# การเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ
# โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)
# Choosing Condition Based Maintenance for Split Type Air Conditioner by Considering the Energy Efficiency Ratio (EER)

นายศานติ อธิยะ
SANTI ATHIYA

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2557

# การเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ
# โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)
# Choosing Condition Based Maintenance for Split Type Air Conditioner by Considering the Energy Efficiency Ratio (EER)

ศานติ อธิยะ
SANTI ATHIYA

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

| | |
|---|---|
| **ชื่อ การค้นคว้าอิสระ** | การเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) |
| **ชื่อ นามสกุล** | ศานติ อธิยะ |
| **ชื่อปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน |
| **คณะ** | วิศวกรรมศาสตร์ |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | 1. ดร.สุรเชษฐ เดชฟุ้ง<br>2. ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<br>3. ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล<br>4. ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ |

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว

.......................................................................................ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นนทโชติ อุดมศรี)

.......................................................................................กรรมการ
(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

.......................................................................................กรรมการ
(ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ)

.......................................................................................กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.สุรเชษฐ เดชฟุ้ง)

.......................................................................................กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.......................................................................................คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง)

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

| | |
|---|---|
| **ชื่อการค้นคว้าอิสระ** | การเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) |
| **ชื่อ สกุล** | ศานติ  อธิยะ |
| **ชื่อปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา และคณะ** | วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) คณะวิศวกรรมศาสตร์ |
| **ปีการศึกษา** | 2557 |

# บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในบำรุงรักษาตามสภาพของเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาที่ใช้งานจริง โดยวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณการไหลของลมหมุนเวียนที่ผ่านแฟนคอยล์ยูนิต แรงดัน กระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เพื่อหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เปรียบเทียบกับค่า EER ที่ถูกกำหนดมาจากโรงงานผู้ผลิต กำหนดค่าที่เหมาะสมในบำรุงรักษาตามสภาพด้วยการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศในแต่ละครั้ง การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr พิกัดกำลังไฟฟ้า 2,291 วัตต์ พิกัดกระแสไฟฟ้า 9.89 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส ใช้สารทำความเย็น R-22 ค่า EER11.02 Btu/hr/watt เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 18 $^{0}$C จากการวิจัยพบว่าค่า EER ก่อนการบำรุงรักษามีค่าเท่ากับ 6.23 Btu/hr/watts หลังการบำรุงรักษามีค่า EER เท่ากับ 20.2Btu/hr/wattsหรือมีค่า EERเพิ่มขึ้นเท่ากับ 69 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการรักษาค่า EER ของเครื่องปรับอากาศ ด้วยการบำรุงรักษาตามสภาพในระยะเวลาที่เหมาะสมเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานได้

**คำสำคัญ** : การบำรุงรักษาตามสภาพ, ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน, เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

**Independent Study title** Choosing Condition Based Maintenance for Split Type Air Conditioner by Considering the Energy Efficiency Ratio (EER)
**Author** Santi Athiya
**Degree** Master of Engineering
**Major program** Sustainable Industrial Management Engineering (Graduate School)
**Academic Year** 2014

# ABSTRACT

This research was studied to determine the optimum value for condition based maintenance of split type air conditioner by measuring the temperature, humidity and flow of air through the fan coil unit. Measuring electric current and voltage of split type air conditioner. Find the energy efficiency ratio (EER) based on the actual use compared to the EER was determined by the manufacturer. To find the suitable maintenance and cleaning air conditioner for each. In conducting this research is split type air conditioner. Rated cooling 25,000 Btu/hr. Rated power 2,291 watts. Rated current 9.89 amperes. Rated voltage 220 volts single phase. Using the refrigerant R-22.EER 11.02Btu/hr/watts. Running 24 hour sperdayat a temperature of 18°C. Research indicates that the EER before maintenance is equal to6.23Btu/hr/watts. After maintenance is the EER of 20.2Btu/hr/watts or EER value, the increase was 69%. Thus preserving the EER of air conditioner. The condition based maintenance in reasonable time is one way that can help save energy.

**Keywords** : Condition Based Maintenance, Energy Efficiency Ratio, Split Type Air Conditioner

# กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ดร.สุรเชษฐ เดชฟุ้ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล และดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด

ขอบพระคุณ บริษัทบีเอชเอ็น (ไทยแลนด์) จำกัดเลขที่ 41/5 หมู่ 8 โซน 68 นิคมอุตสาหกรรมเหมราชชลบุรีตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรีโทร 038-345664-5 ที่อนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในครั้งนี้

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ศานติ อธิยะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# สารบัญ

| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | ก |
| Abstract | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญภาพ | ช |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการวิจัย | 3 |
| 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย | 3 |
| 1.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย | 4 |
| 1.6 สถานที่ทำการวิจัย | 5 |
| 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 5 |
| บทที่ 2 การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรมเพื่อหาโอกาสในการพัฒนา | 6 |
| 2.1 การศึกษาอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ | 6 |
| 2.2 ทบทวนวรรณกรรมเพื่อหาโอกาสในการพัฒนา | 9 |
| 2.3 โอกาสในการพัฒนาการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) | 11 |
| 2.4 มาตรฐานเครื่องปรับอากาศตามที่กฎหมายกำหนด | 15 |
| 2.5 การหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER) | 16 |
| 2.6 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioner) | 18 |
| 2.7 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ | 21 |
| 2.8 ความเหมาะสมของความดันด้านสูงและด้านต่ำของวัฏจักรทำความเย็น | 23 |
| 2.9 การวิเคราะห์ผลจากความดันด้านสูงและด้านต่ำ | 25 |
| 2.10 ไซโครเมตริกชาร์ท | 26 |
| 2.11 แผนภูมิความดันและเอนทัลปีของสารทำความเย็น | 28 |
| บทที่ 3 การสร้างต้นแบบการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพและการทดสอบต้นแบบ | 33 |
| 3.1 การสร้างต้นแบบการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพ | 33 |
| 3.2 ตรวจวัดและบันทึกค่าต่าง ๆ ของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา | 35 |
| 3.3 ดำเนินการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ | 38 |
| 3.4 ตรวจวัดและบันทึกค่าต่าง ๆ ของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา | 40 |
| 3.5 ดำเนินการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ | 42 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 4. การทดสอบต้นแบบ | 43 |
| 4.1 การทดสอบต้นแบบการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ | 43 |
| 4.2 คำนวณค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา | 44 |
| 4.3 คำนวณค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา | 46 |
| 4.4 คำนวณค่าต่างๆ ของการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ | 48 |
| บทที่ 5 ผลการวิจัย | 49 |
| 5.1 บันทึกผลก่อนการบำรุงรักษา | 49 |
| 5.2 บันทึกผลหลังการบำรุงรักษา | 50 |
| 5.3 บันทึกผลการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพ | 51 |
| บทที่ 6 อภิปรายผล | 52 |
| 6.1 อภิปรายผลการก่อนและหลังการบำรุงรักษา | 52 |
| 6.2 อภิปรายผลการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ | 53 |
| บทที่ 7 สรุปผล | 58 |
| 7.1 ค่าที่เหมาะสมในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ | 58 |
| 7.2 สรุปผลการวิจัยก่อนและหลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จากแผนภูมิความดัน เอนทัลปีของสารทำความเย็น | 58 |
| บทที่ 8 การวิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษา | 61 |
| 8.1 ต้นทุนการบำรุงรักษา | 61 |
| 8.2 ต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบเดิม | 62 |
| 8.3 ต้นทุนการบำรุงรักษาการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) | 63 |
| 8.4 เปรียบเทียบต้นทุนการบำรุงรักษา | 64 |
| 8.5 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศทั่วประเทศ | 65 |
| เอกสารอ้างอิง | 66 |
| ภาคผนวก | 67 |
| ภาคผนวก ก แผนภาพไซโครเมตริก | 68 |
| ภาคผนวก ข อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค | 70 |
| ภาคผนวก ค บทความวิชาการการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) | 73 |
| ภาคผนวก ง บทความวิชาการ | 77 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน | 89 |

# สารบัญตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย | 6 |
| 2.2 | ตารางฉลากประหยัดไฟฟ้า | 16 |
| 2.3 | ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิระเหยและความดันระเหย ของสารทำความเย็นชนิดต่างๆ | 23 |
| 2.4 | ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิควบแน่นและความดันควบแน่น ของสารทำความเย็น | 25 |
| 2.5 | คุณสมบัติที่สภาวะจุดต่างๆ ของ R22 | 29 |
| 5.1 | บันทึกผลก่อนการบำรุงรักษาด้านคอนเดนซิ่งยูนิต | 49 |
| 5.2 | บันทึกผลก่อนการบำรุงรักษาด้านแฟนคอยล์ยูนิต | 49 |
| 5.3 | บันทึกผลหลังการบำรุงรักษาด้านคอนเดนซิ่งยูนิต | 50 |
| 5.4 | บันทึกผลหลังการบำรุงรักษาด้านแฟนคอยล์ยูนิต | 50 |
| 5.5 | บันทึกผลการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพด้านแฟนคอยล์ยูนิต | 51 |
| 5.6 | บันทึกผลการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพด้านคอนเดนซิ่งยูนิต | 51 |
| 6.1 | ผลก่อนและหลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน | 52 |
| 6.2 | เปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ก่อนและหลังการบำรุงรักษา เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน | 53 |
| 6.3 | ผลการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ | 53 |
| 6.4 | เปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ตามสภาพ | 55 |
| 7.1 | ค่าแรงดันและค่าเอนทัลปี | 58 |
| 7.2 | แปลงหน่วยค่าแรงดันและค่าเอนทัลปี | 59 |
| 8.1 | ค่าบริการในการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศชนิดติดผนัง | 61 |
| 8.2 | ค่าบริการในการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศชนิดตั้งแขวน | 61 |
| 8.3 | ต้นทุนในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบเดิม | 63 |
| 8.4 | ต้นทุนในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ | 64 |
| 8.5 | เปรียบเทียบต้นทุนการบำรุงรักษาในระยะเวลา 1 ปี | 64 |
| 8.6 | ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย | 65 |
| 8.7 | เปรียบเทียบต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศทั่วประเทศ | 65 |

# สารบัญภาพ


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล | 12 |
| 2.2 | ไฮโกรมิเตอร์แบบดิจิตอล | 13 |
| 2.3 | เครื่องวัดความเร็วลม | 13 |
| 2.4 | Kyoritsu power meter with clamp รุ่น 6300 | 14 |
| 2.5 | แมนิโฟลด์เกจ | 14 |
| 2.6 | สายแมนิโฟลด์เกจ | 15 |
| 2.7 | การหาค่าเอนทัลปีด้วยแผนภาพไซโครเมตริก | 17 |
| 2.8 | เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดผนัง (Wall type) | 19 |
| 2.9 | เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดตั้ง-แขวน (Floor/Ceiling Type) | 19 |
| 2.10 | เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดเพดาน (Ceiling type) | 20 |
| 2.11 | เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนดคอยล์เปลือยซ่อนในฝ้าเพดาน | 21 |
| 2.12 | วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ | 21 |
| 2.13 | ไดอะแกรมวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ | 24 |
| 2.14 | แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต | 27 |
| 2.15 | การใช้งานแผนภาพไซโครเมตริก | 28 |
| 2.16 | แผนภูมิความดัน - เอนทัลปี (P - h diagram) ของสารทำความเย็น R-22 | 28 |
| 2.17 | ความสัมพันธ์ของความดัน เอนทัลปี (P - h diagram) ในระบบทำความเย็น | 30 |
| 2.18 | แผนภาพ P - h diagram เมื่อลดความดันด้านสูงของสารทำความเย็น | 32 |
| 2.19 | แผนภาพ P - h diagram เมื่อเพิ่มความดันด้านต่ำของสารทำความเย็น | 32 |
| 3.1 | แสดงตำแหน่งและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการวัด | 33 |
| 3.2 | แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงาน | 34 |
| 3.3 | วัดค่าแรงดันของระบบสารทำความเย็นก่อนการบำรุงรักษา | 35 |
| 3.4 | วัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ก่อนการบำรุงรักษา | 35 |
| 3.5 | วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา | 36 |
| 3.6 | วัดค่าความเร็วลมก่อนการบำรุงรักษา | 36 |
| 3.7 | วัดความยาวของช่องลมออก | 37 |
| 3.8 | วัดความกว้างของช่องลมออก | 37 |
| 3.9 | ล้างทำความสะอาดอีแว็ปอเรเตอร์ | 38 |
| 3.10 | ล้างทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ | 38 |
| 3.11 | ล้างทำความสะอาดพัดลมคอยล์เย็น | 39 |
| 3.12 | ล้างทำความสะอาดกรองอากาศ | 39 |
| 3.13 | วัดค่าแรงดันของระบบสารทำความเย็นหลังการบำรุงรักษา | 40 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.14 | วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา | 40 |
| 3.15 | วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา | 41 |
| 3.16 | วัดค่าความเร็วลมหลังการบำรุงรักษา | 41 |
| 4.1 | แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงาน | 43 |
| 4.2 | ช่องลมออกแฟนคอยล์ยูนิต | 44 |
| 4.3 | หาค่าEnthalpy จาก Psychometric chart ก่อนการบำรุงรักษา | 45 |
| 4.4 | หาค่า Enthalpy จาก Psychometric chart หลังการบำรุงรักษา | 47 |
| 4.5 | เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา | 48 |
| 6.1 | ค่าอุณหภูมิของลมที่ผ่านแฟนคอยล์ยูนิตและคอนเดนซิ่งยูนิต | 54 |
| 6.2 | ค่าความเร็วของลมที่ผ่านแฟนคอยล์ยูนิตและคอนเดนซิ่งยูนิต | 54 |
| 6.3 | ค่ากำลังไฟฟ้าของการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วนตามสภาพ | 55 |
| 6.4 | ค่าภาระการทำความเย็นของการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วนตามสภาพ | 56 |
| 6.5 | ค่า EER ของการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ | 56 |
| 6.6 | ค่าพลังงานจำเพาะของการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วนตามสภาพ | 57 |
| 7.1 | แผนภูมิความดัน เอนทัลปีแสดงสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ | 59 |
| 8.1 | เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา | 63 |

# บทที่ 1

# บทนำ (Introduction)

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากที่ผ่านมาเมื่อติดตั้งเครื่องปรับอากาศเสร็จเรียบร้อยแล้ว การใช้เครื่องปรับอากาศจะดำเนินไปตามปกติ การบำรุงรักษาจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศภายในห้องปรับอากาศไม่เย็นโดยติดต่อผู้รับเหมาภายนอก ไม่มีการตรวจวัดค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมก่อนทำการบำรุงรักษา ดังนั้นจึงได้เลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่า EER โดยการหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของเครื่องปรับอากาศตามสภาพที่ใช้งานจริง เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจที่จะล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศในแต่ละครั้ง ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ และค่าพลังงานไฟฟ้าการใช้เครื่องปรับอากาศโดยขาดการบำรุงรักษา จะทำให้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของเครื่องปรับอากาศลดลงการเลือกดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้ตรวจพบปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr พิกัดกำลังไฟฟ้า 2,291 วัตต์ พิกัดกระแสไฟฟ้า 9.89 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส ใช้สารทำความเย็น R-22 ค่า EER 11.02 Btu/hr/watt โดยได้พบปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

**ตาราง 1.1** ปัญหาที่พบในเครื่องปรับอากาศก่อนการเลือกดำเนินการวิจัย

| รายการ | ค่าที่วัดได้ | การตัดสินใจ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ปกติ | ผิดปกติ | ไม่แน่ใจ |
| 1. แรงดันไฟฟ้า (Volt) | 221.2 | / | - | - |
| 2. กระแสไฟฟ้า (Amp) | 7.2 | - | / | - |
| 3. กำลังไฟฟ้า (Watt) | 2980 | - | / | - |
| 4. อุณหภูมิลมเย็นเข้า ($^0$C) | 20 | - | - | / |
| 5. อุณหภูมิลมเย็นออก ($^0$C) | 13 | - | - | / |
| 6. ความเร็วลมเย็นเข้า (ft./min) | 230 | - | - | / |
| 7. ความเร็วลมเย็นออก (ft./min) | 550 | - | - | / |
| 8. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (psi) | 32 | - | / | - |
| 9. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (psi) | 260 | - | / | - |
| 10. เวลาทำงานคอมเพรสเซอร์ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง (นาที) | 60 | - | / | - |

จากตาราง 1.1 การตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นประกอบด้วย ปกติ ผิดปกติและไม่แน่ใจ ในส่วนปัญหาที่ไม่แน่ใจสามารถตัดสินใจได้ถ้ามีการพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแต่ละตัวนั้นเองความสกปรกจากฝุ่นละอองต่างๆ ในอากาศทำให้เกิดการอุดตันที่ชุดคอยล์ร้อน (Condensing Unit) ทำให้อุณหภูมิและแรงดันของสารทำความเย็นเพิ่มสูงขึ้น ทำให้คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำงานหนักขึ้น ในส่วนชุดคอยล์เย็น (Fan Coil Unit)ที่อยู่ภายในห้องปรับอากาศ เกิดการอุดตันจากฝุ่นละอองที่มีอยู่ในห้องปรับอากาศทำให้การส่งลมเย็นไม่ดี อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศลดลงช้า คอมเพรสเซอร์ต้องทำงานยาวนานขึ้น ทำให้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน(EER) ของเครื่องปรับอากาศลดลงจากปัญหาสาเหตุดังกล่าวจึงต้องรักษาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน(EER) ของเครื่องปรับอากาศให้ได้ไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ถ้าค่า EER สูงแสดงว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศสูงตามด้วย เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ ตามสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ) และข้อกำหนดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ) กำหนดไว้ดังนี้ในปีพุทธศักราช 2548 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้กำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ (Minimum Energy Performance Standard : MEPS) กำหนดให้เครื่องปรับอากาศสำหรับห้องขนาดไม่เกิน 8,000 วัตต์ และ 12,000 วัตต์มีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานไม่น้อยกว่า 2.82 (9.6 BTU/hr/W) และ 2.53 (8.6 BTU/hr/W) มีผลบังคับใช้ตั้งแต่มีนาคม 2548 ดังนั้นเครื่องปรับอากาศในขอบข่ายดังกล่าวจะต้องผ่าน มอก. 2134-2545 จึงจะสามารถผลิตและนำเข้าเพื่อจำหน่ายภายในประเทศได้ในปีพุทธศักราช 2554 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ)ได้มีการปรับเกณฑ์ค่าประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มขึ้นโดยกำหนดให้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เท่ากับ 11.6 สำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8,000 วัตต์ (27,296 BTU/hr) และเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดมากกว่า 8,000 ถึง 12,000 วัตต์ (27,296 ถึง 40,944 BTU/hr) กำหนดให้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เท่ากับ 11.0 โดยปรับรูปแบบหน้าฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพเบอร์ 5 ในปี 2554

วิธีหนึ่งที่จะใช้ในการรักษาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน(EER) ของเครื่องปรับอากาศ คือ การรักษาความสะอาดบริเวณชุดคอยล์ร้อน (Condensing Unit) และชุดคอยล์เย็น (Fan Coil Unit) ให้สะอาดอยู่เสมอโดยการวัดค่าต่างๆ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและคำนวณหาค่าที่เหมาะสมที่ใช้ในการตัดสินใจดำเนินการบำรุงรักษาจึงนำเสนอการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่า EER เพื่อเป็นแนวทางในการรักษาเครื่องปรับอากาศให้อยู่ในระดับประหยัดไฟเบอร์ 5

## 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อต้องการหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ที่เหมาะสม ในการเลือกการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพด้วยวิธีวัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ความเร็วของอากาศแรงดันของสารทำความเย็นในระบบ

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าและค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

1.3.2 ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ อัตราการไหลของอากาศผ่านชุดคอยล์เย็น

1.3.3 ดำเนินการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr พิกัดกำลังไฟฟ้า 2,291 วัตต์ พิกัดกระแสไฟฟ้า 9.89 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส ใช้สารทำความเย็น R-22 ค่า EER11.02 Btu/hr/watt เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

1.3.4 ดำเนินการบำรุงรักษาตามสภาพเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

## 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ตรวจวัดและบันทึกค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา

1.4.1.1 วัดแรงดันไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (Volt)

1.4.1.2 วัดกระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (Amp)

1.4.1.3 วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (Watt)

1.4.1.4 วัดแรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (Psi)

1.4.1.5 วัดขนาดของช่องทางลมเย็นออก (ft)

1.4.1.6 วัดความเร็วของลมเย็นหมุนเวียน (ft/min)

1.4.1.7 วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ทางเข้าและออกของชุดคอยล์เย็น (%RH)

1.4.1.8 วัดอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าและออกของชุดคอยล์เย็น ($^{0}$C)

1.4.2 คำนวณค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา

1.4.2.1 หาอัตราการไหลของลมเย็นหมุนเวียน ($ft^3$/min)

1.4.2.2 หาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

1.4.2.3 หาค่าพลังงานจำเพาะ (kW/Ton)

1.4.3 ดำเนินการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

1.4.3.1 คอยล์เย็น (Fan coil unit)

1) ล้างทำความสะอาดพัดลมด้วยน้ำแรงดัน
2) ล้างทำความสะอาดคอยล์เย็นด้วยน้ำแรงดัน
3) ดูดและเป่าทำความสะอาดระบบท่อน้ำทิ้งด้วยเครื่องเป่าลม (Blower)
4) ล้างทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ (Filter)

1.4.3.2 คอยล์ร้อน (Condensing unit)

1) ล้างทำความสะอาดแผงครีบคอยล์ร้อนด้วยน้ำแรงดัน
2) ล้างทำความสะอาดพัดลมด้วยน้ำแรงดัน
3) ตรวจวัดความดันของระบบสารทำความเย็น

1.4.4 ตรวจวัดและบันทึกค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

1.4.4.1 วัดแรงดันไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (Volt)

1.4.4.2 วัดกระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (Amp)

1.4.4.3 วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (Watt)

1.4.4.4 วัดแรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (Psi)

1.4.4.5 วัดความเร็วของลมเย็นหมุนเวียน (ft/min)

1.4.4.6 วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ทางเข้าและออกของชุดคอยล์เย็น (%RH)

1.4.4.7 วัดอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าและออกของชุดคอยล์เย็น ($^{0}$C)

1.4.5 คำนวณค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

1.4.5.1 หาอัตราการไหลของลมเย็นหมุนเวียน (ft$^{3}$/min)

1.4.5.2 หาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

1.4.5.3 หาค่าพลังงานจำเพาะ (kW/Ton)

1.4.5.4 หาจุดคุ้มทุน

1.4.6 ดำเนินการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

1.4.6.1 วัดแรงดันไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (Volt)

1.4.6.2 วัดกระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (Amp)

1.4.6.3 วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (Watt)

1.4.6.4 วัดแรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (Psi)

1.4.6.5 วัดความเร็วของลมเย็นหมุนเวียน (ft/min)

1.4.6.6 วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ทางเข้าและออกของชุดคอยล์เย็น (%RH)

1.4.6.7 วัดอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าและออกของชุดคอยล์เย็น ($^{0}$C)

1.4.7 คำนวณค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ

1.4.7.1 หาค่าภาระการทำความเย็น (Btu/hr)

1.4.7.2 หาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

1.4.7.3 หาค่าพลังงานจำเพาะ (kW/Ton)

1.4.7.4 หาจุดคุ้มทุน

## 1.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

1.5.1 เพาเวอร์มิเตอร์ Kyoritsu power meter with clampรุ่น 6300 ใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์

1.5.2 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) และวัดอุณหภูมิ Anemometer Digicon รุ่น DA-43A ใช้วัดค่าความเร็วลมเข้า ความเร็วลมออกและค่าอุณหภูมิของแฟนคอยล์ยูนิต

1.5.3 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Hygrometer) และวัดอุณหภูมิDaiichi รุ่น TH-303C วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ใช้วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศ

1.5.4 แมนนิโฟลด์เกจ (Manifold gauge) ใช้วัดค่าความดันของระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ

1.5.5 แผนภาพไซโครเมตริก

1.5.6 ตลับเมตร

## 1.6 สถานที่ทำการวิจัย

บริษัท บีเอชเอ็น (ไทยแลนด์) จำกัด 41/5 หมู่ 8 โซน 68 นิคมอุตสาหกรรมเหมราชชลบุรี ตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โทร 038-345664-5

## 1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.7.1 เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ

1.7.2 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่

1.7.3 เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

1.7.4 ประหยัดค่าไฟฟ้า

1.7.5 ลดปริมาณเชื้อโรคในเครื่องปรับอากาศและการสะสมฝุ่นละออง

1.7.6 เครื่องปรับอากาศทำความเย็นได้เร็วขึ้น

1.7.7 ลดกลิ่นอับชื้นในเครื่องปรับอากาศ

1.7.8 ช่วยลดภาวะโลกร้อนอันเนื่องจากการใช้พลังงาน

# บทที่ 2

# การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรมเพื่อหาโอกาสในการพัฒนา (Industrial study for development opportunity)

## 2.1 การศึกษาอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ

ศูนย์วิจัยกสิกรไทยคาดว่าภาพรวมของมูลค่าเครื่องปรับอากาศในประเทศปี 2557 จะมีมูลค่าประมาณ 26,000 ล้านบาทขยายตัวประมาณร้อยละ 7.4 และมีจำนวนขายเครื่องปรับอากาศประมาณ 1.6 ล้านเครื่องขยายตัวประมาณร้อยละ 5.4 เทียบกับปี 2556 ที่มีจำนวนขาย 1.52 ล้านเครื่องขยายตัวร้อยละ 10.9 ในปี 2556 จำนวนขายเครื่องปรับอากาศในประเทศยังสามารถขยายตัวได้อย่างต่อเนื่องโดยขยายตัวถึงร้อยละ 10.9 แม้ว่าในปี 2555 มีการขยายตัวที่สูงถึงร้อยละ 27.2 ก็ตามเนื่องจากมีปัจจัยสนับสนุนสำคัญจากภาคอสังหาริมทรัพย์ทั้งเพื่อที่อยู่อาศัยและพาณิชย์ประกอบกับกำลังซื้อประชาชนในต่างจังหวัดเพิ่มสูงขึ้นจากมาตรการดูแลสินค้าเกษตรและการเติบโตของการค้าชายแดนที่ขยายตัวสูงและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนที่สูงกว่าค่าปกติเกือบตลอดทั้งปีส่งผลให้ตลาดเครื่องปรับอากาศโดยรวมของปี 2556 มีมูลค่าประมาณ 24,290 ล้านบาทเติบโตร้อยละ 14.5 และมีจำนวนขายเครื่องปรับอากาศประมาณ 1.5 ล้านเครื่องหรือขยายตัวร้อยละ 10.9 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี [12]

**ตาราง 2.1** ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย

| ปี | 2552 | 2553 | 2554 | 2555 | 2556 | 2557 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ยอดขาย (เครื่อง) | 800,000 | 1,200,000 | 1,050,000 | 1,350,000 | 1,500,000 | 1,600,000 |

**ที่มา:** kasikorn-bank-economic-air-conditioner (2557)

จากการศึกษาข้อมูลการจำหน่ายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย ตั้งแต่ปี 2552 ถึงปี 2557 พบว่ามียอดจำหน่ายเพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้มียอดสะสมของเครื่องปรับอากาศที่ผู้บริโภคประมาณ 7,500,000 เครื่อง คาดการณ์ว่าจะมีเครื่องปรับอากาศสะสมเพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้จำนวนของเครื่องปรับอากาศที่ต้องทำการบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ธุรกิจการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศเติบโตตามไปด้วยเช่นกัน ในการบำรุงรักษาโดยทั่วไปแล้วจะทำเมื่อเครื่องปรับอากาศไม่สามารถทำความเย็นได้แล้ว หรือเครื่องปรับอากาศไม่ทำงานแล้วจึงดำเนินการซ่อมบำรุง ขาดการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในระหว่างใช้งาน โดยการตรวจวัดค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ คำนวณหาค่าประสิทธิภาพการทำงานจริงของเครื่องปรับในขณะนั้น เปรียบเทียบกับค่าที่ได้ออกแบบไว้แล้วจึงตัดสินใจดำเนินการบำรุงรักษา จะเป็นวิธีที่ดีกว่าการบำรุงรักษาโดยทั่วไป

2.1.1 การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศทั่วไปการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศเพื่อให้เครื่องปรับอากาศทำงานเต็มประสิทธิภาพและมีอายุการใช้งานยาวนาน ต้องดูแลบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอมีข้อแนะนำโดยทั่วไปเกี่ยวกับการบำรุงรักษาดังนี้

2.1.1.1 หมั่นทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศทุก ๆ 2 สัปดาห์ เพื่อให้เครื่องสามารถจ่ายความเย็นได้เต็มที่ตลอดเวลา

2.1.1.2 หมั่นทำความสะอาดแผงท่อทำความเย็นด้วยแปรงนิ่ม ๆ และน้ำผสมสบู่เหลวอย่างอ่อนทุก 6 เดือน เพื่อให้เครื่องทำความเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

2.1.1.3 ทำความสะอาดพัดลมส่งลมเย็นด้วยแปรงขนาดเล็กขจัดฝุ่นละอองที่จับกันเป็นแผ่นแข็งและติดกันอยู่ตามใบพัดทุก 6 เดือน ทำให้พัดลมส่งลมได้เต็มสมรรถนะตลอดเวลา

2.1.1.4 ทำความสะอาดแผงท่อระบายความร้อนโดยการใช้แปรงนิ่มๆ น้ำฉีดล้างทุกๆ 6 เดือนเพื่อให้เครื่องสามารถนำความร้อนภายในห้องออกไปทิ้งให้แก่อากาศภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.1.5 ถ้าเครื่องปรับอากาศไม่สามารถทำความเย็นได้เพราะสารทำความเย็นรั่วต้องรีบตรวจหารอยรั่วแล้วทำการแก้ไขและเติมสารทำความเย็นให้เต็ม หรือหยุดการใช้งานทันทีเพราะเครื่องปรับอากาศจะใช้พลังงานไฟฟ้าโดยไม่ทำให้เกิดการทำความเย็น

