การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านสำหรับบ้านอัจฉริยะด้วยวิธีการเหมืองข้อมูล

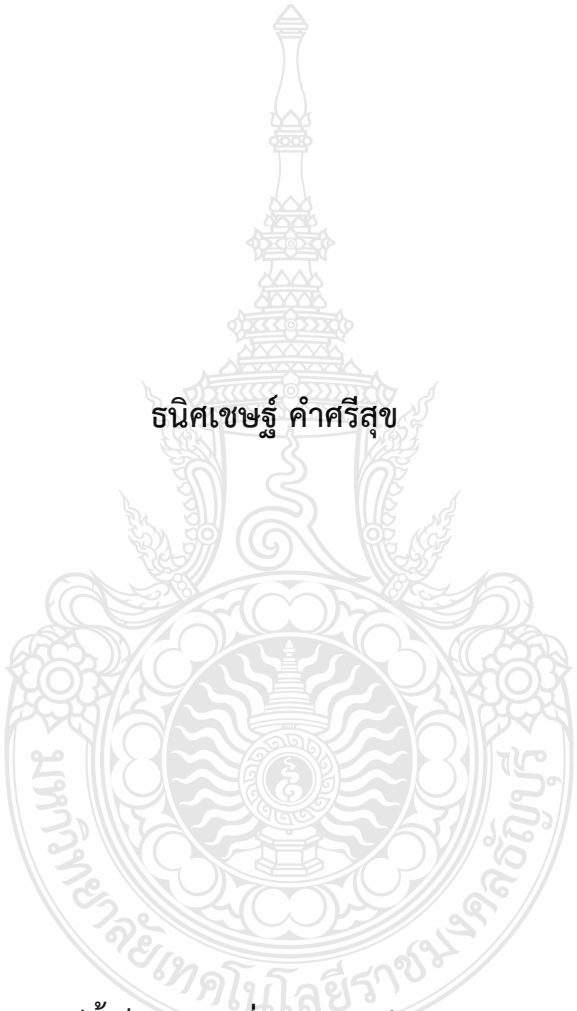
ANALYSIS OF SMART HOME ENERGY DEMAND USING DATA MINING METHOD

ธนิศเชษฐ์ คำศรีสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านสำหรับบ้านอัจฉริยะ ด้วยวิธีการเหมืองข้อมูล

ธนิศเชษฐ์ คำศรีสุข



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน สำหรับบ้านอัจฉริยะ ด้วยวิธีการเหมืองข้อมูล Analysis of Smart Home Energy Demand Using Data Mining Method
ชื่อ – นามสกุล	นายธนิศเชษฐ์ คำศรีสุข
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์บุญยัง ปลั่งกลาง, Dr-.Ing.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย ทรัพย์สิงห์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณฐภัทร พันธ์คง, Ph.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 9 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2563

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านสำหรับบ้านอัจฉริยะ ด้วยวิธีการเหมืองข้อมูล
ชื่อ - นามสกุล	นายธนิศเชษฐ์ คำศรีสุข
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านสำหรับบ้านอัจฉริยะ เพื่อสร้างโมเดลสำหรับการพยากรณ์การใช้พลังงาน สำหรับการวางแผนการลดใช้พลังงานภายในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ใช้โปรแกรม Python เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล และงานวิจัยนี้ได้ออกแบบอัลกอริทึมสำหรับการจัดการพลังงานในบ้าน เมื่อเกิดสัญญาณการตอบสนองด้านโหลดที่เกิดขึ้นภายในบ้าน

การวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของการใช้พลังงานภายในบ้าน โดยใช้ข้อมูล บ้านจำนวน 1 หลัง ในงานวิจัยนี้ได้สร้างรูปแบบการพยากรณ์โหลดโดยใช้วิธีเหมืองข้อมูล และได้เลือกโมเดล Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) และโมเดล Recurrent Neural Network (RNN) ในการทำนายผลข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเหมาะสมที่สุด และได้กำหนดโหลดภายในบ้านโดยการใช้อัลกอริทึมสำหรับการตอบสนองด้านโหลด สำหรับการลดใช้พลังงานภายในบ้าน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้า ได้นำ 2 โมเดล มาวิเคราะห์ ผลการทำนายข้อมูลโมเดล ARIMA รายชั่วโมง วัน สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน 0.160 0.076 และ 0.179 ตามลำดับ ส่วนโมเดล RNN ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน 0.349 ซึ่งโมเดล ARIMA ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนรายวันดีที่สุด และจากการจำลองอัลกอริทึมการจัดการพลังงานในบ้านค่าไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยคือ 12.83 kW ลดลงเหลือ 8.31 โดยจะปิดโหลดตามลำดับความสำคัญที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: บ้านอัจฉริยะ, การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า, ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน, เหมืองข้อมูล

Thesis Title	Analysis of Smart Home Energy Demand Using Data Mining Method
Name - Surname	Mr. Tanischet Kumseesuk
Program	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Krischonme Bhumkittipich, Ph.D.
Academic Year	2019

ABSTRACT

This research aimed to analyze the energy consumption of a smart home in order to develop the energy consumption forecasting models for reducing energy consumption in the home. In this study, Python software was used as a tool for data analysis and a home energy management algorithm was designed for demand response analysis.

The data analysis in this study was performed in accordance with the energy consumption data of a smart home. In addition, data mining was used to develop the models for forecasting loads. Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model and Recurrent Neural Network (RNN) model were applied as prediction models in order to compare and determine the optimum average errors. The electrical loads of the smart home were determined using the demand response algorithm for reducing energy consumption of the house.

The data analysis and the prediction of energy consumption of the smart home were analyzed according to the mentioned models. The prediction of hourly, daily and weekly energy consumption using the ARIMA model showed the mean square error of 0.160, 0.076, and 0.179, respectively. On the other hand, the RNN model showed a mean square error of 0.349. This indicated that the ARIMA model provided the optimum average daily error. According to the simulation using energy management algorithm, the peak demand decreased from 12.83 kW to 8.31 kW. By using this algorithm, the loads were turned off according to the specified priorities.

Keywords: smart home, demand response, home energy management system, data mining

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือจากรองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้คำปรึกษาตลอดจนชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์อย่างสูงในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐภัทร พันธ์คง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ ขอบคุณเพื่อนนักศึกษาระดับปริญญาโท รุ่นที่ 12 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี รวมทั้ง พี่ๆ น้องๆ ระดับปริญญาโทและปริญญาเอกในกลุ่มงานวิจัยห้องปฏิบัติการ PSRC ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำตลอดช่วงเวลาของการศึกษาและทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านจากชั้นอนุบาลถึงระดับปริญญาโทที่ได้ให้วิชาความรู้ และผู้เผยแพร่บทความวิชาการ ผู้วิจัยสามารถนำเอาหลักการทางคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ มาประยุกต์ใช้และอ้างอิงในวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเพื่อบูชาคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และ ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธนิศเชษฐ์ คำศรีสุข

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ ..... (5)
สารบัญ ..... (6)
สารบัญตาราง ..... (8)
สารบัญรูป ..... (9)
สัญลักษณ์และคำย่อ ..... (11)
บทที่ 1 บทนำ 12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 12
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 14
1.3 สมมติฐานการวิจัย 14
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 14
1.5 ขั้นตอนการวิจัย 14
1.6 ข้อจำกัดของวิทยานิพนธ์ 15
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 15
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16
2.1 ระบบจัดการพลังงาน 16
2.2 การบริหารจัดการพลังงานในบ้าน โดยใช้ปลั๊กอัจฉริยะในการควบคุมโหลดไฟฟ้า 17
2.3 การตอบสนองด้านโหลด (Demand Response) 21
2.4 การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) 26
2.5 การวัดความผิดผลาดโมเดลในการพยากรณ์ 35
2.6 สหสัมพันธ์ (Correlation) 36
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 37
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 39
3.1 การดำเนินงานวิจัยด้านศึกษาข้อมูลระบบบริหารการจัดการพลังงาน 39
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล 40
3.3 ขั้นตอนการทำงานอัลกอริทึมการจัดการพลังงาน สำหรับการตอบสนองด้านโหลด 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 43
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับบ้านอัจฉริยะ 44
4.2 ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานภายในบ้าน 44
4.3 ผลของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของข้อมูล 49
4.4 ผลของการพยากรณ์โดยใช้เทคนิคอนุกรมเวลา ARIMA 50
4.5 ผลของการพยากรณ์โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบ RNN 52
4.6 ผลการจำลองอัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้าน 53
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 55
5.1 สรุปผลการวิจัย 55
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 55
บรรณานุกรม 56
ภาคผนวก 59
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม python 60
ภาคผนวก ข. ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 71
ประวัติผู้เขียน 90

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์พลังงานภายในบ้าน แสดง 8 แถวข้อมูลสุดท้าย 42
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลหลังจากการแปลงข้อมูลเสร็จแล้ว 43
ตารางที่ 4.3 ตารางข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านในแต่ละห้องในรอบ 1 ปี 44
ตารางที่ 4.4 ตารางข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานเครื่องใช้ไฟฟ้าในรอบ 1 ปี 45
ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างการเลือก Features ข้อมูลการเรียนรู้สำหรับการทำนายการใช้พลังงาน..... 50
ตารางที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์ ที่ใช้ในการกำหนดสร้างโมเดล 50
ตารางที่ 4.7 จำลองโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน 1 หลัง 52
ตารางที่ 4.8 ลำดับความสำคัญของโหลด และการตั้งค่าความสะดวกสบาย 53

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 รูปแบบระบบบ้านอัจฉริยะ 11
รูปที่ 1.2 รูปแบบระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน..... 12
รูปที่ 2.1 ระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน..... 16
รูปที่ 2.2 ผังงานระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน 17
รูปที่ 2.3 โครงสร้างระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน 19
รูปที่ 2.4 การทำงานการตอบสนองด้านโหลด..... 21
รูปที่ 2.5 การตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้าเชิงลดการสร้างโรงไฟฟ้า..... 21
รูปที่ 2.6 ภาพรวมระบบโครงการพัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะในประเทศไทย 23
รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมมาตรการควบคุมโหลดโดยตรง..... 24
รูปที่ 2.8 ลักษณะกราฟข้อมูลที่มีแนวโน้ม หรือมี seasonal..... 30
รูปที่ 2.9 ผลการทำ Differencing ข้อมูลให้เป็นรูปแบบ Stationary 31
รูปที่ 2.10 โครงสร้างของ Recurrent Neural Network..... 34
รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบการบริหารการจัดพลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะ 38
รูปที่ 3.2 โครงสร้างการทำเหมืองข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า 39
รูปที่ 3.3 ไดอะแกรมการทำงานภายในระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน 41
รูปที่ 4.1 ลักษณะการใช้พลังงานโหลดรายวัน..... 43
รูปที่ 4.2 ลักษณะการใช้พลังงานโหลดรายปี..... 44
รูปที่ 4.3 สัดส่วนการใช้พลังงานภายในบ้าน 45
รูปที่ 4.4 สัดส่วนการใช้พลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน..... 46
รูปที่ 4.5 กราฟข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านรายชั่วโมง ระยะเวลา 1 ปี..... 46
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์..... 47
รูปที่ 4.7 กราฟข้อมูลเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า และการผลิตไฟฟ้า..... 47
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงถึงสหสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด..... 48
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงข้อมูลพยากรณ์การใช้พลังงานรายสัปดาห์ 49
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงข้อมูลพยากรณ์การใช้พลังงานรายวัน 49
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลข้อมูลพยากรณ์ด้วยวิธี Recurrent Neural Network..... 51
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลจากการปรับข้อมูลพยากรณ์ที่นำข้อมูลเวลาย้อนหลังมาคำนวณ 51

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.13 รูปแบบระบบบ้านอัจฉริยะ 53

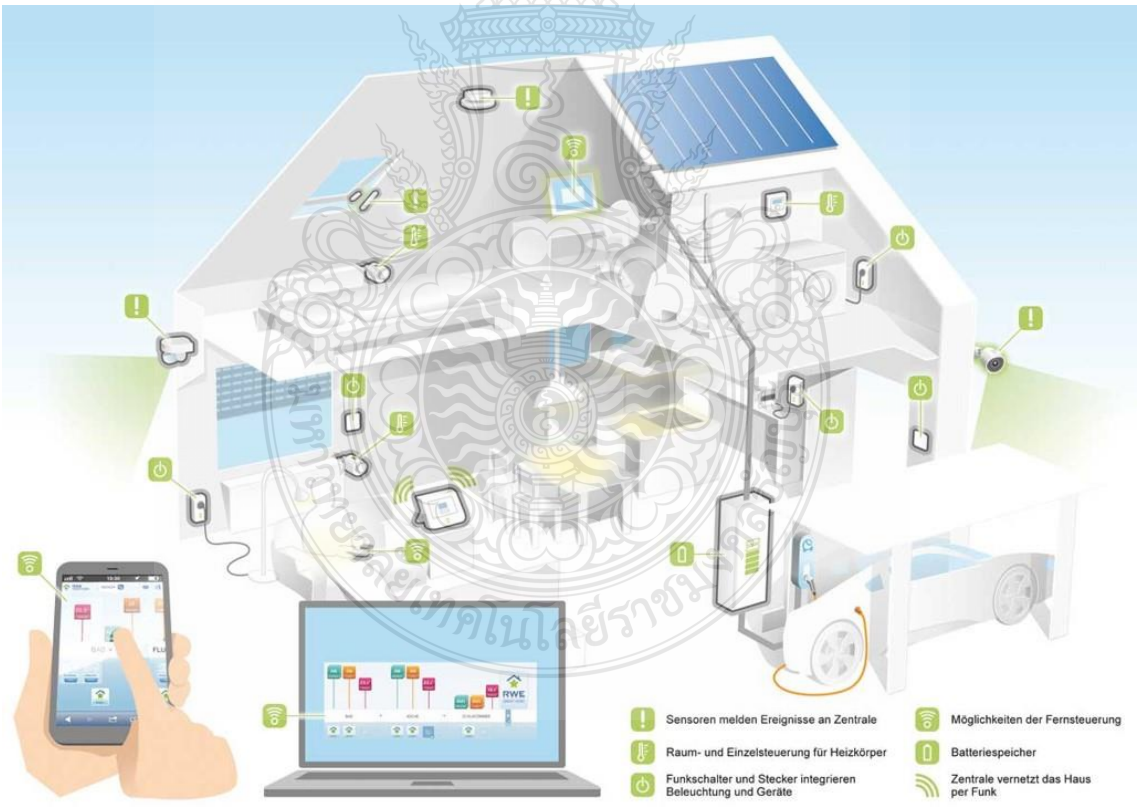
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย
EMS	Energy Management System
FEMS	Factory Energy Management System
BEMS	Building Energy Management System
VSPP HEMS	Home Energy Management System
SP	Smart Plug
GUI	Graphical User Interface
DR	Demand Response
AI	Artificial Intelligence
AR	Auto Regressive
MA	Moving Average
RNN	Recurrent Neural Network
kW	Kilowatt (Real Power, P)
NLP	Neuro-Linguistic Programming
MSE	Mean Square Error
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
Hrs	hours
TP	Total Household
LP	Load Priority
DL	Demand Limits
I	Intergrade
PV	Photovoltaic

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

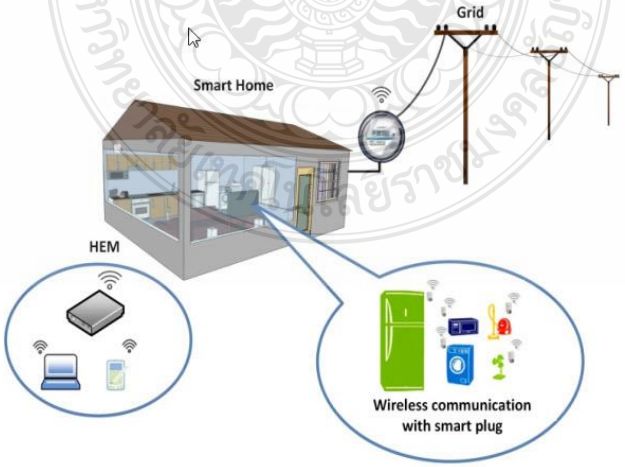
ปัจจุบันเทคโนโลยีมีความก้าวหน้า และพัฒนาไปอย่างรวดเร็วทำให้ชีวิตของมนุษย์ ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีในการใช้ชีวิตประจำวันอยู่เสมอ ซึ่งทำให้ชีวิตประจำวันนั้นมีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น เช่น โทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน คอมพิวเตอร์ที่ประมวลผลเร็วขึ้น เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือ รถยนต์ไฟฟ้า และเครื่อข่ายไร้สายความเร็วสูงแบบ 5G ซึ่งในอนาคตสำหรับบ้านพักอาศัยนั้น จะมีเทคโนโลยีที่เรียกว่าบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) ที่นำเอาเทคโนโลยีและอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดมาเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่าย ดังรูปที่ 1.1 รูปแบบระบบบ้านอัจฉริยะ ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดมีการเชื่อมต่อข้อมูลต่อกันทั้งหมด ทำให้สามารถที่จะควบคุมไฟฟ้าโดยผู้ใช้เอง หรือควบคุมแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 1.1 รูปแบบระบบบ้านอัจฉริยะ[1]

ในสถานการณ์ที่ผ่านมาเริ่มมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้นในทุกปีตามการใช้งานเทคโนโลยี ทำให้มีผลต้องจัดสรรหาเพื่อผลิตพลังงานเพิ่มขึ้น จึงมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจ และเกิดมลภาวะสิ่งแวดล้อมตามไปด้วยในวันที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม 2559 ที่ 29,618.8 เมกะวัตต์ เมื่อ เวลา 22.28 น. ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่เคยปรากฏมาก่อนในประวัติศาสตร์ของการเกิดการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในประเทศไทย ส่วนมากจะเกิดประมาณเวลา 14.00-15.00 น ของวันทำงานปกติ ซึ่งสะท้อนว่าการใช้ไฟฟ้าภาคของบ้านที่อยู่อาศัยเพิ่มมากขึ้น นอกเหนือจากการใชไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม ธุรกิจ และบริการ ส่วนหนึ่งเนื่องมากจากพฤติกรรมการใช้ชีวิตของคนไทยเปลี่ยนไป[2] ใช้เวลากับการใช้อินเทอร์เน็ตและโซเชียลมีเดียของคนไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในประเทศไทยใช้เวลาออนไลน์ต่อวันมากที่สุดคือ 5.03 ชั่วโมง[3] ซึ่งต้องใช้ไฟฟ้า ทั้งโทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ และเครื่องปรับอากาศมากขึ้น

ซึ่งทำให้ปัจจุบันมีการวิจัยด้านพัฒนางานด้านบ้านอัจฉริยะมากขึ้นในการนำระบบต่างๆเข้ามาช่วยในการเพิ่มความสะดวกสบาย และการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 1.2 รูปแบบระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน แสดงถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย โดยใช้เต้ารับอัจฉริยะเป็นอุปกรณ์ตรวจสอบข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และควบคุมการใช้ไฟฟ้า[4] สำหรับระบบบริหารจัดการพลังงานเป็นส่วนสำคัญของระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) ที่ช่วยในการจัดการบริหารการใช้พลังงานได้มีประสิทธิภาพ ในช่วงมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง โดยใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลมาตรการตอบสนองด้านโหลด (Demand Response) ช่วยในการกำหนดการใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสมโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า โดยใช้หลักการกำหนดความสำคัญของอุปกรณ์ไฟฟ้า และอุณหภูมิซึ่งมีความสัมพันธ์กันโดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้น ในงานวิจัยนี้จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในบ้าน



รูปที่ 1.2 รูปแบบระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน[5]

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการในการใช้ระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน และเลือกเทคนิควิธีการเหมืองข้อมูลที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ

1.2.2 เพื่อสร้างรูปแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับการวางแผนด้านการใช้พลังงาน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

การใช้เทคนิควิธีการเหมืองข้อมูล สามารถวิเคราะห์ในการวางแผนการใช้พลังงานภายในบ้านในช่วงมีความต้องการโหลด และพยากรณ์การใช้พลังงานในบ้านเพื่อวางแผนการพัฒนาสำหรับระบบการจัดการพลังงานในบ้าน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 สร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์ความต้องการโหลด ในระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน โดยการใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระยะสั้น เป็นรายชั่วโมงตลอด 24 ชั่วโมง

1.4.2 วิเคราะห์แบบจำลองของข้อมูลที่ได้จากระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน และข้อมูลที่เกี่ยวกับความต้องการด้านโหลด เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ประเภทของวันในแต่ละสัปดาห์ ความแตกต่างกันในการใช้พลังงานในช่วงวันหยุด และวันทำงานเป็นปัจจัยในการวิเคราะห์ความต้องการโหลด ด้วยวิธีการเหมืองข้อมูล

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาทฤษฎี หลักการทำงานของอุปกรณ์ในระบบระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านและศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลในการวิเคราะห์ผล

1.5.2 ศึกษาโปรแกรมจำลองสำหรับการวิเคราะห์เหมืองข้อมูล

1.5.3 ออกแบบข้อมูลระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน สำหรับการจำลอง

1.5.4 จำลองระบบด้วยโปรแกรมทางคณิตศาสตร์

1.5.5 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองเพื่อหาช่วงเวลาความต้องการโหลด

1.5.6 วิเคราะห์การพยากรณ์ความต้องการด้านโหลด

1.5.7 สรุปผลและนำมาเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6 ข้อจำกัดของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะด้วยระบบการจัดการพลังงานในบ้าน ซึ่งมีความหลากหลายของการใช้ไฟฟ้าทั้ง 24 ชั่วโมง แต่สำหรับกลุ่มผู้ใช้อื่นๆ เช่น บ้านพักอาศัย หรืออพาร์ทเม้นท์ อาจมีผลกระทบของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดบ้าน หรือพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของแต่ละแห่ง

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน สำหรับบ้านอัจฉริยะ ด้วยวิธีการเหมืองข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน ซึ่งสามารถใช้หลักการและแนวทางในการลดการใช้พลังงานในไฟฟ้าในอนาคตได้ โดยประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยมีดังนี้

1.7.1 ได้ทราบถึงระบบการจัดการพลังงานในบ้าน สำหรับบ้านอัจฉริยะ

1.7.2 สามารถวิเคราะห์ข้อมูลระบบการจัดการพลังงานในบ้าน โดยใช้เทคนิควิธีการเหมืองข้อมูล เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์สูงสุด

1.7.3 สามารถประเมินค่าใช้จ่ายล่วงหน้า เพื่อสำหรับวางแผนการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอนาคต

1.7.4 ผลของการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการพัฒนางานการนำพลังงานไฟฟ้าจากภายในนอกป้อนเข้าระบบในช่วงมีความต้องการโหลดสูง

1.7.5 สามารถนำแบบจำลองไปพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และแสดงผลการใช้พลังงาน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีระบบเครือข่ายที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้กับระบบไฟฟ้ากำลัง เพื่อพัฒนาให้ระบบดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านมีอัตราที่เติบโตยิ่งขึ้นทุกปี ทำให้ต้องมีการวางแผนและจัดการพลังงานทางด้านผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลือง ในบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึงระบบการจัดการพลังงานในบ้าน ซึ่งประกอบด้วย ระบบจัดการพลังงาน หลักการทำงานของระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน โครงสร้างของระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน และการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในบ้าน ด้วยวิธีการทำเหมืองข้อมูล

2.1 ระบบจัดการพลังงาน

ระบบจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) คือเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยระบบสารสนเทศที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้ระบบไฟฟ้าสามารถทำงานจัดการพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดพลังงาน และการจัดการด้านการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์เป็นต้น[6] โดยระบบจัดการพลังงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1.1 ระบบจัดการพลังงานภายในโรงงาน

ระบบจัดการพลังงานภายในโรงงาน (Factory Energy Management System: FEMS) คือเทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศที่ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงงาน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรเหล่านี้ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ระบบประมวลผล เพื่อดำเนินการเปิดปิดเครื่องจักรในเวลาที่เหมาะสม หรือปรับปรุงคุณภาพของการใช้ไฟฟ้าให้ดีกว่าเดิม เพื่อให้ผู้ประกอบการจ่ายค่าไฟฟ้าในราคาที่ถูกลงกว่าเดิม

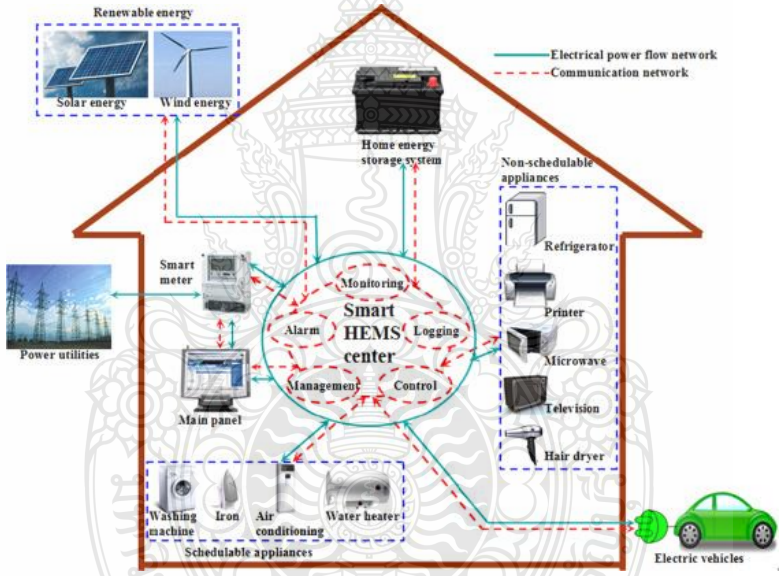
2.1.2 ระบบจัดการพลังงานภายในตึกอาคาร

ระบบจัดการพลังงานภายในตึกอาคาร (Building Energy Management System: BEMS) คือเทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับโหลดภายในอาคารอันได้แก่ โหลดแสงสว่าง และโหลดปรับอากาศ รวมถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ของตัวอาคาร เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนที่เกิดจากโหลดปรับอากาศ ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล เป็นต้น เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดรวมถึงข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหล่านี้ และ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ระบบประมวลผลเพื่อดำเนินการจัดสรรการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้แก่โหลดในเวลาที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้เจ้าของอาคารจ่ายค่าไฟฟ้าในราคาที่ถูกลงกว่าเดิม

2.1.3 ระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน

ระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home Energy Management System: HEMS) คือการประยุกต์เทคโนโลยีการสื่อสาร และสารสนเทศเพื่อจัดการความต้องการพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น การตัดต่อโหลดตามลำดับความสำคัญ การควบคุมพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ไม่แน่นอนเป็นต้น และเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยใช้ Smart Meter รวมถึงแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ไฟฟ้าทราบถึงสถานะ การใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เจ้าของบ้านจ่ายค่าไฟฟ้าในราคาที่ถูกลงกว่าเดิม และผู้อยู่อาศัยภายในบ้านมีความสะดวกสบายมากกว่าเดิม ดังรูปที่ 2.1 ระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน

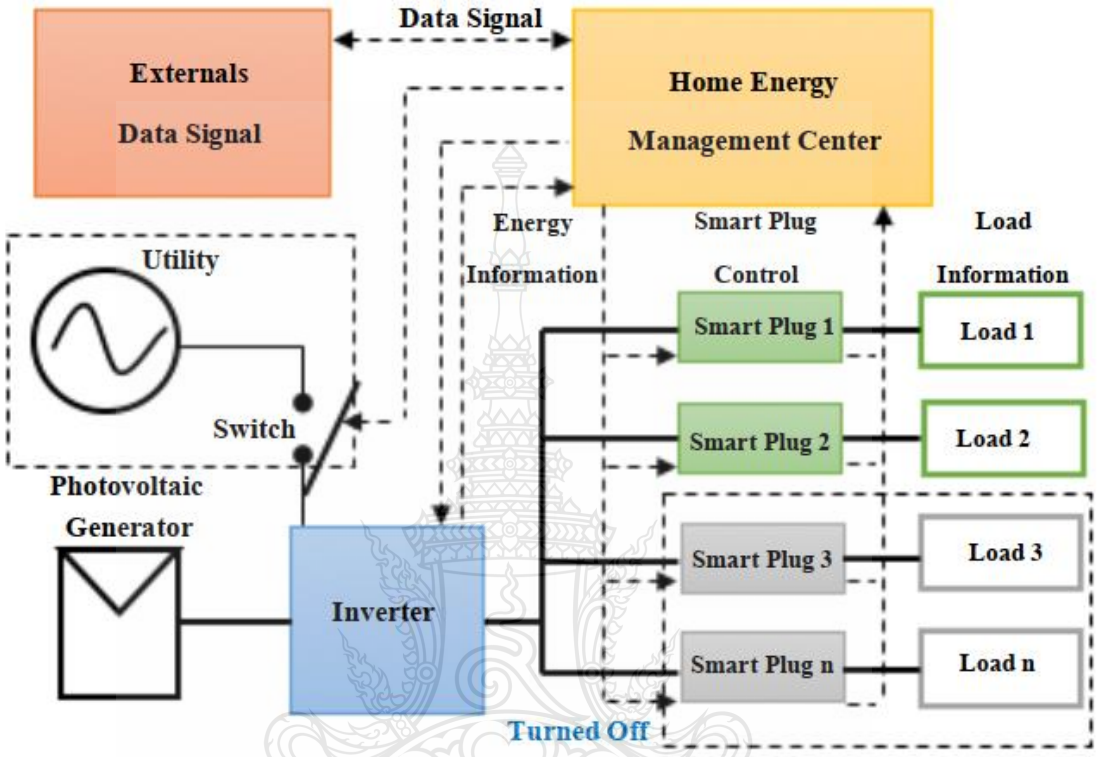


รูปที่ 2.1 ระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน[7]

2.2 การบริหารจัดการพลังงานในบ้าน โดยใช้เต้ารับอัจฉริยะในการควบคุมโหลดไฟฟ้า

ระบบการจัดการพลังงาน โดยใช้เต้ารับไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Plug) ในขณะที่แรงดันคงที่มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังโหลด ผ่านเต้ารับไฟฟ้าอัจฉริยะที่เชื่อมต่อระหว่างอินเวอร์เตอร์ กับโหลดไฟฟ้าในบ้าน หากเกิดไฟฟ้าดับหรือกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอกับอุปกรณ์ที่เกิดขึ้น ระบบจัดการพลังงานจะสั่งให้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์สลับการทำงานกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า หากโหลดมีปัญหาก็จะสั่งให้เต้ารับไฟฟ้าอัจฉริยะปิดการทำงาน และเมื่อมีโปรแกรมตอบสนองด้านโหลดที่ตั้ง

โปรแกรมจำกัดพลังไว้ก็จะเลือกโหลดสำคัญน้อยที่สุดในการปิดเพื่อจำกัดการพลังงาน ดังรูปที่ 2.2 ผังงานระบบบริหารจัดการพลังงาน โดยใช้เต้ารับไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยรายละเอียดแต่ละส่วนมีดังนี้



รูปที่ 2.2 ผังงานระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน

2.2.1 ส่วนเชื่อมต่อของระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน

ระบบจัดการพลังงานภายในบ้านประกอบด้วย 2 ส่วนเชื่อมต่อหลักได้แก่ ส่วนเชื่อมต่อทางระบบไฟฟ้า และส่วนเชื่อมต่อทางระบบสื่อสาร ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2 โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนมีดังนี้

2.2.1.1 ส่วนเชื่อมต่อทางระบบไฟฟ้า (Electrical System Interface) คือส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่รับ-จ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งเชื่อมต่อกับ ระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ้าน (HEMS) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่

1) ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ (Utility Grid) ซึ่งเชื่อมต่อกับระบบจัดการพลังงานภายในบ้านผ่านทางตู้รวมไฟ (Main Distribution Board: MDB)

