การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Development of the Internet of Things Platform System for Electricity Usage Monitoring Case study: Srivitsawavitthaya Buildings, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya

ไกรวิทย์ ชูชาติ

Kraiwit Choochart

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Minor Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Industrial Management

Prince of Songkla University

2565

การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Development of the Internet of Things Platform System for Electricity Usage Monitoring Case study: Srivitsawavitthaya Buildings, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya

ไกรวิทย์ ชูชาติ

Kraiwit Choochart

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Minor Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Industrial Management Prince of Songkla University

2565

ชื่อสารนิพนธ์ การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์ม
อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผู้เขียน นายไกรวิทย์ ชูชาติ

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลัก

.....

(ดร.ชุกรี แดสา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม สุวรรณวร)

.....กรรมการ

(ดร.กุลภัสร์ ทองแก้ว)

.....กรรมการ

(ดร.ชุกรี แดสา)

.....

(ดร.สุริยา จิรสถิตสิน)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

ชื่อสารนิพนธ์ การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผู้เขียน นายไกรวิทย์ ชูชาติ

สาขา การจัดการอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.ออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย แบบทันทีทันใด 2.วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak และ 3. วางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak

การดำเนินการพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ได้ทำการศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานโดยการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak สืบค้นจากเอกสาร และศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการของวงจรการพัฒนาระบบ เพื่อพัฒนาระบบให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด ผลการศึกษาพบว่า ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น สามารถวัดปริมาณทางไฟฟ้า ได้แก่ ค่ากำลังไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ค่าความถี่ และค่าพลังงานไฟฟ้าได้ โดยค่าความผิดพลาดของค่ากำลังไฟฟ้า มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 2.05 ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าความผิดพลาดร้อยละ 1.25 ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่าความผิดพลาดร้อยละ 0.26 ค่าความถี่ ค่าความผิดพลาดร้อยละ 2.00 และค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าความผิดพลาดร้อยละ 0.00 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak คือ ระบบแสงสว่าง ร้อยละ 58.56 ระบบเครื่องปรับอากาศ ร้อยละ 23.62 และแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak ตามแนวทางด้านการอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน ประกอบด้วย 3 กลยุทธ์ ดังนี้

กลยุทธ์ที่ 1. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน กลยุทธ์ที่ 2. รณรงค์ ประชาสัมพันธ์ และสร้างจิตสำนึกให้กับบุคลากรของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย กลยุทธ์ที่ 3. ติดตาม ประเมินผล และรายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงาน

Minor Thesis Title Development of the Internet of Things Platform System for Electricity Usage Monitoring Case study: Srivitsawavitthaya Buildings, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Author Mr.Kraiwit Choochart

Major Program Industrial Management

Academic Year 2022

ABSTRACT

This research aims to 1. Design and develop a system to measure the use of electricity to show the voltage (Voltage: V), the electric current (Ampere: A), the electric power (KW), the electric power per unit (Kilowatt hour: Kwh.) in real time 2. Analyze the factors related to and affect the use of electricity during the Off-Peak period and 3. Plan for the management of the Off-Peak electricity consumption.

Implementation of the development of a building's electricity consumption monitoring system on the Internet of Things platform. Case Study of Sriwittaya Building Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Srivijaya have studied the operation procedure by collecting Information on the use of electricity during the Off-Peak. Retrieved from the document. and study the relevant documents and analyze them using the principles of the system development cycle. To develop the system to meet the needs of users as much as possible The results showed that System for measuring electricity consumption with developed programs It can measure electrical quantities such as electric power (Kw), current (A), voltage (V), frequency (Hz) and electric power (Kwh). (Kw) has an error of 2.05%, a current (A), an error of 1.25%, a voltage (V), an error of 0.26%, a frequency (Hz), an error of 2.00%, and Electrical energy value (Kwh), error value 0.00%. Factors related to and affecting the use of electricity during the Off-Peak period

are lighting system 58.56%, air conditioning system 23.62% and the Off-Peak Power Management Plan. Peak according to the energy conservation guidelines of the Ministry of Energy consists of 3 strategies as follows: Strategy 1. Optimizing energy consumption Strategy 2. Public relations campaign and create awareness among the personnel of the Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Srivijaya Strategy 3. Monitoring, evaluating and reporting results of implementation of the economical measures. reduce energy consumption

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ชุกรี แดสา ที่คอยให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษามาโดยตลอด ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบทุกท่าน ที่ให้ความกรุณาแนะนำกลั่นกลองเนื้อหาให้ถูกต้องสมบูรณ์ ขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ในการอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำสารนิพนธ์ ขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำเอกสารและอำนวยความสะดวกเป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาส นี้

ท้ายสุดนี้ ขอขอบคุณครอบครัว และดร.นุชเนตร กาฬสมุทร์ ที่ส่งเสริมสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

ไกรวิทย์ ชูชาติ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....(3)

กิตติกรรมประกาศ.....(4)

สารบัญ.....(5)

สารบัญตาราง.....(6)

สารบัญภาพ.....(7)

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

1.3 วัตถุประสงค์.....6

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....7

1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย.....8

บทที่ 2 ทฤษีและหลักการ.....9

2.1 วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC).....9

2.2 แนวคิดการบริหารจัดการค่าไฟฟ้า.....10

2.3 แนวคิดระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือไอโอที (Internet of Things: IoT).....15

2.4 แนวคิดการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร.....29

2.5 แนวคิดเครื่องมือคุณภาพ (Quality Control Tools).....31

2.6 แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า.....34

บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย.....35

3.1 วิเคราะห์ปัญหาและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....37

สารบัญ (ต่อ)

3.2 การออกแบบติดตั้งฮาร์ดแวร์สำหรับระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า.....37

3.3 การพัฒนาและติดตั้งโปรแกรมระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า.....40

3.4 การทดสอบระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า.....57

3.5 จัดทำรายการแสดงอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าหลักทั้งหมดภายในอาคาร.....58

3.6 กาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak.....65

3.7 แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า.....70

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย.....71

4.1 ออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage: V), ค่ากระแสไฟฟ้า (Ampere : A) ค่ากำลังไฟฟ้า(Electric Power : KW), ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (Kilowatt hour: Kwh) แบบทันทีทันใด (Real Time).....71

4.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak.....79

4.3 การวางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak.....84

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....95

5.1 สรุปผลการวิจัย.....95

5.2 ข้อเสนอแนะ.....99

เอกสารอ้างอิง.....101

ภาคผนวก.....104

ภาคผนวก ก.....105

ภาคผนวก ข.....116

ประวัติผู้วิจัย.....121

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1 แสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER)..... 12
ตารางที่ 2 กระบวนการและรายละเอียดคำสั่งติดตั้งโปรแกรม Influx DB.....50
ตารางที่ 3 กระบวนการและรายละเอียดคำสั่งติดตั้งโปรแกรม Grafana..... 43
ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลติดตั้งระบบเครื่องปรับอากาศภายในอาคารศรีวิศววิทยา
ที่ใช้งานในช่วงเวลา Off – Peak..... 60
ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลติดตั้งระบบแสงสว่างในอาคารศรีวิศววิทยาที่ใช้งานในช่วงเวลา
Off –Peak.....61
ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลอุปกรณ์ระบบเน็ตเวิร์กและระบบอินเทอร์เน็ตในอาคารศรีวิศววิทยาที่ใช้งาน
ในช่วงเวลา Off – Peak.....62
ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลระบบดับเพลิงและกล้องวงจรปิดในอาคารศรีวิศววิทยา
ที่ใช้งานในช่วงเวลา Off – Peak..... 63
ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลระบบลิฟต์ในอาคารศรีวิศววิทยาที่ใช้งานในช่วงเวลา Off – Peak..... 64
ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ในสำนักงานในอาคารศรีวิศววิทยาที่
ใช้งานในช่วงเวลา Off – Peak..... 65
ตารางที่ 10 รายการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานใช้ในช่วง Off-Peak..... 66
ตารางที่ 11 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจวัด..... 75
ตารางที่ 12 ผลการประเมินประสิทธิภาพในด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ
(Functional Test).....77
ตารางที่ 13 แบบประเมินประสิทธิภาพในด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test)..... 78
ตารางที่ 14 ผลการประเมินประสิทธิภาพในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล
ในระบบ (Security Test).....78
ตารางที่ 15 รายการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานใช้ในช่วง Off-Peak..... 79
ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้าสะสมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานในช่วง Off-Peak.....80
ตารางที่ 17 วิธีดำเนินการตามแผนกลยุทธ์.....88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 18 มาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา.....91

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในปี พ.ศ.2563..... 2
ภาพที่ 2 แสดงร้อยละปริมาณการใช้ไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในปี พ.ศ.2564.....3
ภาพที่ 3 กระบวนการตรวจสอบการใช้ไฟ..... 4
ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย.....8
ภาพที่ 5 อัตราคำนวณค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU).....11
ภาพที่ 6 ชนิดและคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้า.....15
ภาพที่ 7 โปรแกรม Node-RED.....25
ภาพที่ 8 สำหรับสร้าง Flow ออกแบบโปรเจค.....27
ภาพที่ 9 ลักษณะการประยุกต์ใช้ โปรแกรม Influx DB.....28
ภาพที่ 10 ลักษณะการประยุกต์ใช้ โปรแกรม.....29
ภาพที่ 11 Facilities Management Institute (FMI).....31
ภาพที่ 12 ลักษณะของแผนภูมิพาเรโต.....32
ภาพที่ 13 แผนภาพก้างปลา (Fish-bone Diagram)..... 33
ภาพที่ 14 แนวทางด้านการอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน.....34
ภาพที่ 15 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 36
ภาพที่ 16 การออกแบบฮาร์ดแวร์และการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์
SIEMENS SIMATIC IOT2050.....38
ภาพที่ 17 แสดงกระบวนการทำงานของ SIEMENS SIMATIC IOT2050.....39
ภาพที่ 18 เชื่อมต่อ Internet เข้ากับ IOT SIEMENS 2050 ด้วยโปรแกรม Putty.....40
ภาพที่ 19 เปิดใช้งานโหมด Auto Start node-red.....40
ภาพที่ 20 โปรแกรม Node-RED web browser.....41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ 21 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Multi-Function Digital Power Meter กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ผ่านทางพอร์ท Serial RS-485 Protocol Modbus RTU...43
ภาพที่ 22 การสร้าง Node Modbus Read 43
ภาพที่ 23 การตั้งค่าเชื่อมต่ออุปกรณ์ Multi-Function Digital Power Meter กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ผ่านทางพอร์ท Serial RS-485 Protocol Modbus RTU.... 44
ภาพที่ 24 Register Address 1140-1142 วัดค่ากำลังไฟฟ้าจาก Multi Function Digital Power Meter....45
ภาพที่ 25 การคำนวณทางคณิตศาสตร์ผ่าน Node Calculator....45
ภาพที่ 26 การตั้งค่า Node Function 46
ภาพที่ 27 การตั้งค่า Node Output....47
ภาพที่ 28 การสร้าง Node Dashboard สร้างและตั้งค่า Layout....48
ภาพที่ 29 เชื่อมต่อ Internet เข้ากับ IOT SIEMENS 2050 ด้วยโปรแกรม Putty 49
ภาพที่ 30 สร้างฐานเก็บข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Influx DB....49
ภาพที่ 31 การตั้งค่า influx DB บน Node-RED 51
ภาพที่ 32 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่ถูกบันทึกไว้ใน Databases SIEMENS SIMATIC IOT2050 51
ภาพที่ 33 เชื่อมต่อ Internet เข้ากับ IOT SIEMENS 2050 ด้วยโปรแกรม Putty 52
ภาพที่ 34 การติดตั้งเป็นระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์บนแฟลตฟอร์ม AMR64 52
ภาพที่ 35 หน้า Login เข้าใช้งาน Grafana 54
ภาพที่ 36 โปรแกรม Grafana เชื่อมต่อฐานข้อมูลกับโปรกรม Influx DB....55
ภาพที่ 37 เชื่อมต่อฐานข้อมูลกับโปรกรม Influx DB....55
ภาพที่ 38 รูปแบบกราฟิกผ่านทาง Dashboard โปรแกรม Grafana 56
ภาพที่ 39 วงจรไฟฟ้า Single Line Diagram....59
ภาพที่ 40 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)....66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ 41 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)..... 67
ภาพที่ 42 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)..... 67
ภาพที่ 43 แผนภาพก้างปลาระบบแสงสว่าง..... 68
ภาพที่ 44 แผนภาพก้างปลาระบบปรับอากาศ..... 69
ภาพที่ 45 แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak..... 70
ภาพที่ 46 อุปกรณ์ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า..... 71
ภาพที่ 47 โปรแกรม Node-red บน Web browser..... 72
ภาพที่ 48 ฐานข้อมูลโปรแกรม Influx DB..... 73
ภาพที่ 49 โปรแกรม Grafana..... 74
ภาพที่ 50 ผลการเปรียบเทียบผลการวัดของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า
ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter..... 76
ภาพที่ 51 การวัดของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น..... 79
ภาพที่ 52 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)..... 81
ภาพที่ 53 แผนภาพก้างปลาระบบแสงสว่าง..... 82
ภาพที่ 54 แผนภาพก้างปลาระบบปรับอากาศ..... 83
ภาพที่ 55 หน้าเว็บไซต์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในแถบหัวข้อ Smart Energy.....96
ภาพที่ 56 หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบ Smart Energy..... 97

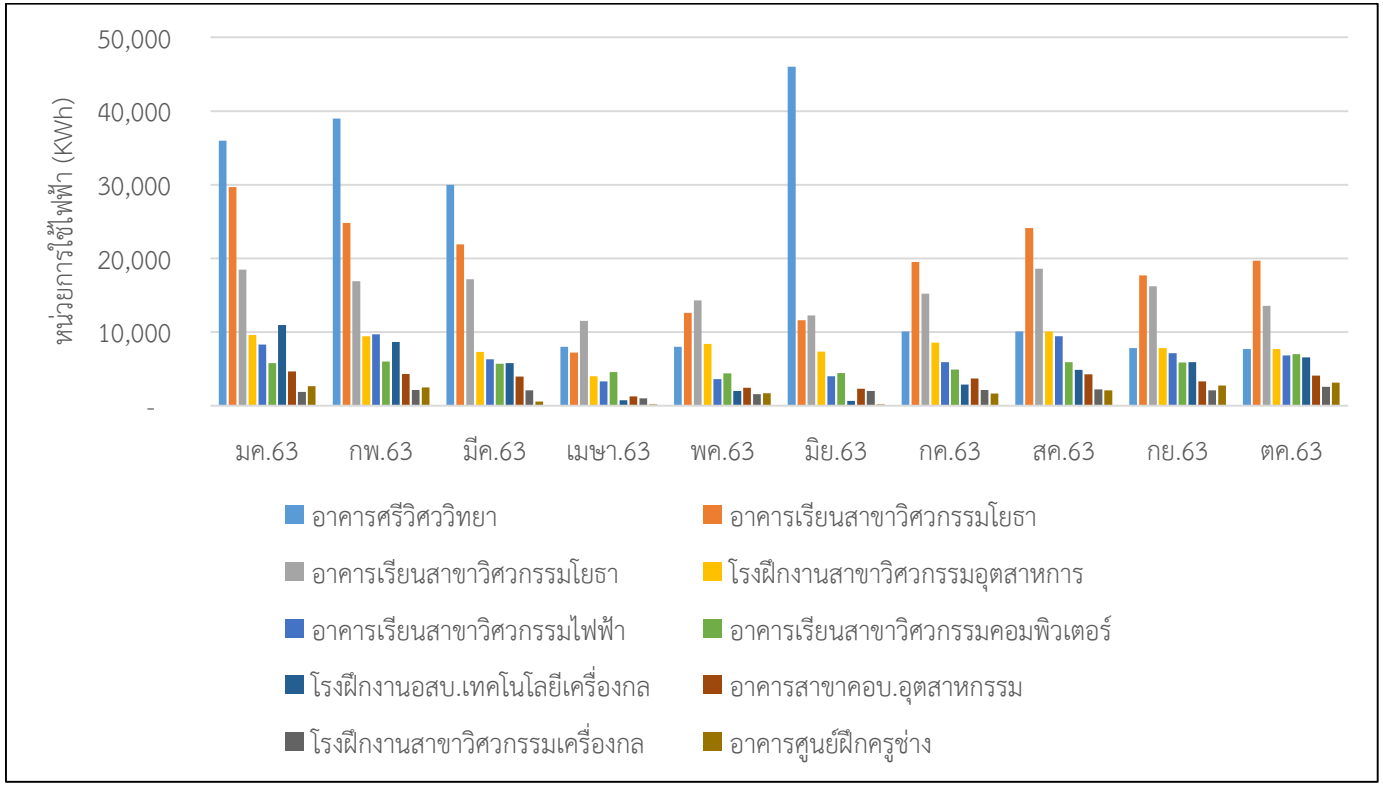
บทที่ 1

บทนำ

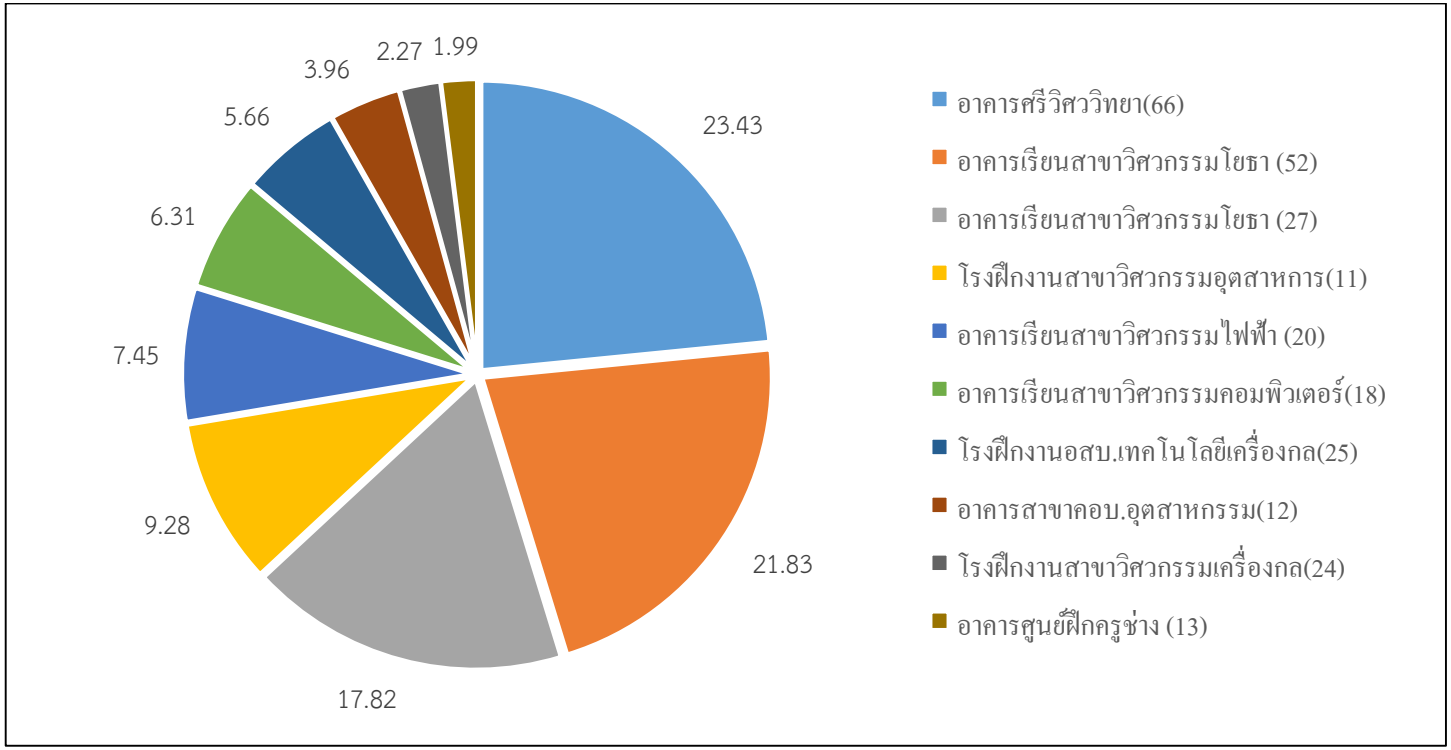
1.1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะไฟฟ้านับได้ว่าเป็นพลังงานที่มนุษย์รู้จักและนำมาใช้ประโยชน์ เพื่อยกระดับความเป็นอยู่ของชีวิตให้ดีขึ้นมาเป็นระยะเวลายาวนานมากจนถึงปัจจุบันนี้ อาจกล่าวได้ว่ามนุษย์แทบจะดำรงชีวิตอยู่ไม่ได้หากขาดไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าที่บริโภคกันอยู่ในประเทศไทยผลิตจากเชื้อเพลิงถ่านหินลิกไนต์ แก๊สธรรมชาติ และ ถ่านหินลิกไนต์ ซึ่งต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศในปริมาณที่สูงขึ้นทุกปี ลักษณะเช่นนี้หากประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศไม่ดี ย่อมทำให้ค่าใช้จ่ายและสัดส่วนพลังงานนำเข้ามีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจมีผลกระทบร้ายแรงต่อเศรษฐกิจของประเทศได้ เพื่อที่จะจัดการกับปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างไม่มีประสิทธิภาพ รัฐบาลได้กำหนดนโยบายและมาตรการหลายประการออกมา เพื่อป้องกันความไม่มีประสิทธิภาพ ในการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ที่สำคัญ ๆ คือการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน การให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า การออกกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน การจัดตั้งกองทุนอนุรักษ์พลังงาน การส่งเสริมไฟฟ้าเอกชน การปรับปรุงอัตราค่าไฟฟ้าและระเบียบหลักเกณฑ์และการลดอัตราอากรนำเข้าเครื่องอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงาน เป็นต้น

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย มีอาคารเรียนและอาคารปฏิบัติการรวมทั้งสิ้น 10 อาคาร แต่ละอาคารมีการติดตั้งเครื่องมือวัดค่าพลังงานไฟฟ้า (KWh Meter) และรวมรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการจดบันทึก โดยมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในปี พ.ศ.2563 ดังภาพที่ 1 และร้อยละปริมาณการใช้ไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในปี พ.ศ.2563 ดังภาพที่ 2 [1]



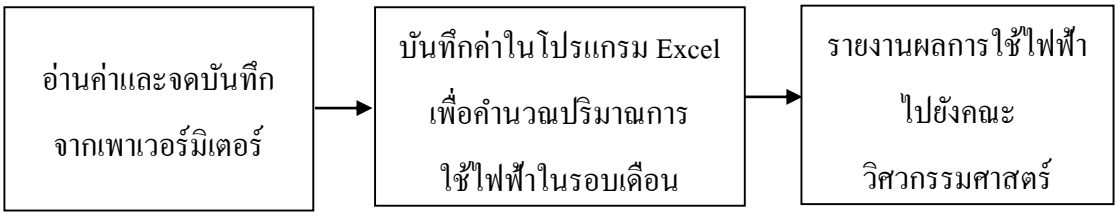
ภาพที่ 1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในปี พ.ศ.2563



ภาพที่ 2 แสดงร้อยละปริมาณการใช้ไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในปี พ.ศ.2564

จากหลักเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า ปี 2558 การแยกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าตามที่การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดไว้ ในการคิดอัตราค่าไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จัดอยู่ในผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง โดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์ ดังนั้น อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU) นอกจากจะต้องชำระค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) แล้ว ยังต้องชำระค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (Demand Charge) ในแต่ละเดือน โดยคิดความต้องการกำลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ในช่วงเวลา On Peak ในรอบเดือน ในอัตรา 132.93 บาทต่อกิโลวัตต์

จากภาพที่ 2 พบว่า อาคารศรีวิศววิทยามีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดร้อยละ 23.43 ซึ่งมีกระบวนการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าในปัจจุบันดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้า

จากภาพที่ 3 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าในปัจจุบันคือ เมื่อวิเคราะห์จากองค์ประกอบของค่าไฟฟ้า จากการจดบันทึกทำให้ทราบเฉพาะค่าพลังงานไฟฟ้า (KWh) โดยสรุปในแต่ละเดือน แต่ไม่สามารถตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาได้ตามหลักเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า ตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU) และไม่สามารถตรวจสอบข้อมูลการใช้การใช้พลังงานไฟฟ้าแสดงค่าแบบทันทีทันใด (Real time) ได้ และเนื่องจากในระยะการทำวิจัยอยู่ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ทำให้ไม่มีการเรียน การสอน ไม่มีการใช้อาคารจึงไม่สามารถเก็บข้อมูลในช่วง On-Peak ได้ ผู้วิจัยจึงศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak

ดังนั้น จึงเป็นที่มาของแนวความคิดการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพใน

การบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าและการวางแผนเพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานของคน และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ดังนี้

กันตภณ มะหาหมัด และคณะ (2559) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว ได้นำเสนอการพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่ให้ความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า โปรแกรมนี้ได้รับออกแบบและพัฒนามาจากโปรแกรมแลบวิว จากนั้นทำการทดสอบเปรียบเทียบกับ เครื่องมือวัดมาตรฐานก่อนที่จะประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้วัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าและตรวจสอบติดตามข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายได้ โดยมีความผิดพลาดในการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง -0.05 ถึง +0.20 และ -0.55 ถึง +3.75 ตามลำดับ ซึ่งมีความถูกต้องแม่นยำสูงและมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุดตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ สามารถนำไปใช้ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2]

กุลนันท์ ศรีเจริญ (2559) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้ระบบนิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี เพื่อใช้พยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak demand) โดยการทดลองสร้างตัวแบบจาก 5 ปัจจัย แบ่งเป็นการฝึกสอนและทดสอบตัวแบบ ANFIS ด้วยอัลกอริทึม การเรียนรู้แบบไฮบริด ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีแบคพรอพพาเกชัน โดยใช้ฟังชันก์ความเป็นสมาชิกแบบเกาส์เซียนและแบบระฆังคว่ำ วัดประสิทธิภาพค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผิดพลาดสมบูรณ์ (MAPE) และวัดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ผลจากการศึกษา พบว่า ตัวแบบที่ใช้ฟังชันก์ความเป็นสมาชิกแบบเกาส์เซียนให้ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผิดพลาดสมบูรณ์น้อยที่สุด เท่ากับ 0.003 % จากผลการพยาการณ์ดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณการใช้ไฟฟ้าเพื่อบริหารจัดการพลังงานต่อไป [3]

เจษฎา ขจรฤทธิ์และคณะ (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยพัฒนาระบบต้นแบบการควบคุมระบบ ส่องสว่างในครัวเรือนจากสมาร์ทโฟน ระบบดังกล่าวประกอบด้วยสามส่วนได้แก่ แอปพลิเค

ชัน Android, บริการ NETPIE และ หน่วยควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์ ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านสมาร์ทโฟนได้จากทุกที่ที่สามารถเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ต การควบคุมสามารถ ทำได้ทั้งระบบทัชสกรีนและการสั่งงานด้วยเสียง ผลงานวิจัยชิ้นนี้เป็นต้นแบบเพื่อนำไปสู่การพัฒนา ผลิตภัณฑ์สำหรับบ้านอัจฉริยะและเพื่อตอบโจทย์ความต้องการในยุคไทยแลนด์ 4.0 [4]

ศิริวรรณ เอี่ยมบัณฑิต (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ระบบบ้านอัจฉริยะควบคุมด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย เซ็นเซอร์ และแอนดรอยด์แอปพลิเคชันภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง โดยนำตัวตรวจจับอินฟราเรดมาช่วยในการตรวจจับความเคลื่อนไหวพร้อมกับนำระบบเครือข่ายไร้สาย และ สมาร์ทโฟนมาช่วยใน
การควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องพักอาศัย ซึ่งระบบจะทำการวัดค่าพลังงาน ที่อุปกรณ์ไฟฟ้าใช้แล้วนำผลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในสถานที่พักอาศัยมาประมวลผลเป็นค่าไฟฟ้าที่ ต้องจ่าย จากการวิจัยพบว่าสามารถช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานซึ่งถือว่า มีประสิทธิภาพและ สามารถนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์แนวทางในการนำไปใช้ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อไป [5]

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage: V),
ค่ากระแสไฟฟ้า (Ampere : A) ค่ากำลังไฟฟ้า(Electric Power : KW), ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (Kilowatt hour: Kwh) แบบทันทีทันใด (Real Time)

2. วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak

3. เพื่อวางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบการแสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบทันทีทันใด (Real Time) เพื่อได้ทราบช่วงเวลาที่เกิดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า

2. ทราบปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak

3. ได้แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการด้านพลังงานในอนาคต ซึ่งเป็นไปตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ว่าด้วยการนำระบบการบริหารจัดการด้านพลังงานมาใช้ในหน่วยงาน

4. การลดค่าไฟฟ้าของอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1.5 ขอบเขตการวิจัย

การพัฒนาออกแบบระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย มีขอบเขตดังนี้

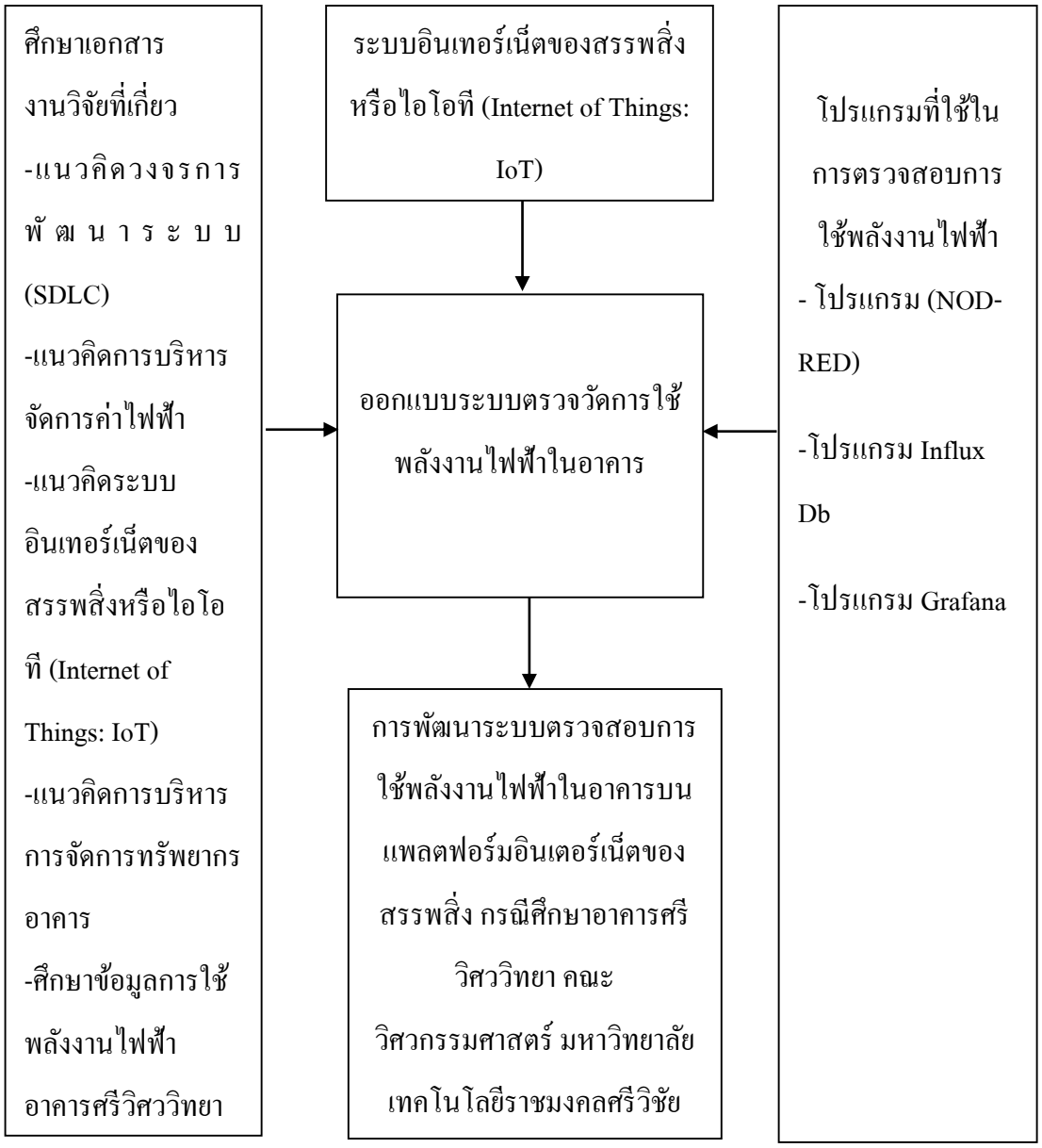
1. ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้า(Voltage), ค่ากระแสไฟฟ้า(Ampere), ค่ากำลังไฟฟ้า(Kw), ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย(Kwh) แบบทันทีทันใด

2. วางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak ในอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย โดยวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak ออกเป็น 6 ระบบ 1. ระบบปรับอากาศ 2. ระบบแสงสว่าง 3.ระบบเน็ตเวิร์กและอินเตอร์เน็ต 4. ระบบดับเพลิงและกล้องวงจรปิด 5. ระบบลิฟต์ และ 6. ระบบอื่นๆในสำนักงาน

3. งบประมาณ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ค่าอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ 30,000 บาท
- ค่าติดตั้งระบบอินเทอร์เน็ต 5,000 บาท
- ค่ารายงานวิจัย 3,000 บาท

1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

การศึกษาเรื่อง ระบบตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (INTERNET OF THINGS: IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางการศึกษา ซึ่งแยกเป็นประเด็นได้ดังนี้

2.1 วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)

2.2 แนวคิดการบริหารจัดการค่าไฟฟ้า

2.3 แนวคิดระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือไอโอที (Internet of Things: IoT)

2.4 แนวคิดการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

2.5 แนวคิดเครื่องมือคุณภาพ (Quality Control Tools)

2.6 แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า

2.1 แนวคิดวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)

วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) วงจรการพัฒนาระบบ คือ กระบวนการทางความคิด (Logical Process) ในการพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อแก้ปัญหาและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้โดยภายในวงจรจะแบ่งกระบวนการพัฒนาออกเป็นระยะ ได้แก่ ระยะการวางแผน (Planning Phase) ระยะการวิเคราะห์ (Analysis Phase) ระยะการออกแบบ (Design Phase) และระยะการสร้างและพัฒนา (Implementation Phase) โดยแต่ละระยะจะประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งแต่ละโครงการพัฒนาระบบจะมีการแบ่งระยะและขั้นตอนในแต่ละระยะแตกต่างกันทำให้ปัจจุบันมีรูปแบบของวงจรการพัฒนาระบบแตกแขนงออกไปมากมาย ขั้นตอนในวงจรพัฒนาระบบ จะช่วยให้นักวิเคราะห์ระบบสามารถดำเนินการได้อย่างมีแนวทางและเป็นนขั้นนตอน แบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอนได้แก่

1) เริ่มต้นและวางแผนโครงการ (Planning Phase) รวบรวมข้อมูล จัดตั้งทีมทำงานเพื่อร่วมกันค้นหา สร้างแนวทางและเลือกทางที่ดีที่สุดในการนำระบบมาใช้งาน

2) วิเคราะห์ระบบ (Analysis Phase) ศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานของระบบเดิมเพื่อหาปัญหาที่เกิดขึ้น รวบรวมความต้องการในระบบใหม่จากผู้ใช้ระบบแล้วนำความต้องการมาศึกษาและวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา

3) การออกแบบ (Design Phase) ทำการออกแบบลักษณะการทำงานของระบบทางเลือกที่ได้ทำการเลือกไว้ โดยระบุถึงคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้เทคโนโลยีโปรแกรมภาษาที่จะนมาใช้เขียนโปรแกรม ฐานข้อมูล ระบบปฏิบัติการ และระบบเครือข่ายที่เหมาะสม

4) พัฒนาและติดตั้งระบบ (Implementation Phase) ทำการเขียนโปรแกรม และนักวิเคราะห์จะทำการตรวจสอบโปรแกรม ตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้น

5) ซ่อมบำรุงระบบ (Maintenance Phase) เป็นนขั้นตอนสุดท้ายของวงจรพัฒนาระบบ (SDLC) หลังจากระบบใหม่ได้เริ่มดำเนินการ ผู้ใช้ระบบอาจจะพบกับปัญหาที่เกิดขึ้นดังนั้นนักวิเคราะห์ระบบจะต้องคอยแก้ไขปัญหาเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้และจนกว่าผู้ใช้จะพอใจ [6]

2.2 แนวคิดการบริหารจัดการค่าไฟฟ้า

จุดประสงค์ของการบริหารจัดการค่าไฟฟ้าทำให้ทราบถึงสภาพการใช้งานจริงของอาคาร คิดวิเคราะห์ ในบริหารจัดการการใช้พลังงานอย่างถูกวิธี เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานของคนและเครื่องจักร สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

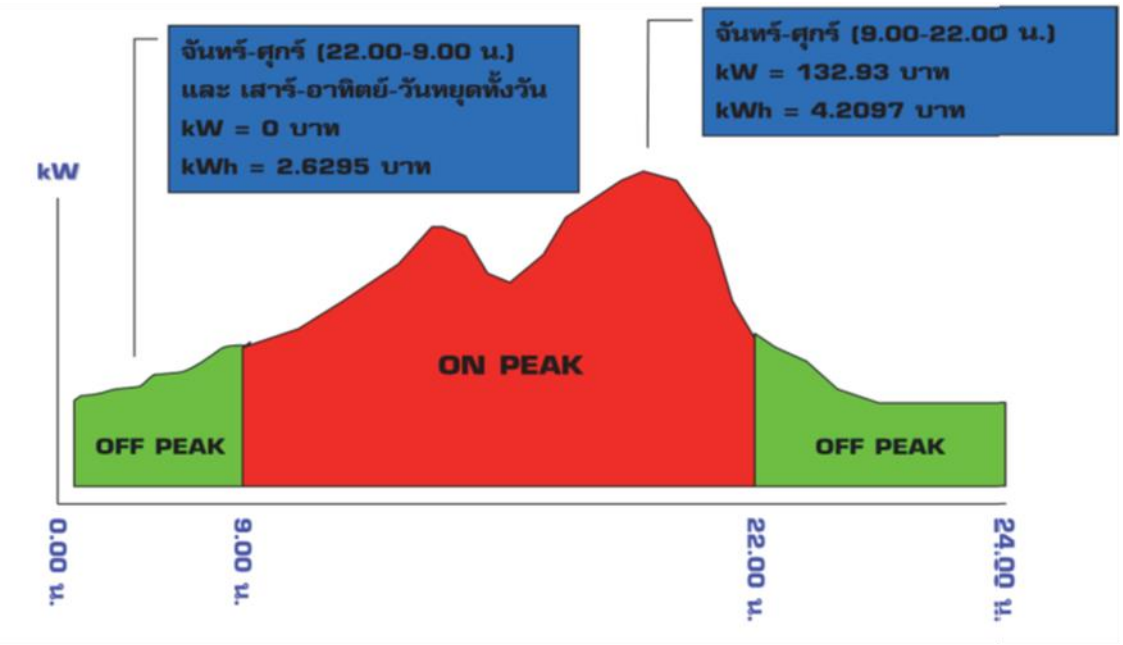
ตามหลักเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า ปี 2558 การแยกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเฉพาะในหัวข้อนี้ขอแบ่งลำดับหัวข้อย่อยตามที่การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดไว้ เพื่อให้หมายเลขของประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าตรงตามในใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า ในการคิดอัตราค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าได้จำแนกผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ [7]