2.1.1.6 ตรวจสอบฉนวนหุ้มท่อสารทำความเย็นอย่างสม่ำเสมอ ห้ามให้เกิดฉีกขาด

2.1.2 การบำรุงรักษาคอยล์เย็นหรือแฟนคอยล์ยูนิตเป็นชุดที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องหรือภายในอาคาร มีส่วนประกอบย่อยที่จำเป็นต้องดูแลบำรุงรักษาและทำความสะอาดดังนี้

2.1.2.1 แผงกรองฝุ่นหรือฟิลเตอร์ ในเครื่องปรับอากาศทุกเครื่องจำเป็นต้องมีฟิลเตอร์เพราะฟิลเตอร์จะทำหน้าที่เป็นด่านแรกที่จะกรองอากาศโดยจะดักจับฝุ่นและสิ่งสกปรกอื่นๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศไม่ให้ผ่านเข้าไปยังตัวแผงขดท่อคอยล์เย็น (Evaporator) และเป่าเข้าสู่บรรยากาศภายในห้องได้อีก ฟิลเตอร์โดยทั่วไปมีใช้กันอยู่หลายชนิด ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะขึ้นอยู่กับขนาด และรูปแบบของเครื่อง เช่น เป็นแบบใยสังเคราะห์สีขาวหรือดำลักษณะคล้ายเส้นด้ายไนล่อนมีขอบเป็นโครงพลาสติก หรือเป็นแบบใยสังเคราะห์สีดำโครงขอบเป็นเหล็กเส้นลวด หรือเป็นแบบเส้นใยอลูมิเนียมถัก (ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศบางรุ่น มีฟิลเตอร์กรองกลิ่นและควันอยู่ด้วย) เราต้องดูแลทำความสะอาดฟิลเตอร์อยู่เสมอ เพื่อไม่ให้ฟิลเตอร์อุดตันไปด้วยฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่าง ๆ เพราะถ้าฟิลเตอร์อุดตันจะทำให้ลมไม่สามารถหมุนเวียนผ่านคอยล์เย็นได้ ซึ่งจะทำให้เครื่องปรับอากาศไม่เย็น มีน้ำแข็งเกาะที่ตัวคอยล์เย็นและอาจมีน้ำหยดจากตัวเครื่องได้ เมื่อน้ำแข็งที่เกาะอยู่ละลายโดยที่ฟิลเตอร์มีจุดประสงค์เพื่อการกรองดักจับฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่าง ๆ ดังนั้นฟิลเตอร์จึงมีโอกาสอุดตันจากสิ่งเหล่านี้ได้มาก การล้างทำความสะอาดจึงควรทำให้บ่อยครั้ง โดยดูความเหมาะสมจากสภาพแวดล้อมและการใช้งาน ดังนั้นการล้างฟิลเตอร์ควรต้องจะล้างทุกวัน หรืออย่างน้อยที่สุดทุกสัปดาห์ ส่วนการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในสถานที่ไม่ค่อยมีฝุ่นละอองมากนัก เช่น ห้องนอน ห้องพักผ่อน หรือห้องทำงานทั่วไป ก็ควรทำความสะอาดฟิลเตอร์ทุก ๆ หนึ่งเดือน หรือสามเดือนวิธีการล้างฟิลเตอร์โดยใช้น้ำแรง ๆ ฉีดที่ด้านหลังของฟิลเตอร์ (ด้านที่ไม่ได้รับฝุ่น) ให้ฝุ่นและสิ่งสกปรกหลุดออกหรือถ้าฟิลเตอร์เป็นแบบเส้นใยอลูมิเนียมถัก แบบเส้นใยไนล่อน ก็อาจใช้แปรงที่มีขนนิ่ม เช่น แปรงสีฟัน หรือแปรงทาสีช่วยในการทำความสะอาด

2.1.2.2 แผงขดท่อคอยล์เย็น (Evaporator) มีรูปร่างเป็นเส้นท่อขดไปมาตามความยาวของเครื่องและจะมีแผ่นครีบอลูมิเนียมบาง ๆ หุ้มขดท่อเหล่านั้นอยู่ แผงขดท่อจะมองเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อถอดหน้ากากส่งลม หรือหน้ากากรับลมกลับ ของเครื่องออก ที่แผงขดท่อนี้จะมีฝุ่นผงขนาดเล็กที่สามารถผ่านการกรองของฟิลเตอร์เข้ามาได้ เมื่อใช้งานไปนานๆ ฝุ่นเหล่านี้จะจับตัวกันหนาขึ้นทำให้อากาศไม่สามารถผ่านได้ควรทำการล้างทำความสะอาดขดท่อทองแดงและแผ่นอลูมิเนียม โดยกำหนดให้ระยะเวลาในการล้างในรอบหนึ่งปี ควรมีการล้าง 1 ครั้ง วิธีล้างทำความสะอาดให้ใช้แปรงสีฟัน หรือแปรงทาสี ปัดเอาฝุ่น ที่เกาะยึดติดอยู่ให้ออกก่อนด้วยการลากแปรงลงตามแนวล่องของแผ่นครีบอลูมิเนียม แล้วจึงค่อยเอาน้ำฉีดหรือลาด เพื่อให้ฝุ่นที่เหลือหลุดตามน้ำออกมา แต่เนื่องจากฝุ่นละอองที่จับอยู่เป็นเวลานาน ๆ จะมีความเหนียวมาก บางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้น้ำยาเคมีช่วยในการขจัดคราบสกปรกออก น้ำยาเคมีที่ใช้ต้องเป็นแบบที่ใช้กับ เครื่องปรับอากาศซึ่งจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อคน และไม่ทำลายวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ เช่น แผ่นอลูมิเนียม ท่อทองแดง หรือพลาสติก ในการเอาน้ำฉีด น้ำยาเคมีที่ใช้ต้องเป็นแบบที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศ หรือลาดต้องระมัดระวังอย่าให้น้ำกระเด็นเปียกอุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่อง และควรระวังไม่ให้น้ำล้นถาดรองรับน้ำของเครื่องปรับอากาศ

2.1.2.3 ใบพัดลมคอยล์เย็นหรือโบลเวอร์ เป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิดการเคลื่อนที่ของลม โดยได้กำลังมาจากมอเตอร์ไฟฟ้า ฝุ่นผงขนาดเล็กที่เล็ดลอดมาจากการดักจับของแผงกรองอากาศบางส่วน จะมาจับอยู่ที่ใบพัดลม ทำให้ร่องตักลมของใบพัดลมอุดตันไม่สามารถตักลมได้เต็มที่ การเกิดในลักษณะเช่นนี้จะทำให้ปริมาณลมเย็นที่ออกไปจากคอยล์เย็นลดลง จึงต้องเสียเวลาในการเดินเครื่องปรับอากาศนานขึ้น เพื่อที่จะให้ได้อุณหภูมิของห้องเท่าเดิม ซึ่งมีผลทำให้เสียค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น นอกจากฝุ่นที่เกาะตามใบพัดลมจะทำให้พัดลมส่งลมเย็นออกมาได้น้อยแล้ว อาจจะทำให้เกิดเสียงดังที่ตัวชุดคอยล์เย็นขึ้นได้ เนื่องจากฝุ่นที่จับอยู่จะไปเพิ่มน้ำหนักให้กับใบพัด ทำให้ใบพัดเสียการสมดุลในตัวเอง และเมื่อมอเตอร์หมุนจะเกิดการสั่นสะเทือนจากแรงเหวี่ยงและเกิดเสียงดัง

2.1.2.4 ถาดรองรับน้ำทิ้งและท่อน้ำทิ้ง เป็นอุปกรณ์สำหรับรองรับน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำของไอน้ำในอากาศภายในห้อง น้ำที่เกิดขึ้นนี้จะไหลไปรวมกันที่ถาดรองรับและถูกระบายทิ้งโดยผ่านทางท่อน้ำทิ้ง ที่ถาดรองรับน้ำทิ้งนี้ถ้าไม่ได้รับการดูแลหรือทำความสะอาด เป็นเวลานาน จะทำให้เกิดเมือกขาวใสคล้ายวุ้น น้ำที่ขังอยู่ในถาดรองรับน้ำทิ้งเป็นเวลานานเมื่อรวมกับฝุ่นละอองต่าง ๆ ที่เกาะอยู่ตามถาดอาจเป็นแหล่งอาหาร หรือเป็นแหล่งสะสม ของเชื้อโรค เชื้อรา และทำให้เชื้อโรค เชื้อรา เจริญเติบโตและแพร่กระจายสู่ผู้ปฏิบัติงาน ผู้พักอาศัยภายในห้อง และภายในอาคารได้ การทำความสะอาดถาดน้ำทิ้งโดยการใช้แปรงที่มีขนแข็งขัดถู หรือการถอดออกมาล้าง ส่วนท่อน้ำทิ้งทำได้โดยการใช้เครื่องเป่าลม เป่าลมเข้าไปตามท่อน้ำหรือใช้น้ำที่มีแรงดันเล็กน้อยฉีดเข้าไปภายในท่อ (ต้องแน่ใจว่าในระบบท่อไม่มีรอยรั่ว) วิธีการล้างทำความสะอาดถาดรองรับน้ำและท่อน้ำทิ้งควรทำไปพร้อมกับการทำความสะอาดแผงขดท่อคอยล์เย็นและใบพัดลม และควรตรวจดูแนวท่อน้ำทิ้งด้วยว่ามีลักษณะโค้งงอ (ตกท้องช้าง) หรือไม่ ถ้ามีต้องทำการแก้ไข เพราะท่อน้ำทิ้งช่วงที่โค้งงอตกท้องช้างจะเป็นแหล่งที่รวมของน้ำและสิ่งสกปรก ซึ่งจะทำให้ท่อน้ำทิ้งอุดตัน และจะทำให้มีน้ำหยดจากบริเวณที่ท่อตกท้องช้างได้เนื่องจากไอน้ำในอากาศกระทบท่อที่น้ำเย็นที่ขังอยู่

2.1.2.5 ตัวโครงเครื่อง หน้ากากรับลม และหน้ากากจ่ายลม การทำความสะอาดโดยการปัดฝุ่น หรือใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดถูหรือถ้าถอดออกไปล้างน้ำทำความสะอาดได้

2.1.3 การบำรุงรักษาคอยล์ร้อนหรือคอนเดนซิ่งยูนิตเป็นชุดที่ติดตั้งอยู่ภายนอกห้อง หรือภายนอกอาคาร ภายในชุดคอยล์ร้อนจะมีส่วนประกอบหลักอยู่สามส่วน คือ คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์พัดลมใบพัดลมและแผงขดท่อครีบอลูมิเนียม ชุดคอยล์ร้อนจะมีหน้าที่นำเอาความร้อนจากภายในห้องมาระบายออกทิ้งไป ดังนั้นลมที่เป่าออกมาจากคอยล์ร้อนจึงเป็นลมร้อน การดูแลบำรุงรักษาคอยล์ร้อนจึงต้องทำให้เกิดการระบายความร้อนได้ดีโดยไม่มีวัตถุสิ่งของใดๆ มาปิดบังทิศทางของลม ดูแลไม่ให้มีฝุ่นหรือสิ่งอื่น ๆ มาปิดบังที่แผงขดท่อและแผ่นอลูมิเนียมของคอยล์ร้อน เพราะสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวขวางกั้นไม่ให้ลมเข้าไปรับความร้อนจากชุดคอยล์ร้อนได้ ระยะห่างระหว่างชุดคอยล์ร้อนกับสิ่งกีดขวางที่ยอมรับได้ จะถูกกำหนดโดยข้อกำหนดเฉพาะในการติดตั้งของเครื่องปรับอากาศแต่ละรุ่น ซึ่งรวมถึงการเผื่อพื้นที่ว่างเพื่อการดูแลซ่อมบำรุงด้วย ถ้าคอยล์ร้อนสกปรกหรือมีสิ่งของมากีดขวางการระบายลมทำให้ความร้อนไม่สามารถระบายออกมาได้ จะทำให้เครื่องปรับอากาศไม่มีความเย็นหรือเย็นน้อย กินกระแสไฟฟ้ามากกว่าปกติ และอาจทำให้คอมเพรสเซอร์เสียหายได้ การทำความสะอาดฝุ่นละอองที่เกาะอยู่ตามชุดคอยล์ร้อน สามารถใช้น้ำฉีดล้างได้แต่ต้องระวังอย่าให้น้ำกระเด็นเข้าไปเปียกอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ ระยะเวลาในการล้างทำความสะอาดชุดคอยล์ร้อนควรล้างทุก 6 เดือน หรือทุก 12 เดือนการดูแลสภาพทั่วไปอื่น ๆ ของเครื่อง เช่น น๊อต สกรู ยางรองแท่นเครื่องต่างๆ อย่าให้หลุดหรือหลวม เพราะอาจทำให้เกิดเสียงดังจากการสั่นสะเทือน ดูแลฉนวนหุ้มท่อทางดูดที่ใช้ป้องกันความร้อนต่าง ๆ ถ้าพบว่าชำรุดฉีกขาดควรแก้ไขซ่อมบำรุงให้เรียบร้อย เพราะถ้าฉนวนที่ใช้ป้องกันความร้อนชำรุด จะทำให้ไอน้ำในอากาศกลั่นตัวเป็นหยดน้ำในบริเวณนั้น และจะทำความเสียหายให้กับฉนวนส่วนอื่น ๆ อีก หรือน้ำที่เกิดขึ้นนั้นจะหยดลงบนฝ้าเพดานหรือตามผนังห้อง (ในกรณีที่ฉนวนหุ้มท่อสารทำความเย็น หรือท่อส่งลมเย็น หรือท่อน้ำเย็น ชำรุด) ทำให้เกิดรอยคราบสกปรก และเกิดเชื้อราขึ้นได้การบำรุงรักษาและการตรวจซ่อมเครื่องปรับอากาศให้ถูกต้อง เหมาะสมกับสภาพและรูปแบบของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่อง ควรศึกษาทำความเข้าใจเอกสารคู่มือที่ให้มาพร้อมกับเครื่องปรับอากาศ และปฏิบัติตามคำแนะนำให้ถูกต้อง [3]

## 2.2 ทบทวนวรรณกรรมเพื่อหาโอกาสในการพัฒนา

2.2.1 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานของคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศในช่วงเริ่มต้นการทำงานที่ใช้เวลาต่างกันการเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานของคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศในช่วงเริ่มต้นการทำงานที่ใช้เวลาต่างกัน การเปรียบเทียบการลดการใช้พลังงานการสตาร์ทคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศขนาด 12500 บีทียูต่อชั่วโมง ในกรณีที่ติดตั้งชุดคอยล์ร้อน (CDU) อยู่สูงกวาชุดคอยล์เย็น (FCU) ซึ่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่มีความยาวท่อในแนวดิ่งมากกว่า 12 เมตร จะมีการสิ้นเปลืองพลังงานสูง การทดลองกำหนดให้ชุดลดพลังงานการสตาร์ทคอมเพรสเซอร์เปรียบเทียบช่วงเวลา 20 และ 40 วินาที สภาวะการทำงานคอมเพรสเซอร์ให้ใกล้กับสภาวะการทำงานจริงมากที่สุดโดยกำหนดให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน 20 นาที และหยุดการทำงาน 6 นาที ใช้เวลาทั้งหมด 8 ชั่วโมง อุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ 39±2°C ซึ่งถูกควบคุมให้คงที่ด้วยขดลวดความร้อน ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศภายในห้องทดลอง 24 ±2 °C ซึ่งถูกควบคุม

ให้คงที่ด้วยความร้อนจากแสงของหลอดไฟ การติดตั้งท่อสารทำความเย็นในแนวดิ่งระยะห่างระหว่าง FCU และ CDU มีค่าคงที่ 12 เมตร จากการศึกษาพบวา หากเพิ่มเวลาในการทำงานของคอมเพรสเซอร์จากเริ่มทำงาน 20 วินาที เป็น 40 วินาที ทำให้พลังงานที่ใช้ลดลง 2% นอกจากนี้ยังพบว่าค่า COP เพิ่มขึ้นน้อยโดยมีค่า 0.121% ดังนั้นสรุปได้ว่าหลังจากที่ติดตั้งชุดลดพลังงานเขากับระบบเดิมจะสงผล COP ของระบบค่อนข้างเท่าเดิมและการสิ้นเปลืองพลังงานในจังหวะเริ่มต้นทำงานลดลง 2 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานของคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศในช่วงเริ่มต้นการทำงานที่ใช้เวลาต่างกัน ทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศลดลงเฉลี่ย 3.53 เปอร์เซ็นต์ [4]

2.2.2 การลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศการศึกษาสมรรถนะและการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ซึ่งทำจากกระดาษเซลลูโลสเปรียบเทียบกับการใช้ PVC filling โดยใช้น้ำจากอีแวปปอเรเตอร์ในการหล่อเย็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) กำลังงานที่ใช้ของระบบ และพลังงานไฟฟ้าจากการทดลองใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนยี่ห้อ FUJIBISHI แบบตั้งแขวน ขนาดการทำความเย็น 12,000 Btu/hr.ใช้สารทำความเย็น R 22 เป็นสารทำงานในระบบการทำความเย็น เครื่องปรับอากาศติดตั้งในห้องขนาด 13.4 ตารางเมตร สูง 3 เมตร เปิดใช้งาน 8 ชั่วโมง (08:00-16:00 น.) ผลการทดลองพบว่าการติดตั้งชุดลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้กระดาษเซลลูโลส เครื่องปรับอากาศสามารถระบายความร้อนได้ดี สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศเท่ากับ 5.28 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น14.59 พลังงานที่ใช้ของระบบ 6.00 kW-hrการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเครื่องปรับอากาศปกติร้อยละ 28.39 ส่วนการใช้ PVC filling สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศเท่ากับ 5.13 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น 18.01 พลังงานที่ใช้ของระบบ 6.60 kW-hrการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเครื่องปรับอากาศปกติร้อยละ 21.18 การใช้ PVC filling ทดแทนการใช้กระดาษเซลลูโลสจะมีข้อดีคือสามารถล้างทำความสะอาดได้มากครั้งกว่าและมีอายุการใช้งานได้นานกว่าแผ่นเซลลูโลส [1]

2.2.3 ประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศศึกษาประสิทธิภาพในการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในช่วงการใช้งานเวลากลางวัน กลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง โดยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้า ซึ่งผลดังกล่าวสามารถกำหนดช่วงเวลาที่เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางการนำไปใช้ในอาคารประเภทบ้านพักอาศัย ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพภายใต้การใช้งานจริงนั้นต่ำกว่าผลที่ได้จากการทดลอง เนื่องมาจากอิทธิพลของภาระการทำความเย็นเป็นหลัก เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำมีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด เมื่อมีภาระการทำความเย็นสูงในระดับหนึ่ง ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการถ่ายเทความร้อนในช่วงฤดูกาลที่มีอุณหภูมิสูง หรือเกิดจากความร้อนสะสมตั้งต้นขณะเปิดเครื่องปรับอากาศ ยิ่งไปกว่านั้น ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกที่ต่ำจะเอื้อให้เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำทำงานได้มีประสิทธิภาพมาก

ขึ้น เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำสามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 14.98 ในช่วงกลางวันส่วนในช่วงกลางคืนลดได้ร้อยละ 9.49 และร้อยละ 4.26 ในช่วง 24 ชั่วโมง จากผลดังกล่าว จึงควรที่จะนำระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำไปติดตั้งร่วมกับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนในห้องที่มีการใช้งานช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากห้องจะมีภาระการทำความเย็นสูงตลอดทั้งวัน ในขณะที่ห้องที่ใช้งานเฉพาะเวลากลางคืน อาทิ ห้องนอน ก็เป็นส่วนที่เหมาะกับระบบระเหยน้ำรองลงมา เนื่องจากมีการสะสมความร้อนสะสมจากช่วงกลางวัน ในทางกลับกันการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงเหมาะกับระบบระเหยน้ำน้อยที่สุด เนื่องจากระบบแทบจะไม่ช่วยลดการใช้พลังงานในช่วงกลางคืนประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ [6]

## 2.3 โอกาสในการพัฒนาการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

ในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีหลายกลยุทธ์ที่สามารถนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับขนาดของเครื่องปรับอากาศ สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเวลากลยุทธ์หนึ่งที่สำคัญคือการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ทำให้สามารถคาดการณ์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศและหาสาเหตุหลัก (Root Cause) ของการลดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่เกิดขึ้นล่วงหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่จำเป็นต้องหยุดเครื่องปรับอากาศเพื่อตรวจสอบวิเคราะห์ ไม่ให้กระทบต่อการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแต่อย่างใดการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เป็นการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพที่ใช้งานจริงเวลาที่ใช้งานจริง ทำให้ได้รับประโยชน์สูงสุดจากการใช้งานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานจนกระทั่งเสื่อมสภาพลงหรือประสิทธิภาพการทำงานต่ำลง จึงดำเนินการซ่อมบำรุงรักษา ปรับปรุงให้กลับคืนสู่สภาพเดิม ทำให้ดียิ่งขึ้นกว่าเดิมการบำรุงรักษาวิธีนี้เหมาะสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานทั่วไปสิ่งที่จำเป็นในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพคือ การใช้เครื่องมือที่เหมาะสมการกำหนดความถี่ในการตรวจวัดให้เหมาะสมนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาปัญหาที่เกิดขึ้นได้การตรวจวัดสภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศจะใช้การตรวจวัดค่าต่างๆ เก็บไว้เพื่อวิเคราะห์หาสภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ใช้ผลการวิเคราะห์มาช่วยในการตัดสินใจกำหนดการบำรุงรักษาเท่าที่จำเป็นสามารถตรวจวัดสภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้ เช่น การตรวจวัดค่าอุณหภูมิของห้องปรับอากาศค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศ ค่าความเร็วของลมเย็นของเครื่องปรับอากาศค่าแรงเคลื่อนและค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศค่าแรงดันสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

2.3.1 การตรวจวัดค่าวัดอุณหภูมิเครื่องวัดอุณหภูมิคือเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิหรือระดับของความร้อนโดยใช้หลักการวัดที่แตกต่างกันมากมายแต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือแบบดิจิตอลซึ่งมีหน้าจอแสดงผลแบบดิจิตอลและมีโพรบติดตั้งอยู่ที่ตัวเครื่องพกพาได้สะดวกสามารถแสดงผลอุณหภูมิได้ทั้งแบบองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์ เมื่อต้องการที่จะเลือกเครื่องวัด

อุณหภูมิไว้ใช้งานมีสิ่งที่จะต้องพิจารณามากเช่นช่วงการวัดอุณหภูมิความละเอียดความถูกต้องของที่ได้จากการวัดนอกเหนือจากนี้ควรพิจารณาสิ่งแวดล้อมที่จะนำเครื่องวัดอุณหภูมิไปใช้ให้เหมาะสม

**ภาพ 2.1** เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล

2.3.2 การตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative Humidity: RH) ความชื้น (Humidity) คือ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ความชื้นของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือ อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศต่อปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกันหรือ อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริงต่อความดันไอน้ำอิ่มตัวซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ (%)

การวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ การวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสามารถวัดได้จากเครื่องมือ 2 ชนิด

2.3.2.1 ไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก-กระเปาะแห้งไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก-กระเปาะแห้งประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์สองอันถูกยึดติดด้วยปลอกที่แข็งแรงสามารถแกว่งหมุนได้ด้วยมือ ด้านเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งวัดอุณหภูมิอากาศ อีกด้านเป็นเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (มีไส้ผ้ายึดติดอยู่ที่ส่วนปลายของเทอร์โมมิเตอร์) จะวัดอุณหภูมิอากาศที่ลดลงเมื่อน้ำระเหยออกไปความแตกต่างของอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งและเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกยิ่งมากเท่าไร อากาศจะยิ่งแห้งมาก การหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ทำได้โดยอ่านค่าจากตารางความชื้นสัมพัทธ์ที่แนบมาให้พร้อมเครื่องวัด

2.3.2.2 ไฮโกรมิเตอร์แบบดิจิตอลไฮโกรมิเตอร์แบบดิจิตอลใช้งานได้ง่ายและสามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วงกว้างการใช้งานสะดวกในการใช้ไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง แต่มีราคาจะแพงกว่าต้องดูแลรักษามากกว่าไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง

**ภาพ 2.2** ไฮโกรมิเตอร์แบบดิจิตอล

2.3.3 การตรวจวัดค่าความเร็วของลมเครื่องวัดความเร็วลมหรือ Anemometer คือเครื่องมือวัดทางอุตุนิยมวิทยาที่ใช้สำหรับวัดความเร็วของลมมีหลายประเภท

2.3.3.1 เครื่องวัดความเร็วลมแบบถ้วย (Cup Anemometer) ประกอบไปด้วยเสาและแขนทั้ง 4 ที่ติดอยู่กับปลายเสาพร้อมถ้วยที่ยึดติดอยู่ที่ปลายของแขนทั้ง 4 เมื่อลมพัดจะทำให้แขนทั้ง 4 หมุนรอบเสาเครื่องวัดความเร็วลมแบบถ้วยมีแรงเสียดทานซึ่งทำให้มีความแม่นยำน้อยกว่าเครื่องมือวัดความเร็วลมประเภทอื่นๆ

2.3.3.2 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด (Windmill anemometer) เพื่อการใช้งานที่ถูกต้องเครื่องมือวัดความเร็วลมชนิดนี้จะต้องอยู่ในตำแหน่งขนานกับทิศทางของลม เมื่อลมหมุนใบพัดรอบการหมุนของใบพัดจะถูกคำนวณเป็นความเร็วลม

**ภาพ 2.3** เครื่องวัดความเร็วลม

2.2.3.3 เครื่องวัดความเร็วลมแบบเทอร์โมอิเล็กทริค (Hot wire Anemometer)ใช้ลวดเส้นเล็กๆ ซึ่งถูกทำให้มีอุณหภูมิร้อนกว่าอากาศโดยรอบเมื่อลมพัดให้เส้นลวดเย็นลงวงจรอิเล็กทรอนิคส์ภายในตัวเครื่องจะคำนวณความเร็วลมโดยอยู่บนพื้นฐานของความต้านทานไฟฟ้าของเส้นลวดเครื่องมือวัดความเร็วลมประเภทนี้ค่อนข้างจะเปราะบางแต่ให้ความแม่นยำสูง

2.2.3.4 เครื่องวัดความเร็วลมแบบอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Anemometer) ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1950 โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงในการวัดความเร็วลมเครื่องมือวัดความเร็วลมประเภทนี้มีพื้นฐานมาจากระยะเวลาของการเดินทางของโซนิคพัลซ์ระหว่างชุดของทรานสดิวเซอร์การวัดจากชุดของทรานสดิวเซอร์สามารถรวมกันเพื่อให้ได้ผลการวัดความเร็วลมใน 1

2 หรือ 3 มิติ ซึ่งให้ค่าความละเอียดสูงมากการไม่มีส่วนที่คลื่นไหวได้ทำให้เหมาะแก่การติดตั้งและใช้งานเป็นระยะเวลานาน เช่นในสถานีตรวจวัดสภาพอากาศและทุ่นวัดสภาพอากาศ

2.3.4 เครื่องมือวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเพาเวอร์มิเตอร์ Kyoritsu power meter with clamp รุ่น 6300 ใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์

**ภาพ 2.4** Kyoritsu power meter with clamp รุ่น 6300

2.3.5 ค่าแรงดันสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแมนิโฟลด์เกจเป็นเครื่องมือสำหรับวัดความดันและสุญญากาศในระบบปรับอากาศเป็นเครื่องมือสำหรับการบริการเกี่ยวกับระบบปรับอากาศคุณลักษณะของแมนิโฟลด์เกจ

**ภาพ 2.5** แมนิโฟลด์เกจ

2.3.5.1 เกจวัดความดันต่ำ เกจด้านนี้เป็นเกจแบบรวม คือวัดได้ทั้งค่าความดันต่ำและค่าสุญญากาศสามารถวัดค่าความดันได้ตั้งแต่ 0 - 120 Psi (ปอนด์/ตารางนิ้ว) ขึ้นอยู่กับยี่ห้อของเกจแมนิโฟลด์และสามารถวัดค่าสุญญากาศได้ตั้งแต่ 0 - 30 inHg (นิ้วปรอท) สีของเกจจะเป็นสีน้ำเงิน

2.3.5.2 เกจวัดความดันสูง เกจด้านนี้จะวัดได้เฉพาะค่าความดันสามารถวัดค่าความดันได้ตั้งแต่ 0 - 500 Psi (ปอนด์/ตารางนิ้ว) ขึ้นอยู่กับยี่ห้อของเกจแมนิ-โฟลด์ สีของเกจจะเป็นสีแดง

2.3.5.3 สายแมนิโฟลด์เกจสีน้ำเงินต่อกับเกจด้านความดันต่ำปลายสายเกจจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ด้านเป็นข้อต่อตรงและด้านที่เป็นข้อต่องอให้ใช้ด้านข้อต่อตรงต่อเข้ากับแมนิโฟลด์เกจของด้านความดันต่ำหรือด้านเกจสีน้ำเงินสีแดงต่อกับเกจด้านความดันสูง ปลายสายเกจจะมีอยู่ 2

ลักษณะ คือ ด้านที่เป็นข้อต่อตรงและด้านที่เป็นข้อต่องอ ให้ใช้ด้านข้อต่อตรงต่อเข้ากับแมนิโฟลด์เกจของด้านความดันสูงหรือด้านเกจสีแดงสีเหลืองใช้สำหรับงานบริการต่างๆ เช่น การถ่ายสารทำความเย็น หรือ งานบรรจุสารทำความเย็น เป็นต้น

**ภาพ 2.6** สายแมนิโฟลด์เกจ

2.3.5.4 วาล์วด้านข้างของแมนิโฟลด์เกจใช้หมุนสำหรับเปิด-ปิดท่อทางภายในตัวแมนิโฟลด์เกจ และวาล์วหมุนจะมีสีตรงกับเกจแต่ละด้านเสมอหมายเหตุ ก่อนใช้งานทุกครั้งตรวจสอบว่าวาล์วทั้งสองข้างจะต้องปิดสนิท

