระบบต่าง ๆ ทำงาน เช่น กำหนดการเปิดและปิดระบบต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยระบบบริหารพลังงานจะช่วยตรวจสอบ ดูแลและถ่วงดุลให้ระบบทั้งหมดทำงานอย่างประสานกัน (Yunyong, 2015)

3.1.2 การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (Demand response: DR) คือ รูปแบบการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้าระหว่างผู้ผลิต/จำหน่ายและผู้ใช้ไฟฟ้า ในอดีตการควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าด้วยการสื่อสารทางเดียว โดยส่งสัญญาณจากผู้ผลิต/จำหน่าย ผ่านสายไฟฟ้าหรือระบบสื่อสารอื่นไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าบริหารจัดการความต้องการใช้ไฟฟ้าด้วยตนเอง (Load management) ด้วย

มาตรการต่าง ๆ เช่น เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองในช่วงที่มีอัตราค่าไฟฟ้าสูงหรือลดการใช้งานอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นน้อยบางชนิดลง เพื่อบริหารให้มีค่าใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าต่ำลง ในปัจจุบันทั้งระบบสื่อสารและมิเตอร์ได้มีการพัฒนาการสื่อสารในระบบ 2 ทางได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพ ในรูปแบบของ Smart Grid ซึ่งเอื้ออำนวยต่อผู้ผลิต/จำหน่าย และผู้ใช้ไฟฟ้า สามารถควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างเหมาะสม โดยผ่านมาตรการต่าง ๆ เช่น การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง (Standby generator) ในการควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การปรับกระบวนการผลิต การปรับลดโหลดชั่วคราว เป็นต้น โดยระบบการสื่อสาร 2 ทางจะช่วยในการตรวจสอบผลและปรับสมดุลในระบบได้อย่างรวดเร็ว

ทั้งนี้ DR จะช่วยให้ภาระการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak Period ลดลง ซึ่งจะทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตและสำรองไฟฟ้าในช่วงเวลานั้นลงได้ ผลประโยชน์ที่ได้รับจะช่วยให้ผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถวางแผนใช้กำลังการผลิตที่มีอยู่ได้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าก็จะได้เงินชดเชยสำหรับการควบคุมรวมถึงอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มีต้นทุนลดลง อีกส่วนหนึ่ง DR จะช่วยให้สามารถบริหารการผลิตและจ่ายไฟฟ้าในภาวะฉุกเฉินได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น ในกรณีภัยพิบัติภัยแหล่งจ่ายพลังงานหลักขัดข้อง ภัยแล้ง แหล่งพลังงานหมุนเวียนขัดข้อง เป็นต้น (พิธาน, 2559)

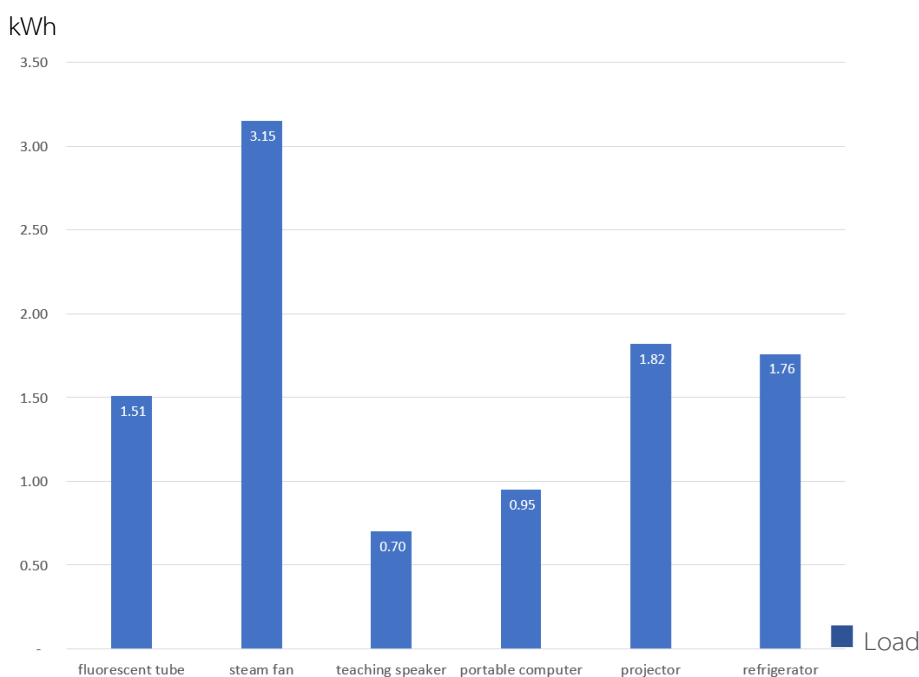
3.1.3 อัลกอริทึม (Algorithm) เป็นวิธีการในการทำงานอย่างมีลำดับการทำงานเป็นขั้นตอนชัดเจน และปฏิบัติตามขั้นตอนแล้วได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง อัลกอริทึมที่ดีจะต้องมีความถูกต้อง ทำงานได้เร็ว สั้น กระชับ ใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำน้อย มีความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรมได้เร็ว และง่ายต่อการทำความเข้าใจ การเขียนอัลกอริทึมเป็นการวางแผนเกี่ยวกับการแก้ปัญหา มีเครื่องมือช่วยในการเขียน คือ การบรรยาย ผังงาน และ ชูโตโค้ด ในงานวิจัยนี้ได้เขียนอัลกอริทึมแบบผังงาน (การเขียนอัลกอริทึมขั้นต้น, 2558)

3.1.4 อาดูโน (Arduino) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ดอาดูโนถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติมพัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ สามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino shield) ประเภทต่าง ๆ ดังเช่น Arduino relay shield, Arduino wireless shield, Arduino GPRS shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