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย
ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก
ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง
ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่
ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง
ประเภทที่ 6 ส่วนราชการ และองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

อาคารศรีวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จัดอยู่ในผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง โดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์ ดังนั้น อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU)

รูปแบบการใช้ไฟฟ้าในอัตราอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU)



ภาพที่ 5 อัตราคำนวณค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU)

อัตรารายเดือน	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	1*	1*	2*	
แรงดันตังแต่ 69 กิโลโวลต์ขึนไป	74.14	4.1025	2.5849	312.24
แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	**132.93**	**4.1839**	**2.6037**	**312.24**
แรงดันตำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	4.3297	2.6369	312.24

หมายเหตุ 1*On Peak : เวลา 09.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

2*Off Peak : เวลา 22.00-09.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

: เวลา 00.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ และวันหยุดตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

2..2.1 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า ค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งปรากฏอยู่ในใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) คิดตามปริมาณการใช้ไฟฟ้า (ตามหน่วยหรือกิโลวัตต์ -ชั่วโมง) ที่ใช้ในแต่ละเดือน ตามประเภทของอัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (Demand Charge) คิดจากความต้องการกำลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peak ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้งตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ และกิจการเฉพาะอย่าง ในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าตัวประกอบกาลัง (Power Factor) ล้าหลัง (Lag) โดยถ้าในรอบเดือนมีความต้องการกาลังไฟฟ้ารีแอ็กตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการกำลังไฟฟ้าแอ็กตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท

ค่าบริการรายเดือน

บริการเกี่ยวกับเครื่องวัด และการทำใบเสร็จรับเงิน

ค่าตัวประกอบการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ หรือที่เรียกกันสั้นๆ ว่าค่า Ft เป็นค่าไฟฟ้าที่ปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามภาวะต้นทุนการผลิต การจัดส่ง และการจำหน่าย

ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากปัจจัยที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของการไฟฟ้าทั้งฝ่ายผลิตและฝ่ายจาหน่าย ได้แก่การเปลี่ยนแปลง

ของค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงและค่าซื้อไฟฟ้าการเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศการเปลี่ยนแปลงของอัตราเงินเฟ้อ การเปลี่ยนแปลงของความต้องการไฟฟ้า

Ft เดิม หมายถึง Fuel Adjustment Charge หรือการปรับค่าไฟฟ้าตามราคาเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้า ปัจจุบันกาหนดให้มีความหมายกว้างขึ้น คือ Energy Adjustment Charge ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต การจัดส่งและการจาหน่ายไฟฟ้า ส่วนตัว t (Subscript) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 2535 ในระยะแรกมีการปรับทุกเดือน ปัจจุบันจะทาการปรับ 4 เดือนต่อครั้ง

ภาษีมูลค่าเพิ่ม

ในอัตราร้อยละ 7ของค่าไฟฟ้าทั้งหมด

ดังนั้น

ค่าไฟฟ้า = [ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด + ค่าพลังงานไฟฟ้า On Peak + ค่าพลังงานไฟฟ้า Off Peak + ค่าบริการ+ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ + ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)] x [ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)]

2.2.2 การวิเคราะห์ระบบปรับอากาศ

EER (Energy Efficiency Ratio) หมายถึง อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศคือ ค่าทีใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศว่าดีหรือไม่อย่างไร มีหน่วยเป็น (btu/hr.)/W คือ อัตราส่วนของความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถกระทำได้จริง (Output)กับกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศนั้นต้องใช้ในการทำความเย็น (Input) เครื่องปรับอากาศที่มีค่า EERยิ่ง สูง ก็แสดงว่าเครื่อองปรับอากาศเครื่องนั้นนยิ่ง มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานมากขึ้น [8]

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio)

$$EER = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น } (btu/h)}{\text{กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ของ Compressor } (kW)}$$

ตารางที่ 1 แสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER)

เบอร์	**EER**	**เกณฑ์การประหยัด**
5	มากกว่า 10.6	ดีมาก
4	9.6-10.6	ดี
3	8.6-9.6	ปานกลาง
2	7.6-9.6	พอใช้
1	ต่ำกว่า 7.6	ต่ำ

2.2.3 การวิเคราะห์การจัดการระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

จุดประสงค์ การจัดการระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อให้ทราบถึงการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างที่ให้ทั้งความสวยงาม ส่องสว่าง ค่าแสงสว่างตามเกณฑ์ รวมถึงเทคโนโลยีหลอดไฟแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง
และมาตรการในการปรับเปลี่ยนหลอดไฟ [8]

$$\text{ประสิทธิผลของการส่องสว่าง (Light Efficiency)} = \frac{\text{ปริมาณแสงหรือลูเมน } (\text{lm})}{\text{กำลังไฟฟ้า } (\text{W})}$$

ดังนั้น หลอดที่มีค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างสูง หมายถึงหลอดที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามาก เพราะกินกำลังงานไฟน้อย แต่ให้ปริมาณแสงเท่ากัน ดังภาพที่ 6

คุณสมบัติของหลอดไฟฟ้า

ชนิดของหลอดไฟ	ช่วงกำลังที่มี (วัตต์)	คุณสมบัติของหลอด			
		ปริมาณแสงที่ให้ (ลูเมน, lm)	ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (ลูเมน/วัตต์, lm/W)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	ราคาขายปลีก (บาท)
1.หลอดไส้ธรรมดา	25.00	230.00	9	1,000.00	18.00
2.หลอด Compact	50.00	1,100.00	22	2,000.00	59.00
3.หลอด par	18.00	1,620.00	90	30,000.00	300.00
4.หลอดฟลูออเรสเซนต์					
- รุ่นมาตรฐานชนิดตรง (T8) TL-D 36W Daylight	36.00	2,600.00	72	13,000.00	52.00
- รุ่นซูเปอร์ 80 (TL-D Super80 36W) Daylight	36.00	3,250.00	90	15,000.00	95.00
- รุ่นซูเปอร์จิ๋ว (TL-5 28W) Daylight	28.00	2,500.00	89	15,000.00	90.00
5. หลอด LED ชนิดตรง (T8)	18.00	2,100.00	110	40,000.00	980.00

ที่มา : Philips Price List

ภาพที่ 6 ชนิดและคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้า

2.3 แนวคิดระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือไอโอที (Internet of Things: IoT)

2.3.1 ความหมายระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือไอโอที (Internet of Things: IoT)

ประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย (2559) สำหรับอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งนั้นมีคำสำคัญสองคำคือคำว่า “Internet” ก็คือ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ขนาดใหญ่ ที่เชื่อมต่อและสื่อสารจากคอมพิวเตอร์เครื่อง หนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งได้ หรือจากเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หนึ่งไปยังอีกเครือข่ายคอมพิวเตอร์หนึ่งได้ ส่วนคำว่า “Thing” นั้นหมายถึง สรรพสิ่งทุกอย่าง วัตถุหรือสิ่งของ อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ โทรทัศน์ โต๊ะ เก้าอี้ ปากกา ดินสอ เสื้อผ้า รองเท้า ฯลฯ [9]

Rajkumar Buyya, Amir Vahid Dastjerdi (2016) อธิบาย เกี่ยวกับ Internet of Things สรุปได้ว่า เป็นกระบวนทัศน์ (วิธีคิด วิธีปฏิบัติตัวแบบ รูปแบบ กรอบแนวความคิด และ แนวทางการศึกษา) ที่ว่าด้วยการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มาใช้ประโยชน์ให้สามารถเชื่อมต่อกับมนุษย์ได้ โดยอาศัยโครงสร้างพื้นฐานทางการสื่อสารโทรคมนาคมหรืออินเทอร์เน็ต เพื่อการใช้ประโยชน์จากทรัพยากร

ให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด รวมทั้งการบริการและเสริมสร้างคุณภาพชีวิตของมนุษย์ เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ ตู้เย็น กล้องถ่ายภาพและ เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ที่เชื่อมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่ง กระบวนทัศน์นี้จะนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมจะสร้าง ให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ กับมนุษย์สามารถทำได้ ง่ายขึ้น สะดวกขึ้น [10]

Robert Lutz (2016) ได้อธิบายเกี่ยวกับ Internet of Things ว่าเป็นระบบที่จะเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของมนุษย์ โดยเป็นระบบที่ให้วัตถุหรือสิ่งของสามารถสื่อสาร เชื่อมต่อ กับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรอื่น ๆ ได้ [11]

กลุ่มแอดวานซ์รีเสิร์ช (2559) ได้ให้ความหมาย Internet of Things คือ สภาพแวดล้อมอันประกอบด้วย สรรพสิ่งที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันได้ผ่านโพรโทคอ ลการสื่อสารทั้งแบบใช้สายและไร้สาย โดยสรรพสิ่งต่าง ๆ มีวิธีการระบุตัวตนได้ รับรู้บริบทของสภาพแวดล้อมได้ และ มีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบและทำงานร่วมกันได้ ความสามารถใน การสื่อสารของสรรพสิ่งนี้จะนำไปสู่นวัตกรรมและบริการ ใหม่อีกมากมาย ตัวอย่างเช่น เซ็นเซอร์ภายในบ้านตรวจ จับการเคลื่อนไหวของผู้อยู่อาศัย และส่งสัญญาณไปสั่ง เปิด-ปิดสวิตช์ไฟตามห้องต่าง ๆ ที่มีคนหรือไม่มีคนอยู่ อุปกรณ์วัดสัญญาณชีพของผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุและส่งข้อมูล ไปยังบุคลากรทางการแพทย์ หรือส่งข้อความเรียกหน่วย กู้ชีพหรือรถฉุกเฉิน เป็นต้น CAT Telecom (บริษัท กสทช โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)) ได้อธิบายเกี่ยวกับ Internet of Things ว่าเป็น แนวคิดของการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ ให้สื่อสารกันได้เอง เพื่อช่วยให้การทำงานของ มนุษย์มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจุบันอุปกรณ์ หรือวัตถุต่าง ๆที่อยู่รอบตัวเรา เช่น โทรศัพท์ ทีวี ตู้เย็น รถยนต์ ฯลฯ ต่างมีความสามารถหรือมีความฉลาด (Smart) สามารถทำงานได้หลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความสามารถในการการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตเพื่อติดต่อ กับระบบภายนอก และสามารถประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ ได้ โดย เทคโนโลยีที่จะทำให้สิ่งของสามารถเชื่อมต่อและสื่อสาร กันได้นั้น เช่น RFID (Radio Frequency Identification) และ Sensors โดยที่อุปกรณ์เหล่านี้จะประกอบเข้ากับสิ่งของ ต่าง ๆ พร้อมทั้งสามารถทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ให้ สามารถส่งข้อมูลเพื่อคิดคำนวณ และแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ ซึ่งประโยชน์มากมายใน
เรื่องการบริหารต้นทุน โดยเฉพาะ อย่างยิ่งในธุรกิจการขนส่งสินค้า การควบคุมการผลิตใน โรงงาน การขายปลีกในห้าง รวมไปถึงการรักษาความ ปลอดภัยในสนามบิน หรือการควบคุมการเคลื่อนไหวของ สินค้า หรือการป้องกันการลักขโมยสินค้าในห้าง ดังนั้น Internet of Things จึงเป็นแนวคิดที่อธิบายความเปลี่ยนแปลง ของนวัตกรรมด้านการเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งประกอบ ด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ระบบโทรคมนาคม และระบบ มวลชน ที่จะทำให้ทุกสรรพสิ่ง ของทุกอย่าง

ในสภาพแวดล้อม ทั่วไปของมนุษย์ ให้สามารถสื่อสารหรือเชื่อมต่อกับวัตถุหรือ สรรพสิ่ง ให้สามารถตรวจสอบ ควบคุม สั่งการ หรือประมวลผลในการเก็บรวบรวมและแลกเปลี่ยนข้อมูลต่าง ๆ กันได้ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ด้วยการฝั่งเซ็นเซอร์และเชื่อมต่อ กับสรรพสิ่งหลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักรดิจิตอล เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้า วัตถุสิ่งของ สัตว์ หรือ มนุษย์ และการระบุตัวตนให้สามารถสั่งการควบคุมใช้งาน อุปกรณ์ เก็บรวบรวมข้อมูล สื่อสาร แลกเปลี่ยน หรือการ ถ่ายโอนข้อมูล ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งแตกต่างจาก สื่อสารแบบเดิมที่เป็นแบบมนุษย์กับมนุษย์ หรือมนุษย์กับ คอมพิวเตอร์เท่านั้น โดยเป็นวิวัฒนาการมาจากการหลอม รวมกันของเทคโนโลยีต่าง ๆ ดังนี้ [12]

Tom Bradicich (2015) ได้อธิบายหลักการสำคัญ ของ Internet of Things คือ “ข้อมูล” ซึ่งข้อมูลในที่หมาย ถึง สิ่งที่มีอยู่ทั่วไปรอบ ๆ ตัวเรา มีอยู่ในธรรมชาติ มีอยู่ ในทุก ๆ ที่ทั่วโลกจำนวนมากหรือที่เรียกว่า Big Analog Data เช่น แสง เสียงอุณหภูมิแรงดันไฟฟ้าสัญญาณวิทยุ ความชื้น การสั่นสะเทือนความเร็วลม การเคลื่อนไหว อัตรา เร่ง อนุภาค คลื่นแม่เหล็ก ความดัน เวลาและสถานที่ ฯลฯ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีอยู่จำนวนมาก ถึงแม้ว่าข้อมูลเหล่านี้จะ ถูกมองว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานทั่วไปที่มีมานานแล้ว แต่มัน เป็นความท้าทายที่สำคัญสำหรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ ที่จะ นำข้อมูลเหล่านี้มาให้อยู่ในรูปของดิจิตอล ที่มีอยู่เพียงสองค่า 0 และ 1 โดยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มานั้นจะมีการเชื่อม ต่อหรือประสานกันอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาผ่านระบบการ สื่อสารระบบใดระบบหนึ่ง (อินเทอร์เน็ต) โดยครอบคลุม การทำงานใน 3 ลักษณะ คือ [13]

1) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถสังเกตการณ์ได้ (Monitor) หมายถึง Internet of Things จะต้องสามารถตรวจสอบ สังเกตการณ์ รายงาน นำเสนอข้อมูลต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ตลอดเวลาได้ และข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลทันสมัยในเวลาจริง (Real time) เช่น ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลอุณหภูมิความชื้นของห้องนอนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลา หรือผู้ใช้ สามารถเฝ้าเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในบ้าน สำนักงาน หรือที่ใดก็ได้ที่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ คำว่า Real time ในความหมายของ Internet of Things จะแตกต่างจากความหมายทั่วไปที่เข้าใจกัน คือ เวลาจริงของข้อมูลที่ได้จาก Internet of Things นั้นจะเกิดกับอุปกรณ์ ตรวจจับ (Sensor) เมื่อมีการรับ-ส่งข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้ จะเกิดขึ้นที่อุปกรณ์ตรวจจับและส่งกลับมาที่อุปกรณ์สื่อสาร โดยตรง ไม่ใช่ที่ระบบเครือข่ายหรือระบบคอมพิวเตอร์ที่ จะเป็นตัวส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์สื่อสาร

2) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการบำรุงรักษาดูแล (Maintain) เนื่องจากผู้ใช้สามารถตรวจสอบหรือ สังเกตการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ตลอด เวลา ผู้ใช้จึงอาจพบข้อมูลบางอย่างที่ต้องการ หรือเหตุการณ์ ใดเหตุการณ์หนึ่งที่เป็นปัญหา จึงต้องการทำการบันทึก

แก้ไข ปรับปรุง อัพเกรด ดังนั้น Internet of Things จึงจะต้อง สามารถช่วยเหลือผู้ใช้ได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการได้

3) เพื่อให้เกิดแรงกระตุ้นหรือสร้างความสนใจให้ กับผู้ใช้ (Motivate) ด้วยการติดต่อหรือเชื่อมต่อกับผู้ใช้ ตลอดเวลา จึงทำให้ Internet of Things สามารถกระตุ้น หรือจูงใจผู้ใช้งาน เช่น สามารถทำให้ลูกค้าตัดสินใจซื้อสินค้า หรือทำให้บุคลากรในหน่วยงานได้ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง

Internet of Things หรือ IoT เป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสาร และทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นอัตโนมัติทั้งยังเป็นผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลากหลายยิ่งขึ้น ควบคุมอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น IoT อาจถือเป็นแนวคิดใหม่ที่มีการ กล่าวถึงไม่นานมานี้ แต่ IoT เป็นผลสืบเนื่องของการพัฒนาระบบ อินเทอร์เน็ต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ การสร้างโครงข่ายเพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานแตกต่างกันให้สามารถสื่อสารกันได้ โดย IoT จะ เปิดโอกาสให้มีการเชื่อมต่อในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น และรองรับอุปกรณ์ที่ พัฒนาโดยผู้ผลิต ที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกันมากกว่าเดิม ในปัจจุบันสามารถจัดกลุ่มการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับ โครงข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ตามรูปแบบดังต่อไปนี้

การเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์สื่อสารระยะสั้น (Short-Range Devices) เป็นรูปแบบการ เชื่อมต่ออุปกรณ์ในระยะสั้นมากโดยใช้กำลังส่งต่ำมากเหมาะการสื่อสารในพื้นที่ครอบคลุมขนาดเล็ก ซึ่งอยู่ในลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ (peer-to-peer) หรือ การเชื่อมต่อแบบโครงข่ายก็ได้ ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าวได้แก่ Wi-Fi, Bluetooth, Z-Wave, ZigBee ฯลฯ)

การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นรูปแบบการให้บริการที่มีพื้นที่ครอบคลุมกว้าง โดยอาศัย การเชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่องลูกข่าย IoT เข้ากับโครงสร้างพื้นฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีอยู่แล้ว ตัวอย่างของการ เชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าวได้แก่ เทคโนโลยี NB-IoT และ LTE-M

การเชื่อมต่อผ่านโครงข่าย LPWAN เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายกำลังส่งต่ำบริเวณกว้าง Low Power Wide Area Network (LPWAN) โดยเน้นใช้งานในลักษณะการสื่อสารแบบ Narrow Band หรือ Ultra Narrow Band ที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำมาก ประหยัดพลังงานมาก และมีราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยที่ต่ำ ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าวได้แก่ LoRaWAN, SigFox, และ Ingenu ฯลฯ

การเชื่อมต่อผ่านข่ายสื่อสารดาวเทียม ซึ่งมีเหมาะสมกับการใช้งานที่มีพื้นที่ครอบคลุมการให้บริการที่กว้างมาก แต่การเชื่อมต่อดังกล่าวจะมีระยะเวลาการตอบสนอง (latency) ที่ช้ากว่าการเชื่อมต่อรูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากระยะเวลาที่สัญญาณเดินทาง ไป-กลับ ระหว่างอุปกรณ์สื่อสารภาคพื้น โลกและดาวเทียม

10.3.2 การประยุกต์ใช้งาน Internet of Things

การเกษตรแม่นยำ (Precision Farming) การเกษตรแม่นยำอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบเซ็นเซอร์ที่วัดความชื้น ปริมาณแสงแดด อุณหภูมิ ระบบ ฐานข้อมูลพืช และระบบให้น้ำปรับปริมาณแสง และระบบปรับอุณหภูมิ ที่ทำงานสอดคล้องกันเพื่อสร้างสภาวะ แวดล้อมที่เหมาะสมต่อ การเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด และแม่นยำที่สุด ระบบดังกล่าวนอกจากจะช่วยให้เกษตรกรประหยัดและใช้ทรัพยากรเท่าที่จำเป็น ยังช่วยให้เกษตรกรสามารถประมาณการช่วงเวลาเก็บเกี่ยวและ ปริมาณพืชผลที่จะได้อีกด้วย เช่น ของการรวบรวมและประมวลผลปริมาณความชื้นในพื้นที่เพาะปลูกที่เก็บจากโครงข่ายของเซนเซอร์ในระบบ Precision Farming ที่ช่วยเฝ้าระวังความชื้นและความแห้งแล้ง โดยพื้นที่สีฟ้าแสดงพื้นที่ที่มีความชื้นสูง พื้นที่สีเขียวแสดงพื้นที่ที่มีความชื้นต่ำ ซึ่งช่วย การแสดงผลดังกล่าวจะให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจได้ดีขึ้นมนการควบคุมปริมาณน้ำ

อินเทอร์เน็ตอุตสาหกรรม คือ โครงข่ายข้อมูลขนาดใหญ่ที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ เครื่องจักร เครื่องวัด และระบบการควบคุมในระบบอุตสาหกรรมเข้าด้วยกัน การส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายจะช่วยให้ อุปกรณ์และระบบต่างๆมีการทำงานที่แม่นยำ สามารถทำงานสอดคล้องกันได้โดยไม่ต้องการการเก็บ ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของเครื่องจักรเช่น อุณหภูมิ การสั่น การหมุน นอกจากจะช่วยตรวจสอบความ ผิดปรกติของเครื่องจักรได้ ยังช่วยใช้
คาดการณ์เวลาที่ จำเป็นต้องเปลี่ยนอะไหล่ของอุปกรณ์เมื่อถึง เวลาเสียได้ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอะไหล่ใหม่โดยไม่จำเป็นได้ นอกจากนี้การเชื่อมต่อ ข้อมูลระหว่างร้านสะดวกซื้อ ระบบโลจิสติกส์ และโรงงาน จะช่วยให้สามารถ บริหารการผลิตและ กระจายสินค้าให้ได้ป ระสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งประเทศไทยในฐานะที่มีสัดส่วนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมที่สูง จะมีโอกาสได้ประโยชน์จากการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนที่ไม่จำเป็น

ระบบคมนาคมและการจัดการโลจิสติกส์โครงข่าย IoT จะเข้ามามีส่วนช่วยในการพัฒนาระบบคมนาคมและการจัดการโลจิสติกส์โดยช่วยสนับสนุนให้มีการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างยานพาหนะด้วยกัน หรือ ระหว่างยานพาหนะและระบบควบคุมการจราจรอื่น เช่น ระบบสัญญาณการจราจร ระบบข้อมูลสภาพจราจร หรือ การนำเอาระบบดังกล่าวมาใช้กับระบบขนส่งมวลชนที่จะช่วยให้การบริการมีความปลอดภัย สะดวก และตรงเวลามากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การนำระบบดังกล่าว

ไปใช้ในการขนส่งสินค้า จะทำให้สามารถทราบตำแหน่งยานพาหนะ ทราบสถานการณ์รับ-ส่งสินค้า อันส่งผลให้การจัดการสินค้าคงคลังมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างของการใช้งานระบบติดตาม ยานพาหนะ ในประเทศไทย

ระบบการจัดการพลังงานและสาธารณูปโภค (Utility Management) ระบบการจัดการพลังงานและสาธารณูปโภคที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีการตรวจวัดที่แม่นยำการประมวลผลในภาพรวม และการประมาณการที่มีความเชื่อถือได้ ระบบ IoT จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในลักษณะการตรวจวัดระยะไกล (telemetry) เช่น ระบบ smart meter ซึ่งมีความสามารถในการวัดปริมาณการใช้สาธารณูปโภค หรือวัดคุณภาพสาธารณูปโภค ก่อนจะส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังหน่วยประมวลผลกลาง เพื่อใช้ในการ วิเคราะห์ในภาพรวมต่อไป ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานประเภทนี้ คือ บริหารจัด การพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ระบบ โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (smart grid) ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณการ ใช้งานพลังงานไฟฟ้า และรวบรวมข้อมูลเพื่อ ประมาณการค่าอุปสงค์ (demand forecast) การใช้ ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการควบคุม การจ่ายไฟฟ้า การวางแผนสร้างโรงไฟฟ้า จัดการแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า และการคิดราคาค่าไฟฟ้าแบบสอดคล้องกับค่าอุปสงค์-อุปทาน

ระบบสาธารณสุขอัจฉริยะ (Smart Health) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อระบบสาธารณสุขอัจฉริยะสามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ IoT ที่เก็บ ข้อมูลสุขภาพ และสัญญาณทางร่างกาย (bio signals) เช่น สัญญาณชีพจร ความดันโลหิต คุณภาพการนอน การเคลื่อนที่ การหายใจ ผ่านการใช้อุปกรณ์สวมใส่ (wearable devices) เพื่อรวบรวมและประมวลผลออกมาเป็น ข้อมูลสุขภาพ และอาการเจ็บป่วย ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลการเจ็บป่วยที่มีประโยชน์ต่อการวินิจฉัยก่อนที่คนไข้ มาถึง การดูแลของแพทย์ การคาดการณ์และการวินิจฉัยการเจ็บป่วยล่วงหน้า (predictive diagnostic) การแจ้งเตือน การเจ็บป่วยทันที และระบบติดตามการแพร่กระจายของโรค ซึ่งข้อมูลและค่าสถิติการเจ็บป่วยและสุขภาพของ กลุ่มประชาชนโดยรวมจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนทาง สาธารณสุข

2.3.3 ประโยชน์ของ Internet of Things

เมื่อ Internet of Things เริ่มเข้ามามีอิทธิพลในชีวิต ประจำวันเพิ่มมากขึ้น ย่อมส่ง ผลใน 3 ระดับคือ [13]

1) ระดับบุคคล (Personal Use) โดย Internet of Things จะเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิตของทุกคน การสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำได้ง่าย ข้อมูล จำนวนมาก จะส่งตรงไปยังผู้ใช้ การอำนวยความสะดวก ในการใช้งานและบริการการต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

เช่น สามารถส่งข้อมูลความดันโลหิต ระดับน้ำตาลใน เลือด หรือข้อมูลอื่น ๆ ที่หมอต้องการ ที่ได้จากการเครื่อง วัดสุขภาพ ที่เป็นอุปกรณ์คอยติดตามและรายงานความ เปลี่ยนแปลงทางสุขภาพต่างๆ ของแต่ละบุคคลได้ หรือ เซนเซอร์ที่ติดอยู่บนรถเมื่อประสบอุบัติเหตุจะส่งข้อมูล ไปยังรถฉุกเฉิน เพื่อแจ้งเตือนไปยังการเกิดอุบัติเหตุ และ ทำการค้นหาผ่านระบบตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ นอกจาก นี้ Internet of Things จะนำไปสู่ “สมาร์ทโฮม (Smart home)” หรือบ้านอัจฉริยะ ที่สามารถปรับอุณหภูมิ เปิด-ปิด ไฟภายในบ้าน เปิด-ปิดประตูโรงรถได้ผ่านทางโทรศัพท์มือถือ หรือตู้เย็นที่สามารถติดตาม รายงานข้อมูลอาหารที่อยู่ภายในตู้เย็นได้

2) ระดับรัฐบาล (Government Use) การเข้ามา ของเทคโนโลยี Internet of Things นำไปสู่แผนและกลยุทธ์ ในการพัฒนาประเทศของหลาย ๆ ประเทศ ที่ต้องปรับ เปลี่ยนยุทธศาสตร์หรือนโยบายโดยนำเอาแนวคิด Internet of Things มาเป็นเครื่องมือในการนำประเทศไปสู่ “Smart cities” ขึ้น เพื่อช่วยให้การบริหารจัดการทรัพยากรต่าง ๆ ด้วยสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่าย ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ตัวอย่างเช่น ประเทศสิงคโปร์ ได้ ทำใช้ระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะกับรถแท็กซี่ เพื่อ ให้รถแท็กซี่ส่งข้อมูลรายงานสภาพการจราจรบนท้องถนน โดยมีเซ็นเซอร์ที่คอยจัดส่งข้อมูลไปยังศูนย์กลางของเครือ ข่ายและการวิเคราะห์ทำนายรูปแบบการจราจร และควบคุม สัญญาณไฟจราจรเพื่อปรับเปลี่ยนเส้นทางให้สอดคล้องกับ สภาพการจราจร สำหรับประเทศไทย กำลังมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง เศรษฐกิจไปสู่ “Value-Based Economy” หรือเศรษฐกิจที่ ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม เปลี่ยนการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ไป สู่สินค้าเชิงนวัตกรรม เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วย อุตสาหกรรม ไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม และเปลี่ยนจากการเน้นภาคการ ผลิตสินค้าภาคบริการมากขึ้น ที่เรียกว่า “ประเทศไทย 4.0” โดยแนวคิดนี้เป็นการมุ่งพัฒนาวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม ด้วยการวิจัย

และพัฒนา ในด้านต่าง ได้แก่ ด้านอาหาร เกษตร และ เทคโนโลยีชีวภาพ ด้านสาธารณสุข สุขภาพ และเทคโนโลยี ทางการแพทย์ ด้านเครื่องมืออุปกรณ์อัจฉริยะ หุ่นยนต์ และระบบเครื่องกลที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งด้าน ดิจิตอล ปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว และเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตที่เชื่อมต่อและบังคับอุปกรณ์ ต่างๆ (Internet of Things) จากนโยบายดังกล่าวย่อม ทำให้ทุกภาคส่วนต้องขับเคลื่อนนโยบายไปสู่การปฏิบัติ ให้ได้ ซึ่งทางด้านการศึกษาเป็นภาคส่วนหนึ่งที่สำคัญที่จะ ทำให้การ Internet of Things สามารถเข้าถึงและเป็นจริง ได้ ด้วยการเตรียมความพร้อมทั้งการผลิตคนและการผลิต นวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสู่การใช้งาน Internet of Things

3) ระดับโลก (Global Use) เป็นผลจากพฤติกรรม การใช้อินเทอร์เน็ตของคนทั่วโลก ส่งผลให้การพัฒนา Internet of Thing มีพัฒนาการอย่างรวดเร็ว ทุกคนทั่วโลก สามารถเข้าถึงบริการ Internet of Thing ได้จากเครือข่าย ทั่วโลก จากผลการสำรวจสถิติการใช้อินเทอร์เน็ตของ InternetLiveStats.com (เมื่อวันที่ 29 กันยายน 2559) จำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ตทั่วโลก มีจำนวนที่เพิ่มขึ้นกระจายไป ทั่วทุกประเทศ อันดับหนึ่งคือสาธารณรัฐประชาชนจีน มีผู้ใช้ อินเทอร์เน็ตสูงถึง 721,434,547 คน สำหรับประเทศไทย อยู่ในอันดับที่ 24 จำนวนผู้ใช้ทั้งหมด 29,078,158 คน (กรกฎาคม 2559) คิดเป็นร้อยละ 42.7 ของประชากร ทั้งหมด 68,146,609 คน คิดเป็นสัดส่วนผู้ใช้ทั่วโลกร้อยละ 0.8 จากผู้ใช้อินเทอร์เน็ตทั้งโลก 3,424,971,237 คน

2.3.4 ความเสี่ยงจากระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง

จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการทำธุรกรรม หรือ การติดต่อสื่อสารจึงก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อภัยคุกคามและการก่ออาชญากรรมทาง คอมพิวเตอร์ที่สามารถส่งผลกระทบในวงกว้างได้อย่างรวดเร็วและมีความรุนแรงมากขึ้น องค์กร OWASP หรือ Open Web Application Security Project องค์กรพัฒนาระบบความปลอดภัยบน ซอฟต์แวร์ได้ทำการวิจัยเพื่อค้นหาความเสี่ยงหรืออันตรายที่มีต่อ IoT สรุป 10 อันดับ ได้แก่ [14]

1) เว็บอินเตอร์เฟสไม่ปลอดภัยเกิดจากเว็บที่มีระบบลงทะเบียนผู้ใช้ไม่รัดกุม ส่งผลให้ข้อมูล อาจถูกขโมยหรืออุปกรณ์อาจถูกแย่งสิทธิ์ควบคุมได้

2) การพิสูจน์ตัวตน/การก าหนดสิทธิ์ไม่เพียงพอทำให้มิจฉาชีพสามารถเดารหัสผ่านได้หรือใช้กลไกกู้คืนรหัสผ่านที่ไม่ปลอดภัยส่งผลให้ข้อมูลอาจถูกขโมยหรืออุปกรณ์อาจถูกแย่งสิทธิ์ควบคุมได้

3) บริการด้านเครือข่ายไม่ปลอดภัยระบบให้บริการเครือข่ายมีช่องโหว่ต่อการถูกโจมตีทำให้ มิจฉาชีพมีช่องทางในการโจมตีอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้

4) การเข้ารหัสข้อมูลไม่แข็งแกร่งทำให้มิจฉาชีพสามารถแอบดูข้อมูลที่ส่งผ่านระบบเครือข่ายได้ส่งผลให้ข้อมูลสำคัญถูกขโมยหรือเปิดเผยสู่สาธารณะได้

5) นโยบายความเป็นส่วนบุคคลหากมิจฉาชีพเจาะระบบเข้าถึงข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้ที่ไม่มี การป้องกันอย่างเพียงพอ ส่งผลให้ข้อมูลส่วนตัวถูกขโมยหรือเปิดเผยสู่สาธารณะได้

6) คลาวด์อินเตอร์เฟสไม่ปลอดภัยมิจฉาชีพอาจเข้าถึงข้อมูลหรือเข้าควบคุมระบบผ่านทาง คลาวด์เว็บไซต์ส่งผลให้ข้อมูลอาจถูกขโมยหรืออุปกรณ์อาจถูกแย่งสิทธิ์ควบคุมได้

7) โมบายล์อินเตอร์เฟสไม่ปลอดภัยมิจฉาชีพใช้วิธีการในการเข้าถึงข้อมูลหรือเข้าควบคุม ระบบผ่านทางอินเตอร์เฟสของอุปกรณ์โมบายล์ส่งผลให้ข้อมูลอาจถูกขโมยหรืออุปกรณ์อาจถูกแย่ง สิทธิ์ควบคุมได้

8) การตั้งกฎความปลอดภัยไม่ดีพออุปกรณ์ที่มีการกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลและการ ควบคุมไม่ดีพอมิจฉาชีพอาจใช้ช่องโหว่เรื่องการเข้ารหัสหรือการใช้รหัสผ่านที่ง่ายจนเกินไปในการ โจมตีอุปกรณ์หรือเข้าถึงข้อมูลสำคัญส่งผลให้อุปกรณ์ถูกเจาะระบบเพื่อขโมยข้อมูลได้

9) ซอฟต์แวร์/ เฟิร์มแวร์ไม่ปลอดภัยมิจฉาชีพอาจตรวจจับการอัพเดทผ่านช่องทางที่ไม่มีการ เข้ารหัสทำให้สามารถส่งไฟล์อัพเดทปลอมได้ส่งผลให้ข้อมูลอาจถูกขโมยหรืออุปกรณ์อาจถูกแย่งสิทธิ์ ควบคุมได้

10) ปัญหาเชิงกายภาพของอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยไม่ได้ ปิดกั้นหรือควบคุมการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เก็บข้อมูลซึ่งอาจถูกใช้เป็นช่องทางในการเข้าถึง ระบบปฏิบัติการหรือข้อมูลที่เก็บอยู่ในอุปกรณ์ ส่งผลให้อุปกรณ์ถูกเจาะระบบเพื่อขโมยข้อมูลออกไปได้

2.3.5 เทคโนโลยี Internet of Things [15]

MERN Stack เป็นเฟรมเวิร์คที่ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นตัวช่วยในการพัฒนาเว็บไซต์และรวมถึงเว็บแอปพลิเคชัน MERN Stack ประกอบด้วย 4 ส่วนการทำงาน คือ MongoDB, Express JS, React JS และNode JS โดยมี React JS ทำงานในส่วนของ Client ในขณะที่ Express, Node JS และ MongoDB ทำงานที่ในส่วนของ Server

MongoDB เป็นระบบฐานข้อมูลเชิงเอกสาร ซึ่งได้ถูกจำแนกให้เป็นระบบฐานข้อมูลประเภท NoSQL มีการเก็บข้อมูลเป็นในรูปแบบเอกสารที่มีโครงสร้างคล้ายกับเอกสาร JSON การบันทึกข้อมูลทุก ๆ Record ใน MongoDB จะเรียกว่า Document ซึ่งจะเก็บค่าเป็น Key และ Value และการเก็บข้อมูล Document ใน MongoDB จะถูกเก็บไว้ใน Collections

Express JS คือ Web Application Framework ที่ได้รับความนิยมมาก สำหรับทำงานบนแพลตฟอร์มของ Node.js ซึ่งเป็น Server ตัวหนึ่ง โดยทั้ง Express.js และ Node.js ต่างก็ใช้ภาษา JavaScript ในการพัฒนา

