การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐาน
พฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า

นางสาววนัสนันท์ ฟุ้งสิริรัตน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR AUTOMATIC HOME ENERGY CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM BASED ON ENERGY USER’S BEHAVIOR

Miss Wanatsanan Fungsirirut

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2016
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า

โดย นางสาววนัสนันท์ ฟุ้งสิริรัตน์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย ชัยทัศนีย์)

....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ดิศ อัศวกุล)

....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.ธนกร เจณณวาสิน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วนัสนันท์ ฟุ้งสิริรัตน์ : การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า (DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR AUTOMATIC HOME ENERGY CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM BASED ON ENERGY USER’S BEHAVIOR) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล, 87 หน้า.

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอ การพัฒนาและออกแบบอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งอัลกอริทึมที่พัฒนาและออกแบบนั้น เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยหลักในหัวข้อระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า และเพิ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกเข้ามาแทนที่ พร้อมทั้งสามารถควบคุมและคำนึงถึงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงในรูปแบบเวลาจริง สำหรับอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมาประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ ที่สามารถทำงานร่วมกันได้คือ ส่วนคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบรายวัน และรูปแบบราย 15 นาที ส่วนถัดมาคือ ส่วนปรับเปลี่ยนและกำหนดขีดจำกัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้ ซึ่งถูกออกแบบให้มีการทำงานใน 2 รูปแบบ เช่นเดียวกับส่วนคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าข้างต้น และส่วนสุดท้ายคือ ส่วนการจัดสรรการใช้พลังงานและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด ในวิทยานิพนธ์นี้ได้จำลองข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด 6 เดือน และข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 7 เดือนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 15 ชิ้น ซึ่งมีการเก็บค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของแต่ละรายอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในการเปิดใช้งานจริงช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยการจำลองข้อมูลทั้งหมดได้มีการพิจารณาให้มีความใกล้เคียงกับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงของผู้ใช้ภายในบ้าน ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางคืนสูงกว่าในช่วงเวลากลางวัน เพื่อนำมาใช้ทดสอบอัลกอริทึมที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมา ผลการทดสอบพบว่า ผู้ใช้สามารถลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนสูงสุดที่ 40% เมื่อเทียบกับระบบที่ไม่มีแหล่งพลังงานทางเลือก และส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า แต่เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบที่ผู้ใช้ได้รับจากการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ การลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ 32% จะเหมาะสมที่สุด ซึ่งทำให้ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนลดลงเฉลี่ยที่ 585.83 บาทต่อเดือนจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือก รวมถึงการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าชิ้นใด ๆ ที่มีส่วนช่วยลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนโดยเฉลี่ยที่ 2.23 บาทต่อหนึ่งครั้งการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าใด ๆ

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ....

ปีการศึกษา 2559

5770290121 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEYWORDS: HEMS / PREDICTION

WANATSANAN FUNGSIRIRUT: DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR AUTOMATIC HOME ENERGY CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM BASED ON ENERGY USER'S BEHAVIOR. ADVISOR: PROF.WATIT BENJAPOLAKUL, Ph.D., 87 pp.

This thesis proposes the development of algorithm for automatic home energy control and management system based on energy user's behavior. It is a part of the main research, the topic of which is a home energy management system. The objective is to reduce electricity consumption by consuming energy from alternative resources for decreasing expenditure per month of electricity consumption. The proposed algorithm consists of three main parts which are related and operated together. The first part forecasts the power consumption demand. This part is divided into two types; per day type and per fifteen minutes type. The second part adjusts and determines the limit of available electrical energy, is designed as two types similar to the first part. The third part, energy management and home appliance control that is specified priority by the user. This thesis simulates 6 months of electrical energy generation from solar cells and user's behavior of electrical consumption for seven months from the amount of fifteen appliances. The experiment gathers the amount of actual power consumption of each appliance in a short period of time. By data simulation, this research considers energy user's behavior to be similar to the actual behavior of residents which consume energy during nighttime higher than during daytime. The results of the experiment show that the user is able to decrease expenditure of electricity consumption up to 40% when compared with the system without alternative sources and home appliance control part. When considering the effect of the user, it is found that electricity consumption saving at 32% is the optimum or approximately 585.83 Baht per month, when the user consumes energy from alternative recourses and the one time switching off of each appliance can support the saving of electricity consumption about 2.23 Baht on the average.

Department: Electrical Engineering Student's Signature ....

Field of Study: Electrical Engineering Advisor's Signature ....

Academic Year: 2016

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ และให้การสนับสนุนการวิจัยเป็นอย่างดีตลอดมา ทำให้นิสิตมีความรู้ ความเข้าใจ ทั้งในทางทฤษฎีและปฏิบัติมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย ชัยทัศนีย์ ประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ดิศ อัศวกุล และ ดร.ธนกร เจณณวาสิน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาตรวจสอบรายละเอียด และให้คำแนะนำสำหรับทุกคำถามที่สงสัย เพื่อให้ผู้วิจัยได้เข้าใจถึงรายละเอียดของวิทยานิพนธ์ทุกประเด็น อีกทั้งยังทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ อบรม สั่งสอน จนทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ ความสามารถในการทำงานทางด้านวิจัย

ขอขอบคุณทุนหัวเหว่ย (CU-Huawei SCHOLARSHIP) และทุนโครงการจุฬาศตวรรษที่ 2 (Chulalongkorn Academic Advancement into Its 2nd Century Project) สำหรับการสนับสนุนด้านทุนวิจัยตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่มอบประสบการณ์ดี ๆ ทางด้านวิชาการ ด้านสังคม และอื่น ๆ แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณครอบครัวเป็นอย่างสูง สำหรับความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน และเป็นกำลังใจที่สำคัญอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณนายอิทธิ เสาวพรรณ รุ่นพี่ร่วมอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยชี้แนะแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ ให้คำปรึกษาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือเมื่อผู้วิจัยเกิดอุปสรรคในระหว่างการทำงาน จนกระทั่งงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอขอบคุณสมาชิกในห้องปฏิบัติการวิจัยโทรคมนาคม ภาควิชาไฟฟ้าที่คอยให้คำปรึกษา และความมีน้ำใจช่วยเหลือซึ่งกันและกัน จนทำให้ผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์ได้สำเร็จสมบูรณ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ

กิตติกรรมประกาศ .... ฉ

สารบัญ .... ช

สารบัญรูป .... ฏ

สารบัญตาราง .... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 แนวเหตุผลในการทำวิทยานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 1

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 2

1.4 วิธีการดำเนินงาน 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานและหลักการที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน 5

2.2 งานวิจัยตัวอย่างของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน 7

2.2.1 โครงการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 7

2.2.2 ต้นแบบของระบบจัดการพลังงานภายในบ้านอยู่อาศัย 7

2.2.3 อัลกอริทึมสำหรับบ้านที่มีการเชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานไฟฟ้าภายนอกที่มีการคำนึงถึงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้คาดหวัง 9

2.2.4 ระบบบ้านอัตโนมัติ 10

2.2.5 อัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้านอัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานหมุนเวียน 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.2.6 ระบบเซ็นเซอร์ไร้สายโครงข่ายอัจฉริยะสำหรับการจัดการพลังงานภายในบ้าน 11
2.3 อัตราการคิดค่าใช้พลังงานไฟฟ้า.. 12
2.4 ประสิทธิภาพและความสามารถของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงในระบบสะสมพลังงาน.. 13
2.4.1 วิธีการแปลงพลังงานไฟฟ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงระบบสะสมพลังงาน........ 13
2.4.2 ความสามารถในการจัดเก็บพลังงานและการใช้พลังงานจากระบบสะสมพลังงาน 14
2.5 การคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า.. 15
2.5.1 วิธีการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า 15
2.5.2 วิธีการจัดเรียงข้อมูลการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า............................ 17
2.6 วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สาม.. 18
2.6.1 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง 19
2.6.2 รากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน... 19
2.6.3 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน.. 19
บทที่ 3 การออกแบบระบบและพัฒนาระบบ... 20
3.1 ภาพรวมของระบบ... 20
3.2 การจำลองข้อมูลอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในฐานข้อมูล MySQL.................................... 21
3.2.1 กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานตลอดเวลา 23
3.2.2 กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานทุก ๆ วันวันละหนึ่งครั้ง 24
3.2.3 กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานทุก ๆ วันวันละหลายครั้ง 24
3.2.4 กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานหนึ่งครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน............. 26
3.2.5 กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานหลายครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน 26
3.3 การจำลองข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ในฐานข้อมูล MySQL 33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.4 การจำลองข้อมูลการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงระบบสะสมพลังงาน 35
3.5 การออกแบบและขั้นตอนการทำงานของระบบ 36
3.6 ส่วนการพิจารณาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า พร้อมค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน 37
3.7 ส่วนกำหนดลำดับการจัดการและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งผู้ใช้เป็นผู้กำหนด 39
3.8 ส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน 40
3.9 ส่วนปรับเปลี่ยนขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบรายวัน 42
3.10 ส่วนคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที 43
3.11 ส่วนกำหนดขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้ 46
3.12 ส่วนการจัดสรรการใช้พลังงานและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ 49
บทที่ 4 การทดสอบ 56
4.1 การหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานที่จำลองขึ้นมาทั้งหมด 7 เดือน 56
4.2 การทดสอบฟังก์ชันแปลงหน่วยพลังงาน (kW) และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน (บาท) 57
4.3 การทดสอบวิธีการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที 58
4.4 การทดสอบหาขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และระบบสะสมพลังงานที่เหมาะสม 63
4.5 การทดสอบระบบจัดสรรพลังงานภายในบ้านขั้นต้น 67
4.6 การทดสอบวิธีการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน 72
4.7 การทดสอบระบบจัดสรรพลังงานภายในบ้าน 73
บทที่ 5 สรุปผล 81
5.1 บทสรุป 81
5.2 ข้อเสนอแนะ 82
5.3 ข้อดี 82
5.4 ข้อเสีย 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

รายการอ้างอิง 84

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1 วิธีการทำงานของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน 6

รูปที่ 2-2 การวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างชาญฉลาด........ 8

รูปที่ 2-3 การควบคุมแบบอัตโนมัติ 8

รูปที่ 2-4 การแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้าทราบ........ 8

รูปที่ 2-5 โครงสร้างบ้านที่เชื่อมต่อแหล่งพลังงานไฟฟ้าภายนอก 9

รูปที่ 2-6 โครงสร้างของระบบบ้านอัตโนมัติ 10

รูปที่ 2-7 ระยะเวลาการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องนั่งเล่นก่อนและหลังการติดตั้งระบบ . 10

รูปที่ 2-8 โครงสร้างการจัดการพลังงานภายในบ้านอัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานหมุนเวียน . 11

รูปที่ 2-9 ระบบเซ็นเซอร์ไร้สายกับหน่วยการจัดการพลังงานที่เชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า........ 12

รูปที่ 2-10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการแปลงพลังงานไฟฟ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงระบบสะสมพลังงานแบบ MPPT และ PWM ที่ 100 องศาเซลเซียส 14

รูปที่ 2-11 อัตราการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของระบบสะสมพลังงาน 14

รูปที่ 2-12 ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของทั้งระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงาน........ 15

รูปที่ 2-13 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงกับค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีต่าง ๆ ของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัยในภาคใต้........ 16

รูปที่ 2-14 วิธีการจัดเรียงข้อมูลการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า 17

รูปที่ 3-1 ภาพรวมของระบบ........ 20

รูปที่ 3-2 โครงสร้างส่วนประมวลผลของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน........ 21

รูปที่ 3-3 รูปแบบการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานจริงในหนึ่งครั้ง........ 22

รูปที่ 3-4 ชุดข้อมูลกำลังไฟฟ้าทุก ๆ 15 วินาที และชุดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาที 22

หน้า

รูปที่ 3-5 ตำแหน่งอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับหลอดไฟภายในบ้านพักอาศัย 25

รูปที่ 3-6 แผนผังการจำลองพฤติกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่ทำงานตลอดเวลา 27

รูปที่ 3-7 แผนผังการจำลองพฤติกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่ทำงานทุก ๆ วัน/วันละหนึ่งครั้ง 28

รูปที่ 3-8 แผนผังการจำลองพฤติกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ากลุ่มอุปกรณ์ที่ทำงานทุก ๆ วัน/วันละหลายครั้ง 29

รูปที่ 3-9 แผนผังการจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานของหลอดไฟ 30

รูปที่ 3-10 การจำลองพฤติกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่ทำงานหนึ่งครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน 31

รูปที่ 3-11 การจำลองพฤติกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่ทำงานหลายครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน 32

รูปที่ 3-12 ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ pvoutput.org 33

รูปที่ 3-13 ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ภายในฐานข้อมูล MySQL ... 33

รูปที่ 3-14 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 6 กิโลวัตต์ภายใน 1 วัน 34

รูปที่ 3-15 การจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงระบบสะสมพลังงาน 35

รูปที่ 3-16 การจำลองข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสะสมพลังงาน 35

รูปที่ 3-17 โครงสร้างการทำงานของอัลกอริทึมทั้งระบบ 36

รูปที่ 3-18 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่จำลองขึ้นมา 2 วันแรกของทั้ง 7 เดือน 37

รูปที่ 3-19 แผนผังวิธีการคำนวณค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน 38

รูปที่ 3-20 วิธีการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน 41

รูปที่ 3-21 การทำงานของส่วนปรับเปลี่ยนขีดจำกัดพลังงาน 42

รูปที่ 3-22 วิธีการพยากรณ์ที่คำนึงถึงพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของทั้งบ้านพักอาศัย 43

รูปที่ 3-23 รูปแบบวิธีการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที 45

รูปที่ 3-24 ข้อมูลการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที..................... 46

หน้า

รูปที่ 3-25 ขั้นตอนการกำหนดขีดจำกัดพลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาที.......... 47

รูปที่ 3-26 เปรียบเทียบการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ากับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงพร้อมทั้งการกำหนดขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้ใน 15 นาที 47

รูปที่ 3-27 ข้อมูลขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้ใน 15 นาที.......... 48

รูปที่ 3-28 แผนผังการแปลงราคาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่คาดหวังเป็นหน่วยพลังงานไฟฟ้า.... 48

รูปที่ 3-29 การปรับสัดส่วนขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ 6 กิโลวัตต์เป็นขนาด 900 วัตต์ 49

รูปที่ 3-30 แผนผังการทำงานของอัลกอริทึมในส่วนการจัดสรรการใช้พลังงาน 50

รูปที่ 3-31 แผนผังการทำงานของเงื่อนไขที่ 1.......... 51

รูปที่ 3-32 แผนผังการทำงานของเงื่อนไขที่ 2.......... 52

รูปที่ 3-33 แผนผังการทำงานของเงื่อนไขที่ 3.......... 53

รูปที่ 3-34 แผนผังการทำงานของเงื่อนไขที่ 4.......... 53

รูปที่ 3-35 วิธีการกำหนดพลังงานสะสม.......... 54

รูปที่ 3-36 แผงผังการสั่งปิดอุปกรณ์ตามลำดับความสำคัญที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด 55

รูปที่ 3-37 การบันทึกค่าสถานการณ์ทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าลงฐานข้อมูล MySQL 55

รูปที่ 4-1 สหสัมพันธ์ของข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทั้ง 7 เดือน 57

รูปที่ 4-2 ความแตกต่างของรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบ 60

รูปที่ 4-3 ข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง และผลลัพธ์การพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบ 61

รูปที่ 4-4 ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง และผลลัพธ์การพยากรณ์รูปแบบที่ 1 การขยายหน้าต่าง 61

รูปที่ 4-5 ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง และผลลัพธ์การพยากรณ์รูปแบบที่ 2 การเลื่อนหน้าต่าง.......... 62

รูปที่ 4-6 ความเร็วและประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของหน่วยประมวลผลจากการพยากรณ์แบบที่ 1.......... 62

หน้า

รูปที่ 4-7 ความเร็วและประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของหน่วยประมวลผลจากการพยากรณ์แบบที่ 2 62
รูปที่ 4-8 การทดสอบขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 2 แผง 600 วัตต์ 65
รูปที่ 4-9 การทดสอบขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 3 แผง 900 วัตต์ 66
รูปที่ 4-10 การทดสอบขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 4 แผง 1200 วัตต์ 66
รูปที่ 4-11 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์แต่ละขนาด 67
รูปที่ 4-12 ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงในแต่ละเดือนที่ทดสอบ 70
รูปที่ 4-13 จำนวนครั้งของการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนที่ทดสอบ 71
รูปที่ 4-14 จำนวนครั้งการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนสำหรับทุก ๆ เดือนที่ทดสอบ 75
รูปที่ 4-15 ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงในแต่ละเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนสำหรับทุก ๆ เดือนที่ทดสอบ 76
รูปที่ 4-16 ความสามารถของแหล่งพลังงานทางเลือกในแต่ละเดือน 77
รูปที่ 4-17 อัตราค่าใช้บริการไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปทุก ๆ 1 เปอร์เซ็นต์การลดลงที่ทดสอบ 78
รูปที่ 4-18 จำนวนครั้งการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปทุก ๆ 1 เปอร์เซ็นต์การลดลงที่ทดสอบ 79
รูปที่ 4-19 อัตราส่วนค่าใช้บริการไฟฟ้าที่ลดลงต่อการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งครั้ง 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (เกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน) 12

ตารางที่ 3-1 การจัดกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าและรายละเอียดของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด 23

ตารางที่ 3-2 การใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานทุก ๆ วันวันละหนึ่งครั้ง 24

ตารางที่ 3-3 การใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานทุก ๆ วันวันละหลายครั้ง 24

ตารางที่ 3-4 ความสัมพันธ์หลอดไฟกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า 25

ตารางที่ 3-5 การใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานหนึ่งครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน 26

ตารางที่ 3-6 การใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานหลายครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน 26

ตารางที่ 3-7 ชุดข้อมูลเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับจากการอ่านค่าผ่าน API 34

ตารางที่ 3-8 ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนของพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทั้ง 7 เดือน 37

ตารางที่ 3-9 ลำดับความสำคัญในการสั่งปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 15 ชิ้น 39

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบความการพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบ 60

ตารางที่ 4-2 ผลการทดสอบขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ 64

ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์แต่ละขนาด 65

ตารางที่ 4-4 จำนวนครั้งของการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้ในแต่ละเดือน 68

ตารางที่ 4-5 จำนวนครั้งการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อผู้ใช้ใช้พลังงานเกินขีดจำกัดพลังงานทุก ๆ 15 นาทีในแต่ละเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด 69

ตารางที่ 4-6 ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลง ในแต่ละเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด 69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ตารางที่ 4-7 ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับแต่ละเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด 70

ตารางที่ 4-8 ค่าความผิดพลาดของผลลัพธ์การพยากรณ์หน่วยพลังงานที่ใช้ในแต่ละวัน 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวเหตุผลในการทำวิทยานิพนธ์

ในปัจจุบันประเทศไทยตระหนักถึงความสำคัญในการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีวิวัฒนาการของเทคโนโลยีที่ไร้ขีดจำกัด มีการนำเสนอเทคโนโลยีรูปแบบใหม่ ๆ แก่ผู้บริโภค เพื่อตอบสนองต่อความสะดวกสบาย และเพิ่มคุณภาพชีวิตที่ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องมีขีดความสามารถที่เพียงพอในการรองรับการใช้งาน และขับเคลื่อนเทคโนโลยีต่าง ๆ ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในปี พ.ศ 2558 ประเทศไทยมีปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2557 ถึงร้อยละ 1.50 หรือ คิดเป็น 403.7 เมกะวัตต์ [1] อีกทั้งยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในปีต่อ ๆ ไป ส่งผลให้คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เล็งเห็นว่าในอนาคต ปัญหาเรื่องราคาพลังงาน การแย่งชิงทรัพยากรพลังงานระหว่างประเทศ และปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อการผลิต และการใช้พลังงาน จึงกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานภายในประเทศ โดยตั้งเป้าลดความเข้มของการใช้พลังงาน [2] อีกทั้งยังรณรงค์ให้เกิดวินัย สร้างจิตสำนึกในการประหยัดพลังงาน และสนับสนุนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ มีมาตรการสนับสนุนให้ครัวเรือนลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงการใช้ไฟฟ้าสูงสุด เนื่องจากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทยพบว่า [3] ภาคครัวเรือนเป็นสาขาที่มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าเป็นอันดับ 2 คิดเป็นร้อยละ 22-23 ของทั้งประเทศ ซึ่งรองลงมาจากภาคอุตสาหกรรม อีกทั้งยังมีการรณรงค์ส่งเสริมให้มีการจัดซื้อและติดตั้งระบบสะสมพลังงาน (batteries) และเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (solar cells) แก่ผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในภาคครัวเรือน [4] เพื่อเป็นการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงจากการไฟฟ้า เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดในภาคครัวเรือน จึงเป็นจุดเริ่มต้นใกล้ตัวที่ดีสำหรับการตระหนักถึงความสำคัญของการใช้พลังงานไฟฟ้า และกลายเป็นที่มาของงานวิจัยการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า และมีงานวิจัยและโครงการจำนวนมากที่เกี่ยวข้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1) เพื่อออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า โดยคำนึงถึงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลง

2) เพื่อทดสอบอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าที่สามารถเลือกแหล่งการใช้พลังงานไฟฟ้า และจัดการควบคุมระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
3) เพื่อควบคุมค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนในรูปแบบเวลาจริงทุก ๆ 15 นาที
4) เพื่อวิเคราะห์ถึงข้อดีและข้อเสียของการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อต่อยอดไปสู่การนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในอนาคต

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1) วิจัย ออกแบบ สร้างและพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า
2) ทดสอบการทำงานของอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าให้อัลกอริทึมสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ
3) การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้านบนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า มีการเก็บข้อมูลการใช้ปริมาณไฟฟ้าจริงอย่างอิสระภายในบ้านเป็นระยะเวลา 30 วัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบอัลกอริทึม
4) การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้านบนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า มีแหล่งการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก 3 แหล่งคือ การไฟฟ้า เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงาน โดยข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงาน เกิดจากการจำลองข้อมูลขึ้นภายในฐานข้อมูล
5) การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้านบนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้ความส่องสว่างได้ เนื่องจากขีดจำกัดของเครื่องมือวัดปริมาณกำลังไฟฟ้าที่มี
6) การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้านบนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า พิจารณาการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงระบบสะสมพลังงานจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์แหล่งเดียวเท่านั้น ไม่สามารถจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าลงระบบสะสมพลังงานได้โดยตรง

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1) กำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของวิทยานิพนธ์
2) ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ ในการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า
3) ศึกษาออกแบบการทำงานของอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า
4) ศึกษาและทดสอบการทำงานของระบบต้นแบบที่ได้พัฒนาสร้างขึ้น
5) วิเคราะห์ รวบรวมผลการทดสอบ สรุปผล และเขียนเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) อัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถช่วยลดภาระค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนได้ตามที่ผู้ใช้คาดหวัง
2) อัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถเลือกใช้ระบบพลังงานทางเลือกเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3) อัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถช่วยให้ผู้ใช้วางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ มีการแสดงผลสถานะปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน และมีความสามารถในการแจ้งเตือนผู้ใช้ เมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากเกินกว่าที่ระบบกำหนดไว้

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 5 บท โดยแต่ละบทมีเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้กล่าวถึงแนวเหตุผลในการทำวิทยานิพนธ์, วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์, ขอบเขตของวิทยานิพนธ์, วิธีการดำเนินงาน, ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และส่วนเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ที่จะกล่าวถึงในบทต่อไป

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานและหลักการที่เกี่ยวข้อง ในบทนี้อธิบายถึง ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน, งานวิจัยตัวอย่างของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน, อัตราการคิดค่า

ใช้พลังงานไฟฟ้า, ประสิทธิภาพและความสามารถของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และการจัดเก็บพลังงานลงในระบบสะสมพลังงาน, การคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า

บทที่ 3 การออกแบบระบบและพัฒนาระบบ ในบทนี้อธิบายถึง ภาพรวมของระบบ, วิธีการจำลองข้อมูลต่าง ๆ ภายในฐานข้อมูล MySQL และวิธีการออกแบบอัลกอริทึมของส่วนการทำงานย่อย ๆ ภายในระบบ

บทที่ 4 การทดสอบ ในบทนี้กล่าวถึง การทดสอบการทำงานของอัลกอริทึมส่วนย่อย ๆ ทั้งหมดภายในระบบการจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติ รวมถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และความสามารถของอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมา

บทที่ 5 บทสรุป ในบทนี้กล่าวถึง บทสรุปในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้, ข้อเสนอแนะสำหรับนำไปพัฒนางานวิจัยต่อไป และวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ความรู้พื้นฐานและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน

ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home Energy Management system หรือ HEMs) คือ การนำความรู้ทางด้านสารสนเทศ และระบบการจัดการข้อมูลที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้งานในบ้านพักอาศัย เพื่อรองรับและสนับสนุนการใช้งานจริงของระบบบ้านอัจฉริยะ (smart house) โดยการรวบรวมข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการผลิต และการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานใด ๆ มาใช้ในการบริหารและจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย โดยการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้า ที่ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งสามารถแสดงการทำงานของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านเบื้องต้นได้ดังรูปที่ 2-1

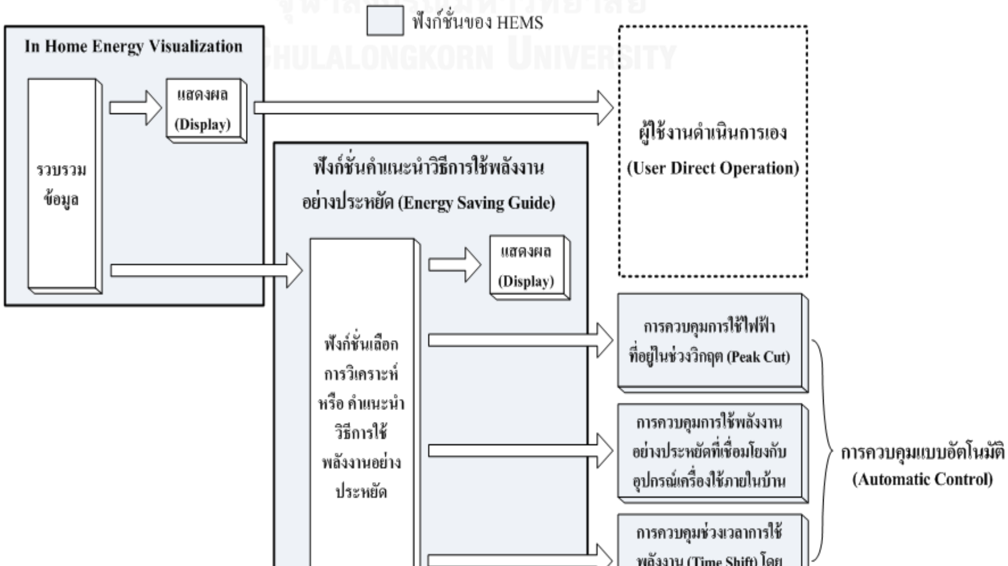
การทำงานของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านเบื้องต้น [5] สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญ คือ

1) In Home Energy Visualization หรือ IHEV เป็นรูปแบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านที่ทำหน้าที่ในการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า หรือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปภายในบ้าน และแสดงผลข้อมูลดังกล่าวให้ผู้ใช้งานทราบ เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัยด้วยตัวผู้ใช้เอง

2) คำแนะนำวิธีการใช้พลังงานอย่างประหยัด (Energy Saving Guide) เป็นการนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงมาวิเคราะห์ และแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบการให้คำแนะนำการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชิ้น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกปฏิบัติตามคำแนะนำที่นำเสนอ ดังนั้นคำแนะนำการใช้พลังงานจึงเป็นไปในเชิงลักษณะการสื่อสารให้ผู้ใช้เห็นภาพรวมของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งระบบ หรือ บริเวณที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง ซึ่งวิธีการนี้มีส่วนช่วยส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมการใช้พลังงานอย่างประหยัดของผู้ใช้ได้ดียิ่งขึ้น

3) การควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic Control) ของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะได้ดังต่อไปนี้

- การควบคุมการใช้พลังงานอย่างประหยัดที่เชื่อมโยงกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ด้วยการลดปริมาณการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัยแบบอัตโนมัติ โดยวิธีการตรวจสอบผ่านทางระบบตัวรับรู้ (sensors) ประเภทต่าง ๆ ที่ติดตั้งอยู่ภายในระบบ เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ยกตัวอย่างเช่น การควบคุมระบบแสงสว่างภายในห้อง โดยอาศัยตัวรับรู้ประเภทการตรวจวัดความเคลื่อนไหว ในกรณีที่ไม่มีผู้ใช้งานอาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ๆ ระบบจะสามารถจัดการปิดระบบแสงสว่างได้อย่างอัตโนมัติ เป็นต้น
- การควบคุมการใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงวิกฤต (Peak Cut) คือ ช่วงเวลาที่มีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก และอยู่ในช่วงวิกฤต ระบบจะมีการควบคุมพลังงานไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ โดยการจัดการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด ซึ่งเป็นการสั่งหยุดการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานอยู่ในขณะนั้น จนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงถึงระดับหนึ่งที่ระบบยอมรับได้ ระบบจึงสั่งการให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าดังกล่าว กลับมาทำงานได้ตามปกติ
- การเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้พลังงาน (Peak Shift/Time Shift) คือ แนวคิดในการเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยใช้วิธีการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงในระบบสะสมพลังงาน ในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ และนำพลังงานที่ถูกจัดเก็บเหล่านั้น มาใช้แทนที่ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ซึ่งลักษณะข้างต้นจึงเปรียบเสมือนการเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2-1 วิธีการทำงานของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน สำหรับการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด ที่มีการเชื่อมโยงกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกอื่น ๆ (เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และระบบสะสมพลังงาน) ที่คำนึงถึงพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักสำคัญ

2.2 งานวิจัยตัวอย่างของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน

งานวิจัยและโครงการจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน ตัวอย่างเช่น

2.2.1 โครงการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

โครงการจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) [6] คือ การส่งเสริมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นแนวทางที่เกิดขึ้น และแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อโลกประสบปัญหาวิกฤตการณ์พลังงานในช่วงทศวรรษ 1970 ทำให้ทั่วโลกได้ตระหนักว่า การผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการใช้พลังงานเพียงทางเดียว ย่อมก่อให้เกิดปัญหาหลายประการตามมา เช่น ทรัพยากรพลังงานที่นับวันจะหมดไป และปัญหาสิ่งแวดล้อมจากมลภาวะที่เกิดจากการเผาผลาญพลังงาน เป็นต้น ดังนั้นแนวคิดที่ส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการดำเนินการด้าน Demand-Side Management หรือ DSM ถือเป็นมาตรการปรับเปลี่ยนปริมาณ หรือ ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ ซึ่งประกอบไปด้วยมาตรการต่าง ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวิทยานิพนธ์นี้ได้ 2 ลักษณะคือ

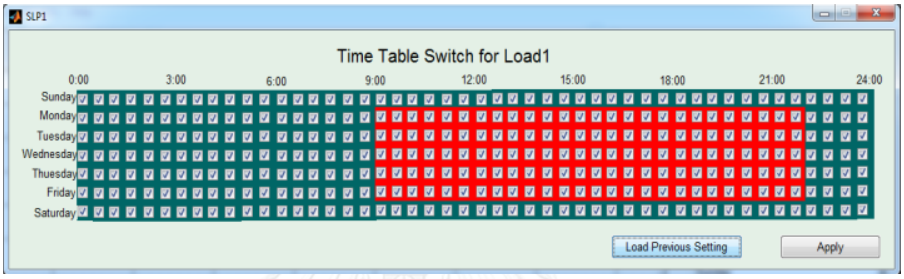
Peak Clipping คือ มาตรการที่ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงสูงสุด โดยวิธีการควบคุมเวลาและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งควบคุมที่ตัวอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยตรง เช่น การปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อมีปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าอยู่ในช่วงวิกฤตตามลำดับความสำคัญของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

Strategic Conservation เป็นมาตรการการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นการพิจารณาการลดการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าโดยไม่คำนึงถึงช่วงเวลาการใช้พลังงาน อีกทั้งส่งเสริมให้เกิดการใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (ฉลากเบอร์ห้า)

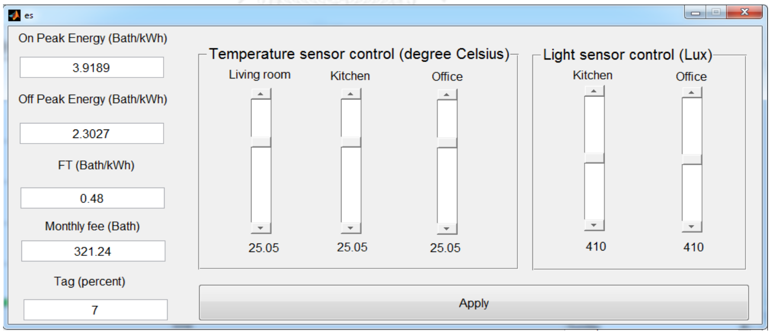
2.2.2 ต้นแบบของระบบจัดการพลังงานภายในบ้านอยู่อาศัย

ชนัตพล ผิวล่อง [7] นำเสนอต้นแบบของระบบจัดการพลังงานภายในบ้านอยู่อาศัย (Home Energy Management system: HEMs) ที่มีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาระบบดังกล่าว โดยการพิจารณา 3 คุณลักษณะหลักสำคัญ ได้แก่ ส่วนการวางแผนอย่างชาญฉลาดที่อาศัยหลักการ

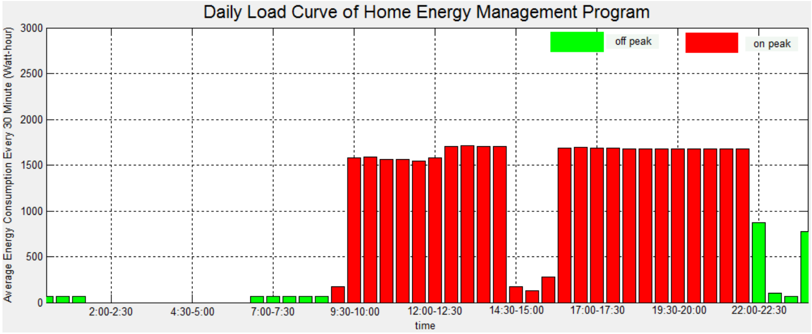
ทำงานของสวิตช์ควบคุมอัจฉริยะ ซึ่งสามารถควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นรอบสัปดาห์ ดังแสดงในรูปที่ 2-2 การควบคุมอัตโนมัติที่ใช้หลักการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความสว่างของแสง เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์ตรวจวัดการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ดังแสดงในรูปที่ 2-3 และส่วนการแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ผู้ใช้ทราบ เพื่อเป็นการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2-4 ผลการทดสอบพบว่า คุณลักษณะหลักที่มีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดคือ การควบคุมแบบอัตโนมัติ ในขณะที่การวางแผนอย่างชาญฉลาด และการแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ผู้ใช้ทราบ มีส่วนช่วยเพิ่มความสามารถในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้แก่ระบบเป็นลำดับรองลงมา



รูปที่ 2-2 การวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างชาญฉลาด



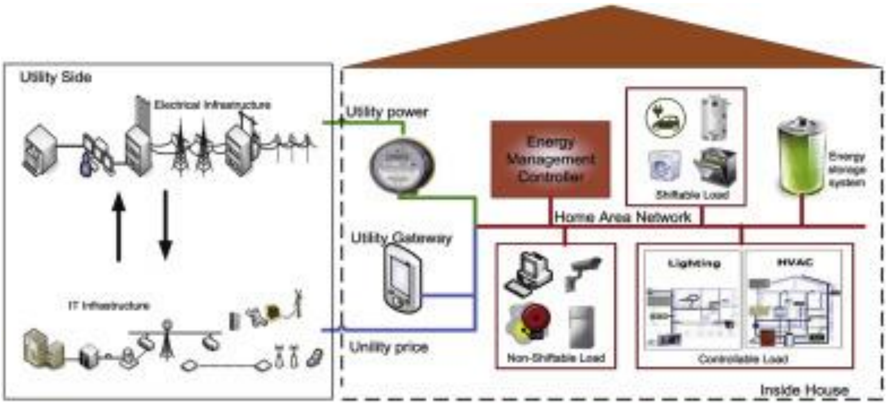
รูปที่ 2-3 การควบคุมแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 2-4 การแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้าทราบ

