

การลดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงโดยใช้งานตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า
สูงสุดในกองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

Electricity Cost per kW-h Reduction by Using Peak Electricity Demand
 Controller in Department of Electrical Engineering,
 Chulachomkhalo Royal Military Academy

พันตรี พงศ์กฤษณ์ รุ่งสุข
Major Pongkrit Roongsook

อาจารย์ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

Lecturer of the Academic Division, Chulachomkhalo Royal Military Academy

Corresponding Author: krit_010@hotmail.com

(Received: September 24, 2018, Revised: November 20, 2018, Accepted: November 23, 2018)

บทคัดย่อ : บทความนี้นำเสนอการลดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดภายในกองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ในภาคเรียนที่ 2 ปี 2558 การประเมินผลการใช้งานของตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดแบ่งเป็น 2 ช่วง นั่นคือการเก็บข้อมูลเพื่อสร้างกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ในช่วงสองเดือนแรกและการตัดยอดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดที่เกิน 33 กิโลวัตต์ โดยใช้ตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงสองเดือนสุดท้าย ในช่วงแรกพบว่าค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยต่อสัปดาห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์มีค่า 44.76 กิโลวัตต์ โดยที่ร้อยละของโหลดแพคเตอร์มีค่า 54.80 หลังจากใช้งานตัวควบคุมดังกล่าวในช่วงสุดท้าย พบว่าค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยต่อสัปดาห์ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์มีค่า 42.62 กิโลวัตต์ โดยที่ร้อยละของโหลดแพคเตอร์มีค่า 53.50 แม้ว่าตัวควบคุมดังกล่าวจะสามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ แต่ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงก็ไม่ได้ลดลงตาม ทั้งนี้เพราะปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อสัปดาห์ในช่วงสุดท้ายมีค่าน้อยกว่าในช่วงแรกดังนี้ 911.94 และ 981.06 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/สัปดาห์ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้ร้อยละของโหลดแพคเตอร์ในช่วงที่สองไม่ได้ดีกว่าในช่วงแรก อย่างไรก็ตามถ้าตัวควบคุมดังกล่าวสามารถตัดค่ายอดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่ให้เกิน 33 กิโลวัตต์ได้จริง ร้อยละของโหลดแพคเตอร์ในช่วงสุดท้ายจะได้รับการแก้ไขในทางทฤษฎีเป็น 69.08 และต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง จะลดลงได้อีกประมาณ 3.27 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.1662 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

คำสำคัญ : ตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด การตัดยอด โหลดแพคเตอร์ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อสัปดาห์ การลดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน

Abstract : This paper presents the reduction of electricity cost per kilowatt-hour by reducing the maximum peak demand within the department. of electrical engineering, Chulachomklao Royal Military Academy in the second semester of 2015. The practical implementation evaluation of a peak electricity demand controller is divided into two periods. These are data collection to identify the average electricity demand characteristics per day over a period of weeks in the first two months and peak clipping over 33 kilowatts by using the controller in the last two months. For the first period, the average peak demand per week at 95% confidence level was 44.76 kilowatts with a percentage of the load factor was 54.80. After using the peak demand controller in the second period, the average peak demand per week at 95% confidence level was 42.62 kilowatts with a percentage of the load factor was 53.50. Even though the controller can reduce the peak demands, but the cost per kilowatt-hour does not decrease. The main reason is that the average electricity consumption per week in the last period was lower than the first period of 911.94 and 981.06 kilowatts-hours per week, respectively which result in the percentage of load factor in the second period was not better than the first period. However, if the controller can cut the peak demand to no more than 33 kilowatts, the percentage of the load factor will be theoretically revised to 69.08 and the cost per kilowatt-hour will be approximately decreased up to 3.27 percent or 0.1662 Bath per kilowatt-hour.

Keywords : Peak Demand Controller, Peak Clipping, Load Factor, Average Electricity Consumption per Week, Reduction of Electricity Cost per Kilowatt-Hour

1. บทนำ

การจัดการค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าฝั่งผู้ใช้ (Demand Side Management) ให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าในฝั่งผู้ผลิตและการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านระบบสายส่งหรือระบบจำหน่ายในช่วงเวลานั้น ๆ ได้รับการศึกษาและการยอมรับกันในวงกว้างแล้วว่าช่วยลดปัญหาด้านคุณภาพไฟฟ้า (Power Quality) เช่น แรงดันตก ความถี่ไม่คงที่ ไฟดับ รวมทั้งการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบส่งจ่าย นอกจากนี้ยังช่วยแก้ปัญหา ด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟฟ้า (Power System Economics) เช่น การลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้แก่การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานสะอาด[1] การดำเนินการจัดการค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าฝั่งผู้ใช้สามารถทำได้หลายแนวทางขึ้นอยู่กับกราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของฝั่งผู้ใช้ซึ่งมีความแตกต่างกันตามปัจจัยด้าน สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และการทำงานประจำของผู้ใช้ [3] จากมุมมองของฝั่งผู้ผลิตวิธีสร้างแรงจูงใจด้วยโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า (Incentive-Based Approach by Rate Structure) เช่น อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการควบคุมกราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของกิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่ให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลานั้น ๆ แต่ไม่สามารถสร้างแรงจูงใจให้ฝั่งผู้ใช้ไฟฟ้าในกลุ่มบ้านเรือนอยู่อาศัยได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มกิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพราะปัจจัยเดียวเท่านั้นคือ ระดับความพึงพอใจต่ออุณหภูมิที่สบายของฝั่งผู้ใช้ (User's satisfaction in Term of Thermal Comfort) ต่อภาระโหลดประเภท HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning) ที่มีผลต่อกราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของฝั่งผู้ใช้กลุ่มบ้านเรือนอยู่อาศัยเกือบทั้งหมด [3],[8]

การจัดการค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand Management) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตัดยอด (Peak Clipping) เป็นหนึ่งในอีกหลายวิธีที่มีประสิทธิภาพ

สำหรับการควบคุมกราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มบ้านเรือนอยู่อาศัยที่ใช้อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา (TOU) เพื่อให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลานั้น ๆ [4] งานวิจัยในด้านนี้แบ่งออกเป็นสองแนวทางใหญ่ๆคือ แนวทางที่ฝั่งผู้ใช้เป็นผู้ควบคุมกราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าให้เหมาะกับเงื่อนไขเวลาและราคาของอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา (TOU) โดยลำพัง [5],[6] และแนวทางที่ทั้งฝั่งผู้ใช้และฝั่งผู้ผลิตร่วมกันเป็นผู้ควบคุมกราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าให้เหมาะกับเงื่อนไขเวลาและราคาของอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา (TOU) โดยอาศัยตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถสื่อสารกันได้ระหว่างฝั่งผู้ใช้และฝั่งผู้ผลิต [1],[7],[8] อย่างไรก็ตามแนวทางดังกล่าวก็ยังไม่ปรากฏรายงานผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในทางปฏิบัติเมื่อติดตั้งกับระบบไฟฟ้าจริง

ส่วนการศึกษา (สกศ.) โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา (TOU) ตามหลักเกณฑ์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) [2] จากการตรวจสอบรายงานค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนพบว่า สกศ.๑ มีสัดส่วนค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge) ต่อค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนโดยเฉลี่ยสูงเกินกว่า 10% ดังนั้นการลดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงโดยการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดจึงเป็นแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นระบบและสอดคล้องกับนโยบายการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของกองทัพบก ในขั้นตอนการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการแก้ไขความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของ สกศ.๑ ได้ดำเนินการที่กองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (กวพ.๑) ซึ่งเป็นหน่วยขึ้นตรงหนึ่งของ สกศ.๑ ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลตลอดภาคเรียนที่ 1 ปี 2558 พบว่าสัดส่วนค่าความต้องการกำลัง ไฟฟ้าสูงสุดต่อค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนโดยเฉลี่ยคือ 22.27% และพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนนายร้อยที่ถูกกำหนดจากตารางสอนคือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสัดส่วนดังกล่าว นอกจากนี้ในทางทฤษฎี

กวดฟ.๑ ยังมีศักยภาพที่จะทำการลดต้นทุนค่าไฟฟ้ารายเดือนลงได้อีกไม่เกิน 12% เมื่อร้อยละของโหลดแพคเตอร์ก่อนแก้ไข คือร้อยละ 50.66 [9]

บทความนี้นำเสนอผลงานวิจัยการลดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงโดยใช้ตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของกวดฟ.๑ ในภาคเรียนที่ 2 ปี 2558 (1 ก.ย. ถึง 20 ธ.ค.) และได้แบ่งการนำเสนอเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. รายละเอียดเกี่ยวกับตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
2. การประเมินผลการใช้งานของตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดซึ่งประกอบด้วย 2.1 กราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ทั้งสองช่วงการทดลองและ 2.2 ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบสัปดาห์และร้อยละของโหลดแพคเตอร์ทั้งสองช่วงการทดลอง
3. ผลกระทบของตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงซึ่งประกอบด้วย 3.1 การคำนวณต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงและ 3.2 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงโดยใช้ร้อยละของโหลดแพคเตอร์ กรณีศึกษาของ กวดฟ.๑