2.3.5.5 หน้าปัทม์ของเกจทั้ง 2 ด้านจะมีสเกลบอกค่าอุณหภูมิ (องศาฟาเรนไฮต์) ทั้งนี้เพื่อให้ทราบว่าขณะที่สารทำความเย็นมีค่าความดันอยู่นั้นจะมีค่าอุณหภูมิอยู่ที่เท่าไหร่ด้วย เช่น กรณีสารทำความเย็น R - 12 เข็มเกจด้านความดันต่ำชี้ที่ 30 Psi สังเกตสเกลตรงกลางของเกจ (สเกลสีแดงหรือสีน้ำเงิน)เข็มจะตรงกับ 32 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งทำให้ทราบว่าสารทำความเย็น R - 12 ที่ความดัน 30 Psi จะมีอุณหภูมิ 32 องศาฟาเรนไฮต์การออกแบบเช่นนี้จะสามารถนำไปช่วยวิเคราะห์สภาพของระบบปรับอากาศรถยนต์ได้ด้วยว่าบกพร่องหรือไม่แมนิโฟลด์เกจโดยทั่วไปออกแบบให้ใช้กับสารทำความเย็น 3 ชนิด คือ R - 12 R - 22 และ R - 502 ดังนั้นในการอ่านค่าอุณหภูมิเปรียบเทียบกับค่าความดันจะต้องอ่านให้ถูกต้องตามชนิดของสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบด้วย (กรณีสารทำความเย็นR 134a จะต้องใช้แมนิโฟลด์เกจเฉพาะ R 134a)ห้ามนำแมนิโฟลด์เกจไปใช้กับสารทำความเย็นนอกเหนือจากเบอร์ที่กำหนดเพราะจะทำให้ค่าความดันคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

## 2.4 มาตรฐานเครื่องปรับอากาศตามที่กฎหมายกำหนด

2.4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะหมายถึงอัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (วัตต์ความเย็น) กับพิกัดกำลังไฟฟ้า (วัตต์)

2.4.2 ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นหมายถึงค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นของระบบปรับอากาศโดยกำหนดในรูปของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

2.4.3 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานหมายถึงอัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (บีทียูต่อชั่วโมง) กับพิกัดกำลังไฟฟ้า (วัตต์)

2.4.4 ค่าพลังงานจำเพาะหมายถึงอัตราส่วนระหว่างพิกัดกำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) กับขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องทำน้ำเย็น (ตันความเย็น)

ประกาศกระทรวงพลังงานเรื่องการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคารพ.ศ. 2552 เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ ดังต่อไปนี้หากเครื่องปรับอากาศมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานสูง (EER) เครื่องปรับอากาศจะมีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นสามารถทำงานดูดความร้อน (Btu/hr.) ได้ในอัตราที่สูงขึ้นโดยใช้พลังงาน (วัตต์) เท่าเดิม หรือดูดความร้อนในอัตราเท่าเดิมโดยใช้พลังงานน้อยลง ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินฉลากพลังงาน โดยที่เครื่องปรับอากาศที่จะได้ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ในประเทศไทย จะต้องมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานสูง (EER)= 11.0ขึ้นไป [7]

**ตาราง 2.2** ตารางฉลากประหยัดไฟฟ้า

| ฉลากประหยัดไฟฟ้า | ขนาดเครื่องปรับอากาศ | อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) |
|---|---|---|
| เบอร์ 5 | ≤ 8,000 วัตต์ | (≤ 27,296 BTU/hr.) ≥11.6 |
| เบอร์ 5 | 8,000 ≥ 12,000 วัตต์ | (27,296 ≥ 40,944 BTU/hr.) ≥11.0 |
| เบอร์ 4- | ≥10.6 แต่<11.0 | |
| เบอร์ 3- | ≥9.6 แต่<10.6 | |

**ที่มา:** การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2554)

## 2.5 การหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER)

### 2.5.1 พื้นที่ช่องลมออกแฟนคอยล์ยูนิตของเครื่องปรับอากาศ

$$A_{E1} = W_{E2} \times L_{E2}\ (ft^2) \tag{2.1}$$

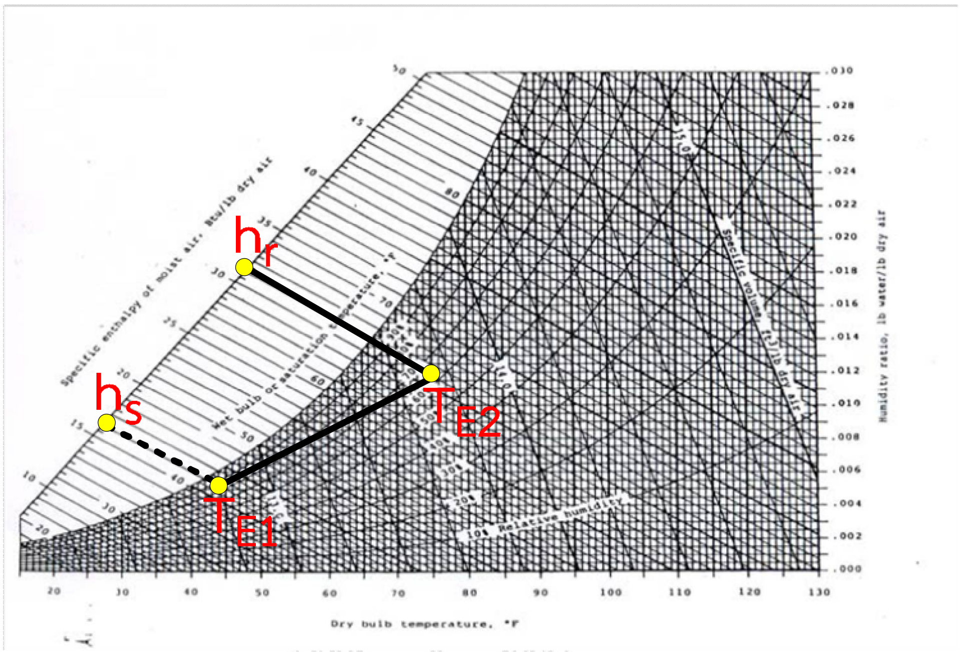
$A_{E1}$ = พื้นที่ช่องลมออก ($ft^2$)
$W_{E1}$ = ความกว้างช่องลมออก (ft.)
$L_{E1}$ = ความยาวช่องลมออก (ft.)[2]

### 2.5.2 ค่าอัตราการจ่ายลมของแฟนคอยล์ยูนิต

$$CFM = F_{E1} \times A_{E1}\ (ft^3/min) \tag{2.2}$$

CFM = อัตราการไหลของลมออก ($ft^3$/min)
$F_{E1}$ = ความเร็วลมออก (ft./min)
$A_{E1}$ = พื้นที่ช่องลมออก ($ft^2$)[2]

### 2.5.3 ค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ




**ภาพ 2.7** การหาค่าเอนทัลปีด้วยแผนภาพไซโครเมตริก
**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

$$Q_E = 4.5 \times CFM \times (h_r\text{-}h_s) \text{ (Btu/hr.)} \quad (2.3)$$

$Q_E$ = ภาระการทำความเย็น (Btu/hr.) [2]
CFM = อัตราการจ่ายลมของเครื่องปรับอากาศ ($ft^3$/min)
$h_r$-$h_s$ = Enthalpy ของลมเข้าออกจาก Psychometric chart(Btu/lbs.)
$h_r$ = Enthalpy ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับ (Btu/lbs.)
$h_s$ = Enthalpy ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมออก (Btu/lbs.)
$T_{E1}$ = ที่สภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมออก ($^0$ c)
$T_{E2}$ = ที่สภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับ ($^0$ c)

### 2.5.4 ค่ากำลังไฟฟ้า

$$P = V \times I \times COSØ\text{(Watt)} \quad (2.4)$$

P = กำลังไฟฟ้า (Watt)
V = แรงดันไฟฟ้า (volt)
I = กระแสไฟฟ้า (Amp)

COSØ = เพาเวอร์แฟคเตอร์

**2.5.5 ค่าพลังงานไฟฟ้า**

โดยทั่วไปนิยมวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นหน่วยที่ใหญ่กว่าหน่วยจูล โดยวัดกำลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์และคิดช่วงเวลาเป็นชั่วโมง ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าจึงวัดได้เป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง เรียกว่า หน่วย หรือ ยูนิต [10]

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) = พลังงานไฟฟ้า (จูล) / เวลา (วินาที)

พลังงานไฟฟ้า (จูล) = กำลังไฟฟ้า (วัตต์) × เวลา (วินาที)

พลังงานไฟฟ้า (หน่วย) = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) × เวลา (ชั่วโมง) (2.5)

**2.5.6 ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของเครื่องปรับอากาศ**

$$EER = \frac{\text{Cooling load (Btu/hr.)}}{\text{Electrical power}} \quad (2.6)$$

**2.5.7 ค่าพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC)**

เป็นค่าแสดงอัตราส่วนระหว่างกำลังงานจริงที่ใส่เข้าไปในระบบ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (Kw) กับความสามารถในการทำความเย็นมีหน่วยเป็น ตันความเย็น (TR) ค่าพลังงานจำเพาะ (SEC) จึงมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/TR)1 ตันความเย็น (12,000 Btu/hr.หรือมีค่าเท่ากับ 3.52 กิโลวัตต์ความเย็น)

$$\text{ค่าพลังงานจำเพาะของเครื่องปรับอากาศ} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)}}{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (TR)}} \quad (2.7)$$

## 2.6 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioner)

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เป็นเครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน มีลักษณะแยกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ คอยล์ร้อนติดตั้งไว้ภายนอกอาคารประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ เครื่องควบแน่น พัดลมระบายความร้อน คอยล์เย็นติดตั้งไว้ภายในอาคารประกอบด้วย อีแวปปอเรเตอร์ พัดลมโบลเวอร์ดูดอากาศให้หมุนเวียนภายในห้อง โดยมีท่อนำสารทำความเย็นซึ่งใช้ท่อทองแดงเชื่อมต่อให้ถึงกัน และเดินท่อน้ำทิ้งจากคอยล์เย็นออกไปทิ้งนอกห้องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีการผลิตออกมาหลายรูปแบบเพื่อความเหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยภายในห้อง

**2.6.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดผนัง (Wall type)**

2.6.1.1 ข้อดี

1) ทำงานเงียบใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย

2) น้ำหนักเบา

3) มีขนาดให้เลือกตั้งแต่ 6,000 - 36,000 BTU/hr.

4) รูปทรงสวยงามและมีให้เลือกหลากหลาย

5) มีฟังชั่นการทำงานและลูกเล่นเยอะ

2.6.1.2 ข้อเสีย

1) การติดตั้งทำได้เฉพาะบนผนังเท่านั้น

2) การส่งลมไม่ไกลและกระจายแรงลมน้อย เนื่องจากใบพัดมีขนาดเล็ก

**ภาพ 2.8** เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดผนัง (Wall type)
**ที่มา:** ล้างแอร์เก่าให้เย็นแบบเมื่อครั้งซื้อมาใหม่ (2557)

### 2.6.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดตั้ง-แขวน (Floor/Ceiling Type)

2.6.2.1 ข้อดี

1) เย็นเร็ว เพราะการกระจายลมเย็นทำได้ไกลและทั่วถึง
2) เลือกที่จะติดตั้งโดยแขวนแพดานหรือตั้งพื้นได้ตามสะดวก
3) เหมาะกับห้องขนาดใหญ่มีขนาดให้เลือกตั้งแต่ 12,000 ถึง 60,000 BTU
4) ถาดรองรับน้ำทิ้งขนาดใหญ่ ระบายน้ำได้ดี

2.6.2.2 ข้อเสีย

1) มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก
2) มีฟังชั่นการทำงานน้อย
3) ใช้อุปกรณ์จับยึดที่ต้องรับน้ำหนักได้มากๆ และใช้พื้นที่ติดตั้งมาก
4) มีเสียงลมดังกว่า

**ภาพ 2.9** เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดตั้ง-แขวน (Floor/Ceiling Type)
**ที่มา:** ล้างแอร์เก่าให้เย็นแบบเมื่อครั้งซื้อมาใหม่ (2557)

### 2.6.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดเพดาน (Ceiling type)

2.6.3.1 ข้อดี

1) รูปทรงสวยงาม ทันสมัย เนื่องจากมีส่วนโผล่ออกมาใต้ฝ้าเพดานเพียงแค่ฝาครอบบางๆ

2) เหมาะกับการตกแต่งภายในที่ไม่ต้องการให้เห็นตัวเครื่องปรับอากาศ

3) กระจายลมได้4ทิศทาง

2.6.3.2 ข้อเสีย

1) มีราคาสูง

2) การติดตั้งทำได้ยาก

3) ต้องติดตั้งโดยช่วงผู้ชำนาญ

4) ระบบระบายน้ำทิ้งใช้ปั๊มระบายออก

5) การบำรุงรักษาเช่นการล้างการซ่อม ทำได้ยากหากท่อเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีปัญหา กรณีที่เปิดฝ้าหรือขึ้นไปบนฝ้าไม่ได้ ต้องกรีดฝ้าเพดาน

6) ค่าบริการแพงกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไป

**ภาพ 2.10** เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดเพดาน (Ceiling type)
**ที่มา:** ล้างแอร์เก่าให้เย็นแบบเมื่อครั้งซื้อมาใหม่ (2557)

**2.6.4 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดคอยล์เปลือยซ่อนในฝ้าเพดาน (Horizontal type)**

2.6.4.1 ข้อดี

1) ซ่อนในฝ้าเพดานเพื่อความเรียบร้อย สวยงาม ดูทันสมัย

2) เหมาะสำหรับการตกแต่งภายใน

2.6.4.2 ข้อเสีย

1) มีราคาสูง

2) การติดตั้งทำได้ยาก

3) ต้องติดตั้งโดยช่วงผู้ชำนาญ

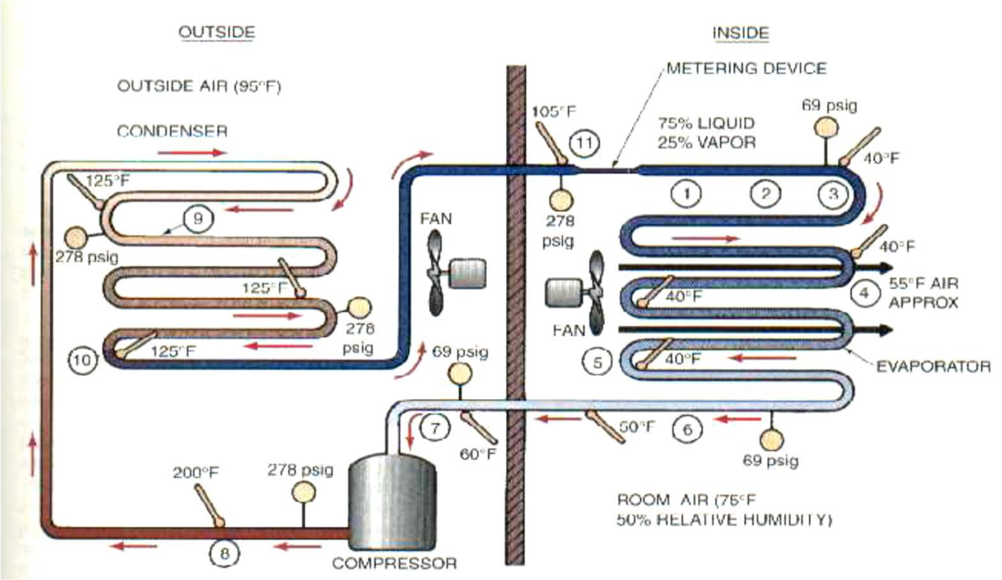
4) ระบบระบายน้ำทิ้งใช้ปั๊มระบายออก เสี่ยงต่อกรณีปั๊มไม่ทำงาน น้ำล้นออกมา ฝ้าเพดานจะได้รับความเสียหาย

5) การบำรุงรักษาเช่นการล้างการซ่อม ทำได้ยากหากระบบท่อมีปัญหา กรณีที่เปิดฝ้าหรือขึ้นไปบนฝ้าไม่ได้ ต้องกรีดฝ้าเพดาน ค่าบริการแพงกว่าเครื่องปรับอากาศทั่วไป

**ภาพ2.11** เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดคอยล์เปลือยซ่อนในฝ้าเพดาน (Horizontal type)
**ที่มา:** ล้างแอร์เก่าให้เย็นแบบเมื่อครั้งซื้อมาใหม่ (2557)

## 2.7 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

เครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่จะทำความเย็นโดยใช้วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอซึ่งอุปกรณ์หลักประกอบด้วย 4 ส่วนคือเครื่องอัดสารทำความเย็นเครื่องควบแน่นอุปกรณ์ลดความดันเครื่องระเหยสารทำความเย็นจะถูกทำให้ไหลหมุนเวียนอยู่ภายในอุปกรณ์เหล่านี้ เรียกว่า วัฏจักรการทำความเย็น




**ภาพ 2.12** วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration Cycle)
**ที่มา:** การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศด้วยระบบอินเวอร์เตอร์ (2557)

**2.7.1 เครื่องอัด (Compressor)** ทำหน้าที่สร้างความดันในระบบสารทำความเย็นเครื่องอัดเป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานสูงที่สุดของระบบการเลือกใช้อย่างถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นในกรณีที่ภาระการทำความเย็นมีการแปรเปลี่ยนมากเครื่องอัด (Compressor) ควรสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้สอดคล้องกับภาระดังกล่าวให้ได้โดยส่งผลต่อ

สมรรถนะน้อยที่สุดโดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะไอจะถูกเครื่องอัดซึ่งขับด้วยไฟฟ้าอัดให้มีความดันสูงขึ้นตามต้องการของสารทำความเย็นแต่ละชนิดเมื่อสารทำความเย็นถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้นอุณหภูมิของสารทำความเย็นก็จะสูงขึ้นตามกฎของก๊าซ

**2.7.2 เครื่องควบแน่น (Condenser)** ทำหน้าที่ระบายความร้อนของสารทำความเย็นหลังผ่านการอัดจากเครื่องอัดสารทำความเย็นมีสถานะเป็นไอความดันสูงและอุณหภูมิสูงส่งผ่านตามท่อเข้าไปยังขดท่อระบายความร้อนโดยจะใช้น้ำหรืออากาศระบายความร้อนทำให้สารทำความเย็นควบแน่นกลั่นตัวเป็นของเหลวที่มีความดันสูง

2.7.2.1 แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser) จะใช้พัดลมดูดหรือเป่าอากาศแวดล้อมผ่านเครื่องควบแน่น

2.7.2.2 แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser) จะมีเครื่องควบแน่นเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นและหอระบายความร้อน (CT : Cooling Tower) ปัจจัยที่ใช้พิจารณาในการเลือกเครื่องควบแน่นคือวัสดุที่ใช้และขนาดโดยเครื่องควบแน่นที่มีขนาดใหญ่จะสามารถควบแน่นได้ดีซึ่งหมายถึงความดันควบแน่นในการทำงานจะมีค่าต่ำลงส่งผลให้ระบบการทำความเย็นมีประสิทธิภาพสูงขึ้นราคาจะสูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับขนาดของเครื่องควบแน่นด้วย

**2.7.3 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve)** วาล์วควบคุมการไหลของสารทำความเย็น (Refrigerant Flow Control) ทำหน้าที่ลดความดันสารทำความเย็นจากสถานะของเหลวที่มีความดันสูงจากเครื่องควบแน่นให้ลดต่ำลงเพื่อส่งเข้าสู่เครื่องระเหยต่อไปโดยวาล์วลดความดันจะนิยมใช้กับระบบทำความเย็นที่มีขนาดเล็กที่ควบคุมอุณหภูมิการทำงานโดยอาศัยการเดินหยุดของเครื่องอัดหากเป็นระบบทำความเย็นขนาดใหญ่จะต้องใช้การควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่เข้าสู่เครื่องระเหยให้เพียงพอกับความต้องการในการทำความเย็นหรือควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์จะอยู่ในสถานะของเหลวอิ่มตัว (Saturated Liquid) หรือของเหลวเย็นเยือกประมาณ $10^0$C (Sub Cooled Liquid) ที่มีความดันสูงจะถูกลดความดันลงโดยอุปกรณ์ลดความดันทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดต่ำลงตามที่ต้องการ

**2.7.4 อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator)** ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศ หรือน้ำที่ต้องการทำความเย็นกับสารทำความเย็นโดยเมื่อสารทำความเย็นเหลวถูกลดความดันและมีอุณหภูมิต่ำลงความร้อนจากอากาศหรือน้ำจะถ่ายเทสู่สารทำความเย็นเหลวส่งผลให้อุณหภูมิอากาศหรือน้ำลดต่ำลงปัจจัยในการพิจารณาเลือกใช้เหมือนกับการเลือกใช้เครื่องควบแน่นยิ่งมีขนาดใหญ่ก็จะมีความสามารถในการระเหยสารทำความเย็นได้ดีและช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วยแต่ราคาก็สูงขึ้นด้วยสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำจะผ่านเข้าไปยังขดท่อคอยล์เย็น (Evaporator) เมื่อรับความร้อนจากอากาศหรือน้ำทำให้ได้อากาศเย็นและน้ำเย็น ส่วนสารทำความเย็นจะเกิดการระเหยตัวกลายเป็นไอจนอยู่ในสถานะไออิ่มตัว (Saturated Vapor) หรือไอร้อนยวดยิ่งประมาณ $10^0$C (Superheated Vapor) ก่อนที่จะถูกเครื่องอัด (Compressor) ดูดแล้วเริ่มการทำงานอย่างต่อเนื่อง

## 2.8 ความเหมาะสมของความดันด้านสูงและด้านต่ำของวัฏจักรทำความเย็น

อุปกรณ์ที่สร้างความดันให้กับสารทำความเย็นในวัฏจักรอัดไอคือคอมเพรสเซอร์ดังนั้นถ้าผลต่างของความดันสารทำความเย็นด้านสูง (Condensing Pressure : $P_C$) และความดันด้านต่ำ (Evaporating Pressure : $P_E$) ต่างกันมากจะส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ต้องใช้กำลังในการอัดสารทำความเย็นมากขึ้นดังนั้นจึงต้องพิจารณาความดันของสารทำความเย็นที่เหมาะสมสำหรับสารทำความเย็นแต่ละชนิดเพื่อให้สมรรถนะของระบบทำความเย็นสูงที่สุด

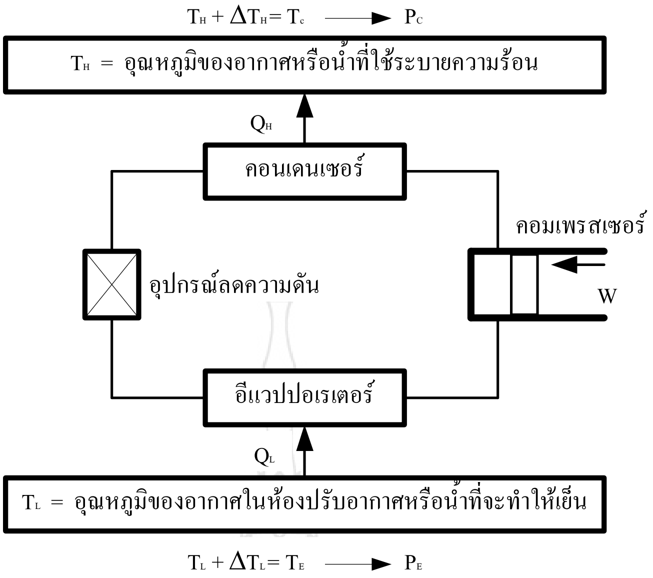
**2.8.1 ความดันด้านต่ำหรือความดันระเหย ($P_E$)** โดยทั่วไปต้องทราบว่าต้องการใช้กับห้องอุณหภูมิเท่าไร ($T_L$) เช่นห้องปรับอากาศอุณหภูมิ 24$^0$C (75$^0$F) จะต้องออกแบบอีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) ให้มีอุณหภูมิอิ่มตัวหรืออุณหภูมิระเหย ($T_E$) ต่ำกว่าหรือเท่ากับ$\Delta T_L$จะเห็นว่าถ้าออกแบบให้$\Delta T_L$ยิ่งมากต้องการให้อุณหภูมิที่อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) ต่ำมากต้องทำให้ความดันด้านต่ำลดลงมากๆ กำลังที่ต้องใช้ต่อขนาดทำความเย็นก็จะมากตามประสิทธิภาพลดลงแต่อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) จะเล็กลงได้หรือลงทุนอีแวปปอเรเตอร์น้อยลงถ้าค่า $\Delta T_L$ ยิ่งน้อยประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจะยิ่งสูงแต่ต้องลงทุนสูงและสร้างยากขึ้น เครื่องปรับอากาศที่ทำให้อากาศเย็นโดยใช้สารทำความเย็นโดยตรงที่มีประสิทธิภาพสูงจะใช้ค่า $\Delta T_L$ เท่ากับ 17$^0$C (63$^0$F) หรืออุณหภูมิระเหย $T_E$เท่ากับ 24 ลบด้วย 17 เท่ากับ 7$^0$C (45$^0$F) จากตารางคุณสมบัติของสารทำความเย็นถ้าใช้สารทำความเย็น R-22 ความดัน $P_E$จะประมาณ 76 psigสำหรับการผลิตที่ต้องการเน้นเครื่องปรับอากาศที่เย็นฉ่ำควรให้ผลต่างมากๆเช่น$\Delta T_L$เท่ากับ 20$^0$C (68$^0$F) หรืออุณหภูมิระเหย $T_E$ เท่ากับ 24 ลบด้วย20 เท่ากับ 4$^0$C (39$^0$F) ถ้าเครื่องปรับอากาศใช้สารทำความเย็น R-22 ความดันระเหย $P_E$ประมาณ 68 psigสำหรับ$\Delta T_L$โดยประมาณอยู่ระหว่าง 17$^0$C (63$^0$F) ถึง 20$^0$C (68$^0$F)

**ตาราง 2.3** ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิระเหยและความดันระเหยของสารทำความเย็นชนิดต่างๆ

| อุณหภูมิ ($^0$F) | ($^0$C) | R-11 (CFC-11) | R-12 (CFC-12) | ความดัน(psig) R-22 (HCFC-22) | R-123 (HCFC-123) | R-134a (HFC-134a) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | 2 | -8.441 | 32.509 | 61.545 | -9.584 | 30.375 |
| 40 | 4 | -7.669 | 36.905 | 68.580 | -8.915 | 35.024 |
| 45 | 7 | -6.824 | 41.603 | 76.091 | -8.178 | 40.032 |
| 50 | 10 | -5.900 | 46.616 | 84.099 | -7.366 | 45.416 |
| 55 | 13 | -4.891 | 51.956 | 92.620 | -6.474 | 51.195 |

**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบทำน้ำเย็น (Water Chiller) ออกแบบให้ $T_E$ ต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากอีแวปปอเรเตอร์ไม่เกิน 3$^0$C ค่านี้จึงเป็นที่นิยมใช้ดูความผิดปกติของเครื่องทำน้ำเย็นเช่นถ้าขณะเครื่องทำงานเต็มที่ผลต่างมากกว่า 3$^0$C (37$^0$F) แสดงว่าผิดปกติสำหรับห้องเย็นจะใช้ $\Delta T_L$ อยู่ระหว่าง 5$^0$C (41$^0$F) ถึง 10$^0$C (50$^0$F) เช่นห้องเย็นอุณหภูมิ -20$^0$C (-4$^0$F) อุณหภูมิระเหย ($T_E$) จะอยู่ระหว่าง-25$^0$C (-13$^0$F) ถึง -30$^0$C (-20$^0$F) ถ้าใช้R-22 ความดันด้านต่ำจะอยู่ระหว่าง 9 ถึง 14 psig




**ภาพ 2.13** ไดอะแกรมวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ
**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

**2.8.2 ความดันด้านสูงหรือความดันเครื่องควบแน่น ($P_C$)** โดยทั่วไปต้องทราบว่าจะใช้อากาศหรือน้ำระบายความร้อนสำหรับประเทศไทยใช้อากาศที่อุณหภูมิของอากาศหน้าร้อน 35$^0$C (95$^0$F) ถ้าใช้น้ำอุณหภูมิน้ำประมาณ 32$^0$C (90$^0$F) เช่นถ้าใช้อากาศระบายความร้อน $T_H$เท่ากับ 35$^0$C (95$^0$F) จะต้องออกแบบคอนเดนเซอร์ (Condenser) ให้มีอุณหภูมิอิ่มตัวสูงกว่านี้จะเห็นว่าถ้าให้ $\Delta T_H$ ยิ่งมาก หมายถึง ต้องการให้อุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์สูงมากต้องทำให้ความดันด้านสูงมีความดันสูงขึ้นมากๆ ทำให้ใช้กำลังมากขึ้นและประสิทธิภาพลดลง แต่คอนเดนเซอร์จะเล็กลงได้หรือลงทุนค่าคอนเดนเซอร์น้อยลงถ้าค่า $\Delta T_H$ ยิ่งน้อยประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจะยิ่งสูงแต่ต้องลงทุนสูงและสร้างยากขึ้นเครื่องปรับอากาศที่ใช้อากาศระบายความร้อนถ้าต้องการลงทุนต่ำจะใช้$\Delta T_H$เท่ากับ 17$^0$C (63$^0$F) หรืออุณหภูมิอิ่มตัวที่คอนเดนเซอร์ $T_C$ เท่ากับ 35 บวกด้วย 17 เท่ากับ 52$^0$C (126$^0$F) จากตารางคุณสมบัติของสารทำความเย็น ถ้าใช้สารทำความเย็น R-22 จะประมาณ 280 psigถ้าต้องการให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงผลต่างไม่ควรเกิน 11$^0$C (52$^0$F) หรืออุณหภูมิอิ่มตัวที่คอนเดนเซอร์ (Condenser) 35 บวกด้วย11 เท่ากับ 46$^0$C (115$^0$F) ถ้าใช้สารทำความเย็น R-22 ความดันในคอนเดนเซอร์ประมาณ 242 psig ถ้าใช้อากาศระบายความร้อนโดยประมาณแล้ว $\Delta T_H$ ควรอยู่ระหว่าง 11$^0$C (52$^0$F) ถึง 17$^0$C (63$^0$F) การใช้น้ำระบายความร้อนสามารถทำให้อุณหภูมิอิ่มตัวหรือความดันในคอนเดนเซอร์(Condenser) ต่ำลงได้มากกว่าเพราะธรรมชาติของน้ำนั้นนอกจากจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศประมาณ 3$^0$C (37$^0$F) เช่น ขณะที่อากาศอุณหภูมิ 35$^0$C (95$^0$F) น้ำจะอุณหภูมิประมาณ 32$^0$C (90$^0$F) น้ำมีความสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าอากาศถ้าใช้น้ำระบายความร้อนจะใช้ผลต่าง$\Delta T_H$เท่ากับ 8$^0$C (46$^{\circ}$F) หรืออุณหภูมิอิ่มตัวที่คอนเดนเซอร์ 32 บวกด้วย8 เท่ากับ 40$^0$C (104$^0$F) ถ้าใช้สารทำความเย็น R-22 ความดันจะประมาณ 210 psigหรือถ้าใช้สารทำความเย็น R-134a ความดันจะประมาณ 133 psigในทางปฏิบัติผลต่างระหว่างอุณหภูมิควบแน่น ($T_C$) และ

อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนที่ไหลออกจากคอนเดนเซอร์ให้แตกต่างกันประมาณ 3$^0$C (37$^0$F) ค่านี้จึงเป็นค่าใช้ดูความผิดปกติของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำเช่นถ้าขณะเครื่องทำงานเต็มที่ผลต่างมากกว่า 3$^0$C (37$^0$F) แสดงว่าความผิดปกติเกิดจากคอนเดนเซอร์สกปรกปริมาณน้ำระบายความร้อนน้อยในกรณีใช้คอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือเครื่องควบแน่นแบบระเหย (Evaporative) ที่ได้มาตรฐาน สามารถทำให้อุณหภูมิอิ่มตัวลดลงได้ดีกว่าการระบายด้วยน้ำประมาณ 2$^0$C ถึง 3$^0$C (36$^0$F ถึง 37$^0$F) เช่นในกรณีอุณหภูมิอิ่มตัวที่คอนเดนเซอร์จะประมาณ 37$^0$C ถึง 38$^0$C (99$^0$F ถึง 100$^0$F) ในระบบปรับอากาศไม่ค่อยใช้เหมือนในระบบห้องเย็น เพราะการบำรุงรักษายากกว่าและในระบบปรับอากาศจะไม่ค่อยสะดวกเนื่องจากจะต้องติดตั้งคอนเดนเซอร์ห่างจากส่วนอื่นมากและต้องเดินท่อสารทำความเย็นไกล อย่างไรก็ตามได้มีการทำวิจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานโดยการดัดแปลงเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดเล็กให้เป็นแบบกึ่งๆเครื่องควบแน่นแบบระเหยซึ่งสามารถอนุรักษ์พลังงานได้ประมาณ 10 ถึง 20%

**ตาราง 2.4** ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิควบแน่นและความดันควบแน่นของสารทำความเย็น

| อุณหภูมิ ($^0$F) | ($^0$C) | ความดัน(psig) R-11 (CFC-11) | R-12 (CFC-12) | R-22 (HCFC-22) | R-123 (HCFC-123) | R-134a (HFC-134a) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85 | 29 | 3.229 | 91.61 | 155.75 | 0.872 | 95.22 |
| 90 | 32 | 4.981 | 99.62 | 168.47 | 2.485 | 104.3 |
| 95 | 35 | 6.863 | 108.06 | 181.87 | 4.227 | 113.93 |
| 100 | 38 | 8.881 | 116.95 | 195.99 | 6.103 | 124.13 |
| 105 | 43 | 11.043 | 126.31 | 210.83 | 8.121 | 134.93 |

**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

## 2.9 การวิเคราะห์ผลจากความดันด้านสูงและด้านต่ำ

2.9.1 ธรรมชาติของระบบทำความเย็นถ้าทำให้ความดันด้านต่ำหรืออุณหภูมิอิ่มตัวที่เครื่องระเหยสูงประสิทธิภาพก็จะสูงข้อเสียต้องลงทุนเครื่องระเหยสูงขึ้นอาจมีปัญหาเรื่องความชื้นในห้องสูงได้หรือทำให้อุณหภูมิอิ่มตัวที่คอนเดนเซอร์ต่ำประสิทธิภาพจะสูงข้อเสียต้องลงทุนคอนเดนเซอร์สูงขึ้น

2.9.2 อุณหภูมิของอากาศและน้ำการออกแบบอุปกรณ์เป็นตัวกำหนดความดันด้านสูงและด้านต่ำประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ เป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นนอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เสริมที่จะเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพรวมของเครื่องปรับอากาศ หรือเครื่องทำความเย็นด้วยเช่นพัดลมที่ใช้ในการทำให้อากาศเย็นและระบายความร้อน

2.9.3 การตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศสามารถตรวจจากความดัน $P_C$ และ $P_E$ แล้วเทียบเป็นอุณหภูมิอิ่มตัว $T_C$ และ $T_E$ ได้ไม่ว่าจะใช้สารทำความเย็นต่างชนิดกัน

2.9.3.1 เครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศใช้สารทำความเย็น R-22 ถ้าวัดความดันด้านสูง ($P_C$) ได้ 320 psig สามารถทราบได้ทันทีว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนี้ไม่ปกติเพราะที่

มาตรฐานต่ำสุด $T_C$เท่ากับ 52$^0$C (126$^0$F) สารทำความเย็น R-22 ความดันจะเป็น 280 psig ซึ่งความดันที่วัดได้สูงเกินไปไม่ว่าจะใช้สารทำความเย็นชนิดใด ถ้าระบายความร้อนด้วยอากาศอุณหภูมิอิ่มตัวด้านสูงไม่ควรเกิน 52$^0$C (126$^0$F)

2.9.3.2 เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ใช้สารทำความเย็น R-407C วัดความดันสูงสุดไม่ควรเกิน 302 psig ในการวัดจริงไม่สามารถวัดอุณหภูมิอิ่มตัวได้โดยตรง แต่สามารถใช้เกจวัดความดันแล้วไปเปิดตารางอิ่มตัวทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำความเย็นนั้นๆ เพื่อหาอุณหภูมิอิ่มตัวอุปกรณ์วัดความดันสำหรับเครื่องปรับอากาศได้นำค่าจากตารางมาเขียนไว้บนหน้าปัดของเกจวัดความดันเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ดูได้ทั้งข้อมูลจากตารางและความดันโดยไม่ต้องไปเปิดตาราง

2.9.4 การระบายความร้อนมีปัญหาคอนเดนเซอร์สกปรกพัดลมระบายความร้อนขัดข้องแล้วความดันด้านสูงจะสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับขณะที่ทำงานปกติและสิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ต้องคำนึงคือความดันควบแน่นขึ้นกับอุณหภูมิอากาศหรือน้ำที่ระบายความร้อนโดยทั่วไปอุณหภูมิอากาศแต่ละเวลาแต่ละวันไม่เท่ากันทำให้ความดันควบแน่นในแต่ละเวลาแต่ละวันไม่เท่ากันดังนั้นจึงจำเป็นต้องบันทึกความดันของสารทำความเย็นในขณะที่อากาศระบายความร้อนมีอุณหภูมิต่างกันไว้เปรียบเทียบ

2.9.5 อีแวปปอเรเตอร์สกปรกจะพบว่าความดันด้านต่ำจะต่ำกว่าปกติแต่ถ้าพบว่าความดันต่ำกว่าปกติมากอาจมีสาเหตุจากการรั่วหรือซึมของสารทำความเย็นซึ่งจะด้วยสาเหตุใดก็ตามการที่ความดันระเหยต่ำลงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพต่ำลงและความสามารถในการทำความเย็นลดลงด้วยเพราะความหนาแน่นของไอที่คอมเพรสเซอร์ดูดเข้าลดลงอัตรามวลสารทำความเย็นที่ไหลเวียนน้อยลงแม้ว่าการที่สารทำความเย็นรั่วจะทำให้ความดันด้านสูงลดลงทำให้คอมเพรสเซอร์ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลงแต่ต้องทำงานนานขึ้นขณะที่รับภาระความร้อนเท่าเดิมทำให้ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลงถ้าวิเคราะห์เรื่องประสิทธิภาพของเครื่องจะพบว่าประสิทธิภาพลดลงและใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

## 2.10 ไซโครเมตริกชาร์ท

อากาศทั่ว ๆ ไปจะผสมด้วยอากาศแห้งและไอน้ำเรียกว่า อากาศชื้นการหาปริมาณไอน้ำและปริมาณความร้อนที่อยู่ในอากาศชื้นจะต้องใช้แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต

2.10.1 เส้นหมายเลข 1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature :$d_b$) คืออุณหภูมิที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะแห้ง

2.10.2 เส้นหมายเลข 2 อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature :$w_b$) คืออุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะหุ้มด้วยผ้าสำลีที่ชื้นโดยต้องมีกระแสลมพัดผ่านกระเปาะเปียกที่ความเร็วไม่น้อยกว่า 5 m/s

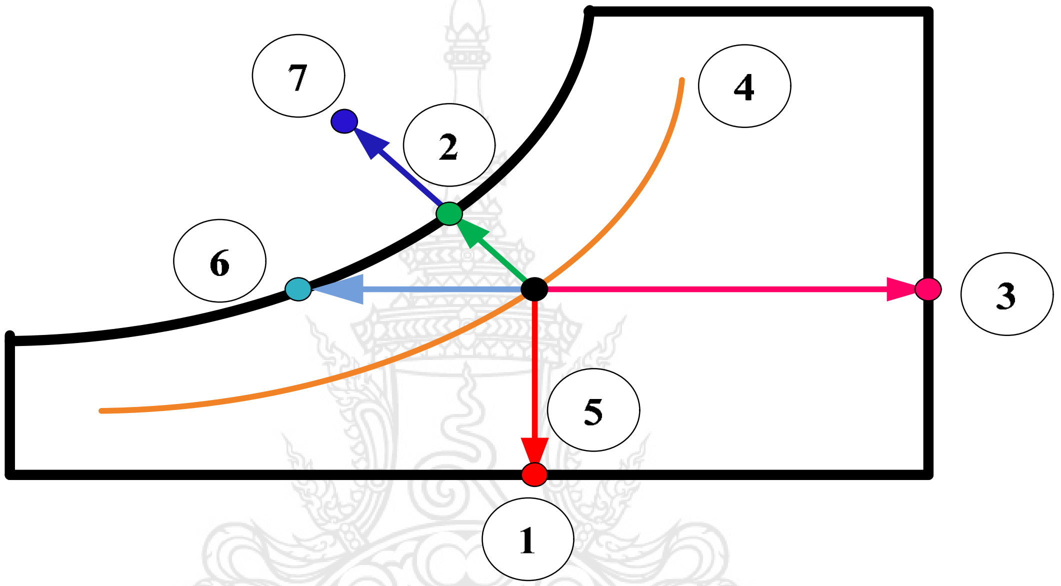
2.10.3 เส้นหมายเลข 3ความชื้นจำเพาะ (Humidity ratio) คืออัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างไอน้ำในอากาศต่ออากาศแห้ง 1 kg

2.10.4 เส้นหมายเลข 4 ความชื้นในอากาศ (Relative humidity : RH) คืออัตราส่วนความดันระหว่างความดันของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศชื้นและความดันอิ่มตัวของไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

2.10.5 เส้นหมายเลข 5 ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น (Specific volume) คือปริมาตรของอากาศชื้นต่อ 1 กิโลกรัมของอากาศแห้ง

2.10.6 เส้นหมายเลข 6 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point : DP) คืออุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำเมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นลง

2.10.7 เส้นหมายเลข 7 ความร้อนจำเพาะของอากาศ (Specific enthalpy : h) คือปริมาณความร้อนที่ทำให้อากาศแห้ง 1 กิโลกรัมและน้ำ X กิโลกรัมร้อนขึ้นจาก 0 °C เป็น 1 °C




**ภาพ 2.14** แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต

**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

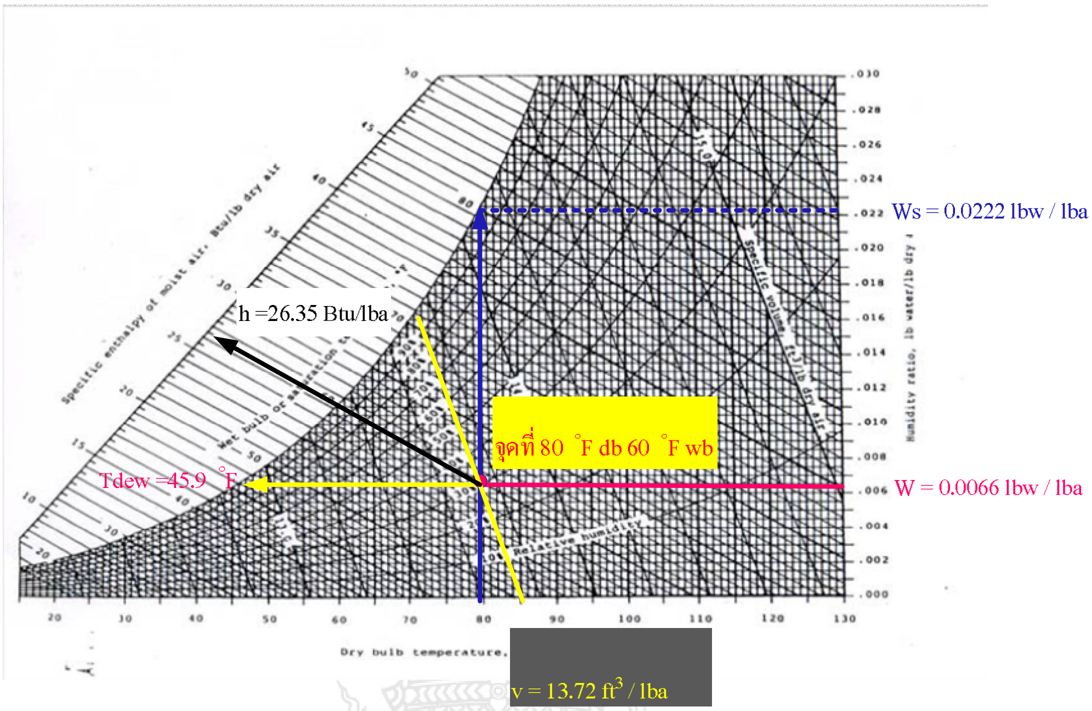
2.10.8 วิเคราะห์หาสาเหตุจากคุณสมบัติต่างๆ ที่ได้จากไซโครเมตริกชาร์ท

2.10.8.1 อุณหภูมิผิวขดท่อความเย็นที่อากาศผ่านจะต้องต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ($t_{dew}$) ของอากาศที่เข้าถึงจะทำให้ความชื้นในอากาศกลั่นตัวเป็นของเหลวได้

2.10.8.2 อุณหภูมิที่ได้จากหอผึ่งเย็นควรจะสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่เข้าระบายความร้อน ($t_{wb}$) ไม่เกิน 3 °C

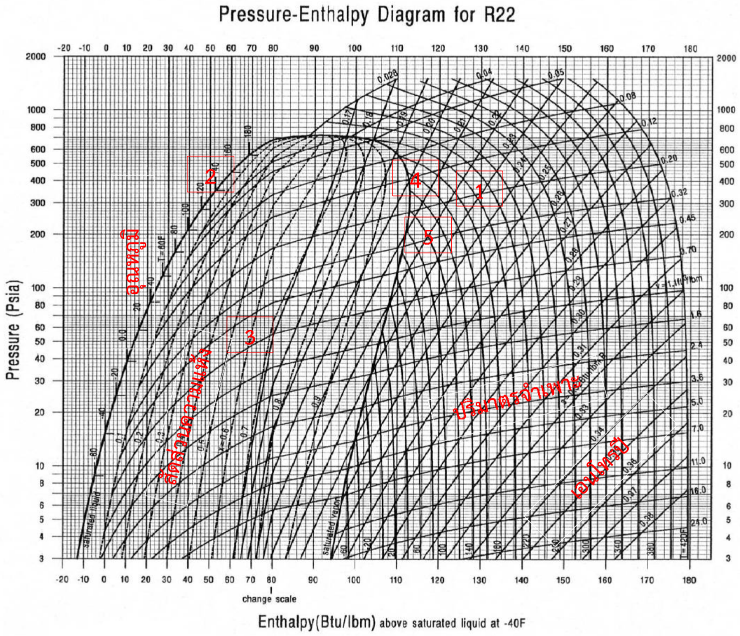
2.10.8.3 ความสามารถในการทำความเย็นของขดท่อความเย็นหรือทำความร้อนของขดท่อความร้อนเป็นเท่าใดจะต้องหาจากผลต่างของเอนทัลปีของอากาศที่เข้าและออกจากขดท่อ

2.10.9 การหาเอนทัลปีของอากาศการใช้งานไซโครเมตริกชาร์ตนั้นจะต้องทราบคุณสมบัติของอากาศ 2 คุณสมบัติเพื่อจะสามารถกำหนดจุดลงไปได้เช่นตรวจวัดอากาศในห้องได้อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 80 °F และความชื้นสัมพัทธ์ 30% เมื่อนำมากำหนดจุดบนไซโครเมตริกชาร์ตจะได้อุณหภูมิกระเปาะเปียก 60 °F อุณหภูมิจุดน้ำค้าง 45.9 °F อัตราส่วนความชื้น 0.0066 lbw/lbaปริมาตรจำเพาะ 13.72 $ft^3$/lbaและเอนทัลปี 26.35 Btu/lba




**ภาพ 2.15** การใช้งานแผนภาพไซโครเมตริก
**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

## 2.11 แผนภูมิความดันและเอนทัลปีของสารทำความเย็น (P - h diagram)




**ภาพ 2.16** แผนภูมิความดันเอนทัลปี (P - h diagram) ของสารทำความเย็น R-22
**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

**ตาราง 2.5** คุณสมบัติที่สภาวะจุดต่างๆ ของ R22

| ตำแหน่ง | ความดันสมบูรณ์ Psia | อุณหภูมิ ( $^{0}$F) | เอนทัลปี Btu/lbm | เอนโทรปี Btu/lbm R | ปริมาตรจำเพาะ ft$^{3}$/lbm | สัดส่วนความแห้ง | สภาวะกายภาพ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 350 | 130 | 130 | 0.23 | 0.2 | - | ไอร้อนยิ่งยวด |
| 2 | 400 | 140 | 50 | - | - | - | ของเหลวเย็นเยือก |
| 3 | 50 | 0.0 | 68 | - | - | 0.6 | ของผสมของเหลวไอ |
| 4 | 400 | 30 | 150 | 0.20 | - | 1.0 | ไออิ่มตัว |
| 5 | 200 | 95 | 116 | 0.22 | 0.32 | - | ไอร้อนยิ่งยวด |

**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

ในการวิเคราะห์ระบบทำความเย็นจริงสามารถตรวจวัดความดัน อุณหภูมิที่จุดต่างๆ ของระบบได้ เนื่องจากในการติดตั้งระบบที่ถูกต้องได้มาตรฐานจะมีการติดตั้งเครื่องวัดความดันและอุณหภูมิในตำแหน่งพื้นฐานที่สำคัญไว้เสมอเพื่อใช้การตรวจสอบและวิเคราะห์ระบบเบื้องต้นได้ โดยตำแหน่งที่ควรติดตั้งเป็นพื้นฐาน ดังนี้ Discharge Line (Pressure, Temperature Gauge) Suction Line (Pressure, Temperature Gauge) ค่าที่ต้องทราบ คือ ค่าความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นทั้งสองด้าน การวิเคราะห์อย่างถูกต้องจะทำให้ทราบสมรรถนะของระบบ

2.11.1 การหาค่า COP จากแผนภูมิความดันเอนทัลปีของสารทำความเย็นแผนภูมิความดันเอนทัลปี (P-h diagram) เป็นแผนภูมิที่แสดงถึงสภาวะและคุณสมบัติของสารทำความเย็นที่จุดต่างๆ ของระบบทำความเย็นซึ่งจะช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์ระบบได้ง่ายขึ้นจากภาพ 2.17เป็นสภาวะทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำความเย็นที่จุดใดๆเราสามารถที่จะแทนจุดนี้บนแผนภูมิ P - h ได้โดยแบ่งเป็นเส้นของเหลวอิ่มตัวและเส้นไออิ่มตัวพื้นที่ทางด้านซ้ายมือของเส้นของเหลวอิ่มตัวเรียกว่า Sub-cooled liquid ซึ่งในพื้นที่นี้อุณหภูมิของสารทำความเย็นเหลวจะต่ำกว่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นอิ่มตัวที่มีความดันเดียวกันส่วนพื้นที่ทางด้านขวามือของไออิ่มตัวเรียกว่าไอร้อนยวดยิ่งหรือ Superheated Vapor ในพื้นที่นี้อุณหภูมิของสารทำความเย็นในสถานะไอจะมีอุณหภูมิสูงกว่าไออิ่มตัวที่มีความดันเท่ากันบริเวณพื้นที่ระหว่างเส้นของเหลวอิ่มตัวและไออิ่มตัวเราเรียกว่าไอเปียกซึ่งมีส่วนผสมของไอและของเหลว

2.11.2 สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (Coefficient of Performance) สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance : COP) หมายถึงสัดส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องต่อหนึ่งหน่วยงานที่ใส่เข้าไปในการหาค่า COP ของเครื่องทำความเย็นต้องมีความเข้าใจในแผนภูมิความดันเอนทัลปีของสารทำความเย็น (P-h diagram) โครงสร้าง P-h diagram ของสารทำความเย็นแต่ละชนิดเช่น R-22, R-407 และ R-12 จะคล้ายกันแต่ใช้แทนกันไม่ได้เพราะค่าที่เป็นตัวเลขจะไม่เท่ากันการนำ P - h diagram มาช่วยวิเคราะห์ออกแบบเครื่องทำความเย็นจะช่วยให้ทราบถึงภาระของอุปกรณ์แต่ละชิ้นในระบบ ได้แก่คอนเดนเซอร์ อีแวปปอเรเตอร์ตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็นและเครื่องอัดโดย P-h diagram ใช้หาค่าต่างๆ ของสารทำความเย็นที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัมในสภาวะต่างๆ เท่านั้นดังนั้นถ้าต้องการปรับลดเพิ่มขนาด

การทำความเย็นสามารถทำได้โดยลดเพิ่มปริมาณสารทำความเย็นเพื่อใช้งานตามต้องการในการหาค่า COP ควรเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

2.11.2.1 ชนิดน้ำยาสารทำความเย็น : เพื่อเลือกใช้ P-h diagram ได้ถูกต้องกับชนิดสารทำความเย็นของเครื่องทำความเย็น

2.11.2.2 ความดันด้านทางออกของเครื่องอัด : เป็นความดันด้านสูงปกติค่าที่วัดได้จะเป็นค่าความดันเกจต้องเปลี่ยนให้เป็นความดันสัมบูรณ์ก่อนกำหนดลงใน P-h diagram

2.11.2.3 ความดันด้านทางดูดของเครื่องอัด : เป็นความดันด้านต่ำปกติค่าที่วัดได้จะเป็นค่าความดันเกจต้องเปลี่ยนให้เป็นความดันสัมบูรณ์ก่อนกำหนดลงใน P-h diagram

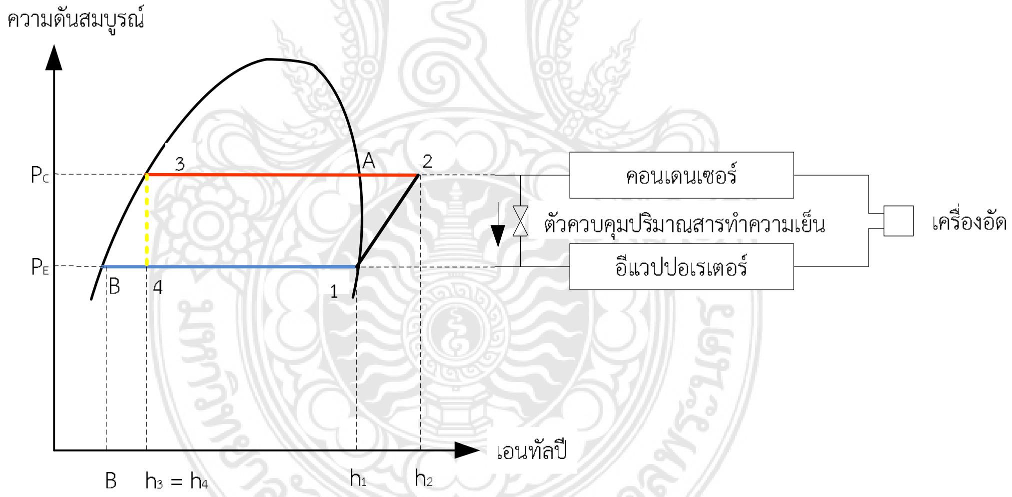
2.11.2.4 กำลังไฟฟ้าที่เครื่องอัดใช้งาน : หน่วยเป็น kW (SI unit)จากค่าความดันด้านสูงและความดันด้านต่ำนำไปกำหนดลงใน P-h diagram ของสารทำความเย็นนั้นๆ เพื่อหาค่าต่างๆ ตามขั้นตอนดังนี้

1) ลากเส้นความดันสูง A 3 ความดันด้านต่ำ B 1 ลงบน P - h diagram

2) จุด 3 ลากเส้นลงมาตรงๆ (เส้นอุณหภูมิคงที่) ตัดกับเส้น B 1 ที่จุด 4

3) จุด 1 ลากเส้นตามเส้นเอนโทรปีคงที่ตัดกับเส้นความดัน A 3 ที่จุด 2

จาก 3 ขั้นตอนจะได้รูปสี่เหลี่ยมคางหมูโดยเส้น 2 A 3 จะแสดงความดันของคอนเดนเซอร์และเส้น B 4 1 แสดงความดันของอีแวปปอเรเตอร์ดังภาพ 2.17




**ภาพ 2.17** ความสัมพันธ์ของความดัน เอนทัลปี (P - h diagram) ในระบบทำความเย็น
**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

2.11.3 การวิเคราะห์ระบบเครื่องปรับอากาศผ่าน P - h diagram จากจุด 4, 1 และ 2 ลากเส้นตรงลงมาพบเส้นเอนทัลปีเพื่อหาจำนวนความร้อนในส่วนต่างๆ ของระบบซึ่งจะมีหน่วยเป็น kJ/kg ของสารทำความเย็นนำค่าเอนทัลปี (h) ที่ได้ไปวิเคราะห์หาความร้อนที่ใช้ในแต่ละอุปกรณ์ของระบบเครื่องปรับอากาศ ดังนี้

$h_1 - h_4$ = ความเย็นที่อีแวปปอเรเตอร์ทำได้ต่อ 1 kg สารทำความเย็น

$h_2 - h_1$ = กำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ใช้งานต่อ 1 kg สารทำความเย็น

$h_2 - h_3$ = ความร้อนที่คอนเดนเซอร์ระบายออกต่อ 1 kg สารทำความเย็น

COP = $(h_1 - h_4) / (h_1 - h_2)$

= $\dot{m}(h_1 - h_4) / \dot{m}(h_1 - h_2)$ ให้

$\dot{m}$ = อัตราการไหลของมวลสารทำความเย็นมีหน่วยเป็น kg/sec

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็น (COP)} = \frac{\text{ความเย็นที่เครื่องสามารถทำได้}}{\text{พลังงานที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์}}$$

1 kcal = 4.187 Joule

1 kcal = 3.968 BTU

1 Watt = 3.412 BTU/hr

EER = 3.412 × COP

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของเครื่องปรับอากาศยิ่งสูงเท่าใดก็ยิ่งประหยัดพลังงานได้มากดังนั้นควรตรวจสอบเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องอย่างสม่ำเสมอเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขหรือใช้งานได้อย่างเหมาะสมการวิเคราะห์แบบง่ายอาจหาจากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นในคาร์โนต์ โดยทั่วไปค่า COP จริงจะมีค่าประมาณ 40% ของค่า COP คาร์โนต์

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นในคาร์โนต์ = $T_E / (T_C - T_E)$

เมื่อ

$T_E$ = อุณหภูมิระเหย $^0$K (ที่ Evaporator)

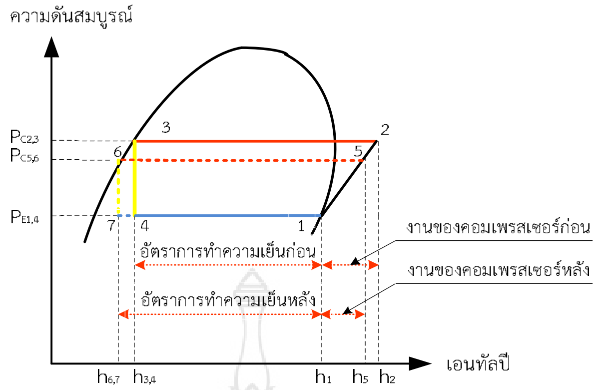
$T_C$ = อุณหภูมิควบแน่น $^0$K (ที่ Condenser)

$^0$K = อุณหภูมิสมบูรณ์เคลวิน (273+$^0$C)

จากสมการจะเห็นว่าค่า $T_E$ยิ่งสูงเท่าใดค่า COP จะสูงมากขึ้นดังนั้นไม่ควรปรับตั้งความดันระเหยที่ Evaporator ต่ำเกินไปและค่า $T_C$ยิ่งต่ำเท่าใดค่า COP จะสูงมากขึ้นดังนั้น ควรลดอุณหภูมิระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

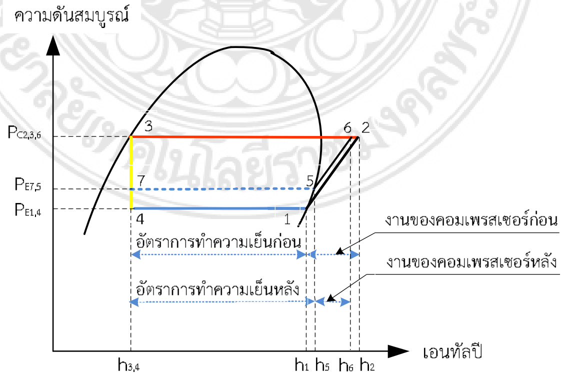
### 2.11.4 การเพิ่มสมรรถนะให้เครื่องปรับอากาศ

