

~~28 เม.ย. 2543~~

การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ



ทัศนารณ์ บุญยรัตพันธุ์

คณบดีฝ่ายการ

จาก

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2543

ISBN 974-663-753-3

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

๑๗

๗๖๖๓

๕๕๔๓

๓๒

Copyright by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

ที่ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

วันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2543



นางทัศนากรณ์ บุญรัตพันธุ์

ผู้วิจัย



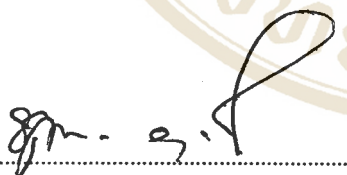
อาจารย์สมพงษ์ ธงไชย วท.ม.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



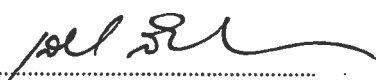
อาจารย์ปกรณ์ สุวานิช วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



อาจารย์ชุมพร ชูวรี วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล



อาจารย์ประเสริฐ ประวิตรุ่งเรือง คอ.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงสำลี Ph.D.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของคณะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์สมพงษ์ ธงไชย อาจารย์ชุมพร ยุวรี อาจารย์ปกรณ์ สุวานิช และอาจารย์ประเสริฐ ประวิตรุ่งเรือง ที่ได้กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะครู-อาจารย์แผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดหาเครื่องมือวัด และทดสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความครบถ้วนสมบูรณ์

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา สามี และบุตรธิดา ตลอดจนเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่เป็นกำลังใจอย่างดียิ่งตลอดมา

ทัศนภรณ์ นุณยรัตพันธุ์

3937670 ENAT/M : สาขาวิชา : เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร ;
วท.ม. (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)

คำสำคัญ เครื่องปรับอากาศ / การระบายความร้อน

ทัศนการณ์ นุชนรัตพันธุ์ : การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ
(IMPROVING THE EFFICIENCY OF AIR-CONDITIONING SYSTEM) คณะกรรมการ
ควบคุมวิทยานิพนธ์ : สมพงษ์ ชงไชย, วท.ม., ชุมพร ชูวี, วท.ม., ปกรณ์ สุวานิช, วท.ม.,
102 หน้า ISBN 974-663-753-3

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบเครื่องปรับอากาศโดยใช้อุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ระบายความร้อนร่วม แก่คอนเดนเซอร์ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ ในการที่จะออกแบบและสร้างอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ให้สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและประหยัดค่าใช้จ่าย หลังจากนั้นทำการทดลองติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพ สมรรถนะ และประสิทธิภาพ โดยใช้ค่าเฉลี่ยและร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่า เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ระบายความร้อนร่วมนี้ ถ้าเปิดใช้งานวันละ 6 ชั่วโมงทำการ ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 2.049 ยูนิต/วัน, 47.817 ยูนิต/เดือน และ 573.804 ยูนิต/ปี ประหยัดค่าใช้จ่ายลง 3.32 บาท/วัน 76.52 บาท/เดือน และ 918.24 บาท/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศระบบปกติที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ระบายความร้อนร่วมพบว่า ประหยัดค่าใช้จ่ายลงปีละ 16%

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้และลดค่าใช้จ่ายลงได้ร้อยละ 16 ถ้ามีการพัฒนาจริงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ขนาดของอุปกรณ์เล็กลง แล้วทำการประชาสัมพันธ์เพื่อเผยแพร่งานวิจัยดังกล่าวต่อไป

3937670 ENAT/M :MAJOR : APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCE DEVELOPMENT ; M.Sc. (APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCE DEVELOPMENT)

KEY WORDS : AIR-CONDITIONING/CONDENSER

TASNAPORN BOONYARATTAPUN : IMPROVING THE EFFICIENCY OF AIR-CONDITIONING SYSTEM. THESIS ADVISORS: SOMPONG THONGCHAI, M.Sc., CHOOMPORN YUVAREE, M.Sc., PAKORN SUVANICH, M.Sc., 102 p.

ISBN 974-663-753-3

The objective of this research was to conduct a feasibility study of an improvement in the efficiency of an air-conditioning system. It was tested by using an electronically controlled cooperative device for a ventilate condenser. The main objective was to design and create an effective device to decrease not only the quantity of electrical energy but also cost. After the device was installed in the air-conditioning system the electrical energy was measured. Finally, the obtained data was analyzed in terms of effectiveness, performance and efficiency by using average value and percentage.

The results of this research show that an air-conditioning system using this electronically controlled cooperative device (6 working hours) saved a cost of 16% less than the normal system. The quantity of energy was decreased to 2.049 unit/day, 47.818 unit/month and 573.804 unit/year. The cost savings was 3.32 baht/day, 76.52bath/month and 918.24 baht/year.

The research work shows that a cooperative device with an electronic control can reduce the quantity of electrical energy and save a cost of 16%. Further research on circuit development for a higher efficiency and smaller size device should be done. After further work, this technology may be suitable for broader application.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
คำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 กรอบแนวคิดการวิจัย	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.4 สมมติฐานของการวิจัย	6
1.5 ขอบเขตการวิจัย	6
1.6 วิธีการและขั้นตอนการวิจัย	6
1.7 คำนียามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	7
1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	8
2. ทบทวนวรรณกรรม	9
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบเครื่องปรับอากาศ	9
2.2 การหาภาระของการปรับอากาศ	23
2.3 ภาระของการทำความเย็น	37
2.4 หลักการทำความเย็น	40
2.5 น้ำยาของระบบทำความเย็น	44
2.6 ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	45
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46
3. การวิจัย	40
3.1 ขั้นตอนเตรียมการวิจัย	50
3.2 ขั้นตอนการออกแบบวิจัย	57
3.3 ขั้นตอนการสร้าง	61

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 ขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล	62
3.5 ขั้นตอนการประมวลผลและวิเคราะห์ผล	67
4. ผลการศึกษา	69
4.1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ	69
4.2 ผลการวิเคราะห์ออกแบบสร้างและทดลอง	70
4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของการปรับปรุงประสิทธิภาพ ระบบปรับอากาศ	71
5. อภิปรายผล	72
5.1 ด้านประสิทธิภาพ	72
5.2 ด้านประสิทธิผล	73
5.3 ด้านสมรรถนะ	73
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	74
6.1 ข้อสรุป	74
6.2 ข้อเสนอแนะ	75
6.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป	77
เอกสารอ้างอิง	78
ภาคผนวก ก. อัตราค่าไฟฟ้า	80
ภาคผนวก ข. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535	93
ประวัติผู้วิจัย	102

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (U หน่วย Btu/hr ft ² °F) หน้าต่าง กระจกและผนังกันภายนอก คัดความเร็วลม 10 ไมล์/ชั่วโมง ผนังกันภายในคิดเป็น	
ถมนิ่งทั้งสองด้านของผนัง	26
2 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโลหะ	28
3 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโลหะที่เป็นของแข็ง	29
4 ความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า	32
5 สัมประสิทธิ์ของเงาสำหรับกระจกติดตั้งในบริเวณที่ไม่มีร่ม	36
6 สัมประสิทธิ์ของเงาสำหรับกระจกติดตั้งอยู่ในร่มไม้	37
7 ดัชนี ODP และ GWP ของสารทำความเย็น	44
8 การแบ่งระดับของค่า EER	45
9 กำหนดระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	45
10 เปรียบเทียบการกินไฟ-ค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศระดับประสิทธิภาพต่าง ๆ	46
11 MINIMUM EER AIR CONDITION FOR VARIOUS COUNTRIES	46
12 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร แยกตามระบบต่าง ๆ	48
13 ข้อมูลมาตรฐานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 18,000 บีทียู	50
14 การเก็บปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 บีทียู ครั้งที่ 1	55
15 การเก็บปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 บีทียู ครั้งที่ 2	56
16 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 บีทียู วัดค่าก่อนการติดตั้ง	56
17 ค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 บีทียู	57
18 บันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้ง	64
19 การเก็บข้อมูลการวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องทดลอง	65
20 การเก็บข้อมูลการวัดปริมาณน้ำที่ออกจากเครื่องปรับอากาศ	65
21 การวัดความชื้นภายในและภายนอกห้องทดลอง	66
22 การวัดค่าพลังงานหลังการติดตั้ง	66
23 การประเมินผลด้านค่าใช้จ่ายทั้งหมด	68
24 การเปรียบเทียบสมรรถนะก่อนการติดตั้งและหลังติดตั้ง	71
25 การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	การเก็บข้อมูลการวัดปริมาณน้ำที่ออกจากเครื่องปรับอากาศ	91
27	การเก็บข้อมูลการวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องทดลอง	92
28	การวัดความชื้นภายในห้องทดลอง	92



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	Flow chart ของเครื่องปรับอากาศ	3
2	กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
3	เส้นและสเกลบน Psyche Chart	13
4	แสดงวงจรน้ำยาของเครื่องปรับอากาศแบบแยกระบบ ใช้น้ำยา R-22	18
5	แสดงการติดตั้งคอนเด็นซิงยูนิตอยู่ภายนอกอาคารและอีแวปอเรเตอร์ยูนิต อยู่ในห้อง	19
6	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	21
7	วงจรทำความเย็น	41
8	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิจัย	49
9	สเกลเทอร์โมมิเตอร์	51
10	แผนภูมิการอิมิตัวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของน้ำและ R-22	51
11	หัวฉีดสเปรย์	52
12	แสดงสวิทช์ลูกลอย	53
13	แสดงโครงสร้างภายในสวิทช์ลูกลอย	54
14	ภาชนะรองรับน้ำ	54
15	มอเตอร์ขนาด 12 โวลท์ DC	55
16	ลักษณะของลายพิมพ์ทองแดงของวงจร	58
17	วงจรควบคุมการทำงานของปั๊มฉีดน้ำ	58
18	วงจรจ่ายไฟ DC. 12 โวลท์	60
19	แสดงชุดควบคุมและอุปกรณ์ทั้งหมด	61
20	Humidity Temp Meter	62
21	Kilowatt Hour Meter	62
22	แมนิโฟลด์ เกจ	63
23	Anemometer	63

คำย่อที่ใช้ในการวิจัย

W	หน่วยวัดกำลังงานไฟฟ้า (Watt)
kW	หน่วยวัดกำลังงานไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 1,000 วัตต์
kWh	หน่วยของพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 1,000 วัตต์-ชั่วโมง หรือเท่ากับ 1 Unit (Kilowatt-hour)
A	หน่วยวัดกระแสไฟฟ้า (Ampere)
V	หน่วยวัดแรงดันไฟฟ้า (Volt)
D.B.	อุณหภูมิ Dry Bulb ที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์แบบมาตรฐาน
W.B	อุณหภูมิ Wet Bulb ซึ่งวัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่มีผ้าเปียกหุ้มกระเปาะปรอท
HPC.	High Pressure Control
LPC.	Low Pressure Control
OPC.	Oil Pressure Control
EER.	ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio)
Btu	ปริมาณความร้อนของเครื่องปรับอากาศ (British Thermal Unit)
DC	ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current)
AC	ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้าเป็นระบบสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เพราะพลังงานไฟฟ้ามีส่วนช่วยสนับสนุนและผลักดันให้การพัฒนาในด้านต่าง ๆ สามารถขยายตัวไปอย่างกว้างขวาง รวดเร็วและต่อเนื่อง ซึ่งดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของประชากรจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ (1) ดังนั้น ประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ จะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับสูง

ประเทศไทยมีกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้ารวม 14,911.9 เมกกะวัตต์ แบ่งเป็นกำลังการผลิตภาครัฐ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 90.7 กำลังการผลิตติดตั้งภาคเอกชนร้อยละ 9.3 จากการขยายตัวอย่างรวดเร็วทางภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม รวมทั้งการเพิ่มจำนวนประชากรอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความต้องการพลังงานไฟฟ้าภายในประเทศสูงขึ้น เพื่อสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค รัฐบาลต้องดำเนินการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งการสร้างโรงไฟฟ้าแต่ละโรง นอกจากรัฐจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากแล้ว รัฐยังต้องประสบปัญหาที่สำคัญอีก เช่น ภาวะมลพิษจากโรงไฟฟ้าที่สร้างขึ้น ภาวะการขาดทุน การไม่คุ้มทุนในกระบวนการผลิตและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งการถูกต่อต้าน หรือประท้วงจากกลุ่มนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม หรือกลุ่มผู้ที่ได้รับผลจากกระบวนการสร้างโรงไฟฟ้าและการผลิตพลังงานไฟฟ้า (2)

จากปัญหาดังกล่าวรัฐจึงได้เร่งรัดปรับลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างจริงจัง โดยใช้มาตรการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ส่งเสริมให้เกิดการประหยัดพลังงานและลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ รัฐบาลได้กำหนดนโยบายและแนวทางการอนุรักษ์พลังงานครั้งแรก ลงในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 (พ.ศ.2525-2529) และต่อเนื่องมาจนถึงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2540-2544) (3) และเพื่อให้การกำกับดูแลและการอนุรักษ์พลังงานดำเนินการอย่างเป็นระบบ คณะกรรมการพลังงานแห่งชาติ

ได้ดำเนินการขกร่างปรับปรุง พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ขึ้น และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2535 (4)

ปัจจุบันตามบ้านเรือนที่อยู่อาศัย สำนักงาน อาคารใหญ่ ๆ สถานที่ทำงาน หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ได้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อเป็นส่อำนวยความสะดวกในการอยู่อาศัยและปฏิบัติงาน การปรับอากาศต้องสามารถควบคุมสภาวะอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน ให้อากาศมีความสะอาดบริสุทธิ์และมีออกซิเจนเพียงพอ อากาศที่ร้อนหรือหนาวเกินไป คือสภาวะที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนได้ โดยปกติร่างกายของคนจะถ่ายความร้อนออกมาตลอดเวลา จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอากัปกิริยาของคน คนทำงานเบา ร่างกายจะถ่ายความร้อนประมาณ 150 วัตต์ (512 บีทียู/ชั่วโมง) ส่วนคนทำงานหนักอาจจะถ่ายความร้อนออกมามากถึง 450 วัตต์ (1,536 บีทียู/ชั่วโมง) ดังนั้น การปรับอากาศให้มีอุณหภูมิและความชื้นที่พอเหมาะ จึงมีส่วนช่วยให้ร่างกายคนสามารถปรับให้ความร้อนที่ร่างกายได้รับและถ่ายออกไปสมดุลกัน

การใช้เครื่องปรับอากาศช่วยให้เกิดความเย็นสบาย แต่ความเย็นสบายนั้นอาจตามมาด้วยปัญหาต่าง ๆ ที่ผู้ใช้ควรระวังถึงเสมอ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งค่าใช้จ่ายที่ต้องเพิ่มขึ้น

ทุกวันนี้สภาวะแวดล้อมของโลกมีความเปลี่ยนแปลงอย่างมาก อันเนื่องมาจากพฤติกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกร้อนขึ้นทุกปี ทำให้เครื่องปรับอากาศเป็นที่ต้องการใช้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศไทยมีความต้องการเพิ่มขึ้นปีละ 400,000 เครื่อง และหากทุกเครื่องเปิดใช้งานพร้อมกันในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จะต้องสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เพื่อสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศอย่างเดียวยถึงปีละ 600 เมกกะวัตต์ ต้องใช้เงินลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้างี้ดงกล่าวถึง 15,000 ล้านบาท ไม่นับค่าเชื้อเพลิงหรือทรัพยากรที่ต้องสูญเสียไป

บริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศต่างพยายามปรับปรุง แข่งขันกันทั้งในด้านคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท โดยการกำหนดระดับประสิทธิภาพและค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นระดับซึ่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการประหยัดไฟ คือ เบอร์ 5 ซึ่งเป็นระดับประสิทธิภาพดีมาก ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของสำนักงานจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าของ กฟผ. เพราะการใช้ไฟฟ้าในอาคาร สำนักงาน ส่วนใหญ่จะใช้กับระบบปรับอากาศ และมีศักยภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ในระดับสูง ซึ่งแบ่งประเภทของเครื่องปรับอากาศ ได้ดังนี้

1. แบบกล่อง (Package Unit)
2. แบบแยกระบบ (Split System)

3. แบบเป่าตรง (Direct Expansion System)

4. แบบชิลเลอร์ (Chiller Water System)

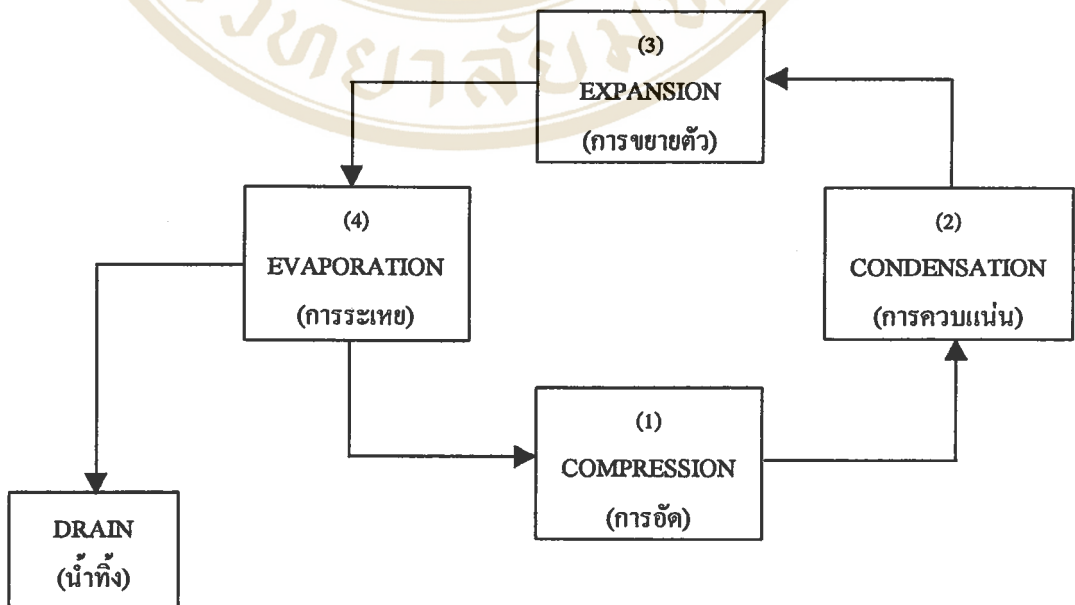
อุปกรณ์หลักของเครื่องปรับอากาศ คือ

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) มีหน้าที่ดูดเอาไอสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากอีแวปอเรเตอร์หรือคูลเลอร์เข้ามา แล้วอัดออกไปเป็นไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้นเพื่อส่งยังคอนเดนเซอร์ (คอนเดนเซอร์)

2. คอนเดนเซอร์ (คอนเดนเซอร์) เป็นส่วนที่ระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศออกสู่บรรยากาศภายนอก ทำให้ไอสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงจากคอมเพรสเซอร์กลั่นตัวเป็นของเหลว เพื่อป้อนให้แก่อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็นอีกครั้งหนึ่ง

3. อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็น (Metering Devices) หรือเอ็กแพนชันวาล์ว (Expansion Valve) เป็นอุปกรณ์มีหน้าที่ป้อนสารทำความเย็นของเหลวอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำ ในปริมาณที่เหมาะสมเข้าสู่อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator) กรณีเครื่องปรับอากาศทั่วไปหรือคูลเลอร์ (Cooler) ในกรณีของเครื่องทำความเย็น ตามปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

4. อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator) หรือคูลเลอร์ (Cooler) เป็นส่วนที่สารทำความเย็นเหลวอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำรับความร้อนจากอากาศภายในอาคาร ทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงและสารทำความเย็นเหลวระเหยกกลายเป็นไอ เรียกว่าอีแวปอเรเตอร์



ภาพที่ 1 Flow chart ของเครื่องปรับอากาศ

ชนิดของเครื่องปรับอากาศกับการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยทั่วไปเครื่องปรับอากาศที่ใช้ น้ำระบายความร้อนจะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ เพราะน้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศ การระบายความร้อนจึงมีประสิทธิภาพดีกว่า ทำให้ความดันของสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์ลดลง และคอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าในการอัดส่งไอสารทำความเย็นลดลงด้วย การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแต่ละชนิดจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าที่ภาวะใช้งานจริงไม่เกินค่าที่ประกาศอยู่ในกฎกระทรวง ที่ออกตามความใน พ.ร.บ.การส่งเสริม การอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 อย่างไรก็ตามเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ต้องติดตั้งชุดลิ่งทาวเวอร์ และเครื่องปั้มน้ำหล่อเย็น เพื่อใช้ระบายความร้อนออกจากตัวเครื่อง จึงต้องไม่ลืมรวมค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักรกลทั้งสองกับพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

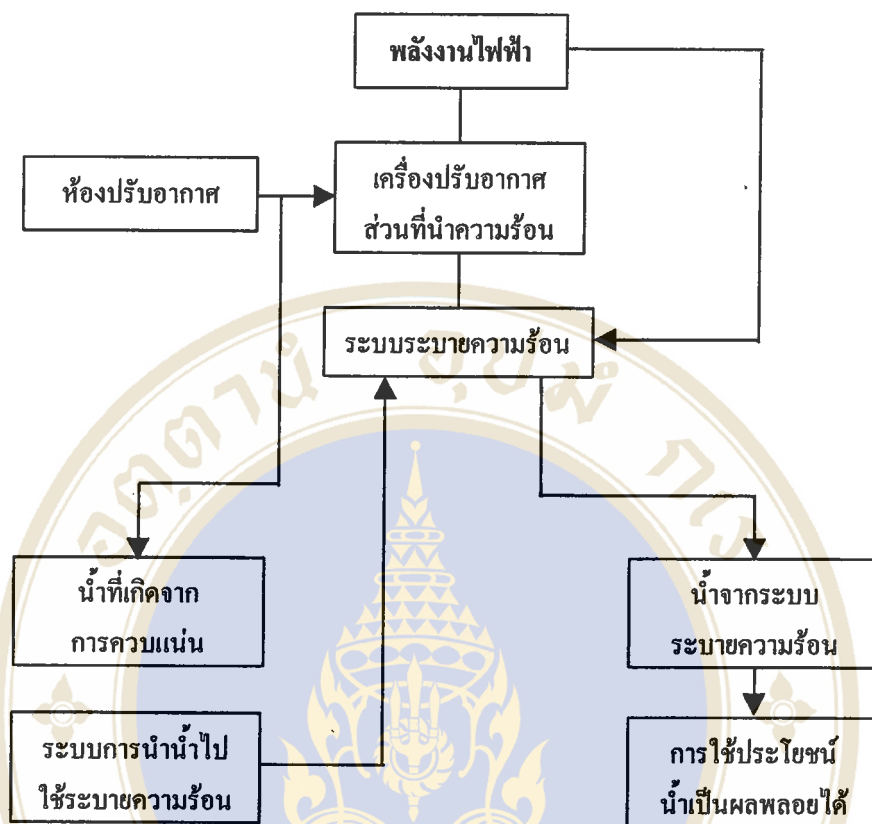
จากหลักการทำงานดังกล่าว หากต้องการให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นดียิ่งขึ้น จะต้องทำให้คอนเดนเซอร์ได้ระบายความร้อนให้มากที่สุด ผู้วิจัยเห็นว่าควรจะได้ทำการศึกษาการพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ ซึ่งผลที่ได้รับหลังจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้อาจเป็นแนวทางการอนุรักษ์น้ำ ตลอดจนสนองนโยบายรัฐในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอย่างจริงจัง และรู้จักใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ดีขึ้นและลดค่าใช้จ่ายให้ต่ำลง หากนำปริมาณน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของระบบเครื่องปรับอากาศที่ปล่อยทิ้งไป กลับขึ้นไปช่วยระบายความร้อนให้คอนเดนเซอร์ใหม่

ดังนั้น การพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ โดยการปรับปรุงระบบปรับอากาศที่ใช้งานอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ด้วยการนำน้ำที่เกิดจากการควบแน่นที่ถูกปล่อยทิ้งกลับไประบายความร้อนให้ คอนเดนเซอร์และน้ำจากระบบระบายความร้อนไปใช้ประโยชน์

1.2 กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีแนวความคิดดังต่อไปนี้

เครื่องปรับอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือ เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เนื่องจากเครื่องปรับอากาศประเภทนี้มักมีขนาดเล็ก ประสิทธิภาพของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ค่อนข้างต่ำ อีกทั้งยังใช้อากาศในการระบายความร้อน แต่เนื่องจากอาคารส่วนใหญ่มักเป็นบ้านพักอาศัยหรืออาคารสำนักงานขนาดเล็กไม่ใหญ่นัก จึงเหมาะที่จะใช้เครื่องปรับอากาศประเภทนี้



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากองค์ประกอบต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2 เมื่อน้ำทิ้งจากท่อที่ปล่อยจากเครื่องปรับอากาศ ผ่านมาตามท่อที่ต่อไว้ ให้ไหลลงถังเก็บน้ำ จากนั้นปั้มน้ำจะดูดน้ำขึ้นไปทำการระบายความร้อนให้ คอนเดนเซอร์ การใช้เครื่องปรับอากาศโดยนำน้ำมาหมุนเวียนในระบบ จะทำให้คอนเดนเซอร์ ระบายความร้อนได้ดีขึ้นกว่าเครื่องปรับอากาศที่ไม่ใช้น้ำหมุนเวียน

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1.3.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ

1.3.2 เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ ระบบการระบายความร้อนร่วมระหว่าง น้ำกับคอนเดนเซอร์

1.3.3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบเครื่องปรับอากาศ

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยในเรื่องนี้ ได้ตั้งสมมติฐานที่สำคัญดังนี้คือ ลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้จากการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบเครื่องปรับอากาศ โดยการใช้น้ำไประบายความร้อนให้คอนเดนเซอร์

1.5 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้มีขอบเขตการศึกษา ประกอบด้วย

1.5.1 เครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 บีทียู. แบบแยกส่วน

1.5.2 พื้นที่ห้องขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 3.5 เมตร พื้นที่ 20 ตารางเมตร ปริมาตร 70 ลูกบาศก์เมตร

1.5.3 ในการศึกษาความเป็นไปได้ของการปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์นั้น มีข้อกำหนดในการประเมินด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.5.3.1 ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ การหาประสิทธิภาพทางด้าน

1) Engineering Efficiency

2) Financial Efficiency

1.5.3.2 ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น

1.5.3.3 ด้านสมรรถนะ (Performance) คือ ความสามารถในการทำงานของเครื่องปรับอากาศ อัตราการใช้ไฟฟ้า และระยะเวลาที่เปิดใช้งานของเครื่องปรับอากาศ

1.5.4 ทำการศึกษาและทดลองระหว่าง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542 - มกราคม พ.ศ. 2543 รวมเป็นระยะเวลา 3 เดือน

1.6 วิธีการและขั้นตอนการวิจัย

1.6.1 ขั้นตอนการเตรียมการ ด้วยการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1.6.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

1.6.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดและพื้นที่ของห้องที่จะทำการปรับอากาศ

1.6.1.3 หาความสัมพันธ์ความชื้นกับอุณหภูมิและปริมาณน้ำที่ได้

1.6.2 ขั้นตอนการออกแบบการวิจัย

1.6.2.1 ออกแบบกระบวนการวิจัยและวิเคราะห์ระบบเดิม

1.6.2.2 ออกแบบเครื่องมือและสร้างอุปกรณ์

1.6.2.3 ออกแบบการทดลอง

1.6.2.4 ออกแบบการบันทึกข้อมูล

1.6.3 ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ

1.6.4 ขั้นตอนการประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูล

1.7 คำนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

พลังงานไฟฟ้า หมายถึง ปริมาณการใช้กำลังงานไฟฟ้าภายในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh)

เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner) หมายถึง เครื่องใช้ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ปรับอากาศรอบ ๆ ตัวคนที่อยู่อาศัยให้มีอุณหภูมิเหมาะสม ปรับความชื้นให้สูงหรือต่ำ หรือปรับให้พอเหมาะกับร่างกายมนุษย์ได้และสามารถควบคุมการหมุนเวียนของอากาศด้วย

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Unit) หมายถึง เครื่องปรับอากาศซึ่งมีขนาดประมาณ 1-60 คตันความเย็น นิยมใช้ในบ้านพักอาศัย หรืออาคารสำนักงาน เป็นเครื่องปรับอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูง เนื่องจากระบบระบายความร้อนเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วน แยกจากกันคือ

1. ส่วนที่อยู่ภายในห้องหรือชุด แฟนคอยล์ (Fan Coil Unit) ประกอบด้วยวาล์วระเหย สารทำความเย็น คอยล์อีแวปอเรเตอร์ พัดลมแบบหอยโข่ง และแผ่นกรองอากาศ

2. ส่วนที่อยู่นอกห้อง หรือชุดคอนเดนซิงยูนิต (Condensing Unit) ประกอบไปด้วย คอมเพรสเซอร์ และคอยล์คอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์ (Condenser) หมายถึง อุปกรณ์เครื่องเย็นชิ้นหนึ่ง ประกอบด้วยท่อทองแดงขดขนานไปมาและมีแผ่นโลหะบาง ๆ อาจเป็นเหล็กหรืออลูมิเนียมพาดทับเชื่อมติดไว้กับท่อทองแดง เรียกว่าครีป (Fin) หน้าที่ของเครื่องควบแน่นคือ รับเอาสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สที่มีแรงดันสูงและร้อนเข้ามาในเครื่องควบแน่นและจะระบายความร้อน โดยถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นออกไป สารทำความเย็นที่เป็นแก๊สเหล่านี้ เมื่อถูกดึงหรือระบายความร้อนออกไป (อาจจะเป็นการเป่าลม น้ำผ่าน หรืออาศัยธรรมชาติก็ตาม) สารทำความเย็นที่เป็นแก๊สจะกลายสภาพ

เป็นของเหลวทันที ดังนั้นเครื่องควบแน่นจึงมีหน้าที่ระบายความร้อนหรือถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สและทำให้แก๊สเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำที่เกิดจากการระเหยของสารทำความเย็นที่ไหลไปตามท่ออีแวปอเรเตอร์ ซึ่งจะดูดเอาความร้อนจากอากาศที่ถูกรอบ ๆ ท่อ ซึ่งเป็นอากาศหมุนเวียนภายในห้อง เมื่ออากาศเย็นลงต่ำกว่าจุดน้ำค้าง ไอน้ำในอากาศจะควบแน่นเป็นหยดน้ำเกาะบนผิวของท่อทำความเย็น หยดน้ำจะหยดลงในถาดน้ำทิ้งแล้วจะถูกระบายไปตามท่อน้ำทิ้ง

1.8 ผลคาดว่าจะได้รับ

ในการศึกษาครั้งนี้ คาดว่าจะได้รับประโยชน์ ดังนี้

- 1.8.1 ทราบถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์
- 1.8.2 เป็นการพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ
- 1.8.3 สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า
- 1.8.4 ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางในการวิจัย ดังนี้

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบเครื่องปรับอากาศ

มนุษย์ทุกคนต้องการความสะดวกสบายแก่ร่างกายตนเองเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอากาศรอบ ๆ ตนเอง ควรจะมีอุณหภูมิเหมาะสมกับร่างกาย คือ ไม่ร้อนและไม่หนาวจนเกินไป เรียกว่า Comfortable Air การทำให้อากาศรอบ ๆ ตัวคนที่อยู่อาศัยมีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับร่างกายนั้น สามารถกระทำได้โดยการใช้เครื่องปรับอากาศ (Airconditioner) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองไทยมีอากาศที่ไม่บริสุทธิ์และเป็นอากาศที่ร้อนอบอ้าว ดังนั้นเครื่องปรับอากาศจึงเป็นสิ่งของหรือเครื่องใช้ที่จำเป็นชนิดหนึ่ง การปรับอากาศนั้นเราสามารถจะปรับให้อากาศมีอุณหภูมิสูงหรือต่ำได้ และขณะเดียวกันความชื้นของอากาศ (Moisture of Air) ก็สามารถปรับได้เช่นเดียวกัน

ระบบเครื่องปรับอากาศที่สมบูรณ์แบบ จะต้องสามารถปรับอุณหภูมิของอากาศให้สูงหรือต่ำ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของร่างกายมนุษย์ได้ สามารถปรับความชื้นให้สูงหรือต่ำหรือปรับให้พอเหมาะกับร่างกายมนุษย์ได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถควบคุมการหมุนเวียนของอากาศและกรองอากาศบริสุทธิ์ได้ด้วย

การปรับอากาศ หมายถึงการปรับสภาพอากาศให้อึดอ้านวยต่อการอยู่อาศัยหรือการทำงาน

1. ปรับอุณหภูมิ (Temperature) ในระบบเครื่องทำความเย็น จะต้องปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับร่างกายมนุษย์ คือประมาณ 72°F . (อุณหภูมิของตัวคนจะประมาณ 98.6°F .)

2. การควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) หมายถึง การควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้เหมาะสมกับร่างกายมนุษย์ โดยปกติอุณหภูมิจะมีค่าระหว่าง $75^{\circ}-78^{\circ}\text{F}$ ($24^{\circ}-26^{\circ}\text{C}$) ซึ่งเป็นช่วงของอุณหภูมิที่ร่างกายของมนุษย์ปกติจะมีความรู้สึกสบายที่สุด ไม่หนาวหรือร้อนไป แต่ทั้งนี้ในการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องนั้น ควรควบคุมให้อุณหภูมิในห้องและภายนอกห้องมีความแตกต่างกันไม่เกิน $5^{\circ}-10^{\circ}\text{C}$ เพราะหากมีความแตกต่างของอุณหภูมิมากเกินไป

ไปแล้ว อาจทำให้เกิด Cold Chock (เมื่อเข้าสู่ห้องปรับอากาศ) หรือ Heat Chock (เมื่อออกจากห้องปรับอากาศ)

3. **ปรับความชื้น (Humidity)** คือปรับสภาพความชื้นของอากาศที่เข้าไปอยู่ภายในห้อง โดยการใช้

3.1 Dehumidity เป็นตัวลดความชื้นให้น้อยลงใช้สำหรับเมืองร้อน ซึ่งในเมืองร้อนจะมีความชื้นมากต้องปรับให้ต่ำลง ความชื้นมีหน่วยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์เรียกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมกับร่างกายคนจะมีปริมาณ 50-55 %

3.2 เพิ่มความชื้นหรือ Humidity เป็นตัวเพิ่มความชื้นมากขึ้น ใช้สำหรับเมืองหนาวหรือในโรงงานทอผ้าที่ต้องการความชื้นมาก

4. **การควบคุมความชื้น (Humidity Control)** หมายถึง การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในระดับที่พอดี ถ้าความชื้นสัมพัทธ์มีมากเกินไป หมายความว่าภายในอากาศมีความชื้นหรือไอน้ำมากเกินไป ทำให้การระเหยและระบายความร้อนของอากาศมีน้อย ผลคือร่างกายจะอึดอัด เหงื่อจับตามตัวเหนอะหนะรำคาญ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์มีน้อยเกินไป หมายความว่า อากาศแห้งเกินไปจะทำให้เกิดการระเหยของไอน้ำมาก ผลคือร่างกายจะสูญเสียน้ำมากเพราะเหงื่อจะระเหยไว ริมฝีปากลำคอและเยื่อจมูกแห้งผาก ผิวหนังแตก ดังนั้น จึงต้องมีการควบคุมระดับของความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งโดยทั่วไปแล้วระดับที่เหมาะสมควรมีค่าประมาณ 50% R.H. (Relative Humidity)

5. **เครื่องกรองอากาศ (Air Filtering)** เป็นระบบกรองอากาศให้สะอาด โดยอาจจะใช้ฟิลเตอร์หรือเครื่องมือทางไฟฟ้าสำหรับกรองอากาศ

6. **การกำจัดอากาศเสีย (Air Cleaning & Purification)** หมายถึง การกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และกลิ่นต่างๆ ที่ผสมอยู่ในอากาศเพื่อทำให้อากาศบริสุทธิ์ขึ้นทำให้ไม่รู้สึกอึดอัดหรือหายใจไม่ออก

7. **การกำจัดฝุ่นละอองภายในอากาศ (Air Filtering)** หมายถึง การกรองอนุภาคของของแข็งและของเหลวที่ลอยปะปนอยู่ในอากาศออกซึ่งอนุภาคเหล่านี้จะมีจุลินทรีย์เกาะอยู่ด้วยและสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางระบบทางเดินหายใจอันจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพร่างกาย

8. **ระบบการถ่ายเทของอากาศ (Ventilation)** คือการถ่ายเทของอากาศดีเข้าภายในห้องและดูดอากาศเสียออกนอกห้องระบบ Vent. นี้ที่เครื่องปรับอากาศทุกเครื่องจะมีปุ่ม Vent. ไว้ทางด้านหน้า ถ้าต้องการให้อากาศภายนอกเข้ามา ก็เปิดปุ่ม Vent. นี้ จะไปดึงให้หน้าต่างเล็กๆ ที่กั้นระหว่างอากาศภายนอกและภายในเปิดให้อากาศเข้าภายใน การดูดอากาศออกกับการเปิดให้อากาศเข้าจะต้องสมดุลกัน ถ้าดูดอากาศออกมากกว่าอากาศเข้า แปรสเซอร์ของอากาศภายในห้องจะน้อยกว่าแปรสเซอร์ภายนอกเรียกว่า Negative Pressure แบบนี้ไม่ดี เพราะจะทำให้อากาศรั่วภายนอก

แทรกซึมเข้ามาภายในห้องและเพิ่มโหลดให้กับห้องและเมื่อเป็น Negative Pressure จะเป็นอันตรายต่อร่างกาย ถ้าปล่อยให้อากาศเข้ามามีปริมาณมากกว่าอากาศที่ดูดออกจะเป็น Positive Pressure ดีและจะต้องทำ

9. การควบคุมการไหลเวียนของอากาศ (Air Circulation) หมายถึง การควบคุมปริมาณหรือจำนวนและทิศทางของลมเย็นที่จ่ายออกมาจากเครื่องปรับอากาศ (โดยปกติแล้วควรมีค่าประมาณ 670 ลูกบาศก์เมตร-ชั่วโมง/ตัน) และสามารถจะกระจายลมเย็นได้อย่างทั่วถึงทุกพื้นที่ภายในห้อง

10. ระบบการส่งแรงลม (Air Circulation) คือระบบที่ส่งลมเย็นที่ออกมาไปยังห้องหรือสถานที่จะให้เย็นซึ่งอาจทำได้โดย

- ส่งโดยตรง เช่น แบบติดหน้าต่างและแบบแพคเกจ ซึ่งจะต้องให้อิเล็คทริกพาวเวอร์เข้าเข้าไปในห้องและคอนเดนเซอร์ไหลออกนอกห้อง
- ส่งโดยเดินท่อ (Duct) คือติดตั้งระบบเครื่องเย็นไว้ภายนอกทั้งหมด แล้วเดินท่อลมเข้าไปยังห้องที่ต้องการ

การวัดอุณหภูมิของอากาศ ในระบบเครื่องปรับอากาศเราวัดอุณหภูมิเป็น 2 แบบ

1. แบบ D.B. (Dry Bulb) คือการวัดอุณหภูมิของอากาศโดยใช้เทอร์มอมิเตอร์ โดยทั่วไปอาจวัดเป็นองศาฟาเรนไฮต์ (°F.) หรือองศาเซลเซียส (°C.) ก็ได้ แต่ต่อท้ายจะต้องมีคำว่า D.B. เสมอ เช่น เราเอาเทอร์มอมิเตอร์ (เครื่องวัดอุณหภูมิ) มาวางไว้และอ่านได้ 75° F. D.B.

2. แบบ W.B. (Wet Bulb) คือ การวัดอุณหภูมิของอากาศโดยใช้เทอร์มอมิเตอร์ที่มีผ้าเปียกน้ำหุ้มรอบ ๆ ปรอท เมื่อนำไปวัดที่แห่งเดียวกันจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าแบบ D.B. การใช้เทอร์มอมิเตอร์แบบ W.B. เมื่อต้องการจะทราบสภาพความชื้นของอากาศในขณะนั้นจะต้องเอาเทอร์มอมิเตอร์ที่หุ้มด้วยน้ำที่ชุบผ้าเปียก แล้วแกว่งไปมาในอากาศด้วยความเร็ว ประมาณ 120 รอบต่อนาที ถ้าหาก W.B. = D.B. แสดงว่าอากาศขณะนั้นถึงจุดสูงสุดเรียกว่า จุด Saturate คือ อากาศไม่สามารถจะห่อหุ้มไอน้ำ (Water Vapor) ไว้ได้และพร้อมที่จะตกลงมาเป็นหยดน้ำ (ถ้าหาก D.B. ต่ำกว่า W.B.)

ความชื้น (Humidity) เป็นชื่อที่ใช้เรียกหรืออธิบายถึงละอองไอน้ำ Water Vapor) ที่มีอยู่ในอากาศโดยทั่วไป ละอองไอน้ำอาจจะเรียกว่า Moisture ก็ได้ จำนวนความชื้นที่จะมีในอากาศมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศด้วย อากาศร้อนมักจะมีมากขึ้นมากกว่าอากาศเย็น จำนวนความชื้นจะมากขึ้นขึ้นอยู่กับภาระการระเหยเป็นไอของละอองไอน้ำ อากาศแห้งจะทำให้เกิดการระเหย

(Evaporate) เร็วขึ้นและทำให้รู้สึกเย็นในขณะที่อากาศชื้น (Moist. or Humid.) จะป้องกันและขัดขวางไม่ให้เกิดการระเหย จึงทำให้คนรู้สึกร้อน

อัตราความชื้น (Humidity Ratio) น้ำหนักของละอองไอน้ำ (Water Vapor) ที่ผสมอยู่กับอากาศแห้ง 1 ปอนด์ เรียกว่า อัตราส่วนความชื้นนี้ ซึ่งจะแสดงออกในลักษณะจำนวนปอนด์ของละอองไอน้ำต่ออากาศแห้ง 1 ปอนด์ อัตราส่วนความชื้นนี้จะเป็นค่าน้อยมาก (เช่น 0.008) ในระบบเครื่องปรับอากาศ ดังนั้น อัตราส่วนความชื้นจึงมักจะกำหนดเป็นเกรน (Grains) ของละอองไอน้ำต่ออากาศแห้ง 1 ปอนด์

เกรน (Grain) เป็นหน่วยของน้ำหนัก เทียบได้ดังนี้

$$7,000 \text{ Grains} = 1.0 \text{ ปอนด์}$$

จุดน้ำค้าง (Dew point) ในระบบเครื่องปรับอากาศ จุดซึ่งละอองไอน้ำหรือ water Vapor ที่มีอยู่ในบรรยากาศเริ่มที่จะกลั่นตัว (Condense) เราเรียกจุดนี้ว่า อุณหภูมิของจุดน้ำค้าง (Dew point Temperature) ของอากาศ และถ้าส่วนผสมของอากาศและละอองไอน้ำถูกทำให้เย็นจนถึงจุดนี้ (Dew point Temp.) จะมีหยดน้ำค้างเกาะตามพื้นผิวทั่วไป

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความชื้นที่มีอยู่จริงในขณะนั้น หารด้วยความชื้นอิ่มตัวหรือความชื้นสูงสุดที่สามารถมีได้ในเวลาเดียวกัน เช่น เอาอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร มาวัดความชื้น สมมุติได้ 120 เกรน (Grain) ต่อไปเอาสเปรย์ฉีดไอน้ำเข้าไปในอากาศที่กำลังวัด จนกระทั่งวัด D.B. = W.B. คือมีความชื้นเต็มที่ (Saturate) สมมุติวัดความชื้นได้ 200 เกรน

$$R.H. = \frac{120}{200} \times 100 = 60\%$$

$$\text{นั่นคืออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์} = 60\%$$

ความชื้นสัมพัทธ์ อาจหาได้โดยอาศัยความดันของไอน้ำ (Vapor pressure) และนำมาหาอัตราส่วน นั่นคืออาจจะกล่าวได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์คือ อัตราส่วนระหว่างเพรสเชอร์จริง ๆ ของอากาศในขณะทีวัดนั้น ต่อเพรสเชอร์สูงสุดของละอองไอน้ำที่จะมีอยู่ได้สูงสุดในอากาศ ที่อุณหภูมิเดียวกัน

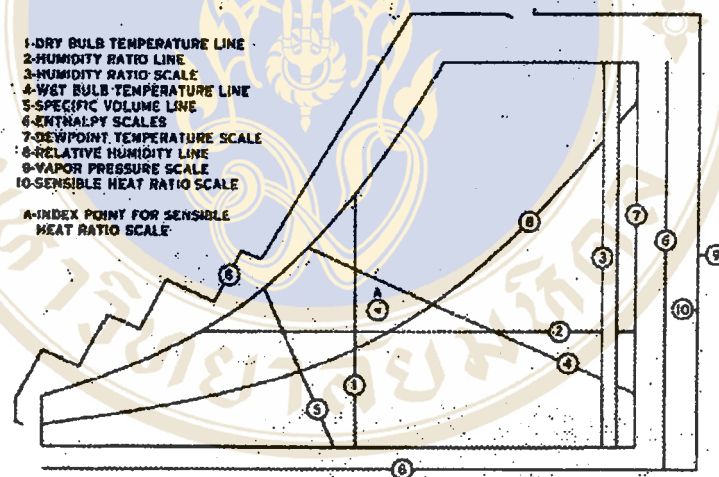
ดังนั้นในการหาความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้วิธีคำนวณหาจากความดัน หรือเพรสเชอร์ สามารถจะกระทำได้นั้น คือ

ขั้นแรก หาเพรสเชอร์ของไอน้ำของอากาศที่เราจะต้องหาความชื้นสัมพัทธ์ แล้วหาเพรสเชอร์สูงสุดของละอองไอน้ำ หรือน้ำที่จะมีอยู่ได้สูงสุดในอากาศ ที่อุณหภูมิเท่ากัน

ความชื้นสัมพัทธ์หาได้โดย เอาเพรสเชอร์ของไอน้ำจริง ๆ ที่วัดในขณะนั้นหารด้วยเพรสเชอร์สูงสุดของไอน้ำ

ไซโครเมตริกชาร์ท (Psychrometric Chart) เป็นกราฟที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ-ความดันของไอน้ำ (Water Vapor) สเกลทางด้านบนแสดงอุณหภูมิ ส่วนสเกลทางด้านตั้ง แสดงความดันของไอน้ำ ไซโครเมตริกชาร์ทเป็นกราฟที่แสดงสภาพต่าง ๆ ของอากาศ ซึ่งจะสามารถบอกให้ทราบได้โดยรวดเร็ว

ตามภาพที่ 3 เป็นภาพสเก็ทของ Psych. Chart ซึ่งจะอธิบายถึงรายละเอียดต่างๆ ที่ปรากฏบนชาร์ทของจริงว่า แกนอะไรบ้างดังนี้



ภาพที่ 3 เส้นและสเกลบน Psych Chart

เส้น 1 คือ อุณหภูมิ D.B.(Dry Bulb Temp) เป็นอุณหภูมิของอากาศที่อ่านได้จากสเกลมาตรฐานของเทอร์โมมิเตอร์ และแสดงบนกราฟด้วยเส้นตั้งตรง สเกลเป็นองศา F D.B. อ่านได้จากตัวเลขใต้ชาร์ท

เส้น 2 อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio) เป็นน้ำหนักของละอองไอน้ำ (Water Vapor) ที่มีอยู่ทุกๆ ปอนด์ของอากาศแห้ง คำนี้อาจจะเรียกว่าความชื้นจำเพาะ หรือ Specific Humidity ก็ได้ บนชาร์ท เส้นนี้จะอยู่ในแนวนอนตั้งฉากกับเส้น F. D.B. หน่วยที่ใช้จะเป็นเกรนความชื้น (Grain of Moisture) ต่อปอนด์ของอากาศแห้ง ด้วยชื่อของหน่วยใช้ W. หรือ HR.

เส้นที่ 3 คือสเกลของอัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio Scale) ค่าอัตราส่วนความชื้นของเส้นที่ 2 ณ จุดต่างๆ บนชาร์ท อ่านค่าได้จากสเกลนี้เป็น เกรนต่อปอนด์ของอากาศแห้ง

เส้นที่ 4 คือ อุณหภูมิ W.B. (Wet Bulb Temperature) อุณหภูมิ W.B. เหนือ 32°F . คืออุณหภูมิที่ได้จากการใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่มีผ้าเปียกหุ้มกระเปาะปรอท และนำไปแกว่งในอากาศด้วยความเร็ว 1000 ฟุตต่อนาที (FPM.) อุณหภูมิ W.B. ต่ำกว่า 32°F ได้มาเนื่องจากน้ำที่ห่อหุ้มกระเปาะของปรอทได้เปลี่ยนเป็นน้ำแข็ง สเกลของอุณหภูมิ W.B. อ่านได้บนเส้นโค้งซ้ายมือของชาร์ท เป็นองศา F. W.B.

เส้นที่ 5 คือ ปริมาตรจำเพาะของอากาศ (Specific Volume) เป็นปริมาตรของอากาศแห้ง ใช้สัญลักษณ์ V

เส้นที่ 6 คือ เอนทัลปี (Enthalpy) เอนทัลปี ในกรณีของเครื่องปรับอากาศคือ กำลังงานใน 1 ปอนด์ของอากาศแห้ง และ W เกรนของความชื้นที่มีรวมอยู่ด้วย เอนทัลปีมีหน่วยเป็น บี.ที.ยู. ต่อปอนด์ของอากาศแห้ง ใช้สัญลักษณ์ h

เส้นที่ 7 คือ เส้นอุณหภูมิของจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) อุณหภูมิของจุดน้ำค้างนี้เป็นอุณหภูมิที่มีความชื้นของอากาศ (Moisture) กำลังจะเริ่มเปลี่ยนเป็นของเหลว (Condense) หน่วยที่ใช้คือ องศา F แล้วเติม DP. ข้างหลัง (เช่น 50°F DP.)

เส้นที่ 8 คือ เส้นความชื้นสัมพัทธ์ คืออัตราส่วนระหว่างเพรสเชอร์ของไอน้ำของอากาศขณะนั้น ต่อเพรสเชอร์ของไอน้ำสูงสุดที่จะมีได้ ที่อุณหภูมิ DB อันเดียวกัน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ใช้สัญลักษณ์ ϕ (Phi) หรือ R.H.

เส้นที่ 9 คือความดันของไอน้ำ (Vapor Pressure) เป็นเพรสเชอร์ของละอองไอน้ำ (Water Vapor) ที่มีอยู่ในอากาศ มีหน่วยเป็นนิ้วปรอท (Inch of Hg.) ใช้สัญลักษณ์ P_w .

เส้นที่ 10 คือ อัตราส่วนของความร้อนรู้สึก (Sensible Heat Ratio) เป็นอัตราส่วนของความร้อน รู้สึกของสารขณะนั้นต่อความร้อนรู้สึกสูงสุดของสารนั้น ไม่มีหน่วยแต่ใช้อักษรย่อ SHR แทนอัตราส่วนความร้อนรู้สึก

ชนิดของระบบเครื่องปรับอากาศ (Airconditioning System) เครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้แบ่งออกตามชนิดต่างๆ ดังนี้

1. แบบกล่อง (Package Unit) เป็นเครื่องปรับอากาศที่อุปกรณ์ต่างๆ รวมอยู่ในกล่องหรือ Package เดียวกัน ทั้งคอนเดนซิ่งยูนิต และคูลิ่งยูนิต แบบกล่องแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 แบบติดหน้าต่าง (Window Type) เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมีขนาดตั้งแต่เล็กที่สุด (ประมาณ 6,000 บีทียู/ชั่วโมง) จนถึง $2\frac{1}{2}$ ตัน (1 ตัน = 12,000 บีทียู/ชั่วโมง)

เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างนี้ มีส่วนดีตรงที่สามารถจะโยกย้ายไปใช้ยังห้องที่ต้องการได้ และง่ายแก่การติดตั้ง ส่วนข้อเสียคือจะมีเสียงดัง อันก่อความรำคาญให้กับผู้ใช้ได้

1.2 แบบวางตั้งบนพื้น (Big Package Type) เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ตั้งแต่ 2-15 ตัน เป็นแบบที่ต้องวางบนพื้นหรือชายคา หรือวางบนหลังคาตึกแล้วเดินท่อ Duct เข้าไปในห้อง

2. แบบแยกระบบ (Split System) เป็นระบบที่แยกเอาระบบคอนเดนซิ่งหรือ Condensing Unit ออกไว้ภายนอกตัวอาคารและเอาระบบความเย็น (Evaporating Unit) ซึ่งมีอีแวปอเรเตอร์ และพัดลมไว้ภายในตัวอาคาร ดังนั้นระบบนี้จึงแยกส่วนออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 คอนเดนซิ่ง ยูนิต จะประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์, คอนเดนเซอร์ และพัดลมคอนเดนเซอร์ (Condensing Fan) ส่วนนี้จะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร

2.2 อีแวปอเรชัน ยูนิต จะประกอบด้วยอีแวปอเรเตอร์ และพัดลมอีแวปอเรเตอร์ (Evaporating Fan) บางตัวเราเรียกระบบนี้ว่า Fan Coil หรือ Cooling Unit หรือ Indoor Unit นี้จะติดตั้งไว้ในห้องที่ต้องการทำความเย็น

3. แบบเป่าตรงหรือ Direct Expansion System เป็นเครื่องปรับอากาศระบบใหญ่ตั้งแต่ 30 ตันขึ้นไป ส่วนมากจะใช้คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser)

4. แบบчилเลอร์ หรือ Chilled Water System เป็นระบบที่ใช้น้ำผ่านเข้าไปในอีแวปอเรเตอร์ เพื่อให้น้ำมีอุณหภูมิต่ำประมาณ $42-50^{\circ}\text{F}$ แล้วเอาน้ำเย็นนี้ส่งผ่านท่อออกไปยังห้องที่ต้องการทำความเย็นและเอาน้ำเย็นนี้ผ่านท่อขดเย็น (ลักษณะคล้ายอีแวปอเรเตอร์หรือหม้อน้ำ) แล้วใช้พัดลมเป่าให้อากาศภายในห้องผ่านท่อขดเย็นอีกครั้งหนึ่ง

เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง (Window Units) เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างเป็นที่นิยมกันโดยทั่วไปมากเพราะเป็นแบบที่ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย การซ่อมและการบำรุงรักษา การติดตั้งจะกระทำโดยวิธีให้คอนเดนเซอร์อยู่ภายนอกอาคาร อากาศภายนอกจะพัดผ่านเข้ามาระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ โดยการใช้พัดลมแบบใบพัดหรือ Propeller Fan ซึ่งต่อจากแกนมอเตอร์ตัวเดียวกับพัดลมของอีแวปอเรเตอร์ภายในห้อง ส่วนที่จะทำความเย็นจะมีใบพัดลมแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Fan) หรือเครื่องเป่าลม (Blower) ซึ่งจะใช้แกน ๆ เดียวกับใบพัดลมคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะมีมอเตอร์ตัวเดียวกัน พัดลมภายในห้องจะดูดอากาศภายในห้องผ่านฟิลเตอร์และเข้าปะทะกับอีแวปอเรเตอร์ ทำให้อากาศที่ถูกดูดเข้ามาเย็นลงและส่งผ่านออกมาในห้องอีก

วงจรรน้ำยาของเครื่องปรับอากาศติดหน้าต่าง

วงจรรน้ำยา และการวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบเครื่องปรับอากาศติดหน้าต่าง จะเห็นได้ว่าแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

1. ระบบที่อยู่ภายนอกห้อง (Condensing Unit) ประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) ใบพัดลมคอนเดนเซอร์ (Propeller Fan) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. motor)

2. ระบบที่อยู่ภายในห้อง (Cooling Unit) ประกอบด้วย อีแวปโปเรเตอร์ (Evaporator) ใบพัดลมอีแวปโปเรเตอร์ (Centrifugal Fan) และทั้ง 2 ระบบนี้จะต่อเชื่อมด้วยท่อทางดูด (Suction Line) และตัวแคปพิลารีทิวบ์ (Capillary Tube) มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศติดหน้าต่างจะเป็นแบบเฮอริเมติก (Hermetic Compressor) หรือแบบเชื่อมปิดมิดชิด เช่นเดียวกับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของตู้เย็นและจะมีท่อต่อออกมา 3 ท่อ คือ ท่อทางดูด ท่อทางอัด และท่อทางชาร์จน้ำยา ส่วนใหญ่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะเป็นแบบลูกสูบ (Reciprocation compressor) จะมีเฉพาะบางบริษัทเท่านั้น ที่ใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี (Rotary)

การทำงานของระบบน้ำยาของเครื่องปรับอากาศติดหน้าต่างเหมือนกับระบบตู้เย็น คือ คอมเพรสเซอร์จะดูดน้ำยาแก๊ส ที่มีเพรสเชอร์และอุณหภูมิต่ำ (เพรสเชอร์ของน้ำยาประมาณ 68.5 psig และอุณหภูมิของน้ำยาประมาณ 40°F) เข้าทางท่อทางดูดและจะถูกลูกสูบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์อัดให้มีเพรสเชอร์และอุณหภูมิสูง ผ่านเข้าไปในคอนเดนเซอร์และน้ำยาแก๊สจะกลั่นตัวในคอนเดนเซอร์ เป็นน้ำยาเหลว ที่มีเพรสเชอร์เท่าเดิมและความร้อนลดลงไป (ความร้อนที่ลดลงไปแล้วทำให้น้ำยาเปลี่ยนจากแก๊สเป็นของเหลวคือความร้อนแฝงของการกลั่นตัว) น้ำยาเหลวที่มีเพรสเชอร์สูงจนผ่านเข้าแคปพิลารีทิวบ์ ซึ่งเป็นตัวลดเพรสเชอร์ของน้ำยาให้ต่ำลง และควบคุมปริมาณน้ำยาที่จะฉีดเข้าอีแวปโปเรเตอร์ ทำให้น้ำยาเข้าไปเดือดในอีแวปโปเรเตอร์และจะดึงเอาความร้อนรอบๆ อีแวปโปเรเตอร์เข้าไป ทำให้น้ำยาเดือดเมื่อพัดลมอีแวปโปเรเตอร์ ดูดเอาอากาศภายในห้องผ่านอีแวปโปเรเตอร์ จะทำให้อากาศนั้นออกมาเย็นและมีอุณหภูมิแตกต่างระหว่างอากาศตอนเช้า และออกประมาณ 20°F (78-58 = 20°F) และอากาศ 58°F จะถูกส่งออกไปยังห้องที่ต้องการปรับอากาศ สำหรับน้ำยาเมื่อเดือดในอีแวปโปเรเตอร์แล้วจะกลายเป็นแก๊สที่มีเพรสเชอร์ต่ำ (เพราะแคปพิลารีทิวบ์เป็นตัวลด) และมีอุณหภูมิต่ำถูกดูดกลับเข้ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์อีก

