

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศ
ให้เหมาะสมกับค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

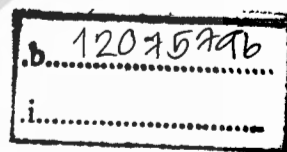
THE TECHNIQUE FOR REDUCING ELECTRICAL CONSUMPTION IN
BUILDING BY TEMPERATURE CONTROL ON PEAK DEMAND MATCHING



ศรายุทธ์ ชุนณรงค์
SARAYUT KUNNARONG

จพ.
ค 167 ก
2551

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 87851
วัน,เดือน,ปี...1.9...ส.ค. 2552



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-EN-M-060-162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE TECHNIQUE FOR REDUCING ELECTRICAL CONSUMPTION
IN BUILDING BY TEMPERATURE CONTROL ON PEAK DEMAND MATCHING**



**A THESIS SUBMITTED IN PATIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER
OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **KMITL-2008-EN-M-060-162** นี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2008

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับ อากาศให้เหมาะสมกับค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
ชื่อนักศึกษา	นาย ศรายุทธ์ ขุนณรงค์
รหัสนักศึกษา	49060862
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา	2551
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ประภาส อุดคคิมพันธ์

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอาคารสำนักงานต่างๆ ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศ จะมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นและราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยก็สูงขึ้น ตามปัจจัยราคาน้ำมัน ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานจึงถือเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยลดต้นทุนเกี่ยวกับค่าพลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ จากการสำรวจพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอาคารร้อยละ 55-65 ถูกใช้สำหรับระบบปรับอากาศ ซึ่งหากสามารถควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพก็สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำเสนอเทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยการควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด(Peak Demand) ของอาคาร โดยการตรวจวัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร ซึ่งหากพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่าจุดที่กำหนด (Set Point) ระบบจะทำการปรับลดการทำงานของระบบปรับอากาศ โดยเริ่มจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำสุดก่อน แล้วทยอยปรับพื้นที่อื่นถัดไปตามลำดับ ตามช่วงอุณหภูมิที่กำหนด เพื่อให้ระบบปรับอากาศลดภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงและอยู่ในระดับที่กำหนดที่ไม่เกินค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าลงได้ โดยเมื่อใช้ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าหน่วยต่อเตียงวันผู้ป่วย อาคารสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 8.33 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Technique for Reducing Electrical Consumption in Building By Temperature Control on Peak Demand Matching
Student	Mr. Sarayut Kunnarong
Student ID.	49060862
Degree	Master of Engineering
Program	Instrument Engineering
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc .Prof. Prapart Ukakimaparn

ABSTRACT

Nowadays, electricity costs of air-conditioning building increases enormously due to increasing in the amount of usage and unit costs resulting from higher fuel price. As a result, an efficient control of electrical power consumption should be established to conserve and save energy as well as costs. The electricity costs of using air conditioner can be counted for about 55-65% of all electrical power consumption in a building. If we can efficiently control the air conditioning system, the amount of usage as well as the total costs can be reduced. This paper proposes the technique of energy conservation in building by controlling the electrical power consumption from air conditioners according to the peak demand. The electrical power consumption of building will be measured and compared with the set point. If it reaches a set point, the system by an electronic thermostat will increase the room temperature starting from the area with the lowest temperature first and then continuing to the areas with higher temperature. This can reduce load of chiller as well as the amount of usage to be within the desired limit that is lower than the peak demand. The conclusion energy use index of Building (Unit/Bed-day) can reduce to 8.33 %.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือและการให้คำปรึกษาจากบุคคลหลายฝ่ายไม่ว่าจะเป็นเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิศวกรรม ของโรงพยาบาล วิภาวดี จำกัด (มหาชน) ข้อมูลดี ๆ จากคุณบัณฑิต งามวัฒน์ศิลป์ กรรมการผู้จัดการ บริษัท อินโนเวชั่น เทคโนโลยี จำกัด จำกัด คุณไมตรี สุขกาญจน์ วิศวกรพลังงาน โรงพยาบาล วิภาวดี จำกัด (มหาชน)

ขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาที่คอยส่งข่าวคราวความเป็นไปต่าง ๆ รวมถึงเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาศึกษาจนจบหลักสูตร

ขอบคุณที่สุด รศ. ประภาส อุกคภิมาพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยช่วยเหลือและแนะนำสิ่งดี ๆ ให้ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ยาวนานสำหรับการเรียนในหลักสูตรมหาบัณฑิต นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับ รศ.ไสว พงศ์สวัสดิ์ สำหรับแนวคิดดี ๆ ของการเขียนบทความตีพิมพ์งานประชุมวิชาการ และบทความย่อภาษาอังกฤษที่แสนจะยากเย็นสำหรับผู้วิจัย

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ ทุกท่านที่คอยสั่งสอนจนข้าพเจ้าประสบความสำเร็จต่าง ๆ จนถึงทุกวันนี้

ศรายุทธ์ ขุนณรงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
บทที่ 2 องค์ประกอบของค่าไฟฟ้าและวิธีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ	
2.1 องค์ประกอบของการคิดค่าไฟฟ้าสำหรับอาคารขนาดใหญ่.....	4
2.2 เทคนิคการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ.....	6
2.3 ระบบปรับอากาศในอาคาร โรงพยาบาล.....	14
บทที่ 3 แนวทางศึกษาเทคนิคการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศสำหรับอาคารโรงพยาบาล	
3.1 ตำราวงโครงสร้างและลักษณะของระบบปรับอากาศในอาคารที่ศึกษาวิจัย.....	16
3.2 ติดตั้งระบบเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า.....	18
3.3 ติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิสำหรับระบบปรับอากาศที่ใช้ในวิทยานิพนธ์.....	19
บทที่ 4 การจัดเก็บข้อมูล	
4.1 ทำการทดลองปรับอุณหภูมิของชุดจ่ายลมเย็น เพื่อดูการทำงานของระบบปรับอากาศ.....	23
4.2 ทำการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของ พื้นที่ปรับอากาศหลังจากเปลี่ยนอุณหภูมิ.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3 ทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นของอาคาร.....	30
บทที่ 5 ผลการทดลองหรือการวิเคราะห์.....	34
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการทดลอง.....	41
6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา.....	41
บรรณานุกรม.....	43
ภาคผนวก.....	44
ประวัติผู้เขียน.....	73



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าของอาคาร โรงพยาบาลวิภาวดี จำกัด (มหาชน)พ.ศ. 2547.....	17
3.2 รายละเอียดของเครื่องส่งลมเย็นที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....	18
4.1 ตารางการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิในกรณีที่ 1.....	24
4.2 ตารางการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิในกรณีที่ 2.....	25
4.3 ตารางการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิในกรณีที่ 3.....	26
4.4 ตารางการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิในกรณีที่ 4.....	27
4.5 ตารางการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิในกรณีที่ 5.....	28
4.6 ตารางการเก็บบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้า เดือน กรกฎาคม 2548	30
4.7 ตารางการเก็บบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้า เดือน สิงหาคม 2548	31
4.8 ตารางการเก็บบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้า เดือน กันยายน 2548	31
4.9 แสดงค่าพลังงาน ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อตั้งค่าเทอร์โมสตัท ของชุดจ่ายลมเย็นที่สถานะต่าง ๆ.....	33
5.1 แสดงรายละเอียดค่าไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น.....	35
5.2 แสดงภาระการทำงานเครื่องทำน้ำเย็น เมื่อตั้งค่าเทอร์โมสตัทของชุดจ่ายลมเย็นที่สถานะต่าง ๆ.....	35
5.3 เปรียบเทียบหน่วยการใช้ไฟฟ้า พ.ศ. 2547-2548.....	36
5.4 เปรียบเทียบความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง Patient Peak พ.ศ. 2547-2548.....	37
5.5 เปรียบเทียบความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak พ.ศ. 2546-2547.....	38
5.6 หน่วยการใช้ไฟฟ้า/ผู้ป่วย 2547-2548.....	39

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบปรับอากาศ.....	8
2.2 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ.....	10
2.3 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ.....	11
2.4 ไดอะแกรม P-h แสดงการเพิ่มความดัน Evaporator.....	13
3.1 แสดงอัตราส่วนการใช้พลังงานของอาคาร โรงพยาบาล วิทยาวิจิ จำกัด (มหาชน)	16
3.2 แสดงรูประบบเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า.....	19
3.3 รูปการต่อระบบเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า กับระบบหลักของอาคาร.....	19
3.4 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมสแตทแบบอิเล็กทรอนิกส์ เปรียบเทียบกับการใช้เทอร์โมสแตทชนิดรับความร้อนจากโลหะ(Bi-Metal)	20
3.5 ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากส่วนกลางของระบบปรับอากาศ.....	20
3.6 การติดตั้งเทอร์โมสแตทแบบอิเล็กทรอนิกส์ห้องพักผู้ป่วย.....	20
3.7 แสดงระบบการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารโดยเทคนิคการปรับอุณหภูมิ ระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับ ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด.....	21
3.8 แสดง โพลีชาร์ต การทำงานโดยรวมของระบบ.....	22
4.1 กราฟการเปลี่ยนอุณหภูมิพื้นที่ปรับอากาศ เมื่อปรับอุณหภูมิจาก 25 - 25.5 องศาเซลเซียส.....	29
4.2 กราฟการเปลี่ยนอุณหภูมิพื้นที่ปรับอากาศ เมื่อปรับอุณหภูมิจาก 25 – 26 องศาเซลเซียส.....	29
4.3 กราฟการเปลี่ยนอุณหภูมิพื้นที่ปรับอากาศ เมื่อปรับอุณหภูมิจาก 25 - 27 องศาเซลเซียส.....	30
5.1 กราฟที่ได้จากการวัดค่าความต้องการไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น.....	34
5.2 กราฟแสดงค่าหน่วยการใช้ไฟฟ้า 2546-2547.....	37
5.3 กราฟแสดงค่า Partial Peak 2546-2547.....	38
5.4 กราฟแสดงค่า On Peak 2546-2547.....	39
5.5 กราฟแสดงค่า On Peak 2546-2547.....	40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารมีอัตราการใช้เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดรวมถึงมูลค่าพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันก็สูงขึ้นทุก โหลดไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในอาคารทั้งหมดพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอาคาร 55 – 65 % ใช้ในระบบปรับอากาศ ดังนั้นหากสามารถควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพ ก็สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

เมื่อพิจารณาค่าไฟฟ้าที่ทางอาคารต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้าพบว่าประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากค่าพลังงานไฟฟ้า (Unit Charge) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากหน่วยการใช้ไฟฟ้าของอาคาร
2. ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดใน 15 นาที
3. ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากค่าต้นทุนแปรผัน (Ft.) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากต้นทุนแปรผันซึ่งกำหนดโดยการไฟฟ้าโดยคิดต่อ Unit

จากรายละเอียดของการคิดค่าไฟฟ้าข้างต้น ค่า Demand Charge จะมีค่าอยู่ที่ 20 – 30 % ของค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ดังนั้นการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมถือเป็นการลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

ในปัจจุบันการควบคุม Peak Demand โดยทั่วไปจะใช้วิธีการตรวจวัดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดจากชุด Main Circuit Breaker ของอาคาร แล้วอาศัยการปิดโหลดภายในระบบ ซึ่งการทำงานในลักษณะดังกล่าว จะมีผลกระทบต่อระบบไม่ว่าจะเป็นการทำงานของระบบที่ผิดพลาดหรือผู้ใช้งานได้รับผลกระทบโดยตรง โดยเฉพาะการทำงานของระบบระบบปรับอากาศ เนื่องจากการเปิด-ปิดระบบปรับอากาศภายในอาคารบ่อย ๆ จะมีผลให้สภาวะอุณหภูมิและการไหลเวียนของอากาศในอาคารเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งไม่เหมาะกับการอยู่อาศัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอแนวคิดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยการควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ด้วยวิธีการควบคุมอุณหภูมิของระบบปรับอากาศชนิดเครื่องทำน้ำเย็น(Chiller) ให้เหมาะสมกับค่า Peak Demand ซึ่งได้อาศัยลักษณะการอนุรักษ์พลังงานของโรงพยาบาลวิภาวดีมาเป็นกรณีศึกษา ซึ่งรูปแบบเดิมจากอาศัยการปิด โหลดทางไฟฟ้าต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบสุขาภิบาล ระบบระบายอากาศ รวมถึงระบบปรับอากาศเช่นกัน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาถึงแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยอาศัยการปรับอุณหภูมิภายในอาคารให้เหมาะสมกับการค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด แทนการตัดโหลดทางไฟฟ้าอย่างอื่นโดยอาศัย ระบบ Electrical Monitoring System เป็นตัวกำหนดค่า Peak Demand Set Point ทำงานคู่กับชุด Temperature Control Unit ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิอุณหภูมิตามพื้นที่ต่าง ๆ ภายในอาคารได้

ความมุ่งหมายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ สามารถควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของระบบให้อยู่ตามค่าที่กำหนดไว้ โดยไม่มีผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ภายในอาคาร

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

เนื่องจากระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ใช้พลังงานมากที่สุดในอาคาร ดังนั้นแนวทางการประหยัดพลังงานในอาคาร โดยการควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศ จึงถือเป็นการควบคุมจุดที่เป็นหัวใจของระบบและมีผลต่อค่าไฟฟ้ามากที่สุด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาถึงแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยการลดภาระทางไฟฟ้าของระบบปรับอากาศซึ่งอาศัยการเพิ่มอุณหภูมิของชุดจ่ายลมเย็นตามพื้นที่ต่าง ๆ ในอาคาร ซึ่งถือเป็นการเพิ่มความดันด้าน อีวาโปเรเตอร์ให้สูงขึ้น การทำงานในลักษณะดังกล่าวจะส่งผลให้

1. สามารถควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของอาคารให้อยู่ตามค่าที่กำหนดได้
2. ยังสามารถรักษาสภาวะความสบายในอาคาร ไว้ได้เหมือนเดิม
3. สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบลงได้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องด้วยโครงสร้างการเก็บค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้ากับอาคารขนาดใหญ่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายส่วนซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ของอาคาร ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เราสามารถจัดการลดค่าความต้องการดังกล่าวลงได้ โดยกระทบกับผู้ใช้บริการน้อยที่สุดซึ่งการลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลงส่วนที่ได้ตามมาก็คือค่าพลังงานไฟฟ้ารวมก็จะลดลงมาเช่นกัน

นอกจากนั้นการที่ผู้วิจัยเลือกการปรับการทำงานของเครื่องปรับอากาศมาเป็นเครื่องจักรหลักในการลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของอาคารนั้น มีเหตุผลประกอบด้วยกันดังต่อไปนี้

- ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่มีอัตราส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร
- การคงอยู่ของอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศในช่วงเวลาสั้น ๆ จะไม่มีผลต่อการใช้พื้นที่ของผู้ใช้อาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถแยกเครื่องปรับอากาศได้เป็นส่วน ๆ พื้นที่ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ส่วนกลาง พื้นที่บริการผู้ป่วย พื้นที่วิกฤต ซึ่งมีผลให้สามารถเลือกพื้นที่และอุปกรณ์ได้หลากหลายและไม่กระทบกับการใช้พื้นที่วิกฤต เช่น ห้องผ่าตัด หรือห้อง ผู้ป่วยหนัก

1.5 ขอบเขตการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เริ่มต้นจากการศึกษาโครงสร้างการคิดค่าไฟฟ้า ของการไฟฟ้าและการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Chilled Water Cool) รวมถึงระบบการทำงานของ Electrical Monitoring System โดยศึกษาว่าเราสามารถควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดซึ่งอ่านได้จากระบบแสดงผลทางไฟฟ้ากับการปรับอุณหภูมิของระบบปรับอากาศ

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งขั้นตอนของการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ศึกษาการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าเบื้องต้น
 - ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าและองค์ประกอบของค่าไฟฟ้า
 - วิธีการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด
2. ศึกษาการทำงานของระบบปรับอากาศ
 - ประเภทของระบบปรับอากาศ
 - ระบบควบคุมอัตโนมัติของระบบปรับอากาศ
 - การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ
3. ศึกษาการทำงานของระบบ Electrical Monitoring System และ ชุด Temperature Control Unit
 - ศึกษาระบบ Monitoring และ Parameter ต่าง ๆ ที่ระบบแสดงได้
 - ศึกษาชุด Temperature Control Unit
4. ตั้งสมมติฐานค่า parameter ต่าง ๆ ของระบบปรับอากาศและค่า Electrical Consumption
5. กำหนดรูปแบบการเก็บข้อมูล
 - ค่า Power Consumption Peak Demand ของอาคารโรงพยาบาล
 - ค่า Power Consumption Peak Demand ของเครื่องทำน้ำเย็น
 - ค่าอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศต่าง ๆ
6. ทดสอบการทำงานของระบบ
7. สรุป ข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

องค์ประกอบค่าไฟฟ้า

และวิธีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

2.1 องค์ประกอบของการคิดค่าไฟฟ้าสำหรับอาคารขนาดใหญ่

เพื่อให้เข้าใจถึงโครงสร้างค่าไฟฟ้าซึ่ง การไฟฟ้าเรียกเก็บจากผู้รับบริการเราสามารถอธิบายรายละเอียด องค์ประกอบของค่าไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้

1.ค่าพลังงานไฟฟ้า (Unit Charge) คือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งค่าไฟฟ้า 1 หน่วยคือการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 kWเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge) คือความต้องการพลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นkWเฉลี่ยใน15นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของkWถ้าไม่ถึง 0.5 kWตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 kWขึ้นไปคิดเป็น 1 kW

3.ค่าต้นทุนแปรผัน (Fuel Adjustment Cost : Ft) คือค่าที่ใช้ในการปรับอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติมีค่าเป็นสตางค์ต่อหน่วย ใช้สำหรับปรับค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายในส่วนที่อยู่นอกเหนือการควบคุมการไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน เช่น ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า

4.ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำกว่า 0.85 ในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอกทีฟ เฉลี่ย 15 นาที ที่สูงที่สุดเมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่า 63 % ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าแอกทีฟ 15 นาที ที่สูงที่สุดเมื่อคิดเป็น kW แล้วในส่วนที่เกินจะคิดเป็นค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต้องเสียค่าปรับในรอบเดือนนั้น

จากองค์ประกอบของค่าไฟฟ้าข้างต้นการไฟฟ้า ยังแบ่งรูปแบบการคิดค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ ออกเป็น 2 รูปแบบใหญ่ ๆ ได้ อีก 2 แบบคือ

1. แบ่งตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

การแบ่งการคิดค่าไฟฟ้าแบบที่หนึ่งสามารถแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ 7 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1.บ้านอยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจ ของทุกศาสนา โดยต่อผ่านเครื่องวัดเพียงเครื่องเดียว

ประเภทที่ 2.กิจการขนาดเล็ก

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจร่วมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจหรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 kW โดยต่อผ่านเครื่องวัดเพียงเครื่องเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 3.กิจการขนาดกลาง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 30 kW แต่ไม่ถึง 1,000 kW และมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วย

ประเภทที่ 4.กิจการขนาดใหญ่

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 kW หรือมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกิน 250,000 หน่วยต่อเดือนโดยต่อผ่านเครื่องวัดเดียวกัน

ประเภทที่ 5.กิจการขนาดเฉพาะอย่าง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการ โรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 15 นาที ตั้งแต่ 30 kWขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดเพียงเครื่องเดียว

ประเภทที่ 6.ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

สำหรับการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ หน่วยงาน ตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ซึ่งมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน รวมถึงองค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการแต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทนแต่ไม่รวมหน่วยงานของรัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 7.สูบน้ำเพื่อการเกษตร

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยราชการ สหกรณ์เพื่อการเกษตร กลุ่มเกษตรกรที่จดทะเบียนตั้งกลุ่มเกษตรกร โดยต่อผ่านเครื่องวัดเพียงเครื่องเดียว

ประเภทที่ 8.ไฟฟ้าชั่วคราว

สำหรับการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ หน่วยงาน ตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ และ เอกชน เพื่องานก่อสร้าง จัดงาน ขึ้นเป็นกรณีพิเศษชั่วคราว สถานที่ที่ไม่มีทะเบียนบ้านของสำนักงานทะเบียนส่วนท้องถิ่น และการใช้ไฟฟ้าที่ยังปฏิบัติไม่ถูกต้องตามระเบียบของการไฟฟ้าโดยต่อผ่านเครื่องวัดเพียงเครื่องเดียว

2. แบ่งตามช่วงเวลาการใช้งาน

การแบ่งการคิดค่าไฟฟ้าแบบที่สองนั้นการไฟฟ้าได้นำเอาเวลาการใช้ไฟฟ้าเข้ามาเป็น องค์ประกอบของค่าไฟฟ้าซึ่งแยกได้เป็นสองแบบด้วยกันคือ

1. อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time Of Day Rate :TOD)

ซึ่งสามารถแบ่งช่วงเวลาการคิดค่าไฟฟ้าได้ 3 ช่วงคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารของ กสทช. ซึ่ง กสทช. ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Partial Peak : 8.00 น. – 18.30 น.ของทุกวัน(ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดคิดเฉพาะส่วนที่เกิด Peak)
- Off PEAK 21.31 น.– 08.00 น.