3.1.5 ไอแลนด์โหมด (Island mode) เป็นการจ่ายไฟแบบแยกตัวเป็นอิสระจากโครงข่ายไฟฟ้าหลัก ระบบจะมีพฤติกรรมเฉพาะเป็นของตนเอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของโหลดไฟฟ้าที่มีในระบบนั้นๆ

การจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดจากพลังงานทางเลือกว่าระบบ Power control demand respond มีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.2.1 เก็บข้อมูลปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของโหลดภายในอาคารปฏิบัติการของสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ในระยะเวลา 1 วัน ประกอบด้วย ไฟฟ้าแสงสว่าง พัดลมไอน้ำ ชุดลำโพงช่วยสอน โน้ตบุ๊ค โปรเจคเตอร์และตู้เย็น ดังภาพที่ 3

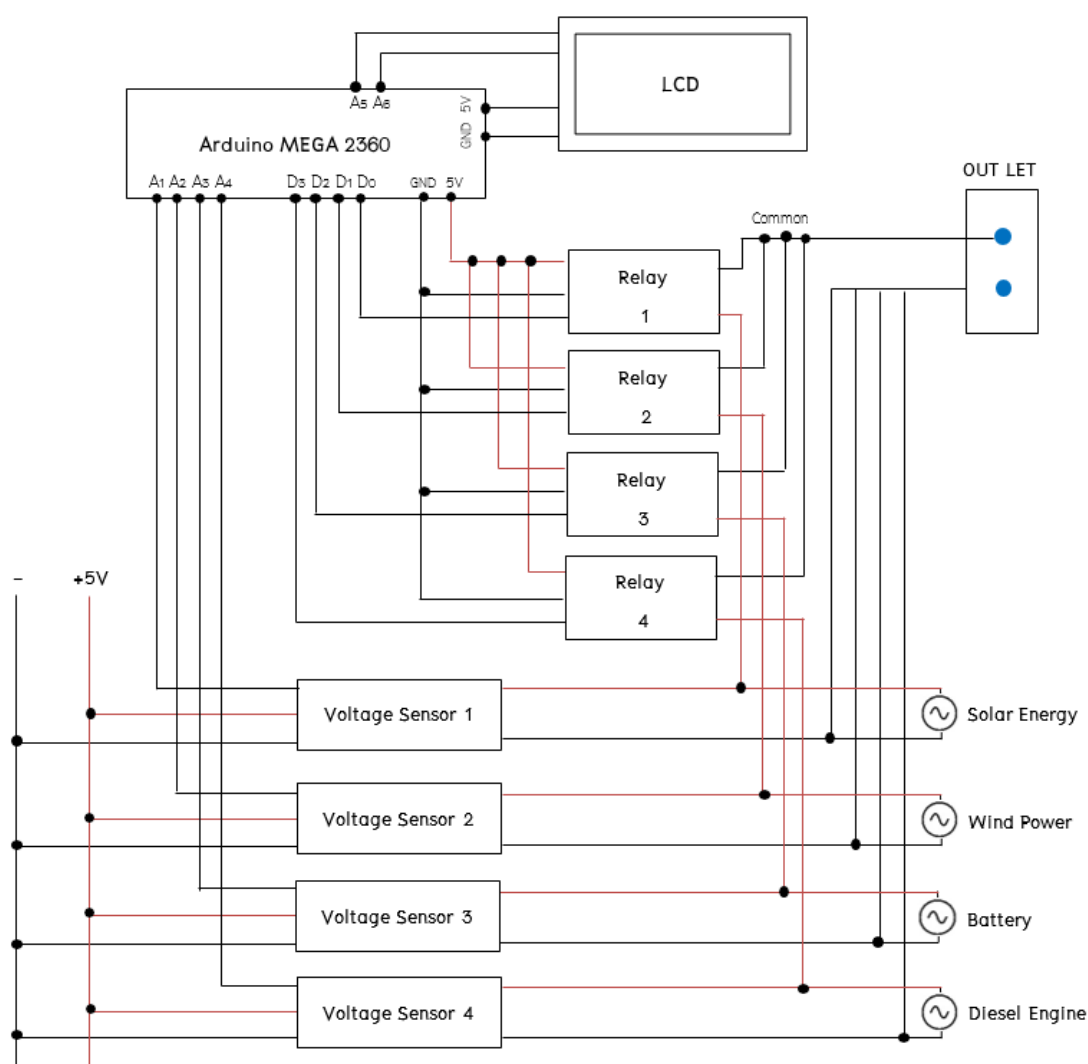


ภาพที่ 3 แสดงอัตราการใช้ไฟฟ้าของโหลดภายในอาคารปฏิบัติการ

3.2.2 ออกแบบอุปกรณ์ชุดควบคุมการจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมด ให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดโดยไม่พึ่งพาไฟฟ้าจากสายส่ง โดยนำพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม แบตเตอรี่สำรองและเครื่องผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล เป็นแหล่งจ่ายให้กับโหลดภายในอาคารปฏิบัติการร่วมกัน ดังภาพที่ 4

จากภาพ จะเห็นว่ามีแหล่งจ่ายไฟประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม แบตเตอรี่สำรอง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ซึ่งแหล่งจ่ายแต่ละชนิดจะวัดแรงดันจาก Voltage Sensor ซึ่งมีไฟฟ้า 5 โวลต์ จ่ายให้กับบอร์ด แล้วทำการส่งค่าไปที่บอร์ด Arduino MEGA 2360 ซึ่งตัวบอร์ดจะใช้สัญญาณอะนาล็อกทั้ง 4 ขา เพื่อจะอ่านค่าของ Voltage Sensor แต่ละตัวแล้วแปลงมาเป็นแรงดัน เพื่อตรวจสอบแหล่งจ่ายแต่ละชนิด จากนั้นจะนำค่าแรงดัน ณ เวลานั้น ๆ แสดงที่หน้าจอ LCD ทั้งนี้ในวงจรจะประกอบด้วย Relay จำนวน 4 ตัว ต่อจากแหล่งจ่ายเพื่อต่อพ่วงไปที่ขา

