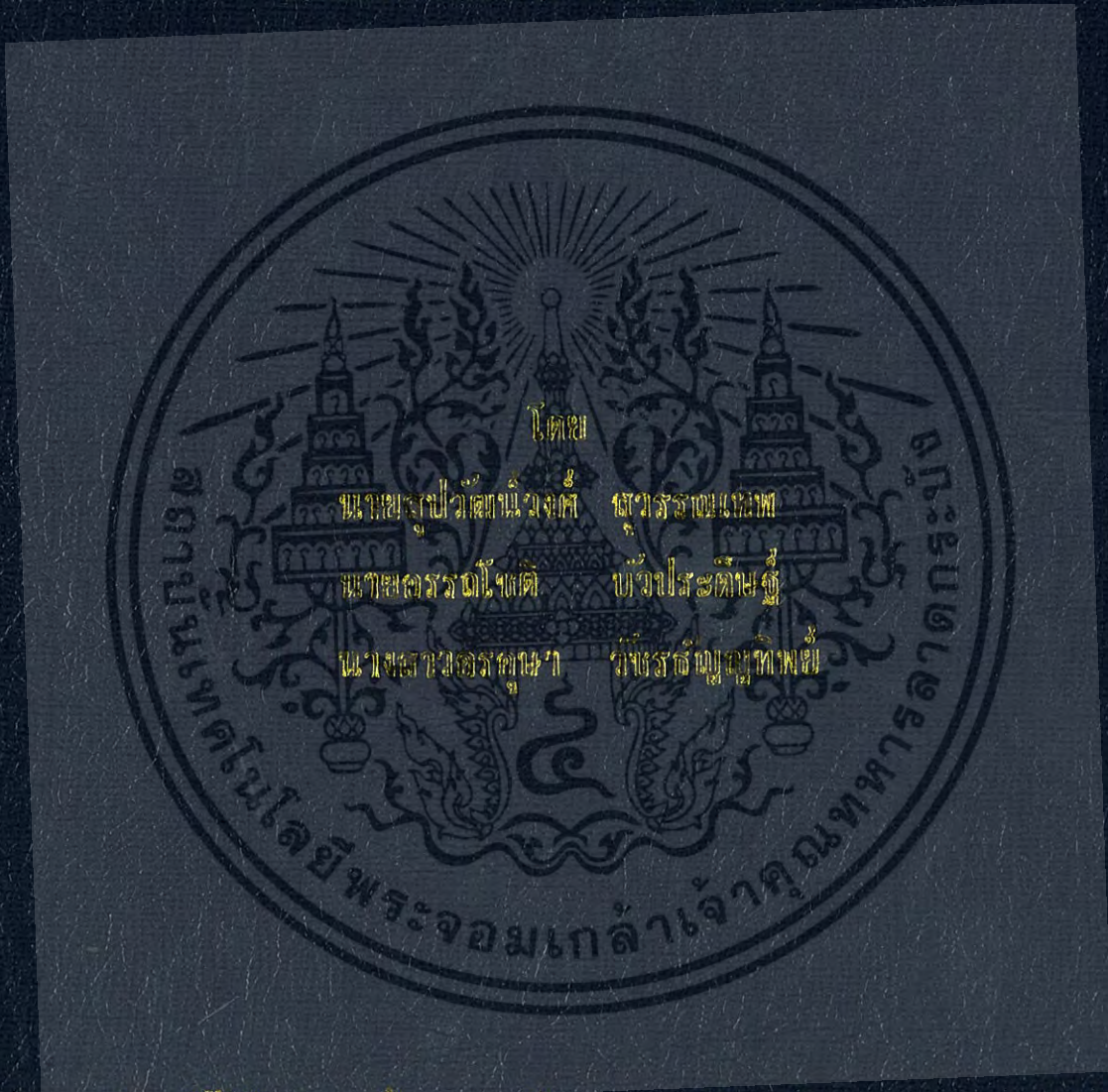


ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

SMART ENERGY MANAGEMENT



ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

การบริหารจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด  
SMART ENERGY MANAGEMENT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SMART ENERGY MANAGEMENT



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT  
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2560

การบริหารจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด  
SMART ENERGY MANAGEMENT



อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ คำฝอย

อาจารย์ชัยทัต มณีอินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การบริหารจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด

ผู้จัดทำ

1. นายสุวัฒน์วงศ์ สุวรรณเทพ
2. นายอรรถโชติ บัวประดิษฐ์
3. นางสาวอรุษา วิชรธัญญทิพย์



..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
( รองศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ คำฝอย )

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
( อาจารย์ชัยทัต มณีอินทร์ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การบริหารจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด

นายสุวัฒน์วงศ์ สุวรรณเทพ  
นายอรรถโชติ บัวประดิษฐ์  
นางสาวอรุษา วัชรธัญญทิพย์  
รศ.ดร.สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา  
อ.ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2560

### บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเกี่ยวกับการบริหารจัดการพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนนั้น เครื่องปรับอากาศจะส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับโหลดแสงสว่าง และโหลดอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการบริหารจัดการพลังงานไม่เพียงจะช่วยประหยัดพลังงานเท่านั้น แต่ยังให้ความรู้สึกสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งานอีกด้วย ดังนั้นเราจึงมีการพัฒนาฟังก์ชันสำหรับการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมขึ้นมา โดยอาศัยการตรวจจับของเซนเซอร์ลักษณะต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และการเคลื่อนไหว เป็นต้น โดยจะถูกนำมาใช้ทำงานร่วมกัน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในการปรับอุณหภูมิเพื่อควบคุมเครื่องปรับอากาศให้ได้ผลตามความต้องการ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเว็บไซต์ ซึ่งใช้ Arduino Mega 2560 และ NodeMCU ESP8266 สำหรับเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ด้วยเทคนิคการควบคุมที่ได้นำเสนอไปทั้งหมดนี้จะถูกนำมาใช้ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศขนาด 57,000 BTU จำนวนสองเครื่อง ผลการทดลองนี้เห็นได้ว่าระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่ได้นำเสนอไปนั้นสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ถึง 23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบทั่วไป ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นถึงเทคนิคที่พัฒนาขึ้นซึ่งสามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในประหยัดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศได้

## SMART ENERGY MANAGEMENT

Supavattvong      Suwannatep  
Audtachot      Buapradit  
Onusa      Watcharatunyathip  
Assc.Prof.Dr.Surin      Khomfoi      Advisor  
Chaitat      Maneeinn      Advisor  
Year 2017

### ABSTRACT

The smart energy management for air condition (A/C) units is presented in this thesis. Energy consumption of A/C units in household appliance has a high impact comparing to lighting and other electric loads. It is not only saving energy, but also a feeling comfortable of a user. Therefore, an optimum energy saving function is developed in this work. The use of sensing unit such as a temperature, a humidity, and a motion are implemented to work together and an input data. These input data can be used to optimize a desired temperature for controlling A/C units. The web-service for user friendly interface is also developed using both the Arduino Mega 2560 and the NodeMCU ESP8266. The proposed A/C control technique is implemented to control two 57,000 BTU air condition units. The results show that the proposed A/C control technique can save electrical energy and reduce peak demand up to 23% comparing to a conventional one. This result illustrates that the developed technique can be an alternative energy saving solution for A/C units.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ด้วยการสนับสนุนในหลายด้าน ทั้งทางด้านวิชาการ ด้านเทคนิคและด้านอุปกรณ์สถานที่ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำโครงการวิจัยนี้ รวมทั้งความอนุเคราะห์การให้ช่วยเหลือ คำแนะนำ คำปรึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัย ซึ่งทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ดังนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ คำฝอย และอาจารย์ชัยทัต มณีอินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในโครงการวิจัยนี้ คอยให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการทำโครงการให้ดำเนินการไปในทางที่ถูกต้องและสำเร็จออกมาด้วยดี และคอยดูแลเอาใจใส่คณะผู้จัดทำจนตลอดระยะเวลาการทำโครงการวิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณทางฝ่ายการจัดการพลังงาน ฝ่ายอาคารสถานที่ของทางสจล. และห้องปฏิบัติการวิจัยการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทน (Renewable Energy Application Laboratory: REAL) ณ อาคารระบบไฟฟ้าอัจฉริยะที่เอื้อต่อสถานที่ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับข้อมูล เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ ในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณ นายปัญญา เข้มมุข และนายวิศพล ใหม่สืบ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมต่าง ๆ และการสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ ตลอดจนขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ ที่คอยให้ความร่วมมือ และให้ความช่วยเหลือ เพื่อมาเป็นแนวทางในการทำโครงการวิจัยตลอดระยะเวลาการดำเนินการจัดทำโครงการวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยสนับสนุน อบรมสั่งสอน ส่งเสริมทางการศึกษา ช่วยเหลือ สนับสนุนในทุกด้าน จนสามารถสำเร็จลุล่วงได้ในครั้งนี้ ทางคณะผู้จัดทำกราบขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการวิจัย	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 บทนำ	4
2.2 ความหมายและแนวคิดของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง	4
2.2.1 อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things : IoT)	4
2.2.2 แนวคิดการประยุกต์ใช้งาน และความก้าวหน้า	5
2.3 โหลดและลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Loads and Variable Load Problem)	5
2.3.1 การจำแนกกลุ่มของโหลดตามขนาด	5
2.3.2 คุณสมบัติของโหลด	6
2.3.3 กราฟของโหลด	6
2.3.4 กราฟของโหลดอุดมคติและที่ใช้จริง	6
2.3.5 ค่าต่าง ๆ ที่ควรทราบของกราฟของโหลด	7
2.4 การบริหารจัดการไฟฟ้า	10
2.4.1 การคำนวณค่าไฟฟ้า	10
2.4.2 การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า	11
2.5 เครื่องปรับอากาศ (Air conditioning unit)	13
2.5.1 ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ	14

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.2 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	16
2.5.3 ความสำคัญของเครื่องปรับอากาศ	17
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	17
2.6.1 ความหมายของ Microcontroller	17
2.6.2 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	18
2.6.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงานวิจัย	18
2.7 บทสรุป	21
<b>บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง</b>	22
3.1 บทนำ	22
3.2 การออกแบบวงจร Smart Energy Management	22
3.2.1 ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ	22
3.2.2 ระบบลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากเครื่องปรับอากาศ	26
3.3 การออกแบบการวางอุปกรณ์และการติดตั้งอุปกรณ์	28
3.3.1 ออกแบบกล่องควบคุม	28
3.3.2 ออกแบบสถานที่ติดตั้ง	29
3.4 การออกแบบหน้าจอสื่อแสดงผลและการควบคุม	29
3.4.1 ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ	30
3.4.2 ระบบแสดงอุณหภูมิและความชื้น	30
3.5 บทสรุป	31
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>	32
4.1 บทนำ	32
4.2 อุปกรณ์และการติดตั้งระบบ	32
4.2.1 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในอาคาร	32
4.2.2 การติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกอาคาร	34
4.3 ผลการประหยัดพลังงานและค่าไฟฟ้า	35
4.3.1 บันทึกผลการทดลองการติดตั้งระบบจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด	35
4.3.2 สรุปผลการติดตั้งระบบจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด	42
4.4 การออกแบบหน้าจอสื่อแสดงผลและควบคุม	43

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.1 การสร้างฐานข้อมูลระบบสมัครสมาชิก	43
4.4.2 การสร้างหน้าจอแสดงผล	44
4.5 บทสรุป	48
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ</b>	49
5.1 สรุปผลการทดลอง	49
5.2 ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง	50
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	51
<b>ภาคผนวก</b>	53
ภาคผนวก ก รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์	54
ภาคผนวก ข โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์และ Code โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม	67
ภาคผนวก ค ผลการทดลองเก็บค่าพฤติกรรมของเครื่องปรับอากาศ	82
ภาคผนวก ง บทความทางวิชาการ	87
<b>ประวัติผู้เขียน</b>	92



## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ในครัวเรือน	1
2.1	Internet of Things	4
2.2	การประยุกต์ใช้ Internet of Things	5
2.3	กราฟของโหลดประจำวัน Thailand Electricity Load Profile	6
2.4	กราฟของโหลดในอุดมคติ (Ideal Load Curve)	7
2.5	กราฟของโหลดที่เกิดขึ้นจริง (Real Load Curve)	7
2.6	กราฟของโหลดประจำวัน (Daily Load Curve)	8
2.7	กราฟของโหลดประจำวัน (Daily Load Curve)	9
2.8	กราฟ Peak Clipping	11
2.9	กราฟ Peak Shifting	12
2.10	กราฟ Valley Filling	12
2.11	กราฟ Strategic Conservation	13
2.12	Cassette type และ Condensing Unit	13
2.13	ส่วนประกอบภายในของเครื่องปรับอากาศ	15
2.14	หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	16
2.15	Arduino Uno R3	18
2.16	Arduino Mega 2560 R3	18
2.17	NodeMCU	19
2.18	Arduino Nano	19
2.19	DHT 11	19
2.20	PIR sensor รุ่น SPD-81	20
2.21	ลักษณะการทำงานของ PIR sensor	20
2.22	เซนเซอร์แสง	21
3.1	วงจรควบคุมเครื่องปรับอากาศ	22
3.2	แผนการทำงานของ NodeMCU ESP8266 ในวงจร Remote control	23
3.3	แผนการทำงานของ Arduino UNO R3 ในวงจร Remote control	24
3.4	แผนการทำงานของ Arduino Mega 2560 ในวงจร Remote control	25

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.5	แผนการทำงานของระบบควบคุมการเปิดปิดระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์	26
3.6	ระบบควบคุมการเปิดปิดตัดต่อคอมเพรสเซอร์	27
3.7	แผนการทำงานของระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์	27
3.8	ระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์	27
3.9	ออกแบบวงจรสำหรับการติดตั้ง	28
3.10	ตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ และหมายเลขแสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม	29
3.11	สวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศ	30
3.12	สวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศ	30
3.13	กราฟอุณหภูมิภายในอาคาร	31
3.14	กราฟความชื้นภายนอกอาคาร	31
4.1	กล่องอุปกรณ์ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศสำหรับติดตั้งภายในอาคาร	32
4.2	ติดตั้งระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1	33
4.3	ติดตั้งระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2	33
4.4	วงจรควบคุมเครื่องคอมเพรสเซอร์	34
4.5	การติดตั้งระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ	34
4.6	กราฟกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1	36
4.7	กราฟกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2	37
4.8	กราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมจากเครื่องปรับอากาศ 2 เครื่อง (ก่อนติดตั้ง)	38
4.9	กราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมจากเครื่องปรับอากาศ 2 เครื่อง (หลังติดตั้ง)	39
4.10	กราฟเปรียบเทียบ Demand peak ก่อนและหลังการติดตั้ง	40
4.11	กราฟอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องทดสอบระบบ (เปิดเครื่องปรับอากาศที่ 25 °C)	41
4.12	โปรแกรม XAMPP ที่ใช้ในการจำลองคอมพิวเตอร์เป็น Web server	43
4.13	ตารางเก็บข้อมูลของระบบสมัครสมาชิก	44
4.14	ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของคนที่เข้าสมัครสมาชิก	44
4.15	หน้าจอแสดงผลสำหรับเข้าสู่ระบบ	45
4.16	หน้าจอแสดงผลสำหรับสมัครสมาชิก	45
4.17	หน้าจอแสดงรูปแบบการทำงาน	46

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.18	หน้าจอแสดงผลสำหรับการควบคุม ON-OFF ของเครื่องปรับอากาศ	46
4.19	กราฟอุณหภูมิภายในอาคารและภายนอกอาคาร	47



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงการ	3
2.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง	10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสถิติการใช้พลังงานของประเทศไทยพบว่า พลังงานเป็นปัจจัยหลักสำคัญที่ขาดไม่ได้ในการดำเนินชีวิต เนื่องจากประชากรมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ซึ่งจะสวนทางกลับกับปริมาณทรัพยากรในการผลิตพลังงานของประเทศไทยที่มีปริมาณอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้ในปัจจุบันมีหน่วยงานภาคต่าง ๆ จัดหาวิธีการจัดสรรทรัพยากรเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ให้เพียงพอ จึงมีการนำเทคโนโลยีสื่อสารมาประยุกต์ใช้เข้ากับการบริหารจัดการพลังงาน

พลังงานที่มีอยู่จำกัดจึงเป็นเรื่องหนึ่งที่สำคัญที่จะละเลยไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นการบริหารการใช้พลังงาน หรือการกักเก็บพลังงานสำรองก็เช่นกัน ทั้งนี้การบริหารจัดการพลังงานที่ประหยัดมากเกินไปจนความพอดีอาจไม่ส่งผลดีมากนัก อย่างกรณีการปิดไฟเพื่อที่ต้องการประหยัดพลังงานแล้วจุดเทียนเพื่ออ่านหนังสือแทน ก็จริงอยู่ที่ว่าสามารถประหยัดพลังงานจากการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ แต่ต้องแลกมากับการเสียชีวิตในระยะยาว ดังนั้นเราจึงควรมีจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด โดยที่ผู้ใช้อย่างยังคงได้รับความสะดวกสบายอยู่ดั้งเดิม หรือเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมที่เป็นอยู่



รูปที่ 1.1 การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ในครัวเรือน

ด้วยการที่ประเทศไทยเรานั้นเป็นเมืองร้อน จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ในเกือบทุกครัวเรือนจะมีเครื่องปรับอากาศ และหากดูที่ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จะพบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้านั้นมาจากเครื่องปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมากถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการบริหารจัดการกับโหลดขนาดใหญ่อย่างเครื่องปรับอากาศ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ และในการบริหารจัดการเครื่องปรับอากาศนี้จำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์ในการควบคุม โดยเทคโนโลยีที่สามารถสื่อสารกับ

เครื่องใช้ไฟฟ้าได้มีอยู่มากมาย และหนึ่งในนั้นคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีข้อดีในเรื่องของราคาที่ไม่แพงมากนัก และมีอุปกรณ์ตรวจจับที่สามารถใช้งานร่วมกันได้หลากหลาย ดังนั้นการนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการพลังงานจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจต่อการศึกษา อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ได้กับในยุคปัจจุบัน ที่ซึ่งเรื่องของภาวะการขาดแคลนพลังงานเป็นสิ่งสำคัญอีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของโหลดเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งภายในอาคาร
2. ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมในการควบคุม และการแสดงผลผ่านทางอินเทอร์เน็ต
3. นำองค์ความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้กับอาคารบ้านเรือนต่าง ๆ
4. เป็นการช่วยลดการใช้ไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าในส่วนที่ไม่จำเป็น
5. เพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งานระบบ

## 1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1. ทำการศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ และทำการบันทึกข้อมูล
2. ทำการศึกษาการวัดค่าพลังงานไฟฟ้ารวมถึงค่าปรับกำลังไฟฟ้าสูงสุด
3. ทำการศึกษาระบบสั่งการควบคุมผ่านระบบอินเทอร์เน็ต
4. วางแผนและบริหารการใช้พลังงาน โดยใช้เครื่องปรับอากาศภายในอาคารให้สอดคล้องต่อความต้องการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน
5. พัฒนาฟังก์ชันสำหรับการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมขึ้นมา โดยอาศัยอุปกรณ์ตรวจจับลักษณะต่าง ๆ ทำงานร่วมกับ Arduino และ NodeMCU ESP8266
6. วิเคราะห์ผลการบริหารพลังงานไฟฟ้า

## 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการวิจัย

1. สามารถประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสั่งการควบคุมระบบอื่น ๆ ต่อไป
2. สามารถช่วยลดค่าไฟฟ้าในส่วนที่ไม่จำเป็นได้
3. เพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งานและผู้อยู่อาศัย
4. ทำให้สามารถวางแผนการจัดการพลังงานไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความหมาย แนวคิดต่าง ๆ เกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตทุกสิ่ง ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นสร้างสรรค์ไอเดียมากมาย รวมถึงมีการกล่าวถึงโหลด ลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่ซึ่งเป็นต้นเหตุของปัญหาที่เราต้องการจัดการ และยังได้มีการกล่าวถึงทฤษฎีในการจัดการพลังงานเป็นพื้นฐานอีกด้วย ในส่วนของสองบทท้ายเราจะกล่าวถึงเครื่องปรับอากาศที่เป็นขอบเขตการศึกษาภายในโปรเจกต์นี้ รวมถึงหลักการทำงานของอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เราเลือกใช้

### 2.2 ความหมายและแนวคิดของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง



รูปที่ 2.1 Internet of Things

ที่มา : <http://www.secnia.go.th>

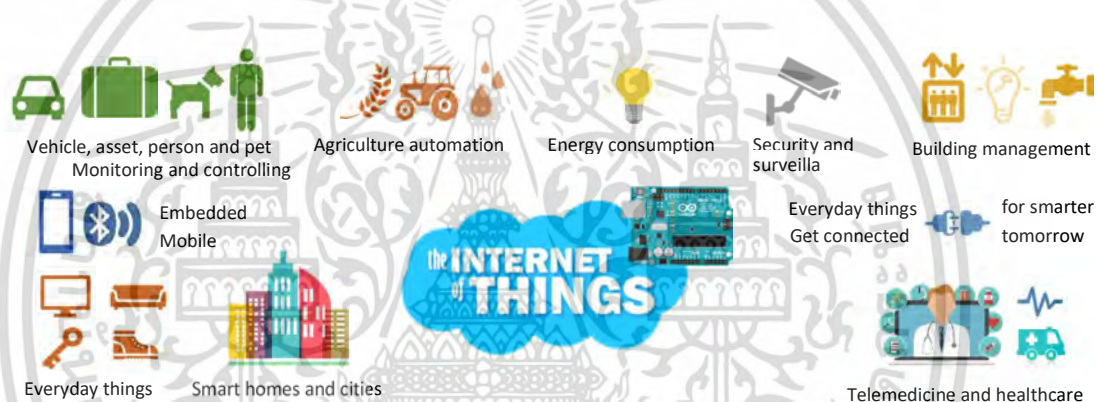
#### 2.2.1 อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things : IoT)

Internet of Things (IoT) คือ “อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง” หมายถึง การที่อุปกรณ์และสิ่ง ได้ถูกเชื่อมโยงทุกอย่างสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ เช่น การเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (การสั่งการเปิดไฟฟ้าภายในบ้านด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุม เช่น มือถือ ผ่านทางอินเทอร์เน็ต) รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทางการแพทย์ อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 แนวคิดการประยุกต์ใช้งาน และความก้าวหน้า

Internet of Things เป็นความนิยมที่กำลังเกิดขึ้นในสังคมปัจจุบัน ซึ่งหมายถึง เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ ตู้เย็น โทรทัศน์ และอื่น ๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ จะสามารถเชื่อมโยงและสื่อสารกันได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งในอนาคตของผู้บริโภคทั่วไปจะเริ่มคุ้นเคยกับเทคโนโลยีที่ทำให้สามารถควบคุมสิ่งของต่าง ๆ ทั้งจากในบ้าน สำนักงานหรือจากที่ไหนก็ได้ เช่น การควบคุมอุณหภูมิภายในบ้าน การเปิดปิดไฟ ไปจนถึงการสั่งให้เครื่องรดน้ำต้นไม้ หรือแปลงเกษตรของตนเอง แต่อย่างไรก็ตามยังมีเทคโนโลยีอื่น ๆ ยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาอีกก่อน ถึงจะเกิดเป็น IoT ยกตัวอย่าง เช่น ระบบตรวจจับต่าง ๆ (Sensors) รูปแบบการ เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ และระบบที่ฝังตัวอยู่ในคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.2 การประยุกต์ใช้ Internet of Things

ที่มา : The Power of Us

## 2.3 โหลดและลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Loads and Variable Load Problem)

### 2.3.1 การจำแนกกลุ่มของโหลดตามขนาด

การจำแนกกลุ่มของโหลดตามขนาดนั้นจะยึดถือขนาดของกำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) ของโหลดตัวดังกล่าวเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. โหลดขนาดเล็กมีการใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกิน 30 kVA ได้แก่ บ้านพักอาศัย โรงแรมขนาดเล็ก โรงงานอุตสาหกรรมภายในครัวเรือนหรือโรงปศุสัตว์ ระดับของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้คือ 220/380 V
2. โหลดขนาดกลางมีการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 100 kVA ได้แก่ ตำบล โรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลาง ตึกทำการห้างสรรพสินค้าขนาดกลาง ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้คือ 220/380 V
3. โหลดขนาดใหญ่มีการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 5 MVA ได้แก่ เมืองขนาดกลาง โรงงานอุตสาหกรรมห้างสรรพสินค้า ตึกขนาดใหญ่ โรงพยาบาลขนาดใหญ่ ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้คือ 24 kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

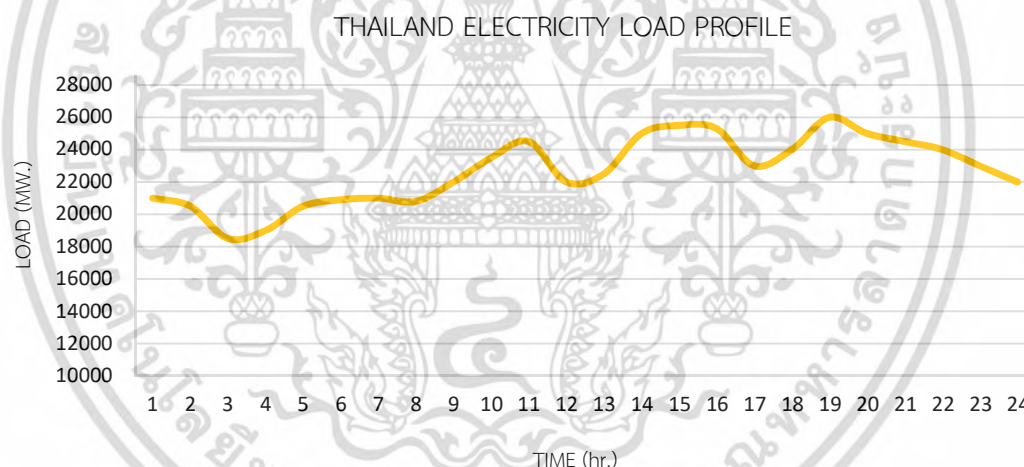
4. โหลดขนาดใหญ่มากมีการใช้ไฟฟ้ามากกว่า 5 MVA ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ แรงดันไฟฟ้าที่ใช้คือ 24 - 115 kV

### 2.3.2 คุณลักษณะของโหลด

โหลดในระบบไฟฟ้ากำลังหมายถึงอุปกรณ์ที่รับพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานในรูปแบบอื่น เช่น พลังงานความร้อน พลังงานลม พลังงานทางกล แสงสว่าง เสียง เป็นต้น ซึ่งโหลดดังกล่าวจะแสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้าออกมาในรูปพารามิเตอร์ 3 ชนิดคือค่าความต้านทาน (R) ค่าความเหนี่ยวนำ (L) และค่าตัวเก็บประจุ (C)

### 2.3.3 กราฟของโหลด

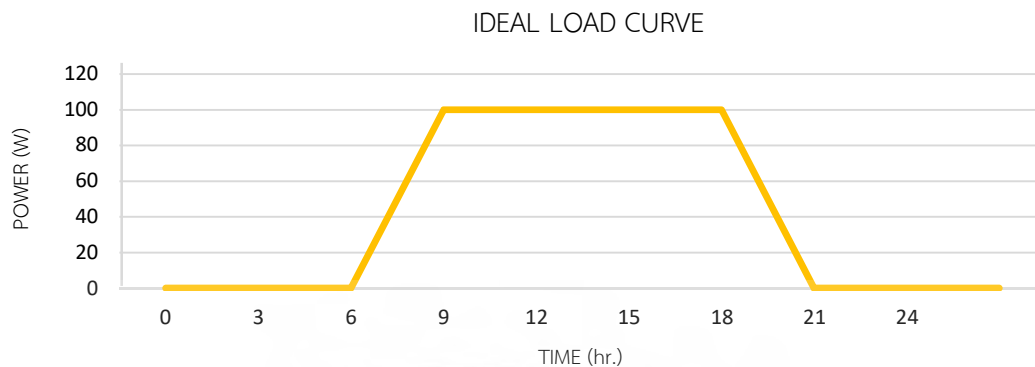
1. โหลดติดตั้ง (Connected Load) หมายถึง โหลดไฟฟ้าที่ติดตั้ง หรือแจ้งการใช้งานไว้ทั้งหมด และแสดงไว้ในผังไฟฟ้า
2. โหลดจริง (Actual Load) หมายถึง โหลดที่กำลังใช้งานอยู่ จะมีค่าสูงสุดเท่ากับโหลดติดตั้ง แต่โดยปกติจะน้อยกว่าเสมอ