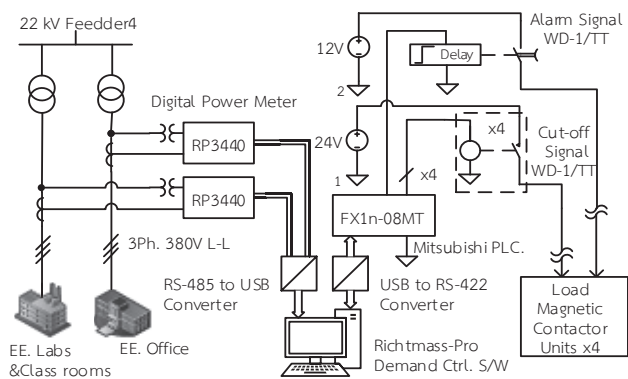
2. รายละเอียดเกี่ยวกับตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

2.1 การออกแบบและติดตั้ง

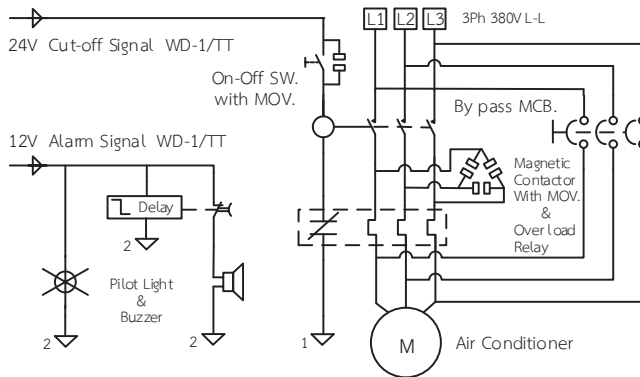
ตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ติดตั้งภายใน กวดฟ.๑ ดังแสดงในภาพที่ 1 ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้ (1) มิเตอร์วัดข้อมูลด้านไฟฟ้าแบบดิจิทัลรุ่น Richtmass RP 3440 จำนวน 2 ชุดติดตั้งบริเวณตู้ควบคุมไฟฟ้าหลักของสำนักงาน กวดฟ.๑ และโรงประลองไฟฟ้าโดยเชื่อมมิเตอร์ดังกล่าวสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม RS-485 (2) โปรแกรมสำเร็จรูป Richtmass-ProTM [10] ซึ่งติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูลลงสู่ฮาร์ดดิสก์และใช้ควบคุมการตัดยอด

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยขั้นตอนวิธีคาดการณ์ (Predictor Algorithm) ผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม RS-422 ไปสู่ตัวควบคุมพีแอลซี (Programmable Logic Controller) รุ่น Mitsubishi FX 1n-08MT ท้ายที่สุดส่งแรงดันกระแสตรง 24 โวลต์ไปตัดต่อภาระโหลดเครื่องปรับอากาศออกจากแหล่งจ่ายด้วยอุปกรณ์ตัดต่อแบบหน้าสัมผัสแม่เหล็ก (Magnetic Contactor) และ 3. อุปกรณ์ตัดต่อแบบหน้าสัมผัสแม่เหล็กจำนวน 4 ชุดรับแรงดันกระแสตรง 24 โวลต์และ 12 โวลต์ผ่านสายสัญญาณ WD-1/TT อีสระ 2 วงจรไปตัดต่อภาระโหลดเครื่องปรับอากาศและแจ้งเตือนในห้องต่าง ๆ พร้อมเบรกเกอร์ยกเลิกการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดใช้เมื่ออุณหภูมิห้องร้อนเกินไป ดังแสดงในภาพที่ 2

จากข้อมูลการทดลองช่วง 1 ของงานวิจัยนี้พบความเป็นไปได้ที่จะควบคุมขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 15 นาที ให้ต่ำกว่า 33 กิโลวัตต์โดยใช้การตัดต่อภาระโหลด



ภาพที่ 1 แผนผังการติดตั้งตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด ส่วนที่ 1 (ภาครับ) และส่วนที่ 2 (ภาคประมวลผล) กรณีศึกษา กวดฟ.๑



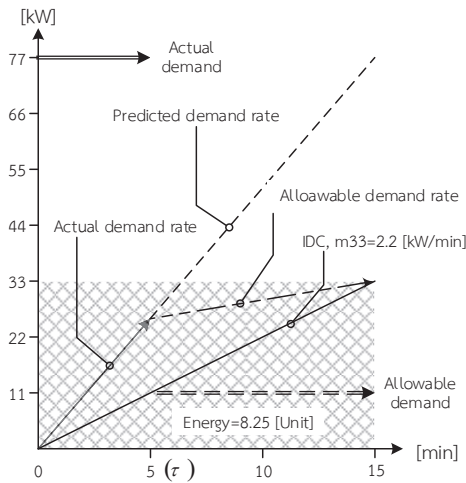
ภาพที่ 2 วงจรอุปกรณ์ตัดต่อแบบหน้าสัมผัสแม่เหล็ก ส่วนที่ 3 (ปฏิบัติ)

เครื่องปรับอากาศที่ใช้งานเป็นประจำในช่วงเวลาราชการของห้องพักเจ้าหน้าที่ กวฟ.๑ รวมทั้งสิ้น 4 ชุด (พื้นที่ได้กราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของเจ้าหน้าที่ กวฟ.๑ ตลอดภาคการศึกษาที่ 2/2558 รายละเอียดดังตารางที่ 1 และในหัวข้อ 3.1) ซึ่งสามารถทำการตัดยอดสูงสุดได้รวม 11.35 กิโลวัตต์หรือประมาณ 25% ของค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่มีค่า 44.76 กิโลวัตต์ นอกจากนี้การตั้งค่าตัวแปรเวลาต่างๆ (Time Parameters) ให้แก่โปรแกรมสำเร็จรูป Richtmass-ProTM ก็มีวัตถุประสงค์เพื่อการเรียงลำดับการตัดต่อภาระโหลด (Load Leveling) และการให้ลำดับความสำคัญแก่ภาระโหลดแต่ละตัว (Load Prioritization) ในห้องต่างๆ (รายละเอียดดังตารางที่ 1 และในหัวข้อ 2.3)

2.2 การตัดยอดโดยใช้หลักการของขั้นตอนวิธีคาดการณ์สำหรับโปรแกรมสำเร็จรูป Richtmass-ProTM
ขั้นตอนวิธีคาดการณ์ (Predictor Algorithms) เป็นอีกหนึ่งในขั้นตอนวิธีที่นิยมใช้กับตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดนอกเหนือจากขั้นตอนวิธีเส้นโค้ง

ภาระโหลดในอุดมคติ (Ideal Load Curve Algorithms) และขั้นตอนวิธีตัวเปรียบเทียบความถี่ (Frequency Comparator Algorithms) ทั้งนี้เพราะขั้นตอนวิธีดังกล่าวจะอนุญาตให้ภาระโหลดใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุดในช่วงทำการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ให้ใกล้เคียงกับค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า นอกจากนี้ยังช่วยลดจำนวนครั้งในการตัดภาระโหลด (Load Shedding Action) และลดเวลาของภาระโหลดที่ไม่ถูกใช้งานขณะถูกตัด (Unavailable Time of shaded Load) ได้เหมาะสมกับเงื่อนไขการทำงานมากกว่าเมื่อเทียบกับสองวิธีที่ได้กล่าวมา [4] อย่างไรก็ตามขั้นตอนวิธีคาดการณ์จะให้สมรรถนะที่ดีได้นั้นผู้ใช้งานต้องคำนึงถึงคุณสมบัติที่พึงประสงค์ ได้แก่ (1) คุณสมบัติความราบเรียบ (Smoothing Characteristic) ของค่ายอด (2) การเรียงลำดับการตัดต่อภาระโหลด (Load Leveling) และ (3) การให้ลำดับความสำคัญแก่ภาระโหลดแต่ละตัว (Load Prioritization)

หลักการงานที่สำคัญของขั้นตอนวิธีคาดการณ์ของโปรแกรมสำเร็จรูป Richtmass-ProTM (กรณีกำหนดค่าความต้องการกำลังสูงสุดไว้ที่ 33 กิโลวัตต์ ค่าร้อยละที่ยอมรับได้ (Percent Tolerance) คือ 2% และคาบเวลาการคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand Period) คือ 15 นาที) เริ่มต้นจากการกำหนดเส้นโค้งความต้องการกำลังสูงสุดในอุดมคติ (Ideal Demand Curve : IDC) เป็นค่าคงที่มีค่า 33 กิโลวัตต์ ซึ่งมีความชันคงที่ตามสมการที่ (1) คือ 2.2 กิโลวัตต์/นาทีและมีพลังงานใน 15 นาทีตามสมการที่ (2) คือ 8.25 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (ส่วนแรก) ลงบนกราฟที่แกนนอนแทนคาบเวลาการคุมค่าความต้องการสูงสุดและแกนตั้งแทนกำลังไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้ได้ในแต่ละคาบเวลาการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของขั้นตอนวิธีคาดการณ์