2) โหลด (Load) คืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน แสดงตัวอย่างการแบ่งโหลดออกเป็น n ชุด (Load 1 ถึง Load n) ซึ่งโหลดแต่ละชุดจะถูกควบคุมการเปิด-ปิดโดยระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน (HEMS)

3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ในระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน (HEMS) นั้นจะเน้นพลังงานแสงอาทิตย์ที่รับโดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และพลังงานลมที่รับโดยกังหันลม

2.2.1.2 ส่วนในการเชื่อมต่อทางระบบไฟฟ้าสือสาร (Communication System Interface) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูล รวมถึงนำคำสั่งไปสั่งงานให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดทำงานได้ตามต้องการ ซึ่งเชื่อมต่อกับระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ้าน (HEMS) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1) วัตต์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลา (TOU Wattmeter) คือ วัตต์มิเตอร์ ของการไฟฟ้าฯ ที่คิดราคาค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ช่วง off-peak และช่วง on-peak ซึ่งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านที่พัฒนาขึ้นจะออกแบบให้บ้านเรือนบริโภคไฟฟ้า ณ ช่วงเวลา peak ให้น้อยที่สุด เพื่อประหยัดค่าไฟฟ้าและลดการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อมีการใช้ไฟฟ้าเป็นปริมาณมาก

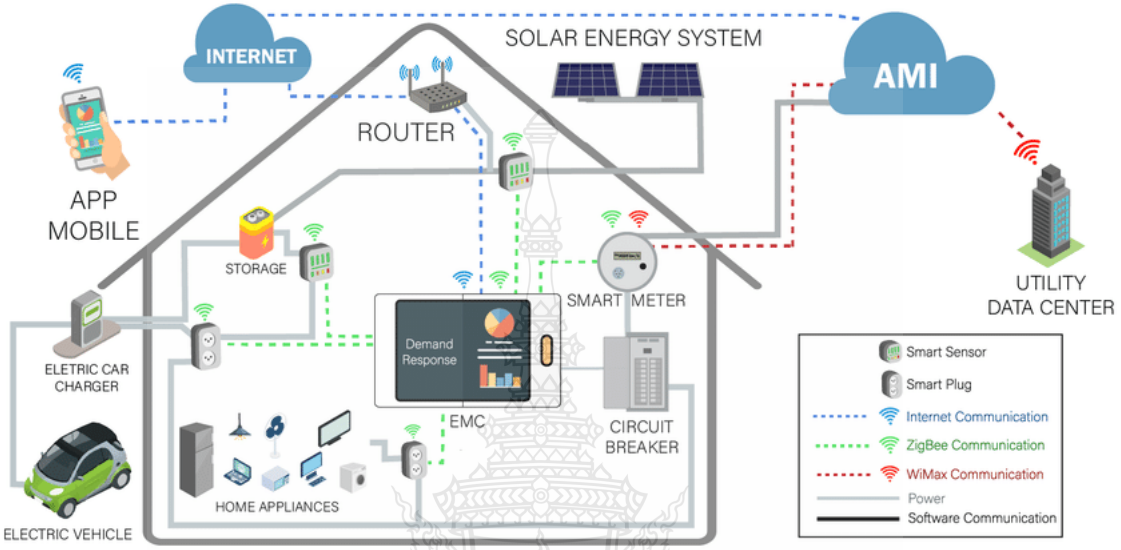
2) มาตรวัดกำลังไฟฟ้าหมุนเวียน (Renewable Wattmeter) ทำหน้าที่วัดค่าพลังงานไฟฟ้าหมุนเวียนที่ผลิตได้ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อส่งข้อมูลให้ระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน (HEMS) ทำการจัดการกับโหลดของบ้านเรือนแต่ละหลังในชุมชนขนาดใหญ่เพื่อลดปัญหา Power Swing โดยรวมได้

3) มนุษย์ (Human) ระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน (HEMS) จะแนะนำพฤติกรรมที่เหมาะสมในการใช้ไฟฟ้าให้แก่มนุษย์ผู้อยู่อาศัยภายในบ้าน เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงราคาแพง และลดความไม่แน่นอนของการใช้กำลังไฟฟ้าภายในบ้าน (Power Swing) และมีเซนเซอร์ที่สามารถตรวจจับสภาพแวดล้อมและพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เพื่อลดการใช้พลังงานสูญเปล่า เพิ่มความสะดวกสบายของ และความปลอดภัยแก่ผู้อยู่อาศัยในบ้าน นอกจากนี้แล้วมนุษย์ยังสามารถสั่งการปิด-เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทันทีทันใด และโปรแกรมเครื่องใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าได้ผ่านทางระบบ Internet

2.2.2 โครงสร้างของระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน

เป็นระบบที่เชื่อมโยงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน และอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าด้วยกัน โดยสามารถแสดงสถานการณ์ใช้ไฟฟ้า (เช่น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านในช่วงเวลานั้น หรือการตรวจสอบค่าไฟฟ้าล่าสุดเป็นต้น) นอกจากนี้ระบบการบริหารจัดการพลังงานในบ้าน ที่มีขีดความสามารถในระดับที่สูงขึ้นจะสามารถนำข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง

เช่น สภาพอากาศ ราคาค่าไฟฟ้าในช่วงเวลาปัจจุบัน มาประมวลผล ดังรูปที่ 2.3 โครงสร้างระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน โครงสร้างระบบบริหารจัดการพลังงาน พร้อมทั้งเสนอแนะต่อผู้ใช้ไฟฟ้าถึงวิธีลดการใช้พลังงาน หรือควบคุมการใช้พลังงานอย่างอัตโนมัติให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 2.3 โครงสร้างระบบบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน[8]

โครงสร้างของระบบจัดการพลังงานภายในบ้านประกอบด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่ ส่วนติดต่อประสานงานกับผู้ใช้ไฟฟ้า (Home Energy Management Graphic User Interface: HEM GUI) ส่วนวัดค่าสภาพแวดล้อมภายในระบบ (Sensor Measurement) ส่วนหัวสมองการควบคุม (Condition based Control) และโปรโตคอลการสื่อสารภายในระบบ (Communication Protocol) ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมโยง รับ-ส่งข้อมูล ของส่วนต่างๆภายในระบบให้สามารถทำงานเข้าด้วยกันได้ โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนเป็นดังนี้

2.2.2.1 ส่วนต่อประสานผู้ใช้ (HEM GUI) ทำหน้าที่รายงานข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า รวมถึงแนะนำพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมแก่ผู้ใช้ไฟฟ้า ให้ผู้ใช้ไฟฟ้าทราบถึงพฤติกรรมที่สมควรปฏิบัติ เพื่อทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน เพื่อทำให้ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านจ่ายค่าไฟฟ้าในราคาที่ถูกลงกว่าเดิม ดังเช่น GUI สำหรับรายงานผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของบริษัท Google หรือ Google Power Meter ส่วนต่อประสานผู้ใช้ของ Google ได้แสดงการเปรียบเทียบผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของวันในปัจจุบัน และวันที่โดยแสดงเป็นกราฟ Daily Load Curve ของสองวันเปรียบเทียบกัน และในแต่ละวันจะมีแถบสีเขียวเข้มแสดงให้เห็นถึง Base Load ส่วนโหลดที่นอกเหนือจาก Base Load จะแสดงสีเขียว

อ่อน นอกจากนี้แล้วยังมีการประมาณค่าไฟฟ้าเป็นดอลล่าร์ต่อปี จากข้อมูลของกราฟแสดงการใช้ฟ้า (Daily Load Curve) ของแต่ละวัน รวมถึงผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถวางแผนให้เครื่องใช้ไฟฟ้าให้ไม่ทำงานเกินกว่าราคาค่าไฟฟ้าที่ตั้งไว้ได้ และมีการแบ่งช่วงการใช้พลังงานไฟฟ้าออกเป็น 4 ช่วงได้แก่ช่วงดึก (Night) ช่วงเช้า (Morning) ช่วงบ่าย (Afternoon) และช่วงเย็น (Evening) พร้อมทั้งผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเรียกดูกราฟการใช้ไฟฟ้าแต่ละสัปดาห์ (Weekly Load Curve) และกราฟการใช้ไฟฟ้าแต่ละเดือน (Monthly Load Curve) ได้[9] ซึ่งการแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของ Google นี้จะสามารถสร้างความตระหนักรู้ให้ผู้ใช้ไฟฟ้าหันมาประหยัดพลังงานได้

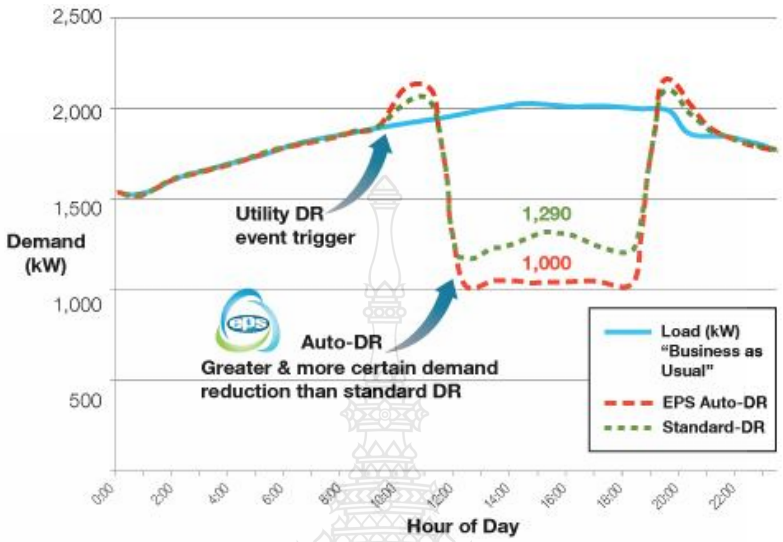
2.2.2.2 ส่วนวัดค่าสภาพแวดล้อมภายในระบบ (Sensor Measurement) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับปริมาณอุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าหรือส่วนที่ทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้ามาเป็นลักษณะข้อมูลเพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาพิจารณาเพื่อจัดการกับโหลดไฟฟ้าและรายงานผลผ่านทาง HEM GUI ต่อไปซึ่งส่วนวัดค่าสภาพแวดล้อมในระบบ ที่จะใช้ในระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน (HEMS) เช่น เซนเซอร์วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2Sensor) กล้องวงจรปิด(CCTV Camera) เซนเซอร์วัดความสว่าง (Lighting Sensor) เซนเซอร์วัดอณุหภูมิ (Temperature Sensor) และเซนเซอร์วัดความชื้น Humidity Sensor เป็นต้น

2.2.2.3 ส่วนหัวสมองการควบคุม (Condition-Based Control) คืออปุกรณ์เครื่องมือที่ทำ หน้าที่ควบคมุเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านให้มีการใช้พลงังานงานไฟฟ้าอย่างเหมาะสมโดยอุปกรณ์ดงักล่าวนี้ประกอบด้วยรีเลย์หรืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คล้ายรีเลย์ไมโครโปรเซสเซอร์ และส่วนที่ทำหน้าที่ติดตอ่ประสานงานกับ HEM GUI และ ส่วนวัดค่าสภาพแวดล้อมในระบบ โดยรีเลย์ซึ่งต่ออยู่กับโหลดแต่ล่ะชุดจะทำหน้าที่ตัดต่อโหลดตามคำสั่งของไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครโปรเซสเซอร์มีหน้าที่รับข้อมูลจาก HEM GUI และส่วนวัดค่าสภาพแวดล้อมในระบบเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลและจัดการกับโหลดอย่างเหมาะสมเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลือง และลดความไม่แน่นอนในการใช้กำลังไฟฟ้าซึ่งหมายถึงการพยายามทำให้กราฟการใช้ฟ้าแต่ละวัน เรียบสมำเสมอซึ่งทำให้การไฟฟ้าฯไม่ต้องเปิด-ปิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่บ่อยครั้ง เนื่องมาจากความไม่แน่นอนของโหลด

2.3 การตอบสนองด้านโหลด (Demand Response)

การตอบสนองด้านโหลด คือมาตรการในการลดการใช้ไฟฟ้าแบบหนึ่ง โดยดำเนินการในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะทำการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้า เป้าหมายสูงสุดของการตอบสนองด้านโหลด คือการลดความต้องการของไฟฟ้าไม่ให้เกินกำลัง ณ ขณะนั้น จะสามารถทำให้ไม่เกิดการขาดแคลนของกำลังไฟฟ้า ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งได้ ดังรูปที่ 2.4 การทำงานตอบสนองด้านโหลด อย่างไรก็

ดีการตอบสนองด้านโหลด จะดำเนินการที่ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ไม่ได้ดำเนินทุกช่วงเวลา ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจะต้องเป็นผู้กำหนด ซึ่งจะดูได้จากข้อมูลการใช้ไฟฟ้า



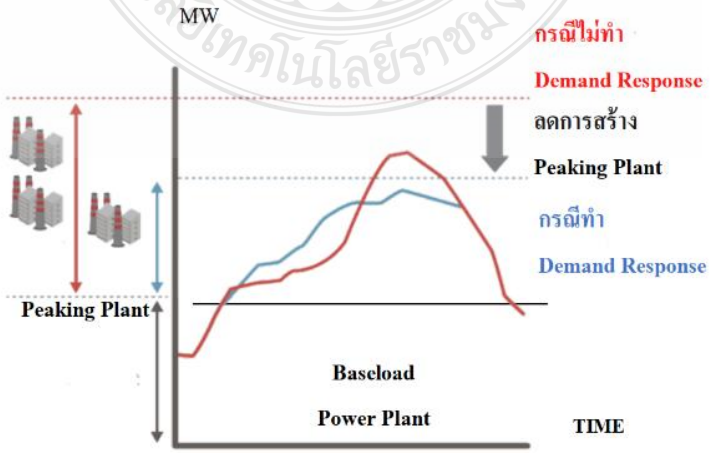
รูปที่ 2.4 การทำงานการตอบสนองด้านโหลด[10]

2.3.1 วัตถุประสงค์ของการตอบสนองด้านโหลด

2.3.1.1 ลดการเกิดความต้องการของไฟฟ้าสูงสุด ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งได้

2.3.1.2 ทำให้ระบบพลังงานไฟฟ้า มีความคล่องตัวในการจัดการในเวลาฉุกเฉิน และเกิดความมั่นคงต่อระบบ

2.3.1.3 ลดต้นทุนการดำเนินการสร้างโรงไฟฟ้า เพื่อรองรับการเกิดความต้องการสูงสุด ดังรูปที่ 2.6 การตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้าเชิงลดการสร้าง



รูปที่ 2.5 การตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้าเชิงลดการสร้างโรงไฟฟ้า

2.3.1.4 สามารถกำหนด หรือทำนายการใช้ไฟฟ้าในเบื้องต้นได้ ทำให้สามารถบริหารการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.2 ประเภทของการตอบสนองด้านโหลด สำหรับมาตรการการตอบสนองด้านโหลด มีหลายรูปแบบ โดยสามารถแบ่งประเภทได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.3.2.1 Time/Price Based Demand Response เป็นมาตรการที่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า โดยการกำหนดอัตราของราคาค่าไฟฟ้าให้แปรผันไปตามช่วงเวลาที่กำหนด สามารถแบ่งได้เป็น

1) Time of Use (TOU) เป็นมาตรการที่กำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างไปในแต่ละช่วงเวลา โดยจะแบ่งเป็นช่วง On peak และ Off peak

2) Real Time Pricing (RTP) มาตรการนี้จะกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า ให้เปลี่ยนไปเป็นรายชั่วโมง โดยอาจจะเปลี่ยนไปตามต้นทุน ณ ขณะนั้น

3) Critical Peak Pricing (CPP) เป็นมาตรการที่กำหนดอัตราไฟฟ้าในช่วงเวลาการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ให้สูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆ

4) Critical Peak ทำให้ ณ ช่วงเวลานั้น อัตราค่าไฟฟ้าจะมีราคาที่สูงมาก

2.3.2.2 Incentive Based Demand Response เป็นมาตรการที่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมใช้ไฟฟ้า โดยการกำหนดปริมาณไฟฟ้าที่ลดได้ เพื่อแลกกับเงินตอบแทนตามสัญญาที่ได้ทำไว้ โดยอาจจะมีการลงโทษถ้าผู้ใช้ไฟฟ้าไม่สามารถลดได้ตามเป้าหมาย และสามารถแบ่งประเภทได้เป็น

1) Direct Load Control (DLC) เป็นมาตรการที่ทำการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยตรงซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าจะยอมให้ผู้ดำเนินการทำการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วม อาจจะเป็นเครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำร้อน หรือระบบแสงสว่าง

2) Interruptible/Curtailment (I/C) มาตรการนี้กำหนดค่าตอบแทนให้ตามอัตราที่ได้ทำสัญญาไว้ โดยจะมีการกำหนดจำนวนครั้งที่จะเรียกในการขอลดการใช้ไฟฟ้า

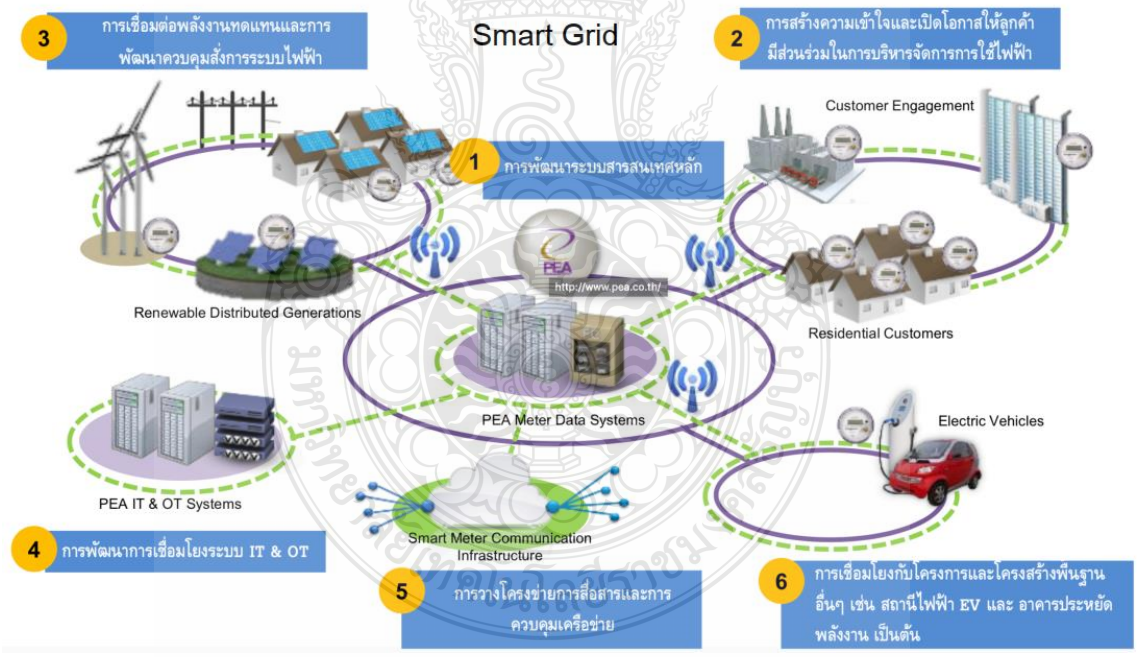
3) Emergency Demand Response Program (EDRP) เป็นมาตรการที่ให้ ค่าตอบแทนกับลูกค้าที่ทำสัญญา ณ ช่วงเวลาที่คาดการณ์ว่าทำให้เกิดการขาดแคลนไฟฟ้า

4) Capacity Market Program เป็นมาตรการที่ผู้ใช้ไฟฟ้าจะทำเสนอขอลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าเอง โดยจะทำการแจ้งปริมาณที่จะขอลดในก่อนวันที่จะดำเนินการลด โดยจะ

ได้รับเงินล่วงหน้า และถ้าผู้ใช้ไฟฟ้าไม่สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามที่สัญญาไว้ได้จะมีบทลงโทษไปตามสัญญา

2.3.3 การตอบสนองด้านโหลดกับประเทศไทย

จากการที่มีแนวคิดที่จะเปลี่ยนแปลงระบบไฟฟ้าให้เป็นโครงข่ายระบบสมาร์ทกริดกระทรวงพลังงานได้มีมติเห็นชอบให้มีการจัดทำแผนแม่บทระบบโครงข่ายสมาร์ทกรดของประเทศไทย และได้มีการจัดทำแผนการขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านสมาร์ทกริดของประเทศไทย การตอบสนองด้านโหลด จึงถือว่าเป็นส่วนหนึ่งภายใต้แผนการขับเคลื่อนฯ มีการศึกษาในเบื้องต้น เช่นการเริ่มดำเนินการโครงการนำร่องที่เกี่ยวกับการตอบสนองด้านโหลด ไปบางส่วน เช่นโครงการความร่วมมือในการลดการใช้ไฟฟ้าเพื่อรองรับการหยุดการจ่ายก๊าซธรรมชาติ เมื่อปี 2558 โครงการวิจัยนำร่องการดำเนินงานด้านการจัดการกำาลังไฟฟ้าสูงสุดในภาคประชาชน (DR100) เป็นต้น[10] มีการจัดทำโครงสร้างค่าไฟฟ้าโดยคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ให้สนับสนุนและเอื้อต่อการดำเนินการการตอบสนองด้านโหลดในภายภาคหน้าดังรูปที่ 2.6 ภาพรวมระบบโครงการพัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะในประเทศไทย



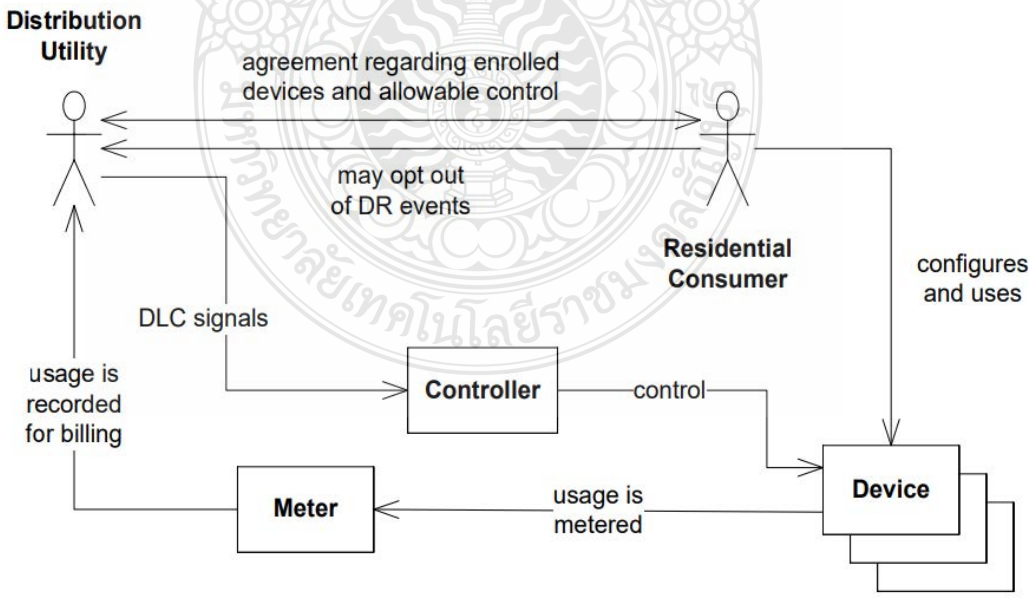
รูปที่ 2.6 ภาพรวมระบบโครงการพัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะในประเทศไทย[11]

จากได้มีการศึกษารวมถึงหาแนวทางที่เหมาะสมในการดำเนินการการตอบสนองด้านโหลดในประเทศไทย และได้กำหนดมาตรการที่มีแนวโน้มที่จะด าเนินการในประเทศไทยได้อยู่ 4

มาตรการคือ มาตรการ Emergency Demand Response Program (EDRP), มาตรการ Critical Peak Pricing (CPP), มาตรการ Interruptible Load (ILP), และมาตรการ Direct Load Control (DLC) เนื่องจากว่ามาตรการบางส่วนที่กล่าวในข้างต้น มีการดำเนินการจริงแล้วในการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง และบางส่วนกำลังที่จะดำเนินการซึ่งจะต้องรอความพร้อมในด้านเทคโนโลยีหรือนโยบายในอนาคต ทั้งนี้มีการกำหนดอัตราค่าตอบแทนของแต่ละมาตรการในเบื้องต้น เพื่อสามารถเป็นแนวทางในการดำเนินการโครงการการตอบสนองด้านโหลดในอนาคตได้

2.3.4 มาตรการควบคุมโหลดโดยตรง

มาตรการควบคุมโหลดโดยตรงเป็นมาตรการหนึ่งที่ทำการอนุญาตให้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมสัญญาถูกควบคุม ณ ช่วงเวลาที่ดำเนินการมาตรการนี้อยู่ โดยสิทธิการควบคุมจะขึ้นอยู่กับสัญญาที่ได้ทำการระหว่างผู้ใช้ไฟฟ้าและผู้ดำเนินการมาตรการควบคุมโหลดโดยตรงที่เป็นศูนย์ รวบรวมการลดการใช้ไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ถูกควบคุมในที่นี้อาจจะเป็นเครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำร้อน สถานีชาร์จรถไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง เป็นต้น โหลดที่กล่าวมานี้ถือว่าเป็นโหลดที่สามารถหยุดการทำงานชั่วคราวได้ โดยในส่วนใหญ่เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการ ส่วนมากจะเป็นเครื่องปรับอากาศ และเครื่องทำน้ำร้อน เนื่องจากเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าเป็นปริมาณมาก สามารถทำการปิดหรือเปลี่ยนแปลงการทำงานได้โดยที่ส่งผลกระทบถึงความสะดวกสบายของผู้ใช้ และไม่ถือว่าเป็นโหลดวิกฤต ถ้ามีการปิดการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ ดังรูปที่ 2.7 ไดอะแกรมมาตรการควบคุมโหลดโดยตรง



รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมมาตรการควบคุมโหลดโดยตรง

มาตรการควบคุมโหลดโดยตรง เป็นมาตรการหนึ่งที่ทำการอนุญาตให้เครื่องใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ เข้าร่วมสัญญาถูกควบคุม ณ ช่วงเวลาที่ดำเนินการมาตรการนี้อยู่ โดยสิทธิการควบคุมจะขึ้นอยู่กับมาตรการควบคุมโหลดโดยตรง เป็นอีกมาตรการที่มีข้อดีที่สามารถดำเนินการได้ทันที และสามารถตอบสนองได้รวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถกำหนดปริมาณกำลังไฟฟ้าได้ค่อนข้างแม่นยำ แต่การดำเนินการมาตรการนี้มีสิ่งที่ท้าทายที่อาจเป็นอุปสรรคในการดำเนินการ เช่น การออกแบบ และกำหนดแรงจูงใจให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามาสมัครมาตรการควบคุมโหลดโดยตรง ให้น่าสนใจ วิธีการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมโดยตรง และผู้ที่รวบรวมโหลดมีสิทธิ์ในการควบคุมมาก ทำให้รู้สึกถึงความไม่เป็นส่วนตัวของผู้ใช้ไฟฟ้า การลงทุนในด้านของเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่นการวิธีสื่อสาร อุปกรณ์ที่ต้องทำงานได้อย่างชาญฉลาด รวมถึงความมั่นคงและปลอดภัยไม่ให้สามารถถูกเข้าถึงได้ง่ายเป็นต้น มาตรการนี้ได้มีการทดลองและดำเนินการใช้จริงแล้วในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา โดยที่เน้นไปที่เครื่องปรับอากาศเป็นหลัก

2.3.5 มาตรการการควบคุมโหลดโดยตรงในประเทศไทย

จากสำหรับมาตรการการควบคุมโหลดโดยตรงนั้น ถือว่าอยู่ในโครงการย่อยของมาตรการ Interruptible/Curtailable Service (I/C) ผู้ใช้ไฟฟ้าจะสามารถสมัครมาตรการนี้ได้ผ่านทางศูนย์รวบรวมการลดการใช้ไฟฟ้าโดยที่ข้อตกลง วิธีการควบคุม หรือเงื่อนไขค่าตอบแทนที่จะได้รับ ขึ้นอยู่กับศูนย์รวบรวมการลดการใช้ไฟฟ้าไม่ได้มีการกำหนดไว้ ในส่วนของศูนย์รวบรวมการลดการใช้ไฟฟ้าจะได้รับค่าชดเชยคล้ายกับอัตราของมาตรการ Interruptible Load โดยสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ได้มีการร่างมาตรการความร่วมมือการลดการใช้ไฟฟ้า ระบุ ถึงหลักเกณฑ์ของการดำเนินการการตอบสนองด้านโหลด และอัตราค่าชดเชยที่ศูนย์รวบรวมการลดการใช้ไฟฟ้าได้รับซึ่งได้รับค่าพลังไฟฟ้า (Available Payment) ตามที่ได้ทำสัญญากับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายไว้ซึ่งศูนย์รวบรวมการลดการใช้ไฟฟ้าจะต้องทำสัญญาอย่างน้อย 500 กิโลวัตต์ มาตรการนี้จะดำเนินการในช่วงฤดูร้อน (เมษายน-พฤษภาคม) หรือเหตุการณ์ฉุกเฉินอื่น ๆ อัตราการตอบสนองด้านโหลด ที่ให้กับศูนย์รวบรวมการลดการใช้ไฟฟ้า

2.4 การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)

การทำเหมืองข้อมูล เป็นกระบวนการวิเคราะห์และกลั่นกรองข้อมูลจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลและน้ำประโยชน์ที่ได้รับมาใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจในด้านต่างๆ[12] ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ 1) การคาดการณ์หรือพยากรณ์ (Predictive Data Mining) เป็นการประมาณค่าที่เหมาะสมของข้อมูลล่วงหน้าที่จะเกิดขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่ผ่านมาใน

อดีต 2) การบรรยายหรืออธิบายลักษณะ (Descriptive Data Mining) เป็นการแบ่งกลุ่มข้อมูลมูล แบ่งกลุ่มข้อมูลที่มีอยู่เพื่ออธิบายข้อมูลต่างๆที่เกิดขึ้น

2.4.1 ขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูล

การทำเหมืองข้อมูลนั้นมีกระบวนการมาตรฐานที่เรียกว่าวิธีการ CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน

2.4.1.1 Business Understanding เป็นการทำความเข้าใจ ระบุปัญหาหรือโอกาสเชิงธุรกิจ จากนั้นทำการแปลงโจทย์ที่ได้ ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเหมืองข้อมูล

1) ตั้งเป้าหมายว่าการทำเหมืองข้อมูลครั้งนี้ ต้องการที่จะแก้ปัญหาใด เช่น ทำนายปริมาณน้ำฝนที่ตกใน 7 วันถัดไป เป็นต้น

2) ตั้งเกณฑ์วัดความสำเร็จในการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งความสำเร็จในด้านรูปธรรม และความสำเร็จในด้านนามธรรม

3) ประเมินสถานการณ์ในด้านต่างๆ เช่น ความรู้พื้นฐานในเรื่องที่จะทำเหมืองข้อมูลมีเพียงพอหรือไม่ และผลประโยชน์จากการทำเหมืองข้อมูลจะคุ้มค่ากับต้นทุนที่เสียไปหรือไม่ เป็นต้น

4) ตั้งเป้าหมายในเชิงการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งต่างไปจากเป้าหมายหลักในการแก้ปัญหา

5) วางแผนการทำเหมืองข้อมูล ว่าจะเก็บข้อมูลอย่าไร และใช้อัลกอริทึมใดในการทำเหมืองข้อมูล

2.4.1.2 Data Understanding เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล ในการรวบรวมข้อมูลนั้นควรพิจารณาด้วยว่าเป็นข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลที่ ถูกต้องน่าเชื่อถือ ข้อมูลที่ได้มีปริมาณมากพอหรือยัง และเป็นข้อมูลที่เหมาะสม มีรายละเอียดเพียงพอต่อการน้าไปใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วยกระบวนการย่อย ดังนี้

1) เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2) ตรวจสอบข้อมูลขั นต้น โดยตรวจสอบทั งความสมบูรณ์และความถูกต้องของข้อมูล

2.4.1.3 Data Preparation ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานที่สุด เนื่องจาก โมเดลที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูลจะให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลที่ใช้ กล่าวคือ ถ้าข้อมูลที่ใช้นั้นไม่ถูกต้อง มีผิดพลาด ย่อมสะท้อนถึงผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งอาจทำให้ตีความ ผลลัพธ์ได้คลาดเคลื่อนเช่นกัน โดยการเตรียมข้อมูลนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนย่อย

มีรายละเอียดดังนี้

1) การคัดเลือกข้อมูล (Data Selection) ควรก้าหนดเป้าหมายก่อนว่าจะทำการวิเคราะห์อะไร แล้วทำการเลือกใช้เฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เราจะทำการวิเคราะห์

2) การกลั่นกรองข้อมูล (Data Cleaning) ในบางกรณีอาจพบข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง อันเนื่องมาจากปัญหาในระหว่างการจัดเก็บข้อมูล เช่น การกรอกข้อมูลไม่ครบบ้าง กรอกข้อมูลซ้ำซ้อน บ้างในขันตอนนี้ เราจะทำการกรองข้อมูลที่ไม่ถูกต้องหรือซ้ำซ้อนออก หรืออาจทำการซ่อมข้อมูลที่ ขาดหายไปด้วยวิธีการบางอย่าง เช่น การพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลส่วนใหญ่ เป็นต้น

3) การแปลงรูปแบบของข้อมูล (Data Transformation) เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมนำไปใช้ในการวิเคราะห์ตามอัลกอริทึมของการทำเหมืองข้อมูลที่เลือกใช้

4) Modeling เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล ได้แก่ โมเดลเพื่อพยากรณ์ (Prediction Model) ในบางครั้งพบว่ามีการนำเทคนิคเหมืองข้อมูลหลายเทคนิคมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ดังนั้นเมื่อทำขั้นตอนนี้แล้ว อาจมีการย้อนกลับไปที่ขั้นตอน Data Preparation เพื่อแปลงข้อมูลบางส่วนให้เหมาะสมกับแต่ละเทคนิคด้วย นอกจากนี้ยัง มีการประเมินโมเดลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในรูปแบบความถูกต้องของโมเดล เพื่อเป็นตัวบ่งชี ความน่าเชื่อถือของโมเดลที่ได้ สำหรับรายละเอียดเทคนิคเหมืองข้อมูลแต่ละเทคนิคและวิธีการประเมินผลโมเดล

5) Evaluation เป็นการประเมินประสิทธิ์ภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากโมเดลวิเคราะห์ข้อมูล ว่าตรงกับวัตถุประสงค์หรือสามารถตอบโจทย์ทางธุรกิจที่ได้ตั้งไว้ในขั้นตอนแรกหรือไม่ มีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ซึ่งอาจจะย้อนกลับไปยังขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ ในกรณีที่มีการสร้างโมเดลวิเคราะห์ข้อมูลหลายโมเดล ในขั้นตอนนี้จะทำการประเมินแต่ละโมเดลด้วยว่ามีส่วนดีส่วนด้อยอย่างไร และควรเลือกใช้โมเดลใด การทำงานในส่วนนี้ต้องอาศัยทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลและธุรกิจ เพื่อช่วยให้การวิเคราะห์ทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้นจึงมีการใช้เครื่องมือทางด้านกราฟิก เช่น การแสดงผลการวิเคราะห์ด้วยกราฟ รายงานรูปแบบต่างๆ หรือ Dashboard เป็นต้น

6) Deployment ผลลัพธ์หรือองค์ความรู้ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลจะไม่มีประโยชน์ ถ้าไม่นำไปใช้งานจริง

2.4.2 อัลกอริทึมที่ใช้ในการทำเหมืองข้อมูล

การแก้ปัญหาของงานชนิดต่างๆ โดยใช้วิธีการเหมืองข้อมูลในแต่ละงานก็จะมีเทคนิค

ของการทำเหมืองข้อมูลที่จะนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็น AI (ArtificialIntelligence) เทคนิคที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ Classification, Rules, Decision Trees หรือ NeuralNetworks ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการอนุกรมเวลาโดยใช้เทคนิค Autoregressive integrated moving average (ARIMA) และ Recurrent Neural Network (RNN) มาใช้สำหรับทำนายข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านมีรายละเอียดดังนี้

2.4.3 วิธีการแบบจำลอง Autoregressive integrated moving average หรือแบบจำลอง ARIMA เป็นแบบจำลองที่ได้รับความนิยม และเป็นวิธีที่ให้ค่าพยากรณ์ในระยะสั้นที่ดีเนื่องจากวิธีนี้มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง(Mean Square Error: MSE) ของการพยากรณ์ที่ได้จะต่ำกว่าวิธีอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์แนวโน้มวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและวิธีถดถอยเชิงพหุเป็นต้น อีกทั้งในการจัดทำสมการ และการพยากรณ์ยังมีขั้นตอนที่ซับซ้อนน้อยกว่าแบบมหภาคที่อยู่ในลักษณะระบบสมการหลายชั้น โดยพื้นฐานแล้วแบบจำลอง ARIMA เป็นวิธีที่ให้ค่าพยากรณ์ในระยะสั้นเหมาะกับการพยากรณ์ไปข้างหน้าในช่วงเวลาสั้นๆ และต้องมีช่วงของข้อมูลที่ยาวพอสมควรแบบจำลอง ARIMA(p,d,q) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่แบบจำลอง Auto Regressive (AR(p)) กระบวนการ Integrated (I(d)) และแบบจำลอง Moving Average (MA(q)) โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนมีดังนี้

2.4.3.1 แบบจำลอง Auto Regressive (AR(p)) เป็นรูปแบบที่แสดงว่าค่าสังเกต y_t ถูกกำหนดจ่ากค่าของ $y_t,...,y_{t-p}$ หรือ ค่าสังเกตที่เกิดขึ้นหน้า p โดยกระบวนการหรือระบบ AR(p) คือกระบวนการหรือระบบ Auto Regressive ที่มีอันดับที่ p ซึ่งเขียนอยู่ในรูปสมการ AR(p) ได้ดังสมการที่ (2.1)

$$x_t = c + \sum_{i=1}^{p} \varphi i X_{t-i} + \varepsilon t \qquad (2.1)$$

โดยที่

x_t คือ ค่าสังเกตที่เกิดขึ้นก่อนหน้า AR(p)

φ_i คือ อันดับของ Auto Regressive

x_{t-i} คือ ค่าของอนุกรมเวลา $t-i$

ε_t คือ ค่า Error ของโมเดล

2.4.3.2 แบบจำลอง Moving Average (MA(q)) เป็นรูปแบบที่แสดงว่าค่าสังเกต y_t ถูกกำหนดจากค่าความคลาดเคลื่อน $\varepsilon_{t-1},...,\varepsilon_{t-q}$ โดยกระบวนการหรือระบบ MA(q) คือกระบวนการหรือระบบ MA(q) คือกระบวนการ ระบบ Moving Average ที่มีอันดับ q จะเขียนในรูป MA(q) ได้ดัง

สมการที่ (2.2)

$$X_t = \mu + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^{q} \phi_i \varepsilon_{t-i} \quad (2.2)$$

โดยที่

X_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของ MA(q)

μ คือ ค่าคงที่

ε_t คือ Error Term ของโมเดล

ϕ_i คือ ค่าอันดับของความเฉลี่ยคลาดเคลื่อน

ε_{t-i} คือ ผลรวมของ Error Term $t-i$

2.4.3.3 แบบจำลอง Auto Regressive Moving Average (ARMA(p,q)) เป็นแบบจำลองที่นำเอากระบวนการ Auto regressive และ Moving Average มาใช้รวมกัน โดยกระบวนการหรือระบบ ARMA(p,q) คือกระบวนการหรือระบบ Auto regressive ที่มีอันดับที่ p และ Moving Average ที่มีอันดับ q ซึ่งเขียนในรูป (ARMA(p,q)) ดังสมการที่ (2.3)

$$y_t = \delta + \phi y_{t-1} + \phi y_{t-2} + \ldots + \phi y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \ldots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.3)$$

โดยที่

y_t คือ ค่าสังเกตในอนุกรมเวลา ณ เวลา t

p คือ อันดับของ Auto Regressive

q คือ อันดับของ Moving Average

δ คือ ค่าคงที่

t คือ เวลา

ϕ คือ พารามิเตอร์ของ Auto Regressive

θ คือ พารามิเตอร์ของ Moving Average

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

2.4.3.4 กระบวนการ Integrated (I(d)) เปนการหาผลต่างของอนุกรมเวลาระหว่างข้อมูลณปัจจุบันกับข้อมูลถอยหลังไปdคาบเวลาโดยสาเหตุที่ต้องทำการหาผลต่างของอนุกรมเวลา

เนื่องจากแบบจำลอง ARIMA ต้องใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาทีมีคุณสมบัติคงที่(Stationary) เท่านั้นโดยในกรณีข้อมูลอนุกรรมเวลาที่ใช่ในการวิเคราะห์มีคุณสมบัติไมคงที่(Nonstationary) จะต้องทำการแปลงข้อมูลดังกล่าวให้เป็นข้อมูลที่มีคุณสมบัติคงที่ก่อนโดยการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลาก่อนที่นำไปสร้างแบบจำลองARIMAซึ่งโดยทั่วไปแล้วถ้าต้องหาผลต่างอันดับที่ d สามารถเขียนในรูปของ I(d) ได้ดังสมการที่ (2.4)

$$\Delta_d x_t = \Delta_{d-1}(x_t - x_{t-1}) \tag{2.4}$$

หรือเขียนในรูปดังสมการที่ (2.5)

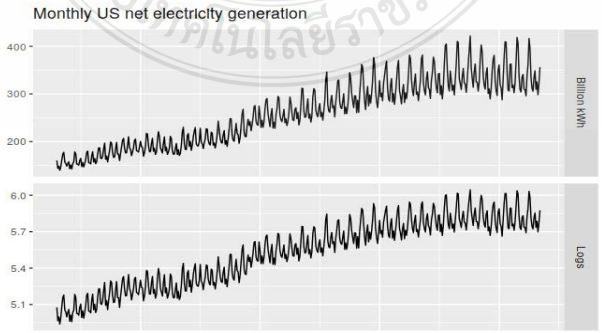
$$(1-B)^d x_t \tag{2.5}$$

โดยที่

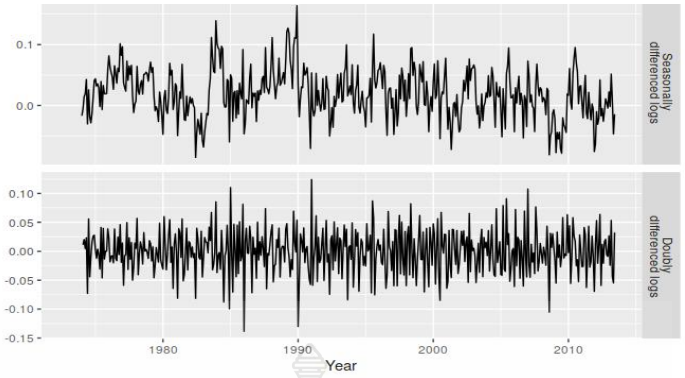
$(1-B)^d x_t$ คือ ผลต่างอันดับที่ d ณ เวลา x_t

B คือ Backward shift operation

พารามิเตอร์ d ของวิธีการ Integrated หาความเป็น Stationary ของ Time Series ซึ่งต้องคงสถานะนี้เมื่อเวลาผ่านไป ถ้าข้อมูลมีแนวโน้ม (Trend) หรือ มี seasonal ดังรูปที่ 2.8 จะไม่ใช่ Stationary เพราะข้อมูลประเภท Mean และ Variance จะไม่คงที่ จึงต้องทำให้ข้อมูลเป็น Stationary ก่อนที่จะสร้างโมเดลจากข้อมูล ในการทำให้ข้อมูลเป็น Stationary โดยปกติแล้วสามารถทำได้โดยการ Differencing ข้อมูล ดังรูปที่ 2.9 ผลการทำ Differencing ข้อมูลให้เป็นรูปแบบ Stationary



รูปที่ 2.8 ลักษณะกราฟข้อมูลที่มีแนวโน้ม หรือมี season1al[13]



รูปที่ 2.9 ผลการทำ Differencing ข้อมูลให้เป็นรูปแบบ Stationary[13]

จากข้อมูลการใช้พลังงานในอเมริกา จะเห็นได้ชัดเจนว่าข้อมูลดิบยังมีแนวโน้ม ไม่เป็น Stationary ข้อมูล Log Scale ซึ่งสร้างมาจาก การนำข้อมูลดิบมาทำเป็น Logarithm Scale จะเห็นได้ว่ายังมีแน้วโน้ม ชัดเจนอยู่ ยังไม่เป็น Stationary จึงทำการ Differencing ข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ Stationary

2.4.3.5 แบบจำลอง Autoregressive intergrade moving average model (ARIMA) จากรายละเอียดนำแบบจำลอง Autoregressive แบบจำลอง Moving Average และกระบวนการ Integrated มาพิจารณารวมกันสามารถนำมากำหนดเป็นรูแปบบทั่วไปของแบบจำลอง ARIMA(p,d,p) ที่ใช้ในการประเมินการดังสมการที่ (2.6)

$$\Delta_d y_t = \delta + \phi\Delta_d y_{t-1} + \phi\Delta_d y_{t-2} + ... + \phi\Delta_d y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - ...\theta_q\varepsilon_{t-q} \qquad (2.6)$$

โดยที่

y_t คือ ค่าสังเกตในอนุกรมเวลา ณ เวลา t

d คือ จำนวนครั้งของการหาผลต่างเพื่อให้อนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่ (Stationary)

p คือ อันดับของ Autoregressive

q คือ อันดับของ Moving Average

δ คือ ค่าคงที่

t คือ เวลา

Δ^d คือ ผลต่างอันดับที่ d

$\phi_1,..,\phi_p$ คือ พารามิเตอร์ของ Auto Regressive

$\theta_1,..,\theta_q$ คือ พารามิเตอร์ของ Moving Average

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

2.4.3.6 ฟังก์ชันของการวัดสหสัมพันธ์ Autocorrelation Function ระหว่างข้อมูล ณ เวลา t (x_t)และข้อมูล ณ เวลา $t-k$ (x_{t-k}) ของช่วงเวลาห่างกัน k หน่วย ซึ่งแทนด้วยสัญญาลักษณ์ ρ_k หรือ r_k ในกรณีสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวอย่าง ซึ่งสามารถคำนวณ ดังสมการที่ (2.7)

$$\rho_k \text{ หรือ } r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^{n}(X_t-\bar{X})(X_{t-k}-\bar{X})}{\sum_{t=1}^{n}(X_t-\bar{X})^2} \qquad (2.7)$$

เมื่อ $\bar{X}=\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}X_t$ และ k =0,1,2,3,...

โดยความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ r_k (Standard error of r_k) ซึ่งมีสูตรในการคำณวนดังสมาการที่ (2.8)

$$se_{rk}=\frac{1}{\sqrt{n}} \qquad (2.8)$$

สหสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลสุ่ม (random data) มีการแจกแจงเชิงตัวอย่างที่สามารถประมาณได้ โดยการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย(mean) เท่ากับศูนย์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ $\frac{1}{\sqrt{n}}$ การใช้สหสัมพันธ์ในตัวเองเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับสืบค้นคุณสมบัติของข้อมูลอนุกรมเวลาเชิงประจักษ์ โดยมี 2 วิธีสำหรับทดสอบว่าค่า r_k มีค่าแตกต่างไปจากศูนย์หรือไม่ โดยใช้การแจกแจงปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution) หรือการใช้ค่าสถิติ Box-Pierce Q statistic ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

1) การแจกแจงปกติมาตรฐาน ดังสมการที่ (2.9)

$$r_k \sim N(0,\frac{1}{\sqrt{n}}) \qquad (2.9)$$

2) ค่าสถิติ Box-Pierce Q statistic ดังสมการที่ (2.10)

$$Q = n\sum_{k=1}^{m} r^2 \sim x^2(m-p-q) \tag{2.10}$$

2.4.3.7 รูปแบบฟังก์ชัน Partial Autocorrelation Function(PACF) เป็นการพิจารณาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x_t กับ x_{t-k} อาจเป็นไปได้ว่าสหสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจากสหสัมพันธ์ระหว่ง 2 ตัวแปรนี้กับตัวแปร $x_{t-1,\ldots,} x_{t-k+1}$ ดังนั้นเพื่อที่จะได้สหสัมพันธ์ระหว่าง x_t กับ x_{t-k} ที่ได้ขจัดความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปรทั้งสองตัวนี้กับตัวแปร $x_{t-1},\ldots,x_{t-k+1}$ ดังกล่าว จึงต้องทำการวัดสหสัมพันธ์ของทั้งสองตัวแปรในรูปแบบของการสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไข $Corr\left(x_t, x_{t-1},\ldots,x_{t-k+1}\right)$ ซึ่งเรียกว่า Partial Autocorrelation โดยแทนด้วยสัญญาลักษณ์ ϕ_{kk} แต่ถ้านำสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนมาพิจารณาในรูปแบบฟังก์ชัน เรียกว่า Partial Autocorrelation Function(PACF) ซึ่ง ϕ_{kk} สามารถคำณวนได้ดังสมการที่ (2.11)

$$\phi_{kk} = \frac{Cov[(x_t - \hat{x}),(x_{t-k} - \hat{x}_{t-k})]}{\sqrt{Var(x_t - \hat{x}_t)}\sqrt{Var(x_{t-k} - \hat{x}_{t-k})}} \tag{2.11}$$

โดยที่ $\hat{x}_t = \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-2} + \ldots + \beta_k x_{t-k+1}$

2.4.3.8 Recurrent Neural Network(RNN) อัลกอริทึมแบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับสร้างโมเดล ที่เหมาะกับข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลา เรียกว่า Recurrent Neural Network(RNN) ซึ่งจะมีการเก็บข้อมูลสถานะไว้ใน Hidden state โดยมีการนำ Hidden state ก่อนหน้ามาใช้ในการคำนวณ Hidden State ปัจจุบัน และใช้ Hidden State ปัจจุบันในการคำนวณข้อมูลในช่วงเวลาถัดไป[15] โดยมีการคำนวณตามสมการที่ (2.12) และ (2.13)

$$h_t = \sigma(x_t W + h_{t-1} U) \tag{2.12}$$

$$o_t = \sigma(h_t V) \tag{2.13}$$

โดยที่

t คือ ช่วงเวลา

h คือ hidden state

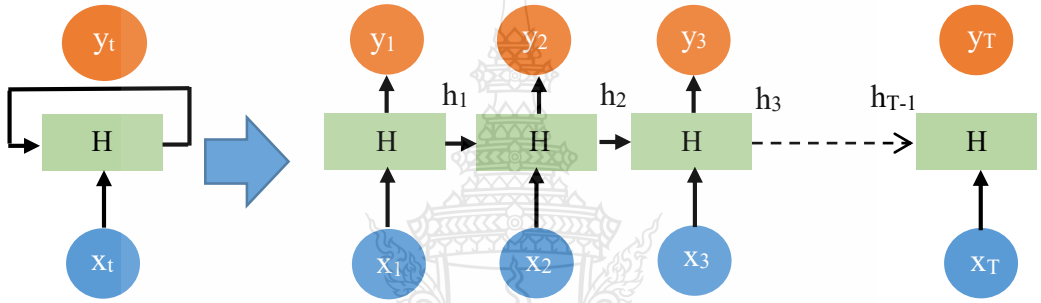
x คือ ข้อมูล input

o คือ ค่า output

σ คือ activation function

W, U, V คือ Weight matrix สำหรับคำนวณ input, hidden state ก่อนหน้า และhidden state ปัจจุบัน ตามลำดับ

RNN จึงเหมาะกับข้อมูลที่เป็นลำดับหรือข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลา โดยวิธีการใช้ RNN สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีลำดับเวลาไม่ห่างกันมาก ดังรูปที่ 2.10 โครงสร้างของ Recurrent Neural Network



รูปที่ 2.10 โครงสร้าง Recurrent Neural Network

เนื่องจากปกติแล้ว จะมองวิธีการแบบ Artificial Neural Network เป็นฟังก์ชันที่รับ Input ประมวลผลออกมาเป็น Output โดยโมเดลจะมอง Input แต่ละตัวแยกกันชัดเจน ไม่ขึ้นต่อกันข้อมูลที่ป้อนเข้าไป จะเข้ามาเรียงลำดับอย่างไรก็ได้ โมเดลจะไม่สนใจ ประมวลผลให้ Output ออกมาเหมือนเดิม ตาม Input 1 ตัวอย่างนั้น ซึ่งวิธีการ Artificial Neural Network แบบปกตินี้ จะมีปัญหากับข้อมูลที่เป็นลำดับ เช่น NLP, ข้อความ), เสียง (ลำดับแรงดันอากาศ), วิดีโอ (ลำดับของภาพและเสียง) และข้อมูลที่เป็นแบบ Time Series โดย Recurrent Neural Network (RNN) คือ Artificial Neural Network แบบหนึ่งที่ออกแบบมาแก้ปัญหาสำหรับงานที่ข้อมูลมีลำดับ Sequence โดยใช้หลักการ Feed สถานะภายในของโมเดล กลับมาเป็น Input ใหม่ คู่กับ Input ปกติ เรียกว่า Hidden State, Internal State, Memory ช่วยให้โมเดลรู้จำ Pattern ของลำดับ Input Sequence

2.5 การวัดความผิดผลาดโมเดลในการพยากรณ์

การวัดความผิดผลาดของค่าพยากรณ์มีหลายวิธี ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการวัดค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) คือการวัดค่าความผิดผลาดเฉลี่ยโดยลงโทษ (Penalty) ค่าความผิด

ผลาดที่มีค่ามาก อีกทั้งรวมผลทั้งการพยากรณ์เกินจริง (Over forecast) และค่าพยากรณ์ที่ต่ำกว่าความเป็นจริง (Under forecast) ซึ่งเป็นวิธีวัดความแม่นยำโดยแก้ปัญญหาวิธีค่าเฉลี่ยความผิดผลาด จะพิจารณาความแตกต่างระหว่างค่าจริง กับค่าพยากกรณ์โดยวิธียกกำลังสอง มีรายละเอียดดังสมการที่ (2.14)

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{n} e_t^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^{n} (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n} \tag{2.14}$$

โดยที่

Y_t คือ ค่าสังเกตของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของอนุกรม ณ เวลา t

e_t คือ ค่าความผิดผลาดของการพยากรณ์ ณ เวลา t

n คือ ค่าจำนวนข้อมูลในช่วงที่สนใจ

2.6 สหสัมพันธ์ (Correlation)

สหสัมพันธ์เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล หรือตัวแปลตั้งแต่แต่ 2 ตัวขึ้นไปว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับใด และมีความสัมพันธ์ในทิศทางใด เช่น ความสูงกับน้ำหนัก มีความสัมพันธ์กันมากหรือน้อย และมีความสมัพันธ์ในทิศทางเดียวกันหรือตรงกันข้าม ซึ่งค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง + 1.0 ซึ่งหากมีค่าใกล้ -1.0 นั้นหมายความว่าตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างมากในเชิงตรงกันข้าม หากมีค่าใกล้ +1.0 นั้นหมายความว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก[14] และหากมีค่าเป็น 0 นั้นหมายความว่า ตัวแปรทั้งสองตัวนั้นไม่มีความสัมพันธ์ต่อกันดังสมการที่ (2.15)

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \tag{2.15}$$

โดยที่

r คือ ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์

x_i, y_i คือ ค่าความแปรปรวนร่วมของตัวแปร

$\bar{x}, \bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปร

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกียวข้องกับการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า และระบบการจัดการพลังงานในบ้าน สำหรับบ้านอัจฉริยะ จากการศึกษาวิธีการตรวจสอบในงานวิจัย และวารสารแตกต่างกัน แต่ผลลัพธ์ที่ได้คือ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานในบ้าน และวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ดียิ่งขึ้นให้ดีขึ้น สรุปได้พอสังเขปดังนี้

2.7.1 Mandal J.K. และ Sinha A.K. [16] ได้นำเสนอการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้า ย่อยขนาด 33 กิโลโวลต์ โดยใช้เทคนิคระบบประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าหลายชั้นและขั้นตอน การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ (Back-Propagation Algorithm) ในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ในวันทำงานและวันหยุดสุดสัปดาห์ โดยใช้ข้อมูลความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง ธันวาคม ตัวแปรอินพุทที่ป้อนให้กับโครงข่ายงานจะเป็นข้อมูลความต้องการไฟฟ้าในอดีตเท่านั้น ผลการพยากรณ์มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย ลำหรับวันทำงานและวันหยุดสุดสัปดาห์ เป็นร้อยละ 2.06 และร้อยละ 2.17 ตามลำดับ

2.7.2 Lu N. และ Zhou J [17] ได้นำเสนอการใช้เทคนิคข่ายงานระบบประสาทแบบเรเดียลเบซิส ฟังก์ชันร่วมกับวิธีกลุ่มอนุภาค (PSO-RBF) และข่ายงานแบบเรเดียลเบซิสฟังก์ชัน (RBF) ในการ พยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าช่วงเวลา 24 ชั่วโมงโดยการใช้วิธีกลุ่มอนุภาคในการหาค่าถ่วงน้ำาหนัก การเชื่อมโยงให้กับข่ายงานระบบประสาท ผลการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าด้วยวิธี PSO-RBF มี ค่าเปอเซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยเป็นร้อยละ 1.34 และผลจากการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าด้วยวิธี RBF มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยเป็นร้อยละ 2.27

2.7.3 Hyung-Chul Jo, Sangwon Kim และSungKwan Joo [18] ได้นำเสนอเกี่ยวกับการจัดตารางเวลาตามอัตราค่าไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา เพื่อช่วยประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ทำความร้อนและอุปกรณ์ทาความเย็นภายในบ้าน

2.7.4 Yuansheng LIU [19] นำระบบสมองกลอัจฉริยะ (Embedded System) มาใช้งานเพื่อรวมการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในที่ทางาน ที่ต้องการควบคุมมาไว้ที่ส่วนกลางทั้งหมด ในการใช้งาน Smart Office

2.7.5 Velikov และ Solomatine [20] ใช้เทคนิคการค้นความรู้จากฐานข้อมูล ในการจำแนกและทำนาย ระดับคลื่นทะเล (Surge) บริเวณสถานี Hok van Holland ประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยเทคนิคที่นำมาใช้ ในการจำแนกคือ การจำแนกแบบเบเซี่ยน (Bayesian Classification) สำหรับการจำแนกข้อมูลจะใช้ การวิเคราะห์แบบต้นไม้ (Decision Tree) เพื่อใช้ในการทำนาย โดยการนำกลุ่มข้อมูลแต่ละกลุ่มที่ได้จาก การจำแนกแบบเบเซี่ยน มาทำการทำนายด้วยการวิเคราะห์แบบต้นไม้ และเปรียบเทียบผล ระหว่างการทำนายล่วงหน้าตั้งแต่ 0-2 ชั่วโมง ซึ่งผลการคำนวณมีความใกล้เคียงกับ

ข้อมูลตรวจวัดใน และผู้วิจัยได้สรุปว่า การทำเหมืองข้อมูลมีประสิทธิภาพ และการใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลในขั้นตอนการเตรียมข้อมูล สามารถทำให้แบบจำลองเชิงเส้นทำนายค่าที่มีความแม่นยำ

2.7.6 Suhara Y., Nakabe T., Mine G., และ Nishi [21] ได้เสนอการพัฒนาระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน ได้ได้คิดประดิษฐ์เครื่องมือชนิดหนึ่งเพื่อใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน มีชื่อเรียกว่า KNIVES (Keio University Network Oriented Intelligent and Versatile Energy Saving System) มีลักษณะการทำ งาน ด้วยระบบประมวลผลที่เป็น เครือข่าย ในการรับส่งข้อมูล ของค่าพลังงานไฟฟ้าของ โหลดแต่ละชนิด และสามารถ นำเครื่องมือดังกล่าวไปติดตั้งอนุกรมเข้า กับสวิตซ์และเซอร์กิตเบรคเกอร์ได้โดยตรง เครื่องมือชนิดนี้สามารถรายงานผลการใช้พลังงาน ไฟฟ้าของโหลดทุกๆครึ่งชั่วโมงผ่านทางระบบซิ๊กบี ซึ่ง สามารถรับ ส่งข้อมูลแบบไร้สาย นอกจากนี้ แล้ว ยังมีการพัฒนาอัลกอริ ทึมหรับการพยากรณ์การใช้โหลดใส่เข้าไปในระบบประมวลผลของ เครื่อง KNIVE แต่ละเครื่องเพื่อตัดโหลดที่ไม่จำเป็นออกในช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก (Peak Shaving) ผลปรากฏว่า ระบบสามารถตัด Peak Load ลงได้โดยการลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศลง ในช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก

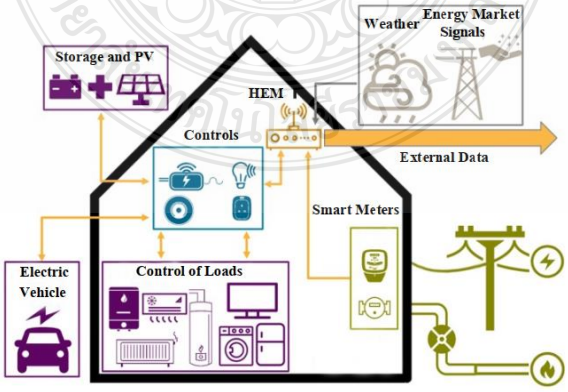
2.7.7 Abe, K., Mineno, H., และ Mizuno [22] ได้เสนอการพัฒนาระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน โดย มหาวิทยาลัย ไชโซก้า (Shi zuoka) ประเทศญี่ปุ่น ได้ ได้คิดประดิษฐ์ มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Watt – hour Meter) เพื่อใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน มีชื่อเรียกว่า Smart Tap ซึ่ง ทำหน้าที่เป็น เป็นมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและส่งข้อมูลของค่า พลังงานไฟฟ้าไปที่ Smart Tap ตัวอื่นๆ โดยใช้ Zigbee รวมถึงผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเรียกดูข้อมูลของการใช้พลังงานไฟฟ้า ของ โหลดที่ต่ออยู่กับ Smart Tap ตัวนั้นๆได้ซึ่ง ออกแบบให้ใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยทั่วไปที่ต้องการเต้ารับหรือ Load Panel ที่ต่อกับ Circuit Breaker ของบ้านโดยตรง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อหาข้อมูลการใช้พลังงานภายในบ้าน และการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อในการวางแผนพัฒนาระบบการใช้พลังงาน ด้วยระบบการจัดการพลังงานในบ้าน สำหรับบ้านอัจฉริยะโดยใช้วิธีการเหมืองข้อมูล เพื่อวางแผนการลดใช้พลังงานภายในบ้าน งานวิจัยนี้ได้จำลองเหตุการณ์ที่เกิดการใช้พลังงานในบ้าน โดยวิธีการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการศึกษาระบบบริหารการจัดการพลังงาน และการศึกษาเทคนิคเหมืองข้อมูลนำมาใช้ในงานวิจัย เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในบ้าน เพื่อวางแผนการลดใช้พลังงานเมื่อเกิดวิกฤตการตอบสนองด้านโหลด โดยมีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การดำเนินงานวิจัยด้านศึกษาข้อมูลระบบบริหารการจัดการพลังงาน