2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate: TOU)

ซึ่งสามารถแบ่งช่วงเวลาการคิดค่าไฟฟ้าได้ 2 ช่วงคือ

- Peak: จันทร์- ศุกร์ 09.00 น. – 22.00 น.
- Off Peak: จันทร์- ศุกร์ 22.01 น. – 09.00 น. วันเสาร์, วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการ
ทั้งวัน(ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

2.2 เทคนิคการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศทุกชนิด มีหลักการทำงานเหมือนกัน คือใช้คุณสมบัติในการระเหยของของเหลว และความร้อนแฝงจากการระเหยนี้ เช่น น้ำ เมื่อระเหยกลายเป็นไอ ตัวเองก็จะเย็นลง เนื่องจากได้ใช้ความร้อนแฝงไปในการระเหย ความเย็นลักษณะนี้ ก็คือความเย็นที่เราสามารถนำมาใช้ในการปรับอากาศ น้ำก็เป็นสารทำความเย็น โดยเรียกว่า R-718 แต่เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการระเหยช้าเกินไป ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสารทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพได้โดยตรง (มีการนำน้ำมาใช้เป็นสารทำความเย็นในเครื่องทำความเย็นที่เรียกว่า Absorption แต่ต้องเพิ่มส่วนผสมของสารเคมี เช่น ลิเทียมโบรไมด์ การทำงานของเครื่องแบบ Absorption อาศัยความร้อนจากไอน้ำ หรือความร้อนที่เหลือจากขบวนการผลิตในอุตสาหกรรม)

นักเคมีจึงได้คิดค้นหาสารทำความเย็นตัวใหม่ที่ระเหยได้เร็ว และมีค่าความร้อนแฝงมาก จะได้ความเย็นมากๆ ในเวลาที่สั้นลง ในที่สุดก็พบว่าสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน, ฟลูออรีน, คลอรีน และ ไฮโดรเจน เป็นหลัก มีคุณสมบัติที่ว่ามี จึงได้มีการสังเคราะห์สารทำความเย็นออกมา ที่ชาวบ้านเรียกว่า น้ำยาแอร์ หรือ สารทำความเย็น (Refrigerant) หรือบางคนเรียกว่า ฟรีออน มีชื่อเรียกต่างๆกัน ตามองค์ประกอบที่ต่างกัน เช่น R-11, R-12, R-22, R-502 โดย R-11, R-12 มีชื่ออยู่ในเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ R-12 ใช้ในเครื่องปรับอากาศติดรถยนต์ ส่วน R-22 ใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก และ R-502 ใช้ในเครื่องเย็น ปัจจุบันมีการพบว่าสารเหล่านี้ ก่อให้เกิดปัญหากับโอโซนในชั้นบรรยากาศ ซึ่งห่อหุ้มโลกนี้ให้พ้นจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต เป็นช่องโหว่ทางขั้วโลก จึงมีข้อตกลงระหว่างประเทศที่เรียกว่า Montreal Protocol เพื่อจำกัดปริมาณการใช้สารนี้ โดยเฉพาะสารที่มีองค์ประกอบของคลอรีน (Cl), ฟลูออรีน (F) และ คาร์บอน (C) หรือที่เรียกกันว่า CFC (Chlorofluoro Carbon) เนื่องจากสารตัวนี้สามารถตกค้างอยู่ในชั้นบรรยากาศได้ยาวนาน ในขณะที่เดียวกันก็จะทำลายโอโซนไปได้เรื่อยๆ นอกจากนี้ยังกล่าวกันว่า ทำให้แสงอาทิตย์ที่เข้ามายังโลกสะท้อนกลับออกไปสู่นอกโลกได้น้อยลง ทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น การกำหนดค่าความสามารถในการทำลายโอโซน เรียกว่า ODP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Ozone Depletion Potential) และความสามารถในการทำให้โลกร้อนขึ้น เรียกว่า GWP (Global Warming Potential)

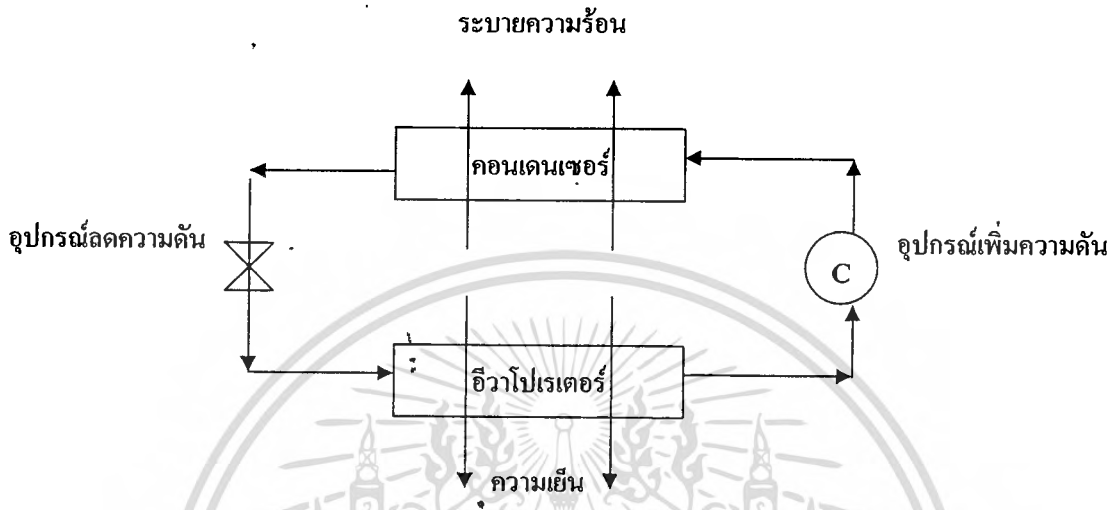
สาร CFC ที่จะต้องถูกกำจัดให้หมดไปได้แก่ R-11, R-12 และ R-502 เป็นต้น ส่วน R-22 เป็นพวกที่มีองค์ประกอบของไฮโดรเจน เป็นหลักด้วย จึงอยู่ในพวกที่เรียกว่า HCFC (Hydro Chlorofluoro Carbon) ซึ่งมีค่า ODP และ GWP ต่ำกว่า และเนื่องจากใช้อยู่กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่มีจำนวนมหาศาล จึงยังคงให้ใช้อยู่อีกต่อไปอีกระยะหนึ่ง หรือไม่เกินปี ค.ศ. 2030 และมีแนวโน้มว่าอาจถูกกำจัดไปเร็วกว่านี้ จากเรื่อง CFC นี้ ทำให้เกิดปฏิกิริยาในวงการปรับอากาศขนาดใหญ่ กล่าวคือ ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศต้องวิจัย และออกแบบเครื่องปรับอากาศใหม่ เพื่อให้เหมาะสมกับสารทำความเย็นใหม่ที่ไม่ใช่ CFC รวมทั้งผู้ผลิตสารทำความเย็น ต้องพัฒนาผลิตสารทำความเย็นตัวใหม่ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง สารทำความเย็นที่พุดถึงมากที่สุดขณะนี้ก็คือ R-123 และ R-134a โดยการสร้างโรงงานใหม่เพื่อผลิตสารทำความเย็นนี้ :

สารทำความเย็นนี้ ไม่สามารถนำไปใช้กับเครื่องปรับอากาศที่มีอยู่เดิมได้โดยตรง เนื่องจากปัญหาการกัดกร่อน, ปัญหาน้ำมันหล่อลื่นในระบบและประสิทธิภาพการทำงานที่ลดลง เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ อาจนำมาปรับปรุง (Retrofit) ได้แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูง ส่วนเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก คงจะต้องใช้จนหมดสภาพและในอนาคตอันใกล้ ก็คงจะมีเครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่ใช้สารทำความเย็น R-134A มาแทนที่ แอมโมเนีย หรือ R-717 ก็เป็นสารทำความเย็นที่ใช้ได้ และนิยมใช้ในโรงงานผลิตอาหารแช่แข็ง และ โรงน้ำแข็งขนาดกลาง และขนาดใหญ่ แต่มักจะเป็นห่วงกันเรื่องความปลอดภัยจากการรั่วของสารแอมโมเนีย หรือการที่อาจเกิดโอกาสระเบิดของแอมโมเนียได้ จึงยังไม่แพร่หลายถึงสารแอมโมเนียจะไม่ใช้สาร CFC ก็ตาม ผู้ผลิตสารทำความเย็นรายใหญ่ของโลกคือดูปองท์ ยังได้ผลิตสารทำความเย็นอีกหลายชนิดเข้าสู่ตลาด โดยส่วนมากจะเป็นสารทำความเย็นผสม หรือ Blended Refrigerant มีชื่อทางการค้าว่า SUVA เพื่อทดแทน R-11, R-12, R-22, R-502 สารทำความเย็นบางตัวสามารถใช้กับอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศเดิมได้ แต่สารทำความเย็นบางตัวจะต้องออกแบบเครื่องใหม่เลยสาเหตุที่ ต้องออกแบบใหม่ เพราะหากใช้เครื่องเดิมกับสารทำความเย็นทดแทนเหล่านี้ มักจะมีความสามารถในการทำความเย็นลดลง หรือประสิทธิภาพลดลง นอกจากนี้ ในการพิจารณาเลือกใช้สารทำความเย็นยังมีมาตรฐานกำหนดเกี่ยวกับอันตรายเมื่อหายใจเอาสารนี้เข้าไป

การทำความเย็นของระบบปรับอากาศ จะอาศัยหลักการระเหยของสารทำความเย็น และเนื่องจากสารทำความเย็นมีราคาแพง ประกอบกับการให้ระเหยทิ้งไปจะทำให้เกิดผลกับสภาพแวดล้อมเมื่อสารทำความเย็นระเหยและทำความเย็นแล้ว จึงต้องนำไปควบแน่นเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หลักการควบแน่นอาศัยการเพิ่มความดันให้กับไอระเหย หรืออัดไอ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ (Compressor) จนไอระเหยนั้นกลายเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่อัดนี้ ไอระเหยก็จะคายความร้อนออกมาด้วย เราต้องมีวิธีการในการระบายความร้อนนี้ออกไป โดยอาจจะใช้อากาศ (Air-Cooled) หรือน้ำ (Water-Cooled) ในการระบายความร้อนก็ได้ เมื่อสารทำความเย็นกลายเป็นของเหลวแล้ว การทำให้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเหลวระเหยเพื่อทำความเย็นอีกครั้ง จะอาศัยการลดความดันลง โดยผ่านอุปกรณ์ลดความดัน สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก มักจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า วาล์วลดความดัน (Thermal Expansion Valve) หรือบางทีการใช้ขดท่อทองแดงเล็กๆ (Capillary Tube) ที่ให้ค่าแรงเสียดทานที่พอเหมาะ ก็ใช้ในการปรับลดความดันนี้ได้ดี ซึ่งจากที่กล่าวมานี้สามารถแสดงด้วยวงจรการทำงานทำความเย็น (Refrigeration Cycle) ดังนี้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบปรับอากาศ

คอนเดนเซอร์ : หรือบางทีเรียกว่าคอยล์ร้อน คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้สารทำความเย็นระบายความร้อน เป็นที่ที่สารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลว คอยล์ร้อนมีทั้งชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled) และระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled)

อีวาโปเรเตอร์ : คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความเย็น เป็นที่ที่สารทำความเย็นระเหย อุปกรณ์ลดความดัน : เช่น Thermal Expansion Valve หรือ Capillary Tube

คอมเพรสเซอร์ : เป็นเครื่องขับเคลื่อนสารทำความเย็น และอัดเพื่อให้เกิดการควบแน่น มีทั้งชนิดที่เป็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor), แบบโรตารี (Rotary Compressor) ,หรือในเครื่องขนาดใหญ่อาจจะเป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) หรือ แบบสกรู (Screw Compressor)

เครื่องปรับอากาศทุกชนิดอาศัยหลักการเดียวกันนี้ทั้งสิ้น การเรียกชื่อเครื่องปรับอากาศต่างๆ เป็นการเรียกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ และการใช้งาน เช่น เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window Type) คือ เครื่องที่ผลิตมาเพื่อติดตั้งที่หน้าต่างได้, เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) เป็นเครื่องที่ผู้ผลิต ผลิตให้ส่วนของคอนเดนเซอร์ และอีวาโปเรเตอร์แยกออกจากกัน โดยให้ส่วนที่มีเสียงดัง และต้องระบายความร้อนอยู่นอกห้อง จะได้ไม่รบกวนภายในห้อง เป็นต้น

ระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

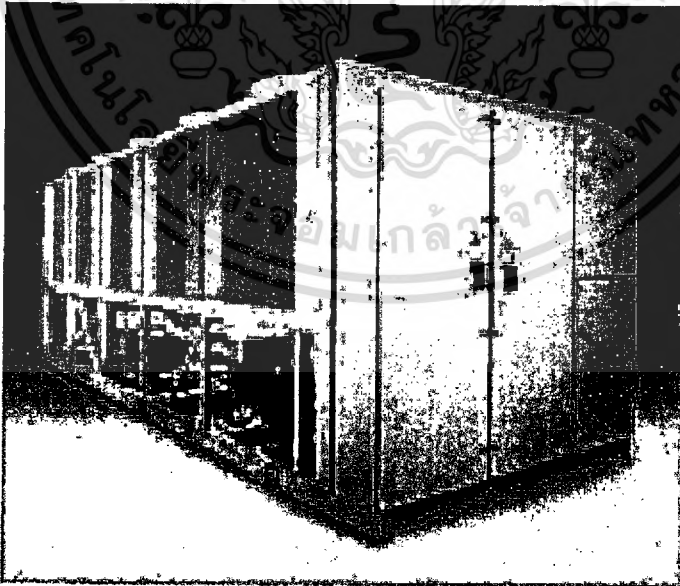
เนื่องจากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง, แบบแยกส่วน และแบบ Packaged Unit ต่างก็มีข้อดีข้อเสีย และมีข้อจำกัดในการติดตั้งอยู่โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรื่องระยะห่างระหว่าง Condensing Unit กับ FCU

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งห่างไม่ได้มากนักในกรณีของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน, ส่วนเครื่องแบบหน้าต่าง ก็ดูไม่สวยงาม และเสียงดัง, เครื่องแบบ Packaged Unit ก็ยังมีเสียงดัง และการควบคุมอุณหภูมิก็ยังไม่แน่นอน เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิอาศัยการตัดต่อของคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นจึงได้มีการนำเครื่องทำน้ำเย็น เมื่อทำน้ำเย็นก่อนแล้ว จึงใช้น้ำเย็นนี้เป็นตัวกลางในการส่งผ่านความเย็นต่อไปให้กับ FCU หรือ AHU โครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น ก็เหมือนกับเครื่องปรับอากาศทุกชนิด คือ มีวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) เหมือนเดิม เพียงแต่แทนที่อีวาโปเรเตอร์ จะทำความเย็นให้อากาศโดยตรง ก็กลับ ไป ทำความเย็นให้กับน้ำก่อน เมื่อน้ำเย็นแล้ว จึงใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายเทความเย็นต่อไป สาเหตุที่ต้องใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายเทความเย็นนี้ เนื่องจากน้ำสามารถสลับถ่ายไปมาได้ไกลๆ โดยไม่มีปัญหา จะรั่วบ้างก็ไม่เป็นไร และการควบคุมปริมาณน้ำก็ทำได้ง่าย ทำให้การควบคุมอุณหภูมิทำได้ง่ายและแม่นยำขึ้น

เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศก็คือเครื่องทำน้ำเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ ลักษณะของงานที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบนี้ จะเป็นลักษณะของงานที่มีความต้องการความเย็นไม่มากนัก (มักจะไม่เกิน 500 ตันความเย็น) ซึ่งต้องการความสะดวกในการติดตั้ง และต้องการลดภาระการดูแลรักษา หรือจะใช้ในโครงการที่ขาดน้ำ หรือไม่มีน้ำที่มีคุณภาพพอจะมาใช้ระบายความร้อนของเครื่องได้ อย่างไรก็ตาม เครื่องที่ระบายความร้อนด้วยอากาศก็ยอมที่จะกินไฟมากกว่า เครื่องที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (โดยทั่วไปเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกินไฟประมาณ 1.4 - 1.6 kW/ตัน)



รูปที่ 2.2 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

น้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็น จะถูกเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) จ่ายเข้าสู่ระบบไปยัง FCU และ AHU โดยอุณหภูมิของน้ำเย็นนี้จะอยู่ที่ประมาณ 49 องศาฟาเรนไฮด์ เมื่อใช้งานผ่าน FCU หรือ AHU ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AHU แล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นประมาณ 53 องศาฟาเรนไฮต์ ก็จะถูกส่งกลับมายังเครื่องทำน้ำเย็นอีกครั้งหนึ่งระบบส่งน้ำเย็นนี้อาศัยท่อน้ำเย็น (Chilled Water Pipe) มีทั้งท่อส่งน้ำเย็น (Supply Chilled Water Pipe) และท่อน้ำเย็นกลับ (Return Chilled Water Pipe) ซึ่งจะต้องหุ้มฉนวน เพื่อป้องกันน้ำเกาะท่อ (Condensation) เนื่องจากความเย็นของท่อ จะทำให้ความชื้นที่อยู่ในอากาศมาเกาะเป็นหยดน้ำที่ท่อ คอมเพรสเซอร์ที่ใช้มักจะเป็นคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ หากมีขนาดใหญ่หน่อยก็อาจจะมีชนิดที่เป็นสกูว์ ส่วนชนิดที่เป็นหอยโข่ง จะมีใช้เฉพาะเครื่องขนาดใหญ่จริงๆ เท่านั้นที่ออกแบบมาใช้แถบตะวันออก เราจะไม่เห็นนำมาใช้ในประเทศไทย

เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) ในกรณีที่โครงการมีขนาดใหญ่ และมีความต้องการความเย็นมาก มักจะนิยมใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้ เพราะมีเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงให้เลือกใช้ (0.62 - 0.75 kW/ตัน) ทำให้ได้ระบบปรับอากาศที่กินไฟน้อยกว่าเครื่องแบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ระบบนี้ต้องมีหอระบายความร้อน และจะต้องมั่นใจว่ามีน้ำเพียงพอมีคุณภาพเหมาะสมกับการนำมาเติมที่หอระบายความร้อน ลักษณะโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็นก็ยังคงเหมือนกับเครื่องแบบ Air-cooled เพียงแต่แทนที่จะระบายความร้อนด้วยอากาศ ก็กลายเป็นการระบายความร้อนด้วยน้ำเท่านั้นเองระบบท่อน้ำระบายความร้อน หรือที่เรียกว่า Condenser Water จะประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) ทำหน้าที่สูบน้ำเพื่อมาระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นคอมเพรสเซอร์จะมีทั้งชนิดลูกสูบ, สกูว์ และแบบหอยโข่ง



รูปที่ 2.3 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราพิจารณาถึงหลักการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศแล้ว เราสามารถดำเนินการได้หลายประการด้วยกันแต่ประเด็นที่ค่อนข้างจะครอบคลุมรายละเอียด ของการลดค่าพลังงานของระบบปรับอากาศมีอยู่ 2 วิธีหลัก ๆ ดังนี้

1. การควบคุมความดันด้านคอนเดนเซอร์ให้ต่ำที่สุด

การควบคุมความดันด้านคอนเดนเซอร์ให้ต่ำที่สุด หรือการลดความดันควบแน่นของสารทำความเย็น สามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์ให้มากที่สุด ซึ่งส่งผลให้ผลต่างของความดันที่ตกคร่อมเครื่องอัดไอลดลง ความดันด้านคอนเดนเซอร์ลดความดันด้านอีวาโปเรเตอร์ ลดลง ทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องอัดไอลดลง รวมทั้งยังสามารถเพิ่มอัตราการทำความเย็น (Ton) ได้มากขึ้นด้วย

การลดความดันด้านสูง(ด้านคอนเดนเซอร์) ให้ต่ำลงในกรณีของระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

ระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ จะมีการระบายความร้อนด้านขดท่อความร้อน (คอนเดนเซอร์) ออกที่หอผึ่งน้ำ (Cooling tower) โดยทั่วไปน้ำก่อนเข้าคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิประมาณ 90 องศาฟาเรนไฮต์ (32.2 องศาเซลเซียส) และออกที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาฟาเรนไฮต์ (38.8 องศาเซลเซียส) ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิควบแน่นเป็น 105 องศาฟาเรนไฮต์ (40.6 องศาเซลเซียส) โดยใช้มาตรฐานของอากาศที่ผ่านหอผึ่งน้ำเท่ากับ 95 องศาฟาเรนไฮต์ (35 องศาเซลเซียส) กระเปาะแห้งและ 82 องศาฟาเรนไฮต์ (28 องศาเซลเซียส) กระเปาะเปียก การลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นนั้น ตัวแปรที่สำคัญที่สุด คืออุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ ถ้าอุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำจะทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากหอผึ่งน้ำต่ำ ดังนั้นการลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นจะต้องทราบถึงสถิติภูมิอากาศในแต่ละวัน รวมทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอผึ่งน้ำ และการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น

โดยปกติอุณหภูมิกระเปาะเปียกในแต่ละวัน จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ผ่านหอผึ่งน้ำเกือบคงที่ เช่นกัน ดังนั้นหากจะลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นให้ต่ำลงเพื่อให้เครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง ช่างควบคุมอาจดำเนินการเปิดหอผึ่งน้ำที่มีอยู่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเปรียบเสมือนการเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนที่หอผึ่งน้ำ ทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากหอผึ่งน้ำเข้าสู่เครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิต่ำลง แต่ทั้งนี้ต้องตรวจสอบถึงความสิ้นเปลืองของน้ำหล่อเย็น การใช้พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ขับเคลื่อนของหอผึ่งน้ำที่เพิ่มขึ้น และพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่ลดลง ซึ่งสามารถทราบได้ว่ามี การประหยัดพลังงานไฟฟ้าไปได้เท่าใด

แต่มีข้อควรระวังในการเปิดหอผึ่งน้ำเพิ่มขึ้น อาจจะต้องเปิดปั๊มน้ำระบายความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากอัตราการไหลของปั๊มเดิน จะไม่สามารถขับสปริงเกอร์ให้เกิดการหมุนของสปริงเกอร์ให้เกิดการหมุนได้ ดังนั้นการเปิดหอผึ่งน้ำเพิ่ม ต้องเฝ้าสังเกตการหมุนของสปริงเกอร์ว่ามีการหมุนได้ดีหรือไม่ (รอบการหมุน) และผอยเป็นละอองดีหรือไม่ ถ้าไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดังกล่าว ต้องดำเนินการเดินปั๊มน้ำระบายความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีก โดยทั่วไปน้ำหล่อ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

