การพัฒนาต้นแบบเพื่อควบคุมการใช้พลังงานสำหรับระบบจัดการพลังงานในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน

นายประกาศิต ศรีประไหม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF PROTOTYPE TO CONTROL ENERGY CONSUMPTION FOR ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IN THERMAL POWER PLANT FACTORY

Mr. Prakasit Sripramai

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาต้นแบบเพื่อควบคุมการใช้พลังงานสำหรับระบบจัดการพลังงานในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน
โดย	นายประกาศิต ศรีประไหม
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย ชัยทัศนีย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ดิศ อัศวกุล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมิพัฒ แสงอุดมเลิศ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประกาศิต ศรีประไหม : การพัฒนาต้นแบบเพื่อควบคุมการใช้พลังงานสำหรับระบบจัดการพลังงานในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน. (DEVELOPMENT OF PROTOTYPE TO CONTROL ENERGY CONSUMPTION FOR ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IN THERMAL POWER PLANT FACTORY) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล

ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมมีการขยายตัวมากขึ้นทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีแนวทางที่ให้ภาคอุตสาหกรรมมีการควบคุมการใช้พลังงานอย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพ แนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวข้างต้นคือการจัดการพลังงานในโรงงานดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำความรู้เรื่องระบบจัดการพลังงานไฟฟ้า (Energy Management System, EMS) และการนำอุปกรณ์ IoT2040 มาใช้ในการมอนิเตอร์จากระยะไกลเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบจัดการพลังงาน ภายในระบบได้สร้างอัลกอริทึม เพื่อจำลองการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยนำค่าจากการวัดพลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้าจริงมาจำลองเพื่อใช้ทดสอบอัลกอริทึมที่คิดขึ้นมาผ่านอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) S7-1200 โดยทำงานผ่าน Webserver และนำIoT2040 มาใช้มอนิเตอร์ในระยะไกลโดยใช้ Node-Red สร้างในส่วนแสดงผล และเชื่อมต่ออุปกรณ์ ซึ่งจะแสดงผลผ่านระบบ Cloud ของ ThingSpeak ผลที่ได้รับจากการควบคุมด้วยอัลกอริทึม คือ การควบคุมการใช้ไฟฟ้าในช่วงพีคได้รวมถึงการใช้พลังงานที่น้อยลง และมีระบบแจ้งเตือนทางเมล์ และทางไลน์แอปพลิเคชัน เมื่อค่าพลังงานเกินกว่าค่าที่กำหนด ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ คือ การนำอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม การนำอุปกรณ์ IoT มาใช้เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆได้ง่ายรวมถึงเป็นแนวทางให้แก่บุคคลทั่วไปได้รับรู้ และสร้างความเข้าใจถึงขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม เพื่อเป็นแนวทางสำหรับนำไปพัฒนาต่อยอดสู่ระบบจัดการพลังงานภายในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างเต็มรูปแบบในอนาคต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5970444721 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORD: Management System, Algorithm, Period Peak

Prakasit Sripramai : DEVELOPMENT OF PROTOTYPE TO CONTROL ENERGY CONSUMPTION FOR ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IN THERMAL POWER PLANT FACTORY. Advisor: Prof. Watit Benjapolakul

Nowadays, the industrial sector is expanding, causing the electricity demand to increase day by day. It is necessary to have a guideline for industrial to control energy usage including energy saving and energy efficiency. One of the methods to solve this problem is energy management in factory. Therefore, this thesis investigates an Energy management system along with IoT2040 device to help monitoring from the distance. It will be a guideline for controlling electricity consumption using energy management systems. The system created an algorithm to simulate the control of electricity usage by taking measurement from real electrical appliances to test the algorithm. The algorithm uses Programmable Logic Controller (PLC) S7-1200 for calculation. It works through Webserver and uses IoT2040 to help monitoring from the distance by using Node-Red to show web pages and connect to devices which will process through ThingSpeak cloud. Simulation from the algorithm can help controlling electricity usage during the peak period to reduce power consumption along with a notification system that alert when usage exceeds the specified value. This article shows the usage of energy control algorithm to save energy in industrial plants by incorporating IoT devices which allow fast and easy connection between devices. This can help others learn and understand the algorithm and act as a guideline for further development of the energy management system in the industry.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

Academic Year: 2019 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความรู้ ให้การช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ อย่างดียิ่งจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ขอบพระคุณประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย ชัยทัศนีย์ กรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร. เชาวน์ดิศ อัศวกุล และ รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมิพัฒ แสงอุดมเลิศ ที่กรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งการให้คำแนะนำต่างๆ

ขอบพระคุณผู้บริหารระดับสูง เจ้าหน้าที่ และเพื่อนผู้ร่วมงานทุกท่านในบริษัทไทยโซล่าร์เอ็นเนอร์ยี่จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความเห็น และความรู้ต่างๆในการเก็บข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้โอกาสอันยิ่งใหญ่ในการศึกษา ขอบคุณครู และอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อน ที่คอยห่วงใยและเป็นกำลังใจ ขอบคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ ที่คอยให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้องผู้ให้ความสนับสนุน และให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประกาศิต ศรีประไหม

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 19

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 19

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 20

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 20

1.4 ขั้นตอนการศึกษา และวิธีการดำเนินการ 21

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 21

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐาน และหลักการที่เกี่ยวข้อง 22

2.1 หลักเกณฑ์ข้อกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า 22

2.2 การจำแนกประเภทอัตราค่าไฟฟ้า 23

2.3 อัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate; TOD) 24

2.4 อัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use Tariff: TOU) 24

2.5 แนวทางการจัดการพลังงานไฟฟ้า 25

2.5.1. รูปแบบการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.2 การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 27
2.5.3 การกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานไฟฟ้า 28
2.5.4 แนวทางการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 29
2.6 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (PLC) 30
2.6.1 ส่วนประกอบของพีแอลซี 31
2.7 โปรแกรมเน็ตบีนส์ (NetBeans) 34
2.8 IoT 2040 35
2.9 ThingSpeak Cloud 37
2.10 HMI (Human machine Interface) 38
บทที่ 3 ภาพรวมของระบบ 39
3.1 ข้อมูลโรงงาน และการใช้พลังงานภายในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน 39
3.1.1 การศึกษาข้อมูลโรงงาน 40
3.1.2 ข้อมูลการวัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอาคารสำนักงาน 42
3.1.3 แนวทางการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดอาคารสำนักงาน 42
3.1.4 Flow Chart ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารสำนักงาน 46
3.1.5 อุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร Work Shop 47
3.1.6 ข้อมูลการวัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอาคารWork Shop 50
3.1.7 แนวทางการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดอาคาร Work Shop 50
3.1.8 กำหนดเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ 52
3.1.9 Flow Chart ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคาร Work Shop 53
3.1.10 ส่วนประมวลผล และควบคุม 54
3.1.11 ส่วนแสดงผลที่หน้าเว็ปเพจ 57
3.2 การออกแบบการทำงานของระบบ 59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1 การนำเงื่อนไขของ Flow Chart เขียนลงในโปรแกรม TIA Portal โดยใช้ภาษา Ladder 60
3.2.1.1 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 1 60
3.2.1.2 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 2 61
3.2.1.3 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 3 62
3.2.1.4 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 4 63
3.2.1.5 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1 64
3.2.1.6 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 2 65
3.2.1.7 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 3 66
3.2.1.8 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้อง MDB 67
3.2.1.9 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน 68
3.2.1.10 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 69
3.2.1.11 เงื่อนไขการควบคุมหลอดไฟห้อง MDB 70
3.2.1.12 เงื่อนไขการควบคุมหลอดไฟห้องสำนักงาน 71
3.2.2 การกำหนดตัวแปร Input และ Output เพื่อใช้สื่อสารกับทางเว็บเพจ และสั่งงานอุปกรณ์ภายนอก 72
3.2.2.1 กำหนดตัวแปรของการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้อง MDB 72
3.2.2.2 กำหนดตัวแปรของการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน 72
3.2.2.3 กำหนดตัวแปรของการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 73
3.2.2.4 กำหนดตัวแปรของการควบคุมหลอดไฟห้อง MDB 73
3.2.2.5 กำหนดตัวแปรของการควบคุมหลอดไฟห้องสำนักงานบริเวณตู้เอกสาร 74
3.2.2.6 กำหนดตัวแปรเพื่อให้โปรแกรม Record ข้อมูล 74
3.2.2.7 การคำนวณค่าพลังงานทางไฟฟ้า 75
3.2.3 สร้างเว็ปเพจ เพื่อรองรับกับเงื่อนไขที่ภาษา Ladder 77

3.2.4 นำค่าโปรแกรมโหลดลง CPU 83
3.2.4.1 การกำหนดค่า IP Address เพื่อใช้เปิดหน้า Webpage 83
3.2.4.2 การ Down load File HTML ลงในโปรแกรม TIA Portal 83
3.2.5 การเปิดเว็ปเพจ 84
3.2.6 การส่งข้อมูลจาก S7-1200 ไปยัง IoT2040 84
3.2.6.1 ตัวแปร ActkW 84
3.2.6.2 ตัวแปร Data After 85
3.2.6.3 ตัวแปร Bill After 86
3.2.6.4 ตัวแปรจะเก็บใน DB17 ในรูปแบบจำนวนจริงจำนวน 4 บิต 86
3.2.7 การรับข้อมูลของ IoT2040 87
3.2.7.1 ทำการเปิด Web browser IP 192.168.0.10:1880 87
3.2.7.2 การเขียนโปรมแกรม Node-Red เพื่อรับค่าจาก S7-1200 87
3.2.7.3 รูปแบบการเชื่อมต่อฟังชั่นใน Node-Red 88
3.2.7.4 การกำหนดค่าตัวแปรในฟังชั่น ThingSpeak 89
3.2.7.5 การรับค่าตัวแปรผ่านระบบ Cloud ThingSpeak 89
3.2.7.6 กำหนดค่าตัวแปรให้ตรงกับค่าที่ส่งมาจาก Node-Red ในช่อง Channel Settings 90
3.2.7.7 ส่วนที่ใช้แสดงผลเพื่อแสดงค่าพลังงานผ่านระบบ Cloud ThingSpeak 90
บทที่ 4 การสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติ 91
4.1 การสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติอาคารสำนักงาน 91
4.1.1 การใช้อัลกอริทึมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอาคารสำนักงาน 91
4.1.2 การกำหนดเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติอาคารสำนักงาน 92
4.2 การสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติอาคาร Work Shop 99
4.2.1 การใช้อัลกอริทึมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอาคาร Work Shop 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 การกำหนดเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติอาคาร 99
4.3 ระบบแจ้งเตือนทาง Line Notify 107
4.4 ระบบแจ้งเตือนทาง Email 108
4.5 การตั้งค่าในส่วนของ ThinkSpeak ใน Node Red 109
บทที่ 5 การทดสอบ 111
5.1 ทดสอบกับอาคารสำนักงาน 111
5.2 ทดสอบกับอาคาร Work Shop 114
5.2.1 ทดสอบโดยการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าไม่ให้เกิน 5 กิโลวัตต์ 115
5.3 การทดสอบการส่งค่าจากอุปกรณ์ S7-1200 ไปยัง IoT2040 โดยใช้ Node Red ในการเขียนโปรแกรมรับค่า 117
5.3.1 ผลการทดสอบระบบแจ้งเตือนทาง Line Notify และการแจ้งเตือนทาง Email 118
5.3.2 ผลการทดสอบการมอนิเตอร์ผ่านระบบ ThinkSpeak Cloud 119
5.3.3 ผลการทดสอบการมอนิเตอร์ผ่าน HMI 120
5.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง 121
5.4.1 วิเคราะห์ผลอาคารสำนักงาน 121
5.4.2 วิเคราะห์ผลอาคาร Work Shop 121
5.4.3 วิเคราะห์ผลทดสอบการส่งข้อมูลจาก S7-1200 มาที่ IoT2040 122
5.4.4 วิเคราะห์ผลการทดสอบส่งการแจ้งเตือนทาง Line Notify และการแจ้งเตือนทาง Email 122
5.4.5 วิเคราะห์ผลการมอนิเตอร์ และเก็บข้อมูลที่ ThingSpeak Cloud 122
บทที่ 6 บทสรุป 123
6.1 บทสรุป 123
6.2 ข้อเสนอแนะ 123
บรรณานุกรม 124

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน 127

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 อัตราค่าไฟฟ้าการใช้งานประเภทที่ 3 25

ตารางที่ 2 กำหนดเวลาเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติตามกลุ่มที่ได้จัดไว้เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานพร้อมๆ กันของอาคารสำนักงาน 44

ตารางที่ 3 รายการอุปกรณ์ในอาคาร Work Shop 47

ตารางที่ 4 กำหนดเวลาเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติตามกลุ่มที่ได้จัดไว้เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานพร้อมๆ กันของอาคารWork Shop 52

ตารางที่ 5 ข้อมูลเครื่อง 54

ตารางที่ 6 จำลองการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน (ช่วงเช้า) 96

ตารางที่ 7 จำลองการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน (ช่วงบ่าย) 97

ตารางที่ 8 จำลองการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคาร Work Shop (ช่วงเช้า) 104

ตารางที่ 9 จำลองการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคาร Work Shop (ช่วงบ่าย) 105

ตารางที่ 10 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการการทดสอบค่ากำลังไฟฟ้ากับอาคารสำนักงาน 121

ตารางที่ 11 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการการทดสอบค่ากำลังไฟฟ้ากับอาคาร Work Shop 122

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 Peak Clipping 26
รูปที่ 2-2 Load Shifting 27
รูปที่ 2-3 แนวคิดการควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้า 30
รูปที่ 2-4 ลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี 31
รูปที่ 2-5 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต 32
รูปที่ 2-6 ส่วนประกอบของซีพียู 33
รูปที่ 2-7 โครงสร้างของพีแอลซี และหน่วยความจำ 34
รูปที่ 2-8 ลักษณะของโครงสร้างโปรแกรม NetBeans 35
รูปที่ 2-9 พอร์ตที่ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์ของ IoT2040 36
รูปที่ 2-10 เว็บเพจ ThingSpeak 37
รูปที่ 3-1 บริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) 39
รูปที่ 3-2 การใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ของโรงงานแบ่งเป็น 7 ส่วน 41
รูปที่ 3-3 ข้อมูลการวัดค่าค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ใน 15 นาที สูงสุด เฉลี่ยทั้ง 30 วัน 42
รูปที่ 3-4 การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารสำนักงาน 46
รูปที่ 3-5 ข้อมูลการวัดค่าค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ใน 15 นาที สูงสุดเฉลี่ยทั้ง 30 วัน 50
รูปที่ 3-6 ขั้นตอนการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคาร Work Shop 53
รูปที่ 3-7 ส่วนประกอบของ PLC S7-1200 54
รูปที่ 3-8 ส่วนของโปรแกรม TIA Portal 56
รูปที่ 3-9 ส่วนที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม และแถบเครื่องมือ 56
รูปที่ 3-10 หน้าหลักของโปรแกรม NetBeans ที่ใช้สร้างเว็ปเพจ 57
รูปที่ 3-11 หน้าหลักของ Webserver S7-1200 58

Chulalongkorn University

รูปที่ 3-12 ขั้นตอนการออกแบบ 59
รูปที่ 3-13 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 1 60
รูปที่ 3-14 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 2 61
รูปที่ 3-15 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 3 62
รูปที่ 3-16 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 4 63
รูปที่ 3-17 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1 64
รูปที่ 3-18 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 2 65
รูปที่ 3-19 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 3 66
รูปที่ 3-20 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้อง MDB 67
รูปที่ 3-21 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน 68
รูปที่ 3-22 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 69
รูปที่ 3-23 การควบคุมหลอดไฟห้อง MDB 70
รูปที่ 3-24 ภาพการควบคุมหลอดไฟห้องสำนักงาน 71
รูปที่ 3-25 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้อง MDB 72
รูปที่ 3-26 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน 72
รูปที่ 3-27 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 73
รูปที่ 3-28 การควบคุมหลอดไฟห้อง MDB 73
รูปที่ 3-29 การควบคุมหลอดไฟห้องสำนักงานบริเวณตู้เอกสาร 74
รูปที่ 3-30 การกำหนดตัวแปรที่ต้องการให้โปรแกรม Record ข้อมูล 74
รูปที่ 3-31 การใช้โปรแกรม TIA Portal คำนวณค่าไฟช่วง On Peak 76
รูปที่ 3-32 การใช้โปรแกรม TIA Portal คำนวณค่าไฟช่วง Off Peak 76
รูปที่ 3-33 ไฟล์ HTML,CSS,Java Script 77
รูปที่ 3-34 หน้าเว็ปเพจของ Plant Status 78
รูปที่ 3-35 หน้าเว็ปเพจของ Overview Plant 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-36 หน้าเว็ปเพจของ Manual Control 79
รูปที่ 3-37 หน้าเว็ปเพจของ Status Work Shop Building 80
รูปที่ 3-38 หน้าเว็ปเพจของ Graph Before Use Algorithm 80
รูปที่ 3-39 หน้าเว็ปเพจของ Graph After Use Algorithm 81
รูปที่ 3-40 หน้าเว็ปเพจของ Data kW after use algorithm 81
รูปที่ 3-41 หน้าเว็ปเพจของ Data kW before use algorithm 82
รูปที่ 3-42 File Browserสำหรับ Download ข้อมูล 82
รูปที่ 3-43 การกำหนด IP Address โปรแกรม TIA Portal 83
รูปที่ 3-44 การกำหนด IP Address โปรแกรม TIA Portal 83
รูปที่ 3-45 ใช้ IP Address เพื่อเปิดหน้าเว็ปเพจ Webserver 84
รูปที่ 3-46 ตัวแปรของ Load ก่อนผ่านอัลกอริทึม 84
รูปที่ 3-47 ตัวแปร kW ของ Load หลังผ่านอัลกอริทึม 85
รูปที่ 3-48 ตัวแปรหน่วยค่าไฟหลังผ่านอัลกอริทึม 85
รูปที่ 3-49 ตัวแปรค่าไฟก่อนผ่านอัลกอริทึม 85
รูปที่ 3-50 ตัวแปรค่าไฟหลังผ่านอัลกอริทึม 86
รูปที่ 3-51 ตัวแปรเปรียบเทียบค่าไฟหลังผ่านอัลกอริทึม 86
รูปที่ 3-52 รูปแบบการเก็บข้อมูลสำหรับเชื่อมต่อ IoT2040 86
รูปที่ 3-53 Web browser ของโปรแกรม Node-Red 87
รูปที่ 3-54 การกำหนดค่าตัวแปรใน S7 87
รูปที่ 3-55 การกำหนดค่าพอร์ตใน S7 88
รูปที่ 3-56 การเชื่อมต่อ Node ไปยัง ThingSpeak 88
รูปที่ 3-57 การกำหนดตัวแปรใน ThingSpeak และบันทึกค่า API Key 89
รูปที่ 3-58 รูปแบบ Cloud ThingSpeak เมื่อเข้ามาในระบบ 89
รูปที่ 3-59 กำหนดค่าตัวแปรใน ThingSpeak 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-60 ส่วนที่ใช้แสดงผลผ่านระบบ Cloud 90
รูปที่ 4-1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบควบคุม และการมอนิเตอร์จากระยะไกล 91
รูปที่ 4-2 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 อาคารสำนักงาน 92
รูปที่ 4-3 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 อาคารสำนักงาน 92
รูปที่ 4-4 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 อาคารสำนักงาน 93
รูปที่ 4-5 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 อาคารสำนักงาน 93
รูปที่ 4-6 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 3 อาคารสำนักงาน 94
รูปที่ 4-7 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 3 อาคารสำนักงาน 94
รูปที่ 4-8 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 อาคารสำนักงาน 95
รูปที่ 4-9 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 อาคารสำนักงาน 95
รูปที่ 4-10 เริ่มเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 8.00 น. 98
รูปที่ 4-11 สิ้นสุดเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 17.00 น. 98
รูปที่ 4-12 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์1 อาคาร Work Shop 99
รูปที่ 4-13 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 อาคาร Work Shop 100
รูปที่ 4-14 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 อาคาร Work Shop 100
รูปที่ 4-15 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 อาคาร Work Shop 101
รูปที่ 4-16 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศห้อง MDB อาคาร Work Shop 101
รูปที่ 4-17 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศห้อง MDB อาคาร Work Shop 102
รูปที่ 4-18 คำสั่งเปิดหลอดไฟในอาคาร Work Shop 102
รูปที่ 4-19 คำสั่งปิดหลอดไฟในอาคาร Work Shop 103
รูปที่ 4-20 นำค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าลงในโปรแกรม TIA Portal 103
รูปที่ 4-21 เริ่มเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 8.00 น. 106
รูปที่ 4-22 สิ้นสุดเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 17.00 น. 106
รูปที่ 4-23 รูปแบบการส่งข้อความแจ้งเตือนใน Node-Red 107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-24 การสร้างฟังก์ชันให้แจ้งเตือนทาง Line notify เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม 107
รูปที่ 4-25 รูปแบบการกำหนดค่าแจ้งเตือนทาง Email โดยใช้ Gmail..... 108
รูปที่ 4-26 การสร้างฟังก์ชันให้แจ้งเตือนทาง Email เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม..... 108
รูปที่ 4-27 สร้างตัวแปรเพื่อรับค่าจาก S7-1200 109
รูปที่ 4-28 สร้างตัวแปรเพื่อรับค่าจากฟังก์ชัน S7..... 109
รูปที่ 4-29 สร้างตัวแปรเพื่อรับค่า Node-Red IoT2040..... 110
รูปที่ 4-30 กำหนดค่าตัวแปรให้ตรงกับ S7-1200..... 110
รูปที่ 5-1 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ..... 111
รูปที่ 5-2 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ. 111
รูปที่ 5-3 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา..... 112
รูปที่ 5-4 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ..... 112
รูปที่ 5-5 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ. 113
รูปที่ 5-6 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา..... 113
รูปที่ 5-7 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ..... 114
รูปที่ 5-8 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ. 114
รูปที่ 5-9 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา..... 115
รูปที่ 5-10 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ ... 115
รูปที่ 5-11 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ
..... 116
รูปที่ 5-12 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา..... 116
รูปที่ 5-13 นำค่าพลังงานจาก S7-1200 มาเก็บที่ IoT2040 เพื่อนำค่าขึ้นสู่ระบบ ThingSpeak
Cloud..... 117
รูปที่ 5-14 ทดสอบการนำค่าพลังงานเชื่อมต่อกับ Line Notify และ Email..... 117
รูปที่ 5-15 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนทางระบบ Line Notify เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม 118

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 5-16 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนทาง Email เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม 118
รูปที่ 5-17 ค่าพลังงานทางไฟฟ้าแสดงบน ThinkSpeak Cloud 119
รูปที่ 5-18 สามารถ Down load ข้อมูลเป็น csv File บน ThinkSpeak Cloud 119
รูปที่ 5-19 การตั้งค่าในส่วนของ HMI 120
รูปที่ 5-20 การแสดงผลในส่วน HMI 120

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมมีการขยายตัวมากขึ้นทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นเรื่องที่สำคัญ และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีแนวทางที่ให้ภาคอุตสาหกรรมมีการควบคุมการใช้พลังงานอย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวข้างต้นคือการจัดการพลังงานในโรงงานดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำความรู้เรื่องระบบจัดการพลังงานไฟฟ้า (Energy Management System, EMS) และการควบคุมค่าความต้องการพลังงานสูงสุดโดยนำทฤษฎีทั้งสองมาประยุกต์พัฒนาระบบต้นแบบ เพื่อควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยจะใช้ข้อมูลค่าพลังงานจากบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) โดยใช้ค่าพลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้าจริงในแต่ละช่วงเวลา เพื่อใช้ทดสอบกับระบบต้นแบบที่คิดขึ้นมาผลที่ได้รับจากการควบคุมด้วยระบบต้นแบบ และการนำอุปกรณ์ IoT2040 มาใช้ในการมอนิเตอร์จากระยะไกลเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบจัดการพลังงาน ภายในระบบได้สร้างอัลกอริทึมเพื่อจำลองการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยนำค่าจากการวัดพลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้าจริงมาจำลองเพื่อใช้ทดสอบอัลกอริทึมที่คิดขึ้นมาผ่านอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) S7-1200 โดยทำงานผ่าน Webserver และนำ IoT2040 มาใช้มอนิเตอร์ในระยะไกลโดยใช้ Node-Red สร้างในส่วนแสดงผล และเชื่อมต่ออุปกรณ์ ซึ่งจะแสดงผลผ่านระบบ Cloud ของ ThingSpeak ผลที่ได้รับจากการควบคุมด้วยอัลกอริทึม คือ การควบคุมการใช้ไฟฟ้าในช่วงพีคได้รวมถึงการใช้พลังงานที่น้อยลง และมีระบบแจ้งเตือนทางเมล์ และทางไลน์แอปพลิเคชัน เมื่อค่าพลังงานเกินกว่าค่าที่กำหนด ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ คือ การนำอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม การนำอุปกรณ์ IoT มาใช้เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆได้ง่ายรวมถึงเป็นแนวทางให้แก่บุคคลทั่วไปได้รับรู้ และสร้างความเข้าใจถึงขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม เพื่อเป็นแนวทางสำหรับนำไปพัฒนาต่อยอดสู่ระบบจัดการพลังงานภายในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างเต็มรูปแบบในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระบบจัดการพลังงานไฟฟ้า และการควบคุมค่าความต้องการพลังงานสูงสุด โดยนำทฤษฎีทั้งสองมาประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และพัฒนาอัลกอริทึม เพื่อควบคุมการใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงพีค
2. เพื่อให้รู้ถึงการใช้พลังงานไฟฟ้า และเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละหน่วยงานของบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)
3. เพื่อสร้างอัลกอริทึมมาควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการ Simulation ผ่านทางโปรแกรม TIA Portal
4. เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง ระหว่างค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้กับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการผ่านอัลกอริทึม
5. เพื่อสร้างระบบมอนิเตอร์ให้สามารถดูข้อมูลได้จากระยะไกล
6. เพื่อเสนอแนะการประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าในบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

ขอบเขตของการศึกษาในครั้งนี้จะศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) สาเหตุที่ผู้ศึกษาเลือกบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) เนื่องจากผู้ศึกษาได้ทำงานอยู่ในขณะที่ศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาโดยในการศึกษาในครั้งนี้ผู้ศึกษานำหลักการการลดพลังงานตามหลักของ EMS, DSM (Demand Side Management) โดยจะเน้นการนำอัลกอรึทึมที่คิดขึ้นมา เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดย Simulation ผ่านโปรแกรม TIA Portal ซึ่งได้แบ่งการศึกษาตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร เกี่ยวกับแนวคิดการควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดและอัตราค่าไฟฟ้า
2. ศึกษาลักษณะการใช้พลังงาน ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เพื่อทราบถึงช่วงเวลาที่เกิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด 15 นาทีสูงสุดของบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)
3. ศึกษาการสร้างอัลกอริทึมให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดย Simulation ผ่านโปรแกรม TIA Portal ซึ่งใช้การลดพลังงานตามหลัก DSM และการสร้างระบบเพื่อให้สามารถดูข้อมูลได้จากระยะไกล
4. เปรียบเทียบผลค่าไฟเดิมที่วัดได้กับค่าไฟจากการใช้อัลกอริทึมที่ได้จากการ Simulation

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ขั้นตอนการศึกษา และวิธีการดำเนินการ

1. กำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษาวิจัย
2. ศึกษาการประหยัดพลังงานตามหลักของ EMS และ DSM
3. ศึกษาการออกแบบอัลกอริทึม และโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง
4. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
5. รวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ
6. วางแผนการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละหน่วยงาน
7. ดำเนินการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละหน่วยงาน หาค่า Load Curves
8. จัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ไฟฟ้าและเขียน Flow Chart การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
9. ออกแบบอัลกอริทึมตาม Flow Chart โดยใช้โปรแกรม TIA Portal
10. ออกแบบระบบให้เชื่อมต่อกับ HMI
11. ออกแบบระบบให้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT
12. ออกแบบระบบให้สามารถเชื่อมต่อข้อมูลกับระบบ Cloud ของ ThingSpeak
13. การทำงานของอัลกอริทึม เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้กับค่าพลังงานที่ผ่านอัลกอริทึม วิเคราะห์ และสรุปงานวิจัย
14. เรียบเรียงผลงานวิจัย พิมพ์ผลงาน และจัดเข้ารูปเล่ม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รู้ถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละหน่วยงานของบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)
2. ได้รู้ถึงผลต่างระหว่างค่าพลังงานเดิมกับค่าพลังงานที่ได้จากการลดการใช้พลังงาน
3. ได้รู้ถึงคำแนะนำที่จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)
4. ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม
5. ได้รู้ถึงแนวทาง และปัญหาความเป็นจริงที่จะนำเทคโนโลยีควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้ามาใช้กับโรงงานอุตสาหกรรม
6. แนะแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้กับบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)
7. ใช้เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เพื่อการจัดการพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ความรู้พื้นฐาน และหลักการที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาอัลกอริทึม เพื่อควบคุมการใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงพีค สำหรับระบบจัดการพลังงานในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน เป็นการศึกษาภายใต้แนวคิดดังต่อไปนี้

1. หลักเกณฑ์ข้อกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า
2. การจำแนกประเภทอัตราค่าไฟฟ้า
3. อัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate ; TOD)
4. อัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate; TOU)
5. แนวทางการจัดการพลังงานไฟฟ้า (EMS)
6. โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (PLC)
7. โปรแกรมเน็ตบีนส์ (NetBeans)
8. อุปกรณ์ IoT2040
9. ระบบ ThingSpeak Cloud
10. อุปกรณ์ HMI

2.1 หลักเกณฑ์ข้อกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า

จากระเบียบการเก็บอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีการกำหนดการใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป ซึ่งองค์ประกอบที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายอัตราค่าไฟฟ้า มีดังนี้[1]

1. ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้งตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์
2. ค่าไฟฟ้าต่ำสุด ในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา
3. เพาเวอร์แฟคเตอร์ สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟกเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้า รีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้วเฉพาะส่วนที่เกิน จะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ในอัตรากิโลวาร์ละ 56.07 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้นเศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ ให้ตัดทิ้งตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 การจำแนกประเภทอัตราค่าไฟฟ้า

อัตราค่าไฟฟ้าที่ปรากฏในโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า จำแนกออกเป็น 8 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัยลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัด และโบสถ์ของศาสนาต่างๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้า เพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือ หน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรือ อื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้า เพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้า เพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้า เพื่อประกอบกิจการโรงแรม และกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 6 องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้าขององค์กรที่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการ โดยไม่คิดค่าตอบแทน รวมถึงสถานที่ ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียวแต่ไม่รวมถึงหน่วยราชการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ

ประเภทที่ 7 กิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรอง หรือสหกรณ์เพื่อการเกษตร โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 8 ผู้ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้าชั่วคราว เพื่อใช้ในการก่อสร้างอาคารทั่วไปหรือสิ่งปลูกสร้าง การจัดงานขึ้นเป็นกรณีพิเศษชั่วคราว หรือการใช้ในกรณีต่างๆ เป็นการชั่วคราว โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.3 อัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate; TOD)

ลักษณะการใช้ไฟฟ้าแบบ TOD กำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของวันเป็นอัตราไฟฟ้าแบบ 2 ส่วน ประเภทหนึ่งประกอบด้วยส่วนที่หนึ่ง คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) มีอัตราคงที่ตลอดวันแตกต่างกันเฉพาะอัตราที่ระดับพิกัดแรงดันส่วนที่สอง คือ ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand Charge) จำแนกออกเป็น 3 ช่วงเวลาในรอบวัน ได้แก่ ช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก (On Peak) ช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าปานกลาง (Partial Peak) และช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak)

2.4 อัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use Tariff: TOU)

ลักษณะการใช้ไฟฟ้าแบบ TOU กำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของวันเป็นอัตราไฟฟ้าแบบ 2 ส่วน ประเภทหนึ่งประกอบด้วยส่วนที่หนึ่ง คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) ส่วนที่สอง คือ ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand Charge) จะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของการใช้ และวันที่ใช้จำแนกออกเป็น 2 ช่วงเวลาในรอบวันปกติ (จันทร์-ศุกร์ และวันพืชมงคล) ได้แก่ ช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก (On Peak) และช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak) ยกเว้นวันเสาร์ - อาทิตย์ และวันแรงงานแห่งชาติ

อัตราค่าไฟฟ้าการใช้งานประเภทที่ 3 ซึ่งเป็นอัตรค่าไฟฟ้าที่บริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) เสียค่าไฟฟ้าอยู่ในปัจจุบันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราค่าไฟฟ้าการใช้งานประเภทที่ 3

ประเภทที่	กิจการ	อัตรา	แรงดัน/หน่วย	อัตราค่าบริการ
3	กิจการขนาดกลาง	ปกติ	1.แรงดัน 69 กิโลวาร์ ขึ้นไป 2.แรงดัน 22-33 กิโลวาร์ 3.ต่ำกว่า 22 กิโลวาร์	● ค่าความต้องการ + ค่าพลังงานไฟฟ้า+ค่าบริการ (บาท/กิโลวัตต์+บาท/หน่วย)
		TOU (Time of Use Tariff)	1.แรงดัน 69 กิโลวาร์ ขึ้นไป 2.แรงดัน 22-33 กิโลวาร์ 3.ต่ำกว่า 22 กิโลวาร์	● ค่าความต้องการ +ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่าบริการ ● On Peak: 09.00-22.00 น. จ.-ศ. และวันพืชมงคล ● Off Peak: 22.00-09.00 น. จ.-ศ. และวันพืชมงคล : 00.00-24.00 น. ส-อ วันแรงงานแห่งชาติ และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 แนวทางการจัดการพลังงานไฟฟ้า

การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ และการควบคุมการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ไฟฟ้า และแสงสว่างเพื่อลดค่าไฟฟ้า และส่งผลให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยอาจแยกกล่าวดังนี้[2]

1. จัดการ และควบคุมค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้า (จำนวนหน่วยที่ใช้) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด (Peak Demand) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด (Reactive Power) ให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้
2. ดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของการจัดการ และการควบคุมมีอยู่หลายตัว การเลือกใช้ดัชนีตัวใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละสถานประกอบการ ได้แก่ ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย ค่าตัวประกอบโหลด ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ประมาณการใช้พลังงานต่อ

หน่วย ผลผลิตมูลค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย ผลผลิตปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยพื้นที่ เป็นต้น

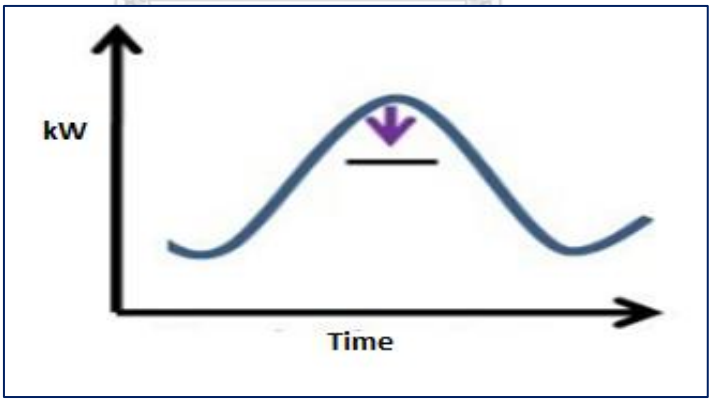
สำหรับแนวทางการจัดการพลังงานเป็นกระบวนการปรับเปลี่ยนลักษณะการใช้ไฟฟ้า เพื่อลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้า มีทั้งการส่งเสริมการประหยัดพลังงาน และการใช้กลไกด้านราคาไฟฟ้า สรุปเป็นมาตรการหลัก 4 มาตรการดังนี้

1. ลดกำลังไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุด
2. เพิ่มการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาโหลดต่ำ
3. เฉลี่ยการใช้โหลดในแต่ละเวลาให้ใกล้เคียงกัน
4. อนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าโดยการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

2.5.1. รูปแบบการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า

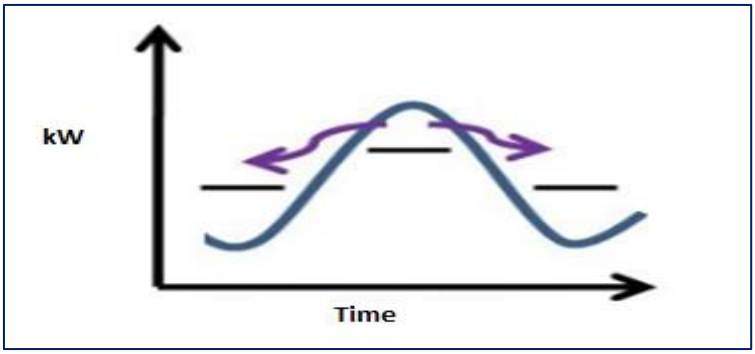
จำแนกลักษณะกราฟโหลดในการจัดการการใช้พลังงานมีดังนี้

1. Peak Clipping คือ มาตรการ DSM เพื่อจัดการให้ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลดลง (Reduction of Peak Load) วิธีการทั่วไป คือ การควบคุมเวลา และปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง เช่น การสื่อสารโดยตรงให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองเดินเครื่องจ่ายไฟฟ้าเข้าใช้งานแทนการใช้ไฟฟ้าจากระบบ ดังรูปที่ 2-1 Peak Clipping [3]



รูปที่ 2-1 Peak Clipping

2. Load Shifting คือ เลื่อนการใช้ไฟฟ้าจากช่วง Peak มาสู่ Off Peak เป็นการเลื่อนเวลาการใช้ไฟฟ้าโดยผู้ใช้เอง ซึ่งผู้ใช้ต้องคำนวณความคุ้มค่า เพราะต้องลงทุน หรือมีค่าใช้จ่ายในการเลื่อนเวลาการใช้ซึ่งบางครั้งการใช้ค่าไฟฟ้าแบบพิเศษที่สะท้อนต้นทุนตามช่วงเวลาก็เป็นแรงจูงใจที่ดี ดังรูปที่ 2-2 Load Shifting



รูปที่ 2-2 Load Shifting

3. Energy Conservation & Efficiency คือ วิธีการปรับ เปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ เช่น ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์แทนหลอดไฟปกติ เป็นต้น หรือการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้งานว่าควรใช้งานอย่างไรให้ประหยัด เช่น การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้ทำงานที่ 26°C (หรือ 27°C) แทนที่จะเปิด 24°C เพื่อให้คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศทำงานน้อยลงประหยัดพลังงานมากขึ้น [4]

2.5.2 การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า

การจัดประเภทโหลด แบ่งประเภทของโหลดอุปกรณ์ โดยจำแนกประเภทตามลำดับความสำคัญต่อการทำงาน ซึ่งจะต้องรู้ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ และมีผู้ใช้งาน 4 ประเภท

1. ประเภทของโหลดที่มีความสำคัญ (Essential Loads) คือ โหลดที่มีความสำคัญ และจำเป็นต่อการใช้งานในสภาวะปกติซึ่งหากปิด หรือหยุดการทำงานนั้น จะทำให้เกิดผลกระทบต่อการทำงาน หรือความปลอดภัย ได้แก่ ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน ระบบคอมพิวเตอร์ ระบบควบคุมเครื่องดับเพลิง ระบบสูบน้ำดับเพลิง และระบบลิฟท์ เป็นต้น
2. ประเภทของโหลดที่มีความจำเป็นแต่สามารถหยุดการใช้งานเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ ทุกๆ ช่วงเวลาที่กำหนด (Curtail able Loads) เช่น ประมาณ 15 นาที หรือ 30 นาที เป็นต้น ได้แก่ ระบบส่งลมเย็นของเครื่องส่งลมเย็น ระบบเครื่องทำความเย็น ตู้เย็น ตู้แช่ เครื่องสูบน้ำ อุปกรณ์ให้ความร้อน พัดลมระบายอากาศ เป็นต้น
3. ประเภทของโหลดที่สามารถเลื่อนเวลาการใช้งานออกไปในเวลาอื่นๆ เป็นครั้งคราวนานพอสมควร (Deferrable Loads) เมื่อมีความจำเป็น เช่น เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องอัด หรือเครื่องจักรใหญ่ๆ อุปกรณ์การทดสอบต่างๆ เครื่องรีด เครื่องตัด เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ประเภทของโหลดที่สามารถเลื่อนช่วงระยะเวลาการทำงาน หรือกำหนดช่วงเวลาของการทำงาน (Schedulable Loads) ไปใช้ในช่วงที่มีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ได้แก่ เครื่องสูบน้ำระบบน้ำดี (Cold Water System) ที่ใช้ภายในอาคาร

2.5.3 การกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานไฟฟ้า

การกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นการสำรวจให้รู้ถึงลักษณะการใช้พลังงานที่เป็นอยู่ในปัจจุบันว่ามีค่าสูงหรือต่ำเพียงใด โดยขั้นตอนการดำเนินการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าจะต้องประกอบด้วยดังนี้

1. การสำรวจข้อมูล มีรายละเอียดประกอบด้วย
   - สภาพการใช้ไฟฟ้าจากอดีตถึงปัจจุบัน เพื่อดูถึงศักยภาพที่จะลดความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลจากใบแจ้งหนี้ หรือใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า
   - รายละเอียดระบบไฟฟ้า เพื่อดูว่าสายป้อนแต่ละชุดจ่ายไฟฟ้าให้โหลดประเภทใดบ้าง จำนวนเท่าใดระบบควบคุมการทำงานเป็นอย่างไร การดัดแปลงหรือเปลี่ยนแปลงระบบควบคุมการทำงานใหม่
   - รายละเอียดของโหลด คือการสำรวจเครื่องจักร อุปกรณ์ตามชนิดประเภท ขนาด ลักษณะการใช้งาน ความสำคัญของการใช้งาน ตลอดจนจำนวนของเครื่องจักร
   - สำรวจลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายวัน ว่าในแต่ละวันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าแปรเปลี่ยนมากน้อยเพียงใด และในวันต่างๆ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าคล้ายกันหรือไม่ เพื่อจะหาแนวทางปรับปรุงรูปแบบการใช้ไฟฟ้า จึงจะทำให้สามารถควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้
   - สำรวจลักษณะช่วงเวลาการใช้งานของเครื่องจักร เพื่อดูว่าเครื่องจักรแต่ละชุดทำงานช่วงเวลาใด และมีการใช้งานพร้อมๆ กันมากน้อยเพียงใด