Common และต่อออกไปยัง Out Let เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลด ทั้งนี้จะมีขาของ Relay อีกขาต่อพ่วงกับแหล่งจ่ายแต่ละตัวเพื่อสลับเลือกใช้แหล่งจ่าย ถ้า Relay ตัวที่ 1 อยู่ในสภาวะวงจรปิด ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์จะจ่ายไฟให้กับโหลด ส่วน Relay ตัวที่ 2, 3 และ 4 จะอยู่ในสภาวะวงจรเปิดทำให้ไม่ครบวงจร แหล่งจ่ายจากพลังงานลม แบตเตอรี่สำรอง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ก็จะไม่ทำงาน แต่ถ้าไม่ใช้ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ ขาของ Relay ตัวที่ 1 อยู่ในสภาวะวงจรเปิด จากนั้นจะทำการตรวจสอบสภาวะจากแหล่งจ่ายอื่น ๆ สลับกันไป ในส่วน D0 ถึง D3 เป็นสัญญาณดิจิทัล Height กับ Low ส่งกระตุ้น Relay ให้อยู่ในสภาวะวงจรเปิด-ปิด

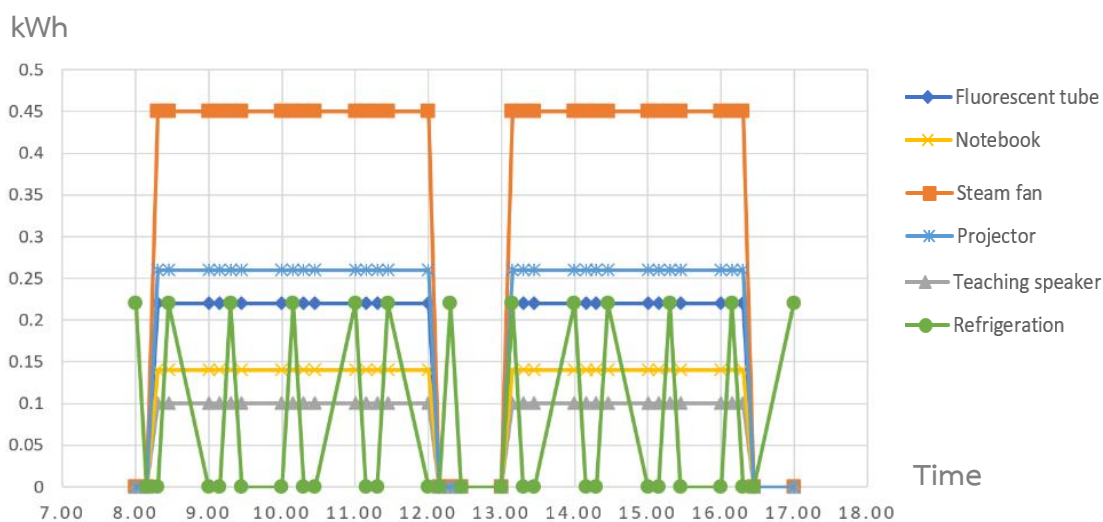


ภาพที่ 4 การออกแบบอุปกรณ์ชุดควบคุมการจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมด

3.2.3 สร้างและทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ชุดควบคุม Power control demand respond ในการบริหารจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมด พร้อมบันทึกค่า