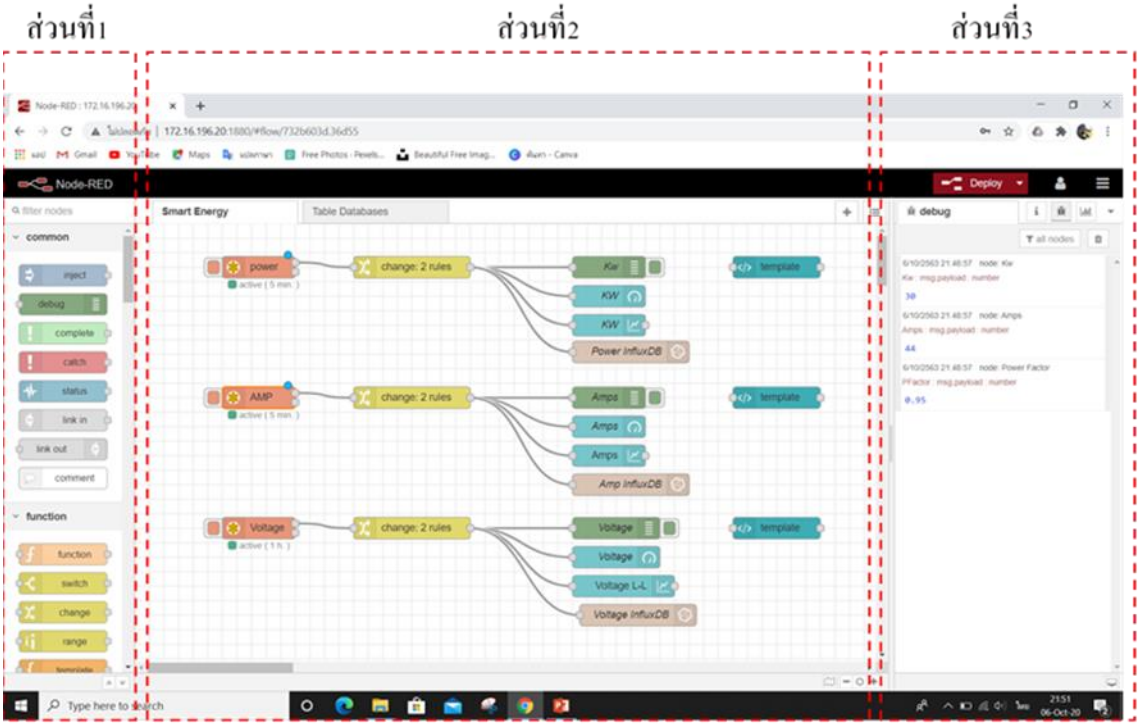
React JS คือ JavaScript Library เป็นแค่ UI โดยสร้างมาจากพื้นฐานแนวความคิดแบบ MVC (Model View Controller) รองรับการเขียนด้วย JSX (JavaScript Syntax Extension) โดย

ภายในเว็บจะมองส่วนต่าง ๆ เป็น Component และข้อมูลที่อยู่ใน Component แต่ละชั้นจะเรียกว่า State ส่วนข้อมูลที่ถูกส่งต่อจาก Component ชั้นบนลงไปชั้นล่าง เรียกว่า Props

Node JS คือ Cross-Platform Runtime Environment สำหรับฝั่ง Server ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา JavaScript โดยปกติแล้ว JavaScript จะทำงานในส่วน ของฝั่ง Client ซึ่งจะทำงานในเชิงโต้ตอบ Web Browser จากนั้นได้มีการพัฒนา NodeJS เพื่อมาเป็น Runtime ใน ส่วนของฝั่ง Server โดย NodeJS จะใช้รูปแบบ Event-driven, Non-blocking I/O ทำให้กินทรัพยากรระบบน้อย มีประสิทธิภาพ และสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว

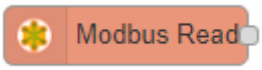
Node-RED โปรแกรม Node-RED หลักการทำงานบน Node.js ซึ่งเป็น Platform ตัวหนึ่งที่เขียนด้วย JavaScript สำหรับเป็น Web Serve มีการเขียนโปรแกรมทำงานแบบ Flow-based programming for the Internet of Things ซึ่งเครื่องมือสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) และสามารถออกแบบ API ในการรับค่า คำนวณ แปลงข้อมูล เก็บข้อมูล หรือเชื่อมต่อกับบริการอื่น ๆ โปรแกรม Node-RED จะเป็นลักษณะของ Browser-based Flow Editor มี Browser โดยลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบกำหนดขั้นตอนที่มีส่วนควบคุมแบบ ในการเลือก Node มาวางแล้วเชื่อมต่อเพื่อควบคุม I/O ต่าง ๆ ได้ โดย Node-RED จะมี Node ให้เลือกใช้งานซึ่งจะทำให้เกิด Flow แล้วทำการกำหนดค่าการทำงาน จากนั้นก็ลากสาย (pipe)

สำหรับเชื่อมโยงข้อมูลกำหนดเส้นทางเชื่อมต่อการไหลของข้อมูล Flow-Based Programming โดยที่ไม่จำเป็นที่จะเขียนต้อง Code ในการพัฒนาโปรแกรม Node ที่จะใช้งานมี 3 ส่วนดังนี้



ภาพที่ 7 โปรแกรม Node-RED

ส่วนที่ 1. Palette คือ Node ของ Input จะมีจุดให้ลากด้านขวาด้านเดียวคือ Node ที่นำข้อมูลเข้า Node-Red โดย Node จะต้องตั้งค่าเซิฟเวอร์ก่อนถึงจะใช้งานได้ เช่น Node Modbus Read



การเชื่อมต่อกับ Modbus RTU หรือ serial เพื่ออ่านค่ารีจิสเตอร์คอยล์ด้วยกำหนดรหัสโดยใช้ Function codes ที่รองรับ ได้แก่

FC 1: Read Coil Status

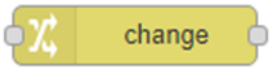
FC 2: Read Input Status

FC 3: Read Holding Registers

FC 4: Read Input Registers

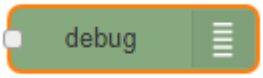
Node ของ Function มีจุดทั้ง2ข้าง สามารถจัดการข้อมูลทั้งขาเข้า และ ขาออก โดยจะต้องมีการตั้งค่า Input และ Output ก่อนเพื่อให้ Node ของ Functionทำงานได้ โดยการรันโค้ด JavaScript กับข้อความที่ส่งผ่านที่เรียกว่า msg ตามแบบแผนจะมีคุณสมบัติ msg.payload ที่มีเนื้อหาของข้อความ

Node Chang จะมีการตั้งค่า เปลี่ยนแปลง ลบ หรือย้ายคุณสมบัติของข้อความ โหนดสามารถระบุกฎหลายข้อที่จะนำไปใช้ตามลำดับที่กำหนดไว้ดังนี้ Set , Chang ,Delete และ Move



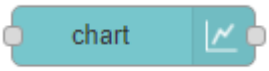
Node ของ Output จะมีจุดให้ลากแค่ด้านซ้าย นำข้อมูลออกไปแสดงผล เช่น

-Node ของ Debug แสดงคุณสมบัติของข้อความที่เลือกโดยจะแสดง msg.payload และสามารถกำหนดให้แสดงค่าหรือคุณสมบัติๆ เช่นข้อความแบบเต็ม หรือผลลัพธ์ของ JSONata ได้

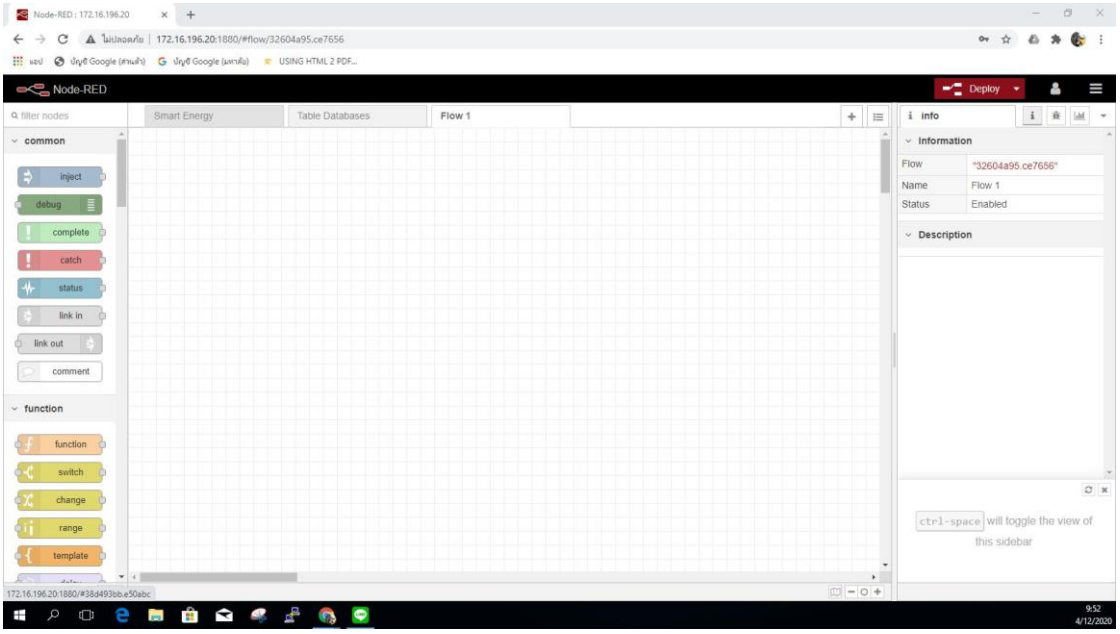


- Node Gauge เพิ่มวิดเจ็ตประเภทเกจไปยังแดชบอร์ดเพื่อแสดงค่าOutput ที่วัดได้

- Node Chart จะทำการพล็อตค่าอินพุตบนแผนภูมิ ซึ่งอาจเป็นแผนภูมิเส้นตามเวลา แผนภูมิแท่ง (แนวตั้งหรือแนวนอน) หรือแผนภูมิวงกลมไปยังแดชบอร์ดเพื่อแสดงค่าOutput ที่วัดได้



ส่วนที่ 2. Flow เป็นส่วนสำหรับการกำหนด Node และ Flow เพื่อสร้างโปรเจ็คและออกแบบพัฒนาโปรแกรม



ภาพที่ 8 สำหรับสร้าง Flow ออกแบบโปรเจค

ส่วนที่ 3 Output แสดงข้อมูลที่เกี่ยวกับ Node หรือโปรแกรมที่ถูกออกแบบ โดยรายละเอียดดังนี้

(1) Node Information บอกรายละเอียดและวิธีการใช้งานของ Node ที่เลือกอยู่

(2) Debug Messages แสดงข้อความที่เข้ามายัง node debug

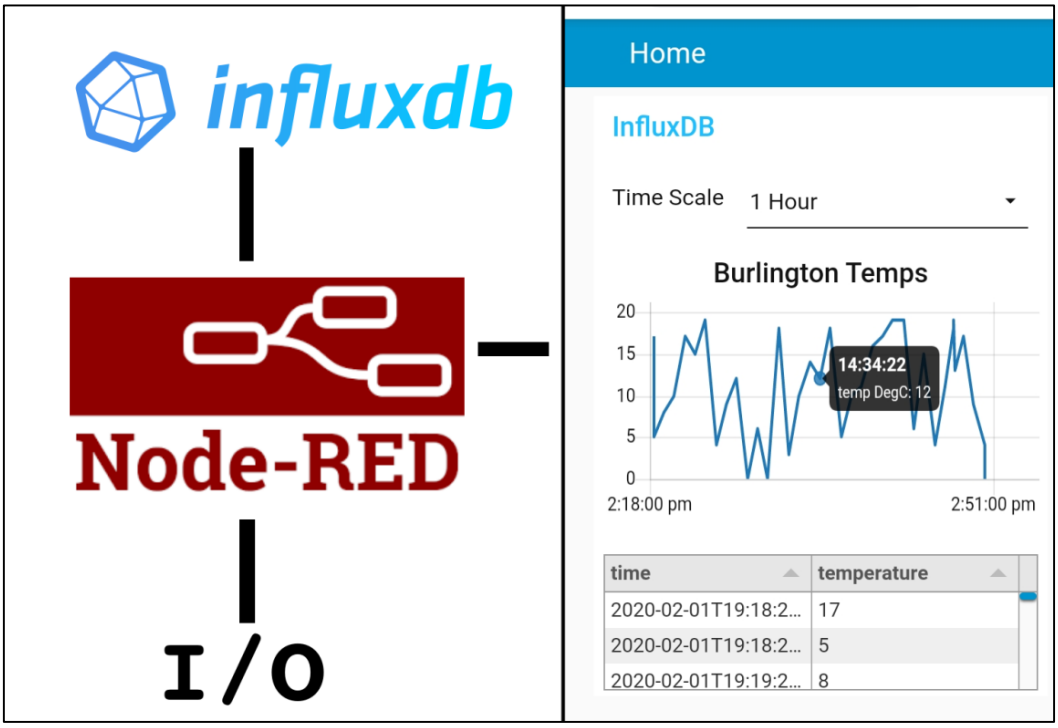
(3) Dashboard สร้างและตั้งค่า layout เพื่อแสดงผลออกมาเป็น Gauge และ Chart

(4) Configuration Nodes แสดง Node ทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างโปรเจ็ค

(5) Deploy สำหรับบันทึกโปรแกรมที่เขียนขึ้น และทำการเริ่มใช้งานจริง สามารถเลือกได้ว่า Full: Deploy ใหม่ทั้งหมด (ใช้เวลานานที่สุด แต่สมบูรณ์ที่สุด), Modified Flows: เฉพาะ Flow ที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข, Modified Nodes: เฉพาะ Node ที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข และ Restart Flows: เริ่มรัน Flow ใหม่ (ไม่ได้ Deploy ใหม่)

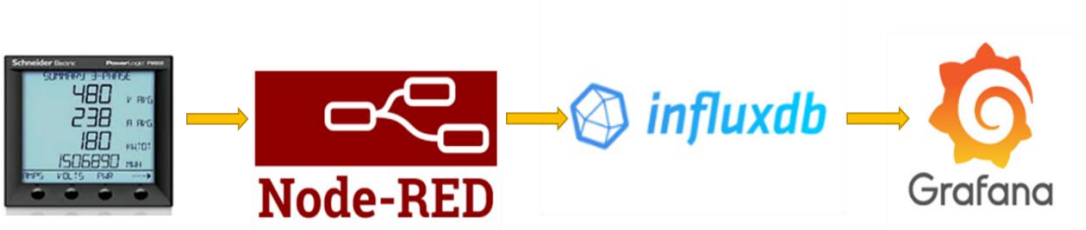
(6) Manage Palette เป็นการDownloadเพิ่มหรือลบ Node จากภายนอกได้

Influx DB เป็นระบบฐานข้อมูลที่เป็นซอฟต์แวร์เปิด (Open source) ถูกออกแบบมาสำหรับการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Time Series ซึ่ง Influx DB ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา Go เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะใช้เป็นที่เก็บข้อมูลสำหรับกรณีการใช้งานใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีการ Timestamp เป็นจำนวนมาก เช่น การวัดอัตราการเต้นหัวใจ การทำงานของข้อมูล การทำงานของข้อมูลเซ็นเซอร์ Internet of Things (IoT) และการวิเคราะห์แบบเรียลไทม์ การใช้ Influx DB ในการเก็บข้อมูลจะทำให้ประหยัดเนื้อที่ ได้มากยิ่งขึ้นด้วยการกำหนดค่า Influx DB เพื่อเก็บข้อมูลไว้เป็นระยะเวลาที่กำหนดโดยอัตโนมัติ เมื่อหมดอายุจะสามารถลบข้อมูลที่ไม่ต้องการออกจากระบบได้



ภาพที่ 9 ลักษณะการประยุกต์ใช้ โปรแกรม Influx DB

Grafana คือ open source Dashboard tool เป็นเครื่องมือในการสร้าง Dashboard โดย Grafana จะทำงานร่วมกับ Data source ต่าง ๆ เช่น Graphite, Influx DB, OpenTSDB หรือ Elastic search ฯลฯ ช่วยให้ผู้ใช้ (Users) สามารถสร้างและแก้ไข Dashboard ได้อย่างง่ายๆ ครอบคลุมรูปแบบกราฟหลายประเภท



ภาพที่ 10 ลักษณะการประยุกต์ใช้ โปรแกรม

Modbus RTU Protocol คือโปรโตคอลหรือรูปแบบการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรมรูปแบบหนึ่ง ซึ่งถูกเผยแพร่ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1979 โดย Modicon ซึ่งปัจจุบันคือบริษัท Schneider Electric เพื่อใช้มันกับ PLC (Programmable Logic Controllers) ซึ่งทางบริษัทได้เปิดให้ MODBUS เป็น Open Protocol หรือก็คือผู้สนใจสามารถนำโปรโตคอลนี้ไปใช้หรือพัฒนาได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา MODBUS จึงกลายเป็นโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมและถูกใช้เป็นโปรโตคอลมาตรฐานในระบบอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมจนถึงปัจจุบัน

2.4 แนวคิดการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

พงศธร เธียรอุกฤษฎ์, 2556.การบริหารทรัพยากรอาคาร (Facility Management หรือที่รู้จักกันในตัวย่อว่า FM) ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ สำหรับการจัดการอาคาร โรงงาน หรือพื้นที่ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นของเก่าหรือสร้างใหม่ก็ตาม ซึ่งเป็นการบริหารในภาพรวม ไม่ว่าจะเป็นตัวอาคาร สิ่งปลูกสร้าง โรงงาน ในเรื่องของคุณภาพ ความเหมาะสม และระบบต่างๆ ภายในตัวอาคารให้ทำงานเต็มประสิทธิภาพการใช้สอย และยังรวมไปถึงการจัดการบุคลากร ผู้ใช้งานที่อยู่ในอาคารและที่ขาดไม่ได้ก็คือ การจัดการ การดูแลอาคาร การซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ (Facilities Operation and Maintenance) [16]

ปัจจุบันองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพ ได้แพร่หลายไปในหลายประเทศ และได้มีผู้ให้คำจำกัดความของ Facility management ไว้มากมายได้แก่

The International Facility Management Association (IFMA) Facility management หมายถึง “กระบวนการประสานการทำงานระหว่าง สถานที่ทำงาน กับผู้คน และงาน ขององค์กร โดยเป็นการ

ประสานความรู้ร่วมกันทางด้านการบริหารธุรกิจ กับศาสตร์ด้าน สถาปัตยกรรม พฤติกรรม และวิศวกรรม”

Chartered Institute of Building (CIOB) Facility management หมายถึง “เป็นการ ทำงานที่ต่อเนื่องของการวางแผน การจัดหา การดำเนินการ และการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร ทั้งหมดรวมทั้งงาน

บริการที่เกี่ยวข้อง เพื่อก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ อันจักก่อให้เกิดมูลค่าสูงสุดทางการลงทุน โดยอยู่ภายใต้การใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม”

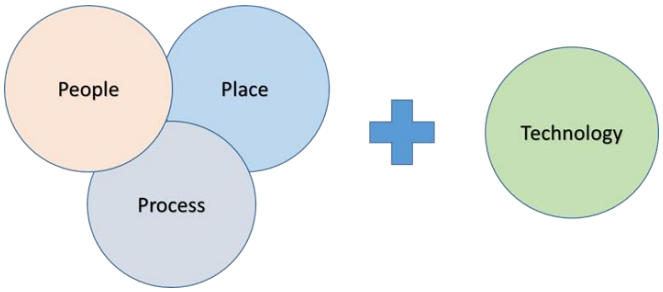
จากที่กล่าวมาข้างต้น มีนิยามที่สอดคล้องและครอบคลุม ซึ่ง รศ.ดร.บัณฑิต จุลาสัย และ อ. เสริชย์ โชติพานิช [17] ได้ให้ความหมายไว้ว่า ระบบบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพ หรือ Facility management หมายถึง กระบวนการทำงานบริหารจัดการ กำกับการใช้และดูแลซ่อมบำรุงอาคาร และทรัพยากรกายภาพ ได้แก่ สิ่งก่อสร้าง อุปกรณ์อาคาร อุปกรณ์สำนักงาน สถานที่และสภาพแวดล้อม ให้มีความพร้อมและตอบสนอง

การใช้งาน เอื้อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้และ เจ้าของอาคาร โดยกำหนดให้กิจกรรมและเป้าหมายขององค์กรเป็นกลาง อาคารเป็นเครื่องมือ สนับสนุนองค์กรเป็นศูนย์กลางอาคารเป็นเครื่องมือสนับสนุนองค์กร ในการเพิ่มประสิทธิภาพและ ประสิทธิผล การทำงานแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะและระดับการทำงาน ดังนี้ 1. งานบริหารจัดการ (Strategic & management FM) เป็นงานระดับนโยบาย ครอบคลุม การทำงานเชิงวางแผน ได้แก่ การกำหนดนโยบาย การวางกลยุทธ์ การจัดทำแผน และการจัดการ ได้แก่การกำกับ ควบคุม ดูแลให้การดำเนินงานในอาคารเป็นไปตามที่วางแผนและมาตรฐานที่ กำหนดไว้ 2. งานดูแลรักษาและบริการ (Operational FM) เป็นงานระดับปฏิบัติการ ครอบคลุม การทำงาน และการบริการภายในอาคารทั้งหมด ได้แก่ การควบคุมแลดูแลรักษาระบบประกอบ อาคาร การซ่อมแซม การบำรุงรักษา การทำความสะอาด การรักษาความปลอดภัย การบริการ สำนักงาน เป็นต้น

การบริหารจัดการทรัพยากรอาคารนั้น เป็นการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างงานที่ทำ (what) และสถานที่ทำงาน (where) ดังนั้น การประกอบอาชีพและการศึกษาการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารจึงเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายด้าน เช่น ทรัพยากรมนุษย์ งานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรม การยศาสตร์ และการตกแต่งภายใน ทำให้สามารถแยกออกมาเป็นขั้นตอนที่สัมพันธ์กัน คือ “การวางแผน (planning) การดูแลรักษา (maintenance) การจัดหาสินทรัพย์ (acquiring asset)” เพื่อสนับสนุนประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานและความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ใช้อาคาร แผนภาพภายใต้ความสัมพันธ์ของ 3 องค์ประกอบในรูป 3 “Facilities Management Institute (FMI)”

เป็นหน่วยงานที่ได้คิดค้นขึ้นมา FMI นั้นได้ถูกก่อตั้งขึ้นมาในช่วงปลายทศวรรษ 1970 และ ต่อมา FMI ก็ได้ก่อตั้งองค์กรระดับนานาชาติเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร คือ “International Facilities Management Association (IFMA)” จากแผนภาพจะเห็นได้ว่า การบริหาร จัดการทรัพยากรอาคาร เสนอมุมมองต่ออาคาร/สิ่งก่อสร้างในลักษณะสินทรัพย์(asset) เป็น “ศูนย์ กำไร (profit center)” มากกว่าเป็น “ศูนย์ต้นทุน (cost center)” โดยพิจารณาปัจจัยของ สภาพแวดล้อมทางกายภาพ (physical work environment) ที่มีต่อประสิทธิภาพของการปฏิบัติงาน (performance) และผลิตผล (productivity) ขององค์กร ซึ่ง จากแผนภาพจะเห็นได้ว่า “การบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร ไม่ใช่เป็นการบริหารจัดการเพื่อการ ลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานของโครงการและการบริหารจัดการงานระบบอาคารเพียง

อย่างเดียว เท่านั้น แต่เป็นการจัดการที่ตั้งอยู่บนการกำหนดกลยุทธ์เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่ และสินทรัพย์ (asset) ให้มีความสัมพันธ์กับกระบวนการทำงานขององค์กร (process) และมนุษย์ (people)” ซึ่งลักษณะของปัจจัยหลักทั้ง 3 คือ มนุษย์ กระบวนการทำงาน และสภาพแวดล้อมการ งานนั้น จะมี “ลักษณะ” และ “รูปแบบ” ที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของโครงการ ดังภาพที่ 11



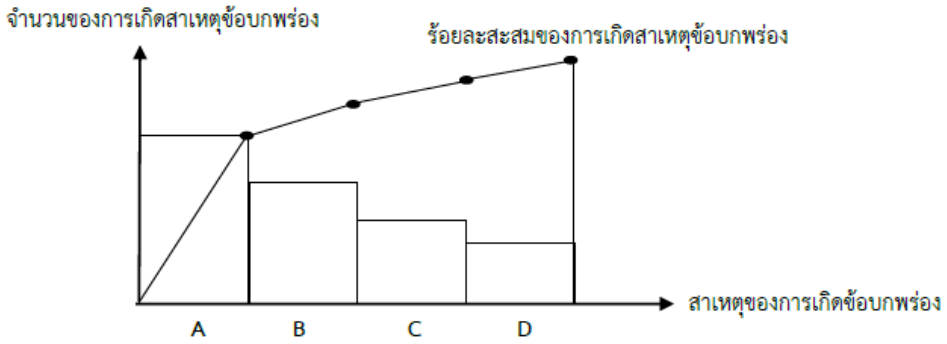
ภาพที่ 11 Facilities Management Institute (FMI)

2.5 แนวคิดเครื่องมือคุณภาพ (Quality Control Tools)

เครื่องมือควบคุมคุณภาพ เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพของกระบวนการผลิต ซึ่งช่วยศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา คัดเลือกหรือจัดลาดับความสำคัญของปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบันของปัญหา การค้นหาและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง เพื่อให้สามารถแก้ไขได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนช่วยในการจัดทามาตรฐาน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพที่สำคัญมี 7 ชนิด โดยงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือคุณภาพมาใช้วิเคราะห์ปัญหา 2 ชนิด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

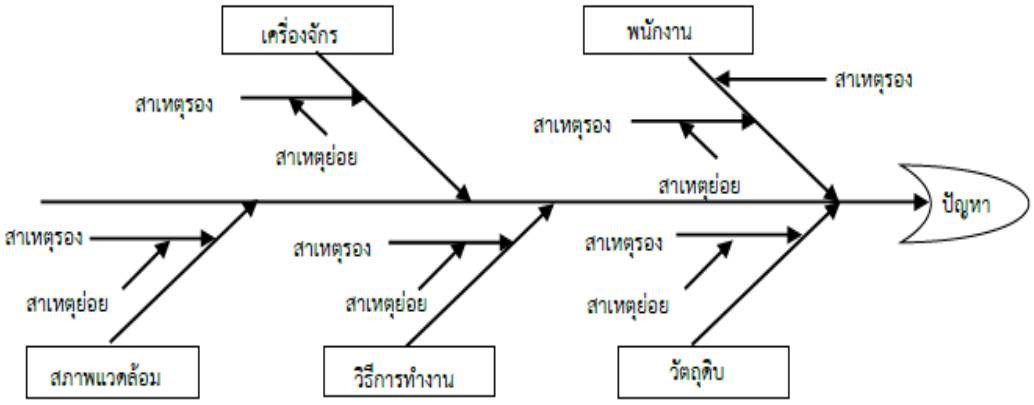
แผนภูมิพาเรโต เป็นแผนภูมิใช้แสดงสาเหตุของปัญหาที่ทาให้ผลิตภัณฑ์เกิดข้อบกพร่อง โดยแสดงสาเหตุหลักและสาเหตุรองตามลาดับ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจว่าควรปรับปรุงสาเหตุใดก่อน และใช้ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นหลังจากการแก้ไขปรับปรุง แผนภูมิพาเรโตมีลักษณะคล้ายกับฮิสโตแกรมคือ เป็นกราฟแท่งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้างเท่ากัน และในแต่ละแท่งจะเรียงชิดติดกัน แต่แผนภูมิพาเรโตจะประกอบด้วยแกนตั้ง 2 แกนและแกนนอน 1 แกน คือ แกนตั้งด้านซ้ายเป็นจานวนของการเกิดสาเหตุข้อบกพร่อง แกนตั้งด้านขวาเป็นร้อยละสะสมของการเกิดสาเหตุข้อบกพร่อง ส่วนแกนนอนเป็นสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องโดยเรียงลาดับจากมากไปหาน้อย และมีเส้นแสดงร้อยละสะสม (ดังภาพที่ 2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนภูมิพาเรโตในบทความนี้ คือ เรื่องการลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกของเสียประเภทจุดดำ [18] งานวิจัยเรื่องนี้นำแผนภูมิพาเรโตมาใช้ในการควบคุมคุณภาพในการลดข้อบกพร่องในกระบวนการฉีดพลาสติก พบว่าจานวนของเสียทั้งหมด 5,325 ชิ้น มีลักษณะจุดดาซึ่งมีจำนวนของเสียของชิ้นงานมากที่สุดเท่ากับ 2,844 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 53.41 ของปริมาณของเสียทั้งหมด จึงเลือกแก้ปัญหาประเภทจุดดาและหลังปรับปรุงพบว่าจานวนของเสียประเภทจุดดาเท่ากับ 1,294 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 45.49 ของจานวนของเสียประเภทจุดดาก่อนการปรับปรุง



ภาพที่ 12 ลักษณะของแผนภูมิพาเรโต

2.5.2 แผนภาพก้างปลา (Fish-bone Diagram)

แผนภาพก้างปลา เป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่ต้องการแก้ไขกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้วิเคราะห์สามารถมองภาพรวมของปัญหาและสาเหตุทั้งหมดได้ง่ายขึ้น แผนภาพก้างปลามีลักษณะคล้ายกับก้างปลา โดยส่วนหัวของก้างปลาจะแสดงปัญหาที่เกิดขึ้น ส่วนก้างปลาหลักจะแสดงสาเหตุหลัก และก้างปลาย่อยแสดงสาเหตุย่อย ซึ่งการหาสาเหตุหลักของปัญหาจะใช้หลักการของ 4M 1E ได้แก่ พนักงาน (Man), เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machine), วัตถุดิบ (Material), วิธีการทำงาน (Method) และสภาพแวดล้อม (Environment) (ดังภาพที่ 3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนภาพก้างปลาในบทความนี้ คือ เรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตเสื้อฟุตบอลของบริษัท เอ็นเค แอพพาเรล จำกัด ด้วยเทคนิคสถิติ [19] งานวิจัยเรื่องนี้นำแผนภาพก้างปลาเพื่อจำแนกหาสาเหตุของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพในกระบวนการตัด พบว่าสาเหตุหลักประกอบด้วย พนักงาน วัตถุดิบ เครื่องจักร วิธีการทำงานและสภาพแวดล้อม โดยด้านพนักงานมีสาเหตุย่อยมาจากไม่มีความชำนาญและมีความเหนื่อยล้า ด้านเครื่องจักรมีสาเหตุย่อยมาจากใบมีดไม่คมและเครื่องจักรไม่พร้อมใช้งาน ด้านวัตถุดิบมีสาเหตุย่อยมาจากวัตถุดิบไม่เป็นไปตามใบสั่งซื้อและวัตถุดิบไม่มีคุณภาพ ด้านวิธีการทางานมีสาเหตุย่อยมาจากการเร่งรีบในการทำงานและไม่มีการตรวจสอบชิ้นงาน ส่วนด้านสภาพแวดล้อมมีสาเหตุย่อยมาจากสถานที่ทางานและบรรยากาศในการทำงานไม่เหมาะสม



ภาพที่ 13 แผนภาพก้างปลา (Fish-bone Diagram)

2.6 แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า

การจัดการพลังงานตามแนวทางด้านการอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน วิธีการจัดการพลังงานนั้นต้องมีการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน รวมทั้งมีการวางแผนการดำเนินการที่ดีและเหมาะสมกับองค์กร เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายของการจัดการพลังงานการดำเนินการสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้ [20]

1 ตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน

2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

3 นโยบายอนุรักษ์พลังงาน

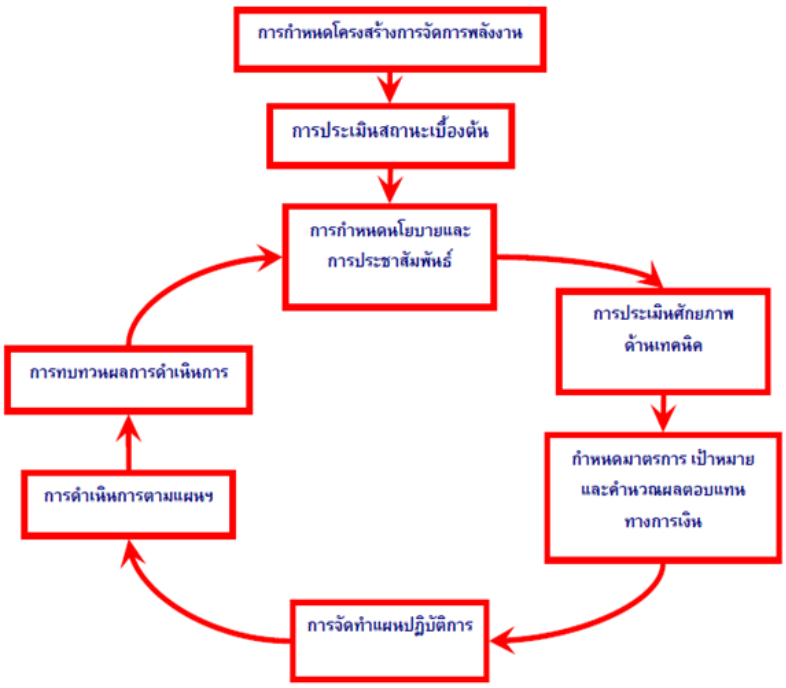
4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

5 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน และแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

6 การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน และการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

7 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

8 การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน



ภาพที่ 14 แนวทางด้านการอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ผู้วิจัยได้มีการวางแผนและกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 วิเคราะห์ปัญหาและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.2 การออกแบบติดตั้งฮาร์ดแวร์สำหรับระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.3 การพัฒนาและติดตั้งโปรแกรมระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

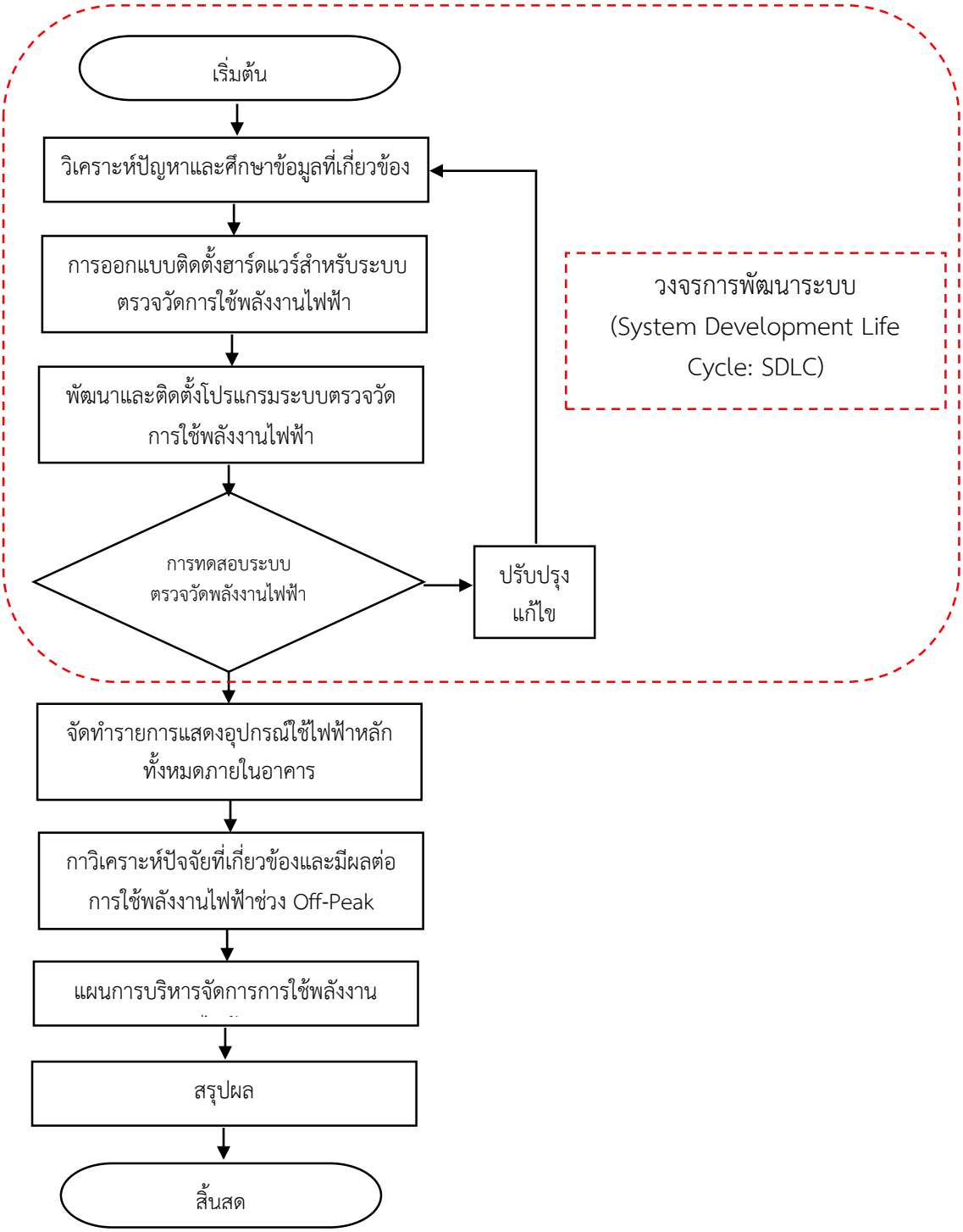
3.4 การทดสอบระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.5 จัดทำรายการแสดงอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าหลักทั้งหมดภายในอาคาร

3.6 กาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak

3.7 แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 15 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 วิเคราะห์ปัญหาและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 ศึกษารายละเอียดและกระบวนการวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันเทคนิคและวิธีการในการตรวจสอบข้อมูลและวิเคราะห์ผล เพื่อการจัดการพลังงานไฟฟ้า

3.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการศึกษาแนวคิดวิธีการในการตรวจวัด
และติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร การสร้างระบบการตรวจสอบพลังงานไฟฟ้าของอาคารที่สามารถเก็บบันทึกผลการใช้การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ด้วยการออกแบบการทำงานผ่านโปรแกรม Node-RED ที่ถูกติดตั้งบนตัวอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050

3.1.3 ศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับเทคนิควิธีการติดตั้งอุปกรณ์
เชื่อมต่อฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) ผ่านเว็บเบราเซอร์ (Web Browser)ด้วยการออกแบบการทำงานผ่านโปรแกรม Node-RED

3.1.4 ศึกษาระเบียบวิธีวิจัย ตลอดจนวิธีการเก็บข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ
โปรแกรมวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานที่พัฒนาด้วยโปรแกรม Node-RED จากตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