เมื่อโปรแกรมดังกล่าวทำงานจะวัดค่าความต้องการกำลังจริงในหน่วยกิโลวัตต์ (Actual Demand) พร้อมกับระยะเวลาที่เกิดขึ้น (เช่น 77 กิโลวัตต์-ชั่วโมงเป็นเวลา 5 นาทีที่แสดงในภาพที่ 3) แล้ววาดกราฟอัตราความต้องการกำลังไฟฟ้าแท้จริงในหน่วยกิโลวัตต์/นาที (Actual Demand Rate) ตามสมการที่ (1) จากนั้นคำนวณผลต่างพลังงานที่อนุญาตให้ใช้ได้ซึ่งต้องน้อยกว่า 8.25 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ($Energy_{MAX}$) ต่อจากนั้นวาดกราฟอัตราความต้องการกำลังไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้ได้ (Allowable Demand Rate) ตามสมการที่ (3) ซึ่งความชันของกราฟดังกล่าวอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้แต่ในกรณีภาพที่ 3 ต้องลดลงน้อยกว่าความชันของกราฟอัตราความต้องการกำลังไฟฟ้าที่ถูกคาดการณ์ไว้ (Predicted Demand Rate) ท้ายที่สุดโปรแกรมดังกล่าวจะเริ่มขั้นตอนตัดภาระโหลดออกตามตารางที่ 1 และถ้าการกำหนดค่าคุณสมบัติที่สำคัญทั้ง 3 ประการดังที่กล่าวมาข้างต้นให้แก่โปรแกรมดังกล่าวทำได้เหมาะสมแล้ว ผลการวัดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้ได้ (Allowable Demand) จะมีค่าลดลงและกราฟอัตราความต้องการกำลังไฟฟ้าที่อนุญาต

ให้ใช้ได้ก็จะวิ่งเข้าสู่ค่าความต้องการกำลังสูงสุดที่ 33 กิโลวัตต์ตามที่กำหนดไว้ด้วยสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (3) [4]

$$Slope = \frac{dp(\tau)}{d\tau} \quad (1)$$

$$Energy = \int_{t=0}^{\tau} p(t) dt \quad [kW-h] \quad (2)$$

$$Energy_{MAX} \leq \int_{t=0}^{\tau} p(t) dt + [p(\tau)(T_{int} - \tau)] \quad [kW-h] \quad (3)$$

โดย

τ คือ เวลาในปัจจุบัน [min]

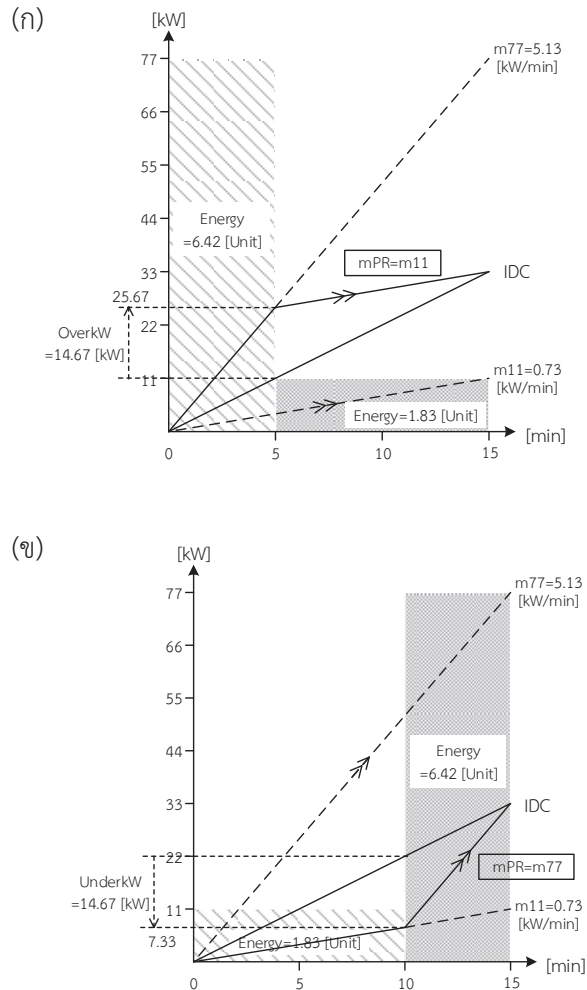
$p(\tau)$ คือ กำลังไฟฟ้าชั่วขณะ [kW]

T_{int} คือ คาบเวลาการคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า [min]

ภาพที่ 4 (ก) แสดงตัวอย่างการตัดภาระโหลดของขั้นตอนวิธีคาดการณ์เมื่อใช้ภาระโหลดขนาด 77 กิโลวัตต์เป็นเวลา 5 นาทีหรือใช้พลังงานไปแล้ว 6.42 กิโลวัตต์-ชั่วโมงปรากฏกำลังไฟฟ้าส่วนมากเกิน (OverkW) ที่มีค่า 14.67 กิโลวัตต์ และโปรแกรมดังกล่าวได้คำนวณส่วนต่างของพลังงานที่อนุญาตให้ใช้ได้คือ 1.83 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากนั้นดำเนินขั้นตอนการเรียงลำดับการตัดต่อภาระโหลดตามเงื่อนไขลำดับความสำคัญของภาระโหลดแต่ละตัว ดังนั้นภาระโหลดจะถูกไล่ตัดออกไปเรื่อย ๆ จนกว่าผลการวัดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าแท้จริงจะต่ำกว่าค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้ได้ที่มีค่า 11 กิโลวัตต์ โปรแกรมดังกล่าวจึงจะยกเลิกขั้นตอนการตัดภาระโหลดแม้เวลาจะเกิน 15 นาทีก็ตาม (เมื่อกำหนดให้ MaxCut=0)

ในทางตรงข้ามภาพที่ 4(ข) แสดงตัวอย่างการต่อภาระโหลดของขั้นตอนวิธีคาดการณ์เมื่อใช้ภาระโหลดขนาด 11 กิโลวัตต์ เป็นเวลา 10 นาที หรือใช้พลังงานไปแล้ว 1.83 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ปรากฏกำลังไฟฟ้าส่วนน้อยเกิน (UnderkW) ที่มีค่า 14.67 กิโลวัตต์และโปรแกรมดังกล่าวได้คำนวณส่วนต่างของพลังงานที่อนุญาตให้ใช้ได้คือ 6.42 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากนั้นดำเนินขั้นตอนการเรียงลำดับการตัดต่อภาระโหลดตามเงื่อนไขลำดับความสำคัญของภาระ

โหลดแต่ละตัว ดังนั้นภาระโหลดจะถูกไล่ต่อเข้าไปเรื่อย ๆ จนกว่าผลการวัดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าแท้จริงจะสูงกว่าค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้ได้ที่มีค่า 77 กิโลวัตต์โปรแกรมดังกล่าวจึงจะยกเลิกขั้นตอนการต่อภาระโหลด



ภาพที่ 4 การควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของขั้นตอนวิธี คาดการณ์ (ก) ขณะภาระโหลดมากเกินไป (ข) ขณะภาระโหลดน้อยเกินไป

2.3 การเรียงลำดับการตัดต่อภาระโหลดและการให้ลำดับความสำคัญแก่ภาระโหลดแต่ละตัว

การกำหนดค่าตัวแปรให้โปรแกรมสำเร็จรูป Rictmass-Pro™ สำหรับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย (1) ค่าความต้องการกำลังสูงสุดที่ 33 กิโลวัตต์ (2) ค่าร้อยละความผิดพลาดที่ยอมรับได้คือ 2% หรือ 33 ± 0.7 กิโลวัตต์ (3) คาบเวลาการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าคือ 15 นาที หรือ 900 วินาที และ (4) ค่าตัวแปรเวลาตามตารางที่ 1 ทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์คือ ความราบเรียบของค่ายอด การเรียงลำดับการตัดต่อภาระโหลด และการให้ลำดับความสำคัญแก่ภาระโหลดแต่ละตัว เมื่อ CutkW หมายถึงค่าขอบบนของ OverkW ก่อนเริ่มตัดภาระโหลด OnkW หมายถึงค่าขอบล่างของ UnderkW ก่อนเริ่มต่อภาระโหลด MinCut หมายถึงค่าระยะเวลาที่ภาระโหลดถูกตัดน้อยที่สุด MaxCut หมายถึงค่าระยะเวลาที่ภาระโหลดถูกตัดมากที่สุด (MaxCut=0 หมายถึงระยะเวลาไม่มีขอบเขต) MinOn หมายถึงค่าระยะเวลาที่ภาระโหลดถูกต่อน้อยที่สุด DlyCut หมายถึงค่าระยะเวลาหน่วงก่อนเริ่มตัดภาระโหลดตัวต่อไป DlyStart หมายถึงค่าระยะเวลาหน่วงก่อนเริ่มต่อภาระโหลดตัวต่อไป Cut/OnFreq หมายถึง ความถี่สูงสุดของภาระโหลดที่จะถูกตัดต่อโดยมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ (4) [10]

$$\text{Cut / OnFreq} = \frac{1}{\text{MinOn} + \text{MinCut}} \quad [\text{Hz}] \quad (4)$$

เป้าหมายที่ควรจะได้รับเมื่อกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ให้กับโปรแกรมสำเร็จรูป Rictmass-Pro™ ตามย่อหน้าที่ผ่านมา ประกอบด้วย (1) ห้อง ผอ.กพฟ.๗ ถูกกำหนดให้เป็นห้องที่มีลำดับความสำคัญมากที่สุด (Highest Priority Load) โดยภาระโหลดจะถูกต่อกลับคืนในให้อย่างไม่มีเงื่อนไขเมื่อค่า MaxCut=360 วินาที แต่ห้องอื่นๆ ที่มีค่า MaxCut=0 หรือระยะเวลาการตัดโหลดไม่มีขอบเขตจะถูกกำหนดให้เป็นห้องที่มีลำดับความสำคัญน้อยที่สุด (Lowest Priority Load) ทั้งนี้เพราะปัจจัย