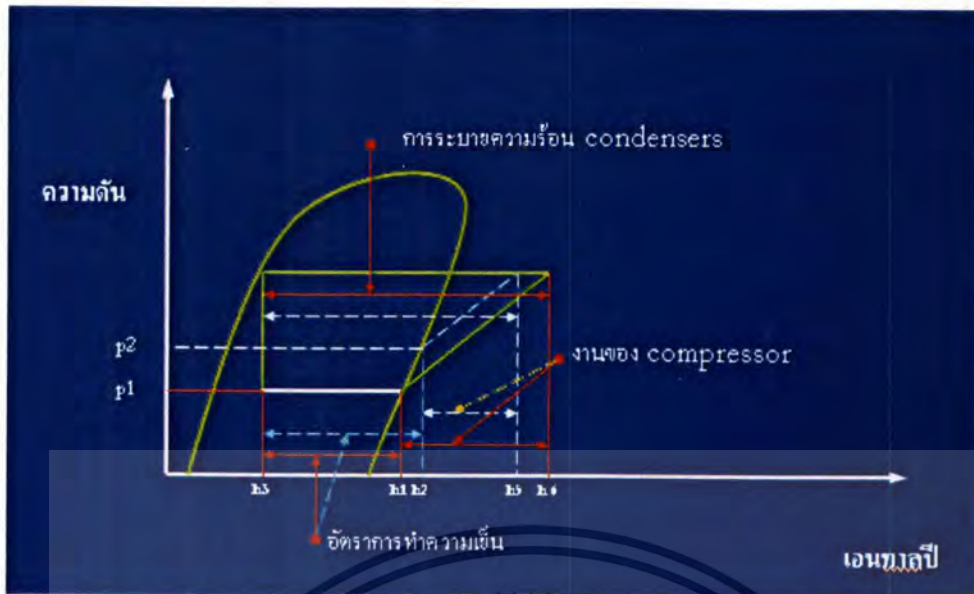
เย็นจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ ประมาณ 37-41 องศาฟาเรนไฮต์ วิธีการลดอุณหภูมิโดยการเปิดหอน้ำเพิ่มขึ้นอาจไม่ได้ผลมากนัก แต่โดยทั่วไปจะสามารถลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นลงไปประมาณ 3-5 เปรอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ เรายังสามารถลดอุณหภูมิควมแน่นของสารทำความเย็นได้อีกหลายวิธี เช่น

1. ทำความสะอาดพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนของคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ
2. ทำความสะอาดหอน้ำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและอากาศได้ดีอยู่ตลอดเวลา
3. หอน้ำต้องอยู่ในตำแหน่งที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก เพื่อให้ลมร้อนและชื้นถ่ายเทออกจากหอน้ำได้ดี มิเช่นนั้นถ้าลมร้อนและชื้นย้อนกลับเข้าสู่หอน้ำ จะทำให้สมรรถนะของหอน้ำต่ำลง (ระบายความร้อนไม่ออก)
4. หัวฉีดบนสปริงเกอร์ต้องสะอาดเพื่อให้น้ำร้อนกระจายทั่วพื้นที่ผิแลกเปลี่ยนความร้อนของหอน้ำ รวมทั้งสปริงเกอร์ต้องหมุนได้รอบการหมุนที่เหมาะสม
5. ควบคุมอัตราการไหลของน้ำผ่านคอนเดนเซอร์ให้อยู่ในอัตราที่เหมาะสม การที่อัตราการไหลของน้ำสูง จำทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนสูง เนื่องจากสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Coefficient Of Heat Transfer) จะสูงตามไปด้วย แต่ถ้าอัตราการไหลสูงมากไป จะทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนลดลง เนื่องจากความเร็วของน้ำสูงมาก จะทำให้ไม่มีเวลาพอในการแลกเปลี่ยนความร้อน (น้ำสัมผัสกับท่อเร็วเกินไป) ทั่วไปความเร็วของน้ำควรรออยู่ประมาณ 1.5 ถึง 2.5 m/sec หรืออัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นผ่านคอนเดนเซอร์ ควรมีค่าดังนี้

2. การควบคุมความดันด้านอีวาโปเรเตอร์ให้สูงที่สุด

การควบคุมความดันด้านอีวาโปเรเตอร์ให้สูงที่สุด หรือการเพิ่มความดันระเหยของสารทำความเย็น สามารถทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิของสารทำความเย็นให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยการปรับตั้งเทอร์โมสแตทที่อุณหภูมิสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ (เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก) หรือปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งจะส่งผลให้ผลต่างของความดันที่ตกคร่อมเครื่องอัดไอ (Compressor) ลดลงความดันด้านสูง (คอนเดนเซอร์) ลด ความดันด้านต่ำ (อีวาโปเรเตอร์) ลดลงส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องอัดไอลดลง



รูปที่ 2.4 ไดอะแกรม P-h แสดงการเพิ่มความดัน Evaporator

จากรูปที่ 2.4 เป็นไดอะแกรม P-h ซึ่งจะแสดงให้เห็นผลที่ได้จากการเพิ่มความดัน Evaporator

- งานของคอมเพรสเซอร์ลดลงจาก $(h_6 - h_1)$ เป็น $(h_5 - h_2)$
- อัตราการทำความเย็นเพิ่มขึ้นจาก $(h_1 - h_3)$ เป็น $(h_2 - h_3)$
- อัตราการระบายความร้อนลดลงจาก $(h_6 - h_3)$ เป็น $(h_5 - h_3)$

ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า COP ของระบบทำความเย็นเพิ่มขึ้น

$$\text{COP.1} = (h_6 - h_1) / (h_1 - h_3)$$

$$\text{COP.2} = (h_5 - h_2) / (h_2 - h_3)$$

ในวัฏจักรการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ เมื่ออุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ไหลเข้าอีวาโปเรเตอร์ หรือ Cooler มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้คอมเพรสเซอร์อัดสารทำความเย็นโดยใช้พลังงานน้อยลง เนื่องจากผลต่างความดันของจรัสสารความเย็นใน วัฏจักรการทำความเย็นน้อยลง โดยการปรับตั้งอุณหภูมิด้านความดันต่ำให้สูงขึ้น ในช่วงเวลาที่ภาระการปรับอากาศต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปในแต่ละวันภาระการปรับอากาศจะไม่แน่นอน โดยขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศภายนอก และภาวะปรับอากาศภายใน ซึ่งโดยทั่วไปภาระปรับอากาศสูงสุด (Peak load) อาจอยู่ในช่วง 10.00 – 12.00 น. หรือช่วง 15.00 – 16.00 น. ในตอนบ่าย ส่วนช่วงเวลานอกเหนือจากนี้จะใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงการเพิ่มความดันด้านต่ำ (อีวาโปเรเตอร์) ให้สูงขึ้นของระบบปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถดำเนินการได้ดังนี้

การเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของระบบ ในช่วงที่ระบบปรับอากาศทำงานน้อยลง ในบางช่วงเวลาของ วันหรือในบางช่วงของปี จะทำให้เครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานน้อยลง โดยดำเนินการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น (Chilled Water Set Point) ให้สูงขึ้นจากค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งปกติมักจะตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกไว้ที่ 44- 45 องศาฟาเรนไฮต์ (6.6-7.2 องศาเซลเซียส) ไม่มีการปรับเพิ่มหรือลดอีกโดยไม่คำนึงถึงภาระการทำความเย็นของอาคารในแต่ละเวลาของวัน หรือในแต่ละเดือนของปีเช่น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางเวลาหรือบางเดือน ภาระการทำงานของเครื่องต่ำกว่า 85 % ควรปรับอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกให้สูงขึ้น โดยยังรักษาสภาวะที่เย็นสบายในการทำงานได้ จะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานได้ ทั่วไปสามารถปรับอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงได้ 46- 47 องศาฟาเรนไฮด์ การเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮด์จะสามารถประหยัดพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นได้ 1.5 -2 % การปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียแก่อุณหภูมิที่ต้องการควบคุมภายในอาคาร สามารถดำเนินการได้ดังนี้

1. เพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นครั้งละ 1 องศาฟาเรนไฮด์ ในช่วงเวลาที่ตัวอาคารมีความต้องการทำความเย็นสูงสุด รอสักครู่เพื่อให้การทำงานของระบบอยู่ในสภาวะสมดุล
2. สังเกตว่าวาล์วน้ำเย็นของเครื่องส่งลมเย็น (AHU, FCU) จะเปิดกว้างขึ้น เพื่อให้ให้น้ำเย็นไหลผ่านคอยล์เย็นมากขึ้น และจะหยุดนิ่งเมื่อระบบอยู่ในสภาวะสมดุล
3. เพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อย ๆ จนวาล์วของ AHU, FCU ที่บริเวณที่สำคัญที่สุดเปิดกว้างสุด แล้วสังเกตดูว่าถ้ามีวาล์วอื่นเปิดกว้างสุดด้วย ให้ลดอุณหภูมิน้ำเย็นลงเล็กน้อย จนกว่าวาล์วตัวอื่น ๆ เปิดน้อยลง

ในการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นนั้นเพื่อรักษาสภาวะที่เย็นสบายได้ตลอดเวลาและประหยัดพลังงานได้มาก จะต้องใช้อุปกรณ์ปรับตั้งอุณหภูมิอัตโนมัติ ซึ่งจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้ดีกว่าการปรับตั้งโดยใช้คน

2.3 ระบบปรับอากาศในอาคารโรงพยาบาล

ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารโรงพยาบาล ถือว่ามีความหลากหลายในการออกแบบเป็นอย่างมาก เนื่องจากลักษณะการใช้งานพื้นที่ต่าง ๆ ของโรงพยาบาลที่มีความหลากหลายตามความต้องการของผู้ใช้บริการไม่ว่าจะเป็นเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลเอง หรือตัวของผู้ป่วยที่เข้ามารักษาตามอาการของโรค ซึ่งโดยทั่วไปเราสามารถแบ่งรูปแบบของการใช้งานของอาคาร โรงพยาบาลได้ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ทั่วไป พื้นที่ส่วนกลางหรือส่วนพักคอย
- พื้นที่หอพักผู้ป่วย
- พื้นที่หอพักผู้ป่วยหนัก
- พื้นที่ผู้ป่วยติดเตียงพิเศษ
- พื้นที่ห้องผ่าตัด
- พื้นที่เตรียมอาหารทั่วไป
- พื้นที่เตรียมอาหารสำหรับผู้ป่วย
- อื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความหลากหลายของพื้นที่ปรับอากาศของโรงพยาบาลจะเห็นได้ว่า การควบคุมระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลสามารถสร้างรูปแบบการควบคุมที่มีประสิทธิภาพทั้งการใช้งานและประสิทธิภาพด้านพลังงานได้ โดยการแบ่งความสำคัญของพื้นที่ปรับอากาศออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. พื้นที่ปรับอากาศทั่วไปเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของโรงพยาบาล ซึ่งประกอบไปด้วย
 - พื้นที่ส่วนกลางผู้ป่วยนอก
 - พื้นที่เตรียมอาหารทั่วไป
 - พื้นที่หอพักผู้ป่วย
 - พื้นที่โรงพักคอย
 - พื้นที่สำนักงาน
 - พื้นที่อื่น ๆ ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อผู้ป่วยหนักหรือพื้นที่พื้นที่รักษาพิเศษ
2. พื้นที่ปรับอากาศพื้นที่เฉพาะเป็นพื้นที่ซึ่งมีความต้องการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงและต้องการความสะอาดของคุณภาพอากาศสูงเช่น
 - พื้นที่หอพักผู้ป่วยหนัก
 - พื้นที่ผู้ป่วยติดเตียงพิเศษ
 - พื้นที่ห้องผ่าตัด
 - ห้องคลอด
 - พื้นที่เตรียมอาหารผู้ป่วยพิเศษ
 - อื่น ๆ

จากรายละเอียดข้างต้นผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ทั่วไปซึ่งไม่มีผลกระทบต่อผู้ป่วยหรือเวชภัณฑ์ที่ต้องมีความละเอียดอ่อนในการควบคุมอุณหภูมิ เพื่อทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานของการวิจัยด้วยเหตุผลสองประการคือ ไม่กระทบกับผู้ป่วยหรือกระทบกับผู้ป่วยน้อยที่สุด และ ผลรวมของระบบปรับอากาศมีอัตราส่วนมากกว่าพื้นที่ปรับอากาศเฉพาะซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผลทางไฟฟ้าสูงสุด

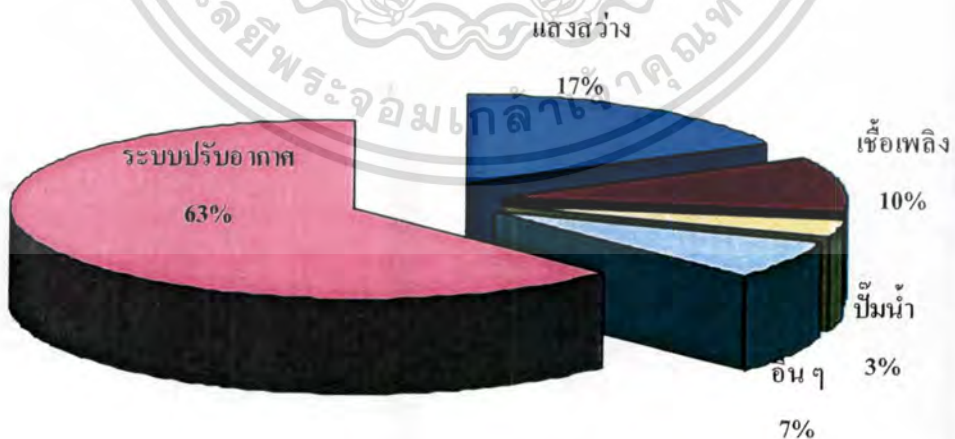
แนวทางการศึกษาเทคนิคการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ ปรับอากาศสำหรับอาคารโรงพยาบาล

3.1 ตำราจโครงสร้างและลักษณะของระบบปรับอากาศในอาคารที่ศึกษาวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาและทดลองใช้เทคนิคลดค่าพลังงานไฟฟ้า โดยการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดโดยอาศัยระบบปรับอากาศของอาคารโรงพยาบาลวิภาวดี จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นอาคารควบคุมขนาดใหญ่และมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูงซึ่งข้อมูลค่าไฟฟ้าได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

จากข้อมูลรายงานการตรวจสอบละเอียดเรื่องอุปกรณ์และเครื่องจักรของอาคารซึ่งดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต เพื่อนำเสนอกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานสามารถจำแนกอัตราส่วนการใช้พลังงานของอาคาร โรงพยาบาลวิภาวดี จำกัด (มหาชน) ได้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งสังเกตเห็นได้ชัดว่าระบบวิศวกรรมที่มีอัตราส่วนการใช้พลังงานมากที่สุดก็คือ เครื่องปรับอากาศ คือ สูงถึง 63 เปอร์เซ็นต์นอกจากนั้นก็จะเป็นการใช้พลังงานในส่วนแสงสว่าง 17 เปอร์เซ็นต์ เชื้อเพลิง 10 เปอร์เซ็นต์ บิมน้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ และอื่น ๆ อีก 7 เปอร์เซ็นต์

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ใช้พลังงานมากที่สุด ดังนั้นหากสามารถควบคุมระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพ ก็สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากเลยทีเดียว



รูปที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนการใช้พลังงานของอาคาร โรงพยาบาล วิภาวดี จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าของอาคารโรงพยาบาลวิภาวดี จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2547

ปี เดือน	พ.ศ. 2547				ค่าไฟฟ้า (บาท)
	จำนวนหน่วย	Ft (สต./หน่วย)	On Peak (kW)	Partial Peak (kW)	
เดือน	(Unit)	(สต./หน่วย)	(kW)	(kW)	(บาท)
มกราคม	525,000	26.12	934	1,175	1,404,391.00
กุมภาพันธ์	518,000	38.28	993	1,304	1,478,760.00
มีนาคม	607,000	38.28	1,020	1,339	1,686,362.25
เมษายน	588,000	38.28	1,040	1,352	1,649,459.25
พฤษภาคม	587,000	38.28	1,023	1,296	1,639,539.00
มิถุนายน	584,000	38.28	1,016	1,321	1,632,723.49
กรกฎาคม	619,000	38.28	1,044	1,358	1,719,958.45
สิงหาคม	595,000	38.28	1,059	1,368	1,671,005.09
กันยายน	587,000	38.28	1,025	1,328	1,642,219.31
ตุลาคม	591,000	43.28	987	1,280	1,671,146.54
พฤศจิกายน	587,000	43.28	1,054	1,411	1,686,291.54
ธันวาคม	525,000	43.28	922	1,216	1,500,346.51
รวม	6,913,000	462.20	12,117	15,748	19,382,202.43

การศึกษาและทดลองใช้เทคนิคลดค่าพลังงานไฟฟ้า โดยการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดอาคารอุปกรณ์หลัก ๆ ดังต่อไปนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็นขนาด (Chiller) 350 ตันความเย็น 1 ชุด ใช้กำลังไฟฟ้า 280 kW อุณหภูมิของน้ำเย็นเข้าออก 55, 45 องศาฟาเรนไฮต์ (12.7, 7.22 องศาเซลเซียส)ตามลำดับ
2. เครื่องส่งลมเย็น 14 ชุด ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้จากห้องควบคุมหลัก รวมพิกัดความเย็นได้ 210 ตันความเย็นซึ่งมีรายละเอียดตามตารางที่ 2
3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) ขนาด 400 ตันความเย็นใช้พลังงานไฟฟ้า 15 kW อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าออก 90, 100 องศาฟาเรนไฮต์ (32.22, 37.77 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ
4. เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Pump)ขนาด 30 kW อัตราการไหล 792 แกลลอนต่อนาที
5. เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Pump) ขนาด 30 kW อัตราการไหล 990 แกลลอนต่อนาที
6. ระบบตรวจวัดค่าพลังงานและตัวแปรต่าง ๆ ทางไฟฟ้า

7. ระบบควบคุมกลางสำหรับควบคุมอุณหภูมิเครื่องส่งลมเย็น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของเครื่องส่งลมเย็นที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

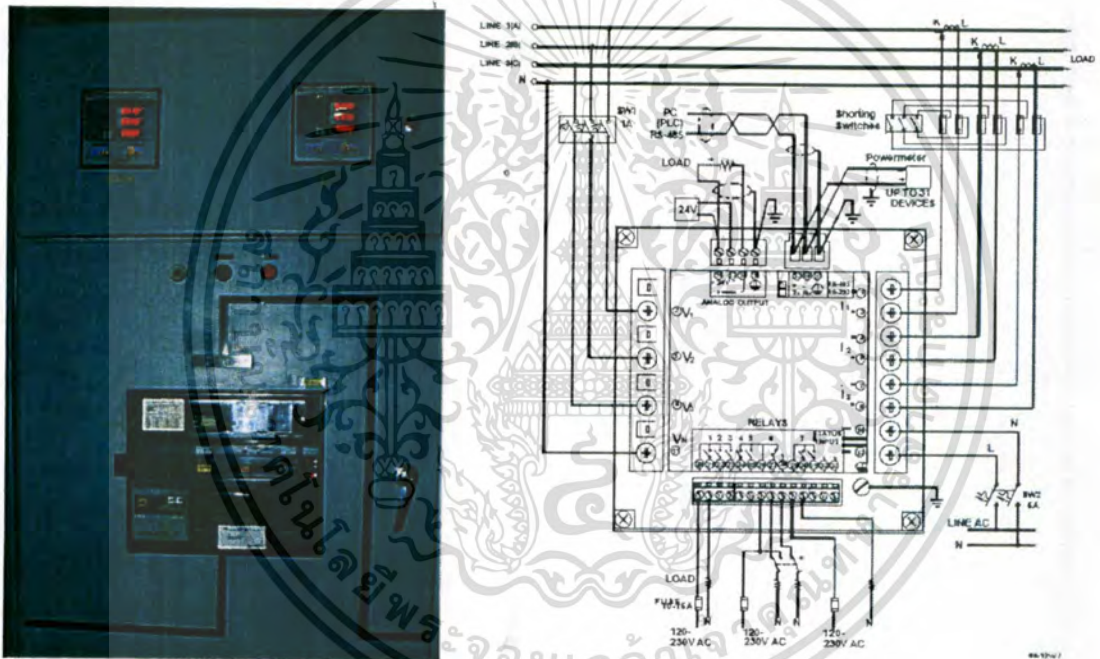
ลำดับ	รหัส	พื้นที่ใช้งาน	ขนาดพิกัดความเย็น	เวลาเปิดใช้งาน
1	AHU. B1	ครัว	180,000 BTU (15 Ton)	05.00 -18.00 น.
2	AHU. G1	OPD. ชั้น G	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
3	AHU. 2.1	OPD. ชั้น 2	180,000 BTU(15 Ton)	8.00 – 22.00 น.
4	AHU. 4.1	สำนักงาน	180,000 BTU(15 Ton)	8.00 – 17.00 น.
5	AHU. 4.2	สำนักงาน	180,000 BTU(15 Ton)	8.00 – 17.00 น.
6	AHU. 10	โถงชั้น 10	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
7	AHU. 11	โถงชั้น 11	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
8	AHU. 12	โถงชั้น 12	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
9	AHU. 13	โถงชั้น 13	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
10	AHU. 14	โถงชั้น 14	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
11	AHU. 15	โถงชั้น 15	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
12	AHU. 16	โถงชั้น 16	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
13	AHU. 17	โถงชั้น 17	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
14	AHU. 18	โถงชั้น 18	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง

3.2 ติดตั้งระบบเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

ระบบเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือระบบแสดงผลการใช้ไฟฟ้า คือระบบที่มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในอาคาร รวมถึงมีหน้าที่ในการแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทางไฟฟ้าเพื่อให้วิศวกรประจำอาคารสามารถวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าหรือสถานการณ์การใช้ไฟฟ้าของอาคาร รวมถึงสามารถใช้งานระบบเสริมอื่น ๆ ในการควบคุมอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเพื่อลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของอาคารลง



รูปที่ 3.2 แสดงระบบเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า



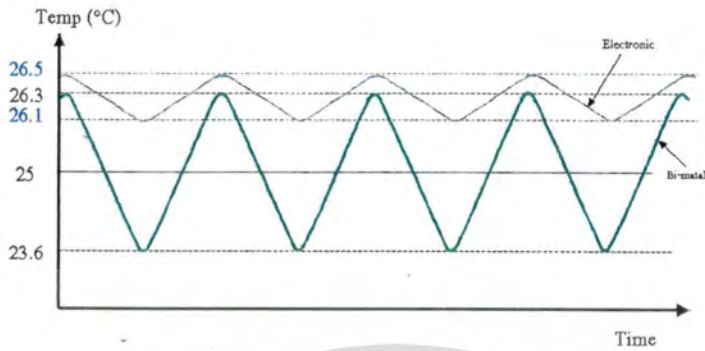
รูปที่ 3.3 รูปการต่อระบบเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ากับระบบหลักของอาคาร

3.3 ติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิสำหรับระบบปรับอากาศที่ใช้ในงานวิจัย