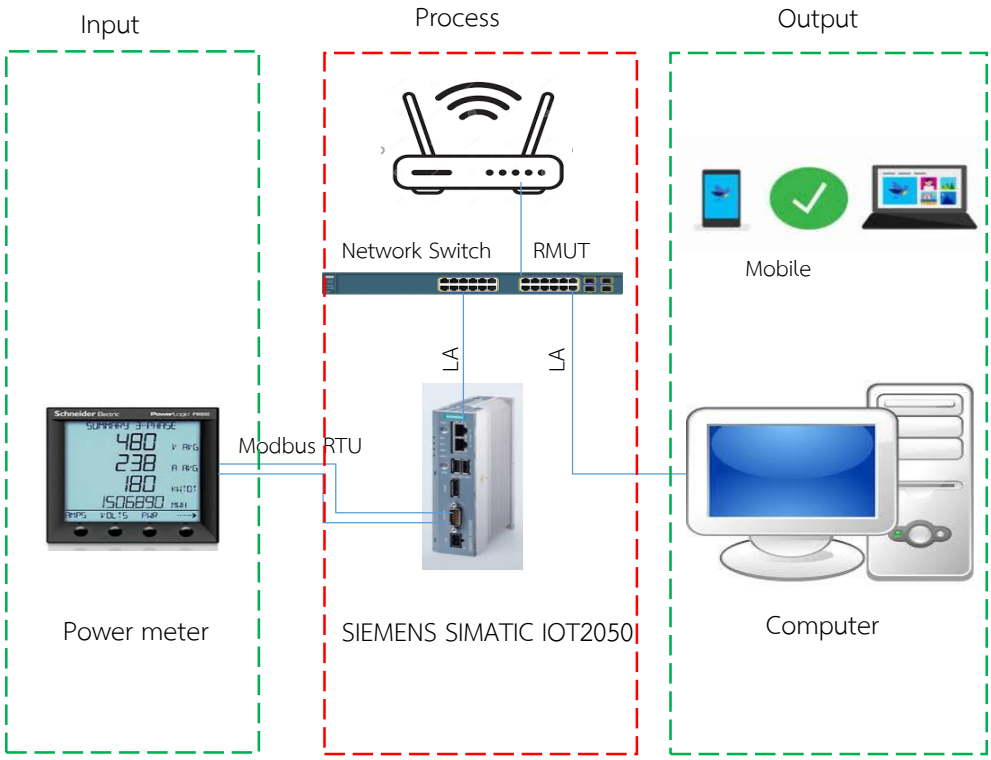
3.2 การออกแบบติดตั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

Internet of Things หรือ IoT เป็นแนวคิดที่ให้อุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อเข้าด้วยกันและสามารถเพิ่มการควบคุมอุปกรณ์ได้อย่างอัจฉริยะ การออกแบบและพัฒนาระบบ IoT ขึ้นมาจำเป็นจะต้องมีโครงสร้างพื้นฐาน เช่น เครื่องแม่ข่าย และต้องติดตั้งบริการต่าง ๆ ด้วยการออกแบบการทำงานผ่านโปรแกรม Node-RED โดยถูกติดตั้งบนตัวอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ (Gateway) เชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) ผ่านเว็บเบราเซอร์ (Web Browser) โดยภายในแพลตฟอร์มจะมีหลักการทำงานแบ่ง 3 ส่วนหลักๆ คือ

3.2.1 Protocol Modbus RTU สำหรับการรับส่งข้อมูล

3.2.2 โปรแกรม Node-RED สำหรับการออกแบบและควบคุมการประมวลผลข้อมูล รวมถึงแสดงข้อมูลออกมาอยู่ในรูปแบบกราฟิกผ่านทาง Dashboard

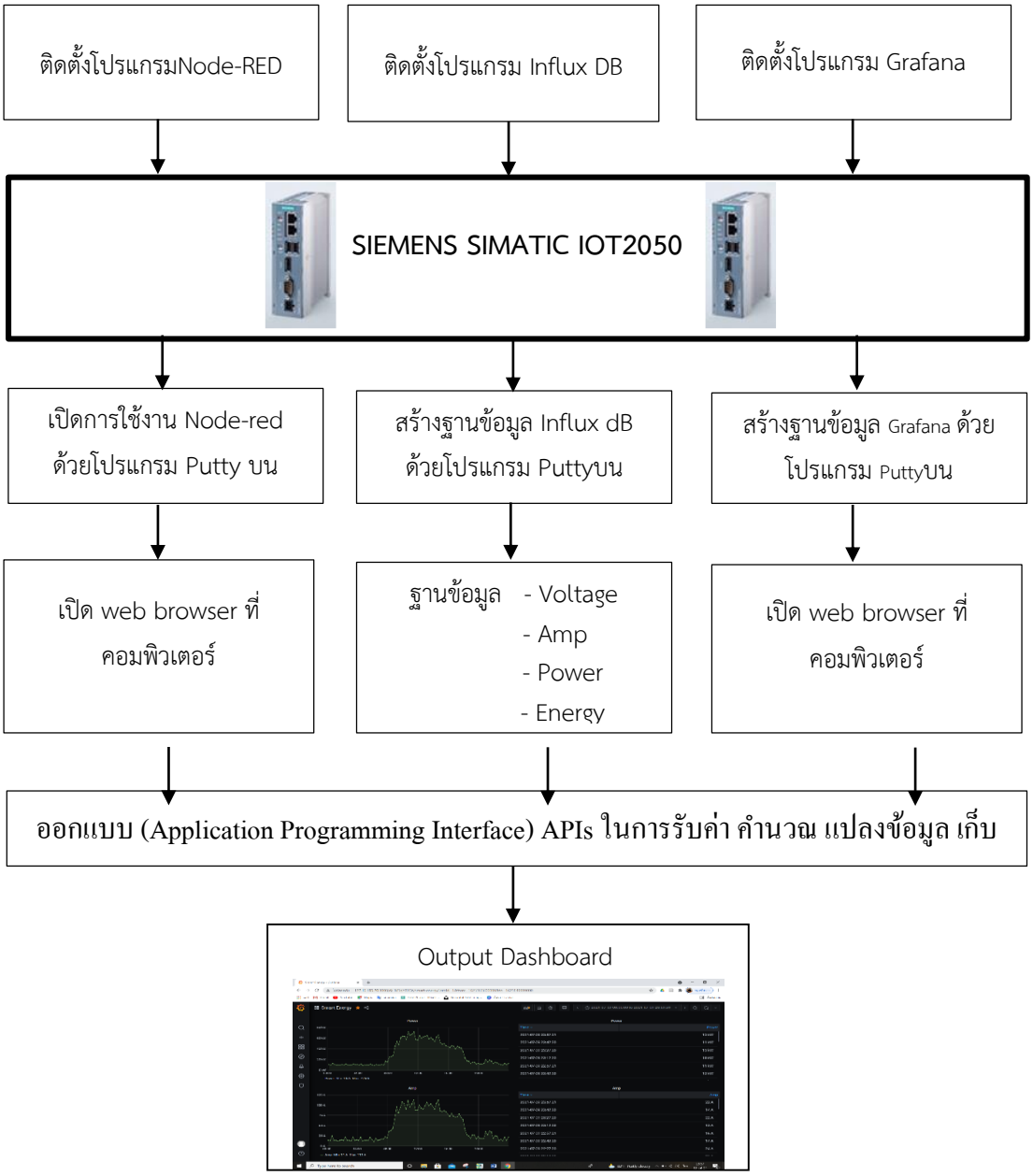
3.2.3 ระบบฐานข้อมูล Influx DB และ Grafana สำหรับการเก็บข้อมูล ออกแบบและควบคุมการประมวลผลข้อมูล รวมถึงแสดงข้อมูลออกมาอยู่ในรูปแบบกราฟิกผ่านทาง Dashboard ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 การออกแบบฮาร์ดแวร์และการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050

จากภาพที่16 เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 โดยมีอุปกรณ์ Multi-Function Digital Power Meter วัดค่าแรงดันไฟฟ้า(V), ค่ากระแสไฟฟ้า(A), ค่ากำลังไฟฟ้า(Kw) พลังงานไฟฟ้า(Kwh) จากหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 1,000KVA 33,000/400/240V/50Hz และสื่อสารส่งข้อมูลให้กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ผ่านทางพอร์ท Serial RS-485 Protocol Modbus RTU สามารถเชื่อมต่อโดยให้ดึงข้อมูลจากอุปกรณ์และเขียนค่าไปยังอุปกรณ์ Modbus Server โดยที่ให้ โปรแกรม Node-RED เป็น Modbus Client (ฝั่งที่เขียน-อ่านข้อมูล) โดยที่ SIEMENS SIMATIC IOT2050 จะทำการ Request ค่าที่ Register Address จาก Multi-Function Digital Power Meter และหลังจากนั้นตัว Multi-Function Digital Power Meterก็จะตอบสนอง ค่ากระแส(Ampere) กลับมาที่ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ส่วน Process และ Output เป็นการทำงานร่วมกันของโปรแกรม Node-RED โปรแกรม Influx DB และโปรแกรม Grafana เป็น

เครื่องมือสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) และสามารถออกแบบ API ในการรับค่า คำนวณ แปลงข้อมูล เก็บข้อมูล หรือเชื่อมต่อกับบริการอื่น ๆ เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ ช่วยให้ผู้ใช้ (Users) สามารถสร้างและแก้ไข Dashboard ได้อย่างง่ายๆ ครอบคลุมรูปแบบกราฟหลายประเภท ดังภาพที่ 17

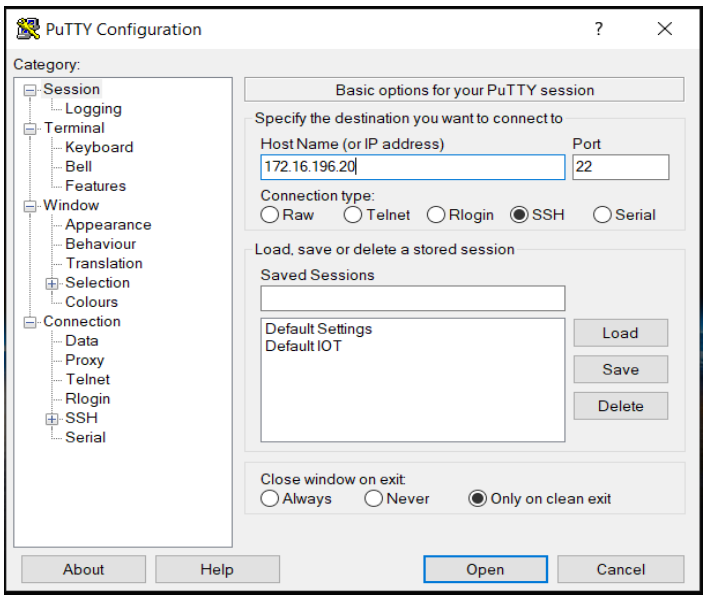


ภาพที่ 17 แสดงกระบวนการทำงานของ SIEMENS SIMATIC IOT2050

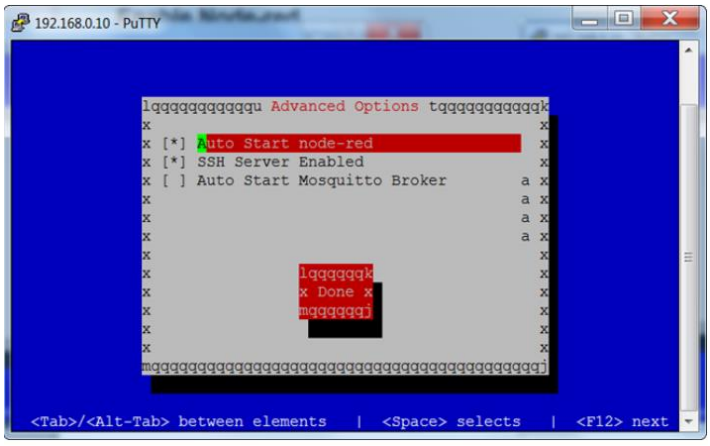
3.3 พัฒนาและติดตั้งโปรแกรมระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.3.1 โปรแกรม Node-RED และ Node-RED Dashboard

(1) การติดตั้งโปรแกรม Node-RED และ Node-RED Dashboard สำหรับการใช้งานบน SIEMENS SIMATIC IOT2050 ได้ทำการติดตั้ง Node.js และ image file โดยทำการ login ด้วยโปรแกรม Putty ตาม IP address ที่กำหนดไว้ ดังภาพที่ 18 เพื่อเปิดการใช้งานโหมด “Auto Start Node-red” ดังภาพที่ 19

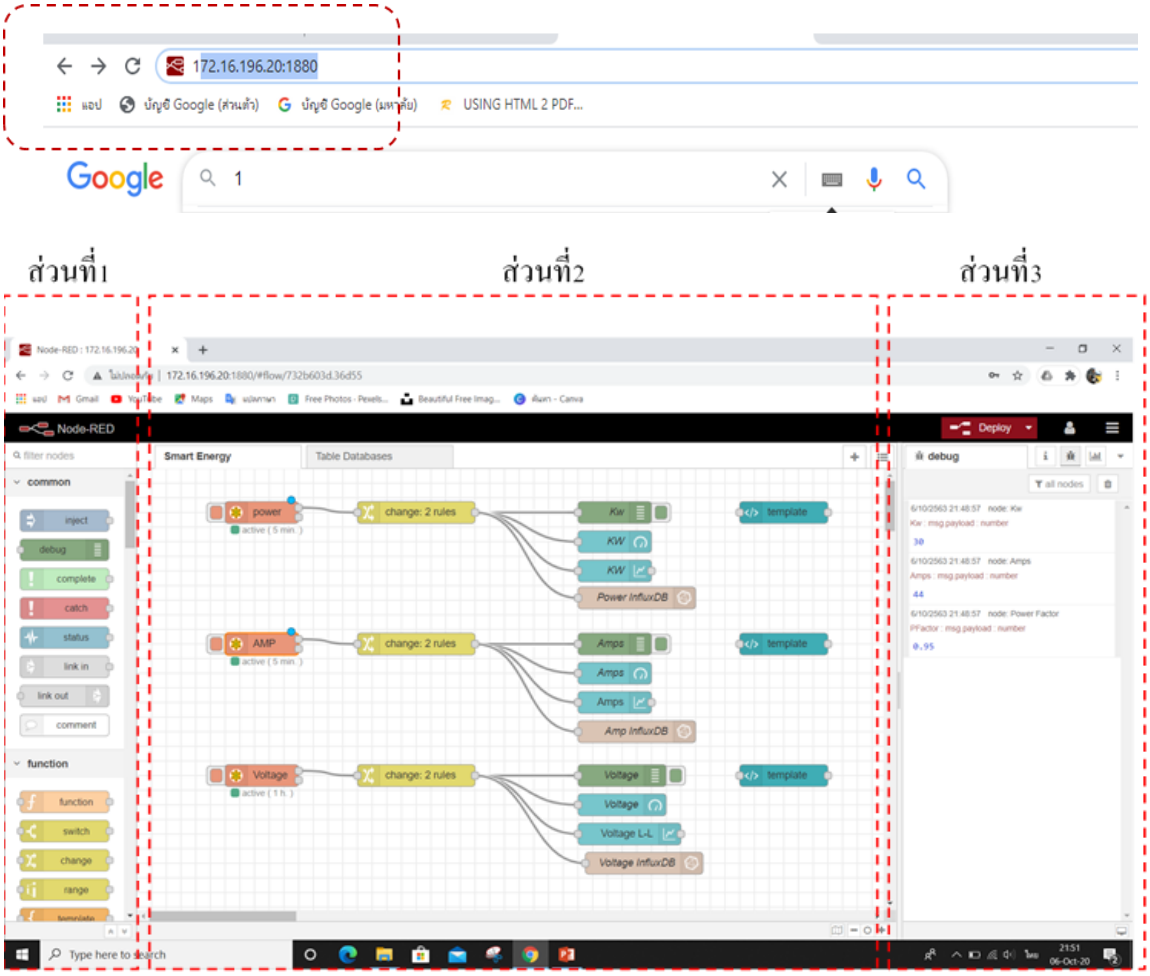


ภาพที่ 18 เชื่อมต่อ Internet เข้ากับ IOT SIEMENS 2050 ด้วยโปรแกรม Putty



ภาพที่ 19 เปิดใช้งานโหมด Auto Start node-red

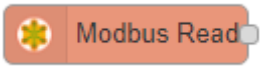
(2) การทดสอบโปรแกรม Node-RED มีการเขียนโปรแกรมทำงานแบบ Flow-based programming for the Internet of Things บนอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ซึ่งเครื่องมือสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) โดยลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบกำหนดขั้นตอนที่มีส่วนควบคุมแบบ block ผ่านเว็บเบราเซอร์ และกำหนดเส้นทางเชื่อมต่อการไหลของข้อมูล Flow-Based Programming โดยขั้นตอนการเขียนโปรแกรม Node-RED สามารถทำได้โดยการเปิด web browser ที่คอมพิวเตอร์และกำหนดค่า IP Address ในกระบวนการนี้ได้ตั้งค่า IP Address 172.16.196.20 โดย Port ของ SIEMENS SIMATIC IOT2050 คือ :1880 ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 โปรแกรม Node-RED web browser

ส่วนที่ 1. Palette แสดง Node ที่จะใช้งานมี 3 ประเภทดังนี้

(1) Node ของ Input จะมีจุดให้ลากด้านขวาด้านเดียวคือ Node ที่นำข้อมูลเข้า Node-Red โดย Node จะต้องตั้งค่าเซิฟเวอร์ก่อนถึงจะใช้งานได้ เช่น Node Modbus Read



การเชื่อมต่อกับ Modbus RTU หรือ serial เพื่ออ่านค่ารีจิสเตอร์คอยล์ด้วยกำหนดรหัสโดยใช้ Function codes ที่รองรับ ได้แก่

FC 1: Read Coil Status

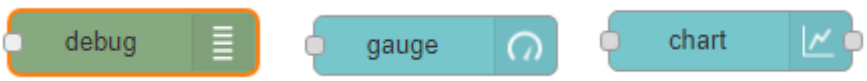
FC 2: Read Input Status

FC 3: Read Holding Registers

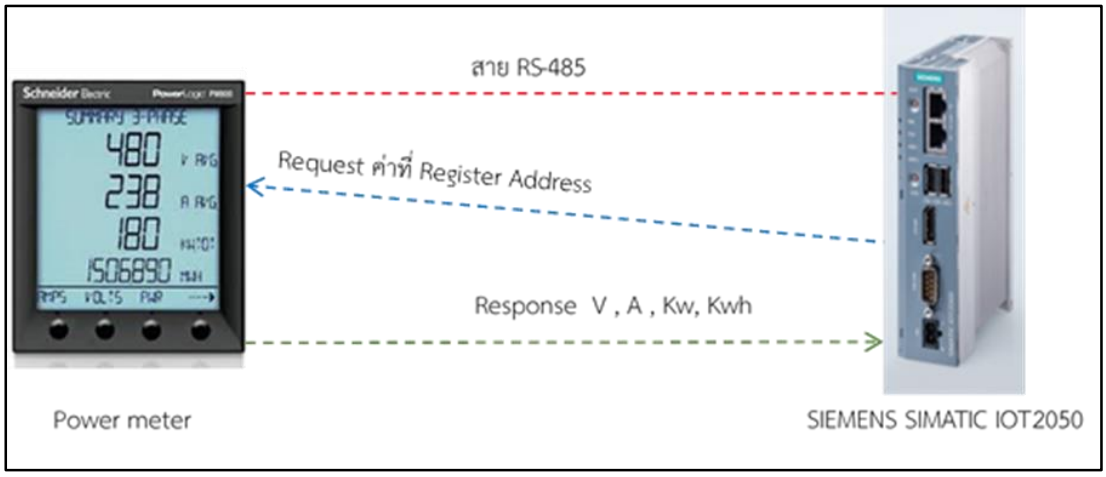
FC 4: Read Input Registers

(2) Node ของ Function มีจุดทั้ง2ข้าง สามารถจัดการข้อมูลทั้งขาเข้า และ ขาออก โดยจะต้องมีการตั้งค่า Input และ Output ก่อนเพื่อให้ Node ของ Functionทำงานได้ โดยการรันโค้ด JavaScript กับข้อความที่ส่งผ่านที่เรียกว่า msg ตามแบบแผนจะมีคุณสมบัติ msg.payload ที่มีเนื้อหาของข้อความ Node Chang จะมีการตั้งค่า เปลี่ยนแปลง ลบ หรือย้ายคุณสมบัติของข้อความ สามารถระบุกฎหลายข้อที่จะนำไปใช้ตามลำดับที่กำหนดไว้ดังนี้ Set , Chang ,Delete และ Move

(3) Node ของ Output จะมีจุดให้ลากแค่ด้านซ้าย นำข้อมูลออกไปแสดงผล เช่น Node ของ Debug แสดงคุณสมบัติของข้อความที่เลือกโดยจะแสดง msg.payload และสามารถกำหนดให้แสดงค่าหรือคุณสมบัติๆ เช่นข้อความแบบเต็ม หรือผลลัพธ์ของ JSONata ได้, Node Gauge เพิ่มวิดเจ็ตประเภทเกจไปยังแดชบอร์ดเพื่อแสดงค่า Output ที่วัดได้, Node Chart จะทำการพล็อตค่าอินพุตบนแผนภูมิ ซึ่งอาจเป็นแผนภูมิเส้นตามเวลา แผนภูมิแท่ง (แนวตั้งหรือแนวนอน) หรือแผนภูมิวงกลมไปยังแดชบอร์ดเพื่อแสดงค่าOutput ที่วัดได้

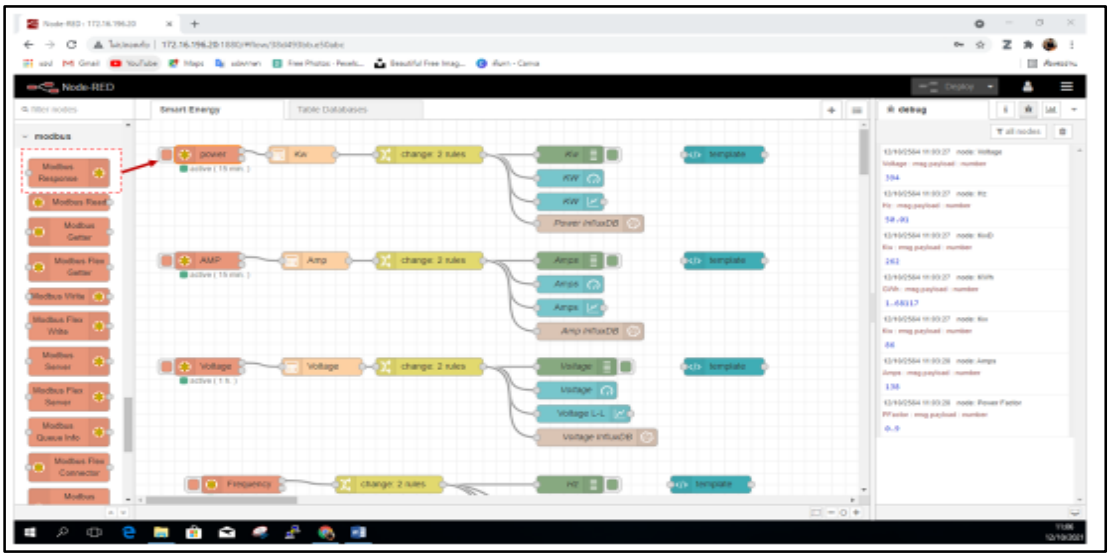


ส่วนที่ 2. Flow สำหรับการวาง Node และสร้าง Flow เพื่อสร้างโปรเจ็คและออกแบบพัฒนาโปรแกรม การสร้าง Node ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า(Kw), , ค่ากระแสไฟฟ้า(Ampere), และค่าแรงดันไฟฟ้า(Voltage) ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 21 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Multi-Function Digital Power Meter กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ผ่านทางพอร์ท Serial RS-485 Protocol Modbus RTU

Node Input ที่ถูกนำมาใช้คือ Node Modbus Read จาก Palette มาวางบนหน้า Flow และกำหนดการเชื่อมต่อเพื่อตั้งค่า ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า (Kw), ค่ากระแสไฟฟ้า (Ampere), และค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่รับค่ามาจาก Power meter PM800 ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 22 การสร้าง Node Modbus Read

การตั้งค่าต่างดังต่อไปนี้ Node Modbus Read

การตั้งค่า setup modbus Read

Name = power

Topic = beer

Unit-Id = 1

FC = FC 3 : Read Holding Registers

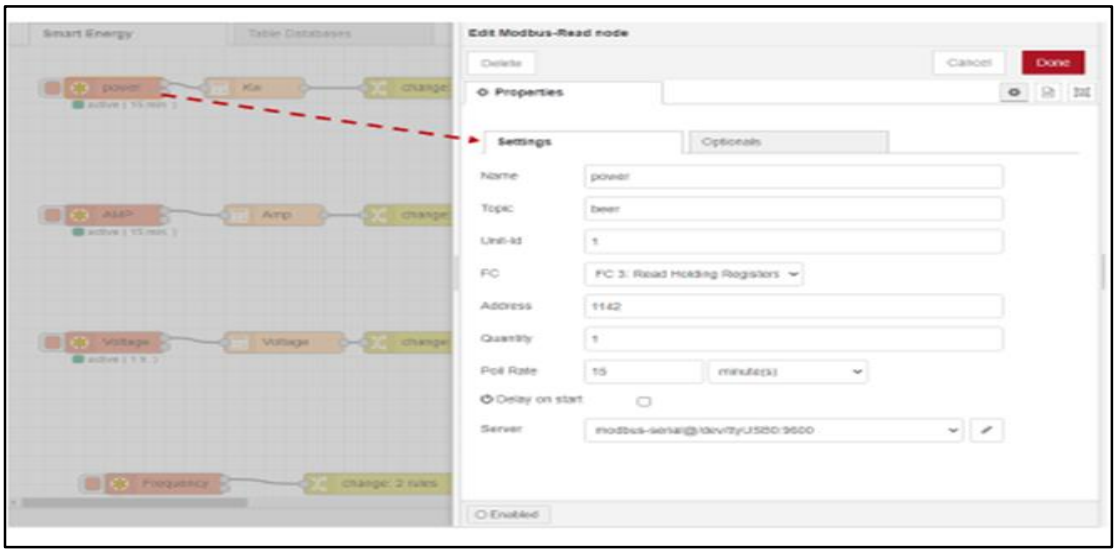
Address = 1140

Quantity = 3

Poll Rate = 15 Mintute(S)

Server = modbus-serial@/dev/ttyUSB0:9600

โดยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Multi-Function Digital Power Meter กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ผ่านทางพอร์ท Serial RS-485 Protocol Modbus RTUตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า(Kw) ดังภาพที่ 22 และดังภาพที่ 23



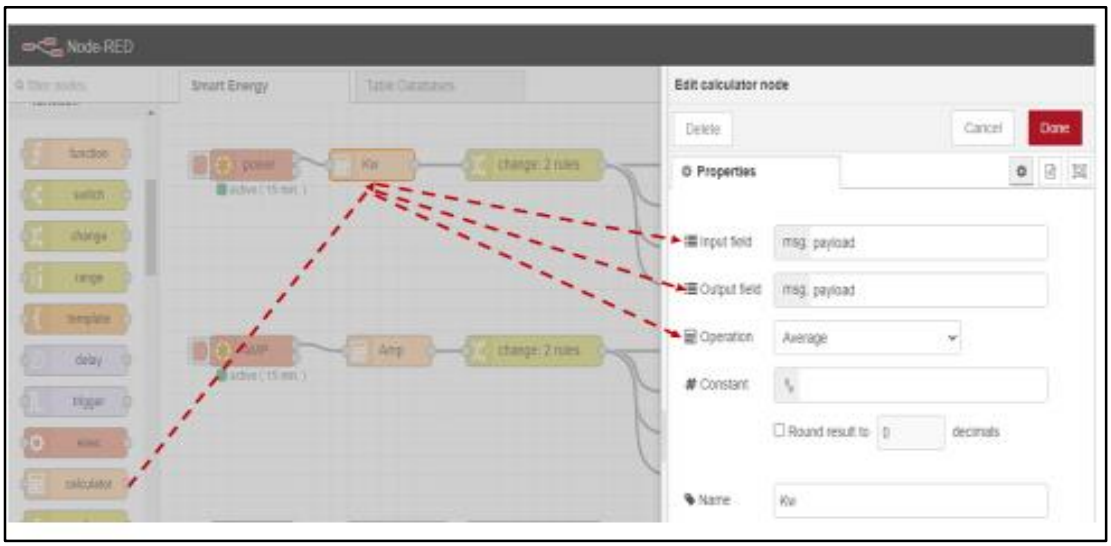
ภาพที่ 23 การตั้งค่าเชื่อมต่ออุปกรณ์ Multi-Function Digital Power Meter กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ผ่านทางพอร์ท Serial RS-485 Protocol Modbus RTU

[1140] 1Second Metering – Power

Reg	Name	Size	Type	Access	NV	Scale	Units
1140	Real Power, Phase A	1	Integer	RO	N	F	kW/Scale
1141	Real Power, Phase B	1	Integer	RO	N	F	kW/Scale
1142	Real Power, Phase C	1	Integer	RO	N	F	kW/Scale

ภาพที่ 24 Register Address 1140-1142 วัดค่ากำลังไฟฟ้าจาก Multi Function Digital Power Meter

การคำนวณทางคณิตศาสตร์ผ่าน Node Calculator ข้อมูลอินพุตจะถูกส่งไปยัง Node Calculator ด้วยตัวเลขหรืออาร์เรย์ของตัวเลขในข้อความอินพุต โดยค่าเริ่มต้น ข้อมูลจะมาถึงทาง msg.payload ผลลัพธ์ของการคำนวณจะถูกเก็บไว้ในข้อความผลลัพธ์ ผลลัพธ์อาจเป็นหมายเลขเอาต์พุตเดียวหรืออาร์เรย์ของหมายเลขเอาต์พุต โดยค่าเริ่มต้น ข้อมูลจะถูกใส่ใน msg.payload ค่าเฉลี่ยของตัวเลขทั้งหมดในอาร์เรย์อินพุต เช่น Input = [1, 2, 3, 4] => Output = 2.5 ดังภาพที่ 25



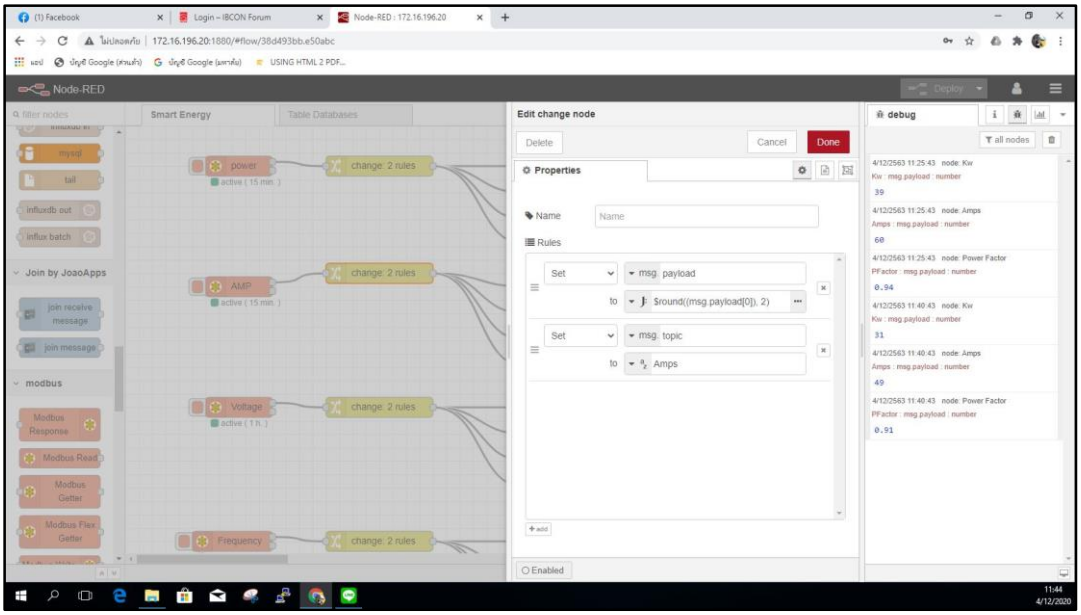
ภาพที่ 25 การคำนวณทางคณิตศาสตร์ผ่าน Node Calculator

Node Function ใช้ Node Chang จะมีการตั้งค่า เปลี่ยนแปลง ลบ หรือย้ายคุณสมบัติของข้อความ จะทำการตัดจุดทศนิยมออกก่อนนำไปแสดงผล โดยลาก Node Change มาวางระหว่าง Inject และ Debug ตรวจสอบลากเส้นต่อถึงกัน โดยการตั้งค่าต่างดังต่อไปนี้

```
var m = /(\d+(\.\d+)?)$/.exec(msg.payload/100)
if(m){
    msg.payload= m[1];
}else{
    return null;
}
    return msg;
```

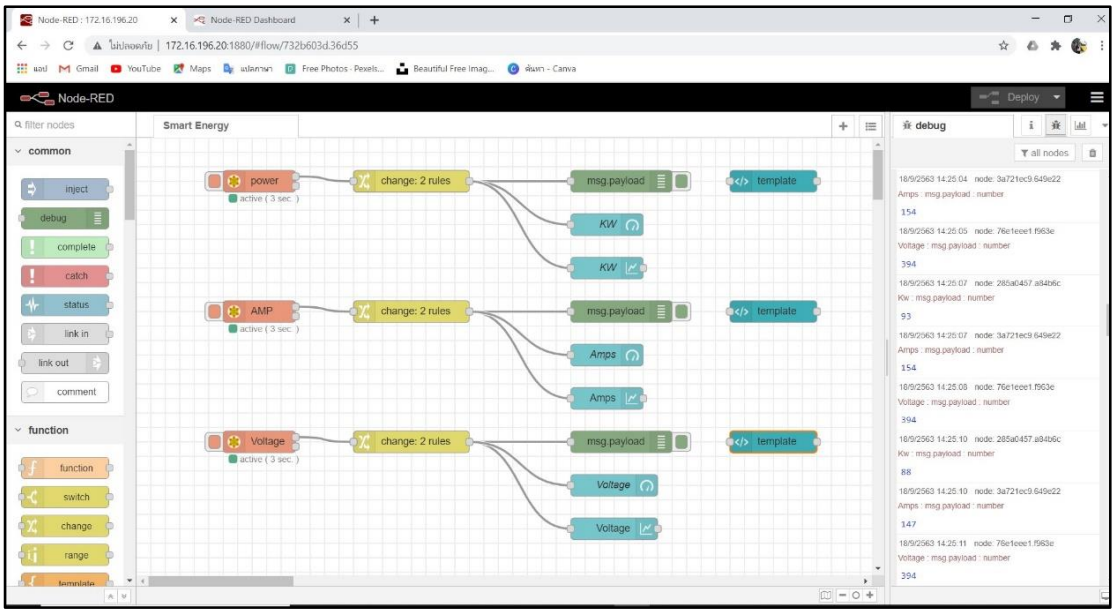
โดยจะอธิบายเกี่ยวกับ code ตัวแปร var m = = /(\d+(\.\d+)?)$/.exec(msg.payload/100)

- \d คือ digit (ตัวเลข 0–9) ถ้าเป็น \d+ จะหมายถึง digit อย่างน้อย 1 ตัว
- (\.\d+) คือ จุด(.)แล้วตามด้วย ตัวเลขอย่างน้อย 1 ตัว เช่น .123
- ส่วน ? เป็นเหมือนตัวบอกว่า ถ้าทำเงื่อนไขนี้เสร็จแล้วให้หยุด
- $ เป็นตัวปิดท้าย ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 การตั้งค่า Node Function

Node Output จะเป็นข้อมูล timestamp, string, number, json หรืออื่น ๆ สามารถแสดงผลลัพธ์ไปยังOutput โดยขั้นตอนลาก Node Debug มาเชื่อมต่อแล้วกด Deploy เพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงาน ดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 การตั้งค่า Node Output

ส่วนที่ 3 Output แสดงข้อมูลที่เกี่ยวกับ Node หรือโปรแกรมที่ถูกออกแบบ โดยรายละเอียดดังนี้

(1) Node Information บอกรายละเอียดและวิธีการใช้งานของ Node ที่เลือกอยู่

(2) Debug Messages แสดงข้อความที่เข้ามายัง node debug

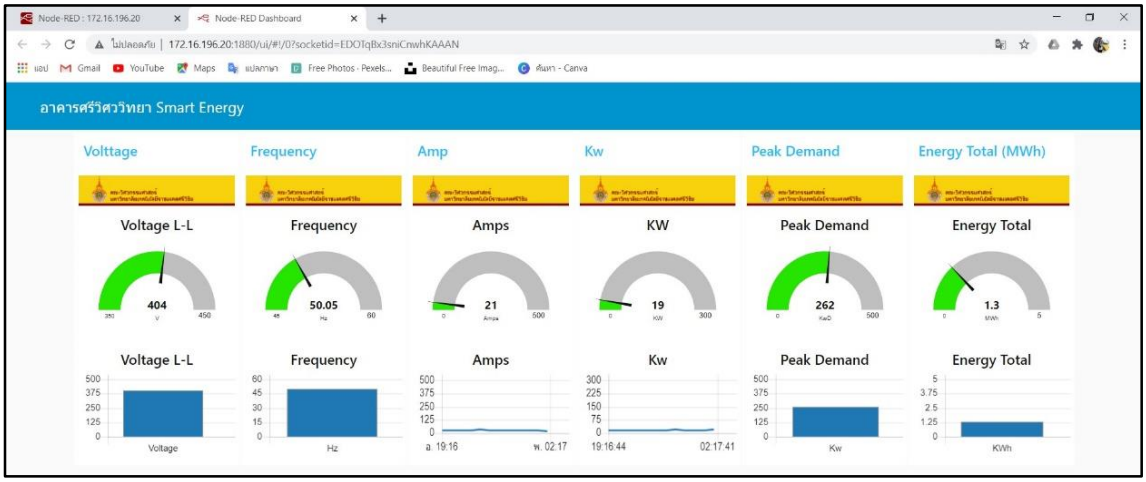
(3) Dashboard สร้างและตั้งค่า layout เพื่อแสดงผลออกมาเป็น Gauge และ Chart

(4) Configuration Nodes แสดง Node ทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างโปรเจ็ค

(5) Deploy สำหรับบันทึกโปรแกรมที่เขียนขึ้น และทำการเริ่มใช้งานจริง สามารถเลือกได้ว่า Full: Deploy ใหม่ทั้งหมด (ใช้เวลานานที่สุด แต่สมบูรณ์ที่สุด), Modified Flows: เฉพาะ Flow ที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข, Modified Nodes: เฉพาะ Node ที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข และ Restart Flows: เริ่มรัน Flow ใหม่ (ไม่ได้ Deploy ใหม่)