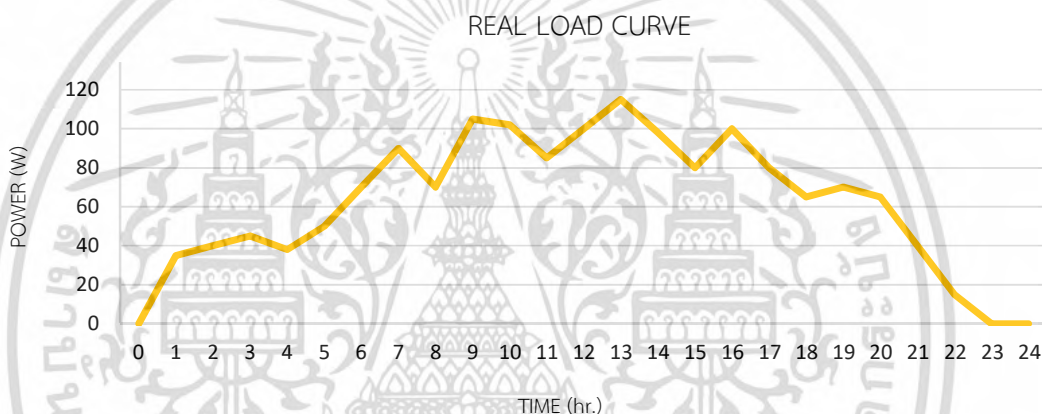
รูปที่ 2.3 กราฟของโหลดประจำวัน Thailand Electricity Load Profile

### 2.3.4 กราฟของโหลดในอุดมคติและที่ใช้จริง

กราฟของโหลดในเชิงอุดมคติ (Ideal Load Curve) จะมองในรูปของโหลดหรือภาระการใช้ไฟฟ้าคงที่ในช่วงเวลาหนึ่งจากรูปที่ 2.4 ซึ่งจากกราฟจะทำให้โรงไฟฟ้าต้องผลิตกำลังไฟฟ้าคงที่ออกมาเป็นระยะ ๆ ทำให้มีต้นทุนต่ำและกำไรสูง แต่ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นดังรูป 2.5 ถึงแม้จะมีค่าเฉลี่ยของการใช้เท่ากันแต่ในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องติดตั้งที่พิกัดกำลังสูงกว่า เพื่อให้รองรับโหลดในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด



รูปที่ 2.4 กราฟของโหลดในอุดมคติ (Ideal Load Curve)



รูปที่ 2.5 กราฟของโหลดที่เกิดขึ้นจริง (Real Load Curve)

### 2.3.5 ค่าต่าง ๆ ที่ควรทราบของกราฟของโหลด

ในการศึกษากราฟของโหลดนั้นมีค่าต่าง ๆ ที่ต้องทราบชื่อและความหมาย จากรูปที่

2.6 สามารถอธิบายค่าต่าง ๆ ของกราฟของโหลดได้ดังนี้

1. P (base) หมายถึง โหลดที่ไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่คิดโดยปกติเรียกว่า “ฐานโหลด”

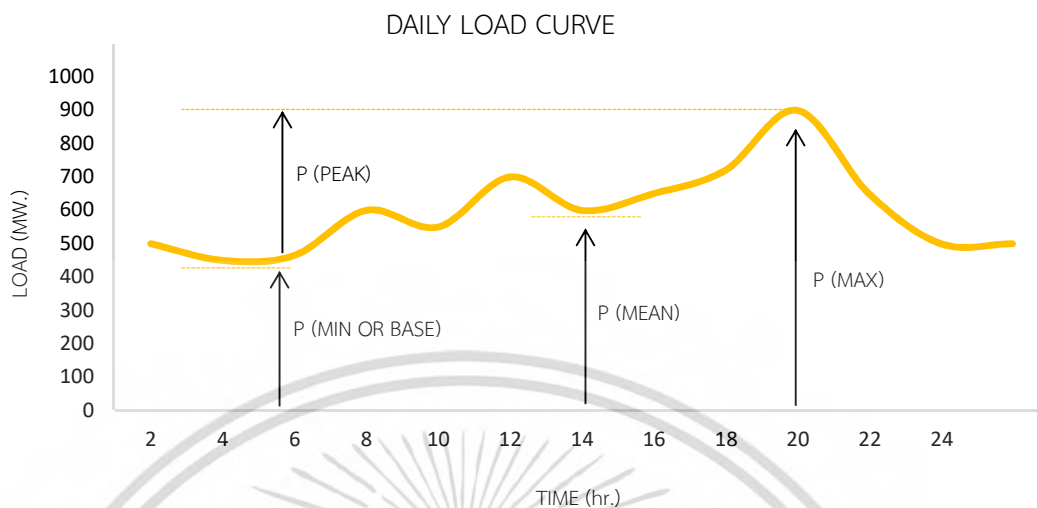
2. P (min) หมายถึง โหลดต่ำสุดในช่วงเวลาที่คิดโดยปกติจะเท่ากับ “ฐานโหลด”

3. P (max) หมายถึง โหลดสูงสุดในช่วงเวลาที่คิด

4. P (mean) หรือ P (av) หมายถึง โหลดเฉลี่ยในช่วงเวลาที่คิด

5. P (peak) หมายถึง โหลดช่วงยอด ซึ่งมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างโหลดสูงสุดกับ

ฐานโหลด



รูปที่ 2.6 กราฟของโหลดประจำวัน (Daily Load Curve)

เมื่อวิเคราะห์กราฟของโหลดจะเห็นได้ว่า P (peak) จะเป็นค่าที่บอกว่าการใช้ไฟฟ้าในช่วงหนึ่ง ๆ นั้นมีความสม่ำเสมอเพียงใดในกรณีที่ค่า P (peak) มาก ๆ แสดงว่าความแตกต่างของการใช้โหลดสูงสุดและต่ำสุดมีค่ามาก มักเกิดกับการจ่ายโหลดประเภทแสงสว่าง (ในบางเวลาจะมีการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างน้อยมาก เช่น เวลากลางวัน และกลางคืน) ในทางกลับกัน P (peak) น้อยแสดงว่าการใช้ไฟฟ้ามีความสม่ำเสมอมาก มักเกิดกับการจ่ายโหลดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม (เครื่องจักรกลต่าง ๆ มักทำงานตลอด 24 ชั่วโมง)

ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand)

ดีมานด์ (Demand) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของโหลดในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ หรือ เมกกะวัตต์ เช่นกัน แต่มีความหมายต่างจากคำว่าโหลด เนื่องจากโหลดนั้นจะหมายถึงค่าชั่วขณะที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเมื่อเขียนเป็นกราฟมักจะไม่มีการราบเรียบเลย ดังนั้นจากนิยามของคำว่า ดีมานด์ (Demand) สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{ดีมานด์ (Demand)} = \frac{\text{พลังงานในหนึ่งคาบ}}{\text{เวลาในหนึ่งคาบ}} \quad (2.1)$$

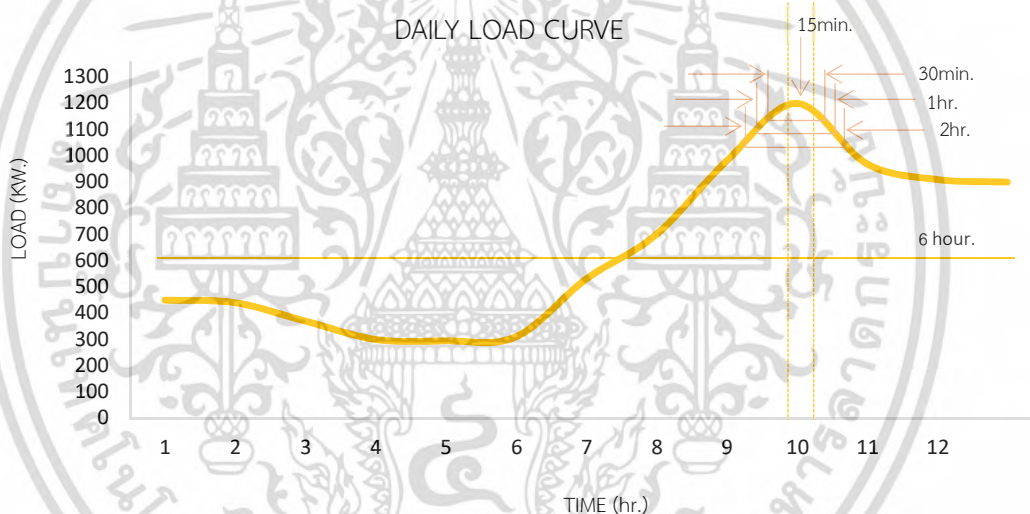
โดย พลังงานในหนึ่งคาบ มีหน่วยเป็น (kWh.)

เวลาในหนึ่งคาบ มีหน่วยเป็น (hr.)

จะเห็นว่า สูตรในการหาดีมานด์นั้นเหมือนกับการหาโหลดเฉลี่ย ต่างกันตรงที่ คาบเวลาในการหาดีมานด์นั้นมักจะเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Maximum

Demand) จึงเป็นการวัดค่าเฉลี่ยของโหลดไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในเวลาที่กำหนดให้เช่น ภายในเวลา 15 นาที 30 นาที หรือ 1 ชั่วโมง เป็นต้นพิจารณา รูปที่ 2.7 จะเห็นว่า

- ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 15 นาที เกิดขึ้นในช่วงเวลา 9.45 - 10.00 น. มีค่าเท่ากับ 1,200 กิโลวัตต์
- ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 30 นาที เกิดขึ้นในช่วงเวลา 9.42 - 10.12 น. มีค่าเท่ากับ 1,160 กิโลวัตต์
- ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 1 ชั่วโมง เกิดขึ้นในช่วงเวลา 9.30 - 10.30 น. มีค่าเท่ากับ 1,130 กิโลวัตต์
- ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 2 ชั่วโมง เกิดขึ้นในช่วงเวลา 9.00 - 11.00 น. มีค่าเท่ากับ 1,070 กิโลวัตต์



รูปที่ 2.7 กราฟของโหลดประจำวัน (Daily Load Curve)

ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand) นี้ได้จากการอ่านค่าของมิเตอร์หรือจากการวิเคราะห์จากกราฟของโหลด (Load Curve) สาเหตุที่ต้องการหาค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand) ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ก็เพื่อนำไปกำหนดขนาดของอุปกรณ์ป้องกันที่ใช้กับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลง สายไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถทนโหลดเกิดพิกัด (Over Load) ในระยะเวลาสั้น ๆ ได้สูงมากเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในช่วงเวลาของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand) ซึ่งเป็นระยะเวลาสั้น ๆ (15 หรือ 30 นาที) อุปกรณ์พวกนี้จึงสามารถทำงานในลักษณะโหลดเกิดพิกัด (Over Load) ได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ดังนั้นจึงยึดถือค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดนี้เป็นตัวกำหนดในการพิจารณาเลือกพิกัดขนาดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ แทนที่จะใช้ค่าโหลดสูงสุดในระบบ (Maximum Load) มาเป็น

ตัวกำหนด เพราะจะทำให้ขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ใหญ่เกินไปส่งผลให้ราคาลงทุนสูง โดยทั่วไปการไฟฟ้าคิดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด เมื่อโหลดสูงสุดเกิดขึ้นติดต่อกันเป็นเวลานานมากกว่า 15 นาที

## 2.4 การบริหารจัดการไฟฟ้า

### 2.4.1 การคำนวณค่าไฟฟ้า

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \text{ค่าไฟฟ้าฐาน} + \text{ค่าไฟฟ้าผันแปร} + \text{ภาษีมูลค่าเพิ่ม} \quad (2.2)$$

โดย ค่าไฟฟ้าฐาน = ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด + ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่าบริการ

$$\text{ภาษีมูลค่าเพิ่ม} = 1.07 \times (\text{ค่าไฟฟ้าฐาน} + \text{ค่าไฟฟ้าผันแปร} + \text{ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์})$$

ตัวอย่าง อัตราค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้านครหลวง อาคารเรียนรวม และปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มิเตอร์หมายเลข 65013770 เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 คือ กิจการขนาดกลาง แบบอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) อัตรา 3.2.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์

ตารางที่ 2.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

TOU Tariff	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/kW)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/ หน่วย)	
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak
3.2.2 Voltage 12-24 KV	132.93	0	4.2097	2.6295

คำนวณค่าไฟฟ้ายอดเดือนได้ ดังนี้

ค่าพลังงานไฟฟ้า On Peak จำนวน 86,000 หน่วย (86,000 x 4.2097) = 362,034.20 บาท

Off Peak จำนวน 55,000 หน่วย (55,000 x 2.6295) = 144,622.50 บาท

ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า On Peak จำนวน 570 kW (570 x 132.93) = 75,770.10 บาท

Off Peak จำนวน 509 kW = 0 บาท

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ จำนวน 275 kVAR = 0 บาท

ค่าบริการรายเดือน = 312.24 บาท

ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) = 46,938.90 บาท

ค่าไฟฟ้ารวม = 535,800.14 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	37,506.01	บาท
รวมเป็นเงิน	573,306.15	บาท
รวมเงินสุทธิ	<u>573,306.15</u>	บาท

อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ( Time of Use Tariff : TOU Tariff)

On Peak เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

Off Peak เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

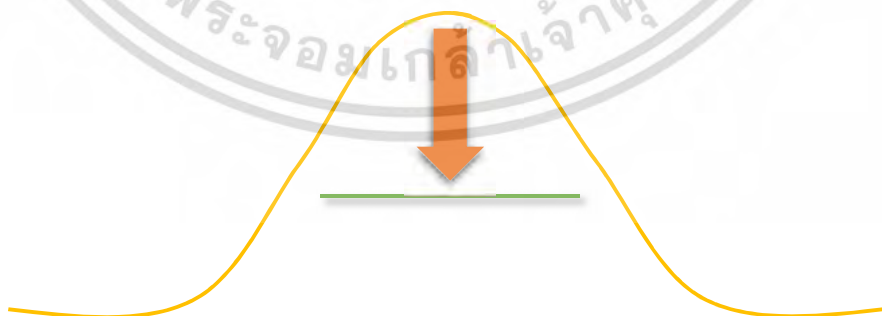
เวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ - วันอาทิตย์

วันแรงงานแห่งชาติ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพีชมงคลและวันหยุดชดเชย)

#### 2.4.2 การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า (Demand Side Management)

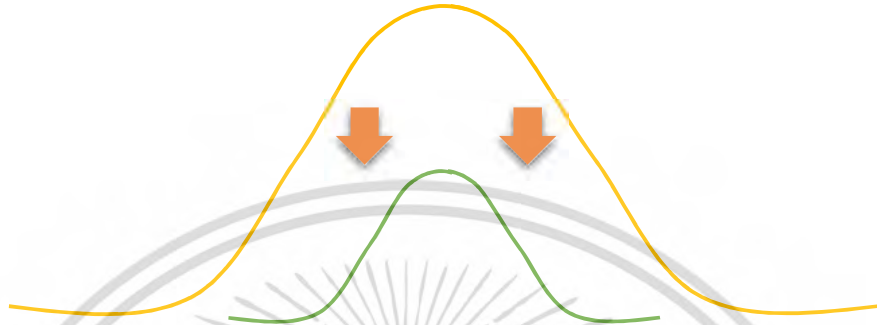
การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า คือ การส่งเสริมการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ (Promotion of Electricity Energy Efficiency) การผลิตเพื่อสนองความต้องการใช้พลังงานเพียงทางเดียว ย่อมก่อให้เกิดปัญหาหลายประการตามมา เช่น ทรัพยากรพลังงานที่นับวันจะหมดไป, ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากมลภาวะที่เกิดจากการเผาผลาญพลังงาน เป็นต้น แนวคิดการส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้รับการเผยแพร่และคิดค้นวิจัยไปสู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม และจริง จึง อาจกล่าวได้ว่า DSM เป็นทางเลือกเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่งสำหรับการวางแผนพัฒนาการผลิตและส่งไฟฟ้า โดยประเทศไทยนับเป็นประเทศแรกเริ่มในภูมิภาคเอเชีย ที่ดำเนินการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ และได้รับการยอมรับถึงประสิทธิภาพและผลการดำเนินงานส่งเสริมการใช้ไฟฟ้า อย่างมีประสิทธิภาพอย่างแพร่หลายและยั่งยืน ซึ่งมีวิธีการที่เหมาะสมดังนี้

- Peak Clipping วิธีการจัดการให้ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลดลง (Reduction of Peak Load) วิธีการทั่วไป คือ การควบคุมเวลาและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง โดยควบคุมที่อุปกรณ์



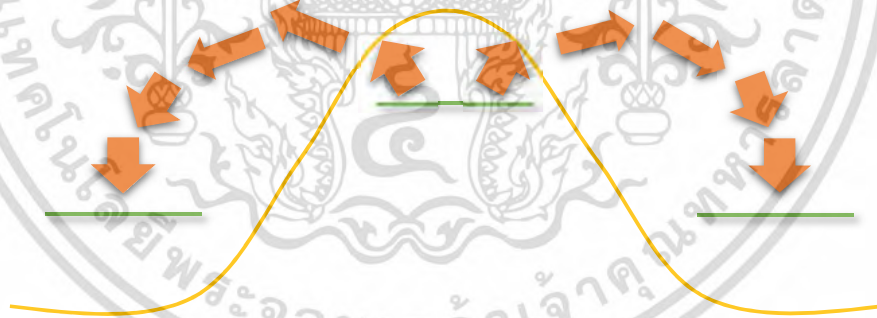
รูปที่ 2.8 กราฟ Peak Clipping

- Peak Shifting คือ Load Management อีกวิธีหนึ่งที่เลื่อนการใช้ไฟฟ้าจากช่วง peak มาสู่ off peak เช่น storage water heating หรือ เลื่อนเวลาการใช้ไฟฟ้าโดยผู้ใช้งาน



รูปที่ 2.9 กราฟ Peak Shifting

- Valley Filling คือ การเพิ่มความต้องการในช่วง off peak ถ้าหากต้นทุนหน่วยสุดท้าย (Long Run Marginal Cost) ต่ำกว่าราคาไฟฟ้าเฉลี่ย การใช้วิธีการเพิ่มปริมาณจำหน่าย ก็จะทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำลงได้ วิธีการที่นิยมใช้สำหรับเป้าหมายนี้ก็คือ การใช้เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน (Energy Storage)



รูปที่ 2.10 กราฟ Valley Filling

- Strategic Conservation คือ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานซึ่งช่วยลดการใช้ไฟฟ้าทุกช่วงเวลา การส่งเสริมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง ดังที่ กฟผ. ดำเนินการเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กลยุทธ์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 กราฟ Strategic Conservation

## 2.5 เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioning Unit)



รูปที่ 2.12 Cassette type และ Condensing Unit

ระบบเครื่องปรับอากาศที่นำมาในการศึกษาและทำการทดลองเป็นเครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียนแลป มีจำนวน 2 ตัว ซึ่งมีข้อมูล ดังนี้

**Cassette type: Model AR-56 ZR(MPRDT)HLP, SV**

- ขนาด 57,000 BTU/Hr.
- ติดตั้งแบบฝังฝ้า สวยหรูภูมิฐานมีระดับ
- Auto Swing บานเกร็ดสายอัตโนมัติ กระจายลมได้รอบทิศ
- ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลไร้สาย
- บำบัดน้ำคุณภาพดี ประสิทธิภาพแรงดันสูง

**Condensing Unit: Model OR**

- โครงสร้างทำจากเหล็กกล้าเคลือบสีด้วยระบบ Powder Coating System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพิ่มคอยล์ให้ความเย็นเต็มประสิทธิภาพ
- ออกแบบโครงสร้างแข็งแรงสวยงาม
- พร้อมอุปกรณ์ป้องกันที่ได้มาตรฐานจากโรงงาน
- Service Valve

### 2.5.1 ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ

1. คอยล์เย็น (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนจากบริเวณที่ต้องการปรับอากาศกับสารทำความเย็น

2. คอยล์ร้อน (Condenser) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ให้ไอสารทำความเย็นควบแน่นกลับเป็นสารทำความเย็นในสถานะของเหลว

3. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เพิ่มความดันของสารทำความเย็น โดยการดูดและอัด มีผลให้ความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น

4. อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นและควบคุมปริมาณการไหลของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอยล์เย็นให้มีปริมาณพอเหมาะ

ส่วนประกอบเครื่องปรับอากาศแบ่งเป็น 2 ส่วนสำคัญ ได้แก่

**ส่วนประกอบภายนอก** ส่วนประกอบภายนอกของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดผนัง ดังนี้

1) ฝาครอบเครื่องปรับอากาศมีลักษณะเป็นตะแกรงเพื่อให้อากาศที่ดูดจากใบพัดส่งลมเย็นไหลผ่าน

2) แผงกรองอากาศติดตั้งอยู่ด้านหลังฝาครอบเครื่องปรับอากาศใช้เพื่อกรองฝุ่นละอองที่ปะปนอยู่ในอากาศเครื่องปรับอากาศบางรุ่นจะมีสารฟอกอากาศอยู่ที่แผงกรองอากาศนี้

3) แผ่นเกล็ดกระจายลมเป็นอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนของเครื่องปรับอากาศที่สามารถปรับเปลี่ยนทิศทางลมขึ้น ลงด้านซ้ายและด้านขวาได้เพื่อกำหนดทิศทางของลมเย็นที่ออกมาจากเครื่องปรับอากาศ

4) สวิตช์เปิดและปิดส่วนใหญ่เครื่องปรับอากาศจะเปิดสวิตช์นี้ค้างไว้เพื่อรับคำสั่งการเปิดและปิดจากรีโมทคอนโทรล

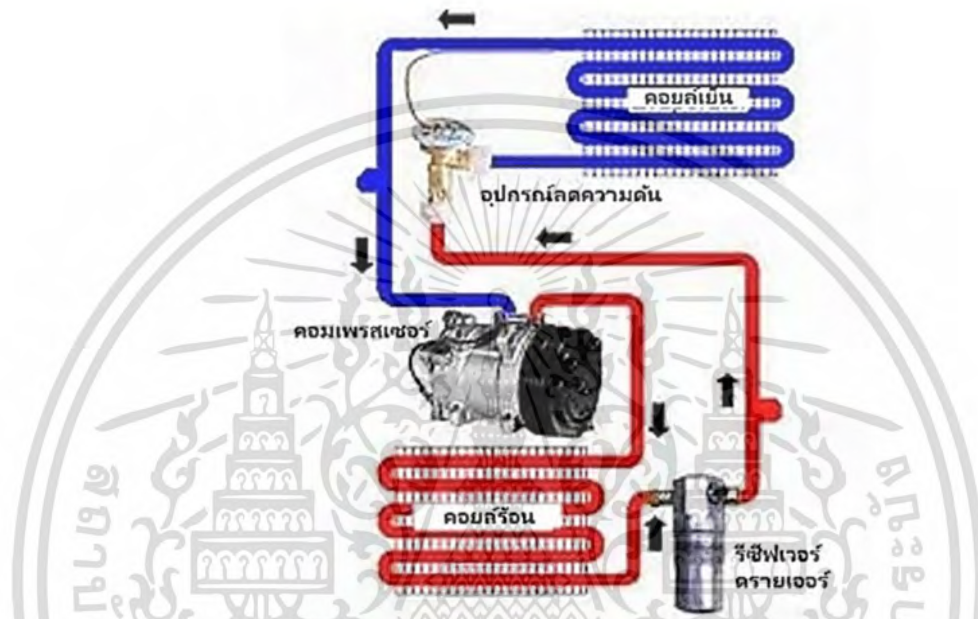
5) ตัวรับสัญญาณรีโมทคอนโทรลเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในปัจจุบันสั่งงานด้วยสัญญาณจากรีโมทคอนโทรลเพื่อให้สะดวกในการสั่งงาน

6) ไฟแสดงการทำงาน ลักษณะไฟจะแตกต่างกันไปตามประเภทและรุ่นของเครื่องปรับอากาศ ปกติแล้วจะมี 3 ดวง คือไฟสีแดงแสดงสถานะเครื่องทำงาน (Power) ไฟสีส้มแสดงสถานะในขณะที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศไม่ทำงานแต่ใบพัดส่งลมเย็นทำงานอยู่ (Sleep) และไฟสีเหลืองแสดงสถานะการตั้งเวลาของเครื่องปรับอากาศ (Time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ช่องอากาศออกมีลักษณะเป็นตะแกรงอยู่ที่เครื่องปรับอากาศภายนอกอาคารเป็นช่องระบายอากาศที่ถูกพัดลมดูดอากาศจากอีกด้านหนึ่งพัดผ่านแผงท่อระบายความร้อนออกมา

8) ท่อระบายน้ำทิ้งเมื่อเครื่องปรับอากาศดูดอากาศและความชื้นภายในห้องเข้ามา ความชื้นเหล่านั้นจะกลั่นตัวจนกลายเป็นหยดน้ำและถูกระบายออกทางท่อระบายน้ำทิ้ง



รูปที่ 2.13 ส่วนประกอบภายในของเครื่องปรับอากาศ

ที่มา : [https://samaiservice-air.blogspot.com/2015/11/blog-post\\_12.html](https://samaiservice-air.blogspot.com/2015/11/blog-post_12.html)

ส่วนประกอบภายใน ส่วนประกอบภายในของเครื่องปรับอากาศ มีดังนี้

1) ท่อนำสารทำความเย็น (Refrigerant Pipe) แบ่งออกเป็น 2 ท่อ ทำหน้าที่ ส่งสารทำความเย็นเข้าสู่แผงทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศส่วนที่อยู่ภายในอาคาร และนำสารจากแผงทำความเย็นไปยังคอมเพรสเซอร์ที่อยู่ภายนอกอาคาร

2) แผงท่อทำความเย็น (Cooling coil) มีลักษณะเป็นตะแกรงติดตั้งอยู่ด้านหน้าของเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร ภายในแผงท่อทำความเย็นจะมีสารทำความเย็นไหลเวียนอยู่เพื่อรับลมจากใบพัดส่งลมเย็นและส่งไปยังแผ่นเกล็ดกระจายลม

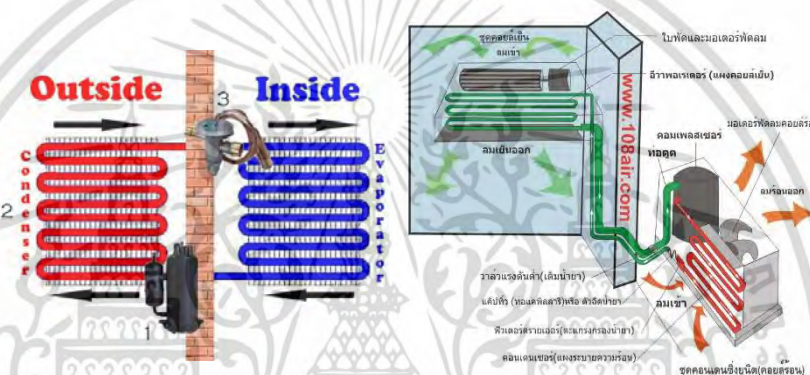
3) มอเตอร์ (Motor) มีหน้าที่หมุนใบพัดส่งลมเย็นเพื่อให้เกิดแรงลม

4) ใบพัดส่งลมเย็น (Blower) ต่อเชื่อมกับมอเตอร์สำหรับพัดส่งลมเย็นไปยังแผงท่อทำความเย็น

5) คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ติดตั้งอยู่ที่เครื่องปรับอากาศภายนอกอาคารทำหน้าที่รับสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาพเป็นไอจากเครื่องปรับอากาศภายในอาคารและอัดไอจากสารทำความเย็นไปยังแผงท่อระบายความร้อนต่อไป

