การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่
กรณีศึกษา: อาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า

ธนิต คล้ายอุทัย

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2557

The Study of Mega Air-Conditioning System for Energy Saving

Case Study of the Rama Nine Hospital Building

Tanit KlaiUtai

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Engineering Management

Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

2014

ไม่มีเอกสารจากต้นฉบับ
หน้า ใบรับรองสารนิพนธ์

หัวข้อสารนิพนธ์ การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ กรณีศึกษาอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า
ชื่อผู้เขียน ธนิต คล้ายอุทัย
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและลดความสูญเสียของพลังงานในระบบปรับอากาศ โดยทำการแบ่งศึกษามาตรการประหยัดพลังงานเป็นสองแนวทางเป็นดังนี้มาตรการแรกที่ไม่ต้องทำการลงทุนเพิ่ม ได้แก่ การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น กำหนดเวลาเปิด-ปิด เครื่องส่งลมเย็น แนวทางที่สองคือมาตรการด้านที่ต้องมีการลงทุน ได้แก่ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น ประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องเดิม

จากการศึกษาพบว่า มาตรการที่ไม่มีการลงทุน ได้แก่ มาตรการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มขึ้น 1 °F สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 96,175 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลง 384,701 บาท/ปี หรือลดลง 4.6 % และมาตรการกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) บริเวณโถง OPD สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 40,565 kWh/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลง 162,259 บาท/ปี หรือลดลง 22.05 % และมาตรการที่ต้องมีการลงทุน ได้แก่ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องเดิม สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 194,544 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลง 778,176 บาท/ปี หรือลดลง 25.23 % ด้านมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) พบว่าการปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ จะมีต้นทุนต่ำกว่าแบบที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น โดยเมื่อครบอายุโครงการปีที่ 10 จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิต่ำกว่า 4,787,660 บาท คิดเป็น 16.84 % โดยที่การปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ จะมีจุดคุ้มทุน อยู่ที่ 4.7 ปี ซึ่งต่ำกว่าอายุโครงการคือ 10 ปี

คำสำคัญ : การประหยัดพลังงาน / การประหยัดพลังงานด้านระบบปรับอากาศ / เครื่องทำน้ำเย็น

Thematic Paper Title	The Study of Mega Air-Conditioning System for Energy Saving Case Study of the Rama Nine Hospital Building
Author	Tanit Klayuthai
Thematic Paper Advisor	Asst.Prof. Suparatchai Vorarat, Ph.D.
Department	Engineering Management
Academic Year	2013

ABSTRACT

The objective of this research is to study the power loss of air-condition by divided the energy saving measure into two options. The first option without any investment is to adjust the water temperature of the chiller machine including to reset the switch on/off time of the air handling unit (AHU). The second option with investment is to install the high quality of the new chiller machine by replacing the previous unit.

The result of this study shows that the first option by increasing water temperature higher at 1 °F of the chiller help decreasing the power loss at 96,175 kWh per annum, and the energy cost has decreased to 384,701 baht per annum or called as 4.6 percent. For the resetting the switch on/off time of the air handling unit (AHU) at OPD hall can reduce the power loss at 40,565 kWh per annum, and the energy cost has decreased to 162,259 baht per annum or called as 22.05 percent. Referring to the second option with the investment to install the high quality of the chiller machine help reducing the energy loss at 194,544 kWh per annum, and the electrical cost has decreased to 778,176 baht per annum or called as 25.23 percent. For the net present value, this research shows that the replacement of new chiller machine will spend the lower cost than uninstallation in this case. Finally, the project period is at 10 years and the net present value is lower than 4,787,660 baht, or called as 16.84 percent. Since the breakeven point after changing the new chiller will be at 4.7 years, which is shorter than the calculated project period at 10 years.

Key word: electrical energy saving, air-conditioning energy saving, water chiller

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ เรื่อง “การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ กรณีศึกษาอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า” ได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภรัชชัย วรรัตน์ ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ และอาจารย์ ประยุทธ์ ฤทธิเดช ผู้ช่วยที่ปรึกษาสารนิพนธ์ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้แนวคิดและคำแนะนำ ให้ความรู้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาของการวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานสารนิพนธ์

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์แผนกระบบงานวิศวกรรมของโรงพยาบาลพระรามเก้าที่ได้ช่วยในการตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลของการทำงานของระบบปรับอากาศ พร้อมทั้งให้ความรู้ จึงทำให้สารนิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ประโยชน์อันใดที่เกิดจากสารนิพนธ์ เป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านดังกล่าว

ธนิต คล้ายอุทัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย..	ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ...	ง
กิตติกรรมประกาศ...	จ
สารบัญตาราง..	ซ
สารบัญรูป..	ญ
รายการสัญลักษณ์..	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา...	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ...	4
1.5 แผนการดำเนินงาน...	4
2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง...	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..	26
3. ระเบียบวิธีศึกษา	
3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา..	30
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล...........................	40
3.3 เก็บรวบรวมข้อมูล...	44
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล...	45
4. ผลการศึกษา	
4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของระบบปรับอากาศ..	47
4.2 ผลการศึกษา...	49
4.3 การประหยัดพลังงานด้านไฟฟ้า...	55

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการศึกษา…………………………………………………………	63
5.2 อภิปรายผล..………………………………………………………………..	67
5.3 ข้อเสนอแนะ……………………………………………………………...	67
บรรณานุกรม…………………………………………………………………………..	69
ภาคผนวก……………………………………………………………………………...	72
ประวัติผู้เขียน……………………………………………………………………….	117

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพยาบาลพระรามเก้า ปี 2554 และปี 2555 2
1.2 แผนการดำเนินงาน………………………………………………….…….…… 4
2.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ในอาคารประเภทต่าง ๆ แยกตามระบบ……...… 6
2.2 การเลือกใช้ระบบปรับอากาศ…………………………………………..……..… 11
2.2 การเลือกใช้ระบบปรับอากาศ (ต่อ)……………………………………….…. 12
2.3 สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ ……………….….…... 13
2.4 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของ
เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก……………………………………………………..… 21
2.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำความเย็น (Chiller)……….…… 21
2.6 ร้อยละผลประหยัดของมาตรการที่ไม่มีการลงทุนในระบบปรับอากาศ……..… 22
2.7 ร้อยละผลประหยัดของมาตรการที่มีการลงทุนในระบบปรับอากาศ…………... 22
3.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า ระหว่างปี 2550–2555 33
3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า
เปรียบเทียบปี 2554 -2555……………………………………………………… 34
4.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)……………………...…. 49
4.2 ชั่วโมงการใช้งานเครื่องตามเงื่อนไขของโรงพยาบาล (ชั่วโมง/ปี)…………..…. 51
4.3 ชั่วโมงการใช้งานเครื่องตามเงื่อนไขของโรงพยาบาล (ชั่วโมง/ปี)………...…… 51
4.4 ชั่วโมงการใช้งานเครื่องตามเงื่อนไขของโรงพยาบาล (ชั่วโมง/ปี)…….……..… 52
4.5 เวลาการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น……………………………….……...… 52
4.5 เวลาการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น (ต่อ) ……………………………..…..… 53
4.6 การใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) ของเครื่องส่งลมเย็น (AHU)………………….……… 54
4.7 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าของ Chiller เมื่อปรับเปลี่ยนอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (°F)… 56
4.8 ค่าใช้ไฟฟ้า เมื่อปรับเปลี่ยนอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (°F)……………………….... 56
4.9 เปรียบเทียบอุณหภูมิในอาคาร เมื่อปรับเปลี่ยนอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (°F)……..… 56
4.10 ตารางการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงก่อนและหลังการปรับ
การทำงานของ AHU……………………………………………………..….. 57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.11 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้า (kWh) และค่าไฟฟ้า ก่อนและหลังการเปลี่ยน
เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)………………………………………………………. 58
4.12 แสดงการเปรียบเทียบตัวอย่างราคาทางด้านอะไหล่ของ
เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)…………………………………………….…....... 59
4.12 แสดงการเปรียบเทียบตัวอย่างราคาทางด้านอะไหล่ของ
เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) (ต่อ)……………………………………………….... 60

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพยาบาลพระรามเก้า…………………….. 3

2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ………………………………….....…… 8

2.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)……………………………….. 9

2.3 เครื่องปรับอากาศแบบชุดหรือแพ็คเกจ (Package)………………………...…. 9

2.4 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบระบายความร้อยด้วยอากาศ
(Air Cooled Water Chiller)…………………………………………...…….. 10

2.5 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบระบายความร้อยด้วยน้ำ
(Water Cooled Water Chiller)………………………………………………. 11

2.6 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศ (Chiller) แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ……...….. 15

2.7 เครื่องทำน้ำเย็น………………………………………………………….... 16

2.8 เครื่องสูบน้ำ…………………………………………………………...…….. 17

2.9 หอระบายความร้อน……………………………………………………..... 18

2.10 เครื่องส่งลมเย็น AHU และ FCU…………………………………………… 19

3.1 อาคารกรณีศึกษาโรงพยาบาลพระรามเก้า…………………………………..…. 31

3.2 ห้องพักผู้ป่วยและเคาท์เตอร์บริการ…………………………………………..... 31

3.3 สัดส่วนการใช้พลังงานของระบบต่าง ๆ ในอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า…… 33

3.4 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า
เปรียบเทียบ 2554 -2555……………………………………………………..…. 34

3.5 เครื่อง Chiller ที่อาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า………………………………..…. 35

3.6 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ……………………………………. 35

3.7 เครื่อง Chiller ของ Trane ขนาด 500 TR และ Control Monitor…………...…. 36

3.8 เครื่อง Chiller ของ Carrier ขนาด 500 TR และ Control Board……………..... 36

3.9 Condenser Pump ……………………………………………..………… 37

3.10 Chiller Pump……………………………………………………………….. 37

3.11 Cooling Tower ……………………………………………….………… 38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.12	ระบบควบคุมระบบปรับอากาศอัตโนมัติ SUMMIT TRANE……….………....	39
3.13	ระบบควบคุมเครื่องทำความเย็น (Chiller Operation) SUMMIT TRANE……...	40
3.14	Digital Multimeter..…..……………………………….……………………...	41
3.15	Clip amp meter..……………………………………………….…………….	41
3.16	Electrical Recorder Meter………………………………...……………….….	42
3.17	เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น……………………………..……………..……	42
3.18	Thermometer แบบเลเซอร์….………………………………………….…….....	43
3.19	เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอุลต้าโซนิค (Ultrasonic Flow Meter)………..……	43
4.1	เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ด้าน KW/Ton……………	50
4.2	เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ด้าน EER…………………	50
4.3	เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ด้าน COP…………………	50
4.4	ต้นทุนเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั้ง 2 ทางเลือก………………………	61

รายการสัญลักษณ์

OPD	Out Patient Department
ICU	Intensive Care Unit
CCU	Cardiac Care Unit
OR	Operating Room
CH	Chiller
AHU	Air Handling Unit
FCU	Fan coil unit
Chp	Chiller Performance
COP	Coefficient of Performance
EER	Energy Efficiency Ratio
kW	ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่อง
kWh	ค่าพลังงานไฟฟ้า
Peak Load	ค่าความต้องการพลังงานสูงสุด
kW/TR	Chiller Performance
IRR	Internal Rate of Return
NPV	Net Present Value
m^2	Square Metre

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินชีวิต และเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในการพัฒนาประเทศ ปริมาณความต้องการการใช้พลังงานนับวันเพิ่มสูงขึ้น ตามความเจริญของเศรษฐกิจ และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีโดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกภูมิภาคของประเทศ ทั้งในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม ซึ่งนับว่าเป็นภาระหนักของประเทศที่ต้องจัดหาพลังงานไฟฟ้า เพื่อรองรับการใช้ให้เพียงพอและเหมาะสม เนื่องจากการจัดหาพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนั้น ต้องใช้เงินลงทุนเป็นจำนวนมาก และยังก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบต่าง ๆ เช่น ปัญหาการเวนคืนที่ดิน การคัดค้านจากประชาชนในพื้นที่ เพราะฉะนั้นหลายหน่วยงานจึงเล็งเห็นความสำคัญในการประหยัดพลังงาน แต่การประหยัดพลังงานให้บังเกิดผลนั้น ต้องประกอบไปด้วยปัจจัยหลายอย่าง ทั้งด้านพฤติกรรมการใช้ การร่วมมือจากทุกฝ่ายในองค์กร นอกจากนี้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว รัฐบาลจึงได้ตราพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และได้มีการปรับปรุงเพิ่มเติมเป็นพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เพื่อส่งเสริมให้ผู้ใช้พลังงานได้ตระหนักถึงคุณค่าของพลังงาน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ใช้พลังงานทราบถึงวิธีและสามารถนำพลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีประสิทธิภาพมากที่สุด

อาคารประเภทโรงพยาบาลเป็นอาคารประเภทหนึ่งที่มีอยู่จำนวนมากทั่วประเทศ มีการใช้พลังงานสูง เนื่องจากเป็นอาคารที่เปิดตลอด 24 ชั่วโมงทุกวัน มีการใช้พลังงานต่อเนื่องแตกต่างกับอาคารประเภทอื่น ๆ หากได้รับการดูแลให้มีการใช้พลังงานอย่างถูกวิธี และมีประสิทธิภาพจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้เป็นจำนวนมหาศาล จะส่งผลดีโดยรวมในระดับประเทศ ทั้งในด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ในส่วนของเจ้าของอาคารสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงานในส่วนที่ไม่จำเป็นลงได้ จากรายงานการใช้พลังงานและอนุรักษ์พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (พพ.) สรุปว่า พลังงานที่ใช้ในอาคารประเภทโรงพยาบาลมีสัดส่วนการใช้พลังงานใน

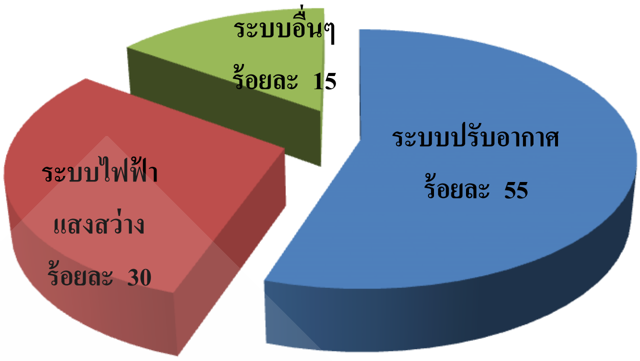
ระบบปรับอากาศมากถึง 58.3 % ระบบแสงสว่าง 22.5 % และการใช้พลังงานในระบบอื่น ๆ เช่น ความร้อน ไอน้ำ น้ำมัน คิดเป็น 19.2 % ตามลำดับ

อาคารโรงพยาบาลพระรามเก้าจัดเป็นอาคารขนาดใหญ่มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 53,834 m^2 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนที่ 2,298,719.04 บาท ใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบรวมศูนย์ (Central Air – Conditioning System) มีการระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) เนื่องจากเหมาะสมกับอาคารซึ่งจะประหยัดกว่าระบบอื่นๆ ดังนั้นหากทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้านระบบปรับอากาศ จะสามารถลดการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงกว่าระบบอื่นลงได้ และไม่กระทบกับผู้ใช้อาคาร ทั้งยังเสนอแนวทางแก้ไขปรับปรุง เพื่อทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้านการอนุรักษ์พลังงาน และลดค่าใช้จ่ายขององค์กรในภาพรวม

ตารางที่ 1.1 ค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพยาบาลพระรามเก้า ปี 2554 และปี 2555

เดือน	ค่าไฟฟ้าปี 2554 (บาท)	ค่าไฟฟ้าปี 2555 (บาท)
ม.ค.	1,935,259.52	2,066,960.27
ก.พ.	1,890,161.90	2,058,014.44
มี.ค.	2,070,779.51	2,236,729.78
เม.ย.	2,062,271.05	2,062,271.05
พ.ค.	2,329,241.14	2,288,121.36
มิ.ย.	2,171,020.92	2,326,232.12
ก.ค.	2,218,673.27	2,396,689.36
ส.ค.	2,185,016.16	2,359,868.83
ก.ย.	2,122,492.07	2,390,219.52
ต.ค.	2,143,715.02	2,512,299.17
พ.ย.	2,066,314.84	2,422,713.31
ธ.ค.	2,010,109.73	2,464,509.25
รวม	25,205,055.13	27,584,628.46
เฉลี่ยต่อเดือน	2,100,421.26	2,298,719.04

ที่มา : ฝ่ายอาคารสถานที่ โรงพยาบาลพระรามเก้า



รูปที่ 1.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพยาบาลพระรามเก้า

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและวิธีลดความสูญเสียของพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Central Air – Conditioning System) ของอาคารประเภทโรงพยาบาล กรณีศึกษาโรงพยาบาลพระรามเก้า

2. นำข้อมูลและลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้ามาการวิเคราะห์หาแนวทางหรือมาตรการประหยัดพลังงาน ลดความสูญเสียพลังงาน โดยจัดเป็นมาตรการที่ไม่ต้องลงทุน และมาตรการที่ต้องมีการลงทุน

3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

4. เพื่อเป็นแบบอย่างในการศึกษาแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้านระบบปรับอากาศสำหรับอาคารอื่น ๆ ต่อไป

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ทำการศึกษาเฉพาะระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Central Air – Conditioning System)

2. ศึกษามาตรการที่ไม่ต้องลงทุน และมาตรการที่มีการลงทุน โดยไม่กระทบกับผู้ใช้บริการในส่วนของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

3. ทำการเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนและหลังการปรับปรุงมาตรการที่ไม่ต้องลงทุนและมาตรการที่มีการลงทุน

4. การศึกษาจะอ้างอิงกับมาตรฐานทางกฎหมายและมาตรฐานอ้างอิงการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ของอาคารประเภทโรงพยาบาล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นข้อมูลในการดำเนินมาตรการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Central Air – Conditioning System) ทั้งมาตรการที่ไม่ต้องลงทุน และมาตรการที่ต้องมีการลงทุน ของอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า

2. เป็นข้อมูลการตัดสินใจของผู้บริหารองค์กร สำหรับการเลือกมาตรการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ และลดค่าใช้จ่ายขององค์กร

3. ได้มาตรการที่เหมาะสม สำหรับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Central Air – Conditioning System)

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการศึกษาการประหยัดพลังงานด้านระบบปรับอากาศขนาดใหญ่แบบรวมศูนย์ (Central Air – Conditioning System) ประเภทระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) นี้ จะทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้านระบบปรับอากาศ ของโรงพยาบาลพระรามเก้า เพื่อนำข้อมูลที่ได้เสนอเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารประเภทโรงพยาบาล โดยศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางดังนี้

2.1.1 ความรู้และหลักเบื้องต้นในการประหยัดพลังงาน (ที่มา: เอกสารกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552, น.3)

จากสภาวะปัจจุบันสถานการณ์ของประเทศและทั่วโลก กำลังเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเศรษฐกิจการเมือง จึงทำให้ในหลายประเทศมีการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นและนำเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานต่าง ๆ เข้ามาใช้อย่างแพร่หลาย เกิดการแข่งขันด้านการผลิตและการใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีขอบเขต อันเป็นผลทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ในขณะนี้ คือ ปัญหาเรื่องพลังงานประเภทที่ใช้แล้วหมดไป (Non-renewable) เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นทรัพยากรที่มีจำนวนจำกัด ทั้งราคามีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากจำนวนประชากรและความต้องการที่เพิ่มขึ้นตลอดเวลา

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน ได้สรุปเกี่ยวกับแนวทางในการประหยัดพลังงานโดยทั่วไปว่าต้องเริ่มจากเทคโนโลยีที่ง่ายที่สุดและใช้เงินลงทุนน้อยที่สุด ไปจนถึงงานที่ต้องการเทคโนโลยีชั้นสูงและต้องใช้เงินลงทุนมาก ซึ่งแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การดูแลรักษาหรือการดูแลเบื้องต้น การประหยัดพลังงานโดยวิธีนี้แท้จริงแล้วเป็นการปรับแต่งเครื่องจักรและการทำงานต่าง ๆ เช่น กำหนดให้มีวิธีดูแลบำรุงรักษาที่ถูกต้องและขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสม วิธีต่าง ๆ เหล่านี้ โดยมากจะไม่ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นหรือเป็นมาตรการที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย มีระยะเวลาคืนทุนสั้น ๆ คือ น้อยกว่า 4 เดือน

ขั้นตอนที่ 2 การปรับปรุงประสิทธิภาพขบวนการผลิต (Process Improvement) มาตรการข้อนี้เป็นการปรับปรุงระบบอุปกรณ์หรือขบวนการเดิม เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้นหรือทำให้การสูญเสียต่าง ๆ ลดน้อยลง วิธีการปรับปรุงขบวนการทำงานตามปกติจะมีความยุ่งยากมากขึ้น และต้องอาศัยการตรวจวิเคราะห์อย่างละเอียดโดยทั่วไปวิธีนี้มีการลงทุนปานกลางโดยมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1-2 ปี

ขั้นตอนที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์หรือระบบ (Major Change Equipment) เมื่อการตรวจวิเคราะห์ในขั้นต้นชี้ให้เห็นว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้มาก โดยการเปลี่ยนหรือเพิ่มอุปกรณ์ทั้งนี้ต้องประเมินค่าตอบแทนทางการเงินที่ได้จากการดำเนินงานตามมาตรการดังกล่าว และถ้าผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความสอดคล้องเข้ากับเกณฑ์การลงทุนของฝ่ายบริหารแล้วมาตรการดังกล่าวก็จะได้มีการเสนอเพื่อความเห็นชอบ โดยปกติมาตรการต่าง ๆ ในข้อนี้จะต้องมีการลงทุนสูง โดยมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2-5 ปี

ดังนั้นในการดำเนินการเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานต้องมีการวางแผนล่วงหน้าอย่างเป็นระบบ ที่สำคัญต้องได้รับความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ฝ่ายต่าง ๆ และต้องมีการประเมินผลการปฏิบัติเป็นระยะ ๆ ส่วนวิธีการที่จะนำมาใช้ในการประหยัดพลังงานต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยพิจารณาวิธีการประหยัดพลังงานที่มีการลงทุนน้อยที่สุดเป็นอันดับแรกเสมอ

2.1.2 ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

1. การใช้ไฟฟ้าในอาคารประเภทต่าง ๆ

การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรและองค์ประกอบต่างๆ รวมทั้งลักษณะการใช้งานของแต่ละห้องภายในอาคาร เช่น อาคารประเภทศูนย์การค้าจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าแตกต่างจากอาคารประเภทโรงพยาบาล เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ในอาคารประเภทต่าง ๆ แยกตามระบบ

ประเภทอาคาร	ระบบปรับอากาศ (%)	ระบบแสงสว่าง (%)	ระบบอื่น ๆ (%)
โรงแรม	60-70	15-20	10-25
สำนักงาน	50-60	20-30	10-20
ศูนย์การค้า	60-65	20-25	10-20
โรงพยาบาล	50-60	20-30	10-30
สถานศึกษา	30-45	30-50	5-40

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2552, น.6)

จากเอกสารเผยแพร่ของกระทรวงพลังงานได้สรุปการใช้พลังงานของอาคารประเภทโรงพยาบาล โดยมีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ 50 – 60 % ระบบแสงสว่าง 20 – 30 % และระบบอื่น ๆ 10 – 30 % ซึ่งมีความแตกต่างกับอาคารประเภทอื่น ๆ ในเรื่องสัดส่วนการใช้พลังงานเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศเป็นลำดับที่ 1 และระบบแสงสว่างเป็นลำดับที่ 2

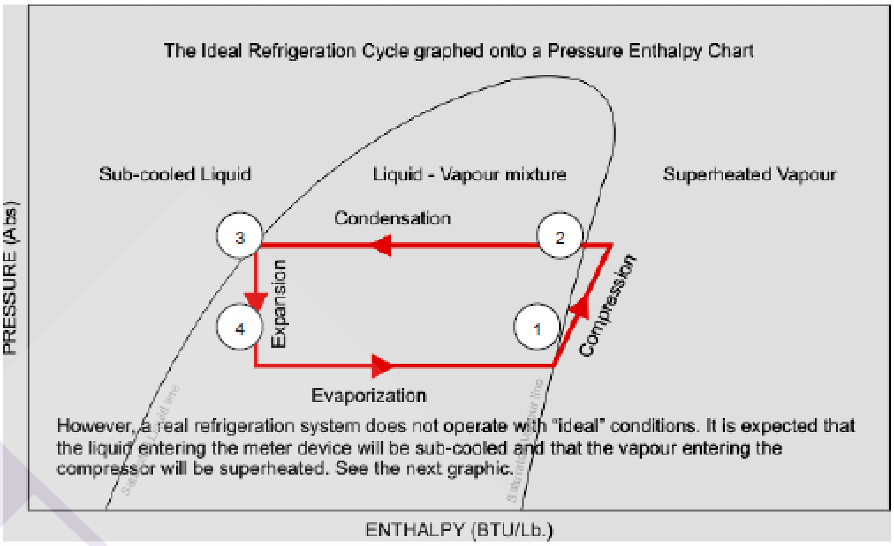
2. การใช้ไฟฟ้าในอาคารประเภทโรงพยาบาล

อาคารประเภทโรงพยาบาลถือได้ว่าเป็นอาคารที่ใช้พลังงานค่อนข้างสูงเป็นลำดับต้น ๆ ของกลุ่มอาคารธุรกิจ เนื่องจากมีการให้บริการตลอด 24 ชั่วโมง และมีการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองต่อกิจกรรมการให้บริการทางการแพทย์ ตลอดจนสิ่งอำนวยความสะดวกด้านต่าง ๆ แก่ผู้เข้ามาใช้บริการ อีกทั้งยังมีแนวโน้มการเพิ่มของอัตราความต้องการใช้พลังงานตามการเติบโตทางเศรษฐกิจ และความต้องการการบริการด้านสาธารณสุขของประเทศ โดยจากการประเมินเบื้องต้นพบว่าอาคารประเภทโรงพยาบาลมีศักยภาพที่จะดำเนินการเรื่องการอนุรักษ์พลังงานได้ นอกจากนี้ทางอาคารเองก็ให้ความสำคัญและมีความพร้อมในการผลักดันให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจัง

2.1.3 ระบบปรับอากาศของอาคาร

2.1.3.1 วัฏจักรการทำความเย็น (วัชระ มั่งวิฑิตกุล, 2550, น.82-83)