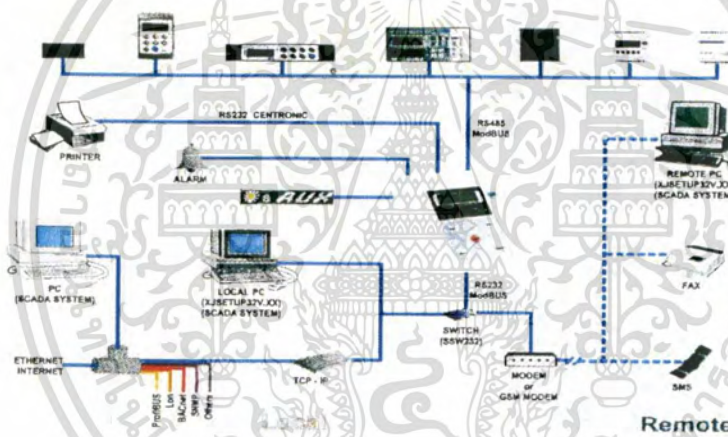
ระบบควบคุมอุณหภูมิสำหรับระบบปรับอากาศที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้เทอร์โมสแตทชนิดอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถควบคุมการปรับอุณหภูมิในระบบปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง สามารถควบคุมภาระการทำงานของระบบปรับอากาศ ให้เป็นไปตามความต้องการของโหลดที่แท้จริง อีกทั้งระบบที่ใช้ในการทดลองยังสามารถสร้างเป็นเครือข่ายการควบคุมและสั่งงานได้จากห้องควบคุมหลักของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งผู้วิจัยให้คำปรึกษาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4 เป็นการเปรียบเทียบการทำงานของเทอร์โมสแตทชนิดรับความร้อนจากโลหะและการควบคุมอุณหภูมิ ของเทอร์โมสแตทแบบอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมสแตทแบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมอัตโนมัติ เปรียบเทียบกับการใช้เทอร์โมสแตทชนิดรับความร้อนจากโลหะ (Bi-Metal)



รูปที่ 3.5 ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากส่วนกลางของระบบปรับอากาศ

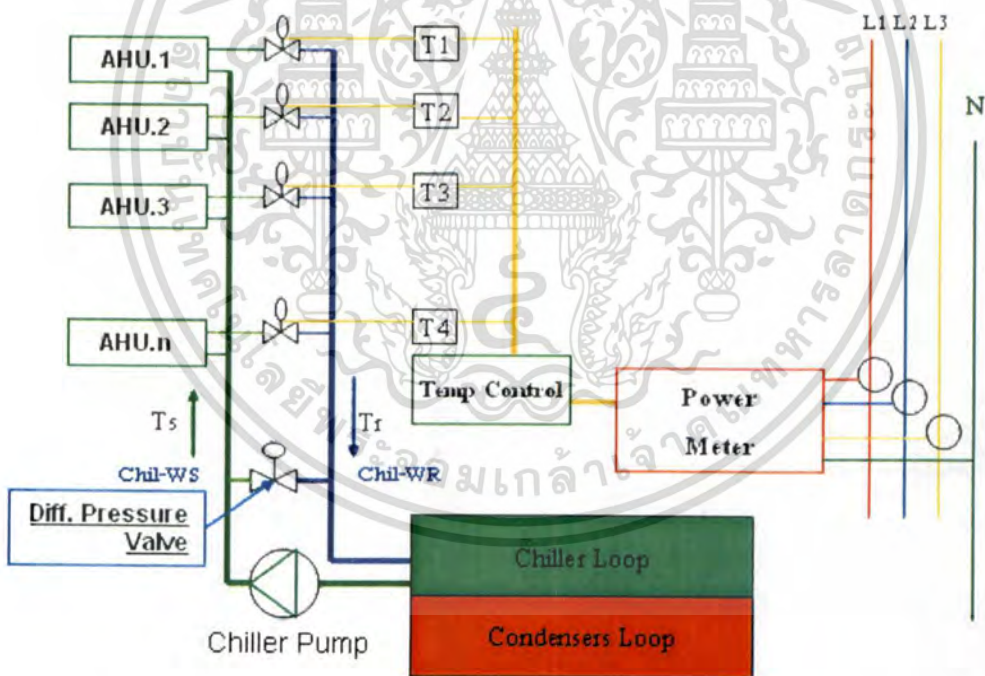


รูปที่ 3.6 การติดตั้งเทอร์โมสแตทแบบอิเล็กทรอนิกส์ห้องพักผู้ปวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

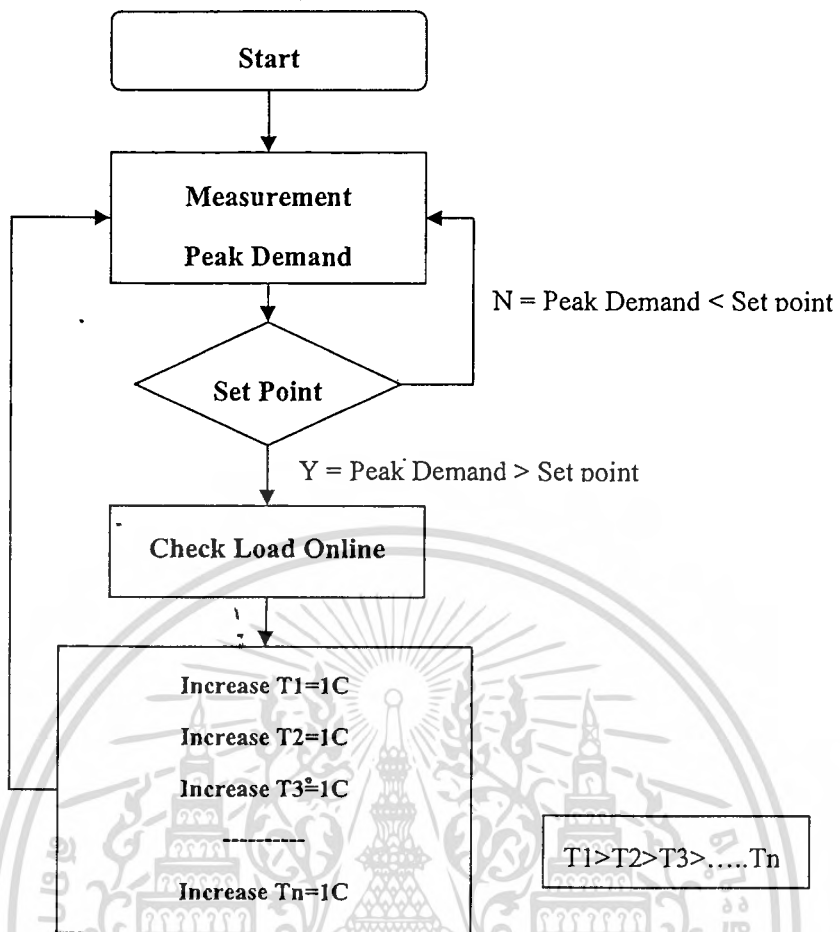
วิธีการควบคุมระบบปรับอากาศในวิทยาลัยนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.7 จากรูปจะมีการตรวจวัดค่าความต้องการไฟฟ้าโดยระบบตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าหลักของอาคารด้วยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) เพื่อให้รู้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในขณะนั้น แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดที่กำหนด ก่อนนำข้อมูลให้ชุดควบคุมอุณหภูมิจากส่วนกลางเพื่อทำการปรับเพิ่มอุณหภูมิชุดควบคุมอุณหภูมิมิเล็กทรอนิกส์ T1, T2, T3,...,Tn ของชุดเครื่องส่งลมเย็น AHU.1, AHU.2, AHU.3,...,AHU.n ตามความเหมาะสม จากนั้นชุดควบคุมอุณหภูมิมิเล็กทรอนิกส์จะทำการหรีวาล์วควบคุมน้ำเย็นลง เพื่อลดปริมาณน้ำเย็นให้เข้าเครื่องส่งลมเย็นน้อยลงโดยไม่มีการปิดระบบตามโพลีชาร์ตรูปที่ 3.8 สิ่งที่ได้จากการทำงานดังกล่าวคือ

1. ชุดจ่ายลมเย็นยังคงทำงานเหมือนเดิม
2. ความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น ($T_r - T_s$) ลดลง
3. ความแตกต่างของแรงดันในระบบน้ำเย็น ($P_2 - P_1$) มีค่าเพิ่มขึ้น
4. ภาระโหลดของเครื่องทำน้ำเย็น ลดลง (กินกระแสไฟฟ้าน้อยลง)



รูปที่ 3.7 แสดงระบบการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารโดยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับ ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงโฟลล์ชาร์ต การทำงานของระบบการปรับอุณหภูมิ ระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับ ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด

บทที่ 4

การจัดเก็บข้อมูล

จากสมมติฐานของงานวิจัยเรื่องการลดการใช้พลังงานงานไฟฟ้าของอาคาร ด้วยวิธีการเพิ่มความดันด้านอีวาโปเรเตอร์ของเครื่องกับไอของระบบปรับอากาศ ด้วยเทคนิคการยกอุณหภูมิของเทอร์โมสแตท ของเครื่องส่งลมเย็น ผู้วิจัยได้ทดลองเมื่อทำการเก็บข้อมูล ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเย็นด้านอีวาโปเรเตอร์ของ เครื่องทำน้ำเย็น เพื่อทำการหาค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตามสมการ

$$TR = [GPM * (Tr-Ts)] / 24 \dots\dots\dots(4.1)$$

โดยที่

TR แทนค่า ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (ตันความเย็น)

GPM แทนค่า อัตราการไหลของน้ำเย็น (แกลลอนต่อนาที)

Tr-Ts แทนค่า อุณหภูมิน้ำ Return – อุณหภูมิน้ำ Supply

4.1 ทำการทดลองปรับอุณหภูมิของชุดจ่ายลมเย็น เพื่อดูการทำงานของระบบปรับอากาศ

การทดลองปรับอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศดำเนินการ โดยการตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดจ่ายลมเย็น เพื่อดูการทำงานของระบบปรับอากาศเป็น 5 กรณีคือ

กรณีที่ 1 ตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดลมเย็นทั้ง 14 ชุดที่ 77 องศาฟาเรนไฮด์ (25 องศาเซลเซียส)

กรณีที่ 2 ตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดส่งลมเย็น 5 ชุดที่ 78.8 องศาฟาเรนไฮด์ (26 องศาเซลเซียส)

อีก 9 ชุดเป็น 77 องศาฟาเรนไฮด์ (25 องศาเซลเซียส)

กรณีที่ 3 ตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดส่งลมเย็น 10 ชุดที่ 78.8 องศาฟาเรนไฮด์ (26 องศาเซลเซียส)

อีก 4 ชุดเป็น 77 องศาฟาเรนไฮด์ (25 องศาเซลเซียส)

กรณีที่ 4 ตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดส่งลมเย็น 14 ชุดที่ 78.8 องศาฟาเรนไฮด์ (26 องศาเซลเซียส)

กรณีที่ 5 ตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดส่งลมเย็น 14 ชุดที่ 80.6 องศาฟาเรนไฮด์ (27 องศาเซลเซียส)

ซึ่งในแต่ละกรณีได้ผลการทดลองตามรายละเอียดที่นำเสนอต่อไป

หมายเหตุ เนื่องด้วยพารามิเตอร์ในการบอกค่าอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำเย็นมีหน่วยเป็น องศาฟาเรนไฮด์และเทอร์โมสแตทอิเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสการเก็บข้อมูลจึงมีการแสดงหน่วยของอุณหภูมิทั้งสองหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 1 ตั้งค่าเทอร์โมสตัทของชุดลมเย็นทั้ง 14 ชุดที่ 77 องศาฟาเรนไฮต์ (25 องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิภายนอก 97 องศาฟาเรนไฮต์ (36.1 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 4.1 ตารางการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิในกรณีที่ 1

ลำดับ	รหัส	เทอร์โมสตัท (Setting) องศาเซลเซียส	เทอร์โมสตัท (Reading) องศาเซลเซียส	หมายเหตุ
1	AHU. B1	25	25.5	
2	AHU. G1	25	25.9	
3	AHU. 2.1	25	25.8	
4	AHU. 4.1	25	24.5	
5	AHU. 4.2	25	25.0	
6	AHU. 10	25	25.9	
7	AHU. 11	25	24.0	
8	AHU. 12	25	26.1	
9	AHU. 13	25	25.1	
10	AHU. 14	25	25.5	
11	AHU. 15	25	25.7	
12	AHU. 16	25	25.9	
13	AHU. 17	25	25.2	
14	AHU. 18	25	25.3	

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของ Chiller ที่อ่านได้

Chilled Water Supply	45	องศาฟาเรนไฮต์ (7.2 องศาเซลเซียส)
Chilled Water Return	56.8	องศาฟาเรนไฮต์ (13.7 องศาเซลเซียส)
Condenser Water Supply	87	องศาฟาเรนไฮต์ (30.5 องศาเซลเซียส)
Condenser Water Return	95	องศาฟาเรนไฮต์ (35.0 องศาเซลเซียส)
Power Consumption	222	kW.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2 ตั้งค่าเทอร์โมสตัทของชุดส่งลมเย็น 5 ชุดที่ 78.8 องศาฟาเรนไฮต์ (26 องศาเซลเซียส) อีก 9 ชุด เป็น 77 องศาฟาเรนไฮต์(25 องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิภายนอก 96.8 องศาฟาเรนไฮต์(36 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 4.2 ตารางการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิในกรณีที่ 2

ลำดับ	รหัส	เทอร์โมสตัท (Setting) องศาเซลเซียส	เทอร์โมสตัท (Reading) องศาเซลเซียส	หมายเหตุ
1	AHU. B1	26	25.5	
2	AHU. G1	26	25.9	
3	AHU. 2.1	26	26.2	
4	AHU. 4.1	26	25.5	
5	AHU. 4.2	26	26.2	
6	AHU. 10	25	25.9	
7	AHU. 11	25	24.4	
8	AHU. 12	25	26.0	
9	AHU. 13	25	25.7	
10	AHU. 14	25	25.0	
11	AHU. 15	25	25.3	
12	AHU. 16	25	25.5	
13	AHU. 17	25	25.2	
14	AHU. 18	25	25.8	

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของ Chiller ที่อ่านได้

Chilled Water Supply	45	องศาฟาเรนไฮต์ (7.20 องศาเซลเซียส)
Chilled Water Return	56.2	องศาฟาเรนไฮต์ (13.4 องศาเซลเซียส)
Condenser Water Supply	86	องศาฟาเรนไฮต์ (30.0 องศาเซลเซียส)
Condenser Water Return	95	องศาฟาเรนไฮต์ (35.0 องศาเซลเซียส)
Power Consumption	220	kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 3 ตั้งค่าเทอร์โมสตัทของชุดส่งลมเย็น 10 ชุดที่ 78.8 องศาฟาเรนไฮด์(26 องศาเซลเซียส)อีก 4 ชุด
เป็น 77 องศาฟาเรนไฮด์(25 องศาเซลเซียส)
อุณหภูมิภายนอก 98.24 องศาฟาเรนไฮด์(36.80 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 4.3 ตารางการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิในกรณีที่ 3

ลำดับ	รหัส	เทอร์โมสตัท (Setting) องศาเซลเซียส	เทอร์โมสตัท (Reading) องศาเซลเซียส	หมายเหตุ
1	AHU. B1	26	25.5	
2	AHU. G1	26	26.1	
3	AHU. 2.1	26	26.5	
4	AHU. 4.1	26	25.5	
5	AHU. 4.2	26	26.2	
6	AHU. 10	26	25.9	
7	AHU. 11	26	25.9	
8	AHU. 12	26	26.0	
9	AHU. 13	26	25.8	
10	AHU. 14	26	25.8	
11	AHU. 15	25	25.3	
12	AHU. 16	25	25.5	
13	AHU. 17	25	25.2	
14	AHU. 18	25	25.8	

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของ Chiller ที่อ่านได้

Chilled Water Supply	45	องศาฟาเรนไฮด์ (7.20 องศาเซลเซียส)
Chilled Water Return	55.5	องศาฟาเรนไฮด์ (13.05 องศาเซลเซียส)
Condenser Water Supply	84	องศาฟาเรนไฮด์ (28.80 องศาเซลเซียส)
Condenser Water Return	95	องศาฟาเรนไฮด์ (35.00 องศาเซลเซียส)
Power Consumption	216	kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 4 ตั้งค่าเทอร์โมสตัทของชุดส่งลมเย็นทั้ง 14 ชุด ที่ 78.8 องศาฟาเรนไฮต์ (26 องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิภายนอก 99.5 องศาฟาเรนไฮต์ (37.5 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 4.4 ตารางการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิในกรณีที่ 4

ลำดับ	รหัส	เทอร์โมสตัท (Setting) องศาเซลเซียส	เทอร์โมสตัท (Reading) องศาเซลเซียส	หมายเหตุ
1	AHU. B1	26	25.5	
2	AHU. G1	26	26.7	
3	AHU. 2.1	26	27.0	
4	AHU. 4.1	26	25.5	
5	AHU. 4.2	26	26.2	
6	AHU. 10	26	25.9	
7	AHU. 11	26	25.9	
8	AHU. 12	26	26.0	
9	AHU. 13	26	25.8	
10	AHU. 14	26	25.8	
11	AHU. 15	26	26.3	
12	AHU. 16	26	26.5	
13	AHU. 17	26	25.4	
14	AHU. 18	26	25.5	

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของ Chiller ที่อ่านได้

Chilled Water Supply	45	องศาฟาเรนไฮต์ (7.20 องศาเซลเซียส)
Chilled Water Return	54	องศาฟาเรนไฮต์ (12.20 องศาเซลเซียส)
Condenser Water Supply	84	องศาฟาเรนไฮต์ (28.80 องศาเซลเซียส)
Condenser Water Return	95	องศาฟาเรนไฮต์ (35.00 องศาเซลเซียส)
Power Consumption	208	kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 5 ตั้งค่าเทอร์โมสตัทของชุดส่งลมเย็นทั้ง 14 ชุด ที่ 80.6 ฟาเรนไฮต์ (30.3 องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิภายนอก 100 องศาฟาเรนไฮต์ (37.7 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 4.5 ตารางการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิในกรณีที่ 5

ลำดับ	รหัส	เทอร์โมสตัท (Setting) องศาเซลเซียส	เทอร์โมสตัท (Reading) องศาเซลเซียส	หมายเหตุ
1	AHU. B1	27	26.5	
2	AHU. G1	27	26.7	
3	AHU. 2.1	27	27.2	
4	AHU. 4.1	27	25.8	
5	AHU. 4.2	27	26.6	
6	AHU. 10	27	27.5	
7	AHU. 11	27	26.2	
8	AHU. 12	27	26.3	
9	AHU. 13	27	25.9	
10	AHU. 14	27	26.1	
11	AHU. 15	27	26.5	
12	AHU. 16	27	26.4	
13	AHU. 17	27	26.3	
14	AHU. 18	27	26.5	

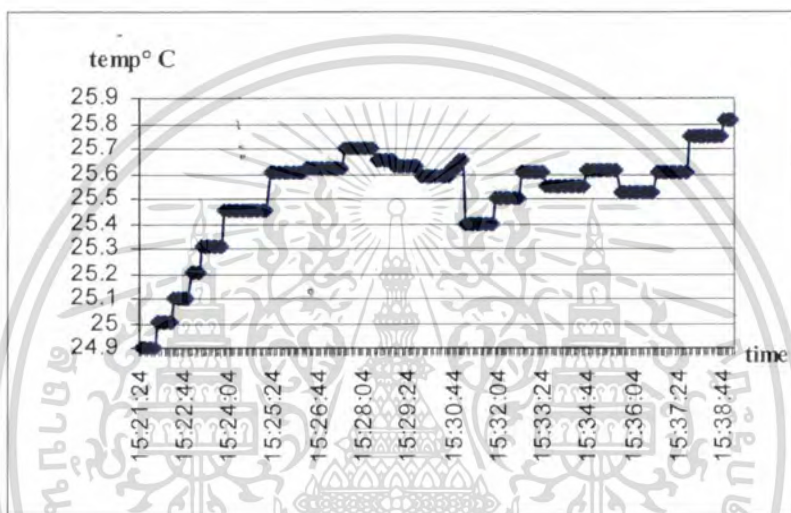
ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของ Chiller ที่อ่านได้

Chilled Water Supply	45	องศาฟาเรนไฮต์ (7.22 องศาเซลเซียส)
Chilled Water Return	52	องศาฟาเรนไฮต์ (11.10 องศาเซลเซียส)
Condenser Water Supply	85	องศาฟาเรนไฮต์ (29.40 องศาเซลเซียส)
Condenser Water Return	92	องศาฟาเรนไฮต์ (33.00 องศาเซลเซียส)
Power Consumption	200	kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

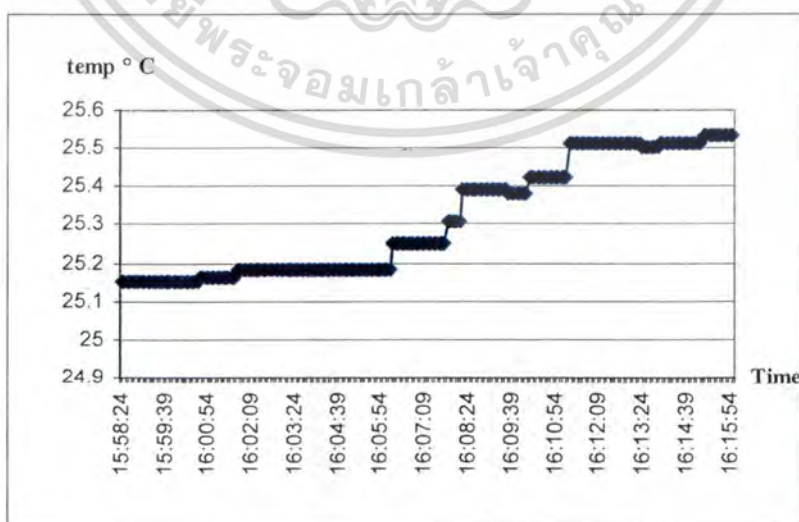
4.2 เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นที่ปรับอากาศหลังจากเปลี่ยนอุณหภูมิ

เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศ ภายหลังจากทำการทดลองปรับเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียส (77 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นค่าที่สูงขึ้นโดยทดลอง 3 กรณีคือปรับอุณหภูมิจาก 25 - 25.5 องศาเซลเซียส (77-77.9 องศาฟาเรนไฮต์) ,ปรับอุณหภูมิจาก 25 - 26 องศาเซลเซียส (77-78.8 องศาฟาเรนไฮต์) และปรับอุณหภูมิจาก 25 - 27 องศาเซลเซียส (77- 80.6 องศาฟาเรนไฮต์) ผลที่ได้คือการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงที่กราฟไฟฟ้านับค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 15 นาที แต่ละกรณีแตกต่างกันน้อยคือ 0.5 - 1 องศาเซลเซียส(0.9-1.8องศาฟาเรนไฮต์)ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.1 - 4.3



