สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและควบคุมระบบไฟฟ้าในอาคารประหยัดพลังงาน

Electrical Design and Control in Energy Saving Building

โดย

นาย เกียรติชัย กาฬสินธุ์

นาย คมสันต์ คณิตเลขการ

นาย จตุพร สินลอยมา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36993
วัน เดือน ปี 30 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและควบคุมระบบไฟฟ้าในอาคารพลังงาน

ผู้จัดทำ

1. นาย เกียรติชัย กาฬสินธุ์ 39014042
2. นายคมสันต์ คณิตเลขการ 39014058
3. นายจตุพร สินลอยมา 39014061

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. นิทัศน์ กฤษณจินดา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและควบคุมระบบไฟฟ้าในอาคารประหยัดพลังงาน

นาย เกียรติชัย กาฬสินธุ์
นาย คมสันต์ คณิตเลขการ
นาย จตุพร สินลอยมา
ผศ. นิทัศน์ กฤษณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แสดงถึง การควบคุมระบบต่างๆและแนวทางในการประหยัดพลังงาน โดยในระบบต่างๆที่นำมาพิจารณานั้นจะเน้นไปที่ระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างเป็นหลัก เนื่องจากการพิจารณาทั้ง 2 ระบบนี้ ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังแสดงถึงแนวทางในการควบคุมการใช้พลังงานสูงสุด และการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน

ในส่วนของด้าน software นั้น เราได้ใช้ภาษาวิชวลเบสิคในการเขียนโปรแกรม ซึ่งจะมีการควบคุมระบบต่างๆในอาคาร เช่น ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย และมีโปรแกรมเกี่ยวกับการจัดการพลังงาน โดยอาคารที่เราได้นำมาทำการควบคุมนี้ เป็นอาคารที่ออกแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงานดังนั้นเมื่อเรามาทำการควบคุมก็จะทำให้เกิดการประหยัดพลังงานยิ่งขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL DESIGN AND CONTROL IN ENERGY SAVING BUILDING

Kiattichai Kalasin
Komsan Kanitlekkan
Jatuporn Sinloyma
Assc. Prof. Nitad Kritsanajinda Advisor

ABSTRACT

This thesis illustrates the various types of controlling system and the approaches of energy conservation. The air conditioning system and the lighting system are the systems in which we concentrated on because these two systems have caused a great energy conservation; furthermore, they are the main approaches of the ultimate energy control and the energy conservation system designs.

Moreover, for the software part, we used the Visual Basic program in creating the various controlling system programs and the energy controlling program. The building referred in this thesis is the architecture designed building of energy saving in order to control the energy and create the ultimate energy conservation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

บทที่ 2

รูปที่ 2.1 โครงข่ายระบบจัดการอาคาร 3

รูปที่ 2.2 หน่วยประมวลผลกลางของระบบการจัดการอาคาร 4

รูปที่ 2.3 โครงสร้างแสดงระดับชั้นของระบบการจัดการอาคาร 5

บทที่3

รูปที่ 3.1 แสดงการลดลงของกำลังงานสูญเสียในสายเคเบิลเมื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้สูงขึ้น 17

รูปที่ 3.2 แสดงความสามารถของสายส่งในการส่งกำลังงานไฟฟ้าที่เพาเวอร์แฟคเตอร์ระหว่าง 0.5 ถึง 1 18

รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบในระบบปรับอากาศ 20

รูปที่ 3.4 ผลของการซ่อมบำรุงที่ถูกต้องสำหรับอาคารที่มีการซ่อมบำรุงไม่ดี 41

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างกราฟการประหยัดพลังงานโดยการลดความสว่างที่เกินความจำเป็นขณะใช้งาน 43

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างกราฟการประหยัดพลังงานโดยการลดความสว่างเฉพาะช่วงเวลา 44

รูปที่ 3.7 การประหยัดพลังงานโดยการควบคุมความสว่างจากส่วนชดเชย LLF 45

รูปที่ 3.8 ช่วงการตรวจจับการเคลื่อนไหวในลักษณะการใช้งานต่างๆกัน 46

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างกราฟการประหยัดพลังงานโดยการใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว 46

รูปที่ 3.10 การประหยัดพลังงานโดยใช้แสงธรรมชาติ 47

บทที่4

รูปที่ 4.1 ไดอะแกรมของระบบเตือนสัญญานไฟไหม้ 50

รูปที่ 4.2 ระบบเตือนสัญญาณเตือนไฟไหม้ 51

รูปที่ 4.3 อุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ 54

รูปที่ 4.4 ชุดคอมบิเนชั่นบ็อกซ์ 55

รูปที่ 4.5 ชุดกระดิ่งหรือไซเรน 56

รูปที่ 4.6 ชุดรีโมตไฟแอนนันซิเอเตอร์ 56

รูปที่ 4.7 ชุดควบคุม 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.8 การต่อสายระหว่างชุดควบคุมกับอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติและชุดอุปกรณ์แจ้งสัญญาณด้วยมือ 58

รูปที่ 4.9 ตัวอย่างการต่อสายระหว่างชุดควบคุมและชุดออกซิเลียรีพานอลของผลิตภัณฑ์ยี่ห้อหนึ่ง 60

รูปที่ 4.10 การใช้จุดจบของสายภายในโซน 61

รูปที่ 4.11 ลักษณะการป้องกันเพลิงไหม้ โดยคำนึงถึงการระบายควันและป้องกันไฟลาม 64

รูปที่ 4.12 ลักษณะของพัดลมดูดอากาศ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 พลังงานที่ได้จากการใช้ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ 13

ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพแสงและอายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้าแสงสว่างชนิดต่างๆ 36

ตารางที่ 3.2 การเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างและประสิทธิภาพของหลอดflurescentกับหลอดไส้ 37

ตารางที่ 4.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	V
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ระบบการจัดการพลังงานในอาคาร	2
2.1 องค์ประกอบของBAS	2
2.2 การทำงานของระบบ BAS	4
2.3 Software มาตรฐานที่ทำหน้าที่จัดการการใช้พลังงานในอาคาร	6
2.4 Proprietary Open System	10
บทที่ 3 แนวทางการประหยัดพลังงาน	14
3.1 การประหยัดเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ารวม	14
3.1.1 การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด	14
3.1.2 การแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์	16
3.2 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ	19
3.2.1ระบบปรับอากาศ	19
- การประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศในอาคารธุรกิจ	21
3.2.2 ระบบแสงสว่าง	35
- หลักการสำคัญของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	35
- ระบบควบคุมเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง	42
บทที่ 4 ระบบเตือนสัญญาณเตือนไฟไหม้	49
-ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติ	49
หน้าจอแสดงผลจากการ Run Program	65
Flow Chart แสดงผลการทำงานของหน่วยประมวลผล	75
สรุปและวิจารณ์ผล	
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

ในปัจจุบันอาคารต่างๆนั้นจะมีการติดตั้งอุปกรณ์สิ่งอำนวยความสะดวกเป็นจำนวนมาก บางอาคารอาจจะมีการติดตั้งระบบอัตโนมัติเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เฉพาะส่วน ซึ่งจะมีปัญหายุ่งยากในการที่จะนำข้อมูลมาประมวลผลร่วมกัน จึงไม่เกิดประสิทธิภาพสูงเท่าใดนัก ทั้งยังมีการจัดการพลังงานที่หละหลวม ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการสิ้นเปลืองและไม่เหมาะสมสภาวะเศรษฐกิจถดถอยดังเช่นในปัจจุบัน

ดังนั้นจึงมีการตื่นตัวในการประหยัดพลังงานขึ้น ซึ่งแนวคิดทางด้านการประหยัดพลังงานและการจัดระบบต่างๆภายในอาคารจึงต้องมาจากทั้งแนวความคิดทั้งทางด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมมารวมเข้าด้วยกัน เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน , การควบคุมระบบต่างๆภายในอาคารให้สอดคล้องกัน , ความปลอดภัย , ความสะดวกสบายของคนที่อาศัยอยู่ในอาคาร และการบำรุงรักษา ตลอดจนการนำเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้ให้เหมาะสมกับอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

ระบบการจัดการพลังงานในอาคาร

ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System)

ในปัจจุบันได้มีอาคารสิ่งก่อสร้างเกิดขึ้นอย่างมากมาย ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะเป็นอาคารที่มีขนาดใหญ่และมีความสูงที่ค่อนข้างมาก ดังนั้นในการจัดการระบบต่างๆ โดยคนเป็นผู้ดำเนินการเหมือนอาคารขนาดเล็กอย่างแต่ก่อนจึงไม่อาจที่จะนำมาใช้ได้อีกแล้ว เนื่องจากภายในอาคารมีระบบต่างๆ อยู่อย่างมากมายนั่นเอง ไม่ว่าจะเป็นระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบป้องกันอัคคีภัย เป็นต้น ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ภายในอาคาร ซึ่งระบบคอมพิวเตอร์ ที่นิยมนำมาใช้งานกันมากที่สุดคือระบบที่เรียกว่า Building Automation System

2.1 องค์ประกอบของ Building Automation System

การทำงานของระบบ Building Automation System (BAS) ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

2.1.1 Hardware

2.2.2 Software

2.1.1 Hardware ของระบบ ประกอบด้วย

1) Central Processor หรือหน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งมีหน่วยความจำติดตั้งอยู่ภายในทำหน้าที่ประมวล ผลข้อมูลและควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลโดยอาศัยชุดคำสั่งของ Software ที่อยู่ในหน่วยความจำนั้น

2) Keyboard สำหรับป้อนค่าหรือคำสั่งที่ต้องการเข้าสู่ Central Processor

3) Visual Display Unit (VDU) สำหรับแสดงโครงสร้างของระบบ(System schematic) สรุปสถานภาพ การทำงานต่างๆ ตลอดจนแสดงผลที่เกิดขึ้นในขณะใดขณะหนึ่ง

4) Printer สำหรับการแสดงผลสภาวะการทำงานทั้งตอนปกติและผิดปกติ แนวโน้มของค่าต่าง ๆ ฯลฯ บนกระดาษพิมพ์ เครื่อง PC และ Printer นี้อาจติดตั้งไว้หลายตำแหน่งในที่ต่างๆ กันของตัวอาคารแล้วแต่ความจำเป็น โดยผู้ใช้แต่ละรายจะได้รับสิทธิไม่เท่ากันในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบ BAS

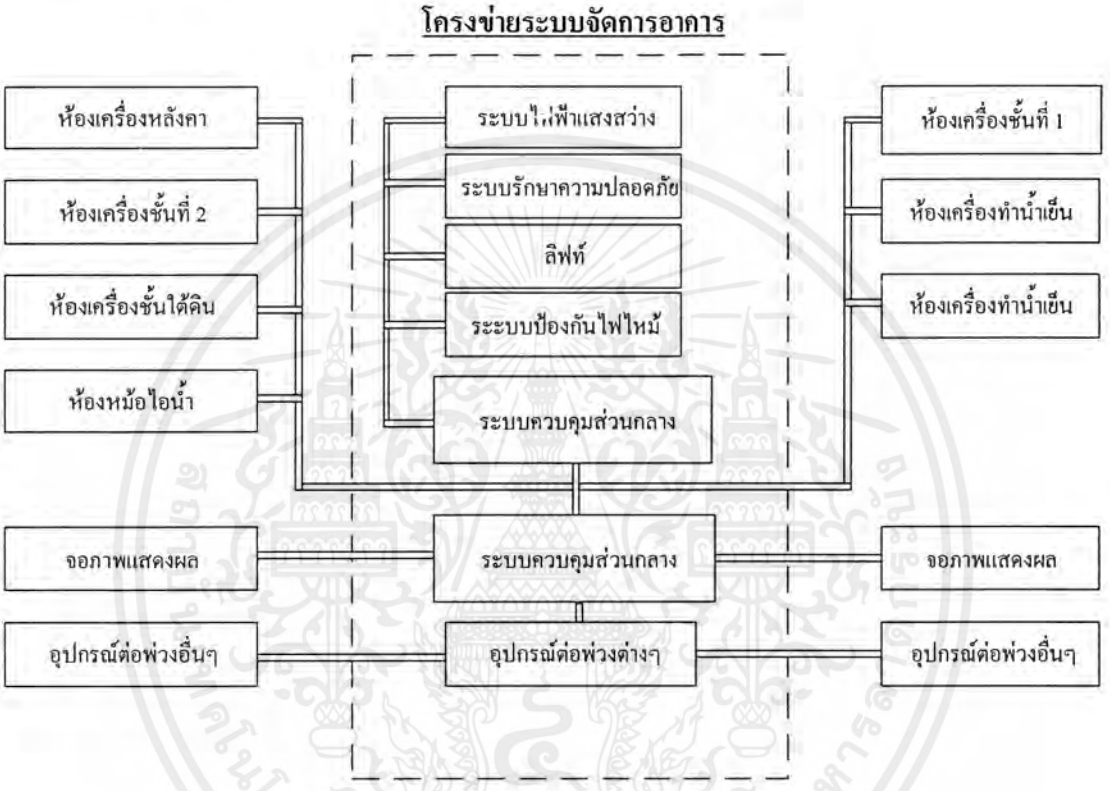
5) Sensing Devices (Sensor) ติดตั้งไว้ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ต้องการตรวจสอบ หรือควบคุม เช่น Sensors วัดอุณหภูมิ ความชื้น ความดัน อัตราการไหล เป็นต้น

6) Control Devices คืออุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลที่ต้องการควบคุมให้การทำงานเป็นไปตามต้องการ เช่น เครื่อง Chiller, Cooling Tower, Valve หรือ Damper เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) Data Gathering Panel เป็นแผงอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ใกล้ระบบย่อยที่ต้องการควบคุม เป็นที่ซึ่ง สัญญาณควบคุม และข้อมูลการทำงานของระบบย่อยเหล่านี้สื่อสายผ่านถึงกัน

8) Transmission Network เป็นโครงข่ายสื่อสัญญาณ เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบดังกล่าว ข้างต้นเป็นเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network)



รูปที่ 2.1

2.1.2 Software คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่กำหนดกฎเกณฑ์ และวิธีการในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับเพื่อทำการควบคุมเรื่องจักรต่าง ๆ ให้ทำงานตามต้องการ เป็นส่วนที่ สำคัญที่สุดของระบบBAS ผู้ขาย BAS ในปัจจุบันมักใช้ Hardware ที่คล้ายคลึงกันมากแต่แตกต่างกันที่ Software ซึ่งมีการพัฒนาที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ระบบมีความสามารถไม่ทัดเทียมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

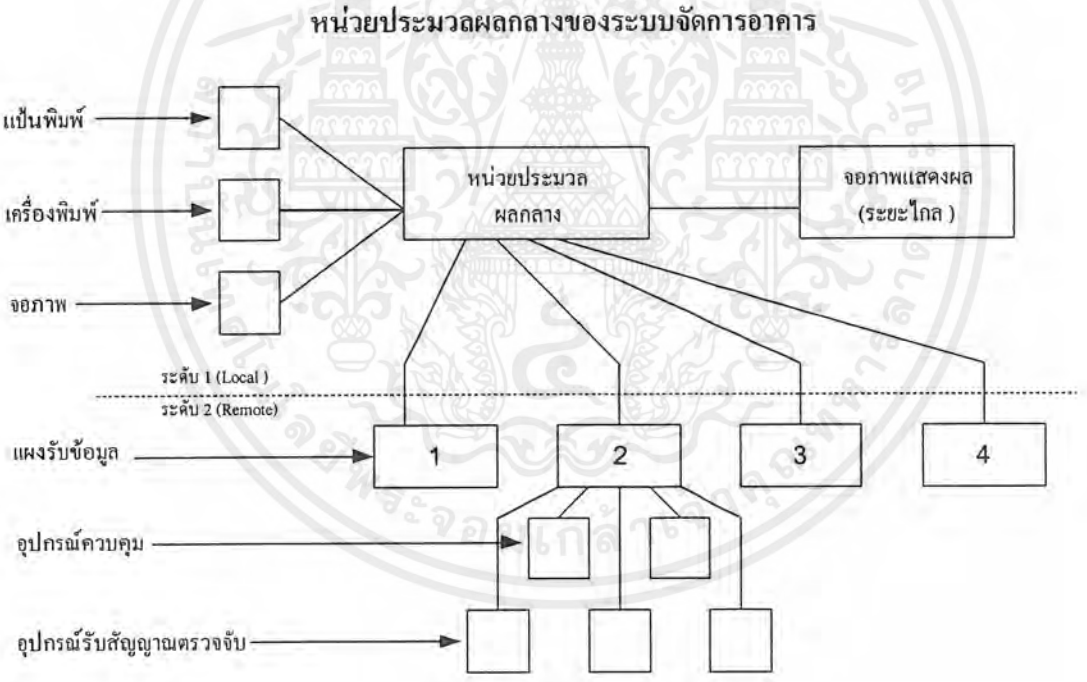
2.2 การทำงานของระบบ BAS

ระบบ BAS ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจำแนกได้ 2 ลักษณะคือ

2.2.1 แบบ Central intelligence

มีลักษณะเป็น 2 ระดับดัง รูปที่ 2 นิยมใช้ใน BAS รุ่นแรก ๆ แต่ในปัจจุบันมีใช้ในอาคารขนาดเล็ก ถ้าหาก เครื่องจักรกล ที่ต้องการควบคุมภายในอาคารขนาดใหญ่มีมากขึ้นจะเกิดการกับดั่งของข้อมูลที่เข้าและออกจาก Central Processor ทำให้ต้องใช้ Processor ที่มีสมรรถนะสูงขึ้น

ลักษณะการทำงาน คือ ข้อมูลจาก Sensing Device ต่าง ๆ จะถูกส่งผ่าน Data Gathering Panel ไปยัง Central Processor เพื่อทำการประมวลผลวิเคราะห์และสั่งการจากนั้นคำสั่งจะถูกส่งย้อนกลับผ่าน Data Gathering Panel เพื่อไปควบคุมการทำงานของ Control Device อีกทีหนึ่ง



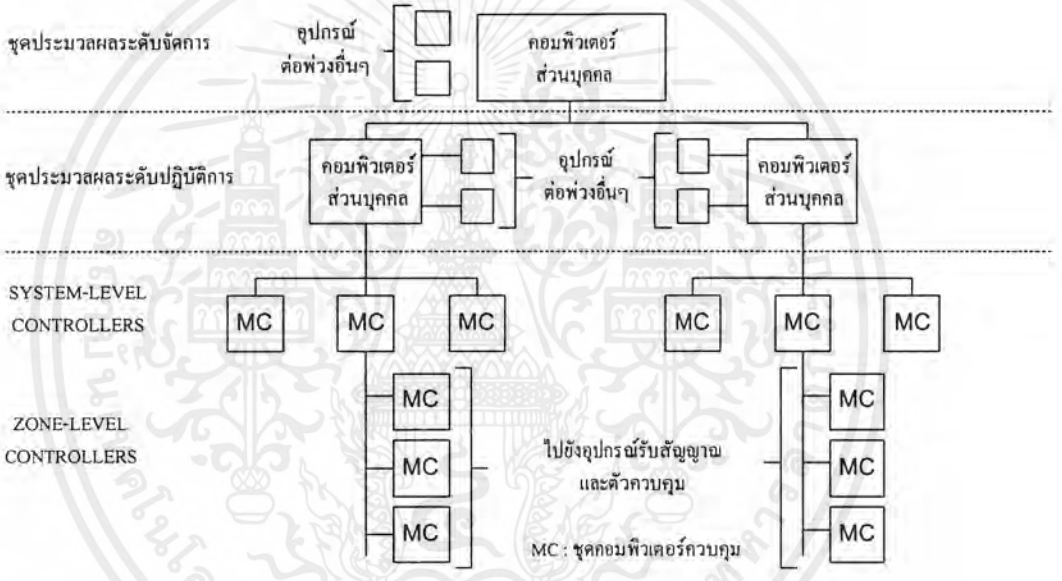
รูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 แบบ Distributed Intelligence

มีการทำงานเป็น 4 ระดับ ดังรูปที่ 3 นิยมใช้กันในปัจจุบัน โดยติดตั้ง Microprocessor Controller ซึ่งทำหน้าที่เป็น Data Gathering Panel ด้วย ไว้ใกล้อุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมการทำงาน ในแต่ละระดับเป็นดังนี้

โครงสร้างแสดงระดับชั้นของระบบการจัดการอาคาร



รูปที่ 2.3

1) Zone Level Controllers เป็น Controller ที่ควบคุมขั้นตอนการทำงานที่เป็นมาตรฐานอย่างง่าย ๆ ของเครื่อง จักรกลเล็กๆ ที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งตามการสั่งงานของ Software ที่อยู่ภายใน Controller เช่น VAV Box หรือ เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

2) System Level Controllers มี Microprocessor อยู่ภายในสามารถควบคุมจุดต่าง ๆ ได้เป็นจำนวนมาก ตามการสั่งงานของ Software ที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น เช่น Software การจัดการใช้พลังงาน เป็นต้น มักใช้ ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ หรือระบบการทำความเย็นจาก Chiller Plant เป็นต้น

3) Operation Level Processors เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้โดยตรง ประกอบด้วยเครื่อง PC หรือ Work Stations พร้อม Printer Software ที่ใช้มีความสามารถในการควบคุมการทำงานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบย่อยต่าง ๆ เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบรักษาความปลอดภัย และระบบควบคุม การเข้าออกจากตัวอาคาร เป็นต้น

4) Management Level Processors เป็นระดับที่สูงสุด ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลและออกคำสั่งเพื่อควบ คุม การทำงานของทุกระบบย่อยภายในอาคารได้ ในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน หรือในช่วงเวลาที่ไม่มีคนดูแลอยู่ภายใน อาคาร

2.3 Software มาตรฐานที่ทำหน้าที่จัดการการใช้พลังงานในอาคาร

ที่นิยมใช้กันทั่วไปมี 7 โปรแกรม ดังนี้

2.3.1 Power Demand (หรือ Load Shedding) Program

โปรแกรมนี้จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าให้แก่อาคารได้มาก เพราะสามารถประหยัดได้ทั้งค่าพลังไฟฟ้าและ ค่าพลังงานไฟฟ้า

หลักการในการทำงาน คือ เมื่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ โปรแกรมนี้จะสั่งให้ เครื่องจักร ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหยุดทำงานชั่วคราว เพื่อรักษาระดับ Demand ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ ครั้นเมื่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าลดลงต่ำกว่าค่า Demand Band ที่กำหนด เครื่องจักรนั้นก็จะเริ่มทำงานใหม่ โปรแกรม นี้มักใช้เพื่อการควบคุมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ๆ เช่น เครื่อง Chiller เครื่องจักรใดที่ถูก ควบคุมด้วย Power Demand Program และ Duty Cycling Program จะทำงานตามการสั่งงานของ Duty Cycling Program ตามปกติ แต่เมื่อ Demand สูงถึงค่าที่กำหนด เครื่องจักรนั้นก็จะถูกสั่งให้หยุดทำงาน แม้ Duty Cycling Program จะยังคงบังคับให้ทำงานอยู่ก็ตาม

ลักษณะของโปรแกรม

1. ตรวจวัดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ย 15 นาที ในทุก 1 นาทีที่ผ่านไปแบบ Sliding Window เช่นเดียว กับการตรวจวัดของการไฟฟ้าแล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนี้กับค่าที่กำหนดไว้

2. สามารถทำนายความต้องการพลังไฟฟ้าได้ล่วงหน้า โดยอาศัยรูปแบบการใช้พลังไฟฟ้าของอาคารในวันก่อน ๆ ซึ่งเก็บอยู่ในแฟ้มข้อมูลเดิม

3. ควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าได้หลายช่วงเวลาในแต่ละวัน และแต่ละฤดูกาลได้

4. จัดลำดับการหยุดและเดินเครื่องใหม่อย่างเหมาะสมตามความสำคัญของเครื่องจักรกล

5. มี Dead Band เพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องจักรจากการเดิน ๆ หยุด ๆ ของเครื่องจักร (Cycling) หากความต้องการพลังงานไฟฟ้าอยู่ในช่วง Dead Band จะไม่มีการตัด Load ออกหรือต่อ Load เข้าไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 Timed on-off (Time of Day หรือ Load Scheduling) Program

เป็นโปรแกรมที่ควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องจักรต่าง ๆ ตามเวลาในแต่ละวันโดยอัตโนมัติ ตลอด 24 ชั่วโมง สามารถกำหนดเวลาล่วงหน้าเป็นรายวัน รายสัปดาห์ หรือรายเดือน รวมถึงวันหยุด

ข้อดีของโปรแกรมนี้ คือ

1. ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยป้องกันการลืมเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทิ้งไว้ในช่วงเลิกงานหรือวันหยุด

2. ช่วยประหยัดแรงงานในการเปิดปิดเครื่องจักร โดยเฉพาะในอาคารขนาดใหญ่

2.3.3 Duty Cycling Program

เป็นโปรแกรมที่ใช้กันแพร่หลายในช่วงปี 1970 เมื่อเกิดวิกฤตการณ์ น้ำมันขาดแคลนเพราะเป็นการควบคุม การทำงานของเครื่องจักรด้วยวิธีการง่าย ๆ แต่ได้ผลในการประหยัดพลังงานได้ดี ในปัจจุบันมักไม่นิยมใช้ โปรแกรมนี้ เท่าใดนัก เนื่องจากมีจุดอ่อนหลายอย่าง อีกทั้งยังมีการพัฒนาโปรแกรมอื่น ๆ ที่สามารถควบคุม การทำงานได้ซับซ้อนมากขึ้น และได้ผลดีกว่าอีกด้วย

ลักษณะของตัวโปรแกรม

1. ควบคุมการเปิด-ปิดของเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น พัดลมระบายอากาศ AHU ของระบบจ่ายลมเย็นแบบ CAV (Constant Air Volume) เป็นช่วง ๆ ในแต่ละชั่วโมงหรือแต่ละวันอย่างสม่ำเสมอ

2. ควบคุมมิให้ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงเกินไป เช่น เดินเครื่องปรับอากาศทีละชุด ให้เวลาห่างกัน ชุดละ 5 – 10 นาที เป็นต้น

3. เมื่อสภาวะอากาศภายในอาคารไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิสูงเกินไป ก็สามารถยกเลิกการควบคุมได้

ข้อพึงระวังของโปรแกรม

1. ทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลไม่ว่าจะเป็นสายพาน แบริ่ง และมอเตอร์ สึกหรอมากกว่าปกติ การบำรุงรักษาจึงต้องมากขึ้นด้วย ไม่เหมาะกับมอเตอร์ขนาดใหญ่กว่า 20 แรงม้า

2. การเปิด-ปิดพัดลมสลับกันทุกชั่วโมง จะทำให้ระดับความดังของเสียงในอาคารเปลี่ยนแปลงไปรบกวน สมาธิการทำงานของผู้อาศัย

3. ไม่เหมาะกับระบบการจ่ายลมเย็นแบบ VAV (Variable Air Volume) เนื่องจากเมื่อพัดลมเริ่มทำงาน ใหม่หลังหยุดไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง จะส่งลมออกมามากกว่าปกติ ทำให้มอเตอร์กิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้ามากขึ้น ทั้งนี้ เพราะในช่วงเวลาที่หยุดเครื่อง AHU นั้น อุณหภูมิในห้องจะสูงขึ้น หัว VAV ส่วนใหญ่จึงเปิดกว้างมากขึ้น

2.3.4 Optimum Start/Stop Program

โปรแกรมนี้ ช่วยประหยัดพลังงานด้วยการทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานน้อยที่สุด โดยหน่วงเวลาการเริ่ม เดินเครื่องให้ช้าที่สุดในตอนเช้า แต่เร่งเวลาการหยุดเครื่องให้เร็วที่สุดในตอนเย็น ทั้งนี้เนื่องจาก อาคาร โดยทั่วไปมักเปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเริ่มงาน 1 – 2 ชั่วโมง และหยุดเครื่องหลังเลิกงาน 1 ชั่วโมง เป็นเช่นนี้ ตลอดทั้งปี โดยไม่คำนึงถึงอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก

ลักษณะของโปรแกรม

1. คำนวณหาเวลาที่เหมาะสมในการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใน และ ภายนอกอาคาร ตลอดจนเวลาที่จะใช้งานตัวอาคาร

2. โปรแกรมที่มีการทำงานแบบง่าย ๆ ผู้ควบคุมอาคารต้องทำการปรับตั้งค่าคงที่ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ เวลาการเริ่มเดินหรือหยุดเครื่องที่ถูกต้อง จึงต้องการผู้ที่มีความรู้และความชำนาญพอสมควรในเรื่องนี้

3. สำหรับโปรแกรมที่มีความสามารถในการเรียนรู้ เพื่อปรับการสั่งงาน โดยอัตโนมัติจะอาศัยข้อมูล การเริ่มเดินหรือหยุดเครื่องในอดีตที่มีอยู่เดิม เพื่อหาค่าคงที่ที่เหมาะสมในแต่ละวันด้วยตัวเอง ทำให้การทำงาน มีความถูกต้องแม่นยำ และสามารถประหยัดพลังงานได้ดีขึ้น

2.3.5 Chiller Optimized (Optimization Control) Program

หลักการทำงานของตัวโปรแกรมคือควบคุมการทำงานของ Chilled Water Plant ทั้งระบบ โดยบังคับให้ เครื่อง Chiller, Chilled Water Pump, Condenser Water Pump และ Cooling Tower ทำงานน้อยตัวที่สุดและ Chiller แต่ละตัวจะทำงานที่ใกล้ Full Load มากที่สุด เพื่อทำให้ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมสูงที่สุด

ลักษณะของโปรแกรม

1. ทำการ Reset อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่อง Chiller ให้สูงขึ้น เมื่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน อาคารลดลง โดยยังคงสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามต้องการ ทำให้ สามารถ ประหยัดพลังงานได้ประมาณ 1.5 – 2 % ต่อทุก 1 องศาฟาเรนไฮท์ ของอุณหภูมิน้ำเย็นที่สูงขึ้น

2. หาก Cooling Load ของอาคารยังคงลดต่ำลงไปอีก จะทำการหยุด Chiller บางตัว เพื่อให้เครื่อง Chiller ที่ทำงานอยู่มีสมรรถนะกรทำความเย็นรวมใกล้เคียงกับ Cooling Load ที่แท้จริงของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่พึงระวังสำหรับโปรแกรมนี้คือ

1 การ Reset อุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้น ปริมาณน้ำเย็นที่ส่งออกจากเครื่อง Chiller จะยังคงเท่าเดิม ไม่ เปลี่ยนแปลง ทำให้ไม่อาจประหยัดพลงานได้จาก Variable Speed Chiller Water Pump ได้

2. หากทำการ Reset อุณหภูมิน้ำเย็นสูงเกินไปจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอาคารสูงขึ้น ผู้อาศัยจะรู้สึก ร้อนและเหนียวตัวเพราะเหงื่อระเหยได้ยากขึ้น

2.3.6 Enthalpy Control Program

โปรแกรมนี้ทำงานโดยการคำนวณค่า Enthalpy ซึ่งเป็นปริมาณความร้อนรวมของอากาศ ทั้งจากอากาศ ภายนอกอาคารและจากลมกลับของเครื่องปรับอากาศภายในอาคารแล้วทำการเลือกเอาอากาศจากแหล่งที่มี Enthalpy น้อยที่สุดมาเป็นตัวทำความเย็นแก่ตัวอาคาร เพื่อลดการทำงานและประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ

ลักษณะของโปรแกรม

1. ใช้ Wet Bulb Temperature Sensor (หรืออาจใช้ Dry Bulb Temperature Sensor ร่วมกับ Relative Humidity Sensor ก็ได้) ติดตั้งไว้ ณ จุดที่เหมาะสมทั้งภายนอกและภายในอาคาร เพื่อส่งข้อมูลให้แก่ Processor ประมวลผลว่าอากาศจากแหล่งใดมี Enthalpy น้อยที่สุด แล้วทำการตัดสินใจ

2. หากอากาศภายนอกอาคารมีค่า Enthalpy สูงกว่าอากาศภายในอาคาร เช่น ในฤดูฝน BAS จะส่งสัญญาณ ไปควบคุม Fresh Air Damper ให้หรี่ลง เพื่อนำอากาศภายนอกเข้าสู่อาคารให้น้อยที่สุด

3. หากอากาศภายนอกอาคารมีค่า Enthalpy น้อยกว่าอากาศในอาคารจะทำการตรวจสอบเพิ่มเติมอีกว่า อากาศภายนอกนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าภายในอาคารหรือไม่ หากอากาศภายนอกร้อนมาก เช่น ในฤดูร้อน BAS จะส่งสัญญาณไปหรี่ Fresh Air Damper เพื่อมิให้นำอากาศเข้ามาในอาคารเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

4. หากอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายในอาคาร BAS จะบังคับให้ปิด Return Air Damper ของเครื่องปรับอากาศ และเปิด Fresh Air Damper ให้มากที่สุด เพื่อนำอากาศจากภายนอก มาทำความ เย็นแก่ตัวอาคาร โดยที่คอมเพรสเซอร์ไม่ต้องทำงาน เช่น ในช่วงกลางคือ หรือตอนเช้าของฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อพึงระวังของโปรแกรมนี้

ต้องระวังมิให้มีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในอาคารในช่วงเวลาที่ Enthalpy หรืออุณหภูมิอากาศของ อาคารภายนอกสูงในปริมาณที่น้อยกว่า Ventilation Rate ตามมาตรฐานการออกแบบ มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาเรื่อง คุณภาพอากาศภายในอาคารได้

2.3.7 Maintenance Reminder Program

เป็นโปรแกรมที่เก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสภาพการทำงานและการบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่อง จักรกล ต่าง ๆ ทำให้ช่างสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของการทำงานที่ผิดปกติ เพื่อหาทางแก้ไขปรับปรุงการทำงาน ให้ดียิ่งขึ้น มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอตามเวลาที่กำหนดไว้ ทำให้เครื่องจักรกลมีอายุการใช้ งานคงทน มีประสิทธิภาพสูงตลอดเวลา และลดค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

ลักษณะของโปรแกรม

1. แจ้งเตือนทันทีที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลใดทำงานผิดปกติ โดยค่าที่วัดได้เกินกว่าที่กำหนดไว้ในตัว โปรแกรม

2. บันทึกระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรกลต่าง ๆ และแจ้งให้ผู้ควบคุมทราบเมื่อถึงกำหนดที่จะต้อง บำรุงรักษาอุปกรณ์

3. ตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องจักรกลต่าง ๆ หากพบอุปกรณ์ใดทำงานผิดพลาดจะแจ้งเตือน ทันที โดยแสดงผลออกทางจอ หรือ Printer ของ BAS

4. บันทึกข้อมูลการทำงานของทุกระบบ แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นพร้อมแสดงผลออกมาในรูป ของตามราง เส้นกราฟแนวโน้มต่าง ๆ เป็นต้น

2.4 PROPRIETARY OPEN SYSTEM

BAS รุ่นแรกๆที่จำหน่ายในตลาดพูกพัฒนาโดยผู้ผลิตอุปกรณ์ควบคุมรายใหญ่ที่มีชื่อเสียงเพียงไม่กี่ราย ซึ่งต่างก็เป็นระบบเฉพาะตัว (PROPRIETARY SYSTEM) ผู้ใช้ต้องซื้อทุกอย่างในลักษณะของระบบที่ครบสมบูรณ์ ในตัวจากผู้ผลิตรายใดรายฟนึ่งเท่านั้น เมื่อมีความจำเป็นต้องขยายระบบให้ใหญ่ขึ้นในภายหลัง ผู้ใช้ก็ไม่มีทาง เลือกอื่น นอกจากกลับไปซื้ออุปกรณ์จากผู้ผลิตรายเดิม

ต่อมา มีผู้ผลิต BAS ราย เล็กเกิดขึ้น ราคาของอุปกรณ์ ก็ถูกลงกว่าเดิม และผลิตภัณฑ์บางชนิดก็มีความสามารถเหนือกว่าของผู้ผลิตรายใหญ่ แต่ผู้ใช้มักไม่สามารถซื้ออุปกรณ์เหล่านี้ไปใช้งานร่วมกับระบบเดิมทีมีอยู่แล้วได้ เนื่องจากความแตกต่างของรูปแบบข้อมูลที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ PROPRIETARY SYSTEM มีข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี

1. ระบบBAS ของผู้ผลิตเหล่านั้นใช้งานอย่างได้ผลกับอาคารขนาดใหญ่มานับสิบปี ผู้ซื้อมีความมั่นใจใน คุณภาพของผลิตภัณฑ์

2. ผู้ผลิตรับผิดชอบการทำงานของระบบเพียงผู้เดียว

3. ผู้ผลิตเป็นผู้ออกแบบงานวิศวกรรมของระบบทั้งหมด ช่วยแบ่งเบาภาระของวิศวกรที่ปรึกษา

4. ผู้ผลิตมีอิสระในการออกแบบระบบของตนเอง เพื่อนำเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้งาน โดยไม่ต้องคำนึง ถึงมาตรฐานในตลาด

ข้อเสีย

ผู้ใช้ต้องเสียเงินเพิ่มขึ้นมาก หากต้องการขยายระบบ เนื่องจากถูกผูกขาดโดยผู้ผลิตรายเดิม จากข้อเสีย ข้างต้น ทำให้ ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers) ตั้งคณะทำงานชุดหนึ่งเรียกว่า Standards Project Committee (SPC-135) ขึ้นเมื่อปี 1987 เพื่อจัดทำมาตรฐานรูปแบบ การส่ง ผ่านข้อมูลสำหรับระบบBAS ขึ้นให้ชื่อProtocol นี้ว่า BAC Net (Building Automation and Control Network) และ Protocol นี้ได้รับการรับรองเป็นมาตราฐานแล้วเมื่อปี 1995 ชื่อว่า ASHIRE/ANSI Standard 135-1995

ในปัจจุบันผู้ใช้จึงมีอิสระที่จะเลือกอุปกรณ์ควบคุมของระบบ BAS จากผู้ผลิตรายต่างๆมากมาย มาเชื่อม ต่อกัน เพื่อให้สามารถทำงานสอดคล้องกับความต้องการของตนอย่างสมบูรณ์โดยไม่ผูกขาดจากผู้ผลิตแต่ละราย เหมือนแต่ก่อน เรียกว่าเป็น ระบบ Open System ซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี

1. ผู้ใช้มีอิสระในการเลือกอุปกรณ์จากผู้ผลิตหลายรายตามความพอใจในเรื่องคุณภาพและราคา

2. การขยายระบบในภายหลังไม่ถูกผูกขาดว่าต้องซื้อจากผู้ผลิตรายเดิมเท่านั้น

3. เกิดการแข่งขันระหว่างผู้ผลิตในการผลิตอุปกรณ์ที่สาทารถทำงานกับ BAC net Protocol ได้

ข้อเสีย

1. วิศวกรผู้ออกแบบต้องมีความรู้เรื่อง BAS เป็นอย่างดี จึงจะสามารถออกแบบตัวระบบให้สอดคล้องกับ ความต้องการของเจ้าของอาคาร ซึ่งแต่เดิมความรับผิดชอบในส่วนนี้เป็นของผู้ผลิตระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความสำเร็จ หรือความล้มเหลวของตัวระบบขึ้นอยู่กับเจ้าของ วิศวกรที่ออกแบบและผู้รับจ้างติดตั้งเป็น สำคัญ ผู้ผลิตจะมีความรับผิดชอบน้อยลงกว่าเดิม

3. ในบางกรณี ผู้ผลิตไม่อาจนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้งานได้ทันที เนื่องจากต้องยึดตามมาตรฐานที่กำหนด ไว้แล้ว

4. อุปกรณ์ในระบบ OPEN SYSTEM เพิ่งผลิตออกมาไม่นานนักผู้ซื้ออาจยังไม่มั่นใจว่าจะสามารถทำงานได้ ตามที่ออกแบบไว้ได้ดีเพียงใด

ประโยชน์ของระบบ BAS

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในอาคารขนาดใหญ่ซึ่งมีระบบย่อยต่างๆ ทำงานสัมพันธ์กันอย่างสลับ ซับซ้อน คือการทดสอบและปรับแต่งระบบย่อยเหล่านั้น ให้ทำงานอย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ การติดตั้งระบบ BAS จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้โดยอาจทำการทดสอบและปรับแต่ง ณ สถานที่จริง หรือโดยการควบคุมระยะไกลจาก ศูนย์ ควบคุมที่อยู่ห่างออกไปโดยผ่านทางสายโทรศัพท์ ผู้ออกแบบสามารถสร้างสถานการณ์จำลอง เพื่อตรวจสอบ สภาพการทำงานภายใต้ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ ทดสอบว่ารูปแบบการควบคุมแบบใดที่เหมาะสมกับการ ใช้ งานจริงมากที่สุด หรือ อาจสมสุติสภาวะอากาศภายนอกอาคาร เพื่อหาค่า SET POINT หรือเวลาที่เหมาะสมสำหรับ การทำงานของระบบปรับอากาศ อันจะทำให้การใช้พลังงานของอาคารน้อยที่สุด

ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้ระบบ BAS ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานของระบบต่างๆในอาคาร ในกรณีที่การควบคุมการทำงานเป็นไปอย่างมีหละหลวมและไม่มีการบำรุงรักษาอย่างเพียงพอ BAS อาจช่วยประ หยัดพลังงานได้มากถึง40% แต่ถ้าอาคารที่มีการควบคุมการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว BAS ก็ยังสามารถ ช่วยประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นได้อีก 10% ตามที่แสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1. พลังงานที่ได้จากการใช้ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ

รายละเอียดการควบคุม การใช้พลังงานโดย BAS	ลักษณะการควบคุม การใช้พลังงานของตัวอาคาร	
	ไม่ประสิทธิภาพ	มีประสิทธิภาพ
1. การควบคุมการทำงานที่ Part Load	9.50 %	2.00 %
2. การใช้โปรแกรม Optimum Start	7.50 %	2.00 %
3. การควบคุมอุณหภูมิให้พอเหมาะ	7.00 %	2.00 %
4. การใช้โปรแกรม Optimum Stop	5.00 %	1.00%
5. การควบคุมไม่ใช้อุปกรณ์ทำงานในวันหยุด	4.00 %	-
6. การควบคุมเครื่องสูบน้ำ	2.00%	0.5 %
7. อื่นๆ	2.00%	0.5 %
8. การตระหนักถึงความสำคัญของการประหยัดพลังงานของพนักงาน	5.00 %	1.00 %
รวม	42.00 %	9.00 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

แนวทางการประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารธุรกิจ อาจแบ่งแยกได้ 2 ส่วน ดังนี้คือ

1. การประหยัดพลังงานไฟฟ้าเกี่ยวกับระบบรวม ซึ่งประกอบด้วย
   - การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
   - การแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์
2. การประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย
   - ระบบปรับอากาศ
   - ระบบแสงสว่าง

3.1 การประหยัดไฟฟ้าเกี่ยวกับระบบรวม

3.1.1 การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจทั่วๆ ไปมีองค์ประกอบที่มีผลต่อ อัตราค่าไฟฟ้าดังนี้คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ความต้องการพลังไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟคเตอร์ จากองค์ประกอบเหล่า นี้ การไฟฟ้าจะเรียกเก็บเงินจากลูกค้าโดยระบุค่าธรรมเนียมต่างๆ ไว้ดังนี้คือ

ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) คือ ค่าธรรมเนียมที่คิดจากจำนวนความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งเดือนโดยมีอัตราที่แตกต่างกันแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟ

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) เป็นค่าธรรมเนียมที่คิดจากจำนวนความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดของเดือนนั้น

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มี Lagging Power Factor ถ้าในรอบเดือนใดที่ผู้ใช้ไฟฟ้ามี ความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด (Maximum 15 minute kilovar Demand) เกินกว่า ร้อยละ 63 ของความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (Maximum 15 minute kilowatt Demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตราเควาร์ (Kvar) ละ 15.00 บาท สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตของการไฟฟ้าภูมิภาคจะไม่เสียค่าธรรมเนียมในส่วนนี้

สาเหตุที่ต้องมีการควบคุมความต้องการไฟฟ้าสูงสุด เพราะเป็นตัวประกอบอันหนึ่งที่จะแสดงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าว่าเป็นอย่างไร ถ้าความต้องการ พลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าสูง ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะต่ำ (มีตัวประกอบโหลดต่ำหรือที่เรียกว่า Load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factor) แต่ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าต่ำ (ใช้เท่าที่จำเป็นจริงๆ ในกระบวนการผลิตหรือการ บริการ) ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูง (มีตัวประกอบโหลดสูง) เพราะฉะนั้นสถาน ประกอบ การใดที่ยังไม่มีการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดก็จะกล่าวได้ว่ายังไม่ได้ดำเนินการประหยัดพลังงาน อย่างจริงจัง แต่ถ้าในกรณีของสถานประกอบการใดที่สามารถปรับค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดให้อยู่ใน ขนาดที่เหมาะสมก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าในแต่ละเดือนได้อย่างมากและเป็นเครื่องแสดงให้เห็นว่าสถานประกอบการนั้นมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับสูง

แนวทางในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จำเป็นต้องทำความเข้าใจกับคำว่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) เสียก่อน ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้ จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมีคำจำกัดความดังนี้

$$\text{ตัวประกอบโหลด (Load Factor)} = \frac{\text{จำนวนกิโลวัตต์ - ชั่วโมงที่ใช้ทั้งหมดของเดือน}}{\text{กิโลวัตต์สูงสุด} \times \text{จำนวนชั่วโมงในเดือนนั้น}} \times 100\ \%$$

พิจารณาสมการตัวประกอบโหลดจะเห็นว่าตัวแปรที่ทำให้เปอร์เซนต์ตัวประกอบโหลดสูงหรือต่ำจะมีอยู่สองตัว คือ จำนวนหน่วยพลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์ – ชั่วโมง) และจำนวนกิโลวัตต์สูงสุดหรือความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ดังนั้นเราสามารถที่จะเพิ่มค่าประกอบโหลดให้สูงขึ้นได้ 2 วิธีคือ

1. ลดจำนวนกิโลวัตต์สูงสุด (Peak Demand) ลง

2. ลดการใช้จำนวนกิโลวัตต์ - ชั่วโมง (Unit) ลง เพื่อให้สมดุลกับจำนวน Peak Demand ที่ลดลง อันจะมีผลทำให้อัตราส่วนของค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น แต่การลดจำนวนกิโลวัตต์ – ชั่วโมง (Unit) จะมีผลต่อการเพิ่ม ค่าตัวประกอบโหลดไม่มากนัก แต่จะส่งผลโดยตรงต่อค่าไฟฟ้าที่ลดลง

ผลประโยชน์ที่ได้รับโดยตรงจากการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด มีอยู่ด้วยกัน 4 ประการคือ

1. ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นหรือมีค่าตัวประกอบโหลดสูง จะเห็นว่ายิ่งค่าตัว ประกอบโหลดมีค่าสูงเท่าไร ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยยิ่งต่ำลงเท่านั้น ดังนั้น ถ้าทุกอาคารสามารถปรับปรุงค่าตัว ประกอบโหลดสูงขึ้นได้ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายค่าพลังงานลดลงได้ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงอีกด้วย

2. อาคารธุรกิจจะเสียค่าไฟฟ้าในส่วนที่เป็นค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (demand Charge) ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำให้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงและสายไฟฟ้าลดลง

4. การที่ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดลดลงทำให้หม้อแปลง สายเมนและสายป้อน กระแสไฟฟ้า ลดลงทำให้มีความจะเหลือสามารถติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้อีก

3.1.2 การแก้ไขพาวเวอร์แฟคเตอร์

ข้อดีของการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ดังได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วว่าเมื่อทำการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้นจะเกิดผลดีหลายอย่าง ในที่นี้จะกล่าวถึงผลดีนั้นอย่างละเอียดดังต่อไปนี้

1. ระบบไฟฟ้าสามารถรับโหลดได้มากขึ้น (Release of System Capacity)

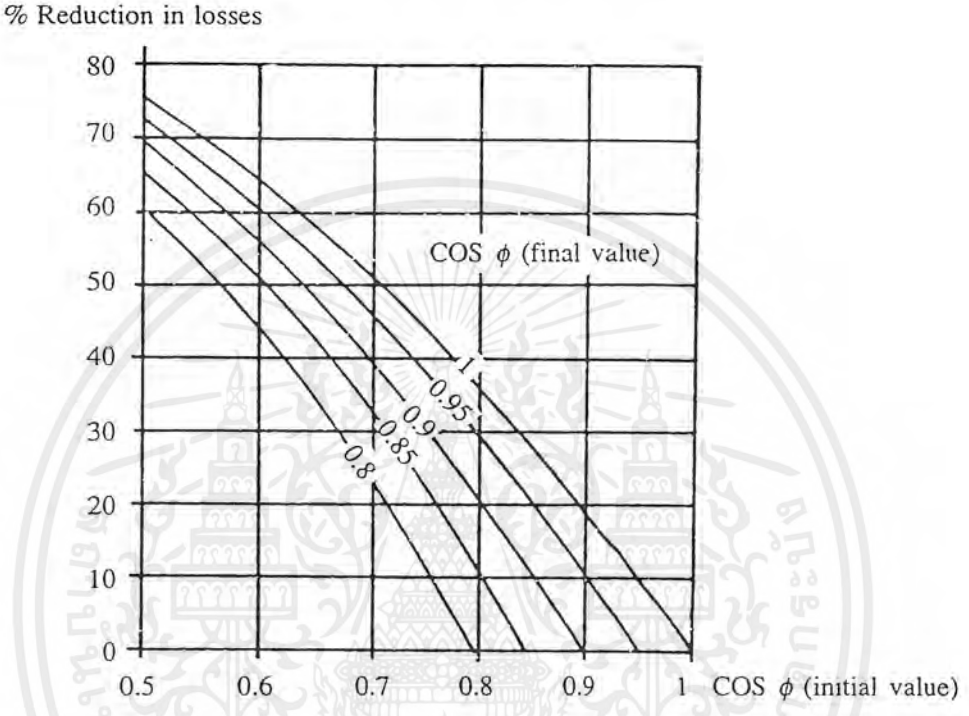
เมื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์มีค่าสูงขึ้น กระแสที่ไหลอยู่ในระบบระหว่าง แหล่งจ่ายไฟกับจุดที่มี การปรับปรุงจะมีค่าลดลง ทำให้สามารถเพิ่มค่าโหลดเข้าไปในระบบได้โดยไม่ทำให้ระบบรับโหลดเกินพิกัด อุปกรณ์ต่างๆ เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า สายเคเบิล และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกกำหนดขนาดพิกัดไว้ด้วยค่า กำลังงาน ปรากฏ (kVA) แต่ตามปกติแล้วเครื่องจักรต้นกำลัง (Prime Mover) ที่ใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะต้องมีขนาดพิกัดของกำลังงานที่ทำให้เกิดงาน (kW) เท่ากับหรือมากกว่ากำลังงานปรากฏของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าจังจะสามารถทำงานอยู่ได้ ดังนั้นในการทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบสูงขึ้นจะทำให้เครื่องจักร ต้นกำลังใช้กำลังงานน้อยลง หรือสามารถรับโหลดได้มากขึ้น

2. ลดกำลังงานสูญเสียในสายเคเบิล

ถึงแม้ว่าการคืนทุนจากการลงทุนติดตั้งคะแปซิเตอร์ เพื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เพื่อลดกำลังงาน สูญเสียในสายเคเบิลจะเป็นไปได้ค่อนข้างยากก็ตาม แต่การลดกำลังงานสูญเสียในสายเคเบิลก็เป็นแฟคเตอร์หนึ่ง ที่สามารถนำมาประกอบการพิจารณาได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานประกอบการที่ติดตั้งมานานแล้ว และมีสาย ป้อนยาวมากๆ หรือในระบบไฟฟ้าเพื่อการเกษตรและการสูบน้ำในท้องถิ่นกันดารที่ต้องเดินสายป้อนเป็นระยะ ทาง ไกลๆ กำลังงานสูญเสียในสายไฟต่างๆ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่ากระแสยกกำลังสอง แต่เนื่องจากกระแส จะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ดังนั้นกำลังงานสูญเสียในสายไฟต่างๆ จึงเป็น สัดส่วนกลับกับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



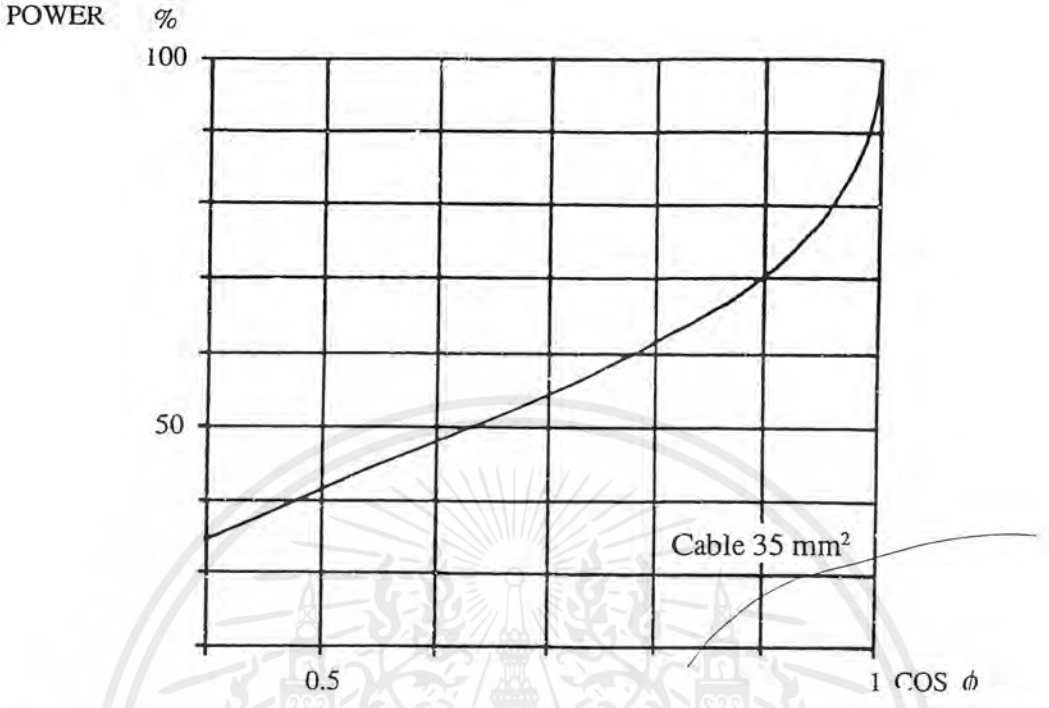
รูปที่ 3.1 แสดงการลดลงของกำลังงานสูญเสียในสายเคเบิลเมื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้น

จากรูปที่ 3.1 เราจะเห็นว่าการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จาก 0.6 เป็น 0.8 จะลดกำลังงานสูญเสียใน สายเคเบิลได้ถึง 44% และถ้าเปลี่ยนจาก 0.6 เป็น 1.0 จะลดกำลังงานสูญเสียได้ถึง 64% ถึงแม้ว่าแฟคเตอร์นี้จะเป็นที่รู้กันอยู่ทั่วไปก็ตาม แต่ก็ไม่ค่อยมีใครพิจารณาอย่างจริงจังมากนัก

3. ลดแรงดันตกและเพิ่มความสามารถของสายส่งในการส่งกำลังงานไฟฟ้า

สายส่งไฟฟ้าโดยทั่วๆ ไป ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะมีคุณสมบัติซึ่งแทนได้ด้วยความต้านทาน ต่ออนุกรมอยู่กับความเหนี่ยวนำ (Inductance) โดยปกติมีค่าประมาณ 0.4 ถึง 0.9μH/m ในทางปฏิบัติ n จะมี ค่าประมาณ 5 ถึง 10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36993



รูปที่ 3.2 แสดงความสามารถของสายส่งในการส่งกำลังงานไฟฟ้าที่เพาเวอร์แฟคเตอร์ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 สายส่งในรูปนี้เป็นสายเคเบิลขนาด 35 mm^2 มีค่าความต้านทาน 0.0005 $\mu H/m$

จากรูปที่ 3.2 สายส่งจะส่งกำลังงานไฟฟ้าได้โดยเพิ่มขึ้นอย่างเชิงเส้นจากค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.4 ถึง ประมาณ 0.8 เมื่อเลย 0.8 แล้ว จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และที่แรงดันตกสูงสุดใดๆ ที่กำหนดไว้ สายส่งจะส่ง กำลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้ถึงเท่าตัวถ้าเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จาก 0.65 เป็น 1.0

4. ลดกำลังงานสูญเสียในหม้อแปลง

กำลังงานสูญเสียในหม้อแปลงแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ กำลังงานสูญเสียในแกนเหล็ก และ กำลังงานสูญเสียในขดลวด กำลังงานสูญเสียในแกนเหล็กประมาณเท่ากับกำลังงานที่หม้อแปลง ดึงจากแหล่งจ่าย ไฟตอนไม่มีโหลด ส่วนกำลังงานสูญเสียในขดลวดจะแปรโดยตรงกับค่ากระแสโหลดยกกำลังสอง จึงมีความ สัมพันธ์โดยตรงกับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ดังนั้นกำลังงานสูญเสียในขดลวดที่โหลดค่าใดๆ จะแปรตามกำลังงาน ปรากฏยกกำลังสอง กำลังงานสูญเสียรวมทั้งหมดในหม้อแปลง จะเท่ากับผลรวมของกำลังงานสูญเสียใน แกนเหล็กกับกำลังงานสูญเสียในขดลวดที่โหลดค่าใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ลดค่าไฟฟ้า

เมื่อค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์สูงขึ้น ก็มีผลทำให้กระแสที่ไหลในวงจรลดลง กำลังสูญเสียในระบบไฟฟ้าลดลง อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าในโรงงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก็ลดลงเช่นกันด้วย

3.2 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

3.2.1 ระบบปรับอากาศ

การปรับอากาศและการระบายอากาศในอาคาร มีจุดประสงค์ดังนี้

1. เพื่อควบคุมอุณหภูมิของอากาศที่ค่าที่ต้องการตลอดเวลา โดยการให้ความเย็นหรือความร้อน

2. เพื่อควบคุมความชื้น โดยการลดหรือเพิ่มความชื้น

3. เพื่อควบคุมการไหลเวียนของอากาศที่ความเร็วลมที่ต้องการ

4. เพื่อควบคุมคุณภาพและความสะอาดของอากาศ โดยการกำจัดฝุ่นละอองที่สกปรกและกลิ่นควันต่างๆ

5. ควบคุมระดับเสียงในพื้นที่ปรับอากาศก่อนการจะนำไปสู่การปรับปรุงอย่างไรจึงจะทำให้ระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพเพราะประหยัดไฟฟ้านั้น ควรมาทำความรู้จักกับส่วนประกอบเบื้องต้นของระบบปรับอากาศก่อน ในระบบปรับอากาศมีส่วนประกอบที่สำคัญที่บอกกล่าวให้ทราบได้ดังนี้

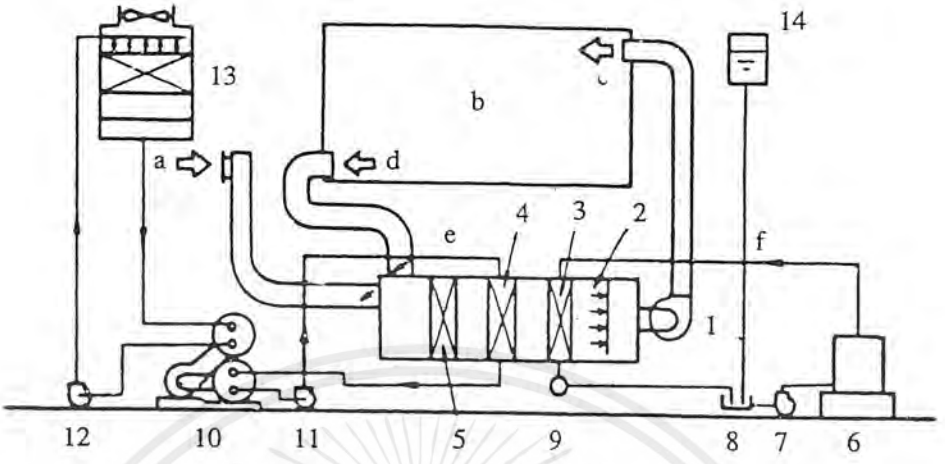
ระบบผลิตความเย็น / ความร้อน (Heat / Cold Generating Systems) มีเครื่องจักรทำความเย็น (Refrigerating Machine) หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) และหม้อน้ำ (Boiler)

ระบบท่อ (Piping Systems) มีท่อน้ำ ท่อไอน้ำ ท่อสารทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำ

เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner) มีเครื่องกรองอากาศ เครื่องทำให้อากาศเย็น (Cooling Coil) เครื่องทำให้อากาศร้อน (Heating Coil) และเครื่องทำให้อากาศชื้น

ระบบท่อลม (Air Duct Systems) มีพัดลม ท่อลม และหัวจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a. อากาศภายนอก
b. ห้อง
c. ลมจ่าย
d. ลมกลับ
e. น้ำเย็น
f. น้ำร้อน
1. พัดลม
2. เครื่องทำให้อากาศชื้น
3. ขดท่อทำให้อากาศร้อน
4. ขดท่อทำให้อากาศเย็น/แห้ง
5. เครื่องกรองอากาศ
6. หม้อน้ำ
7. ปั๊มน้ำเลี้ยง
8. ถังน้ำที่ควบแน่น
9. อุปกรณ์ดักไอน้ำ (steam trap)
10. เครื่องทำความเย็น
11. ปั๊มหมุนเวียนน้ำเย็น
12. ปั๊มหมุนเวียนน้ำหล่อเย็น
13. หอทำน้ำให้เย็น
14. ถังน้ำขยายตัว

รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบในระบบปรับอากาศ

รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบต่างๆในระบบปรับอากาศแบบส่วนกลาง โดยมีน้ำอากาศภายนอก เข้ามาชดเชยอากาศที่ระบายออกไป และอากาศภายในมีการดูดกลับเพื่อเข้ามาผสมรวมกันเพื่อความประหยัด แล้ว จ่ายผ่านเครื่องกรองอากาศภายในเครื่องปรับอากาศ เพื่อกรองเอาฝุ่นละอองในอากาศออกไป ในบางครั้งก็มีการ ใช้เครื่องกรองอากาศแบบใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Charcoal Filters) สำหรับกรองเอากลิ่นและแก๊สพิษออกไป

สำหรับการทำความเย็น เครื่องทำให้อากาศที่สะอาดเย็นลงและแห้งลง สำหรับการทำความร้อน อากาศที่ สะอาด จะถูกทำให้ร้อนโดยเครื่องทำความร้อน และอาจทำให้อากาศมีความชื้นเพิ่มขึ้นโดยเครื่องเพิ่มความชื้น จากนั้นอากาศจะถูกส่งโดยพัดลมผ่านท่อลมไปในห้องที่ปรับอากาศ

ในเครื่องทำให้อากาศเย็น จะมีน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นไหลวนโดยใช้เครื่องสูบน้ำ หรือมีสารทำความ เย็นไหลวน โดยอาศัยความแตกต่างของความดันของสารทำความเย็นในระบบเครื่องทำความเย็น เครื่องทำให้ อากาศเย็น โดยใช้สารทำความเย็นโดยตรงเรียกว่า ขดท่อทำความเย็นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขยายตัวโดยตรง (Direct Expansion Coil) เครื่องทำให้อากาศร้อนรับไอน้ำ หรือน้ำร้อนจากหม้อน้ำมาทำให้อากาศร้อน ระบบปรับอากาศแบบหนึ่ง อาจทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องทำลมเย็นและเครื่องทำลมร้อน เครื่องทำลมเย็นและเครื่องทำลมร้อน มักทำด้วยท่อที่มีครีบ (Finned Tubes)

เครื่องควบแน่น (Condenser) ในเครื่องทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ต้องการน้ำเพื่อการ หล่อเย็น โดยมากจะใช้หอผึ่งน้ำ เพื่อทำน้ำให้เย็นลงใหม่เพื่อนำกลับมาใช้ได้อีก

ระบบปรับอากาศแบบพื้นฐานเป็นระบบปรับอากาศส่วนกลางดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อการควบคุม ภาวะอากาศให้ดีขึ้น และเนื่องจากผลของการปรับปรุงเทคนิคในการปรับอากาศ จึงได้มีการพัฒนาระบบปรับอากาศแบบต่างๆ ขึ้นมามากมายโดยเฉพาะเกี่ยวกับด้านอุปกรณ์การทำความเย็น

ในปัจจุบันระบบปรับอากาศที่ใช้กันอยู่ทั่วไป สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. ระบบอากาศทั้งหมด (All-Air System)
2. ระบบน้ำและอากาศ (Water-Air System)
3. ระบบน้ำทั้งหมด (All Water System)
4. ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว (Unitary Air Conditioner System)

สำหรับในประเทศไทย การปรับอากาศจะใช้เฉพาะการทำความเย็นเท่านั้น ยกเว้นพื้นที่ที่มีการใช้งาน เป็นพิเศษ

การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศในอาคารธุรกิจ

การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศมีความสำคัญเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยเหตุดังนี้

1. ความต้องการใช้ระบบปรับอากาศในอาคารต่างๆ ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันอาคารธุรกิจใหม่ๆ ทุกแห่งใช้ระบบปรับอากาศ
2. ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศสูง โดยทั่วไปแล้วจะสูงกว่าปริมาณพลังงาน ไฟฟ้า ที่ใช้ในระบบอื่นๆของอาคารมาก
3. ราคาพลังงานไฟฟ้าสูง

วิธีการที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศนั้นสามารถกระทำได้ 4 วิธี คือ

1. การใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมในระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ
2. การปรับปรุงระบบปรับอากาศที่ใช้งานอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
3. การออกแบบอาคารที่มีการปรับอากาศ , การออกแบบระบบปรับอากาศ , การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ ต่างๆ เพื่อให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
4. การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การประหยัดพลังงานโดยใช้งานอุปกรณ์ที่มีอยู่ในระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานอยู่ในอาคาร ถ้าใช้อย่างมีหลักเกณฑ์และคำนึงถึงเรื่องการประหยัดพลังงานแล้ว จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ โดยที่เจ้าของอาคารไม่ต้องลงทุนเพิ่มเติม โดยมีวิธี การดังนี้

1.1 ควบคุมความดันด้านคอนเดนเซอร์ให้ต่ำที่สุดโดยลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในระบบปรับอากาศแบบเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Chiller) ซึ่งระบายความร้อนด้านคอนเดนเซอร์ออกที่หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) ตามปกติ น้ำก่อนเข้าคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิ 32.2 °ซ. และออกที่อุณหภูมิ 38.8 °ซ. ซึ่งจะมีผลทำให้อุณหภูมิควบแน่น (Condensing Temperature) เท่ากับ 40.6 °ซ. โดยใช้มาตรฐานของอากาศที่ผ่านหอผึ่งน้ำเท่ากับ 35 °ซ. กระเปาะแห้ง และ 28.3 °ซ. กระเปาะเปียก แต่การใช้งานของระบบปรับอากาศของอาคารต่างๆ ในรอบปี อุณหภูมิของบรรยากาศเปลี่ยน แปลงไปตลอดเวลา ซึ่งจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิบรรยากาศต่ำกว่ามาตรฐานอากาศที่ผ่านหอผึ่งน้ำดังกล่าว ถ้าอุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำ เราก็จะได้น้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไปน้ำหล่อเย็นจะมีอุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียกของบรรยากาศประมาณ 3° - 5° ซ. เมื่อน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิต่ำลง ประสิทธิภาพการ ทำงาของเครื่องทำน้ำเย็นจะสูงขึ้น พลังงานที่ต้องใช้ในการทำความเย็นของเครื่องอัดต่อภาระความร้อนที่เท่ากัน จะลดลง เช่น ถ้าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ทางเข้าของคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิ 32.2° ซ. เครื่องอัดจะใช้พลังงานประมาณ 0.275 กิโลวัตต์ / กิโลวัตต์ความเย็น แต่ถ้าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ทางเข้าของคอนเดนเซอร์เป็น 30.6° ซ. เครื่องอัดจะใช้พลังงานประมาณ 0.255 กิโลวัตต์ / กิโลวัตต์ความเย็น

ทั้งนี้เราจะสามารถปรับปรุงวิธีการใช้งานอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น ลงได้อีกเล็กน้อย เพราะตามปกติเครื่องทำน้ำเย็นและอุปกรณ์ประกอบที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร มักจะไม่ได้ใช้งาน เต็มที่ครบทุกชุด บางอาคารอาจจะติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นและอุปกรณ์สำรองไว้ 1 ชุด เราสามารถนำ หอผึ่งน้ำที่ สำรองไว้มาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการประหยัดพลังงานได้ เมื่อเปิดหอผึ่งน้ำเพิ่มขึ้นอีก 1 ชุด จากการใช้งานตาม ปกติ ปริมาณน้ำที่ป่านหอผึ่งน้ำแต่ละชุดจะลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำหล่อเย็นและ อากาศสูงขึ้น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นก็จะต่ำลงกว่าปกติอีกเล็กน้อย เช่น เมื่ออุณหภูมิกระเปาะเปียกของบรรยากาศเป็น 28.3° ซ. ถ้าน้ำหล่อเย็นที่ทางเข้าของหอผึ่งน้ำมีอุณหภูมิ 37.8° ซ. แล้ว ที่ทางออกน้ำหล่อเย็นจะมีอุณหภูมิ ประมาณ 32.2° ซ. ในกรณีที่เปิดหอผึ่งน้ำใช้งานเพิ่มอีก 1 ชุด เมื่อน้ำหล่อเย็นที่ทางเข้ามีอุณหภูมิ 37.8° ซ. น้ำหล่อเย็นที่ทางออกจะมีอุณหภูมิประมาณ 30.6° ซ. ทั้งนี้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ลดลง จะต้องขึ้นอยู่กับชนิดและ ขนาดของหอผึ่งน้ำ โดยทั่วไปจะสามารถลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นลงได้ประมาณ 3% - 5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปิดหอผึ่งน้ำใช้งานเพิ่มขึ้นอีก 1 ชุด จะทำให้อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำลงจากสภาพใช้งานปกติ ซึ่งก็ เท่ากับเป็นการลดการใช้พลังงานที่เครื่องอัดในรอบปีลงที่ภาระความร้อนเท่ากันดังกล่าว ถึงแม้ว่าจะต้องมีการใช้ พลังงานเพิ่มขึ้นบ้างสำหรับพัดลมของหอผึ่งน้ำที่เปิดเพิ่มขึ้น โดยผลรวมแล้วยังสามารถประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศลงได้