6) แผงท่อระบายความร้อน (Condensing coil) ต่อเชื่อมกับคอมเพรสเซอร์มีลักษณะเป็นท่อตะแกรง ภายในมีสารทำความเย็นที่ส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ไหลเวียนอยู่

7) พัดลมระบายความร้อน (Condensing fan) อยู่ด้านหลังแผงท่อระบายความร้อนทำหน้าที่ดูดอากาศภายนอกอาคารเข้ามาผ่านผ่านแผงท่อระบายความร้อนเพื่อให้สารทำความเย็นเย็นลงและกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.14 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ที่มา : <http://www.flowtechworld.com/article/article-450/>

### 2.5.2 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศมีด้วยกันทั้งหมด 4 ส่วน

1. ส่วนแรกก็คือ “คอยล์เย็น” ซึ่งคอยล์เย็นนั้นจะอยู่ในส่วนของตัวเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในห้องของเรา มีหน้าที่ในการดูดซับความร้อนภายในห้องของเราให้เข้ามาในเครื่องปรับอากาศ

2. เมื่อคอยล์เย็นนั้นดูดซับความร้อนภายในห้องของเราเข้าสู่ระบบภายในเครื่องปรับอากาศแล้วจะมีน้ำยาแอร์ในตัวเครื่องปรับอากาศนั้นไหลจากเครื่องปรับอากาศผ่านท่อเครื่องปรับอากาศ ลงไปสู่ “คอมเพรสเซอร์” ที่อยู่ด้านนอก ตัวคอมเพรสเซอร์นี้จะทำหน้าที่เพิ่มความดันให้น้ำยาแอร์ แล้วส่งไประบายความร้อนที่คอยล์ร้อน

3. ในส่วนของ “คอยล์ร้อน” นั้น เมื่อความร้อนจากตัวเครื่องข้างในที่ดูดมาจากห้องของเรา เมื่อผ่านท่อน้ำยาแอร์มาสู่คอมเพรสเซอร์แล้ว ก็จะมีพัดลมซึ่งคอยเป่าระบายความร้อนออกไปข้างนอก ทำให้อุณหภูมิของน้ำยาแอร์ในคอมเพรสเซอร์นั้นลดลง

4. จากนั้นน้ำยาแอร์ก็จะถูกส่งผ่านท่อลดแรงดันขนาดเล็ก ส่งจากตัวคอมเพรสเซอร์ที่อยู่ด้านนอกห้องซึ่งจะช่วยลดทั้งอุณหภูมิและความดันของน้ำยาแอร์ลง เพราะระบายความร้อนออกไปแล้ว น้ำยาแอร์ที่ผ่านส่วนนี้ จึงเย็นจัด ซึ่งทำให้เกิดลมแอร์เย็นเป่าเข้ามาในห้องของเรา และคอยล์เย็นในตัวเครื่องปรับอากาศก็พร้อมดูดซับความร้อนในห้องอีกครั้ง และจะวนอย่างนี้ตลอดการทำงาน

### 2.5.3 ความสำคัญของเครื่องปรับอากาศ

มีงานวิจัยสนับสนุนอยู่หนึ่งชิ้น ทดสอบการพิมพ์งานของผู้หญิง พบว่าขณะที่พวกเขาพิมพ์งานในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พวกเขาทำได้เร็วมาก ๆ และมีอัตราการพิมพ์ผิดแค่ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่พอลดอุณหภูมิลงไปเหลือ 20 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าพวกเขาทำงานช้าลงครึ่งหนึ่ง และพิมพ์ผิดเพิ่มเป็น 20 - 30 เปอร์เซ็นต์เลยทีเดียว ความจริงแล้วอุณหภูมิที่เลือกใช้ในการทดลองนี้เป็นตัวอย่างที่ดีมาก ซึ่งโดยปกติอุณหภูมิที่ขอบเอามาทดลองกันจะมีสองย่านอุณหภูมิ คืออุณหภูมิอบอุ่นที่ 25 - 26 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิเย็นที่ 19 - 20 องศาเซลเซียส ผลการทดลองในย่านอุณหภูมิพวกนี้ก็หลากหลาย แต่สิ่งที่ยืนยันตรงกันคือ ความคิดที่ต้องใช้ตรรกะละเอียดซับซ้อนเป็นระบบ จะเกิดขึ้นได้ดีกว่าในอุณหภูมีย่านต่ำ 19 - 20 องศาเซลเซียส ส่วนความคิดในเชิงสร้างสรรค์จะเกิดได้ดีกว่าในอุณหภูมีย่านอบอุ่น 25 - 26 องศาเซลเซียส

## 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

### 2.6.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน สามารถแบ่งโครงสร้างทั่วไปได้ 5 ส่วน ดังนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central Processing Unit : CPU) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมด

2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) คือข้อมูลใด ๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) เป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำ (RAM) และเป็นอีอีพรอม (Erasable Electrically Read-Only Memory : EEPROM) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port)

4. ช่องทางเดินของสัญญาณ (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา มีความสำคัญในการประมวลผลหากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้น ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตาม

## 2.6.2 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาษา Assembly, Basic, C, Pascal, Java เป็นต้น

## 2.6.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงานวิจัย มีดังนี้

1. Arduino Uno R3 เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจกต์และ Library ต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก



รูปที่ 2.15 Arduino Uno R3

2. Arduino Mega 2560 R3 เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ I/O มากกว่า Arduino Uno R3 และยังมีหน่วยความจำแบบ Flash มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่า ในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน



รูปที่ 2.16 Arduino Mega 2560 R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. NodeMCU เป็นแพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจกต์ Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น opensource ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต



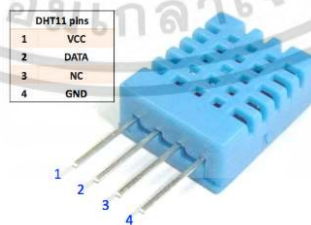
รูปที่ 2.17 NodeMCU

4. Arduino Nano เป็นรุ่นที่มีขนาดเล็ก เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการเริ่มต้นเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อศึกษาหรือเพื่อนำมาประยุกต์ใช้สร้างงานอดิเรกง่ายๆ



รูปที่ 2.18 Arduino Nano

5. DHT11 วัดความชื้นและอุณหภูมิ



รูปที่ 2.19 DHT11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวัดอุณหภูมิมีด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ

- Thermocouple เป็นอุปกรณ์เบื้องต้นในการวัดอุณหภูมิ ซึ่งสามารถเก็บค่าอุณหภูมิได้ 273 เคลวิน โดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว มาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน

- Resistance Temperature Detector (RTD) เป็นตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะ ซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มตามอุณหภูมิ

- Thermistor เป็นอุปกรณ์ความต้านทานชนิดที่สามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานเมื่อได้รับความร้อน โดยที่ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ

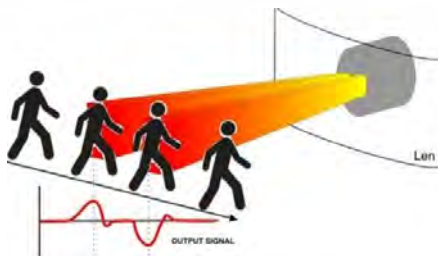
#### 6. PIR Motion Sensor

PIR Motion Sensor คือ อุปกรณ์ Sensor ชนิดหนึ่งที่ใช้ตรวจจับคลื่นรังสี Infrared ที่แพร่จาก มนุษย์ หรือ สัตว์ ที่มีการเคลื่อนไหว ทำให้มีการนำเอา PIR มาประยุกต์ใช้งานกันเป็นอย่างมาก ใช้เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตหรือตรวจจับการบุกรุกในงานรักษาความปลอดภัย



รูปที่ 2.20 PIR sensor รุ่น SPD-81

PIR Sensor ตรวจจับสิ่งมีชีวิต ภายใน PIR จะมีอุปกรณ์ตรวจจับรังสีอินฟราเรด อยู่ 2 ชุดด้วยกันดังรูป เมื่อมีคน หรือ สัตว์ ที่มีความอบอุ่นในร่างกายเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาใน พื้นที่โซนที่ PIR สามารถตรวจจับคลื่นรังสีอินฟราเรดที่แพร่ออกมาจากสิ่งมีชีวิตได้ PIR จะเปลี่ยนคลื่นรังสีอินฟราเรดให้กลายเป็นกระแสไฟฟ้างดังรูป จะเห็นว่าเมื่อมีสิ่งมีชีวิตเคลื่อนที่ผ่าน อุปกรณ์ตรวจจับรังสีอินฟราเรดตัวที่ 1 จะได้สัญญาณ Output ออกมาสูงกว่าแรงดันปกติ และเมื่อสิ่งมีชีวิตเคลื่อนที่ผ่าน อุปกรณ์ตรวจจับรังสีอินฟราเรดตัวที่ 2 จะได้แรงดัน Output ต่ำกว่าค่าแรงดันปกติ



รูปที่ 2.21 ลักษณะการทำงานของ PIR sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7. เซ็นเซอร์แสง (Optical Sensor)



รูปที่ 2.22 เซ็นเซอร์แสง

เซ็นเซอร์แสง (Optical Sensor) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานหรือการนำไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวมันได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบ

LDR ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง (Light Dependent Resistor : LDR) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตรวจจับแสง โดยหากมีแสงมาตกกระทบน้อย จะทำให้มีความต้านทานมาก และหากมีแสงมาตกกระทบมาก ความต้านทานจะน้อยลง

### 2.7 บทสรุป

Internet of things มีบทบาทในการใช้งานในชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น ไม่ว่าจะ เป็นในทางธุรกิจ หรือแม้แต่ทางบริการก็ดี ดังนั้น Internet of Things จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะเข้ามา มีส่วนช่วยในการจัดการกับพลังงานที่ไม่จำเป็น รวมถึงเพื่อเพิ่มความสะดวกรสบายให้ผู้อยู่อาศัย โดยเรา จะเลือกใช้อุปกรณ์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาเป็นตัวควบคุมและสั่งการให้กับระบบการจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด

## บทที่ 3

### การออกแบบการทดลอง

#### 3.1 บทนำ

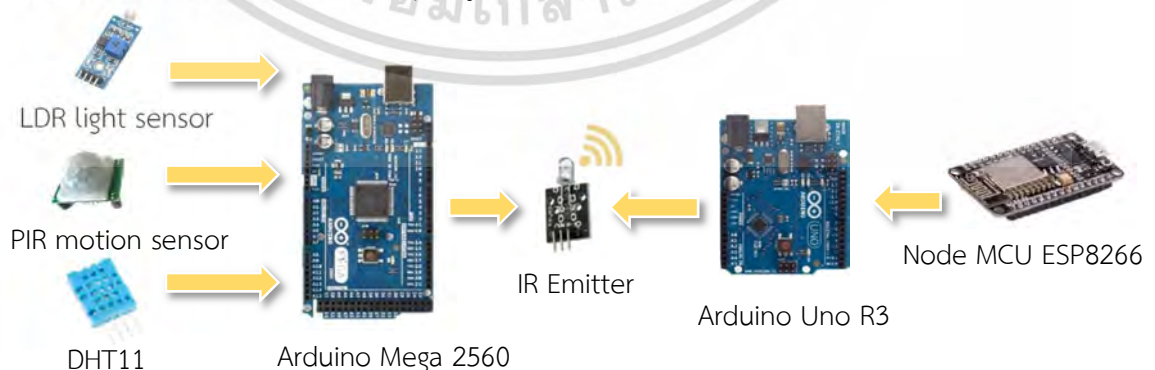
บทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบวงจรควบคุมเครื่องปรับอากาศซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ วงจรควบคุมโดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนของการต่ออุปกรณ์และแผนผังการทำงานของระบบ รวมถึงมีการออกแบบตู้ควบคุมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ และในที่สุดท้ายจะกล่าวถึงการออกแบบสร้างเว็บไซต์สำหรับแสดงผลและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

#### 3.2 การออกแบบวงจร Smart Energy Management

##### 3.2.1 ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ

ระบบนี้เป็นระบบที่จะช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในส่วนของเครื่องปรับอากาศให้แก่ผู้ใช้งานภายในห้อง อีกทั้งระบบนี้ยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศลงได้ ซึ่งสามารถแบ่งระบบนี้ได้เป็น 2 ระบบย่อย ได้แก่

1. ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านเว็บไซต์ อุปกรณ์ประกอบด้วย Arduino Uno R3 ทำหน้าที่ส่งการ IR Emitter ให้ส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังเครื่องปรับอากาศ และ NodeMCU ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตให้ Arduino Uno R3 สามารถส่งการผ่านเว็บไซต์ได้
2. ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ อุปกรณ์ประกอบด้วย Arduino Mega 2560 ทำหน้าที่ส่งการ IR Emitter ให้ส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังเครื่องปรับอากาศ โดยจะทำงานร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับต่าง ๆ ได้แก่ เซนเซอร์แสง (LDR Light Sensor) เซนเซอร์ตรวจจับสิ่งมีชีวิต (PIR Motion Sensor) และเซนเซอร์อุณหภูมิกับความชื้น (DHT 11)

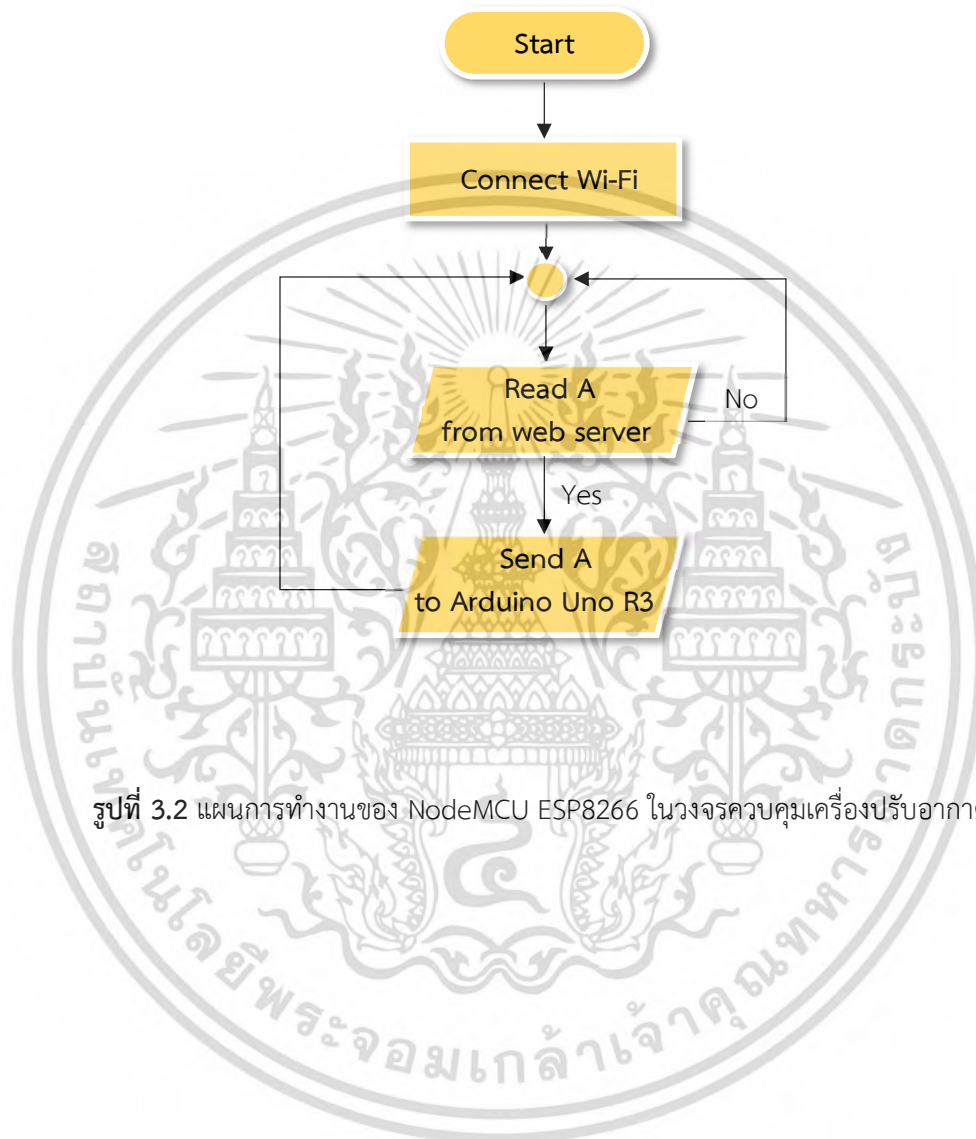


รูปที่ 3.1 วงจรควบคุมเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- NodeMCU ESP8266

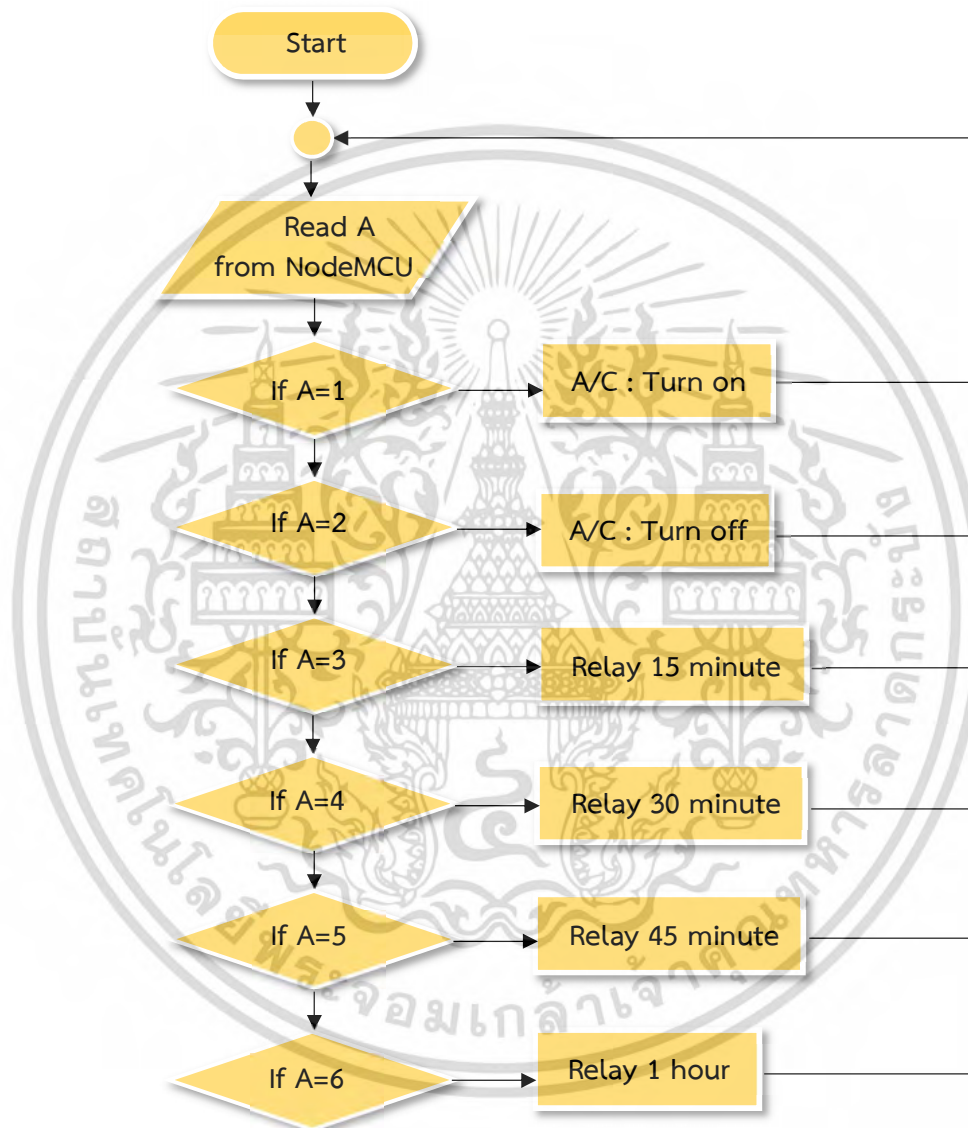
A : ตัวแปรที่กำหนดขึ้นใช้ในการส่งคำสั่งไปยัง Arduino Uno R3



รูปที่ 3.2 แผนการทำงานของ NodeMCU ESP8266 ในวงจรควบคุมเครื่องปรับอากาศ

- Arduino UNO R3

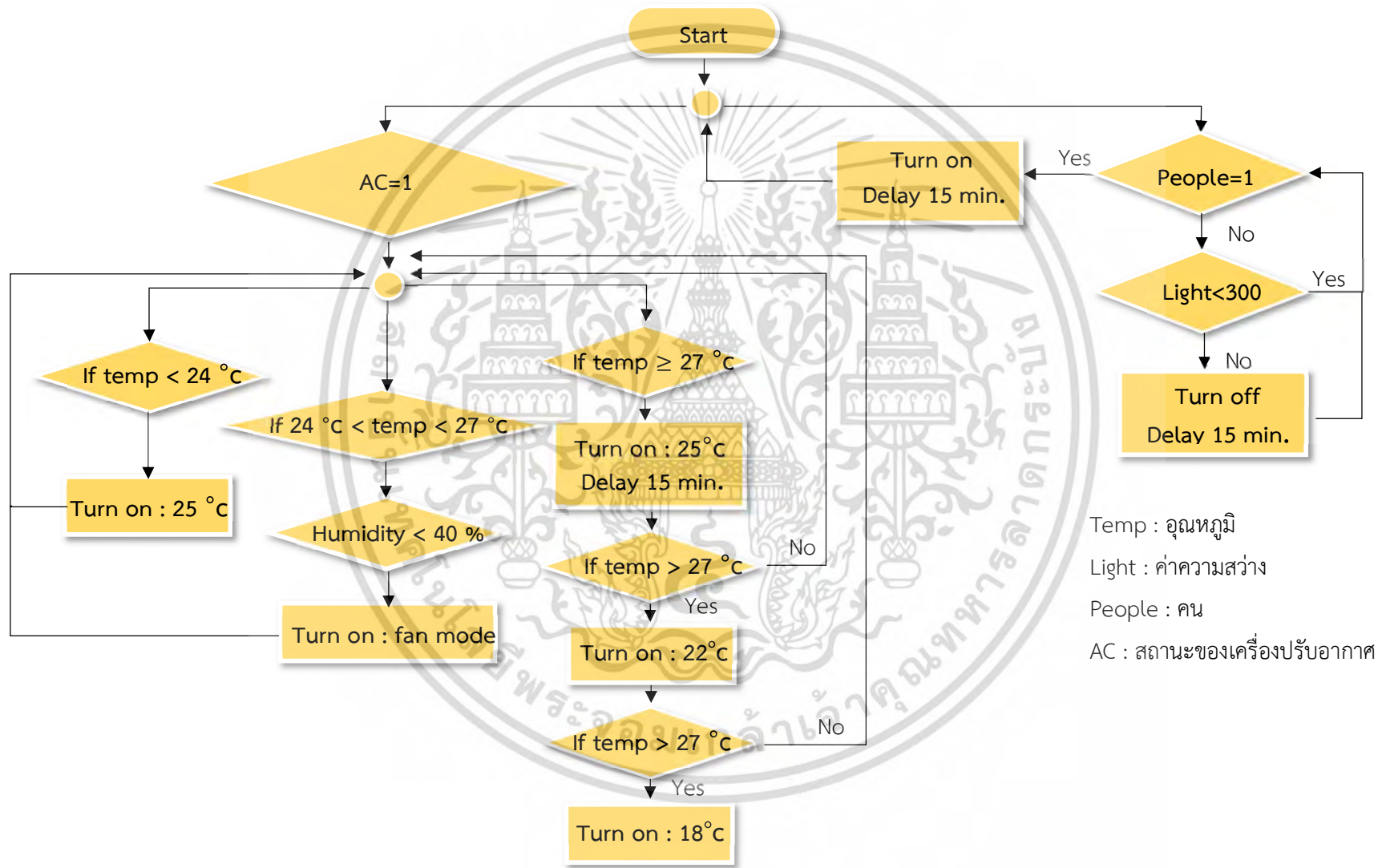
A : ตัวแปรที่กำหนดขึ้น โดยค่าที่เก็บในตัวแปร A บ่งบอกถึงคำสั่งสำหรับควบคุมเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 3.3 แผนการทำงานของ Arduino Uno R3 ในวงจรควบคุมเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Arduino Mega 2560

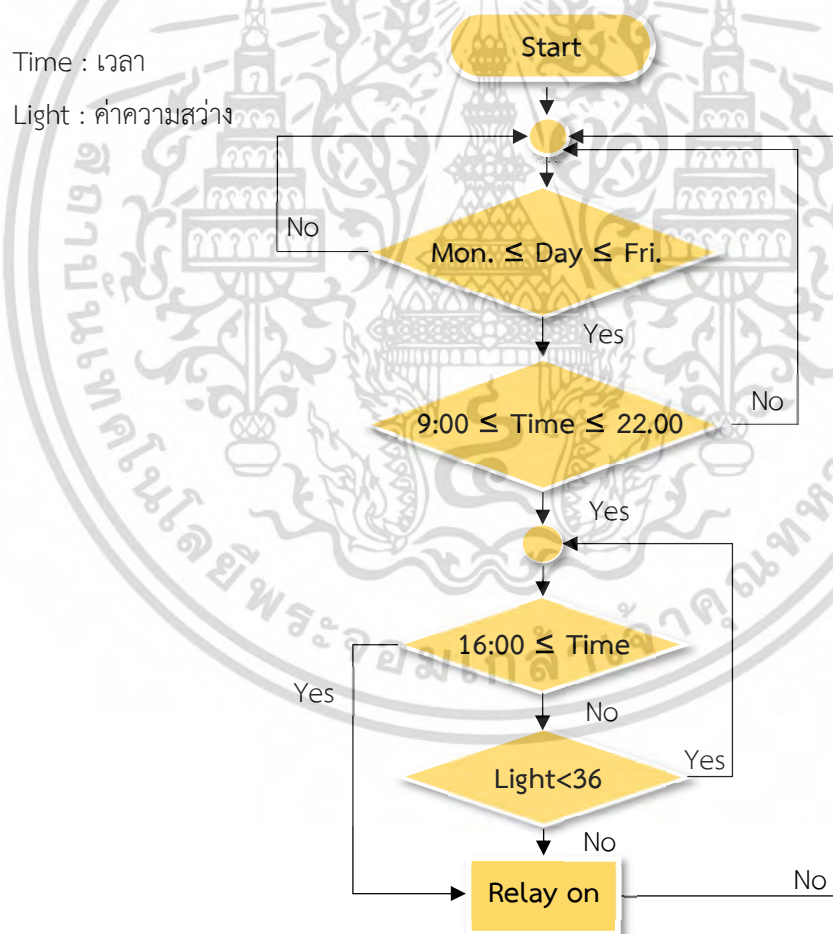


รูปที่ 3.4 แผนการทำงานของ Arduino Mega 2560 ในวงจรควบคุมเครื่องปรับอากาศ

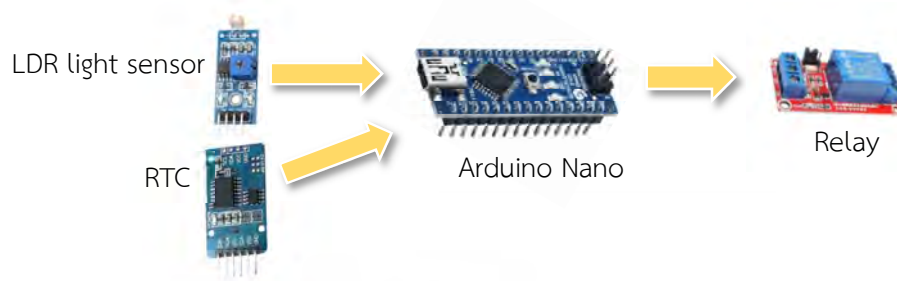
### 3.2.2 ระบบลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากเครื่องปรับอากาศ

ระบบนี้จะทำการลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากเครื่องปรับอากาศ โดยการควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบย่อย ได้แก่

1. ระบบควบคุมการเปิดปิดระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์ ระบบนี้ทำมาเพื่อจัดการกับค่าปรับกำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งค่าปรับดังกล่าวนั้นจะคิดเป็นช่วงเวลา ตั้งแต่ 9.00 - 22.00 น. ในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ไม่นับวันหยุดและวันนักขัตฤกษ์ อุปกรณ์ประกอบด้วย Arduino Nano ทำหน้าที่รับค่าและส่งสัญญาณเพื่อตัดต่อการทำงานของรีเลย์ ต่อมาได้แก่ รีเลย์ จะทำหน้าที่เปิดปิดระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์ และมีตัว RTC ซึ่งจะเป็นตัวบอกเวลาและวันที่ ให้กับ Arduino Nano ทราบ สุดท้าย เซนเซอร์แสง ทำหน้าที่ตรวจสอบแสงสว่างว่าโซล่าเซลล์ทำงานอยู่หรือไม่ เนื่องจากว่าหากโซล่าเซลล์สามารถทำการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ค่าปรับกำลังไฟฟ้าจะไม่มีหรือต่ำอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นที่จะต้องเปิดระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์

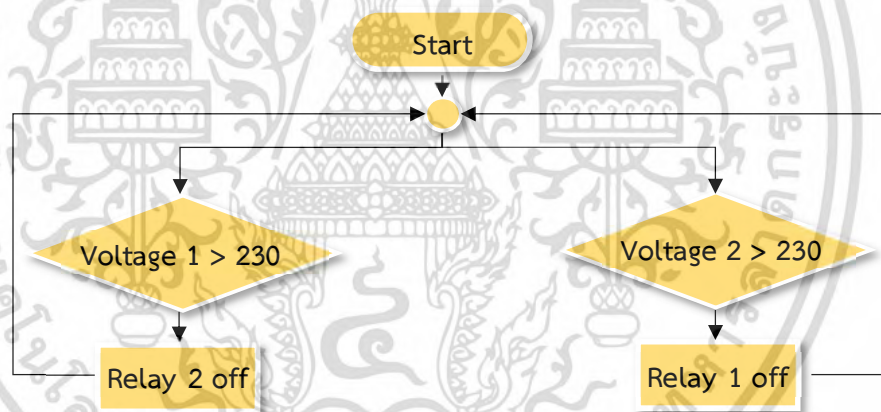


รูปที่ 3.5 แผนการทำงานของระบบควบคุมการเปิดปิดระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 3.6 ระบบควบคุมการเปิดปิดตัดต่อคอมเพรสเซอร์

2. ระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์ ระบบนี้ทำขึ้นเพื่อต้องการลด Demand Peak โดยป้องกันไม่ให้คอมเพรสเซอร์ทำงานพร้อมกัน อุปกรณ์ประกอบด้วย Arduino Nano เป็นตัวรับสัญญาณจากเซนเซอร์แรงดันไฟฟ้าเพื่อส่งคำสั่งไปยังรีเลย์ ต่อมาได้แก่ เซนเซอร์แรงดันไฟฟ้าทำหน้าที่วัดแรงดันไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบสถานะการทำงานของคอมเพรสเซอร์ และสวิตช์รีเลย์ทำหน้าที่ตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 3.7 แผนการทำงานของระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์



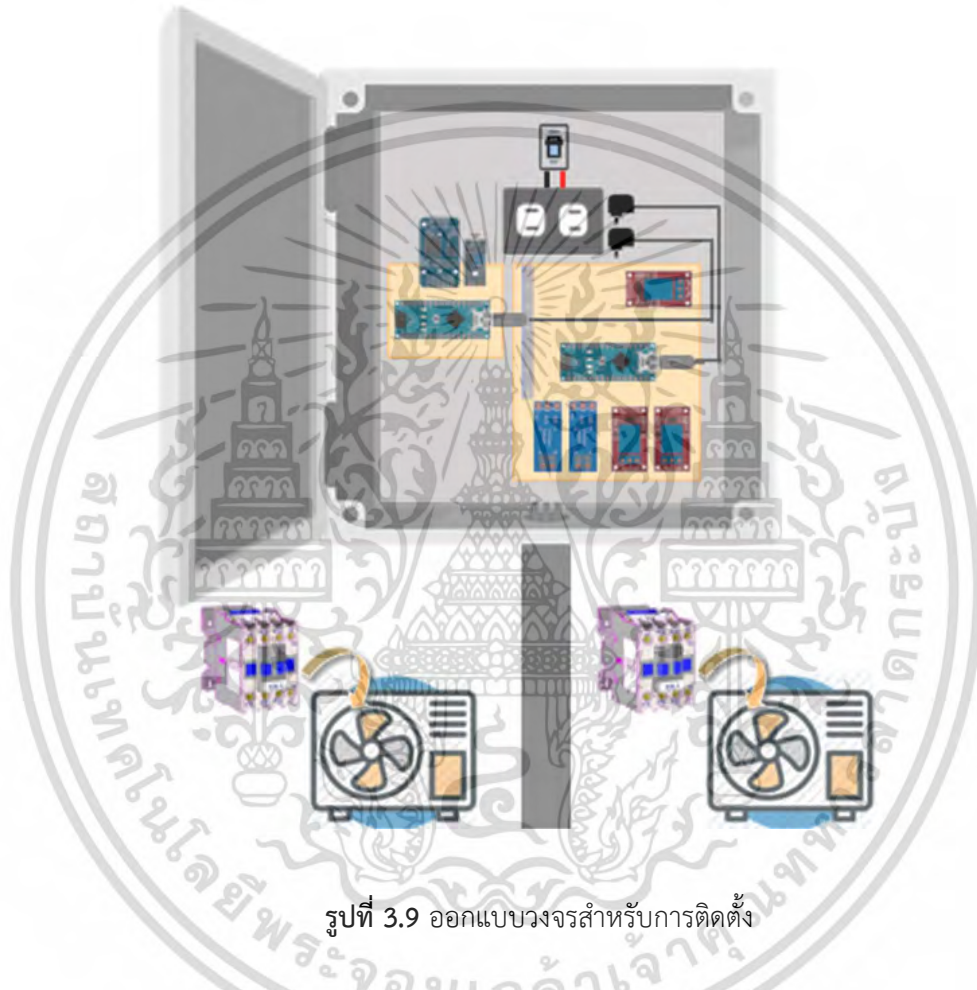
รูปที่ 3.8 ระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การออกแบบการวางอุปกรณ์และการติดตั้งอุปกรณ์

#### 3.3.1 ออกแบบกล่องควบคุม

ทำการออกแบบตำแหน่งการวางของอุปกรณ์ เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้งจริง โดยคำนึงถึงตามความคุ้มค่า และความเหมาะสมของพื้นที่ โดยติดตั้ง ดังนี้

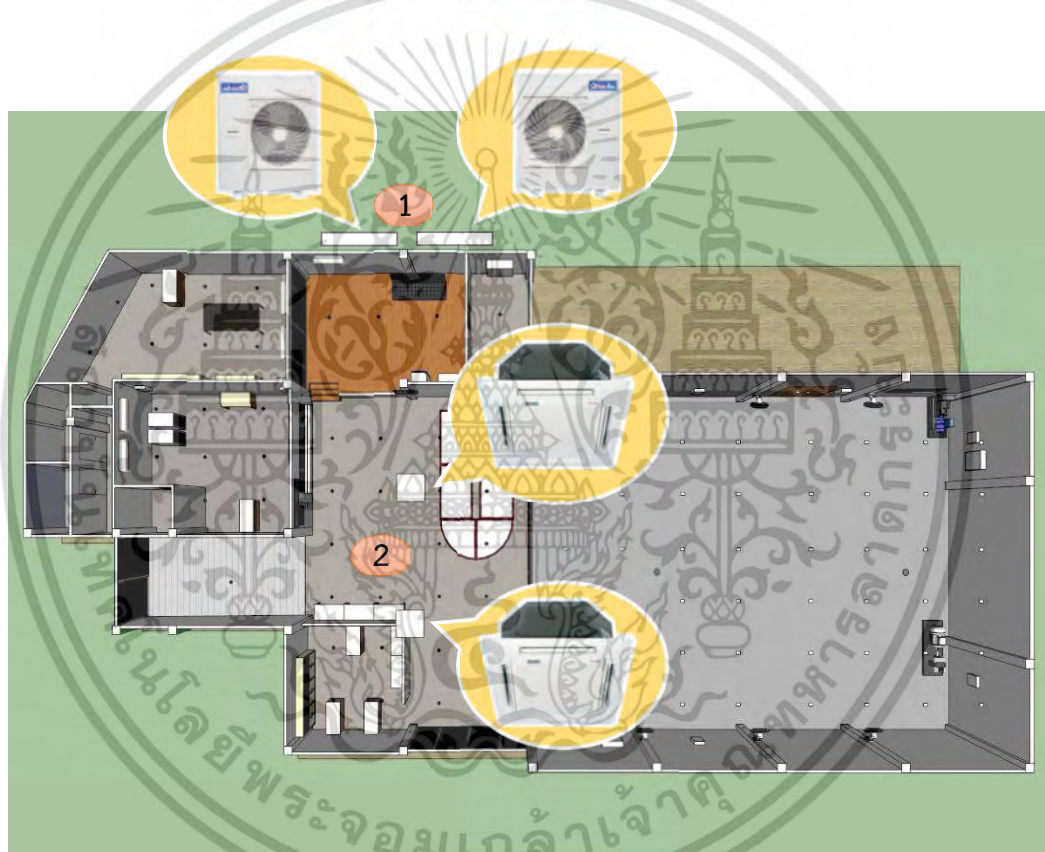


รูปที่ 3.9 ออกแบบวงจรสำหรับการติดตั้ง

จากรูป 3.9 เป็นตู้สำหรับควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด ภายในตู้ประกอบด้วย Arduino Nano 2 ตัว ตัวแรกใช้สำหรับควบคุมการทำงานของระบบตัดต่อของคอมเพรสเซอร์ โดยจะเปิดระบบวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ในช่วงเวลา 9.00 - 22.00 น. เนื่องด้วยอาคารที่ทำการติดตั้ง มีระบบโซลาร์เซลล์ จึงมีการติดเซนเซอร์แสงสว่าง เพื่อตรวจสอบสถานะของโซลาร์เซลล์ไว้ และเพื่อให้ระบบเปิดเฉพาะในตอนที่ไม่ได้ใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ ส่วน Arduino Nano อีกตัวจะต่อกับเซนเซอร์แรงดันเพื่อตรวจสอบสถานะของคอมเพรสเซอร์ โดยสั่งการให้รีเลย์ทำงานตัดต่อคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศต่อไป

### 3.3.2 ออกแบบสถานที่ติดตั้ง

อาคารระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ เป็นอาคารที่ใช้ในการติดตั้งระบบ ประกอบด้วย เครื่องปรับอากาศหลายตัว ซึ่งเป็นเครื่องปรับอากาศชนิดธรรมดา และเครื่องปรับอากาศชนิด อินเวอร์เตอร์ ขอบเขตการศึกษาของเราจัดทำขึ้นโดยมุ่งเน้นการจัดการพลังงานจากเครื่องปรับอากาศ แบบธรรมดาเป็นหลัก ซึ่งอาคารระบบไฟฟ้าอัจฉริยะมีเครื่องปรับอากาศชนิดธรรมดา จำนวน 2 เครื่อง ด้วยกันที่เราต้องทำการควบคุมและจัดการพลังงาน หมายเลข 1 เป็นตำแหน่งของการติดตั้ง กล้องควบคุมคอมเพรสเซอร์ทั้ง 2 เครื่อง หมายเลข 2 เป็นตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม เครื่องปรับอากาศ ได้แก่ เซนเซอร์อุณหภูมิ แสง และตรวจจับการเคลื่อนไหว



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ และหมายเลขแสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม

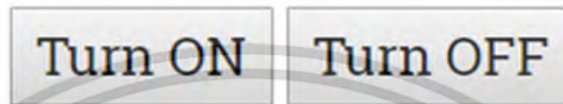
### 3.4 การออกแบบหน้าจอแสดงผลและควบคุม

การควบคุมและการแสดงผลผ่านเว็บไซต์ ถือเป็นระบบหนึ่งที่เป็นส่วนสำคัญสำหรับการเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้อยู่อาศัย ซึ่ง ณ ที่นี้ได้มีการออกแบบระบบต่าง ๆ เพื่อให้เครื่องปรับอากาศสามารถควบคุมและแสดงผลผ่านเว็บไซต์ได้ โดยหน้าเว็บไซต์ที่เราได้ออกแบบ ประกอบด้วยระบบสำคัญดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

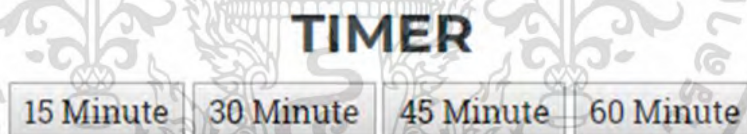
### 3.4.1.ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ

หมายถึงระบบที่สามารถช่วยให้ผู้อยู่อาศัยสามารถสั่งการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศผ่านเว็บไซต์ได้ ซึ่งระบบนี้เราออกแบบมาสำหรับเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้อยู่อาศัยโดยเฉพาะ โดยจากกรณีที่ผู้อยู่อาศัยต้องการจะเข้ามาใช้งานภายในห้อง ผู้อยู่อาศัยก็จะสามารถสั่งการเปิดเครื่องปรับอากาศผ่านเว็บไซต์ เพื่อให้ภายในห้องทำงานเย็นพร้อมก่อนที่ผู้อยู่อาศัยจะเข้ามาใช้งาน



รูปที่ 3.11 สวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศ

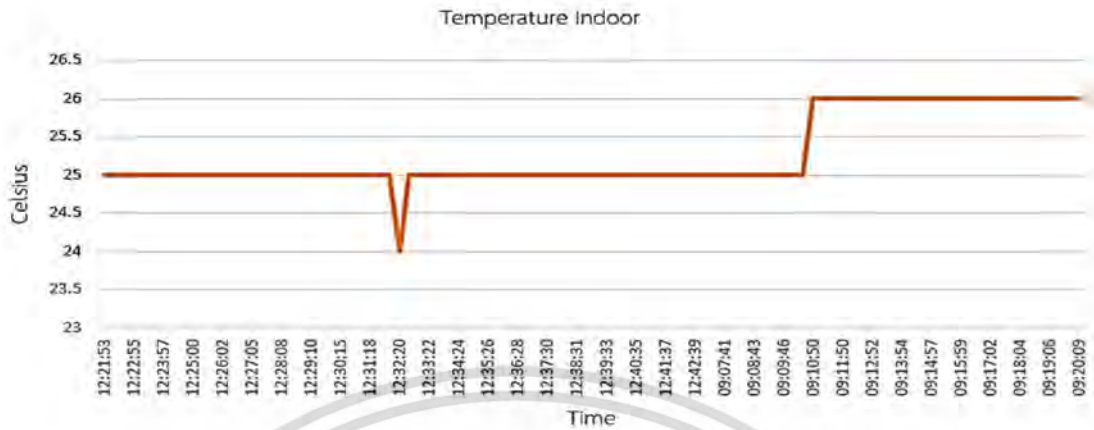
ทั้งนี้นอกเหนือจากการเปิดหรือปิดเครื่องปรับอากาศ เราได้ออกแบบระบบเปิดเครื่องปรับอากาศล่วงหน้า ตัวอย่างเช่น หากทราบว่า จะเข้ามาใช้งานภายในห้องในอีก 1 ชั่วโมง ก็สามารถสั่งการเปิดเครื่องปรับอากาศล่วงหน้า 1 ชั่วโมง ได้ ซึ่งผลที่ได้คือเครื่องปรับอากาศจะไม่ทำงานทันทีที่สั่งเปิด แต่เครื่องปรับอากาศจะทำงานในอีก 45 นาที ถัดมา หรือคิดเป็น 15 นาที ก่อนที่ผู้ต้องการใช้ห้องเข้ามาใช้งาน จากผลที่เราเก็บค่าจากเครื่องปรับอากาศระยะเวลา 15 นาที เพียงพอให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกกำลังสบายตัว



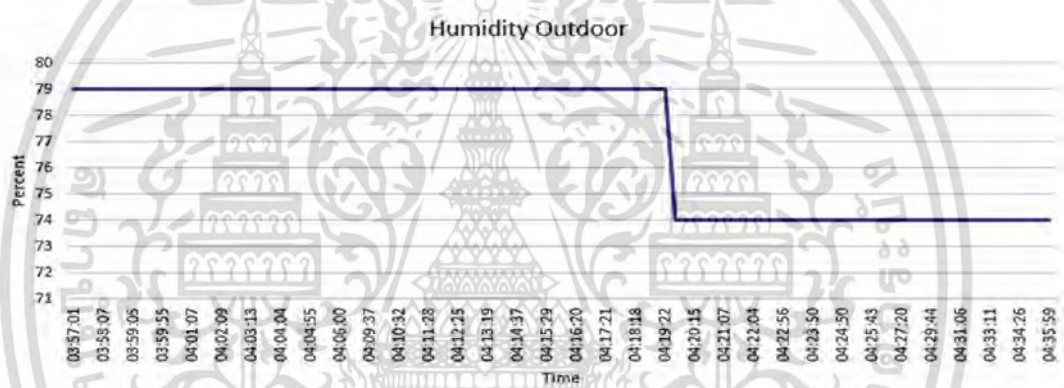
รูปที่ 3.12 สวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศ

### 3.4.2 ระบบแสดงอุณหภูมิและความชื้น

เป็นระบบที่แสดงถึงอุณหภูมิภายใน ดังแสดงในรูปที่ 3.13 และอุณหภูมิภายนอก อาคารห้องที่เราทดสอบ รวมถึงความชื้นทั้งภายในห้องและนอกอาคารด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.14 ระบบนี้เราออกแบบเพื่อให้ผู้อยู่อาศัยสามารถดูอุณหภูมิ เพื่อใช้ในการตัดสินใจใช้ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศได้ ตัวอย่างเช่นในฤดูร้อนอุณหภูมิภายนอกสูงมากและอุณหภูมิในห้องก็สูงเช่นกัน หากเป็นเช่นนั้นผู้ที่ต้องการใช้ห้องก็จะสามารถพิจารณาสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศ แต่หากว่าในห้องมีอุณหภูมิต่ำ ก็จะทำให้ผู้ที่ต้องการที่จะใช้ห้องทราบได้ว่ามีผู้อื่นใช้งานห้องอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศอีก



รูปที่ 3.13 กราฟอุณหภูมิภายในอาคาร



รูปที่ 3.14 กราฟความชื้นภายนอกอาคาร

### 3.5 บทสรุป

การออกแบบระบบการจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาดนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงการใช้งานจริงโดยสอบถามความต้องการจากผู้อยู่อาศัย เพื่อนำมาออกแบบระบบให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่ใช้งานนั้น ๆ ซึ่งสามารถสรุประบบที่เราออกแบบได้เป็น 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ 1) ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านเว็บไซต์และระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศโดยอัตโนมัติ ระบบนี้สามารถช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้อยู่อาศัยจากการเปิดเครื่องปรับอากาศล่วงหน้า อีกทั้งยังสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ โดยจากการที่เครื่องปรับอากาศจะสามารถปิดอัตโนมัติเมื่อไม่มีคนใช้งาน 2) ระบบลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากเครื่องปรับอากาศ ระบบนี้จะควบคุมไม่ให้เครื่องปรับอากาศทำงานพร้อมกัน ทำให้สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ค่าปรับกำลังไฟฟ้าก็จะถูกลงตามเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงการติดตั้งอุปกรณ์ของระบบที่เราได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 ได้แก่ ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ ระบบลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากเครื่องปรับอากาศ หน้าจอแสดงผลที่เราเขียนขึ้นเพื่อควบคุมเครื่องปรับอากาศ รวมถึงกราฟแสดงผลหลังการติดตั้งระบบการจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด

#### 4.2 อุปกรณ์และการติดตั้งระบบ

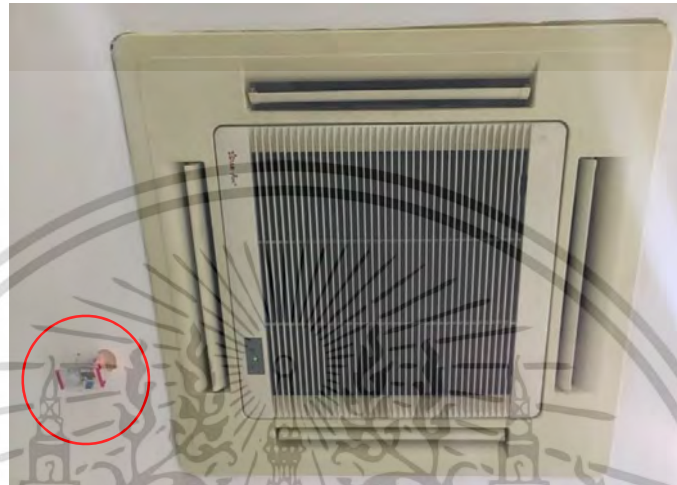
##### 4.2.1 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในอาคาร

ระบบที่ติดตั้งภายในอาคาร ประกอบด้วยระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ และระบบควบคุมออนไลน์ผ่านหน้าจอแสดงผล ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งประกอบด้วย 1) เซนเซอร์แสง (LDR Light Sensor) 2) เซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น (DHT11) 3) เซนเซอร์ตรวจจับสิ่งมีชีวิต (PIR Motion Sensor) 4) ตัวส่งสัญญาณอินฟราเรด (IR Emitter) โดยมีตัวประมวลผลคอยรับค่าและส่งสัญญาณ ซึ่งประกอบด้วย 1) Arduino Mega 2560 ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณในระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศโดยอัตโนมัติ 2) Arduino Uno R3 ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณระบบควบคุมออนไลน์ผ่านหน้าจอแสดงผล โดยเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านตัว NodeMCU

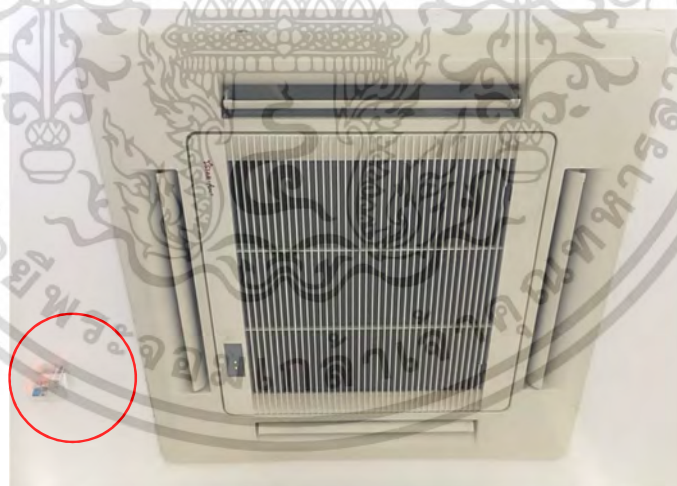


รูปที่ 4.1 กล่องอุปกรณ์ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศสำหรับติดตั้งภายในอาคาร

การติดตั้งระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ ตัวกล่องอุปกรณ์ควบคุมจะติดตั้งอยู่  
ด้านบนของฝ้าเพดาน ในขณะที่ตัวกล่องอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ จะติดตั้งบนฝ้าเพดานใกล้กับ  
เครื่องปรับอากาศ เพื่อการเก็บค่าอุณหภูมิและการส่งสัญญาณให้แก่เครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 4.2 ติดตั้งระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1

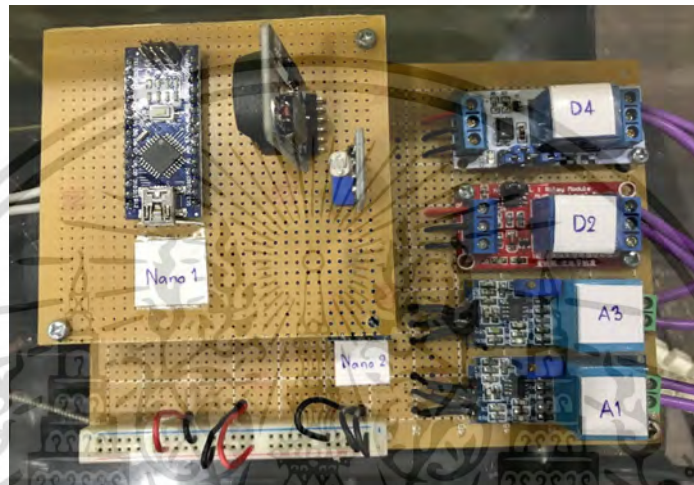


รูปที่ 4.3 ติดตั้งระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 การติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกอาคาร

ระบบควบคุมคอมเพรสเซอร์ เป็นระบบการตัดต่อเครื่องปรับอากาศไม่ให้คอมเพรสเซอร์ทำงานพร้อมกัน เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นจากเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ประกอบด้วย เซนเซอร์แรงดัน (Voltage Sensor) เซนเซอร์แสง (LDR Light Sensor) ตัวสัญญาณนาฬิกา (RTC) และรีเลย์ (Relay) โดยมีตัวควบคุมเป็น Arduino Nano



รูปที่ 4.4 วงจรควบคุมเครื่องคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 4.5 การติดตั้งระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ

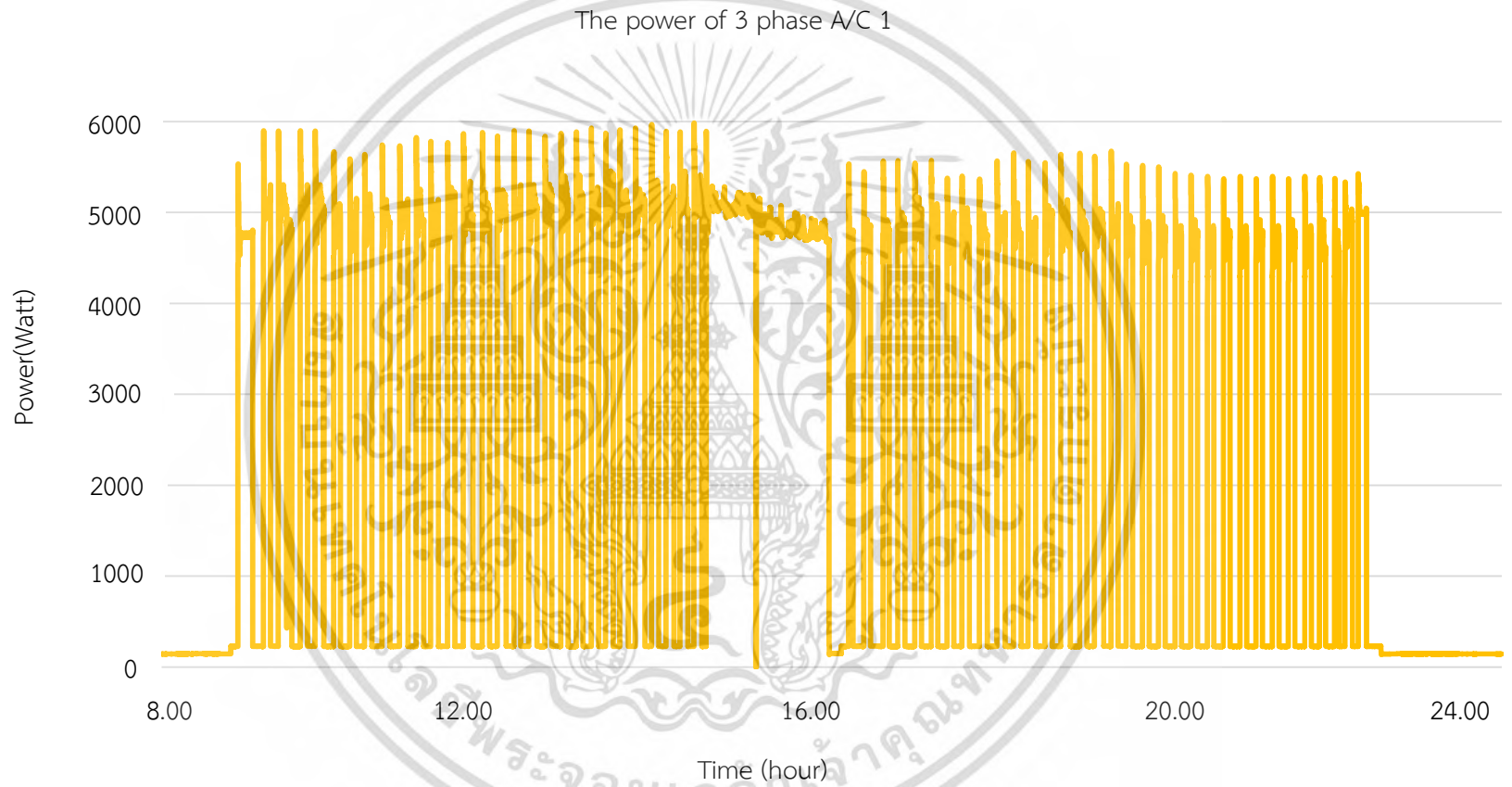
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการประหยัดพลังงานและค่าไฟฟ้า