การทำงานของระบบปรับอากาศแต่ละประเภทจะแตกต่างกัน แต่ทุกระบบโดยส่วนใหญ่ใช้วัฏจักรการทำความเย็นแบบวงจรอัดไอ (รูปที่ 2.1) โดยมีสารทำความเย็น เช่น R134 A , R123 และสารทำความเย็นอื่นๆ ทำหน้าที่ดูดและคายความร้อนจากสารตัวกลาง อันได้แก่อากาศหรือน้ำให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ เมื่อสารตัวกลางได้รับความเย็น จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ในกรณีที่สารตัวกลางเป็นน้ำ) หรืออากาศเย็นไปยังพื้นที่ปรับอากาศโดยตรง (ในกรณีที่สารตัวกลางเป็นอากาศ) ส่วนความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไประบายออกที่ชุดระบายความร้อน ซึ่งอาจจะเป็นการระบายความร้อนด้วยอากาศหรือระบายความร้อนด้วยน้ำ ขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้งานสำหรับส่วนประกอบของวัฏจักรการทำความเย็นนั้นมีส่วนประกอบดังนี้



รูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

กระบวนการ 1 – 2 การอัด (Compression) อัดสารทำความเย็นสถานะก๊าซความดันต่ำให้เป็นก๊าซร้อนความดันสูง

กระบวนการ 2 – 3 การควบแน่น (Condensing) สารทำความเย็นสถานะก๊าซควบแน่นเป็นของเหลว และคายความร้อนออก

กระบวนการ 3 – 4 การขยายตัว (Expansion) จากสารทำความเย็นความดันสูงไปเป็นความดันต่ำ พร้อมทั้งลดอุณหภูมิลงและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของเหลวผสมก๊าซ

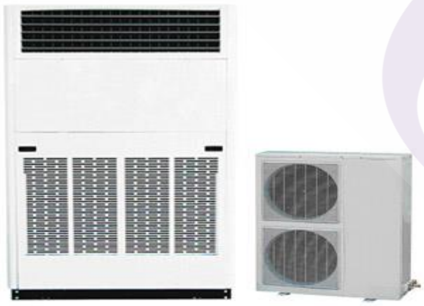
กระบวนการ 4 – 1 การระเหย (Evaporation) ความร้อนจากสารตัวกลาง (อากาศหรือน้ำ) จะถูกดูดเพื่อใช้ในการระเหยของสารทำความเย็นเหลวให้เป็นก๊าซ

2.1.3.2 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ

1) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กโดยส่วนใหญ่ขนาดทำความเย็นจะไม่เกิน 40,000 Btu/h ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ สามารถแยกเป็น 2 ส่วนหลัก คือส่วนของคอล์ยทำความเย็นที่เรียกว่า คอล์ยเย็น (Fan Coil Unit) ซึ่งจะติดตั้งในพื้นที่ปรับอากาศ และคอล์ยร้อน (Condensing Unit) ซึ่งจะมีเครื่องอัดสารทำความเย็น (Compressor) อยู่ภายในโดยจะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร ระหว่างชุดคอล์ยร้อนและคอล์ยเย็นมีท่อสารทำความเย็นทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนออกจากห้องปรับอากาศ ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

2) เครื่องปรับอากาศแบบชุดหรือแพ็คเกจ (Package) เป็นเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศประกอบด้วยแผงคอล์ยเย็น คอล์ยร้อน และเครื่องอัดสารทำความเย็น จะรวมอยู่ในชุดแพ็คเกจเดียวกัน โดยมีท่อส่งลมเย็นและท่อลมกลับ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านในแล้วต่อผ่านทะลุออกมาตามผนังด้านนอกอาคาร แล้วต่อเชื่อมเข้ากับตัวเครื่องปรับอากาศแพ็คเกจ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านนอกอาคาร สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแพ็คเกจที่ใช้งานมีให้เลือกหลายประเภท มีข้อดีและข้อเสียของแต่ละประเภทแตกต่างกันตามการใช้งาน ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เครื่องปรับอากาศแบบชุดหรือแพ็คเกจ (Package)

3) ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ บางครั้งเรียกว่าระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศขนาดใหญ่ มีจำนวนห้องหลายห้อง หลายโซน หรือหลายชั้น โดยส่วนใหญ่จะใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนหรือความเย็น สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

3.1 ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) โดยปกติขนาดการทำความเย็นไม่เกิน 500 TR เหมาะสำหรับพื้นที่ปรับอากาศที่มีข้อจำกัดข้องพื้นที่ติดตั้ง หรือระบบน้ำสำหรับระบายความร้อน ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศจะอยู่ระหว่าง 1.4-1.6 kW/TR ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบระบายความร้อยด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)

3.2 ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) ใช้สำหรับระบบที่ต้องการขนาดการทำความเย็นมาก ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำดีกว่าระบายความร้อนด้วยอากาศ (ดังรูปที่ 2.5) โดยจะอยู่ระหว่าง 0.62-0.75 kW/TR อย่างไรก็ตามเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำต้องมีการลงทุนที่สูงกว่า เนื่องจากต้องมีการติดตั้งหอระบายความร้อน (Cooling Tower) เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) และยังต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสม เพื่อป้องกันการสึกกร่อนและตะกรันในระบบท่อและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อันเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นต่ำลง สำหรับระบบนี้ส่วนมากจะใช้กับอาคารที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจาก มีความคุ้นทุนมากกว่าในระยะยาว ประกอบกับสามารถทำความเย็นได้มากกว่าระบบอื่น

รูปที่ 2.5 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

ตารางที่ 2.2 การเลือกใช้ระบบปรับอากาศ

รายละเอียด	แบบแยกส่วน (Split Type)	แบบเป็นชุด ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Package)	ระบบทำน้ำเย็น ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)	ระบบทำน้ำเย็น ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)
1.องค์ประกอบทางเทคนิค 1.1 การออกแบบและติดตั้ง	ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องใช้วิชาการและความชำนาญมาก	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องใช้วิชาการและความชำนาญมาก	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องใช้วิชาการและความชำนาญมาก
1.2 การดูแลและ ควบคุมการใช้งาน	ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องควบคุมการใช้งานให้สมดุลกันตลอดเวลา	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องควบคุมการใช้งานให้สมดุลกันตลอดเวลา	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องควบคุมการใช้งานให้สมดุลกันตลอดเวลา
1.3 การบำรุงรักษา	ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ	ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ	ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะมีรายละเอียดทางเทคนิค
1.4 โครงสร้างและส่วนประกอบ	ส่วนประกอบน้อยไม่ซับซ้อน	ส่วนประกอบมากและซับซ้อน	ส่วนประกอบมากและซับซ้อน	ส่วนประกอบมากและซับซ้อน

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

รายละเอียด	แบบแยกส่วน (Split Type)	แบบเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Package)	ระบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)	ระบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)
1.5 การเปิดและปิดระบบ	แต่ละพื้นที่ไม่จำเป็นต้องเริ่มใช้และหยุดพร้อมกัน	พื้นที่ใช้งานส่วนใหญ่ต้องเริมใช้และหยุดใช้งานพร้อมกัน	พื้นที่ใช้งานส่วนใหญ่ต้องเริมใช้และหยุดใช้งานพร้อมกัน	พื้นที่ใช้งานส่วนใหญ่ต้องเริมใช้และหยุดใช้งานพร้อมกัน
1.6 อายุการใช้งาน	ประมาณ 5-8 ปี	ประมาณ 10-15 ปี	ประมาณ 15-20 ปี	ประมาณ 15-20 ปี
1.7 การยืดหยุ่นต่อการขยายในอนาคต	มากเพราะไม่สัมพันธ์กับอุปกรณ์อื่น	น้อยถ้าอุปกรณ์หลักไม่ได้เผื่อไว้มาก	น้อยถ้าอุปกรณ์หลักไม่ได้เผื่อไว้มาก	น้อยถ้าอุปกรณ์หลักไม่ได้เผื่อไว้มาก
1.8 ขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน 60 TR-100TR 150TR-300TR มากกว่า 400TR	 เหมาะสม ไม่เหมาะสม ไม่เหมาะสม	 ไม่เหมาะสม เหมาะสม พอใช้ได้	 พอใช้ได้ เหมาะสม พอใช้ได้	 ไม่เหมาะสม พอใช้ได้ เหมาะสม
2. องค์ประกอบทางเศรษฐศาสตร์ 2.1 เงินลงทุน(บาท/ตันความเย็น)	24,000-28,000	28,000-32,000	26,000-30,000	28,000-35,000
2.2 สมรรถนะด้านพลังงาน (kW/TR)	1.2-1.6	1.3-1.45	1.5-1.6	1.10-1.30
2.3 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	ประมาณ 1.5% ต่อปี	ประมาณ 1.5% ต่อปี	ประมาณ 1 % ต่อปี	ประมาณ 1 % ต่อปี

ตารางที่ 2.3 สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

ระบบปรับอากาศ	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (%)
1. ระบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ	
- คอมเพรสเซอร์	80
- มอเตอร์พัดลมเครื่องส่งลมและเครื่องจ่ายลมเย็น	10
- มอเตอร์ปั๊มน้ำระบายความร้อน	3-5
- มอเตอร์ปั๊มน้ำเย็น	5-3
- มอเตอร์พัดลมหอผึ่งเย็น	2-3
2. ระบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ	
- คอมเพรสเซอร์	85
- มอเตอร์พัดลมระบายความร้อน	5
- มอเตอร์พัดลมเครื่องส่งลมและเครื่องจ่ายลมเย็น	50-10
- มอเตอร์ปั๊มน้ำเย็น	3-5
3. ระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ	
- คอมเพรสเซอร์	85
- มอเตอร์พัดลมเครื่องส่งลมและเครื่องจ่ายลมเย็น	5-10
- มอเตอร์ปั๊มน้ำระบายความร้อน	3-5
- มอเตอร์พัดลมหอผึ่งเย็น	2-3
4. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน	
- แฟนคอล์ยยูนิต	5-10
- คอนเดนซิ่งยูนิต	90-95

2.1.3.3 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่นิยมใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งมีประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าระบบอื่น ๆ โดยเฉพาะแบบการระบายด้วยอากาศ โดยในระบบปรับอากาศประเภทนี้ เป็นเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ (Chiller) จะมีอุปกรณ์ประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) และเอ็ก

แพนชั่นวาล์ว (Expansion Valve) โดยมีสารทำความเย็น เช่น R-22 , R-134a หรือ R-123 บรรจุอยู่ภายในวงจรสารทำความเย็น

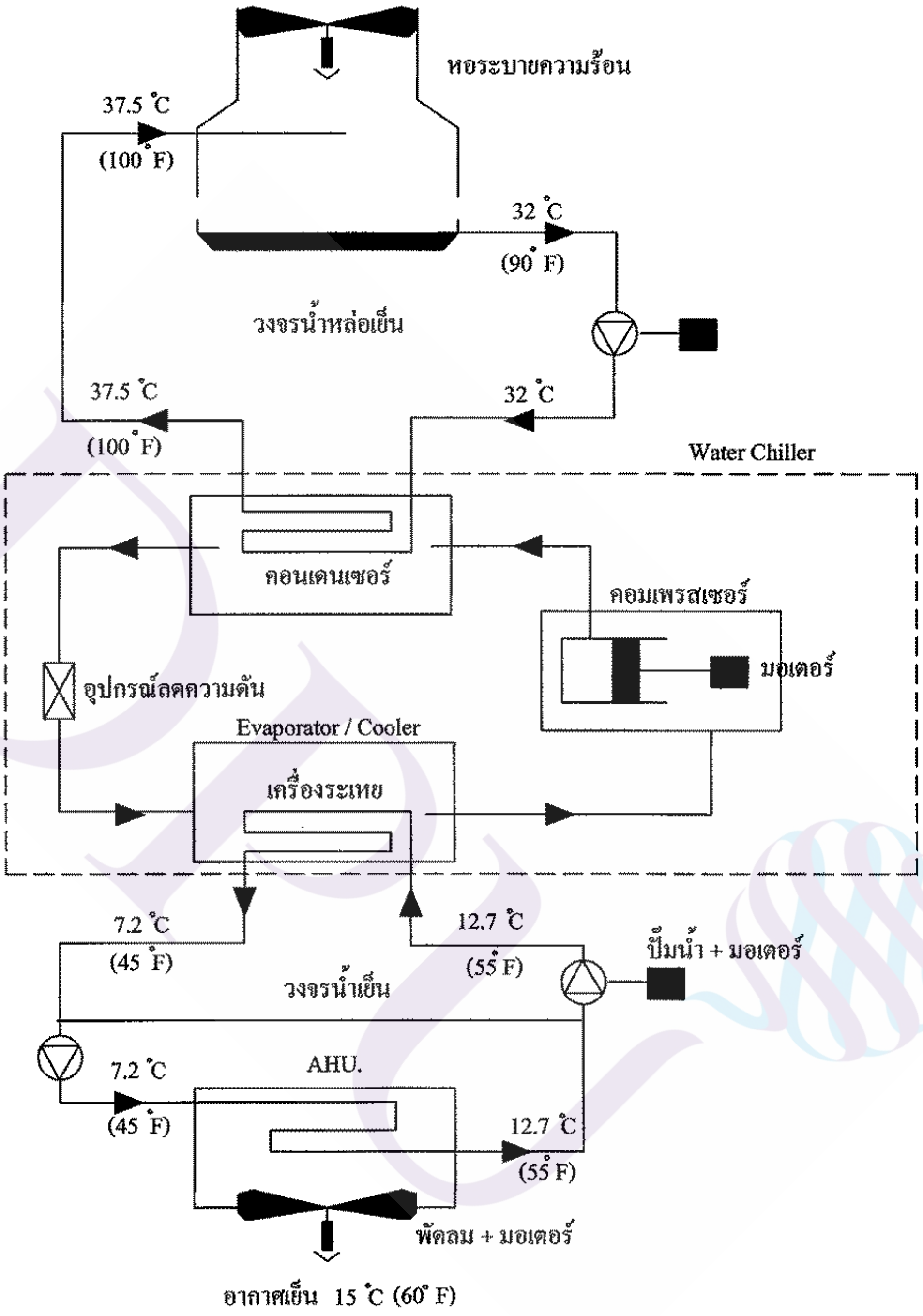
วัฏจักรการทำงานของระบบปรับอากาศ (Chiller) แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

1) วัฏจักรสารทำความเย็น เริ่มจากเมื่อป้อนไฟฟ้าเข้าที่คอมเพรสเซอร์ คอมเพรสเซอร์จะดูดไอสารทำความเย็นที่อีแวปปอเรเตอร์แล้วอัดส่งไปเข้าที่คอนเดนเซอร์ ความร้อนจากสารทำความเย็นจะถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็นทำให้สารทำความเย็นกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวที่มีความดันสูง เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันไปยังอีแวปปอเรเตอร์ สารทำความเย็นจะมีความดันและอุณหภูมิต่ำลง ความร้อนจากน้ำเย็นที่ไหลผ่านอีแวปปอเรเตอร์จะถ่ายเทให้กับสารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นระเหยกลายเป็นไอ แล้วถูกคอมเพรสเซอร์ดูดไปเริ่มววัฏจักรใหม่

2) วัฏจักรน้ำหล่อเย็น เริ่มจากน้ำหล่อเย็นเมื่อได้รับความร้อนจากสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วถูกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นส่งไปที่หอระบายความร้อน (Cooling Tower) เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศโดยการระเหยน้ำ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลง แล้วไหลกลับไปรับความร้อนที่คอนเดนเซอร์อีกทำให้ครบวัฏจักรน้ำหล่อเย็น

3) วัฏจักรน้ำเย็น เริ่มจากน้ำเย็นเมื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอีแวปปอเรเตอร์ก็มีอุณหภูมิต่ำลงแล้วถูกเครื่องสูบน้ำเย็นส่งไปที่เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศ ทำให้น้ำเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้นแล้วไหลกลับไปถ่ายเทความร้อนให้กับอีแวปปอเรเตอร์อีกทำให้ครบวัฏจักรน้ำเย็น

4) วัฏจักรลมเย็น เริ่มจากพัดลมของเครื่องส่งลมเย็นจะดูดอากาศร้อนจากห้องปรับอากาศผ่านระบบท่อลมไปถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเย็นที่อยู่ภายในขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้อากาศมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำลงแล้วส่งกลับไปที่ห้องปรับอากาศทำให้ครบวัฏจักรลมเย็น ทำให้พื้นที่ต่างๆ มีความเย็น และอุณหภูมิความเย็นตามที่ตั้งไว้



รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศ (Chiller) แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

อุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

1) เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) เครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) และเอ็กแพนชั่นวาล์ว (Expansion Valve) โดยมีสารทำความเย็น เช่น R-22 , R-134a หรือ R-123 บรรจุอยู่ภายใน โดยทำหน้าที่ผลิตน้ำเย็นส่งไปให้กับเครื่องส่งลมเย็น เครื่องทำน้ำเย็นใช้คอมเพรสเซอร์ได้หลายแบบ เช่น เครื่องทำน้ำเย็นขนาดใหญ่ประมาณ 500 TR นิยมใช้คอมเพรสเซอร์แบบเซ็นทริฟิวเกิล (Centrifugal) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงประมาณ 0.6 kW/TR เครื่องทำน้ำเย็นขนาดกลางประมาณ 300 TR จะใช้คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw) ซึ่งมีประสิทธิภาพปานกลางประมาณ 0.8 kW/TR และเครื่องทำน้ำเย็นขนาดเล็กประมาณ 100 TR จะใช้คอมเพรสเซอร์ลูกสูบ (Piston) ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำประมาณ 1.0 kW/TR

รูปที่ 2.7 เครื่องทำน้ำเย็น

2) เครื่องสูบน้ำ (Water Pump) เป็นอุปกรณ์หลักในการขับเคลื่อนของเหลวซึ่งในที่นี้คือ น้ำโดยการป้อนพลังงานเชิงกลเข้าไป ทำให้น้ำที่ถูกขับมีความดันสูงขึ้น ความดันดังกล่าวจะทำหน้าที่เอาชนะแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจากท่อ ข้อต่อ วาล์ว และอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้อัตราการไหลตามที่ต้องการ การขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำนั้นอาจใช้แรงจากคนหรืออาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในระบบปรับอากาศเครื่องสูบน้ำจะสามารถพบได้

ในระบบน้ำเย็น และระบบน้ำระบายความร้อน (ระบบน้ำหล่อเย็น) โดยทั่วไปเครื่องสูบน้ำสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ ๆ ดังนี้

1. แบบ Positive Displacement เครื่องสูบน้ำแบบนี้อาศัยการกักน้ำในบริเวณที่มีปริมาตรจำกัด แล้วอาศัยแรงดันเพื่อลดปริมาตรนั้นลง ส่งผลให้เกิดการไหลขึ้นได้แก่ แบบลูกสูบ แบบโรตารีเวน แบบไดอะแฟรม โดยทั่วไปเครื่องสูบน้ำประเภทนี้จะให้ความดันสูงและอัตราการไหลต่ำ

2. แบบ Rotodynamic เครื่องสูบน้ำแบบนี้อาศัยหลักการเหวี่ยงของใบพัดเพื่อให้น้ำมีความเร็วเพิ่มขึ้น โดยพลังงานจลน์ที่ได้ จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของความดันของน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการไหลขึ้นเช่นกันได้แก่ แบบหอยโข่ง ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายในที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์และโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปเครื่องสูบน้ำประเภทนี้ จะให้ความดันต่ำถึงปานกลางและอัตราการไหลสูง

รูปที่ 2.8 เครื่องสูบน้ำ

3) หอระบายความร้อน (Cooling Tower) หอระบายความร้อนเป็นอุปกรณ์ทางด้านปลายทางของระบบน้ำหล่อเย็น ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น โดยใช้อากาศเพื่อระเหยน้ำ ดังนั้นปริมาณของน้ำหล่อเย็นที่ผ่านหอระบายความร้อนจะมีปริมาณลดลง จากการระเหยและ Drift Loss จึงต้องมีการเติมน้ำจากแหล่งน้ำภายนอกเข้าสู่ตัวหอระบายความร้อนเพื่อรักษาปริมาณน้ำในระบบให้คงที่ หอระบายความร้อนนั้น สามารถแบ่งตามการไหลของอากาศได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. แบบการไหลธรรมชาติ (Natural Draft) หอระบายความร้อนแบบการไหลธรรมชาติจะใช้หลักการลอยตัวเนื่องจากผลต่างของความหนาแน่น โดยอากาศที่มีอุณหภูมิสูงและชื้นจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศที่เย็นกว่าและแห้งกว่า ส่งผลให้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงและชื้นลอยตัวขึ้น

2. แบบการไหลเชิงกล (Mechanical Draft) หอระบายความร้อนแบบไหลเชิงกลจะอาศัยพัดลมในการขับเคลื่อนอากาศ สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 ชนิด คือแบบเป่าอากาศเข้าสู่หอระบายความร้อน (Forced Draft) และแบบดูดอากาศออกจากหอระบายความร้อน (Induced Draft)

นอกจากสามารถแบ่งหอระบายความร้อนตามลักษณะทิศทางการไหลระหว่างอากาศและน้ำเป็น 2 ชนิด คือ

1) แบบการไหลสวนทาง (Counter Flow)

2) แบบการไหลตั้งฉาก (Cross Flow)

ภายในหอระบายความร้อนบรรจุด้วยฟิล (Fill) ทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ผิวของน้ำให้สัมผัสกับอากาศได้มากที่สุดและทำให้น้ำสัมผัสกับอากาศได้นานที่สุดโดยทั่วไปฟิลแบ่งเป็น 2 ชนิด

1. แบบ Splash มีลักษณะเป็นแถบยาวจำนวนหลายแถบวงเหลื่อมกันเพื่อขวางการไหลของน้ำที่ตกลงมา ส่งผลให้น้ำแตกกระจายเป็นหยดน้ำขนาดเล็ก

2. แบบ Film มีลักษณะเป็นแผ่นบางและบังคับให้น้ำไหลตามร่องที่ต้องการเพื่อสัมผัสกับอากาศ

ปัจจุบันหอระบายความร้อนที่นิยมใช้กันแพร่หลายกับระบบปรับอากาศ คือหอระบายความร้อนแบบ Induced Draft, Film Fill โดยมีทั้งแบบ Counter Flow และ Cross Flow

รูปที่ 2.9 หอระบายความร้อน

4) เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) เครื่องส่งลมเย็นเป็นอุปกรณ์ทางด้านปลายทางของระบบน้ำเย็น ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำเย็นที่มาจากเครื่องทำน้ำเย็นกับอากาศที่มาจากห้องปรับอากาศ ส่งผลให้อากาศที่ผ่านออกไปมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำลงตามความต้องการในการปรับอากาศต่อไป เครื่องส่งลมเย็นประกอบด้วย พัดลม คอยล์ทำความเย็น แดมเปอร์ และแผงกรองอากาศรวมอยู่ในตัวเครื่องเดียวกัน โดยเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่นิยมเรียกสั้น ๆ ว่า AHU (Air Handling Unit) สำหรับขนาดเล็ก จะเรียกว่า FCU (Fan Coil Unit) การติดตั้งเครื่องมักจะติดตั้งอยู่ภายในอาคาร เครื่องขนาดเล็กจะติดตั้งโดยการแขวนใต้ฝ้าเพดาน ยึดติดกับผนัง ตั้งพื้น หรือซ่อนในฝ้าเพดาน สำหรับเครื่องขนาดใหญ่จะจัดให้มีห้องเครื่อง เพื่อติดตั้งเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ โดยต่อท่อลมเข้ากับเครื่องแยกเป็น 2 ส่วนคือ ท่อลมที่ออกจากเครื่องเรียกว่าท่อลมส่ง (Supply Air Duct) และท่อลมที่นำลมภายในห้องกลับมาที่เครื่อง เรียกว่า ท่อลมกลับ (Return Air Duct) นอกจากนั้นยังมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศภายในก่อนที่จะผ่านคอยล์ทำความเย็น เพื่อให้อากาศภายในมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอด้วย

รูปที่ 2.10 เครื่องส่งลมเย็น AHU และ FCU

2.1.4 แนวการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

มาตรฐานตามกฎหมาย

วิกฤติการขาดแคลนน้ำมันที่เกิดขึ้นในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 ทำให้เกิดการเรียนรู้ว่าการอนุรักษ์พลังงานเป็นเรื่องสำคัญ และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการแสวงหามาตรการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ และในที่สุดรัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ขึ้น รวมทั้งพระราชกฤษฎีกาและกฎกระทรวงต่างๆ ที่ออกตามความในพระราชบัญญัติดังกล่าวพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ประกาศใช้เมื่อวันที่ 3 เมษายน 2535 กำหนดให้กลุ่มเป้าหมายคือโรงงานควบคุมและอาคาร

ควบคุม มีหน้าที่ต้องดูแลการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีระบบและเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2552 ได้ออกประกาศเรื่องการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและค่าประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น ขั้นต่ำของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคาร พ.ศ. 2552 เพื่ออนุรักษ์การใช้พลังงานในอาคาร

ประกาศกระทรวงพลังงาน

เรื่อง การกำหนดสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคาร พ.ศ. 2552

เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ หมายความว่าอุปกรณ์ที่ทำให้น้ำไหลผ่านมีอุณหภูมิต่ำลงเพื่อนำไปใช้ในการปรับอากาศหรือหล่อเย็นโดยใช้วัฏจักรการทำความเย็นโดยการอัดไอหรือดูดกลืน

1) ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ หมายถึงอัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็นวัตต์ กับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์

2) ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น หมายถึงค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นของระบบปรับอากาศโดยกำหนดในรูปของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

3) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน หมายถึงอัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง กับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์

4) ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันทำความเย็น หมายถึงอัตราส่วนระหว่างพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นกิโลวัตต์ กับขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องทำน้ำเย็น หน่วยเป็นตันความเย็น

ระบบปรับอากาศประเภทและขนาดต่าง ๆ ที่ติดตั้งในอาคารต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ค่าประสิทธิภาพในการทำความเย็นในรูปของอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานและค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นดังต่อไปนี้

1) เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะหรืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ขนาดของเครื่องปรับอากาศ (W)	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (W/W)	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (kW/TR)
ไม่เกิน 12000	3.22	11

2) เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศต้องมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำความเย็น (Chiller)

<table>
<tr><th colspan="2">ประเภทของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ</th><th rowspan="2">ขนาดความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระพิกัดของเครื่องทำน้ำเย็น (TR)</th><th rowspan="2">ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TR)</th></tr>
<tr><th>ชนิดการระบายความร้อน</th><th>แบบของเครื่องอัด</th></tr>
<tr><td rowspan="2">ระบายความร้อนด้วยอากาศ</td><td rowspan="2">ทุกชนิด</td><td>น้อยกว่า 300</td><td>1.33</td></tr>
<tr><td>มากกว่า 300</td><td>1.31</td></tr>
<tr><td rowspan="5">ระบายความร้อนด้วยน้ำ</td><td>แบบลูกสูบ</td><td>ทุกขนาด</td><td>1.24</td></tr>
<tr><td rowspan="2">แบบโรตารี่ แบบสกรู หรือแบบสครอล์</td><td>น้อยกว่า 150</td><td>0.89</td></tr>
<tr><td>มากกว่า 150</td><td>0.78</td></tr>
<tr><td rowspan="2">แบบแรงเหวี่ยง</td><td>น้อยกว่า 500</td><td>0.76</td></tr>
<tr><td>มากกว่า 500</td><td>0.62</td></tr>
</table>