2.2.3 อัลกอริทึมสำหรับบ้านที่มีการเชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานไฟฟ้าภายนอกที่มีการคำนึงถึงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้คาดหวัง

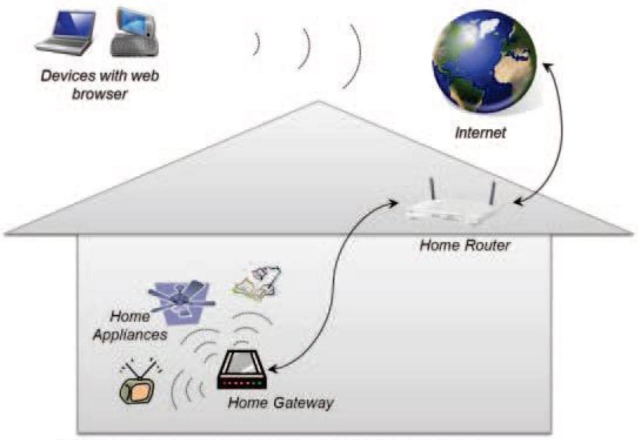
Xiao Hui Li และคนอื่น ๆ [8] นำเสนออัลกอริทึมที่ตอบสนองความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า (Demand Response) ที่สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงวิกฤต และใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนเข้ามาแทนที่ โดยระบบที่พิจารณาเป็นระบบที่มีโครงสร้างโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะภายในบ้าน ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารกับแหล่งพลังงานภายนอก เพื่อรับค่าข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ ทำให้ระบบสามารถทราบถึงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ตั้งแต่กระบวนการผลิตจากการไฟฟ้า แหล่งพลังงานหมุนเวียนเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงาน จนถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในตัวบ้าน ดังแสดงในรูปที่ 2-5 โดยพิจารณาร่วมกับค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้คาดหวัง ภายใต้โครงสร้างการกำหนดค่าธรรมเนียมการใช้ไฟฟ้าแบบ TOU ซึ่งโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะดังกล่าวสามารถทราบถึงชั่วโมงที่ไฟฟ้ามีราคาสูง และราคาต่ำ โดยการรับค่าข้อมูลข่าวสารผ่านทางระบบเกตเวย์ภายในบ้าน และนำมาพิจารณาเทียบกับค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้คาดหวัง ร่วมกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ และระบบสะสมพลังงานมีจัดเก็บอยู่ เพื่อนำมาตัดสินใจเลือกแหล่งการใช้พลังงาน โดยมีการแบ่งกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ไม่สามารถเลื่อนการทำงานใด ๆ จะได้รับอนุญาตให้ทำงานได้เสมอ เมื่อมีการร้องขอการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ กลุ่มที่สองคือ กลุ่มที่สามารถควบคุมการทำงานได้ ซึ่งรู้ช่วงค่าการใช้พลังงานของแต่ละเครื่องใช้ไฟฟ้าที่แน่นอน และกลุ่มสุดท้ายคือ กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถเลื่อนเวลาการใช้งานได้ สำหรับในชั่วโมงที่ไฟฟ้ามีราคาสูง ระบบจะไม่อนุญาตให้มีการทำงานใด ๆ ของเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ ผลการทดสอบโดยใช้โครงสร้างราคาค่าไฟฟ้าของบริษัทพลังงาน Ameren Illinois แสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในชั่วโมงที่ไฟฟ้ามีราคาสูง ซึ่งนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าภายในประเทศได้ถึง 39%



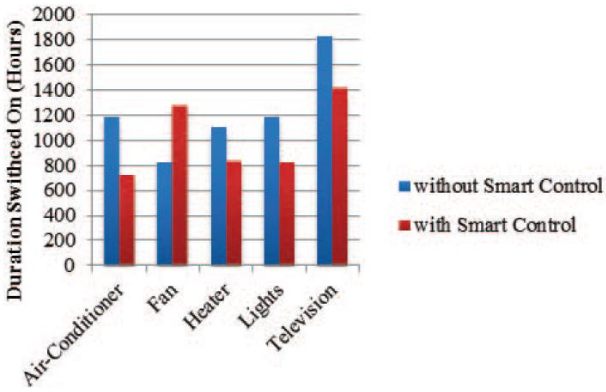
รูปที่ 2-5 โครงสร้างบ้านที่เชื่อมต่อแหล่งพลังงานไฟฟ้าภายนอก

2.2.4 ระบบบ้านอัตโนมัติ

Dhiren Tejani และคนอื่นๆ [9] นำเสนอการวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในบ้านที่มีผู้อาศัยทั้งหมด 4 คน และมีการใช้งานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป โดยโครงสร้างของระบบบ้านอัตโนมัติประกอบไปด้วย เกทเวย์อัจฉริยะ (smart gateway), ตัวรับรู้ (sensors) และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2-6 ซึ่งมีการทดสอบเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละห้องภายในบ้านทั้งหมด 9 ห้องก่อนการติดตั้ง และหลังการติดตั้งระบบบ้านอัตโนมัติ ภายในระยะเวลาการทดสอบ 1 ปี ที่ได้แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การเปรียบเทียบระยะเวลาการเปิดใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องนั่งเล่นก่อนการติดตั้งระบบ และภายหลังการติดตั้งระบบบ้านอัตโนมัติในรูปที่ 2-7 ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงผลลัพธ์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดภายในบ้าน ภายหลังการติดตั้งระบบบ้านอัตโนมัติพบว่าระบบมีส่วนช่วยในการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 18.7% ซึ่งส่งผลให้ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนลดลง 497.86$ ต่อปี หรือ คิดเป็น 16,115.73 บาทต่อปี



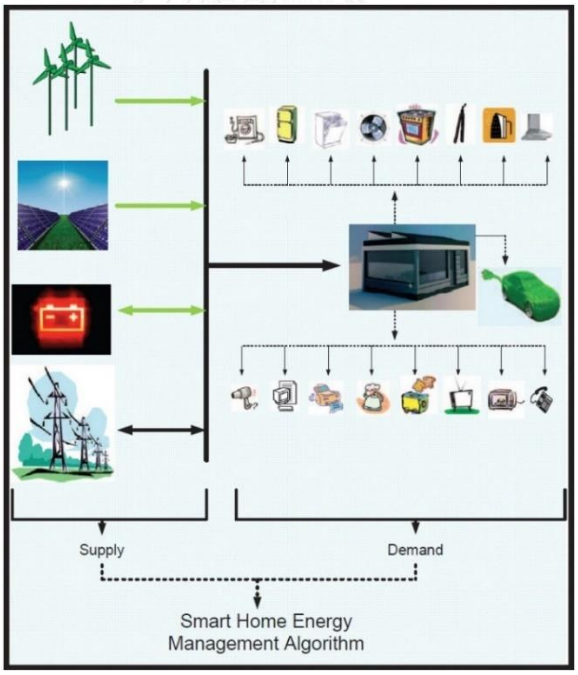
รูปที่ 2-6 โครงสร้างของระบบบ้านอัตโนมัติ



รูปที่ 2-7 ระยะเวลาการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องนั่งเล่นก่อนและหลังการติดตั้งระบบ

2.2.5 อัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้านอัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานหมุนเวียน

A. Rifat BOYNUEGRI และคนอื่น ๆ [10] นำเสนออัลกอริทึมในการจัดการพลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานหมุนเวียน (เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงาน) เพื่อเป็นการบริหารจัดการการใช้พลังงานภายในบ้านให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2-8 โดยมีการจำลองการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 16 ชิ้น ภายในบ้านพักอาศัยหนึ่งหลังผ่านโปรแกรม MATLAB/SIMULINK ที่มีการแบ่งกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าออกเป็น 2 กลุ่มนั่นคือ กลุ่มที่อนุโลมให้มีการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ (deferrable) และกลุ่มที่สามารถควบคุมสั่งปิดการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าได้ (non-deferrable) โดยมีการพิจารณาโครงสร้างการคิดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนภายในประเทศตุรกีด้วยรูปแบบ 3 ระดับราคา และทำการทดสอบอัลกอริทึมในระยะเวลาทดสอบ 290 วัน ผลการทดสอบพบว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 28% หรือ คิดเป็น 96.2501$ หรือ คิดเป็น 3,274.54 บาทภายในระยะเวลาทดสอบ

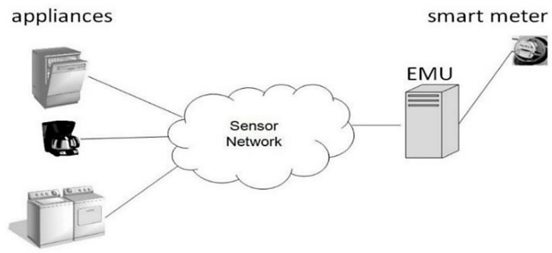


รูปที่ 2-8 โครงสร้างการจัดการพลังงานภายในบ้านอัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานหมุนเวียน

2.2.6 ระบบเซ็นเซอร์ไร้สายโครงข่ายอัจฉริยะสำหรับการจัดการพลังงานภายในบ้าน

Melike Erol-Kantarci and Hussein T. Mouftah [11] นำเสนอเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายร่วมกับหน่วยการจัดการพลังงาน (Energy management Unit: EMU) ดังแสดงในรูปที่ 2-9 เพื่อเป็น

การลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ถูกพิจารณาในรูปแบบ TOU โดยระบบมีความสามารถในการพิจารณาถึงการร้องขอการเปิดใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าชิ้นใด ๆ ภายในระบบ พร้อมทั้งระยะเวลาที่ผู้ใช้ต้องการเปิดใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้น ๆ ไปยังหน่วยการจัดการพลังงาน เพื่อประเมินถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการใช้พลังงานของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งคำนึงถึงชั่วโมงที่ไฟฟ้ามีราคาสูง-ต่ำ (On-Off Peak) สำหรับการทดสอบระบบได้จำลองข้อมูลเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 4 ชิ้นที่สามารถเชื่อมต่อสื่อสารกับหน่วยการจัดการพลังงาน ซึ่งถูกเขียนขึ้นด้วยภาษาซี และใช้ระยะเวลาการทดสอบที่ 210 วัน ผลลัพธ์การทดสอบพบว่า การร้องขอการเปิดใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าชิ้นใด ๆ จากผู้ใช้มีส่วนช่วยลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน เนื่องจากระบบมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมของระยะเวลาที่ผู้ใช้ต้องการเปิดใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าชิ้นใด ๆ เปรียบเทียบกับราคาหน่วยพลังงานไฟฟ้าในขณะนั้น



รูปที่ 2-9 ระบบเซ็นเซอร์ไร้สายกับหน่วยการจัดการพลังงานที่เชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า

2.3 อัตราการคิดค่าใช้พลังงานไฟฟ้า

การไฟฟ้านครหลวงกำหนดอัตราค่าใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านอยู่อาศัย ซึ่งมีลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเพียงเครื่องเดียว ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้กำหนดขอบเขตการศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านอยู่อาศัยที่มีค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยประมาณ 1,000 - 1,500 บาท [12] ซึ่งเป็นสถิติค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนของบ้านอยู่อาศัยเฉลี่ยสูงสุดในภาคกลางเมื่อปีพ.ศ. 2558 ที่สำนักงานสถิติแห่งชาติได้จัดทำขึ้น ดังนั้นจึงพิจารณาอัตราค่าไฟฟ้าของบ้านอยู่อาศัยที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือนตามโครงสร้าง [13] ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (เกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน)

ค่าพลังงานไฟฟ้า	ราคา (บาท)	
150 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 – 150)	หน่วยละ	3.2484 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	หน่วยละ	4.2218 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	4.4217 บาท
ค่าบริการ (บาท/เดือน)	38.22	

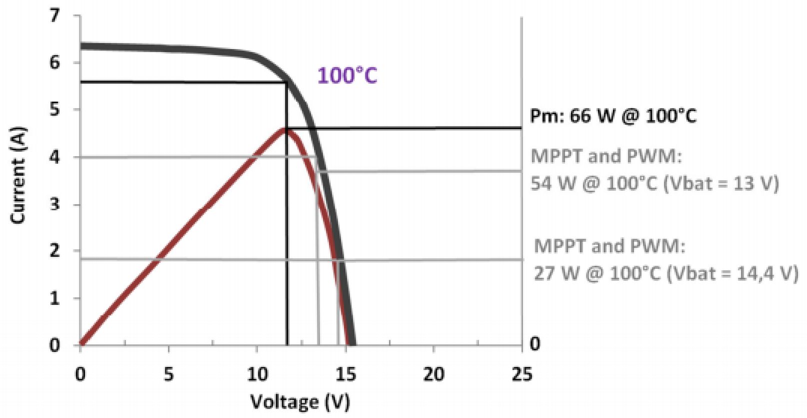
2.4 ประสิทธิภาพและความสามารถของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงในระบบสะสมพลังงาน

ประสิทธิภาพ (efficiency) ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบของไฟฟ้ากระแสสลับ แต่การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงในระบบสะสมพลังงาน สามารถจัดการพลังงานเหล่านั้นด้วยรูปแบบของไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น จึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปบางส่วน เนื่องจากการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงตามสายส่ง [14] และการสูญเสียพลังงานจากการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงในระบบสะสมพลังงานที่เกิดจากการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ หรือ ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อนำมาใช้งานภายในบ้าน ผ่านอุปกรณ์การแปลงพลังงานไฟฟ้า หรือ อินเวอร์เตอร์ (Inverters) ซึ่งสามารถพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังต่อไปนี้

2.4.1 วิธีการแปลงพลังงานไฟฟ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงระบบสะสมพลังงาน

วิธีการแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงระบบสะสมพลังงานสามารถแบ่งตามวิธีการจัดการพลังงานได้ 2 รูปแบบที่สำคัญตามวิธีการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับความนิยม คือ Maximum Power Point Tracking หรือ MPPT และ Pulse Width Modulation หรือ PWM

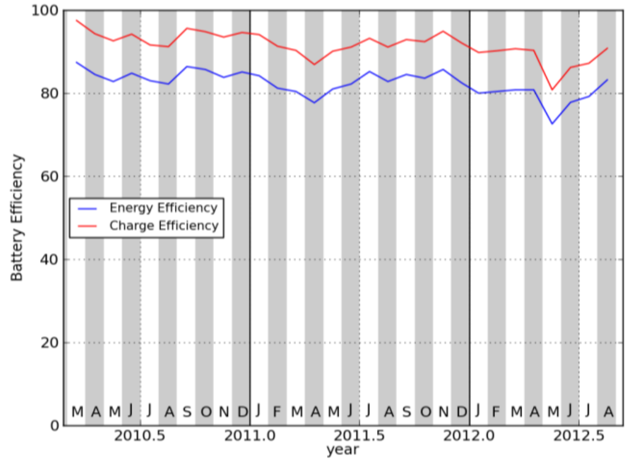
- Maximum Power Point Tracking เป็นเทคนิคที่ทำให้เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์มีการแปลงพลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ และให้ค่าพลังงานที่สูงสุด เพื่อนำมาใช้งาน หรือจัดเก็บลงในระบบสะสมพลังงาน โดยใช้วิธีการเปลี่ยนแปลงค่ากระแส และแรงดันภายในระบบที่เปลี่ยนแปลงตามปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ (solar radiation), อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (ambient temperature) และอุณหภูมิของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (solar-cells temperature) เป็นต้น
- Pulse Width Modulation เป็นเทคนิควิธีการแปลงพลังงานไฟฟ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยค่ากระแสสูงสุด โดยไม่พิจารณาถึงปัจจัยอื่น ๆ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรใด ๆ จึงทำให้ประสิทธิภาพของ Pulse Width Modulation มีประสิทธิภาพด้อยกว่า Maximum Power Point Tracking ดังแสดงในรูปที่ 2-10



รูปที่ 2-10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการแปลงพลังงานไฟฟ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงระบบสะสมพลังงานแบบ MPPT และ PWM ที่ 100 องศาเซลเซียส

2.4.2 ความสามารถในการจัดเก็บพลังงานและการใช้พลังงานจากระบบสะสมพลังงาน

การจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าโดยการใช้ระบบสะสมพลังงาน หรือ แบตเตอรี่ เป็นแหล่งการจัดเก็บพลังงานที่เกิดการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปเนื่องจากความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 2-11 [15] หากมีพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการจัดเก็บลงระบบสะสมพลังงาน 100 แอมแปร์ต่อชั่วโมง ระบบสะสมพลังงานจะสามารถจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าได้เพียง 96 แอมแปร์ต่อชั่วโมง หรือ คิดเป็น 96 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการชาร์จพลังงานไฟฟ้าลงระบบสะสมพลังงาน แต่หากพิจารณาถึงหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้จากระบบสะสมพลังงาน ซึ่งจำเป็นต้องมีการแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงภายในระบบสะสมพลังงานเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อนำมาใช้งาน จะพบว่ามีประสิทธิภาพการใช้งานทั้งหมดอยู่ที่ 83 เปอร์เซ็นต์ เช่น จ่ายแรงดัน 27 โวลต์ที่กระแส 1 แอมแปร์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27 วัตต์ต่อชั่วโมง แต่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าได้ที่ 24 โวลต์ 1 แอมแปร์ต่อชั่วโมง หรือ 24 วัตต์ต่อชั่วโมงโดยคิดเป็น 83 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2-11 อัตราการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของระบบสะสมพลังงาน

ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยทั้งหมดที่ส่งผลถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้ เปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาทั้งหมดจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งผ่านขั้นตอนการจัดเก็บ และการแปลงพลังงานจากระบบสะสมพลังงานจะพิจารณาถึงประสิทธิภาพของทั้งระบบได้ดังสมการที่ 2-1

$$\text{Efficiency}_{\text{Total}} = (1 - f_{MPPT} - f_{inv} - f_{bat} - f_{sys} - f_{base}) \qquad (2\text{-}1)$$

โดย : f_{MPPT} คือ ประสิทธิภาพของจัดเก็บพลังงานไฟฟ้า

f_{inv} คือ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์การแปลงพลังงาน

f_{bat} คือ ประสิทธิภาพของระบบสะสมพลังงาน

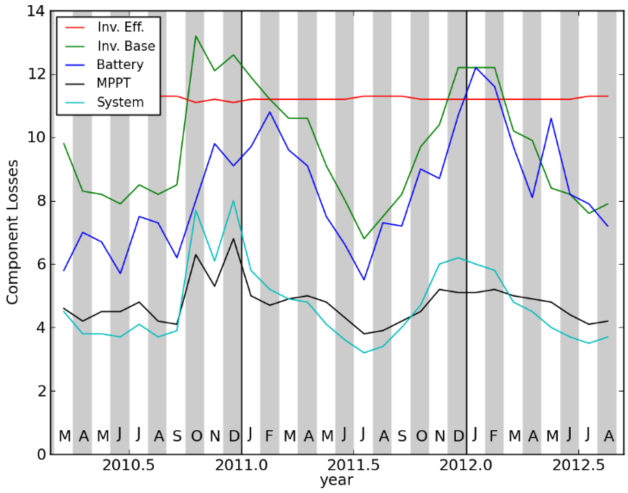
f_{sys} คือ ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ ตั้งแต่สายส่งพลังงานไฟฟ้าและส่วนประกอบอื่น ๆ

f_{base} คือ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ

โดยการทดสอบของ Tom Murphy มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นระยะเวลา 30 เดือน พบว่า ประสิทธิภาพของระบบโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 62 เปอร์เซ็นต์แสดงดังรูปที่ 2-12

$$\text{Efficiency}_{\text{Total}} = (1 - 0.048 - 0.112 - 0.08 - 0.044 - 0.093)$$

$$\text{Efficiency}_{\text{Total}} = 0.633 \text{ หรือ } 63.3 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$



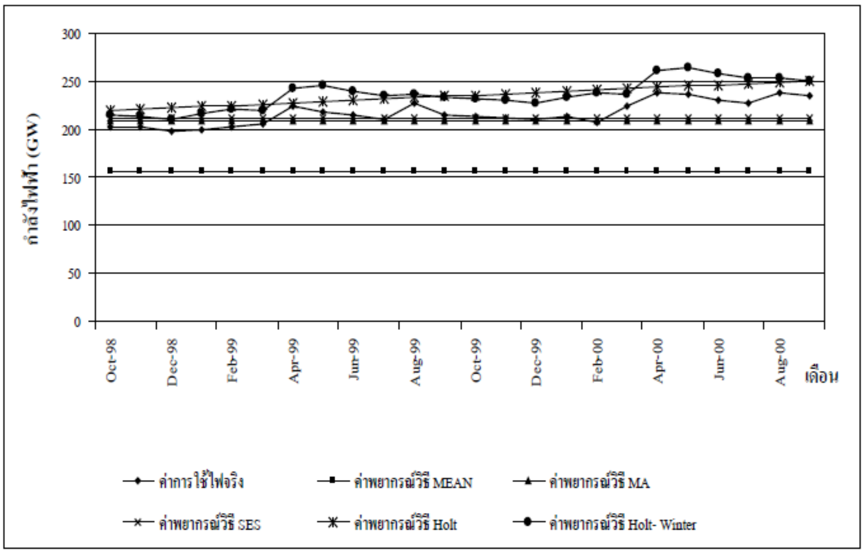
รูปที่ 2-12 ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของทั้งระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงาน

2.5 การคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า

2.5.1 วิธีการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า

นฤมล ซิ่งเถียรตระกูล และสมชาติ จิริวิภากร [16] นำเสนอวิธีการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยพิจารณาข้อมูลการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของการ

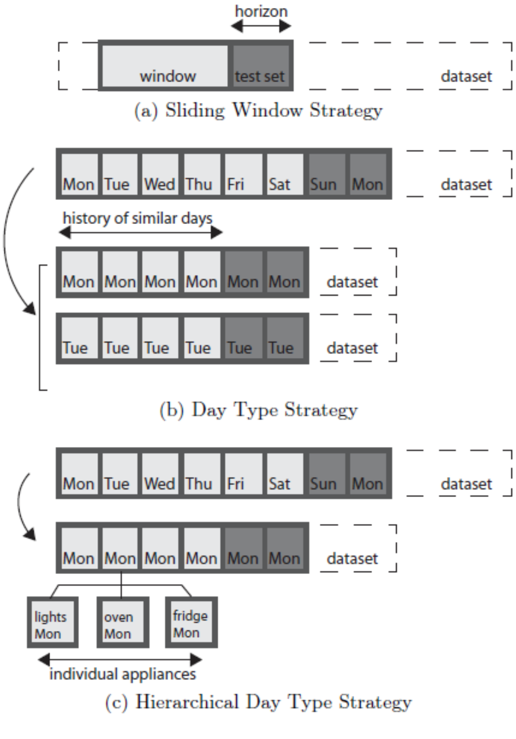
ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) รายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 ถึงปี พ.ศ. 2543 ที่มีการแบ่งเป็นระดับภูมิภาค และภายในแต่ละภูมิภาคแบ่งผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 9 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัย, ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมขนาดเล็ก, ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมขนาดกลาง, ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมขนาดใหญ่, ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทธุรกิจเฉพาะอย่าง, ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทหน่วยงานราชการ และองค์กรที่ไม่หวังผลกำไร, ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทปั้มน้ำเพื่อการเกษตร, ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทใช้ไฟชั่วคราว และผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทใช้ไฟฟรี มาใช้เป็นข้อมูลในการพยากรณ์ โดยข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทจะมีรูปแบบพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกันไป ตามลักษณะประเภทของการประกอบกิจการ แนวโน้ม (trend) และอิทธิพลของฤดูกาล (seasonality) ของข้อมูล โดยวิธีการพยากรณ์ที่ถูกนำมาทดสอบมีทั้งหมด 5 วิธีคือ วิธีการหาค่าเฉลี่ย, วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่, วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่หนึ่ง, วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สอง และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สาม ซึ่งมีการพิจารณาเปรียบเทียบแต่ละวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลแต่ละประเภท โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error หรือ MSE) ที่น้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2-13 จากการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ไม่มีความจำเป็นที่ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทเดียวกันในแต่ละภูมิภาคจะต้องใช้วิธีการพยากรณ์วิธีเดียวกัน ซึ่งสำหรับข้อมูลผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัย การพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สอง และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สามเป็นวิธีการพยากรณ์ที่ให้ผลลัพธ์การพยากรณ์ที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด เนื่องจากมีการคำนึงถึงแนวโน้มและฤดูกาลของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2-13 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงกับค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีต่าง ๆ ของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัยในภาคใต้

2.5.2 วิธีการจัดเรียงข้อมูลการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า

Andreas Veit และคนอื่น ๆ [17] นำเสนอวิธีการพยากรณ์ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านที่มีการจัดเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ภายในบ้าน โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดพลังงาน สำหรับอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้งานอยู่แบบรายอุปกรณ์ และทำการจัดเก็บลงภายในฐานข้อมูลทุก ๆ 1 นาที จึงมีการจัดเรียงข้อมูลตามลำดับเวลา (Timestamp) พร้อมทั้งนำเสนอเทคนิคการจัดเรียงข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ออกเป็น 3 รูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2-14 ซึ่งประกอบด้วย การเลื่อนชุดข้อมูล (Sliding Window type) การจัดเรียงชุดข้อมูลตามกลุ่มวัน (Day type) และการจัดเรียงชุดข้อมูลตามชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าและกลุ่มวัน (Hierarchical Day type) โดยการทดสอบมีการกำหนดขนาดกรอบชุดข้อมูลที่พิจารณาแบบ 3, 5 และ 7 วันย้อนหลัง และใช้รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ทั้ง 3 รูปแบบข้างต้น เพื่อทำการคาดการณ์การใช้พลังงานล่วงหน้า 15, 30, 60 นาทีข้างหน้า และเปรียบเทียบผลลัพธ์การคาดการณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error หรือ MAPE) เพื่อหาวิธีการจัดเรียงข้อมูลสำหรับการคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุด จากการทดสอบด้วยข้อมูลพลังงานไฟฟ้า 16,038 ชุดข้อมูลพบว่า การจัดชุดข้อมูลตามกลุ่มวันให้ค่า MAPE น้อยที่สุด 76.3% การจัดเรียงชุดข้อมูลตามชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าและกลุ่มวันให้ค่า MAPE ที่ 78% และการเลื่อนชุดข้อมูลให้ค่า MAPE ที่มากสุดถึง 93.9%



รูปที่ 2-14 วิธีการจัดเรียงข้อมูลการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า

2.6 วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สาม

วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สาม หรือ Triple Exponential Smoothing Model หรือ Holt-Winter Exponential Smoothing method [18] เป็นหนึ่งในรูปแบบการคาดการณ์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่มีบทบาทสำคัญสำหรับระบบการจัดการและควบคุมพลังงานไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุม จัดการ และวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต

สำหรับความแม่นยำของผลลัพธ์การพยากรณ์ ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สาม ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบ α, β, γ (smoothing coefficient) ของข้อมูล [19] โดยวิธีการที่นิยมใช้หาค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบ α, β, γ คือ วิธีการประมาณค่าจากข้อมูลในอดีต หรือ การกำหนดค่าที่เหมาะสม ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาถึงผลรวมค่าความผิดพลาด (error) โดยใช้วิธีการคำนวณแบบวนซ้ำ เพื่อสร้างขีดจำกัดค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ในแบบจำลอง อย่างไรก็ตามวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สาม เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีการคำนึงถึงแนวโน้ม และฤดูกาลของข้อมูล ซึ่งเป็นวิธีการอนุมานข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักข้อมูลวิธีหนึ่ง ที่ให้ความสำคัญกับข้อมูลที่เข้ามาใหม่มากที่สุด และให้ความสำคัญลดหลั่นลงไปกับข้อมูลถัดขึ้นไป ในลักษณะของเลขชี้กำลัง (Exponential) ดังนั้นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในข้อมูลตำแหน่งใกล้ ๆ ช่วงที่กำลังพิจารณาจะส่งผลต่อผลลัพธ์มากกว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในข้อมูลที่ห่างช่วงที่พิจารณา ดังนั้นวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สามจึงเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ชุดข้อมูลที่มีระยะสั้น และระยะปานกลาง

โดยสมการพื้นฐานสำหรับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สาม เป็นไปดังสมการต่อไปนี้

$$S_t = \alpha \frac{y_t}{I_{t-L}} + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}),\ t > 1 \tag{2-2}$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1} \tag{2-3}$$

$$I_t = \beta \frac{y_t}{S_t} + (1-\beta)I_{t-L} \tag{2-4}$$

$$F_{t+m} = (S_t + mb_t)I_{t-L+m} \tag{2-5}$$

โดยที่ y_t คือ ข้อมูลที่พิจารณา
S_t คือ ค่าความเรียบข้อมูลที่พิจารณา
b_t คือ ปัจจัยแนวโน้มของข้อมูลที่พิจารณา
I_t คือ ดัชนีฤดูกาลของข้อมูลที่พิจารณา
F_{t+m} คือ ค่าการพยากรณ์ที่ช่วงเวลา m ข้างหน้า

t คือ ดัชนีช่วงเวลาใด ๆ

และ α, β, γ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบของข้อมูล, $0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1$

เมื่อพิจารณาถึงการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลการพยากรณ์ จำเป็นต้องมีการพิจารณาร่วมกับการพิจารณาความผิดพลาดของข้อมูลการพยากรณ์ ดังนั้นจึงพิจารณาถึงวิธีการหาค่าความผิดพลาดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้านได้ดังนี้

2.6.1 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง

การคำนวณค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (Mean Squared Error หรือ MSE) เป็นค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าจากการพยากรณ์ และค่าที่สังเกตกำลังสอง ซึ่งสามารถแสดงสมการคำนวณได้ดังสมการที่ 2-6

$$MSE = \frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t}[e_i(1)]^2 \qquad (2\text{-}6)$$

2.6.2 รากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

รากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error หรือ RMSE) หรือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error หรือ SE) สามารถแสดงสมการคำนวณได้ดังสมการที่ 2-7

$$RMSE = SE = \sqrt{MSE} \qquad (2\text{-}7)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6.3 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

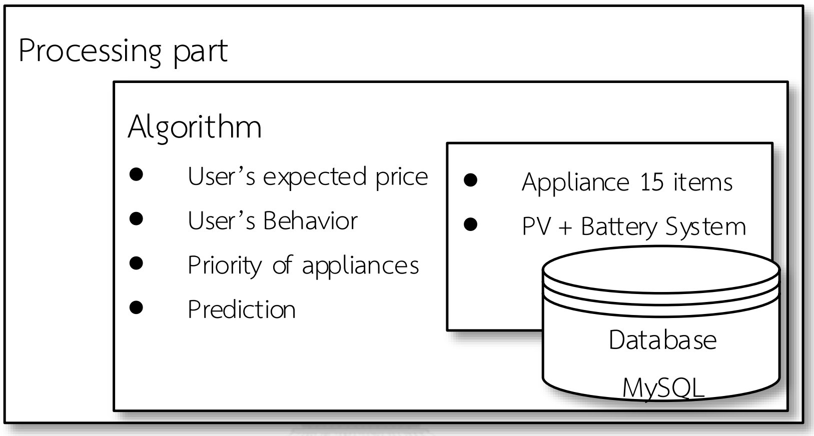
ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percent Error หรือ MAPE) สามารถแสดงสมการคำนวณดังสมการที่ 2-8

$$MAPE = \frac{100}{t}\sum_{i=1}^{t}\left|\frac{e_i(1)}{Z_i}\right| \qquad (2\text{-}8)$$

บทที่ 3
การออกแบบระบบและพัฒนาระบบ

3.1 ภาพรวมของระบบ

การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ส่วนของหน่วยประมวลผล (Processing Part) แสดงดังรูปที่ 3-1



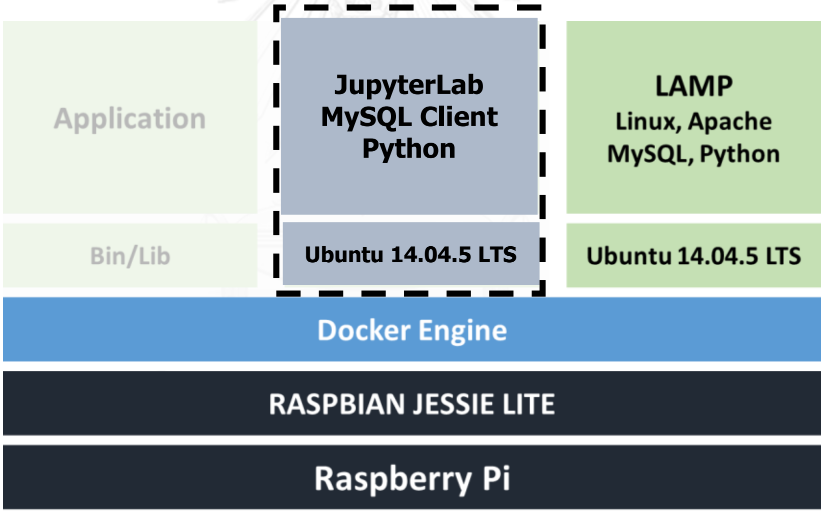
รูปที่ 3-1 ภาพรวมของระบบ

ส่วนของหน่วยประมวลผลที่ภายในประกอบด้วยฐานข้อมูล MySQL สำหรับจัดเก็บข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้าของแต่ละรายอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 15 ชิ้น พร้อมทั้งข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (solar cells) ซึ่งเกิดจากการจำลองข้อมูลขึ้นมาภายในระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน โดยข้อมูลทั้งหมดภายในฐานข้อมูล MySQL เหล่านั้นจะถูกนำไปประมวลผล และออกแบบอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้านที่ต้องคำนึงถึง ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้คาดหวัง พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ การคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า และลำดับความสำคัญของการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด โดยการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า ถูกออกแบบให้ระบบมีความสามารถในการสั่งปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ด้วยวิธีการระบุสถานะของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการสั่งหยุดการทำงานลงภายในฐานข้อมูล MySQL เพื่อให้ระบบการอ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารายอุปกรณ์ (Eco sensor) สามารถอ่านค่าสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่

เปลี่ยนไปภายในฐานข้อมูล MySQL และสั่งหยุดการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นได้ตามที่กำหนด

สำหรับระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน (HEMs) ซึ่งเป็นหัวข้อพื้นฐานของงานวิจัย มีส่วนประกอบสำคัญของระบบหลาย ๆ ส่วนที่ติดตั้งอยู่บน Docker Engine ร่วมกันภายในระบบปฏิบัติการ Raspbian Jessie Lite ซึ่งภายใน Docker Engine จะมีการแบ่งการใช้งาน Docker Container แยกกันอย่างอิสระตามส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบที่มีการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ (Application) ที่แตกต่างกัน แต่ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านแต่ละส่วน (Docker Container) จะสามารถติดต่อสื่อสารผ่านทาง Docker Engine ได้ดังแสดงในรูปที่ 3-2

ในส่วนของการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าได้ติดตั้ง Python สำหรับการประมวลผล, MySQL Client สำหรับการติดต่อข้อมูลภายในฐานข้อมูล และใช้ JupyterLab เป็นเครื่องมือสำหรับการเขียนชุดคำสั่งโปรแกรม เพื่อออกแบบอัลกอริทึมที่มีการคำนึงถึงเงื่อนไขที่กล่าวมา



รูปที่ 3-2 โครงสร้างส่วนประมวลผลของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน

3.2 การจำลองข้อมูลอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในฐานข้อมูล MySQL

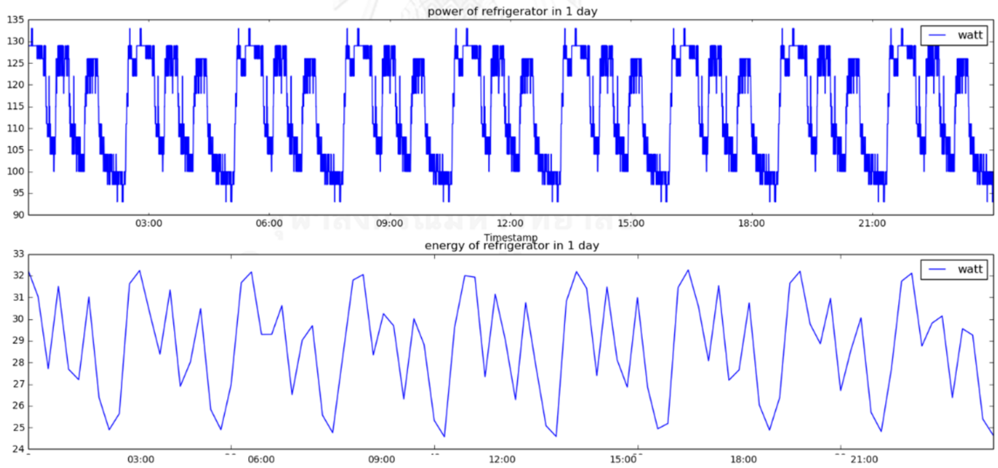
เนื่องจากภายในฐานข้อมูล MySQL ขั้นต้นมีเพียงการจัดเก็บรูปแบบการใช้กำลังไฟฟ้าของแต่ละรายอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า 15 ชิ้นอย่างอิสระกัน ตามการวัดค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานจริงในหนึ่งครั้ง ด้วยระบบการอ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารายอุปกรณ์ (Eco sensors) และอุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าทั้งหมดภายในบ้านอุปกรณ์ (EL sensor) ผ่านทาง smart gateway ทุก ๆ 15 วินาทีตามประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดที่แสดงดัง

