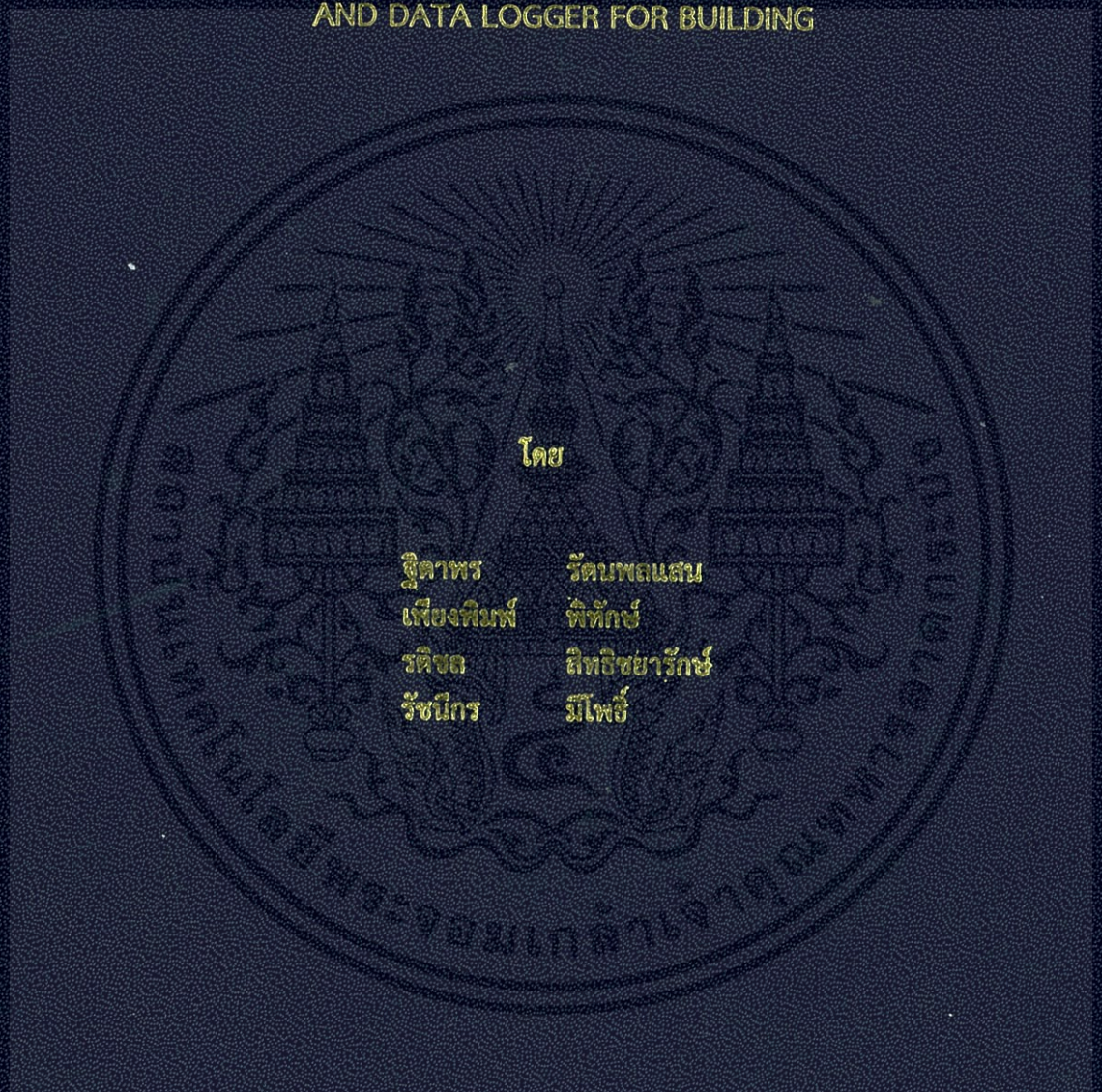
การจัดการพลังงานด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส และดาต้าล็อกเกอร์สำหรับอาคาร

IOS BASED ENERGY MANAGEMENT ASSISTANT APPLICATION AND DATA LOGGER FOR BUILDING



โดย

ฐิตาพร รัตนพลแสน
เพียงพิมพ์ พิทักษ์
รติชล สิทธิชยารักษ์
รัชนีกร มีโพธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

การจัดการพลังงานด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส และดาต้าล็อกเกอร์สำหรับอาคาร

IOS BASED ENERGY MANAGEMENT ASSISTANT APPLICATION AND DATA LOGGER FOR BUILDING

โดย

ฐิตาพร	รัตนพลแสน
เพียงพิมพ์	พิทักษ์
รติชล	สิทธิชยารักษ์
รัชนีกร	มีโพธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IOS BASED ENERGY MANAGEMENT ASSISTANT APPLICATION AND DATA LOGGER FOR BUILDING

THITAPORN RATTANAPONSAN

PIANGPIM PITAK

RATICHON SITTHICHAYARUK

RUTCHANEEKORN MEEPO

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE BACHLOR DEGRESS IN ELECTRICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2556

การจัดการพลังงานด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส และดาต้าล็อกเกอร์สำหรับอาคาร

IOS BASED ENERGY MANAGEMENT ASSISTANT APPLICATION AND DATA LOGGER FOR BUILDING

โดย

นางสาว ฐิตาพร รัตนพลแสน

นางสาว เพียงพิมพ์ พิทักษ์

นางสา วรติชล สิทธิชยารักษ์

นางสา วรัชนีกร มีโพธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล

อาจารย์ วรกัลป์ ลิ้มเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจัดการพลังงานด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
และดาต้าล็อกเกอร์สำหรับอาคารผู้จัดทำ

1. นางสาว ฐิตาพร รัตนพลแสน
2. นางสาว เพียงพิมพ์ พิทักษ์
3. นางสา วรติชล สิทธิชยารักษ์
4. นางสาว รัชนีกร มีโพธิ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ วรกัลป์ ลิ้มเจริญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการพลังงานด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส และดาต้าล็อกเกอร์สำหรับอาคาร

นางสาว ฐิตาพร รัตนพลแสน
นางสาว เพียงพิมพ์ พิทักษ์
นางสาว รติชล สิทธิชยารักษ์
นางสาว รัชนีกร มีโพธิ์
ผศ.ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ วรกัลป์ ลิ้มเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร โดยการเขียนแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส ซึ่งเป็นโปรแกรมพัฒนาในการหาจุดคุ้มทุนในแต่ล่ะมาตรการการประหยัดพลังงาน โดยการวิเคราะห์จากสัดส่วนการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยเน้น 4 ส่วนหลัก คือ ระบบปรับอากาศ หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ และระบบแสงสว่าง ผลลัพธ์จากการคำนวณจะถูกตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากกรณีศึกษา และได้จัดทำดาต้าล็อกเกอร์ เพื่อวัดค่าแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า และเก็บค่าข้อมูลไว้ภายใน SD Card ผลของพารามิเตอร์ทั้งหมดสามารถนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและกำหนดมาตรการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IOS BASED ENERGY MANAGEMENT ASSISTANT APPLICATION
AND DATA LOGGER FOR BUILDING

Thitaporn	Rattanaponsan	
Piangpim	Pitak	
Ratichon	Sitthichayaruk	
Rutchaneekorn	Meepo	
Asst.Prof.Dr.Somyot	Kaitwanidvilai	Supervisor
Mr.Worrakan	Limcharoen	Supervisor

2013

Abstract

This paper presents the study of electrical power saving in a building through the using of developed application on the iPhone via the ios. The developed program can calculate the breakeven point for each specified method by analyzing the ratio of electrical power usage in the building. The results of using for 4 main measures, i.e. air conditioners, transformers , motors and lighting have been investigated in comparison with the results from several related case studies. As results indicated, the developed application can help the energy management team to achieve fast decision for saving energy measure. In addition, we provide the Data Logger for measuring the system voltage, current and power. Then keep the data into the SD Card. As results, all parameters can be used to the analysis of all activities and measures mentioned above.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการได้รับความช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ผศ.ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำโครงงานครั้งนี้ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่างๆ รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบแก้ไข ตลอดการดำเนินโครงการด้วยดีเป็นอย่างยิ่งทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

นอกจากนั้นผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ ดร.พีรวุฒิ ยุทธโกวิท อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานประจำสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ได้กรุณาให้ข้อแนะนำในการจัดทำเล่มปริญญานิพนธ์ให้เป็นไปตามแบบแผน ขอขอบคุณนายภูมิ คงห้วยรอบ ผู้ให้การดูและทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณนายนครศักดิ์ แสงสี ที่อำนวยความสะดวกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณนายปุณยวีร์ ฉายสิริ ผู้ให้ความรู้ด้านการจัดทำปริญญานิพนธ์

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาและครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจ รวมทั้งเพื่อนๆพี่ๆน้องๆที่ให้ความช่วยเหลือในด้านจัดหาอุปกรณ์ในการดำเนินงานทำให้โครงงานครั้งนี้ลุล่วงไปด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I
ABSTRACT II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญรูป VII
สารบัญตาราง X
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญขอปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตการศึกษา 2
1.4 แผนการดำเนินโครงงาน 3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ระบบปรับอากาศและหลักการทำงาน 5
2.1.1 การเพิ่มสรรถนะให้เครื่องปรับอากาศ 5
2.1.2 การหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ 7
2.1.3 การคำนวณหาปริมาณน้ำไหลวน 7
2.1.4 การคำนวณหาอัตราการทำความเย็น 8
2.2 ระบบหม้อแปลง 9
2.2.1 การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (POWER FACTOR IMPROVEMENT) 9
2.2.2 ผลของการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง 10
2.2.3 แนวทางอนุรักษ์พลังงานของหม้อแปลงไฟฟ้า 11
2.3 ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า 11
2.3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพมอเตอร์ทั่วไปกับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 ระบบแสงสว่าง 14
2.4.1 หลอดฟลูอเรสเซนต์หรือหลอดนีออน 14
2.4.2 หลอด LED 14
2.5 ดาต้าล็อกเกอร์ 16
บทที่ 3 การออกแบบประหยัดพลังงาน 17
3.1 8 ขั้นตอน วิธีการจัดการพลังงาน 17
3.2 ขั้นตอนการทำแอพพลิเคชั่น 23
3.2.1 ระบบหม้อแปลงไฟฟ้า 23
3.2.2 ระบบมอเตอร์ 24
3.2.3 ระบบแสงสว่าง 24
3.3 ขั้นตอนการทำดาต้าล็อกเกอร์ 25
3.3.1 การหาไอซีที่ใช้ในการหากำลังไฟฟ้า 25
3.3.2 ศึกษาหลักการทำงานของไอซี MCP3906A 27
3.3.3 การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไอซี 28
3.3.4 การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 29
บทที่ 4 การแสดงผลบนแอพพลิเคชั่น และการรับค่าของมิเตอร์ไฟฟ้า 30
4.1 บทนำ 30
4.2 การออกแบบแอพพริเคชั่นด้วยโปรแกรม Xcode 30
4.2.1 ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี (Objective-C หรือ ObjC) 30
4.2.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์ 30
4.2.3 การทำงานของโปรแกรม Xcode 31
4.3 ตัวอย่างแอพพลิเคชั่น (Application) บนระบบปฏิบัติการ IOS 31
4.4 วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า สำหรับไอซี 32
4.5 วงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 34
4.6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 36
4.7 การออกแบบโปรแกรม 38
บทที่ 5 ผลการทดลองและกรณีศึกษา 39
5.1 บทนำ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 กรณีศึกษาและมาตรการประหยัดพลังงานของระบบทำความเย็น 39
5.2.1 มาตรการประหยัดพลังงานของระบบทำความเย็น 39
5.2.2 การตรวจวัดและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็น 40
5.3 กรณีศึกษาและมาตรการประหยัดพลังงานของหม้อแปลงไฟฟ้า 42
5.4 กรณีศึกษาและมาตรการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง 44
5.4.1 มาตรการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง 44
5.4.2 การตรวจวัดและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงสว่าง 45
5.5 การทดลองวัดค่าทางไฟฟ้ากับภาระโหลดต่างๆ 46
5.5.1 การทดลองคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจริงจากสัญญาณความถี่ HF_{OUT} 46
5.5.2 ผลการทดลองคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจริงจากสัญญาณความถี่ HF_{OUT} 47
5.6 ผลการแสดง 50
5.7 การจำลองการใช้ Data Logger ในการเก็บค่าพารามิเตอร์ใน 1 วัน 51
5.7.1 โหลดที่ใช้ในการทดลอง 51
5.7.2 กราฟการจำลองการใช้ Data Logger ในการเก็บค่าพารามิเตอร์ใน 1 วัน 53
บทที่ 6 บทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา 55
6.1 บทสรุป 55
6.2 ข้อเสนอแนะ 55
6.2.1 การจัดทำแอพพริเคชั่น 55
6.2.2 การออกแบบดาต้าล็อกเกอร์ 56
6.3 แนวทางการพัฒนา 56
6.3.1 แอพพริเคชั่น 56
6.3.2 ดาต้าล็อกเกอร์ 56
บรรณานุกรม 57
ภาคผนวก 58
- บนความทางวิชาการ 59
ประวัติผู้เขียน 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 หลักการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ 5

2.2 Condensor ที่สะอาดจะระบายความร้อนได้ดีขึ้นทำให้แรงดันลดลงได้ โดยทั่วไปแรงดันที่ลดลงได้ บาร์สามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 3-4 6

2.3 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 °c สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 2-3 6

2.4 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า 9

2.5 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าก่อนและหลังปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 9

2.6 การหาค่ากำลังสูญเสียในสายด้วยกราฟ 10

2.7 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นจะทำให้ระบบไฟฟ้าสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น 10

2.8 1.โหลดชนิดแรงบิดเปลี่ยนแปลง 2. โหลดชนิดแรงบิดคงที่ 3. โหลดชนิดพลังงานคงที่ 12

2.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของมอเตอร์ 13

2.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load factor (%) และประสิทธิภาพของมอเตอร์ 13

3.1 การดำเนินการจัดการพลังงาน ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน 17

3.2 High Balance 19

3.3 Low Balance 19

3.4 U-Shaped 19

3.5 N-Shaped 19

3.6 Trough 19

3.7 Peak 20

3.8 Unbalanced 20

3.9 การจำลองใน MATLAB 25

3.10 ผลจากการจำลองกระแสในโดเมนเวลาและความถี่ 25

3.11 ผลจากการจำลองแรงดันในโดเมนเวลาและความถี่ 26

3.12 ผลจากการจำลองกำลังไฟฟ้าในโดเมนเวลาและความถี่ 26

3.13 ผลจากการจำลองกำลังไฟฟ้าในโดเมนเวลาและความถี่ 26

3.14 ไอซี MCP3906A 26

3.15 แสดง PIN ของ IC MCP3906A 27

3.16 Functional Block Diagram ของ IC MCP3906A 27

3.17 วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสำหรับไอซี 28

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.18 วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าสำหรับไอซี 28
3.19 วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 29
3.20 วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 29
4.1 หน้าจอแอพพลิเคชั่น 31
4.2 หน้าโปรแกรมหลักของแอพพลิเคชั่น 31
4.3 หน้าจอเลือกมาตรการ ที่ต้องการคำนวณในการประหยัดพลังงานภายในอาคาร 31
4.4 วงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไอซี 32
4.5 สัญญาณก่อนเข้าวงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้า 32
4.6 สัญญาณหลังเข้าวงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้า 33
4.7 สัญญาณหลังเข้าวงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้า 33
4.8 วงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 34
4.9 สัญญาณก่อนเข้าวงจรตรวจจับแรงดัน 34
4.10 สัญญาณหลังเข้าวงจรตรวจจับแรงดัน 35
4.11 สัญญาณก่อนเข้าวงจรตรวจจับกระแส 35
4.12 สัญญาณหลังเข้าวงจรตรวจจับกระแส 36
4.13 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 36
4.14 บอร์ด SD Card 37
4.15 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อกับบอร์ด SD Card 37
4.16 แสดงโปรแกรมในการเก็บค่าพารามิเตอร์ ในสภาวะมีโหลดต่ออยู่ 38
5.1 แสดงถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน 39
5.2 อุณหภูมิก่อนปรับ 42
5.3 อุณหภูมิหลังปรับ 42
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าใช้งานจริงกับเวลาโดยทำการวัดในช่วง 9.00 น -16.00 น... 44
5.5 การทดลองหากำลังไฟฟ้ากับโหลดหลอดไฟ 47
5.6 การทดลองหากำลังไฟฟ้ากับโหลดพัดลม 47
5.7 กำลังไฟฟ้าอ้างอิง 47
5.8 แสดงสัญญาณความถี่ HF_{out}ของโหลด 100 W 48
5.9 แสดงสัญญาณความถี่ HF_{out} ของโหลด 100 W 48
5.10 แสดงสัญญาณความถี่ HF_{out} ของโหลด 200 W 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้นอีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.11 แสดงสัญญาณความถี่ HF_{out} ของโหลด 300 W.....49

5.12 กราฟแสดงเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนของกำลังไฟฟ้าที่วัดได้และกำลังไฟฟ้าอ้างอิง.....50

5.13 ผลการแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ถูกเก็บไว้ใน SD Card.....51

5.14 ผลการแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาการวัด.....51

5.15 การทดลองโหลดหลอดไฟและกาน้ำร้อน.....52

5.16 การทดลองโหลดหลอดไฟและสว่านไฟฟ้า.....52

5.17 การทดลองโหลดหลอดไฟและพัดลม.....53

5.18 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า ในแต่ล่ะช่วงเวลา.....53

5.19 กราฟแสดงค่ากระแสไฟฟ้า ในแต่ล่ะช่วงเวลา.....54

5.20 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า ในแต่ล่ะช่วงเวลา.....54

5.21 กราฟแสดงค่าตัวประกอบกำลัง ในแต่ล่ะช่วงเวลา.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของหม้อแปลง..... 11

2.2 เปรียบเทียบระหว่างหลอด LED กับ หลอดฟลูออเรสเซนต์..... 15

5.1 การตรวจวัดและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นก่อนปรับอุณหภูมิ..... 40

5.2 การตรวจวัดและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นหลังปรับอุณหภูมิ..... 40

5.3 เปรียบเทียบการตรวจวัดและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นก่อนปรับอุณหภูมิและหลังปรับอุณหภูมิ..... 41

5.4 ผลการประหยัดพลังงานภายในอาคาร..... 41

5.5 แสดงข้อมูลการคำนวณการประหยัดพลังงาน..... 43

5.6 ค่าความส่องสว่างกับพื้นที่และกิจกรรมประเภทต่างๆ..... 44

5.7 ข้อมูลหลอดไฟของหอสมุดกลาง บริเวณชั้นลอย จากการสำรวจและวัดค่า พบว่า มีค่าเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด..... 45

5.8 การคำนวณหลอดไฟ..... 45

5.9 ผลการคำนวณหลอดไฟ..... 45

5.10 การเปรียบเทียบค่าทางไฟฟ้าในการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ด้วยมิเตอร์ไฟฟ้า กับแหล่งอ้างอิงด้วยมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าและเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น..... 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาจึงมีความต้องการทางด้านพลังงานเชื้อเพลิงเป็นอย่างมาก ส่งผลให้ต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลัก จากข้อมูลในปี 2554 ที่ผ่านมาพบว่ากว่าร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น มาจากการนำเข้าโดยมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันสูงถึงร้อยละ 80 ของปริมาณการใช้น้ำมันทั้งหมดภายในประเทศและยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีก ดังนั้นรัฐบาลจึงมอบหมายให้กระทรวงพลังงานจัดทำแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและการจัดหาพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan : AEDP) ให้ได้ร้อยละ 25 ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564) เพื่อกำหนดกรอบและทิศทางการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศและจากการสำรวจของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยถึงสัดส่วนปริมาณการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าปี พ.ศ. 2554-2555 โดยปี พ.ศ. 2554 มีสัดส่วนการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงดังนี้ พลังงานน้ำร้อยละ 5 พลังงานจากต่างประเทศร้อยละ 6.8 ถ่านหินร้อยละ 18.7 และก๊าซธรรมชาติมากที่สุดถึงร้อยละ 67 และในปี พ.ศ. 2555 สัดส่วนการใช้พลังงานน้ำมากขึ้นเป็นร้อยละ 5.2 ถ่านหินร้อยละ 18.9 แต่ก๊าซธรรมชาติลดลงเหลือร้อยละ 66 ซึ่งเป็นสัญญาณเตือนอย่างหนึ่งว่าก๊าซธรรมชาติถูกนำมาใช้เป็นอย่างมาก ในปัจจุบันนั้นกำลังลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งก๊าซธรรมชาตินั้นนับได้ว่าเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่ง พร้อมไปกับการพัฒนาประเทศเพื่อให้ประเทศไทยมีพลังงานใช้อย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

จากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 การก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารหากมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตามกฎกระทรวงนี้ได้มีอาคารที่เข้าร่วมโครงการ เป็นจำนวน 2,186 อาคาร ซึ่งมีมาตรการการจัดการพลังงานภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานในแต่ละอาคาร รวมทั้งวางแผนการดำเนินการตามแผนการอนุรักษ์พลังงาน โดยจะมีการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นของอาคารต่างๆ เป็นลักษณะกราฟเส้นเพื่อนำมาวิเคราะห์และวางแผนการจัดการพลังงานให้เป็นไปอย่างเหมาะสม

เมื่อทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานแต่ละอาคาร ทำให้ทราบถึงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบได้เป็น ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอื่นๆ เพื่อนำมาวางแผนการประหยัดพลังงาน โดยการใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เข้ามาช่วยในด้านการประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาวิธีการประหยัดพลังงานและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นภายในอาคาร
2. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ถึงสาเหตุของการใช้พลังงานสิ้นเปลืองภายในอาคารที่ได้รับการเลือกสรรในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และปรับปรุงด้านการใช้พลังงานภายในอาคารเพื่อสร้างแนวทางให้เป็นอาคารประหยัดพลังงาน
3. จัดทำแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติไอโอเอส ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในการประหยัดพลังงานภายในอาคาร เพื่อให้ผู้ประกอบการและผู้ที่สนใจด้านการประหยัดพลังงานเห็นประโยชน์ของการประหยัดพลังงานได้ชัดเจนยิ่งขึ้น
4. จัดทำดาต้าล็อกเกอร์ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล ถึงผลการประหยัดพลังงานก่อน - หลังการประหยัด สามารถลดการใช้พลังงานไปได้เท่าใด
5. เพื่อการบำรุงรักษาและยืดอายุการใช้งานของโหลดต่างๆภายในอาคาร