2. การเตรียมการ
   - การจัดกลุ่มของอุปกรณ์ไฟฟ้า แบ่งตามความสำคัญของการใช้งาน เช่น เครื่องจักรที่มีเวลาการทำงานแน่นอน เครื่องจักรที่มีเวลาการทำงานไม่แน่นอน เครื่องที่เดินต่อ เนื่องตลอดเวลาเป็น เวลานานหลายชั่วโมง เครื่องที่เดินแบบเดินๆ หยุดๆ หรือเครื่องที่สามารถหยุดได้เป็นช่วงสั้นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

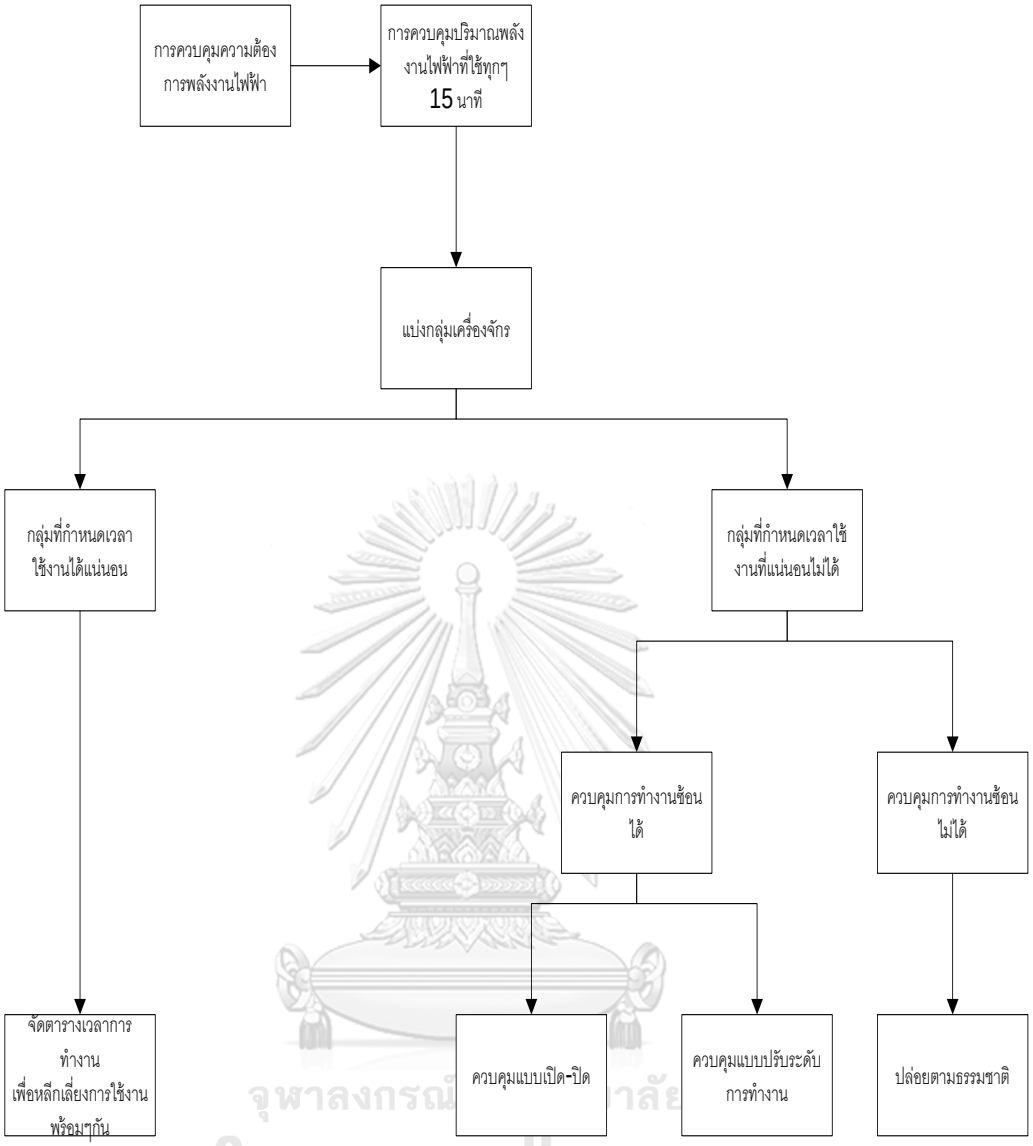
- ระบบชนิด และจำนวนอุปกรณ์ ที่สามารถหยุดการใช้งานหรือลดโหลดได้ชั่วคราว เพื่อกำหนดเป็น เป้าหมายที่จะนำมาลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
- ประเมินความเป็นไปได้ของการลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดว่า จะสามารถลดได้มากน้อยเพียงใด โดยอาศัยข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายวัน และเครื่องจักรเป้าหมายประกอบการประเมินเมื่อได้ข้อมูลแล้วจึงดำเนินการจัดการการใช้พลังงาน หรือการออกมาตราการการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ทำให้การบริหาร และควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลจากการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน และแนวทางวิธีการลดการใช้พลังงานต่อไป

2.5.4 แนวทางการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด

การควบคุมนั้นเป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดให้มีค่าต่ำที่สุด โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานหรือบุคลากรดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะกำหนดอย่างชัดเจนว่าควรใช้ไฟฟ้าในปริมาณเท่าไร เพราะจะต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง สามารถควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดจากข้อมูลต่างๆที่รวบรวม ดัง
รูปที่ 2-3 แนวคิดการควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้า[5]

1. ย้ายเวลาการทำงานของเครื่องจักรบางตัว หรือบางชุดให้ทำงานเร็วขึ้น หรือช้าลงเพื่อหลีกเลี่ยงช่วงเวลา On Peak
2. ตัดหรือปลดโหลด (เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีการทำงาน และมีความสำคัญน้อย) บางตัวหรือหลายๆ ตัวออกจากระบบ
3. จัดเวลาเดินเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใหม่ ให้ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละชุดเหลื่อมกัน หรือทำงานไม่พร้อมกันในบางช่วงเวลา ซึ่งจะต้องทราบลักษณะการใช้งานก่อน
4. หลีกเลี่ยงการเดินเครื่องจักรพร้อมกัน
5. เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง
6. สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล จะต้องมีการวางแผนการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานที่เปลี่ยนแปลงไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2-3 แนวคิดการควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้า

2.6 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (PLC)

PLC (Programmable Logic Control) คือ อุปกรณ์ชนิดโซลิต-สเตท ที่ทำงานแบบลอจิก การออกแบบการทำงานของพีแอลซี จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานพีแอลซีจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า โซลิต-เสตท ลอจิก เอเลเมนท์ (Solid-State Digital Logic Element) เพื่อให้การทำงาน และการตัดสินใจเป็นแบบลอจิก [6]

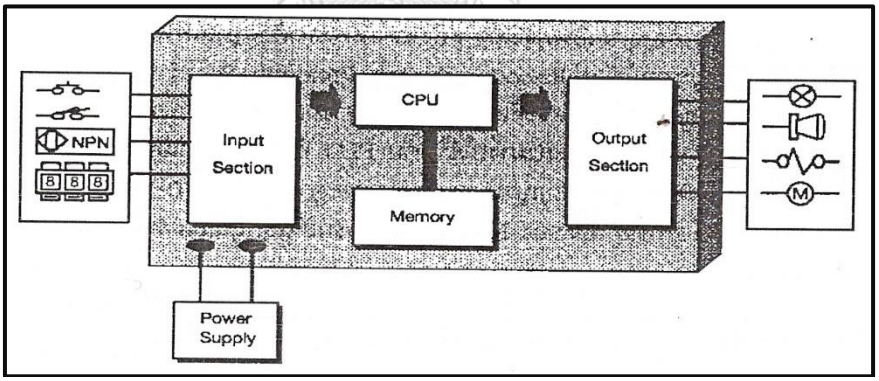
การใช้พีแอลซี สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นต้องเดินสายไฟ ดังนั้นเมื่อจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนระบบการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ จะต้องเดินสายไฟใหม่ซึ่งเสียเวลา และ

ค่าใช้จ่ายสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพีแอลซีแล้วการเปลี่ยนระบบ หรือลำดับการทำงานใหม่ ทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมเท่านั้น นอกจากนี้แล้วพีแอลซีในปัจจุบันได้หันมาใช้ระบบโซลิต-สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิมการกินกระแสน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

พีแอลซียังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่นเครื่องอ่านบาร์โค๊ด, เครื่องพิมพ์ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันนอกจากพีแอลซีจะใช้งานแบบเดี่ยวแล้วยังสามารถต่อพีแอลซีหลายๆ ตัวเข้าด้วยกันเพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย จะเห็นได้ว่าการใช้งานพีแอลซีมีความยืดหยุ่นมากกว่ารีเลย์แบบเก่า ดังนั้นในงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้พีแอลซีมากขึ้น

2.6.1 ส่วนประกอบของพีแอลซี

พีแอลซีเป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม พีแอลซีประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรมสำหรับพีแอลซีขนาดเล็ก ส่วนประกอบของพีแอลซีจะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกมาประกอบย่อยได้ โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างของพีแอลซีจะประกอบด้วย 5 ส่วนหลักๆ ดังรูปที่ 2-4 ลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี



รูปที่ 2-4 ลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี

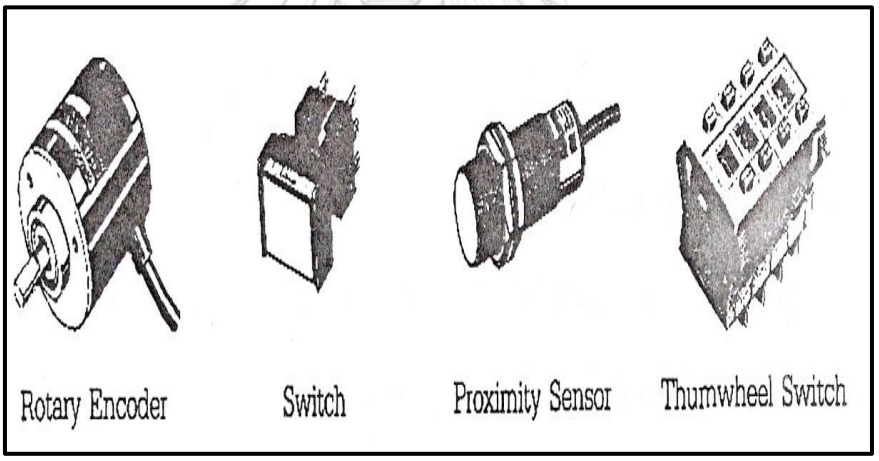
ที่มา:http://www.ecpe.nu.ac.th/piyadanai/content/49_01/303407_1_49/File/Lab05%20PLC.pdf

1. ภาคอินพุต

ภาคอินพุตทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามา จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปเพื่อทำการประมวลผล สัญญาณอินพุตต่างๆ ที่เข้ามาจะถูกแปลงให้เป็น สัญญาณที่เหมาะสมถูกต้องไม่เช่นนั้น ซีพียูจะเสียหายได้สัญญาณที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติ และหน้าที่ดังนี้

- สัญญาณเข้าจะต้องได้ระดับที่เหมาะสมกับพีแอลซี
- การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับซีพียูกระทำด้วยแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อต้องการแยกสัญญาณทางไฟฟ้าออกจากกัน เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ซีพียูเสียหายเมื่ออินพุตเกิดการลัดวงจร
- หน้าสัมผัสต้องไม่สั่นสะเทือน

อุปกรณ์อินพุตที่ส่งสัญญาณออกมาในลักษณะเปิด-ปิด หรือ 0-1 จะสามารถใช้ได้กับพีแอลซีที่รับสัญญาณเป็นแบบดิจิตอลเท่านั้น ส่วนสัญญาณอินพุตที่เป็นแบบอนาล็อกมาตรฐานต่างๆ จะต้องต่อเข้ากับภาคอินพุตของพีแอลซีที่สามารถรับสัญญาณอนาล็อกเท่านั้น



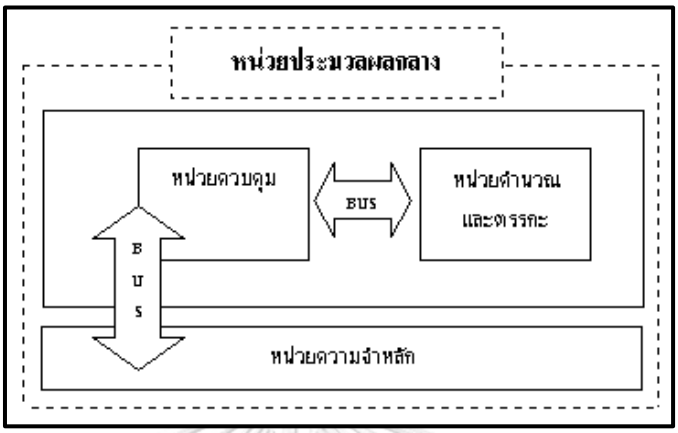
รูปที่ 2-5 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต

ที่มา:http://www.ecpe.nu.ac.th/piyadanai/content/49_01/303407_1_49/File/Lab05%20PLC.pdf

2. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

- ซีพียูทำหน้าที่ประมวลผล และควบคุมซึ่งเปรียบเหมือนสมองของระบบภายใน ซีพียูจะประกอบไปด้วยลอจิกเกทต่างๆ และมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส เพื่อสำหรับออกแบบวงจรรีเลย์แลดเดอร์ลอจิก

- ซีพียูจะยอมรับข้อมูลอินพุต จากอุปกรณ์ให้สัญญาณต่างๆ ต่อจะทำการเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ ข้อมูลที่ถูกต้องเหมาะสมจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ควบคุมแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าตรง เพื่อใช้สำหรับแรงดันต่ำ



รูปที่ 2-6 ส่วนประกอบของซีพียู

ที่มา:http://www.ecpe.nu.ac.th/piyadanai/content/49_01/303407_1_49/File/Lab05%20PLC.pdf

รูปที่ 2-6 ส่วนประกอบของซีพียูเป็นซีพียูที่รวมแหล่งจ่ายไฟเข้าด้วยกัน ซึ่งจะแยกแหล่งจ่ายไฟออกมาต่างหาก นอกจากนี้ยังมีส่วนสำคัญที่อยู่ในซีพียู อีกชุดหนึ่ง คือ โปรเซสเซอร์เมโมรีโมดูล ซึ่งถือเป็นสมองที่ควบคุมโปรแกรมภายในประกอบด้วย ไมโครเมโมรีชิพ ทำหน้าที่เก็บ และเรียกข้อมูลจากหน่วยความจำ และติดต่อกับวงจรที่ต้องการ

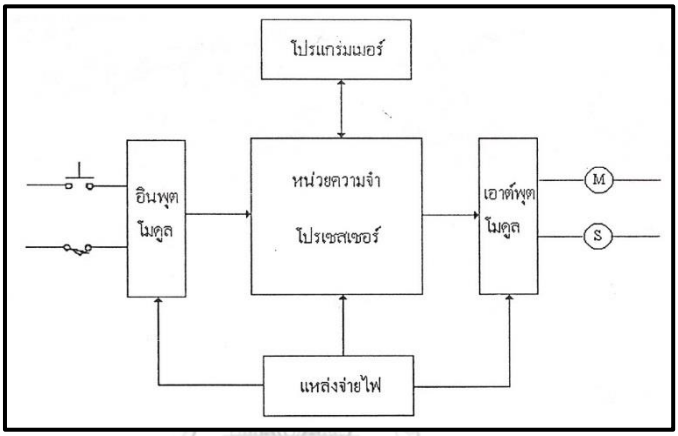
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. หน่วยความจำของพีแอลซี

หน่วยความจำของพีแอลซีดังรูปที่ 2-6 ส่วนประกอบของซีพียู ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกออกแบบเป็นบิตข้อมูล ภายในหน่วยความจำ 1 บิต จะมีสถานะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง พีแอลซีประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิด คือ แรม และรอม

- แรม (RAM: Random Access Memory) หน่วยความจำนี้มีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อไฟดับ การอ่าน และเขียนโปรแกรมลงในแรมทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการแก้ไขโปรแกรมบ่อย

- อีพรอม (EPROM: Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความชนิดอีพรอมนี้ จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต มีข้อดีตรงไฟดับแล้วข้อมูลไม่หาย
- อีอีพรอม (EEPROM: Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียน และลบโปรแกรมโดยใช้วิธีทางไฟฟ้าเหมือนแรม ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟ รวมเอาข้อดีของแรม และอีพรอมไว้ด้วยกัน



รูปที่ 2-7 โครงสร้างของพีแอลซี และหน่วยความจำ
ที่มา:http://www.ecpe.nu.ac.th/piyadanai/content/49_01/303407_1_49/File/Lab05%20PLC.pdf

4. ภาคเอาต์พุต

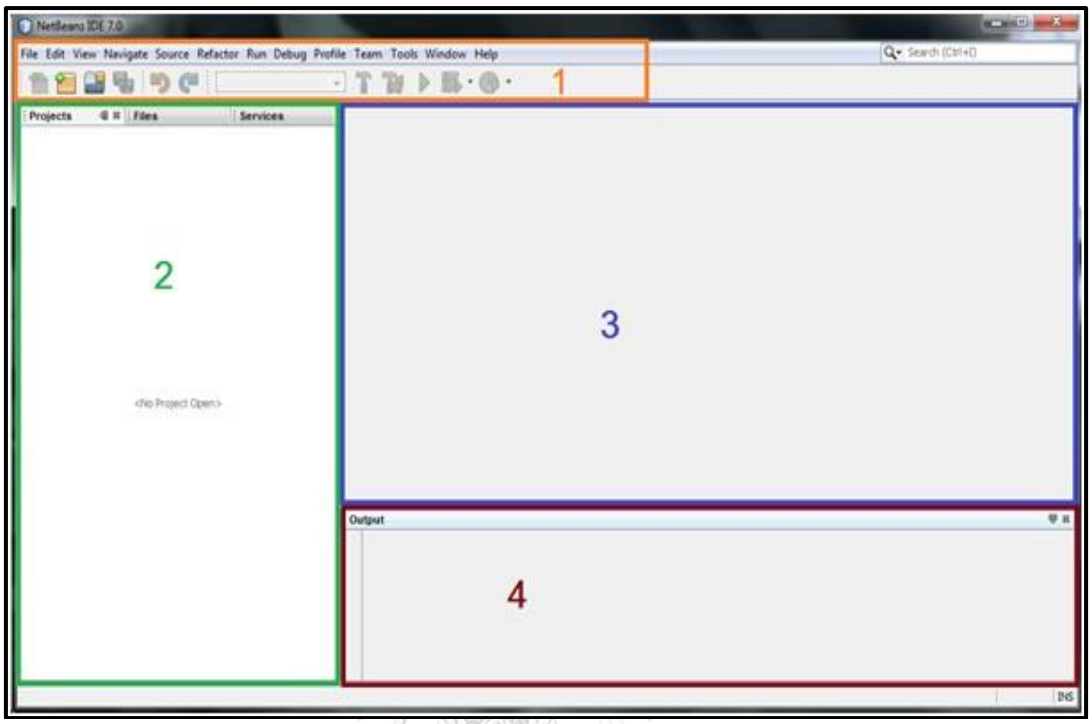
ภาคเอาท์พุตทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เพื่อให้อุปกรณ์ด้านเอาท์พุตทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้ ส่วนของเอาท์พุตจะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของซีพียู แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน นอกจากนั้นยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (ซีพียู) ออกจากอุปกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7 โปรแกรมเน็ตบีนส์ (NetBeans)

NetBeans คือ เครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมภาษาจาวา ที่มีประสิทธิภาพอย่างมาก ทำให้สามารถพัฒนาได้ง่าย และเร็วเนื่องจาก NetBeans มี Editor อยู่ในตัวที่ใช้ในการเขียนภาษาโปรแกรม มีการแบ่งออกเป็นสีๆ ใน Editor เพื่อให้ง่ายต่อการมอง ง่ายต่อการจัดรูปแบบ เพื่อให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น มีคอมไพล์ที่สามารถคอมไพล์ได้ง่าย สามารถกดรันได้ หน้าจอหลักของ

NetBeans จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ ดังรูปที่ 2-8 ลักษณะของโครงสร้างโปรแกรม NetBeans[6]



รูปที่ 2-8 ลักษณะของโครงสร้างโปรแกรม NetBeans

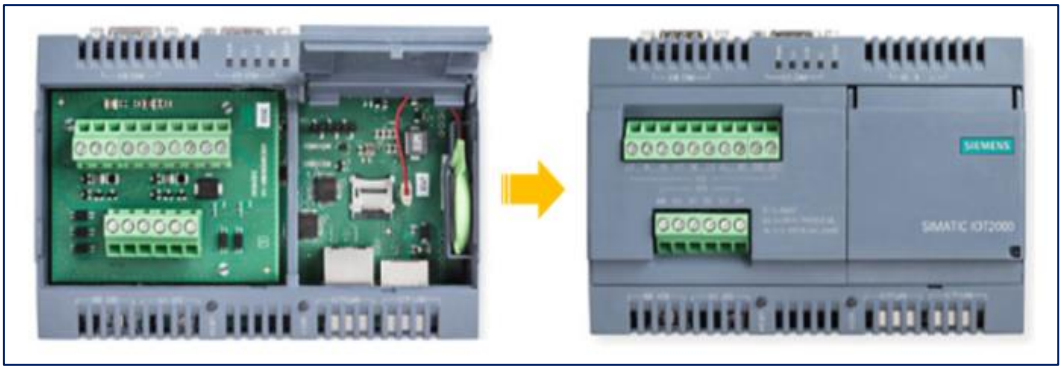
ที่มา : http://component584.blogspot.com/2011/06/netbeans-ide-1.html

1. เป็นส่วนของแถบเมนู และอุปกรณ์ต่างๆ
2. เป็นส่วนที่แสดง และจัดการ Project เหมือนเป็นการ Browse ดู Project หรือ File ต่าง ๆ
3. เป็นส่วนที่ใช้ในการเขียน Code
4. เป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลการทำงานต่างๆ เมื่อทำการ Run โปรแกรม และยังมีส่วนของการ Debug โปรแกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8 IoT 2040

IOT2040 ก็คือ Arduino ที่ออกแบบมาในระดับ Industrial grade ไม่ว่าจะเป็นไฟเลี้ยงที่สามารถรองรับได้ตั้งแต่ 9-36VDC, ตัวเคสที่รองรับ IP20 ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม และสามารถติดตั้งบน DIN Rail ได้เลย หรือแม้กระทั่งมาตรฐาน UL, CE, FCC and Canada, RCM, EAC และ KC mark เป็นต้น [7]



รูปที่ 2-9 พอร์ตที่ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์ของ IoT2040

ที่มา : https://automation360blog.wordpress.com/2018/05/20/iot2040-interfaces/

- SIMATIC IOT2040 Features
- Intel Quark X1020 processor
- 1 GB RAM
- 2 x Ethernet interfaces
- 2 x RS232/422/485 interface
- Battery-buffered real-time clock

Digital Input and Output

- มี 14 Digital pin ที่สามารถเป็น input หรือ output ได้โดยใช้คำสั่ง usingpinMode (), digital Write () และ digital Read () function
- ทำงานที่ 5 volts และปกติกินกระแสที่ 20mA
- กระแสสูงสุดของแต่ละ pin ไม่ควรเกิน 40mA เพื่อป้องกันความเสียหายถาวระกับตัว microcontroller
- และในบาง pin ก็สามารถทำหน้าที่ special function ได้เช่น
  - Serial: 0 (RX) และ 1 (TX) เพื่อใช้เป็นขา receive (RX) และ transmit (TX) TTL serial data
  - External Interrupts: 2 และ 3 โดยสามารถตั้งค่าเป็น interrupt ที่ low voltage, ขอบขาขึ้น ขอบขาลง หรือตอนที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า โดยใช้ attach Interrupt ()
  - PWM: 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 ใช้เป็น 8-bit PWM output ด้วยคำสั่ง analog Write ()

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

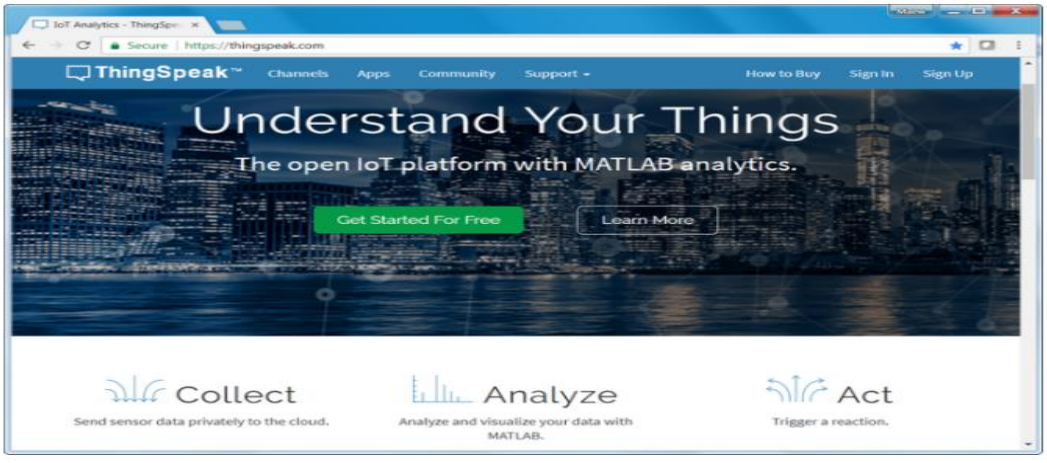
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) โดยขาเหล่านี้รองรับ SPI communication ผ่านทาง SPI library
- LED: 13 เป็น built-in LED ที่ผูกกับ digital pin 13 เอาไว้
- TWI: A4 (หรือ SDA pin) และ A5 (หรือ SCL pin) รองรับ TWI communication โดยใช้ Wire library

Analog Input

- ตัวบอร์ดมี 6 analog input ให้ใช้งานตั้งแต่ A0 ถึง A5 โดยแต่ละขามี resolution 10 bits (ค่าตั้งแต่ 0-1023)
- ที่ค่า default จะทำการวัดค่า 0 – 5V เทียบกราวน์ แต่ก็สามารถเปลี่ยนค่า upper range ได้เช่นกันผ่านทางการใช้งานขา AREF ร่วมกับ analog Reference() function โดยมีขาที่เกี่ยวข้องดังนี้
  - AREF: Reference voltage for the analog inputs ใช้ร่วมกัน analog Reference ()
  - Reset: ตั้งขานี้เป็น LOW เพื่อ reset microcontroller

2.9 ThingSpeak Cloud

ThingSpeak คือผู้ให้บริการ Cloud ชนิดหนึ่ง ที่อนุญาตให้เราสามารถส่งค่าต่างๆขึ้นเพื่อไปเก็บบนพื้นที่ ที่เปิดให้ใช้บริการ และยังเปิดให้สามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้จากเวปบราวเซอร์ทั่วๆไป จากที่ไหนก็ได้ที่มี Internet จึงนับเป็นการเข้าถึงข้อมูลในรูปแบบ IOT (Internet of Things)[8]



รูปที่ 2-10 เว็บเพจ ThingSpeak

ที่มา : https://thingspeak.com/

2.10 HMI (Human machine Interface)

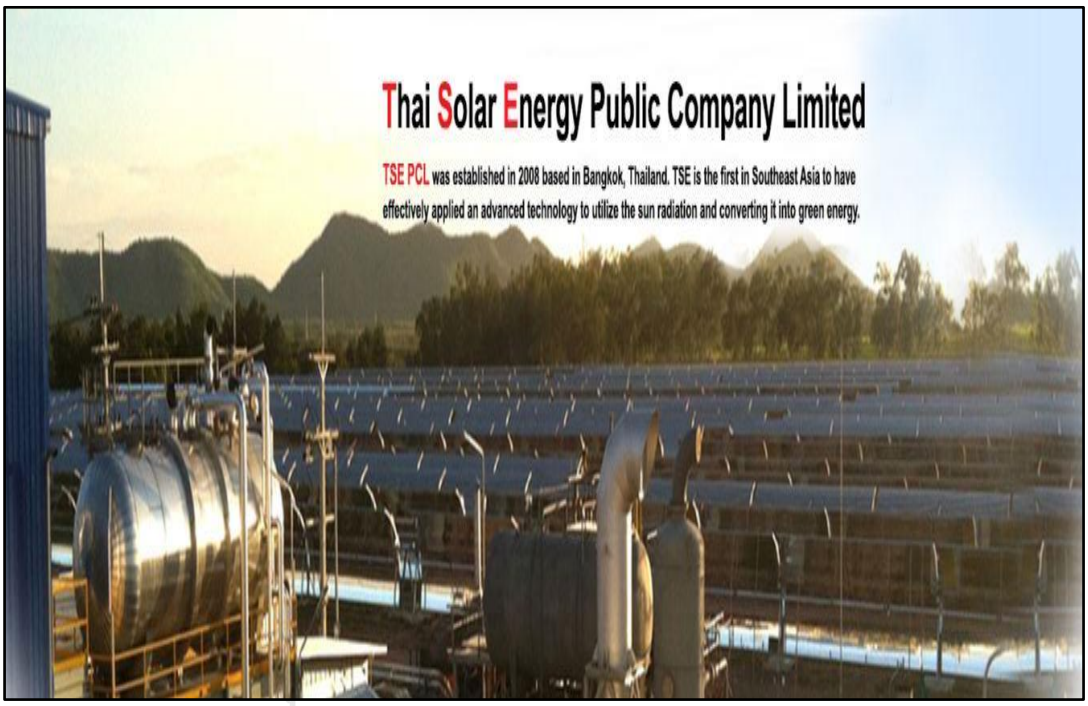
HMI Programming และการใช้งาน PLC แบบ Touch Screen โดยในการเชื่อมต่อกับ PLC สามารถเชื่อมต่อผ่านทาง Communication Port ต่างๆ เช่น RS485, RS232, MODBUS, PROFIBUS, ETHERNET (TCP/IP) หรือ USB เป็นต้น เพื่อสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ อื่น ๆ[9]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

ภาพรวมของระบบ

การพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อควบคุมการใช้พลังงาน สำหรับระบบจัดการพลังงานในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบ่งออกเป็น 3 ส่วนประกอบ คือ ส่วนข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอยี่ จำกัด (มหาชน) ส่วนประมวลผล และควบคุม (PLC) ส่วนแสดงผลที่หน้าเว็บเพจ



Chulalongkorn University

รูปที่ 3-1 บริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)
ที่มา : http://www.thaisolarenergy.com/?lang=th

3.1 ข้อมูลโรงงาน และการใช้พลังงานภายในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน

เนื่องจากบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) มีปัญหาเรื่องค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากที่สอบถามผู้จัดการโรงงานรวมถึงพนักงานในโรงงาน พบว่าสาเหตุหลักมาจากพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าของพนักงานที่ไม่ถูกต้อง เช่น การเปิดใช้งานเครื่องจักรใหญ่ในเวลาเดียวกัน เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าไว้ในเวลาที่ไม่ใช้งาน การลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น ดังนั้นทางโรงงานจึงมีนโยบาย เรื่องการลดพลังงานไฟฟ้าโดยไม่เน้นการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอยู่ แต่จะเน้น เรื่องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอยู่ให้ใช้งานแต่ในเวลาที่จำเป็น และจากเหตุผลดังกล่าวผมจึงได้ทำวิทยานิพนธ์นี้ เพื่อแนะแนวทางวิธีควบคุมพลังงานไฟฟ้า และสนับสนุนการตัดสินใจการจัดการด้าน

พลังงานของบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) โดยจะใช้หลักการลดค่าพลังงาน DSM (Demand Side Management) โดยสนใจวิธีการลดค่าพลังงานสูงสุดมาประยุกต์ใช้กับโรงงาน โดยจะสร้างอัลกอริทึมมา Simulation ผ่านโปรแกรม TIA Portal แสดงการควบคุมปริมาณ ใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานไม่ให้เกินค่าที่กำหนดไว้ โดยสั่งตัดไฟอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานอยู่ในขณะนั้นแบบอัตโนมัติส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าลดลง โดยกำหนดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดว่าต้องการให้หยุดทำงานก่อน หรือหลัง และจะแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงานในชั่วโมงที่การใช้ไฟฟ้าเกินค่าควบคุม โดยมีคำเตือน หรือคำแนะนำช่วงเวลาการใช้ผ่านทางหน้าจอแสดงผลในช่วงเวลาที่ใช้ไฟฟ้าเกินค่าควบคุม

3.1.1 การศึกษาข้อมูลโรงงาน

1. ประเภทของโรงงาน

บริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) เป็นโรงงานขนาดกลาง ทำการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาด 5 เมกะวัตต์ เปิดดำเนินการตั้งแต่ปี 2552 มีพื้นที่รวม 240,000 ตารางเมตร

2. สถานที่ตั้ง

บริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) มีสถานที่ตั้งอยู่ที่เลขที่ 88-88/1 หมู่ 13 ถนนอู่ทอง-บ่อพลอย ตำบลดอนสลบ อำเภอห้วยกระเจา กาญจนบุรี

3. ระบบการจ่ายไฟฟ้า

บริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) รับไฟจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยระบบสายส่ง มีระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีหม้อแปลงไฟฟ้า จำนวน 7 ลูกด้านแรงดันสูง 22 กิโลโวลต์ด้านแรงดันต่ำ 11 กิโลโวลต์ 1 ลูก และหม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงดันสูง 22 กิโลโวลต์ ด้านแรงดันต่ำ 400-230 โวลต์ 3 ลูกหม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงดันสูง 11 กิโลโวลต์ ด้านแรงดันต่ำ 400-230 โวลต์ 3 ลูก

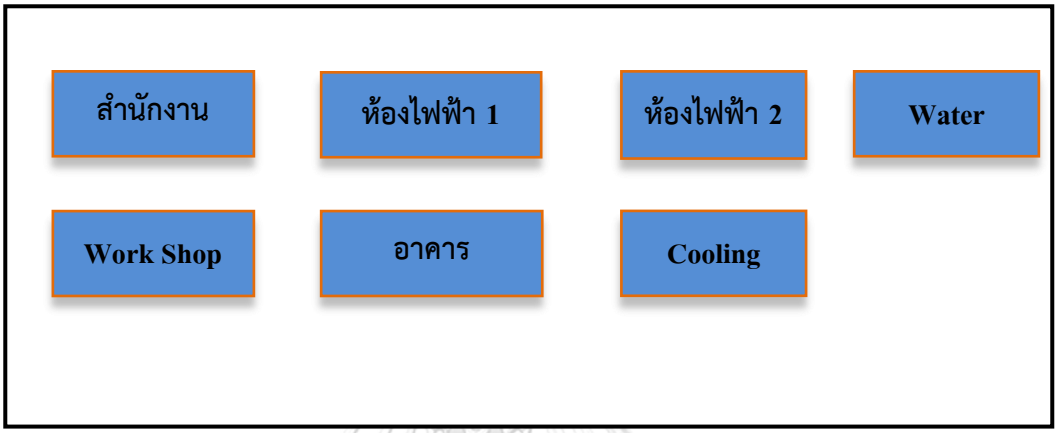
4. ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของโรงงาน

มีการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ของโรงงานแบ่งเป็น ดังรูปที่ 3-2 การใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ของโรงงานแบ่งเป็น 7 ส่วน คือ

- สำนักงาน
- ห้องไฟฟ้า 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ห้องไฟฟ้า 2
- อาคาร Turbine
- อาคาร Work Shop
- Cooling Tower
- Water Pond



รูปที่ 3-2 การใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ของโรงงานแบ่งเป็น 7 ส่วน

5. ผู้ใช้งานโรงงาน

ผู้ใช้งานโรงงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักได้แก่

- บุคลากรของโรงงาน

บุคลากรของบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) ประกอบไปด้วย บุคลากรบริษัทไทยโซลาร์ ฯ และบุคลากรในเครือบริษัท

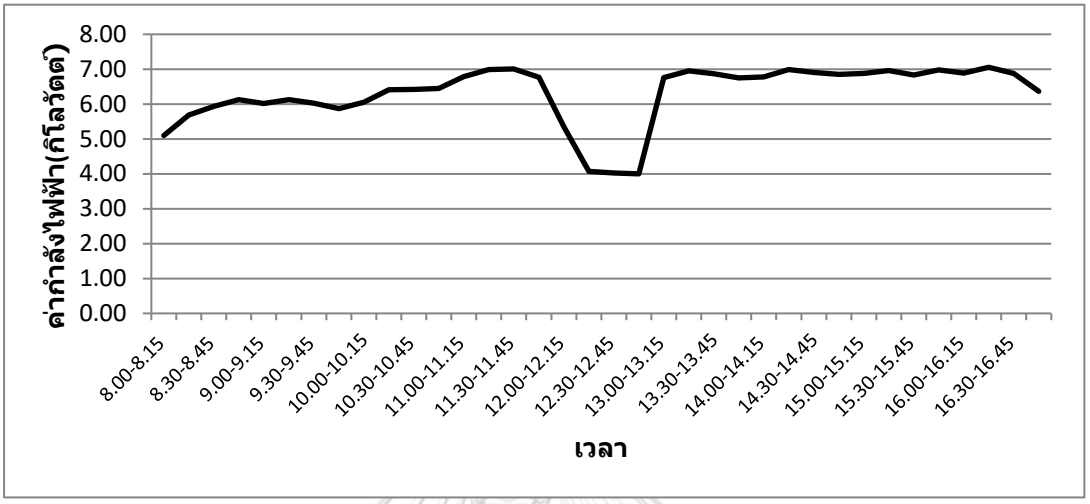
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- บุคลากรภายนอก

บุคลากรภายนอกประกอบด้วย ลูกค้า Maker

3.1.2 ข้อมูลการวัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอาคารสำนักงาน

ลักษณะค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ใน 15 นาที สูงสุด ใน 1 เดือนอาคารสำนักงานดังรูปที่ 3-3 ข้อมูลการวัดค่าค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ใน 15 นาที สูงสุด เฉลี่ยทั้ง 30 วัน



รูปที่ 3-3 ข้อมูลการวัดค่าค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ใน 15 นาที สูงสุด เฉลี่ยทั้ง 30 วัน

3.1.3 แนวทางการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดอาคารสำนักงาน

นำ Load Curves ที่วัดได้มาวิเคราะห์ และจัดลำดับความสำคัญของการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้หลักการจัดประเภทโหลดกำหนดช่วงเวลาการทำงานเพื่อควบคุมการใช้ไฟฟ้าในช่วงพีค และให้แต่หน่วยงานแสดงความคิดเห็นถึงความเป็นไปได้ในการจัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ไฟฟ้าหน่วยงานนั้นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการสำรวจ และสอบถามพนักงานในโรงงานพบว่าอุปกรณ์ที่สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟ จากการวิเคราะห์ และกำหนดลำดับความสำคัญอุปกรณ์ที่ควรเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟของอาคารสำนักงาน โดยอ้างอิงดังรูปที่ 2-3 แนวคิดการควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าจะสามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

กลุ่มที่สามารถจัดตารางเวลาการทำงานเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานพร้อมๆ กัน

- เครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 1
- เครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 2
- เครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 3
- เครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 4

กลุ่มที่กำหนดเวลาใช้งานแน่นอนไม่ได้

- เครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1
- เครื่องปรับอากาศห้องประชุม 2
- เครื่องปรับอากาศห้องห้องประชุม 3

กลุ่มที่ควบคุมการทำงานซ้อนได้

- เครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 1
- เครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 2
- เครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 3
- เครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 4
- เครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1
- เครื่องปรับอากาศห้องประชุม 2
- เครื่องปรับอากาศห้องห้องประชุม 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 กำหนดเวลาเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติตามกลุ่มที่ได้จัดไว้เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานพร้อมๆ กันของอาคารสำนักงาน