รูปที่ 3-3 ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงจำลองข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทุก ๆ 15 นาที จากรูปแบบการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดมาเป็นโครงสร้างในการจำลองข้อมูล

aircont_25	aircont_26	fan	tv	computer	water_heater	refrigerator	washing_mach...	elec_thermo	iron	rice_cooker	hair_dryer	microwave	iphonecharger	wireless_router	light_system
1104.0	1030.0	46.0	68.0	57.0	2686.0	129.0	7.0	741.0	0.0	622.0	661.0	1334.0	10.0	10.0	7.0
1104.0	1056.0	50.0	68.0	57.0	2660.0	129.0	118.0	734.0	0.0	622.0	654.0	1302.0	11.0	7.0	8.0
1128.0	1030.0	46.0	68.0	57.0	2672.0	129.0	338.0	734.0	2040.0	626.0	650.0	1318.0	10.0	7.0	8.0
1104.0	1030.0	46.0	68.0	61.0	2658.0	129.0	338.0	730.0	2040.0	626.0	661.0	1332.0	11.0	10.0	8.0
1104.0	1030.0	46.0	68.0	61.0	2681.0	129.0	169.0	730.0	0.0	626.0	650.0	1284.0	10.0	7.0	8.0
1080.0	1030.0	46.0	64.0	61.0	2683.0	129.0	169.0	730.0	0.0	626.0	651.0	1288.0	11.0	7.0	8.0
1080.0	1030.0	50.0	68.0	57.0	2654.0	129.0	291.0	730.0	0.0	630.0	652.0	1328.0	10.0	7.0	7.0
1104.0	1003.0	46.0	68.0	61.0	2644.0	129.0	291.0	730.0	0.0	630.0	650.0	1328.0	10.0	7.0	7.0
1104.0	1030.0	50.0	68.0	57.0	2678.0	129.0	126.0	727.0	0.0	630.0	652.0	1312.0	10.0	7.0	7.0
1104.0	1030.0	50.0	68.0	64.0	2690.0	129.0	126.0	727.0	0.0	633.0	661.0	1298.0	10.0	7.0	7.0
1104.0	1003.0	50.0	68.0	57.0	2659.0	129.0	169.0	727.0	0.0	630.0	655.0	1314.0	11.0	10.0	8.0

รูปที่ 3-3 รูปแบบการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานจริงในหนึ่งครั้ง

สำหรับวิธีการแปลงชุดข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการอ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารายอุปกรณ์ทุก ๆ 15 วินาทีเป็นชุดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทุก ๆ 15 นาที ทำได้โดยการหาพื้นที่ใต้กราฟของชุดข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้าทุก ๆ 15 วินาทีใด ๆ คาบละ 15 นาที และจัดเก็บลงภายในฐานข้อมูล MySQL ดังแสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 ชุดข้อมูลกำลังไฟฟ้าทุก ๆ 15 วินาทีและชุดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาที

จากการจัดเก็บข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทุก ๆ 15 นาทีลงภายในฐานข้อมูล MySQL เพื่อนำมาใช้ในการจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ที่มีการพิจารณาและจัดกลุ่มอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยแบ่งตามความถี่ของการเปิดใช้งานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งอ้างอิงให้มีลักษณะใกล้เคียงกับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงภายในบ้านและมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางคืนสูงกว่าในช่วงเวลากลางวันแสดงดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การจัดกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าและรายละเอียดของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด

กลุ่มของเครื่องใช้ไฟฟ้า	เครื่องใช้ไฟฟ้า	รายละเอียดเครื่องใช้ไฟฟ้า
อุปกรณ์ที่ทำงานตลอดเวลา	ตู้เย็น	ตู้เย็น 17 คิว 130 วัตต์
	เราต์เตอร์ไร้สาย	10 วัตต์
อุปกรณ์ที่ทำงานทุก ๆ วัน วันละหนึ่งครั้ง	เครื่องปรับอากาศ	9000 Btu 1200 วัตต์
	คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	65 วัตต์
	กระติกน้ำร้อน	ขนาด 2.8 ลิตร 800 วัตต์
	ไดร์เป่าผม	600 วัตต์
	เตาไมโครเวฟ	1400 วัตต์
	ที่ชาร์จโทรศัพท์	ชาร์จแท็บเล็ต (Tablet) 10 วัตต์
อุปกรณ์ที่ทำงานทุก ๆ วัน วันละหลายครั้ง	พัดลม	พัดลมตั้งพื้น 16 นิ้ว 50 วัตต์
	โทรทัศน์	LCD ขนาด 49 นิ้ว 65 วัตต์
	หลอดไฟ	LED 7 วัตต์
อุปกรณ์ที่ทำงานหนึ่งครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน	เตารีด	2000 วัตต์
	หม้อหุงข้าว	600 วัตต์
	เครื่องซักผ้า	11 กิโลกรัม 400 วัตต์
อุปกรณ์ที่ทำงานหลายครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน	เครื่องทำน้ำอุ่น	4000 วัตต์

สำหรับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาทีของแต่ละรายอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ถูกจัดเก็บภายในฐานข้อมูล MySQL จะมีจำนวนข้อมูลที่จำกัด เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของอุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของระบบการอ่านค่ากำลังไฟฟ้า ดังนั้นการจำลองข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้จากกลุ่มอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 5 กลุ่มจำเป็นต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดดังกล่าวนี้

3.2.1 กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานตลอดเวลา

ประกอบด้วย ตู้เย็น และเราต์เตอร์ไร้สาย ที่มีการเปิดทำงานอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งสองชิ้น จึงต้องมีการพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลภายในฐานข้อมูล MySQL ที่กล่าวมาข้างต้น ดังแสดงในรูปที่ 3-6

3.2.2 กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานทุก ๆ วันวันละหนึ่งครั้ง

ประกอบด้วย เครื่องปรับอากาศ คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ กระติกน้ำร้อน ไดร์เป่าผม เตาไมโครเวฟ และที่ชาร์จโทรศัพท์ ต้องมีการคำนึงถึงจำนวนข้อมูลภายในฐานข้อมูล MySQL และช่วงเวลาการเปิด-ปิดของแต่ละอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งวัน และระยะเวลาการใช้งานที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 3-2 และขั้นตอนการจำลองข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในประเภทนี้ที่พิจารณาถึงเงื่อนไขข้างต้นดังแสดงในรูปที่ 3-7

ตารางที่ 3-2 การใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานทุก ๆ วันวันละหนึ่งครั้ง

เครื่องใช้ไฟฟ้า	ช่วงเวลาการเปิด	ระยะเวลาการเปิด/ครั้ง
เครื่องปรับอากาศ	20:00 - 23:00	6-10 ชั่วโมง
ไดร์เป่าผม	20:00 - 23:00	5 – 20 นาที
คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	19:00 - 22:00	30 นาที – 5 ชั่วโมง
ที่ชาร์จโทรศัพท์	20:00 - 24:00	30 นาที – 2 ชั่วโมง
กระติกน้ำร้อน	06:30 – 07:30	10 นาที – 1.30 ชั่วโมง
เตาไมโครเวฟ	19:00 –21:30	3 นาที – 15 นาที

3.2.3 กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานทุก ๆ วันวันละหลายครั้ง

ประกอบด้วย พัดลม โทรทัศน์ และหลอดไฟ ที่ต้องมีการคำนึงถึงจำนวนข้อมูลภายในฐานข้อมูล MySQL และจำนวนครั้งการเปิดทำงานในหนึ่งวัน (กำหนดจำนวนครั้งการทำงานใน 1 วันอยู่ที่ 1 - 3 ครั้ง) และมีการพิจารณาถึงช่วงเวลาการเปิด-ปิดของแต่ละเครื่องใช้ไฟฟ้า และระยะเวลาการใช้งานที่เหมาะสมดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานทุก ๆ วันวันละหลายครั้ง

เครื่องใช้ไฟฟ้า	จำนวนครั้งการเปิด	ช่วงเวลาการเปิด	ระยะเวลาการเปิด/ครั้ง
พัดลม	1 - 3	06:30 - 08:00	30 นาที – 1 ชั่วโมง
		19:30 – 20:30	30 นาที – 3 ชั่วโมง
		21:00 – 24:00	30 นาที – 2 ชั่วโมง
โทรทัศน์	1 - 3	06:30 - 08:00	30 นาที – 1 ชั่วโมง
		19:30 – 20:30	30 นาที – 3 ชั่วโมง
		21:00 – 24:00	30 นาที – 2 ชั่วโมง
หลอดไฟ	อ้างอิงตามอุปกรณ์	อ้างอิงตามอุปกรณ์	อ้างอิงตามอุปกรณ์

และขั้นตอนการจำลองข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ที่มีการพิจารณาถึงเงื่อนไขข้างต้นสามารถแสดงดังรูปที่ 3-8 สำหรับการจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานของหลอดไฟ ต้องมีการพิจารณาเพิ่มเติมถึงตำแหน่งของหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบริเวณรอบนั้น ๆ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3-9 สำหรับในงานวิจัยนี้กำหนดให้ตำแหน่งอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเป็นไปตามลักษณะที่แสดงดังรูปที่ 3-5 และตารางที่ 3-4 โดยที่ตู้เย็น, เราต์เตอร์ไร้สาย, กระติกน้ำร้อน, ที่ชาร์จโทรศัพท์, เตารีด, และเครื่องซักผ้า ไม่ได้ถูกกำหนดให้มีความสัมพันธ์กับการทำงานของหลอดไฟ

รูปที่ 3-5 ตำแหน่งอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับหลอดไฟภายในบ้านพักอาศัย

Chulalongkorn University

ตารางที่ 3-4 ความสัมพันธ์หลอดไฟกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

ประเภทของเครื่องใช้ไฟฟ้า	จำนวน (ดวง)	เครื่องใช้ไฟฟ้า
หลอดไฟ LED 7 วัตต์ ภายในห้องครัว	2	หม้อหุงข้าว
		เตาไมโครเวฟ
หลอดไฟ LED 7 วัตต์ ภายในห้องน้ำ	2	ไดร์เป่าผม
		เครื่องทำน้ำอุ่น
หลอดไฟ LED 7 วัตต์ ภายในห้องนอน	4	เครื่องปรับอากาศ
หลอดไฟ LED 7 วัตต์ ภายในห้องนั่งเล่น	4	พัดลม
		โทรทัศน์
		คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

3.2.4 กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานหนึ่งครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน

ประกอบด้วย เตารีด หม้อหุงข้าว และเครื่องซักผ้า ที่ต้องมีการคำนึงถึงจำนวนข้อมูลภายในฐานข้อมูล MySQL ช่วงเวลาการเปิด-ปิดของแต่ละอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และระยะเวลาการใช้งานที่เหมาะสม อีกทั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าในประเภทนี้เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ถูกกำหนดให้สามารถทำงานได้ เฉพาะวันเสาร์ และหรือ วันอาทิตย์ ซึ่งจำนวนครั้งการเปิดทำงานอยู่ที่ 1-2 ครั้งในช่วงระยะเวลาสองวันที่จำกัดเท่านั้น แสดงดังตารางที่ 3-5 และขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานเตารีด หม้อหุงข้าว และเครื่องซักผ้าที่พิจารณาถึงเงื่อนไขข้างต้นสามารถแสดงดังรูปที่ 3-10

ตารางที่ 3-5 การใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานหนึ่งครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน

เครื่องใช้ไฟฟ้า	**ช่วงเวลาการเปิด**	**ระยะเวลาการเปิด/ครั้ง**
เตารีด	11:00 - 15:00	30 นาที – 4 ชั่วโมง
หม้อหุงข้าว	17.00 - 19:00	30 นาที – 1 ชั่วโมง
เครื่องซักผ้า	11:00 - 15:00	1 – 2 ชั่วโมง

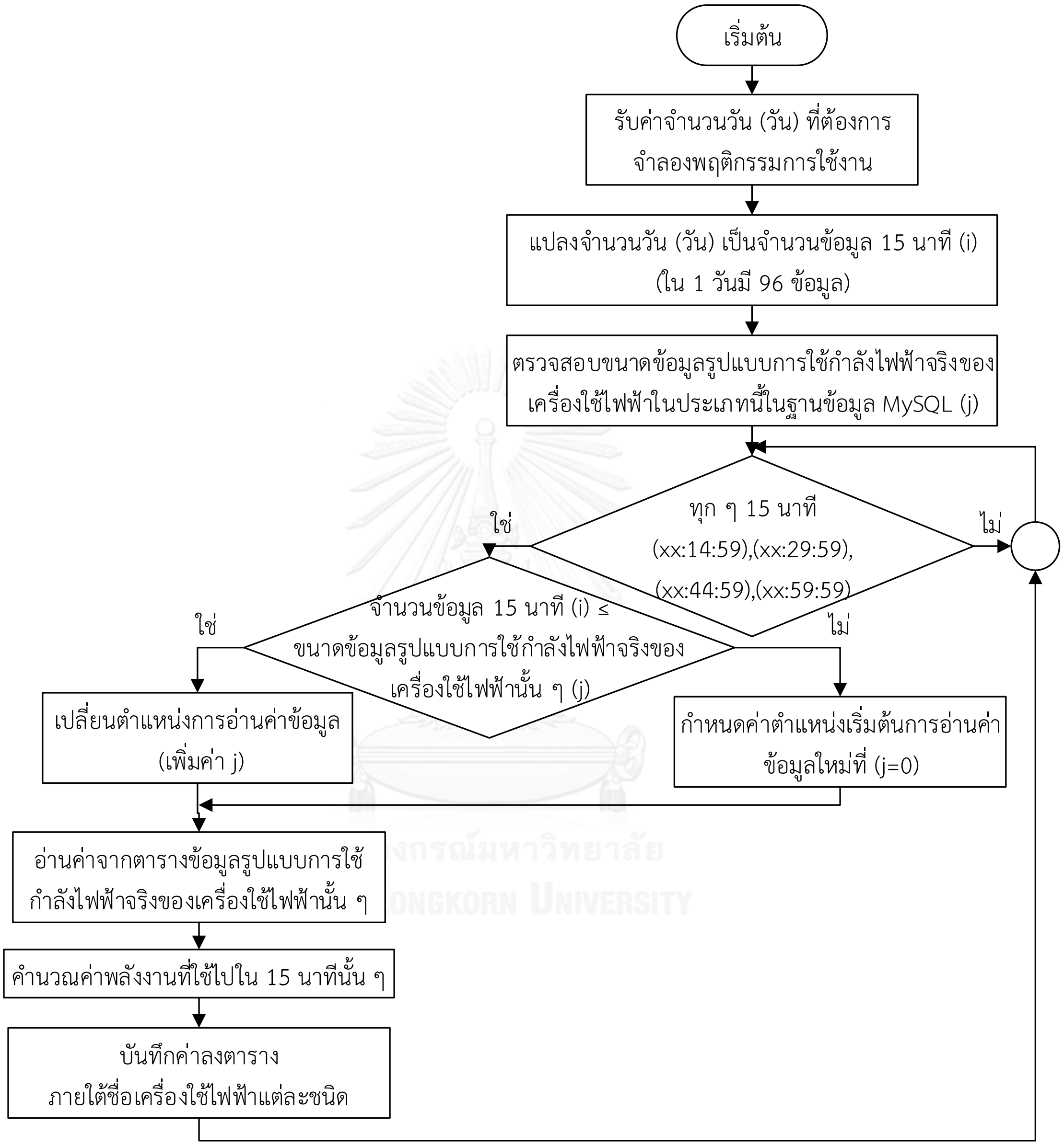
3.2.5 กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานหลายครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน

ประกอบด้วย เครื่องทำน้ำอุ่น ซึ่งภายในฐานข้อมูล MySQL ที่ต้องมีการคำนึงถึงจำนวนข้อมูลภายในฐานข้อมูล MySQL ช่วงเวลาการเปิด-ปิดของแต่ละอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และระยะเวลาการใช้งานที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 3-6 อีกทั้งเครื่องทำน้ำอุ่นเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ถูกกำหนดให้สามารถทำงานได้หลายครั้งในหนึ่งวัน ซึ่งมีจำนวนครั้งการเปิดใช้งานอยู่ที่ 0-2 ครั้งต่อวัน ดังนั้นขั้นตอนการจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้ที่พิจารณาถึงเงื่อนไขข้างต้นสามารถแสดงดังรูปที่ 3-11

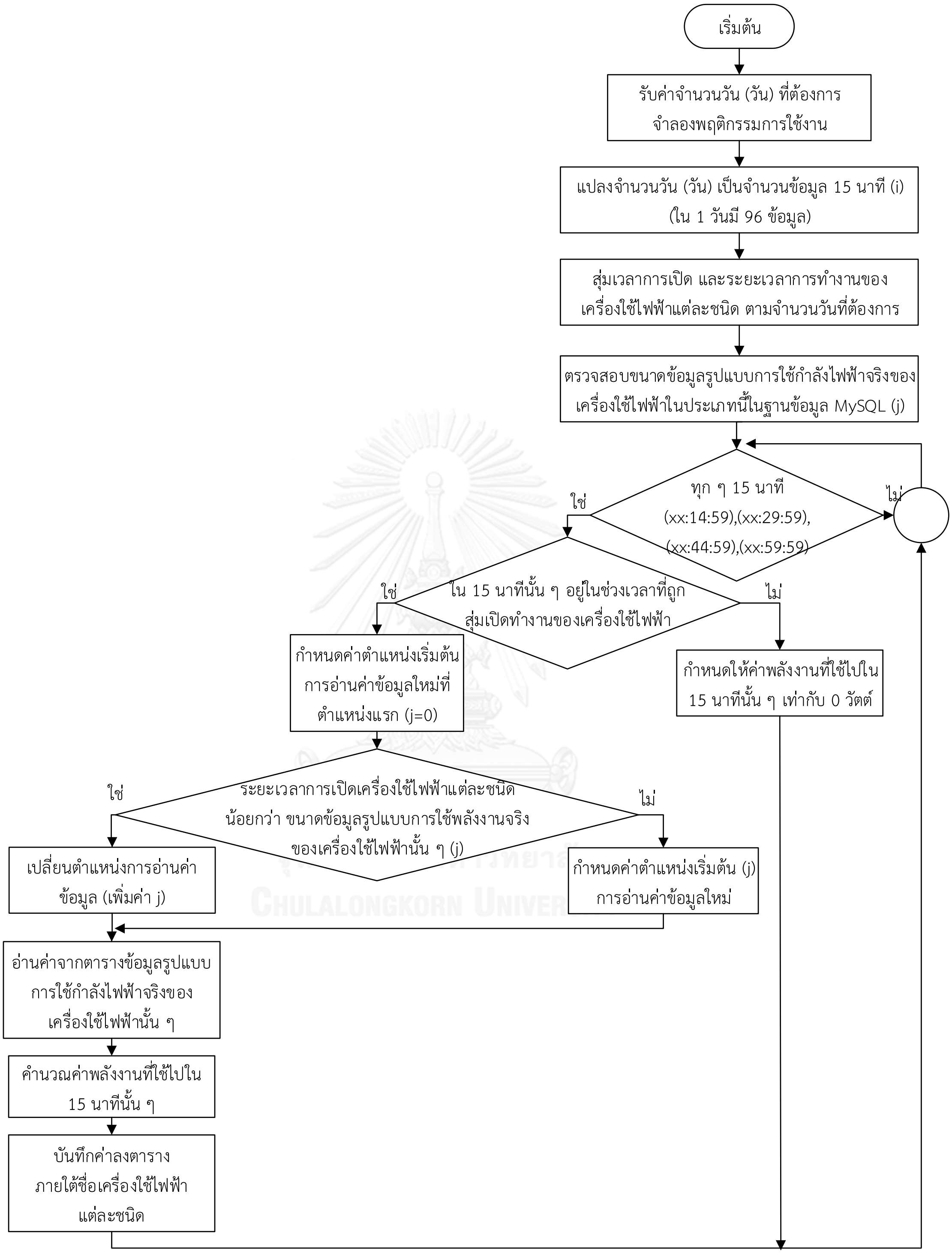
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3-6 การใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานหลายครั้งต่อวัน แต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน

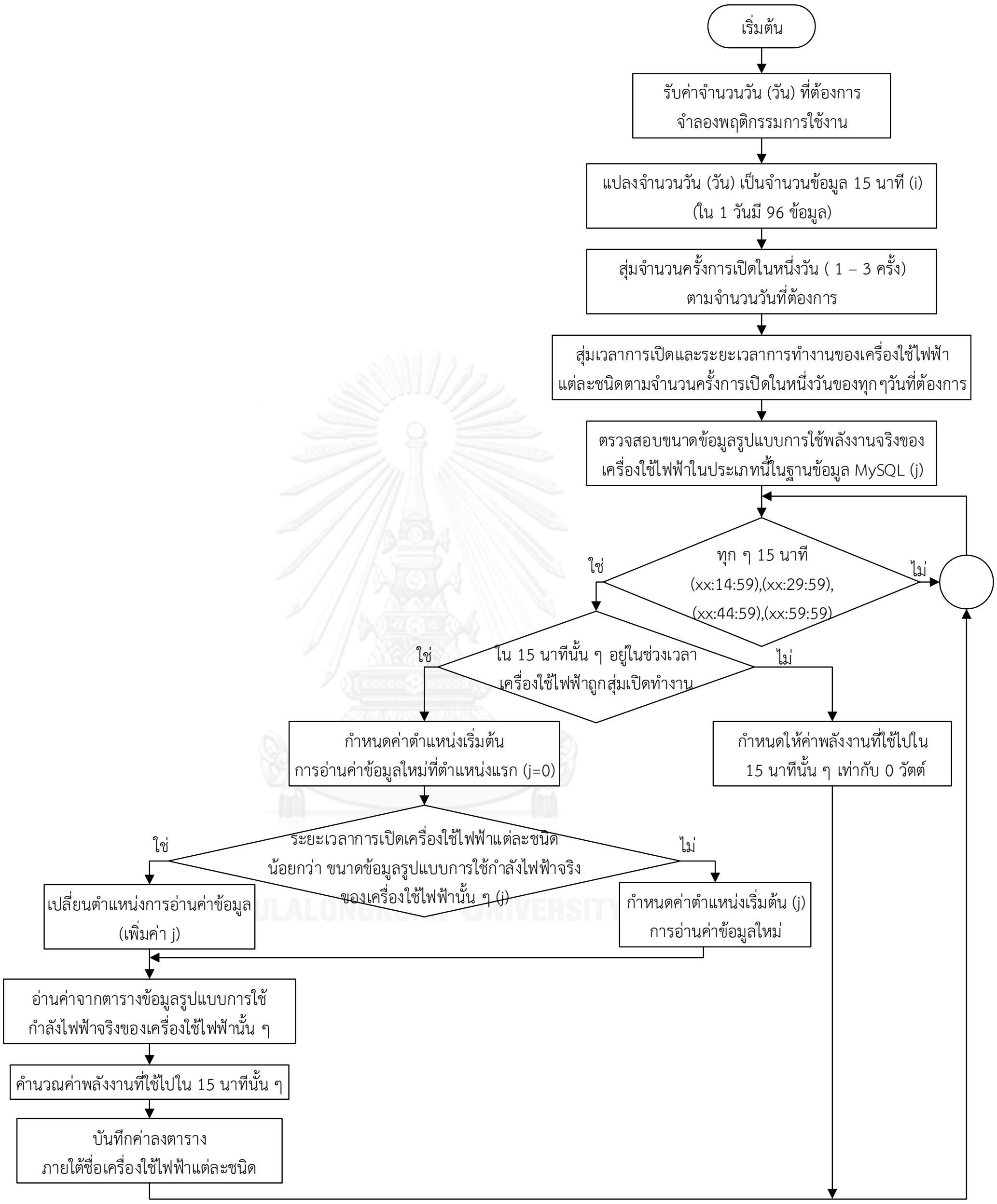
เครื่องใช้ไฟฟ้า	**ช่วงเวลาการเปิด**	**ระยะเวลาการเปิด/ครั้ง**
เครื่องทำน้ำอุ่น	06:30 - 07:30	30 นาที – 1 ชั่วโมง
	20.00 - 23:00	30 นาที – 1 ชั่วโมง



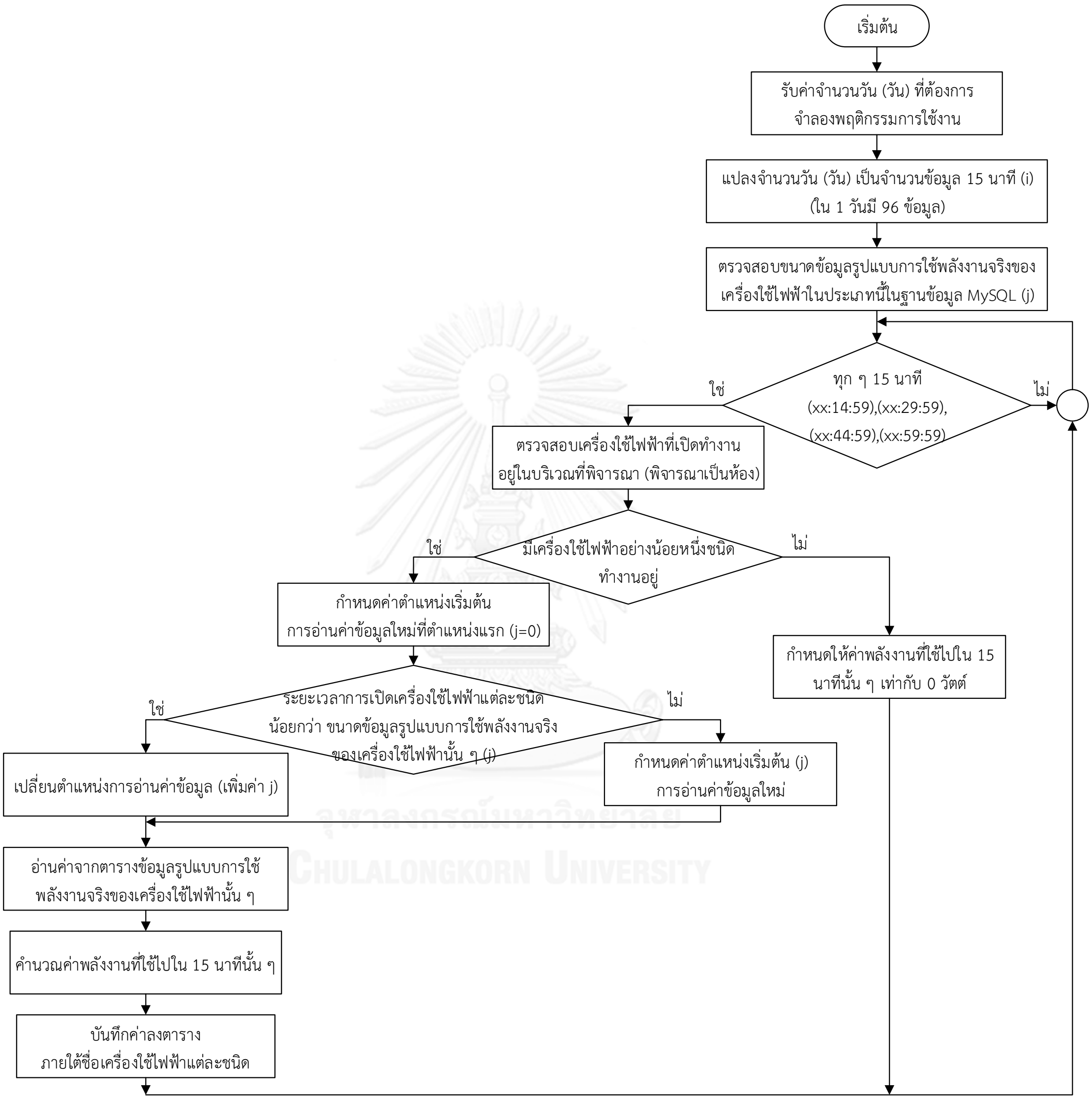
รูปที่ 3-6 แผนผังการจำลองพฤติกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่ทำงานตลอดเวลา



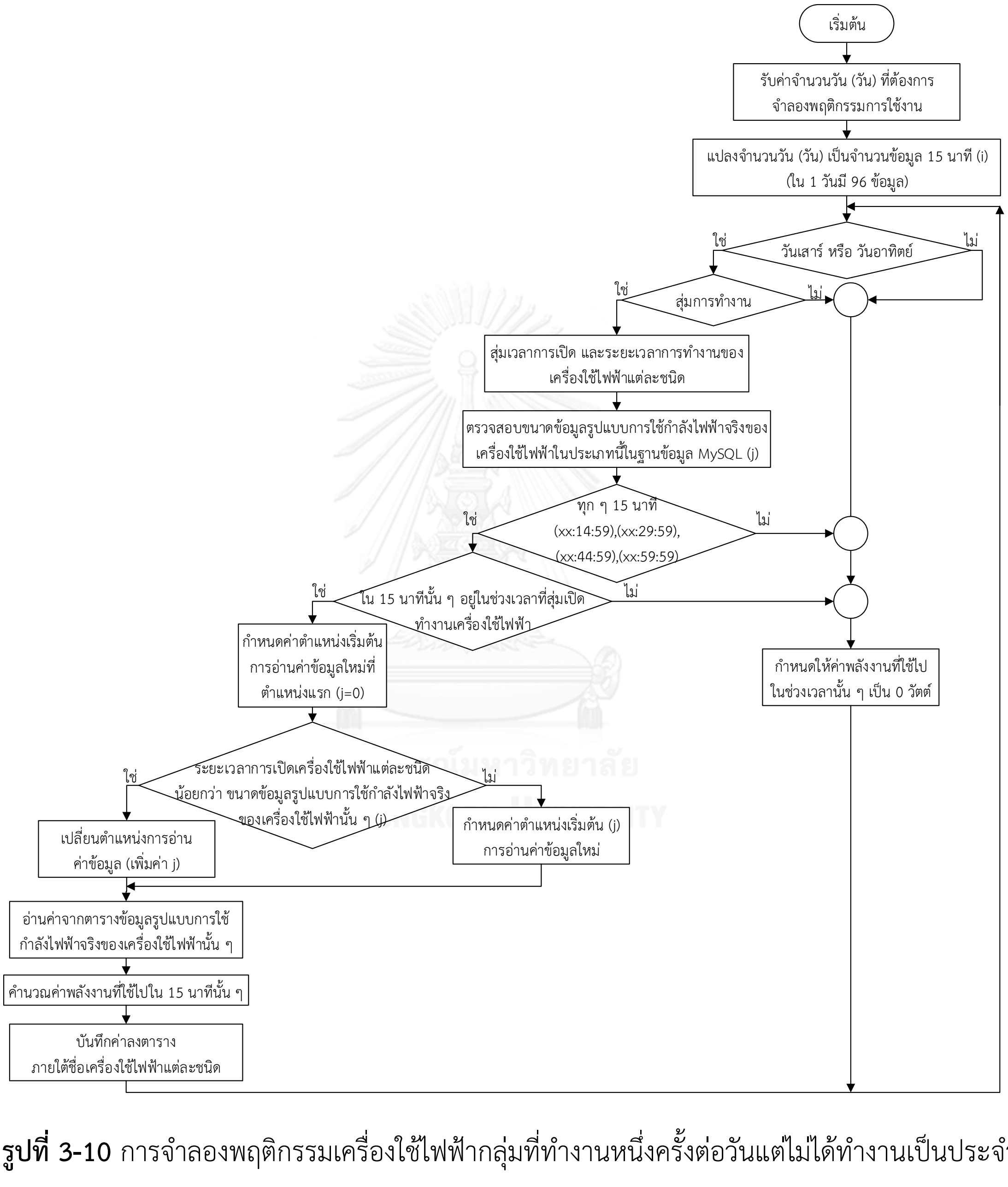
รูปที่ 3-7 แผนผังการจำลองพฤติกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่ทำงานทุก ๆ วัน/วันละหนึ่งครั้ง



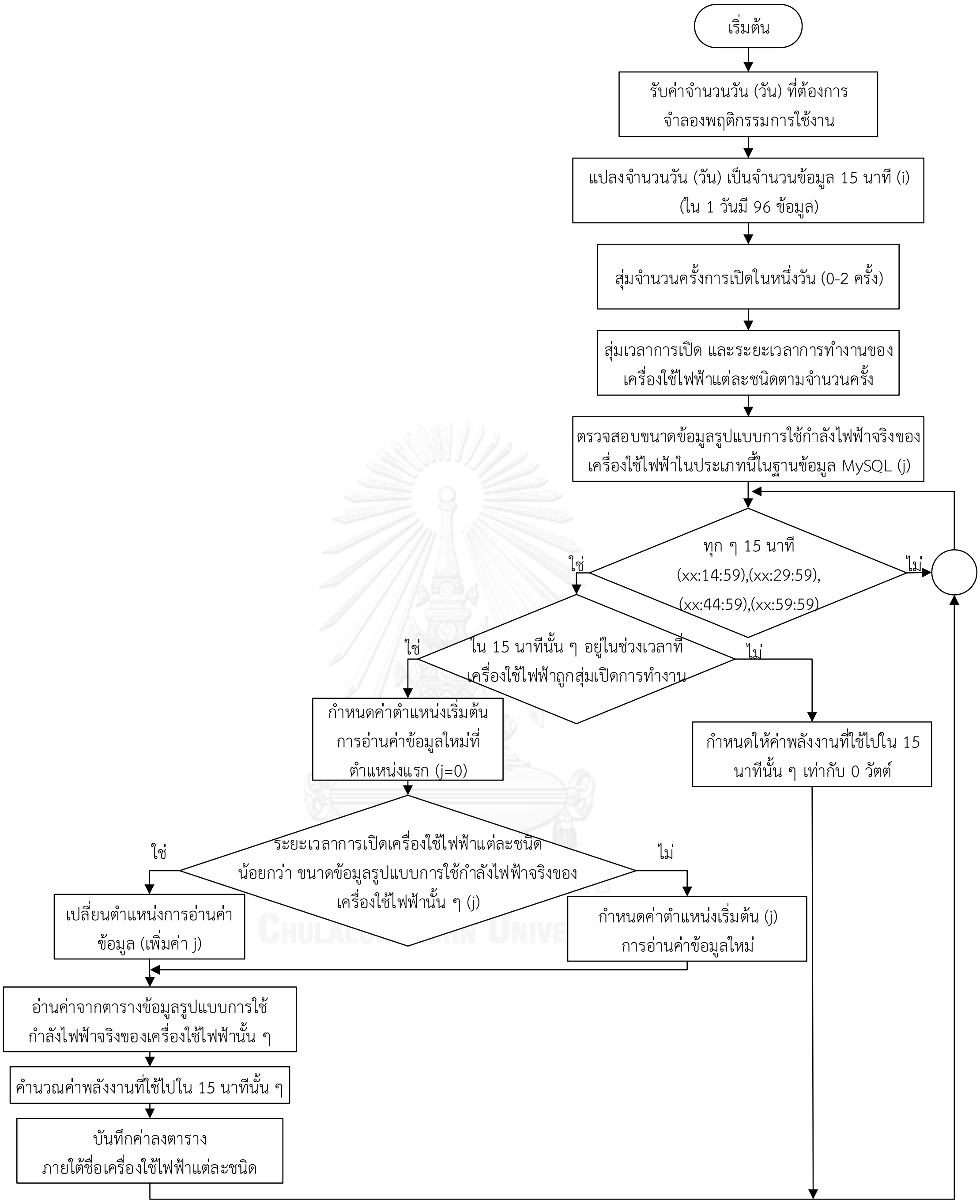
รูปที่ 3-8 แผนผังการจำลองพฤติกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ากลุ่มอุปกรณ์ที่ทำงานทุก ๆ วัน/วันละหลายครั้ง



รูปที่ 3-9 แผนผังการจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานของหลอดไฟ



รูปที่ 3-10 การจำลองพฤติกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่ทำงานหนึ่งครั้งต่อวันแต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน



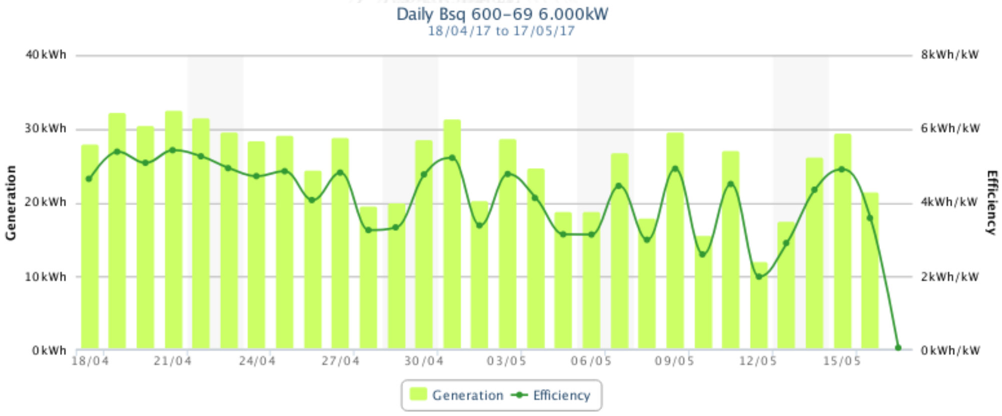
รูปที่ 3-11 การจำลองพฤติกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่ทำงานหลายครั้งต่อวันแต่ไม่ได้ทำงานเป็นประจำทุกวัน

3.3 การจำลองข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ในฐานข้อมูล MySQL

เนื่องจากระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน ยังไม่สามารถติดตั้งระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงานได้ จึงต้องมีการจำลองข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ โดยงานวิทยานิพนธ์นี้ใช้วิธีการอ่านค่าข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ pvoutput.org ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3-12 ผ่านช่องทางการติดต่อ API (application program interface) ที่จะต้องระบุพิกัดตำแหน่งของบริเวณสถานที่ที่ต้องการ จากนั้น API จะให้ค่ากลับมาเป็นชนิดข้อมูลเจซัน (json data) ดังแสดงในตารางที่ 3-7 ซึ่งการอ่านค่าข้อมูลจาก API และจัดเก็บข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงภายในฐานข้อมูล MySQL เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นทุก ๆ 15 นาที เพื่อให้สอดคล้องกับการจำลองข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านของผู้ใช้ ดังนั้นในหนึ่งวันจึงมีการรับค่าข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด 96 ข้อมูล

ตัวอย่างข้อมูลเจซันที่ได้รับทุก ๆ 15 นาที:

20101107,18:30,12936,202,NaN,NaN,5.280,15.3,240.1



รูปที่ 3-12 ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ pvoutput.org

Timestamp	PV
2016-12-15 13:44:59	241
2016-12-15 13:59:59	257.5
2016-12-15 14:14:59	258.5
2016-12-15 14:29:59	203
2016-12-15 14:44:59	250
2016-12-15 14:59:59	237

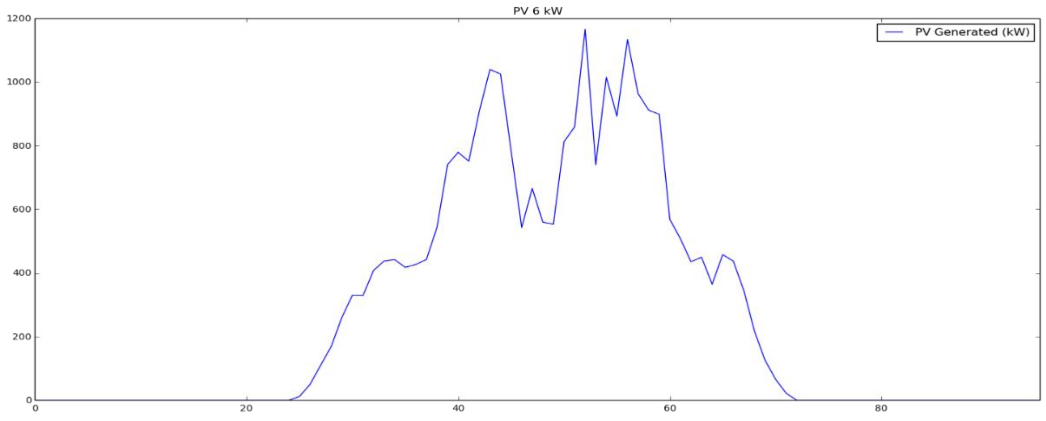
รูปที่ 3-13 ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ภายในฐานข้อมูล MySQL

ตารางที่ 3-7 ชุดข้อมูลเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับจากการอ่านค่าผ่าน API

รายการ	รูปแบบ	หน่วย
วันที่	yyyymmdd	วัน
เวลา	hh:mm	เวลา
พลังงานที่ผลิตได้	ตัวเลข	วัตต์ชั่วโมง
กำลังงานที่ผลิตได้	ตัวเลข	วัตต์
ปริมาณการใช้พลังงาน	ตัวเลข	วัตต์ชั่วโมง
ปริมาณการใช้กำลังงาน	ตัวเลข	วัตต์
ประสิทธิภาพ	ตัวเลข	วัตต์ชั่วโมง/วัตต์
อุณหภูมิ	ตัวเลข	องศาเซลเซียส
ความต่างศักย์	ตัวเลข	โวลต์

จากตารางที่ 3-7 แสดงชุดข้อมูลเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับการอ่านผ่าน API จาก pvoutput.org ซึ่งสามารถรับข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์แต่ละ 15 นาที ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้จัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล MySQL เฉพาะข้อมูลวันที่ เวลา และข้อมูลหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทุก ๆ 15 นาทีเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3-13

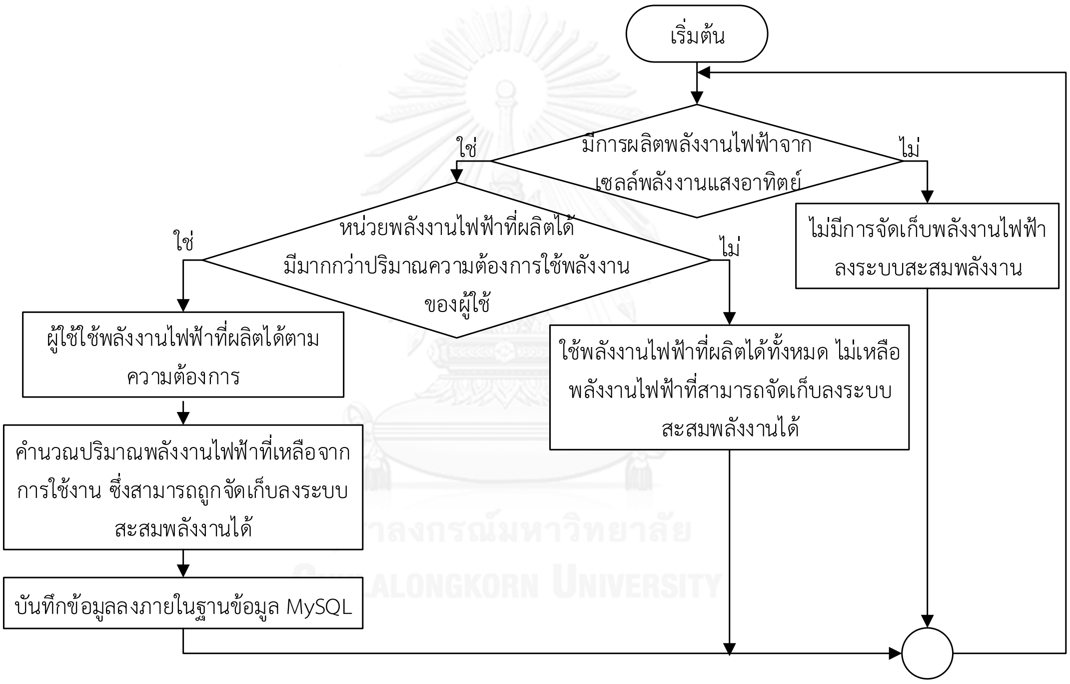
สำหรับขนาดข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่อ่านค่าจาก pvoutput.org นั้นเป็นข้อมูลที่เกิดจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 6 กิโลวัตต์ ที่มีการติดตั้งแผงละ 250 วัตต์ จำนวน 24 แผง ซึ่งมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่ 97 เปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และมีการอ่านค่าข้อมูลการผลิตพลังงานจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนตุลาคม 2559 ถึงเดือนมีนาคม 2560 ดังแสดงในรูปที่ 3-14



รูปที่ 3-14 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 6 กิโลวัตต์ภายใน 1 วัน

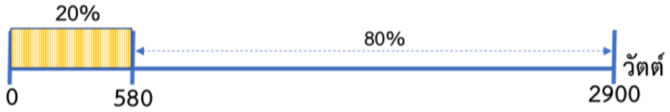
3.4 การจำลองข้อมูลการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงระบบสะสมพลังงาน

งานวิทยานิพนธ์นี้กำหนดขอบเขตความสามารถในการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงระบบสะสมพลังงาน หรือ แบตเตอรี่จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เท่านั้น ไม่พิจารณาการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงระบบสะสมพลังงานจากการไฟฟ้า (Grid) ดังนั้นการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงระบบสะสมพลังงานจึงเป็นไปได้ในกรณีเดียว คือ เมื่อเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่รองรับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ในขณะนั้นได้ทั้งหมด และระบบสะสมพลังงานยังมีพื้นที่เหลือสำหรับการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินที่ผลิตออกมาจึงถูกจัดเก็บลงระบบสะสมพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 3-15 แผนผังการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงระบบสะสมพลังงาน



รูปที่ 3-15 การจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ลงระบบสะสมพลังงาน

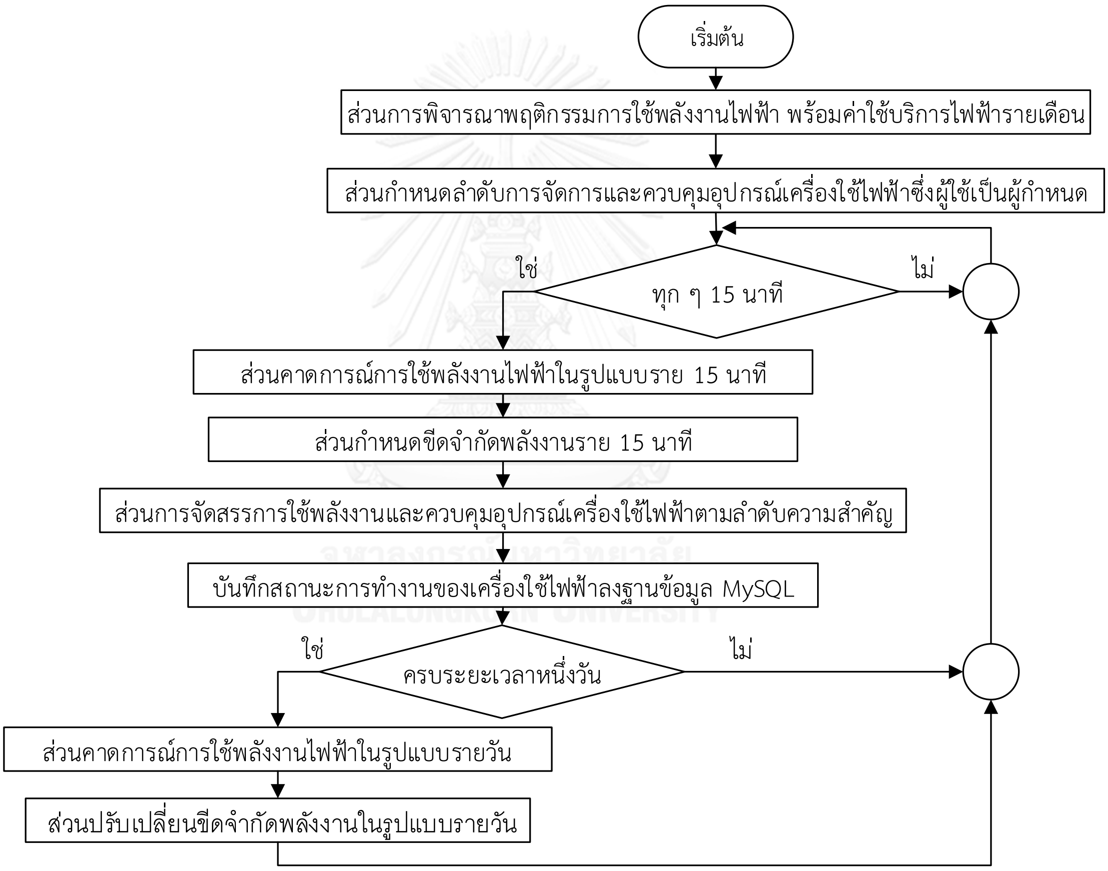
สำหรับการกำหนดขนาดของระบบสะสมพลังงานที่ขนาด 2.9 กิโลวัตต์ มีประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน (efficiency) ที่ 96% และมีความสามารถในการคายประจุอยู่ที่ 80% จากระดับสูงสุดของระบบสะสมพลังงานดังรูปที่ 3-16 และสำหรับการเริ่มต้นการทำงานของอัลกอริทึมได้กำหนดให้ระดับพลังงานภายในระบบสะสมพลังงานมีปริมาณสูงสุด



รูปที่ 3-16 การจำลองข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสะสมพลังงาน

3.5 การออกแบบและขั้นตอนการทำงานของระบบ

การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนการพิจารณาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ พร้อมทั้งการพิจารณาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้คาดหวัง ส่วนกำหนดลำดับการจัดการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด ส่วนคาดการณ์หน่วยพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที และรูปแบบรายวัน ส่วนการกำหนดขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบราย 15 นาที ส่วนการปรับเปลี่ยนขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบรายวัน และส่วนการจัดสรรการใช้พลังงานและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 3-17



รูปที่ 3-17 โครงสร้างการทำงานของอัลกอริทึมทั้งระบบ

จากรูปที่ 3-17 จะพบว่างานวิจัยฉบับนี้ ใช้วิธีการควบคุมการหยุดการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยการบันทึกผลสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าลงฐานข้อมูล MySQL ซึ่งสถานะดังกล่าวจะส่งผลถึงตัวอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ๆ เมื่ออุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้ารายอุปกรณ์ มีการอ่านค่าสถานะการเปิดปิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปภายในฐานข้อมูล MySQL

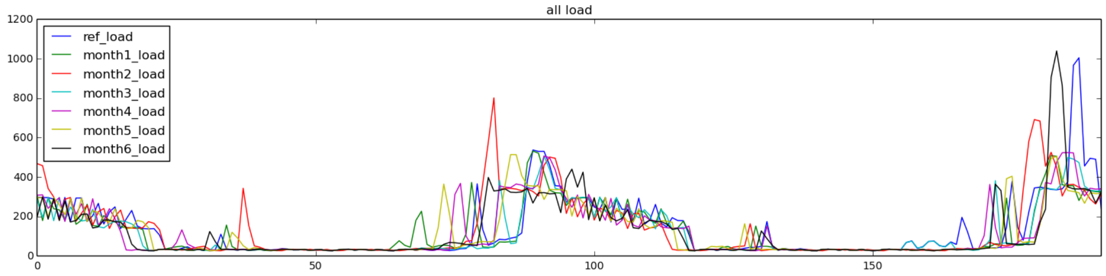
3.6 ส่วนการพิจารณาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า พร้อมค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน

การพิจารณาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน สามารถพิจารณาจากการจำลองข้อมูลการใช้พลังงานทุก ๆ 15 นาทีของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 15 ชิ้นภายในฐานข้อมูล MySQL การพิจารณาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งเดือน จึงเกิดจากการรวมหน่วยพลังงานที่ใช้ไปทุก ๆ 15 นาทีของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 15 ชิ้น และงานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตภายในบ้านพักอาศัยหนึ่งหลังมีเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 15 ชิ้นเท่านั้น และพิจารณาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทั้งหมด 7 เดือน สำหรับการทดสอบการทำงานของระบบจำนวน 6 เดือน และข้อมูล 1 เดือนแรกเป็นข้อมูลอ้างอิงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการออกแบบระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3-18

สำหรับการพิจารณาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนของพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนที่จำลองขึ้นมา มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนเกิน 150 หน่วยแต่ไม่ถึง 400 หน่วย ดังนั้นจึงใช้อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าประเภทบ้านพักอาศัยอัตราปกติประเภทที่ 2 ที่ต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเพียงเครื่องเดียว ผลการคำนวณค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนสำหรับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนที่จำลองสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3-8

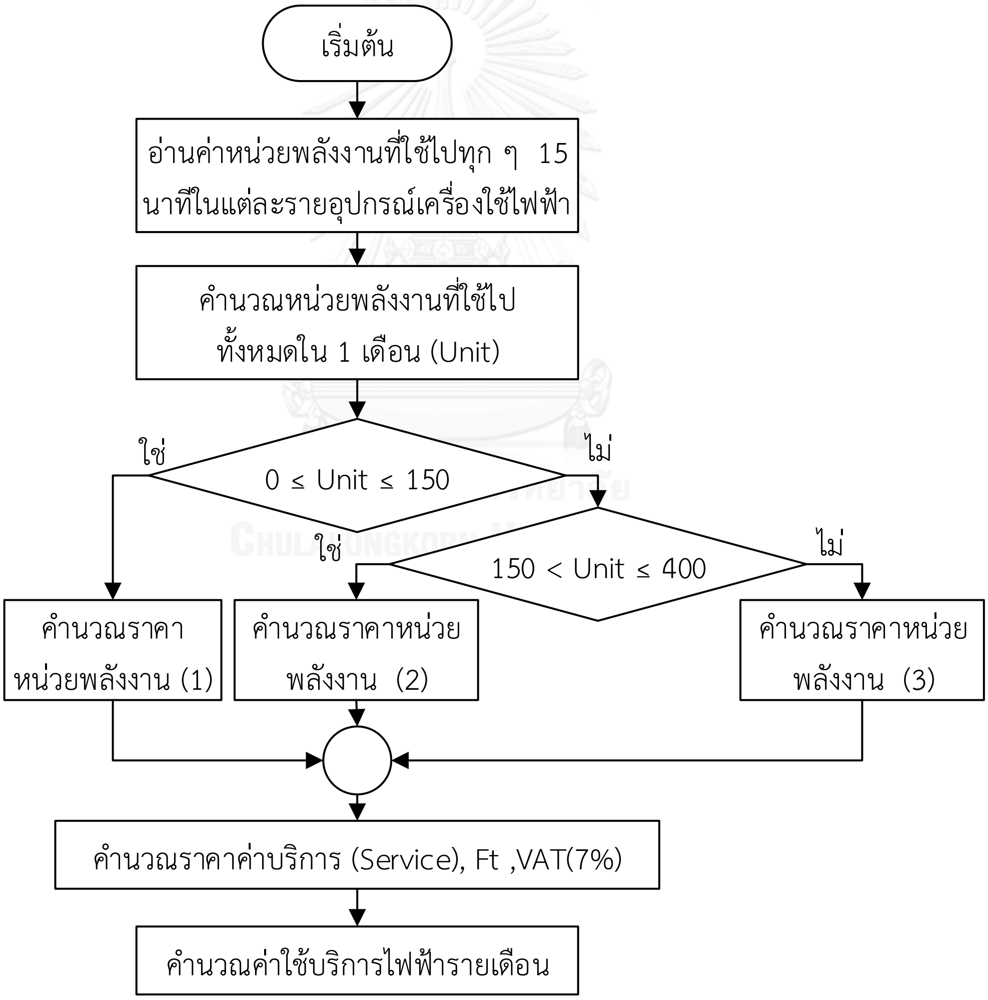
ตารางที่ 3-8 ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนของพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทั้ง 7 เดือน

เดือน	ค่าใช้บริการรายเดือน (บาท)	หน่วยพลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์)
กันยายน (เดือนอ้างอิง)	1537.91	370.19
ตุลาคม	1595.63	383.11
พฤศจิกายน	1610.52	386.45
ธันวาคม	1682.89	402.53
มกราคม	1670.31	399.83
กุมภาพันธ์	1434.82	347.11
มีนาคม	1628.50	390.47



รูปที่ 3-18 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่จำลองขึ้นมา 2 วันแรกของทั้ง 7 เดือน

จากตารางที่ 3-8 จะพบว่าค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนของพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทั้ง 7 เดือนเป็นค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ยังไม่พิจารณาถึงส่วนการจัดสรรการใช้พลังงานและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ ดังนั้นเมื่อมีการพิจารณาถึงส่วนการจัดสรรการใช้พลังงานที่มีแหล่งพลังงานทางเลือก (เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงาน) เข้ามาแทนที่การใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า และส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญที่มีการสั่งปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อพลังงานไฟฟ้าเกินขีดจำกัดพลังงานที่กำหนด ดังนั้นการคำนวณค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนเมื่อพิจารณาถึงสองส่วนดังกล่าวข้างต้น จึงส่งผลให้จำนวนหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในแต่ละเดือนลดลง แต่ยังคงใช้ถูกพิจารณาด้วยอัตราค่าไฟฟ้าประเภทเดิม ซึ่งมีแผนผังวิธีการคำนวณค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน แสดงดังรูปที่ 3-19



รูปที่ 3-19 แผนผังวิธีการคำนวณค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน

3.7 ส่วนกำหนดลำดับการจัดการและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งผู้ใช้เป็นผู้กำหนด

ส่วนการกำหนดลำดับความสำคัญในการปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 15 ชิ้นถูกกำหนดโดยผู้ใช้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดลำดับความสำคัญในการปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 15 ชิ้นเป็นไปดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 ลำดับความสำคัญในการสั่งปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 15 ชิ้น

<table>
<tr><th>เครื่องใช้ไฟฟ้า</th><th>ลำดับความสำคัญ</th><th>หมายเหตุ</th></tr>
<tr><td>ตู้เย็น</td><td rowspan="7">x</td><td rowspan="7">พิจารณาถึงพลังงานที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไป
แต่ไม่มีการควบคุมสั่งหยุดการทำงาน
เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้</td></tr>
<tr><td>เราต์เตอร์ไร้สาย</td></tr>
<tr><td>หลอดไฟ</td></tr>
<tr><td>เครื่องซักผ้า</td></tr>
<tr><td>เตารีด</td></tr>
<tr><td>หม้อหุงข้าว</td></tr>
<tr><td>เตาไมโครเวฟ</td></tr>
<tr><td>เครื่องปรับอากาศ</td><td>1</td><td>สั่งเพิ่มอุณหภูมิ
จาก 25 องศาเซลเซียสเป็น 27 องศาเซลเซียส</td></tr>
<tr><td>พัดลม</td><td>2</td><td rowspan="7">มีการควบคุมสั่งหยุดการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้า
เมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินขีดจำกัดที่กำหนด</td></tr>
<tr><td>โทรทัศน์</td><td>3</td></tr>
<tr><td>คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ</td><td>4</td></tr>
<tr><td>ที่ชาร์จโทรศัพท์</td><td>5</td></tr>
<tr><td>ไดร์เป่าผม</td><td>6</td></tr>
<tr><td>กระติกน้ำร้อน</td><td>7</td></tr>
<tr><td>เครื่องทำน้ำอุ่น</td><td>8</td></tr>
</table>

จากตารางที่ 3-9 พบว่าจากจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 15 ชิ้น การออกแบบระบบจัดการพลังงานภายในบ้านจะสามารถสั่งหยุดการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เกินขีดจำกัดพลังงานที่กำหนดได้เพียง 8 อุปกรณ์เท่านั้น เนื่องจากการสั่งปิดอุปกรณ์บางชนิดเช่น เตารีด หม้อหุงข้าว เครื่องซักผ้า และเตาไมโครเวฟ จะส่งผลถึงผลลัพธ์การทำงานที่ไม่เสร็จสิ้น มีการค้างของงานในระบบ ดังนั้นการออกแบบอัลกอริทึมในส่วนการจัดสรรการพลังงานภายในบ้านจึงพิจารณาถึงหน่วยพลังงานที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไปเมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นทำงานอยู่ แต่ไม่มีการควบคุมสั่งปิดการทำงานใด ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.8 ส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน

สำหรับส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน เป็นส่วนที่กำหนดขีดความสามารถสูงสุดในการใช้พลังงานไฟฟ้ารายในลักษณะรายวัน และเป็นส่วนสำหรับตรวจสอบปริมาณหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้งานไปในแต่ละวัน เมื่อมีการสั่งหยุดการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยใช้วิธีการคาดการณ์การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สามที่มีการคำนึงถึงแนวโน้ม และฤดูกาลของข้อมูล โดยมีสมมติฐานของการคาดการณ์ที่ว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละรอบสัปดาห์จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน จึงพิจารณาถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลังที่วันเดียวกันจำนวน 4 สัปดาห์

การพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน และขั้นตอนการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบ (α, β, γ) ที่เหมาะสมในแต่ละชุดข้อมูลการพยากรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3-20 (ก)–(ง)

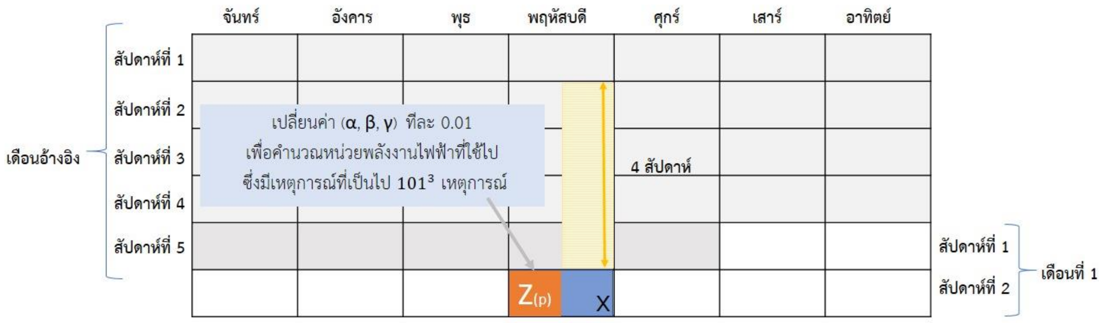
รูปที่ 3-20 (ก): สมมติที่เวลา 23:59:59 ในแต่ละวัน มีความต้องการคาดการณ์หน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปจากการไฟฟ้าในวันนั้น เพื่อนำผลลัพธ์ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงจากการไฟฟ้าทั้งหมดในวันเดียวกัน

รูปที่ 3-20 (ข): หาความเหมาะสมของสัมประสิทธิ์ความเรียบ สำหรับการคาดการณ์หน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในวันนั้น โดยพิจารณาหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงทั้งหมดย้อนหลังที่วันเดียวกันจำนวน 4 สัปดาห์ และทำการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบทีละ 0.01 ซึ่งมีขอบเขตอยู่ที่ $0 \leq (\alpha, \beta, \gamma) \leq 1$ จึงส่งผลให้เกิดผลลัพธ์การพยากรณ์ทั้งหมด 101^3 เหตุการณ์

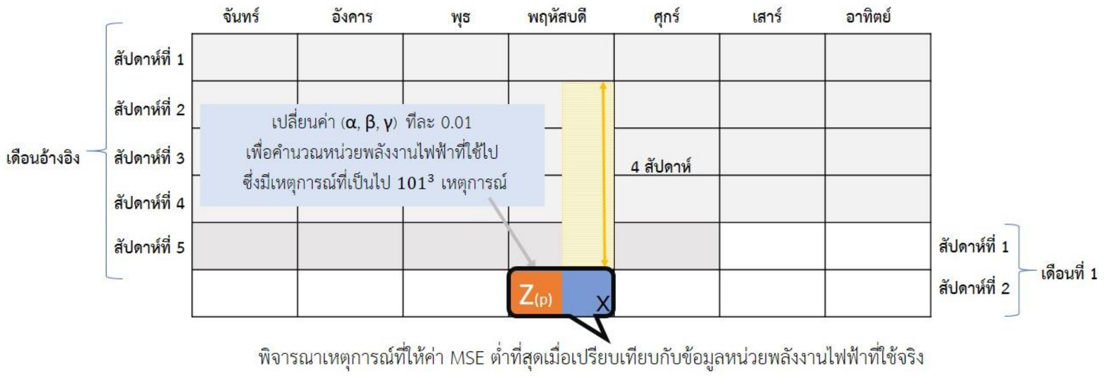
รูปที่ 3-20 (ค): พิจารณาผลลัพธ์การพยากรณ์ทั้งหมด 101^3 เหตุการณ์ และเปรียบเทียบกับข้อมูลหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงทั้งหมดในวันเดียวกัน โดยเลือกใช้ชุดสัมประสิทธิ์ความเรียบจากเหตุการณ์ที่ให้ค่า MSE ต่ำสุด

รูปที่ 3-20 (ง): นำผลลัพธ์การพยากรณ์จากเหตุการณ์ที่ให้ค่า MSE ต่ำสุด มาใช้ในส่วนการปรับเปลี่ยนขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบรายวันต่อไป

(ก)

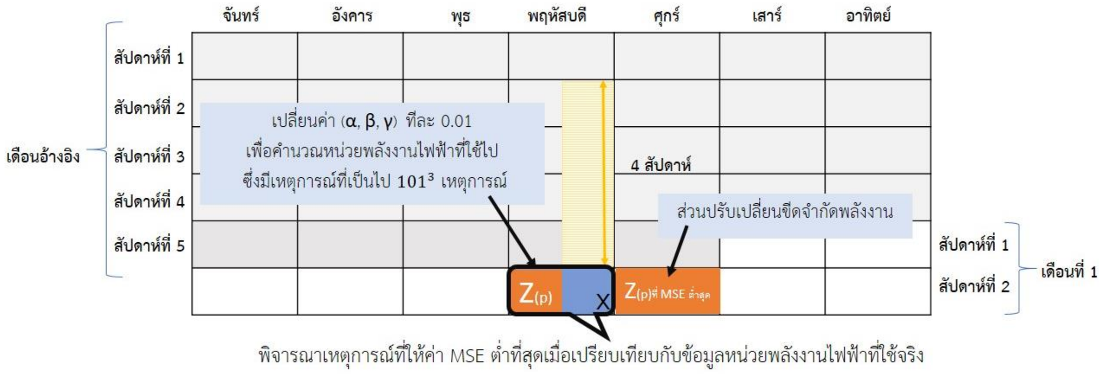


(ข)



(ค)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

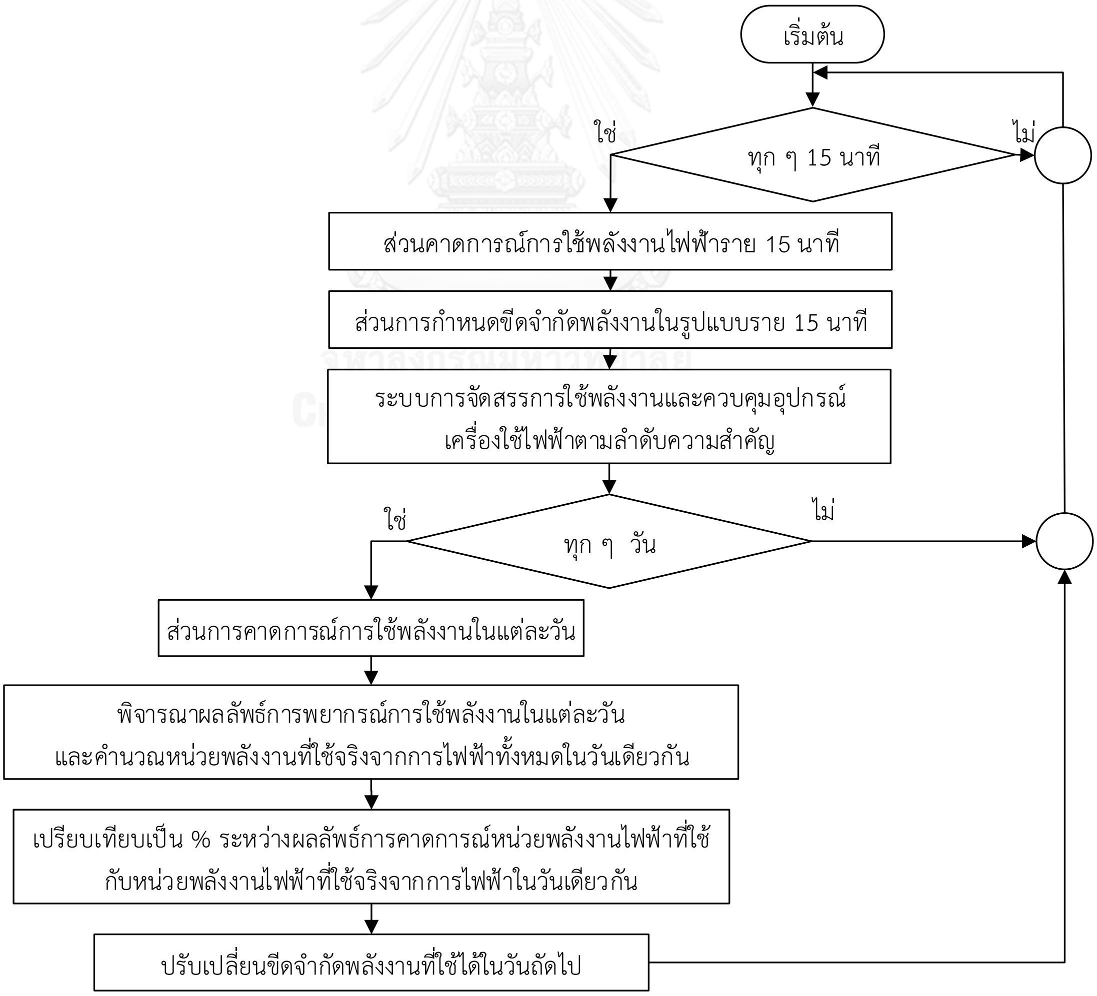


(ง)

รูปที่ 3-20 วิธีการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน

3.9 ส่วนปรับเปลี่ยนขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบรายวัน

โดยการออกแบบอัลกอริทึมขั้นต้น ไม่ได้มีการพิจารณาส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า และส่วนปรับเปลี่ยนขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบรายวัน แต่พิจารณาถึงการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า และส่วนกำหนดขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบราย 15 นาทีเท่านั้น ทำให้ตลอดกระบวนการทำงานของอัลกอริทึม ขีดจำกัดพลังงานถูกกำหนดเป็นค่าคงที่ ถึงแม้ว่าระบบจะมีการปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อผู้ใช้ใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่าขีดจำกัดพลังงานที่กำหนดราย 15 นาที และส่งผลให้การลดลงของหน่วยพลังงานไฟฟ้ามากเกินความต้องการของระบบ ปัญหาการสั่งหยุดการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแบบทวีคูณ และปัญหาการลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้าที่ไม่สอดคล้องกับค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด ซึ่งแสดงผลการทดสอบจากปัญหาดังกล่าวในบทที่ 4 ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาข้างต้น การออกแบบระบบจึงมีการพิจารณาถึงส่วนปรับเปลี่ยนขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบรายวัน ซึ่งเป็นส่วนที่พิจารณาต่อเนื่องจากส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน



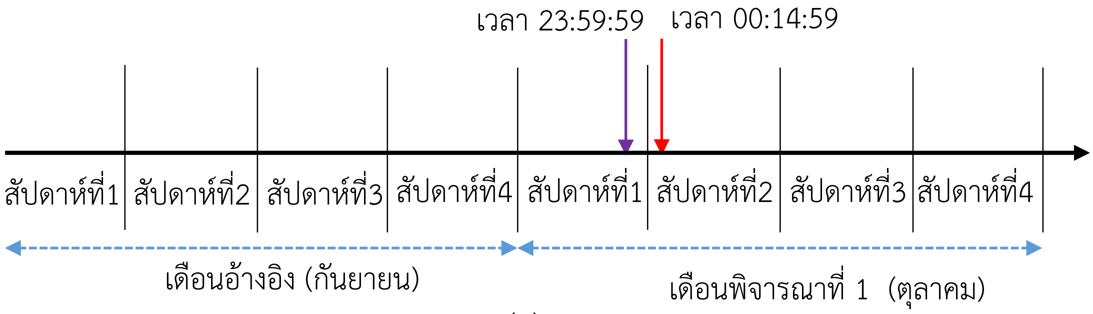
รูปที่ 3-21 การทำงานของส่วนปรับเปลี่ยนขีดจำกัดพลังงาน