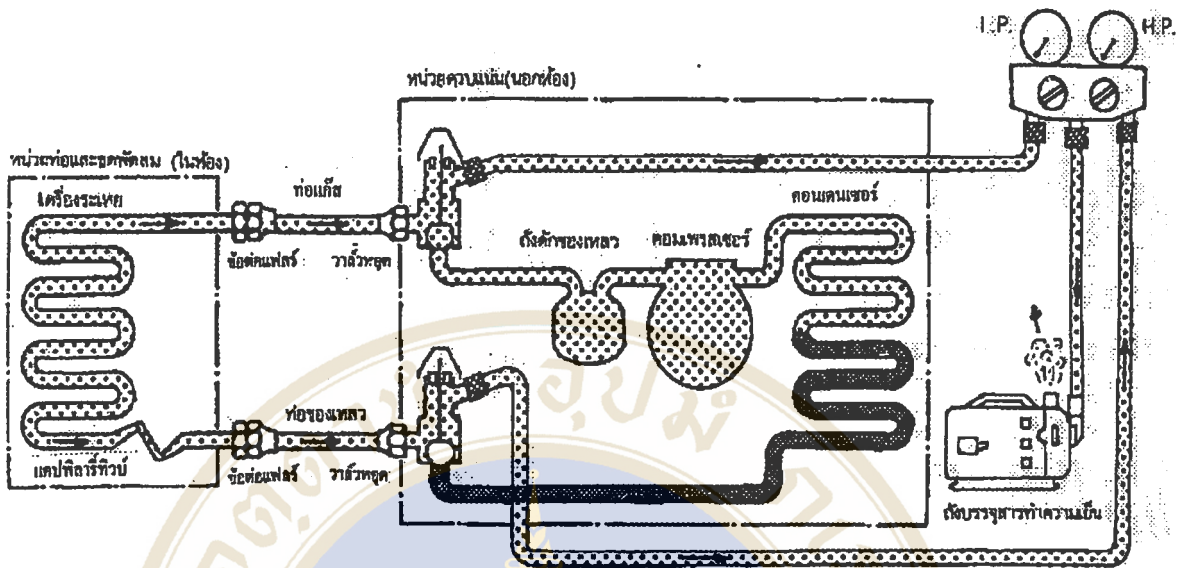
เครื่องปรับอากาศแบบวางตั้งพื้น หรือวางหลังคา (Big Package Unit or Roof Top Unit)

เครื่องปรับอากาศแบบนี้จะมีขนาดตั้งแต่ 2-15 ตัน เครื่องปรับอากาศแบบนี้จัดอยู่ในจำพวกแบบกล่อง (Package) แต่ใหญ่กว่าแบบติดหน้าต่าง ทั้งระบบจะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคารหรือบนหลังคา แล้วเดินท่อลมทางส่ง (Supply Air Duct) ที่จะส่งลมเย็น (Cooled Air) ไปยังห้องที่ต้องการจะปรับอากาศ และเดินท่อลมทางกลับ (Return Air Duct) เพื่อจะนำอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นกลับมาผ่านคอยล์เย็นเพื่อส่งไปยังห้องอื่น

เครื่องปรับอากาศแบบวางตั้งพื้น ประกอบด้วย

1. คอมเพรสเซอร์ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ 3 เฟส 220 โวลท์ หรือ 3 เฟส 380 โวลท์ (สำหรับ 5 ตันขึ้นไป) แต่ถ้าเป็นขนาด 5 ตันลงมา จะใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบซิงเกิ้ลเฟส
2. ในระบบที่รวมกันหลาย ๆ ห้อง จะต้องมีย่อลม (Air duct) ย้ายไปตามห้องต่าง ๆ คือมีท่อทางส่ง (Supply Air Duct) และท่อทางกลับ (Return Air Duct)
3. จะต้องติดตั้งในที่ที่คอนเดนเซอร์สามารถจะระบายได้ดีไม่มีสิ่งกีดขวาง และอีแวป-พอเรเตอร์ต้องไม่ถูกแดด

เครื่องปรับอากาศแบบแยกระบบ (Split System) เครื่องปรับอากาศแบบแยกระบบกำลังเป็นที่นิยมกันมากในขณะนี้ เพราะทำให้ห้องที่จะปรับอากาศไม่มีเสียงดังของเครื่องรบกวน แต่แบบแยกระบบมีส่วนเสียอยู่ตรงที่ว่าเมื่อติดตั้งที่ใดแล้วจะย้ายที่ใหม่ก็จะต้องเดินท่อระบบเครื่องเย็นและซาร์จน้ำยาใหม่อีก และจะต้องเจาะผนังให้ท่อผ่านจากภายนอกเข้ามาภายในห้องด้วย ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งก็คือจะต้องหาที่ตั้งระบบคอนเดนซิ่งยูนิต ภายนอกอีกด้วย



ภาพที่ 4 แสดงวงจรน้ำยาของเครื่องปรับอากาศแบบแยกระบบ ใช้น้ำยา R22 แสดงการต่อเกจแมนนิโฟลด์และเพรสเชอร์ทางโลที่คอมเปานด์เกจ ควรจะอยู่ระหว่าง 69 ถึง 75 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว และเพรสเชอร์ทางไฮ ที่เพรสเชอร์เกจควรจะอยู่ระหว่าง 270 ถึง 280 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกระบบ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

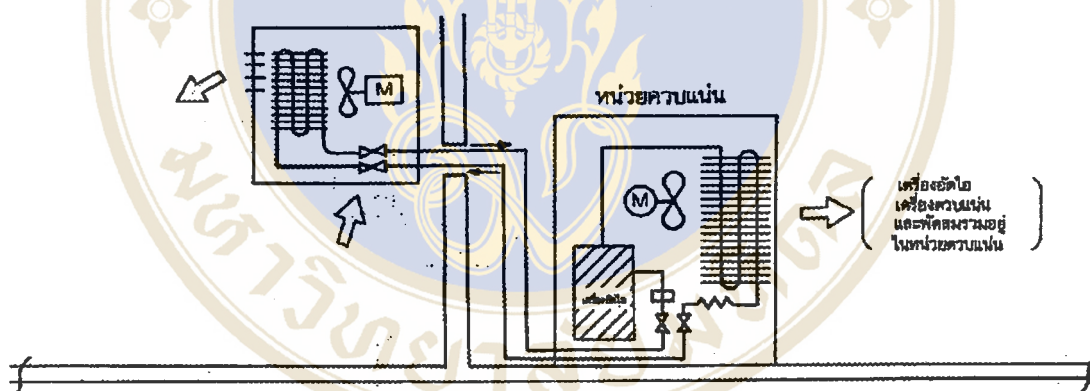
1. คอนเดนซิ่งยูนิต (Condensing Unit) เป็นระบบที่อยู่ภายนอกอาคาร
2. คูลลิ่งยูนิต (Cooling Unit) หรือ Fan Coil Unit หรือ Evaporation Unit หรือ Indoor Unit เป็นระบบที่อยู่ภายในห้องที่จะปรับอากาศ

ชุดเครื่องควบแน่น หรือ คอนเดนซิ่งยูนิต ประกอบด้วย

1. มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เป็นแบบเฮอร์เมติกคอมเพรสเซอร์ ขนาด 1-4 ตัน จะเป็นคอมเพรสเซอร์เฮอร์เมติกแบบเชื่อมมิดชิด (Welded Hermetic) ขนาดเครื่องปรับอากาศ 5 ตันขึ้นไปจะเป็นคอมเพรสเซอร์แบบกึ่งเฮอร์เมติก (Semi Hermetic) คือแบบบริการได้ (Servicible)
2. คอนเดนเซอร์คอยล์ (Condenser Coil) ส่วนมากจะเป็นท่อทองแดงแบบครีบและท่อ (Fan And Tube) และระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser)
3. พัดลมคอนเดนเซอร์ (Condensing Fan) เป็นพัดลมที่ใช้มอเตอร์แบบซิงเกิ้ลเฟส แต่ถ้าเครื่องใหญ่อาจจะใช้แบบ 3 เฟส ใบพัดลมส่วนใหญ่จะเป็นแบบใบพัด (Propeller Fan)

4. แผงควบคุม (Control Panel) เป็นอุปกรณ์ควบคุม และประกอบการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ประกอบด้วย

- แมกเนติกสตาร์ทเตอร์ (Magnetic Starter) สำหรับควบคุมมอเตอร์คอมเพรสเซอร์และควบคุมมอเตอร์พัดลมคอนเดนเซอร์
- ตัวควบคุมต่างๆ เช่น HPC., LPC., OPC. (High Pressure Control, Low Pressure Control และ Oil Pressure Control)
- นาฬิกาตั้งเวลา (Timer Delay) เป็นตัวป้องกันไม่ให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานซ้ำๆ ซากๆ (ปกติตั้งไว้ประมาณ $\frac{1}{2}$ ชม. จึงจะสตาร์ทได้)
- รีเซ็ตรีเลย์ (Reset Relay) บังคับไม่ให้วงจรไฟฟ้าทำงาน ถ้าหากเครื่องตัดผิดปกติ เช่น ตัดเพราะ LPC., HPC. หรือ OPC. จนกว่าจะแก้ไขเครื่องเสียก่อนแล้วจึงมากด Reset เครื่องจึงจะทำงาน



ภาพที่ 5 แสดงการติดตั้งคอนเดนเซอร์ซึ่งอยู่ภายนอกอาคารและอีแวปอเรเตอร์ซึ่งอยู่ในห้อง ท่อทางเดินน้ำยา (Refrigerant Line) มี 2 ท่อ คือ ท่อน้ำยาเหลว (Liquid Line) เป็นท่อเล็กและท่อน้ำยาแก๊ส (Suction Line) เป็นท่อใหญ่กว่า และมีฉนวนหุ้มอยู่ด้วย

ชุดให้ความเย็นหรืออุณหภูมิต่ำ (Cooling Unit) ประกอบด้วย

1. คอยล์อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator Coil) ส่วนมากจะเป็นคอยล์ทำด้วยทองแดง และมีครีป (Fin) อาจเป็นอลูมิเนียมเช่นกัน อีแวปอเรเตอร์คอยล์เป็นแบบ Fin And Tube

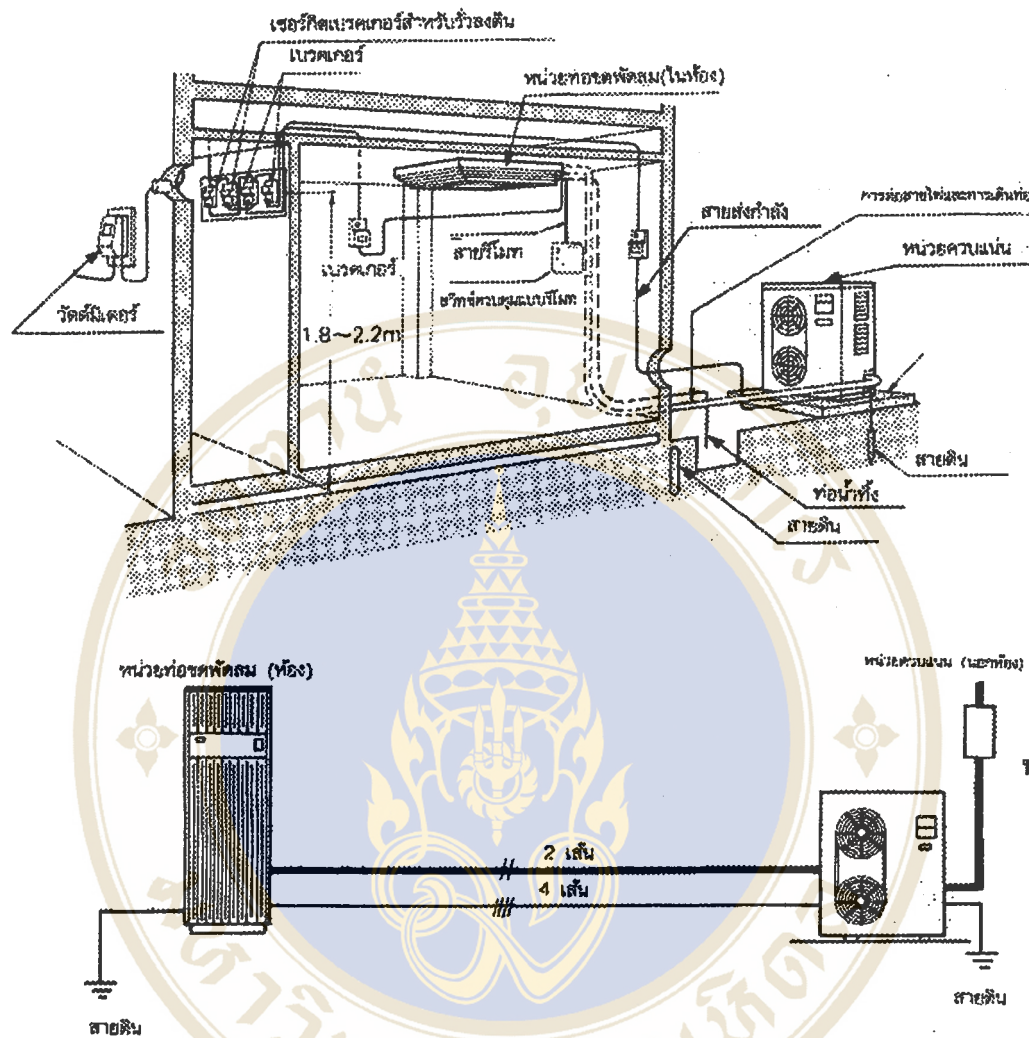
2. ตัวควบคุมน้ำยา (Refrigerant Control) ส่วนใหญ่จะใช้ เทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชัน วาล์ว (Thermostatic Expansion Valve หรือ TEV) และจะมีกระเปาะ (Bulb) แนบติดกับท่อทางดูด (หรือท่อทางออกของ คอยล์อีแวปอเรเตอร์)

3. แผ่นกรองอากาศ (Air Filter) เป็นแผ่นฟองน้ำ หรืออลูมิเนียมสาน ป้องกันเศษขี้ผึ้งที่ จะถูกดูดเข้าไปติดคอยล์อีแวปอเรเตอร์ แผ่นกรองอากาศจะวางไว้ทางเข้าของอากาศ (Air In)

4. พัดลมอีแวปอเรเตอร์ (Evaporating Fan) มอเตอร์พัดลมส่วนมากจะเป็นแบบซิงเกิ้ล เฟส และใบพัดลมเป็นแบบเป่าลมหรือโบลเวอร์ (Blower) หรือแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Fan)

5. ถาดรองน้ำทิ้ง (Drain Pan) เป็นถาดรองน้ำทิ้ง อยู่ข้างใต้คอยล์อีแวปอเรเตอร์ สำหรับรองน้ำที่กลั่นตัว จากคอยล์อีแวปอเรเตอร์ และมีท่อต่อระบายน้ำทิ้งไป





ภาพที่ 6 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง (Self Contained Unit) เป็นระบบเครื่องปรับอากาศที่รวมอยู่ในตู้ทั้งหมด ยกเว้นคอยล์ร้อน ซึ่งจะอยู่ภายนอกอาคาร เครื่องปรับอากาศชนิดนี้มีการสร้าง 2 แบบ คือ

1. แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled Condenser) เครื่องปรับอากาศแบบนี้ตัวคอนเดนเซอร์จะรวมอยู่ในตู้ด้วย แต่จะมีท่อน้ำเข้า 90°F และท่อน้ำออก 100°F ออกไป และผ่านหอคอยล์แล้วน้ำจะกลับเข้า 90°F เพื่อระบายคอนเดนเซอร์คอยล์อีก
2. แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser) เครื่องปรับอากาศแบบนี้เฉพาะตัวคอนเดนเซอร์คอยล์และพัดลมคอนเดนเซอร์จะอยู่ภายนอกอาคารแล้วมีท่อดีสชาร์จ (Discharge) ที่ต่อออกมาจากทางอัดของคอมเพรสเซอร์กับท่อน้ำยาเหลว ที่ออกจากคอนเดนเซอร์คอยล์ต่อเข้าเทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชันวาล์ว

เครื่องปรับอากาศระบบเป่าตรงหรือ Direct Expansion เป็นเครื่องปรับอากาศชนิดใช้ลมเป่าคอยล์เย็น และนำอากาศเย็นส่งออกไปใช้งานโดยตรงเลยทีเดียว จึงเรียกว่า Direct Expansion เครื่องปรับอากาศแบบนี้เป็นระบบใหญ่ จะต้องติดตั้งพร้อมทั้งการก่อสร้าง ส่วนมากจะใช้กับโรงพยาบาลศูนย์ โรงละคร หอประชุม ระบบเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ ส่วนมากจะเป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser)

ห้องเครื่อง (Machine Room) ของระบบ การสร้างห้องเครื่องจะต้องคำนึงถึง

1. เว้นช่องว่างไว้ล่างคอนเดนเซอร์ และสำหรับเดินตรวจดูได้รอบ ๆ และเว้นที่ไว้เปลี่ยนท่อของคอนเดนเซอร์
2. แท่นคอนกรีตที่รองรับคอมเพรสเซอร์และมอเตอร์จะต้องแข็งแรง รวมทั้งกันสะเทือน
3. ควรจัดระบบระบายอากาศภายในห้องให้ดี โดยมีพัดลมดูดอากาศร้อนออกและเอาอากาศบริสุทธิ์เข้า
4. ควรเป็นห้องเก็บเสียง
5. ควรมีระบบระบายน้ำทิ้ง
6. รายละเอียดอื่นๆ ปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

เครื่องปรับอากาศแบบчилเลอร์ (Chilled Water System) เป็นระบบเครื่องปรับอากาศที่ใช้ตามตึกใหญ่ๆ หลายๆ ชั้น หรือโรงแรมใหญ่ๆ ที่มีหลายๆ ห้อง ตัวคอนเดนเซอร์จะเป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีท่อน้ำเข้าและออกจากคอนเดนเซอร์ ไปยังคูลลิ่งทาวเวอร์ ตัวอีแวปโปเรเตอร์ หรือчилเลอร์ ก็จะมีกระแส น้ำผ่านคอยล์อีแวปโปเรเตอร์ น้ำที่ออกจากчилเลอร์จะเย็น (41-50°F) และนำน้ำเย็นผ่าน ไปเข้าคอยล์เย็น (Fan Coil Unit) ของแต่ละห้องเพื่อให้อากาศผ่านเข้ามากระทบกับ Fan Coil ทำให้อากาศภายในห้องเย็น และน้ำที่ผ่าน Fan Coil แล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น (51-60°F) ส่งกลับเข้าไปในчилเลอร์อีก

อุปกรณ์ภายในระบบ

1. คอมเพรสเซอร์ ที่ใช้ดังนี้
5-100 ตัน ใช้แบบรีซิปปโรเกทติ้ง คอมเพรสเซอร์ใช้แบบเซ็นติฟูกัลคอมเพรสเซอร์
2. คอนเดนเซอร์ แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ แบบถังและท่อ (Shell + Tube)
3. чилเลอร์ หรืออีแวปโปเรเตอร์ แบบถังและท่อ (Shell + Tube)
4. หอคอยน้ำ ใช้แบบพัดลมดูด

5. ถังน้ำขยายตัว (Expansion Tank) ติดตั้งทาง CHR. เพื่อเติมน้ำเข้าในระบบ, ไล่อากาศ, รับการขยายตัวของน้ำ

6. ตัวระบายอากาศอัตโนมัติ (Automatic Air Vent.) ทำหน้าที่ระบายอากาศภายในระบบออก ติดไว้ที่ปลายท่อด้านตั้ง ของท่อน้ำส่ง

การควบคุมความเย็นภายในห้อง ใช้วาล์วปิดเปิดน้ำจาก CHS. ที่จะเข้าคอยล์เย็น (Fan Coil Unit) โดชวาล์วที่ใช้ 2 แบบ คือ

1. วาล์วมอเตอร์ (Motorized Valve) ปิดเปิดน้ำที่จะเข้าชุดคอยล์เย็นมีแบบ 3 ทาง และ 2 ทาง
2. โซลินอยด์วาล์ว (Solonoid Valve) ปิดเปิดโดยการใช้กระแสไฟฟ้าผ่าน เพื่อให้เกิดอำนาจแม่เหล็กดูด

2.2 การหาภาระของการปรับอากาศ

2.2.1 ภาระของการปรับอากาศ

ภาระของการปรับอากาศ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทจากบริเวณปรับอากาศ โดยการทำงานของเครื่องทำความเย็น แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้ คือ

2.2.1.1 ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังภายใน

หมายถึง ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังกันห้อง ระหว่างห้องที่ปรับอากาศ และห้องไม่ปรับอากาศ, เพดานของหลังคาและพื้นห้อง เท่านั้น ส่วนผนังภายนอกและหลังคาที่ไม่มีเพดาน มีวิธีการหาอีกวิธีหนึ่งต่างหาก

2.2.1.2 ความร้อนจากเครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟแสงสว่าง มอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เตาหุงต้ม นอกจากจะทำประโยชน์ตามหน้าที่แล้ว ยังเป็นส่วนที่ให้ความร้อนแก่บริเวณปรับอากาศด้วย ดังนั้นจึงต้องเป็นหน้าที่ของเครื่องทำความเย็นในการรับภาระดังกล่าวนี้

2.2.1.3 ความร้อนจากผู้อยู่อาศัย

หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ได้จากคนหรือสัตว์ในบริเวณปรับอากาศ ซึ่งจะให้ความร้อนแตกต่างกันไปตามลักษณะของการทำงานหรือการเคลื่อนที่ เช่น เสิมียน พนักงานนั่งทำงานอยู่กับโต๊ะ ย่อมให้ปริมาณความร้อนออกมาน้อยกว่านักเดินรำที่กำลังเดินรำอยู่ เป็นต้น

2.2.1.4 ความร้อนที่มาจากอากาศที่ถ่ายเท

ปกติในระบบปรับอากาศจะมีการดูดเอาอากาศในบริเวณปรับอากาศซึ่งมีคาร์บอนไดออกไซด์หรือสิ่งไม่บริสุทธิ์อื่น ๆ ปนอยู่มากออกไปและอยู่ข้างหลัง บางส่วนนำเอาอากาศจากภายนอก ซึ่งมีความบริสุทธิ์มากกว่าเข้าแทนที่ ปริมาณของอากาศที่จะนำเข้ามาใหม่นี้จะมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ เช่น ห้องเรียน ในที่กลับ ฯลฯ

อากาศจากภายนอกที่นำเข้ามาใหม่นี้ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณปรับอากาศ ดังนั้นจึงต้องเสียปริมาณความเย็นส่วนหนึ่งในการทำให้อุณหภูมิของอากาศที่นำเข้ามาใหม่นี้มีอุณหภูมิเท่ากับของบริเวณปรับอากาศ ทั้งนี้ยังรวมความไปถึงปริมาณความชื้นที่แตกต่างกันไปด้วย

2.2.1.5 ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านนอกและหลังคา

หมายถึงความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีผ่านกระจก ผนังด้านนอกและหลังคาในเวลากลางวัน ความร้อนจากแสงอาทิตย์มีมาก ปริมาณความร้อนถ่ายเทให้แก่ผนังมาก จึงมีความร้อนจากผนังเข้าสู่ห้องปรับอากาศมากด้วย แต่ในเวลากลางคืนผนังยังอมความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ได้รับในเวลากลางวันไว้และจะทำให้ผนังมีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศข้างนอก ดังนั้นจึงจะสูญเสียความร้อนให้แก่บรรยากาศภายนอกบางส่วน ความร้อนที่ผนังจะถ่ายเทให้แก่ห้องปรับอากาศจึงน้อยลง

2.2.2 ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังภายใน

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง แปรผันตรงกับพื้นที่ผิวของผนัง สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด อุณหภูมิแตกต่างของภายนอกและบริเวณปรับอากาศ สรุปเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 q &= AU \Delta T \quad \dots\dots\dots (2.1) \\
 \text{เมื่อ } q &= \text{ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท Btu/hr, kJ/hr} \\
 A &= \text{พื้นที่ผิวของผนัง } \text{ft}^2, \text{m}^2 \\
 U &= \text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด} \\
 &\quad \text{(Over-all heat transfer coefficient) Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 \Delta T &= \text{อุณหภูมิแตกต่างของบริเวณปรับอากาศและภายนอก } ^\circ\text{F}, ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

2.2.2.1 สัมประสิทธิ์ของการถ่ายความร้อนทั้งหมด

(Over-all heat transfer coefficient)

หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์รวมทั้งหมดของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ซึ่งเกิดขึ้นจากการนำ คือ เป็นผลรวมของสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ (conductance) และสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดที่ผิวของของแข็งสัมผัสกับอากาศ (surface conductance หรือ film coefficient) โดยทั่วไปในการหาความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง สำหรับงานของระบบปรับอากาศ ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดมักจะบอกมาในรูปของตารางสำเร็จรูป (ตารางที่ 1) แต่ในบางครั้งจำเป็นต้องหามาก่อนจากสูตร

$$U = \frac{1}{\sum \frac{1}{h} + \sum \frac{L}{k} + \sum \frac{1}{c}} \dots\dots\dots (2.2)$$

- เมื่อ
- h

=

surface conductance หรือ film coefficient, Btu/hr ft² F
- L

=

ความหนาของวัสดุ
- k

=

thermal conductivity หรือ conductance Btu/hr ft² F
- c

=

conductance

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (U หน่วย Btu/hr ft² °F) หน้าต่างกระจกและผนังกันภายนอก คัดความเร็วลม 10 ไมล์/ชั่วโมง ผนังกันภายในคิดเป็นลมหนึ่งทั้งสองด้านของผนัง

รายละเอียด	สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด
ประตูหน้าต่างกระจก แบบชั้นเดียว	1.06
ประตูหน้าต่างกระจก แบบสองชั้น	0.64
ประตูหน้าต่างกระจก แบบสามชั้น	0.34
กล่องแก้ว	0.48-0.5
ยิบซัมบอร์ด ชั้นเดียว	0.60
ยิบซัมบอร์ด สองชั้น	0.34
บอร์ดกันความร้อน ชั้นเดียว	0.36
บอร์ดกันความร้อน สองชั้น	0.19
ไม้อัด (1/4 นิ้ว) ชั้นเดียว	0.60
ไม้อัด (1/4 นิ้ว) สองชั้น	0.34
ไม้อัด (3/8 นิ้ว) ชั้นเดียว	0.55
ไม้อัด (3/8 นิ้ว) สองชั้น	0.31
ไม้กระดานหนา 3/4 นิ้ว	0.43
คอนกรีตบล็อกเปลือย หนา 3 นิ้ว	0.45
คอนกรีตบล็อกเปลือย หนา 4 นิ้ว	0.40
คอนกรีตบล็อก ฉาบด้านเดียวหนา 3 นิ้ว	0.43
คอนกรีตบล็อก ฉาบด้านเดียวหนา 4 นิ้ว	0.39
คอนกรีตบล็อก ฉาบสองด้านหนา 3 นิ้ว	0.41
คอนกรีตบล็อก ฉาบสองด้านหนา 4 นิ้ว	0.37
ผนังคอนกรีตหนา 4 นิ้ว	0.60
ผนังคอนกรีตหนา 6 นิ้ว	0.55

ที่มา : ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, 2534 : 384

2.2.2.2 สัมประสิทธิ์ของการถ่ายความร้อนที่เกิดที่ผิวของของแข็ง สัมผัสกับอากาศ (h)

ขณะที่อากาศสัมผัสกับผนังของอาคารซึ่งเป็นของแข็งจะเกิดเยื่อบางๆ ขึ้นเป็นความต้านทานการไหลของความร้อน เยื่อบาง ๆ นี้เกิดขึ้นทั้งสองด้านของผนังและจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามวัสดุ คือ ความเรียบของผนังห้องและความเร็วของลม ค่าของ h ในหน่วย $\text{Btu/hr ft}^2 \text{F}$ กำหนดไว้ดังนี้

อากาศนิ่ง	1.46-1.63
อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 7.5 ไมล์/ชั่วโมง	4.00
อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15 ไมล์/ชั่วโมง	6.00

2.2.2.3 สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (k)

หมายถึง ความสามารถในการนำให้ความร้อนผ่านเนื้อวัสดุในกรณีทั้งสองด้านของวัสดุนั้นมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ถ้าวัสดุชนิดใดมีสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนสูง เช่น เหล็ก ทองแดงและโลหะ อื่นๆ ถือว่า วัสดุนั้นเป็นตัวนำความร้อน ใช้ทำอุปกรณ์ที่ต้องการให้การถ่ายเทความร้อนได้ดี เช่น คอนเดนเซอร์ และอีแวปอเรเตอร์ เป็นต้น วัสดุใดมีสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนต่ำ เช่น ไม้ก๊อก โยเกิร์ต และโฟม ถือว่าวัสดุนั้นเป็นฉนวนใช้ทำอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการให้เกิดความร้อนถ่ายเทหรือให้มีการถ่ายเทน้อยที่สุด เช่น ใช้หุ้มท่อน้ำยาท่อลม หรือผนังอาคาร เป็นต้น สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโลหะ

โลหะ	อุณหภูมิ °F	K	โลหะ	อุณหภูมิ °F	k
อลูมิเนียม	30	123	ปรอท	32	4.8
	400	130		120	4.6
พลวง	33	10.6	นิกเกิล	32	34
	212	9.7		400	32
ทองเหลือง(สีเหลือง)	48	64	พลาสติกนัม	32	40
	100	84		212	42
ทองเหลือง (สีแดง)	32	60	โพลีเอทิลีน	68	56
	212	69			
แคลเซียม	32	54	เงิน	32	238
	212	52		400	217
ทองแดง	32	223	โซเดียม	32	79
	400	217		212	70
ทองคำ	32	172	ดีบุก	32	38
	212	169		212	35
เหล็ก (บริสุทธิ์)	64	39	ทังสเตน	64	115
	212	37		2912	60
เหล็กหล่อ	32	32	สังกะสี	32	65
	400	28		212	63
เหล็กเหนียว (1%C)	32	26	ตะกั่ว	32-212	20
	400	25	แมกนีเซียม	32	91
เหล็กสเตนเลส	400	12		400	85

ที่มา : ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, 2534 : 385

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโลหะที่เป็นของแข็ง

วัสดุ	K
ถ่าน, กราไฟท์	34.8
กระดาดแข็ง	1.8
เซกดูลอย	1.44
ชอล์ค	5.76
ผงไม้ก๊อก	0.27
คอนกรีต	12.0
ฝ้าย	0.36
แผ่นไฟเบอร์	2.04
อิฐทนไฟ	9.0
อิฐก่อสร้าง	5.0
กระจกหน้าต่าง	3.6-7.2
น้ำแข็ง 32°F	15.0
ไม้ก้ำ	3.96
ยางแข็ง	1.2
ยางอ่อน	0.36
ทรายแห้ง	0.24
ทรายชื้น	8.4
ซีเมนต์	0.36
ไหม, แพร	0.36
ขนสัตว์	0.24
ไม้เนื้อแข็ง	1.10
ไม้เนื้ออ่อน	0.80
ไม้อัด	0.80
แผ่นเอสเบสตอส	4.0
ปูนฉาบ	5.0
ซีเมนต์บอร์ด์	4.5

