



ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศด้วยน้ำจากการกลั่นตัว  
A Feasibility Study to Increasing Efficiency of Air Conditioning by Water Condensed



นาย วัฒนา หาญกล้า

นาย วินัย คนคล่อง

นาย วีระ มิ่งเมือง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2553

|                             |
|-----------------------------|
| กองสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์    |
| วันที่รับ..... 24 ส.ย. 2553 |
| เลขทะเบียน..... 15615221    |
| เลขเรียกหนังสือ..... นร.    |
| มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ 23981  |

2553



## ใบรับรองโครงการ

หัวข้อโครงการ : ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศด้วยน้ำจากการกลั่นตัว  
( A Feasibility Study to Increasing Efficiency of Air Conditioning by Water Condensed)

ผู้ดำเนินโครงการ : นาย วัฒนา หาญกล้า รหัส 50360159

นาย วินัย คนคลอง รหัส 50362313

นาย วีระ มิ่งเมือง รหัส 50362399

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ศิษย์กัณฑ์ แคนลา

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบรังษ อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการการสอบ โครงการงาน

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ศิษย์กัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ

(ดร.ภาณุ พุทธวงศ์)

.....กรรมการ

(ดร.ศลิษา วีรพันธุ์)

หัวข้อโครงการ : ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศด้วยน้ำจากการกลั่นตัว

ผู้ดำเนินโครงการ : นาย วัฒนา หาญกล้า รหัสบัณฑิต 50360159

นาย วินัย คนค่อง รหัสบัณฑิต 50362313

นาย วีระ มิ่งเมือง รหัสบัณฑิต 50362399

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ศิษย์ภูมิต์ แคนลา

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันสภาวะ โลกร้อนส่งผลกระทบต่อภาระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศในส่วนของคอยล์ร้อนทำได้ไม่ดี โดยเครื่องปรับอากาศนั้นจะมีน้ำจากการกลั่นตัวของไอน้ำบริเวณคอยล์เย็น โดยเฉลี่ยเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU/hr จะมีน้ำจากการกลั่นตัวประมาณ  $670 \text{ cm}^3/\text{hr}$  อุณหภูมิอยู่ที่  $14 - 18^\circ\text{C}$  ทางคณะผู้จัดทำต้องการที่จะใช้น้ำจากการกลั่นตัวนี้มาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ โดยทำการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 กรณี โดยทำการทดสอบระบบเครื่องปรับอากาศที่คอยล์ร้อนต่ำกว่าคอยล์เย็น กรณีที่ 1 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ กรณีที่ 2 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว กรณีที่ 3 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง

ผลการทดสอบโดยเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบปกติ พบว่า กรณีที่ 1 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ ความสามารถในการระบายความร้อนมีค่าสูงขึ้น 21%, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าลดต่ำลง 3% ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะมีค่าสูงขึ้น 27% ระยะเวลาคืนทุน 4.4 ปี กรณีที่ 2 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว ความสามารถในการระบายความร้อนมีค่าสูงขึ้น 24%, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าลดต่ำลง 7% ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะมีค่าสูงขึ้น 31% ระยะเวลาคืนทุน 1.6 ปี กรณีที่ 3 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง ความสามารถในการระบายความร้อนมีค่าสูงขึ้น 7%, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าลดต่ำลง 1% ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะมีค่าสูงขึ้น 9% ระยะเวลาคืนทุน 2.2 ปี

Project Title : A Feasibility Study to Increasing Efficiency of Air Conditioning by Water Condensed

Name : Mr.Wattana Hankla Code 50360159

Mr.Winai Khonklong Code 50362313

Mr.Veera Mingmuang Code 50362399

Project Advisor : Mr. Sitphan Kanla

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2010

---

### Abstract

Nowaday, global warming that has effected heat transfer of Refrigerant in Condensing unit (CDU) reduces. Air Conditioning have condensation water at area evaporator. Air conditioner size 12,000 Btu/hr have condensation water average 670 cm<sup>3</sup>/hr with Temperature at 14 -18 °C. We would like to make use of water from the condensation help to increasing efficiency air conditioning. The test is divided into 3 cases by evaporator is higher than condenser. Case 1, Air-condition witch in stalled the equipment for reducing temperature by water. Case 2, Air-condition witch in stalled the equipment for reducing temperature by water mix water condensed. Case 3, Air-condition witch in stalled the equipment for reducing refrigerants temperature by water condensed.

In this project, we tested and compared data between Air-condition normal type. Case 1, Air-condition witch in stalled the equipment for reducing temperature by water. It can transfer heat rejection increased 21 %, Rate of energy consumption reduce 3%, Coefficient of Performance increased 27%, payback period 4.4 year. Case 2, Air-condition witch in stalled the equipment for reducing temperature by water mix water condensed. It can transfer heat rejection increased 24 %, Rate of energy consumption reduce 7%, Coefficient of Performance increased 31%, payback period 1.6 year. Case 3, Air-condition witch in stalled the equipment for reducing refrigerants temperature by water condensed. It can transfer heat rejection increased 7%, Rate of energy consumption reduce 1%, Coefficient of Performance increased 9%, payback period 2.2 year.

## กิตติกรรมประกาศ

( Acknowledgement )

จากการที่รายวิชาโครงการทางวิศวกรรมเครื่องกลบรรจุในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตมหาวิทยาลัยนเรศวร จึงได้รับมอบหมายให้จัดทำโครงการเรื่อง“ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศด้วยน้ำจากการกลั่นตัว” ในระหว่างการปฏิบัติงานนั้นทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ มากมายและปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จาก

- อาจารย์ศศิรัฐภักดิ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการให้ข้อมูลการทำโครงการ ทุนทรัพย์และคำแนะนำตลอดการทำโครงการให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี.
- กรรมการและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ตลอดจนคำแนะนำ

และบุคลากรท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนในการทำโครงการทางวิศวกรรมจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| ใบรับรองโครงการวิจัย                               | ก    |
| บทคัดย่อ   | ข    |
| Abstract   | ค    |
| กิตติกรรมประกาศ                                    | ง    |
| สารบัญ   |      |
| สารบัญรูปภาพ                                       |      |
| <b>บทที่ 1 บทนำ</b>                                |      |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ                    | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ                         | 2    |
| 1.3 ขอบข่ายของโครงการ                              | 2    |
| 1.4 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างของโครงการ             | 2    |
| 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ                            | 3    |
| 1.6 งบประมาณที่ใช้                                 | 3    |
| 1.7 ระยะเวลาการดำเนินการ                           | 4    |
| 1.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                          | 4    |
| <b>บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี</b>                     |      |
| 2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ                   | 6    |
| 2.2 ระบบปรับอากาศ                                  | 8    |
| 2.3 นำจากการกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็น                | 9    |
| 2.4 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ( $\dot{m}_{air}$ ) | 11   |
| 2.5 อัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น          | 11   |

## สารบัญ(ต่อ)

|  |    |
|--|----|
| 2.6 การเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝง  | 12 |
| 2.7 การเปลี่ยนแปลงความร้อนสัมผัส ( $Q_s$ , Sensible Heat )                                     | 12 |
| 2.8 ความสามารถในการทำความเย็น (Refrigeration capacity)   | 13 |
| 2.9 กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอ ( $W_c$ )  | 14 |
| 2.10 ความสามารถในการถ่ายเทความร้อน ( $Q_H$ )   | 14 |
| 2.11 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)  | 14 |
| 2.12 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER)                                      | 15 |
| 2.13 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (ChP)  | 16 |
| 2.14 การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ   | 17 |
| 2.15 ความสามารถในการทำความเย็น หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว ( $Q_L'$ )                  | 19 |
| 2.16 กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอ หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว ( $W_c'$ )                  | 20 |
| 2.17 ความสามารถในการถ่ายเทความร้อน หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว ( $Q_H'$ )              | 20 |
| 2.18 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว (COP')                         | 21 |
| 2.19 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว (EER') | 21 |
| 2.20 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว (ChP')                 | 22 |
| 2.21 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า  | 22 |
| 2.22 ระยะเวลาคืนทุน  | 22 |
| 2.23 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน  | 23 |

## สารบัญ(ต่อ)

### บทที่ 3 การออกแบบและการทดลอง

|   |    |
|---|----|
| 3.1 การติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนกับชุดอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน | 26 |
| 3.2 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง                                       | 26 |
| 3.3 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์การวัดค่าภายในห้อง ( Indoor Unit )       | 29 |
| 3.4 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์การวัดค่าภายนอก ( Outdoor Unit)          | 34 |
| 3.5 ข้อสมมติฐานทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม                               | 38 |

### บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์

|  |    |
|--|----|
| 4.1 อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน   | 39 |
| 4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน                                | 40 |
| 4.3 อุณหภูมิของสารทำความเย็นทางด้าน High Side Pressure และ Low Side Pressure | 41 |
| 4.4 การระบายความร้อนในส่วนคอยล์ร้อน ( $Q_H$ )                                | 42 |
| 4.5 อัตราการใช้พลังงานสุทธิ ( $W_C$ )  | 43 |
| 4.6 การทำความเย็นในส่วนคอยล์เย็น ( $Q_L$ )                                   | 44 |
| 4.7 อัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น                                    | 45 |
| 4.8 ผลของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)  | 46 |
| 4.9 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (ChP)                                     | 47 |
| 4.10 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี และค่าใช้จ่ายอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี  | 48 |
| 4.11 ระยะเวลาคืนทุนและผลตอบแทนการลงทุน                                       | 49 |



## สารบัญ(ต่อ)

### บทที่ 5 สรุปวิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

|  |    |
|--|----|
| 5.1 สรุปผลการทดลอง                                     | 50 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ   | 52 |
| 5.3 การวิจารณ์ผลการทดลอง                               | 53 |
| 5.4 การพัฒนาโครงการในอนาคต                             | 53 |
| บรรณานุกรม   | 54 |
| ภาคผนวก  | 55 |
| ภาคผนวก ก ตารางบันทึกผลการทดลอง                        | 56 |
| ภาคผนวก ข ไซโครเมตริกชาร์ต, แผนภาพ Ph-diagram ของ R-22 | 60 |
| ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณ                             | 63 |
| ประวัติดำเนินโครงการ                                   | 68 |



## สารบัญรูป

|  | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของการทำงานทำความเย็น                                   | 7    |
| รูปที่ 2.2 แสดงอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบปรับอากาศ                                   | 8    |
| รูปที่ 2.3 แสดง P-h diagram วัฏจักรทำความเย็น                                  | 8    |
| รูปที่ 2.4 แสดงจุดที่อากาศเข้าและออกจากคอยล์เย็น                               | 10   |
| รูปที่ 2.5 ไซโครเมตริกชาร์ตแสดงจุดที่อากาศเข้าและออกจากคอยล์เย็น               | 10   |
| รูปที่ 2.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัส                      | 12   |
| รูปที่ 2.7 แสดงความสามารถในการทำความเย็น                                       | 13   |
| รูปที่ 2.8 ก หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน                        | 17   |
| รูปที่ 2.8 ข หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน                        | 18   |
| รูปที่ 2.9 แสดงการนำหยดน้ำนี้ไปใช้ปรับลดทาง ด้านความดันสูง-อุณหภูมิสูง         | 18   |
| รูปที่ 2.10 แสดง P-h diagram วัฏจักรทำความเย็นที่ปรับปรุงแล้ว                  | 19   |
| รูปที่ 3.1 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติ                                   | 26   |
| รูปที่ 3.2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ                | 27   |
| รูปที่ 3.3 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว  | 28   |
| รูปที่ 3.4 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง | 28   |
| รูปที่ 3.5 ลักษณะการติดตั้งส่วนภายในห้อง (Indoor Unit)                         | 29   |
| รูปที่ 3.6 ลักษณะการติดตั้ง มาตรฐานวัดความดัน                                  | 30   |
| รูปที่ 3.7 ลักษณะการติดตั้ง มาตรฐานวัดปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้า                    | 31   |
| รูปที่ 3.8 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Kilowatt hour)                             | 32   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

|   |    |
|---|----|
| รูปที่ 3.9 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น (รุ่น SILA , AP 104)                              | 32 |
| รูปที่ 3.10 เครื่องมือวัดความเร็วลม (Thermo-Anemometer)                                       | 33 |
| รูปที่ 3.11 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้อง (รุ่น SILA , AP 104)                    | 33 |
| รูปที่ 3.12 ลักษณะการติดตั้ง Thermometer วัดอุณหภูมิของสารทำความเย็น ( Indoor Unit )          | 34 |
| รูปที่ 3.13 ลักษณะการติดตั้งส่วนที่ไม่มีอุปกรณ์ระบายความร้อน ภายนอกห้อง (Outdoor Unit)        | 34 |
| รูปที่ 3.14 ลักษณะการติดตั้งส่วนที่มีอุปกรณ์ระบายความร้อน ภายนอกห้อง (Outdoor Unit)           | 35 |
| รูปที่ 3.15 ลักษณะการติดตั้ง Thermometer วัดอุณหภูมิของสารทำความเย็น                          | 36 |
| รูปที่ 3.16 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ, ความชื้นภายนอกที่ไม่มีชุดระบายความร้อน           | 36 |
| รูปที่ 3.17 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ, ความชื้นภายนอกที่มีชุดระบายความร้อน              | 37 |
| รูปที่ 3.18 ลักษณะการติดตั้ง Thermometer วัดอุณหภูมิของน้ำจากการกลั่นตัวผสมน้ำ (Outdoor Unit) | 37 |
| รูปที่ 4.1 อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน  | 39 |
| รูปที่ 4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน  | 40 |
| รูปที่ 4.3 อุณหภูมิของสารทำความเย็นทางด้านความดันสูง-อุณหภูมิสูง และความดันต่ำ-อุณหภูมิต่ำ    | 41 |
| รูปที่ 4.4 การระบายความร้อนในส่วนคอยล์ร้อน ( $Q_H$ )  | 42 |
| รูปที่ 4.5 อัตราการใช้พลังงานสุทธิ ( $W_c$ )  | 43 |
| รูปที่ 4.6 การทำความเย็นในส่วนคอยล์เย็น ( $Q_L$ )   | 44 |
| รูปที่ 4.7 อัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น  | 45 |
| รูปที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)                  | 46 |
| รูปที่ 4.9 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (ChP)   | 47 |
| รูปที่ 4.10 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีและค่าใช้จ่ายอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี             | 48 |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันโลกของเราเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นอากาศบริเวณใกล้ผิวโลกและน้ำในมหาสมุทรจาก [www.greentheccearth.info](http://www.greentheccearth.info) ได้ให้ข้อมูลว่า ในช่วง 100 ปีที่ผ่านมาอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นถึง  $0.74 \pm 0.18$  °C และจากแบบจำลองการคาดคะเนภูมิอากาศพบว่าในปี พ.ศ. 2544 – 2643 อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้นถึง 1.1 ถึง 6.4 °C

จากสภาวะดังกล่าวจึงส่งผลให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อปรับอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่ในสภาวะที่เย็นสบายมากขึ้น โดยเบื้องต้นพบว่าเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่ออากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิต่ำลง แต่เนื่องจากภาวะโลกร้อนดังกล่าวไปแล้วข้างต้น เครื่องปรับอากาศจึงมีประสิทธิผลต่ำลง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น

ดังนั้นจากปัญหาข้างต้นทางกลุ่มผู้ทำโครงการจึงได้ศึกษาถึงวิธีที่จะเพิ่มประสิทธิภาพโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน ซึ่งเรามีความเห็นว่าน่าจะนำน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำจากเครื่องปรับอากาศมาช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศก่อนไหลผ่านเข้าคอยล์ร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของคอยล์ร้อน จากหนังสือระบบปรับอากาศกล่าวว่า โดยปกติแล้วน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำจากกระบวนการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจะมีอุณหภูมิต่ำประมาณ 14-18°C และถ้าเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU/hr หรือเครื่องปรับอากาศขนาด 1 kW ความเย็นสามารถเปลี่ยนไอน้ำเป็นน้ำเย็นได้ถึงชั่วโมงละประมาณ 670 cm<sup>3</sup> โดยประมาณ น่าจะมีศักยภาพในการช่วยระบายความร้อนได้ เราจึงเลือกนำน้ำจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำนี้มาทำการศึกษาเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน เพราะฉะนั้นจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำโดยปกติแล้วจะมีการปล่อยทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ การนำน้ำนี้มาใช้จึงเป็นการประหยัดพลังงาน และใช้ทรัพยากรอย่างมีค่า และที่สำคัญคือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของคอยล์ร้อนด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาการนำน้ำจากการกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็นมาเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

## 1.3 ขอบข่ายของโครงการ

1. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับระบบปรับอากาศ
2. เพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu/hr ในกรณีที่ทำการศึกษา คอยล์ร้อนอยู่ต่ำกว่าคอยล์เย็นเท่านั้น และทดสอบวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งกรณีที่ใช้และไม่ใช้น้ำจากการกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ
3. ทำการพิจารณาผลการประหยัดพลังงาน
4. ทำการคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
5. สรุปผลการทดลอง

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ศึกษาทฤษฎีต่างๆเกี่ยวกับการทำความเย็นและระบบปรับอากาศ
2. ออกแบบและสร้างชุดทดสอบการนำน้ำจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศบริเวณคอยล์เย็นมาลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน
3. ดำเนินการทดสอบ
4. บันทึกผลการทดสอบค่าต่างๆ
5. วิเคราะห์ผลการทดสอบ
6. สรุปผลการทดสอบ เขียนรายงาน
7. นำเสนอโครงการ

## 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้อุปกรณ์การนำน้ำจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศบริเวณคอยล์เย็นมาลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน
2. เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศและลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ
3. สามารถนำอุปกรณ์นี้ไปประยุกต์ใช้กับเครื่องปรับอากาศทั่วไปและกับเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ได้
4. เป็นแนวทางในการสร้างอุปกรณ์ในเชิงพาณิชย์ได้

## 1.6 งบประมาณ

| ลำดับ | รายการ                           | ราคา/บาท |
|-------|----------------------------------|----------|
| 1     | แผ่นสังกะสี แผ่น                 | 400      |
| 2     | เหล็กฉาก 3 เส้น                  | 390      |
| 3     | อุปกรณ์จำหน่ายน้ำ(ท่อPVC, วาล์ว) | 65       |
| 4     | ปั๊มน้ำ 1 ชุด                    | 150      |
| 5     | แผ่นระบายความร้อน 1 แผ่น         | 100      |
|       | รวม                              | 1,455    |

### 1.7 ระยะเวลาการดำเนินการ

| กิจกรรม            | 2553  |      |      |      |      |      |      | 2554 |      |
|--------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                    | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. |
| 1. ศึกษาข้อมูล     |       |      | →    |      |      |      |      |      |      |
| 2. สร้างชุดทดสอบ   |       |      |      |      | →    |      |      |      |      |
| 3. ทดสอบชุดอุปกรณ์ |       |      |      |      |      | →    |      |      |      |
| 4. บันทึกผล        |       |      |      |      |      | →    |      |      |      |
| 5. วิเคราะห์ผล     |       |      |      |      |      |      | →    |      |      |
| 6. สรุปผลการทดสอบ  |       |      |      |      |      |      |      | →    |      |