1.2 ควบคุมความดันด้านอีแวปอเรเตอร์ (Evaporator) ให้สูงที่สุดโดยเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบเครื่องทำน้ำเย็นหล่อเย็นด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) หรือแบบเครื่องทำน้ำเย็นหล่อเย็นด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) ในระบบจะต้องประกอบด้วยเครื่องส่งลมเย็น ที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่ปรับอากาศ เพื่อปรับสภาวะอากาศในแต่ละพื้นที่นั้นๆ ในการออกแบบผู้ออกแบบต้องเลือกใช้ เครื่องส่งลมเย็น ที่สามารถปรับสภาวะอากาศในพื้นที่นั้นที่มีภาระความร้อนสูงสุด และใช้อุปกรณ์ควบคุมปริมาณน้ำเย็นให้ผ่านขดท่อทำความเย็น (Cooling Coil) ให้เหมาะสมกับภาระในแต่ละช่วงเวลาเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในพื้นที่นั้น เมื่อพิจารณาถึงการปรับสภาวะอากาศรวมทั้งอาคาร ย่อมจะต้องมีบางช่วงเวลาที่ภาระความ ร้อนรวมของอาคารลดต่ำลง ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของอาคาร , ลักษณะของอาคาร ฯลฯ ในช่วงเวลาดังกล่าวอุปกรณ์ควบคุมปริมาณน้ำเย็นที่เครื่องส่งลมเย็นแต่ละเครื่อง ก็จะหรี่น้ำเย็นให้ผ่านขดท่อทำความเย็นต่ำลง เพื่อให้สามารถทำความเย็นให้เหมาะสมกับภาระขณะนั้น แต่ทั้งนี้น้ำเย็นที่ทางเข้าออกของเครื่องส่งลมเย็นจะยังมีอุณหภูมิประมาณ 7.2°ซ. ซึ่งเป็นอุณหภูมิน้ำเย็นที่ใช้งานทั่วไปในช่วงเวลาที่ภาระรวมของอาคารต่ำลงดังกล่าว เราสามารถประหยัดพลังงานที่เครื่องทำน้ำเย็นลงได้อีกโดยการปรับแต่งเทอร์โมสแตทที่เครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น ได้ประมาณ 1.7°ซ. – 2.8°ซ. ด้วยอุณหภูมิของน้ำเย็นที่สูงขึ้น ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องส่งลมเย็นแต่ละเครื่องจะยังเพียงพอและเหมาะสมกับภาระความร้อนในขณะนั้น เช่น เครื่องส่งลมเย็นที่สามารถ ทำความเย็นได้ 13.2° กิโลวัตต์ความเย็น

เมื่อน้ำเย็นเข้าเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 7.2° ซ. แต่เมื่อให้น้ำเย็นเข้าที่ 10° ซ. เครื่องส่งลมเย็นจะทำ ความเย็นลดลงเหลือประมาณ 10.3 กิโลวัตต์ความเย็น

การตั้งเทอร์โมสแตทของเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น จะทำให้ Evaporating Temperature สูงขึ้น และ ความดันด้านอีแวปอเรเตอร์สูงขึ้น เป็นผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นสูงขึ้นด้วย พลังงานที่ ต้องใช้ในการทำความเย็นของเครื่องอัด ต่อภาระความร้อนที่เท่ากันจะลดลง เช่น เมื่ออุณหภูมิของน้ำเย็นที่ทางออกของเครื่องทำน้ำเย็น 7.2° ซ. พลังงานที่ต้องใช้เท่ากับ 0.26 กิโลวัตต์ / กิโลวัตต์ความเย็น แต่เมื่ออุณหภูมิ ของน้ำเย็นที่ทางออกเป็น 10° ซ. พลังงานที่ต้องใช้เท่ากับ 0.25 กิโลวัตต์ / กิโลวัตต์ความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การใช้ Return Air และ Outside Air

ในระบบอากาศจะต้องนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาในอาคาร เพื่อถ่ายเทอากาศภายในพื้นที่ปรับ อากาศให้บริสุทธิ์ตลอดเวลา ปกติอากาศภายนอกที่นำเข้ามาจะไม่เกิน 10% ของปริมาณลมส่งที่จ่ายในแต่ละพื้นที่ การนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามามากเกินไป จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในระบบปรับอากาศ กล่าวคือการนำอากาศ ภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิ 35° ซ. และมีความชื้นสัมพัทธ์ 60% เข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศ 1 ลบ.เมตร/นาที คิดเป็น ภาระความร้อนได้ 750 วัตต์ ฉะนั้น การนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาในอาคาร ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิ อากาศภายนอกสูงจึงควรนำเข้ามาเท่าที่จำเป็น

ในบางอาคารที่ใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง จะมีช่วงเวลากลางคืนในบางฤดูที่อากาศภายนอก มีอุณหภูมิและ ความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสมพอที่จะนำเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศได้ เช่น ในฤดูหนาว อากาศภายนอกจะมีอุณหภูมิ ประมาณ 18.6° ซ. และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60% ซึ่งเป็นสภาวะที่สามารถนำเข้า มาใช้งานในพื้นที่ ปรับอากาศได้โดยจะช่วยลดภาระของเครื่องปรับอากาศลงได้ ฉะนั้น ในช่วงเวลาดังกล่าว ถ้าเราเปิดใบปรับ ปริมาณลม (Damper) ที่หน้ากากอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air Grille) ให้เต็มที่ เพื่อให้อากาศภายนอกเข้ามามาก ที่สุด ก็จะสามารถประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศลงได้

2. การประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงวัสดุอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร เมื่อปรับปรุงหรือติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเพิ่มเติมเข้าไป แล้วจะทำ ให้สามารถลดการใช้พลังงานรวมของระบบปรับอากาศลงได้ ทั้งนี้เจ้าของอาคารจะต้องลงทุนปรับปรุง หรือติดตั้ง อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับอาคารนั้นๆ วิธีต่างๆ ดังกล่าวคือ

2.1 การหุ้มฉนวนท่อน้ำให้มีความหนาที่เหมาะสม

ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) จะต้องมีท่อน้ำ เพื่อจ่ายน้ำเย็นไปยังเครื่อง ส่งลมเย็นตามส่วนต่างๆ ภายในอาคาร อุณหภูมิของน้ำเย็นประมาณ 7.2° - 10° ซ. ดังนั้นเพื่อป้องกันการถ่ายเท ความร้อนจากภายนอกถ่ายเทเข้าไปในน้ำเย็นจึงต้องหุ้มฉนวนท่อน้ำเย็น การพิจารณาใช้ฉนวนกันความร้อนที่มี

ความหนาที่เหมาะสมจะช่วยประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศลง ฉนวนกันความร้อนที่ใช้มักเป็น Stylene Foam หรือ Closed Cell Foam

การพิจารณาใช้ฉนวนกันความร้อนที่มีความหนามากๆ จะลดการถ่ายเทความร้อนได้สูง แต่ราคาลงทุนก็ สูงมากเช่นกัน การพิจารณาหาความหนาที่เหมาะสมของฉนวนกันความร้อน จึงต้องพิจารณาหลายๆ ด้าน คือ ลักษณะการใช้งาน ชั่วโมงการใช้งานของอาคาร อุณหภูมิของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบท่อน้ำ ราคาของฉนวนและความหนา ของฉนวน ซึ่งจะต้องเพียงพอต่อการป้องกันการเกิดการควบแน่นของความชื้น (Condensation) บนผิวฉนวน ท่อน้ำ

2.2 การเลือกใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศ

ในการปรับอากาศ เราจะต้องนำอากาศบางส่วนในพื้นที่ปรับอากาศทิ้งไป และนำอากาศบริสุทธิ์ จากภายนอกมาชดเชย เพื่อถ่ายเทให้อากาศภายในบริสุทธิ์ตลอดเวลา อากาศที่ทิ้งไปเป็นอากาศที่เย็น มักมีอุณหภูมิ ประมาณ 25.6° - 26.7° ซ. และอากาศที่ถ่ายเททิ้งไปจะเป็นประมาณ 10% ของปริมาณลมส่งในแต่ละพื้นที่ เห็นได้ว่าเป็นการสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนมาก เราสามารถนำพลังงานส่วนนี้กลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ โดยการใช้ Air to Air Heat Exchanger (ATA) อุปกรณ์ดังกล่าวจะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศ ที่จะทิ้งไปกับอากาศที่จะนำเข้ามาใหม่ อากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงจะถูกทำให้เย็นลงก่อนที่จะผ่านเข้าที่เครื่อง ส่งลมเย็น

อุปกรณ์ดังกล่าว จะถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศบริสุทธิ์และอากาศเสีย โดยไม่ให้สัมผัสกัน โดยตรง อุปกรณ์นี้เหมาะสำหรับอาคารที่มีห้องเครื่องส่งลมเย็นอยู่ในแนวเดียวกัน เพื่อสะดวกต่อการรวบรวมอากาศที่ นำทิ้งไปมาเข้าอุปกรณ์ ATA และสามารถจ่ายอากาศบริสุทธิ์ผ่านที่อุปกรณ์ ATA กลับไปยังเครื่องส่งลมเย็น แต่ละเครื่อง

สำหรับในอาคารเก่าจะปรับปรุงใช้ระบบนี้ได้โดยการติดตั้งท่อลม เพื่อรวบรวมอากาศที่จะทิ้งไปกลับมา ที่อุปกรณ์ ATA และติดตั้งท่อลมเพื่อส่งอากาศบริสุทธิ์กลับไป การพิจารณาติดตั้งจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ และพื้นที่ในการติดตั้ง ชั่วโมงการใช้งานของอาคาร พลังงานที่จะต้องใช้เพิ่มเติม และราคาในการลงทุน สำหรับอาคารใหม่ควรคำนึงถึงการติดตั้งอุปกรณ์ ATA และเตรียมการเพื่อการติดตั้งไว้ในช่วงออกแบบ จะช่วย ลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนได้

ในการใช้งานอุปกรณ์ ATA ควรคำนึงถึงพลังงานที่จะต้องใช้สำหรับพัดลมที่อุปกรณ์ ATA ด้วยว่าคุ้ม กับพลังงานที่ ประหยัดลงหรือไม่ โดยเฉพาะอาคารที่ใช้งาน 24 ชั่วโมง ในช่วงกลางคืนเมื่ออากาศภายนอก ลดต่ำลง การประหยัดพลังงานด้วยอุปกรณ์ ATA จะลดลง ซึ่งอาจจะไม่คุ้มกับการเปิดใช้งานในช่วงเวลาดังกล่าว ลักษณะเช่นนี้ จึงควรพิจารณาใช้ ATA เฉพาะในช่วงเวลากลางวันและปิดในช่วงเวลากลางคืน

3. การประหยัดพลังงานโดยการออกแบบอาคารและระบบปรับอากาศให้เหมาะสม

ในอาคารที่จะสร้างขึ้นใหม่ ควรคำนึงถึงเรื่องการใช้พลังงานภายในอาคาร ระบบปรับอากาศเป็นส่วน ที่มีอัตราการใช้พลังงานอยู่ในเกณฑ์สูง ดังที่กล่าวแล้วการออกแบบระบบปรับอากาศให้ประหยัดพลังงาน จะต้อง คำนึงถึงตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และต้องพิจารณาให้เหมาะสมและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครอบคลุมสภาพแวดล้อมอื่นๆ ซึ่งจะทำให้ ได้หลักการและวิธีการออกแบบระบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และได้ระบบที่ใกล้เคียงกับองค์ประกอบ 3 ข้อ ดังนี้

- คุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้สอยอาคารและความต้องการของผู้ใช้
- จำนวนเงินลงทุน
- ค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบ

3.1 การออกแบบระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดพลังงานจะต้องสัมพันธ์กับงานด้านสถาปัตย์และอื่นๆ ดังนี้

3.1.1 การจัดทิศทางของอาคาร

การจัดทิศทางของอาคารมีผลต่อความสุขสบายภายในอาคาร จากผลของการแผ่รังสีความร้อน ประเทศในเขตร้อนควรจะออกแบบอาคารให้หลีกเลี่ยงการแผ่รังสีความร้อนให้มากที่สุด สถาปนิกควรจะต้อง คำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ให้มาก ส่วนที่ยาวที่สุดของอาคาร รวมถึงหน้าต่างควรหันหน้าทางทิศเหนือและใต้ เพื่อลด การรับความร้อนเข้ามาภายในอาคาร โดยการส่งผ่านความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน การส่งผ่านความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังและหน้าต่างด้านทิศตะวันออกและตะวันตก มีค่าสูงกว่าด้านทิศเหนือและใต้ มาก

3.1.2 อาคารถาวรข้างเคียง

ถ้าอาคารถูกบังแสงโดยอาคารถาวรข้างเคียง การรับความร้อนเข้ามาภายในอาคารโดยการส่ง ผ่านความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจะลดลงไปได้มาก ผลดังกล่าวจะเหมือนกับการมีม่านกันแสงด้านนอก อาคาร นอกจากนี้อาคารข้างเคียงยังช่วยบังลมที่จะปะทะกับอาคารให้ลดน้อยลง ซึ่งจะเป็นผลให้

- ลดการรั่วของปริมาณอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงกว่าที่ผ่านเข้าตามกรอบประตูและหน้าต่างเป็นผลให้ลดภาระความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) ภายในพื้นที่ปรับอากาศ
- ลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร เนื่องจากการเกิดฟิล์มของอากาศที่ ผนังอาคารซึ่งจะเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่า

3.1.3 การใช้ผิวสะท้อนแสง , กระจกสะท้อนแสง

ผิวสะท้อนแสงจะช่วยสะท้อนแสงและความร้อน ที่จะเข้าไปภายในอาคารที่มีการปรับอากาศ ปริมาณแสงและความร้อนที่จะสะท้อนได้ขึ้นกับสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะเดียวกันสถาปนิกจะต้องคำนึงถึงการจัดทิศทางของอาคารให้อยู่ภายใต้ข้อจำกัดอื่นๆ ของบริเวณที่จะก่อสร้างอาคารด้วย

3.1.4 รูปร่างของอาคาร

วัตถุประสงค์การใช้สอยอาคาร จะเป็นหัวข้อหลักในการกำหนดรูปร่างของอาคาร อย่างไรก็ดี ถ้าหากอาคารใดมีข้อจำกัดเนื่องจากการใช้สอยอยู่ไม่น้อยหรือไม่มีเลย ผู้ออกแบบควรจะเลือกรูปร่างของอาคารที่ จะลดการรับความร้อนเข้าสู่อาคารให้น้อยที่สุด อาคารในประเทศในเขตร้อน อาคารควรจะมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยม ผืนผ้า โดยให้หันส่วนแคบของอาคารไปทางทิศตะวันออกและตะวันตก

3.1.5 ผนังอาคาร

ผนังอาคารที่มีการปรับอากาศจะทำด้วยวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ(U-VALUE) เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 หน้า หนา 4″ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน = 2.556 W/M^2K แต่ถ้าใช้ ผนังก่อด้วยคอนกรีตบล๊อกฉาบปูน 2 หน้า หนา 4 ″ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน = 2.386 W/M^2K Composite Walls และ Curtain Wall ที่บุด้วยฉนวนกันความร้อน จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเท ความร้อน ที่ต่ำกว่าผนังคอนกรีตหรือผนังก่ออิฐ

3.1.6 หลังคา

หลังคาของอาคารควรให้บุฉนวนกันความร้อน และควรให้มีการระบายอากาศที่ดี ไม่ควรติดตั้ง กระจกช่องแสงบนหลังคา

3.1.7 หน้าต่าง

หน้าต่างของอาคาร ควรทำด้วยกระจกสีชา หรือกระจกสะท้อนแสง กระจกสีชาที่ดูดซับพลังงาน แสงอาทิตย์ได้ 50 % (50% Absorbing Glass) จะมีค่าตัวประกอบการถ่ายเทความร้อนต่ำกว่ากระจกใสธรรมดา (Ordinary Glass) ประมาณ 27 % ในอาคารปรับอากาศควรมีหน้าต่างให้น้อยที่สุด

การใช้กระจกสองชั้น จะช่วยลดการส่งผ่านความร้อนได้มาก เช่น กระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอก เป็นกระจกแบบดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ 50 % และชั้นในเป็นกระจกใสธรรมดา จะมีค่าตัวประกอบการถ่าย เทความร้อนต่ำกว่ากระจกใสธรรมดาชั้นเดียวประมาณ 40 %

3.1.8 การบังแสง

การบังแสงจากภายนอกอาคาร จะสามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคาร ได้มากกว่า การใช้ม่านหรือมู่ลี่กันแสงภายในอาคาร เช่น ถ้าหน้าต่างเป็นแบบกระจกใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมดาชั้นเดียว และใช้ม่านบังแสง ภายนอก จะมีค่าตัวประกอบการถ่ายเทความร้อนต่ำกว่าการใช้ม่านบังแสง ภายในประมาณ 41 %

การบังแสงโดยการใช้กันสาดในแนวตั้งและแนวนอน (Horizontal and Vertical Overhang) หรือการหลบแนวหน้าต่างเข้ามาภายใน (Set Back Window) สำหรับประเทศในเขตร้อน ควรใช้กันสาดในแนวตั้งด้านทิศเหนือและทิศใต้ การออกแบบการบังแสงดังกล่าว ควรจะป้องกันไม่ให้หน้าได้ รับแสงแดดได้โดยตรงเลย

3.1.9 ตำแหน่งห้องเครื่อง

โดยทั่วไปแล้ว ตำแหน่งห้องเครื่องระบบปรับอากาศจะถูกจัดไว้ให้ที่ชั้นใต้ดินหรือบนหลังคา ซึ่งตำแน่งเหล่านี้ตามปกติจะไม่ใช่ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากระบบปรับอากาศจะแพงและมี ประสิทธิภาพ ต่ำลง ผู้ออกแบบควรพยายามกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด โดยให้มีระยะทางจากห้องเครื่อง หลักไปยังตำแหน่งต่างๆ ที่มีการปรับอากาศน้อยและใกล้เคียงที่สุด

3.2การประเมินภาระความเย็น

ภาระความเย็นจะถูกประเมิน เพื่อเป็นรากฐานในการเลือกอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ การหาข้อมูลโดย ละเอียด เพื่อประเมินภาระความเย็นสำหรับอาคารที่จะติดตั้งระบบปรับอากาศ รวมถึงการประเมินภาระความเย็น ที่ต้องการในเวลาต่างๆ กัน หลายๆ ขณะในวันหนึ่งๆ จะทำให้สามารถหาภาระความเย็นที่ใกล้เคียงกับความ เป็นจริงมากที่สุด จากภาระความเย็นที่ประเมินได้รวมถึงลักษณะการใช้งานของอาคาร จะสามารถเลือกระบบ

ปรับอากาศ ขนาดเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้เหมาะสมและใช้งานอย่างมี ประสิทธิภาพที่สุด

3.3การเลือกอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

ภายหลังจากที่ได้ประเมินภาระความเย็นที่ต้องการแล้ว จะต้องมีการเลือกอุปกรณ์ที่มีขนาดเหมาะสม กับภาระที่ประเมินไว้ การจ่ายลมในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ จะต้องอยู่ในภาวะเหมาะสมเพื่อชดเชยกับความร้อน สัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) ที่ประเมินไว้

ระบบปรับอากาศและวิธีการที่จะใช้ในการควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารมีอยู่หลายแบบ ในการเลือกใช้ระบบต่างๆ จะต้องพิจารณาข้อดีข้อเสียที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานของอาคารและตัดสินใจ เลือกระบบที่ดีที่สุด การแปรเปลี่ยนของภาวะความร้อน ความต้องการในการแบ่งโซน เนื้อที่ที่มีอยู่ และราคา เป็นตัวแปรที่จะกำหนดชนิดของระบบปรับอากาศที่ควรเลือกใช้

การเลือกใช้อุปกรณ์ระบบปรับอากาศเพื่อให้ประหยัดพลังงาน มีหลักในการพิจารณา ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 ชนิดของเครื่องทำน้ำเย็น

การพิจารณาเลือกเครื่องทำน้ำเย็น จะต้องเลือกเครื่องที่มีค่า COP หรือ EER สูง เครื่องทำน้ำเย็นดังกล่าว จะมีคอนเดนเซอร์ หรืออีแวปอเรเตอร์ ที่มีขนาดใหญ่ และจะมีวงจรการทำงานที่อุณหภูมิของการควบแน่นต่ำ (Low Condensing Temperature) อุณหภูมิของการระเหยสูง (High Evaporating Temperature) เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้จะมีราคาสูง แต่ค่าใช้จ่ายในการใช้งานต่ำ

3.3.2 การใช้เครื่องทำน้ำเย็นหลายๆ ตัว

จากการประเมินภาระความเย็น เราสามารถพิจารณาเลือกเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดที่เหมาะสม กับภาระในแต่ละขณะได้ การใช้เครื่องทำน้ำเย็นหลายๆ เครื่อง ทำให้สามารถปิดเครื่องทำน้ำเย็นบางตัวลงได้ ในขณะที่ภาระของอาคารต่ำ เครื่องทำน้ำเย็นที่เปิดอยู่ เมื่อใช้งานที่ภาระเต็มที่ก็จะมีประสิทธิภาพสูง

เครื่องขนาดเล็กหลายๆ เครื่อง มักจะแพงกว่าการใช้เครื่องขนาดใหญ่จำนวนน้อยเครื่องกว่า แต่การใช้เครื่องขนาดเล็กหลายๆ เครื่อง มักจะสะดวกในด้านการออกแบบ เพื่อให้ประหยัดพลังงาน

3.3.3 การใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบปรับความเร็วรอบได้

ในอาคารบางประเภทที่มีการเปลี่ยนแปลงของภาระมาก และใช้งานที่ภาระเพียงบางส่วน ตลอดเวลาการใช้ Inverter เพื่อแปรเปลี่ยนรอบของเครื่องอัด เพื่อให้เหมาะสมกับภาระในแต่ละขณะ จะสามารถประหยัดลงได้มาก ปัจจุบันราคาของ Inverter ยังสูงมาก โดยเฉพาะกับมอเตอร์ขนาดใหญ่ การพิจารณาใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบปรับความเร็วรอบได้ จึงต้องพิจารณาหลายๆ ด้านเพื่อความเหมาะสม

3.3.4 การใช้เครื่องสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง

เครื่องสูบน้ำที่ใช้ในระบบปรับอากาศ ควรเลือกใช้ขนาดที่ถูกต้อง และเลือกใช้ในจุดที่ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำสูงสุด การคำนวณความเสียดทานรวมทั้งหมด (หัวน้ำรวม) และอัตราการไหลของน้ำในระบบให้แม่นยำ จะสามารถเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและประหยัดพลังงานได้

การเลือกเครื่องสูบน้ำที่อัตราการไหลและหัวน้ำมากเกินความจำเป็นจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานโดย เปล่าประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การใช้ท่อน้ำและวาล์วที่มีความเสียดทานต่ำ

วาล์วต่างๆ ที่ใช้ในระบบควรพิจารณาใช้ วาล์วผีเสื้อ (Butterfly Valve) ซึ่งมีความเสียดทาน ต่ำกว่าก็อกวาล์ว (Globe Valve) และเกทวาล์ว (Gate Valve) รวมถึงการเลือกใช้วาล์วที่มีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย

นอกจากนี้ การลดความเสียดทานในระบบท่อน้ำโดยให้ระยะทางจากห้องเครื่องไปยังอุปกรณ์ ต่างๆ สั้นที่สุด

3.3.6 การใช้พัดลมที่มีประสิทธิภาพสูง

เช่นเดียวกับการเลือกเครื่องสูบน้ำ การเลือกพัดลมควรคำนวณความเสียดทานรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบส่งลมเย็น และปริมาณลมให้แม่นยำ และเลือกพัดลมใช้ในจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ในการเลือกพัดลม ถ้าใช้ค่าความเสียดทานสูงเกินไปในการเลือก เราจะได้พัดลมขนาดใหญ่กว่าความจำเป็น และถ้าเราให้พัดลมหมุนด้วยความเร็วตามที่เลือกไว้ ก็จะได้อัตรา การส่งลมเย็นมากเกินความจำเป็น เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น แม้ว่าเราจะลดรอบของพัดลม ลง มอเตอร์ที่ใหญ่กว่าความต้องการมากก็จะทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงได้ การเลือกใช้พัดลมที่ถูกต้องจะสามารถ ประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศได้

3.3.7 การใช้ท่อลมที่มีความเสียดทานต่ำ

ความดันสถิตย์รวมจะลดลงได้ โดยการลดความเสียดทานในท่อลม ทำได้โดยการออกแบบท่อลม ให้มีขนาดใหญ่

3.3.8 การใช้ระบบแปรเปลี่ยนปริมาณลม

ระบบที่สามารถแปรเปลี่ยนปริมาณลมได้มักจะเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะการ ลดปริมาณลม ลงจะส่งผลให้ลดพลังงานที่ใช้ในระบบการส่งลมเย็นโดยตรง

ระบบ VAV (VAV System) เป็นระบบที่ออกแบบให้จำนวนลมเย็นที่จะเข้าสู่ห้องปรับอากาศแปรเปลี่ยนไปตามภาระความร้อนที่เข้าในพื้นที่ปรับอากาศ โดยสามารถควบคุมเป็นจุดย่อยๆ ได้ เห็นได้ว่าเป็นวิธีที่แก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบปริมาตรลม ส่งคงที่ได้ เช่น การที่จะต้องใช้เครื่องส่งลมเย็นกว่าความจำเป็น แต่ในระบบ VAV จะสามารถออกแบบให้ เครื่องเป่าลมเย็นมีขนาดพอดีกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้นได้ และสมารถควบคุมอุณหภูมิห้องได้ดีที่สุด และประหยัดพลังงานที่ใช้ในพัดลมได้ดี ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นๆ อีกคือ

- ลักษณะการใช้งานของอาคาร
- ภาระความร้อนที่เข้าสู่อาคาร และความแม่นยำการคำนวณภาระความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเลือกใช้ระบบ
- การลงทุน

ภาระความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงมากในตลอดวันหรือตลอดปี ระบบนี้จะมี ประโยชน์มากโดยเฉพาะอาคารที่ใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง มักจะได้ประโยชน์จากการใช้ระบบนี้มาก

การใช้ระบบ VAV จะสามารถควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศได้ดี และลดพลังงาน ที่ใช้ใน ระบบปรับอากาศได้โดยตรง แต่จะต้องพิจารณาใช้ระบบที่เหมาะสมกับความต้องการ รวมถึงการลงทุนของ ระบบดังกล่าว

3.3.9 การใช้ระบบแปรเปลี่ยนปริมาณน้ำ (VWV)

การลดอัตราการไหลของน้ำ เมื่อภาระลดลงจะช่วยลดพลังงานที่ใช้เครื่องสูบน้ำได้ แต่เนื่องจาก เครื่องทำน้ำเย็นต้องให้อัตราน้ำเย็นไหลผ่านคงที่ การใช้ระบบแปรเปลี่ยนปริมาณน้ำจึงต้องแยกวงจรน้ำเย็น ออกเป็น 2 วงจร คือ วงจรแรก จะมีเครื่องสูบน้ำเพื่อควบคุมให้น้ำเย็นไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็นคงที่ตลอดเวลา วงจรที่สอง จะมีเครื่องสูบน้ำอีกชุดหนึ่ง เพื่อสูบน้ำเย็นจ่ายไปยังจุดต่างๆ ภายในอาคาร วิธีดังกล่าวจะสามารถ ลดขนาดของเครื่องสูบน้ำในวงจรแรกลงได้ และในวงจรที่สองใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเล็กจำนวนหลายๆ เครื่อง หรือใช้เครื่องสูบน้ำแบบแปรเปลี่ยนความเร็วรอบได้ เพื่อควบคุมปริมาณน้ำเย็นที่ต้องการ

ระบบนี้ต้องใช้ชุดควบคุมการเปิด – ปิด หรือหรี่เครื่องสูบน้ำและชุดควบคุมการเปิด – ปิดเครื่อง ทำน้ำเย็นตามภาระที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งประกอบด้วย Calorie Computer หรือ Enthalpy Control Unit อุปกรณ์ดังกล่าวจะวัดอุณหภูมิของน้ำเย็นเข้าและน้ำออก และอัตราการไหลของน้ำเย็น เพื่อคำนวณภาระในขณะ นั้น และสั่งการไปยังเครื่องสูบน้ำและเครื่องทำน้ำเย็นให้จ่ายน้ำเย็นเท่าที่ต้องการเท่านั้น

ระบบนี้จะสามารถประหยัดพลังงานที่เครื่องสูบน้ำและเครื่องทำน้ำเย็นได้ แต่อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ยังมีความซับซ้อน และราคาในการลงทุนยังสูงมาก

3.3.10 การใช้ท่อวาล์ว 2 ทาง ควบคุมน้ำเข้าเครื่องส่งลมเย็น

การใช้วาล์ว 2 ทางควบคุมการไหลของน้ำเข้าเครื่องส่งลมเย็นในระบบปรับอากาศจะทำให้ใช้ พลังงานในการสูบน้ำในระบบต่ำกว่าการใช้วาล์ว 3 ทาง

3.3.11 การหุ้มฉนวนท่อลมให้มีความหนาที่เหมาะสม

โดยปกติแล้ว ลมเย็นที่ไหลภายในท่อลมจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอก ดังนั้นความร้อน จากภายนอกท่อจึงไหลเข้าไปในท่อลมได้ ทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในท่อลมสูงขึ้น การพิจารณาใช้ฉนวน กันความร้อนที่มีความหนาของฉนวนเหมาะสมหุ้มท่อลม จะลดการถ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทความร้อนจากอากาศภายนอกเข้าไป ในท่อลม และจะประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศลง ฉนวนกันความร้อนที่ใช้มักเป็นใยแก้ว หรือใย แอสเบสทอส (ใยหิน)

3.3.12 การบุฉนวนกันความร้อนที่หลังคา

3.3.13 การเลือกขนาดหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)

การเลือกขนาดของหอผึ่งน้ำ ต้องพิจารณาควบคู่กับเครื่องทำน้ำเย็น การเลือกขนาดของหอผึ่งน้ำ ให้ใหญ่ขึ้นกว่าปกติ 1 ขนาด จะทำให้อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำลงกว่าปกติ และจะมีผลให้ประหยัดพลังงาน ที่เครื่องทำน้ำเย็นลงได้ แต่การเลือกใช้ต้องพิจารณาถึงพลังงานที่ต้องใช้ที่หอผึ่งน้ำที่เพิ่มขึ้น ด้วยพร้อมกับการ ลงทุนที่สูงกว่า

3.3.14 การออกแบบระบบเพื่อใช้พลังงานความร้อนหรือความเย็นที่ต้องทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (Heat Recovery or Heat Reclaim)

ในระบบปรับอากาศ เรามักจะต้องทิ้งพลังงานความร้อนหรือความเย็นโดยไม่จำเป็น การนำ พลังงานความร้อนหรือความเย็นที่ต้องทิ้งไปกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ จะสามารถประหยัดพลังงานในระบบ ปรับอากาศได้ แต่การลงทุนจุคุ้มค่าหรือไม่คุ้มค่าขึ้นอยู่กับ

- อุณหภูมิแตกต่างระหว่างตัวกลางที่รับและจ่ายพลังงาน
- อัตราพลังงานที่ทิ้ง
- ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์
- การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

พลังงานที่ต้องทิ้งไปในระบบปรับอากาศที่เห็นได้ชัดคือ อากาศที่ต้องถ่ายเทเพื่อให้อากาศ ภายในพื้นที่ปรับอากาศบริสุทธิ์ ตามที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 6.2.2 และความร้อนที่ต้องทิ้งไปเป็นจำนวนมาก ที่คอนเดนเซอร์

3.3.15 การใช้ Thermal Storage เพื่อควบคุม Demand ของเครื่องทำน้ำเย็น

ภาระความร้อนในอาคารบางประเภท มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และบางครั้งภาระความร้อน สูงสุดและภาระความร้อนต่ำสุด มีความแตกต่างกันมาก ในการออกแบบถ้าเลือกเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อรับภาระใน ช่วงภาระความร้อนสูงสุดแล้ว เครื่องทำน้ำเย็นจะมีขนาดใหญ่ รวมถึงในการใช้งานในช่วงภาระสูงสุด ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ของเครื่องทำน้ำเย็นจะสูงขึ้นมาก เราสามารถลดขนาดเครื่อง ทำน้ำเย็นลงรวมถึงการลดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องทำน้ำเย็นในช่วงเวลาดังกล่าวลงได้ โดยใช้ Thermal Storage เพื่อทำน้ำเย็นเก็บไว้ในช่วงที่ภาระความร้อนภายในอาคารต่ำ และนำน้ำเย็นเหล่านี้ไปใช้ในช่วง ที่ภาระความร้อนของอาคารสูงขึ้นกว่าขนาดความสามารถทำความเย็นของเครื่อง การประเมินภาระความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เร้อน ของอาคารอย่างแม่นยำจำเป็นมากในการออกแบบระบบการเลือกขนาดเครื่องทำน้ำเย็น และขนาดของที่เก็บ น้ำเย็น

3.3.16 การใช้วิธีให้ความร้อนซ้ำ (Reheat)

ในระบบปรับอากาศแบบอากาศทั้งหมด มักจะต้องใช้การให้ความร้อนซ้ำเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ของลมส่งก่อนที่จะจ่ายเข้าไปในพื้นที่ปรับอากาศที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิที่แม่นยำ ระบบปรับอากาศที่ใช้ เครื่องส่งลมเย็นจ่ายลมเย็นให้ในแต่ละพื้นที่ และสามารถควบคุมอุณหภูมิโดยเทอร์โมสแตทแยกเป็นอิสระใน แต่ละพื้นที่ จึงไม่จำเป็นต้องใช้การให้ความร้อนซ้ำ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานในระบบปรับอากาศ

3.3.17 การใช้โปรแกรมการเปิด–ปิดเครื่องให้มีประสิทธิภาพสูงสุด(Optimum Start-Stop Program)

การตั้งโปรแกรม เพื่อเปิด – ปิดเครื่องทำน้ำเย็นให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถลดการใช้ พลังงานลงได้โดยไม่ต้องลดความสบายของผู้อยู่อาศัย การเปิดเครื่องจะถูกชะลอจนกว่าจะถึงช่วงเวลาสุดท้ายซึ่ง ได้จัดตั้งไว้เพื่อให้ได้ระดับความสบายที่ต้องการเมื่อมีผู้ใช้สอยอาคาร การปิดเครื่องจะตั้งโปรแกรมให้ปิดเร็วที่สุด เท่าที่จะทำได้ โดยจะรักษาระดับความสบายจนกระทั่งผู้ใช้สอยอาคารออกจากอาคาร

3.3.18 การใช้ Duty Cycling

Duty Cycling จะเปิด – ปิดระบบปรับอากาศเป็นระยะๆ เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบปรับ อากาศลง แต่ทั้งนี้ยังคำนึงถึงความสุขสบายของผู้อยู่อาศัย และความสามารถของเครื่องที่จะเปิด – ปิดได้ในแต่ละ ช่วงเวลา

วิธีการต่างๆ ที่กล่าวมาทั้งหมด ควรจะนำมาพิจารณาในการออกแบบระบบปรับอากาศ เพื่อให้ ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถลดการใช้พลังงานลงได้

4. การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ

การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศจะไม่ประสบผลสำเร็จ ถ้าปราศจากการติดตามการใช้งานจริงของระบบเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายและรักษาระดับการใช้พลังงานให้ต่ำที่สุด มีข้อแนะนำเกี่ยวกับ การบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปรับอากาศดังนี้

4.1 ทดสอบและปรับแต่งระบบอย่างสมบูรณ์เป็นครั้งคราว ตามหมายกำหนดการที่ตั้งไว้ตลอด อายุการใช้งานของระบบ โดยมากแล้วการปรับแต่งระบบในครั้งแรกมักจะเป็นการปรับแต่งครั้งเดียว ที่ ได้กระทำ กับระบบทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ตั้งเทอร์โมสแตทให้ควบคุมอุณหภูมิที่พอเหมาะกับความสบายเท่านั้น ไม่ควรตั้ง เทอร์โมสแตทไว้ให้ต่ำที่สุด และหมั่นตรวจสอบว่าเทอร์โมสแตทสามารถทำงานได้เป็นปกติหรือไม่ อุณหภูมิ ที่พอเหมาะคือ 25.5 $^{\circ}$ - 26.7 $^{\circ}$ซ.