ที่มา : ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, 2534 : 386

2.2.2.4 Conductance (c)

ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (conductivity, k) เป็นค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านวัสดุที่เป็นเนื้อเดียวกัน หนา 1 นิ้ว แต่ในวัสดุบางอย่างทำด้วยวัสดุหลายชนิด เช่น หลังคาสำเร็จรูป (ของต่างประเทศ) ทำด้วยวัสดุหลายชนิดจึงไม่สะดวกแก่การบอกค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนในรูปของ k จึงมักจะบอกในรูปของ Conductance (c) ซึ่งหมายถึงปริมาณความร้อนที่ผ่านวัสดุที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอดความหนาของวัสดุนั้น

2.2.3 อุณหภูมิแตกต่างที่ใช้ในการออกแบบ

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังแปรผันตรงกับความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกบริเวณปรับอากาศ และอุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศ อุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศที่ถือว่าผู้อยู่อาศัยกำลังรู้สึกสบายเท่ากับ 78°F ส่วนอุณหภูมิภายนอกบริเวณปรับอากาศเปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่และสภาพของบริเวณนั้น

2.2.3.1 ผนังภายนอกอาคาร

อุณหภูมิภายนอกอาคารของแต่ละท้องถิ่นในประเทศไทยมีค่าแตกต่างกันไป เช่น ที่กรุงเทพฯ เฉลี่ยประมาณ 95°F เชียงใหม่ 91°F และนครสวรรค์ 98°F เป็นต้น ดังนั้นในการหาอุณหภูมิแตกต่างที่ใช้ในการออกแบบของแต่ละท้องถิ่นย่อมแตกต่างกันไป ในที่นี้ผู้วิจัยยึดถืออุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 95°F เป็นเกณฑ์

อุณหภูมิของบรรยากาศภายนอกนี้ในการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังจริง จะใช้เป็นค่าบรรทัดฐานเพื่อจะหาอุณหภูมิแตกต่างของผนังอื่น

2.2.3.2 ผนังภายในอาคาร

อุณหภูมิภายในห้องในอาคารที่อยู่ติดกับห้องปรับอากาศถือว่ามีความแตกต่างต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคารประมาณ 7°F ดังนั้น อุณหภูมิแตกต่างของผนังภายในดังกล่าว = อุณหภูมิภายนอก (95°F) - อุณหภูมิที่ถือว่าต่ำกว่า (7°F) - อุณหภูมิของบริเวณปรับอากาศ (78°F) = 10°F

อุณหภูมิภายในห้องครัว ห้องซักผ้า ห้องคั้นน้ำ ปกติสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคารประมาณ 10°F ดังนั้นอุณหภูมิแตกต่างของผนังดังกล่าว = อุณหภูมิภายนอก (95°F) + อุณหภูมิของห้องครัวที่สูงกว่า (10°F) - อุณหภูมิของบริเวณปรับอากาศ (78°F) = 27°F

2.2.3.3 พื้น

อุณหภูมิแตกต่างระหว่างห้องที่มีการปรับอากาศและอุณหภูมิของบริเวณที่อยู่ใต้พื้นของห้องนั้นจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของห้อง คือ

บริเวณใต้พื้นห้องปรับอากาศเป็นห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศถือว่าอุณหภูมิเท่ากับห้องไม่ได้ปรับอากาศทั่วไป คือต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 7°F ดังนั้น อุณหภูมิแตกต่าง = $95 - 7 - 78 = 10^{\circ}\text{F}$

บริเวณใต้พื้นห้องปรับอากาศเป็นห้องใต้ดินที่ใช้เก็บของ ไม่มีอากาศถ่ายเท หรือเป็นช่องว่างที่อากาศไม่สามารถจะถ่ายเทหรือเป็นพื้นที่ชั้นล่างที่สร้างบนพื้นดิน ลักษณะดังกล่าวนี้ถือว่าอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของห้องที่ปรับอากาศ

บริเวณใต้พื้นห้องปรับอากาศเป็นห้องใต้ดินหรือช่องว่าง ซึ่งอากาศสามารถถ่ายเทได้ดี อุณหภูมิบริเวณนี้ถือว่าเท่ากับอุณหภูมิของอากาศภายนอก ดังนั้นอุณหภูมิแตกต่าง = $95 - 78 = 17^{\circ}\text{F}$

บริเวณใต้พื้นห้องปรับอากาศเป็นห้องซักผ้าด้วยเครื่องจักร ที่มีเตาอบผ้า ห้องคัมน้ำหรือห้องครัว ถือว่ามีการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ดังได้กล่าวมาแล้ว อุณหภูมิจะสูงกว่าอากาศภายนอกประมาณ 18°F ดังนั้นอุณหภูมิแตกต่าง = $95 - 18 - 78 = 35^{\circ}\text{F}$ อุณหภูมินี้ยังใช้ได้ ถึงแม้ว่าห้องดังกล่าวจะเป็นห้องใต้ดิน

2.2.3.4 เพดานและหลังคา

ในกรณีที่บริเวณเหนือเพดานของห้องปรับอากาศขึ้นไปเป็นห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศ เช่น ห้องที่ปรับอากาศเป็นห้องที่อยู่บนชั้นหนึ่งและชั้นสองของอาคารไม่ได้ปรับอากาศ กรณีนี้ถือว่าอุณหภูมิของห้องเหนือเพดานขึ้นไป มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 7°F ดังนั้นอุณหภูมิแตกต่างที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเพดานคือ $95 - 7 - 78 = 10^{\circ}\text{F}$

ถ้าด้านบนของห้องปรับอากาศเป็นห้องครัวหรือห้องซักผ้าด้วยเครื่องจักร ที่มีเตาอบผ้าด้วยอุณหภูมิของพื้นที่บนนี้จะสูงกว่าอุณหภูมิของบรรยากาศเล็กน้อย 3°F ดังนั้นอุณหภูมิแตกต่างที่ใช้ในการออกแบบจะใช้ 20°F

แต่ในกรณีที่ห้องปรับอากาศเป็นห้องชั้นบนสุด ด้านบนของห้องเป็นหลังคาที่มีเพดานหรือไม่ก็ตาม อุณหภูมิของด้านบนห้องคิดเท่ากับอุณหภูมิของภายนอก ถึงแม้ว่าตามความเป็นจริงแล้ว หลังคาอาจจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกอยู่บ้าง ซึ่งจะมีผลทำให้มีปริมาณความร้อนถ่ายเทผ่านด้านบนของห้องมากขึ้น แต่ในหัวข้อนี้กล่าวถึงเฉพาะการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำเท่านั้น ไม่เกี่ยวกับปริมาณความร้อนที่เกิดจากแดดกระทบหลังคา

กรณีของความร้อนถ่ายเทผ่านหลังคานี้ให้ตั้งข้อสังเกตไว้ว่าหลังคาที่ไม่มีเพดาน ในเวลากลางวันจะได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์มาก (ค่าอุณหภูมิแตกต่าง

จะสูงถึง 60°F) แต่ถ้ามีเพดานโดยเฉพาะแบบที่อากาศภายในเพดานสามารถถ่ายเทได้ อุณหภูมิภายในห้องเพดานถือว่าเท่ากับอุณหภูมิของบรรยากาศ ดังนั้นอุณหภูมิแตกต่างจึงใช้ 17°F

2.2.4 ความร้อนจากเครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้า

2.2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้า

ขณะที่มอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน คือ เป็นการเปลี่ยนกำลังงานไฟฟ้าเป็นกำลังงานกล จะไม่สามารถเปลี่ยนกำลังงานไฟฟ้าเป็นกำลังงานกลได้ทั้งหมด กล่าวคือ ประสิทธิภาพในการทำงานของมอเตอร์จะไม่ถึง 100% ดังนั้นถ้าในบริเวณปรับอากาศมีมอเตอร์ไฟฟ้าที่กำลังทำงานอยู่ด้วย จะคายความร้อนจำเพาะออกมา เป็นการเพิ่มภาระให้แก่เครื่องปรับอากาศด้วย จะเห็นว่ามอเตอร์ไฟฟ้าขนาดยิ่งเล็กลงจะมีประสิทธิภาพยิ่งต่ำ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า

ขนาดของมอเตอร์ (แรงม้า)	ประสิทธิภาพ	ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการเดินเครื่องติดต่อกัน (Btu/hr hp)
1/4	60	4,200
1/2 ถึง 1	70	3,600
1 1/2 ถึง 5	80	3,200
7 1/2 ถึง 20	85	3,000
เกินกว่า 20	88	2,900

ชนิดของเครื่องใช้	ขนาด ความจุ	วัตต์	ความร้อนที่เกิดขึ้น (Btu/hr)			
			ไม่มีฝาครอบ			เฉพาะความร้อนจำเพาะ
			ความร้อน จำเพาะ	ความร้อน แฝง	ความร้อน ทั้งหมด	
หม้อต้มกาแฟ	3 แกลลอน	2,000	2,550	850	3,400	1,000
	5 แกลลอน	3,000	3,850	1,250	5,100	1,600
หม้ออุ่นอาหารเนื้อที่ กาต้มน้ำ	14 ปอนด์	5,500	2,800	6,600	9,400	3,000
	21 ปอนด์	8,000	4,100	9,600	13,700	4,300
เตาปิ้งอาหาร	-	2,700	3,000	1,600	4,600	1,500
เตาปิ้งขนมปัง	2 ช่อง	2,200	1,960	1,740	3,700	1,200
	4 ช่อง	2,540	2,230	1,970	4,200	1,300



2.2.4.2 เครื่องใช้ไฟฟ้า

ความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น กาต้มน้ำ หม้ออุ่นอาหาร เครื่องปิ้งขนมปัง จะคายปริมาณความร้อนมากน้อยตามขนาดของอุปกรณ์นั้น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 เครื่องใช้ไฟฟ้านอกเหนือจากที่แสดงไว้ เมื่อต้องการทราบปริมาณความร้อนของเครื่องใช้ไฟฟ้าให้คูณจำนวนวัตต์ของอุปกรณ์ที่บอกไว้บนป้ายด้วย 3.4 จะได้ค่าความร้อนออกมาเป็น Btu/hr

2.2.4.3 หลอดไฟแสงสว่าง

สำหรับหลอดไฟแสงสว่างธรรมดา ความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถหาได้จากสมการ

$$q = \text{watt} \times 3.4$$

เมื่อ q = ความร้อนจำเพาะที่เกิดขึ้น, Btu/hr
 watt = จำนวนวัตต์ของหลอดไฟทั้งหมด
 3.4 = ค่าคงที่ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน

สำหรับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ประกอบด้วย บาลัสต์ ซึ่งจะทำให้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ให้ความร้อนออกมามากกว่าหลอดไฟธรรมดาอีก 20% ดังนั้นปริมาณความร้อนที่ได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถหาได้จากสมการ

$$q = \text{watt} \times 3.4 \times 1.2$$

แต่หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขนาดมาตรฐานมีขนาด 40 วัตต์ และมีความยาว 4 ฟุต ในการหาจำนวนวัตต์สำหรับสถานที่ที่ใช้หลอดไฟวางเป็นแนวเส้นตรง จึงหาจำนวนวัตต์ได้จากความยาวของหลอดไฟ คือ 10 วัตต์ ต่อความยาว 1 ฟุต

2.2.5 ความร้อนจากผู้อยู่อาศัย

อุณหภูมิของร่างกายของคนปกติประมาณ 97°F ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของบริเวณปรับอากาศ ดังนั้นจึงมีการถ่ายเทความร้อนจากร่างกายให้แก่อากาศในห้องปรับอากาศ ความร้อนดังกล่าวนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ความร้อนจำเพาะ คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิแตกต่างของร่างกาย หรืออุณหภูมิของความชื้นที่ได้จากร่างกายกับอุณหภูมิของห้องปรับอากาศ ความร้อนอีกประเภทหนึ่งคือความร้อนแฝง ซึ่งเกิดจากไอน้ำ(ความชื้น) จากลมหายใจกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งจะต้องมีการคายความร้อนออกจำนวนหนึ่ง



2.2.6 ปริมาณความร้อนที่เกิดจากอากาศถ่ายเท

2.4.6.1 ปริมาณความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิแตกต่างของอากาศภายนอก และอากาศภายในบริเวณปรับอากาศ

$$q_s = C_p \times W \times TD = 0.24 \times W \times TD$$

เมื่อ q_s = ปริมาณความร้อนจำเพาะที่เกิดจากอากาศที่ถ่ายเท, Btu/hr
 W = น้ำหนักของอากาศที่ถ่ายเท, lb/hr.
 TD = อุณหภูมิของอากาศที่เปลี่ยนแปลง, °F

เนื่องจากว่าในงานปรับอากาศ ไม่นิยมที่จะบ่งจำนวนอากาศที่ถ่ายเทในรูปของน้ำหนัก แต่นิยมที่จะบ่งในรูปปริมาตร ปริมาตร (Q) ซึ่งมักจะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (cfm) ฉะนั้น การหาปริมาณความร้อนที่เกิดจากอากาศที่ถ่ายเทในรูปของปริมาตรของอากาศ จึงจะมีความสะดวกกว่า

ในกรณีที่หาความสัมพันธ์ของ น้ำหนักและปริมาตรของอากาศจะได้ดังนี้

เมื่อ Q = ปริมาตรของอากาศเป็น ลูกบาศก์ฟุต/นาที
 $\therefore 60 Q$ = ปริมาตรของอากาศ ในหน่วย ลูกบาศก์ฟุต/ชั่วโมง
 แต่มาตรฐานของอากาศ หนัก 1 ปอนด์ จะมีปริมาตร 13.34 ลูกบาศก์ฟุต

$$\therefore W = \frac{60Q}{13.34} = 4.5 Q$$

เมื่อแทนค่า w ลงในสมการของการหาปริมาณความร้อนจำเพาะที่เกิดจากอากาศที่ถ่ายเท คือ

$$q_s = 0.24 w \times TD = 0.24 \times (4.5Q) \times TD$$

$$\therefore q_s = 1.08 Q \times TD \text{ หรือ } 1.08 Q \times (t_o - t_i)$$

เมื่อ q_s = ปริมาณความร้อนจำเพาะที่เกิดจากอากาศที่ถ่ายเท Btu/h
 Q = ปริมาตรของอากาศที่ถ่ายเท cfm
 TD = อุณหภูมิของอากาศที่เปลี่ยนแปลง °F
 t_o = อุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ °F
 t_i = อุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศ °F

2.2.6.2 ปริมาณความร้อนที่เกิดจากความร้อนแฝงจากการกลั่นตัวของความชื้นในอากาศที่ถ่ายเท

$$\begin{aligned} q_L &= wh_L \\ \text{แต่ } w &= 4.5 Q \\ \therefore q_L &= 4.5 Q h_L \end{aligned}$$

เมื่อ q_L = ปริมาณความร้อนแฝงที่เกิดจากการกลั่นตัวของความชื้นในอากาศที่ถ่ายเท Btu/h

$$\begin{aligned} Q &= \text{ปริมาณของอากาศที่ถ่ายเท cfm.} \\ h_L &= \text{ความร้อนแฝงของความชื้นในอากาศ, Btu/lb} \\ \text{หรือ } q_L &= 0.7 Q (HR_o - HR_i) \\ \text{เมื่อ } HR_o &= \text{อัตราส่วนความชื้นในอากาศที่อยู่ภายนอกห้อง} \\ &\quad \text{grain/lb} \\ HR_i &= \text{อัตราส่วนความชื้นในอากาศที่อยู่ในห้องปรับ} \\ &\quad \text{อากาศ grain/lb} \end{aligned}$$

2.2.6.3 ปริมาณอากาศที่ถ่ายเทผ่านรอยแตกรั่วของผนัง

ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า เมื่อทราบค่าของปริมาณอากาศที่ถ่ายเทจากด้านนอกเข้าสู่บริเวณปรับอากาศ จะหาปริมาณความร้อนที่เกิดจากอากาศที่ถ่ายเทนี้ได้ แต่ปริมาณของอากาศที่ถ่ายเทเข้าสู่บริเวณอากาศนี้มาจากหลายสาเหตุด้วยกันในขั้นแรกจะพูดถึงเฉพาะอากาศที่ถ่ายเทผ่านรอยรั่วของผนัง

2.2.7 ความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์

2.2.7.1 การแผ่รังสีผ่านกระจก

รังสีจากแสงอาทิตย์สามารถถ่ายเทผ่านกระจกได้เป็นปริมาณมากถ้ากระจกนั้นอยู่ในแนวตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ แต่ถ้ากระจกทำมุมเอียงกับลำแสงรังสีที่ถ่ายเทจะลดน้อยลง ถ้ามุมเอียงเล็กปริมาณของรังสีที่ถ่ายเทยิ่งน้อย ขณะเดียวกันปริมาณส่วนใหญ่จะหักเหและสะท้อนออกจากผิวนั้น ในอีกกรณีหนึ่งถ้ากระจกนั้นอยู่ในเงามืดปริมาณของการแผ่รังสีจะลดลงด้วย

ตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ได้แสดงค่าปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีผ่านกระจกของเส้นรุ้งที่ 10° และ 20° ไร่ ซึ่งเป็นตารางที่เหมาะสมที่จะใช้กับประเทศไทย โดยที่เส้นรุ้งที่ 10° เหนือ เป็นเส้นที่ผ่านจังหวัดระนอง และเส้นรุ้งที่ 20° เหนือเป็นเส้นที่ผ่าน

จังหวัดเชียงราย ดังนั้นถ้าต้องการทราบปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีผ่านกระจกของ กรุงเทพฯ อาจจะอนุโลมใช้ค่าจากตารางใดตารางหนึ่งจาก 2 ตารางนี้ หรือถ้าจะให้ค่าที่ใกล้เคียงยิ่งขึ้น ควรจะเป็นค่าเฉลี่ยจากทั้งสองตารางนี้

และแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของเงาที่กระทำต่อกระจก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของกระจกและสถานที่ติดตั้งกระจก ทางด้านที่ต้องการหาค่าสัมประสิทธิ์ของเงาในเวลาดังกล่าว โคนแดดหรือไม่ เช่น กระจกทางด้านตะวันออก เมื่อเวลา 9.00 น.จะโคนแดด เมื่อเปิดตารางต้องอ่านค่าจากช่องกระจกอยู่ในด้านที่โคนแดด แต่ในเวลา 16.00 น. จะไม่โคนแดดจึงอ่านค่าจากช่องกระจกอยู่ในด้านที่ไม่โคนแดด

ดังนั้นปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีผ่านกระจกสามารถหาได้จากสมการ

$$q = (\text{พื้นที่ของกระจก}) (\text{ปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีโดยตรง}) (\text{สัมประสิทธิ์ของเงา})$$

$$= (\text{พื้นที่ของกระจก})$$

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์ของเงาสำหรับกระจกติดตั้งในบริเวณที่ไม่มีร่ม

ชนิดของกระจก	กระจกอยู่ในด้านที่ โคนแดด	กระจกอยู่ในด้านที่ ไม่โคนแดด
กระจกธรรมดาแผ่นเล็ก หน้า 3/32 นิ้ว	1.00	0.86
กระจกธรรมดาแผ่นใหญ่ หน้า 1/4 นิ้ว	0.95	0.95
กระจกธรรมดาแผ่นใหญ่ หน้า 3/8 นิ้ว	0.91	0.91
กระจกธรรมดาแผ่นใหญ่ หน้า 1/2 นิ้ว	0.88	0.88
กระจกสีชาหรือสีอื่นๆ แผ่นเล็ก หน้า 1/8 นิ้ว	0.78	0.78
กระจกสีชาหรือสีอื่นๆ แผ่นเล็ก หน้า 3/16 นิ้ว	0.90	0.90
กระจกสีชาหรือสีอื่นๆ แผ่นเล็ก หน้า 7/32 นิ้ว	0.88	0.88
กระจกสีชาหรือสีอื่นๆ แผ่นเล็ก หน้า 1/4 นิ้ว	0.86	0.86
กระจกสีชาหรือสีอื่นๆ แผ่นใหญ่ หน้า 13/64 นิ้ว	0.72	0.72
กระจกสีชาหรือสีอื่นๆ แผ่นใหญ่ หน้า 1/4 นิ้ว	0.70	0.70
กระจกสีชาหรือสีอื่นๆ แผ่นใหญ่ หน้า 3/8 นิ้ว	0.56	0.56
กระจกสีชาหรือสีอื่นๆ แผ่นใหญ่ หน้า 1/2 นิ้ว	0.50	0.50
กระจกธรรมดาติดฟิล์มกรองแสง หน้า 1/4 นิ้ว	0.83	0.77
กระจกธรรมดาติดฟิล์มสะท้อนแสง หน้า 1/4 นิ้ว	0.56	0.53
กระจกสีชาติดฟิล์มสะท้อนแสง หน้า 1/4 นิ้ว	0.44	0.42

ที่มา : ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, 2534 : 397

หมายเหตุ

1. กระจกติดตั้งในบริเวณที่ไม่มีร่ม หมายถึงติดตั้งอยู่ภายใต้กันสาดที่สัน, ไม่มีมู่ลี่หรืออุปกรณ์อื่นใดบังแดดไว้
2. สมมุติเวลา 9.00 น. กระจกด้านตะวันออกเป็นด้านที่โดนแดด กระจกด้านตะวันตก, เหนือและใต้จะเป็นกระจกด้านที่ไม่โดนแดด

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์ของเงาสำหรับกระจกติดตั้งอยู่ในร่มไม้

สีปานกลาง	มู่ลี่				ม่านกันแดด			
	สีปานกลาง		สีอ่อน		สีแก่		สีขาว	
	โดนแดด	ไม่โดนแดด	โดนแดด	ไม่โดนแดด	โดนแดด	ไม่โดนแดด	โดนแดด	ไม่โดนแดด
กระจกธรรมดาทุกชนิด	0.64	0.66	0.55	0.60	0.59	0.61	0.25	0.22
กระจกสีชาและสีอื่นๆ								
หนา 1/8-1/4 นิ้ว	0.57	0.58	0.53	0.52	0.45	0.42	0.30	0.30
หนา 3/8 นิ้ว	0.54	0.53	0.52	0.52	0.40	0.36	0.28	0.26
หนา 1/2 นิ้ว	0.51	0.51	0.50	0.50	0.36	0.32	0.28	0.25

ที่มา : ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, 2534 : 397

2.3 ภาระของการทำความเย็น

ภาระของการทำความเย็น หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ระบบทำความเย็นต้องมีหน้าที่ระบายออกจากสิ่งที่ต้องการทำให้เย็น อาจจะเป็นปริมาณความร้อน ที่ต้องระบายออกจากร้านในโรงงานทำน้ำแข็ง ปริมาณความร้อนที่ต้องระบายออกจากอาหาร หรือโรคภัณฑ์อื่น ๆ ในอุตสาหกรรมห้องเย็น เป็นต้น

ปริมาณความร้อนที่เป็นภาระของการทำความเย็น มีองค์ประกอบเช่นเดียวกับการะของการปรับอากาศ คือ ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังและหลังคา, ความร้อนจากเครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้า, ความร้อนจากผูปฏิบัติงานในห้องเย็น, ความร้อนที่มาจากอากาศที่ถ่ายเทและความร้อนจากโรคภัณฑ์ที่ต้องการแช่เย็น

หลักการคำนวณปริมาณความร้อนแต่ละประเภทคล้ายคลึงกับการคำนวณภาระของการปรับอากาศ แต่สำหรับการคำนวณปริมาณความร้อนจากโรคภัณฑ์ที่ต้องการแช่เย็น มีวิธีการ

แตกต่างจากการคำนวณภาระของการปรับอากาศ ทั้งนี้เพราะต้องมีการคำนวณปริมาณความร้อนจากการ กลายเป็นของแข็งด้วย

2.3.1 ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง

2.3.1.1 สูตร การหาภาระของการทำความเย็น ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง ทั้งที่เกิดจากอุณหภูมิแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของบรรยากาศภายนอกห้องเย็นและอุณหภูมิภายในห้องเย็น และปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ผ่านผนัง สามารถอนุมานได้สูตรเดียวกัน คือ

$$q = AU \Delta T$$

เมื่อ q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง
 A = พื้นที่ของผนัง
 U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด
 ΔT = อุณหภูมิแตกต่างของอุณหภูมิจากภายนอกห้องเย็นและอุณหภูมิภายในห้องเย็น

หมายเหตุ สำหรับระบบปรับอากาศ การหาปริมาณความร้อน เนื่องจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ผ่านกระจกและผนังอาคาร มีสูตรและตารางใช้ต่างหากจากสูตรของการคำนวณปริมาณความร้อนถ่ายเทผนัง เนื่องจากอุณหภูมิแตกต่าง

2.3.1.2 รายละเอียดของสูตร สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (U) สามารถเปิดหาค่าได้จากตารางหรือใช้สูตรเพื่อคำนวณมาจากความนำความร้อน (k) เช่นเดียวกับได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อของการหาภาระของการปรับอากาศ

อุณหภูมิแตกต่าง (ΔT) หาได้จากอุณหภูมิของบรรยากาศภายนอกห้องปรับอากาศหรืออุณหภูมิเทียบเท่าของผนังที่ถูกแสงอาทิตย์ ลบด้วยอุณหภูมิของห้องเย็น ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของห้องเย็น

สำหรับห้องเย็นพื้นที่ล่างอยู่บนดิน โดยทั่วไปให้ถือว่าอุณหภูมิของพื้นดินเท่ากับ 75°F

2.3.2 ความร้อนจากอากาศที่ถ่ายเท

ในการหาภาระของการปรับอากาศ อากาศถ่ายเทเกิดจากรอยแตกของผนัง รอยรั่วที่ขอบประตูหรือหน้าต่าง และความร้อนจากอากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้าสู่บริเวณปรับอากาศ แต่สำหรับระบบห้องเย็น ผนังห้องจะมีการฉนวนอย่างดี มีการอุดรอยรั่วต่างๆ และไม่มีมีการนำ

อากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่ห้องเย็น อากาศถ่ายเทของระบบห้องเย็นจะเกิดขึ้นเมื่อมีการปิดเปิด ประตูห้องเย็น ซึ่งปริมาณอากาศที่ถ่ายเทต่อวันโดยประมาณสามารถหาได้ ซึ่งเป็นปริมาณอากาศถ่ายเทต่อ 24 ชั่วโมง เป็นที่เท่าของปริมาตรห้องปริมาณความร้อนจากอากาศที่ถ่ายเทนี้

2.3.3 ความร้อนจากโรคภัณฑ์ที่ต้องการแช่เย็น

การแช่เย็นโรคภัณฑ์แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การแช่เย็นโดยไม่แข็งและการแช่แข็ง การแช่เย็นโดยไม่แข็งปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกมี แต่เพียงความร้อนจำเพาะจากอุณหภูมิของโรคภัณฑ์ก่อนแช่เย็นจนถึงอุณหภูมิแช่เย็น

ส่วนการแช่แข็งของโรคภัณฑ์ปริมาณความร้อนที่ต้องพิจารณาถึงมี 3 อย่างคือ

- ปริมาณความร้อนจำเพาะจากการที่โรคภัณฑ์ลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิของโรคภัณฑ์ก่อนนำเข้าแช่จนถึงจุดเยือกแข็งของโรคภัณฑ์นั้น
- ปริมาณความร้อนแฝงจากการแข็งตัวของโรคภัณฑ์นั้น
- ปริมาณความร้อนจำเพาะจากการที่โรคภัณฑ์ลดอุณหภูมิแข็งตัวจนถึงอุณหภูมิของการแช่เย็น

2.3.3.1 ปริมาณความร้อนจำเพาะ ทั้งก่อนแข็งตัวและหลังแข็งตัว หาได้จากสูตร

	q	=	$w C \Delta T$
เมื่อ	q	=	ปริมาณความร้อนจำเพาะที่ถ่ายเท Btu
	w	=	น้ำหนักของโรคภัณฑ์ lb
	c	=	ค่าความร้อนจำเพาะ Btu/lbF
	ΔT	=	อุณหภูมิแตกต่าง = อุณหภูมิสูง - อุณหภูมิต่ำ F

2.3.3.2 ปริมาณความร้อนแฝง หาได้จากสูตร

	q	=	$w h L$
เมื่อ	q	=	ปริมาณความร้อนแฝงที่ถ่ายเท Btu
	w	=	น้ำหนักของโรคภัณฑ์ lb
	hL	=	ค่าความร้อนแฝง Btu/lbF

ปริมาณความร้อนจากโรคภัณฑ์ที่ต้องการแช่แข็ง ดังคำนวณมาข้างต้นเป็นปริมาณความร้อนที่พิจารณาในเวลา 24 ชั่วโมง แต่ในงานแช่เย็นบางครั้งต้องการแช่เย็นให้ได้ อุณหภูมิตามต้องการในเวลาจำกัด ดังนั้นภาระการทำความเย็นของระบบทำความเย็นต้องมากกว่าที่คำนวณไว้

$$\text{ภาระการทำความเย็น} = \frac{\text{ปริมาณความร้อนจากโรคภัยไข้เจ็บ}}{\text{เวลาที่ต้องการทำให้เย็น}}$$

2.3.4 ความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและจากผูปฏิบัติงานในห้องเย็น

ปริมาณความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถหาได้เช่นเดียวกับที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.2.4 คือ คำนวณจํานวนวัตต์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดนั้น ๆ

ปริมาณความร้อนจากผูปฏิบัติงานในห้องเย็นหาได้จากตาราง ซึ่งกำหนดเป็นปริมาณความร้อนต่อคน

2.3.5 การคำนวณภาระของการทำความเย็นโดยวิธีลด

ในระบบทำความเย็นขนาดเล็ก (ขนาดความจุต่ำกว่า 1,600 ลูกบาศก์ฟุต) ซึ่งใช้สำหรับงานทั่วไป เป็นการยากที่จะบ่งเฉพาะไปว่าโรคภัยไข้เจ็บที่บรรจุอยู่เป็นอะไร กรณีดังกล่าวนี้สามารถคำนวณภาระของการทำความเย็นได้โดยวิธีลด