มาตรฐานของพลังงานทดแทน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้มีรายงานแนวทางการประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของอาคารประเภทโรงพยาบาล โดยการสำรวจและ ทำให้เกิดมาตรการที่ช่วยในการลดพลังงาน

มาตรการที่ไม่มีการลงทุน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ทำการสำรวจและวิเคราะห์การใช้พลังงาน พบว่าสามารถประหยัดพลังงานโดยที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายสามารถทำได้ทันที และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศได้โดยไม่ต้องมีการลงทุน

ตารางที่ 2.6 ร้อยละผลประหยัดของมาตรการที่ไม่มีการลงทุนในระบบปรับอากาศ

ลำดับ	มาตรการ	ผลประหยัด (%)
1.	การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น	3.0-5.0
2.	การกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU)	2.0-5.0
3.	การลดเวลาการทำงานของหน่วยจ่ายลมเย็น (AHU)	2.0-5.0

จากตารางที่ 2.6 เป็นมาตรการที่ไม่มีการลงทุน โดยสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1. การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น จะมีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก การปรับเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเย็นขึ้นทุกๆ 1 °F ทำให้พลังงานที่ใช้ในเครื่องน้ำเย็นลดลง 1.5 - 2 % มีค่าเฉลี่ยโดยรวมได้ผลประหยัดร้อยละ 3.0 - 5.0

2. การกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) และการลดเวลาการทำงานของหน่วยจ่ายลมเย็น (AHU) สามารถประหยัดพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ได้ร้อยละของผลประหยัดประมาณ 2.0 - 5.0

มาตรการที่มีการลงทุน

นอกจากมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุนแล้ว เรายังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศโดยการเพิ่มอุปกรณ์ในการควบคุมเครื่องจักร โดยต้องมีการลงทุน จากการศึกษากรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จะสามารถช่วยให้เกิดผลประหยัดในระบบปรับอากาศได้สูงขึ้นและระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.7 ร้อยละผลประหยัดของมาตรการที่มีการลงทุนในระบบปรับอากาศ

มาตรการ	ผลประหยัด (%)
การใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม	10-30

จากตารางที่ 2.7 การใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม ทำให้ได้ผลประหยัดร้อยละ 10 – 30

การคำนวนประสิทธิภาพด้านพลังงาน

1. ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller Performance, Chp) เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพการทำความเย็น คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานที่เครื่องสามารถทำความเย็นได้ต่อพลังงานที่ต้องใช้ (พลังงานไฟฟ้า)

$$Chp = kW/TR \qquad (1)$$

เมื่อ Chp = สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

kW = พลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น (kW)

TR = ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด

2. ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (TR)

$$TR = GPM \times (CHR\text{-}CHS) / 24 \qquad (2)$$

เมื่อ TR = ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (TR)

GPM = Chilled water flow rate (GPM)

CHR = Chilled water return temp. (F°)

CHS = Chilled water supply temp. (F°)

3. พลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น (kW)

$$kW = V \times I \times \sqrt{3} \times PF. / 1000 \qquad (3)$$

เมื่อ kW = พลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น

V = แรงดันไฟฟ้า (Volts)

I = กระแสไฟฟ้า (Amp)

PF = Power Factor

4. อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานหรือ EER (ENERGY EFFECTIVE RATIO)

$$EER = \frac{TR \times 12000}{kW \times 1000} \quad (4)$$

เมื่อ TR = ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (TR)

kW = พลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น

5. ค่าสัมประสิทธิสมรถนะ หรือ COP (COPFFICIENT OF PERFORMANCE)

$$COP = \frac{TR \times 12000}{3.412 \times kW \times 1000} \quad (5)$$

เมื่อ TR = ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (TR)

kW = พลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น

หมายเหตุ 1TR = 12,000 BTU/hr

1TR = 3.517 kW

1Watt = 3.412 BTU/hr

การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่จะทำการศึกษา โดยแบ่งเป็นการเปรียบเทียบการใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เครื่องเดิม และการเปลี่ยนใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เครื่องใหม่ทดแทนเครื่องเดิม ซึ่งมีการวิเคราะห์ คือ การใช้เครื่องมือทางการเงินเข้าช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจลงทุนในโครงการ โดยทั่วไปมักใช้เกณฑ์ NPV และจุดคุ้มทุนของโครงการ

กระบวนการในการวิเคราะห์และตัดสินใจลงทุนในโครงการจะเริ่มจาก

1. หาทางเลือกหรือชนิดของการลงทุนที่ควรนำมาพิจารณา

2. ประมาณกระแสเงินสดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เงินสดลงทุนเริ่มแรก กระแสเงินสดสุทธิรายปีตลอดอายุของการลงทุน และกระแสเงินสดปีสุดท้ายของการสิ้นสุดการลงทุน

3. เมื่อหากระแสเงินสดสุทธิได้แล้ว ก็นำมาประเมินค่าโครงการด้วยวิธี หาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) หามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV)

3.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันก็คือ ระยะเวลาคืนทุน เกณฑ์นี้ตัดความสำคัญเรื่องเวลาออกไปจากการวิเคราะห์ เพียงพิจารณาว่าโครงการใดสามารถคืนทุนได้เร็วที่สุดก็จะเลือกลงทุนในโครงการนั้น แต่นั้นก็ดีเกณฑ์นี้ยังมีปัญหาดังนี้

เกณฑ์ระยะเวลาคืนทุนจะไม่พิจารณาช่วงระยะเวลาของการได้มาซึ่งกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งสิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า เกณฑ์ระยะเวลาคืนทุนด้อยกว่าเกณฑ์ NPV

เกณฑ์ระยะเวลาคืนทุนไม่ให้ความสำคัญกับกระแสเงินสดที่เข้ามาหลังระยะคืนทุน ไม่ได้คำนึงถึงมูลค่าของเงินตราตามเวลา

จะเห็นว่าเกณฑ์ระยะเวลาคืนทุน ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจที่ผิดพลาด แม้กระนั้นก็ตามด้วยหลักง่าย ๆ ของเกณฑ์ระยะคืนทุนดังกล่าว ผู้ที่อยู่ในสถานการณ์ซึ่งต้องทำการตัดสินใจเลือกโครงการเล็ก ๆ จำนวนมากโดยเฉพาะนักธุรกิจก็ยังคงใช้เกณฑ์นี้อยู่เสมอ

3.2 มูลค่าปัจจุบันของผลโยชน์สุทธิ (Net Present Value ; NPV)

ค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการใดก็ตามคือ ผลรวมของค่าปัจจุบันของกระเงินสดสุทธิในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ หรือ คือผลต่างระหว่างค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิทั้งโครงการกับค่าปัจจุบันของเงินลงทุน หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจคือจะต้องเลือกโครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์ เพราะโครงการลงทุนนั้นให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนของเงินทุนหรือหมายถึงโครงการนั้นมีผลกำไรนั้นเอง เกณฑ์ NPV มีข้อสมมติฐานหรือคุณสมบัติที่สำคัญหลายประการซึ่งทำให้เป็นเกณฑ์ที่นิยมใช้

NPV ของโครงการหนึ่งเป็นผลมาจากการรวม NPV แบบสะสมในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ คุณลักษณะเช่นนี้ไม่ปรากฏในเกณฑ์การตัดสินใจแบบอื่น

การคำนวณ NPV ขึ้นกับการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ย ค่า NPV สามารถคำนวณได้โดยใช้อัตราส่วนลดที่แปรผันตามเวลา สูตร NPV โดยทั่วไปจึงเป็นดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{(Bt-Ct)}{(1+r)^{t}} \qquad (6)$$

โดย

$\sum_{t=1}^{n}$ = คือผลบวกตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึงปีที่ n

Bt = กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ n

Ct = เงินจ่ายลงทุนหรือกระแสเงินสดจ่ายรายปีตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ n

t = ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1-n

n = อายุของโครงการ

r = อัตราส่วนลดที่กำหนดให้ในปีที่ t (อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารทั้งที่เป็นของสถาบันการศึกษา อาคารสำนักงาน โรงแรม และโรงพยาบาล และอาคารขนาดใหญ่ โดยศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานและมาตรการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศเป็นหลัก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

สิระ ธนพัฒน์ (2550) ศึกษาการใช้และวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในโรงพยาบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งเป็นโรงพยาบาลขนาด 1,000 เตียง มีคนไข้ประมาณ 1,000 คนต่อวัน พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,000,000 บาท (511,970 kWh) ใช้พลังงานไฟฟ้าในระปรับอากาศ คิดเป็น 51%ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ระบบปรับอากาศ มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการใช้พลังงานอุปกรณ์และเครื่องจักรไม่เหมาะสม ได้เสนอมาตรการในการดำเนินการ ดังนี้

1. ลดอุณหภูมิของระบบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ลง 1 $^{\circ}$F

2. การลดการทำงานของ Cooling Tower โดยดูค่าของความร้อนของทั้งที่ใช้ในการระบายอากาศ

3. การติดตั้งอุปกรณ์ในระบบ Chiller เพิ่มเติมเพื่อลดพลังงาน ซึ่งจากการทำตามข้อเสนอแนะทำให้สามารถประหยัดพลังงานค่าไฟฟ้าไปได้ปีละ 1,345,000 บาท

กิติศักดิ์ ต้นสกุล (2545) ได้ทำการวิเคราะห์ด้านพลังงานไฟฟ้าที่ในเรื่องการประหยัดพลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาลยันฮี พบว่า ระบบปรับอากาศมีการใช้สูงสุดเป็น 60 % ของระบบพลังงานทั้งหมด ซึ่งได้เสนอแนวทางในการลดพลังงาน โดยเสนอให้เปลี่ยนระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Chiller) ขนาด 400 TR 3 เครื่อง ซึ่งมีอายุการใช้งานมากกว่า 1 ปี โดยเปลี่ยนเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีการคำนวณการคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 3 ปี นอกจากนี้ยังได้เสนอแนะมาตรการต่าง ๆ ในการลดพลังงานได้แก่ การปรับลดเวลาของการใช้พลังงานปรับอากาศ โดยไม่กระทบกับการใช้งาน,การปรับลดอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ และการบำรุงดูแลรักษาเครื่องปรับอากาศทั้งแบบขนาดเล็กและขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังได้เสนอให้ติดตั้งระบบทำความสะอาดท่อน้ำของระบบ Chiller คือระบบลูกบอลทำความสะอาด รวมทั้งการควบคุมความเร็วรอบของปั๊มน้ำเย็นด้วย ซึ่งหากทำตามข้อเสนอแนะจะสามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า 10 % ของปริมาณค่าไฟฟ้าที่ใช้งานกับระบบปรับอากาศในภาพรวม

ศุภชัย ปัญญาวีร์ (2546) การใช้การบำรุงรักษาและการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน ระบบปรับอากาศเมื่อใช้งานในระยะเวลาหนึ่งจะทำให้สมรรถนะลดลงทำให้เกิดการใช้พลังงานสูงขึ้น หรือมีการใช้งานที่ไม่ถูกต้องก็ทำให้เกิดการใช้พลังงานสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นผู้ดูแลระบบปรับอากาศจะต้องศึกษาถึงการใช้ การดูแลรักษาและปรับปรุงระบบเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดดังนี้

1. ควรปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น เมื่อสภาวะอากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไปควรปรับตั้งอยู่ที่ประมาณ 46 - 48 $^{\circ}$F

2. ปรับตั้งอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนให้ต่ำที่สุด โดยการเปิดหอผึ่งน้ำเย็นเพิ่มขึ้นและทำความสะอาดหอผึ่งน้ำรวมทั้งคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปควรปรับตั้งอุณหภูมิให้อยู่ประมาณ 85 - 90 $^{\circ}$F

3. ขดท่อความร้อน (Condenser) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น ดังนั้นจึงต้องทำความสะอาดพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนอย่างสม่ำเสมอ จะส่งผลทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมาก

4. แผ่นกรองอากาศและขอท่อความเย็น (Evaporator) จะต้องหมั่นทำความสะอาดเพื่อถ่ายเทความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับอากาศหรือระหว่างน้ำกับอากาศมีประสิทธิภาพสูงสุดซึ่งจะทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน

5. ทำความสะอาดรูหัวฉีด (Nozzle ของหอผึ่งน้ำ) เนื่องจากเมื่อใช้ไปนาน ๆ จะเกิดตะกรัน ตะใคร่น้ำและสิ่งสกปรกต่าง ๆ เกาะทำให้เกิดการอุดตันหรือรูหัวฉีดเล็กลง ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากหอผึ่งน้ำสูง ทำให้เครื่องทำน้ำเย็นมีสมรรถนะลดลง

6. ทำความสะอาดอ่างน้ำและฟิลลิ่งของหอผึ่งน้ำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้หอผึ่งน้ำทำงานได้อย่างมีสมรรถนะสูงสุด

7. ควรทดสอบและบาลานซ์ระบบทั้งหมด ทั้งระบบน้ำเย็นและระบบลมอย่างน้อยปีละครั้ง เนื่องจากใช้งานระบบปรับอากาศไประยะหนึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ จะมีประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นจึงต้องทดสอบและปรับสมดุลระบบเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการใช้งานดีอยู่เสมอ

8. ควรเดินเครื่องทำน้ำเย็นและอุปกรณ์ประกอบ เช่น เครื่องส่งลมเย็น เครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน หอผึ่งน้ำ ฯลฯ ให้อยู่ในตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ภาระทำความเย็นต้องการ

9. ปรับต่างคุณภาพน้ำที่เติมเข้าหอผึ่งน้ำและปรับแต่งน้ำที่ไหลเวียนอยู่ในระบบระบายความร้อน ซึ่งจะทำให้หอผึ่งน้ำและคอนเดนเซอร์มีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนสูง ทำให้ความดันในคอนเดนเซอร์ไม่สูงและคอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานลดลง

10. ตรวจสอบสภาพของฉนวนต่าง ๆ ที่หุ้มเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็นและท่อน้ำหากมีการชำรุดหรือเสื่อมสภาพให้ดำเนินการแก้ไขเพื่อป้องกันความร้อนจากบรรยากาศที่จะถ่ายเทเข้าสู่น้ำเย็นและอากาศเย็นซึ่งจะทำให้ภาระการปรับอากาศสูงขึ้น

ชาติ ฤทธิ์หิรัญ (2551) ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอิตัลไทย ซึ่งเป็นอาคารสูง 16 ชั้น พบว่า อาคารอิตัลไทยมีพื้นที่ปรับอากาศ 6,380 m^2 ใช้พลังงานไฟฟ้า 2,063,000 kWh/ปีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารมีค่าเท่ากับ 3,213.30 kWh/m^2/ปี, ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 640 kW ตัวประกอบโหลด 37 % และมีค่าใช้จ่ายไฟฟ้า 3,840,000 บาท/ปี การเสนอแนวทาง และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศโดยการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้รับจากการตรวจวัด สามารถลดการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานแทนการใช้ระบบเดิมและการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบศูนย์รวมใหม่ (Chiller) แทนเครื่องที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งคาดว่าจะลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 440,000 kWh/ปี คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ประมาณ 890,000 บาท/ปี

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2550) ได้มีโครงการศึกษาการใช้พลังงานในกลุ่มประเภทอาคารโรงพยาบาลทั้งหมดรัฐบาลและภาคเอกชน เนื่องจากอาคารประเภทโรงพยาบาลมีการใช้พลังงานสูงเป็นลำดับต้นของการใช้พลังงานในกลุ่มอาคาร โดยที่มีสภาพเป็นอาคารขนาดใหญ่และมีการเปิดให้บริการเป็นช่วงระยะเวลานาน ดังนั้นกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ในฐานะที่เป็นหน่วยงานหลักที่มีหน้าที่ในการส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน ยังมีการตั้งเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ ในการทำการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศเช่น มาตรการที่ไม่มีการลงทุน การปรับตั้งระบบการทำงานของเครื่องจักรใหม่ โดยวิธีการลดการทำงานลดเวลาโดยไม่กระทบกับผู้ใช้บริการ ส่วนมาตรการที่มีการลงทุน เช่น การติดตั้ง VSD การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งแต่ละหัวข้อจะมีมาตรฐานปริมาณร้อยละของการประหยัดพลังไว้สำหรับเปรียบเทียบและอ้างอิง

จากการศึกษาระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ แบบรวมศูนย์ (Central Air – Conditioning System) ประเภทระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) พบว่า อาคารส่วนใหญ่จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศในปริมาณที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

ดังนั้นแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคารจึงมีการพิจารณามาตรการที่จะประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศเป็นหลักโดยเฉพาะระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ แบบรวมศูนย์ (Central Air – Conditioning System) ประเภทระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) สำหรับมาตรการที่นำมาใช้ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร โรงพยาบาลพระรามเก้า

จะมี 2 ลักษณะ คือ มาตรการที่ไม่มีการลงทุน และมาตรการที่มีการลงทุน ตามมาตรฐานอ้างอิงของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงพลังงาน เพื่อเปรียบเทียบการลดการใช้พลังงาน รวมทั้งเปรียบเทียบผลก่อนและหลังจากการปรับเปลี่ยนมาตรการประหยัดพลังงานซึ่งได้จากการคำนวณตามทฤษฎี

ผู้ศึกษาจะนำข้อมูลส่วนนี้ไปใช้เสนอผู้บริหารเพื่อความเหมาะสมและพิจารณาเลือกมาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้านระบบปรับอากาศ ในอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า เพื่อพิจารณาแนวทางในการดำเนินการเรื่องการอนุรักษ์พลังงานและเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายขององค์กรต่อไป

บทที่ 3
ระเบียบวิธีศึกษา

การศึกษาเรื่องการประหยัดพลังงานด้านระบบปรับอากาศขนาดใหญ่แบบรวมศูนย์ประเภท ระบายความร้อนด้วยน้ำ กรณีศึกษาอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า เป็นการศึกษาที่มีความมุ่งเน้นเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Central Air – Conditioning System) ของโรงพยาบาลพระรามเก้า โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเสนอแนะแนวทางในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการดำเนินการศึกษาตามหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3 ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 ข้อมูลทั่วไป

อาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า ตั้งอยู่เลขที่ 99 ซอยโรงพยาบาลพระเก้า ถนนพระราม 9 แขวงดินแดง เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ เป็นอาคารประเภทโรงพยาบาลขนาด 250 เตียง โดยมีการเปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2535 ปัจจุบันอาคารมีอายุการใช้งาน 20 ปี ตัวอาคารเป็นอาคารสูง 16 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยในอาคารรวม 53,834 m^2 เป็นพื้นที่ปรับอากาศ 48,450 m^2 คิดเป็น 90% พื้นที่ไม่ปรับอากาศ 5,383 m^2 คิดเป็น 10%

รูปที่ 3.1 อาคารกรณีศึกษาโรงพยาบาลพระรามเก้า

รูปที่ 3.2 ห้องพักผู้ป่วยและเคาท์เตอร์บริการ

การใช้พื้นที่ของอาคาร มีการใช้งานในแต่ละชั้น ดังนี้

ชั้น 1 พื้นที่ 4,633 m^2 ประกอบด้วย 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 เป็นห้องเครื่องต่าง ๆ ได้แก่ ห้องควบคุมไฟฟ้า ห้องเครื่องปรับอากาศ ห้องเครื่องปั้มน้ำ ห้อง Boiler ห้องระบบ Gas ทางการแพทย์

ส่วนที่ 2 เป็นสำนักงาน ของฝ่ายอาคารสถานที่ คลังพัสดุ และแผนกโภชนาการ

ส่วนที่ 3 เป็นร้านค้าเช่าและร้านอาหาร

ส่วนที่ 4 เป็น OPD (ผู้ป่วยนอก) แผนกกายภาพ และหน่วยฟื้นฟูหัวใจ

ชั้น 2 พื้นที่ 3,188 m^2 เป็นพื้นที่ OPD (ผู้ป่วยนอก) แผนกฉุกเฉิน และพื้นที่รับผู้ป่วย

ชั้น 3 พื้นที่ 3,135 m^2 เป็นพื้นที่ OPD (ผู้ป่วยนอก)

ชั้น 4 พื้นที่ 3,496 m^2 เป็นพื้นที่ Special Unit ได้แก่ แผนก ICU , CCU , พักฟื้น และห้องผ่าตัด

ชั้น 5พื้นที่ 3,996 m^2 ประกอบด้วย 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 เป็นสำนักงานทั่วไป และห้องประชุม

ส่วนที่ 2 เป็น OPD (ผู้ป่วยนอก) ตา หู คอ จมูก และแผนกทันตกรรม

ชั้น 6 พื้นที่ 1,402 m^2 เป็นหอพักผู้ป่วยสูตินารีเวช และแผนกเด็กอ่อน

ชั้น 7 พื้นที่ 1,402 m^2 เป็นหอพักผู้ป่วยเด็ก

ชั้น 8 พื้นที่ 1,402 m^2 เป็นหอพักผู้ป่วยสำรอง

ชั้น 9 พื้นที่ 1,402 m^2 เป็น OPD (ผู้ป่วยนอก) สูตินารีเวช

ชั้น 10-16 พื้นที่ 1,402 m^2 เป็นหอพักผู้ป่วย

ชั้น 17 พื้นที่ 900 m^2 เป็น LAB และคลังยา IPD

3.1.2 ข้อมูลการใช้อาคาร

โรงพยาบาลพระรามเก้า เข้าอาคารประเภทโรงพยาบาลเปิดบริการทุกวัน 24 ชั่วโมง โดยมีผู้มาใช้บริการ แบ่งเป็น

1. OPD ประมาณ 800 – 1,000 คน/วัน วันเสาร์จะมีผู้มาใช้บริการมากกว่าทุกวันของสัปดาห์

2. IPD ประมาณ 100 เตียง/วัน

3. พนักงานแบ่งการทำงานเป็น 3 ช่วงเวลา

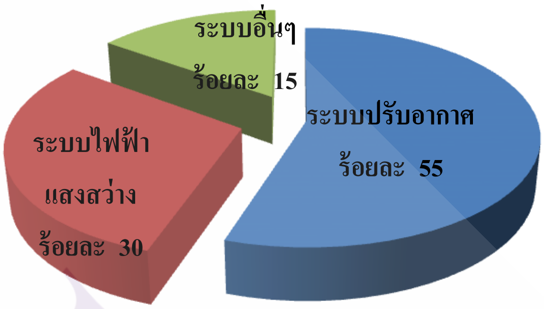
- เวลาทำงาน 07.00 น. - 16.00 น. (เช้า)
- เวลาทำงาน 16.00 น. - 24.00 น. (บ่าย)
- เวลาทำงาน 24.00 น. - 07.00 น. (ดึก)

4. พนักงาน Office ทั่วไป

- เวลาทำงาน 08.00 น. - 17.00 น. หยุดวันเสาร์-อาทิตย์ และนักขัตฤกษ์

3.1.3 ข้อมูลการใช้พลังงาน

มีการใช้พลังงานในพลังงานหลัก ๆ 3 ประเภท คือ ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบอื่น ๆ เช่น ระบบสุขาภิบาล ระบบสื่อสาร ระบบเตือนภัย เป็นต้น ซึ่งจากการตรวจวัดและวิเคราะห์ มีสัดส่วนการใช้พลังงานดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 สัดส่วนการใช้พลังงานของระบบต่าง ๆ ในอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า

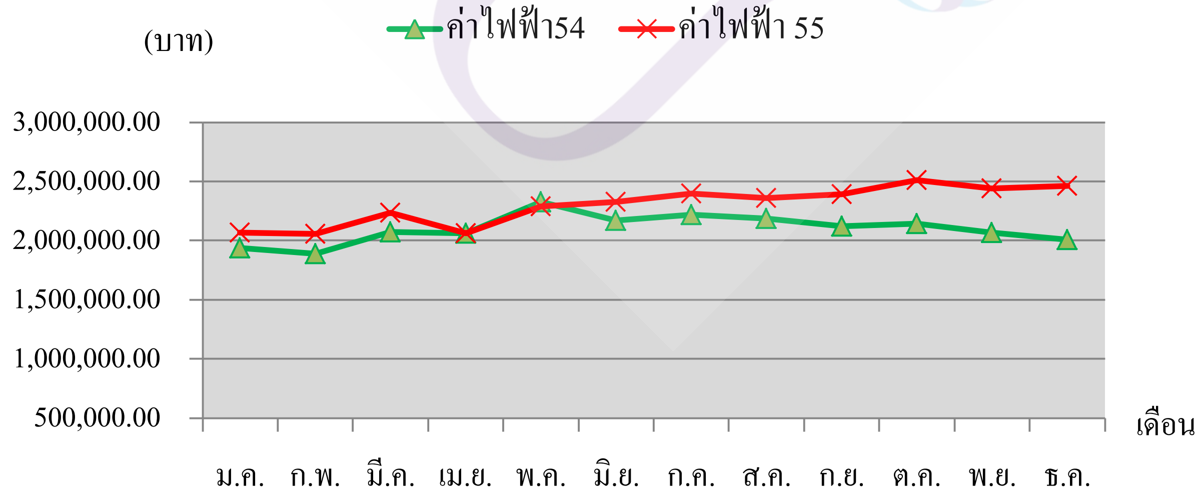
จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานตั้งแต่เปิดอาคารจนถึงปัจจุบันมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกปี ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า ระหว่างปี 2550 – 2555

ปี	เฉลี่ยต่อเดือน (kwh)	รวมต่อปี (kwh)	ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี(%)
2550	542,416.67	6,509,000.00	20,299,527.04	ปีฐาน
2551	589,500.00	7,074,000.00	21,969,385.20	เพิ่มขึ้น 8.22
2552	606,916.67	7,283,000.00	24,349,938.33	เพิ่มขึ้น 19.95
2553	655,287.58	7,863,451.00	26,380,640.67	เพิ่มขึ้น 29.95
2554	620,083.33	7,441,000.00	25,205,055.08	เพิ่มขึ้น 24.16
2555	626,083.33	7,513,000.00	27,584,628.46	เพิ่มขึ้น 35.88

ตารางที่ 3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า เปรียบเทียบปี 2554 -2555