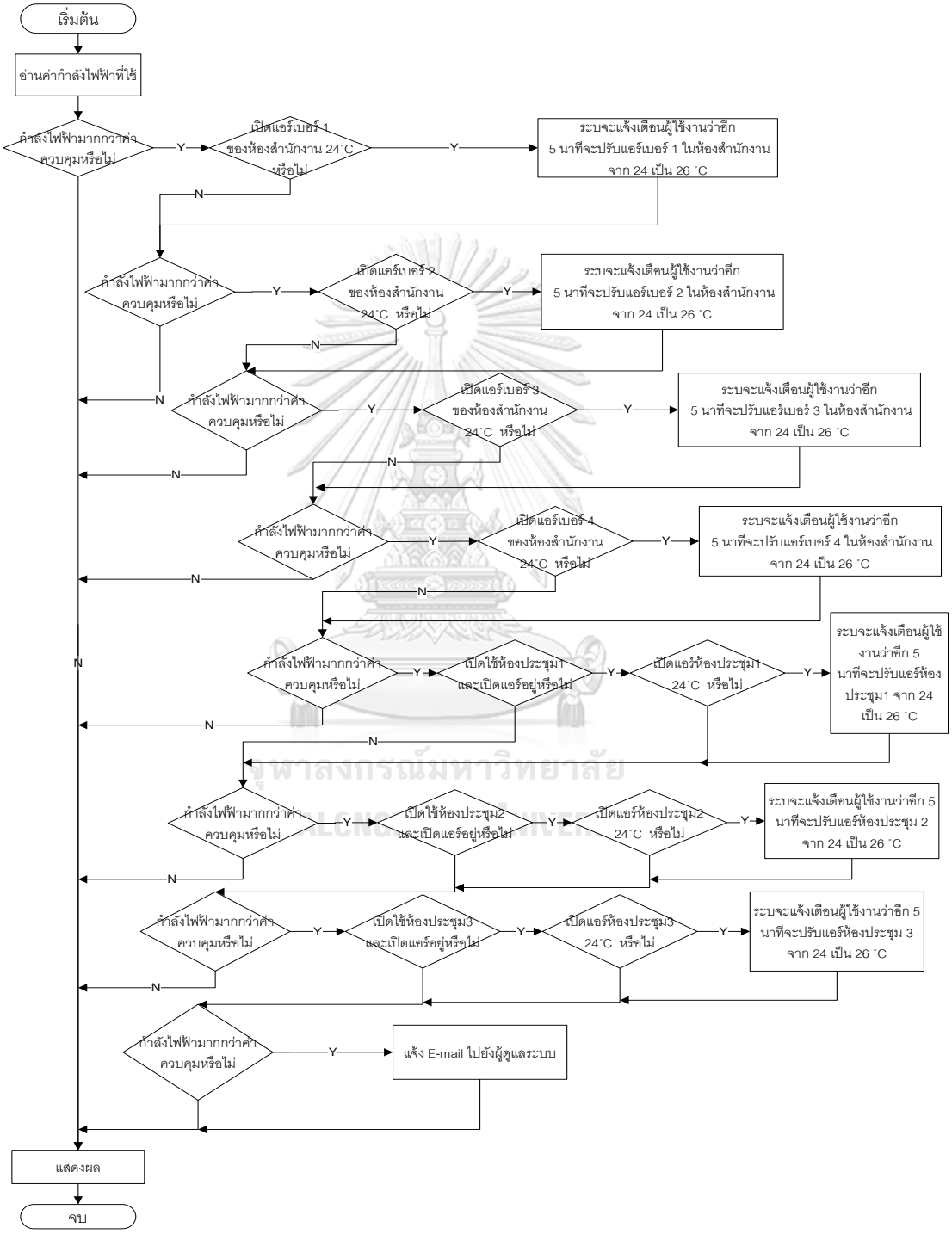
ชื่อ	อุปกรณ์	วัตต์	ชั่วโมง	ช่วงเวลาใช้งาน (เวลา)										หมายเหตุ
				Off Peak	On Peak									
				8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
ห้องสำนักงาน	เครื่องปรับอากาศ 1	1,845		8.00			12.00		13.15				16.30	(จ-ศ)
	เครื่องปรับอากาศ 2	1,845		8.15			12.00		13.15				16.30	(จ-ศ)
	เครื่องปรับอากาศ 3	1,845		8.30			12.00		13.30				16.30	(จ-ศ)
	เครื่องปรับอากาศ 4	1,845		8.45			12.00		13.30				16.30	(จ-ศ)
ห้องประชุม 1	เครื่องปรับอากาศ	1,845		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
ห้องประชุม 2	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										

ชื่อ	อุปกรณ์	วัตต์	ชั่วโมง	ช่วงเวลาใช้งาน (เวลา)									หมายเหตุ
				Off Peak	On Peak								
				8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	เครื่องปรับอากาศ	1,845		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
ห้องประชุม 3	เครื่องปรับอากาศ	2,630		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										(จ-ศ)
	เครื่องปรับอากาศ	2,630		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	เครื่องปรับอากาศ	2,630		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	เครื่องปรับอากาศ	2,630		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดตะเกียบ	12		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 9.15-12.00 และ 13.45-16.30										

หมายเหตุ: สีฟ้า หมายถึงเวลาการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

3.1.4 Flow Chart ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารสำนักงาน

นำกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ควบคุมการทำงานซ้อนได้มาสร้าง Flow Chart เพื่อควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารสำนักงาน ดังรูปที่ 3-4 การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารสำนักงาน[10]



รูปที่ 3-4 การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารสำนักงาน

3.1.5 อุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร Work Shop

ข้อมูลจากการสำรวจ อุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารสำนักงานดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายการอุปกรณ์ในอาคาร Work Shop

ชื่อ	อุปกรณ์	วัตต์	ชั่วโมง	ช่วงเวลาใช้งาน (เวลา)										หมายเหตุ
				Off Peak	On Peak									
				8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
ห้องสำนักงาน	หลอดตะเกียบ	12	9											(จ-ศ)
	หลอดตะเกียบ	12	9											(จ-ศ)
	หลอดตะเกียบ	12	9											(จ-ศ)
	หลอดตะเกียบ	12	9											(จ-ศ)
	หลอดตะเกียบ	12	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)

ชื่อ	อุปกรณ์	วัตต์	ชั่วโมง	ช่วงเวลาใช้งาน (เวลา)										หมายเหตุ
				Off Peak	On Peak									
				8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36	9											(จ-ศ)
	เครื่องปรับอากาศ	1,845	9											(จ-ศ)
	เครื่องปรับอากาศ	1,845	9											(จ-ศ)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

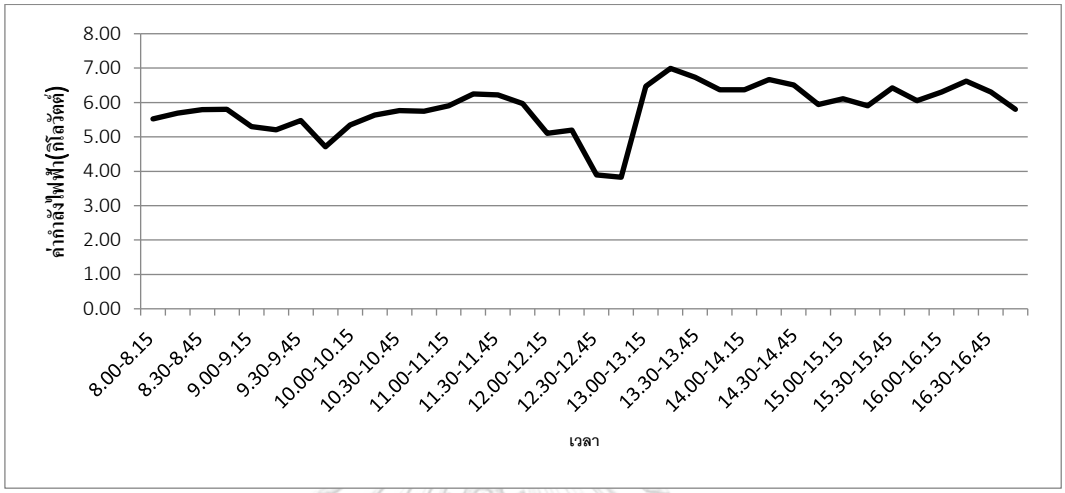
ชื่อ	อุปกรณ์	วัตต์	ชั่วโมง	ช่วงเวลาใช้งาน (เวลา)										หมายเหตุ
				Off Peak	On Peak									
				8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
ห้องประชุม	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	เครื่องปรับอากาศ	1845		ตามการแจ้งใช้งาน										
ห้อง MDB	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	เครื่องปรับอากาศ	1,845												

หมายเหตุ: สีฟ้า หมายถึงเวลาการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.6 ข้อมูลการวัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอาคารWork Shop

ลักษณะค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุด ใน 1 เดือน อาคาร Work Shop รูปที่ 3-5 ข้อมูลการวัดค่าค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ใน 15 นาที สูงสุดเฉลี่ยทั้ง 30 วัน



รูปที่ 3-5 ข้อมูลการวัดค่าค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ใน 15 นาที สูงสุดเฉลี่ยทั้ง 30 วัน

3.1.7 แนวทางการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดอาคาร Work Shop

นำ Load Curves ที่วัดได้มาวิเคราะห์ และจัดลำดับความสำคัญของการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้หลักการจัดประเภทโหลดกำหนดช่วงเวลาการทำงานเพื่อควบคุมการใช้ไฟฟ้าในช่วงพีค และให้แต่หน่วยงานแสดงความคิดเห็นถึงความเป็นไปได้ในการจัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ไฟฟ้าหน่วยงานนั้นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการสำรวจ และสอบถามพนักงานในโรงงานพบว่าอุปกรณ์ที่สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟ และจากการวิเคราะห์และกำหนดลำดับความสำคัญอุปกรณ์ที่ควรเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟของอาคาร Work Shop โดยอ้างอิงจากแนวคิดการควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าจะสามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

กลุ่มที่สามารถจัดตารางเวลาการทำงานเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานพร้อมๆ กัน

- เครื่องปรับอากาศห้อง MDB
- เครื่องปรับอากาศในสำนักงานเบอร์ 1
- เครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 2

กลุ่มที่กำหนดเวลาใช้งานแน่นอนไม่ได้

- เครื่องปรับอากกาศในห้องประชุม

กลุ่มที่ควบคุมการทำงานซ้อนได้

- เครื่องปรับอากาศห้อง MDB
- เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน
- เครื่องปรับอากกาศในห้องประชุม
- หลอดไฟในห้อง MDB
- หลอดไฟบริเวณตู้เก็บเอกสาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.8 กำหนดเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ

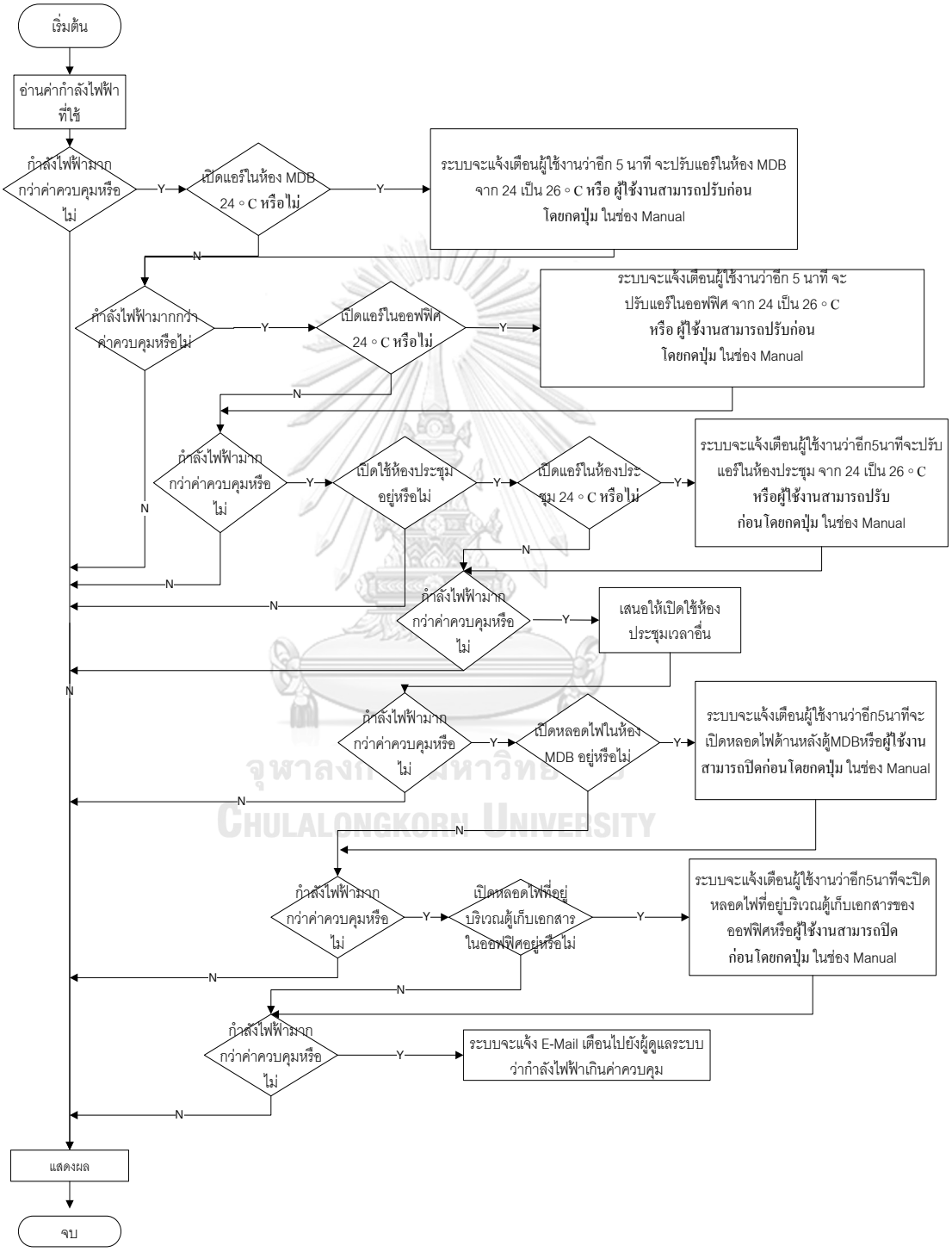
ตารางที่ 4 กำหนดเวลาเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติตามกลุ่มที่ได้จัดไว้เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานพร้อมๆ กันของอาคารWork Shop

ชื่อ	อุปกรณ์	วัตต์	ชั่วโมง	ช่วงเวลาใช้งาน (เวลา)										หมายเหตุ
				Off Peak	On Peak									
				8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
ห้องสำนักงาน	เครื่องปรับอากาศ	1,845		8.00			12.00		13.15				16.30	(จ-ศ)
	เครื่องปรับอากาศ	1,845		8.15			12.00		13.00				16.30	
ห้องประชุม 1	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 8.45-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 8.45-12.00 และ 13.45-16.30										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 8.45-12.00 และ 13.45-16.30										(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 8.45-12.00 และ 13.45-16.30										
	เครื่องปรับอากาศ	1,845		แนะนำเวลาให้เปิดใช้งาน 8.45-12.00 และ 13.45-16.30										
ห้อง MDB	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										(จ-ศ)
	หลอดฟลูออเรสเซน	36		ตามการแจ้งใช้งาน										
	เครื่องปรับอากาศ	1,845		8.30			12.00		13.30				16.30	

หมายเหตุ: สีฟ้า หมายถึงเวลาการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

3.1.9 Flow Chart ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคาร Work Shop

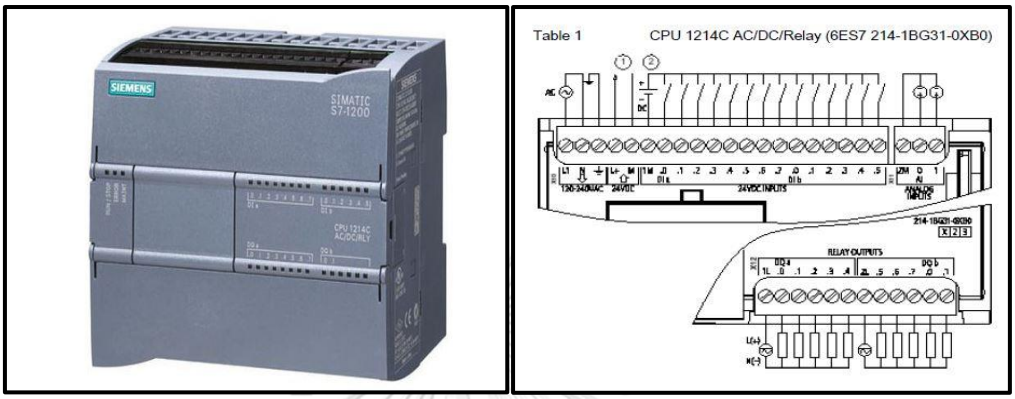
นำกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ควบคุมการทำงานซ้อนได้มาสร้างFlow Chart เพื่อควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารWork Shop ดังรูปที่ 3-6 ขั้นตอนการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคาร Work Shop



รูปที่ 3-6 ขั้นตอนการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคาร Work Shop

3.1.10 ส่วนประมวลผล และควบคุม

ลักษณะส่วนประกอบภายนอก-ภายในของอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3-7 และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอุปกรณ์ PLC S7-1200 ดังตารางที่ 5



รูปที่ 3-7 ส่วนประกอบของ PLC S7-1200

ตารางที่ 5 ข้อมูลเครื่อง

Technical data		Description
User memory	Work	75 Kbytes
	Load	4 Mbytes internal, expandable up to SD card size
	Retentive	10 Kbytes
On-board digital I/O		14 inputs/10 outputs
On-board analog I/O		2 inputs
Process image size		1,024 bytes of inputs (I)/1024 bytes of outputs (Q)
Bit memory (M)		8192 bytes
Temporary (local) memory		16 Kbytes for startup and program cycle (including associated FBs and FCs)
		4 Kbytes for smartcard interrupt events including FBs and FCs
		4 Kbytes for error interrupt events including FBs

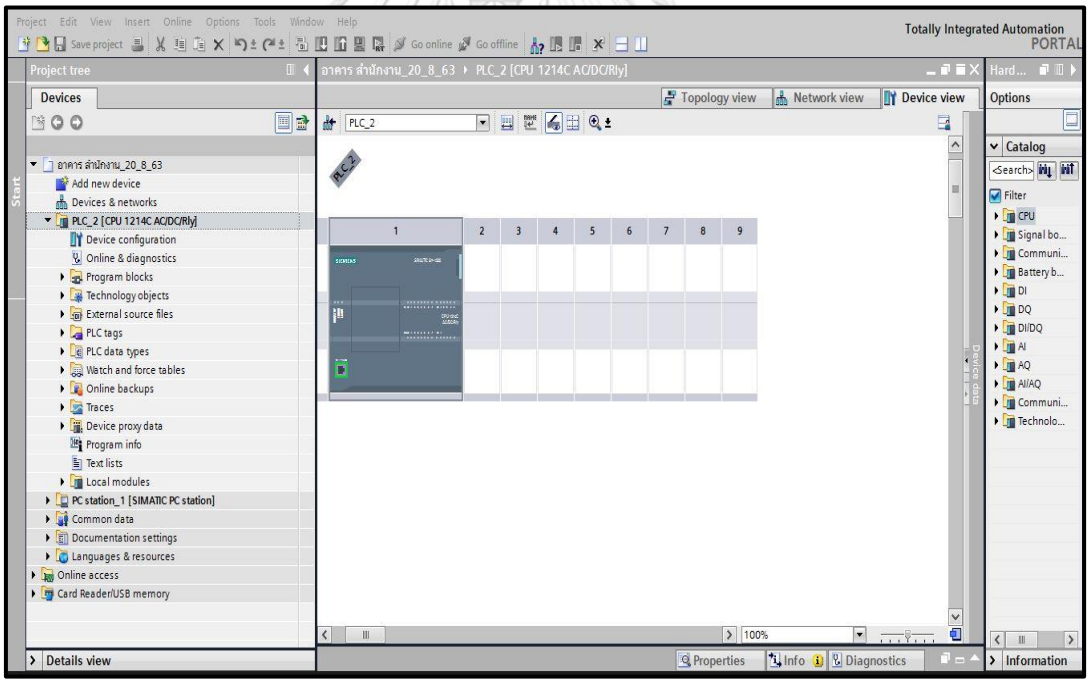
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Technical data	Description
	and FCs
Signal modules expansion	8 SMs max
SB, CB, BB expansion	1 max
Communication module expansion	3 CMs max
High-speed counters	6 totals, see table Operation of the high-speed counter
	Single phase: 3 at 100 kHz and 3 at 30 kHz clock rate,
	Quadrature phase: 3 at 80 kHz and 3 at 20 kHz clock rate,
Pulse outputs	4
Pulse catch inputs	14

ข้อมูลทางด้านโปรแกรม TIA Portal คือ ระบบอัตโนมัติที่บูรณาการเป็นหนึ่งเดียวนับเป็นซอฟต์แวร์ตัวแรกของอุตสาหกรรมภายใต้กรอบการทำงานวิศวกรรมที่กำหนดวีธีการใหม่ในการทำงาน ทำให้สามารถออกแบบการควบคุมเครื่องจักรได้รวดเร็วขึ้น ดังรูปที่ 3-8 ส่วนของโปรแกรม TIA Portal และรูปที่ 3-9 ส่วนที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม และแถบเครื่องมือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

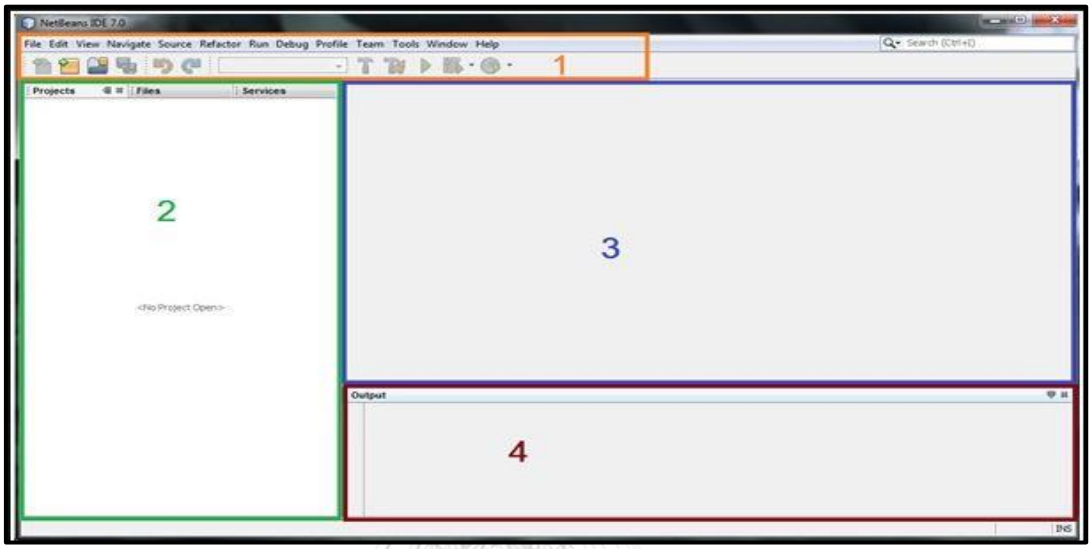
รูปที่ 3-8 ส่วนของโปรแกรม TIA Portal



รูปที่ 3-9 ส่วนที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม และแถบเครื่องมือ

3.1.11 ส่วนแสดงผลที่หน้าเว็ปเพจ

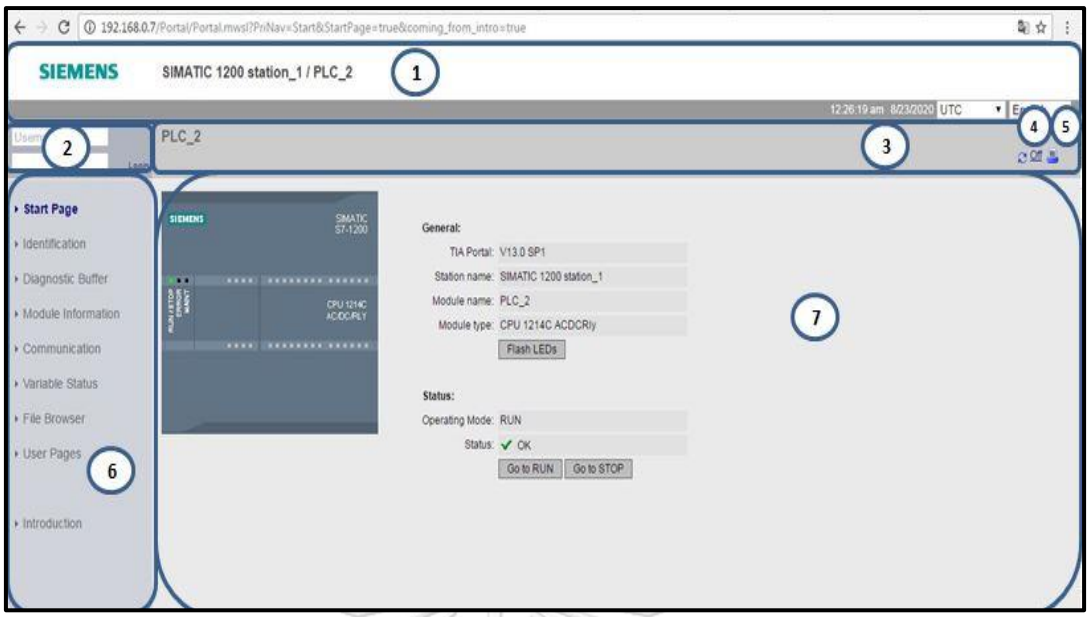
ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกโปรแกรม Net Beans IDE 8.0.2 เพื่อใช้ในการสร้างหน้าเว็ปเพจ ซึ่งประกอบด้วยภาษา HTML, CSS, java script ดังรูปที่ 3-10 ซึ่งจะต้องทำงานบน Webserver ของ S7-1200



รูปที่ 3-10 หน้าหลักของโปรแกรม NetBeans ที่ใช้สร้างเว็ปเพจ

1. เป็นส่วนของแถบเมนู และ Tool ต่างๆ
2. เป็นส่วนที่แสดงและจัดการ Project ต่างๆ เหมือนเป็นการ Browse ดู Project หรือ File ต่างๆ
3. เป็นส่วนที่ใช้ในการเขียน Code
4. เป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลการทำงานต่าง เมื่อทำการ Run โปรแกรม และยังมีส่วนของการ debug โปรแกรมด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

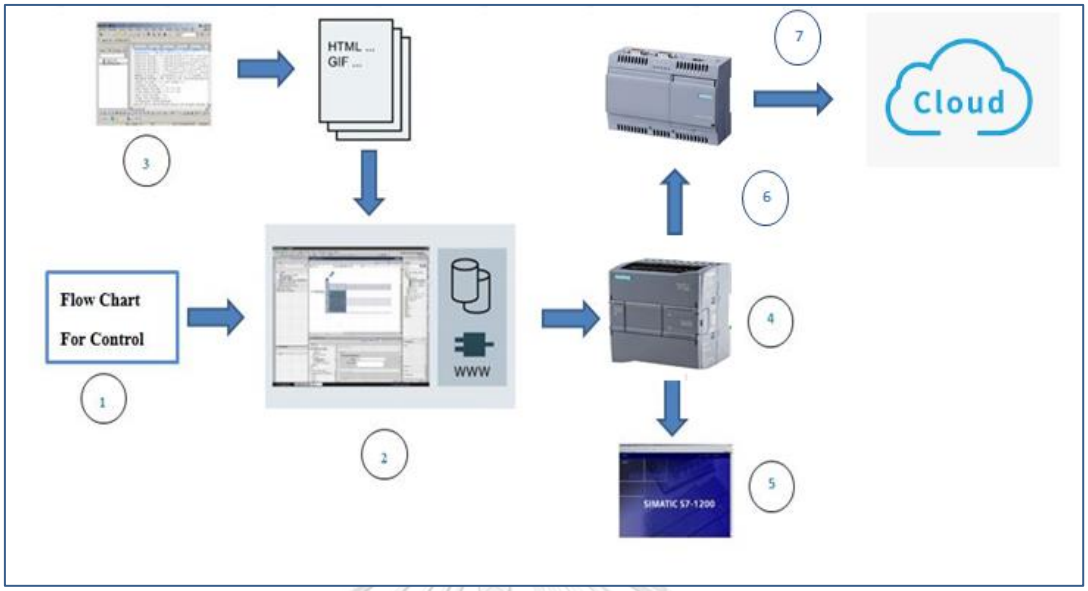


รูปที่ 3-11 หน้าหลักของ Webserver S7-1200

รูปแบบไอคอนการใช้งานหน้าเว็ปเพจ S7-1200 ดังรูปที่ 3-11 หน้าหลักของ Webserver S7-1200

1. ส่วนหัวเว็บเซิร์ฟเวอร์จะที่มีตัวเลือกที่จะแสดงเวลาซึ่งสามารถเลือกได้ 2 แบบคือแบบ UTC หรือแบบ PLC Local และมีตัวเลือกในการใช้เปลี่ยนภาษา
2. เข้าสู่ระบบหรือออกจากระบบ
3. ส่วนหัวของหน้าเว็บมาตรฐานของ CPU
4. รีเฟรชไอคอน: สำหรับหน้าเว็บที่มีการรีเฟรชอัตโนมัติ
5. ไอคอนการพิมพ์: เตรียมความพร้อม และแสดงเวอร์ชันสำหรับพิมพ์
6. ไอคอนเพื่อสลับไปยังหน้าอื่น และสามารถใช้ไอคอน User Pages เพื่อสลับไปหน้าเว็ปเพจที่ได้สร้างขึ้น
7. ระบุรุ่นของ CPU ที่ใช้อยู่

3.2 การออกแบบการทำงานของระบบ



รูปที่ 3-12 ขั้นตอนการออกแบบ

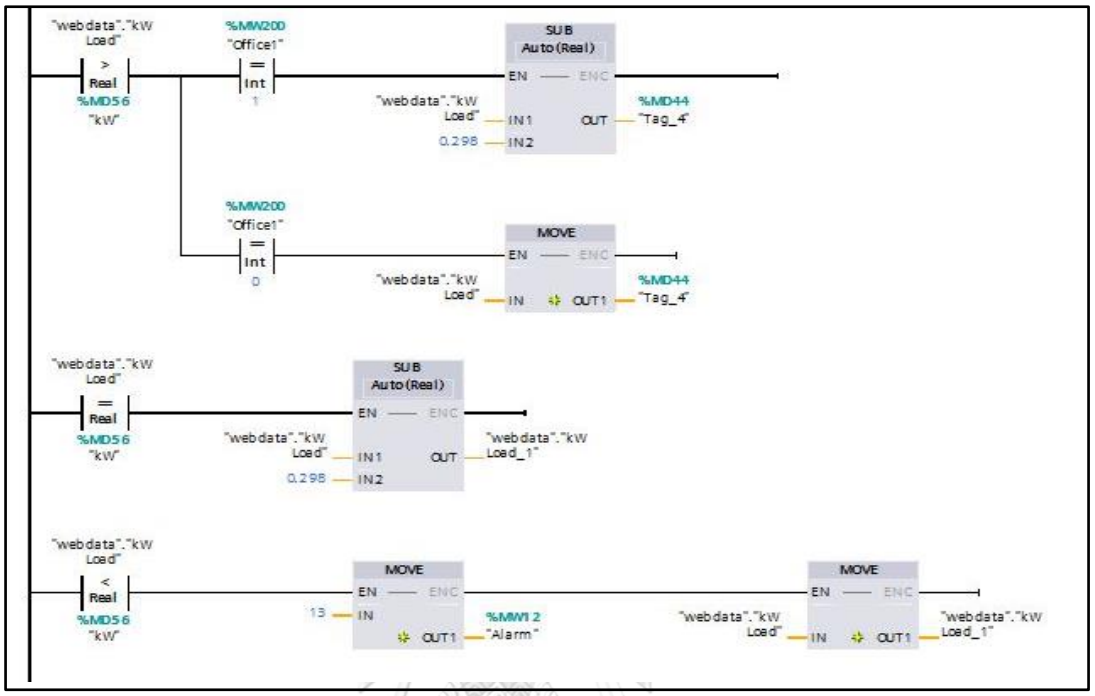
ภาพรวมการออกแบบการทำงานของระบบ ดังรูปที่ 3-12 ขั้นตอนการออกแบบ

1. นำเงื่อนไขของ Flow Chart มาเขียนลงในโปรแกรม TIA Portalโดยใช้ภาษา Ladder
2. กำหนดตัวแปร Input และ Output เพื่อใช้สื่อสารกับทางเว็ปเพจ และสั่งงานอุปกรณ์ภายนอก
3. สร้างเว็ปเพจ เพื่อรองรับกับเงื่อนไขที่ภาษา Ladder ส่งมา
4. นำค่าโปรแกรมโหลดลง CPU
5. เปิดเว็ปเพจ
6. การส่งข้อมูลจาก S7-1200 ไปยัง IoT2040
7. การส่งข้อมูลขึ้นสู่ระบบ Cloud

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.1 การนำเงื่อนไขของ Flow Chart เขียนลงในโปรแกรม TIA Portal โดยใช้ภาษา Ladder

3.2.1.1 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 1



รูปที่ 3-13 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 1

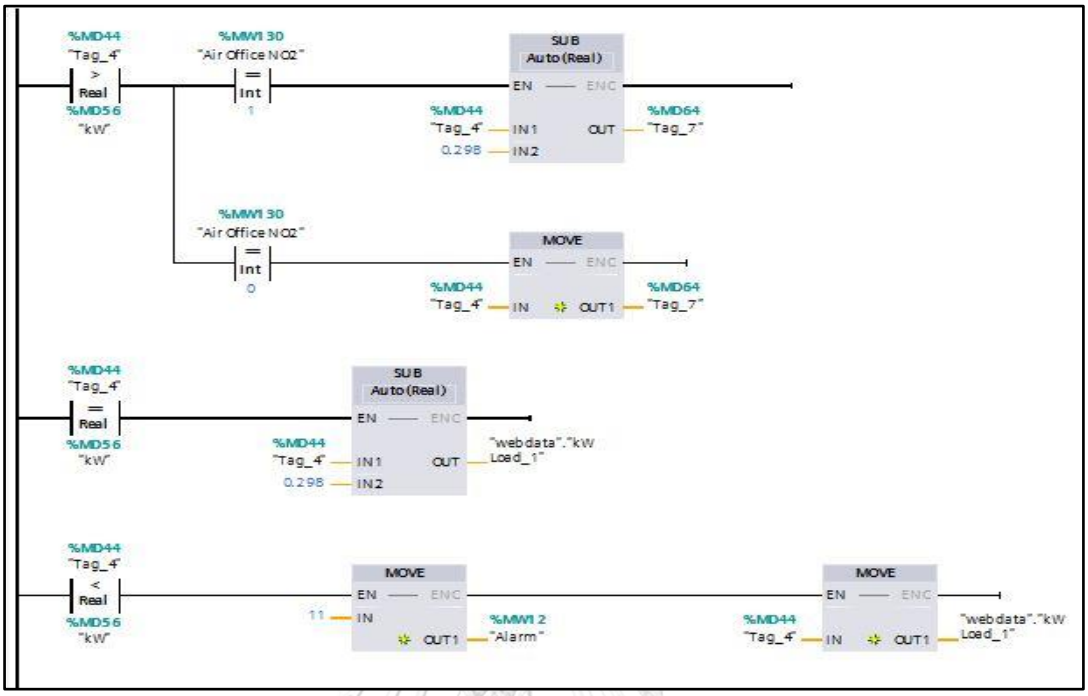
จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 1 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าเท่ากับค่าควบคุมระบบจะทำการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 1 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าค่าควบคุมระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่ากำลังขณะนั้นน้อยกว่าค่าควบคุมดังรูปที่ 3-13 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.1.2 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 2



รูปที่ 3-14 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 2

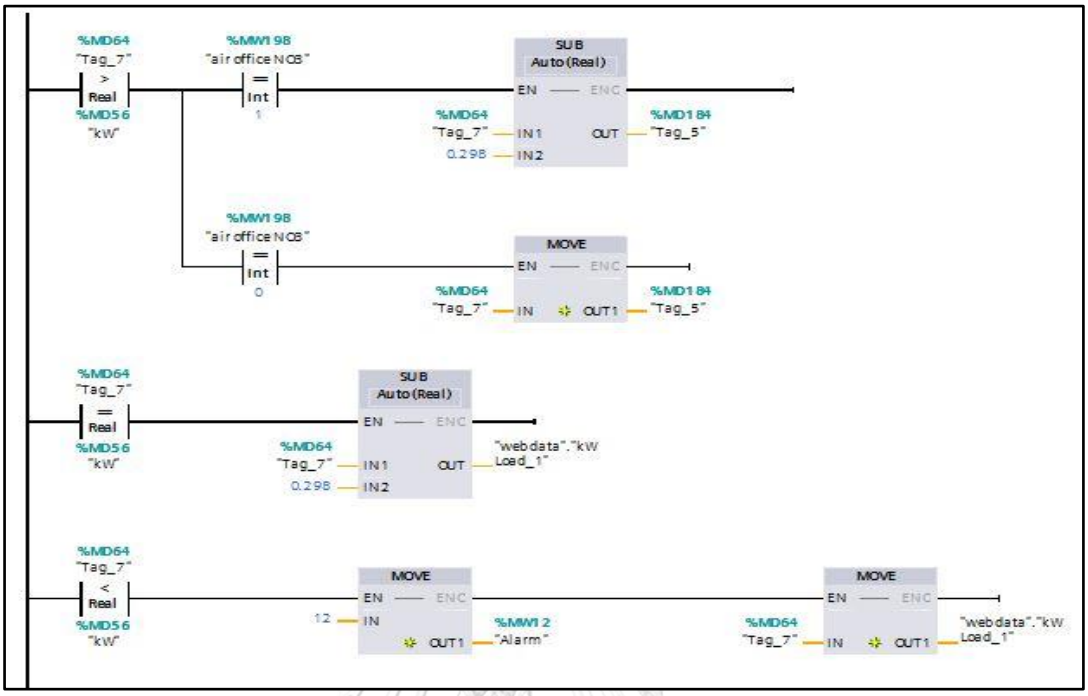
จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 2 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าเท่ากับค่าควบคุมระบบจะทำการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์2จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าค่าควบคุมระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่ากำลังขณะนั้นน้อยกว่าค่าควบคุมดังรูปที่ 3-14 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 2

3.2.1.3 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 3



รูปที่ 3-15 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 3

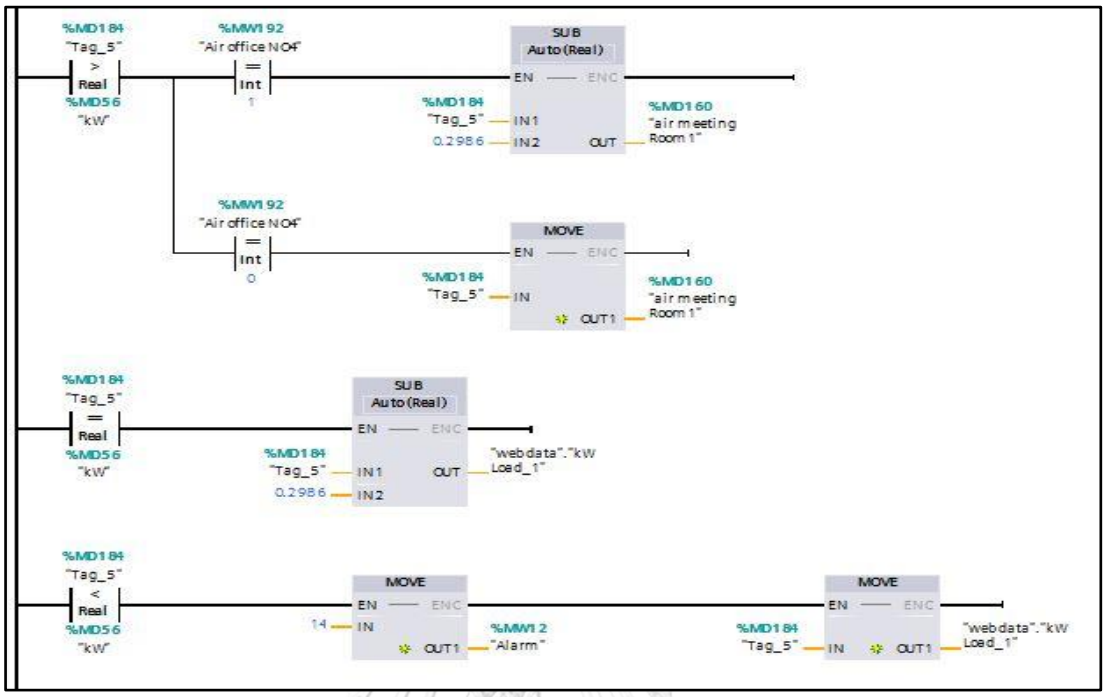
จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 3 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าเท่ากับค่าควบคุมระบบจะทำการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 3 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าค่าควบคุมระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่ากำลังขณะนั้นน้อยกว่าค่าควบคุมดังรูปที่ 3-15 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 3

3.2.1.4 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 4



รูปที่ 3-16 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 4

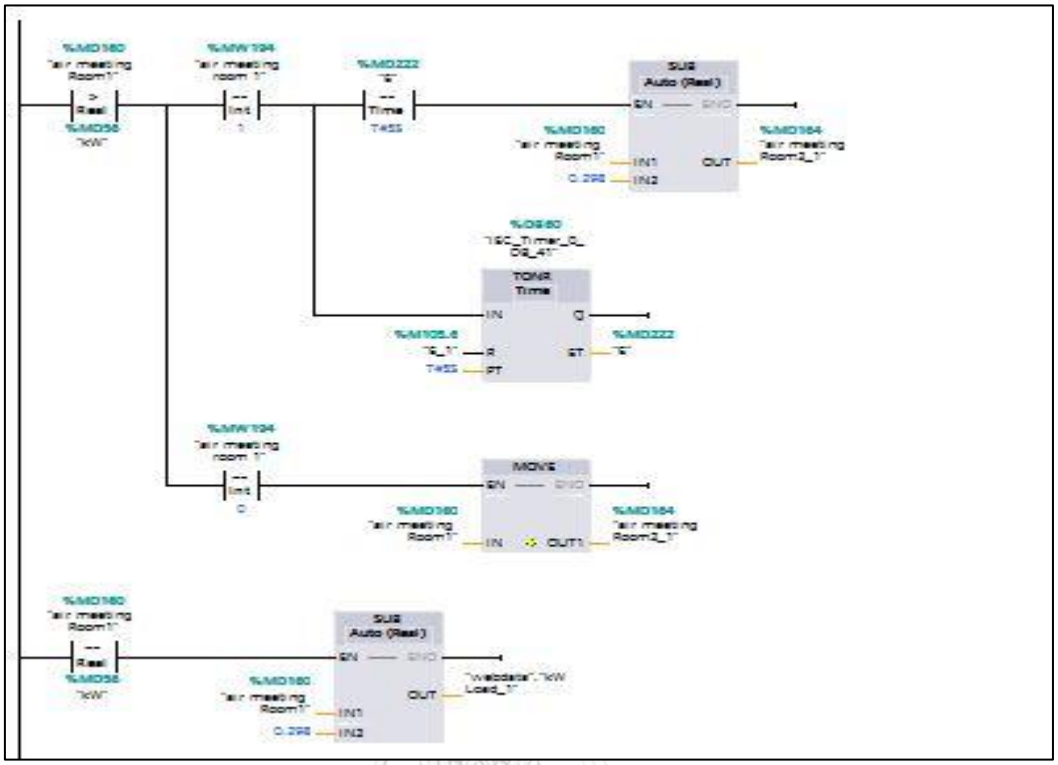
จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 4 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าเท่ากับค่าควบคุมระบบจะทำการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 4 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าค่าควบคุมระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่ากำลังขณะนั้นน้อยกว่าค่าควบคุมดังรูปที่ 3-16 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงานเบอร์ 4