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ต้องศึกษาระบบบริหารจัดการพลังงาน โดยจะอาศัยการทำงานระหว่าง อุปกรณ์ตรวจวัดสมาร์ทมิเตอร์และระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า บนโครงสร้างของระบบเทคโนโลยี และสารสนเทศที่จะมีการใช้ในอนาคต โดยบ้านแต่ละหลังอาจจะมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน และระบบกักเก็บพลังงานร่วมอยู่ด้วย เพื่อให้บริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด ระบบบริหารจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพควรจะมีการวางแผนการใช้พลังงาน จึงจำเป็นต้องทราบการใช้พลังงานในบ้าน เพื่อที่จะออกแบบการตั้งค่าระบบบ้านอัจฉริยะให้เกิดผลดีที่สุด งานวิจัยนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ที่เกิดการใช้พลังงานขึ้นสำหรับบ้านอัจฉริยะ 1 หลัง ดังรูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบการบริหารการจัดพลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะ จะแสดงถึงอุปกรณ์ที่เชื่อมโยงถึงกันโดย

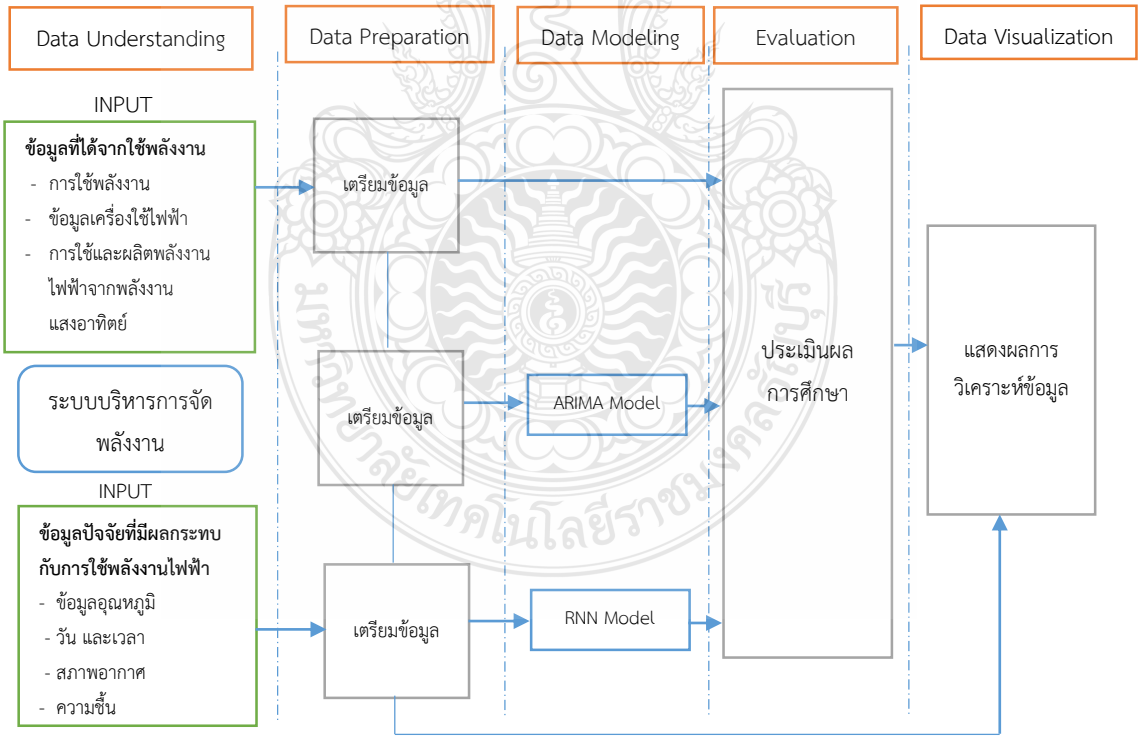


รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบการบริหารการจัดพลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะ

ข้อมูลที่ได้จะเก็บไว้ในฐานข้อมูลซึ่งจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาความต้องการด้านโหลด เพื่อสำหรับการวางแผนลดใช้พลังงาน โดยงานวิจัยนี้จะเป็นการจำลองโหลดจากข้อมูลการใช้งานพลังงานในบ้าน เพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลที่น่าสนใจในการวางแผนการใช้พลังงาน และจำลองเหตุการณ์ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านระบบบริหารการจัดการพลังงานเมื่อเกิดการตอบสนองด้านโหลด โดยการแก้ไขปัญเมื่อเกิดการใช้พลังงานสูงสุด ได้ใช้อัลกอริทึมการจัดการพลังงานคำนึงถึงโหลดสำคัญ และความสะดวกสบาย

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล

เป็นขั้นตอนของการออกแบบ และสร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน ดังรูปที่ รูปที่ 3.2 โครงสร้างการทำเหมืองข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า โดยใช้เทคนิคอนุกรมเวลา Autoregressive intergrade moving average (ARIMA) เป็นการอาศัยพฤติกรรมของข้อมูลในอดีต และเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมโดยใช้อัลกอริทึมแบบอนุกรมเวลา Recurrent Neural Network (RNN) เป็นการเอาข้อมูลของปัจจัยภายนอกมาคำนวณ สำหรับการพยากรณ์การใช้พลังงานภายในบ้าน และนำข้อมูลต่างๆมาวิเคราะห์สถาะการใช้พลังงาน



รูปที่ 3.2 โครงสร้างการทำเหมืองข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า

วางแผนการลดใช้พลังงานต่อไป โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลมีลายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding) เป็นการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานภายในบ้านโดยจะติดเซนเซอร์อ่านค่าพลังงานไฟฟ้า เพื่อรับข้อมูล แล้วเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยจะแบ่งเป็น 2 ข้อมูลคือ ข้อมูลที่ได้จากการใช้พลังงาน เช่น ข้อมูลเครื่องใช้ไฟฟ้า ข้อมูลการใช้พลังงานในแต่ล่ะห้อง ข้อมูลการใช้พลังงานจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น และข้อมูลปัจจัยภายนอก เช่น ข้อมูลสภาพอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น วัน และเวลา

3.2.2 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) เป็นการคัดเลือกรวบรวมวัตุถุข้อมูลดิบที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะต้องทำการทำความสะอาดข้อมูล (Clean Data) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เพื่อที่จะปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เหมาะสม และให้พร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์ เช่นข้อมูลที่หายไป แปลงค่าข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย เป็นต้น

3.2.3 แบบจำลองข้อมูล (Data Modeling) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลเพื่อพยากรณ์ สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือก 2 โมเดล เป็นกระบวนการที่แต่งต่างกันได้แก่ วิธีการ Autoregressive intergrade moving average (ARIMA) อาศัยการเรียนรู้ข้อมูลในอดีต และวิธีการ Recurrent Neural Network (RNN) อาศัยปัจจัยภายนอกของข้อมูลสภาพอากาศมาเป็นปัจจัยในการวิเคราะห์ เพื่อที่จะเลือกโมเดลที่เหมาะสม และแม่นยำ สำหรับการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน

3.2.4 การประเมินประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (Evaluation) เป็นการประเมินประสิทธิ์ภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากโมเดลวิเคราะห์ข้อมูล งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการวัดความผิดผลาดของค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีการวัดค่าความผิดพลาดเฉลี่ย Mean Square Error (MSE) เพื่อเปรียบเทียมผลของโมเดล และวิเคราะห์การใช้พลังงาน

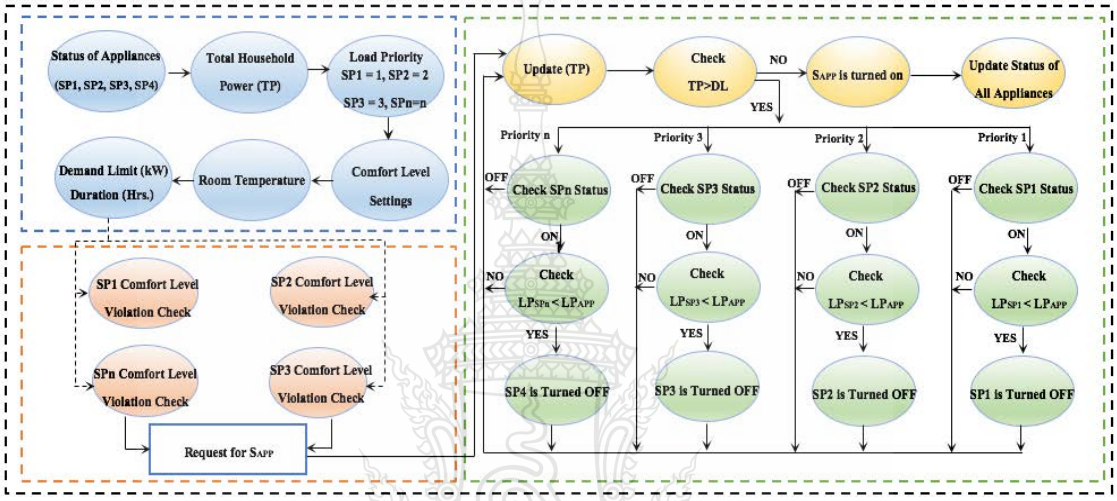
3.2.5 การนำเสนอแผนภาพข้อมูล (Data Visualization) เป็นขั้นตอนหลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแสดงเป็นกราฟ หรือแผนภูมิให้เห็นถึงประสิทธิผล เพื่อที่จะนำข้อมูลไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

3.3 ขั้นตอนการทำงานอัลกอริทึมการจัดการพลังงาน สำหรับการตอบสนองด้านโหลด

สำหรับอัลกอริทึมการทำงานของการจัดการพลังงานในบ้านสำหรับการตอบสนองความต้องการไฟฟ้านั้น สามารถแบ่งการทำงานออกแบบเป็น 3 ส่วนหลัก ดังรูปที่ 3.3 ไดอะแกรมการทำงานภายในระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน ดังนี้

3.3.1 เช็คสถานะจากโหลดภายในบ้านผ่านปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยคำณวนโหลดทั้งหมดภายในบ้านเก็บค่าไว้ในตัวแปล TP (Total Household Power) กำหนดความสำคัญของโหลดโดย

เรียงลำดับโหลดสำคัญที่สุด ไปยังน้อยสุดตามลำดับ จะเช็คความสำคัญของโหลดน้อยที่สุดก่อนไปยังโหลดสำคัญสุดที่ LP (Load Priority) ตั้งค่าเงื่อนไขความสะดวกสบายเพื่อตัดสินใจในการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ เช็คสถานะเซนเซอร์อุณหภูมิภายในบ้านสำหรับการตัดสินใจจากเงื่อนไขความสะดวกสบาย และรับค่าสัญญาณความต้องการทางไฟฟ้า จากภายนอกผ่าน Smart Meter โดยขีดจำกัดความต้องทางไฟฟ้า DL (Demand Limits) หน่วยเป็นกิโลวัตต์ และระยะเวลา Duration หน่วยเป็นชั่วโมง



รูปที่ 3.3 ไดอะแกรมการทำงานภายในระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน

3.3.2 เช็คความสะดวกสบายที่กำหนดไว้ว่าละเมิดความสะดวกสบายหรือไม่ จะต้องขึ้นอยู่กับการตั้งค่าของผู้พักอาศัยว่าสามารถละเมิดภายใต้เงื่อนที่กำหนดเท่านั้น

3.2.3 อัพเดตสถานะโหลดทั้งหมด และทำการเช็คเงื่อนไข ของสัญญาณการจำกัดการใช้พลังงาน ถ้า TP < DL ให้คืนค่าอนุญาติให้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะทำงานปกติ และอัพเดตสถานะไฟฟ้าภายในบ้าน หาก TP > DL ให้ทำงานโดยเช็คเงื่อนไขปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะตัวไหนทำงานอยู่ให้เช็คระดับความสำคัญ ถ้าหากความสำคัญ LPSPn น้อยที่สุดให้ทำการปิดก่อน และคืนค่าเพื่ออัพเดตสถานะ TP และเช็คเงื่อนไข TP < DL ต่อไป

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานภายในบ้าน และหาข้อเปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี ARIMA กับเครือข่ายประสาทเทียมแบบ RNN ในการพยากรณ์การใช้พลังงานภายในบ้าน โดยใช้ชุดข้อมูลจริงที่วัดได้ของบ้าน 1 หลัง ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2559 โดยข้อมูลที่บันทึกแสดงเป็นรายนาที จำนวน 503,909 แถวข้อมูล

ดังนั้นในบทนี้จะอธิบายถึง การวิเคราะห์ข้อมูล และการออกแบบการนำอัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับบ้านอัจฉริยะ

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อหาข้อมูลความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยรวมทั้งบ้าน หรือวิเคราะห์แยกห้อง อุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา รวมไปถึงการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ภายในบ้าน โดยงานวิจัยนี้ได้ทดลองบ้าน 1 หลังจากข้อมูลที่ได้เก็บการใช้พลังงานภายในบ้านในระยะเวลา 1 ปี โดยบ้านหลังที่ทดลองได้ติดตั้งเซนเซอร์สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ เป็นจำนวน 503,909 แถวข้อมูล ได้ใช้โปรแกรม Python 3.6 ในการวิเคราะห์ขอมูลพลังงานไฟฟ้า ดังตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์พลังงานภายในบ้าน โดยแสดงข้อมูล 8 แถวสุดท้ายของข้อมูล ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการเหมืองข้อมูลโดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์พลังงานภายในบ้าน แสดง 8 แถวข้อมูลสุดท้าย

order	time	Use [kW]	Gen [kW]	House overall [kw]	Dishwasher [kW]	Furnace1 [kW]	Furance2 [kW]	Home Office [kW]	Fridge [kW]	Wine Cellar [kw]
503903	1452128301	1.537	0.00318	1.537	0.00005	0.0892166	0.63865	0.04175	0.00561	0.00846
503904	1452128302	1.551	0.0032	1.551	0.00006	0.1143	0.6232833	0.04181	0.00521	0.00835
503905	1452128303	1.599	0.00321	1.599	0.00003	0.0852666	0.6424166	0.04178	0.00526	0.00866
503906	1452128304	1.608	0.00321	1.608	0.00005	0.1143	0.6232833	0.04181	0.00521	0.00835
503907	1452128305	1.601	0.00318	1.601	0.00003	0.0852666	0.6424166	0.04178	0.00526	0.00866
503908	1452128306	1.599	0.00323	1.599	0.00005	0.1040166	0.6250333	0.04175	0.00523	0.00843
503909	1452128307	1.924	0.00321	1.924	0.00005	0.4223833	0.6377333	0.04203	0.00498	0.00846
503910	\	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

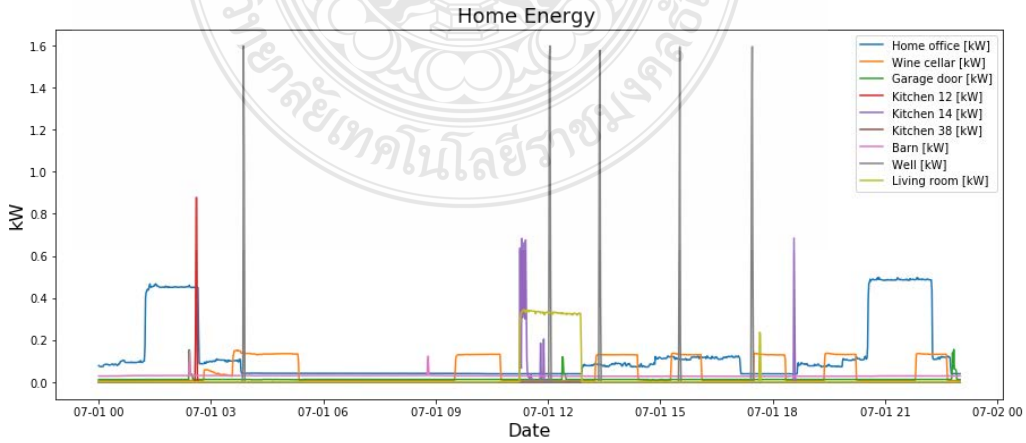
ซึ่งข้อมูลดิบที่ได้มาต้องทำการเตรียมข้อมูล หรือทำความสะอาดข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่วิเคราะห์ได้ง่าย จากตารางที่ 4.1 ข้อมูลสุดท้ายมีค่าว่างเปล่า และข้อมูลวันที่ต้องทำการแปลงข้อมูลในรูปแบบ เวลาและวัน ซึ่งจะอยู่ในกระบวนการวิธีการเตรียมข้อมูล (Data Preparation) ดังนั้นจะได้ตารางที่แปลงค่าแล้ว ดังตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลหลังจากใช้วิธีการเตรียมข้อมูล

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลหลังจากการแปลงข้อมูลเสร็จแล้ว

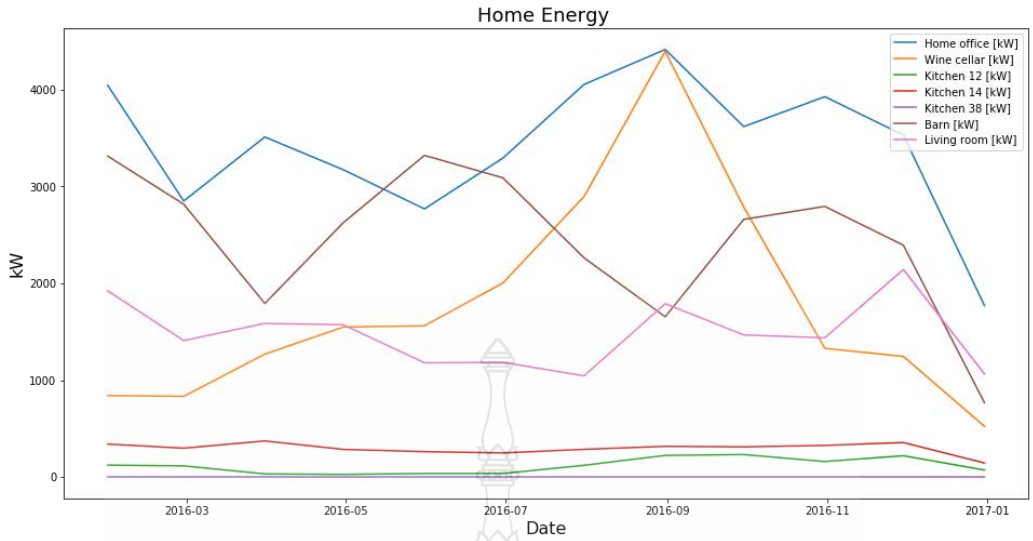
time	Use [kW]	Gen [kW]	House overall [kw]	Dishwasher [kW]	Furnace1 [kW]	Furance2 [kW]	Home Office [kW]	Fridge [kW]	Wine Cellar [kw]
2016-12-16 03:26:00	1.599	0.00321	1.599	0.00003	0.0852666	0.6424166	0.04178	0.00526	0.00866
2016-12-16 03:27:00	1.608	0.00321	1.608	0.00005	0.1143	0.6232833	0.04181	0.00521	0.00835
2016-12-16 03:28:00	1.601	0.00318	1.601	0.00003	0.0852666	0.6424166	0.04178	0.00526	0.00866
2016-12-16 03:29:00	1.599	0.00323	1.599	0.00005	0.1040166	0.6250333	0.04175	0.00523	0.00843

4.2 ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานภายในบ้าน

4.2.1 ลักษณะโหลดไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ภายในบ้านมีโหลดไฟฟ้าที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ใช้งาน พบว่าช่วงเวลาความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของบ้านอยู่อาศัยรอบ 1 วัน มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW) ในส่วนของจุดที่ติดตั้งเซนเซอร์ห้อง Well มีการใช้พลังงานสูงสุดในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งจากห้อง Well จะมีค่าไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเช้า กลางวัน และเย็น ดังรูปที่ 4.1 ลักษณะการใช้พลังงานโหลดรายวัน



รูปที่ 4.1 ลักษณะการใช้พลังงานโหลดรายวัน

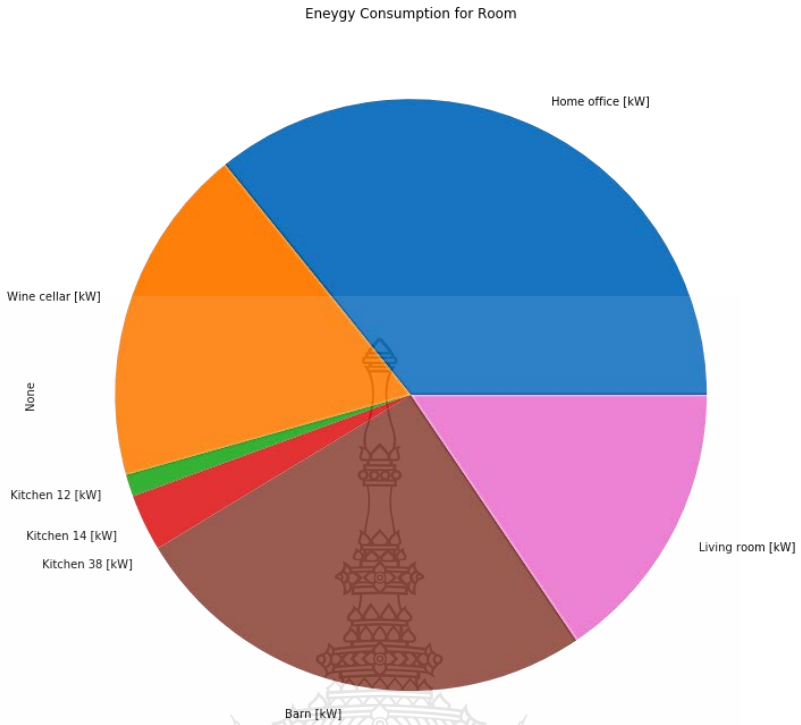


รูปที่ 4.2 ลักษณะการใช้พลังงานโหลดรายปี

ซึ่งเป็นช่วงที่มีการทำอาหาร ส่วนลักษณะการใช้พลังงานโหลดรายปี ห้อง Home office มีการใช้พลังงานสูงที่สุด (Peak) และห้องนั่งเล่น (Living room) ใช้พลังงานสูงสุดน้อยที่สุด ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งมีอุปกรณ์ไฟฟ้าใช้พลังงานต่ำเป็นส่วนใหญ่ ข้อสังเกตในห้อง Wine Cellar พลังงานเพิ่มขึ้นในช่วงเดือน 7 ของปี เป็นช่วงฤดูร้อน เนื่องจากเป็นห้องเก็บไวน์ ต้องใช้เครื่องรักษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาไวน์ ส่วนใน 1 ปีนั้น จะมีการใช้พลังงานในบ้านดังตารางที่ 4.3. ตารางข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านในแต่ละห้องในรอบ 1 ปี

ตารางที่ 4.3 ตารางข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านในแต่ละห้องในรอบ 1 ปี

ลำดับ	ห้อง	กำลังไฟฟ้า(kW)
1	Home office	40961
2	Wine cellar	21233
3	Kitchen 12	1388
4	Kitchen 14	3539
5	Kitchen 38	4
6	Barn	29493
7	Living room	17794

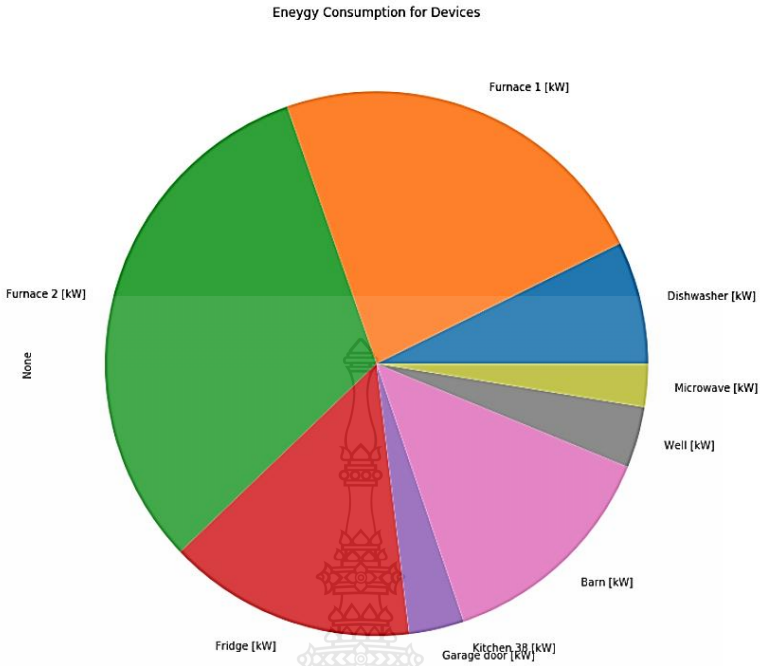


รูปที่ 4.3 สัดส่วนการใช้พลังงานภายในบ้าน

จากข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านทำให้ทราบถึง ห้อง Home office มีสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านมากที่สุด และห้อง Kitchen 38 ใช้พลังงานน้อยที่สุดในบ้าน ดังรูปที่ 4.4 สัดส่วนการใช้พลังงานภายในบ้าน และข้อมูลสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการวัดค่าข้อมูลซึ่งจะได้ข้อมูล ดังตารางที่ 4.3 ตารางข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานเครื่องใช้ไฟฟ้าในรอบ 1 ปี

ตารางที่ 4.4 ตารางข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานเครื่องใช้ไฟฟ้าในรอบ 1 ปี

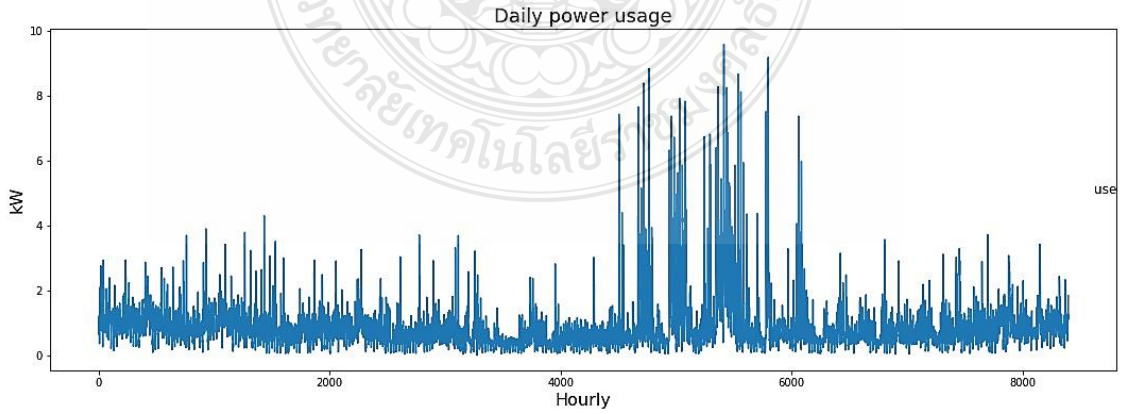
ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า(kW
1	Dishwasher	15806
2	Furnace 1	49993
3	Furnace 2	68924
4	Fridge	32026
5	Garage door	7124
6	Barn	29493
7	Well	7882
8	Microwave	5534



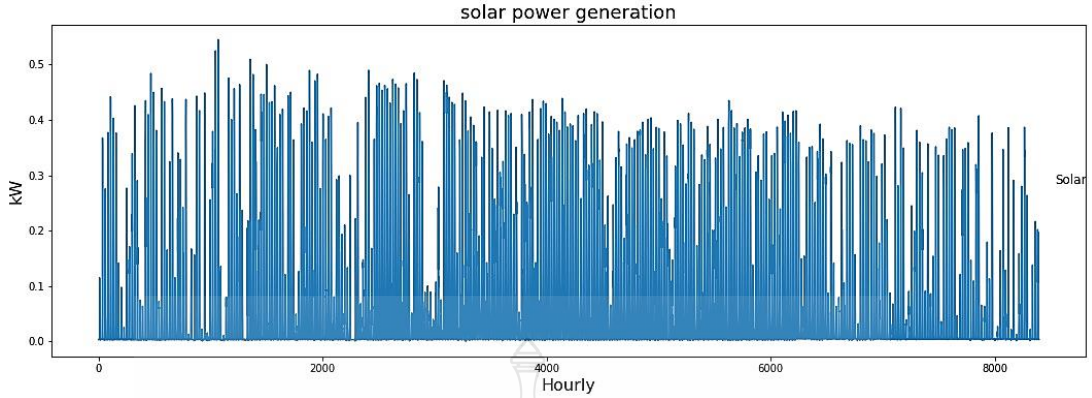
รูปที่ 4.4 สัดส่วนการใช้พลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน

จากสัดส่วนการใช้พลังงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านนั้น ได้ทราบว่าอุปกรณ์ Furnace 2 มีสัดส่วนการใช้พลังงานมากที่สุด และอุปกรณ์ไฟฟ้า Microwave มีสัดส่วนการใช้พลังงานน้อยที่ ดังรูปที่ 4.4 สัดส่วนการใช้พลังงานภายในบ้าน

4.2.2 ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในบ้านบ้านรายชั่วโมง เปรียบเทียบกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 4.5 กราฟข้อมูการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน รายชั่วโมงระยะเวลา 1 ปี และรูปที่ 4.6 กราฟแสดงข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

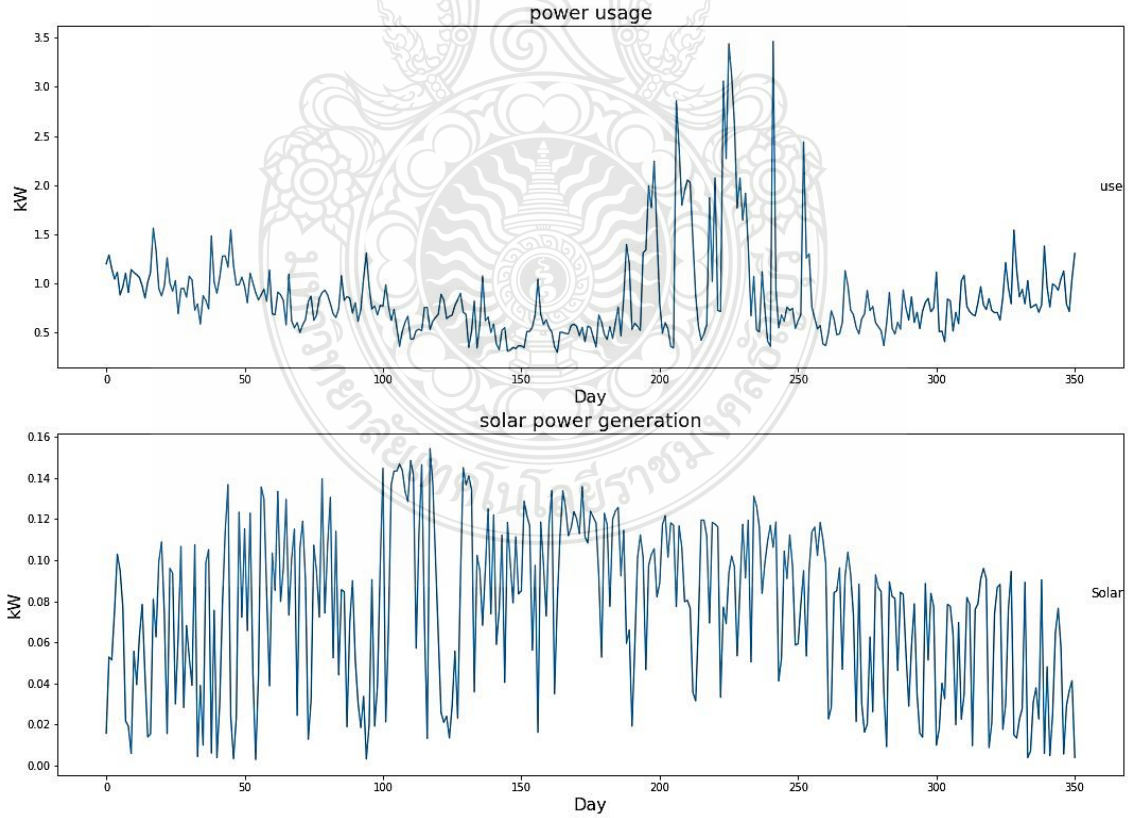


รูปที่ 4.5 กราฟข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านรายชั่วโมง ระยะเวลา 1 ปี