เดือน	ปี 2554			ปี 2555		
	หน่วยไฟฟ้า (kwh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	เฉลี่ยต่อหน่วย (บาท)	หน่วยไฟฟ้า (kwh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	เฉลี่ยต่อหน่วย (บาท)
ม.ค.	590,000.00	1,935,259.52	3.28	593,000.00	2,066,960.27	3.49
ก.พ.	567,000.00	1,890,161.90	3.33	583,000.00	2,058,014.44	3.53
มี.ค.	628,000.00	2,070,779.51	3.30	643,000.00	2,236,729.78	3.48
เม.ย.	621,000.00	2,062,271.05	3.32	621,000.00	2,062,271.05	3.32
พ.ค.	684,000.00	2,329,241.14	3.41	655,000.00	2,288,121.36	3.49
มิ.ย.	642,000.00	2,171,020.92	3.38	626,000.00	2,326,232.12	3.72
ก.ค.	647,000.00	2,218,673.27	3.43	646,000.00	2,396,689.36	3.71
ส.ค.	638,000.00	2,185,016.16	3.42	637,000.00	2,359,868.83	3.70
ก.ย.	615,000.00	2,122,492.07	3.45	610,000.00	2,390,219.52	3.92
ต.ค.	625,000.00	2,143,715.02	3.43	645,000.00	2,512,299.17	3.90
พ.ย.	601,000.00	2,066,314.84	3.44	622,000.00	2,422,713.31	3.90
ธ.ค.	583,000.00	2,010,109.73	3.45	632,000.00	2,464,509.25	3.90
รวม	7,441,000.00	25,205,055.13	40.64	7,513,000.00	27,584,628.46	44.0
เฉลี่ย	620,083.33	2,100,421.26	3.39	626,083.33	2,298,719.04	3.67



รูปที่ 3.4 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า เปรียบเทียบ 2554 -2555

3.1.4 ข้อมูลด้านอุปกรณ์ และการใช้พลังงาน

ระบบปรับอากาศ เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ แบบรวมศูนย์ (Central Air – Conditioning System) ประเภทระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) เครื่องทำความเย็น (Chiller) เป็นเครื่องทำความเย็นแบบ Centrifugal Chiller จำนวน 3 เครื่อง พร้อมทั้ง Pump น้ำเย็น (Chiller Pump) และ Pump ระบายความร้อน (Condenser Pump) และ Cooling Tower อย่างละ 3 ชุด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

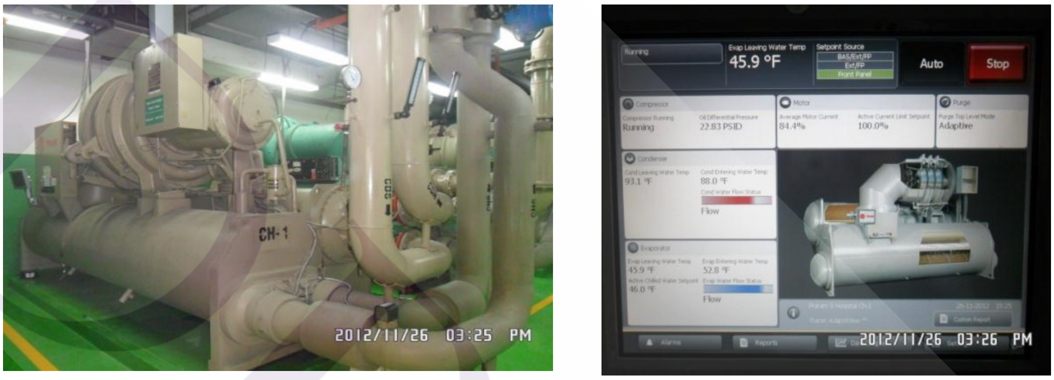
รูปที่ 3.5 เครื่อง Chiller ที่อาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า

รูปที่ 3.6 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ในระบบมีเครื่องทำความเย็น (Chiller) เป็นเครื่องทำความเย็นแบบ Centrifugal Chiller จำนวน 3 เครื่อง

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงอายุการใช้งาน 3 ปี ของ Trane ขนาด 500 TR จำนวน 2 เครื่อง โดยมีค่า (kW/TR) ที่ 0.572 ใช้สารน้ำยาความเย็น R 123 มี Control Monitor ที่ตัวเครื่องและเป็นระบบคอมพิวเตอร์อัตโนมัติและระบบ Manual สามารถสั่งการเพิ่มเติมได้ที่ห้องช่าง ทั้งระบบ



รูปที่ 3.7 เครื่อง Chiller ของ Trane ขนาด 500 TR และ Control Monitor

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพต่ำอายุการใช้งาน 20 ปี ของ Carrier ขนาด 500 TR จำนวน 1 เครื่อง ใช้สารน้ำยาความเย็น R 11 โดยมีค่า (kW/TR) ที่ประมาณ 0.80 ไม่มีระบบสั่งการอัตโนมัติที่ห้องช่าง สามารถเดินเครื่องในระบบ Manual ได้ที่เครื่องเท่านั้น

รูปที่ 3.8 เครื่อง Chiller ของ Carrier ขนาด 500 TR และ Control Board

2. ปั๊มระบายความร้อน (Condensor Pump)

มีการติดตั้ง ปั๊มระบายความร้อน (Condensor Pump) จำนวน 3 ชุด เพื่อใช้ระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ PACO / USA Model KP 515 - 5

Capacity 1350 / 110 US GPM/ Ft Speed 1450 Rpm ขนาด 60 Hp

รูปที่ 3.9 Condenser Pump

3. ปั๊มน้ำเย็น (Chiller Pump)

มีการติดตั้ง ปั๊มน้ำเย็น (Chiller Pump) เพื่อส่งน้ำเย็น จำนวน 3 ชุด ของ PACO / USA Model KP 6019-5

Capacity 1080 / 200 US GPM / Ft Speed 1450 Rpm 80 Hp

รูปที่ 3.10 Chiller Pump

4. หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)

ติดตั้ง Cooling Tower จำนวน 3 ชุด ของ Thai Cooling

แบบ Counter Flow ขนาด500 RT, Model TSC 500 RT, Capacity 500 RT, Water Flow Rate 5000 L/Min

รูปที่ 3.11 Cooling Tower

3.1.5 การทำงานของระบบปรับอากาศ

1. การเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ในฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน ในเวลาทำการกลางวันตั้งแต่ 06.00 น.-18.00 น. เดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ขนาด 500 TR จำนวน 2 เครื่อง ช่วงกลางคืนตั้งแต่ 18.00น.-06.00 น. ลดการเดินเครื่องเหลือ 1 เครื่อง

ในฤดูฝนและฤดูหนาว ตลอดวันทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืนเดินเครื่อง ขนาด 500 TR จำนวน 1 เครื่อง

การเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) จะเดินเป็นชุด ได้แก่ เครื่อง Chiller 1 เครื่อง จะเดินพร้อม Chiller Pump และ Condenser Pump รวมทั้ง Cooling Tower อย่างละ 1 เครื่อง หากไม่สามารถทำอุณหภูมิที่ต้องการได้จะเดินเครื่องเพิ่มอีก 1 ชุด

โรงพยาบาลได้ตั้งอุณหภูมิ ที่ตั้งไว้สำหรับให้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงาน และส่งน้ำเย็นที่เครื่องตลอดเวลา คือ 45 $^{\circ}$F ทั้งกลางวันและกลางคืน ตลอดปี

การเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) จะใช้เครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง ของยี่ห้อ Trane ขนาด 500 TR เดินเครื่องก่อนเป็นลำดับแรก แต่เพื่อไม่ให้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพต่ำ

อายุการใช้งาน 20 ปี ของ Carrier ขนาด 500 TR อีก 1 เครื่องเสียหายเพราะไม่ได้ใช้งาน ทางโรงพยาบาลจึงได้กำหนดเดินเครื่องนี้เดือนละ 1 สัปดาห์ (ตลอด 24 ชั่วโมง)

2. การควบคุมควบคุมเครื่อง Chiller

โรงพยาบาลได้ ได้ใช้โปรแกรม SUMMIT TRANE เพื่อทำหน้าที่ในการเดินระบบและควบคุมระบบปรับอากาศ ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถสั่งการได้จากระบบคอมพิวเตอร์ โดยใช้ได้เฉพาะการเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ Trane ซึ่งระบบและโปรแกรมจะตรวจสอบภาระการทำความเย็นในขณะที่มีการเดินเครื่อง Trane เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของ Load โปรแกรมจะสั่งเพิ่มหรือลดการทำงานของ Chiller ซึ่งทำให้ง่ายในการควบคุม

โรงพยาบาลยังได้มีการตรวจสอบการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นแบบ Manual ซึ่งเป็นการตรวจสอบเพิ่มเติมจากการทำงานของโปรแกรม SUMMIT TRANE โดยให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของระบบที่เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในห้องเครื่อง ตามเวลาของการจด Log Sheet ด้วย

นอกจากนี้ระบบควบคุมระบบปรับอากาศอัตโนมัติ SUMMIT TRANE ยังเตรียมไว้ใช้ในการควบคุมการ เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) ตามเวลาที่ตั้งไว้ในแต่ละวันโดยอัตโนมัติในส่วนของโถงและสำนักงานต่างๆ ที่เป็นพื้นที่ส่วนกลาง สามารถกำหนดเวลาล่วงหน้าเป็นรายปีรวมถึงวันหยุด และใช้ในการปรับตั้งค่าอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศของอาคารให้มีค่าอุณหภูมิการใช้งานที่เหมาะสม ซึ่งโรงพยาบาลยังไม่ได้ใช้งานโปรแกรมในส่วนนี้

รูปที่ 3.12 ระบบควบคุมระบบปรับอากาศอัตโนมัติ SUMMIT TRANE

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพต่ำอายุการใช้งาน 20 ปี ของ Carrier ยังไม่มีระบบโปรแกรมควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ทำได้เพียงการ Manual การทำงานของเครื่องที่ตัวเครื่องเท่านั้น

3. อุณหภูมิภายในอาคารและการควบคุมการใช้งาน

ได้มีรายละเอียดของอุณหภูมิภายในอาคารและการควบคุมการใช้งาน ดังนี้

ได้มีการตั้งค่าอุณหภูมิของระบบปรับอากาศที่ AHU และ FCU ภายในอาคาร โดยค่าเฉลี่ยที่ 23-25 °C โดยมีการควบคุม ดังนี้

ส่วนของโถง OPD (Out Patient Department) จะให้แม่บ้านเป็นผู้ควบคุมดูแลการเปิด-ปิด ของเครื่อง AHU และ FCU โดยอ้างอิงการเปิดปิดตาม OPD

ส่วนที่เป็นสำนักงาน จะให้พนักงานเป็นผู้ดูแลการเปิด-ปิด ของเครื่อง AHU และ FCU ตามการทำงานจริง

ส่วนที่เป็นห้องพักผู้ป่วยไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ จะปรับอุณหภูมิตามที่ผู้ป่วยต้องการในแต่ละห้อง

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 เครื่องบันทึกการทำงานเครื่องทำความเย็น (Chiller Operation)

เป็นเครื่องมือในการตรวจวัดและบันทึกค่าการทำงานของ Chiller Plant โดยสามารถแสดงสถานะและบันทึกค่าการทำงานของระบบทำน้ำเย็นของเครื่อง โดยแยกดูค่าของ Chiller แต่ละเครื่องได้ เช่น เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่อง Compressor อุณหภูมิอากาศภายนอก แรงดันสารทำความเย็น อุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำเย็น

รูปที่ 3.13 ระบบควบคุมเครื่องทำความเย็น (Chiller Operation) SUMMIT TRANE

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา แยกเป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

3.2.2.1 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและปรับอากาศ ประกอบด้วย

Digital Multimeter สำหรับวัดกำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า และโวลท์ ความเที่ยงตรง 50 ~ 400 Hz ± (1.6% rdg + 2 dgt)

รูปที่ 3.14 Digital Multimeter

เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าชนิด คลิปแอมป์ (Digital clamp meter) ผลิตภัณฑ์ FLUKE สามารถใช้วัดค่าแรงดันกระแสสลับได้ในช่วง 200V – 600V และวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ในช่วง 200A – 600A ใช้สำหรับวัดค่าทางไฟฟ้าในส่วนย่อยของระบบในเครื่องทำน้ำเย็นและปั๊มสูบน้ำเย็น เพื่อใช้ในการพิจารณาการใช้ไฟฟ้าในแต่ละอุปกรณ์ ค่าความคลาดเคลื่อน ±1%

รูปที่ 3.15 Clip amp meter

เครื่องมือบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Electrical Recorder Meter)

เครื่องมือชนิดนี้มีความสามารถในการตรวจวิเคราะห์ และสามารถันทึกข้อมูลทางด้านไฟฟ้าต่างๆเป็นเวลานานๆ ได้ ใช้บันทึกค่ากำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

รูปที่ 3.16 Electrical Recorder Meter

เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Digital humidity / Thermometer)

ผลิตภัณฑ์ DIGICON รุ่น HT-765 ใช้สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายนอกและภายในอาคาร เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบและเปรียบเทียบกับค่าต่าง ๆ ในระบบเครื่องทำความเย็นค่าความคลาดเคลื่อน ± 2%

รูปที่ 3.17 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

Thermometer แบบเลเซอร์

ใช้สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายนอกและภายในอาคาร ในกรณีที่มีระยะทางไกล หรือจุดหมายอยู่สูง ไม่สามารถใช้เครื่องมือวัดปกติได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบและเปรียบเทียบกับค่าต่าง ๆ ในระบบเครื่องทำความเย็นค่าความคลาดเคลื่อน ±2%

รูปที่ 3.18 Thermometer แบบเลเซอร์

เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอุลต้าโซนิค (Ultrasonic Flow Meter)

ใช้สำหรับเก็บข้อมูลการไหลของน้ำภายในท่อได้ โดยใช้คลื่นเสียงเป็นตัวสะท้อนการไหลของน้ำภายในท่อ ซึ่งจะสามารถอ่านค่าได้เป็นหน่วย GPM และสามารถบันทึกผลเป็นช่วงเวลาได้ เครื่องมือชนิดนี้ไม่ต้องเจาะท่อที่ต้องการวัด การใช้งานเพียงแค่ประกบท่อ 2 จุด ที่ต้องการวัดการไหลของน้ำแล้วอ่านค่าผลที่ได้ ค่าความคลาดเคลื่อน ± 1%

รูปที่ 3.19 เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอุลต้าโซนิค (Ultrasonic Flow Meter)

3.2.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบฟอร์มบันทึกรายละเอียดอื่นๆ ของระบบปรับอากาศ (ภาคผนวก ค) ตารางที่ ค.1-ค.6

3.3 เก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิภายในอาคาร

วัดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารบริเวณโถง OPD ทั้งก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนเรื่องมาตรการพลังงาน เพื่อดูผลกระทบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

2. ระบบ Chiller

ในระบบทำความเย็นของอาคารโดยทั่วไปจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นมีหลายปัจจัยเช่นการซ่อมบำรุง การติดตั้ง อัตราการไหลของน้ำเย็น สภาพอากาศ ความยาวของระบบท่อน้ำเย็น การตั้งค่าการทำงานและการควบคุมระบบ แต่เนื่องจากการศึกษานี้จะทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าการทำงานในช่วงระยะเวลาและฤดูกาลเดียวกันรวมทั้งตำแหน่งติดตั้งของเครื่องทำความเย็นทั้ง 3 เครื่องอยู่ในบริเวณเดียวกัน จึงถือว่าปัจจัยจากสภาพอากาศ และระยะความยาวของระบบท่อน้ำเย็นคงที่ ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็น ซึ่งในการศึกษาจะทำการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นปัจจุบัน ทั้ง 3 เครื่อง ที่ได้จากบริษัทและ Specification จากโรงงาน โดยทำการจดบันทึกค่าพารามิเตอร์การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นลงในแบบฟอร์ม (ภาคผนวก ค ตารางที่ ค1 –ค2) ทุก ๆ 1-2 ชั่วโมงหรือเวลาที่เหมาะสม ในการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละวันและจากการตรวจวัดค่าประสิทธิภาพของเครื่องจากบริษัทภายนอก มาประกอบกันเป็นข้อมูล เพื่อมาคำนวนการใช้พลังงาน โดยจดบันทึกค่าของเครื่อง ดังนี้

1. Cooling set point (°F) แยกการปรับอุณหภูมิ
2. อุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้า Evaporator (°F)
3. อุณหภูมิน้ำเย็นออกจาก Evaporator (°F)
4. เปอร์เซ็นต์การทำงานของ Chiller (%)
5. อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นก่อนเข้า Condenser (°F)
6. อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นออกจาก Condenser (°F)
7. อุณหภูมิภายนอก (°F)
8. ค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น Chiller (Amp)

9. ค่ากำลังไฟฟ้า Power Factor (PF)

10. ค่าแรงดันไฟฟ้า (Volts)

11. อัตราการไหลของน้ำเย็น (GPM)

นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแยกแต่ละเครื่อง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1 – ก.3)

นำค่าที่ได้ไปคำนวณหามาตรการการประหยัดพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นแยกแต่ละเครื่อง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1 – ก.3)

3. ระบบ AHU

เครื่องเป่าลมเย็น AHU. ที่อยู่บริเวณโถงตามชั้นต่างๆ ของ OPD.จะเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่อง เพื่อนำไปคำนวนเปรียบเทียบเรื่องการลดพลังงาน ตามรายการ ดังนี้

1. อุณหภูมิภายใน ($^{\circ}$C)

2. ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่อง (kW)

3. ค่าพลังงานไฟฟ้าของ (kWh)

4. จำนวนชั่วโมงการใช้งาน

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิภายในอาคาร

วิเคราะห์อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารบริเวณโถง OPD ทั้งก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนเรื่องมาตรการพลังงาน เพื่อดูผลกระทบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

2. ระบบ Chiller

การวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศในสารนิพนธ์ฉบับนี้เน้นเฉพาะการวิเคราะห์ส่วนที่มีการใช้พลังงานสูงสุดในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งได้แก่ เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เท่านั้นโดยในสารนิพนธ์ฉบับนี้จะหาประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นโดยอ้างอิงจากกฎกระทรวงซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โดยทำการวิเคราะห์และศึกษาข้อมูล ดังนี้

2.1 การศึกษาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการจดบันทึกการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และจากการวัดค่าการใช้พลังงาน และข้อมูลต่างๆ มาคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แต่ละเครื่อง

2.2 การศึกษาวิเคราะห์การมาตรการ การประหยัดพลังงานที่เหมาะสม

ทำการศึกษามาตรการ การประหยัดพลังงานที่เหมาะสม กับอาคารโรงพยาบาล โดยไม่ให้มีผลกระทบกับผู้มาใช้บริการและพนักงาน โดยแยกเป็นมาตรการต่างๆ ดังนี้

มาตรการที่ไม่มีการลงทุน จะทำการวิเคราะห์เรื่องการลดการใช้พลังงานต่าง ๆ ในระบบปรับอากาศ (Water Chiller) ได้แก่ การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น, การกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) ซึ่งเป็นการลดเวลาการทำงานของหน่วยจ่ายลมเย็น (AHU) โดยควบคุมการทำงานของโปรแกรมเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller Management) จะเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า ก่อนและหลังดำเนินการตามมาตรการ เพื่อไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบผลประหยัดต่อปี

มาตรการที่ต้องมีการลงทุน ได้แก่ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม จำนวน 1 เครื่อง โดยจะนำข้อมูลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นนำค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็นไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า และจะเปรียบเทียบเครื่อง Chiller ใหม่ที่จะซื้อทดแทนเครื่องเดิม 1 เครื่อง โดยจะคำนวนเพื่อเปรียบเทียบผลประหยัดต่อปี และหาระยะเวลาคืนทุน โดยพิจารณาที่ค่าอัตราส่วนกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น และค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กฎกระทรวงกำหนดในด้านการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ นอกจากนี้ยังต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่จะทำการศึกษา โดยแบ่งเป็นการเปรียบเทียบการใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เครื่องเดิมและการเปลี่ยนใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เครื่องใหม่ทดแทนเครื่องเดิม ซึ่งมีการวิเคราะห์ คือการใช้เครื่องมือทางการเงินเข้าช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจลงทุนในโครงการ โดยทั่วไปมักใช้เกณฑ์ NPV รวมทั้งคำนวนจุดคุ้มทุน

ทั้งนี้การวิเคราะห์ผลต่างๆ ในการวิจัยจะมีเงื่อนไขการใช้งานที่เหมือนกัน รวมถึงปัจจัยแวดล้อมที่มีผลกระทบ เช่น การใช้พื้นที่เวลาในการใช้งาน จำนวนผู้ใช้อาคาร การเพิ่มหรือลดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน สภาพอากาศ และอัตราค่าพลังงาน เป็นต้น ซึ่งจะถูกปรับให้สอดคล้องกับเงื่อนไขการใช้งานที่เหมือนกัน

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาเรื่องการประหยัดพลังงานด้านระบบปรับอากาศขนาดใหญ่แบบรวมศูนย์ประเภทระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อศึกษาหาแนวทางการปรับปรุงระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Central Air – Conditioning System) ของอาคารประเภทโรงพยาบาล กรณีศึกษาโรงพยาบาลพระรามเก้า ทั้งมาตรการประหยัดพลังงานและลดความสูญเสียพลังงานที่สามารถทำได้ทันที เป็นมาตรการที่ไม่ต้องลงทุน และมาตรการด้านที่ต้องมีการลงทุน โดยได้รวบรวมผลการศึกษามีรายละเอียด ดังนี้

4.1. ข้อมูลเบื้องต้นของระบบปรับอากาศ

1.1 การทำงานของเครื่องปรับอากาศ Chiller

1.2 การทำงานของเครื่อง AHU ที่โถง OPD (Out Patient Department)

1.3 แนวทางการศึกษาการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมกับอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า

4.2. ผลการศึกษา

2.1 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น ที่ใช้ในปัจจุบัน

2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น

2.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็น AHU

4.3. การประหยัดพลังงานด้านไฟฟ้า

3.1 มาตรการที่ไม่มีการลงทุน

3.2 มาตรการที่มีการลงทุน

4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของระบบปรับอากาศ

4.1.1 การทำงานของเครื่อง Chiller

ในระบบมีเครื่องทำความเย็น (Chiller) เป็นเครื่องทำความเย็นแบบ Centrifugal Chiller จำนวน 3 เครื่อง

1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงอายุการใช้งาน 3 ปี ของยี่ห้อ TRANE ขนาด 500 TR มีค่าพลังงานระบุจากโรงงานเท่ากับ 0.572 kW/TR จำนวน 2 เครื่อง

2. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพต่ำอายุการใช้งาน 20 ปี ของยี่ห้อ CARRIER ขนาด 500 TR ไม่มีการระบุค่าพลังงานไว้ เนื่องจากเป็นเครื่องทำน้ำเย็น ที่มีอายุการใช้งานมานานแล้ว จำนวน 1 เครื่อง

3. การเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบ่งเวลาการเปิด – ปิด ตามช่วงฤดู ดังนี้

3.1 ในฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน ในเวลาทำการกลางวัน ตั้งแต่ 06.00 น. – 18.00 น. เดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ขนาด 500 TR จำนวน 2 เครื่อง ช่วงกลางคืน ตั้งแต่ 18.00 – 06.00 น. ลดการเดินเครื่องเหลือ 1 เครื่อง

3.2 ฤดูฝนและฤดูหนาว ตลอดวันทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืนเดินเครื่อง ขนาด 500 TR จำนวน 1 เครื่อง

4. การเลือกเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

4.1 จะใช้เครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง ขนาด 500 TR เดินเครื่องก่อนเป็นลำดับแรก

4.2 เพื่อไม่ให้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพต่ำอายุการใช้งาน 20 ปี ยี่ห้อ CARRIER ขนาด 500 TR อีก 1 เครื่องเสียหายเพราะไม่ได้ใช้งาน ทางโรงพยาบาลจึงได้กำหนดเดินเครื่องนี้เดือนละ 1 สัปดาห์ (ตลอด 24 ชั่วโมง)

5. โรงพยาบาลได้ตั้งอุณหภูมิ ที่ตั้งไว้สำหรับให้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำงานและส่งน้ำเย็นที่เครื่องตลอดเวลาเท่ากับ 45 °F ทั้งกลางวันและกลางคืนตลอดปี

4.1.2 การทำงานของเครื่อง AHU ที่โถง OPD (Out Patient Department)

โรงพยาบาลพระรามเก้ามีการแบ่งพื้นที่ใช้งานเป็น OPD จำนวน 3 ชั้น ได้แก่ ชั้น 1, 2, 3 ซึ่งบริเวณโถง OPD มีเครื่อง AHU ติดตั้งเพื่อส่งลมเย็นจำนวน 21 เครื่อง โดยส่วนใหญ่จะเดินเครื่องตามการเปิด – ปิด ของ OPD และบางส่วนเดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมง และควบคุมการเปิด-ปิด และการใช้งานโดยแม่บ้านและเจ้าของสถานที่

การควบคุมการเปิด-ปิด ของเครื่องส่งลมเย็นที่โถง OPD สามารถควบคุมการเปิด-ปิด โดยใช้ระบบอัตโนมัติของ โปรแกรม SUMMIT TRANE ได้ เนื่องจากได้เตรียมรองรับการใช้งานไว้แล้ว แต่ในปัจจุบันไม่ได้ใช้งานในระบบอัตโนมัติ แต่เป็นการควบคุมการเปิด-ปิด และการใช้งานโดยแม่บ้านและเจ้าของสถานที่ เพราะสะดวกในการใช้งานแต่ไม่ประหยัดพลังงาน

4.1.3 แนวทางศึกษาการประหยัดพลังงาน ที่เหมาะสมกับอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า

จากการศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่ามีหลายมาตรการในการประหยัดพลังงานแต่ที่สามารถทำและเห็นผลได้

ทันทีและมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงและไม่มีผลกระทบกับผู้ใช้บริการและพนักงานมากนัก ได้แก่ มาตรการต่าง ๆ ดังนี้

1. มาตรการที่ไม่มีการลงทุน ได้แก่ การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น , การกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) ซึ่งเป็นการลดเวลาการทำงานของหน่วยจ่ายลมเย็น (AHU)

2. มาตรการที่ต้องมีการลงทุน ได้แก่ การใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องที่มีประสิทธิภาพต่ำชุดเดิม จำนวน 1 เครื่อง