2.11.4.1 ลดความดันด้านสูงของสารทำความเย็น (High Pressure) ที่อยู่ในคอนเดนเซอร์ โดยการทำความสะอาดพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนอย่างสม่ำเสมอซึ่งอาจใช้คนหรืออุปกรณ์ทำความสะอาดอัตโนมัติ การทำให้น้ำหรืออากาศที่เข้าระบายความร้อนมีอุณหภูมิลดต่ำลง ถ้าเป็นน้ำอาจจะต้องทำความสะอาดหรือปรับปรุงหอระบายความร้อนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น นอกจากนั้นอาจจะต้องให้น้ำหรืออากาศที่เข้าระบายความร้อนมีปริมาณตามมาตรฐานการออกแบบคอนเดนเซอร์ ซึ่งโดยทั่วไปอัตราการไหลของน้ำผ่านคอนเดนเซอร์ประมาณ 3.0 GPM/TR อากาศประมาณ 400 CFM/TR โดยทั่วไปอุณหภูมิสารทำความเย็นควรมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนออกไม่เกิน 600F จากแผนภาพ P-h diagram ภาพ 2.18 จะเห็นว่าถ้าเราลดความดันสารทำความเย็นจาก P2, 3 เป็น P5, 6 จะส่งผลทำให้พลังงานที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์ลดลง จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 เป็นจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 และปริมาณความเย็นที่ได้จะเพิ่มจากจุดที่ 4 ไปจุดที่ 1 เป็นจากจุดที่ 7 ไปจุดที่ 1 ส่งผลทำให้ค่า COP ของเครื่องสูงขึ้น




**ภาพ 2.18** แผนภาพ P - h diagram เมื่อลดความดันด้านสูงของสารทำความเย็น
**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

2.11.4.2 เพิ่มความดันด้านต่ำของสารทำความเย็น (Low Pressure) ที่อยู่ในอีแวปปอเรเตอร์โดยการทำความสะอาดพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นประจำ โดยทั่วไปอุณหภูมิน้ำเย็นที่ได้ไม่ควรสูงกว่าอุณหภูมิสารทำความเย็นเกิน $4^{0}$F โดยการปรับลิ้นลดความดันให้ความดันสูงขึ้นเติมสารทำความเย็นให้ได้มาตรฐานการปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นหรืออากาศที่เข้าอีแวปปอเรเตอร์ให้ได้มาตรฐานโดยทั่วไปอัตราการไหลของน้ำเย็นประมาณ 2.4 GPM/TR ที่อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าออกต่างกัน $10^{0}$F และอากาศประมาณ 400 CFM/TR หรือปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้นนอกจากนั้นโรงงานอาจต้องแยกระบบทำความเย็นเป็นระบบที่ต้องการอุณหภูมิต่ำและระบบที่ต้องการอุณหภูมิสูง เพื่อที่จะไม่ต้องให้สารทำความเย็นทำอุณหภูมิต่ำแต่นำไปใช้งานเพียงส่วนน้อยจากแผนภาพ P-h diagram ภาพ 2.19 จะเห็นว่าถ้าเพิ่มความดันสารทำความเย็นจาก $P_{1,4}$ เป็น $P_{7,5}$ ทำให้พลังงานที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์ลดลงจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 เป็นจากจุดที่ 5 ไปจุดที่ 6 ส่วนความเย็นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากจุดที่ 4 ไปจุดที่ 1 เป็นจากจุดที่ 7 ไปจุดที่ 5 ส่งผลทำให้ค่า COP ของเครื่องสูงขึ้น



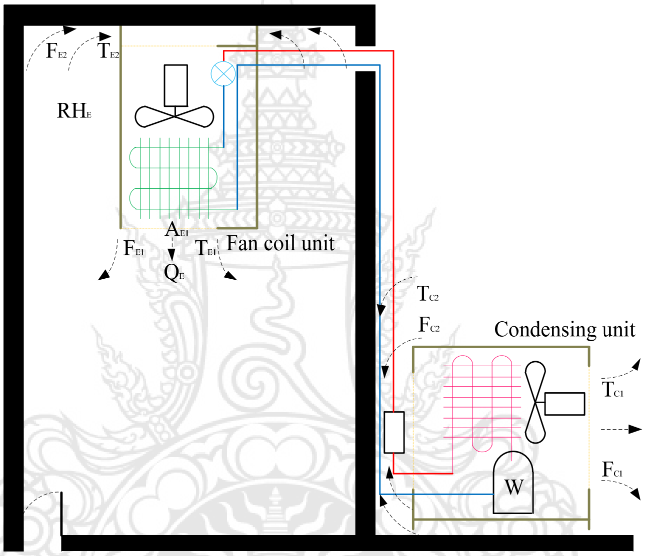

**ภาพ 2.19** แผนภาพ P-h diagram เมื่อเพิ่มความดันด้านต่ำของสารทำความเย็น
**ที่มา:** ภาพรวมระบบปรับอากาศ (2557)

# บทที่ 3

# การสร้างต้นแบบการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพ (Prototype Construction)

## 3.1 การสร้างต้นแบบการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพ

### 3.1.1 กำหนดจุดวัดค่าต่างๆ และสัญลักษณ์




**ภาพ 3.1** แสดงตำแหน่งและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการวัด

กำหนดจุดวัดค่าต่างๆ และสัญลักษณ์เพื่อความสะดวกในการวัดค่าต่าง ๆ

$A_{E1}$ พื้นที่ช่องลมออกแฟนคอยล์ยูนิต ($ft^2$)

$F_{E1}$ ความเร็วลมออกแฟนคอยล์ยูนิต (ft/min)

$F_{E2}$ ความเร็วลมเข้าแฟนคอยล์ยูนิต (ft/min)

$T_{E1}$ อุณหภูมิลมออกแฟนคอยล์ยูนิต ($^0C$)

$T_{E2}$ อุณหภูมิลมเข้าแฟนคอยล์ยูนิต ($^0C$)

$\%RH_E$ เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศด้านแฟนคอยล์ยูนิต

$Q_E$ ภาระการทำความเย็น (Btu/hr.)

$F_{C1}$ ความเร็วลมออกคอนเดนซิ่งยูนิต (ft./min)

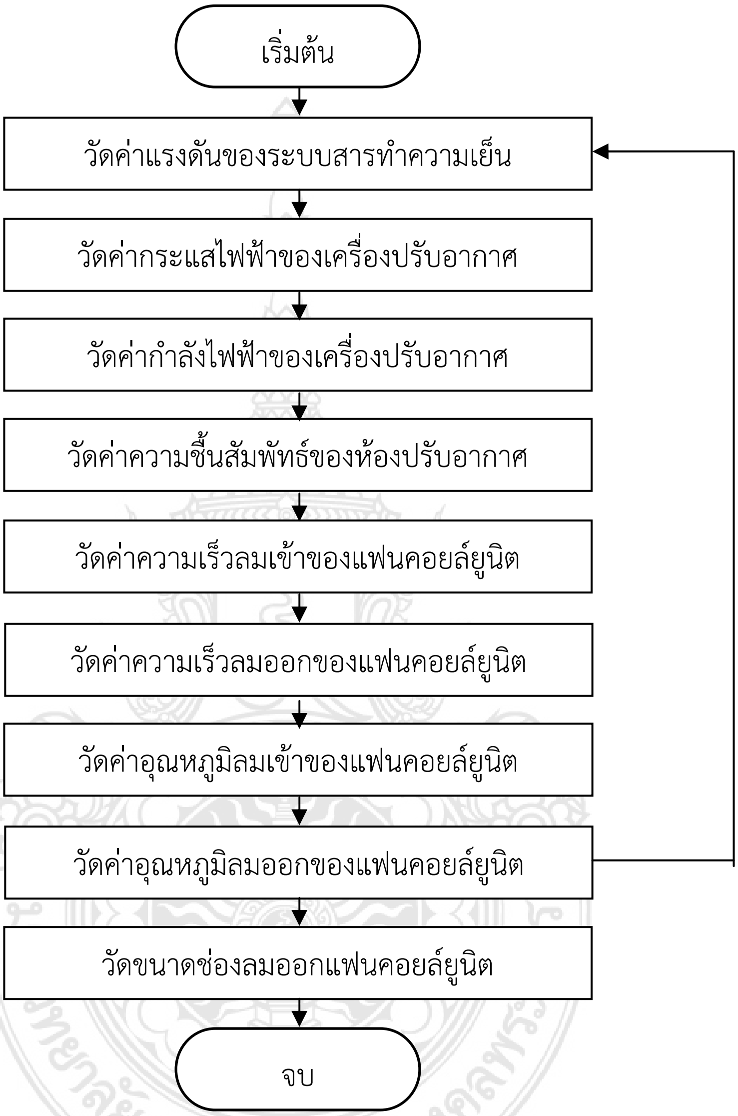
$F_{C2}$ ความเร็วลมเข้าคอนเดนซิ่งยูนิต (ft./min)

$T_{C1}$ อุณหภูมิลมออกคอนเดนซิ่งยูนิต ($^0C$)

$T_{C2}$ อุณหภูมิลมเข้าคอนเดนซิ่งยูนิต ($^0C$)

W กำลังงานของคอมเพรสเซอร์ (w)

3.1.2 ขั้นตอนการวัดค่าต่างๆ ในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในการวัดค่าต่างๆ สามารถเขียนเป็นแผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้




**ภาพ 3.2** แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงาน

## 3.2 ตรวจวัดและบันทึกค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา

3.2.1 วัดค่าแรงดันของระบบสารทำความเย็นด้านแรงดันสูงและด้านแรงดันต่ำ วัดค่าแรงดันของระบบสารทำความเย็นด้านแรงดันสูงและด้านแรงดันต่ำ ด้วยแมนนิโฟลด์เกจ (Manifold gauge) บันทึกค่าในตาราง 5.1 และตาราง 5.2

**ภาพ 3.3** วัดค่าแรงดันของระบบสารทำความเย็นก่อนการบำรุงรักษา

3.2.2 วัดค่าแรงดันกระแสและกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ วัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ ด้วยเพาเวอร์มิเตอร์ Kyoritsu power meter with clamp รุ่น 6300 บันทึกค่าในตาราง 5.1

**ภาพ 3.4** วัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา

3.2.3 วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศด้วยมิเตอร์ Daiichi รุ่น TH-303C บันทึกค่าในตาราง 5.2

**ภาพ 3.5** วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา

3.2.4 วัดค่าความเร็วลมเข้า ออกและค่าอุณหภูมิของแฟนคอยล์ยูนิต วัดค่าความเร็วลมเข้าออกและค่าอุณหภูมิของแฟนคอยล์ยูนิตด้วยมิเตอร์ Anemometer Digicon รุ่น DA-43A บันทึกค่าในตาราง 5.1 และตาราง 5.2

**ภาพ 3.6** วัดค่าความเร็วลมก่อนการบำรุงรักษา

3.2.5 วัดขนาดช่องลมออกแฟนคอยล์ยูนิต ดำเนินการวัดความกว้างและความยาวของช่องลมออกแฟนคอยล์ยูนิตด้วยตลับเมตรใช้หน่วยในการวัดเป็นหุน

**ภาพ 3.7** วัดความยาวของช่องลมออก

**ภาพ 3.8** วัดความกว้างของช่องลมออก

## 3.3 ดำเนินการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ

### 3.3.1 ล้างแฟนคอยล์ยูนิตและอีแว็ปอเรเตอร์ด้วยน้ำและน้ำยาทำความสะอาด

**ภาพ 3.9** ล้างทำความสะอาดอีแว็ปอเรเตอร์

### 3.3.2 ล้างคอยล์ร้อนหรือคอนเดนซิ่งยูนิตด้วยน้ำและน้ำยาทำความสะอาด

**ภาพ 3.10** ล้างทำความสะอาดคอนเดนเซอร์

### 3.3.3 ล้างพัดลมแฟนคอยล์ยูนิตด้วยน้ำและน้ำยาทำความสะอาด

**ภาพ 3.11** ล้างทำความสะอาดพัดลมคอยล์เย็น

### 3.3.4 ล้างกรองอากาศแฟนคอยล์ยูนิตด้วยน้ำและน้ำยาทำความสะอาด

**ภาพ 3.12** ล้างทำความสะอาดกรองอากาศ

## 3.4 ตรวจวัดและบันทึกค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

3.4.1 วัดค่าแรงดันของระบบสารทำความเย็นทั้งด้านแรงดันสูงและด้านแรงดันต่ำวัดค่าแรงดันของระบบสารทำความเย็นทั้งด้านแรงดันสูงและด้านแรงดันต่ำด้วยแมนนิโฟลด์เกจ (Manifold gauge) บันทึกค่าในตาราง 5.3 และตาราง 5.4

**ภาพ 3.13** วัดค่าแรงดันของระบบสารทำความเย็นหลังการบำรุงรักษา

3.4.2 วัดค่าแรงดัน กระแสและกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ ด้วยมิเตอร์ Kyoritsu digital clamp meter รุ่น KEW SNAP 200 บันทึกค่าในตาราง 5.3

**ภาพ 3.14** วัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

3.4.3 วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของของห้องปรับอากาศวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของของห้องปรับอากาศ ด้วยมิเตอร์ Daiichi รุ่น TH-303C บันทึกค่าในตาราง 5.4

**ภาพ 3.15** วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

3.4.4 วัดค่าความเร็วลมเข้า ออกและค่าอุณหภูมิของแฟนคอยล์ยูนิต วัดค่าความเร็วลมเข้าออกและค่าอุณหภูมิของแฟนคอยล์ยูนิตด้วยมิเตอร์ Anemometer Digicon รุ่น DA-43A บันทึกค่าในตาราง 5.3 และตาราง 5.4

**ภาพ 3.16** วัดค่าความเร็วลมหลังการบำรุงรักษา

## 3.5 ดำเนินการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

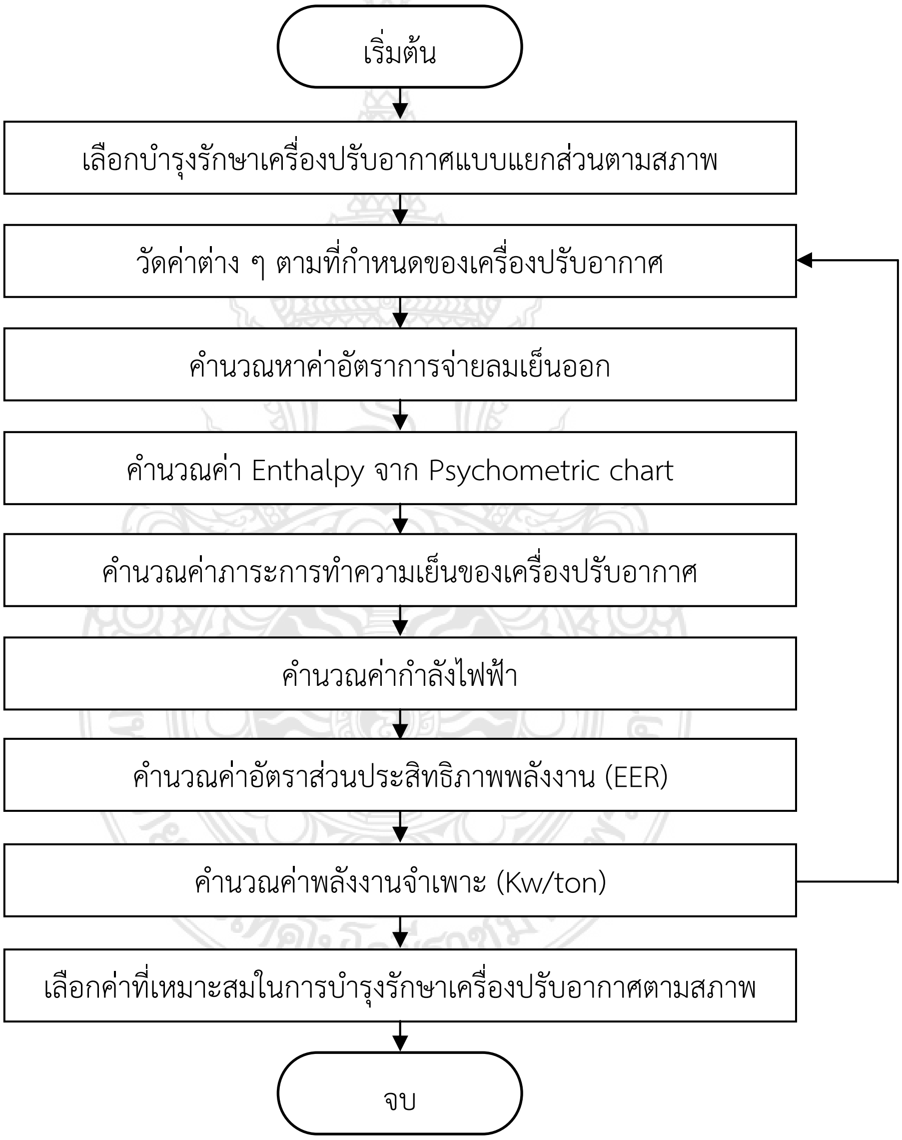
ดำเนินการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM) วัดและบันทึกค่าต่าง ๆ ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในตาราง 5.5 และตาราง 5.6กำหนดความถี่ในการวัดค่าต่าง ๆ สัปดาห์ละครั้งเป็นเวลา5 สัปดาห์หรือ 840 ชั่วโมง

# บทที่ 4

# การทดสอบต้นแบบ (Prototype testing)

## 4.1 การทดสอบต้นแบบการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

### 4.1.1 ขั้นตอนวิธีการพัฒนาการบำรุงรักษา



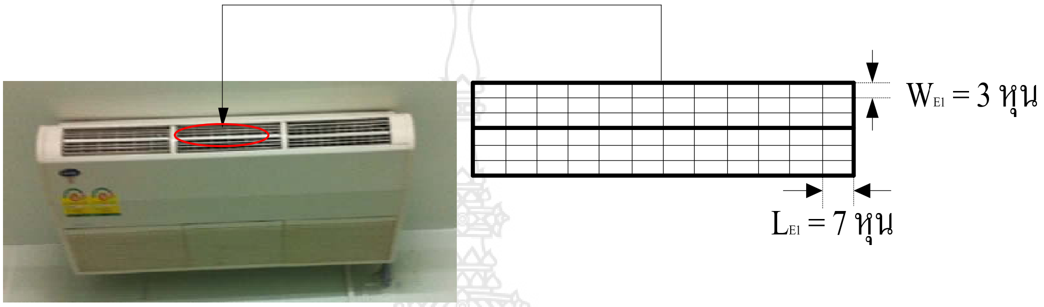

**ภาพ 4.1** แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงาน

## 4.2 คำนวณค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา

4.2.1 คำนวณพื้นที่ช่องลมออกแฟนคอยล์ยูนิตของเครื่องปรับอากาศคำนวณพื้นที่ช่องลมออกแฟนคอยล์ยูนิตจากสมการที่ (2.1) โดยวัดขนาดช่องลมตามภาพ 4.2

พื้นที่ช่องลมออกทั้งหมด = $3 \times 7\ (72)\ (3) \div 9216$

= 0.5 $ft^2$




**ภาพ 4.2** ช่องลมออกแฟนคอยล์ยูนิต

4.2.2 คำนวณค่าอัตราการจ่ายลมเย็นออกของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษาคำนวณค่าอัตราการจ่ายลมเย็นออกของเครื่องปรับอากาศจากสมการที่ (2.2) จากข้อมูลในตาราง 5.2

ความเร็วลมเย็นออก (ft./min) = 550

อัตราการไหลของลมเย็นออก = $550 \times 0.5$

= 275 $ft^3$

4.2.3 คำนวณค่า Enthalpy ของแฟนคอยล์ยูนิตจาก Psychometric chart ก่อนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศคำนวณค่า Enthalpy จากข้อมูลในตาราง 5.2

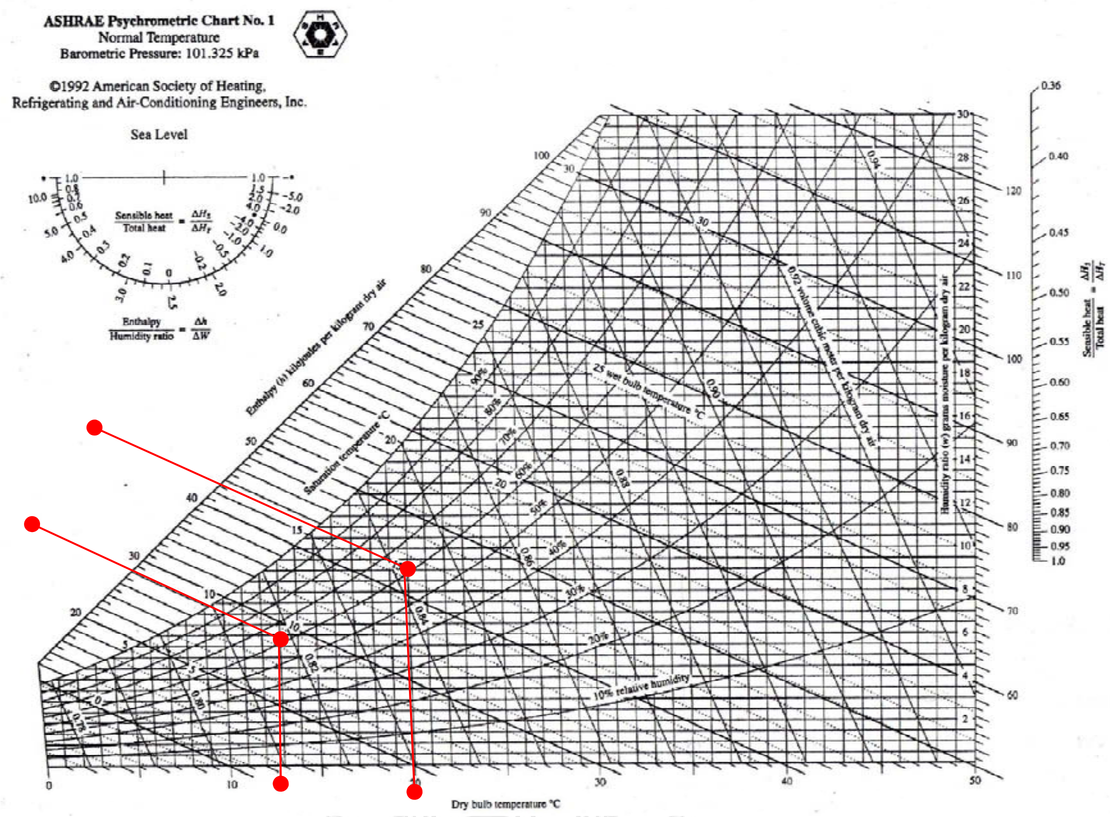
$T_{E2}$อุณหภูมิลมเย็นเข้า ($^0$C) = 20

$T_{E1}$ อุณหภูมิลมเย็นออก ($^0$C) = 13

%$RH_E$ ความชื้นสัมพัทธ์ = 60

4.2.3.1 คำนวณค่า$h_r$โดยลากเส้นสีแดงผ่านเส้นอุณหภูมิ 20 $^0$C ผ่านเส้นความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH ไปตัดกลับเส้น Enthalpy ได้ค่า$h_r$ เท่ากับ 43 Btu/lbs

4.2.3.2 คำนวณค่า $h_s$ โดยลากเส้นสีแดงผ่านเส้นอุณหภูมิ 13 $^0$C ผ่านเส้นความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH ไปตัดกลับเส้น Enthalpy ได้ค่า $h_s$ เท่ากับ 28 Btu/lbs.




**ภาพ 4.3** หาEnthalpy จากPsychometric chart ก่อนการบำรุงรักษา

4.2.4 คำนวณค่าภาระการทำความเย็นก่อนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศคำนวณค่าภาระการทำความเย็นจากสมการ (2.3)

ภาระการทำความเย็น = 4.5 × 275 × (43-28)

= 18562.5 Btu/hr.

4.2.5 วัดค่ากำลังไฟฟ้าก่อนการบำรุงรักษาค่ากำลังไฟฟ้า จากข้อมูลในตาราง 5.1

แรงดันไฟฟ้า (Volt) = 221.2

กระแสไฟฟ้า (Amp) = 7.2

กำลังไฟฟ้า = 2980

4.2.6 คำนวณอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา คำนวณอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) จากสมการที่ (2.6) โดยนำค่าภาระการทำความเย็นจากหัวข้อ 4.2.4 และค่ากำลังไฟฟ้าจากหัวข้อ 4.2.5 มาใช้ในการคำนวณ

$$\text{EER} = \frac{18562.5\ (\text{Btu/hr.})}{2980\ (\text{Watts})}$$

$$= 6.23 \quad \text{Btu/hr./w}$$

4.2.7 คำนวณค่าพลังงานจำเพาะ (Kw/ton) ของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษาคำนวณค่าพลังงานจำเพาะจากสมการ (2.7)

ค่า Kw/ton = 2.98/(18562.5/12000)

= 2.98/1.55

= 1.9

4.2.8 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยคำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนการบำรุงรักษาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จากสมการ (2.5)

ในเวลา 1 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดเวลา

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย) = 2.98 กิโลวัตต์ × เวลา 1 ชั่วโมง

= 2.98 หน่วย

## 4.3 คำนวณค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

4.3.1 คำนวณค่าอัตราการจ่ายลมเย็นออกของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษาคำนวณค่าอัตราการจ่ายลมเย็นออกของเครื่องปรับอากาศจากสมการที่ (2.2) จากข้อมูลในตาราง 5.4

ความเร็วลมเย็นออก (ft./min) = 685

อัตราการไหลของลมเย็นออก = 685 × 0.5

= 342.5 $ft^3$

4.3.2 คำนวณค่า Enthalpy ของแฟนคอยล์ยูนิตจาก Psychometric chart หลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศคำนวณค่า Enthalpy จากข้อมูลในตาราง 5.4

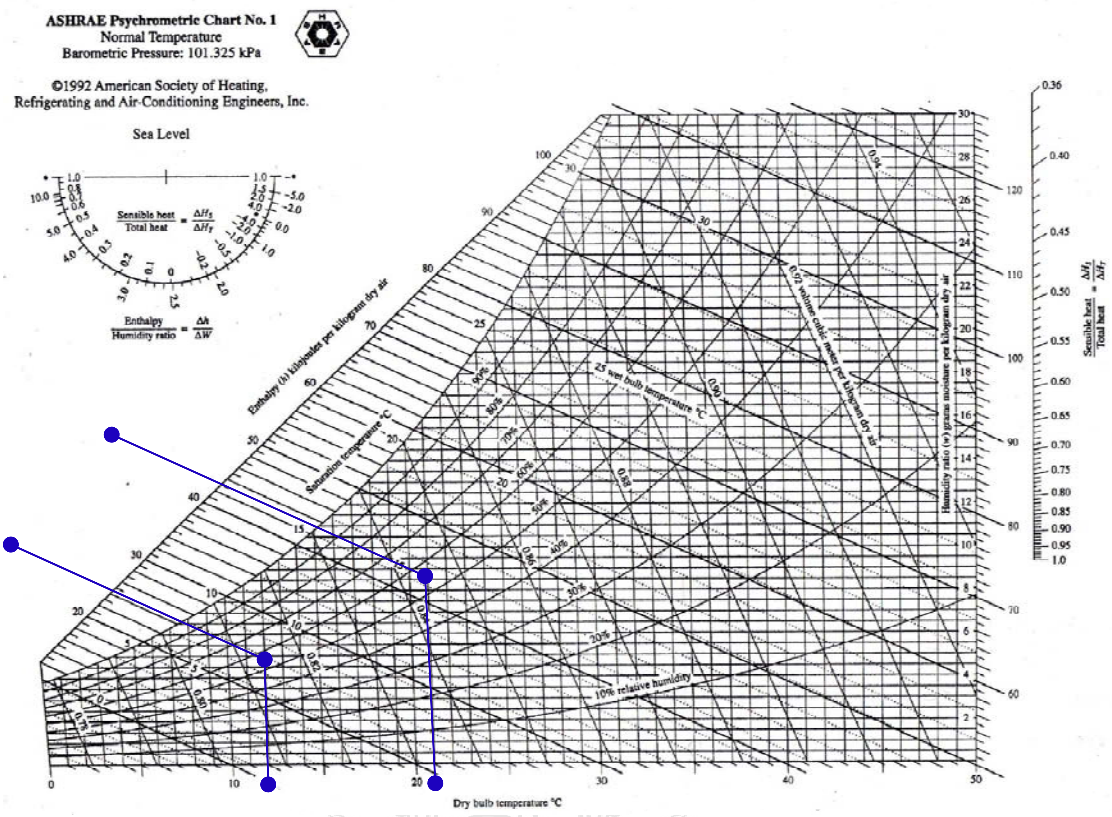
$T_{E2}$ อุณหภูมิลมเย็นเข้า ($^0$C) = 21

$T_{E1}$ อุณหภูมิลมเย็นออก ($^0$C) = 12

%$RH_E$ ความชื้นสัมพัทธ์ = 55

4.3.2.1 คำนวณค่า$h_r$โดยลากเส้นสีน้ำเงินผ่านเส้นอุณหภูมิ 21 $^0$C ผ่านเส้นความชื้นสัมพัทธ์ 55 %RH ไปตัดกลับเส้น Enthalpy ได้ค่า$h_r$ เท่ากับ 43Btu/lbs.

4.3.2.2 คำนวณค่า $h_s$ โดยลากเส้นสีน้ำเงินผ่านเส้นอุณหภูมิ 12 $^0$C ผ่านเส้นความชื้นสัมพัทธ์ 55% RH ไปตัดกลับเส้น Enthalpy ได้ค่า $h_s$ เท่ากับ 24 Btu/lbs.




**ภาพ 4.4** หาค่า Enthalpy จาก Psychometric chart หลังการบำรุงรักษา

4.3.3 คำนวณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษาคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจากสมการ (2.3)

ภาระการทำความเย็น = 4.5 × 342.5 × (43-24)

= 29283.75 Btu/hr.