(6) Manage Palette เป็นการDownloadเพิ่มหรือลบ Node จากภายนอกได้

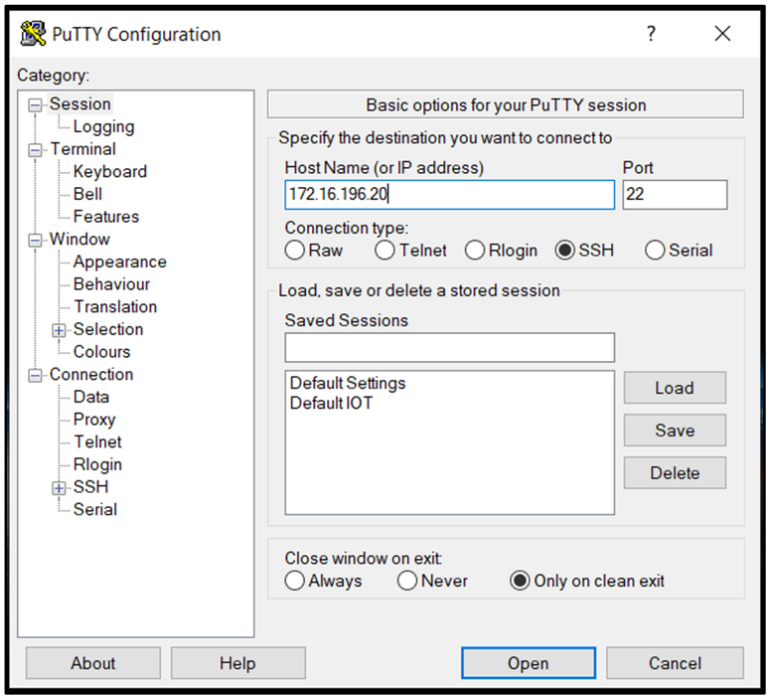
Node Dashboard สร้างและตั้งค่า Layout โดยการลาก Node Gauge และ Node Chart มาวางต่อขนานกัน ตั้งค่าต่าง ๆ ตรวจสอบลากเส้นต่อถึงกันและกดปุ่มแสดงผล Dashboard ดังภาพที่ 28



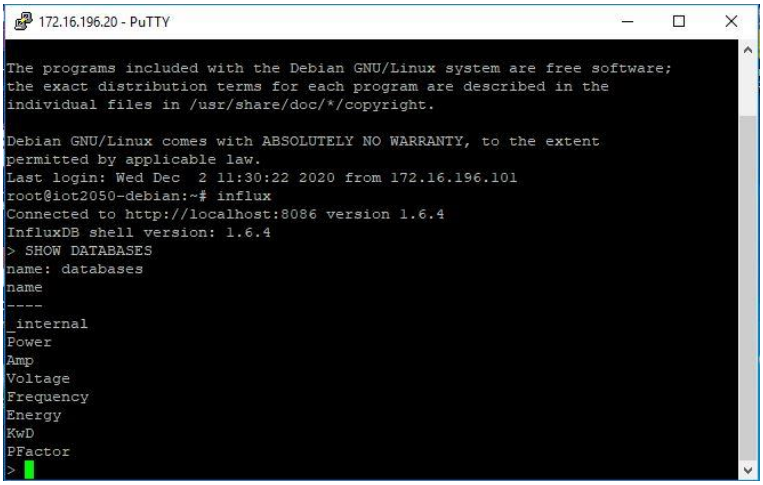
ภาพที่ 28 การสร้าง Node Dashboard สร้างและตั้งค่า Layout

3.3.2 โปรแกรม Influx DB

(1) การติดตั้งโปรแกรม Influx DB โดยการเชื่อมต่อ Internet เข้ากับ IOT SIEMENS 2050 และเปิดโปรแกรม Putty ดังภาพที่ 29 เพื่อใช้สำหรับสร้างฐานเก็บข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าดังภาพที่ 30 โดยมีกระบวนการและรายละเอียดคำสั่งดังตารางที่ 2



ภาพที่ 29 เชื่อมต่อ Internet เข้ากับ IOT SIEMENS 2050 ด้วยโปรแกรม Putty

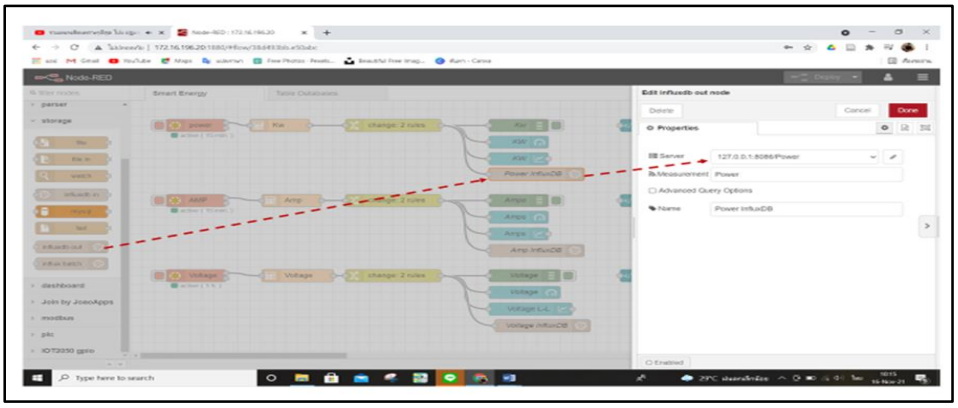


ภาพที่ 30 สร้างฐานเก็บข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Influx DB

ตารางที่ 2 กระบวนการและรายละเอียดคำสั่งติดตั้งโปรแกรม Influx DB

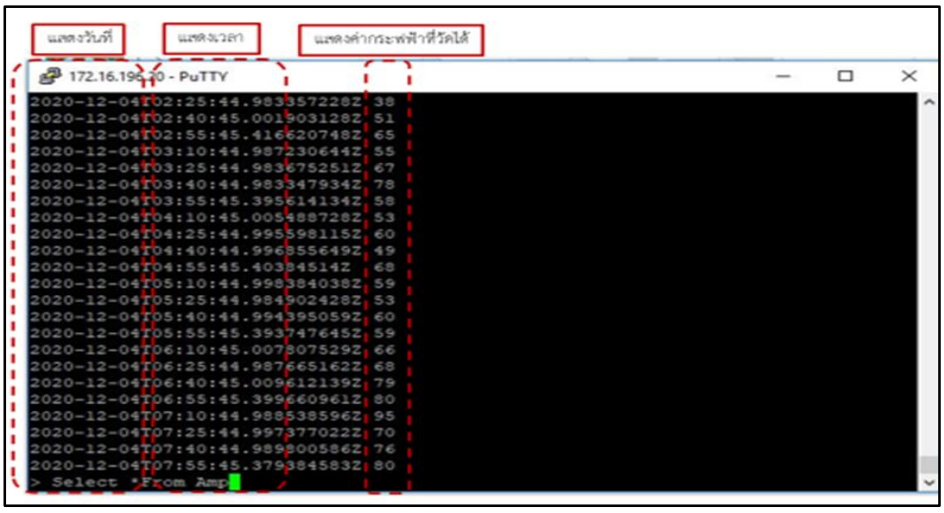
ลำดับ	กระบวนการ	รายละเอียดคำสั่ง
1	เข้าสู่ระบบด้วยโปรแกรม Putty	influx
2	Update โปรแกรม	sudo apt update
3	ติดตั้งโปรแกรม	sudo apt install -y gnupg2 curl wget
4	ดาวน์โหลดไฟล์	url_file wget -qO- https://repos.influxdata.com/influxdb.key | sudo apt-key add – echo “deb https://repos.influxdata.com/debian buster stable” | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/influxdb.list
5	ติดตั้งโปรแกรม influxdb	sudo apt install -y influxdb
6	เปิดใช้งานโปรแกรม	sudo systemctl enable –now influxdb service influxdb
7	ตรวจสอบสถานะของ service influxdb	sudo systemctl status influxdb
8	สร้างฐานข้อมูล	CREATE DATABASES... DROP DATABASES... Select * From... precision rfc3339 SHOW RETENTION POLICIES ON...
9	เสร็จสิ้น	

(2) การทดสอบโปรแกรม Influx DB ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบมาสำหรับการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Time Series และการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ โดยข้อมูลที่จะถูกนำเข้าระบบฐานข้อมูลของโปรแกรม Influx DB จะเป็นข้อมูลที่ได้จาก Output ของ Node Chang การทดสอบโดยการตั้งค่า Server โดยเลือก “Add new influx DB” เพื่อเข้าไปตั้งค่า database โดยรายละเอียด Properties มีดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 การตั้งค่า influx DB บน Node-RED

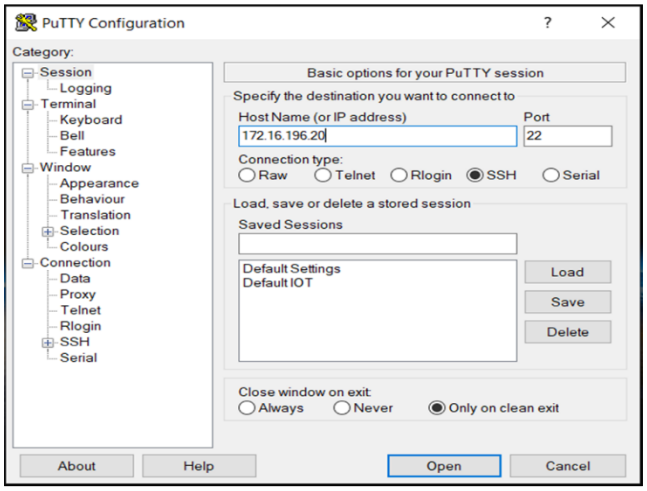
การเปิดโปรแกรมเพื่อดูค่าที่ถูกบันทึกไว้บนอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ด้วยโปรแกรม Influx Db โดยการเข้าโปรแกรม Putty ด้วยคำสั่งที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยแสดงตัวอย่างการใช้คำสั่ง Select *From Amp เรียกดูข้อมูลกระแสไฟฟ้า ดังภาพที่ 32



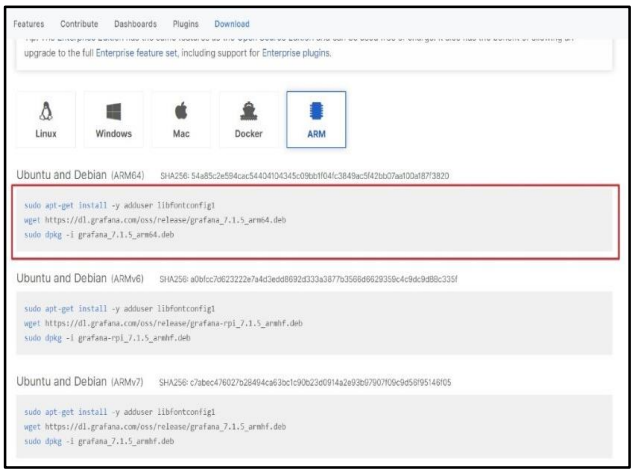
ภาพที่ 32 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่ถูกบันทึกไว้ใน Databases SIEMENS SIMATIC IOT2050

3.3.3 โปรแกรม Grafana

(1) การติดตั้งโปรแกรม Grafana โดยเชื่อมต่อ Internet กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 และเปิดโปรแกรม Putty ดังภาพที่ 17 ซึ่งในระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์บนแฟลตฟอร์ม AMR64 สามารถดาวน์โหลดบนเวปไซต์โดยเข้า url ไปยัง https://grafana.com/grafana/download?platform=arm ทำการคัดลอกคำสั่งในช่อง “Ubuntu and Debian (ARM64)” ดังภาพที่ 33 และภาพที่ 34 โดยมีกระบวนการและรายละเอียด คำสั่งติดตั้งโปรแกรม Grafana ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 33 เชื่อมต่อ Internet เข้ากับ IOT SIEMENS 2050 ด้วยโปรแกรม Putty

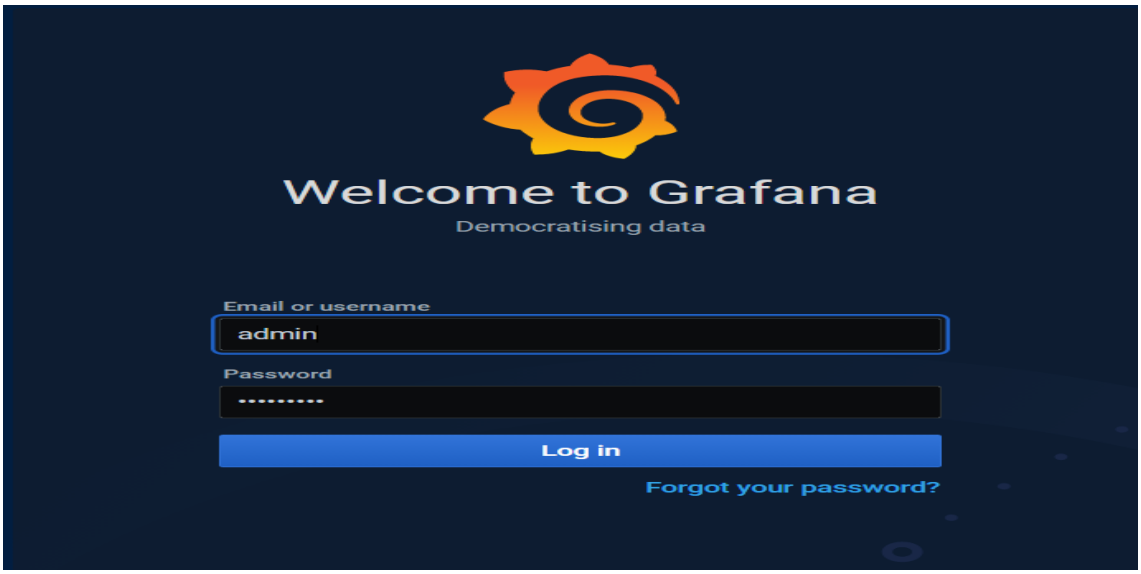


ภาพที่ 34 การติดตั้งเป็นระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์บนแฟลตฟอร์ม AMR64

ตารางที่ 3 กระบวนการและรายละเอียดคำสั่งติดตั้งโปรแกรม Grafana

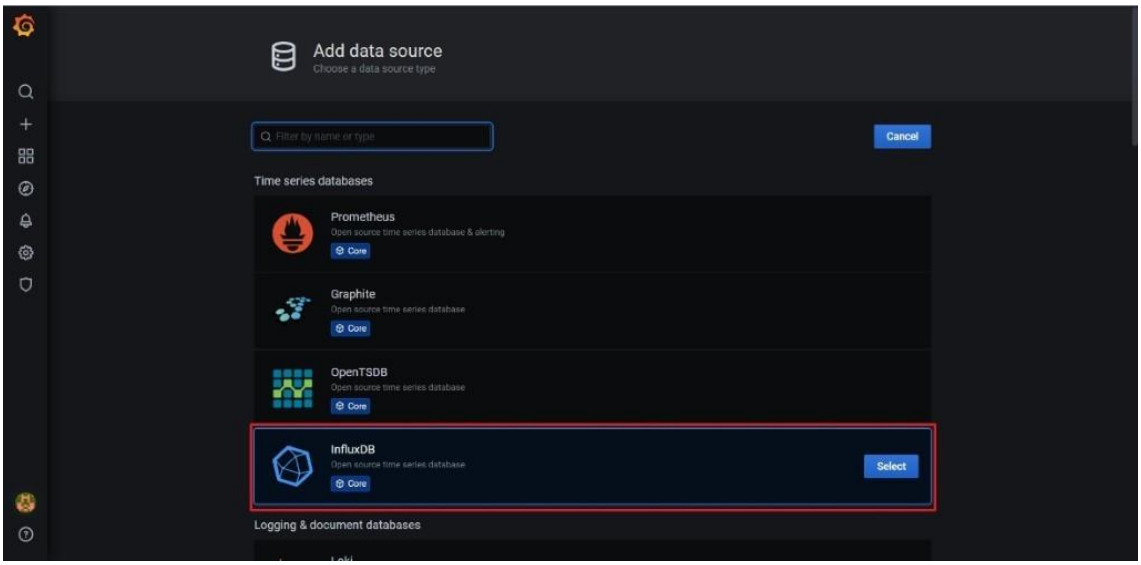
ลำดับ	กระบวนการ	รายละเอียดคำสั่ง
1	เข้าสู่ระบบด้วยโปรแกรม Putty	172.16.196.20
2	เปิด web browser	https://grafana.com/grafana/download? platform=arm
3	ดาวน์โหลดไฟล์	“Ubuntu and Debian (ARM64)”
4	ติดตั้งโปรแกรม Grafana	sudo apt-get install -y adduser libfontconfig1 wget https://dl.grafana.com/enterprise/release/ grafana-enterprise_8.3.2_arm64.deb sudo dpkg -i grafana-enterprise_8.3.2_arm64.deb
5	ทำการ reload system	sudo systemctl daemon-reload
6	เปิดใช้งานโปรแกรม	sudo systemctl start grafana-server
7	ตรวจสอบสถานะของ service Grafana	sudo systemctl status grafana-server
8	เปิดใช้งาน Grafana server service	sudo systemctl enable grafana-server.service
9	เสร็จสิ้น	

(2) การทดสอบโปรแกรม Grafana โดยสร้างฐานข้อมูลและการตั้งค่า Dashboard ด้วยโปรแกรม Grafana ด้วยการเปิด web browser พิมพ์ IP Address ของ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ตามด้วย :3000 เช่น http://172.16.196.20:3000/ และทำการ Login เข้าใช้งาน Grafana ดังภาพที่ 35

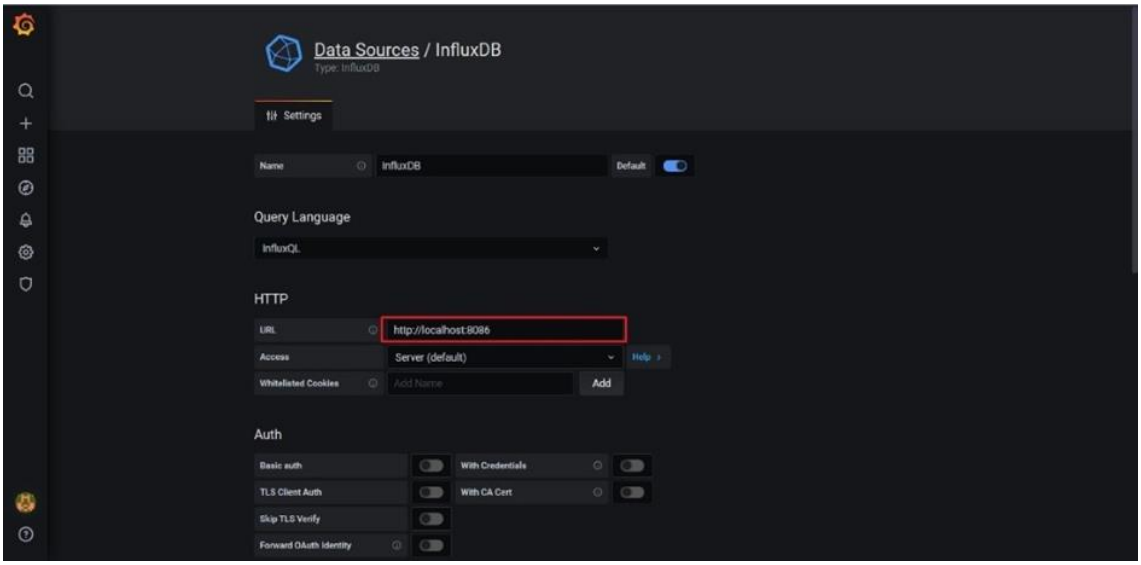


ภาพที่ 35 หน้า Login เข้าใช้งาน Grafana

การตั้งค่าโปรแกรม Grafana เพื่อเชื่อมต่อฐานข้อมูลกับโปรกรม Influx DB โดยเลือก Add data source ดังภาพที่ 36 โดยกำหนดค่า http://localhost: 8086 ดังภาพที่ 37 และแสดงระบบพร้อมทำงาน Data source is working แสดงการเชื่อมต่อสำเร็จ

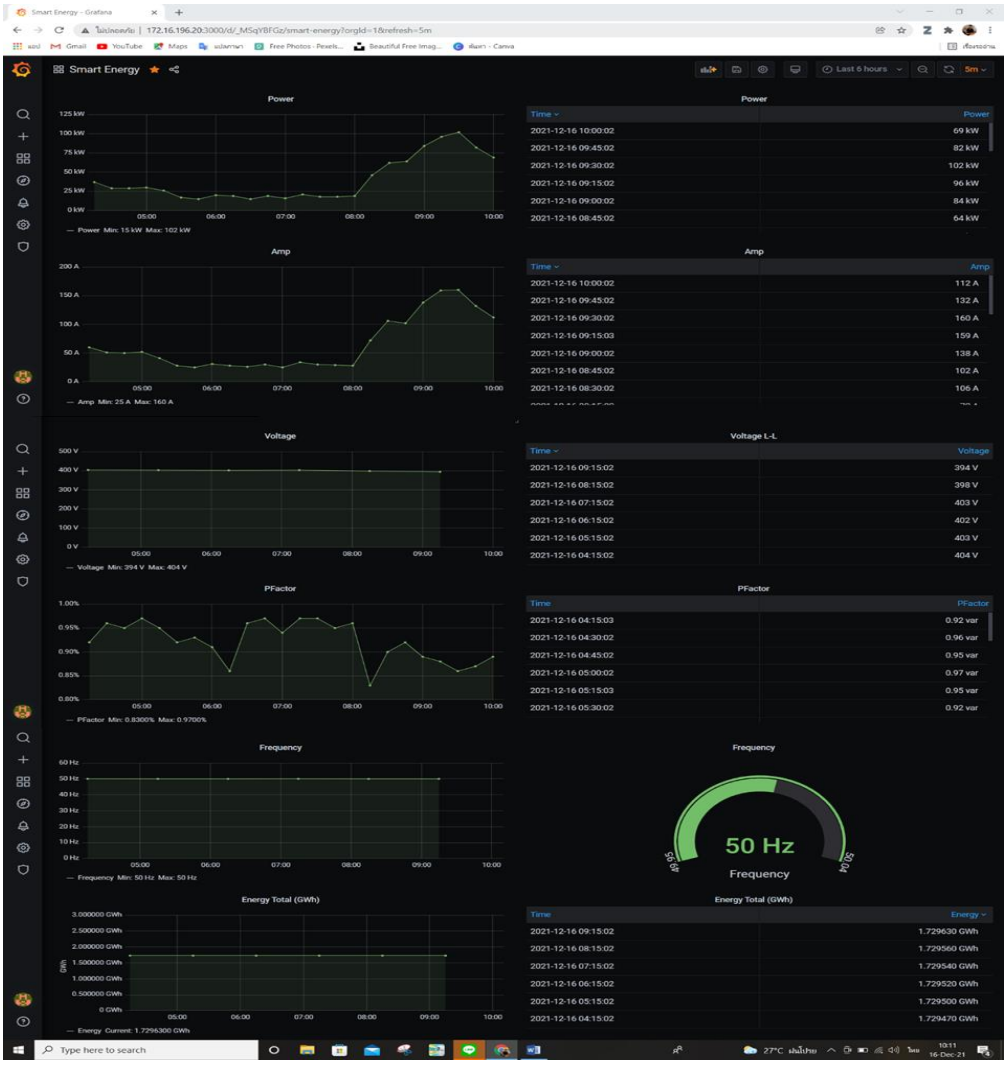


ภาพที่ 36 โปรแกรม Grafana เชื่อมต่อฐานข้อมูลกับโปรกรม Influx DB



ภาพที่ 37 เชื่อมต่อฐานข้อมูลกับโปรกรม Influx DB

หน้าหลักของโปรแกรม Grafana และการประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม Grafana จะแสดงข้อมูลออกมาอยู่ในรูปแบบกราฟิกผ่านทาง Dashboard ดังภาพที่ 38



ภาพที่ 38 รูปแบบกราฟิกผ่านทาง Dashboard โปรแกรม Grafana

3.4 การทดสอบระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.4.1 การเปรียบเทียบผลการวัดของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter

วิเคราะห์ความถูกต้องของโปรแกรมโดยการวัดค่าการใช้งานของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter ที่ติดตั้งอยู่เดิม ณ เวลาเดียวกัน โดยวัดปริมาณทางไฟฟ้า ได้แก่ ค่ากำลังไฟฟ้า (Kw), ค่ากระแสไฟฟ้า (A), แรงดันไฟฟ้า (V), ค่าความถี่ (Hz) และค่าพลังงานไฟฟ้า(Kwh) นำมาเปรียบเทียบค่าปริมาณไฟฟ้าโดยค่าผิดพลาด ไม่เกินร้อยละ 5

3.4.2 การทดสอบและการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

การทดสอบและการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีขอบเขตของการทดสอบและการประเมิน 3 ด้าน ดังนี้

1. Functional Test เป็นการทดสอบความสามารถในการทำงานของระบบ
2. Usability Test เป็นการทดสอบความง่ายต่อการใช้งานของระบบ
3. Security Test เป็นการทดสอบความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ข้อมูลและนาเสนอค่าสถิติต่าง ๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$\overline{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

$$S.D = \frac{\sqrt{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}}{N(N-1)}$$

เมื่อ

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญ

S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ΣX คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum X^2$ คือ ผลรวมของคะแนนแต่ละหัวข้อยกกาลังสอง

$(\sum X)^2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกา ลังสอง

N คือ จำนวนของผู้ประเมิน

จุดประเมินที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันในจุดประเมินที่ระบุไว้ในการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การสรุปผลข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอค่าสถิติต่าง ๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยการแปลค่าการประเมินชุดสาธิตจากแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญตามแนวทางของเบสท์ (Best) [21] มีดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับ ดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับ ดี

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับ พอใช้

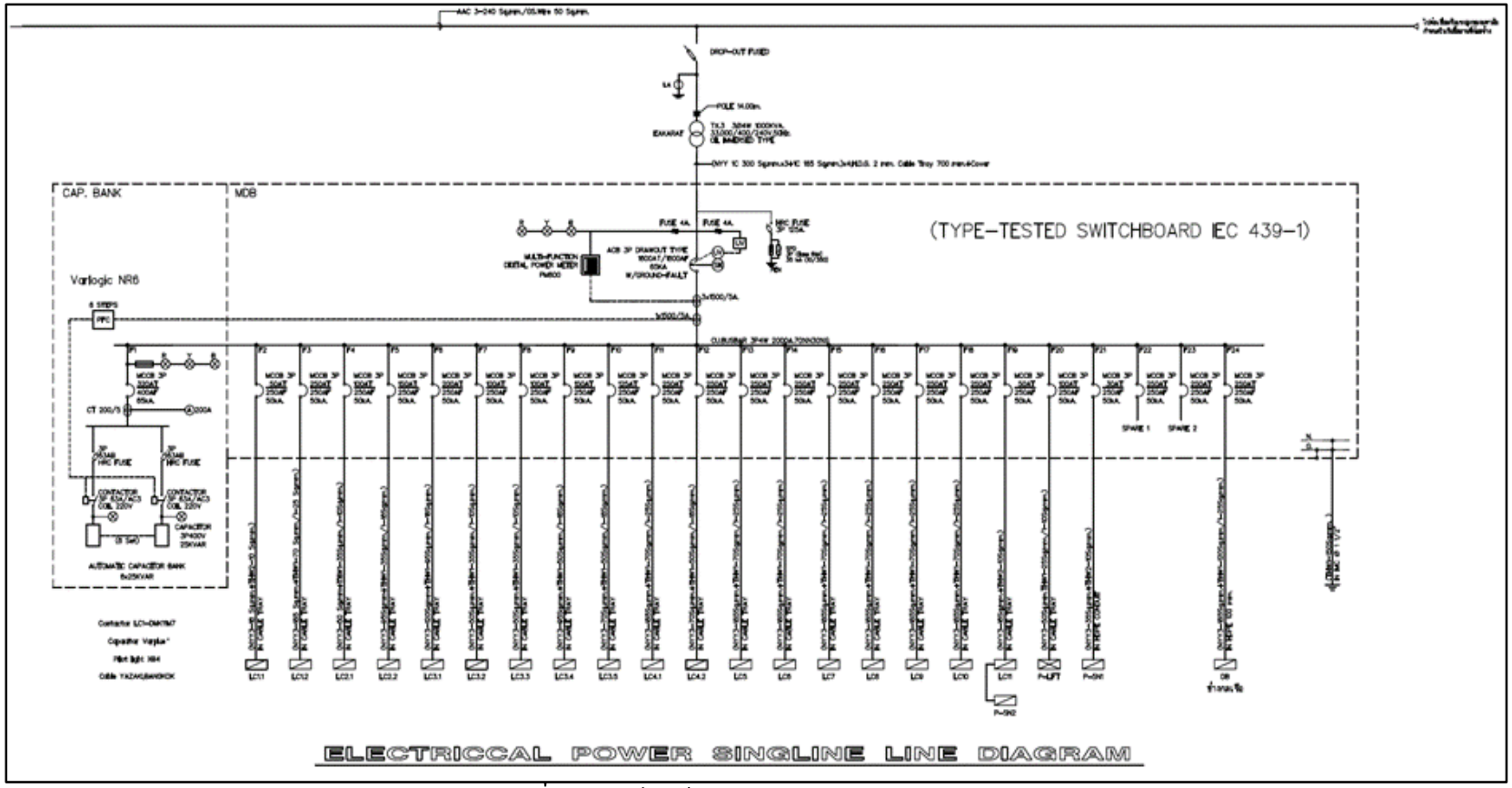
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับ น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

3.5 จัดทำรายการแสดงอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าหลักทั้งหมดภายในอาคารที่ใช้งานในช่วงเวลา Off - Peak

สำหรับการศึกษาวิจัยนี้เกี่ยวกับการพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศวิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ซึ่งเป็นอาคารเรียนรวมที่มีทั้งหมด 11 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 18,057 ตารางเมตร รองรับผู้ใช้งานรวมทั้งสิ้น 4,514 คน โดยใช้เป็นห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องสำนักงานประจำหลักสูตร และห้องสำนักงานคณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีบุคลากรที่ประจำอาคารทั้งหมด 60 คน โดยแบ่งเป็นอาจารย์สายวิชาการ 26 คน สายสนับสนุน 34 คน ใช้พลังงานไฟฟ้าที่รับจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาดแรงดัน 33 กิโลโวลต์ (KV) และเข้าหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1000 กิโลโวลต์แอมป์ (KVA) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าลดลงเหลือ 380 โวลต์ (Voltage) ถูกส่งต่อไปยังตู้ควบคุมซึ่งได้ทำการติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและติดตั้งคาปาซิเตอร์ (Capacitor) 50 กิโลวาร์ (KVA) จำนวน 12 ตัว เพื่อปรับปรุงตัวประกอบ

กำลังไฟฟ้า (Power Factor) โดยแต่ละวงจรจะถูกติดตั้งเซอร์กิตเบรคเกอร์ (Circuit Breaker) ดังแสดงในภาพที่ 39



ภาพที่ 39 วงจรไฟฟ้า Single Line Diagram

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลติดตั้งระบบเครื่องปรับอากาศภายในอาคารศรีวิศววิทยาที่ใช้งานในช่วงเวลา Off - Peak

ชั้นที่	**สถานที่**	**จำนวนเครื่องปรับอากาศ (เครื่อง)**	**ขนาดพิกัดติดตั้ง (บีทียูต่อชั่วโมง)**	**ขนาดพิกัดติดตั้งรวม (บีทียูต่อชั่วโมง)**	**กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)**
1	ห้องควบคุมไฟฟ้า	2	18,000	36,000	2,769
11	ห้องควบคุมลิฟท์	2	18,000	36,000	2,769
รวม					5,538

* อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio) หรือ EER = 13

$$* \text{EER} = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น } (\text{btu/h})}{\text{กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ของ Compressor } (\text{kW})}$$

จากตารางที่ 4 แสดงข้อมูลติดตั้งระบบเครื่องปรับอากาศภายในอาคารศรีวิศววิทยาที่ใช้งานในช่วงเวลา Off – Peak โดยมีเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 4 เครื่อง มีกำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมด 5,538 วัตต์ มีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าหรือ EER=13

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลติดตั้งระบบแสงสว่างในอาคารศรีวิศวิทยาที่ใช้งานในช่วงเวลา Off - Peak

ชั้นที่	สถานที่	หลอดฟลูออเรสเซนต์		หลอดฟลูออเรสเซนต์ (E27)		หลอดสปอร์ตไลท์		กำลังไฟฟ้ารวม
		18 วัตต์	36 วัตต์	13 วัตต์	15 วัตต์	250 วัตต์	400 วัตต์	(วัตต์)
1	ไฟกิ่งรอบคาคารและทางเดิน	6	-	-	64		2	1,904
	ลานจอดรถใต้อาคาร		42	-	-	-	-	1,722
	โถงและทางเดิน	7	-	-	-	-	-	168
2	ลานชั้น2	-	-	68	-			884
	โถงและทางเดิน	47	-	-	-	-	-	1,128
3	โถงและทางเดิน	22	-	-	28	-	4	2,548
4	โถงและทางเดิน	16	-	-	-	-	-	384
5	โถงและทางเดิน	27	-	-	-	-	-	648
6	โถงและทางเดิน	27	-	-	-	-	-	648
7	โถงและทางเดิน	27	-	-	-	-	-	648
8	โถงและทางเดิน	27	-	-	-	-	-	648
9	โถงและทางเดิน	27	-	-	-	-	-	648
10	โถงและทางเดิน	27	-	-	-	-	-	648
11	โถงและทางเดิน	1	2					106
	ไฟส่องป้ายอาคาร	-	-	-	-	4	-	1,000
รวม								13,732

*บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง หรือบัลลาสต์โลลอสค่าสูญเสียพลังงาน 5 วัตต์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลอุปกรณ์ระบบเน็ตเวิร์กและระบบอินเทอร์เน็ตในอาคารศรีวิศววิทยาที่ใช้งานในช่วงเวลา Off – Peak

ชั้นที่	**สถานที่**	**จำนวนอุปกรณ์ระบบเน็ตเวิร์กและระบบอินเตอร์เน็ต (เครื่อง)**	**กำลังไฟฟ้ารวม กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)**
1	POE Switch	1	210
2	POE Switch	1	210
3	POE Core Switch Server สำนักงาน	1	650
	POE Switch สนง.	1	210
	POE Switch ห้องประชุมกัลประพฤกษ์	1	210
4	POE Switch	1	210
5	POE Switch	1	210
6	POE Switch	1	210
7	POE Switch	1	210
8	POE Switch	1	210
9	POE Switch	1	210
10	POE Switch	1	210
รวม			**2,540**

ตารางที่ 7 ระบบดับเพลิงและกล้องวงจรปิดในอาคารศรีวิศววิทยาที่ใช้งานในช่วงเวลา Off - Peak

ชั้นที่	สถานที่	จำนวนระบบดับเพลิงและกล้องวงจรปิด	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)
1	ป้ายทางหนีไฟ (Exit Light) โถงบันไดทางเข้า	1	10
	กล้องวงจรปิด	3	18
2	ป้ายทางหนีไฟ (Exit Light) โถงบันไดทางเข้า	2	20
	กล้องวงจรปิด	3	18
3	ป้ายทางหนีไฟ (Exit Light) โถงบันไดทางเข้า	3	30
	กล้องวงจรปิด	2	12
	ตัวบันทึกกล้องวงจรปิด (DVR)	1	35
4	ป้ายทางหนีไฟ (Exit Light) โถงบันไดทางเข้า	8	80
4	กล้องวงจรปิด	8	48
5	ป้ายทางหนีไฟ (Exit Light) โถงบันไดทางเข้า	6	60
5	กล้องวงจรปิด	2	12
6	ป้ายทางหนีไฟ (Exit Light) โถงบันไดทางเข้า	6	60
6	กล้องวงจรปิด	2	12
7	ป้ายทางหนีไฟ (Exit Light) โถงบันไดทางเข้า	6	60

ตารางที่ 7 ระบบดับเพลิงและกล้องวงจรปิดในอาคารศรีวิศววิทยาที่ใช้งานในช่วงเวลา Off - Peak (ต่อ)

ชั้นที่	**สถานที่**	**จำนวนระบบดับเพลิงและกล้องวงจรปิด**	**กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)**
7 8	กล้องวงจรปิด	2	12
7 8	ป้ายทางหนีไฟ (Exit Light) โถงบันไดทางเข้า	6	60
	กล้องวงจรปิด	2	12
9	ป้ายทางหนีไฟ (Exit Light) โถงบันไดทางเข้า	6	60
10	ป้ายทางหนีไฟ (Exit Light) โถงบันไดทางเข้า	6	60
รวม	**679**		

*ป้ายทางหนีไฟ Exit Light 1 x 10 W. Fluorescent

ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลระบบลิฟต์ในอาคารศรีวิศววิทยาที่ใช้งานในช่วงเวลา Off - Peak

ชั้นที่	**สถานที่**	**จำนวนระบบลิฟต์ (เครื่อง)**	**กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)**
11	ห้องควบคุมลิฟต์	2	500
		รวม	**500**

ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ในสำนักงานในอาคารศรีวิศววิทยาที่ใช้งานในช่วงเวลา Off - Peak

ชั้นที่	สถานที่	จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าในสำนักงาน	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)
3	สำนักงานคณบดี	1	106
5	สำนักงานวิศวกรรมเครื่องนุ่งห่ม	1	100
7	สำนักงานวิศวกร	1	70
9	สำนักงานวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	1	65
10	สำนักงานวิศวกรรมโทรคมนาคม	1	120
รวม			**461**