4.2 ผลการศึกษา

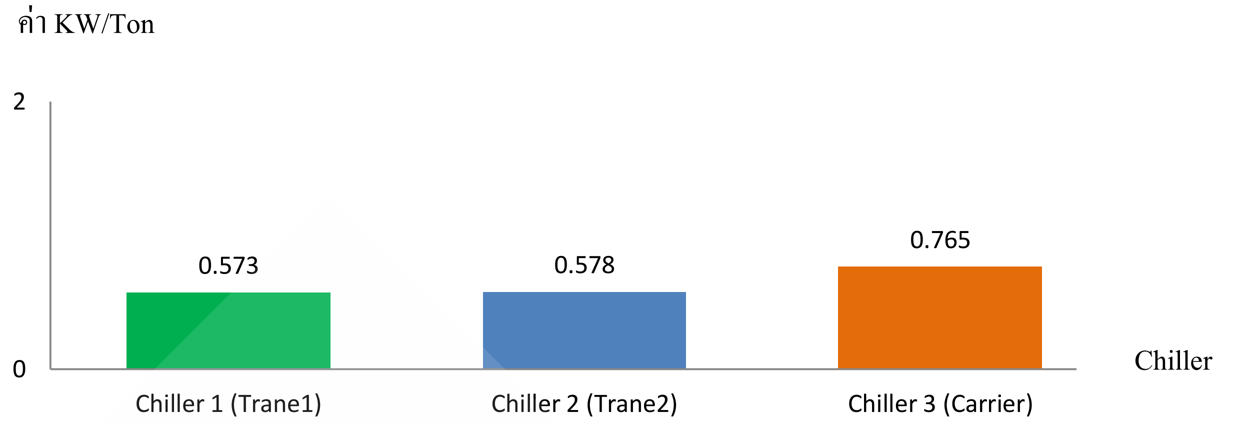
4.2.1 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้ในปัจจุบัน

ปัจจุบันเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานในโรงพยาบาลพระรามเก้า มีจำนวน 3 เครื่องโดยจำนวน 2 เครื่องใช้งานมา 3 ปี ส่วนอีก 1 เครื่อง ใช้งานมา 20 ปี มีการบำรุงรักษา (Preventive Maintenance) ตามแผนงานที่กำหนดไว้ตลอดเวลา ได้ตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) พบว่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TR) เครื่องยี่ห้อ TRANE จำนวน 2 ชุด มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานจากโรงงาน (มาตรฐาน 0.572 kW/TR) วัดค่าการใช้พลังงานของเครื่องได้ 0.573 kW/TR และ 0.578 kW/TR ตามลำดับ ส่วนอีก 1 เครื่อง ยี่ห้อ CARRIER เป็นเครื่องเก่า 20 ปี มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มาตรฐาน 0.62 kW/TR) วัดค่าการใช้พลังงานเครื่องได้ 0.765 kW/TR เห็นได้ว่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TR) ไม่เท่ากันนอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องคือค่า EER และ COP ดังตารางที่ 4.1

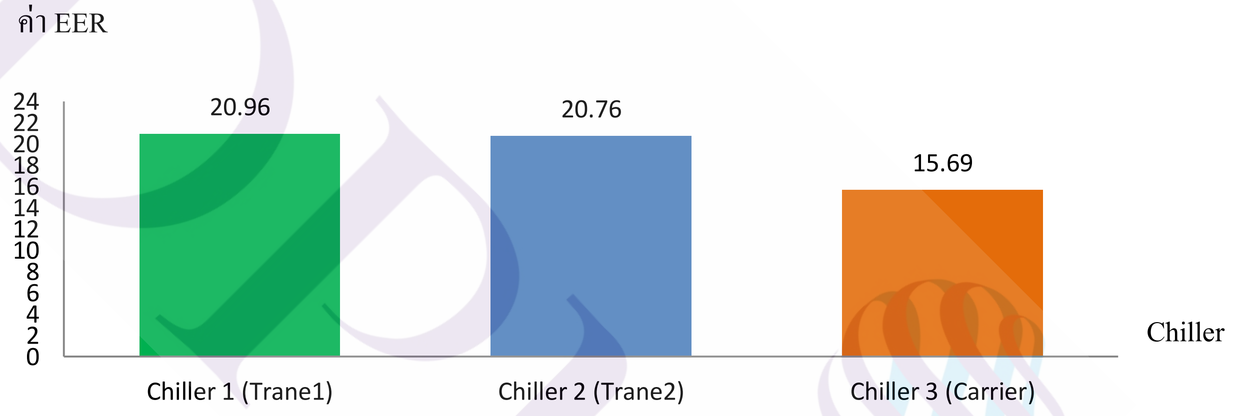
เพื่อเป็นการอนุรักษ์การใช้พลังงานในอาคารตามนโยบายของรัฐบาลจึงควรพิจารณาเปลี่ยนเครื่องเป็นเครื่องทีมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะมีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

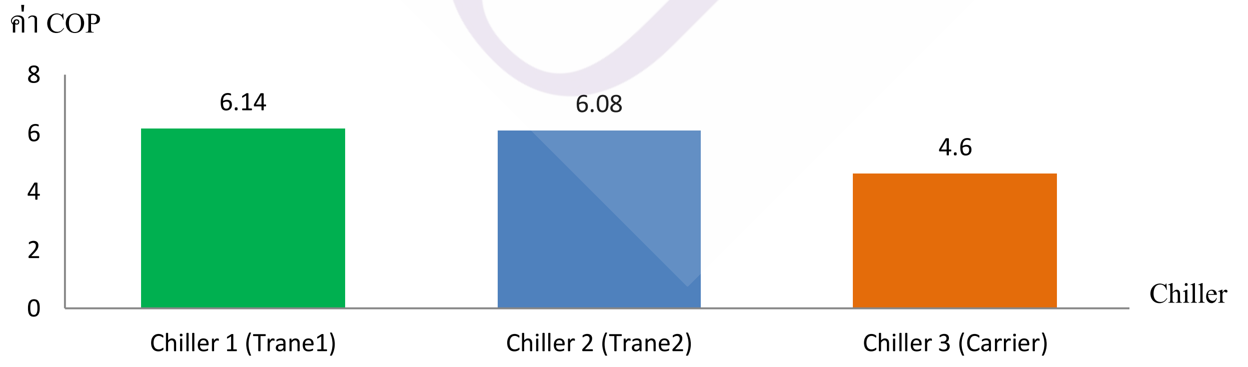
เครื่องทำน้ำเย็น	ค่าประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น		
(Chiller)	kW/TR	EER	COP
CH 1	0.573	20.96	6.14
CH 2	0.578	20.76	6.08
CH 3	0.765	15.69	4.60



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ด้าน KW/Ton



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ด้าน EER



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ด้าน COP

4.2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

1. เมื่อพิจารณาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันยี่ห้อ TRANE จำนวน 2 เครื่อง และยี่ห้อ CARRIER จำนวน 1 เครื่อง ตามเงื่อนไขการเดินเครื่อง (Chiller) ของโรงพยาบาล พบว่ามีการเดินเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง ของยี่ห้อ TRANE มีจำนวนชั่วโมงต่อปีสูงกว่าเครื่องที่มีประสิทธิภาพต่ำของ CARRIER ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ชั่วโมงการใช้งานเครื่องตามเงื่อนไขของโรงพยาบาล (ชั่วโมง/ปี)

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	ชั่วโมงการใช้งาน/ปี
CH 1	4,812
CH 2	4,812
CH 3	2,016

2. เมื่อพิจารณาความต้องการพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยคำนวณจากชั่วโมงการใช้งานและประสิทธิภาพของเครื่องจากการวัดค่าพลังงานจริง พบว่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง ของ เครื่องที่ 1 และ 2 มีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า 1,172,358 kWh/Year และ 1,182,588 kWh/Year ตามลำดับ ส่วนเครื่องยี่ห้อ CARRIER มีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า 771,120 kWh/Year ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ชั่วโมงการใช้งานเครื่องตามเงื่อนไขของโรงพยาบาล (ชั่วโมง/ปี)

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/Year) ของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)
CH 1	1,172,358
CH 2	1,182,588
CH 3	771,120

3. เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า พบว่าความเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง ของยี่ห้อ TRANE เครื่องที่ 1 และ 2 มีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็นเงิน 4,689,432 บาท / ปี และ 4,730,352 บาท / ปี ตามลำดับ ส่วนเครื่องยี่ห้อ CARRIER มีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็นเงิน 3,084,480 บาท / ปี ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ชั่วโมงการใช้งานเครื่องตามเงื่อนไขของโรงพยาบาล (ชั่วโมง/ปี)

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า (บาท/ปี)
CH 1	4,689,432
CH 2	4,730,352
CH 3	3,084,480

4.2.3 ผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็น (Air Handing Unit) AHU

1. เวลาการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น (Air Handing Unit) AHU

เมื่อพิจารณาการทำงานของ AHU ที่ใช้งานในปัจจุบันที่บริเวณโถง OPD ชั้น 1-3 พบว่ามีการใช้งานตามเวลาการเปิด – ปิด ของห้องตรวจและคลินิก ซึ่งจะปิดในเวลา 22.00 น. และบางส่วนมีการเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง ในพื้นที่ที่ต้องให้บริการฉุกเฉิน ซึ่งการควบคุมการเปิด – ปิด เครื่องปัจจุบันจะดำเนินการโดยแผนกแม่บ้านในแต่ละพื้นที่ และจากการสุ่มตรวจสอบ สังเกต และสอบถามพบว่า การเปิด – ปิด เครื่อง AHU ไม่มีการเปิด – ปิด ที่แน่นอนอาจมีการเลื่อนเวลาปิดออกไปบ้างจากสาเหตุหลายประการ เช่น ลืมหรือเปิดทิ้งไว้ ประกอบด้วยเครื่อง AHU ในบางเครื่องที่ทำงาน 24 ชั่วโมง จะไม่ได้พักเครื่อง ซึ่งอาจทำให้เครื่องชำรุดและเสื่อมก่อนเวลาอันสมควร

เมื่อพิจารณาการทำงานของเครื่อง AHU จะดูชั่วโมงการทำงานของเครื่อง พบว่า บริเวณโถงชั้น 1 และโถงชั้น 3 มีการติดตั้ง AHU จำนวน 6 เครื่องและ 2 เครื่อง ตามลำดับ มีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง สำหรับโถงชั้น 2 จำนวน 13 เครื่อง มีการใช้งานไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับเวลาการเปิด-ปิดของ OPD ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เวลาการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น

ชั้น	ตัวที่	ขนาด(BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	เวลาเปิด - ปิด เดิม	
				เวลาใช้งาน	จำนวนชั่วโมง
1	1	60,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
1	2	60,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
1	3	60,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
1	1	60,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ชั้น	ตัวที่	ขนาด(BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	เวลาเปิด - ปิด เดิม	
				เวลาใช้งาน	จำนวนชั่วโมง
1	2	60,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
1	3	60,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
1	4	60,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
1	5	60,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
1	6	60,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
2	1	72,000	OPD. MED.1	6.00-23.00	17
2	2	60,000	OPD. MED.1	6.00-23.00	17
2	3	48,000	OPD. MED.1	ตลอด 24 ชม.	24
2	4	66,000	OPD. MED.1	ตลอด 24 ชม.	24
2	5	120,000	OPD. MED.2	6.00-23.00	17
2	6	48,000	OPD. MED.2	6.00-23.00	17
2	7	48,000	OPD. MED.2	6.00-23.00	17
2	8	96,000	X-Ray	ตลอด 24 ชม.	24
2	9	84,000	X-Ray	ตลอด 24 ชม.	24
2	10	120,000	ER.	ตลอด 24 ชม.	24
2	11	240,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
2	12	120,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
2	13	120,000	Lobby	ตลอด 24 ชม.	24
3	1	240,000	Lobby (โถง Lift)	ตลอด 24 ชม.	24
3	2	120,000	Lobby (โถง Lift)	ตลอด 24 ชม.	24

2. การใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) ของเครื่องส่งลมเย็น (AHU)
จากชั่วโมงการทำงานของเครื่อง AHU สามารถคำนวณความต้องการพลังงานไฟฟ้าของเครื่อง AHU ตามชั้นต่างๆ ได้ ซึ่งในบริเวณโถง OPD ชั้น 2 มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าของเครื่อง AHU สูงกว่าชั้นอื่น ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) ของเครื่องส่งลมเย็น (AHU)

ชั้น	ตัวที่	ขนาด(BTU)	สถานที่ติดตั้ง	พลังงานไฟฟ้า (kW)	
				ต่อตัว	หน่วยไฟฟ้า/ ปี
1	1	60,000	Lobby	0.56	4,838
1	2	60,000	Lobby	0.56	4,838
1	3	60,000	Lobby	0.56	4,838
1	4	60,000	Lobby	0.56	4,838
1	5	60,000	Lobby	0.56	4,838
1	6	60,000	Lobby	0.56	4,838
2	1	72,000	OPD. MED.1	0.75	4,590
2	2	60,000	OPD. MED.1	0.56	3,427
2	3	48,000	OPD. MED.1	0.51	4,406
2	4	66,000	OPD. MED.1	0.56	4,838
2	5	120,000	OPD. MED.2	1.49	9,119
2	6	48,000	OPD. MED.2	0.51	3,121
2	7	48,000	OPD. MED.2	0.51	3,121
2	8	96,000	X-Ray	1.49	12,874
2	9	84,000	X-Ray	0.75	6,480
2	10	120,000	ER.	1.49	12,874
2	11	240,000	Lobby	2.98	25,747
2	12	120,000	Lobby	1.49	12,874
2	13	120,000	Lobby	1.49	12,874
3	1	240,000	Lobby (โถง Lift)	2.98	25,747
3	2	120,000	Lobby (โถง Lift)	1.49	12,874

4.3 การประหยัดพลังงานด้านไฟฟ้า

4.3.1 มาตรการที่ไม่มีการลงทุน

1. มาตรการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายของระบบปรับอากาศ ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน จากปัจจุบันมีการตั้งค่าอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (Chiller) ที่ 45 °F ทั้งกลางวันและกลางคืนตลอดปี ได้มีการทดลองปรับเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) ที่ 46 °F ตามมาตรฐานที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สามารถประหยัดพลังงานโดยไม่กระทบกับการทำงานของผู้ใช้อาคาร การทดลองต้องอยู่ในเงื่อนไขการใช้งานเครื่อง Chiller เดียวกัน และสภาพอากาศใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาพบว่าเมื่อเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ 45 °F จะมีความค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 2,079,464 kWh/ปี และเมื่อมีการปรับเปลี่ยนโดยเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มขึ้น 1 °F โดยตั้งค่าอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ที่ 46 °F ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1,983,288 kWh/ปี ดังตารางที่ 4.7 สำหรับการวัดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปรับเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) ได้ทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิภายในพื้นที่โรงพยาบาลก่อนและหลังการทำมาตรการปรับเปลี่ยนโดยเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) โดยอุณหภูมิที่วัดได้ก่อนและหลังโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน

สำหรับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เมื่อปรับเปลี่ยนโดยเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มขึ้น 1 °F พบว่าจากเดิมที่เดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ค่าอุณหภูมิที่ 45 °F จะใช้พลังงานไฟฟ้า 8,317,856 บาท/ปี แต่หลังจากเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มขึ้น 1 °F โดยตั้งค่าอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ที่ 46 °F จะใช้พลังงานไฟฟ้า 7,933,155 บาท/ปี สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้โดยเฉลี่ย 384,701 บาท/ปี หรือใช้พลังงานไฟฟ้า ลดลง 4.6 % ดังตารางที่ 4.8

นอกจากนี้เมื่อปรับเปลี่ยนโดยเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มขึ้น 1 °F พบว่าไม่มีผลต่อเรื่องอุณหภูมิที่วัดได้ภายในอาคาร โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและแทบจะไม่มีผลกระทบกับการเปลี่ยนแปลง จากเดิมที่เดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ค่าอุณหภูมิที่ 45 °F วัดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารได้ 76.10 °F แต่หลังจากเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มขึ้น 1 °F โดยตั้งค่าอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ที่ 46 °F วัดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารได้ 76.28 °F ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าของ Chiller เมื่อปรับเปลี่ยนอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (°F)

อุณหภูมิน้ำเย็น	ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี kW/Year
45 °F	2,079,464
46 °F	1,983,288

ตารางที่ 4.8 ค่าใช้ไฟฟ้า เมื่อปรับเปลี่ยนอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (°F)

ตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น	ค่าไฟฟ้า (บาท)
45 °F	8,317,856
46 °F	7,933,155

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบอุณหภูมิในอาคาร เมื่อปรับเปลี่ยนอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (°F)

ตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น	อุณหภูมิที่วัดได้ภายในอาคาร(F°)
45 °F	76.10
46 °F	76.28

2. มาตรการกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU)

การลดจำนวนการทำงานของเครื่อง AHU จะสามารถลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องได้โดยไม่ให้มีผลกระทบกับการทำงานและผู้มารับบริการ คือจะลดการทำงานในช่วงตอนกลางคืนหลัง 22.00 น. เป็นหลัก เนื่องจากเป็นช่วงที่ปิด OPD ปกติแล้ว และมีผู้รับบริการน้อย แต่การลดหรือการปิดเครื่อง AHU จะปิดเพียงบางส่วนยังคงมีเครื่องปรับอากาศ AHU บางส่วนทำงานอยู่ นอกจากนี้การลดชั่วโมงการทำงานของเครื่อง AHU จะทำเฉพาะที่โถงเท่านั้น ไม่ได้เกี่ยวกับสถานที่ทำงาน จึงไม่ได้มีผลกระทบกับการทำงานของพนักงาน สำหรับการควบคุมการทำงานการเปิด-ปิด ของของเครื่อง AHU จะควบคุมการทำงานโดยใช้ระบบอัตโนมัติของโปรแกรม SUMMIT TRANE ซึ่งเป็น Software การทำงานของเครื่อง Chiller ของ TRANE โดยในตัว Software ดังกล่าว มี Option สำหรับการควบคุมการเปิด-ปิด ของเครื่อง AHU ด้วย นอกจากนี้ยังมีการเตรียมสายและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ควบคุมไว้แล้ว ซึ่งหากจะมีการใช้งานจริงในเรื่องการควบคุมการทำงานการ เปิด - ปิด ของของเครื่อง AHU ก็สามารถตั้งค่าในโปรแกรมและทำงานได้ทันที

จากการศึกษาพบว่าสามารถลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ที่โถง OPD ชั้น 1-3 ได้ ซึ่งไม่กระทบกับพนักงานและผู้ใช้บริการ โดยในปัจจุบัน AHU ที่โถง OPD ชั้น 1-3 มีชั่วโมงการทำงาน 168,840 ชั่วโมง/ปี เมื่อมีการปรับลดการทำงานของ AHU ลงจะเหลือชั่วโมงการทำงาน 138,240ชั่วโมง/ปี ดังตารางที่ 4.10

นอกจากนี้ผลสืบเนื่องจากการลดชั่วโมงการทำงานของ AHU ลงทำให้พลังงานไฟฟ้าของ AHU ลดลงด้วย ซึ่งการลดความต้องการพลังงานไฟฟ้านี้นอกจากจะขึ้นอยู่กับชั่วโมงการทำงานแล้ว ยังขึ้นอยู่กับขนาดการทำความเย็นของเครื่องด้วย เมื่อมีการปรับลดการทำงานของ AHU ลง ซึ่งในปัจจุบัน AHU ที่โถง OPD ชั้น 1-3 มีค่าพลังงานไฟฟ้า 183,996 kWh/ปี เมื่อมีการปรับลดการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU ลง จะเหลือค่าการพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 143,431 kWh/ปี ดังตารางที่ 4.10

สำหรับการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าจากการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) พบว่าจากเดิม ใช้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า 735,984 บาท/ปี แต่หลังจากลดชั่วโมงการทำงานของ AHU จะใช้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 573,725 บาท/ปี สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้ 162,259 บาท/ปี หรือใช้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ลดลง 22.05 % ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ตารางการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงก่อนและหลังการปรับการทำงานของ AHU

จำนวนเวลา (ชั่วโมง/ปี)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh/Year)		ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	
เดิม	ใหม่	เดิม	ใหม่	เดิม	ใหม่
168,840	138,240	183,996	143,431	735,984	573,725

4.3.2 มาตรการที่มีการลงทุน

เพื่อเป็นการอนุรักษ์การใช้พลังงานในอาคารตามนโยบายของรัฐบาล จากการศึกษาพบว่าเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของยี่ห้อ CARRIER ซึ่งมีอยู่ 1 เครื่อง มีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่ามาตรฐานในปัจจุบันของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองจึงควรพิจารณาเปลี่ยนเครื่องเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะมีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและประหยัดพลังงาน

4.3.2.1 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

1. เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่จะติดตั้งใหม่กับเครื่องเดิมที่จะเปลี่ยน

จากการผลการวิเคราะห์ด้านพลังงานได้ทำการศึกษาการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ โดยให้เป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องที่มีประสิทธิภาพต่ำจำนวน 1 เครื่อง โดยในเบื้อง ต้นเครื่องที่จะติดตั้งใหม่มีแนวความคิดที่จะใช้เครื่องยี่ห้อ TRANE ตามเครื่องที่มีติดตั้งไว้แล้วเนื่องจากเป็นบริษัทเดียวกัน จะสะดวกต่อการทำการซ่อมแซม และ Maintenance สามารถใช้อะไหล่เดียวกัน ประกอบกับสามารถต่อรองราคาด้านต่างๆได้ง่าย ทั้งด้านการดูแลและติดตั้งใหม่ ซึ่งเครื่องที่จะนำมาติดตั้งใหม่ทดแทนเครื่องเดิมเป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 500 TR อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TR) ที่ 0.572 kW/TR

ผลการศึกษาการการใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม พบว่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เดิมยี่ห้อ CARRIER มีค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 771,120 kWh/ปี ส่วนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่จะติดตั้งใหม่ยี่ห้อ TRANE มีค่าพลังงานไฟฟ้า 576,576 kWh/ปี สำหรับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าพบว่าเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เดิมของยี่ห้อ CARRIER จะใช้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า 3,084,480 บาท/ปี ส่วนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่จะติดตั้งใหม่ของยี่ห้อ TRANE จะใช้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า 2,306,304 บาท/ปี ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้า (kWh) และค่าไฟฟ้า ก่อนและหลังการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh/Year)		ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	
เดิม	ใหม่	เดิม	ใหม่
771,120	576,576	3,084,480	2,306,304

หมายเหตุ. ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาท / kWh (ตามตาราง ก.15 ในภาคผนวก)

2. ศึกษาผลการวิเคราะห์ทางด้านอะไหล่และอุปกรณ์ทดแทน (ฝ่ายอาคารสถานที่ โรงพยาบาลพระรามเก้า)

จากการศึกษาผลการวิเคราะห์ ในการเปรียบเทียบการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ ทดแทนเครื่องเดิมทางด้านอะไหล่และอุปกรณ์ทดแทน มีข้อมูลประกอบ ดังนี้

2.1 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เดิม ซึ่งมีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี ใช้สารทำความเย็นเป็นน้ำยา R 11 ซึ่งปัจจุบันมีราคาสูงมาก ประกอบกับเลิกผลิตเนื่องจากมีปัญหาด้านมลภาวะและสิ่งแวดล้อมและไม่สามารถหาในท้องตลาดได้แล้ว สำหรับสารทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ เป็นน้ำยาชนิด R 123 ซึ่งมีราคาถูกกว่าและยังสามารถหาได้ในท้องตลาด ในการซ่อมรอยรั่วต้องมีการถ่ายและเติมน้ำยาของเครื่อง Chiller จะต้องใช้น้ำยาประมาณ 400 ปอนด์ ต่อการถ่ายและเติมน้ำยา 1 ครั้ง โดยมีค่าใช้จ่ายด้านน้ำยาประมาณ 240,000 บาท

2.2 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เดิม ซึ่งเป็นของ Carrier มีอายุการใช้งานที่นานแล้ว และทาง บริษัทฯ ได้แนะนำให้ทำการ Overhaul เครื่องใหม่ ซึ่งกำหนดวงเงินไว้ เป็นเงินประมาณ 500,000 บาท และรับประกันการซ่อมเพียง 3 เดือน ดังนั้นจึงเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงและไม่คุ้มค่าหากจะซ่อมเมื่อเทียบกับเครื่องใหม่

2.3 อะไหล่และอุปกรณ์ทดแทน ของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เดิม ไม่มีการผลิตแล้ว คงเหลือแต่ใน Stock ของผู้ผลิต ดังนั้น จึงมีโอกาสที่จะไม่มีอะไหล่ทดแทนประกอบกับราคาค่าอะไหล่จะสูงกว่าปกติ เนื่องจากของหายาก

2.4 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่จะติดตั้งใหม่ ของยี่ห้อ Trane ได้รับประกันเครื่องพร้อมทั้งน้ำยาเป็นเวลา 5 ปี ซึ่งในระยะเวลาการประกันนี้จะไม่มีค่าใช้จ่ายในเรื่องอะไหล่และอุปกรณ์

ตารางที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบตัวอย่างราคาทางด้านอะไหล่ของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ลำดับ	รายการอะไหล่และอุปกรณ์	ราคาอะไหล่และอุปกรณ์ (บาท)	
		เครื่อง Chiller (เก่า)	เครื่อง Chiller (ใหม่)
1.	น้ำยาทำความเย็น		
	- ราคา / lbs.	600	185
	- ราคาค่าน้ำยาทำความเย็น / ครั้ง	240,000	74,000
2.	Compressor Oil	12,000	10,500
3.	มอเตอร์คอมเพรสเซอร์	500,000	500,000
4.	Oil Filter	8,000	5,550
5.	Drier Filte	3,000	1,200

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ลำดับ	รายการอะไหล่และอุปกรณ์	ราคาอะไหล่และอุปกรณ์ (บาท)	
		เครื่อง Chiller (เก่า)	เครื่อง Chiller (ใหม่)
6.	Board Starter	50,000	27,500
7.	Board Power	50,000	18,000
8.	Sensor	5,000	4,800
9.	Power Supply 24 V DC.	48,000	33,500
10.	Fuse	500	650
11.	Transformer	300,000	380,000
12.	Wire Connector	8,300	2,000
13.	Module	-	30,000
14.	Monitor	-	25,000

3.ศึกษาผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ การศึกษาผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะพิจารณาแนวทางเป็น 2 ทางเลือกโครงการคือ

3.1 ทางเลือกที่ 1 ให้มีการปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่

3.2 ทางเลือกที่ 2 ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ยังมีการใช้เครื่องทำน้ำเย็นเดิม

ทั้ง 2 กรณีทางเลือกจะนำข้อมูลต่างๆ มาพิจารณาร่วมด้วย ได้แก่ ค่าบำรุงรักษา ค่าอะไหล่และอุปกรณ์ รวมทั้งค่าพลังงานไฟฟ้า การประเมินโครงการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการทำการประเมินเพื่อตัดสินใจว่าควรลงทุนในโครงการนั้นๆ หรือไม่และควรเลือกโครงการใดที่จะทำให้กิจการได้รับผลประโยชน์สูงสุด โดยมีเครื่องมือที่ใช้ประเมินโครงการที่นิยมใช้ทั่วๆ ไป ดังนี้