รูปที่ 4.1 กราฟการเปลี่ยนอุณหภูมิพื้นที่ปรับอากาศ

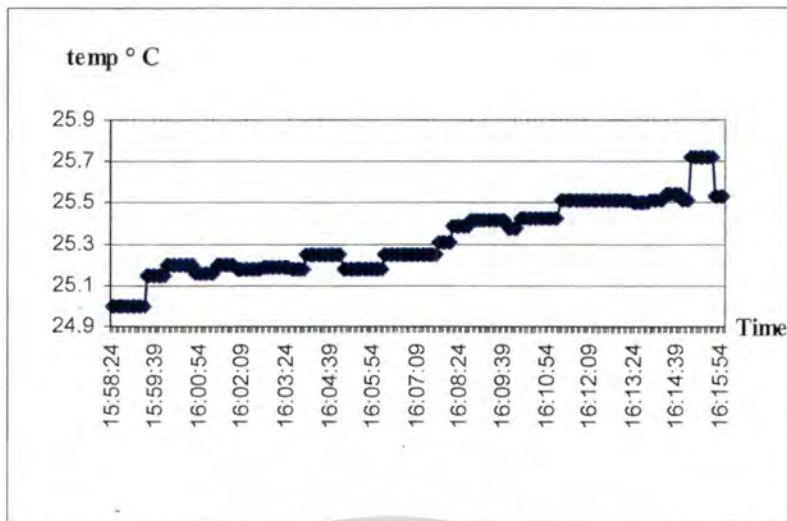
เมื่อปรับอุณหภูมิจาก 25 - 25.5 องศาเซลเซียส (77-77.9 องศาฟาเรนไฮต์)



รูปที่ 4.2 กราฟการเปลี่ยนอุณหภูมิพื้นที่ปรับอากาศ

เมื่อปรับอุณหภูมิจาก 25 - 26 องศาเซลเซียส (77-78.8 องศาฟาเรนไฮต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟการเปลี่ยนอุณหภูมิพื้นที่ปรับอากาศ
เมื่อปรับอุณหภูมิจาก 25 - 27 องศาเซลเซียส (77- 80.6 องศาฟาเรนไฮต์)

4.3 ทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นของอาคาร

หลังจากการทดสอบการปรับอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศให้เพิ่มขึ้นแล้วพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศอยู่ในช่วงที่ไม่กระทบกับผู้ใช้บริการในอาคาร จึงได้ทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นต่อเพื่อตรวจสอบสองของการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นเพื่อจ่ายให้กับเครื่องส่งลมเย็นตามพื้นที่ต่าง ๆ ในอาคารซึ่งจากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าความต้องการไฟฟ้าลดลงตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อตั้งค่าเทอร์โมสตัทของชุดจ่ายลมเย็นที่สถานะต่าง ๆ

Date	Energy (kWh)				Maximum Demand (kW)		
	Off Peak	Partial Peak	On Peak	Total	Off PEAK	Partial Peak	On Peak
Jul 2005	55470	74640	18616	148726	293.962	293.89	273.275
Aug 2005	55470	74640	18616	148726	293.962	293.89	273.275
Sep 2005	48870	67194	16285	132349	253.681	279.432	220.627

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ตารางการเก็บบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าเดือนกรกฎาคม 2548

Date	Energy (kWh)				Maximum Demand (kW)		
	Off Peak	Partial Peak	On Peak	Total	Off Peak	Partial Peak	On Peak
01 Jul (Fri)	1633	2385	618	4636	189.018	243.365	214.991
02 Jul (Sat)	1728	2315	590	4633	190.97	232.284	209.175
03 Jul (Sun)	1753	2297	576	4626	193.619	238.923	214.032
04 Jul (Mon)	1739	2413	610	4762	195.774	247.051	230.135
05 Jul (Tue)	1732	2418	594	4744	195.162	243.606	217.121
06 Jul (Wed)	1736	2352	598	4686	192.743	241.959	216.714
07 Jul (Thu)	1756	2245	579	4580	206.824	234.747	216.119
08 Jul (Fri)	1764	2405	588	4757	201.258	240.09	211.314
09 Jul (Sat)	1760	2347	582	4689	203.983	251.59	211.336
10 Jul (Sun)	1683	2322	589	4594	202.762	229.615	212.901
11 Jul (Mon)	1956	1603	640	4199	293.962	257.476	232.006
12 Jul (Tue)	1911	2658	636	5205	222.926	269.185	239.368
13 Jul (Wed)	1895	2206	610	4711	214.127	293.89	220.763
14 Jul (Thu)	1762	2344	584	4690	196.937	236.475	219.052
15 Jul (Fri)	1815	2482	587	4884	217.94	258.745	210.503
16 Jul (Sat)	1773	2451	599	4823	197.814	243.718	223.488
17 Jul (Sun)	1837	2343	607	4787	200.367	285.924	218.498
18 Jul (Mon)	1900	2612	660	5172	213.701	256.687	244.522
19 Jul (Tue)	1971	2754	656	5381	232.651	275.132	244.224
20 Jul (Wed)	1882	2838	670	5390	218.086	292.068	246.361
21 Jul (Thu)	1861	2698	624	5183	214.238	271.79	240.67
22 Jul (Fri)	1797	2552	637	4986	250.847	251.836	233.928
23 Jul (Sat)	1805	2410	580	4795	218.515	242.448	216.792
24 Jul (Sun)	1779	2251	558	4588	200.33	224.403	195.252
25 Jul (Mon)	1761	2383	600	4744	199.22	245.233	215.078
26 Jul (Tue)	1769	2462	595	4826	202.88	250.392	222.363
27 Jul (Wed)	1771	2369	613	4753	206.15	238.516	220.016
28 Jul (Thu)	1781	2520	553	4854	271.811	287.435	273.275
29 Jul (Fri)	1732	2477	550	4759	199.805	254.369	209.423
30 Jul (Sat)	1822	2454	586	4862	217.403	243.583	211.261
31 Jul (Sun)	1606	2274	547	4427	200.902	229.674	201.361
TOTAL	55470	74640	18616	148726	293.962	293.89	273.275

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้กับการใช้งานที่ออกให้โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ตารางการเก็บบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าเดือนสิงหาคม 2548

Date	Energy (kW-H)				Maximum Demand (kW)		
	Off Peak	Partial Peak	On Peak	Total	Off Peak	Partial Peak	On Peak
01 Aug (Mon)	1610	2359	564	4533	188.114	242.721	207.355
02 Aug (Tue)	1707	2341	567	4615	198.47	232.557	216.764
03 Aug (Wed)	1693	2256	592	4541	189.221	224.47	219.284
04 Aug (Thu)	1505	2356	554	4415	201.521	233.97	195.11
05 Aug (Fri)	1782	2329	597	4708	239.739	290.322	214.05
06 Aug (Sat)	1751	2331	575	4657	216.467	233.995	198.92
07 Aug (Sun)	1782	2157	583	4522	213.361	285.393	221.626
08 Aug (Mon)	1744	2594	578	4916	221.451	263.917	211.287
09 Aug (Tue)	1775	2459	536	4770	228.176	289.452	191.566
10 Aug (Wed)	1463	2568	584	4615	205.234	266.465	216.89
11 Aug (Thu)	1811	2441	602	4854	207.983	246.732	215.217
12 Aug (Fri)	1818	2355	576	4749	222.209	237.57	215.472
13 Aug (Sat)	1729	2425	525	4679	201.733	247.131	211.4
14 Aug (Sun)	1699	2248	533	4480	201.891	224.401	196.124
15 Aug (Mon)	4389	269	0	4658	187.264	214.12	0
16 Aug (Tue)	1725	2358	607	4690	207.548	295.171	227.982
17 Aug (Wed)	1665	2421	609	4695	205.157	242.483	223.44
18 Aug (Thu)	1774	2557	593	4924	244.516	255.875	224.975
19 Aug (Fri)	1756	2391	533	4680	199.531	246.845	201.163
20 Aug (Sat)	1758	2274	573	4605	220.789	228.949	206.564
21 Aug (Sun)	1750	2040	545	4335	207.436	284.04	202.064
22 Aug (Mon)	425	1911	594	2930	177.359	239.972	219.826
23 Aug (Tue)	1746	2485	616	4847	212.496	245.871	227.074
24 Aug (Wed)	1734	2255	560	4549	204.536	239.097	200.46
25 Aug (Thu)	1727	2315	565	4607	199.849	231.919	201.196
26 Aug (Fri)	1777	2412	588	4777	209.501	241.507	220.218
27 Aug (Sat)	1785	2470	580	4835	216.206	257.003	211.884
28 Aug (Sun)	1800	2308	594	4702	202.572	233.632	213.74
29 Aug (Mon)	1789	2518	457	4764	214.204	251.417	219.986
30 Aug (Tue)	1676	2271	512	4459	193.507	222.714	206.757
31 Aug (Wed)	1534	2324	577	4435	196.754	227.114	215.999
TOTAL	54679	70798	17069	142546	244.516	295.171	227.982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ตารางการเก็บบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าเดือนกันยายน 2548

Date	Energy (KWH)				Maximum Demand (KW)		
	Off Peak	Partial Peak	On Peak	Total	Off Peak	Partial Peak	On PEAK
01 Sep (Thu)	1665	2357	558	4580	201.723	235.252	212.254
02 Sep (Fri)	1716	2482	569	4767	213.42	256.677	206.262
03 Sep (Sat)	1729	2225	527	4481	205.399	241.863	195.038
04 Sep (Sun)	1616	2035	505	4156	184.911	207.995	179.406
05 Sep (Mon)	1643	2218	548	4409	189.13	221.544	199.011
06 Sep (Tue)	1680	2383	566	4629	199.034	239.66	207.739
07 Sep (Wed)	1693	2315	564	4572	195.591	232.067	220.321
08 Sep (Thu)	1667	2272	519	4458	206.76	237.719	184.821
09 Sep (Fri)	1637	2171	513	4321	184.461	225.101	183.031
10 Sep (Sat)	1265	2089	505	3859	168.11	210.141	185.336
11 Sep (Sun)	1590	2000	506	4096	168.812	197.605	184.707
12 Sep (Mon)	1613	2189	534	4336	182.337	223.087	201.498
13 Sep (Tue)	1612	2256	549	4417	184.11	232.257	200.641
14 Sep (Wed)	1619	2039	518	4176	180.885	242.327	182.523
15 Sep (Thu)	1588	2233	539	4360	176.657	222.63	195.365
16 Sep (Fri)	1624	2220	537	4381	181.265	222.542	192.09
17 Sep (Sat)	1668	2106	540	4314	189.987	211.107	191.575
18 Sep (Sun)	1684	2098	538	4320	189.032	205.892	191.464
19 Sep (Mon)	1666	2357	569	4592	196.244	230.925	204.224
20 Sep (Tue)	1652	2214	555	4421	186.304	221.381	200.571
21 Sep (Wed)	1686	2346	535	4567	194.615	236.319	199.792
22 Sep (Thu)	1652	2223	538	4413	188.419	222.238	197.885
23 Sep (Fri)	1646	2239	585	4470	180.584	224.047	209.303
24 Sep (Sat)	1686	2208	523	4417	198.981	223.21	191.06
25 Sep (Sun)	1650	2048	542	4240	184.499	217.583	192.157
26 Sep (Mon)	1638	2292	570	4500	184.81	224.332	210.72
27 Sep (Tue)	1684	2341	567	4592	188.289	246.811	218.906
28 Sep (Wed)	1663	2387	540	4590	218.995	237.221	202.52
29 Sep (Thu)	1651	2416	558	4625	199.072	279.432	216.146
30 Sep (Fri)	1287	2435	568	4290	253.681	249.23	220.627
TOTAL	48870	67194	16285	132349	253.681	279.432	220.627

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

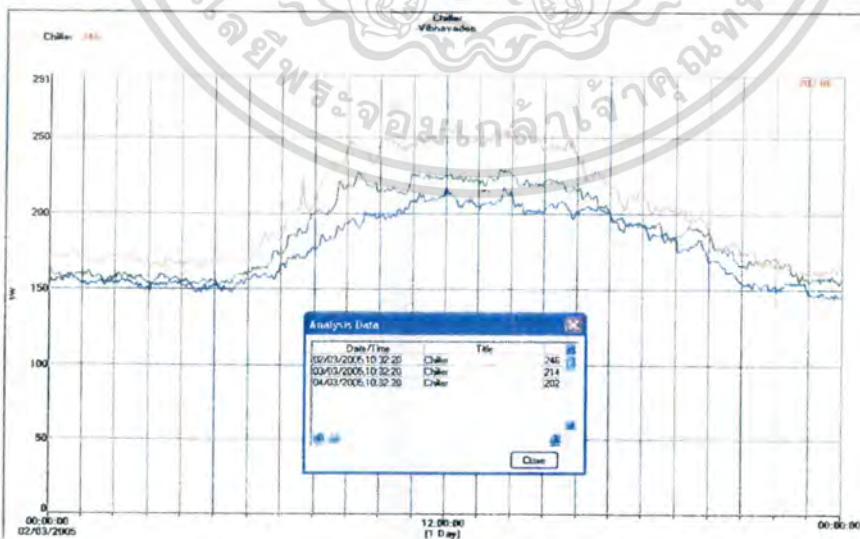
ผลการทดลองและการทดสอบ

หลังจากการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องส่งลมเย็นจากส่วนกลางและระบบแสดงผล
ค่าไฟฟ้า โรงพยาบาล ฯ ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศและทราบค่าอุณหภูมิตาม
พื้นที่ต่าง ๆ ได้ ทำให้ผู้ควบคุมสามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการใช้งานและค่าความ
ต้องการไฟฟ้าสูงสุดได้เป็นอย่างดี

กราฟรูปที่ 5.1 และตารางที่ 5.1 แสดงค่าความต้องการไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อทำการเพิ่ม
อุณหภูมิของเครื่องส่งลมเย็น ขนาด 180,000 BTU. 14 ชุดภายในอาคารให้สูงขึ้นเปรียบเทียบ 3 วัน
โดยเลือกเอาข้อมูลซึ่งเป็นวันที่มีอุณหภูมิภายนอกอาคารใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยปรับระดับของอุณหภูมิ
เพิ่มขึ้นวันละ 1 องศาฟาเรนไฮต์ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ส่งผลให้วาล์วควบคุมน้ำเย็นทำงานลดเปอร์เซ็นต์การ
เปิดของลงอย่างทันทีทันใด จะเห็นได้ว่าค่า ความต้องการ ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นลดลงรวมถึงค่าความ
ต้องการไฟฟ้าสูงสุดก็ลดลงจาก 203 ,191, 185 ตมบลัดับ อีกทั้งหน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อวันของเครื่องทำ น้ำ
เย็น ก็ลดลงเช่นกัน เมื่อทำการคิดค่าไฟฟ้าที่ลดลงในการใช้งานระบบดังกล่าวแสดง ได้ดังนี้

On Peak (203-185)	=	18	kW.	=	5,130	บาท
Partial Peak (253-185)	=	68	kW	=	4,003.84	บาท
Unit Charge (4,874-4,245)	=	629	x 30	=	18,870 x 1.7034	= 32,143 บาท

หมายเหตุ โรงพยาบาลวิภาวดี จ่ายอัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ที่แรงดัน 22 – 33 kV.



รูปที่ 5.1 กราฟที่ได้จากการวัดค่าความต้องการไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงรายละเอียดค่าไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น

TOD Daily Summary :Chiller For Mar 2005

Date	Energy(kWH)				Maximum Demand(kW)		
	Off Peak	Partial Peak	On Peak	Total	Off Peak	Partial Peak	On Peak
1Mar (Tue)	1,747	2,534	606	4,887	99.129	252.449	220.61
2Mar (Wed)	1,805	2,503	566	4,874	203.634	253.628	03.321
3Mar (Thu)	1,663	2,253	540	4,456	186.892	227.592	91.195
4 Mar (Fri)	1,625	2,108	512	4,245	170.76	211.405	85.62
5 Mar (Sat)	1438	1597	426	3,461	149.44	157.324	53.522
6Mar (Sun)	960	1520	312	2,792	122.674	148.788	41.025
TOTAL	9,238	12,515	2,962	24,715	203.634	253.628	20.61

เมื่อทำการเก็บข้อมูลในส่วนของผลต่างอุณหภูมิของน้ำเย็นด้านฮีวโปเรเตอร์ของ เครื่องทำน้ำเย็น เพื่อทำการหาค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตามสมการที่ 4.1 โดยการทดลองปรับตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดจ่ายลมเย็น เป็น 5 กรณีพบว่าค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นลดลงตามตารางที่ 3 ซึ่ง หมายถึงค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าก็ลดลงนั่นเอง

ตารางที่ 5.2 แสดงภาระการทำงานเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อตั้งเทอร์โมสแตทของชุดจ่ายลมเย็นที่สถานะต่าง ๆ

กรณี ทดลอง	Chilled Water Supply (องศาฟาเรนไฮต์)	Chilled Water Return (องศาฟาเรนไฮต์)	Power Consumption (kW)	Load Operation Chiller(TON)
กรณีที่ 1	45	54.0	222	290
กรณีที่ 2	45	53.6	220	277
กรณีที่ 3	45	53.2	216	264
กรณีที่ 4	45	53.1	208	261
กรณีที่ 5	45	52.7	200	248

จากการที่อาคารทดลองใช้เทคนิคการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการปรับอุณหภูมิของระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับค่าความต้องการสูงสุดของอาคารแล้วทำการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารวมของอาคารเปรียบเทียบกับ 4 แบบคือ

1. เปรียบเทียบหน่วยการใช้ไฟฟ้า พ.ศ. 2547-2548
2. เปรียบเทียบความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง Patient Peak พ.ศ. 2547-2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เปรียบเทียบความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak พ.ศ. 2546-2547

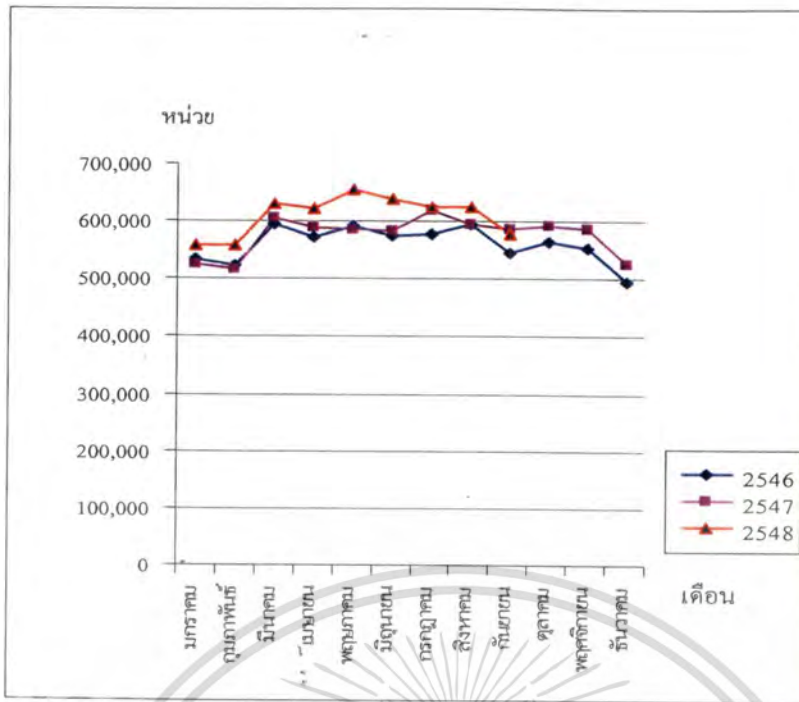
4. หน่วยการใช้ไฟฟ้า/ผู้ปว่ย 2547-2548

เห็นได้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารลดลงโดยดูได้จากตารางที่ 5.3- 5.7 และรูปที่ 5.2- 5.6

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบหน่วยการใช้ไฟฟ้า พ.ศ. 2547-2548

เดือน	2547 (หน่วย)	2548 (หน่วย)	ผลต่างหน่วย ไฟฟ้า2547/2548	% เพิ่ม-ลด	
				2546 / 2547	2547/2548
มกราคม	525,000	558,000	33,000	-1.69	6.29
กุมภาพันธ์	518,000	558,000	40,000	-1.15	7.72
มีนาคม	607,000	632,000	25,000	2.02	4.12
เมษายน	588,000	623,000	35,000	2.44	5.95
พฤษภาคม	587,000	656,000	69,000	-1.01	11.75
มิถุนายน	584,000	639,000	55,000	1.57	9.42
กรกฎาคม	619,000	625,000	6,000	7.28	0.97
สิงหาคม	595,000	624,000	29,000	0.17	4.87
กันยายน	587,000	577,000	-10,000	7.51	-1.70
ตุลาคม	591,000	-	-	4.79	-
พฤศจิกายน	587,000	-	-	6.15	-
ธันวาคม	525,000	-	-	5.85	-
TOTAL	6,913,000	5,492,000	282,000.00	33.92	49.39
เฉลี่ย	576,083	915,333	47,000.00	5.65	8.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

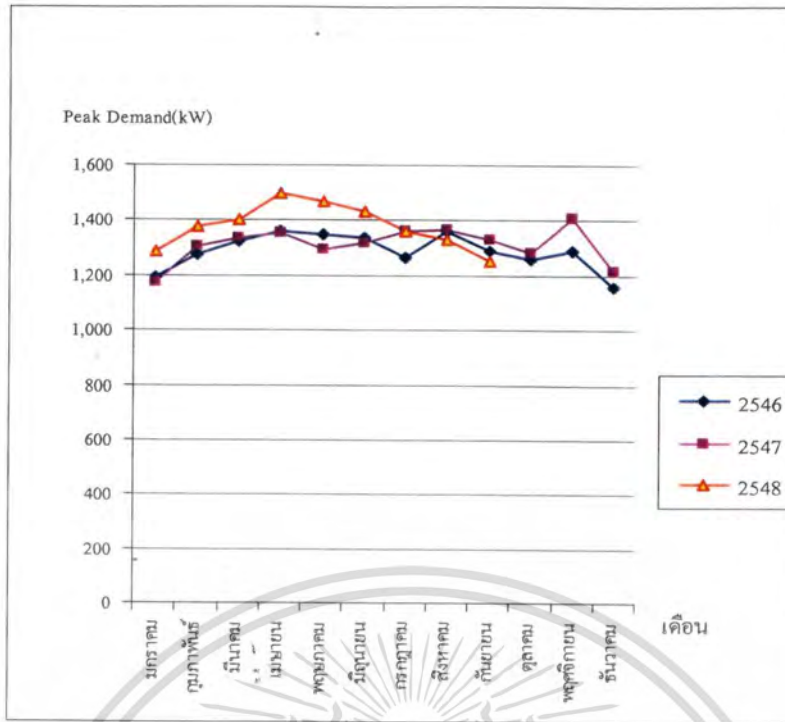


รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าหน่วยการใช้ไฟฟ้า 2546-2548