### 1.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. นาย ชนารา ทองล้วน,รศ. ฤชากร จิรกาลาसान ได้ทำการวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศด้วยการพ่นน้ำ โดยทำการติดตั้งหัวฉีดพ่นหมอกน้ำด้านที่อากาศไหลเข้าสู่คอนเดนเซอร์ โดยน้ำจากการฉีดพ่นจะมีขนาดเล็กคล้ายหมอกจะไปผสมกับอากาศก่อนที่จะถูกดูดจากพัดลมของคอนเดนเซอร์ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง โดยอากาศจะเข้าไปสัมผัสกับคอยล์ร้อนทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อน จากการทำการวิจัยสรุปผลได้ว่าค่าสมรรถนะ (COP) เพิ่มขึ้นได้ 15 % – 20 % โดยความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบพ่นน้ำของเครื่องปรับอากาศจะมีความคุ้มค่าอยู่ที่การติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 15,000 BTU/hr เป็นจำนวน 6 เครื่องต่อชุดพ่นน้ำ 1 ชุดโดยสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าคิดเป็นเงิน 5,165.55 บาท/ปี

2. นาย พรพิพัฒน์ อยู่สา นาย ไกรสร กุลสุพรรณรัตน์ นาย นัฐพงศ์ เขียวน้อย ได้ทำการวิจัยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน ซึ่งใช้กระสอบป่านเป็นวัสดุที่ดูดซับน้ำ โดยการนำกระสอบป่านไปวางไว้หน้าคอยล์ร้อนจากนั้นทำการอัดพ่นน้ำเข้าสู่กระสอบป่าน กระสอบป่านจะทำหน้าที่ดูดซับน้ำไว้เมื่ออากาศไหลผ่านกระสอบป่านอุณหภูมิอากาศจะลดต่ำลงแล้วอากาศจะไหลเข้าสู่คอยล์ร้อนเพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อน จากการวิจัยค่าสมรรถนะ (COP) จะเพิ่มสูงขึ้นประสิทธิภาพการทำงานที่คอยล์ร้อนสูงขึ้น โดยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าถึง 30 %

3. นาย ธนะสิทธิ์ องค์กรนสุข และ ผศ. ฤชากร จิรกวาสาน ได้ทำการวิจัยและทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอชนิดแยกส่วน ซึ่งจะทำการปรับปรุงในส่วนของชุดคอนเดนเซอร์แบบระเหยน้ำมาแทนการระบายความร้อนแบบใช้อากาศโดยใช้การสเปรย์น้ำเข้าสู่คอยล์ร้อน เพื่อให้ดำเนินการแลกเปลี่ยนความร้อนกับคอยล์ร้อนโดยผลการวิจัยพบว่าค่าสมรรถนะโดยรวม (COP) จะเพิ่มขึ้นเป็น 19.63 % และใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 4.4 ปี

4. นายแก่นเพชร แยมโหมด นายธีรพงศ์ ประมาณู นายศุภชัย ปานทอง ได้ทำเครื่องทำความเย็นแบบระเหยก่อนเข้าสู่ชุดคอยล์ร้อน ใช้หลักการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและอากาศ โดยเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์น้ำไหลผ่าน เพื่อให้ น้ำระเหยจะดึงความร้อนออกจากอากาศทำให้อากาศเย็นลงก่อนที่จะเข้าสู่คอนเดนเซอร์การออกแบบได้ทำการใช้น้ำไหลผ่านชุดอุปกรณ์น้ำไหลผ่าน เพื่อทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ โดยใช้ทดลองกับเครื่องปรับอากาศขนาด 30000 BTU/hr จากการทดสอบพบว่าเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์น้ำไหลผ่าน เมื่อเทียบกับเครื่องที่ไม่ได้ติดตั้งชุดอุปกรณ์น้ำไหลผ่าน อัตราการใช้ไฟฟ้าลดลง 7% และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบปกติ 22.38%



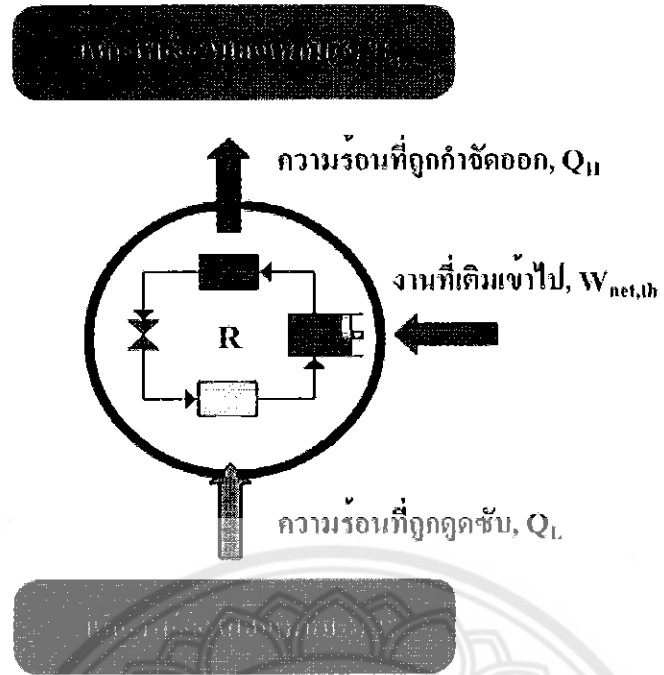
## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

ในปัจจุบันสภาวะอากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงทำให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศอย่างแพร่หลายและเครื่องปรับอากาศที่ได้รับความนิยมมากในตอนนี้คือเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพราะเนื่องด้วยมีขนาดพอเหมาะกับบ้านเรือนง่ายต่อติดตั้งบำรุงรักษาโดยไม่จำเป็นต้องมีช่างผู้ชำนาญการติดตั้งซ่อมแซม ราคาไม่สูงเกินไปนัก ดังนั้นในโครงการนี้จึงสนใจเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เพื่อทำการศึกษาทดสอบการนำน้ำที่ได้จากการกลั่นตัวเครื่องปรับอากาศ มาช่วยระบายความร้อน ทดสอบเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างเครื่องปรับอากาศปกติและเมื่อมีการนำน้ำจากการกลั่นตัวมาช่วยระบายความร้อนอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน (Condenser) ด้วยหลักการระเหยของน้ำแทนอากาศคือเมื่ออากาศถูกพัดลมดูดผ่านชุดอุปกรณ์ระบายความร้อนซึ่งในชุดอุปกรณ์ระบายความร้อนจะมีแผ่นตัวกลางดูดซับน้ำที่หยดจากด้านบนลงมาซึ่งน้ำจะดึงความร้อนจากอากาศมาใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอที่ความดันต่ำทำให้อากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน(Condenser)มีอุณหภูมิลดลงและความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นและแบบนำน้ำจากการกลั่นตัวมาช่วยระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นโดยตรงด้วยหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างคอยล์ร้อน (Condenser) กับน้ำกลั่นตัวโดยตรง ก็จะนำน้ำกลั่นตัวที่ได้จากการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปกติมาหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรงเพื่อนำน้ำช่วยระบายความร้อนให้กับคอยล์ร้อน

#### 2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor-compression Refrigeration Cycle)

การถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิที่สูงไปยังอุณหภูมิต่ำ ไม่จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ต่างๆเข้ามาช่วยเพราะเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเองได้ตามธรรมชาติ แต่ในทางกลับกันกระบวนการที่มีการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิต่ำไปสูงจำเป็นต้องป้อนงานเข้าสู่ระบบ ดังแสดงได้จากในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของการทำงานเย็น

รูปที่ 2.1 ดังคำกล่าวของ "Rudolf Julius Emanuel Clausius" ที่กล่าวไว้ว่า การนำความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิต่ำไปสู่อุณหภูมิสูงจำเป็นต้องป้อนงานเข้าสู่ระบบ

อุปกรณ์ทำความเย็นจะมีของไหลทำงานถูกใช้ในกระบวนการทำความเย็นเรียกว่า สารทำความเย็น โดยพื้นฐานของวัฏจักรการทำความเย็นเบื้องต้นได้แก่ วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ มีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการทำความเย็นอยู่หลักๆ 4 อย่างด้วยกัน คือ

2.1.1 เครื่องอัดไอ (Compressor) ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสารทำความเย็น หรือน้ำยา (Refrigerant) ในระบบ โดยทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิ และความดันสูงขึ้น (Isentropic Process) เอนโทรปีคงที่

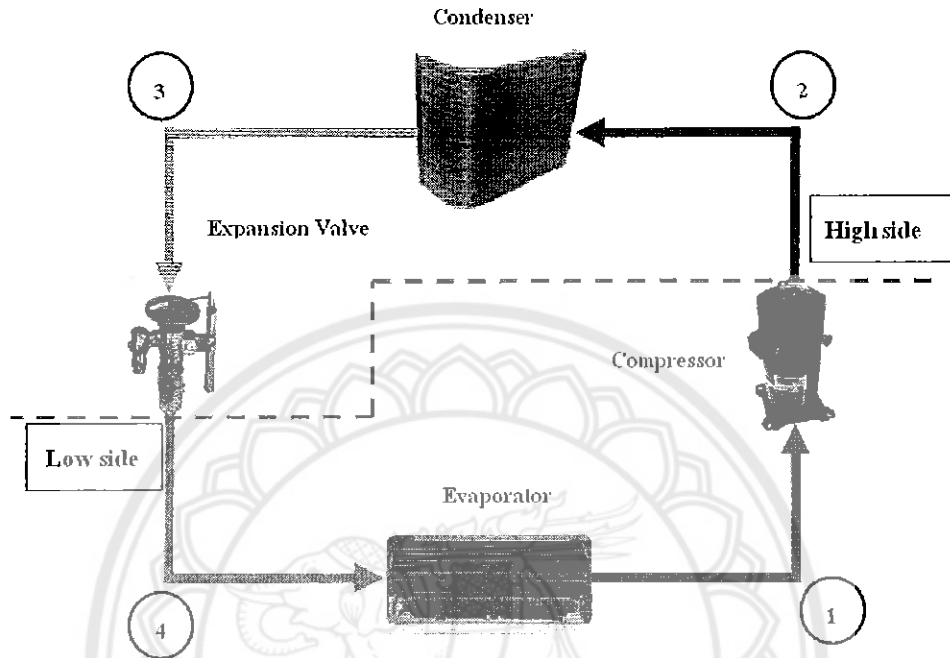
2.1.2 คอยล์ร้อน (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนของสารทำความเย็น (Isobaric process) ความดันคงที่

2.1.3 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) ทำหน้าที่ลดความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็น (Throttling process)

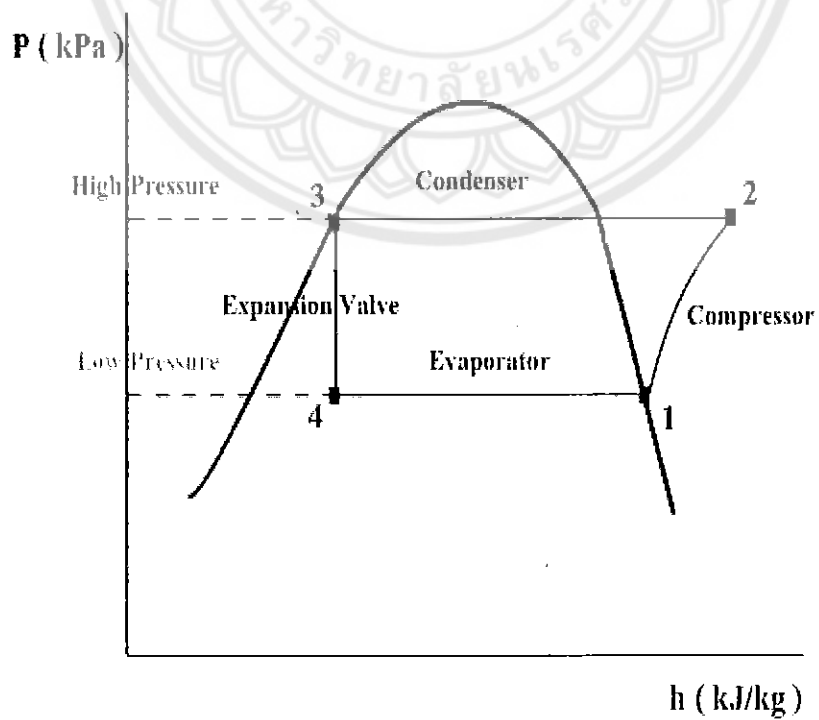
2.1.4 คอยล์เย็น (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดซับความร้อนภายในห้องมาสู่สารทำความเย็น (Isentropic Process)

## 2.2 ระบบปรับอากาศ

อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ และ P-h diagram ของวัฏจักรทำความเย็นแบบปกคิสามารถแสดงดังรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 แสดงอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบปรับอากาศ



รูปที่ 2.3 แสดง P-h diagram วัฏจักรทำความเย็น

2.2.1 จากจุดที่ 1 สารทำความเย็นจะถูกอัดด้วยเครื่องอัดไอให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงจนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ (Superheated) ด้วยกระบวนการ เอนโทรปีคงที่ (Isentropic Process) จากนั้นสารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่คอยล์ร้อนในจุดที่ 2

2.2.2 จากจุดที่ 2 สารทำความเย็นที่มีสถานะความดันและอุณหภูมิที่สูงจะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อม และเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลวด้วยกระบวนการความดันคงที่ จากนั้นสารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่ตัวลดความดันในจุดที่ 3

2.2.3 จากจุดที่ 3 สารทำความเย็นจะทำการลดความดันและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของผสมด้วยกระบวนการthroatting (Throttling Process) และสารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่คอยล์เย็นในจุดที่ 4

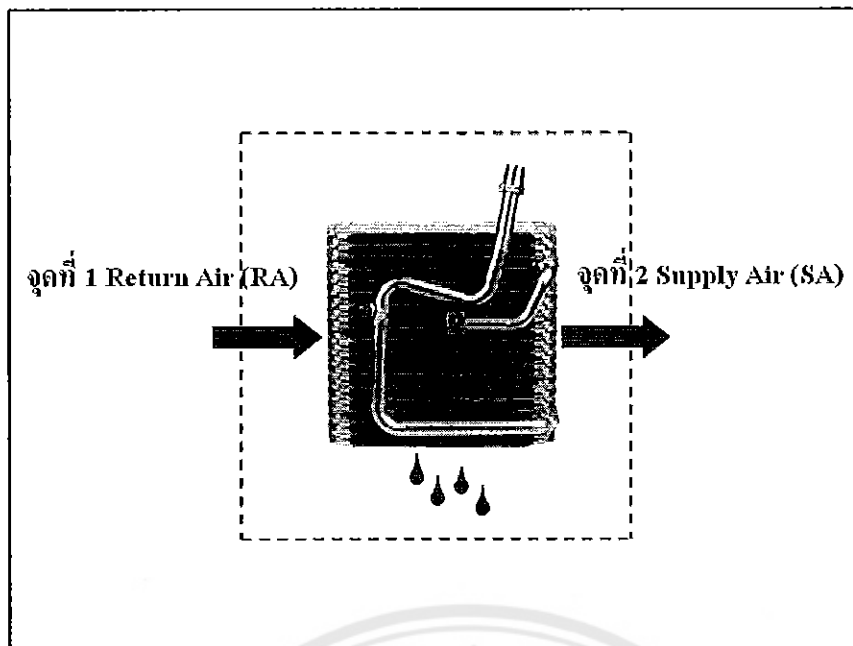
2.2.4 จากจุดที่ 4 สารทำความเย็นจะทำการดูดความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็นและเปลี่ยนสถานะจากของผสมกลายเป็นไอออกจากคอยล์เย็นเข้าสู่จุดที่ 1

เมื่อ **High Side Pressure** คือเป็นบริเวณที่เกิดความดันสูง อุณหภูมิสูง เป็นบริเวณที่สารทำความเย็นออกจาก (Compressor) ไปยังบริเวณก่อนเข้า (Expansion Valve) เป็นบริเวณที่เกิดความดันและความร้อนสูง

**Low Side Pressure** คือบริเวณที่เกิดความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำ เป็นบริเวณที่สารทำความเย็นออกจาก (Expansion Valve) ไปยังบริเวณก่อนเข้า (Compressor) เป็นบริเวณที่เกิดความดันและความร้อนต่ำ

## 2.3 นำจากการกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็น

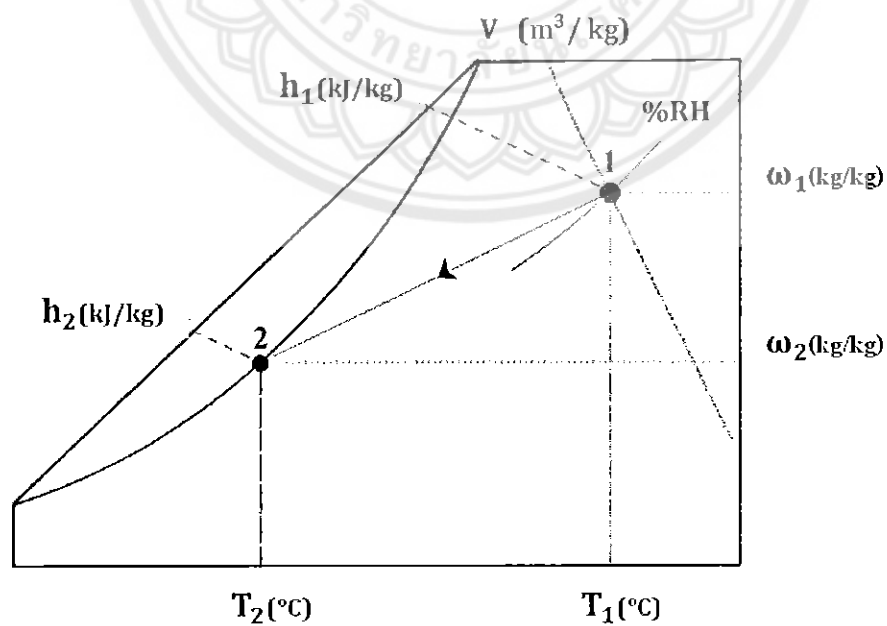
กระบวนการปรับสภาวะอากาศเป็นกระบวนการทำความเย็นลดความชื้น (Cooling and Dehumidification process) คือกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกะเปาะแห้งและอัตราส่วนความชื้นลดลงโดยเส้นกระบวนการจะดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงจุดที่อากาศเข้าและออกจากคอยล์เย็น

หมายเหตุ รายละเอียด Math models ไซโครเมตริกชาร์ตของจริงดูได้ที่ภาคผนวก

จากข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (รุ่น SILA, AP 104) ทั้ง 2 จุดสามารถกำหนดจุดและอ่านค่าบนไซโครเมตริกชาร์ตได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ไซโครเมตริกชาร์ตแสดงจุดที่อากาศเข้าและออกจากคอยล์เย็น

## 2.4 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ( $\dot{m}_{\text{air}}$ )

$$\dot{m}_{\text{air}} = \frac{V_{\text{air}}}{v} \quad (2.1)$$

เมื่อ  $\dot{m}_{\text{air}}$  คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ kg/min

$V_{\text{air}}$  คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

( $V_{\text{air}}$  ในที่นี้จะขอใช้ค่าอากาศมาตรฐาน (Standard Air) ที่ 1 atm, 25 °C)

$v$  คือ ปริมาตรจำเพาะที่อ่านได้จากจุดที่ 1 ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )

## 2.5 อัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น

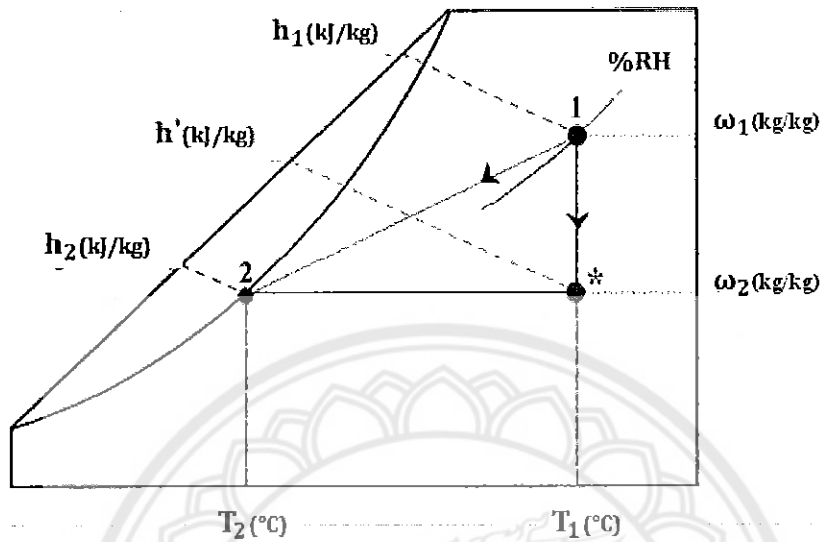
หมายถึง การกำหนดมวลไอน้ำที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยมวลของอากาศแห้งซึ่งเราจะเรียกว่าความชื้นสัมบูรณ์ หรือ ความชื้นจำเพาะ (Absolute or Specific Humidity) โดย อัตราส่วนความชื้น คืออัตราส่วนระหว่าง มวลของไอน้ำ ( $m_v$ ) และ มวลของอากาศแห้ง ( $m_{\text{da}}$ ) โดยในส่วนของ การกำจัดความชื้นออกจากระบบนั้นสามารถหาได้จากสมการ

$$m_v = \dot{m}_{\text{air}} (\Delta\omega) \quad (2.2)$$

เมื่อ  $m_v$  คือ อัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น มีหน่วย (kg/s)

( $\Delta\omega$ ) คือ ความแตกต่างของอัตราส่วนความชื้นของมีหน่วย ( $\text{kg}/\text{kg}_{\text{da}}$ )

สามารถกำหนดจุดเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัส ได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัส

## 2.6 การเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝง ( $Q_{\text{Latent}}$ , Latent Heat )

หมายถึง คือพลังงานความร้อนที่ทำให้สถานะสสารเปลี่ยนแปลงโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงหาได้จาก

$$Q_{\text{Latent}} = \dot{m}_{\text{air}} \times (h_1 - h^*) \quad (2.3)$$

เมื่อ  $Q_{\text{Latent}}$  คือ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนให้กับแหล่งอุณหภูมิสูง หน่วยเป็น kW

## 2.7 การเปลี่ยนแปลงความร้อนสัมผัส ( $Q_{\text{Sensible}}$ , Sensible Heat )

หมายถึง พลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของวัตถุหรือสสารเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากเดิมแต่สถานะไม่เปลี่ยนแปลงหาได้จาก

$$Q_{\text{Sensible}} = \dot{m}_{\text{air}} \times (h^* - h_2) \quad (2.4)$$

เมื่อ  $Q_{\text{Sensible}}$  คือ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนให้กับแหล่งอุณหภูมิสูง หน่วยเป็น kW

## 2.8 ความสามารถในการทำความเย็น ( $Q_L$ )

หมายถึง ความสามารถในการทำความเย็นในส่วนของคอยล์เย็น (Evaporator) โดยในส่วนของ ความสามารถในการทำความเย็นนี้สามารถหาได้จากสมการ

$$Q_L = Q_{\text{Latent}} + Q_{\text{Sensible}} \quad (2.5)$$

เมื่อทำการหา  $Q_L$  ในรูปของอัตราการไหลเชิงปริมาตร

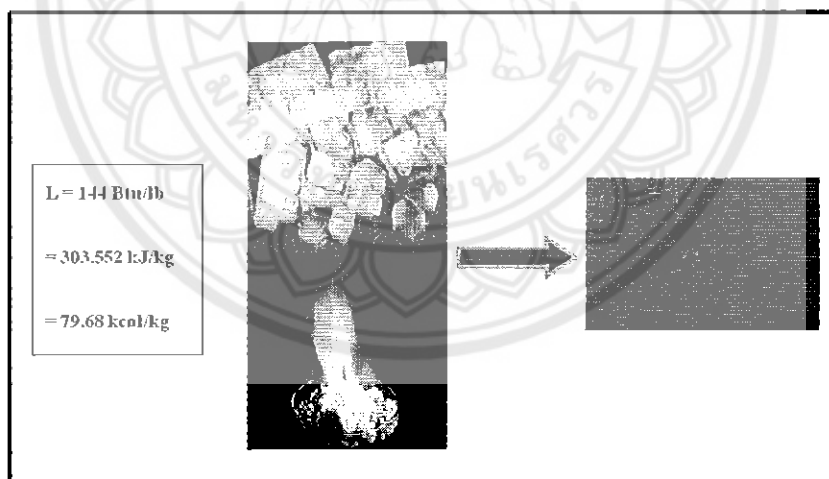
$$Q_L = 2.0 \times 10^{-2} \times \text{CMM} \times \Delta h \quad (2.6)$$

เมื่อ  $Q_{\text{total}}$  คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่เครื่องปรับอากาศทำได้ หน่วยเป็น kW

CMM คือ ปริมาณลมเย็นที่ไหลผ่านชุดคอยล์เย็น ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

$\Delta h$  คือ เอนทาลปีจำเพาะของอากาศกลับและอากาศจ่าย หน่วยเป็น kJ/kg

ความสามารถในการทำความเย็น (Refrigeration capacity) 1 Ton ความเย็นเท่ากับปริมาณน้ำแข็ง 2000 lb ละลายภายใน 1 วัน (24 ชม) โดยความร้อนแฝงในการละลายน้ำแข็งเท่ากับ 144 Btu/lb ดังนั้น ลักษณะการละลายตัวของน้ำแข็งเป็นน้ำดูได้จากรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงความสามารถในการทำความเย็น

$$-1 \text{ Ton} = 2,000 \times 144 \text{ Btu} = 288,000 \text{ Btu/day}$$

$$-1 \text{ Ton} = 288,000 \text{ Btu}/(24 \text{ ชม})$$

เพราะฉะนั้น 1 Ton ความเย็น มีค่าเท่ากับความสามารถในการดูดหรือคายความร้อนของเครื่องทำความเย็น 3,320 kcal/hr (12,000 Btu/hr)

$$1 \text{ TR} = 3,320 \text{ kcal/hr} = 12,000 \text{ Btu/hr} = 3.52 \text{ kW} \quad (1 \text{ W} = 3.41 \text{ Btu/hr})$$



## 2.9 กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอ ( $W_c$ )

หมายถึง ปริมาณงานที่ป้อนเข้าสู่เครื่องอัดไอ (Compressor) โดยในส่วนของปริมาณงานที่ป้อนเข้าเครื่องอัดไอนั้นจะสามารถหาได้จากสมการ

$$W_c = IV \cos \theta \quad (\text{กรณีไฟฟ้าหนึ่งเฟส}) \quad (2.7)$$

|       |              |  |
|-------|--------------|--|
| เมื่อ | $W_c$        | คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอ หน่วยเป็น kW |
|       | $I$          | คือ การวัดกระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp         |
|       | $V$          | คือ การวัดแรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Volt       |
|       | $\cos\theta$ | คือ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์                    |

## 2.10 ความสามารถในการถ่ายเทความร้อน ( $Q_H$ )

หมายถึง ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนในส่วนของคอยล์ร้อน(Condenser) โดยในส่วนของความสามารถในการถ่ายเทความร้อนนั้นจะสามารถหาได้จากสมการ

$$Q_H = W_c + Q_L \quad (2.8)$$

|       |       |  |
|-------|-------|--|
| เมื่อ | $Q_H$ | คือ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนให้กับแหล่งอุณหภูมิสูง หน่วยเป็น kW |
|-------|-------|--|

## 2.11 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ( COP , Coefficient of Performance )

สำหรับ COP (Coefficient of performance for refrigerators) หรือประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปรับอากาศสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ และแทนด้วยสัญลักษณ์ COP ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็น ( $Q_L$ ) ต่อปริมาณงานสุทธิที่ป้อนให้กับระบบ ( $W_c$ ) แต่สิ่งที่ให้แก่ระบบคืองานที่ป้อนแก่คอมเพรสเซอร์

COP มีนิยามว่า อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็นวัตต์ กับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์ ดังนั้น

$$COP = \frac{Q_L}{W_c} \quad \frac{(w)}{(w)} \quad (2.9)$$

โดยที่

COP คือ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

$Q_L$  คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่เครื่องปรับอากาศทำได้ หน่วยเป็น (kW)

$W_c$  คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ หน่วยเป็น (kW)

## 2.12 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER, Energy Efficiency Ratio)

สำหรับ EER (Energy Efficiency Ratio) หรืออัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็นในหน่วย BTU/hr ต่อกำลังไฟฟ้าในหน่วยของวัตต์ (W) ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศ ใช้กำลังไฟฟ้าในวัตต์สามารถทำความเย็นได้กี่ BTU/hr ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง EER และ COP แสดงได้สมการ

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

| เบอร์ | Energy Efficiency Ratio, EER |
|-------|------------------------------|
| 5     | $EER \geq 11$                |
| 4     | $10.6 \leq EER < 11$         |
| 3     | $9.6 \leq EER < 10.6$        |
| 2     | $8.6 \leq EER < 9.6$         |
| 1     | $EER < 8.6$                  |

EER มีนิยามว่า ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นของระบบปรับอากาศโดยกำหนดในรูปของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

$$EER = 3.412 \times COP \quad \text{BTU/W.hr} \quad (2.10)$$

EER = อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (BTU/W.hr)

COP = ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

1W = 3.412 BTU/hr

### 2.13 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (ChP, Chiller Performance)

สำหรับ ChP (Chiller Performance) หรือ อัตราส่วนระหว่างกำลังงานที่ป้อนให้คอมเพรสเซอร์มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) ต่อความสามารถในการทำความเย็นมีหน่วยเป็นตันความเย็น (TON) ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเครื่องทำความเย็น 1 TON ต้องใช้กำลังไฟฟ้ากี่ kW โดยเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศ 1TON = 12,000BTU/hr ใช้กำลังไฟฟ้า 1000W ดังนั้นใช้กำลังไฟฟ้า 1 W สามารถทำความเย็นได้ 12 BTU/hr จึงทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง ChP กับ EER ดังนี้

$$\text{สูตร} \quad \text{ChP} = \frac{12}{\text{EER}} \quad \frac{(\text{KW})}{(\text{TON})} \quad (2.11)$$

โดย

ChP คือ ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น โดยมีหน่วยเป็น  $\left(\frac{\text{kW}}{\text{TON}}\right)$

EER คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (BTU/W.hr)

ตารางที่ 2.2 จากกฎกระทรวง (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน หมวดที่ 1 ขอบเขตการบังคับใช้ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น

| ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น  | อาคารใหม่                         | อาคารเก่า |
|---|-----------------------------------|-----------|
|   | (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น, kW/Ton) |           |
| ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (centrifugal chiller)<br>ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น<br>ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น | 1.40                              | 1.61      |
|   | 1.20                              | 1.38      |
| ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (reciprocating chiller)<br>ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น<br>ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น  | 1.30                              | 1.50      |
|   | 1.25                              | 1.44      |
| ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (package unit)   | 1.37                              | 1.58      |
| ง. เครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (windows/split type)   | 1.40                              | 1.61      |

## 2.14 การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ (Improve Efficiency of Air conditioning)

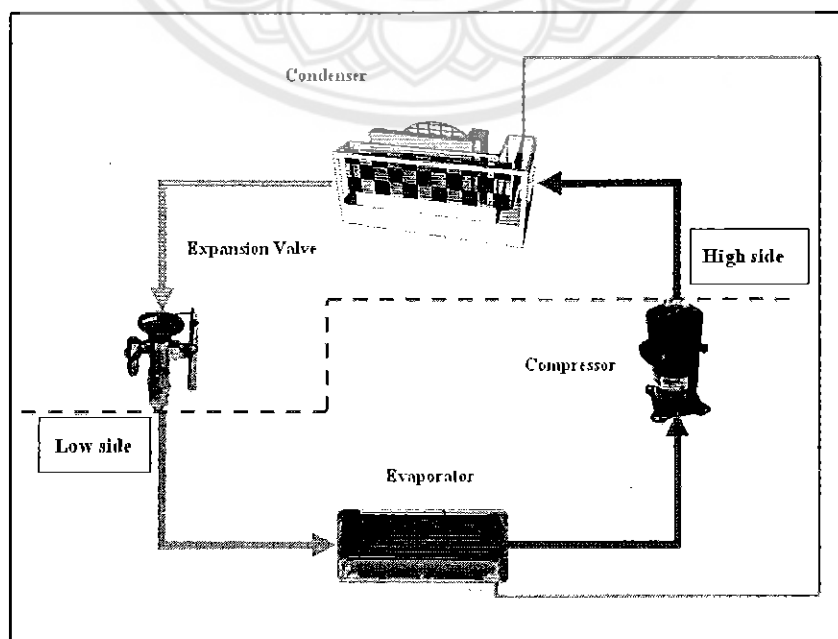
เมื่อเกิดหยดน้ำเนื่องจากการกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็นซึ่งเป็นสิ่งที่ได้มาจากการทำงานโดยปกติของเครื่องปรับอากาศเราเลยต้องการนำหยดน้ำนี้ไปช่วยลด High Side Pressure โดยมีแนวทางการลด High Side Pressure อยู่ 2 แบบด้วยกันคือ

### 2.14.1 ใช้หลักการของชุดอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน

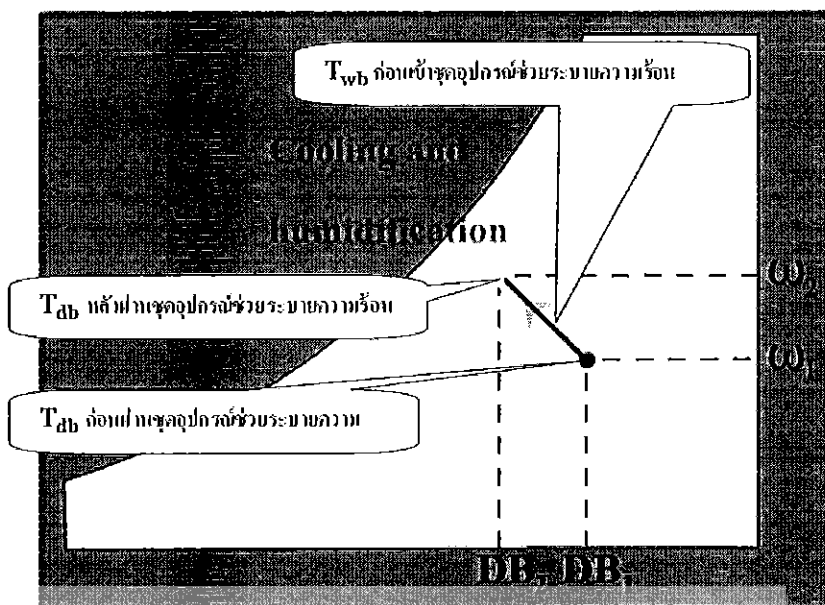
คือเป็นการใช้น้ำเพื่อช่วยระบายและแบบใช้น้ำผสมกับน้ำจากการกลั่นตัว ทั้ง 2 อย่างนี้ไปใช้กับอุปกรณ์ระบายช่วยระบายความร้อน

ระบบการทำงานของชุดอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน โดยที่ระบบนี้จะลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน (Condenser Unit) โดยอาศัยการระเหยของน้ำเมื่ออากาศถูกพัดลมดูดมาผ่านวัสดุที่ดูดซับน้ำ น้ำจะดึงความร้อนจากอากาศมาใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายมาเป็นไอทำให้อุณหภูมิลดลง ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น ดังรูปที่ 2.8

กระบวนการทำให้อากาศเย็นด้วยการระเหยนี้ทำให้ความร้อนแฝงของอากาศเพิ่มขึ้นความร้อนลดลงโดยไม่มีแหล่งความร้อนภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องและใช้น้ำพ่นเป็นละอองให้กับแผ่นระบายความร้อนอย่างต่อเนื่องซึ่งน้ำบางส่วนจะระเหยกลายเป็นไอทำให้อากาศมีความชื้นสูงขึ้นแต่อุณหภูมิต่ำลงซึ่งน้ำที่ไม่ระเหยจะซึมแล้วไหลลงไปยังถาดเก็บน้ำเครื่องสูบน้ำจะดูดไปพ่นเป็นละอองให้ตกลงมาผ่านวัสดุดูดซับน้ำวนเวียนเช่นนี้ไปเรื่อยๆ



รูปที่ 2.8 ก หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน

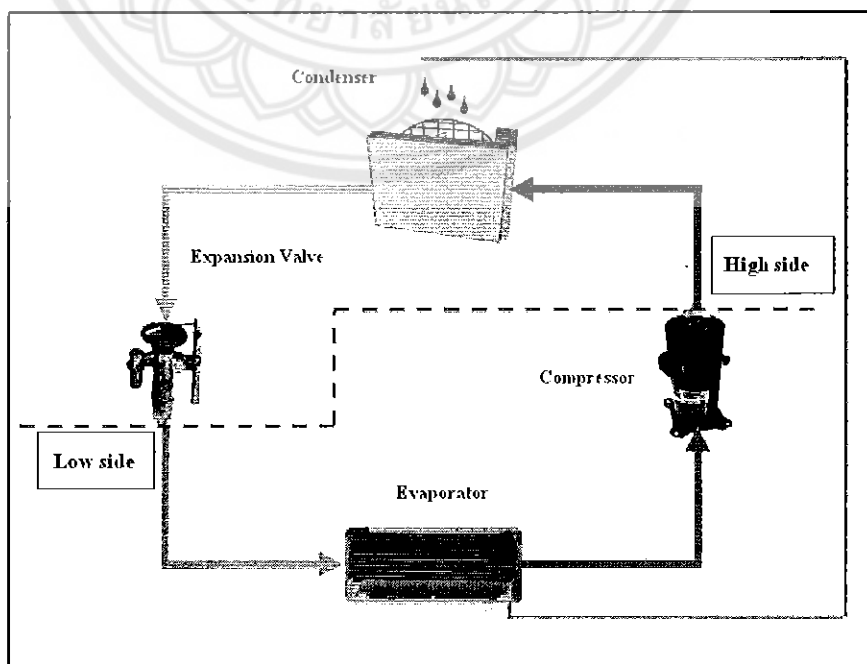


รูปที่ 2.8 ข หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน

2.14.2 ใช้หลักการนำน้ำกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง

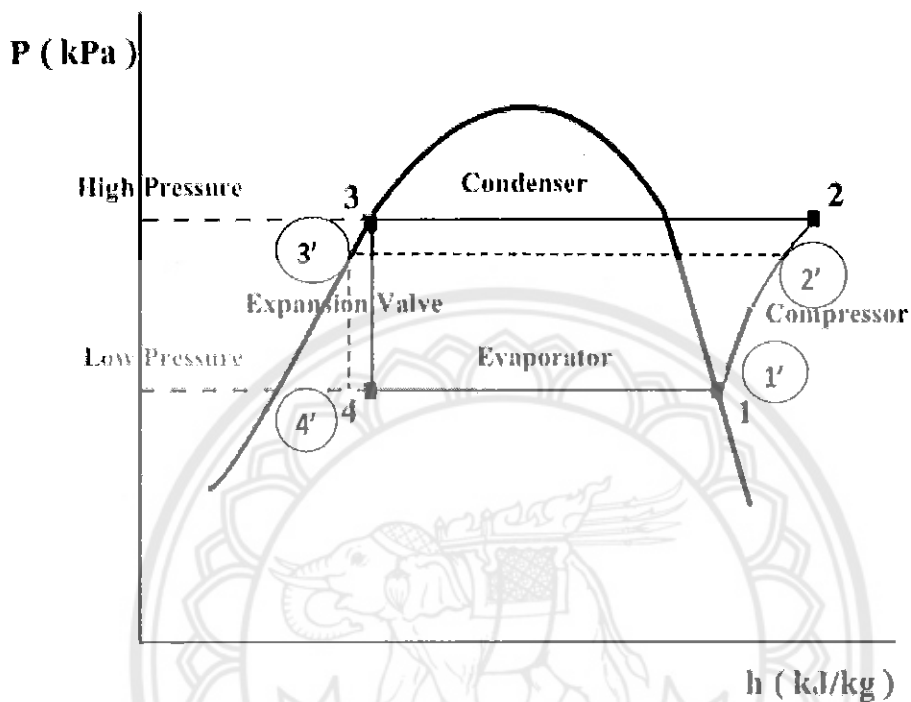
เป็นการนำน้ำกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็นไปหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง

หลักการก็เพื่อนำน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำช่วยในการระบายความร้อน โดยมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับคอยล์ร้อน โดยตรง



รูปที่ 2.9 แสดงการนำหยดน้ำนี้ไปใช้ปรับลดลด ด้านความดันสูง-อุณหภูมิสูง

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศนั้นพิจารณาจาก ด้านความดันสูง (High side Pressure) ซึ่งเป็นส่วนที่สารทำความเย็นออกจากเครื่องอัดไอนี้ถึงทางเข้าของวาล์วความดัน ในส่วนนี้ถ้าสามารถจะลดความดันในด้านนี้ลงได้แล้ว ผลที่ได้คือการทำงานของเครื่องอัดไอจะน้อยลงสามารถที่จะอธิบายได้จากกราฟ P-h diagram ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดง P-h diagram วัฏจักรทำความเย็นที่ปรับปรุงแล้ว

รูปที่ 2.9 แสดง P-h ไดอะแกรม การลดอุณหภูมิที่ส่วนของคอยล์ร้อน จากการศึกษาคือข้อมูลพลังงานโดยรวมที่ใช้ภายในระบบปรับอากาศ ส่วนใหญ่แล้วให้พลังงานกับเครื่องอัดไอ (Compressor) ดังนั้นเมื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว ในส่วนด้านความดันสูง (High side) จะลดต่ำลง เป็นผลให้พลังงานที่เครื่องอัดไอทำงานลดลง รวมทั้งพลังงานรวมที่ต้องให้กับระบบน้อยลงเช่นกันคือสามารถที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเดิมเมื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ

## 2.15 ความสามารถในการทำความเย็น หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว ( $Q_L'$ )

$$Q_L' = 2.0 \times 10^{-2} \times \text{CMM}' \times \Delta h' \quad (2.12)$$

$Q_L'$  คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่เครื่องปรับอากาศทำได้ หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว หน่วยเป็น kW

$CMM'$  คือ ปริมาณลมเย็นที่ไหลผ่านชุดคอยล์เย็นหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว ( $m^3/min$ )

$\Delta h'$  คือ เอนทาลปีจำเพาะของอากาศกลับและอากาศจ่ายหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว หน่วยเป็น  $kJ/kg$

## 2.16 กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอ หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว ( $W_c'$ )

$$W_c' = I' V' \cos \theta \quad (\text{กรณีไฟฟ้าหนึ่งเฟส}) \quad (2.13)$$

$W_c'$  คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว หน่วยเป็น kW

$I'$  คือ การวัดกระแสไฟฟ้าหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว หน่วยเป็น Amp

$V'$  คือ การวัดแรงดันไฟฟ้าหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว หน่วยเป็น Volt

$\cos \theta$  คือ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

**หมายเหตุ** ในกรณีที่มีการนำปั๊มมาช่วยในการส่งน้ำ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มมีผลน้อยมาก เมื่อเทียบกับการเพิ่มหรือลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดไอ

## 2.17 ความสามารถในการถ่ายเทความร้อน หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว ( $Q_H'$ )

$$Q_H' = W_c' + Q_L' \quad (2.14)$$

$Q_H'$  คือ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนให้กับแหล่งอุณหภูมิสูงหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว หน่วยเป็น kW

## 2.18 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว (COP', Coefficient of Performance)

สำหรับ COP (Coefficient of performance for refrigerators) หรือประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปรับอากาศหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว

$$COP' = \frac{Q_L'}{W_c'} \quad \frac{(w)}{(w)} \quad (2.15)$$

โดยที่

COP' คือ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว

$Q_L'$  คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่เครื่องปรับอากาศทำได้หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว หน่วยเป็น (kW)

$W_c'$  คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว หน่วยเป็น (kW)

## 2.19 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว (EER', Energy Efficiency Ratio)

$$EER' = 3.412 \times COP' \quad \text{BTU/W.hr} \quad (2.16)$$

EER' = อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว (BTU/W.hr)

COP' = ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว

1W = 3.412 BTU/hr



2.20 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว (ChP', Chiller Performance)

$$\text{ChP}' = \frac{12}{\text{EER}'} \quad \frac{(\text{KW})}{(\text{TON})} \quad (2.17)$$

โดย

ChP' คือ ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว โดยมีหน่วยเป็น  $\left(\frac{\text{kW}}{\text{TON}}\right)$

EER' คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานหลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว (BTU/W.hr)

2.21 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

เมื่อกำหนดค่าไฟฟ้า = 3.75 บาทต่อ 1 หน่วยไฟฟ้า (kW.hr)

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = P \times H \times D \times 3.75 \text{ บาท/kW.hr} \quad (2.18)$$

โดย

P คือ กำลังทางไฟฟ้า มีหน่วย (kW)

H คือ ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน มีหน่วยเป็น (hr/day)

D คือ วันในการใช้งานในระยะเวลาหนึ่งปี (day/year)

3.75 คือ อัตราค่าไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วย (บาท/kW.hr)

## 2.22 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาที่ทำให้กระแสเงินสดรับสุทธิเท่ากับเงินลงทุนเริ่มต้น โครงการ ผลที่ได้รับจากการประเมินการลงทุน โดยวิธีนี้คือจะทำให้ทราบว่า จะได้รับเงินคืนทุนช้าหรือเร็วเท่าใด ถ้าคืนทุนได้เร็วเท่าใด โอกาสที่เสี่ยงต่อการขาดทุนก็มีน้อยลง และสามารถนำเงินทุนที่คืนทุนไปลงทุนกิจการอื่นได้ วิธีหาระยะเวลาคืนทุน สามารถหาได้จาก

$$PB = \frac{R}{S} \quad (2.19)$$

โดย PB = ระยะเวลาคืนทุน

R = เงินลงทุนในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ

S = ค่าไฟฟ้าที่ลดต่อปี

## 2.23 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

ในทางเศรษฐศาสตร์เมื่อมีการวางแผนในการลงทุนเพื่อหวังถึงผลกำไรที่จะได้จากการลงทุนนั้น ต้องมีการตรวจสอบว่าสิ่งที่ต้องลงทุนนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ สิ่งสามารถพิจารณาจากค่าผลตอบแทน (กำไร) เป็นตัวชี้วัด กับระยะเวลาคืนทุนเป็นเกณฑ์ ดังนั้นในโครงการนี้จึงทำการวิเคราะห์ถึงหลักทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อแสดงถึงความคุ้มค่าในการสร้างอุปกรณ์ที่ช่วยลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าสู่คอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ

### 2.23.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุน พลังงาน จากมาตรการ ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงิน ที่จ่ายออกไป ภายได้ โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราลดค่า (Discount rate) หรือค่าของทุน (cost of capital) ที่กำหนดจากค่านิยมข้างต้น การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ จะต้องทราบข้อมูลดังนี้

จากสูตร

$$NPV = -I_0 + A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (2.20)$$

โดยที่

$n$  = อายุของโครงการ (ปี)

$A$  = ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี

$I_0$  = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total investment)

$i$  = อัตราลดค่า (discount rate)

### 2.23.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Financial Internal Rate of Return : FIRR)

อัตราผลตอบแทนภายในทางการเงิน เป็นผลตอบแทนต่อผู้ลงทุน อัตราค่าลดพลังงาน จะคิดจากมูลค่าที่ผู้ลงทุนจ่ายจริง และจะคำนึงถึงอัตราดอกเบี้ย ภาษีต่างๆ ที่จ่ายออกไปทั้งหมด ที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุน เท่ากับมูลค่าปัจจุบัน ของกระแสเงินสด ที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการ ประหยัดพลังงาน ตลอดอายุ โครงการ จากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหา อัตราผลตอบแทนลดค่า จะต้องทราบข้อมูลดังนี้

จากสูตร

$$\text{การวิเคราะห์ FIRR จะทำให้ค่า } NPV = 0 \quad (2.21)$$

โดยที่

$NPV$  = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

$FIRR$  = อัตราผลตอบแทนภายใน (Financial Internal rate of return)

ตารางที่ 2.3 แสดงการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

| วิธีการวิเคราะห์    | ข้อดี   | ข้อจำกัด  | ข้อเสนอแนะ   |
|---------------------|---|---|--|
| ระยะเวลาคืนทุน      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การวิเคราะห์ทำได้ง่าย</li> <li>- แสดงผลเข้าใจง่าย</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่คำนึงถึงผลประหยัดที่ได้หลังจากที่คืนทุนแล้ว</li> <li>- ไม่คำนึงถึงมูลค่าโครงการเมื่อสิ้นสุดโครงการ</li> <li>- ไม่คำนึงถึงค่าของเงินที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้วิเคราะห์เบื้องต้น</li> <li>- โครงการขนาดเล็กและอายุโครงการไม่เกิน 5 ปี</li> </ul>                     |
| ผลตอบแทนการลงทุน    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การวิเคราะห์ทำได้ง่าย</li> <li>- คำนึงถึงผลประหยัดของโครงการตลอดอายุการใช้งาน</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่คำนึงถึงค่าของเงินที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้ควบคู่กับระยะเวลาคืนทุน</li> <li>- โครงการขนาดเล็กอายุโครงการไม่เกิน 5 ปี</li> </ul>                   |
| มูลค่าปัจจุบันสุทธิ | <ul style="list-style-type: none"> <li>- คำนึงถึงค่าของเงินที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา</li> <li>- คำนึงถึงผลประหยัดของโครงการตลอดอายุการใช้งาน</li> <li>- วิเคราะห์รายได้และค่าใช้จ่ายที่แท้จริงของโครงการ</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ซับซ้อน</li> <li>- ต้องกำหนดอัตราลดค่า</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- เหมาะสมกับโครงการทุกประเภท</li> </ul>   |
| อัตราผลตอบแทนภายใน  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- เช่นเดียวกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ</li> <li>- แสดงผลเข้าใจง่าย</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การคำนวณต้องลองผิดลองถูกหลายครั้ง</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- เหมาะสมกับโครงการทุกประเภท</li> <li>- ต้องการเปรียบเทียบหลายๆโครงการหรือเปรียบกับอัตราดอกเบี้ย</li> </ul> |

15515221

## บทที่ 3

### การออกแบบและทำการทดลอง

#### 3.1 การติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนกับชุดอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน

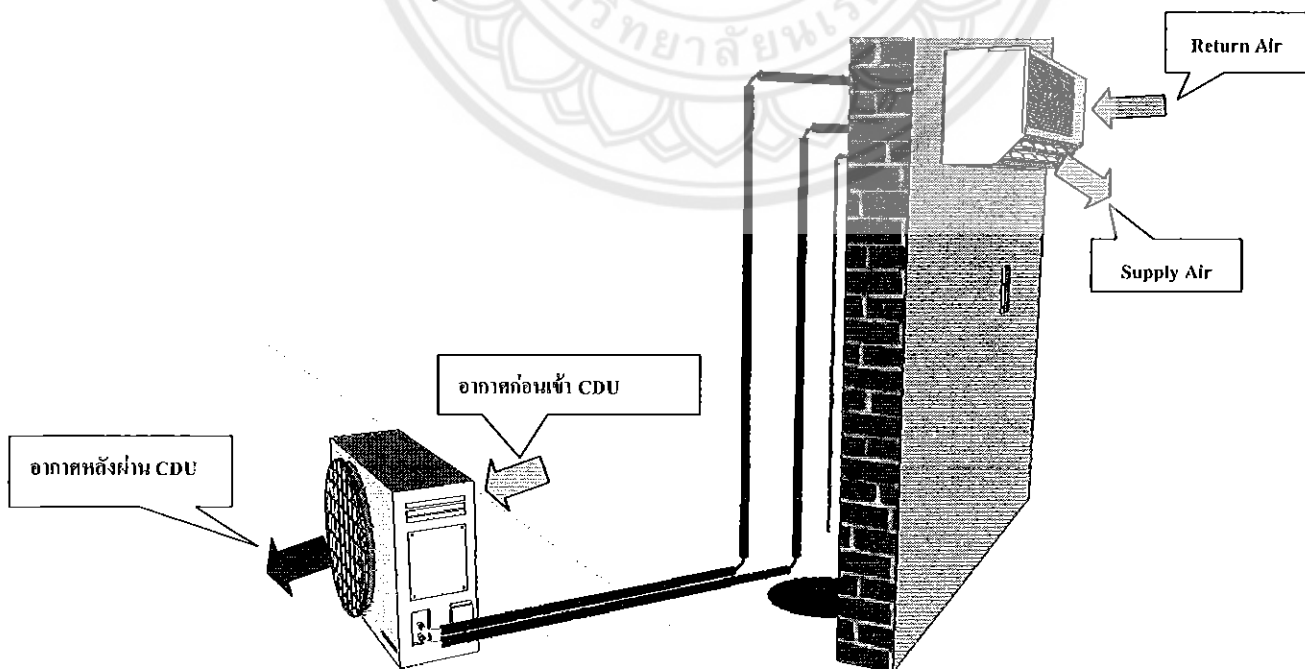
ระบบของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ในที่นี้ได้ศึกษาเฉพาะกรณีที่ติดตั้งคอยล์เย็นอยู่สูงกว่าคอยล์ร้อน โดยชุดคอยล์ร้อน (Condenser) จะอยู่ด้านนอกห้องและสำหรับชุดคอยล์เย็น (Evaporator) จะอยู่ภายในห้อง ซึ่งการทำโครงการในครั้งนี้ได้ทำการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 18,000 BTU/hr เพื่อทำการทดสอบ โดยติดตั้งชุดอุปกรณ์ช่วยในการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็น ด้วยการนำน้ำจากการกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศมาช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน และนำน้ำจากการกลั่นตัวหอคอยไต้คอยล์ร้อนโดยตรง แล้วทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุน

#### 3.2 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

##### การทดลองที่ 1 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติ

ได้ทำการทดสอบกับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 18,000 BTU/hr โดยไม่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน และได้ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

โดยการออกแบบได้แสดงดังรูปที่ 3.1

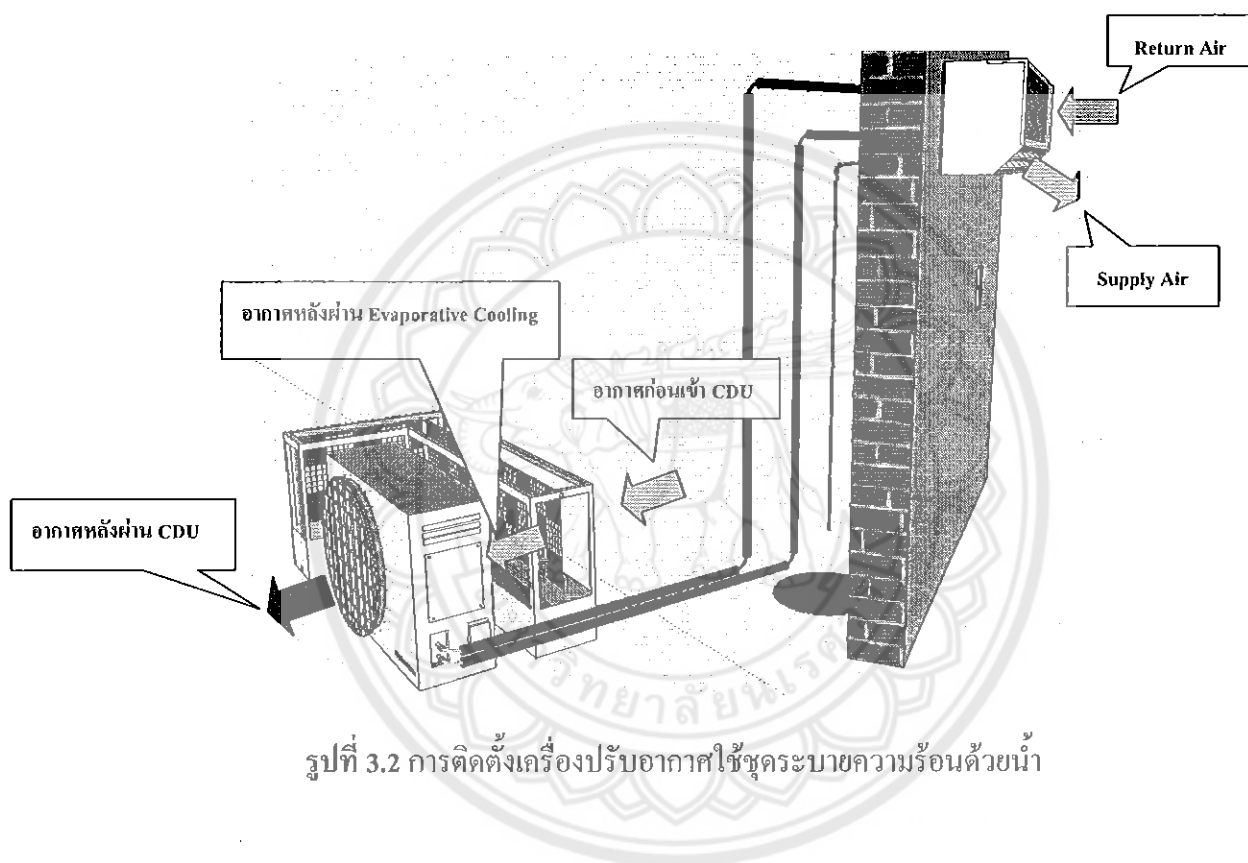


รูปที่ 3.1 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติ

## การทดลองที่ 2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ได้ทำการทดสอบกับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 18,000 BTU/hr ซึ่งได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนโดยใช้น้ำ เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน ได้ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

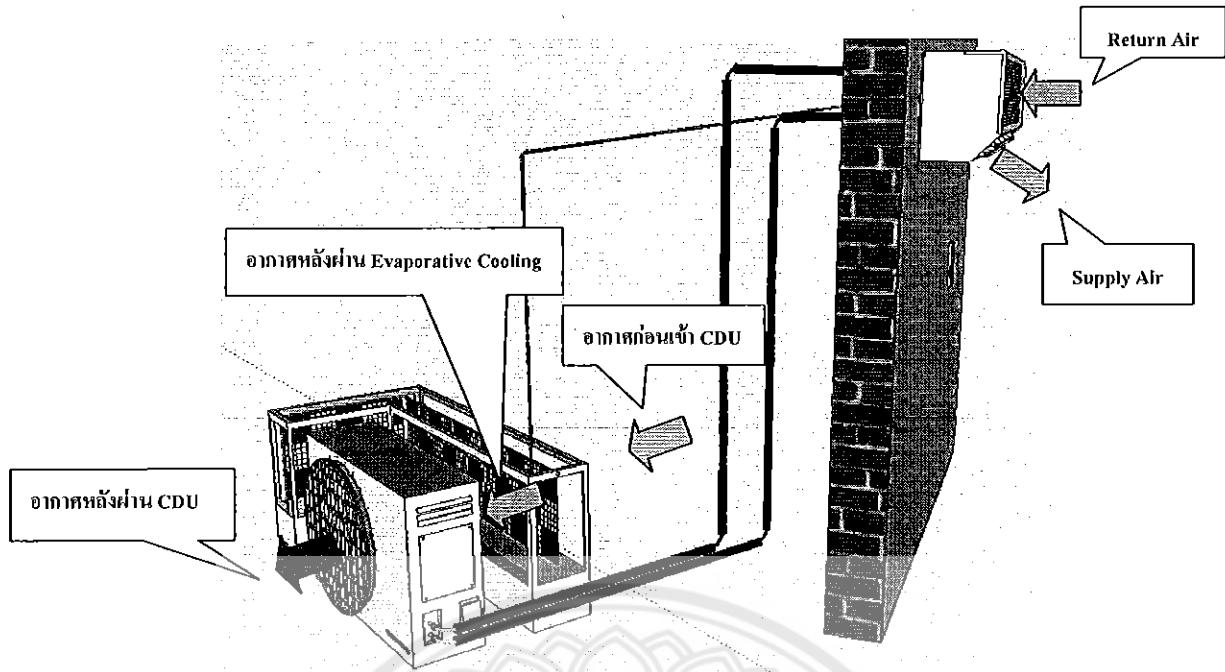
โดยการออกแบบได้แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