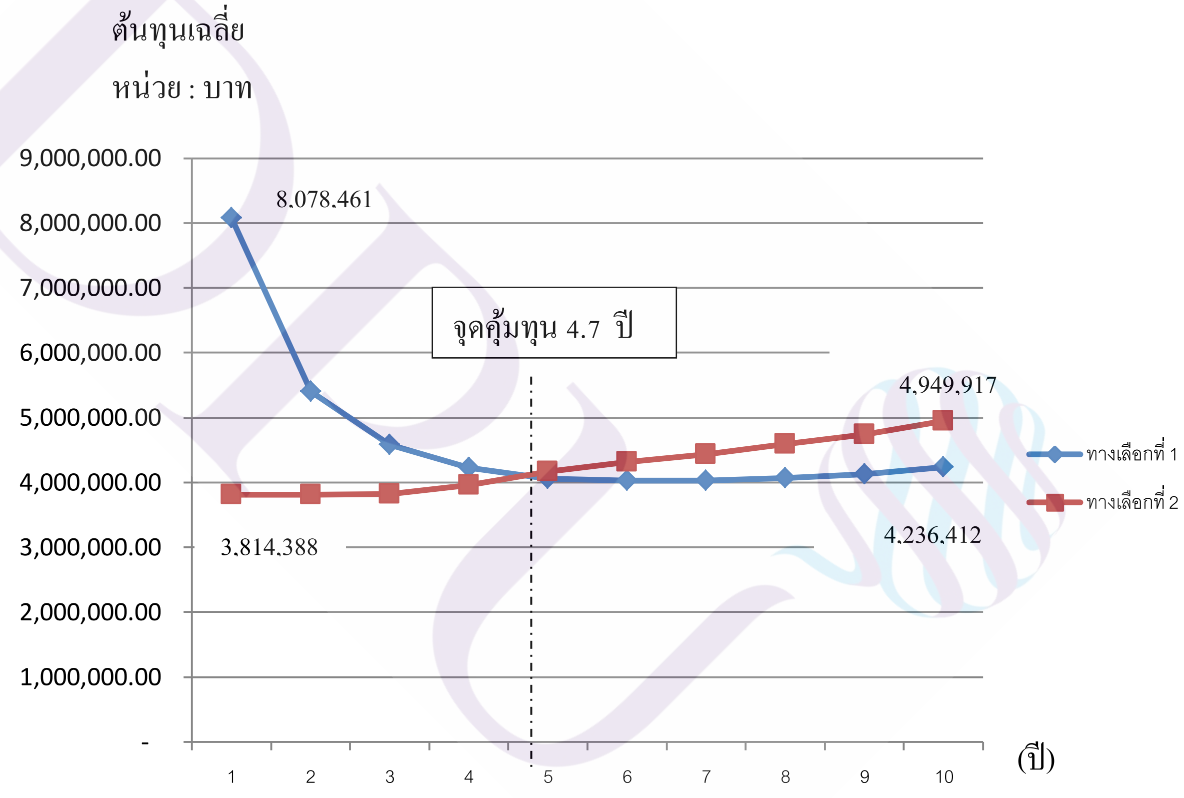
วิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ NPV และการคุ้มทุน เปรียบเทียบทางเลือกทั้ง 2 ทางในด้านการต้นทุนค่าใช้จ่ายเฉลี่ย มูลค่าปัจจุบันสุทธิรวมและจุดคุ้มทุนของโครงการ มีข้อมูลประกอบการศึกษา ดังนี้

1.ได้กำหนดอายุโครงการไว้ที่ 10 ปี เนื่องจากหลัง 10 ปี จะมีค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงค่อนข้างสูง ประกอบกับเทคโนโลยีเรื่องการประหยัดพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมาก และจะคุ้มทุนเร็วกว่าเดิมมาก

2. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้จะใช้อัตราดอกเบี้ยลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี อ้างอิงจากธนาคารพาณิชย์ ประเภทเงินกู้แบบมีระยะเวลา หรือ Minimum Loan Rate (MLR) ที่ 8 % ต่อปี

3. การคำนวนค่าบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยปกติบริษัทผู้ผลิตจะคิดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบรายปีประมาณ 3 % ของการค่าเครื่องรวมการติดตั้ง และรวมทั้งมีการปรับขึ้นรายปีตามสภาวะเงินเฟ้อซึ่งอัตราที่ใช้คำนวนจะอยู่ที่ 3 %

4. การคำนวนค่าพลังงานไฟฟ้าจะคำนวณตามตาราง ก.11 ในภาคผนวก แต่การคำนวนในปีต่อไป จะมีการปรับขึ้นทุกปีจากแนวโน้มการใช้งานพลังงานไฟฟ้าจากการเปรียบเทียบปีที่ผ่านมา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 9 %



รูปที่ 4.4 ต้นทุนเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั้ง 2 ทางเลือก

จากกราฟต้นทุนเฉลี่ยเมื่อพิจารณาต้นทุนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยคำนึงถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายและอายุของโครงการที่ 10 ปี ทางเลือกที่ 1 ให้มีการปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ ช่วงเริ่มโครงการในปีที่ 1 มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงอยู่ที่ 8,078,461 บาท เนื่องมาจากมีการลงทุนในการติดตั้งเครื่องใหม่และจะลดลงในปีที่ 2 ถึงปีที่ 7 และในปีที่ 8 ต้นทุนค่าใช้จ่าย

เฉลี่ยจะสูงขึ้นเนื่องจากมีการเปลี่ยนอุปกรณ์และหมดระยะเวลารับประกันสินค้าและอุปกรณ์ และเมื่อครบอายุโครงการในปีที่ 10 จะมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 4,236,412 บาท

ทางเลือกที่ 2 ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น ยังมีการใช้เครื่องทำน้ำเย็นเดิม เริ่มต้นโครงการในปีที่ 1 มีการ Overhaul เครื่องเป็นเงิน 500,000 บาท จะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายเฉลี่ยอยู่ที่ 3,814,388 บาท และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมีอายุการใช้งานมากขึ้น และเมื่อครบอายุโครงการที่ 10 ปีจะมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 4,949,917 บาท

เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้งสองทางเลือกพบว่ามีจุดตัดของเส้นกราฟอยู่ที่ 4.7 ปี ซึ่งแสดงว่าทางเลือกที่ 1 ที่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ จะมีจุดคุ้มทุน 4.7 ปี และเมื่อครบอายุโครงการที่ 10 ปี ต้นทุนค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของทางเลือกที่ 2 จะสูงกว่าทางเลือกที่ 1 เป็นจำนวนเงิน 713,505 บาท คิดเป็น 16.84 %

และจากวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิรวมของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทางเลือก 1 มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิรวมของค่าใช้จ่ายเมื่อเริ่มโครงการคือปีที่ 0 มีค่าการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) อยู่ที่ 5,344,650 บาท และครบอายุโครงการที่ 10 ปี จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิรวมของต้นทุนค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 28,426,570 บาท

ส่วนทางเลือกที่ 2 ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น จึงไม่มีการลงทุนการติดตั้งแต่จะมีการลงทุนเพื่อ Overhaul เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในปีที่ 0 อยู่ที่ 500,000 บาท และครบอายุโครงการที่ 10 ปี จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิรวมของต้นทุนค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 33,214,230 บาท

เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 2 ทางเลือก พบว่าเมื่อครบอายุโครงการกรณีทางเลือกที่ 2 จะมีมูลค่าสูงกว่าทางเลือกที่ 1 จำนวน 4,787,660 บาท คิดเป็น 16.84 %

จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าทางเลือกที่ 1 ที่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ มีต้นทุนค่าใช้จ่ายถูกกว่าทางเลือกที่ 2 ที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนยังคงใช้เครื่องทำน้ำเย็นของเดิม

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Central Air – Conditioning System) ของอาคารประเภทโรงพยาบาล กรณีศึกษาโรงพยาบาลพระรามเก้า เพื่อหาแนวทางหรือมาตรการประหยัดพลังงานและลดความสูญเสียพลังงาน จากการคำนวนผลการปรับเปลี่ยนการใช้งาน โดยไม่ให้มีผลกระทบกับผู้มาใช้บริการและพนักงานที่ทำงาน รวมทั้งมีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เรื่องการลงทุนเพิ่มเติม

ผลที่ได้จากการศึกษาโครงการการประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Central Air – Conditioning System) ของอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้านั้น มีการศึกษาทั้งมาตรการที่สามารถทำได้ทันที โดยเป็นมาตรการที่ไม่ต้องลงทุน และมาตรการด้านที่มีการลงทุน มีการเปรียบเทียบการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เครื่องเดิมกับเครื่องใหม่ ในด้านการลงทุนและวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของโครงการ สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

5.1.1 มาตรการที่ไม่มีการลงทุน

มาตรการที่ไม่มีการลงทุนเป็นมาตรการที่สามารถดำเนินการได้ทันที ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนเวลาการทำงานของระบบหรือการปรับเปลี่ยนการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งไม่มีผลเรื่องค่าใช้จ่าย โดยอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้ามีการศึกษามาตรการ จำนวน 2 มาตรการ ดังนี้

1. มาตรการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

จากการศึกษาการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น(Chiller) ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ทำการสำรวจและวิเคราะห์การใช้พลังงาน พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ 2 – 5 % ดังนั้นจึงได้ศึกษาและทดลองปรับเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) ที่อาคารที่ทำการศึกษา โดยปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มขึ้น 1 $^{\circ}$F จากปัจจุบันมีการตั้งค่าอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (Chiller) ที่ 45 $^{\circ}$F ทั้งกลางวันและกลางคืน ตลอดปี โดยการทดลองปรับเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) ที่ 46 $^{\circ}$F แทน

ผลการศึกษาพบว่า การปรับเปลี่ยน โดยเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มขึ้น 1 $^{\circ}$F สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศได้ปีละ 96,175 kWh

คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลง 384,701 บาท/ปี หรือลดลง 4.6 % สำหรับผลกระทบด้านความสะดวกสบายของอุณหภูมิภายในอาคาร จากการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) จากการตรวจวัดค่าและบันทึกผลอุณหภูมิในอาคารพบว่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24-25 °C ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่แนะนำ คือประมาณ 25 °C

2. การกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU)

จากการศึกษาการลดเวลาการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ทำการสำรวจและวิเคราะห์การใช้พลังงาน พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ 2 - 5 % ดังนั้นจึงได้ศึกษาและทดลองการกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) การลดเวลาการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ที่อาคารที่ทำการศึกษา โดยมีเงื่อนไขที่ไม่กระทบกับความสะดวกสบายกับผู้มาใช้บริการและพนักงานที่ทำงาน จากการดำเนินตามมาตรการโดยกำหนดเวลาเปิด-ปิด ในส่วนของโถง OPD จำนวน 3 ชั้น ได้แก่ ชั้น 1,2,3 เฉพาะหลังเวลา 22.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ OPD ปกติปิดดำเนินการ และการควบคุมการใช้งาน การเปิด-ปิด โดยใช้ระบบอัตโนมัติของโปรแกรม SUMMIT TRANE

ผลการศึกษาพบว่า การกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) และลดเวลาการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้ปีละ 40,565 kWh/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลง 162,259 บาท/ปี หรือลดลง 22.05 % สำหรับผลกระทบด้านความสะดวกสบายของอุณหภูมิภายในอาคาร จากการกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) และลดเวลาการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) จากการศึกษา ไม่พบว่าเกิดปัญหาแต่อย่างใด เนื่องจากเป็นการปรับลดในช่วงกลางคืนหลัง 22.00 น. ซึ่งมีผู้ใช้บริการน้อย และในบริเวณโถงยังมีเครื่องปรับอากาศส่วนหนึ่งเปิดใช้งานอยู่ นอกจากนี้การลดเวลาการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ยังช่วยในเรื่องการยืดอายุการทำงานของเครื่องได้อีกทางหนึ่งด้วย

5.1.2 มาตรการที่ต้องมีการลงทุน

มาตรการที่ต้องมีการลงทุน เป็นมาตรการ การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยปัจจุบันอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้ามีเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) อยู่ 3 เครื่อง ขนาด 500 TR โดย 2 เครื่องแรกเป็นยี่ห้อ TRANE อายุการใช้งาน 3 ปี อีก 1 เครื่อง เป็นเครื่องยี่ห้อ CARRIER อายุการใช้งาน 20 ปี จากการตรวจวัดและคำนวณค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) พบว่า 2 เครื่องยี่ห้อ TRANE อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TR) มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานของเครื่องที่ระบุไว้ตาม Specification ของเครื่องยี่ห้อ TRANE (0.572 kW/TR) โดย

ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 0.573 kW/TR และ 0.578 kW/TR ตามลำดับ ส่วนอีก 1 เครื่อง ของยี่ห้อ CARRIER ตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องได้ 0.765 kW/TR ซึ่งถือว่าเครื่องมีประสิทธิภาพต่ำกว่ามาตรฐาน ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดมาตรฐาน ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำความเย็น (Chiller) ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 500 TR ที่ค่ามาตรฐานเท่ากับ 0.62 kW/TR

จากการศึกษาการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ โดยให้เป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องที่มีประสิทธิภาพต่ำจำนวน 1 เครื่อง โดยเบื้องต้นเครื่องที่จะติดตั้งใหม่จะใช้เครื่องยี่ห้อ TRANE ตามเครื่องที่มีอยู่แล้ว เครื่องที่พิจารณามาติดตั้งใหม่ทดแทนเครื่องเดิมเป็นเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 500 TR อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TR) ที่ 0.572 kW/TR ซึ่งในการพิจารณาติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ ได้มีการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ในด้านการลงทุนและจุดคุ้มทุนของโครงการสามารถสรุปผลได้ ดังนี้

1. ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

จากการศึกษาการการใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ทำการสำรวจและวิเคราะห์การใช้พลังงาน พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ 10 - 30 % ดังนั้นจึงได้ศึกษาและวิเคราะห์โดยคำนวณค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เดิมของ CARRIER และเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่จะติดตั้งใหม่ จากผลการศึกษาพบว่าการใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม ในเงื่อนไขของการใช้งานตามเดิม สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้ปีละ 194,544 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลง 778,176 บาท/ปี หรือลดลง 25.23 %

2. ด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนและจุดคุ้มทุนของโครงการเครื่องทำเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

จากการศึกษาและวิเคราะห์ด้านการลงทุนและจุดคุ้มทุนของโครงการเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ได้พิจารณาแนวทางเป็น 2 ทางเลือกโครงการ คือทางเลือกที่ 1 ให้มีการปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่และทางเลือกที่ 2 ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ยังมีการใช้เครื่องทำน้ำเย็นเดิม โดยได้มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณา 2 ด้าน คือ 1) การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) รวมทั้งการหาต้นทุนเฉลี่ยในแต่ละปี และ 2) การวิเคราะห์ระยะจุดคุ้มทุน โดยอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ใช้คำนวนเป็นอัตราดอกเบี้ยลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี (MLR) ที่ 8 % ต่อปี

ผลการศึกษาพบว่าทางเลือกที่ 1 ให้มีการปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ ช่วงเริ่มโครงการในปีที่ 1 มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงอยู่ที่ 8,078,461 บาท เนื่องจากมีการลงทุนการติดตั้งเครื่องใหม่และจะลดลงเรื่อยๆ และเมื่อครบอายุโครงการในปีที่ 10 มีค่าต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 4,236,412 บาท

ส่วนทางเลือกที่ 2 ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น ยังมีการใช้เครื่องทำน้ำเย็นเดิม เริ่มต้นโครงการในปีที่ 1 มีการ Overhaul เครื่อง จะมีต้นทุนต่ำกว่าทางเลือกที่ 1 แต่จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมีอายุการใช้งานมากขึ้น และเมื่อครบอายุโครงการในปีที่ 10 ปีจะมีค่าต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 4,949,917 บาท ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแล้ว ต้นทุนค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น จะสูงกว่ากรณีที่มีการปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ จำนวน 713,505 บาท คิดเป็น 16.84 %

นอกจากนี้ในส่วนของค่าปัจจุบันสุทธิการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิรวมเมื่อครบอายุโครงการที่ 10 ปี จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิรวมอยู่ที่ 28,426,570 บาท ส่วนการไม่ปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อครบอายุโครงการที่ 10 ปี จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิรวมอยู่ที่ 33,214,230 บาท เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 2 ทางเลือก พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น จะสูงกว่ากรณีการปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ จำนวน 4,787,660 บาท คิดเป็น 16.84 % และเมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 2 ทางเลือกโดยนำมาสร้างกราฟเพื่อหาจุดคุ้มทุน พบว่า การปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ มีต้นทุนต่ำกว่ามีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4.7 ปี ซึ่งต่ำกว่าอายุโครงการคือ 10 ปี

3. ด้านอะไหล่และอุปกรณ์ทดแทน

จากการศึกษา การเปรียบเทียบการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ ทดแทนเครื่องเดิมทางด้านอะไหล่และอุปกรณ์ทดแทน พบว่าเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เดิม ซึ่งมีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี จะมีปัญหาเรื่องอะไหล่ที่ไม่สามารถหาได้ในท้องตลาด โดยเฉพาะ สารทำความเย็นที่เป็นน้ำยา R 11 ที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุง รวมทั้งอะไหล่ต่างๆ ก็เลิกผลิตคงเหลืออะไหล่และอุปกรณ์บางส่วนใน Stock ของผู้ผลิต นอกนั้นจะเป็นอะไหล่มือสอง คุณภาพจะด้อยลงไป นอกจากนี้ยังต้องทำการ Overhaul เครื่องใหม่ ซึ่งต้องใช้เงินลงทุนสูง และรับประกันการซ่อมเพียง 3 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่จะติดตั้งใหม่ยี่ห้อ TRANE บริษัทรับประกันเครื่องพร้อมทั้งน้ำยาเป็นเวลา 5 ปี โดยไม่ต้องกังวลเรื่องค่าใช้จ่ายด้านอะไหล่และอุปกรณ์ รวมทั้งเป็นเครื่องรุ่นใหม่ที่มีอะไหล่และอุปกรณ์ทดแทนเป็นจำนวนมาก

สรุปมาตรการ เปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้ปีละ 194,544 kWh คิด

เป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลง 778,176 บาท/ปี หรือลดลง 25.23 % หากพิจารณาด้านมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) พบว่า การปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ จะมีต้นทุนต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น โดยเมื่อครบอายุโครงการปีที่ 10 จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิต่ำกว่า เป็นจำนวน 4,787,660 บาท คิดเป็น 16.84 % และการปรับเปลี่ยนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ จะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4.7 ปี ซึ่งต่ำกว่าอายุโครงการคือ 10 ปี จึงถือว่าคุ้มค่ากับการลงทุน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาด้านอะไหล่และอุปกรณ์ทดแทนแล้วในระยะยาวจะไม่มีปัญหาและคุ้มค่ากับการลงทุน

5.2 อภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Central Air – Conditioning System)ของอาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า โดยศึกษาและวิเคราะห์มาตรการประหยัดพลังงานที่ไม่ต้องทำการลงทุนเพิ่ม ได้แก่ การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น กำหนดเวลาเปิด-ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) และมาตรการที่ต้องมีการลงทุน ได้แก่ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น ประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องเดิม เพื่อหาแนวทางลดความสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โดยไม่ให้มีผลกระทบกับผู้ใช้บริการและพนักงานที่ทำงาน ผลการศึกษามาตรการที่ไม่มีการลงทุน ได้แก่ มาตรการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพิ่มขึ้น 1 °F มาตรการกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จริง และมาตรการที่มีการลงทุน ได้แก่ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องเดิม สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยที่การปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ จะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4.7 ปี ซึ่งต่ำกว่าอายุโครงการคือ 10 ปี ซึ่งสอดคล้องกับมาตรการประหยัดพลังงานของกรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการผลการศึกษา

1) การเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนอุปกรณ์และด้านพลังงานไฟฟ้า รวมถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ของเครื่องปรับอากาศ เป็นสิ่งสำคัญต่อการคำนวณต้นทุนวงจรอายุโครงการ ต้องมีการจัดเก็บรวบรวมอย่างเป็นระบบ และควรมีการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสะดวกต่อการนำมาใช้งาน

2) ในการกำหนดเวลา เปิด-ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU) อาจเกิดความคาดเคลื่อนได้ โดยการใช้คน เปิด-ปิด เพื่อให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ ต้องมีระบบควบคุมส่วนกลางในการสั่งการเปิด-ปิด

3) ในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นขึ้น 1 °F ควรทำการตรวจวัดหัวจ่ายลมเย็นทุกจุด เพื่อหาความเหมาะสมของอุณหภูมิ แต่ละห้อง เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้งาน และเพื่อกำหนดแนวทางในการตั้งอุณหภูมิที่เหมาะสมตามช่วงเวลา และตามฤดูกาล

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

1) ศึกษาแนวทางการลดใช้พลังงานทางอ้อมที่เกิดจากการออกแบบ Over Design ของระบบประกอบอาคารต่างๆ เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบลิฟท์ ระบบปั๊มน้ำสุขาภิบาล ระบบบำบัดน้ำเสีย

2) ศึกษาแนวทางการออกแบบระบบประกอบอาคารให้มีขนาดพอเหมาะตรงตามมาตรฐานและเผื่อเฉพาะค่าที่จำเป็น เช่น ค่าความปลอดภัย

3) ศึกษามูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ตลอดอายุการใช้งาน (Life cycle cost) ของระบบที่ออกแบบ Over Design สำหรับอาคารกรณีศึกษาต่าง ๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). *กรณีศึกษา มาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ : คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี.

______ . (2551). *คู่มือการฝึกอบรมหลักสูตร การพัฒนาบุคลากรด้านการตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารธุรกิจ*. กรุงเทพฯ : สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน.

______ . (2556). *เทคโนโลยีปรับอากาศ*. กรุงเทพ ฯ : เอ็นเนอร์ยี่ คอนเซอร์เวชั่น เทคโนโลยี.

กิติศักดิ์ ตุ้นสกุล. (2545). *การวิเคราะห์เพื่อการประหยัดพลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาติ ฤทธิ์หิรัญ .(2551). *การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอิตัลไทย* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

พีรเชษฐ ทับทิมทอง. (2554). *การปรับปรุงระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นโดยใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ กรณีศึกษาโรงแรงโนโวเทล* (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2550). *การปฏิบัติและการบำรุงรักษาอุปกรณ์งานระบบสำหรับอาคารสูง*. กรุงเทพ ฯ : คณะกรรมการโครงการวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.

เวชยันต์ อะมะวัลย์. (2551). *การประหยัดพลังงานในระบบเครื่องปรับอากาศของอาคาอำนวยการ* (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สิระ ธนพัฒน์. (2550). *การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในโรงพยาบาลนครเชียงใหม่* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุภักดิ์ ภูมิรักษ์. (2554). *การศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้ในพื้นที่ร้านค้า ของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีสุขุมวิท* (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ศุภชัย ปัญญาวีร์. (2546). *"การประหยัดพลังงานในส่วนน้ำเย็นของระบบปรับอากาศ แบบทำน้ำเย็น" ระบบปรับอากาศ ชุดที่ 2* : 40 เรื่องหน้ารู้เทคนิคการปรับอากาศ. น. 165-168.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการตรวจวัดและการคำนวณ

DPU

1. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ทำการตรวจวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในแต่ละช่วงเวลา โดยแบ่งการตรวจวัดออกเป็น 2 ส่วนดังนี้คือ

1. ตรวจวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้า
2. ตรวจวัดและบักทึกค่าอุณหภูมิ อัตราการไหล

โดยการวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้าเป็นการตรวจวัดเพื่อคำนวณประมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) สำหรับการตรวจวัดและบันทึกอุณหภูมิ อัตราการไหลของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นการตรวจวัดเพื่อคำนวณขีดความสามารถการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยค่าทีทำการตรวจวัดการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และผลการคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ปรากฏดัง ตารางที่ ก.1 – ก.3

2. ผลการวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้ามาตรการที่ไม่มีการลงทุน

การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้ามี 2 มาตรการ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานแบบเดิมและแบบใหม่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ได้มีการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายของระบบปรับอากาศ ซึ่งปัจจุบันมีการตั้งค่าอุณหภูมิส่งน้ำเย็น (Chiller) ที่ 45 $^{\circ}$F ได้มีการศึกษาและทดลอง โดยปรับเพิ่มอุณหภูมิการส่งน้ำเย็น (Chiller) ที่ 46 $^{\circ}$F โดยไม่ให้มีผลกระทบกับการทำงานและผู้มาใช้บริการ ซึ่งมีรายละเอียดการใช้พลังงานและผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานดังนี้

1. การปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้ในปัจจุบัน (45°F)

ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า = 240.68 kW × 24 ชม. × 30 วัน × 12 เดือน ×4 บาท

= 8,317,856.56 บาท/ปี

2. การศึกษาและทดลองโดยการปรับตั้งอุณหภูมิเพื่อขึ้น 1 F$^{\circ}$โดยปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ 46 F$^{\circ}$

ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า = 229.55 kW × 24 ชม. × 30 วัน × 12 เดือน × 4 บาท

= 7,933,155.70 บาท/ปี

2.2 การกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น (AHU)

ได้มีการศึกษาและทดลองปรับลดจำนวนชั่วโมงการใช้งานของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ที่โถง OPD ชั้น 1-3 ให้เป็นระบบเปิด – ปิด อัตโนมัติ โดยการลดจำนวนการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ดังกล่าว มีเงื่อนไขให้มีผลกระทบกับการทำงานและผู้มาใช้บริการ ซึ่งการทำมาตรการลดชั่วโมงการทำงานนี้จะทำหลังจากที่ OPD ปกติปิดแล้วหลัง 22.00 น. และลดการทำงานของเครื่องที่ทำงาน 24 ชั่วโมงโดยมีผลวิเคราะห์ดังนี้

1. การทำงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU ในปัจจุบัน
   - ชั่วโมงการทำงานรวม (ต่อปี) = 168,840 ชม.
   - ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (ต่อปี) = 15,333 kW × 12 เดือน × 4 บาท
     = 735,984 บาท/ปี
2. การทำงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU เมื่อปรับลดชั่วโมงการทำงานแล้ว
   - ชั่วโมงการทำงานรวม (ต่อปี) = 138,240 ชม.
   - ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (ต่อปี) = 573,724.8 บาท/ปี

หมายเหตุ : ค่าไฟฟ้าที่ทำมาคำนวนในราคา 4 บาท / หน่วย มาจากการเฉลี่ยค่าไฟฟ้าของโรงพยาบาล ในปี 2555 ตามตารางที่ ก.12

3. ผลการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า มาตรการที่มีการลงทุน

มาตรการที่มีการลงทุน จะเป็นมาตรการที่มีการเปลี่ยนเครื่อง Chiller ของเดิม จำนวน 1 เครื่องของ CARRIER ซึ่งเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพต่ำ โดยจะเปลี่ยนเป็นเครื่องประสิทธิภาพสูงแทน

การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แบบเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ 1 เครื่อง ที่ใช้งานกับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ TRANE

1. การใช้พลังงานเครื่องทำน้ำเย็น Chiller ของ CARRIER ที่ใช้ในปัจจุบันค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (ต่อปี)