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ทำการสำรวจสภาพระบบปรับอากาศ ระบบมอเตอร์ ระบบหม้อแปลงไฟฟ้าและเก็บข้อมูลทั่วไป
2. ทำการศึกษาการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและวิเคราะห์การใช้งานว่าระบบมีการทำงานอย่างไร
3. จัดทำมาตรการแนวทางอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบมอเตอร์ และระบบหม้อแปลงไฟฟ้าภายในอาคาร
4. จัดทำมาตรการประหยัดพลังงานภายในอาคารด้วยแอพพลิเคชั่น บนระบบปฏิบัติการไอโอเอสได้
5. วางแผนและออกแบบการประหยัดพลังงานภายในอาคาร ให้สอดคล้องต่อความต้องการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน
6. วิเคราะห์ถึงผลการประหยัดพลังงานและเก็บค่าพลังงานที่ได้ โดยดาต้าล็อกเกอร์ที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แผนการดำเนินโครงงาน

การดำเนินงาน	เดือนที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. ศึกษาข้อมูล ทฤษฎีการประหยัดพลังงานภายในอาคาร								
2. ศึกษาทฤษฎีการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศและหม้อ แปลง								
3. ศึกษาทฤษฎีการประหยัดพลังงานในมอเตอร์และแสงสว่าง								
4. จัดทำแอพพลิเคชั่น มาตรการประหยัดพลังงานในระบบหม้อแปลงระบบมอเตอร์และระบบปรับอากาศ ลงบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส								
5. จัดทำ Data Logger								
6. เริ่มต้นดำเนินการประหยัดพลังงานภายในอาคาร								
7. เปรียบเทียบพลังงานก่อน-หลังการประหยัดพลังงานคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้								
8. สรุปผลการทดลอง นำเสนอและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงานตามนโยบายของกระทรวงพลังงานในโครงการอาคารประหยัดพลังงาน ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ.2550 ว่าด้วยการก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารหากมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
2. ช่วยในการจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงาน ส่งผลให้อาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ก่อประโยชน์สูงสุด และเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า
3. สามารถคำนวณหามาตรการประหยัดพลังงาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มทุนในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโดยใช้แอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
4. สามารถวิเคราะห์ถึงการประหยัดพลังงานได้โดยการเปรียบเทียบพลังงานก่อนและหลังการประหยัดพลังงาน โดยการใช้ดาต้าล็อกเกอร์เข้ามาช่วยในเก็บค่าข้อมูล
5. เป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของบุคลากรภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

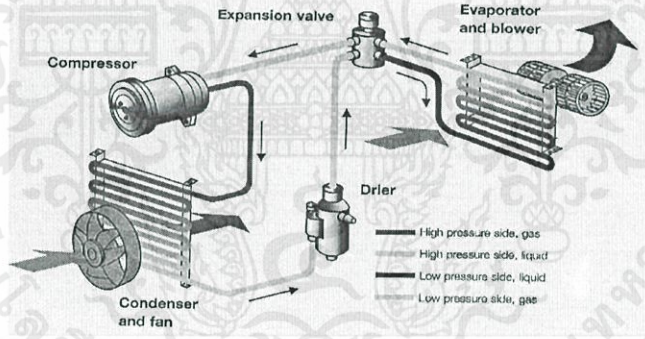
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบปรับอากาศและหลักการทำงาน

ระบบปรับอากาศประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐาน 4 ส่วน ดังนี้

1. Compressor เป็นตัวดูดไอของสารทำความเย็นที่ความดันต่ำจาก Evaporator และอัดให้ความดันสูงขึ้น แล้วถูกทำให้เย็นลงและควบแน่นเป็นของเหลวต่อไป (ใช้พลังงานร้อยละ 64-68 ของพลังงานที่ใช้ในระบบทั้งหมด)
2. Condenser เป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนไอของสารทำความเย็นจะถูกทำให้เย็นลง จนกลายเป็นของเหลว (ใช้พลังงานสำหรับพัดลมร้อยละ 15-18 ของพลังงานที่ใช้ในระบบทั้งหมด)
3. Expansion valve เป็นอุปกรณ์ลดความดันและควบคุมการไหลของสารทำความเย็นเหลวก่อนเข้า Evaporator (มีการใช้พลังงานน้อยมากโดยเฉพาะอุปกรณ์ขยายตัวแบบอิเลคทรอนิกส์)
4. Evaporator เป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน ทำหน้าที่ดึงความร้อนออกจากพื้นที่ปรับอากาศ โดยการใช้ตัวกลาง เช่น อากาศหรือสารทำความเย็น (ใช้พลังงานสำหรับพัดลมร้อยละ 15-18 ของพลังงานที่ใช้ในระบบทั้งหมด)

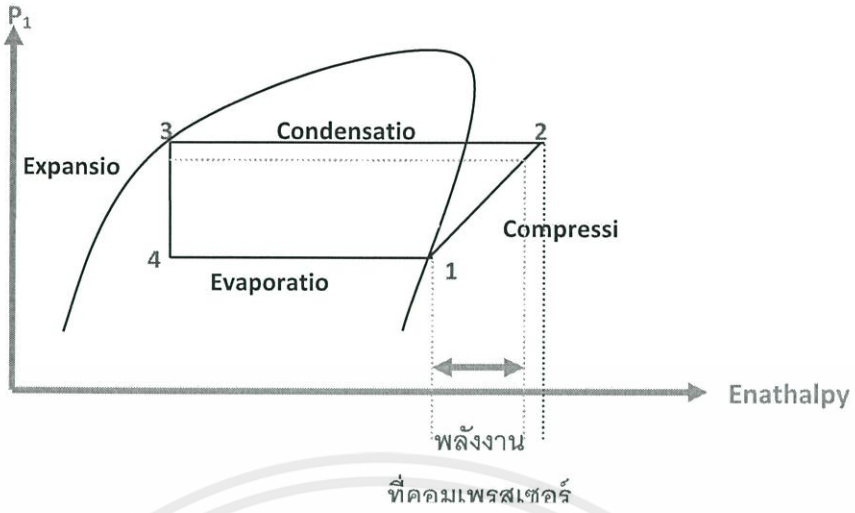


รูปที่ 2.1 หลักการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ[1]

2.1.1 การเพิ่มสรรถนะให้เครื่องปรับอากาศ

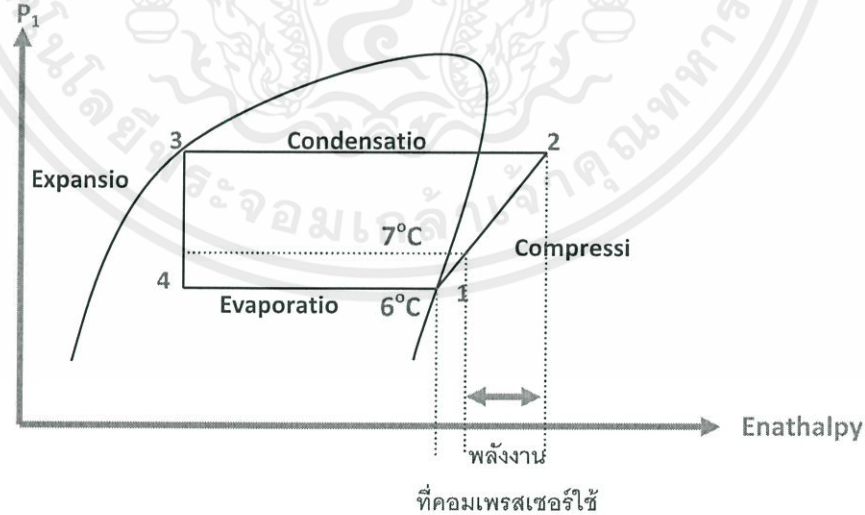
1. Compressor ขนาดและชุดควบคุมคอมเพรสเซอร์ต้องถูกต้องเหมาะสมกับภาระความเย็น โดยคอมเพรสเซอร์ต้องทำงานที่อุณหภูมิควบแน่นต่ำสุดและอุณหภูมิที่ Evaporator สูงสุด ต้องหมั่นบำรุงรักษาคอมเพรสเซอร์อย่างสม่ำเสมอ และเลือกใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง
2. Condensor อุณหภูมิการควบแน่นควรต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อลดการใช้พลังงาน ควรเดินพัดลมคอนเดนเซอร์และเครื่องสูบน้ำให้มากตัวที่สุดเพื่อให้อุณหภูมิควบแน่นต่ำสุด และทำความสะอาดหัวฉีด (Spray nozzles) ของคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งรักษาพื้นผิวของคอนเดนเซอร์ให้สะอาดและน้ำที่ใช้ผ่านการปรับสภาพแล้ว ไล่อากาศและก๊าซที่ไม่กลั่นตัวออกจากคอนเดนเซอร์ให้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 Condensor ที่สะอาดจะระบายความร้อนได้ดีขึ้นทำให้แรงดันลดลงได้โดยทั่วไปแรงดันที่ลดลงได้ 1 บาร์สามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 3-4

3. Evaporator เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับภาระความร้อนในระบบโดยความร้อนในระบบจะทำให้สารทำความเย็นในสถานะของ ของเหลวเดือดกลายเป็นไอที่ความดันต่ำแล้วผ่านไปยังด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ต่อไป ซึ่งพื้นที่ผิวของ Evaporator ต้องมากพอเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนทำได้สูง ใช้พัดลมและมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในห้องเย็นและห้องแช่แข็ง ควรปรับอุณหภูมิ Evaporator ให้สูงสุดเท่าที่จะทำได้ ละลายน้ำแข็งที่คอยล์เย็นเพราน้ำแข็งที่เกาะคอยล์ทำให้สมรรถนะของระบบลดลง และควบคุมความร้อนภายนอกไม่ให้เข้ามาในห้องเย็นมากเกินไป



รูปที่ 2.3 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1°Cสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 2-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ

4. Expansion device เปลี่ยนการควบคุมแรงดันใน Evaporator ด้วยการหรี่วาล์วมาเป็นการควบคุมแบบป้อนน้ำยาตามภาระความเย็น หรือการใช้วาล์วลดความดันแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic expansion valve) เป็นอุปกรณ์ลดความดันของสารทำความเย็นแบบ

อิเล็กทรอนิกส์จะใช้สัญญาณทางไฟฟ้าในการควบคุมการเปิด-ปิดวาล์ว ซึ่งการประยุกต์ใช้สัญญาณไฟฟ้าแทนสัญญาณความร้อน สามารถทำให้ใช้วาล์วลดความดันชนิดอิเล็กทรอนิกส์นี้เข้ากับ Evaporator แบบเปียก ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการเดือดใน Evaporator ระหว่างที่ระบบทำความเย็นทำงานที่ความดันคงที่ทำให้การควบคุมเป็นไปอย่างแม่นยำและสามารถปรับอัตราการไหลของสารทำความเย็นให้สอดคล้องตามภาระความเย็นที่ต้องการ

5. VAV (Variable air volume) ระบบส่งจ่ายอากาศเย็นแบบปริมาตรอากาศแปรเปลี่ยน (Variable air volume: VAV) จะปรับปริมาณการทำความเย็นโดยการปรับปริมาณลมจ่ายให้เพิ่มหรือลดลงได้ โดยรักษาอุณหภูมิห้องให้คงที่ เป็นระบบที่ออกแบบให้ปริมาณลมเย็นที่จ่ายให้กับพื้นที่ปรับอากาศแปรเปลี่ยนไปตามภาระทำความเย็น

2.1.2 การหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ค่าดัชนีที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

1. COP (Coefficient of Performance) ค่าสัมประสิทธิเชิงสมรรถนะการทำความเย็น

$$COP=\frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น}(KW)}{\text{กำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ทั้งระบบ}(KW)} \quad (2.1)$$

2. EER (Energy Efficiency Ratio) อัตราส่วนประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

$$EER = 3.412COP \quad (2.2)$$

3. KW / TR ค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

$$KW / TR = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ทั้งระบบ } (KW)}{\text{ความสามารถในการทำความเย็น } (TR)} \quad (2.3)$$

กำหนดระดับประสิทธิภาพและค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงาน แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- ระดับที่ 1 มีประสิทธิภาพต่ำ EER ต่ำกว่า 7.6
- ระดับที่ 2 มีประสิทธิภาพพอใช้ EER ตั้งแต่ 7.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.6
- ระดับที่ 3 มีประสิทธิภาพปานกลาง EER ตั้งแต่ 8.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 9.6
- ระดับที่ 4 มีประสิทธิภาพดี EER ตั้งแต่ 9.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 10.6
- ระดับที่ 5 มีประสิทธิภาพดีมาก EER ตั้งแต่ 10.6 ขึ้นไป

2.1.3 การคำนวณหาปริมาณน้ำไหลวน

$$W = \frac{Q}{Cp.r.(Ti - To)} \quad (2.4)$$

w = ปริมาณน้ำไหลวน (L/h)

Q = ปริมาณความร้อนที่แลกเปลี่ยนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (kcal/h)

Cp = ความร้อนจำเพาะของน้ำ =1 kcal/kg C

r = ความถ่วงจำเพาะของน้ำ = 1 kcal/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ti -To = อุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้าและทางออกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน C โดยทั่วไปคือ 5.5หรือ 10 F

ดังนั้นปริมาณความเย็น 1ตัน คือ 3,024 kcal/h จะได้ปริมาณน้ำไหลวนมีค่าเท่ากับ 9.16 L/min เนื่องจาก 3.78 L = 1 GPM ทำให้สรุปได้ว่าเครื่องทำความเย็นขนาด 1ตัน ควรมีอัตราการไหลเป็น 2.4 GPM/TR

2.1.4 การคำนวณหาอัตราการทำความเย็น

$$QL = \frac{Vw(Tw,in - Tw,out)}{24} \quad (2.5)$$

Q_L = อัตราการทำความเย็น (TR)

V_w = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเย็น (GPM)

$T_{w,in}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็น ($^{\circ}F$)

$T_{w,out}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น ($^{\circ}F$)

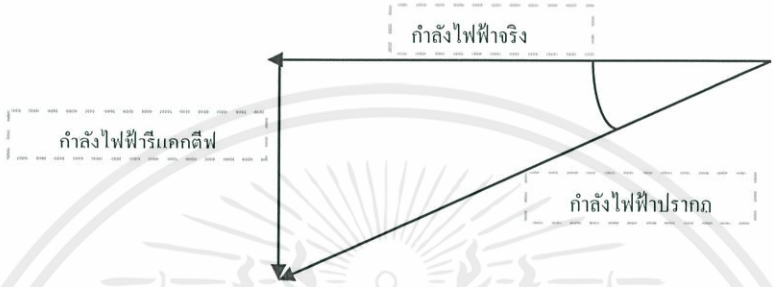
อัตราการไหลของน้ำเย็นโดยทั่วไป 2.4 GPM/TR ที่ผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าออก $10^{\circ}F$ โดยน้ำระบายความร้อนที่ 3.0 GPM/TR ที่ผลต่างอุณหภูมิน้ำระบายเข้าออก $10^{\circ}F$ ถ้าอัตราการไหลของน้ำต่ำกว่าหรือสูงกว่าพิกัดมากประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนจะลดต่ำลง ส่งผลให้ค่า KW/TR ของเครื่องสูงขึ้น ซึ่งอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต้องไม่เกินพิกัด 3.0 GPM/TR ถ้าน้ำมากกว่าอากาศจะส่งผลให้อุณหภูมิน้ำที่ได้สูง และอัตราการไหลของอากาศต้องไม่น้อยกว่าพิกัด 180-250 CFM/TR ถ้าต่ำเกินไปจะระบายความร้อนให้กับน้ำได้น้อยลง และอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านขดท่อความเย็น 300-400 CFM/TR ถ้าต่ำเกินไปอาจเกิดจากการกรองอากาศตัน หรือขดท่อความเย็นสกปรกหรือมอเตอร์พัดลมชำรุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าจะเกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าได้สองส่วนด้วยกันคือ การสูญเสียจากแกนเหล็กและการสูญเสียจากขดลวด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจะว่าด้วยการลดค่าความสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) ของหม้อแปลงไฟฟ้านั้น สามารถทำได้โดยการปรับลดแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าลง ก็จะทำให้ค่าสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) ในหม้อแปลงไฟฟ้าลดลงไปด้วย

2.2.1 การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (POWER FACTOR IMPROVEMENT)



รูปที่ 2.4 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า

รูปที่ 2.5 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าก่อนและหลังปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

การใช้งานเครื่องจักรกลไฟฟ้าย่อมเกิดกำลังไฟฟ้าขึ้นในขณะใช้งาน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นแสดงความสัมพันธ์ด้วยสามเหลี่ยมกำลังฟ้าได้ซึ่งสูตรคำนวณพื้นฐานของการแก้ไข Power Factor 1.กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) คือกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้เครื่องจักรกลไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าปรากฏมีหน่วยเป็น VA สัญลักษณ์คือ S

$$S = VI \tag{2.6}$$

2. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานจริง (Real Power) คือกำลังงานที่ใช้จริงของเครื่องจักรกลไฟฟ้า มีหน่วยเป็น Watt สัญลักษณ์คือ P

$$P = VI\cos\emptyset \tag{2.7}$$

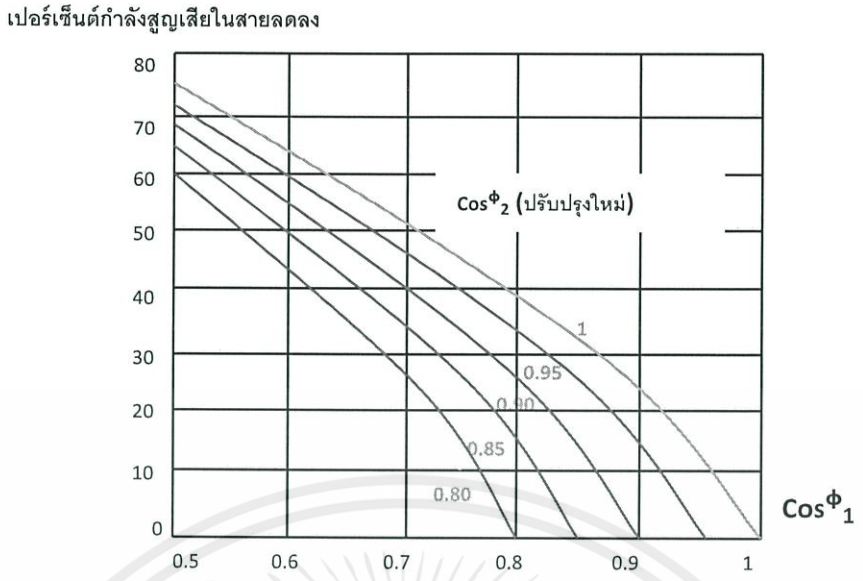
3. กำลังไฟฟ้าต้านกลับ (Reactive Power) คือกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปในการใช้งานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ามีหน่วยเป็น VAR สัญลักษณ์คือ Q

$$Q = VI\sin\emptyset \tag{2.8}$$

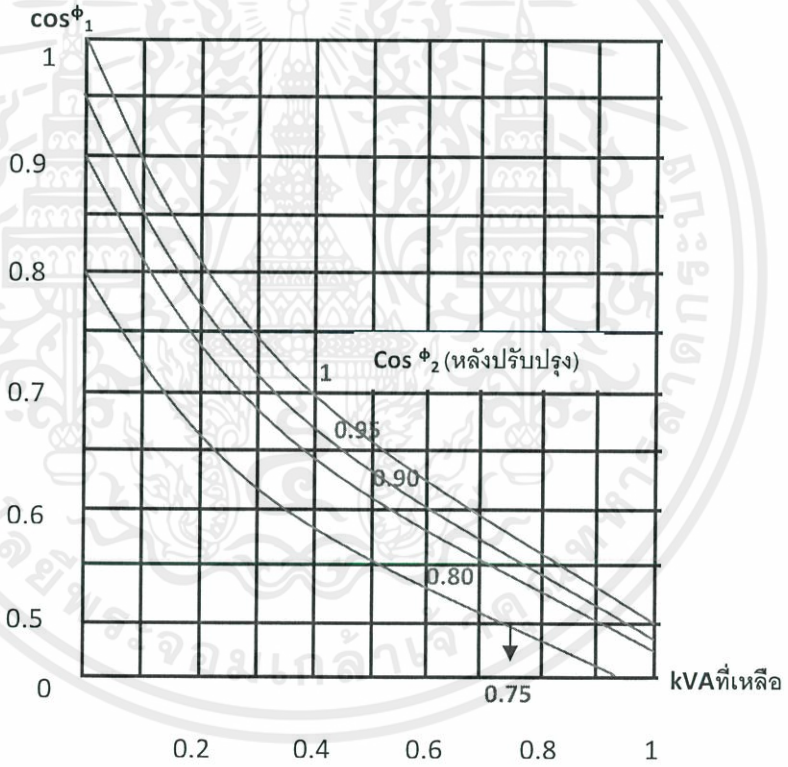
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) สัญลักษณ์ PF

$$PF = \frac{P}{S} = \cos\emptyset \tag{2.9}$$



รูปที่ 2.6 การหาค่ากำลังสูญเสียในสายด้วยกราฟ



รูปที่ 2.7 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นจะทำให้ระบบไฟฟ้า

สามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

2.2.2 ผลของการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง

การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้น ทำให้กระแสของระบบลดลงเนื่องจากหม้อแปลงจ่ายให้โหลดทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังฟ้าที่สูญเสีย เมื่อปรับปรุงกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปให้น้อยลงก็จะจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงได้มากขึ้นดังสมการ

$$\text{KVA เหลือ} = \text{KW โหลด} \left(\frac{1}{\cos\varnothing_1} - \frac{1}{\cos\varnothing_2}\right) \quad (2.10)$$

2.2.3 แนวทางอนุรักษ์พลังงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

ตาราง 2.1แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของหม้อแปลง

ลำดับที่	แนวทางในการประหยัดพลังงาน	มาตรการที่ดำเนินการ
1	ลดการสูญเสียขณะไม่มีโหลด	- ปลดหม้อแปลงเมื่อไม่ใช้งานเป็นเวลานาน - ใช้หม้อแปลงให้เหมาะสม - ปรับแรงดันให้เหมาะสม - ใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูง
2	ลดการสูญเสียเมื่อมีโหลด	- ลดพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) - ใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูง - เลือกขนาดหม้อแปลงให้เหมาะสมกับ Load Factor - ปรับปรุงค่าPower Factor
3	เพิ่มค่า Load Factor	- ลดพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load)
4	ลดชั่วโมงการทำงาน	- วางแผนการทำงานให้เหมาะสม
อื่นๆ	ปรับปรุงค่า Power Factor	- ติดตั้งคาปาซิเตอร์ - ใช้ซิงโครนัสมอเตอร์