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

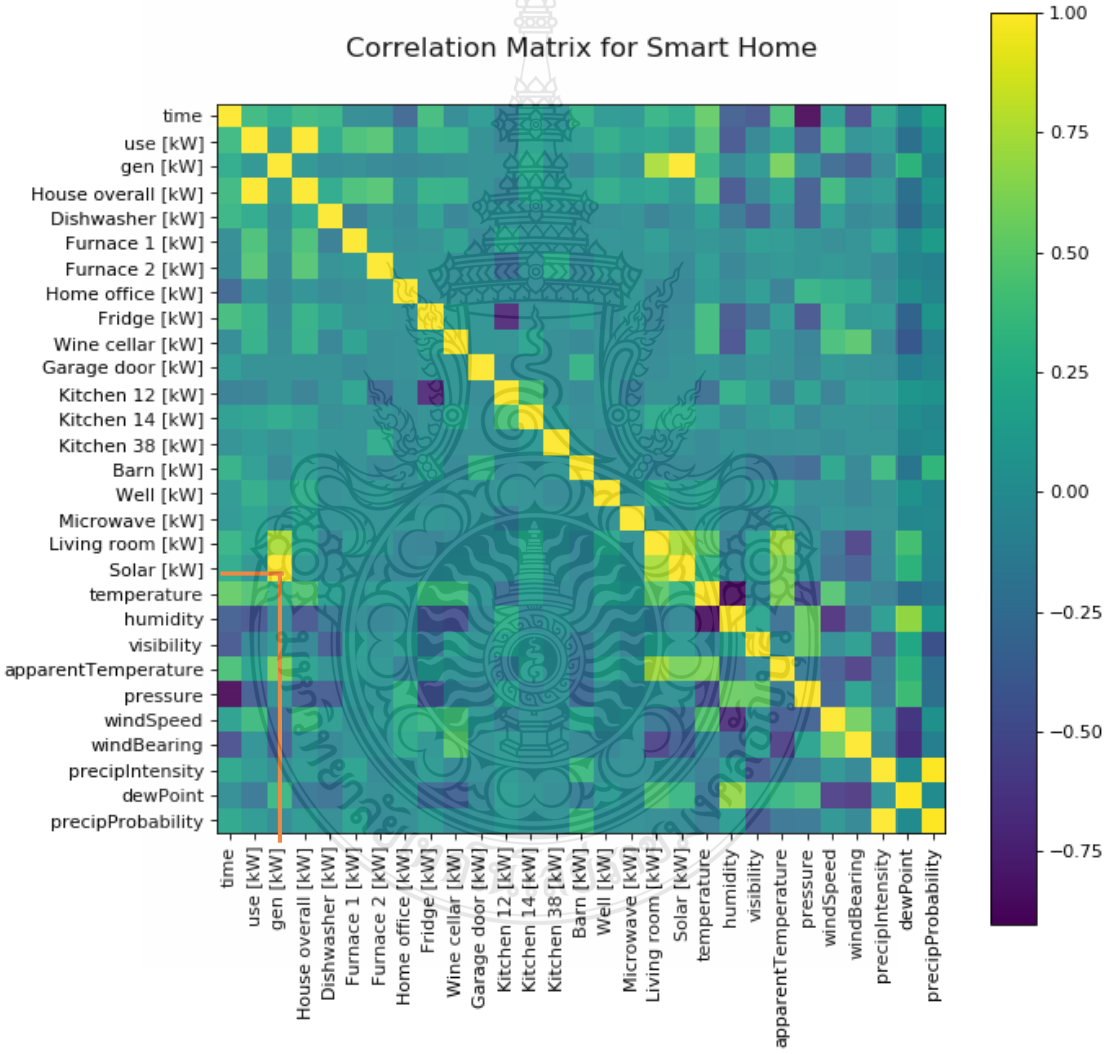
จากข้อมูลดังกล่างทำให้ทราบว่าช่วงเวลา ระหว่าง 5000-6000 ชั่วโมงโดยประมาณ เป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งในช่วงเวลานั้นเป็นฤดูร้อนทำให้ต้องการใช้พลังงานสูงขึ้น เช่นการทำงานของเครื่องปรับอากาศ หรือการรักษาอุณหภูมิของไวส์เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้พลังงานมากกว่าปกติ และเมื่อเปรียบเทียบกราฟรายปีทำให้เห็นชัดยิ่งขึ้นในการใช้พลังงานในช่วงเวลาดังกล่าว ดังรูปที่ 4.7 กราฟข้อมูลเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า และการผลิตไฟฟ้า



รูปที่ 4.7 กราฟข้อมูลเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า และการผลิตไฟฟ้า

4.3 ผลของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของข้อมูล

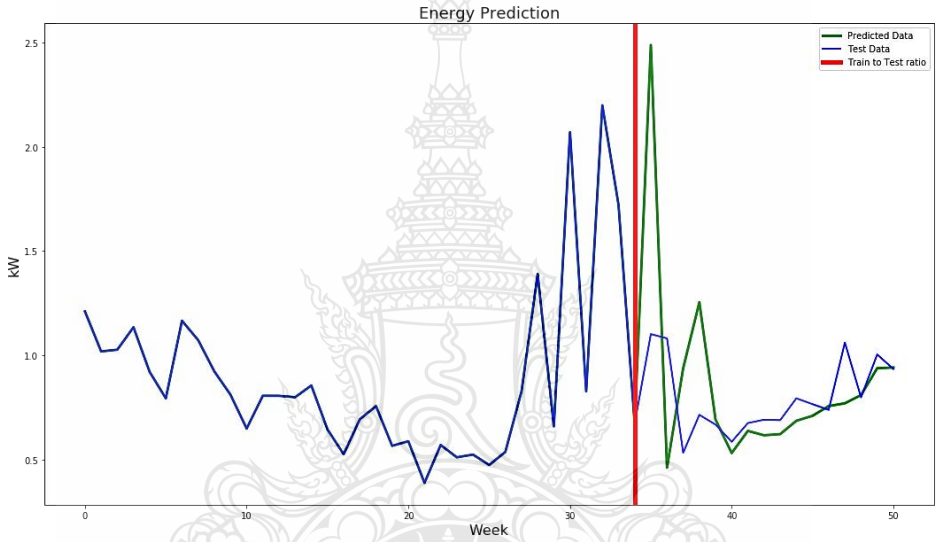
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปลต่างๆ ของข้อมูลทั้งหมด จากรูปที่ 4.8 เมื่อข้อมูลเข้าใกล้สีเหลืออ่อนหรือค่าเข้าใกล้ 1 จะส่งผลให้ค่าเป็นบวกมากขึ้นซึ่งตัวแปลนี้จะมีความสัมพันธ์กันสูงหรือข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน และส่วนยิ่งสีเข้มค่าต่ำ คือส่งผลให้ค่าความสัมพันธ์ลดลงไม่มีความสัมพันธ์เลยหรือข้อมูลมีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามเป็นต้น อย่างเช่น ค่าของ Solar [kW] มีความสัมพันธ์กับค่า gen [kW] ซึ่งสอดคล้องกันเพราะว่าข้อมูลการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีส่วนสัมพันธ์กับการใช้พลังงานจากข้อมูล gen [kW]



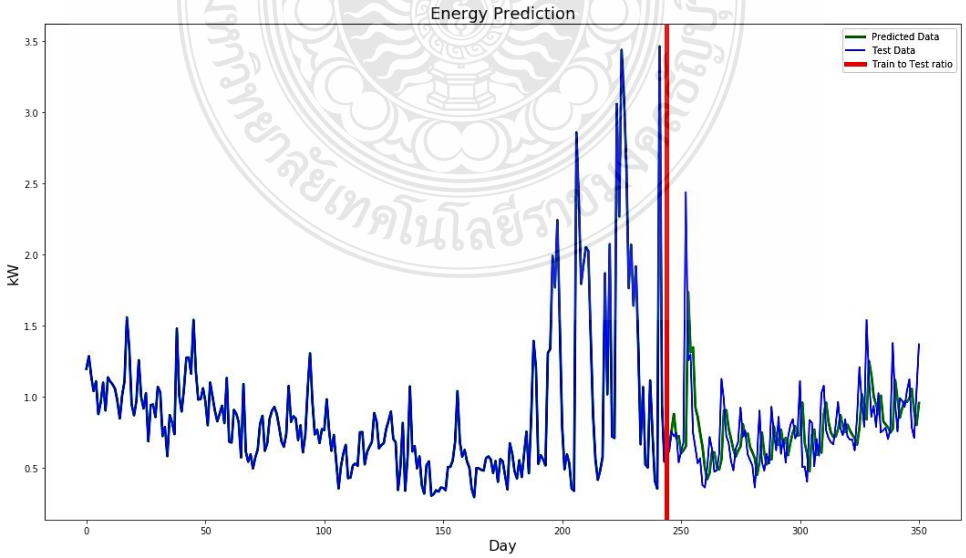
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงถึงสหสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

4.4 ผลของการพยากรณ์โดยใช้เทคนิคอนุกรมเวลา ARIMA

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคอนุกรมเวลา ARIMA(AutoRegressive Integrated Moving Average)โดยกำหนด จำนวนลำดับของ Autoregressive AR(p) มีค่าเท่ากับ 3 จำนวนครั้งการ Differencing I(d) มีค่าเท่ากับ 1 และจำนวนลำดับของ Moving Average MA(q) มีค่าเท่ากับ 0 จากการวิเคราะห์หาพยากรณ์ข้อมูล โดยการแบ่งข้อมูลการเรียนรู้ร้อยละ 70 และข้อมูลทดสอบร้อยละ 30 ดังรูปที่ 4.9 กราฟแสดงข้อมูลพยากรณ์การใช้พลังงานรายสัปดาห์ ผลค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อน 0.179 และผลข้อมูลรายวันดังรูปที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยความคิดเคลื่อน 0.076 ซึ่งมีความแม่นยำกว่าพยากรณ์รายสัปดาห์



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงข้อมูลพยากรณ์การใช้พลังงานรายสัปดาห์



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงข้อมูลพยากรณ์การใช้พลังงานรายวัน

จากผลที่ได้จึงทราบได้ว่าการพยากรณ์แบบรายวันมีความแม่นยำกว่า การพยากรณ์รายสัปดาห์ซึ่งผลมาจากการใช้ข้อมูลการเรียนรู้ข้อมูลแบบรายวัน มีมากกว่าข้อมูลรายสัปดาห์ทำให้ทราบได้ว่ายิ่งมีการเรียนรู้ข้อมูลที่มากจะส่งผลต่อการพยากรณ์ที่แม่นยำมากขึ้น

4.5 ผลของการพยากรณ์โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบ RNN

ผลที่ได้จากเทคนิคโมเดล Recurrent Neural Network (RNN) อัลกอริทึมแบบโครงข่ายประสาทเทียม สำหรับอนุกรมเวลา งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้พลังงาน และสภาพอากาศ เพื่อเรียนรู้ข้อมูล และทำนายการใช้พลังงาน ซึ่งข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้ในการคำนวณ ดังตารางที่ 4.4 ตัวอย่างการเลือก Features ข้อมูลการเรียนรู้สำหรับการทำนายการใช้พลังงาน

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างการเลือก Features ข้อมูลการเรียนรู้สำหรับการทำนายการใช้พลังงาน

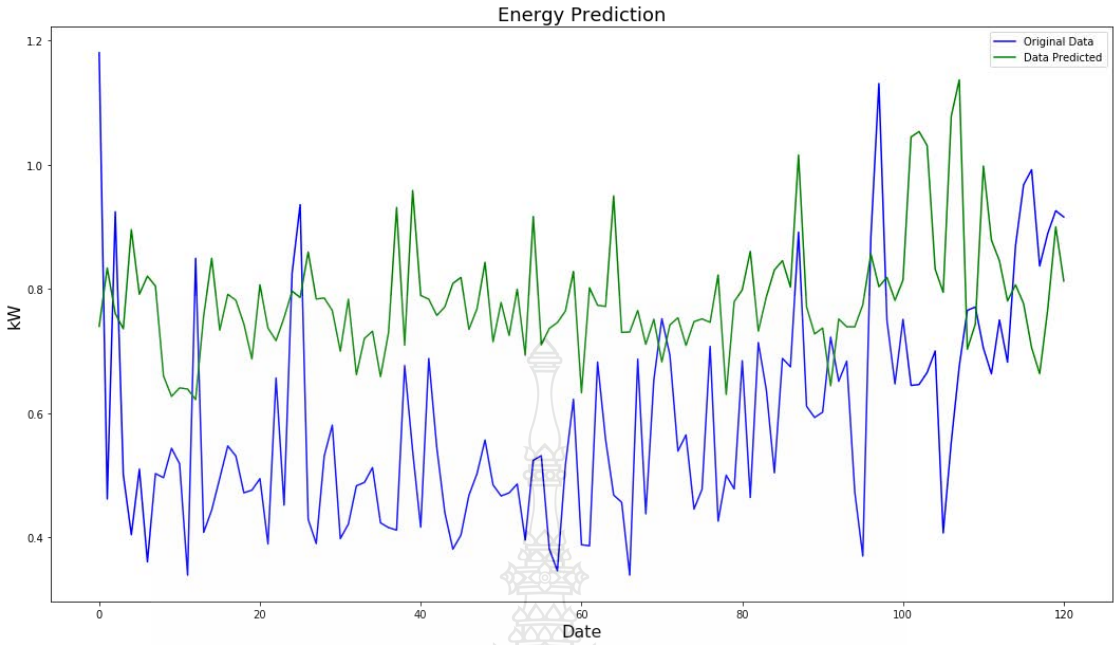
use	temperature	precipIntensity	visibility	windSpeed	pressure	cloudCover	windBearing
1.601230	29.45	0.0101	8.74	6.72	1011.49	0.31	186.0
1.599333	29.45	0.0101	8.74	6.72	1011.49	0.31	186.0
1.924267	29.45	0.0101	8.74	6.72	1011.49	0.31	186.0
1.978200	29.45	0.0101	8.74	6.72	1011.49	0.31	186.0
1.990950	29.45	0.0101	8.74	6.72	1011.49	0.31	186.0

จากข้อมูลแสดงตัวอย่าง 5 แถวสุดท้ายสำหรับการเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานในบ้านและข้อมูลสภาพอากาศ สำหรับการทำนายตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2559 เวลา 05.00 น. ถึงวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2559 เวลา 05.00 น. โดยในการสร้างโมเดลได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างดังแสดงในตารางที่ 4.5 ค่าพารามิเตอร์ ที่ใช้ในการกำหนดสร้างโมเดล

ตารางที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์ ที่ใช้ในการกำหนดสร้างโมเดล

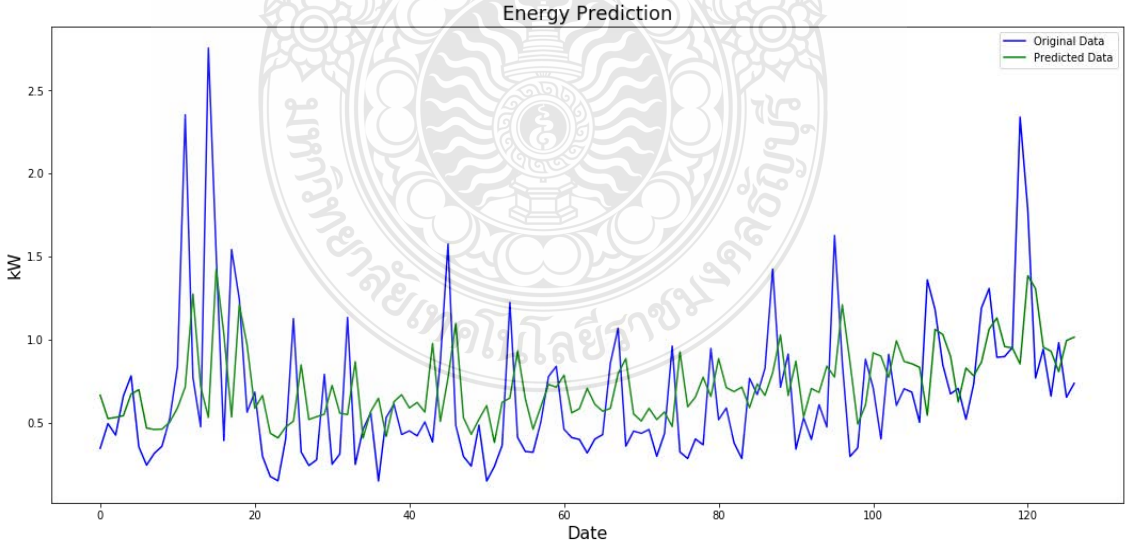
Parameter	Value
epoch	32
Batch size	64
Hidden node	65
Hidden layer	1

ผลที่จากการพยากรณ์ด้วยวิธี Recurrent Neural Network ดังรูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลข้อมูลพยากรณ์ด้วยวิธี Recurrent Neural Network ผลค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อน 0.705



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลข้อมูลพยากรณ์ด้วยวิธี Recurrent Neural Network

จึงได้ทำการนำข้อมูลในอดีตย้อนหลัง 1 วัน มาคำนวณร่วมด้วยจึงมีความแม่นยำมากขึ้น ดังรูปที่ 4.12 ซึ่งผลค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.349 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนที่ดีกว่าข้อมูลวิธีการแรก



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลจากการปรับข้อมูลพยากรณ์ที่นำข้อมูลเวลาย้อนหลังมาคำนวณ

4.6 ผลการจำลองอัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้าน

การจำลองอัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้านนี้ ในการจำลองขึ้นมา ดังตารางที่ 4.7 จำลองโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน 1 หลัง โดยกำหนดความสำคัญของโหลดไฟฟ้า สำหรับการตัดสินใจ จำนวน 7 รายการ ส่วนโหลดที่ไม่ได้กำหนดจะเข้าสู่โหมดพร้อมใช้งาน ดังตางรางที่ 4.8 ลำดับความสำคัญของโหลด และการตั้งค่าความสะดวกสบาย

ตารางที่ 4.7 จำลองโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน 1 หลัง

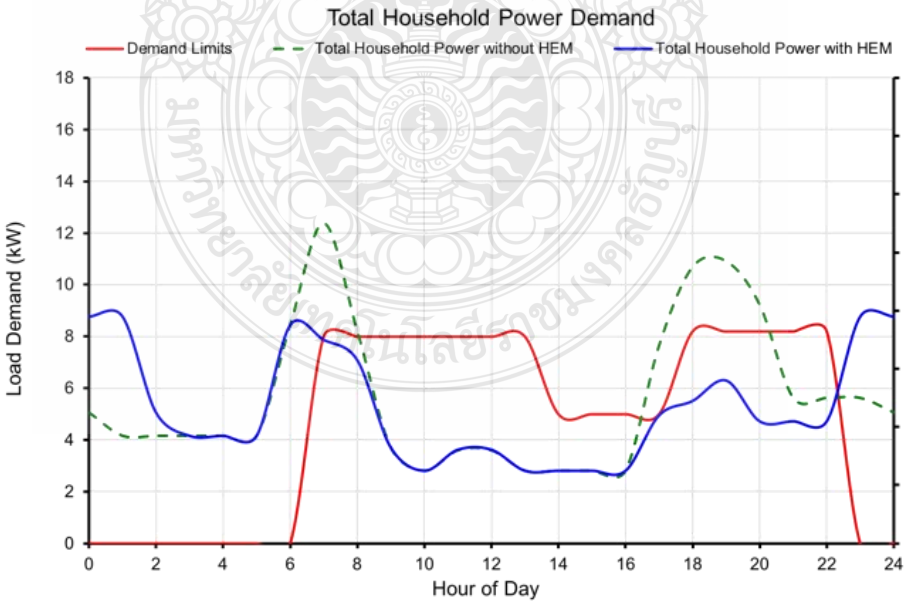
ลำดับ	ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า		จำนวน×กำลังไฟฟ้า(W)	โหลดรวม (W)
1	Lighting loads	CFL bulbs	10×27W	390W
		Tube lights	3×40W	
2	Cooling loads	Table/Ceiling Fans	4×70W	2705W
		Air conditioner	1×1500W	
		Refrigerator	1×325W	
		Exhaust fan	4×150W	
3	Heating Loads	Electric iron	1×1000W	5000W
		Hair Dryers	2×2000W	
4	Kitchen appliances	Microwave oven	1×2000W	3350W
		Toaster	1×750W	
		Mixer cum Grinder	1×600W	
5	Washing machine		1×700W	700W
6	Television		1×200W	200W
7	Water pump motor		1×746W	746W
8	UPS/inverter		1×800W	800W
9	Electric vehicle		1×3300W	3300W
10	Other Item		400W	400W
	Total load			**17591W**

ซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับการใช้งานบ้าน 1 หลัง โดยมีการแบ่งประเภทของโหลดในบ้าน โดยจำมีการจำลองว่าได้มีการติดตั้งระบบการจัดการพลังงานในบ้าน ซึ่งข้อมูลจะมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน เมื่อเข้าเงื่อนไขก็จะทำการตัดโหลดที่มีความสำคัญน้อยสุดก่อน

ตารางที่ 4.8 ลำดับความสำคัญของโหลด และการตั้งค่าความสะดวกสบาย

ลำดับความสำคัญ	เครื่องใช้ไฟฟ้า	พลังงาน (Watt)	การตั้งค่าความสะดวกสบาย
1	UPS/Inverter	800	สถานะ 80% ขึ้นไป
2	Washing machine	700	สถานะเปิดใช้งาน
3	Air conditioner	1500	สถานะ 25-27 ℃
4	Electric vehicle	3300	สถานะชาร์จ 145 นาที
5	Electric iron	1000	คงสถานะถ้า เปิด
6	Microwave oven	2000	คงสถานะถ้า เปิด
7	Toaster	750	คงสถานะถ้า เปิด

จากการจำลองโหลดภายในบ้านในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีการจำลองเหตุการณ์ตอบสนองความต้องการไฟฟ้า โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างการใช้อัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายนบ้าน กับเมื่อไม่ใช้อัลกอริทึม ดังรูปที่ 4.8 ผลของการจำลองโหลด 24 ชั่วโมง ตั้งขอสังเกตได้ว่าในการกำหนดการจำกัดพลังงานไฟฟ้า (Demand Limits) ควรสอดคล้องกันกับความต้องโหลดที่บ้านแต่ละหลังให้มีผลกระทบน้อยที่สุดสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน จากการจำลองได้ผลคือ จากปกติที่ไม่ใช้อัลกอริทึมการจัดการพลังงานในบ้านค่าไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยคือ 12.83 กิโลวัตต์ ลดเหลือ 8.31 กิโลวัตต์ โดยการเลื่อนการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า เครื่องสำรองไฟฟ้า และปิดโหลดตามลำดับความสำคัญ หากไม่มีการจำกัดพลังงานแล้ว จะทำการเปิดใช้พลังงานไฟฟ้าสถานะปกติ แล้วระบบจะเช็คค่า TP และ DL ต่อไป



รูปที่ 4.13 ผลของการจำลองโหลด 24 ชั่วโมง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านทั้งหมด ภายใต้สมมติฐาน การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการพยากรณ์การใช้พลังงานภายในบ้าน และการจำลองการนำอัลกอริทึมการควบคุมโหลดเมื่อมีเหตุการณ์ตอบสนองด้านโหลด โดยคำนึงถึงลำดับความสำคัญของโหลด เป้าหมายสูงสุดของการดำเนินการ คือการวางแผนการใช้พลังงานภายในบ้าน และการลดใช้ไฟฟ้าไม่ให้เกินค่าที่กำหนดไว้ภายใต้สถานการณ์ตอบสนองด้านโหลด แต่อย่างไรก็ตาม การกำหนด หรือข้อจำกัดการใช้พลังงานงานมากเกินไป จะทำให้ผู้ใช้ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านพักอาศัย เกิดความสะดวกสบายลดลง เนื่องจากมีการกำหนดมาตรการลดใช้ไฟฟ้าจากที่ใช้งานปกติ จะต้องยอมให้โหลดที่มีความสำคัญน้อยสุดหยุดการทำงานจะกว่าจะผ่านช่วงเวลาที่เกิดการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) ทำให้ส่งผลต่อความสบายของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง การกำหนดลำดับความสำคัญของโหลดไฟฟ้าภายในบ้าน จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องเป็นผู้กำหนดลำดับความสำคัญของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านเอง และการเลือกอัลกอริทึมสำหรับการพยากรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านนั้น อัลกอริทึม Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) มีความแม่นยำมากกว่า วิธีการ Recurrent Neural Network (RNN) เนื่องจากโมเดล ARIMA มีการเรียนข้อมูลในอดีตได้ดีกว่าวิธีการ RNN ซึ่งวิธีการ RNN จะต้องเป็นข้อมูลที่มีค่าตัวแปลที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์มากที่สุด อาจจะต้องปรับค่าตัวแปล หรือตัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออก ปรับการเรียนรู้ข้อมูลให้มากขึ้นซึ่งอาจจะส่งผลต่อเวลาในการประมวลผล เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

5.2.1 งานวิจัยนี้เป็นการควบคุมโหลดไฟฟ้าให้ทำงานในการเปิดปิดเท่านั้น ถ้าหากสามารถที่จะเลือกทำงานแบบอื่น เช่น เปลี่ยนโหมด หรือลดอุณหภูมิ ทั้งนี้ต้องศึกษาถึงผลกระทบของการควบคุมแต่ละตัวเลือกที่เหมาะสม

5.2.2 โมเดลสำหรับการพยากรณ์โหลดไฟฟ้ามีหลายโมเดลซึ่งต้องมีการวิจัยพัฒนาต่อไปอาจจะเปลี่ยนวิธีการที่เหมาะสมกับข้อมูลซึ่งมีอีกหลายโมเดลที่ไม่ได้นำเสนอ เช่น โมเดล Gradient Boosting, Extra Tree และRandom Forests เป็นต้น

5.2.3 ในส่วนของนโยบายการตอบสนองด้านโหลด ต้องมีค่าตอบแทนที่คุ้มค้าในการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ หรือเข้าร่วมโครงการ ซึ่งจะต้องให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามีผลตอบแทนที่เหมาะสมที่สุด

บรรณานุกรม

[1] RWE Smart Home – Der Haushalt von morgen wird Realitat. [web blog post]. Retrieved from http://www.intelligenteswohnen.de/magazin/rwe-smart-home-haushalt-von-morgen-wird-realitaet

[2] PEAK ไฟฟ้าสี่ทุ่ม บอกอะไรสังคมไทยยุคนี้. [web blog post]. Retrieved from https://www.thairath.co.th/content/662642.

[3] ดีแทคตีแผ่ 5 พฤติกรรมการใช้เน็ตที่น่าหงุดหงิดของคนไทย. [web blog post]. Retrieved from https://positioningmag.com/61876

[4] ระบบบริหารจัดการพลังงาน. [web blog post]. Retrieved from http://www.thai-smartgrid.com/ระบบบริหารจัดการพลังงาน

[5] Onur ELMA, Ugur Savaş SELAMOGULLARI. (2014), A Home Energy Management Algorithm with Smart Plug for Maximized Customer Comfort, **Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe), 5**, 1-4.

[6] ชนัตพล ผิวล่อง, (2555). **การพัฒนาต้นแบบระบบจัดการพลังงานภายในบ้านอยู่อาศัย**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

[7] มทร.ธัญบุรีท้าทาย Google โชว์ไอเดียเทพ บ้านปราชญ์เปรื่อง. [web blog post]. Retrieved from https://siamrath.co.th/n/86771

[8] A Multi-Objective Demand Response Optimization Model for Scheduling Loads in a Home Energy Management System. [web blog post]. Retrieved from https://www.semanticscholar.org/paper/A-Multi-Objective-Demand-Response-Optimization

[9] Modeling and analysis of energy data: state-of-the-art and practical results from an application scenario Article. [web blog post]. Retrieved from https://www.researchgate.net/figure/Google-Power-Meter-example-http-wwwgooglecom-powermeter-about-This-service-has_fig1_279650353

[10] มาตรการด้านไฟฟ้า สำนักงานนโยบาย และแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน. [web blog post]. Retrieved from http://www.eppo.go.th/index.php/th/eppo-intranet/itemlist/category/510-2016-03-16-03-42-48

บรรณานุกรม (ต่อ)

[11] สมาร์ทกริด (Smart Grid) ระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อเมืองอนาคต. [web blog post]. Retrieved from https://thai-smartgrid.com/wp-content/uploads/2019/10/04_PEA.pdf

[12] An Introduction to Data Mining Techniques. [web blog post]. Retrieved from http://dataminingtrend.com/2014/wpcontent/uploads/2014/08/intro_data_mining_preview.pdf

[13] Stationarity and differencing stationary time series. [web blog post]. Retrieved from https://otexts.com/fpp2/stationarity.html

[14] สถิติเบื้องต้นง่ายๆ ที่จะทำให้คุณเข้าใจการวิเคราะห์มากขึ้น. [web blog post]. Retrieved from https://medium.com/@info_46914/

[15] คงฤทธิ์ โกมาสถิตย์, (2555). **การพยากรณ์อุปสงค์พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในระยะยาววิธีโครงข่ายประสาทเทียม**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

[16] Mandal J.K. & Sinha A.K. (1995). Artificial Neural Network Based Hourly Load Forecasting for Decentralized Load Management, **Energy Management and Power Delivery Proceeding International Conference, 1**, 61-66.

[17]Lu N. & Zhou J. (2009). Particle Swarm Optimization-Based RBF Neural Network Load Forecasting Model, **Power and Energy Engineering Proceedings Conference, 7**, 1-4.

[18] Hyung-Chul Jo, Sangwon Kim, Sung-Kwan Joo & Member. (2013). Smart Heating and Air Conditioning Scheduling Method Incorporating Customer Convenience for Energy Management System, **IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 59**, 316-322.

[19] Yuansheng LIU. (2006). Design of the Smart Home Based on embedded system, **Computer Aided Industrial Design and Conceptual Design, 7**, 1-3.

[20] Velickov & Solomatine. (2000 Predictive Data Mining: Practical Examples, **AI methods in Civil Engineering Applications Proceeding, 2**, 1-17.