4.3 เครื่องส่งลมเย็น ควรให้ทำความสะอาดแผงกรอบอากาศและขดทำความเย็น(Cooling Coil) เป็นประจำถ้าอุปกรณ์ดังกล่าวสกปรก พื้นผิวรับความร้อนจะถ่ายความร้อนได้ไม่ดี ทำให้น้ำเย็นที่กลับไปยัง เครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิต่ำลง ทำให้ประสิทธิภาพที่เครื่องทำน้ำเย็นต่ำลงด้วย

4.4 ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นประจำ และตรวจสอบอย่า ให้มีวัสดุปิดขวางทางลมที่ใช้ในการระบายความร้อน

4.5 ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ เนื่องจากระบบน้ำหมุนเวียนในระบบเป็นระบบเปิดน้ำระเหยตลอดเวลา ผิวด้านในของอุปกรณ์ควบแน่นจึงมักมีตะกรันและสิ่งสกปรก เป็นผล ให้อุณหภูมิควบแน่นสูงขึ้น ฉะนั้นต้องทำความสะอาดมากน้อยตามความจำเป็น

4.6 ทำความสะอาดหอผึ่งน้ำ เพื่อให้ผิวระบายความร้อนสะอาดรวมถึงหัวกระจายน้ำ

4.7 จัดให้มีการบำบัดคุณภาพน้ำในระบบน้ำหล่อเย็น ความสกปรกในระบบจะลดความสามารถ ในการถ่ายเทความร้อน

4.8 พัดลมทุกตัว จะต้องทำการหล่อลื่น โดยการอัดจารบี หรือหยอดน้ำมันอย่างสม่ำเสมอตาม ระยะเวลา

4.9 พัดลมที่ขับด้วยสายพานจะต้องตรวจตราความตึงของสายพานให้เหมาะสม

4.10 ตรวจสอบการรั่วไหลของท่อน้ำเย็นและซ่อมแซมฉนวนท่อน้ำ รวมทั้งแก้ไขการรั่วของ น้ำเย็นที่อุปกรณ์ต่างๆ เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งที่ใช้ Packing Seal จะต้องให้มีน้ำซึมบ้าง แต่ไม่ควรให้รั่ว มากเกินไป

4.11 ตรวจสอบการรั่วไหลของท่อลมที่อาจเกิดขึ้นได้ รวมถึงการซ่อมแซมฉนวนท่อลมที่ฉีกขาด

4.12 ในบางอาคาร อาจลดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ของเครื่องทำน้ำเย็น ลงได้โดยการทำน้ำเย็นในระบบให้มีอุณหภูมิต่ำลงกว่าที่ใช้งานปกติ 1 – 2 $^{\circ}$ ซ. และให้เครื่องส่งลมเย็นทำให้ อุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าที่ใช้งานปกติ 1 – 2 $^{\circ}$ ซ. ก่อนถึงเวลาที่ต้องการภาระความเย็นสูงสุด ลักษณะเช่นนี้ ใช้หลักการเดียวกับวิธี Thermal Storage

4.13 พื้นที่ปรับอากาศบางแห่ง สามารถลดอากาศบริสุทธิ์ที่จะนำเข้ามาถ่ายเท ภายในได้ในบาง ช่วงเวลา เช่น ในร้านค้า ร้านอาหาร ที่มักจะมีคนมากในช่วงเวลา 11.00 – 13.00 น. ในช่วงเวลาดังกล่าว เราก็ควรจะเปิดให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาได้เต็มที่ แต่ในช่วงเวลาอื่นก็ควรหรี่ให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาน้อยลง ก็จะสามารถประหยัดพลังงานลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ระบบแสงสว่าง

การประหยัดพลังงานหรือการลดการสูญเสียในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง สามารถกระทำได้โดยให้ความ สนใจในตัวแปรหลายๆ ด้านที่ไม่ใช่แต่เฉพาะทางด้านไฟฟ้าเท่านั้น ระบบไฟฟ้าแสงสว่างถูกติดตั้งขึ้นใช้งานเพื่อ ช่วยในการมองเห็นจึงไม่ควรสนใจอยู่แต่เฉพาะเรื่อง เศรษฐศาสตร์และประสิทธิของระบบเท่านั้น แต่ต้องพิจารณา ถึงชนิดของงานที่กระทำ และพื้นที่ที่กระทำงานนั้นๆ ด้วย ระบบไฟฟ้าแสงสว่างยังอาจมีผลกระทบกับสภาพ แวดล้อม และระบบอื่นๆของอาคารด้วยเช่น ระบบปรับอากาศของอาคาร แฟคเตอร์ต่างๆเหล่านี้ จะต้องได้รับการ พิจารณาอย่างรอบคอบตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างเลยที่เดียว

หลักการสำคัญของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง มีดังต่อไปนี้

1. การทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่าง
2. การเลือกใช้หลอดไฟและอุปกรณ์ร่วมให้เหมาะสม
3. การออกแบบระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง
4. การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
5. การซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

1. การทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่าง

การทำความเข้าใจกับพื้นที่จะใช้แสงสว่างคือ การศึกษาถึงประเภท หรือ ชนิดของงานที่จะกระทำใน พื้นที่นั้นๆ ว่าเป็นงานชนิดใด ต้องการระดับความสว่างสูงต่ำมากน้อยเพียงใด ในขณะเดียวกันก็พิจารณาหรือเลือก สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับพื้นที่นั้นๆด้วย เช่น การใช้สีทาที่ฝาผนังเพดานและพื้นควรเลือก สีที่ให้ผลในการ สองสว่างสูง เป็นต้น ในกรณีที่ภายในห้องที่มีค่าความสว่างที่เท่ากัน ห้องที่มีฝาสว่างกับฝามืดจะสามารถประหยัด พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 20% และถ้าเป็นห้องขนาดใหญ่ที่มีฝาสว่าง กับห้องที่ฝามืด จะสามารถประหยัด พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 30% สำหรับการให้ความสว่างที่ค่าเท่ากัน

สัมประสิทธิ์ของการสะท้อนแสงของสีต่างๆเป็นต้น

- สีขาว 60-80%
- สีครีม 50-60%
- สีอ่อน 35-55%

2.การเลือกใช้หลอดไฟและอุปกรณ์ร่วมให้เหมาะสม

1. หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง ในการเลือกไฟฟ้าแสงสว่างนั้น เราต้องพิจารณาแฟคเตอร์หลายๆ ตัวเพื่อให้ ได้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะกับงานนั้นๆแฟคเตอร์ต่างๆเหล่านั้นที่ควรสนใจได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) **ประสิทธิภาพแสง**

หลอดไฟฟ้าแสงสว่างต่างๆจะมีความสามารถในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงสว่างไม่เท่ากัน ความสามารถของหลอดนี้เราเรียกว่า ประสิทธิภาพแสง (Luminous Efficiency) หลอดไส้มีประสิทธิภาพ ต่ำที่สุด ส่วนหลอด โซเดียมความดันต่ำมีประสิทธิภาพแสงสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพแสงและอายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้าแสงสว่างชนิดต่าง ๆ (รวมกำลังงานสูญเสียในบัลลาสต์แล้ว)

ชนิดของหลอด	อายุใช้งาน (ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพแสง (ลูเมน/วัตต์)
1.หลอดไส้	750 ถึง 1,000	8-20
2.หลอดไอปรอทความดันสูง	24,000	35-50
3.หลอดฟลูออเรสเซนต์	6,000 ถึง 20,000	45-65
4. หลอดเมตัลฮาไลด์	7,00 ถึง 20,000	45-70
5. หลอดโซเดียมความดันสูง	24,000	60-110
6. หลอดโซเดียมความดันต่ำ	18,000	70-155

2) **อายุการใช้งาน** อายุการใช้งานเป็นแฟคเตอร์ที่สำคัญที่ต้องนำมาพิจาณราด้วย เพราะฟลอดที่มีราคาถูกอายุสั้นจึงต้องเปลี่ยนหลอดบ่อยๆ อาจจะเสียค่าใช้จ่ายแพงกว่าหลอดที่มีราคาแพงแต่อายุยาวก็ได้

3) **สีของแสง**

หลอดแต่ละชนิดจะให้แสงที่มีส่วนประกอบทางสเปกตรัมไม่เหมือนกัน จึงอาจทำให้สีของวัตถุผิดเพี้ยน ไปจากการมองเห็นภายใต้แสงอาทิตย์ได้ การเลือกใช้งานจึงต้องพิจารณาเรื่องสีของแสงของหลอดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างและประสิทธิภาพแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดต่างๆ กับหลอดไส้

ลำดับ	ชนิด	วัตต์	วัตต์รวม บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (ลูเมน)	ประสิทธิภาพแสง (ลูเมน/วัตต์)
1	ฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา	40	50	2,600	52.00
		32	42	1,750	41.67
		20	30	1,030	34.33
2	คอมแพคบัลลาสต์ภายใน	9	-	450	50
		13	-	650	50
		18	-	900	50
		25	-	1,200.00	48
3	คอมแพคบัลลาสต์ภายนอก	5	11.9	230	19.33
		7	12.7	400	31.50
		9	13.5	600	44.44
		11	16	900	56.25
		18	26	1,250.00	48.08
		24	32	2,000.00	62.50
		36	44	2,900.00	65.91
4	ฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง	36	46	2600	56.52
		18	28	1030	36.78
5	หลอดไส้	15	-	120	8.00
		25	-	230	9.20
		40	-	430	10.75
		60	-	730	12.16
		75	-	960	12.80
		100	-	1380	13.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบแสงสว่างให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างต้องได้รับการออกแบบและติดตั้ง เพื่อให้การประกอบกิจกรรม ต่างๆ ดำเนินไป อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้สภาพแวดล้อมทั่วๆไปของการมองเห็นมีความปลอดภัย วิธีการให้แสงสว่างที่ เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญของการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1. การให้แสงสว่างแบบมีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่ (General Lighting)

วิธีนี้เป็นการให้แสงสว่างจากโคมไฟที่ติดตั้งอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่เพดาน การให้แสงสว่างแบบนี้มีข้อดีคือสามารถออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้โดยไม่ต้องทราบตำแหน่งที่แน่นอนและสามารถย้าย
ตำแหน่งภายหลังได้ แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้โคมไฟจำนวนมาก เสียค่าใช้จ่ายต่างๆสูงและไม่ประหยัดพลังงาน

การให้แสงสว่างเฉพาะที่ (Localised General Light) การให้แสงวิธีนี้จะประหยัดกว่าวิธีแรกโดยการรวมพื้นที่ทำงานเป็นกลุ่ม ๆโดยแต่ละกลุ่มอาจจะต้องการระดับความสว่างเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ แล้วแต่ละประเภทของงานหรือกิจกรรมในกลุ่มพื้นที่ทำงานเหล่านี้จะมีระบบไฟฟ้าแสงสว่างแยกกันอย่างอิสระ ทำให้สามารถควบคุมการเปิด-ปิดใช้งานแยกกันได้ แต่มีข้อเสียคือ หลังจากติดตั้งระบบใช้งานไปแล้ว จะย้ายตำแหน่งพื้นที่ทำงานไม่ได้ อย่างไรก็ตามโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มักจะมีกระบวนการผลิตที่ติดตั้งตายตัว ไม่ค่อยย้ายตำแหน่งอยู่แล้ว

2. การให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง (Local Lighting) การให้แสงสว่างด้วยวิธีนี้เป็นการให้แสงสว่างเสริมใช้สำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูงหรืองานตรวจแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องการให้แสงสว่างด้วยวิธีพิเศษ โดยติดตั้งโคมไฟที่ใช้ไว้ใกล้ผู้ทำงาน หรือชิ้นงานและให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่งและทิศทางซึ่งต้องการเท่านั้น

การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้เหมาะสม เพื่อการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ยังเข้าใจกันแบบง่ายๆ " ทำได้โดยการเปิดไฟเป็นบางดวง หรือปิดไฟเสีย" ซึ่งเป็นความคิดที่ไม่ถูกต้อง วิธีการนี้ถ้ามองดูอย่างผิวเผินก็ดูเหมือนเป็นวิธีการที่ได้ผล แต่มอง ให้ไกลออกไป และคิดถึงความต้องการและผลดีของการให้ไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสม วิธีนี้ก็จะทำอยู่ไม่นาน

การเปิดไฟให้น้อยลงหรือการดับไฟเป็นการประหยัดพลังงานแบบชั่วคราว และมีผลทางจิตวิทยา แต่ถ้า ปิดไฟโดยไม่ละเว้นดวงที่จำเป็น จะเป็นการไม่เหมาะสม เพราะถ้าทำเช่นนั้นนานๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายตาจะล้า ซึ่งทำให้ ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง อุบัติเหตุก็จะมากขึ้น นั่นคือ ทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานไม่ดี แล้วยังอาจ ทำให้อุปนิสัยของคนทำงานแย่ลงก็ได้ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา

วิธีการปิด-เปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่จะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานสามารถกระทำได้ดังนี้

1. การปิดไฟแสงสว่างทั้งหมด เช่น ในเวลาหยุดพักเที่ยงให้ทำการตัดไฟทั้งหมด โดยตัดที่สายเมนของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

2. การปิดไฟแสงสว่างเป็นบางส่วน เช่นในบริเวณที่สามารถใช้แสงสว่างจกแสงอาทิตย์ได้ หรือบริเวณที่ไม่ใช้ แสงสว่างในช่วงเวลาสั้น เช่นไฟส่องสว่างเฉพาะตำแหน่งที่เครื่องจักรเป็นต้น

3. ใช้สวิตช์ควบคุมการปิดเปิด 2 ทางเพื่อให้สามารถควบคุมการใช้ไฟแสงสว่างที่จุดต่างๆที่เหมาะสมโดยมีตัว บอก (Indicator) เพื่อบอกให้ทราบสภาวะการทำงานของหลอดไฟที่แผงสวิตช์

4. ใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติต่างๆ เช่น การตั้งเวลาปิดเปิด ใช้สวิตช์ที่ควบคุมด้วยปริมาณแสง ตลอดจนใช้ อุปกรณ์ที่สามารถตั้งโปรแกรมการทำงานได้

การซ่อมบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เมื่อใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปเป็นระยะเวลานานๆ จะพบว่าความสว่างจะลดลงตามระยะเวลา เนื่องจากการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ต่างๆ เช่นหลอดเสื่อมสภาพ โคมไฟแสงสว่างสกปรกทำให้แสงลดลง

เป็นต้น จากการศึกษาพบว่ามีแฟคเตอร์หลายค่าที่มีผลต่อการลดของค่าความสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังนั้น จึงต้องคำนึงถึงแฟคเตอร์เหล่านี้ด้วย

1. ผลของอุณหภูมิ

หลอดไฟแสงสว่างบางชนิด เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ จะให้ปริมาณการส่องสว่างเปลี่ยนไปถ้า อุณหภูมิรอบๆ หลอดเปลี่ยนไปการใช้งานหลอดประเภทนี้จึงต้องใช้กับสถานที่ที่มีอุณหภูมิในช่วยที่หลอด สามารถให้แสงออกมาได้สูงสุด

2. ผลของระดับแรงดันไฟฟ้า

ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โคมไฟแสงสว่างเปลี่นไปจากค่าพิกัดของหลอดไฟและอุปกรณ์ประกอบ จะทำ ให้คุณสมบัติการทำงานของหลอดเปลี่ยนไปมีผลทำให้ปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างเปลี่ยนไป ดังนั้น จึงควรทำการ สำรวจระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันว่าได้รับแรงดันตรงตามค่าพิกัดหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลจากบัลลาสต์

การใช้บัลลาสต์คนละชนิดกันก็จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อฟลักซ์การส่องสว่าง ของหลอดเพื่อหลีกเลี่ยงผลที่จะเกิดขึ้นจึงควรเลือกใช้บัลลาสต์ให้เหมาะสมกับหลิดแต่ละชนิด

4. ผลจากการเสื่อมสภาพของวัสดุต่างๆที่ทำโคมไฟ

หลังจากใช้งานไปเป็นเวลานานๆ วัสดุต่างๆ ที่ใช้ทำหรือเป็นส่วนประกอบของโคมไฟจะมีการเปลี่ยน สภาพ เช่นแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) มีผิวไม่เรียบขรุขระ เพราะถูกกัดกร่อนจากไอกรดในบรรยากาศรอบๆทำ ให้สะท้อนแสงได้น้อยลง ฝาครอบกระจายแสง (Diffuser) มีสีหมองคล้ำยอมให้แสงผ่านได้น้อยลง เป็นต้น ในการเลือกใช้งานโคมไฟจึงต้องเลือกโคมที่ผลิตจากวัสดุชั้นดี มีคุณภาพสูง

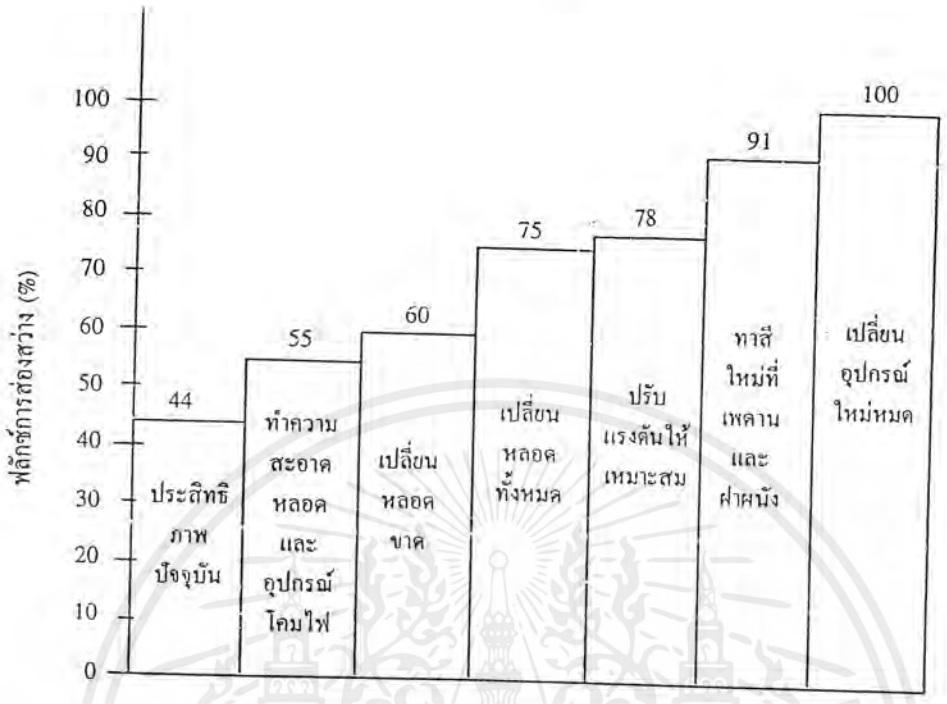
5. ผลจากเพดาน ผนังและพื้นห้องสกปรกหรือสีหมองคล้ำ

วัสดุที่ใช้ทำผนัง เพดานและพื้นห้อง หรือสีที่ใช้ทาส่วนต่างๆเหล่านี้มีสีหมองคล้ำ เนื้อจาเสื่อมสภาพไป ตาม อายุ การใช้งาน ตลอดจนเกิดความสกปรกขึ้น เนื่องจากฝุ่นละอองต่างๆ ทำให้แสงที่สะท้อนจากส่วนต่างๆ เหล่านี้ตกกระทบพื้นที่ทำงานน้อยลง

6. ผลจากหลอดขาดหรือหลอดเสีย

ในการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะมีหลอดจำนวนหนึ่งขาดหรือเสีย ใช้งานไม่ได้ ทำให้ปริมาณ แสงจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างลดลง ถ้าตำแหน่งของโคมไฟอยู่ในระดับต่ำก็อาจจะเปลี่ยนหลอดใหม่ได้ง่าย แต่ถ้าตำแหน่งของโคมไฟอยู่ในระดับสูง เช่นโรงงานอุตสาหกรรมทั่วๆไป การเปลี่ยนหลอดใหม่ก็อาจจะทำ ได้ไม่ ง่ายนักและมักจะเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้น จึงต้องมีการวางแผนเปลี่ยนหลอดที่ขาดหรือเสีย ใช้งานไม่ได้ไว้ด้วยการ วางแผนการเปลี่ยนหลอดจะพิจารณาแฟคเตอร์ที่สำคัญ 2 ตัวคือ การเสื่อมสภาพของหลอดและ จำนวนหลอดที่ ขาดหรือเสียก่อนหมดอายุการใช้งานเป็นตัวบอกให้ทราบว่าควรจะเปลี่ยนหลอดทั้งหมด หรือเป็นกลุ่มตามที่วาง แผนไว้เมื่อใดจึงเหมาะสมที่สุด ถ้าเราใช้งานไฟแสงสว่างเป็นเวลานานเท่ากับอายุการใช้งานที่ทางผู้ผลิตกำหนดไว้ เราจะพบว่าเหลือหลอดที่ใช้งานได้เพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นการเปลี่ยนหลอดจึงต้องกระทำที่ช่วงเวลาก่อน หลอดหมดอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ผลของการซ่อมบำรุงที่ถูกต้องสำหรับอาคารที่มีการซ่อมบำรุงที่ดี

7. ผลจากดวงโคมไฟที่สกปรก

ฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่างๆ จะสะสมตัวเกาะติดอยู่ที่โคมไฟแสงสว่างหลังจากใช้งานไประยะหนึ่ง ทำให้ประสิทธิภาพของโคมไฟลดลง การกระจายแสงเปลี่ยนไปและปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างที่ได้จะลดลง ดังนั้นจึงควรทำความสะอาดดวงโคมเป็นประจำ

ในรูปที่ 9 แสดงผลดีจาการซ่อมบำรุงรักษาที่ถูกต้องสำหรับอาคารธุรกิจแห่งหนึ่ง ซึ่งเดิมมีการซ่อมบำรุง ที่ไม่ดี จะเห็นได้ว่าเพียงแต่ทำการเปลี่ยนหลอดทั้งหมดและทำความสะอาดอุปกรณ์ก็ทำให้ปริมาณของฟลักซ์การส่องสว่างที่เปล่งออกมาจากหลอกสูงขึ้นเป็น 75 %

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดีคือ ระบบที่ทำให้การประกอบกิจการต่างๆ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพสูง มีความปลอดภัย การที่จะให้ได้มาซึ่งระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดีสามารถประหยัดพลังงานได้นั้นจะขึ้นอยู่กับทางผู้ออกแบบ ผู้ใช้งาน และผู้เป็นเจ้าของ ผู้ออกแบบจะต้องเลือกอุปกรณ์ต่างๆที่มีประสิทธิภาพ สูงเหมาะสมกับ การใช้งาน ผู้ใช้งานจะต้องรู้จักใช้คือ เปิดเมื่อต้องการใช้งานเท่านั้น ส่วนผู้ที่เป็นเจ้าของก็ต้องให้ความเอาใจใส่ ควรตรวจซ่อมบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำ ให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อบุคคลต่าง ๆ เหล่านี้มองเห็นความสำคัญของระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่เกี่ยวข้องอยู่ ก็จะทำให้ได้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มี ประสิทธิภาพสูง และสามารถประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมเปิด – ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Control System)

ระบบแสงสว่างถือได้ว่าเป็นระบบหลักที่สำคัญต่อการใช้ไฟฟ้าทั้งตามบ้านพักอาศัยและในอาคาร โดย ทั่วไปแล้วตามบ้านเรือนมีการใช้ไฟฟ้ามนระบบแสงสว่างประมาณ 1 ใน 3 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ในขณะที่ อาคารพาณิชย์มีการใช้ไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างประมาณ 15-25% ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการประหยัดพลังงานใน ระบบแสงสว่างจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

การประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างสามารถทำได้หลายวิธีตั้งแต่ **การเลือกใช้อุปกรณ์แสงสว่าง ประสิทธิภาพสูง** ไม่ว่าจะเป็นหลอดไฟ บัลลาสต์ และโคมไฟประสิทธิภาพสูง ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้ 25-30% จนถึง**การควบคุมแสงสว่างให้เหมาะสมกับการใช้งาน** ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานลงได้อีกถึง 30%

ในปัจจุบันอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด แต่อุปกรณ์เหล่านี้ยังถูกนำไปใช้ น้อยมากทั้งในอาคารเก่าและอาคารใหม่ โดยจะสังเกตเห็นได้จากอาคารสำนักงานทั่วไปมักมีค่าความสว่างสูงเกิน ความจำเป็น หรือกรณีของสถาบันการศึกษาแสงสว่างในห้องเรียนมักถูกเปิดตลอดทั้งวันทั้งคืน ถึงแม้จะไม่มีการ เรียนการสอนก็ตาม และกรณีของอาคารสูง ที่มีผนังกระจกหลอดไฟบริเวณริมหน้าต่างมักจะถูกเปิดไว้โดยไม่มี ความจำเป็น ถึงแม้ว่าจะมีแสงธรรมชาติส่องเข้ามาเพียงพอแล้วก็ตาม

การควบคุมแสงสว่างที่ดีนอกจากจะช่วยลดพลังงานสูญเสียในระบบแสงสว่าง แล้วยังจะต้องรักษา คุณภาพของแสงให้ดีเหมือนเดิมหรือดียิ่งขึ้นตรงตามที่มาตรฐานกำหนดอีกด้วย ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีความรู้ และความเข้าใจที่จะประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแสงสว่างให้ถูกต้องเหมาะสม

เทคนิคการควบคุมแสงสว่าง

เทคนิคการควบคุมแสงสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. การลดความสว่างที่เกินความจำเป็น(Overlight Compensation)
2. การควบคุมความสว่างจากส่วนชดเชย Light Loss Factor (Light Loss Factor Compensation)
3. การให้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อ เปิด-ปิดไฟแสงสว่าง (Room Utilization)
4. การใช้แสงธรรมชาติ (Daylight Utilization)

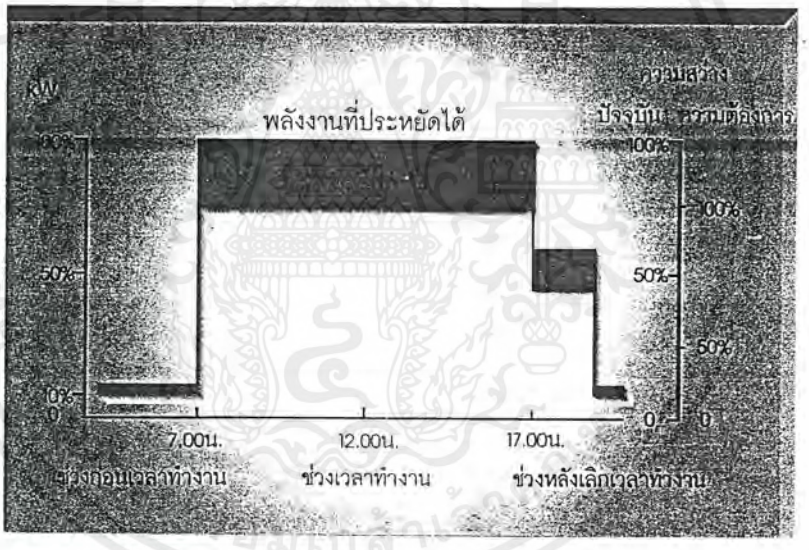
อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแสงสว่างประกอบด้วยตัว Sensor ชุดควบคุม (Presence Detector) และ Photocell เป็นต้น แล้วนำมาประมวลผล และส่งสัญญาณสั่งการไปเปิด/ปิด หรือหรี่แสงอุปกรณ์สว่าง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **การลดความสว่างที่เกินความจำเป็น** (Overlight Compensation)

วิธีที่ง่ายที่สุดในการลดความสว่างคือการเลือกหลอดไฟ (Delamping) เช่นในจุดที่มีแสงสว่างมากเกิน ความจำเป็นก็สามารถปลดหลอดไฟ 2 หลอดจากโคมไฟที่มี 4 หลอด ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานได้ถึง 50 % อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงคุณภาพของแสงและผลกระทบทางจิตวิทยาต่อคนทำงาน ในบริเวณที่มีการปลดหลอด ไฟ เนื่องจากการลดความสว่างทันทีทันใด 50% จะมีผลกระทำต่อการปรับสายตา สุขภาพและความรู้สึก ดังนั้นวิธี ที่เหมาะสมคือ ใช้อุปกรณ์หรี่แสง (Dimmer) โดยค่อยๆลดเป็นระดับการ ควบคุมสามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

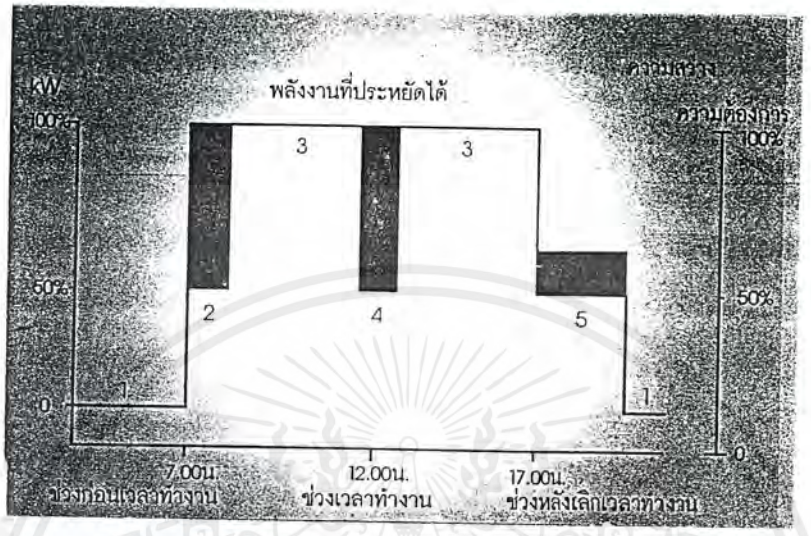
1.1 การควบคุมแสงขณะใช้งาน ดังรูปที่ 3.5 พื้นที่ สีดำเป็นพลังงานที่ประหยัดได้จะเห็นว่าวิธีนี้ ควบคุม แสงตลอดช่วงเวลาการทำงาน



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการประหยัดพลังงานโดยการลดความสว่างที่เกินความจำเป็นขณะใช้งาน

1.2 การควบคุมเฉพาะช่วงเวลา (ก่อน/หลัง เวลาทำงาน ช่วงเวลาพักเที่ยง ช่วงพักกลางวัน) ดังกราฟรูปที่ 2 พื้นที่สีดำเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ เลข 1 หมายถึงช่วงเวลากลางคืน เลข 2 ก่อนเวลาทำงานซึ่ง เริ่ม มีผู้คนมาถึงที่ทำงาน เลข 3 ช่วงเวลาทำงาน (ไม่มีการควบคุมแสง) เลข 4 ช่วงพักเที่ยง เลข 5 ช่วงเวลาทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

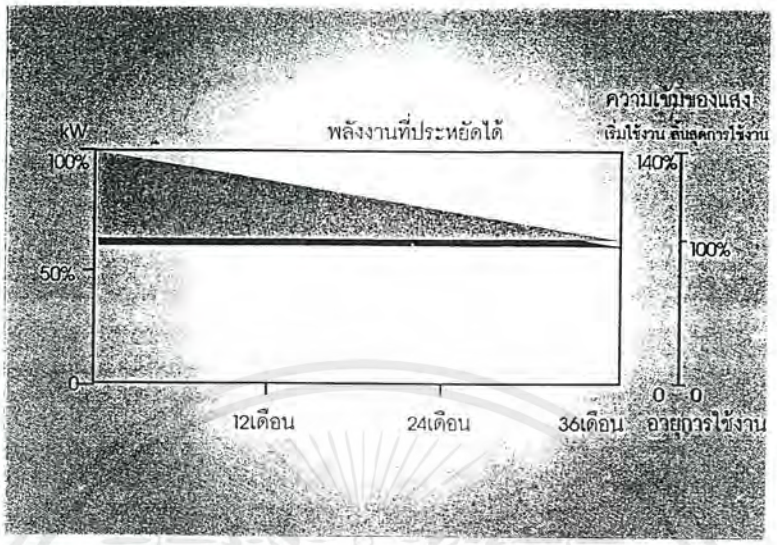


รูปที่ 3.6 ตัวอย่างกราฟการประหยัดพลังงานโดยการลดความสว่างเฉพาะช่วงเวลา

2. **การควบคุมความสว่างจากส่วนชดเชย** Light Loss Factor : LLF (LLF Compensation)

โดยทั่วไปหลอดไฟใหม่จะมีความสว่างสูงเกินความจำเป็น เพื่อชดเชยแสงที่ลดลงเนื่องจากการเสื่อมเมื่อใช้ ไปนานๆ ดังนั้นจากคุณสมบัติดังกล่าวเราสามารถประหยัดพลังงานโดยหรี่แสงให้มีความสว่างในระดับที่ พอเหมาะในช่วงเริ่มต้นใช้งาน จากรูปที่ 3.7 พื้นที่สีดำเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ โดยที่พลังงานที่ประหยัดได้จะลดลงเมื่ออายุการใช้งานหลอดนานขึ้น ในกรณีนี้สามารถประหยัดพลังงาน ได้ประมาณ 20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

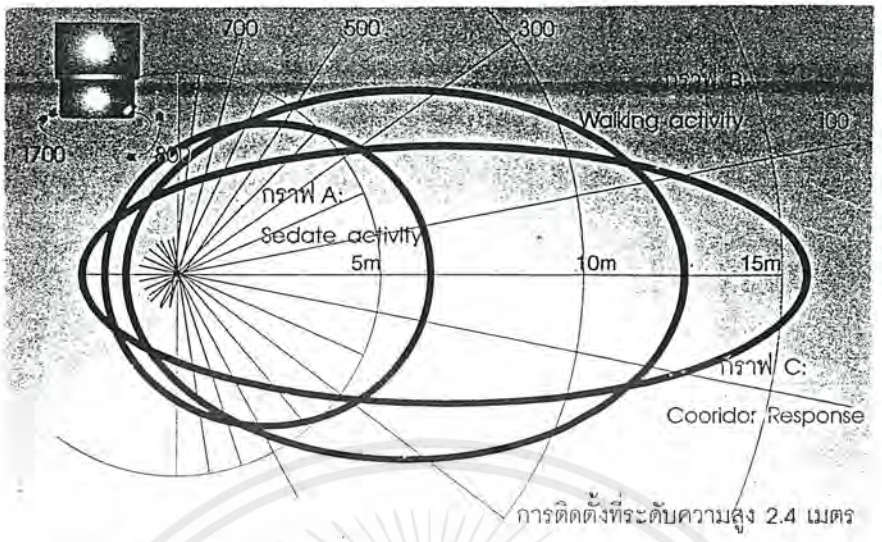


รูปที่ 3.7 การประหยัดพลังงานโดยการควบคุมความสว่างชดเชย LLF

3. **การใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อเปิดปิดแสงสว่าง** (Room Utilization)

เทคนิคนี้ช่วยประหยัดพลังงานโดยการใช้แสงสว่างเมื่อจำเป็นเท่านั้นโดยตัวจับการเคลื่อนไหวชนิดอัลตร้าโซนิก หรือ ชนิดพาสซีฟอินฟาเรด จะส่งสัญญาณให้ตัวควบคุมไปสั่งให้เปิดไฟโดยอัตโนมัติ เมื่อมีการ เคลื่อนไหวในบริเวณตรวจจับการเคลื่อนไหว และถ้าตรวจจับได้ว่าไม่มีการเคลื่อนไหว แสงสว่างภายในบริเวณ นั้นก็จะดับ ช่วงกว้างของการตรวจจับการเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น ตรวจจับบริเวณที่นั่งทำงาน ช่วงกว้างของการตรวจจับจึงไม่กว้างมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 3 กราฟ A ในขณะที่กราฟ B มีช่วงกว้างมากกว่า เนื่องจากต้องการตรวจจับการทำงานที่มีลักษณะเดินไปมาไม่นั่งทำงานอยู่กับที่ที่โต๊ะทำงาน ส่วนกราฟ C มีช่วง ตรวจจับในแนวยาวเนื่องจากประยุกต์ใช้กับบริเวณทางเดิน (ซึ่งเป็นบริเวณแคบแต่ยาว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ช่วงเวลาการตรวจจับการเคลื่อนไหวในลักษณะการใช้งานต่างๆกัน

เทคนิคนี้เหมาะสมกับบริเวณที่ไม่ค่อยมีคนใช้งานหรือใช้งานเป็นช่วงเวลา เช่นห้องประชุม ห้องผู้บริหาร และห้องเรียน จากรูปที่ 3.9 บริเวณพื้นที่สีดำเป็นส่วนที่ประหยัดได้เนื่องจากไม่มีคนอยู่ในบริเวณตรวจจับการเคลื่อนไหว