ระดับความพึงพอใจต่ออุณหภูมิที่สบายของผอ.กวฟ.๗ จะถูกนำมาพิจารณาก่อนนายทหารสัญญาบัตรและนายทหารประทวนตามลำดับเสมอ (2) ณ เวลาใดๆ ถ้าภาระโหลดมากเกินไปและค่า $OverkW \geq 0.7$ กิโลวัตต์ (ค่าร้อยละความผิดพลาดที่ยอมรับได้) โปรแกรมดังกล่าวจะเริ่มทยอยตัดภาระโหลดห้องน.ป.ปฏิบัติการเป็นลำดับแรกเมื่อค่า $OverkW \geq 1$ กิโลวัตต์ (กำหนดด้วยค่า $CutkW = 1$ กิโลวัตต์) ไปสิ้นสุดที่ห้อง ผอ.กวฟ.๗ เมื่อค่า $OverkW \geq 4$ กิโลวัตต์ (กำหนดด้วยค่า $CutkW = 4$ กิโลวัตต์) โดยการตัดภาระโหลดแต่ละครั้งจะถูกคั่นด้วยค่า $DlyCut = 10$ วินาที (ไม่อนุญาตให้ตัดภาระโหลดทุกห้องพร้อมกัน) (3) ณ เวลาใดๆ ถ้าภาระโหลดน้อยเกินไปและค่า $UnderkW \geq 0.7$ กิโลวัตต์ (ค่าร้อยละความผิดพลาดที่ยอมรับได้) โปรแกรมดังกล่าวจะเริ่มทยอยต่อภาระโหลดห้อง ผอ.กวฟ.๗ เป็นลำดับแรกเมื่อค่า $UnderkW \geq 1$ กิโลวัตต์ (กำหนดด้วยค่า $OnkW = 1$ กิโลวัตต์) ไปสิ้นสุดที่ห้องพักอาจารย์รวมเมื่อค่า $UnderkW \geq 4$ กิโลวัตต์ (กำหนดด้วยค่า $OnkW = 4$ กิโลวัตต์) โดยการต่อภาระโหลดแต่ละครั้งจะถูกคั่นด้วยค่า $DlyStart = 20$ วินาที (ไม่อนุญาตให้ต่อภาระโหลดทุกห้องพร้อมกัน) และ (4) ภาระโหลดในห้องพัก

ตารางที่ 1 พิกัดภาระโหลด คุณสมบัติที่พึงประสงค์ และการกำหนด ค่าตัวแปรต่างๆ ให้โปรแกรมสำเร็จรูป Richtmass-ProTM

Priority Ranking of Loads Air conditioner [Room]	Load Leveling		Smoothing Characteristic (DlyCut=10,DlyStart=20[sec])			
	Demand [kW]	CutkW /OnkW [kW]	MinCut [sec.]	MaxCut [sec.]	MinOn [sec.]	Cut/On Freq. [Hz]
1. ผอ.กวฟ.๗	2.5	4/1	180	360	360	.0018
2. พักอาจารย์รวม	4.1	3/4	300	0	360	.0015
3. น.ปฏิบัติการ	2.25	2/2	300	0	360	.0015
4. น.ป.ปฏิบัติการ	2.5	1/3	300	0.	360	.0015

อาจารย์รวมซึ่งมีค่า Demand=4.1 กิโลวัตต์และค่า Cut/On Freq=0.0015 เฮิร์ตซ์จัดเป็นภาระโหลดขนาดใหญ่ ซึ่งไม่ควรจะได้รับความเครียดจากความถี่ของการตัดต่อภาระโหลดเมื่อเทียบกับภาระโหลดขนาดเล็กในห้องอื่นที่มีค่า Demand=2.5 กิโลวัตต์ ยกเว้นห้อง ผอ.กวฟ.๗ ซึ่งจัดเป็นภาระโหลดขนาดเล็กเพียงตัวเดียวที่มีค่า Cut/On Freq =0.0018 เฮิร์ตซ์ ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่สบายของห้อง ผอ.กวฟ.๗ มีความสำคัญมากทำให้ระยะเวลาที่ภาระโหลดถูกตัดต้องลดลงมาจนมีค่า MinCut=180 วินาที

ตารางที่ 2 จำนวนวันที่ใช้สร้างกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยในรอบสัปดาห์ของกวฟ.๗ ภาควิชาการศึกษาศึกษา 2/58 (ทั้งสองช่วงการทดลอง)

จำนวนวัน ช่วง 1/ช่วง 2	จ.	อ.	พ.	พ.จ.	ศ.	ส.	อา.
ตามปฏิทิน	9/7	10/6	9/7	9/7	10/6	10/6	10/6
ตัดออก	4/3	7/5	7/5	7/5	5/4	7/5	6/5
%ใช้ได้จริง	44/43	70/83	78/71	78/71	50/67	70/83	60/83

3. การประเมินผลการใช้งานของตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

การประเมินผลการทดลองลดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงโดยใช้ตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของ กวฟ.๗ ในภาคเรียนที่ 2 ปี 2558 แบ่งเป็น 2 ช่วงโดย (1) การประเมินผลการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันและค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบสัปดาห์ในช่วงสองเดือนแรก (1 กันยายน 2558 ถึง 6 พฤศจิกายน 2558) และ (2) การประเมินผลการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันและค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบสัปดาห์ในช่วงสองเดือนสุดท้าย (7 พฤศจิกายน 2558 ถึง 20 ธันวาคม 2558) ซึ่งกรณีนี้ได้ดำเนินการตัดยอดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดแล้วโดยใช้ตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบ

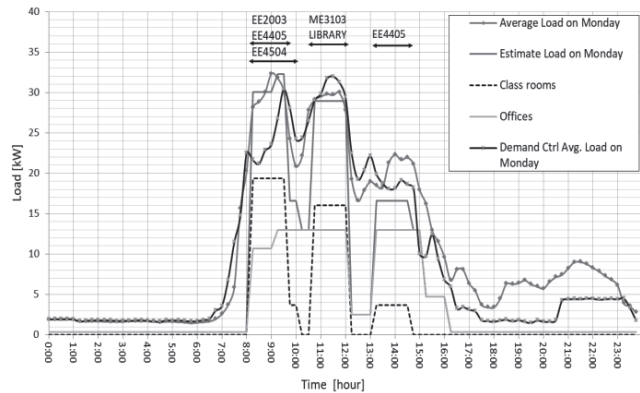
สัปดาห์และค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดกับวันในรอบสัปดาห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ Student's t-distribution กับร้อยละของโหลดแพคเตอร์หรือ [9] อย่างไรก็ตามพบว่าข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าบางวันใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลไม่ได้ เช่น วันที่เกิดไฟฟ้าดับ วันหยุดราชการ วันงานพิธีหรือวันกิจกรรม และวันสอบประจำภาคดังแสดงในตารางที่ 2 จำนวนวันที่ใช้สร้างกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ทั้งสองช่วง

3.1 กราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยในรอบสัปดาห์ทั้งสองช่วงการทดลอง

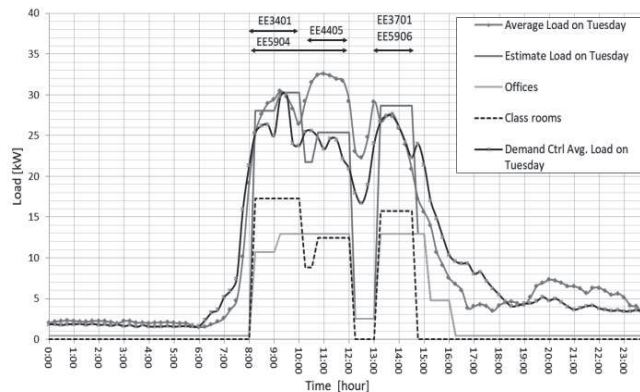
กราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ที่สร้างจากข้อมูลผลการทดลองทั้ง 2 ช่วงนี้ให้ค่าที่สอดคล้องกับกราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้ารวมที่คาดการณ์ได้ (Coincident demand หรือกราฟ Estimated Load) ซึ่งในกรณี กวฟ.๓ คือผลรวมของขนาดของกราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของ นนร. (กราฟ Classrooms) ร่วมกับกราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของ เจ้าหน้าที่ กวฟ.๓ (กราฟ Offices) ตลอดภาคการศึกษาที่ 2/58 โดยข้อมูลส่วนใหญ่ที่ใช้ในการสร้างกราฟทั้งสองนี้มาจาก ปฏิทินการศึกษา ตารางสอน เช่น วิชาความน่าจะเป็นและกระบวนการแบบสุ่มมีรหัสวิชา EE2003 [11] การสังเกตและจำนวนวันตามตารางที่ 2 ดังนั้นผลการเปรียบเทียบกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ของช่วง 1 (กราฟ Average Load) และช่วง 2 (กราฟ Demand Ctrl Avg Load) และกราฟพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้ารวมที่คาดการณ์ได้ของกวฟ.๓ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5 ถึงภาพที่ 9

ผลการทดลองยืนยันชัดเจนว่าค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง (08.00น.-16.00น.) และค่ายอดเฉลี่ยในช่วงสองเดือนแรกมีค่าสูงกว่าช่วงสองเดือนสุดท้ายโดยกราฟ Average Load ของช่วง 1 นั้นเกือบทั้งหมดมีค่าสูงกว่ากราฟ Demand Ctrl Avg Load ของช่วง 2 เสมอ ทั้งนี้เกิดจากสองเหตุผลหลักคือ (1) การใช้งานตัวควบคุม