4.3.4 วัดค่ากำลังไฟฟ้าหลังการบำรุงรักษาวัดค่ากำลังไฟฟ้า จากข้อมูลในตาราง 5.3

แรงดันไฟฟ้า (Volt) = 220.7

กระแสไฟฟ้า (Amp) = 4.6

กำลังไฟฟ้า = 1450

4.3.5 คำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษาคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) จากสมการที่ (2.6) โดยนำค่าภาระการทำความเย็นจากหัวข้อ4.3.3 และ ค่ากำลังไฟฟ้าจากหัวข้อ4.3.4 มาใช้ในการคำนวณ

$$\text{EER} = \frac{29283.75 \text{ Btu/hr.}}{1450 \text{ (Watts)}}$$

$$= 20.2 \quad \text{Btu/hr/w}$$

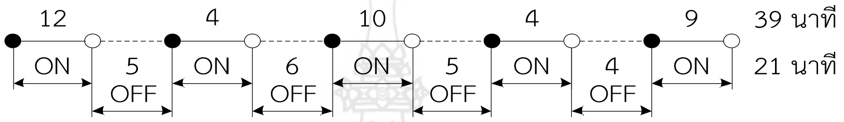
4.3.6 คำนวณค่าพลังงานจำเพาะ (Kw/ton) ของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษาคำนวณค่าพลังงานจำเพาะจากสมการ (2.7)

ค่า Kw/ton = 1.45/(29283.75/12000)

= 1.45/2.44

= 0.59

4.3.7 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยคำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลา 1 ชั่วโมง หลังการบำรุงรักษาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จากสมการที่ (2.5) ในเวลา 1 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศทำงาน 39 นาที หยุดทำงาน 21 นาที ลักษณะการทำงานแสดงตามภาพ 4.5




**ภาพ 4.5** เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย) = 1.45 กิโลวัตต์ × เวลา 0.65 ชั่วโมง

= 0.94 หน่วย

## 4.4 คำนวณค่าต่างๆ ของการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

ดำเนินการทดสอบต้นแบบการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM) คำนวณหาค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจากข้อมูลในตาราง 5.5 และตาราง 5.6 ตามหัวข้อ 4.2 และ หัวข้อ 4.3

# บทที่ 5

# ผลการวิจัย(Results)

## 5.1 บันทึกผลก่อนการบำรุงรักษา

**ตาราง 5.1** บันทึกผลก่อนการบำรุงรักษาด้านคอนเดนซิ่งยูนิต

| รายการ | ก่อนการบำรุงรักษา |
|---|---|
| 1. แรงดันไฟฟ้า (Volt) | 221.2 |
| 2. กระแสไฟฟ้า (Amp) | 7.2 |
| 3. กำลังไฟฟ้า (Watt) | 2980 |
| 4. ความเร็วลมร้อนเข้า (ft/min) | 520 |
| 5. ความเร็วลมร้อนออก (ft/min) | 1431 |
| 6. เวลาทำงานของคอมเพรสเซอร์ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง(นาที) | 60 |
| 7. เวลาหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง(นาที) | 0 |
| 8. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (psi) | 260 |

จากตาราง 5.1 แสดงผลการวัดค่าการทำงานของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษาด้านคอนเดนซิ่งยูนิตพบสิ่งผิดปกติ คือ ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดเวลา แรงดันของสารทำความเย็นในระบบมีค่าสูง ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศสูง

**ตาราง 5.2** บันทึกผลก่อนการบำรุงรักษาด้านแฟนคอยล์ยูนิต

| รายการ | ก่อนการบำรุงรักษา |
|---|---|
| 1. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (psi) | 32 |
| 2. อุณหภูมิลมเย็นเข้า ($^0$C) | 20 |
| 3. อุณหภูมิลมเย็นออก ($^0$C) | 13 |
| 4. ความเร็วลมเย็นเข้า (ft./min) | 230 |
| 5. ความเร็วลมเย็นออก (ft./min) | 550 |
| 6. ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) | 60 |

จากตารา ง5.2 แสดงผลการวัดค่าการทำงานของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษาแฟนคอยล์ยูนิตพบสิ่งผิดปกติ คือ แรงดันของสารทำความเย็นในระบบมีค่าต่ำ ความเร็วลมเย็นเข้าแฟนคอยล์ยูนิตมีค่าต่ำ

## 5.2 บันทึกผลหลังการบำรุงรักษา

**ตาราง 5.3** บันทึกผลหลังการบำรุงรักษาด้านคอนเดนซิ่งยูนิต

| รายการ | หลังการบำรุงรักษา |
|---|---|
| 1. แรงดันไฟฟ้า (Volt) | 220.7 |
| 2. กระแสไฟฟ้า (Amp) | 4.6 |
| 3. กำลังไฟฟ้า (Watt) | 1450 |
| 4. ความเร็วลมร้อนเข้า (ft./min) | 540 |
| 5. ความเร็วลมร้อนออก (ft./min) | 1550 |
| 6. เวลาทำงานของคอมเพรสเซอร์ใน 1 ชั่วโมง (นาที) | 39 |
| 7. เวลาหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ใน 1 ชั่วโมง (นาที) | 21 |
| 8. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (psi) | 195 |

จากตาราง 5.3 แสดงผลการวัดค่าการทำงานของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา พบว่าในช่วงเวลา 1 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศทำงาน 39 นาที แรงดันของสารทำความเย็นในระบบมีค่าลดลง ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลดลง

**ตาราง 5.4** บันทึกผลหลังการบำรุงรักษาด้านแฟนคอยล์ยูนิต

| รายการ | หลังการบำรุงรักษา |
|---|---|
| 1. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (psi) | 71 |
| 2. อุณหภูมิลมเย็นเข้า ($^0$C) | 21 |
| 3. อุณหภูมิลมเย็นออก ($^0$C) | 12 |
| 4. ความเร็วลมเย็นเข้า (ft./min) | 432 |
| 5. ความเร็วลมเย็นออก (ft./min) | 685 |
| 6. ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) | 55 |

จากตาราง 5.4 แสดงผลการวัดค่าการทำงานของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษาแฟนคอยล์ยูนิต พบว่าแรงดันของสารทำความเย็นในระบบมีค่าเพิ่มขึ้นความเร็วลมเย็นเข้าแฟนคอยล์ยูนิตมีค่าเพิ่มขึ้น

## 5.3 บันทึกผลการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพ

**ตาราง 5.5** บันทึกผลการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพด้านแฟนคอยล์ยูนิต

| รายการ | สัปดาห์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. อุณหภูมิลมเย็นเข้า ($^0$C) | 21 | 20 | 19 | 18 | 18 | 21 |
| 2. อุณหภูมิลมเย็นออก ($^0$C) | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 11 |
| 3. ความเร็วลมเย็นเข้า (ft/min) | 432 | 430 | 428 | 420 | 300 | 250 |
| 4. ความเร็วลมเย็นออก (ft/min) | 685 | 640 | 625 | 620 | 550 | 510 |
| 5. ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) | 55 | 60 | 62 | 65 | 65 | 65 |

จากตาราง 5.5 แสดงผลการวัดค่าการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพด้านแฟนคอยล์ยูนิต พบว่าความเร็วลมเย็นเข้าแฟนคอยล์ยูนิตมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง

**ตาราง 5.6** บันทึกผลการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพด้านคอนเดนซิ่งยูนิต

| รายการ | สัปดาห์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1.แรงดันไฟฟ้า (Volt) | 220.7 | 221.3 | 221.7 | 221.2 | 223.5 | 221.2 |
| 2. กระแสไฟฟ้า (Amp) | 4.6 | 6.7 | 6.9 | 7 | 7.1 | 7.2 |
| 3. กำลังไฟฟ้า (Watt) | 1450 | 2860 | 2920 | 2940 | 2955 | 2980 |
| 4. อุณหภูมิลมร้อนเข้า ($^0$C) | 29 | 32 | 33 | 32 | 31 | 32 |
| 5. อุณหภูมิลมร้อนออก ($^0$C) | 32 | 35 | 34 | 35 | 34 | 35 |
| 6. ความเร็วลมร้อนเข้า (ft/min) | 540 | 530 | 525 | 520 | 510 | 490 |
| 7. ความเร็วลมร้อนออก (ft/min) | 1550 | 1520 | 1510 | 1500 | 1480 | 1340 |

จากตาราง 5.6 แสดงผลการวัดค่าการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพด้านคอนเดนซิ่งยูนิตพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศสูงขึ้นตลอดเวลา

# บทที่ 6

# อภิปรายผล (Discussion)

## 6.1 อภิปรายผลการก่อนและหลังการบำรุงรักษา

**ตาราง 6.1** ผลก่อนและหลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

| รายการ | ก่อน | หลัง | อัตราการเปลี่ยนแปลง |
|---|---|---|---|
| 1. แรงดันไฟฟ้า (Volt) | 221.2 | 220.7 | 0.99 |
| 2. กระแสไฟฟ้า (Amp) | 7.2 | 4.6 | 0.64 |
| 3.กำลังไฟฟ้า (Watt) | 2980 | 1450 | 0.49 |
| 4. อุณหภูมิลมร้อนเข้า ($^0$C) | 34 | 29 | 0.85 |
| 5. อุณหภูมิลมร้อนออก ($^0$C) | 39 | 32 | 0.82 |
| 6. ความเร็วลมร้อนเข้า (ft./min) | 520 | 540 | 0.96 |
| 7. ความเร็วลมร้อนออก (ft./min) | 1431 | 1550 | 0.92 |
| 8. เวลาทำงานของคอมเพรสเซอร์ใน 1 ชั่วโมง (นาที) | 60 | 39 | 0.65 |
| 9. เวลาหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ใน 1 ชั่วโมง (นาที) | 0 | 21 | 0 |
| 10. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (psi) | 260 | 195 | 0.75 |
| 11. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (psi) | 32 | 71 | 0.45 |
| 12. อุณหภูมิลมเย็นเข้า ($^0$C) | 20 | 21 | 0.95 |
| 13. อุณหภูมิลมเย็นออก ($^0$C) | 13 | 12 | 0.92 |
| 14. ความเร็วลมเย็นเข้า (ft./min) | 230 | 432 | 0.53 |
| 15. ความเร็วลมเย็นออก (ft./min) | 550 | 685 | 0.80 |
| 16. ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) | 60 | 55 | 0.92 |

จากตาราง 6.1 พบว่าเวลาในการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในช่วงเวลาหนึ่งชั่วโมงลดลง 21 นาทีหรือลดลง 35 เปอร์เซ็นต์ความเร็วของลมที่ผ่านคอยล์ร้อนเพิ่มขึ้น แรงดันของสารทำความเย็นเข้าสู่ค่าปกติทั้งด้านแรงดันสูงและด้านแรงดันต่ำ การถ่ายเทอุณหภูมิของคอยล์เย็นเพิ่มขึ้น ความเร็วของลมผ่านคอยล์เย็นเพิ่มขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนลดลง 36 เปอร์เซ็นต์

**ตาราง 6.2** เปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ก่อนและหลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

| รายการ | ก่อนการบำรุงรักษา | หลังการบำรุงรักษา | อัตราการเปลี่ยนแปลง |
|---|---|---|---|
| 1.ค่ากำลังไฟฟ้า (Watt) | 2980 | 1450 | 0.49 |
| 2.ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW/hr.) | 2.98 | 0.94 | 0.32 |
| 3. ค่าภาระการทำความเย็น (Btu/hr.) | 18563 | 29284 | 0.63 |
| 4. ค่าพลังงานจำเพาะ (kW/Ton) | 1.93 | 0.59 | 0.31 |
| 5. ค่า EER (Btu/hr./watt) | 6.23 | 20.2 | 0.31 |

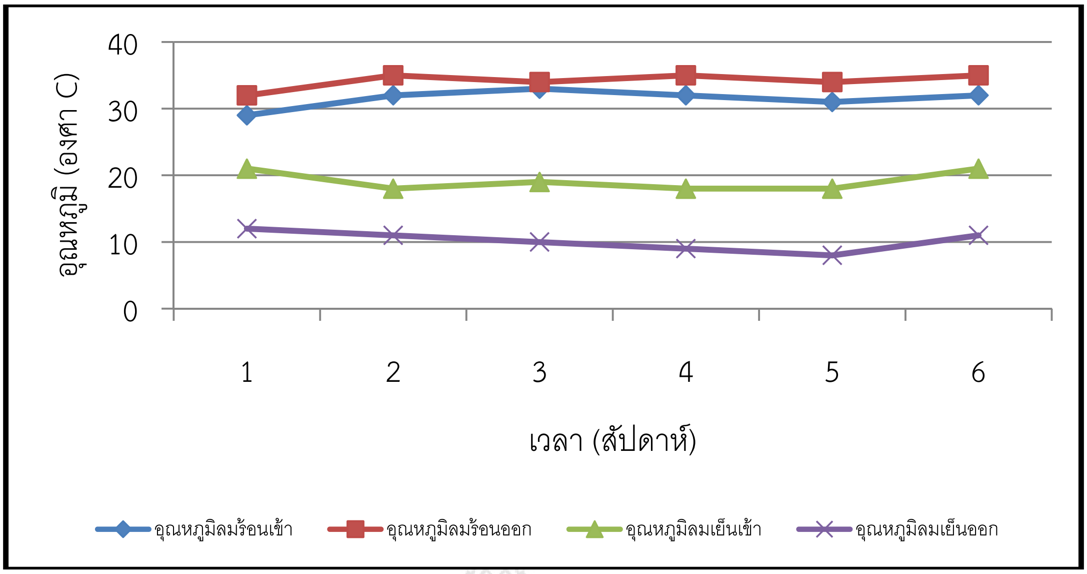
จากตาราง 6.2 พบว่าหลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มขึ้น 69 เปอร์เซ็นต์ค่าพลังงานจำเพาะลดลง 69 เปอร์เซ็นต์ ค่าภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 37 เปอร์เซ็นต์ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง 68เปอร์เซ็นต์ค่ากำลังไฟฟ้าลดลง 51 เปอร์เซ็นต์

## 6.2 อภิปรายผลการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

**ตาราง 6.3** ผลการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

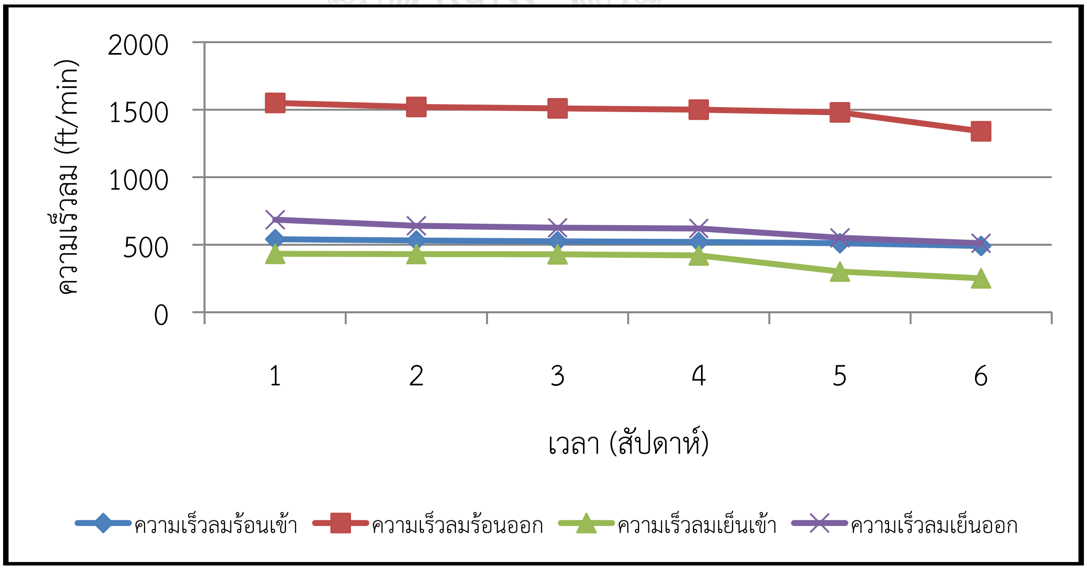
| รายการ | สัปดาห์ | | | | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1. แรงดันไฟฟ้า (volt) | 220.7 | 221.3 | 221.7 | 221.2 | 223.5 | 221.2 | 222 |
| 2. กระแสไฟฟ้า (Amp) | 4.6 | 6.7 | 6.9 | 7 | 7.1 | 7.2 | 7 |
| 3. กำลังไฟฟ้า (Watt) | 1450 | 1860 | 1920 | 2050 | 2250 | 2980 | 2085 |
| 4. อุณหภูมิลมร้อนเข้า ($^0$C) | 29 | 32 | 33 | 32 | 31 | 32 | 32 |
| 5. อุณหภูมิลมร้อนออก ($^0$C) | 32 | 35 | 34 | 35 | 34 | 35 | 34 |
| 6. ความเร็วลมร้อนเข้า (ft./min) | 540 | 530 | 525 | 520 | 510 | 490 | 519 |
| 7. ความเร็วลมร้อนออก (ft./min) | 1550 | 1520 | 1510 | 1500 | 1480 | 1340 | 1483 |
| 8. อุณหภูมิลมเย็นเข้า ($^0$C) | 21 | 18 | 19 | 18 | 18 | 21 | 19 |
| 9. อุณหภูมิลมเย็นออก ($^0$C) | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 11 | 10 |
| 10. ความเร็วลมเย็นเข้า (ft./min) | 432 | 430 | 428 | 420 | 300 | 250 | 377 |
| 11. ความเร็วลมเย็นออก (ft./min) | 685 | 640 | 625 | 620 | 550 | 510 | 605 |
| 12. ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) | 55 | 60 | 62 | 65 | 65 | 65 | 62 |

จากตาราง 6.3 พบว่าค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การถ่ายเทอุณหภูมิของคอยล์ร้อนมีแนวโน้มลดลง ความเร็วของลมที่ผ่านคอยล์ร้อนมีแนวโน้มลดลงตลอดเวลาการถ่ายเทอุณหภูมิของคอยล์เย็นมีแนวโน้มลดลง ความเร็วของลมผ่านคอยล์เย็นมีแนวโน้มลดลง ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในห้องปรับอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น




**ภาพ 6.1** ค่าอุณหภูมิของลมที่ผ่านแฟนคอยล์ยูนิตและคอนเดนซิ่งยูนิต

จากภาพ 6.1 แสดงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิเข้าออกจากคอยล์ร้อนและอุณหภูมิเข้าออกจากคอยล์เย็นไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ



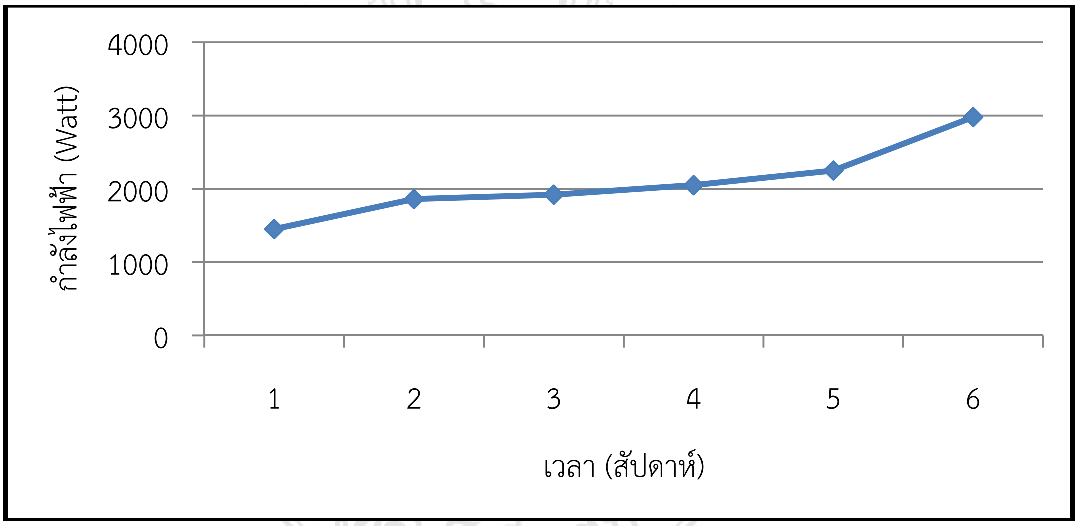

**ภาพ 6.2** ค่าความเร็วของลมที่ผ่านแฟนคอยล์ยูนิตและคอนเดนซิ่งยูนิต

จากภาพ 6.2แสดงค่าแนวโน้มลดลงของความเร็วลมเข้าและออกจากคอยล์ร้อน ความเร็วลมเข้าและออกจากคอยล์เย็นแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง

**ตาราง 6.4** เปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

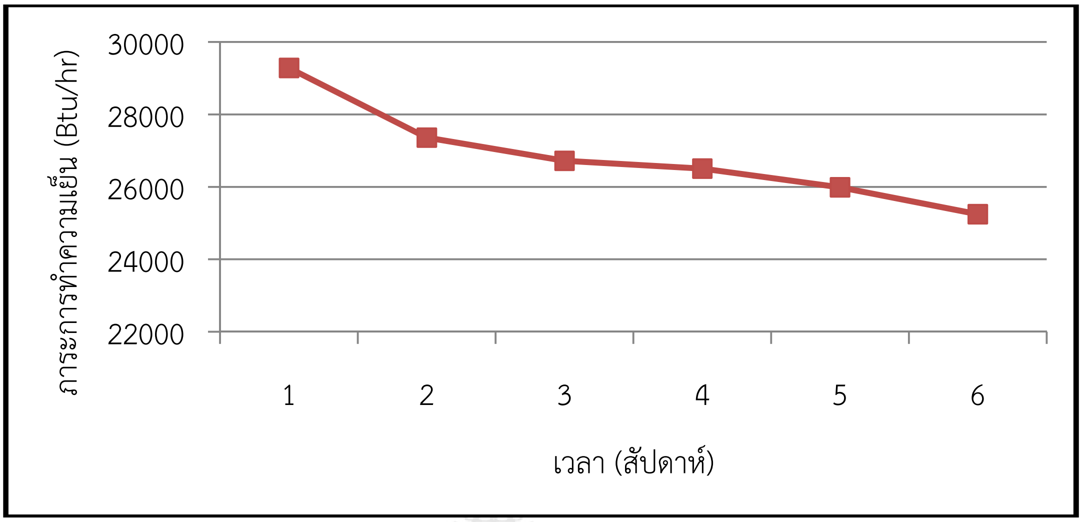
| รายการ | สัปดาห์ | | | | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1.ค่ากำลังไฟฟ้า(Watt) | 1450 | 1860 | 1920 | 2050 | 2250 | 2980 | 2085 |
| 2. ค่าภาระการทำความเย็น (Btu/hr.) | 29284 | 27360 | 26719 | 26505 | 25988 | 25245 | 26370 |
| 3. ค่าพลังงานจำเพาะ (kW/Ton) | 0.56 | 0.82 | 0.86 | 0.93 | 1.04 | 1.42 | 0.9 |
| 4.ค่า EER (Btu/hr./watt) | 20.2 | 14.7 | 13.9 | 12.9 | 11.6 | 8.5 | 13.6 |

จากตาราง 6.4 พบว่าการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM) ตลอด 5 สัปดาห์ ค่ากำลังไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 1450 เป็น 2980 (kW) ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานมีแนวโน้มลดลงจาก 20.2 เป็น 8.5 ค่าพลังงานจำเพาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 0.56เป็น 1.42 (kW/Ton) ค่าภาระการทำความเย็นมีแนวโน้มลดลงจาก 29284 เป็น 25245 (Btu/hr.) ซึ่งค่าต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงนี้เป็นตัวชี้วัดให้เห็นว่า ถ้าใช้เครื่องปรับอากาศไปเป็นเวลานาน ๆ แต่ขาดการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม จะทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลงตลอดเวลาที่ผ่านไป แต่การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศไม่ได้ลดลง ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยไม่เกิดประโยชน์



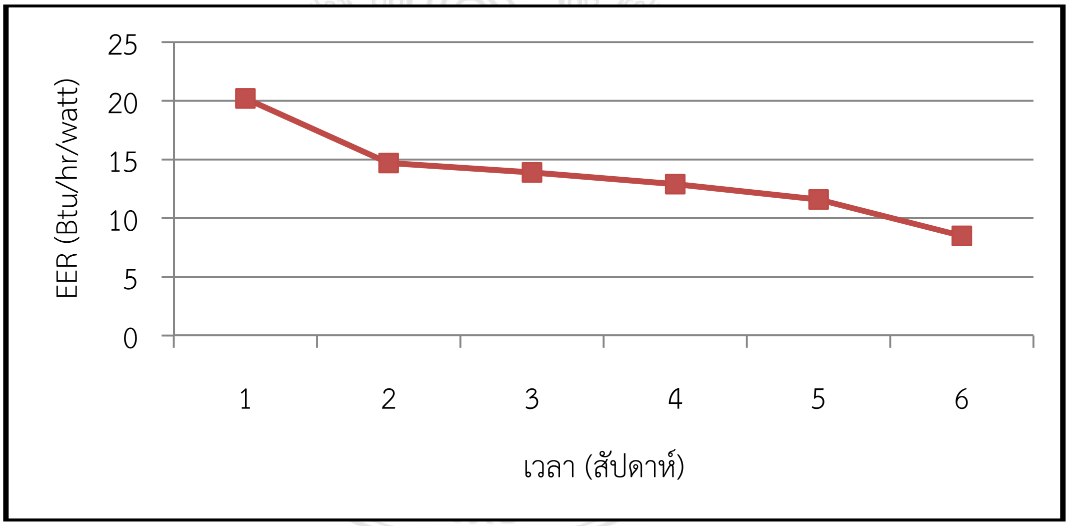

**ภาพ 6.3** ค่ากำลังไฟฟ้าของการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

จากภาพ 6.3 พบว่าการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM) ตลอด 5 สัปดาห์ ค่ากำลังไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง



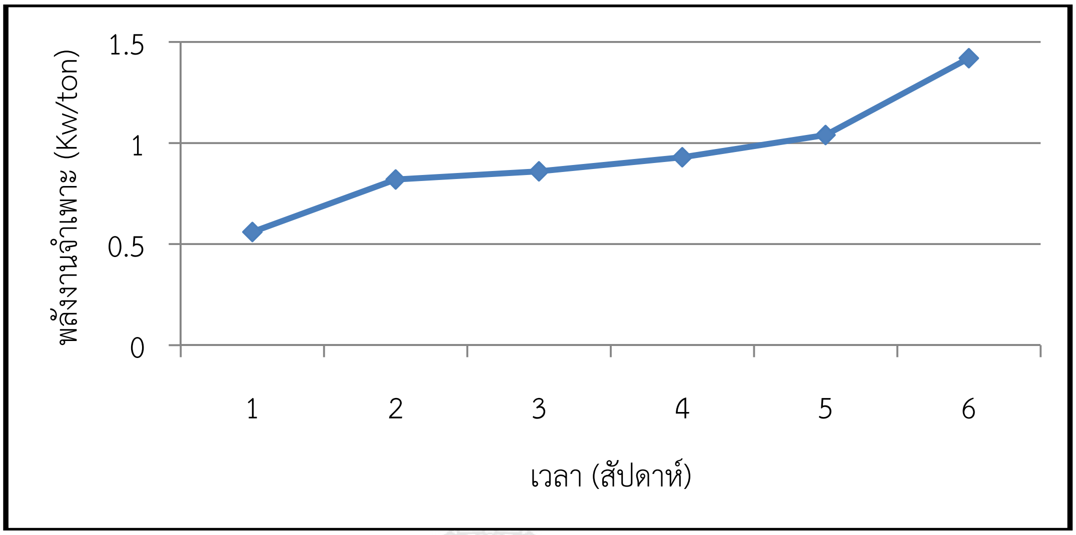

**ภาพ 6.4** ค่าภาระการทำความเย็นของการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

จากภาพ 6.4 พบว่าการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM) ตลอด 5 สัปดาห์ ค่าภาระการทำความเย็นมีแนวโน้มลดลงแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง




**ภาพ 6.5** ค่า EER ของการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

จากภาพ 6.5 พบว่าการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM) ตลอด 5 สัปดาห์ ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)มีแนวโน้มลดลงแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง




**ภาพ 6.6** ค่าพลังงานจำเพาะของการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

จากภาพ 6.6 พบว่าการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM) ตลอด 5 สัปดาห์ ค่าพลังงานจำเพาะ (kW/Ton) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง

# บทที่ 7

# สรุปผล (Conclusion)

## 7.1 ค่าที่เหมาะสมในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

ค่าที่เหมาะสมในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ ขนาด 25,000 Btu/h ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นค่าที่วัดได้ต่ำสุดของค่าความเร็วการจ่ายลมเย็นออกค่า EERที่คำนวณได้ต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตกำหนดไว้ 11.6 และค่าระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่วัดได้ จึงได้ค่าที่เหมาะสมดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ค่าความเร็วลมเย็นออก | = | 510 | ft./min |
| ค่า EER | = | 11.6 | |
| ระยะเวลาในการบำรุงรักษา | = | 840 | ชั่วโมงหรือ 5 สัปดาห์ |

ถ้าสภาพแวดล้อมที่ใช้งานต่างกันค่าที่เหมาะสมในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพจะมีค่าแตกต่างกันด้วยดังนั้นในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ ต้องทำการวัดค่าต่างๆ จากสภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศนั้นๆ แล้วคำนวณหาค่าที่เหมาะสมในการบำรุงรักษาต่อไป

## 7.2 สรุปผลการวิจัยก่อนและหลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจากแผนภูมิความดัน เอนทัลปีของสารทำความเย็น