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง Partial Peak พ.ศ. 2547-2548

เดือน	2547 (kW)	2548 (kW)	ผลต่าง Partial Peak 2547/2548	% เพิ่ม-ลด	
				2546 / 2547	2547/2548
มกราคม	1,175	1,288	113	-1.51	9.62
กุมภาพันธ์	1,304	1,380	76	2.11	5.83
มีนาคม	1,339	1,401	62	1.21	4.63
เมษายน	1,352	1,500	148	-0.66	10.95
พฤษภาคม	1,296	1,467	171	-3.79	13.19
มิถุนายน	1,321	1,430	109	-1.34	8.25
กรกฎาคม	1,358	1,360	2	7.27	0.15
สิงหาคม	1,368	1,332	-36	0.74	-2.63
กันยายน	1,328	1,253	-75	3.11	-5.65
ตุลาคม	1,280	-	-	1.91	-
พฤศจิกายน	1,411	-	-	9.46	-
ธันวาคม	1,216	-	-	5.10	-
TOTAL	15,748	12,411	570.00	23.61	44.34
เฉลี่ย	1,312	2,069	95.00	3.93	7.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

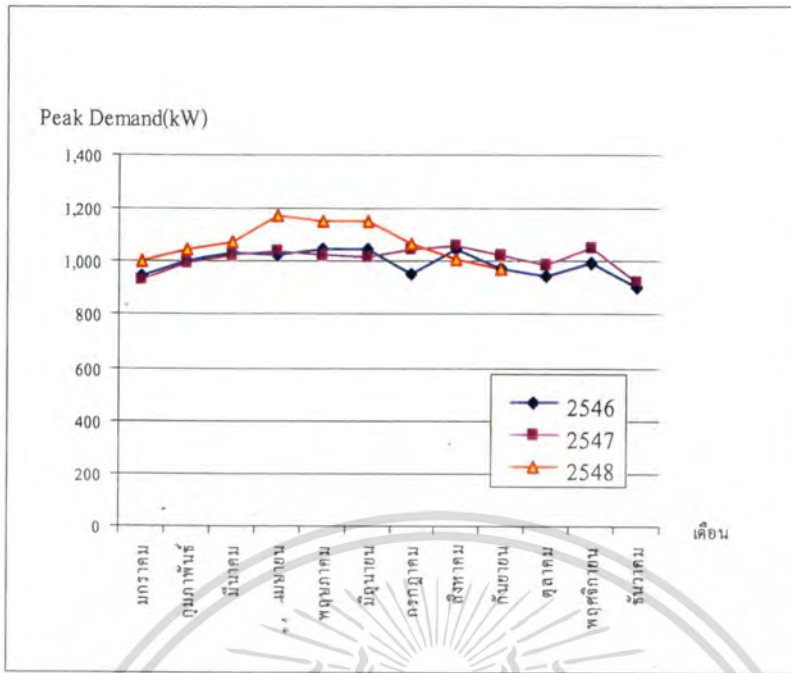


รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่า Partial Peak 2546-2548

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak พ.ศ. 2546-2547

เดือน	2547 (kW)	2548 (kW)	ผลต่าง On Peak 2547/2548	% เพิ่ม-ลด	
				2546 / 2547	2547/2548
มกราคม	934	1,000	66	-0.85	7.07
กุมภาพันธ์	993	1,046	53	-0.60	5.34
มีนาคม	1,020	1,070	50	-1.07	4.90
เมษายน	1,040	1,174	134	1.86	12.88
พฤษภาคม	1,023	1,152	129	-1.82	12.61
มิถุนายน	1,016	1,150	134	-2.78	13.19
กรกฎาคม	1,044	1,067	23	9.55	2.20
สิงหาคม	1,059	1,011	-48	1.63	-4.53
กันยายน	1,025	976	-49	5.56	-4.78
ตุลาคม	987	-	-	4.56	-
พฤศจิกายน	1,054	-	-	5.61	-
ธันวาคม	922	-	-	1.99	-
TOTAL	12,117	9,646	492.00	23.64	48.88
เฉลี่ย	1,010	1,608	82.00	3.94	8.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

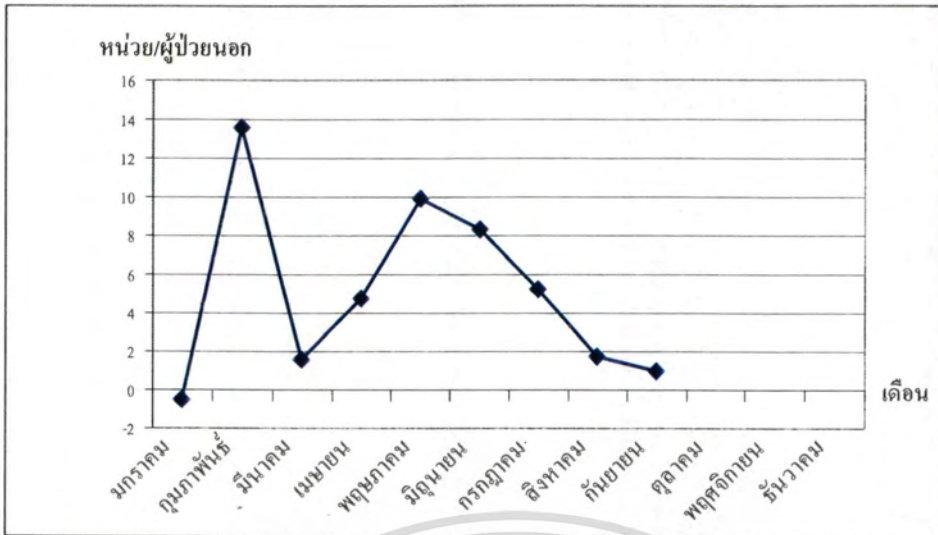


รูปที่ 5.4 กราฟแสดงค่า On Peak 2546-2548

ตารางที่ 5.6 หน่วยการใช้ไฟฟ้า/ผู้ป่วนอก 2547-2548

เดือน	2547			2548			% เพิ่ม-ลด
	OPD (คน)	หน่วย (หน่วย)	หน่วย/OPD	OPD (คน)	หน่วย (หน่วย)	หน่วย/OPD	
มกราคม	19,820.00	525,000.00	26.49	21,169.00	558,000.00	26.36	-0.49
กุมภาพันธ์	20,023.00	518,000.00	25.87	18,993.00	558,000.00	29.38	13.56
มีนาคม	19,182.00	607,000.00	31.64	19,662.00	632,000.00	32.14	1.58
เมษายน	16,808.00	588,000.00	34.98	16,998.00	623,000.00	36.65	4.77
พฤษภาคม	19,516.00	587,000.00	30.08	19,843.00	656,000.00	33.06	9.91
มิถุนายน	20,883.00	584,000.00	27.97	21,088.00	639,000.00	30.30	8.35
กรกฎาคม	20,744.00	619,000.00	29.84	19,896.00	625,000.00	31.41	5.27
สิงหาคม	20,290.00	595,000.00	29.32	20,906.00	624,000.00	29.85	1.78
กันยายน	20,856.00	587,000.00	28.15	20,302.00	577,000.00	28.42	0.98
ตุลาคม	19,596.00	591,000.00	30.16	-	-	-	-
พฤศจิกายน	19,543.00	587,000.00	30.04	-	-	-	-
ธันวาคม	20,344.00	525,000.00	25.81	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงเปรียบเทียบหน่วยการใช้ไฟฟ้า/ผู้ป่วยนอก 2547-2548



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การควบคุมอุณหภูมิของระบบปรับอากาศ โดยการปรับอุณหภูมิของชุดเทอร์โมสแตทขึ้นครั้งละ 1.8 องศาฟาเรนไฮต์เป็นค่าที่หยาบเกินไปสำหรับการเก็บข้อมูล แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของชุดควบคุมการจ่ายน้ำเย็นเข้าเครื่องส่งลมเย็น การปรับอุณหภูมิให้ละเอียดกว่านี้มีผลทำให้การตอบสนองของวาล์วควบคุมทำงานได้ช้าเกินไป นอกจากนี้การทำงานของระบบที่ทำการทดลองระบบจะทำงานได้ดีในกรณีที่วาล์วควบคุมและชุดเทอร์โมสแตทเป็นแบบ Proportional Control ส่วนในกรณีของระบบควบคุมที่เป็นแบบ 2 สถานะ (On-Off Control) การควบคุมอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศจะเปลี่ยนแปลงสูงในช่วงแรก ทั้งนี้เพื่อให้การวิเคราะห์ผลของการทำงานเรื่องการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารโดยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับ ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดควรมีการพัฒนาให้ระบบมีการเชื่อมต่อกันอย่างสมบูรณ์แบบ

บทความนี้เป็นการนำเสนอรูปแบบการจัดการพลังงานในอาคารขนาดใหญ่ โดยมุ่งเน้นไปที่ระบบปรับอากาศซึ่งเป็นระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด โดยเทคนิคดังกล่าวคือการเพิ่มความดันด้านอีวาพอเรชันนั่นเอง โดยอาศัยการควบคุมอุณหภูมิของเทอร์โมสแตทของชุดส่งลมเย็นซึ่งจากการทดลองพบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานภายในอาคารได้ 2 อย่างคือ

1. ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge)
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า (Unit Charge)

การควบคุมด้วยวิธีการข้างต้น นอกจากสามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารได้แล้ว อุณหภูมิของระบบปรับอากาศยังสามารถควบคุมได้โดยไม่กระทบผู้อยู่อาศัยภายในอาคารแต่อย่างใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบปรับอากาศในส่วนพื้นที่ซึ่งมีความละเอียดอ่อนและต้องการควบคุมอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น แผลนกดผ่าตัด , แผลนกดผู้ป่วยหนัก เป็นต้น โดยเมื่อใช้ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าหน่วยต่อเตียงวันผู้ป่วย อาคารสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 8.33 เปอร์เซ็นต์

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ในส่วนของระบบปรับอากาศนั้นนอกจากที่ผู้วิจัยได้นำเสนอไปแล้วนั้น ยังมีเทคนิคอีกหลายประการไม่ว่าจะเป็นส่วนของเทคนิคการยกอุณหภูมิด้านคอนเดนเซอร์ การลดการทำงานของมอเตอร์เครื่องส่งลมเย็นในพื้นที่ซึ่งไม่กระทบกับผู้ใช้บริการหรือกระทบกับผู้รับบริการน้อยที่สุด นอกจากนี้ระบบข้างต้นสามารถพัฒนาความสามารถของระบบให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้นไปได้อีกเช่นกัน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ให้แยกระดับความสำคัญของโหลดของระบบปรับอากาศให้ชัดเจนเพื่อป้องกันส่วนที่จะกระทบกับลูกค้า
2. ทำการจัดกลุ่มการทำงานของระบบปรับอากาศให้มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อให้การควบคุมตอบสนองต่อค่าไฟฟ้าเร็วที่สุด เพื่อลดความเสี่ยงในการเพิ่มขึ้นของค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร
3. เพิ่มเทคนิคเรื่องการลดความดันด้านคอนเดนเซอร์ของเครื่องอัดไอ ควบคู่กับเทคนิคการเพิ่มความดันด้านอีวาโปเรเตอร์

เทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับค่าความต้องการสูงสุดของอาคารนั้น ส่วนที่ต้องคำนึงถึงอีกประการคือการรักษาอุณหภูมิของกรอบของอาคารหรือค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (OTTV :OVERALL THERMAL TRANFER VALURE) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถบอกได้ว่าพื้นที่ปรับอากาศจะคงอุณหภูมิได้นานแค่ไหนและอุณหภูมิภายนอกอาคารจะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศอย่างไร



บรรณานุกรม

- [1] ศรายุทธ์ ขุนณรงค์ 2550, “ การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด” หน้า 45-53 . การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 สาขาสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมศาสตร์ กรุงเทพฯ :
- [2] ผศ.สุรพล พฤษพานิช . 2529 “การปรับอากาศ” ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [3] วีชระ มั่งวิฑิตกุล , 2544 “กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงาน” ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย
- [4] ศุภชัย ปัญญาวีร์ , 2546 “การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ” รวมบทความจากวารสารเทคนิคบริษัท เอ็นแอนดีอี จำกัด
- [5] เอกสารการฝึกอบรม “การควบคุมเครื่องปรับอากาศ” กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- [6] เอกสารการฝึกอบรม “การจัดการพลังงานไฟฟ้า” กองฝึกอบรมกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- [7] คู่มือการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ “การวิเคราะห์การพลังงานในอาคาร” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- [8] คู่มือประกอบการฝึกอบรม “หลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารธุรกิจ” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
- [9] Benjamin Stein “Mechanical and Electrical Equipment for Building “ TENTH EDITION Jonh Willey & Sons,INC
- [10] ดร.ชุมพล หังสพฤกษ์ 2550, “ การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ” หน้า 198 . การประชุมทางวิชาการ เรื่องการบริหาร กรุงเทพฯ ฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

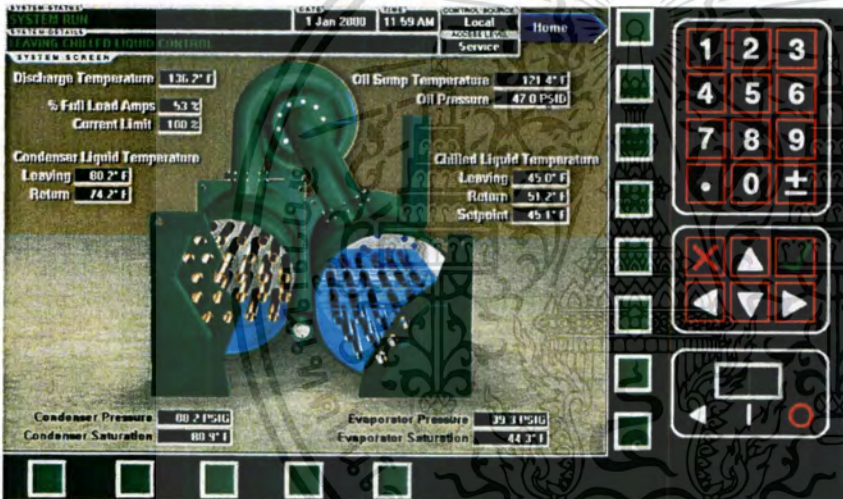


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทำน้ำเย็น ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Chiller Water Cooled)

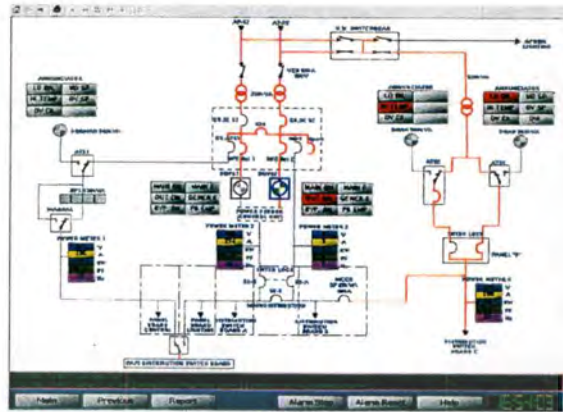


ขนาด (Chiller) 350 ตันความเย็น
กำลังไฟฟ้า 280 กิโลวัตต์
Model YDT-95
Volt-phase-Hz 380-3-50
Max Current 535 A.
Refrigerant F 11
อุณหภูมิของน้ำเย็นเข้าออก 55, 45 F



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

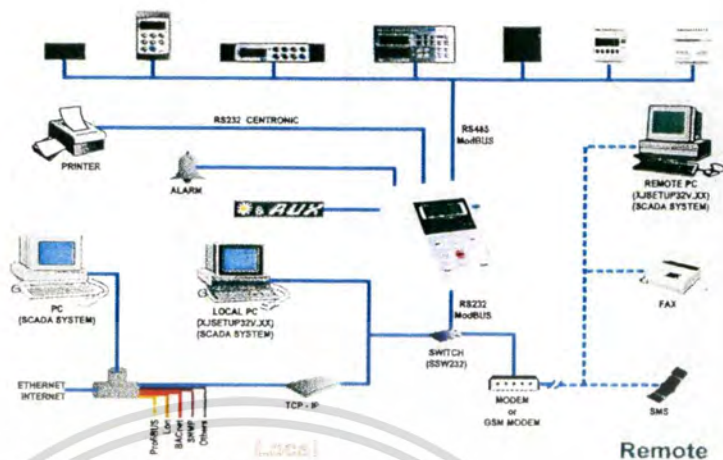
ระบบแสดงผลการใช้ไฟฟ้าของอาคาร (Electrical Monitoring System)



SATEC POWERMETER			290HD	296	C191HM	C192PF	RPT091	RPM096
PARAMETERS / DISPLAYS								
True RMS Voltage L-N Or L-L	x 3 phases	(V)	●	●	●	●	●	●
True RMS Voltage / Current Unbalance		(V)	●	●	●	●	●	●
True RMS Current	x 3 phases	(A)	●	●	●	●	●	●
Neutral Current		(A)	●	●	●	●	●	●
Power Factor		+/-	●	●	●	●	●	●
Frequency		(Hz)	●	●	●	●	●	●
Power	Active Power	(kW)	●	●	●	●	●	●
	Apparent Power	(kVA)	●	●	●	●	●	●
	Reactive Power	(kVAR)	●	+/-	●	●	●	●
Energy	Active Energy (+ Import / - Export)	(kWh)	●	●	●	●	●	●
	Apparent Energy	(kVAh)	●	●	●	●	+/-	+/-
	Reactive Energy (+ Import / - Export)	(kVARh)	●	●	●	●	●	●
Demand	Maximum Ampere	x 3 phases (A)	●	●	●	●	+/-	●
	Predicted Demand	(kW)	●	●	●	●	●	●
	Active Power Maximum Demand	(kW)	●	●	●	●	●	●
	Apparent Power Maximum Demand	(kVA)	●	●	●	●	●	●
Min / Max :-	V, A, Neutral A, PF, kW, kVA		●	●	●	●	●	●
Panel Cutouts (Width x Height)	mm	93 x 93	93 x 93	177x273	177x273	137x137	137x137	137x137
IEC 687 Accuracy Class		0.5S	0.5S	0.5S	0.2S	0.2S	0.2S	0.2S
Revenue Metering Accuracy Class	%FS	0.3	0.25	0.25	0.01	0.3	0.3	0.3
Front Panel Display with LED	(Parameter)	57	80	29	300	100	100	100
Communication Port	RS232, 422, 485	1	2	1	2	1	1	1
Available Via Communication with PC	(Value)	70	100	39	1000	160	160	160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมสแตทชนิดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Thermostat)



FEATURES

First display
Second display
Keyboard: push buttons
Power supply

Probe inputs

Pb1
 Pb2
 Pb3
 Pb4

Digital inputs

High pressure
 Low pressure
 N° 4

Relay outputs

Compressor 1
 Anti-freezer heaters
 Water circulating pump or supply fan
 Reversing valve, condensing fan
 Compressor 2, condensing fan, alarm

Other outputs

Analog output for fan speed module
 Signal output for triac or ON/OFF fan module
 Alarm output
 Remote keyboard output
 Serial output
 Hot Key/Prog Tool Kit output

Other

Triac module inside
 RTC
 Buzzer

	IC110C - IC111C	IC111CI	IC110L - IC111L
First display	± 3 d.p.	± 3 d.p.	± 3 d.p.
Second display	± 4 d.p.	± 4 d.p.	± 4 d.p.
Keyboard: push buttons	4	4	6
Power supply	12Vac/dc (24Vac/dc)	12Vac/dc (24Vac/dc)	12Vac/dc (24Vac/dc) (110/230Vac)
Probe inputs			
Pb1	NTC config	NTC config	NTC config
Pb2	NTC config	NTC config	NTC config
Pb3	NTC/4-20mA/0,5V config	NTC/4-20mA/0,5V config	NTC/4-20mA/0,5V config
Pb4	NTC/dig inp config	NTC/dig inp config	NTC/dig inp config
Digital inputs			
High pressure	pres	pres	pres
Low pressure	pres	pres	pres
N° 4	config	config	config
Relay outputs			
Compressor 1	* 8A	5A	8A
Anti-freezer heaters	* 8A	5A	8A
Water circulating pump or supply fan	8A	5A	8A
Reversing valve, condensing fan	* 8A config	5A config	8A config
Compressor 2, condensing fan, alarm	* (8A config)	(5A config)	(8A config)
Other outputs			
Analog output for fan speed module	(4÷20mA)	(4÷20mA)	(4÷20mA)
Signal output for triac or ON/OFF fan module	* PWM	PWM	PWM
Alarm output	12Vdc-40mA max	12Vdc-40mA max	12Vdc-40mA max
Remote keyboard output	pres	pres	pres
Serial output	TTL	TTL	TTL
Hot Key/Prog Tool Kit output	pres	pres	pres
Other			
Triac module inside	(2A)	2A	(2A) or (4A)
RTC	()	()	()
Buzzer	()	()	()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Data Logger)



Specifications

Internal Sensor Temp: -40 to 80 °C Standards compliance: <ul style="list-style-type: none"> > Dust and Waterproof IP68 > Thermal conductor enabling fast response time 	Weight: 45.5 gr									
Outputs: USB 2.0 communication	Display: <ul style="list-style-type: none"> > LCD with decimal point > Visual Alert - Alarm icon when crossing predefined thresholds > Low battery indication 									
Sampling Resolution: A/D resolution: 16-bit, 0.1°C Capacity: Memory capacity: 8KB, 16KB Sampling rate: 1 per second to 1 per 2 hours Accuracy: 0.3°C	Operation: <ul style="list-style-type: none"> > Data scroll on the LCD > Reed switch to start measuring 									
Power Supply Battery life: <ul style="list-style-type: none"> > 2 years at 1 sample per minute > Replaceable 3V lithium battery CR2032 	Software: <ul style="list-style-type: none"> > MicroLab Lite for Windows 98/2000/ME/XP/NT 4.0 or higher > Also available - DatPass 21 CFR Part 11 Standards Compliance Software 									
Design Dimensions: <ul style="list-style-type: none"> > 11 x 3.9 x 2.6 cm > Strap-on capabilities 	Standards Compliance: CE, FCC compliance									
Ordering Information <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Memory</th> <th>P/N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MicroLite</td> <td>8,000 samples</td> <td>LITE 5008</td> </tr> <tr> <td>MicroLite</td> <td>16,000 samples</td> <td>LITE 5016</td> </tr> </tbody> </table>		Item	Memory	P/N	MicroLite	8,000 samples	LITE 5008	MicroLite	16,000 samples	LITE 5016
Item	Memory	P/N								
MicroLite	8,000 samples	LITE 5008								
MicroLite	16,000 samples	LITE 5016								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราค่าไฟฟ้าแยกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