4. ผลการวิจัย

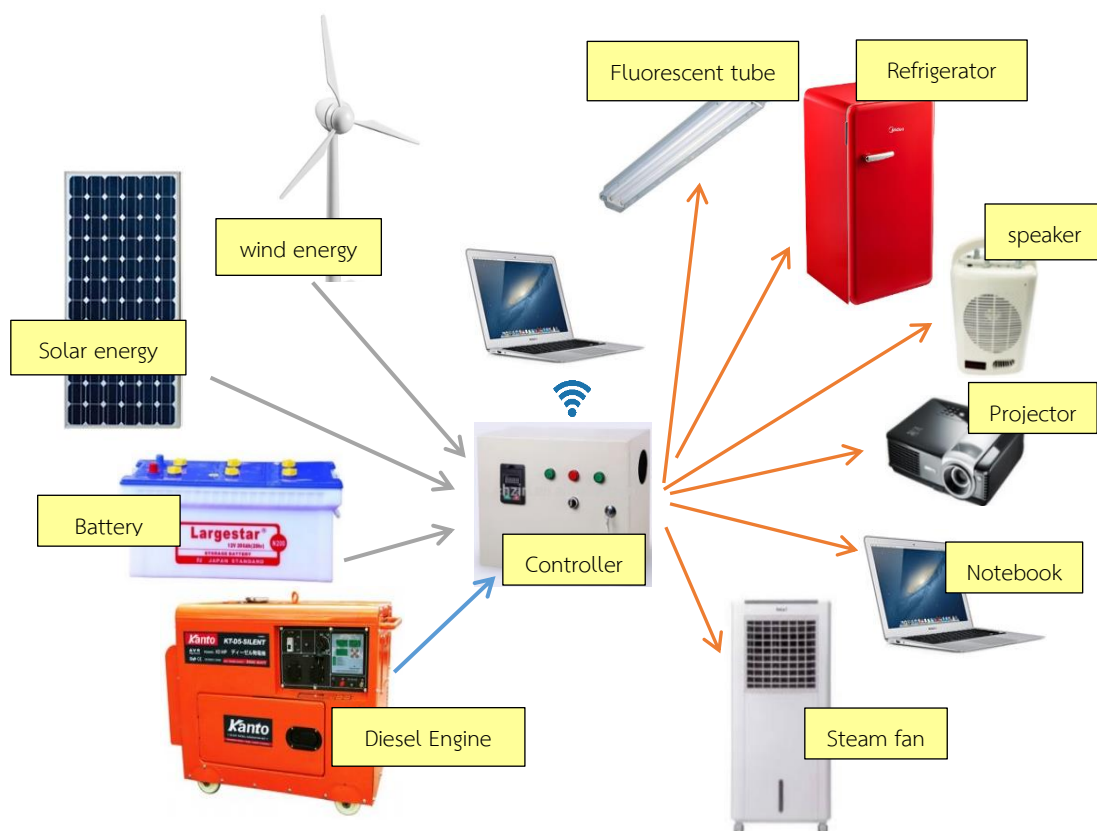
ในการจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดจากพลังงานทางเลือกด้วยระบบ Power control demand respond เพื่อตอบสนองความต้องการการใช้ไฟฟ้าระหว่างโหลดกับแหล่งจ่ายที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของอาคารปฏิบัติการในช่วงเวลาหนึ่งวันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 9.89 kWh และมีค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของโหลดเฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 0.41 kWh มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของวัน 7 ชั่วโมง เกิดขึ้นเวลาประมาณ 08.30-12.00 น. และเวลาประมาณ 13.00-16.30 น มีค่าเท่ากับ 1.24 kWh และมีความต้องการไฟฟ้าต่ำสุดของวัน 1 ชั่วโมง เกิดขึ้นเวลาประมาณ 12.00-13.00 น มีค่าเท่ากับ 0.22 kWh แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงโหลดกราฟประจำวัน (Daily load curve)

ทั้งนี้หากมีการใช้งานโหลดพร้อมกันทั้งหมดในช่วงเวลา 7 ชั่วโมงต่อเนื่อง จะมีอัตราการใช้ไฟฟ้า 9.89 kWh เทียบกับแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงพอต่อการใช้งานของโหลด แต่ถึงกระนั้นในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ทำให้ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอ

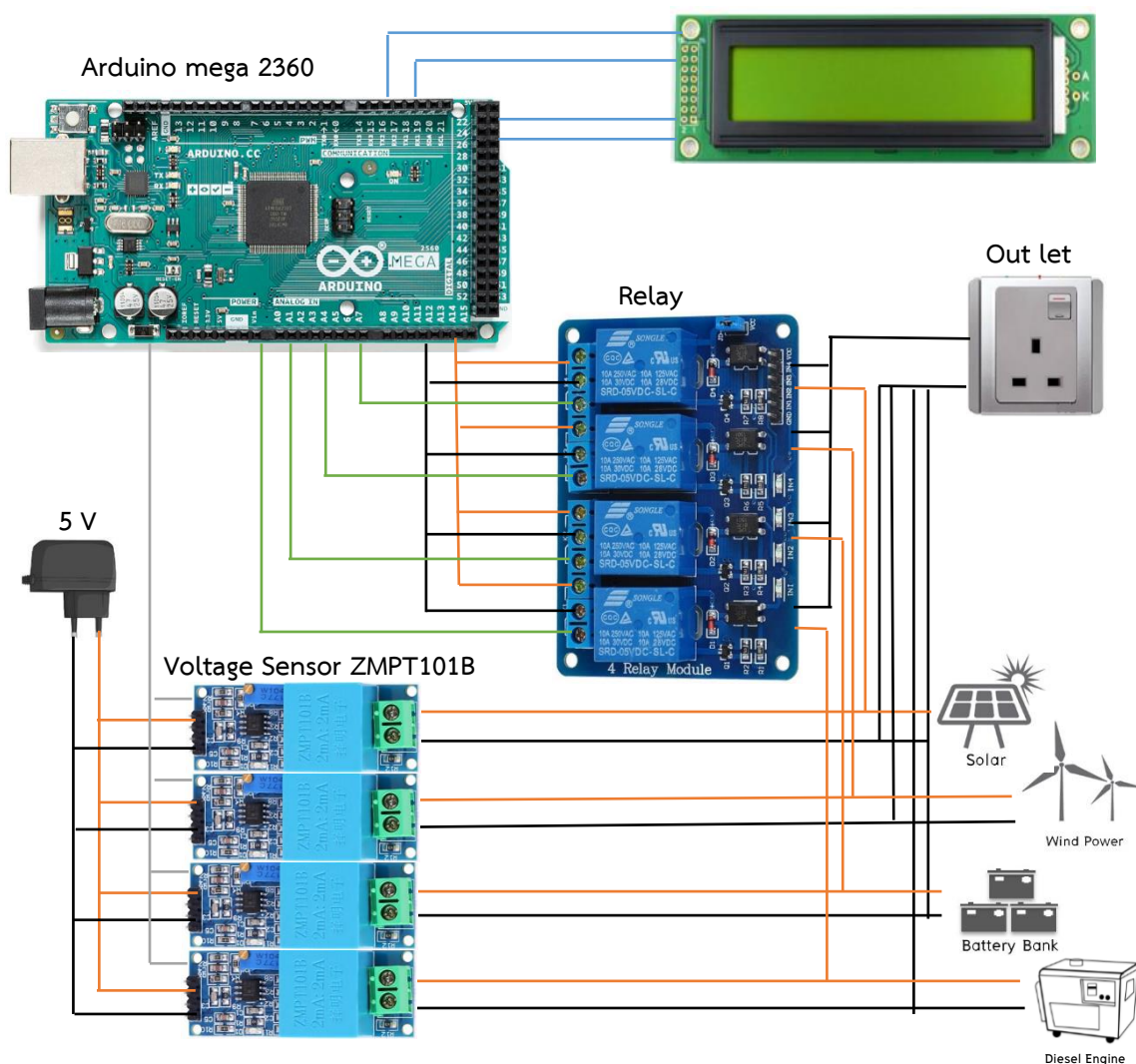
จากนั้นได้นำหลักการบริหารพลังงาน (Building energy management system : BEMS) เพื่อวางแผน และออกแบบการบริหารจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดให้กับอาคารปฏิบัติการ ดังภาพที่ 5 จะเห็นว่าอาคารปฏิบัติการในสวนพลังงาน มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 2.2 kW พลังงานลมขนาด 0.68 kW และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (Diesel engine) ขนาด 2 kW และยังมีแบตเตอรี่สำรองขนาด 300 Ah เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดภายในอาคารปฏิบัติการ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงการบริหารจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมด สำหรับอาคารปฏิบัติการในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