3.10 ส่วนคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที

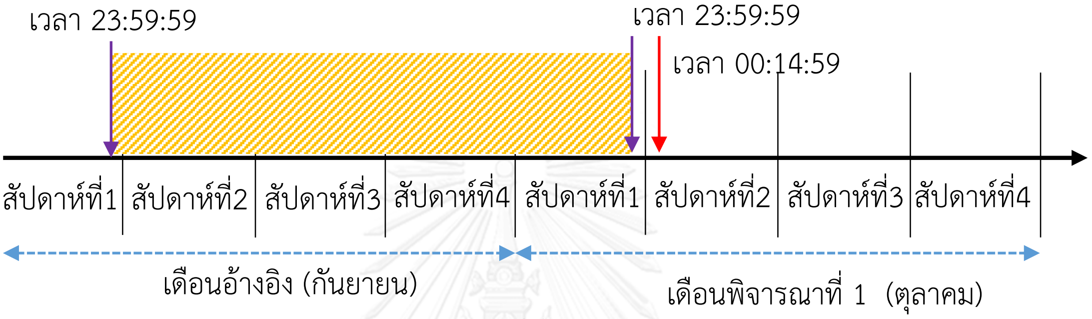
สำหรับส่วนคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที เพื่อให้ทราบถึงความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ล่วงหน้า 15 นาที งานวิจัยนี้จึงออกแบบให้มีการคาดการณ์ทุก ๆ 15 นาที และใช้วิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สาม ที่มีการคำนึงถึงแนวโน้มและฤดูกาลของข้อมูล และด้วยความสามารถของอุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของระบบ ทำให้ภายในฐานข้อมูลมีการเก็บค่าการใช้พลังงานของแต่ละเครื่องใช้ไฟฟ้าในรายอุปกรณ์ทุก ๆ 15 นาที จึงส่งผลให้การออกแบบส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที ได้คำนึงถึงการจัดเรียงข้อมูลการพยากรณ์ที่ให้ผลลัพธ์การพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุดและใช้เวลาในการดำเนินการน้อยที่สุด ดังนั้นการจัดเรียงข้อมูลในการพยากรณ์ในส่วนนี้จึงพิจารณาถึงพลังงานโดยรวมของทั้งบ้านทุก ๆ 15 นาที แทนการพิจารณาการพยากรณ์แบบรายอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า 15 ชิ้นซึ่งมีความซับซ้อน และใช้ระยะเวลาในการดำเนินการมากกว่าถึง 15 เท่า ซึ่งสามารถแสดงดังรูปที่ 3-22

รูปที่ 3-22 วิธีการพยากรณ์ที่คำนึงถึงพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของทั้งบ้านพักอาศัย

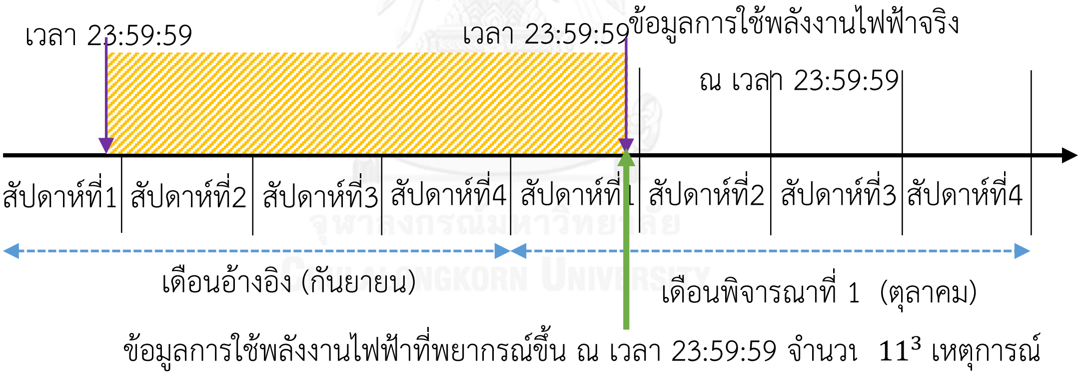
เมื่อคำนึงถึงการจัดเรียงข้อมูลในการพยากรณ์ที่พิจารณาพลังงานโดยรวมของทั้งทุก ๆ 15 นาที ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอันดับที่สาม ที่เกี่ยวข้องกับสมการคณิตศาสตร์ดังสมการที่ 2-2 ถึงสมการที่ 2-6 จะพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบมีความเกี่ยวข้องกับความแม่นยำในการพยากรณ์ ดังนั้นชุดค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบที่แตกต่างกันจะมีอิทธิพลต่อชุดข้อมูลการพยากรณ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงออกแบบขั้นตอนการหาความเหมาะสมของชุดค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบในแต่ละชุดข้อมูลการพยากรณ์ทุก ๆ 15 นาทีก่อนการพยากรณ์ทุก ๆ ครั้ง ดังรูปที่ 3-23 เป็นรูปแบบการหาความเหมาะสมของชุดค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบในแต่ละชุดข้อมูลการพยากรณ์ทุก ๆ 15 นาทีและการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าล่วงหน้า 15 นาที


เวลา 23:59:59
เวลา 00:14:59
สัปดาห์ที่1 สัปดาห์ที่2 สัปดาห์ที่3 สัปดาห์ที่4 สัปดาห์ที่1 สัปดาห์ที่2 สัปดาห์ที่3 สัปดาห์ที่4
เดือนอ้างอิง (กันยายน)
เดือนพิจารณาที่ 1 (ตุลาคม)

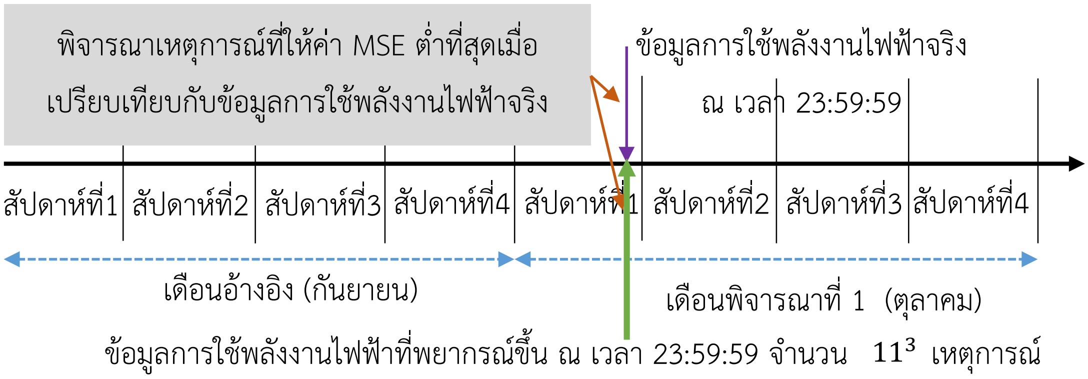
(ก)


เวลา 23:59:59
เวลา 23:59:59
เวลา 00:14:59
สัปดาห์ที่1 สัปดาห์ที่2 สัปดาห์ที่3 สัปดาห์ที่4 สัปดาห์ที่1 สัปดาห์ที่2 สัปดาห์ที่3 สัปดาห์ที่4
เดือนอ้างอิง (กันยายน)
เดือนพิจารณาที่ 1 (ตุลาคม)

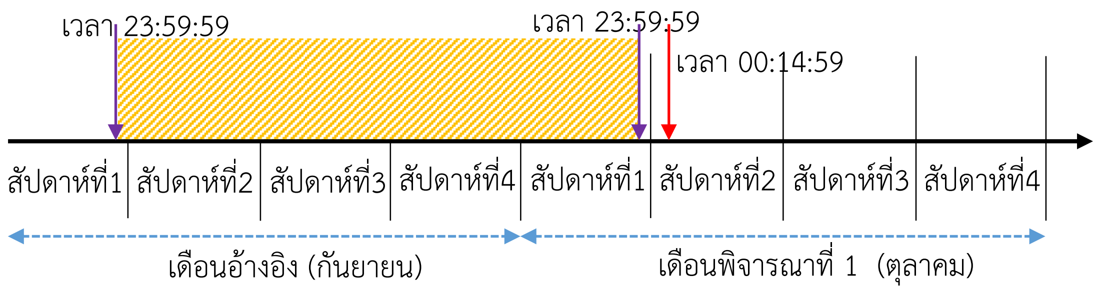
(ข)


เวลา 23:59:59
เวลา 23:59:59
ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง
ณ เวลา 23:59:59
สัปดาห์ที่1 สัปดาห์ที่2 สัปดาห์ที่3 สัปดาห์ที่4 สัปดาห์ที่1 สัปดาห์ที่2 สัปดาห์ที่3 สัปดาห์ที่4
เดือนอ้างอิง (กันยายน)
เดือนพิจารณาที่ 1 (ตุลาคม)
ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์ขึ้น ณ เวลา 23:59:59 จำนวน 11³ เหตุการณ์

(ค)


พิจารณาเหตุการณ์ที่ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดเมื่อ
เปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง
ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง
ณ เวลา 23:59:59
สัปดาห์ที่1 สัปดาห์ที่2 สัปดาห์ที่3 สัปดาห์ที่4 สัปดาห์ที่1 สัปดาห์ที่2 สัปดาห์ที่3 สัปดาห์ที่4
เดือนอ้างอิง (กันยายน)
เดือนพิจารณาที่ 1 (ตุลาคม)
ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์ขึ้น ณ เวลา 23:59:59 จำนวน 11³ เหตุการณ์

(ง)



(จ)

รูปที่ 3-23 รูปแบบวิธีการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที

จากรูปที่ 3-23 แสดงลำดับขั้นตอนการหาความเหมาะสมของชุดสัมประสิทธิ์ความเรียบ (α, β, γ) ที่เหมาะสมในแต่ละชุดข้อมูลการพยากรณ์ทุก ๆ 15 นาทีและการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าล่วงหน้า 15 นาทีโดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

รูปที่ 3-23 (ก): สมมติให้เวลาปัจจุบันคือ เวลา 23:59:59 และมีพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานของผู้ใช้ล่วงหน้า 15 นาทีที่เวลา 00:14:59 ซึ่งเป็นข้อมูลในอนาคตที่ยังไม่สามารถระบุค่าชัดเจนได้

รูปที่ 3-23 (ข): วิธีหาความเหมาะสมของชุดสัมประสิทธิ์ความเรียบในการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานของผู้ใช้ล่วงหน้า 15 นาทีที่เวลา 00:14:59 ซึ่งจะพิจาณาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลังที่เวลา 23:59:59 ของ 4 สัปดาห์ที่ผ่านมาจากเวลาปัจจุบัน หรือกล่าวได้ว่ามีขนาดกรอบการพิจารณาข้อมูลย้อนหลัง 4 สัปดาห์ เพื่อศึกษาดูแนวโน้มและฤดูกาลของข้อมูล

รูปที่ 3-23 (ค): เมื่อหาความเหมาะสมของชุดสัมประสิทธิ์ความเรียบในการพยากรณ์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เวลา 23:59:59 จะทำให้เกิดผลลัพธ์การพยากรณ์ 11^3 เหตุการณ์ที่เป็นไปได้ โดยการเปลี่ยนสัมประสิทธิ์ความเรียบทีละ 0.1 ซึ่งมีขอบเขตอยู่ที่ $0 \leq (\alpha, \beta, \gamma) \leq 1$

รูปที่ 3-23 (ง): พิจารณาผลลัพธ์การพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานใน 15 นาทีนั้นเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้พลังงานจริงที่เกิดขึ้น ณ เวลาเดียวกัน (ที่เวลา 23:59:59) โดยเลือกใช้ชุดตัวแปร (α, β, γ) จากเหตุการณ์ที่ให้ค่า MSE ต่ำสุด

รูปที่ 3-23 (จ): นำชุดสัมประสิทธิ์ความเรียบของเหตุการณ์ที่ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าล่วงหน้า 15 นาทีที่เวลา 00:14:59 ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลังประกอบการพิจารณาการใช้พลังงานย้อนหลังไปอีก 15 นาทีจากจุด

ที่ต้องการพยากรณ์คือที่เวลา 23:59:59 ย้อนหลังไป 4 สัปดาห์เพื่อศึกษาดูแนวโน้มและฤดูกาลของข้อมูลเช่นเดียวกัน

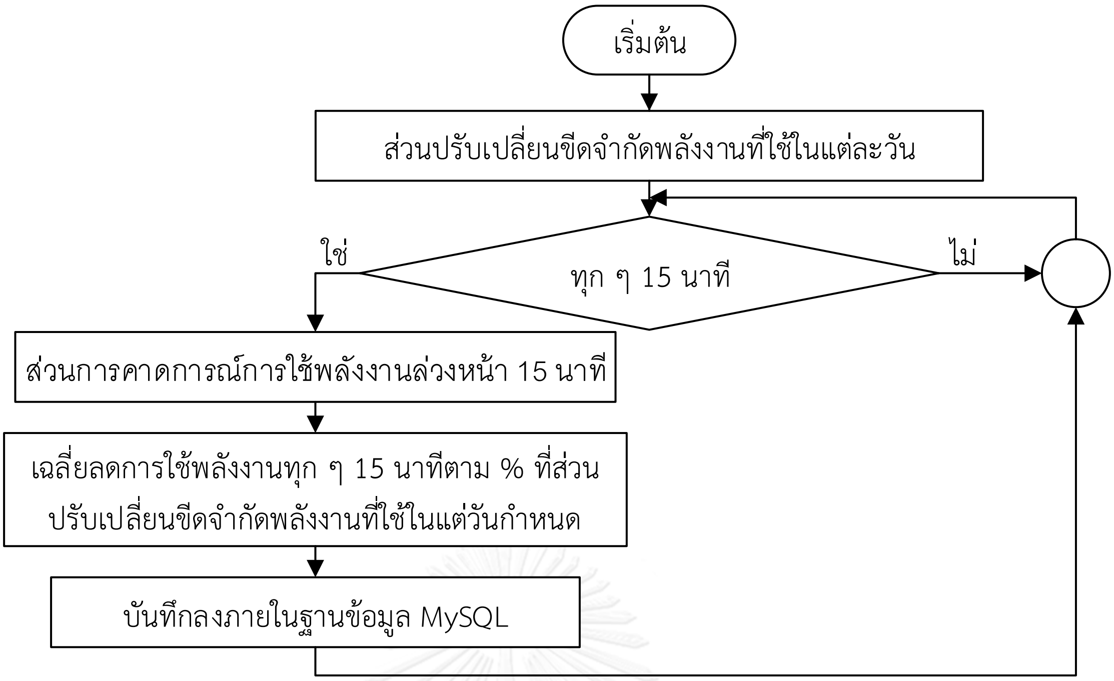
โดยรูปแบบการหาความเหมาะสมของชุดสัมประสิทธิ์ความเรียบในแต่ละชุดข้อมูลการพยากรณ์ทุก ๆ 15 นาที และการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าล่วงหน้า 15 นาทีที่กล่าวมาเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นทุก ๆ 15 นาทีและมีการเก็บค่าข้อมูลการพยากรณ์ลงฐานข้อมูล MySQL เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาในส่วนอื่น ๆ ต่อไปแสดงดังรูปที่ 3-24

Timestamp	old_watt	predicted_watt	target_watt
2016-10-03 19:44:59	293.373	81.6723	62.8776
2016-10-03 19:59:59	57.3811	468.631	360.788
2016-10-03 20:14:59	53.7705	59.0232	45.4405
2016-10-03 20:29:59	55.7623	52.758	40.6171
2016-10-03 20:44:59	69.5369	42.5901	32.7891
2016-10-03 20:59:59	222.725	59.5784	45.8679
2016-10-03 21:14:59	347.127	226.606	174.458
2016-10-03 21:29:59	417.594	512.19	394.323
2016-10-03 21:44:59	508.492	550.955	424.167
2016-10-03 21:59:59	505.246	791.948	609.701
2016-10-03 22:14:59	360.754	509.18	392.006
2016-10-03 22:29:59	356.307	254.557	195.977
2016-10-03 22:44:59	355.734	247.316	190.403
2016-10-03 22:59:59	281.135	375.191	288.851
2016-10-03 23:14:59	335.602	306.833	236.224
2016-10-03 23:29:59	330.615	282.624	217.585
2016-10-03 23:44:59	325.717	63.8491	49.1559
2016-10-03 23:59:59	325.143	148.703	114.483
2016-10-04 00:14:59	192.205	269.386	207.394

รูปที่ 3-24 ข้อมูลการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที

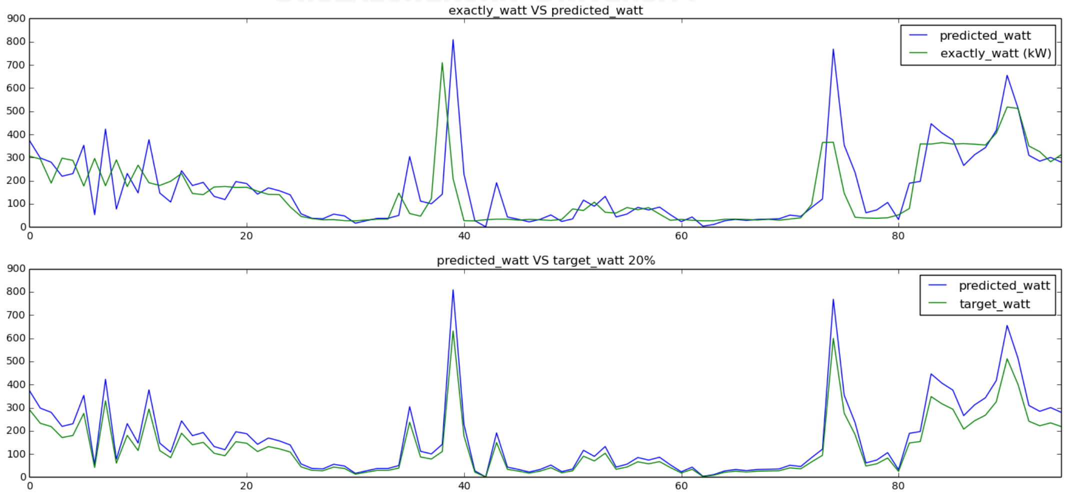
3.11 ส่วนกำหนดขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้

เนื่องจากภายในงานวิจัยฉบับนี้พิจารณาระบบโครงสร้างการจำหน่ายไฟฟ้าในลักษณะเดิมที่มีอยู่ มีการคิดค่าบริการไฟฟ้ารายเดือนในลักษณะอัตราคงที่ปกติ (ไม่พิจารณาถึงโครงสร้างการใช้พลังงานตามช่วงเวลา TOU) ดังนั้นการย้ายอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าไปทำงานในช่วงเวลาที่ราคาค่าไฟฟ้าต่ำ ย่อมไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน ระบบจึงออกแบบให้อัลกอริทึมสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติ เมื่อมีความต้องการใช้เกินพลังงานขีดจำกัดแทน โดยขั้นตอนการกำหนดขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้ในช่วงเวลา 15 นาทีจะพิจารณาจากค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้คาดหวังในเดือนต่อไปดังแสดงในรูปที่ 3-25



รูปที่ 3-25 ขั้นตอนการกำหนดขีดจำกัดพลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาที

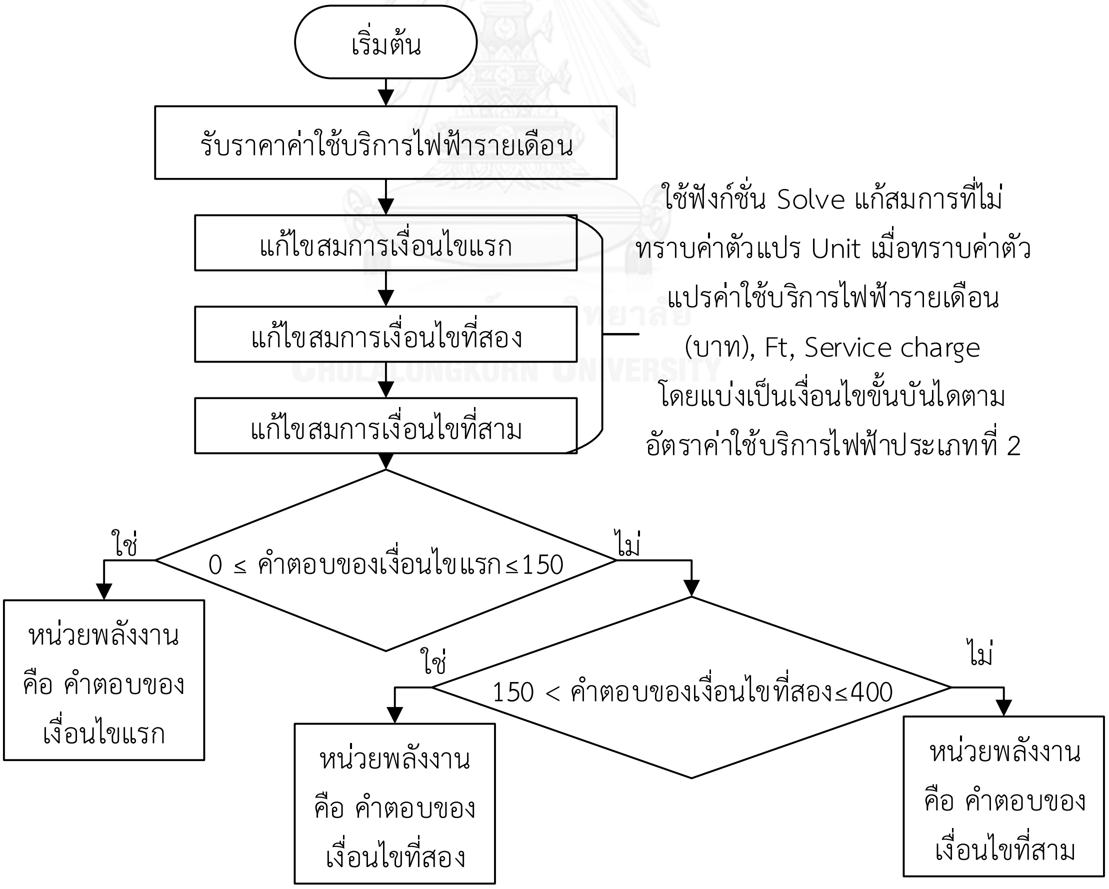
จากรูปที่ 3-25 การกำหนดขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้ใน 15 นาทีจะพิจารณาจากผลลัพธ์การคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานล่วงหน้า 15 นาทีมาเฉลี่ยลดลงตามเปอร์เซ็นต์ราคาที่ผู้ใช้คาดหวังดังแสดงในรูปที่ 3-26 พร้อมทั้งเก็บค่าขีดพลังงานที่จำกัดในทุก ๆ 15 นาทีลงในฐานข้อมูล MySQL ดังแสดงในรูปที่ 3-27 และมีวิธีขั้นตอนการแปลงจากราคาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่คาดหวังเป็นหน่วยพลังงานไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 3-28



รูปที่ 3-26 เปรียบเทียบการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ากับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงพร้อมทั้งการกำหนดขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้ใน 15 นาที

Timestamp	old_watt	predicted_watt	target_watt
2016-10-03 19:44:59	293.373	81.6723	62.8776
2016-10-03 19:59:59	57.3811	468.631	360.788
2016-10-03 20:14:59	53.7705	59.0232	45.4405
2016-10-03 20:29:59	55.7623	52.758	40.6171
2016-10-03 20:44:59	69.5369	42.5901	32.7891
2016-10-03 20:59:59	222.725	59.5784	45.8679
2016-10-03 21:14:59	347.127	226.606	174.458
2016-10-03 21:29:59	417.594	512.19	394.323
2016-10-03 21:44:59	508.492	550.955	424.167
2016-10-03 21:59:59	505.246	791.948	609.701
2016-10-03 22:14:59	360.754	509.18	392.006
2016-10-03 22:29:59	356.307	254.557	195.977
2016-10-03 22:44:59	355.734	247.316	190.403
2016-10-03 22:59:59	281.135	375.191	288.851
2016-10-03 23:14:59	335.602	306.833	236.224

รูปที่ 3-27 ข้อมูลขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้ใน 15 นาที



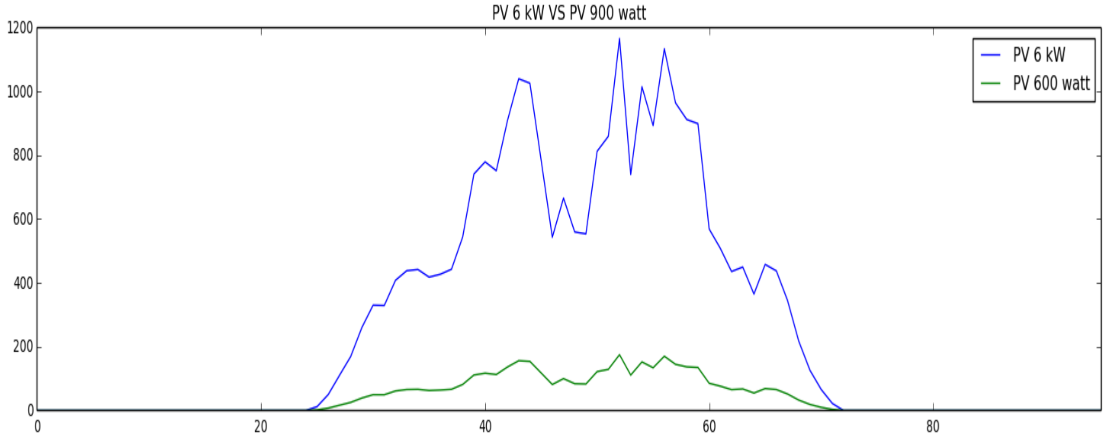
รูปที่ 3-28 แผนผังการแปลงราคาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่คาดหวังเป็นหน่วยพลังงานไฟฟ้า

3.12 ส่วนการจัดสรรการใช้พลังงานและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ

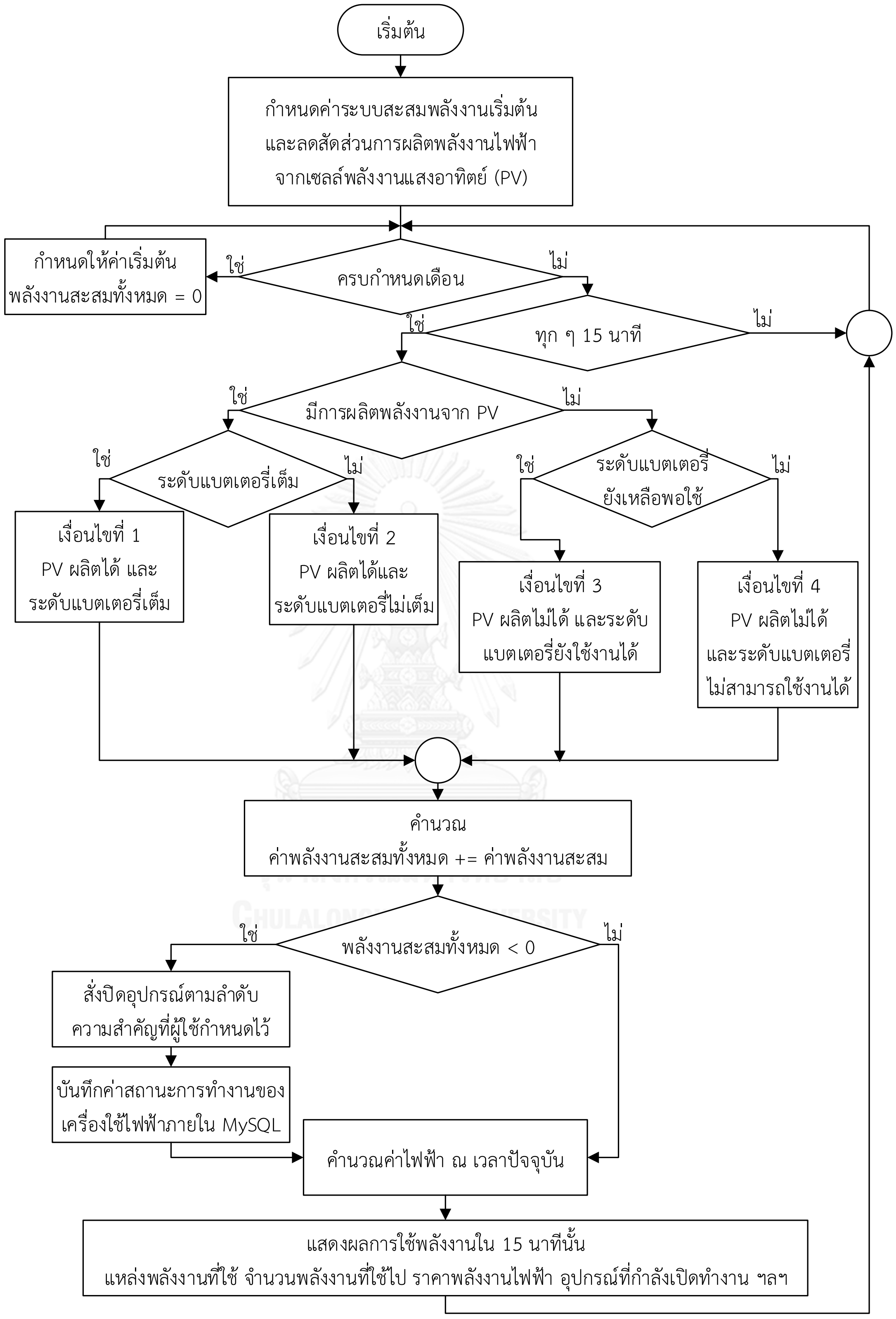
ในส่วนของการจัดสรรการใช้พลังงานในงานวิจัยนี้ เป็นกระบวนการจัดสรรพลังงานภายในบ้านเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยมีการพิจารณาแหล่งพลังงานทั้งหมด 3 แหล่ง คือ พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้าจากระบบสะสมพลังงาน (แบตเตอรี่) และพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า (Grid)

โดยอัลกอริทึมในส่วนการจัดสรรการใช้พลังงานจะเป็นส่วนที่ทำการจัดสรรแหล่งพลังงานการใช้งานภายในบ้านพักอาศัยทุก ๆ 15 นาที โดยคำนึงถึงส่วนต่าง ๆ เช่น ส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานในอนาคตล่วงหน้า 15 นาที ส่วนการกำหนดขีดจำกัดการใช้พลังงาน ส่วนการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญเป็นต้น

สำหรับข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกจัดเก็บภายใน MySQL มีขนาด 6 กิโลวัตต์ จึงมีการพิจารณาถึงการปรับสัดส่วนให้มีขนาดที่พอดีกับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัยลงมาที่ 900 วัตต์หรือ 6-7 เท่าของขนาดเดิมดังแสดงในรูปที่ 3-29 เนื่องจากมีการทดสอบการติดตั้งพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ขนาดต่าง ๆ (บทที่ 4) ทำให้ได้ข้อสรุปที่ว่า การติดตั้งแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ 900 วัตต์มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินที่เหมาะสมที่สุด (เมื่อบ้านไม่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า และขณะนั้นปริมาณพลังงานไฟฟ้าภายในระบบสะสมพลังงานเต็ม) ทำให้เกิดการใช้งานพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงาน ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และเมื่อเริ่มต้นทำงานอัลกอริทึมครั้งแรกได้ออกแบบให้ระบบสะสมพลังงานมีขนาดพลังงานสูงสุดที่ 2.9 กิโลวัตต์ มีความสามารถในการคายพลังงานที่ 80 % และประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานลงระบบสะสมพลังงานที่ 96%

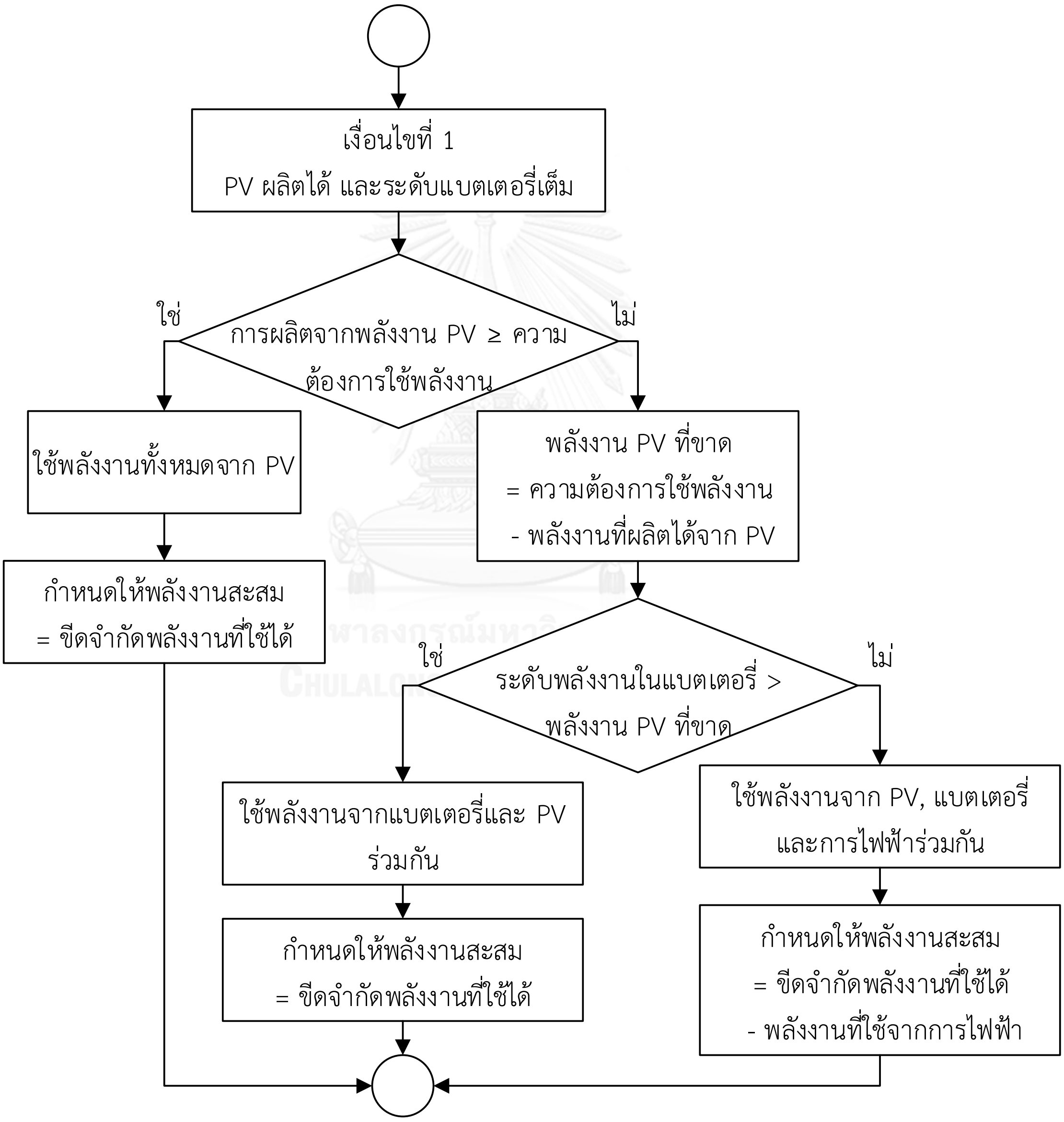


รูปที่ 3-29 การปรับสัดส่วนขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ 6 กิโลวัตต์เป็นขนาด 900 วัตต์