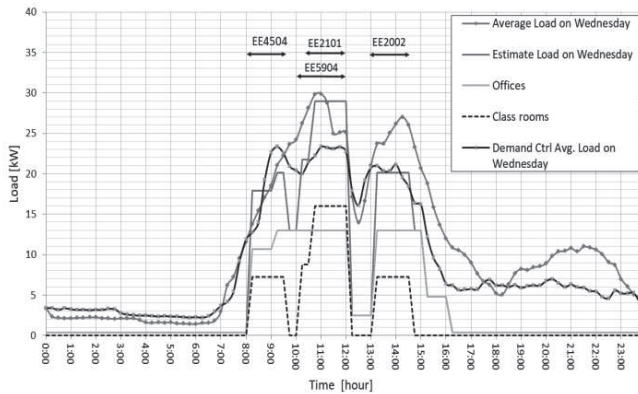
ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาราชการ 08.00น.-16.00 น. (2) ผลของอุณหภูมิที่เย็นลงในช่วงสองเดือนสุดท้าย (พ.ย.และธ.ค.) โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลา 19.00น.-24.00น. ซึ่งตามปกติแล้วเป็นช่วงเวลาที่ตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดต้องหยุดทำงาน



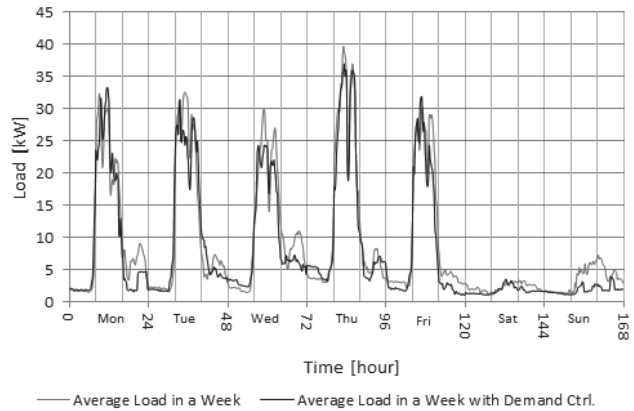
ภาพที่ 5 พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง 184.3 และ 181.2 ยูนิต ยอดเฉลี่ยคือ 32.3 kW 9.00 น. ช่วง 1 และ 31.9 kW 11.30 น. ช่วง 2 ของวันจันทร์



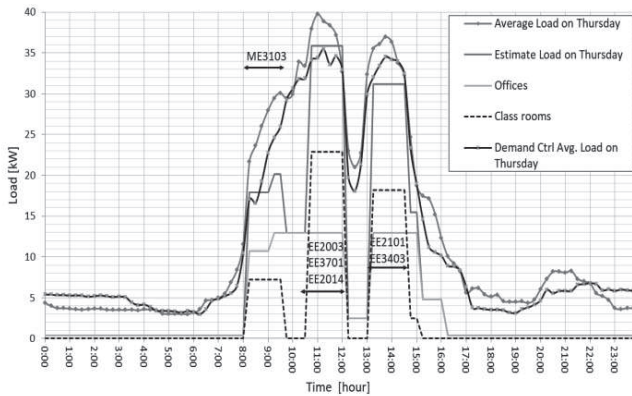
ภาพที่ 6 พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง 200.8 และ 191.2 ยูนิต ยอดเฉลี่ยคือ 32.6 kW 11.00น. ช่วง 1 และ 30.1 kW 9.30 น. ช่วง 2 ของวันอังคาร



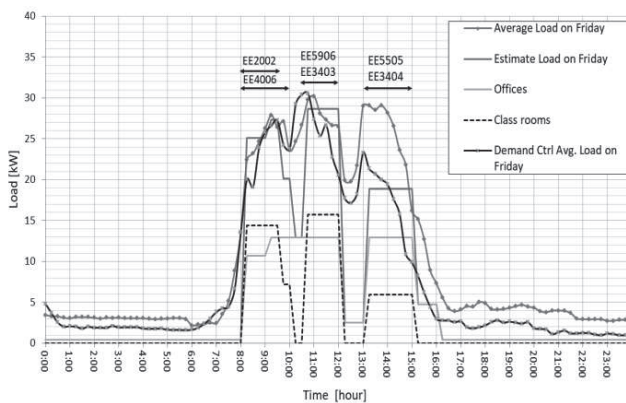
ภาพที่ 7 พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง 174.6 และ 156.0 ยูนิท ยอดเฉลี่ยคือ 29.9 kW 11.00 น. ช่วง 1 และ 23.3 kW 11.00 น. ช่วง 2 ของวันพุธ



ภาพที่ 10 ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยช่วง 1 และช่วง 2 (ชดเชยอุณหภูมิ) มีค่า 981.06 ยูนิทและ 911.94 ยูนิทตามลำดับ



ภาพที่ 8 พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง 231.4 และ 217.2 ยูนิท ยอดเฉลี่ยคือ 39.7kW 11.00 น. ช่วง 1 และ 35.4kW 11.15 น. ช่วง 2 ของพฤหัสบดี



ภาพที่ 9 พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง 189.8 และ 166.2 ยูนิท ยอดเฉลี่ยคือ 30.2 kW 11.00 น. ช่วง 1 และ 30.6 kW 10.45 น. ช่วง 2 ของวันศุกร์

ภาพที่ 10 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อสัปดาห์เมื่อพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาราชการ (08.00น.ถึง 16.00น.) ของทุกวันหรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์คือพื้นที่ใต้กราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ของช่วง 1 และช่วง 2 โดยผลการคำนวณระบุว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อสัปดาห์ในช่วง 1 และช่วง 2 มีค่า 981.06 และ 911.94 กิโลวัตต์-ชั่วโมงตามลำดับ โดยค่าดังกล่าวในช่วง 2 นี้ ได้ผ่านการชดเชยผลของอุณหภูมิที่เย็นลงแล้วด้วยสัดส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิ หรือกล่าวได้ว่าความต้องการพลังงาน ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อสัปดาห์ช่วง 2 มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับช่วง 1 ประมาณ 7.58%

3.2 ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบสัปดาห์ และร้อยละของโหลดแพคเตอร์ทั้งสองช่วงการทดลอง

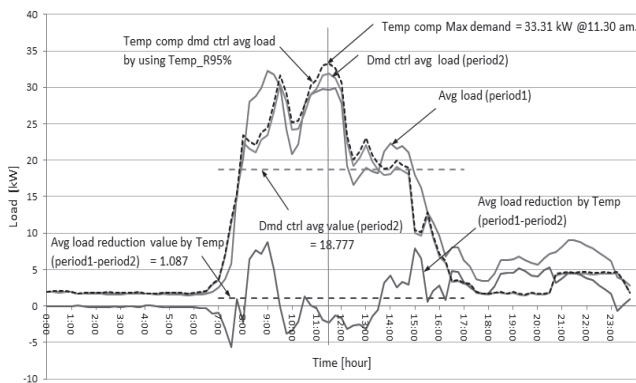
เพื่อให้ผลการคำนวณต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงในช่วง 2 ของการทดลองมีความแม่นยำและมีสภาพแวดล้อมที่ใช้ทดลองใกล้เคียงกับช่วง 1 สามารถนำข้อมูลทั้ง 2 ช่วงมาใช้เปรียบเทียบกันได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการชดเชยผลของอุณหภูมิที่เย็นลงในช่วงสองเดือนสุดท้ายที่ได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบสัปดาห์ ค่า

ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด และค่าร้อยละของโหลดแพคเตอร์ โดยใช้สมมติฐานคือตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะหยุดทำงานก็ต่อเมื่อกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าจริงโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์มีค่าต่ำกว่า 33 กิโลวัตต์ ดังนั้นอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าจริงโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ช่วง 1 และช่วงที่ 2 เทียบกับค่าเฉลี่ยของกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าจริงโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ช่วง 2 ก็คือ สัดส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิ หรือ %Temp R ตามสมการที่ (5)

$$\%Temp_R = \frac{\frac{1}{41} \sum_{k=29}^{69} (Avg\ load_k - Dmd\ ctrl\ avg\ load_k)}{\frac{1}{41} \sum_{k=29}^{69} Dmd\ ctrl\ avg\ load_k} \times 100 \quad (5)$$

โดย

$Avg\ load_k$ คือ ค่ากราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าจริงช่วง 1
 $Dmd\ ctrl\ avg\ load_k$ คือ ค่ากราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าจริงช่วง 2
 k คือ ลำดับคาบเวลาทุก 15 นาที เริ่มจาก 00.00น ถึง 24.00 น. หรือ 1 ถึง 96



ภาพที่ 11 การลดเซพผลของอุณหภูมิที่เย็นลงในช่วง 2 วันจันทร์ โดยใช้ %Temp_R95% และเกิดยอดสูงสุดขนาด 33.31 kW ที่ 11.30น.