2.3 ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า

ประเภทของโหลดมอเตอร์ (Load Type) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

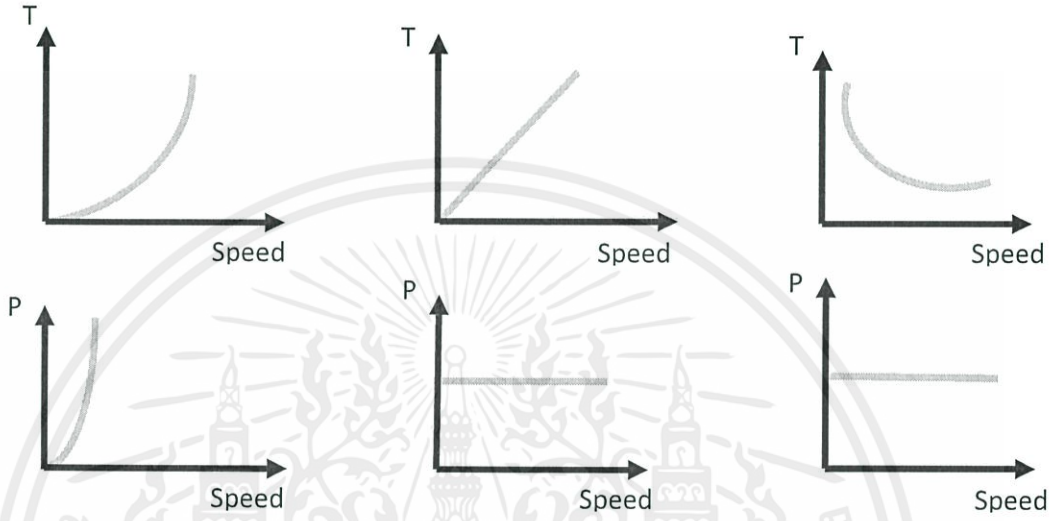
1.โหลดชนิดแรงบิดเปลี่ยนแปลง (Variable Torque Loads) โหลดประเภทนี้ ได้แก่ พัดลม ปั๊มน้ำ เป็นต้น โดยเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบได้ ซึ่งแรงบิดเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบยกกำลังสอง และพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบยกกำลังสาม ดังนั้นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโหลดประเภทนี้จะสามารถลดพลังงานไฟฟ้าลงได้เมื่อลดความเร็วรอบลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.โหลดชนิดแรงบิดคงที่ (Constant Torque Loads) โหลดประเภทนี้ ได้แก่ สายพาน Compressor ชนิด Screw หรือ Reciprocating เครื่องบดหิน เป็นต้น โหลดประเภทนี้แรงบิดจะไม่เปลี่ยนแปลง

ตามความเร็วรอบ และพลังงานไฟฟ้าแปรผันตรงกับความเร็วรอบ ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แปรผันตรงกับงานที่ทำได้ หรือ เมื่อมีการทำงานมากจะทำให้ใช้พลังงานมากด้วย

3.โหลดชนิดพลังงานคงที่ (Constant Power) โหลดประเภทนี้ได้แก่ เครื่องมือกล เป็นต้น แรงบิดของโหลดประเภทนี้แปรผันตามความเร็วรอบ แต่พลังงานไฟฟ้ามีค่าคงที่ จึงไม่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดประเภทนี้ได้



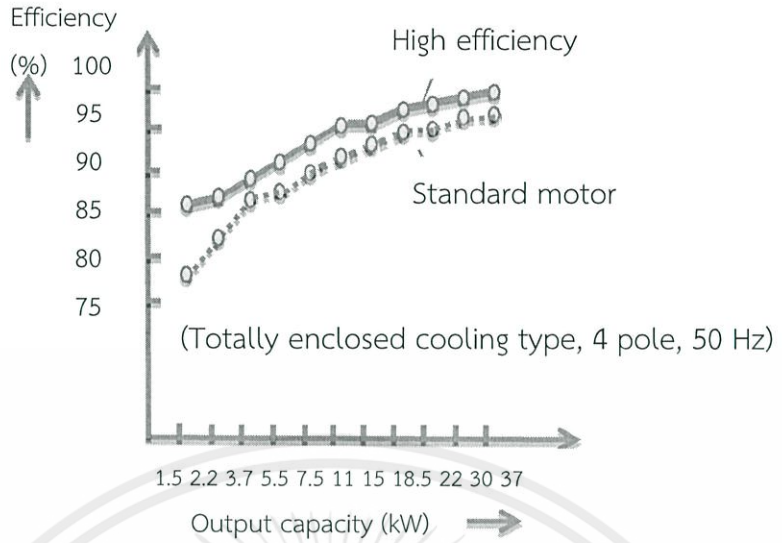
รูปที่ 2.8 1. โหลดชนิดแรงบิดเปลี่ยนแปลง 2. โหลดชนิดแรงบิดคงที่ 3. โหลดชนิดพลังงานคงที่

2.3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพมอเตอร์ทั่วไปกับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

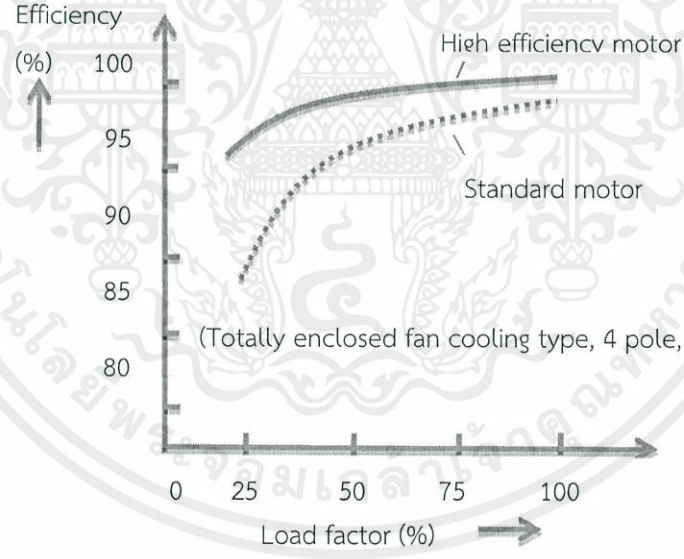
สำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์มาตรฐานร้อยละ 2-4 สำหรับมอเตอร์ที่มีพิกัดต่ำกว่า 7.5 HP มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์มาตรฐานร้อยละ 4-7 โดยมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงดังนี้ใช้แทนมอเตอร์เก่าที่ชำรุดเสียหาย

1. ใช้แทนมอเตอร์เก่าที่ใช้งานมานานเกิด 10-15 ปีซึ่งใช้งานเกิน 4,000 ชั่วโมง/ปี
2. เมื่อมอเตอร์เก่า มีค่าซ่อมบำรุงรักษาสูงกว่าร้อยละ 60 ของราคามอเตอร์ใหม่
3. ใช้แทนมอเตอร์เก่าที่ใช้งานอยู่ซึ่งมีขนาดใหญ่เกินไป
4. เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษามอเตอร์
5. เพื่อต้องการลดต้นทุนค่าไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของมอเตอร์



รูปที่ 2.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load factor (%) และประสิทธิภาพของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ระบบแสงสว่าง

ในปัจจุบันนี้มีหลอดไฟให้เลือกใช้อยู่หลากหลายประเภท ซึ่งอาจให้ความเข้มแสงที่ต่างกันหรือเท่ากันแต่ประสิทธิผลอาจจะแตกต่างกัน ดังนั้นควรเลือกติดตั้งหลอดไฟ ตามลักษณะการใช้งานเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด

2.4.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดนีออน

หลอดไฟฟ้าชนิดนี้ มีลักษณะแตกต่างไปจากหลอดไฟฟ้าธรรมชาติชนิดไส้ กล่าวคือ ตัวหลอดทำด้วยแก้ว บางใสกลมยาวรูปทรงกระบอกหรือรูปวงกลม ภายในหลอดแก้วจะสูบอากาศออกเกือบหมด และบรรจุก๊าซอาร์กอนและปรอทไว้เล็กน้อย ที่ผิวด้านในของหลอดฉาบไว้ด้วยสารเคมีบางชนิดที่เปล่งแสงได้ เมื่อได้รับรังสีอัลตร้าไวโอเลต สารเคมีที่มีสมบัติดังกล่าวนี้เรียกว่า สารเรืองแสง ที่เหลือไส้หลอดแต่ละข้างจะมีขั้วโลหะอาบน้ำยาเพื่อให้กระจายอิเลคตรอนได้ง่าย เมื่อได้รับความร้อนจากไส้หลอดขั้วโลหะเป็นขั้วไฟฟ้าที่เรียกว่า อิเลคโทรด (Electrode) ซึ่งขั้วไฟฟ้าจะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อต่อกระแสไฟฟ้าจากวงจรภายนอกเข้าสู่ตัวหลอดการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ไม่สามารถต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าในบ้านได้โดยตรงเหมือนกับหลอดไฟฟ้าธรรมดา เพราะจะทำให้หลอดไส้ขาดทันทีที่กระแสไฟฟ้าผ่าน ดังนั้นจึงต้องใช้ต่อร่วมกับอุปกรณ์อื่นอีก ได้แก่ สตาร์ตเตอร์ และบัลลัสต์

2.4.2 หลอด LED

หลอด LED ถือว่าเป็นทางเลือกของอนาคตได้เลยทีเดียว ด้วยคุณสมบัติการทำงานที่ไม่มีการเผาไส้หลอด จึงไม่เกิดความร้อน แสงสว่างเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในสารกึ่งพลังงานเปลี่ยนเป็นแสงสว่างได้เต็มที่ มีแสงหลายสีให้เลือกใช้งาน ขนาดที่เล็กทำให้ยืดหยุ่นในการออกแบบ การจัดเรียง นำไปใช้ด้านตกแต่งได้ดี มีความทนทาน ไม่ต้องห่วงเรื่องไส้หลอดขาด หรือหลอดแตก ด้านอายุการใช้งานก็อยู่ได้ถึง 50,000-60,000 ชั่วโมง ทั้งยังปรับหรี่แสงได้ง่ายกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ และที่สำคัญ ปราศจากปรอท และสารกลุ่มฮาโลเจนที่เป็นพิษ แต่มีข้อเสีย คือในปัจจุบันหลอด LED มีราคาสูงกว่าหลอดธรรมดาทั่วไปและมีความสว่างไม่มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 เปรียบเทียบระหว่างหลอด LED กับ หลอดฟลูออเรสเซนต์

	หลอดLED	หลอดฟลูออเรสเซนต์
อายุการใช้งาน	มากกว่า 50,000	5,000-20,000
รังสีอินฟาเรด (ความร้อน)	ไม่มี	มี
รังสีอัลตร้าไวโอเลต (UV)	ไม่มี	มี
การหรี่แสง	ง่าย	ยาก
ประสิทธิภาพในการปล่อยแสง	สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง	ต่ำลงเมื่ออุณหภูมิลดลง
โครงสร้าง	ซิลิโคน,พลาสติกไม่มีส่วนที่แตกหัก	แก้วสามารถแตกหักได้
ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	ไม่มีสารพิษเป็นองค์ประกอบ	มีสารปรอทบรรจุในหลอด
จำเป็นต้องใช้บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์	ไม่ต้องใช้	ต้องใช้
การเปลี่ยนพลังงานเป็นแสง (ลูเมน/วัตต์)	85 (สามารถเพิ่มได้)	50-90 (ไม่สามารถเพิ่มได้)
Voltage	85 V/265 V	220 V
กำลังไฟฟ้า	20 W	46 W
ค่าความสว่าง	270 Lux	225 Lux
การลดลงของแสงสว่างหลังใช้งาน 3 ปี		
(หลัง 1 ปี)	1st year >90เปอร์เซนต์	1st year >70เปอร์เซนต์
(หลัง 2 ปี)	2nd year >80เปอร์เซนต์	2nd year >50เปอร์เซนต์
(หลัง 3 ปี)	3rd year >80เปอร์เซนต์	3rd year
จำนวนหน่วยที่ใช้ต่อหลอดไฟ 1 หลอด		
10 ชม.	0.1375	0.416
1 วัน	0.333	1
1 เดือน	10	30
1 ปี	120	360
จำนวนหน่วยที่ใช้ต่อหลอดไฟ 1,000 หลอดต่อ 1 ปี	120,000	360,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Data Logger

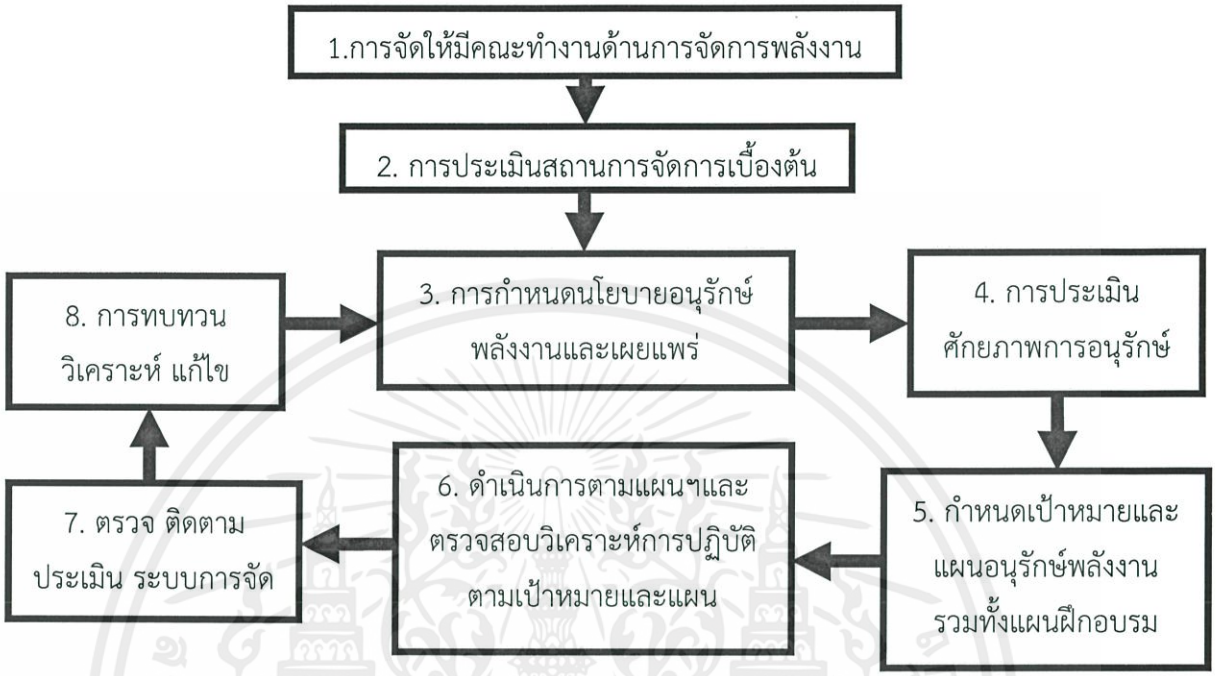
Data Logger คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แล้วทำการบันทึกค่าที่วัดได้ลงใน SD Card โดยจะมีการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างเพื่อนำไปคำนวณหาค่าไฟฟ้า (billing unit) ซึ่งโดยทั่วไปหน่วยที่ใช้กัน คือ กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh หรือ Unit)

Data Logger ที่สร้างขึ้นสามารถวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟสที่พิกัดแรงดัน 220 โวลต์และกระแสไม่เกิน 10 แอมแปร์โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2% นอกจากนี้ยังสามารถส่งข้อมูลไปเก็บใน SD Card ซึ่งข้อมูลที่เก็บจะประกอบไปด้วยแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า ซึ่งจะถูกเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดตามช่วงเวลาที่เราต้องการ เพื่อประโยชน์ในการคำนวณค่าไฟฟ้าและวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การออกแบบประหยัดพลังงาน

3.18 ขั้นตอนวิธีการจัดการพลังงาน ดังนี้



รูปที่ 3.1การดำเนินการจัดการพลังงาน ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน

1.จัดตั้งคณะทำงาน

มีการดำเนินการจัดตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน โดยเจ้าของอาคารควบคุม รวมทั้งกำหนดโครงสร้าง อำนาจหน้าที่ และความรับผิดชอบของคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน โดยจัดทำเป็นเอกสารเผยแพร่ให้บุคลากรของอาคารควบคุมทราบ

1.1 กำหนดโครงสร้างคณะทำงาน ซึ่งประกอบด้วย ประธานคณะทำงานเลขานุการ (ผชอ./ผชร.) และคณะทำงาน

1.2 อำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบของคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานอย่างน้องต้องมีได้แก่

- ดำเนินการจัดการพลังงานให้สอดคล้องกับนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงานของอาคารควบคุม
- ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อขอความร่วมมือในการปฏิบัติการตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงาน รวมทั้งจัดการฝึกอบรมเพื่อสร้างจิตสำนึกของบุคลากร
- ควบคุมดูแลให้การจัดการพลังงานของอาคารควบคุมเป็นไปตามนโยบายอนุรักษ์พลังงาน
- รายงานผลการอนุรักษ์และการจัดการพลังงานตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงานของอาคารควบคุมให้กับเจ้าของอาคารควบคุมทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารพิมพ์เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการประชุม เสนอแนะเกี่ยวกับนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงาน เพื่อที่จะทำการปรับเปลี่ยนนโยบายอนุรักษ์พลังงานให้ตรงกับสถานการณ์ในปัจจุบัน ที่เกิดความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วให้กับเจ้าของอาคารควบคุมทราบ

- สนับสนุนเจ้าของอาคารควบคุมในการดำเนินการตามกฎกระทรวงนี้

1.3 จัดทำเอกสาร โดยมีลักษณะดังนี้

- เอกสารเป็นลายลักษณ์อักษร

- ลงลายมือชื่อโดยเจ้าของอาคารควบคุมหรือผู้บริหารระดับสูง

1.4 ทำการเผยแพร่ ให้บุคลากรในองค์กรทราบอย่างทั่วถึง

2.การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

2.1 เจ้าของอาคารควบคุมต้องดำเนินการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นดังต่อไปนี้

- พิจารณาการดำเนินงานด้านพลังงานที่ผ่านมา

- พิจารณาโดยใช้ “ตารางประเมินสถานภาพการจัดการด้านพลังงานเบื้องต้น” (Energy Manage Matrix: EMM)

- ประเมิน EMM จากหน่วยงานย่อย แล้วทำการรวบรวม

- ประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานที่ผ่านมาทั้ง 6 มิติได้แก่

(1) นโยบายการจัดการพลังงาน

(2) การจัดองค์กร

(3) การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ

(4) ระบบข้อมูลข่าวสาร

(5) ประชาสัมพันธ์

(6) การลงทุน

- ตั้งคำถามในแต่ละมิติแล้วให้คะแนนจากระดับ 0 ไป 4

2.2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น (Energy Management Matrix)

2.2.1 ประเด็นในการประเมินสถานภาพการจัดการนโยบายการจัดการพลังงาน มีหรือไม่ ได้ทำการจัดทำเป็นเอกสารลายลักษณ์อักษรหรือไม่ นโยบายนี้มีความครอบคลุมมากน้อยเพียงใด มีการเผยแพร่ให้บุคลากรทราบมากน้อยเพียงใด

(1) การจัดองค์กรที่มีส่วนช่วยส่งเสริมให้เกิดการประหยัดพลังงานภายในองค์กรหรือไม่ ผู้รับผิดชอบต้องรายงานผลต่อคณะกรรมการด้านการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อพิจารณาและสรุปผลการดำเนินงานต่อผู้บริหารชัดเจนมากน้อยเพียงใด

(2) การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้บุคลากรร่วมมือกันประหยัดพลังงานสอดคล้องกับนโยบายอนุรักษ์พลังงานหรือไม่ มากน้อยเพียงใด

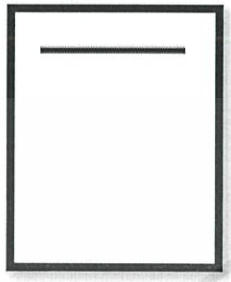
(3) ระบบข้อมูลข่าวสารสามารถเข้าถึงได้ง่ายหรือยากจนเกินไปจนทำให้บุคลากรไม่ทราบข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) มีการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ข้อมูลการดำเนินนโยบายอนุรักษ์พลังงานให้แก่ระดับบุคลากรของอาคารควบคุมได้รู้ทั่วถึงหรือไม่

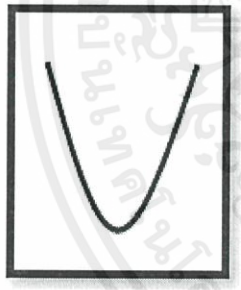
(5) มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานเพียงพอที่จะดำเนินงานในระยะยาวหรือไม่

2.2.2 ลักษณะเส้นผลการประเมินแบบต่างๆ

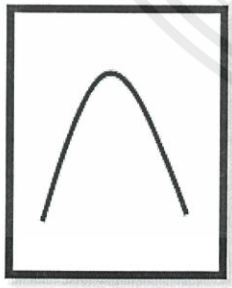


รูปที่ 3.2 High Balance ทุกประเด็นมีคะแนน มากกว่า 3 คะแนน ซึ่งระบบจัดการดีมาก โดยมีเป้าหมายคือการรักษาแบบยั่งยืน

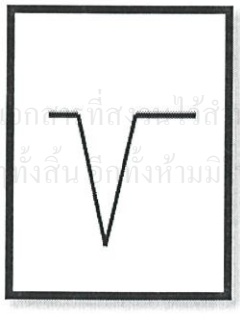
รูปที่ 3.3 Low Balance ทุกประเด็นมีคะแนน น้อยกว่า 3 คะแนน ซึ่งต้องมีการพัฒนาอย่างเร่งด่วน



รูปที่ 3.4 U-Shaped ประเด็นที่1 กับประเด็นที่6 มีคะแนนสูงกว่าประเด็นอื่นๆ ซึ่งเป็นแบบความคาดหวังสูง โดยมีนโยบายและเงินลงทุนจากผู้บริหารแต่ต้องพัฒนาในด้านอื่นๆ