## การทดลองที่ 3 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว

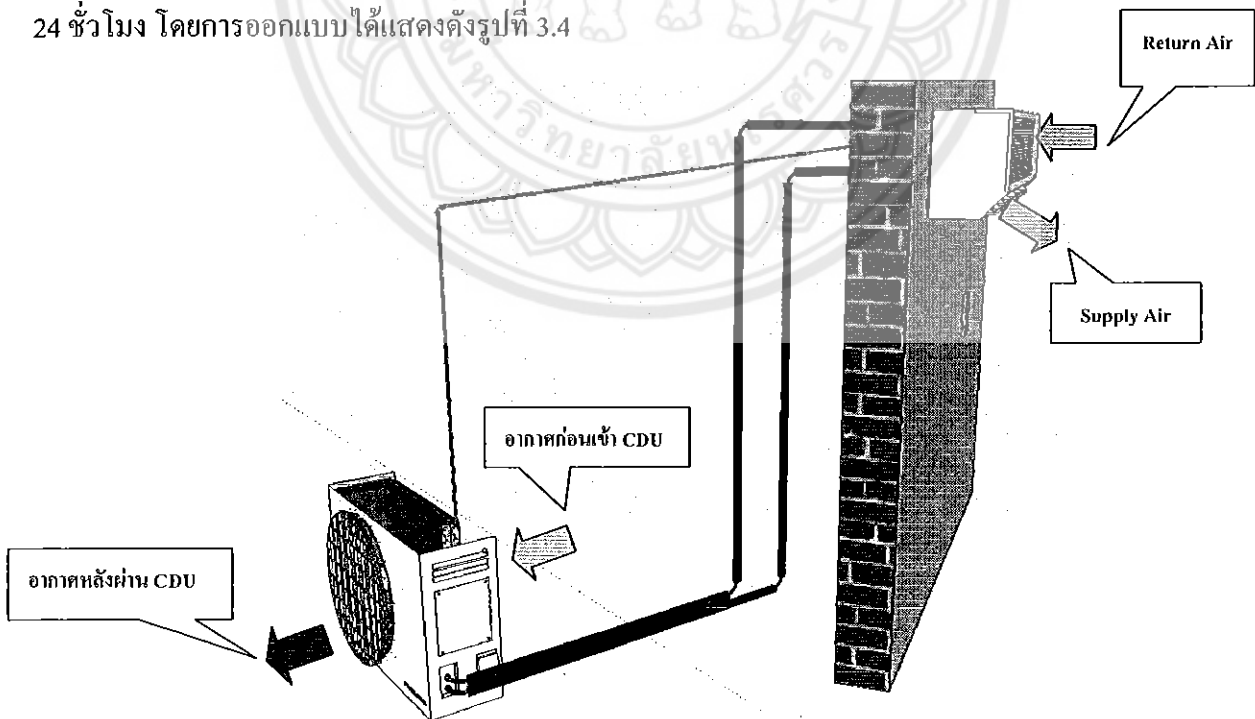
ได้ทำการทดสอบกับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 18000 BTU/hr ซึ่งได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศโดยใช้น้ำร่วมกับน้ำกลั่นตัวเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน ได้ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยการออกแบบได้แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว

ทดลองที่ 4 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง

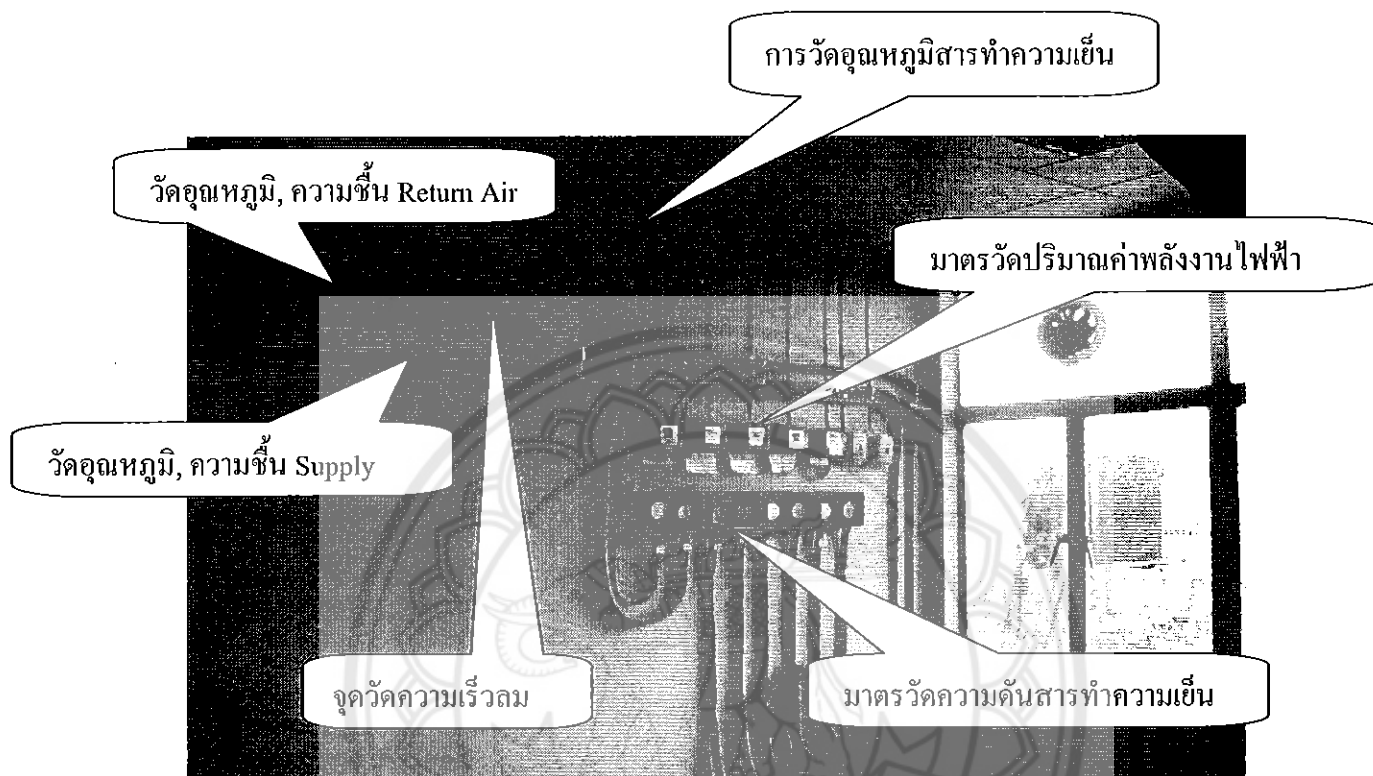
ได้ทำการทดสอบกับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 18000 BTU/hr โดยนำน้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่ตรงบริเวณคอยล์ร้อน โดยตรงเพื่อลดอุณหภูมิของสารทำความเย็น ซึ่งทำการทดลองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยการออกแบบได้แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรง

### 3.3 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์การวัดภายในห้อง ( Indoor Unit )

3.3.1) การติดตั้งอุปกรณ์การวัดในส่วนภายในห้อง ( Indoor Unit ) จากการทดลองของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ลักษณะการติดตั้งส่วนภายในห้อง ( Indoor Unit )

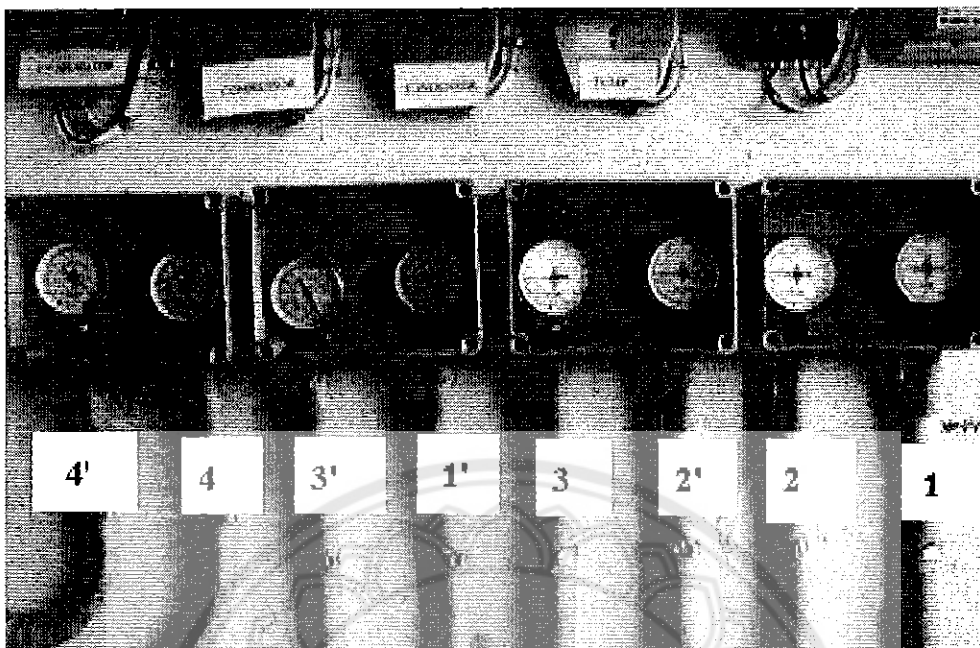
สำหรับทางด้านภายในห้อง (Indoor Unit)

1. ทำการติดตั้ง มาตรวัดความดันสารทำความเย็น (Pressure gage) ที่ทางเข้าทางออกคอยล์เย็น (Evaporator), ทางเข้าทางออกเครื่องอัดไอ (Compressor), ทางเข้าทางออกคอยล์ร้อน (Condenser), และทางเข้าออกควาล์วลดความดัน (Expansion valve)
2. ทำการติดตั้ง มาตรวัดปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้า (Kilowatt hour Meter) ในส่วนของคอยล์เย็น (Evaporator), เครื่องอัดไอ (Compressor), คอยล์ร้อน (Condenser), ปั๊ม (Pump), รวมทั้งหมด Total
3. ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น ที่คอยล์เย็น บริเวณ Supply Air และ Return Air
4. ทำการติดตั้ง (Thermometer) วัดอุณหภูมิของสารทำความเย็น
5. ทำการวัดความเร็วลม ณ ตำแหน่ง Return Air

รายละเอียดการติดตั้งการวัดดังแสดงจากรูปที่ 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12



### 3.3.1.1) ทำการติดตั้ง มาตรวัดความดันของสารทำความเย็น (Pressure gage)



รูปที่ 3.6 ลักษณะการติดตั้ง มาตรวัดความดัน

หมายเลข 4' คือ มาตรวัดความดันที่วัดตรงบริเวณออกจากคอยล์เย็น Evaporator

หมายเลข 4 คือ มาตรวัดความดันที่วัดตรงบริเวณก่อนเข้าคอยล์เย็น Evaporator

หมายเลข 3' คือ มาตรวัดความดันที่วัดตรงบริเวณหลังออกจากวาล์วลดความดัน Expansion valve

หมายเลข 1' คือ มาตรวัดความดันที่วัดตรงบริเวณหลังออกจากเครื่องอัดไอ Compressor

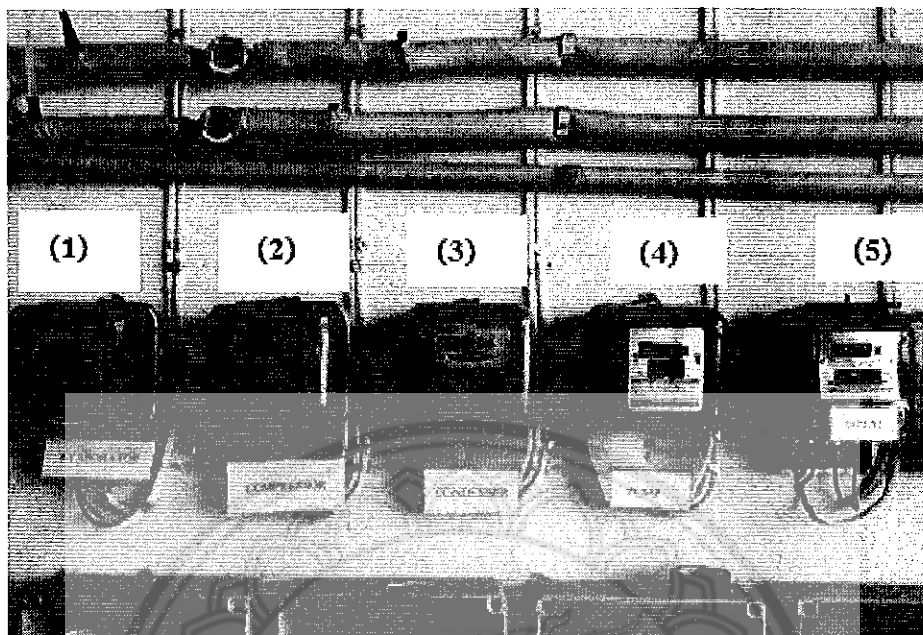
หมายเลข 3 คือ มาตรวัดความดันที่วัดก่อนเข้าวาล์วลดความดัน Expansion valve

หมายเลข 2' คือ มาตรวัดความดันที่วัดตรงบริเวณหลังออกจากคอยล์ร้อน Condenser

หมายเลข 2 คือ มาตรวัดความดันที่วัดตรงบริเวณก่อนเข้าคอยล์ร้อน Condenser

หมายเลข 1 คือ มาตรวัดความดันที่วัดตรงบริเวณก่อนเข้าเครื่องอัดไอ Compressor

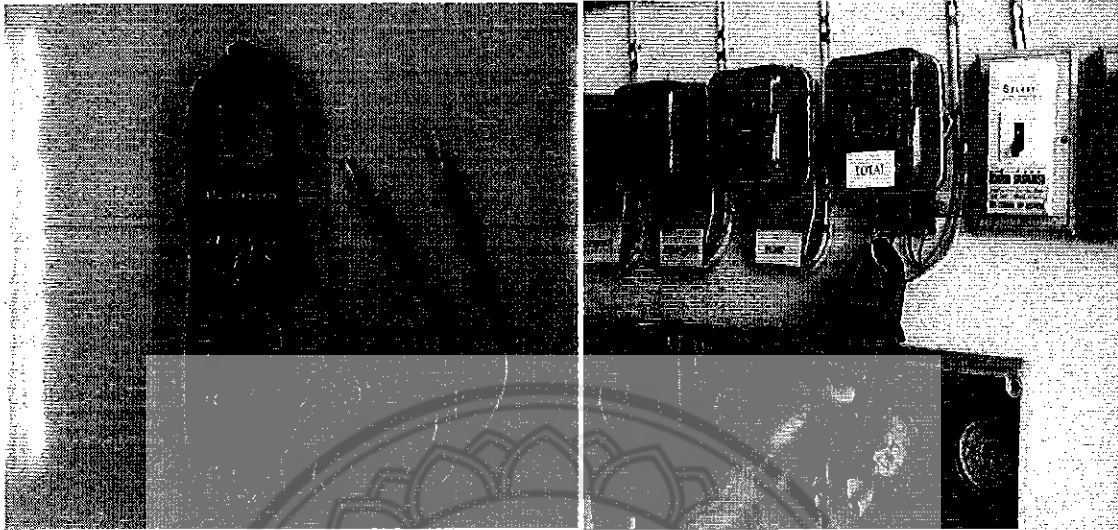
3.3.1.2) ทำการติดตั้ง มาตรวัดปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้า เพื่อวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งระบบของ เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 3.7 ลักษณะการติดตั้ง มาตรวัดปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้า

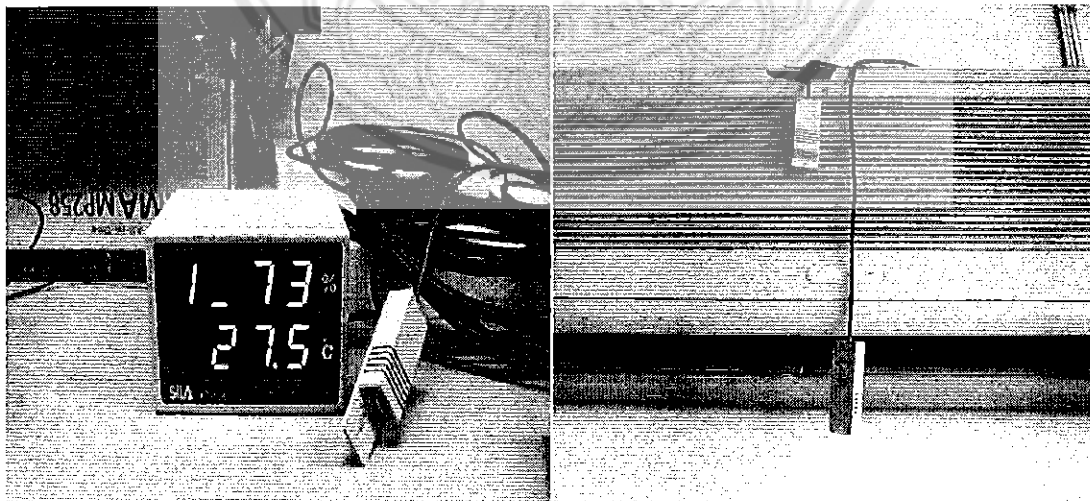
- (1) คือ มาตรวัดค่าพลังงานไฟฟ้าคอยล์เย็น Evaporator
- (2) คือ มาตรวัดค่าพลังงานไฟฟ้าเครื่องอัดไอ Compressor
- (3) คือ มาตรวัดค่าพลังงานไฟฟ้าคอยล์ร้อน Condenser
- (4) คือ มาตรวัดค่าพลังงานไฟฟ้าปั๊ม Pump
- (5) คือ มาตรวัดค่าพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งหมด Total

### 3.3.1.3) อุปกรณ์การวัดกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 3.8 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Kilowatt hour)

### 3.3.1.4) อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ, ความชื้นของอากาศ



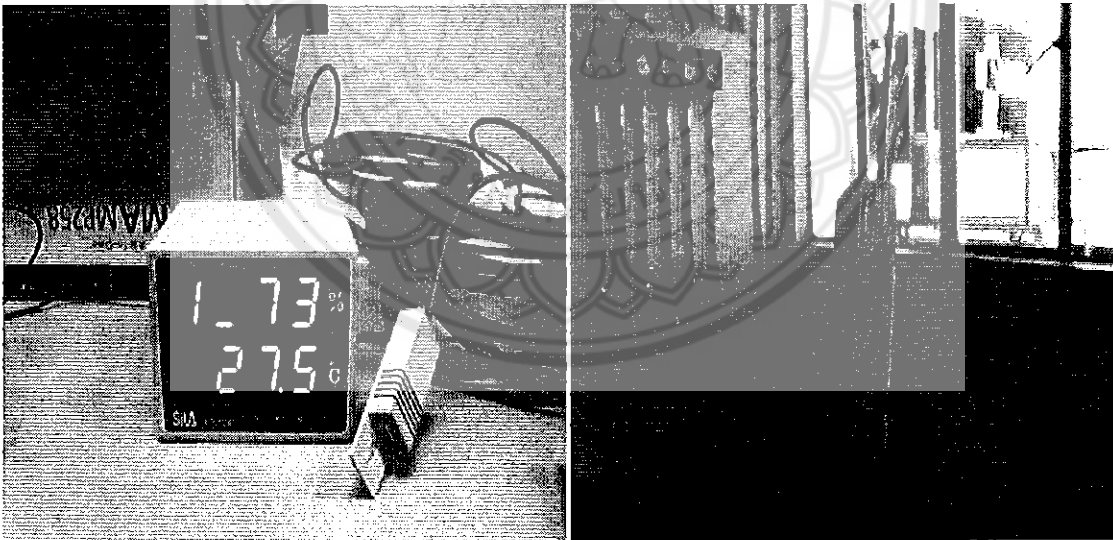
รูปที่ 3.9 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ (รุ่น SILA , AP 104)