3.6 การวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak

3.6.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

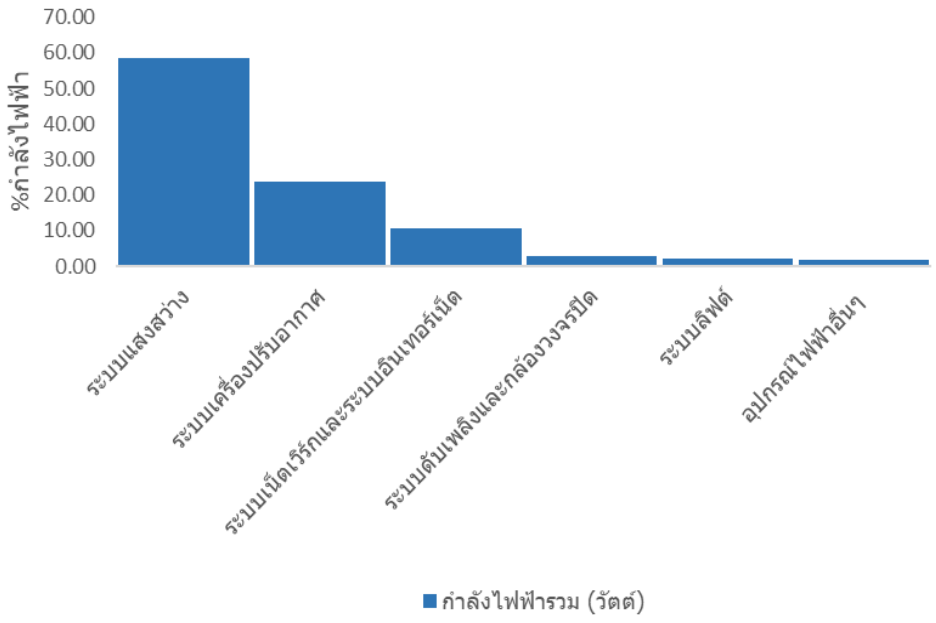
แผนภูมิพาเรโต เป็นแผนภูมิใช้แสดงสาเหตุของปัจจัยผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak โดยแสดงสาเหตุหลักและสาเหตุรองตามลำดับ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจว่าควรปรับปรุงสาเหตุใดก่อน และใช้ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นหลังจากการแก้ไขปรับปรุง ด้วยวิธีการดังนี้

(1) นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak มาจัดประเภทและเรียงลำดับความถี่จากมากไปน้อยลงในตาราง จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้าเปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้าสะสมของแต่ละปัจจัย

ตารางที่ 10 รายการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานใช้ในช่วง Off-Peak

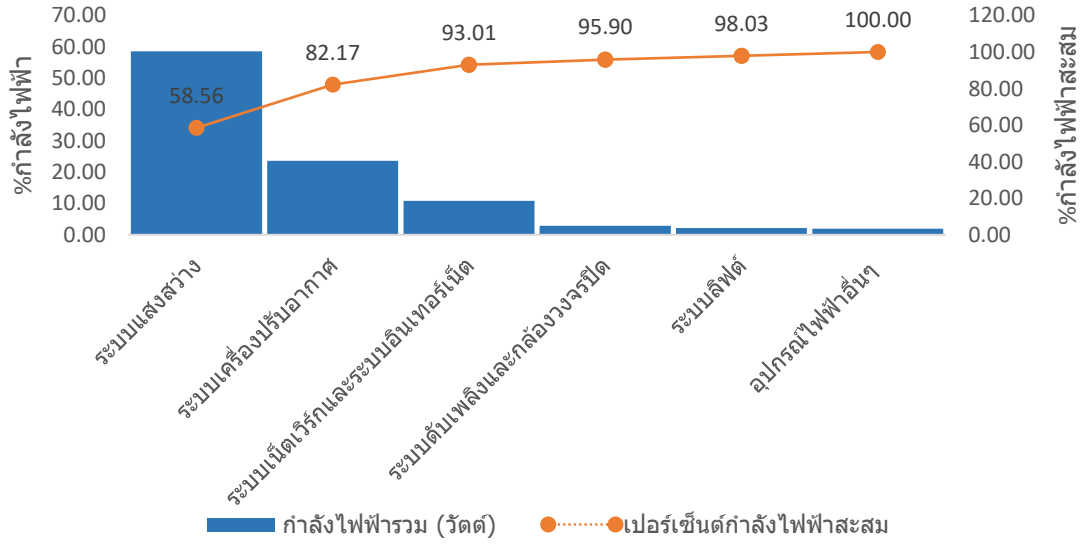
รายการแสดงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไฟฟ้า	**กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)**	**เปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้า**	**เปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้าสะสม**
ระบบแสงสว่าง	13,732	58.56	58.56
ระบบเครื่องปรับอากาศ	5,538	23.62	82.17
ระบบเน็ตเวิร์กและระบบอินเทอร์เน็ต	2,540	10.83	93.01
ระบบดับเพลิงและกล้องวงจรปิด	679	2.90	95.90
ระบบลิฟต์	500	2.13	98.03
อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ	461	1.97	100.00
กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	23,450	100	100.00

(2) นำความถี่ของปัญหามาสร้างแผนภูมิแท่ง โดยอิงจำนวนจากแกน Y1 และระบุปัญหาลงในแกน X ตามลำดับความถี่จากมากไปน้อย



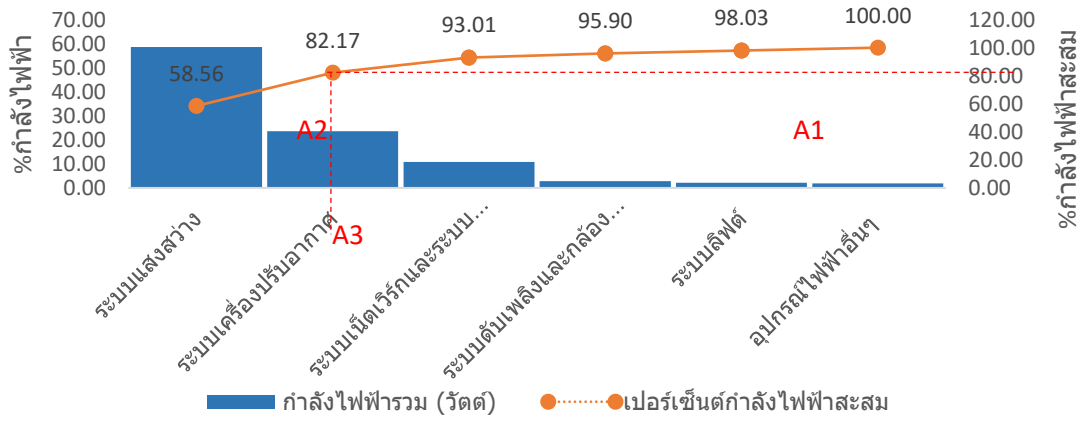
ภาพที่ 40 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram

(3) นำร้อยละสะสมมาสร้างกราฟเส้น โดยอิงร้อยละจากแกน Y2 จะได้เป็นแผนภูมิพาเรโต



ภาพที่ 41 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

(4) พิจารณาปัญหาด้วยหลักการของ พาเรโต โดยลากเส้นประ A1 จากร้อยละ 80 ของแกน Y2 ไปตัดกับ กราฟเส้นร้อยละสะสม เกิดเป็นจุดตัด A2 จากนั้น ลากเส้นประ A3 จากจุดตัด A2 ไปทำมุมตั้งฉากกับแกน X จะพบว่า แผนภูมิแท่งที่อยู่ระหว่างแกน Y1 กับเส้นประ A3 เป็นสาเหตุหลักของ ปัญหาในครั้งนี้



ภาพที่ 42 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

3.6.2 แผนภาพก้างปลา (Fish-bone Diagram)

แผนภาพก้างปลา เป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak ที่ต้องการแก้ไขกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา สามารถมองภาพรวมของปัญหาและสาเหตุทั้งหมดได้ง่ายขึ้น แผนภาพก้างปลามีลักษณะคล้ายกับก้างปลา โดยส่วนหัวของก้างปลาจะแสดงปัญหาที่เกิดขึ้น ส่วนก้างปลาหลักจะแสดงสาเหตุหลัก และก้างปลาย่อยแสดงสาเหตุย่อย ด้วยวิธีการ ดังนี้

(1) กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา

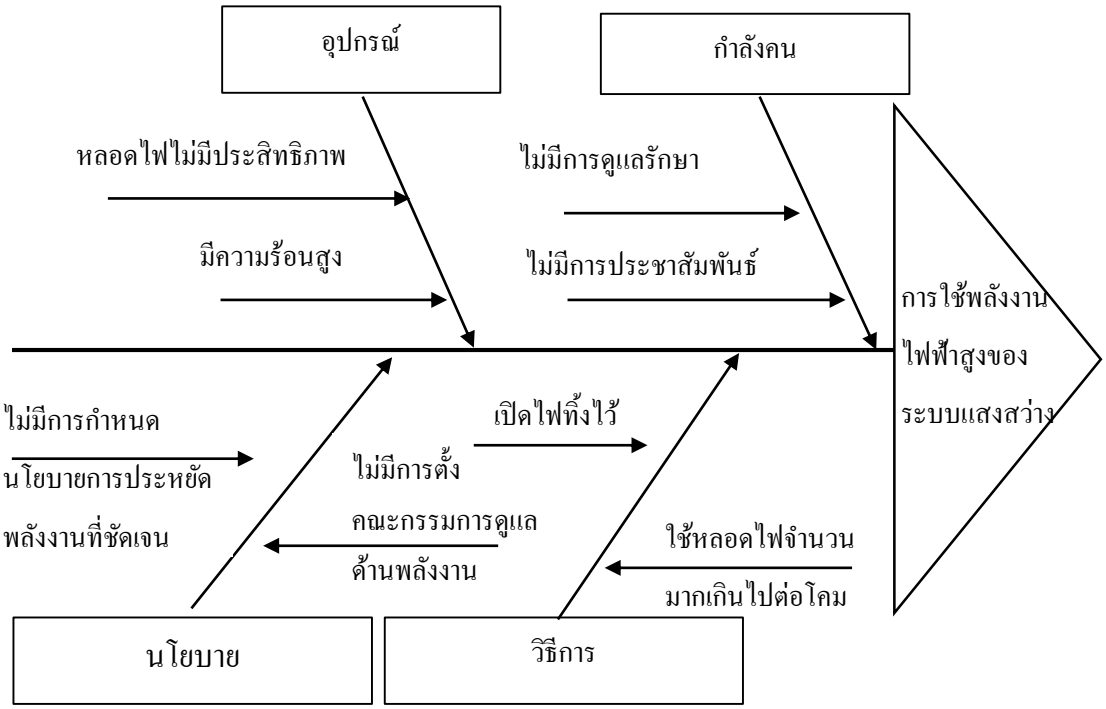
(2) กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้น ๆ

(3) ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย

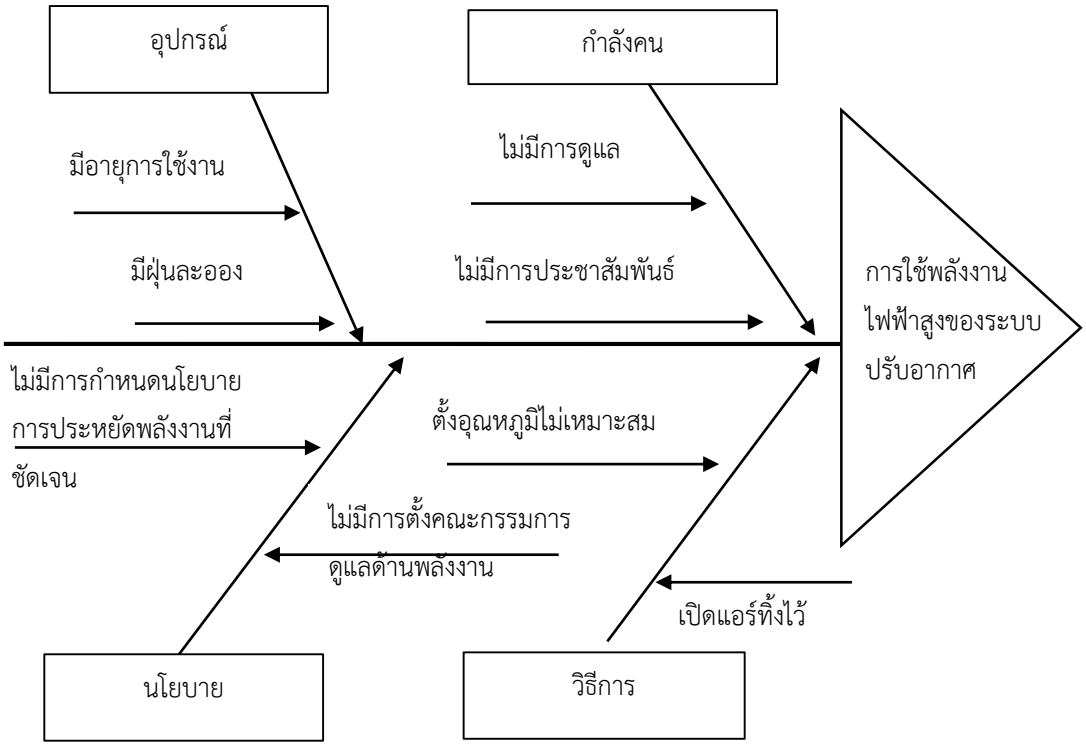
(4) หาสาเหตุหลักของปัญหา

(5) จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ

(6) ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น



ภาพที่ 43 แผนภาพก้างปลาระบบแสงสว่าง



ภาพที่ 44 แผนภาพก้างปลาระบบปรับอากาศ

3.7 แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า

แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak ตามแนวทางด้านการอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน โดยดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้

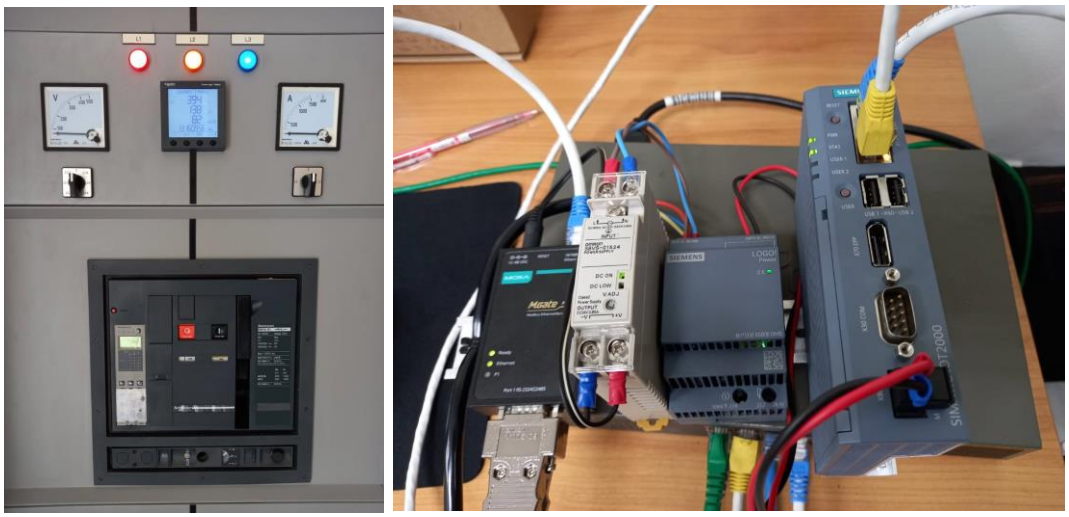
ภาพที่ 45 แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

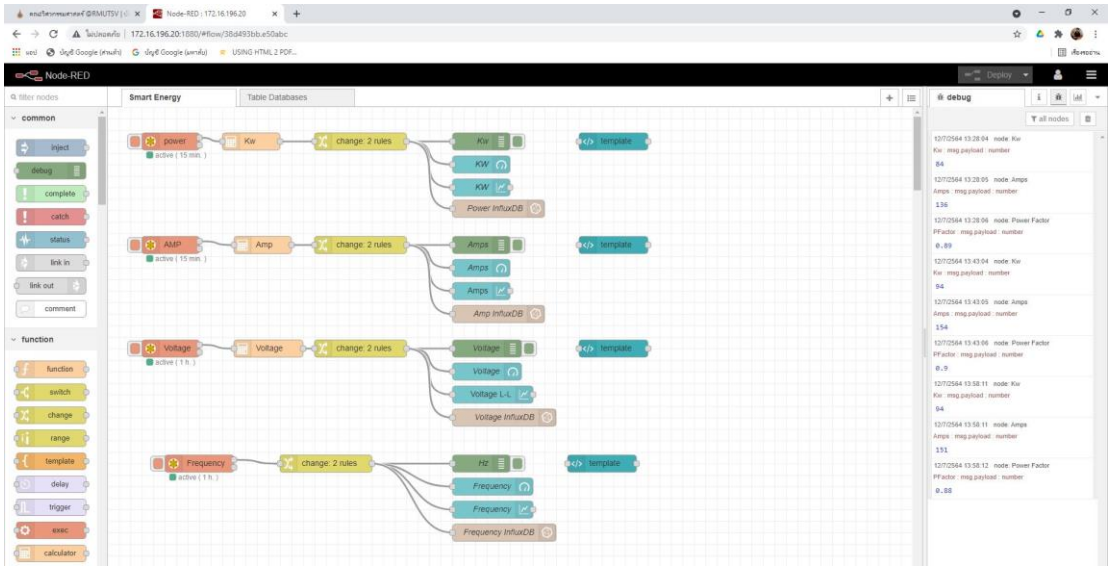
การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย มีวัตถุประสงค์ 1.เพื่อออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage: V), ค่ากระแสไฟฟ้า (Ampere : A) ค่ากำลังไฟฟ้า (Electric Power : KW), ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (Kilowatt hour: Kwh) แบบทันทีทันใด (Real Time) 2. วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak และ 3. เพื่อวางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

วัตถุประสงค์ 1. ออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage: V), ค่ากระแสไฟฟ้า (Ampere : A) ค่ากำลังไฟฟ้า(Electric Power : KW), ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (Kilowatt hour: Kwh) แบบทันทีทันใด (Real Time) โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ภายในห้องควบคุมดังภาพที่ 46

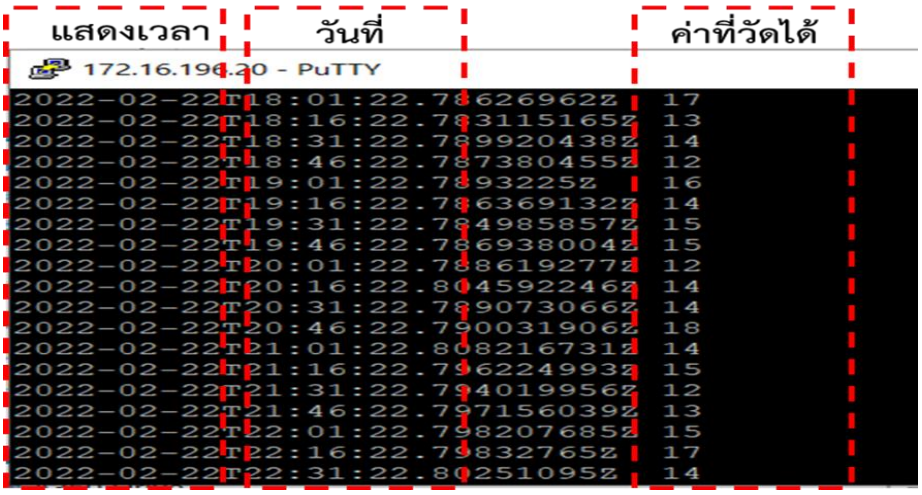


ภาพที่ 46 อุปกรณ์ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากภาพที่ 46 เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 โดยมีอุปกรณ์ Multi-Function Digital Power Meter วัดค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage: V), ค่ากระแสไฟฟ้า (Ampere : A) ค่ากำลังไฟฟ้า (Electric Power : KW), ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (Kilowatt hour: Kwh) จากหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 1,000KVA 33,000/400/240V/50Hz และสื่อสารส่งข้อมูลให้กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ผ่านทางพอร์ท Serial RS-485 Protocol Modbus RTU สามารถเชื่อมต่อโดยให้ดึงข้อมูลจากอุปกรณ์และเขียนค่าไปยังอุปกรณ์ Modbus Server โดยให้โปรแกรม Node-RED เป็น Modbus Client (ฝั่งที่เขียน-อ่านข้อมูล) โดยที่ SIEMENS SIMATIC IOT2050 จะทำการ Request ค่าที่ Register Address จาก Multi-Function Digital Power Meter และหลังจากนั้นตัว Multi-Function Digital Power Meterก็จะตอบสนอง ค่ากระแส(Ampere) กลับมาที่ SIEMENS SIMATIC IOT2050 การทำงานร่วมกันของโปรแกรม Node-RED ดังภาพที่ 47 โปรแกรม Influx DB ดังภาพที่ 48 และโปรแกรม Grafana ดังภาพที่ 49 เป็นเครื่องมือสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) และสามารถออกแบบ API ในการรับค่า คำนวณ แปลงข้อมูล เก็บข้อมูล แบบเรียลไทม์ ช่วยให้ผู้ใช้ (Users) สามารถสร้างและแก้ไข Dashboard ได้อย่างง่ายๆ ครอบคลุมรูปแบบกราฟหลายประเภท

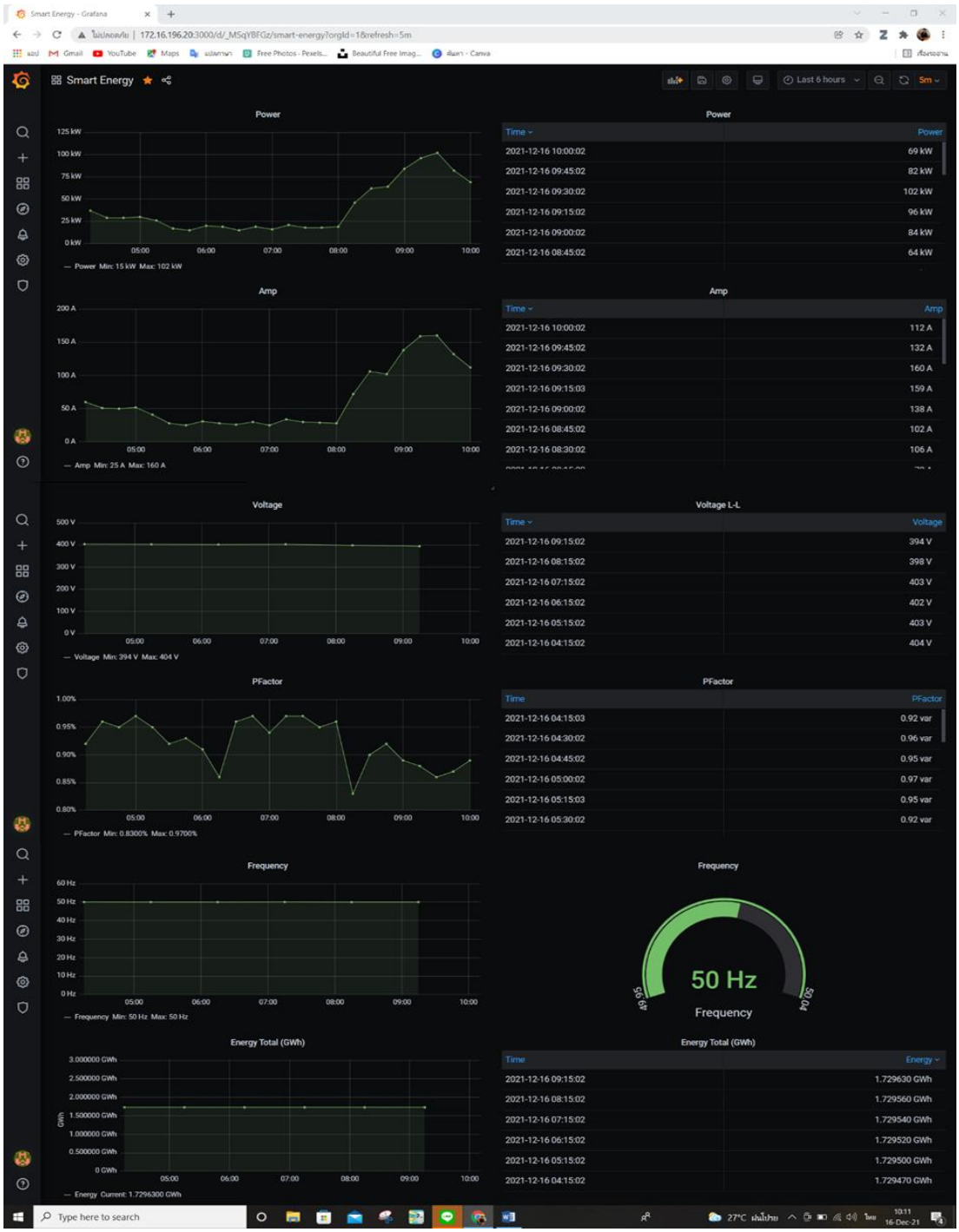


ภาพที่ 47 โปรแกรม Node-red บน Web browser



ภาพที่ 48 ฐานข้อมูลโปรแกรม Influx DB

จากภาพที่ 48 โปรแกรม Influx DB เป็นระบบฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบมาสำหรับการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Time Series และการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ โดยข้อมูลที่จะถูกนำเข้าระบบฐานข้อมูลของโปรแกรม Influx DB จะเป็นข้อมูลที่ได้จาก Output ของ Node Chang โดยการการตั้งค่า Server ของ Node Influx Out โดยการเปิดโปรแกรมเพื่อดูค่าที่ถูกบันทึกไว้บนอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 เข้าโปรแกรม Putty เรียกดูข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วย เวลา วันที่และค่าปริมาณทางไฟฟ้าที่วัดได้



ภาพที่ 49 โปรแกรม Grafana

จากภาพที่ 49 โปรแกรม Grafana ถูกติดตั้งบนอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ทำงานร่วมกับโปรแกรม Influx DB ในการสร้าง Dashboard แสดงผลข้อมูลค่าปริมาณทางไฟฟ้า

ประกอบด้วย ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage: V), ค่ากระแสไฟฟ้า (Ampere : A) ค่ากำลังไฟฟ้า(Electric Power : KW), ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (Kilowatt hour: Kwh) แบบทันทีทันใด (Real Time)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจวัด

การวิเคราะห์ความถูกต้องของโปรแกรมโดยการวัดค่าการใช้งานของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter ที่ติดตั้งอยู่เดิม ณ เวลาเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าปริมาณไฟฟ้าโดยค่าผิดพลาด ไม่เกินร้อยละ 5

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจวัด

รายการที่ทำการวัด	**ผลจากการวัดจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น**	**ผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter**	**ค่าความผิดพลาด (ร้อยละ)**
แรงดันไฟฟ้า (Volt) L-L Average	394	395	0.26
กระแสไฟฟ้า (A) 3Phase Average	159	161	1.25
ค่ากำลังไฟฟ้า (KW) 3Phase Average	96	98	2.05
ค่าความถี่ไฟฟ้า (Hz)	49	50	2.00
ค่าพลังงานไฟฟ้า (Kwh Total)	1.729630(Gwh)	1.729630(Gwh)	0.00

จากตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบผลการวัดของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter โดยทำการวัดปริมาณ

ทางไฟฟ้า ได้แก่ ค่ากำลังไฟฟ้า (Kw), ค่ากระแสไฟฟ้า (A), แรงดันไฟฟ้า (V), ค่าความถี่ (Hz) และค่าพลังงานไฟฟ้า (Kwh) จากการเปรียบเทียบผลการวัดพบว่า ค่าที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น มีความแม่นยำ โดยค่าความผิดพลาดของค่ากำลังไฟฟ้า (Kw) มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 2.05 ค่ากระแสไฟฟ้า (A) ค่าความผิดพลาดร้อยละ 1.25 ค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ค่าความผิดพลาดร้อยละ 0.26 ค่าความถี่ (Hz) ค่าความผิดพลาดร้อยละ 2.00 และค่าพลังงานไฟฟ้า (Kwh) ค่าความผิดพลาดร้อยละ 0.00 โดยเปรียบเทียบผลการวัดของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter ดังภาพที่ 50

ภาพที่ 50 เปรียบเทียบผลการวัดของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter

ผลการทดสอบระบบและการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยทำการทดสอบ 3 ด้านดังนี้

ตารางที่ 12 ผลการประเมินประสิทธิภาพในด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ (Functional Test)

รายการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูล	4.60	0.55	ดีมาก
2. ความถูกต้องในการแก้ไขข้อมูล	4.20	0.45	ดี
3. ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมกับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter	4.00	0.71	ดี
4. ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ	4.80	0.45	ดีมาก
5. ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ	4.40	0.55	ดี
6. ความครอบคลุมของระบบที่พัฒนากับระบบงานจริง	4.20	0.45	ดี
7. การป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เช่น มีระบบสำรองไฟ /ระบบสำรองข้อมูล	3.40	0.55	พอใช้
รวม	4.23		ดี

จากตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ระบบการประเมินประสิทธิภาพด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ (Functional Test) โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 อยู่ในเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 13 ผลการประเมินประสิทธิภาพในด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test)

รายการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	4.40	0.55	ดี
2. ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ	4.80	0.45	ดีมาก
3. ความเหมาะสมในการใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ	4.80	0.45	ดีมาก
4. ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	4.80	0.45	ดีมาก
5. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอ	4.20	0.45	ดี
6. ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้	3.60	0.55	ดี
7. ความเหมาะสมของส่วนประกอบบนจอภาพ	4.00	0.71	ดี
8. คำศัพท์ที่ให้ผู้ใช้สามารถปฏิบัติตามได้ง่าย	3.80	0.45	ดี
รวม	4.30		ดี

จากตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ระบบการประเมินประสิทธิภาพด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test) โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 อยู่ในเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 14 ผลการประเมินประสิทธิภาพในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test)

รายการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. การตรวจสถานะของผู้เข้าใช้งานก่อนการใช้งานระบบ	3.60	0.55	ดี
2. การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง	3.20	0.45	พอใช้
รวม	3.40		พอใช้

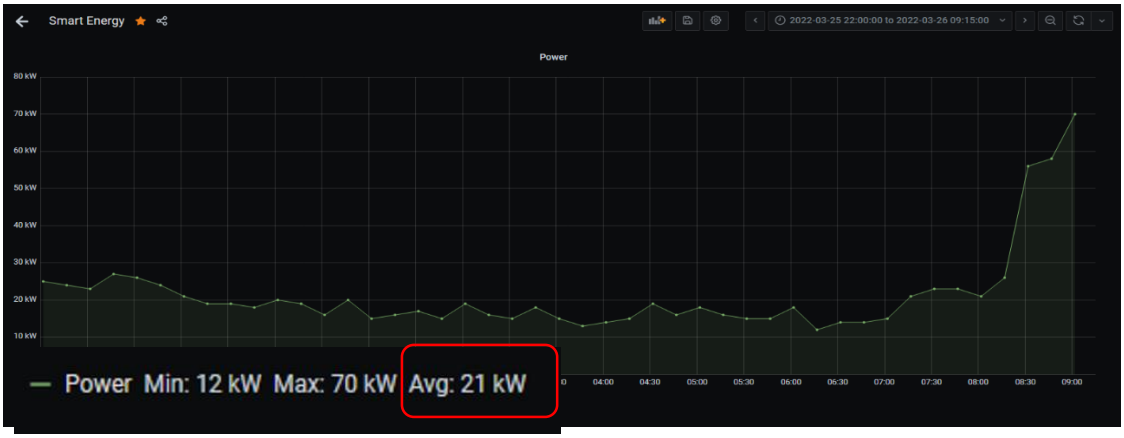
จากตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ระบบการประเมินประสิทธิภาพด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test) โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 อยู่ในเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับพอใช้

วัตถุประสงค์ 2. วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak

ตารางที่ 15 รายการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานใช้ในช่วง Off-Peak

รายการแสดงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไฟฟ้า	**กำลังไฟฟ้า (วัตต์)**
ระบบแสงสว่าง	13,732
ระบบเครื่องปรับอากาศ	5,538
ระบบเน็ตเวิร์กและระบบอินเทอร์เน็ต	2,540
ระบบดับเพลิงและกล้องวงจรปิด	679
ระบบลิฟต์	500
อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ	461
กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	**23,450**

จากตารางที่ 15 จากการสำรวจข้อมูลรายการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานใช้ในช่วง Off-Peak นำมาคำนวนหาค่ากำลังไฟฟ้ารวมได้เท่ากับ 23,450 วัตต์ นำมาเปรียบเทียบผลการทดสอบระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 21,000 วัตต์ ดังภาพที่ 51

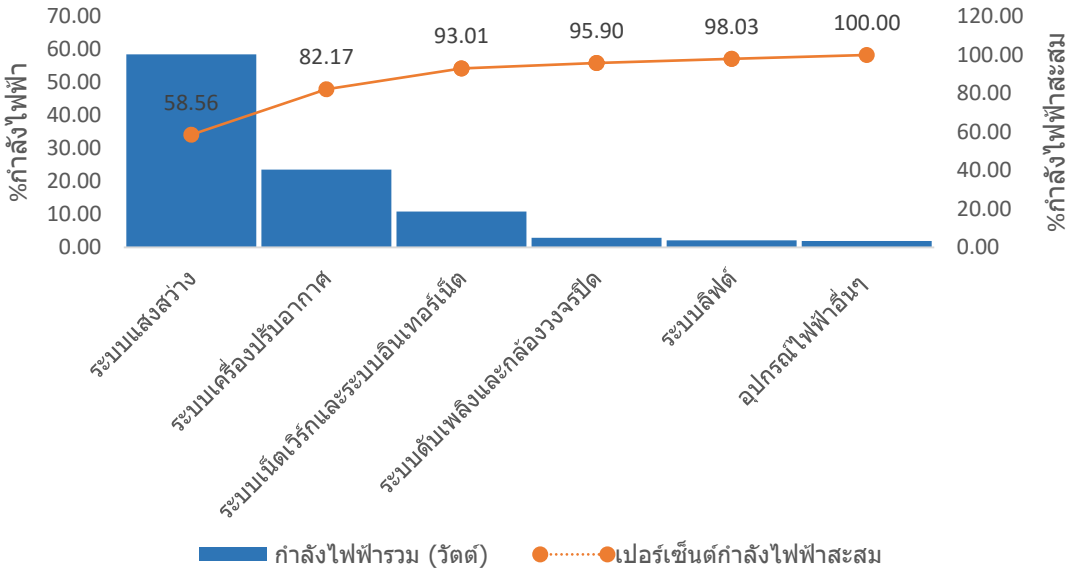


ภาพที่ 51 การวัดของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้าสะสมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานในช่วง Off-Peak

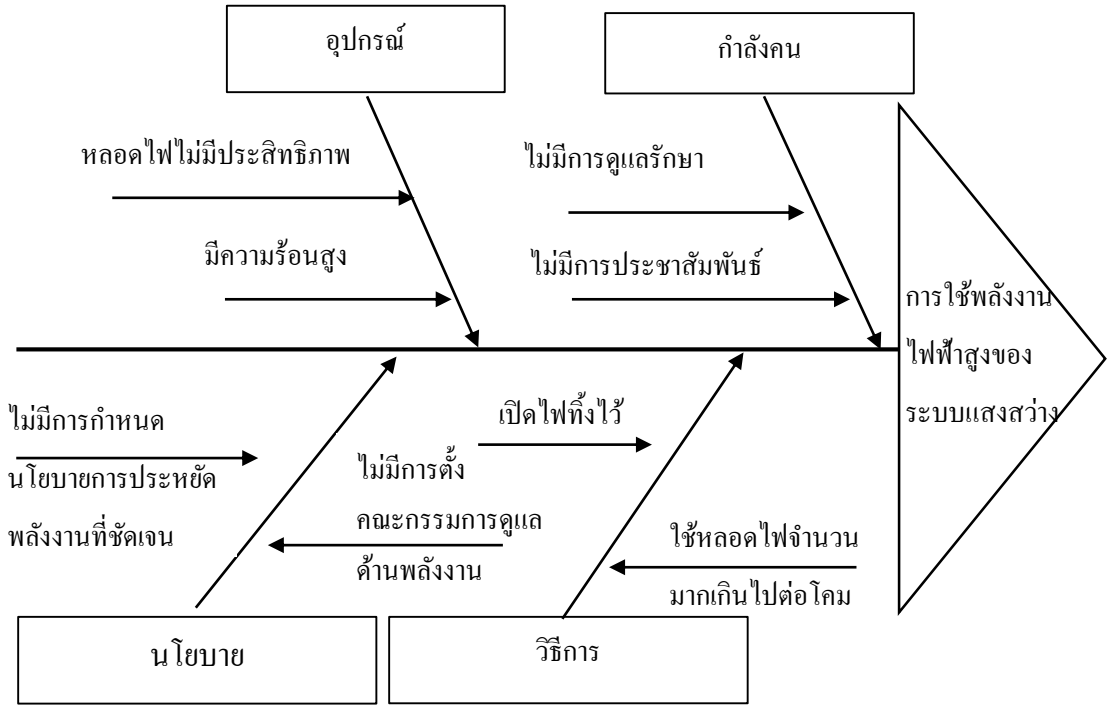
รายการแสดงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไฟฟ้า	**กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)**	**เปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้า**	**เปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้าสะสม**
ระบบแสงสว่าง	13,732	58.56	58.56
ระบบเครื่องปรับอากาศ	5,538	23.62	82.17
ระบบเน็ตเวิร์กและระบบอินเทอร์เน็ต	2,540	10.83	93.01
ระบบดับเพลิงและกล้องวงจรปิด	679	2.90	95.90
ระบบลิฟต์	500	2.13	98.03
อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ	461	1.97	100.00
กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	23,450	100	100.00

จากตารางที่ 16 การสำรวจข้อมูลรายการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานในช่วง Off-Peak นำมาคำนวนหาค่ากำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์) วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak โดยใช้แผนภูมิพาเรโต พบว่า สเหตุหลักที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak ได้แก่ ระบบแสงสว่าง ร้อยละ 58.56 ระบบเครื่องปรับอากาศ ร้อยละ 23.62 ระบบเน็ตเวิร์กและระบบอินเทอร์เน็ต ร้อยละ 10.83 ระบบดับเพลิงและกล้องวงจรปิด ร้อยละ 2.90 ระบบลิฟต์ ร้อยละ 2.13 และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ร้อยละ 1.97 ตามลำดับ