- ประเภทที่ 1. บ้านอยู่อาศัย
- ประเภทที่ 2. กิจการขนาดเล็ก
- ประเภทที่ 3. กิจการขนาดกลาง
- ประเภทที่ 4. กิจการขนาดใหญ่
- ประเภทที่ 5. กิจการขนาดเฉพาะอย่าง
- ประเภทที่ 6. ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร
- ประเภทที่ 7. สูบน้ำเพื่อการเกษตร
- ประเภทที่ 8. ไฟฟ้าชั่วคราว

ประเภทที่ 1. บ้านอยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจ ของทุกศาสนา โดยต่อผ่านเครื่องวัดเพียงเครื่องเดียว

1.1 อัตราปกติ

ตารางที่ 1

		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1.1.1 ใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่เกิน 150 หน่วย/เดือน			8.19
5 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 – 5)	0	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 6 – 15)	1.3576	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 16 – 25)	1.5445	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 26 – 35)	1.7968	
65 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 36 – 100)	2.1800	
50 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 101 – 150)	2.2734	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 – 400)	2.7781	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	
1.1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 หน่วย/เดือน			40.90
150 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 – 150)	1.8047	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 – 400)	2.7781	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate :TOU)

ตารางที่ 2

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	
1.1.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลต์	3.6246	1.1914	228.17
1.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	4.3093	1.2246	54.97
On Peak : วันจันทร์- วันศุกร์ 09.00 – 22.00 น.			
Off Peak : วันจันทร์-วันศุกร์ 22.0 – 09.00 น.เสาร์,อาทิตย์และวันหยุดราชการทั้งวัน(ไม่รวมวันหยุดชดเชย)			

หมายเหตุ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไม่เกิน 5 แอมแปร์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย จะจัดเข้าประเภท 1.1.1 แต่หากใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน ติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.2 และเมื่อเมื่อใดที่มีการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน เดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภท 1.1.1 ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดเกิน 5 แอมแปร์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย ให้ใช้อัตราประเภทที่ 1.1.2

ประเภทที่ 1.2 กรณีที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้าให้คำนวณคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย ประเภทที่ 1.2 เป็นอัตราเลือกเมื่อใช้แล้วจะกลับมาประเภทที่ 1.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่การไฟฟ้ากำหนด

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจร่วมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจหรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 kW โดยต่อผ่านเครื่องวัดเพียงเครื่องเดียว

2.1 อัตราปกติ

ตารางที่ 3

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
2.1.1 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	2.4649	228.17
2.1.1 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์		40.90
150 หน่วยแรก	18047	
250 หน่วยต่อไป	2.7781	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	2.9780	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate :TOU)

ตารางที่ 4

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	
1.1.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลต์	3.6246	1.1914	228.17
1.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	4.3093	1.2246	54.97
On Peak : วันจันทร์- วันศุกร์ 09.00 – 22.00 น.			
Off Peak : วันจันทร์-วันศุกร์ 22.0 – 09.00น.เสาร์,อาทิตย์และวันหยุดราชการทั้งวัน(ไม่รวมวันหยุดชดเชย)			

หมายเหตุ ประเภทที่ 2.2 กรณีที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้าให้คำนวณคิดเงินเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงซึ่งมิได้วัดรวม

ประเภทที่ 2.2 เป็นอัตราเลือกเมื่อใช้แล้วจะกลับมาประเภทที่ 1.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และค่าใช้จ่ายอื่นๆที่การไฟฟ้ากำหนดเดือนใดที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 30 kW ขึ้นไป จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 – 5 แล้วแต่กรณี

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 30 kW แต่ไม่ถึง 1,000 kW และมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วย

3.1 อัตราปกติ

ตารางที่ 5

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
3.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	175.70	1.6660
3.1.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	196.26	1.7034
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	221.50	1.7314

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate :TOU)

ตารางที่ 6

	ค่าความต้องการ พลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
		On Peak	Off Peak	
3.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
3.2.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
3.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246	228.17
On Peak: วันจันทร์- วันศุกร์ 09.00 – 22.00 น.				
Off Peak : วันจันทร์-วันศุกร์ 2.01-09.00 น. เสาร์, อาทิตย์และวันหยุดราชการทั้งวัน (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)				

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน

หมายเหตุ : กรณีที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้าให้คำนวณคิดเงินเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงซึ่งมิได้วัดรวม

ประเภท 3.2 เป็นอัตราบังคับสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทที่ 3 เป็นครั้งแรกตั้งแต่ค่าไฟฟ้าเดือนตุลาคม 2543

ประเภทที่ 3.2 เป็นอัตราบังคับสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ารายเดิมเมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้ประเภทที่ 3.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่การไฟฟ้ากำหนด เดือนใดที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 30 kW ค่าไฟยังคงคำนวณอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 30 kW ติดต่อกัน 12 เดือน และในเดือนถัดไปยังไม่ถึงอีกให้เปลี่ยนมาคิดค่าไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 2.1

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 kW หรือมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time Of Day Rate :TOD)

ตารางที่ 7

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
	On Peak	Partial Peak	Off Peak	
4.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	224.30	29.91	0	1.6660
4.1.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	285.05	58.88	0	1.7034
4.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	332.71	68.22	0	1.7314
On Peak: วันจันทร์- วันศุกร์ 18.30 – 21.30 น.				
Partial Peak : 8.00 – 18.30 ของทุกวัน(ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดคิดเฉพาะส่วนที่เกิด Peak)				
Off Peak 21.30 – 08.00				

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate: TOU)

ตารางที่ 8

	ค่าความต้องการ พลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
		On Peak	OFF Peak	
4.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
4.2.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
4.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246	228.17
On Peak: วันจันทร์- วันศุกร์ 09.00 – 22.00 น.				
Off Peak: วันจันทร์-วันศุกร์ 22.01–09.00 น.เสาร์,อาทิตย์และวันหยุดราชการทั้งวัน(ไม่รวมวันหยุดชดเชย)				

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน

หมายเหตุ : ประเภท 4.2 เป็นอัตราบังคับสำหรับผู้บริโภคไฟฟ้ารายใหม่หรือผู้ใช้ไฟฟ้าเดิมที่เคยใช้ TOU แล้วเป็นครั้งแรกตั้งแต่ค่าไฟฟ้าเดือนตุลาคม 2543

ประเภทที่ 4.2 เป็นอัตราเลือกสำหรับผู้บริโภคไฟฟ้ารายเดิมประเภทที่ 4.1 เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้ประเภทที่ 4.1 ไม่ได้ทั้งนี้ผู้ใช้ต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่การไฟฟ้ากำหนด เดือนใดที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 1000 kW มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกิน 250,000 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเดือน ค่าไฟยังคงคำนวณอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 30 kW ติดต่อกัน 12 เดือน และในเดือนถัดไปยังไม่ถึงอีกให้เปลี่ยนมาคิดค่าไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 2.1 หรือ 6.1 แล้วแต่กรณี

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการ โรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 15 นาที ตั้งแต่ 30 kW ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดเพียงเครื่องเดียว

5.1 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate: TOU)

ตารางที่ 9

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
		On Peak	Off Peak	
5.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
3.1.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246	228.17
On Peak: วันจันทร์- วันศุกร์ 09.00 – 22.00 น.				
Off Peak: วันจันทร์-วันศุกร์ 22.01–09.00น.เสาร์,อาทิตย์ และวันหยุดราชการทั้งวัน(ไม่รวมวันหยุดชดเชย)				

5.1 อัตราปกติ (สำหรับผู้ที่ยังไม่ได้มิเตอร์ TOU)

ตารางที่ 10

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
5.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	220.56	1.6660
5.2.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	256.07	1.7034
5.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	276.64	1.7314

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าค่าสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : กรณีที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้าให้คำนวณคิดเงินเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงซึ่งมิได้วัดรวม

ประเภทที่ 5.1 เป็นอัตราบังคับและ 5.2 สำหรับผู้ที่ยังไม่ได้มิเตอร์ TOU

เดือนใดที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 30 kW ค่าไฟยังคงคำนวณอัตรา หากความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 30 kW ติดต่อกัน 12 เดือน และในเดือนถัดไปยังไม่ถึงอีกให้เปลี่ยนมาคิดค่าไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 2.1

ประเภทที่ 6. ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

สำหรับการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ หน่วยงาน ตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ซึ่งมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน รวมถึงองค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการแต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทนแต่ไม่รวมหน่วยงานของรัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

6.1 อัตราปกติ

ตารางที่ 11

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
5.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	1.9712	228.17
5.2.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	2.1412	228.17
5.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์		
10 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 – 10)	1.3576	20.00
เกิน 10 หน่วยขึ้นไป	2.4482	

6.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate :TOU)

ตารางที่ 12

	ค่าความต้องการ พลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
		On Peak	Off Peak	
6.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
6.2.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914	228.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 (ต่อ)

6.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246	228.17
On Peak : วันจันทร์- วันศุกร์ 09.00 – 22.00 น.				
Off Peak: วันจันทร์-วันศุกร์ 22.01– 09.00น.เสาร์,อาทิตย์และวันหยุดราชการทั้งวัน(ไม่รวมวันหยุดชดเชย)				

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน

หมายเหตุ : วัด สถานประกอบศาสนกิจที่คิดอัตราประเภทบ้านที่อยู่อาศัย หากมีการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 350 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภท 6.1 และเมื่อมีการใช้ไฟฟ้าไม่ถึง 350 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน เดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1 กรณีที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้าให้คำนวณคิดเงินเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงซึ่งมิได้วัดรวม

ประเภทที่ 6.2 เป็นอัตราเลือกเมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 6.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่การไฟฟ้ากำหนด

ประเภทที่ 7. สูบน้ำเพื่อการเกษตร

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยราชการ สหกรณ์เพื่อการเกษตร กลุ่มเกษตรกรที่จดทะเบียนตั้งกลุ่มเกษตรกรโดยต่อผ่านเครื่องวัดเพียงเครื่องเดียว

7.1 อัตราปกติ

ตารางที่ 13

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
100 หน่วยแรก(หน่วยที่ 0 – 100)	0.6452	115.16
เกิน100 หน่วยขึ้นไป(หน่วยที่ 101 เป็นต้นไป)	1.7968	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate :TOU)

ตารางที่ 14

	ค่าความต้องการ พลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
		On Peak	Off Peak	
7.2.1 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
7.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246	228.17
On Peak : วันจันทร์-วันศุกร์ 09.00 – 22.00 น.				
Off Peak: วันจันทร์-วันศุกร์ 22.01– 09.00น. เสาร์,อาทิตย์และวันหยุดราชการทั้งวัน(ไม่รวมวันหยุดชดเชย)				

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน

หมายเหตุ : กรณีที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางค่านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้าให้คำนวณคิดเงินเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงซึ่งมิได้วัดรวมประเภทที่ 7.2 เป็นอัตราเลือกเมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 7.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่การไฟฟ้ากำหนด

ประเภทที่ 8. ไฟฟ้าชั่วคราว

สำหรับการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ และ เอกชน เพื่องานก่อสร้าง จัดงานขึ้นเป็นกรณีพิเศษชั่วคราว สถานที่ที่ไม่มีทะเบียนบ้านของสำนักงานทะเบียนส่วนท้องถิ่น และการใช้ไฟฟ้าที่ยังปฏิบัติไม่ถูกต้องตามระเบียบของการไฟฟ้า โดยต่อผ่านเครื่องวัดเพียงเครื่องเดียว

ค่าพลังงานไฟฟ้า (ทุกระดับแรงดัน) หน่วยละ 4.3093 บาท

หมายเหตุ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้อัตราประเภทนี้ หากมีความประสงค์จะเปลี่ยนแปลงการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างอื่นหรือการไฟฟ้าตรวจพบที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างอื่นแล้ว เช่น เพื่อประกอบธุรกิจ หรืออุตสาหกรรม หรือบ้านอยู่อาศัย และ ฯลฯ จะต้องยื่นคำร้องขอให้ไฟฟ้าถาวรต่อการไฟฟ้า ในท้องถิ่นนั้นพร้อมกับเดินสาย และติดตั้งอุปกรณ์ภายในให้เรียบร้อยถูกต้องตามมาตรฐาน และชำระเงินค่าธรรมเนียมการใช้ไฟฟ้าแบบถาวรให้ครบถ้วนตามหลักเกณฑ์ของการไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ขณะศึกษา

- 1) ศรายุทธ์ ชุนณรงค์, จุมพล ดีทะเนตร์, รศ. ประภาส อุดคคิมาพันธุ์, รศ. ไสว พงศ์สวัสดิ์ 2550, “การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด” หน้า 45-53. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 สาขาสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมศาสตร์ กรุงเทพฯ :



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เชื่องไขว้โรภาสเฉลิมฉลองพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว
มีพระชนมายุครบ ๘๐ พรรษา

เรื่องประชุมประจำปีทางวิชาการ ครั้งที่ ๔๕ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The Proceeding of 45th Kasetsart University Annual Conference

เล่มที่ ๖
คณะศึกษาศาสตร์ สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์
(Subject: Architecture and Engineering)
สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
(Subject: Natural Resources and Environment)



“เกษตรพอเพียง”

โครงการในพระราชดำริ

“Self-sufficient Agriculture: Projects Initiated by His Majesty the King”





สารบัญ

สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

(Subject: Architecture and Engineering)

ภาคบรรยาย (Oral Presentation)

1.	สถ.วศ.3/06	การทดสอบสมรรถนะที่ทำงานของเครื่องทำความเย็นตามมาตรฐาน CTI3 Field Performance Testing of Cooling Tower by CTI (Bulletin ATP105 and Form ATP-107R) โดย มนต์วี พิรุณเกษร และสันติ สักขิตานนท์	3
2.	สถ.วศ.6/07	A Novel Route to Perovskite Lead Zirconate Titanate from Lead Glycolate, Sodium Tris (glycozirconate), and Titanium Glycolate via Sol-gel Process.....12 By N. Tangboriboon, A. Jamleson, A. Sirivat and S. Wongkasemjit	12
3.	สถ.วศ.7/011	Thermal Comfort of High-Land People During Cool Season.....22 By Kitchai Jitkhajornwanich	22
4.	สถ.วศ.9/019	การปรับปรุงการใช้เชื้อเพลิงในโรงงานผลิตปุ๋ยขนาดเล็กด้วย Downdraft Gasifier30 Improvement of Fuel Utilization in a Small Fertilizer Manufacturer Using a Downdraft Gasifier โดย รัตนะ เลहनวิษ และวิชัย ศิวะโกศิษฏ์	30
5.	สถ.วศ.10/020	Lightweight Geomaterials for Bridge Approach Utilization on Soft Ground Area.....37 By Tawatchai Tanchaisawat, D.T. Bergado, and Taweesak Kanjananank	37
6.	สถ.วศ.14/036	การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด.....45 The Technique for Reducing Electrical Consumption in Building by Temperature Control on Peak Demand Matching โดย -ศราภรณ์ รามณรงค์ สมทศ ศิวะเนตร ประภาส อุดคึกภิกามพันธ์ และไสว พงศ์สวัสดิ์	45
7.	สถ.วศ.16/043	การจำลองแบบการตอบสนองเชิงอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าขนาดเล็กโดยไม่ต้องใช้สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน.....54 A Simulation of Temperature Responses of a Small Electrical Oven without Using Thermal Emissive Coefficients โดย วุฒิชัย วัชรโคมประเสริฐ และวิชัย ศิวะโกศิษฏ์	54
8.	สถ.วศ.17/045	การศึกษานาเวคกวดในการจำลองค่าความหนาแน่นด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข62 Grid Refinement Study of Numerical Simulation of Axisymmetric Fire Plume โดย -ณัฐศักดิ์ มงคล	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสม
กับค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

The Technique for Reducing Electrical Consumption in Building By Temperature
Control on Peak Demand Matching

ศรายุทธ์ ขุนณรงค์, จุมพล ดีตะเนตร, รศ. ประภาพร อุคคกิมัพพ, รศ. ไสว พงศ์สวัสดิ์

Sarayut Kunnarong, Jumpon Deetaneat, Assoc.Prof. Prapart Ukakimapum, Assoc.Prof. Sawai Pongswatd

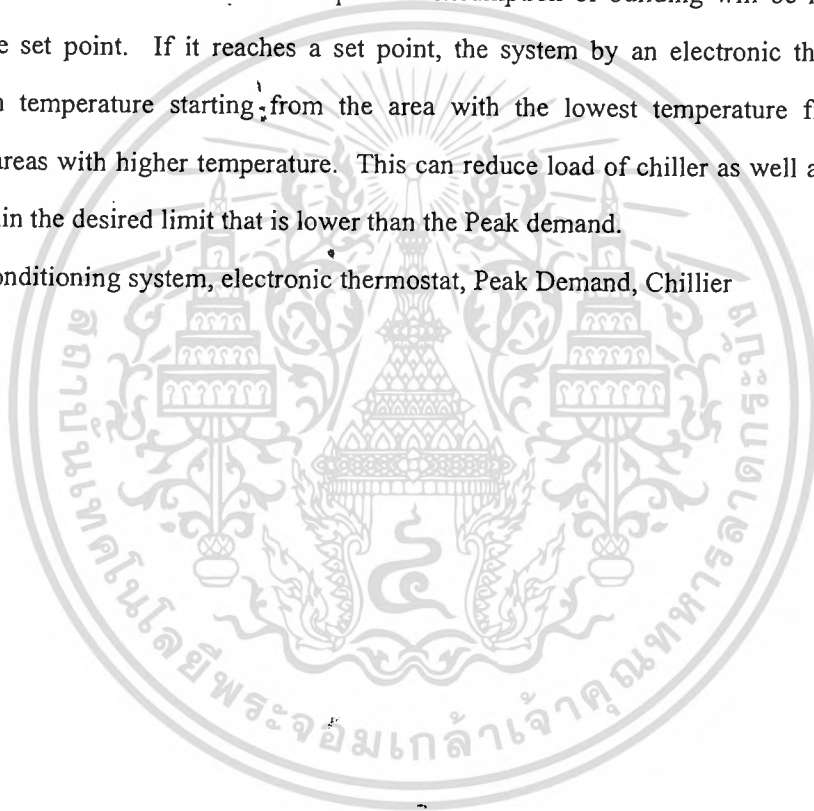
บทคัดย่อ

ปัจจุบันอาคารสำนักงานต่างๆ ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศ จะมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นและราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยก็สูงขึ้น ตามปัจจัยราคาน้ำมัน ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานจึงถือเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยลดต้นทุนเกี่ยวกับค่าพลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ จากการสำรวจพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอาคารร้อยละ 55-65^[2] ถูกใช้สำหรับระบบปรับอากาศ ซึ่งหากสามารถควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพก็สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ บทความฉบับนี้จึงนำเสนอเทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยการควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด(Peak Demand) ของอาคาร โดยการตรวจวัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร ซึ่งหากพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่าจุดที่กำหนด (Set Point) ระบบจะทำการปรับลดการทำงานของระบบปรับอากาศ โดยเริ่มจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำสุดก่อน แล้วทยอยปรับพื้นที่อื่นถัดไปตามลำดับ ตามช่วงอุณหภูมิที่กำหนด เพื่อให้ระบบปรับอากาศลดภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงและอยู่ในระดับที่กำหนดที่ไม่เกินค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าลงได้

ABSTRACT

Now a days, electricity costs of air-conditioning building increases enormously due to increasing in the amount of usage and unit costs resulting from higher fuel price. As a result, an efficient control of electrical power consumption should be established to conserve and save energy as well as costs. The electricity costs of using air conditioner can be counted for about 55-65% of all electrical power consumption in a building. If we can efficiently control the air conditioning system, the amount of usage as well as the total costs can be reduced. This paper proposes the technique of energy conservation in building by controlling the electrical power consumption from air conditioners according to the Peak demand. The electrical power consumption of building will be measured and compared with the set point. If it reaches a set point, the system by an electronic thermostat will increase the room temperature starting from the area with the lowest temperature first and then continuing to the areas with higher temperature. This can reduce load of chiller as well as the amount of usage to be within the desired limit that is lower than the Peak demand.