### 3.3.1.4) อุปกรณ์การวัดความเร็วลม



รูปที่ 3.10 เครื่องมือวัดความเร็วลม (Thermo-Anemometer)

### 3.3.1.5) วัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้อง (Indoor Unit )



รูปที่ 3.11 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้อง (รุ่น SILA ,AP 104)

### 3.3.1.6) ทำการติดตั้ง (Thermometer) วัดอุณหภูมิของสารทำความเย็น



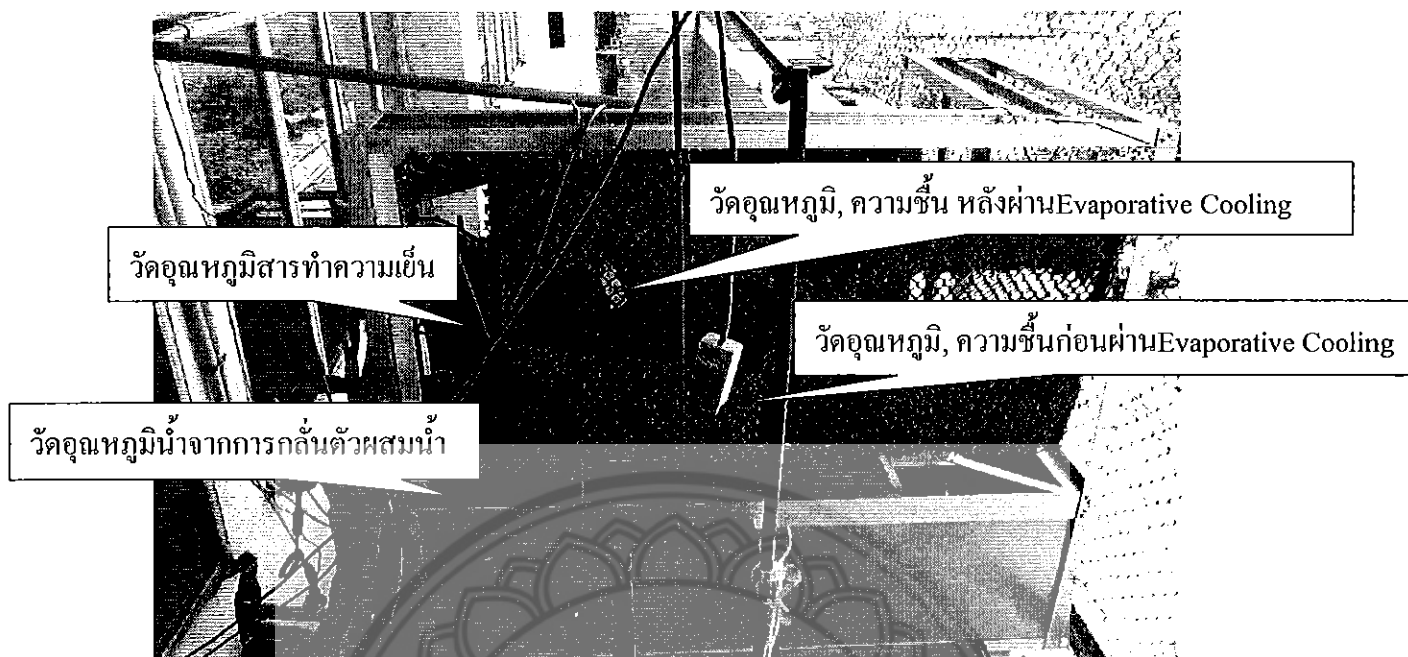
รูปที่ 3.12 ลักษณะการติดตั้ง Thermometer วัดอุณหภูมิของสารทำความเย็น ( Indoor Unit )

### 3.4 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์การวัดค่าภายนอก (Outdoor Unit)

3.4.1) การติดตั้งอุปกรณ์การวัดในส่วนภายนอกห้อง (Outdoor Unit) จากการทดลองของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยมีส่วนที่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อน และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อน ดังแสดงดังรูปที่ 3.13, 3.14



รูปที่ 3.14 ลักษณะการติดตั้งส่วนที่ไม่มีอุปกรณ์ระบายความร้อน ภายนอกห้อง (Outdoor Unit)



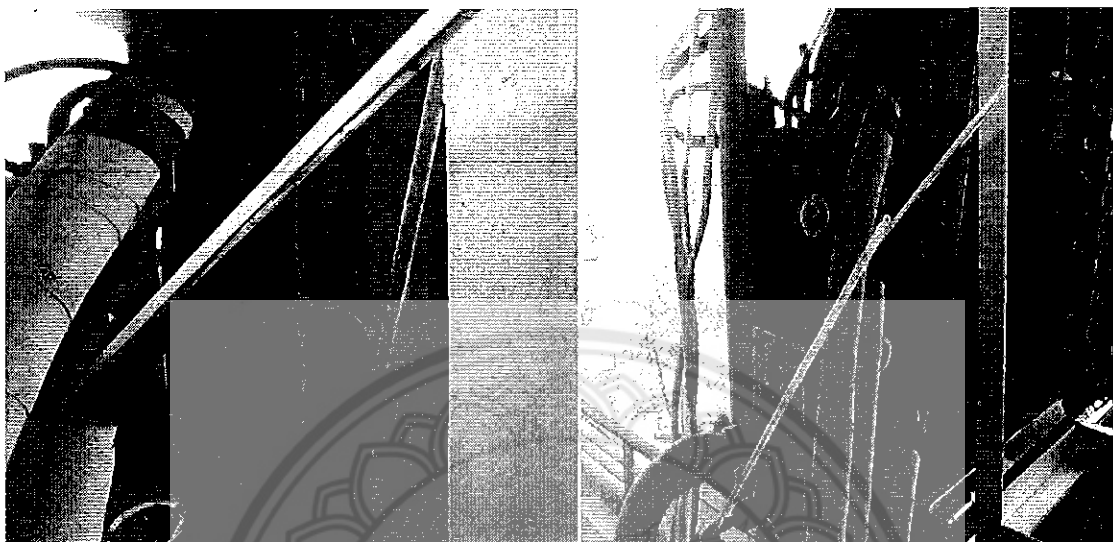
รูปที่ 3.13 ลักษณะการติดตั้งส่วนที่มีอุปกรณ์ระบายความร้อน ภายนอกห้อง (Outdoor Unit)

สำหรับทางด้านภายในห้อง (Indoor Unit)

1. ทำการติดตั้ง Thermometer อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ทางเข้าและออกของเครื่องอัดไอ คอยล์ร้อน วาล์วลดความดัน
2. ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น ของอากาศภายนอกห้อง โดยวัดจากอากาศก่อน-หลังผ่านอุปกรณ์ระบายความร้อน และที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อน
3. ทำการติดตั้ง (Thermometer) วัดอุณหภูมิน้ำกลั่นตัวผสมน้ำ
4. ทำการติดตั้ง (Thermometer) วัดอุณหภูมิของสารทำความเย็น

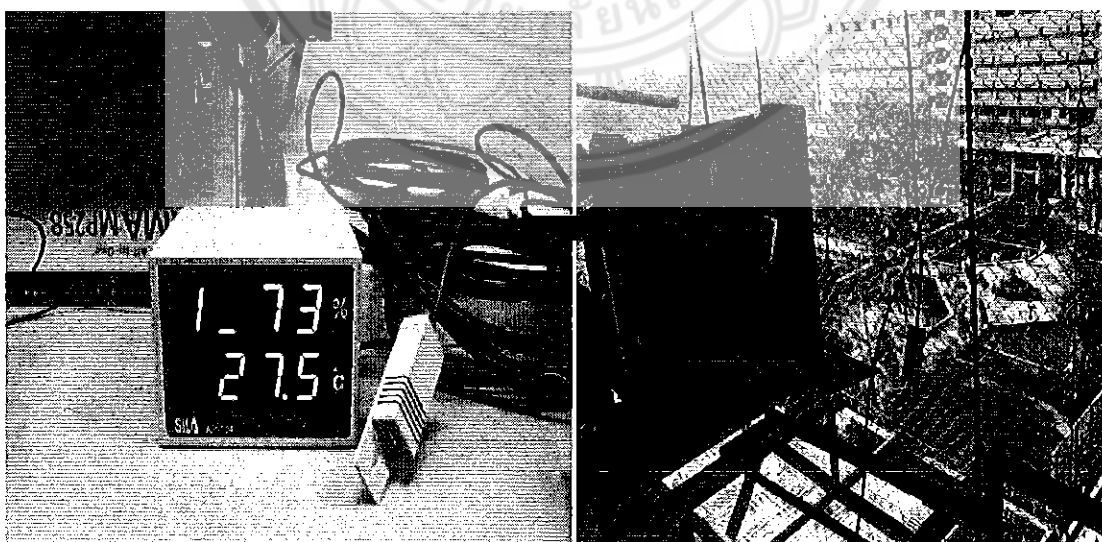
รายละเอียดการติดตั้งการวัดดังแสดงจากรูปที่ 3.15, 3.16, 3.17, 3.18

3.4.1.1) ทำการติดตั้ง Thermometer อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ทางเข้าและออกของ เครื่องอัดไอ คอยล์ ร้อน วาล์วลดความดัน

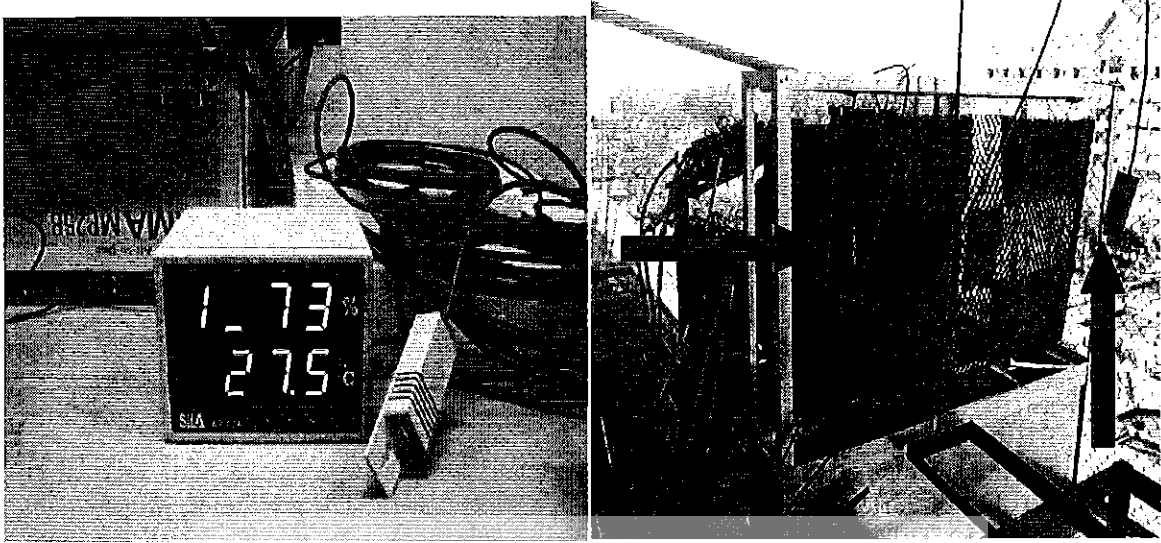


รูปที่ 3.15 ลักษณะการติดตั้ง Thermometer วัดอุณหภูมิของสารทำความเย็น

3.4.1.2) ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอกห้อง โดยวัดจากอากาศก่อน-หลัง ผ่านอุปกรณ์ระบายความร้อน และที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อน

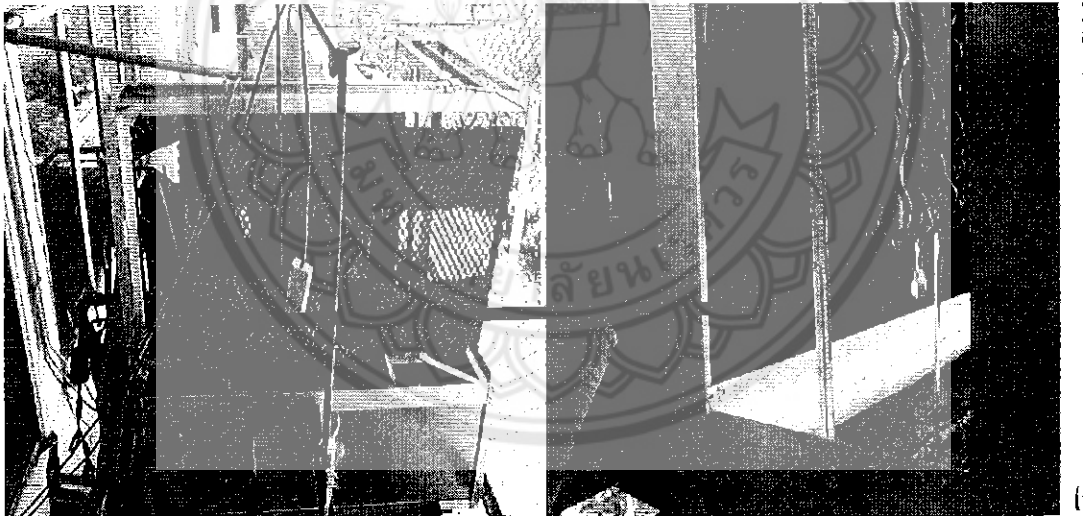


รูปที่ 3.16 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นภายนอกที่ไม่มีชุดระบายความร้อน



รูปที่ 3.17 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นภายนอกที่มีชุดระบายความร้อน

#### 3.4.1.3) ทำการติดตั้ง Thermometer เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำจากการกลั่นตัวผสมน้ำของเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 3.18 ลักษณะการติดตั้ง Thermometer วัดอุณหภูมิของน้ำจากการกลั่นตัวผสมน้ำ (Outdoor Unit)



### 3.5 ข้อสมมติฐานทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1. ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย เท่ากับ 3.75 บาท/kW.hr
2. ชั่วโมงการทำงานในระยะเวลา 1 วัน เท่ากับ 8 hr/Day
3. วันการทำงานในระยะเวลา 1 เดือน เท่ากับ 30 Day/month
4. อายุของโครงการ (n) เท่ากับ 10 ปี
5. ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี (A)

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติ เท่ากับ 0 บาท

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ เท่ากับ 327.6บาท

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว เท่ากับ 882บาท

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง เท่ากับ 88.2 บาท

6. เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total investment) หรือ ( $I_0$ )

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติ เท่ากับ 0 บาท

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ เท่ากับ 1,455 บาท

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว เท่ากับ 1,455 บาท

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรง เท่ากับ 65 บาท

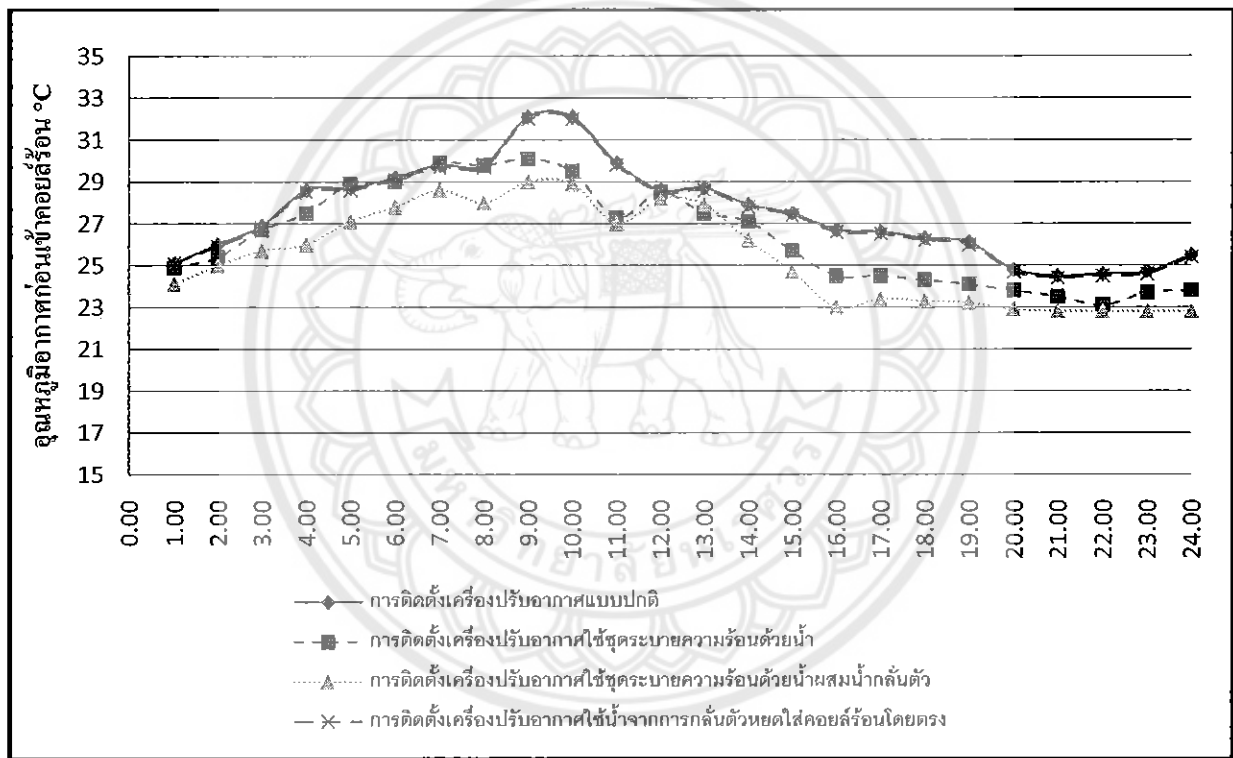
7. อัตราลดค่า (discount rate) หรือ (i) เท่ากับ 10 %
8. ไม่คิดคำนวณค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ชุดระบายความร้อน

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์

#### 4.1 อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน

ในกระแสน้ำอากาศที่ผ่านเข้าสู่คอยล์ร้อนจะไม่อึดตัวซึ่งมีค่าความชื้นจำเพาะ  $\omega$  และอุณหภูมิ  $T$  ไหลผ่านอย่างคงตัว ขณะที่อากาศผ่านชุดอุปกรณ์ระบายความร้อนนั้น น้ำบางส่วนจะระเหยและผสมเข้ากับกระแสของอากาศปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในอากาศจะเพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการและอุณหภูมิของอากาศจะลดลง