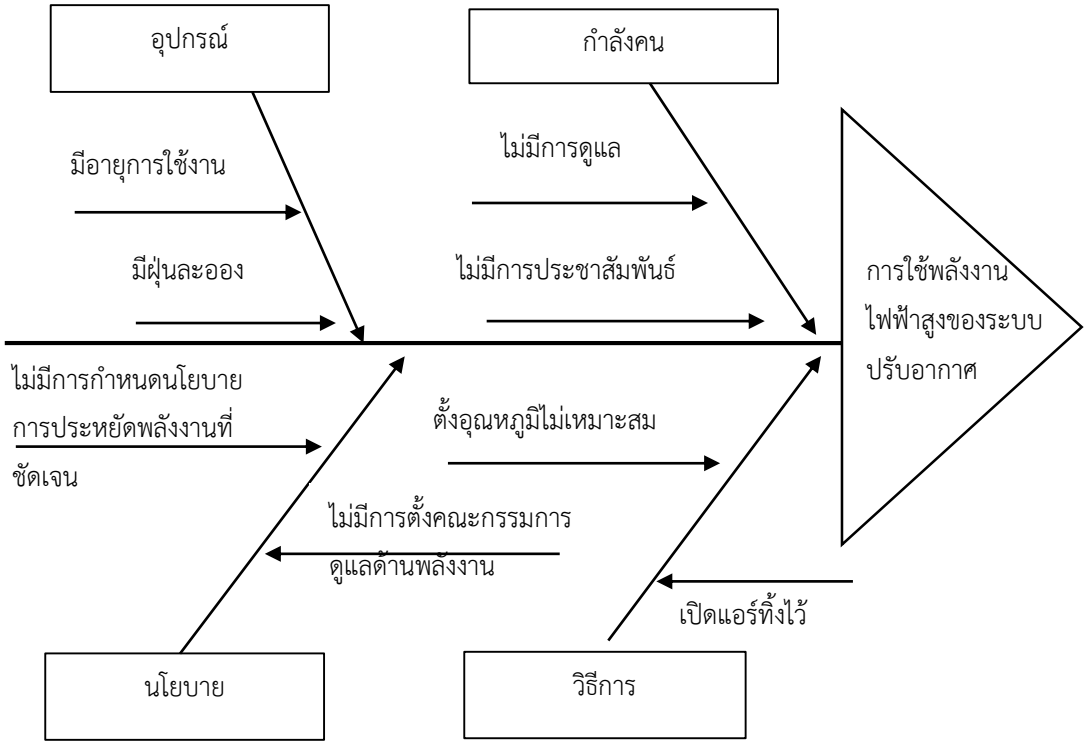
ภาพที่ 52 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

จากภาพที่ 52 การนำข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak และพิจารณาด้วยหลักหลักการของพาเรโต (Pareto's Principle) หรือกฎ 80:20 ที่ว่า"สาเหตุหลัก 20% ส่งผลทำให้เกิดผลลัพธ์ 80%" สรุปได้ว่า สาเหตุหลักของปัญหาในครั้งนี้ คือ ระบบแสงสว่าง ร้อยละ 58.56 ระบบเครื่องปรับอากาศ ร้อยละ 23.62 จึงส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำทั้ง 2 สาเหตุมาวิเคราะห์เป็นแผนภาพก้างปลา แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่ต้องการแก้ไขกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ได้ดังนี้



ภาพที่ 53 แผนภาพก้างปลาระบบแสงสว่าง

จากภาพที่ 53 แผนภาพก้างปลาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาระบบแสงสว่างมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak กับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ปัญหาสาเหตุหลักของระบบแสงสว่าง พบว่า สาเหตุหลักประกอบด้วย พนักงาน อุปกรณ์ นโยบาย และวิธีการ โดยด้านพนักงานมีสาเหตุย่อยมาจาก ไม่มีการดูแลรักษาอย่างเพียงพอ และไม่มีการประชาสัมพันธ์เรื่องการประหยัดพลังงาน ด้านอุปกรณ์ มีสาเหตุย่อยมาจาก หลอดไฟประสิทธิภาพต่ำ และมีความร้อนสูง ด้านนโยบาย มีสาเหตุย่อยมาจาก ไม่มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน และไม่มีการตั้งคระกรรมการดูและด้านพลังงาน และด้านวิธีการมีสาเหตุย่อยมาจาก การเปิดไฟทิ้งไว้ และใช้หลอดไฟจำนวนมากเกินไปต่อโคม



ภาพที่ 54 แผนภาพก้างปลาระบบปรับอากาศ

จากภาพที่ 54 แผนภาพก้างปลาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาระบบปรับอากาศมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak กับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ปัญหาสาเหตุหลักของระบบปรับอากาศพบว่า สาเหตุหลักประกอบด้วย พนักงาน อุปกรณ์ นโยบาย และวิธีการ โดยด้านพนักงานมีสาเหตุย่อยมาจาก ไม่มีการดูแลรักษาอย่างเพียงพอ และไม่มีการประชาสัมพันธ์เรื่องการประหยัดพลังงาน ด้านอุปกรณ์ มีสาเหตุย่อยมาจาก มีอายุการใช้งานนานและมีฝุ่นละออง ด้านนโยบาย มีสาเหตุย่อยมาจาก ไม่มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน และไม่มีการตั้งคระกรรมการดูและด้านพลังงาน และด้านวิธีการมีสาเหตุย่อยมาจาก การตั้งอุณหภูมิไม่เหมาะสมและการเปิดแอร์ทิ้งไว้

วัตถุประสงค์ 3. เพื่อวางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak พบว่า สาเหตุหลักของปัญหาในครั้งนี้ คือ ระบบแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak ดังนั้น ผู้วิจัยจึงจัดทำแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak ตามแนวทางด้านการอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน นั้นต้องมีการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน รวมทั้งมีการวางแผนการดำเนินการที่ดีและเหมาะสมกับองค์กร เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายของการจัดการพลังงาน ดังนี้

แผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางในการดำเนินงานลดการใช้พลังงาน ติดตามและประเมินผลการใช้พลังงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

2. เพื่อให้การใช้พลังงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3. เพื่อสร้างจิตสำนึกให้กับบุคลากรและนักศึกษา ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ได้เกิดความตระหนัก ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงาน และมีส่วนร่วมปฏิบัติตามมาตรการประหยัด ลดรายจ่าย ลดการใช้พลังงาน อย่างเคร่งครัดและต่อเนื่อง

เป้าหมาย

กลยุทธ์ในการดำเนินงาน

กลยุทธ์ที่ 1. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

แนวทาง

1. แต่งตั้งคณะทำงาน เพื่อกำหนดนโยบายและจัดทำแผนการดำเนินงานลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak ของอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

2. กำหนดมาตรการและแนวทางการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak ของอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

กลยุทธ์ที่ 2. รณรงค์ ประชาสัมพันธ์ และสร้างจิตสำนึกให้กับบุคลากรของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

แนวทาง

1.ประชาสัมพันธ์ให้บุคลากรและนักศึกษาตระหนักถึงความสำคัญและมีส่วนร่วมกิจกรรมการลดใช้พลังงาน

2. จัดกิจกรรมสร้างจิตสำนึกร่วมรณรงค์ในการลดใช้พลังงาน ให้นักศึกษา บุคลากร และอาจารย์

กลยุทธ์ที่ 3. ติดตาม ประเมินผล และรายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงาน

แนวทาง

1.รายงานการติดตามและการประเมินผลตามมาตรการประหยัดพลังงาน ปีละ 2 ครั้ง

กิจกรรมในแผนปฏิบัติการ

1. จัดทำแผนปฏิบัติการประหยัด ลดการใช้พลังงาน
2. กำหนดมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานภาพรวมของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย สงขลา
3. ประชุมชี้แจงและประชาสัมพันธ์ให้กับบุคลากรของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย สงขลา รับทราบ
4. รณรงค์ ประชาสัมพันธ์การประหยัด ลดการใช้พลังงานอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง
5. รายงานผลการใช้พลังงาน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องในระบบ Smart Energy
6. ควบคุม กำกับ ติดตาม และประเมินผลการประหยัดพลังงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ ของ มทร.ศรีวิชัย สงขลา
7. สรุปผลการประหยัดพลังงาน เสนอต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย สงขลา พิจารณา

แนวทางดำเนินการ

1. กำหนดมาตรการและแนวทางปฏิบัติ

1.1 กำหนดแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak ของอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ดังต่อไปนี้

1.2) จัดตั้งคณะทำงานเพื่อจัดทำแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak 1.3) มาตรการและแนวทางแผนการการประหยัด ลดการใช้พลังงาน

2. สร้างจิตสำนึกการมีส่วนร่วมของทุกฝ่าย เพื่อลดการใช้พลังงาน

2.1 เผยแพร่ประชาสัมพันธ์ รณรงค์ และเชิญชวนให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการลดการใช้พลังงานผ่านช่องทางการสื่อสารต่าง ๆ ให้ทราบโดยทั่วกันทั้งคณะ ฯ อย่างต่อเนื่อง

2.2 ประชาสัมพันธ์ให้ทุกคนตระหนักความสำคัญของการประหยัด ลดการใช้พลังงาน

3. ติดตามและประเมินผลการดำเนินงานแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak ของอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

3.1 ให้รองคณบดีฝ่ายต่าง ๆ / หัวหน้างาน ควบคุมดูแลให้มีการดำเนินการตามมาตรการ ดังนี้

3.1.1) ควบคุม ดูแล และปฏิบัติการตามแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak ของอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์า อย่างเคร่งครัด

3.1.2) พิจารณาปรับปรุงแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน เพื่อให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

3.2 ให้มอบหมายเจ้าหน้าที่ของคณะตรวจสอบและติดตามผลการปฏิบัติตามมาตรการ/แนวทางประหยัด ลดการใช้พลังงาน เพื่อทำหน้าที่รับผิดชอบ ดังนี้

3.2.1) ดำเนินการตรวจสอบและติดตามผลปฏิบัติการ ตามมาตรการ/แนวทาง ประหยัด ลดการใช้พลังงาน

3.2.2) จัดทำรายงานการตรวจสอบและติดตามผลปฏิบัติการ ตามมาตรการ/แนวทางประหยัด ลดการใช้พลังงาน ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ รวมทั้งรายงานปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเป็นประจำทุกเดือน

3.3 ให้มอบหมายเจ้าหน้าที่ของคณะกำกับดูแลเรื่องพลังงาน

3.3.1) รายงานข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานผ่านระบบ smart energy ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นประจำทุกเดือน

3.3.2) จัดทำสรุปรายงานการตรวจติดตามผลปฏิบัติการ ตามมาตรการ/แนวทางประหยัด ลดการใช้พลังงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา รวมทั้งรายงาน

ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเป็นประจำทุก 6 เดือน (ไตรมาส 2) และเมื่อสิ้นสุดปีงบประมาณ (ไตรมาส 4) ต่อคณะกรรมการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

ตารางที่ 17 วิธีดำเนินการตามแผนกลยุทธ์

กลยุทธ์ที่ 1. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน				
	กิจกรรม	**เป้าหมาย**	**ผู้รับผิดชอบ**	**ระยะเวลา**
	1. เสนอแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา	มีผู้รับผิดชอบของคณะ	ฝ่ายเลขา ฯ คณะทำงาน	1 เดือน
	2. จัดทำแผนปฏิบัติการ/มาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงาน และติดตามผลการใช้พลังงาน	ได้แผนปฏิบัติการ ฯ และมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงาน	คณะทำงานจัดทำแผนปฏิบัติการประหยัดลดการใช้พลังงาน	2 เดือน
	3. แต่งตั้งผู้รับผิดชอบ กำกับดูแล ติดตามและรายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงาน	มีผู้รับผิดชอบตามภารกิจ/ประจำคณะ	คณะวิศวกรรมศาสตร์	1 เดือน

กลยุทธ์ที่ 2. รณรงค์ ประชาสัมพันธ์ และสร้างจิตสำนึกให้กับบุคลากรของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย				
	กิจกรรม	**เป้าหมาย**	**ผู้รับผิดชอบ**	**ระยะเวลา**
	1. ประชาสัมพันธ์แผนปฏิบัติการ และมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงาน ของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. ศรีวิชัย สงขลา ให้อาจารย์ บุคลากร นักศึกษารับทราบและถือปฏิบัติ	อาจารย์/บุคลากร/ นักศึกษา ในสังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. ศรีวิชัย สงขลา รับทราบและถือปฏิบัติโดยเคร่งครัดอย่างต่อเนื่อง	คณะวิศวกรรมศาสตร์	ตลอดปี
	2. จัดกิจกรรมสร้างจิตสำนึกร่วมรณรงค์ในการลดใช้พลังงาน ให้นักศึกษา บุคลากร และอาจารย์	อาจารย์/บุคลากร/ นักศึกษา ในสังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. ศรีวิชัย สงขลา เข้าร่วมกิจกรรม	คณะวิศวกรรมศาสตร์	ตลอดปี

กลยุทธ์ที่ 3. ติดตาม ประเมินผล และรายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงาน				
	กิจกรรม	**เป้าหมาย**	**ผู้รับผิดชอบ**	**ระยะเวลา**
	1. รายงานข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานระบบ smart energy ของคณะ	ข้อมูลในระบบ ถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ ตามกำหนด	เจ้าหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	ตลอดปี
	2. กำกับ ดูแล ติดตามการปฏิบัติตามมาตรการ ฯ และประเมินผล	ปริมาณการใช้พลังงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ลดลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 (เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานปีที่ผ่าน)	คณะทำงานจัดทำแผนปฏิบัติการประหยัดลดการใช้พลังงาน ฯ / เจ้าหน้าที่รับผิดชอบกำกับดูแล ติดตาม และรายงานผล ฯ	ตลอดปี
	3. ประมวลผลการปฏิบัติตามมาตรการ ฯ และปริมาณการใช้พลังงาน	มีผลการใช้พลังงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์ รายงานผู้เกี่ยวข้อง	คณะทำงาน	ตลอดปี
	4. ทบทวนผลการดำเนินการเพื่อวางแผนปรับปรุง แก้ไขและพัฒนา	ได้ข้อมูลเพื่อจัดทำแผนปฏิบัติการลดการใช้พลังงานปีงบประมาณต่อไป	คณะทำงาน	ตลอดปี

มาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

ตารางที่ 18 มาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

ลำดับที่	มาตรการ	ผู้รับผิดชอบ
1.	**1.1. การใช้เครื่องปรับอากาศ** 1) ควรตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25° C 2) ลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดยใช้ Timer ควบคุมการเปิด-ปิด โดยกำหนดเวลาเปิด 1 ชม ปิด 1 ชม สลับการทำงานตลอด 24 ชม 3) ลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ระมัดระวังไม่ให้ประตูเปิดค้างไว้ 4) การตรวจสอบ ดูแล บำรุงรักษาอุปกรณ์ของเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างสม่ำเสมอ 4.1) ให้ทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ แผงระบายความร้อน คอยล์ ทำความร้อน-ความเย็น และหน้ากากเครื่องปรับอากาศ อย่างน้อยปีละ ๑ ครั้ง 4.2) หมั่นคอยดูแล ตรวจสอบ มิให้มีการนำสิ่งของหรืออุปกรณ์ใด ๆ ไปวางขวางทางลมเข้า - ออก ของชุดระบายความร้อนที่อยู่ภายนอกอาคาร 4.3) รอยรั่วตามขอบกระจกและผนัง	วิศวกร ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์

	1.2 การใช้ไฟฟ้า/แสงสว่าง 1) ติดตั้งระบบควบคุมการเปิดปิดแสงสว่าง อัตโนมัติ โดยเปิด เวลา 18.00 น ปิด เวลา 06.00 น 2) เปิดไฟฟ้าเว้นระยะความถี่แสงสว่างของหลอดไฟฟ้าที่เกินความจำเป็น หรือถอดหลอดไฟ ในบริเวณที่มีความสว่างมากจนเกินความจำเป็น โดยให้เปิดเฉพาะจุดที่เห็นว่ามีแสงสว่างไม่เพียงพอ หรือพิจารณาเปิดในส่วนที่จำเป็น 3) ติดตั้งสวิทช์ไฟฟ้าให้สะดวกในการเปิด-ปิด และแยกสวิตช์ควบคุมเป็นเฉพาะ 4) ติดสติ๊กเกอร์หรือสัญลักษณ์บริเวณสวิทช์เปิด - ปิด แสดงให้ทราบว่าเป็นสวิทช์ไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าใด 5) เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าชนิด LED ประหยัดพลังงาน เบอร์ 5 ที่มีประสิทธิภาพ 6) ปฏิบัติตามแผนบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่างอย่างสม่ำเสมอ	วิศวกร ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์

การติดตามและประเมินผล

1. การติดตาม ควบคุม และดูแล

1.1 ให้รองคณบดีฝ่ายต่าง ๆ / หัวหน้างาน ควบคุมดูแลให้มีการดำเนินการตามมาตรการ ดังนี้

1) ควบคุม ดูแล และปฏิบัติการตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลาอย่างเคร่งครัด

2) พิจารณาปรับปรุงแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน เพื่อให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 ให้มอบหมายเจ้าหน้าที่ของคณะ ตรวจสอบและติดตามผลการปฏิบัติตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา เพื่อทำหน้าที่รับผิดชอบ ดังนี้

1) ดำเนินการตรวจสอบและติดตามผลปฏิบัติการ ตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

2) จัดทำรายงานการตรวจสอบและติดตามผลปฏิบัติการ ตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลารวมทั้งรายงานปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเป็นประจำทุกเดือน

1.3 ให้หน่วยงานที่กำกับดูแลเรื่องพลังงาน มอบหมายเจ้าหน้าที่ดำเนินการดังนี้

1) รายงานข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ระบบ smart energy ของคณะวิศวกรรมศาตร์ เป็นประจำทุกเดือน

2) จัดทำสรุปรายงานการตรวจติดตามผลปฏิบัติการ ตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย รวมทั้งรายงานปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเป็นประจำทุก 6 เดือน (ไตรมาส 2) และเมื่อสิ้นสุดปีงบประมาณ (ไตรมาส 4) ต่อคณะกรรมการตามมาตรการ

ประหยัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

2. การประเมินผล

นำผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์มาเปรียบเทียบก่อน และหลังการปฏิบัติตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak อาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สามารถลดรายจ่าย ลดการใช้พลังงาน ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ได้อย่างน้อย 10% (เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานในปีที่ผ่าน)

2. บุคลากรและนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย มีจิตสำนึกในการประหยัด ลดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

3. ผู้บริหาร อาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา มีส่วนร่วมในมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย บนอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ (Gateway) เป็นเครื่องมือสำหรับการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) ด้วยโปรแกรม Node-RED, โปรแกรม Influx DB, และโปรแกรม Grafana มีลักษณะการเขียนโปรแกรมการทำงานแบบ Flow-based programming for the Internet of Things และสามารถออกแบบ API ในการรับค่า คำนวณ แปลงข้อมูล เก็บข้อมูล หรือเชื่อมต่อกับบริการอื่น ๆ เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบทันทีทันใด (Real Time) ได้ ช่วยให้ผู้ใช้ (Users) สามารถสร้างและแก้ไข Dashboard ได้อย่างง่ายๆ ตาม วัตถุประสงค์ 1.เพื่อออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage: V), ค่ากระแสไฟฟ้า (Ampere : A) ค่ากำลังไฟฟ้า(Electric Power : KW), ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (Kilowatt hour: Kwh) แบบทันทีทันใด (Real Time) 2. วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak และ 3. เพื่อวางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak ผู้วิจัยได้สรุปและอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

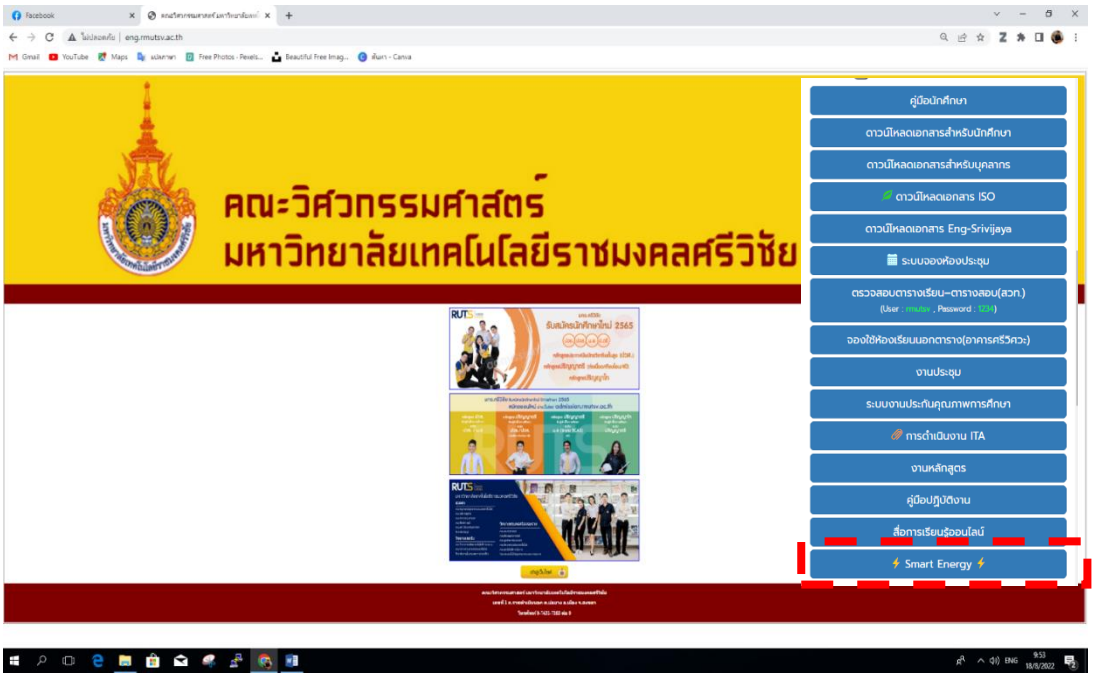
5.1 สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ 1. ออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage: V), ค่ากระแสไฟฟ้า (Ampere : A) ค่ากำลังไฟฟ้า(Electric Power : KW), ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor : Kvar), ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (Kilowatt hour: Kwh) แบบทันทีทันใด (Real Time)

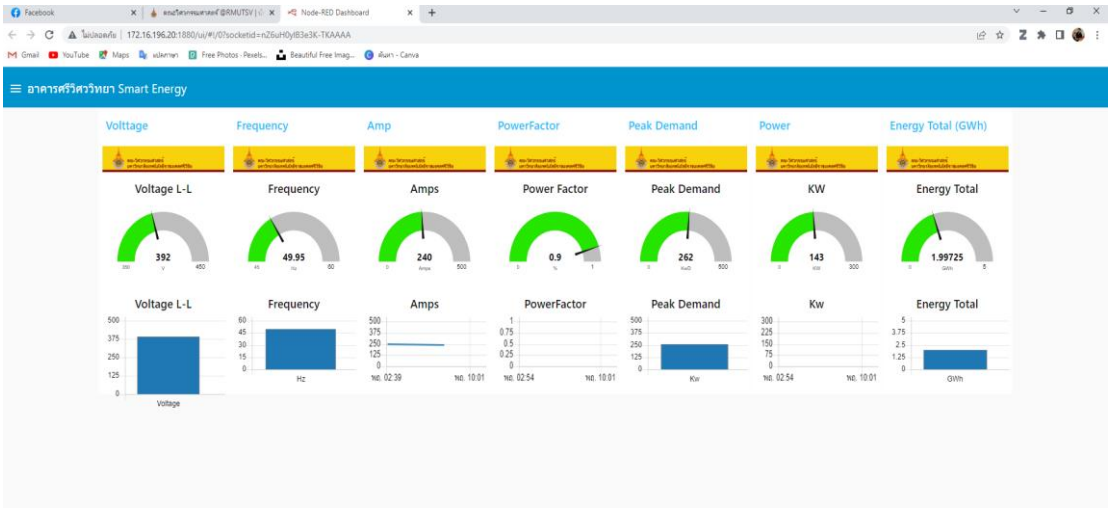
สรุปผลการออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าสามารถแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage: V), ค่ากระแสไฟฟ้า (Ampere : A) ค่ากำลังไฟฟ้า(Electric Power : KW), ค่า

พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (Kilowatt hour: Kwh) แบบทันทีทันใด (Real Time) และสามารถติดตามตรวจสอบการทำงาน (Monitoring) ผ่านระบบเครือข่ายได้ ผลการเปรียบเทียบผลการวัดของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter โดยทำการวัดปริมาณทางไฟฟ้า ได้แก่ ค่ากำลังไฟฟ้า(Kw), ค่ากระแสไฟฟ้า(A), แรงดันไฟฟ้า(V), ค่าความถี่(Hz) และค่าพลังงานไฟฟ้า(Kwh) จากการเปรียบเทียบผลการวัดพบว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น มีความแม่นยำ โดยค่าความผิดพลาดของค่ากำลังไฟฟ้า(Kw) มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 2.05 ค่ากระแสไฟฟ้า(A) ค่าความผิดพลาดร้อยละ 1.25 ค่าแรงดันไฟฟ้า(V) ค่าความผิดพลาดร้อยละ 0.26 ค่าความถี่(Hz) ค่าความผิดพลาดร้อยละ 2.00 และค่าพลังงานไฟฟ้า (Kwh) ค่าความผิดพลาดร้อยละ 0.00

โดยระบบที่พัฒนาขึ้นนำมาติดตั้งอยู่ในหน้าเว็บไซต์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในแถบหัวข้อ Smart Energy ตามภาพที่ 56



ภาพที่ 55 หน้าเว็บไซต์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในแถบหัวข้อ Smart Energy



ภาพที่ 56 หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบ Smart Energy

วัตถุประสงค์ 2. วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak

สรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak จากการสำรวจข้อมูลรายการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานใช้ในช่วง Off-Peak นำมาคำนวนหาค่ากำลังไฟฟ้ารวมได้เท่ากับ 21,250 วัตต์ นำมาเปรียบเทียบผลการทดสอบระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 21,000 วัตต์ โดยวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยหลักหลักการของพาเรโต (Pareto's Principle) หรือกฎ 80:20 พบว่าสาเหตุหลัก 20% ส่งผลทำให้เกิดผลลัพธ์ 80% โดยสรุปได้ว่า สาเหตุหลักของปัญหาในครั้งนี้ คือ ระบบแสงสว่าง ร้อยละ 58.56 ระบบเครื่องปรับอากาศ ร้อยละ 23.62 จึงส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำทั้ง 2 สาเหตุมาวิเคราะห์เป็นแผนภาพก้างปลา แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่ต้องการแก้ไขกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาได้ 2 ประเด็น 1.) แผนภาพก้างปลาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาระบบแสงสว่างมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak ซึ่งผู้วิจัยพบว่า สาเหตุหลักประกอบด้วย พนักงาน อุปกรณ์ นโยบาย และวิธีการ โดยด้านพนักงานมีสาเหตุย่อยมาจาก ไม่มีการดูแลรักษาอย่างเพียงพอ และไม่มีการประชาสัมพันธ์เรื่องการประหยัดพลังงาน ด้านอุปกรณ์ มีสาเหตุย่อยมาจาก หลอดไฟประสิทธิภาพต่ำ และมีความร้อนสูง ด้านนโยบาย มีสาเหตุย่อยมาจาก ไม่มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน และไม่มีการตั้งคระกรรมการดูและด้านพลังงาน และด้านวิธีการมีสาเหตุย่อยมาจาก การเปิดไฟทิ้งไว้ และใช้หลอดไฟจำนวนมากเกินไปต่อ

โคม 2.) แผนภาพก้างปลาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาระบบปรับอากาศมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak กับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาสาเหตุหลักของระบบปรับอากาศ พบว่า สาเหตุหลักประกอบด้วย พนักงาน อุปกรณ์ นโยบาย และวิธีการ โดยด้านพนักงานมีสาเหตุย่อยมาจาก ไม่มีการดูแลรักษาอย่างเพียงพอ และไม่มีการประชาสัมพันธ์เรื่องการประหยัดพลังงาน ด้านอุปกรณ์ มีสาเหตุย่อยมาจาก มีอายุการใช้งานนาน และมีฝุ่นละออง ด้านนโยบาย มีสาเหตุย่อยมาจาก ไม่มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน และไม่มีการตั้งคระกรรมการดูและด้านพลังงาน และด้านวิธีการมีสาเหตุย่อยมาจาก การตั้งอุณหภูมิไม่เหมาะสม และการเปิดแอร์ทิ้งไว้

วัตถุประสงค์ 3. เพื่อวางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak

สรุปผลการวางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak พบว่า สาเหตุหลักของปัญหาในครั้งนี้ คือ ระบบแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Off-Peak ดังนั้น ผู้วิจัยจึงจัดทำแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า Off-Peak ตามแนวทางด้านการอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน ประกอบด้วย 3 กลยุทธ์ ดังนี้

กลยุทธ์ที่ 1. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

แนวทาง

1. แต่งตั้งคณะทำงาน เพื่อกำหนดนโยบายและจัดทำแผนการดำเนินงานลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak ของอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

2. กำหนดมาตรการและแนวทางการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak ของอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

กลยุทธ์ที่ 2. รณรงค์ ประชาสัมพันธ์ และสร้างจิตสำนึกให้กับบุคลากรของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

แนวทาง

1.ประชาสัมพันธ์ให้บุคลากรและนักศึกษาตระหนักถึงความสำคัญและมีส่วนร่วมกิจกรรมการลดใช้พลังงาน

2. จัดกิจกรรมสร้างจิตสำนึกร่วมรณรงค์ในการลดใช้พลังงาน ให้นักศึกษา บุคลากร และอาจารย์

กลยุทธ์ที่ 3. ติดตาม ประเมินผล และรายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการประหยัด ลดการใช้พลังงาน

แนวทาง

1.รายงานการติดตามและการประเมินผลตามมาตรการประหยัดพลังงาน ปีละ 2 ครั้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง ได้ดังนี้

ควรให้ความสำคัญกับปัจจัยที่มีผลต่อการอนุรักษ์ พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ 1) การกำหนดนโยบายที่ชัดเจนต่อการสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า 2) การนำเทคโนโลยีไปใช้ในการลดและประหยัดพลังงานไฟฟ้า

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Off-Peak ดังนั้น ในการวิจัยในครั้งต่อไปควรศึกษาในประเด็นต่อไป

2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง On-Peak เพื่อให้ได้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แม่นยำ และสามารถนำมาวางแผนการบริการจัดการพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ควรมีการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในทุกคณะในมหาวิทยาลัย เพื่อให้ครอบคลุมเขตพื้นที่ใหญ่ขึ้น เนื่องจากแต่ละคณะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าแตกต่างกัน

2.3 ควรมีการนำปัจจัยที่สำคัญในด้านอื่น ๆ ที่อยู่นอกเหนือจากปัจจัยด้านแสงสว่างและปัจจัยด้านเครื่องปรับอากาศ ไปทำการวิจัยเพิ่มเติม เพื่อให้ได้แนวทางการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุมมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กองกลาง สำนักงานอธิการบดี รายงานการใช้ไฟฟ้าและน้ำประปาประจำเดือน ธันวาคม 2563 มกราคม 2564

[2] กันตภณ มะหาหมัด และคณะ (2559). การพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว. สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

[3] กุลนันท์ ศรีเจริญ (2559). การพยากรณ์ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้ระบบนิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[4] เจษฎา ขจรฤทธิ์,ปิยนุช ชัยพรแก้ว,หนึ่งฤทัย เอ้งฉ้วน.(2560). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ.วิทยาลัยนวตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.กรุงเทพฯ.

[5] ศิริวรรณ เอี่ยมบัณฑิต.(2557). ระบบบ้านอัจฉริยะควบคุมด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายเซ็นเซอร์ และแอนดรอยด์แอปพลิเคชันภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6] โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, การวิเคราะห์และออกแบบระบบ ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น 2548.

[7] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่อง การทบทวนอัตราค่าไฟฟ้าตามหลักเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า ปี 2558

[8] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมและสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย และ The Energy Conservation Center of Japan. 2552 : 187

[9] ประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย, 2559. แนวโน้มเทคโนโลยีปัจจุบันกับการใช้งานในอนาคต Internet of Things:Current Technology Trends for Future. วารสารวิชาการอีสเทิร์นเอเชีย: ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม – เมษายน 2559

[10] Buyya, Rajkumar., Vahid Dastjerdi, Amir, 2016. Internet of things: principles and paradigms. Amsterdam: Morgan Kaufmann

[11] Lutz, Robert, 2016. The Implications of the Internet of Things for Education. http:// Retrieved 2 March 2021 from www.systech.com/the-implications-of-theinternet-of-things-for-education

[12] กลุ่มแอดวานซ์ รีเสิร์ช, 2559. Internet of Things (IoT) คืออะไร “คน กับ อินเทอร์เน็ต” ไปสู่ “สิ่งของ กับ อินเทอร์เน็ต”. สืบค้นจาก http://www.ar.co. th/kp/th/15

[13] Bradicich, Tom. (2015). The 7 Principles of the Internet of Things (IoT). http://blog.iicon sortium.org/2015/07/the-7-principles-of-theinternet-of-things-iot.html

[14] Smith, Michael S., (2015). Protecting Privacy in an IoT-Connected World. TechTrends. pp. 36-39

[15] เทคทอล์คไทย (TechTalkThai) (2015). 10 อันดับภัยคุกคาม บน Internet of Things โดย OWASP ประจำ ปี 2014. สืบค้นจาก https://www.techtalkthai.com/ top-10-owasp-internet-of-things-2014/

[16] พงศธร เธียรอุกฤษฎ์, 2556 การจัดการพื้นที่สำหรับธุรกิจประเภทห้างสรรพสินค้าเฉพาะกลุ่มลูกค้า (ลูกค้าทัวร์ต่างประเทศ) กรณีศึกษา : ห้างสรรพสินค้า PT GALLERIA SPACE MANAGEMENT FOR NICHE RETAIL CASE STUDY : PT GALLERIA การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีปทุม

[17] บัณฑิต จุลาสัย และ เสริชย์ โชติพานิช. 2547. การบริหารทรัพยากรกายภาพ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[18] ธนกฤษ ซุ่นเซ่ง. (2557). การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา: ของเสียประเภทจุดดำ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจ บัณฑิตย์.

[19] บุษราคัม พลายม่วง และศุภรัตน์ วิริยะไพบูลย์. (2558). การเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมคุณภาพ ของกระบวนการตัดเสื้อฟุตบอลของบริษัท เอ็นเค แอพพาเรล จำกัดด้วยเทคนิคสถิติ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาสถิติมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[20] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.กระทรวงพลังงาน. หลักสูตร CPD ผู้ตรวจรับรองการจัดการพลังงานเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารควบคุม , คู่มือบริหารจัดการพลังงาน

[21] ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2526. เครื่องมือเทคโนโลยีทางการศึกษา. มหาสารคาม : ภาควิชาเทคโนโลยี ทาง การศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการนำเสนอบทความวิจัย

OR-NET
Operations Research Network of Thailand
OR-NET 2022
Proceedings of the Operations Research Network 2022 Conference
March 16 - 18 , 2022
The Bed Vacation Rajamangala Hotel , Songkhla
POST COVID-19 :
Opportunities and Challenges for Operations Research Supporting Smart Industry & Business
WWW
FlexSim
problem solved.
M-FOCUS
THAIPLCCENTER
JTECH
MACHINERY
Minitab
DTE
TPIPL

การประชุมวิชาการการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2565
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์การคำนวณ คณะวิทยาศาสตร์
และสาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
16-18 มีนาคม 2565 สงขลา

การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Development of the Internet of Things Platform System for Electricity Usage Monitoring Case study: Srivitsawavitthaya Buildings, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya

ไกรวิทย์ ชูชาติ, และชุกรี แดสา*
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110
E-mail: kraiwit.c@psu.ac.th, chukree.d@psu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าและ เพื่อสร้างฐานข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ด้วยการออกแบบการทำงานผ่านโปรแกรม Node-RED ที่ติดตั้งบนอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ (Gateway) เชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) ผ่านเว็บเบราเซอร์ (Web Browser) โดยภายในแพลตฟอร์มจะมีหลักการทำงานแบ่ง 3 ส่วนหลักๆ คือ 1. Protocol Modbus RTU สำหรับการรับส่งข้อมูล 2. โปรแกรม Node-RED สำหรับการออกแบบและควบคุมการประมวลผลข้อมูล 3. ระบบฐานข้อมูล Influx DB และ Grafana สำหรับการเก็บข้อมูล แสดงข้อมูลออกมาอยู่ในรูปแบบกราฟิกผ่านทาง Dashboard ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถแสดงค่ากำลังไฟฟ้า(Kw), ค่ากระแสไฟฟ้า(A), แรงดันไฟฟ้า(V), ค่าความถี่(Hz) และค่าพลังงานไฟฟ้า(Kwh) แบบทันทีทันใด (Real time) ได้ และนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามาวางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การพัฒนาระบบตรวจวัด, พลังงานไฟฟ้า, อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

The objectives of this article are: To design and develop a system to measure the use of electricity. and create a database of electricity consumption in Sriwittaya Building. Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Sriwichai by designing to work through the Node-RED program installed on the SIEMENS SIMATIC IOT2050 device, it acts as a gateway to connect hardware devices to APIs (Application Programming Interface) through a web browser. There are three main working principles: 1. Protocol Modbus RTU for data transmission 2. Node-RED program for design and control of data processing 3. Influx DB and Grafana database system for data collection. Display the data in a graphical format via Dashboard.The results showed that Development of a system to measure the use of electricity Can display electric power (Kw), current (A), voltage (V), frequency (Hz) and electric power (Kwh) in real time Let's plan to manage the use of electricity efficiently.