Key Words: air conditioning system, electronic thermostat, Peak Demand, Chiller



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เป็นค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งที่ทางผู้ใช้ไฟฟ้าต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้าซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ที่ 20–30 % ของค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ดังนั้นการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดให้อยู่ในค่าที่เหมาะสม ถือเป็นการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี การควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด โดยทั่วไปจะใช้วิธีการตรวจวัดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดจากระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าหลักของอาคาร แล้วอาศัยการปิดภาระทางไฟฟ้าภายในอาคารลงซึ่งการทำงานในลักษณะดังกล่าวจะมีผลกระทบต่อผู้ที่อยู่อาศัยในอาคาร ไม่ว่าจะเป็นการทำงาน ของระบบที่ผิดพลาดหรือผู้ใช้งานได้รับผลกระทบโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานของระบบ ระบบปรับอากาศ เนื่องจากการเปิด-ปิด ระบบปรับอากาศภายในอาคารบ่อยๆ จะมีผลให้สภาวะอากาศ ในอาคารเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งไม่เหมาะกับการอยู่อาศัย ประเด็นที่น่าสนใจคือ ทำอย่างไรที่จะควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของอาคารให้อยู่ในช่วงที่ต่ำและเหมาะสมที่สุด โดยไม่มีผลกระทบต่อระบบและผู้ใช้งาน ซึ่งถือเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการบริหารจัดการงานระบบวิศวกรรม อาคารสูง รวมถึงการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร โดยมุ่งเน้นไปที่ระบบปรับอากาศ เป็นระบบที่ให้ผลดีอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นระบบที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดและมีผลกระทบต่อระบบวิศวกรรมของอาคารสูงโดยรวมน้อยที่สุด สำหรับบทความนี้ได้ทำการทดลองกับระบบปรับอากาศในอาคาร โรงพยาบาล บริเวณพื้นที่ ที่มีความละเอียดอ่อนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น

การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

เมื่อเราพิจารณาถึงหลักการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศแล้ว เราสามารถดำเนินการ ได้หลายประการด้วยกันแต่ประเด็นที่ค่อนข้างจะครอบคลุมรายละเอียด ของการลดค่าพลังงานของระบบปรับอากาศมีอยู่ 2 วิธีหลัก ๆ ดังนี้

3. การควบคุมความดันด้านคอนเดนเซอร์ให้ต่ำที่สุด
4. การควบคุมความดันด้านอีวาโปเรเตอร์ให้สูงที่สุด

ซึ่งในวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้จะนำเอาหลักการ การควบคุมความดันด้านอีวาโปเรเตอร์ให้สูงที่สุด มาปรับระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ซึ่งผู้ทำการวิจัยตั้งสมมุติฐานความเป็นไปได้หรือผลที่จะได้รับ ก็คือ

1. สามารถควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ของอาคารให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้
2. สามารถลดค่าพลังงาน ไฟฟ้า(Unit Charge) ของระบบได้
3. สามารถรักษาระดับความเย็นในอาคารให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้

การควบคุมความดันด้านอีวาโปเรเตอร์ให้สูงที่สุดหรือการเพิ่มความดันระเหยของสารทำความเย็นทำได้โดย การเพิ่มอุณหภูมิของสารทำความเย็นให้สูงที่สุด ด้วยการปรับตั้งเทอร์โมสแตทไว้ที่ค่าอุณหภูมิ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งจะส่งผลให้ผลต่างของความดันที่ตกคร่อมเครื่องอัดไฮดรอลิก ความดันด้านสูง(คอนเดนเซอร์)ลบความดันด้านต่ำ(อีวาโปเรเตอร์)ลดลงส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเครื่องอัดไฮดรอลิก ในวัฏจักรการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ เมื่ออุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ไหลเข้าอีวาโปเรเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้เครื่องอัดไฮดรอลิกทำความเย็นโดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงเนื่องจากผลต่างความดันของวงจรสารทำความเย็น ในวัฏจักรการทำความเย็นน้อยลง วิธีการปรับตั้งอุณหภูมิด้านความดันต่ำให้สูงขึ้นนี้ โดยทั่วไปในแต่ละวันภาระการปรับอากาศจะไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกและภายใน ซึ่งโดยทั่วไปภาระปรับอากาศสูงสุด จะอยู่ในช่วงเวลา 10.00-12.00 น. ในตอนเช้า และช่วง 15.00 – 16.00 น. ในตอนบ่าย

วิธีการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของระบบจะทำให้เครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง โดยดำเนินการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น หรือปรับตั้งเทอร์โมสแตทของเครื่องส่งลมเย็นให้สูงขึ้นจากค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งโดยปกติจะตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกไว้ที่ 44-45 องศาฟาเรนไฮต์สำหรับเครื่องทำน้ำเย็น และ 75-77 องศาฟาเรนไฮต์สำหรับเครื่องส่งลมเย็น โดยไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าตามภาระการทำความเย็น ซึ่งหากเราสามารถควบคุมและปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์จะสามารถประหยัดพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นได้ 5-7 เปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบของค่าไฟฟ้า

เพื่อให้เข้าใจถึง โครงสร้างของค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าเรียกเก็บจากผู้รับบริการ เราสามารถอธิบายรายละเอียดขององค์ประกอบของค่าไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้

1.ค่าพลังงานไฟฟ้า (Unit Charge) คือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งค่าไฟฟ้า 1 หน่วยคือการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 kW เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge) คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นkWเฉลี่ยใน15นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของkWถ้าไม่ถึง 0.5 kWตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 kWขึ้นไปคิดเป็น 1 kW

3.ค่าต้นทุนแปรผัน (Fuel Adjustment Cost: Ft) คือค่าที่ใช้ในการปรับอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติมีค่าเป็นสตางค์ต่อหน่วย ใช้สำหรับปรับค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายในส่วนที่อยู่นอกเหนือการควบคุมการไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน เช่น ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า

4.ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำกว่า 0.85 ในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอกตีฟเฉลี่ย 15 นาที ที่สูงที่สุดเมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่า 63 % ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าแอกตีฟ 15 นาที ที่สูงที่สุดเมื่อคิดเป็นkWแล้วในส่วนที่เกินจะคิดเป็นค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต้องเสียค่าปรับในรอบเดือนนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาและทดลองใช้เทคนิคลดค่าพลังงานไฟฟ้า โดยการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในอาคารโรงพยาบาลวิภาวดีที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและระบบควบคุมระบบปรับอากาศตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็นขนาด (Chiller) 350 ตันความเย็น 1 ชุด ใช้กำลังไฟฟ้า 280 kW อุณหภูมิของน้ำเย็นเข้าออก 55, 45 องศาฟาเรนไฮต์ตามลำดับ
2. เครื่องส่งลมเย็น 14 ชุด ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้จากห้องควบคุมหลัก รวมพิกัดความเย็นได้ 210 ตันความเย็น

ลำดับ	รหัส	พื้นที่ใช้งาน	ขนาดพิกัดความเย็น	เวลาเปิดใช้งาน
1	AHU. B1	ครัว	180,000 BTU (15 Ton)	05.00 -18.00 น.
2	AHU. G1	OPD. ชั้น G	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
3	AHU. 2.1	OPD. ชั้น 2	180,000 BTU(15 Ton)	8.00 – 22.00 น.
4	AHU. 4.1	สำนักงาน	180,000 BTU(15 Ton)	8.00 – 17.00 น.
5	AHU. 4.2	สำนักงาน	180,000 BTU(15 Ton)	8.00 – 17.00 น.
6	AHU. 10	โถงชั้น 10	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
7	AHU. 11	โถงชั้น 11	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
8	AHU. 12	โถงชั้น 12	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
9	AHU. 13	โถงชั้น 13	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
10	AHU. 14	โถงชั้น 14	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
11	AHU. 15	โถงชั้น 15	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
12	AHU. 16	โถงชั้น 16	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
13	AHU. 17	โถงชั้น 17	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง
14	AHU. 18	โถงชั้น 18	180,000 BTU(15 Ton)	24 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเครื่องส่งลมเย็นที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) ขนาด 400 ตันความเย็น ใช้พลังงานไฟฟ้า 15 kW อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าออก 90 ,100 องศาฟาเรนไฮต์ ตามลำดับ
4. เครื่องสูบน้ำระบบน้ำเย็น (Chilled Pump)ขนาด 30 kW อัตราการไหล 792 แกลลอนต่อนาที
5. เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Pump) ขนาด 30 kW อัตราการไหล 990 แกลลอนต่อนาที

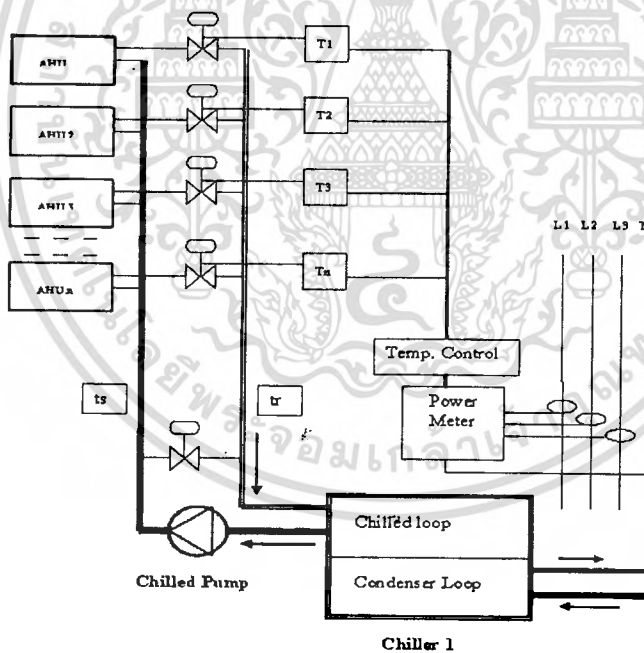
6. ระบบตรวจวัดค่าพลังงานและตัวแปรต่าง ๆ ทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

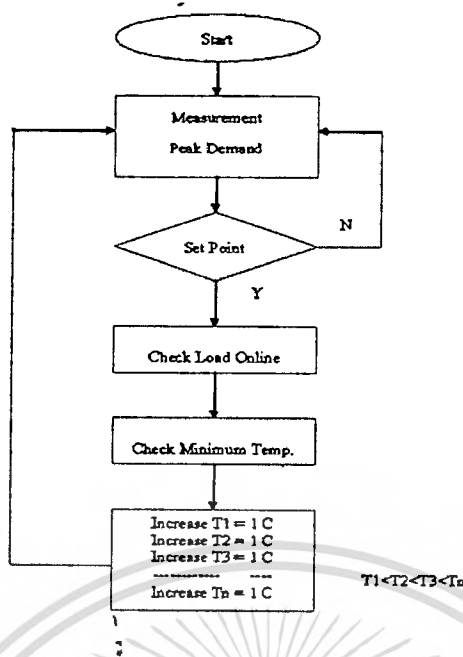
7. ระบบควบคุมกลางสำหรับควบคุมอุณหภูมิเครื่องส่งลมเย็น

วิธีการควบคุมระบบปรับอากาศในวิทยานิพนธ์นี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 จากรูปจะมีการตรวจวัดค่าความต้องการไฟฟ้า โดยระบบตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าหลักของอาคารด้วยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) เพื่อให้รู้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในขณะนั้น แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดที่กำหนด ก่อนนำข้อมูลให้ชุดควบคุมอุณหภูมิจากส่วนกลาง เพื่อทำการปรับเพิ่มอุณหภูมิชุดควบคุมอุณหภูมิลittleทรอนิกส์ T1, T2, T3,...,Tn ของชุดเครื่องส่งลมเย็น AHU.1, AHU.2, AHU3,...,AHU.n ตามความเหมาะสม จากนั้นชุดควบคุมอุณหภูมิลittleทรอนิกส์จะทำการหริ้วาล์วควบคุมน้ำเย็นลงเพื่อลดปริมาณน้ำเย็นให้เข้าเครื่องส่งลมเย็นน้อยลง โดยไม่มีการปิดระบบตาม โพล์ซาร์ตรูปที่ 2 สิ่งที่ได้จากการทำงานดังกล่าวคือ

5. ชุดจ่ายลมเย็นยังคงทำงานเหมือนเดิม
6. ความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น ($T_2 - T_1$) ลดลง
7. ความแตกต่างของแรงดันในระบบน้ำเย็น ($P_2 - P_1$) มีค่าเพิ่มขึ้น
8. ภาระโหลดของเครื่องทำน้ำเย็น ลดลง (กินกระแสไฟฟ้าน้อยลง)



รูปที่ 1 แสดงระบบการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับ ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด



รูปที่ 2 แสดง โฟลว์ชาร์ต การทำงานโดยรวมของระบบ

ผลการวิจัย

การเปรียบเทียบกับระบบเดิมที่มีอยู่

ก่อนการติดตั้งระบบการควบคุมระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลวิภาวดี ระบบเดิมจะมีการควบคุมอุณหภูมิ 2 จุด คือ

1. การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น
2. การปรับเพิ่มอุณหภูมิของชุด เครื่องส่งลมเย็น ซึ่งต้องปรับตามจุดติดตั้ง เครื่องส่งลมเย็น

ซึ่งการทำงานในลักษณะดังกล่าวจะพบปัญหาคือไม่สามารถควบคุมให้เหมาะสมกับค่า ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด รวมถึงผู้ควบคุมไม่สามารถทราบอุณหภูมิตามพื้นที่ต่าง ๆ ได้

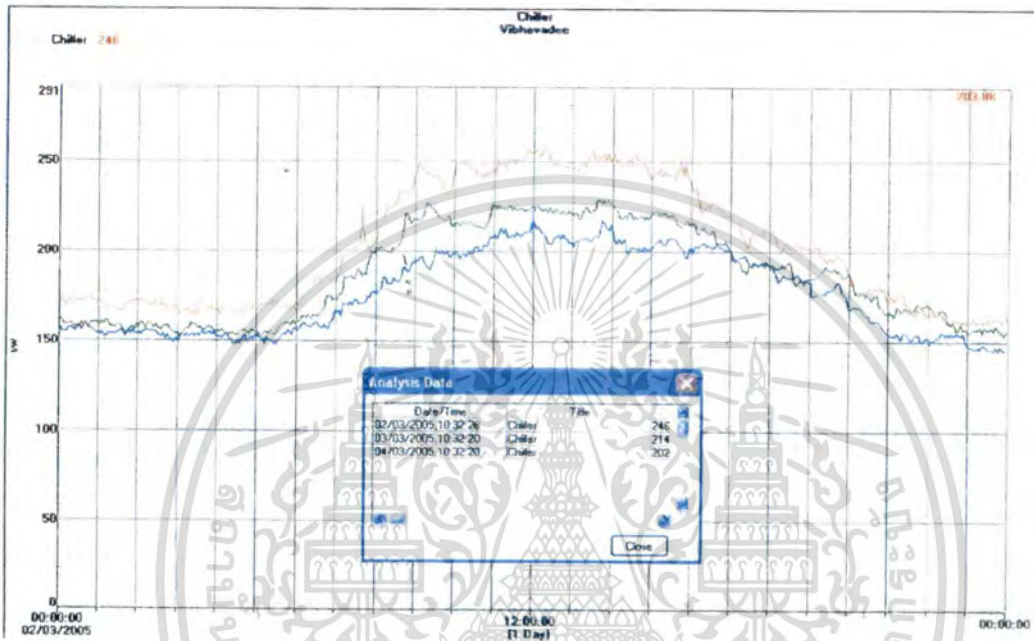
หลังจากการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องส่งลมเย็นจากส่วนกลางและระบบแสดงผลค่าไฟฟ้า โรงพยาบาล ฯ ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศและทราบค่าอุณหภูมิตามพื้นที่ต่าง ๆ ได้ ทำให้ผู้ควบคุมสามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการใช้งานและค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดได้เป็นอย่างดี

กราฟรูปที่ 3 และตารางที่ 2 แสดงค่าความต้องการไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องส่งลมเย็น ขนาด 180,000 BTU. 14 ชุดภายในอาคารให้สูงขึ้นเปรียบเทียบกับ 3 วัน โดยเลือกเอาข้อมูลซึ่งเป็นวันที่มีอุณหภูมิภายนอกอาคารใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยปรับระดับของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นวันละ 1 องศาฟาเรนไฮต์ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ส่งผลให้วาล์วควบคุมน้ำเย็นทำงานลดเปอร์เซ็นต์การเปิดของลงอย่างทันทีทันใด จะเห็นได้ว่าค่า ความต้องการไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นลดลงรวมถึงค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดก็ลดลงจาก 203 ,191, 185 ตามลำดับ อีกทั้งหน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อวันของเครื่องทำ น้ำเย็น ก็ลดลงเช่นกัน เมื่อทำการคิดค่าไฟฟ้าที่ลดลงในการใช้งานระบบดังกล่าวแล้วแสดงได้ดังนี้ ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

On PEAK (203-185)	=	18	kW.	=	5,130	บาท
Partial PEAK (253-185)	=	68	kW	=	4,003.84	บาท
Unit Charge (4,874-4,245)=		629 x 30		=	18,870 x 1.7034	
				=	32,143	บาท

หมายเหตุ โรงพยาบาลวิภาวดี จ่ายอัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ที่แรงดัน 22 – 33 KV.



รูปที่ 3 กราฟที่ได้จากการวัดค่าความต้องการไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น

TOD Daily Summary :Chiller For Mar 2005

Date	Energy(kWH)				Maximum Demand(kW)		
	Off Peak	Partial Peak	On Peak	Total	Off Peak	Partial Peak	On Peak
1Mar (Tue)	1,747	2,534	606	4,887	99.129	252.449	220.61
2Mar (Wed)	1,805	2,503	566	4,874	203.634	253.628	03.321
3Mar (Thu)	1,663	2,253	540	4,456	186.892	227.592	91.195
4 Mar (Fri)	1,625	2,108	512	4,245	170.76	211.405	85.62
5 Mar (Sat)	1438	1597	426	3,461	149.44	157.324	53.522
6Mar (Sun)	960	1520	312	2,792	122.674	148.788	41.025
TOTAL	9,238	12,515	2,962	24,715	203.634	253.628	20.61

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดค่าไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเก็บข้อมูลในส่วนของผลต่างอุณหภูมิของน้ำเย็นด้านอีวาโปเรเตอร์ของ เครื่องทำน้ำเย็น เพื่อทำการหาค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตามสมการ

$$TR = [GPM * (T2-T1)] / 24$$

โดยที่

TR แทนค่า ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (ตันความเย็น)

GPM แทนค่า อัตราการไหลของน้ำเย็น (แกลลอนต่ออนาที)

โดยการทดลองปรับตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดจ่ายลมเย็น เป็น 5 กรณีคือ

กรณีที่ 1 ตั้งค่าเทอร์โมสแตทของลมเย็นทั้ง 14 ชุดที่ 77 องศาฟาเรนไฮด์

กรณีที่ 2 ตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดส่งลมเย็น 5 ชุดที่ 78.8 องศาฟาเรนไฮด์ อีก 9 ชุดเป็น 77 องศาฟาเรนไฮด์

กรณีที่ 3 ตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดส่งลมเย็น 10 ชุดที่ 78.8 องศาฟาเรนไฮด์อีก 4 ชุดเป็น 77 องศาฟาเรนไฮด์

กรณีที่ 4 ตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดส่งลมเย็นทั้ง 14 ชุด ที่ 78.8 องศาฟาเรนไฮด์

กรณีที่ 5 ตั้งค่าเทอร์โมสแตทของชุดส่งลมเย็นทั้ง 14 ชุด ที่ 80.6ฟาเรนไฮด์

จากการทดลองพบว่าค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นลดลงตามตารางที่ 3 ซึ่งหมายถึงค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าก็ลดลงนั่นเอง

กรณี ทดลอง	Chilled Water Supply (องศาฟาเรนไฮด์)	Chilled Water Return (องศาฟาเรนไฮด์)	Power Consumption (kW)	Load Operation Chiller
กรณีที่ 1	45	54.0	222	290
กรณีที่ 2	45	53.6	220	277
กรณีที่ 3	45	53.2	216	264
กรณีที่ 4	45	53.1	208	261
กรณีที่ 5	45	52.7	200	248

ตารางที่ 3 แสดงภาระการทำงานเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อตั้งค่าเทอร์โมสแตทชุดจ่ายลมเย็นที่สถานะต่าง ๆ

วิจารณ์

การควบคุมอุณหภูมิของระบบปรับอากาศ โดยการปรับอุณหภูมิของชุดเทอร์โมสแตทขึ้นครั้งละ 1.8 องศาฟาเรนไฮด์เป็นค่าที่หยาบเกินไปสำหรับการเก็บข้อมูล แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของชุดควบคุมการจ่ายน้ำเย็นเข้าเครื่องส่งลมเย็น การปรับอุณหภูมิให้ละเอียดกว่านี้มีผลทำให้การตอบสนองของวาล์วควบคุมทำงานได้ช้าเกินไป นอกจากนั้นการทำงานของระบบที่ทำการทดลองระบบจะทำงานได้ดีในกรณีที่วาล์วควบคุมและชุดเทอร์โมสแตทเป็นแบบ Proportional Control ส่วนในกรณีของระบบควบคุมที่เป็นไมโครกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ 2 สถานะ (On-Off Control) การควบคุมอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศจะเปลี่ยนแปลงสูงในช่วงแรก ทั้งนี้เพื่อให้การวิเคราะห์ผลของการทำงานเรื่องการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารโดยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับ ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดควรมีการพัฒนาให้ระบบมีการเชื่อมต่อกันอย่างสมบูรณ์แบบ

สรุป

บทความนี้เป็นการนำเสนอรูปแบบการจัดการพลังงานในอาคารขนาดใหญ่ โดยมุ่งเน้นไปที่ระบบปรับอากาศซึ่งเป็นระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด โดยเทคนิคดังกล่าวคือการเพิ่มความดันด้านฮีวปอเรชั่นนั่นเอง โดยอาศัยการควบคุมอุณหภูมิของเทอร์โมสแตทของชุดส่งลมเย็นซึ่งจากการทดลองพบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานภายในอาคารได้ 2 อย่างคือ

3. ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge)
4. ค่าพลังงานไฟฟ้า (Unit Charge)

การควบคุมด้วยวิธีการข้างต้น นอกจากสามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารได้แล้ว อุณหภูมิของระบบปรับอากาศยังสามารถควบคุมได้โดยไม่กระทบผู้อยู่อาศัยภายในอาคารแต่อย่างใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบปรับอากาศในส่วนพื้นที่ซึ่งมีความละเอียดอ่อนและต้องการควบคุมอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพสูง เช่นแผนกผ่าตัด ,แผนกผู้ป่วยหนัก เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ผศ.สุรพล พฤษพานิช . 2529 “การปรับอากาศ” ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [2] วิษระ มั่งวิฑิตกุล “กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงาน” ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2544
- [3] ศุภชัย ปัญญาวิรี “การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ” รวบรวมความจากวารสารเทคนิคบริษัท เอ็นแอนด์อี จำกัด พ.ศ. 2546
- [4] เอกสารการฝึกอบรม “การควบคุมเครื่องปรับอากาศ” กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- [5] เอกสารการฝึกอบรม “การจัดการพลังงานไฟฟ้า” กองฝึกอบรมกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- [6] คู่มือการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ “การวิเคราะห์การพลังงานในอาคาร” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายศรายุทธ์ ชุนณรงค์
 วัน เดือน ปีเกิด 16 กรกฎาคม 2519 จังหวัด พัทลุง
 ที่อยู่ 98/171 หมู่บ้าน พฤษภรณ์ดา ตำบล บางแม่นาง อำเภอ บางใหญ่
 จังหวัด นนทบุรี

ประวัติการศึกษา

2544 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ประวัติการทำงานและผลวิทยานิพนธ์

2544 – 2546 - วิศวกร โครงการ บริษัท วิภาวดี คอลล์เซ็นเตอร์ จำกัด
 - อาจารย์พิเศษ โรงเรียนจ่าอากาศ กองทัพอากาศ

2546 – 2548 วิศวกรที่ปรึกษา บริษัท ไทย คลินิก วิศวกรรม จำกัด

2546 – 2548 ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม โรงพยาบาล ไทยนครินทร์ จำกัด(มหาชน)

2548 - 2550 ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม บริษัท อินโนเวชั่น เทคโนโลยี จำกัด
 ที่ปรึกษา โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับ
 อาคารโรงพยาบาล กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ
 อนุรักษ์พลังงาน

2548 - 2550 ผู้จัดการทั่วไป บริษัท อินโนเวชั่น เทคโนโลยี จำกัด

2549 นำเสนอผลวิทยานิพนธ์การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์
 ครั้งที่ 45 กรุงเทพมหานคร
 - การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยเทคนิคการปรับอุณหภูมิระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
 - The Technique for Reducing Electrical Consumption in Building By
 Temperature control on PEAK Demand Matching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้