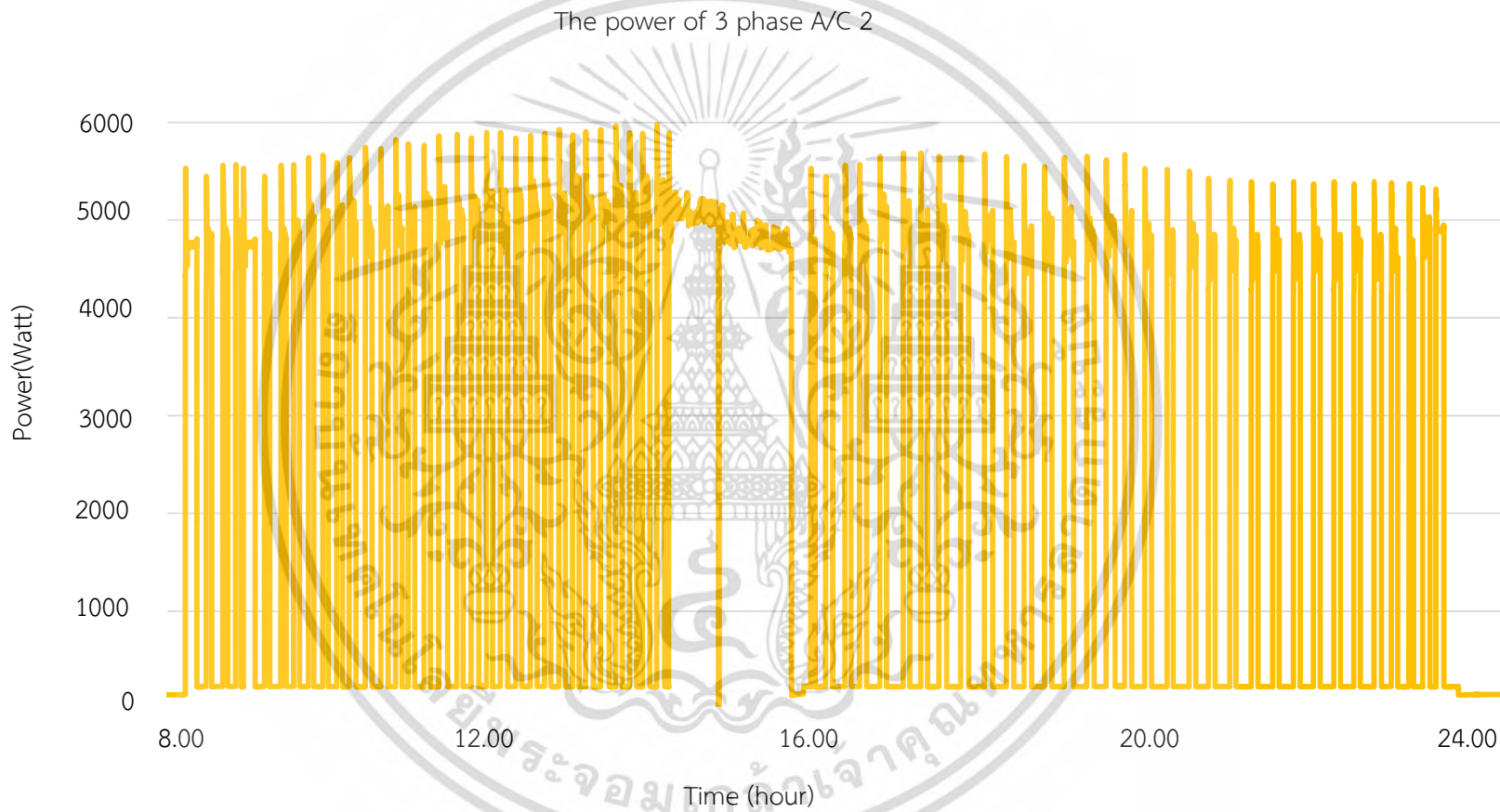
#### 4.3.1 บันทึกผลการทดลองการติดตั้งระบบการจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด

หลังจากการติดตั้งระบบทั้ง 2 ระบบ ได้แก่ ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ และระบบลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากเครื่องปรับอากาศ เราได้มีการติดตามผลโดยการเก็บค่าพฤติกรรมการทำงานของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ตัว ดังรูปที่ 4.6 รูปที่ 4.7 รูปที่ 4.9 และ รูปที่ 4.11 ซึ่งค่าที่เก็บได้นั้นมาจากเครื่องมือวัด และในส่วนรูปที่ 4.8 มาจากผลรวมของกำลังไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 กับกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 และ รูปที่ 4.10 มาจากกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีของค่าจากรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9

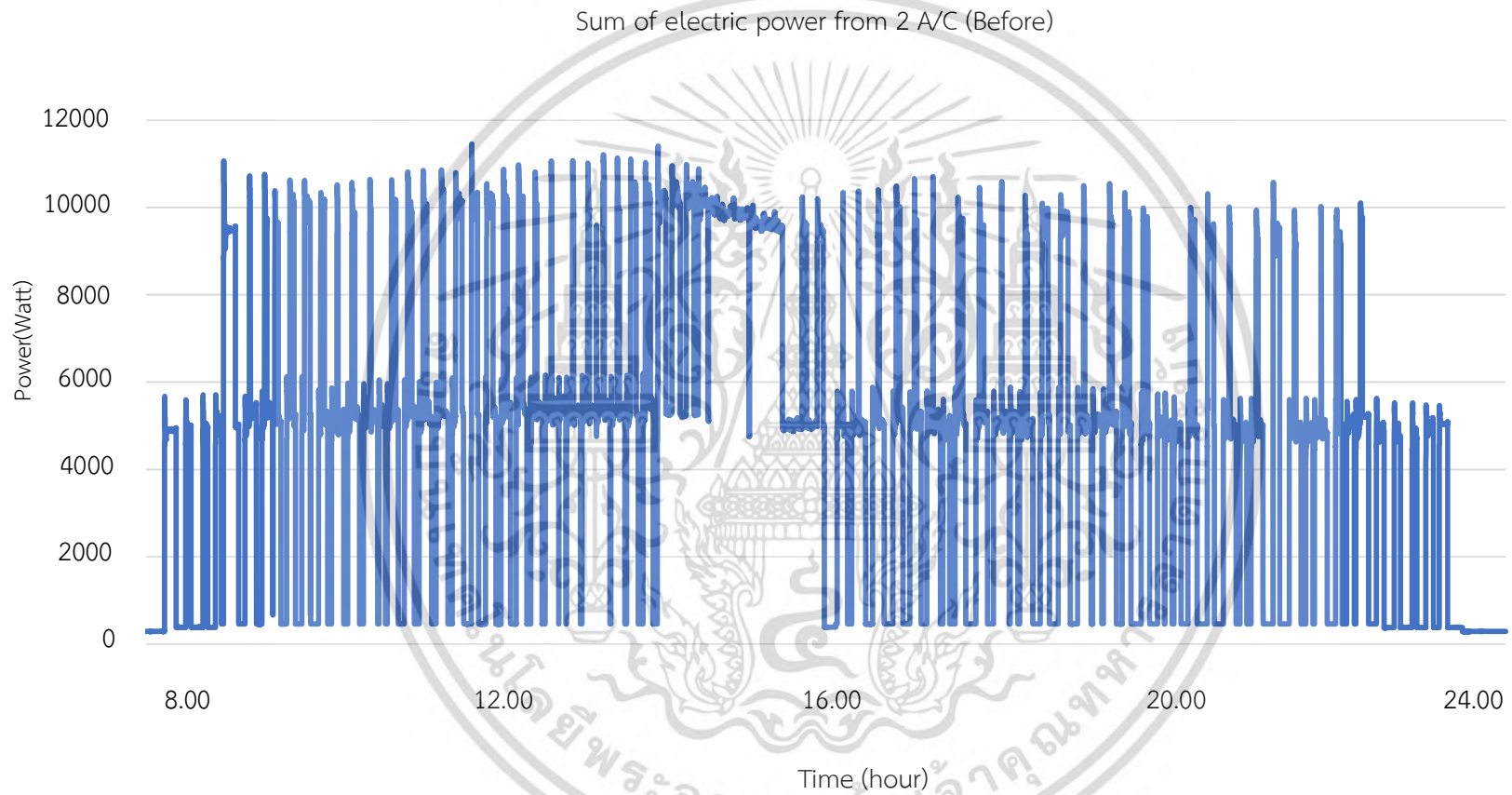




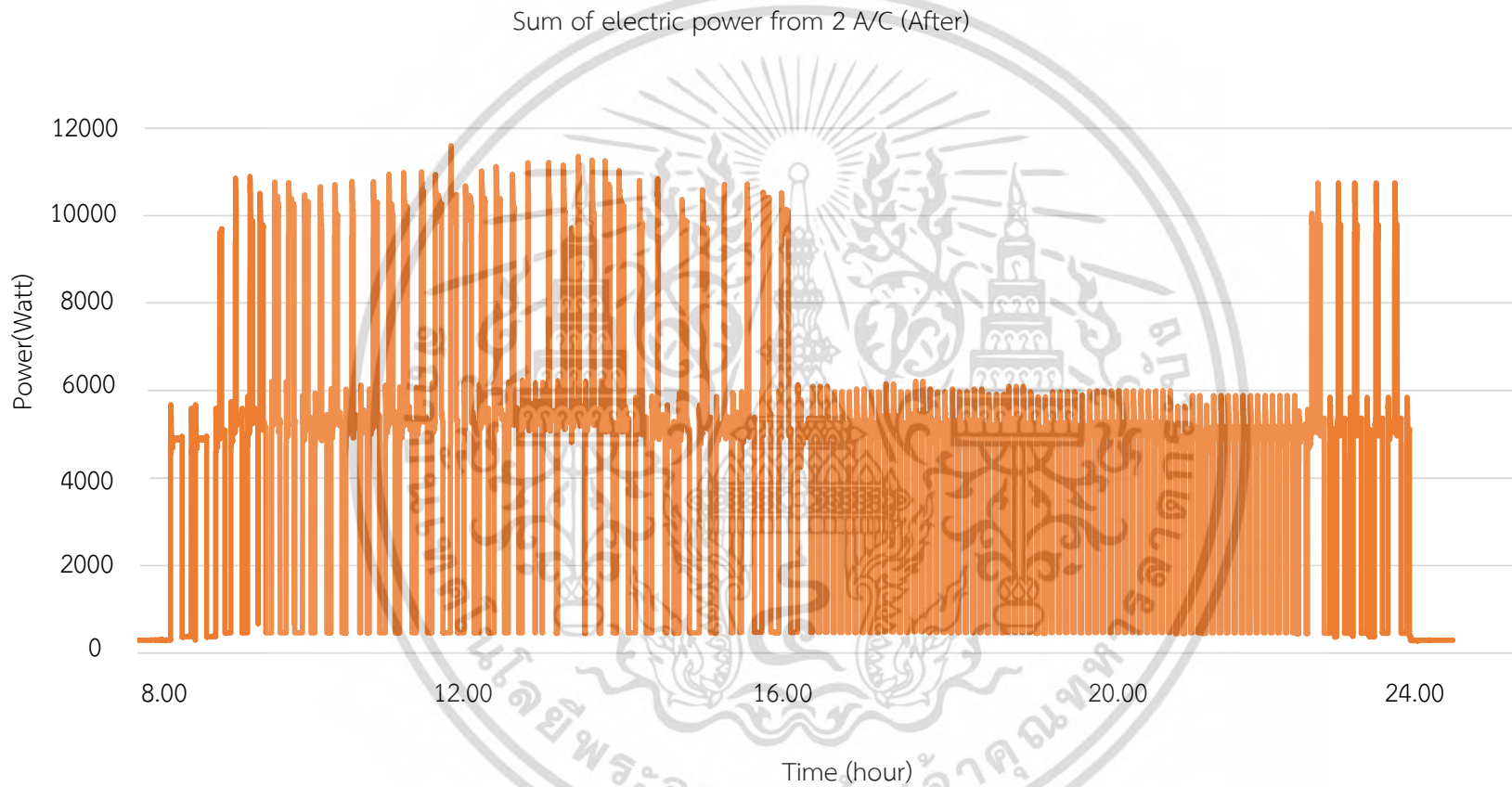
รูปที่ 4.6 กราฟกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1



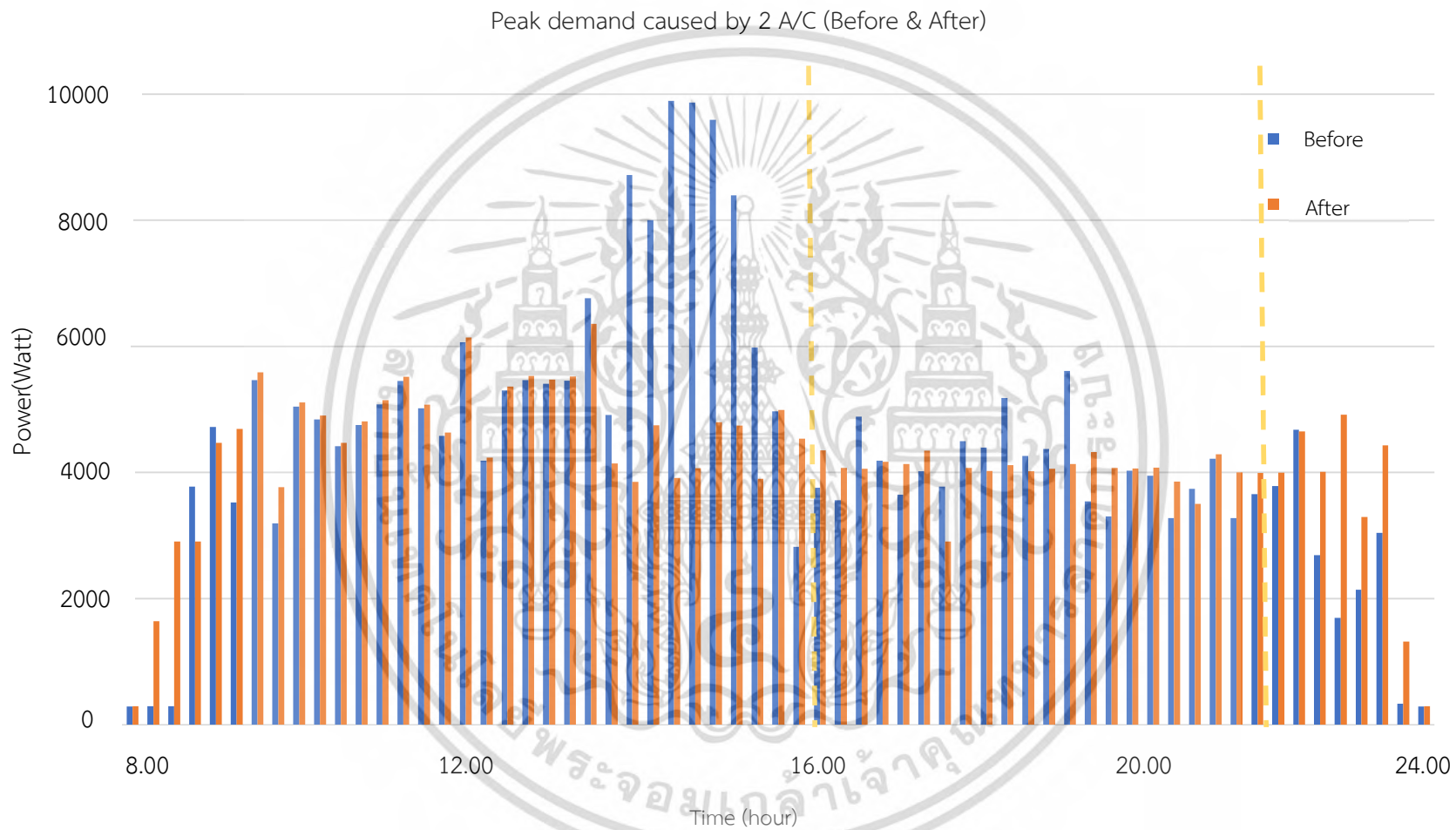
รูปที่ 4.7 กราฟกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตัวที่ 2



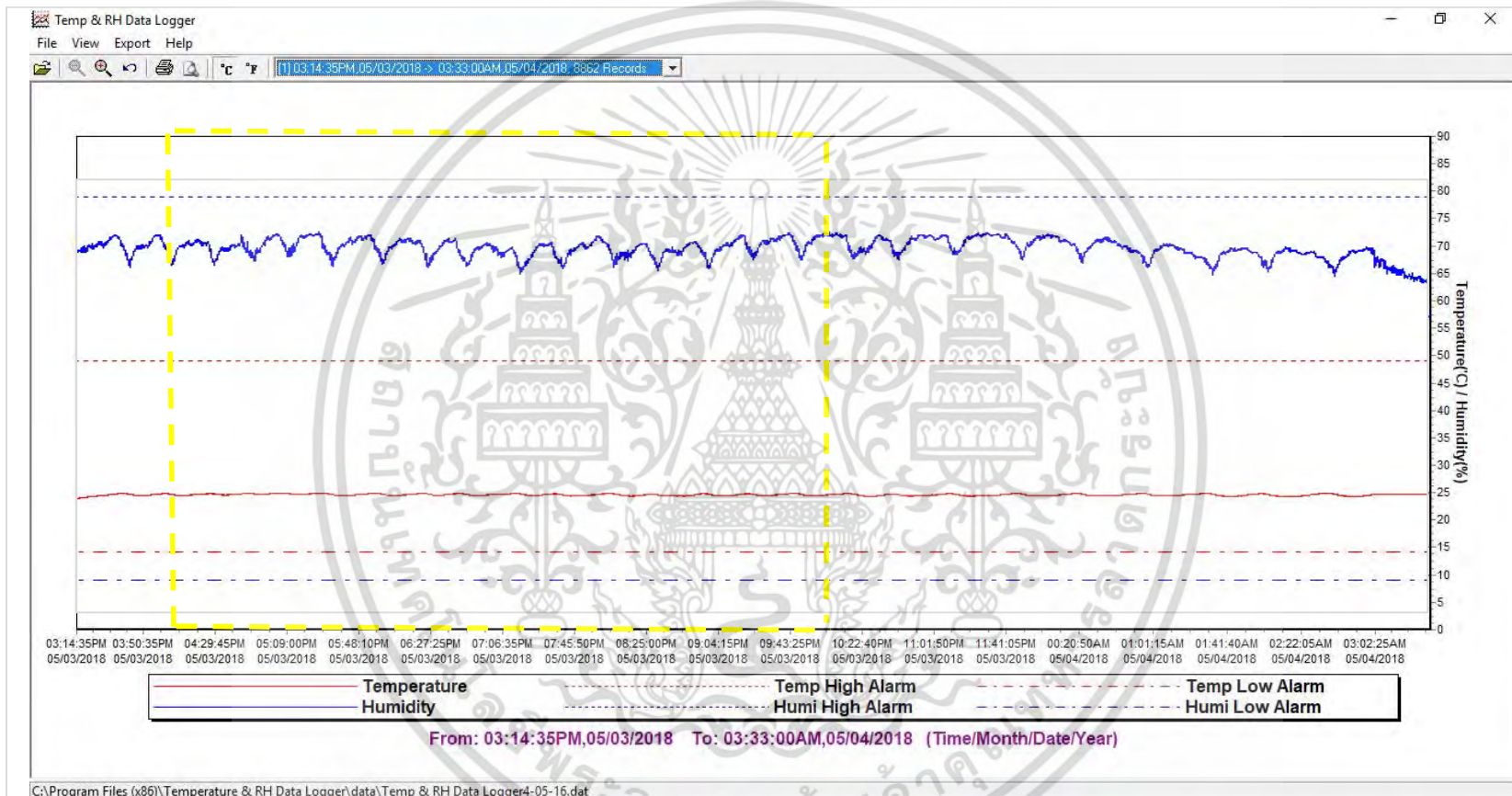
รูปที่ 4.8 กราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมจากเครื่องปรับอากาศ 2 เครื่อง (ก่อนติดตั้งระบบ)



รูปที่ 4.9 กราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมจากเครื่องปรับอากาศ 2 เครื่อง (หลังติดตั้งระบบ)



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบ Demand peak ก่อนและหลังการติดตั้ง



รูปที่ 4.11 กราฟอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องทดสอบระบบ (เปิดเครื่องปรับอากาศที่ 25 องศาเซลเซียส

#### 4.3.2 สรุปผลการติดตั้งระบบการจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด

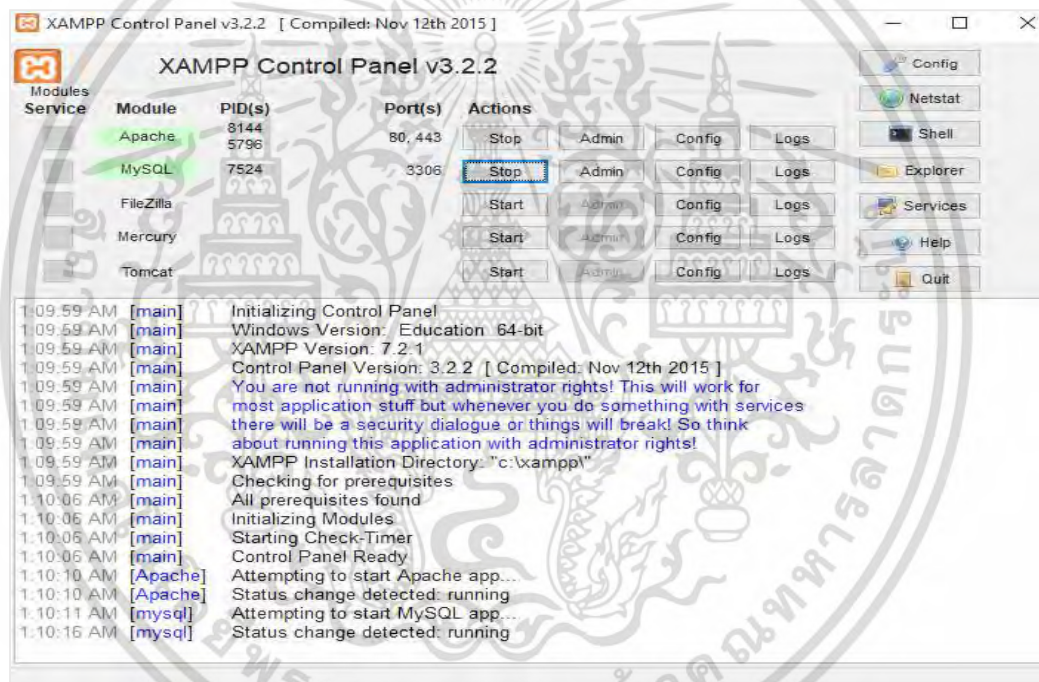
ผลที่ได้จากการบันทึกค่าจากเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 และตัวที่ 2 พบว่าแม้เครื่องปรับอากาศชนิดเดียวกัน ติดตั้งในห้องเดียวกัน ก็ไม่สามารถมีพฤติกรรมของกำลังไฟฟ้าเหมือนกันทั้งหมดได้แต่เนื่องด้วยสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ความชื้นภายในภายนอกที่เหมือนกันจึงทำให้ยังคงมีพฤติกรรมของกำลังไฟฟ้าที่สอดคล้องกันอยู่ เราได้ทำการคำนวณต่อโดยการนำค่ากำลังไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 และตัวที่ 2 รวมกันได้เป็นรูปที่ 4.10 หลังจากนั้นเราทำการติดตั้งระบบแล้วบันทึกค่าอีกครั้ง ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.11 ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือช่วงเวลา 16.00 - 22.00 น. กำลังไฟฟ้ามี่ความสม่ำเสมอมากขึ้น สาเหตุมาจากการควบคุมไม่ให้คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศทำงานพร้อมกัน และเมื่อนำค่ากำลังไฟฟ้ามาคำนวณหาลำโพงไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยทุก 15 นาที ได้ดังรูปที่ 4.12 ซึ่งค่าปรับกำลังไฟฟ้าสูงสุดของอาคารทั่วไปอัตราคิดแบบ TOU จะคิดในช่วงเวลา 9.00 - 22.00 น. ทั้งนี้อาคารที่เราทำการศึกษามีระบบโซลาร์เซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้ามาเลี้ยงโหลดในระยะเวลากลางวันได้เพียงพอ ดังนั้นช่วงเวลาที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงที่ยังคงอยู่ในช่วงเวลาเสียค่าปรับกำลังไฟฟ้าจะเป็นช่วงเวลายื่นประมาณ 16.00 - 22.00 น. ผลที่ได้จากการติดตั้งระบบพบว่า กำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาดังกล่าวลดลงจาก 5.6 กิโลวัตต์ เหลือเพียง 4.3 กิโลวัตต์ หมายความว่าระบบควบคุมคอมเพรสเซอร์สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนต่างของอุณหภูมิด้วย หลังจากนั้นเราได้ทำการเก็บค่าเพิ่มเติมเพื่อดูประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลที่ได้คืออุณหภูมิและความชื้นภายในห้องยังคงปกติไม่เปลี่ยนแปลงดูได้จากรูปที่ 4.11

#### 4.4 การออกแบบหน้าจอแสดงผลและควบคุม

##### 4.4.1 การสร้างฐานข้อมูลระบบสมัครสมาชิก

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างฐานข้อมูลระบบสมัครสมาชิกสำหรับผู้เข้ามาใช้งาน บนหน้าจอแสดงผล โดยทางผู้ออกแบบได้ใช้โปรแกรม XAMPP ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์เป็น web server โดยใช้งานร่วมกับภาษา PHP เพื่อใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล MySQL

การสร้างฐานข้อมูลนั้น เริ่มจากการเปิดโปรแกรม XAMPP ขึ้นมา แล้วเปิดการทำงานของ Apache ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่กำหนด Protocol ในการติดต่อกับ Network โดย HTTP และ MySQL เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่ให้บริการทางด้าน Database ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ



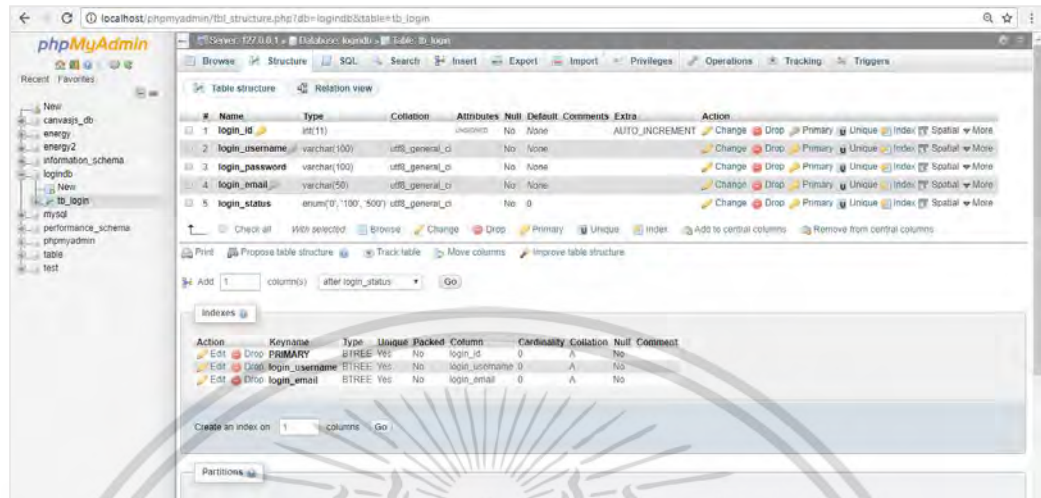
รูปที่ 4.12 โปรแกรม XAMPP ที่ใช้ในการจำลองคอมพิวเตอร์เป็น Web server