3.2.1.5 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1



รูปที่ 3-17 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1

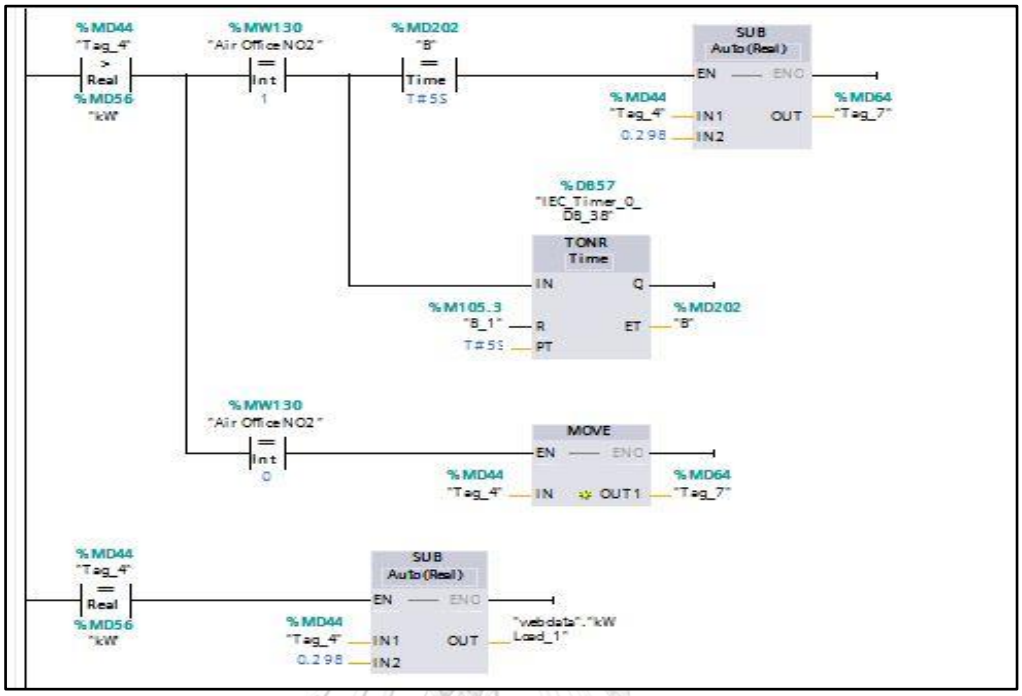
จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าเท่ากับค่าควบคุมระบบจะทำการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าค่าควบคุมระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่ากำลังขณะนั้นน้อยกว่าค่าควบคุมดังรูปที่ 3-17 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1.6 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 2



รูปที่ 3-18 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 2

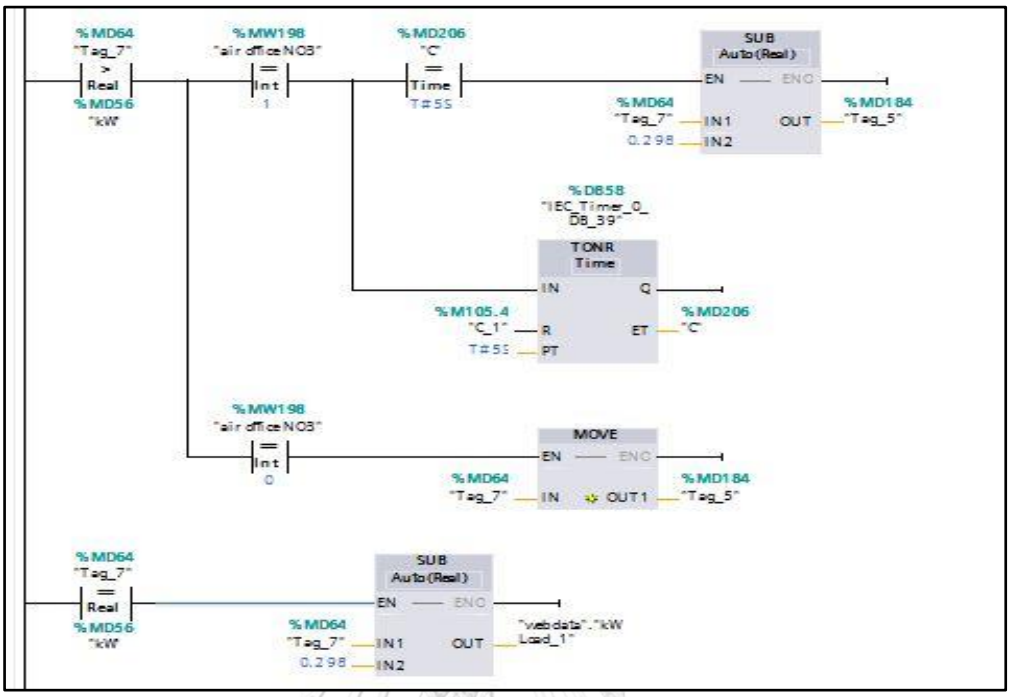
จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 2 เบอร์ 4 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าเท่ากับค่าควบคุมระบบจะทำการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 2 เบอร์ 4 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าค่าควบคุมระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่ากำลังขณะนั้นน้อยกว่าค่าควบคุมดังรูปที่ 3-18 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 2

3.2.1.7 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 3



รูปที่ 3-19 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 3

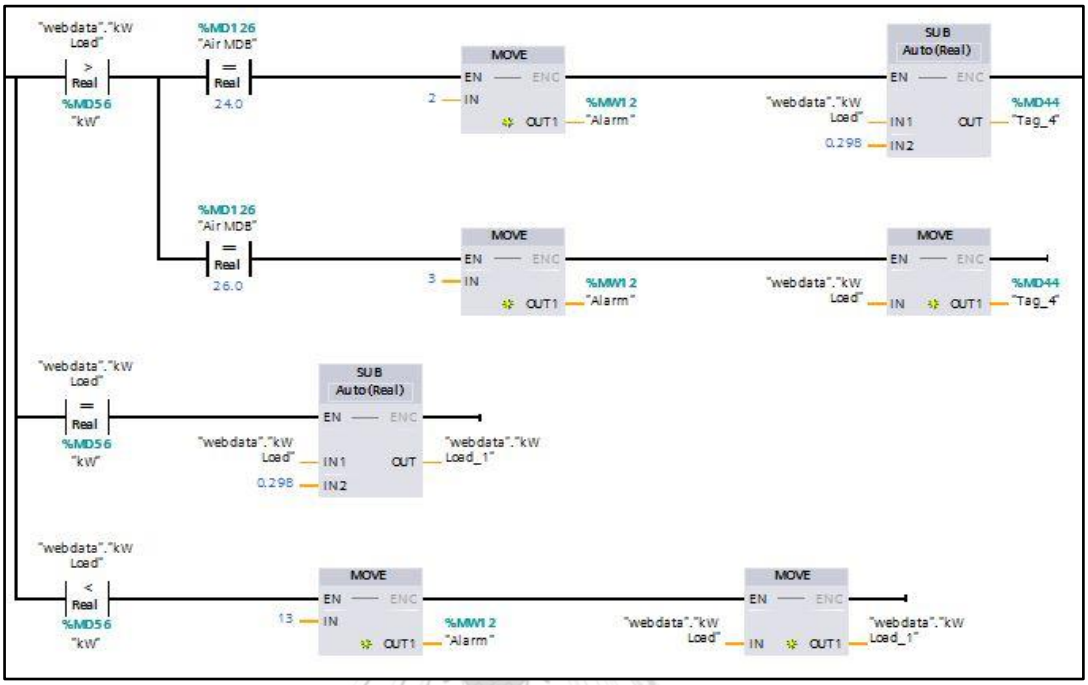
จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1เบอร์ 3 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าเท่ากับค่าควบคุมระบบจะทำการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 1 เบอร์ 3 จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าค่าควบคุมระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่ากำลังขณะนั้นน้อยกว่าค่าควบคุมดังรูปที่ 3-19 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม 3

3.2.1.8 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้อง MDB



รูปที่ 3-20 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้อง MDB

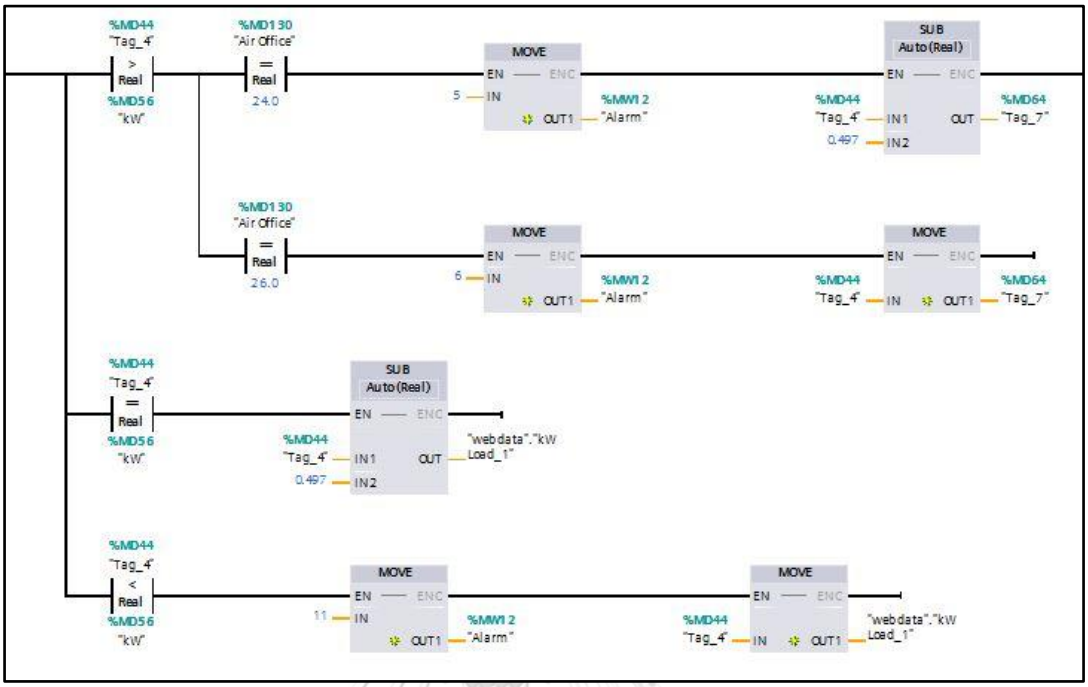
จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้อง MDBจาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าเท่ากับค่าควบคุมระบบจะทำการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้อง MDB จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าค่าควบคุมระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่ากำลังขณะนั้นน้อยกว่าค่าควบคุมดังรูปที่ 3-20 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้อง MDB

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1.9 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน



รูปที่ 3-21 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน

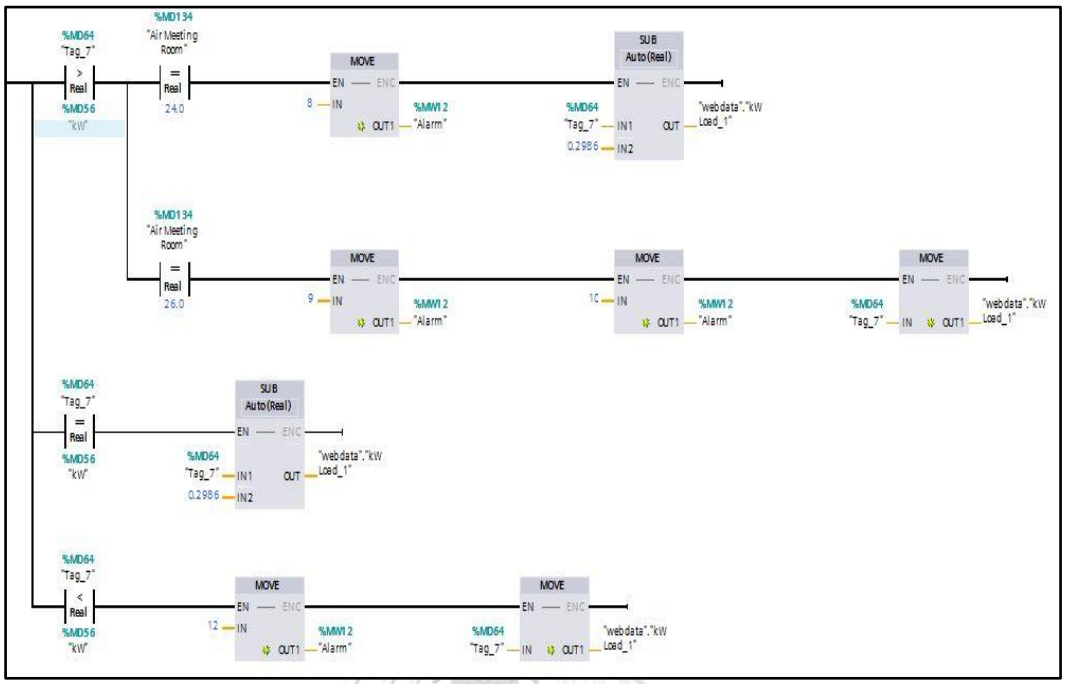
จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าเท่ากับค่าควบคุมระบบจะทำการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้อง สำนักงาน จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าค่าควบคุมระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่ากำลังขณะนั้นน้อยกว่าค่าควบคุมดังรูปที่ 3-21 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1.10 เงื่อนไขการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม



รูปที่ 3-22 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม

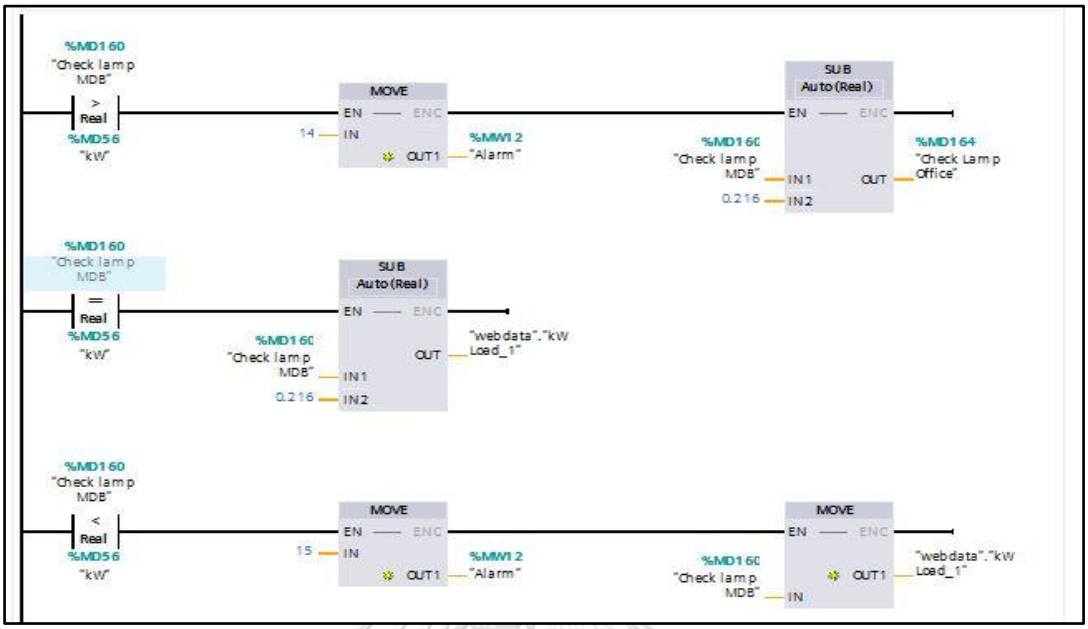
จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้องประชุม จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าเท่ากับค่าควบคุมระบบจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศห้อง ประชุม จาก 24°C เป็น 26°C และก่อนมีการปรับอุณหภูมิจะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิก่อนหรือรอให้ระบบปรับให้เองโดยอัตโนมัติ

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าค่าควบคุมระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานว่ากำลังขณะนั้นน้อยกว่าค่าควบคุมดังรูปที่ 3-22 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1.11 เงื่อนไขการควบคุมหลอดไฟห้อง MDB

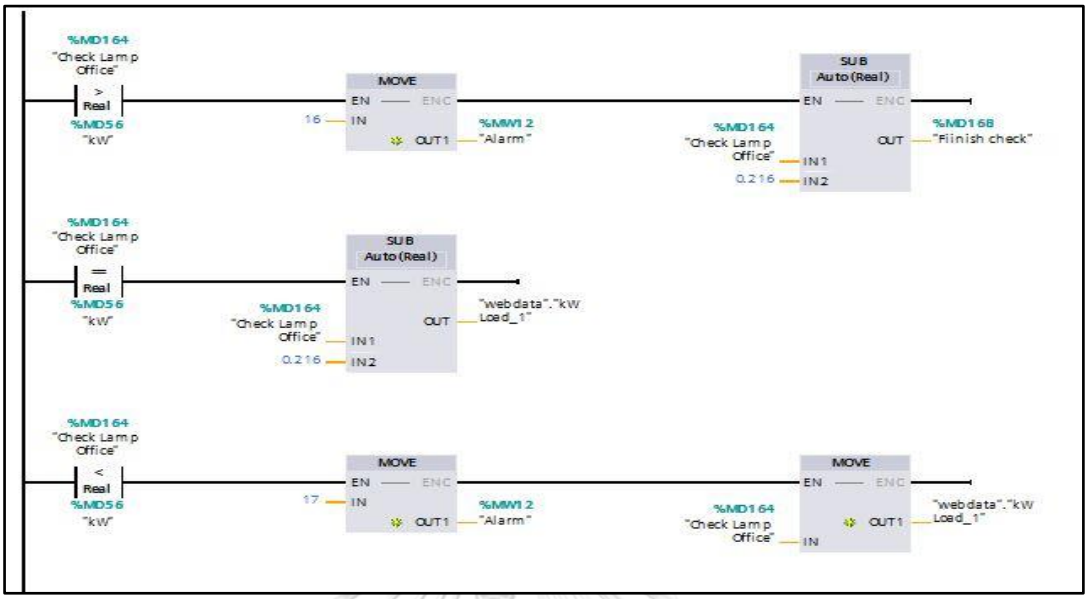


รูปที่ 3-23 การควบคุมหลอดไฟห้อง MDB

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปิดหลอดไฟในห้อง MDB และก่อนปิดหลอดไฟในห้อง MDB จะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปิดก่อนหรือรอให้ระบบปิดให้โดยอัตโนมัติดังรูปที่ 3-23 การควบคุมหลอดไฟห้อง MDB

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.1.12 เงื่อนไขการควบคุมหลอดไฟห้องสำนักงาน



รูปที่ 3-24 ภาพการควบคุมหลอดไฟห้องสำนักงาน

จากเงื่อนไขของการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้า ถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมระบบจะปิดหลอดไฟในห้อง ห้องสำนักงาน และก่อนปิดหลอดไฟในห้อง ห้องสำนักงาน จะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยผู้ใช้งานสามารถปิดก่อนหรือรอให้ระบบปิดให้โดยอัตโนมัติดังรูปที่ 3-24 ภาพการควบคุมหลอดไฟห้องสำนักงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

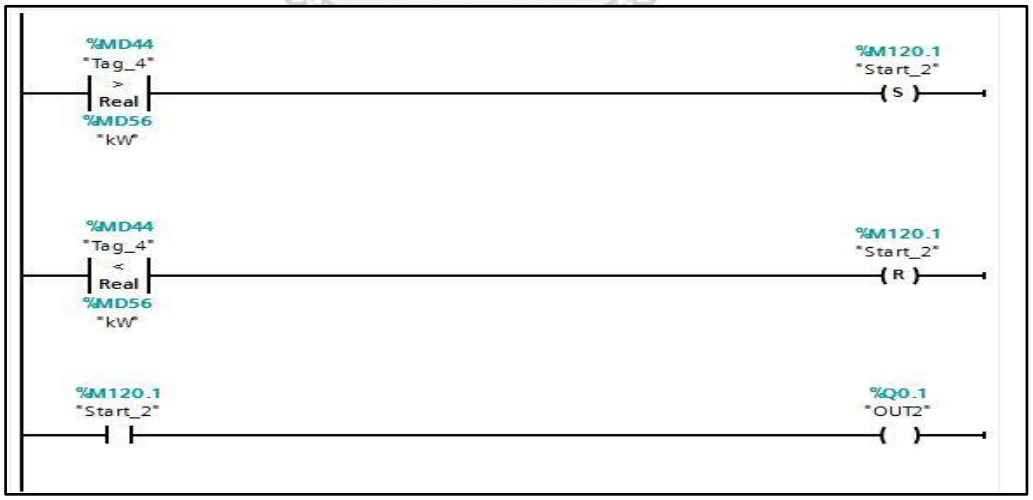
3.2.2 การกำหนดตัวแปร Input และ Output เพื่อใช้สื่อสารกับทางเว็บเพจ และสั่งงานอุปกรณ์ภายนอก

3.2.2.1 กำหนดตัวแปรของการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้อง MDB

รูปที่ 3-25 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้อง MDB

กำหนดถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมให้สวิตต์ Start_1 ทำงาน และให้เอ้าท์พุต OUT1 ทำงานดังรูปที่ 3-25 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้อง MDB

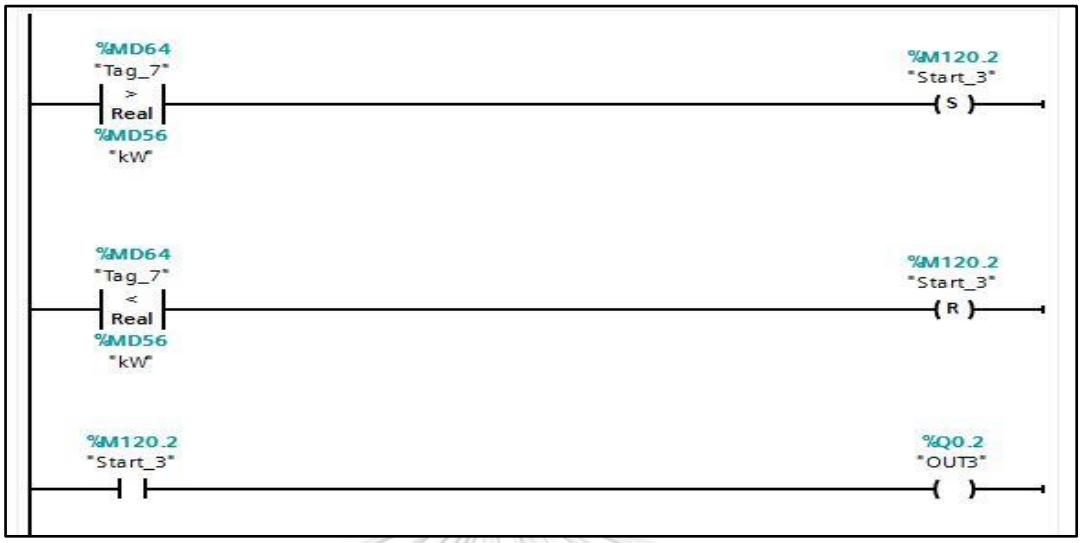
3.2.2.2 กำหนดตัวแปรของการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน



รูปที่ 3-26 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน

กำหนดถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมให้สวิตต์ Start_2 ทำงาน และให้เอ้าท์พุต OUT2 ทำงานดังรูปที่ 3-26 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องสำนักงาน

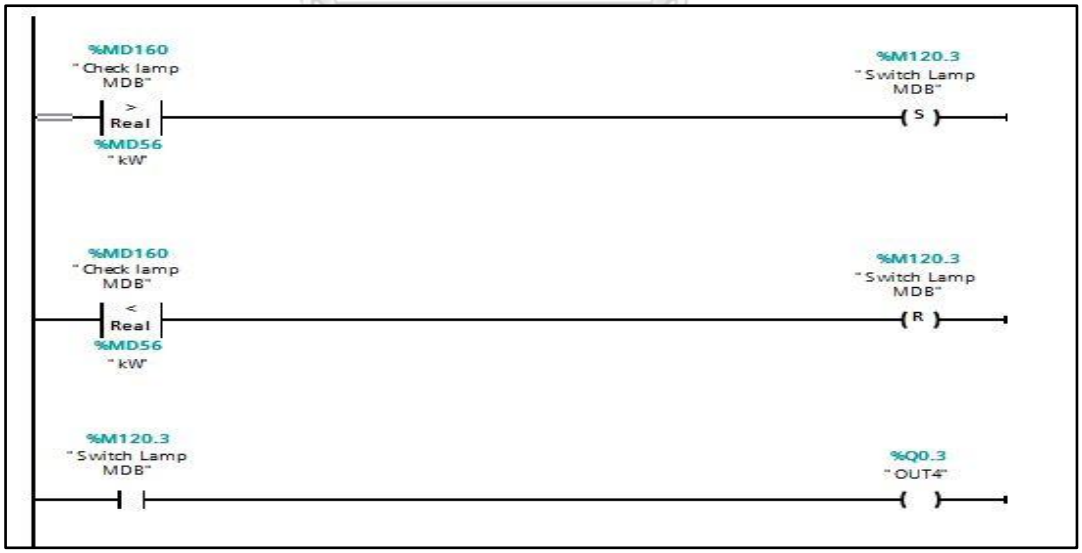
3.2.2.3 กำหนดตัวแปรของการควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม



รูปที่ 3-27 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม

กำหนดถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมให้สวิตต์ Start_3 ทำงาน และให้เอ้าท์พุต OUT3 ทำงานดังรูปที่ 3-27 การควบคุมเครื่องปรับอากาศห้องประชุม

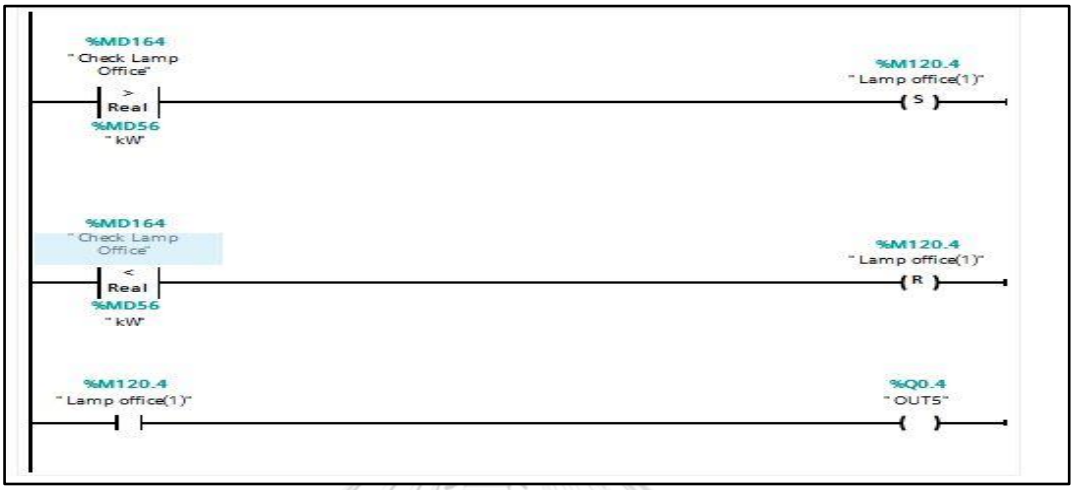
3.2.2.4 กำหนดตัวแปรของการควบคุมหลอดไฟห้อง MDB



รูปที่ 3-28 การควบคุมหลอดไฟห้อง MDB

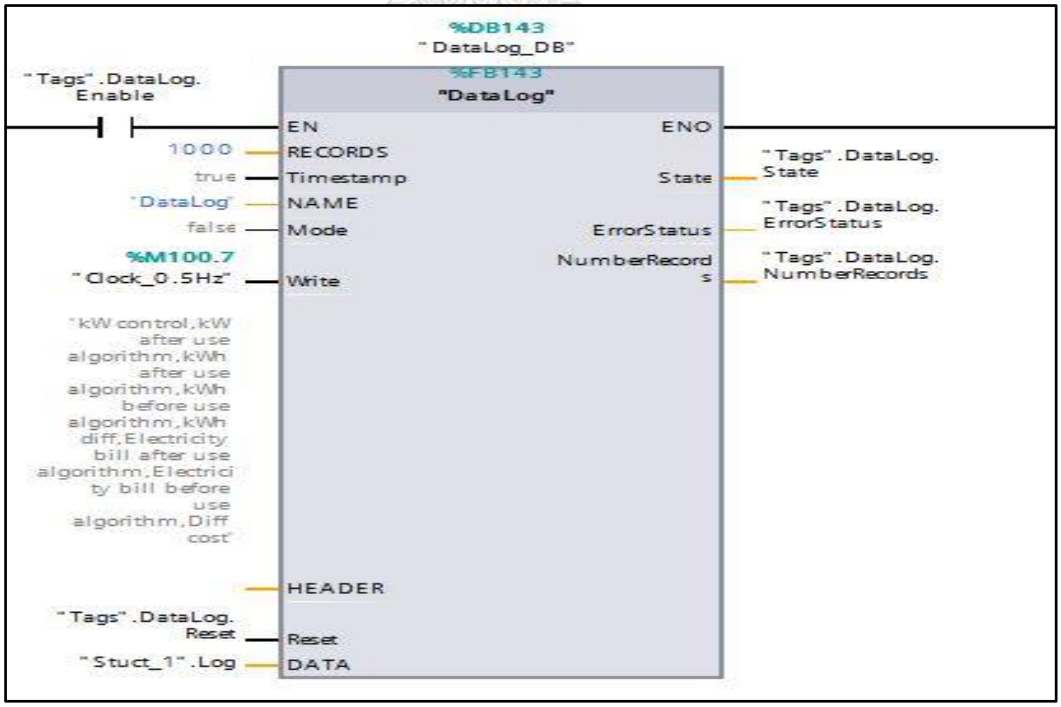
กำหนดถ้ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่าควบคุมให้สวิตต์ Lamp MDB ทำงาน และให้เอ้าท์พุต OUT 4 ทำงานดังรูปที่ 3-28 การควบคุมหลอดไฟห้อง MDB

3.2.2.5 กำหนดตัวแปรของการควบคุมหลอดไฟห้องสำนักงานบริเวณตู้เอกสาร



รูปที่ 3-29 การควบคุมหลอดไฟห้องสำนักงานบริเวณตู้เอกสาร

3.2.2.6 กำหนดตัวแปรเพื่อให้โปรแกรม Record ข้อมูล



รูปที่ 3-30 การกำหนดตัวแปรที่ต้องการให้โปรแกรม Record ข้อมูล

จากรูปจะใช้คำสั่ง Data Log เพื่อใช้ Record Data และได้กำหนดตัวแปรดังรูปที่ 3-30 การกำหนดตัวแปรที่ต้องการให้โปรแกรม Record ข้อมูล

- ตัวแปร KW control ใช้กำหนดค่ากำลังไฟฟ้าที่ผู้ใช้ต้องการควบคุม
- ตัวแปร kW after use algorithm ใช้บอกค่ากำลังไฟฟ้าที่ผ่านการควบคุมโดยอัลกอริทึม
- ตัวแปร kWh after use algorithm ใช้บอกหน่วยการใช้ไฟฟ้าที่ผ่านการควบคุมโดยอัลกอริทึม
- ตัวแปร kWh before use algorithm ใช้บอกหน่วยการใช้ไฟฟ้าที่ยังไม่ผ่านการควบคุมโดยอัลกอริทึม
- ตัวแปร kWh diff ใช้บอกผลต่างหน่วยการใช้ไฟฟ้าก่อนการใช้อัลกอริทึม และหลังการใช้อัลกอริทึม
- ตัวแปร bill after use algorithm electricity ใช้บอกค่าไฟที่ได้จากการใช้อัลกิริทึม
- ตัวแปร bill before use algorithm electricity ใช้บอกค่าไฟที่ได้โดยไม่ได้ใช้อัลกิริทึม
- ตัวแปร Diff cost ใช้บอกผลต่างค่าไฟฟ้าก่อนการใช้อัลกอริทึม และหลังการใช้อัลกอริทึม

3.2.2.7 การคำนวณค่าพลังงานทางไฟฟ้า

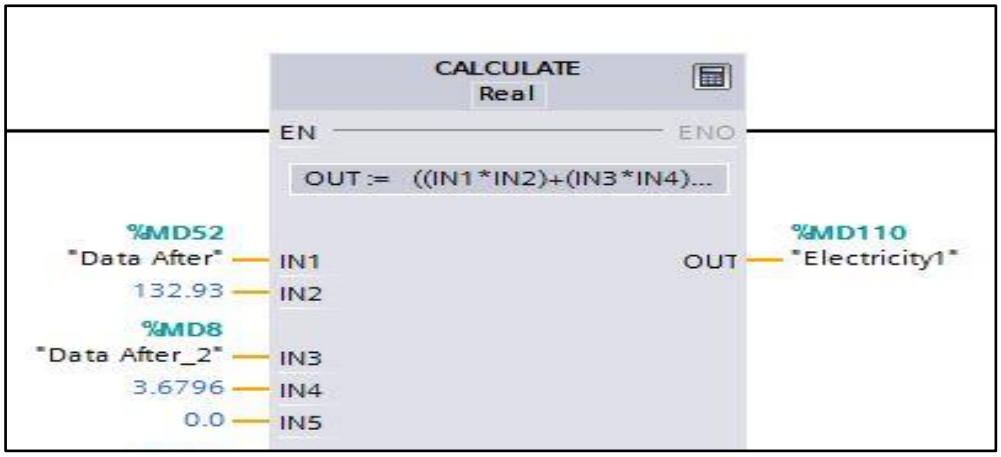
โดยคำนวณทุก 15 นาที และคำนวณเฉพาะค่าไฟฟ้าฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ค่าไฟฟ้าฐาน</u>

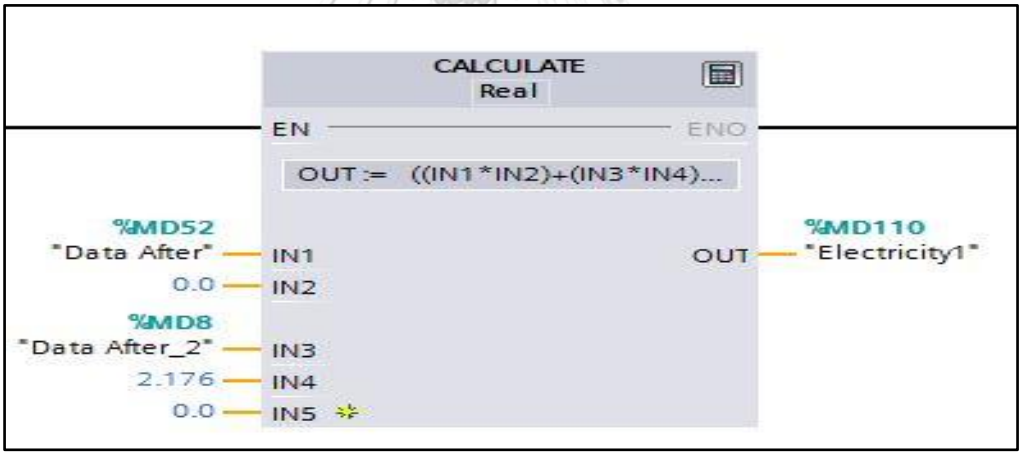
1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า = ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าพลังไฟฟ้าช่วง On Peak
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า = (จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง On Peak) + (จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off Peak)
3. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จำนวนกิโลวาร์ ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของกิโลวัตต์
4. ค่าบริการ

รูปแบบการคำนวณค่าไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม TIA Portal ในช่วง On Peak กำหนดให้ตัวแปร Data After คือ ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วง On Peak และตัวแปร Data_After_2 คือค่าพลังงานไฟฟ้า ดังรูปที่ 3-31 การใช้โปรแกรม TIA Portal คำนวณค่าไฟช่วง On Peak



รูปที่ 3-31 การใช้โปรแกรม TIA Portal คำนวณค่าไฟช่วง On Peak

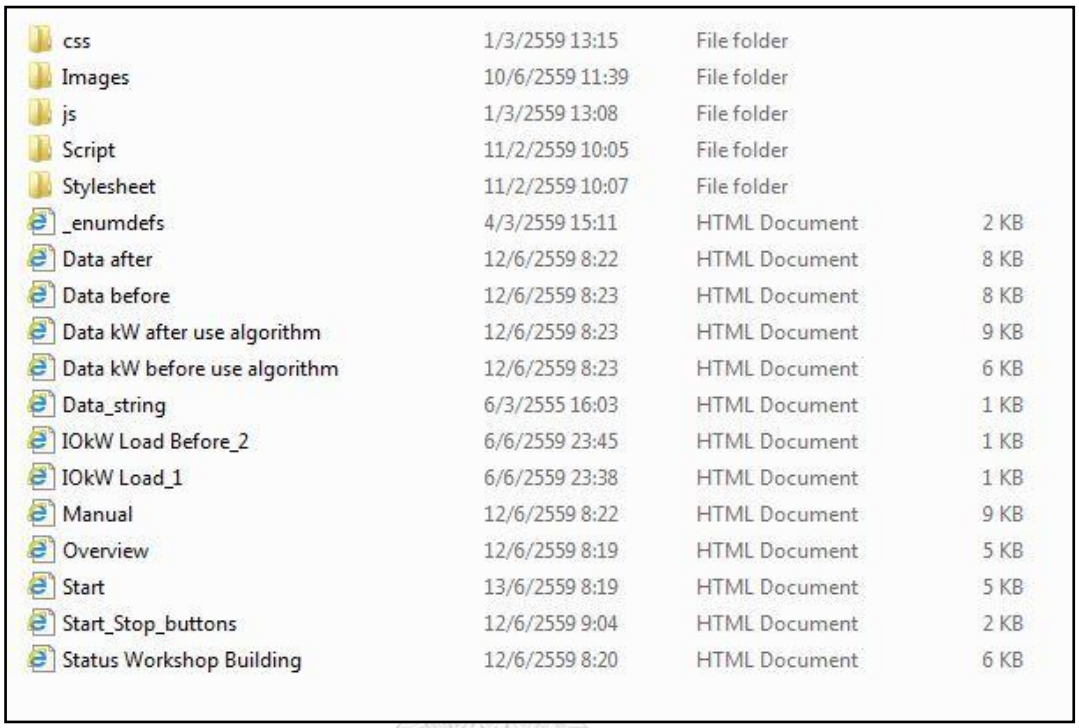
กำหนดให้ตัวแปร Data After คือ ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วง Off Peak และตัวแปร Data_After_2 คือค่าพลังงานไฟฟ้าดังรูปที่ 3-32 การใช้โปรแกรม TIA Portal คำนวณค่าไฟช่วง Off Peak



รูปที่ 3-32 การใช้โปรแกรม TIA Portal คำนวณค่าไฟช่วง Off Peak

3.2.3 สร้างเว็ปเพจ เพื่อรองรับกับเงื่อนไขที่ภาษา Ladder

โดย Net Beans IDE 8.0.2 ออกแบบเว็ปเพจ โดยใช้ภาษา HTML , CSS , Java Script ดังรูปที่ 3-33 ไฟล์ HTML,CSS,Java Script



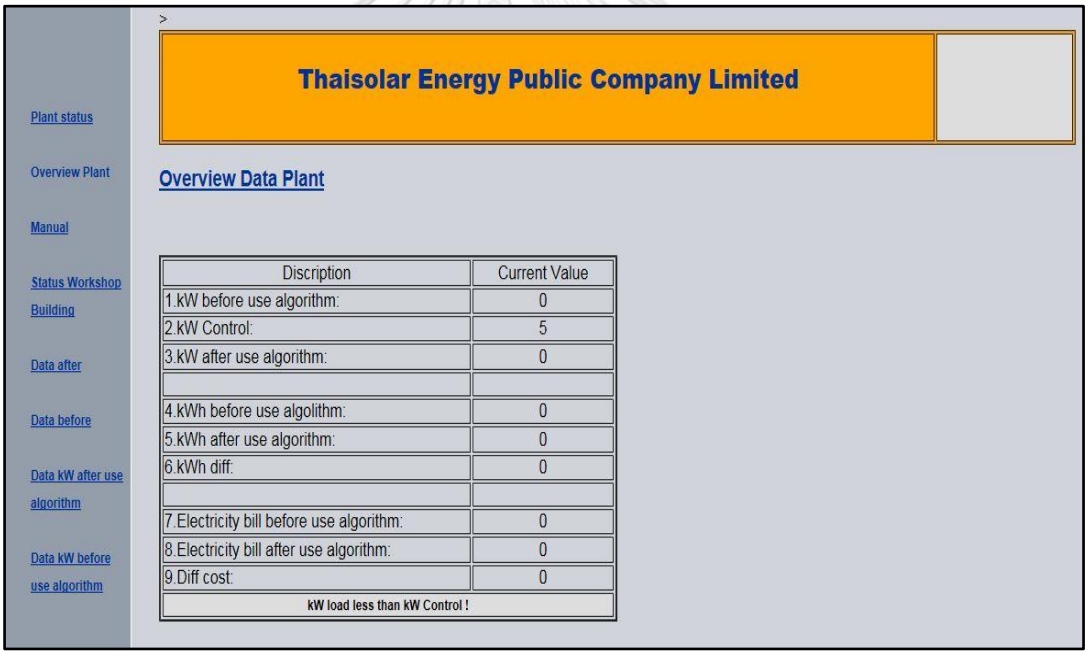
css	1/3/2559 13:15	File folder	
Images	10/6/2559 11:39	File folder	
js	1/3/2559 13:08	File folder	
Script	11/2/2559 10:05	File folder	
Stylesheet	11/2/2559 10:07	File folder	
_enumdefs	4/3/2559 15:11	HTML Document	2 KB
Data after	12/6/2559 8:22	HTML Document	8 KB
Data before	12/6/2559 8:23	HTML Document	8 KB
Data kW after use algorithm	12/6/2559 8:23	HTML Document	9 KB
Data kW before use algorithm	12/6/2559 8:23	HTML Document	6 KB
Data_string	6/3/2555 16:03	HTML Document	1 KB
IOkW Load Before_2	6/6/2559 23:45	HTML Document	1 KB
IOkW Load_1	6/6/2559 23:38	HTML Document	1 KB
Manual	12/6/2559 8:22	HTML Document	9 KB
Overview	12/6/2559 8:19	HTML Document	5 KB
Start	13/6/2559 8:19	HTML Document	5 KB
Start_Stop_buttons	12/6/2559 9:04	HTML Document	2 KB
Status Workshop Building	12/6/2559 8:20	HTML Document	6 KB