จากภาพที่ 6 ในกรณีที่มีการใช้งานโหลดจำนวนมากระบบได้กำหนดเงื่อนไขการจ่ายไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอันดับแรก ตามด้วยพลังงานลม แบตเตอรี่สำรองและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลตามลำดับ แต่ถ้ากรณีมีการใช้งานโหลดน้อยแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมจะทำการชาร์จพลังงานเก็บไว้ที่แบตเตอรี่สำรอง

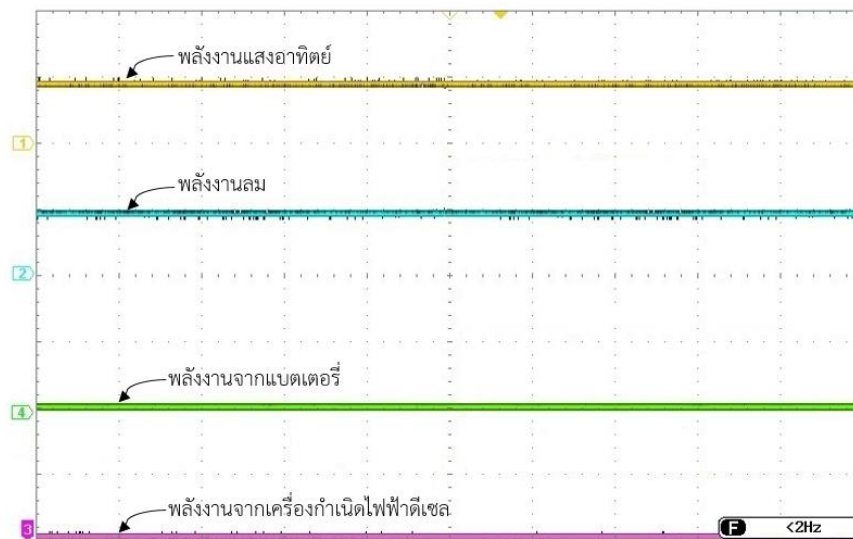
เมื่อทำการออกแบบระบบการจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดจากพลังงานทางเลือก ผู้วิจัยได้ทำการสร้างอุปกรณ์ควบคุม ประกอบด้วย บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino mega 2560 เซนเซอร์วัดแรงดัน รีเลย์ (Relay) และโมดูลแสดงผล LCD การทำงานของระบบ Power control demand respond ลำดับแรกจะทำการตรวจสอบความต้องการใช้งานไฟฟ้าของโหลดก่อน จากนั้นดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 อุปกรณ์ควบคุมการจัดการพลังงานในไอแลนด์ใหม่จากพลังงานทางเลือก

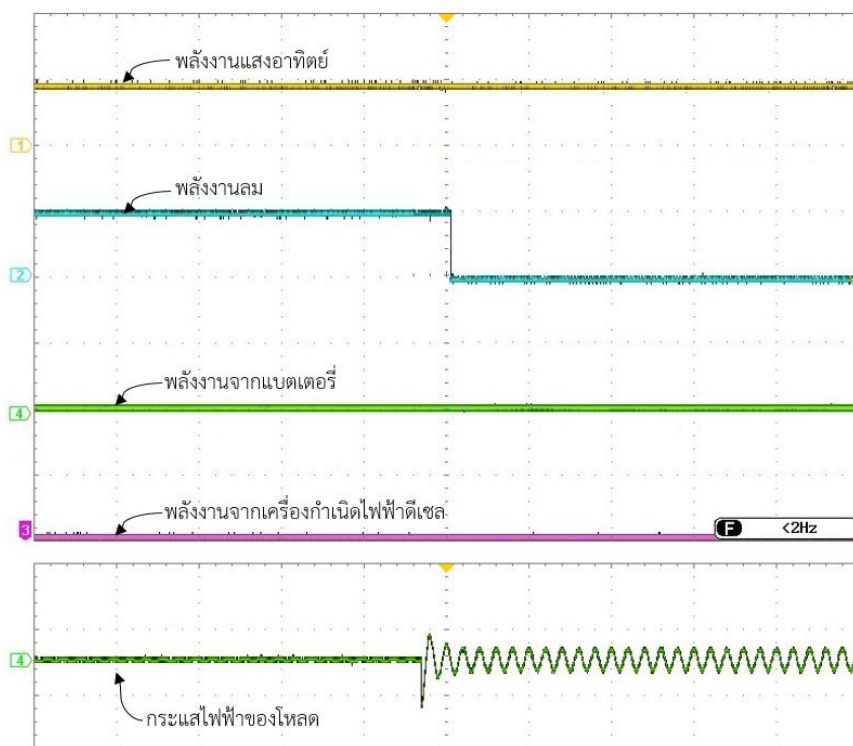
ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ชุดควบคุม Power control demand respond สำหรับการจัดการพลังงานในไอแลนด์โหนด มีการเก็บผลการทดลองและบันทึกข้อมูลโดยใช้ Digital storage oscilloscope GW Instek GDS 3154 Series 150MHz 4 input channel โดยผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังนี้ เมื่อเปิดระบบอุปกรณ์ชุดควบคุมจะประมวลผลตรวจสอบความต้องการใช้งานไฟฟ้าของโหนด เทียบกับสถานะการตอบสนองการทำงานของแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม แบตเตอรี่สำรองและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล เมื่อไม่มีการใช้งานของโหนด พลังงานของแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลมทั้งหมดจะถูกใช้สำหรับชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่สำรอง