   = ขนาดทำความเย็น 500 TR × 0.765 (kW/TR) × 2016 (ชั่วโมงใช้งาน) × 4 บาท

   = 3,084,480 บาท/ปี

2. การใช้พลังงานเครื่องทำงานเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงของ TRANE

= ขนาดทำความเย็น 500 TON × 0.752 (kW/TR) × 2016 (ชั่วโมงใช้งาน) × 4 บาท

= 2,306,304 บาท/ปี

หมายเหตุ : ค่าไฟฟ้าที่ทำมาคำนวนในราคา 4 บาท / หน่วย มาจากการเฉลี่ยค่าไฟฟ้าของโรงพยาบาล ในปี 2555 ตามตารางที่ ก.12

4. งบประมาณการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่

เป็นการติดตั้งทดแทนเครื่องเดิม CARRIER ที่ประสิทธิภาพต่ำ โดยเลือกเครื่องประสิทธิภาพสูงของ TRANE ซึ่งมีค่า kW/TR เท่ากับของเดิมที่ติดตั้งไปก่อนแล้ว โดยมีมูลค่าการลงทุนการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นเงิน ประมาณดังนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็น
2. ค่าแรง

ราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แสดงในภาคผนวก ข

5. ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะพิจารณาจากค่าอุปกรณ์ รวมถึงค่าแรงในการติดตั้ง

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่ทำการศึกษา ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ คือ การใช้เครื่องมือทางการเงินช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจลงทุนในโครงการ โดยใช้เกณฑ์ NPV และจุดคุ้มทุนของโครงการ สำหรับสมมุติฐานการคำนวณดังต่อไปนี้

1. พิจารณา 2 ทางเลือก ได้แก่ การเปลี่ยนเครื่องเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ และการพิจารณาใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของเดิม
2. การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เริ่มดำเนินการทันทีในปีที่พิจารณา
3. กำหนดเงินลงทุนเบื้องต้นมีมูลค่า ณ ปีที่พิจารณา
4. กำหนดอายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มีอายุการใช้งาน 10 ปี
5. กำหนดอัตราดอกเบี้ย 8% คงที่ตลอดอายุของโครงการ
6. มูลค่าซากไม่มีเนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ยังใช้งานอยู่
7. กำหนดค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศตามแนวโน้มจากการใช้งานจริงและพิจารณาจากราคาและสภาวะแวดล้อมทั่วไปทางเศรษฐกิจแบบกว้างๆ

สำหรับผลการคำนวณ NPV และจุดคุ้มทุน แสดงได้ดังตารางที่ 4.13 และ 4.14

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) Chiller No.1 TRANE

ที่	อุปกรณ์หรือเครื่อง	รายละเอียด	สูตรคำนวณ	ผลการตรวจวัด/คำนวณ	หน่วย	หมายเหตุ
1	Evaporator	อุณหภูมิน้ำเข้า (CHR)		52.4	°F	จากการตรวจวัด
		อุณหภูมิน้ำออก (CHS)		45	°F	จากการตรวจวัด
		อัตราการไหล		1,248.4	GPM	จากการตรวจวัด
		CAPACITY ความเย็น (TR)	$TR=\frac{GPM\times(CHR-CHS)}{24}$	384.9	TR	คำนวณ
2	Condenser	อุณหภูมิน้ำเข้า (CDS)		86.6	°F	จากการตรวจวัด
		อุณหภูมิน้ำออก (CDR)		94.5	°F	จากการตรวจวัด
3	แรงดันไฟฟ้า (V)			393.3	volts	จากการตรวจวัด
4	กระแสไฟฟ้า (I)	R		353.8	Amp	จากการตรวจวัด
		S		364.2	Amp	จากการตรวจวัด
		T		354.5	Amp	จากการตรวจวัด
5	Power Factor (PF)			0.905		จากการตรวจวัด
6	กำลังไฟฟ้า (kW.)		$kW=\frac{V\times I\times\sqrt{3}\times PF}{1000}$	220.4	kW	คำนวณ
7	ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/TR)		$Chp.=\frac{kW}{TR}$	0.573	kW/TR	คำนวณ
8	EER		$\frac{TR\times12000}{kW\times1000}$	20.96		คำนวณ
9	COP		$\frac{TR\times12000}{3.412\times kW\times1000}$	6.14		คำนวณ

หมายเหตุ : 1TR = 12,000 BTU/hr

1TR = 3.517 kW

1Watt = 3.412 BTU/hr

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

Chiller No.2 TRANE

ที่	อุปกรณ์หรือเครื่อง	รายละเอียด	สูตรคำนวณ	ผลการตรวจวัด/คำนวณ	หน่วย	หมายเหตุ
1	Evaporator	อุณหภูมิน้ำเข้า (CHR) อุณหภูมิน้ำออก (CHS) อัตราการไหล CAPACITY ความเย็น (TR)	 $TR=\frac{GPM\times(CHR-CHS)}{24}$	52.9 45 1,230.5 405	°F °F GPM TR	จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด คำนวณ
2	Condenser	อุณหภูมิน้ำเข้า (CDS) อุณหภูมิน้ำออก (CDR)		87.2 94.9	°F °F	จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด
3	แรงดันไฟฟ้า (V)			391.5	volts	จากการตรวจวัด
4	กระแสไฟฟ้า (I)	R S T		378.0 386.5 380	Amp Amp Amp	จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด
5	PowerFactor(PF.)			0.905		จากการตรวจวัด
6	กำลังไฟฟ้า (kW.)		$kW=\frac{V\times I\times\sqrt{3}\times PF}{1000}$	234.1	kW	คำนวณ
7	ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/TR)		$Chp. = \frac{kW}{TR}$	0.578	kW/TR	คำนวณ
8	EER		$\frac{TR\times12000}{kW\times1000}$	20.76		คำนวณ
9	COP		$\frac{TR\times12000}{3.412\times kW\times1000}$	6.08		คำนวณ

หมายเหตุ : 1TR = 12,000 BTU/hr

1TR = 3.517 kW

1Watt = 3.412 BTU/hr

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

Chiller No.3 CARRIER

ที่	อุปกรณ์หรือเครื่อง	รายละเอียด	สูตรคำนวณ	ผลการตรวจวัด/คำนวณ	หน่วย	หมายเหตุ
1	Evaporator	อุณหภูมิน้ำเข้า (CHR) อุณหภูมิน้ำออก (CHS) อัตราการไหล CAPACITY ความเย็น (TR)	$TR=\frac{GPM\times(CHR-CHS)}{24}$	52.8 45 1,190 386.8	°F °F GPM TR	จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด คำนวณ
2	Condenser	อุณหภูมิน้ำเข้า (CDS) อุณหภูมิน้ำออก (CDR)		85.7 93.4	°F °F	จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด
3	แรงดันไฟฟ้า (V)			393.5	volts	จากการตรวจวัด
4	กระแสไฟฟ้า (I)	R S T		475.3 480.5 483.3	Amp Amp Amp	จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด
5	Power Factor (PF.)			0.905		จากการตรวจวัด
6	กำลังไฟฟ้า (kW.)		$kW=\frac{V\times I\times\sqrt{3}\times PF}{1000}$	295.9	kW	คำนวณ
7	ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/TR)		$Chp.=\frac{kW}{TR}$	0.765	kW/TR	คำนวณ
8	EER		$\frac{TR\times12000}{kW\times1000}$	15.69		คำนวณ
9	COP		$\frac{TR\times12000}{3.412\times kW\times1000}$	4.60		คำนวณ

หมายเหตุ : 1TR = 12,000 BTU/hr

1TR = 3.517 kW

1Watt = 3.412 BTU/hr

ตารางที่ ก.4 จำนวนชั่วโมงของการเดินเครื่อง Chiller

รายการ	Chiller	สัปดาห์/เดือน	สัปดาห์/ปี	วัน/ปี	เพิ่มฤดูร้อน 4 เดือน (วัน/ปี)	ชม./ปี
1	เครื่องเก่า Carrier	1	12	84	0	2016
2	เครื่องใหม่ Trane 2 เครื่อง	4	40	281	120	8184

หมายเหตุ :

1. ในระบบมีเครื่องทำความเย็น (Chiller) เป็นเครื่องทำความเย็นแบบ Centrifugal Chiller จำนวน 3 เครื่อง เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูงอายุการใช้งาน 5 ปี ของ Trane ขนาด 500 Tons จำนวน 2 เครื่อง และเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพต่ำอายุการใช้งาน 20 ปี ของ Carrier ขนาด 500 Tons จำนวน 1 เครื่อง

2. ในฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน ในเวลาทำการกลางวัน ตั้งแต่ 6.00 น. – 18.00 น. เดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ขนาด 500 Tons จำนวน 2 เครื่องช่วงกลางคืน ตั้งแต่ 18.00 – 6.00 น. ลดการเดินเครื่องเหลือ 1 เครื่อง ในฤดูฝนและฤดูหนาว ตลอดวันทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืนเดินเครื่อง ขนาด 500 Tons จำนวน 1 เครื่อง

3. การเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) จะใช้เครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง ของ Trane ขนาด 500 Tons เดินเครื่องก่อนเป็นลำดับแรก แต่เพื่อไม่ให้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพต่ำอายุการใช้งาน 20 ปี ของ Carrier ขนาด 500 Tons อีก 1 เครื่องเสียหายเพราะไม่ได้ใช้งาน ทางโรงพยาบาลจึงได้กำหนดเดินเครื่องนี้เดือนละ 1 สัปดาห์ (ตลอด 24 ชม.)

ตารางที่ ก.5 การใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของเครื่อง Chiller ตามการใช้งานจริง

ลำดับ	รายการ	ขนาด (Ton)	kW/TR	ชั่วโมงใช้งาน / ปี	kW/ปี	ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)
1	เครื่อง Carrier	500	0.765	2,016	771,120	3,084,480
2	เครื่อง Trane 1	500	0.573	4,092	1,172,358	4,689,432
3	เครื่อง Trane 2	500	0.578	4,092	1,182,588	4,730,352

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องส่งลมเย็นAHU ชั้น 1 -3 ตามปัจจุบัน

ตัวที่	ขนาด(BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	ชั้น	เวลาเปิด - ปิด เดิม		ใช้กระแสไฟฟ้า (kW.)	
				เวลาใช้งาน	จำนวน ชม.	ต่อตัว	หน่วยไฟฟ้า/ ปี
1	60,000	Lobby	1	ตลอด 24 ชม.	24	0.56	4,838
2	60,000	Lobby	1	ตลอด 24 ชม.	24	0.56	4,838
3	60,000	Lobby	1	ตลอด 24 ชม.	24	0.56	4,838
4	60,000	Lobby	1	ตลอด 24 ชม.	24	0.56	4,838
5	60,000	Lobby	1	ตลอด 24 ชม.	24	0.56	4,838
6	60,000	Lobby	1	ตลอด 24 ชม.	24	0.56	4,838
รวม	360,000				144		29,030
1	72,000	OPD. MED.1	2	6.00-23.00	17	0.75	4,590
2	60,000	OPD. MED.1	2	6.00-23.00	17	0.56	3,427
3	48,000	OPD. MED.1	2	ตลอด 24 ชม.	24	0.51	4,406
4	66,000	OPD. MED.1	2	ตลอด 24 ชม.	24	0.56	4,838
5	120,000	OPD. MED.2	2	6.00-23.00	17	1.49	9,119
6	48,000	OPD. MED.2	2	6.00-23.00	17	0.51	3,121
7	48,000	OPD. MED.2	2	6.00-23.00	17	0.51	3,121
8	96,000	X-Ray	2	ตลอด 24 ชม.	24	1.49	12,874
9	84,000	X-Ray	2	ตลอด 24 ชม.	24	0.75	6,480
10	120,000	ER.	2	ตลอด 24 ชม.	24	1.49	12,874
11	240,000	Lobby	2	ตลอด 24 ชม.	24	2.98	25,747
12	120,000	Lobby	2	ตลอด 24 ชม.	24	1.49	12,874
13	120,000	Lobby	2	ตลอด 24 ชม.	24	1.49	12,874
รวม	1,242,000				277		116,345

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องส่งลมเย็นAHU ชั้น 1 -3 ตามปัจจุบัน

ตัวที่	ขนาด (BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	ชั้น	เวลาเปิด - ปิด เดิม		ใช้กระแสไฟฟ้า (kW.)	
				เวลาใช้งาน	จำนวน ชม.	ต่อตัว	หน่วยไฟฟ้า/ปี
1	240,000	Lobby (โถง Lift)	3	ตลอด 24 ชม.	24	2.98	25,747
2	120,000	Lobby (โถง Lift)	3	ตลอด 24 ชม.	24	1.49	12,874
รวม	360,000 BTU.				48	4	38,621
รวมทุกชั้น	1,962,000 BTU.		-	-	469	-	183,996

ตารางที่ ก.7 ข้อมูลการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องส่งลมเย็นAHU ชั้น 1 -3 ตามการปรับเวลาใหม่

ตัวที่	ขนาด(BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	ชั้น	เวลาเปิด - ปิด ใหม่		ใช้กระแสไฟฟ้า (kW.)	
				เวลาใช้งาน	จำนวน ชม.	ต่อตัว	หน่วยไฟฟ้า/ ปี
1	60,000	Lobby	1	8.00-7.00	23	0.56	4,637
2	60,000	Lobby	1	8.00-7.00	23	0.56	4,637
3	60,000	Lobby	1	7.00-24.00	17	0.56	3,427
4	60,000	Lobby	1	7.00-24.00	17	0.56	3,427
5	60,000	Lobby	1	7.00-24.00	17	0.56	3,427
6	60,000	Lobby	1	7.00-24.00	17	0.56	3,427
รวม	360,000 BTU.			-	114	-	22,982
1	72,000	OPD. MED.1	2	7.00-22.00	15	0.75	4,050
2	60,000	OPD. MED.1	2	7.00-22.00	15	0.56	3,024
3	48,000	OPD. MED.1	2	8.00-7.00	23	0.51	4,223
4	66,000	OPD. MED.1	2	8.00-7.00	23	0.56	4,637
5	120,000	OPD. MED.2	2	7.00-22.00	15	1.49	8,046
6	48,000	OPD. MED.2	2	7.00-22.00	15	0.51	2,754
7	48,000	OPD. MED.2	2	7.00-22.00	15	0.51	2,754
8	96,000	X-Ray	2	6.00-22.00	16	1.49	8,582
9	84,000	X-Ray	2	8.00-7.00	23	0.75	6,210
10	120,000	ER.	2	5.00-3.00	22	1.49	11,801
11	240,000	Lobby	2	6.00-22.00	16	2.98	17,165
12	120,000	Lobby	2	6.00-22.00	16	1.49	8,582
13	120,000	Lobby	2	8.00-7.00	23	1.49	12,337
รวม	1,242,000 BTU.			-	237	-	94,165

ตารางที่ ก.7 ข้อมูลการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องส่งลมเย็นAHU ชั้น 1 -3 ตามการปรับเวลาใหม่ (ต่อ)

ตัวที่	ขนาด (BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	ชั้น	เวลาเปิด - ปิด ใหม่		ใช้กระแสไฟฟ้า (kW.)	
				เวลาใช้งาน	จำนวน ชม.	ต่อตัว	หน่วยไฟฟ้า/ ปี
1	240,000	Lobby (โถง Lift)	3	6.00-22.00	16	2.98	17,165
2	120,000	Lobby (โถง Lift)	3	6.00-22.00	17	1.49	9,119
รวม	360,000 BTU.			-	33	-	26,284
รวมทุกชั้น	1,962,000 BTU.			-	384	-	143,431

DPU

ตารางที่ ก.8 การเปรียบเทียบการปรับตั้ง อุณหภูมิส่งน้ำเย็นของเครื่อง Chiller

ที่	รายการ	รายละเอียด	สูตรคำนวณ	ผลการตรวจวัด/คำนวณ		หน่วย	หมายเหตุ
				ตั้งอุณหภูมิ 45 $^{\circ}$F	ตั้งอุณหภูมิ 46 $^{\circ}$F		
1	Evaporator	อุณหภูมิน้ำเข้า (CHR) อุณหภูมิน้ำออก (CHS)		52.4 45	52.9 46	$^{\circ}$F $^{\circ}$F	จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด
2	Temperature ด้านนอก	$^{\circ}$C $^{\circ}$F		39 102.2	39 102.2	$^{\circ}$C $^{\circ}$F	จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด
3	แรงดันไฟฟ้า (V)			385	387	volts	จากการตรวจวัด
4	กระแสไฟฟ้า (I)	R S T		400 401.2 398.8	378 386.5 380	Amp Amp Amp	จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด จากการตรวจวัด
5	ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kW.)		$kW = \frac{V \times I \times \sqrt{3} \times PF}{1000}$	240.68	229.55	kW	คำนวณ
6	ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า		kW×24 ×30×12×4	8,317,856.6	7,933,155.7	บาท/ปี	คำนวณ
7	ประหยัดได้				4.6	%	คำนวณ

ตารางที่ ก.9 ข้อมูลการคำนวณการประหยัดพลังงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU ชั้น 1 -3

ตัวที่	ขนาด(BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	ชั้น	การประหยัดพลังงาน			หมายเหตุ
				ชม.ที่ลดลง	หน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัด	
					หน่วย / ปี	บาท / ปี	
1	60,000	Lobby	1	1	202	806	**คิดค่าไฟฟ้า 4 บาท
2	60,000	Lobby	1	1	202	806	
3	60,000	Lobby	1	7	1,411	5,645	
4	60,000	Lobby	1	7	1,411	5,645	
5	60,000	Lobby	1	7	1,411	5,645	
6	60,000	Lobby	1	7	1,411	5,645	
รวม	360,000 BTU.			30	6,048	24,192	
1	72,000	OPD. MED.1	2	2	540	2,160	**คิดค่าไฟฟ้า 4 บาท
2	60,000	OPD. MED.1	2	2	403	1,613	
3	48,000	OPD. MED.1	2	1	184	734	
4	66,000	OPD. MED.1	2	1	202	806	
5	120,000	OPD. MED.2	2	2	1,073	4,291	
6	48,000	OPD. MED.2	2	2	367	1,469	
7	48,000	OPD. MED.2	2	2	367	1,469	
8	96,000	X-Ray	2	8	4,291	17,165	
9	84,000	X-Ray	2	1	270	1,080	
10	120,000	ER.	2	2	1,073	4,291	
11	240,000	Lobby	2	8	8,582	34,330	
12	120,000	Lobby	2	8	4,291	17,165	
13	120,000	Lobby	2	1	536	2,146	
รวม	1,242,000 BTU.			40	22,180	88,718	

ตารางที่ ก.9 ข้อมูลการคำนวณการประหยัดพลังงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU ชั้น 1 -3 (ต่อ)

ตัวที่	ขนาด (BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	ชั้น	การประหยัดพลังงาน			หมายเหตุ
				ชม. ที่ลดลง	หน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัด	
1	240,000	Lobby (โถง Lift)	3	8	8,582	34,330	**คิดค่าไฟฟ้า 4 บาท
2	120,000	Lobby (โถง Lift)	3	7	3,755	15,019	
รวม	360,000 BTU.			15	12,337	49,349	
รวมทุกชั้น	1,962,000 BTU.			85	40,565	162,259	

ตารางที่ ก.10 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่อง Chiller เดิมและเครื่องที่จะมาทดแทน

ลำดับ	รายการ	ขนาด (Ton)	kW/TR	ชั่วโมงใช้งาน / ปี	kW/ปี	ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้า (บาท/เดือน)	% ประหยัดพลังงาน
1	เครื่อง Carrier เดิม	500	0.765	2,016	771,120	3,084,480	257,040	
2	เครื่อง Chiller ใหม่ทดแทนของเดิม	500	0.572	2,016	576,576	2,306,304	192,192	
สรุปความประหยัด					194,544	778,176	64,848	25.23

ตารางที่ ก.11 เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าและผลต่างของค่าไฟฟ้า ระหว่างปี 2554 และ 2555

เดือน	ค่าไฟฟ้า ปี 2554 (บาท)	ค่าไฟฟ้า ปี 2555 (บาท)	ผลต่าง (%)
ม.ค.	1,935,259.52	2,066,960.27	6.81
ก.พ.	1,890,161.90	2,058,014.44	8.88
มี.ค.	2,070,779.51	2,236,729.78	8.01
เม.ย.	2,062,271.05	2,062,271.05	0.00
พ.ค.	2,329,241.14	2,288,121.36	-1.77
มิ.ย.	2,171,020.92	2,326,232.12	7.15
ก.ค.	2,218,673.27	2,396,689.36	8.02
ส.ค.	2,185,016.16	2,359,868.83	8.00
ก.ย.	2,122,492.07	2,390,219.52	12.61
ต.ค.	2,143,715.02	2,512,299.17	17.19
พ.ย.	2,066,314.84	2,422,713.31	17.25
ธ.ค.	2,010,109.73	2,464,509.25	22.61
รวม	25,205,055.13	27,584,628.46	9.44
เฉลี่ย	2,100,421.26	2,298,719.04	9.44

ตารางที่ ก.12 หน่วยและค่าไฟฟ้าของโรงพยาบาลภายในปี 2555

เดือน	ค่าไฟฟ้า 2555	หน่วยไฟฟ้า 2555	ราคาเฉลี่ย/หน่วย
ม.ค.	2,066,960.27	593,000.00	3.5
ก.พ.	2,058,014.44	583,000.00	3.5
มี.ค.	2,236,729.78	643,000.00	3.5
เม.ย.	2,062,271.05	621,000.00	3.3
พ.ค.	2,288,121.36	655,000.00	3.5
มิ.ย.	2,326,232.12	626,000.00	3.7
ก.ค.	2,396,689.36	646,000.00	3.7
ส.ค.	2,359,868.83	637,000.00	3.7
ก.ย.	2,390,219.52	610,000.00	3.9
ต.ค.	2,512,299.17	645,000.00	3.9
พ.ย.	2,422,713.31	622,000.00	3.9
ธ.ค.	2,464,509.25	632,000.00	3.9
รวม	27,584,628.46	7,513,000.00	3.67

หมายเหตุ : จากราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย/หน่วย ของโรงพยาบาลพระรามเก้า เป็นเงิน 3.67 บาท ต่อหน่วย เพื่อ การสะดวกต่อการคำนวนและเป็นตัวเลขที่จดจำง่าย ในสารนิพนธ์เล่มนี้จะใช้ตัวเลขราคาค่า ไฟฟ้าเฉลี่ย/หน่วย ในการคำนวนค่าต่างๆ ที่ 4 บาท / หน่วย

ภาคผนวก ข

รายละเอียดบัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์

รายละเอียดบัญชีราคารายการวัสดุอุปกรณ์

TRANE®

AIRCO LIMITED
บริษัท แอร์โค จำกัด
TRANE THAILAND

1126/2 New Petchburi Road,
30^{th}-31^{st} Floor, Vanit Building II,
Makkasan, Rachthevee, Bangkok 10400 Thailand
Tel: (66 2) 704-9999, Sales Fax: (66 2) 704-9613
Service Fax: (66 2) 704-9630-1

Our Ref : ACQ-12-104/R2

18 May, 2012

Subject : Price of Trane Water-Cooled Centrifugal Chillers

Attention of : Khun Tanit

Rama 9 Hospital , Bangkok

1)**Trane Water-Cooled Centrifugal Chiller with R-123**, Model TCVHG480, China Source, Cooling Capacity 500 Tons of Refrigeration@ 0.572 Kw/ton(Full Load) at 45 F Leaving chilled water Temp and 55 F Entering chilled water temp

1 set x 5,000,000 Baht/set	**= 5,000,000**	**Baht**	
<u>Less</u> Special Discount =	*(800,000)*	*Baht*	
<u>Less</u> Special Discount =	*(125,000)*	*Baht*	
TOTAL AMOUNT	**= 4,075,000**	**Baht**	(Not Include VAT)

Validity : Until 30 May 2012

Delivery Time(Chiller) : within 150 days after getting downpayment

Payment Term(Chiller) : - 20 % ชำระเป็นเงินมัดจำภายใน 15 วันหลังจากได้รับใบสั่งซื้อ
- 40 % ชำระภายใน 30 วันหลังจากส่งเครื่องถึงหน่วยงาน
- 30 % ชำระภายใน 30 วันหลังจาก Start-up เครื่องทำน้ำเย็น(แต่ไม่เกิน 60 วันนับจากวันส่งเครื่องเข้าหน่วยงาน
- 10 % ชำระภายใน 30 วันนับจากวันส่งมอบงาน(แต่ไม่เกิน 90 วัน นับจากวันที่ส่งเครื่องเข้าหน่วยงาน

Warranty(Chiller) : Five-year(5) parts & refrigerant warranty after start-up, including service at 4 times/year(every 3 months) for 5 Years

Consumable Parts(Chiller) Include changing of compressor oil , oil filter & drier purge 1 time/year for 4 years (2 nd -5 th year)

Condenser tube Cleaning(Chiller) Include Cleaning of Condenser tube with chemical 1 time/year for 4 years (2 nd -5 th year)

This Quotation Refer to Ingersoll Rand Standard Terms and Conditions of Sales

บริษัท แอร์โค จำกัด AIRCO LIMITED

Centrifugal Chiller

Job Information

Job01
TIG

Tag	CTV-0026	Model Number	CVHG0480
Quantity	1		

Certified in accordance with the Water-Chilling Packages Using the Vapor Compression Cycle Certification Program, which is based on AHRI Standard 550/590.

Sound pressure measured in accordance with AHRI Standard 575-94.

The 'T' preceding the 'CVHE/G' on the unit model refers to the unit being manufactured in Taicang, China.