รูปที่ 3-33 ไฟล์ HTML,CSS,Java Script

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำสั่ง Plant Status จะแสดงสถานะการทำงานของ Plant ทั้งหมด ซึ่งจะมีปุ่มกด Start เพื่อเริ่ม การทำงานของระบบ และปุ่ม Stop เพื่อใช้หยุดการทำงานของระบบ คำสั่ง Set a new kW Control ใช้เพื่อกำหนดค่า กิโลวัตต์ ที่ต้องการควบคุมซึ่งในระบบได้ตั้งค่าไว้ระหว่าง 1-10 กิโลวัตต์ ดังรูปที่ 3-34 หน้าเว็ปเพจของ Plant Status

รูปที่ 3-34 หน้าเว็ปเพจของ Plant Status



รูปที่ 3-35 หน้าเว็ปเพจของ Overview Plant

คำสั่ง Over View Plant ใช้สำหรับ Monitor ข้อมูลทางไฟฟ้าซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ดังรูปที่ 3-35 หน้าเว็ปเพจของ Overview Plant

1. ค่า kW before use algorithm คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ขณะโหลดใช้งานปกติ
2. ค่า kW Control คือค่ากำลังไฟฟ้าที่เราต้องการควบคุมซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าได้ในหน้า Plant Status ค่าที่ระบบตั้งค่าไว้ 1-10 กิโลวัตต์

3. ค่า kW after use algorithm คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ขณะโหลดผ่านการควบคุมโดย Algorithm
4. ค่า kWh before use algorithm คือ หน่วยของค่าไฟที่วัดได้ขณะโหลดใช้งานปกติ
5. ค่า kWh after use algorithm คือ หน่วยของค่าไฟที่วัดได้ขณะโหลดผ่านการควบคุมโดย Algorithm
6. ค่า kWh Diff คือ ผลต่างของหน่วยค่าไฟระหว่างค่าไฟปกติกับค่าไฟที่ผ่านการควบคุมโดย Algorithm
7. ค่า Electricity bill before use algorithm คือ ค่าไฟที่คำนวณได้ขณะโหลดใช้งานปกติ
8. ค่า Electricity bill after use algorithm คือ ค่าไฟที่คำนวณได้ขณะโหลดผ่านการควบคุมโดย Algorithm
9. ค่า Diff Cost คือ ผลต่างของค่าไฟขณะโหลดทำงานปกติกับโหลดผ่านการควบคุมโดย Algorithm
10. ช่องสุดท้ายเป็นช่องแสดงคำแนะนำการใช้ไฟฟ้า

คำสั่ง Manual Control

ใช้สำหรับให้ User สามารถปรับการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าตามที่ User ต้องการโดยในรูปจะกำหนดให้สามารถปรับเพิ่มหรือลดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศหรือเปิด/ปิด หลอดไฟตามเงื่อนไขที่ได้สร้างอัลกอริทึมไว้ ดังรูปที่ 3-36 หน้าเว็ปเพจของ Manual Control

รูปที่ 3-36 หน้าเว็ปเพจของ Manual Control

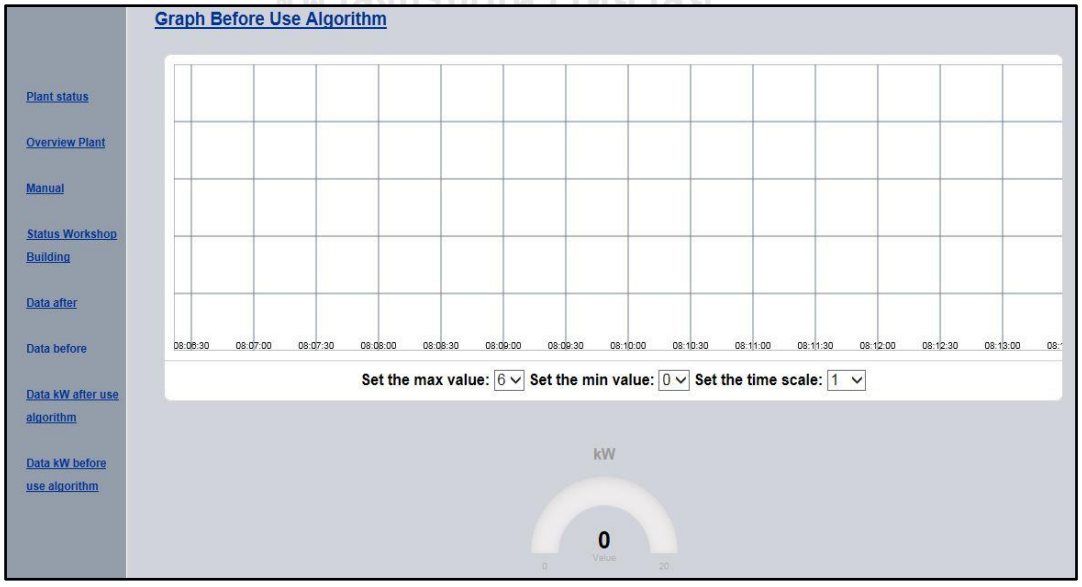
คำสั่ง Status Workshop Building

ใช้สำหรับให้ User Monitor สถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้กำหนดให้เปิด-ปิดแบบอัตโนมัติตามเวลาที่ได้กำหนดดังรูปที่ 3-37 หน้าเว็ปเพจของ Status Work Shop Building

รูปที่ 3-37 หน้าเว็ปเพจของ Status Work Shop Building

คำสั่ง Graph Before Use Algorithm

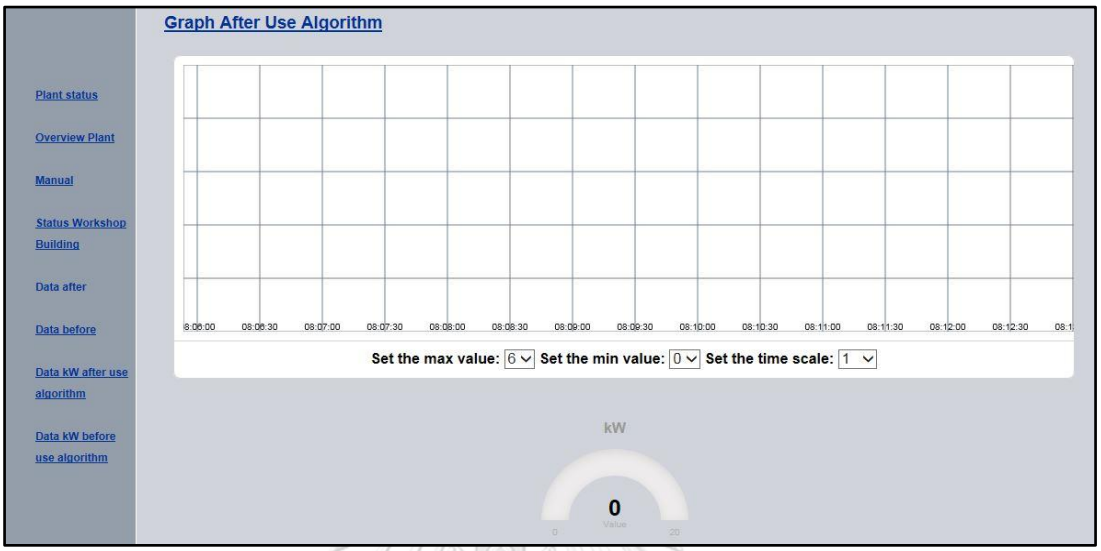
ใช้สำหรับให้ User Monitor ค่ากำลังไฟฟ้าขณะโหลดใช้งานปกติผ่านทางเว็ปเพจดังรูปที่ 3-38 หน้าเว็ปเพจของ Graph Before Use Algorithmรูปที่ 3-38



รูปที่ 3-38 หน้าเว็ปเพจของ Graph Before Use Algorithm

คำสั่ง Graph After Use Algorithm

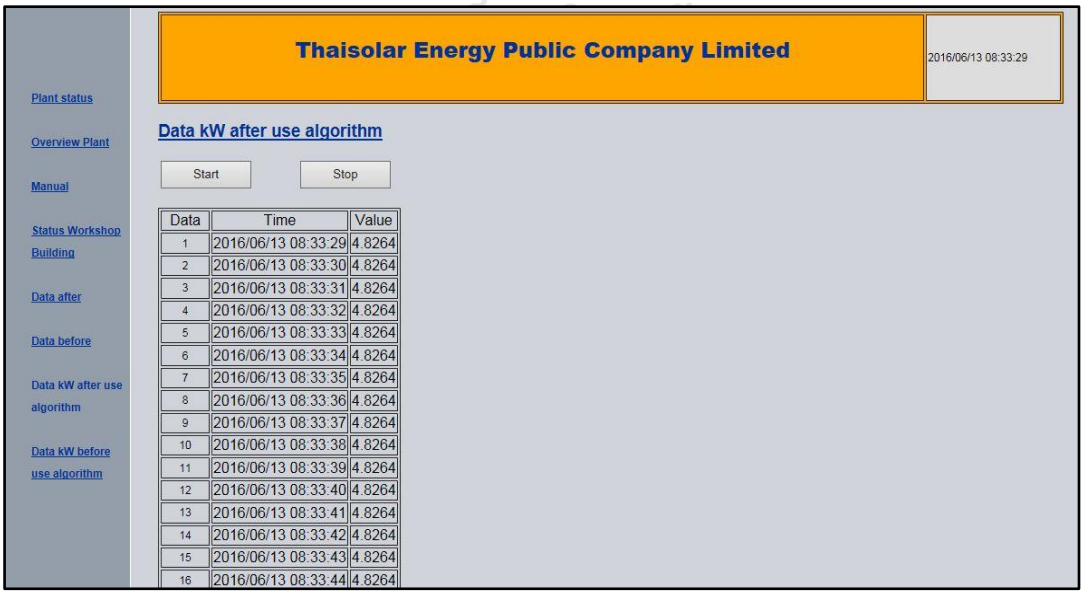
ใช้สำหรับให้ User Monitor ค่ากำลังไฟฟ้าขณะโหลดผ่านการควบคุมโดย Algorithm ดังรูปที่ 3-39 หน้าเว็ปเพจของ Graph After Use Algorithm



รูปที่ 3-39 หน้าเว็ปเพจของ Graph After Use Algorithm

คำสั่ง Data kW after use algorithm

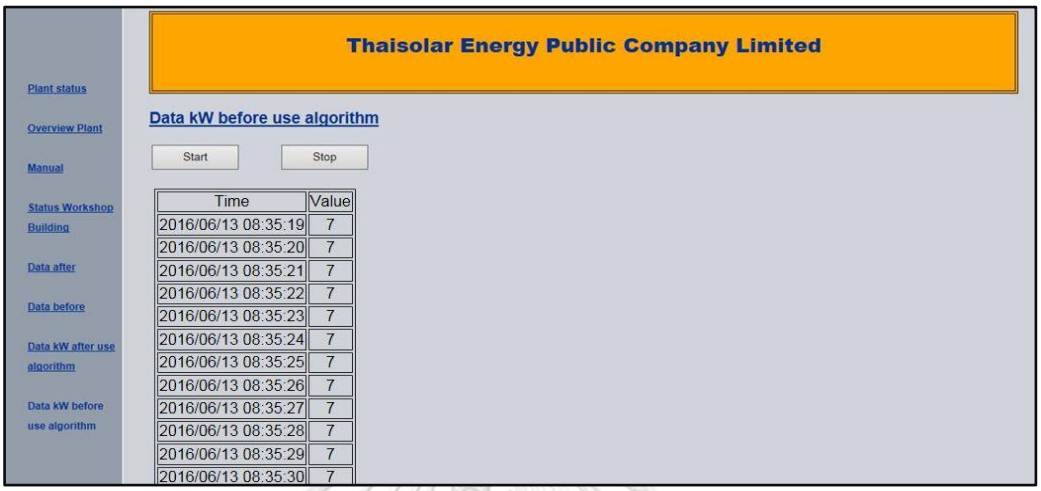
ใช้สำหรับแสดงค่ากำลังไฟฟ้าขณะโหลดผ่านการควบคุมโดย Algorithmดังรูปที่ 3-40 หน้าเว็ปเพจของ Data kW after use algorithm



รูปที่ 3-40 หน้าเว็ปเพจของ Data kW after use algorithm

คำสั่ง Data kW before use algorithm

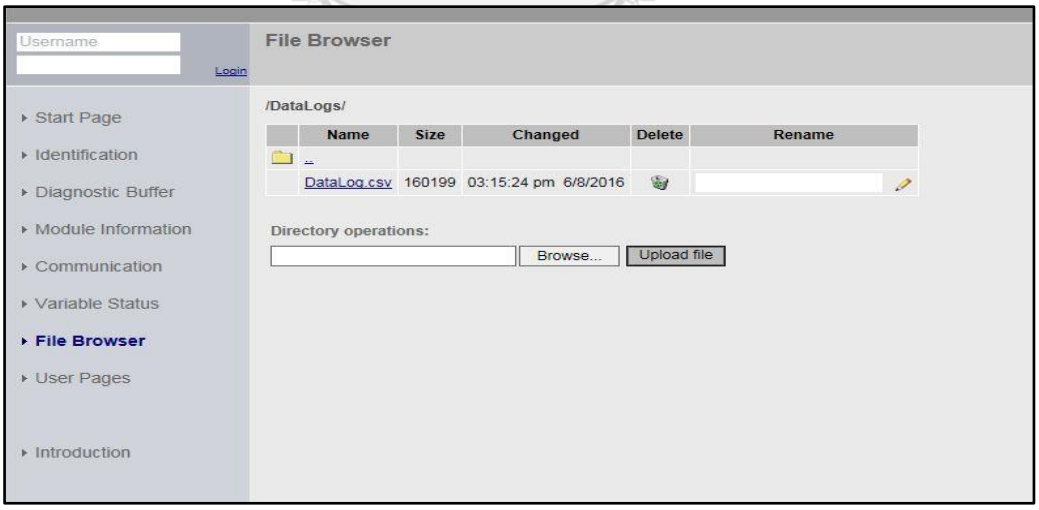
ใช้สำหรับแสดงค่ากำลังไฟฟ้าโดยที่ไม่ผ่านการควบคุมโดย Algorithm ดังรูปที่ 3-41 หน้าเว็ปเพจของ Data kW before use algorithm



รูปที่ 3-41 หน้าเว็ปเพจของ Data kW before use algorithm

คำสั่ง File Browser

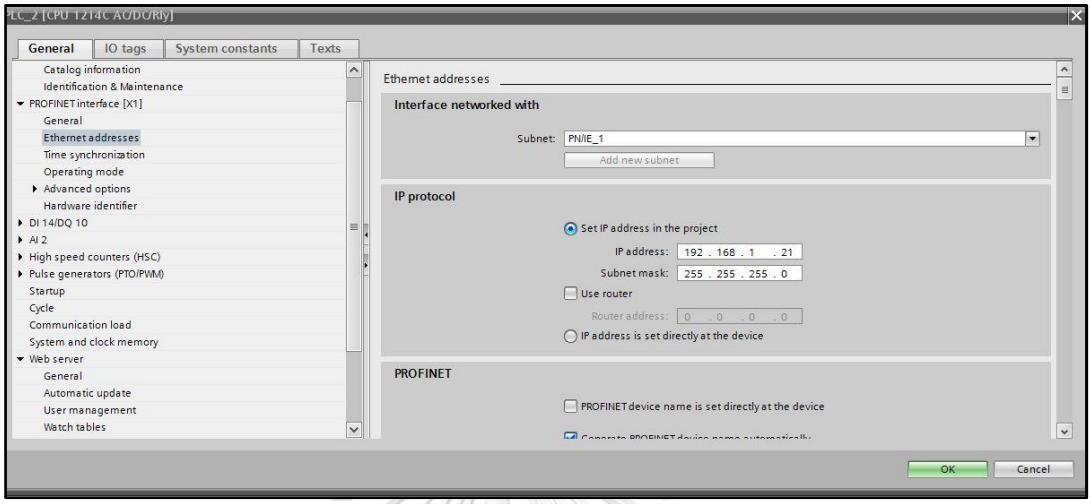
ใช้สำหรับให้ User Download ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า และคำแนะนำการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น File Excel ดังรูปที่ 3-42 File Browserสำหรับ Download ข้อมูล



รูปที่ 3-42 File Browserสำหรับ Download ข้อมูล

3.2.4 นำค่าโปรแกรมโหลดลง CPU

3.2.4.1 การกำหนดค่า IP Address เพื่อใช้เปิดหน้า Webpage

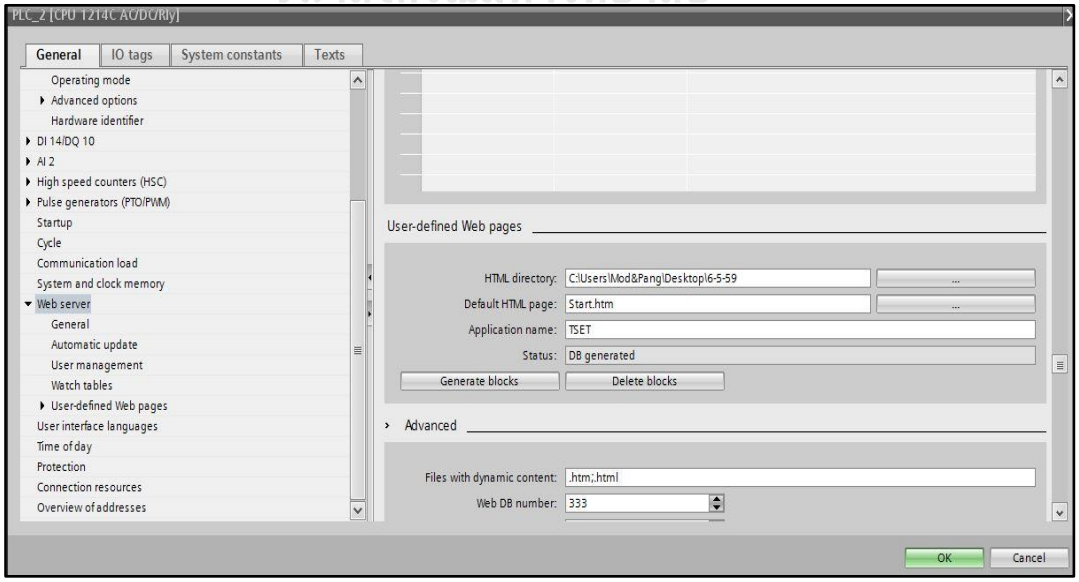


รูปที่ 3-43 การกำหนด IP Address โปรแกรม TIA Portal

หลังจากที่สร้าง File HTML เสร็จจะต้องนำ File มาเพื่อ Down load ลงในโปรแกรม TIA Portalโดยใช้คำสั่ง Ethernet address ให้กำหนด IP Address เพื่อใช้ในการเปิดหน้า Web page ในตัวอย่างนี้ ใช้ 192.168.0.7 ดังรูปที่ 3-43 การกำหนด IP Address โปรแกรม TIA Portal

3.2.4.2 การ Down load File HTML ลงในโปรแกรม TIA Portal

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

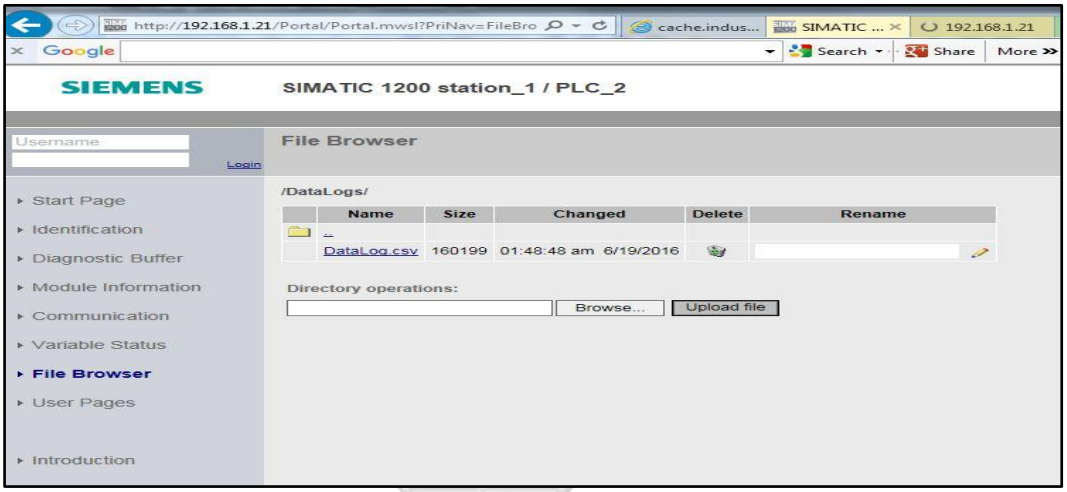


รูปที่ 3-44 การกำหนด IP Address โปรแกรม TIA Portal

จากคำสั่ง Webserver จะสามารถ Download File HTML เพื่อใช้สร้าง Webpage ที่คำสั่ง User-defined Webpages แล้วกด Generate block ดังรูปที่ 3-44 การกำหนด IP Address โปรแกรม TIA Portal

3.2.5 การเปิดเว็ปเพจ

จากที่ได้กำหนด IP Address 192.168.0.7 ใช้ IP นี้ เพื่อเปิดการใช้งานเว็ปเพจดังรูปที่ 3-45 ใช้ IP Address เพื่อเปิดหน้าเว็ปเพจ Webserver



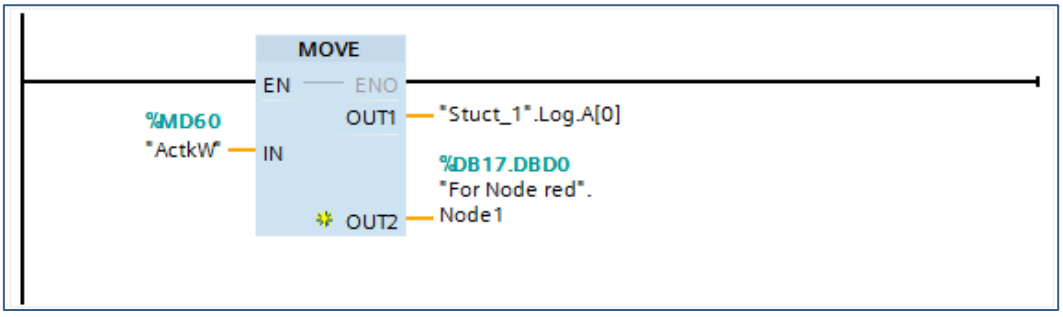
รูปที่ 3-45 ใช้ IP Address เพื่อเปิดหน้าเว็ปเพจ Webserver

3.2.6 การส่งข้อมูลจาก S7-1200 ไปยัง IoT2040

สร้างตัวแปรในส่วน Via portal เพื่อจะส่งข้อมูลจาก S7-1200 ไปยัง IoT2040 โดยตัวแปรจะเป็นส่วนค่าพลังงานที่จะไปแสดงในระบบ Cloud

3.2.6.1 ตัวแปร ActkW

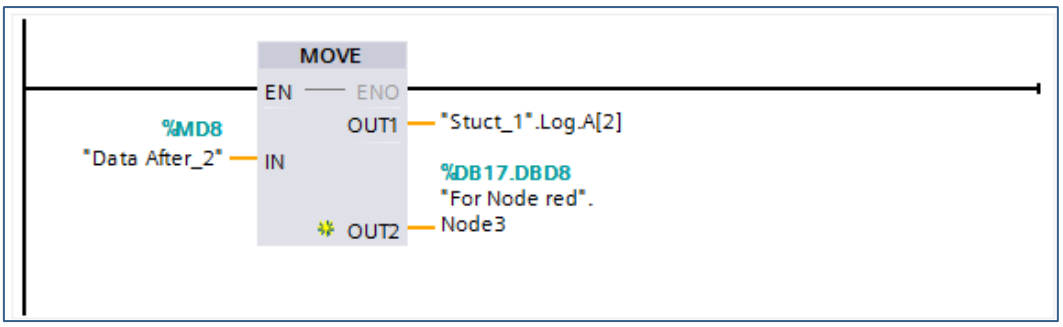
คือค่า kW ของ Load ก่อนผ่านอัลกอริทึมแทนด้วย Node1



รูปที่ 3-46 ตัวแปรของ Load ก่อนผ่านอัลกอริทึม

3.2.6.2 ตัวแปร Data After

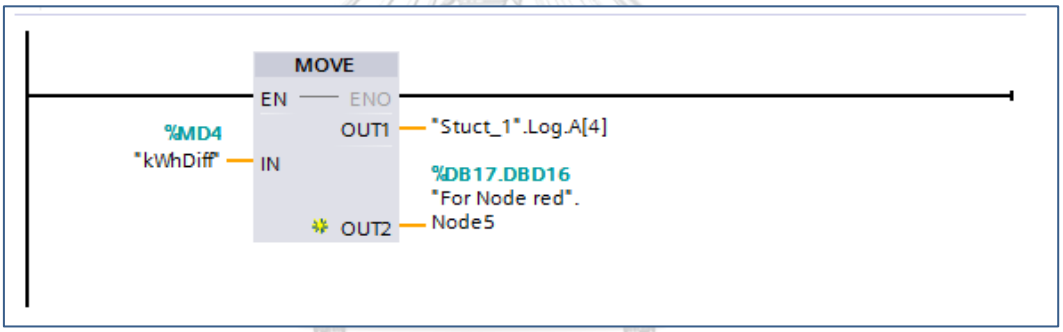
คือค่า kW ของโหลดหลังผ่านอัลกอริทึมแทนด้วย Node2



รูปที่ 3-47 ตัวแปร kW ของ Load หลังผ่านอัลกอริทึม

3.2.6.1 ตัวแปร kWh Diff

คือหน่วยค่าไฟหลังผ่านอัลกอริทึมแทนด้วย Node5

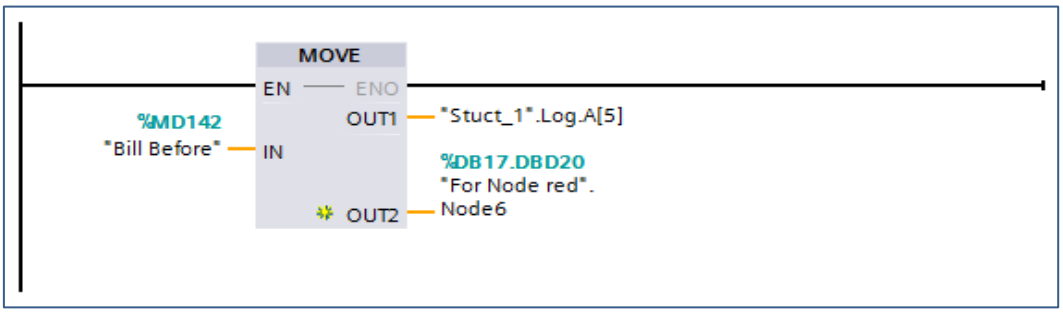


รูปที่ 3-48 ตัวแปรหน่วยค่าไฟหลังผ่านอัลกอริทึม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.6.2 ตัวแปร Bill before

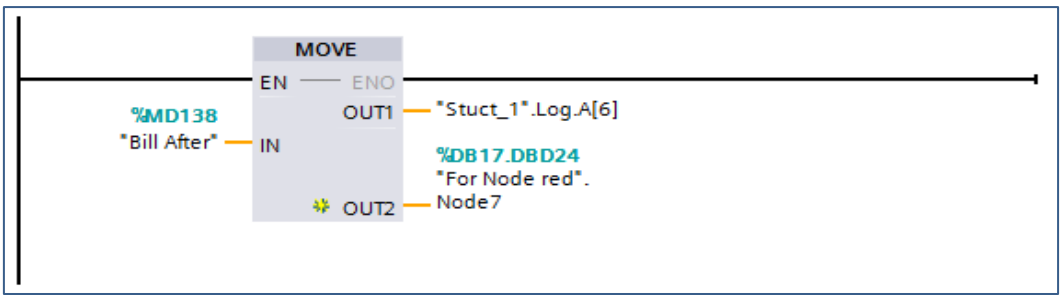
คือค่าไฟก่อนผ่านอัลกอริทึมแทนด้วย Node6



รูปที่ 3-49 ตัวแปรค่าไฟก่อนผ่านอัลกอริทึม

3.2.6.3 ตัวแปร Bill After

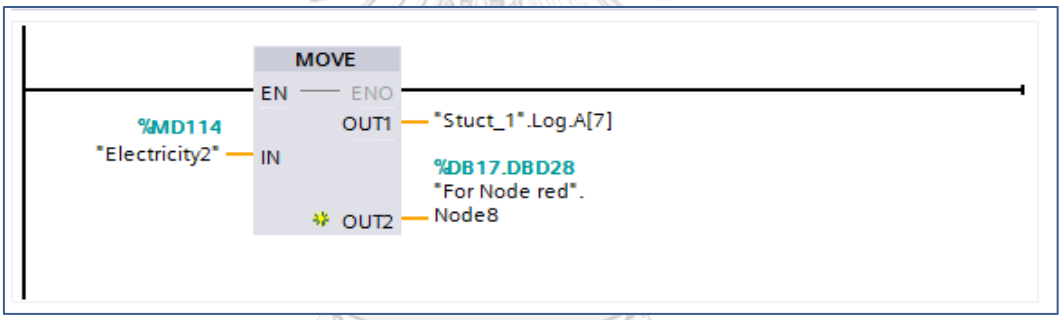
คือข้อมูลค่าไฟหลังผ่านอัลกอริทึมแทนด้วย Node7



รูปที่ 3-50 ตัวแปรค่าไฟหลังผ่านอัลกอริทึม

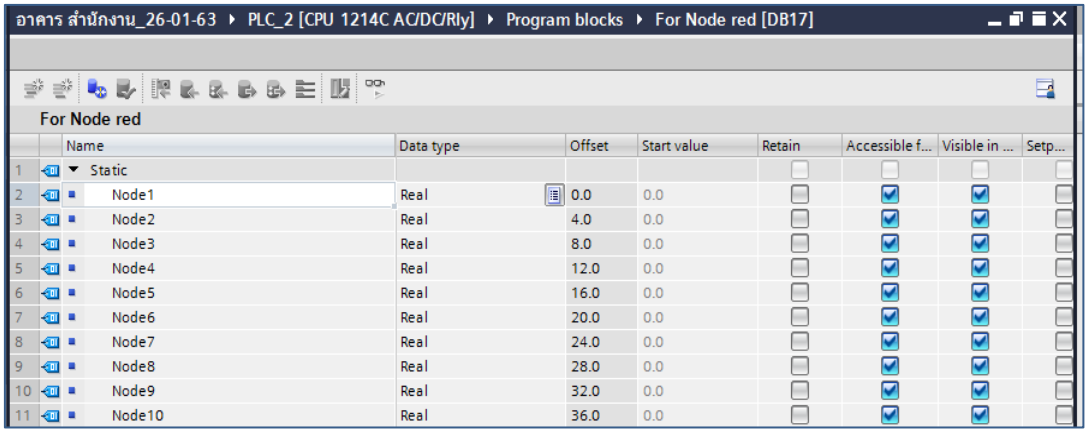
3.2.6.3 ตัวแปร Electricity2

คือเปรียบเทียบค่าไฟหลังผ่านอัลกอริทึมแทนด้วย Node8



รูปที่ 3-51 ตัวแปรเปรียบเทียบค่าไฟหลังผ่านอัลกอริทึม

3.2.6.4 ตัวแปรจะเก็บใน DB17 ในรูปแบบจำนวนจริงจำนวน 4 บิต



รูปที่ 3-52 รูปแบบการเก็บข้อมูลสำหรับเชื่อมต่อ IoT2040

3.2.7 การรับข้อมูลของ IoT2040

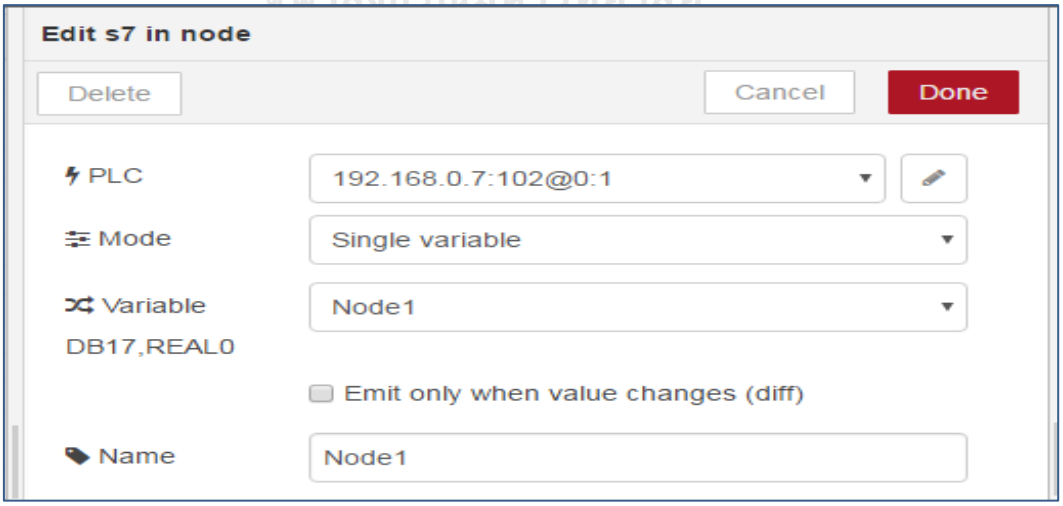
3.2.7.1 ทำการเปิด Web browser IP 192.168.0.10:1880

เพื่อใช้โปรแกรม Node-Red ที่อยู่ในอุปกรณ์ IoT2040 สำหรับการสร้างฟังชันรองรับค่าจาก S7-1200

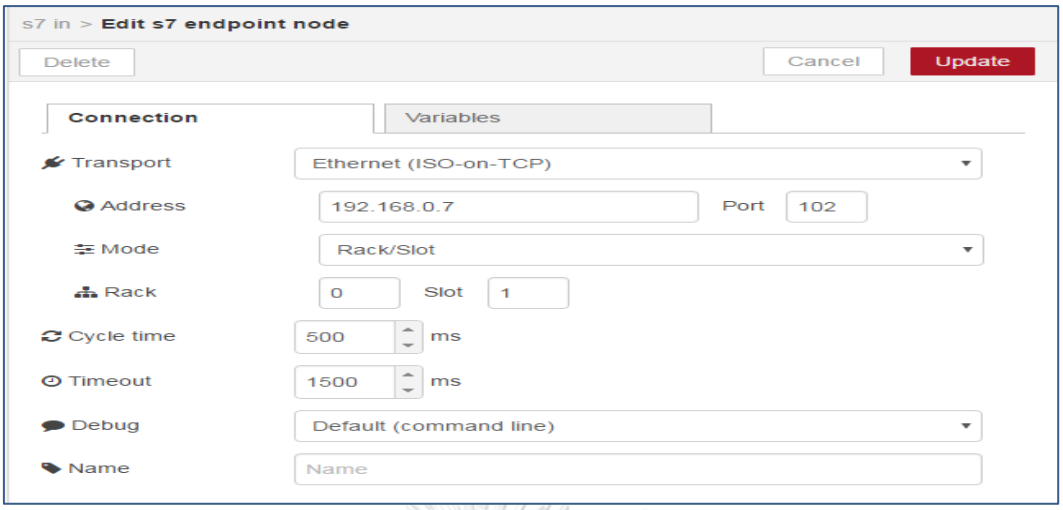
รูปที่ 3-53 Web browser ของโปรแกรม Node-Red

3.2.7.2 การเขียนโปรมแกรม Node-Red เพื่อรับค่าจาก S7-1200

จะใช้ฟังชั่น S7 ในการรับค่าซึ่งจะต้องกำหนดตัวแปร และ IP address รวมถึงค่าพอร์ตให้ตรงตามค่าตัวแปรของ S7-1200 โดยมีการกำหนดค่า Node1-Node10 ดังรูปที่ 3-53 Web browser ของโปรแกรม Node-Red และรูปที่ 3-54 การกำหนดค่าตัวแปรใน S7



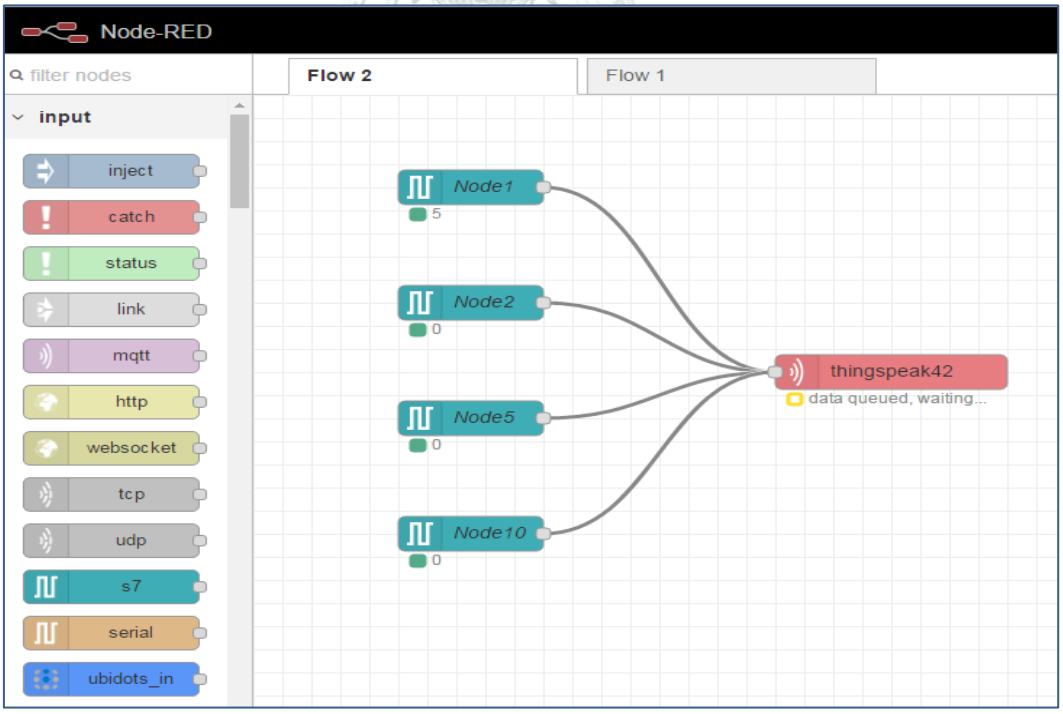
รูปที่ 3-54 การกำหนดค่าตัวแปรใน S7



รูปที่ 3-55 การกำหนดค่าพอร์ตใน S7

3.2.7.3 รูปแบบการเชื่อมต่อฟังชั่นใน Node-Red

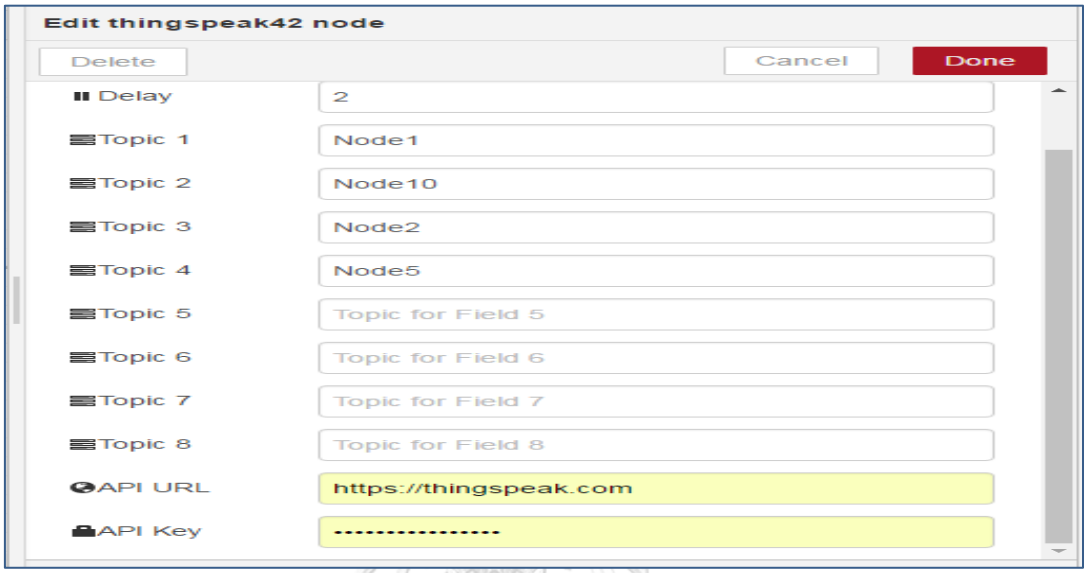
เพื่อส่งข้อมูลขึ้นสู่ Cloud โดยจะเชื่อมต่อทุก Node ที่ต้องการให้แสดงค่าไปยังฟังชั่น ThingSpeak ดังรูปที่ 3-56 การเชื่อมต่อ Node ไปยัง ThingSpeak