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ช่วง 2 ค่าเฉลี่ยผลต่างทั้งสองช่วง และ %Temp_R95%

ค่าของกราฟ	จ.	อ.	พ.	พฤ.	ศ.
Avg load reduction value by temp[kW]	1.087	0.951	2.939	2.397	3.160
Dmd ctrl avg value [kW]	18.777	20.132	16.001	21.903	16.613
%Temp_R	5.790	4.723	18.365	10.945	19.023
%Temp_R95% (Lower)	$\geq \bar{x} - t_{\alpha, n-1} \times \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right); \alpha = 0.05, t_{0.025, 4} = 2.776$ $\bar{x} = \frac{5.790 + 4.723 + 18.365 + 10.945 + 19.023}{5} = 11.77$ $\geq 11.77 - 2.776 \times \left(\frac{6.04}{\sqrt{5}} \right) \text{ or } \geq 4.28$				

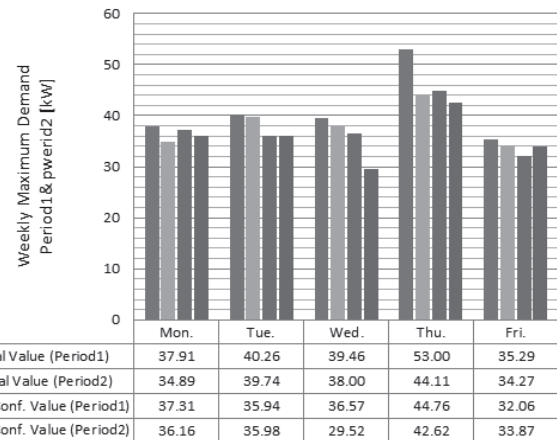
ภาพที่ 11 ตัวอย่างการลดเซพผลของอุณหภูมิที่เย็นลงของกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยแต่ละวันในรอบสัปดาห์ช่วง 2 วันจันทร์โดยใช้สัดส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ขอบล่าง) หรือ คือ 4.28% ซึ่งการคำนวณค่าดังกล่าวหาได้จากข้อมูลกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ภาพที่ 5 ถึงภาพที่ 9 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3 เมื่อช่วงเวลาที่ใช้พิจารณา คือ 07.00น.-17.00น.

การวิเคราะห์หาขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบสัปดาห์เริ่มต้นจากการคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละวันตามจำนวนวันของภาคการศึกษาที่ 2/58 ดังแสดงในตารางที่ 2 ทั้งสองช่วงการทดลอง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวในช่วงที่ 2 ได้ผ่านการลดเซพผลของอุณหภูมิที่เย็นลงในช่วงสองเดือนสุดท้ายแล้วด้วย คือ 4.28% จากนั้นคำนวณค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ขอบบน) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ขนาดของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละวันในรอบสัปดาห์ของ กวฟ.๓ ภาคการศึกษา 2/58 (ทั้งสองช่วงการทดลอง)

วัน	ช่วง	ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย [kW-hr]			ค่ายอดสูงสุด	
		เฉลี่ย 8ช.ม.	Peak	Off Peak	@95%[kW]	% <i>F_{LD}</i>
จ.	1	184.33	193.89	63.07	37.31	61.76
	2	181.25	175.49	58.96	36.16	62.66
อ.	1	200.85	206.06	60.67	35.94	69.85
	2	191.22	199.00	61.28	35.98	66.43
พ.	1	174.64	211.34	51.81	36.57	59.70
	2	156.03	176.39	56.07	29.52	66.07
พจ.	1	231.44	245.56	66.74	44.76	64.64
	2	217.19	230.19	71.59	42.62	63.71
ศ.	1	189.81	190.91	58.45	32.06	74.00

จากข้อมูลในตารางที่ 4 สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดร่วมกับวันในรอบสัปดาห์ดังแสดงในภาพที่ 12 กรณีช่วง 1 พบว่าวันพฤหัสบดีเป็นวันเดียวในรอบสัปดาห์ที่เกิดขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดและที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 44.76 กิโลวัตต์ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้ว 63% จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 11.00 น. และกรณีช่วง 2 พบว่าวันพฤหัสบดีก็เป็นวันเดียวในรอบสัปดาห์ที่เกิดขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดและที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 42.62 กิโลวัตต์ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้ว 40% จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 13.45 น. หรือกล่าวได้ว่าขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของวันพฤหัสบดีในช่วง 2 มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับช่วง 1 ประมาณ 5.02% ท้ายที่สุดขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของวันพฤหัสบดียังถูกใช้เป็นตัวแทนข้อมูลสำหรับการคำนวณค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนรายละเอียดได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดกับวันในรอบสัปดาห์ของ กวฟ.๓ ภาคการศึกษาที่ 2/58

จากข้อมูลผลการทดลองและการคำนวณค่าร้อยละของโหลดแพคเตอร์หรือค่า ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่ากราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ใดที่มีความราบเรียบมาก (ความแตกต่างระหว่างขนาดของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงเวลา 08.00-16.00 น. มีค่าน้อย) จะส่งผลให้ค่า มีค่าสูงเข้าใกล้ค่า 100 เมื่อเทียบกับกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้างกล่าวที่ไม่ราบเรียบตามสมการที่ (6) และมีเพียงสองวันในรอบสัปดาห์คือวันจันทร์และวันพุธเท่านั้นที่ค่า มีค่าเพิ่มมากขึ้น และที่เหลืออีกสามวัน ค่า มีค่าลดลง ส่งผลให้ภาพรวมของค่าเฉลี่ยห้าวันทำการในรอบสัปดาห์ (40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ช่วง 08.00น.-16.00 น. วันจันทร์ถึงวันศุกร์) ช่วง 2 มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับช่วง 1 เหตุผลเพราะการใช้งานของตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง 2 แม้จะทำให้ขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ลดลงได้จริงประมาณ 5.02% แต่ก็ยังน้อยกว่าการลดลงของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อสัปดาห์ช่วง 2 ที่ลดลงไปประมาณ 7.58% จากเหตุผลดังกล่าวและสมการที่ (6) พบว่าตัวหารจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวตั้ง ดังนั้นอัตราส่วนของเฉลี่ยห้าวันทำการช่วง 2 จึงแย่ง

$$\begin{aligned} \%F_{LD} &= \frac{\text{Average load} \times 4 \times T}{\text{Peak load} \times T} \times 100 \\ &= \frac{\text{Units energy served}}{\text{Peak load} \times T} \times 100 \end{aligned} \quad (6)$$

โดย

$\text{Average load} \times 4 \times T$ คือ พลังงานไฟฟ้า $T W - hr$

T คือ จำนวนชั่วโมงที่ทำงาน $[hr]$

ตารางที่ 5 ร้อยละของโหลดแพ็คเกจเตอร์และค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบสัปดาห์ ในช่วง P, OP ของ กวฟ.ฯ ภาคการศึกษา 2/58

วัน	ช่วง	ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย [kW-hr]			ค่ายอดสูงสุด	
		เฉลี่ย 8 ชม.	Peak	Off Peak	@95% [kW]	$\%F_{LD}$
จ.	1	184.33	193.89	63.07	37.31	61.76
	2	181.25	175.49	58.96	36.16	62.66
อ.	1	200.85	206.06	60.67	35.94	69.85
	2	191.22	199.00	61.28	35.98	66.43
พ.	1	174.64	211.34	51.81	36.57	59.70
	2	156.03	176.39	56.07	29.52	66.07
พฤ.	1	231.44	245.56	66.74	44.76	64.64
	2	217.19	230.19	71.59	42.62	63.71
ศ.	1	189.81	190.91	58.45	32.06	74.00
	2	166.24	156.00	49.05	33.87	61.36
จ.-ศ.	1	981.06	1047.76	300.76	44.76	54.80
	2	911.94	937.07	296.95	42.62	53.50
จ.-อา.	1	-	-	438.89	-	-
	2	-	-	385.87	-	-

4. ผลกระทบของตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

จากการสังเกตและลองผิดลองถูกทำให้เชื่อได้ว่าสมรรถนะการทำงานของตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ขั้นตอนวิธีคาดการณ์สำหรับโปรแกรมสำเร็จรูป Richtmass-ProTM ซึ่งประกอบด้วย (1) การลดความเครียดของภาระโหลด (Load Stress) เนื่องจากการตัดต่อโหลด (2) การลดขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด และ (3) การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเหล่านี้ล้วนมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติที่พึงประสงค์ตามตารางที่ 1 คือ (1) ความราบเรียบ (ของกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้า) (2) การเรียงลำดับการตัดต่อภาระโหลด และ (3) การให้ลำดับความสำคัญแก่ภาระโหลดแต่ละตัว (การกำหนดค่าดังกล่าว ทำโดยวิธีอ้อมจากตัวแปรคุณสมบัติที่พึงประสงค์ในข้อ 1 และ 2 ร่วมกัน) ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด และคุณสมบัติที่พึงประสงค์

คุณสมบัติที่พึงประสงค์	ตัวแปร	ค่า		ค่ายอด [kW]	ยูนิต [kw-hr]	ความเครียดของโหลด
		มาก	น้อย			
ความสม่ำเสมอ	MaxCut	√		ลด	ลด	ลด
	[sec]		√	เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม
	Cut/On	√		ลด	เพิ่ม	เพิ่ม
	Freq.[Hz]		√	เพิ่ม	ลด	ลด
การเรียงลำดับการตัดต่อภาระโหลด	CutkW	√		เพิ่ม	เพิ่ม	ลด
	[kW]		√	ลด	ลด	เพิ่ม
	OnkW	√		ลด	ลด	ลด
	[kW]		√	เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม
การให้ลำดับความสำคัญแก่ภาระโหลดแต่ละตัว	High Pri.	√		เพิ่ม	เพิ่ม	ลด
	Load[kW]		√	เพิ่มมาก	เพิ่มมาก	ลด
	Low Pri.	√		ลดมาก	ลดมาก	เพิ่ม
	Load[kW]		√	ลด	ลด	เพิ่ม