ดั่งภาพที่ 9



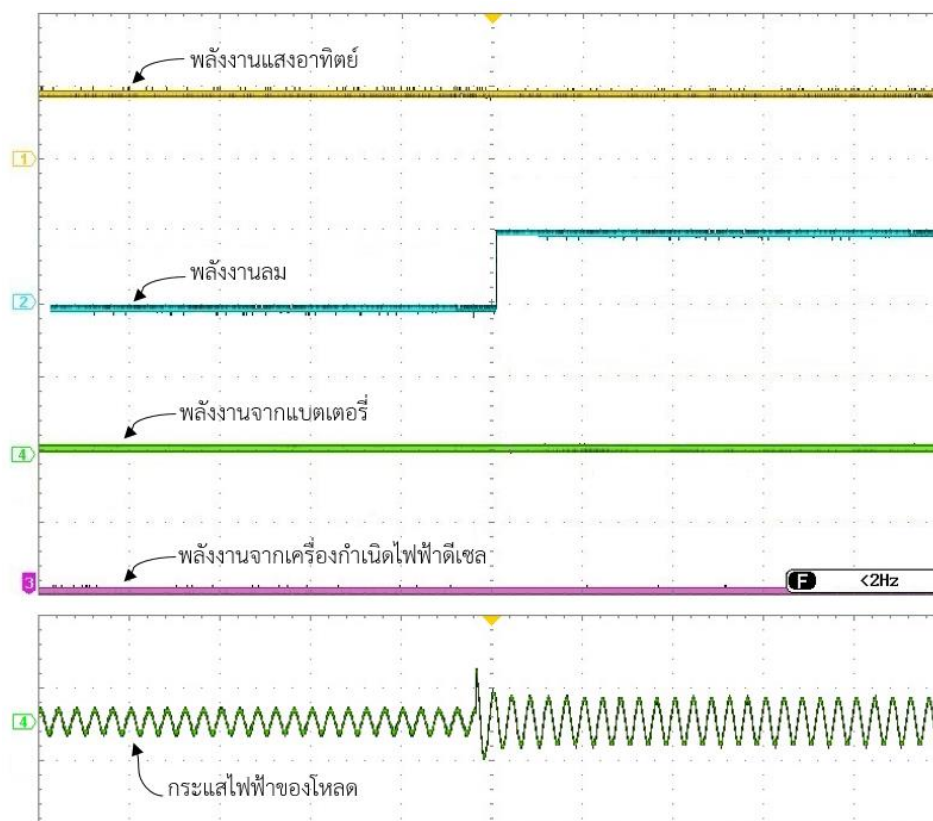
ภาพที่ 9 แสดงสภาวะการตอบสนองการทำงานของระบบ เมื่อไม่มีการใช้งานโหลด พลังงานทั้งหมด จะถูกใช้สำหรับชาร์จแบตเตอรี่

จากนั้นเมื่อมีการใช้งานของโหลด พลังงานจากแหล่งจ่ายแสงอาทิตย์ทำการจ่ายไฟฟ้าให้กับ โหลดเป็นลำดับแรก และพลังงานลมยังคงใช้สำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงสภาวะการตอบสนองการทำงานของระบบ เมื่อมีการใช้งานโหลด จะใช้พลังงาน แสงอาทิตย์สำหรับการจ่ายโหลด

ทั้งนี้เมื่อมีการใช้งานโหลดเกินพิกัดของแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบจะต่อรวมกับแหล่งจ่ายพลังงานลมร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อทำการจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลด ดังภาพที่ 11