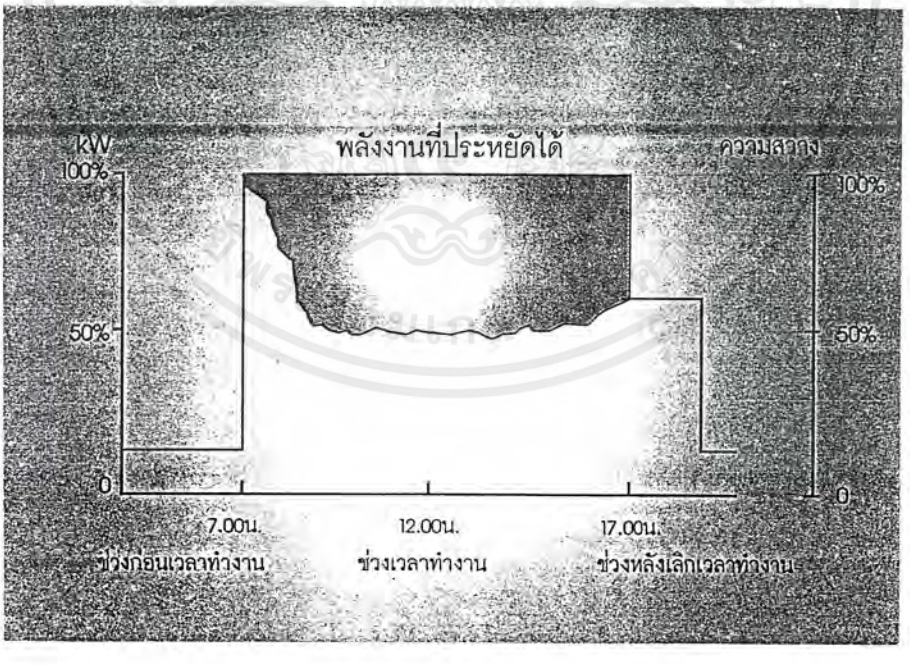
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างกราฟการประหยัดพลังงานโดยการใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **การใช้แสงธรรมชาติ** (Daylight Utilization)

หน้าต่างบริเวณกรอบอาคาร (Perimeter Zone) และ Skylight บริเวณภายในอาคาร (Interior Zone) ถูกออกแบบมาเพื่อให้แสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร เพื่อลดความต้องการแสงสว่างจากหลอดไฟในช่วงเวลา กลางวัน

หลักการทำงานคือ Photo Sensor จะตรวจวัดระดับแสงในบริเวณใช้งานถ้ามีแสงธรรมชาติมาก ชุดควบคุมก็จะส่งสัญญาณควบคุมไฟฟ้าหรี่แสงจากหลิดไฟฟลูออเรสเซนต์ให้ลดลงจนกระทั่งได้ความสว่างที่กำหนดไว้ ซึ่งการควบคุมต้องใช้ควบคู่กับบาลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ พลังงานที่จะประหยัดได้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ ทำงานจากทิศทางของอาคาร พื้นที่หน้าต่าง ชนิดของกระจก และระยะห่างของพื้นที่ทำงานจากหน้าต่าง ในการออกแบบยังต้องพิจารณาถึงความร้อนที่ผ่านเข้ามาด้วย ซึ่งถ้าแสงธรรมชาติมากเกินไปจะทำให้ความร้อนมากจะมีผลทำให้ระบบปรับอากาศทำงานมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้สมดุลย์ รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างการประหยัดพลังงานเนื่องจากการใช้แสงธรรมชาติ



รูปที่ 3.10 การประหยัดพลังงานโดยใช้แสงธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ระบบควบคุมแสงสว่างทั้งหมด

เทคนิคทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนั้นถ้านำมาประยุกต์ใช้รวมกัน จะช่วยประหยัดพลังงานมากขึ้นอีก เช่น บริเวณกรอบอาคาร (Perimeter Zone) เราสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการควบคุมโดยใช้แสงจากธรรมชาติ ส่วนบริเวณภายในอาคาร (Interior Zone) เราอาจจะใช้เคนิคการลดความสว่างที่เกินความจำเป็น ร่วมกับเทคนิค การควบคุมความสว่างจากการชดเชย LLF และเทคนิคการตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อ เปิด-ปิด ไฟฟ้าแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ระบบสัญญานเตือนไฟไฟม้

ในระบบไฟฟ้ากำลังนั้น การติดตั้งทั่วๆ ไปในระบบนอกจากจะติดตั้งในอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับขนาด กระแสสูงๆ หรือแรงดันไฟฟ้าที่ค่าขนาดกลางหรือค่าขนาดต่ำแล้ว ในบางครั้งการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้กระแสต่ำ หรือแรงดันไฟฟ้าต่ำๆ ก็ยังพบเห็นอยู่ เช่น ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้ ระบบโทรศัพท์ หรือระบบทีวีวงจรปิด และอื่นๆ ดังนั้นจึงของกล่าวถึงระบบสัญญาณและระบบอื่นๆ ที่อาจจะประสบพบเห็นได้ในงานระบบไฟฟ้า กำลัง

4.1 ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติ

ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัตินั้นจะหมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถรับรู้ถึงไฟที่เกิดขึ้นและส่ง สัญญาณไปยังชุดควบคุม พร้อมที่จะสั่งให้กระดิ่งหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันไฟไหม้ทำงาน ได้ โดยปราศจากการสวิตซ์โดยคน ซึ่งก็จะหมายถึงเป็นการทำงานระบบอัตโนมัตินั่นเอง

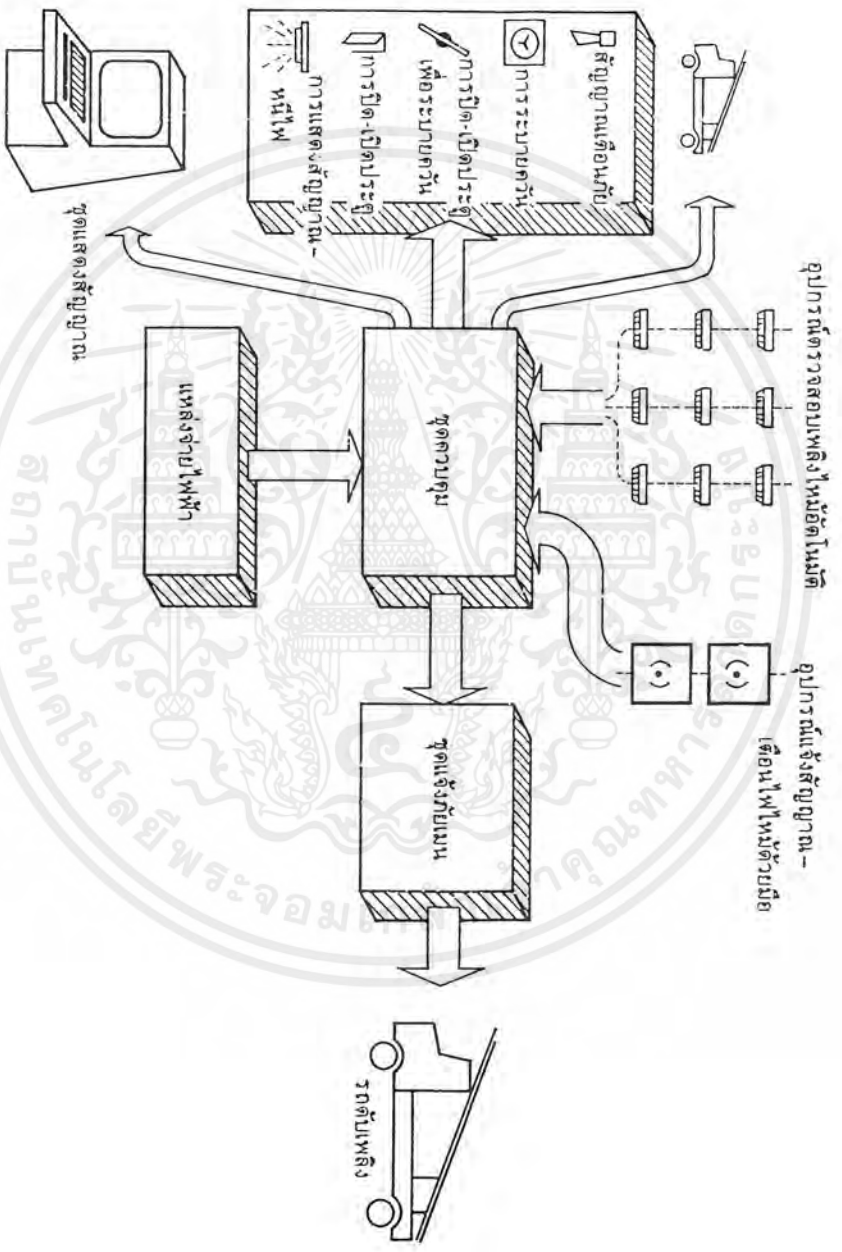
หลักใหญ่ๆ 2 ประการที่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้คือ

1. จะต้องไม่ระเบิดหรือเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากเพลิงไหม้ แต่จะต้องรับรู้ถึงเพลิงไหม้ที่เกิด ขึ้น และต้องส่งสัญญาณกลับไปยังชุดควบคุมได้

2. จะต้องสามารถป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้หรือเกิด จากสัญญาณหลอกที่มาจากอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้ได้

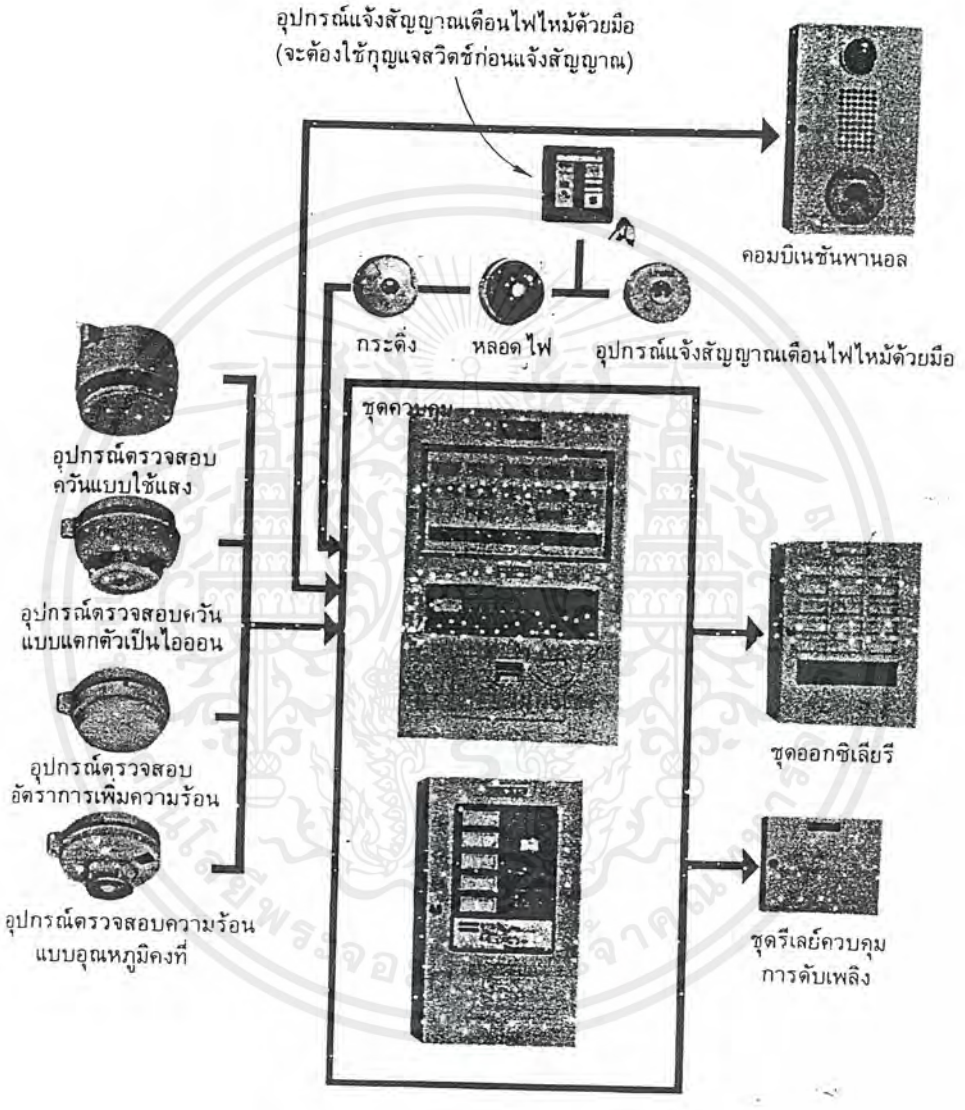
ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้นี้จะสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมของระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 จะพบว่ามีอุปกรณ์หลายอย่างที่ประกอบขึ้นเป็นระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้ อัตโนมัติ รายละเอียดจะสามารถพิจารณาได้ดังนี้

4.1.1 อุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไฟไหม้อัตโนมัติ จะมีอยู่ด้วยกันหลายแบบคือ

1. อุปกรณ์ตรวจสอบความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ (fixed temperature heat detector)

อุปกรณ์นี้จะเป็นแบบธรรมดาที่สุด ราคาถูกที่สุด และมีความไวในการตรวจสอบน้อยที่สุด ดังนั้น โอกาสที่จะ เกิดอุบัติเหตุให้ระบบดับเพลิงทำงานโดยที่ไม่มีเพลิงไหม้น้อยที่สุดด้วย โดยส่วนมากแล้ว อุปกรณ์ ตรวจสอบตัวนี้จะทำงานครอบคลุมพื้นที่ได้ประมาณ 60 ถึง 70 ตารางเมตร

2. อุปกรณ์ตรวจสอบอัตราการเพิ่มความร้อน (rate of rise heat detector)

อุปกรณ์ตัวนี้จะมีความไวในการทำงานมากกว่าอุปกรณ์ตรวจสอบความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ และ ควรเลือกใช้ในกรณีที่เพลิงมีความร้อนสูงและคาดว่าจะลุกลามได้เร็ว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของห้องอัน เนื่องมาจาก การใช้งานตามปกติหรือจากแหล่งความร้อนภายในห้อง อาจจะมีปัญหาต่อการใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ เช่น การเปิดปิด พัดลมระบายอากาศ ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนมากพอที่จะทำให้อุปกรณ์ตัวนี้ทำงานได้ อุปกรณ์นี้จะ สามารถทำงานครอบคลุมพื้นที่ได้ประมาณ 70 ถึง 90 ตารางเมตร ตัวอย่างเช่น ใช้สำหรับจับความร้อนที่เกิดขึ้น ทำงานเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ภายใน 1 นาที ซึ่งสามารถครอบคลุมพื้นที่ ได้ 90 ตารางเมตร

3. อุปกรณ์ตรวจสอบควัน (smoke detector)

อุปกรณ์ตัวนี้จะใช้กับเพลิงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และมีควัน อุปกรณ์ชุดนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คืออุปกรณ์ตรวจสอบควันแบบแตกตัวเป็นไอออน (ionization smoke detector) และอุปกรณ์ตรวจสอบควัน แบบใช้แสง (photoelectric smoke detector) อุปกรณ์ตัวนี้จะสามารถทำงานครอบคลุมพื้นที่ได้ 150 ตารางเมตร

ตารางที่ 4.1 จะเป็นตารางข้อแนะนำสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้แบบต่างๆ เพื่อให้ เหมาะสม กับลักษณะของห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้

ห้องที่จะติด	อุปกรณ์ตรวจสอบควัน		อุปกรณ์ตรวจสอบความร้อน	
	แบบใช้แสง	แบบแตกตัวเป็นไอออน	แบบใช้แสง	แบบแตกตัวเป็นไอออน
ห้องทั่วๆ ไป	ดีที่สุด	เหมาะสม	ดีที่สุด	-
ทางเดิน	ดีที่สุด	-	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม
ช่องลิฟต์ ท่อ ท่อสายไฟ	ดีที่สุด	-	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม
ห้องพัก	ดีที่สุด	เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม
ห้องทำงาน	ดีที่สุด	เหมาะสม	ดีที่สุด	-
ห้องแต่งตัว	ดีที่สุด	เหมาะสม	ดีที่สุด	-
ห้องอาบน้ำ	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ดีที่สุด
ห้องครัว	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ดีที่สุด
ห้องทานอาหาร	ดีที่สุด	เหมาะสม	ดีที่สุด	-
ห้องสมุด	เหมาะสม	ดีที่สุด	ดีที่สุด	-
ห้องเก็บของ	ดีที่สุด	เหมาะสม	ดีที่สุด	-
ห้องน้ำ	ดีที่สุด	-	-	ดีที่สุด
ห้องคอมพิวเตอร์ สื่อสาร	ดีที่สุด	เหมาะสม	-	-
ห้องไฟฟ้า	ดีที่สุด	เหมาะสม	-	-
ห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ดีที่สุด	-
ห้องไอน้ำ	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ดีที่สุด
ห้องเครื่องจักร ปั๊ม	ดีที่สุด	เหมาะสม	ดีที่สุด	ดีที่สุด
ห้องเครื่องปรับอากาศ	ดีที่สุด	เหมาะสม	ดีที่สุด	-
โรงรถ	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ดีที่สุด	-
ห้องเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ดีที่สุด
ห้องภาพ ห้องมืด	ดีที่สุด	ไม่เหมาะสม	ดีที่สุด	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 อุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟด้วยมือ(manual alarm หรือ fire alarm station)

ในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 จะพบกับอุปกรณ์ตัวนี้ ซึ่งอุปกรณ์ตัวนี้มักจะติดตั้งตามจุดที่เห็นได้ง่ายๆ โดยจะทำงานก็ต่อเมื่อกด ปุ่มสัญญาณที่อยู่ภายใน นอกจากนี้ยังมีแผ่นพลาสติกใสปกปิดอยู่บนปุ่มสัญญาณ สัญญาณที่เกิดจากการกดปุ่ม สัญญาณ จะถูกส่งมายังตู้ควบคุม และในอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือนี้ อาจจะใช้โทรศัพท์เพื่อ ติดต่อแจ้งข่าวสารด้วยก็ได้ โดยจะมีช่องเสียบโทรศัพท์สำหรับผู้ติดต่อโดยตรงกับตู้ควบคุมได้ ดังในรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 แสดงอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟด้วยมือ

4.1.3. ชุดคอมบิเนชันบ๊อกซ์ (combination box)

จะเป็นกล่องที่ติดตั้งในตำแหน่งที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน โดยภายในกล่องจะประกอบไปด้วย อุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ หลอด และกระดิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.4

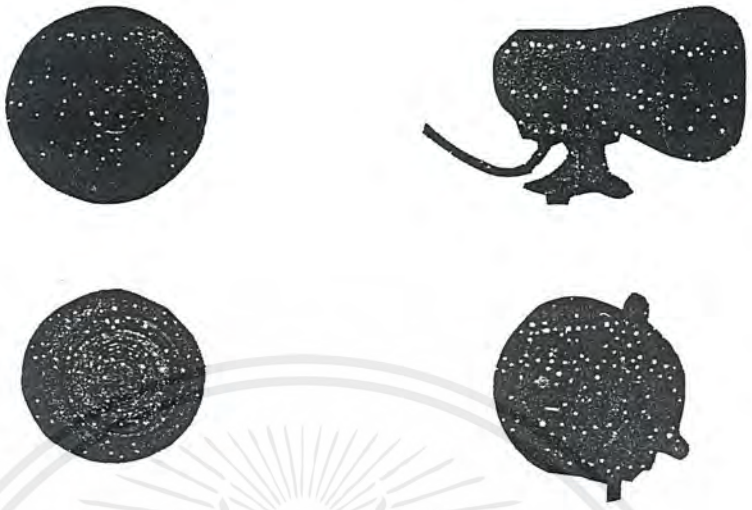
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 แสดงชุดคอมบิเนชันบ๊อกซ์

4.1.4. ชุดกระดิ่งหรือไซเรน (sounding device หรือ audible alarm device)

เป็นอุปกรณ์ที่จะทำงานต่อเมื่อได้รับสัญญาณจากชุดตู้ควบคุมส่งมายังกระดิ่งหรือไซเรน เพื่อบอกให้ทราบว่าขณะนี้ได้เกิดเพลิงไหม้ขึ้นแล้ว ส่วนมากอุปกรณ์ชุดนี้จะทำงานโดยอาศัยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเกิด จากชุดควบคุม เช่น ที่แรงดัน 24 โวลต์ ชุดกระดิ่งหรือไซเรนนี้แสดงได้ดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงชุดกระดิ่งหรือไซเรน

4.1.5 ชุดออกซิเลียรีพานอล (auxiliary panel หรือ remote fire annunciator)

อุปกรณ์ชุดนี้อาจจะหมายถึงอุปกรณ์ที่แจ้งให้ทราบว่าในขณะนี้ได้เกิดเพลิงไหม้ขึ้นชั้นใด การรับ สัญญาณจะรับจากตู้ควบคุม อุปกรณ์ตัวนี้อาจเปรียบได้กับเป็นตัวลูกของชุดควบคุม โดยจะมีหน้าที่แจ้งสัญญาณ ให้ทราบ อุปกรณ์ชุดนี้แสดงได้ดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 แสดงชุดรีโมตไฟแอนนันซิเอเตอร์

4.1.6 ชุดควบคุม (control panel)

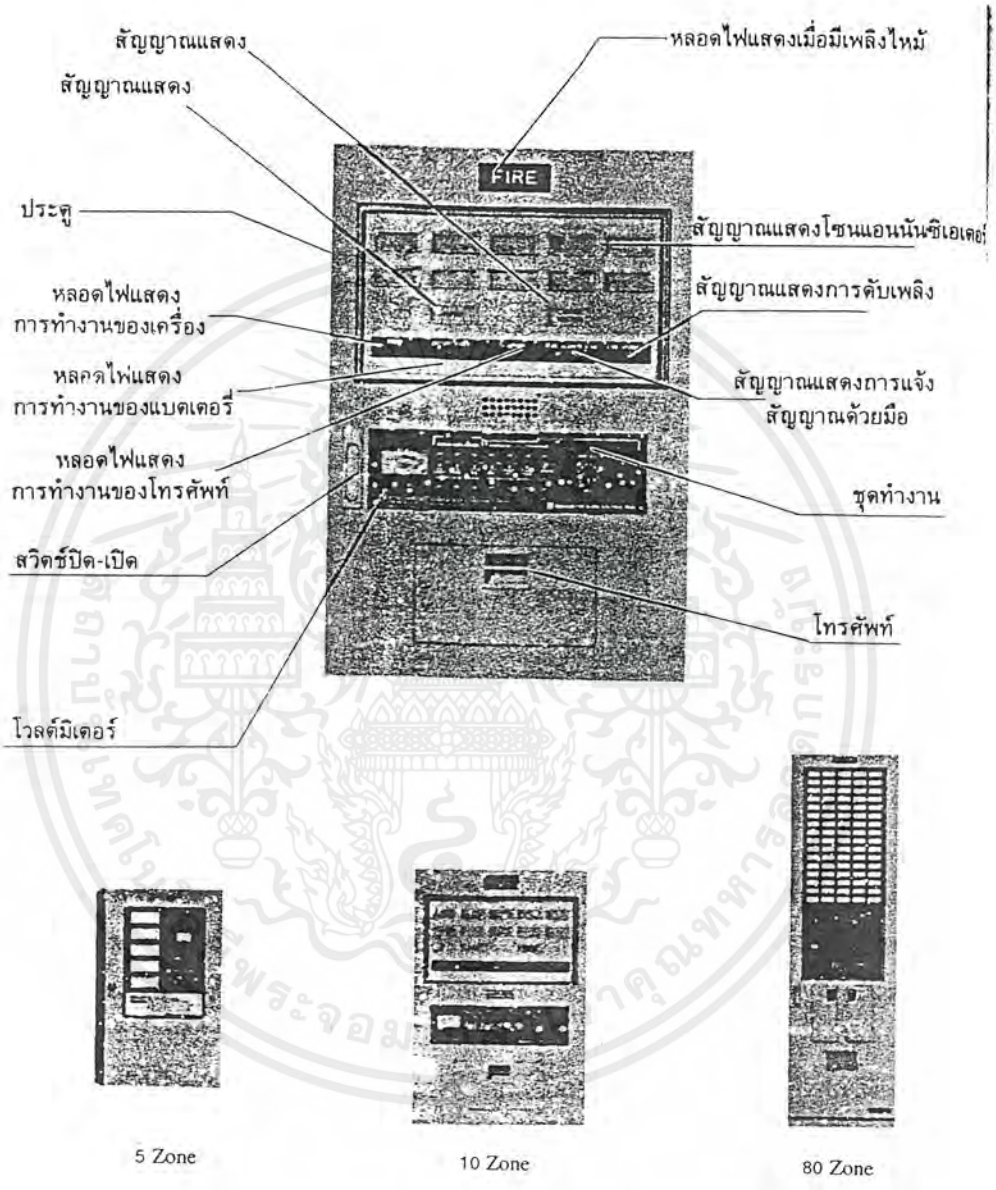
อุปกรณ์ชุดนี้อาจเปรียบได้กับเป็นอุปกรณ์ศูนย์กลางหรือหัวใจของชุดระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติ มีหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติและอุปกรณ์แจ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณสัญญาณเตือน ไฟไหม้ด้วยมือ หลังจากที่ได้รับสัญญาณแล้วชุดควบคุมก็จะทำหน้าที่เป็นตัวเตือนภัยเพื่อแจ้งให้แก่บุคคลทราบ การเตือนภัยอาจจะออกมาในรูปแบบของการแสดงบนชุดควบคุมเองและที่ชุดรีโมตแอนนันซิเอเตอร์ และอาจจะ แสดงด้วยเสียงบนชุดกระดิ่งหรือไซเรนก็ได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อเกิดเพลิงไหม้ สัญญาณที่เกิดจากอุปกรณ์ตรวจสอบ (อาจจะมาจากแบบอัตโนมัติหรือแบบมือ) จะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมและรีโมตไฟแอนนันซิเอเตอร์ และอุปกรณ์กระดิ่งหรือไซเรนซึ่งจะตรงกันกับที่โซนของชุดควบคุมจะทำงาน นอกจากนี้ชุดควบคุมอาจจะสั่งการในแบบที่ให้กระดิ่งหรือไซเรนที่อยู่เหนือชั้นที่เกิดเพลิงไหม้และชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ทำงานก่อน ส่วนชั้นอื่นๆ จะยังคงเงียบอยู่ ในกรณีที่ไม่สามารถสกัดเพลิงไหม้ได้แล้ว ผู้ควบคุมอาคารสามารถเปิดสวิตซ์ที่ชุดควบคุมเพื่อ ให้ ชุดกระดิ่งหรือไซเรนตามชั้นต่างๆ ที่เหลือทั้งหมดดังขึ้นพร้อมกันก็ได้

ชุดควบคุมนี้จะแบ่งการทำงานออกเป็นโซน โดยแต่ละโซนอาจจะประกอบไปด้วยหลอดไฟแสดงโซน (zone lamp) หลอดไฟแสดงการทำงานของอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ (fire alarm station lamp) และหลอดไฟแสดงการใช้โทรศัพท์ (telephone lamp) มีสวิตซ์สำหรับใช้ควบคุมและทดสอบ การทำงานของระบบ เช่น audible alarm operating switch , audible alarm silencing switch และ test and reset switch พร้อมชุดช่องเสียบโทรศัพท์เพื่อติดต่อกับรีโมตไฟแอนนันซิเอเตอร์และอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือน ไฟไหม้ด้วยมือ นอกจากนี้ชุดควบคุมควรจะมีแบตเตอรีสำรองไว้ใช้กรณีที่เกิดไฟฟ้าดับด้วย ซึ่งแบตเตอรีที่ใช้ จะเป็นพวกนิกเกิลแคดเมี่ยมที่ผนึกปิดแน่น (hermetically sealed nickel cadmium battery) อุปกรณ์ชุดควบคุม แสดงได้ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



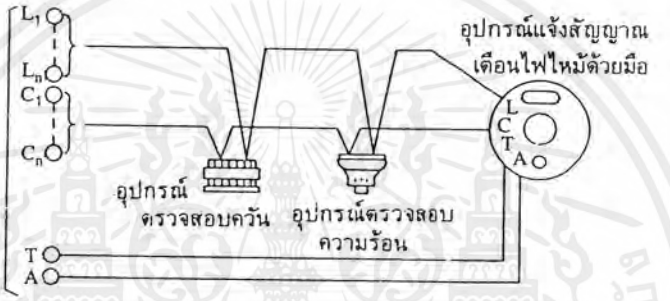
รูปที่ 4.7 แสดงชุดควบคุม

4.1.7. การต่อสาย

การติดตั้งระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้นี้ควรจะเป็นไปตามข้อแนะนำของผู้ผลิต ระบบสายที่ใช้กับ วงจรอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติจะใช้ขนาด 1.5 ตารางมิลลิเมตร และสายที่ใช้กับวงจรชุดสัญญาณ กระดิ่งจะใช้ขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตร การต่อสายระหว่างชุดควบคุมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติ และชุดอุปกรณ์แจ้งสัญญาณด้วยมือ แสดงได้ดังรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 จะแสดงการต่อสายระหว่างชุดควบคุมและ ชุดออกซิเลียรีพานอล



รูปที่ 4.8

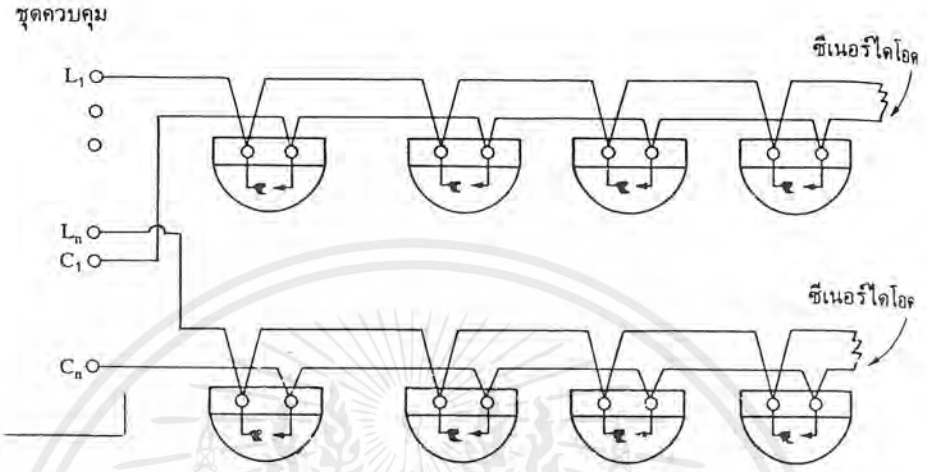
แสดงการต่อสายระหว่างชุดควบคุมกับอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติและชุดอุปกรณ์แจ้งสัญญาณด้วยมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างการต่อสายระหว่างชุดควบคุมและชุดออกซิเลียรีพานอลของผลิตภัณฑ์ยี่ห้อหนึ่ง

ในการต่อสายของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้อัตโนมัติจะต้องมีจุดจบสาย (end of line) ด้วยซึ่งโดย ส่วนมากอาจจะใช้ซีเนอร์ไดโอดหรือตัวความต้านทานก็ได้ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงการใช้จุดจบของสายภายในโซน

4.1.8 ระบบดับเพลิง (fire fighting system)

ในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ขึ้นมีความจำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับต่อสู้และดับเพลิง ซึ่งอุปกรณ์ดับ เพลิงเหล่านี้มีทั้งแบบอัตโนมัติและไม่อัตโนมัติ ระบบดับเพลิงแบบไม่อัตโนมัติมักเป็นอุปกรณ์ที่ผู้ประสบกับไฟ จะเป็นผู้ใช้เครื่องมือในการดับไฟเอง ซึ่งจะได้แก่ เครื่องดับเพลิงแบบหิ้ว ซึ่งเป็นแบบใช้ผงเคมีหรือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีแบบสายดับเพลิง (hose reel) ซึ่งสามารถลากออกจากตู้ ม้วนสายฉีดดับเพลิง (hose reel cabinet)

นอกจากนี้ยังมีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ คือระบบท่อฉีดน้ำดับเพลิง (water sprinkler pipe) ที่มีหัวฉีด อัตโนมัติ การทำงานของระบบสปริงเกลอร์จะอาศัยความร้อนเป็นสื่อ คือบริเวณที่เกิดอัคคีภัยหรือจะเกิดอัคคีภัย จะต้องมีความร้อนเกิดขึ้นในบริเวณนั้น อากาศร้อนจะลอยตัวขึ้น ความร้อนนี้จะไปกระทบกับหัวปริงเกลอร์ ตัวที่ใกล้สุด ความร้อนจะร้อนขึ้นเรื่อยๆ จนถึงอุณหภูมิที่กำหนด เช่น ประมาณ 68 องศาเซลเซียส หรือ 135 องศาฟาเรนไฮต์ หลอดแก้วหัวสปริงเกลอร์จะแตก การแตกของหลอดแก้วก็โดยอาศัยสารพิเศษที่เรียกว่า ไดนาเทอม (dyna therm) ของวอร์มัลด์ (Wormald) ที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้ว ซึ่งจะขยายตัวเนื่องจากความร้อน ที่ได้รับ จนกระทั่งหลอดแก้วที่บรรจุนั้นแตก เมื่อหลอดแก้วแตก จุกที่อุดไว้จะหลุดออก และน้ำในเส้นท่อที่มี ความดันก็จะพุ่งออกโดยทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบริเวณที่เป็นห้องเครื่องไฟฟ้า ห้องคอมพิวเตอร์ หรือห้องสมุด จะไม่สามารถดับเพลิงด้วยน้ำได้ จำเป็นต้องใช้ระบบดับไฟที่ใช้สารเคมี โดยส่วนมากแล้วมักจะเป็นระบบก๊าซฮาลอนซึ่งจะทำงานด้วยการกระตุ้น จากอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้อัตโนมัติแบบตรวจสอบควัน

4.1.9 ระบบระบายควันและป้องกันไฟลาม (fire ventilation system) ในขณะที่เกิดไฟไหม้ขึ้น ระบบระบายควันและป้องกันไฟลามก็จะมีส่วนสำคัญอย่างหนึ่งในระบบควบคุมเพลิง เพราะจะเป็นระบบที่ให้ ความปลอดภัยในการรักษาบริเวณบันไดหนีไฟภายในอาคารให้เป็นบริเวณที่ปลอดภัย (safety zone) โดยจะ ระบายควันไฟออก ทั้งนี้เนื่องจากตามสถิติพบว่า ผู้ประสบเคราะห์ในกรณีเกิดเพลิงไหม้มักจะเสียชีวิตเนื่องจาก ควันที่สูดเข้าปอด นอกจากนี้อาจจะมีควันอย่างแน่นหนา จนกำบังไม่ให้ผู้หนีไฟพบทางออกสู่บริเวณที่ปลอดภัย ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมความดันภายในอาคาร เพื่อจะสกัดไฟลาม และเพื่อจำกัดบริเวณที่เกิด ไฟไหม้ ให้อยู่ในส่วนที่จำกัดที่สุด

การระบายควันและป้องกันไฟลามมักจะประกอบด้วยพัดลม 2 ระบบ คือ ระบบพัดลมอัดอากาศ
(pressurizing fan) ปกติติดตั้งอยู่ภายในอาคาร และพัดลมดูดอากาศออก (exhaust fan) ซึ่งปกติติดตั้งอยู่ชั้น หลังคา

ในระบบนี้จะต้องสร้างท่อลมสำหรับอัดและดูดอากาศขึ้นภายในอาคาร โดยอาจจะทำเป็นแบบท่อลม ตั้งแต่ชั้นที่ 4 ขึ้นไปจนถึงชั้นบนสุด ที่ทางเดินแต่ละชั้นควรจะมีแดมเปอร์ (damper) ที่คอยปิดเปิด การควบคุม แดมเปอร์อาจใช้ระบบนิวแมติกส์และควบคุมโดยห้องควบคุม ซึ่งโอเปอเรเตอร์จะเป็นผู้ควบคุมการปิดเปิดของ แดมเปอร์อีกทีหนึ่ง

ในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ขึ้นในชั้นใดชั้นหนึ่ง ระบบพัดลมทั้งอัดอากาศและดูดอากาศจะเริ่มทำงาน โดย อัตโนมัติ โดยการรับแจ้งสัญญาณไฟไหม้จากตัวตรวจจับสัญญาณ ชั้นที่เกิดไฟลุกไหม้ขึ้นแดมเปอร์ในชั้นนั้นจะ เปิดออก เพื่อทำการดูดอากาศออก วัตถุประสงค์ก็คือเพื่อระบายควันที่เกิดจากไฟไหม้ให้เบาบางลง นอกจากนั้น ก็เพื่อลดความดันภายในชั้นนั้นเพื่อไม่ให้ไฟลามออกไปมากขึ้น

ส่วนชั้นที่ประกบอยู่กับชั้นที่เกิดเพลิงไหม้นั้น คือชั้นบนและชั้นล่างของชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ แดมเปอร์ อัดอากาศจะเปิดออกเพื่อทำให้ชั้นที่ประกบดังกล่าวมีความดันสูงขึ้น หรือมีความดันเป็นบวก เพื่อช่วยสกัดเพลิง ไม่ให้ลุกลามจากชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ไปยังชั้นอื่นๆ ได้

การปิดเปิดของแดมเปอร์ในแต่ละชั้นจะถูกกระทำโดยโอเปอเรเตอร์ ซึ่งจะอยู่ในห้องควบคุม และ การทำงานของระบบควบคุมไฟไหม้ในช่วงแรกจะเป็นไปอย่างอัตโนมัติ แต่หลังจากที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

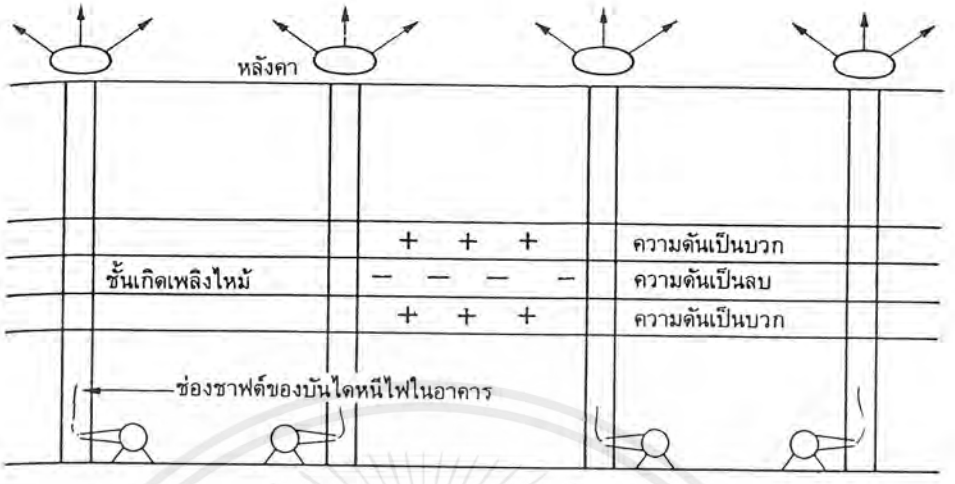
โอเปอเรเตอร์ได้ทราบ ปัญหาของการเกิดเพลิงไหม้แล้วอาจจะเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบให้เหมาะสมยิ่งขึ้นก็ได้ โดยอาจเลือกใช้ การกระทำแบบเลื่อนชั้นที่ต้องการอัดอากาศขึ้นหรือลงถ้าไฟลุกลามไฟมากกว่าการควบคุม หรืออาจดูดอากาศใน ชั้นที่ ไฟลุกลาม เพิ่มเติมขึ้นได้

พัดลมอัดอากาศควรจะอัดอากาศในบริเวณที่เป็นบันไดหนีไฟในอาคาร โดยอัดอากาศเข้าไปในช่อง ชาฟต์ (shaft) ของบันได ทั้งนี้เพื่อรักษาความดันในบริเวณบันไดให้สูงกว่าความดันภายนอกเพื่อไม่ให้ไฟลาม เข้าไปในบันไดได้ วัตถุประสงค์ก็คือต้องการให้บริเวณบันไดปราศจากเพลิงให้มากที่สุด เพื่อให้บุคคลสามารถ ใช้เป็นทางหนีไฟได้อย่างสะดวกและปลอดภัย

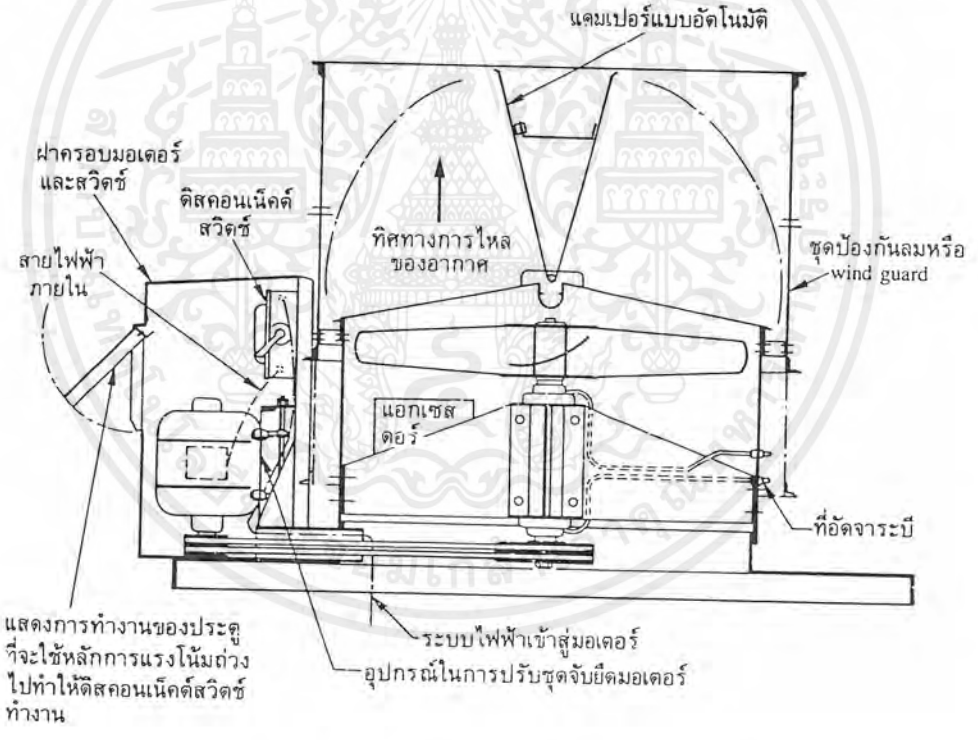
ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ในการป้องกันเพลิงไหม้ควรจะจัดการทำงานของระบบป้องกันและควบคุม เพลิงออกเป็น 3 ระบบ โดยทั้ง 3 ระบบต้องทำงานสอดคล้องกัน ระบบทั้งสามจะได้แก่ ระบบเตือนสัญญาณ ไฟไหม้ ระบบนี้จะทำหน้าที่ตรวจสอบและติดตามการเกิดขึ้นของอัคคีภัยเมื่อเกิดไฟไหม้ขึ้น โดยสัญญาณจะถูก ส่งจากตัวแจ้งสัญญาณกลับไปยังแผงควบคุม โดยมีการหน่วงเวลาไว้สักระยะหนึ่งก่อน เพื่อให้โอเปอเรเตอร์ สามารถตรวจสอบว่า สัญญาณที่ถูกส่งลงมาเป็นสัญญาณจริงหรือสัญญาณหลอก ในกรณีที่เป็นสัญญาณหลอก โอเปอเรเตอร์ก็จะทำการเคลียร์ระบบโดยการใช้ปุ่ม reset ระบบก็จะเข้าสู่ระบบเดิม แต่ถ้าเป็นสัญญาณจริง แผงควบคุมก็จะแจ้งสัญญาณเพลิงไหม้ไปทั่วบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ เช่น อาจจะสั่งให้กระดิ่งดังเฉพาะในชั้นที่ เกิดเพลิง หรืออาจจะดังเฉพาะชั้นที่เกิดเพลิงและชั้นที่ประกบกับชั้นที่เกิดเพลิงก็ได้ นอกจากนี้อาจจะมีการปิด ไฟฟ้าในอาคารให้ดับ เพื่อไม่ให้เกิดไฟช๊อตจากไฟไหม้ ไฟฉุกเฉินที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรีก็จะทำงาน ถ้าในอาคารมีลิฟต์อยู่ด้วย ลิฟต์ควรถูกสั่งให้ลงมาจอดยังชั้นล่าง ทั้งนี้เพื่อกันคนที่หนีไฟเข้าไปติดในลิฟต์ นอกจากนี้ ปั๊มน้ำ พัดลมและเครื่องปรับอากาศทั้งหมดจะหยุดทำงาน ระบบดับเพลิงจะเริ่มทำงานโดย สปริงเกลอร์หรืออาจใช้สารเคมี ปั๊มน้ำดับเพลิงเริ่มทำงาน ในขณะเดียวกันระบบระบายควันและควบคุมเพลิง ก็จะเริ่มดูดควันและอัดอากาศโดยอัตโนมัติเมื่อมีสัญญาณแจ้งไฟไหม้ และหลังจากนั้นโอเปอเรเตอร์จะเป็นผู้สั่ง หรือควบคุมระบบอัดหรือดูดอากาศได้ตามแต่สถานการณ์ต่อไป

ในรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 เป็นการแสดงถึงลักษณะของการป้องกันเพลิงไหม้ในอาคารสูงและรูปตัดของพัดลมดูดอากาศออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



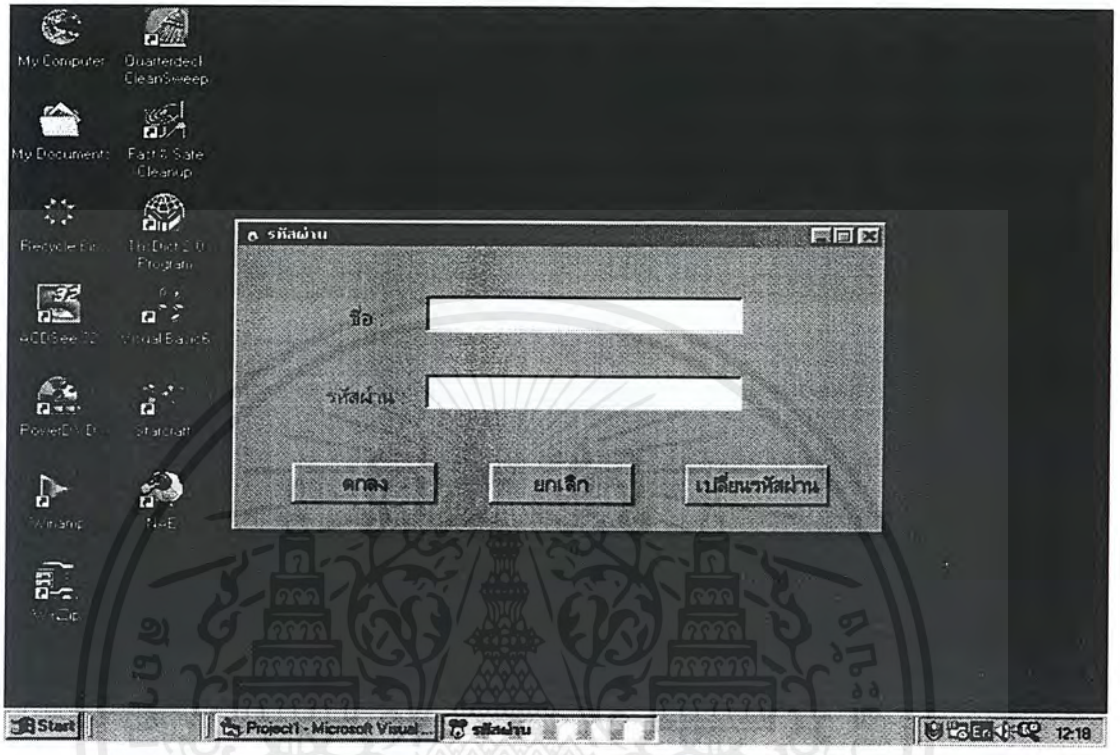
รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะการป้องกันเพลิงไหม้ โดยคำนึงถึงการระบายควันและป้องกันไฟลาม



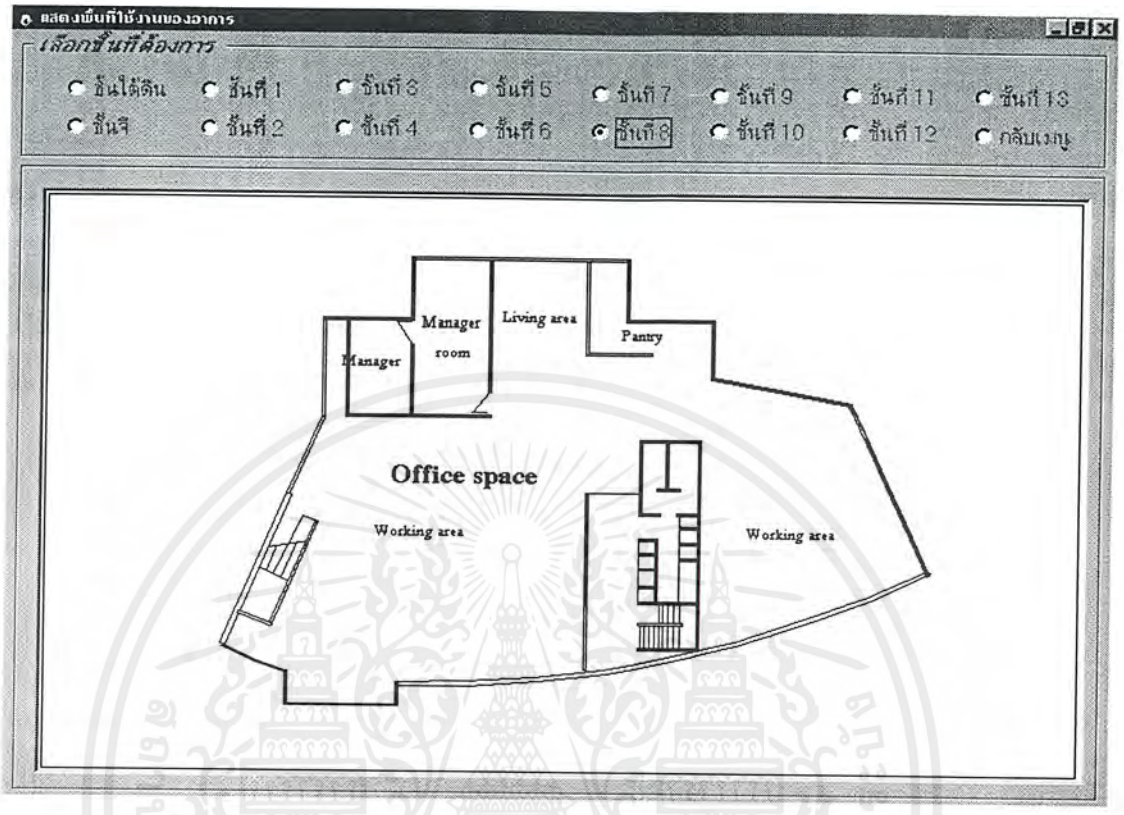
รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะของพัดลมดูดอากาศ

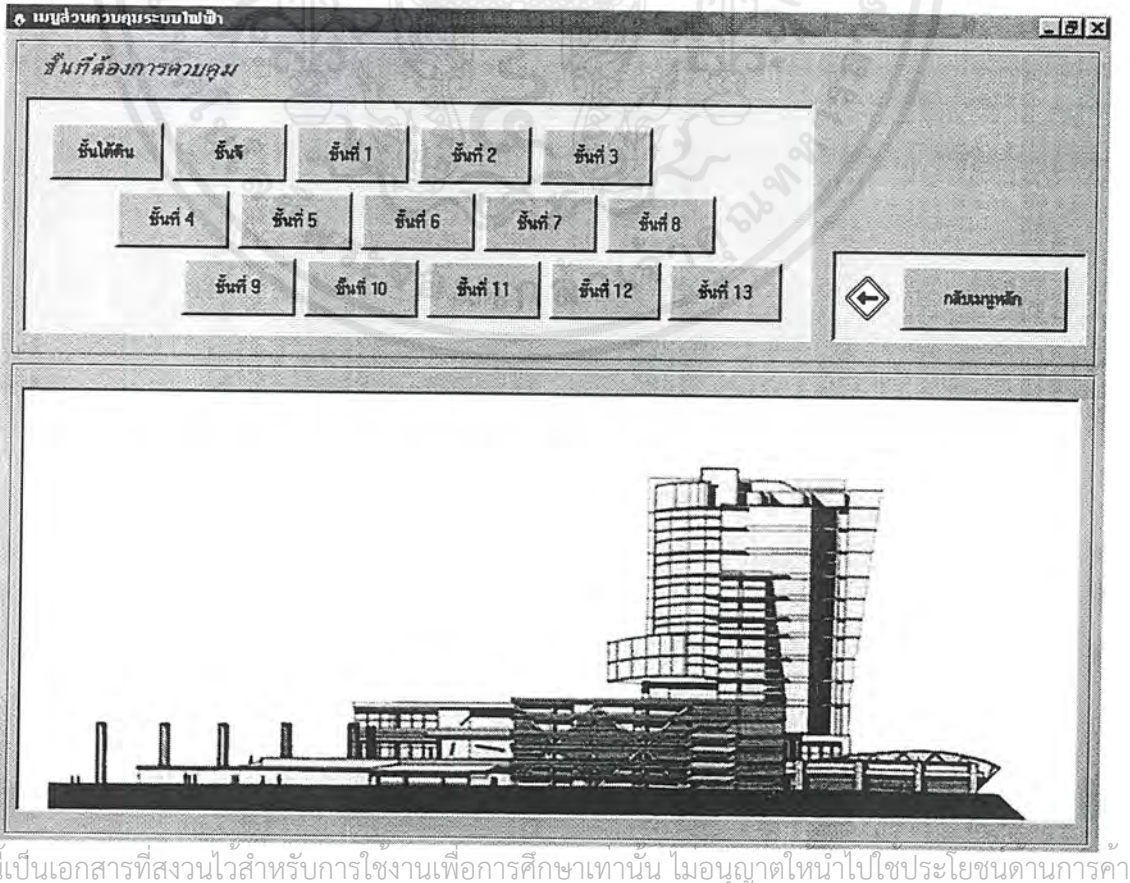
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าจอแสดงผลจากการ RUN PROGRAM

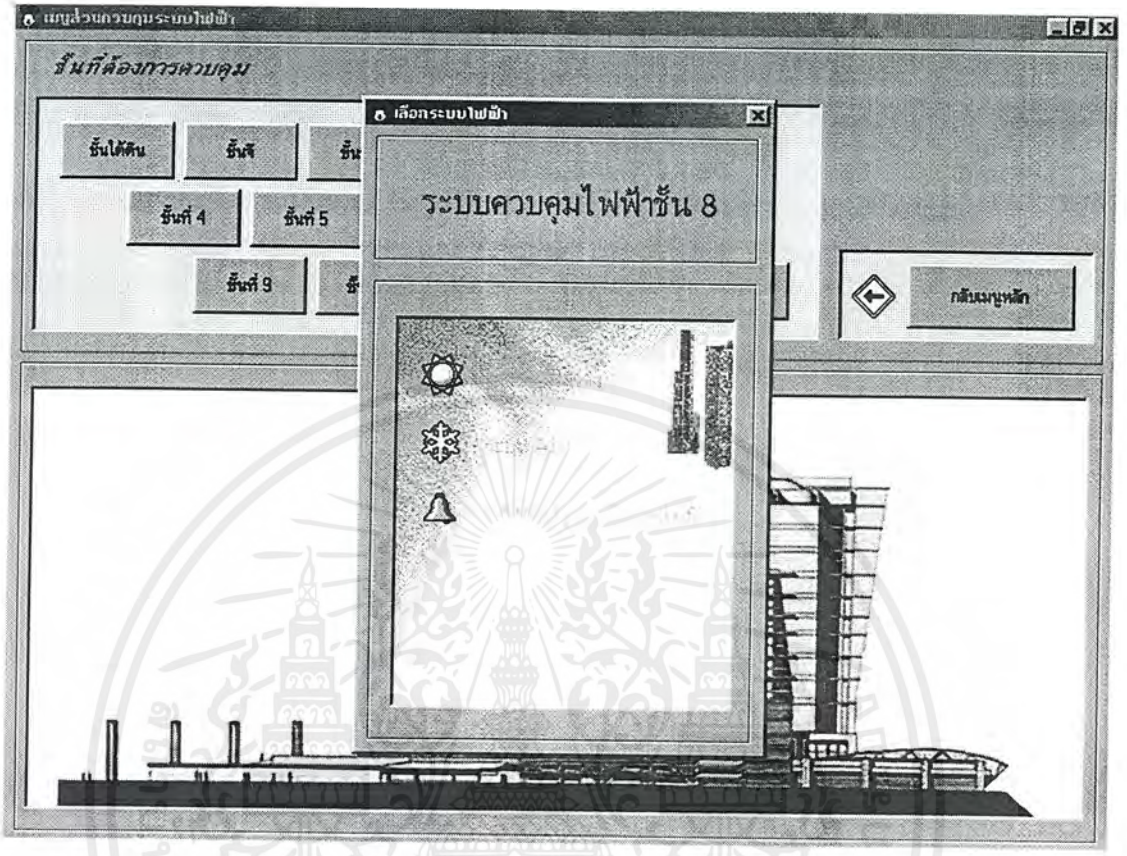


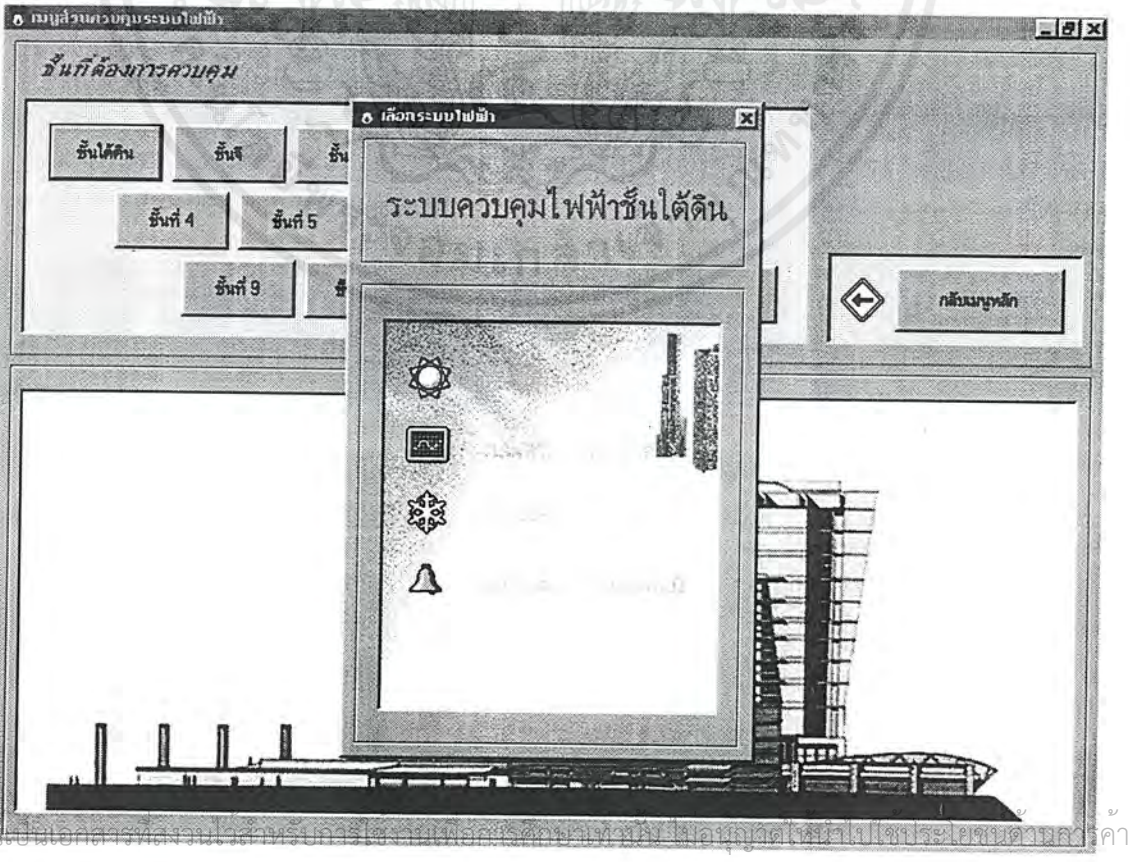
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



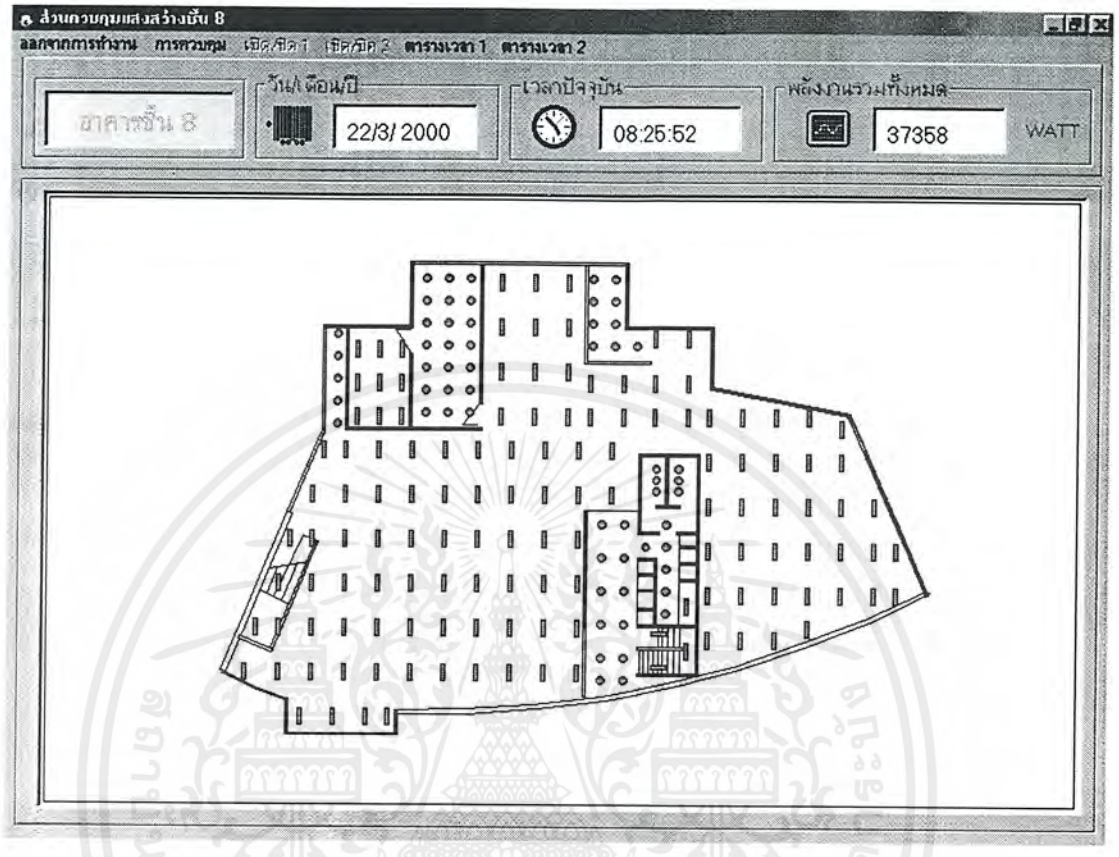


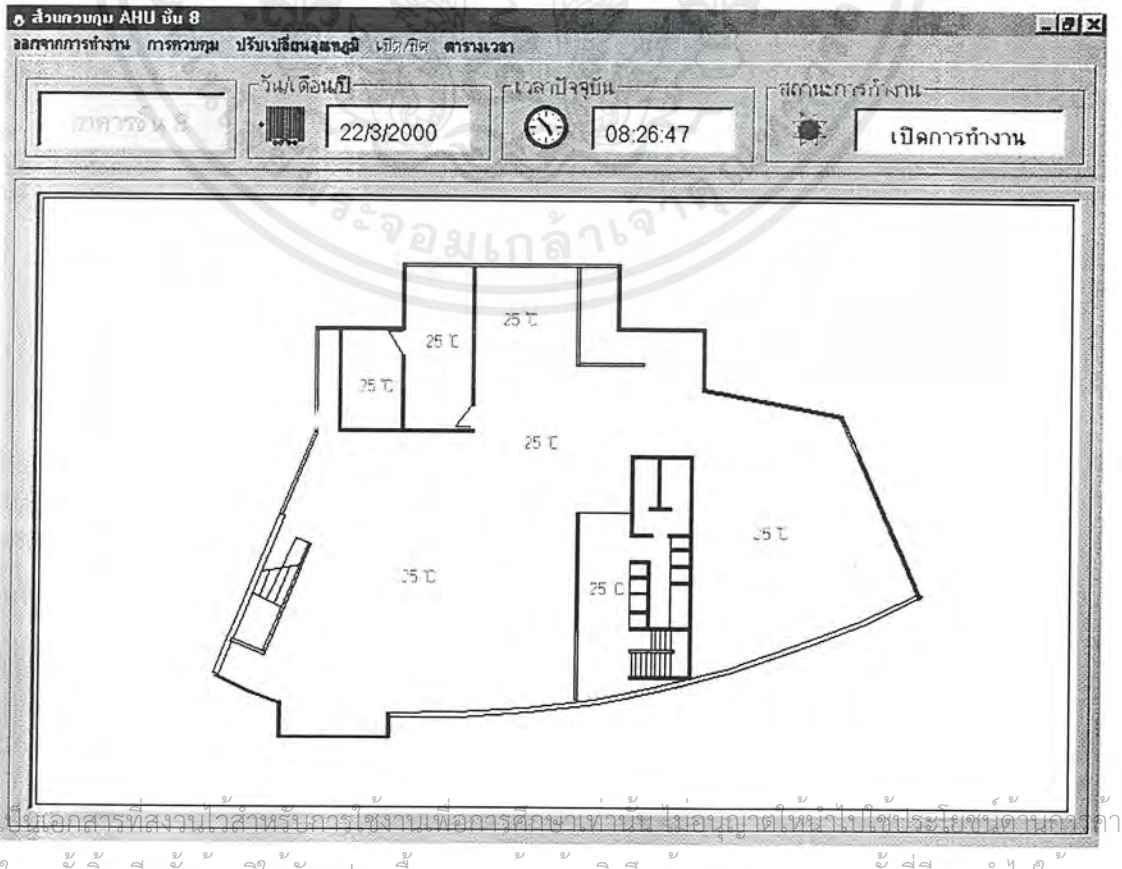
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



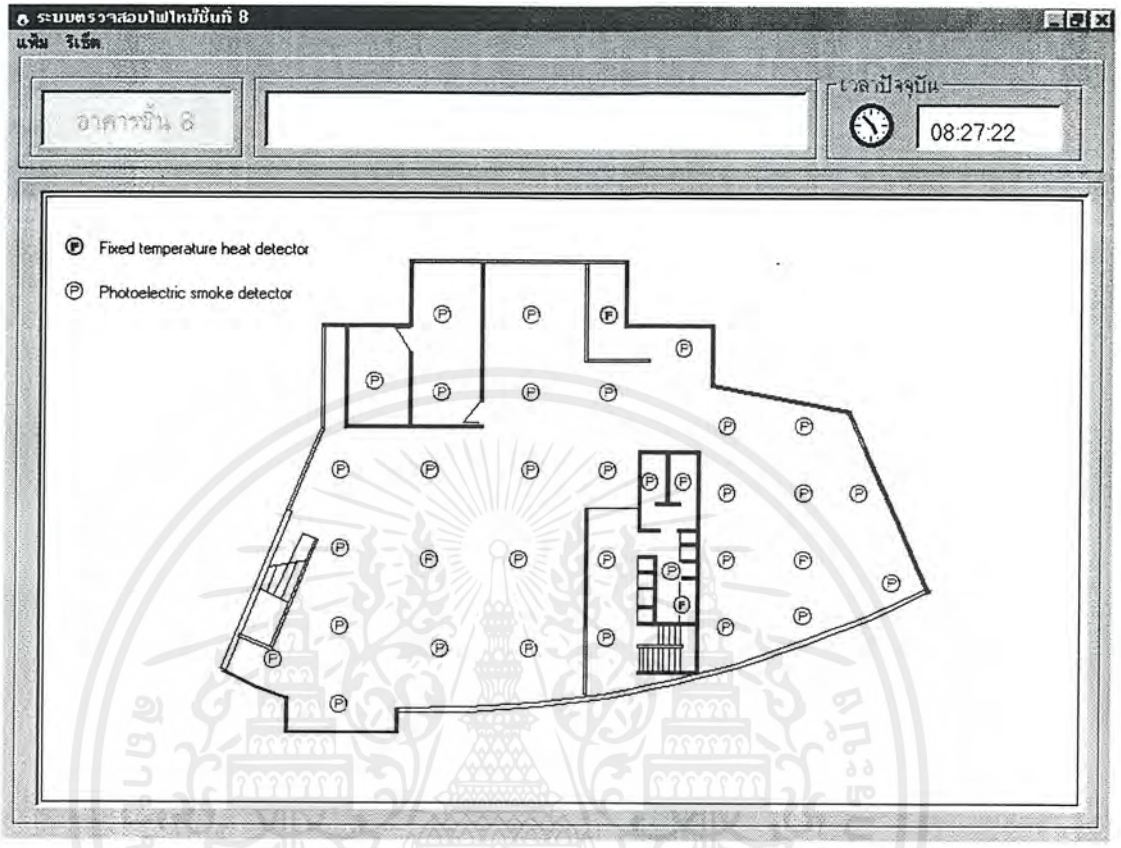


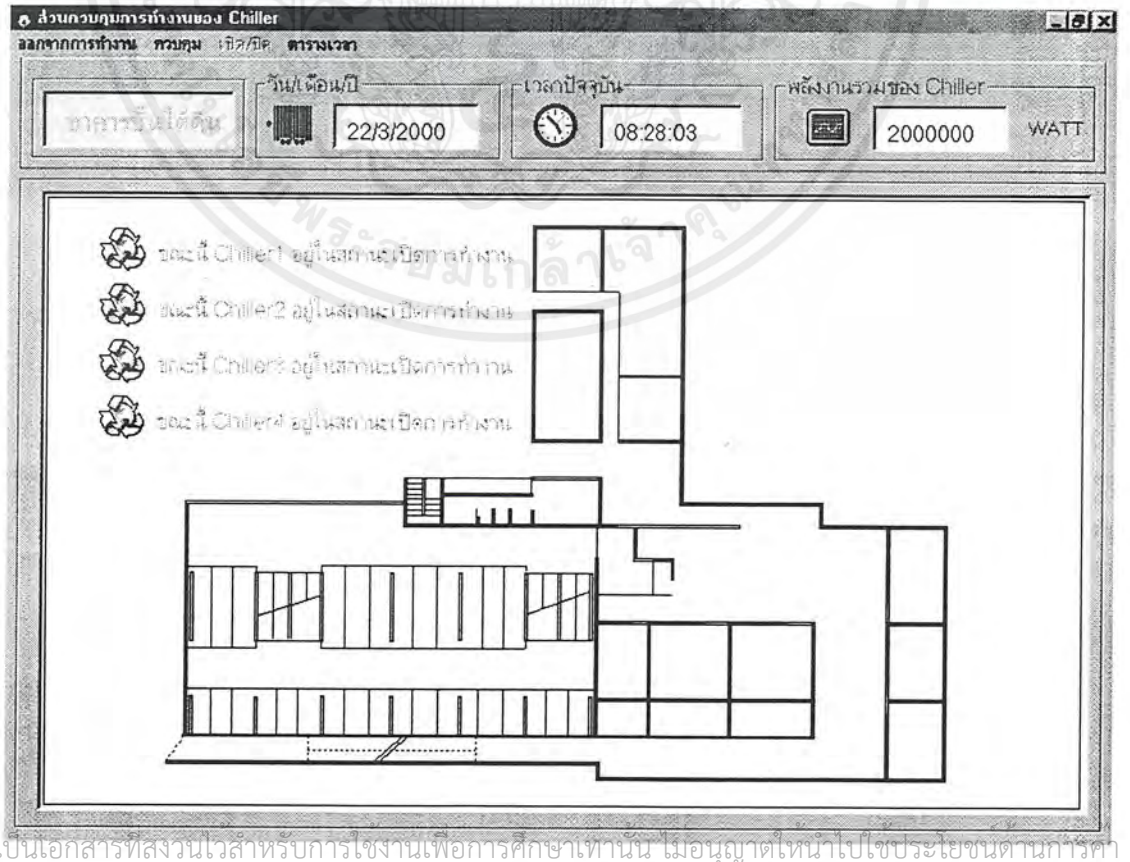
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