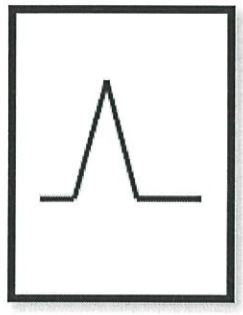


รูปที่ 3.5 N-Shaped ประเด็นที่1กับประเด็นที่6 มีคะแนนต่ำกว่าประเด็นอื่นๆ ซึ่งมีข้อมูลข่าวสารและการเผยแพร่ที่ดี แต่ยังขาดนโยบายและเงินลงทุนจากผู้บริหาร

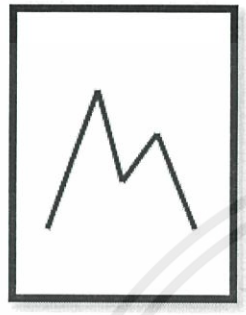


รูปที่ 3.6 Trough มีหนึ่งประเด็นที่มีคะแนนต่ำกว่าประเด็นอื่นๆ ซึ่งประเด็นนั้นจะเป็นจุดที่ล้าหลังกว่าจุดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 Peak มีหนึ่งประเด็นที่มีคะแนนสูงกว่าประเด็นอื่นๆ ซึ่งประเด็นนั้นเป็นประเด็นที่ประสบความสำเร็จ แต่อาจสูญเปล่าประเด็นอื่นๆ ล้าหลัง



รูปที่ 3.8 Unbalanced มีมากกว่า 2 ประเด็นที่มีคะแนนสูงกว่าหรือต่ำกว่า ซึ่งมีการจัดการยากต้องพัฒนาประเด็นที่มีคะแนนต่ำให้สูงกว่าค่าเฉลี่ยโดยเร็ว

3.การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน

นโยบายอนุรักษ์พลังงานต้องแสดงเจตจำนงและความมุ่งมั่นในการจัดการพลังงานในอาคารควบคุม โดยจัดทำเป็นเอกสารและลงลายมือชื่อเจ้าของอาคารควบคุม

3.1รายละเอียดอย่างน้อยของการกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน ดังต่อไปนี้

- การอนุรักษ์พลังงานเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินงานของอาคารควบคุม
- นโยบายอนุรักษ์พลังงานต้องเหมาะสมกับลักษณะและปริมาณพลังงานที่ใช้ในอาคารควบคุม
- แสดงเจตจำนงที่จะปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์และจัดการพลังงาน
- เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
- เป็นแนวทางในการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพในการดำเนินตามแผนฯ หรือวิธีการจัดการพลังงาน

จากการปฏิบัติงาน เราจึงได้กำหนดนโยบายหรือมาตรการที่จะนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงาน 2 มาตรา ได้แก่ (1) การใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูง และ (2) การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

3.2จัดทำเป็นเอกสาร

- เอกสารเป็นลายลักษณ์อักษร
- เอกสารจะต้องลงลายมือชื่อโดยเจ้าของอาคารควบคุมหรือผู้บริหารระดับสูง

จากการปฏิบัติงาน เราได้ทำการจัดทำเอกสารเป็นแบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะสามารถทำการเผยแพร่ได้ง่าย และทั่วถึงต่อบุคลากรในอาคารควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3เผยแพร่ให้บุคลากรในอาคารควบคุมรับทราบและปฏิบัติตาม

จากการปฏิบัติงาน เราได้จัดทำการเผยแพร่ โดยผ่านทางอินเตอร์เน็ต ซึ่งมีความครอบคลุม รวดเร็ว และง่ายต่อการสืบค้น สามารถสร้างความเข้าใจตรงกันของบุคลากรในอาคารควบคุมได้ จึงทำให้เกิดแนวปฏิบัติเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

4.การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

เจ้าของอาคารควบคุมจัดให้มีการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน โดยทำการตรวจสอบและประเมินการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษาเพื่อค้นหาสภาพการสูญเสีย หรือมาตรการที่จะลดการสูญเสีย

4.1 การประเมินศักยภาพแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

- ระดับองค์กร
- ระดับบริการ (อาคาร) จะต้องทำการเปรียบเทียบต้นทุนการบริการ โดยหาค่าการใช้พลังงาน จำเพาะต่อพื้นที่ใช้สอย
- ระดับเครื่องจักร หรืออุปกรณ์หลัก

5.การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน แผนการฝึกอบรม และกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 เจ้าของอาคารควบคุมจะต้องกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของพลังงานที่ประสงค์จะลดลง โดย

(1) กำหนดเป็นร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้เดิม หรือกำหนดระดับของการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยบริการ

(2) เป้าหมายอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดต้องระบุมาตรการอนุรักษ์พลังงาน (ไฟฟ้า+ความร้อน) ระยะเวลาการดำเนินการ เงินทุน และผลที่คาดว่าจะได้รับ (ปริมาณและมูลค่า) เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามหลักเกณฑ์

(3) ต้องจัดให้มีแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

(4) ให้บุคลากรของอาคารควบคุมเข้าร่วมกิจกรรมและการฝึกอบรม

(5) เผยแพร่แผนการฝึกอบรมให้บุคลากรทราบอย่างทั่วถึง

5.2 ลักษณะแผนอนุรักษ์พลังงานที่กำหนด มีรายละเอียดดังนี้

(1) ระบุมาตรการและวัตถุประสงค์การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

(2) ระยะเวลาการดำเนินงาน

(3) เงินลงทุน

(4) ผู้รับผิดชอบ

6.การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน และการตรวจสอบวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1 ข้อกำหนดในการดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

- เจ้าของอาคารควบคุม จะต้องทำการควบคุมให้มีการดำเนินตามแผนอนุรักษ์พลังงานและแผนฝึกอบรม

- ตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนฯ

6.2 ขั้นตอนการดำเนินงานตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

- ผู้รับผิดชอบในแต่ละกิจกรรม จะต้องรายงานผลการดำเนินงานให้คณะทำงานทราบอย่างต่อเนื่อง

- คณะทำงานต้องทำการตรวจสอบผลการดำเนินงาน ทุก 3 เดือน เพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ไม่บรรลุแผนและหาแนวทางแก้ไข

- จัดทำรายงานผลการติดตามการดำเนินงานของมาตรการอนุรักษ์พลังงานและการฝึกอบรม

- จัดทำรายงานผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

7.การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

เจ้าของอาคารควบคุม ต้องตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน อย่างน้องปีละ 1 ครั้ง

(1) การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงานในลักษณะการตรวจสอบภายใน (Internal Audit) อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง โดยทำการ

- ประชุมร่วมระหว่างคณะทำงานและเจ้าของอาคารควบคุม เพื่อแต่งตั้งคณะผู้ตรวจประเมิน การจัดการพลังงานในองค์กร

- ลงนามคำสั่งแต่งตั้ง

- เผยแพร่ผลการประเมินการจัดการพลังงาน

(2) คณะทำงานรวบรวมเอกสาร หรือหลักฐานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการพลังงาน ส่งให้กับผู้ตรวจประเมิน

(3) คณะผู้ตรวจประเมิน ตรวจเอกสารผลการดำเนินงานการจัดการพลังงานในลักษณะ มีหรือไม่ ครบถ้วนหรือไม่ และสอบถามหรือสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้อง

(4) คณะผู้ตรงประเมิน จัดทำรายการผลการตรวจประเมินโดยประธานคณะผู้ตรวจประเมินลงลายมือชื่อรับรองผลการตรวจ

(5) ส่งรายงานให้คณะทำงาน

8.การทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

เจ้าของอาคารควบคุมจะต้องทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานในอาคารควบคุมอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.1 ขั้นตอนการดำเนินการทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่อง

(1) คณะทำงาน นำรายงานผลการตรวจประเมินจากคณะผู้ตรวจประเมินมาทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขหาข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานที่ผ่านมา โดยการประชุมร่วมกันและทบทวนผลการประเมิน

(2) คณะทำงานจัดทำรายงานสรุปผลการทบทวนเสนอเจ้าของอาคารควบคุมเพื่อสั่งการ

(3) เจ้าของอาคารควบคุมนำผลการทบทวนไปปรับปรุง พัฒนา

(4) เผยแพร่การทบทวน

(5) กรณีพบข้อบกพร่องให้ดำเนินการแก้ไขโดยเร็ว

8.2 ลักษณะของรายงานสรุปผลการทบทวนต้องมีรายละเอียดดังนี้

- ผลการทบทวนแต่ละขั้นตอนของการจัดการพลังงานมีความเหมาะสมหรือไม่
- กรณีควรปรับปรุง ให้ระบุข้อบกพร่องที่พบและระบุแนวทางการปรับปรุง

3.2 ขั้นตอนการทำแอพพลิเคชั่น (Application) คำนวณหามาตรการและวิเคราะห์ความคุ้มทุนลงบนระบบปฏิบัติการ IOS

การเขียนโปรแกรม เขียนโปรแกรม X Code โดยการใช้ภาษา Objective-C และกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณมาตรการประหยัดพลังงานดังนี้

3.2.1 ระบบหม้อแปลงไฟฟ้า

- กระแสไฟฟ้าที่พิกัด

$$I_R = (kVA_R \ x1000) / (\sqrt{3} x V_A) \quad (3.1)$$

- กำลังรีแอคตีฟของคะแปซิเตอร์

$$P_{RC} = P_A x (\tan \varnothing_1 - \tan \varnothing_2) \quad (3.2)$$

- กระแสไฟฟ้าที่ Power Factor เดิม

$$I_O = (P_A x1000) / (\sqrt{3} x \ V_A x \cos \varnothing_1) \quad (3.3)$$

- กระแสไฟฟ้าที่ Power Factor ใหม่

$$I_N = (P_A x1000) / (\sqrt{3} x \ V_A x \cos \varnothing_1) \quad (3.4)$$

- พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ใน 1 ปี

$$E_S = C_{LA} x \ h \ x \left[\left(\frac{I_O}{I_R} \right)^2 - \left(\frac{I_N}{I_R} \right)^2 \right] \quad (3.5)$$

- คิดเป็นค่าไฟฟ้าประหยัดได้

$$C_S = E_S x C_E \quad (3.6)$$

- เงินลงทุนค่า Capacitor และค่าติดตั้ง

$$I_V = C_P \ x C_C \quad (3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระยะเวลาคืนทุน

$$P_B = I_V x\, C_s \tag{3.8}$$

3.2.2 ระบบมอเตอร์

- พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา

$$E_O = P_I x \left(\frac{F_L}{100}\right) x \left(\frac{100}{\eta_O}\right) x \left(\frac{F_U}{100}\right) x\, h_O \tag{3.9}$$

- พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้

$$W_O = P_I x \left(\frac{100}{\eta_O}\right) x \left(\frac{F_L}{100}\right) \tag{3.10}$$

- พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้

$$W_N = P_U x \left(\frac{100}{\eta_N}\right) x \left(\frac{F_L}{100}\right) \tag{3.11}$$

- พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

$$E_N = P_U x \left(\frac{100}{\eta_N}\right) x \left(\frac{F_L}{100}\right) x h_O x \left(\frac{F_U}{100}\right) \tag{3.12}$$

- พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง

$$E_S = E_O - E_N \tag{3.13}$$

- พลังไฟฟ้าที่ลดลง

$$W_S = W_O - W_N \tag{3.14}$$

- ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง

$$S_E = E_S x C_E \tag{3.15}$$

- เงินลงทุนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงรวม

$$R_H = C_2 x n \tag{3.16}$$

- ระยะเวลาคืนทุน

$$P_B = \frac{R_H}{S_E} \tag{3.17}$$

3.2.3 ระบบแสงสว่าง

- ราคาหลอด LED : X_1 (3.18)

- จำนวนหลอด : X_2 (3.19)

- จำนวนชั่วโมงที่ใช้/วัน : X_3 (3.20)

- จำนวนวันที่ใช้/ปี : X_4 (3.21)

- จำนวนวัตต์ของหลอดเดิม : X_5 (3.22)

- จำนวนวัตต์ของหลอด LED : X_6 (3.23)

- ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย : X_7 (3.24)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

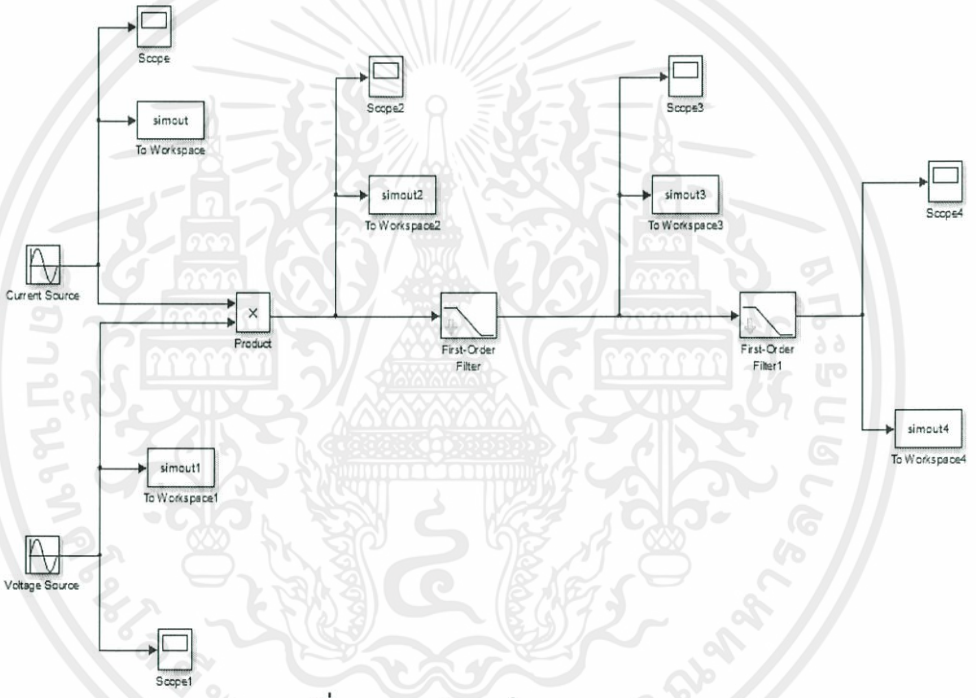
- ระยะเวลาคืนทุน/ทุน : $X_8 = \frac{X_1}{(\frac{X_5 - X_6}{1000}) \times X_3 \times X_4 \times X_7}$ (3.25)

- ยอดที่ประหยัดได้/ปี : $X_9 = (\frac{X_5 - X_6}{1000}) \times X_2 \times X_3 \times X_4 \times X_7$ (3.26)

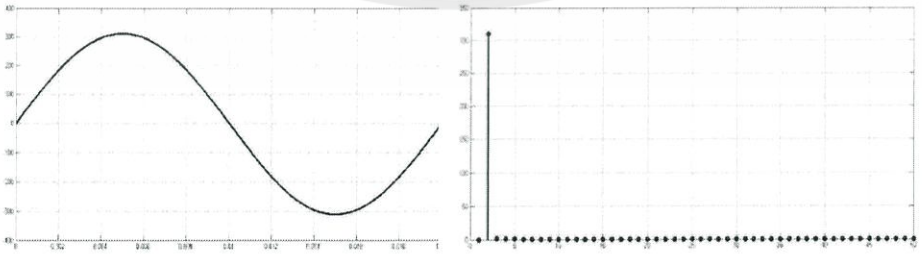
3.3 ขั้นตอนการทำ Data Logger

3.3.1 การหาไอซีที่ใช้ในการหากำลังไฟฟ้า

การหาค่ากำลังไฟฟ้าต้องมีการสร้างวงจรคูณระหว่างค่ากระแสไฟฟ้ากับค่าแรงดันไฟฟ้า และต้องมีการกรองฮาร์โมนิกส์และองค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรงออก จึงออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านและวงจรกรองความถี่สูงผ่าน มีความถี่ตัดที่ 9 Hz และ 5 Hz ตามลำดับ โดยผลจากการ Simulation ดังรูป



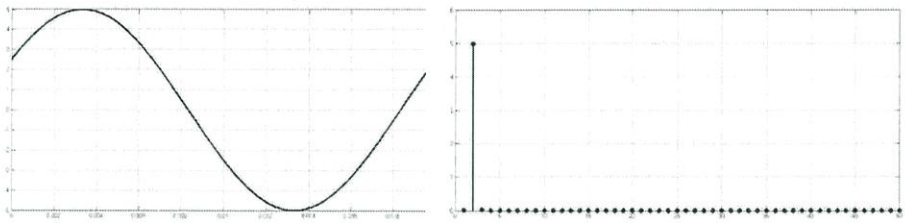
รูปที่ 3.9 การจำลองใน MATLAB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

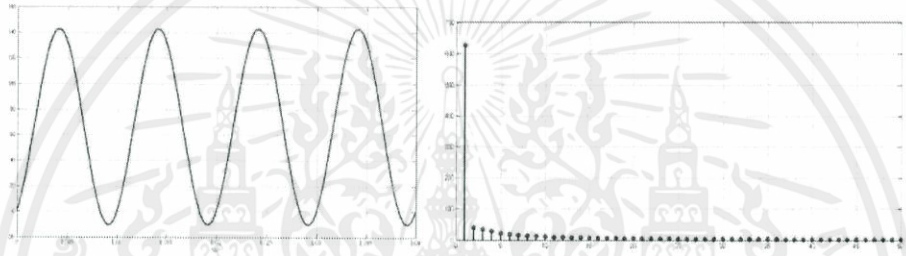
รูปที่ 3.10 ผลจากการจำลองกระแสในโดเมนเวลาและความถี่

แรงดัน



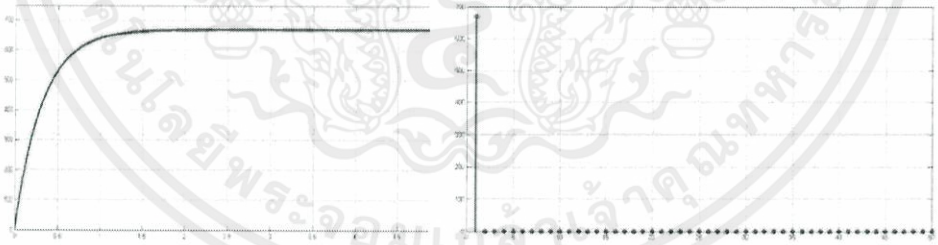
รูปที่ 3.11 ผลจากการจำลองแรงดันในโดเมนเวลาและความถี่

กำลังไฟฟ้าหลังผ่านวงจรคูณ



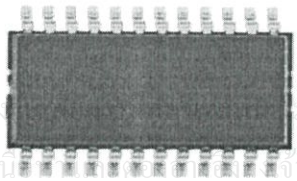
รูปที่ 3.12 ผลจากการจำลองกำลังไฟฟ้าในโดเมนเวลาและความถี่

กำลังไฟฟ้าหลังผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ



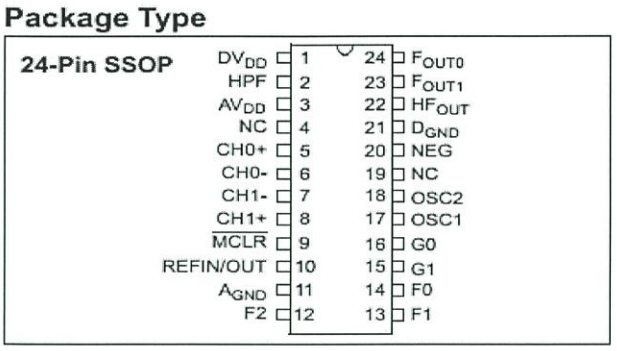
รูปที่ 3.13 ผลจากการจำลองกำลังไฟฟ้าในโดเมนเวลาและความถี่

จากผลการจำลองเลือกใช้ไอซี MCP3906A ซึ่งมีหลักการทำงานใกล้เคียงกับผลการจำลอง

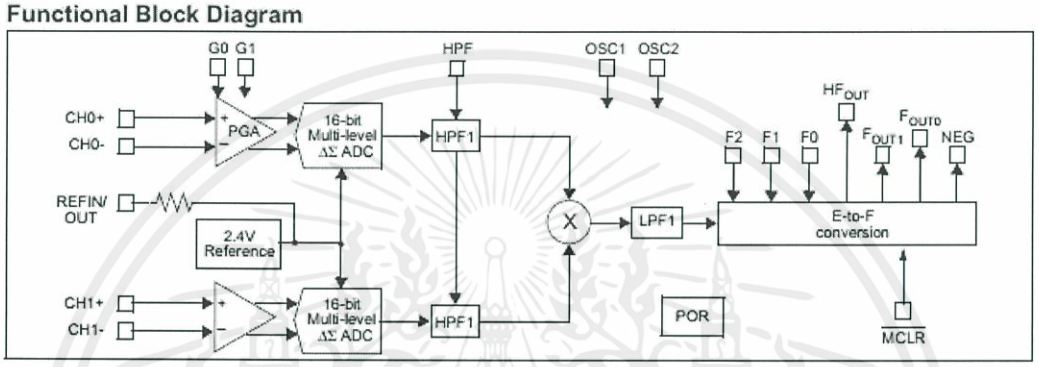


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 ไอซี MCP3906A



รูปที่ 3.15 แสดง PIN ของ IC MCP3906A



รูปที่ 3.16 Functional Block Diagram ของ IC MCP3906A

3.3.2 ศึกษาหลักการทำงานของไอซี MCP3906A

หลักการทำงานของไอซี คือ มีช่องสัญญาณขาเข้า 2 ช่อง (Channel 0 ,Channel 1) ใช้หลักการคูณสัญญาณกระแสไฟฟ้า (Channel 0) กับแรงดันไฟฟ้า (Channel 1) เริ่มแรกสัญญาณจะผ่านออปแอมป์ที่ปรับอัตราขยายได้ พอผ่านแล้วจะถูกแปลงจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล จากนั้นจะผ่านวงจรกรองความถี่สูงเพื่อกรองกระแสตรงออก แล้วนำสัญญาณทั้งสองมาคูณกันจนกลายเป็นสัญญาณเดียว จากนั้นจะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำเพื่อกรองคลื่นระลอกออก แล้วเข้าสู่ขั้นตอนแปลงสัญญาณแรงดันเป็นความถี่ สุดท้ายจะได้สัญญาณเอาท์พุทออกมาในรูปพัลส์ ซึ่งมีความถี่แปรผันตรงกับกำลังงานเฉลี่ย (Average Active Real Power) เอาท์พุท HF_{out} คำนวณได้จากสูตร

$$HF_{OUT} = \frac{8.06 \times V_O \times V_1 \times G \times HF_C}{V_{REF}^2} \quad (3.27)$$