[21] Suhara,, Y., Nakabe, T., Mine, G. & Nishi, H. (2010). Distributed Demand Site Management System for Home Energy Management, **IEEE TransactionsonConsumer Electronics, 36**, 2430-2435

บรรณานุกรม (ต่อ)

[22] Abe, K., Mineno, H., Mine, G. & Mizuno, T. (2011). Development and Evaluation of Smart Tap Type Home Energy Management System Using Sensor Network, **IEEE Conference on Consumer Communications and Networking, 8**, 1050-1054

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Python

ภาคผนวก ก. โปรแกรม python ที่ใช้ในการทดลอง

```
#การเรียก libery เพื่อใช้งาน

import pandas as pd

import matplotlib.pyplot as plt

%matplotlib inline

import seaborn as sns

from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D

from sklearn.preprocessing import StandardScaler

import numpy as np

import os

from IPython.display import Image

from pandas import read_csv

from pandas import DataFrame

from pandas import concat

from datetime import datetime

from random import random

from math import sqrt

from numpy import concatenate

from numpy import array
```

```
import matplotlib.pyplot as plt

from statsmodels.tsa.stattools import grangercausalitytests

from statsmodels.tsa.vector_ar.var_model import VAR

from statsmodels.tsa.stattools import adfuller

from statsmodels.tsa.vector_ar.vecm import coint_johansen

from statsmodels.tsa.holtwinters import ExponentialSmoothing

from statsmodels.tsa.seasonal  import seasonal_decompose

from statsmodels.graphics.tsaplots import plot_acf,plot_pacf

from pyramid.arima import auto_arima

from fbprophet import Prophet

from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler

from sklearn.preprocessing import LabelEncoder

from sklearn.metrics import mean_squared_error

from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor

from xgboost import XGBRegressor

from keras.models import Sequential

from keras.layers import Dense

from keras.layers import LSTM

print("Test Runcode")
```

```
#อ่านข้อมูลจากฐานข้อมูล
file_path = "/Labtest/input/smart_home/HomeC.csv"
dataset = pd.read_csv(file_path, low_memory=False)
dataset.info()

#การเตรียมข้อมูล
time_index = pd.date_range('2016-01-01 05:00', periods=len(dataset),  freq='min')
time_index = pd.DatetimeIndex(time_index)
dataset = dataset.set_index(time_index)
dataset = dataset.drop(['time'], axis=1)
dataset.iloc[np.r_[0:5,-5:0]].iloc[:,0]
fig, axes = plt.subplots(nrows=2, ncols=1)
dataset['use'].resample('D').mean().plot(ax=axes[0])
dataset['House overall'].resample('D').mean().plot(ax=axes[1])
dataset = dataset.drop(columns=['House overall'])
dataset.shape
dataset['icon'].value_counts()
dataset = dataset.drop(columns=['summary', 'icon'])
dataset.shape
dataset['cloudCover'].unique()
dataset[dataset['cloudCover']=='cloudCover'].shape
dataset['cloudCover'][56:60]
dataset['cloudCover'].replace(['cloudCover'], method='bfill', inplace=True)
dataset['cloudCover'] = dataset['cloudCover'].astype('float')
dataset['cloudCover'].unique()
dataset['cloudCover'].unique()
dataset = dataset.resample('H').mean()
```

```
print("Shape of hourly dataset: {} --> n_rows = {}, n_cols = {}".format(dataset.shape,
dataset.shape[0],dataset.shape[1]))

energy_data = home_dat.filter(items=[ 'use [kW]','gen [kW]', 'Dishwasher [kW]',
                                    'Furnace 1  [kW]', 'Furnace 2  [kW]', 'Home office [kW]', 'Fridge
                                    [kW]',
                                    'Wine cellar [kW]', 'Garage door [kW]', 'Kitchen 12 [kW]',
                                    'Kitchen 14 [kW]', 'Kitchen 38 [kW]', 'Barn [kW]', 'Well [kW]',
                                    'Microwave [kW]', 'Living room [kW]', 'Solar [kW]'])
weather_data = home_dat.filter(items=['temperature',
                                     'humidity', 'visibility', 'apparentTemperature', 'pressure',
                                     'windSpeed', 'windBearing', 'dewPoint'])
data=data[:-1]
data.shape

#สร้างโมเดล ARIMA
from statsmodels.tsa.arima_model import ARIMA
def forcast_ts(data, tt_ratio):
X = data.values
size = int(len(X) * tt_ratio)
train, test = X[0:size], X[size:len(X)]
history = [x for x in train]
predictions = list()
for t in range(len(test)):
    model = ARIMA(history, order=(5,1,0))
     model_fit = model.fit(disp=0)
     output = model_fit.forecast()
      yhat = output[0]
      predictions.append(yhat)
```

```
        obs = test[t]
        history.append(obs)
print('progress:%',round(100*(t/len(test))),'\t predicted=%f, expected=%f' % (yhat, obs),
end="\r")
error = mean_squared_error(test, predictions)
print('\n Test MSE: %.3f' % error)
plt.rcParams["figure.figsize"] = (18,10)
preds = np.append(train, predictions)
plt.plot(list(preds), color='green', linewidth=3, label="Predicted Data")
plt.plot(list(data), color='blue', linewidth=2, label="Test Data")
plt.axvline(x=int(len(data)*tt_ratio)-1, linewidth=5, color='red', label="Train to Test
ratio")
plt.title(u'Energy Prediction',fontname='Tahoma',fontsize=18)
plt.xlabel('Week',fontsize=16)
plt.ylabel('kW',fontsize=16)
plt.legend()
plt.show()
#col = 'use'
data = dataset[col].resample('h').mean()
data.shape
tt_ratio = 0.70 # Train to Test ratio
forcast_ts(data, tt_ratio)
col = 'use'
data = dataset[col].resample('w').mean()
data.shape
tt_ratio = 0.70
```

```
forcast_ts(data, tt_ratio)
col = 'use'
data = dataset[col].resample('d').mean()
data.shape
tt_ratio = 0.70
forcast_ts(data, tt_ratio)

#สร้างโมเดล RNN
weather_features = dataset[['temperature','humidity', 'visibility','windSpeed', 'pressure',
'cloudCover', 'windBearing', 'precipIntensity','precipProbability']]
energy_use = dataset['use']
x_train = weather_features[:5500]
y_train = energy_use[:5500]
x_test = weather_features[5500:]
y_test = energy_use[5500:]
x_train = np.reshape(x_train.values, (x_train.shape[0], x_train.shape[1], 1))
x_test = np.reshape(x_test.values, (x_test.shape[0], x_test.shape[1], 1))
x_train.shape, y_train.shape, x_test.shape, y_test.shape
model = Sequential()
model.add(LSTM(units=64, return_sequences=True, input_shape=(x_train.shape[1], 1)))
model.add(LSTM(units=64))
model.add(Dense(units = 1))
model.compile(optimizer = 'adam', loss = 'mean_squared_error')
model.summary()
model.fit(x_train, y_train, epochs = 32, batch_size = 64)
fp = mpl.font_manager.FontProperties(family='Tahoma',size=13)
predictions = model.predict(x_test)
```

```
plt.figure(figsize=(18,10))
plt.plot(y_test.values[::24], color='blue', label='Original Data')
plt.plot(predictions[:,0][::24] , color='green', label='Data Predicted')
plt.title(u'Energy Prediction',fontname='Tahoma',fontsize=18)
plt.xlabel('Date',fontsize=16)
plt.ylabel('kW',fontsize=16)
plt.legend()
plt.show()
weather_features = dataset[['temperature','humidity', 'visibility','windSpeed', 'pressure',
'cloudCover', 'windBearing', 'precipIntensity','precipProbability']]
energy_use = dataset['use']
weather_features = weather_features['2016-01-02 05:00:00':'2016-12-02 05:00:00']
weather_features['yesterday_use'] = energy_use['2016-01-01 05:00:00':'2016-12-01
05:00:00'].values
energy_use = dataset['use']['2016-01-02 05:00:00':'2016-12-02 05:00:00']
weather_features.shape, energy_use.shape
x_train = weather_features[:5000]
y_train = energy_use[:5000]
x_test = weather_features[5000:]
y_test = energy_use[5000:]
x_train = np.reshape(x_train.values, (x_train.shape[0], x_train.shape[1], 1))
x_test = np.reshape(x_test.values, (x_test.shape[0], x_test.shape[1], 1))
x_train.shape, y_train.shape, x_test.shape, y_test.shape
model = Sequential()

model.add(LSTM(units=64, return_sequences=True, input_shape=(x_train.shape[1], 1)))
model.add(LSTM(units=64))
```

```
model.add(Dense(units = 1))
model.compile(optimizer = 'adam', loss = 'mean_squared_error')
model.summary()
model.fit(x_train, y_train, epochs = 32, batch_size = 64)
predictions = model.predict(x_test)
plt.figure(figsize=(18,8))
plt.plot(y_test.values[::24], color='blue', label='Original Data')
plt.plot(predictions[:,0][::24] , color='green', label='Predicted Data')
plt.title('Energy Prediction',fontsize=18)
plt.xlabel('Date',fontsize=16)
plt.ylabel('kW',fontsize=16)
plt.legend()
plt.show()

#ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในบ้าน
plotCorrelationMatrix(df1, 9)
energy_per_day = energy_data.resample('D').sum()
energy_per_day.head()
nergy_per_month = energy_data.resample('M').sum() # for energy we use sum to
calculate overall consumption in period
plt.figure(figsize=(20,10))
sns.lineplot(data= energy_per_month.filter(items=[ 'Dishwasher [kW]','House overall
[kW]',
                                'Furnace 1 [kW]', 'Furnace 2 [kW]', 'Home office [kW]', 'Fridge
[kW]', 'Wine cellar [kW]', 'Garage door [kW]', 'Kitchen 12 [kW]',
                                'Kitchen 14 [kW]', 'Kitchen 38 [kW]', 'Barn [kW]', 'Well [kW]',
                                'Microwave [kW]', 'Living room [kW]', 'Solar [kW]']) ,dashes=False)
plt.figure(figsize=(16,8))
```

```
# Plot the rooms consumption
sns.lineplot(data= energy_per_month.filter(items=[
                                'Home office [kW]',
                                'Wine cellar [kW]', 'Kitchen 12 [kW]',
                                'Kitchen 14 [kW]', 'Kitchen 38 [kW]', 'Barn [kW]',
                                 'Living room [kW]']) , dashes=False  )
plt.title(u'Home Energy ',fontname='Tahoma',fontsize=18)
plt.xlabel('Date',fontsize=16)
plt.ylabel('kW',fontsize=16)
plt.figure(figsize=(15,6))
sns.lineplot(data= energy_data.loc['2016-07-01 00:00' : '2016-07-01 23:00'].filter([ 'Home
office [kW]',
                                'Wine cellar [kW]', 'Garage door [kW]', 'Kitchen 12 [kW]',
                                'Kitchen 14 [kW]', 'Kitchen 38 [kW]', 'Barn [kW]', 'Well [kW]',
                                'Living room [kW]']),dashes=False , )
plt.title(u'Home Energy ',fontname='Tahoma',fontsize=18)
plt.xlabel('Date',fontsize=16)
plt.ylabel('kW',fontsize=16)
plot = all_rooms_consum .plot(kind = "pie", figsize = (12,12))
plot.set_title("Eneygy Consumption for Room")
plot = all_devices_consum .plot(kind = "pie", figsize = (12,12))
plot.set_title("Eneygy Consumption for Devices")
data['day']= data['time'].dt.day
data['month']= data['time'].dt.month
data['week']= data['time'].dt.week
data['hour']= data['time'].dt.hour
import seaborn as sns
def visualize(label, cols):
    fig,ax=plt.subplots(figsize=(14,8))
```

```
colour= ['red','green','blue','yellow']
for colour,col in zip(colour,cols):
        data.groupby(label)[col].mean().plot(ax=ax,label=col,color=colour)
```

ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

1. ธนิศเชษฐ์ คำศรีสุข, ณัชติพงษ์ อูทอง, กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์. “อัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า,” **การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า,** EECON, ครั้งที่ 41, 21-23 พฤศจิกายน 2561, อุบลราชธานี, pp. 133-136.

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๑

The 41st Electrical Engineering Conference (EECON-41)

วันที่ ๒๑ - ๒๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๑

โรงแรมสุนีย์ แกรนด์ โฮเทล แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี

เจ้าภาพจัดงาน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Volume 2

ไฟฟ้าสื่อสาร

อิเล็กทรอนิกส์

คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

วิศวกรรมชีวการแพทย์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า

ประธาน

ผศ.ดร.วรการ	วงศ์สายเชื้อ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.ภรชัย	จูอนุวัฒนกุล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม

กรรมการสามัญ

อ.บุญช่วย	ทรัพย์มนชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.ศิริโรจน์	ศิริสุขประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.นันทิยา	ชัยบุตร	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
อ.ดร.ชาติ	ฤทธิ์หิรัญ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ผศ.ดร.นรารัตน์	เรืองชัยจตุพร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ยศนัย	ศรีอุทัยศิริวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ไกรสร	ไชยชาววงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อ.ดร.เอกชัย	มุจจลินท์วิมุติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.สมมาตร	แสงเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รศ.ดร.บุญยัง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.มนตรี	วิบูลยรัตน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อ.ดร.สุพรรณ	ทิพย์ทิพากร	มหาวิทยาลัยมหิดล
อ.ดร.สุพัฒนา	นิรัคฆนาภรณ์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.กำพล	วรดิษฐ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.วันชัย	จันไกรผล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
อ.ดร.มงคล	แซ่เจีย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.ยงยุทธ	นาราษฎร์	มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.ดร.วันชัย	ฉิมฉวี	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
รศ.ดร.บุญเลิศ	สื่อเฉย	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ผศ.ดร.ชาย	ชมภูอินไหว	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.สาคร	วุฒิพัฒนพันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ภัควัฒน์	จันทร์ตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อ.ดร.ยุทธนา	จงเจริญ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ผศ.ดร.มุทิตา	สงฆ์จันทร์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ปฏิภาณ	เกิดลาภ	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
ผศ.ดร.วรการ	วงศ์สายเชื้อ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ดร.สิรินทร	อินทร์สวาท	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
อ.ณรงค์	นันทกุศล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อ.ดร.วุฒิวัฒน์	คงรัตนประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รศ.ดร.เชวศักดิ์	รักเป็นไทย	มหาวิทยาลัยพะเยา
รศ.ดร.กาญจ์	เกิดชื่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
รศ.ดร.กีรติ	ชยะกุลศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อ.ดร.ทัศนัย	ภาธรรัตน์	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ
ผศ.ดร.กันต์พงษ์	ศรีสถิตย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

กรรมการสมทบ

อ.ดร.ณัฐพงศ์	วงศ์พร้อมมูล	มหาวิทยาลัยศิลปากร

เลขานุการ

ผศ.วันชัย	จันไกรผล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Reviewer	Organization
Akekachai Deesiri	Sripatum University
Amarin Ratanavis	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Amnoiy Ruengwaree	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Amorn Jirasereeamornkun	Mahanakorn University of Technology
Anon Namin	Rajamangala University of Technology Lanna
Anuree Lorsawatsiri	Mahanakorn University of Technology
Aphibal Pruksanubal	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Aphirak Jansang	Kasetsart University
Apichai Bhatranand	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Apinan Aurasopon	Mahasarakham University
Apiwat Lekuthai	Chulalongkorn University
Araya Florence	Ubon Ratchathani University
Arporn Teeramongkonrasmee	Chulalongkorn University
Arthit Sodeyome	Siam University
Arthit Srikaew	Suranaree University of Technology
Atipong Suriya	Ubonratchathani University
Atipong Suriya	Ubon Ratchathani University
Bhichate Chiewthanakul	Khonkhan University
Bongkoj Sookananta	Ubon Ratchathani University
Boonchai Boonchu	Mahanakorn University of Technology
Boonchai Techaumnat	Chulalongkorn University
Boonchuay Supmonchai	Chulalongkorn University
Boonlert Suechoey	Southeast Asia University
Boonruang Marungsri	Suranaree University of Technology
Boonsong Sutapun	Suranaree University of Technology
Boonsri Kaewkhamai	Chiang Mai Univeristy
Boonyang Plangklang	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Budhapon Sawetsakulanond	Mahanakorn University of Technology
Cattareeya Suwanasri	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chai Chompooinwai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chainarin Ekkaravarodome	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chainarong Wisassakwichai	Rajamangala University of Technology Krungthep
Chaiwut Chatuthai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chaiyachet Saivichit	Chulalongkorn University
Chaiyan Jettanasen	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chaiyaporn Lothongkam	Mahanakorn University of Technology

Reviewer	Organization
Chaiyo Thammarat	South East Asia University
Chaiyut Sumpavakup	Suranaree University of Technology
Chalee Vorakulpipat	National Electronics and Computer Technology Center
Chanchai Dechthummarong	Rajamangala University of Technology Lanna Chiangmai
Chanchai Thongsopa	Suranaree University of Technology
Chanchana Tangwongsan	Chulalongkorn univerisy
Chanin Wissawinthanon	Chulalongkorn univerisy
Channarong Banmongkol	Chulalongkorn University
Chantana Chantrapornchai	Kasetsart University
Chanwit Kaewkasi	Suranaree University of Technology
Chaowanan Jamroen	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Charnyut Karnjanapiboon	Rajamangala University of Technology Lanna
Chatchai Suppitaksakul	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Chawasak Rakpenthai	University of Phayao
Chirawat Kotchasarn	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Chirdpong Deelertpaiboon	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chokchai Sangdao	Mahanakorn University of Technology
Chonlatee Photong	Mahasarakham University
Chowarit Mitsantisuk	Kasetsart University
Chutham Sawigun	Mahanakorn University of Technology
Chutham Sawigun	Mahanakorn University of Technology
Chuttchaval Jeraputra	Mahidol University
Chuwong Phongcharoenpanich	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Danucha Prasertsom	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Daranee Hormdee	Khonkhan University
David Banjerdpongchai	Chulalongkorn University
Decha Wilairat	Mahidol University
Denchai Worasawate	Kasetsart University
Doldet Tantraviwat	Chiang Mai Univeristy
Don Isarakorn	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Duangarthit Srimoon	Rangsit University
Dulpichet Rerkpreedapong	Kasetsart University
Dusit Thanapatay	Kasetsart University
Jakkree Srinonchat	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Jantana Panyavaraporn	Burapha University
Jasada Kudtongngam	National Electronics and Computer Technology Center.

Reviewer	Organization
Jedsada Arunruerk	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Jirapat Sangthong	Mahanakorn University of Technology
Jirasak Chanwutitum	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Jirawadee Polprasert	Narasauen University
Jukkrit Kluabwang	Rajamangala University of Technology Lanna Tak
Jukkrit Tagapanij	Mahanakorn University of Technology
Kampol Woradit	Srinakharinwirot University
Kanokphan Lertniphonphan	KDDI Research
Karn Patanukhom	Chiang Mai University
Khanit Matra	Srinakharinwirot University
Khanittha Kaewdang	Ubon Ratchathani University
Kiattisin Kanjanawanishkul	Mahasarakham University
Kittaya Somsai	Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon
Kittisak Kerdprasop	Suranaree University of Technology
Kittisak Tripipatpornchai	Rangsit University
Kittiwarin Nimkerdphol	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Komsan Hongesombut	Kasetsart University
Komson Daroj	Ubonratchathani University
Kornchawal Chaipah	Khon Kaen University
Kraisorn Chaisaowong	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Krerk Piromsopa	Chulalongkorn University
Krischonme Bhumkittipich	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mana Sriyudthsak	Chulalongkorn University
Mongkol Konghirun	King Mongkut University's Technology Thonburi
Monthon Nawong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nachirat Rachburee	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nalin Sidahao	Mahanakorn University of Technology
Nararat Ruangchaijatupon	Khon Kaen University
Narong Yoothanom	Sripatum University
Narongrit Sanajit	Mahanakorn University of Technology
Natee Thongun	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Nathabhat Phankong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nattachai Watcharapinchai	National Electronics and Computer Technology Center
Nattachote Rugthaicharoencheep	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Nattapong Phanthuna	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Nattha Jindapetch	Prince of Songkla University

Reviewer	Organization
Natthawuth Somakettarin	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nimit Boonpirom	Sripatum University
Nirudh Jirasuwankul	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Nisachon Tangsangiumvisai	Chulalongkorn University
Nisai Fuengwarodsakul	King Mongkut 's University of Technology North Bangkok
Nit Petcharaks	Dhurakij Pundit University
Nithiphat Teerakawanich	Kasetsart University
Nitikarn Nimsuk	Thammasat University
Nitipong Panklang	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nopporn Patcharaprakiti	Rajamangala University of Technology Lanna
Norasage Pattanadech	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Noraset Wichaipanich	Rajamangala university of Technology Thanyaburi
Nuttaporn Ritnoom	University of the Thai Chamber of Commerce
Nutthaphong Tanthanuch	Thammasat University
Ongart Sadmai	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Pakit Suwat	Siam University
Pakpum Somboon	Chulalongkorn University
Panich Intra	Rajamangala University of Technology Lanna
Panjai Tantatsanawong	Silpakorn University
Panuwat Janpugdee	Chulalongkorn University
Parachai Juanuwattanakul	Sripatum University
Parnjit Damrongkulkamjorn	Kasetsart University
Pasawee Srimode	Sripatum University
Pasist Suwanapingkarl	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Patamaporn Sripadungtham	Kasetsart University
Pattarawit Polpinit	Khon Kaen University
Pauline Kongsuwan	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Peerapol Yuvapoositanon	Mahanakorn University of Technology
Petch Nantivatana	Sripatum University
Phakkawat Jantree	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
Phayung Desyoo	King Mongkuts University of Technology North Bangkok
Phichai Youplao	Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon
Phisan Kaewprapha	Thammasat University
Pichai Aree	Thammasat University
Pichaya Chaipanya	Srinakharinwirot University
Pinit Jitjing	Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Reviewer	Organization
Pinit Nuangpirom	Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai
Pinit Thepsatorn	Srinakharinwirot University
Pipat Prommee	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Pisut Raphisak	Kasetsart University
Pitikhate Sooraksa	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Pokkrong Vongkoon	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Poompat Saengudomlert	Bangkok University
Poonlap Lamsrichan	Kasetsart University
Poonsri Wannakarn	Rajamangala University of Technology Phra Nakorn
Pornrapeepat Bhasaputra	Thammasat University
Pracha Khamphakdi	Ubon Ratchathani University
Prajuab Pawarangkoon	Mahanakorn University of Technology
Prasit Nakonrat	Ubon Ratchathani University
Prasopchok Hothongkham	Rajamangala University of Technology Rattanakosin
Prattana Kaewpet	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Prayoth Kumsawat	Suranaree university of technology
Promsak Apiratikul	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Pruet Boonma	Chiang Mai University
Punyaphat Phumiphak	Mahanakorn University of Technology
Rachu Punchalard	Mahanakorn University of Technology
Rangsan Wongsan	Suranaree University of Technology
Rathdharshagorn Suriyakulnaayudhya	Kasetsart University
Rawid Banchuin	Siam University
Rungsimant Sitdhikorn	Mahanakorn University of Technology
Sakhon Woothipatanapan	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Saliltip Sinthusonthishat	Mahanakorn University of Technoloogy
Samroeng Hintamai	Sripatum University
Sanchai Dechanupaprittha	Kasetsart University
Sangsuree Vasupongayya	Prince of Songkla University
Sansanee Auephanwiriyakul	Chiangmai University
Sermsak Uatrongjit	Chiang Mai University
Settawit Poochaya	Suranaree University of Technology
Sipat Triukose	Chulalongkorn University
Sirichai Dangeam	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Sirichai Triamlumlerd	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Siriroj Sirisukprasert	Kasetsart University

Reviewer	Organization
Sirivat Poonvasin	Kasetsart University
Sitthidet Vachirasricirikul	University of Phayao
Somboon Sooksatra	Rangsit University
Somchat Jiriwibhakorn	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Somphop Rodamporn	Srinakharinwirot University
Sompob Polmai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Somying Thainimit	Kasetsart University
Songphol Kanjanachuchai	Chulalongkorn University
Suchin Trirongjitmoah	Ubon Rachatani University
Sudarat Khwanon	Suranaree University of Technology
Sunisa Kunarak	Srinakharinwirot University
Supachai Vorapojpisut	Thammasat University
Supachate Innet	University of the Thai Chamber Commerce
Supakit Kawdungta	Rajamangala university of Technology Lanna Chiang Mai
Suparerk Janjarasjitt	Ubon Ratchathani University
Suparerk Manitpornsut	University of the Thai Chamber Commerce
Supat Kittiratsatcha	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Supattana Nirukkanaporn	Rangsit University
Suphattra Phetnil	Mahanakorn University of Technology
Surachai Chaitusaney	Chulalongkorn University
Surachoke Thanapitak	Mahidol University
Suradej Tretriluxana	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Surapong Suwankawin	Chulalongkorn University
Suree Pumrin	Chulalongkorn University
Surin Kittitornkun	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Surin Ngaemngam	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Suwannee Adsavakulchai	University of the Thai Chamber Commerce
Suwat Pattaramalai	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Suwit Kiravittaya	Naresuan University,
Tatpong Katanyukul	Khonkhan University
Teeraphon Phophongviwat	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Teerasak Somsak	Rajamankala University of Technology Lanna
Teratam Bunyagul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Thanakorn Khongdeach	Kasetsart University
Thanakorn Namhormchan	Eastern Asia University
Thanapat Promwatthanapakdee	Sripatum University

Reviewer	Organization
Sirivat Poonvasin	Kasetsart University
Sitthidet Vachirasricirikul	University of Phayao
Somboon Sooksatra	Rangsit University
Somchat Jiriwibhakorn	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Somphop Rodamporn	Srinakharinwirot University
Sompob Polmai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Somying Thainimit	Kasetsart University
Songphol Kanjanachuchai	Chulalongkorn University
Suchin Trirongjitmoah	Ubon Rachatani University
Sudarat Khwanon	Suranaree University of Technology
Sunisa Kunarak	Srinakharinwirot University
Supachai Vorapojpisut	Thammasat University
Supachate Innet	University of the Thai Chamber Commerce
Supakit Kawdungta	Rajamangala university of Technology Lanna Chiang Mai
Suparerk Janjarasjitt	Ubon Ratchathani University
Suparerk Manitpornsut	University of the Thai Chamber Commerce
Supat Kittiratsatcha	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Supattana Nirukkanaporn	Rangsit University
Suphattra Phetnil	Mahanakorn University of Technology
Surachai Chaitusaney	Chulalongkorn University
Surachoke Thanapitak	Mahidol University
Suradej Tretriluxana	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Surapong Suwankawin	Chulalongkorn University
Suree Pumrin	Chulalongkorn University
Surin Kittitornkun	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Surin Ngaemngam	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Suwannee Adsavakulchai	University of the Thai Chamber Commerce
Suwat Pattaramalai	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Suwit Kiravittaya	Naresuan University,
Tatpong Katanyukul	Khonkhan University
Teeraphon Phophongviwat	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Teerasak Somsak	Rajamankala University of Technology Lanna
Teratam Bunyagul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Thanakorn Khongdeach	Kasetsart University
Thanakorn Namhormchan	Eastern Asia University
Thanapat Promwatthanapakdee	Sripatum University

Reviewer	Organization
Thanaset Thosdeekoraphat	Suranaree University of Technology
Thanatchai Kulworawanichpong	Suranaree University of Technology
Theerawut Chaiyatham	Ubon Ratchathani University
Theerayod Wiangtong	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Thummaros Rugthum	Ubon Ratchathani University
Thumrongrat Amornraksa	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Toempong Phetchakul	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Tosaporn Narongrit	Suranaree University of Technology
Touchai Angchuan	Prince of Songkla University
Ukrit Mankong	Chiang Mai University
Upady Hatthasin	Rajamangala University of Technology Lanna Chiangmai
Usana Tuntoolavest	Kasetsart University
Uthen Kamnarn	Rajamangala University of Technology Lanna
Uthen Leeton	Suranaree University of Technology
Vara Varavithya	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Varakorn Kasemsuwan	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Vichakorn Hengsritawat	Sripatum University
Vijit Kinnares	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Vinai Silaruam	Mahanakorn University of Technology
Virote Pirajnanchai	Rajamangala Univesity Technology Thanyaburi
Vorapoj Patanavijit	Assumption University
Vuttipon Tarateeraseth	Srinakharinwirot University
Wachira Chongburee	Kasetsart University
Wanayuth Sanngoen	Sripatum University
Wanchai Chankaipol	Sripatum University
Wanchai Chimchavee	University of the Thai Chamber Commerce
Wanchai Khamsen	Rajamangala University of Technology Lanna Lampang
Wanchai Subsingha	Rangsit University
Wanchak Lenwari	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Wanchalerm Pora	Chulalongkorn University
Wannarat Suntiamorntut	Prince of songkla university
Wannaree Wongtrairat	Rajamangala University of Technology Isan
Warin Sootkaneung	Rajamangala University of Technology Phra Nakorn
Watanyu Meesrisuk	Nakhon Pathom Rajabhat University
Watcharee Veerakachen	Kasetsart University
Wattana Punlumjeak	Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Reviewer	Organization
Wekin Piyarat	Srinakharinwirot University
Werachet Khanngern	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Wichian Ooppakaew	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Wijittra Petchakit	Walailak University
Wipavan Narksarp	Siam University
Wiroonsak Santipach	Kasetsart University
Wirot Ponglangka	Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai
Wirote Sangtungtong	Suranaree University of Technology
Worakarn Wongsaichua	Ubon Ratchathani University
Worapong Tangsrirat	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Worawat Nakawiro	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Worawat Sangiamvibool	Mahasarakham University
Wuthiporn Loedwassana	Mahanakorn university of technology
Wuttipong Kumwilaisak	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Wuttiwat Kongrattanaprasert	Rajamangala University of Technology Krungthep
Yongyuth Naras	Siam University
Yutana Chongjarearn	Dhurakij Pundit University
Yuthapong Somchit	Chiang Mai University
Yuttana Kumsuwan	Chiang Mai university
Yuttapong Jiraraksopakun	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Yutthana Kanthaphayao	Rajamangala University of Techology Suvarnabhumi
ทัศนัย พลอยสุวรรณ	Siam University
นิพนธ์ ทางทอง	Rajamangala University of Technology Krungthep
ปรเมศวร์ ห่อแก้ว	Suranaree University of Technology
ปราโมทย์ อนันต์วราพงษ์	Rajamangala University of Technology Krungthep
ไวยพจน์ ศุภบวรเสถียร	Siam University
สายชล ชุดเจือจีน	Rajamangala University of Technology Krungthep
สุภณ พลสิงห์	Rajamangala University of Technology Krungthep

ไฟฟ้ากำลัง Electrical Power System (PW)	27 บทความ
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง Power Electronics (PE)	28 บทความ
ไฟฟ้าสื่อสาร Communication (CM)	15 บทความ
ระบบควบคุมและการวัดคุม Control system and Instrument Technology (CT)	11 บทความ
อิเล็กทรอนิกส์ Electronics (EL)	7 บทความ
การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล Digital Signal Processing (DS)	6 บทความ
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ Computer and Information Technology (CP)	12 บทความ
โฟโตนิกส์ Photonics (PH)	2 บทความ
วิศวกรรมชีวการแพทย์ Bio-Electronics (BE)	6 บทความ
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า General Research Related to Electrical Engineering (GN)	32 บทความ
รวม	146 บทความ

รหัส	ชื่อบทความ	หน้า
CP03	การพัฒนาโต๊ะแสดงผลการใช้งานแบบสัมผัสโดยใช้เทคนิค LLP ในการสร้างภาพจากจุดสัมผัส	129
CP04	อัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า	133
CP05	ระบบแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินโดยใช้อุปกรณ์สวมใส่	137
CP06	การประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์สำหรับเครื่องให้อาหารแมว	141
CP07	การพัฒนาต้นแบบตู้ล็อกเกอร์อัจฉริยะสำหรับใช้งานร่วม	145
CP08	การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างยานพาหนะ	149
CP09	อินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสำหรับระบบบันทึกอุณหภูมิอัตโนมัติ	153
CP10	ต้นแบบการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างฟิลด์เซิร์ฟเวอร์เพื่อสนับสนุนการเกษตรอัจฉริยะ	158
CP11	การออกแบบโมเดลการรู้จำใบหน้าที่ใช้สำหรับหุ่นยนต์โดยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก	162
CP12	ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อการประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยการควบคุมความเย็นสะสมลมของลมจ่ายออก	167
IBE01	การประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าในเทคโนโลยีแล็บบนชิพ	171
BE01	การหาพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเซลล์เลือดโดยใช้ไดอิเล็กโตรโฟเรซิสและอิเล็กโตรโรเตชัน	176
BE02	การพัฒนาระบบตรวจวัดแคลเซียมออกซาเลตในปัสสาวะเพื่อการคัดกรองโรคนิ่วไต	180
BE03	การพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อตรวจจับภาวะหัวใจห้องบนสั่นพลิ้วจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจระยะสั้นประมาท 1 ช่องสัญญาณ	184
BE04	การเปรียบเทียบวิธีการกำจัดการเลื่อนของเบสไลน์ในสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่วัดจากปลายนิ้วมือ	188
BE05	การประเมินค่าอัตราการเต้นหัวใจด้วยแรงบีซีจีบนเครื่องชั่งน้ำหนัก	192
BE06	การพัฒนาระบบเฝ้าระวังและตรวจจับความง่วงผู้ขับขี่รถยนต์ด้วยสัญญาณชีวการแพทย์และตัวรับรู้	196
GN01	การโค่นล้มของเสาไฟฟ้าคอนกรีต กฟน. เนื่องจากอิทธิพลของสายเคเบิลสื่อสารโทรคมนาคม	200
GN02	วิเคราะห์การจ่ายโหลดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและพลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์	204
GN03	การออกแบบชุดควบคุมอุณหภูมิสำหรับตู้อบขนาดเล็กด้วยไมโครคอนโทรเลอร์	208
GN04	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมความร้อนสำหรับเครื่องผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลขนาดเล็ก	212
GN05	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมความเข้มแสงหลอดไฟ LED ที่ใช้ในการปลูกพืช	216
GN06	การลดทอนระยะเวลาแก้สมการเชิงเส้นสำหรับการคำนวณค่าสนามไฟฟ้าด้วยอัลกอริทึมคิทซิลล์ แมคกี	220
GN07	เอ็มพีพีทีโหมดการเลื่อนที่มีอัลกอริทึมทีแอนด์โอสำหรับวงจรแปลงผันพีวีสองภาค	224
GN08	การพัฒนาระบบให้น้ำและปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับแปลงเกษตรแบบไฮโดรโปนิกส์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	228
GN09	การวางแผนเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถขนส่งวัสดุอัตโนมัติด้วยวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุดที่ถูกปรับปรุงเพิ่มเติม	233
GN10	ระบบสายพานอัตโนมัติคัดแยกมะขามเปรี้ยวในฝัก	237
GN11	เครื่องบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าชนิดต่อเนื่องแบบไร้สายสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์	241
GN12	การพัฒนาวิธีการวัดมุมในการวิเคราะห์หยดน้ำโดยวิธีการประมวลผลภาพเพื่อประเมินระดับของความไม่ชอบน้ำของผิวฉนวนไฟฟ้า	245

อัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า

Algorithm of Home Energy Management System for Demand Response Analysis

ธนิสเชษฐ์ คำศรีสุข[1] ณัชศิพงศ์ ดูทอง[1] และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิลดาพิชญ์[2]
[1]ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทรศัพท์ : 0-2549-3420 E-mail: kris.chomme.b@en.rmutt.ac.th
[2]ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทรศัพท์ : 0-2549-3464 E-mail: nachtiphong.o@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอใช้อัลกอริทึมระบบการจัดพลังงานภายในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า เพื่อลดภาระการใช้โหลดในครัวเรือนในช่วงเวลาที่มีความต้องการปริมาณไฟฟ้าสูง ซึ่งปัจจุบันโปรแกรมตอบสนองความต้องการไฟฟ้า จะใช้เฉพาะภาคอุตสาหกรรมและโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูง บทความได้นำอัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน โดยใช้หลักการณ์ช่วยลองการตอบสนองความต้องไฟฟ้า โดยการจำกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยการตรวจสอบเงื่อนไขลำดับความสำคัญของความสะดวกสบายและโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ตั้งไว้ ผลที่ได้คือความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดลดลงจาก 12.83 kW เหลือ 8.31 kW ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานภายในบ้านพักอาศัยได้ โดยเทียบกับการที่ไม่ใช้อัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้าน บทความนี้จึงทำให้เห็นถึงการนำโปรแกรมการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้า มาใช้ในบ้านพักอาศัย เพื่อเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: บ้านอัจฉริยะ, การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า, ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน, ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ

Abstract

This paper present: agoritms of home energy Management System for demand re:ponce analy:i:. In order to reduce the burden of the household load during time: of high electricity demand. The program now meet: the electrical requirement:. To ue only the private ector. And industrial plant: with high electricity conumption. Paper present: the algorithm: home energy management ;ystem. Uing ;imulated demand re:ponce ;cenario. By limiting the ue of electric power at each given time period. To reduce the power conumption of electrical appliance:. By monitoring the priority of comfort. And electrical appliance: et. The result i: that the peak demand i: reduced from 12.83 kW to 8.31 kW, which can reduce energy conumption in home:. Compared to without home energy management algorithm: Thi: paper ha: led to the introduction of an demand re:ponce program. Ued in the home. To be ueful in the future.