2.3.5.1 ปริมาณความร้อนถ่ายเทผ่านผนัง ในกรณีที่ผนังแต่ละด้านมีค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดใกล้เคียงกัน สามารถใช้ค่าเฉลี่ยได้ ขณะเดียวกันจะสามารถรวมพื้นที่ของผนังแต่ละด้านเข้าด้วยกัน เพื่อคำนวณปริมาณความร้อนถ่ายเทผ่านผนังได้ในครั้งเดียว

2.3.5.2 ภาระเนื่องจากการใช้งาน สามารถคำนวณได้โดย

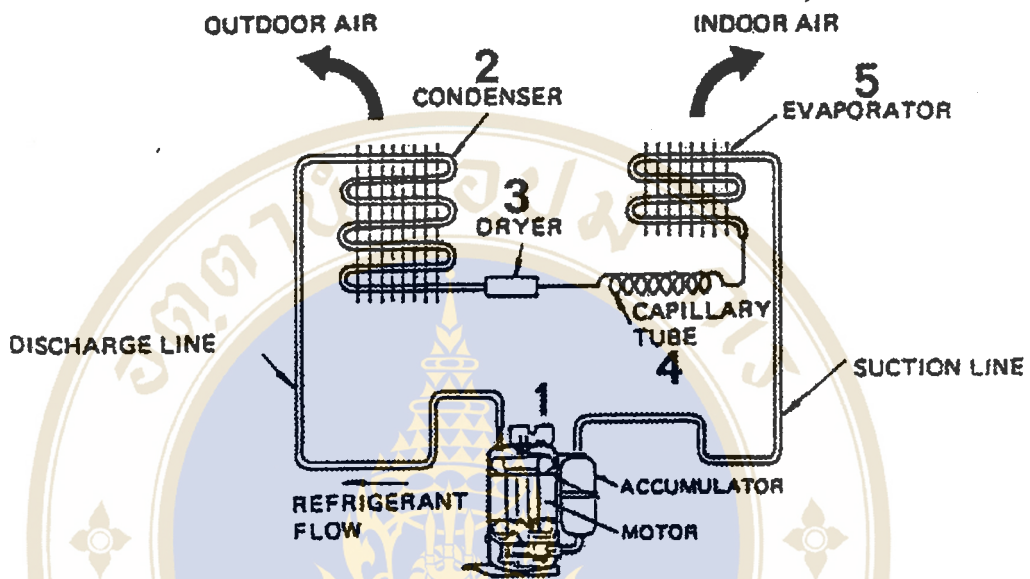
$$\text{ภาระเนื่องจากการใช้งาน} = \text{ปริมาตรภายในห้องเย็น} \times \text{แฟกเตอร์การใช้งาน}$$

2.4 หลักการทำความเย็น

การทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นในปัจจุบันนั้น จะอาศัยคุณสมบัติพิเศษของสารทำความเย็นชนิดต่างๆ กล่าวคือ สารทำความเย็นที่นำมาใช้นั้นจะมีสถานะเป็นของเหลว เมื่อนำมาทำการลดความดันลงจะทำให้สารทำความเย็นเดือด และในขณะที่สารทำความเย็นเดือดนั้นก็จะดึงความร้อนที่อยู่รอบ ๆ ตัวเข้ามาช่วยในการเดือดและกลายเป็นสถานะเป็นแก๊ส สำหรับขนาดของความดันที่ลดลงจนทำให้เกิดการเดือดและกลายเป็นแก๊สนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดและเบอร์ของสารทำความเย็น โดยจะเห็นได้จากเครื่องทำความเย็นบางเครื่องความดันทางด้าน High Side กับ Low Side จะมีความแตกต่างกันเพียงไม่ถึง 10 ปอนด์ ในขณะที่บางเครื่องอาจมีความแตกต่างกันเป็น 100 ปอนด์

2.4.1 วงจรทำความเย็น

วงจรทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นจะประกอบด้วย 5 ส่วนสำคัญ ดังรูป



ภาพที่ 7 วงจรทำความเย็น

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) มีหน้าที่รับสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นแก๊สร้อน ความดันต่ำเข้ามาเพื่อทำการอัดให้เป็นสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นแก๊สร้อนความดันสูง
2. คอนเดนเซอร์ (Condenser) มีหน้าที่รับสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นแก๊สร้อน ความดันสูงมาระบายความร้อนออก เพื่อให้เป็นสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นของเหลวความดันสูง
3. ดรายเออร์ (Dryer) มีหน้าที่กรองสิ่งสกปรกและความชื้นออกจากสารทำความเย็น
4. แคปิลารีทิวบ์ (Capillary tube) หรือบางวงจรอาจเลือกใช้ เอ็กแพนชันวาล์ว (Expansion Valve) มีหน้าที่รับสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นของเหลวความดันสูงมาลดความดันลงและฉีดออกเป็นละอองสารทำความเย็นที่มีความดันต่ำ
5. อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator) มีหน้าที่รับละอองสารทำความเย็นเข้ามาเดือดกลายเป็นสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นแก๊สร้อนความดันต่ำ

2.4.2 การทำงานของวงจรทำความเย็น

เมื่อจ่ายไฟให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน คอมเพรสเซอร์จะดึงสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สร้อนความดันต่ำจากอีแวปอเรเตอร์เข้ามาทำการอัดให้มีความดันสูงขึ้น และส่งสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สร้อนความดันสูงไปยังคอนเดนเซอร์ คอนเดนเซอร์จะทำการระบายความร้อนแฝงที่อยู่ในสารทำความเย็นออก ทำให้สารทำความเย็นเกิดการควบแน่นจนกลายเป็นของเหลวความดันสูงส่งต่อไปยังดรายเออร์ ดรายเออร์จะทำการกรองสิ่งสกปรกและความชื้นที่มากับสารทำความเย็นออกก่อนส่งต่อไปยังแคปพิลารีทิวบ์ แคปพิลารีทิวบ์จะรับสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวความดันสูงเข้ามาทำการลดความดันลงและฉีดเป็นละอองส่งต่อไปยังอีแวปอเรเตอร์ เมื่อละอองสารทำความเย็นถูกลดความดันลงและฉีดเข้าไปในอีแวปอเรเตอร์สารทำความเย็นจะเกิดการเดือดและดึงความร้อนที่อยู่รอบข้างเข้ามาช่วยในการเดือด โดยความร้อนที่ถูกดึงเข้ามานั้นจะได้จากของที่นำเข้ามาแช่ (ในกรณีที่เป็นตู้เย็น) หรือกระแสลมที่พัดผ่าน (กรณีที่เป็นเครื่องปรับอากาศ) เมื่อสารทำความเย็นเดือดหมดก็จะกลายสถานะเป็นแก๊สร้อน ความดันต่ำส่งไปที่คอมเพรสเซอร์เพื่ออัดให้เป็นแก๊สร้อนความดันสูงอีกครั้งหนึ่ง จากวัฏจักรของการทำงานข้างต้นจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของสารทำความเย็นที่สมบูรณ์ จะทำให้ได้ประสิทธิภาพของการทำความเย็นที่สมบูรณ์ด้วย จึงได้มีการนำพัดลมเข้ามาช่วยในการเปลี่ยนสถานะ คือ ณ ตำแหน่งคอนเดนเซอร์ได้ติดตั้งพัดลมเพื่อเป่าลมช่วยระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นที่เป็นแก๊สร้อนนั้นเมื่อผ่านคอนเดนเซอร์แล้วกลายเป็นของเหลวทั้งหมดและ ณ ตำแหน่งอีแวปอเรเตอร์จะติดตั้งพัดลมเพื่อเป่าลมผ่าน ความร้อนแฝงที่มากับลมจะถูกถ่ายเทผ่านอีแวปอเรเตอร์ไปยังละอองสารทำความเย็นภายใน ช่วยให้ละอองสารทำความเย็นที่ฉีดเข้ามาในอีแวปอเรเตอร์เดือดและกลายสถานะเป็นแก๊สร้อนทั้งหมด ลมที่เป่าผ่านอีแวปอเรเตอร์ออกมาจึงกลายเป็นลมเย็นและถูกนำมาใช้ในการปรับอากาศในที่สุด

2.5 น้ำยาของระบบทำความเย็น

2.5.1 หน้าที่ของน้ำยาของระบบทำความเย็น

น้ำยาของระบบทำความเย็น (Refrigerant) เรียกกันในวงการเครื่องเย็นว่า “น้ำยา” และศัพท์บัญญัติโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยว่า “สารทำความเย็น” คือ สารตัวกลางสำหรับถ่ายเทความร้อน โดยการดูดซึมความร้อนเข้าสู่ตัวเองที่อุณหภูมิและความดันต่ำและถ่ายเทความร้อนออกจากตัวเองที่อุณหภูมิและความดันสูง

2.5.2 น้ำยาที่นิยมใช้ในระบบทำความเย็น

2.5.2.1 อากาศใช้เป็นน้ำยาของระบบทำความเย็นด้วยอากาศซึ่งให้อยู่ในเครื่องบิน ถ้าใช้ในระบบที่ทำงานอยู่ระหว่าง 86°F และ 5°F จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ 1.67 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้น้ำยาชนิดอื่นปรากฏว่ามีค่าต่ำกว่า ดังนั้นระบบที่ใช้อากาศเป็นน้ำยา จึงต้องใช้กำลังงานในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์มาก แต่เมื่อคำนึงถึงน้ำหนักของเครื่องแล้วจะเบากว่า เครื่องแบบอื่น ๆ

2.5.2.2 แอมโมเนีย ใช้ในระบบทำความเย็นของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และในห้องเย็นอุณหภูมิต่ำ เช่น อุตสาหกรรมห้องเย็นและห้องเย็นของสะพานปลา เป็นต้น โรงงานที่ใช้แอมโมเนียในระบบทำความเย็น ต้องมีการฝึกอบรมพนักงานควบคุมเป็นอย่างดี และระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนียควรอยู่ในบริเวณที่มีประชาชน หรือคนงานไม่มากนัก เพราะแอมโมเนียมีพิษต่อร่างกาย

2.5.2.3 คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นน้ำยาประเภทที่ไม่เป็นพิษ ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายก่อนที่จะมีการนำเอาน้ำยาประเภทฮาโลเจนไฮโดรคาร์บอนมาใช้งาน ปัจจุบันปรากฏว่าใช้เฉพาะในระบบทำความเย็นอุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้ เนื่องจากต้องใช้กำลังงานในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์สูง ในระบบทำความเย็นที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ร่วมกับระบบทำความเย็นอีก ระบบหนึ่งซึ่งใช้น้ำยาอย่างอื่น และใช้น้ำยาของระบบดังกล่าวมาหล่อเย็นคอนเดนเซอร์ของระบบทำความเย็นที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นน้ำยา

2.5.2.4 R-11 เป็นน้ำยาที่ขณะเมื่อมีความดัน และอุณหภูมิเท่ากับบรรยากาศจะมีสภาพเป็นของเหลว แต่ถ้าจะให้กลายเป็นไอภายในอีแวปอเรเตอร์ ต้องมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ดังนั้นระบบทำความเย็นที่ใช้ R-11 เป็นน้ำยาจะต้องมีระบบป้องกันอากาศรั่วไหลเป็นอย่างดี คุณสมบัติของ R-11 อีกอย่างคือปริมาณจำเพาะมีค่าสูง ดังนั้นคอมเพรสเซอร์ที่จะใช้กับระบบ R-11 ต้องเป็นแบบแรงเหวี่ยง

2.5.2.5 R-12 เป็นน้ำยาในประเภทฮาโลเจนไฮโดรคาร์บอน ที่เป็นพิษน้อยที่สุด นิยมใช้กับระบบทำความเย็นของบ้านเรือนและ ระบบปรับอากาศในอุตสาหกรรม จุดประสงค์ของ R-12 คือความดันของการทำงานในช่วงที่พอดี, กำลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ต่ำ, ไม่เป็นพิษ และไม่กัดกร่อน R-12 นี้ นิยมใช้กับคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

2.5.2.6 R-22 เหมาะสมที่จะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เป็นน้ำยาประเภทฮาโลเจนไฮโดรคาร์บอนเช่นเดียวกับ R-12 จึงไม่เป็นพิษเช่นเดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณจำเพาะจะมีค่าค่อนข้างสูง กล่าวคือที่อุณหภูมิ -75°F จะมีปริมาณจำเพาะ 8.3 cu.ft/lb และมีความดัน 5.6 psig

ความดันที่เหมาะสมจะใช้งานในคอนเดนเซอร์เท่ากับ 300 psig และความดันของอีแวปอเรเตอร์ 225 psig

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของ R-12 และ R-22 จะได้ดังนี้ จุดเด่นของ R-12 เหนือกว่า R-22 คือ ราคาถูกกว่า, ความดันภายในคอนเดนเซอร์ต่ำกว่า, แนวน้ำมันของการรั่วมีน้อยกว่า, อุณหภูมิที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ต่ำกว่า แต่ขณะเดียวกัน R-22 มีจุดเด่นเหนือ R-12 คือ ปริมาตรจำเพาะน้อยกว่า ดังนั้นคอมเพรสเซอร์ของระบบทำความเย็นที่ใช้ R-22 จึงมีขนาดเล็กกว่า ขนาดของมอเตอร์ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ R-12 และ R-22 มีขนาดเกือบเท่ากัน และ R-22 สามารถดูดซึมความชื้นเข้าสู่ตัวเองได้มากกว่า

2.5.2.7 สารทำความเย็น R-134a (HCF-134a) ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้แทนสารทำความเย็นตัวเก่าซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะทางเทอร์โมไดนามิกส์ ใกล้เคียงกับสารทำความเย็น R-12 มาก สารทำความเย็น R-134a นี้เหมาะที่จะใช้กับเครื่องปรับอากาศรถยนต์ ตู้เย็นและตู้แช่ เนื่องจากค่าในการทำลายโอโซน (ODP) มีค่าเป็นศูนย์ และค่าที่ทำให้โลกร้อนขึ้น (GWP) มีค่าต่ำมาก

- ODP (Ozone depletion potential) หมายถึง ค่าแสดงถึงศักยภาพในการทำลายชั้นโอโซนของบรรยากาศโลก
- GWP (Global warming potential) หมายถึง ค่าแสดงถึงศักยภาพในการทำให้โลกร้อนขึ้น ชั้นโอโซนของบรรยากาศโลก

ตารางที่ 7 คำนวณ ODP และ GWP ของสารทำความเย็น

สารทำความเย็น	R-11	R-12	R-22	R-502	R-123	R-134a
	CFC-11	CFC-12	HCFC-22	CFC-502	CHCFC-123	HFC-134a
ODP	1.0	1.0	0.05	0.23	0.02	0.0
GWP	1.0	2.8	0.34	3.75	0.02	0.26

ที่มา : วารสารเทคนิคปีที่ 13 ฉบับที่ 143 มกราคม 2540

2.5.2.8 น้ำ ใช้เป็นน้ำยาของระบบการทำความเย็นด้วยไอน้ำ น้ำจัดว่าเป็นน้ำยาที่ราคาถูก และไม่เป็นพิษ มีค่าความร้อนแฝงของการกลายเปลี่ยนไอน้ำสูง แต่ปริมาตรจำเพาะสูงจึงต้องใช้คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง น้ำนอกจากจะใช้ในระบบการทำความเย็นด้วยไอน้ำแล้ว ยังใช้ร่วมกับลิเทียมโบรไมด์ในระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมความร้อนด้วย primary refrigerant

2.6 ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ EER = $\frac{\text{ปริมาณความเย็นของเครื่อง}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้}}$

ตัวอย่างเช่น เครื่องปรับอากาศ 18,000 บีทียู/ชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 1,800 วัตต์

$$EER = \frac{18,000}{1,800} = 10 \text{ บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์}$$

ตารางที่ 8 การแบ่งระดับของค่า EER

ระดับค่า หน่วย บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์	เครื่องปรับอากาศ		
	ชนิดหน้าต่าง	ชนิดติดฝาผนัง	ชนิดแยกส่วนตั้งพื้น
มีประสิทธิภาพสูง	9 – 10	10 – 13	9 – 11
มีประสิทธิภาพปานกลาง	8 – 9	8 – 10	8 – 9
มีประสิทธิภาพต่ำ	7.5 – 8	7.5 – 8	6 – 8

ที่มา : โครงการประชาร่วมใจ ใช้เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟฟ้า

หมายถึง การใช้กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ ได้ความเย็น 10 บีทียู/ชั่วโมง ดังนั้น ค่า EER ยิ่งสูง แสดงว่า ใช้กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ แต่ให้ความเย็นสูงขึ้น ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 9 กำหนดระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

เบอร์	EER (BTU/วัตต์)
1	น้อยกว่า 7.6
2	7.6-8.6
3	8.6-9.6
4	9.6-10.6
5	มากกว่า 10.6

EER เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศ ประมาณ 7

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบการกินไฟ - ค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศระดับประสิทธิภาพต่าง ๆ

เบอร์	EER (BTU/วัตต์)	ใช้ไฟ (วัตต์)	ค่าไฟ (บาท/ปี)
1*	7	1,471	12,664*
2	8	1,500	11,081
3	9	1,333	9,847
4	10	1,200	8,865
5*	11.56	1,038	7,668*

หมายเหตุ - ข้อมูลเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 บีทียู
 - ใช้วันละ 8 ชั่วโมง ค่าไฟฟ้า 2.53 บาท/หน่วย

ตารางที่ 11 MINIMUM EER AIR CONDITION FOR VARIOUS COUNTRIES

	PHILPINES	TIWAN	JAMAICA	TEXAS UTILITY	USA.[DOE] 1990	USA.[DOE] 3 Y.AFTER	THAILAND [LEVEL 3]
EER	7.9	8.6	9.55	7.92	8.5	10.7	≥8.6 <9.6

ประสิทธิภาพ (EER) บีทียู ต่อวัตต์

ระดับ 5 เป็นระดับประสิทธิภาพดีมาก	≥ 10.6	(ตั้งแต่ 10.6 ขึ้นไป)
ระดับ 5 เป็นระดับประสิทธิภาพดี	≥ 9.6 < 10.6	(ตั้งแต่ 9.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 10.6)
ระดับ 5 เป็นระดับประสิทธิภาพปานกลาง	≥ 8.8 < 9.6	(ตั้งแต่ 8.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 9.6)
ระดับ 5 เป็นระดับประสิทธิภาพพอใช้	≥ 7.6 < 8.6	(ตั้งแต่ 7.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.6)
ระดับ 5 เป็นระดับประสิทธิภาพต่ำ	≥ 7.6	(ต่ำกว่า 7.6)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 ชาติ ฤทธิหิรัญ (13) ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอิตัลไทย ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานสูง 16 ชั้น มีพื้นที่ปรับอากาศ 6,380 ตารางเมตร ใช้พลังงานไฟฟ้า 2,063,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี มีค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 640 กิโลวัตต์ ตัวประกอบโหลด 37 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า 3,840,000 บาทต่อปี การเสนอแนวทางและการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่าง โดยการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้รับการตรวจวัดแล้วนั้น สามารถลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง โดยการจัดวางชุดโคม

และใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานแทนระบบที่ใช้อยู่เดิม และการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบ ศูนย์รวมใหม่ แทนเครื่องที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งคาดว่าจะลดการพลังงานลงได้ประมาณ 440,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ประมาณ 890,000 บาทต่อปี ซึ่งผลตอบแทนการลงทุนต่อการปรับปรุงระบบแสงสว่าง จะให้ผลตอบแทนสูงถึง 49 เปอร์เซ็นต์ต่อปี แต่การปรับปรุงในส่วนของระบบปรับอากาศจะให้ผลตอบแทนเพียง 15 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

2.7.2 เกียรณัย เล็กอุทัย (14) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจัดทำบัญชีพลังงานและการประหยัด พลังงานไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต พบว่า มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยเดือนละ 375,671.51 กิโลวัตต์/ชั่วโมง คิดเป็นเงิน 646,060.82 บาท มีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 1335.86 และในส่วนของอาคารที่ทำการศึกษา พบว่า มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารที่ทำการศึกษา ในระบบปรับอากาศเฉลี่ยร้อยละ 29.41 ไฟฟ้า ระบบแสงสว่างเฉลี่ยร้อยละ 31.51 และระบบอุปกรณ์อื่น ๆ อีกเฉลี่ยร้อยละ 39.08 และสามารถ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้โดยการปรับปรุงหม้อแปลงไฟฟ้า โดยการรวมหม้อแปลงไฟฟ้าบางลูก เข้าด้วยกัน จะประหยัดพลังงานได้ 20,464.24 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นเงิน 33,766 บาทต่อปี และการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าชนิดประหยัดพลังงานจะประหยัดพลังงานได้ 85,624.32 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นเงิน 141,280.13 บาทต่อปี

2.7.3 สุภารัตน์ ปริชาธเสฏฐ์ (15) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าใน วิทยาลัยเทคนิคเพื่อการประหยัดพลังงาน กรณีศึกษาวิทยาลัยเทคนิคสระบุรี พบว่า วิทยาลัยเทคนิค สระบุรี มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 853,660 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า สูงสุด ในระบบปรับอากาศถึงร้อยละ 54 รองลงมาได้แก่ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบ เครื่องจักร อุปกรณ์ ตามลำดับ คำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 223.85 กิโลวัตต์/ชั่วโมง ต่อคนต่อปี อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 2.86 บาท ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ค่ากำลังส่องสว่างเฉลี่ย เท่ากับ 10.86 วัตต์ต่อตารางเมตร เป็นไปตามที่ พ.ร.บ.การอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 กำหนด และค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 กิโลวัตต์ต่อตัน ซึ่งมีค่า สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

2.7.4 เกียรณัย มาสมาน (16) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน โรงพยาบาล และอุปกรณ์วัดกำลังงานไฟฟ้าพบว่า โรงพยาบาลที่ทำการศึกษา ใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศร้อยละ 54.4 ระบบแสงสว่างร้อยละ 28.4 และระบบอุปกรณ์อื่น ๆ อีกร้อยละ 17.1 คำนวณการใช้กำลังงานไฟฟ้ารวมต่อพื้นที่ 39.4 วัตต์ต่อตารางเมตร และ 37.75 กิโลวัตต์ชั่วโมง ต่อวันต่อเตียง ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเดือนละ 348,110 บาท และค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.65 ซึ่งมีค่าต่ำต้องทำการปรับปรุง

จากผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการพลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน โรงพยาบาล สถานศึกษาส่วนใหญ่พบว่า มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าพลังงานในรูปแบบอื่น และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร แยกตามระบบต่าง ๆ

ประเภทอาคาร	ระบบปรับอากาศ (%)	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (%)	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	5-30

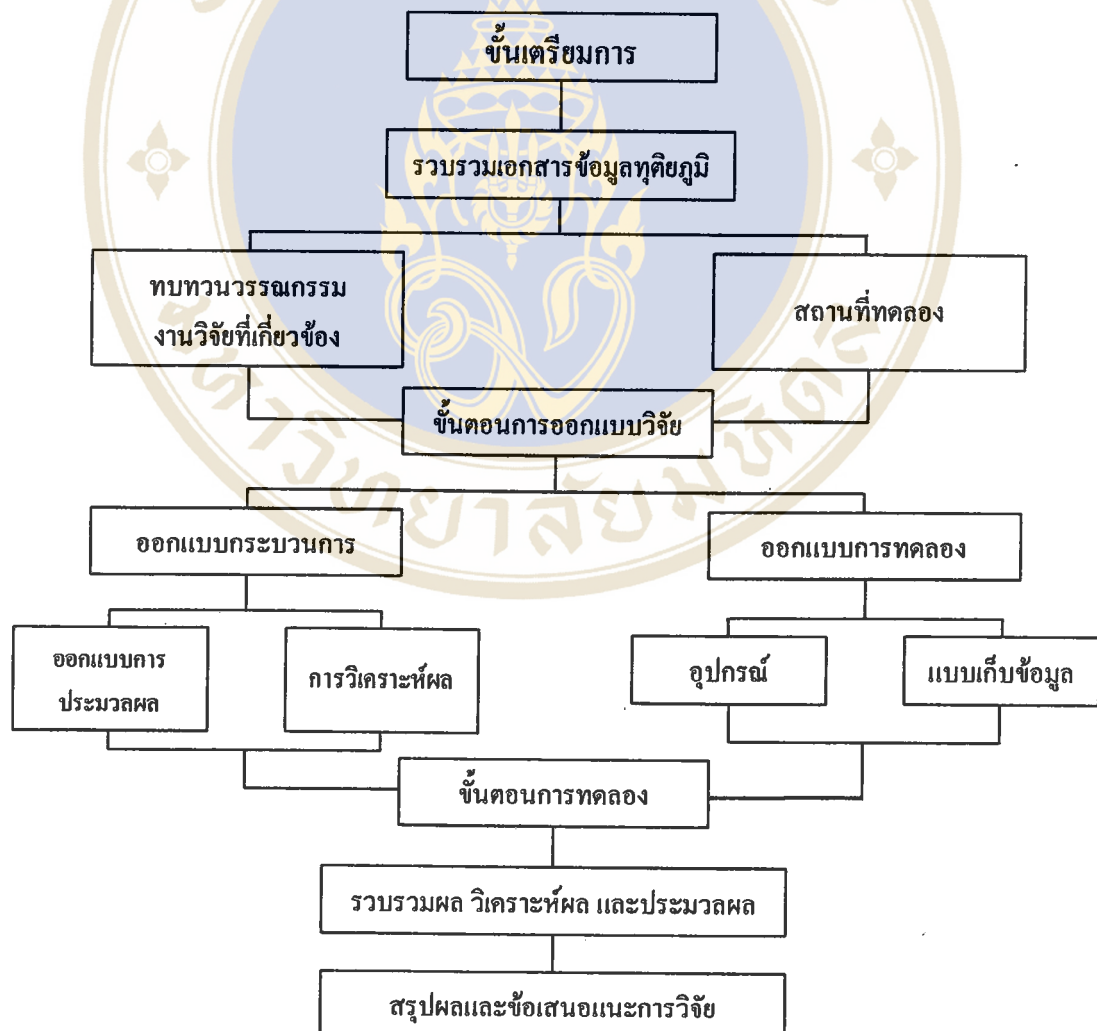
ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว การพิจารณาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงมุ่งเน้นที่ระบบปรับอากาศเป็นสำคัญ ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ คือ การซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ และมีการดูแลรักษาที่น้อยที่สุด เช่น ทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ คอยล์ทำความเย็น หรือคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย มีการลงทุนไม่มาก และมีระยะเวลาคืนทุนสั้น สามารถดำเนินการได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ

จากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยจะเห็นได้ว่ายังไม่มีผู้ใดทำการวิจัยในเรื่องที่ผู้วิจัยกำลังทำการวิจัยอยู่เลยและจากรายงานการวิจัยดังกล่าว การประหยัดพลังงานไฟฟ้ามุ่งเน้นที่ระบบปรับอากาศ จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาว่า การจะลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต้องปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ โดยการนำน้ำที่เกิดจากการควบแน่นกลับขึ้นไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์

บทที่ 3

การวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ โดยนำน้ำที่เกิดจากการควบแน่นไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ ในการดำเนินการวิจัยได้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินการ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 8 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิจัย

3.1 ขั้นตอนเตรียมการวิจัย

3.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบเครื่องปรับอากาศ

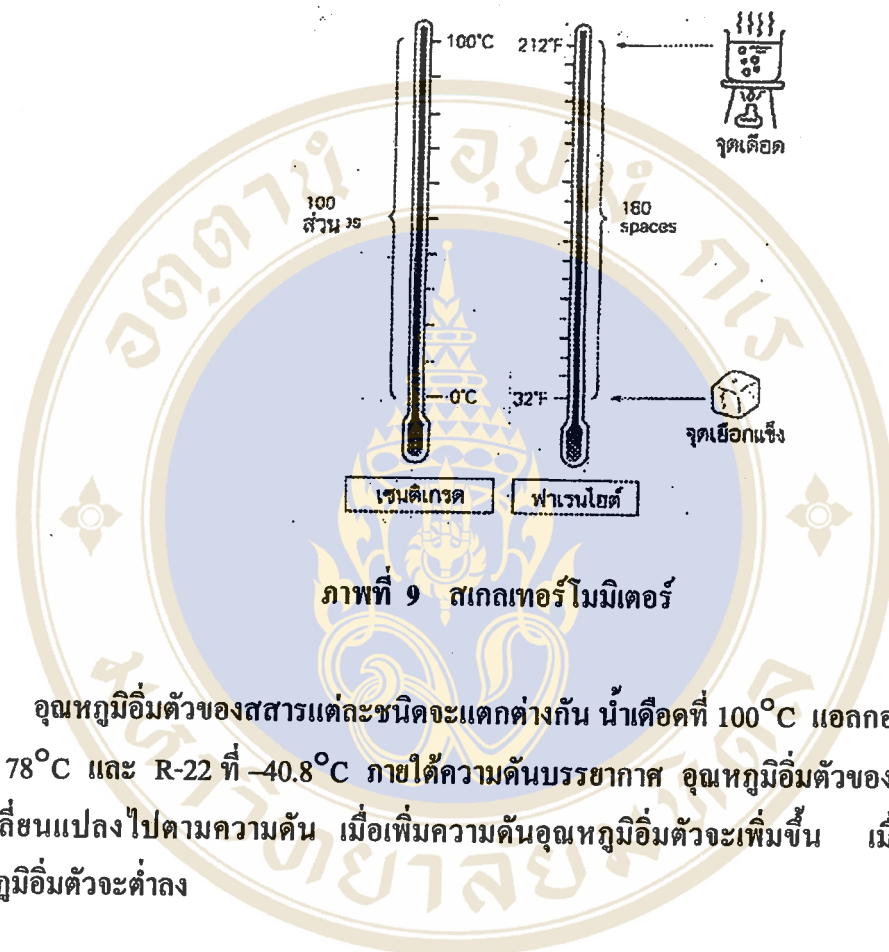
3.1.1.1 ข้อมูลข้อกำหนดวิศวกรรมการออกแบบและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 13 ข้อมูลมาตรฐานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 18,000 บีทียู