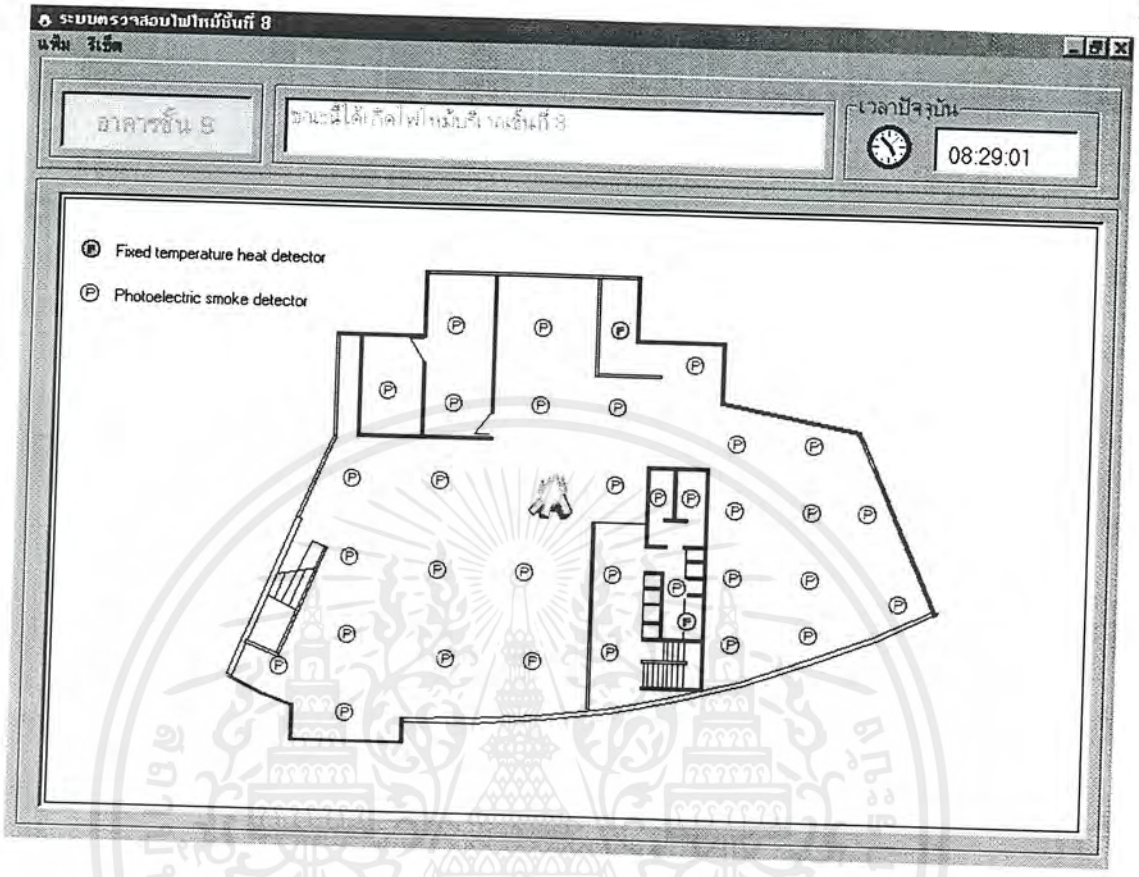


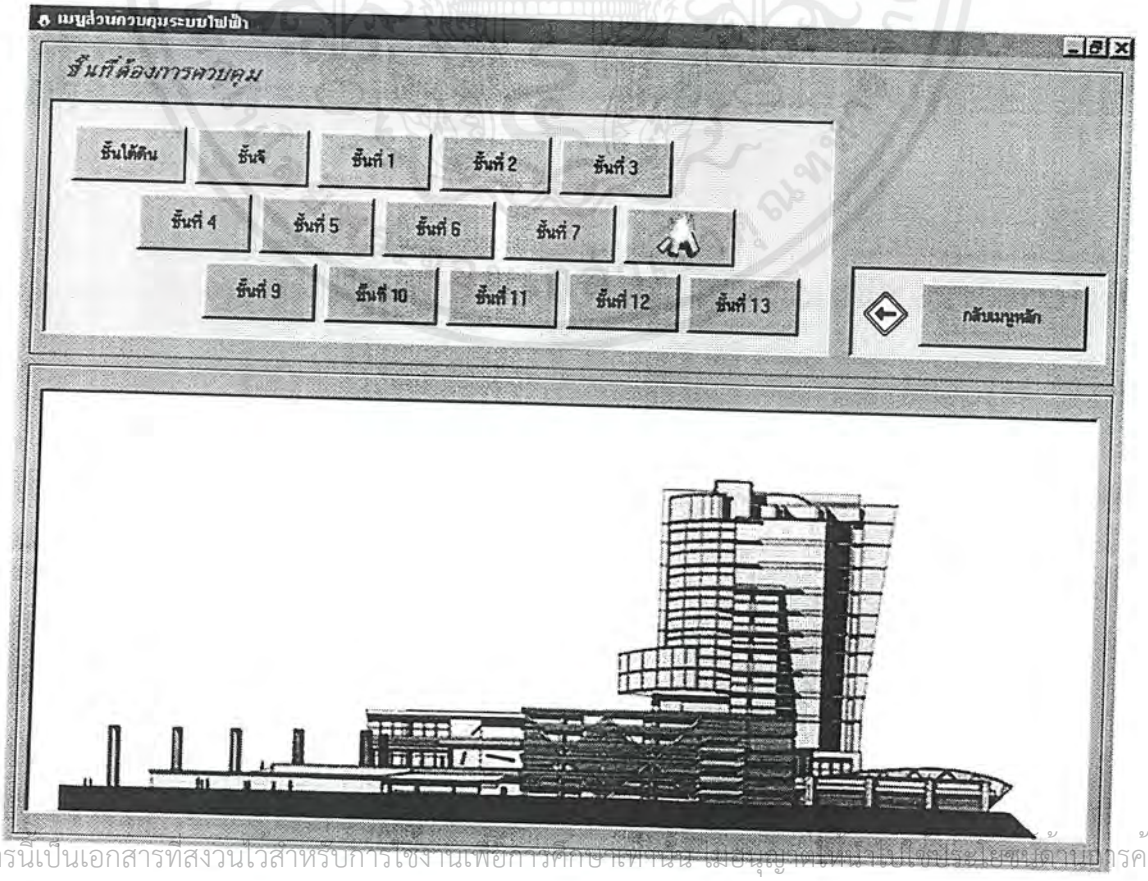
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



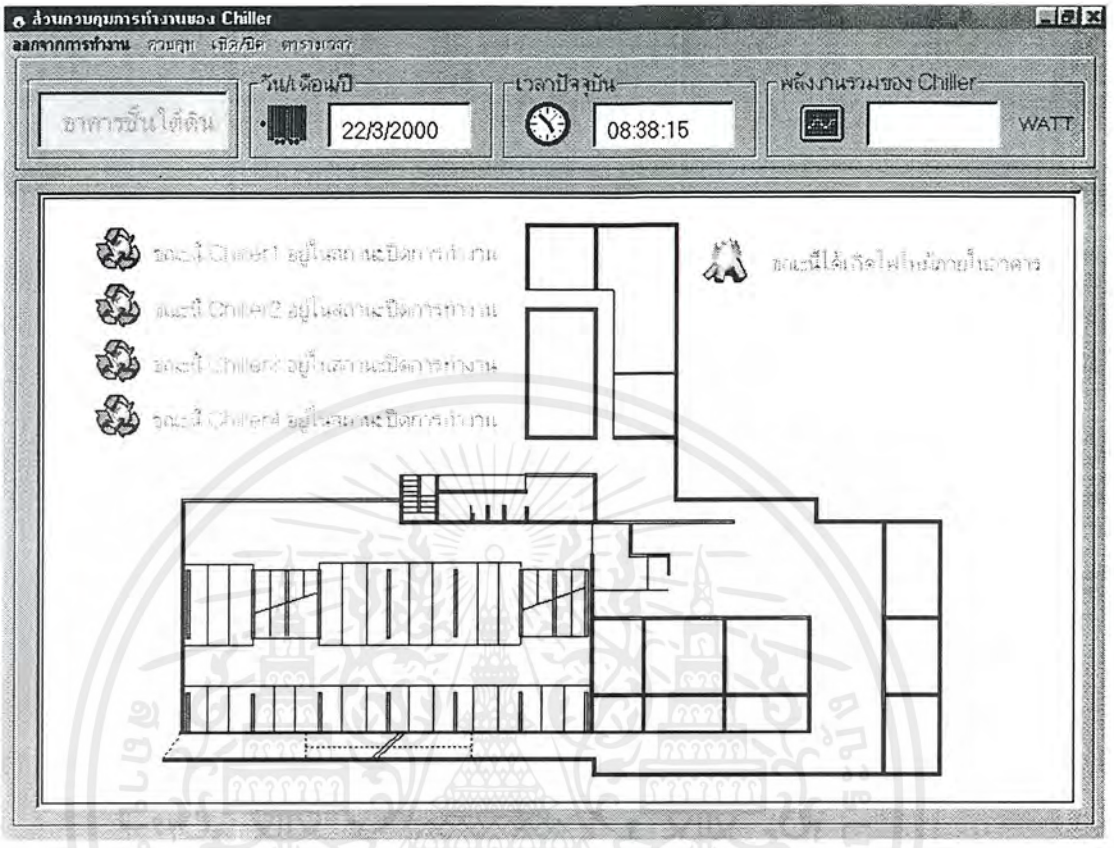


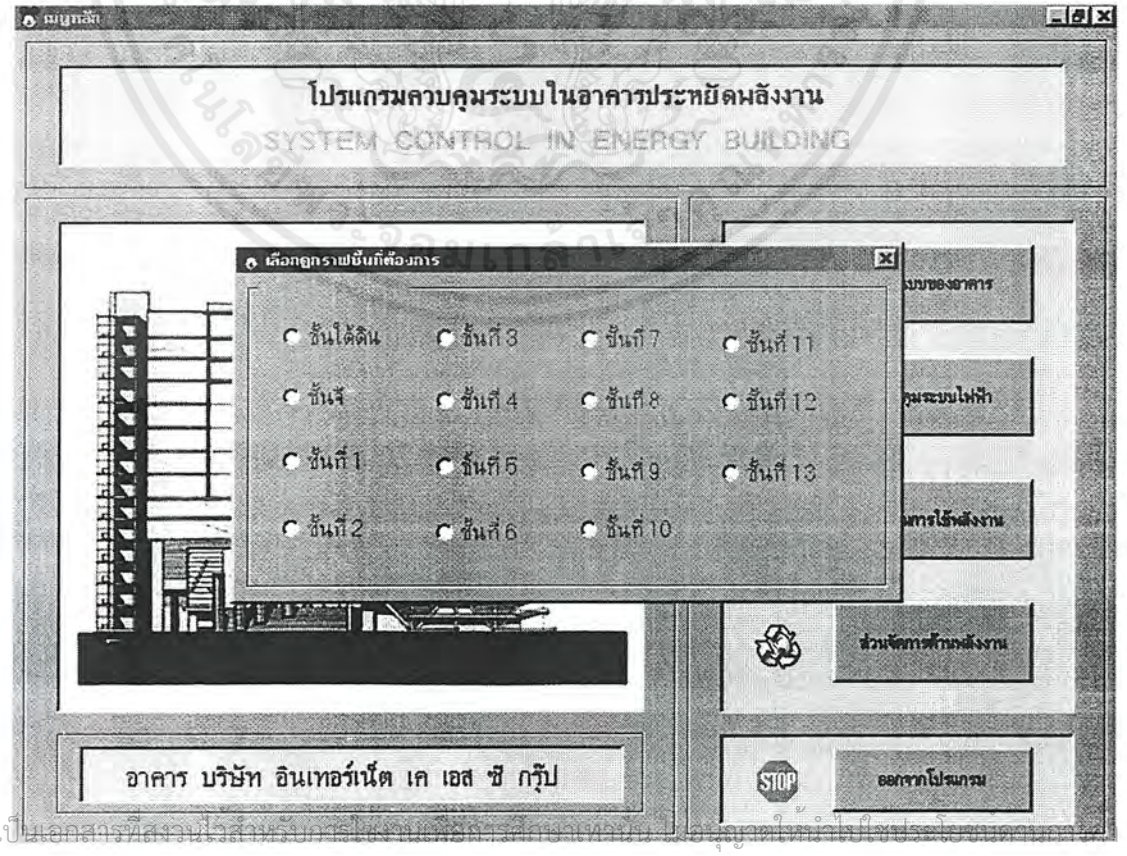
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



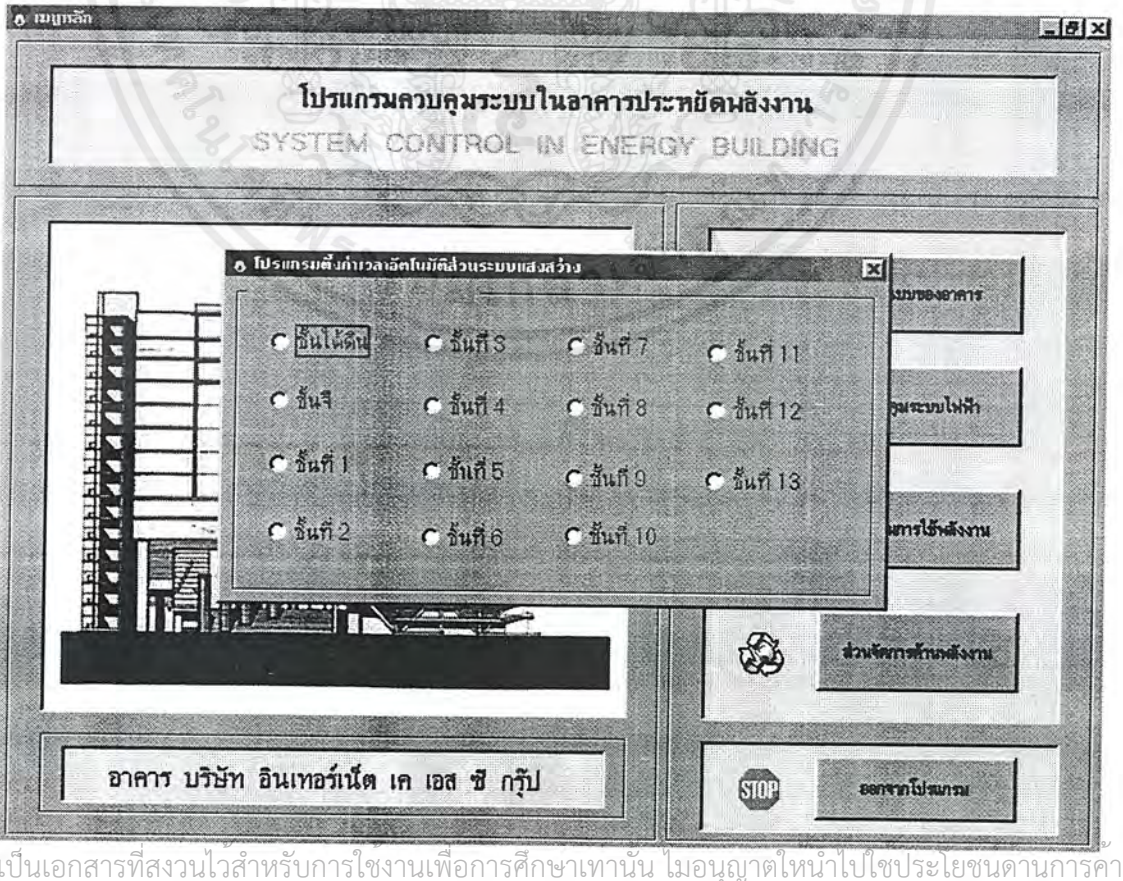


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

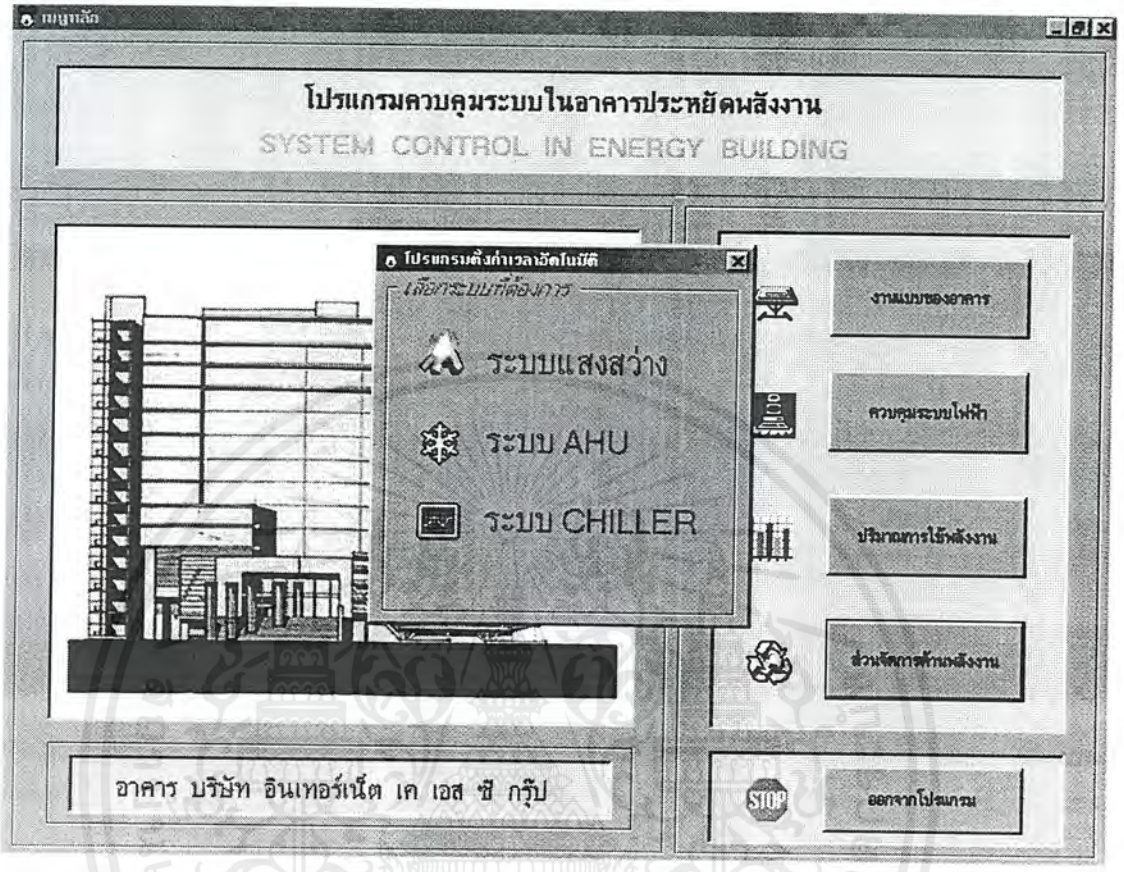


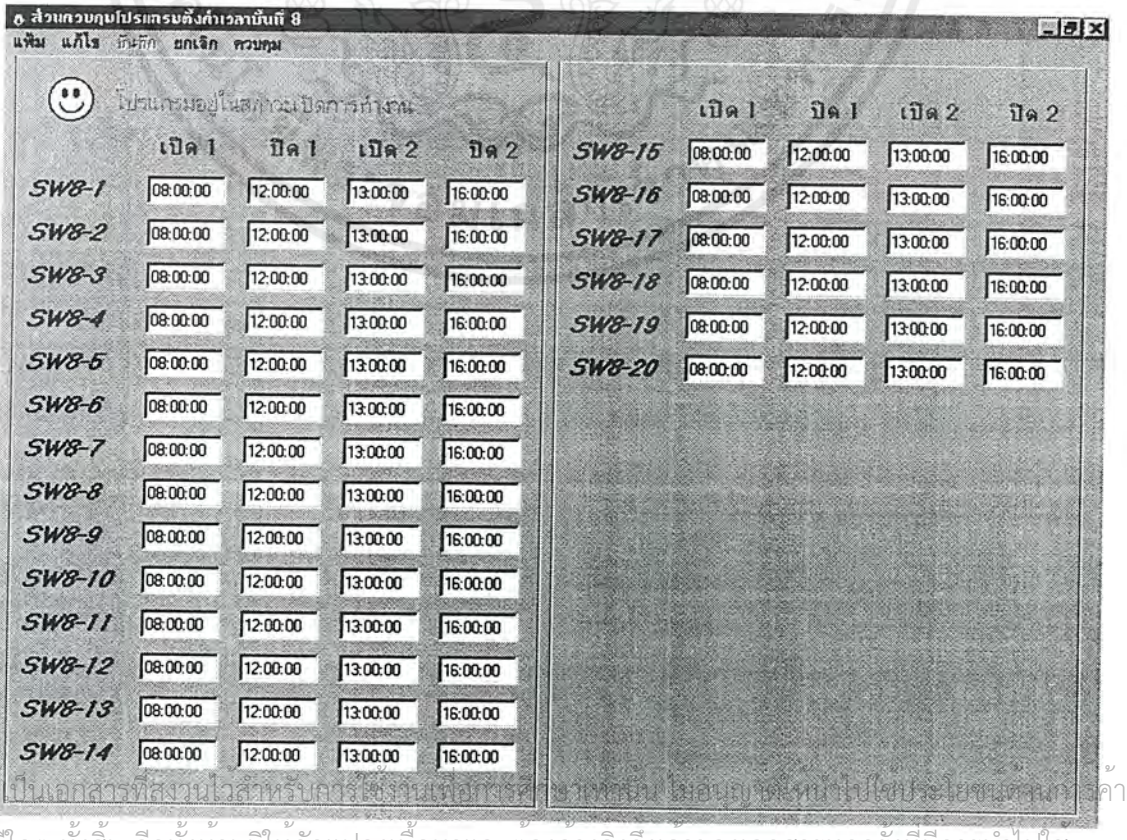


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

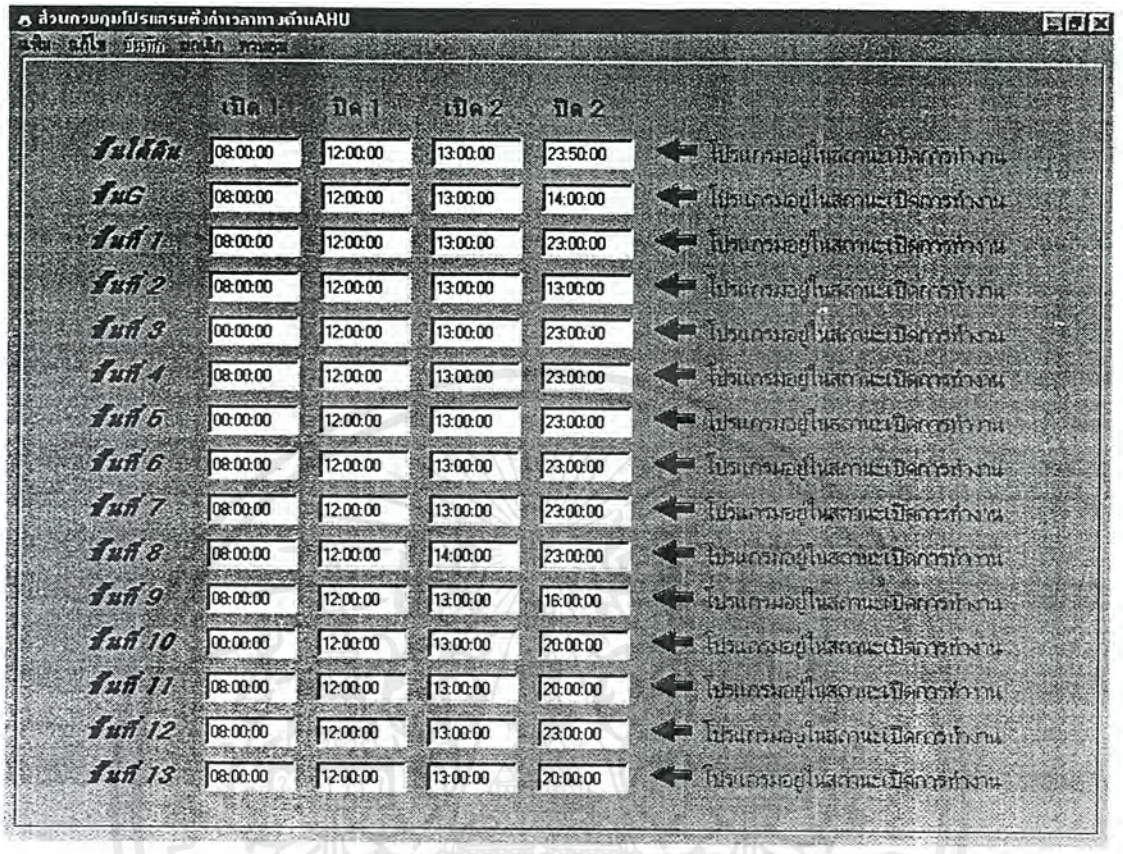


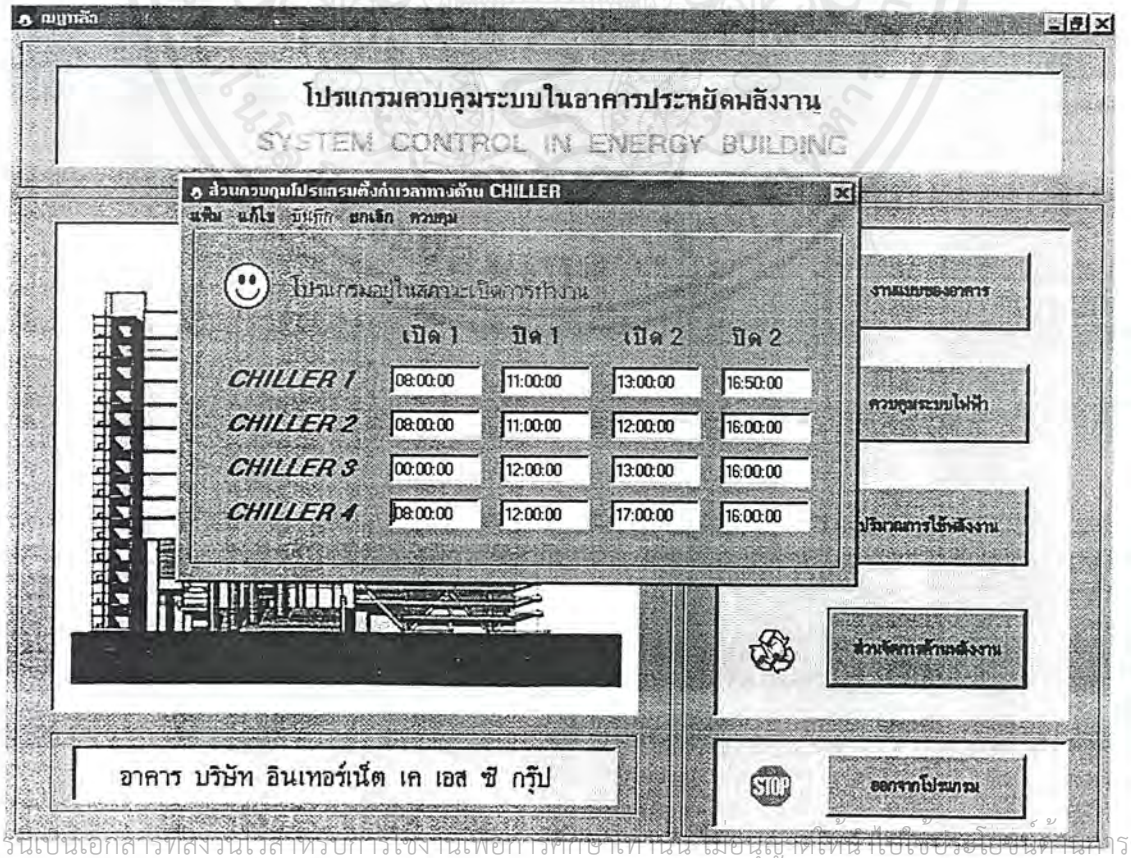
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



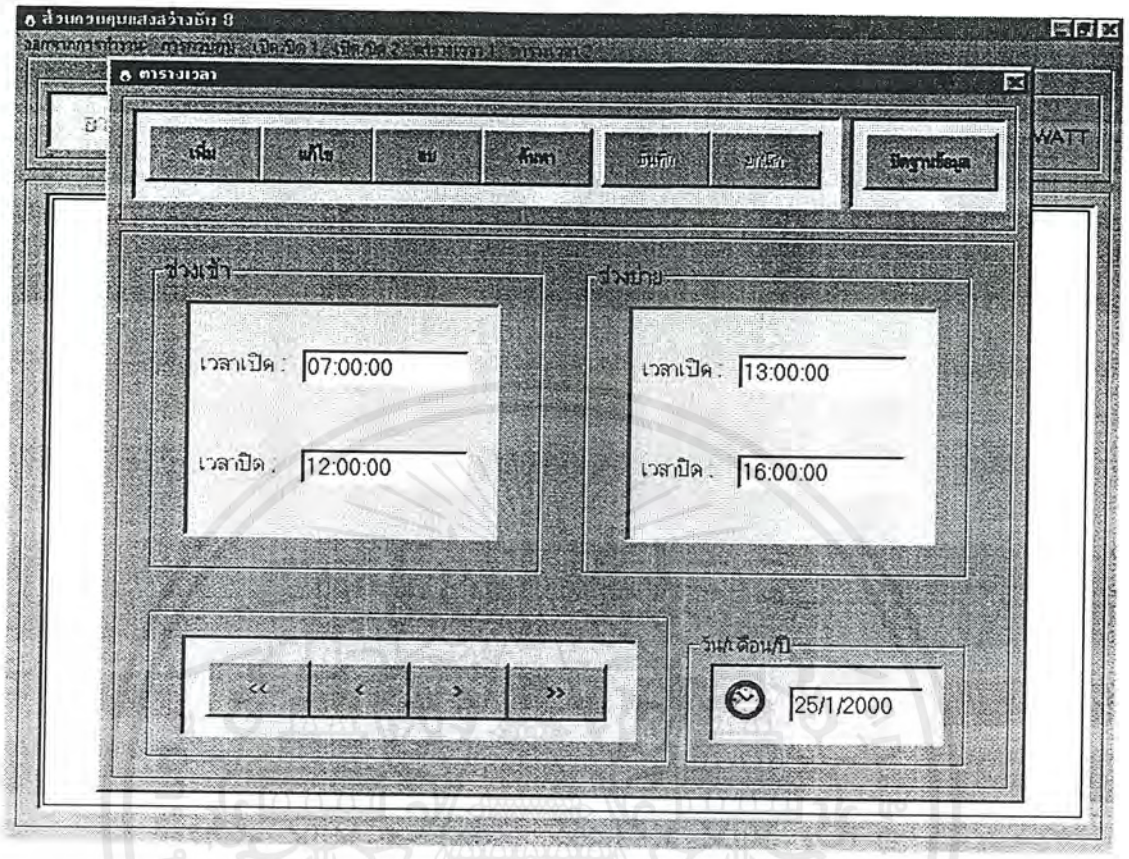


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช





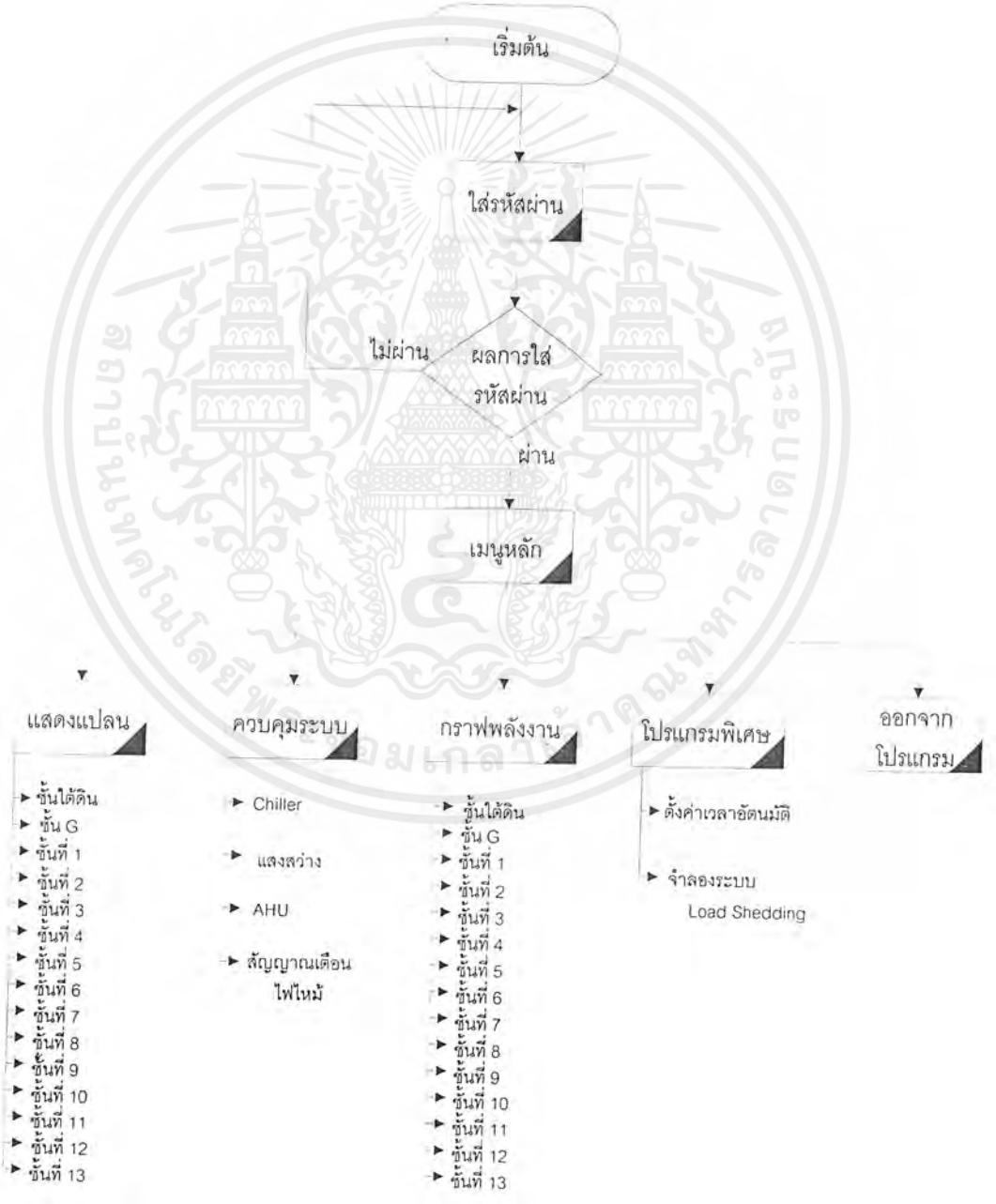
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