**ตาราง 7.1** ค่าแรงดันและค่าเอนทัลปี

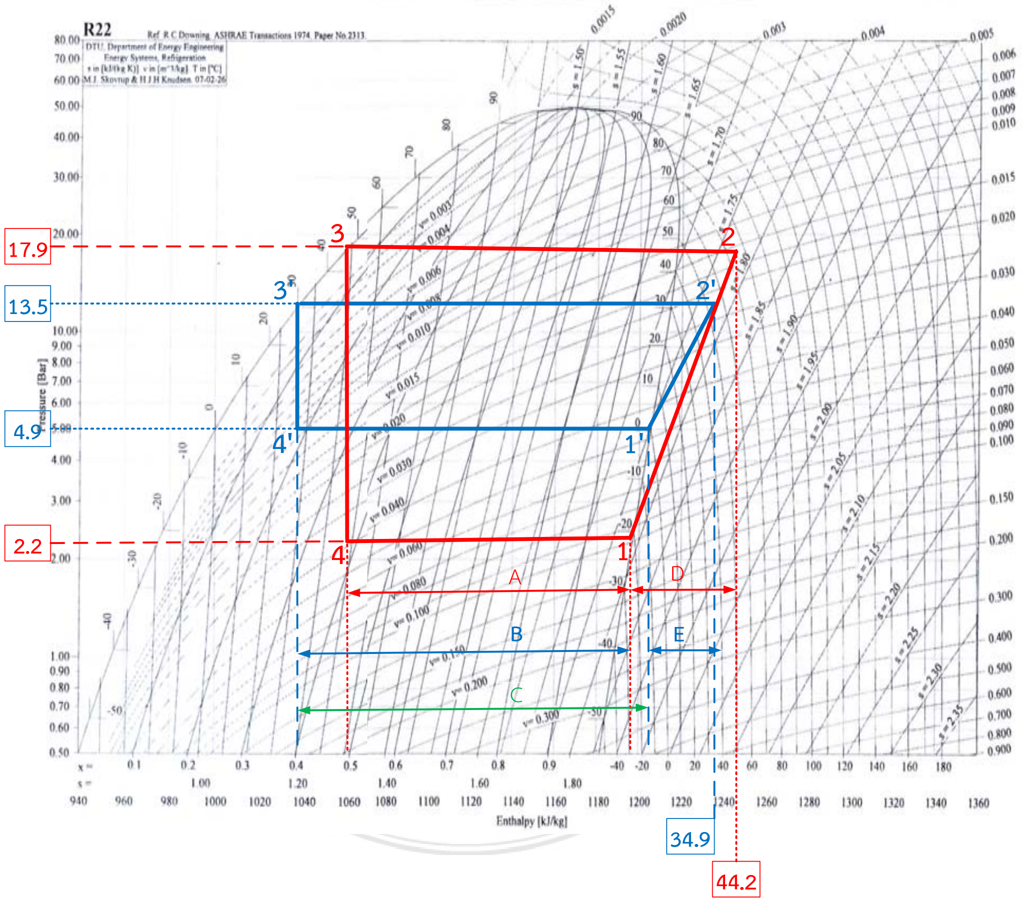
| รายการ | ก่อนการบำรุงรักษา | หลังการบำรุงรักษา | อัตราการเปลี่ยนแปลง |
|---|---|---|---|
| 1. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (psi) | 260 | 195 | 0.75 |
| 2. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (psi) | 32 | 71 | 0.45 |
| 3. ค่าเอนทัลปี (Btu/lbs.) | 15 | 19 | 0.79 |

จากตาราง 7.1 วัดค่าแรงดันของสารทำความเย็นในระบบหน่วย Psi และค่าเอนทัลปีหน่วย Btu/lbs. นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟบนแผนภูมิความดัน เอนทัลปี

**ตาราง 7.2** แปลงหน่วยค่าแรงดันและค่าเอนทัลปี

| รายการ | ก่อนการบำรุงรักษา | หลังการบำรุงรักษา | อัตราการเปลี่ยนแปลง |
|---|---|---|---|
| 1. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (bar) | 17.9 | 13.5 | 0.75 |
| 2. แรงดันของสารทำความเย็นในระบบ (bar) | 2.2 | 4.9 | 0.45 |
| 3. ค่าเอนทัลปี (Kj/Kg) | 34.89 | 44.20 | 0.79 |

ตาราง 7.2 แปลงหน่วยวัดค่าแรงดันจากหน่วย Psi เป็นหน่วย bar และหน่วยวัดค่าเอนทัลปีจากหน่วย Btu/lbs. เป็นหน่วย Kj/Kg นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟบนแผนภูมิความดัน เอนทัลปี เพื่อดูสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ




**ภาพ 7.1** แผนภูมิความดัน เอนทัลปีแสดงสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

จากแผนภาพ P-h diagram ภาพ 7.1 ภาพเส้นสีแดงแสดงสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา ภาพเส้นสีน้ำเงินแสดงสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษาจะเห็นว่าถ้าเราลดความดันสารทำความเย็นจากจุดที่ 2, 3 เป็น

จุดที่ 2', 3' จะส่งผลทำให้พลังงานที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์ลดลง จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 เป็นจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2' และปริมาณความเย็นที่ได้จะเพิ่มจากเส้นตรงAสีแดงไปที่เส้นตรงBสีน้ำเงินส่งผลทำให้ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น

จากแผนภาพ P-h diagram ภาพ 7.1จะเห็นว่าถ้าเราเพิ่มความดันสารทำความเย็นจากจุดที่ 1, 4 เป็น จุดที่ 1', 4' จะส่งผลทำให้พลังงานที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์ลดลง จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 เป็นจากจุดที่ 1' ไปจุดที่ 2 และปริมาณความเย็นที่ได้จะเพิ่มจากเส้นตรงAสีแดงไปที่เส้นตรงCสีเขียวส่งผลทำให้ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น

# บทที่ 8

# การวิเคราะห์ต้นทุนการบำรุงรักษา (Maintenance cost analysis)

## 8.1 ต้นทุนการบำรุงรักษา

### 8.1.1 ค่าบริการล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดผนัง (Wall Type)

**ตาราง 8.1** ค่าบริการในการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศชนิดติดผัง

| ขนาดทำความเย็น | ค่าบริการ | เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง) |
|---|---|---|
| 1. 9,000 – 19,000 | 600 | 1 |
| 2.20,000 - 30,000 | 800 | 1.5 |
| 3.30,100 - 35,000 | 1,000 | 2 |

ราคาดังกล่าวยังไม่รวมค่าสารทำความเย็น ราคาสารทำความเย็นR22 กิโลกรัมละ 80 บาท สารทำความเย็นตัวใหม่ R410A กิโลกรัมละ 160 บาท

### 8.1.2 ค่าบริการล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดตั้งแขวนและชนิดตั้งพื้น (Floor ceiling type and floor standing type)

**ตาราง 8.2** ค่าบริการในการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศชนิดตั้งแขวน ติดเพดาน ตั้งพื้น

| ขนาดทำความเย็น | ค่าบริการ | เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง) |
|---|---|---|
| 1. 12,000 - 19,000 | 800 | 1 |
| 2.20,000 - 30,000 | 1,000 | 1.5 |
| 3.30,100 - 34,000 | 1,400 | 1.5 |
| 4.34,100 - 40,000 | 1,600 | 2 |
| 5.41,000 - 60,000 | 1,800 | 2 |

ราคาดังกล่าวยังไม่รวมค่าสารทำความเย็น ราคาสารทำความเย็น R22 กิโลกรัมละ 80 บาท สารทำความเย็นตัวใหม่ R410A กิโลกรัมละ 160 บาท

### 8.1.3 ขอบเขตในการให้บริการ

8.1.3.1 คอยล์เย็น (Fan coil unit)

1) ล้างทำความสะอาดพัดลมโบเวอร์ (Blower) ด้วยน้ำแรงดัน
2) ล้างทำความสะอาดคอยล์เย็นด้วยน้ำแรงดัน
3) ดูดและเป่าทำความสะอาดระบบท่อน้ำทิ้งด้วยเครื่องเป่าลม (Blower)
4) ล้างทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ (Filter)

5) ตรวจเช็คจุดต่อสายไฟภายในระบบและยึดสกรูสายไฟให้แน่น

6) ตรวจวัดความเร็วลมของชุดคอยล์เย็น (Fancoil unit)

7) คำนวณหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

8) คำนวณหาค่าพลังงานจำเพาะ (kW/Ton)

8.1.3.2 คอยล์ร้อน (Condensing unit)

1) ล้างทำความสะอาดแผงครีบคอยล์ร้อนด้วยน้ำแรงดัน

2) ตรวจเช็คจุดต่อสายไฟภายในระบบและยึดสกรูสายไฟให้แน่น

3) ตรวจวัดความดันของระบบน้ำยา เช็คกำลังอัดของคอมเพรสเซอร์

4) ตรวจเช็คการทำงานของไทเมอร์ และอุปกรณ์ช่วยสตาร์ท ของระบบคอมเพรสเซอร์

5) ตรวจวัดค่าแรงดัน กระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

## 8.2 ต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบเดิม

ในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบเดิมได้ดำเนินการว่าจ้างผู้รับเหมาภายนอกมาทำการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr พิกัดกำลังไฟฟ้า 2,291 วัตต์ พิกัดกระแสไฟฟ้า 9.89 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส ใช้สารทำความเย็น R-22 ค่า EER11.02 Btu/hr./watt เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 18 $^0$C โดยดำเนินการบำรุงรักษา 6 เดือนต่อครั้ง ในระยะเวลา 1 ปี บำรุงรักษา 2 ครั้ง เป็นค่าใช้จ่ายดังนี้

8.2.1 ค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในระยะเวลา 1 ปีจากตาราง 5.2 ค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในระยะเวลา 1 ปีจำนวน 2 ครั้ง เป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 2,000 บาท

8.2.2 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยคำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลา 1 ชั่วโมง จากสมการที่ (2.5) เป็นระยะเวลา 1ปี (8,640 ชั่วโมง)

8.2.2.1 ในระยะเวลา 1 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดเวลา

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย) = 2.98 กิโลวัตต์ × เวลา 1 ชั่วโมง

= 2.98 หน่วย

8.2.2.2 ในระยะเวลา 1 เดือนเครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า

= 2.98 x 720

= 2,145.6 หน่วย

8.2.2.3 ในระยะเวลา 1ปี (8,640 ชั่วโมง) เครื่องปรับอากาศทำงานตลอดเวลา โดยคิดค่าพลังงานไฟฟ้า หน่วยละ 2.98บาท

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย) = 2.98 กิโลวัตต์ × เวลา 8,640ชั่วโมง

= 25,747.2หน่วย

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (บาท) = 25,747.2หน่วย× 2.98บาท

= 76,727 บาท

**ตาราง 8.3** ต้นทุนในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบเดิม

| รายการบำรุงรักษา | ต้นทุนการบำรุงรักษา(บาท) |
|---|---|
| 1. ค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในระยะเวลา 1 ปี | 2,000 |
| 2.ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระยะเวลา 1 ปี (8,640 ชั่วโมง) | 76,727 |
| รวม 78,727 | |

จากตาราง 8.3 พบว่าต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr.พิกัดกำลังไฟฟ้า 2,291 วัตต์ พิกัดกระแสไฟฟ้า 9.89แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส ใช้สารทำความเย็น R-22 ค่า EER 11.02 Btu/hr./wattเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 18 $^{0}$C เป็นเงินทั้งสิ้น 78,727บาท

## 8.3 ต้นทุนการบำรุงรักษาการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

8.3.1 ค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในระยะเวลา 1 ปี

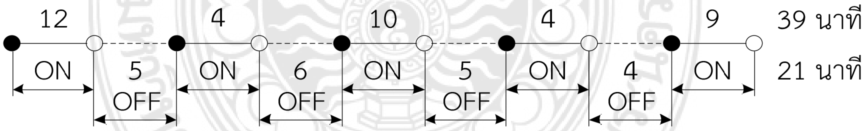
= 8,640 / 840

= 10 ครั้ง

= 10 x 1,000

= 10,000 บาท

8.3.2 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยคำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลา 1 ชั่วโมง จากสมการที่ (2.5) เป็นระยะเวลา 1 ปี (8,640 ชั่วโมง) หลังการบำรุงรักษาในเวลา 1 ชั่วโมง เครื่องปรับอากาศทำงาน 39 นาที หยุดทำงาน 21 นาที




**ภาพ 8.1** เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

8.3.2.1 ในระยะเวลา 1 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศทำงาน 39 นาที

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย) = 1.45 กิโลวัตต์ x เวลา 0.65ชั่วโมง

= 0.94 หน่วย

8.3.2.2 ในระยะเวลา 1 เดือนเครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า

= 1.45 x 720

= 1,044 หน่วย

8.3.2.3 ในระยะเวลา 1 ปี (8,640 ชั่วโมง) เครื่องปรับอากาศทำงาน5,616 ชั่วโมง โดยคิดค่าพลังงานไฟฟ้า หน่วยละ 2.98 บาท

| | | |
|---|---|---|
| พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย) | = | 1.45 กิโลวัตต์ × เวลา 5,616 ชั่วโมง |
| | = | 8,143 หน่วย |
| ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (บาท) | = | 8,143หน่วย× 2.98บาท |
| | = | 24,266 บาท |

**ตาราง 8.4** ต้นทุนในการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพ

| รายการบำรุงรักษา | ต้นทุนการบำรุงรักษา (บาท) |
|---|---|
| 1. ค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในระยะเวลา 1 ปี | 10,000 |
| 2.ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระยะเวลา 1 ปี (8,640 ชั่วโมง) | 24,266 |
| รวม | 34,266 |

จากตาราง 8.4 พบว่าต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr.พิกัดกำลังไฟฟ้า 2,291 วัตต์ พิกัดกระแสไฟฟ้า 9.89 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส ใช้สารทำความเย็น R-22 ค่า EER 11.02 Btu/hr./watt เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 18 $^{0}$C เป็นเงินทั้งสิ้น 34,266 บาท

## 8.4 เปรียบเทียบต้นทุนการบำรุงรักษา

**ตาราง 8.5** เปรียบเทียบต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในระยะเวลา 1 ปี

| ต้นทุนในการบำรุงรักษา ของเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่อง | การบำรุงรักษา แบบเดิม | การบำรุงรักษา ตามสภาพ | อัตราการ เปลี่ยนแปลง |
|---|---|---|---|
| 1. ค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษา (บาท) | 2,000 | 10,000 | 0.2 |
| 2.ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า (บาท) | 76,727 | 24,266 | 0.32 |
| 3. ค่าใช้จ่ายรวม (บาท) | 78,727 | 34,266 | 0.44 |

จากตาราง 8.5 พบว่าต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาแบบเดิม 2,000 บาทค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาแบบตามสภาพ 10,000 บาท เป็นค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น 8,000 บาทหรือเพิ่มขึ้น 80 เปอร์เซ็นต์ต่อปีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำรุงรักษาแบบเดิม 76,727 บาท ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำรุงรักษาแบบตามสภาพ 24,266 บาท เป็นค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง 52,461 บาทหรือลดลง 68 เปอร์เซ็นต์ต่อปีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาแบบเดิมเป็นเงินทั้งสิ้น 78,727 บาทค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาแบบตามสภาพเป็นเงินทั้งสิ้น 34,266 บาท เป็นจำนวนเงินลดลง 44,461 บาทหรือลดลง 56 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

## 8.5 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศทั่วประเทศ

**ตาราง 8.6** ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย

| 2552 | 2553 | 2554 | 2555 | 2556 | 2557 | รวม |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 800,000 | 1,200,000 | 1,050,000 | 1,350,000 | 1,500,000 | 1,600,000 | 7,500,000 |

จากตาราง 8.6 การศึกษาข้อมูลพบว่าการจำหน่ายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย ตั้งแต่ปี 2552 ถึงปี 2557 พบว่ามียอดจำหน่ายเพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้มียอดสะสมของเครื่องปรับอากาศที่ผู้บริโภคประมาณ 7,500,000 เครื่อง คาดการณ์ว่าจะมีเครื่องปรับอากาศสะสมเพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้สามารถคำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศทั่วประเทศโดยประมาณ ดังนี้

**ตาราง 8.7** เปรียบเทียบต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศทั่วประเทศในระยะเวลา 1 ปี

| ต้นทุนในการบำรุงรักษา ของเครื่องปรับอากาศ 7,500,000 เครื่อง | การบำรุงรักษาแบบเดิม | การบำรุงรักษาตามสภาพ | อัตราการเปลี่ยนแปลง |
|---|---|---|---|
| 1. ค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษา (บาท) | 15,000,000,000 | 75,000,000,000 | 0.2 |
| 2.ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า (บาท) | 575,452,500,000 | 181,995,000,000 | 0.32 |
| 3. ค่าใช้จ่ายรวม (บาท) | 590,452,500,000 | 256,995,000,000 | 0.44 |

จากตาราง 8.7 พบว่าต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาแบบเดิม 15,000,000,000 บาท ค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาแบบตามสภาพ 75,000,000,000บาท เป็นค่าจ้างเหมาในการบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น 60,000,000,000 บาทหรือเพิ่มขึ้น 80 เปอร์เซ็นต์ต่อปีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำรุงรักษาแบบเดิม 575,452,500,000 บาท ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำรุงรักษาแบบตามสภาพ 181,995,000,000 บาท เป็นค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง 393,457,500,000 บาทหรือลดลง 68 เปอร์เซ็นต์ต่อปีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาแบบเดิมเป็นเงินทั้งสิ้น 590,452,500,000 บาทค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาแบบตามสภาพเป็นเงินทั้งสิ้น 256,995,000,000บาทเป็นจำนวนเงินลดลง 333,457,500,000 บาท หรือลดลง 56 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

# เอกสารอ้างอิง


[1] ธีรพงศ์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, 2555.**การลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนเครื่องปรับอากาศ.มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.**

[2] 3 การคิด EER ค่า COP แอร์(Package water Cooled) - เว็บบอร์ดกรมพัฒนา ... www.dede.go.th/dede/index.php?option=com.116, 2012 **อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าและออกของเครื่องปรับอากาศ (จากการวัด)-ค่า Enthalpy** (10 กรกฎาคม 2557).

[3] **ล้างแอร์เก่าให้เย็นแบบเมื่อครั้งซื้อมาใหม่** – ศูนย์ความรู้กลาง. กรมชลประทาน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา kmcenter.rid.go.th/.../ล้างแอร์เก่าให้เย็นแบบเมื่อครั้งซื้อมาใหม่. pdf (10 กรกฎาคม 2557).

[4] อภิเดช บุญเจือ,สาธิต ทูลไทสง, สัญชัย รำเพยพัด และ สถาพร ทองวิค, 2555. **การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานของคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศในช่วงเริ่มต้นการทำงานที่ใช้เวลาต่างกัน.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, จังหวัดเชียงราย.

[5] วิชาความเย็นและปรับอากาศ (ENE 402), 2557. **ภาพรวมระบบปรับอากาศ.** (ออนไลน์) แหล่งที่มา www.rsu.ac.th/engineer/energy/e (10 กรกฎาคม 2557).

[6] **ประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศ**-คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, 2557.Field efficiency of split-type air conditioners _ Thawika.pdf.(ออนไลน์) แหล่งที่มา www.ap.tu.ac.th/.../Field(10 กรกฎาคม 2557).

[7] **ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5**, 2554. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (ออนไลน์) แหล่งที่มา www.labelno5.egat.co.th/download/BookBlue_18-5-12.pdf(20 กรกฎาคม 2557).

[8] **ระบบปรับอากาศ**, 2551.Environmental Control. (ออนไลน์) แหล่งที่มา www.home.kku.ac.th/cryings/Air.pdf (19 สิงหาคม 2551).

[9] **การอุรักษ์ในระบบปรับอากาศ**, 2557.06 การอุรักษ์ในระบบปรับอากาศ.(ออนไลน์) แหล่งที่มา www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre.../Fac_6.pdf (28 กันยายน 2557).

[10] ฟิสิกส์ราชมงคล, 2557. **การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า.** (ออนไลน์) แหล่งที่มา www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric3/pan14.htm (28 กันยายน 2557).

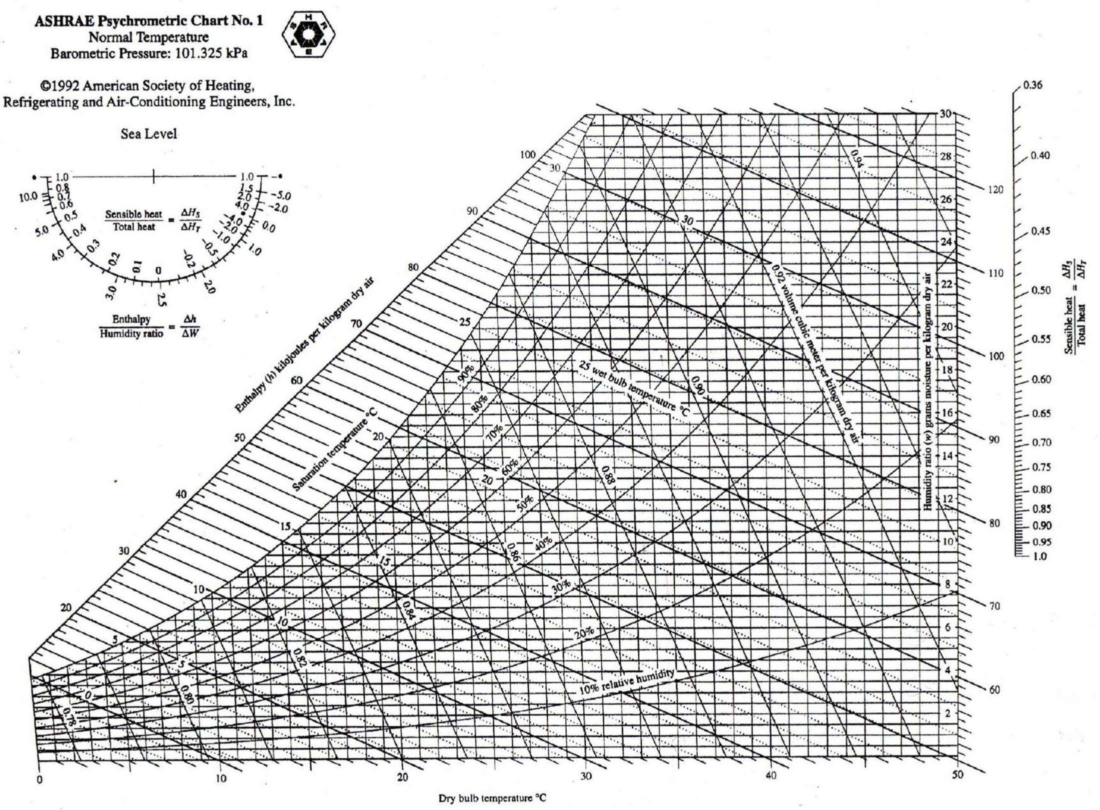
[11] **การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศด้วยระบบอินเวอร์เตอร์.** (ออนไลน์) แหล่งที่มา www.thaieei.com/download/ES_Doc/veerapol/finalpaper3_1.pdf (28 กันยายน 2557).

[12] ตลาดเครื่องปรับอากาศปี'57. คาดจำนวนขายขยายตัวได้เพียงร้อย. 2557. **ภาพรวมจำนวนขายเครื่องปรับอากาศปี 2557**. (ออนไลน์) แหล่งที่มาthaibanker.com/index.../752-kasikorn-bank-economic-air-conditioner(10 กรกฎาคม 2557).

# ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แผนภาพไซโครเมตริก
ภาคผนวก ข อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
ภาคผนวก ค บทความวิชาการการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)
ภาคผนวก ง บทความวิชาการ

# ภาคผนวก ก
# แผนภาพไซโครเมตริก




มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# ภาคผนวก ข
# อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

**ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย**

สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องรวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจ ของทุกศาสนาโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

**1.1 อัตราปกติ**

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

**1.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)**

| **รายละเอียด** | **ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)** | | **ค่าบริการ (บาท/เดือน)** |
|---|---|---|---|
| | Peak | Off Peak | |
| **1.1.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์** | 3.6246 | 1.1914 | 228.17 |
| **1.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์** | 4.3093 | 1.2246 | 57.95 |
| Peak : วันจันทร์ -ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น.<br>Off Peak : วันจันทร์ -ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน | | | |

**หมายเหตุ**

1 ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไม่เกิน 5 แอมป์220 โวลท์1 เฟส 2 สายจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1 แต่หากมีการใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.2 และเมื่อใดที่การใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1

2 ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดเกิน 5 แอมป์220 โวลท์1 เฟส 2 สาย ให้ใช้อัตราประเภทที่ 1.1.2

3 ประเภทที่ 1.2 กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

4 ประเภทที่ 1.2 เป็นอัตราเลือก เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 1.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่น ตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

# ภาคผนวก ค
# บทความวิชาการการเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

ที่ วจอ ๑๕๒/๑๒/๒๕๕๗

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
เพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

๙ ตุลาคม ๒๕๕๗

**เรื่อง** ตอบรับการตีพิมพ์บทความ ในรายงานการประชุมทางวิชาการ (Proceeding) การประชุมวิชาการและเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ ๓

**เรียน** ผู้เขียนบทความวิจัย

เอกสารที่แนบมาด้วย กำหนดการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม

ตามที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ร่วมกับสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย จัดการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม **นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน “Sustainable Industrial Innovation and Management”** ภายใต้งานสัมมนา “Eco Innovation and Solution ๒๐๑๔ ระหว่างวันที่ ๑๔-๑๕ ตุลาคม ๒๕๕๗ ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา นั้น

ในการนี้ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอแจ้งให้ทราบว่า บทความเรื่อง การเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) (Choosing Condition Based Maintenance for Split Type Air Conditioner by Considering the Energy Efficiency Ratio (EER)) ดังกล่าวได้ผ่านการประเมินจากกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ขอให้ท่านเข้าร่วมนำเสนอผลงานทางวิชาการแบบโปสเตอร์ (Poster) ในวันที่ ๑๕ ตุลาคม ๒๕๕๗ ณ ห้องย่อยที่ ๔ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา (รายละเอียดดังเอกสารที่แนบมานี้)

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ)
ประธานคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุมวิชาการ
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
โทร. ๐๒-๘๓๖-๓๐๐๐ ต่อ ๔๑๗๔ (ปฐมพงษ์ จำนงค์พันธ์ ผู้ประสานงาน)

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ขอมอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า
นายศานติ อธิบะ
เรื่อง การเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)
Choosing Condition Based Maintenance for Split Type Air Conditioner by Considering the Energy Efficiency Ratio (EER)
ได้เข้าร่วมการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 3 ประจำปี 2557
The 3rd Conference on Sustainable Industrial Innovation and Management 2014
Bangkok International Trade & Exhibition Centre (BITEC)
ในวันที่ 15 ตุลาคม 2557
นางสาวพรรรัตน์ เพชรภักดี
ผู้อำนวยการสถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เฟื่องฟ้า เมฆเกรียงไกร
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ขอมอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

นายศานติ อธิยะ

เรื่อง การเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

Choosing Condition Based Maintenance for Split Type Air Conditioner by Considering the Energy Efficiency Ratio (EER)

ได้เข้าร่วมการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม

นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 3 ประจำปี 2557

The 3rd Conference on Sustainable Industrial Innovation and Management 2014

Bangkok International Trade & Exhibition Centre (BITEC)

ในวันที่ 15 ตุลาคม 2557

นางสาวพรรรัตน์ เพชรภักดี
ผู้อำนวยการสถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพื่องฟ้า เมฆเกรียงไกร
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# ภาคผนวก ง
# บทความวิชาการ

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน
“Sustainable Industrial Innovation and Management”
ครั้งที่ 3 ประจำปีการศึกษา 2557
ระหว่างวันที่ 14-15 ตุลาคม 2557
ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพฯ
ภายในงาน
Eco Innovation and Solution 2014
สนับสนุนโดย
สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
The Industrial Environment Institute The federation of Thai Industries
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (M.Eng.)
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
Sustainable Industrial Management Engineering : SIME
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
SIME

# การเลือกบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามสภาพโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน(EER)

# Choosing Condition Based Maintenance for Split Type Air Conditioner by Considering the Energy Efficiency Ratio (EER)

**ศานติ อธิยะ[1*], สุรเชษฐ เดชฟุ้ง[2], สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[2],ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล[2], ปริญญ์ บุญกนิษฐ[2]**

[1]แผนกซ่อมบำรุง บริษัทบีเอชเอ็น (ไทยแลนด์) จำกัด
41/5 หมู่ 8 โซน 68 นิคมอุตสาหกรรมเหมราชชลบุรี
ตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โทร 038-345664-5
maintenance-sv@bhn-thai.com
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร1381 ถนนพิบูลย์สงคราม เขตบางซื่อ
กรุงเทพมหานคร 10800

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในบำรุงรักษาตามสภาพของเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาที่ใช้งานจริงโดยวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณการไหลของลมหมุนเวียนที่ผ่านแฟนคอยล์ยูนิต แรงดันกระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เพื่อหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เปรียบเทียบกับค่า EER ที่ถูกกำหนดมาจากโรงงานผู้ผลิต กำหนดค่าที่เหมาะสมในบำรุงรักษาตามสภาพด้วยการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศในแต่ละครั้ง การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr พิกัดกำลังไฟฟ้า 2,291 วัตต์ พิกัดกระแสไฟฟ้า 9.89 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส ใช้สารทำความเย็น R-22 ค่า EER11.02 Btu/hr/watt เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 18 $^{0}$Cจากการวิจัยพบว่าค่า EER ก่อนการบำรุงรักษามีค่าเท่ากับ 8.3Btu/hr/wattsหลังการบำรุงรักษามีค่า EER เท่ากับ15.2 Btu/hr/watts หรือมีค่า EERเพิ่มขึ้นเท่ากับ 45เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการรักษาค่า EER ของเครื่องปรับอากาศ ด้วยการบำรุงรักษาตามสภาพในระยะเวลาที่เหมาะสมเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานได้

**คำสำคัญ (Key word):**“การบำรุงรักษาตามสภาพ”;“ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน”;“เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน”

**Abstract**

This research was studied to determine the optimum value for condition based maintenance of split type air conditioner bymeasuring thetemperature,humidity andflowof airthroughthefancoil unit. Measuring electric current and voltage ofsplit type air conditioner.Find the energy efficiency ratio (EER) based on the actual use compared to the EER was determined by the manufacturer. To find the suitable maintenance and cleaning air conditioner for each. Inconductingthis researchissplit type air conditioner. Rated cooling 25,000 Btu/hr. Ratedpower 2,291 watts. Ratedcurrent 9.89 amperes. Ratedvoltage 220 voltssinglephase. Usingthe refrigerant R-22.EER 11.02 Btu/hr/watts. Running 24 hoursperdayat a temperature of 18°C. Research indicatesthat the EER before maintenance is

---

[*]ศานติ อธิยะ

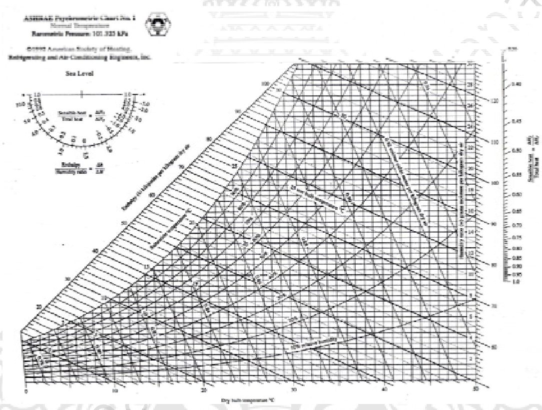
RMUTP & ETI 3rd Sustainable Management Engineering

equal to 8.3Btu/hr/watts. Aftermaintenance istheEERof15.2Btu/hr/wattsorEERvalue, the increase was45%. Thus preserving the EER ofair conditioner. The condition based maintenance in reasonable time is one way that can help save energy.
**Keywords:**"Conditionbasedmaintenance";"Energy efficiency ratio";"Split type air conditioner".