Keywords: Smart Home, Demand Re:ponce, Home Energy Management Sy:tem, Smart Plug

1. บทนำ

ปัจจุบันมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้น จากสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2559 มีค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด 30,973 เมกะวัตต์ แต่ในปี พ.ศ. 2560 ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยอยู่ที่ 32,059 เมกะวัตต์ ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 40 องศาเซลเซียส ช่วงระหว่างปลายมีนาคม – ต้นเมษายน พ.ศ.2560 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย) เนื่องจากมาตรการลดใช้ไฟฟ้าภาคสมัครใจ หรือการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้า (Demand Re:ponce) ผู้ประกอบการให้ความร่วมมือต่ำกว่าเป้าหมาย[1] ดังนั้นแผนงานด้านการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้า จึงเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ เพื่อเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาของกำลังไฟฟ้าสำรองไม่เพียงพอในกรณีฉุกเฉิน สำหรับการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้าเป็นนวัตกรรมที่เกิดขึ้นภายใต้โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ดังรูปที่ 1 โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ซึ่งสนับสนุนการสื่อสาร 2 ทาง เป็นกลไกที่ช่วยปรับสมดุลของการผลิตไฟฟ้าให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น จึงเป็นที่มาสำหรับการพัฒนาออกแบบระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน

รูปที่ 1 โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ

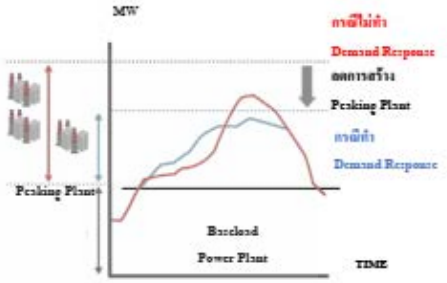
จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมได้พบว่า ระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน สามารถช่วยควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ [2] และยังมีการจำลองโปรแกรมการตอบสนองด้านโหลดสำหรับการจำกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้าน[3] ซึ่งงานวิจัยการนำระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านส่วนใหญ่ ในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านจะใช้เทคโนโลยี Internet of Thing [4] สำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายซึ่งสามารถเพิ่มความสะดวกสบายแก่ผู้อาศัย โดยมีการจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะผ่านระบบ Cloud Computing [5] สำหรับการเก็บข้อมูลนำมาประมวลผล และวิเคราะห์

สำหรับบทความนี้ได้นำเสนออัลกอริทึมระบบจัดการพลังงานในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า เพื่อลดการใช้พลังงานภายในบ้านผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Thing) ซึ่งได้จำลองเหตุการณ์เกิดการตอบสนองความต้องการไฟฟ้าเข้ามาในโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยมีการจำกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา โดยควบคุมผ่านปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Plug) บทความนี้ได้ใช้อัลกอริทึมบริหารจัดการพลังงานในบ้านในการจำลองพลังงานขึ้นมา

2. การตอบสนองด้านโหลด (Demand Response)

ในบทความนี้ได้นำโปรแกรมการตอบสนองความต้องการไฟฟ้า (Demand Response) มาใช้ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและรูปแบบการบริโภคไฟฟ้าไปจากปกติที่เกิดจากด้านอุปสงค์ (Demand) เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงราคาไฟฟ้าในช่วงเวลาหนึ่งๆ หรือต่อผลตอบแทน (Incentive) ที่ออกแบบมาเพื่อโน้มน้าวให้มีการลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ราคาค่าไฟฟ้าสูงหรือในขณะที่ความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าอยู่ในสภาวะผิดปกติ

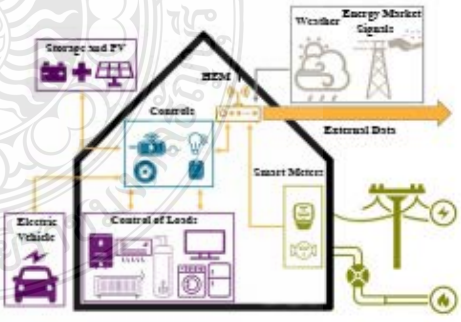
การที่จะตอบสนองต่อความต้องการไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆได้นั้น หน่วยงานด้านการไฟฟ้าจะต้องวางแผนการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการไฟฟ้า ซึ่งการผลิตไฟฟ้าเพื่อรองรับความต้องการนั้นสามารถจำแนกได้เป็นสองส่วนหลักๆ คือโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าตามความต้องการฐาน (Baseload Power Plant) และ โรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peaking Plant) Baseload Power Plant นั้น เป็นโรงไฟฟ้าที่ต้องเดินเครื่องอยู่ตลอดเวลาด้วยกำลังการผลิตที่ค่อนข้างคงที่ ดังรูปที่ 2 แสดงประโยชน์ของการตอบสนองด้านโหลด (Demand Response) จึงเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงราคาถูกเป็นลำดับแรก เช่น โรงไฟฟ้าพลังความร้อนใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (เช่น โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง) เป็นต้น กำลังการผลิตส่วนที่เหลือนั้นซึ่งจะมารองรับค่าความต้องการไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลามาจาก Peaking Plant ซึ่งมีลักษณะของการเดินเครื่องเฉพาะในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเท่านั้น ได้แก่ โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเชื้อนและโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ เป็นต้น



รูปที่ 2 แสดงประโยชน์ของการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้า (Demand Response) เชิงการลดการสร้าง Peaking Plant

3. การบริหารจัดการพลังงานในบ้าน (Home Energy Management)

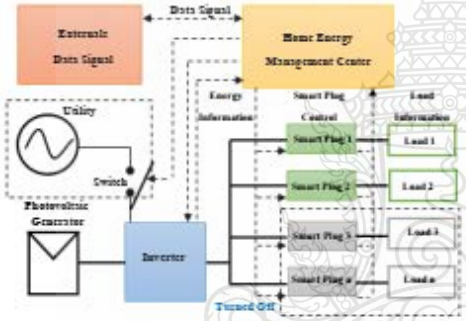
เป็นระบบที่เชื่อมโยงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน และอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าด้วยกัน โดยสามารถแสดงสถานการณ์ใช้ไฟฟ้า (เช่น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านในช่วงเวลานั้น หรือการตรวจสอบค่าไฟฟ้าล่าสุดเป็นต้น) นอกจากนี้ระบบการบริหารจัดการพลังงานในบ้าน ที่มีจุดความสามารถในระดับที่สูงขึ้นจะสามารถนำข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพอากาศ ราคาค่าไฟฟ้าในช่วงเวลาปัจจุบัน มาประมวลผล ดังรูปที่ 3 โครงสร้างระบบบริหารจัดการพลังงาน พร้อมทั้งแสดงแนะต่อผู้ใช้ไฟฟ้าถึงวิธีลดการใช้พลังงานหรือควบคุมการใช้พลังงานอย่างอัตโนมัติให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 3 โครงสร้างระบบบริหารจัดการพลังงาน

3.1 การบริหารจัดการพลังงานในบ้าน โดยใช้ปลั๊กอัจฉริยะในการควบคุมโหลดไฟฟ้า

บทความนี้ได้นำเสนอใช้ระบบการจัดการพลังงาน โดยใช้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Plug) ในขณะที่แรงดันคงที่มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังโหลดผ่านปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะที่เชื่อมต่อระหว่างอินเวอร์เตอร์ กับโหลดไฟฟ้าในบ้าน หากเกิดไฟฟ้าดับ หรือกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอกับอุปกรณ์ที่เกิดขึ้น ระบบจัดการพลังงานจะสั่งให้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์สลับการทำงานกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าฟ้า หากโหลดมีปัญหาที่จะสั่งให้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะปิดการทำงาน และเมื่อมีโปรแกรมตอบสนองด้านโหลดที่ตั้งโปรแกรมจำกัดพลังไว้ที่จะเลือกโหลดสำคัญน้อยที่สุดในการปิดเพื่อจำกัดการพลังงาน ดังรูปที่ 3 ผังงานระบบบริหารจัดการพลังงาน โดยใช้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ



รูปที่ 3 ผังงานระบบบริหารจัดการพลังงาน โดยใช้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ

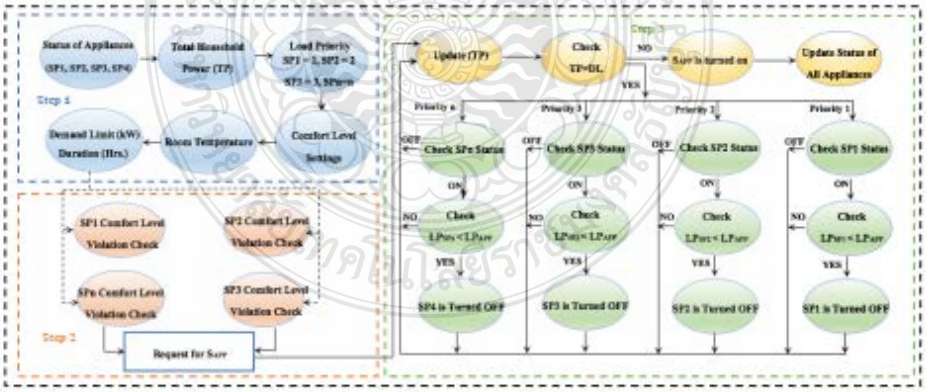
3.2 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมการจัดการพลังงานในบ้าน สำหรับการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้า

สำหรับอัลกอริทึมการทำงานของการจัดการพลังงานในบ้านสำหรับการตอบสนองความต้องการไฟฟ้านั้น สามารถแบ่งการทำงานออกแบบเป็น 3 ส่วนหลัก ดังรูปที่ 4 ไดอะแกรมการทำงานภายในระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน ดังนี้

3.2.1 เช็คสถานะจากโหลดภายในบ้านด้านปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยคำนวนโหลดทั้งหมดภายในบ้านเก็บค่าไว้ในตัวแปร TP (Total Household Power) กำหนดความสำคัญของโหลดโดยเรียงลำดับโหลดสำคัญที่สุด ไปยังน้อยสุดตามลำดับ จะเช็คความสำคัญของโหลดน้อยที่สุดก่อนไปยังโหลดสำคัญสุดที่ LP (Load Priority) ตั้งเงื่อนไขความสะดวกสบายเพื่อตัดสินใจในการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ เช็คสถานะเซนเซอร์อุณหภูมิภายในบ้านสำหรับการตัดสินใจจากเงื่อนไขความสะดวกสบายและรับค่าสัญญาณความต้องการทางไฟฟ้า จากภายนอกผ่าน Smart Meter โดยจำกัดความต้องทางไฟฟ้า DL (Demand Limit:)หน่วยเป็นกิโลวัตต์ และระยะเวลา Duration หน่วยเป็นชั่วโมง

3.2.2 เช็คความสะดวกสบายที่กำหนดไว้ว่าจะเกิดความสะดวกสบายหรือไม่ จะต้องขึ้นอยู่กับการตั้งค่าของผู้พักอาศัยว่าสามารถจะเกิดภายได้เงื่อนที่กำหนดเท่านั้น

3.2.3 อัพเดตสถานะโหลดทั้งหมด และทำการเช็คเงื่อนไข ของสัญญาณการจำกัดการใช้พลังงาน ถ้า TP < DL ให้คืนค่าอนุญาติให้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะทำงานปกติ และอัพเดตสถานะไฟฟ้าภายในบ้าน หาก TP > DL ให้ทำงานโดยเช็คเงื่อนไขปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะตัวไหนทำงานอยู่ให้เช็คระดับความสำคัญ ถ้าหากความสำคัญ LP_{no} น้อยที่สุดให้ทำการปิดก่อน และคืนค่าเพื่ออัพเดตสถานะ TP และเช็คเงื่อนไข TP < DL ต่อไป



รูปที่ 4 ไดอะแกรมการทำงานภายในระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน

4. การทดลองและผลการทดลอง

การจำลองอัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้านนี้ ได้ใช้โปรแกรม Matlab M-File ในการจำลองขึ้นมา ดังตารางที่ 1 จำลองโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน 1 หลัง โดยกำหนดความสำคัญของโหลดไฟฟ้า สำหรับการตัดสินใจจำนวน 7 รายการ ส่วนโหลดที่ไม่ได้กำหนดจะเข้าสู่โหมดพร้อมใช้งาน ดังตารางที่ 2 ลำดับความสำคัญของโหลด และการตั้งค่าความสะดวกสบาย

ตารางที่ 1 จำลองโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน 1 หลัง

ลำดับ	เครื่องใช้ไฟฟ้า		จำนวน×กำลังไฟฟ้า	โหลดรวม (W)
1	Lighting loads	CFL bulbs	10×27W	390W
		Tube lights	3×40W	
2	Cooling loads	Table/Ceiling Fans	4×70W	2705W
		Air conditioner	1×1500W	
		Refrigerator	1×325W	
		Exhaust fan	4×150W	
3	Heating Loads	Electric iron	1×1000W	5000W
		Hair Dryers	2×2000W	
4	Kitchen appliances	Microwave oven	1×2000W	3350W
		Toaster	1×750W	
		Mixer cum Grinder	1×600W	
5	Washing machine		1×700W	700W
6	Television		1×200W	200W
7	Water pump motor		1×746W	746W
8	UPS/Inverter		1×900W	900W
9	Electric vehicle		1×3300W	3300W
10	Other Item		400W	400W
	Total load			17591W

ตารางที่ 2 ลำดับความสำคัญของโหลด และการตั้งค่าความสะดวกสบาย

ลำดับความสำคัญ	เครื่องใช้ไฟฟ้า	พลังงาน (Watt)	การตั้งค่าความสะดวกสบาย
1	UPS/Inverter	100	สถานะ ON ขึ้นไป
2	Washing machine	700	เปิดใช้งานได้ตลอด
3	Air conditioner	1500	สถานะ 25±2 องศา
4	Electric vehicle	3300	สถานะชาร์จ 145 นาที
5	Electric iron	1000	ตลอดเวลาเปิด
6	Microwave oven	2000	ตลอดเวลาเปิด
7	Toaster	750	ตลอดเวลาเปิด

จากการจำลองโหลดภายในบ้านในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีการจำลองเหตุการณ์ตอบสนองความต้องการไฟฟ้า โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างการใช้อัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้าน กับเมื่อไม่ใช้อัลกอริทึม ดังรูปที่ 6 ผลของการจำลองโหลด 24 ชั่วโมง ตั้งขอสังเกตได้ว่าในการกำหนดการจำกัดพลังงานไฟฟ้า (Demand Limit:) ควรสอดคล้องกันกับความต้องโหลดที่บ้านแต่ละหลังให้มีผลกระทบน้อยที่สุดสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน จากการจำลองได้ผลคือ จากปกติที่ไม่ใช้อัลกอริทึมการจัดการพลังงานในบ้านค่าไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยคือ 12.83 kW ลดเหลือ 8.31 kW โดยการเลื่อนการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า เครื่องสำรองไฟฟ้า และปิดโหลดตามลำดับความสำคัญ หากไม่มีการจำกัดพลังงานแล้วจะทำการเปิดใช้พลังงานไฟฟ้าสถานะปกติแล้วระบบจะเช็คค่า TP และ DL ต่อไป

รูปที่ 6 ผลของการจำลองโหลด 24 ชั่วโมง

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนออัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน โดยนำโปรแกรมการตอบสนองความต้องการไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ (Demand Response) โดยจากการจำลองโหลดพลังงานในบ้าน สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้ในแต่ละช่วงเวลาที่จำกัดการใช้พลังงานไฟฟ้า (Demand Limit:) เพื่อประโยชน์ในด้านต้นทุน ส่งเสริมการลดใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน และนำอัลกอริทึมไปพัฒนาระบบ IOT ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. "ปรับฐานข้อมูลพีคไฟฟ้าของประเทศใหม่ ทุ่งสูงเป็นประวัติการณ์" [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.egat.co.th/index.php?option=com (24 มีนาคม 2561).

[2] K. Dimitriou and F. A. Aagesen, "Home energy management system for electricity cost saving: and comfort preservation :," IEEE Fourth International Conference on Consumer Electronics Berlin (ICCE-Berlin), 2014.

[3] M. Pipattanasomporn, M. Kuzlu, S. Rahman, "An Algorithm for Intelligent Home Energy Management and Demand Response Analysis," IEEE Transactions on Smart Grid, Volume 3, 2012.

[4] M. Khan, B. N. Silva and K. Han, "internet of things based energy aware smart home control system," IEEE Access, Vol. 4, pp. 7556-7566, Oct. 2016.

[5] M. Kazmi, F. Bahloul and H. Tkitek "Smart home based on Internet of Things and Cloud Computing,", Technologies of Information and Telecommunications (SETIT), 2016 7th International Conference on Sciences of Electronics, pp. 82-86, 2016.

ภาคผนวก ข
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

1.ธนิศเชษฐ์ คำศรีสุข ,ณัชติพงษ์ อูทอง , กฤษณ์ชนม์ภูมิกิตติพิชญ์ . “อัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า,” **การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า,** EECON, ครั้งที่ 41, 21-23 พฤศจิกายน 2561, อุบลราชธานี, pp. 133-136.

SPU
SRIPATUM UNIVERSITY
EECON XLI
EEAAT
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๑
The 41st Electrical Engineering Conference (EECON-41)
วันที่ ๒๑ - ๒๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๑
โรงแรมสุนีย์ แกรนด์ โฮเทล แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี
เจ้าภาพจัดงาน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
Volume 2
ไฟฟ้าสื่อสาร
อิเล็กทรอนิกส์
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิศวกรรมชีวการแพทย์
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า
SCI

ประธาน

ผศ.ดร.วรการ	วงศ์สายเชื้อ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.ภรชัย	จูอนุวัฒนกุล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม

กรรมการสามัญ

อ.บุญช่วย	ทรัพย์มนชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.ศิริโรจน์	ศิริสุขประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.นันทิยา	ชัยบุตร	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
อ.ดร.ชาติ	ฤทธิ์หิรัญ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ผศ.ดร.นรารัตน์	เรืองชัยจตุพร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ยศนัย	ศรีอุทัยศิริวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ไกรสร	ไชยชาววงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อ.ดร.เอกชัย	มุจจลินท์วิมุติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.สมมาตร	แสงเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รศ.ดร.บุญยัง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.มนตรี	วิบูลยรัตน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อ.ดร.สุพรรณ	ทิพย์ทิพากร	มหาวิทยาลัยมหิดล
อ.ดร.สุพัฒนา	นิรัคฆนาภรณ์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.กำพล	วรดิษฐ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.วันชัย	จันไกรผล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
อ.ดร.มงคล	แซ่เจีย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.ยงยุทธ	นาราษฎร์	มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.ดร.วันชัย	ฉิมฉวี	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
รศ.ดร.บุญเลิศ	สื่อเฉย	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ผศ.ดร.ชาย	ชมภูอินไหว	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.สาคร	วุฒิพัฒนพันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ภัควัฒน์	จันทร์ตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อ.ดร.ยุทธนา	จงเจริญ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ผศ.ดร.มุทิตา	สงฆ์จันทร์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ปฏิภาณ	เกิดลาภ	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
ผศ.ดร.วรการ	วงศ์สายเชื้อ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ดร.สิรินทร	อินทร์สวาท	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
อ.ณรงค์	นันทกุศล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อ.ดร.วุฒิวัฒน์	คงรัตนประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รศ.ดร.เชวศักดิ์	รักเป็นไทย	มหาวิทยาลัยพะเยา
รศ.ดร.กาญจ์	เกิดชื่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
รศ.ดร.กีรติ	ชยะกุลศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อ.ดร.ทัศนัย	ภาธรรัตน์	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ
ผศ.ดร.กันต์พงษ์	ศรีสถิตย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

กรรมการสมทบ

อ.ดร.ณัฐพงศ์	วงศ์พร้อมมูล	มหาวิทยาลัยศิลปากร

เลขานุการ

ผศ.วันชัย	จันไกรผล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม

รายนามผู้พิจารณาบทความ (Reviewers)
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๑

Reviewer	Organization
Akekachai Deesiri	Sripatum University
Amarin Ratanavis	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Amnoiy Ruengwaree	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Amorn Jirasereeamornkun	Mahanakorn University of Technology
Anon Namin	Rajamangala University of Technology Lanna
Anuree Lorsawatsiri	Mahanakorn University of Technology
Aphibal Pruksanubal	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Aphirak Jansang	Kasetsart University
Apichai Bhatranand	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Apinan Aurasopon	Mahasarakham University
Apiwat Lekuthai	Chulalongkorn University
Araya Florence	Ubon Ratchathani University
Arporn Teeramongkonrasmee	Chulalongkorn University
Arthit Sodeyome	Siam University
Arthit Srikaew	Suranaree University of Technology
Atipong Suriya	Ubonratchathani University
Atipong Suriya	Ubon Ratchathani University
Bhichate Chiewthanakul	Khonkhan University
Bongkoj Sookananta	Ubon Ratchathani University
Boonchai Boonchu	Mahanakorn University of Technology
Boonchai Techaumnat	Chulalongkorn University
Boonchuay Supmonchai	Chulalongkorn University
Boonlert Suechoey	Southeast Asia University
Boonruang Marungsri	Suranaree University of Technology
Boonsong Sutapun	Suranaree University of Technology
Boonsri Kaewkhamai	Chiang Mai Univeristy
Boonyang Plangklang	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Budhapon Sawetsakulanond	Mahanakorn University of Technology
Cattareeya Suwanasri	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chai Chompooinwai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chainarin Ekkaravarodome	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chainarong Wisassakwichai	Rajamangala University of Technology Krungthep
Chaiwut Chatuthai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chaiyachet Saivichit	Chulalongkorn University
Chaiyan Jettanasen	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chaiyaporn Lothongkam	Mahanakorn University of Technology

Reviewer	Organization
Chaiyo Thammarat	South East Asia University
Chaiyut Sumpavakup	Suranaree University of Technology
Chalee Vorakulpipat	National Electronics and Computer Technology Center
Chanchai Dechthummarong	Rajamangala University of Technology Lanna Chiangmai
Chanchai Thongsopa	Suranaree University of Technology
Chanchana Tangwongsan	Chulalongkorn univerisy
Chanin Wissawinthanon	Chulalongkorn univerisy
Channarong Banmongkol	Chulalongkorn University
Chantana Chantrapornchai	Kasetsart University
Chanwit Kaewkasi	Suranaree University of Technology
Chaowanan Jamroen	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Charnyut Karnjanapiboon	Rajamangala University of Technology Lanna
Chatchai Suppitaksakul	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Chawasak Rakpenthai	University of Phayao
Chirawat Kotchasarn	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Chirdpong Deelertpaiboon	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chokchai Sangdao	Mahanakorn University of Technology
Chonlatee Photong	Mahasarakham University
Chowarit Mitsantisuk	Kasetsart University
Chutham Sawigun	Mahanakorn University of Technology
Chutham Sawigun	Mahanakorn University of Technology
Chuttchaval Jeraputra	Mahidol University
Chuwong Phongcharoenpanich	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Danucha Prasertsom	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Daranee Hormdee	Khonkhan University
David Banjerdpongchai	Chulalongkorn University
Decha Wilairat	Mahidol University
Denchai Worasawate	Kasetsart University
Doldet Tantraviwat	Chiang Mai Univeristy
Don Isarakorn	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Duangarthit Srimoon	Rangsit University
Dulpichet Rerkpreedapong	Kasetsart University
Dusit Thanapatay	Kasetsart University
Jakkree Srinonchat	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Jantana Panyavaraporn	Burapha University
Jasada Kudtongngam	National Electronics and Computer Technology Center.