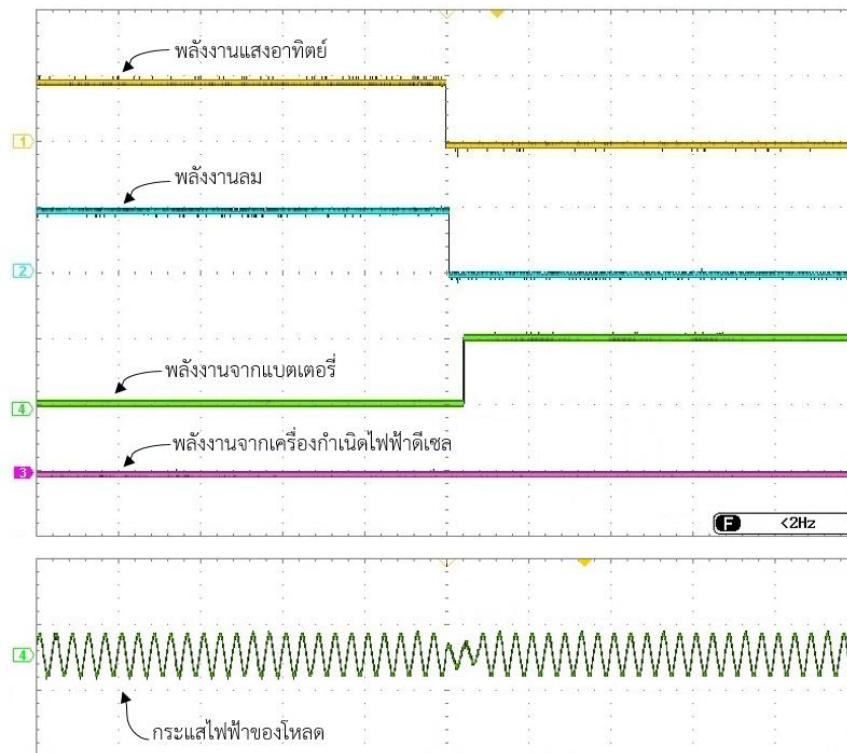


ภาพที่ 11 แสดงสถานะการตอบสนองการทำงานของระบบ เมื่อมีการใช้งานโหลดเกินพิกัดของพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบจะต่อรวมกับพลังงานลม

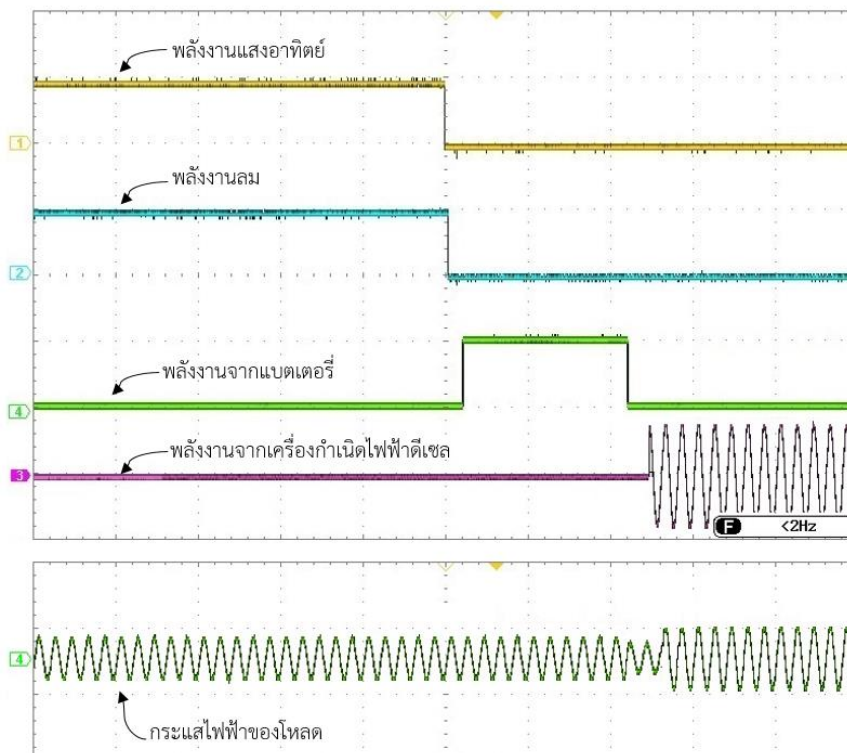
เมื่อมีการใช้งานโหลดเกินพิกัดของแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์และแหล่งจ่ายพลังงานลม ระบบจะตัดการใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม และมาใช้พลังงานจากแบตเตอรี่สำรอง ดังภาพที่ 12

จากนั้น เมื่อมีการใช้งานโหลดเกินพิกัดของแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ แหล่งจ่ายพลังงานลม และแบตเตอรี่สำรอง ระบบจะตัดการใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายทั้งสาม และมาใช้พลังงานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ดังภาพที่ 13

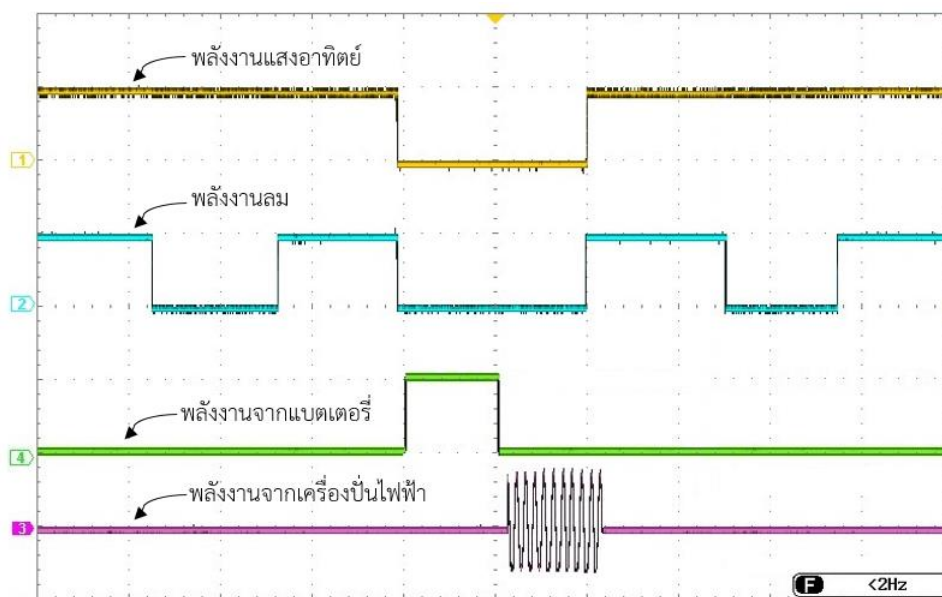
เมื่อมีการเปิดระบบอย่างต่อเนื่อง สามารถแสดงสถานะการตอบสนองการทำงานของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลดทั้งหมด ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 12 แสดงสถานะการตอบสนองการทำงานของระบบ เมื่อพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม
หมด ระบบจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่