**1. บทนำ (Introduction)**

การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition based maintenance) วิธีการกำหนดการซ่อมที่ดีที่สุด คือ สามารถใช้ประโยชน์สูงสุดจากการใช้งานเครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้งานจนกระทั้งเสื่อมสภาพลง จึงดำเนินการซ่อมบำรุงรักษา ปรับปรุงให้กลับคืนสู่สภาพเดิมหรือให้ดียิ่งขึ้นกว่าเดิม กำหนดความถี่การบำรุงรักษา การบำรุงรักษาตามสภาพ เหมาะสำหรับเครื่องจักรที่สามารถตรวจวัดการเสื่อมสภาพได้ เช่น การตรวจวัดความร้อน เสียง ความสั่นสะเทือน ความดัน อัตราการไหล [3]ดังนั้นเครื่องปรับอากาศสามารถกำหนดค่าที่เหมาะสมในการบำรุงรักษาตามสภาพโดยวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณการไหลของลมหมุนเวียนที่ผ่านแฟนคอยล์ยูนิตและคอนเดนซิ่งยูนิต แรงดัน กระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้

แผนภาพไซโครเมติกชาร์ท(Psychometric chart) ในอากาศทั่ว ๆ ไปจะผสมด้วยอากาศแห้งและไอน้ำ เรียกว่าอากาศชื้น การหาปริมาณไอน้ำและปริมาณความร้อนที่อยู่ในอากาศชื้น จำเป็นต้องใช้แผนภาพไซโครเมติกชาร์ท [4] [8]



**ภาพที่ 1** แผนภาพไซโครเมติกชาร์ท

ค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ [5]
พื้นที่ช่องลมออกแฟนคอยล์ยูนิตของเครื่องปรับอากาศ [5]

$$A_{E1} = W_{E2} \times L_{E2}\ (ft^2) \quad (1)$$

$A_{E1}$ = พื้นที่ช่องลมออก ($ft^2$)
$W_{E1}$ = ความกว้างช่องลมออก (ft)
$L_{E1}$ = ความยาวช่องลมออก (ft)

ค่าอัตราการจ่ายลมของแฟนคอยล์ยูนิต [5]

$$CFM = F_{E1} \times A_{E1}\ (ft^3/min) \quad (2)$$

CFM = อัตราการไหลของลมออก ($ft^3$/min)

$F_{E1}$ = ความเร็วลมออก (ft/min)
$A_{E1}$ = พื้นที่ช่องลมออก ($ft^2$)

ค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ [7]

$$Q_E = 4.5 \times CFM \times (h_r - h_s)(Btu/hr) \qquad (3)$$

$Q_E$ = ภาระการทำความเย็น (Btu/hr)
CFM = อัตราการจ่ายลมของเครื่องปรับอากาศ ($ft^3$/min)
$h_r$-$h_s$ = Enthalpy ของลมเข้า ออกจาก Psychometric chart (Btu/lbs,kj/kg)
$h_r$ = สภาวะอุณหภูมิและความชื้นของลมกลับ (Btu/lbs,kj/kg)
$h_s$ = สภาวะอุณหภูมิและความชื้นของลมออก (Btu/lbs,kj/kg)

ค่ากำลังไฟฟ้า [9]

$$P = V \times I \times COSØ(Watt) \qquad (4)$$

P = กำลังไฟฟ้า (Watt)
V = แรงดันไฟฟ้า (volt)
I = กระแสไฟฟ้า (Amp)
COSØ = เพาเวอร์แฟคเตอร์ (อ่านค่าจากเพาเวอร์แฟคเตอร์มิเตอร์ที่ตู้ Cap bank)

ค่าพลังงานไฟฟ้า [10]
กำลังไฟฟ้า (วัตต์) = พลังงานไฟฟ้า (จูล) / เวลา (วินาที)
พลังงานไฟฟ้า (จูล) = กำลังไฟฟ้า (วัตต์) × เวลา (วินาที)
โดยทั่วไปนิยมวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นหน่วยที่ใหญ่กว่าหน่วยจูล โดยวัดกำลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์และคิดช่วงเวลาเป็นชั่วโมง ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าจึงวัดได้เป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง หรือเรียกว่า หน่วยหรือยูนิต

พลังงานไฟฟ้า (หน่วย) = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) × เวลา (ชั่วโมง) (5)

ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เครื่องปรับอากาศ [7]

$$EER = \frac{\text{Cooling load (Btu/hr)}}{\text{Electrical power (Watts)}} \qquad (6)$$

ค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/Ton) ของเครื่องปรับอากาศ [9]
1 ตันความเย็น (12,000 Btu/hr) = 3.52 กิโลวัตต์ความเย็น

$$\text{ค่า kW/Ton ของเครื่องปรับอากาศ} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)}}{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (Ton)}} \qquad (7)$$

ค่า EER เป็นค่าที่ใช้แสดงเกณฑ์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ถ้าค่า EER สูงแสดงว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศสูง ปีพุทธศักราช 2554 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้มีการปรับเกณฑ์ค่า EER เพิ่มขึ้น โดยกำหนดให้ค่า EER เท่ากับ 11.6 สำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 27,296 Btu/hrและ

RMUTP & FTI 3rd Sustainable Industrial Management Engineering

เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดมากกว่า 27,296 ถึง 40,944 Btu/hrกำหนดให้ค่า EER เท่ากับ 11 [6] การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานของคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศในช่วงเริ่มต้นการทำงานที่ใช้เวลาต่างกัน ทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศลดลงเฉลี่ย 3.53 เปอร์เซ็นต์ [1] การลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศพบว่าค่า EER เพิ่มขึ้นการใช้พลังไฟฟ้าลดลง [2]

## 2.วิธีวิจัย (Research Methodology)

รวบรวมข้อมูลเครื่องปรับอากาศที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิของห้องรับผลิตภัณฑ์ผงคลอลาเจนจากกระบวนการผลิตห้องมีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 8 เมตร สูง 4 เมตรเปิดเครื่องปรับอากาศใช้งานตลอดยี่สิบสี่ชั่วโมง มีรายละเอียดตามตารางที่ 1

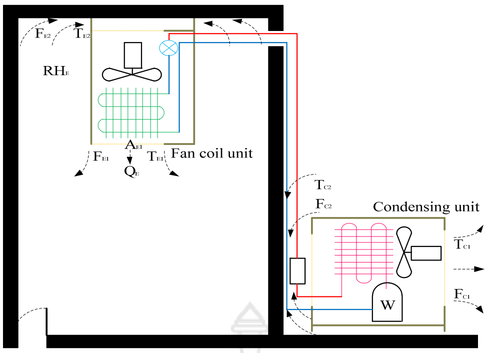
**ตารางที่ 1** ข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ

| รายการ | พิกัด | หน่วย |
|---|---|---|
| 1.ขีดความสามารถในการทำความเย็น | 7400 | WATT |
| | 25000 | BTU/hr |
| 2.กำลังไฟฟ้า | 2291 | WATT |
| 3.กระแสไฟฟ้า | 9.89 | AMP. |
| 4. อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน | 11.02 | BTU/hr/W |
| 5. สารทำความเย็น | R-22 | - |
| 6.ปริมาณสารทำความเย็น | 2200 | GRAM |
| 7.แรงดันไฟฟ้า | 220/1/50 | V/Ph/Hz |

กำหนดจุดวัดค่าต่าง ๆ และสัญลักษณ์(Nomenclature) เพื่อความสะดวกในการวัดตามภาพที่ 2 ได้กำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

| | |
|---|---|
| $A_{E1}$ | พื้นที่ช่องลมเย็นออกแฟนคอยล์ยูนิต ($ft^2$) |
| $F_{E1}$ | ความเร็วลมเย็นออกแฟนคอยล์ยูนิต (ft/min) |
| $F_{E2}$ | ความเร็วลมเย็นเข้าแฟนคอยล์ยูนิต (ft/min) |
| $T_{E1}$ | อุณหภูมิลมเย็นออกแฟนคอยล์ยูนิต ($^0C$) |
| $T_{E2}$ | อุณหภูมิลมเย็นเข้าแฟนคอยล์ยูนิต ($^0C$) |
| $\%RH_E$ | เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศด้านแฟนคอยล์ยูนิต |
| $Q_E$ | ภาระการทำความเย็น (Btu/hr) |
| $F_{C1}$ | ความเร็วลมร้อนออกคอนเดนซิ่งยูนิต (ft/min) |
| $F_{C2}$ | ความเร็วลมร้อนเข้าคอนเดนซิ่งยูนิต (ft/min) |
| $T_{C1}$ | อุณหภูมิลมร้อนออกคอนเดนซิ่งยูนิต ($^0C$) |
| $T_{C2}$ | อุณหภูมิลมร้อนเข้าคอนเดนซิ่งยูนิต ($^0C$) |
| W | กำลังงานของคอมเพรสเซอร์ (w) |

RMUTP & The Industrial Management Engineering



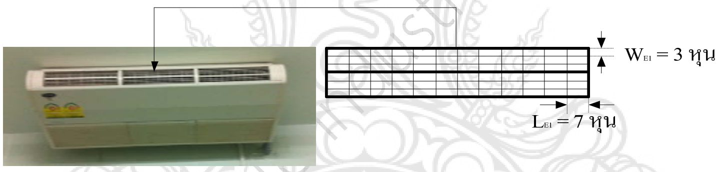

**ภาพที่ 2** แสดงตำแหน่งค่าต่าง ๆ ในการวัด

ก่อนการบำรุงรักษา ดำเนินการวัดค่าความเร็วลมเข้า ออกและค่าอุณหภูมิของแฟนคอยล์ยูนิต ด้วยมิเตอร์ Anemometer Digicon รุ่น DA-43A วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของของห้องปรับอากาศ ด้วยมิเตอร์ Daiichi รุ่น TH-303C วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ ด้วยมิเตอร์ Kyoritsu digital clamp meter รุ่น KEW SNAP 200 บันทึกค่าต่าง ๆ ตามตารางที่ 2คำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

คำนวณหาพื้นที่ช่องลมออก จากสมการที่ (1)และตามภาพที่ 3

พื้นที่ช่องลมออกทั้งหมด = 3 × 7 (72) (3) ÷ 9216

= 0.5 $ft^2$




**ภาพที่ 3** ช่องลมออกแฟนคอยล์ยูนิต

อัตราการจ่ายลมเย็นออกของเครื่องปรับอากาศจากสมการที่(2)

อัตราการจ่ายลมเย็นของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา

อัตราการไหลของลมเย็นออก = 550 × 0.5

= 275 $ft^3$

อัตราการจ่ายลมเย็นออกของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

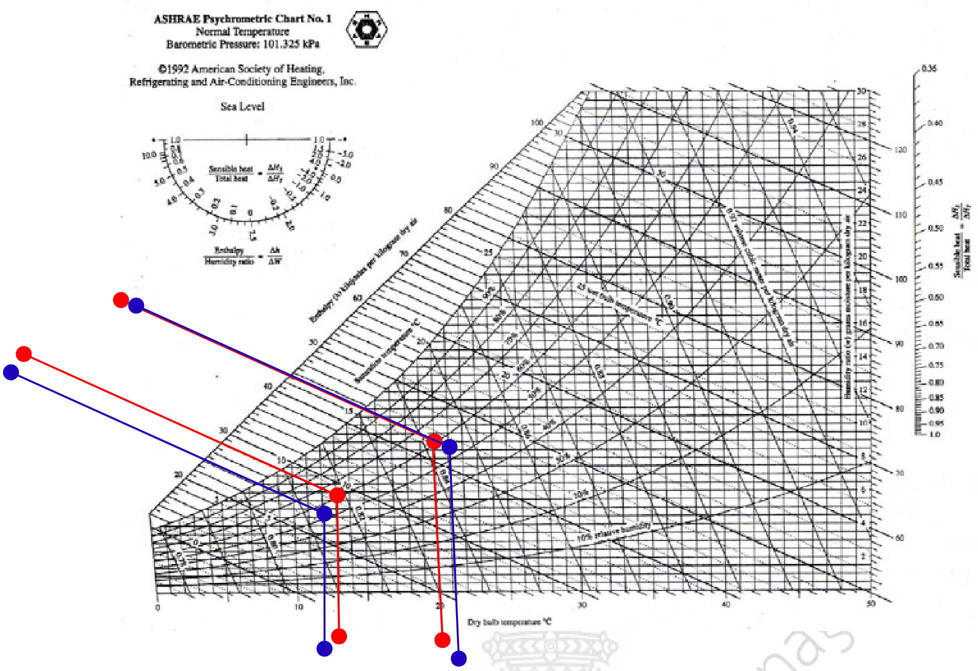
อัตราการไหลของลมเย็นออก = 685 × 0.5

= 342.5 $ft^3$

คำนวณหาค่าEnthalpy ของแฟนคอยล์ยูนิตจากPsychometric chart

ก่อนการบำรุงรักษาโดยลากเส้นสีแดงผ่านเส้นอุณหภูมิ 20 $^0$C ผ่านเส้นความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH ไปตัดกลับเส้น Enthalpy ได้ค่า$h_r$เท่ากับ43 Btu/lbsคำนวณค่า$h_s$ ลากเส้นสีแดงผ่านเส้นอุณหภูมิ 13 $^0$C ผ่านเส้นความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH ไปตัดกลับเส้น Enthalpy ได้ค่า$h_s$เท่ากับ28 Btu/lbsหลังการบำรุงรักษาโดยลากเส้นสีน้ำเงินผ่านเส้นอุณหภูมิ 21 $^0$C ผ่านเส้นความชื้นสัมพัทธ์ 55 %RH ไปตัดกลับเส้น Enthalpy ได้ค่า$h_r$เท่ากับ43Btu/lbsคำนวณค่า$h_s$ ลากเส้นสีน้ำเงินผ่านเส้นอุณหภูมิ 12 $^0$C ผ่านเส้นความชื้นสัมพัทธ์ 55 %RH ไปตัดกลับเส้น Enthalpy ได้ค่า$h_s$เท่ากับ24 Btu/lbs

RMUTP & FTI 3rd Sustainable Industrial Management Engineering




**ภาพที่ 4** คำนวณ Enthalpy ลมเข้า ออก

คำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจากสมการที่ (3)

คำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศก่อนการบำรุงรักษา

ภาระการทำความเย็น = 4.5 × 275 × (43-28)

= 18562.5 Btu/hr

คำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

ภาระการทำความเย็น = 4.5 × 342.5 × (43-24)

= 29283.75 Btu/hr

คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ก่อนและหลังการบำรุงรักษาจากสมการที่ (4)

COSØ = 0.95 (อ่านค่าจากเพาเวอร์แฟคเตอร์มิเตอร์ที่ตู้ Cap bank)

กำลังไฟฟ้า = 225 × 10.5 × 0.95

= 2244 Watt

คำนวณหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)เครื่องปรับอากาศจากสมการที่ (6)

ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ก่อนการบำรุงรักษา

$$EER = \frac{18562.5\ (Btu/hr)}{2244\ (Watts)}$$

= 8.27 Btu/hr/w

ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) หลังการบำรุงรักษา

$$EER = \frac{29283.75\ (Btu/hr)}{1923.75\ (Watts)}$$

= 15.2 Btu/hr/w

ค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/Ton)ของเครื่องปรับอากาศจากสมการที่ (7)

ค่า kW/Ton ของเครื่องปรับอากาศ ก่อนการบำรุงรักษา

ค่า kW/Ton ของเครื่องปรับอากาศ = 2.244/(18562.5/12000)

= 2.244/1.55

= 1.45

ค่า kW/Ton ของเครื่องปรับอากาศ หลังการบำรุงรักษา

ค่า kW/Ton ของเครื่องปรับอากาศ = 1.92375/(29283.75/12000)

= 1.92375/2.44

= 0.79

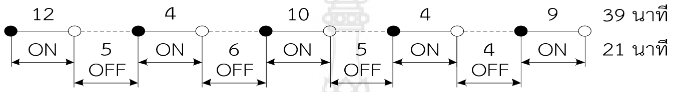
วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยคำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลา 1 ชั่วโมง จากสมการที่ (5)

ก่อนการบำรุงรักษา ในเวลา 1 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดเวลา

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย) = 2.244กิโลวัตต์ × เวลา1 ชั่วโมง

= 2.24 หน่วย

หลังการบำรุงรักษา ในเวลา 1 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศทำงาน39 นาที หยุดทำงาน 21 นาที




**ภาพที่ 5**เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศหลังการบำรุงรักษา

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย) = 1.92375 กิโลวัตต์ × เวลา 0.65 ชั่วโมง

= 1.25 หน่วย

ดำเนินการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ โดยการล้างอีแว็ปปอเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ด้วยน้ำและน้ำยาทำความสะอาด ดำเนินการวัดและบันทึกค่าต่าง ๆ ตามตารางที่ 2ในช่องหลังการบำรุงรักษา วัดค่าความเร็วลมเข้า ออกและค่าอุณหภูมิของแฟนคอยล์ยูนิต ด้วยมิเตอร์ AnemometerDigiconรุ่น DA-43A วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของของห้องปรับอากาศ ด้วยมิเตอร์ Daiichi รุ่น TH-303C วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ ด้วยมิเตอร์ Kyoritsu digital clamp meter รุ่น KEW SNAP 200คำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจากสมการที่ (3) คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากสมการที่ (4)คำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)เครื่องปรับอากาศจากสมการที่ (6) ดำเนินการบำรุงรักษาตามสภาพเครื่องปรับอากาศ ด้วยการติดตามวัดค่าต่าง ๆ ตามตารางที่ 3กำหนดความถี่ในการวัดสัปดาห์ละครั้งจำนวน 5 สัปดาห์ บันทึกผลการตรวจวัดลงในตารางที่ 3

### 3. ผลการวิจัย (Results)

**ตารางที่ 2** บันทึกผลก่อนการบำรุงรักษาและหลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

| รายการ | ก่อนการบำรุงรักษา | หลังการบำรุงรักษา |
|---|---|---|
| ด้านคอนเดนซิ่งยูนิต | | |
| 1. แรงดันไฟฟ้า (Volt) | 225 | 225 |
| 2. กระแสไฟฟ้า (Amp) | 10.5 | 9 |
| 3. อุณหภูมิลมร้อนเข้า ($^{0}$C) | 34 | 29 |
| 4. อุณหภูมิลมร้อนออก ($^{0}$C) | 39 | 32 |
| 5. ความเร็วลมร้อนเข้า (ft/min) | 520 | 540 |
| 6. ความเร็วลมร้อนออก (ft/min) | 1431 | 1550 |
| 7. เวลาทำงานของคอมเพรสเซอร์ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง(นาที) | 60 | 39 |
| 8. เวลาหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง(นาที) | 0 | 21 |
| ด้านแฟนคอยล์ยูนิต | | |
| 9. อุณหภูมิลมเย็นเข้า ($^{0}$C) | 20 | 21 |
| 10. อุณหภูมิลมเย็นออก ($^{0}$C) | 13 | 12 |
| 11. ความเร็วลมเย็นเข้า (ft/min) | 230 | 432 |
| 12. ความเร็วลมเย็นออก (ft/min) | 550 | 685 |
| 13. ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) | 60 | 55 |

**ตารางที่ 3** บันทึกผลการบำรุงรักษาตามสภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนหลังการล้างทำความสะอาด

| รายการ | สัปดาห์ 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ด้านคอนเดนซิ่งยูนิต | | | | | | | |
| 1. แรงดันไฟฟ้า (volt) | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 |
| 2. กระแสไฟฟ้า (Amp) | 6 | 6.5 | 7 | 7.5 | 8 | 9 | 7.33 |
| 3. อุณหภูมิลมร้อนเข้า ($^0$C) | 29 | 32 | 33 | 32 | 31 | 32 | 32 |
| 4. อุณหภูมิลมร้อนออก ($^0$C) | 32 | 35 | 34 | 35 | 34 | 35 | 34 |
| 5. ความเร็วลมร้อนเข้า (ft/min) | 540 | 530 | 525 | 520 | 510 | 490 | 519 |
| 6. ความเร็วลมร้อนออก (ft/min) | 1550 | 1520 | 1510 | 1500 | 1480 | 1340 | 1483 |
| ด้านแฟนคอยล์ยูนิต | | | | | | | |
| 7. อุณหภูมิลมเย็นเข้า ($^0$C) | 21 | 20 | 19 | 18 | 18 | 21 | 19 |
| 8. อุณหภูมิลมเย็นออก ($^0$C) | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 11 | 10 |
| 9. ความเร็วลมเย็นเข้า (ft/min) | 432 | 430 | 428 | 420 | 300 | 250 | 377 |
| 10. ความเร็วลมเย็นออก (ft/min) | 685 | 640 | 625 | 620 | 550 | 510 | 605 |
| 11. ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) | 55 | 60 | 62 | 65 | 65 | 65 | 60 |

## 4. อภิปรายผล (Discussion)

**ตารางที่ 4** เปรียบเทียบค่า EER ก่อนการบำรุงรักษาและหลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

| รายการ | ก่อนการบำรุงรักษา | หลังการบำรุงรักษา | อัตราการเปลี่ยนแปลง |
|---|---|---|---|
| 1.ค่ากำลังไฟฟ้า(Watt) | 2244 | 1923.75 | 0.86 |
| 2.ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW/hr) | 2.24 | 1.25 | 0.56 |
| 3.ค่าอัตราการจ่ายลมเย็นออก($ft^3$/min) | 275 | 343 | 0.8 |
| 4. ค่า $h_r$ (Btu/lbs) | 43 | 43 | 1.0 |
| 5. ค่า $h_s$ (Btu/lbs) | 28 | 24 | 0.86 |
| 6. ค่า $h_r$-$h_s$ (Btu/lbs) | 15 | 19 | 0.79 |
| 7. ค่าภาระการทำความเย็น (Btu/hr) | 18563 | 29284 | 0.63 |
| 8. ค่ากิโลวัตต์/ตันความเย็น (kW/Ton) | 1.45 | 0.79 | 0.54 |
| 9.ค่า EER (Btu/hr/watt) | 8.3 | 15.2 | 0.55 |

นำค่าที่ได้จากตารางที่ 2 มาคำนวณหาค่าต่าง ๆในตารางที่ 4หลังการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศพบว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มขึ้น 45เปอร์เซ็นต์ค่ากิโลวัตต์/ตันความเย็นลดลง 46เปอร์เซ็นต์ ค่าภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 37 เปอร์เซ็นต์ค่าอัตราการจ่ายลมเย็นออกจากแฟนคอยล์ยูนิตเพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง 44 เปอร์เซ็นต์

RMUTP & FTI Product Sustainable Industrial Management Engineering

**ตารางที่ 5** เปรียบเทียบค่า EER ของการบำรุงรักษาตามสภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

| รายการ | สัปดาห์ 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. ค่ากำลังไฟฟ้า (Watt) | 1923.75 | 2030.63 | 2030.63 | 2137.5 | 2137.5 | 2244 | 2084 |
| 2. ค่าอัตราการจ่ายลมเย็นออก ($ft^3$/min) | 343 | 320 | 313 | 310 | 275 | 255 | 303 |
| 3. ค่า $h_r$ (Btu/lbs) | 43 | 43 | 41 | 40 | 40 | 47 | 42 |
| 4. ค่า $h_s$ (Btu/lbs) | 24 | 24 | 22 | 21 | 19 | 25 | 22 |
| 5. ค่า $h_r$-$h_s$ (Btu/lbs) | 19 | 19 | 19 | 19 | 21 | 22 | 20 |
| 6. ค่าภาระการทำความเย็น (Btu/hr) | 29284 | 27360 | 26719 | 26505 | 25988 | 25245 | 26370 |
| 7. ค่ากิโลวัตต์/ตันความเย็น (kW/Ton) | 0.79 | 0.89 | 0.91 | 0.97 | 0.99 | 1.07 | 0.94 |
| 8. ค่า EER (Btu/hr/watt) | 15.2 | 13.5 | 13.2 | 12.4 | 12.2 | 11.3 | 12.97 |

นำค่าที่ได้จากตารางที่ 3มาคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในตารางที่ 5พบว่าตลอด 5 สัปดาห์ ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานมีแนวโน้มลดลงจาก 15.2 เป็น 11.3 ค่ากิโลวัตต์/ตัน ความเย็นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 0.79 เป็น 1.07 (kW/Ton) ค่าภาระการทำความเย็นมีแนวโน้มลดลงจาก 29284เป็น 25245(Btu/hr)ค่าอัตราการจ่ายลมเย็นออกจากแฟนคอยล์ยูนิตมีแนวโน้มลดลงจาก 343 เป็น 255 ($ft^3$/min) ซึ่งค่าต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงนี้เป็นตัวชี้วัดให้เห็นว่า ถ้าใช้เครื่องปรับอากาศไปเป็นเวลานาน ๆ แต่ขาดการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามสภาพที่เหมาะสม จะทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลงไปเรื่อย ๆ แต่การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศไม่ได้ลดลง ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยไม่เกิดประโยชน์

## 5. สรุปผล (Conclusion)

จากตารางที่ 5 ค่าที่เหมาะสมในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 25,000 Btu/hเป็นค่าที่วัดได้และคำนวณได้ต่ำสุด ของค่าอัตราการจ่ายลมเย็นออกค่าภาระการทำความเย็นค่ากิโลวัตต์/ตันความเย็นและค่า EER ซึ่งได้ค่าที่เหมาะสมดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ค่าอัตราการจ่ายลมเย็นออก | = | 255 | $ft^3$/min |
| ค่าภาระการทำความเย็น | = | 25245 | Btu/hr |
| ค่ากิโลวัตต์/ตันความเย็น | = | 1.07 | kW/Ton |
| ค่า EER | = | 11.3 | |

## 6. กิตติกรรมประกาศ(Acknowledgement)

ขอขอบคุณคณะที่ปรึกษา ดร.สุรเชษฐ เดชฟุ้ง ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีษะณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ บริษัทบีเอชเอ็น (ไทยแลนด์) จำกัดที่อนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในครั้งนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง(Reference)

[2] ธีรพงศ์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, 2555.การลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนเครื่องปรับอากาศ. มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.

[3] สมชัย อัครทิวา และ รังสรรค์ เลิศในสัตย์, 2545.การดำเนินกิจกรรม TPM เพื่อการปฏิรูปการผลิต (ฉบับอุตสาหกรรมการประกอบ).กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[8] สมศักดิ์ สุโมตยกุล, 2533.หลักการทำงานและเทคนิคการตรวจซ่อมเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[1] อภิเดช บุญเจือ,สาธิต ทูลไทสง, สัญชัย รำเพยพัด และ สถาพร ทองวิค, 2555.การเปรียบเทียบความสิ้นเปลือง

RMUTP & Third Sustainable Industrial Management Engineering

พลังงานของคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศในช่วงเริ่มต้นการทำงานที่ใช้เวลาต่างกัน.การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, จังหวัดเชียงราย.

[4] วิชาความเย็นและปรับอากาศ (ENE 402), 2557.ภาพรวมระบบปรับอากาศ.(ออนไลน์) แหล่งที่มา www.rsu.ac.th/engineer/energy/e(10 กรกฎาคม 2557).

[5] ประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศ-คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, 2557.Field efficiency of split-type air conditioners _ Thawika.pdf.(ออนไลน์) แหล่งที่มา www.ap.tu.ac.th/.../Field(10 กรกฎาคม 2557).

[6] ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5, 2554.การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.(ออนไลน์) แหล่งที่มา www.labelno5.egat.co.th/download/BookBlue_18-5-12.pdf(20 กรกฎาคม 2557).

[7] ระบบปรับอากาศ, 2551.Environmental Control.(ออนไลน์) แหล่งที่มาwww.home.kku.ac.th/cryings/Air.pdf (19สิงหาคม 2551).

[9] การอุรักษ์ในระบบปรับอากาศ, 2557.06 การอุรักษ์ในระบบปรับอากาศ.(ออนไลน์) แหล่งที่มา www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre.../Fac_6.pdf (28 กันยายน 2557).

[10] ฟิสิกส์ราชมงคล, 2557.การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า.(ออนไลน์) แหล่งที่มา www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric3/pan14.htm(28 กันยายน 2557).

RMUTP & FTI 3rd Sustainable Industrial Management Engineering

# ประวัติการศึกษาและการทำงาน

**ชื่อ นามสกุล** ศานติ อธิยะ
**วันเดือนปีเกิด** 28 สิงหาคม 2512
**ภูมิลำเนา** อำเภอนาวังจังหวัดหนองบัวลำภู
**ประวัติการศึกษา**

| วุฒิการศึกษา | ชื่อสถาบัน | ปีที่สำเร็จการศึกษา |
|---|---|---|
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ช่างไฟฟ้า | วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคตาก | 2533 |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ช่างไฟฟ้ากำลัง | สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก | 2535 |
| อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต การจัดการผลิตทางอุตสาหกรรม | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | 2554 |

**ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน**
ผู้จัดการฝ่ายผลิตบริษัทท็อปเบลนด์อินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด246 หมู่ที่ 3นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โทร 038-401931-2