โดยที่ V_O คือ แรงดันจากสัญญาณขาเข้าช่อง 0

V_1 คือ แรงดันจากสัญญาณขาเข้าช่อง 1

G คือ อัตราขยายจากสัญญาณขาเข้าช่อง 0

HF_C คือ ค่าคงที่ความถี่ที่เลือกใช้

V_{REF} คือ แรงดันอ้างอิง

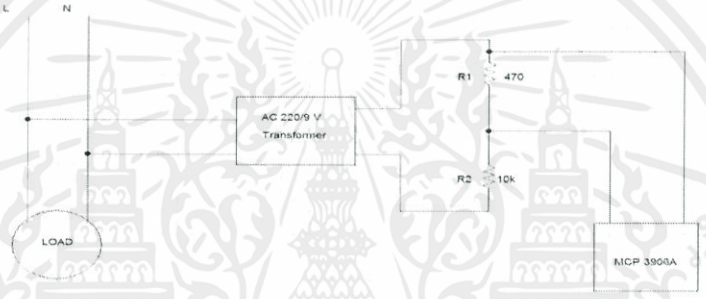
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ค่า G = 1 , HF_C = 27968.75 (มาจากการกำหนดให้ F0 = F1 = 1 *และ* F2 = 0) และ V_{REF} = 2.4

3.3.3 การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไอซี

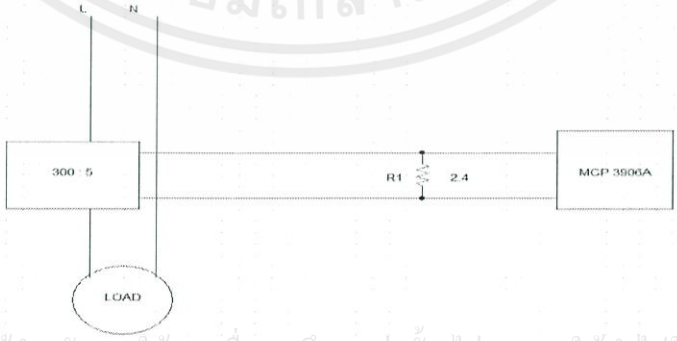
เนื่องจากขารับสัญญาณของไอซีไม่สามารถทนแรงดันได้สูง จึงต้องมีวงจรเพื่อลดแรงดันเพื่อให้สามารถเข้าสู่ไอซีได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสำหรับไอซี ได้ออกแบบโดยใช้หม้อแปลง 220/9 V ไปตรวจจับแรงดัน โดยแรงดัน ±220V ที่วัดได้จะถูกลดแรงดันลงเหลือ ±9V แล้วนำไปต่อกับวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) คือตัวต้านทาน 470 Ω และ 10 kΩ และนำสัญญาณแรงดันที่คร่อมตัวต้านทาน 470 Ω ซึ่งจะมีค่าไม่เกิน 404 mV เข้าสู่ขารับสัญญาณแรงดันของไอซี (MCP 3906A) เนื่องจากขารับสัญญาณแรงดันของไอซีทนแรงดันได้ 660V



รูปที่ 3.17 วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสำหรับไอซี

2. วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าสำหรับไอซี ได้ออกแบบโดยใช้หม้อแปลงกระแส CT (Current Transformer) turn ratio 300:5 ไปตรวจจับกระแสไฟฟ้า โดยกระแสที่ไหลผ่าน CT ฝั่งปฐมภูมิจะไม่เกิน 10 A จะได้กระแสฝั่งทุติยภูมิมีค่าไม่เกิน $(10 \times 5)/300 = 0.17$ A เมื่อไปต่อกับความต้านทาน 2.4 Ω จะได้แรงดันไม่เกิน 408 mV แล้วนำสัญญาณแรงดันที่คร่อมตัวต้านทานเข้าสู่ขารับสัญญาณกระแสของไอซี (MCP 3906A) เนื่องจากขารับสัญญาณกระแสของไอซีทนแรงดันได้ 470 mV



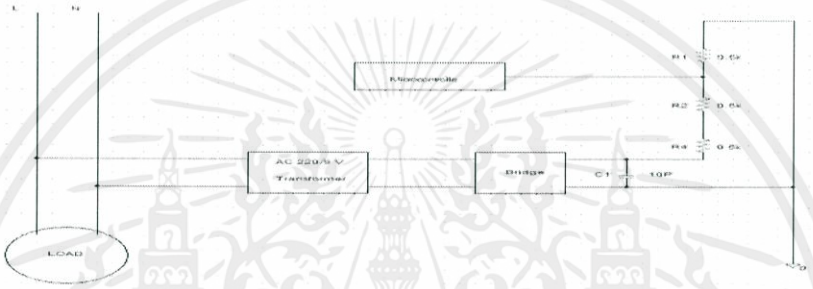
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าสำหรับไอซี

3.3.4 การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

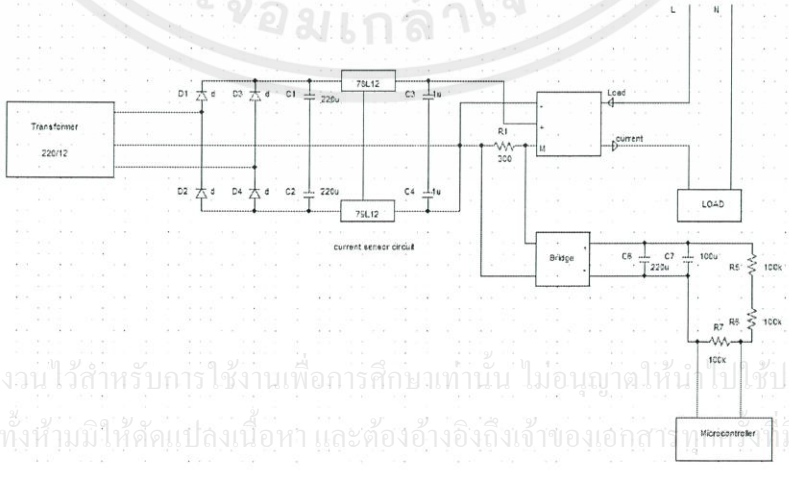
เนื่องจากพอร์ตอนาล็อคที่รับค่าของไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณไฟที่เป็นบวกได้เท่านั้น จึงต้องมีวงจรเพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าฝั่งบวกเท่านั้น เพื่อที่สามารถเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้า (Voltage Sensor) ได้ออกแบบโดยใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Bridge Rectifier) ในการเปลี่ยนสัญญาณแรงดันที่วัดได้เป็นสัญญาณแรงดันที่เป็นบวก โดยแรงดัน $\pm$220V ที่วัดได้จะถูกลดแรงดันลงด้วยหม้อแปลง 220/9 V ทำให้แรงดันเหลือ $\pm$9V แล้วเข้าสู่วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Bridge Rectifier) จะทำให้แรงดันมีแต่ฝั่งบวก และเข้าสู่วงจรแบ่งแรงดัน(Voltage Divider) ทำให้สัญญาณที่เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอยู่ในช่วง 0ถึง 5V



รูปที่ 3.19 วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

2. วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้า (Current Sensor) ได้ออกแบบโดยใช้เซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า (Hall Sensor : CS25-NPA) turn ratio 1000:3 ไปตรวจจับกระแสไฟฟ้า โดยกระแสที่ไหลผ่านเซนเซอร์ฝั่งปฐมภูมิจะไม่เกิน 10 A จะได้กระแสฝั่งทุติยภูมิมีค่าไม่เกิน $\frac{10 \times 3}{1000} = 0.03$ A ต่อกับความต้านทาน 300 Ω จะได้แรงดันไม่เกิน 9 V แล้วเข้าสู่วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Bridge Rectifier) จะทำให้แรงดันมีแต่ฝั่งบวก และเข้าสู่วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) ทำให้สัญญาณที่เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอยู่ในช่วง 0 ถึง 5V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.20 วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

บทที่ 4

การแสดงผลบนแอพพลิเคชั่น และการรับค่าของมิเตอร์ไฟฟ้า

4.1 บทนำ

แอพพลิเคชั่น (Application) บนระบบปฏิบัติการ IOS ที่ได้จัดทำขึ้นมานั้น จะแสดงผลบนสมาร์ทโฟน ซึ่งจะมีฟังก์ชันในการประหยัดพลังงานอยู่ 3 อย่างหลักๆ คือ

1. วิธีการประหยัดพลังงาน 8 ขั้นตอน
2. แบบสอบถามการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น
3. การคำนวณพลังงานและค่าไฟก่อน-หลัง การประหยัดพลังงาน

และยังได้จัดทำมิเตอร์ไฟฟ้า เพื่อใช้ในการวัดค่าและเก็บค่าข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้า เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาวิธีการประหยัดพลังงาน ซึ่งในบทนี้จะเป็นการนำเสนอเกี่ยวกับรูปแบบแอพพริเคชั่นบนระบบปฏิบัติการ IOS และการรับค่าที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์และนำข้อมูลที่รับค่ามาเก็บไว้ในฐานข้อมูล

4.2 การออกแบบแอพพริเคชั่นด้วยโปรแกรม Xcode

คือโปรแกรมที่ถูกติดตั้งและทำงานบน iPhone หรือ iPad ที่ถูกควบคุมโดยระบบปฏิบัติการ iOS ซึ่งเป็น โปรแกรมการทำงานของ Smart Phoneและ iPad ของบริษัท Apple โดยจะเป็นการเขียนโปรแกรม Xcode ios ด้วยภาษาอ็อบเจกทีฟซี (Objective-C)

4.2.1 ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี (Objective-C หรือ ObjC)

เป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุและมีสมบัติการสะท้อนโดยแรกเริ่มภาษา อ็อบเจกทีฟ-ซี พัฒนาขึ้นจากภาษาซี โดยยังคงคุณลักษณะของภาษาซีไว้ครบทุกประการ เพียงแต่เพิ่มระบบส่งข้อความ (messaging)

4.2.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์

ประกอบไปด้วยกลุ่มกิจกรรม 3 ส่วนหลักๆ ด้วยกัน คือ การวิเคราะห์ (Analysis), การออกแบบ (Design) และการนำไปใช้ (Implementation) ขั้นตอนที่ใช้ศึกษาขบวนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ประกอบด้วย

- การทำความเข้าใจกับปัญหา
- การรวบรวมข้อมูล
- การวิเคราะห์ระบบ
- การออกแบบระบบ
- การพัฒนาระบบ และ จัดทำเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

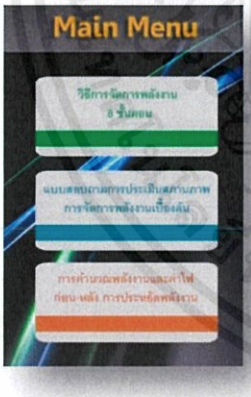
4.2.3 การทำงานของโปรแกรม Xcode

1. Instruments เป็นเครื่องมือตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมบน iPhone โดยจะสุ่มดูการใช้งานหน่วยความจำ และคอยตรวจสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม เครื่องมือนี้ช่วยค้นหาต้นตอของปัญหาในโปรแกรมได้ง่าย และสามารถแสดงการทำงานออกมาอยู่ในรูปกราฟตามลำดับเวลา โดยจะมีบทบาทสำคัญในการค้นหาจุดที่เรียกใช้หน่อยความจำอย่างสิ้นเปลือง และช่วยให้โปรแกรมทำงานบน iPhone ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

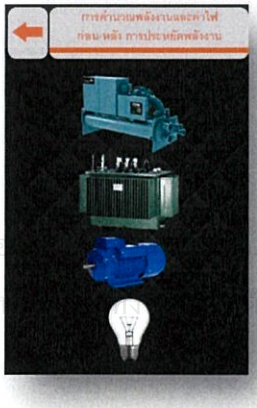
2. Simulator จะจำลองการทำงานของ iPhone บนเครื่องแมคเพื่อให้คุณสามารถพัฒนาและทดสอบโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ได้โดยไม่ต้องพึ่ง iPhone จริง

4.3 ตัวอย่างแอพพลิเคชั่น (Application) บนระบบปฏิบัติการ IOS

รูปที่ 4.1 หน้าจอแอพพลิเคชั่น



รูปที่ 4.2 หน้าโปรแกรมหลักของแอพพลิเคชั่น

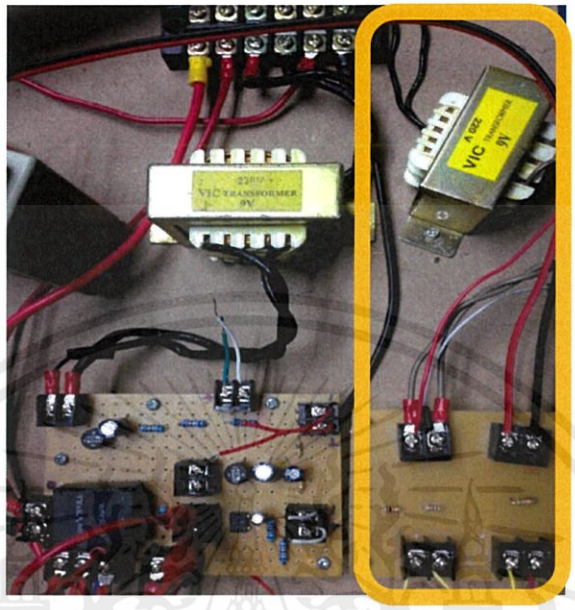


รูปที่ 4.3 หน้าจอเลือกมาตรการ ที่ต้องการคำนวณในการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

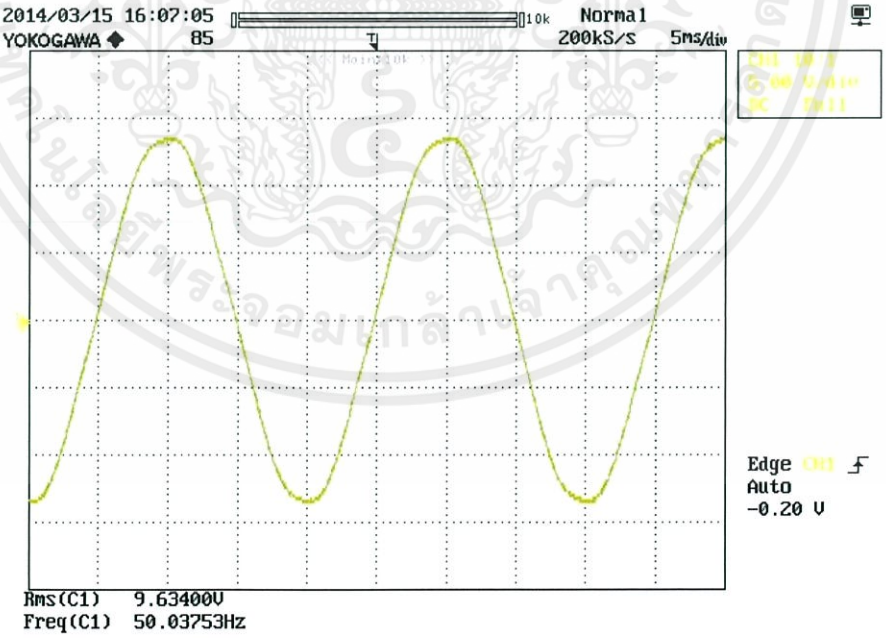
4.4 วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า สำหรับไอซี

จากการออกแบบในบทที่ 3 จะได้วงจรดังนี้



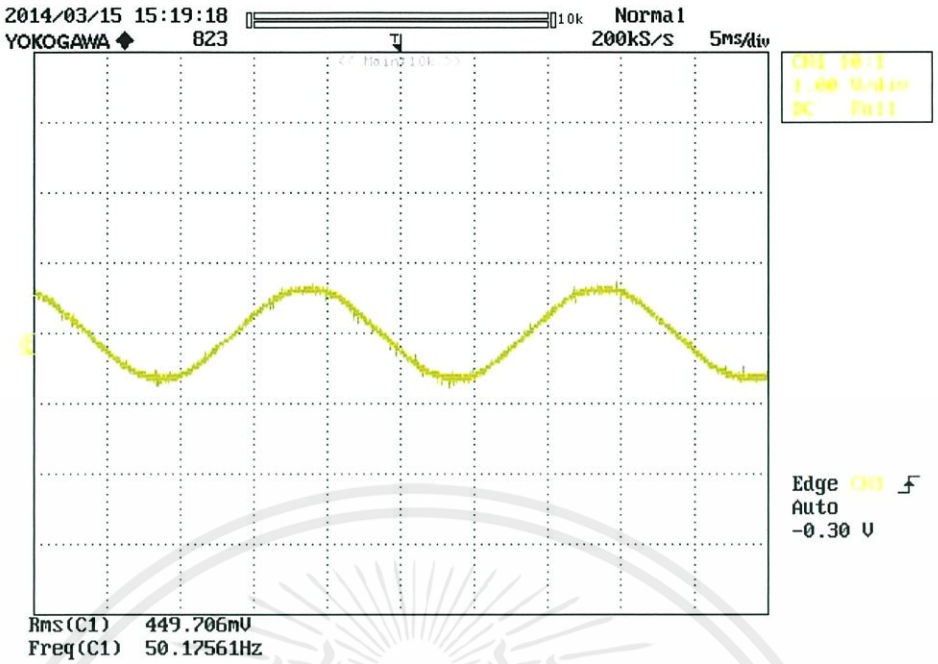
รูปที่ 4.4 วงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไอซี

วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสำหรับไอซี



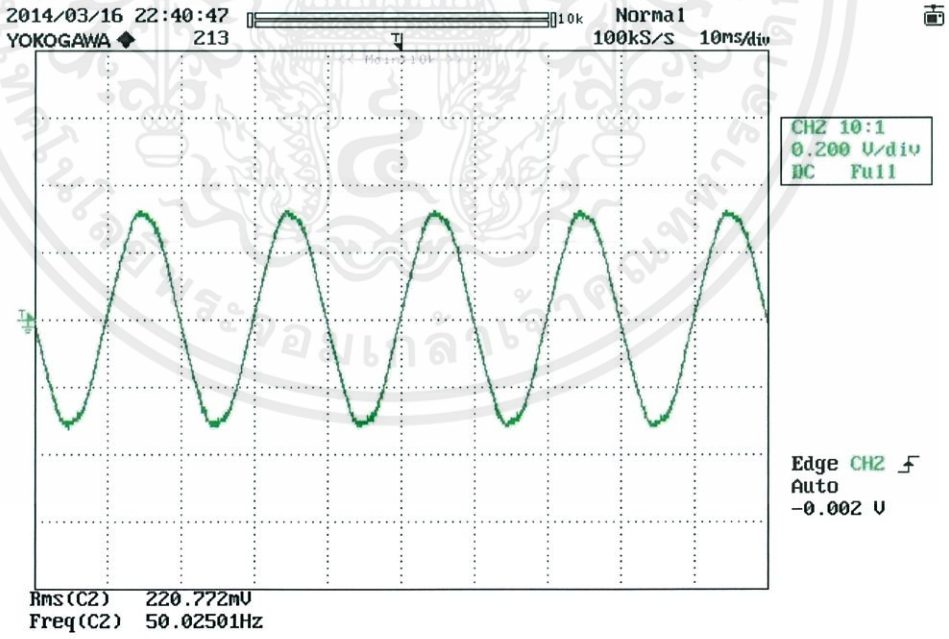
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 สัญญาณก่อนเข้าวงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 4.6 สัญญาณหลังเข้าวงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้า

วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าสำหรับไอซี

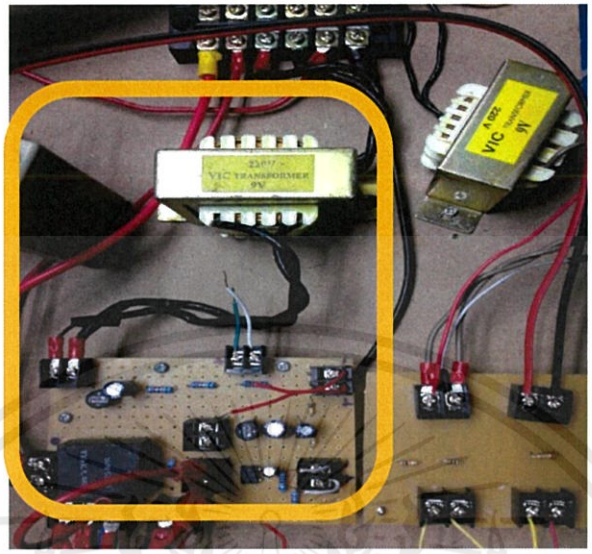


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 สัญญาณหลังเข้าวงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้า

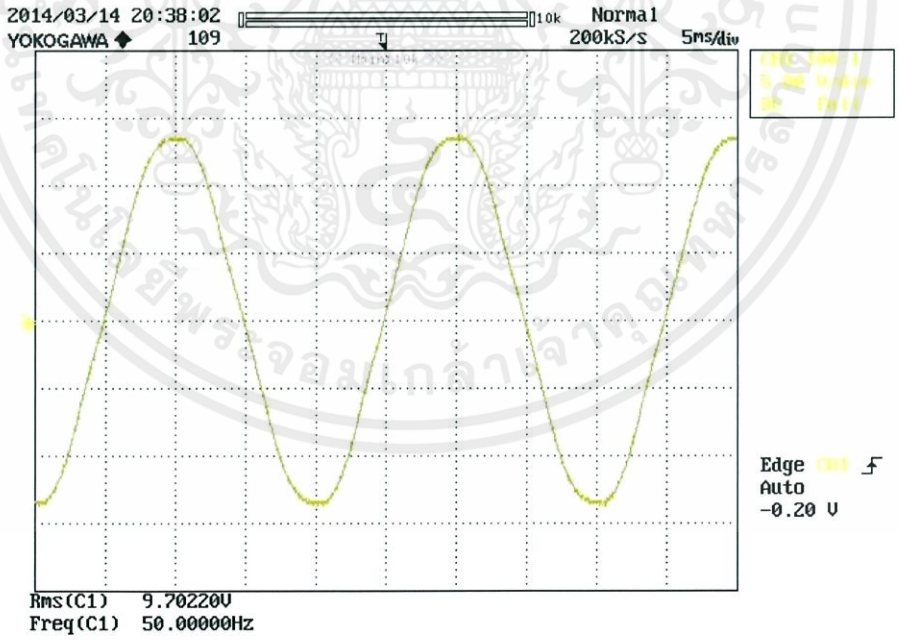
4.5 วงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

จากการออกแบบในบทที่ 3 จะได้วงจรดังนี้



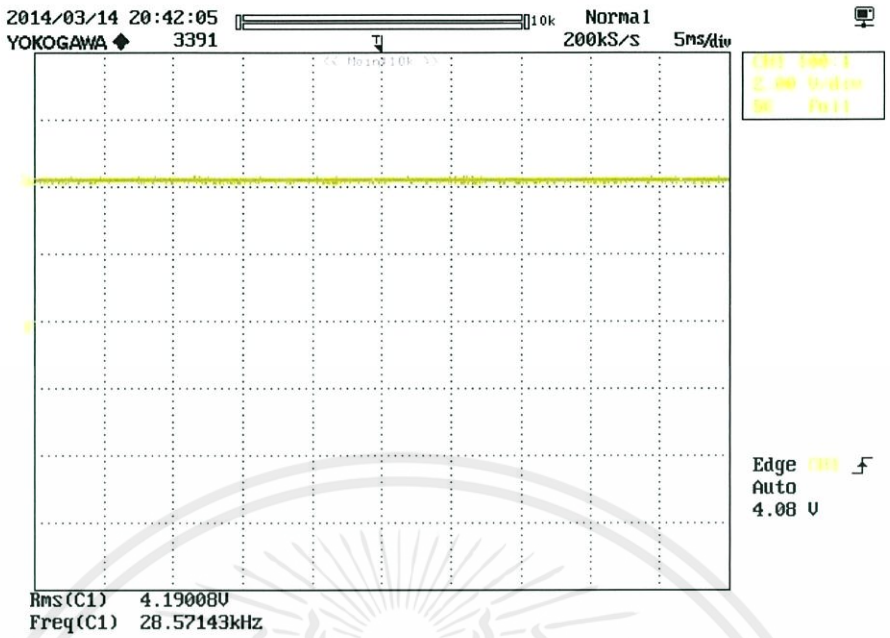
รูปที่ 4.8 วงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์



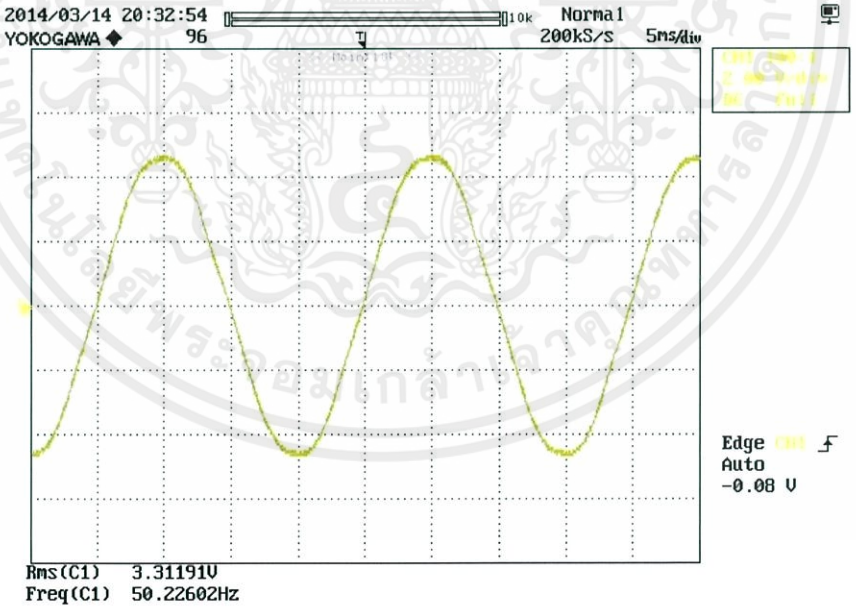
รูปที่ 4.9 สัญญาณก่อนเข้าวงจรตรวจจับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



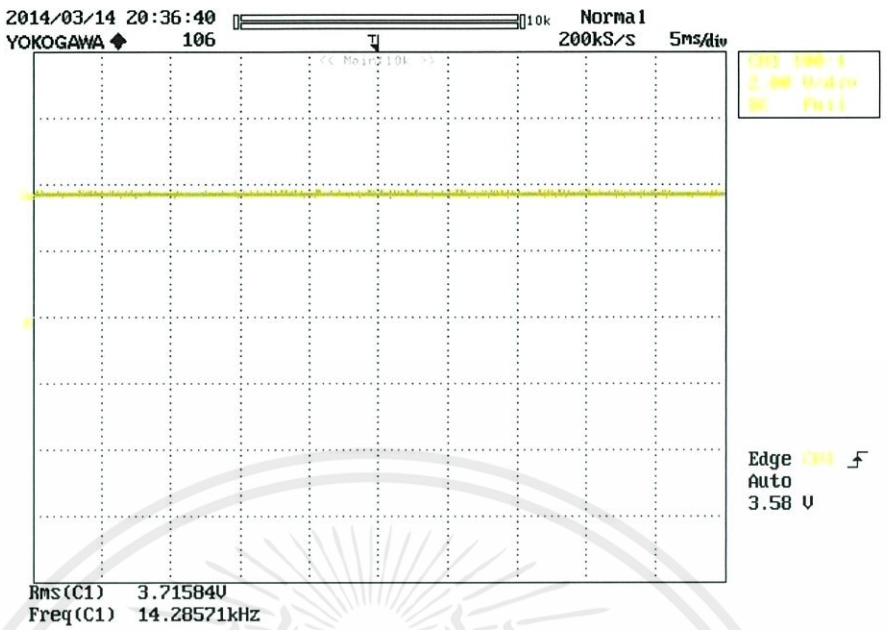
รูปที่ 4.10 สัญญาณหลังเข้าวงจรตรวจจับแรงดัน

วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.11 สัญญาณก่อนเข้าวงจรตรวจจับกระแส

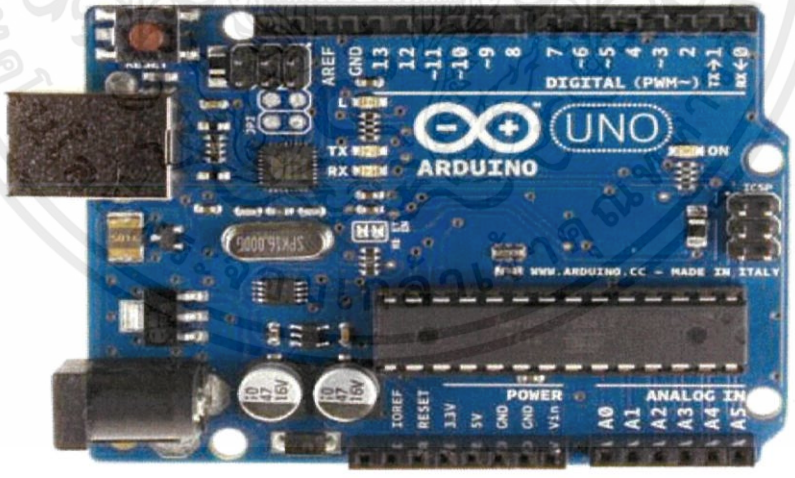
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 สัญญาณหลังเข้าวงจรตรวจจับกระแส

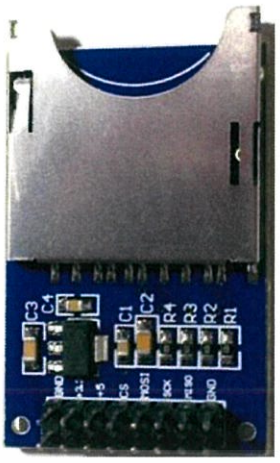
4.6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO UNO R3 เพราะการใช้งานที่ง่าย ทั้งการเชื่อมต่อด้วย Serial Port และการเขียนโค้ดโปรแกรม และใช้ SD Card Module ในการเก็บค่าข้อมูล

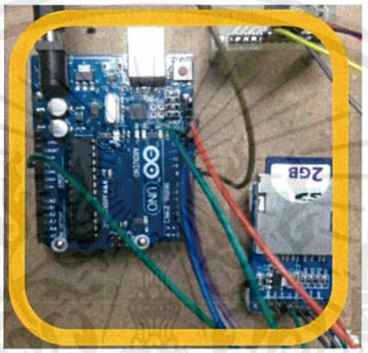


รูปที่ 4.13 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 บอร์ด SD Card



รูปที่ 4.15 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อกับบอร์ด SD Card

คุณสมบัติของ ARDUINO UNO R3

1. ใช้ ATmega328 เป็น MCU แรงดันที่ใช้ในการทำงานคือ 5 V ทำงานที่ความถี่ 16 MHz
2. มีขา Digital อินพุท/เอาท์พุท 14 ขา (สามารถทำเป็น PWM ได้ถึง 6 ขา)
3. มีขา Analog อินพุท 6 ขา
4. ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับขาอินพุท/เอาท์พุทคือ 40 mA ต่อขา และไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับขา 3.3 V คือ 50 mA
5. มี USB Connector และ Power Jack DC
6. มี Flash Memory 32 KByte (สงวนไว้ 0.5 Kbyte สำหรับ Bootloader) / 2 KByte SRAM และ 1 KByte EEPROM
7. รองรับการใช้งานจากแหล่งจ่ายภายนอกไฟฟ้ากระแสตรง 6-20 V และสามารถใช้แหล่งจ่ายจากพอร์ต USB ได้ในกรณีใช้กระแสไม่เกิน 500 mA มีวงจรเลือกแหล่งจ่ายอัตโนมัติ โดยจะตัดการใช้ไฟเลี้ยงจาก USB อัตโนมัติ เมื่อมีการต่อแหล่งจ่ายจากภายนอกให้บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

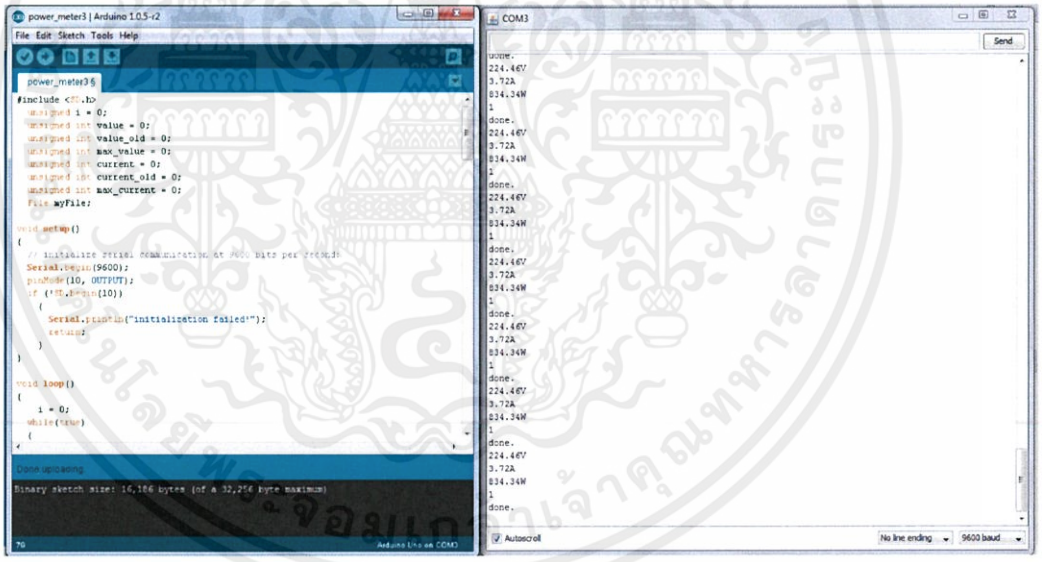
4.7 การออกแบบโปรแกรม

การออกแบบแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากวงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ส่วนที่สองคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ได้รับมาจากไอซี แล้วนำค่าที่ได้จากการคำนวณทั้งสองส่วนไปเก็บไว้ใน SD Card โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การหาค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ซึ่งรับมาจากวงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าและวงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้า เขียนโปรแกรมหาค่าแรงดันสูงสุด (V_{max}) แล้วหาค่าแรงดันอาร์เอ็มเอส (V_{rms}) จาก

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \tag{4.1}$$

2. การหาค่ากำลังไฟฟ้าขาเข้า (Real Power) ซึ่งรับมาเป็นสัญญาณความถี่จากไอซี เขียนโปรแกรมโดยใช้ฟังก์ชัน Interrupt และ Timer ในการนับจำนวนสัญญาณความถี่ (Pulse) ในหนึ่งวินาที
3. นำค่าที่คำนวณเรียบร้อยแล้ว ไปเก็บไว้ใน SD card ผ่านทางพอร์ตดิจิตอล เขียนโปรแกรมเก็บค่าใน SD Card



รูปที่ 4.16 แสดงโปรแกรมในการเก็บค่าพารามิเตอร์ ในสภาวะมีโหลดต่ออยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองและกรณีศึกษา

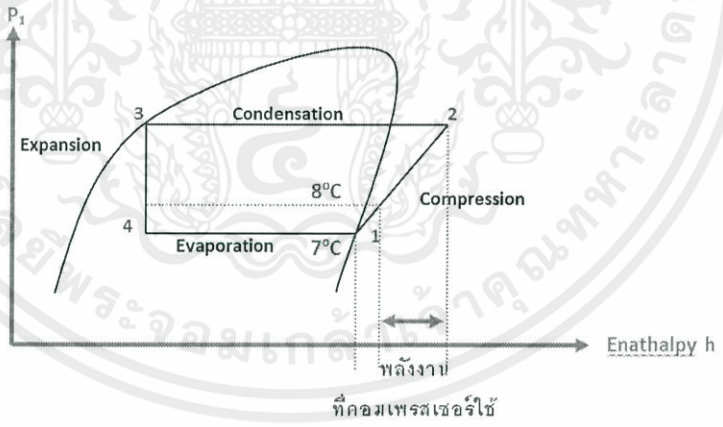
5.1 บทนำ

ในบทนี้จะแสดงกรณีศึกษาของการประหยัดพลังงานภายในอาคาร คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง โดยได้เลือกมาตรการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศเพื่อใช้ในการประหยัดพลังงาน และใช้แอพพลิเคชั่นที่ได้สร้างขึ้น เข้ามาช่วยคาดการณ์ในการประหยัดพลังงานของมาตรการหม้อแปลงไฟฟ้า และระบบแสงสว่าง รวมทั้งการแสดงผลของมิเตอร์ไฟฟ้าที่สามารถวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า สำหรับโหลดที่ใช้ภายในบ้าน

5.2 กรณีศึกษาและมาตรการประหยัดพลังงานของระบบทำความเย็น

5.2.1 มาตรการประหยัดพลังงานของระบบทำความเย็น

โดยการใช้มาตรการการปรับอัตราการไหลที่ผ่านเข้า-ออก Evaporator เพื่อควบคุมอุณหภูมิที่มีการแลกเปลี่ยนกันบริเวณ Evaporator จากรูปจะแสดงให้เห็นว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 ℃ จะสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 2-3



รูปที่ 5.1 แสดงถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การตรวจวัดและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็น

ตาราง 5.1 การตรวจวัดและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นก่อนปรับอุณหภูมิ

Chiller	ข้อมูล		หน่วย
ขนาด	data	370	Ton
Evap Leaving water temp:T1		5.78	C
Evap Entering water temp:T2		7.94	C
Compressor Currents:RAL		171	RLA
Compressor Phase		396	Volts
Compressor % Power Factor	data	0.9	
Compressor kW	$\sqrt{3}$×I×V×PF	105.56	kW
Kw/Ton	Power/Ton	0.285	Kw/Ton

ตาราง 5.2 การตรวจวัดและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นหลังปรับอุณหภูมิ

Chiller	ข้อมูล		หน่วย
ขนาด	data	370	Ton
Evap Leaving water temp:T1		8.28	C
Evap Entering water temp:T2		9.17	C
Compressor Currents:RAL		161.33	RLA
Compressor Phase		394	Volts
Compressor % Power Factor	data	0.9	
Compressor kW	$\sqrt{3}$×I×V×PF	102.15	kW
Kw/Ton	Power/Ton	0.276	Kw/Ton

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5.3 เปรียบเทียบการตรวจวัดและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นก่อนปรับอุณหภูมิและหลังปรับอุณหภูมิ

วัน/เดือน/ปี	ก่อนปรับอุณหภูมิ	หน่วย	หลังปรับอุณหภูมิ	หน่วย
Time Record	10.15	AM	12.40	PM
Chiller water setpoint	42%		47%	
Evap Leaving water temp	5.78	C	8.28	C
Evap Entering water temp	7.94	C	9.17	C
Condenser Leaving water temp	30.17	C	30.17	C
Condenser Entering water temp	29.22	C	29	C
Comperssor Phase Currents:AMPS				
Phase A	167	Amps	160	Amps
Phase B	179	Amps	178	Amps
Phase C	167	Amps	161	Amps
Compressor Phase	396	Volts	394	Volts
Compressor % Power Factor	0.9		0.9	
Compressor kw	105.56	Kw	102.15	Kw

ตาราง 5.4 ผลจากการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

พลังงานที่ลดลง	3.41	kW
คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้	3.23	%
พลังงานที่ประหยัดได้	3.41 kW x 8 ชม. x 20 วัน = 545.6	หน่วย/เดือน
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง	545.6หน่วย x 12เดือน x 3.25บ.= 21278.4	บาท/ปี
เงินลงทุน	(ไม่มีเงินลงทุน)	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.2 อุณหภูมิก่อนปรับปรุง

รูปที่ 5.3 อุณหภูมิหลังปรับปรุง

5.3 กรณีศึกษาและมาตรการประหยัดพลังงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

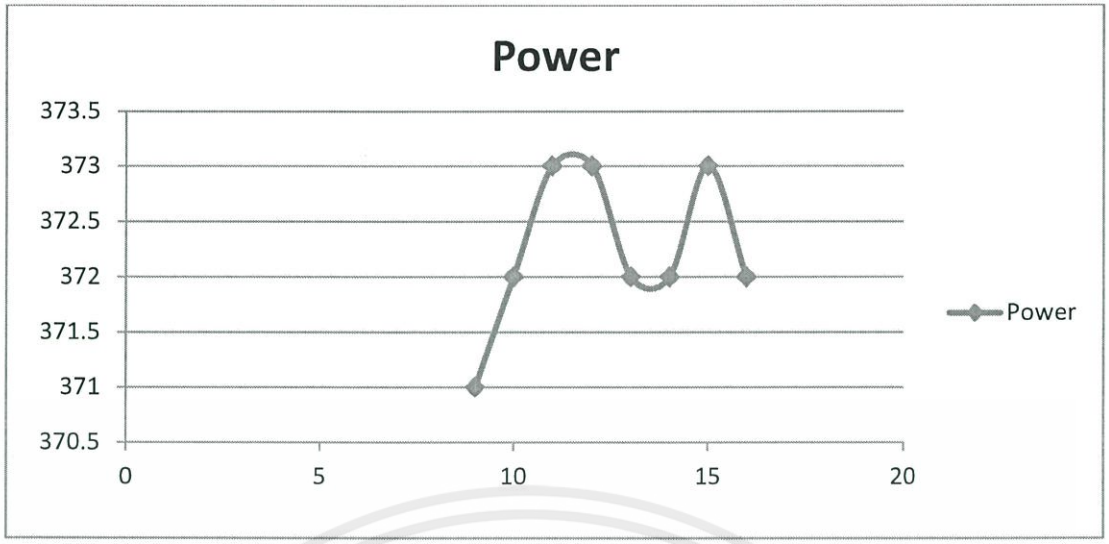
กรณีศึกษา การใช้งานหม้อแปลงของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด OIL IMMERSED ขนาด 1,250 KVA ได้มีการนำข้อมูลหม้อแปลงของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ไปใช้ในการคำนวณพลังงานและค่าไฟก่อนและหลังการประหยัดพลังงานด้วยการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5.5 แสดงข้อมูลการคำนวณการประหยัดพลังงาน

	ข้อมูล	หน่อย
ขนาดพิกัดหม้อแปลง	1,250	KVA
แรงดันทุติยภูมิที่ใช้งานจริง	416	V
กำลังไฟฟ้าที่ทำให้เกิดงานจริง	372	KW
Copper Loss ที่พิกัดของหม้อแปลง	16.40	KW
ชั่วโมงการทำงานของหม้อแปลงใน 1 ปี	8,760	h/y
Power Factor ก่อนปรับปรุง	0.75	
Power Factor หลังปรับปรุง	0.90	
กระแสไฟฟ้าที่ Power Factor เดิม	688.38	A
กระแสไฟฟ้าที่ Power Factor ใหม่	573.65	A
มุมระหว่างกระแสและแรงดันเดิม	41.41	
มุมระหว่างกระแสและแรงดันใหม่	25.84	
ขนาด capacitor	148.06	KVAR
เลือกขนาด capacitor ที่จะติดตั้ง	100	KVAR
ราคา capacitor รวมค่าติดตั้ง	31,000	B/KVAR
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	3.50	Bath
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ใน 1 ปี	1,064.57	KWh/y
ค่าไฟที่ประหยัดได้	3,726	B/y
ระยะเวลาการคืนทุน	8.32	y (ปี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าใช้งานจริงกับเวลา โดยทำการวัดในช่วง 9.00 น -16.00 น

5.4 กรณีศึกษาและมาตรการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง

5.4.1 มาตรการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง

โดยการใช้มาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED เพื่ออายุการใช้งานที่มากขึ้น ประสิทธิภาพในการปล่อยแสงดีขึ้น กำลังไฟฟ้าลดต่ำลง ส่งผลให้ค่าใช้ไฟลดลง

ตาราง 5.6 ค่าความส่องสว่างกับพื้นที่และกิจกรรมประเภทต่างๆ

ค่าความส่องสว่าง (Lux)	พื้นที่และกิจกรรม
20-30-50	ทางเดินและพื้นที่ใช้งานภายนอก
50-100-150	ทางเดินภายใน
100-150-200	ห้องที่ไม่ได้ใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน
200-300-500	งานที่ไม่ใช้สายตามากนัก
300-500-750	งานที่ใช้สายตาปานกลางเช่นงานสำนักงาน
500-750-1000	งานที่ใช้สายตามากเช่น งานเขียนแบบ
750-1000-1500	งานที่ใช้สายตามากๆเช่น งานประกอบชิ้นส่วนเล็ก
1000-1500-2000	งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษเช่น งานชิ้นส่วนเล็กมาก
มากกว่า 2000	งานที่ใช้สายตามากเป็นพิถีพิถันเช่น งานผ่าตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 การตรวจวัดและคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงสว่าง

ตาราง 5.7 ข้อมูลหลอดไฟของหอสมุดกลาง บริเวณชั้นลอย จากการสำรวจและวัดค่า พบว่า มีค่าเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด

ข้อมูล	Watt	Lumen	Bath
ฟลูออเรสเซนต์	21	1650	80
LED	10	800	550

ตาราง 5.8 การคำนวณหลอดไฟ

ราคาหลอด LED	400	Bath
จำนวนหลอด	50	หลอด
จำนวนชั่วโมงที่ใช้/วัน	11	ชม./วัน
จำนวนวันที่ใช้/ปี	365	วัน/ปี
จำนวนวัตต์ของหลอดเดิม	21	Watt
จำนวนวัตต์ของหลอด LED	10	Watt
ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	3.25	Bath

ตาราง 5.9 ผลการคำนวณหลอดไฟ

ระยะเวลาคืนทุน/ปี	2.8	ปี
ค่าไฟฟ้าที่ลดลง/ปี	7176.81	บาท/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การทดลองวัดค่าทางไฟฟ้ากับภาระโหลดต่างๆ

5.5.1 การทดลองคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจริงจากสัญญาณความถี่ HF_{OUT}

จากการออกแบบวงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า กำหนดให้แรงดันมากสุดที่ขาเข้าสัญญาณกระแส (Channel 0) V_0 = 408 mV , แรงดันมากสุดที่ขาเข้าสัญญาณแรงดัน (Channel 1) V_1 = 404 mV , G = 1 , HF_C = 27968.75 , $V_{REF} = 2.4$ ทำให้สามารถหาความถี่มากสุด HF_{OUT} ได้จาก

$$HF_{OUT} = \frac{8.06 \times V_O \times V_1 \times G \times HF_C}{V_{REF}^2} \quad (5.1)$$

$$HF_{OUT} = \frac{8.06 \times 0.408 \times 0.404 \times 1 \times 27968.75}{2.4^2}$$

$$HF_{OUT} = 6451 \text{ Hz}$$

จากพิกัด Data Logger คือ 220V 10A สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้มากสุดจาก

$$P = VI\cos\theta \quad (5.2)$$

โดย P จะมีค่ามากสุดเมื่อ $\cos\theta$ = 1

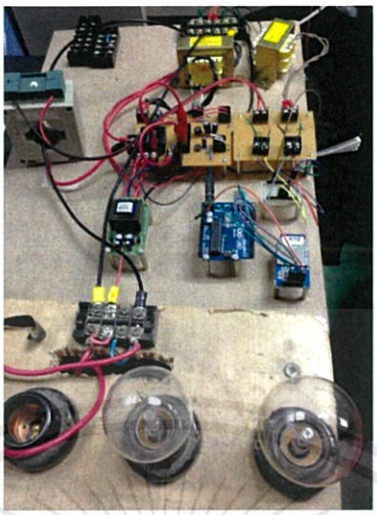
$$P = 220 \times 10 \times 1$$

$$P = 2200 \text{ W}$$

จะได้ว่ากำลังไฟฟ้ามากสุด 2200 W จะให้ความถี่มากสุด 6,451 Hz ดังนั้น กำลังไฟฟ้า 1 W จะให้ความถี่ = 2.93 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.2 ผลการทดลองคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจริงจากสัญญาณความถี่ HF_{OUT}



รูปที่ 5.5 การทดลองหากำลังไฟฟ้ากับโหลดหลอดไฟ

รูปที่ 5.6 การทดลองหากำลังฟฟ้ากับโหลดพัดลม

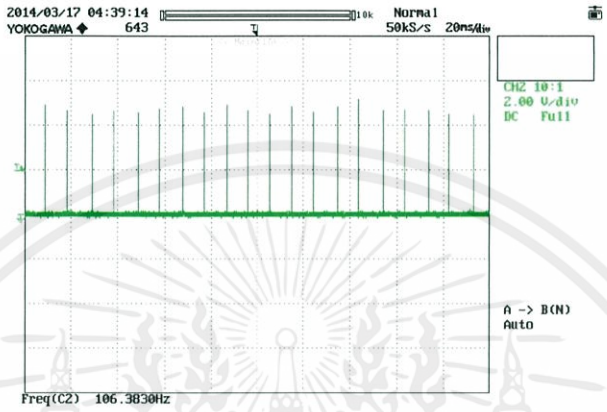
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใ ญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.7 กำลังไฟฟ้าอ้างอิง

เมื่อต่อวงจรเข้ากับโหลดที่ได้เตรียมไว้ ได้แก่

1. พัดลม 1 ตัวขนาด 36.5 W

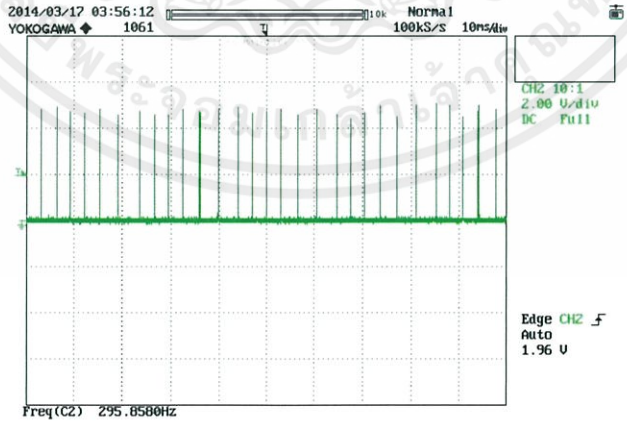
จากการคำนวณข้างต้นพบว่า สัญญาณความถี่ HF_{out} จะมีค่าเท่ากับ 106.95 Hz และจากผลการทดลองพบว่า เกิดสัญญาณความถี่ HF_{out} เท่ากับ 106.38 Hz จากออสซิโลสโคป และสามารถนำไปคำนวณเป็นค่ากำลังไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ $\frac{106.38}{2.93}$ = 36.31 W



รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณความถี่ HF_{out}ของโหลด 100 W

2. หลอดเผาไส้ (Incandescent Lamp) 1 หลอด ขนาด 100

จากการคำนวณข้างต้นพบว่า สัญญาณความถี่ HF_{out} จะมีค่าเท่ากับ 293.00 Hzและจากผลการทดลองพบว่า เกิดสัญญาณความถี่ HF_{out} เท่ากับ 295.85 Hz จากออสซิโลสโคป และสามารถนำไปคำนวณเป็นค่ากำลังไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ $\frac{295.85}{2.93}$ = 100.97 W

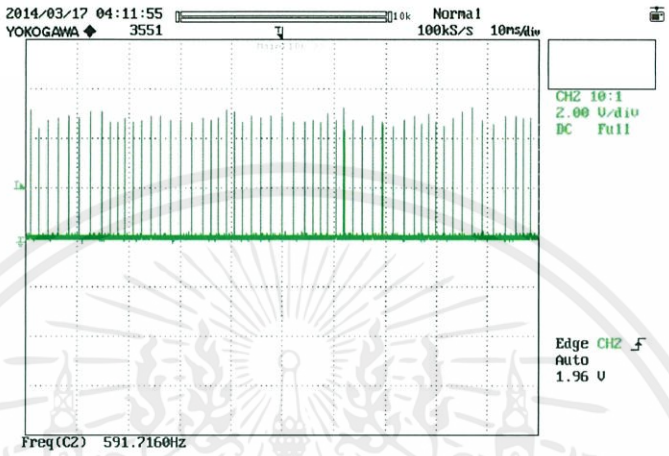


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณความถี่ HF_{out} ของโหลด 100 W

3. หลอดเผาไส้ (Incandescent Lamp) 2 หลอด ขนาด 200 W

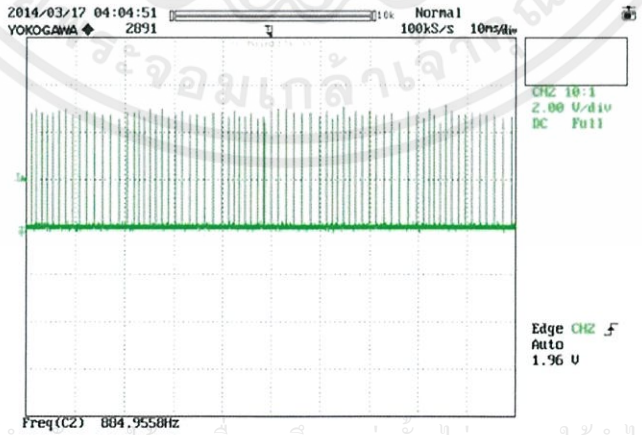
จากการคำนวณข้างต้นพบว่า สัญญาณความถี่ HF_{out} จะมีค่าเท่ากับ 586.00 Hz และจากผลการทดลองพบว่า เกิดสัญญาณความถี่ HF_{out} เท่ากับ 591.72 Hz จากออสซิโลสโคป และสามารถนำไปคำนวณเป็นค่ากำลังไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ $\frac{591.72}{2.93}$= 201.95 W



รูปที่ 5.10 แสดงสัญญาณความถี่ HF_{out} ของโหลด 200 W

4. หลอดเผาไส้ (Incandescent Lamp) 2 หลอด ขนาด 300 W

จากการคำนวณข้างต้นพบว่า สัญญาณความถี่ HF_{out}จะมีค่าเท่ากับ 879 Hz และจากผลการทดลองพบว่า เกิดสัญญาณความถี่HF_{out}เท่ากับ 884.96 Hz จากออสซิโลสโคป และสามารถนำไปคำนวณเป็นค่ากำลังไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ $\frac{884.96}{2.93}$= 302.03 W

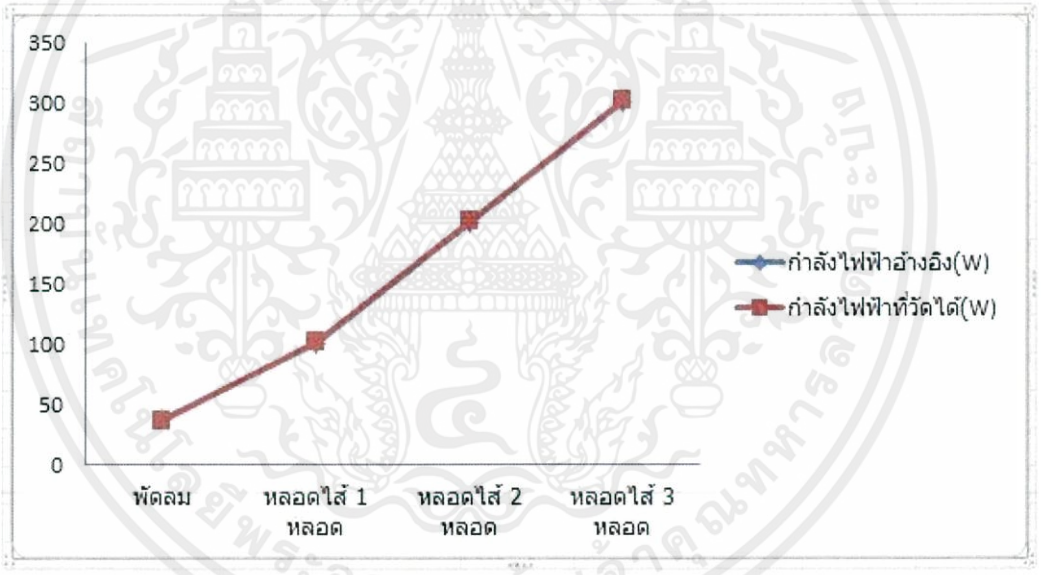


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.11 แสดงสัญญาณความถี่ HF_{out} ของโหลด 300 W

ตาราง 5.10 การเปรียบเทียบค่าทางไฟฟ้าในการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ด้วยมิเตอร์ไฟฟ้า กับแหล่งอ้างอิงด้วยมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าและเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

ภาระไฟฟ้า / ปริมาณทางไฟฟ้า	พัดลม	หลอดไส้ 1 หลอด	หลอดไส้2 หลอด	หลอดไส้ 3 หลอด
กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ (W)	36.31	100.97	201.95	302.03
กำลังไฟฟ้าอ้างอิง(W)	36.5	100	200	300
ความคลาดเคลื่อน (%)	0.52	0.97	0.97	0.67

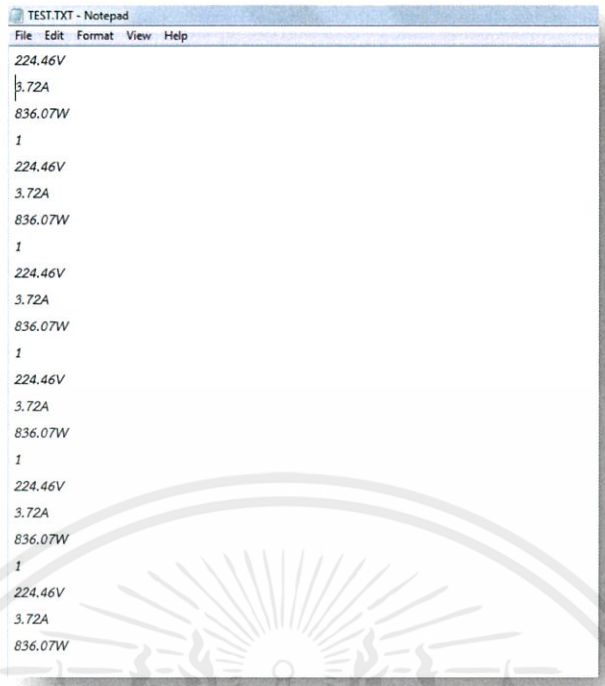


รูปที่ 5.12 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของกำลังไฟฟ้าที่วัดได้และกำลังไฟฟ้าอ้างอิง

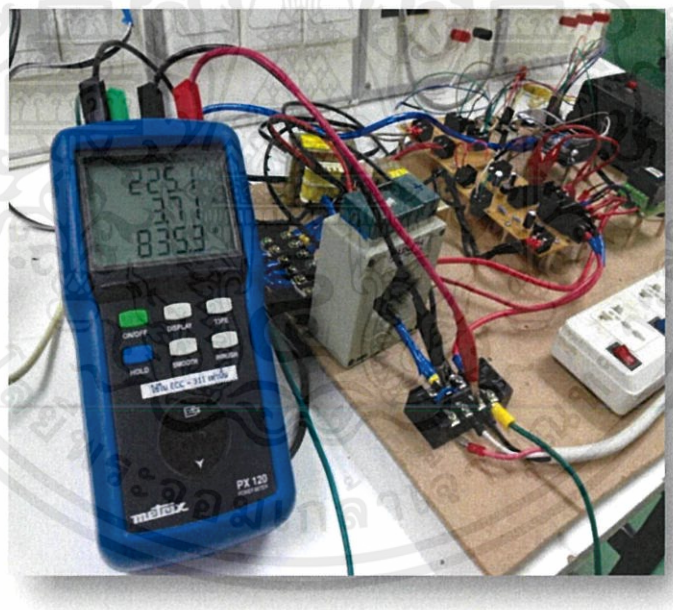
5.6 ผลการแสดง

การแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ถูกเก็บไว้ใน SD Card บนไฟล์ .TXT ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึง ค่าแรงดัน กระแสและกำลังไฟฟ้า จะสังเกตได้ว่าค่าถูกเก็บไว้และค่าที่ได้จากการวัด มีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 ผลการแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ถูกเก็บไว้ใน SD Card



รูปที่ 5.14 ผลการแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัด

5.7 การจำลองการใช้ Data Logger ในการเก็บค่าพารามิเตอร์ใน 1 วัน

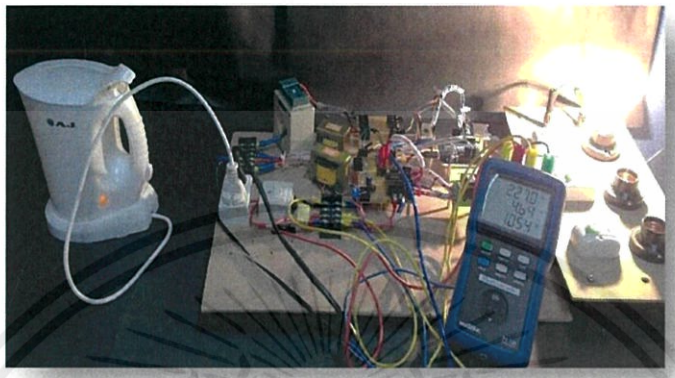
5.7.1 โหลดที่ใช้ในการทดลอง

การเก็บค่าข้อมูลการใช้ไฟฟ้าด้วย Data Logger เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำมากำหนดมาตรการการประหยัดพลังงาน ซึ่งโหลดที่ใช้ในการทดลอง มีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โหลดหลอดไฟและกาน้ำร้อน

หลอดไฟและกาน้ำร้อนเป็นภาระแบบความต้านทาน ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์ที่ให้ พลังงานความร้อนเป็นส่วนใหญ่ นั้นคือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะมีค่าเท่ากับ แรงดันไฟฟ้าหารด้วยค่าความต้านทานของอุปกรณ์

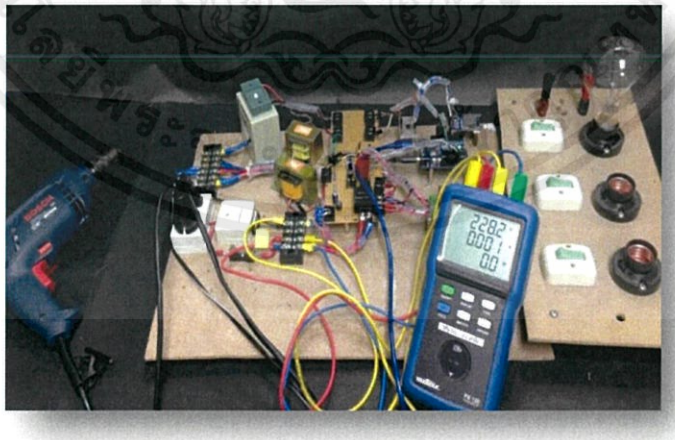


รูปที่ 5.15 การทดลองโหลดหลอดไฟและกาน้ำร้อน

2. โหลดหลอดไฟและสว่านไฟฟ้า

หลอดไฟเป็นภาระแบบความต้านทาน ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์ที่ให้พลังงานความร้อน เป็นส่วนใหญ่ นั้นคือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าหารด้วย ค่าความต้านทานของอุปกรณ์

สว่านไฟฟ้าเป็นภาระแบบรีแอกทีฟ เนื่องจากมีส่วนประกอบของค่าความเหนี่ยวนำ ดังนั้นค่ากระแสไฟฟ้าบางส่วนจะไหลย้อนกลับมายังแหล่งจ่าย

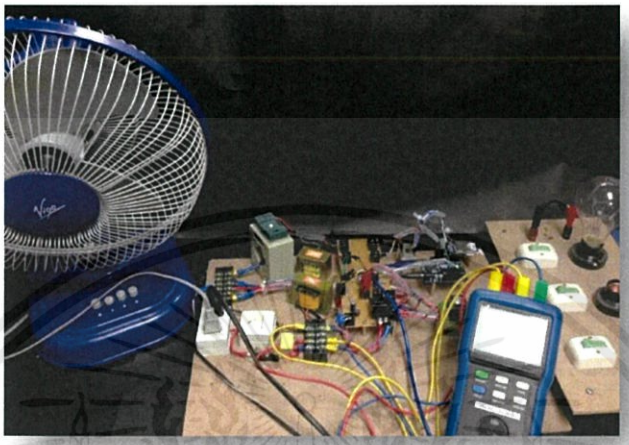


รูปที่ 5.16 การทดลองโหลดหลอดไฟและสว่านไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

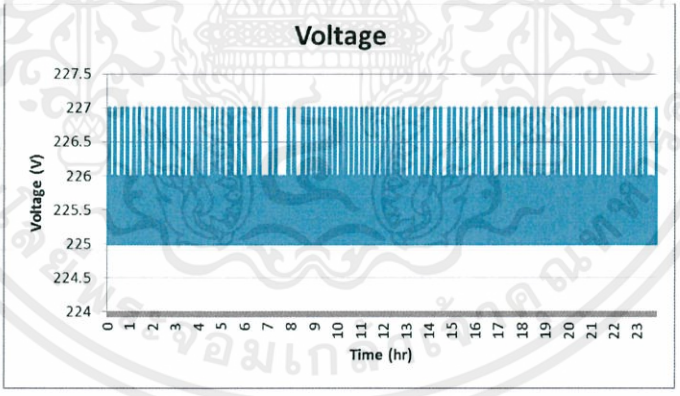
3. โหลดหลอดไฟและพัดลม

หลอดไฟและพัดลมเป็นภาระแบบความต้านทาน ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์ที่ให้พลังงานความร้อนเป็นส่วนใหญ่ นั้นคือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าหารด้วย ค่าความต้านทานของอุปกรณ์



รูปที่ 5.17 การทดลองโหลดหลอดไฟและพัดลม

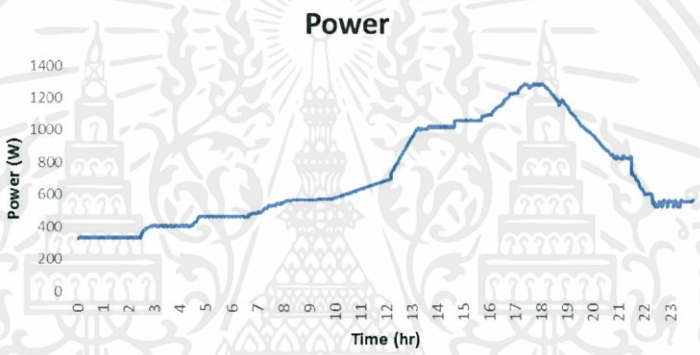
5.7.2 กราฟการจำลองการใช้ Data Logger ในการเก็บค่าพารามิเตอร์ใน 1 วัน



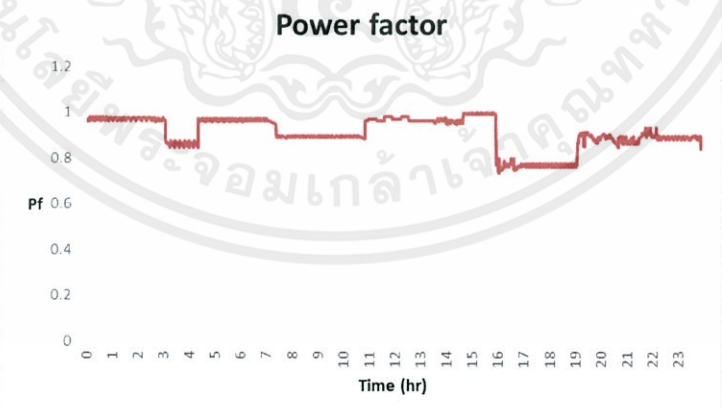
รูปที่ 5.18 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า ในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.19 กราฟแสดงค่ากระแสไฟฟ้า ในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 5.20 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า ในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 5.21 กราฟแสดงค่าตัวประกอบกำลัง ในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา

6.1 บทสรุป

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับมาตรการการประหยัดพลังงานภายในอาคาร เพื่อทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคารที่ได้รับการเลือกสรรในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อปรับปรุงด้านการใช้พลังงานเพื่อสร้างแนวทางให้เป็นอาคารประหยัดพลังงาน ในมาตรการการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ หม้อแปลงไฟฟ้า และระบบแสงสว่าง พบว่าการใช้มาตรการในการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ โดยการควบคุมอัตราการไหลที่ผ่านเข้า-ออก Evaporator พบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Evaporator เพิ่มขึ้นทุกๆ1 °C จะสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 2-3 และจากกรณีศึกษามาตรการประหยัดพลังงานของหม้อแปลงไฟฟ้า พบว่าเมื่อทำการปรับค่า Power factor ของหม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นจนค่าเข้าใกล้ 1 จะส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดต่ำลง ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลง และจากกรณีศึกษามาตรการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง พบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนหลอดจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED พบว่า อายุการใช้งานจะมากขึ้น ประสิทธิภาพในการปล่อยแสงดีขึ้น กำลังไฟฟ้าลดต่ำลง ส่งผลให้ค่าใช้ไฟลดลง อีกทั้งได้มีการจัดทำ Data Logger เพื่อใช้ในการเก็บค่าข้อมูล เพื่อนำผลจากพารามิเตอร์ต่างๆ มาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

จากผลของการใช้มาตรการประหยัดพลังงานและจากการเก็บค่าของ Data Logger สรุปได้ว่าจากการเลือกใช้มาตรการการประหยัดพลังงาน จะช่วยในเรื่องของการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และช่วยในเรื่องของการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลง รวมไปถึงการจัดทำ Data Logger ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการใช้ไฟและนำมาวิเคราะห์เพื่อหามาตรการในการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินตลอดโครงงานวิจัยนี้ พบว่ามีข้อเสนอแนะและข้อควรปฏิบัติดังต่อไปนี้

6.2.1 การจัดทำแอพพริเคชั่น

ในการออกแบบแอพพริเคชั่น สิ่งที่ควรพิจารณามีดังต่อไปนี้

1. ในการกำหนดมาตรการควรมีการสำรวจตึก อาคาร ที่ทำการประหยัดพลังงานก่อน เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถกำหนดมาตรการที่ทำให้เกิดการลงทุนอย่างคุ้มทุนที่สุด

2. ในการออกแบบแอพพริเคชั่น ควรจะต้องกำหนดมาตรการในการประหยัดพลังงาน ที่สามารถใช้ได้จริง และสามารถทำให้ผู้ใช้สามารถเห็นภาพได้ เมื่อระบบหรืออุปกรณ์นั่นได้รับการปรับปรุงและแก้ไขแล้ว จะสามารถลดพลังงานที่ใช้ และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไปได้อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 การออกแบบดาต้าล็อกเกอร์

1. การออกแบบควรเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับที่มีค่าความผิดพลาดต่ำ เพื่อให้ค่าที่ทำการเก็บมีความถูกต้อง แม่นยำสูงสุด

2. เมื่อมีการใช้งานเกินพิกัด วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าต้องมีการออกแบบใหม่เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับไอซีและไมโครคอนโทรลเลอร์

3. สัญญาณที่วัดได้อาจจะต้องผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ เพื่อไม่ให้รบกวนการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์

6.3 แนวทางการพัฒนา

โครงงานวิจัยนี้สามารถพัฒนา และเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานได้หลากหลายมากขึ้น ดังต่อไปนี้

6.3.1 แอพพริเคชั่น

1. เพิ่มมาตรการการประหยัดพลังงาน ให้มีความหลากหลายมากขึ้น

2. มีการเชื่อมต่อแอพพริเคชั่นบนระบบอินเตอร์เน็ต เพื่อความสะดวกมากขึ้นต่อการใช้งาน

3. โครงงานวิจัยนี้สามารช่วยรณรงค์โครงการประหยัดไม่ใช่ในเฉพาะอาคารสำนักงาน แต่สามารถพัฒนาแอพพริเคชั่นในการประหยัดพลังงานภายในอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรมได้

6.3.2 ดาต้าล็อกเกอร์

1. สามารถพัฒนาเป็นดาต้าล็อกเกอร์ที่เก็บค่ากำลังไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กระทรวงพลังงาน[กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน] Available: http://www2.dede.go.th

[2] Wei Zhang, Student Member ,Siyuan Zhou, and Yan Lu, Member, "Distributed Intelligent Load Management and Control System,"IEEE , 2012 ,pp.1-8

[3] JinsungByun and Sehyun Park, "Development of a Self-adapting Intelligent System for Building Energy Saving and Context-aware Smart Services," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 57, No. 1, February 2011 , pp.90-98.

[4] A. Zabardast and H. Mokhtari, "Effect of High-Efficient Electric Motors on Efficiency Improvement and Electric Energy Saving," IEEE , DRPT2008 6-9 April 2008 ,pp.533-538.

[5] Chuyuan Wei and Yongzhen Li, "Design of Energy Consumption Monitoring andEnergy-saving Management System of IntelligentBuilding based on the Internet of Things,"IEEE, 2011, pp.3650-3652

[6] Sun Jianmin and Zhang Chundong, "Application on Energy Saving Control Technology of Building Air Conditioning," IEEE, 2012, pp.1003-1006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการพลังงานด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอสและดาต้าล็อกเกอร์สำหรับอาคาร

IOS BASED ENERGY MANAGEMENT ASSISTANT APPLICATION AND DATALOGGER FOR BUILDING

นางสาว ฐิตาพร รัตนพลแสน นางสาว เพียงพิมพ์ พิทักษ์นางสาว รติชล สิทธิชยารักษ์ นางสาว รัชนีกร มีโพธิ์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail :keborm_jenly@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร โดยการเขียนแอพพลิเคชั่นลงบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส ซึ่งเป็นโปรแกรมพัฒนาในการหาจุดคุ้มทุนในแต่ละมาตรการการประหยัดพลังงาน โดยการวิเคราะห์จากสัดส่วนการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยเน้น 4 ส่วนหลัก คือ ระบบปรับอากาศ หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ และระบบแสงสว่าง ผลลัพธ์จากการคำนวณจะถูกตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากกรณีศึกษา และได้จัดทำดาต้าล็อกเกอร์ เพื่อวัดค่าแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า และเก็บค่าข้อมูลไว้ภายใน SD Card ผลของพารามิเตอร์ทั้งหมดสามารถนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและกำหนดมาตรการ

คำสำคัญ:แอพพลิเคชั่น, ดาต้าล็อกเกอร์

Abstract

This paper presents the study of electrical power saving in a building through the using of developed application on the iPhone via the ios. The developed program can calculate the breakeven point for each specified method by analyzing the ratio of electrical power usage in the building. The results of using for 4 main measures, i.e. air conditioners, transformers , motors and lighting have been investigated in comparison with the results from several related case studies. In addition, we provide the data logger for measuring the system voltage, current and power and then keep the data into the SD Card. As results, all parameters can be used to the analysis of all activities and measures mentioned above.

Keyword:application, data logger

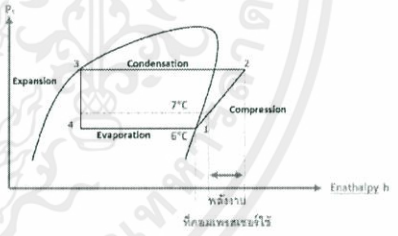
1.บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นการประหยัดพลังงานภายในอาคารตามนโยบายของกระทรวงพลังงานในโครงการอาคารประหยัดพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2550 ว่าด้วยการก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารหากมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไปโดยทำการวิเคราะห์จากสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าหลักภายในอาคาร ซึ่งเน้น 4 ส่วนหลัก คือ ระบบปรับอากาศ หม้อแปลง มอเตอร์ และระบบแสงสว่าง รวมทั้งจัดทำดาต้าล็อกเกอร์ เพื่อเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าไปยัง SD Card เพื่อนำผลจากพารามิเตอร์ต่างๆ มาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบปรับอากาศ

การควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่เข้าและออก Evaporator ซึ่งหากควบคุมให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก6°C เป็น 7°C สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 2-3



รูปที่ 2.1 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1°C จะประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 2-3

2.2 Data Logger

Data Logger เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปและเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำไปคำนวณหาค่าไฟและวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

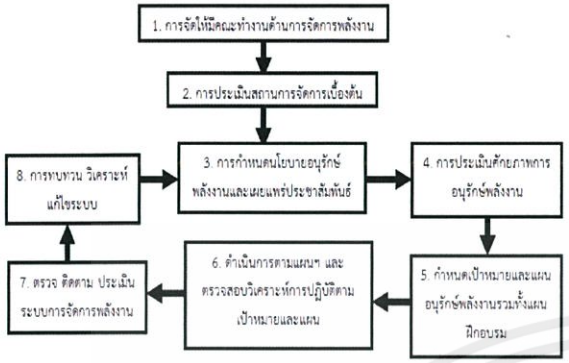
3. การออกแบบประหยัดพลังงาน

3.1 8 ขั้นตอนวิธีการจัดการพลังงาน

การจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอน ได้มีการนำแอพพลิเคชั่นเข้ามาช่วยในขั้นตอนที่ 3 ในเรื่องของการกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ โดยการเขียนแอพพลิเคชั่นบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้ง

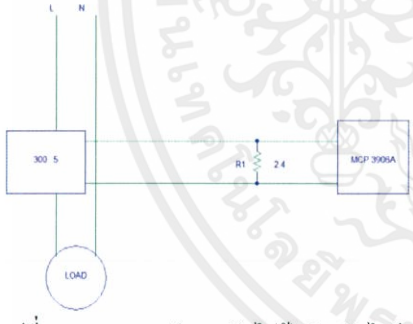
ระบบปฏิบัติการ IOS ด้วยโปรแกรม X Code ซึ่งกำหนดมาตรการการประหยัดพลังงาน 4 ประเภท ได้แก่ ระบบปรับอากาศ หม้อแปลง มอเตอร์และระบบแสงสว่าง



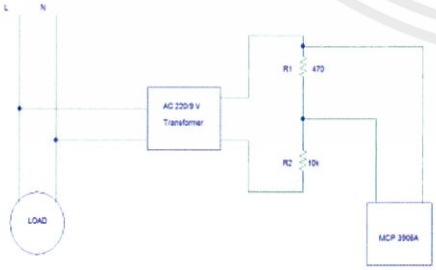
รูปที่ 3.1 การดำเนินการจัดการพลังงาน ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน

3.2 ขั้นตอนการทำ Data Logger

1. การหาค่ากำลังไฟฟ้าต้องมีการสร้างวงจรคูณระหว่างค่ากระแสไฟฟ้ากับค่าแรงดันไฟฟ้า
2. ศึกษาหลักการทำงานของไอซี MCP3906A
3. การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไอซี เนื่องจากขารับสัญญาณของไอซีไม่สามารถทนแรงดันได้สูง จึงต้องมีวงจรเพื่อลดแรงดัน

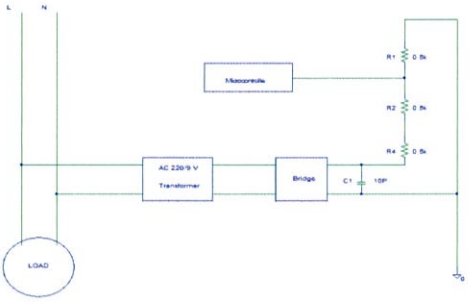


รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสำหรับไอซี

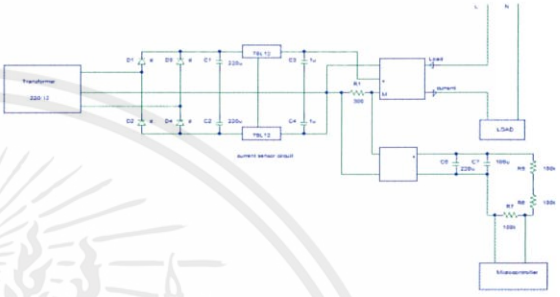


รูปที่ 3.3 วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าสำหรับไอซี

4. การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดันและกระแส สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์



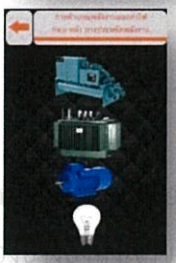
รูปที่ 3.5 วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

4.การแสดงผลบนแอพพลิเคชั่น และการรับค่าของมิเตอร์ไฟฟ้า

4.1 ตัวอย่างแอพพลิเคชั่น (Application) บนระบบปฏิบัติการ IOS

รูปที่ 4.1 หน้าจอแอพพลิเคชั่น (Application)

รูปที่ 4.2 หน้าโปรแกรมหลักของแอพพลิเคชั่น

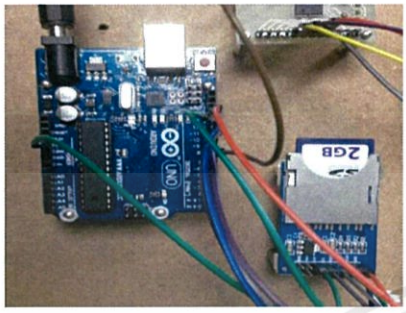


รูปที่ 4.3 หน้าจอเลือกมาตรการ ที่ต้องการคำนวณในการประหยัดพลังงาน

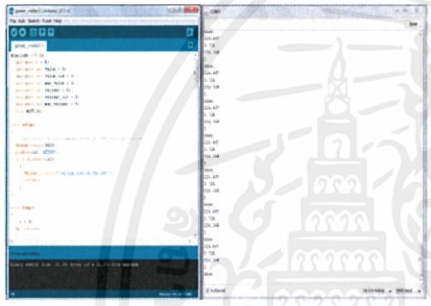
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การรับและเก็บค่าพารามิเตอร์ของ Data Logger

เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO UNO R3 เพราะการใช้งานที่ง่าย ทั้งการเชื่อมต่อด้วย Serial Port และการเขียนโค้ดโปรแกรม และใช้ SD Card Module ในการเก็บค่าข้อมูล

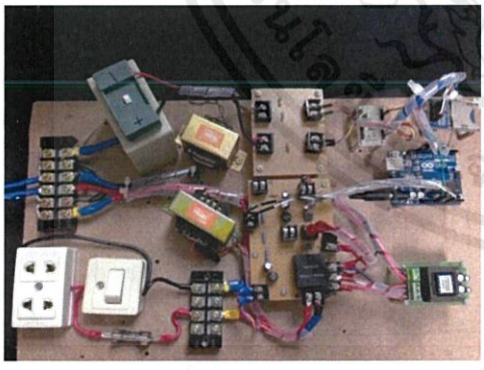


รูปที่ 4.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อกับบอร์ด SD Card



รูปที่ 4.5 แสดงโปรแกรมในการเก็บค่าพารามิเตอร์ในสภาวะมีโหลดต่ออยู่

4.2 วงจรของ Data Logger

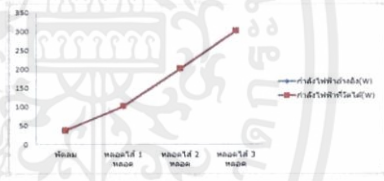


รูปที่ 5.2 Data Logger

ภาระไฟฟ้า ปริมาณทางไฟฟ้า	พัดลม	หลอดไส้ 1 หลอด	หลอดไส้ 2หลอด	หลอดไส้ 3หลอด
กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ (W)	36.31	100.97	201.95	302.03
กำลังไฟฟ้าอ้างอิง(W)	36.5	100	200	300
ความคลาดเคลื่อน (%)	0.52	0.97	0.97	0.67

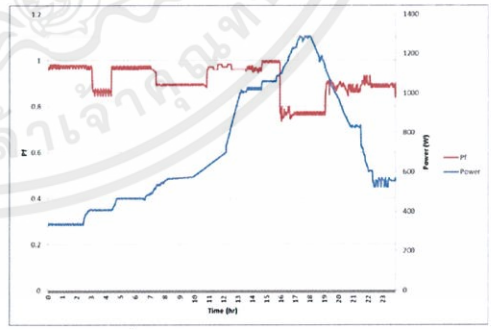
5.2 ผลการเปรียบเทียบค่าจากการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ กับแหล่งอ้างอิง และเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

วัน/เดือน/ปี	ก่อนปรับ อุณหภูมิ	หน่วย	หลังปรับ อุณหภูมิ	หน่วย
Evap Leaving water temp	5.78	C	8.28	C
Evap Entering water temp	7.94	C	9.17	C
Compressor kw	105.56	Kw	102.15	Kw
พลังงานที่ลดลง	-	kW	3.41	kW
พลังงานที่ประหยัดได้	-	%	3.23	%



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

5.4 การจำลองการใช้ดาต้าล็อกเกอร์ในการเก็บค่าพารามิเตอร์



รูปที่ 5.3 กราฟจำลองการใช้ Data Logger

5.ผลการทดลอง

5.1 การประหยัดพลังงานของระบบทำความเย็น

โดยการใช้มาตรการการปรับอัตราการไหลที่ผ่านเข้า-ออก เพื่อควบคุมอุณหภูมิที่มีการแลกเปลี่ยนกันบริเวณ Evaporator

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. บทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา

6.1 บทสรุป

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับมาตรการการประหยัดพลังงานภายในอาคาร โดยมีมาตรการการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์และระบบแสงสว่าง พบว่าจากการปรับปรุงและแก้ไข อายุการใช้งานจะมากขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น กำลังไฟฟ้าลดต่ำลง ส่งผลให้ค่าใช้ไฟลดลง อีกทั้งได้มีการจัดทำ Data Logger เพื่อใช้ในการเก็บค่าข้อมูล เพื่อนำผลจากพารามิเตอร์ต่างๆ มาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินตลอดโครงงานวิจัยนี้ พบว่ามีข้อเสนอแนะและข้อควรปฏิบัติดังต่อไปนี้

6.2.1 การจัดทำแอพพริเคชั่น

1. ในการกำหนดมาตรการควรมีการสำรวจตึก อาคาร ที่ทำการประหยัดพลังงานก่อน เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
2. ในการออกแบบแอพพริเคชั่นควรจะต้องกำหนดมาตรการในการประหยัดพลังงาน ที่สามารถใช้ได้จริง และสามารถทำให้ผู้ใช่สามารถเห็นภาพได้
3. มีการออกแบบหน้าจอแสดงแอพพริเคชั่น ที่ดึงดูดการใช้งานและเข้าใจได้ง่าย

6.2.2 การออกแบบ Data Logger

1. การออกแบบควรเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับที่มีค่าความผิดพลาดต่ำ เพื่อให้ค่าที่ทำการเก็บมีความถูกต้อง แม่นยำสูงสุด
2. เมื่อมีการใช้งานเกินพิกัด วงจรตรวจจับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าต้องมีการออกแบบใหม่เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับไอซีและไมโครคอนโทรลเลอร์
3. สัญญาณที่วัดได้อาจจะต้องผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ เพื่อไม่ให้รบกวนการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์

6.3 แนวทางพัฒนา

6.3.1 แอพพริเคชั่น

1. เพิ่มมาตรการการประหยัดพลังงาน ให้มีความหลากหลายมากขึ้น
2. มีการเชื่อมต่อแอพพริเคชั่นบนระบบอินเตอร์เน็ตเพื่อความสะดวกมากขึ้นต่อการใช้งาน
3. โครงงานวิจัยนี้สามารช่วยรณรงค์โครงการประหยัดไม่ใช่ในเฉพาะอาคารสำนักงานแต่สามารถพัฒนาแอพพริเคชั่นในการประหยัดพลังงานภายในอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรมได้

6.3.2 Data Logger

1. สามารถพัฒนาเป็น Data Logger ที่เก็บค่ากำลังไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ได้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน [กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน] Available: http://www2.dede.go.th

[2] Wei Zhang, Student Member ,Siyuan Zhou, and Yan Lu, Member, "Distributed Intelligent Load Management and Control System," IEEE , 2012 ,pp.1-8

[3] JinsungByun and Sehyun Park, "Development of a Self-adapting Intelligent System for Building Energy Saving and Context-aware Smart Services," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 57, No. 1, February 2011 , pp.90-98.

[4] A. Zabardast and H. Mokhtari, "Effect of High-Efficient Electric Motors on Efficiency Improvement and Electric Energy Saving," IEEE , DRPT2008 6-9 April 2008 ,pp.533-538.

[5] Chuyuan Wei and Yongzhen Li, "Design of Energy Consumption Monitoring and Energy-saving Management System of Intelligent Building based on the Internet of Things," IEEE, 2011, pp.3650-3652

[6] Sun Jianmin and Zhang Chundong, "Application on Energy Saving Control Technology of Building Air Conditioning," IEEE, 2012, pp.1003-1006

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล:นางสาว ฐิตาพร รัตนพลแสน

วันเดือนปีเกิด: 22 กันยายน พ.ศ. 2534

ที่อยู่: 234 ม. 4 ต.กระนวน อ.ซำสูง จ.ขอนแก่น 40170

ประวัติการศึกษา:

ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ศึกษาศาสตร์)

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน Tokai University
ระหว่างวันที่ 22 เมษายน 2556 ถึง 18 พฤษภาคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล: นางสาว เพียงพิมพ์ พิทักษ์

วันเดือนปีเกิด: 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2534

ที่อยู่: 39/321 ม.8 ถนนเลี่ยงเมือง ตำบลเมืองเก่า อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

ประวัติการศึกษา:

ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ศึกษาศาสตร์)

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เขื่อนอุบลรัตน์
ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2556 ถึง 31 พฤษภาคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล: นางสาว รติชล สิทธิชยารักษ์

วันเดือนปีเกิด: 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2535

ที่อยู่: 38/3 ม.2 ถนนเอกชัย ตำบลคอกกระบือ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร 74000

ประวัติการศึกษา:

ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน Thai Obayashi.,.Corp.LTD
ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2556 ถึง 31 พฤษภาคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล: นางสาว รัชนีกร มีโพธิ์

วันเดือนปีเกิด: 8 ธันวาคม พ.ศ. 2534

ที่อยู่: 53/797 ม.3 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านใหม่ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

ประวัติการศึกษา:

ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กองติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า
ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2556 ถึง 31 พฤษภาคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้