รูปที่ 3-56 การเชื่อมต่อ Node ไปยัง ThingSpeak

3.2.7.4 การกำหนดค่าตัวแปรในฟังชั่น ThingSpeak

จะกำหนดตัวแปรตาม Node ที่ต้องการให้แสดงค่าที่ Cloud และนำค่า API Key ของ ThingSpeak มาบันทึกในช่องตาราง ดังรูปที่ 3-57 การกำหนดตัวแปรใน ThingSpeak และบันทึกค่า API Key

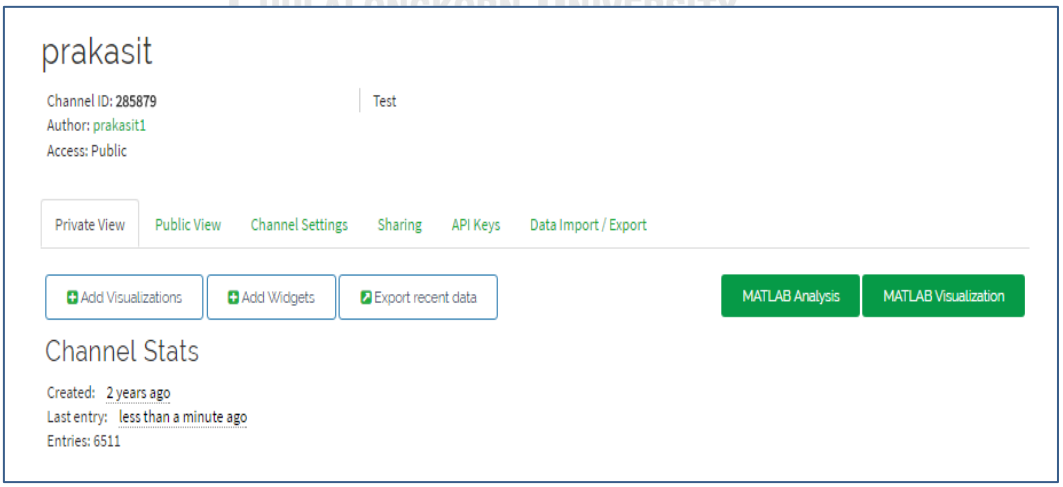


รูปที่ 3-57 การกำหนดตัวแปรใน ThingSpeak และบันทึกค่า API Key

3.2.7.5 การรับค่าตัวแปรผ่านระบบ Cloud ThingSpeak

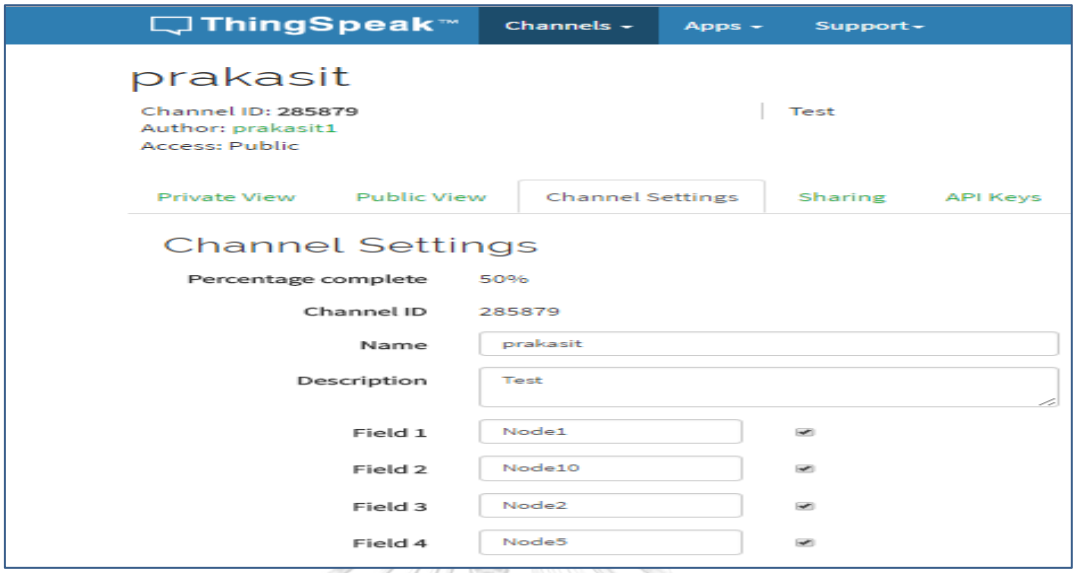
เปิด Web browser https://thingspeak.com/ หลังจากนั้นใส่ User Password เพื่อเข้าใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



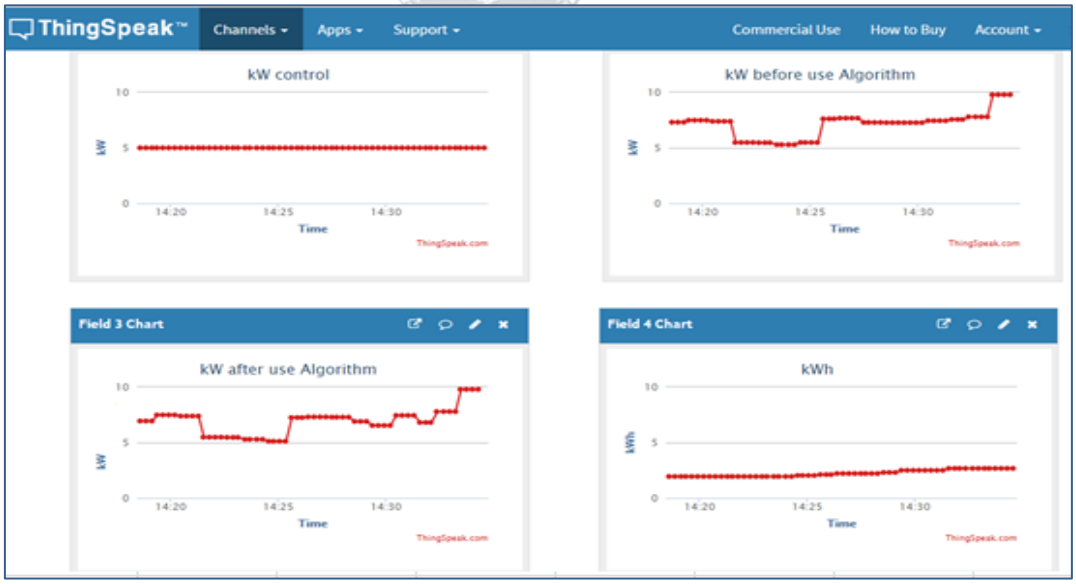
รูปที่ 3-58 รูปแบบ Cloud ThingSpeak เมื่อเข้ามาในระบบ

3.2.7.6 กำหนดค่าตัวแปรให้ตรงกับค่าที่ส่งมาจาก Node-Red ในช่อง Channel Settings



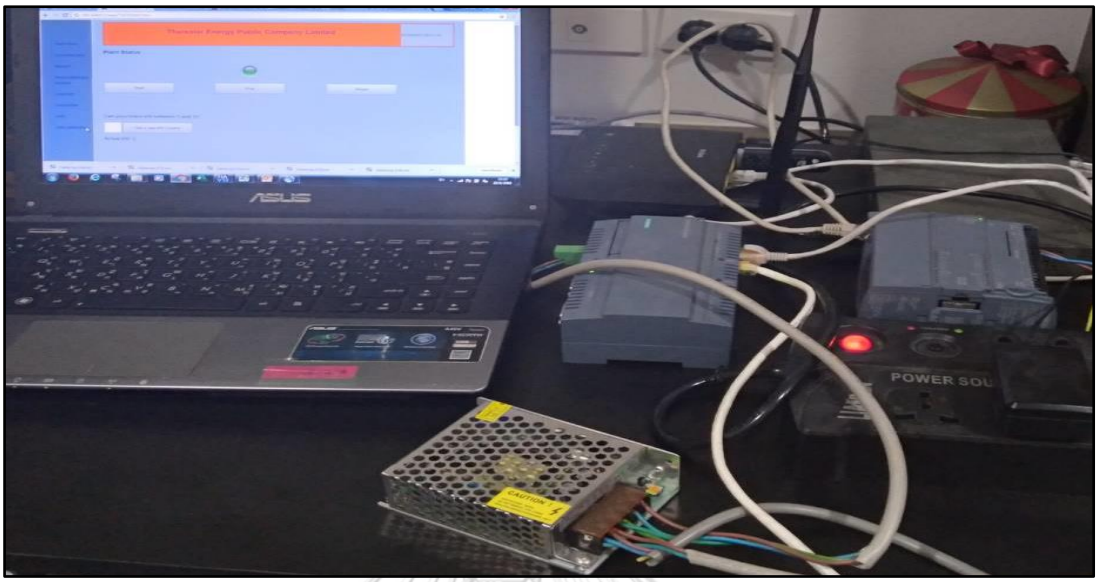
รูปที่ 3-59 กำหนดค่าตัวแปรใน ThingSpeak

3.2.7.7 ส่วนที่ใช้แสดงผลเพื่อแสดงค่าพลังงานผ่านระบบ Cloud ThingSpeak



รูปที่ 3-60 ส่วนที่ใช้แสดงผลผ่านระบบ Cloud

บทที่ 4
การสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติ



รูปที่ 4-1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบควบคุม และการมอนิเตอร์จากระยะไกล

ระบบควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติจะนำค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด จากกราฟค่ากำลังไฟฟ้า มาลงในโปรแกรม TIA Portal เพื่อทำการจำลอง การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าของแต่ละอาคาร

4.1 การสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติอาคารสำนักงาน

จากการจัดกลุ่มตามแนวคิดการควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้า สามารถกำหนดได้สองรูปแบบการควบคุม

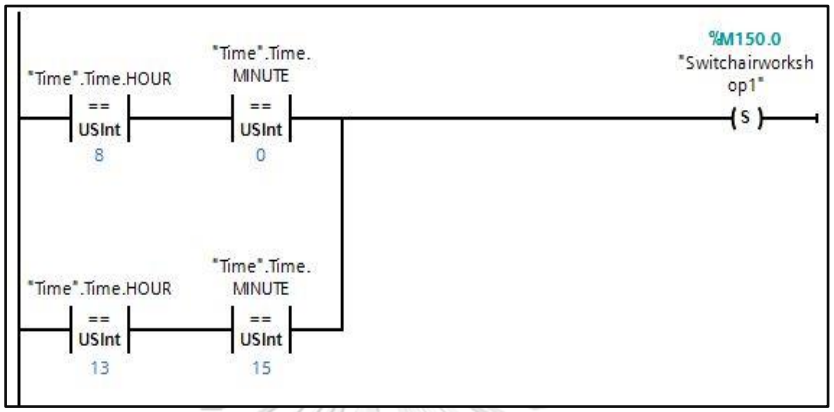
4.1.1 การใช้อัลกอริทึมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอาคารสำนักงาน

โดยจากการสำรวจ และสอบถามพนักงานในโรงงานพบว่าอุปกรณ์ที่สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟ จากการวิเคราะห์ และกำหนดลำดับความสำคัญอุปกรณ์ที่ควรเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟของอาคารสำนักงาน โดยอ้างอิงจากแนวคิดการควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการสร้าง Flow Chart ดังในรูปที่ 3-4 การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารสำนักงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

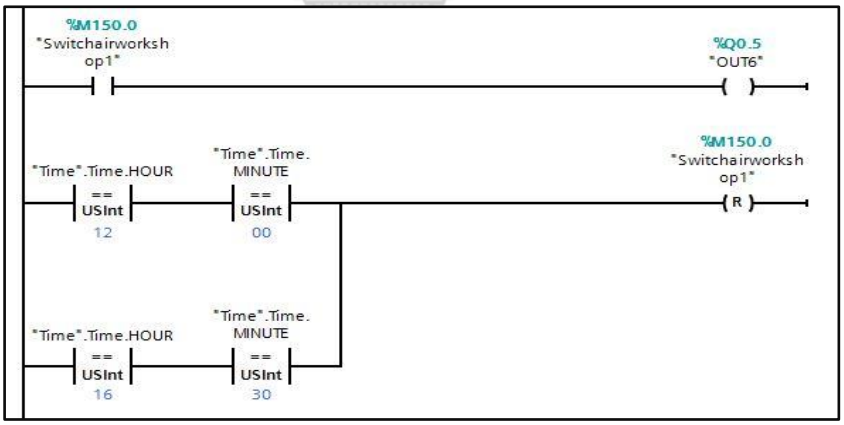
4.1.2 การกำหนดเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติอาคารสำนักงาน

จากตารางที่ 2 จะสามารถนำมาเขียนลงในโปรแกรม TIA Portal ได้ดังนี้ เครื่องปรับอากาศเบอร์1 กำหนดให้เปิดเวลา 8.00 น.และเปิดเวลา 13.15 น. ดังรูปที่ 4-2 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 อาคารสำนักงาน



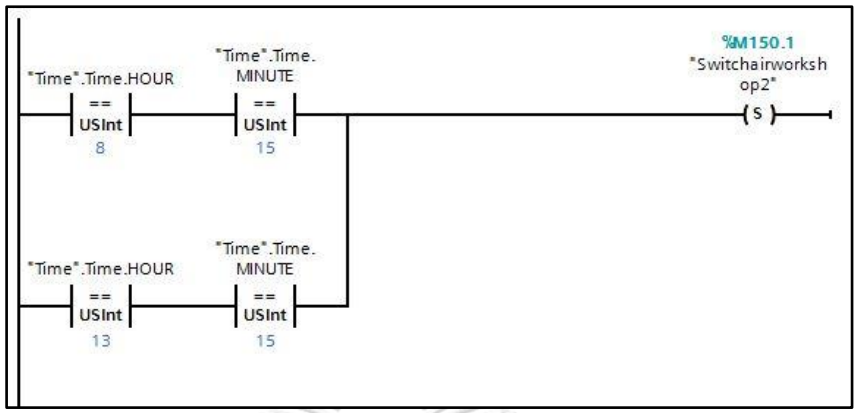
รูปที่ 4-2 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 อาคารสำนักงาน

เครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 กำหนดให้ปิดเวลา 12.00 น.และปิดเวลา 16.30 น. ดังรูปที่ 4-3 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 อาคารสำนักงาน



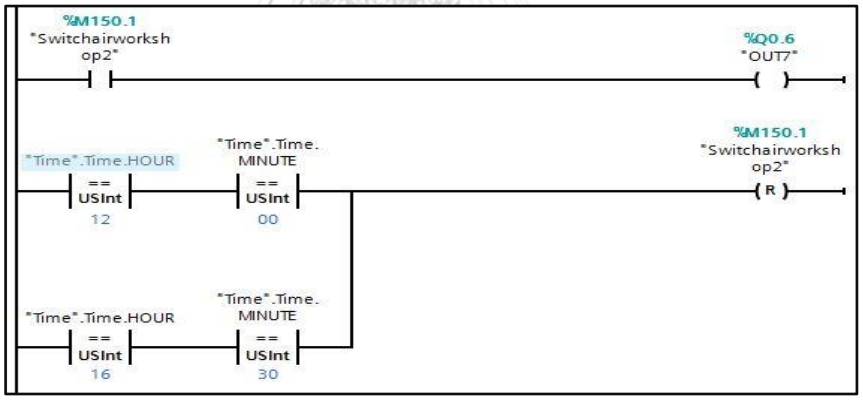
รูปที่ 4-3 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 อาคารสำนักงาน

เครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 กำหนดให้เปิดเวลา 8.15 น.และเปิดเวลา 13.15 น.ดังรูปที่ 4-4 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 อาคารสำนักงาน



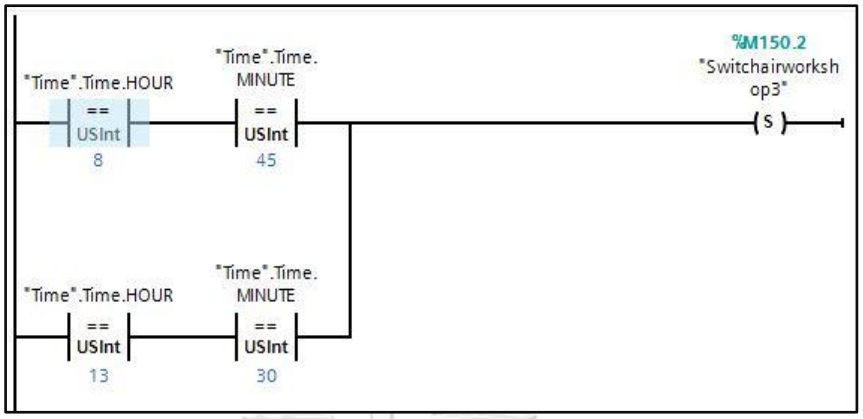
รูปที่ 4-4 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 อาคารสำนักงาน

เครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 กำหนดให้ปิดเวลา 12.00 น.และปิดเวลา 16.30 น. ดังรูปที่ 4-5 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 อาคารสำนักงาน



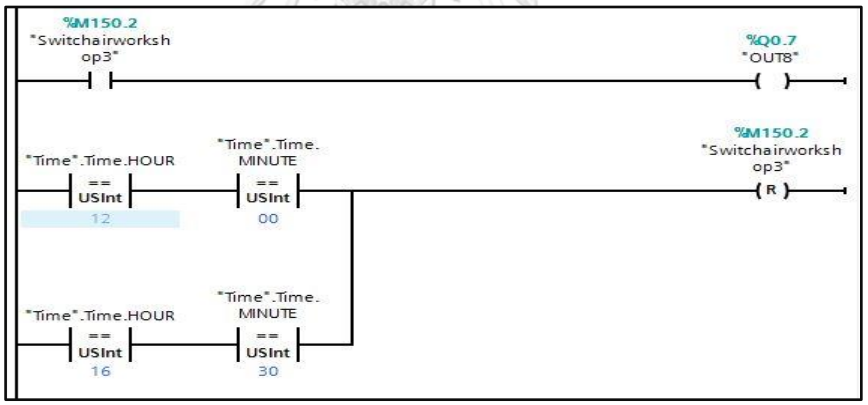
รูปที่ 4-5 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 อาคารสำนักงาน

เครื่องปรับอากาศเบอร์ 3 กำหนดให้เปิดเวลา 8.45น.และเปิดเวลา 13.30 น. ดังรูปที่ 4-6 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 3 อาคารสำนักงาน



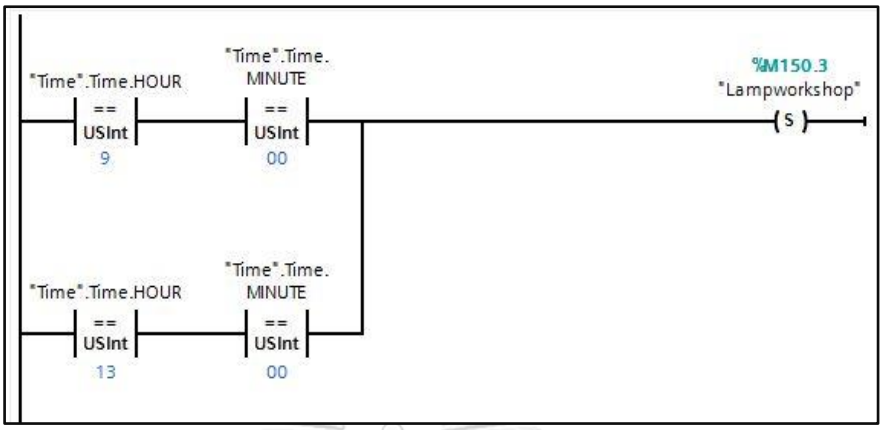
รูปที่ 4-6 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 3 อาคารสำนักงาน

เครื่องปรับอากาศเบอร์ 3 กำหนดให้ปิดเวลา 12.00 น.และปิดเวลา 16.30 น ดังรูปที่ 4-7 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 3 อาคารสำนักงาน



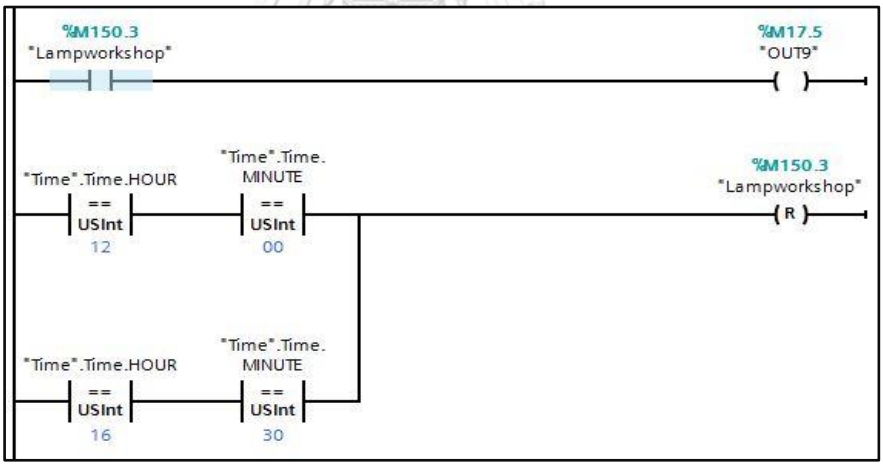
รูปที่ 4-7 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 3 อาคารสำนักงาน

เครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 อาคารสำนักงานกำหนดให้เปิดเวลา 9.00 น.และปิดเวลา 13.30 น. ดังรูปที่ 4-8 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 อาคารสำนักงาน



รูปที่ 4-8 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 อาคารสำนักงาน

เครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 อาคารสำนักงานกำหนดให้ปิดเวลา 12.00 น .และปิดเวลา 17.00 น. ดังรูปที่ 4-9 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 อาคารสำนักงาน



รูปที่ 4-9 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 อาคารสำนักงาน

ตารางที่ 6 จำลองการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน (ช่วงเช้า)

เครื่องใช้ไฟฟ้า	8.00-8.15	8.15-8.30	8.30-8.45	8.45-9.00	9.00-9.15	9.15-9.30	9.30-9.45	9.45-10.00	10.00-10.15	10.15-10.30	10.30-10.45	10.45-11.00	11.00-11.15	11.15-11.30	11.30-11.45	11.45-12.00	12.00-12.15	12.15-12.30
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศห้องประชุม1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศห้องประชุม2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศห้องประชุม3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

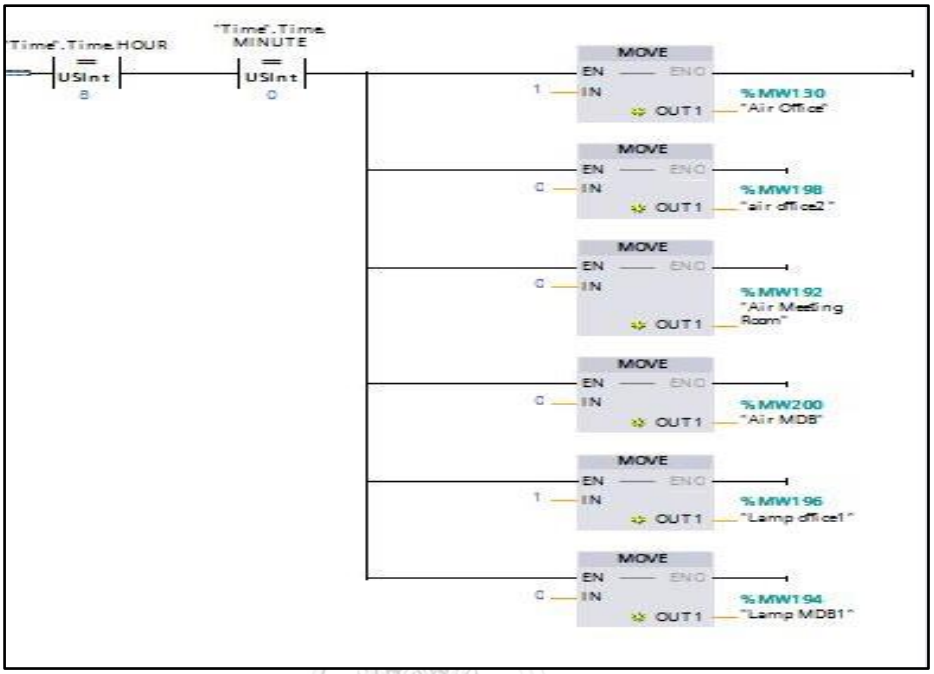
หมายเหตุ: หมายเลข 1 สีเหลือง คือ เครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิที่ 24°C หมายเลข 0 สีเหลือง คือ เครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิที่ 26°C

ตารางที่ 7 จำลองการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน (ช่วงบ่าย)

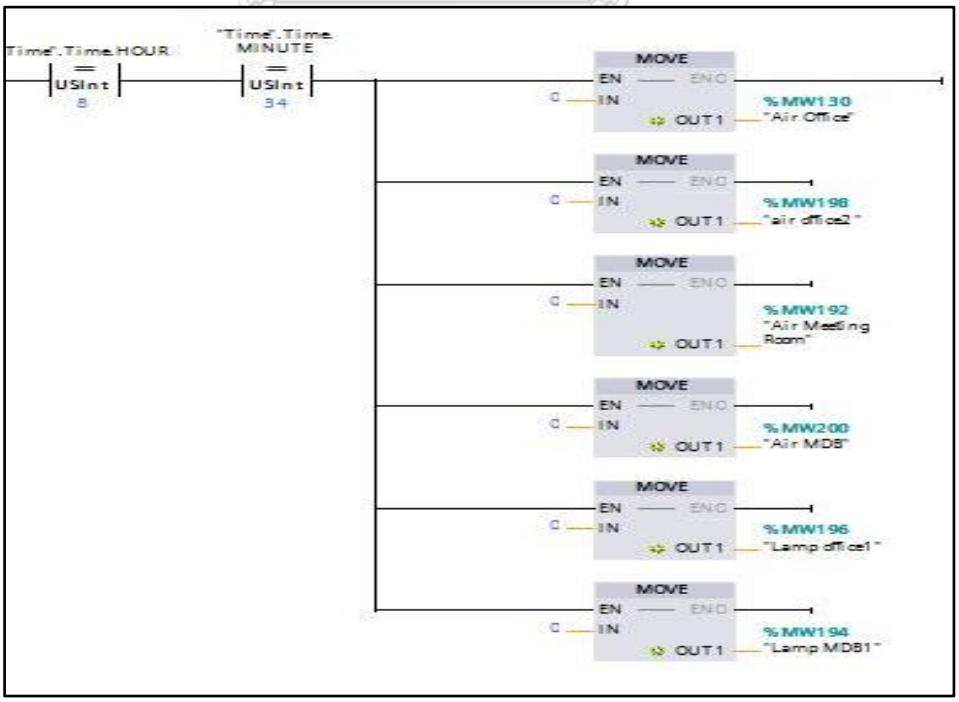
เครื่องใช้ไฟฟ้า	12.30 - 12.45	12.45 - 13.00	13.00 - 13.15	13.15 - 13.30	13.30 - 13.45	13.45 - 14.00	14.00 - 14.15	14.15 - 14.30	14.30 - 14.45	14.45 - 15.00	15.00 - 15.15	15.15 - 15.30	15.30 - 15.45	15.45 - 16.00	16.00 - 16.15	16.15 - 16.30	16.30 - 16.45	16.45 - 17.00
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศห้องประชุม1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศห้องประชุม2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศห้องประชุม3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ: หมายเลข 1 สีเหลือง คือ เครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิที่ 24°C หมายเลข 0 สีเหลือง คือ เครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิที่ 26°C

จากรูปแบบที่กำหนดในตารางที่ 6 และตารางที่ 7 สามารถนำค่ามาลงในโปรแกรม TIA Portal ตั้งแต่เวลา 8.00 น-17.00 น.ได้ดังรูปที่ 4-10 เริ่มเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 8.00 น. และรูปที่ 4-11 สิ้นสุดเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 17.00 น.



รูปที่ 4-10 เริ่มเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 8.00 น.



รูปที่ 4-11 สิ้นสุดเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 17.00 น.

4.2 การสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติอาคาร Work Shop

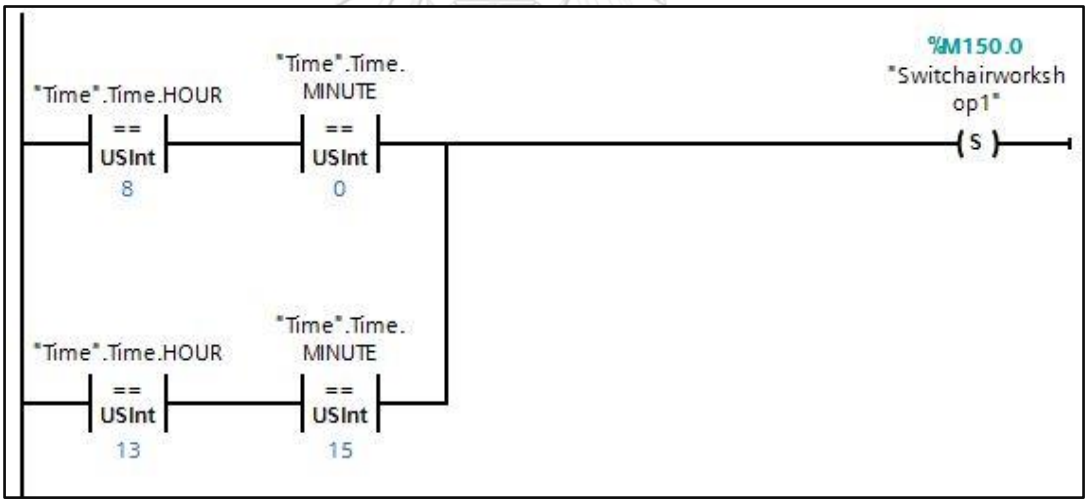
โดยการกำหนดเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติอาคารWork Shop ดังตารางที่ 4 จะสามารถนำมาเขียนลงในโปรแกรมได้ดังนี้

4.2.1 การใช้อัลกอริทึมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอาคาร Work Shop

โดยจากการสำรวจ และสอบถามพนักงานในโรงงานพบว่าอุปกรณ์ที่สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟ จากการวิเคราะห์ และกำหนดลำดับความสำคัญอุปกรณ์ที่ควรเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟของอาคาร Work Shop โดยอ้างอิงจากแนวคิดการควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการสร้าง Flow Chart ดังในรูปที่ 3-3 ข้อมูลการวัดค่าค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุด เฉลี่ยทั้ง 30 วัน

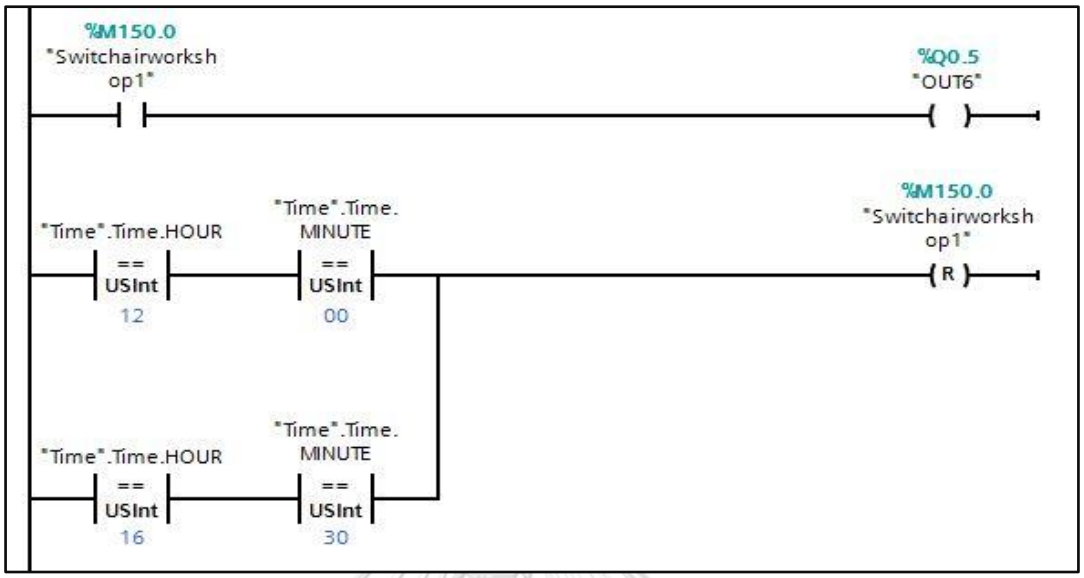
4.2.2 การกำหนดเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติอาคาร

เครื่องปรับอากาศเบอร์1 กำหนดให้เปิดเวลา 8.00 น.และเปิดเวลา 13.15 น.ดังรูปที่ 4-12 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์1 อาคาร Work Shop



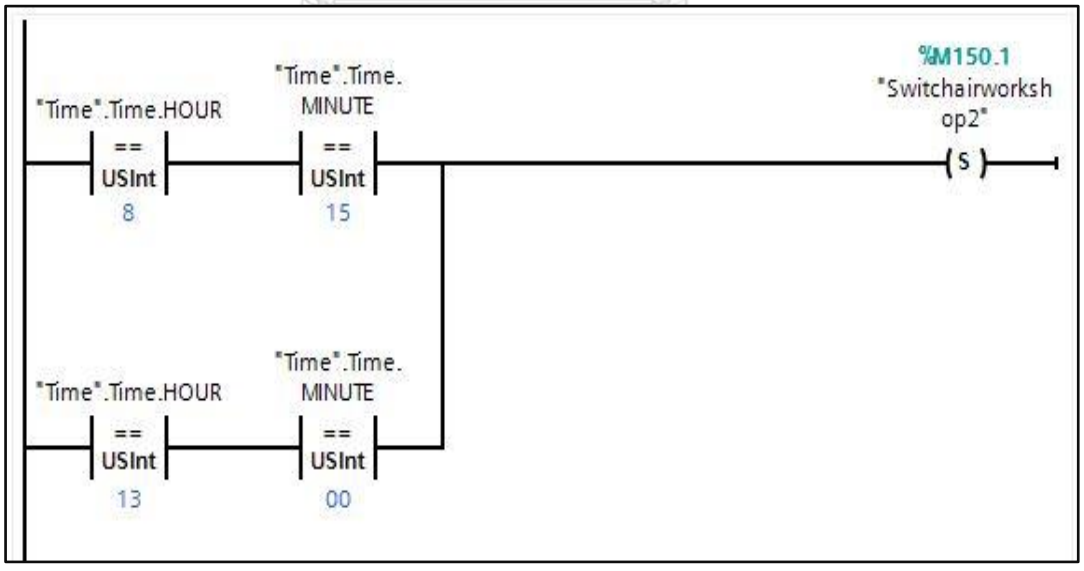
รูปที่ 4-12 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์1 อาคาร Work Shop

เครื่องปรับอากาศเบอร์1 กำหนดให้ปิดเวลา 12.00 น.และปิดเวลา 16.30 น.ดังรูปที่ 4-13 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 อาคาร Work Shop



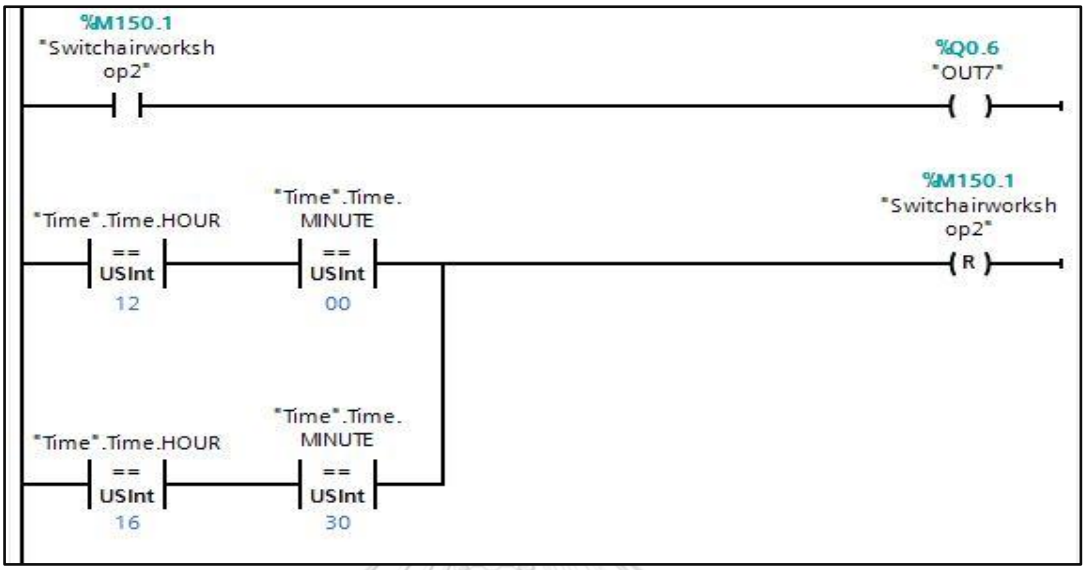
รูปที่ 4-13 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 อาคาร Work Shop

เครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 กำหนดให้เปิดเวลา 8.15 น. และเปิดเวลา 13.00 น.ดังรูปที่ 4-14 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 อาคาร Work Shop



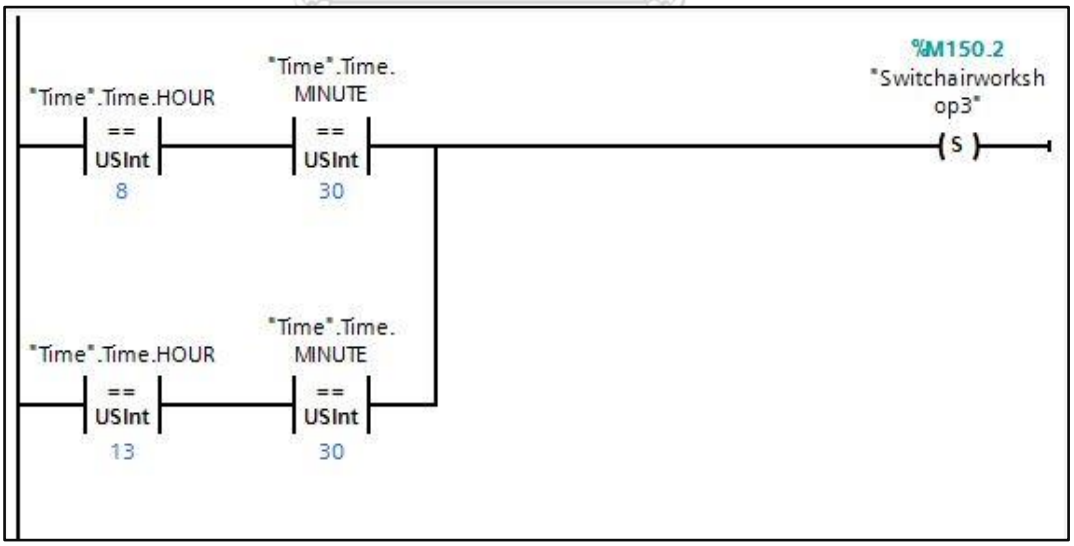
รูปที่ 4-14 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 อาคาร Work Shop

เครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 กำหนดให้ปิดเวลา 12.00 น.และปิดเวลา 16.30 น. ดังรูปที่ 4-15 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 อาคาร Work Shop



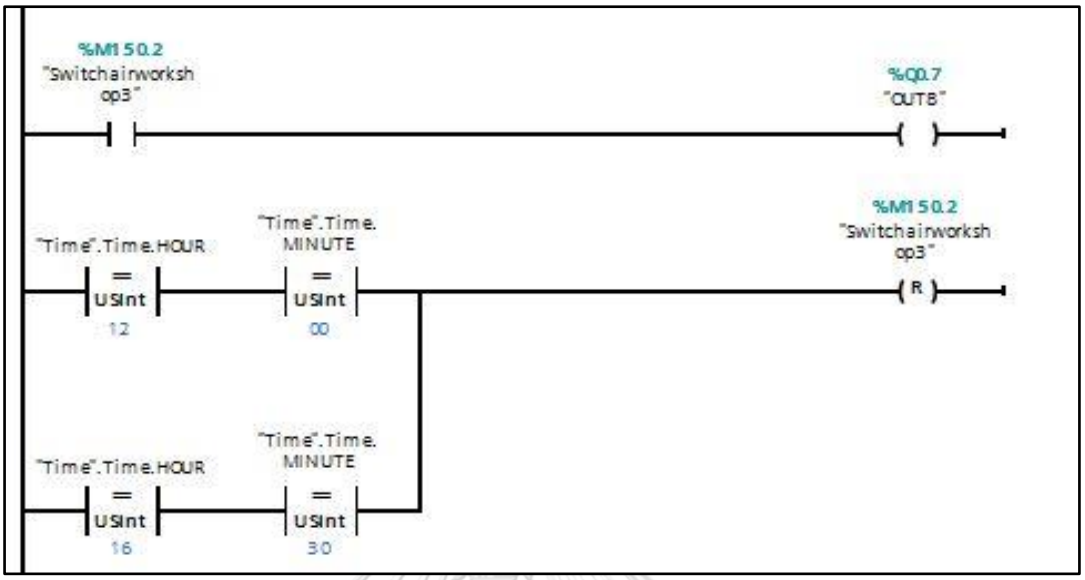
รูปที่ 4-15 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 อาคาร Work Shop

เครื่องปรับอากาศห้อง MDB กำหนดให้เปิดเวลา 8.00 น.และเปิดเวลา 13.30 น. ดังรูปที่ 4-16 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศห้อง MDB อาคาร Work Shop