ส่วนที่อยู่ภายใน		AH – 187C
Indoor Unit Model		
ส่วนที่อยู่ภายนอก		AU – 187C
Outdoor Unit Model		
กำลังความเย็น		18,300
Cooling Capacity (BTU/h)		
Start up (BTU/h)		18,300
Running (BTU/h)		
ฟิสิกส์กระแสไฟฟ้า	Start up (A)	7.8
Current (A)	Running (A)	
การควบคุมความชื้น		1.7
Humidity Control		
การหมุนเวียนของอากาศ		16.5
Air Circulation (Cu.m/min)		
กำลังไฟฟ้า		1,698
Power Input (W)		
ปริมาณของน้ำยา R-22 (g)		1,340
Refrigerant R-22 (g)		
ฟิวส์		20
Fuse (A)		
ค่าประสิทธิภาพความเย็น EER		10.77
Energy Efficiency Ratio (BTU/Whr)		

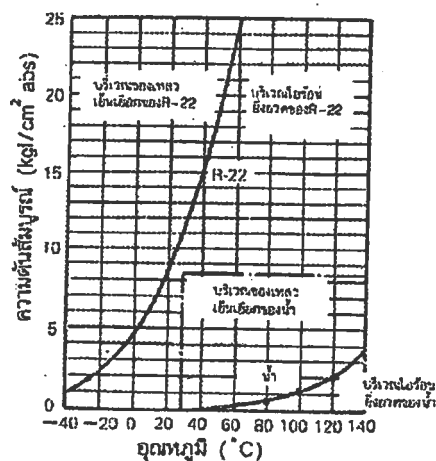
3.1.1.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอุณหภูมิ

อุณหภูมิ คือตัววัดความเข้มของความร้อนหรือระดับความร้อนของสสาร
อุณหภูมิแสดงถึงองศาของความอุ่นหรือร้อนหรือเย็นของสสารหรือวัตถุ



ภาพที่ 9 สเกลเทอร์โมมิเตอร์

อุณหภูมิอิมตัวของสสารแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน น้ำเดือดที่ 100°C แอลกอฮอล์กลายเป็นไอที่ 78°C และ R-22 ที่ -40.8°C ภายใต้ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิอิมตัวของของเหลวหรือไอเปลี่ยนแปลงไปตามความดัน เมื่อเพิ่มความดันอุณหภูมิอิมตัวจะเพิ่มขึ้น เมื่อลดความดันอุณหภูมิอิมตัวจะต่ำลง



ภาพที่ 10 แผนภูมิการอิมตัว แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของน้ำ และ R-22

อุณหภูมิในห้อง	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	33°C	DB
	อุณหภูมิกระเปาะเปียก	27°C	WB
อุณหภูมิในห้อง	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	26°C	DB
	อุณหภูมิกระเปาะเปียก	19.5°C	WB

3.1.2 ข้อมูลเพื่อการออกแบบอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่

3.1.2.1 หัวฉีดสเปรย์น้ำ ต้องดูปริมาณน้ำที่จะฉีดและปริมาณของการฉีด จะต้องพ่นเป็นละอองให้เล็กที่สุด เนื่องจากจะช่วยประหยัดน้ำและยังสามารถช่วยให้เพิ่มระยะการฉีดได้หลายครั้งขึ้น



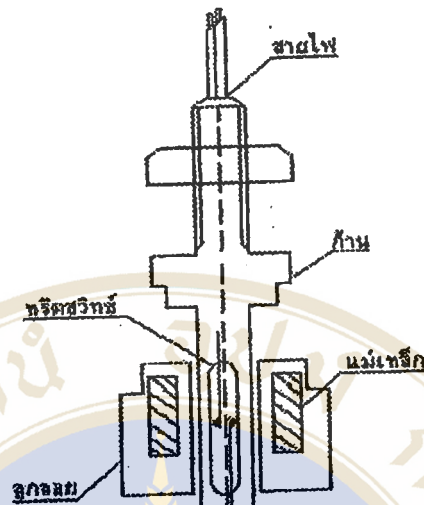
ภาพที่ 11 หัวฉีดสเปรย์

หลักการทำงานของการทำงานฉีดสเปรย์ การทำงานนั้นเราจะเอาน้ำที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีภาชนะที่ได้ออกแบบรองรับไว้ โดยมีปั๊มที่ได้นำมาติดตั้งไว้กับกระบอกรองรับ จะทำหน้าที่สูบน้ำไปยังสายที่ต่อเข้าไปยังหัวสเปรย์ เมื่อน้ำเข้ามายังหัวสเปรย์ก็จะถูกอัดออกมาเป็นฝอยตามช่วงเวลาที่ติดตั้งไว้ที่ชุดควบคุม ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับระดับน้ำที่ไหลเข้ามาในภาชนะรองรับน้ำ เพราะตัวกลอยจะทำหน้าที่ตัดวงจรเมื่อน้ำลดต่ำลงตามที่กำหนดเอาไว้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้ปั๊มทำการฉีดสเปรย์โดยที่ไม่มีน้ำอยู่ในภาชนะเก็บน้ำตามที่ได้กำหนดไว้ ระยะเวลาในการที่ปั๊มทำการฉีดสเปรย์นั้นจะต้องมีการทดลองให้ได้ก่อนว่าใน 1 ชั่วโมง จะได้น้ำ 1 ลิตร เราจึงสามารถทำการตั้งเวลาได้ โดยจะทำการตั้งเวลาในการฉีดสเปรย์เอาไว้ที่ 4-5 วินาที และช่วงเวลาในการหยุดทำงานของปั๊มในการฉีดสเปรย์นั้นจะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 16-18 วินาที (ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ออกมาจากเครื่องปรับอากาศตามที่ได้กล่าวเอาไว้ข้างต้นด้วย)

3.1.2.2 สวิตช์ลูกลอย เป็นสวิตช์ขนาดเล็ก ตัวลูกลอยทำด้วยวัสดุโพลีเอซีตัส (พลาสติก) จึงทำให้มีน้ำหนักเบา ภายในกระเปาะลอยจะฝังแม่เหล็ก โดยห่อหุ้มด้วยวัสดุ Buna-n ตามลักษณะโครงสร้าง

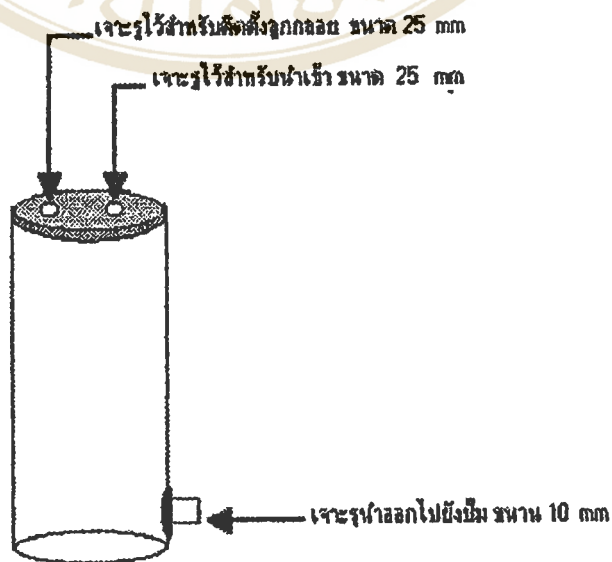


การนำไปใช้งานและหลักการทำงานของสวิตช์ลูกลอย สวิตช์ลูกลอยควบคุมระดับน้ำจะติดตั้งไว้ในภาชนะน้ำที่จากเครื่องปรับอากาศ ตำแหน่งที่จะวางลูกลอยจะวางระดับต่ำสุดของน้ำในภาชนะรับน้ำ เพื่อส่งระบบควบคุมให้หยุดทำงาน ในขณะที่น้ำในภาชนะมีน้อย ในทางกลับกันถ้ามีน้ำมากลูกลอยก็จะสั่งชุดควบคุมการทำงาน โดยภายในสวิตช์ลูกลอยจะมีสวิตช์ที่เป็นทั้ง “NO” และ “NC” อยู่ในตัว ถ้าน้ำมีมากก็จะดันลูกลอยให้ลอยขึ้น ทำให้สวิตช์ปิด (NC) เมื่อน้ำลดลงต่ำกว่าลูกลอยจะทำให้สวิตช์เปิด (NO) ชุดควบคุมก็จะหยุดทำงาน



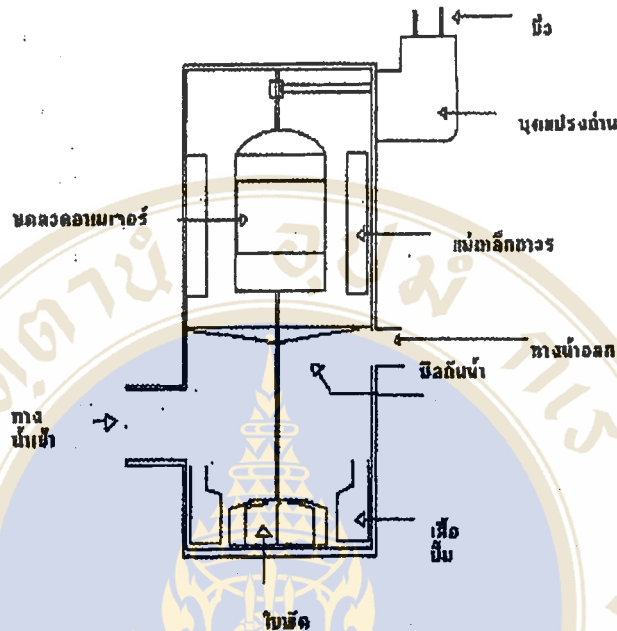
ภาพที่ 13 โครงสร้างภายในสวิตช์ลูกกลิ้ง

3.1.2.3 ภาชนะรับน้ำทั้งจากเครื่องปรับอากาศ ควรเป็นภาชนะที่รองรับน้ำได้ไม่รั่วซึมและสามารถติดตั้งลูกกลิ้งได้ ความจุของภาชนะควรบรรจุน้ำได้ 1 ลิตร ถึง 2 ลิตร และควรทำที่ยึดให้แข็งแรงด้วยการเจาะรูภาชนะด้านบน สำหรับน้ำที่ออกจากเครื่องปรับอากาศเข้า และอีกรูเจาะสำหรับติดตั้งลูกกลิ้งควบคุมระดับน้ำด้านฝาปิด ส่วนด้านล่างเจาะรูสำหรับน้ำเข้าหม้อเตอร์ปั้มน้ำจะออก เป็นแบบสี่เหลี่ยมหรือรูปทรงกลมก็ได้



ภาพที่ 14 ภาชนะรองรับน้ำ

3.1.2.4 ป้อนน้ำ เป็นปั๊มฉีดน้ำกระจกรถยนต์ ขนาด 12 โวลต์ DC. มีส่วนประกอบภายใน ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 มอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ DC.

3.1.3 ข้อมูลปริมาณน้ำทิ้งที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ เพื่อนำไปใช้ในการระบายความร้อนให้คอนเดนเซอร์ ดังตารางที่ 14 ตารางที่ 15 และตารางที่ 16

ตารางที่ 14 การเก็บปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 บีทียู ครั้งที่ 1

วัน เดือน ปี	เวลา	อุณหภูมิในการเปิดเครื่อง (องศา C)	อุณหภูมิภายนอกห้อง (องศา C)	อุณหภูมิภายในห้อง (องศา C)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)
6/10/42	08.30-11.30	24	32	23	4,000
6/10/42	20.30-23.30	26	29	24	3,100
7/10/42	08.20-11.30	24	34	23	4,550
7/10/42	20.30-23.30	26	32	24	3,100
8/10/42	08.30-11.30	24	32	22	4,550
8/10/42	20.30-23.30	26	28	24	3,250
9/10/42	08.20-11.30	24	30	22	4,600
9/10/42	20.30-23.30	26	29	21	3,200
10/10/42	08.30-11.30	24	31	22	4,600
10/10/42	20.30-23.30	26	29	24	3,100

ตารางที่ 15 การเก็บปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 บีทียู ครั้งที่ 2

วัน เดือน ปี	เวลา	อุณหภูมิในการเปิด เครื่อง (องศา C)	อุณหภูมิภายนอก ห้อง (องศา C)	อุณหภูมิภายใน ห้อง (องศา C)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)
11/10/42	08.30-11.30	24	30	22	4,550
11/10/42	20.30-23.30	25	28	23	3,250
12/10/42	08.20-11.30	24	32	22	4,550
12/10/42	20.30-23.30	25	28	23	3,180
13/10/42	08.30-11.30	24	30	22	4,600
13/10/42	20.30-23.30	25	28	22	3,300
14/10/42	08.20-11.30	24	30	22	4,600
14/10/42	20.30-23.30	25	27	22	3,400
15/10/42	08.30-11.30	24	32	22	4,000
15/10/42	20.30-23.30	25	30	22	3,200

ตารางที่ 16 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 บีทียู และขนาด 24,000 บีทียู
วัดค่าก่อนการติดตั้ง

ว/ด/ป	ขนาด เครื่อง ปรับอากาศ BTU	อุณหภูมิ ที่ปรับ (องศา C)	อุณหภูมิ ภายนอก	อุณหภูมิ หน้าคอน เดนเซอร์	ขนาด ของห้อง (ลูกบาศก์ เมตร)	ความชื้น ภายใน ห้อง	ปริมาณ น้ำออก จากเครื่อง ปรับอากาศ ลิตร/ชม.	ใช้แรงดัน (V)	กระแส ไฟ (A)
20/12/42	18,000	24	32	36	70	32%	1.2	220	8.5
21/12/42	18,000	24	32	36	70	30%	1.2	220	8.5
22/12/42	18,000	25	32	37	70	30%	0.95	220	8.5
23/12/42	18,000	25	32	36	70	40%	0.9	220	8.5
24/12/42	24,000	24	32	36	72	38%	1.4	220	10.8
27/12/42	24,000	24	32	36	72	30%	1.4	220	10.8
28/12/42	24,000	25	32	36	72	35%	1.3	220	10.8
29/12/42	24,000	25	32	36	72	32%	1.3	220	10.8

หมายเหตุ ค่าความชื้นภายในห้อง วัดในขณะเวลาต่างกัน ณ จุดที่ทำการวัดคือบริเวณกลางห้อง

* สำหรับกรุงเทพฯ ภาวะอากาศภายนอกที่อ้างอิงคือ 35°C DB และ 28.33°C WB ภาวะอากาศที่ต้องการภายในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ สำหรับการปรับอากาศเพื่อความสบาย มีภาวะที่นิยมมากที่สุดคือ 24.5°C DB ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

3.1.4 ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ต่อปี ในระดับประสิทธิภาพ เบอร์ 5

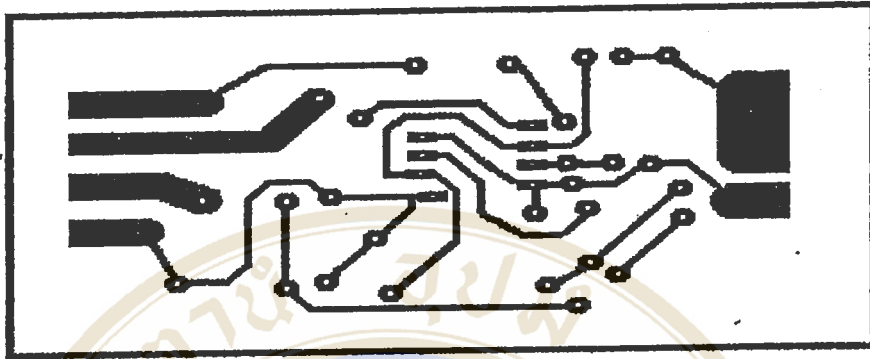
ตารางที่ 17 ค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 บีทียู

ประสิทธิภาพ	10.87	บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์
ค่าไฟฟ้า	11,176.70	บาท/ปี
ใช้พลังงานไฟฟ้า	4,417.67	ยูนิต/ปี

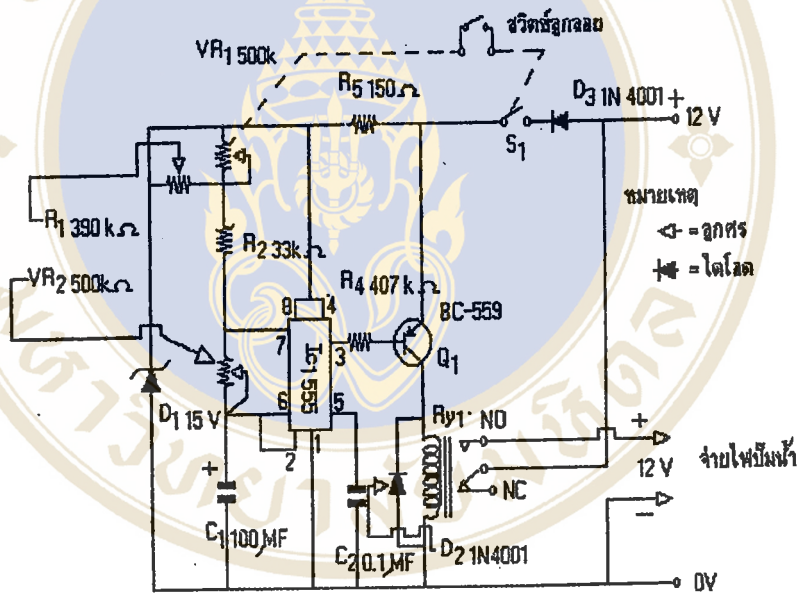
3.2 ขั้นตอนการออกแบบวิจัย

3.2.1 ออกแบบและเขียนวงจรอิเล็กทรอนิกส์วงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมการทำงานของปั๊มนำข้อมูลการทำงานของเครื่องปรับอากาศและปริมาณน้ำทิ้งที่ได้ต่อชั่วโมง เพื่อจะเอามาเป็นข้อมูลในการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำให้เหมาะสม ระหว่างน้ำทิ้งที่ออกมา กับน้ำที่ฉีดออกไประบายความร้อนให้คอนเดนเซอร์ จะต้องให้ได้ปริมาณน้ำทิ้งเท่ากับปริมาณน้ำที่นำออกมาฉีด สำหรับข้อมูลที่ผู้วิจัยได้มาคือ เครื่องปรับอากาศ 18,000 บีทียู จะมีน้ำทิ้งประมาณ 1 ลิตร ถึง 1.5 ลิตร/ชั่วโมง ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในห้องและอุณหภูมิภายนอกห้องด้วย ซึ่งอุณหภูมิที่จะเก็บน้ำได้ 1-1.5 ลิตร นั้น อุณหภูมิภายในห้อง $22-25^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิภายนอกห้อง $32-22^{\circ}\text{C}$ เมื่อได้ข้อมูลมาแล้ว ก็มาออกแบบวงจรควบคุมสำหรับสั่งปั๊มน้ำให้ทำงานและให้หยุดส่วนระยะเวลาที่ตัวควบคุมจะสั่งทำงานคือ ช่วงทำงาน ปั๊มน้ำ 3-15 วินาที ช่วงหยุด 20-55 วินาที

ตัวควบคุมได้นำเอาวงจรตั้งเวลาของเครื่องส่งสัญญาณกันขโมยมาดัดแปลงให้สามารถตั้งช่วงเวลาได้หลายค่าและตั้งเวลาได้นานขึ้น ดังวงจรที่แสดง



ภาพที่ 16 ลักษณะของลายพิมพ์ทองแดงของวงจร



ภาพที่ 17 วงจรควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

การทำงานของวงจร

ไอซีเบอร์ 555 ใช้เป็นตัวออสซิลเลทให้เกิดสัญญาณ (Clock) ตัวต้านทานปรับค่าได้ VR1, ร่วมกับ R1, R2 และตัวเก็บประจุ C1 จะเป็นตัวกำหนดเวลาในการทำงาน ซึ่งสามารถปรับเวลาได้ ช่วงเวลา 3-55 วินาที โดยการปรับ VR1 ส่วน VR2 กับ C1 ร่วมกันเป็นตัวกำหนดพัลส์แคบ ๆ ในการสั่งรีเลย์ ให้ทำงานในช่วง 3-30 วินาที โดยการปรับค่าที่ VR2 เอาท์พุทของไอซีที่ขา 3 จะมาทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน โดยมี R4 ค่า 4.7 k Ω เป็นตัวจำกัดกระแสไบแอสของทรานซิสเตอร์ Q1 จะมาขับรีเลย์ให้ทำงานเปิดปิดหน้าสัมผัสอีกที ไดโอด D2 ทำหน้าที่ป้องกันแรงดันเหนี่ยวนำ

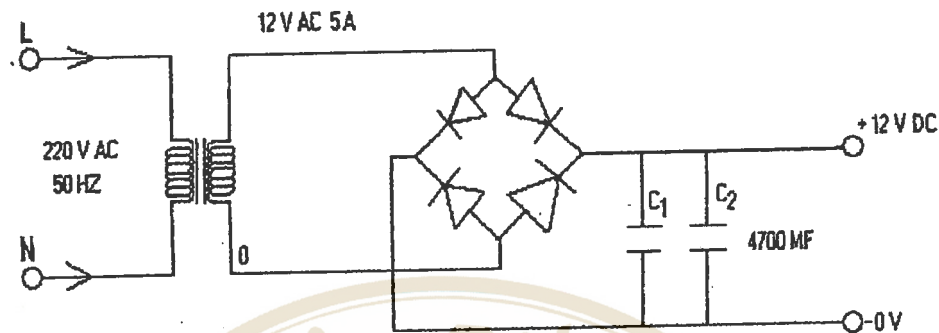
ย้อนกลับที่เกิดจากคอยล์ของรีเลย์ไปทำอันตรายแก่ทรานซิสเตอร์ ส่วนไดโอด D3 ต่ออนุกรมกับไฟเข้าเลี้ยงวงจรป้องกันการผิดพลาดจากการต่อสายขากลับเข้าวงจรผิดทาง D1 ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไม่เกิน 15 โวลท์

รายการอุปกรณ์

- C1 -100 mF 16 V. แบบอิเล็กโทรไลต์
- C2 - 0.1 mF 50 V. แบบไมลาร์
- D1 – ซีเนอร์ 15 V. 400 mw.
- D2, D3 – 1N4001
- IC – 555 timer
- Q - BC 559
- R1 – $390\text{ k}\Omega\ \frac{1}{4}\text{ W } 5\%$
- R2 – $33\text{ k}\Omega\ \frac{1}{4}\text{ W } 5\%$
- R3 - $4.7\text{ k}\Omega\ \frac{1}{4}\text{ W } 5\%$
- R4 - $150\ \Omega\ \frac{1}{4}\text{ W } 5\%$
- VR1 – S1 500 $\text{k}\Omega$ B
- VR2 – 500 $\text{k}\Omega$
- Ry1 - รีเลย์ 12 VDC. 1 คอนแทก รุ่น ME
- แผ่นปรินต์
- สายไฟ, ฎุกบิด

3.2.2 ออกแบบวงจรแปลงไฟเพื่อจ่ายไฟ 12 โวลท์ DC. กับมอเตอร์ปั๊มฉีดน้ำ

สำหรับชุดแปลงไฟให้กับวงจร ก่อนอื่นจะต้องดูที่มอเตอร์ที่กำหนดมาให้ เพราะว่าชุดแปลงไฟให้กับมอเตอร์และชุดควบคุมเป็นชุดเดียวกัน ก่อนอื่นจะต้องตรวจสอบเช็คการกินกระแสของมอเตอร์และชุดควบคุมก่อน แล้วค่อยจัดหาหม้อแปลง เมื่อได้ค่ากระแสของมอเตอร์และชุดควบคุมแล้ว ก็จัดหาหม้อแปลงและอุปกรณ์เพื่อมาประกอบวงจร ดังรูป



ภาพที่ 18 วงจรจ่ายไฟ DC 12 โวลต์

รายการอุปกรณ์ของชุดแปลงไฟ

- หม้อแปลงขนาด 220 V. ออก 12 V.ขนาด 5 A.
- ไดโอดเรกติฟาย 12A.
- ชิงค์ระบายความร้อน
- กล่องประกอบอุปกรณ์
- คาปาซิเตอร์ 4,700 MF 2 ตัว

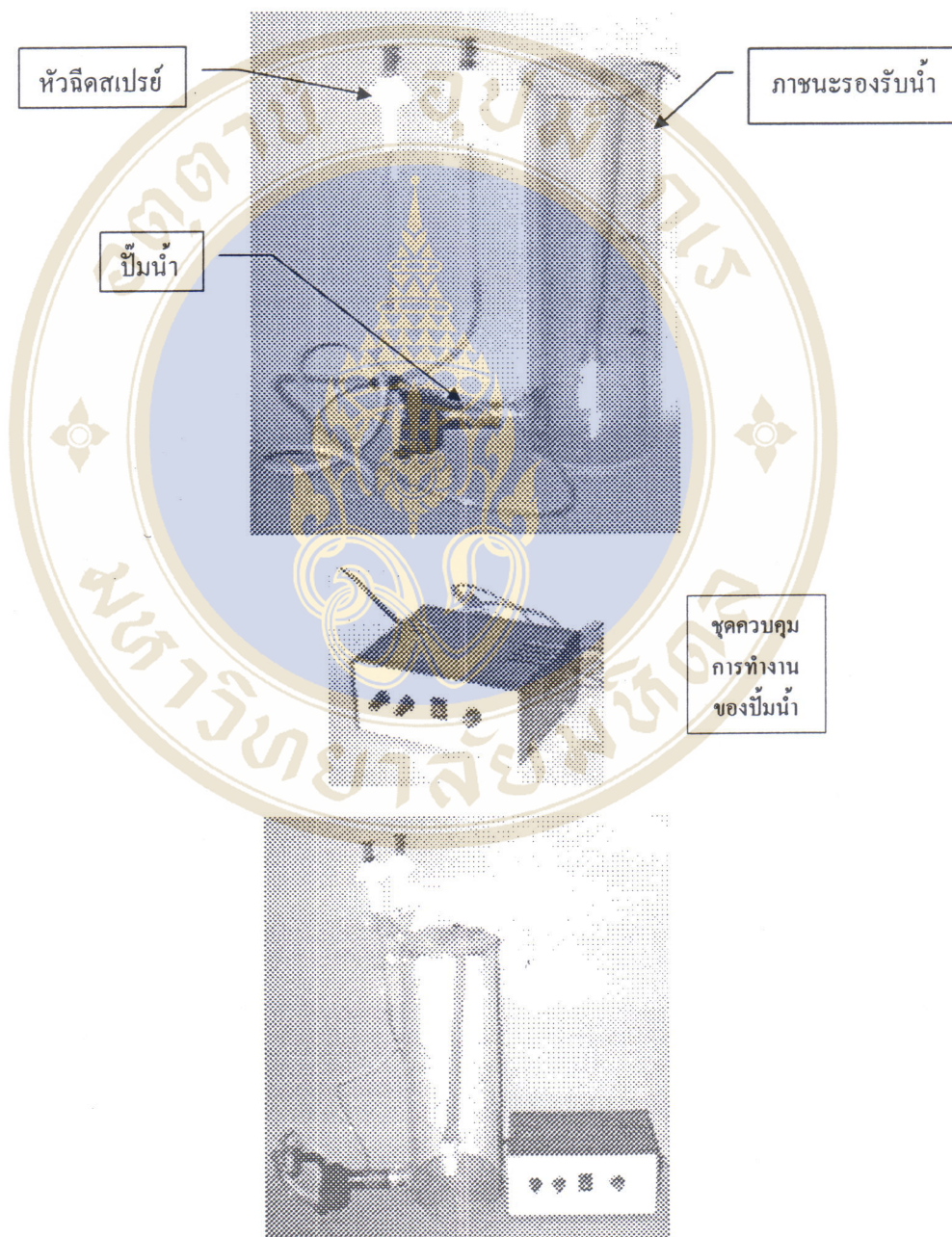
ปั้มน้ำและอุปกรณ์

ปั้มน้ำที่นำมาใช้ ใช้ปั้มน้ำชนิดน้ำของรถยนต์ขนาด 12 V DC. สำหรับภาชนะรับน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ ใช้วัสดุเหลือใช้สามารถรับน้ำได้ตั้งแต่ 1 ลิตร ถึง 2 ลิตร มีฝาปิด ด้านบนเจาะรูขนาด 25 มิลลิเมตร สองรู สำหรับต่อท่อน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศเข้าและติดลูกกลยเช็กระดับน้ำ เพื่อป้องกันปั้มน้ำทำงานฟรีในกรณีที่น้ำไม่มี สำหรับด้านล่างเจาะรูตามขนาดท่อที่จะต่อเข้าปั้มน้ำ เพราะปั้มน้ำแต่ละรุ่นขนาดท่อรับน้ำจะไม่เท่ากัน รูที่เจาะออกต้องชันก้นน้ำรั่วออกให้ดีโดยใช้ซิลิโคนต่อท่อมายังปั้มน้ำ อีกด้านของปั้มน้ำจะมีท่อน้ำออกต่อตรงจุดนี้ออกไปเข้าหัวฉีด ซึ่งหัวฉีดจะใช้ก็หัวก็ได้แต่ต้องดูว่าแรงดันปั้มน้ำพอหรือไม่ ยิ่งต่อหัวฉีดหลายหัวยิ่งทำให้แรงดันที่จ่ายน้ำลดลง ทำให้น้ำที่ฉีดออกมาเบาและไม่เป็นฝอย การต่อหัวฉีดน้ำต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำด้วย เพราะถ้าปั้มน้ำฉีดน้ำออกมา ปริมาณน้ำเข้าและน้ำออกจะไม่สมดุลกัน สำหรับสายยางส่งน้ำถ้าลดลงให้เล็ก ความยาวไม่มากนักและรูที่หัวฉีดเล็ก ก็จะทำให้แรงอัดปั้มน้ำสามารถฉีดน้ำให้เป็นละอองได้ดี สำหรับสายยางต่อเข้าหัวฉีดควรใช้ขนาด 3-5 มิลลิเมตร การต่อสายยางทุกจุดจะต้องไม่มีรอยรั่วออกมาภายนอกยกเว้นออกทางหัวฉีด เพื่อประหยัดน้ำที่ฉีดออกมา

3.3 ขั้นตอนการสร้าง

3.3.1 จัดหาวัสดุที่ใช้ในการสร้างตามแบบหรือวงจรที่ได้ออกแบบไว้

3.3.2 ดำเนินการประกอบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ แผงวงจร ก่อวงจร และ
วงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงาน



ภาพที่ 19 ชุดควบคุมและอุปกรณ์ทั้งหมด

3.4 ขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล

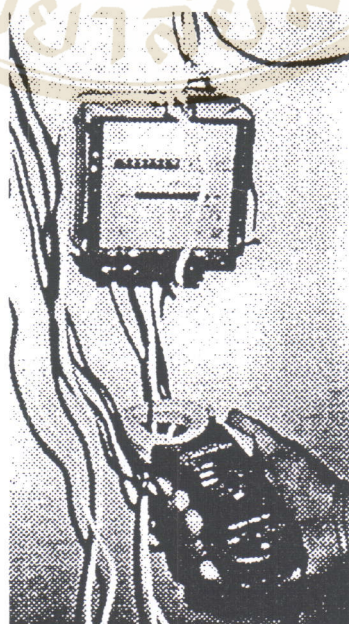
3.4.1 เตรียมเครื่องมือวัด

1. การวัดอุณหภูมิอากาศ ทั้งกระเปาะแห้ง และกระเปาะเปียก โดยใช้ Thermo Couple และ Humidity Temp Meter



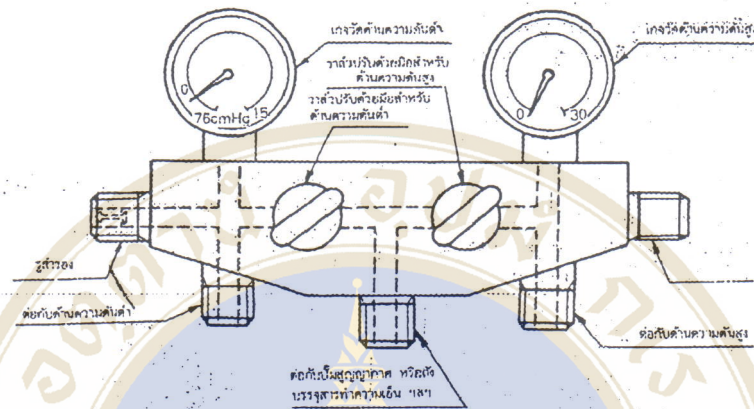
ภาพที่ 20 Humidity Temp Meter

2. การวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ ทำได้โดยใช้ Kilo Watt Hour Meter และเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าแบบสองสาย (Clip Ampmeter) เนื่องจากพลังงานที่ใช้อยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด



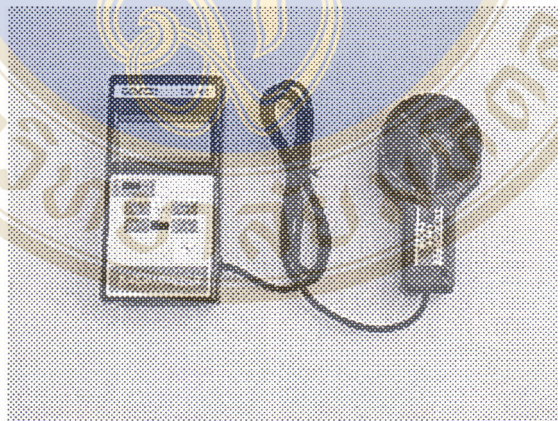
ภาพที่ 21 Kilowatt Hour Meter

3. การวัดความดันในวงจรสารความเย็น โดยใช้ Manifold



ภาพที่ 22 แมนิโฟลด์เกจ

4. การหาอัตราการไหลของอากาศ ความเร็วลมเฉลี่ยวัดได้โดยใช้ Anemometer



ภาพที่ 23 Anemometer



- 3.4.2 การเก็บข้อมูลการวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 18 บันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้ง โดยใช้ Kito Watt Hour Meter

ว/ด/ป	เวลาทำงาน	การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น (ยูนิต)		
		ก่อนการเปิดเครื่อง	หลังปิดเครื่อง	รวม
10 ม.ค.43	09.00-15.00 น.	14.14	25.16	11.02
11 ม.ค.43	09.00-15.00 น.	25.16	38.04	12.88
12 ม.ค.43	09.00-15.00 น.	38.04	50.63	12.58
13 ม.ค.43	09.00-15.00 น.	50.63	64.06	13.43

จากการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 10 ถึง 13 มกราคม พ.ศ.2543 จะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละวันจะไม่เท่ากัน ฉะนั้นจำเป็นต้องหาค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวัน ดังนี้

$$\text{การหาค่าเฉลี่ยต่อวัน} = 11.02 + 12.88 + 12.58 + 13.43$$

$$= \frac{49.91}{4} \text{ ยูนิต}$$

$$\text{ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวัน} = 12.477 \text{ ยูนิต/วัน}$$

3.4.3 หลักการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ

- ♦ การติดตั้งชุดควบคุมปั๊มน้ำและชุดจ่ายไฟฟ้าสามารถติดตั้งในตัวคอนเดนเซอร์ได้ก็ควรติดตั้งไว้ภายใน โดยต้องยึดให้แน่นและไม่ให้ถูกน้ำ
- ♦ ปั๊มน้ำควรติดตั้งไว้ใกล้กับภาชนะรองรับน้ำ เพราะปั๊มน้ำมีขนาดเล็ก แรงดูดและแรงอัดจะมีไม่มาก ถ้าติดตั้งไว้ไกลจะทำให้ประสิทธิภาพของปั๊มลดลง เพราะแรงอัดและดูดจะไม่สูญเสียที่สายส่งน้ำ ทำให้ช่วงฉีดน้ำไม่เป็นฝอย
- ♦ การยึดหัวฉีดจะต้องยึดด้านหลังที่เป็นด้านดูดของการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์สำหรับการปรับหัวฉีดจะให้ปรับฉีดโดยตรงหรือหันหัวฉีดเข้าหาแล้วให้พัดลมดูดละอองน้ำก็ได้ แต่ระยะระหว่างหัวฉีดกับแผงคอนเดนเซอร์ ควรมีระยะประมาณ 15 ซม. เป็นอย่างน้อย ถ้าติดตั้งไว้ใกล้อาจกระจายละอองน้ำไปไม่ทั่วถึง สำหรับการต่อไฟฟ้าให้กับชุดควบคุม ควรต่อให้ทำงานตามจังหวะของพัดลมระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ โดยต่อที่แมกเนติก

- ♦ การตั้งเวลาการทำงานของเครื่อง ช่วงที่สั่งให้ปั๊มทำงาน จะตั้งที่ 3-5 วินาที และช่วงปั๊มหยุดทำงานที่ 16-20 วินาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและขนาดของปั๊มเป็นสำคัญ

3.4.4 การวัดค่าต่าง ๆ ตามกรอบทดลองหลังการติดตั้ง

ตารางที่ 19 การเก็บข้อมูลการวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องทดลอง

ว/ด/ป	เวลาที่วัด	อุณหภูมิภายในห้องทดลอง (องศา C)	อุณหภูมิภายนอกระหว่างคอนเดนเซอร์	
			ขณะดูดซึมเข้า (องศา C)	ขณะเป่าลมออก (องศา C)
10 ม.ค.43	09.00	24	23	35
11 ม.ค.43	09.00	24	22	34
12 ม.ค.43	12.00	24	23	36
13 ม.ค.43	14.00	24	24	37

ตารางที่ 20 การเก็บข้อมูลการวัดปริมาณน้ำที่ออกจากเครื่องปรับอากาศ

ว/ด/ป	ขนาดของเครื่องปรับอากาศ (BTU)	อุณหภูมิที่ตั้งไว้ของเครื่องปรับอากาศ (องศา C)	เวลาทำงาน	ปริมาณน้ำที่ได้	
				ลิตร/ชม.	รวม
10 ม.ค.43	18,000	25	09.00-15.00 น.	1.3	7.8
11 ม.ค.43	18,000	25	09.00-15.00 น.	1.6	9.6
12 ม.ค.43	18,000	25	09.00-15.00 น.	1.4	8.4
13 ม.ค.43	18,000	25	09.00-15.00 น.	1.1	6.6

จากตารางจะหาค่าเฉลี่ยของน้ำที่ได้มาจากเครื่องปรับอากาศต่อวัน ดังนี้

ค่าเฉลี่ยของน้ำที่ได้

= 7.8 + 9.6 + 8.4 + 6.6

= 32.4/4

ค่าเฉลี่ยของน้ำที่ได้/วัน

= 8.1 ลิตร/วัน

ตารางที่ 21 การวัดความชื้นภายในและภายนอกห้องทดลอง

ว/ด/ป	เวลาที่วัด	ค่าความชื้น	
		ภายในห้อง	ภายนอกห้อง
10 ม.ค.43	09.30 น.	37 + 5%	64 + 5%
11 ม.ค.43	11.00 น.	31 + 5%	58 + 5%
12 ม.ค.43	13.00 น.	30 + 5%	52 + 5%
13 ม.ค.43	09.30 น.	39 + 5%	62 + 5%

$$\begin{aligned}\text{ค่าเฉลี่ยของความชื้นของห้องปรับอากาศ} &= 37 + 31 + 30 + 39 \\ &= 137/4\end{aligned}$$

$$\text{ค่าความชื้น} = 34.25 + 5\%$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอกห้อง} &= 64 + 58 + 52 + 62 \\ &= 230/4\end{aligned}$$

$$\text{ค่าความชื้น} = 59 + 5\%$$

ตารางที่ 22 การวัดค่าพลังงานหลังการติดตั้ง

ว/ด/ป	เวลาที่วัด	ค่าการใช้พลังงานเป็น (ยูนิท)		
		ก่อนปิดเครื่อง	หลังปิดเครื่อง	รวม
14 ม.ค. 43	09.00 – 15.00 น.	64.06	74.93	10.87
17 ม.ค. 43	09.00 – 15.00 น.	76.93	81.84	6.91
18 ม.ค. 43	09.00 – 15.00 น.	81.84	93.90	12.06
19 ม.ค. 43	09.00 – 15.00 น.	93.90	104.82	10.92
20 ม.ค. 43	09.00 – 15.00 น.	104.82	116.05	11.23

จากตารางจะหาค่าเฉลี่ยใช้พลังงานต่อวัน ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ย/วัน} = 10.87 + 6.91 + 12.06 + 10.92 + 11.23$$

$$= \frac{51.99}{5} \quad \text{การใช้พลังงาน} = 10.398 \text{ ยูนิท/วัน}$$

3.5 ขั้นตอนการประมวลผลและวิเคราะห์ผล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาประมวลผล และวิเคราะห์ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยใช้อุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นเพื่อไประบายความร้อนให้คอนเดนเซอร์ซึ่งจะศึกษาโดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้เป็นหลัก รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา เพื่อประเมินผลในเชิงเปรียบเทียบ

การวิเคราะห์ผล ใช้ค่าเฉลี่ยและร้อยละสำหรับหาผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองซ้ำ เพื่อหาค่าจุดคุ้มทุน และเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้า

เมื่อได้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้งแล้วก็นำมาเปรียบเทียบกับกันดังนี้

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้ง	= 12.477	หน่วย/วัน
ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการติดตั้ง	= 10.398	หน่วย/วัน
ค่าแตกต่าง	= 2.049	หน่วย/วัน
หาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า/เดือน กำหนด 1 เดือน	= 23	วันทำงาน
หาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้ง/เดือน	= 12.477×23	หน่วย/เดือน
หาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้ง/เดือน	= 286.971	หน่วย/เดือน
หาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการติดตั้ง/เดือน	= 10.398×23	หน่วย/เดือน
หาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการติดตั้ง/เดือน	= 239.154	หน่วย/เดือน
ค่าแตกต่าง/เดือน	= 47.817	หน่วย/เดือน
หาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี กำหนด 1 ปี	= $23 \times 12 = 276$	วัน
หาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้ง/ปี	= 276×12.477	หน่วย/ปี
หาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้ง/ปี	= 3443.652	หน่วย/ปี
หาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการติดตั้ง/ปี	= 276×10.398	หน่วย/ปี
	= 2864.848	หน่วย/ปี
ค่าการใช้พลังงานที่ประหยัด/ปี	= 573.804	หน่วย/ปี

การคิดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า/เดือนใน 1 หน่วยยูนิต ของการไฟฟ้านครหลวงสำหรับ

หน่วยราชการ หน่วยละ 1.6002 บาท

คิดค่าใช้จ่ายก่อนการติดตั้ง	= 1.6002×286.971	บาท/เดือน
คิดค่าใช้จ่าย/เดือนก่อนการติดตั้ง	= 459.21	บาท/เดือน
คิดค่าใช้จ่าย/เดือนหลังการติดตั้ง	= 1.6002×239.154	บาท/เดือน

คิดค่าใช้จ่าย/เดือนหลังการติดตั้ง	= 382.694	บาท/เดือน
คิดค่าใช้จ่ายที่ประหยัด/เดือน	= 76.52	บาท/เดือน
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัด/ปี	= 76.52×12	บาท/เดือน
	= 918.24	บาท/ปี

ตารางที่ 23 การประเมินผลด้านค่าใช้จ่ายทั้งหมด ใช้งาน 6 ชั่วโมง/วัน

รายการ	ก่อนการติดตั้ง	หลังการติดตั้ง	หน่วย	หมายเหตุ
ชั่วโมงที่ใช้ต่อวัน	6	6	ชั่วโมง/วัน	
ชั่วโมงที่ใช้ต่อเดือน	138	138	ชั่วโมง/เดือน	
จำนวนวันที่ใช้ต่อปี	276	276	วัน/ปี	
พลังงานไฟฟ้าใช้ต่อเดือน	286.977	239.154	กิโลวัตต์/เดือน	ลดลง 47.817 หน่วย
พลังงานไฟฟ้าใช้ต่อปี	3,443.652	2,864.848	กิโลวัตต์/ปี	ลดลง 573.804 หน่วย
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือน	459.21	382.694	บาท/เดือน	ลดลง 76.52 บาท
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อปี	5,510.53	4,584.33	บาท/ปี	ลดลง 918.24 บาท
ค่าใช้จ่ย				
ราคาเครื่องปรับอากาศ	25,400			
ราคาอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้า				
อิเล็กทรอนิกส์	1,431			
ค่าใช้จ่ายรวม	26,813			
ผลที่ได้รับ				
พลังงานไฟฟ้าลดลงต่อวัน		2.049	กิโลวัตต์/วัน	
พลังงานไฟฟ้าลดลงต่อเดือน		47.817	กิโลวัตต์/เดือน	
พลังงานไฟฟ้าประหยัดต่อปี		573.804	กิโลวัตต์/ปี	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดต่อเดือน		76.52	บาท/เดือน	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดต่อปี		918.24	บาท	

หมายเหตุ

เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลอง เป็นเครื่องปรับอากาศที่ได้รับมาตรฐานประหยัดพลังงานเบอร์ 5 จึงเห็นความแตกต่างของส่วนที่ลดได้ไม่มากนัก แต่ถ้าเป็นเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่าหรือเครื่องปรับอากาศที่ไม่ได้มาตรฐาน การประหยัดพลังงานไฟฟ้าก็จะทำให้เห็นค่าความแตกต่างได้มาก

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบเครื่องปรับอากาศนี้ ผู้วิจัย ได้วิเคราะห์ผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย 3 ข้อ คือ

4.1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ

จากผลการศึกษา เมื่อติดตั้งอุปกรณ์หุ้ดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ของเครื่องปรับอากาศเปรียบเทียบกับข้อแตกต่างการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์หุ้ดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศจะใช้พลังงานไฟฟ้ามาก แต่เมื่อติดตั้งอุปกรณ์หุ้ดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศเข้าไป ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะลดลง ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงนั้น เป็นผลมาจากการที่คอนเดนเซอร์ได้รับการระบายความร้อนที่ดี ทำให้ไอของสารทำความเย็นสามารถกลั่นตัวเป็นของเหลวได้ดียิ่งขึ้น เป็นผลทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง เนื่องจากภายในห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิลดลงตามที่เราได้ตั้งไว้เร็วกว่าปกติ หรืออาจกล่าวได้ว่า เครื่องปรับอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นเมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงก็เป็นผลทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย จะแตกต่างจากตอนที่ยังไม่ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์หุ้ดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากที่คอนเดนเซอร์จะเป็นส่วนที่มีการกลั่นตัวของไอสารทำความเย็นให้เป็นของเหลวเมื่อการกลั่นตัวเป็นของเหลวของสารทำความเย็นไม่ดี ก็จะทำให้คอมเพรสเซอร์อัดน้ำยาเข้าไปที่อีแวปโปเรเตอร์ไม่เพียงพอในการทำความเย็นและจะต้องใช้เวลานานในการทำความเย็น ดังนั้นคอมเพรสเซอร์ก็จะทำงานหนัก เป็นผลทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ามากตามไปด้วย นอกจากนี้ผลที่ได้รับจากการติดตั้งอุปกรณ์หุ้ดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศตัวนี้แล้วยังช่วยให้อากาศทั้งบริเวณการติดตั้งคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิไม่สูงมาก เพราะอุปกรณ์หุ้ดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ ได้ทำการฉีดสเปรย์ให้กับคอนเดนเซอร์ ดูดเอาอากาศเย็นผ่านออกมาทำให้อุณหภูมิลดลง

4.2 ผลการศึกษาวិเคราะห์ห่อออกแบบสร้างและทดลอง

โดยใช้อุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นเพื่อระบายความร้อนให้คอนเดนเซอร์ ที่มีลักษณะดังนี้

4.2.1 ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เสริมสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

4.2.2 ทำงานและควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 1 แอมป์

4.2.3 ระดับของน้ำที่ใช้ในการฉีดสเปรย์เพื่อระบายความร้อนแก่คอนเดนเซอร์แต่ละครั้งควรมีปริมาณในภาชนะเก็บ 1 ลิตร ขึ้นไป สำหรับปริมาณน้ำที่ฉีดออกไปในแต่ละครั้ง 15-20 มิลลิลิตร/นาที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหัวฉีดสเปรย์

4.2.4 สามารถตั้งเวลาควบคุมการฉีดน้ำ 3 ครั้ง/นาที่ ช่วงเวลาหยุด 3 ครั้ง/นาที่ หรือทำงาน 4 วินาที หยุดทำงาน 16 วินาที แต่ทั้งนี้การปรับเวลาในการฉีดสเปรย์จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ออกมาจากเครื่องปรับอากาศ

4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศทั้ง 3 ด้าน คือ

4.3.1 ด้านประสิทธิภาพ

4.3.1.1 ด้านประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

- ทำให้เครื่องปรับอากาศที่ทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด
- ทำให้การเกิดความเย็นภายในห้องรวดเร็วยิ่งขึ้น
- ทำให้ความร้อนที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิลดลง
- ยืดอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศได้นานยิ่งขึ้น
- กินกระแสไฟฟ้าน้อยลง

4.3.1.2 ด้านประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

- ใช้พลังงานไฟฟ้าตามบ้านได้ เพราะชุดวงจรควบคุมได้มีการแปลงไฟฟ้าแล้ว
- ติดตั้งง่ายและสะดวก
- การทำงานของเครื่องไม่ส่งเสียงดังรบกวน
- การบำรุงรักษาง่าย

4.3.2 ด้านประสิทธิผล

4.3.2.1 ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นการอนุรักษ์พลังงานได้อีกทางหนึ่ง

4.3.2.2 ทำให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่ระบายออกไปจาก

คอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิต่ำลง

4.3.2.3 ช่วยประหยัดเงินในการจ่ายค่าไฟฟ้าได้ในระยะยาว

4.3.2.4 ช่วยสนับสนุนการนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์

4.3.2.5 ช่วยประหยัดงบประมาณในการสั่งซื้อเชื้อเพลิงจากต่างประเทศมาใช้ในการ

การผลิตกระแสไฟฟ้า

4.3.2.6 สร้างจิตสำนึกต่อเยาวชนให้หันมาสนใจในการประดิษฐ์และพัฒนาสิ่งที่เกิดประโยชน์ต่อส่วนรวมและไม่ทำลายธรรมชาติ

4.3.3 ด้านสมรรถนะ

4.3.3.1 สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบสมรรถนะก่อนการติดตั้งและหลังติดตั้ง

ก่อนการติดตั้ง	หลังการติดตั้ง
- อายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศปกติ	- มีอายุการใช้งานนานมากกว่าปกติ
- ใช้เวลาในการทำความเย็นภายในห้องปกติ ที่ 30 นาที/ 25°C	- ใช้เวลาในการทำความเย็นน้อยกว่าปกติ ภายในห้องที่ 20 นาที/ 25°C
- คอมเพรสเซอร์ตัดตามปกติ (นาน)	- คอมเพรสเซอร์ตัดเร็วขึ้น ทำงานน้อยลง
- ใช้พลังงานไฟฟ้าปกติ	- ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าปกติ

4.3.3.2 สมรรถนะของอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

- สามารถตั้งเวลาในการทำงานหรือหยุดทำงานได้นานถึง 55 วินาที
- สามารถติดตั้งกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทุกรุ่น
- เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้จริง
- ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าก่อน ที่ยังไม่มีติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

บทที่ 5

อภิปรายผล

ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบเครื่องปรับอากาศ เป็นการศึกษาเพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ โดยการศึกษาข้อมูลการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ จึงเป็นการศึกษาเปรียบเทียบในด้านประสิทธิภาพ ประสิทธิผล สมรรถนะในการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดยเปรียบเทียบการทำงานก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งผู้วิจัยขออภิปรายผลโดยสังเขปดังนี้

5.1 ด้านประสิทธิภาพ

5.1.1 ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศจะทำงานได้ไม่เต็มที่ เพราะระบบการกลั่นตัวของสารทำความเย็นไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ทำให้การกลั่นตัวไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้สารทำความเย็นเข้าระบบไม่เพียงพอ การทำความเย็นจึงทำได้ไม่ดี

5.1.2 เครื่องปรับอากาศใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าปกติ เพราะคอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงเนื่องจากการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศดีขึ้น ในขณะที่ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เครื่องปรับอากาศ จะกินกระแสมาก

5.1.3 ช่วยยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์ เมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ระยะเวลาหรืออายุการใช้งานก็จะนานขึ้น โดยก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ จะใช้เวลาการทำงานในการอัดสารทำความเย็นจะใช้เวลานาน ส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ทำงานนานขึ้น อายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศก็จะน้อยลง

5.1.4 ความสามารถในการทำความเย็นทำได้เร็วกว่าปกติ เพราะคอนเดนเซอร์สามารถจับความร้อนภายในห้องได้เร็วขึ้น ทำให้อากาศภายในห้องเย็นเร็ว ในขณะที่ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ จะทำความเย็นได้ช้ากว่า

5.2 ด้านประสิทธิภาพ

5.1.5 ช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศลง เพราะคอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ในขณะที่ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ คอมเพรสเซอร์จะต้องทำงานมากกว่า

5.1.6 จากการที่สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ จึงส่งผลให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้ด้วย โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าตอนที่ยังไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ

5.1.7 เป็นการสนับสนุนการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่อย่างคุ้มค่า ในการนำน้ำที่ปล่อยทิ้งจากเครื่องปรับอากาศกลับมาใช้ ทั้งยังมีส่วนช่วยให้ระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศทำงานได้ดีขึ้น โดยก่อนการที่จะติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ น้ำที่ปล่อยออกจากเครื่องปรับอากาศจะถูกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์

5.1.8 ช่วยให้เครื่องปรับอากาศทำความเย็นได้เร็วกว่าปกติ เพราะคอนเดนเซอร์สามารถจับความร้อนภายในห้องออกมาได้ดีขึ้น โดยมีอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ช่วยการระบายความร้อนด้านนอก ทำให้อุณหภูมิในห้องลดลงเร็ว ซึ่งต่างจากก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ คอนเดนเซอร์จะระบายความร้อนได้ช้ากว่า ทำให้การดูดจับความร้อนภายในห้องออกมาได้ช้า อุณหภูมิในห้องจึงเย็นช้ากว่า

5.1.9 ความร้อนที่ถูกปล่อยจากเครื่องปรับอากาศทุกเครื่อง มีผลทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศภายนอกสูงขึ้น และส่งผลต่ออุณหภูมิของโลก ดังนั้นการลดความร้อนบริเวณคอนเดนเซอร์ให้ต่ำลง โดยใช้น้ำจากอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศเป็นตัวช่วย ทำให้ลดภาวะทางอากาศได้

5.3 ด้านสมรรถนะ

5.3.1 เครื่องปรับอากาศที่ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในการทำความเย็น และยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์ เนื่องจากระยะเวลาการทำงานน้อยลง

5.3.2 เมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง เครื่องปรับอากาศทำงานน้อยลง จึงส่งผลให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานไฟฟ้าตามไปด้วย เพราะคอมเพรสเซอร์จัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดของเครื่องปรับอากาศ

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ของการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ โดยใช้อุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ ผลการศึกษาวิจัยพอสรุปและให้ข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

6.1 ข้อสรุป

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยใช้อุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ ได้ประสบความสำเร็จในส่วนหนึ่งแล้ว และได้ผ่านการทดลอง สรุปผลมาเป็นที่น่าพอใจ การนำไปติดตั้งก็สามารถทำได้ง่าย แต่ต้องดูว่าบริเวณท่อน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศนั้นอยู่ในตำแหน่งใด เพื่อสะดวกในการสเปรย์ละอองน้ำระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์และถ้าหากว่าอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศนี้ได้มีการพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับของบริษัทผู้ผลิต แล้วกำหนดให้มีการติดตั้งมากับเครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ทุกเครื่องก่อนจะนำออกมาจำหน่าย ผู้ผลิตและผู้บริโภคจะได้ประโยชน์ทั้งในด้านการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของคุณค่าไฟฟ้า ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อจะนำไปใช้ในการพัฒนาประเทศในด้านอื่น ๆ และที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคได้ช่วยกันรักษารธรรมชาติ ไม่ทำลายมลภาวะอากาศ เพราะถ้าทุกครอบครัวที่ใช้เครื่องปรับอากาศ ได้ติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ คอนเดนเซอร์ก็จะไม่ปล่อยลมที่มีอากาศร้อนออกมาเหมือนในตอนที่ยังไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ ถ้าครอบครัวในประเทศไทยและทั่วโลกไม่ว่าจะเป็นโรงงาน บริษัทและหน่วยงานต่าง ๆ ที่ใช้เครื่องปรับอากาศกันเป็นจำนวนมากได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ ก็จะสามารถช่วยลดมลภาวะและรักษาสิ่งแวดล้อมได้มากอย่างแน่นอน

6.1.1 ควรแยกชุดควบคุมออกมาไว้ภายนอกบ้านหรือภายในห้อง เพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอก เช่น น้ำฝนที่จะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เกิดการลัดวงจรได้ และความชื้นจากหัวฉีดสเปรย์ที่จะทำให้วงจรเกิดการลัดวงจรเช่นกัน

- 6.1.2 สามารถติดตั้งได้กับเครื่องปรับอากาศทั้งแบบติดหน้าต่างและแบบแยกส่วน
- 6.1.3 ถ้าเป็นคอนเดนเซอร์ทรงกลมจะสามารถทำการติดตั้งหั่วสเปรย์ได้สะดวก
- 6.1.4 ถ้าเป็นคอนเดนเซอร์ชนิดที่มีฝาครอบทั้ง 3 ด้าน ต้องมีการดัดแปลงคือ ด้านหลังจะมีช่องสำหรับดูดอากาศ แผงหลังจะเป็นช่อง เมื่อเวลาทำการฉีดน้ำเข้าไปจะทำให้เกิดสนิมได้ง่าย เพราะจะมีตะแกรงเหล็กปิดอยู่ จึงต้องทำการดัดแปลงให้เหมาะสมเพื่อจะไม่ทำให้เกิดสนิม

6.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้

6.2.1 ปัญหาและอุปสรรค ได้แก่

6.2.1.1 การเกิดสนิม อุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศนี้มีน้ำเป็นตัวหลักในการระบายความร้อน แต่น้ำเป็นสาเหตุของการผุกร่อนของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องปรับอากาศ แม้ว่าเครื่องจะใช้อุปกรณ์ทุกอย่างที่ทำด้วยเหล็กหรือแม้แต่อลูมิเนียมที่เป็นครีบบระบายความร้อนในเครื่องปรับอากาศ ก็ยังมีโอกาสเป็นสนิมที่เรียกว่าสนิมอลูมิเนียมได้ แต่ถ้ามีการปรับปรุงคงจะได้ผลงานที่ดีขึ้น

6.2.1.2 แรงอัดของปั๊มที่ฉีดสเปรย์ที่ไม่เป็นละอองตามที่ต้องการ เมื่อปั๊มทำการฉีดน้ำออกมาแล้วไม่เป็นละอองตามที่ต้องการเท่าที่ควร เพราะปั๊มที่ใช้มีแรงดันไม่พอ ถ้าเป็นปั๊มที่มีแรงดันสูงก็จะมีขนาดใหญ่และน้ำที่จะใช้ในการฉีดก็ต้องมีปริมาณมากด้วย ทำให้น้ำที่ได้มาจากระบบไม่พอต่อการฉีดในแต่ละครั้ง และถ้าปั๊มที่มีแรงดันไม่มาก เวลาฉีดละอองน้ำจะระเหยไม่ทันทำให้น้ำลงไปติดด้านล่างของฐานปิดด้านล่างของคอนเดนเซอร์ถ้ามีปริมาณมาก ๆ ก็จะทำให้เกิดสนิมขึ้นมาได้ ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่แล้ว

6.2.1.3 ปัญหาด้านวงจรควบคุมและระยะเวลาในการทำงาน เนื่องจากยังไม่มีผู้ใดคิดสร้างอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศขึ้นมาใช้ จึงต้องใช้เวลาในการศึกษาหาข้อมูลและการแก้ไขวงจรอยู่หลายครั้ง อีกทั้งยังต้องออกแบบการตั้งเวลาในการทำงานของเครื่องให้พอดีกับจำนวนน้ำที่ไหลออกมา แต่อุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศก็สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ และประหยัดค่าใช้จ่ายได้ แต่ถ้ามีการปรับปรุงให้ดีกว่านี้คงจะลดปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ลงได้

6.2.2 การนำผลการวิจัยไปใช้งาน

6.2.2.1 ชุดปั๊มน้ำและการเกิดสนิม ถ้าสามารถหาปั๊มน้ำที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) มาใช้แทนได้ก็จะดีมาก จะทำให้กินกระแสต่ำลง เพราะกระแสสูง ต้องหาปั๊มที่มีขนาดเล็ก ด้วยจะทำให้หม้อแปลงที่นำมาใช้มีขนาดเล็กลง เพราะจะทำให้ต้นทุนในการสร้างอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศถูกลงตามไปด้วย และถ้าเป็นปั๊มที่มีแรงดันสูง ๆ ก็จะทำให้หน้าที่ถูกสเปรย์ออกมาเป็นละอองน้ำมากก็จะแห้งได้เร็วขึ้น ไม่มีการเป็นสนิมเกิดขึ้น เพราะน้ำจะไม่ไหลไปรวมกันที่บริเวณด้านล่าง

6.2.2.2 ด้านวงจรและระยะเวลาในการทำงาน วงจรการทำงานที่ได้ทำการติดตั้งไว้ในอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ อาจจะยังไม่ใช่วงจรที่ดีที่สุด แต่ก็สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

6.2.3 ข้อเสนอแนะสำหรับบริษัทผู้ผลิต

ถ้าทางบริษัทผู้ผลิตได้มีการศึกษาหาข้อมูลและออกแบบให้มีการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศนี้เข้าไปเป็นอุปกรณ์ประจำเครื่อง ก็จะเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิตเอง

ผู้ผลิตจะได้รับประโยชน์จากการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ อาจเป็นทางเลือกของผู้บริโภคและทำให้มีข้อจำกัดได้มากขึ้น หรืออาจทำเป็นมาตรฐานอีกขั้นหนึ่งก็ได้ และหากมีการพัฒนาจนตัดข้อเสียต่าง ๆ ของอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศให้ได้ข้อดีจนเป็นที่น่าพอใจแล้ว ก็จะสามารถทำให้เป็นอนุกรมมาตรฐานการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม มอก. ISO-14000 ได้ และเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตมาก เพราะขณะนี้ในหลายประเทศได้คำนึงถึงการรักษาสีสิ่งแวดล้อมกันมากขึ้น ผู้บริโภคก็จะเห็นความสำคัญในส่วนที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในระยะยาวได้โดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

ผู้บริโภคจะได้รับประโยชน์ในด้านของการประหยัดค่าใช้จ่ายที่จ่ายในแต่ละเดือน และเครื่องปรับอากาศก็จะมีประสิทธิภาพดีขึ้น สามารถยืดอายุการใช้งานได้นานขึ้น ตอบสนองความต้องการในการทำความสะดวกได้รวดเร็วทันใจและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

6.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

ควรจะได้มีการพัฒนารูปแบบที่เป็นอุปกรณ์ชุดควบคุมด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้เลือกการฉีดน้ำและระบายความร้อนด้วยระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ความประหยัดพลังงานไฟฟ้า และประสิทธิภาพการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศดีขึ้น มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น และช่วยพัฒนาระบบนิเวศในน้ำให้ยั่งยืนตลอดไป



เอกสารอ้างอิง

1. จรวช บุญยุบล และคณะ. พลังงาน. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
2. ยอดเยี่ยม เทพรานนท์. รู้เรื่องพลังงานรู้เรื่องโลกประหยัดพลังงานโลก. อาสาสาร สถาปัตยกรรม 2539;42-56.
3. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงานสงวนพลังงานเพื่ออนาคต. กรุงเทพมหานคร : ม.ป.ป.
4. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานสำหรับเจ้าของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ม.ป.ป.
5. ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. การทำความเย็นและปรับอากาศ. โรงพิมพ์ ก.วรรณ, กรุงเทพมหานคร: 2533.
6. สนอง อิมเอม. เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศรถยนต์. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้ง กรุ๊ป จำกัด. 2530.
7. สมศักดิ์ สุโมตยกุล. เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ. บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). 2529.
8. สุรพล พุกขพานิช. การปรับอากาศ. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.
9. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ. สำนักพิมพ์ ส.เอเชียเพรส จำกัด, 2540.
10. คู่มือบริการเครื่องปรับอากาศ National. ฝ่ายบริการ เอ.พี.เนชั่นแนลเชลล์ จำกัด.
11. Carrre Air Conditioning Company, Handbook of Air Conditioning System Design, Mc Graw-Hill.
12. บริษัท เอสโซ่แสดนคาร์ดประเทศไทย จำกัด, การอนุรักษ์พลังงาน. เอกสารเผยแพร่, พฤศจิกายน, 2517.