ขั้นตอนต่อมาเป็นการสร้างฐานข้อมูลและตารางเก็บข้อมูลของระบบสมัครสมาชิก โดยได้ทำการสร้างตารางในการเก็บข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.13 และ 4.14 ดังนี้

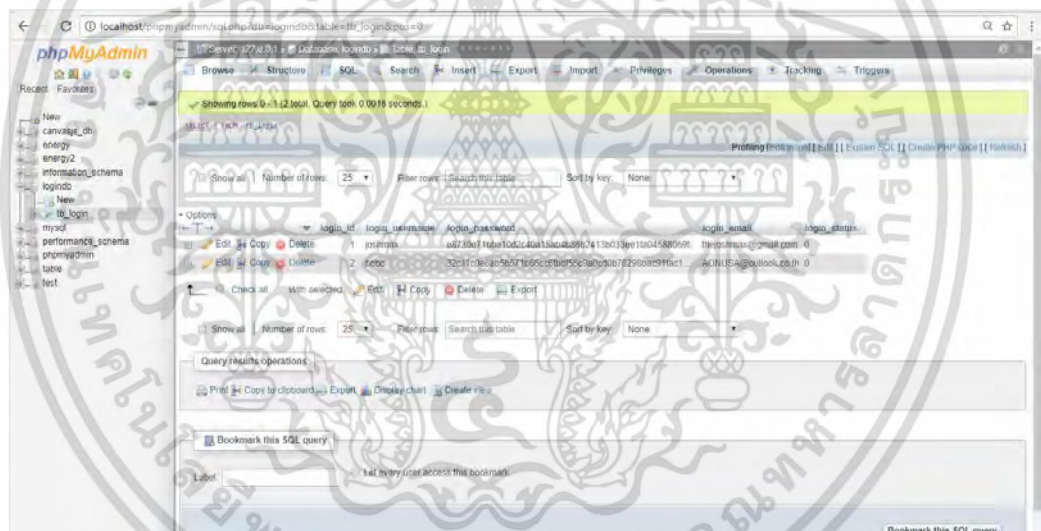
1. ตาราง login\_id กำหนดให้เก็บค่าชนิด int
2. ตาราง login\_username กำหนดให้เก็บค่าเป็น varchar
3. ตาราง login\_password กำหนดให้เก็บค่าเป็น varchar
4. ตาราง login\_mail กำหนดให้เก็บค่าเป็น varchar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. ตาราง login\_status กำหนดให้เก็บค่าเป็น enum



รูปที่ 4.13 ตารางเก็บข้อมูลของระบบสมัครสมาชิก



รูปที่ 4.14 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของคนทีเข้าสมัครสมาชิก

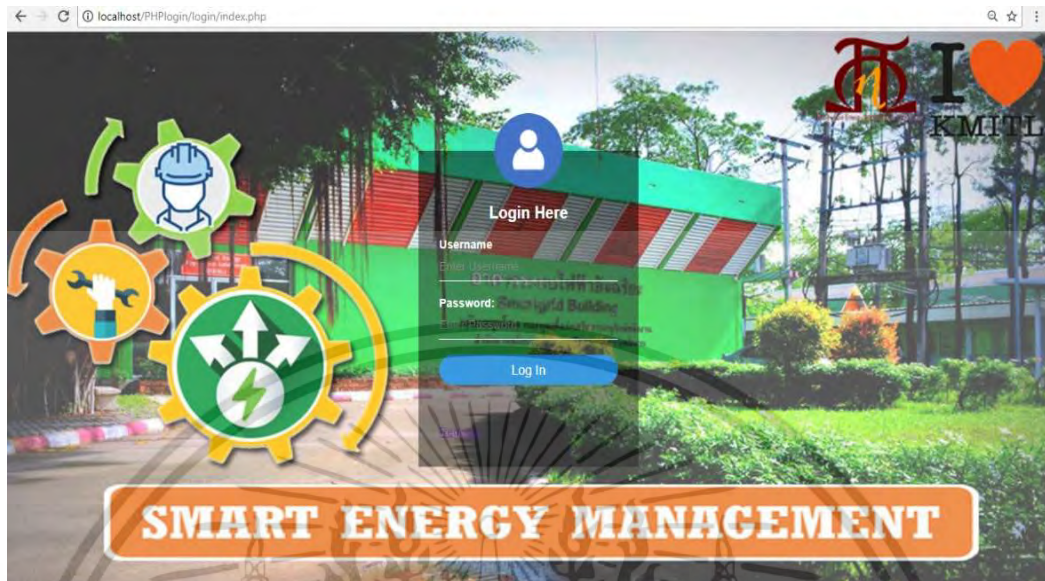
### 4.4.2 การสร้างหน้าจอตงผล

ในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบได้ทำการใช้โปรแกรม Visual Studio Code ในการออกแบบหน้าจอตงผล ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ด้วยกัน ดังนี้

1. การสร้างหน้าจอตงผลสำหรับเข้าสู่ระบบและสมัครสมาชิก

ในการออกแบบหน้าเข้าสู่ระบบและสมัครสมาชิกนั้น ผู้ออกแบบได้ใช้ภาษา PHP ในการเขียนคำสั่งเพื่อเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 หน้าจอแสดงผลสำหรับเข้าสู่ระบบ



รูปที่ 4.16 หน้าจอแสดงผลสำหรับสมัครสมาชิก

## 2. การสร้างหน้าจอแสดงผลสำหรับแสดงหน้าเว็บ

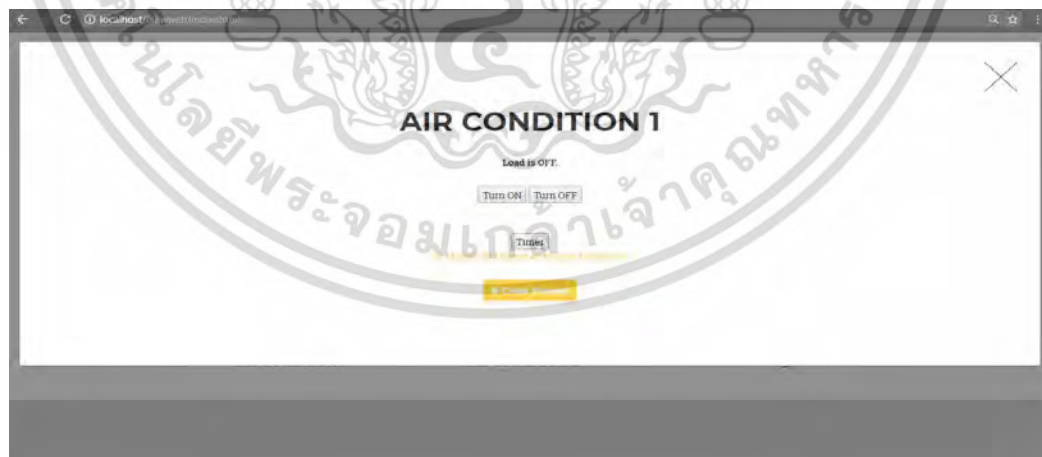
ในขั้นตอนการออกแบบหน้าเว็บ ผู้ออกแบบการทดลองใช้โปรแกรม Dreamweaver ร่วมกับโปรแกรม Adobe Photoshop ในการออกแบบหน้าเว็บไซต์ และทำการเขียนรูปแบบข้อความ เพื่อใช้เป็นคำสั่งในการสั่งการควบคุมและแสดงผลการใช้งานต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 หน้าจอแสดงรูปแบบการทำงาน

3. การสร้างหน้าหน้าจอแสดงผลในการควบคุมเครื่องปรับอากาศ ในการออกแบบหน้าจอแสดงผลในการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ผู้ ออกได้ใช้ภาษา HTML ร่วมกับระบบ NETPIE หรือระบบ Internet of things (IOT) ในการสั่งควบคุม การใช้งานของเครื่องปรับอากาศผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังแสดงในรูปที่ 4.18

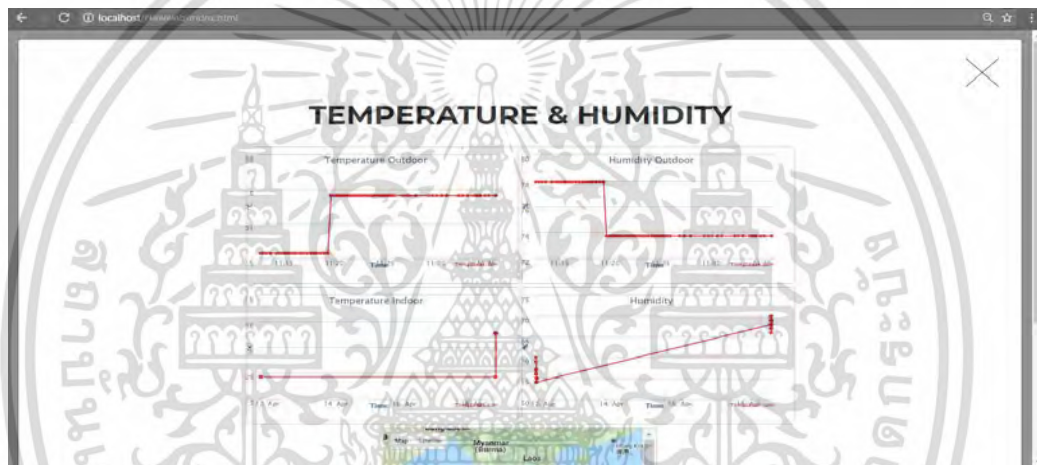


รูปที่ 4.18 หน้าจอแสดงผลสำหรับการควบคุม ON-OFF ของเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การสร้างหน้าจอแสดงผลในการแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นแบบ Realtime ในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบได้ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารและภายนอกอาคารมาเปรียบเทียบกันซึ่งทำการออกแบบและแสดงผล ดังนี้

4.1.1) ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร ผู้ออกแบบได้ทำการใช้ Module Sensor DHT11 ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร โดยทำการเขียนคำสั่งลงบน ตัวอุปกรณ์ Node MCU ซึ่งเป็น Module Wi-Fi ใช้ในการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตในการส่งข้อมูลไปยัง Thingspeak หรือระบบ Internet of things (IOT) เพื่อแสดงเป็นกราฟออกมา โดยกราฟนั้นจะแสดงข้อมูลทุก 15 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 กราฟอุณหภูมิภายในอาคารและภายนอกอาคาร

4.1.2) ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นภายนอกอาคาร ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายนอกอาคารนั้น ผู้ออกแบบได้ทำการดึงข้อมูลจาก Website Openweathermap.org ด้วย ระบบ Application Programming Interface : API ซึ่งเป็นช่องทางการเชื่อมต่อช่องทางหนึ่งที่จะเชื่อมต่อหน้าจแสดงผลของผู้ให้บริการ API จากที่อื่น ซึ่งเขียนคำสั่งด้วยภาษา Python โดยใช้คำสั่ง method http get ในการดึงค่า ต่อจากนั้นระบบจะดึงจุด ลองจิจูดของตำแหน่งสถานที่ในการวัดและส่งข้อมูลไปยัง Thingspeak หรือระบบ Internet of things (IOT) เพื่อแสดงเป็นกราฟออกมา ดังแสดงในรูปที่ 4.19

#### 4.5 บทสรุป

ผลการทดสอบหลังการติดตั้งระบบการบริหารจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด พบว่าอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถช่วยลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ เนื่องด้วยอาคารที่เราทำการทดสอบมีระบบโซลาร์เซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในตอนกลางวันสามารถจ่ายโหลดให้กับอาคารได้ เราจึงมุ่งเน้นในการจัดการกับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาที่คิดค่าปรับกำลังไฟฟ้าสูงสุด ในเวลานอกเหนือที่ระบบโซลาร์เซลล์สามารถทำงานได้ เปรียบเทียบได้จากรูปที่ 4.10 พบว่าช่วงเวลา 16.00 - 22.00 น. ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงจาก 5,607.534 วัตต์ ลดลงมาเหลือ 4,289.529 วัตต์ คิดเป็น 23 เปอร์เซ็นต์ โดยอุณหภูมิภายในห้องยังคงปกติ และในส่วนของเว็บไซต์ที่ได้เขียนขึ้นสามารถควบคุมเครื่องปรับอากาศ และสามารถแสดงผลได้ตามที่ออกแบบไว้แต่ยังคงต้องพัฒนาต่อไป เพื่อให้เป็นเว็บไซต์ทางการสามารถใช้งานได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น



## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการนำอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการพลังงานภายในอาคาร โดยทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนก่อนการติดตั้ง และส่วนหลังการติดตั้ง โดยในการบริหารจัดการพลังงานนี้ได้คำนึงถึงความสะดวกสบายของผู้อยู่อาศัยมารวมในการพิจารณาการบริหารจัดการพลังงานด้วย

ในการติดตั้งระบบการจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด ได้แบ่งระบบออกเป็น 3 ส่วนหลักตามวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน คือ 1) เพื่ออนุรักษ์พลังงาน ระบบนี้จะเป็นระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ โดยมีเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ทำงานร่วมกับเซนเซอร์แสงสว่าง เพื่อตรวจสอบว่ามีผู้อยู่อาศัยหรือไม่ หากไม่มีจะทำการปิดอัตโนมัติ รวมถึงระบบปรับอุณหภูมิให้เครื่องปรับอากาศทำงานในอุณหภูมิที่เหมาะสมก็คือ 24 - 26 องศาเซลเซียส โดยได้มีงานวิจัยกล่าวไว้ว่าอุณหภูมิในช่วงนี้เหมาะสำหรับการทำงานที่ต้องใช้ความคิดมากที่สุด นอกจากนี้อุณหภูมินี้ยังไม่ทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานต่อเนื่องนานจนเกินไป ซึ่งจากการติดตั้งระบบนี้ยังไม่สามารถตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้อย่างแน่ชัด อาจจำเป็นต้องใช้เวลาในการเก็บผลการทดลองมากกว่านี้ 2) เพื่อเพิ่มความสะดวกสบาย ระบบนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับระบบก่อนหน้านี้ก็คือ การที่เครื่องปรับอากาศทำงานโดยอัตโนมัติจะทำให้ผู้อยู่อาศัยไม่ต้องเสียเวลากดเปิดเครื่องปรับอากาศ หรือกดปรับอุณหภูมิเมื่อรู้สึกร้อน หรือรู้สึกหนาวจนเกินไป และอีกหนึ่งระบบที่ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้ห้องก็คือ ระบบเปิดเครื่องปรับอากาศผ่านหน้าจอแสดงผล และในสภาพอากาศประเทศไทยที่ร้อนระอุแบบนี้ หากรู้ว่าจะเข้าใช้ห้องล่วงหน้า แน่ใจว่าทุกคนย่อมอยากเข้ามาพร้อมกับพบว่าเครื่องปรับอากาศทำงานอยู่แล้ว โดยในหน้าจอแสดงผลได้มีระบบสั่งเปิดแอร์ล่วงหน้าโดยให้เลือกว่าจะเข้ามาทำงานในอีกกี่นาที โดยมีให้เลือก 4 ช่วงเวลา ได้แก่ 15 นาที 30 นาที 45 นาที และ 1 ชั่วโมง 3) เพื่อลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากขอบเขตที่เราศึกษาสามารถเกิดขึ้นได้จากกรณีเดียวคือ คอมเพรสเซอร์ 2 ตัวทำงานพร้อมกัน โดยค่าพิกัดกำลังสูงสุดจะเกิดขึ้นได้ในกรณีที่คอมเพรสเซอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานต่อเนื่องกันสูงสุด 15 นาที ระบบควบคุมการทำงานคอมเพรสเซอร์จะทำการควบคุมไม่ให้คอมเพรสเซอร์ทำงานพร้อมกัน โดยมีเซนเซอร์แรงดันที่ใช้สำหรับตรวจสอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์และรีเลย์คอยตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ทำให้ระบบนี้สามารถลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์

### ข้อดีของเทคโนโลยีอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

1. เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่นำมาสร้างสรรค์ผลงานต่าง ๆ ได้มากมาย
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถผลิตได้ในประเทศไทย ทำให้ราคาถูก หาซื้อได้ง่าย
3. หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้มากกว่าแสนครั้ง
4. รองรับการเขียนโปรแกรมได้หลากหลายภาษา

### ข้อเสียของเทคโนโลยีอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

1. อุปกรณ์มีความเสถียรน้อย
2. เป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้เวลาในการศึกษาและทำความเข้าใจ

### 5.2 ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง

ในงานวิจัยนี้ อุปกรณ์จะทำงานอัตโนมัติ เพราะฉะนั้นในการแก้ไขหรือซ่อมบำรุง ควรทำการปลดวงจรออกให้หมดก่อน เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นกับตัวผู้ทำการแก้ไขซ่อมแซมและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องปรับอากาศจากการลัดวงจรได้



## เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน. “แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2554-2573 (Energy Efficiency Plan; EEP 2015)” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://eppo.go.th>
- [2] VEEDVIL. 2558. “ทำความเข้าใจเรื่อง Internet of Things (IoT) เทรนด์ที่หลายคนกำลังพูดถึง” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.veedvil.com/news/internet-of-things-iot/>, (15 มกราคม 2561)
- [3] มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2557. “แนวทางการประยุกต์ใช้ Internet of Things (IoT) กับ Smart Agriculture 4.0” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.dpu.ac.th/bigdata/iot-smart-agriculture.html>, (18 มกราคม 2561)
- [4] ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND (EGAT) “Demand-Side Management (DSM)” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.dsm.egat.co.th>, (20 มกราคม 2561)
- [5] W. Somthong. 2561. “ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [https://samaiservice-air.blogspot.com/2015/11/blog-post\\_12.html](https://samaiservice-air.blogspot.com/2015/11/blog-post_12.html).
- [6] เชียงใหม่แอร์แคร์ เอ็นจิเนียริ่ง. 2561. “แอร์ทำงานอย่างไร หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.chiangmaiaircare.com/แอร์ทำงานอย่างไร-หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ/>.
- [7] อธิป จิตตฤกษ์. “เราควรทำงานที่อุณหภูมิเท่าไรกัน?” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://brandthinkbiz.com/p/เราควรทำงานที่อุณหภูมิเท่าไรกัน-- brdv6m>, 2559.
- [8] R. Eveleth, “Finding the Best Office Temperature Is Basically Impossible,” SMARTNEWS., 2014.
- [9] Z. Gorvett, “The never-ending battle over the best office temperature,” BBC., 2016.
- [10] S. Vedantam, “Too Hot or Too Cold at Work? Best Bet Is to Chill Out,” **The Washington Post.**, 2006.
- [11] tado°. “Smart AC Control” [Online]. Retrieved from <https://www.tado.com/us/>.
- [12] Arduitrronics. 2556. “Real Time Clock DS3231” [Online]. Retrieved from <https://www.arduitronics.com/>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] J. Startinnovation. 2556. “ไมโครคอนโทรลเลอร์ คืออะไร?” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://jumpstartinnovation.blogspot.com/2013/07/blog-post.html>.
- [14] วินัส ชัพพลาย. “Arduino คืออะไร?” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/บทความ-arduino-คืออะไร-เริ่มต้นใช้งาน-arduino.html>.
- [15] วุฒิไกร ตันมล, วุฒิชัย เดชธราดล, ศันสนะ รัตนแสงสกุลไทย, ศัลยพล ฉันทประเสริฐศักดิ์, “ระบบการบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านอย่างอัจฉริยะ,” **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาคผนวก ก.

รายการเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในปริญญาโท

รูปถ่าย	รายละเอียด
	<p><b>เครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้า</b> (CHAUVIN ARNOUX C.A 8334)</p> <p>เครื่องบันทึกและวัดค่าพลังงานทางไฟฟ้า ซึ่งสามารถวัดค่าพารามิเตอร์ได้หลากหลายพร้อมกัน</p>
	<p><b>ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital meter)</b></p> <p>อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า</p>
	<p><b>หน่วยประมวลผล</b> (SIEMENS SIMATIC S7-1200) (SM 1238 Energy meter)</p> <p>อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า และค่าพลังงานทางไฟฟ้า</p>
	<p><b>แคลมป์มิเตอร์แบบดิจิตอล (Clamp Meter)</b></p> <p>อุปกรณ์ที่สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ โดยที่ไม่ต้องตัดต่อสายไฟแล้วต่อมิเตอร์แบบอนุกรมเพื่อวัดค่ากระแส</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


## Specification ของเครื่องปรับอากาศ

MODEL		AR-56 ZR(MPRDT) HLP, SV	
Air conditioner outdoor unit			
Cooling capacity	BTU/ Hr.	57,000	
Power supply	V/ Ph/Hz	380/3/50	
Compressor	Type	Scroll	
Evaporator coil	Type	Plate fin (sine wave or Lanced sine wave)	
Fan motor	Type	Permanent split capacity	
Fan diameter	Inch	23	
Connection	Suction	Inch	3/4
	Liquid	Inch	3/8
Dimension	Width	Cm.	110
	Height	Cm.	110.5
	Depth	Cm.	40
Approx. Weight	Kg.	95	
Cooling			
Ipx4			
Cooling capacity	BTU/ Hr.	57,000	
Current	A	8.6	
Input power	W	4,970	
Maximum pressure			
Suction	kPa	1034	
Discharge	kPa	2068	
Refrigerant		R-22	
Mass of r-22	Kg.	4.2	
Net weight	Kg.	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Arduino Uno R3

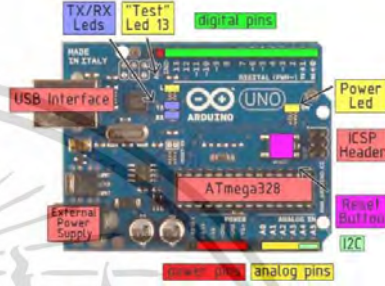
## Technical Specification



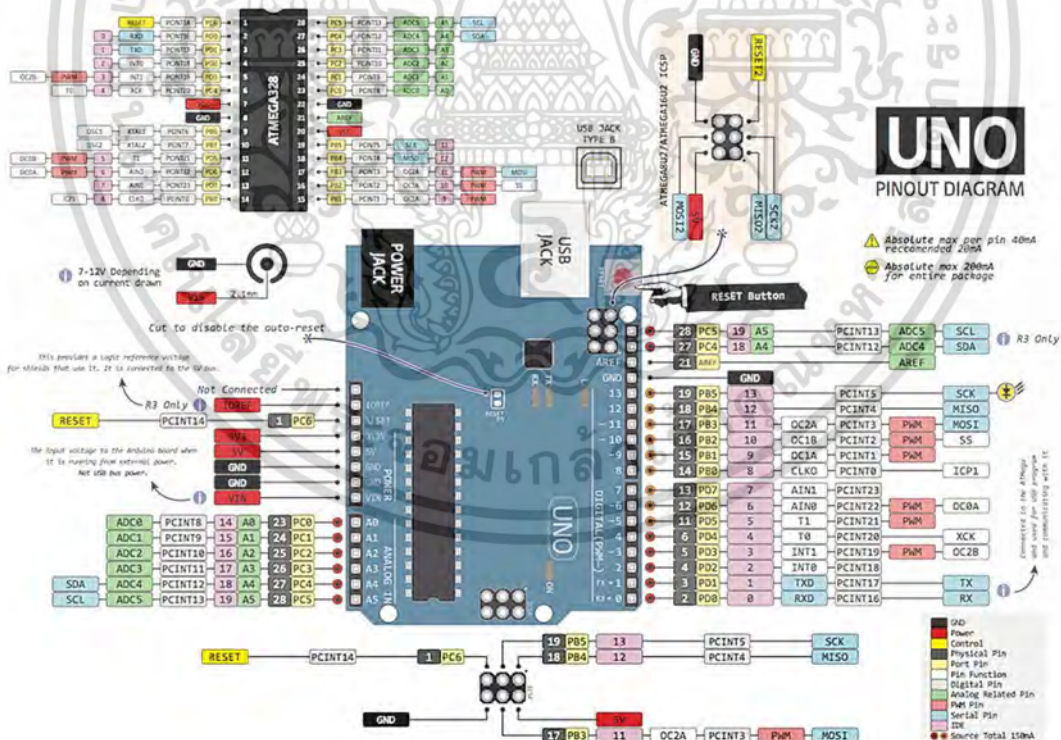
EAGLE files: [arduino\\_duomilano\\_vno\\_design.zip](#) Schematic: [arduino\\_uno\\_schematic.pdf](#)

### Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz



### the board



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

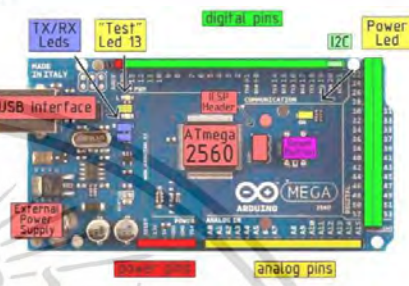
# Arduino Mega 2560

## Technical Specification

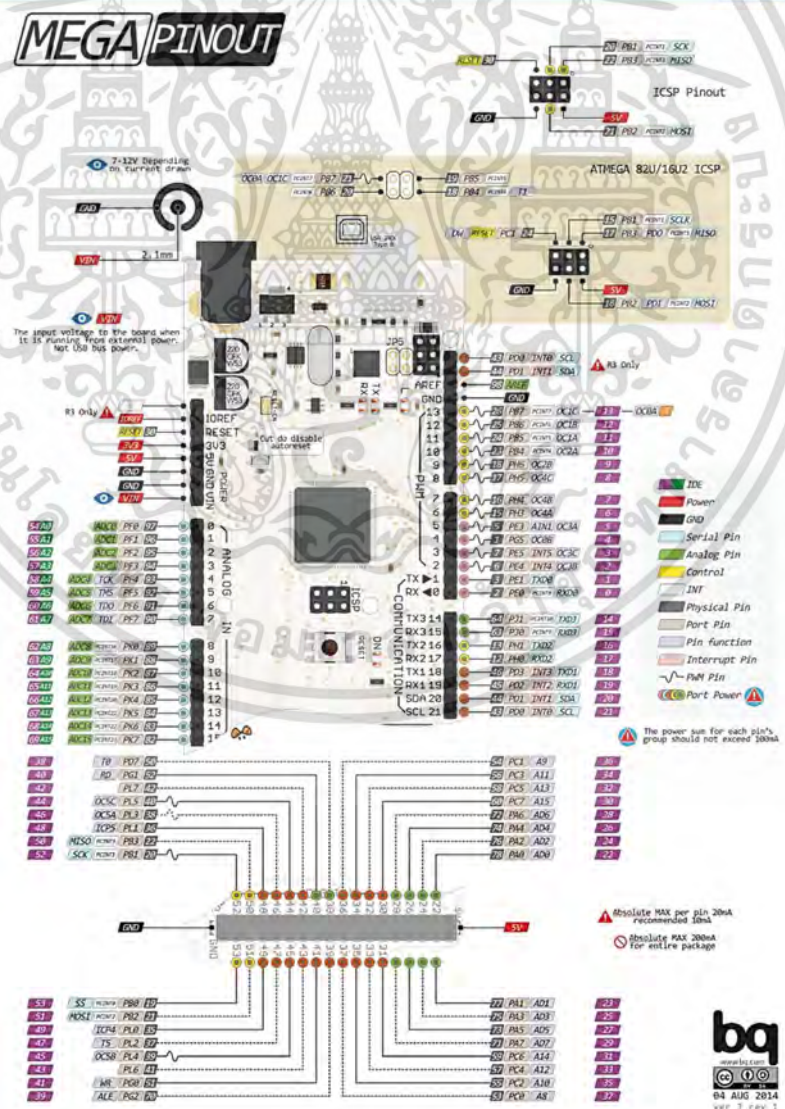
EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

### Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz



### the board



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Arduino Nano

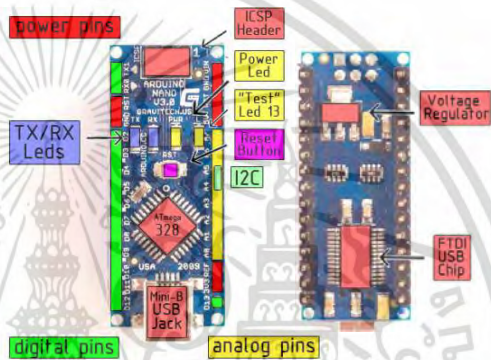
## RS Technical Specification A

Arduino Nano 3.0 (ATmega328): [schematic](#), [Eagle files](#).