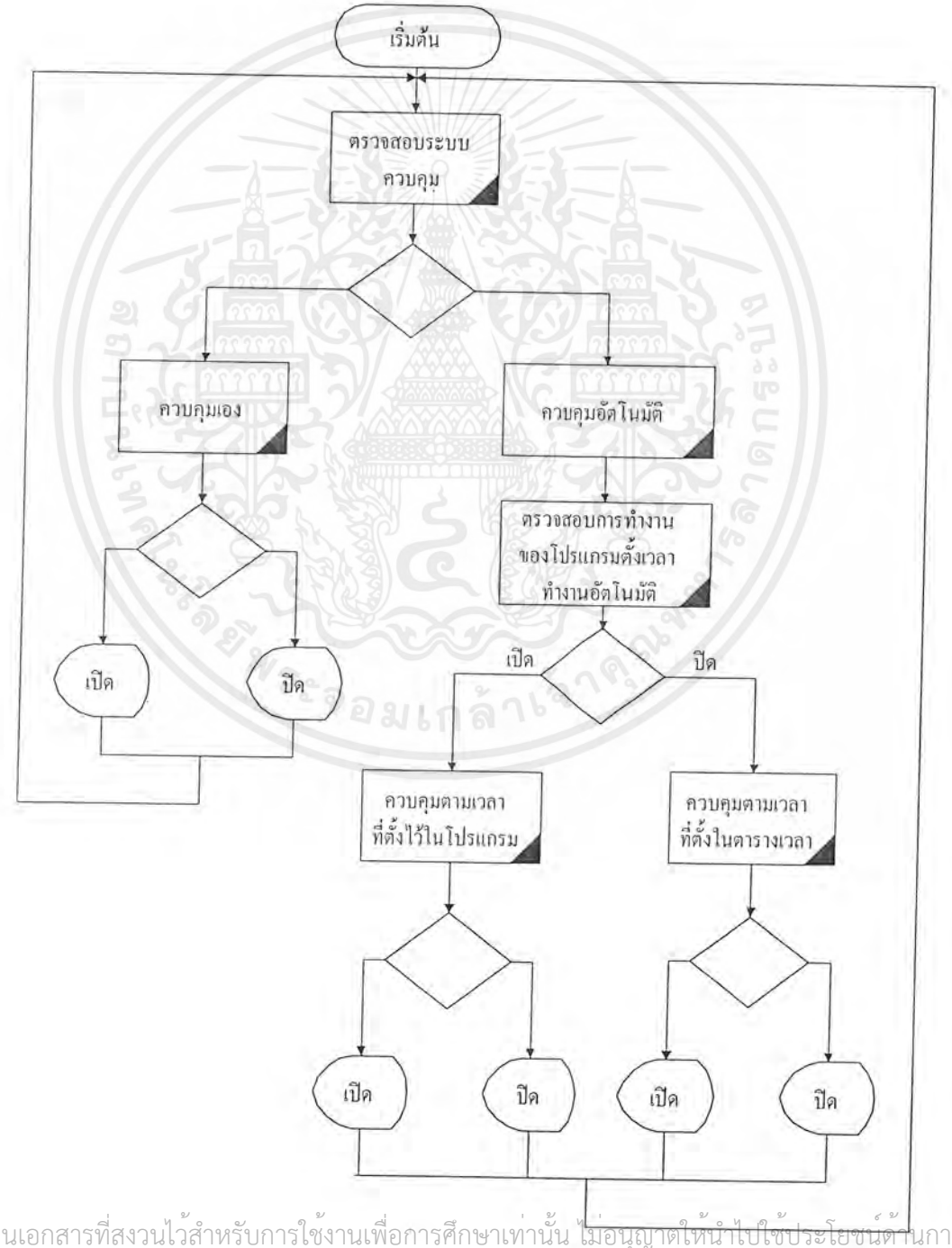
Flow Chart แสดงผลการทำงานของหน่วยประมวลผล

Flow chart แสดงการทำงานของMain Program



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow Chart แสดงการควบคุมระบบแสงสว่าง,Chiller,AHU



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรม Load Shedding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow Chart แสดงการทำงานของระบบFire alarm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow Chart แสดงการเขียนกราฟพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow Chart แสดงการทำงานของ ON-OFF System Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน "การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร"
2. รศ. ศุลี บรรจงจิตร "อุปกรณ์และการติดตั้งในงานระบบไฟฟ้า" ,บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
3. รศ. ศุลี บรรจงจิตร "วิศวกรรมการส่องสว่าง" ,บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
4. ธาริน สิทธิธรรมชารี "คู่มือการเขียนโปรแกรม Visual Basic Version 6" ,บริษัท SUCCESS MEDIA CO., LTD.
5. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล "Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์" ,บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

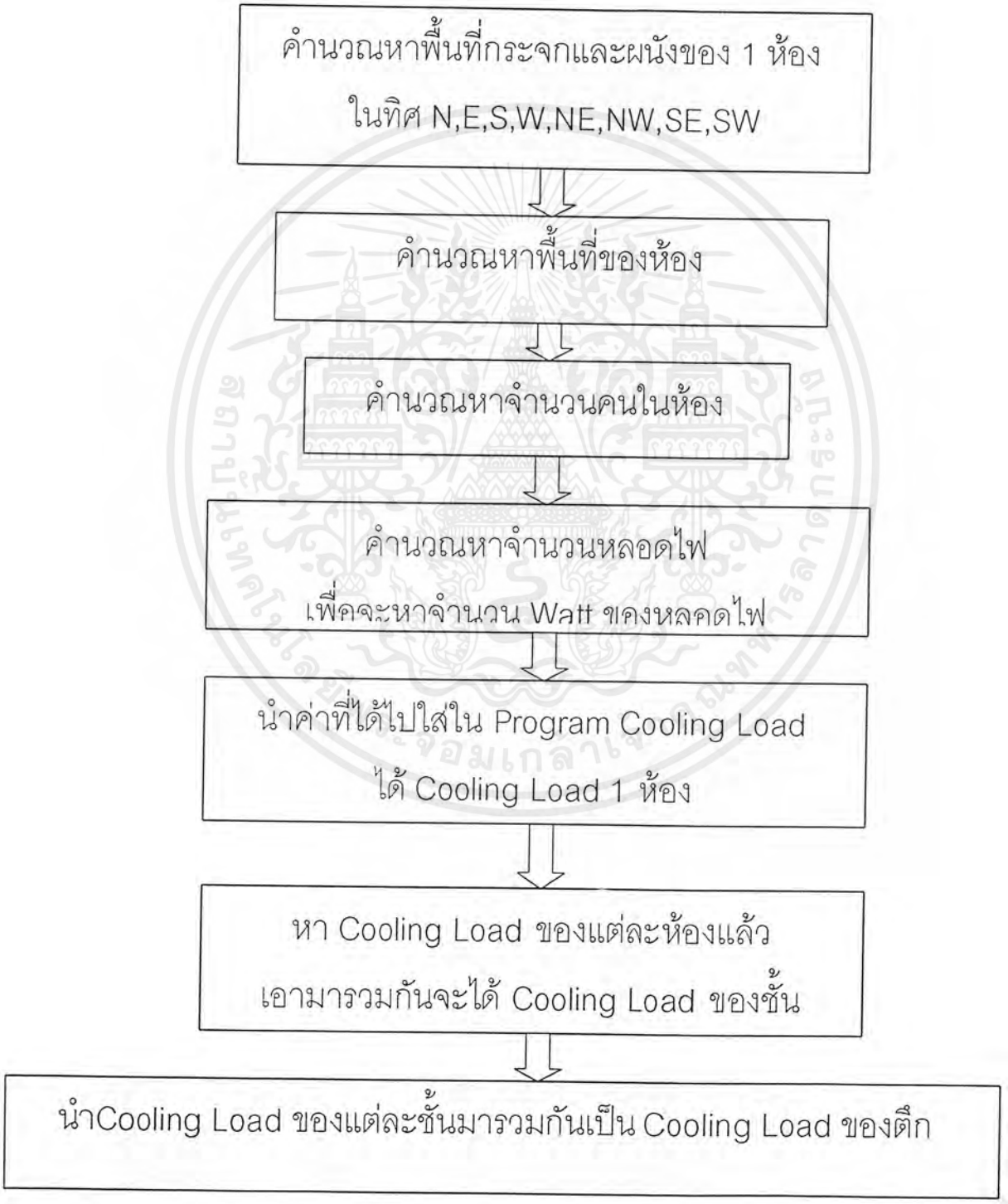
กิตติกรรมประกาศ

1. ผศ. นิทัศน์ กฤษณจินดา อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
2. อ. กุลธร เลื่อนฉวี รองอธิการบดีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. อ. รามณรงค์ อาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. อ. ปรีชญา อาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรมภายนอก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5. คุณ พงศ์พัฒน์ มั่งคั่ง วิศวกรประจำศูนย์กำกับและอนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย
6. คุณ ถวัลย์ศักดิ์ วิศวกรประจำการไฟฟ้านครหลวง
7. คุณ เสรี สว่างวรรณรัตน์ นักศึกษาปริญญาโทภาควิชาสถาปัตยกรรมภายนอก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
8. พี่หนุ่ม นักศึกษาปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การออกแบบระบบปรับอากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COOLING LOAD DATA

PROJECT: MECHANICAL DEPARTURE

DOC: CY.01

UNIT No.: 5A1

TYPE: room no. 405 4 TH .FL

DATE: 17/7/41

BY: kittipong

ITEM	DESCRIBTION								
1	**OUTDOOR AIR TEMP**	: DB	95	F					
		: WB	83	F					
		: % RH	62						
		: W	152	Gr / Lb					
2	**ROOM TEMP**	: DB	77	F					
		: WB	66.2	F					
		: % RH	55						
		: W	65	Gr / Lb					
3	**ROOM SIZE**	: WIDTH	7	M					
		: LANGTH	16	M					
		: HEIGHT	3.5	M					
4	**PEOPLE**	: QTY	16	PERSON	CFM/PER	7.5			
		: HEAT(S)	255	BTUH	CFM/SQ.FT	0.25			
		: HEAT(L)	255	BTUH	A/C	2			
5	**SOLAR &TRANS (GLASS)**								
	-N	: AREA	0	SQ.M	CLF,CLDFg	0.76	13.50	, U	1.13
	-NE	: AREA	0	SQ.M	CLF,CLDFg	0.29	13.50	, U	1.13
	-E	: AREA	0	SQ.M	CLF,CLDFg	0.29	13.50	, U	1.13
	-SE	: AREA	0	SQ.M	CLF,CLDFg	0.36	13.50	, U	1.13
	-S	: AREA	56	SQ.M	CLF,CLDFg	0.53	13.50	, U	1.13
	-SW	: AREA	0	SQ.M	CLF,CLDFg	0.53	13.50	, U	1.13
	-W	: AREA	0	SQ.M	CLF,CLDFg	0.40	13.50	, U	1.13
	-NW	: AREA	0	SQ.M	CLF,CLDFg	0.30	13.50	, U	1.13
	-SKYLIGHT	: AREA	0	SQ.M	CLF,CLDFg	0	0.00	, U	1.13
6	**SOLAR &TRANS (WALL)**	:							
	-N	: AREA	0	SQ.M	CLDFw	12.00	F	, U	0.3
	-NE	: AREA	0	SQ.M	CLDFw	23.00	F	, U	0.3
	-E	: AREA	14	SQ.M	CLDFw	33.00	F	, U	0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COOLING LOAD DATA

	-SE	: AREA	0	SQ.M	CLDFw	31.00	F	, U	0.3
	-S	: AREA	0	SQ.M	CLDFw	20.00	F	, U	0.3
	-SW	: AREA	0	SQ.M	CLDFw	16.00	F	, U	0.3
	-W	: AREA	0	SQ.M	CLDFw	14.00	F	, U	0.3
	-NW	: AREA	0	SQ.M	CLDFw	12.00	F	, U	0.3
	-SKYLIGHT	: AREA	0	SQ.M	CLDFw	0	F	, U	0.3
7	SOLAR &TRANS	:							
	-ROOF	: AREA	0	SQ.M	CLDFr	36.00	F	, U	0.25
	-SHADED	: AREA	0	SQ.M	CLDFr	36.00	F	, U	
8	PARTITION								
	-GLASS TYPE 1	: AREA	0	SQ.M	TEMP DIFF.	10	F	, U	1.13
	- TYPE 2	: AREA		SQ.M	TEMP DIFF.		F	, U	
	- TYPE 3	: AREA		SQ.M	TEMP DIFF.		F	, U	
	-WALL TYPE 1	: AREA	80.5	SQ.M	TEMP DIFF.	10	F	, U	0.3
	- TYPE 2	: AREA		SQ.M	TEMP DIFF.	0	F	, U	0
	- TYPE 3	: AREA		SQ.M	TEMP DIFF.		F	, U	
	-CEILING	: AREA		SQ.M	TEMP DIFF.	9	F	, U	0.2
	-FLOOR	: AREA		SQ.M	TEMP DIFF.		F	, U	
9	LIGHTING	:	20	WATT/SQ.M					
10	APPLIANCE	:	0	WATT	(SENSIBLE)				
		:	0	WATT	(LATENT)				
11	PLUG	:	0.6	W/SQ.FT					
12	ADDITION HEAT GAIN	:		WATT	(SENSIBLE)				
		:		WATT	(LATENT)				
13	SUPPLY DUCT HEAT GAIN	:	5	%					
	SUPPLY DUCT LEAK LOSS	:	5	%					
	FAN	:	5	%					
14	RETURN DUCT HEAT GAI	:	5	%					
15	RETURN DUCT LEAK LOS	:	5	%					
16	SAFETY FACTOR	:	5	%					
17	PEAK LOAD FOR MONTE	:							
18	PEAK LOAD FOR TIME	:							
19	PEAK LOAD FOR DIRECT	:							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COOLING LOAD

PROJECT:	MECHANICAL DEPARTURE
DOC:	CY.01
UNIT No.:	5A1
TYPE:	room no. 405 4 TH .FL
DATE:	15,174 **BY:** kittipong

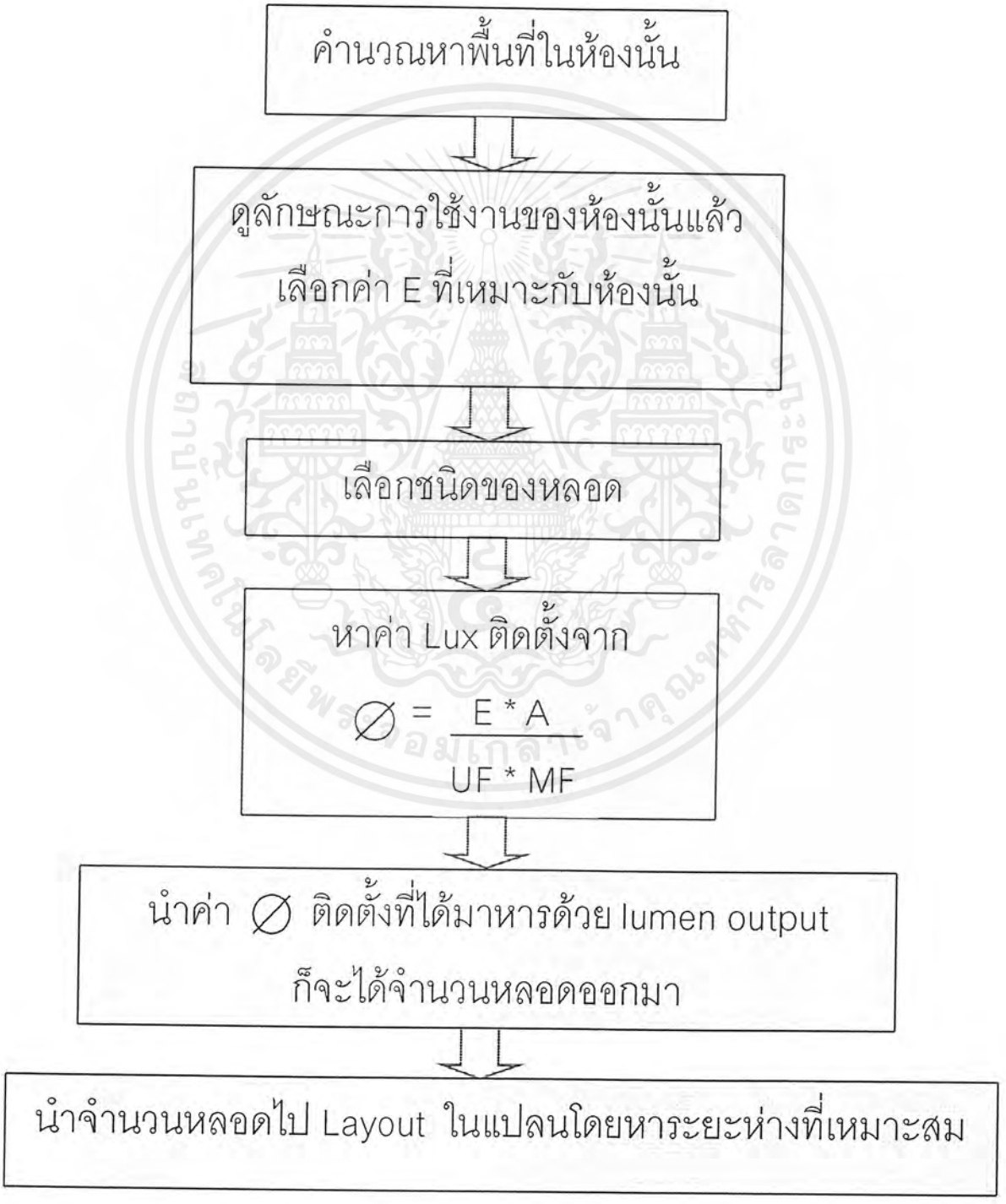
CONDITION	DB	WB	% RH	Gr / Lb	ROOM	SQ.M	SQ.FT	PEOPLE
OUTDOOR	95	83	62.0	152.0	AREA	112	1,205.12	16
ROOM	77	66.2	55.0	65.0	ROOM	CU.M	CU.FT	BF
DIFFERENCE	18	16.8		87.0	VOLUME	392	4,217.92	0.30

COOLING LOAD		
ROOM SENSIBLE HEAT (RSH)	50,181	BTUH
ROOM LATENT HEAT (LSH)	4,284	BTUH
ROOM TOTAL HEAT (RTH)	54,465	BTUH
EFFECTIVE ROOM SENSIBLE HEAT (ERSH)	62,957	BTUH
EFFECTIVE ROOM TOTAL HEAT (ERTH)	83,215	BTUH
EFFECTIVE ROOM SENSIBLE FACTOR (ERSF)	0.757	
APPARATUS DEWPOINT TEMPERATURE (T adp)	50.66	F
BYPASS FACTOR	0.30	
SUPPLY AIR (CFM sa)	**3,161**	**CFM**
OUTDOOR AIR (CFM oa)	900	**CFM**
RETURN AIR (CFM ra)	2,261	CFM
ENTERING DRY BULB TEMPERATURE (T edb)	**82.12**	**F**
LEAVING DRY BULB TEMPERATURE (T ldb)	**60.10**	**F**
GRAND TOTAL HEAT (GTH)	145,215	BTUH
TONS	**12.10**	**TR**
-RESULT	**261.23**	CFM/TR
-RESULT	**9.26**	SQ.M/TON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การออกแบบระบบแสงสว่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงระดับความเข้มแสงของห้องและการใช้งานแบบต่างๆ

ลักษณะงาน	ค่าความเข้มแสง (lux)
อุตสาหกรรมเคมี	
พื้นที่โรงงานภายใน	200
ห้องส่วนผสม	300
ห้องควบคุม	500
ห้องปฏิบัติการ	750
ห้องสี	1000
อุตสาหกรรมไฟฟ้า	
ห้องพันคอยล์	500
ห้องประกอบชิ้นงาน	1500
ห้องประกอบชิ้นงาน	2000
ละเอียด	
ห้องตรวจสอบ	1000
โรงเก็บของ	
ห้องเก็บของ	150
บริเวณบรรจุหีบห่อ	300
อาคารที่ทำการและโรงแรม	
อาคารที่ทำการ	
ห้องประชุม	300
ห้องทำงานทั่วไป	500
ห้องเขียนแบบ	1000
โรงเรียน	
ห้องเรียน	300
ห้องทดลอง,ห้องสมุด	500

ลักษณะงาน	ความสว่าง(lux)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารที่พักอาศัยและโรงแรม	
อาคารที่พักอาศัย	
ห้องนอนทั่วไป	50
บริเวณหัวเตียง	200
ห้องน้ำ	100
ห้องพักผ่อนอ่านหนังือ	500
ห้องครัว	300
ห้องทำงาน	300
ห้องเลี้ยงเด็ก	150
โรงแรม	
ห้องโถงทางเข้า	300
ห้องอาหาร	200
ห้องครัว	500
ห้องนอน ห้องน้ำ	100
อื่นๆ	
ภายในอาคาร	
พื้นที่ทางเดิน	150
ภายนอกอาคาร	
ทางเข้าทางออก	30
ทางเดินที่มีส่วนปกคลุม	50
ท่าเทียบเรือ อู่เรือ	100
บริเวณลานของสถานี	200
บริการ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

แสดงผลการเปรียบเทียบพลังงานและค่าไฟ

ตารางแสดงการเปรียบเทียบพลังงานระหว่างอาคารที่มีการควบคุมระบบ กับอาคารที่ไม่มีการควบคุมระบบต่อวัน

เวลา	แบบไม่ควบคุมการใช้พลังงาน (KWHr)	แบบควบคุมการใช้พลังงาน (KWHr)	ส่วนประหยัด (KWHr)
0_1	17.337	17.337	0
1_2	17.337	17.337	0
2_3	17.337	17.337	0
3_4	17.337	17.337	0
4_5	17.337	17.337	0
5_6	17.337	17.337	0
6_7	2362.8	557.425	1805.375
7_8	2362.8	738.254	1624.546
8_9	2362.8	1862.8	500
9_10	2362.8	2362.8	0
10_11	2362.8	2362.8	0
11_12	2362.8	2362.8	0
12_13	2362.8	2214.58	148.22
13_14	2362.8	2320.02	42.78
14_15	2362.8	2320.02	42.78
15_16	2362.8	2320.02	42.78
16_17	2362.8	1820.02	542.78
17_18	2362.8	1229.71	1133.09
18_19	2362.8	1114.83	1247.97
19_20	2362.8	614.834	1747.966

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20_21	17.337	17.337	0
21_22	17.337	17.337	0
22_23	17.337	17.337	0
23_24	17.337	17.337	0
รวม	33252.57	24374.283	8878.287
		ประหยัดพลังงานลงได้	27%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลสรุปการเปรียบเทียบค่าพลังงานระหว่าง อาคารที่มีการจัดการด้านพลังงานกับอาคารที่ไม่มีการจัดการด้านพลังงานต่อวัน

รายการ	พลังงานของระบบที่ไม่มีการควบคุม(KW)	พลังงานของระบบที่มีการควบคุม(KW)	ส่วนประหยัด (KW)	%ที่ประหยัดจากผลรวม
ระบบปรับอากาศ	28000	20500	7500	23%
ระบบแสงสว่าง	5253	3876	1377	4%
รวม	33253	24376	8877	27%

ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอาคารที่ไม่มีการควบคุมและจำกัดพลังงานสูงสุด กับอาคารที่มีการควบคุมและมีการจำกัดพลังงานสูงสุด

รายการ	พลังงาน
ไม่ใช้โปรแกรม load sheddingและไม่จัดการด้านพลังงาน	33253
ใช้โปรแกรม load sheddingและจัดการด้านพลังงาน	22900
ส่วนประหยัด	10353
%ที่ประหยัดจากผลรวม	31%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าไฟระหว่างอาคารที่มีการควบคุมแต่ไม่จำกัดพลังงานสูงสุด กับอาคารที่มีการควบคุมและจำกัดพลังงานสูงสุด

รายการ	ไม่ใช้โปรแกรมload shedding (บาท)	ใช้โปรแกรมload shedding (บาท)	ส่วนประหยัด (บาท)
ค่าพลังงานไฟฟ้า	1031794.65	963848.93	67945.72
ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด	474797.59	424565.09	50232.5
ค่าปรับเพาเวอร์แฟคเตอร์	0	0	0
ค่าFT	40605.11786	38241.42542	2363.692448
ค่าบริการ	850	850	0
รวมค่าไฟต่อเดือน	1548047.358	1427505.445	120541.9124
รวมค่าไฟต่อปี	18576568.29	17130065.34	1446502.949

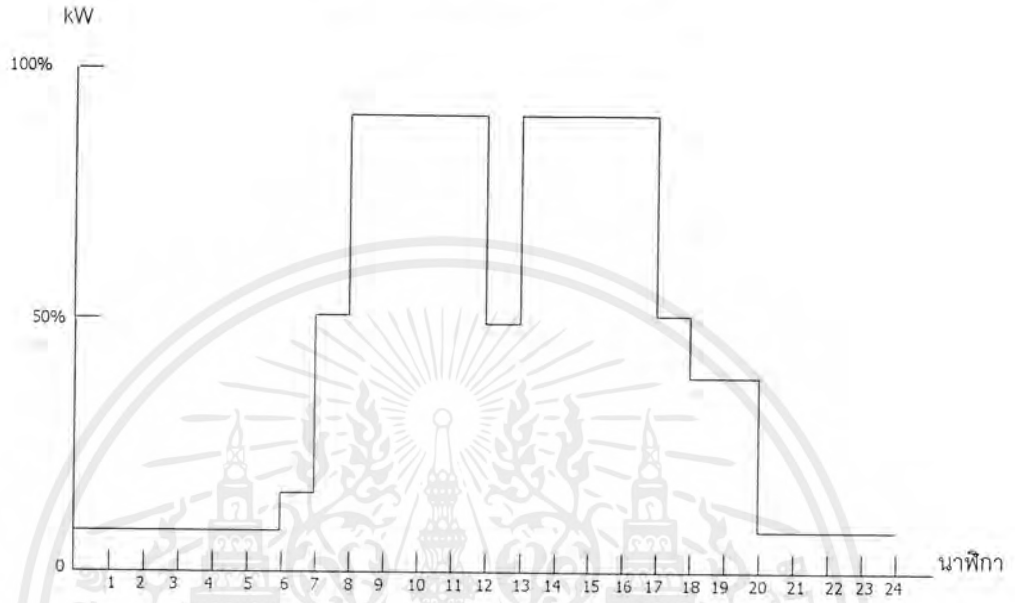
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าไฟระหว่างตึกที่ไม่มีการควบคุมใดๆเลย กับตึกที่ผ่านการควบคุมและการจัดการด้านพลังงาน

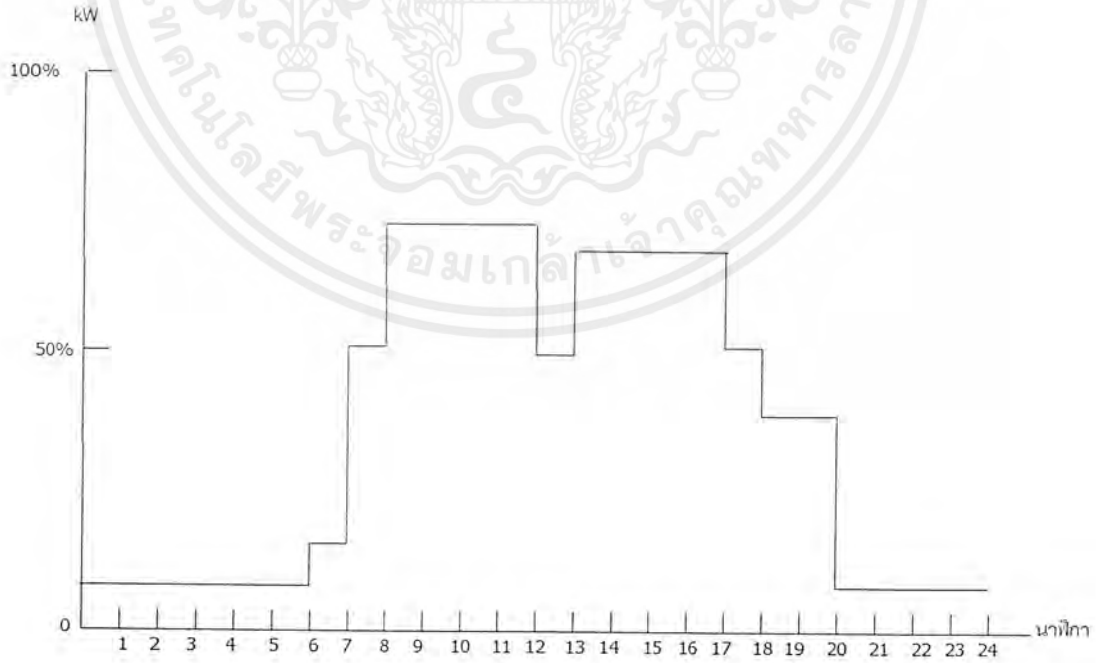
รายการ	แบบไม่มีการควบคุมพลังงาน. (บาท)	แบบมีการควบคุมพลังงาน(บาท)	ส่วนประหยัด (บาท)
ค่าพลังงานไฟฟ้า	1348827.561	976656.6657	372170.895
ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด	474797.59	424565.09	50232.5
ค่าปรับเพาเวอร์แฟคเตอร์	0	0	0
ค่าFT	55395.45636	38150.51435	17244.94201
ค่าบริการ	850	850	0
รวมค่าไฟต่อเดือน	1879870.607	1440222.27	439648.337
รวมค่าไฟต่อปี	22558447.28	17282667.24	5275780.044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงการประหยัดพลังงาน

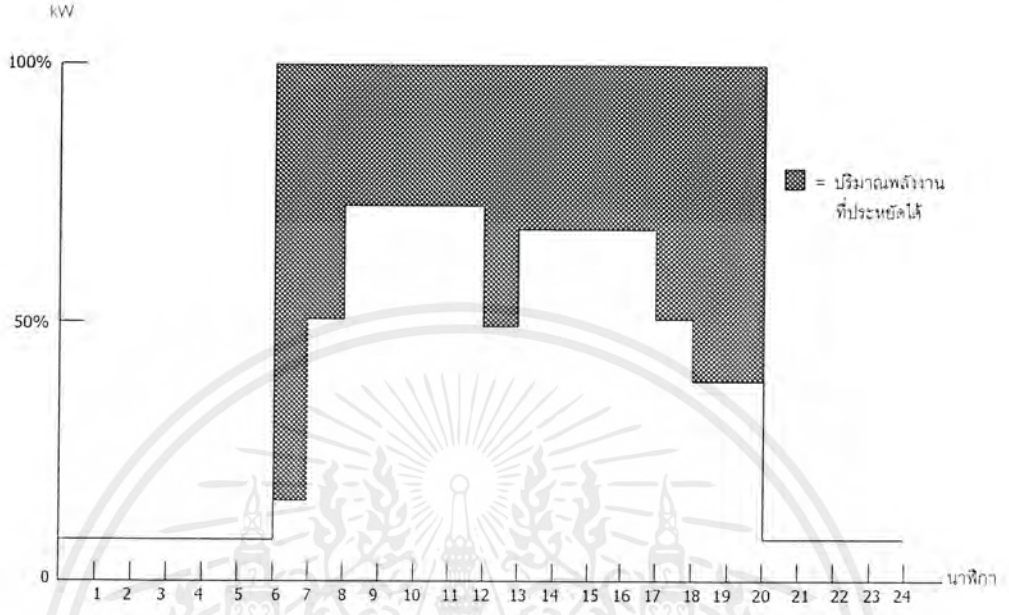


กราฟที่ 1. กราฟการประหยัดพลังงานโดยการใช้พลังงานเป็นช่วงเวลา

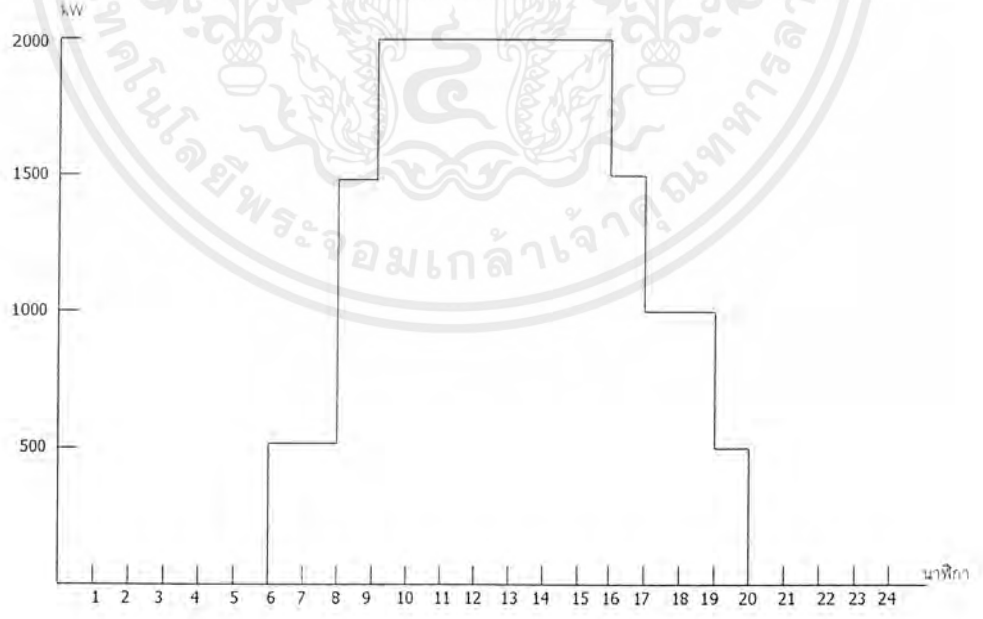


กราฟที่ 2. กราฟการประหยัดพลังงานโดยคำนึงถึงแสงธรรมชาติและทำงานเป็นช่วงเวลาในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

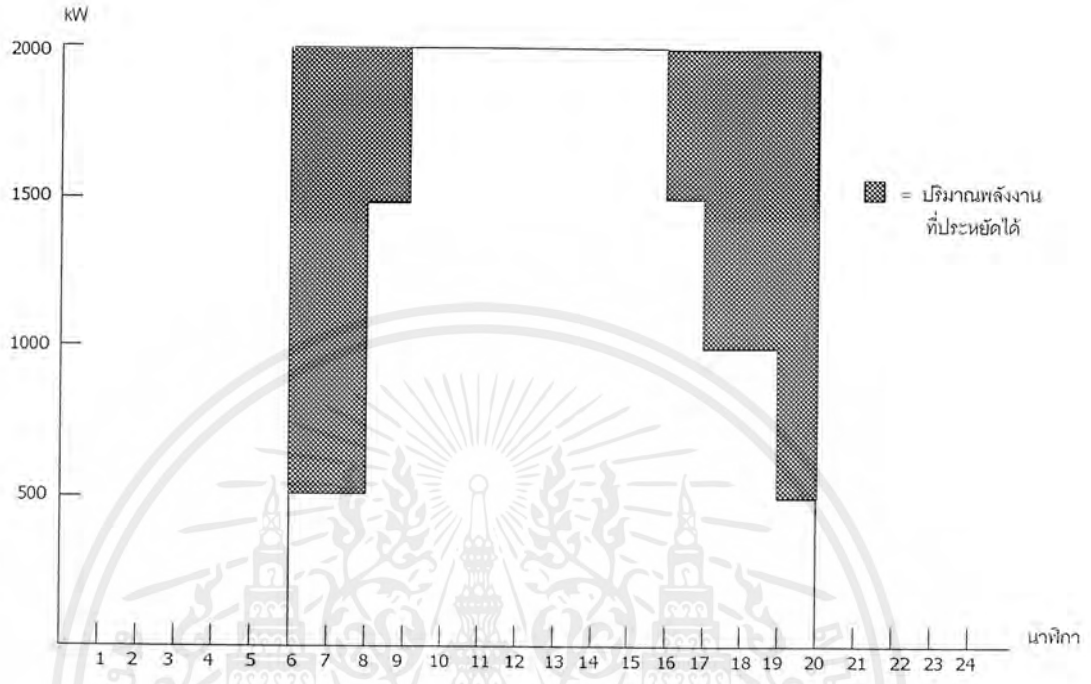


กราฟที่ 3. กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณพลังงานของระบบแสงสว่าง



กราฟที่ 4. กราฟการใช้พลังงานของChiller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 5. กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของChiller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้