13. ชชาติ ฤทธิ์ธีรณ. แผนการจัดการพลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารสำนักงาน. [วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า] กรุงเทพมหานคร : บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539.
14. เจียนัย เล็กอุทัย รายงานการวิจัยเรื่อง การจัดทำบัญชี พลังงาน และการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. กรุงเทพมหานคร : 2536.
15. สุภารัตน์ ปรีชาธนาเสฐ์ การตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าในวิทยาลัยเทคนิค. [วิทยานิพนธ์ ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร บัณฑิต วิทยาลัย] มหาวิทยาลัยมหิดล : 2541.
16. เจียนัย มาสมาน. การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงพยาบาล และอุปกรณ์วัดกำลังงานไฟฟ้า [วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน บัณฑิต วิทยาลัย] สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี : 2529.



อัตราค่าไฟฟ้า

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

5 หน่วย (มิเตอร์ครึ่งโง) แรก (หน่วยที่ 1-5)	เป็นเงิน	4.96	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6-15)	หน่วยละ	0.7124	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16-25)	หน่วยละ	0.8993	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26-35)	หน่วยละ	1.1516	บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36-100)	หน่วยละ	1.5348	บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101-150)	หน่วยละ	1.6282	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ 4.67 บาท

1.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

35 หน่วย (มิเตอร์ครึ่งโง) แรก (หน่วยที่ 1-35)	เป็นเงิน	85.21	บาท
115 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36-150)	หน่วยละ	1.1236	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ 83.18 บาท

หมายเหตุ

- ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ขนาดไม่เกิน 5 แอมแปร์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.1 แต่ถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือนติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.2 และถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือนติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.1 ตามเดิม

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ขนาดเกินกว่า 5 แอมแปร์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.2 ตลอดไป

3. สถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง สามารถเลือกใช้ อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 6 ได้

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

35 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-35)	เป็นเงิน	89.89	บาท
115 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36-150)	หน่วยละ	1.1236	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ 87.85 บาท

หมายเหตุ

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 นี้ หากในรอบเดือนใดมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ประเภทที่ 4 หรือประเภทที่ 5 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 2 อีก ต่อเมื่อความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวลดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเป็นเวลา 12 เดือน

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดตั้งแต่ 30-1,999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน รวมถึงส่วนราชการที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 ถึง 355,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

3.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย
3.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	175.70	1.0208
3.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	196.26	1.0582
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	221.50	1.0862

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU Rate)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย	ค่าบริการ บาท/เดือน
	1*	1* 2* 3*	
3.2.1 แรงดัน 115 กิโลโวลต์ขึ้นไป	102.80	1.5349 0.6671 0.6062	400.00
3.2.2 แรงดัน 69 กิโลโวลต์	158.88	1.6292 0.6769 0.6153	400.00
3.2.3 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	200.93	1.7736 0.6861 0.6236	850.00
3.2.4 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	214.95	1.8891 0.7283 0.6616	850.00

1* วันจันทร์ – เสาร์ เวลา 09.00-22.00 น. (On Peak)

2* วันจันทร์ – เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น. (Off Peak)

3* วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น. (Off Peak)

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peak ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟกเตอร์ (ล้าหลัง) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (Maximum 15 minute kilovar demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (Maximum 15 minute kilowatt demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะ

ต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตราkilovolt 14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของkilovolt ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 นี้ จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ข้อ 3.1 และหากมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน สามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 ข้อ 3.2 ได้ ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้ แม้ว่าต่อไปจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน นอกจากจะมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 หรือประเภทที่ 6 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 3 อีก เมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 - 1,999 กิโลวัตต์
3. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 ข้อ 3.2 ต้องติดต่อแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการและหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงที่สุดตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate : TOD Rate)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า			ค่าพลังงานไฟฟ้า
	บาท/กิโลวัตต์			บาท/หน่วย
	1*	2*	3*	
4.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	224.30	29.91	0	1.0208
4.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	285.05	58.88	0	1.0582
4.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	332.71	68.22	0	1.0862

- 1* เวลา 18.30–21.30 น. ของทุกวัน (On Peak)
 - 2* เวลา 08.00–18.30 น. ของทุกวัน (Partial Peak) คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง On Peak
 - 3* เวลา 21.30–08.00 น. ของทุกวัน (Off Peak) ไม่คิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า
- ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดของแต่ละช่วงเวลาในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU Rate)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า			ค่าบริการ
	บาท/กิโลวัตต์	บาท/หน่วย			บาท/เดือน
	1*	1*	2*	3*	
4.2.1 แรงดัน 115 กิโลโวลท์ขึ้นไป	102.80	1.5349	0.6671	0.6062	400.00
4.2.2 แรงดัน 69 กิโลโวลท์	158.88	1.6292	0.6769	0.6153	400.00
4.2.3 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	200.93	1.7736	0.6861	0.6236	850.00
4.2.4 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00
1* วันจันทร์ – เสาร์	เวลา 09.00-22.00 น. (On Peak)				
2* วันจันทร์ – เสาร์	เวลา 22.00-09.00 น. (Off Peak)				
3* วันอาทิตย์	เวลา 00.00-24.00 น. (Off Peak)				

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peak ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟกเตอร์ (ล่าหลัง) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (Maximum 15 minute kilovar demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาที

สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (Maximum 15 minute kilowatt demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้อง เสียค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในอัตราkilowatt ละ 14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบ เดือนนั้น เศษของkilowatt ถ้าไม่ถึง 0.5 kilowatt ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 kilowatt ขึ้นไปคิดเป็น 1 kilowatt

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 นี้ จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.1 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำ เดือนมกราคม 2540 และสามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้ว จะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้ แม้ว่าต่อไปจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 2,000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน นอกจากนี้จะ มีความต้องการพลังไฟฟ้างกล่าวต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการ เปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนตุลาคม 2540 จะจัดเข้า อยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 แม้ว่าต่อไปจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 2,000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน นอกจากนี้จะมี ความต้องการพลังไฟฟ้างกล่าวต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยน แปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
3. ส่วนราชการที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 355,000 หน่วยต่อ เดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 นี้ ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนตุลาคม 2540 โดยจัดเข้าอยู่ใน ประเภทที่ 4 ข้อ 4.2
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือนในเดือนถัดไป จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 หรือประเภทที่ 6 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 4 อีก เมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้างกล่าวตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน
5. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ ขึ้นไปในเดือนใด หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ในเดือนถัดไปหลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลา ของวัน (TOD Meter) หรือเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU Meter) หากยังไม่ ได้ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้างกล่าว อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามอัตราประเภทเดิมไปพลางก่อน
6. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ต้องติดต่อแจ้งความ ประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการให้เข้าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

5.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย
5.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	220.56	1.0208
5.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	256.07	1.0582
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	176.64	1.0862

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็น กิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

5.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU Rate)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย			ค่าบริการ บาท/เดือน
	1*	1*	2*	3*	
5.2.1 แรงดัน 115 กิโลโวลต์ขึ้นไป	102.80	1.5349	0.6671	0.6062	400.00
5.2.2 แรงดัน 69 กิโลโวลต์	158.88	1.6292	0.6769	0.6153	400.00
5.2.3 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	200.93	1.7736	0.6861	0.6236	850.00
5.2.4 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00

1* วันจันทร์ – เสาร์ เวลา 09.00-22.00 น. (On Peak)

2* วันจันทร์ – เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น. (Off Peak)

3* วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น. (Off Peak)

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็น กิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peak ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (ถ้าหลัง) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ (Maximum 15 minute kilovar demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าแอกตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (Maximum 15 minute kilowatt demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวาร์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 นี้ จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ข้อ 5.1 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน มกราคม 2540 และหากมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน สามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 ได้ ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้ แม้ว่าต่อไปจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน นอกจากจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนตุลาคม 2540 จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 และหากมีพลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน นอกจากจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
3. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 5 อีก เมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 จะจัดเข้าอยู่ในเดือนถัดไป หลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU Meter) หากยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าดังกล่าว อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามอัตราประเภทเดิมไปพลางก่อน

5. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 ต้องติดต่อแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และองค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการ แต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน รวมถึงสถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่รวมถึงหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

อัตรารายเดือน

6.1 ระดับแรงดันไฟฟ้า 69 กิโลวัตต์ขึ้นไป

ค่าพลังงานไฟฟ้า :

10,000 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-10,000)	เป็นเงิน	14,413.31	บาท
เกินกว่า 10,000 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 10,001 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	1.4413	บาท

6.2 ระดับแรงดันไฟฟ้า 12-24 กิโลโวลต์

ค่าพลังงานไฟฟ้า :

300 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-300)	เป็นเงิน	480.06	บาท
เกินกว่า 300 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 301 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	1.6002	บาท

6.3 ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์

ค่าพลังงานไฟฟ้า :

10 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-10)	เป็นเงิน	18.06	บาท
เกินกว่า 10 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	1.8058	บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด :

ระดับแรงดันไฟฟ้า 69 กิโลวัตต์ขึ้นไป	เดือนละ	13,831.78	บาท
ระดับแรงดันไฟฟ้า 12-24 กิโลโวลต์	เดือนละ	462.62	บาท
ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	เดือน	17.48	บาท

หมายเหตุ สถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 1 สามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 6 นี้ได้

1. ส่วนราชการที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 ต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 6 นี้ ไปก่อน จนกว่าจะถึงการคิดค่าไฟฟ้าประจำเดือนตุลาคม 2540 จึงจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 หรือประเภทที่ 4 แล้วแต่กรณี



ตารางที่ 25 การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

ว/ด/ป	ช่วงเวลาที่วัด	ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (ยูนิต)		
		ก่อนเปิดเครื่อง	หลังเปิดเครื่อง	รวม

ตารางที่ 26 การเก็บข้อมูลการวัดปริมาณน้ำที่ออกจากเครื่องปรับอากาศ

ว/ด/ป	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (BTU)	อุณหภูมิที่ตั้งไว้ของเครื่องปรับอากาศ (องศา)	เวลาการทำงาน (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำที่ออก (ลิตร/ชั่วโมง)	
				ลิตร/ชม.	รวม

ตารางที่ 27 การเก็บข้อมูลการวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องทดลอง

ว/ด/ป	เวลาที่วัด	อุณหภูมิภายในห้องทดลอง	อุณหภูมิภายนอกระหว่างคอนเดนเซอร์	
			ขณะลมดูดเข้า	ขณะลมเป่าออก

ตารางที่ 28 การวัดความชื้นภายในห้องทดลอง

ว/ด/ป	เวลาที่ทำการวัด	ค่าความชื้น	
		ภายในห้อง	ภายนอกห้อง



พระราชบัญญัติ
การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
พ.ศ. 2535

ภูมิพลอดุลยเดช ป.ร.

ให้ไว้ ณ วันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2535

เป็นปีที่ 47 ในรัชกาลปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ประกาศว่า

โดยที่เป็นการสมควรมีกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชบัญญัติขึ้นไว้โดยคำแนะนำและยินยอมของ
สภานิติบัญญัติแห่งชาติ ทำหน้าที่รัฐสภา ดังต่อไปนี้

มาตรา 1 พระราชบัญญัตินี้เรียกว่า “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535”

มาตรา 2 พระราชบัญญัตินี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

มาตรา 3 ในพระราชบัญญัตินี้

“พลังงาน” หมายความว่า ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งนี้อาจให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียน และพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งนี้อาจให้งานได้ เช่น เชื้อเพลิง ความร้อนและไฟฟ้า เป็นต้น

“พลังงานหมุนเวียน” หมายความว่า พลังงานที่ได้จากไม้ ฟืน แกลบ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ ลม และคลื่น เป็นต้น

“พลังงานสิ้นเปลือง” หมายความว่า พลังงานที่ได้จากถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และนิวเคลียร์ เป็นต้น

“เชื้อเพลิง” หมายความว่า ถ่านหิน หินน้ำมัน ทราชน้ำมัน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงสังเคราะห์ ฟืน ไม้ แกลบ กากอ้อย ขยะและสิ่งอื่นตามที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

“น้ำมันเชื้อเพลิง” หมายความว่า ก๊าซ น้ำมันเบนซิน น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องบิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา น้ำมันอื่น ๆ ที่คล้ายกับน้ำมันที่ได้ออกชื่อมาแล้ว และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอื่นตามที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

“ก๊าซ” หมายความว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้เป็นก๊าซหุงต้มหรือก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลว ซึ่งได้แก่ โพรเพน โพรปีดีน นอร์มัลบิวเทน ไอโซ-บิวเทน หรือบิวทีลีนส์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเป็นส่วนใหญ่

“โรงกลั่น” หมายความว่า โรงกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิง สถานที่ผลิตและจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและหมายความว่าแยกก๊าซและโรงงานอุตสาหกรรมเคมีปิโตรเลียมและสารละลายด้วย

“คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ” หมายความว่า คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติตามกฎหมายว่าด้วยคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

“อนุรักษ์พลังงาน” หมายความว่า ผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

“ตรวจสอบ” หมายความว่า ดำรง ตรวจสอบ และเก็บข้อมูล

“โรงงาน” หมายความว่า โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

“เจ้าของโรงงาน” หมายความว่า ผู้รับผิดชอบในการบริหารโรงงานด้วย

“อาคาร” หมายความว่า อาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

“เจ้าของอาคาร” หมายความว่า บุคคลอื่นซึ่งครอบครองอาคารด้วย

“กองทุน” หมายความว่า กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

“คณะกรรมการกองทุน” หมายความว่า คณะกรรมการกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

“พนักงานเจ้าหน้าที่” หมายความว่า ผู้ซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งให้ปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้

“อธิบดี” หมายความว่า อธิบดีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานหรือผู้ซึ่งอธิบดีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมอบหมาย

“รัฐมนตรี” หมายความว่า รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน

มาตรา 4 เพื่อประโยชน์ในการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัตินี้ ให้คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติมีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

- (1) เสนอนโยบาย เป้าหมาย หรือมาตรการเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานต่อคณะรัฐมนตรี
- (2) เสนอต่อคณะรัฐมนตรีในการออกพระราชกฤษฎีกาตามมาตรา 8 และมาตรา 18
- (3) ให้คำแนะนำในการออกกฎกระทรวงตามมาตรา 9 มาตรา 11 มาตรา 19 และมาตรา 23
- (4) กำหนดแนวทาง หลักเกณฑ์ เงื่อนไข และลำดับความสำคัญของการใช้จ่ายเงินทุนตามมาตรา 28 (1)
- (5) กำหนดชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่ต้องส่งเงินเข้ากองทุนตามมาตรา 28 (5)
- (6) กำหนดอัตราการส่งเงินเข้ากองทุนสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงตามมาตรา 35 มาตรา 36 และมาตรา 37
- (7) ให้ความเห็นชอบอัตราค่าธรรมเนียมพิเศษตามมาตรา 43
- (8) กำหนดแนวทาง หลักเกณฑ์ และเงื่อนไขการให้การส่งเสริมและช่วยเหลือแก่โรงงาน อาคาร ผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายวัสดุเพื่อใช้ในการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรา 40
- (9) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัตินี้

การกำหนดตาม (5) และ (6) ให้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา

มาตรา 5 หนังสือหรือคำสั่งที่มีถึงบุคคลใดเพื่อปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้ ให้เจ้าหน้าที่นำส่งในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นและพระอาทิตย์ตก หรือในเวลาทำการของบุคคลนั้น หรือส่งโดยทางไปรษณีย์ลงทะเบียน

ในกรณีที่ไม่สามารถจะส่งตามวิธีดังกล่าวในวรรคหนึ่งด้วยเหตุใด ๆ ให้ส่งโดยวิธีปิดหนังสือหรือคำสั่งไว้ในที่ที่เห็นได้ง่าย ณ ที่อยู่ สำนักงาน หรือบ้านที่บุคคลนั้นมีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านตามกฎหมายว่าด้วยการทะเบียนราษฎรครั้งสุดท้าย หรือจะโฆษณาข้อความย่อในหนังสือพิมพ์ที่จำหน่ายเป็นปกติในท้องถิ่นนั้นก็ได้

เมื่อได้ส่งตามวิธีดังกล่าวในวรรคสองและเวลาได้ล่วงพ้นไปเจ็ดวันแล้ว ให้ถือว่าบุคคลนั้นได้รับหนังสือหรือคำสั่งนั้นแล้ว

มาตรา 6 ให้นายกรัฐมนตรี รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลัง และรัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย รักษาการตามพระราชบัญญัตินี้ ทั้งนี้ ในส่วนที่เกี่ยวกับอำนาจหน้าที่ของตน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน มีอำนาจแต่งตั้งพนักงานเจ้าหน้าที่ กับออกกฎกระทรวงและกำหนดกิจการอื่นเพื่อปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้ กฎกระทรวงนั้น เมื่อได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาแล้วให้ใช้บังคับได้

หมวด 1 การอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน

มาตรา 7 การอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน ได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- (1) การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง
- (2) การป้องกันการสูญเสียพลังงาน
- (3) การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่
- (4) การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง
- (5) การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่น
- (6) การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน
- (7) การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา 8 การกำหนดโรงงานประเภทใด ขนาด ปริมาณการใช้พลังงาน หรือวิธีการใช้พลังงานอย่างใดให้เป็นโรงงานควบคุม ให้ตราพระราชกฤษฎีกา

พระราชกฤษฎีกาตามวรรคหนึ่ง ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยสี่สิบวัน นับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา

เจ้าของโรงงานควบคุมแห่งใด ใช้พลังงานต่ำกว่าขนาดหรือปริมาณที่กำหนดในพระราชกฤษฎีกาตามวรรคหนึ่ง และจะใช้พลังงานในระดับดังกล่าวต่อไป เป็นเวลาติดต่อกันไม่น้อยกว่าหกเดือน เจ้าของโรงงานควบคุมแห่งนั้นอาจแจ้งรายละเอียดพร้อมด้วยเหตุผล และมีคำขอให้อธิบดีผ่อนผันการที่ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้ตลอดเวลาดังกล่าวได้ ในกรณีที่มีคำขอดังกล่าวให้อธิบดีพิจารณาผ่อนผัน หรือไม่ผ่อนผันและมีหนังสือแจ้งผลให้เจ้าของโรงงานควบคุมทราบโดยเร็ว

มาตรา 9 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องอนุรักษ์พลังงาน ตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานของตนให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่รัฐมนตรีออกโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

มาตรา 10 ในกรณีที่มีเหตุอันสมควร อธิบดีมีอำนาจออกคำสั่งให้เจ้าของโรงงานควบคุมรายใดแจ้งข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการใช้พลังงานเพื่อตรวจสอบ ให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9 และให้เจ้าของโรงงานควบคุมรายนั้นปฏิบัติตามภายในสามสิบวันนับแต่วันที่รับคำสั่งนั้น

มาตรา 11 นอกจากที่บัญญัติไว้แล้วในมาตรา 10 ให้เจ้าของโรงงานควบคุมมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

(1) จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานซึ่งมีคุณสมบัติตามมาตรา 13 อย่างน้อยหนึ่งคน ประจำที่โรงงานควบคุมแต่ละแห่ง

(2) ส่งข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต การใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ตามแบบและระยะเวลาที่กำหนดในกฎกระทรวง

(3) จัดให้มีการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน การติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวง

(4) กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมและส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานตามหลักเกณฑ์ วิธีการและระยะเวลาดังกล่าวในกฎกระทรวง

(5) ตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์ วิธีการและระยะเวลาดังกล่าวในกฎกระทรวง

กฎกระทรวงตามมาตรา 11 ให้รัฐมนตรีออกโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

มาตรา 12 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานและแจ้งให้อธิบดีทราบภายในหนึ่งร้อยแปดสิบวัน นับแต่วันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุมตามมาตรา 8 ใช้บังคับในกรณีที่เป็นโรงงานควบคุมก่อนวันที่พระราชกฤษฎีกาที่ออกตามมาตรา 8 ใช้บังคับ หรือนับแต่วันที่ เป็นโรงงานควบคุม ในกรณีที่เป็นโรงงานควบคุมในหรือหลังวันที่พระราชกฤษฎีกาที่ออกตามมาตรา 8 ใช้บังคับ

มาตรา 13 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานต้องมีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

(1) เป็นผู้ได้รับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและมีประสบการณ์การทำงานในโรงงานอย่างน้อยสามปี โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุม

(2) เป็นผู้ได้รับปริญญาทางวิศวกรรมศาสตร์หรือทางวิทยาศาสตร์ โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุม

(3) เป็นผู้สำเร็จการฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์พลังงาน หรือการฝึกอบรมที่มีวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกันที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงานจัดขึ้นหรือให้ความเห็นชอบ

การรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุมตาม (1) และ (2) ให้เป็นไปตามแบบที่อธิบดีกำหนด

มาตรา 14 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

(1) บำรุงรักษาและตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานเป็นระยะ ๆ

(2) ปรับปรุงวิธีการใช้พลังงานให้เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน

(3) รับรองข้อมูลที่เจ้าของโรงงานควบคุมส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานตามมาตรา 11 (2)

(4) ควบคุมดูแลการบันทึกข้อมูลตามมาตรา 11 (3) เพื่อให้พนักงานเจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้และรับรองความถูกต้องของการบันทึกดังกล่าว

(5) ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมในการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมมาตรา 11 (4)

(6) รับรองผลการตรวจสอบหรือวิเคราะห์ตามมาตรา 11 (5)

(7) ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมปฏิบัติตามคำแนะนำของอธิบดีตามมาตรา 16

มาตรา 15 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องเก็บรักษาสัญเนาบันทึกข้อมูลตามมาตรา 11 (3) ไว้ประจำ ณ โรงงานควบคุมเป็นเวลาไม่น้อยกว่าห้าปี เพื่อประโยชน์ในการใช้พลังงานและในการตรวจสอบของพนักงานเจ้าหน้าที่

มาตรา 16 เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามมาตรา 11 (4) ที่เจ้าของโรงงานควบคุมต้องส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ให้มีรายละเอียดแสดงถึงแผนการดำเนินการของโรงงานควบคุมที่จะให้การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานบรรลุสู่มาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9

ถ้าอธิบดีเห็นว่าเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานดังกล่าวไม่ถูกต้อง ให้อธิบดีมีหน้าที่ให้คำแนะนำเพื่อให้เจ้าของโรงงานควบคุมแก้ไขให้ถูกต้องตามวรรคหนึ่ง รวมทั้งติดตามและเร่งรัดให้เจ้าของโรงงาน ควบคุมดำเนินการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงานที่ได้แก้ไขแล้ว

หมวด 2

การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

มาตรา 17 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- (1) การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร
- (2) การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม
- (3) การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการแสดงคุณภาพของวัสดุก่อสร้างนั้น ๆ
- (4) การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
- (5) การใช้และการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
- (6) การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์
- (7) การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา 18 การกำหนดอาคารประเภทใด ขนาด ปริมาณการใช้พลังงาน และวิธีการใช้พลังงานอย่างใดให้เป็นอาคารควบคุมให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกา

ให้นำมาตรา 8 วรยศสองและวรรคสามมาใช้บังคับโดยอนุโลม

มาตรา 19 เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติมีอำนาจออกกฎกระทรวงกำหนด

- (1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารและการใช้พลังงานในอาคาร
- (2) หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร และการใช้พลังงานในอาคาร
- (3) มาตรฐานการปรับอากาศ การทำน้ำร้อนและการให้ความร้อนในอาคาร

มาตรา 20 ในการออกกฎกระทรวงตามมาตรา 19 ถ้าคณะกรรมการควบคุมอาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารได้พิจารณาให้ความเห็นชอบที่จะนำมาใช้บังคับกับการควบคุมอาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารด้วยแล้ว ให้ถือว่ากฎกระทรวงดังกล่าวมีผลเสมือนเป็นกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 8 แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 และให้บรรดาผู้มีอำนาจหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร มีอำนาจหน้าที่ควบคุมดูแลให้การก่อสร้างหรือตัดแปลงอาคารเป็นไปตามกฎกระทรวงดังกล่าว และในกรณีเช่นว่านี้ แม้ว่าอาคารที่เข้าลักษณะเป็นอาคารควบคุมจะอยู่ในท้องที่ที่ยังมิได้มีพระราชกฤษฎีกาใช้บังคับกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารก็ตาม ให้ถือว่าอยู่ในบังคับแห่งกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารด้วย ทั้งนี้ เฉพาะในขอบเขตที่เกี่ยวข้องเพื่อประโยชน์ในการปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้

มาตรา 21 เจ้าของอาคารควบคุมต้องอนุรักษ์พลังงาน ตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารของตนให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 19

ให้นำมาตรา 10 มาใช้บังคับแก่เจ้าของอาคารควบคุมโดยอนุโลม

มาตรา 22 ให้นำมาตรา 11 มาตรา 12 มาตรา 15 และมาตรา 16 มาใช้บังคับแก่เจ้าของอาคารควบคุม และให้นำมาตรา 13 และมาตรา 14 มาใช้บังคับแก่ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานของเจ้าของอาคารควบคุม แล้วแต่กรณี โดยอนุโลม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางทัศนารณ์ บุญรัตพันธุ์
วัน เดือน ปีเกิด 27 สิงหาคม 2502
สถานที่เกิด จังหวัดลำปาง ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์,
พ.ศ.2528-2530
ครุศาสตร์อุตสาหกรรม (วิศวกรรมไฟฟ้า)
มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ.2539-2543
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนา
ทรัพยากร
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน อาจารย์ 2 ระดับ 7
วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
กรุงเทพมหานคร