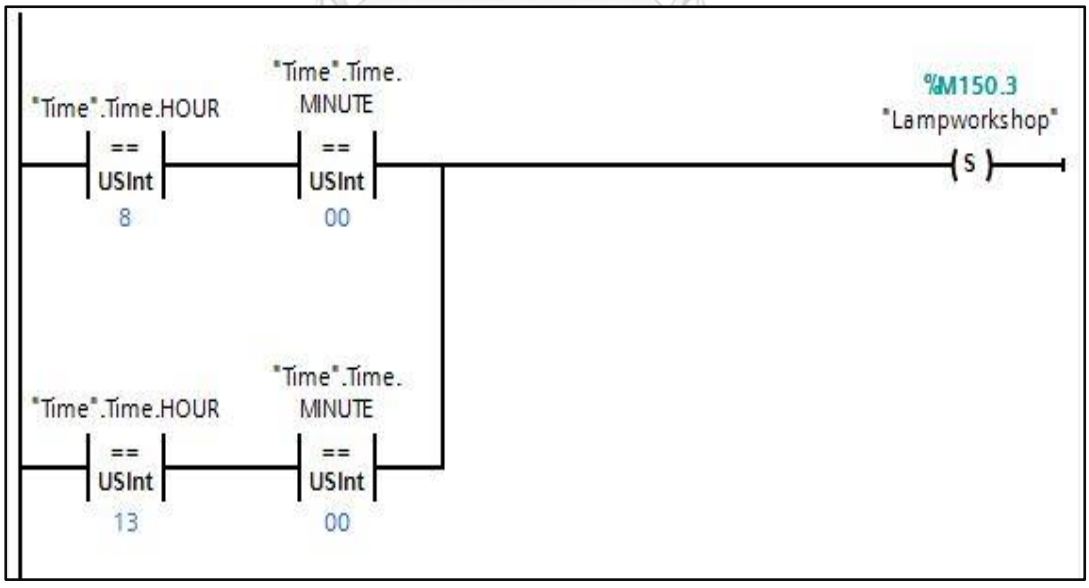
รูปที่ 4-16 คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศห้อง MDB อาคาร Work Shop

เครื่องปรับอากาศห้อง MDB กำหนดให้ปิดเวลา 12.00 น.และปิดเวลา 16.30 น ดังรูปที่ 4-17 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศห้อง MDB อาคาร Work Shop



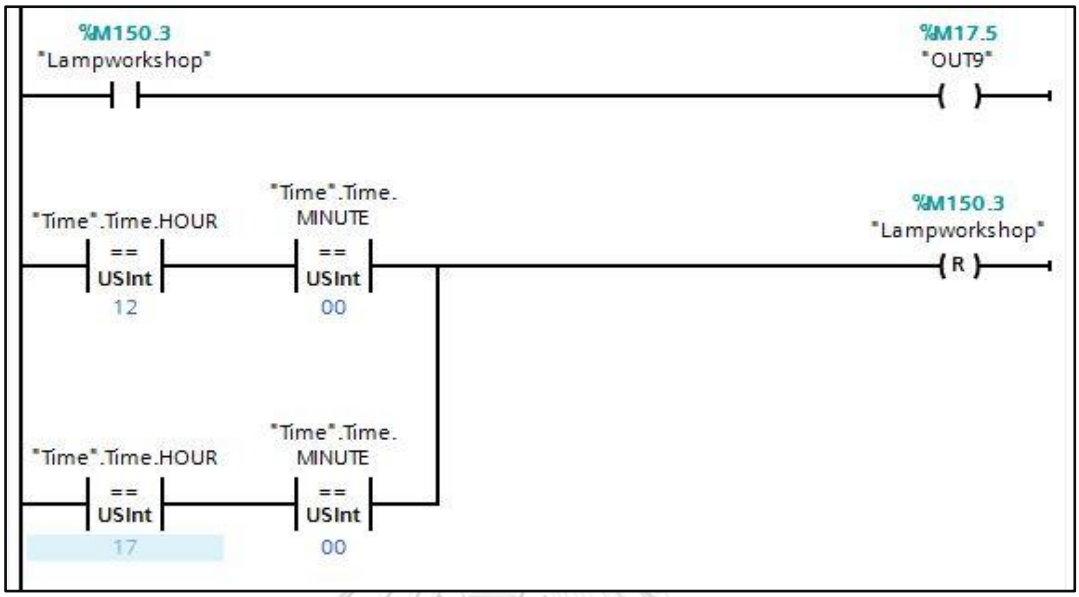
รูปที่ 4-17 คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศห้อง MDB อาคาร Work Shop

หลอดไฟในอาคาร Work Shop กำหนดให้เปิดเวลา 8.00 น.และปิดเวลา 13.00 น. ดังรูปที่ 4-18 คำสั่งเปิดหลอดไฟในอาคาร Work Shop



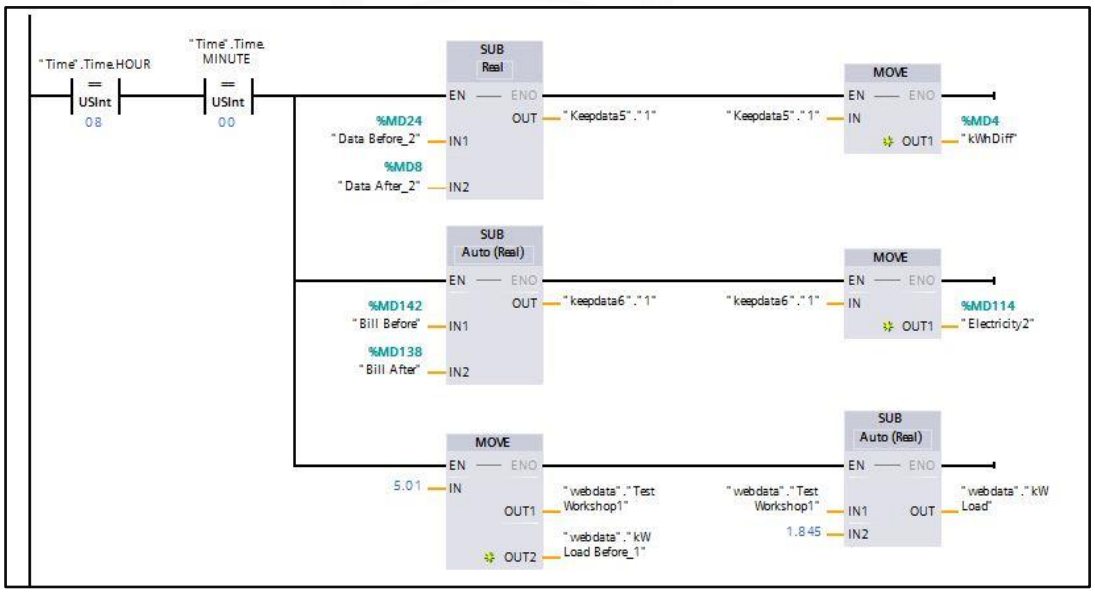
รูปที่ 4-18 คำสั่งเปิดหลอดไฟในอาคาร Work Shop

หลอดไฟในอาคาร Work Shop กำหนดให้ปิดเวลา 12.00 น.และปิดเวลา 17.00 น. ดังรูปที่ 4-19 คำสั่งปิดหลอดไฟในอาคาร Work Shop



รูปที่ 4-19 คำสั่งปิดหลอดไฟในอาคาร Work Shop

กราฟค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยดัง รูปที่ 3-16 ทั้ง 5 ช่วงเวลาอาคาร Work Shop นำมาเขียนลงในโปรแกรม TIA Portal ดังรูปที่ 4-20 ที่เวลา 8.00 น.-17.00 น ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 5.01 กิโลวัตต์



รูปที่ 4-20 นำค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าลงในโปรแกรม TIA Portal

ตารางที่ 8 จำลองการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคาร Work Shop (ช่วงเช้า)

เครื่องใช้ไฟฟ้า	8.00-8.15	8.15-8.30	8.30-8.45	8.45-9.00	9.00-9.15	9.15-9.30	9.30-9.45	9.45-10.00	10.00-10.15	10.15-10.30	10.30-10.45	10.45-11.00	11.00-11.15	11.15-11.30	11.30-11.45	11.45-12.00	12.00-12.15	12.15-12.30
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศห้องประชุม	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศห้อง MDB	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
หลอดไฟบริเวณตู้เอกสาร	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
หลอดไฟห้อง MDB	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ: หมายเลข 1 สีเหลือง คือ เครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิที่ 24°C หมายเลข 0 สีเหลือง คือ เครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิที่ 26°C

หมายเลข 1 สำหรับหลอดไฟ คือ มีการเปิดใช้งาน หมายเลข 0 สำหรับหลอดไฟ คือ มีการปิดใช้งาน

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

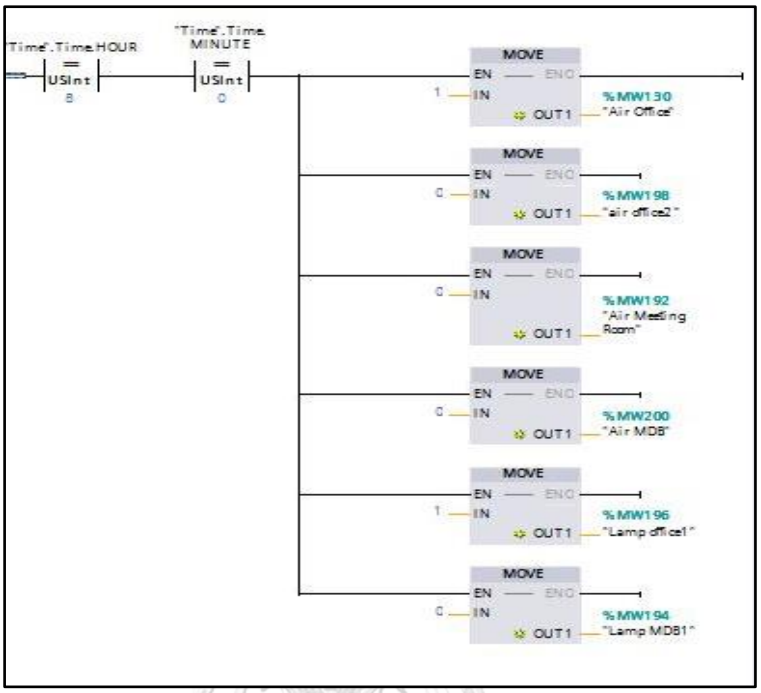
ตารางที่ 9 จำลองการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคาร Work Shop (ช่วงบ่าย)

เครื่องใช้ไฟฟ้า	12.30-12.45	12.45-13.00	13.00-13.15	13.15-13.30	13.30-13.45	13.45-14.00	14.00-14.15	14.15-14.30	14.30-14.45	14.45-15.00	15.00-15.15	15.15-15.30	15.30-15.45	15.45-16.00	16.00-16.15	16.15-16.30	16.30-16.45	16.45-17.00
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศเบอร์ 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศห้องประชุม	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องปรับอากาศห้อง MDB	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
หลอดไฟบริเวณตู้เอกสาร	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
หลอดไฟห้อง MDB	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

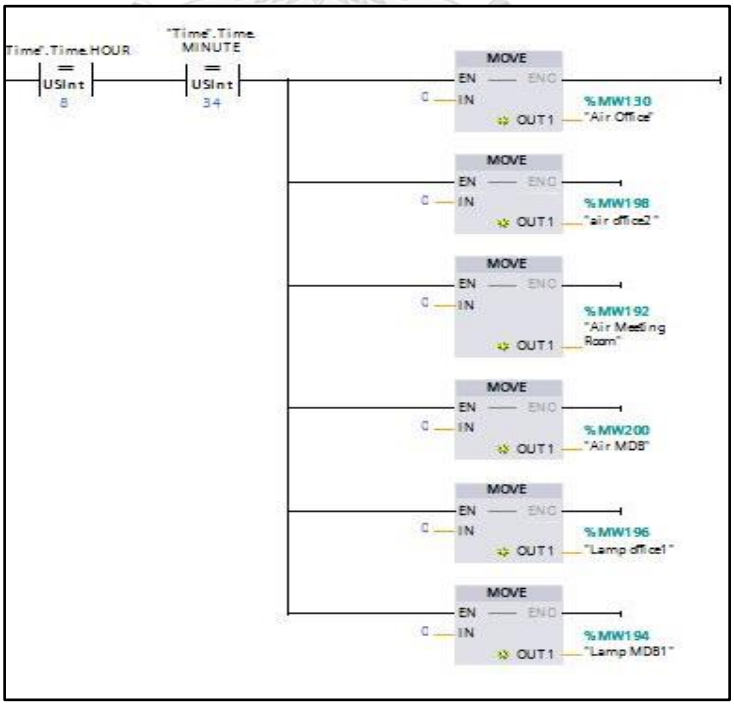
หมายเหตุ: หมายเลข 1 สีเหลือง คือ เครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิที่ 24°C หมายเลข 0 สีเหลือง คือ เครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิที่ 26°C

หมายเลข 1 สำหรับหลอดไฟ คือ มีการเปิดใช้งาน หมายเลข 0 สำหรับหลอดไฟ คือ มีการปิดใช้งาน

จากรูปแบบที่กำหนดในตารางที่ 8 สามารถนำค่ามาลงในโปรแกรม TIA Portal ตั้งแต่เวลา 8.00 น-17.00 น.ได้ดังรูปที่ 4-21 เริ่มเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 8.00 น.



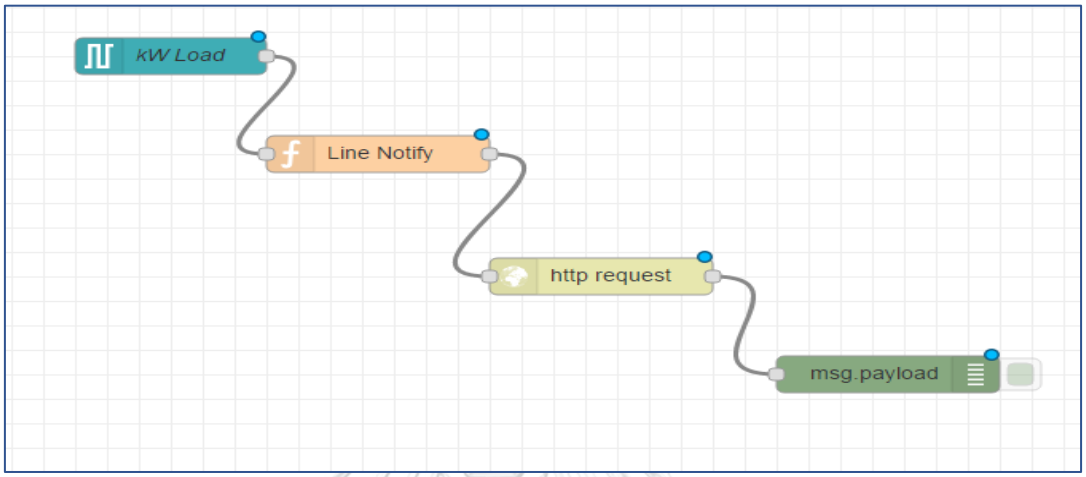
รูปที่ 4-21 เริ่มเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 8.00 น.



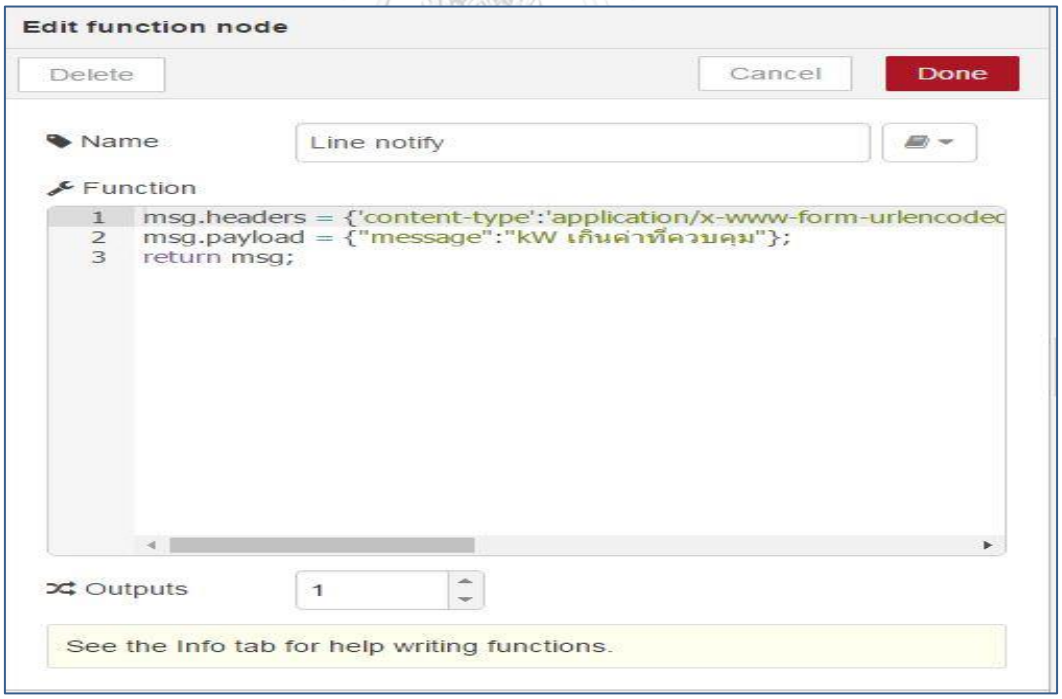
รูปที่ 4-22 สิ้นสุดเวลาการจำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ 17.00 น.

4.3 ระบบแจ้งเตือนทาง Line Notify

จะใช้ Node-Red ในการสร้างฟังชันให้แจ้งเตือนไปยังไลน์ผู้ใช้งานเมื่อค่าเกินกว่ากิโลวัตต์ที่กำหนด โดยจะใช้ฟังชัน S7 ในการรับค่าจาก S7-1200 รูปที่ 4-23 รูปแบบการส่งข้อความแจ้งเตือนใน Node-Red

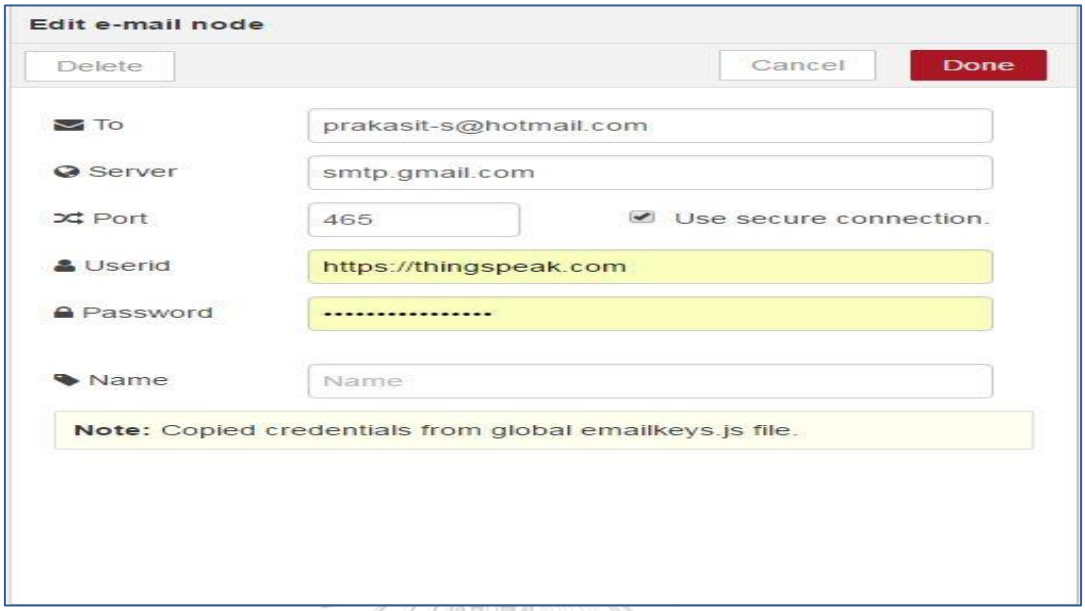


รูปที่ 4-23 รูปแบบการส่งข้อความแจ้งเตือนใน Node-Red

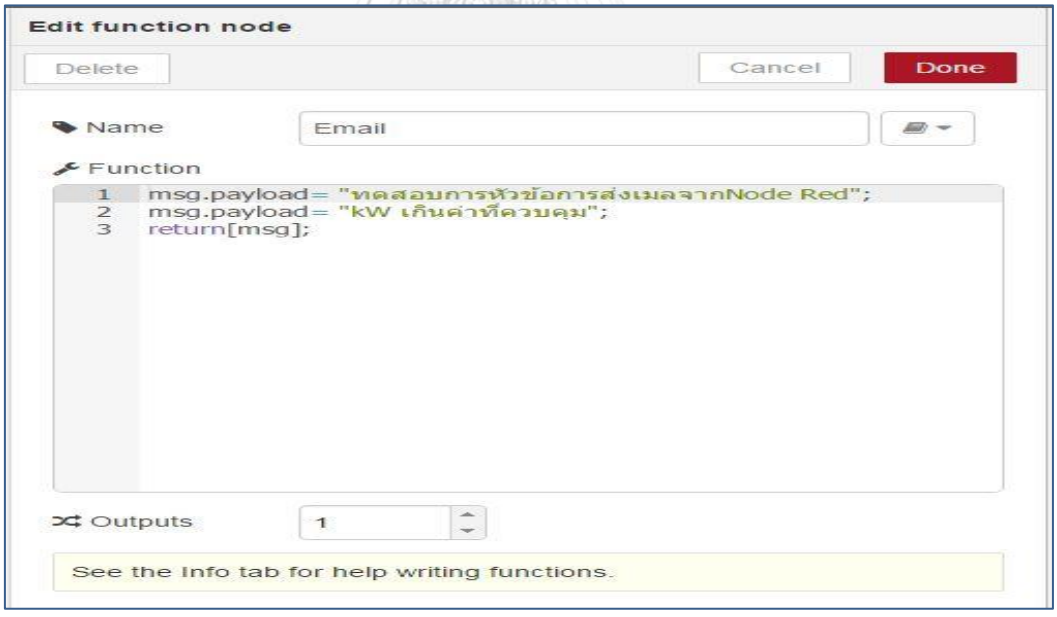


รูปที่ 4-24 การสร้างฟังก์ชันให้แจ้งเตือนทาง Line notify เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม

4.4 ระบบแจ้งเตือนทาง Email

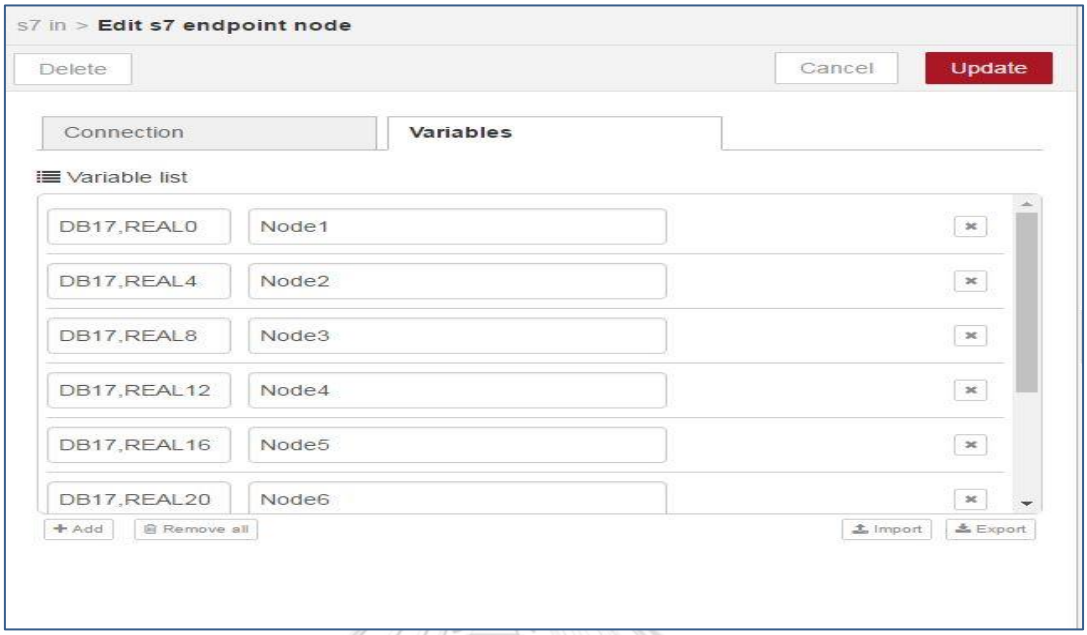


รูปที่ 4-25 รูปแบบการกำหนดค่าแจ้งเตือนทาง Email โดยใช้ Gmail

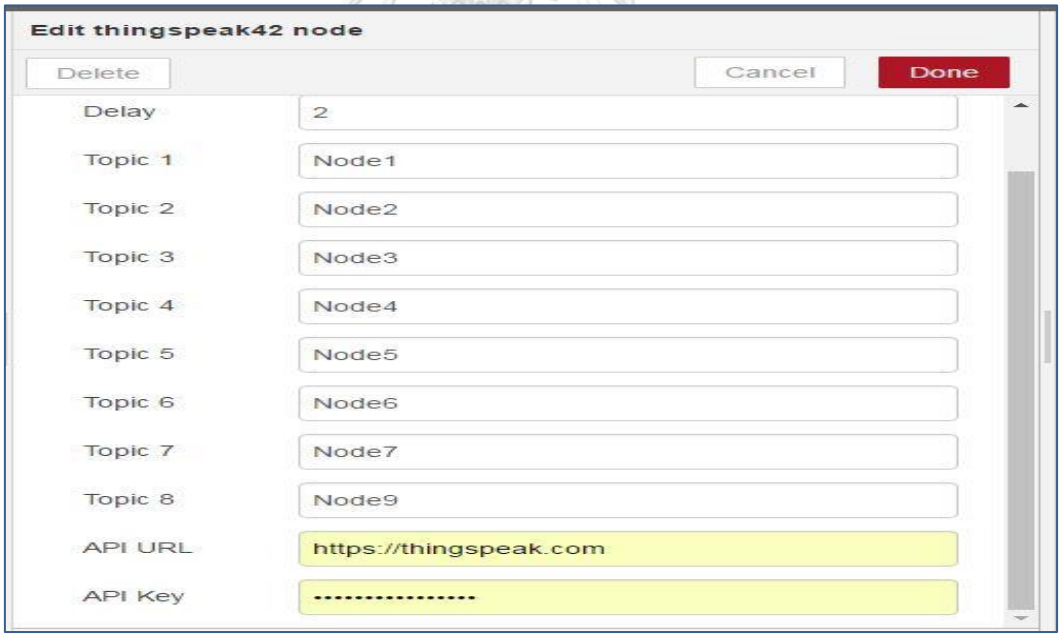


รูปที่ 4-26 การสร้างฟังก์ชันให้แจ้งเตือนทาง Email เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม

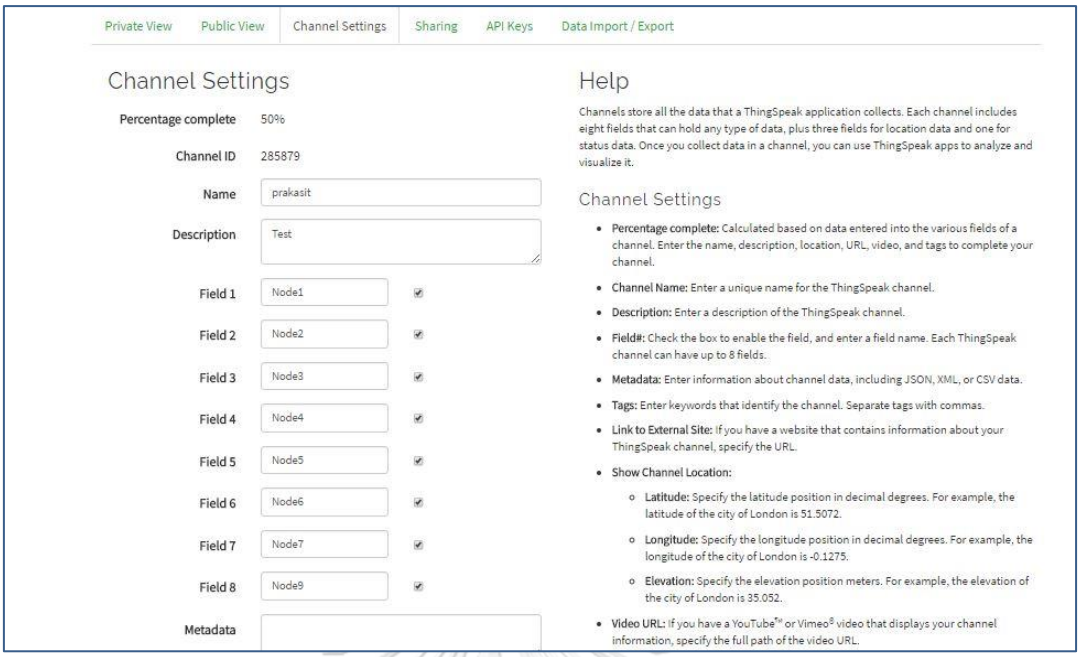
4.5 การตั้งค่าในส่วนของ ThinkSpeak ใน Node Red



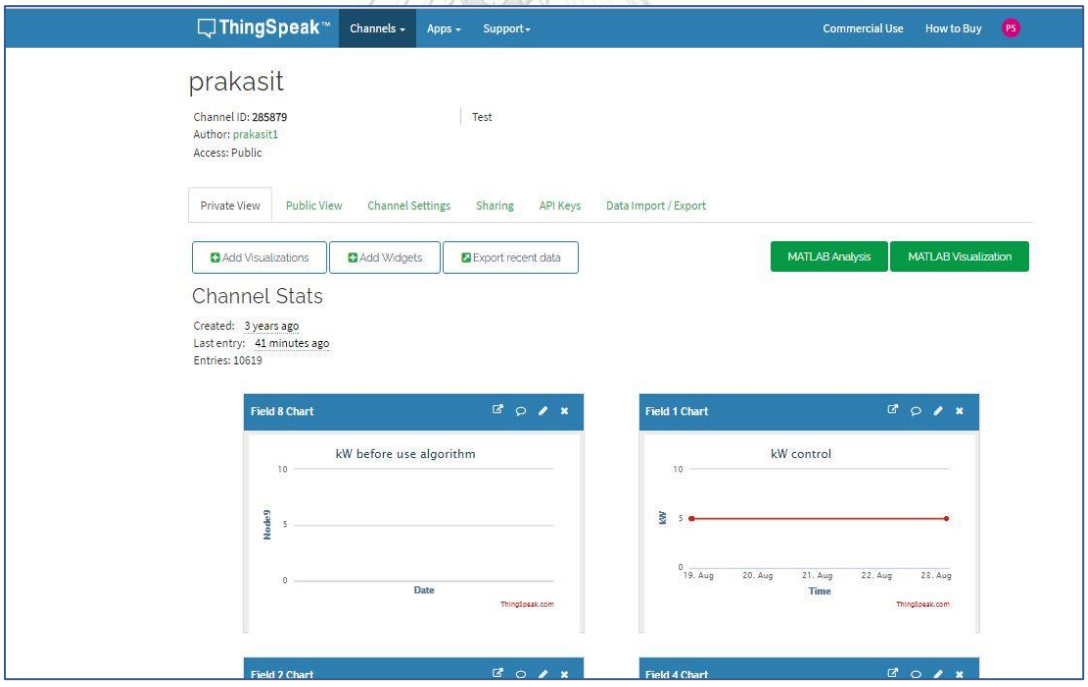
รูปที่ 4-27 สร้างตัวแปรเพื่อรับค่าจาก S7-1200



รูปที่ 4-28 สร้างตัวแปรเพื่อรับค่าจากฟังก์ชัน S7



รูปที่ 4-29 สร้างตัวแปรเพื่อรับค่า Node-Red IoT2040



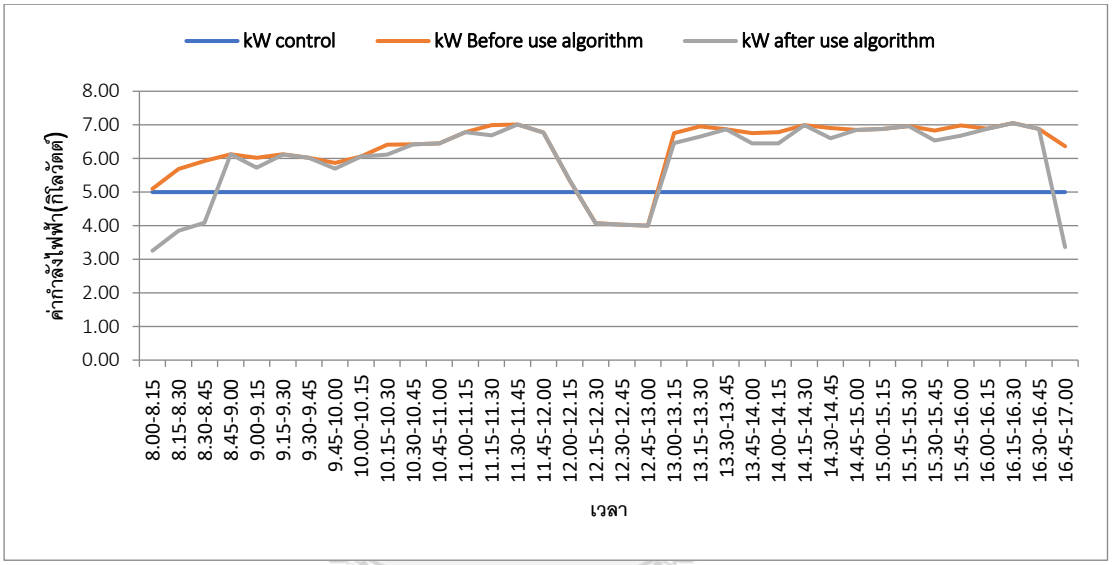
รูปที่ 4-30 กำหนดค่าตัวแปรให้ตรงกับ S7-1200

บทที่ 5

การทดสอบ

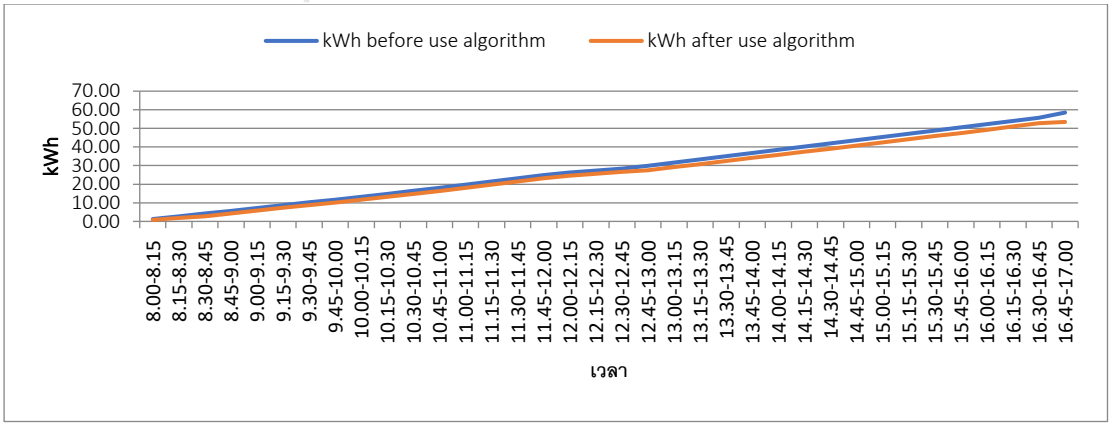
5.1 ทดสอบกับอาคารสำนักงาน

การทดสอบโดยการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าไม่ให้เกิน 5 กิโลวัตต์ (ค่า 5 กิโลวัตต์ได้จากค่าเฉลี่ยจาก Data before) โดยใช้ 2 เงื่อนไข คือ ตั้งเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติ และควบคุมการทำงานตามระบบต้นแบบ

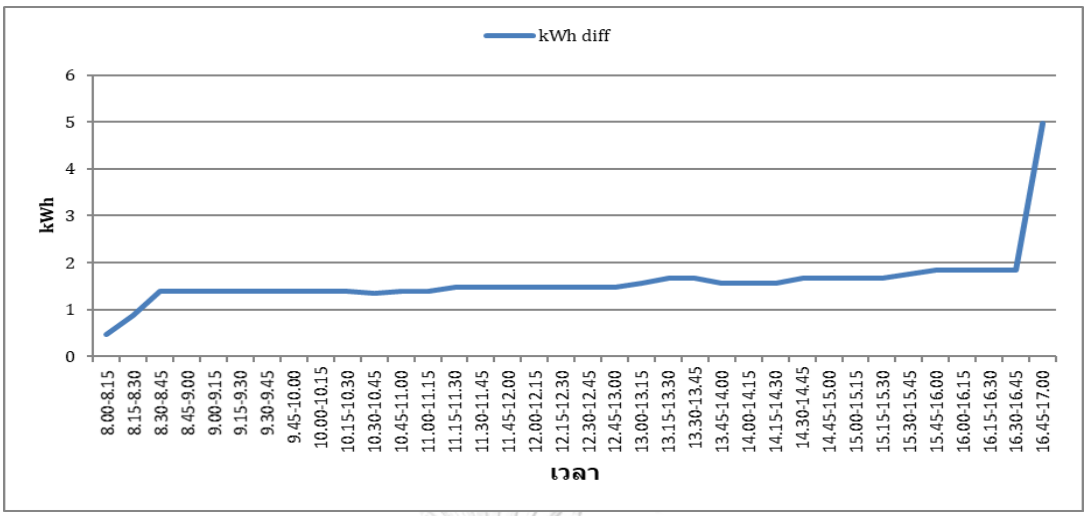


รูปที่ 5-1 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



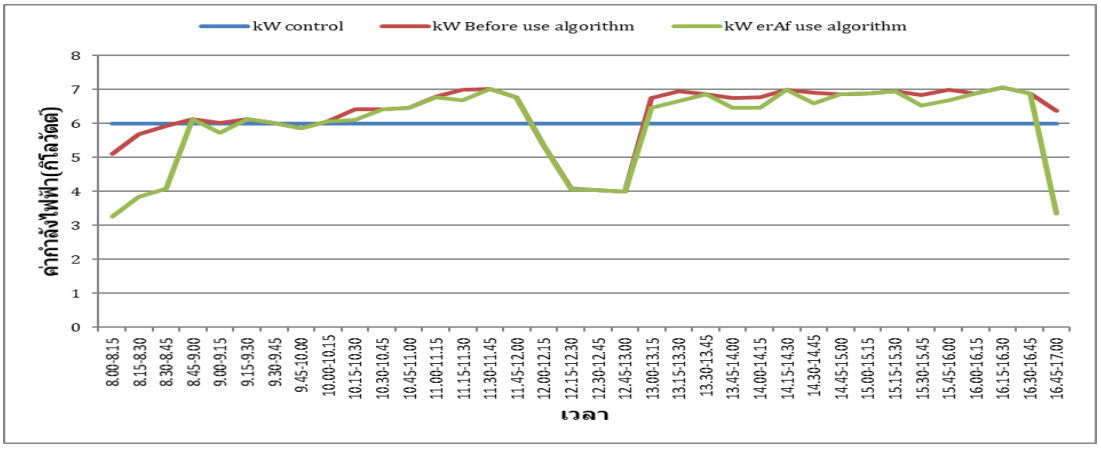
รูปที่ 5-2 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ



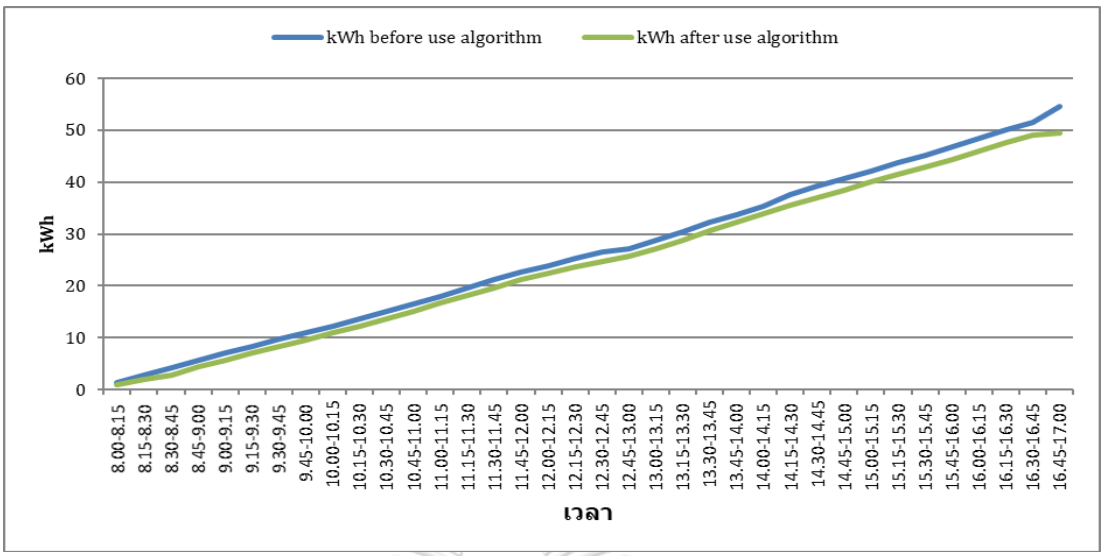
รูปที่ 5-3 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 5-1 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ ถึงรูปที่ 5-3 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลาพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าภายหลังจากถูกควบคุมโดยระบบต้นแบบโดยใช้ค่าควบคุมที่ 5 กิโลวัตต์ แล้วพบว่าการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งวันมีค่าต่ำลงแต่ยังไม่ต่ำกว่าค่าควบคุมทั้งหมด เนื่องจากระบบสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้เฉพาะส่วนที่ เมื่อควบคุมแล้วจะไม่เกิดผลกระทบกับผู้ใช้งาน ซึ่งระบบจะมีคำเตือนแจ้งไปยังผู้ใช้งานหากค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุมจากรูปที่ 5-2 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบและหลังผ่านระบบต้นแบบ ผลต่างของค่าพลังงานที่ได้จากจากการควบคุมด้วยระบบต้นแบบจะช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ 5.05 หน่วยต่อวัน