4.1 การคำนวณต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง งานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนเฉพาะ กวฟ.๑ แบบประเภทที่ 4 หรือกิจการขนาดใหญ่และอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) ที่แรงดันระบบจำหน่าย 22-33 กิโลโวลต์ ตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) พ.ศ.2550 เพื่อใช้เป็นแนวทางการศึกษาและพัฒนากิจการจัดการปริมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในภาพรวมของ สกศ.ร.ร.จปร. และลดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ในภายหน้า ซึ่งตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าง่ากล่าวกำหนดให้ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนประกอบด้วย 4 องค์ ประกอบ คือ (1) ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge) (2) ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) (3) ค่าบริการรายเดือนซึ่งค่าเหล่านี้เรียกรวมกันว่าค่าไฟฟ้าพื้นฐาน และ (4) ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ประกอบด้วย (4.1) ค่าองค์ ประกอบกำลัง (Power Factor Surcharge) (4.2) ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) (4.3) ภาษีมูลค่าเพิ่มตามสมการที่ (7.1) และ (7.2) [2],[9]

ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือน

$$= \text{ค่าไฟฟ้าฐาน} + \text{ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์} + \text{ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)} + \text{ภาษีมูลค่าเพิ่ม [บาท]} \quad (7.1)$$

ค่าไฟฟ้าฐาน

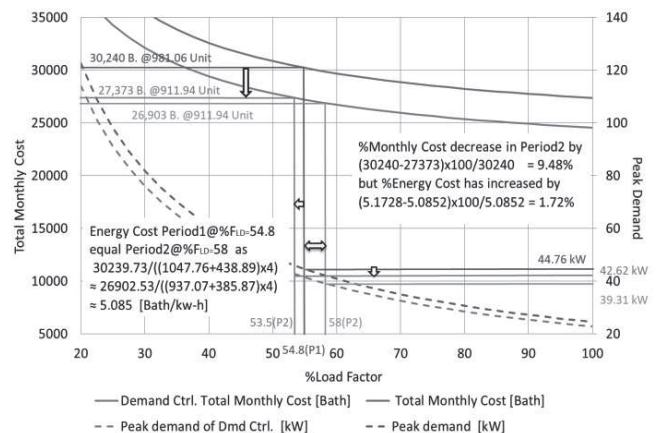
$$= \text{ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า} + \text{ค่าหน่วยพลังงานไฟฟ้า} + \text{ค่าบริการ [บาท]} \quad (7.2)$$

ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง [บาท/kW-h]

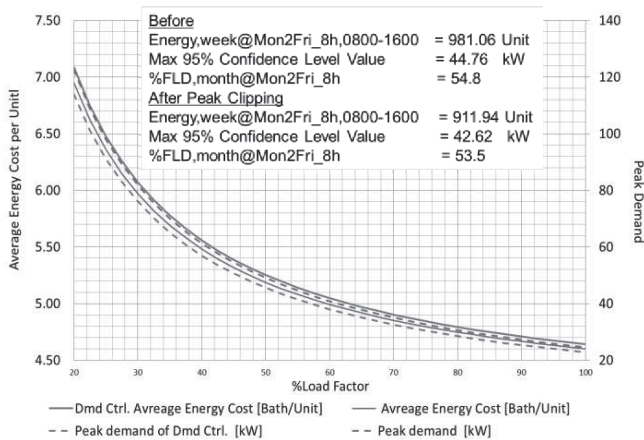
$$= \frac{\text{ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือน}}{[\text{Avg. Energy P (M - F)} + \text{Avg. Energy OP (M - Su)}] \times 4} \quad (7.3)$$

จากตารางที่ 5 และสมการที่ 7 การคำนวณค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนและต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2 ปี 2558 (กันยายน ถึง ธันวาคม) ทั้งช่วง 1 และ 2 ของ กวฟ.๑ มีผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 7

[12] (เมื่ออัตราค่าไฟฟ้าใช้คือ (1) ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดคือ 132.93 บาทต่อกิโลวัตต์ (2) ค่าหน่วยพลังงานไฟฟ้าช่วงเวลา P คือ 3.6796 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (3) ค่าหน่วยพลังงานไฟฟ้าช่วงเวลา OP คือ 2.176 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (4) ค่าบริการคือ 312.24 บาทต่อเดือน (5) ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์คือ 56.07 บาทต่อกิโลวัตต์ (6) ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) คือ 0.4638 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง และ (7) ภาษีมูลค่าเพิ่มคือ 7%) โดยผลการคำนวณยืนยันว่าต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ช่วง 2 เมื่อเทียบกับช่วง 1 มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 1.72% แม้ว่าค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่เรียกเก็บรายเดือนจะลดลงประมาณ 9.48% และขนาดความต้องการกำลัง ไฟฟ้าสูงสุดได้ลดลงถึง 5.02% แล้วก็ตามดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนและขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด กับร้อยละของโหลดแฟคเตอร์



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงและขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด กับ ร้อยละโหลดแพคเตอร์

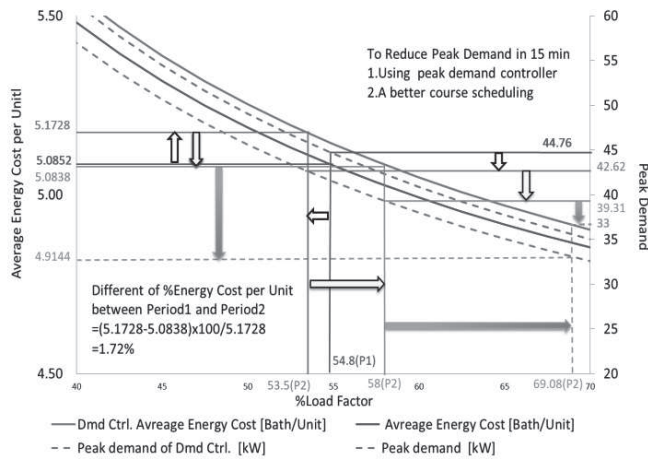
นอกจากนี้ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนและต้นทุนไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงจะมีแนวโน้มลดลงอย่างไม่เป็นเชิงเส้นโดยแปรผันตรงกับการลดลงของขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดและแปรผกผันกับการเพิ่มขึ้นของร้อยละของโหลดแพคเตอร์ ดังภาพที่ 13 และภาพที่ 14 สำหรับงานวิจัยนี้ยังพบว่ากราฟค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนในภาพที่ 13 และกราฟต้นทุนไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงในภาพที่ 14 จะเป็นกราฟคนละเส้นกันและมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองเหตุผลเพราะค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบสัปดาห์ของช่วง 1 มีค่ามากกว่าช่วง 2

4.2 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงโดยใช้ร้อยละของโหลดแพคเตอร์

พิจารณาภาพที่ 13 การวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่เรียกเก็บรายเดือนและขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเทียบกับร้อยละของโหลดแพคเตอร์ ยืนยันว่าร้อยละของการลดลงของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบสัปดาห์ช่วง 2 ประมาณ

7.58% เมื่อเทียบกับร้อยละการลดลงของขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในช่วง 2 คือประมาณ 5.02% ไม่เพียงพอ ที่จะทำให้อัตรารส่วนของเฉลี่ยห้าวันทำการในรอบสัปดาห์ช่วง 2 ดีขึ้นกว่าเดิมได้ (ร้อยละ 54.8) ส่งผลให้ต้นทุนไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงช่วง 2 เพิ่มขึ้นประมาณ 1.72% อย่างไรก็ตามหากต้องการให้ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงช่วงที่ 2 มีค่าเท่ากับช่วง 1 แล้ว ตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดควรจะทำการลดขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลงไม่ให้เกิน 39.32 กิโลวัตต์เพื่อแก้ไขอัตราส่วนของ เฉลี่ยห้าวันทำการในรอบสัปดาห์ช่วง 2 ให้ดีขึ้นกว่าเดิมเป็นร้อยละ 58

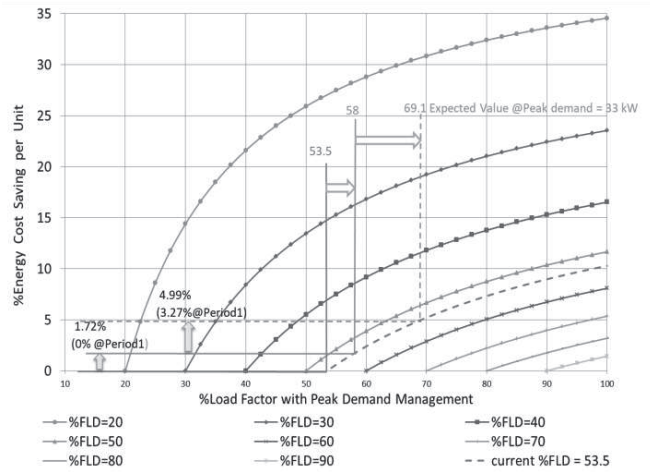
จากภาพที่ 14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงและขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเทียบกับร้อยละของโหลดแพคเตอร์ เมื่อทำการวิเคราะห์กราฟดังกล่าวในช่วงร้อยละของโหลดแพคเตอร์ที่สนใจ คือ ร้อยละ 40 ถึง 70 ดังแสดงในภาพที่ 15 ผลการคำนวณได้ยืนยันความสอดคล้องกับภาพที่ 13 อีกครั้งว่าต้นทุนไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงช่วงที่ 2 จะมีค่าเท่ากับช่วง 1 ได้ ก็ต่อเมื่อได้แก้ไขค่า เฉลี่ยห้าวันทำการในรอบสัปดาห์ช่วง 2 ให้เป็นร้อยละ 58 แต่ในทางทฤษฎีตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดควรจะทำการลดขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลงไม่ให้เกิน 33 กิโลวัตต์ (ตามที่ถูกกำหนดไว้ก่อนในโปรแกรมสำเร็จรูป Richtmass-Pro™) ซึ่งควรส่งผลให้ค่า $\%F_{LD}$ เฉลี่ยห้าวันทำการในรอบสัปดาห์ช่วง 2 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 69.08 และต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงช่วง 2 จะลดลงเหลือ 4.9144 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือจะประหยัดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงได้สูงสุดถึง 3.27% หรือประมาณ 0.1662 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (≈ 896.8 บาทต่อเดือน) เมื่อเทียบกับช่วง 1 ตามตารางที่ 7 แก้ไขช่วง 2 และภาพที่ 16