Arduino Nano 2.3 (ATmega168): [manual](#) (pdf), [Eagle files](#). Note: since the free version of Eagle does not handle more than 2 layers, and this version of the Nano is 4 layers, it is published here unrouted, so users can open and use it in the free version of Eagle.

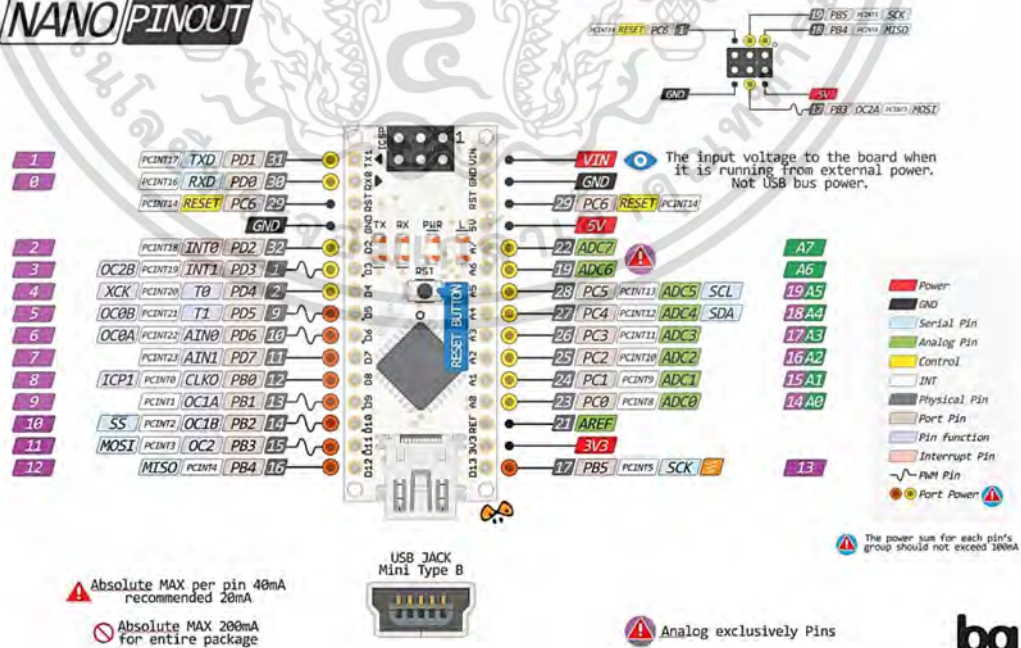
### Summary

Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB
SRAM	1 KB
EEPROM	512 bytes
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"



### the board

### NANO PINOUT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


## Single phase ac voltage sensor module

### ZMPT101B VOLTAGE TRANSFORMER

**Applications**

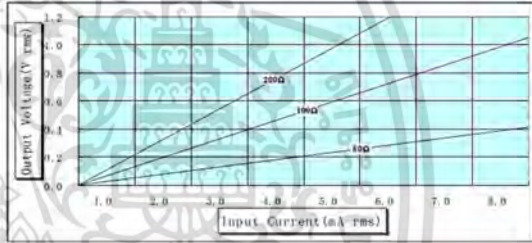
- \* Sensing Overload Current
- \* Ground fault detection
- \* Metering
- \* Analog to Digital Circuits

Electrical Specification	
Primary Current	2mA
Secondary Current	2mA
Turns Ratio	1000:1000
Phase Angle Error	$\leq 20'$ (50 $\Omega$ )
Current Range	0 ~ 3mA
Linearity	0.1%
Accuracy Class	0.2
Rated Burden	$\leq 200 \Omega$
Frequency Range	50 ~ 60Hz
Dielectric Level	3000VAC/min
DC Resistance at 20°C	110 $\Omega$



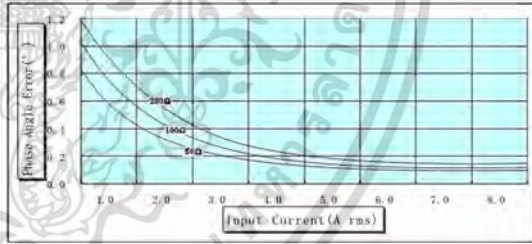
Product Illustration

Mechanical Specification	
Cup	PBT
Encapsulant	Epoxy
Terminals	Pin $\phi 0.80$ mm
Tolerance	$\pm 0.2$ mm
Approx. Weight	13g
Case	Carton



Output Characteristic

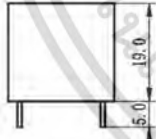
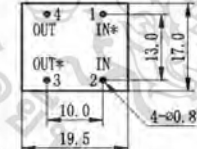
Environment Specification	
Storage Temperature	-40°C ~ +130°C
Insulation Resistance	>100 M $\Omega$



Environment Specification

Dimensions (mm)

Same Polarity \*

FRONT VIEW      BOTTOM VIEW

**Label**


TYPE:ZMPT101B  
RATIO:2mA/2mA  
HANGING ZEMING


**Description:** Micro Precision Voltage Transformers, with low price, small size and easy PCB mounting, are mainly used in electrical energy meters, household electrical equipment, industrial apparatuses, electrical testing equipment and relay protection, widely acclaimed as well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Relay module

## SONGLE RELAY

	RELAY ISO9002	<b>SRD</b>
---	---------------	------------



### MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for high density P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

Product Name	Relay Module
Relay Type	SRD-05VDC-SL-C
Material	Metal, Plastic, Electric Parts
Coil	DC 5V
Load	10A, AC 250V/125V, DC 30V/28V
Overall Size	42 × 17 × 15mm/ 1.6" × 0.7" × 0.6 (L×W×H)
Main Color	Blue
Weight	15g
Package Content	1 × Relay Module

**Relay 12V 1 Channel Isolation High and Low Trigger**

1. this module in line with international safety standard, control area and load area isolation tank.
2. the pine music quality goods relay.
3. with power and relay action instructions, suction close bright, disconnect not bright.
4. signal input end have signal, public end and often start will be conducting.
5. and can be used as a single chip microcomputer development board module, can be used as home appliances control.
6. control dc or ac signal, can control 220 v ac load.
7. have a often score a normally closed contacts.
8. blue KF301 terminal joint line more convenient.

**Module interfaces:**

1. DC +: positive power supply. (voltage required by the relay)
2. DC -: negative power connection.
3. IN: can be high or low level control relay.

## DHT 11

# AOSONG

Temp. Humidity & Dew point measurement experts

## Product Overview

DHT11 digital temperature and humidity sensor is a composite Sensor contains a calibrated digital signal output of the temperature and humidity. Application of a dedicated digital modules collection technology and the temperature and humidity sensing technology, to ensure that the product has high reliability and excellent long-term stability. The sensor includes a resistive sense of wet components and an NTC temperature measurement devices, and connected with a high-performance 8-bit microcontroller.

### Relative humidity

Resolution: 16 Bit

Repeatability:  $\pm 1\%$  RH

Accuracy: At  $25^{\circ}\text{C} \pm 5\%$  RH

Interchangeability: fully interchangeable

Response time:  $1/e(63\%)$  of  $25^{\circ}\text{C}$  6s

1m/s air 6s

Hysteresis:  $< \pm 0.3\%$  RH

Long-term stability:  $< \pm 0.5\%$  RH / yr in

### Temperature

Resolution: 16 Bit

Repeatability:  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$

Range: At  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Response time:  $1/e(63\%)$  10S

### Electrical Characteristics

Power supply: DC 3.5 - 5.5V

Supply Current: measurement 0.3 mA standby 60  $\mu\text{A}$

Sampling period: more than 2 seconds

### Pin Description

1.the VDD power supply 3.5 - 5.5V DC

2.DATA serial data, a single bus

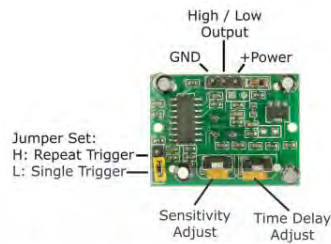
3.NC, empty pin

4.GND ground, the negative power



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Motion sensor



### Some Basic Stats

These stats are for the PIR sensor in the Adafruit shop which is very much like the Parallax one. Nearly all PIRs will have slightly different specifications, although they all pretty much work the same. If there's a datasheet, you'll want to refer to it

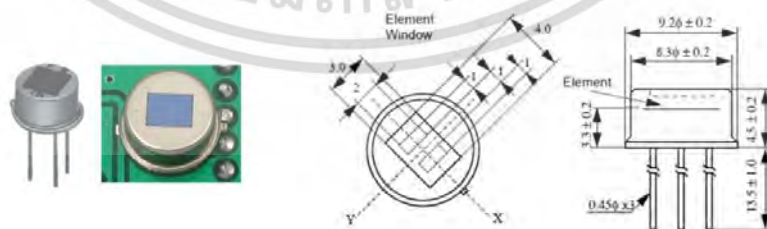
**Output:** Digital pulse high (3V) when triggered (motion detected) digital low when idle (no motion detected). Pulse lengths are determined by resistors and capacitors on the PCB and differ from sensor to sensor.

**Sensitivity range:** up to 20 feet (6 meters) 110° x 70° detection range

**Power supply:** 5V-12V input voltage for most modules (they have a 3.3V regulator), but 5V is ideal in case the regulator has different specs

- Dimension: 3.2cm x 2.4cm x 1.8cm (approx.)
- Infrared sensor with control circuit board
- The sensitivity and holding time can be adjusted
- Working Voltage Range: DC 3V- 5V
- Current drain: <60uA
- Voltage Output: High/Low level signal: 3.3V TTL output
- Detection distance: 3--7M (can be adjusted)
- Detection range: <140°
- Delay time: 5-200S (can be adjusted, default 5s ±3%)
- Blockade time: 2.5 S (default)
- Trigger: L: Non-repeatable trigger H: Repeat Trigger (default)
- Work temperature: -20±80°C
- Trigger Method: L unrepeatable trigger / H repeatable trigger

You can see above the diagram showing the element window, the two pieces of sensing material



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Light sensor

### Light Dependent Resistor - LDR

Two cadmium sulphide(cds) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.



### Applications

Photoconductive cells are used in many different types of circuits and applications.

#### Analog Applications

- Camera Exposure Control
- Auto Slide Focus - dual cell
- Photocopy Machines - density of toner
- Colorimetric Test Equipment
- Densitometer
- Electronic Scales - dual cell
- Automatic Gain Control – modulated light source
- Automated Rear View Mirror

#### Digital Applications

- Automatic Headlight Dimmer
- Night Light Control
- Oil Burner Flame Out
- Street Light Control
- Absence / Presence (beam breaker)
- Position Sensor

### Electrical Characteristics

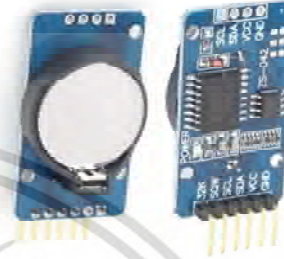
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Cell resistance	1000 LUX	-	400	-	Ohm
	10 LUX	-	9	-	K Ohm
Dark Resistance	-	-	1	-	M Ohm
Dark Capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise Time	1000 LUX	-	2.8	-	ms
	10 LUX	-	18	-	ms
Fall Time	1000 LUX	-	48	-	ms
	10 LUX	-	120	-	ms
Voltage AC/DC Peak		-	-	320	V max
Current		-	-	75	mA max
Power Dissipation				100	mW max
Operating Temperature		-60	-	+75	Deg. C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

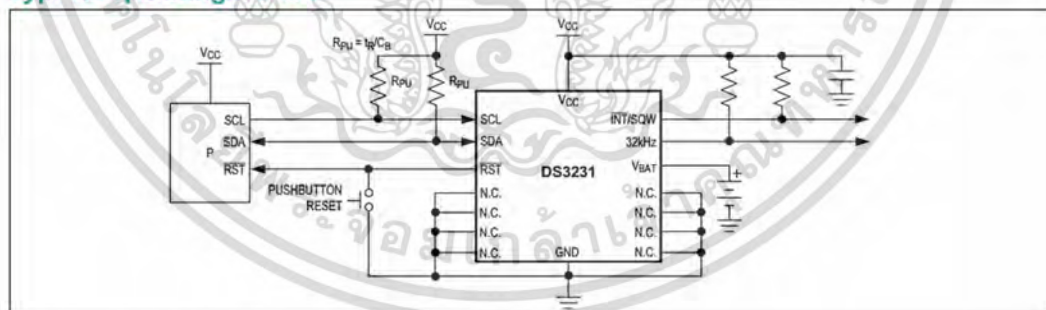
## RTC Module

### Benefits and Features

- Highly Accurate RTC Completely Manages All Timekeeping Functions
  - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year, with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
  - Accuracy  $\pm 2\text{ppm}$  from  $0^\circ\text{C}$  to  $+40^\circ\text{C}$
  - Accuracy  $\pm 3.5\text{ppm}$  from  $-40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$
  - Digital Temp Sensor Output:  $\pm 3^\circ\text{C}$  Accuracy
  - Register for Aging Trim
  - RST Output/Pushbutton Reset Debounce Input
  - Two Time-of-Day Alarms
  - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Interface Connects to Most Microcontrollers
  - Fast (400kHz) I<sup>2</sup>C Interface
- Battery-Backup Input for Continuous Timekeeping
  - Low Power Operation Extends Battery-Backup Run Time
  - 3.3V Operation
- Operating Temperature Ranges: Commercial ( $0^\circ\text{C}$  to  $+70^\circ\text{C}$ ) and Industrial ( $-40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$ )
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized



### Typical Operating Circuit



Underwriters Laboratories is a registered certification mark of Underwriters Laboratories Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## IR Transmitter

## Technical Data Sheet

## 5mm. Infrared LED, T-1 3/4

## Features

- High reliability
- High radiant intensity
- Peak wavelength  $\lambda_p = 940 \text{ nm}$
- 2.54 mm. Lead spacing
- Low forward voltage
- Pb free
- The product itself will remain within RoHS compliant version.



## Descriptions

- EVERLIGHT'S Infrared Emitting Diode(IR333-A) is a high intensity diode, mounted in a blue transparent plastic package.
- The device is spectrally matched with phototransistor, photodiode and infrared receiver module.

## Applications

- Free air transmission system
- Infrared remote control units with high power requirement
- Smoke detector
- Infrared applied system

## Device Selection Guide

LED Part No.	Chip	Lens Color
	Material	
IR	GaAlAs	Blue

## Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Units
Continuous Forward Current	$I_F$	100	mA
Peak Forward Current	$I_{FP}$	1.0	A
Reverse Voltage	$V_R$	5	V
Operating Temperature	$T_{opr}$	-40~+85	°C
Storage Temperature	$T_{stg}$	-40~+85	°C
Soldering Temperature	$T_{sol}$	260	°C
Power Dissipation at (or below) 25°C Free Air Temperature	$P_d$	150	mW

Notes: \*1: $I_{FP}$  Conditions—Pulse Width  $\leq 100 \mu\text{s}$  and Duty  $\leq 1\%$

\*2:Soldering time  $\leq 5$  seconds.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Code โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการติดต่อของคอมเพรสเซอร์

### Nano 1

```

#include "Wire.h"                               Serial.print(Time.hour());
#include "SPI.h"                                 Serial.print(':');
#include "RTClib.h"
RTC_DS3231 RTC;                               Serial.print(Time.minute());
DateTime Time;                                Serial.print(':');
int relay = 4;                                 Serial.print(Time.second());
int DAY =7;                                   if (Time.hour() ==0 & Time.minute()==0
void setup ()                                & Time.second() ==0)
{
  Serial.begin(9600);                          DAY=DAY+1;
  Wire.begin();                                }
  RTC.begin();                                 if( DAY ==1 ){
  RTC.adjust(DateTime(18, 4, 18, 23, 59,      Serial.print("\tMonday");
50));                                         }
  pinMode(relay, OUTPUT);                     if( DAY ==2 ){
}                                             Serial.print("\tTuesday");
void loop ()                                  }
{
  Time = RTC.now();                           if( DAY ==3 ){
  Serial.print("\n");                          Serial.print("\tWednesday");
}
  Serial.print(Time.day(), DEC);               if( DAY ==4 ){
  Serial.print('/');                           Serial.print("\tThruseday");
  Serial.print(Time.month(), DEC);             }
  Serial.print('/');                           if( DAY ==5 ){
  Serial.print(Time.year(), DEC);
  Serial.print("\t");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        Serial.print("\tFriday");
    }
    if( DAY ==6 ){
        Serial.print("\tSaturday");
    }
    if( DAY ==7 ){
        Serial.print("\tSunday");
    }
    if( DAY ==8 ){
        DAY=1;
    }
    int light = analogRead(A0);
    if(light >= 50 )
    {
        Serial.print("\t");
        Serial.print(" Solar Off");
    }
    if(light < 50 )
    {
        Serial.print("\t");
        Serial.print(" Solar On");
    }
    if( 5>=DAY>=1 ){
        if(Time.hour() >=9 & Time.hour() <16 )
        {
            if(light >= 50 )
            {
                Serial.print(" System On");
                digitalWrite(relay,HIGH);
            }
            if(light < 50 )
            {
                Serial.print(" SystemOff");
                digitalWrite(relay,LOW);
            }
            if(Time.hour() >=16 & Time.hour() <22 )
            {
                Serial.print(" System on");
                digitalWrite(relay,HIGH);
            }
            if (Time.hour() >=22 || Time.hour() <9 )
            {
                Serial.print(" System off");
                digitalWrite(relay,LOW);
            }
            delay(1000);
        }
    }
    if( 5>=DAY>=1 ){
        if(Time.hour() >=9 & Time.hour() <16 )
        {
            if(light >= 50 )
            {
                Serial.print(" System On");
            }
        }
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Nano 2
#define analogPin1 A1
#define analogPin2 A3
int digitalValue1[20],digitalValue2[20];
float
analogValue1[20],analogValue2[20],
rmsValue1, rmsValue2;
int i;
int relay1 = 2,relay2 = 3;
unsigned long t;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(relay1,OUTPUT);
  pinMode(relay2,OUTPUT);
}
void loop() {
  // อ่านค่า 20 ค่า ใน 20ms (50Hz)
  for(i=0;i<20;i++) {
    t = micros();
    digitalValue1[i] =
analogRead(analogPin1);
    digitalValue2[i] =
analogRead(analogPin2);
    while((unsigned long)(micros()-
t)<1000);
  }
  rmsValue1 = 0,rmsValue2 = 0;
  for(i=0;i<20;i++) {
analogValue1[i] =
(((float)digitalValue1[i] - 440.0) *
(5.0/1023) * (230/0.37));
    analogValue2[i] =
(((float)digitalValue2[i] - 440.0) *
(5.0/1023) * (230/0.37));
    rmsValue1 +=
(analogValue1[i]*analogValue1[i]);
    rmsValue2 +=
(analogValue2[i]*analogValue2[i]); }
    rmsValue1 = sqrt(rmsValue1/20.0);
    rmsValue2 = sqrt(rmsValue2/20.0);
    Serial.print("\nVoltage RMS1 = ");
    Serial.print(rmsValue1);
    Serial.print("\t V");
    Serial.print("Voltage RMS2 = ");
    Serial.print(rmsValue2);
    Serial.print("\t V");
    delay(2000);
    if(rmsValue1>=200){
      digitalWrite(relay2,HIGH);}
    if(rmsValue1<200){
      digitalWrite(relay2,LOW);}
    if(rmsValue2>=200){
      digitalWrite(relay1,HIGH);}
    if(rmsValue2<200){
      digitalWrite(relay2,LOW);}
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Code โปรแกรมที่ใช้ทำการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

```

NodeMCU ESP8266
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <SoftwareSerial.h>
const char* ssid = "BB";
const char* password = "11111111";
SoftwareSerial NodeSerial(D6,D7);
int stateon=0,stateoff=0;
int
delay15=0,delay30=0,delay45=0,delay
60=0;
String status_air = "OFF";
int A; //A = on,off B=Mode,C=temp
ESP8266WebServer server(80);
void handle_air() {
  stateon = server.arg("on").toInt();
  stateoff = server.arg("off").toInt();
  delay15 =
server.arg("15minute").toInt();
  delay30 =
server.arg("30minute").toInt();
  delay45 =
server.arg("45minute").toInt();
  delay60 = server.arg("1 hour").toInt();
  Serial.println(server.arg("air"));
  Serial.println(server.arg("test"));
  status_air = "ON";
}
if (stateon == 1){
  A=1;
  status_air = "ON";
}
if (stateoff == 1){
  A=2;
  status_air = "OFF";
}
if (delay15 == 1){
  A=3;
  status_air = "15minute";
}
if (delay30 == 1){
  A=4;
  status_air = "30minute";
}
if (delay45 == 1){
  A=5;
  status_air = "45minute";
}
if (delay60 == 1){
  A=6;
  status_air = "1hour";
}
server.send(200, "text/html",
"AIRCONDITION" + status_air + "<p><a
href=?on=1><button> ON

```

```

</button></a><a href=?off=1><button> OFF
</button></a><a href=?delay15=1><button> 15 minute
</button></a><a href=?delay30=1><button> 30 minute
</button></a><a href=?delay45=1><button> 45 minute
</button></a><a href=?delay60=1><button> 1 hour
</button?</a>";
}
void setup() {
  pinMode(D6, INPUT);
  pinMode(D7, OUTPUT);
  NodeSerial.begin(57600);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("");
  WiFi.begin(ssid,password);
  while(WiFi.status() !=
WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.print("Connected to ");
Serial.println(ssid);
Serial.println(WiFi.localIP());
server.on("/", handle_air);
server.begin();
Serial.println("HTTP server started");
}
void loop() {
  server.handleClient();
  Serial.print("\nSTATUS AIR = ");
  Serial.print(A);
  NodeSerial.print("\nSTATUS AIR = ");
  NodeSerial.print(A);
  delay(100);
  A=0;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Arduino Uno
#include <SoftwareSerial.h>
#include <IRremote.h>
SoftwareSerial UnoSerial(7, 6);
IRsend irsend;
void setup()
{
  pinMode(7,INPUT);
  pinMode(6,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  UnoSerial.begin(57600);
}
void loop() {
  int khz = 40;
  unsigned int Turnon[] =
{8750,4450,550,600,500,600,550,1700,5
50,600,550,1700,550,600,550,600,500,6
50,550,550,600,1650,550,600,500,1750,
550,600,500,1750,550,600,550,1700,550
,550,550,600,550,600,550,600,500,600,5
50,600,500,600,600,550,550,600,500,60
0,550,600,550,600,500,650,500,600,500,
650,500,600,550,600,550,600,550,550,5
00,650,500,600,550,600,550,600,550,60
0,500,1750,500,600,550,1700,550,1750,
550};
  unsigned int Turnoff[] =
{8850,4500,550,550,550,550,600,1650,5
50,550,1650,550,550,600,550,550,1650,5
50,600,550,1650,550,1650,600,550,600,
550};
  while (UnoSerial.available() >0){
    int A = UnoSerial.parseInt();
    if (UnoSerial.read() == '\n')
    {
      if ( A== 1) {
        irsend.sendRaw(Turnon,
sizeof(Turnon) / sizeof(Turnon[0]), khz);
        Serial.println(A);
      }
      if (A== 2)
      {
        irsend.sendRaw(Turnoff,
sizeof(Turnoff) / sizeof(Turnoff[0]), khz);
        Serial.println(A);
      }
    }
    if (A== 3)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    irsend.sendRaw(Turnon,
sizeof(Turnon) / sizeof(Turnon[0]), khz);
    Serial.println(A);
}
if (A== 4)
    delay(900000);
    irsend.sendRaw(Turnon,
sizeof(Turnon) / sizeof(Turnon[0]), khz);
    Serial.println(A);
}
if (A== 5)
{
    delay(1800000);
    irsend.sendRaw(Turnon,
sizeof(Turnon) / sizeof(Turnon[0]), khz);
    Serial.println(A);
}
if (A== 6)
{
    delay(2700000);
    irsend.sendRaw(Turnon,
sizeof(Turnon) / sizeof(Turnon[0]), khz);
    Serial.println(A);
}
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Arduino Mega
#include "DHT.h"
#define DHTTYPE DHT11
#define dht_dpin 2
DHT dht(dht_dpin, DHTTYPE);
#include <IRremote.h>
IRsend irsend;
int analogPin = A0;
int light =0;
int AC,Time;
float tem1,tem2;
void setup()
{
  int AC =0;
  int Time=0;
  dht.begin();
  pinMode(7,INPUT);
  pinMode(6,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(5,INPUT);
  digitalWrite(5,LOW);
}
void loop() {
  light = analogRead(analogPin);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  int khz = 40;

  unsigned int Turnon[] =
  {8750,4450,550,600,500,600,550,1700,5
  50,600,550,1700,550,600,550,600,500,6
  50,550,550,600,1650,550,600,500,1750,
  550,600,500,1750,550,600,550,1700,550
  ,550,550,600,550,600,550,600,500,600,5
  50,600,500,600,600,550,550,600,500,60
  0,550,600,550,600,500,650,500,600,500,
  650,500,600,550,600,550,600,550,550,5
  00,650,500,600,550,600,550,600,550,60
  0,500,1750,500,600,550,1700,550,1750,
  550};

  unsigned int Turnoff[] =
  {8850,4500,550,550,550,550,600,1650,5
  50,550,550,600,550,550,550,600,550,60
  0,550,1650,550,550,600,550,550,1650,5
  50,600,550,1650,550,1650,600,550,600,
  550,550,550,600,550,550,550,600,550,5
  50,550,600,550,550,600,550,550,550,60
  0,550,550,550,600,550,550,550,600,550,
  550,550,600,550,550,600,550,550,600,5
  50,550,550,600,550,550,550,600,550,55
  0,600,1650,550,1650,550,1650,600,550,
  550};

  unsigned int TurnCool[] =
  {91,8900,4300,650,500,650,500,600,165
  0,650,500,600,1650,600,500,650,500,65

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0,500,650,500,600,1650,600,500,650,16
0,450,650,500,650,500,600,550,600,500,
50,600,1650,650,450,650,500,650,1600,
650,500,600,500,650,500,600,550,650,4
650,500,600,550,600,500,650,500,650,4
50,650,500,650,500,600,550,600,500,65
0,450,650,1650,650,1600,650,450,650,1
650,650};
unsigned int Turn22[] =
{91,8850,4350,650,500,600,500,650,165
0,650,450,650,1600,650,500,650,500,60
0,500,650,500,650,1600,650,500,650,16
00,650,500,600,1650,650,1600,650,1650
,650,450,650,500,650,450,650,500,650,5
00,600,550,600,500,650,500,650,450,65
0,500,650,500,600,550,650,450,600,550,
600,500,650,500,600,500,650,500,650,5
00,600,500,650,500,650,450,650,500,65
0,500,600,1650,650,500,600,500,650,16
50,650};
unsigned int Turn25[] =
{91,8900,4300,650,500,650,500,600,165
0,650,500,600,1650,600,500,650,500,60
0,550,650,500,600,1650,600,500,650,16
50,650,1600,650,450,650,1650,600,550,
550,550,650,500,600,500,650,500,650,4
50,650,500,600,550,650,500,600,500,65
0,450,650,500,650,500,600,550,650,450,
650,500,650,450,650,500,650,500,600,5
50,600,500,650,500,600,500,650,500,60
0,650,500,600,550,600,1650,650,1600,
600,550,650,450,650,500,650,450,650,5
00,650,500,600,550,600,500,650,500,65