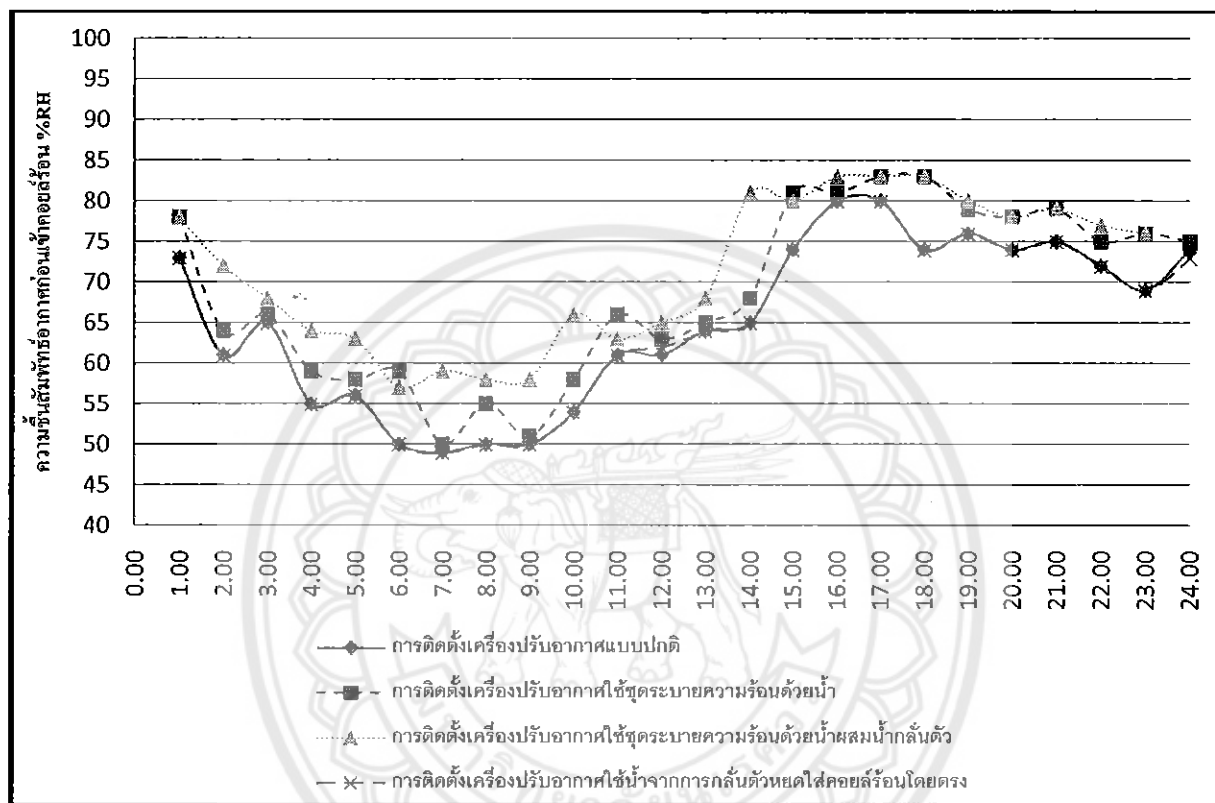


รูปที่ 4.1 อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน

จากรูปที่ 4.1 จากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ พบว่าการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว และการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถทำให้อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนลดต่ำลง เนื่องจากอากาศเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับชุดอุปกรณ์ระบายความร้อน แต่ในส่วนของ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติและการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง จะไม่มีผลต่อการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน แต่จะมีผลต่อการลดอุณหภูมิสารทำความเย็น โดยตรง ดังแสดงได้ในรูปที่ 4.1

## 4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน

ความชื้นสัมพัทธ์คือ การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณความชื้น ที่อากาศขณะนั้นมีอยู่ต่อปริมาณความชื้นที่อากาศขณะนั้นสามารถรับได้ ณ อุณหภูมินั้นๆ พิจารณา ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน (%RH) จากการทดลองทั้ง 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

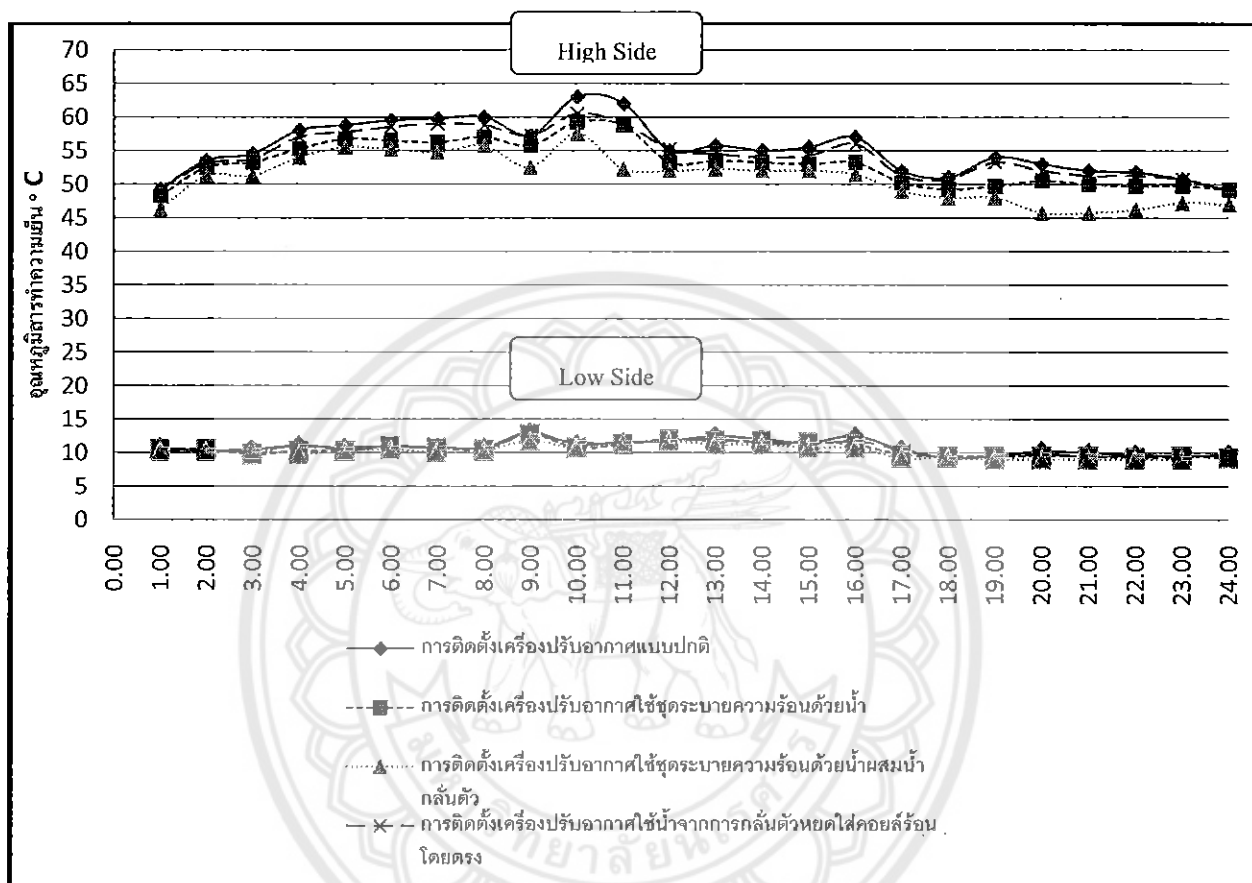


รูปที่ 4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน

จากรูปที่ 4.2 จากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ พบว่าการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ซูระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว และการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ซูระบายความร้อนด้วยน้ำ สามารถทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนสูงขึ้น เนื่องจากอุปกรณ์ช่วยในการระบายความร้อนจะเป็นกระบวนการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้น แต่ในส่วนของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติและการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง จะไม่มีผลต่อการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ แต่จะมีผลต่อการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นโดยตรง ดังแสดงได้รูปที่ 4.2

#### 4.3 อุณหภูมิของสารทำความเย็นทางด้าน ความดันสูง-อุณหภูมิสูง และ ความดันต่ำ-อุณหภูมิต่ำ

พิจารณาอุณหภูมิของสารทำความเย็น ในส่วนของทางด้าน ความดันสูง-อุณหภูมิสูง และด้าน ความดันต่ำ-อุณหภูมิต่ำ ชุดอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศและลดอุณหภูมิสารทำความเย็น จากการทดลองทั้ง 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

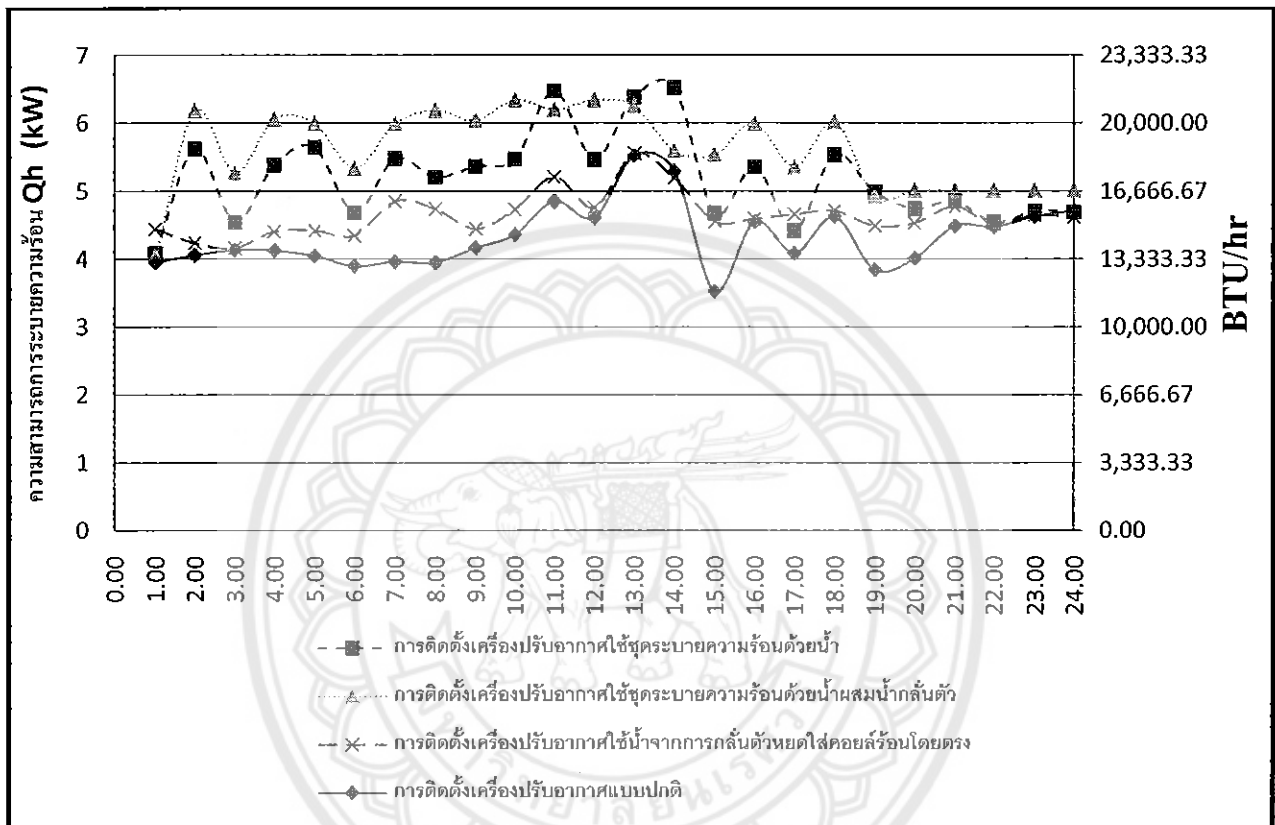


รูปที่ 4.3 อุณหภูมิของสารทำความเย็นทางด้านความดันสูง-อุณหภูมิสูง และความดันต่ำ-อุณหภูมิต่ำ

จากรูปที่ 4.3 จากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ พิจารณาทางด้านความดันสูง-อุณหภูมิสูง พบว่าการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว จะมีอุณหภูมิของสารทำความเย็นต่ำที่สุด รองลงมาเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ ต่อมาเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรง และสุดท้ายเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการแลกเปลี่ยนความร้อนของสารทำความเย็นบริเวณคอยล์ร้อนสามารถทำได้ดี เพราะอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิสูง และการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรง เนื่องจากมีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนน้อยจึงทำให้ไม่สามารถลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นได้มากนัก ในส่วนทางด้านความดันต่ำ-อุณหภูมิต่ำ การทดลองทั้ง 4 แบบนั้น จะมีอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ใกล้เคียงกันโดยเฉลี่ย ทั้งนี้เพราะการทดลองไม่ได้เข้าไปปรับปรุงในส่วนด้านความดันต่ำ-อุณหภูมิต่ำ

#### 4.4 การระบายความร้อนในส่วนคอยล์ร้อน ( $Q_H$ )

ความสามารถในการทำความร้อน( $Q_H$ ) คือ ระบายความร้อนออกสู่อากาศภายนอกห้องปรับอากาศ การระบายความร้อนพิจารณาจาก อัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นในส่วนคอยล์ร้อน จากการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้ง 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

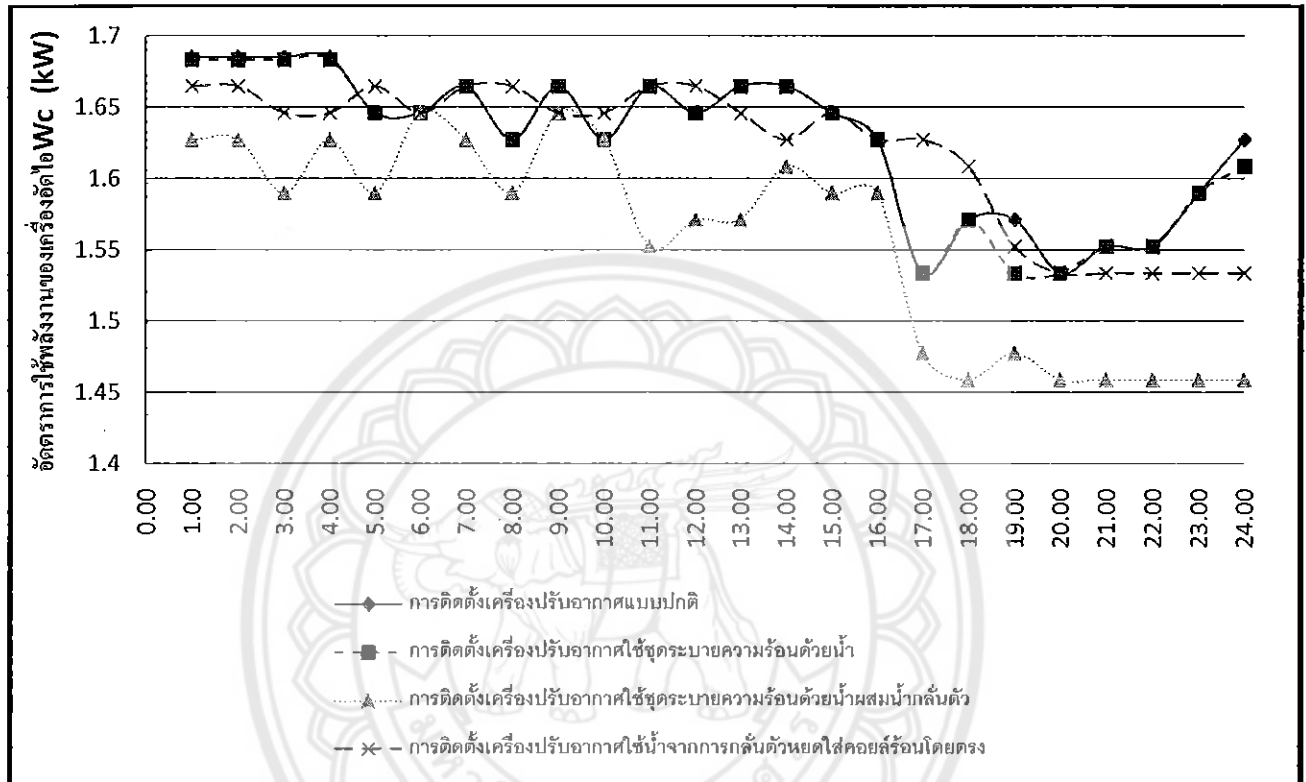


รูปที่ 4.4 การระบายความร้อนในส่วนคอยล์ร้อน ( $Q_H$ )

จากรูปที่ 4.4 จากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ พบว่าการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนสูงสุด รองลงมาเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ ต่อมาเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหอคอยใส่คอยล์ร้อนโดยตรง สุดท้ายคือการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติ ทั้งนี้เนื่องจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นได้ดีกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิสูง ในส่วนของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหอคอยใส่คอยล์ร้อน โดยตรงนั้น สามารถลดอุณหภูมิของสารทำความเย็น ได้ระดับหนึ่ง เพราะมีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน

#### 4.5 อัตราการใช้พลังงานของเครื่องอัดไอ ( $W_c$ )

อัตราการใช้พลังงานของเครื่องอัดไอ คือ กำลังงานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอ โดยทำการพิจารณาจากอัตราการใช้กำลังงานของเครื่องอัดไอที่สภาวะต่างๆ จากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ทั้ง 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.5

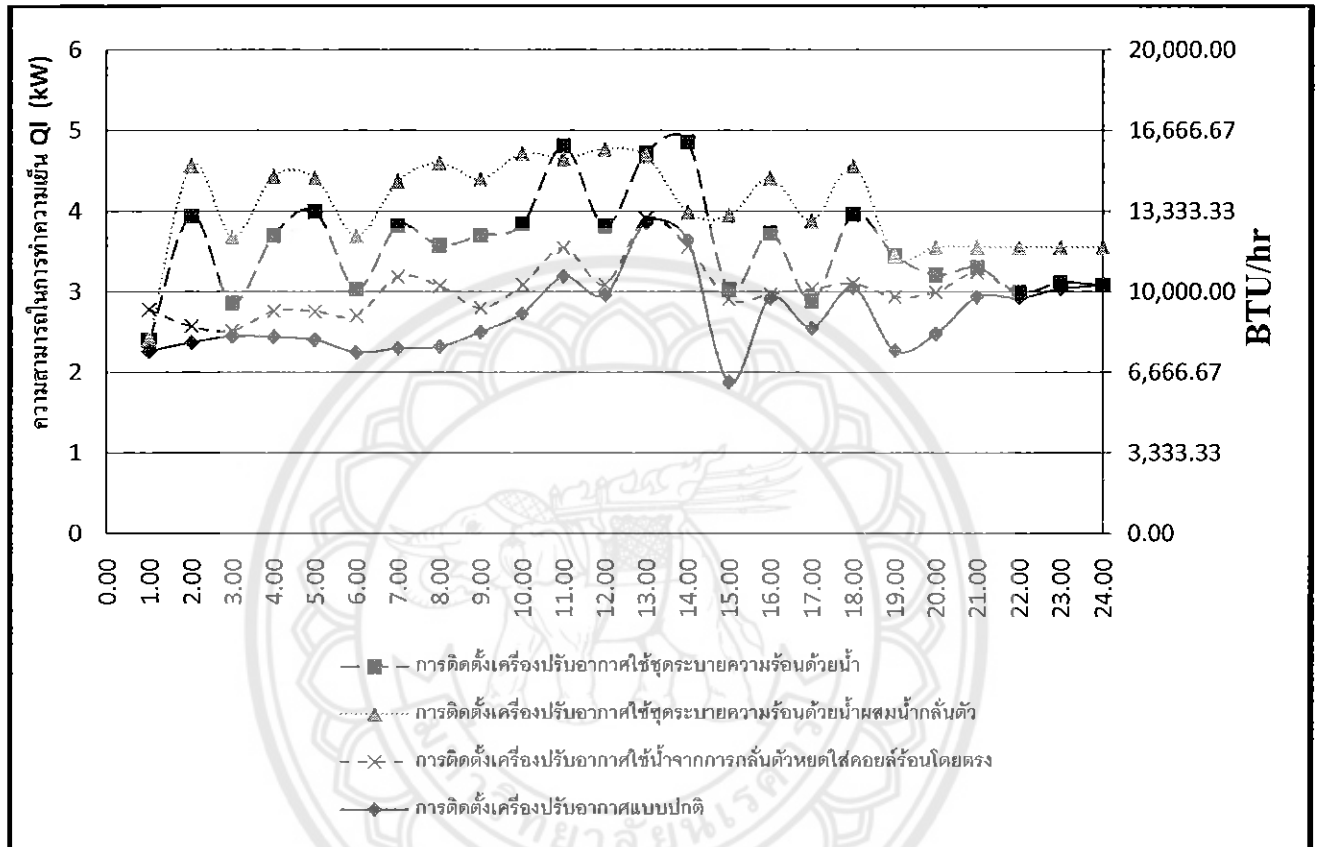


รูปที่ 4.5 อัตราการใช้พลังงานสุทธิ ( $W_c$ )