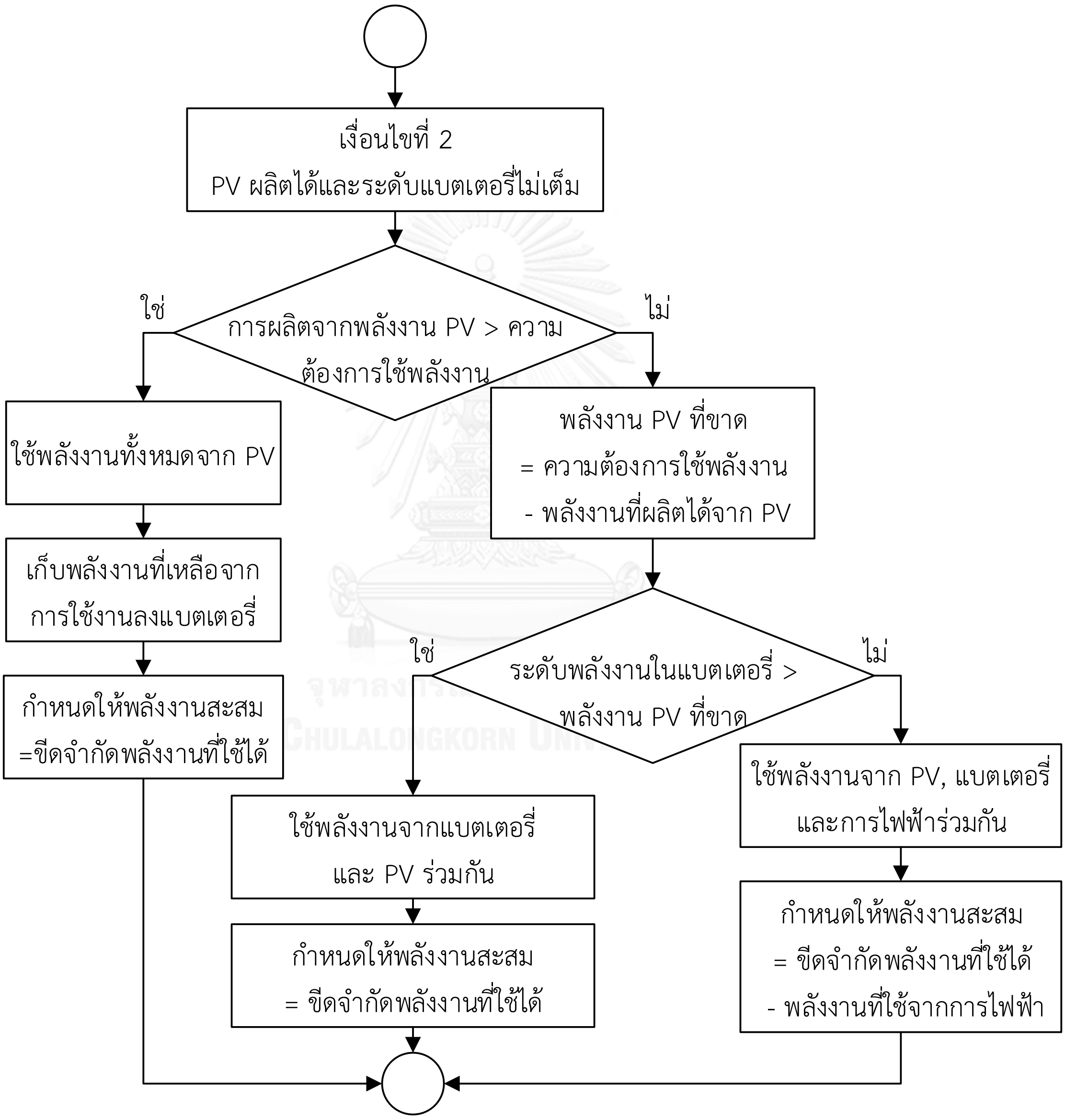
รูปที่ 3-30 แผนผังการทำงานของอัลกอริทึมในส่วนการจัดสรรการใช้พลังงาน

จากรูปที่ 3-30 จะพบว่าการทำงานของอัลกอริทึมในส่วนการจัดสรรการใช้พลังงานจะเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นทุก ๆ 15 นาที โดยพิจารณาที่ 15 นาทีใด ๆ มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์หรือไม่ เพื่อเป็นตัวแบ่งเงื่อนไขหลักก่อนการตรวจสอบปริมาณระดับพลังงานที่เหลือภายในระบบสะสมพลังงานซึ่งส่งผลให้เกิดเงื่อนไขย่อย ๆ 4 เงื่อนไขที่มีแผนผังการทำงานที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 3-31 เป็นแผนผังการทำงานของเงื่อนไขที่ 1 ณ เวลา 15 นาทีใด ๆ เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ และระดับพลังงานในแบตเตอรี่มีค่าสูงสุด

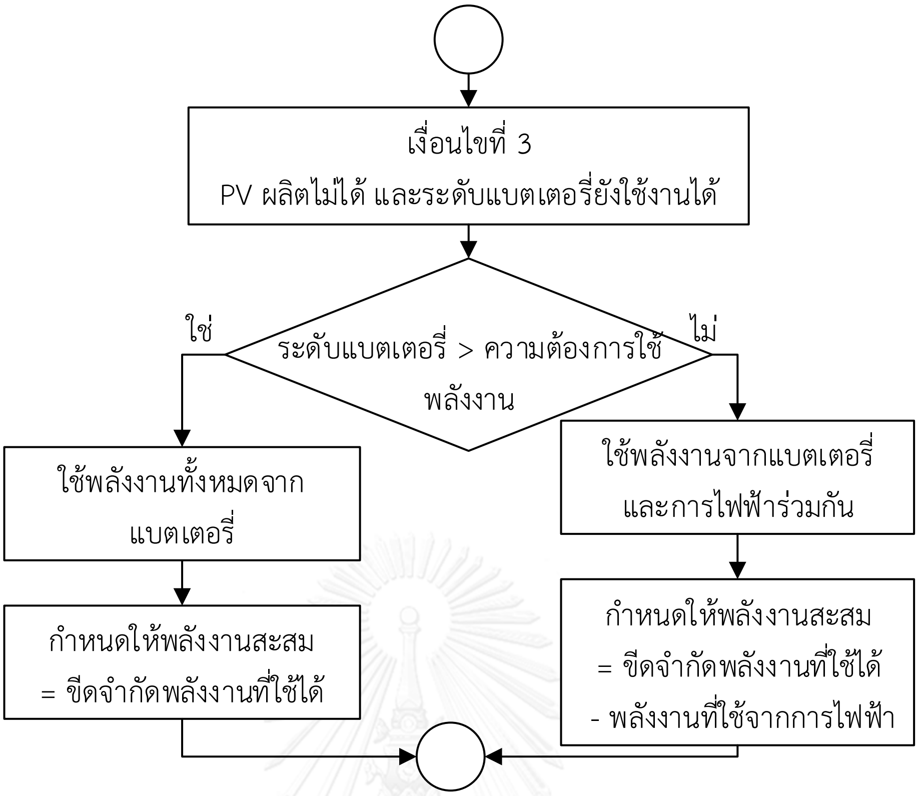


รูปที่ 3-31 แผนผังการทำงานของเงื่อนไขที่ 1

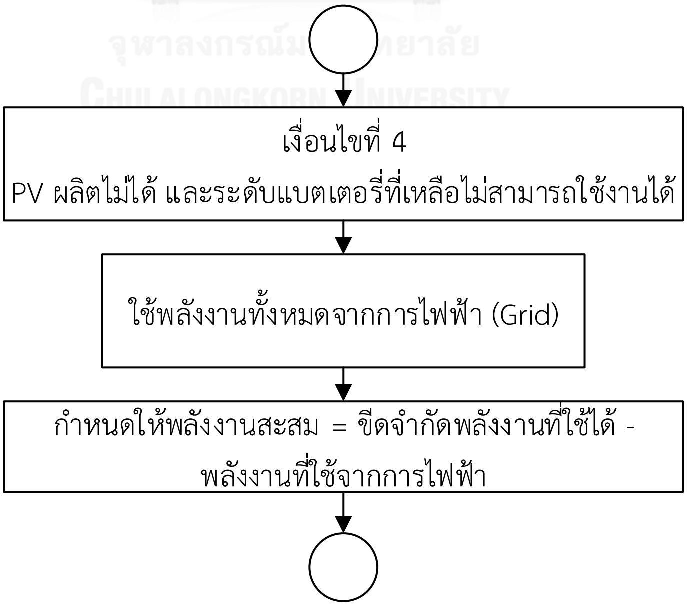
เงื่อนไขที่ 2 เป็นเงื่อนไขที่คำนึงถึง ความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ และระดับพลังงานในแบตเตอรี่ยังสามารถใช้งานในช่วงเวลา 15 นาทีที่กำลังพิจารณา สำหรับเงื่อนไขที่ 2 นี้จะมีกรณีการชาร์จประจุเก็บพลังงานจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตออกมาเกินความต้องการใช้ไฟฟ้า ณ ขณะนั้น เข้าแบตเตอรี่เพื่อเก็บพลังงานไว้ใช้ในงานในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้พลังงานสูง และเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตได้ดังแสดงในรูปที่ 3-32



รูปที่ 3-32 แผนผังการทำงานของเงื่อนไขที่ 2

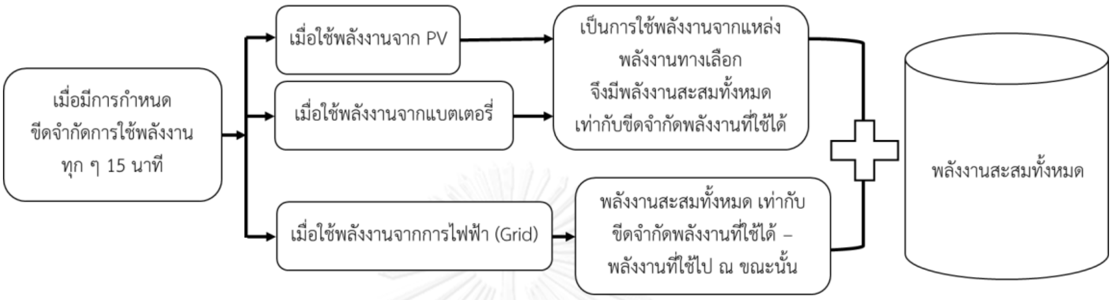


รูปที่ 3-33 แผนผังการทำงานของเงื่อนไขที่ 3



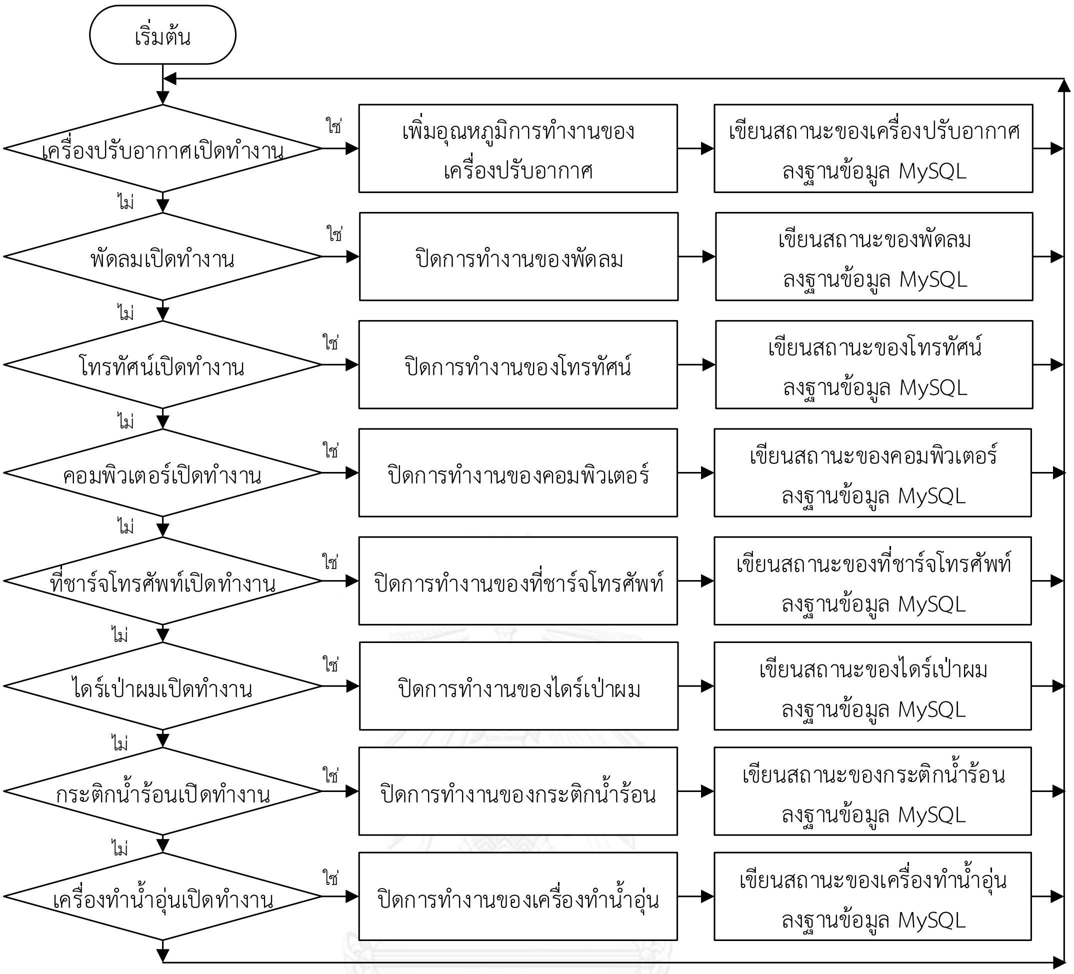
รูปที่ 3-34 แผนผังการทำงานของเงื่อนไขที่ 4

เงื่อนไขที่ 3 เป็นเงื่อนไขที่พิจารณาในช่วงที่เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ดังนั้นเงื่อนไขนี้จึงต้องพิจารณาถึงระดับปริมาณพลังงานที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่ที่สามารถใช้งานในช่วงเวลา 15 นาทีที่กำลังพิจารณาดังแสดงในรูปที่ 3-33 และสำหรับเงื่อนไขที่ 4 ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่พิจารณาในช่วงที่เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ อีกทั้งระดับปริมาณพลังงานที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ดังนั้นในเงื่อนไขนี้จึงเป็นการจัดสรรพลังงานการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าเท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 3-34



รูปที่ 3-35 วิธีการกำหนดพลังงานสะสม

เมื่อพิจารณาเงื่อนไขทั้ง 4 ในการเลือกใช้แหล่งพลังงานในรูปที่ 3-31 ถึงรูปที่ 3-34 จะพบว่าทุก ๆ เงื่อนไข มีการกำหนดพลังงานสะสมในขั้นตอนสุดท้ายดังแสดงในรูปที่ 3-35 เนื่องจากก่อนเข้ากระบวนการจัดสรรพลังงานจะมีกระบวนการกำหนดขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้ทุก ๆ 15 นาที ดังนั้นเมื่อเข้าสู่กระบวนการเลือกแหล่งพลังงานสำหรับการใช้งาน และพบว่ามีการเลือกใช้พลังงานจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และหรือ พลังงานที่สะสมอยู่ในแบตเตอรี่ ซึ่งหมายความว่าช่วงเวลาที่ใช้พลังงานทางเลือกนั้น ระบบจะไม่นำหน่วยพลังงานที่ใช้อยู่มาคิดเป็นค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน ทำให้หน่วยพลังงานที่ใช้จากพลังงานทางเลือกในช่วงเวลานั้น ๆ สามารถนำไปทดแทนการใช้งานในช่วงที่มีความต้องการสูง และผู้ใช้จำเป็นต้องใช้พลังงานจากการไฟฟ้า ดังนั้นค่าพลังงานขีดจำกัดที่ใช้ได้ในช่วงเวลาที่ใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานทางเลือก ไม่ได้ใช้จากการไฟฟ้า ระบบจึงจัดเก็บค่าขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้ในช่วงนั้นลงพลังงานสะสมทั้งหมด ดังนั้นยิ่งพลังงานสะสมทั้งหมดมีค่ามากจะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้พลังงานจากการไฟฟ้าได้มากขึ้น และระบบไม่สั่งปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในทันที แต่เมื่อมีการใช้พลังงานจากการไฟฟ้า หน่วยพลังงานที่ใช้จากการไฟฟ้าทั้งหมดจะถูกนำไปคิดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน การคิดพลังงานสะสมทั้งหมดจึงทำได้โดยการนำขีดจำกัดพลังงานที่ใช้ได้ ลบด้วยค่าพลังงานที่ใช้ไป ณ ขณะนั้น ดังนั้นเมื่อพลังงานสะสมทั้งหมดมีค่าเป็นบวก ระบบจะยังคงให้ผู้ใช้ใช้งานได้ตามปกติ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพลังงานสะสมทั้งหมดมีค่าเป็นลบ แสดงว่าผู้ใช้ใช้พลังงานเกินขีดจำกัด และปริมาณค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนอาจเพิ่มสูงขึ้นกว่าที่ผู้ใช้คาดหวัง อัลกอริทึมจึงทำการสั่งปิดอุปกรณ์ตามลำดับความสำคัญที่ใช้กำหนดขึ้นมาดังแสดงในรูปที่ 3-36 และรูปที่ 3-37



รูปที่ 3-36 แผงผังการสั่งปิดอุปกรณ์ตามลำดับความสำคัญที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด

Timestamp	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12	s13	s14	s15
2016-10-01 20:15:17	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
2016-10-01 20:21:06	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
2016-10-01 20:30:01	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
2016-10-01 20:38:55	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
2016-10-01 20:44:59	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
2016-10-01 20:49:22	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2016-10-01 20:54:40	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2016-10-01 21:02:05	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2016-10-01 21:06:57	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2016-10-01 21:11:11	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 3-37 การบันทึกค่าสถานการณ์ทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าลงฐานข้อมูล MySQL

บทที่ 4
การทดสอบ

4.1 การหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานที่จำลองขึ้นมาทั้งหมด 7 เดือน

เนื่องจากการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า มีการเก็บค่ากำลังไฟฟ้ารายอุปกรณ์ของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 15 ชิ้นลงภายในฐานข้อมูล MySQL และใช้รูปแบบการใช้กำลังไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้ามาเป็นโครงสร้างในการจำลองข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทุก ๆ 15 นาที ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนที่จำลองขึ้นมา เพื่อสามารถนำความสัมพันธ์เหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้านอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

<u>วัตถุประสงค์การทดสอบ</u> ต้องการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดที่จำลองขึ้นมาภายในระบบการทดสอบ

<u>เครื่องมือในการทดสอบ</u> 1) ชุดข้อมูลการใช้พลังงานของผู้ใช้ทั้งหมด 7 เดือน
2) คำสั่งสำเร็จรูป pandas ในโปรแกรม Python
3) คำสั่งการหาสหสัมพันธ์ (Correlation)

ตัวอย่างคำสั่งสำเร็จรูป:

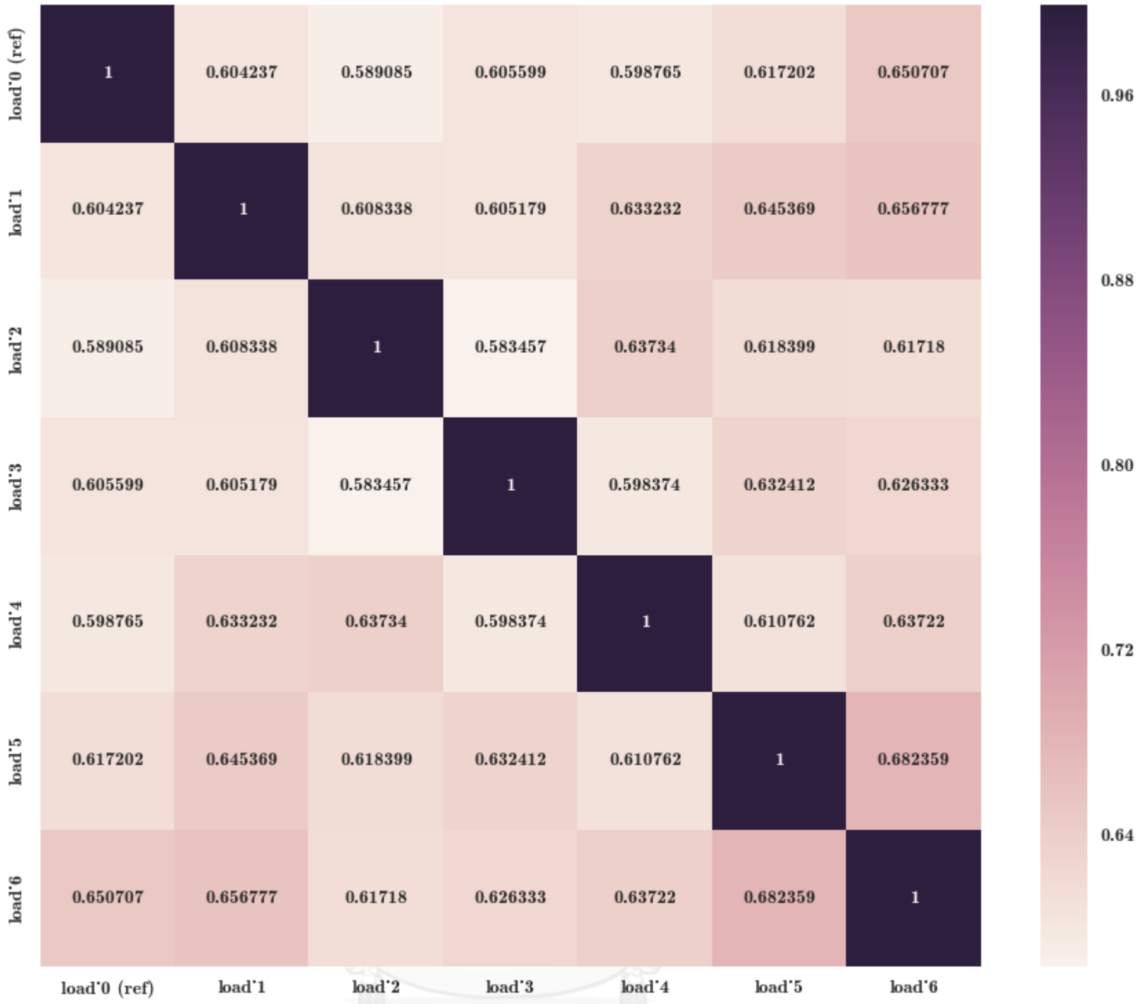
```
sns.heatmap(result.corr(), annot=True
```

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1) นำชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้จำนวน 7 เดือนมาหาค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูล (Correlation) ด้วยฟังก์ชันสำเร็จรูป pandas ในโปรแกรม Python
2) แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยรูปแบบแผนภูมิความร้อน (heatmap)

<u>ผลการทดสอบ</u>

จากรูปที่ 4-1 จะพบว่าการจำลองข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวน 7 เดือนที่จำลองขึ้นมามีค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.6109325 ซึ่งหมายความว่าข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเหล่านั้นมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในระดับปานกลาง ดังนั้นการออกแบบอัลกอริทึมและหรือ การทดสอบอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลในเดือนอ้างอิง (เดือนแรก) สามารถอนุมานได้ว่าการนำอัลกอริทึมไปใช้งานกับข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ในเดือนอื่น ๆ ผลลัพธ์ของการใช้งานจะเป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับผลลัพธ์ของการทดสอบด้วยข้อมูลในเดือนอ้างอิง



รูปที่ 4-1 สหสัมพันธ์ของข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทั้ง 7 เดือน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2 การทดสอบฟังก์ชันแปลงหน่วยพลังงาน (kW) และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน (บาท)

การทดสอบฟังก์ชันการแปลงระหว่างหน่วยพลังงาน (kW) และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน (บาท) เป็นการทดสอบความถูกต้องของฟังก์ชันการแปลงหน่วยพลังงานเป็นค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน หรือ การแปลงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนเป็นหน่วยพลังงาน เพื่อหาความถูกต้องของผลลัพธ์จากฟังก์ชันการแปลง เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า

<u>วัตถุประสงค์การทดสอบ</u> ต้องการทราบประสิทธิภาพและความถูกต้องของฟังก์ชันการแปลงระหว่างหน่วยพลังงาน (kW) และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน (บาท)

<u>เครื่องมือในการทดสอบ</u> 1) ฟังก์ชันการแปลงหน่วยพลังงานเป็นค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน

2) ฟังก์ชันการแปลงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนเป็นหน่วยพลังงาน

3) ใบเสร็จค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนฉบับจริงย้อนหลัง 1 ปี

วิธีการทดสอบ 1) ตรวจสอบฟังก์ชันการแปลงหน่วยพลังงานเป็นค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน โดยกรอกหน่วยพลังงานที่ใช้ในใบเสร็จค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนฉบับจริง เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านหน่วยราคา

2) ตรวจสอบฟังก์ชันการแปลงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนเป็นหน่วยพลังงาน โดยกรอกราคาสุทธิจากใบเสร็จค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนฉบับจริง เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านหน่วยพลังงาน

ผลการทดสอบ

จากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานทั้ง 2 รูปแบบ คือ ฟังก์ชันการแปลงหน่วยพลังงานเป็นค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน และฟังก์ชันการแปลงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนเป็นหน่วยพลังงาน ด้วยใบเสร็จค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนฉบับจริงย้อนหลัง 1 ปี หรือ 12 เดือนการทดสอบ ผลลัพธ์การแปลงให้ความแม่นยำถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 2 ทั้งหมด 12 ครั้งของการพิจาณาฟังก์ชันทั้ง 2 รูปแบบ ซึ่งคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ของความถูกต้อง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ส่วนของฟังก์ชันการแปลงพลังงานระหว่างหน่วยพลังงานและค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นส่วนหนึ่งของอัลกอริทึมหลักได้

4.3 การทดสอบวิธีการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที

การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นระบบการจัดการและควบคุมการใช้พลังงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งจำเป็นต้องมีการพิจารณาถึงปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ล่วงหน้า เพื่อเป็นการวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างถูกต้อง ดังนั้นการหารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบราย 15 นาที ด้วยข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ที่มี เพื่อหาเทคนิควิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่าความผิดพลาดของผลลัพธ์การพยากรณ์ต่ำที่สุด

วัตถุประสงค์การทดสอบ หารูปแบบการพยากรณ์ที่ให้ค่าความผิดพลาดของผลลัพธ์การพยากรณ์ต่ำที่สุด ด้วยวิธีการพยากรณ์แบบ Holt-Winter Exponential Smoothing method ที่พิจารณาในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์

เครื่องมือในการทดสอบ 1) ชุดข้อมูลการใช้พลังงานของผู้ใช้ 2 เดือน

1.1) ชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ 1 เดือนแรก เป็นข้อมูลที่อ้างอิงถึงแนวโน้ม และฤดูกาลของข้อมูล

1.2) ชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้เดือนที่ 2 เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดกับผลลัพธ์ของการพยากรณ์

2) ฟังก์ชันการพยากรณ์ Holt-Winter Exponential Smoothing method

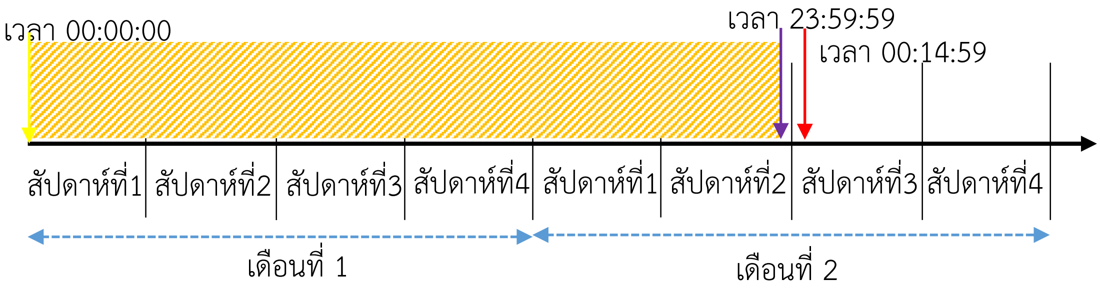
3) ฟังก์ชันการคำนวณค่าผิดพลาดการพยากรณ์ด้วยสมการ MAPE, MSE

4) โปรแกรม H-TOP สำหรับตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของหน่วยประมวลผล

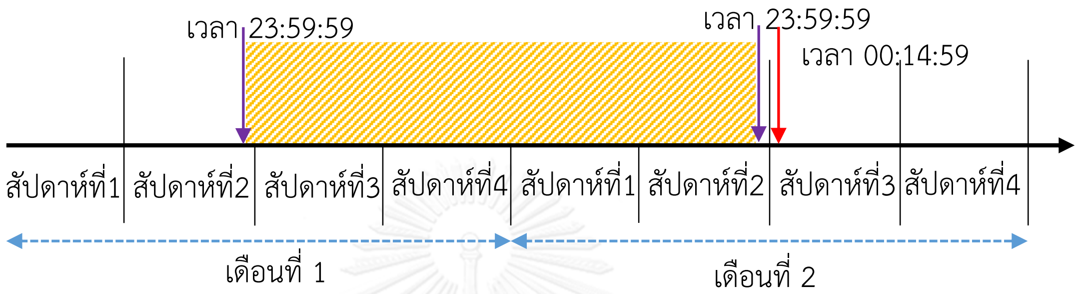
<u>วิธีการทดสอบ</u>

1) นำชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้จำนวน 2 เดือนหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (Correlation) ด้วยฟังก์ชันสำเร็จรูป
2) ทดสอบฟังก์ชันการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winter Exponential Smoothing method โดยพิจารณารูปแบบการพยากรณ์ออกเป็น 2 รูปแบบคือ ลักษณะการขยายหน้าต่าง (Expanding window) และลักษณะการเลื่อนหน้าต่าง (Moving window) ขนาดคาบละ 4 สัปดาห์ย้อนหลัง โดยนำชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ 1 เดือนเป็นข้อมูลอ้างอิงในการพิจาณาถึงแนวโน้มและฤดูกาลของข้อมูล
3) พิจารณาค่าความผิดพลาดของรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้เดือนที่ 2 ด้วยวิธีการ Mean Absolute Percent Error (MAPE), Root Mean Square Error (RMSE)
4) แสดงแผนภูมิภาพเปรียบเทียบ
5) พิจารณาความเร็วและประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของหน่วยประมวลผล
   - รูปแบบการพยากรณ์แบบที่ 1: ลักษณะการขยายหน้าต่าง (Expanding window) ดังรูปที่ 4-2 (ก)
   - รูปแบบการพยากรณ์แบบที่ 2: ลักษณะการเลื่อนหน้าต่าง (Moving window) ขนาดคาบละ 4 สัปดาห์ย้อนหลังดังรูปที่ 4-2 (ข)

จากรูปที่ 4-2 จะพบว่ารูปแบบการพยากรณ์ทั้งสองรูปแบบจะมีขนาดหน้าต่างที่ต่างกัน นั่นคือ รูปแบบการพยากรณ์ที่ 1 (รูปที่ 4-2 (ก)) เป็นรูปแบบที่มีการพิจารณาข้อมูลในอดีตทั้งหมด กล่าวคือ ขนาดของหน้าต่างใหญ่ขึ้นตามข้อมูลการใช้พลังงานใหม่ที่เข้ามา ซึ่งต่างจากรูปแบบการพยากรณ์ที่ 2 (รูปที่ 4-2 (ข)) จะเป็นรูปแบบที่มีการพิจารณาข้อมูลในอดีต 4 สัปดาห์ย้อนหลัง กล่าวคือ ข้อมูลในอดีตที่ย้อนหลังมากกว่า 4 สัปดาห์จะไม่ส่งผลต่อการพยากรณ์ใด ๆ เนื่องจากขนาดของกรอบการพิจารณาข้อมูลมีขนาด 4 สัปดาห์จำกัดตลอดทุก ๆ การพยากรณ์



(ก)



(ข)

รูปที่ 4-2 ความแตกต่างของรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบ

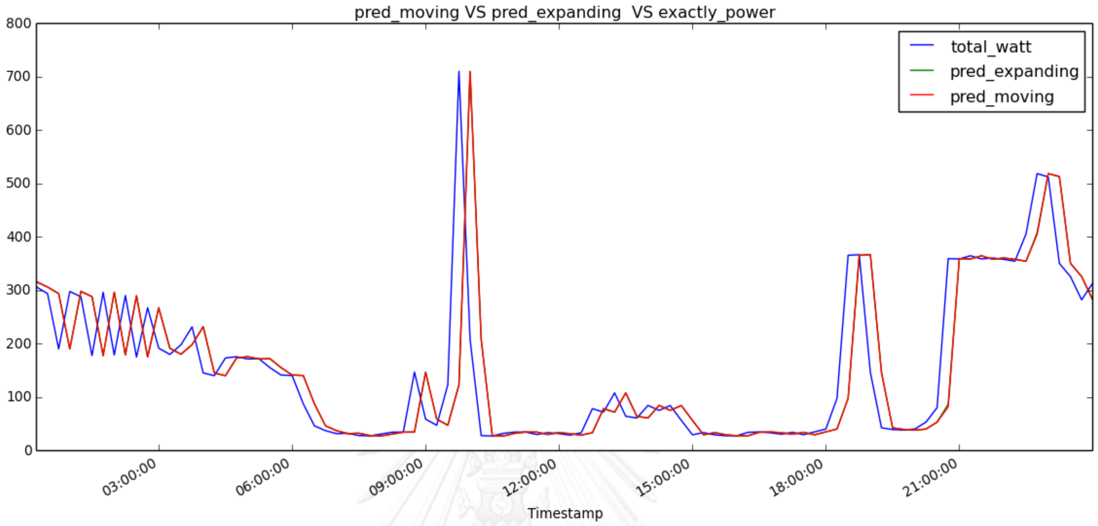
ผลการทดสอบ

เมื่อพิจารณาหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (Correlation) ของชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทั้ง 2 เดือน (พิจารณาที่เดือนละ 30 วัน) มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ที่ 0.604237 และจากการทดสอบหารูปแบบการพยากรณ์ที่ให้ค่าความผิดพลาดของผลลัพธ์การพยากรณ์ที่ต่ำสุด สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4-1 โดยแบ่งการพิจารณาค่าความผิดพลาดแบบทีละข้อมูล และแบบข้อมูลทั้งหมดสำหรับการหาค่า MAPE, RMSE

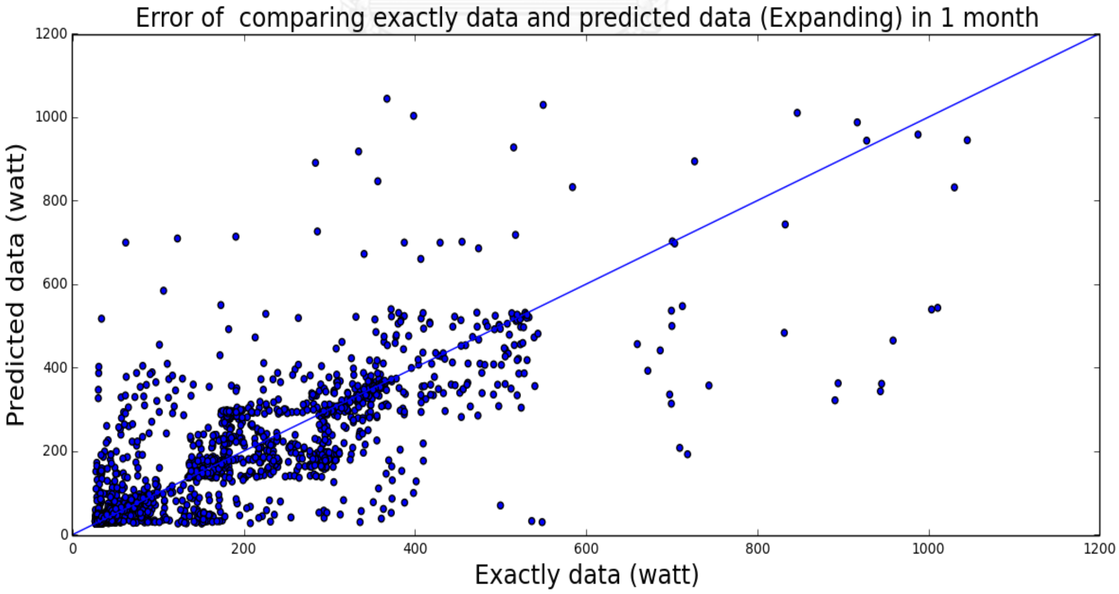
ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบความการพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบ

รูปแบบ	ประเภทข้อมูล	การขยายหน้าต่าง	การเลื่อนหน้าต่าง
MAPE	ทีละข้อมูล	29.10%	29.13%
	ข้อมูลทั้งหมด	0.001%	0.03%
RMSE	ทีละข้อมูล	81.90	81.89
	ข้อมูลทั้งหมด	2.13	126.29

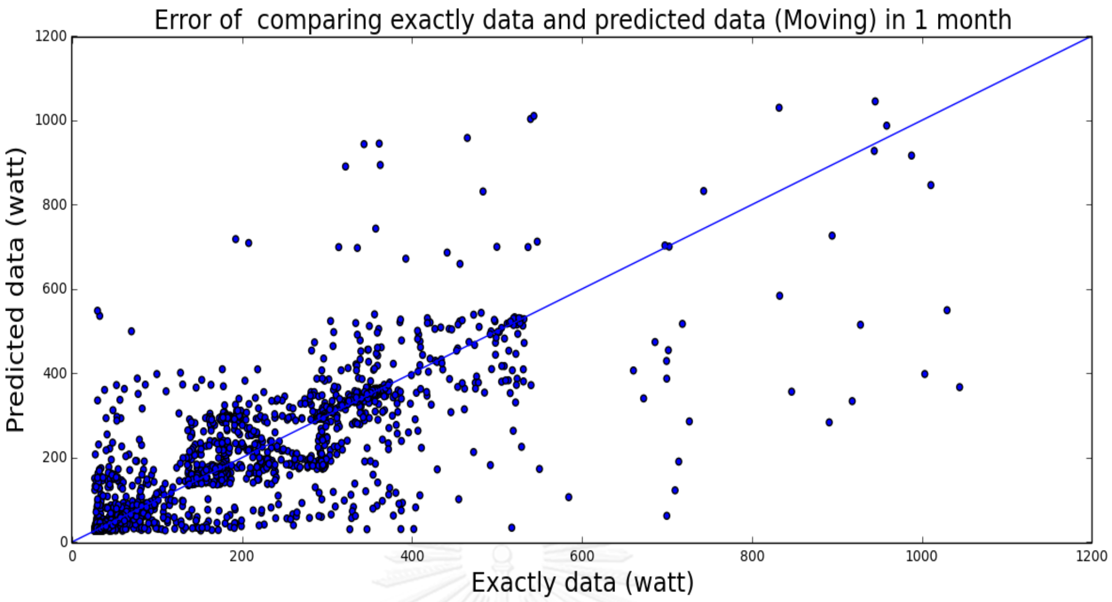
และเมื่อแสดงเป็นแผนภาพเปรียบเทียบชุดข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์แบบการขยายหน้าต่าง และแบบการเลื่อนหน้าต่างกับชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้จริง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4-3 และแสดงแผนภูมิความผิดพลาดระหว่างข้อมูลจริงเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบที่แสดงดังรูปที่ 4-4 และ รูปที่ 4-5