Keywords: measurement system development, electric power, internet of things

* Corresponding author: E-mail: **chukree.d@psu.ac.th**
นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

1. คำนำ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย มีอาคารเรียนและอาคารปฏิบัติการรวมทั้งสิ้น 10 อาคาร แต่ละอาคารมีการติดตั้งเครื่องมือวัดค่าพลังงานไฟฟ้า (KWh Meter) โดยรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการจดบันทึก ปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าในปัจจุบันคือ เมื่อวิเคราะห์จากองค์ประกอบของค่าไฟฟ้า จากการจดบันทึกทำให้ทราบเฉพาะค่าพลังงานไฟฟ้า (KWh) โดยสรุปในแต่ละเดือน แต่ไม่สามารถตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาได้ ตามหลักเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า ตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU) และไม่สามารถตรวจสอบข้อมูลการใช้การใช้พลังงานไฟฟ้าแสดงค่าแบบทันทีทันใด (Real time) ได้ ส่งผลให้การคิดค่าพลังงานไฟฟ้ามีปริมาณที่สูง

ดังนั้น จึงเป็นที่มาของแนวความคิดการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าและการวางแผนปรับปรุงกระบวนการทำงาน และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อให้สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

2.2 เพื่อสร้างฐานข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

3.1 ทราบสถานการณ์ใช้งานจริงเพื่อใช้ในการติดตาม (Monitoring) และการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปัจจุบัน (real-time)ในอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

3.2 ได้ฐานข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เพื่อวางแผนการบริหารจัดการในอนาคต

4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 แนวคิดการบริหารจัดการค่าไฟฟ้า

4.1.1 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งปรากฏอยู่ในใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) คิดตามปริมาณการใช้ไฟฟ้า (ตามหน่วยหรือกิโลวัตต์ -ชั่วโมง) ที่ใช้ในแต่ละเดือน ตามประเภทของอัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (Demand Charge) คิดจากความต้องการกำลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peak ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ ตัดทิ้งตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ และกิจการเฉพาะอย่าง ในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าตัวประกอบกาลัง (Power Factor) ล้าหลัง (Lag) โดยถ้าในรอบเดือนมีความต้องการกาลังไฟฟ้ารีแอ็กตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการกำลังไฟฟ้าแอ็กตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท

ค่าบริการรายเดือนบริการเกี่ยวกับเครื่องวัด และการทำใบเสร็จรับเงิน

ค่าตัวประกอบการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ หรือที่เรียกกันสั้นๆ ว่าค่า Ft เป็นค่าไฟฟ้าที่ปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามภาวะต้นทุนการผลิต การจัดส่ง และการจำหน่ายไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากปัจจัยที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของการไฟฟ้าทั้งฝ่ายผลิตและฝ่ายจาหน่าย ได้แก่การเปลี่ยนแปลง ของค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงและค่าซื้อไฟฟ้าการเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ การเปลี่ยนแปลงของอัตราเงินเฟ้อ การเปลี่ยนแปลงของความต้องการไฟฟ้า

Ft เติม หมายถึง Fuel Adjustment Charge หรือการปรับค่าไฟฟ้าตามราคาเชื้อเพลิง ที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้า ปัจจุบันกาหนดให้มีความหมายกว้างขึ้น คือ Energy Adjustment Charge ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต การจัดส่ง และการจาหน่ายไฟฟ้า ส่วนตัว t (Subscript) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 2535 ในระยะแรกมีการปรับทุกเดือน ปัจจุบันจะทาการปรับ 4 เดือนต่อครั้ง

ภาษีมูลค่าเพิ่มในอัตราร้อยละ 7ของค่าไฟฟ้าทั้งหมด

ดังนั้น

ค่าไฟฟ้า = [ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด + ค่าพลังงานไฟฟ้า On Peak + ค่าพลังงานไฟฟ้า Off Peak + ค่าบริการ+ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ + ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)] x [ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) [1]

4.2 แนวคิดระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือไอโอที (Internet of Things: IoT)

Internet of Things หรือ IoT เป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อกับ อุปกรณ์ หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่าง ๆสามารถ ติดต่อสื่อสาร และทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นอัตโนมัติทั้งยังเป็นผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลากหลายยิ่งขึ้น ควบคุมอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2]

4.2.1 Node-RED ทำงานบน Node.js ซึ่งเป็น Platform ตัวหนึ่งที่เขียนด้วย JavaScript สำหรับเป็น Web Serve มีการเขียนโปรแกรมทำงานแบบ Flow-based programming for the Internet of Things ซึ่งเครื่องมือสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) และสามารถออกแบบ API ในการรับค่า คำนวณ แปลงข้อมูล เก็บข้อมูล หรือเชื่อมต่อกับบริการอื่น ๆ โปรแกรม Node-RED จะเป็นลักษณะของ Browser-based Flow Editor มี Browser โดยลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบกำหนดขั้นตอนที่มีส่วนควบคุมแบบ ในการเลือก Node มาวางแล้ว

เชื่อมต่อเพื่อควบคุม I/O ต่าง ๆ ได้ โดย Node-RED จะมี Node ให้เลือกใช้งานซึ่งจะทำให้เกิด Flow แล้วทำการกำหนดค่าการทำงาน จากนั้นก็ลากสาย (pipe) สำหรับเชื่อมโยงข้อมูลกำหนดเส้นทางเชื่อมต่อการไหลของข้อมูล Flow-Based Programmingโดยที่ไม่จำเป็นที่จะเขียนต้อง Code ในการพัฒนาโปรแกรม

4.2.2 Modbus RTU Protocol คือโปรโตคอลหรือรูปแบบการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรมรูปแบบหนึ่ง ซึ่งถูกเผยแพร่ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1979 โดย Modicon ซึ่งปัจจุบันคือบริษัท Schneider Electric เพื่อใช้มันกับ PLC (Programmable Logic Controllers) ซึ่งทางบริษัทได้เปิดให้ MODBUS เป็น Open Protocol หรือก็คือผู้สนใจสามารถนำโปรโตคอลนี้ไปใช้หรือพัฒนาได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา MODBUS จึงกลายเป็นโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมและถูกใช้เป็นโปรโตคอลมาตรฐานในระบบอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมจนถึงปัจจุบัน

4.2.3 Influx DB เป็นระบบฐานข้อมูลที่เป็นซอฟต์แวร์เปิด (Open source) ถูกออกแบบมาสำหรับการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Time Series ซึ่ง Influx DB ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา Go เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะใช้เป็นที่เก็บข้อมูลสำหรับกรณีการใช้งานใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีการ Timestamp เป็นจำนวนมาก เช่น การวัดอัตราการเต้นหัวใจ การทำงานของข้อมูล การทำงานของข้อมูลเซ็นเซอร์ Internet of Things (IoT) และการวิเคราะห์แบบเรียลไทม์ การใช้ Influx DB ในการเก็บข้อมูลจะทำให้ประหยัดเนื้อที่ ได้มากยิ่งขึ้นด้วยการกำหนดค่า Influx DB เพื่อเก็บข้อมูลไว้เป็นระยะเวลาที่กำหนดโดยอัตโนมัติ เมื่อหมดอายุจะสามารถลบข้อมูลที่ไม่ต้องการออกจากระบบได้

4.2.4 Grafana เป็นโปรแกรม open source Dashboard tool เครื่องมือในการสร้าง Dashboard โดย Grafana จะทำงานร่วมกับ Data source ต่าง ๆ เช่น Graphite, Influx DB, Open TSDB หรือ Elastic search ฯลฯ ช่วยให้ผู้ใช้ (Users) สามารถสร้างและแก้ไข Dashboard ได้อย่างง่ายๆ ครอบคลุมรูปแบบกราฟหลายประเภท [3]

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กันตภณ มะหาหมัด และคณะ (2559) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว ได้นำเสนอการพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่ให้ความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า โปรแกรมนี้ได้รับออกแบบและพัฒนามาจากโปรแกรมแลบวิว จากนั้นทำการทดสอบเปรียบเทียบกับ เครื่องมือวัดมาตรฐานก่อนที่จะประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้วัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าและตรวจสอบติดตามข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายได้ โดยมีความผิดพลาดในการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง -0.05 ถึง +0.20 และ -0.55 ถึง +3.75 ตามลำดับ ซึ่งมีความถูกต้องแม่นยำสูง และมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุดตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ สามารถนำไปใช้ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4]

เจษฎา ขจรฤทธิ์และคณะ (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยพัฒนาระบบต้นแบบการควบคุมระบบส่องสว่างในครัวเรือนจากสมาร์ทโฟน ระบบดังกล่าวประกอบด้วยสามส่วนได้แก่ แอปพลิเคชัน Android, บริการ NETPIE และ หน่วยควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์ ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านสมาร์ทโฟนได้จากทุกที่ที่สามารถเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ต การควบคุมสามารถ ทำได้ทั้งระบบทัชสกรีนและการสั่งงานด้วยเสียง ผลงานวิจัยชิ้นนี้เป็นต้นแบบเพื่อนำไปสู่การพัฒนา ผลิตภัณฑ์สำหรับบ้านอัจฉริยะและเพื่อตอบโจทย์ความต้องการในยุคไทยแลนด์ 4.0 [5]

ศิริวรรณ เอี่ยมบัณฑิต (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ระบบบ้านอัจฉริยะควบคุมด้วยเทคโนโลยี เครือข่ายไร้สาย เซ็นเซอร์ และแอนดรอยด์แอปพลิเคชันภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง โดยนำตัวตรวจจับอินฟราเรดมาช่วยในการตรวจจับความเคลื่อนไหวพร้อมกับนำระบบเครือข่ายไร้สายและ สมาร์ทโฟนมาช่วยในการควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องพักอาศัย ซึ่งระบบจะทำการวัดค่าพลังงาน ที่อุปกรณ์ไฟฟ้าใช้แล้วนำผลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในสถานที่พักอาศัยมาประมวลผลเป็นค่าไฟฟ้าที่ ต้องจ่าย จากการวิจัยพบว่าสามารถช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานซึ่งถือว่า มีประสิทธิภาพและ สามารถนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์แนวทางในการนำไปใช้ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อไป [6]

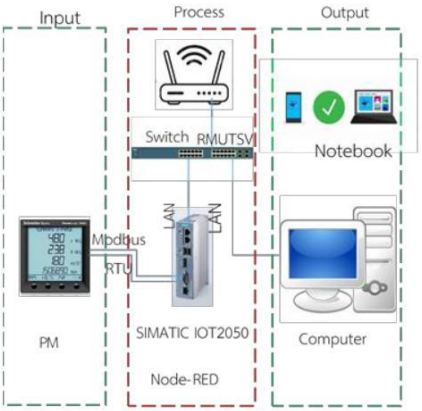
5. วิธีการวิจัย

การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอนดำเนินงาน 3 ขั้นตอนคือ 1. การออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า 2. การติดตั้งโปรแกรม 3. ทดสอบระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

5.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

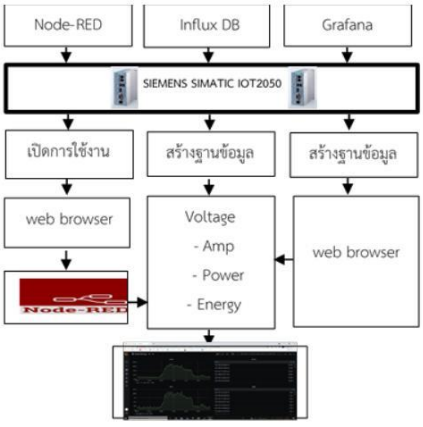
5.1.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยมีอุปกรณ์ Multi-Function Digital Power Meter เพื่อวัดค่าพลังงานไฟฟ้าในอาคารศรีวิศววิทยาและส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ (Gateway) เชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) ผ่านเว็บเบราเซอร์ (Web Browser) โดยภายในแพลตฟอร์มจะมีหลักการทำงานแบ่ง 3 ส่วนหลักๆ คือ

1. Protocol Modbus RTU สำหรับการรับส่งข้อมูล
2. โปรแกรม Node-RED สำหรับการออกแบบและควบคุมการประมวลผลข้อมูล รวมถึงแสดงข้อมูลออกมาอยู่ในรูปแบบกราฟิกผ่านทาง Dashboard
3. ระบบฐานข้อมูล Influx DB และ Grafana สำหรับการเก็บข้อมูล ออกแบบและควบคุมการประมวลผลข้อมูล รวมถึงแสดงข้อมูลออกมาอยู่ในรูปแบบกราฟิกผ่านทาง Dashboard ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การออกแบบฮาร์ดแวร์และการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์

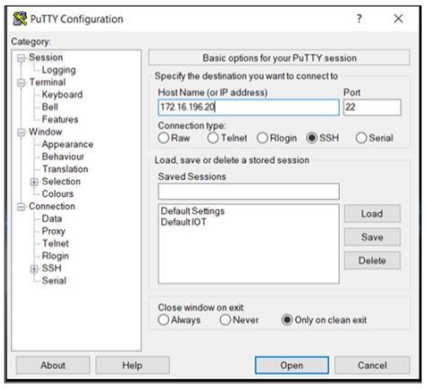
5.1.2 ออกแบบซอฟต์แวร์สำหรับระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า บนอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ (Gateway) เป็นเครื่องมือสำหรับการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) ด้วยโปรแกรม Node-RED, โปรแกรม Influx DB, และโปรแกรม Grafana มีลักษณะการเขียนโปรแกรมการทำงานแบบ Flow-based programming for the Internet of Things และสามารถออกแบบ API ในการรับค่า คำนวณ แปลงข้อมูล เก็บข้อมูล หรือเชื่อมต่อกับบริการอื่น ๆ เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ ช่วยให้ผู้ใช้ (Users) สามารถสร้างและแก้ไข Dashboard ได้อย่างง่ายๆ ครอบคลุมรูปแบบกราฟหลายประเภท โดยรายละเอียด ดังรูปที่ 2



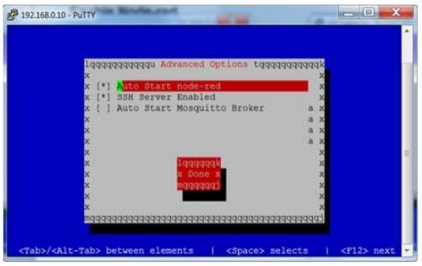
รูปที่ 2 การออกแบบโปรแกรมและการทำงานของ SIMATIC IOT2050

5.2 ติดตั้งโปรแกรม

5.2.1 การติดตั้งโปรแกรม Node-RED และ Node-RED Dashboard สำหรับการใช้งานบน SIEMENS SIMATIC IOT2050 ได้ทำการติดตั้ง Node.js และ image file โดยทำการ login ด้วยโปรแกรม Putty ตาม IP address ที่ได้ตั้งไว้ ดังรูปที่ 3 เพื่อเข้าไป Enable เปิดการใช้งาน “Auto Start Node-red” ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 การ login SIMATIC IOT2050 ด้วยโปรแกรม Putty



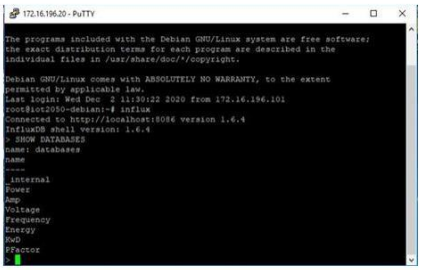
รูปที่ 4 การ Enable หัวข้อ Auto Start node-red

5.2.2 การติดตั้งโปรแกรม Influx DB โดยการเชื่อมต่อ Internet เข้ากับ IOT SIEMENS 2050 และเปิดโปรแกรม Putty โดยมีกระบวนการและรายละเอียดคำสั่งดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กระบวนการติดตั้งโปรแกรม Influx DB

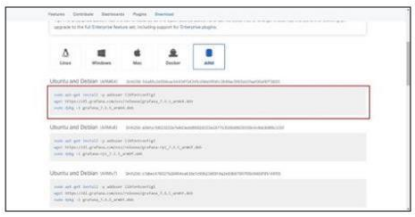
ลำดับ	กระบวนการ	รายละเอียดคำสั่ง
1	เข้าสู่ระบบด้วยโปรแกรม Putty	influx
2	Update โปรแกรม	sudo apt update
3	ติดตั้งโปรแกรม	sudo apt install -y gnupg2 curl wget
4	ดาวน์โหลดไฟล์	url_file wget -qO- https://repos.influxdata.com/influxdb.key | sudo apt-key add – echo "deb https://repos.influxdata.com/debian buster stable" | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/influxdb.list
5	ติดตั้งโปรแกรม influxdb	sudo apt install -y influxdb
6	เปิดใช้งานโปรแกรม	sudo systemctl enable –now influxdb service influxdb
7	ตรวจสอบสถานะของ service influxdb	sudo systemctl status influxdb
8	สร้างฐานข้อมูล	CREATE DATABASES... DROP DATABASES... Select * From... precision rfc3339 SHOW RETENTION POLICIES ON...
9	เสร็จสิ้น	

จากตารางที่ 1 จะได้ผลลัพธ์ฐานข้อมูล Database ใน internal มี Databases ตามลำดับการสร้างดังนี้ Power, Amp, Voltage, Frequency, Energy, KwD, Factor ดังรูปที่ 5

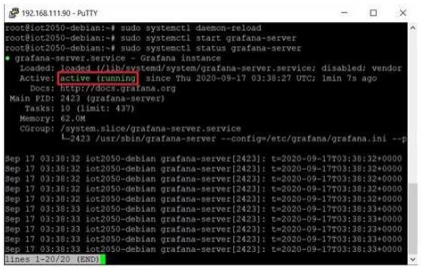


รูปที่ 5 การสร้างฐานข้อมูล Influx DB

5.2.3 การติดตั้งโปรแกรม Grafana ในระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์บนแฟลตฟอร์ม AMR64 โดยเชื่อมต่อ internet กับ IOT2050 โดยเปิด web browser พิมพ์เข้า url ไปยัง https://grafana.com/grafana/download?platform=arm ทำการคัดลอกคำสั่งในช่อง "Ubuntu and Debian (ARM64)" ดังรูปที่ 6 โดยมีกระบวนการและรายละเอียดคำสั่งดังตารางที่ 2 เพื่อติดตั้ง และเพื่อตรวจสอบสถานะของ Grafana ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 การติดตั้งระบบปฏิบัติการบนแฟลตฟอร์ม AMR64



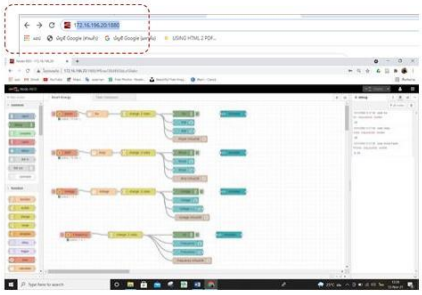
รูปที่ 7 ตรวจสอบสถานะการทำงานโปรแกรม Grafana

ตารางที่ 2 กระบวนการติดตั้งโปรแกรม Grafana

ลำดับ	กระบวนการ	รายละเอียดคำสั่ง
1	เข้าสู่ระบบด้วยโปรแกรม Putty	172.16.196.20
2	เปิด web browser	https://grafana.com/grafana/download?platform=arm
3	ดาวน์โหลดไฟล์	"Ubuntu and Debian (ARM64)"
4	ติดตั้งโปรแกรม Grafana	sudo apt-get install -y adduser libfontconfig1 wget https://dl.grafana.com/enterprise/release/grafana-enterprise_8.3.2_arm64.deb sudo dpkg -i grafana-enterprise_8.3.2_arm64.deb
5	ทำการ reload system	sudo systemctl daemon-reload
6	เปิดใช้งานโปรแกรม	sudo systemctl start grafana-server
7	ตรวจสอบสถานะของ service Grafana	sudo systemctl status grafana-server
8	เปิดใช้งาน Grafana server service	sudo systemctl enable grafana-server.service
9	เสร็จสิ้น	

6. ผลการทดลอง

6.1 โปรแกรม Node-RED เป็นการเขียนโปรแกรมแบบกำหนดขั้นตอนที่มีส่วนควบคุมแบบ block ผ่านเว็บเบราเซอร์ และกำหนดเส้นทางเชื่อมต่อการไหลของข้อมูล Flow-Based Programming โดยขั้นตอนการเขียนโปรแกรม Node-RED สามารถทำได้โดยการเปิด web browser ที่คอมพิวเตอร์และกำหนดค่า IP Address ในกระบวนการนี้ได้ตั้งค่า IP Address 172.16.196.20 โดย Port ของ SIEMENS SIMATIC IOT2050 คือ :1880 ดังรูปที่ 8



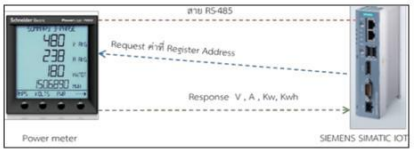
รูปที่ 8 โปรแกรม Node-RED web browser

Modbus Read คือ Node Input เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 โดยมีอุปกรณ์ Multi-Function Digital Power Meter วัดค่าจากหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 1,000KVA 33,000/400/240V/50Hz เพื่อแสดงค่ากำลังไฟฟ้า(Kw), ค่ากระแสไฟฟ้า(A), แรงดันไฟฟ้า(V), ค่าความถี่(H_z) และค่าพลังงานไฟฟ้า(Kwh) และสื่อสารส่งข้อมูลให้กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ผ่านทางพอร์ท Serial RS-485 Protocol Modbus RTU สามารถเชื่อมต่อโดยให้ดึงข้อมูลจากอุปกรณ์และเขียนค่าไปยังอุปกรณ์ Modbus Server โดยที่ให้ โปรแกรม Node-RED เป็น Modbus Client (ฝั่งที่เขียน-อ่านข้อมูล) โดยที่ SIEMENS SIMATIC IOT2050 จะทำการ Request ค่าที่ Register Address แสดงดังตารางที่ 3 จาก Multi-Function Digital Power Meter และหลังจากนั้นตัว Multi-Function Digital Power Meterก็จะตอบสนองค่ากำลังไฟฟ้า(Kw), ค่ากระแสไฟฟ้า(A), แรงดันไฟฟ้า(V), ค่าความถี่(Hz) และค่าพลังงานไฟฟ้า(Kwh) กลับมาที่ SIEMENS SIMATIC 2050 ดังรูปที่ 9 และ รูปที่ 10

ตารางที่ 3 Register Address Multi-Function Digital Power Meter

[1140] 1Second Metering – Power

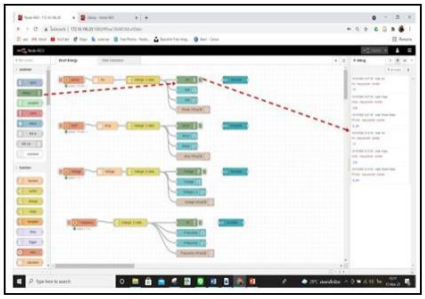
Reg	Name	Size	Type	Access	NV	Scale	Units
1140	Real Power, Phase A	1	Integer	RO	N	F	kW/Scale
1141	Real Power, Phase B	1	Integer	RO	N	F	kW/Scale
1142	Real Power, Phase C	1	Integer	RO	N	F	kW/Scale



รูปที่ 9 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Multi-Function Digital Power Meter กับ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ผ่านทางพอร์ท Serial RS-485 Protocol Modbus RTU

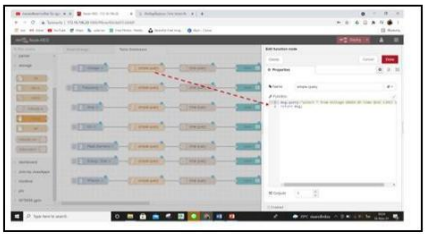
รูปที่ 10 การตั้งค่าเชื่อมต่ออุปกรณ์ IOT2050 ผ่านทางพอร์ท Serial RS-485 Protocol Modbus RTU

จากรูปที่ 10 Node Calculator เป็นขั้นตอนในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยข้อมูล ด้วยตัวเลขหรืออาร์เรย์ และผลลัพธ์ของการคำนวณจะเก็บข้อมูลจะใส่ใน msg.payload เช่น Input = [1, 2, 3, 4] => Output = 2.5 Node Change จะมีการตั้งค่า เปลี่ยนแปลง ลบ หรือย้ายคุณสมบัติของข้อความ หรือจะทำการตัดจุดทศนิยมออกก่อนนำไปแสดงผล Node Debug หรือ Node Output จะเป็นข้อมูล timestamp, string, number, json หรืออื่น ๆ ก็สามารถแสดงผลลัพธ์ไปยังOutput โดยขั้นตอนลาก Node Debug มาเชื่อมต่อแล้วกด Deploy เพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงาน ดังรูปที่ 11



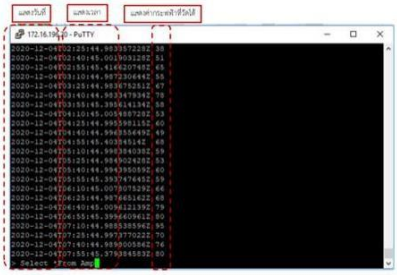
รูปที่ 11 Node Output

6.2 โปรแกรม Influx DB ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบมาสำหรับการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Time Series และการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ โดยข้อมูลที่จะถูกนำเข้าระบบฐานข้อมูลของโปรแกรม Influx DB จะเป็นข้อมูลที่ได้จาก Output ของ Node Chang โดยการการตั้งค่า Server ของ Node Influx Outและรูปแบบการเก็บข้อมูลดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 รูปแบบการเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูล Influx Db

การเปิดโปรแกรมเพื่อดูค่าที่ถูกบันทึกไว้บนอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ด้วยโปรแกรม Influx Db โดยการเข้าโปรแกรม Putty ด้วยคำสั่งที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยแสดงตัวอย่างการใช้คำสั่ง Select *From Amp เรียกดูข้อมูลกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 13

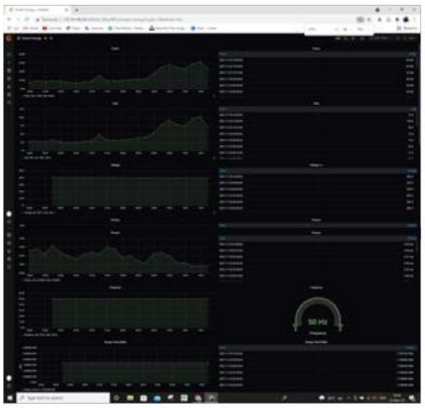


รูปที่ 13 ค่าที่ถูกบันทึกไว้ใน Databases บนอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050

6.3 โปรแกรม Grafana โดยสร้างฐานข้อมูลและการตั้งค่า Dashboard ด้วยโปรแกรม Grafana ด้วยการเปิด web browser พิมพ์ IP Address ของ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ตามด้วย :3000 เช่น http://172.16.196.20:3000/ และทำการ Login เข้าใช้งาน Grafana ดังรูปที่ 14

รูปที่ 14 การตั้งค่า Dashboard บน Grafana บน web browser

การตั้งค่าเพื่อเชื่อมต่อข้อมูลกับโปรกรม Influx DB โดยเลือก Add data source http://localhost: 8086 และแสดง Data source is working แสดงการเชื่อมต่อสำเร็จโดยจะแสดงหน้าหลักของโปรแกรม Grafana และการประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม Grafana จะแสดงข้อมูลออกมาอยู่ในรูปแบบกราฟิกผ่านทาง Dashboard ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 ข้อมูลรูปแบบกราฟิกผ่านทาง Dashboard

6.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจวัด

การวิเคราะห์ความถูกต้องของโปรแกรมโดยการวัดค่าการใช้งานของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter ที่ติดตั้งอยู่เดิม ณ เวลาเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าปริมาณไฟฟ้าโดยค่าผิดพลาด ไม่เกินร้อยละ 5

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการวัดจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter

รายการที่ทำการวัด	ผลการวัดจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	ผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter	ค่าความผิดพลาด (ร้อยละ)
แรงดันไฟฟ้า (Volt) L-L average	394	395	-0.26
กระแสไฟฟ้า (A) 3Phase average	159	161	-1.25
ค่ากำลังไฟฟ้า (Kw) 3Phase average	96	98	-2.05
ความถี่ไฟฟ้า (Hz)	49	50	-2.00
ค่าพลังงานไฟฟ้า (Kwh Total)	1.729630 (Gwh)	1.729630 (Gwh)	0.00

จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลการวัดและทดสอบจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัด Multi-Function Digital Power Meter โดยทำการวัดปริมาณทางไฟฟ้า ได้แก่ ค่ากำลังไฟฟ้า(Kw), ค่ากระแสไฟฟ้า(A), แรงดันไฟฟ้า(V), ค่าความถี่(Hz) และค่าพลังงานไฟฟ้า (Kwh) จากการเปรียบเทียบผลการวัดพบว่า ค่าที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น มีความแม่นยำ โดยค่าความผิดพลาดของค่ากำลังไฟฟ้า(Kw) มีค่าความผิดพลาดร้อยละ -2.05 ค่ากระแสไฟฟ้า(A) ค่าความผิดพลาดร้อยละ -1.25 ค่าแรงดันไฟฟ้า(V) ค่าความผิดพลาดร้อยละ -0.26 ค่าความถี่(Hz) ค่าความผิดพลาดร้อยละ -2.00 และค่าพลังงานไฟฟ้า (Kwh) ค่าความผิดพลาดร้อยละ 0.00 สามารถนำไปใช้ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

7. สรุปผล

การพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าบนอุปกรณ์ SIEMENS SIMATIC IOT2050 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกตเวย์(Gateway) เป็นเครื่องมือสำหรับการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) ด้วยโปรแกรม Node-RED, โปรแกรม Influx DB, และโปรแกรม Grafana มีลักษณะการเขียนโปรแกรมการทำงานแบบ Flow-based programming for the Internet of Things และสามารถออกแบบ API ในการรับค่า คำนวณ แปลงข้อมูล เก็บข้อมูล หรือเชื่อมต่อกับบริการอื่น ๆ เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ ช่วยให้ผู้ใช้ (Users) สามารถสร้างและแก้ไข Dashboard ได้อย่างง่ายๆ สามารถแสดงค่ากำลังไฟฟ้า(Kw), ค่ากระแสไฟฟ้า(A), แรงดันไฟฟ้า(V), ค่าความถี่(Hz) และค่าพลังงานไฟฟ้า(Kwh) แบบทันทีทันใด (Real time) ในแต่ละช่วงเวลาได้ และนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามาวางแผนการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

8. เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. “การทบทวนอัตราค่าไฟฟ้าตามหลักเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า ปี 2558”, 2558.

[2] Bradicich, Tom. “The 7 Principles of the Internet of Things (IoT),” http://blog.iicon sortium.org/2015/07/the-7-principles-of-theinternet-of-things-iot.html, 2016.

[3] อภัสราภรณ์ ฉิมชัยและคณะ, “แพลตฟอร์มให้บริการ IoT Cloud บนโพรโตคอล MQTT ด้วยการออกแบบผังการทำงานผ่าน Node-RED,”ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2016.

[4] กันตภณ มะหาหมัด และคณะ.“การพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการ ใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว,” สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, 2559.

[5] เจษฎา ขจรฤทธิ์,ปิยนุช ชัยพรแก้ว,หนึ่งฤทัย เอ้งฉ้วน. “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ,”วิทยาลัยนวัตกรรม ด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.กรุงเทพฯ, 2560.

[6] ศิริวรรณ เอี่ยมบัณฑิต. “ระบบบ้านอัจฉริยะควบคุมด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย เซ็นเซอร์ และแอนดรอยด์แอปพลิเคชันภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง,” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2557.

9. ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายไกรวิทย์ ชูชาติ

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Kraiwit Choochart

2. ตำแหน่งปัจจุบัน นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ตู้ปณ. 2 ต.คอหงษ์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

โทรศัพท์ 0-7428-7155

โทรศัพท์มือถือ 08-98108508

E-mail kraiwit.c@psu.ac.th

4. ประวัติการศึกษาต้องระบุสถาบันการศึกษา สาขาวิชาและปีที่จบการศึกษา

2564 นักศึกษาปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2551 ปริญญาตรี วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ดร.ชุกรี แดสา

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Chukree Daesa

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ตู้ปณ. 2 ต.คอหงษ์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

โทรศัพท์ 0-7428-7155

โทรศัพท์มือถือ 08-5847-7980

E-mail chukree.d@psu.ac.th

4. ประวัติการศึกษาต้องระบุสถาบันการศึกษา สาขาวิชาและปีที่จบการศึกษา

2561 ปริญญาเอก วิศวกรรมาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2551 ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2548 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse Engineering), การออกแบบและผลิตผลิตภัณฑ์ยาง, วิศวกรรมยางล้อ, การขึ้นรูปชิ้นงานยางและโลหะด้วยแม่พิมพ์และการตัดเฉือน, การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ ผลิต และวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (CAD/CAM/CAE), เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing)

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย:

1) โครงการ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มโรงสีข้าวตำบลควนรู ภายใต้โครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคมรายตำบลแบบบูรณาการ (1 ตำบล 1 มหาวิทยาลัย)

ได้รับทุนสนับสนุนจาก: กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2564

2) โครงการ การเพิ่มขีดความสามารถในการบริหารจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานภาคอุตสาหกรรม

ได้รับทุนสนับสนุนจาก: ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 11 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ปีงบประมาณ 2564

3) โครงการ การวิจัยและพัฒนาการดำรงสภาพชิ้นส่วนซ่อมของยุทโธปกรณ์ของกองทัพบก: กรณีศึกษา ของระบบสายพานรถถังขนาดเบา 32 คอมมานโด สติงเรย์ และรถสายพานลำเลียงพลแบบ เอ็ม 113 ได้รับทุนสนับสนุนจาก: สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2563

4) โครงการ การเพิ่มประสิทธิภาพและผลิตภาพด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมระบบอัจฉริยะเฝ้าติดตามและตรวจสอบดูและการทำงานของเครื่องจักรได้รับทุนสนับสนุนจาก: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ปีงบประมาณ 2561

5) โครงการ การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดสำหรับแม่พิมพ์ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต: กรณีศึกษาของผลิตภัณฑ์ยางกันกระแทกที่ใช้ในเครื่องจักรกลการเกษตรได้รับทุนสนับสนุนจาก: สถาบันไทย-เยอรมัน กระทรวงอุตสาหกรรม ปีงบประมาณ 2561

6) โครงการ การวิจัยและพัฒนายุทธภัณฑ์ชิ้นส่วนซ่อมเพื่อการดำรงสภาพกรณีศึกษาของปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มิลลิเมตรได้รับทุนสนับสนุนจาก: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการปีงบประมาณ 2561

7) โครงการ การพัฒนาเทคโนโลยีความจริงผสมสำหรับชิ้นส่วนซ่อมเพื่อใช้ในการดำรงสภาพยุทโธปกรณ์ : กรณีศึกษาของปืนใหญ่กลางกระสุนวิถีโค้ง ขนาด 155 มิลลิเมตร แบบเอ็ม 198

ได้รับทุนสนับสนุนจาก: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการปีงบประมาณ 2561

8) โครงการ การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์และชิ้นงานยางปลูกมันสำปะหลัง

ได้รับทุนสนับสนุนจาก: สถาบันไทย-เยอรมัน กระทรวงอุตสาหกรรม ปีงบประมาณ 2560

9) โครงการ การวิจัยและพัฒนายุทธภัณฑ์ชิ้นส่วนซ่อมเพื่อการดำรงสภาพของระบบปืนใหญ่ขนาด 105 มิลลิเมตร ของรถถังรุ่น M48A5 และรุ่น M60A1/A3

ได้รับทุนสนับสนุนจาก: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการปีงบประมาณ 2560

10) โครงการ การศึกษาวิจัยและพัฒนาการออกแบบและผลิตยางล้อชนิดไม่ใช้ลมต้นแบบ ได้รับทุนสนับสนุนจาก: สถาบันไทย-เยอรมัน กระทรวงอุตสาหกรรม ปีงบประมาณ 2559

11) โครงการ การวิจัยและพัฒนาเพื่อดำรงสภาพและเพิ่มประสิทธิภาพยุทโธปกรณ์: กรณีศึกษาของปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ปบค. 95 ขนาด 105 มิลลิเมตร แบบเอ็ม 101 เอ 1 (ปรับปรุง)

ได้รับทุนสนับสนุนจาก: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการปีงบประมาณ 2559

12) โครงการ การวิจัยและพัฒนาเพื่อดำรงสภาพและเพิ่มประสิทธิภาพยุทโธปกรณ์: กรณีศึกษาของปืนใหญ่หนักกระสุนวิถีราบแบบ 20 (ปนร. 20, M71) ขนาด 155 มิลลิเมตร ได้รับทุนสนับสนุน

ภาคผนวก ข

แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ

แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์ม อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

คำชี้แจง

แบบประเมินประสิทธิภาพชุดนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้สอบถามประสิทธิภาพเกี่ยวกับการใช้งานระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิศววิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ซึ่งแบบประเมินนี้ ได้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 แบบประเมินประสิทธิภาพที่มีต่อระบบ

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้หนึ่งที่มีความเห็นเกี่ยวข้องกับการใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ ขอได้โปรดพิจารณาและกรุณาตอบคำถามให้ครบทุกข้อตามความเป็นจริง เพราะคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาโปรแกรมในครั้งนี้ เพื่อที่ผู้วิจัยจะได้นำข้อมูลไปวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบต่อไป ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งที่ท่านได้กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

ผู้วิจัย

ตอนที่ 1

แบบประเมินประสิทธิภาพระบบ

คำชี้แจง

1. แบบประเมินประสิทธิภาพตอนที่ 1 นี้ เป็นการสอบถามข้อมูลความคิดเห็นของผู้ตอบแบบประเมินประสิทธิภาพภายหลังจากที่ได้ทดลองใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ

1.1 ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Functional Test)

1.2 ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test)

1.3 ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test)

2. ในการตอบแบบประเมินประสิทธิภาพตอนที่ 1 นี้ ขอความกรุณาให้ท่านดำเนินการดังนี้ ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องแบบประเมินที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โดยตัวเลขของระดับประสิทธิภาพแต่ละด้านมีความหมายดังนี้

5 หมายถึง ประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง ประสิทธิภาพในระดับมาก

3 หมายถึง ประสิทธิภาพในระดับปานกลาง

2 หมายถึง ประสิทธิภาพในระดับน้อย

1 หมายถึง ประสิทธิภาพในระดับน้อยที่สุด

แบบประเมินประสิทธิภาพในด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ (Functional Test)

รายการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ				
	5	4	3	2	1
1. ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูล					
2. ความถูกต้องในการแก้ไขข้อมูล					
3. ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลกับผลการวัดจาก Multi-Function Digital Power Meter					
4. ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ					
5. ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ					
6. ความครอบคลุมของระบบที่พัฒนากับระบบงานจริง					
7. การป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เช่น มีระบบสำรองไฟ/ระบบสำรองข้อมูล					

แบบประเมินประสิทธิภาพในด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test)

รายการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ				
	5	4	3	2	1
1. ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ					
2. ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ					
3. ความเหมาะสมในการใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ					
4. ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ					
5. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอ					
6. ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้					
7. ความเหมาะสมของส่วนประกอบบนจอภาพ					
8. คำศัพท์ที่ให้ผู้ใช้สามารถปฏิบัติตามได้ง่าย					

แบบประเมินประสิทธิภาพในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test)

รายการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ				
	5	4	3	2	1
1. การตรวจสถานะของผู้เข้าใช้งานก่อนการใช้งานระบบ					
2. การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง					

ตอนที่ 2

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง

โปรดแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาระบบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้วิจัย

1. **ชื่อ สกุล** นายไกรวิทย์ ชูชาติ
2. **รหัสประจำตัวนักศึกษา** 6310121001
3. **วุฒิการศึกษา**

วุฒิ	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
วศ.บ อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	พ.ศ. 2551

4. **ตำแหน่งปัจจุบัน** วิศวกรปฏิบัติการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย