ระบบคอมพิวเตอร์จัดการการทำงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน: เครื่องมือสำหรับการบริหารทรัพยากรกายภาพ

นายณัฐสิทธิ์ ทองคำฟู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPUTERIZED MANAGEMENT SYSTEM FOR SPLIT TYPE AIR CONDITIONING:

An intelligent tool for Facility Management

Mr. Nuttasit Tongkumfu

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบคอมพิวเตอร์จัดการการทำงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน: เครื่องมือสำหรับการบริหารทรัพยากรกายภาพ
โดย	นายณัฐสิทธิ์ ทองคำฟู
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสริชย์ โชติพานิช

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสริชย์ โชติพานิช)

…… กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

…… กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ยศพร ลีลารัศมี)

ณัฐสิทธิ์ ทองคำฟู : ระบบคอมพิวเตอร์จัดการการทำงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน: เครื่องมือสำหรับการบริหารทรัพยากรกายภาพ. (A COMPUTERIZED MANAGEMENT SYSTEM FOR SPLIT TYPE AIR CONDITIONING: An intelligent tool for Facility Management) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. เสริชย์ โชติพานิช, 94 หน้า.

อาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐ มักใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งยากในการควบคุมการทำงานและมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูง เพื่อแก้ไขปัญหาในการควบคุมการทำงานของครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศแยกส่วนกึ่งอัจฉริยะ (ระบบควบคุมฯ) ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาการควบคุมการใช้งานของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน ออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ เพื่อใช้ในแก้ไขปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งตรวจสอบประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ระบบควบคุมฯ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ Hardware (Thermostat ประสิทธิภาพสูง) และ Software (โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับตรวจสอบและควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศผ่านทาง Thermostat ประสิทธิภาพสูง)

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยทดลองกับเครื่องปรับอากาศจำนวน 6 เครื่อง ในห้อง 208 209 และ 210 อาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แบ่งดำเนินการ 3 เฟส เฟสที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน เพื่อนำมาใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ เฟสที่ 2 ทดลองติดตั้ง Thermostat ประสิทธิภาพสูง และเฟสที่ 3 ทดลองติดตั้งระบบควบคุมฯ โดยในทุกเฟสจะทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมฯ ใน 4 หัวข้อคือ การใช้พลังงานไฟฟ้า (ติดตั้ง kWh มิเตอร์เพื่อเก็บข้อมูล) ผลต่างอุณหภูมิจริงการปรับอากาศกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat (ติดตั้ง Temperature Data Logger เพื่อเก็บข้อมูล) ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat (ใช้แบบสำรวจเก็บข้อมูล) และความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ (ส่งแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูล) เพื่อใช้พิสูจน์การแก้ไขปัญหาจากการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อใช้ติดตั้งระบบควบคุมฯ แทน Thermostat แบบเดิม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 14.70% ต่อเครื่อง หรือลดลง 0.27 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง ผลต่างอุณหภูมิจริงกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ลดลง 67.82% หรือลดลง 2.4°C/เครื่อง ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ลดลง 100% หรือทำให้ไม่มีการปรับตั้ง Thermostat และความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศเพิ่มขึ้น 18.90%

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การใช้งานระบบควบคุมฯ สามารถช่วยในการแก้ไขปัญหาการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน จากข้อพิสูจน์ในการทำให้การควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553 .....

5274277325 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : COMPUTERIZED MANAGEMENT SYSTEM / FACILITY MANAGEMENT / SPLIT-TYPE AIR CONDITIONING CONTROLLING

NUTTASIT TONGKUMFU : A COMPUTERIZED MANAGEMENT SYSTEM FOR SPLIT TYPE AIR CONDITIONING : An intelligent tool for Facility Management. ADVISOR : ASST. PROF. SARICH CHOTIPANICH Ph.D., 94 pp.

The office buildings and the educational buildings of government universities usually install split-type air-conditioners which have two main problems that are difficult to control; their performance and the electricity bills. To solve their performance problems, a design of an appropriate semi-intelligent management system for split-type air conditioners in the office buildings and the educational buildings of government universities is conceptualized.

The purposes of this study were to examine the current problems of controlling the performance of the air-conditioner, to design and create a management system to solve those problems and enhance the effectiveness of the system and to test the effectiveness of the system.

The management system comprised of two main parts – hardware (a high effective thermostat) and software (a computer program for testing and controlling the air-conditioner through the high effective thermostat).

This experimental research was conducted on six air-conditioners in Rooms 208, 209 and 210 Architecture Building 1, at Chulalongkorn University. The research was divided into 3 phases. The first dealt with the investigation of the current problems so that they can be used as guidelines for designing and creating the management system. The second dealt with the installment of the high effective thermostat and the third the installment of the system. The effectiveness of the system was tested based on the following four criteria – the electricity use (kWh meter was used to collect the data.), the differences between the actual temperature and the indicator set by the thermostat (Temperature Data Logger was used to collect data.), the frequency of adjusting the thermostat (The survey was used to collect data.) and the satisfaction with the temperature (The questionnaire was used to collect data.)

It was found that the new system could reduce the electricity use by 14.07% per air-conditioner or 0.27 kWh/hr/air-conditioner. The differences between the actual temperature and the indicator set by the thermostat were reduced by 67.82% or 2.4° C/air-conditioner. The frequency of adjusting the thermostat was reduced by 100% or no adjustment of the thermostat. The satisfaction with the temperature was increased by 18.90%.

It can be concluded that the new management system can solve the problems about the performance of this type of air-conditioner, resulting in a more effective performance of the air-conditioner and thus lower electricity bills.

Department : Architecture Student's Signature .....

Field of Study : Architecture Advisor's Signature .....

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสริชย์ โชติพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างยิ่งที่ช่วยประสิทธิ์ประศาสตร์วิชาความรู้ อบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา แนะนำอย่างอดทนอดกลั้น และพยายามผลักดันให้งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จลุล่วงลงได้

ท้ายนี้ที่สุดนี้ขอขอบคุณพี่ตุ๊ก พี่เอ น้องปอล น้องคม พี่อำนาจ และพี่ๆ พนักงานรักษาความปลอดภัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือการดำเนินงานเป็นอย่างดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฎ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 แนวทางการวิจัย 3

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น 4

1.6 ข้อจำกัดและอุปสรรคในการวิจัย 4

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 5

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 พลังงานและการใช้พลังงานในอาคาร (Facility Energy Management) 7

2.2 ระบบปรับอากาศ 8

2.3 แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ 9

2.4 รายละเอียดระบบ BAS ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 11

2.5 สภาพปัญหาการใช้งานเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน 14

2.6 แนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ 15

บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย 17

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย 17

3.2 พื้นที่ทดลอง 18

3.3 ข้อมูลที่เก็บรวบรวมในแต่ละเฟส 19

3.4 การเก็บข้อมูลและเครื่องมือในการเก็บข้อมูล 20

หน้า

บทที่ 4 สภาพปัจจุบัน 27
4.1 ระเบียบวิธี 27
4.2 การใช้พลังงาน 29
4.3 ผลต่างอุณหภูมิ 29
4.4 ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat 30
4.5 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ 30

บทที่ 5 การทดลองขั้นที่ 1 ติดตั้ง Thermostat ประสิทธิภาพสูง 31
5.1 ระเบียบวิธี 31
5.2 การใช้พลังงาน 34
5.3 ผลต่างอุณหภูมิ 34
5.4 ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat 35
5.5 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ 35

บทที่ 6 การทดลองขั้นที่ 2 ติดตั้งระบบควบคุมฯ 36
6.1 ระเบียบวิธี 36
6.2 การใช้พลังงาน 38
6.3 ผลต่างอุณหภูมิ 38
6.4 ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat 39
6.5 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ 39

บทที่ 7 วิเคราะห์ผลการทดลอง 40
7.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้พลังงาน 40
7.1.1 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1 40
7.1.2 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2 40
7.1.3 การทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2 41
7.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิ 42
7.2.1 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1 42
7.2.2 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2 43
7.2.3 การทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2 44
7.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat 45
7.3.1 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1 45
7.3.2 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2 46

หน้า

7.3.3 การทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2..... 47
7.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ..... 48
7.4.1 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1..... 48
7.4.2 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2..... 49
7.4.3 การทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2..... 50

บทที่ 8 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... **52**
8.1 สรุปผลการวิจัย..... 52
8.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 53
8.3 ข้อเสนอแนะ..... 56

รายการอ้างอิง..... **57**

ภาคผนวก..... **60**
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างผลการสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ..... 61
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ..... 67
ภาคผนวก ค. ตัวอย่างค่าอุณหภูมิที่วัดได้จริงจาก Data Logger..... 79
ภาคผนวก ง. ตัวอย่างข้อมูลจาก Data Logger ของ Thermostat ประสิทธิภาพสูง..... 82
ภาคผนวก จ. ตัวอย่าง Source Code ในระบบควบคุมฯ..... 85
ภาคผนวก ฉ. รายชื่อผู้ให้ข้อมูลระบบ BAS และระบบควบคุมอุปกรณ์ในระบบประกอบอาคารที่ใช้ในปัจจุบัน..... 87
ภาคผนวก ช. ตัวอย่างผลการสอบถามข้อมูลระบบ BAS และระบบควบคุมอุปกรณ์ในระบบประกอบอาคารที่ใช้ในปัจจุบัน..... 88

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... **94**

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	การเปรียบเทียบคุณสมบัติระบบ BAS.....	12
ตารางที่ 4.1	ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ในสภาพปัจจุบัน.....	30
ตารางที่ 5.1	ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ในการทดลองขั้นที่ 1.....	35
ตารางที่ 6.1	ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ในการทดลองขั้นที่ 2.....	39
ตารางที่ 7.1	การเปรียบเทียบความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ระว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1.....	46
ตารางที่ 7.2	การเปรียบเทียบความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ระว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2.....	47
ตารางที่ 7.3	การเปรียบเทียบความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ระว่างการทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2.....	48

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 3.1	เครื่องปรับอากาศในพื้นที่ทดลอง……	18
ภาพที่ 3.2	สภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ทดลอง……	19
ภาพที่ 3.3	kWh มิเตอร์……..	20
ภาพที่ 3.4	แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ……....	21
ภาพที่ 3.5	การเก็บข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า……	22
ภาพที่ 3.6	CCTV ที่ใช้ในการบันทึกภาพ…….....	22
ภาพที่ 3.7	Temperature Data Logger……...	23
ภาพที่ 3.8	ตำแหน่งในการติดตั้ง Temperature Data Logger……...	23
ภาพที่ 3.9	การเก็บข้อมูลการปรับตั้ง Thermostat……	24
ภาพที่ 3.10	แบบสอบถามความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ……	25
ภาพที่ 3.11	Thermostat ประสิทธิภาพสูง…….....	26
ภาพที่ 4.1	Thermostat ที่ใช้อยู่ในสภาพปัจจุบัน……	27
ภาพที่ 4.2	ตำแหน่งการติดตั้ง Temperature Sensor ในสภาพปัจจุบัน……	28
ภาพที่ 5.1	Thermostat ประสิทธิภาพสูง.....	32
ภาพที่ 5.2	ตำแหน่งการติดตั้ง Temperature Sensor ของ Thermostat ประสิทธิภาพสูง.....	33
ภาพที่ 6.1	ระบบควบคุมฯ…….....	36

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 4.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในสภาพปัจจุบัน..... 29
แผนภูมิที่ 4.2 ผลต่างของอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้ในสภาพปัจจุบัน..... 29
แผนภูมิที่ 4.3 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศในสภาพปัจจุบัน..... 30

แผนภูมิที่ 5.1 การใช้พลังงานการทดลองขั้นที่ 1..... 34
แผนภูมิที่ 5.2 ผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้การทดลองขั้นที่ 1..... 34
แผนภูมิที่ 5.3 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศในสภาพปัจจุบัน..... 35

แผนภูมิที่ 6.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าการทดลองขั้นที่ 2..... 38
แผนภูมิที่ 6.2 ผลต่างของอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้การทดลองขั้นที่ 2..... 38
แผนภูมิที่ 6.3 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศในสภาพปัจจุบัน..... 39

แผนภูมิที่ 7.1 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1..... 40
แผนภูมิที่ 7.2 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2..... 41
แผนภูมิที่ 7.3 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างการทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2..... 42
แผนภูมิที่ 7.4 การเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้ระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1..... 43
แผนภูมิที่ 7.5 การเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้ระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2..... 44
แผนภูมิที่ 7.6 การเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้ระหว่างการทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2..... 45
แผนภูมิที่ 7.7 การเปรียบเทียบความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1..... 49
แผนภูมิที่ 7.8 การเปรียบเทียบความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2..... 50
แผนภูมิที่ 7.9 การเปรียบเทียบความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศระหว่างการทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2..... 51

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioner) มักนิยมใช้ในอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐ อันเป็นผลมาจากระเบียบวิธีการจัดสรรงบประมาณ และการพัสดุ แม้ว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้พื้นที่ แต่ในการเปิด-ปิด และควบคุมการใช้งานก็เป็นระบบที่มีความยุ่งยากและประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบปรับอากาศแบบรวม ส่งผลให้การควบคุมการทำงานให้เป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อการประหยัดพลังงานจึงเป็นไปได้ยากกว่า นอกจากนี้การเลือกใช้และติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนยังส่งผลให้หน่วยงานต้องมีฐานข้อมูลครุภัณฑ์จำนวนมาก การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในงานด้าน Facility Management (FM) เช่น งานด้าน Operating & Maintenance (O&M) ฯลฯ จึงทำได้ยากและไม่เป็นระบบ

การควบคุมการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนให้สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงและมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่สำคัญในงานด้าน FM เนื่องจากส่งผลต่อต้นทุนค่าใช้จ่าย (ค่าพลังงานไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายด้าน O&M) และยังส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อการใช้งานอาคารและสถานที่ในแต่ละองค์กร อีกทั้งระบบปรับอากาศยังเป็นระบบประกอบอาคารที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงที่สุดเมื่อเทียบกับระบบประกอบอาคารอื่นๆ[1] ผู้ที่ทำหน้าที่บริหารทรัพยากรกายภาพในองค์กรที่มีการใช้ระบบปรับอากาศจึงจำเป็นต้องควบคุมการใช้งานระบบปรับอากาศให้ใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับอาคารและสถานที่ ผู้ใช้ และพฤติกรรมการใช้ในแต่ละองค์กร เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้ระบบ Building Automation System (BAS) ช่วยในการควบคุมการทำงานของระบบประกอบอาคารที่มีประกอบด้วยอุปกรณ์จำนวนมาก มีความซับซ้อน และต้องใช้กำลังคนเป็นจำนวนมากในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานนั้น ช่วยให้สามารถดำเนินงานได้ง่าย สะดวก ใช้กำลังคนที่น้อยลง และทำให้ระบบประกอบอาคารต่างๆ ทำงานได้สอดคล้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้งานอาคาร มีมาตรฐานในการทำงานเดียวกัน ส่งผลให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังช่วยให้อาคารที่มีการบริหารจัดการที่หละหลวมและไม่เป็นระบบ สามารถประหยัดพลังงานได้สูงถึงประมาณ 40%[2] แม้ว่าระบบ BAS จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบและควบคุมการใช้งานระบบประกอบอาคาร แต่ยังไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้ในอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐ เนื่องจากเป็นระบบซึ่งมีขนาดใหญ่ มีค่าใช้จ่ายที่สูงในการติดตั้ง เหมาะสำหรับติดตั้งในอาคารสร้างใหม่ที่มีระบบประกอบ

---

[1] เสริชย์ โชติพานิช, การบริหารทรัพยากรกายภาพ: หลักการและทฤษฎี, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553), หน้า 166 – 171.

[2] กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, ระบบการจัดการพลังงานในอาคาร (BUILDING AUTOMATION SYSTEM), ชุด ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2541) หน้า 1 - 5.

อาคารจำนวนมากและซับซ้อน จึงไม่เหมาะสำหรับใช้งานในอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐซึ่งมีระบบประกอบอาคารจำนวนน้อยและไม่ซับซ้อน ดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 2

จากข้อมูลข้างต้นระบบปรับอากาศเป็นระบบประกอบอาคารที่มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงที่สุด และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมักประสบปัญหาในการควบคุมการทำงานให้มีประสิทธิภาพ จึงส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามไปด้วย อีกทั้งอุปสรรคในการนำระบบ BAS มาใช้ในการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐ จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนกึ่งอัจฉริยะ (ระบบควบคุมฯ) ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัญหาการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน
2. เพื่อแก้ไขปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศ
3. เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. เป็นการศึกษาการใช้งานและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในสภาพปัจจุบันห้อง 208 209 และ 210 อาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. เป็นการสร้างระบบควบคุมฯ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบหลัก คือ Hardware และ Software โดยในที่นี้ Hardware คือ Thermostat ประสิทธิภาพสูง และ Software คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับตรวจสอบและควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศผ่านทาง Thermostat ประสิทธิภาพสูง
3. เป็นการทดลองใช้ระบบควบคุมฯ ตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนห้อง 208 209 และ 210 อาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. เป็นการศึกษาเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้ระบบควบคุมฯ ในการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศ โดยเปรียบเทียบกับสภาพในปัจจุบัน ตามหัวข้อดังต่อไปนี้
    1) การใช้พลังงานไฟฟ้า
    2) ผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat
    3) ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat
    4) ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่
5. เป็นการศึกษาในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาเปิดภาคเรียน เริ่มมีการใช้พื้นที่ทดลองในช่วงเวลาดังกล่าว และเงื่อนไขข้อจำกัดของระยะเวลาในการศึกษา

6. การศึกษาในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น ระยะเวลา สภาพแวดล้อมของสถานที่ทำทดลอง เงินทุน ฯลฯ ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการศึกษาจึงทำให้ทราบผลในภาพรวมที่เกิดขึ้นในระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น โดยใช้ความซ้ำและความเหมือนจากกลุ่มการทดลองเพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงและอธิบายปรากฏการณ์จริงที่เกิดขึ้นในระยะเวลาหนึ่ง ทั้งนี้หากต้องการพิสูจน์ข้อเท็จจริงที่มีความเฉพาะเจาะจง ละเอียด และเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น ก็จำเป็นต้องควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ในการทดลองให้เหมือนกันหรือการลดตัวแปรต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการผลทดลองให้มากที่สุด เช่น การควบคุมสภาพอากาศ (อุณหภูมิ ความชื้น ฯลฯ) การควบคุมตำแหน่งที่ตั้ง การควบคุมขนาดและจำนวนผู้ใช้ การควบคุมคุณสมบัติอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ฯลฯ

1.4 แนวทางการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาการใช้งานและประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศในสภาพปัจจุบัน เพื่อนำไปใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ ในการปรับปรุงและยกระดับประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ พร้อมทั้งทำการตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานระบบควบคุมฯ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกับสภาพในปัจจุบัน จึงแบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 เฟส ดังต่อไปนี้

<u>เฟสที่ 1</u> ทำการศึกษาการใช้งานและประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศในสภาพปัจจุบัน ซึ่งใช้ Thermostat ตามสภาพเดิมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

<u>เฟสที่ 2</u> ทำการทดลองขั้นที่ 1 โดยทำการติดตั้ง Thermostat ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนการใช้ Thermostat แบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดยศึกษาการใช้งานและประสิทธิภาพในการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้กับผลการศึกษาในเฟสที่ 1 และเฟสที่ 3 เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งาน Thermostat ที่มีประสิทธิภาพสูง

<u>เฟสที่ 3</u> ทำการทดลองขั้นที่ 2 โดยทำการติดตั้ง Software โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของระบบควบคุมฯ เพื่อในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทาง Thermostat ประสิทธิภาพสูง โดยศึกษาการใช้งานและประสิทธิภาพในการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้กับผลการศึกษาในเฟสที่ 1 และเฟสที่ 2 เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานระบบควบคุมฯ

ทั้งนี้ได้นำเสนอรายละเอียดระเบียบวิธีการวิจัยไว้ในบทที่ 3

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การสร้างระบบควบคุมฯ ในงานวิจัยนี้ เป็นการสร้างระบบควบคุมฯ ต้นแบบ เพื่อใช้ในการทดลองปรับปรุงประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบสำคัญ คือ Hardware และ Software โดยในที่นี้ Hardware คือ Thermostat ประสิทธิภาพสูง และ Software คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเชื่อมต่อการทำงานกับ Thermostat ประสิทธิภาพสูงผ่านทางเครือข่าย LAN ที่สร้างขึ้นเอง เพื่อใช้ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนสำหรับอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐได้อย่างเหมาะสมและราคาไม่สูงจนเกินไป เนื่องจากมีระยะเวลา และงบประมาณที่จำกัด อีกทั้งจำเป็นต้องใช้ทีมงานนักพัฒนาระบบที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญที่ครบในทุกสาขา ได้แก่ ด้านบริหารทรัพยากรกายภาพ ด้านเทคโนโลยี Software ด้านเทคโนโลยี Hardware ด้านเทคโนโลยีการสื่อสารและส่งข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ และด้านเทคโนโลยีปรับอากาศและการควบคุม จึงสร้างและพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ตามความต้องการในงานวิจัยนี้เท่านั้น โดยได้วางแนวความคิดในการสร้างระบบควบคุมฯ ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อได้อย่างกว้างขวางและมีต้นทุนที่ต่ำ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นและมีต้นทุนที่ลดลงได้ในอนาคต จึงใช้การติดต่อสื่อสารทางคอมพิวเตอร์ที่มีใช้อยู่ทั่วไปและเป็นที่รู้จักคือ เครือข่าย LAN และใช้ Protocol ในการส่งถ่ายข้อมูลแบบ TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ระบบที่ใช้จึงสามารถนำไปใช้งานได้ในขอบเขตที่กำหนดเท่านั้น โดยหากต้องการนำไปใช้งานในลักษณะหรือขอบเขตงานที่เปลี่ยนไป อาจต้องทำการปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มเติม ซึ่งจำเป็นที่จะต้องใช้เวลา งบประมาณ และบุคคลากรในการพัฒนาระบบที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญที่ครบในทุกด้าน เพื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานที่ดียิ่งขึ้น
2. ในการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ระบบควบคุมฯ เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนั้น เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบควบคุมฯ ในภาพรวมตามสภาพการใช้งานจริงที่เกิดขึ้น ณ พื้นที่ทดลอง ห้อง 208 209 และ 210 อาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงเวลาหนึ่งที่กำหนดไว้ในขอบเขตของการวิจัยเท่านั้น โดยใช้ความเหมือนและความซ้ำของข้อมูลที่ได้ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งไม่มีการควบคุมปัจจัยภายนอกต่างๆ เช่น สภาพอุณหภูมิและความชื้นของสิ่งแวดล้อม จำนวนผู้ใช้พื้นที่ทดลอง จำนวนการเปิดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในแต่ละครั้ง (ครั้งละ 1 เครื่อง หรือครั้งละ 2 เครื่อง) พฤติกรรมการใช้งานพื้นที่ (การเปิดหรือปิดประตู การเปิดหรือปิดหน้าต่าง การเปิดหรือปิดพัดลมติดเพดาน ฯลฯ) ตำแหน่งการนั่งและการกระจายตัวของผู้ใช้พื้นที่ทดลอง ฯลฯ

1.6 ข้อจำกัดและอุปสรรคในการวิจัย

1. ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในพื้นที่ทดลองที่ไม่สามารถควบคุมให้คงที่หรือสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลาได้ เนื่องจากปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น จำนวนผู้ใช้พื้นที่ทดลอง จำนวนการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่ทดลองในแต่ละครั้ง สภาพภูมิอากาศ พฤติกรรมของผู้ใช้พื้นที่ทดลองในการเปิดหรือปิดประตูห้องขณะใช้งานเครื่องปรับอากาศ ฯลฯ

2. ผู้ใช้พื้นที่ทดลองบางท่านถอดปลั๊กหรือเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แม้ว่าผู้ทำการวิจัยจะติดป้ายข้อความห้ามและขอความร่วมมือจากผู้ใช้พื้นที่ไม่ให้จับหรือถอดปลั๊กอุปกรณ์ต่างๆ หรือเคลื่อนย้ายอุปกรณ์เหล่านั้น
3. คุณภาพของการจ่ายกระแสไฟฟ้าของพื้นที่ทดลองมีแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟสในบางช่วงเวลามีที่ค่าแตกต่างกันมากไม่เป็นไปตามมาตรฐาน จึงเกิดกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับทางด้าน Neutron Line สูง และเกิดปัญหาด้าน Harmonic ส่งผลให้การทำงานของอุปกรณ์ Electronic ในระบบควบคุมฯ มีการทำงานผิดพลาดหรือไม่เสถียร เช่น ไม่เปลี่ยนสถานะการทำงาน หรือเปลี่ยนสถานะการทำงานไม่ถูกต้อง ฯลฯ จึงทำให้ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว
4. ความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ของทีมงานในการสร้างและพัฒนาระบบฯ จำเป็นที่จะต้องใช้ผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญในระดับนักพัฒนาในหลายด้าน โดยเฉพาะทางด้าน Microcontroller หรือ Embedded Technology ทั้งนี้ในปัจจุบันผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญในระดับนักพัฒนาด้านดังกล่าวในประเทศไทยยังมีอยู่จำกัด และเชี่ยวชาญเฉพาะในแต่ละผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีหลายด้าน เช่น เทคโนโลยี Software เทคโนโลยี Hardware เทคโนโลยีการสื่อสาร และเทคโนโลยีเครื่องกล อีกทั้งมีความหลากหลาย จึงยากที่จะสร้างผู้เชี่ยวชาญ[3] จึงต้องใช้เวลาในการพัฒนาที่นาน เนื่องจากต้องแก้ไขปัญหาจากการติดต่อสื่อสารและส่งข้อมูลระหว่าง Hardware และ Software ระบบควบคุมฯ ผ่านระบบ LAN ที่ไม่เสถียรและใช้เวลานาน ส่งผลให้มีเวลาในการทดลองติดตั้ง Thermostat ประสิทธิภาพสูงและติดตั้งระบบควบคุมฯ มีเพียงการทดลองละ 2 สัปดาห์ ทั้งนี้ระบบควบคุมฯ เป็นงานต้นแบบจึงอาจมีข้อบกพร่องบางประการที่ยังไม่ค้นพบและต้องใช้เวลาในการศึกษา จึงจำเป็นต้องปรับปรุงและพัฒนาให้มีเสถียรภาพและประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.	เครื่องปรับอากาศ	หมายถึงเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioner)
2.	พื้นที่ทดลอง	หมายถึงห้อง 208 209 และ 210 อาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.	ระบบควบคุมฯ	หมายถึงระบบที่สร้างและพัฒนาขึ้นมาใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศในงานวิจัยนี้ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ Hardware และ Software โดยในที่นี้ Hardware คือ Thermostat ประสิทธิภาพสูง และ Software คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเชื่อมต่อการทำงานกับ Thermostat ประสิทธิภาพสูง

[3]ธนารักษ์ ธีระมั่นคง, เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Embedded Technology), พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549), หน้า 1.

4.	Thermostat ประสิทธิภาพสูง	หมายถึง Thermostat ที่สร้างและพัฒนาขึ้นมาใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศในงานวิจัยนี้
5.	การใช้พลังงาน	หมายถึงค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง มีหน่วยเป็น “kWh/ชั่วโมง”
6.	ผลต่างอุณหภูมิ	หมายถึงค่าเฉลี่ยผลต่างสัมบูรณ์ของค่าอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat มีหน่วยเป็น “^{o}C”
7.	ความถี่ในการปรับตั้ง	หมายถึงค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการปรับตั้ง Thermostat ของเครื่องปรับอากาศในพื้นที่ทดลองต่อวัน มีหน่วยเป็น “ครั้ง/วัน”
8.	ความพึงพอใจ	หมายถึงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่ทดลองมีหน่วยเป็น “%”

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบควบคุมฯ ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐ
2. สามารถตรวจสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว
3. สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และเป็นมาตรฐานเดียวกัน
4. เพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ
5. สร้างความพึงพอใจให้ผู้ใช้พื้นที่
6. ประหยัดพลังงานไฟฟ้า
7. สามารถเก็บรวบรวมและตรวจสอบข้อมูลเครื่องปรับอากาศได้อย่างเป็นระบบ ง่าย สะดวก และรวดเร็ว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาและวิจัยจำเป็นที่จะต้องศึกษาทฤษฎีและแนวคิดเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและวิจัย ดังนั้นเนื้อหาในบทนี้จึงกล่าวถึงการวิเคราะห์ทฤษฎีและแนวคิดที่จำเป็นต้องนำมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและวิจัย ได้แก่ ทฤษฎีด้านพลังงานและการใช้พลังงานในอาคาร (Facility Energy Management) ทฤษฎีด้านระบบปรับอากาศ แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ รายละเอียดระบบ BAS ที่ใช้ในปัจจุบัน สภาพปัญหาการใช้งานเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน และแนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 พลังงานและการใช้พลังงานในอาคาร (Facility Energy Management)[1]

อาคารที่มีขนาดใหญ่หรืออาคารที่รองรับคนเป็นจำนวนมากมักมีปริมาณการใช้พลังงานที่มากตามไปด้วย การใช้พลังงานในปริมาณมากจำเป็นต้องวางแผนบริหารและจัดการด้านพลังงานอย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพเพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นตามมาดังต่อไปนี้

1. การมีต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงจนเกินไป
2. การเกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมหรือทำลายสิ่งแวดล้อม
3. การมีแหล่งพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการที่เกิดขึ้น

เพื่อป้องกันผลกระทบดังกล่าวเกิดขึ้น ผู้บริหารทรัพยากรกายภาพซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบโดยตรงต่อการบริหารจัดการด้านพลังงานจึงเป็นต้องมีความรู้ความเข้าในเรื่องการใช้พลังงาน และการบริหารจัดการด้านพลังงาน ทั้งนี้การใช้พลังงานในอาคารมักเป็นไปเพื่อวัตถุประสงค์หรือสนองความต้องการของผู้ใช้อาคารในเรื่องดังต่อไปนี้

1. ให้แสงสว่าง
2. ปรับสภาวะอากาศ
3. ขนส่ง/อำนวยความสะดวก
4. ทำงาน กิจกรรม ใช้ชีวิต
5. ป้องกันภัย/สุขอนามัย

จากวัตถุประสงค์หรือความต้องการดังกล่าวในอาคาร ส่งผลให้อาคารจำเป็นต้องมีอุปกรณ์หรือระบบประกอบอาคารที่เป็นแหล่งใช้พลังงานดังต่อไปนี้

---

[1]เสริชย์ โชติพานิช, การบริหารทรัพยากรกายภาพ: หลักการและทฤษฎี, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553), หน้า 203 – 212.

1. เครื่องปรับอากาศหรือระบบปรับอากาศ (Air-conditioning)
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting)
3. ลิฟต์ (Lift)
4. ระบบปั๊มน้ำ
5. อุปกรณ์สำนักงาน (Office equipment)
   - เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer)
   - เครื่องถ่ายเอกสาร และเครื่องพิมพ์เอกสาร (Photocopying machine and printer)
6. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องมือปฏิบัติงานอาคาร
7. ฯลฯ

ระบบประกอบอาคารที่มีการใช้พลังงานสูงที่สุดคือระบบปรับอากาศ โดยในอาคารส่วนใหญ่มักมีสัดส่วนการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศสูงถึง 60 – 70% ของสัดส่วนการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร[2] ดังนั้นเพื่อให้มีการบริหารจัดการด้านพลังงานมีประสิทธิภาพ ผู้บริหารทรัพยากรกายภาพจึงจำเป็นต้องบริหารจัดการการแหล่งใช้พลังงานส่วนใหญ่เหล่านั้นให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรู้และเข้าใจเกี่ยวกับระบบปรับอากาศ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ พร้อมทั้งแนวทางในการบริหารจัดการการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพ

2.2 ระบบปรับอากาศ[3]

ระบบปรับอากาศมีอยู่หลายประเภทด้วยกัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบในการกำหนดหลักเกณฑ์ในการแบ่งประเภท โดยหากแบ่งประเภทระบบปรับอากาศตามลักษณะการควบคุมอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. ระบบปรับอากาศแบบรวม เป็นระบบที่มีขนาดใหญ่และมีการควบคุมการทำงานจากส่วนกลาง เหมาะสำหรับใช้งานในอาคารขนาดใหญ่หรือในอาคารที่มีความต้องการการปรับอากาศขั้นต่ำในปริมาณมาก จึงเป็นระบบที่มีความซับซ้อน มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่สูง และมีต้องการพลังงานขั้นต่ำที่มากตามไปด้วย ดังนั้นระบบจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ (มีค่า kW/Ton ที่ต่ำ) เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่าย จึงมีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการทำความเย็นที่ต่ำ และมีการควบคุมการทำงานจากส่วนกลาง เนื่องจากระบบมีความซับซ้อนและต้องใช้ผู้ที่ความรู้และความชำนาญในการบริหารจัดการการใช้งาน (การปิด – เปิด) และการควบคุมการทำงาน ระบบจึงจำเป็นต้องมีเป็นระบบที่ใช้ในการควบคุมการใช้งานและควบคุมการทำงานจากส่วนกลาง ดังนั้นระบบปรับอากาศแบบรวมจึงสามารถบริหารจัดการการใช้งานและควบคุมการทำงานให้

---

[2]กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, คู่มือชุดความรู้ การอนุรักษ์พลังงานสำหรับสำนักงาน, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2548), หน้า 6.

[3]กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, ระบบปรับอากาศ (AIR-CONDITIONING SYSTEM & THERMOSTAT), ชุด ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2541) หน้า 1 - 5.

เป็นมาตรฐานเดียวกันได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ ส่งให้การบริหารจัดการด้านพลังงานสามารถทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพตามไปด้วย

2. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน เป็นระบบปรับอากาศที่มีขนาดเล็ก และโดยทั่วไปมักมีการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศโดยผู้ใช้ในแต่ละพื้นที่ผ่านทางชุด Thermostat จึงยากต่อการควบคุมการทำงานให้เป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อการประหยัดพลังงาน เหมาะสำหรับใช้งานในอาคารที่มีความต้องการปริมาณการปรับอากาศในแต่ละช่วงเวลาที่ไม่สูงมากและไม่ตรงกัน จึงเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อนมากและอุปกรณ์ประกอบร่วมน้อย มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งไม่สูงมาก และมีการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศแบบรวม (มีค่า kW/Ton ที่สูงเมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศแบบรวม)

2.3 แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

1. การเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง[4]

การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงส่งผลให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น และลดการใช้พลังงาน โดยในปัจจุบันประเทศไทยมีการกำหนดระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจากเบอร์ที่ 1 – 5 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดสำนักการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (DSM) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ซึ่งกำหนดจากระดับประสิทธิภาพ และค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานดังต่อไปนี้

ระดับที่ 5 (เบอร์ 5) เป็นระดับประสิทธิภาพดีมาก EER $\geq$ 10.6

ระดับที่ 4 (เบอร์ 4) เป็นระดับประสิทธิภาพดีมาก 9.6 $\leq$ EER < 10.6

ระดับที่ 3 (เบอร์ 3) เป็นระดับประสิทธิภาพดีมาก 8.6 $\leq$ EER < 9.6

ระดับที่ 2 (เบอร์ 2) เป็นระดับประสิทธิภาพดีมาก 7.6 $\leq$ EER < 8.6

ระดับที่ 1 (เบอร์ 1) เป็นระดับประสิทธิภาพดีมาก EER < 7.6

โดยในที่นี้ EER (Energy Efficiency Ratio) คือปริมาณความเย็นที่ผลิตได้ต่อกำลังไฟที่ใช้ มีหน่วยเป็น “Btu/W” จากรายละเอียดดังกล่าวจึงแสดงให้เห็นได้ว่าการเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงหรือเบอร์ 5 จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงที่สุด และหากเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีเบอร์ที่ต่ำลงก็จะมีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลงตาลำดับ

2. การบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ[4]

โดยทั่วไปเป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใดๆ ก็ตามหากทำการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอจะช่วยทำให้รักษาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้มีที่ดีอยู่เสมอ

---

[4]กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, เครื่องปรับอากาศ AIR CONDITIONER, ชุดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: ซีแอนด์เอส ปรินติ้ง, 2541), หน้า 1-11.

ในระบบปรับอากาศก็เช่นเดียวกันหากได้รับการบำรุงรักษาอยู่เสมอก็จะทำให้ระบบปรับอากาศสามารถทำงานได้อย่างเต็มสมรรถภาพ มีประสิทธิภาพ และลดปริมาณการใช้พลังงาน โดยช่วยรักษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศให้ดีอยู่เสมอและไม่ลดต่ำลง โดยสามารถยกตัวอย่างการบำรุงรักษาในระบบปรับอากาศมีดังต่อไปนี้

- การตรวจสอบปริมาณและคุณภาพสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศให้มีปริมาณที่เพียงพอและมีคุณสมบัติที่ดี เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้เครื่องปรับอากาศไม่ทำงานและมีการใช้พลังงาน แต่ไม่สามารถทำความเย็นได้
- การทำความสะอาด Fan Coil Unit (FCU) เป็นประจำตามระยะเวลาที่กำหนด จะช่วยทำให้เครื่องปรับอากาศส่งกระจายลมไปได้อย่างทั่วถึง ทำให้ไม่ต้องปรับเพิ่มความเร็วลมของ FCU ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็น
- การทำความสะอาด Condensing Unit (CDU) เป็นประจำตามระยะเวลาที่กำหนด จะช่วยทำให้เครื่องปรับอากาศระบายความร้อนได้ดี ทำให้ CDU ไม่ทำงานเกินความจำเป็น ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็น
- ฯลฯ

3. การใช้ระบบ BAS (Building Automation System)[5]

การใช้ BAS ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานระบบปรับอากาศมักใช้ในอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งมีประกอบด้วยอุปกรณ์จำนวนมาก มีความซับซ้อน และต้องใช้กำลังคนเป็นจำนวนมากในการตรวจสอบและควบคุมการทำงาน ให้สามารถทำได้ง่าย ใช้กำลังคนที่น้อยลง และทำให้ระบบประกอบอาคารต่างๆ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำงานสอดคล้องกันและสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้งานอาคาร มีมาตรฐานในการทำงานที่เหมือนกัน ส่งผลให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ปริมาณพลังงานที่สามารถประหยัดได้จากระบบ BAS ขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการระบบตรวจสอบและควบคุมระบบประกอบอาคารในแต่ละอาคาร โดยในอาคารที่มีการบริหารจัดการที่ดีอยู่แล้วจะช่วยให้ประหยัดพลังงานเพิ่มได้อีกประมาณ 10% แต่ในอาคารที่มีการบริหารจัดการที่หละหลวมไม่เป็นระบบจะสามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานได้สูงถึงประมาณ 40%

4. การปรับปรุงและยกระดับประสิทธิภาพของอุปกรณ์ควบคุมระบบปรับอากาศ[6]

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานมีด้วยการหลายวิธีการ การเปลี่ยนไปใช้อุปกรณ์ใหม่ที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพเป็นวิธีการที่ดำเนินการแล้วสามารถตรวจสอบและเห็นผลได้ชัดเจน

---

[5]กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, ระบบการจัดการพลังงานในอาคาร (BUILDING AUTOMATION SYSTEM), ชุด ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2541) หน้า 1 - 5.

[6]Robin Mellon, "Cool Runnings", Facility Perspectives. Volume 5 Number 1 (March – May 2011): 16-18.

ทั้งนี้การดำเนินการดังกล่าวข้างต้น จำเป็นต้องเสียเงินลงทุนเพื่อดำเนินการ โดยเฉพาะในระบบปรับอากาศซึ่งจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูงในการจัดซื้ออุปกรณ์และดำเนินการติดตั้ง ดังนั้นหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบประกอบอาคารแต่ไม่มีเงินในการลงทุนจำนวนมาก การเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ควบคุมระบบปรับอากาศก็เป็นอีกหนทางหนึ่งที่สามารถทำได้และมีค่าใช้จ่ายที่ลดลง โดยการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศที่ดีและมีประสิทธิภาพจะช่วยทำให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศใกล้เคียงกับความต้องการมากยิ่งขึ้น มีการใช้พลังงานส่วนเกินที่ลดลงจึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศที่ลดลง เช่น การใช้ Thermostat ประสิทธิภาพสูง เพื่อให้เครื่องปรับอากาศปิด-เปิดการทำงาน CDU ได้สอดคล้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น จึงสามารถลดการทำความเย็นในส่วนเกินได้

2.4 รายละเอียดระบบ BAS ที่ใช้ในปัจจุบัน

จากการศึกษาโดยการสัมภาษณ์และเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวแทนจำหน่ายระบบ BAS ยี่ห้อที่นิยมใช้ในอาคารสูงทั่วไปในปัจจุบัน 4 ยี่ห้อ ในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้ (ทั้งนี้ได้แสดงตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ไว้ในตัวแทนจำหน่ายระบบ BAS และระบบควบคุมอุปกรณ์ในระบบประกอบอาคารอื่นๆ เช่น ระบบ Access Control ไว้ในภาคผนวก ช.)

1. ประเทศผู้ผลิต
2. ค่าใช้จ่าย
3. การติดตั้ง
4. การใช้งาน
5. การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ

โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System; BAS)

ลำดับที่	รายละเอียดเปรียบเทียบ	ยี่ห้อ			
		Andover (Schneider Electric)	Johnson Control	Honeywell	Mason
1	ประเทศผู้ผลิต	อเมริกา, สวีเดน	อเมริกา	อเมริกา	อเมริกา, แคนาดา
2	ค่าใช้จ่าย - ค่าใช้จ่ายการติดตั้งเริ่มต้น (บาท) - การปรับปรุง Software (บาท/ครั้ง) - การบำรุงรักษารายปี (บาท) - อื่นๆ	 700,000 - 1,500,000 150,000 - 200,000 100,000 - 200,000	 1,000,000 - 1,500,000 200,000 - 300,000 100,000 - 200,000 ค่าติดตั้งเฉลี่ย 7,000 - 10,000 บาท/จุด	 500,000 - 1,000,000 300,000 - 500,000 200,000 - 300,000 ค่าติดตั้งเฉลี่ย 10,000 - 15,000 บาท/จุด ค่า Software ขึ้นอยู่กับรูปแบบที่ซื้อ	 300,000 - 1,000,000 100,000 - 200,000 100,000 - 200,000 ค่า Software ขึ้นอยู่กับรูปแบบที่ซื้อ
3	การติดตั้ง - เริ่มต้นต้องติดตั้งและวางระบบใหม่ทั้งหมด - สามารถใช้งานร่วมกับยี่ห้ออื่นได้ - อื่นๆ	 ✔ ✔ สามารถทำงานร่วมกับยี่ห้ออื่น ได้เฉพาะบางส่วนงาน	 ✔ ✔ สามารถทำงานร่วมกับยี่ห้ออื่น ได้เฉพาะบางส่วนงาน	 ✔ ✔ สามารถทำงานร่วมกับยี่ห้ออื่น ได้เฉพาะบางส่วนงาน	 ✔ ✔ สามารถทำงานร่วมกับยี่ห้ออื่น ได้เฉพาะบางส่วนงาน
4	การใช้งาน - M&E System - Security System (Access Control, CCTV, etc.) - Safety System (Fire Alarm, etc.) - รองรับงาน Customize - อื่นๆ	 ✔ ✔ ✔ ✔ มีโปรแกรมสำเร็จรูปรองรับงานเฉพาะ เช่น Energy Management ฯลฯ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม	 ✔ ✔ ✔ ✔ เน้นงานด้าน M&E การสร้างหรือติดตั้งโปรแกรมเพิ่ม ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม	 ✔ ✔ ✔ ✔ การสร้างหรือติดตั้งโปรแกรมเพิ่ม ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม	 ✔ ✔ ✔ ✔ เน้นงานด้าน M&E การสร้างหรือติดตั้งโปรแกรมเพิ่ม ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม
5	การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ - รองรับ Standard Protocol (BACNET, MODBUS, etc.) - Hardware Interface (RJ-5, RS-485, etc.) - อื่นๆ	 ✔ ✔ รองรับ Protocol ; LON, OPC การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เสริม	 ✔ ✔ รองรับ Protocol ; N2, LON การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เสริม	 ✔ ✔ รองรับ Protocol ; LON การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เสริม	 ✔ ✔ รองรับ Protocol ; LON การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เสริม

หมายเหตุ :

1) ประมาณการค่าใช้จ่ายคำนวณจากฐานข้อมูลการใช้อาคารสำนักงาน สูง 10 ชั้น พื้นที่รวมต่อชั้นไม่เกิน 1,000 ตร.ม. และมีระบบประกอบอาคารตามมาตรฐานทั่วไป (ระบบปรับอากาศ, ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง, ระบบลิฟต์, ระบบปั๊ม, ฯลฯ)

2) ทุกยี่ห้อจะสามารถทำงานร่วมกับยี่ห้ออื่นที่ใช้ Open Protocol เท่านั้น ทั้งนี้การทำงานร่วมกันจะไม่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ หากต้องการให้ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจำเป็นต้องใช้ยี่ห้อเดียวกันทั้งระบบ

จากข้อมูลในตารางที่ผ่านมา ทำให้ทราบถึงรายละเอียดระบบ BAS ที่ใช้ในอาคารสูงทั่วไป จำนวน 4 ยี่ห้อ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมได้ดังต่อไปนี้

- เป็นสินค้าที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศและส่วนใหญ่นำเข้ามาจากประเทศอเมริกา
- มีค่าใช้จ่ายเริ่มต้นในการติดตั้งระบบ BAS ประมาณ 300,000 – 1,500,000 บาท แสดงให้เห็นว่าระบบ BAS จำเป็นต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง
- มีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง Software ทั้งระบบประมาณ 100,000 – 500,000 บาท/ครั้ง ขึ้นอยู่กับรายละเอียดและจำนวนที่ต้องการ แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งระบบ BAS จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการปรับปรุง Software ที่ค่อนข้างสูง
- มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารายปี ทั้งระบบประมาณ 100,000 – 300,000 บาท/ปี
- การติดตั้งเริ่มต้นจำเป็นต้องวางระบบใหม่ เนื่องจากต้องวางระบบการเชื่อมต่อการทำงานของระบบประกอบอาคารในแต่ละส่วนให้สามารถเชื่อมต่อและทำงานร่วมกันได้
- ทุกยี่ห้อสามารถใช้ทำงานร่วมกันยี่ห้ออื่นได้ในกรณีที่ใช้ Protocol มาตรฐานเดียวกัน แต่ก็ไม่สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ไม่สามารถทำงานได้ในบางฟังก์ชั่นการใช้งานของอุปกรณ์
- ทุกยี่ห้อรองรับงานได้ในทุกระบบประกอบอาคาร โดยแต่ละยี่ห้ออาจจุดเด่นหรือเน้นพัฒนา Software บางระบบประกอบอาคารเป็นพิเศษ เช่น ระบบ M&E
- ทุกยี่ห้อรองรับการพัฒนา Software ตามความต้องการของลูกค้า ทั้งนี้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม
- ทุกยี่ห้อรองรับการเชื่อมต่อได้หลายรูปแบบ เช่น RJ5 (LAN), RS-485 ฯลฯ ทั้งนี้จำเป็นต้องใช้ Hardware มาตรฐานหรือ Hardware ที่สามารถเชื่อมต่อกับ Software ของแต่ละยี่ห้อ

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าระบบ BAS ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นสินค้าที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ เป็นระบบซึ่งมีขนาดใหญ่ เนื่องจากรองรับการใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบประกอบอาคารทุกระบบในอาคารซึ่งมีอุปกรณ์จำนวนมากและมีความซับซ้อน จึงถูกออกแบบและสร้างมาให้สามารถใช้งานในอาคารที่มีสภาพการใช้งานตามมาตรฐานทั่วไปในต่างประเทศ (อเมริกาและยุโรป) ซึ่งมีระบบประกอบอาคารจำนวนมากและมีความซับซ้อน ระบบ BAS จึงมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่สูง ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการปรับปรุงระบบให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงในแต่ละอาคาร เพื่อให้ระบบ BAS สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ในระบบประกอบอาคารใหม่ได้อยู่เสมอ รวมทั้งจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลและบำรุงรักษาระบบ จึงเหมาะสำหรับติดตั้งในอาคารสร้างใหม่ที่มีระบบประกอบอาคารจำนวนมากและซับซ้อน และมีการจัดสรรงบประมาณที่เพียงพอเพื่อใช้ในการบริหารและจัดการระบบ

ระบบ BAS ต้องสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมในหลากหลายรูปแบบและหลากหลายยี่ห้อที่ใช้ร่วมอยู่ในระบบประกอบแต่ละอาคาร อีกทั้งอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ในระบบประกอบอาคารเหล่านั้น แต่ละชนิดแต่ละยี่ห้อที่มีอยู่ในตลาดในปัจจุบัน ยังถูกออกแบบและสร้างมาให้ใช้กับ Protocol เฉพาะที่มีอยู่หลากหลายรูปแบบในปัจจุบัน ระบบ BAS ส่วนใหญ่ จึงออกแบบและสร้างให้มาให้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ Protocol มาตรฐานเท่านั้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าระบบ BAS โดยทั่วไปจะสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมที่มีอยู่หลากหลายที่ใช้ Protocol มาตรฐานก็ตาม แต่ก็ไม่สามารถเชื่อมต่อการทำงานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์ โดยหากต้องการให้ระบบ BAS สามารถใช้งานร่วมแต่ละอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ในระบบประกอบอาคาร

ได้อย่างสมบูรณ์ครบทุกฟังก์ชั่นการใช้งาน และสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ก็จำเป็นที่จะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมยี่ห้อเดียวกันกับระบบ BAS หรือออกแบบและติดตั้งระบบ BAS และอุปกรณ์ควบคุมระบบประกอบอาคารที่เป็นยี่ห้อเดียวกันทั้งหมด เนื่องจากถูกออกแบบและสร้างมาใช้สามารถเชื่อมต่อการทำงานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์ครบทุกฟังก์ชั่นการใช้งาน และสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดต่างๆ ของระบบ BAS ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแล้ว พบว่าการนำระบบ BAS มาใช้ในอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐ อาจยังมีข้อจำกัดจากระเบียบวิธีการจัดสรรงบประมาณและการพัสดุ ต้องมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่สูงและเกิดค่าใช้จ่ายอื่นๆ ตามมา เนื่องจากเป็นสินค้าและเทคโนโลยีที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ เหมาะสำหรับติดตั้งในอาคารสร้างใหม่ที่มีการใช้งานระบบประกอบอาคารที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน เนื่องจากออกแบบและสร้างตามมาตรฐานการใช้งานระบบประกอบอาคารของประเทศผู้ผลิตระบบ BAS (ประเทศในกลุ่มยุโรปและประเทศอเมริกา) และต้องใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมยี่ห้อเดียวกันเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ครบทุกฟังก์ชั่นการใช้งาน และสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทั้งนี้ยังพบว่าแม้ในปัจจุบันจะมีการออกแบบและสร้างระบบควบคุมเฉพาะสำหรับตรวจสอบและควบคุมการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยผู้ผลิตภายในประเทศ (บริษัท อินทรอนิคส์ จำกัด, 2554) ระบบที่ใช้ก็ยังมีค่าใช้จ่ายเริ่มต้นในการติดตั้งที่ค่อนข้างสูง (ประมาณ 100,000 บาท) เป็นระบบที่ต้องติดตั้งขึ้นใหม่ และในระบบไม่พบการจัดการฐานข้อมูลของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อให้ใช้ในงานด้าน FM ตัวอย่างเช่น การเก็บประวัติอุปกรณ์เพื่อใช้ในงาน O&M (Equipment History)

2.5 สภาพปัญหาการใช้งานเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน

จากการสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศในสภาพปัจจุบันของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในห้อง 208 209 และ 210 อาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตามรายละเอียดวิธีวิจัยในบทที่ 3 และจากผลการศึกษาสภาพการใช้งานเครื่องปรับอากาศในบทที่ 4 พบว่ามีการเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศแต่ละชุดโดยเจ้าหน้าที่ด้านอาคารสถานที่ มีเวลาในการเปิด-ปิด และระยะเวลาในการใช้งานเครื่องปรับอากาศที่ไม่คงที่ บางช่วงเวลามีการเปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ไม่มีผู้ใช้งานภายในห้อง โดยหากสามารถเปิด-ปิด การใช้งานเครื่องปรับอากาศได้สอดคล้องกับการใช้งานของผู้ใช้ในแต่ละห้อง อาจช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศให้ต่ำกว่าปัจจุบันได้หรือเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดีขึ้น

Thermostat ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีสภาพที่เก่า เมื่อตรวจสอบการประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศโดย Thermostat ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน พบว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ในแต่ละเครื่องมีค่าที่คลาดเคลื่อนจากกันประมาณ 3.1 – 4.2^{o}C จึงทำให้ผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศอยู่ในช่วงประมาณ 70.00 – 81.32% และทำให้ผู้ใช้ต้องทำการปรับตั้ง Thermostat เพื่อให้อุณหภูมิการปรับอากาศจริงมีค่าใกล้เคียงกับความต้องการอยู่เสมอ โดยพบว่ามีการปรับตั้ง Thermostat โดยผู้ใช้พื้นที่ เฉลี่ยต่อเครื่องประมาณ 1.14 – 1.96 ครั้ง/วัน ส่งผลให้การทำงานเครื่องปรับอากาศไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งโดยรวมแล้วยังอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งหากสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้ดีขึ้น โดยการปรับปรุงให้ค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat มีค่าที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิการปรับอากาศจริง ช่วยให้ผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับ

อากาศ ผู้ใช้พื้นที่ลดการปรับตั้ง Thermostat หรือไม่ปรับตั้งค่าที่ Thermostat การควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศจึงเป็นมาตรฐานเดียวกันมาก ส่งผลให้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศมีค่าที่ลดลงหรือเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น

ทั้งนี้โดยทั่วไปในอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐมักไม่พบการเก็บข้อมูลประวัติของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนอย่างเป็นระบบ หรือมีการเก็บข้อมูลไม่ครบถ้วน จึงอาจส่งผลกระทบต่อการดำเนินงานด้าน FM เช่น การวางแผนงานในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศทำได้ยากหรือการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศทำได้ไม่ครบถ้วนหรือไม่เหมาะสมกับเครื่องปรับอากาศแต่ละชุด ซึ่งหากมีการจัดทำฐานข้อมูลประวัติของเครื่องปรับอากาศอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง สะดวก ง่ายต่อการจัดเก็บและนำมาใช้งาน ก็จะช่วยให้การดำเนินงานด้านการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

2.6 แนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ

จากรายละเอียดข้อมูลปัญหา และแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศในหัวข้อ 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 และ 2.5 ซึ่งเป็นที่มาของแนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนกึ่งอัจฉริยะ (ระบบควบคุมฯ) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และสามารถใช้งานในอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐได้อย่างเหมาะสม

ระบบควบคุมฯ ควรมีราคาที่ไม่สูงมากจนเกินไป จึงได้นำแนวคิดการเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ควบคุมในระบบเครื่องปรับอากาศตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.3 มาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบปรับอากาศ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนไปใช้ระบบปรับอากาศใหม่ที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพ จากแนวคิดดังกล่าว จึงควรออกแบบและสร้าง Hardware (Thermostat ประสิทธิภาพสูง) ที่สามารถใช้งานแทน Thermostat ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ดีกว่า โดยการเพิ่มความละเอียดในการตรวจสอบอุณหภูมิของ Temperature Sensor การเพิ่มความละเอียดในการปรับตั้งและควบคุมค่าอุณหภูมิของ Thermostat ร่วมด้วย โดยการเพิ่มจำนวน Temperature Sensor กระจายตามจุดต่างๆ ในพื้นที่ปรับอากาศ เพื่อให้สามารถตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่ที่มีการปรับอากาศทั้งหมดให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าอุณหภูมิจริง ซึ่งจะช่วยทำให้อุณหภูมิการปรับอากาศมีค่าใกล้เคียงกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat มากขึ้นหรือใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น ทำให้ผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศเพิ่มขึ้น มีการปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ลดลง การทำงานของเครื่องปรับอากาศจึงเป็นมาตรฐานเดียวกัน มีการใช้พลังงานส่วนเกินที่ลดลง จึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศที่ลดลงหรือมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น

เพื่อแก้ไขปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพในการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ได้แก่ การปรับตั้งเวลาการเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับการใช้งานพื้นที่ของผู้ใช้ การตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และลดจำนวนบุคคลากรหรือลดภาระงานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งการมีระบบที่สามารถจัดเก็บและนำฐานข้อมูลของเครื่องปรับอากาศมาใช้ได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วมากขึ้น เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการ

ดำเนินงานด้าน FM จึงควรออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ ให้มี Software ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการเชื่อมต่อการทำงานกับ Thermostat ประสิทธิภาพสูง เพื่อให้สามารถตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้สำหรับจัดเก็บและนำฐานข้อมูลประวัติของเครื่องปรับอากาศมาใช้ได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว

จากข้อมูลข้างต้นระบบควบคุมฯ จึงควรออกแบบและสร้างให้ประกอบด้วย Hardware คือ Thermostat ประสิทธิภาพสูง ที่สามารถใช้ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยผู้ใช้ในพื้นที่โดยตรงเพื่อความสะดวกของผู้ใช้ และ Software คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อการทำงานกับ Thermostat เพื่อใช้ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ผ่านทางคอมพิวเตอร์ในระยะไกลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เพื่อให้สามารถตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้คราวละหลายชุด โดยผู้ดูแลเพียงคนหรือจำนวนที่น้อยลงจากการใช้ Thermostat ในสภาพปัจจุบัน อีกทั้งยังใช้เป็นแหล่งในการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลประวัติเครื่องปรับอากาศที่เป็นระบบ สามารถนำข้อมูลมาใช้ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และง่าย

ควรออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ ให้สามารถติดตั้งและใช้งานร่วมกับระบบประกอบอาคารที่มีอยู่เดิม โดยไม่ต้องดำเนินการติดตั้งระบบใหม่หรือเดินระบบใหม่ เพื่อลดค่าใช้จ่ายหรือลดต้นทุนในการดำเนินการ

ควรการออกแบบและการสร้างระบบควบคุมฯ ให้สามารถรองรับการนำไปประยุกต์เพื่อใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานระบบประกอบอาคารอื่นๆ ที่มีใช้งานในอาคารราชการและอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐ เพื่อให้สามารถนำไปช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานด้าน FM ในขอบเขตงานที่อาจขยายตัวเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยจำเป็นที่จะต้องมีขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินงานวิจัยที่ถูกต้องตามหลักของระเบียบวิธีการวิจัย เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลและผลการวิจัยที่ถูกต้องและความน่าเชื่อถือ บทความนี้จึงขออธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดต่างๆ ในการดำเนินงานของงานวิจัยนี้ เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอน ขอบเขต เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และแนวทางในทางวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research)
2. ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
    1) แนวคิดและทฤษฎีด้านการบริหารทรัพยากรกายภาพ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัยดังต่อไปนี้
        - ต้นทุนค่าใช้จ่ายในงานด้านบริหารทรัพยากรกายภาพ
        - พลังงานและการใช้พลังงานในอาคาร
        - ประสิทธิภาพการบริหารทรัพยากรกายภาพ
    2) ความรู้ด้านวิศวกรรม เพื่อใช้ในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ ดังต่อไปนี้
        - ความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศ
        - หลักการควบคุมและตรวจสอบการทำงานระบบปรับอากาศ
        - เทคโนโลยีเพื่อการออกแบบและสร้างระบบ BAS
        - รายละเอียดระบบ BAS ที่ใช้ในปัจจุบัน
3. ออกแบบเครื่องมือเพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลสภาพการใช้งานเครื่องปรับอากาศดังต่อไปนี้
    1) การใช้พลังงานไฟฟ้า
    2) อุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศ
    3) การปรับตั้ง Thermostat
    4) ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่
4. ศึกษาสภาพการใช้งานและประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ โดยแบ่งเป็น 3 เฟส ดังต่อไปนี้
    1) เฟสที่ 1 ศึกษาสภาพปัจจุบัน
    2) เฟสที่ 2 ทำการทดลองขั้นที่ 1 ติดตั้ง Thermostat ประสิทธิภาพสูง
    3) เฟสที่ 3 ทำการทดลองขั้นที่ 2 ติดตั้งระบบควบคุมฯ

5. วิเคราะห์และศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ในแต่ละเฟสดังต่อไปนี้
   1) การใช้พลังงานไฟฟ้า
   2) ผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat
   3) ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat
   4) ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่
6. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

3.2 พื้นที่ทดลอง

การวิจัยเป็นการทดลองในใช้ห้อง 208 209 และ 210 อาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เนื่องจากเป็นอาคารการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐตามความต้องการ ได้รับอนุญาตให้สามารถใช้พื้นที่ทดลองได้ และมีสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกันจึงเหมาะสมในการทดลองเพื่อนำข้อมูลมาศึกษาเปรียบเทียบ โดยพื้นที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กัน มีขนาดห้องที่เท่ากันคือ 7.5 X 9 X 3.5 m มีการออกแบบและตกแต่งที่ใกล้เคียงกัน มีผังที่นั่งและจำนวนที่นั่งเหมือนกันคือ 45 ที่นั่ง (ไม่รวมที่นั่งเสริม) มีจำนวนเครื่องปรับอากาศที่เท่ากันคือ ห้องละ 2 เครื่อง รวมทั้งหมด 6 เครื่อง ดังต่อไปนี้คือ 208/1, 208/2, 209/1, 209/2, 210/1, 210/2 และมีการตำแหน่งติดตั้งและขนาดเครื่องปรับอากาศที่ใกล้เคียงกัน (208/1, 208/2, 209/1, 209/2 มีขนาด 3.5 ตันความเย็น/เครื่อง 210/1, 210/2 มีขนาด 4.0 ตันความเย็น/เครื่อง) โดยได้แสดงภาพสภาพแวดล้อมของพื้นที่ทดลองในภาพที่ 3.1 และ 3.2

ภาพที่ 3.1 เครื่องปรับอากาศในพื้นที่ทดลอง

ภาพที่ 3.2 สภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ทดลอง

3.3 ข้อมูลที่เก็บรวบรวมในแต่ละเฟส

1. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า
2. อุณหภูมิจริงในการปรับอากาศ
3. การปรับตั้ง Thermostat
4. ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่

3.4 การเก็บข้อมูลและเครื่องมือในการเก็บข้อมูล

1. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

   วิธีการเก็บข้อมูล

   1) ติดตั้ง kWh มิเตอร์เพื่อตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ
   2) ใช้แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศจดบันทึกหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) ประจำทุกวัน เวลาประมาณ 08.00 น.
   3) ใช้แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศจดบันทึกการปิด-เปิด การทำงานของเครื่องปรับอากาศ เป็นประจำทุกชั่วโมง
   4) ติดตั้ง CCTV เพื่อบันทึกภาพหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) จาก kWh มิเตอร์ โดยใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่จดบันทึก

   เครื่องมือในการเก็บข้อมูล

   1) kWh มิเตอร์ (ภาพที่ 3.3)
   2) แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ (ภาพที่ 3.4)
   3) CCTV (ภาพที่ 3.6)

ภาพที่ 3.3 kWh มิเตอร์

ตารางเก็บข้อมูลการใช้เครื่องปรับอากาศ

หมายเลขห้อง .....

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	การขอใช้ห้อง		จำนวนผู้ใช้ห้อง (คน)	AC#01 (ท้ายห้อง)						AC#02 (หน้าห้อง ติดกระดาน)					
	มี	ไม่มี		การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat				การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat			
				ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม			อุณหภูมิ (°C)	ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม			อุณหภูมิ (°C)
						L	M	H				L	M	H	
08.00 - 09.00															
09.00 - 10.00															
10.00 - 11.00															
11.00 - 12.00															
12.00 - 13.00															
13.00 - 14.00															
14.00 - 15.00															
15.00 - 16.00															
16.00 - 17.00															
17.00 - 18.00															
18.00 - 19.00															
19.00 - 20.00															
20.00 - 21.00															
21.00 - 22.00															
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)															
ชั่วโมงการทำงาน (hr)															

หมายเหตุ : 1) L = Low, M = Medium, H = High

ภาพที่ 3.4 แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

ภาพที่ 3.5 การเก็บข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ภาพที่ 3.6 CCTV ที่ใช้ในการบันทึกภาพ

2. อุณหภูมิจริงในการปรับอากาศ

<u>วิธีการเก็บข้อมูล</u>

1) ติดตั้ง Temperature Data Logger สูงจากพื้นห้องประมาณ 1.2 – 1.5 m ในระดับเดียวกันกับที่ติดตั้ง Thermostat ในสภาพเดิม จำนวน 9 จุด ในแต่ละห้อง
2) เก็บค่าอุณหภูมิจริงที่เกิดขึ้นในแต่ละจุดทุกๆ 10 นาที โดย Temperature Data Logger
3) นำมาหาค่าอุณหภูมิที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องในแต่ละชั่วโมงที่มีการปรับอากาศ

<u>เครื่องมือในการเก็บข้อมูล</u>

1) Temperature Data Logger (ภาพที่ 3.7)

ภาพที่ 3.7 Temperature Data Logger

ภาพที่ 3.8 ตำแหน่งในการติดตั้ง Temperature Sensor

3. การปรับตั้ง Thermostat

<u>วิธีการเก็บข้อมูล</u>

1) ใช้แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ สำรวจและจดบันทึกข้อมูลการปรับตั้ง Thermostat เป็นประจำทุกๆ 1 ชั่วโมง จากพื้นที่ที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ โดยจดบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้
   - จำนวนผู้ใช้ห้อง
   - การปิด-เปิดเครื่องปรับอากาศ
   - การปรับตั้งค่าความเร็วลม
   - การปรับตั้งค่าอุณหภูมิ
2) ติดตั้ง CCTV เพื่อบันทึกภาพการปรับตั้ง Thermostat ของผู้ใช้พื้นที่ โดยใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่จดบันทึก
3) ติดตั้ง Thermostat ประสิทธิภาพสูง เพื่อบันทึกการปรับตั้ง Thermostat ของผู้ใช้พื้นที่ โดยใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่จดบันทึกในการทดลองที่ 1 ทดลองติดตั้ง Thermostat ประสิทธิภาพสูง และการทดลองที่ 2 ทดลองติดตั้งระบบควบคุมฯ

<u>เครื่องมือในการเก็บข้อมูล</u>

1) แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ (ภาพที่ 3.4)
2) CCTV (ภาพที่ 3.6)
3) Thermostat ประสิทธิภาพสูง (ภาพที่ 3.11)

ภาพที่ 3.9 การเก็บข้อมูลการปรับตั้ง Thermostat

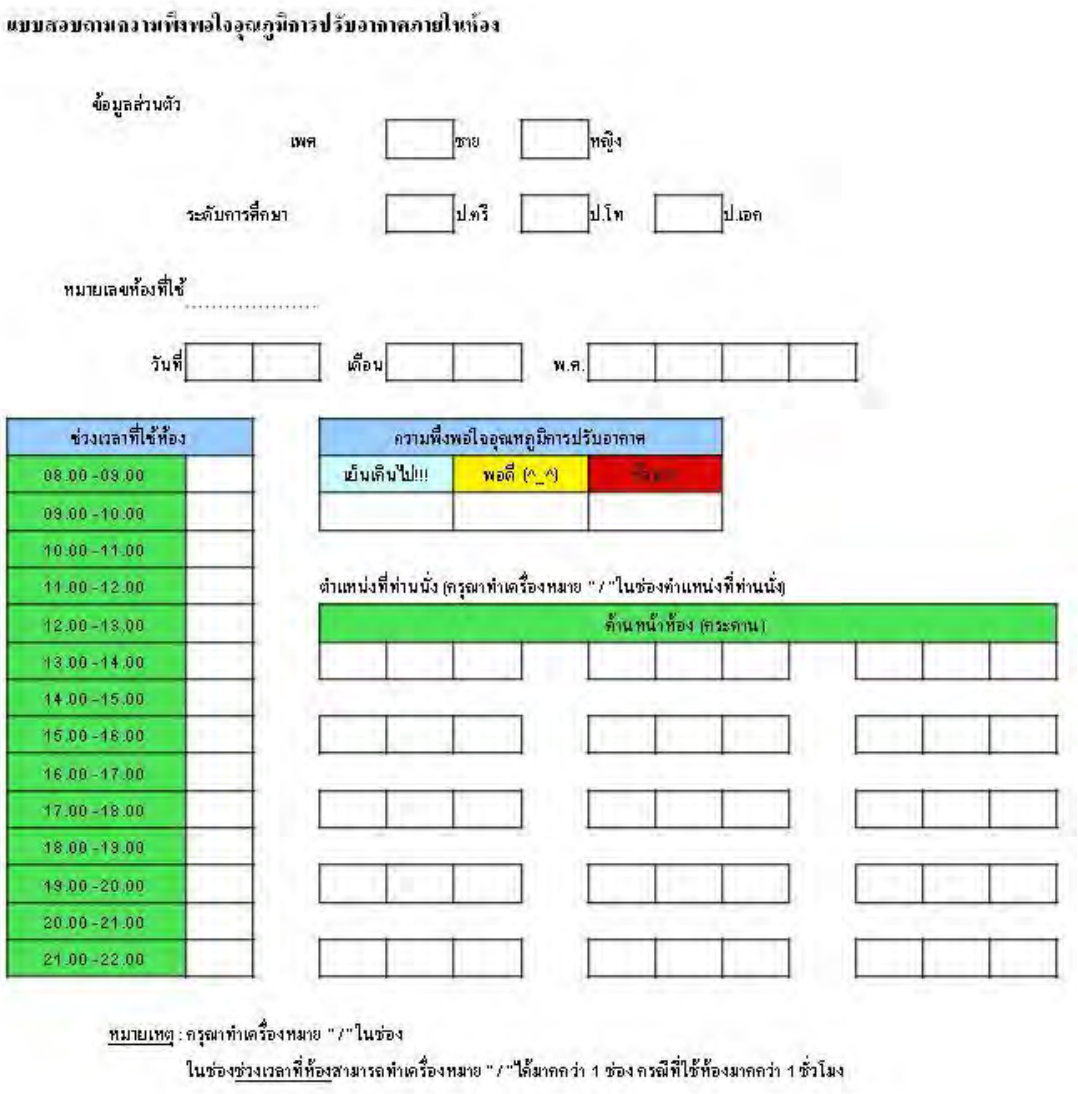
4. ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ

<u>วิธีการเก็บข้อมูล</u>

1) ส่งแบบสอบความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศให้กับผู้ใช้พื้นที่หลังจากใช้งานพื้นที่เสร็จในแต่ละครั้ง เพื่อสอบถามข้อมูลดังต่อไปนี้
   - วันและเวลาที่ใช้ห้อง
   - ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ
   - ตำแหน่งที่นั่งของผู้ใช้พื้นที่

<u>เครื่องมือในการเก็บข้อมูล</u>

1) แบบสอบถามความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ (ดังแสดงในภาพที่ 3.8)



ภาพที่ 3.10 แบบสอบถามความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ

ภาพที่ 3.11 Thermostat ประสิทธิภาพสูง

บทที่ 4

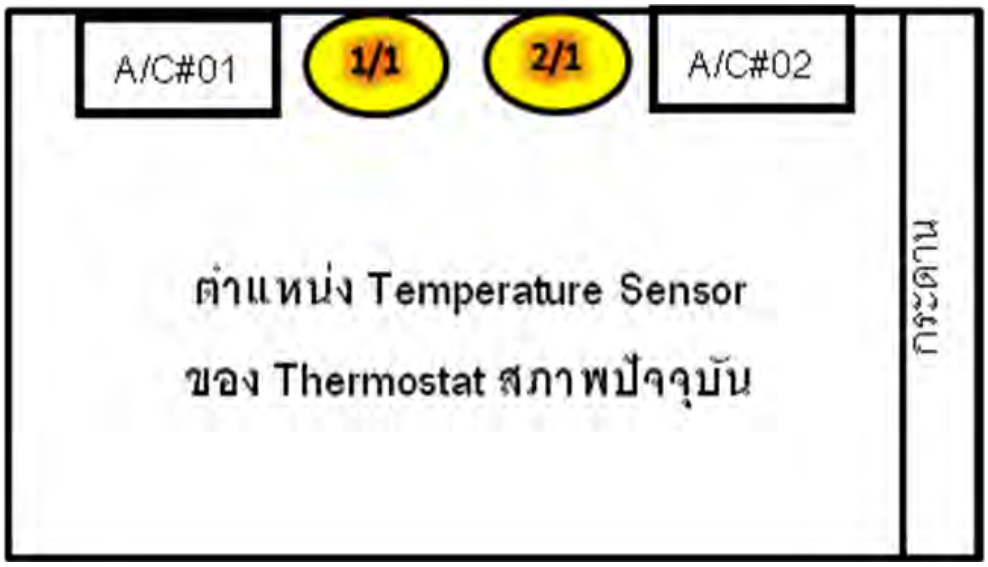
สภาพปัจจุบัน

4.1 ระเบียบวิธี

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลตามสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ในช่วงวันที่ 1 – 30 ธันวาคม 2553 เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและตรวจสอบประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่เกิดขึ้นจริง ณ ช่วงเวลาดังกล่าว เพื่อใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ ซึ่งผู้ใช้พื้นที่จะสามารถทำการเปิด-ปิด และปรับตั้งการทำงานของเครื่องปรับอากาศจาก Thermostat ได้ตามความต้องการ โดย Thermostat ที่ใช้มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ปุ่มสำหรับปิด-เปิดการทำงานเครื่องปรับอากาศ และปรับค่าความเร็วลมเป็นแบบชนิดเลื่อน
- ปุ่มปรับค่าความเร็วลม สามารถปรับค่าได้ 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (Low) ระดับกลาง (Medium) และระดับสูง (High)
- ปุ่มสำหรับปรับตั้งค่าอุณหภูมิการปรับอากาศเป็นแบบชนิดหมุน มีความละเอียดในการปรับตั้งค่าอุณหภูมิการปรับอากาศเท่ากับ 1°C
- Thermostat จำนวน 1 ชุด ใช้ควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศจำนวน 1 เครื่อง (1 : 1)
- Thermostat จำนวน 1 ชุด สามารถรับค่าอุณหภูมิจาก Temperature Sensor จำนวน 1 จุด (1 : 1)
- Temperature Sensor ติดตั้งอยู่ภายในกล่องของชุด Thermostat ซึ่งติดตั้งบริเวณใต้ชุด Fan Coil Unit (FCU) ของเครื่องปรับอากาศ สูงจากพื้นห้องประมาณ 1.2 – 1.5 m (ดังแสดงในภาพที่ 4.2)
- Thermostat ใช้ค่าอุณหภูมิจาก Temperature Sensor จำนวน 1 จุด เพื่อใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานชุด Condensing Unit (CDU) ของเครื่องปรับอากาศ
- Temperature Sensor ที่ใช้เป็นชนิด Thermister ขนาด 10k ที่มีการส่งข้อมูลแบบ Analog

ภาพที่ 4.1 Thermostat ที่ใช้อยู่ในสภาพปัจจุบัน



ภาพที่ 4.2 ตำแหน่งการติดตั้ง Temperature Sensor ในสภาพปัจจุบัน

<u>รายละเอียดระเบียบวิธีของการศึกษาสภาพปัจจุบัน</u>

1) จดบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก kWh มิเตอร์ ของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่อง จำนวน 6 เครื่อง (208/1, 208/2, 209/1, 209/2, 210/1, 210/2) โดยใช้แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลกับภาพ kWh มิเตอร์ ที่บันทึกไว้ใน CCTV นำมาหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแต่ละชุดมีหน่วยเป็น “kWh/ชั่วโมง”
2) เก็บข้อมูลอุณหภูมิที่วัดจริงในการปรับอากาศจาก Temperature Data Logger นำมาหาค่าผลต่างอุณภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat มีหน่วยเป็น “^{o}C”
3) สำรวจการปรับตั้ง Thermostat โดยใช้แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลกับภาพการปรับตั้ง Thermostat ที่บันทึกไว้ใน CCTV นำมาหาค่าความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat มีหน่วยเป็น “ครั้ง/วัน”
4) สำรวจความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่ โดยจัดส่งแบบสอบถามความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศให้กับผู้ใช้พื้นที่ นำมาหาค่าความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศมีหน่วยเป็น “%” ในการสำรวจครั้งนี้มีผู้ใช้พื้นที่ตอบแบบสอบถามจำนวนทั้งหมด 340 คน แบ่งเป็นผู้ใช้พื้นที่ห้อง 208 จำนวน 119 คน ห้อง 209 จำนวน 130 คน และห้อง 210 จำนวน 91 คน

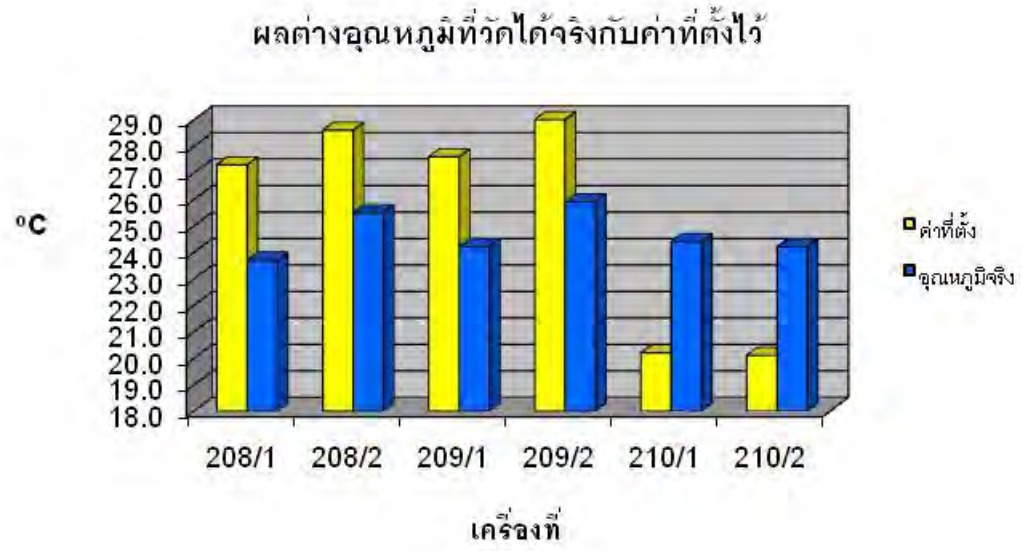
4.2 การใช้พลังงาน

ผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในสภาพปัจจุบัน พบว่าเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.70 – 2.01 kWh/ชั่วโมง คิดเป็นค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้า 1.84 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.1

แผนภูมิที่ 4.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในสภาพปัจจุบัน

4.3 ผลต่างอุณหภูมิ

ผลการศึกษาผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ในสภาพปัจจุบัน พบว่าผลต่างอุณหภูมิในแต่ละเครื่องมีค่าอยู่ในช่วง 3.1 – 4.2°C คิดเป็นค่าเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat 3.6°C/เครื่อง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.2



แผนภูมิที่ 4.2 ผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้ในสภาพปัจจุบัน

4.4 ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat

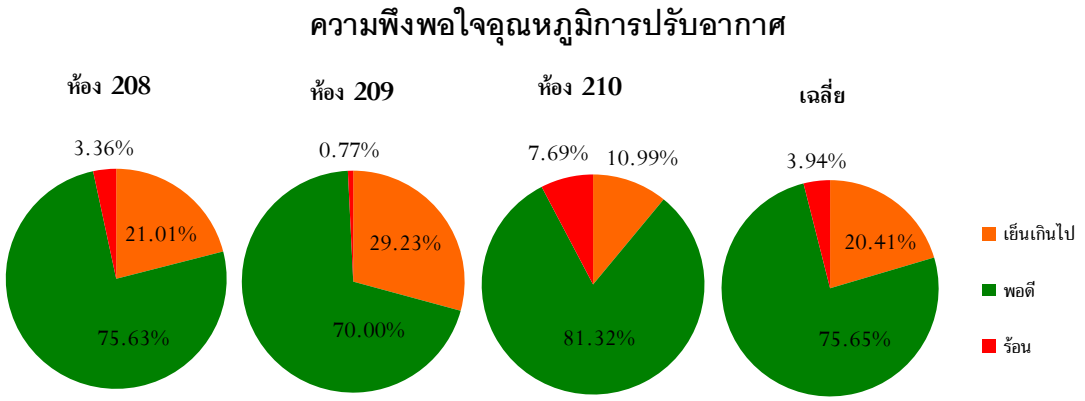
ผลการศึกษาความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ในสภาพปัจจุบัน พบว่าความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ในเครื่องปรับอากาศต่อเครื่องมีค่าอยู่ในช่วง 1.14 – 1.96 ครั้ง/วัน คิดเป็นค่าเฉลี่ยความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ต่อเครื่อง 1.67 ครั้ง/วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

เครื่องที่	ค่าเฉลี่ยความถี่ในการปรับตั้ง (ครั้ง/วัน) ในสภาพปัจจุบัน
208/1	1.91
208/2	1.91
209/1	1.14
209/2	1.14
210/1	1.96
210/2	1.96
เฉลี่ย	**1.67**

ตารางที่ 4.1 ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ในสภาพปัจจุบัน

4.5 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ

ผลการศึกษาความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศในสภาพปัจจุบัน พบว่าผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศอยู่ในช่วง 70.00 – 81.32% คิดเป็นค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ 75.65% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.3



แผนภูมิที่ 4.3 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศในสภาพปัจจุบัน

บทที่ 5

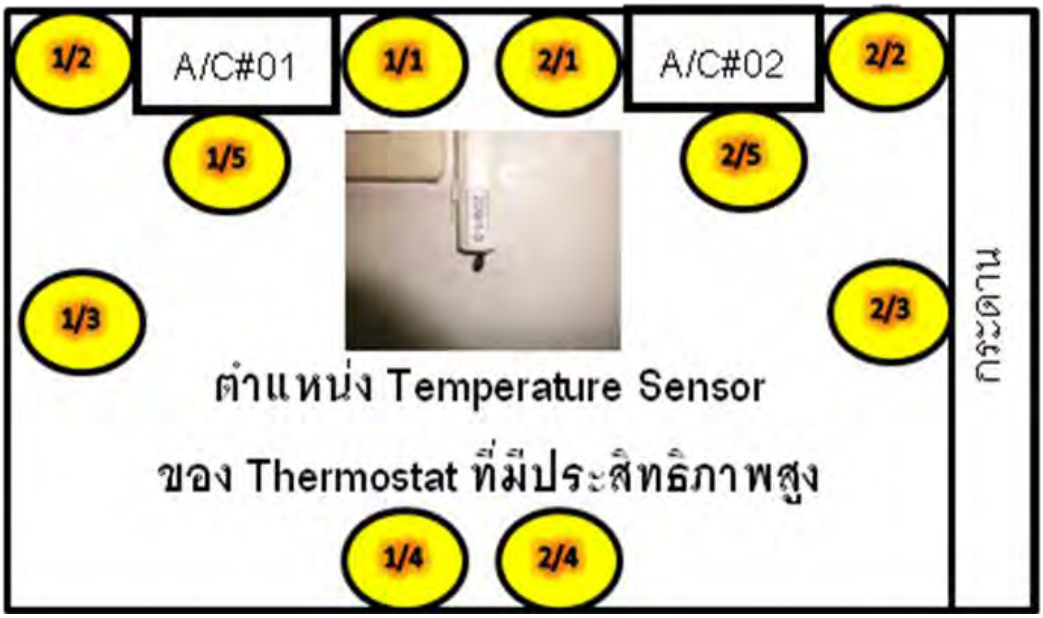
การทดลองขั้นที่ 1 ติดตั้ง Thermostat ประสิทธิภาพสูง

5.1 ระเบียบวิธี

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการทดลองติดตั้ง Thermostat ประสิทธิภาพสูงทดแทน Thermostat แบบเดิม ในช่วงวันที่ 31 มกราคม – 12 กุมภาพันธ์ 2554 เพื่อศึกษาสภาพการใช้งาน และตรวจสอบประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูงในการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ณ ช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งผู้ใช้พื้นที่ยังสามารถทำการเปิด-ปิด และปรับตั้งการทำงานของเครื่องปรับอากาศจาก Thermostat ได้ตามความต้องการ โดย Thermostat ประสิทธิภาพสูงมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ปุ่มสำหรับปิด-เปิดการทำงานเครื่องปรับอากาศ ปรับค่าความเร็วลม และปรับตั้งค่าอุณหภูมิการปรับอากาศเป็นแบบสัมผัส (Touch Screen)
- ปุ่มปรับค่าความเร็วลม สามารถปรับค่าได้ 4 แบบ คือ แบบอัตโนมัติ (Auto) ความเร็วลมระดับต่ำ (Low) ความเร็วลมระดับกลาง (Medium) และความเร็วลมระดับสูง (High)
- ปุ่มปรับตั้งค่าอุณหภูมิการปรับอากาศ มีความละเอียดในการปรับตั้งค่าอุณหภูมิการปรับอากาศเท่ากับ $0.1^{\circ}C$
- Thermostat จำนวน 1 ชุด ใช้ควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศจำนวน 2 เครื่อง (1 : 2)
- Thermostat จำนวน 1 ชุด สามารถรับค่าอุณหภูมิจาก Temperature Sensor จำนวน 10 จุด (1 : 10)
- Temperature Sensor ติดตั้งกระจายตามจุดต่างๆ ภายในห้อง ดังแสดงในภาพที่ 5.2 โดยในตำแหน่งที่ 1 – 4 ของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัว จะติดตั้งสูงจากพื้นห้องประมาณ 1.2 – 1.5 m และในตำแหน่งที่ 5 ของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัว จะติดตั้งภายในชุด Fan Coil Unit (FCU)
- Thermostat ใช้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย Temperature Sensor จำนวน 4 จุด เพื่อใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานชุด Condensing Unit (CDU) ของเครื่องปรับอากาศ (จากภาพที่ 5.2 Thermostat จะนำค่าอุณหภูมิจาก Temperature Sensor ในตำแหน่งที่ 1 – 4 ของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวมาค่าเฉลี่ย)
- Thermostat จะนำค่าจาก Temperature Sensor ในตำแหน่งที่ 5 เพื่อใช้ควบคุมการปิดการทำงานของ CDU แต่ละเครื่องเพื่อป้องกันน้ำแข็งเกาะ FCU และป้องกัน CDU หนักเกินไปจนชำรุด
- Temperature Sensor ที่ใช้เป็นชนิด Integrated Circuit (IC) เบอร์ DS18B20 ที่มีการส่งข้อมูลแบบ Digital
- สามารถปิด-เปิดไฟฟ้าแสงสว่าง
- สามารถตรวจสอบค่าอุณหภูมิในแต่ละจุดที่ติดตั้ง Temperature Sensor
- สามารถเก็บข้อมูลการปรับตั้งการทำงานของเครื่องปรับอากาศและอุณหภูมิในแต่ละจุดที่ติดตั้ง Temperature Sensor
- สามารถพัฒนาเพื่อเชื่อมต่อการทำงานกับ Motion Sensor
- สามารถพัฒนาเพื่อเชื่อมต่อการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้

ภาพที่ 5.1 Thermostat ประสิทธิภาพสูง



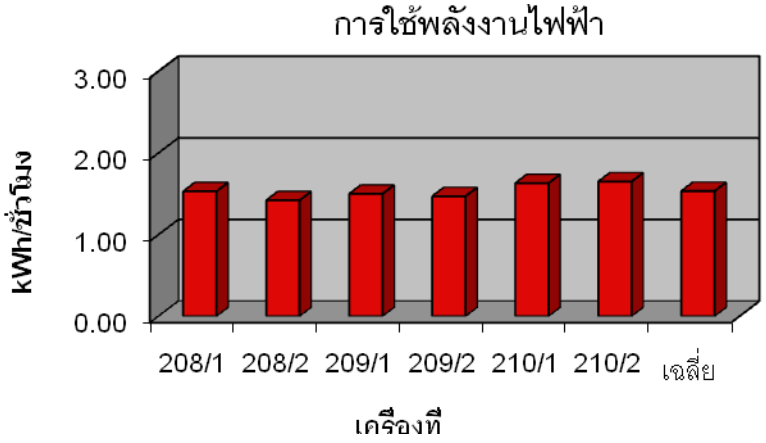
ภาพที่ 5.2 ตำแหน่งการติดตั้ง Temperature Sensor ของ Thermostat ประสิทธิภาพสูง

<u>รายละเอียดระเบียบวิธีของการทดลองขั้นที่ 1 การติดตั้ง Thermostat ประสิทธิภาพสูง</u>

1) จดบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก kWh มิเตอร์ ของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่อง จำนวน 6 เครื่อง (208/1, 208/2, 209/1, 209/2, 210/1, 210/2) โดยใช้แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลกับภาพ kWh มิเตอร์ ที่บันทึกไว้ใน CCTV นำมาหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแต่ละชุดมีหน่วยเป็น “kWh/ชั่วโมง”
2) เก็บข้อมูลอุณหภูมิที่วัดจริงในการปรับอากาศจาก Temperature Data Logger นำมาหาค่าผลต่างอุณภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat มีหน่วยเป็น “^{o}C”
3) สำรวจการปรับตั้ง Thermostat โดยใช้แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลกับข้อมูลการปรับตั้ง Thermostat ที่บันทึกไว้ใน Thermostat นำมาหาค่าความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat มีหน่วยเป็น “ครั้ง/วัน”
4) สำรวจความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่ โดยจัดส่งแบบสอบถามความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศให้กับผู้ใช้พื้นที่ นำมาหาค่าความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศมีหน่วยเป็น “%” ในการสำรวจครั้งนี้มีผู้ใช้พื้นที่ตอบแบบสอบถามจำนวนทั้งหมด 145 คน แบ่งเป็นผู้ใช้พื้นที่ห้อง 208 จำนวน 46 คน ห้อง 209 จำนวน 51 คน และห้อง 210 จำนวน 48 คน

5.2 การใช้พลังงาน

ผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากผลการทดลองขั้นที่ 1 พบว่าเครื่องปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละเครื่องอยู่ในช่วง 1.42 – 1.65 kWh/ชั่วโมง คิดเป็นค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเครื่อง 1.53 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.1



แผนภูมิที่ 5.1 การใช้พลังงานการทดลองขั้นที่ 1

5.3 ผลต่างอุณหภูมิ

ผลการศึกษาผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat จากผลการทดลองขั้นที่ 1 พบว่าผลต่างอุณหภูมิที่แต่ละเครื่อง มีค่าอยู่ในช่วง 0.9 – 1.3°C คิดเป็นค่าเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat 1.1°C/เครื่อง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.2

แผนภูมิที่ 5.2 ผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้การทดลองขั้นที่ 1

5.4 ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat

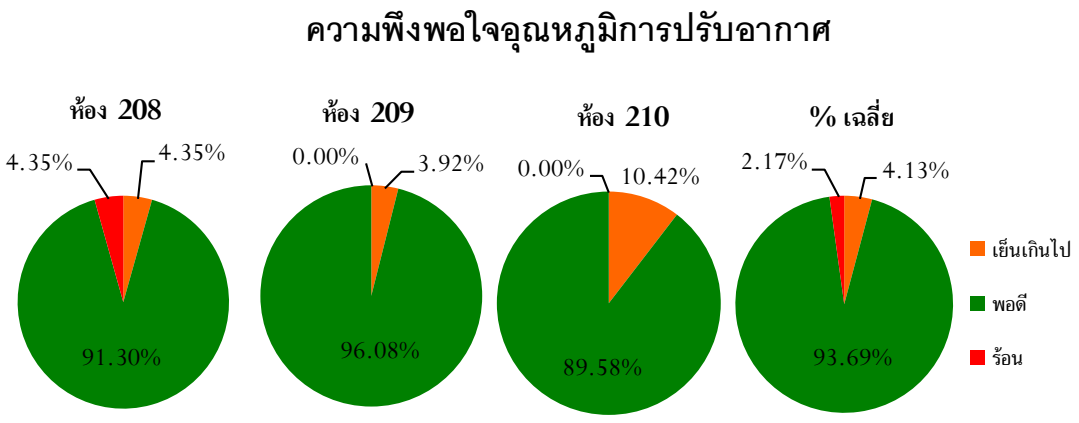
ผลการศึกษาความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat จากการทดลองขั้นที่ 1 เมื่อติดตั้งและทดลองใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูง โดยปรับตั้งความเร็วลมและอุณหภูมิทิ้งไว้ที่ค่า Auto และ 25°C ตามลำดับ พบว่าไม่มีการปรับตั้ง Thermostat จากผู้ใช้พื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 5.1

เครื่องที่	ค่าเฉลี่ยความถี่ในการปรับตั้ง (ครั้ง/วัน) ในการทดลองขั้นที่ 1
208/1	ไม่มีการปรับ
208/2	ไม่มีการปรับ
209/1	ไม่มีการปรับ
209/2	ไม่มีการปรับ
210/1	ไม่มีการปรับ
210/2	ไม่มีการปรับ
เฉลี่ย	-

ตารางที่ 5.1 ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ในการทดลองขั้นที่ 1

5.5 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ

ผลการศึกษาความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศจากการทดลองขั้นที่ 1 พบว่าผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศอยู่ในช่วง 89.58 – 96.08% คิดเป็นค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ 93.69% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.3



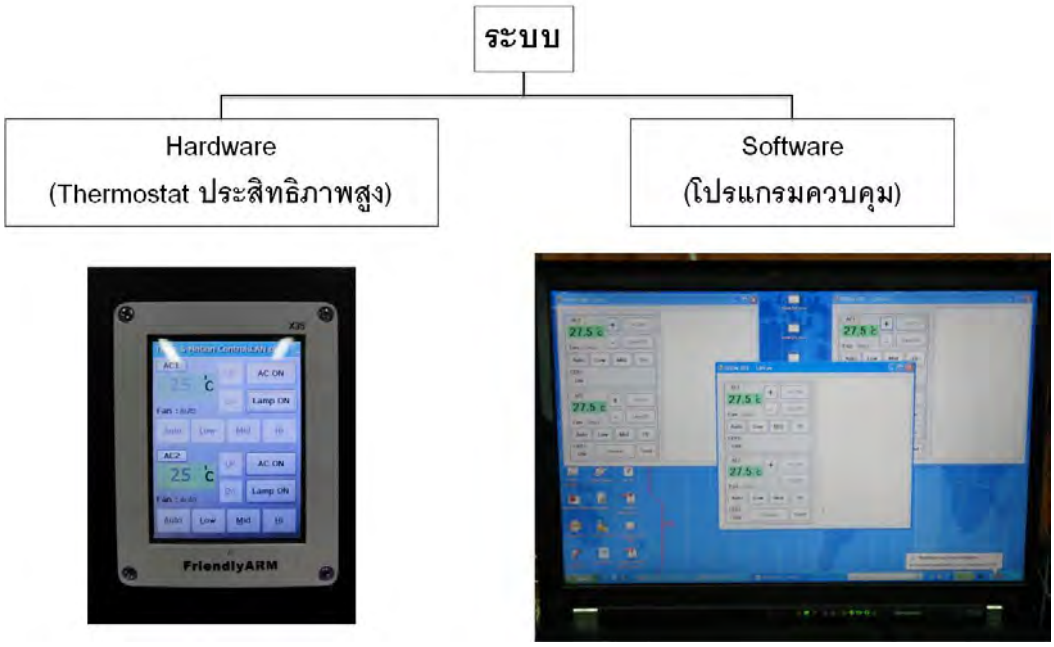
แผนภูมิที่ 5.3 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศการทดลองขั้นที่ 1

บทที่ 6

การทดลองขั้นที่ 2 ติดตั้งระบบควบคุมฯ

6.1 ระเบียบวิธี

<u>รายละเอียดระบบควบคุมฯ</u>



ภาพที่ 6.1 ระบบควบคุมฯ

ระบบควบคุมฯ ประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบหลัก คือ

1) Hardware หรือในที่นี้คือ Thermostat ประสิทธิภาพสูง ใช้ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยตรงจากผู้ใช้พื้นที่ ซึ่งมีคุณสมบัติตามรายละเอียดของ Thermostat ประสิทธิภาพสูงในบทที่ 5
2) Software คือโปรแกรมที่ใช้เชื่อมต่อการทำงานระยะไกลกับ Thermostat ประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้ในการตรวจสอบและควบคุมทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์

ในการออกแบบระบบควบคุมฯ ต้นแบบนี้ ใช้ Protocol TCP/IP ในการเชื่อมการทำงาน Hardware และ Software ผ่านทางสาย RJ-5 หรือสาย LAN เนื่องจากเป็นเทคโนยีการสื่อสารและระบบเครือข่ายที่ใช้กันแพร่หลาย และมีใช้งานทั่วไปในองค์กรต่างๆ ในประเทศไทย เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการวางระบบการสื่อสารและเครือข่ายใหม่ และสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อได้

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการทดลองติดตั้ง Software ระบบควบคุมฯ เพื่อเชื่อมต่อการทำงานกับ Thermostat ประสิทธิภาพสูงในการควบคุมและตรวจสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ในช่วงวันที่ 14 – 25 กุมภาพันธ์ 2554 เพื่อศึกษาสภาพการใช้งาน และวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อใช้งานระบบควบคุมฯ ในการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ณ ช่วงเวลาดังกล่าว ทั้งนี้ใช้ผู้ใช้พื้นที่ยังสามารถทำการเปิด-ปิด และปรับตั้งการทำงานของเครื่องปรับอากาศจาก Thermostat ได้ตามความต้องการ โดยระบบควบคุมฯ มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

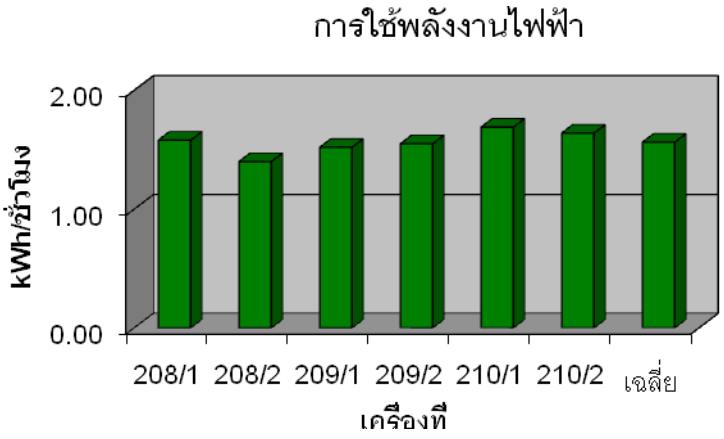
- ใช้ปรับตั้งและตรวจสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
- ใช้ตรวจสอบค่าอุณหภูมิจาก Temperature Sensor
- ใช้ตั้งเวลาในการปิด-เปิดเครื่องปรับอากาศ

<u>รายละเอียดระเบียบวิธีของการทดลองขั้นที่ 2 การติดตั้งระบบควบคุมฯ</u>

1) จดบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก kWh มิเตอร์ ของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่อง จำนวน 6 เครื่อง (208/1, 208/2, 209/1, 209/2, 210/1, 210/2) โดยใช้แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลกับภาพ kWh มิเตอร์ ที่บันทึกไว้ใน CCTV นำมาหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแต่ละชุดมีหน่วยเป็น “kWh/ชั่วโมง”
2) เก็บข้อมูลอุณหภูมิที่วัดจริงในการปรับอากาศจาก Temperature Data Logger นำมาหาค่าผลต่างอุณภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat มีหน่วยเป็น “^{o}C”
3) สำรวจการปรับตั้ง Thermostat โดยใช้แบบสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลกับข้อมูลการปรับตั้ง Thermostat ที่บันทึกไว้ใน Thermostat นำมาหาค่าความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat มีหน่วยเป็น “ครั้ง/วัน”
4) สำรวจความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่ โดยจัดส่งแบบสอบถามความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศให้กับผู้ใช้พื้นที่ นำมาหาค่าความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศมีหน่วยเป็น “%” ในการสำรวจครั้งนี้มีผู้ใช้พื้นที่ตอบแบบสอบถามจำนวนทั้งหมด 138 คน แบ่งเป็นผู้ใช้พื้นที่ห้อง 208 จำนวน 43 คน ห้อง 209 จำนวน 41 คน และห้อง 210 จำนวน 54 คน

6.2 การใช้พลังงาน

ผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากผลการทดลองขั้นที่ 2 พบว่าเครื่องปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละเครื่องอยู่ในช่วง 1.40 – 1.69 kWh/ชั่วโมง คิดเป็นค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้า 1.56 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 6.1



แผนภูมิที่ 6.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าการทดลองขั้นที่ 2

6.3 ผลต่างอุณหภูมิ

ผลการศึกษาผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat จากผลการทดลองขั้นที่ 2 พบว่าผลต่างอุณหภูมิแต่ละเครื่องมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.9 – 1.5°C คิดเป็นค่าเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ประมาณ 1.2°C/เครื่อง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 6.2

แผนภูมิที่ 6.2 ผลต่างของอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้การทดลองขั้นที่ 2

6.4 ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat

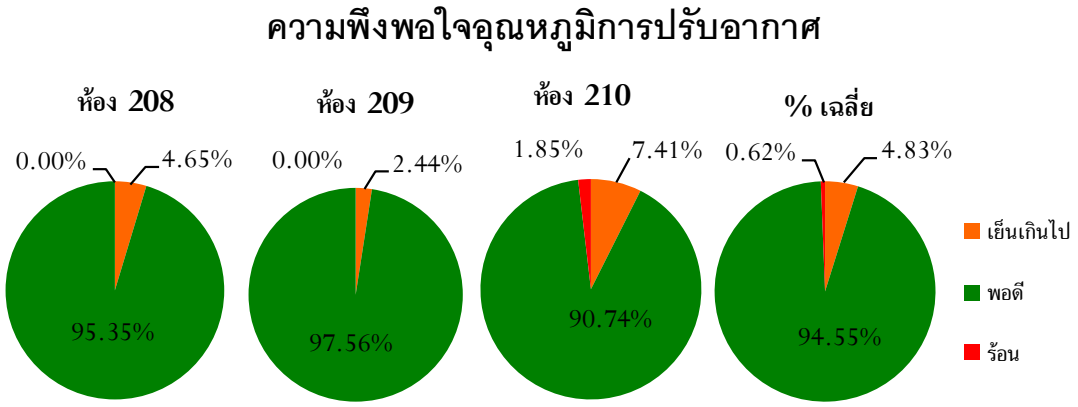
ผลการศึกษาความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat จากการทดลองขั้นที่ 2 เมื่อติดตั้งและทดลองใช้งานระบบควบคุมฯ โดยปรับตั้งความเร็วลมและอุณหภูมิทิ้งไว้ที่ค่า Auto และ 25°C ตามลำดับ พบว่าไม่มีการปรับตั้ง Thermostat จากผู้ใช้พื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 6.1

เครื่องที่	ค่าเฉลี่ยความถี่ในการปรับตั้ง (ครั้ง/วัน) ในการทดลองขั้นที่ 2
208/1	ไม่มีการปรับ
208/2	ไม่มีการปรับ
209/1	ไม่มีการปรับ
209/2	ไม่มีการปรับ
210/1	ไม่มีการปรับ
210/2	ไม่มีการปรับ
เฉลี่ย	-

ตารางที่ 6.1 ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ในการทดลองขั้นที่ 2

6.5 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ

ผลการศึกษาความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศจากการทดลองขั้นที่ 2 พบว่าผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศอยู่ในช่วงประมาณ 90.74 – 97.56% คิดเป็นค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศประมาณ 94.55% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 6.2



แผนภูมิที่ 6.3 ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศการทดลองขั้นที่ 2

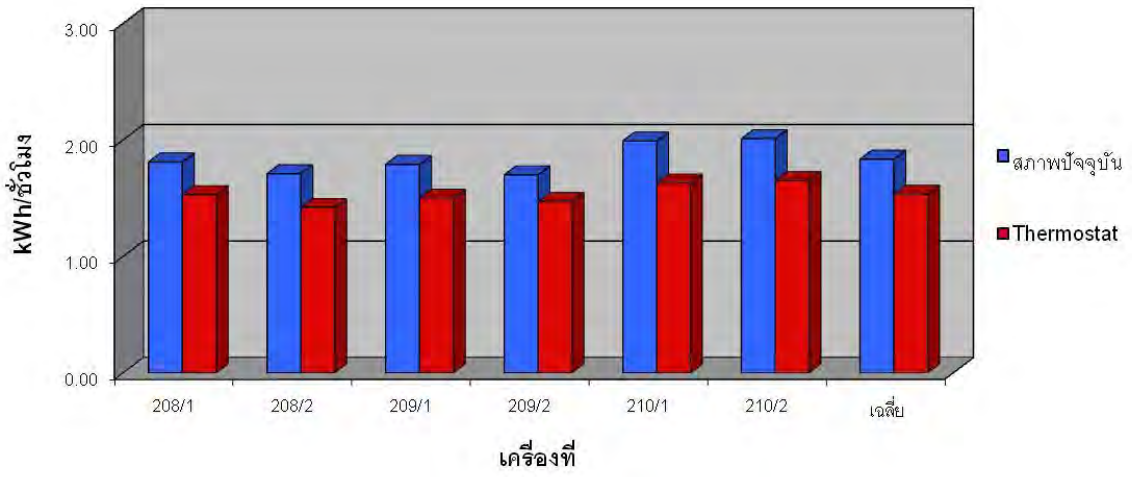
บทที่ 7

วิเคราะห์ผลการทดลอง

7.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้พลังงาน

7.1.1 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1

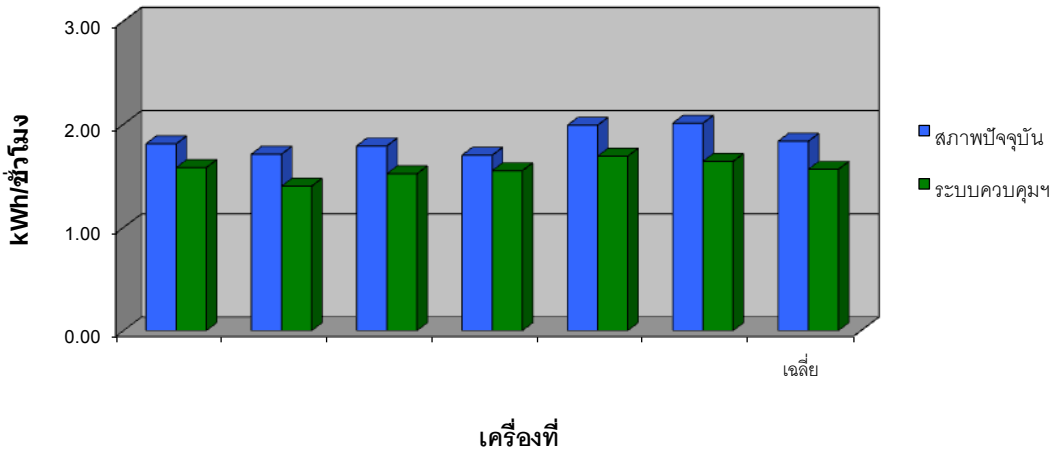
ผลจากการทดลองขั้นที่ 1 การติดตั้งและใช้งาน Thermostat ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนการใช้งาน Thermostat แบบเดิมตามสภาพปัจจุบัน เพื่อตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลดลงอยู่ในช่วง 0.23 – 0.36 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง 0.30 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง หรือเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเฉลี่ย 16.36% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 7.1



แผนภูมิที่ 7.1 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า
ระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1

7.1.2 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2

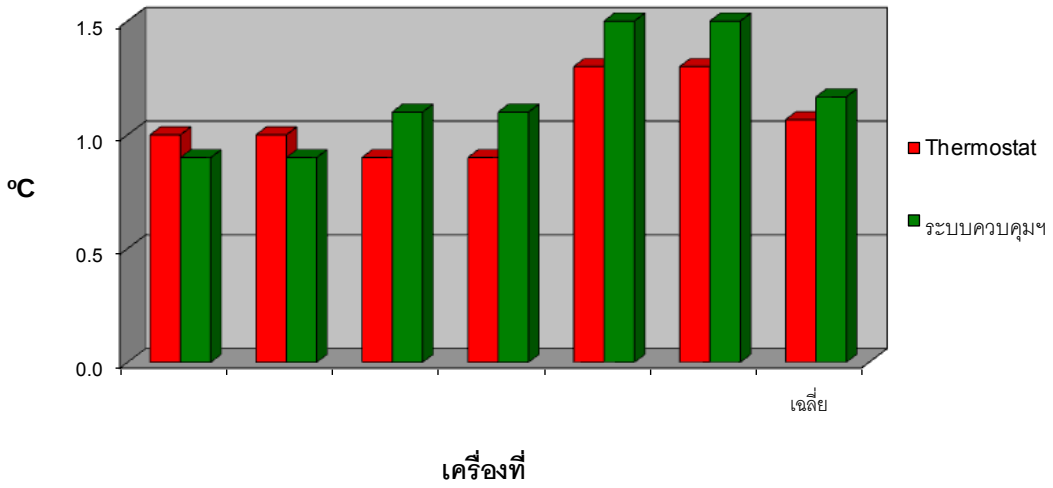
ผลจากการทดลองขั้นที่ 2 การติดตั้งและใช้งานระบบควบคุมฯ เพื่อใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ระยะไกล เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบัน พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลดลงอยู่ในช่วง 0.15 – 0.37 kWh/ชั่วโมง/ครื่อง ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง 0.27 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง หรือเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเฉลี่ย 14.70% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 7.2



แผนภูมิที่ 7.2 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า
ระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2

7.1.3 การทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2

ผลจากการทดลองขั้นที่ 2 การติดตั้ง Software ระบบควบคุมฯ เพื่อใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ระยะไกล เพิ่มเติมจากการตรวจสอบและควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศโดย Thermostat ประสิทธิภาพสูงโดยตรงเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จากเครื่องปรับอากาศทั้งหมดจำนวน 6 เครื่อง มีเครื่องปรับอากาศที่มีปริมาณการใช้พลังงานลดลงจำนวน 2 เครื่อง และมีเครื่องปรับอากาศที่มีปริมาณการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นจำนวน 4 เครื่อง โดยมีค่าที่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.01 – 0.08 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเพียง 0.03 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง หรือเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเพียง 1.95% ซึ่งมีค่าที่เพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบัน ดังแสดงในแผนภูมิที่ 7.3

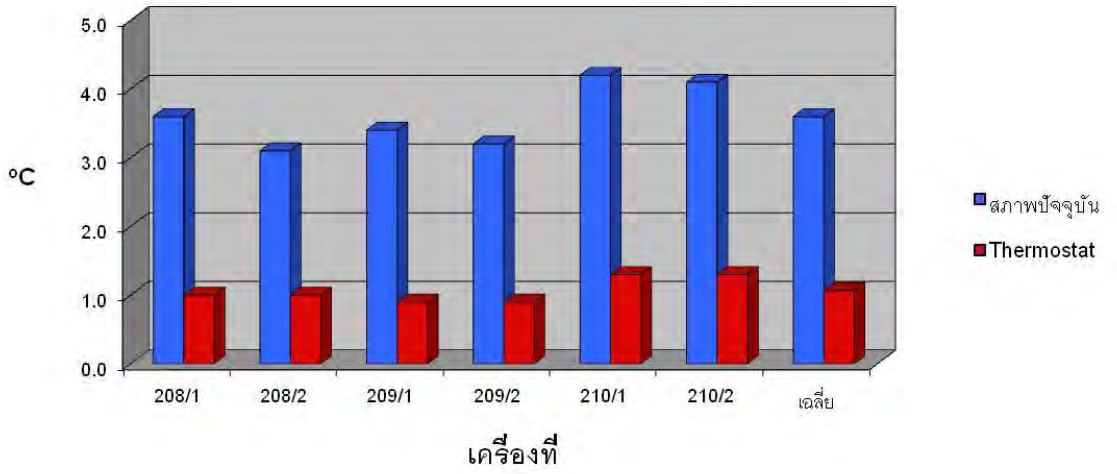


แผนภูมิที่ 7.3 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า
ระหว่างการทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2

7.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิ

7.2.1 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1

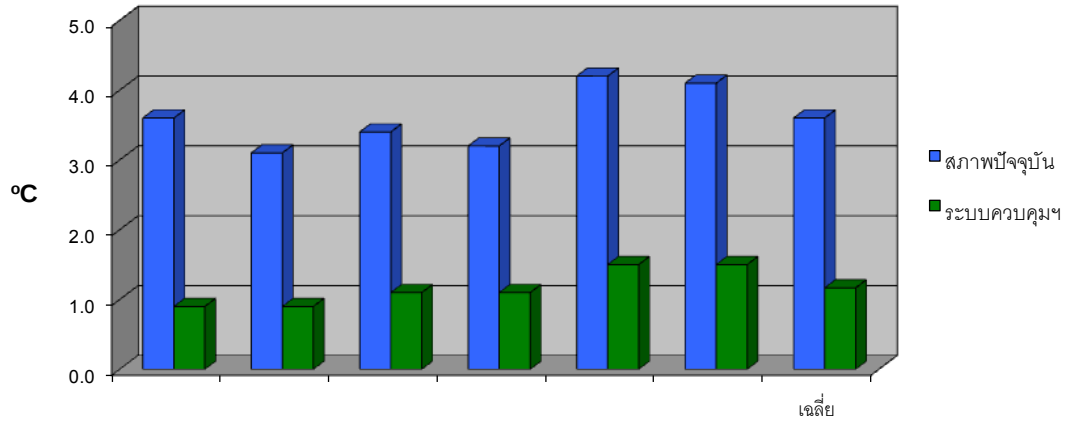
ผลจากการทดลองขั้นที่ 1 การติดตั้งและใช้งาน Thermostat ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนการใช้งาน Thermostat แบบเดิมตามสภาพปัจจุบัน เพื่อตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ผลต่างของค่าอุณหภูมิจริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ลดลงอยู่ในช่วง 2.1 – 2.9°C ต่อเครื่อง ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องจะมีผลต่างของค่าอุณหภูมิจริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ที่ลดลง 2.5°C หรือเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องมีผลต่างของค่าอุณหภูมิจริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ที่ลดลงเฉลี่ย 70.45% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 7.4



แผนภูมิที่ 7.4 การเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้
ระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1

7.2.2 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2

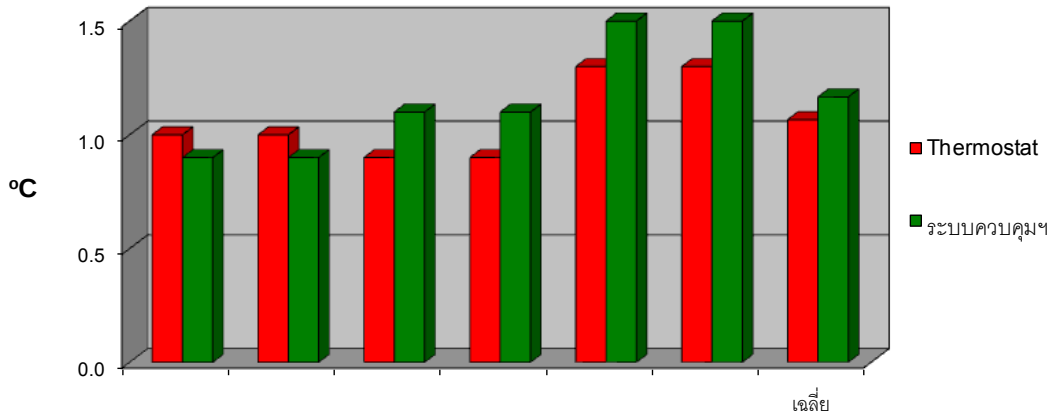
ผลจากการทดลองติดตั้งและใช้งานระบบควบคุมฯ เพื่อใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ระยะไกล เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบัน พบว่าผลต่างของค่าอุณหภูมิจริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ลดลงอยู่ในช่วง 2.1 – 2.7°C ต่อเครื่อง ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องจะมีผลต่างของค่าอุณหภูมิจริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ที่ลดลง 2.4°C หรือเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องมีผลต่างของค่าอุณหภูมิจริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ที่ลดลงเฉลี่ยประมาณ 67.82% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 7.5



แผนภูมิที่ 7.5 การเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้
ระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2

7.2.3 การทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2

ผลจากการทดลองติดตั้ง Software ระบบควบคุมฯ เพื่อใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ระยะไกล เพิ่มเติมจากการตรวจสอบและควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศโดย Thermostat ประสิทธิภาพสูงโดยตรงเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ผลต่างของค่าอุณหภูมิจริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat มีค่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จากเครื่องปรับอากาศทั้งหมดจำนวน 6 เครื่อง มีเครื่องปรับอากาศที่มีผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้ลดลงจำนวน 2 เครื่อง และมีเครื่องปรับอากาศที่มีผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้เพิ่มขึ้นจำนวน 4 เครื่อง โดยมีค่าที่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.1 – 0.2°C ต่อเครื่อง ซึ่งเฉลี่ยแล้วเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องจะมีผลต่างของค่าอุณหภูมิจริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ที่เพิ่มขึ้น 0.1°C หรือเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องมีผลต่างของค่าอุณหภูมิจริงในการปรับอากาศกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.20% ซึ่งมีค่าที่เพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบัน ดังแสดงในแผนภูมิที่ 7.6



แผนภูมิที่ 7.6 การเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าที่ตั้งไว้
ระหว่างการทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2

7.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat

7.3.1 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1

ผลจากการทดลองติดตั้งและใช้งาน Thermostat ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนการใช้งาน Thermostat แบบเดิมตามสภาพปัจจุบัน เพื่อตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ผู้ใช้พื้นที่ไม่ทำการปรับตั้งค่าที่ Thermostat เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ หรือส่งผลให้ความถี่ในการปรับตั้งค่าที่ Thermostat เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องลดลงอยู่ในช่วง 1.14 – 1.96 ครั้ง/วัน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วผู้ใช้พื้นที่มีการปรับตั้งค่าที่ Thermostat เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องลดลงประมาณ 1.67 ครั้ง/วัน หรือผู้ใช้พื้นที่มีการปรับตั้งค่าที่ Thermostat เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องที่ลดลง 100% ดังแสดงในตารางที่ 7.1

เครื่องที่	ค่าเฉลี่ยความถี่ในการปรับตั้ง (ครั้ง/วัน)	
	ในสภาพปัจจุบัน	ในการทดลองขั้นที่ 1
208/1	1.91	ไม่มีการปรับ
208/2	1.91	ไม่มีการปรับ
209/1	1.14	ไม่มีการปรับ
209/2	1.14	ไม่มีการปรับ
210/1	1.96	ไม่มีการปรับ
210/2	1.96	ไม่มีการปรับ
เฉลี่ย	1.67	-

ตารางที่ 7.1 การเปรียบเทียบความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat
ระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1

7.3.2 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2

ผลจากการทดลองติดตั้งและใช้งานระบบควบคุมฯ เพื่อใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ระยะไกล เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบัน พบว่าผู้ใช้พื้นที่ไม่ทำการปรับตั้งค่าที่ Thermostat เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ หรือส่งผลให้ความถี่ในการปรับตั้งค่าที่ Thermostat เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องลดลงอยู่ในช่วงประมาณ 1.14 – 1.96 ครั้ง/วัน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วผู้ใช้พื้นที่มีการปรับตั้งค่าที่ Thermostat เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องลดลง 1.67 ครั้ง/วัน หรือผู้ใช้พื้นที่มีการปรับตั้งค่าที่ Thermostat เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องที่ลดลง 100% ดังแสดงในตารางที่ 7.2

เครื่องที่	ค่าเฉลี่ยความถี่ในการปรับตั้ง (ครั้ง/วัน)	
	ในสภาพปัจจุบัน	ในการทดลองขั้นที่ 2
208/1	1.91	ไม่มีการปรับ
208/2	1.91	ไม่มีการปรับ
209/1	1.14	ไม่มีการปรับ
209/2	1.14	ไม่มีการปรับ
210/1	1.96	ไม่มีการปรับ
210/2	1.96	ไม่มีการปรับ
เฉลี่ย	1.67	-

ตารางที่ 7.2 การเปรียบเทียบความถี่ในการปรับตั้งค่า Thermostat
ระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2

7.3.3 การทดลองขั้นที่ 1 และการทดลองขั้นที่ 2

ผลจากการทดลองติดตั้ง Software ระบบควบคุมฯ เพื่อใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ระยะไกล เพิ่มเติมจากการตรวจสอบและควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศโดย Thermostat ประสิทธิภาพสูงโดยตรงเพียงอย่างเดียว ทั้ง 2 การทดลอง ผู้ใช้พื้นที่ไม่ทำการปรับตั้งค่าที่ Thermostat เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ หรือความถี่ในการปรับตั้งค่าที่ Thermostat ในทั้ง 2 การทดลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 7.3

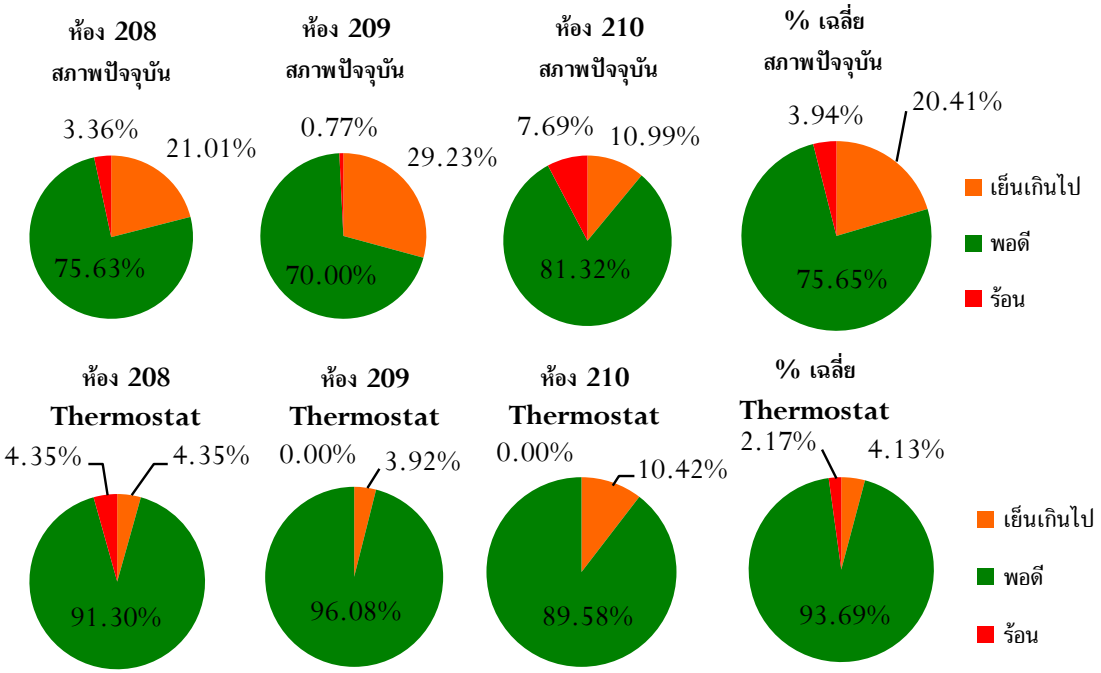
เครื่องที่	ค่าเฉลี่ยความถี่ในการปรับตั้ง (ครั้ง/วัน)	
	ในการทดลองขั้นที่ 1	ในการทดลองขั้นที่ 2
208/1	ไม่มีการปรับ	ไม่มีการปรับ
208/2	ไม่มีการปรับ	ไม่มีการปรับ
209/1	ไม่มีการปรับ	ไม่มีการปรับ
209/2	ไม่มีการปรับ	ไม่มีการปรับ
210/1	ไม่มีการปรับ	ไม่มีการปรับ
210/2	ไม่มีการปรับ	ไม่มีการปรับ
เฉลี่ย	-	-

ตารางที่ 7.3 การเปรียบเทียบความถี่ในการปรับตั้งค่า Thermostat
ระหว่างการทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2

7.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ

7.4.1 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1

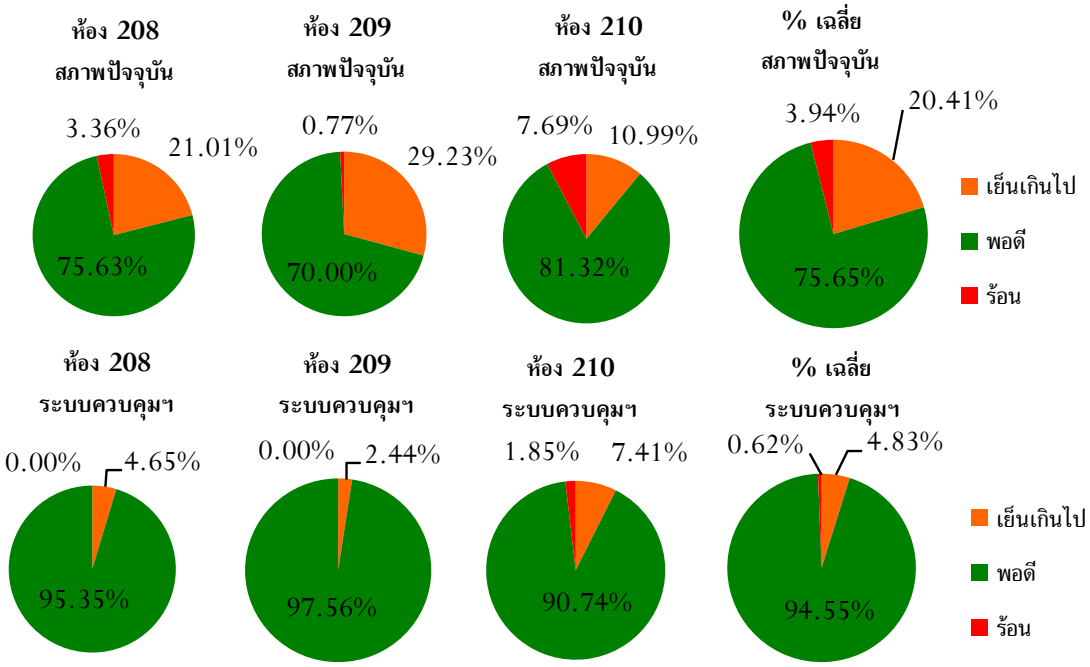
ผลจากการทดลองติดตั้งและใช้งาน Thermostat ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนการใช้งาน Thermostat แบบเดิมตามสภาพปัจจุบัน เพื่อตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 8.26 – 26.08% ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นประมาณ 18.04% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 7.1



แผนภูมิที่ 7.7 การเปรียบเทียบความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ
ระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 1

7.4.2 สภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2

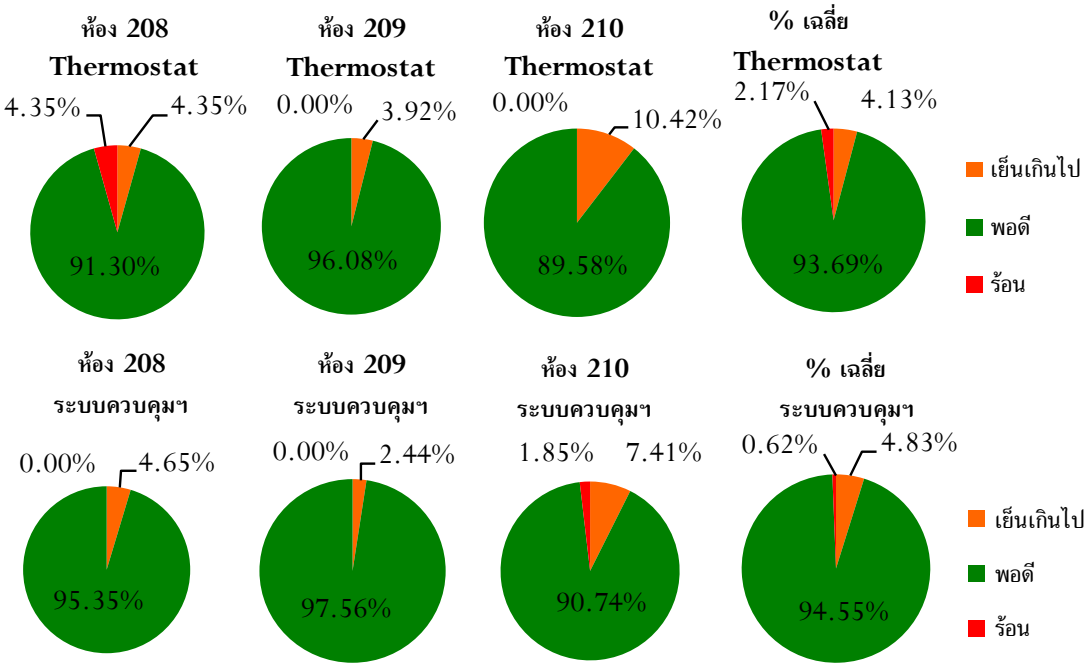
ผลจากการทดลองติดตั้งและใช้งานระบบควบคุมฯ เพื่อใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ระยะไกล เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบัน พบว่าผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 9.42 – 27.56% ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศที่เพิ่มขึ้น 18.90% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 7.2



แผนภูมิที่ 7.8 การเปรียบเทียบความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ
ระหว่างสภาพปัจจุบันกับการทดลองขั้นที่ 2

7.4.3 การทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2

ผลจากการทดลองติดตั้ง Software ระบบควบคุมฯ เพื่อใช้งานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ระยะไกล เพิ่มเติมจากการตรวจสอบและควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศโดย Thermostat ประสิทธิภาพสูงโดยตรงเพียงอย่างเดียว ทั้ง 2 การทดลองผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยในทุกห้องมีแนวโน้มค่าความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 1.16 – 4.04% ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศที่เพิ่มขึ้น 0.86% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 7.3



แผนภูมิที่ 7.9 การเปรียบเทียบความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ
ระหว่างการทดลองขั้นที่ 1 กับการทดลองขั้นที่ 2

บทที่ 8

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อทำการศึกษาสภาพปัญหาการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน เพื่อนำมาเป็นแนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมฯ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งระบบควบคุมฯ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ Hardware และ Software โดย Hardware คือ Thermostat ประสิทธิภาพสูง และ Software คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับตรวจสอบและควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศระยะไกลผ่านทาง Thermostat ประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในแก้ไขปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศ พร้อมทั้งทำการตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานระบบควบคุมฯ โดยการเปรียบเทียบกับสภาพในปัจจุบัน จึงแบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 เฟส ดังต่อไปนี้ เฟสที่ 1 ศึกษาการใช้งานและประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศโดยมีการใช้ Thermostat ตามสภาพเดิม เฟสที่ 2 ทำการทดลองขั้นที่ 1 โดยติดตั้ง Thermostat ประสิทธิภาพสูงแทนการใช้ Thermostat แบบเดิม และตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูง เฟสที่ 3 ทำการทดลองขั้นที่ 2 โดยติดตั้ง Software ระบบควบคุมฯ เพื่อตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านทาง Thermostat ประสิทธิภาพสูงและตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานระบบควบคุมฯ

จากการศึกษาสภาพในปัจจุบันพบว่า มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศเฉลี่ย 1.84 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง ค่าเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าที่ตั้งที่ Thermostat คือ 3.6°C/เครื่อง มีค่าเฉลี่ยความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ต่อเครื่อง 1.67 ครั้ง/วัน และมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศเท่ากับ 75.65%

การทดลองใช้งานระบบควบคุมฯ แทนการใช้ Thermostat แบบเดิม ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศลดลงเฉลี่ย 0.27 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเฉลี่ย 14.70% ต่อเครื่อง ทั้งนี้ในการทดลองใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูงเพียงอย่างเดียวและการใช้ระบบควบคุมฯ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันเฉลี่ย 1.55 kW/ชั่วโมง/เครื่อง

การทดลองใช้งานระบบควบคุมฯ แทนการใช้ Thermostat แบบเดิม ส่งผลให้ช่วงผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ลดลงเฉลี่ย 2.4°C คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ช่วงผลต่างอุณหภูมิที่ลดลงเฉลี่ย 67.82% ทั้งนี้การทดลองใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูงเพียงอย่างเดียวและการใช้ระบบควบคุมฯ ในการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศมีช่วงผลต่างอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันเฉลี่ย 1. 2°C

การทดลองใช้งานระบบควบคุมฯ แทนการใช้ Thermostat แบบเดิม ส่งผลให้ไม่มีการปรับตั้ง Thermostat จากผู้ใช้พื้นที่หรือความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ลดลง 100% ทั้งนี้การทดลองใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูงเพียงอย่างเดียวและการใช้ระบบควบคุมฯ ในการควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศส่งผลให้ไม่มีการปรับตั้ง Thermostat จากผู้ใช้พื้นที่เหมือนกันหรือทำให้ความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ลดลง 100%

การทดลองใช้งานระบบควบคุมฯ แทนการใช้ Thermostat แบบเดิม ส่งผลให้ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 18.90% ทั้งนี้การทดลองใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูงเพียงอย่างเดียวและการใช้ระบบควบคุมฯ ในการควบคุมการทำงาน เครื่องปรับอากาศมีค่าความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศที่ใกล้เคียงกัน โดยการใช้ระบบควบคุมฯ มีแนวโน้มค่าความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ Thermostat ประสิทธิภาพสูงเพียงอย่างเดียว โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.86%

จากรายละเอียดข้างต้น พิสูจน์ให้เห็นว่าเมื่อใช้งานระบบควบคุมฯ แทนการใช้งาน Thermostat แบบเดิม สามารถช่วยแก้ปัญหาในการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และส่งผลให้การควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น เนื่องจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อติดตั้งระบบควบคุมฯ แทนการใช้งาน Thermostat แบบเดิม แล้วส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงหรือมีประสิทธิการใช้พลังงานที่ดีขึ้น ผลต่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการปรับอากาศกับค่าที่ตั้งไว้ที่ Thermostat ลดลง การปรับตั้ง Thermostat จากผู้ใช้พื้นที่หรือความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ลดลง และความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่เพิ่มขึ้น

8.2 อภิปรายผลการวิจัย

ปัญหาจากการใช้งานระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพต่ำ

การใช้งาน Thermostat แบบเดิม ซึ่งมีค่าความละเอียดในการปรับตั้งอุณภูมิเพียง 1°C และมี Temperature Sensor เพียง 1 จุด ในการรับค่าอุณหภูมิเพื่อใช้ในการปิด-เปิดการทำงานของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ ทำให้ค่าผลต่างของอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat เฉลี่ยสูงถึง 3.6°C ส่งผลให้อุณหภูมิการปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศไม่ตรงกับความต้องการใช้งาน ความพึงพอใจต่ออุณหภูมิการปรับอากาศของผู้ใช้พื้นที่จึงมีค่าต่ำ (75.65%) ผู้ใช้พื้นที่จึงต้องทำการปรับตั้งค่าที่ Thermostat เพื่อให้มีค่าอุณหภูมิจริงในการปรับอากาศตรงกับความต้องการ ดังนั้นเครื่องปรับอากาศจึงอาจทำงานไม่เหมาะสมซึ่งอาจมากหรือน้อยเกินไปไม่สอดคล้องกับความต้องการ จึงเกิดเป็นความต้องการส่วนเกินส่งผลให้มีการใช้พลังงานเฉลี่ยที่สูงถึง 1.84 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง หากพิจารณารายละเอียดแล้ว ในทำนองเดียวกันนี้ อาจกล่าวได้ว่าหากระบบควบคุมหรืออุปกรณ์คุมที่ใช้มีสภาพที่เก่า ประสิทธิภาพที่ต่ำ และมีความแม่นยำในการทำงานที่ต่ำ จะส่งผลทำให้ผู้ใช้อาคารมีความพึงพอใจต่อผลการใช้งานระบบหรืออุปกรณ์นั้นๆ ที่ต่ำตามไปด้วย มีการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้น และเกิดเป็นค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการที่มากขึ้นตามไปด้วย

ประโยชน์จากการใช้งานระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูง

การใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูงและระบบควบคุมฯ ทดแทนการใช้งาน Thermostat แบบเดิม ซึ่งมีค่าความละเอียดในการปรับตั้งอุณภูมิถึง 0.1°C และมี Temperature Sensor 4 จุด กระจายทั่วบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ ในการรับค่าอุณหภูมิเพื่อใช้ในการปิด-เปิดการทำงานของ CDU ของเครื่องปรับอากาศ ทำให้ค่าอุณหภูมิการปรับอากาศที่ใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ใช้ ส่งผลให้มีช่วงผลต่างของอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat เฉลี่ยลดลงจากเดิม 2.5°C หรือลดลงเฉลี่ย 69.14% ผู้ใช้พื้นที่จึงมีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศเฉลี่ยที่เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม 18.47% และไม่ปรับตั้งค่าที่ Thermostat หรือความถี่ในการปรับตั้ง Thermostat ลดลง 100% ดังนั้นการทำงานของเครื่องปรับอากาศจึงสม่ำเสมอเป็นมาตรฐานเดียวกันและเหมาะสม ส่งผลให้มีการใช้พลังงานลดลง0.29 kWh/ชั่วโมง/เครื่อง หรือลดลงเฉลี่ย 15.53% ต่อเครื่อง หากพิจารณารายละเอียดแล้ว ในทำนองเดียวกันนี้ อาจกล่าวได้ว่าหากระบบประกอบอาคารหรืออุปกรณ์ประกอบอาคารที่ใช้ทันสมัย มีประสิทธิภาพ และมีความแม่นยำในการทำงานสูง ทำให้ผู้ใช้อาคารมีความพึงพอใจต่อผลการใช้งานระบบหรืออุปกรณ์นั้นๆ สูงขึ้นตามไปด้วย มีการใช้พลังงานที่เหมาะสมหรือลดลงจากการใช้ระบบประกอบอาคารหรืออุปกรณ์ที่เก่า ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการก็จะลดลงตามไปด้วย

ประสิทธิภาพระบบควบคุมกับงานด้านบริหารทรัพยากรกายภาพ

จากรายละเอียดข้างต้นทำให้ทราบว่าประสิทธิภาพของระบบควบคุมอาคารส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร การใช้พลังงาน และต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านบริหารทรัพยากรกายภาพ จากข้อค้นพบดังกล่าว อาจกล่าวได้ระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูง ก็จะส่งผลให้ความพึงพอใจของผู้ใช้อาคารสูงขึ้นตามไปด้วย อาคารมีการใช้พลังงานที่ลดลง และมีต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านบริหารทรัพยากรกายภาพที่ลดลง

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบควบคุมอาคารจึงเป็นงานที่ผู้บริหารทรัพยากรกายภาพต้องให้ความสำคัญ เนื่องจากส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร การใช้พลังงาน และต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านบริหารทรัพยากรกายภาพ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงคุณค่า (Value) ของการดำเนินงานด้านบริหารทรัพยากรกายภาพทั้งสิ้น ทั้งนี้การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุมมีวิธีการอีกหลายวิธี เช่น การใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อช่วยให้การควบคุมการทำงานที่มีความละเอียดและแม่นยำมากยิ่งขึ้น การปรับปรุงโปรแกรมการทำงานของระบบควบคุมให้สอดคล้องกับการใช้อาคารหรือความต้องการของผู้ใช้อาคาร การติดตั้งระบบควบคุมที่ทั่วถึงการพิจารณาปัจจัยในหลายๆ ด้านเพื่อพัฒนาระบบควบคุมให้สามารถประหยัดพลังงานมากยิ่งขึ้น เช่น การพิจารณาปิด-เปิด การทำงาน CDU ของระบบปรับอากาศที่ผ่านมามักพิจารณาเฉพาะค่าอุณหภูมิ ซึ่งหากพิจารณาค่าความชื้นร่วมด้วย ในบางช่วงเวลาอาจเพิ่มค่าอุณหภูมิในการปิด-เปิด การทำงานของ CDU เพื่อการประหยัดพลังงานได้ การพัฒนาระบบควบคุมเพื่อลดภาระและประสิทธิภาพการทำงาน เช่น การจดบันทึก ฯลฯ

การเพิ่มความสามารถให้กับงานด้าน FM

การนำเทคโนโลยีมาใช้ในงานด้าน FM สามารถช่วยเพิ่มความสามารถให้กับงานด้าน FM ได้ ทั้งนี้ก็จำเป็นที่จะต้องเลือกนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้งานให้เหมาะสม จากผลการวิจัยในการทดลองใช้งานระบบควบคุมฯ แทน Thermostat แบบเดิม แสดงให้เห็นแล้วว่า เมื่อนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้อย่างเหมาะสมแล้ว สามารถช่วยเพิ่มความสามารถให้กับงานด้าน FM ได้จริง โดยช่วยในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพในการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ได้แก่ การปรับตั้งเวลาการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับการใช้งานพื้นที่ของผู้ใช้ การตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และลดจำนวนบุคคลากรหรือลดภาระงานในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งการมีระบบที่สามารถจัดเก็บและนำฐานข้อมูลของเครื่องปรับอากาศมาใช้ได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วมากขึ้น ทำให้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาช่วยในการดำเนินงานด้าน FM ได้ดีและมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้ข้อมูลในการวางแผนการดำเนินงานด้าน O&M ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

ทั้งนี้ระบบควบคุมฯ ยังช่วยทำให้อุณหภูมิการปรับอากาศมีค่าใกล้เคียงกับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ Thermostat มากขึ้นหรือใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น ทำให้ผู้ใช้พื้นที่มีความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศเพิ่มขึ้น มีการปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ลดลง การทำงานของเครื่องปรับอากาศจึงเป็นมาตรฐานเดียวกัน มีการใช้พลังงานส่วนเกินที่ลดลง จึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศที่ลดลงหรือมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น

การให้ความรู้ในการใช้ระบบควบคุมฯ กับผู้ใช้

เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์หรือระบบประกอบอาคารเพิ่มเติมขึ้นจากเดิมก็จำเป็นที่จะต้องมีการให้ความรู้แก่ผู้ใช้และผู้ดูแลระบบดังกล่าว เพื่อให้สามารถใช้งานหรือดูแลระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ระบบมีอายุการใช้งานยาวนาน รวมทั้งลดข้อผิดพลาดหรือความเสียหายที่อาจเกิดจากผู้ใช้หรือผู้ดูแลระบบขาดความรู้ ทั้งนี้ในการติดตั้งระบบควบคุมฯ ก็เช่นเดียวกัน ในการดำเนินงานวิจัยก็จำเป็นที่จะต้องให้ความรู้แก่ผู้ใช้และผู้ดูแลระบบดังกล่าว เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง เพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากผู้ใช้ระบบขาดความรู้ในการงาน ไม่สามารถใช้งานระบบได้ หรือใช้งานระบบไม่ถูกต้อง จนอาจส่งผลให้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยเกิดความคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดขึ้นได้

ข้อสังเกตในการปรับตั้ง Thermostat

จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูง หรือระบบควบคุมฯ แทนการใช้งาน Thermostat แบบเดิมส่งผลให้ผู้ใช้งานเครื่องปรับอากาศไม่มีปรับตั้งค่าที่ Thermostat หรือการปรับตั้งค่าที่ Thermostat ลดลง 100% ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้อาจเกิดจากผู้ใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูง หรือระบบควบคุมฯ ขาดความรู้และความเข้าใจในการใช้งาน จึงส่งผลให้ผู้ใช้ไม่สามารถหรือไม่กล้าที่ปรับตั้งการทำงานของ Thermostat ประสิทธิภาพสูง หรือระบบควบคุมฯ ที่ทดลองใช้ในการวิจัยนี้ ดังนั้นหากต้องการให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ก็อาจจำเป็นที่จะต้องมีการอบรมหรือให้ความรู้ในการใช้งาน Thermostat ประสิทธิภาพสูง หรือระบบควบคุมฯ ก่อนดำเนินการทดลองใช้งาน

8.3 ข้อเสนอแนะ

อย่างไรก็ตามการวิจัยในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น ระยะเวลา สภาพแวดล้อมของสถานที่ทำทดลอง เงินทุน ฯลฯ ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการศึกษาจึงทำให้ทราบผลในภาพรวมที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น โดยใช้ความซ้ำและความเหมือนจากกลุ่มการทดลองเพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงและอธิบายปรากฏการณ์จริงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง ทั้งนี้หากต้องการพิสูจน์ข้อเท็จจริงที่มีความเฉพาะเจาะจงละเอียด และเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น ก็จำเป็นต้องควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ในการทดลองให้เหมือนกันหรือการลดตัวแปรต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการผลทดลองให้มากที่สุด เช่น การควบคุมสภาพอากาศ (อุณหภูมิ ความชื้น ฯลฯ) การควบคุมตำแหน่งที่ตั้ง การควบคุมขนาดและจำนวนผู้ใช้พื้นที่ การควบคุมคุณสมบัติอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ฯลฯ

ระบบควบคุมฯ ในงานวิจัยนี้ ยังเป็นระบบต้นแบบและสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ในหลายๆ ด้าน ดังนั้นจึงขอเสนอแนะแนวทางที่สามารถนำไปพัฒนาดังต่อไปนี้

- การออกแบบและสร้างขนาดแผงวงจรให้มีขนาดที่เหมาะสม (ไม่ใหญ่เกินไป) เพื่อลดต้นทุน
- การเลือกใช้ Microprocessor, Relay และอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ที่มีคุณสมบัติเหมาะกับความต้องการใช้งาน (ไม่มากเกินไป) เพื่อลดต้นทุน
- การปรับปรุง Temperature Sensor กับ Thermostat ประสิทธิภาพสูง ให้มีการเชื่อมต่อและส่งถ่ายข้อมูลแบบ Wireless เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง
- การพัฒนาและปรับปรุงการปิด-เปิด การทำงาน CDU ของเครื่องปรับอากาศ โดยพิจารณาความชื้นร่วมด้วย (ติดตั้ง Humidity Sensor เพิ่มเติม) เพื่อใช้ในการพิจารณาปิด-เปิด การทำงานของ CDU โดยใช้เกณฑ์ของ Comfort Zone ที่เหมาะสม สามารถช่วยให้ในบางช่วงเวลาอาจเพิ่มค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการปิด-เปิด การทำงานของ CDU ซึ่งจะช่วยให้สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- การพัฒนาระบบควบคุมฯ ให้สามารถควบคุมการใช้งานระบบประกอบอาคารอื่นให้ได้มากยิ่งขึ้น เช่น การปิด-เปิดประตูห้อง, การปิด-เปิด Projector, ฯลฯ
- การพัฒนาระบบควบคุมฯ ในการช่วยลดภาระและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน เช่น ให้สามารถใช้ปรับในงานด้านบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพให้มากยิ่งขึ้น เช่น การจัดเก็บฐานข้อมูลระบบประกอบอาคารทั้งหมด, การจัดเก็บประวัติการบำรุงรักษาระบบประกอบอาคาร ฯลฯ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. คู่มือชุดความรู้ การอนุรักษ์พลังงานสำหรับสำนักงาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2548.

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. เครื่องปรับอากาศ AIR CONDITIONER. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2541.

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. ระบบการจัดการพลังงานในอาคาร (BUILDING AUTOMATION SYSTEM). ชุด ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2541.

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. ระบบปรับอากาศ (AIR-CONDITIONING SYSTEM & THERMOSTAT). ชุด ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2541.

เกรียงไกร ชัยสิม. ผู้จัดการฝ่าย Automation & Control Solutions Business Development, บริษัท ฮันนี่เวลล์ ซิสเต็มส์ (ไทยแลนด์) จำกัด. สัมภาษณ์, 9 กุมภาพันธ์ 2554.

จักราวุธ จันดามี. ผู้จัดการฝ่าย Technical Support Automation Controls, บริษัท เมสัน อะคูสติกส์ จำกัด. สัมภาษณ์, 14 กุมภาพันธ์ 2554.

ดอนสัน ปงผาบ. ไมโครคอนโทรเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน 1. 1,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550.

ดอนสัน ปงผาบ. ไมโครคอนโทรเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน 2. 1,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2551.

ธนารักษ์ ธีระมั่นคง. เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. ระบบคอมพิวเตอร์และภาษาแอสเซมบลี (ฉบับปรับปรุง). 2,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2551.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. ไมโครโปรเซสเซอร์ Microprocessor. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท้อป, 2551.

นคร เตชะไพฑูรย์. ผู้จัดการฝ่าย Security Business, บริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด. สัมภาษณ์, 15 กุมภาพันธ์ 2554.

บุญยืน นรัจฉริยางกูร. ผู้จัดการฝ่ายขายทั่วไปด้าน Consultant Building Market, บริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด. สัมภาษณ์, 15 กุมภาพันธ์ 2554.

บัณฑิต จุลาสัย และ เสริชย์ โชติพานิช. การบริหารทรัพยากรกายภาพ. 1,000 เล่ม, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ปรีชญา สิทธิพันธุ์. Research Process. เอกสารประกอบการสอน วิชา วิธีวิทยาการวิจัยทางสถาปัตยกรรม ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2552, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรจิต ประทุมสุวรรณ. แมคคาทรอนิกส์ (เล่มที่ 1) การควบคุมงานกลด้วยไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2550.

พวัสส์ พรสุริยวัฒน์. ผู้จัดการด้านบัญชีฝ่าย Automation & Control Solutions, บริษัท ฮันนี่เวลล์ ซิสเต็มส์ (ไทยแลนด์) จำกัด. สัมภาษณ์, 9 กุมภาพันธ์ 2554.

พิพัฒน์ หิรัณย์วณิชชากร. ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครื่อข่ายคอมพิวเตอร์. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

ภาณุพงศ์ เวสสะโกศล. ผู้จัดการฝ่าย Building Automation Building Market Business, บริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด. สัมภาษณ์, 15 กุมภาพันธ์ 2554.

สุธิกานต์ วงษ์เสถียร. ระบบไฟฟ้า-ควบคุมเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สกายบุ๊กส์, 2549.

สุวิพล สุทธีชีวภาค. เทคโนโลยีของโลคัลเนตเวอร์ค Local Network Technology. ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 300 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2535.

เสริชย์ โชติพานิช. การวิจัยในสาขาการบริหารทรัพยากรกายภาพ. เอกสารประกอบการสอน วิชา การบริหารทรัพยากรกายภาพ ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2552, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสริชย์ โชติพานิช. การบริหารทรัพยากรกายภาพ: หลักการและทฤษฎี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

อนุสรณ์ อินทองคุ้ม. แนะนำชุดควบคุมระบบปรับอากาศ ตอนที่ 1. บทความวิชาการ ชุดที่ 12. สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย.

อิทธิกรณ์ อิทธิอาวัชกุล. วิศวกรฝ่ายขายด้าน Controls Systems, บริษัท จอห์นสัน คอนโทรลส์ อินเตอร์เนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด. สัมภาษณ์, 15 กุมภาพันธ์ 2554.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C (Programming with C). กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2552.

ภาษาอังกฤษ

Bernard Williams Associates. Facilities economics. 1st ed. United Kingdom: Antony Rowe, 1996.

Mellon, R. Cool Runnings. Facility Perspectives. Volume 5 Number 1 (March – May 2011): 16-18.

Nutt, B. and McLennan, P. Facility Management; Risk and opportunities. United Kingdom: Blackwell Science, 2000.

Rondeau, E. P., Brown, R. K., and Lapides, P. D. Facility Management. 2nd ed. United States of America: John Wiley & Sons, 2006.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างผลการสำรวจการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

ตารางเก็บข้อมูลการใช้เครื่องปรับอากาศ

หมายเลขห้อง 208

วันที่ 1 เดือน ม.ค. พ.ศ. ๒๕๕๙

ช่วงเวลา	การขอใช้ห้อง		จำนวนผู้ใช้ห้อง (คน)	AC#01 (ท้ายห้อง)						AC#02 (หน้าห้อง; ติดกระดาน)					
	มี	ไม่มี		การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat				การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat			
				ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)	ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)
08.00 - 09.00		✓	๐	✓	✓	✓			๒๗	✓	✓	✓			๒๙
09.00 - 10.00		✓	๒๑	✓	✓	✓			๒๗	✓	.	✓			๒๙
10.00 - 11.00		✓	๐	✓	✓	✓			๒๗	✓		✓			๒๙
11.00 - 12.00		✓	๐	✓	✓	✓			๒๗	✓		✓			๒๙
12.00 - 13.00		✓	๐	✓	.	✓			๒๗	✓		✓			๒๙
13.00 - 14.00		✓	๐	✓		✓			๒๗	✓		✓			๒๙
14.00 - 15.00		✓	๐	✓		✓			๒๗	✓		✓			๒๙
15.00 - 16.00		✓	๐	✓		✓			๒๗	✓		✓			๒๙
16.00 - 17.00	✓		๒๐		✓	✓			๒๗			✓			๒๙
17.00 - 18.00	✓		๒๐		✓		✓		๒๖				✓		๒๕
18.00 - 19.00	✓		๒๐		✓	✓			๒๖			✓			๒๕
19.00 - 20.00															
20.00 - 21.00															
21.00 - 22.00															
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)				๑๐๕ - ๑๑๑						๑๑๘ - ๑๒๑					
ชั่วโมงการทำงาน (hr)				๑๕๐.๗, ๒						๑๕๓๕, ๗					

หมายเหตุ : 1) L = Low, M = Medium, H = High

ตารางเก็บข้อมูลการใช้เครื่องปรับอากาศ

หมายเลขห้อง 209

วันที่ 1 เดือน 12 พ.ศ. 2553

ช่วงเวลา	การขอใช้ห้อง		จำนวนผู้ใช้ห้อง (คน)	AC#01 (ท้ายห้อง)						AC#02 (หน้าห้อง, ติดกระดาน)					
	มี	ไม่มี		การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat				การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat			
				ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)	ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)
08.00 - 09.00		✓	0	✓	✓	✓			25		✓	✓			25
09.00 - 10.00	✓	✓	30	✓	✓	✓			25		✓	✓			25
10.00 - 11.00	✓	✓	30	✓	✓	✓			25		✓	✓			25
11.00 - 12.00	✓	✓	30	✓	✓	✓		✓	25	✓		✓		✓	25
12.00 - 13.00	✓	✓	0	✓		✓			25	✓		✓			25
13.00 - 14.00		✓	0	✓	✓	✓			25	✓		✓			25
14.00 - 15.00		✓	0	✓	✓	✓			25	✓		✓			25
15.00 - 16.00		✓	0	✓		✓			25	✓		✓			25
16.00 - 17.00	✓	✓	0	✓		✓			25	✓		✓			25
17.00 - 18.00															
18.00 - 19.00															
19.00 - 20.00															
20.00 - 21.00															
21.00 - 22.00															
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)				205 358 - 361						14 8 205 - 228					
ชั่วโมงการทำงาน (hr)				1507.2						1538.7					

หมายเหตุ : 1) L = Low, M = Medium, H = High

ตารางเก็บข้อมูลการใช้เครื่องปรับอากาศ

หมายเลขห้อง 210

วันที่ 1 เดือน 12 พ.ศ. 63

ช่วงเวลา	การขอใช้ห้อง		จำนวนผู้ใช้ห้อง (คน)	AC#01 (ท้ายห้อง)						AC#02 (หน้าห้อง, ติดกระดาน)					
	มี	ไม่มี		การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat				การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat			
				ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)	ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)
08.00 - 09.00		✓	0		✓			✓	๑๐		✓		✓		๒๕
09.00 - 10.00		✓	1		✓			✓	๒๐		✓		✓		๒๕
10.00 - 11.00	✓		๓๐		✓	✓		✓	๒๐		✓	✓	✓		๒๕
11.00 - 12.00	✓		๓๐		✓	✓		✓	๒๐		✓	✓	✓		๒๕
12.00 - 13.00		✓	0	✓				✓	๒๐	✓			✓		๒๕
13.00 - 14.00		✓	๑	✓				✓	๒๐	✓			✓		๒๕
14.00 - 15.00		✓	0	✓				✓	๒๐	✓			✓		๒๕
15.00 - 16.00		✓	0	✓				✓	๒๐	✓			✓		๒๕
16.00 - 17.00		✓	๐					✓	๒๐	✓			✓		๒๕
17.00 - 18.00															
18.00 - 19.00															
19.00 - 20.00															
20.00 - 21.00															
21.00 - 22.00															
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)				20.5						220					
ชั่วโมงการทำงาน (hr)				1533.7						1533.7					

หมายเหตุ : 1) L = Low, M = Medium, H = High

ตารางเก็บข้อมูลการใช้เครื่องปรับอากาศ

หมายเลขห้อง 208

วันที่ 4 เดือน 12 พ.ศ. 53

ช่วงเวลา	การขอใช้ห้อง		จำนวน	AC#01 (ท้ายห้อง)						AC#02 (หน้าห้อง; ติดกระดาน)					
	มี	ไม่มี	ผู้ใช้ห้อง (คน)	การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat				การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat			
				ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)	ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)
08.00 - 09.00		✓	0	✓	.	/			25	/	.	/			25
09.00 - 10.00	/		6	✓		/			25	/		/			25
10.00 - 11.00	/		6	✓		/			25	/		/			25
11.00 - 12.00	/	/	6	✓		/			25	/		/	/		25
12.00 - 13.00		/	0	✓	.	/			25	/		/			25
13.00 - 14.00	/		0	/	/	/			25		/	/			25
14.00 - 15.00	/	X	20		✓	/			25		/	/			25
15.00 - 16.00	/	X	20		✓	/			25		/	/			25
16.00 - 17.00	/	X	28		✓	/			25		/	/			25
17.00 - 18.00															
18.00 - 19.00															
19.00 - 20.00															
20.00 - 21.00															
21.00 - 22.00															
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)				217						227					
ชั่วโมงการทำงาน (hr)				1530.3						1556.9					

หมายเหตุ : 1) L = Low, M = Medium, H = High

ตารางเก็บข้อมูลการใช้เครื่องปรับอากาศ

หมายเลขห้อง 209 ๒๐๙

วันที่ ๒๑ เดือน ๑๒ พ.ศ. ๕๓

ช่วงเวลา	การขอใช้ห้อง		จำนวนผู้ใช้ห้อง (คน)	AC#01 (ท้ายห้อง)						AC#02 (หน้าห้อง; ติดกระดาน)					
	มี	ไม่มี		การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat				การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat			
				ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)	ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)
08.00 - 09.00	✓		1		✓	✓			๒๘		✓	✓			๒๙
09.00 - 10.00	✓		30		✓	✓			๒๘		✓	✓			๒๙
10.00 - 11.00	✓		30		✓	✓			๒๘		✓	✓			๒๙
11.00 - 12.00	✓		3		✓	✓			๒๘		✓	✓			๒๙
12.00 - 13.00	✓		3		✓	✓			๒๘		✓	✓			๒๙
13.00 - 14.00	✓		33		✓	✓			๒๘		✓	✓			๒๙
14.00 - 15.00	✓		33		✓	✓			๒๘		✓	✓			๒๙
15.00 - 16.00	✓	✓	0	✓		✓			๒๘	✓		✓			๒๙
16.00 - 17.00	✓	✓	00	✓		✓			๒๘	✓		✓			๒๙
17.00 - 18.00															
18.00 - 19.00															
19.00 - 20.00															
20.00 - 21.00															
21.00 - 22.00															
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)				365						๒๔๓					
ชั่วโมงการทำงาน (hr)				1556858						1556858					

หมายเหตุ : 1) L = Low, M = Medium, H = High

ตารางเก็บข้อมูลการใช้เครื่องปรับอากาศ

หมายเลขห้อง 210

วันที่ 02 เดือน 12 พ.ศ. 58

ช่วงเวลา	การขอใช้ห้อง		จำนวนผู้ใช้ห้อง (คน)	AC#01 (ท้ายห้อง)						AC#02 (หน้าห้อง; ดิดกระดาน)					
	มี	ไม่มี		การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat				การใช้งาน		การตั้งค่า Thermostat			
				ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)	ปิด (OFF)	เปิด (ON)	ความเร็วลม L	ความเร็วลม M	ความเร็วลม H	อุณหภูมิ (°C)
08.00 - 09.00		✓	0		✓		✓		24		✓	✓			20
09.00 - 10.00	✓		30		✓		✓		24		✓	✓			20
10.00 - 11.00	✓		30		✓		✓		24		✓	✓			20
11.00 - 12.00	✓		30		✓		✓		24		✓	✓			20
12.00 - 13.00		✓	0	✓			✓		24	✓		✓			20
13.00 - 14.00		✓	0	✓			✓		24	✓		✓			20
14.00 - 15.00		✓	0	✓			✓		24	✓		✓			20
15.00 - 16.00		✓	0	✓			✓		24	✓		✓			20
16.00 - 17.00		✓	0	✓			✓		24	✓		✓			20
17.00 - 18.00															
18.00 - 19.00															
19.00 - 20.00															
20.00 - 21.00															
21.00 - 22.00															
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)				210						239					
ชั่วโมงการทำงาน (hr)				1556,8						1556,8					

หมายเหตุ : 1) L = Low, M = Medium, H = High

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [/] ชาย [ ] หญิง

ระดับการศึกษา [/] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

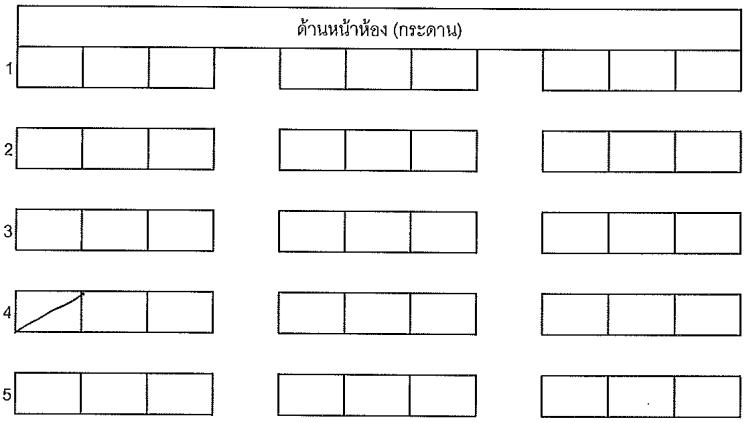
หมายเลขห้องที่ใช้ 210

วันที่ 0 2 เดือน 1 2 พ.ศ. 2 5 5 3

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	/
10.00 - 11.00	/
11.00 - 12.00	/
12.00 - 13.00	/
13.00 - 14.00	/
14.00 - 15.00	/
15.00 - 16.00	/
16.00 - 17.00	/
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
	X	

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)



หมายเหตุ : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่องช่วงเวลาที่ห้องสามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [/] ชาย [ ] หญิง

ระดับการศึกษา [/] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 210

วันที่ 0 2 เดือน 1 2 พ.ศ. 2 5 5 3

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	✓
10.00 - 11.00	✓
11.00 - 12.00	✓
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	/
14.00 - 15.00	/
15.00 - 16.00	/
16.00 - 17.00	/
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
	✓	

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

	ด้านหน้าห้อง (กระดาน)								
1									
2									
3									
4									
5			✓						

<u>หมายเหตุ</u> : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่อง<u>ช่วงเวลาที่ห้อง</u>สามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [ ] ชาย [/] หญิง

ระดับการศึกษา [✓] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 210

วันที่ 0 2 เดือน 1 2 พ.ศ. 2 5 5 3

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	✓
10.00 - 11.00	/
11.00 - 12.00	✓
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	✓
14.00 - 15.00	/
15.00 - 16.00	/
16.00 - 17.00	/
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
	/	

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

	ด้านหน้าห้อง (กระดาน)								
1									
2									
3									
4									
5	/								

หมายเหตุ : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่องช่วงเวลาที่ห้องสามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [/] ชาย [ ] หญิง

ระดับการศึกษา [/] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 209

วันที่ 0 2 เดือน 1 2 พ.ศ. 2 5 5 3

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	/
10.00 - 11.00	/
11.00 - 12.00	/
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	
14.00 - 15.00	
15.00 - 16.00	
16.00 - 17.00	
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
/		

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

	ด้านหน้าห้อง (กระดาน)								
1									
2									
3									
4									
5					/				

<u>หมายเหตุ</u> : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่อง<u>ช่วงเวลาที่ห้อง</u>สามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ ☐ ชาย ☑ หญิง

ระดับการศึกษา ☑ ป.ตรี ☐ ป.โท ☐ ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 209

วันที่ 0 2 เดือน 1 2 พ.ศ. 2 5 5 3

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	✓
10.00 - 11.00	✓
11.00 - 12.00	✓
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	
14.00 - 15.00	
15.00 - 16.00	
16.00 - 17.00	
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
	✓	

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

	ด้านหน้าห้อง (กระดาน)								
1									
2									
3									
4									
5						✓			

<u>หมายเหตุ</u> : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่อง<u>ช่วงเวลาที่ห้อง</u>สามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [ ] ชาย [√] หญิง

ระดับการศึกษา [√] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 209

วันที่ 0 2 เดือน 1 2 พ.ศ. 2 5 5 3

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	√
10.00 - 11.00	√
11.00 - 12.00	√
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	
14.00 - 15.00	
15.00 - 16.00	
16.00 - 17.00	
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
√		

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

	ด้านหน้าห้อง (กระดาน)								
1									
2									
3									
4									
5				√					

<u>หมายเหตุ</u> : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่อง<u>ช่วงเวลาที่ห้อง</u>สามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [/] ชาย [ ] หญิง

ระดับการศึกษา [/] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 209

วันที่ [ ][/] เดือน [1][2] พ.ศ. [2][5][5][3]

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	
10.00 - 11.00	
11.00 - 12.00	
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	
14.00 - 15.00	
15.00 - 16.00	
16.00 - 17.00	
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
	/	

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

	ด้านหน้าห้อง (กระดาน)								
1									
2									
3									
4									
5								/	

<u>หมายเหตุ</u> : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่อง<u>ช่วงเวลาที่ห้อง</u>สามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [/] ชาย [ ] หญิง

ระดับการศึกษา [/] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 210

วันที่ 07 เดือน 12 พ.ศ. 2553

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	/
10.00 - 11.00	/
11.00 - 12.00	/
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	
14.00 - 15.00	
15.00 - 16.00	
16.00 - 17.00	
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
	/	

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

	ด้านหน้าห้อง (กระดาน)								
1									
2	/								
3									
4									
5									

<u>หมายเหตุ</u> : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่อง<u>ช่วงเวลาที่ห้อง</u>สามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [ ] ชาย [✓] หญิง

ระดับการศึกษา [✓] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 210

วันที่ 0 3 เดือน 1 2 พ.ศ. 2 5 5 3

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	✓
10.00 - 11.00	✓
11.00 - 12.00	✓
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	
14.00 - 15.00	
15.00 - 16.00	
16.00 - 17.00	
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
	✓	

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

	ด้านหน้าห้อง (กระดาน)								
1									
2									
3									
4					✓				
5									

<u>หมายเหตุ</u> : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่อง<u>ช่วงเวลาที่ห้อง</u>สามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [ ] ชาย [/] หญิง

ระดับการศึกษา [/] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 210

วันที่ [ ][3] เดือน [1][2] พ.ศ. [2][5][5][3]

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	✓
10.00 - 11.00	✓
11.00 - 12.00	✓
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	
14.00 - 15.00	
15.00 - 16.00	
16.00 - 17.00	
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
✓		

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

ด้านหน้าห้อง (กระดาน)

1									
2						X			
3									
4									
5									

หมายเหตุ : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่องช่วงเวลาที่ห้องสามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [ ] ชาย [✓] หญิง

ระดับการศึกษา [✓] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 210

วันที่ [ ][3] เดือน [1][2] พ.ศ. [2][5][5][3]

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	✓
10.00 - 11.00	✓
11.00 - 12.00	✓
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	
14.00 - 15.00	
15.00 - 16.00	
16.00 - 17.00	
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
	✓	

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

ด้านหน้าห้อง (กระดาน)

1									
2									
3			/						
4									
5									

<u>หมายเหตุ</u> : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่อง<u>ช่วงเวลาที่ห้อง</u>สามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

แบบสอบถามความพึงพอใจอุณภูมิการปรับอากาศภายในห้อง

ข้อมูลส่วนตัว

เพศ [/] ชาย [ ] หญิง

ระดับการศึกษา [/] ป.ตรี [ ] ป.โท [ ] ป.เอก

หมายเลขห้องที่ใช้ 210

วันที่ 03 เดือน 12 พ.ศ. 2553

ช่วงเวลาที่ใช้ห้อง	
08.00 - 09.00	
09.00 - 10.00	
10.00 - 11.00	
11.00 - 12.00	
12.00 - 13.00	
13.00 - 14.00	
14.00 - 15.00	
15.00 - 16.00	
16.00 - 17.00	
17.00 - 18.00	
18.00 - 19.00	
19.00 - 20.00	
20.00 - 21.00	
21.00 - 22.00	

ความพึงพอใจอุณหภูมิการปรับอากาศ		
เย็นเกินไป!!!	พอดี (^_^)	ร้อน!!!
	/	

ตำแหน่งที่ท่านนั่ง (กรุณาทำเครื่องหมาย " / " ในช่องตำแหน่งที่ท่านนั่ง)

	ด้านหน้าห้อง (กระดาน)								
1									
2									
3									
4									
5						/			

<u>หมายเหตุ</u> : กรุณาทำเครื่องหมาย " / " หรือเติมตัวเลขลงในช่อง

ในช่อง<u>ช่วงเวลาที่ห้อง</u>สามารถทำเครื่องหมาย " / " ได้มากกว่า 1 ช่อง กรณีที่ใช้ห้องมากกว่า 1 ชั่วโมง

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างค่าอุณหภูมิที่วัดได้จริงจาก Temperature Data Logger

วันพุธที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2554 ห้อง 208

hr.	min.	Temp.								
		1	2	3	4	Center (9)	5	6	7	8
0	0									
0	10	28.3	28.3	28.1	28.2	27.9	27.9	28.3	28.8	28.3
0	20	28.3	28.3	28.2	28.2	27.9	27.9	28.3	28.8	28.3
0	30	28.3	28.3	28.2	28.2	27.9	27.9	28.3	28.8	28.4
0	40	28.3	28.3	28.2	28.2	27.9	27.9	28.3	28.8	28.3
0	50	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.2	28.7	28.3
1	0	28.3	28.4	28.2	28.2	27.9	27.9	28.1	28.7	28.2
1	10	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.1	28.7	28.2
1	20	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.1	28.7	28.2
1	30	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.0	28.7	28.1
1	40	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.1	28.6	85.0
1	50	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.1	28.6	28.1
2	0	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.0	28.6	28.1
2	10	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.0	28.7	28.1
2	20	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.0	28.6	28.1
2	30	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.0	28.6	28.0
2	40	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.0	28.6	28.0
2	50	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	28.0	28.6	28.0
3	0	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	27.9	28.5	28.0
3	10	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	27.8	28.5	27.9
3	20	28.4	28.4	28.2	28.2	27.9	28.0	27.8	28.5	27.9
3	30	28.4	28.4	28.2	28.1	27.9	28.0	27.8	28.5	27.9
3	40	28.3	28.3	28.3	28.1	27.9	28.0	27.8	28.5	27.8
3	50	28.3	28.3	28.2	28.1	27.9	28.0	27.8	28.3	27.8
4	0	28.3	28.3	28.2	28.1	27.9	28.0	27.8	28.3	27.7
4	10	28.3	28.3	28.2	28.1	27.9	28.0	27.7	28.3	27.7
4	20	28.3	28.3	28.2	28.1	27.9	27.9	27.7	28.3	27.6
4	30	28.3	28.3	28.2	28.1	27.9	28.0	27.6	28.3	27.6
4	40	28.3	28.3	28.2	28.1	27.9	28.0	27.6	28.2	27.6
4	50	28.3	28.3	28.2	28.1	27.9	27.9	27.6	28.2	27.6
5	0	28.3	28.3	28.2	28.1	27.9	27.9	27.6	28.2	27.6
5	10	28.3	28.3	28.2	28.1	27.9	27.9	27.6	28.1	27.6
5	20	28.3	28.3	28.1	28.1	27.9	27.9	27.6	28.1	27.5
5	30	28.3	28.3	28.1	28.1	27.9	27.9	27.6	28.1	27.5
5	40	28.3	28.3	28.1	28.1	27.9	27.9	27.6	28.1	27.5
5	50	28.3	28.2	28.1	28.0	27.9	27.9	27.5	28.1	27.4
6	0	28.3	28.2	28.1	28.0	27.9	27.9	27.5	28.1	27.4
6	10	28.2	28.3	28.1	28.0	27.9	27.9	27.5	28.0	27.4
6	20	28.3	28.2	28.1	28.0	27.9	27.9	27.5	28.1	27.4
6	30	28.2	28.2	28.1	28.0	27.9	27.9	27.5	28.1	27.4
6	40	28.2	28.2	28.1	28.0	27.9	27.8	27.5	28.1	27.5
6	50	28.2	28.2	28.1	28.0	27.9	27.8	27.6	28.1	27.5
7	0	28.2	28.1	28.1	28.0	27.9	27.9	27.7	28.1	27.6
7	10	28.2	28.1	28.1	28.0	27.9	27.9	27.8	28.1	27.7
7	20	28.2	28.1	28.1	28.0	27.9	27.9	27.9	28.1	27.9
7	30	28.2	28.1	28.1	28.0	27.9	27.9	28.0	28.1	28.1
7	40	28.2	28.1	28.1	28.0	27.9	28.0	28.1	28.1	28.2
7	50	28.3	28.1	28.1	28.0	27.9	28.0	28.3	28.1	28.3
8	0	28.2	28.1	28.1	28.0	27.9	28.0	28.4	28.1	28.5
8	10	28.2	28.1	27.9	28.0	27.9	28.0	28.4	26.7	28.5
8	20	24.0	26.3	24.7	25.0	27.9	23.6	25.2	24.6	25.8
8	30	24.0	26.3	24.3	23.6	27.9	23.4	24.6	24.3	26.0
8	40	23.4	26.3	24.1	23.4	27.9	23.4	24.1	24.1	25.4
8	50	23.4	26.3	24.1	23.4	27.9	23.4	25.0	25.6	25.4
Average						**27.9**				

9	0	25.6	26.3	26.3	26.1	26.0	25.5	26.0	26.4	27.5
9	10	26.2	26.8	26.7	26.5	25.2	26.0	26.7	26.7	28.6
9	20	26.6	27.0	27.0	26.7	24.4	26.3	27.2	27.0	29.1
9	30	26.8	27.1	27.1	27.0	24.0	26.6	27.6	27.3	85.0
9	40	26.9	27.1	27.3	27.0	24.8	27.0	28.0	27.5	85.0
9	50	27.1	27.3	27.5	27.1	25.2	27.2	28.3	27.7	85.0
Average						**24.9**				
10	0	27.3	27.3	27.5	27.2	25.2	27.4	28.6	27.9	85.0
10	10	27.5	27.5	27.6	27.3	25.6	27.5	28.9	28.1	85.0
10	20	27.6	27.5	27.8	27.5	25.6	27.8	29.3	28.3	127.9
10	30	27.8	27.6	27.8	27.6	26.0	28.0	29.8	28.5	127.9
10	40	27.9	27.7	28.0	27.8	26.3	28.1	30.2	28.6	127.9
10	50	28.0	27.8	28.0	27.6	26.3	28.1	30.3	28.7	127.9
Average						**25.8**				
11	0	28.0	27.8	28.1	27.7	26.3	28.1	30.7	28.9	127.9
11	10	28.1	27.8	28.1	27.8	26.7	28.3	31.0	29.0	127.9
11	20	28.2	28.0	28.2	27.8	27.1	28.4	31.1	29.2	127.9
11	30	28.3	28.0	28.3	27.9	27.1	28.5	31.3	29.4	127.9
11	40	28.3	28.1	28.3	28.0	27.1	28.6	31.5	29.5	127.9
11	50	28.4	28.1	28.4	28.0	27.5	28.6	31.6	29.6	127.9
Average						**27.0**				
12	0	28.5	28.2	28.5	28.1	27.5	28.8	31.6	29.8	127.9
12	10	28.5	28.3	28.5	28.1	27.5	28.8	31.8	29.9	127.9
12	20	28.6	28.3	28.6	28.2	27.9	28.9	32.0	30.0	127.9
12	30	28.6	28.4	28.6	28.3	27.9	29.0	32.1	30.1	127.9
12	40	28.7	28.4	28.6	28.3	27.9	29.1	32.1	30.3	127.9
12	50	28.8	28.5	28.6	28.4	27.9	29.1	32.1	30.3	127.9
Average						**27.8**				
13	0	28.8	28.5	28.7	28.5	28.3	29.1	32.0	30.5	127.9
13	10	28.8	28.6	28.7	28.5	28.3	29.1	32.1	30.5	127.9
13	20	28.8	28.6	28.8	28.5	28.3	29.1	32.0	30.6	127.9
13	30	28.8	28.6	28.8	28.5	28.3	29.3	32.0	30.6	127.9
13	40	28.9	28.7	28.8	28.6	28.3	29.2	31.8	30.6	127.9
13	50	28.9	28.7	28.8	28.6	28.3	29.2	31.6	30.7	127.9
Average						**28.3**				
14	0	28.9	28.7	28.8	28.6	28.7	29.2	31.5	30.6	127.9
14	10	28.9	28.8	28.8	28.7	28.7	29.1	31.3	30.7	85.0
14	20	28.9	28.8	28.8	28.7	28.7	29.1	31.1	30.7	127.9
14	30	28.9	28.8	28.8	28.7	28.7	29.1	31.0	30.7	85.0
14	40	28.9	28.8	28.8	28.8	28.7	29.1	30.9	30.7	85.0
14	50	28.9	28.8	28.8	28.7	28.7	29.1	30.8	30.7	85.0
Average						**28.7**				
15	0	28.9	28.8	28.8	28.8	28.7	29.1	30.7	30.7	85.0
15	10	28.9	28.8	28.8	28.8	28.7	29.1	30.6	30.6	85.0
15	20	28.9	28.8	28.8	28.8	28.7	29.1	30.5	30.6	85.0
15	30	28.9	28.8	26.9	28.8	28.7	29.1	28.1	27.9	85.0
15	40	28.9	28.8	25.2	28.8	28.7	23.9	26.8	26.8	85.0
15	50	23.0	28.8	23.9	28.8	28.7	22.7	25.1	25.0	25.3
Average						**28.7**				
16	0	23.0	28.8	22.6	28.8	28.7	22.7	24.2	24.6	25.3
16	10	23.0	28.8	23.0	23.0	28.7	21.3	23.6	24.2	85.0
16	20	23.0	28.8	22.1	23.0	28.7	20.4	23.0	23.0	22.5
16	30	20.3	23.2	21.6	20.4	27.9	20.1	22.1	22.6	22.0
16	40	20.1	22.9	21.8	21.5	26.3	21.3	22.1	23.7	22.1
16	50	21.0	23.1	22.5	22.7	25.6	21.3	22.8	24.1	22.1
Average						**27.7**				

17	0	21.0	23.1	24.8	25.0	24.0	21.3	22.8	26.3	24.6
17	10	21.0	85.0	24.8	85.0	23.2	25.4	25.5	27.5	26.0
17	20	21.0	85.0	26.5	85.0	22.9	26.2	26.5	28.0	26.9
17	30	26.0	26.2	26.8	27.3	21.7	26.6	27.0	28.3	27.3
17	40	26.3	26.5	27.0	27.6	20.2	27.0	27.4	28.5	27.6
17	50	26.7	26.7	27.1	27.8	20.6	27.3	27.7	28.6	27.9
Average						**22.1**				
18	0	27.0	26.9	27.3	27.8	21.0	27.3	27.9	28.8	28.0
18	10	27.0	27.0	27.3	27.8	22.5	27.3	27.9	28.8	28.0
18	20	27.0	27.1	27.6	27.9	23.6	27.8	28.2	29.0	85.0
18	30	27.5	27.3	27.7	28.1	24.4	28.0	28.3	29.1	96.5
18	40	27.7	27.4	27.8	28.1	24.8	28.1	28.5	29.1	28.5
18	50	27.8	27.5	27.9	28.2	25.2	28.3	28.5	29.1	28.6
Average						**23.6**				
19	0	28.0	27.6	28.0	28.3	25.6	28.3	28.6	29.3	85.0
19	10	28.0	27.6	28.0	28.3	26.0	28.3	28.6	29.3	85.0
19	20	28.1	27.7	28.1	28.3	26.3	28.3	28.6	29.3	85.0
19	30	28.1	27.8	28.1	28.3	26.3	28.4	28.6	29.2	85.0
19	40	28.2	27.8	28.1	28.3	26.7	28.3	28.6	29.2	28.6
19	50	28.2	27.9	28.1	28.3	26.7	28.4	28.6	29.2	58.6
Average						**26.3**				
20	0	28.3	27.9	28.1	28.3	27.1	28.4	28.6	29.2	85.0
20	10	28.3	28.0	28.1	28.3	27.1	28.4	28.6	29.2	28.6
20	20	28.3	28.0	28.2	28.3	27.5	28.4	28.6	29.2	127.9
20	30	28.3	28.0	28.2	28.3	27.5	28.4	28.6	29.2	28.6
20	40	28.3	28.0	28.2	28.4	27.5	28.4	28.6	29.2	85.0
20	50	28.4	28.1	28.2	28.4	27.5	28.4	28.6	29.2	85.0
Average						**27.4**				
21	0	28.4	28.1	28.2	28.4	27.5	28.4	28.7	29.2	85.0
21	10	28.4	28.1	28.2	28.4	27.9	28.4	28.7	29.1	85.0
21	20	28.4	28.1	28.3	28.4	27.9	28.4	28.6	29.1	85.0
21	30	28.4	28.1	28.3	28.4	27.9	28.4	28.6	29.1	85.0
21	40	28.5	28.1	28.3	28.4	27.9	28.5	28.7	29.1	85.0
21	50	28.5	28.2	28.3	28.5	27.9	28.5	28.6	29.1	85.0
Average						**27.8**				
22	0	28.5	28.2	28.3	28.5	27.9	28.4	28.7	29.1	85.0
22	10	28.5	28.2	28.3	28.5	27.9	28.5	28.6	29.1	85.0
22	20	28.5	28.2	28.3	28.4	27.9	28.5	28.6	29.1	85.0
22	30	28.5	28.2	28.3	28.5	27.9	28.5	28.5	29.0	85.0
22	40	28.5	28.3	28.3	28.5	27.9	28.5	28.5	29.0	85.0
22	50	28.5	28.3	28.3	28.5	27.9	28.5	28.5	29.0	85.0
Average						**27.9**				
23	0	28.5	28.3	28.3	28.5	27.9	28.5	28.3	29.0	85.0
23	10	28.5	28.3	28.3	28.5	28.3	28.4	28.3	29.0	85.0
23	20	28.5	28.3	28.3	28.5	28.3	28.5	28.3	29.0	85.0
23	30	28.5	28.3	28.3	28.5	28.3	28.4	28.3	29.0	85.0
23	40	28.5	28.3	28.3	28.5	28.3	28.5	28.3	28.9	85.0
23	50	28.5	28.3	28.3	28.5	28.3	28.4	28.3	28.9	85.0
24	0	28.5	28.3	28.3	28.5	28.3	28.4	28.2	28.8	85.0

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างข้อมูลจาก Data Logger ของ Thermostat ประสิทธิภาพสูง