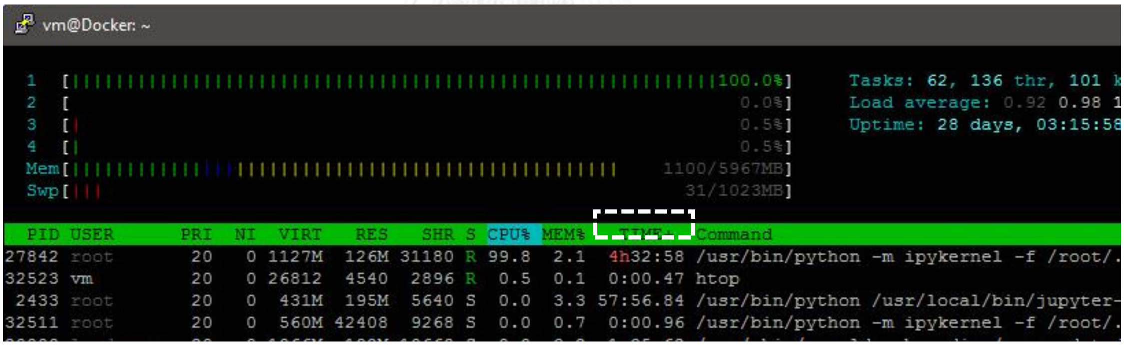
รูปที่ 4-3 ข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง และผลลัพธ์การพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบ



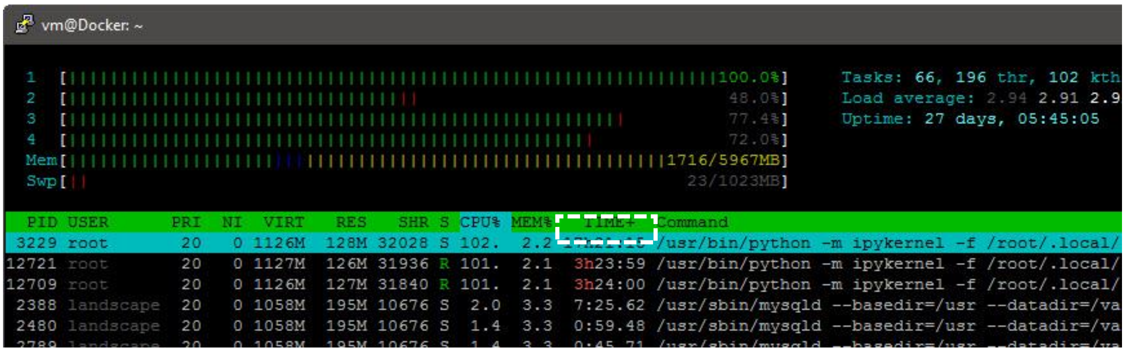
รูปที่ 4-4 ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง และผลลัพธ์การพยากรณ์รูปแบบที่ 1 การขยายหน้าต่าง



รูปที่ 4-5 ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง และผลลัพธ์การพยากรณ์รูปแบบที่ 2 การเลื่อนหน้าต่าง



รูปที่ 4-6 ความเร็วและประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของหน่วยประมวลผลจากการพยากรณ์แบบที่ 1



รูปที่ 4-7 ความเร็วและประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของหน่วยประมวลผลจากการพยากรณ์แบบที่ 2

สำหรับการพิจารณาความเร็วและประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของหน่วยประมวลผลของแต่ละรูปแบบการพยากรณ์จากรูปที่ 4-6 และรูปที่ 4-7 พบว่าการพยากรณ์ด้วยรูปแบบการเลื่อนหน้าต่างมีความเร็วในกระบวนการพยากรณ์มากกว่าการพยากรณ์ด้วยรูปแบบการขยายหน้าต่าง 1.34 เท่า เมื่อพิจารณาและทดสอบชุดข้อมูลพยากรณ์ที่ 30 วัน และด้วยรูปแบบการพยากรณ์แบบการขยายหน้าต่างมีแนวโน้มที่จะใช้เวลาสำหรับการพยากรณ์เพิ่มขึ้นในลักษณะเลขชี้กำลัง (exponential) เมื่อข้อมูลการพยากรณ์มีขนาดเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด อาจจำเป็นต้องพิจารณาถึงความเร็วและประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของหน่วยประมวลผลสำหรับขั้นตอนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมา

<u>สรุปการทดสอบ</u>

ในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้วิธีการพยากรณ์รูปแบบการเลื่อนหน้าต่าง เนื่องจากใช้เวลาในกระบวนการพยากรณ์ที่เร็วกว่า และผลลัพธ์ของการพยากรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการขยายหน้าต่างมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่ส่งผลถึงประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมที่พัฒนา

4.4 การทดสอบหาขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และระบบสะสมพลังงานที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาถึงระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้านที่ไม่มีแหล่งพลังงานทางเลือกมารองรับการใช้งาน การคิดค่าบริการไฟฟ้ารายเดือนจึงถูกคำนวณตามหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง เนื่องจากไม่มีแหล่งพลังงานทางเลือกอื่น ๆ มารองรับ และแทนที่การใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ดังนั้นการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน และเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้พลังงานภายในบ้าน จึงมีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานจากการไฟฟ้า และลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน โดยการศึกษาหาขนาดการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน และเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม สำหรับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านที่มีค่าบริการไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยประมาณ 1,500 บาท และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางคืนสูงกว่าในช่วงเวลากลางวัน

<u>วัตถุประสงค์การทดสอบ</u> เพื่อหาขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการติดตั้งที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ที่มี

<u>เครื่องมือในการทดสอบ</u>
1) ชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ 1 เดือน
2) ฟังก์ชันการจัดสรรพลังงานที่ไม่มีส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1) นำชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้เข้าฟังก์ชันการจัดสรรพลังงานที่ไม่มีส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ โดยกำหนดให้ระดับปริมาณพลังงานของระบบสะสมพลังงานเต็มขีดสูงสุดที่ 2.9 กิโลวัตต์เมื่อเริ่มต้นฟังก์ชัน และมีความสามารถในการคายพลังงานที่ 80 % และประสิทธิภาพในการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงระบบสะสมพลังงานที่ 96 %
2) กำหนดขนาดโมดูลพื้นฐานของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์1 แผงที่ 300 วัตต์ ภายในฟังก์ชันการจัดสรรพลังงานที่ไม่มีส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ และเปลี่ยนแปลงจำนวนแผงการทดสอบที่จำนวน 2-4 แผงสำหรับการทดสอบในแต่ละครั้ง
3) พิจารณาหน่วยพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินที่เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ ในช่วงที่มีผู้ใช้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ และระดับพลังงานภายในระบบสะสมพลังงานเต็มขีดสูงสุด
4) บันทึกผลการทดสอบแต่ละครั้งแสดงผลเป็นตาราง และแผนภูมิภาพเปรียบเทียบ

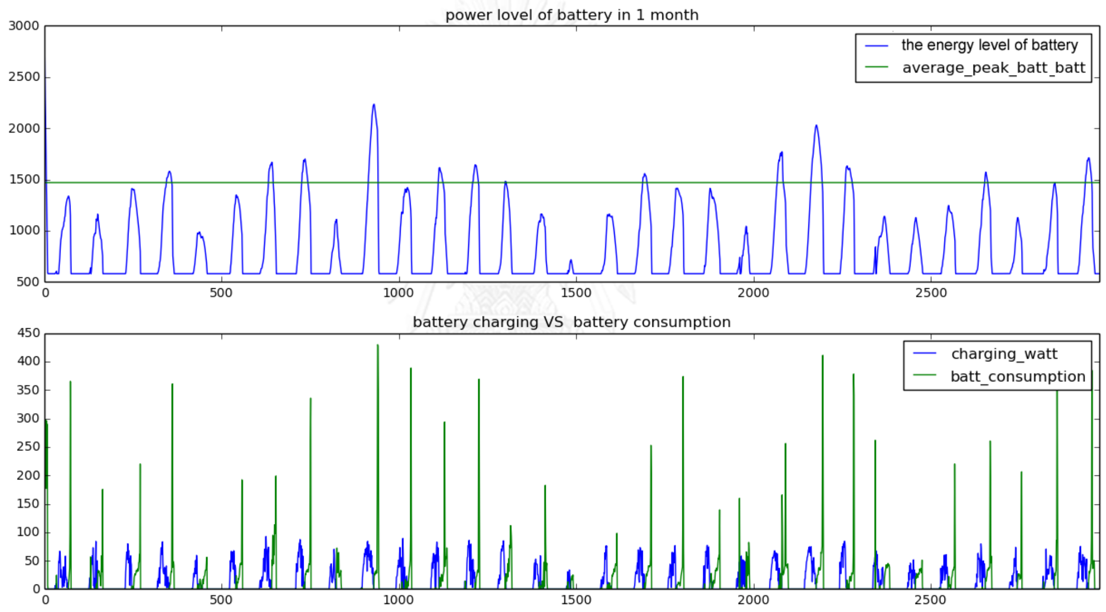
<u>ผลการทดสอบ</u>

เมื่อพิจารณาข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเดือนทดสอบ (เดือนตุลาคม) มีค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนอยู่ที่ 1595.63 บาท หรือ คิดเป็น 383.11 กิโลวัตต์ชั่วโมง (หน่วย) เมื่อยังไม่พิจารณาถึงแหล่งพลังงานทางเลือกภายในบ้าน สำหรับผลการทดสอบฟังก์ชันการจัดสรรพลังงานที่ไม่มีส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ ที่มีการกำหนดขนาดของระบบสะสมพลังงานที่ 2.9 กิโลวัตต์ และเปลี่ยนแปลงจำนวนแผงของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ 600, 900, 1200 วัตต์ในแต่ละการทดสอบสามารถแสดงได้ดังตาราง 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการทดสอบขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์

เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์	**600 วัตต์**	**900 วัตต์**	**1200 วัตต์**
จำนวนพลังงานที่ใช้ทั้งหมด	1595.63 บาท หรือ 383.11 กิโลวัตต์ชั่วโมง		
ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน (บาท)	1305.8	1173.61	1093.24
หน่วยพลังงานที่ใช้จากการไฟฟ้า (kWh)	318.22	288.61	270.62
หน่วยพลังงานที่ใช้จาก PV (kWh)	35.45	39.52	42.27
หน่วยพลังงานที่ใช้จากแบตเตอรี่ (kWh)	29.44	54.97	70.22
หน่วยพลังงานที่ PV ผลิตทั้งหมด (kWh)	63.66	95.49	127.32
หน่วยพลังงานส่วนเกินที่ PV ผลิต (kWh)	0.00	1.21	14.43

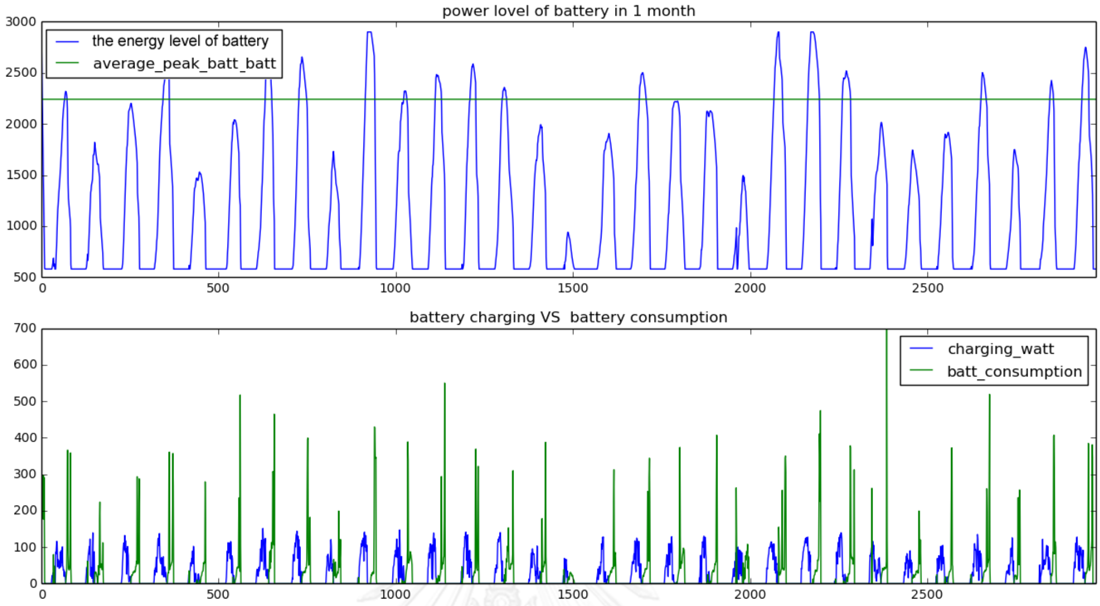
จากตารางที่ 4-2 พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ โดยการเพิ่มจำนวนแผงทีละหนึ่งแผง จะส่งผลให้หน่วยพลังงานที่ใช้จากการไฟฟ้า และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนลดลง เนื่องจากมีความสามารถในการใช้พลังงานจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงานได้มากขึ้น แต่เมื่อมีการเพิ่มขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ไปที่ระดับหนึ่ง (1200 วัตต์) จะทำให้เกิดหน่วยพลังงานส่วนเกินที่เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้เกินความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ และหน่วยพลังงานส่วนเกินเหล่านั้นไม่สามารถถูกจัดเก็บลงระบบสะสมพลังงานได้ ทำให้เกิดการทิ้งพลังงานส่วนเกินเหล่านั้นไป ซึ่งถือว่าเป็นการสิ้นเปลืองการลงทุนในการติดตั้งขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่มากเกินกว่าความจำเป็น ซึ่งแสดงผลการทดสอบขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ 600, 900, 1200 วัตต์ดังรูปที่ 4-8 ถึง 4-10 ตามลำดับ



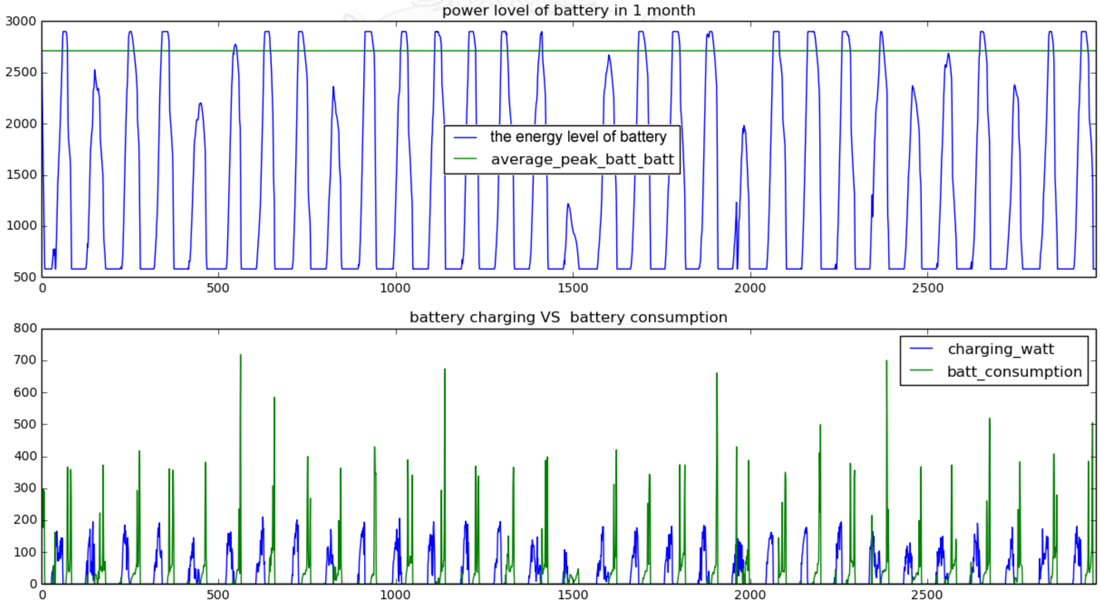
รูปที่ 4-8 การทดสอบขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 2 แผง 600 วัตต์

ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์แต่ละขนาด

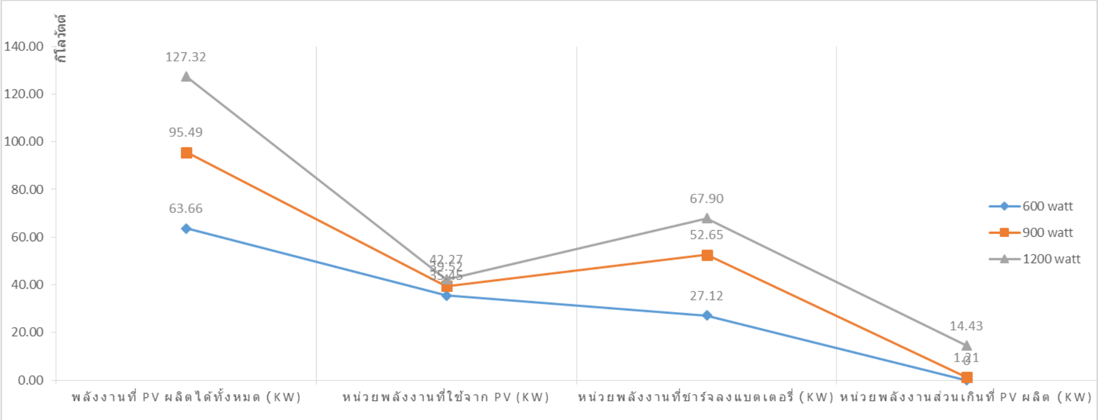
พิจารณาถึง (kWh)	600 วัตต์		900 วัตต์		1200 วัตต์	
พลังงานที่ PV ผลิตได้	63.66		95.49		127.32	
ระดับพลังงานเฉลี่ยในแบตเตอรี่	1.46968		2.23803		2.71765	
พลังงานที่ใช้จาก PV	35.45	55.69%	39.52	41.39%	42.27	33.20%
พลังงานที่ชาร์จลงแบตเตอรี่	27.12	42.60%	52.65	55.14%	67.90	53.33%
พลังงานส่วนเกินที่ PV ผลิต	0	0.00%	1.21	1.27%	14.43	11.34%
คิดเป็น % การใช้งาน PV		98.30%		96.53%		86.53%



รูปที่ 4-9 การทดสอบขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 3 แผง 900 วัตต์



รูปที่ 4-10 การทดสอบขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 4 แผง 1200 วัตต์



รูปที่ 4-11 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์แต่ละขนาด

ดังนั้นเมื่อพิจารณารูปที่ 4-8 ถึง 4-10 และตารางที่ 4-3 พบว่าขนาดการทดสอบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ 600 วัตต์ หรือ การติดตั้งเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 2 แผงที่โมดูลแผงละ 300 วัตต์ มีระดับปริมาณพลังงานในระบบสะสมพลังงานเฉลี่ยสูงสุดที่ 1469.68 วัตต์ชั่วโมง ซึ่งถือว่าเป็นระดับพลังงานที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับความสามารถในการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของระบบสะสมพลังงานที่ 2900 วัตต์ ดังนั้นการติดตั้งเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ขนาด 600 วัตต์จึงเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบสะสมพลังงานที่ไม่เหมาะสม เกิดความสิ้นเปลืองของทรัพยากรที่มี แต่เมื่อพิจารณาขนาดการติดตั้งของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ 900 วัตต์ และ 1200 วัตต์ พบว่ามีระดับปริมาณพลังงานเฉลี่ยสูงสุดในระบบสะสมพลังงานที่สูงขึ้น ซึ่งถือว่าเป็นการใช้งานระบบสะสมพลังงานที่เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งเมื่อมีการติดตั้งเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ขนาดที่ใหญ่ขึ้น และในช่วงเวลากลางวันมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจากผู้ใช้ต่ำกว่าความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตขึ้นมาได้ ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเหล่านั้นลงระบบสะสมพลังงาน ซึ่งส่งผลให้เกิดความสูญเสียระหว่างขั้นตอนการแปลงพลังงานจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ร่วมถึงเมื่อพิจารณาพลังงานส่วนเกินที่เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้เกินความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ และพลังงานส่วนเกินเหล่านั้นไม่สามารถจัดเก็บลงระบบสะสมพลังงานได้ ส่งผลให้เกิดการทิ้งพลังงานส่วนเกินดังกล่าว การเลือกขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ 900 วัตต์สำหรับงานวิจัยนี้อาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีการใช้งานประสิทธิภาพจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ได้เหมาะสมที่สุดที่ 96.53%

4.5 การทดสอบระบบจัดสรรพลังงานภายในบ้านขั้นต้น

การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน บนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า ในส่วนของการจัดสรรพลังงานภายในบ้านที่มีการเลือกใช้

แหล่งพลังงานที่เหมาะสม เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 400 หน่วยต่อเดือน และได้ทำการติดตั้งเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 900 วัตต์ร่วมกับระบบสะสมพลังงานที่ 2.9 กิโลวัตต์ ทำการทดสอบโดยพิจารณาถึงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้กำหนดขึ้น

<u>วัตถุประสงค์การทดสอบ</u> ระบบจัดสรรพลังงานภายในบ้านสามารถลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้กำหนดได้ตามที่คาดหวัง

<u>เครื่องมือในการทดสอบ</u> 1) ชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้จำนวน 7 เดือน
2) ฟังก์ชันการจัดสรรพลังงานที่คำนึงถึงส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1) นำชุดข้อมูลการใช้พลังงานของผู้ใช้เดือนทั้ง 7 เดือนเข้าฟังก์ชันการจัดสรรพลังงานที่คำนึงถึงส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ โดยกำหนดให้ระดับพลังงานภายในระบบสะสมพลังงานเต็มขีดสูงสุดที่ 2.9 กิโลวัตต์เมื่อเริ่มต้นการทำงาน มีความสามารถในการคายพลังงานที่ 80 % และประสิทธิภาพในการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงระบบสะสมพลังงานที่ 96 %
2) บันทึกผลการทดสอบ แสดงผลเป็นตาราง และแผนภูมิภาพเปรียบเทียบ

<u>ผลการทดสอบ</u>

เมื่อพิจารณาถึงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตการทดสอบการลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้กำหนดอยู่ในช่วงระหว่าง 21% ถึง 35% และ 40% ซึ่งเป็นการลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนสูงสุดที่เป็นไปได้ เมื่อพิจารณาถึงจำนวนครั้งสูงสุดที่ระบบสามารถควบคุมสั่งปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าได้ซึ่งเป็นไปตามตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 จำนวนครั้งของการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้ในแต่ละเดือน

เดือน	จำนวนครั้งการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้
เดือนที่ 1	276 ครั้ง
เดือนที่ 2	264 ครั้ง
เดือนที่ 3	276 ครั้ง
เดือนที่ 4	285 ครั้ง
เดือนที่ 5	242 ครั้ง
เดือนที่ 6	274 ครั้ง

ตารางที่ 4-5 จำนวนครั้งการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อผู้ใช้ใช้พลังงานเกินขีดจำกัดพลังงานทุก ๆ 15 นาทีในแต่ละเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด

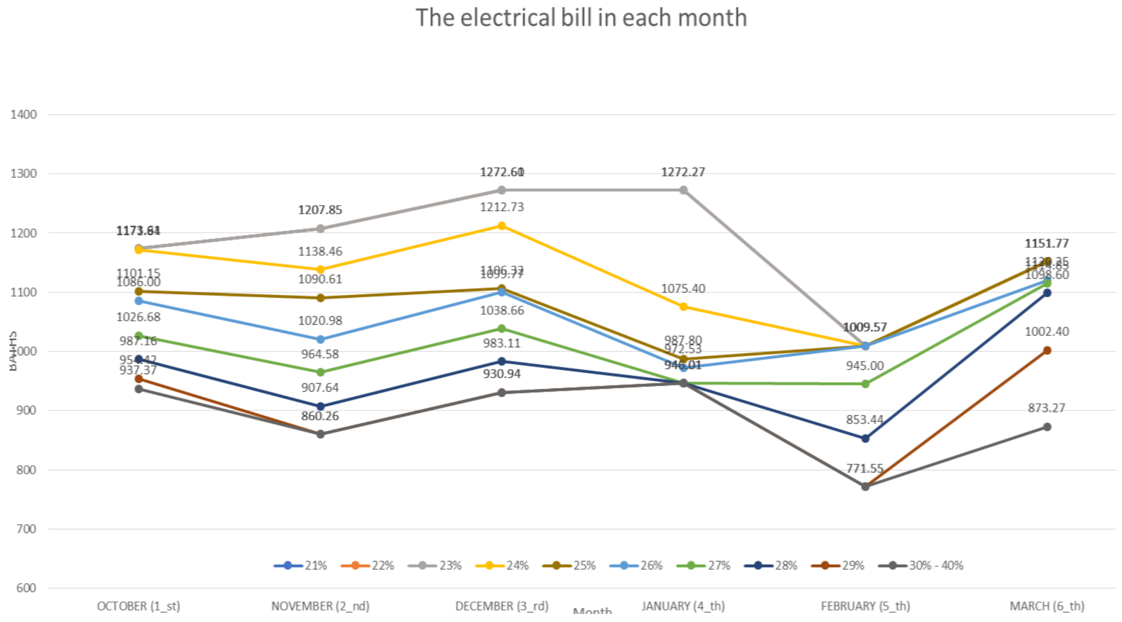
% การลด	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5	เดือนที่ 6
21%	0	0	0	0	0	0
22%	0	0	0	0	0	0
23%	0	0	42	0	0	0
24%	8	64	53	184	0	0
25%	102	139	168	236	0	0
26%	128	199	173	260	0	0
27%	178	224	231	282	88	10
28%	213	254	265	282	179	74
29%	240	263	274	282	241	178
30-35% & 40%	245	263	274	282	241	271

ตารางที่ 4-6 ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลง ในแต่ละเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด

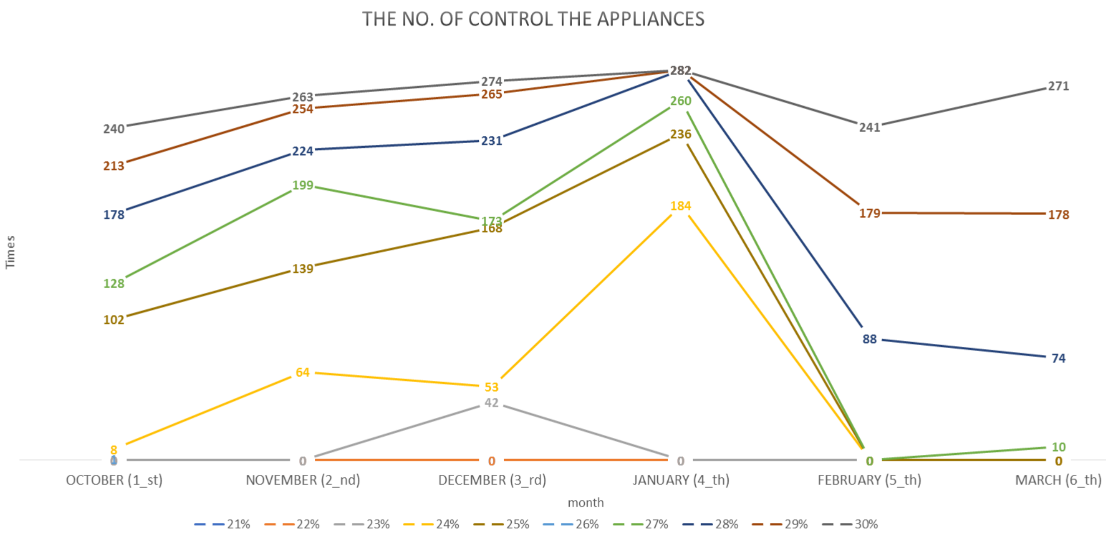
% การลด	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5	เดือนที่ 6
21%	1173.61	1207.85	1272.61	1272.27	1009.57	1151.77
22%	1173.61	1207.85	1272.60	1272.27	1009.57	1151.77
23%	1173.61	1207.85	1272.61	1272.27	1009.57	1151.77
24%	1171.84	1138.46	1212.73	1075.40	1009.57	1151.77
25%	1101.15	1090.61	1106.32	987.80	1009.57	1151.77
26%	1086.00	1020.98	1099.77	972.53	1009.57	1120.25
27%	1026.68	964.58	1038.66	946.01	945.00	1114.85
28%	987.16	907.64	983.11	946.01	853.44	1098.60
29%	954.42	860.26	930.94	946.01	771.55	1002.40
30-35% & 40%	937.37	860.26	930.94	946.01	771.55	873.27

ตารางที่ 4-7 ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับแต่ละเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด

% การลด	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5	เดือนที่ 6
0%	1595.63	1610.52	1693.86	1670.31	1415.08	1628.5
21%	26.45%	25.00%	24.87%	23.83%	28.66%	29.27%
22%	26.45%	25.00%	24.87%	23.83%	28.66%	29.27%
23%	26.45%	25.00%	24.87%	23.83%	28.66%	29.27%
24%	26.56%	29.31%	28.40%	35.62%	28.66%	29.27%
25%	30.99%	32.28%	34.69%	40.86%	28.66%	29.27%
26%	31.94%	36.61%	35.07%	41.78%	28.66%	31.21%
27%	35.66%	40.11%	38.68%	43.36%	33.22%	31.54%
28%	38.13%	43.64%	41.96%	43.36%	39.69%	32.54%
29%	40.19%	46.58%	45.04%	43.36%	45.48%	38.45%
30 - 40%	41.25%	46.58%	45.04%	43.36%	45.48%	46.38%



รูปที่ 4-12 ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงในแต่ละเดือนที่ทดสอบ



รูปที่ 4-13 จำนวนครั้งของการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนที่ทดสอบ

จากตารางที่ 4-7 พบว่าเมื่อพิจารณาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงภายในหลังการทดสอบอัลกอริทึมในส่วนของการจัดสรรพลังงาน ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนเหล่านั้นไม่เป็นไปตามความสัมพันธ์ที่ผู้ใช้กำหนดไว้เมื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบ เนื่องจากเมื่อผู้ใช้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่สูง ซึ่งเกินกว่าขีดจำกัดพลังงานที่กำหนดไว้ ระบบจะทำการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด ซึ่งการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งครั้ง ย่อมส่งผลถึงปริมาณหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงไป และการลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงมากกว่าที่ผู้ใช้กำหนด ถ้าขีดจำกัดพลังงานถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ ไม่ถูกปรับเปลี่ยนให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน โดยการพิจารณาถึงหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงไป จากการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าชิ้นใด ๆ เปรียบเทียบกับค่าใช้บริการไฟฟ้าที่ผู้ใช้กำหนด ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงจำนวนครั้งของการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งเดือน ตารางที่ 4-5 และรูปที่ 4-13 ที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าใด ๆ ของผู้ใช้ การกำหนดขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบราย 15 นาทีเพียงครั้งเดียว และใช้ขีดจำกัดพลังงานดังกล่าวตลอดกระบวนการจัดสรรพลังงาน ย่อมส่งผลให้เกิดการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในทุก ๆ วันแบบทวีคูณ และการลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ไม่เหมาะสม

<u>สรุปการทดสอบ</u>

ในงานวิจัยฉบับนี้ระบบจัดสรรพลังงานภายในบ้านยังไม่สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้คาดหวัง เนื่องจากเมื่อมีการปิดการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งวัน อาจส่งผลถึงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่เปลี่ยนไปทันที ดังนั้นควรพิจารณาถึงจำนวนหน่วยพลังงานที่ใช้ในวันที่ผ่านมา เพื่อปรับเปลี่ยนขีดจำกัดพลังงานในแต่

วัน และมองภาพรวมของขีดจำกัดพลังงานเฉลี่ยที่เท่ากับเปอร์เซ็นต์การลดลงที่ผู้ใช้คาดหวัง แทนที่การใช้เปอร์เซ็นต์การลดลงที่คงที่ตลอดทั้งเดือน

4.6 การทดสอบวิธีการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน

การทดสอบวิธีการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวันเป็นส่วนที่ออกแบบมาเพื่อแก้ไขปัญหาการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบทวีคูณ และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงอย่างไม่สัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การลดลงของราคาที่ผู้ใช้คาดหวัง ดังนั้นการออกแบบนี้จึงมีการพิจารณาถึงพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดไปจากการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งวัน เทียบกับหน่วยพลังงานที่ใช้ทั้งหมด เพื่อกำหนดเปอร์เซ็นต์การลดลงของราคาที่ผู้ใช้คาดหวังแบบวันต่อวัน ดังนั้นความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวันจึงต้องมีความถูกต้องในระดับหนึ่งซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจากการทดสอบในหัวข้อที่ 4.6 ได้

<u>วัตถุประสงค์การทดสอบ</u> หาความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวันเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาความผิดพลาดในระบบจัดสรรการใช้พลังงาน

<u>เครื่องมือในการทดสอบ</u>
1) ชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ 2 เดือน
   1.1) ชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ 1 เดือนแรกเป็นข้อมูลที่อ้างอิงแนวโน้มและฤดูกาลของข้อมูล
   1.2) ชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเดือนที่ 2 เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบความผิดพลาดของผลลัพธ์การพยากรณ์
2) ฟังก์ชันการพยากรณ์แบบ Holt-Winter Exponential Smoothing method
3) ฟังก์ชันการคำนวณค่าผิดพลาดการพยากรณ์ด้วยรูปแบบสมการ MAPE, MAE, RMSE

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1) นำชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเดือนที่ 2 เข้าฟังก์ชันการพยากรณ์ในรูปแบบ Holt-Winter Exponential Smoothing method โดยพิจารณารูปแบบการพยากรณ์ในลักษณะการเลื่อนหน้าต่าง (Moving window) ที่พิจารณาในวันเดียวกันของ 4 สัปดาห์ย้อนหลัง เปรียบเสมือนการพิจารณาข้อมูลย้อนหลังในแนวแกนตั้ง โดยนำชุดข้อมูลการใช้พลังงานของผู้ใช้เดือนแรกเป็นข้อมูลอ้างอิงในการพิจาณาถึงแนวโน้มและฤดูกาลของข้อมูล
2) พิจารณาค่าความผิดพลาดของผลลัพธ์การพยากรณ์หน่วยพลังงานที่ใช้ในแต่ละวัน เมื่อพิจารณาข้อมูลในแนวตั้งเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลหน่วยพลังงานที่ใช้จริงในแต่วันของเดือนที่ 2 ด้วย

วิธีการ Mean Absolute Percent Error (MAPE), Mean Absolute Error (MAE) , Root Mean Square Error (RMSE)

3) แสดงตารางเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของผลลัพธ์การพยากรณ์

ผลการทดสอบ

เมื่อพิจารณาค่าความผิดพลาดของผลลัพธ์การพยากรณ์หน่วยพลังงานที่ใช้ในแต่ละวันเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลหน่วยพลังงานที่ใช้จริงในแต่วันด้วยวิธีการ MAPE, MAE, RMSE ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ค่าความผิดพลาดของผลลัพธ์การพยากรณ์หน่วยพลังงานที่ใช้ในแต่ละวัน

รูปแบบ	ประเภทข้อมูล	ความผิดพลาดของการพยากรณ์
MAPE	ทีละข้อมูล	16.68%
	ข้อมูลทั้งหมด	2.36%
MAE	ทีละข้อมูล	2.135
	ข้อมูลทั้งหมด	9.23
RMSE	ทีละข้อมูล	2.56
	ข้อมูลทั้งหมด	0.02

สรุปผลการทดสอบ

เพื่อแก้ไขปัญหาระบบจัดสรรพลังงานภายในบ้านที่ยังไม่สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่คาดหวัง ดังนั้นวิธีการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวันมาปรับใช้กับระบบจัดสรรพลังงานภายในบ้านขั้นต้น อาจแก้ไขปัญหาการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบทวีคูณ และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงมากเกินไป

4.7 การทดสอบระบบจัดสรรพลังงานภายในบ้าน

สำหรับส่วนของการจัดสรรพลังงานภายในบ้านที่มีการเพิ่มเติมส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวันเพื่อแก้ไขปัญหาของการทดสอบที่ 4.5 และปรับปรุงระบบจัดสรรพลังงานภายในบ้านให้ดียิ่งขึ้น เพื่อเป็นการเลือกใช้แหล่งพลังงานที่เหมาะสมที่ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 400 หน่วยต่อเดือน และได้ทำการติดตั้งเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 900 วัตต์ร่วมกับระบบสะสมพลังงานที่ 2.9 กิโลวัตต์ โดยพิจารณาผลการทดสอบจากผลลัพธ์ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้ได้กำหนดขึ้นมาและจำนวนครั้งที่ผู้ใช้ได้รับผลกระทบจากการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

<u>วัตถุประสงค์การทดสอบ</u> ระบบจัดสรรพลังงานภายในบ้านสามารถลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้กำหนดได้ตามที่คาดหวัง

<u>เครื่องมือในการทดสอบ</u> 1) ข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้จำนวน 7 เดือน

2) ฟังก์ชันการจัดสรรพลังงานที่คำนึงส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ และส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน

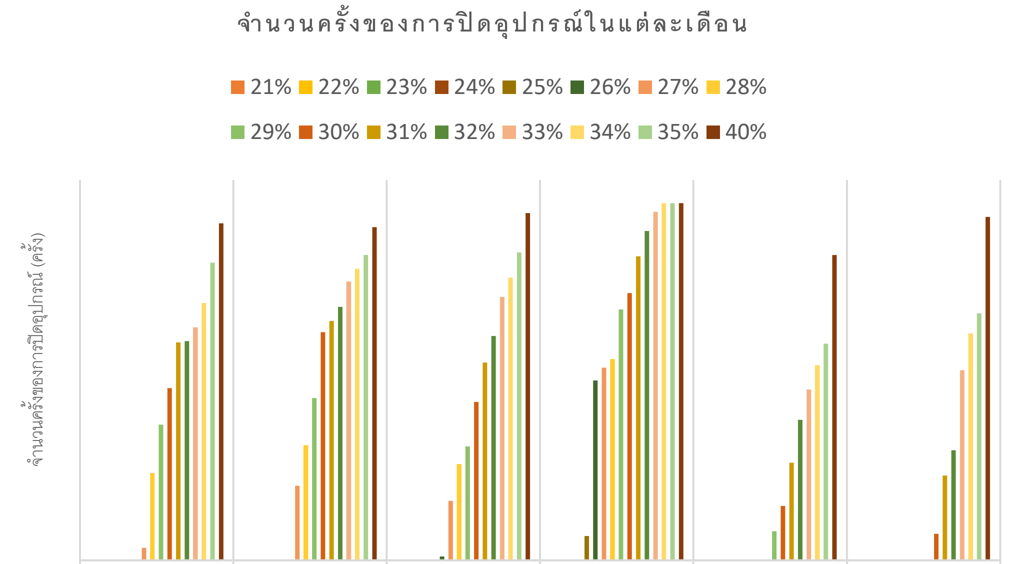
<u>วิธีการทดสอบ</u>

1) นำชุดข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้เดือนทั้ง 7 เดือนเข้าฟังก์ชันการจัดสรรพลังงานที่คำนึงส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ และส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวัน โดยกำหนดให้ระดับพลังงานภายในระบบสะสมพลังงานเต็มขีดสูงสุดที่ 2.9 กิโลวัตต์เมื่อเริ่มต้นการทำงาน มีความสามารถในการคายพลังงานที่ 80 % และประสิทธิภาพในการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าลงระบบสะสมพลังงานที่ 96 %
2) บันทึกผลการทดสอบ แสดงผลเป็นตาราง และแผนภูมิภาพเปรียบเทียบ

<u>ผลการทดสอบ</u>

จากการทดสอบสามารถนำมาแสดงเป็นแผนภูมิ เปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ผู้ใช้ได้รับผลกระทบจากการปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลง ตามการทำงานของอัลกอริทึมที่ผู้ใช้กำหนดเปอร์เซ็นต์การลดลงเมื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบดังแสดงในรูปที่ 4-14 และรูปที่ 4-15 ตามลำดับ

จากรูปที่ 4-14 และรูปที่ 4-15 พบว่าปัญหาการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบทวีคูณ และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงมากเกินกว่าที่ผู้ใช้กำหนด ได้รับการพัฒนาให้ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบระบบการจัดสรรพลังงานภายในบ้าน ที่ไม่คำนึงส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวันดังการทดสอบที่ 4.5 ดังนั้นเมื่อเพิ่มเติมส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบรายวันลงในระบบการจัดสรรพลังงานภายในบ้าน จึงทำให้อัลกอริทึมมีประสิทธิภาพในการทำงานระบบดีขึ้น ที่สามารถแก้ไขปัญหาการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบทวีคูณ และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงมากเกินกว่าที่ผู้ใช้กำหนด ดังนั้นถ้าผู้ใช้ได้กำหนดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงที่สูงมาก ย่อมส่งผลถึงจำนวนครั้งของการปิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สูงมากขึ้นเช่นกัน

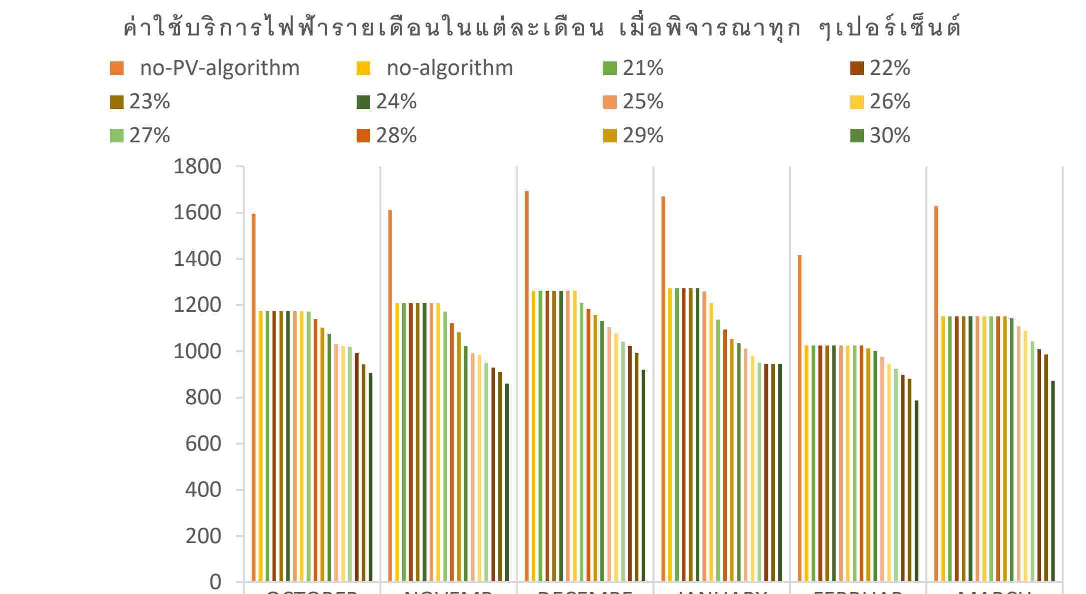


	OCTOBER (1_st)	NOVEMBER (2_nd)	DECEMBER (3_rd)	JANUARY (4_th)	FEBRUARY (5_th)	MARCH (6_th)
21%	0	0	0	0	0	0
22%	0	0	0	0	0	0
23%	0	0	0	0	0	0
24%	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	19	0	0
26%	0	0	3	142	0	0
27%	10	59	47	152	0	0
28%	69	91	76	159	0	0
29%	107	128	90	198	23	0
30%	136	180	125	211	43	21
31%	172	189	156	240	77	67
32%	173	200	177	260	111	87
33%	184	220	208	275	135	150
34%	203	230	223	282	154	179
35%	235	241	243	282	171	195
40%	266	263	274	282	241	271

เดือน

รูปที่ 4-14 จำนวนครั้งการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนสำหรับทุก ๆ เดือนที่ทดสอบ

โดยสำหรับการทดสอบเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนยังคงอยู่ในช่วง 21% - 35% และ 40% ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนสูงสุดที่เป็นไปได้ เมื่อพิจารณาถึงจำนวนครั้งสูงสุดที่ระบบสามารถสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ในแต่ละเดือน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4-14



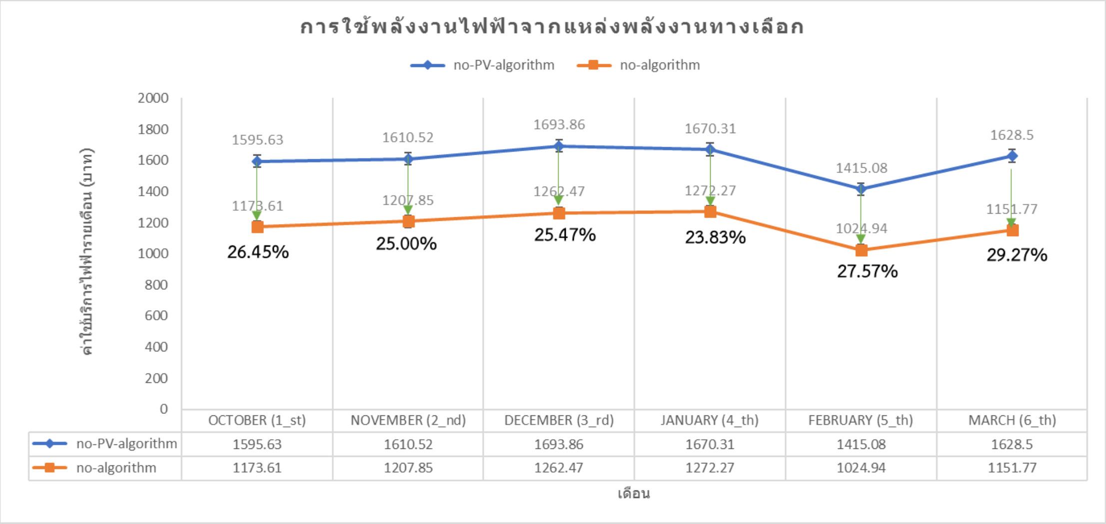
	OCTOBER (1_st)	NOVEMB ER (2_nd)	DECEMBE R (3_rd)	JANUARY (4_th)	FEBRUAR Y (5_th)	MARCH (6_th)
no-PV-algorithm	1595.63	1610.52	1693.86	1670.31	1415.08	1628.5
no-algorithm	1173.61	1207.85	1262.47	1272.27	1024.94	1151.77
21%	1173.61	1207.85	1262.47	1272.27	1024.94	1151.77
22%	1173.61	1207.85	1262.47	1272.27	1024.94	1151.77
23%	1173.61	1207.85	1262.47	1272.27	1024.94	1151.77
24%	1173.61	1207.85	1262.47	1272.27	1024.94	1151.77
25%	1173.61	1207.85	1262.47	1259.09	1024.94	1151.77
26%	1173.61	1207.85	1261.27	1209.46	1024.94	1151.77
27%	1171.59	1171.59	1209.46	1137.12	1024.94	1151.77
28%	1138.71	1121.62	1182.77	1094.17	1024.94	1151.77
29%	1102.98	1081.22	1157.33	1052.53	1013.3	1151.77
30%	1075.8	1023.02	1130.37	1035.41	1001.77	1142.88
31%	1030.71	992.46	1103.52	1011.49	976.35	1108.15
32%	1022.83	983.33	1078.2	980.3	944.86	1089.39
33%	1019.1	950.35	1042.02	950.6	924.58	1042.83
34%	991.35	929.48	1023.03	946.01	898.35	1007.86
35%	944.03	910.96	992.76	946.01	881.45	986.86
40%	905.65	860.26	920.34	946.01	787.02	873.27

เดือน

รูปที่ 4-15 ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงในแต่ละเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนสำหรับทุก ๆ เดือนที่ทดสอบ

จากรูปที่ 4-15 ซึ่งเป็นตารางแสดงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนในแต่ละเดือน สำหรับทุก ๆ เปอร์เซ็นต์การทดสอบ พบว่าในทุก ๆ เดือนที่พิจารณาจะมีช่วงที่ราคาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนเท่ากัน ตัวอย่างเช่น เมื่อพิจารณาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนของเดือนตุลาคม จะพบว่าที่เปอร์เซ็นต์

การลดลงตั้งแต่ 21% จนถึง 26% ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนจะมีค่าเท่ากันที่ 1173.61 บาท เนื่องมาจากว่าระบบการจัดสรรพลังงานที่พิจารณาถึงการเลือกใช้แหล่งพลังงานทางเลือกสามารถรองรับพฤติกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้ได้ทั้งหมด ดังนั้นระบบการควบคุมสั่งปิดอุปกรณ์จึงยังไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง จนกระทั่งผู้ใช้กำหนดเปอร์เซ็นต์การลดลงมากกว่าความสามารถของแหล่งพลังงานทางเลือกที่รองรับได้ การทำงานของระบบควบคุมสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญที่ผู้ใช้กำหนดจึงมีส่วนเกี่ยวข้อง รูปที่ 4-16 แสดงความสามารถในการรองรับของแหล่งพลังงานทางเลือกในแต่ละเดือน

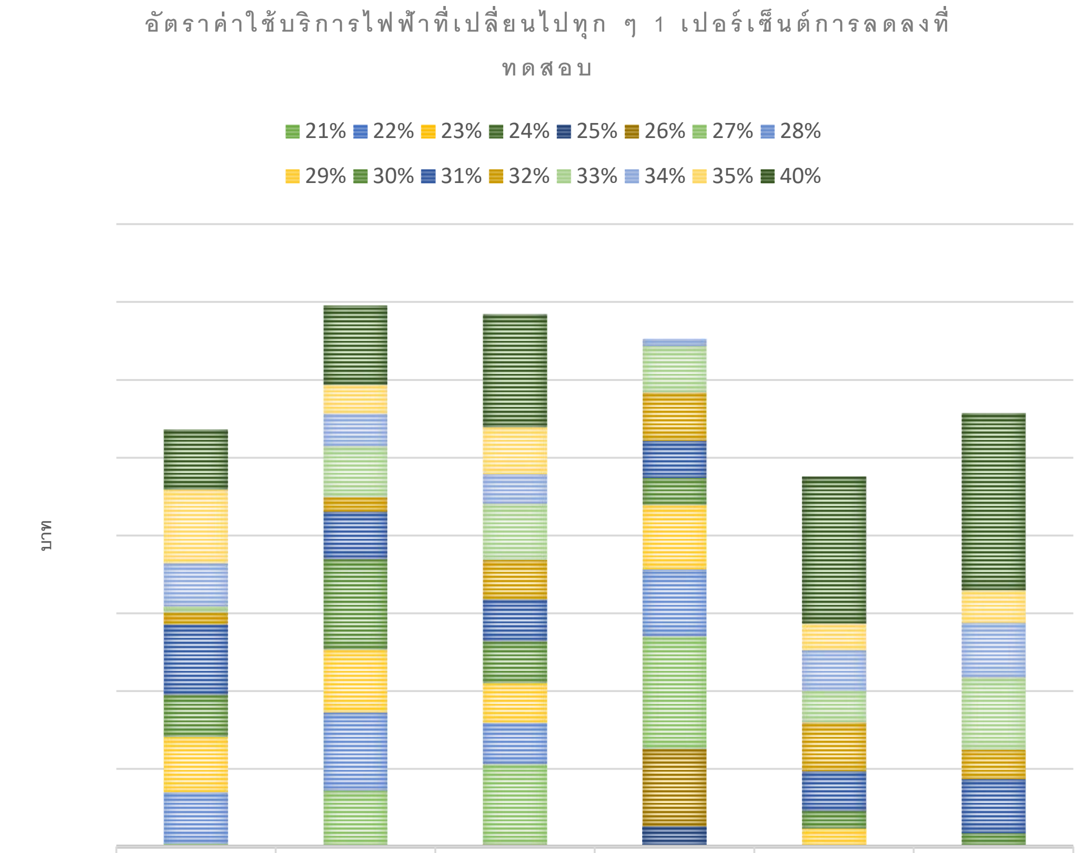


รูปที่ 4-16 ความสามารถของแหล่งพลังงานทางเลือกในแต่ละเดือน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4-16 พบว่าความสามารถในการทำงานของแหล่งพลังงานทางเลือกในแต่ละเดือนจะมีสัดส่วนความสามารถที่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยโดยประมาณของทั้ง 6 เดือนอยู่ที่ 26.22% ดังนั้นในแต่ละเดือนระบบควบคุมสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญที่ผู้ใช้กำหนดจึงเริ่มต้นทำงานที่เปอร์เซ็นต์การลดลงที่แตกต่างกัน

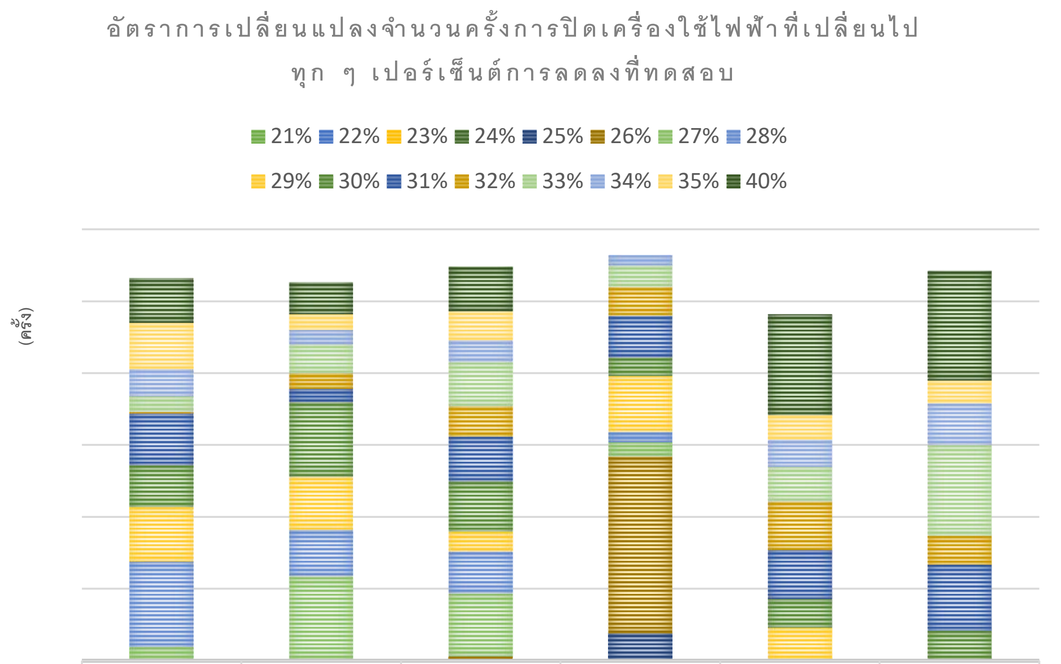
สำหรับการพิจารณาถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นทางด้านค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนและจำนวนครั้งการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทุก ๆ 1 เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ทดสอบ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4-17 และรูปที่ 4-18 ตามลำดับ



	OCTOBER (1_st)	NOVEMBER (2_nd)	DECEMBER (3_rd)	JANUARY (4_th)	FEBRUARY (5_th)	MARCH (6_th)
40%	38.38	50.70	72.42	0.00	94.43	113.59
35%	47.32	18.52	30.27	0.00	16.90	21.00
34%	27.75	20.87	18.99	4.59	26.23	34.97
33%	3.73	32.98	36.18	29.70	20.28	46.56
32%	7.88	9.13	25.32	31.19	31.49	18.76
31%	45.09	30.56	26.85	23.92	25.42	34.73
30%	27.18	58.20	26.96	17.12	11.53	8.89
29%	35.73	40.40	25.44	41.64	11.64	0.00
28%	32.88	49.97	26.69	42.95	0.00	0.00
27%	2.02	36.26	51.81	72.34	0.00	0.00
26%	0.00	0.00	1.20	49.63	0.00	0.00
25%	0.00	0.00	0.00	13.18	0.00	0.00
24%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เดือน

รูปที่ 4-17 อัตราค่าใช้บริการไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปทุก ๆ 1 เปอร์เซ็นต์การลดลงที่ทดสอบ



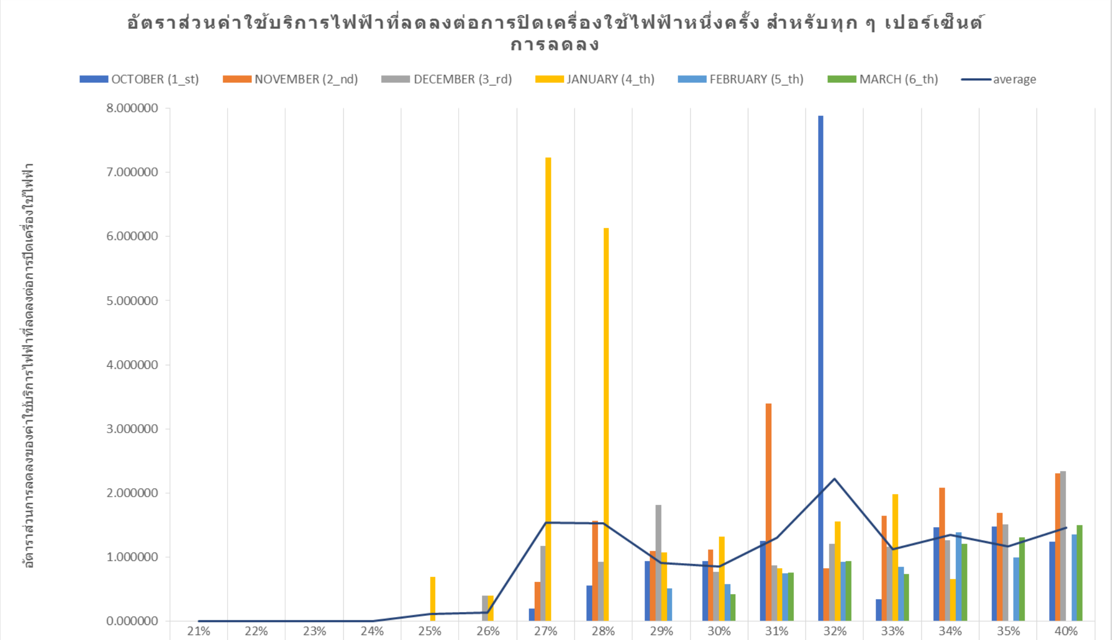
	OCTOBER (1_st)	NOVEMBER (2_nd)	DECEMBER (3_rd)	JANUARY (4_th)	FEBRUARY (5_th)	MARCH (6_th)
40%	31.00	22.00	31.00	0.00	70.00	76.00
35%	32.00	11.00	20.00	0.00	17.00	16.00
34%	19.00	10.00	15.00	7.00	19.00	29.00
33%	11.00	20.00	31.00	15.00	24.00	63.00
32%	1.00	11.00	21.00	20.00	34.00	20.00
31%	36.00	9.00	31.00	29.00	34.00	46.00
30%	29.00	52.00	35.00	13.00	20.00	21.00
29%	38.00	37.00	14.00	39.00	23.00	0.00
28%	59.00	32.00	29.00	7.00	0.00	0.00
27%	10.00	59.00	44.00	10.00	0.00	0.00
26%	0.00	0.00	3.00	123.00	0.00	0.00
25%	0.00	0.00	0.00	19.00	0.00	0.00
24%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เดือน

รูปที่ 4-18 จำนวนครั้งการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปทุก ๆ 1 เปอร์เซ็นต์การลดลงที่ทดสอบ

ดังนั้นเมื่อพิจารณารูปที่ 4-17 และ 4-18 จะสามารถคำนึงอัตราค่าใช้บริการไฟฟ้าที่ลดลงต่อการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งครั้ง โดยการพิจารณาดังสมการที่ 4-1 เพื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์การทดสอบที่ดีที่สุด ที่ส่งผลให้การปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งครั้งส่งผลต่อราคาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนมากที่สุด ซึ่งทำให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้ามากเกินความจำเป็น ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4-19 โดยการหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนค่าใช้บริการไฟฟ้าที่ลดลงต่อการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งครั้งทั้ง 6 เดือนสำหรับทุกเปอร์เซ็นต์การทดสอบจะพบว่าที่ เปอร์เซ็นต์การลดลงที่ 32% ให้ผลลัพธ์อัตราส่วนค่าใช้บริการไฟฟ้าที่ลดลงต่อการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งครั้งที่ดีที่สุดอยู่ที่ 2.223 บาท/ครั้ง

$$\text{ราคาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงต่อการปิดอุปกรณ์หนึ่งครั้ง} = \frac{\dfrac{\Delta\text{ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน}}{\Delta 1\%}}{\dfrac{\Delta\text{จำนวนครั้งการปิดอุปกรณ์}}{\Delta 1\%}} \quad (4\text{-}1)$$



	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%	31%	32%	33%	34%	35%	40%
OCTOBER (1_st)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.202000	0.557288	0.940263	0.937241	1.252500	7.880000	0.339091	1.460526	1.478750	1.238065
NOVEMBER (2_nd)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.614576	1.561563	1.091892	1.119231	3.395556	0.830000	1.649000	2.087000	1.683636	2.304545
DECEMBER (3_rd)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.400000	1.177500	0.920345	1.817143	0.770286	0.866129	1.205714	1.167097	1.266000	1.513500	2.336129
JANUARY (4_th)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.693684	0.403496	7.234000	6.135714	1.067692	1.316923	0.824828	1.559500	1.980000	0.655714	0.000000	0.000000
FEBRUARY (5_th)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.506087	0.576500	0.747647	0.926176	0.845000	1.380526	0.994118	1.349000
MARCH (6_th)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.423333	0.755000	0.938000	0.739048	1.205862	1.312500	1.494605
average	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.115614	0.133916	1.538013	1.529152	0.903846	0.857252	1.306943	2.223232	1.119873	1.342605	1.163751	1.453724

เปอร์เซ็นต์การลดลงที่ผู้ใช้กำหนด

รูปที่ 4-19 อัตราส่วนค่าใช้บริการไฟฟ้าที่ลดลงต่อการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งครั้ง

บทที่ 5
สรุปผล

5.1 บทสรุป

งานวิจัยฉบับนี้ได้พัฒนาและออกแบบอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้านบนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า ที่มีการทำงานภายในหน่วยประมวลผลของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน ซึ่งเป็นส่วนที่จัดเก็บข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้าแต่ละอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 15 ชิ้น ที่ถูกนำมาจำลองข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้งานจำนวน 7 เดือน โดยอ้างอิงลักษณะพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน ที่มีการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลากลางคืนสูงกว่าในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งมีหน่วยพลังงานที่ใช้ในแต่ละรอบเดือนไม่เกิน 400 หน่วย และมีการคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราปกติประเภทบ้านอยู่อาศัยประเภทที่ 2 อีกทั้งมีการจัดเก็บข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด 6 เดือน ซึ่งเกิดจากการรับค่าข้อมูลจากผู้ให้บริการบนอินเตอร์เน็ตผ่าน API และทำการปรับหาขนาดของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่จำลองขึ้นมา ผลการทดสอบพบว่าเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 900 วัตต์มีขนาดเหมาะสมมากที่สุด ดังนั้นข้อมูลทั้งหมดที่ถูกจัดเก็บภายในฐานข้อมูล MySQL จะถูกนำไปพัฒนาออกแบบอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติ ภายในบ้านพักอาศัย ที่คำนึงถึงค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ผู้ใช้คาดหวัง พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ การคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า และการกำหนดขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบราย 15 นาที และลำดับความสำคัญของการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด จึงทำให้สามารถออกแบบระบบที่มีความสามารถในการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างอัตโนมัติ เมื่อถึงขีดจำกัดพลังงานที่กำหนด

โดยงานวิจัยฉบับนี้ได้มีการออกแบบพัฒนาระบบการจัดสรรพลังงานขั้นต้น แต่พบว่ามีปัญหาด้านการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบทวีคูณ และค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงเกินกว่าที่ผู้ใช้กำหนด ดังนั้นจึงมีการพัฒนาระบบการจัดสรรพลังงานเพิ่มเติม ที่มีการพิจารณาถึงส่วนการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า และส่วนการปรับเปลี่ยนขีดจำกัดพลังงานในรูปแบบรายวันมาแก้ไขปัญหาที่กล่าวมา จึงทำให้ระบบการจัดสรรพลังงานมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนเป็นไปตามที่ผู้ใช้คาดหวังซึ่งสอดคล้องกับจำนวนครั้งการสั่งปิดของเครื่องใช้ไฟฟ้า และมีความยืดหยุ่นของคำสั่งโปรแกรมในการทำงานมากยิ่งขึ้น กล่าวคือ เมื่อผู้ใช้กำหนดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่คาดหวังไว้ต่ำมาก ผลกระทบที่ผู้ใช้จะได้รับจากการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าย่อมมีค่าสูงมากเช่นกัน ดังนั้นระบบการจัดสรรพลังงานที่เพิ่มเติมขึ้น สามารถช่วยลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนได้มากที่สุด 40% เมื่อ

เปรียบเทียบกับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ไม่มีอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติ และไม่มีแหล่งพลังงานทางเลือก แต่เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบที่ผู้ใช้ได้รับจากการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า ความคุ้มค่าในการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งครั้งต่อราคาค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลง เพื่อทดสอบหาความคุ้มค่าต่อผลกระทบที่ผู้ใช้จะได้รับจากการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า พบว่าการลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่เหมาะสมอยู่ที่ 32% โดยสามารถลดค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนโดยเฉลี่ยได้ถึง 2.23 บาทต่อหนึ่งครั้งการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าใด ๆ รวมกับการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกที่มี ทำให้ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนสามารถลดลงเฉลี่ย 585.83 บาทต่อเดือน เมื่อเทียบกับค่าใช้บริการไฟฟ้าเดิมเฉลี่ย 6 เดือนที่ 1,602.32 บาท สำหรับบ้านพักอาศัยที่ไม่มีอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) พัฒนาส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน ให้สามารถแสดงผลสถิติของการใช้เครื่องไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา และมีการแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละเครื่องใช้ไฟฟ้า ค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือน สถานการณ์ใช้แหล่งพลังงาน และคำแนะนำการใช้งานที่ถูกจัดเก็บภายในฐานข้อมูล MySQL
2) พัฒนาระบบเพิ่มเติม ในส่วนของพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปของผู้ใช้ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น เมื่อระบบเกิดการสั่งปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน
3) พัฒนาอัลกอริทึมให้สามารถทำงานร่วมกับระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านที่มีการรับคำสั่งควบคุมด้วยระบบเซนเซอร์ต่าง ๆ ในการประมวลผลหาความสิ้นเปลืองสำหรับการใช้พลังงานของผู้ใช้
4) ทดสอบอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมา ร่วมกับระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านที่มีการติดตั้งระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงานจริง เพื่อให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้งานจริง

5.3 ข้อดี

1) อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมีการคำนึงถึงโครงสร้างการคิดค่าบริการไฟฟ้าภายในประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่ถูกคิดในรูปแบบอัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติประเภทบ้านพักอาศัยประเภทที่ 2 ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานของคนไทย ที่ไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างใด ๆ เพิ่มเติม
2) สำหรับบ้านพักอาศัยที่มีการติดตั้งระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสะสมพลังงาน แต่ผู้ใช้ต้องการค่าใช้บริการไฟฟ้ารายเดือนที่ลดลงมากยิ่งขึ้น การนำอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นไป

ประยุกต์ใช้งานจริง จะเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ มากกว่าการติดตั้งแหล่งพลังงานทางเลือกเพิ่มเติม ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่สูงกว่า

3) อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมีแนวโน้มในการช่วยให้ผู้ใช้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานได้ในระยะยาว เนื่องมาจากการเรียนรู้ถึงผลกระทบการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

5.4 ข้อเสีย

1) การจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ ถูกจำลองจากเครื่องใช้ไฟฟ้าจำนวน 15 ชิ้นเท่านั้น ซึ่งยังไม่คลอบคลุมการใช้พลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในบ้าน
2) อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น ต้องจัดให้อยู่ในโครงข่ายเดียวกันกับระบบการตรวจวัดพลังงาน และฐานข้อมูล MySQL อื่น ๆ ของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. รายงานประจำปี 2558 ข้อมูลและสถิติ. หน้า 118-120.

[2] กระทรวงพลังงาน. แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan) พ.ศ. 2558–2579. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน 30 มิถุนายน 2558, หน้า 5-2.

[3] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.eppo.go.th. สืบค้นวันที่ 08 มิถุนายน พ.ศ. 2560

[4] ระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.sprsolarroof.co.th สืบค้นวันที่ 08 พฤษภาคม 2559

[5] ดิราภา สุวรรณฤทธิ์. การพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านแบบอัตโนมัติ.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2557.

[6] การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า-Demand Site Management (DSM) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dsm.egat.co.th. สืบค้นวันที่ 08 มิถุนายน พ.ศ. 2560

[7] ชนัตพล ผิวล่อง. การพัฒนาต้นแบบระบบจัดการพลังงานภายในบ้านอยู่อาศัย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

[8] Li, X.H. and S.H. Hong. User-expected price-based demand response algorithm for a home-to-grid system. Energy, 2014. Volume 64: page 437-449.

[9] Dhiren Tejani, Ali Mohammed A. H. Al-Kuwari, and Vidyasagar Potdar. "Energy Conservation in a Smart Home," presented at the IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies, 2011.

[10] Boynuegri, A.R., et al. Energy management algorithm for smart home with renewable energy sources. in 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives. 2013.

[11] Erol-Kantarci, M. and H.T. Mouftah. Wireless Sensor Networks for domestic energy management in smart grids. in 2010 25th Biennial Symposium on Communications. 2010.

[12] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. การศึกษาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้า [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://peaoc.pea.co.th. สืบค้นวันที่ 08 มิถุนายน พ.ศ. 2560.

[13] อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.mea.or.th. สืบค้นวันที่ 6 พฤษภาคม 2559.

[14] Victron Energy B.V. Which solar charge controller: PWM or MPPT [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.victronenergy.com. สืบค้นวันที่ 8 พฤษภาคม 2559

[15] Tom Murphy. Blow-by-Blow PV System Efficiency: A Case Study for Storage [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://physics.ucsd.edu/. สืบค้นวันที่ 8 พฤษภาคม 2559

[16] Naruemol Singtientrakool and Somchart Jiriwipakorn. “Prediction by equally average weighted data and by exponential technique”. Engineering of KMITL Year: 19th, Issued (March, 1st 2002). Page 101-107.

[17] Andreas Veit, C.G., Rohit Tidke, Christoph Doblander, Hans-Arno Jacobsen,. Household Electricity Demand Forecasting -- Benchmarking State-of-the-Art Methods. in Engineering of KMITL Year: 19th. 2002.

[18] Zhang Zhongpin, Exponential Smoothing Method. 1996: Beijing: China Statistics Press.

[19] Ji, P., et al. A Study on Exponential Smoothing Model for Load Forecasting. in 2012 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. 2012.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววนัสนันท์ ฟุ้งสิริรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2534 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2555 ต่อมาได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ในกลุ่มวิจัยโครงข่ายโทรคมนาคมและสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทความทางวิชาการจากวิทยานิพนธ์

วนัสนันท์ ฟุ้งสิริรัตน์ และ วาทิต เบญจพลกุล. การพยากรณ์ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าโดยการปรับเปลี่ยนขนาดข้อมูลและการจำแนกชุดข้อมูล ด้วยรูปแบบการทำให้เรียบแบบเอกโพแนนเชียลสำหรับระบบจัดการพลังงานภายในบ้านพักอาศัย. การประชุมวิชาการระดับชาติ The TNI Academic Conference 2017 ครั้งที่ 4 การจัดการวิจัยเชิงนวัตกรรมเพื่อขับเคลื่อนประเทศไทย 4.0 (TNIAC 2017)

Wanatsanan Fungsirirut and Watit Benjapolakul. A Study on Energy Reduction Based on Responsive Behavior of Users. The fourteenth annual international conference organized by Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI) Association, Thailand (ECTI-CON 2017)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วนัสนันท์ ฟุ้งสิริรัตน์ และ วาทิต เบญจพลกุล. การศึกษาหาความเหมาะสมของระบบจัดการและควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้าน โดยคำนึงถึงพฤติกรรมผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า. การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 9 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและอุตสาหกรรม (ECTI-CARD 2017)