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0,550,650,450,600,1650,650,1650,600,5
00,700};

Serial.print(Time);

Serial.print("\t");

Serial.print(t);

if (digitalRead(5)==HIGH & AC==0) {
    Serial.print("\t");
    irsend.sendRaw(Turnon,
    Serial.print(light);
sizeof(Turnon) / sizeof(Turnon[0]), khz);
    Serial.print("\t");
    Serial.println("turnon");
}
AC=1;
if(t>=29){
delay(900000);
AC=0;
}
}
if (digitalRead(5)==LOW & AC==1 &
light >= 300 ) {
    if(AC==1){
        irsend.sendRaw(Turnoff,
        Serial.println("AC on");
        Serial.print(Time);
        Serial.print("\t");
        Serial.print(t);
        Serial.print("\t");
        Serial.print(light);
        Serial.print("\t");
        Serial.print("\t");
        Serial.print("\t");
    }
}
if(digitalRead(5)==HIGH){
    Serial.print("have anyone");
    Time=Time+1;
    Serial.print("\t");
    if(Time==1){
        tem1=t;
    }
}
if(digitalRead(5)==LOW){
    Serial.print("No anyone");
    Serial.print(tem1);
    Serial.print("\t");
    Serial.print("\t");
}
}
if(AC==0){
    Serial.println("AC off");
    if(Time==300){
        tem2=t;
    }
}

```



## Code โปรแกรมที่ใช้ทำการวัดอุณหภูมิภายในอาคาร

```

NodeMCU                                     }
#include <DHT.h>
#include <ESP8266WiFi.h>                     void loop()
String apiKey = "584G1IY4BWXZZXC";         {
const char *ssid = "iPhone";                float h = dht.readHumidity();
const char *pass = "00000000";              float t = dht.readTemperature();
const char* server =                         if (isnan(h) || isnan(t))
"api.thingspeak.com";                        {
#define DHTPIN D4                             Serial.println("Failed to
DHT dht(DHTPIN, DHT11);                       read from DHT sensor!");
WiFiClient client;                             return;
void setup()                                    }
{                                               if (client.connect(server,80))
  Serial.begin(115200);                          {
  delay(10);                                     String postStr = apiKey;
  dht.begin();                                    postStr
  Serial.println("Connecting to ");               += "&field1=";
  Serial.println(ssid);                           postStr +=
WiFi.begin(ssid, pass);                          String(t);
  while (WiFi.status() !=                       postStr
WL_CONNECTED)                                    += "&field2=";
  {                                               postStr +=
    delay(500);                                    String(h);
    Serial.print(".");                             postStr +=
  }                                               "\n\n\n";
  Serial.println("");
  client.print("POST /update
  Serial.println("WiFi connected");             HTTP/1.1\n");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

client.print("Host:
api.thingspeak.com\n");
client.print("Connection: close\n");
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY:
"+apiKey+"\n");
client.print("Content-Type:
application/x-www-form-
urlencoded\n");
client.print("Content-Length: ");
client.print(postStr.length());
client.print("\n\n");
client.print(postStr);
Serial.print("Temperature: ");
Serial.print(t);
Serial.print(" degrees Celcius, Humidity:
");
Serial.print(h);
Serial.println("% Send to Thingspeak.");
}
client.stop();
Serial.println("Waiting..");
delay(10000);
}

```

### Code โปรแกรมที่ใช้ทำการวัดอุณหภูมิภายนอกอาคาร

```

import time
import pyowm
import thingspeak

channel_id = "466636"
write_key = "2KBV87EXXZSXGCD1"

channel =
thingspeak.Channel(id=channel_id,
write_key=write_key)

owmkey =
"5d00e152bec9c18054f82d3a5de787b4"
"

owm = pyowm.OWM(owmkey)
while True:
    time.sleep(15)
    try:
        observation =
owm.weather_at_coords(13.728937,
100.776423)
w = observation.get_weather()data =
{3:
w.get_temperature('celsius')['temp'], 4:
w.get_humidity()}
    except:
        print("Error : OWM
Weather")
        continue
    try:
        response = channel.update(data)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### เก็บค่าข้อมูลพฤติกรรมแอร์

เราได้ทำการเก็บค่าจากเครื่องปรับอากาศในหลายเวลาเพื่อนำมาวิเคราะห์แบ่งได้เป็น 3 ตอน ดังนี้

**ตอนที่ 1** เปรียบเทียบพฤติกรรมเครื่องปรับอากาศโดยกำหนดให้อุณหภูมิภายนอกต่างกัน

**ตารางที่ 4.1** ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 25 °C (เครื่องปรับอากาศ Star Aire รุ่น AR-56 ZR(MPRDT)HLP, SV พิกัดกำลังไฟฟ้า 4,970 วัตต์ ขนาด 57,000 BTU) โดยมีความชื้นภายนอก 77 เปอร์เซ็นต์ (Compressor : Comp.)

อุณหภูมิภายนอก (° C)	อุณหภูมิภายในก่อน Comp. ทำงาน (° C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิภายในขณะ Comp. ตัด (° C)	ความชื้น (%)	เวลาที่ Comp. ทำงาน (min.)	เวลาที่ Comp. หยุด (min.)	AVERAGE POWER (15 min.)
34.0	29.7	72	27.4	70	14.53	5.00	4189.7
34.0	27.4	71	27.0	68	12.33	5.39	3568.8
34.0	27.0	70	25.3	68	8.35	5.44	2592.9
34.0	25.3	70	27.1	67	9.42	5.56	2810.2

**ตารางที่ 4.2** ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 25 °C (เครื่องปรับอากาศ Star Aire รุ่น AR-56 ZR(MPRDT)HLP, SV พิกัดกำลังไฟฟ้า 4,970 วัตต์ ขนาด 57,000 BTU) โดยมีความชื้นภายนอก 79 เปอร์เซ็นต์ (Compressor : Comp.)

อุณหภูมิภายนอก (° C)	อุณหภูมิภายในก่อน Comp. ทำงาน (° C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิภายในขณะ Comp. ตัด (° C)	ความชื้น (%)	เวลาที่ Comp. ทำงาน (min.)	เวลาที่ Comp. หยุด (min.)	AVERAGE POWER (15 min.)
30.1	28.6	80	26.3	78	9.42	9.43	2810.3
30.0	27.3	77	26.8	75	5.32	13.12	1701.4
30.0	27.4	77	25.9	75	4.57	13.31	1546.2
30.2	27.3	78	25.8	76	6.29	13.26	1954.1

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบพฤติกรรมเครื่องปรับอากาศโดยกำหนดให้อุณหภูมิที่ตั้งจากรีโมทเครื่องปรับอากาศต่างกัน

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 25 °C (เครื่องปรับอากาศ Star Aire รุ่น AR-56 ZR(MPRDT)HLP, SV พิกัดกำลังไฟฟ้า 4,970 วัตต์ ขนาด 57,000 BTU) โดยมีความชื้นภายนอก 52 เปอร์เซ็นต์ (Compressor : Comp.)

อุณหภูมิภายนอก (° C)	อุณหภูมิภายในก่อน Comp. ทำงาน (° C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิภายในขณะ Comp. ตัด (° C)	ความชื้น (%)	เวลาที่ Comp. ทำงาน (min.)	เวลาที่ Comp. หยุด (min.)	AVERAGE POWER (15 min.)
32.0	28.0	59	26.8	55	10.52	2.58	3120.8
32.0	27.1	60	27.0	57	7.58	9.42	2348.9
32.0	27.6	62	27.3	58	5.41	8.30	1958.7
32.0	27.6	62	27.3	60	4.55	6.31	2473.1

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 25 °C (เครื่องปรับอากาศ Star Aire รุ่น AR-56 ZR(MPRDT)HLP, SV พิกัดกำลังไฟฟ้า 4,970 วัตต์ ขนาด 57,000 BTU) โดยมีความชื้นภายนอก 54 เปอร์เซ็นต์ (Compressor : Comp.)

อุณหภูมิภายนอก (° C)	อุณหภูมิภายในก่อน Comp. ทำงาน (° C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิภายในขณะ Comp. ตัด (° C)	ความชื้น (%)	เวลาที่ Comp. ทำงาน (min.)	เวลาที่ Comp. หยุด (min.)	AVERAGE POWER (15 min.)
32.0	29.0	59	27.6	55	11.43	3.22	3346.9
32.0	28.0	60	27.4	57	8.35	9.27	2513.1
33.0	27.5	62	27.3	58	5.44	9.22	1754.6
33.0	27.6	62	27.3	60	4.55	8.15	2291.2

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบพฤติกรรมเครื่องปรับอากาศระหว่างเปิดเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่อง กับ เครื่องปรับอากาศ 2 เครื่อง

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 26 ถึง 22 °C (เครื่องปรับอากาศ Star Aire รุ่น AR-56 ZR(MPRDT)HLP, SV พิกัดกำลังไฟฟ้า 4,970 วัตต์ ขนาด 57,000 BTU ทำงาน 1 เครื่อง) โดยมีความชื้นภายนอก 77 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิภายนอก 29 °C (Compressor : Comp.)

อุณหภูมิ ภายนอก (° C)	อุณหภูมิ ภายในก่อน Comp. ทำงาน (° C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ ภายในขณะ Comp.ตัด (° C)	ความชื้น (%)	เวลาที่ Comp. ทำงาน (min.)	เวลาที่ Comp. หยุด (min.)	AVERAGE POWER (15 min.)
26.0	27.9	58	27.4	57	5.15	10.14	1626.0
25.0	27.9	59	27.3	57	6.32	8.53	1701.4
24.0	27.9	57	26.9	55	13.52	6.45	3919.2
23.0	27.9	58	26.3	54	15.06	4.52	4220.8
22.0	27.9	56	26.2	54	17.32	3.43	4220.8

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 26 ถึง 22 °C (เครื่องปรับอากาศ Star Aire รุ่น AR-56 ZR(MPRDT)HLP, SV พิกัดกำลังไฟฟ้า 4,970 วัตต์ ขนาด 57,000 BTU ทำงาน 2 เครื่อง ตัวที่1) โดยมีความชื้นภายนอก 65 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิภายนอก 29 °C (Compressor : Comp.)

อุณหภูมิ ภายนอก (° C)	อุณหภูมิ ภายในก่อน Comp. ทำงาน (° C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ ภายในขณะ Comp.ตัด (° C)	ความชื้น (%)	เวลาที่ Comp. ทำงาน (min.)	เวลาที่ Comp. หยุด (min.)	AVERAGE POWER (15 min.)
26.0	27.9	56	27.3	56	4.05	10.44	1364.3
25.0	27.9	58	27.5	56	5.40	9.12	1772.4
24.0	27.9	57	26.8	52	13.38	7.32	3857.1
23.0	27.9	57	26.5	52	15.06	5.13	4220.8
22.0	27.9	58	26.4	53	16.47	4.22	4220.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 26 ถึง 22 °C (เครื่องปรับอากาศ Star Aire รุ่นAR-56 ZR(MPRDT)HLP, SV พิกัดกำลังไฟฟ้า 4,970 วัตต์ ขนาด 57,000 BTU ทำงาน 2 เครื่อง ตัวที่ 2) โดยใช้ความชื้นภายนอก 65 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิภายนอก 29 °C (Compressor : Comp.)

อุณหภูมิ ภายนอก (° C)	อุณหภูมิ ภายในก่อน Comp. ทำงาน (° C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ ภายในขณะ Comp.ตัด (° C)	ความชื้น (%)	เวลาที่ Comp. ทำงาน (min.)	เวลาที่ Comp. หยุด (min.)	AVERAGE POWER (15 min.)
26.0	27.9	56	27.3	56	3.55	9.22	1271.2
25.0	27.9	58	27.5	56	5.32	8.21	1701.4
24.0	27.9	57	26.8	52	13.21	6.55	3781.7
23.0	27.9	57	26.5	52	14.23	4.43	4056.7
22.0	27.9	58	26.4	53	15.44	3.48	4220.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง.

บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การบริหารจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด SMART ENERGY MANAGEMENT

สุปวัฒน์วงศ์ สุวรรณเทพ<sup>1</sup> อรรถโชติ บัวประดิษฐ์<sup>2</sup> อรุษา วัชรชัยญูทิพย์

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 E-mail : Supavatvong.S@gmail.com

### บทคัดย่อ

ปัญหานิวรณ์ระดับนี้เสนอการบริหารจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาดโดยมุ่งเน้นในการจัดการพลังงานจากเครื่องปรับอากาศ เนื่องด้วยเครื่องปรับอากาศเป็นโหลคนขนาดใหญ่ใช้พลังงานสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ จากผลสำรวจครัวเรือนหรือออฟฟิศเราจึงได้ทำการสร้างระบบประหยัดพลังงานขึ้นควบคู่ไปกับความสะดวกสบาย ทำงานโดยอาศัยการตรวจจับของเซนเซอร์ต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และการเคลื่อนไหว เป็นต้น โดยเซนเซอร์เหล่านี้ถูกนำมาใช้งานร่วมกันเพื่อเป็นข้อมูลในการควบคุมเครื่องปรับอากาศให้ได้ผลตามความต้องการ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเว็บไซต์ ซึ่งใช้ Arduino Mega 2560 และ NodeMCU ESP8266 สำหรับเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ด้วยเทคนิคการควบคุมที่ได้นำเสนอไปทั้งหมดนี้จะถูกนำมาใช้ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศขนาด 57,000 BTU จำนวน 2 เครื่อง ผลการทดลองเห็นได้ว่าปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศอย่างสิ้นเปลืองลดลงโดยที่ผู้ใช้งานได้รับความสะดวกสบายมากขึ้น และระบบสามารถลดค่าไฟฟ้าสูงสุดได้ถึง 23 %

**คำสำคัญ :** จัดการพลังงาน, เครื่องปรับอากาศ

### Abstract

The smart energy management for air condition(A/C) units is presented in this thesis. Energy consumption of A/C units in household appliance has a high impact comparing to lighting and other electric loads. It is not only saving energy, but also a feeling comfortable of a user. Therefore, an optimum energy saving function is developed in this work. The use of sensing unit such as a temperature, a humidity, and a motion are implemented to work together and an input data. These input data can be used to optimize a desired temperature for controlling A/C units. The web-service for user friendly interface is also developed using both the Arduino Mega 2560 and the NodeMCU ESP8266. The proposed

A/C control technique is implemented to control two 57,000 BTU air condition units. The results show that the proposed A/C control technique can save electrical energy and reduce peak demand up to 23% comparing to a conventional one. This result illustrates that the developed technique can be an alternative energy saving solution for A/C units.

**Keyword:** Energy Management, Air condition

### 1. บทนำ

ในปัจจุบันพบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในครัวเรือนหรือออฟฟิศนั้นมาจากเครื่องปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมากถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการบริหารจัดการโหลคนขนาดใหญ่อย่างเครื่องปรับอากาศจึงมีความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบ การบริหารจัดการเครื่องปรับอากาศจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการควบคุมสั่งการ ซึ่งเทคโนโลยีที่เหมาะสมได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับการยอมรับการใช้งานอย่างแพร่หลาย มีขนาดเล็ก ราคาประหยัด อีกทั้งยังมีอายุการใช้งานที่ยาวนานอีกด้วย

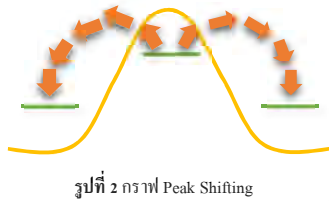
### 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า (Demand Side Management)

การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า คือ การส่งเสริมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ แนวคิดการส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ได้รับการเผยแพร่และคิดค้นวิจัยไปสู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมและจริง จึง อาจกล่าวได้ว่า DSM เป็นทางเลือกเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่งสำหรับกรวางแผนพัฒนาการผลิตและส่งไฟฟ้า โดยประเทศไทยนับเป็นประเทศแรกเริ่มในภูมิภาคเอเชีย ที่ดำเนินการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าอย่างเป็นรูปธรรม และได้รับการยอมรับถึงประสิทธิภาพและผลการดำเนินงานส่งเสริมการใช้ไฟฟ้า อย่างมีประสิทธิภาพพออย่างแพร่หลายและยั่งยืน ซึ่งมีวิธีการที่เหมาะสมในการลดกำลังไฟฟ้าสูงจากเครื่องปรับอากาศ คือ Peak Shifting คือ Load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Management วิธีหนึ่งที่เลื่อนการใช้ไฟฟ้าจากช่วง peak มาสู่ off peak เช่น storage water heating หรือ เลื่อนเวลาการใช้ไฟฟ้าโดยผู้ใช้เอง



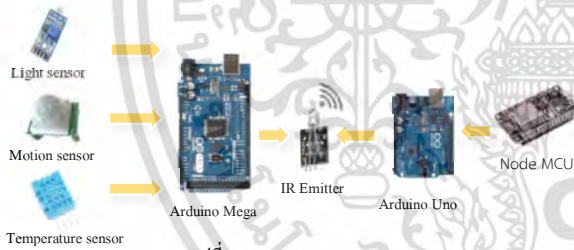
3. ออกแบบการทดลอง

3.1 ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ

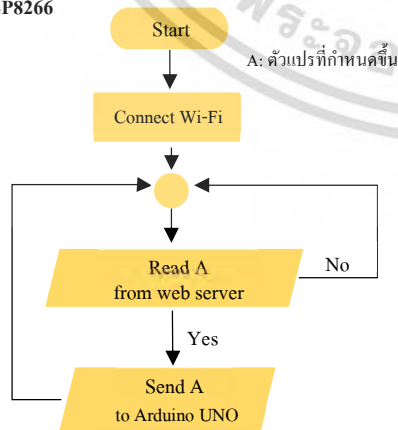
ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านเว็บไซต์ อุปกรณ์ประกอบด้วย Arduino Uno R3 ทำหน้าที่ส่งการ IR Emitter ให้ส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังเครื่องปรับอากาศ และ Node MCU ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตให้ Arduino Uno R3 สามารถส่งการผ่านเว็บไซต์ได้

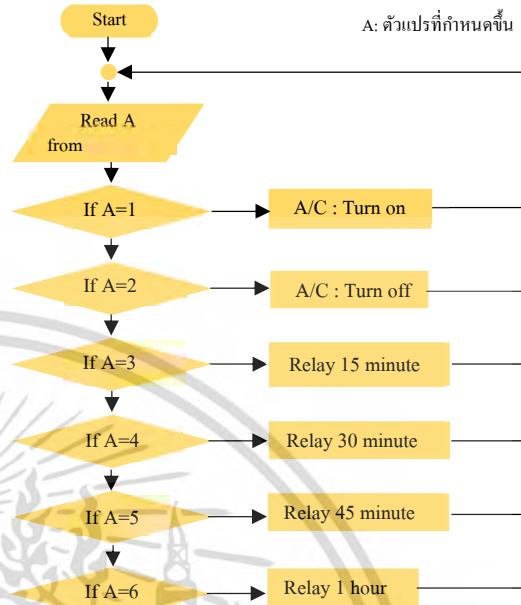
2. ระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ อุปกรณ์ประกอบด้วย Arduino Mega 2560 ทำหน้าที่ส่งการ IR Emitter ให้ส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังเครื่องปรับอากาศ โดยจะทำงานร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับต่าง ๆ ได้แก่ เซนเซอร์แสง เซนเซอร์ตรวจจับสิ่งมีชีวิต และเซนเซอร์อุณหภูมิกับความชื้น



NodeMCU ESP8266



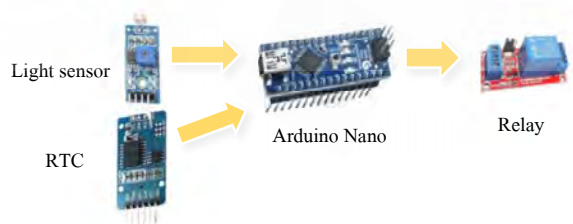
Arduino Uno

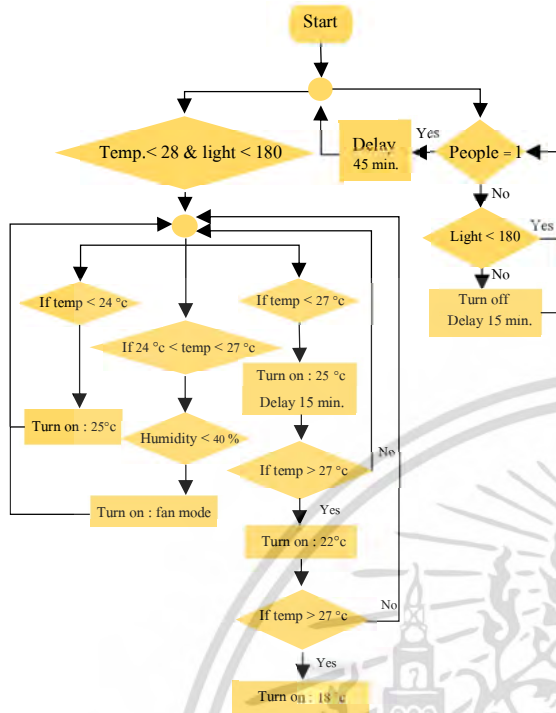


3.2 ระบบลดกำลังไฟสูงสุดจากเครื่องปรับอากาศ

1. ระบบควบคุมการเปิดปิดระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์

ระบบนี้ทำมาเพื่อจัดการกับค่าปรับกำลังไฟสูงสุด ซึ่งค่าปรับดังกล่าวจะคิดเป็นช่วงเวลา ตั้งแต่ 9.00 - 22.00 น. ในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ไม่นับวันหยุดและวันนักขัตฤกษ์ อุปกรณ์ประกอบด้วย Arduino Nano ทำหน้าที่รับค่าและส่งสัญญาณเพื่อตัดต่อ การทำงานของรีเลย์ ต่อมาได้แก๊รรีเลย์ ทำหน้าที่เปิดปิดระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์ และมี RTC ในการบอกเวลา วันที่ให้ Arduino Nano ทราบ สุดท้ายเซนเซอร์แสงทำหน้าที่ตรวจสอบว่าสว่างพอโซล่าเซลล์ทำงานอยู่หรือไม่ เนื่องจากหากโซล่าเซลล์สามารถทำการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ค่าปรับกำลังไฟก็จะไม่มีหรือต่ำ ทำให้ไม่จำเป็นต้องเปิดระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์





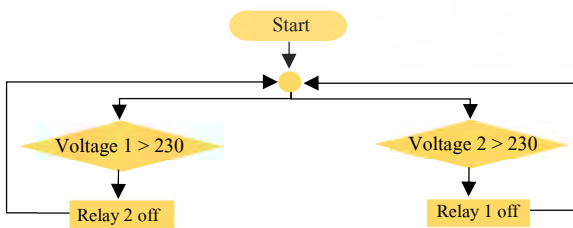
รูปที่ 7 แผนการทำงานของระบบควบคุมการเปิดปิดระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์

2. ระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์

ระบบนี้ทำขึ้นเพื่อจัดการลด Demand Peak โดยป้องกันไม่ให้คอมเพรสเซอร์ทำงานพร้อมกัน อุปกรณ์ประกอบด้วย Arduino Nano เป็นตัวรับสัญญาณจากเซนเซอร์แรงดันเพื่อส่งคำสั่งไปยังรีเลย์ ต่อมาได้แก่ เซนเซอร์แรงดันทำหน้าที่วัดแรงดันเพื่อตรวจสอบสถานะการทำงานของคอมเพรสเซอร์ และสุดท้ายรีเลย์ทำหน้าที่ตัดต่อเพื่อจัดการทำงานของคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 8 ระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 9 แผนการทำงานของระบบตัดต่อคอมเพรสเซอร์

3.3 การออกแบบเว็บไซต์ควบคุมการทำงาน

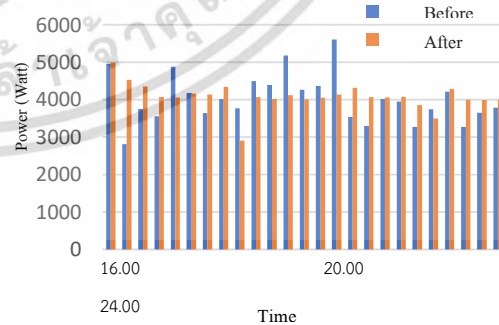
เพื่อความสะดวกสบายในการใช้งาน ผู้ออกแบบจึงได้ทำหน้าจอแสดงผลขึ้น ซึ่งในหน้าจอแสดงผลนี้ผู้ใช้งานสามารถเปิด - ปิด เครื่องปรับอากาศผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ไม่ว่าผู้ใช้งานจะอยู่ที่ใด และยังสามารถสั่งการเปิดเครื่องปรับอากาศล่วงหน้า เพื่อให้เครื่องปรับอากาศทำความเย็นภายในห้องเย็นก่อน ก่อนที่ผู้ใช้งานมาถึง อีกทั้งยังมีกราฟแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นของภายในและภายนอกอาคาร



รูปที่ 10 หน้าเว็บไซต์แสดงการควบคุม

4.ผลการทดลอง

หลังการติดตั้งระบบการจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด พบว่าอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถช่วยลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ เนื่องด้วยอาคารที่เราทำการทดสอบมีระบบโซลาร์เซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในตอนกลางวันสามารถจ่ายโหลดให้กับอาคารได้ เราจึงมุ่งเน้นในการจัดการกับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาที่คิดค่าปรับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ในเวลาอันเหลือที่ระบบโซลาร์เซลล์สามารถทำงานได้ เปรียบเทียบได้จากรูปที่ 11 พบว่าช่วงเวลา 16.00 น. - 22.00 น. ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงจาก 5,607.534 วัตต์ ลดลงมาเหลือ 4,289.529 วัตต์ คิดเป็น 23 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบ demand peak ก่อนและหลังการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. สรุปผลการทดลอง

จากงานวิจัยข้างต้นนี้จะเห็นได้ว่าเป็นการนำเอาอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการพลังงานภายในอาคาร โดยมุ่งเน้นไปที่โหลดขนาดใหญ่อย่างเครื่องปรับอากาศ พบว่าระบบที่ติดตั้งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศลงได้จากการที่ปิดอัตโนมัติเมื่อไม่มีคนใช้งาน รวมถึงสามารถเพิ่มความสะดวกให้ผู้อยู่อาศัยจากระบบปิดอัตโนมัติหรือการสั่งการผ่านเว็บไซต์ และอีกทั้งยังสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้จากการลดค่าปรับกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ถึง 23 เปอร์เซ็นต์

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน. “แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2554-2573 (Energy Efficiency Plan; EEP 2015)” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://eppo.go.th>
- [2] ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND (EGAT) “Demand-Side Management (DSM)” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.dsm.egat.co.th>, (20 มกราคม 2561)
- [3] S. Vedantam, “Too Hot or Too Cold at Work? Best Bet Is to Chill Out”, The Washington Post., 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายสุพัฒน์วงศ์ สุวรรณเทพ  
 วัน เดือน ปีเกิด 6 ตุลาคม 2538  
 ที่อยู่ 8 หมู่ที่ 11 ตำบลบึงกาฬ อำเภอเมืองบึงกาฬ  
 จังหวัดบึงกาฬ 38000

## ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนบึงกาฬ

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท New Energy Plus จำกัด  
 ระหว่างวันที่ 5 มิถุนายน ถึง 5 สิงหาคม 2560



ชื่อ-นามสกุล นายอรรถโชติ บัวประดิษฐ์  
 วัน เดือน ปีเกิด 8 ธันวาคม 2538  
 ที่อยู่ 41/7 หมู่ที่ 4 ตำบลเกาะลอย  
 อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20160

## ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนประจวบวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน ห้างหุ้นส่วนจำกัด อุดมศรีวิวัฒนา  
 ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 28 กรกฎาคม 2560



ชื่อ-นามสกุล นางสาวอรุษา วัชรธัญญทิพย์  
 วัน เดือน ปีเกิด 14 มีนาคม 2539  
 ที่อยู่ 194/1 หมู่ที่ 2 ตำบลหนองเต่า  
 อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี 15100

#### ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนวินิตศึกษา

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน ห้างหุ้นส่วนจำกัด อุดมศรีวัฒนา

ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 28 กรกฎาคม 2560



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้