Unit Information

Model	TCVHG	Compressor size	480
Impeller size	278	Orifice size	630
Motor size	339		
Motor frequency	50 Hz	Motor voltage	380
Incoming line frequency	50 Hz	Incoming line voltage	380
Evap shell size	050S	Cond shell size	050L
Evap bundle size	700	Cond bundle size	500
Evap tube type	TECU	Cond tube type	IMCU
Evap tube thickness	0.025"	Cond tube thickness	0.028"
	Two pass evap water box	Cond passes	Two pass cond water box

Design Information

Cooling capacity	500.0 tons	HCFC-123 refrigerant charge	650 lb
Primary power	285.9 kW	Shipping weight	18424 lb
Primary efficiency	0.572 kW/ton	Operating weight	20752 lb
NPLV	0.546 kW/ton	Free cooling option	No
Unit heat rejected to ambient		Application type	Standard cooling

Evaporator Information

Evap leaving temp	45.00 F	Evap pressure drop	15.18 ft H2O
Evap flow rate	1194.6 gpm	Evap fluid type	water
Evap entering temp	55.00 F	Evap fluid concentration	N/A
Evap flow/capacity	2.39 gpm/ton	Evap water box type	non-marine
Evap fouling factor	0.00010 hr-sq ft-deg F/Btu	Evap water box pressure	150 psig

Condenser Information

Cond entering temp	90.00 F	Cond pressure drop	29.26 ft H2O
Cond flow rate	1500.0 gpm	Cond fluid type	water
Cond leaving temp	99.42 F	Cond fluid concentration	N/A
Cond flow/capacity	3.00 gpm/ton	Cond water box type	non-marine
Cond fouling factor	0.00025 hr-sq ft-deg F/Btu	Cond water box pressure	150 psig

Electrical Information

Motor LRA	2652 A	Compressor motor RLA	501.50 A
Primary RLA (Incoming line)	503.1 A	Min circuit ampacity	640 A
Un-corrected power factor	0.90	Max overcurrent protection	1000 A

TRANE

Airco., Ltd..
บริษัท แอร์โก จำกัด
Trane Thailand

30th – 31st Floor, Vanit Building II
1126/2 New Petchburi Road,
Makkasan, Rachthevee, Bangkok
Tel. 66 (0) 2 704 9999
Fax. 66 (0) 2 704 9630--31

Our ref. : Q1555-12-0503 วันที่ 18 พฤษภาคม 2555

เรื่อง **เสนอราคาติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น "เทรน" และอุปกรณ์ประกอบ**
สำหรับโครงการ **โรงพยาบาลพระราม 9**

เรียน คุณธนิต
โรงพยาบาลพระราม 9 กรุงเทพ

บริษัทฯ ซึ่งเป็นผู้แทนจำหน่ายเครื่องทำน้ำเย็น "เทรน" มีความยินดีขอเรียนเสนอราคางานติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น "เทรน" และอุปกรณ์ประกอบ สำหรับโครงการ **โรงพยาบาลพระราม 9** ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้.

1.)	ราคางานติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น "เทรน" และอุปกรณ์ประกอบ (แสดงรายละเอียดราคา ตามเอกสารแนบ)	=	1,239,000.-	บาท
	ส่วนลดพิเศษ	=	-39,000.-	บาท
	ราคารวม	=	1,200,000.-	บาท
2.)	หักค่ารับซื้อเครื่องทำน้ำเย็นเก่า (Chiller, Starter and Cable)	=	280,000.-	บาท
	ราคารวม	=	920,000.-	บาท(ไม่รวม VAT)

<u>กำหนดยืนราคา</u> ถึงวันที่ 30 พฤษภาคม 2555

<u>การชำระเงิน</u>
1.) 20% ชำระเป็นเงินมัดจำภายใน 15 วัน หลังจากได้รับใบสั่งซื้อ
2.) 60% ชำระภายใน 30 วัน หลังจากส่งเครื่องทำน้ำเย็นถึงหน่วยงาน
3.) 10% ชำระภายใน 30 วัน หลังจาก Start up เครื่องทำน้ำเย็น (แต่ไม่เกิน 60 วัน นับจากวันส่งเครื่องทำน้ำเย็นถึงหน่วยงาน)
4.) 10% ชำระภายใน 30 วัน หลังจากส่งมอบงาน (แต่ไม่เกิน 90 วัน นับจากวันส่งเครื่องทำน้ำเย็นถึงหน่วยงาน)

<u>หมายเหตุ</u>
1.) รับประกันงานติดตั้งเป็นเวลา 1 ปี
2.) รวมงานติดตั้ง สาย Control จาก Chiller ชุดใหม่ให้ต่อร่วมกับระบบ CPMS เดิม และ Commissioning เข้ากับระบบ CPMS เดิม
3.) การทำงานติดตั้งดังกล่าวไม่กระทบต่อการทำงาน ของ Chiller เดิม
4) Refer to IR Standard term and conditions of Sales

ขอแสดงความนับถือ

(นายพรชัย อนุชาติบุตร)
Assistant Sales Manager - Contracting

TRANE

BILL OF QUANTITY

PROJECT : โรงพยาบาลพระราม 9

BY :AIRCO LIMITED

SUBJECT : งานติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น"เทรน" พร้อมอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

Date : 18 May 2012

Item	Description	QTY	Unit	Material		Labour		Total
				U. cost	Cost	U. cost	Cost	
1	CHILLER							
	- TAKE OFF EXISTING CHILLER	1	LOT	0	0	53,300	53,300	53,300
	- MOVING NEW CHILLER TRANE 500 TR TO FOUNDATION BASE	1	LOT	0	0	80,000	80,000	80,000
	- BSP SCH.40 DIA 8"	12	M	2,200	26,400	1,600	19,200	45,600
	- BSP SCH.40 FITTING	1	LOT	11,900	11,900	9,500	9,500	21,400
	- FLEXIBLE 8"	4	EA	9,700	38,800	1,070	4,280	43,080
	- VICTAULIC COUPLING 8"	4	EA	5,100	20,400	1,330	5,320	25,720
	- THERMOMETER WITH THERMOWELL	4	EA	2,800	11,200	470	1,880	13,080
	- PRESSURE GAUGE WITH SNUBBLE AND VALVE	4	EA	2,500	10,000	470	1,880	11,880
	- FOUNDATION BASE FOR NEW CHILLER	1	LOT	16,000	16,000	13,300	13,300	29,300
	- INSULATION ON REPLACE PIPING DIA 8" THICK 2"	6	M	1,900	11,400	470	2,820	14,220
	- INSULATION SHEET	1	LOT	10,700	10,700	6,700	6,700	17,400
	- SUPPORT	1	LOT	4,000	4,000	2,700	2,700	6,700
	- PAINTING	1	LOT	6,700	6,700	4,700	4,700	11,400
	- DEMOLISH WALL AND REWORK	1	LOT	26,700	26,700	33,000	33,000	59,700
	- MOBILE CRANE	1	LOT	0	0	53,000	53,000	53,000
	- ACCESSORIES	1	LOT	33,000	33,000	0	0	33,000
	TOTAL ITEM 1							518,780
2	ELECTRICAL WORK							
	- CABLE THW. 150 sq.mm.	48	M	797	38,256	107	5,136	43,392
	- CABLE THW. 120 sq.mm.	288	M	763	219,744	93	26,784	246,528
	- CABLE THW. 70 sq.mm.	32	M	436	13,952	60	1,920	15,872
	- CABLE FOR CONTROL CHILLER	1	LOT	20,000	20,000	0	0	20,000
	- MODIFY CABLE TRAY	1	LOT	16,000	16,000	13,300	13,300	29,300
	- SUPPORT & FITTING	1	LOT	6,700	6,700	2,700	2,700	9,400
	- ACCESSORIES	1	LOT	16,000	16,000	0	0	16,000
	TOTAL ITEM 2							380,492
4	OTHER							
	- FLOOR EPOXY FOR ELECTRICAL ROOM	1	LOT	220,000	220,000	0	0	220,000
	TOTAL ITEM 3							220,000

TRANE

BILL OF QUANTITY

PROJECT : โรงพยาบาลพระราม 9 BY :AIRCO LIMITED

SUBJECT : งานติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น"เทรน" พร้อมอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ Date : 18 May 2012

Item	Description	Q'TY	Unit	Material		Labour		Total
				U. cost	Cost	U. cost	Cost	
	TOTAL ITEM 1-3							1,119,272
5	OVERHEAD AND PROFIT							
	- OVERHEAD	1	LOT					59,728
	- PROFIT	1	LOT					60,000
	TOTAL ITEM 4							119,728
	GRAND TOTAL (Excluding VAT)							1,239,000

<u>ขอบเขตงาน</u>

1. รื้ออุปกรณ์ Chiller เครื่องเก่าออก

2. ติดตั้ง chiller 500 tons. ชุดใหม่เข้าที่แท่นเครื่องโดยใช้สายไฟใหม่รางเก็บสายไฟเดิม

3.เปลี่ยนอุปกรณ์หน้าเครื่องใหม่ตามที่แสดงในรายการเท่านั้นโดยตัดต่อท่อน้ำจาก Header เดิม

4) ขอบเขตงานที่นอกเหนือจาก Bill of Quantity นี้จะเป็นค่าใช้จ่ายของผู้ว่าจ้าง

ภาคผนวก ค
แบบฟอร์มใช้เก็บข้อมูล

ตารางที่ ค.1 แบบฟอร์มการบันทึกการทำงานระบบเครื่องทำความเย็นประจำวัน

โรงพยาบาลพระรามเก้า
PRARAM 9 HOSPITAL

แบบฟอร์มการบันทึกการทำงานระบบเครื่องทำความเย็นประจำวัน

Chiller Daily Check List

วันที่.........เดือน....................พ. ศ...............   เครื่องเบอร์............

	Description		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	2.00	4.00	6.00
LINE POWER MOTOR	Voltage	R - S												
		S - T												
		T - R												
	Current	R												
		S												
		T												
	Motor average line current (%)													
COMPRESSURE	Compressor Running (Kw) consumtion													
	Compressor Running Time (hr / min)													
	Oil tank temperature (°F)													
	Oil pump dischange pressure (psi)													
	Oil level > %●		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
CONDENSOR	Condensor water temp	Entering (°F)												
		Leaving (°F)												
	Condensor water press	Entering (psi)												
		Leaving (psi)												
	Cond. refrigerant temperature (°F)													
	Cond. refrigerant Pressure (psi)													
	Cond. approach temp (F)													
EVAPORATOR	Chilled water temp	Entering (°F)												
		Leaving (°F)												
	Chilled water press	Entering (psi)												
		Leaving (psi)												
	Set point temp. (°F)													
	Evap. refrigerant temperature (°F)													
	Evap. refrigerant Pressure (psi)													
	Evap. approach temp (F)													

CHILLER WATER PUMP , CONDENSOR WATER PUMP , COOLING TOWER

รายการตรวจเช็ค		CHP - 1	CHP - 2	CHP - 3	CDP - 1	CDP - 2	CDP - 3	CT - 1	CT - 2	CT - 3	บันทึก
การทำงานของมอเตอร์ / ปั๊ม											
ระบบหล่อลื่น											
ระบบควบคุมการทำงาน											
รอยรั่วและซึม											
จานต่อเพลา / เกียร์ทด											
หัวจ่ายน้ำ Cooling tower											
ระดับน้ำในถาดรับน้ำ ~ 3/4 ของถาดรับน้ำ											
ระบบน้ำเติม											
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	R - S										
	S - T										
	T - R										
กระแสไฟฟ้า	R										
	S										
	T										

เลขมิเตอร์น้ำ	จดครั้งก่อน	จดครั้งหลัง	จำนวนที่ใช้	ค่าความกระด้างของน้ำ (≤ 10 ppm)	
				ค่าที่ตรวจเช็ค	ค่าหลังจากล้างSoft
Colling tower			หน่วย		
Conductivity (≤ 2000 Unhos / cc)			Unhos / cc		

หมายเหตุ 1. การทำงาน √ = ปกติ , X = ผิดปกติ
2. แรงเคลื่อนไฟฟ้าปกติ = 380 - 415 โวลท์ , กระแสไฟฟ้าปกติ CHP ≤ 145 แอมป์ , CDP ≤ 88 แอมป์ , CT ≤ 22 แอมป์

ผู้จดบันทึก			ผู้ตรวจสอบ
ผลัดเช้า	ผลัดบ่าย	ผลัดดึก	ลายเซ็น
			วันที่

หัวหน้าแผนกระบบงานวิศวกรรม
ลายเซ็น
วันที่

QF - MAT - 01/Rev.1

ตารางที่ ค.2 แบบฟอร์มบันทึกการทำงานระบบ Chiller

โรงพยาบาลพระรามเก้า
PRARAM 9 HOSPITAL

แบบฟอร์มบันทึกการทำงานระบบ CHILLER

วันที่..................เดือน..พ.ศ. ....

รายการตรวจเช็ก			เวลาจดบันทึก																				
			6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	2:00	4:00
MDB 1	กระแส (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
MDB 2	กระแส (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
A/C CHILLER PLAN	กระแส (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
CDP PUMP.	NO.1 (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
	NO.2 (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
	NO.3 (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
CHP PUMP.	NO.1 (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
	NO.2 (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
	NO.3 (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
COOLING TOWER	NO.1 (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
	NO.2 (Amp)	R																					
		S																					
		T																					
	NO.3 (Amp)	R																					
		S																					
		T																					

ผู้จดบันทึก			ผู้ตรวจสอบ
ผลัดเช้า	ผลัดบ่าย	ผลัดดึก	ลายเซ็น
			วันที่

หัวหน้าแผนกระบบงานวิศวกรรม
ลายเซ็น
วันที่

ตารางที่ ค.3 แบบฟอร์มการวัดอุณหภูมิภายในอาคาร

โรงพยาบาลพระรามเก้า
PRARAM 9 HOSPITAL

แบบฟอร์มการวัดอุณหภูมิภายในอาคาร

จุดที่	ตำแหน่ง	ชั้น	เวลาที่วัด	อุณหภูมิ °C	หมายเหตุ
1	หน้า LIFT	1			
2	หน้าร้านค้า	1			
3	หน้าร้านอาหาร	1			
4	หน้าแผนกกายภาพ	1			
5	โถงพักคอย	2			
6	โถง ER	2			
7	โถง OPD MED	2			
8	หน้า LIFT	2			
9	โถงบันไดเลื่อน	2			
10	โถง X-RAY	2			
11	โถงพักคอย	3			
12	หน้า LIFT	3			
14	หน้า OPD หัวใจ	3			
15	โถงหน้า LIFT	4			
16	โถงหน้า LIFT	5			
17	โถงหน้า LIFT	6			
18	โถงหน้า LIFT	7			
19	โถงหน้า LIFT	8			
20	โถงหน้า LIFT	9			
21	โถงหน้า LIFT	10			
22	โถงหน้า LIFT	11			
23	โถงหน้า LIFT	12			
24	โถงหน้า LIFT	14			
25	โถงหน้า LIFT	15			
26	โถงหน้า LIFT	16			
27	โถงหน้า LIFT	17			

ตารางที่ ค.4 แบบฟอร์มการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU ชั้น 1-3

โรงพยาบาลพระรามเก้า
PRARAM 9 HOSPITAL

แบบฟอร์มการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU ชั้น 1 - 3

วันที่..........เดือน............................ปี..........

ตัวที่	ขนาด(BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	ชั้น	เวลาเปิด - ปิด เดิม		ใช้กระแสไฟฟ้า (kW.)	
				เวลาใช้งาน	จำนวน ชม.	ต่อตัว	หน่วยไฟฟ้า/ ปี

ตารางที่ ค.5 แบบฟอร์มการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU 1-3 ตามการปรับเวลาใหม่

โรงพยาบาลพระรามเก้า
PRARAM 9 HOSPITAL

แบบฟอร์มการตรวจวัดและคำนวณการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU ชั้น 1 – 3 ตามการปรับเวลาใหม่

วันที่..........เดือน............................ปี..........

ตัวที่	ขนาด(BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	ชั้น	เวลาเปิด - ปิด ใหม่		ใช้กระแสไฟฟ้า (kW.)	
				เวลาใช้งาน	จำนวน ชม.	ต่อตัว	หน่วยไฟฟ้า/ ปี

ตารางที่ ค.6 แบบฟอร์มการคำนวณการประหยัดพลังงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU ชั้น 1 - 3

โรงพยาบาลพระรามเก้า
PRARAM 9 HOSPITAL

แบบฟอร์มการคำนวณการประหยัดพลังงานของเครื่องส่งลมเย็น AHU ชั้น 1 – 3

วันที่..........เดือน............................ปี..........

ตัวที่	ขนาด (BTU.)	สถานที่ติดตั้ง	ชั้น	การประหยัดพลังงาน			**หมายเหตุ**
				ชม.ที่ลดลง	หน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัด	
					หน่วย / ปี	บาท / ปี	

ภาคผนวก ง
การจัดการด้านการจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์

การจัดการด้านการจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์

ในการติดตั้งจะต้องมีการเลือกวัสดุ – อุปกรณ์ ที่ใช้ในการติดตั้งปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงคือ

1. เวลาในการส่งมอบ ความเชื่อมั่น ราคา การให้บริการและการอำนวยความสะดวกโดยมีแหล่งจัดหาสำคัญ ได้แก่

- ตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิต
- ผู้จำหน่ายในท้องที่ ซึ่งมีการจำหน่ายอุปกรณ์และอะไหล่ของแท้ที่ถูกต้องตามข้อกำหนดและมาตรฐาน

2. ราคาที่ถูกต้อง (Right Price) ราคาควรอยู่ในระดับไม่เกินจากราคามาตรฐานของตลาด แต่มีคุณภาพที่ถูกต้องตามข้อกำหนดการใช้งาน

3. คุณภาพที่ถูกต้อง (Right Quality) ตรงตามมาตรฐานและข้อกำหนด

4. รูปแบบสัญญาที่ถูกต้อง (Right Contract) การออกเอกสารสั่งซื้อควรมีความเจาะจงและชัดเจน โดยมีความถูกต้องตามกฎหมาย เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นในอนาคต

5. การส่งมอบในสถานที่ที่ถูกต้อง (Right Place of Delivery)

6. การบริการหลังการขาย มีความสำคัญมาก ระหว่างผู้ผลิตและผู้ซื้อในระยะยาว และสร้างความเชื่อมั่นต่อการให้บริการ ดังนั้นผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายจะต้องสนับสนุนและให้การบริการต่อผู้ใช้งาน เช่น การให้รายละเอียดทางเทคนิค แคตตาล็อก และการบริการหลังการขาย เป็นต้น ซึ่งการบริการหลังการขายเป็นปัจจัยหนึ่งในการคัดเลือกผู้จำหน่ายเพื่อได้รับบริการในระดับที่สร้างความพึงพอในต่อผู้ใช้สูงสุด

วัสดุ – อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศของโครงการนี้ มีผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก คุณภาพดี ดังนั้น จึงไม่เป็นปัญหาในเรื่องของการสั่งและรอสินค้าซึ่งมีผลกับความล่าช้าของงาน

ภาคผนวก จ

แบบแสดงพื้นที่

แบบแสดงพื้นที่โถงที่มีการติดตั้งเครื่อง AHU จำนวน 6 เครื่อง บริเวณ OPD ชั้น 1

แบบแสดงพื้นที่โถงที่มีการติดตั้งเครื่อง AHU จำนวน 13 เครื่อง บริเวณ OPD ชั้น 2

2 Floor Plan 1 : 500

แบบแสดงพื้นที่โถงที่มีการติดตั้งเครื่อง AHU จำนวน 2 เครื่อง บริเวณ OPD ชั้น 3

ภาคผนวก ฉ

การบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

การบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

การบำรุงรักษาอุปกรณ์ปรับอากาศหลังจากมีการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศเป็นอย่างดีแล้วจัดเป็นงานสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งจำเป็นต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง จึงสามารถประหยัดพลังงานได้ตามจุดมุ่งหมายของการออกแบบได้อย่างแท้จริง

ดังนั้นเพื่อให้ผู้รับผิดชอบโดยตรงในการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศสามารถดำเนินการอนุรักษ์หรือประหยัดพลังงานได้อย่างถูกต้องและตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ควรจะมีความเข้าใจดังนี้

1. จุดประสงค์ของการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศที่ถูกต้อง คือ การรักษาอุปกรณ์และส่วนประกอบต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอเพื่อผลดังนี้

- ให้เครื่องอยู่ในสภาพใช้งานได้มากที่สุด
- ลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
- ความปลอดภัยในการทำงาน
- ลดการหยุดการทำงานเนื่องจากอุบัติเหตุและความเสียหาย
- ให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น
- ให้ทำงานด้วยความเรียบร้อย โดยการมีตารางบำรุงรักษาที่เหมาะสม การตรวจสอบเป็นระยะ ๆ การแบ่งงานการบำรุงรักษาที่เหมาะ การประหยัดกำลังคน การควบคุมค่าใช้จ่ายและการใช้วัสดุที่ถูกต้อง

2. แนวทางการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

ก. จะต้องมีเอกสารที่จำเป็นในการบำรุงรักษา ดังนี้

- แบบก่อสร้างและข้อกำหนดทางเทคนิค (Design drawing and specification)
- แบบติดตั้งจริง (As built drawing)
- แบบ Shop drawing พร้อมบันทึกข้อมูลต่าง ที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบหรือเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของวัสดุและอุปกรณ์ในระหว่างก่อสร้าง
- เอกสารขออนุมัติวัสดุและอุปกรณ์
- บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการปรับแต่งระบบปรับอากาศหลังการติดตั้งแล้วเสร็จ (Commissioning and startup sheet)
- คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาพร้อมข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบปรับอากาศ

- รายการ Spare part ของอุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมรายชื่อและที่อยู่ติดต่อบริษัทผู้จำหน่ายอุปกรณ์

- รายชื่อและที่อยู่ติดต่อบริษัทที่ติดตั้งและดูแลระบบปรับอากาศ

- เอกสารแสดงการใช้กำลังไฟฟ้า เช่น ใบเสร็จค่าไฟ

ข. จะต้องมีการตรวจวัดและจดบันทึกค่าต่าง ๆ ทางเทคนิคเพื่อนำมาใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน ดังนี้

- อุณหภูมิ

- ความดัน

- กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานหรือปริมาณกระแสไฟฟ้า (Ampere) และแรงดันไฟฟ้า (Volt) ที่ใช้

- อัตราการไหล

ค. จะต้องมีการวางแผนและจัดตารางเวลาในการบำรุงรักษาที่ชัดเจนเกี่ยวกับ

- กำลังคนที่ใช้

- เวลาและความถี่ที่ต้องใช้

- รายการอุปกรณ์และชิ้นส่วนที่ต้องบำรุงรักษา

- จัดลำดับแนววิธีในการบำรุงรักษา คือเป็น Preventive Maintenance หรือซ่อมบำรุงตามความจำเป็น (Condition based on maintenance)

- การฝึกอบรมและการประชุมภายใน

ภาคผนวก ช

รายการตรวจสอบ

รายการตรวจสอบการทำงานของระบบปรับอากาศ

ตารางที่ ช. 1 รายการตรวจสอบเครื่องทำน้ำเย็น

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	คอมเพรสเซอร์ (Compressor)				
1.1	ตรวจสอบความดันน้ำมันหล่อลื่นด้าน High		•		
1.2	ตรวจสอบความดันน้ำมันหล่อลื่นด้าน Low		•		
1.3	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น		•		
1.4	ตรวจสอบ Oil Heater			•	
1.5	เปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น				•
1.6	เปลี่ยน Oil Filter				•
1.7	ตรวจสอบความดันของสารทำความเย็นใน Evaporator	•			
1.8	ตรวจสอบความดันของสารทำความเย็นใน Condenser	•			
1.9	ตรวจสอบอุณหภูมิของสารทำความเย็นใน Evaporator	•			
1.10	ตรวจสอบอุณหภูมิของสารทำความเย็นใน Condenser	•			
1.11	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าป้อนแต่ละเฟส	•			
1.12	ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละเฟส	•			
1.13	ตรวจสอบกำลังไฟฟ้า	•			
1.14	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน	•	•		
1.15	ตรวจสอบ % Load	•			
2	เครื่องควบแน่น (Condenser)	•			
2.1	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้า	•			
2.2	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านออก	•			
2.3	ตรวจสอบความดันของน้ำหล่อเย็นด้านเข้า	•			
2.4	ตรวจสอบความดันของน้ำหล่อเย็นด้านออก	•			
2.5	ตรวจสอบสวิทช์ควบคุมการไหล (Flow Switch)		•		
2.6	ตรวจสอบ Pipe Connection		•		
2.7	ทำความสะอาด Strainer			•	
3	อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator)				
3.1	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้า	•			
3.2	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็นด้านออก	•			
3.3	ตรวจสอบความดันของน้ำเย็นด้านเข้า	•			
3.4	ตรวจสอบความดันของน้ำเย็นด้านออก	•			
3.5	ตรวจสอบสวิทช์ควบคุมการไหล (Flow Switch)		•		

ตารางที่ ช. 2 (ต่อ)

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
3.6	ตรวจสอบ Pipe Connection		●		
3.7	ทำความสะอาด Strainer			●	
3.8	ทำการเปลี่ยน Oil Refrigerant				●
4	ระบบไฟฟ้าและระบบความคุม				
4.1	ตรวจสอบ Fuse		●		
4.2	ตรวจสอบ Control Refrigerant		●		
4.3	ตรวจสอบและกวดขันขั้วต่อสายไฟ		●		
4.4	ตรวจสอบ Compressor Winding				●
5	อื่น ๆ				
5.1	ตรวจสอบข้อมูลใน Log sheet ที่บันทึกไว้	●			
5.2	ตรวจสอบสภาพภายนอกเช่นสปริงกันสะเทือน		●		
5.3	ตรวจสอบการทำงานของ Valve ต่าง ๆ			●	

ตารางที่ ช. 3 รายการตรวจสอบหอผึ่งน้ำ

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 6 เดือน	ทุกปี
1	พัดลม				
1.1	ตรวจเสียงดังผิดปกติ	●			
1.2	ตรวจการสั่นสะเทือน	●			
1.3	กวดน็อต			●	
1.4	ทำความสะอาด Blower			●	
2	มอเตอร์				
2.1	ตรวจเสียงดังผิดปกติ	●			
2.2	กวดน็อต			●	
2.3	ทำความสะอาด			●	
2.4	ตรวจขั้วต่อสายของสายไฟ			●	
2.5	วัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้	●			
2.6	วัดแรงดันไฟฟ้า	●			
3	ฟิลเลอร์				
3.1	ทำความสะอาด			●	
4	ระบบจ่ายน้ำ				
4.1	ตรวจการอุดตัน		●		
4.2	ทำความสะอาด			●	
5	เปลือกนอก/ตัวถัง				
5.1	กวดน็อต				●
5.2	ทำความสะอาด				●
6	ลูกลอย				
6.1	ตรวจการรั่วซึม	●			
7	ฐานมอเตอร์				
7.1	ตรวจสอบความแข็งแรง				●

ตารางที่ ช. 4 รายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำ

ลำดับที่	รายการตรวจสอบ	ทุกวัน	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุกปี
1	ตรวจสอบ COUPLING และ ALIGNMENT			●	
2	ตรวจสอบ Bearing		●		
3	ตรวจสอบ Mechanical Seal		●		
4	ตรวจสอบ Flexible Joint		●		
5	ทำความสะอาด Strainer			●	
6	ตรวจสอบและกวดขันข้อต่อสายไฟ			●	
7	ตรวจสอบความดันด้านดูด	●			
8	ตรวจสอบความดันด้านอัด	●			
9	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าแต่ละเฟส	●			
10	ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าแต่ละเฟส	●			
11	ตรวจสอบชั่วโมงการทำงาน	●			
12	ตรวจสอบสภาพภายนอก เช่น สปริงแท่นเครื่อง		●		

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายธนิต คล้ายอุทัย
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษา ปี พ.ศ. 2543
	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	ผู้จัดการฝ่ายอาคารสถานที่
	โรงพยาบาลพระรามเก้า
	เลขที่ 99 ซ.โรงพยาบาลพระรามเก้า ถนนพระรามเก้า
	แขวงดินแดง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10320