ภาพที่ 15 การแก้ไขต้นทุนค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงของการทดลองช่วง 2 ให้เท่ากับช่วง 1 โดยเพิ่มร้อยละโหลดแพคเตอร์

ตารางที่ 7 รายละเอียดค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บรายเดือนของ กวฟ.๓ ช่วงภาคเรียนที่ 2 ปี 2558 ทั้งสองช่วง (กันยายน ถึง ธันวาคม)

ช่วง (%FLD)	ค่าไฟฟ้า ฐาน[บาท]	ค่า Pf. [บาท]	ค่า Ft. [บาท]	Vat7% [บาท]	ค่าไฟฟ้าย เดือน [บาท]	ต้นทุน [บาท /kW-hr]
ช่วง1 (=54.8)	25503.38	0	2758.04	1978.30	30239.73	5.0852
ช่วง2	23127.90	0	2454.32	1790.76	27372.98	5.1728
(=53.5) แก้ไข	22688.23	0	2454.32	1759.98	26902.53	5.0838
(=58.0) แก้ไข (=69.1)	21850.14	0	2454.32	1701.31	26005.78	4.9144



ภาพที่ 16 ช่วงของต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงที่สามารถประหยัดได้ ต่อการแก้ไขร้อยละของโหลดแพคเตอร์ช่วง 2 ให้เพิ่มขึ้น

OKAY! TURN On/Off AIR CON.? (เปิด/ปิดแอร์..อย่างไร)

● เปิดแอร์ เปิดสวิตช์ 1 และ เปิดสวิตช์ 2

● ปิดแอร์ ปิดสวิตช์ 1 และ ปิดสวิตช์ 2

TOO HOT!
(ร้อนจัง..ยกเลิกได้ไหม)

● ได้ครับ...

ปิดสวิตช์ 1 และเปิดสวิตช์ 2

SAVE EARTH
(รักษโลก)

♥ เสียงเตือน บีบ.... คือ กวฟ.๓ ใช้ไฟฟ้ามามากไป
ใกล้จะโดนค่าปรับ(ความต้องการกำลังไฟสูงสุด)
ของภัย..... อาจต้องหยุดเดิน แอร์ ทิ้งนี้ 15 นาที

ผังศูนย์ข้อมูลและศูนย์เพิ่มผลผลิต ร.อ. พงษ์ภุชงค์ รุ่งสุข 089-5522170 โครงการ การจัดการปริมาณไฟฟ้าเพื่อการนำไฟฟ้าความถี่สูงของกรมการไฟฟ้าการไฟฟ้า

ภาพที่ 17 ป้ายรณรงค์ให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของ กวฟ.๓

พิจารณาภาพที่ 16 กราฟช่วงของต้นทุนไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงที่สามารถประหยัดได้ที่ร้อยละของโหลดแพคเตอร์ช่วง 2 คือ ร้อยละ 53.5 พบว่าในทางทฤษฎี กวฟ.๓ ยังมีความเป็นไปได้ที่จะลดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ลงได้อีกไม่เกิน 8.28% อย่างไรก็ตามการจะบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้ จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือของบุคลากรภายในกองวิชานี้ปฏิบัติตามป้ายรณรงค์ให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของ กวฟ.๓ ดังแสดงในภาพที่ 17 อย่างจริงจังไม่ยกเลิกการทำงานของตัวควบคุมค่าความ

ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด แม้ว่าเครื่องปรับอากาศจะหยุดทำงานและอุณหภูมิห้องอาจจะสูงเกินระดับความพึงพอใจต่ออุณหภูมิที่สบายตัวของฝั่งผู้ใช้ในแต่ละคน

5. สรุปผล

การประเมินผลการทดลองลดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงโดยใช้งานตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดแบ่งเป็นสองช่วงโดย ช่วง 1 ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อสร้างกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันในรอบสัปดาห์ (1 กันยายน 2558 ถึง 6 พฤศจิกายน 2558) และช่วง 2 ดำเนินการตัดยอดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิน 33 กิโลวัตต์ โดยใช้ตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (7 พฤศจิกายน 2558 ถึง 20 ธันวาคม 2558) พบว่า (1) ผลของอุณหภูมิที่เย็นลงในช่วงสองเดือนสุดท้ายส่งผลให้กราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยในรอบสัปดาห์ช่วง 2 ให้มีค่าลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการชดเชยผลของอุณหภูมิด้วยการหาร้อยละของค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ลดลงในช่วงที่ตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดหยุดทำงาน ($\%Temp_R95\%=4.28$) และ (2) ตัวควบคุมดังกล่าวไม่สามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงได้แม้ว่าจะลดค่าขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่น 95% ลงได้จริง (44.76 กิโลวัตต์ในช่วง 1 เป็น 42.62 กิโลวัตต์ในช่วง 2) แต่ค่าร้อยละของโหลดแพคเตอร์กลับแยกลง (ร้อยละ 54.80 ในช่วง 1 เป็นร้อยละ 53.50 ในช่วง 2) ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบสัปดาห์ช่วง 2 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าช่วง 1 (911.94 และ 981.06 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/สัปดาห์ ตามลำดับ) นั้นเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ค่าร้อยละของโหลดแพคเตอร์ไม่เพิ่มขึ้นตามทฤษฎีแม้ว่าขนาดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่น 95% มีค่าลดลง ท้ายที่สุดงานวิจัยนี้ได้ยืนยันว่าตัวควบคุมดังกล่าวจะสามารถตัดค่ายอดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่ให้เกิน 33 กิโลวัตต์ได้ และร้อยละของโหลดแพคเตอร์ช่วง 2 จะได้รับการแก้ไข

ในทางทฤษฎีเป็นร้อยละ 69.08 ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงลดลงได้อีกประมาณ 3.27% ถ้าหากบุคลากรทุกคนภายใน กวฟ.๑ ไม่ได้รับอนุญาตให้สามารถยกเลิกการทำงานของตัวควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดดังกล่าว

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจาก กองทุนพัฒนาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (กทพ.รร.จปร.) ประจำปี 2558

7. บรรณานุกรม

- (1) M. Ali, A. Yousaf, F. Usman, 2017. Design and Simulation of Load Control & Monitoring System through Demand Side Management Technique, The 8th International Renewable Energy Congress, IEEE Conference, Amman Jordan.
- (2) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, มิถุนายน 2555, โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า <http://www.pea.co.th>.
- (3) M.F. Chipango, O.M. Popoola, J.L. Munda, 2017. Peak Demand Control System Using Load Prioritization for Domestic Households, IEEE Africon, Cape Town, South Africa.
- (4) H. Jorje, M. Martin, A. Gomes, 1993. Maximum Demand Control: A Survey and Comparative Evaluation of Different Methods, IEEE Transactions on Power System, Vol. 8, No. 3.
- (5) T.X. Nghiem, M. Behl, R. Mangharam, 2012. Scalable Scheduling of Building Control Systems for Peak Demand Reduction, American Control Conference, Montreal Canada.
- (6) S. Masri, A.R. Abd Halim, 2014. Demand Control & Monitoring System as the Potential of Energy Saving, IEEE Student Conference on Research and Development, Batu Ferringhi, Malaysia.
- (7) L.I. Minchala, J. Armijos, D. Pesantez, 2016. Design and Implementation of a Smart Meter with Demand Response Capabilities, Applied Energy Symposium and Forum, REM2016, Elsevier Energy Procedia 103 Maldives, April 2016. p.105-200.

- (8) S. Pholboon, M. Sumner, P. Kounnos, 2016. Community Power Flow Control for Peak Demand Reduction and Energy Cost Savings, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe, Ljubljana Slovenia.
- (9) พงศ์กฤษณ์ รุ่งสุข 2528 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการแก้ไขความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของกองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, ปีที่13 หน้า 133-145.
- (10) บริษัทแสงชัยมิเตอร์,คู่มือการใช้งานโปรแกรม Richtmass Pro ฉบับสมบูรณ์, <http://www.sangchaimeter.com>.
- (11) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (ปรับปรุง พ.ศ. 2558), http://kmlo.crma.ac.th/qa_edu56.
- (12) พงศ์กฤษณ์ รุ่งสุข 2558 การจัดการปริมาณไฟฟ้าเพื่อการแก้ไขค่าความต้องการกำลังสูงสุดของกองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ กองทุนพัฒนาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.