Reviewer	Organization
Jedsada Arunruerk	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Jirapat Sangthong	Mahanakorn University of Technology
Jirasak Chanwutitum	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Jirawadee Polprasert	Narasauen University
Jukkrit Kluabwang	Rajamangala University of Technology Lanna Tak
Jukkrit Tagapanij	Mahanakorn University of Technology
Kampol Woradit	Srinakharinwirot University
Kanokphan Lertniphonphan	KDDI Research
Karn Patanukhom	Chiang Mai University
Khanit Matra	Srinakharinwirot University
Khanittha Kaewdang	Ubon Ratchathani University
Kiattisin Kanjanawanishkul	Mahasarakham University
Kittaya Somsai	Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon
Kittisak Kerdprasop	Suranaree University of Technology
Kittisak Tripipatpornchai	Rangsit University
Kittiwarin Nimkerdphol	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Komsan Hongesombut	Kasetsart University
Komson Daroj	Ubonratchathani University
Kornchawal Chaipah	Khon Kaen University
Kraisorn Chaisaowong	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Krerk Piromsopa	Chulalongkorn University
Krischonme Bhumkittipich	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mana Sriyudthsak	Chulalongkorn University
Mongkol Konghirun	King Mongkut University's Technology Thonburi
Monthon Nawong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nachirat Rachburee	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nalin Sidahao	Mahanakorn University of Technology
Nararat Ruangchaijatupon	Khon Kaen University
Narong Yoothanom	Sripatum University
Narongrit Sanajit	Mahanakorn University of Technology
Natee Thongun	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Nathabhat Phankong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nattachai Watcharapinchai	National Electronics and Computer Technology Center
Nattachote Rugthaicharoencheep	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Nattapong Phanthuna	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Nattha Jindapetch	Prince of Songkla University

Reviewer	Organization
Natthawuth Somakettarin	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nimit Boonpirom	Sripatum University
Nirudh Jirasuwankul	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Nisachon Tangsangiumvisai	Chulalongkorn University
Nisai Fuengwarodsakul	King Mongkut 's University of Technology North Bangkok
Nit Petcharaks	Dhurakij Pundit University
Nithiphat Teerakawanich	Kasetsart University
Nitikarn Nimsuk	Thammasat University
Nitipong Panklang	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nopporn Patcharaprakiti	Rajamangala University of Technology Lanna
Norasage Pattanadech	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Noraset Wichaipanich	Rajamangala university of Technology Thanyaburi
Nuttaporn Ritnoom	University of the Thai Chamber of Commerce
Nutthaphong Tanthanuch	Thammasat University
Ongart Sadmai	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Pakit Suwat	Siam University
Pakpum Somboon	Chulalongkorn University
Panich Intra	Rajamangala University of Technology Lanna
Panjai Tantatsanawong	Silpakorn University
Panuwat Janpugdee	Chulalongkorn University
Parachai Juanuwattanakul	Sripatum University
Parnjit Damrongkulkamjorn	Kasetsart University
Pasawee Srimode	Sripatum University
Pasist Suwanapingkarl	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Patamaporn Sripadungtham	Kasetsart University
Pattarawit Polpinit	Khon Kaen University
Pauline Kongsuwan	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Peerapol Yuvapoositanon	Mahanakorn University of Technology
Petch Nantivatana	Sripatum University
Phakkawat Jantree	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
Phayung Desyoo	King Mongkuts University of Technology North Bangkok
Phichai Youplao	Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon
Phisan Kaewprapha	Thammasat University
Pichai Aree	Thammasat University
Pichaya Chaipanya	Srinakharinwirot University
Pinit Jitjing	Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Reviewer	Organization
Pinit Nuangpirom	Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai
Pinit Thepsatorn	Srinakharinwirot University
Pipat Prommee	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Pisut Raphisak	Kasetsart University
Pitikhate Sooraksa	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Pokkrong Vongkoon	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Poompat Saengudomlert	Bangkok University
Poonlap Lamsrichan	Kasetsart University
Poonsri Wannakarn	Rajamangala University of Technology Phra Nakorn
Pornrapeepat Bhasaputra	Thammasat University
Pracha Khamphakdi	Ubon Ratchathani University
Prajuab Pawarangkoon	Mahanakorn University of Technology
Prasit Nakonrat	Ubon Ratchathani University
Prasopchok Hothongkham	Rajamangala University of Technology Rattanakosin
Prattana Kaewpet	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Prayoth Kumsawat	Suranaree university of technology
Promsak Apiratikul	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Pruet Boonma	Chiang Mai University
Punyaphat Phumiphak	Mahanakorn University of Technology
Rachu Punchalard	Mahanakorn University of Technology
Rangsan Wongsan	Suranaree University of Technology
Rathdharshagorn Suriyakulnaayudhya	Kasetsart University
Rawid Banchuin	Siam University
Rungsimant Sitdhikorn	Mahanakorn University of Technology
Sakhon Woothipatanapan	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Saliltip Sinthusonthishat	Mahanakorn University of Technoloogy
Samroeng Hintamai	Sripatum University
Sanchai Dechanupaprittha	Kasetsart University
Sangsuree Vasupongayya	Prince of Songkla University
Sansanee Auephanwiriyakul	Chiangmai University
Sermsak Uatrongjit	Chiang Mai University
Settawit Poochaya	Suranaree University of Technology
Sipat Triukose	Chulalongkorn University
Sirichai Dangeam	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Sirichai Triamlumlerd	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Siriroj Sirisukprasert	Kasetsart University

Reviewer	Organization
Sirivat Poonvasin	Kasetsart University
Sitthidet Vachirasricirikul	University of Phayao
Somboon Sooksatra	Rangsit University
Somchat Jiriwibhakorn	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Somphop Rodamporn	Srinakharinwirot University
Sompob Polmai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Somying Thainimit	Kasetsart University
Songphol Kanjanachuchai	Chulalongkorn University
Suchin Trirongjitmoah	Ubon Rachatani University
Sudarat Khwanon	Suranaree University of Technology
Sunisa Kunarak	Srinakharinwirot University
Supachai Vorapojpisut	Thammasat University
Supachate Innet	University of the Thai Chamber Commerce
Supakit Kawdungta	Rajamangala university of Technology Lanna Chiang Mai
Suparerk Janjarasjitt	Ubon Ratchathani University
Suparerk Manitpornsut	University of the Thai Chamber Commerce
Supat Kittiratsatcha	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Supattana Nirukkanaporn	Rangsit University
Suphattra Phetnil	Mahanakorn University of Technology
Surachai Chaitusaney	Chulalongkorn University
Surachoke Thanapitak	Mahidol University
Suradej Tretriluxana	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Surapong Suwankawin	Chulalongkorn University
Suree Pumrin	Chulalongkorn University
Surin Kittitornkun	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Surin Ngaemngam	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Suwannee Adsavakulchai	University of the Thai Chamber Commerce
Suwat Pattaramalai	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Suwit Kiravittaya	Naresuan University,
Tatpong Katanyukul	Khonkhan University
Teeraphon Phophongviwat	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Teerasak Somsak	Rajamankala University of Technology Lanna
Teratam Bunyagul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Thanakorn Khongdeach	Kasetsart University
Thanakorn Namhormchan	Eastern Asia University
Thanapat Promwatthanapakdee	Sripatum University

Reviewer	Organization
Sirivat Poonvasin	Kasetsart University
Sitthidet Vachirasricirikul	University of Phayao
Somboon Sooksatra	Rangsit University
Somchat Jiriwibhakorn	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Somphop Rodamporn	Srinakharinwirot University
Sompob Polmai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Somying Thainimit	Kasetsart University
Songphol Kanjanachuchai	Chulalongkorn University
Suchin Trirongjitmoah	Ubon Rachatani University
Sudarat Khwanon	Suranaree University of Technology
Sunisa Kunarak	Srinakharinwirot University
Supachai Vorapojpisut	Thammasat University
Supachate Innet	University of the Thai Chamber Commerce
Supakit Kawdungta	Rajamangala university of Technology Lanna Chiang Mai
Suparerk Janjarasjitt	Ubon Ratchathani University
Suparerk Manitpornsut	University of the Thai Chamber Commerce
Supat Kittiratsatcha	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Supattana Nirukkanaporn	Rangsit University
Suphattra Phetnil	Mahanakorn University of Technology
Surachai Chaitusaney	Chulalongkorn University
Surachoke Thanapitak	Mahidol University
Suradej Tretriluxana	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Surapong Suwankawin	Chulalongkorn University
Suree Pumrin	Chulalongkorn University
Surin Kittitornkun	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Surin Ngaemngam	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Suwannee Adsavakulchai	University of the Thai Chamber Commerce
Suwat Pattaramalai	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Suwit Kiravittaya	Naresuan University,
Tatpong Katanyukul	Khonkhan University
Teeraphon Phophongviwat	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Teerasak Somsak	Rajamankala University of Technology Lanna
Teratam Bunyagul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Thanakorn Khongdeach	Kasetsart University
Thanakorn Namhormchan	Eastern Asia University
Thanapat Promwatthanapakdee	Sripatum University

Reviewer	Organization
Thanaset Thosdeekoraphat	Suranaree University of Technology
Thanatchai Kulworawanichpong	Suranaree University of Technology
Theerawut Chaiyatham	Ubon Ratchathani University
Theerayod Wiangtong	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Thummaros Rugthum	Ubon Ratchathani University
Thumrongrat Amornraksa	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Toempong Phetchakul	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Tosaporn Narongrit	Suranaree University of Technology
Touchai Angchuan	Prince of Songkla University
Ukrit Mankong	Chiang Mai University
Upady Hatthasin	Rajamangala University of Technology Lanna Chiangmai
Usana Tuntoolavest	Kasetsart University
Uthen Kamnarn	Rajamangala University of Technology Lanna
Uthen Leeton	Suranaree University of Technology
Vara Varavithya	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Varakorn Kasemsuwan	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Vichakorn Hengsritawat	Sripatum University
Vijit Kinnares	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Vinai Silaruam	Mahanakorn University of Technology
Virote Pirajnanchai	Rajamangala University Technology Thanyaburi
Vorapoj Patanavijit	Assumption University
Vuttipon Tarateeraseth	Srinakharinwirot University
Wachira Chongburee	Kasetsart University
Wanayuth Sanngoen	Sripatum University
Wanchai Chankaipol	Sripatum University
Wanchai Chimchavee	University of the Thai Chamber Commerce
Wanchai Khamsen	Rajamangala University of Technology Lanna Lampang
Wanchai Subsingha	Rangsit University
Wanchak Lenwari	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Wanchalerm Pora	Chulalongkorn University
Wannarat Suntiamorntut	Prince of songkla university
Wannaree Wongtrairat	Rajamangala University of Technology Isan
Warin Sootkaneung	Rajamangala University of Technology Phra Nakorn
Watanyu Meesrisuk	Nakhon Pathom Rajabhat University
Watcharee Veerakachen	Kasetsart University
Wattana Punlumjeak	Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Reviewer	Organization
Wekin Piyarat	Srinakharinwirot University
Werachet Khanngern	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Wichian Ooppakaew	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Wijittra Petchakit	Walailak University
Wipavan Narksarp	Siam University
Wiroonsak Santipach	Kasetsart University
Wirot Ponglangka	Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai
Wirote Sangtungtong	Suranaree University of Technology
Worakarn Wongsaichua	Ubon Ratchathani University
Worapong Tangsrirat	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Worawat Nakawiro	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Worawat Sangiamvibool	Mahasarakham University
Wuthiporn Loedwassana	Mahanakorn university of technology
Wuttipong Kumwilaisak	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Wuttiwat Kongrattanaprasert	Rajamangala University of Technology Krungthep
Yongyuth Naras	Siam University
Yutana Chongjarearn	Dhurakij Pundit University
Yuthapong Somchit	Chiang Mai University
Yuttana Kumsuwan	Chiang Mai university
Yuttapong Jiraraksopakun	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Yutthana Kanthaphayao	Rajamangala University of Techology Suvarnabhumi
ทัศนัย พลอยสุวรรณ	Siam University
นิพนธ์ ทางทอง	Rajamangala University of Technology Krungthep
ปรเมศวร์ ห่อแก้ว	Suranaree University of Technology
ปราโมทย์ อนันต์วราพงษ์	Rajamangala University of Technology Krungthep
ไวยพจน์ ศุภบวรเสถียร	Siam University
สายชล ชุดเจือจีน	Rajamangala University of Technology Krungthep
สุภณ พลสิงห์	Rajamangala University of Technology Krungthep

ไฟฟ้ากำลัง Electrical Power System (PW)	27 บทความ
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง Power Electronics (PE)	28 บทความ
ไฟฟ้าสื่อสาร Communication (CM)	15 บทความ
ระบบควบคุมและการวัดคุม Control system and Instrument Technology (CT)	11 บทความ
อิเล็กทรอนิกส์ Electronics (EL)	7 บทความ
การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล Digital Signal Processing (DS)	6 บทความ
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ Computer and Information Technology (CP)	12 บทความ
โฟโตนิกส์ Photonics (PH)	2 บทความ
วิศวกรรมชีวการแพทย์ Bio-Electronics (BE)	6 บทความ
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า General Research Related to Electrical Engineering (GN)	32 บทความ
รวม	146 บทความ

รหัส	ชื่อบทความ	หน้า
CP03	การพัฒนาโต๊ะแสดงผลการใช้งานแบบสัมผัสโดยใช้เทคนิค LLP ในการสร้างภาพจากจุดสัมผัส	129
CP04	อัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า	133
CP05	ระบบแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินโดยใช้อุปกรณ์สวมใส่	137
CP06	การประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์สำหรับเครื่องให้อาหารแมว	141
CP07	การพัฒนาต้นแบบตู้ล็อกเกอร์อัจฉริยะสำหรับใช้งานร่วม	145
CP08	การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างยานพาหนะ	149
CP09	อินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสำหรับระบบบันทึกอุณหภูมิอัตโนมัติ	153
CP10	ต้นแบบการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างฟิลด์เซิร์ฟเวอร์เพื่อสนับสนุนการเกษตรอัจฉริยะ	158
CP11	การออกแบบโมเดลการรู้จำใบหน้าที่ใช้สำหรับหุ่นยนต์โดยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก	162
CP12	ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อการประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยการควบคุมความเย็นสะสมลมของลมจ่ายออก	167
IBE01	การประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าในเทคโนโลยีแล็บบนชิพ	171
BE01	การหาพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเซลล์เลือดโดยใช้ไดอิเล็กโตรโฟเรซิสและอิเล็กโตรโรเตชัน	176
BE02	การพัฒนาระบบตรวจวัดแคลเซียมออกซาเลตในปัสสาวะเพื่อการคัดกรองโรคนิ่วไต	180
BE03	การพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อตรวจจับภาวะหัวใจห้องบนสั่นพลิ้วจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจระยะสั้นประมาท 1 ช่องสัญญาณ	184
BE04	การเปรียบเทียบวิธีการกำจัดการเลื่อนของเบสไลน์ในสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่วัดจากปลายนิ้วมือ	188
BE05	การประเมินค่าอัตราการเต้นหัวใจด้วยแรงบีซีจีบนเครื่องชั่งน้ำหนัก	192
BE06	การพัฒนาระบบเฝ้าระวังและตรวจจับความง่วงผู้ขับขี่รถยนต์ด้วยสัญญาณชีวการแพทย์และตัวรับรู้	196
GN01	การโค่นล้มของสาไฟฟ้าคอนกรีต กฟน. เนื่องจากอิทธิพลของสายเคเบิลสื่อสารโทรคมนาคม	200
GN02	วิเคราะห์การจ่ายโหลดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและพลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์	204
GN03	การออกแบบชุดควบคุมอุณหภูมิสำหรับตู้อบขนาดเล็กด้วยไมโครคอนโทรเลอร์	208
GN04	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมความร้อนสำหรับเครื่องผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลขนาดเล็ก	212
GN05	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมความเข้มแสงหลอดไฟ LED ที่ใช้ในการปลูกพืช	216
GN06	การลดทอนระยะเวลาแก้สมการเชิงเส้นสำหรับการคำนวณค่าสนามไฟฟ้าด้วยอัลกอริทึมคิทซิลล์ แมคกี	220
GN07	เอ็มพีพีทีโหมดการเลื่อนที่มีอัลกอริทึมพีแอนด์โอสำหรับวงจรแปลงผันพีวีลองภาค	224
GN08	การพัฒนาระบบให้น้ำและปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับแปลงเกษตรแบบไฮโดรโปนิกส์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	228
GN09	การวางแผนเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถขนส่งวัสดุอัตโนมัติด้วยวิธีระบบมดแบบกำหนดขอบเขตสูงสุด-ต่ำสุดที่ถูกปรับปรุงเพิ่มเติม	233
GN10	ระบบสายพานอัตโนมัติคัดแยกมะขามขึ้นรำในฝัก	237
GN11	เครื่องบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าชนิดต่อเนื่องแบบไร้สายสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์	241
GN12	การพัฒนาวิธีการวัดมุมในการวิเคราะห์หยดน้ำโดยวิธีการประมวลผลภาพเพื่อประเมินระดับของความไม่ชอบน้ำของผิวฉนวนไฟฟ้า	245

อัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า

Algorithm of Home Energy Management System for Demand Response Analysis

ธนิตเชษฐ์ คำศรีสุข[1] ณัชศิพงศ์ อูทอง[1] และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิลดลิพิชญ์[2]
[1]ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทรศัพท์ : 0-2549-3420 E-mail: kris:chomne.b@en.rmutt.ac.th
[2]ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทรศัพท์ : 0-2549-3464 E-mail: mschtiphong.o@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอใช้อัลกอริทึมระบบการจัดพลังงานภายในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า เพื่อลดภาระการใช้โหลดในครัวเรือนในช่วงเวลาที่มีความต้องการปริมาณไฟฟ้าสูง ซึ่งปัจจุบันโปรแกรมตอบสนองความต้องการไฟฟ้า จะใช้เฉพาะภาคอุตสาหกรรม และโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูง บทความได้นำอัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน โดยใช้หลักการณ์ช่วยลองการตอบสนองความต้องไฟฟ้า โดยการจำกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยการตรวจสอบเงื่อนไขลำดับความสำคัญของความสะดวกสบายและโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ตั้งไว้ ผลที่ได้คือความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดลดลงจาก 12.83 kW เหลือ 8.31 kW ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานภายในบ้านพักอาศัยได้ โดยเทียบกับการที่ไม่ใช้อัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้าน บทความนี้จึงทำให้เห็นถึงการนำโปรแกรมการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้า มาใช้ในบ้านพักอาศัย เพื่อเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: บ้านอัจฉริยะ, การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า, ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน, ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ

Abstract

This paper present: agoritms of home energy Management System for demand re:ponce analy:i:. In order to reduce the burden of the household load during time: of high electricity demand. The program now meet: the electrical requirement:. To ue only the private sector. And industrial plant: with high electricity conumption. Paper present: the algorithm: home energy management :ystem. Uing :imulated demand re:ponce :cenario. By limiting the ue of electric power at each given time period. To reduce the power conumption of electrical appliance:. By monitoring the priority of comfort. And electrical appliance: et. The result i: that the peak demand i: reduced from 12.83 kW to 8.31 kW, which can reduce energy conumption in home:. Compared to without home energy management algorithm: Thi: paper ha: led to the introduction of an demand re:ponce program. Ued in the home. To be ueful in the future.

Keywords: Smart Home, Demand Re:ponce, Home Energy Management Sy:tem, Smart Plug

1. บทนำ

ปัจจุบันมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้น จากสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2559 มีค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด 30,973 เมกะวัตต์ แต่ในปี พ.ศ. 2560 ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยอยู่ที่ 32,059 เมกะวัตต์ ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 40 องศาเซลเซียส ช่วงระหว่างปลายมีนาคม – ต้นเมษายน พ.ศ.2560 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย) เนื่องจากมาตรการลดใช้ไฟฟ้าภาคสมัครใจ หรือการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้า (Demand Re:ponce) ผู้ประกอบการให้ความร่วมมือต่ำกว่าเป้าหมาย[1] ดังนั้นแผนงานด้านการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้า จึงเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ เพื่อเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาของกำลังไฟฟ้าสำรองไม่เพียงพอในกรณีฉุกเฉิน สำหรับการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้าเป็นนวัตกรรมที่เกิดขึ้นภายใต้โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ดังรูปที่ 1 โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ซึ่งสนับสนุนการสื่อสาร 2 ทาง เป็นกลไกที่ช่วยปรับสมดุลของการผลิตไฟฟ้าให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น จึงเป็นที่มาสำหรับการพัฒนาออกแบบระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน

รูปที่ 1 โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ

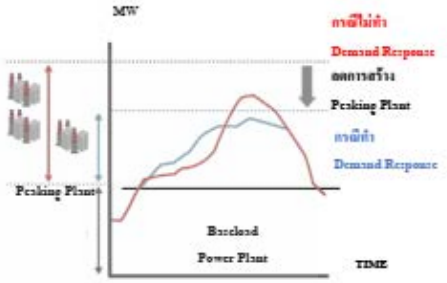
จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมได้พบว่า ระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน สามารถช่วยควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ [2] และยังมีการจำลองโปรแกรมการตอบสนองด้านโหลดสำหรับการจำกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้าน[3] ซึ่งงานวิจัยการนำระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านส่วนใหญ่ ในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านจะใช้เทคโนโลยี Internet of Thing [4] สำหรับการความคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายซึ่งสามารถเพิ่มความสะดวกสบายแก่ผู้อาศัย โดยมีการจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะผ่านระบบ Cloud Computing [5] สำหรับการเก็บข้อมูลนำมาประมวลผล และวิเคราะห์

สำหรับบทความนี้ได้นำเสนออัลกอริทึมระบบจัดการพลังงานในบ้าน สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองความต้องการไฟฟ้า เพื่อลดการใช้พลังงานภายในบ้านผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Thing) ซึ่งได้จำลองเหตุการณ์เกิดการตอบสนองความต้องการไฟฟ้าเข้ามาในโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยมีการจำกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา โดยควบคุมผ่านปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Plug) บทความนี้ได้ใช้อัลกอริทึมบริหารจัดการพลังงานในบ้านในการจำลองพลังงานขึ้นมา

2. การตอบสนองด้านโหลด (Demand Response)

ในบทความนี้ได้นำโปรแกรมการตอบสนองความต้องการไฟฟ้า (Demand Response) มาใช้ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและรูปแบบการบริโภคไฟฟ้าไปจากปกติที่เกิดจากด้านอุปสงค์ (Demand) เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงราคาไฟฟ้าในช่วงเวลาหนึ่งๆ หรือต่อผลตอบแทน (Incentive) ที่ออกแบบมาเพื่อโน้มน้าวให้มีการลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ราคาค่าไฟฟ้าสูงหรือในขณะที่ความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าอยู่ในสภาวะผิดปกติ

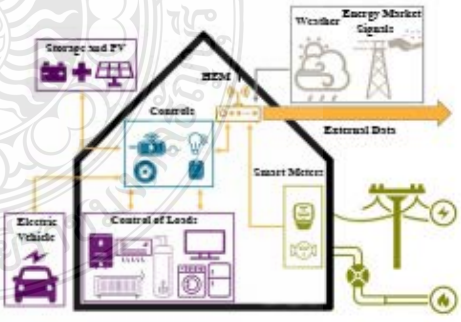
การที่จะตอบสนองต่อความต้องการไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆได้นั้น หน่วยงานด้านการไฟฟ้าจะต้องวางแผนการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการไฟฟ้า ซึ่งการผลิตไฟฟ้าเพื่อรองรับความต้องการนั้นสามารถจำแนกได้เป็นสองส่วนหลักๆ คือโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าตามความต้องการฐาน (Baseload Power Plant) และ โรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peaking Plant) Baseload Power Plant นั้น เป็นโรงไฟฟ้าที่ต้องเดินเครื่องอยู่ตลอดเวลาด้วยกำลังการผลิตที่ค่อนข้างคงที่ ดังรูปที่ 2 แสดงประโยชน์ของการตอบสนองด้านโหลด (Demand Response) จึงเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงราคาถูกเป็นลำดับแรก เช่น โรงไฟฟ้าพลังความร้อนใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (เช่น โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง) เป็นต้น กำลังการผลิตส่วนที่เหลือนั้นซึ่งจะมารองรับค่าความต้องการไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลามาจาก Peaking Plant ซึ่งมีลักษณะของการเดินเครื่องเฉพาะในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเท่านั้น ได้แก่ โรงไฟฟ้าถังหันก๊าซ ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เขื่อนและโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ เป็นต้น



รูปที่ 2 แสดงประโยชน์ของการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้า (Demand Response) เชิงการลดการสร้าง Peaking Plant

3. การบริหารจัดการพลังงานในบ้าน (Home Energy Management)

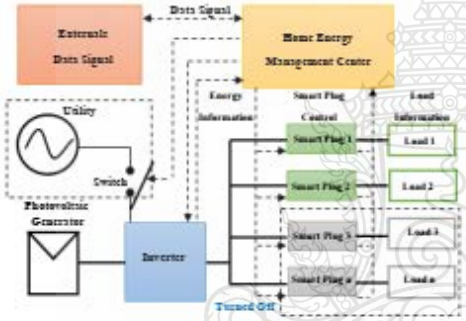
เป็นระบบที่เชื่อมโยงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน และอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าด้วยกัน โดยสามารถแสดงสถานการณ์ใช้ไฟฟ้า (เช่น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านในช่วงเวลานั้น หรือการตรวจสอบค่าไฟฟ้าล่าสุดเป็นต้น) นอกจากนี้ระบบการบริหารจัดการพลังงานในบ้าน ที่มีจุดความสามารถในระดับที่สูงขึ้นจะสามารถนำข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพอากาศ ราคาค่าไฟฟ้าในช่วงเวลาปัจจุบัน มาประมวลผล ดังรูปที่ 3 โครงสร้างระบบบริหารจัดการพลังงาน พร้อมทั้งแสดงแนะต่อผู้ใช้ไฟฟ้าถึงวิธีลดการใช้พลังงานหรือควบคุมการใช้พลังงานอย่างอัตโนมัติให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 3 โครงสร้างระบบบริหารจัดการพลังงาน

3.1 การบริหารจัดการพลังงานในบ้าน โดยใช้ปลั๊กอัจฉริยะในการควบคุมโหลดไฟฟ้า

บทความนี้ได้นำเสนอใช้ระบบการจัดการพลังงาน โดยใช้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Plug) ในขณะที่แรงดันคงที่มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังโหลดผ่านปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะที่เชื่อมต่อระหว่างอินเวอร์เตอร์ กับโหลดไฟฟ้าในบ้าน หากเกิดไฟฟ้าดับ หรือกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอกับอุปกรณ์ที่เกิดขึ้น ระบบจัดการพลังงานจะสั่งให้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์สลับการทำงานกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า หากโหลดมีปัญหาที่จะสั่งให้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะปิดการทำงาน และเมื่อมีโปรแกรมตอบสนองด้านโหลดที่ตั้งโปรแกรมจำกัดพลังไว้ที่จะเลือกโหลดสำคัญน้อยที่สุดในการปิดเพื่อจำกัดการพลังงาน ดังรูปที่ 3 ผังงานระบบบริหารจัดการพลังงาน โดยใช้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ



รูปที่ 3 ผังงานระบบบริหารจัดการพลังงาน โดยใช้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ

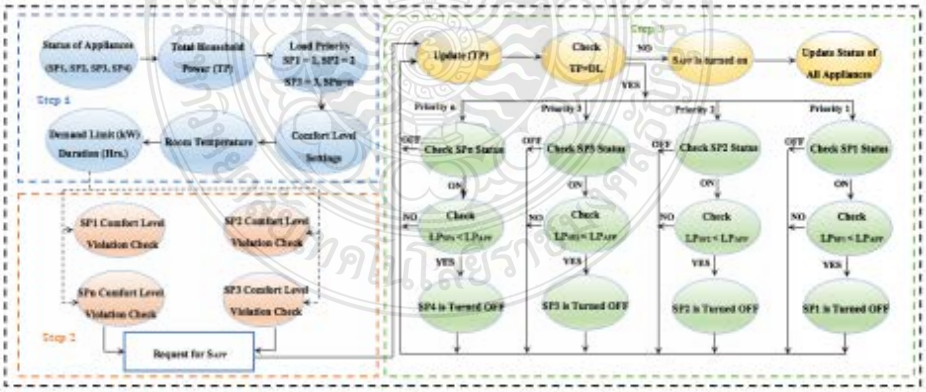
3.2 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมการจัดการพลังงานในบ้าน สำหรับการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้า

สำหรับอัลกอริทึมการทำงานของการจัดการพลังงานในบ้านสำหรับการตอบสนองความต้องการไฟฟ้านั้น สามารถแบ่งการทำงานออกแบบเป็น 3 ส่วนหลัก ดังรูปที่ 4 ไดอะแกรมการทำงานภายในระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน ดังนี้

3.2.1 เช็คสถานะจากโหลดภายในบ้านด้านปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยคำนวนโหลดทั้งหมดภายในบ้านเก็บค่าไว้ในตัวแปร TP (Total Household Power) กำหนดความสำคัญของโหลดโดยเรียงลำดับโหลดสำคัญที่สุด ไปยังน้อยสุดตามลำดับ จะเช็คความสำคัญของโหลดน้อยที่สุดก่อนไปยังโหลดสำคัญสุดที่ LP (Load Priority) ตั้งเงื่อนไขความสะดวกสบายเพื่อตัดสินใจในการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะ เช็คสถานะเซนเซอร์อุณหภูมิภายในบ้านสำหรับการตัดสินใจจากเงื่อนไขความสะดวกสบายและรับค่าสัญญาณความต้องการทางไฟฟ้า จากภายนอกผ่าน Smart Meter โดยจำกัดความต้องทางไฟฟ้า DL (Demand Limit:)หน่วยเป็นกิโลวัตต์ และระยะเวลา Duration หน่วยเป็นชั่วโมง

3.2.2 เช็คความสะดวกสบายที่กำหนดไว้ว่าจะเกิดความสะดวกสบายหรือไม่ จะต้องขึ้นอยู่กับการตั้งค่าของผู้พักอาศัยว่าสามารถจะเกิดภายได้เงื่อนที่กำหนดเท่านั้น

3.2.3 อัพเดตสถานะโหลดทั้งหมด และทำการเช็คเงื่อนไข ของสัญญาณการจำกัดการใช้พลังงาน ถ้า TP < DL ให้คืนค่าอนุญาติให้ปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะทำงานปกติ และอัพเดตสถานะไฟฟ้าภายในบ้าน หาก TP > DL ให้ทำงานโดยเช็คเงื่อนไขปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะตัวไหนทำงานอยู่ให้เช็คระดับความสำคัญ ถ้าหากความสำคัญ LP_{sp} น้อยที่สุดให้ทำการปิดก่อน และคืนค่าเพื่ออัพเดตสถานะ TP และเช็คเงื่อนไข TP < DL ต่อไป



รูปที่ 4 ไดอะแกรมการทำงานภายในระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน

4. การทดลองและผลการทดลอง

การจำลองอัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้านนี้ ได้ใช้โปรแกรม Matlab M-File ในการจำลองขึ้นมา ดังตารางที่ 1 จำลองโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน 1 หลัง โดยกำหนดความสำคัญของโหลดไฟฟ้า สำหรับการตัดสินใจจำนวน 7 รายการ ส่วนโหลดที่ไม่ได้กำหนดจะเข้าสู่โหมดพร้อมใช้งาน ดังตารางที่ 2 ลำดับความสำคัญของโหลด และการตั้งค่าความสะดวกสบาย

ตารางที่ 1 จำลองโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน 1 หลัง

ลำดับ	เครื่องใช้ไฟฟ้า		จำนวน×กำลังไฟฟ้า	โหลดรวม (W)
1	Lighting loads	CFL bulbs	10×27W	390W
		Tube lights	3×40W	
2	Cooling loads	Table/Ceiling Fans	4×70W	2705W
		Air conditioner	1×1500W	
		Refrigerator	1×325W	
		Exhaust fan	4×150W	
3	Heating Loads	Electric iron	1×1000W	5000W
		Hair Dryers	2×2000W	
4	Kitchen appliances	Microwave oven	1×2000W	3350W
		Toaster	1×750W	
		Mixer cum Grinder	1×600W	
5	Washing machine		1×700W	700W
6	Television		1×200W	200W
7	Water pump motor		1×746W	746W
8	UPS/Inverter		1×900W	900W
9	Electric vehicle		1×3300W	3300W
10	Other Item		400W	400W
	Total load			17591W

ตารางที่ 2 ลำดับความสำคัญของโหลด และการตั้งค่าความสะดวกสบาย

ลำดับความสำคัญ	เครื่องใช้ไฟฟ้า	พลังงาน (Watt)	การตั้งค่าความสะดวกสบาย
1	UPS/Inverter	100	สถานะ ON ขึ้นไป
2	Washing machine	700	เปิดใช้งานได้ตลอด
3	Air conditioner	1500	สถานะ 25-27 องศา
4	Electric vehicle	3300	สถานะชาร์จ 145 นาที
5	Electric iron	1000	ตลอดเวลาเปิด
6	Microwave oven	2000	ตลอดเวลาเปิด
7	Toaster	750	ตลอดเวลาเปิด

จากการจำลองโหลดภายในบ้านในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีการจำลองเหตุการณ์ตอบสนองความต้องการไฟฟ้า โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างการใช้อัลกอริทึมการจัดการพลังงานภายในบ้าน กับเมื่อไม่ใช้อัลกอริทึม ดังรูปที่ 6 ผลของการจำลองโหลด 24 ชั่วโมง ตั้งขอสังเกตได้ว่าในการกำหนดการจำกัดพลังงานไฟฟ้า (Demand Limit:) ควรสอดคล้องกันกับความต้องโหลดที่บ้านแต่ละหลังให้มีผลกระทบน้อยที่สุดสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน จากการจำลองได้ผลคือ จากปกติที่ไม่ใช้อัลกอริทึมการจัดการพลังงานในบ้านค่าไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยคือ 12.83 kW ลดเหลือ 8.31 kW โดยการเลื่อนการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า เครื่องสำรองไฟฟ้า และปิดโหลดตามลำดับความสำคัญ หากไม่มีการจำกัดพลังงานแล้วจะทำการเปิดใช้พลังงานไฟฟ้าสถานะปกติแล้วระบบจะเช็คค่า TP และ DL ต่อไป

รูปที่ 6 ผลของการจำลองโหลด 24 ชั่วโมง

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนออัลกอริทึมระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน โดยนำโปรแกรมการตอบสนองความต้องการไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ (Demand Response) โดยจากการจำลองโหลดพลังงานในบ้าน สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้ในแต่ละช่วงเวลาที่จำกัดการใช้พลังงานไฟฟ้า (Demand Limit:) เพื่อประโยชน์ในด้านต้นทุน ส่งเสริมการลดใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน และนำอัลกอริทึมไปพัฒนาระบบ IOT ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. "ปรับฐานข้อมูลพีคไฟฟ้าของประเทศใหม่ ทุ่งสูงเป็นประวัติการณ์" [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.egat.co.th/index.php?option=com (24 มีนาคม 2561).

[2] K. Dietzwit and F. A. Aagesen, "Home energy management system for electricity cost saving: and comfort preservation :," IEEE Fourth International Conference on Consumer Electronic: Berlin (ICCE-Berlin), 2014.

[3] M. Pipattanasomporn, M. Kuzlu, S. Rahman, "An Algorithm for Intelligent Home Energy Management and Demand Response Analysis," IEEE Transaction: on Smart Grid, Volume 3, 2012.

[4] M. Khan, B. N. Silva and K. Han, "internet of thing: based energy aware :mart home control :ystem," IEEE Acce:s, Vol. 4, pp. 7556-7566, Oct. 2016.

[5] M. Kazmi, F. Bahloul and H. Tkitek "Smart home ba:ed on Internet of Thing: and Cloud Computing,", Technologie: of Information and Telecommunication: (SETIT), 2016 7th International Conference on Science: of Electronic:, pp. 82-86, 2016.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายธนิศเชษฐ์ คำศรีสุข
วัน เดือน ปีเกิด	30 กรกฎาคม 2530
ที่อยู่	199/470 หมู่บ้านเบญจทรัพย์ ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำเร็จการศึกษาปี 2557
ประสบการณ์การทำงาน	เจ้าพนักงานห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ. 2554-2559
เบอร์โทรศัพท์	08-6871-0111
อีเมล์	thanischet_k@rmutt.ac.th