13/02/2011	3:20 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:28	T4:27.9	T5:26.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:25 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.9	T2:28.2	T3:28	T4:28	T5:26.2	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:30 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.9	T2:28.2	T3:28	T4:28	T5:26.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:35 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.9	T2:28.3	T3:28	T4:28	T5:26.4	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:40 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28	T2:28.3	T3:28	T4:28	T5:26.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:45 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28	T2:28.2	T3:28	T4:28	T5:26.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:50 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28	T2:28.2	T3:28	T4:28	T5:26.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:55 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.1	T2:28.2	T3:28.1	T4:28	T5:26.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:00 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28	T2:28.2	T3:28.1	T4:28	T5:26.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:05 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28	T2:28.2	T3:28.1	T4:28	T5:26.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:12 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:27.8	T4:27.9	T5:26.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:17 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:28	T4:28	T5:26.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:31 AM	ACstatus:ON	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:27.3	T4:27.5	T5:23	FCUspeed:HiCDUstatus:ON	
13/02/2011	4:36 AM	ACstatus:ON	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:26.6	T2:26.2	T3:25.2	T4:26	T5:19.3	FCUspeed:HiCDUstatus:ON	
13/02/2011	4:42 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27	T2:27.2	T3:26.7	T4:27.2	T5:23.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:47 AM	ACstatus:ON	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.3	T2:27.3	T3:26.5	T4:27.1	T5:24.1	FCUspeed:HiCDUstatus:ON	
13/02/2011	4:52 AM	ACstatus:ON	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:25.3	T2:25.1	T3:23.7	T4:25.5	T5:15.5	FCUspeed:Low	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:57 AM	ACstatus:ON	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:25.6	T2:25.5	T3:24.8	T4:25.6	T5:21.8	FCUspeed:LowCDUstatus:ON	
13/02/2011	5:02 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:25.8	T2:25.7	T3:25	T4:26.1	T5:22.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:09 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:26.7	T2:26.8	T3:26.3	T4:27	T5:23.2	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:14 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.1	T2:27.1	T3:26.8	T4:27.2	T5:23.9	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:20 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.1	T2:27.3	T3:27	T4:27.3	T5:24.2	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:25 AM	ACstatus:ON	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:26.8	T2:27	T3:26.3	T4:26.5	T5:22.3	FCUspeed:HiCDUstatus:ON	
13/02/2011	5:30 AM	ACstatus:ON	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:25.6	T2:25.1	T3:24	T4:25.1	T5:21.2	FCUspeed:Low	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:35 AM	ACstatus:ON	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:26.3	T2:26.1	T3:25.3	T4:25.9	T5:21.1	FCUspeed:LowCDUstatus:ON	
13/02/2011	5:40 AM	ACstatus:ON	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:25.4	T2:25.3	T3:24.5	T4:25.3	T5:21.9	FCUspeed:LowCDUstatus:ON	
13/02/2011	5:45 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:25.9	T2:26.1	T3:25.1	T4:25.8	T5:21.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:50 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:26.3	T2:26.5	T3:26	T4:26.6	T5:25	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:55 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:26.8	T2:26.8	T3:26.5	T4:26.9	T5:25.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:00 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27	T2:27	T3:26.7	T4:27	T5:25	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:05 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.1	T2:27.1	T3:26.8	T4:27.1	T5:25.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:10 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.1	T2:27.2	T3:27	T4:27.2	T5:25.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:15 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.2	T2:27.3	T3:27	T4:27.3	T5:25.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:20 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.3	T2:27.4	T3:27.1	T4:27.3	T5:25.2	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:25 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.3	T2:27.5	T3:27.1	T4:27.4	T5:25.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:30 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.4	T2:27.5	T3:27.3	T4:27.3	T5:25.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:35 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.4	T2:27.5	T3:27.3	T4:27.4	T5:25.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:40 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.4	T2:27.5	T3:27.3	T4:27.5	T5:25.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:49 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.4	T2:27.6	T3:27.4	T4:27.5	T5:25.2	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:54 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.4	T2:27.6	T3:27.4	T4:27.5	T5:25.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	6:59 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.3	T2:27.6	T3:27.4	T4:27.5	T5:25.4	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:04 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.5	T2:27.6	T3:27.4	T4:27.6	T5:25.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:09 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.4	T2:27.6	T3:27.4	T4:27.6	T5:25.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:14 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.5	T2:27.6	T3:27.4	T4:27.6	T5:25.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:20 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.5	T2:27.6	T3:27.4	T4:27.6	T5:25.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:25 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.5	T2:27.7	T3:27.5	T4:27.6	T5:25.7	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:30 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.5	T2:27.7	T3:27.5	T4:27.6	T5:25.7	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:35 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.4	T2:27.7	T3:27.5	T4:27.6	T5:25.8	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:40 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.5	T2:27.7	T3:27.5	T4:27.6	T5:25.8	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:45 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.5	T2:27.8	T3:27.5	T4:27.7	T5:25.9	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:50 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.5	T2:27.8	T3:27.5	T4:27.7	T5:25.9	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	7:55 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.6	T2:27.8	T3:27.6	T4:27.8	T5:26	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:00 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.6	T2:27.9	T3:27.7	T4:27.8	T5:26	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:05 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.6	T2:27.9	T3:27.7	T4:27.8	T5:26.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:10 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.3	T2:27.9	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:15 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.6	T2:27.9	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.2	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:20 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.3	T2:28	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF

13/02/2011	8:25 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.6	T2:28	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:30 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.5	T2:27.9	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:35 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.4	T2:27.9	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:40 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.6	T2:27.9	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:45 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.7	T2:27.9	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:50 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.6	T2:27.8	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	8:55 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.6	T2:27.8	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:00 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.7	T2:27.9	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.4	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:05 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.7	T2:27.9	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.4	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:10 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.7	T2:27.9	T3:27.8	T4:27.8	T5:26.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:15 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.7	T2:28	T3:27.9	T4:27.8	T5:26.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:20 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.7	T2:28	T3:27.9	T4:27.8	T5:26.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:25 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.7	T2:28	T3:27.9	T4:27.8	T5:26.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:30 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28	T3:27.9	T4:27.8	T5:26.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:35 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.7	T2:28	T3:28	T4:27.8	T5:26.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:40 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28	T3:27.9	T4:27.9	T5:26.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:45 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:28	T4:27.9	T5:26.7	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:50 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.7	T2:28.1	T3:28	T4:27.9	T5:26.8	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	9:55 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:28	T4:27.9	T5:26.8	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:00 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:28	T4:27.9	T5:27	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:05 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:28	T4:27.9	T5:27	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:10 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:28	T4:27.9	T5:27.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:15 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:28	T4:27.9	T5:27.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:20 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.8	T2:28.1	T3:28	T4:27.9	T5:27.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:25 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.9	T2:28.1	T3:28	T4:28	T5:27.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:30 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28	T2:28.1	T3:28	T4:28	T5:27.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:35 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:27.9	T2:28.2	T3:28	T4:28	T5:27.4	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:40 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.3	T2:28.2	T3:28	T4:28	T5:27.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:45 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.2	T2:28.3	T3:28	T4:28	T5:27.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:50 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.6	T2:28.3	T3:28.1	T4:28	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	10:55 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.2	T2:28.3	T3:28.1	T4:28	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:00 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.1	T2:28.4	T3:28.1	T4:28	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:05 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.3	T2:28.4	T3:28.1	T4:28	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:10 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.1	T2:28.4	T3:28.1	T4:28	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:15 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.2	T2:28.4	T3:28.1	T4:28.1	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:20 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.2	T2:28.5	T3:28.1	T4:28.1	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:25 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.3	T2:28.5	T3:28.1	T4:28.1	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:30 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.2	T2:28.5	T3:28.1	T4:28.1	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:35 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.2	T2:28.5	T3:28.1	T4:28.1	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:40 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.4	T2:28.5	T3:28.2	T4:28.1	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:46 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.3	T2:28.6	T3:28.1	T4:28.1	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:51 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.3	T2:28.5	T3:28.1	T4:28.1	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	11:56 AM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.5	T2:28.6	T3:28.2	T4:28.1	T5:27.7	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:01 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.8	T2:28.6	T3:28.2	T4:28.1	T5:27.7	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:06 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.8	T2:28.6	T3:28.3	T4:28.1	T5:27.8	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:11 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.4	T2:28.6	T3:28.2	T4:28.2	T5:27.8	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:16 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.4	T2:28.6	T3:28.2	T4:28.2	T5:27.9	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:21 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.4	T2:28.7	T3:28.3	T4:28.2	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:26 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.8	T2:28.7	T3:28.3	T4:28.2	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:31 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.7	T2:28.8	T3:28.3	T4:28.3	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:36 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.7	T2:28.7	T3:28.3	T4:28.3	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:41 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.8	T2:28.8	T3:28.4	T4:28.3	T5:28.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:46 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.6	T2:28.8	T3:28.3	T4:28.3	T5:28.2	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:51 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.8	T2:28.8	T3:28.4	T4:28.3	T5:28.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	12:56 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.6	T2:28.8	T3:28.4	T4:28.3	T5:28.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:01 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.7	T2:28.9	T3:28.4	T4:28.3	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:06 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29	T2:28.8	T3:28.5	T4:28.3	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF

13/02/2011	1:11 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.8	T2:28.9	T3:28.5	T4:28.4	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:16 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.7	T2:29	T3:28.5	T4:28.4	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:21 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.1	T2:29	T3:28.5	T4:28.4	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:26 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29	T2:29	T3:28.5	T4:28.5	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:31 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:28.8	T2:29	T3:28.5	T4:28.5	T5:28.7	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:36 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.2	T2:29	T3:28.5	T4:28.5	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:41 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.1	T2:29.1	T3:28.6	T4:28.5	T5:28.7	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:46 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.6	T2:29.3	T3:28.6	T4:28.6	T5:28.7	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:51 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.1	T2:29.2	T3:28.6	T4:28.6	T5:27.9	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	1:56 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.1	T2:29.2	T3:28.6	T4:28.6	T5:28.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:01 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.1	T2:29.2	T3:28.6	T4:28.6	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:06 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.1	T2:29.3	T3:28.6	T4:28.6	T5:28.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:11 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.2	T2:29.2	T3:28.6	T4:28.6	T5:28.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:16 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.1	T2:29.1	T3:28.6	T4:28.6	T5:28.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:21 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.1	T2:29.3	T3:28.6	T4:28.6	T5:28.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:26 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.2	T2:29.3	T3:28.6	T4:28.6	T5:28.3	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:31 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.1	T2:29.3	T3:28.6	T4:28.6	T5:28.4	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:36 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.3	T3:28.6	T4:28.6	T5:28.4	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:41 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.2	T2:29.3	T3:28.7	T4:28.7	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:46 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.3	T3:28.7	T4:28.7	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:51 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.5	T2:29.3	T3:28.7	T4:28.7	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	2:56 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.3	T3:28.7	T4:28.7	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:01 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.3	T3:28.7	T4:28.7	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:06 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.7	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:11 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.3	T3:28.7	T4:28.7	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:16 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.3	T3:28.7	T4:28.8	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:21 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.3	T3:28.7	T4:28.8	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:26 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:31 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.2	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:36 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.3	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:41 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:46 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:51 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	3:56 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:01 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:06 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.6	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:11 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:16 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:21 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.8	T5:28.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:31 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.5	T2:29.3	T3:28.8	T4:28.9	T5:27.5	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:36 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:27.6	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:41 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:27.8	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:46 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:27.8	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:51 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.6	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:27.8	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	4:56 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:27.9	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:01 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.5	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:06 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:27.9	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:11 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:16 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:21 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:26 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.5	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:31 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.5	T3:28.8	T4:29	T5:27.9	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:36 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:28.1	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:41 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.4	T2:29.3	T3:28.8	T4:28.9	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:46 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.4	T3:28.8	T4:28.9	T5:27.9	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:52 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.3	T3:28.8	T4:28.9	T5:27.9	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF
13/02/2011	5:57 PM	ACstatus:OFF	Mode:Auto	SetPoint:25	T1:29.3	T2:29.3	T3:28.8	T4:28.9	T5:28	FCUspeed:-	CDUstatus:OFF

ภาคผนวก จ

ตัวอย่าง Source Code ในโปรแกรมระบบควบคุมฯ

ในส่วนนี้ขอนำเสนอรายละเอียด Source Code เพียงบางส่วนเท่านั้น เนื่องจากเป็นลิขสิทธิ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งหากผู้อ่านสนใจหรือต้องการทราบรายละเอียด Source Code โปรแกรมระบบควบคุมฯ ทั้งหมดกรุณาติดต่อและขออนุญาตจากทางคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Collections;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;
using System.Data;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;

namespace Project_Ppan_v1
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        //-------------------------------------------------------------------------------------
        //////----Room 208----------------------somprasomg
        int RoomControl = 208;
        string ipAdress = "192.168.0.208";
        string PathFileName = @"C:\FileTempControl\ScheduleRoom208.ini";
```

```
//----Room 209--------------------
//int RoomControl = 209;
//string ipAdress = "192.168.0.209";
//string PathFileName = @"C:\FileTempControl\ScheduleRoom209.ini";

//----Room 210--------------------
//int RoomControl = 210;
//string ipAdress = "192.168.0.210";

        //string PathFileName = @"C:\FileTempControl\ScheduleRoom210.ini";
```

ภาคผนวก ฉ

รายชื่อผู้ให้ข้อมูลระบบ BAS และระบบควบคุมอุปกรณ์ในระบบประกอบอาคารที่ใช้ในปัจจุบัน

ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	ชื่อบริษัท
อิทธิกรณ์ อิทธิอาวัชกุล	Controls Systems Sales Engineer Controls Systems Sales Department	Johnson Controls International (Thailand) Co., Ltd.
เกรียงไกร ชัยสิม	Business Development Manager	Honeywell System (Thailand) Ltd.
พวัสส์ พรสุริยวัฒน์	Account Manager, Service Sales	Honeywell System (Thailand) Ltd.
ณัชชาอร ชูเชิดศักดิ์	Sales Manager, Global Account	Tyco Fire, Security & Services (Thailand) Ltd.
จักราวุธ จันดามี	Technical Support Manager, Automation Controls Department	Mason Acoustics Co., Ltd.
จุรีพร ทรงอยู่	Sales Executive	Pointer Asia Co., Ltd.
เนตินันท์ วราเอกศิริ	Sales Engineer	Pointer Asia Co., Ltd.
นคร เตชะไพฑูรย์	Business Manager, Security	Schneider (Thailand) Co., Ltd.
ภานุพงศ์ เวสสะโกศล	Business Manager, Building Automation, Building Market	Schneider (Thailand) Co., Ltd.
บุญยืน นรัจฉริยางกูร	General Sales Manager, Consultant, Building Market	Schneider (Thailand) Co., Ltd.
สุนิศร ตั้งหทัยสุจริต	Technical Sales and Support	Intronics Co., Ltd.
พัฒน์สิน วรกิตติ์คูณศักดา	Managing Director	Sathorn Mechanic Commerce Co., Ltd.

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างผลการสอบถามข้อมูลระบบ BAS และระบบควบคุมอุปกรณ์ในระบบประกอบอาคารที่ใช้ในปัจจุบัน

รายละเอียดระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System; BAS)

วันที่ 15 Feb., 2011

ยี่ห้อ (Brand)	Schneider Electric (Andover)
ประเทศผู้ผลิต	USA, Sweden
ค่าใช้จ่าย (บาท)	
- ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น	700,000 - 1,500,000 ต่อ ตัว Hardware (ตามขนาด)
- ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง Software	≈ 10% ถึง 150,000 - 200,00
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ถ้ามี)	
การติดตั้ง	
- ต้องติดตั้งใหม่ทั้งหมด	ปรับปรุงจากของเดิมที่มีอยู่แล้ว
- สามารถติดตั้งเพิ่มเติมหรือใช้งานร่วมกับระบบอื่นได้	ได้
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	
การใช้งาน	
- M&E System	✓ ควบคุมการทำงานของ AHU ตามค่าที่ตั้งไว้
- Security System (Access Control, CCTV, etc.)	✓ ควบคุมการทำงานของ AHU ตามค่าที่ตั้งไว้
- Safety System (Fire Alarm, etc.)	✓ ควบคุมการทำงานของ AHU ตามค่าที่ตั้งไว้
- รองรับงาน Customize (Equipment History, etc.)	→ ได้ (OPC)
- รองรับงานอื่นๆ (ถ้ามี)	ควบคุมการทำงานของ FM
การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ	
- Protocal (BACNET, MODBUS, etc.)	✓ Protocal ที่รองรับ
- Hardware (RJ-5, RS-485, etc.)	✓ RS-485, RS-232 / LON
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	
ผู้ให้สัมภาษณ์	ชื่อ-นามสกุล.....ตำแหน่ง..... ชื่อ-นามสกุล.....ตำแหน่ง..... ชื่อ-นามสกุล.....ตำแหน่ง..... ชื่อ-นามสกุล.....ตำแหน่ง.....

รายละเอียดระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System; BAS)

วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2554

ยี่ห้อ (Brand)	Johnson Control
ประเทศผู้ผลิต	USA
ค่าใช้จ่าย (บาท)	
- ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น	1,000,000 – 1,500,000 ~ 9,000 THB/point
- ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง Software	200,000 – 300,000
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	100,000 – 200,000 1-2 ครั้ง/
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ถ้ามี)	
การติดตั้ง	
- ต้องติดตั้งใหม่ทั้งหมด	ระบบใช้ได้ดีอยู่ แต่ใช้ต่อเชื่อมได้
- สามารถติดตั้งเพิ่มเติมหรือใช้งานร่วมกับระบบอื่นได้	✓ ระบบใช้ได้
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	
การใช้งาน	
- M&E System	✓ ระบบใช้ได้
- Security System (Access Control, CCTV, etc.)	✓ ระบบใช้ได้
- Safety System (Fire Alarm, etc.)	✓ ระบบใช้ได้
- รองรับงาน Customize (Equipment History, etc.)	ได้
- รองรับงานอื่นๆ (ถ้ามี)	Link ของ System / Hardware และอื่นๆ / BAS Wireless / Link Iphone
การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ	
- Protocal (BACNET, MODBUS, etc.)	N2, LON WORK และ Protocol อื่นๆ
- Hardware (RJ-5, RS-485, etc.)	OK
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	
ผู้ให้สัมภาษณ์	ชื่อ-นามสกุล จิรศักดิ์ จิตรีอาจารีกุล ตำแหน่ง Controls Systems Sales Engineer
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....

รายละเอียดระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System; BAS)

วันที่ Feb. 9, 2011 เวลา 16.45 - 17.30 น.

ยี่ห้อ (Brand)	Honeywell
ประเทศผู้ผลิต	อเมริกา → OS e Windows →
ค่าใช้จ่าย (บาท)	
- ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น	Micro-Controller = 10,000 THB / ~ 1,000,000 THB
- ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง Software	ไม่มี (มีเล็กน้อยกรณีเพิ่มเติม)
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	~ 200,000 THB / ต่อปี / ขึ้นอยู่กับ BAS
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ถ้ามี)	ค่า License
การติดตั้ง	
- ต้องติดตั้งใหม่ทั้งหมด	แนะนำให้ใช้งานใหม่ทั้งหมด เพื่อประสิทธิภาพ แต่สามารถใช้งานร่วมกันได้
- สามารถติดตั้งเพิ่มเติมหรือใช้งานร่วมกับระบบอื่นได้ /	Access Control ของ → BAS → สามารถใช้งานร่วมกันได้ตามมาตรฐาน
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	รองรับ Stand Alone Micro-Controller
การใช้งาน	
- M&E System	รองรับ
- Security System (Access Control, CCTV, etc.)	"
- Safety System (Fire Alarm, etc.)	"
- รองรับงาน Customize (Equipment History, etc.)	"
- รองรับงานอื่นๆ (ถ้ามี)	รองรับงาน Integrate กับ Access Control, CCTV / Maintenance Base / ตามที่ลูกค้าต้องการ
การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ	
- Protocal (BACNET, MODBUS, etc.)	รองรับ Protocal มาตรฐาน / Main Controller / PDA
- Hardware (RJ-5, RS-485, etc.)	LAN เช่น RS-485, RS-232 / ใช้ Controller กับ Work Station / รองรับ Internet SMS
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	
ผู้ให้สัมภาษณ์	ชื่อ-นามสกุล ภาคิณี พรวิชญพันธ์ ตำแหน่ง Account Manager
	ชื่อ-นามสกุล เกียรติไกร จันทึง ตำแหน่ง Business Development Manager
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....

*Supervisory
- Commissioning
&
Guarantee
บริการ

* ถ้าระบบ Mobile PC online ตามมา ⚡ ปตท เคมิคอล → SCG → EPI
Chain ของเรื่อง Product ของเรา → Trade Product ของเรา → ต่างประเทศ Turnkey → Global

DSC (Intrucian) → ต่างประเทศ Canada
KANTECH (ADI), Canada → Access Control
Sensor ทุกชนิด (RFID, โทรศัพท์มือถือ) ของที่

รายละเอียดระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System; BAS)

วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2554

CCTV (AD, American Dynamics)

ยี่ห้อ (Brand) Tyco (Security Management System)	ADT (Tyco) / Software House (Access Control) → CEM (Access/England)
ประเทศผู้ผลิต ไม่ Honeywell	อเมริกา ไม่ Customize ตาม
ค่าใช้จ่าย (บาท)	
- ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น	≈ 1,500,000 - 2,000,000 THB
- ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง Software	3 เดือน / 1 ครั้ง → ≈ 100,000 THB/year
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	upgrade software ตาม สัญญา → ไม่มี option License ≈ 20,000 - 30,000 THB/option
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ถ้ามี)	100 - 200 USD / Service
การติดตั้ง	
- ต้องติดตั้งใหม่ทั้งหมด ✓	ถ้าจะติดตั้งใหม่ → ให้เหมาะสมกับสถานที่
- สามารถติดตั้งเพิ่มเติมหรือใช้งานร่วมกับระบบอื่นได้	
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	
การใช้งาน	
- M&E System	ไม่มี
- Security System (Access Control, CCTV, etc.) ✓	มีมี
- Safety System (Fire Alarm, etc.) ✓	ไม่มี
- รองรับงาน Customize (Equipment History, etc.)	→ CEM → Visitor Management / = 1,700,000
- รองรับงานอื่นๆ (ถ้ามี)	ลายนิ้วมือ / Carpark / บัตร /
การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ	
- Protocal (BACNET, MODBUS, etc.)	TCP/IP (Access Control) ไม่มี Protocol BACNET
- Hardware (RJ-5, RS-485, etc.)	RS-485, RS-485
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	ใช้เครื่องแปลง/ตัว Converter
ผู้ให้สัมภาษณ์	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....

Tyco (ตาม CCTV)

รายละเอียดระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System; BAS)

วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2564

ยี่ห้อ (Brand)	MASON (บริษัท เมสัน อินดัสทรีส์ จำกัด)
ประเทศผู้ผลิต	USA, CANADA / USA - All in one / canada - option ใส่
ค่าใช้จ่าย (บาท)	
- ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น	300,000 - 500,000 THB
- ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง Software	มี upgrade, ประมาณ 100,000 THB
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	MA มี - Breakdown คิดเพิ่มเติม +ชิ้นส่วน
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ถ้ามี)	
การติดตั้ง	ตามรุ่นที่ใช้งานได้ครบทุกประเภทอุปกรณ์ ยี่ห้อ เหมาะสม
- ต้องติดตั้งใหม่ทั้งหมด	รองรับการใช้งานกับ Open Protocal - BACNET IP, BACNET INTERNET, LON
- สามารถติดตั้งเพิ่มเติมหรือใช้งานร่วมกับระบบอื่นได้	รองรับการติดตั้งเพิ่มเติมได้
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	
การใช้งาน	
- M&E System	Main Business (รองรับ)
- Security System (Access Control, CCTV, etc.)	เท่าที่ รองรับ
- Safety System (Fire Alarm, etc.)	รองรับ
- รองรับงาน Customize (Equipment History, etc.)	เท่าที่ รองรับ
- รองรับงานอื่นๆ (ถ้ามี)	Web browser Base/ User Client ตามที่ต้องการ
การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ	License ที่ ใช้
- Protocal (BACNET, MODBUS, etc.)	รองรับ Protocol หลากหลาย
- Hardware (RJ-5, RS-485, etc.)	RJ-5, LAN - RS-485
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	
ผู้ให้สัมภาษณ์	ชื่อ-นามสกุล วิทยา อัมพวา ตำแหน่ง Technical Support Manager
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....

รายละเอียดระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System; BAS)

วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2559

ยี่ห้อ (Brand)	Lauel (บริษัท Pointer Asia Limited)
ประเทศผู้ผลิต	อเมริกา
ค่าใช้จ่าย (บาท)	
- ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น	≈ 500,000 THB → PC Spec.
- ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง Software	10,000/ปี → Upgrade Software
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	3 เดือน/ครั้ง, on call, free Call, Patch Save + Hardware
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ถ้ามี)	50,000 - 60,000 THB
การติดตั้ง	
- ต้องติดตั้งใหม่ทั้งหมด	✓ ติดตั้งระบบใหม่ทั้งหมด (ไม่ต้องเดินสายใหม่)
- สามารถติดตั้งเพิ่มเติมหรือใช้งานร่วมกับระบบอื่นได้	✗ ไม่ได้
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	✗
การใช้งาน	
- M&E System ✗	ไม่ได้
- Security System (Access Control, CCTV, etc.) ✓	ได้
- Safety System (Fire Alarm, etc.) ✗	ไม่ได้
- รองรับงาน Customize (Equipment History, etc.) ✗	ไม่ได้
- รองรับงานอื่นๆ (ถ้ามี) ✗	
การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ	
- Protocal (BACNET, MODBUS, etc.) กรีน เพลิง	เลือก ตาม Protocal อุปกรณ์
- Hardware (RJ-5, RS-485, etc.) ✓	✓
- รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)	
ผู้ให้สัมภาษณ์	ชื่อ-นามสกุล เนติพันธ์ วิถาลาศิ ตำแหน่ง Sales Engineer
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....
	ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นายณัฐสิทธิ์ ทองคำฟู

เกิด วันอังคารที่ 7 มิถุนายน พ.ศ. 2520

การศึกษา

- ระดับประถมศึกษา โรงเรียนอุนบาลลำปางเขลางค์รัตอนุสรณ์ ลำปาง
- ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย ลำปาง
- ระดับอุดมศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- เข้าศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552