ภาพที่ 13 แสดงสถานะการตอบสนองการทำงานของระบบ เมื่อมีการใช้งานโหลดเกินพิกัด



ภาพที่ 14 แสดงสถานะการตอบสนองการทำงานของระบบทั้งหมด

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

การจัดการพลังงานในไอแลนด์โหมดด้วยระบบ Power control demand respond ของอาคารปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้นำหลักการการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (Demand response :DR) เพื่อตอบสนองความต้องการการใช้ไฟฟ้าระหว่างโหลดกับแหล่งจ่ายให้เหมาะสม และลดภาระการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak period ซึ่งจะทำให้สามารถลดต้นทุนในการสำรองไฟฟ้าในช่วงเวลานั้นได้ อีกทั้งนำระบบการบริหารจัดการพลังงาน (Building energy management system : BEMS) เพื่อวางแผน ตรวจสอบและควบคุมการจำหน่ายไฟฟ้าแบบอัตโนมัติให้กับโหลด ที่ใช้ภายในอาคาร ประกอบด้วย ไฟฟ้าแสงสว่าง พัดลมไอน้ำ ชุดลำโพงช่วยสอน โน้ตบุ๊ค โปรเจคเตอร์ และตู้เย็น จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดในอาคารปฏิบัติการ พบว่า ในช่วงเวลาหนึ่งวันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 9.89 kWh และมีค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของโหลดเฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 0.41 kWh มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของวัน 7 ชั่วโมง เกิดขึ้นเวลาประมาณ 08.30-12.00 น. และเวลาประมาณ 13.00-16.30 น มีค่าเท่ากับ 1.24 kWh และมีความต้องการไฟฟ้าต่ำสุดของวัน 1 ชั่วโมง เกิดขึ้นเวลาประมาณ 12.00-13.00 น มีค่าเท่ากับ 0.22 kWh จากการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการใช้งานไฟฟ้าในแต่ละวันของโหลดในอาคารปฏิบัติการ ได้นำหลักการของอัลกอริทึมร่วมกับการพัฒนาชุดอุปกรณ์ด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 เซนเซอร์วัดแรงดัน เซนเซอร์วัดกำลังไฟฟ้า รีเลย์ (Relay) และโมดูลแสดงผล LCD พบว่า การทำงานของระบบ Power control demand respond จะทำการตรวจสอบสถานะความต้องการใช้งาน

ไฟฟ้าของโหลดก่อน ถ้าไม่มีการใช้งานของโหลดระบบจะทำการชาร์จพลังงานเก็บไว้ที่แบตเตอรี่สำรอง แต่ถ้ามีการเริ่มใช้งานไฟฟ้าของโหลดระบบทำการตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นลำดับแรกและจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลด ถ้าโหลดยังมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากกว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบจะทำการตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานลมเป็นลำดับที่สอง ถึงกระนั้นยังคงมีความต้องการใช้ไฟฟ้าของโหลดมากกว่าแหล่งจ่ายทั้งสองที่กล่าวมา ระบบจะทำการตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่สำรอง ถ้าโหลดมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากกว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลมและแบตเตอรี่สำรอง ระบบจะทำการตรวจสอบไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ถ้าโหลดมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากกว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่กล่าวมาทั้งหมด ระบบจะแสดงผลโอเวอร์โหลดทันที ทั้งนี้แหล่งจ่ายที่เป็นพลังงานทดแทนจะผลิตไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศในแต่ละวัน ระบบการจัดการพลังงานสามารถนำไปสู่การประหยัดพลังงานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลร้อยละ 15.92 การบริหารจัดการแหล่งจ่ายและการใช้งานโหลดจากพลังงานทางเลือก ประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม แหล่งจ่ายแบตเตอรี่สำรอง และแหล่งจ่ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ที่มีข้อจำกัด เหมาะสำหรับเป็นต้นแบบสำหรับชุมชนหรือหน่วยงานที่ไม่มีไฟฟ้าจากสายส่ง แหล่งจ่ายพลังงานลมไม่เหมาะสมจะนำมาใช้ในการจ่ายไฟให้กับโหลดโดยตรง ควรเก็บพลังงานที่ผลิตได้ลงในแบตเตอรี่สำรอง แล้วดึงพลังงานมาใช้ภายหลัง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยและสนับสนุนเครื่องมือในการวัดและทดสอบงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). **แผนพัฒนาพลังงาน ทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579**. ค้นจาก http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565). **รายงานสถานการณ์พลังงานของประเทศ ไทย ไตรมาสที่ 1/2565**. ค้นจาก www.dede.go.th/download/state_65/3_SIT_Quarter%201_65.pdf
- พิธาน ชัยจินดา. (2016). **การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า Demand Side**. ค้นจาก http://www.dsm.egat.co.th/file/DSM_PDF/1Demand%20Response.pdf
- สถานการณ์พลังงานโลก. (8 พฤษภาคม 2558). **World Energy Outlook 2013** โดย

- International Energy Agency: IEA). ค้นจาก <http://worldwaterlife.com/?p=158>
- Ronnie, B. (2010). **European Technology Platform SmartGrids Strategic deployment document for Europe's electricity networks of the future.**
Retrieved from http://www.smartgrids.eu/documents/SmartGrids_SDD_FINAL_APRIL2010.pdf.
- Yunyong, T. (2015). **ระบบบริหารจัดการพลังงาน HEMS, BEMS, FEMS, CEMS และพลังงานทางเลือก.** ค้นจาก www.pointthai.net/index.php?title=ระบบบริหารจัดการพลังงาน_HEMS,_BEMS,_FEMS,_CEMS_และพลังงานทดแทน.