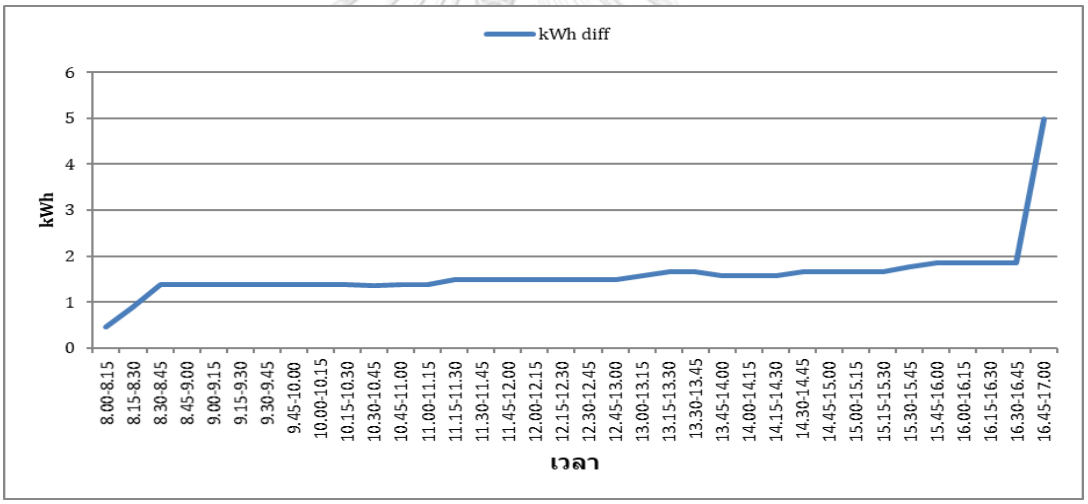
ทดสอบโดยการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าไม่ให้เกิน 6 กิโลวัตต์ โดยใช้ 2 เงื่อนไข คือ ตั้งเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติ และควบคุมการทำงานตามระบบต้นแบบ



รูปที่ 5-4 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ



รูปที่ 5-5 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ



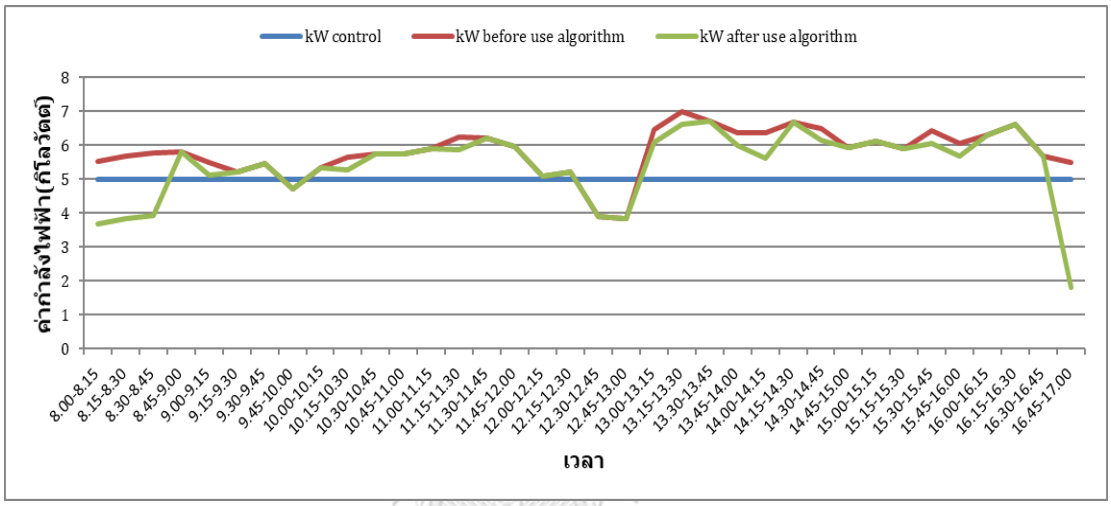
รูปที่ 5-6 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 5-4 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ ถึงรูปที่ 5-6 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่มีภายหลังจากถูกควบคุมโดยระบบต้นแบบที่ค่าควบคุมที่ 6 กิโลวัตต์ แล้วพบว่าการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งวันมีค่าต่ำลงแต่ยังไม่ต่ำกว่าค่าควบคุมทั้งหมด เนื่องจากระบบสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้เฉพาะส่วนที่ เมื่อควบคุมแล้วจะไม่เกิดผลกระทบกับผู้ใช้งาน ซึ่งระบบจะมีคำเตือนแจ้งไปยังผู้ใช้งานหากค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม จากรูปที่ 5-5 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบรูปที่ 5-4 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และ

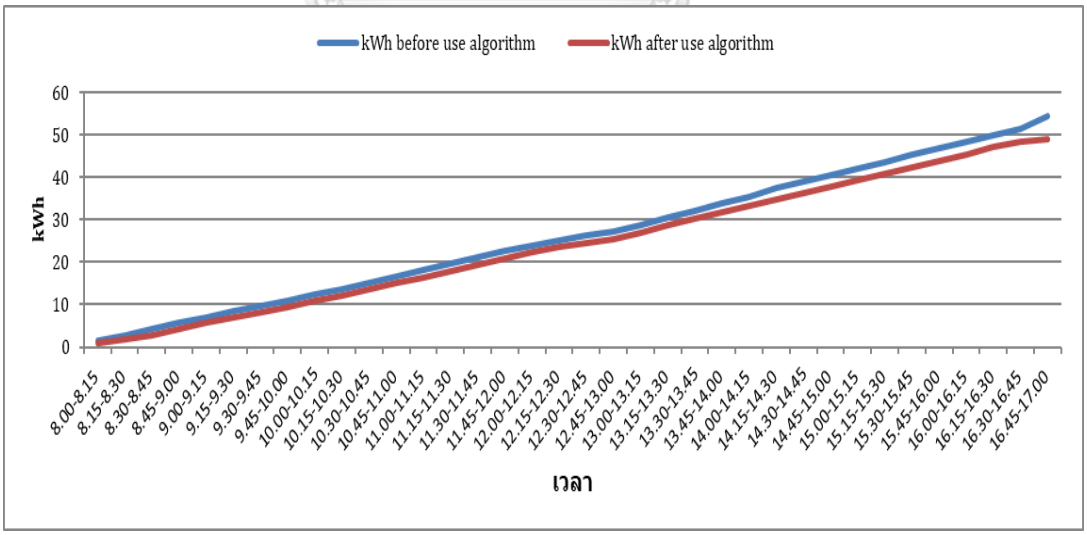
หลังผ่านระบบต้นแบบ ผลต่างของค่าพลังงานที่ได้จากจากการควบคุมด้วยระบบต้นแบบจะช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ 5 หน่วยต่อวัน

5.2 ทดสอบกับอาคาร Work Shop

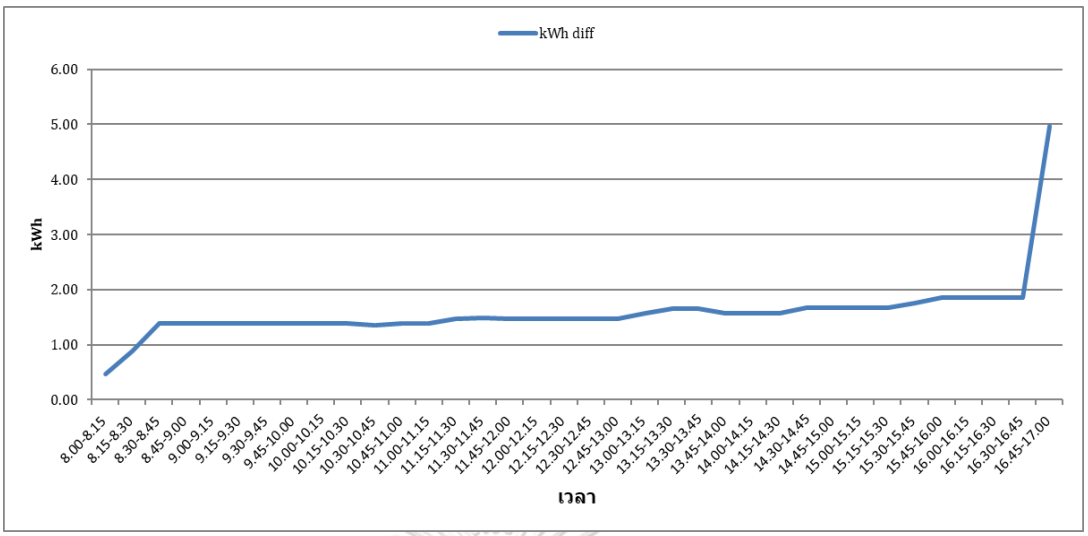
ทดสอบโดยการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าไม่ให้เกิน 4 กิโลวัตต์ (ค่า 4 กิโลวัตต์ ได้จากค่าเฉลี่ยจาก Data Before) โดยใช้ 2 เงื่อนไขคือตั้งเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติ และควบคุมการทำงานตามระบบต้นแบบ



รูปที่ 5-7 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ



รูปที่ 5-8 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ



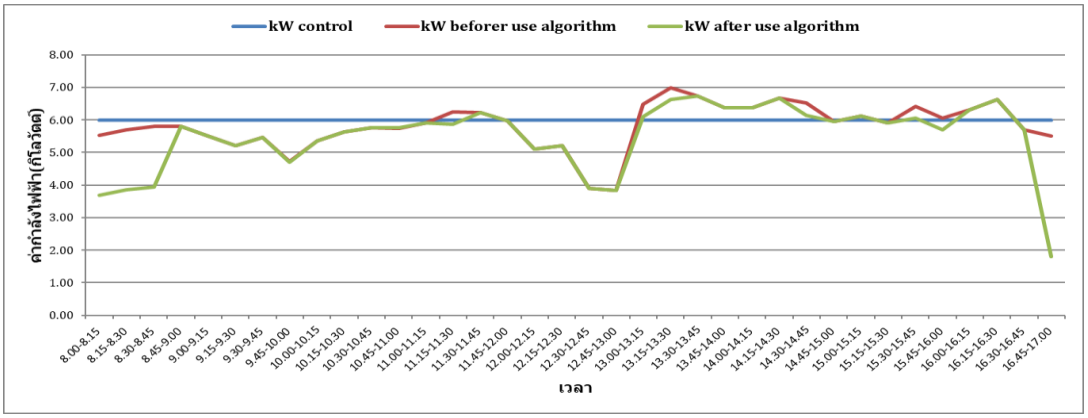
รูปที่ 5-9 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 5-7 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ ถึงรูปที่ 5-9 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่มีภายหลังจากถูกควบคุมโดยระบบต้นแบบที่ค่าควบคุมที่ 5 กิโลวัตต์ แล้วพบว่าการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งวันมีค่าต่ำลงแต่ยังไม่ต่ำกว่าค่าควบคุมทั้งหมด เนื่องจากระบบสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้เฉพาะส่วนที่ เมื่อควบคุมแล้วจะไม่เกิดผลกระทบกับผู้ใช้งาน ซึ่งระบบจะมีคำเตือนแจ้งไปยังผู้ใช้งานหากค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม จากรูปที่ 5-8 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบและหลังผ่านระบบต้นแบบ ผลต่างของค่าพลังงานที่ได้จากจากการควบคุมด้วยระบบต้นแบบจะช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ 5.52 หน่วยต่อวัน

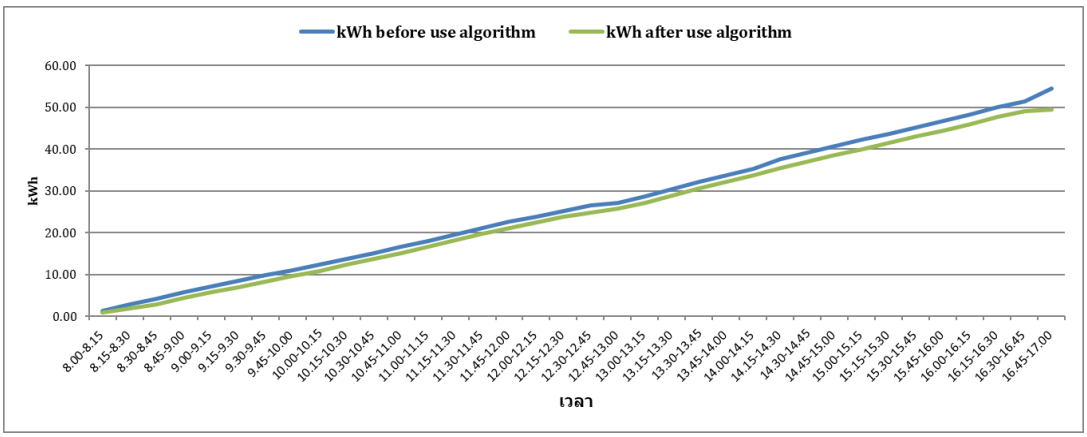
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.1 ทดสอบโดยการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าไม่ให้เกิน 5 กิโลวัตต์

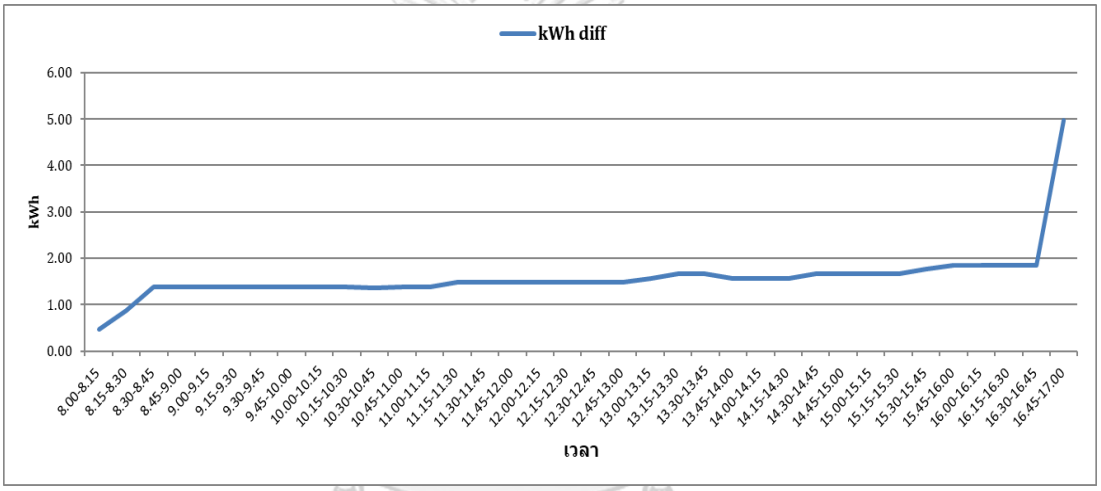
โดยใช้ 2 เงื่อนไขคือตั้งเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติ และควบคุมการทำงานตามระบบต้นแบบ



รูปที่ 5-10 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ



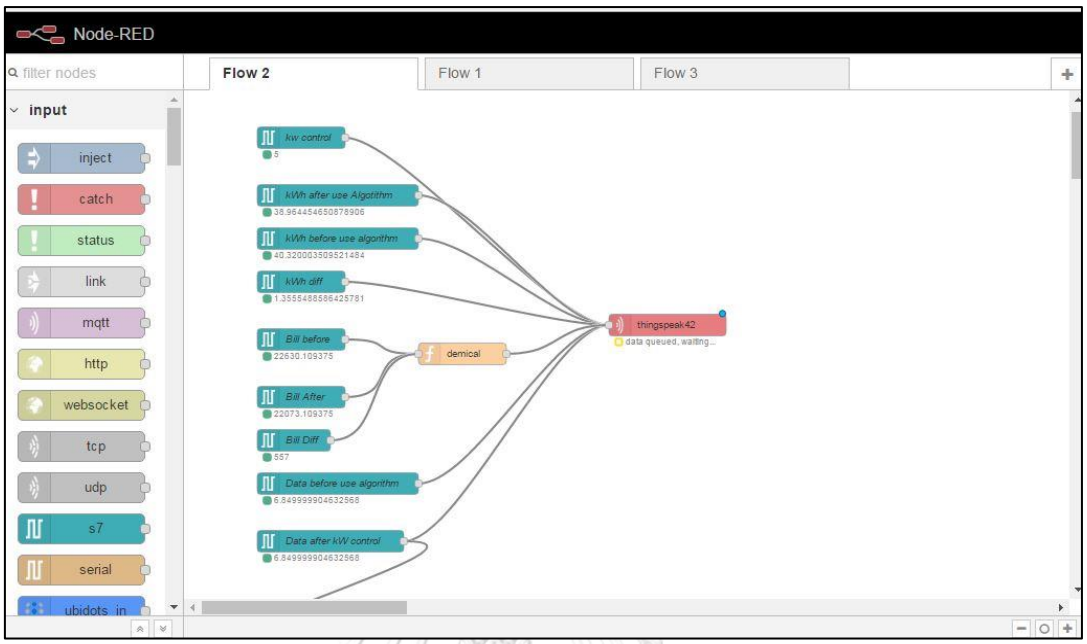
รูปที่ 5-11 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ



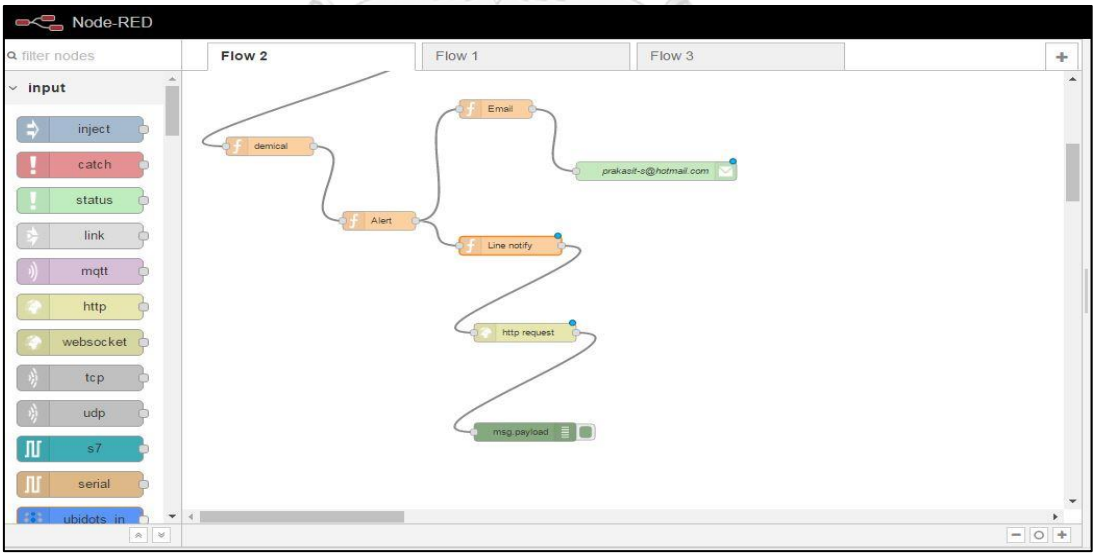
รูปที่ 5-12 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 5-10 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบถึง รูปที่ 5-12 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลาพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่มีภายหลังจากถูกควบคุมโดยระบบต้นแบบที่ค่าควบคุมที่ 6 กิโลวัตต์ แล้วพบว่าการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งวันมีค่าต่ำลงแต่ยังไม่ต่ำกว่าค่าควบคุมทั้งหมด เนื่องจากระบบสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้เฉพาะส่วนที่ เมื่อควบคุมแล้วจะไม่เกิดผลกระทบกับผู้ใช้งาน ซึ่งระบบจะมีคำเตือนแจ้งไปยังผู้ใช้งานหากค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม จากรูปที่ 5-11 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ รูปที่ 5-12 กราฟเปรียบเทียบผลต่างค่าพลังงานไฟฟ้าเทียบกับเวลา ผลต่างของค่าพลังงานที่ได้จากการควบคุมด้วยระบบต้นแบบจะช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ 4.97 หน่วยต่อวัน

5.3 การทดสอบการส่งค่าจากอุปกรณ์ S7-1200 ไปยัง IoT2040 โดยใช้ Node Red ในการเขียนโปรแกรมรับค่า



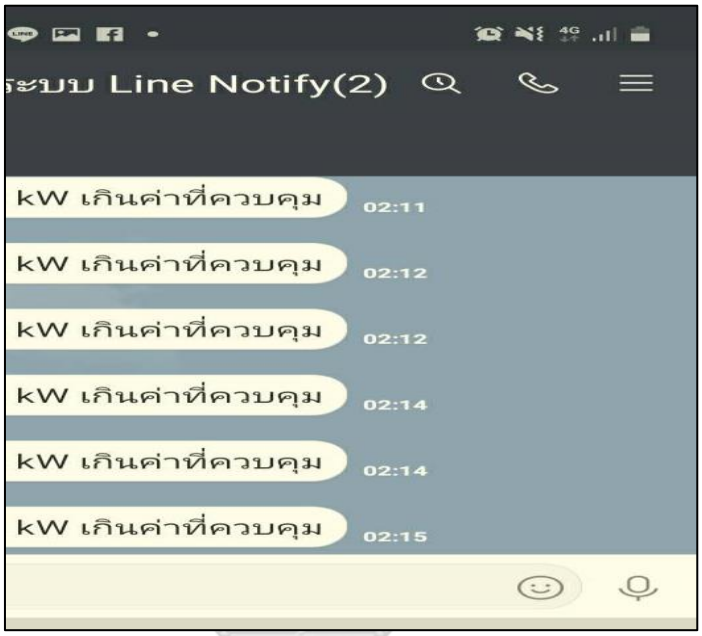
รูปที่ 5-13 นำค่าพลังงานจาก S7-1200 มาเก็บที่ IoT2040 เพื่อนำค่าขึ้นสู่ระบบ ThingSpeak Cloud



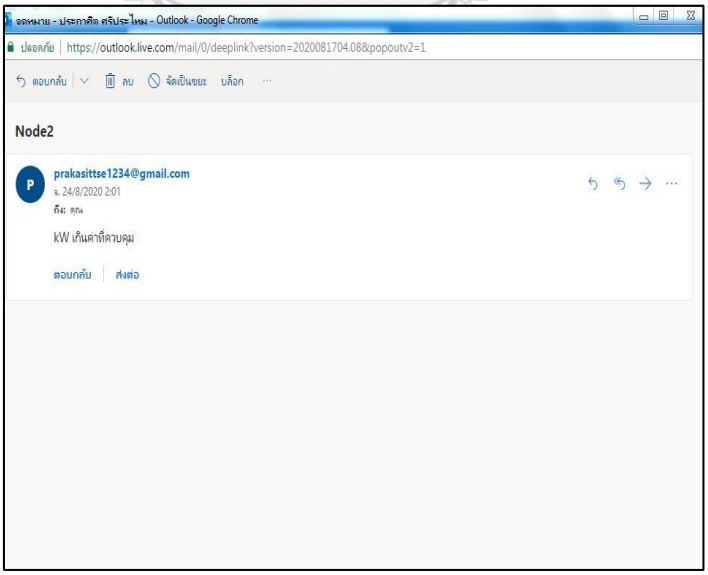
รูปที่ 5-14 ทดสอบการนำค่าพลังงานเชื่อมต่อกับ Line Notify และ Email

5.3.1 ผลการทดสอบระบบแจ้งเตือนทาง Line Notify และการแจ้งเตือนทาง Email

ระบบจะแจ้งเตือนไปยัง Token ที่ได้ดำหนดใน Node-Red ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการแจ้งเตือนเป็นแบบตามค่าตัวเลขที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือตามเวลาที่กำหนด และEmail การแจ้งเตือนสามารถเปลี่ยนเป็นเมลล์อื่นได้ตามที่ต้องการ



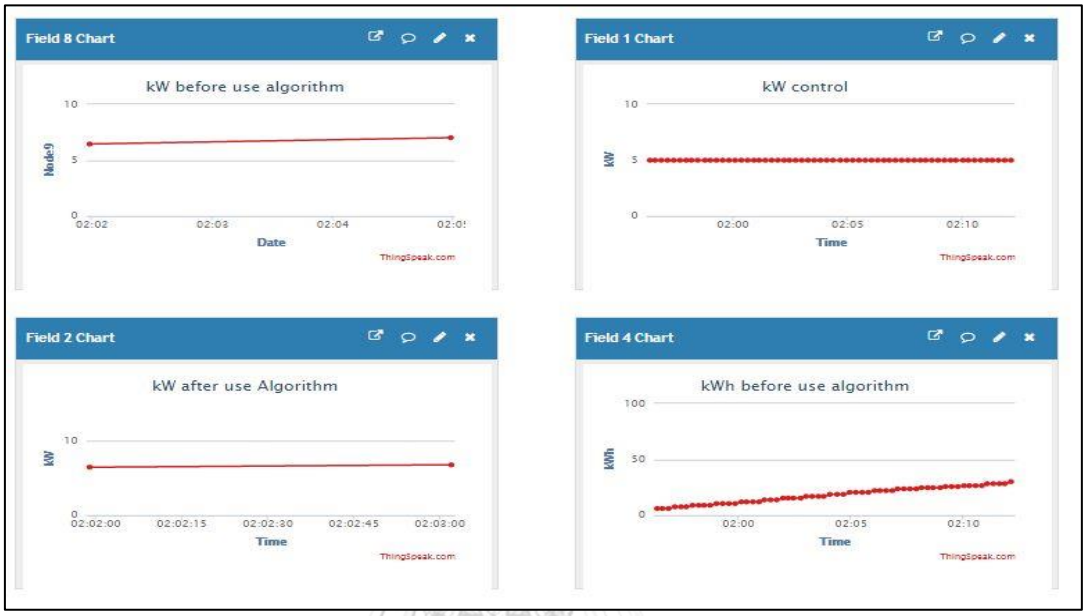
รูปที่ 5-15 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนทางระบบ Line Notify เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม



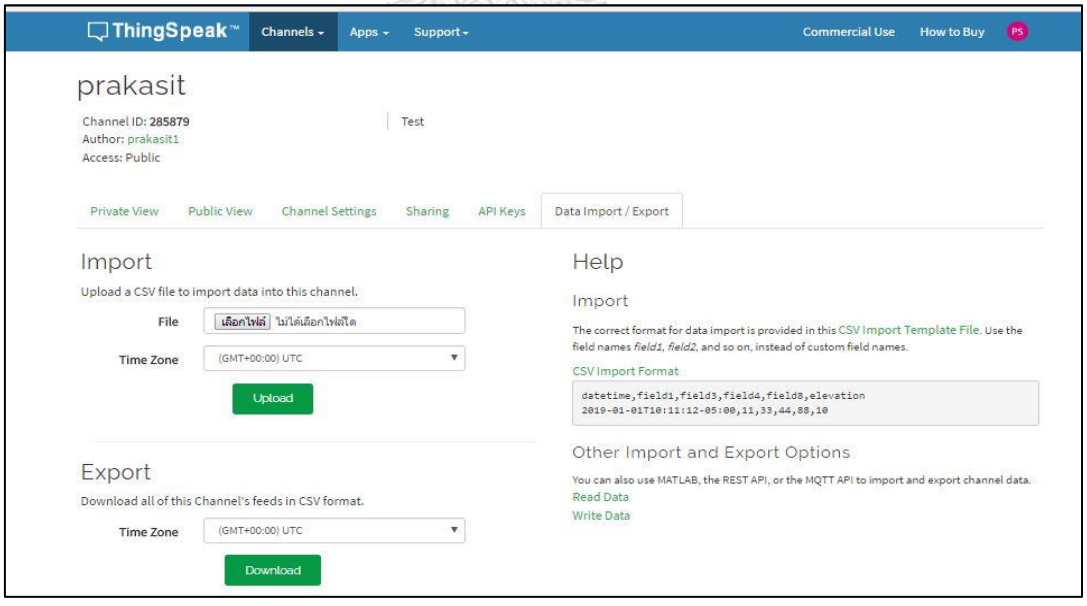
รูปที่ 5-16 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนทาง Email เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าควบคุม

5.3.2 ผลการทดสอบการมอนิเตอร์ผ่านระบบ ThinkSpeak Cloud

ค่าตัวแปรที่ปรากฏใน ThinkSpeak Cloud จะตรงกับค่าใน Web server ของ S7-1200 ซึ่งสามารถมอนิเตอร์ได้ทั้ง 2 รูปแบบ



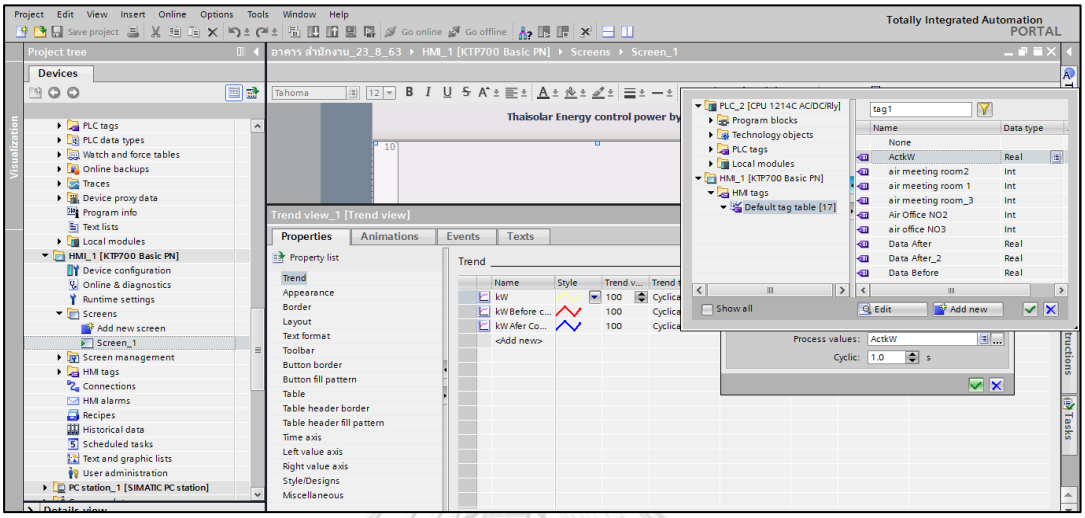
รูปที่ 5-17 ค่าพลังงานทางไฟฟ้าแสดงบน ThinkSpeak Cloud



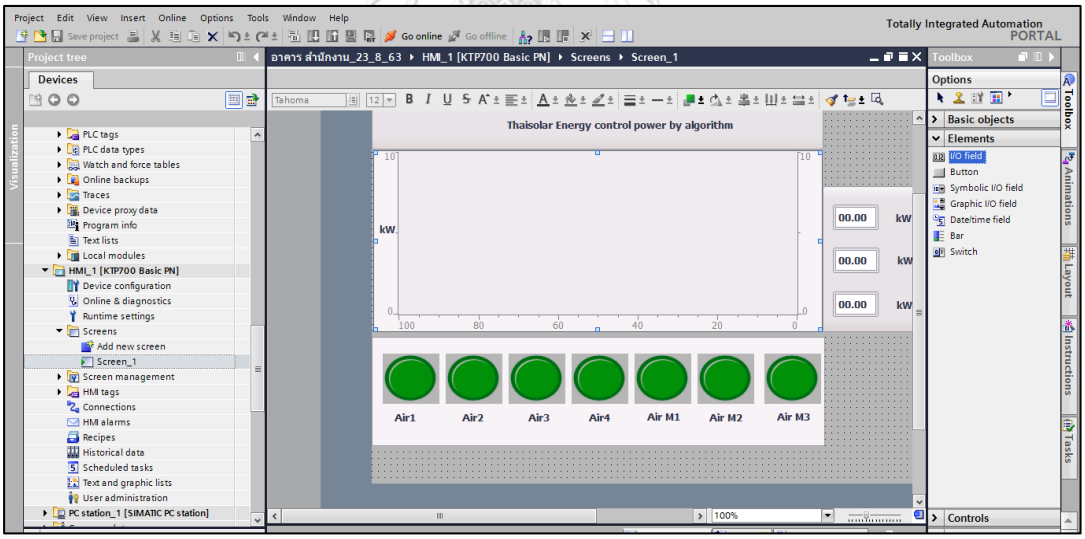
รูปที่ 5-18 สามารถ Down load ข้อมูลเป็น csv File บน ThinkSpeak Cloud

5.3.3 ผลการทดสอบการมอนิเตอร์ผ่าน HMI

หน้าจอ HMI เป็นการนำค่าพลังงานมาเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถมอนิเตอร์ระบบหรือควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบนี้ได้



รูปที่ 5-19 การตั้งค่าในส่วนของ HMI



รูปที่ 5-20 การแสดงผลในส่วน HMI

5.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

5.4.1 วิเคราะห์ผลอาคารสำนักงาน

จากรูปที่ 5-1 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่มีภายหลังจากถูกควบคุมโดยระบบต้นแบบที่ค่าควบคุมที่ 5 กิโลวัตต์ แล้วพบว่าการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งวันมีค่าต่ำลงแต่ยังไม่ต่ำกว่าค่าควบคุมทั้งหมด ซึ่งตามการใช้งานจริงของอาคารสำนักงานค่ากำลังไฟฟ้าของโหลดค่อนข้างคงที่ ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงยกเว้นมีการใช้งานห้องประชุมหรือจังหวะที่เครื่องปรับอากาศเริ่มทำงานพร้อมกัน และจากการจำลองเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในตารางที่ 7 จำลองการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน (ช่วงบ่าย) ซึ่งมีการใช้งานน้อยเพื่อจำลองให้เหมือนสภาพการใช้งานจริง ทำให้กราฟที่ได้มีความแตกต่างน้อยตามลำดับ จากรูปที่ 5-4 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ ถึงรูปที่ 5-5 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่มีภายหลังจากถูกควบคุมโดยระบบต้นแบบที่ค่าควบคุมที่ 6 กิโลวัตต์ มีค่าน้อยกว่าการควบคุมที่ 5 กิโลวัตต์ ดังตารางที่ 10 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการการทดสอบค่ากำลังไฟฟ้ากับอาคารสำนักงาน

ตารางที่ 10 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการการทดสอบค่ากำลังไฟฟ้ากับอาคารสำนักงาน

ค่ากำลังไฟฟ้าที่ควบคุม (กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนใช้ระบบต้นแบบ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน)	ค่าพลังงานไฟฟ้าหลังใช้ระบบต้นแบบ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน)	ผลต่างค่าพลังงาน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน)
ควบคุมที่ 5	58.50	53.45	5.05
ควบคุมที่ 6	58.50	53.50	5.00

Chulalongkorn University

5.4.2 วิเคราะห์ผลอาคาร Work Shop

จากรูปที่ 5-8 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ ถึงรูปที่ 5-11 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนผ่านระบบต้นแบบ และหลังผ่านระบบต้นแบบ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่มีภายหลังจากถูกควบคุมโดยระบบต้นแบบที่ค่าควบคุมที่ 5 กิโลวัตต์ มีค่ามากกว่าค่าควบคุมที่ 6 กิโลวัตต์ เนื่องจากค่า 6 กิโลวัตต์ สูงกว่าค่ากำลังของโหลดการใช้งาน และจากหน้างานจริงอาคาร Work Shop จะมีพนักงานทั้งส่วนสำนักงาน และพนักงานช่างใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายประเภทซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้ค่าโหลดกำลังการใช้งานไม่คงที่เหมือน

อาคารสำนักงาน เมื่อนำมาทดสอบกับระบบควบคุมการใช้งานทำให้ได้ค่าพลังงานที่แตกต่างมากกว่าอาคารสำนักงานดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการการทดสอบค่ากำลังไฟฟ้ากับอาคาร Work Shop

ค่ากำลังไฟฟ้าที่ควบคุม (กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนใช้ระบบต้นแบบ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน)	ค่าพลังงานไฟฟ้าหลังใช้ระบบต้นแบบ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน)	ผลต่างค่าพลังงาน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน)
ควบคุมที่ 5	54.50	49.98	5.52
ควบคุมที่ 6	54.50	48.53	4.97

5.4.3 วิเคราะห์ผลทดสอบการส่งข้อมูลจาก S7-1200 มาที่ IoT2040

ค่าพลังงานที่ได้รับใน IoT 2040 ตรงกับค่าที่แสดงใน Web Server ของ S7-1200 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลถูกต้อง และสามารถนำค่าเหล่านั้นมาเขียนฟังก์ชันเพื่อใช้งานกับระบบอื่นๆของ IoT 2040 ได้ง่าย

5.4.4 วิเคราะห์ผลการทดสอบส่งการแจ้งเตือนทาง Line Notify และการแจ้งเตือนทาง Email

ระบบสามารถส่งข้อความได้ตามที่กำหนดคือเมื่อมีค่าพลังงานเกินค่าที่ควบคุมระบบจะแจ้งเตือนทันที และจะส่งข้อความเพียงแค่ครั้งเดียว และจะส่งอีกครั้งเมื่อมีค่าพลังงานเกินค่าที่กำหนดหรือสามารถกำหนดเป็นเวลาให้ส่งตามที่กำหนดได้ การแจ้งเตือนนี้อุปกรณ์ IoT 2040 จะต้องมีสัญญาณอินเทอร์เนตเชื่อมต่อตลอดเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.4.5 วิเคราะห์ผลการมอนิเตอร์ และเก็บข้อมูลที่ ThingSpeak Cloud

ข้อมูลที่แสดงในระบบ ThingSpeak Cloud ตรงกับค่าที่แสดงใน Web Server ของ S7-1200 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลถูกต้อง และสามารถเข้าดูข้อมูลได้ทุกที่ที่มีสัญญาณอินเทอร์เนต รวมถึงสามารถ Download ข้อมูลผ่านทางระบบ Cloud ได้ ทำให้ผู้ใช้สะดวกในการใช้งาน

บทที่ 6
บทสรุป

6.1 บทสรุป

การลดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าไฟฟ้านั้น มีความสำคัญต่อทุกองค์กรเนื่องจากค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าก็เป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนในการดำเนินกิจการขององค์กร นำมาซึ่งแนวคิดในการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อจัดการ และควบคุมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า และแสงสว่างเพื่อลดค่าไฟฟ้าและส่งผลให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการจัดการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า และไม่กระทบต่อการทำงานของพนักงาน

วิทยานิพนธ์นี้ได้พัฒนาระบบควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงานแบบอัตโนมัติ โดยได้ใช้ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ได้จากการสำรวจอาคารของบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) มาใช้ในการทดลอง โดยแบ่งการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าออกเป็น 2 แบบหลักๆ กล่าวคือ การตั้งเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติ การควบคุมโดยใช้ระบบต้นแบบ ซึ่งการควบคุมอัตโนมัติทั้งสองแบบสามารถทำงานร่วมกันได้ทำให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารแบบอัตโนมัติมากขึ้น และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้นด้วยรวมถึงมีระบบที่สามารถมอนิเตอร์ค่าพลังงานไฟฟ้าจากระยะไกลทำให้ผู้ใช้สะดวกในการรับรู้ค่าพลังงาน

ระบบดังกล่าวทดสอบโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (PLC) ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลและแสดงผลออกทางเว็บเพจ เมื่อนำมาทดสอบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้จริงพบว่าสามารถช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ 151.1 หน่วยต่อเดือน หรือคิดเป็น 8.63% หน่วยใช้ไฟเดิมของอาคารสำนักงาน และ 165.6 หน่วยต่อเดือนหรือคิดเป็น 10.1% หน่วยใช้ไฟเดิมของอาคาร Work Shop และยังมีระบบให้คำแนะนำผู้ใช้งานในการควบคุมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าขณะที่ค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าที่กำหนดรวมถึงระบบมอนิเตอร์จากระยะไกล ซึ่งในบริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) มีการใช้งานโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (PLC) นี้อยู่แล้ว จึงเป็นเรื่องที่ง่ายต่อการประยุกต์เพื่อต่อใช้งานจริงเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและให้บริษัทไทยโซล่าร์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) ได้เห็นถึงแนวทาง และวิธีที่จะช่วยในการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อไป

6.2 ข้อเสนอแนะ

ต่อยอดโดยการต่ออุปกรณ์เพิ่มเพื่อให้ระบบใช้งานได้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Uncategorized References

[1] PEA. (2561). โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า. Available: https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/Rate2015Update.pdf?ver=2018-10-02-111212-590

[2] I. Lampropoulos, W. Kling, P. Ribeiro, and J. van den Berg, "History of demand side management and classification of demand response control schemes, IEEE Power & Energy Society General Meeting," ed: IEEE, 2013.

[3] สันติ อัศวศรีพงศ์ธร, คู่มือประหยัดพลังงานชุดการจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า. กรุงเทพฯ ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย 2533, 2533.

[4] มานพ แจ่มกระจ่าง, "ศึกษาทางเลือกการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมเพื่อการประหยัดพลังงาน A Study to Find the Optimum Air-conditioner Temperature that is Comfortable and Consuming Minimum Power," vol. 18, no. 1, pp. 75-88, 2006.

[5] อดิเทพ สุธรรมภาวดี, "การประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าในอาคารสำนักงานโดยการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้ากรณีศึกษา: อาคาร ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย," จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

[6] H. Salih, H. Abdelwahab, and A. Abdallah, "Automation design for a syrup production line using Siemens PLC S7-1200 and TIA Portal software," in 2017 International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE), 2017, pp. 1-5: IEEE.

[7] S.-I. Toc and A. Korodi, "Modbus-OPC UA Wrapper using Node-RED and IoT-2040 with application in the water industry," in 2018 IEEE 16th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), 2018, pp. 000099-000104: IEEE.

[8] M. Gautam, S. Raviteja, S. Sivanesh, and R. Mahalakshmi, "Data Acquisition For Residential Energy Management Employing IoT Using ThingSpeak," in 2019 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP), 2019, pp. 272-276: IEEE.

[9] S. Orzechowski, A. Malcher, and A. Pułka, "Real-Time Control and Data Acquisition of Dust Research Combustion Chamber Using HMI Panel," in 2018

International Conference on Signals and Electronic Systems (ICSES), 2018, pp. 295-300: IEEE.

[10] วนัสนันท์ ฟุ้งสิริรัตน์, "การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบจัดการ และควบคุมพลังงานแบบอัตโนมัติภายในบ้านบนพื้นฐานพฤติกรรมของผู้ ใช้พลังงานไฟฟ้า," จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2559.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายประกาศิต ศรีประไหม
วัน เดือน ปี เกิด	3 สิงหาคม 2528
สถานที่เกิด	อ.เขาวง จ.กาฬสินธุ์
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	กรุงเทพมหานคร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University