จากรูปที่ 4.5 จากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ จะพบว่าการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติจะมีการใช้กำลังงานที่ป้อนเข้าสู่เครื่องอัดไอสูงที่สุด รองลงมาคือการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง และการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ สุดท้ายคือ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว มีการใช้กำลังงานที่ป้อนเข้าสู่เครื่องอัดไอต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นได้ดีกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิสูง จึงทำให้เครื่องอัดไอใช้กำลังงานน้อยลงในการทำความเย็น ในส่วนของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรงนั้น สามารถลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นได้ระดับหนึ่ง เพราะมีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน

#### 4.6 การทำความเย็นในส่วนคอยล์เย็น ( $Q_L$ )

ความสามารถในการทำความเย็น ( $Q_L$ ) คือการระบายความร้อนภายในห้องที่ต้องการปรับอากาศโดยการทำความเย็นนั้นจะพิจารณาได้จาก การถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นในส่วนของคอยล์เย็น จากการทดลองทั้ง 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.6

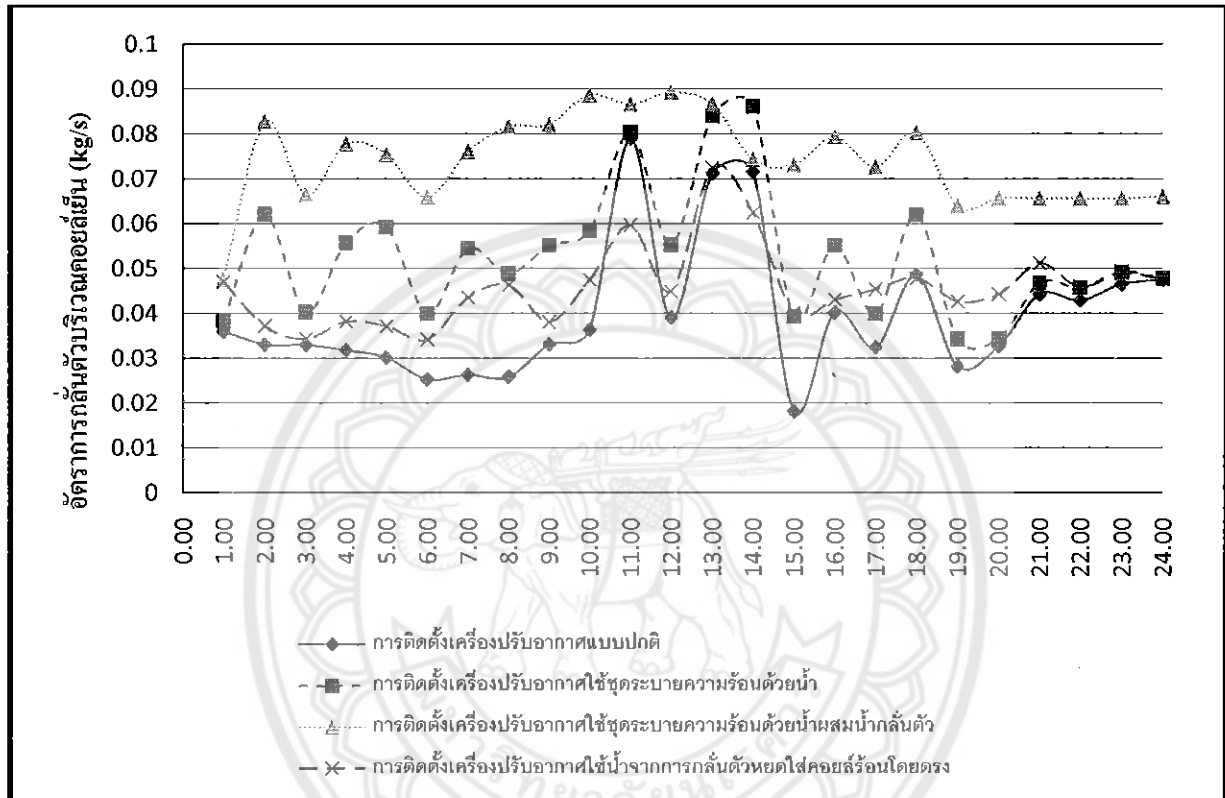


รูปที่ 4.6 การทำความเย็นในส่วนคอยล์เย็น ( $Q_L$ )

จากรูปที่ 4.6 จากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ พบว่าการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวมีความสามารถในการทำความเย็นสูงสุด รองลงมาเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ ต่อมาเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง สุดท้ายเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นบริเวณคอยล์ร้อนมีประสิทธิภาพสูง ส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็นได้สูงขึ้น ในส่วนการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรงนั้น สามารถลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นได้ระดับหนึ่ง จึงทำให้ความสามารถในการทำความเย็นไม่สูงมากนัก

#### 4.7 อัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น

อัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็นจะขึ้นอยู่กับอัตราความชื้นกับมวลของอากาศแห้ง โดยพิจารณาอัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น จากการทดลองการทำความเย็นทั้ง 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



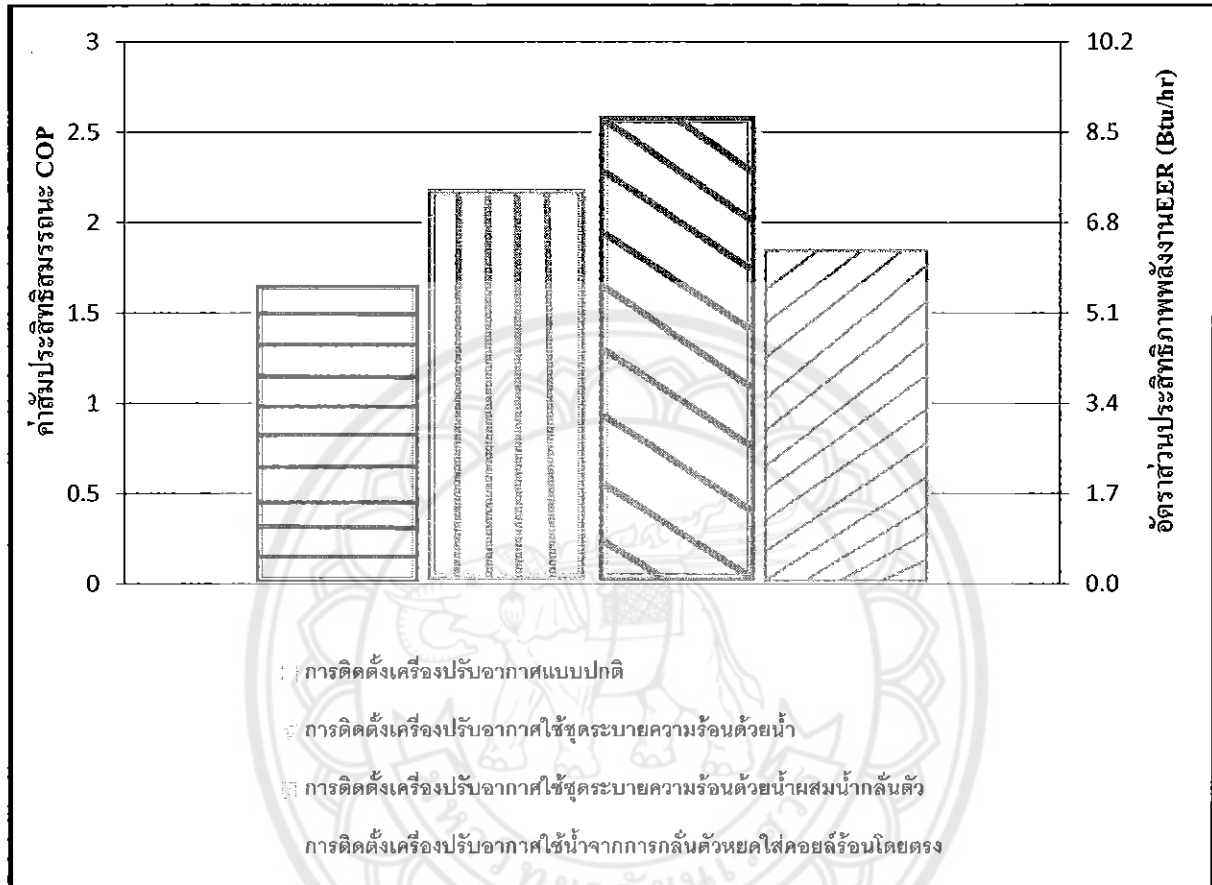
รูปที่ 4.7 อัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็น

จากรูปที่ 4.7 จากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ พบว่า พบว่าการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว และการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ มีอัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็นที่สูง ส่วนของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติ และการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง จะมีอัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็นที่ต่ำ เนื่องจากอัตราการกลั่นตัวของน้ำบริเวณคอยล์เย็นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนความชื้น ( $\omega$ ) หรือ อัตราส่วนระหว่าง มวลของไอน้ำ ( $m_v$ ) และ มวลของอากาศแห้ง ( $m_{da}$ ) ดังแสดงได้จากรูปที่ 4.3



#### 4.8 ผลของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

จากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ โดยนำค่าความสามารถในการทำความเย็นและพลังงานไฟฟ้า นำค่าไปแทนในสมการแล้วแสดงได้ดังรูปที่ 4.8

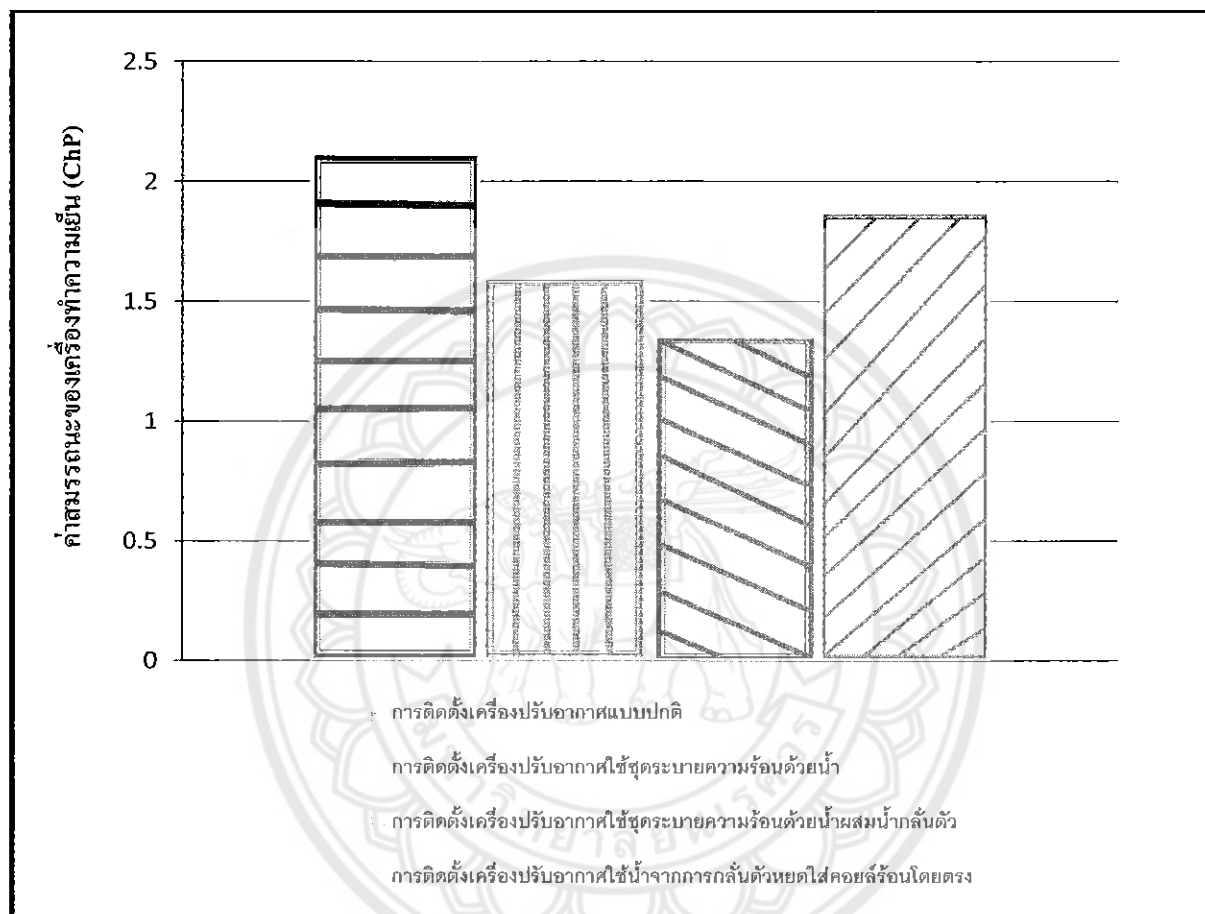


รูปที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

เนื่องจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว และการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ สามารถลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนให้ต่ำลง ทำให้ความสามารถระบายความร้อนของสารทำความเย็นบริเวณคอยล์ร้อนดีขึ้น ส่งผลทำให้ความสามารถในการทำความเย็นสูงขึ้นและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง จึงทำให้ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศมีค่าสูงขึ้น ในส่วนของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรงจะสามารถเพิ่มค่า COP ได้ในระดับหนึ่งแต่ไม่สูงมากนัก เพราะขึ้นอยู่กับข้อจำกัดในด้านพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีน้อย และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) นั้นจะมีความสัมพันธ์กันกับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) แบบแปรผันตรง ดังแสดงในรูปที่ 4.8

#### 4.9 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (ChP)

สมรรถนะเครื่องทำความเย็น คืออัตราส่วนระหว่างกำลังงานที่ป้อนให้คอมเพรสเซอร์มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW) ต่อด้วยความสามารถในการทำความเย็นมีหน่วยเป็นตันความเย็น (TON) พิจารณาจากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ ดังรูปที่ 4.9

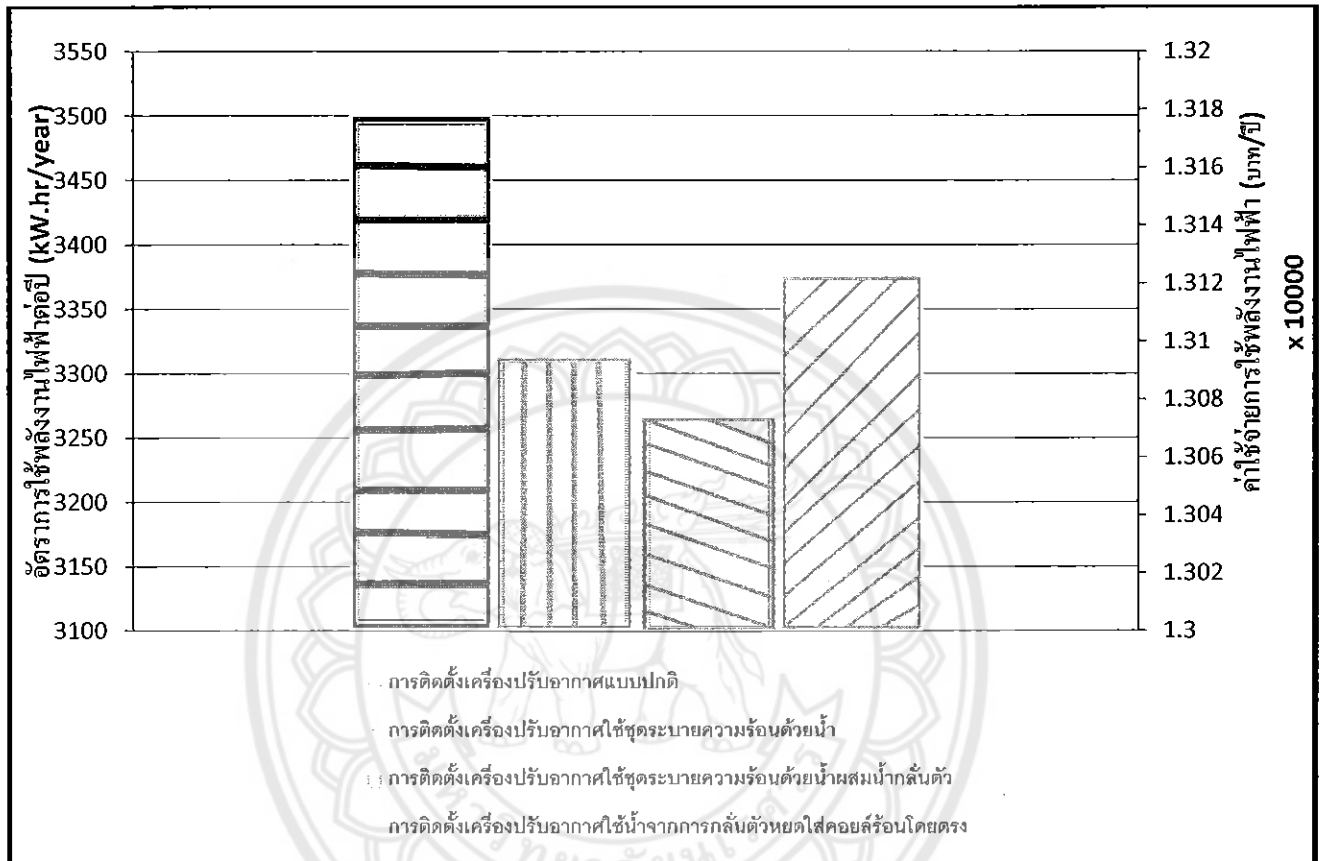


รูปที่ 4.9 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (ChP)

พิจารณาจากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ จะเห็นได้ว่าค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (ChP) การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติจะมีค่า (ChP) สูงสุด รองลงมาเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลับตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรง ถัดไปเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ และสุดท้ายคือการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว จะมีค่า (ChP) ต่ำสุด เนื่องจากสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นขึ้นอยู่กับอัตราการใช้พลังงาน กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น โดยเมื่อมีสามารถทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศบริเวณคอยล์ร้อนดีขึ้น สารทำความเย็นก็จะมีอุณหภูมิที่ต่ำลง เครื่องปรับอากาศจึงสามารถทำความเย็นที่กำหนดไว้ได้เร็ว ส่งผลให้กำลังที่ใช้ในการทำความเย็นลดต่ำลงที่ภาระการทำความเย็นเท่าเดิม ดังนั้นค่า ChP จึงลดลง

#### 4.10 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี และค่าใช้จ่ายอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี

พิจารณาอัตราใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีจากการทดลองการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 แบบ เมื่อนำค่ามาเขียนกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีและค่าใช้จ่ายอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี

จากรูปที่ 4.10 แสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสุทธิที่สถานะเดียวกันในระยะเวลาปี โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติจะมีการใช้อัตราการพลังงานสูงสุด รองลงมาคือ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรง ถัดไปเป็นการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ และน้อยที่สุดคือการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิอากาศผ่านชุดระบายความร้อนจะมีอุณหภูมิอากาศที่ลดลง ทำให้คอยล์ร้อนระบายความร้อนได้ดีขึ้น ส่งผลต่อการทำความเย็นที่อุณหภูมิกำหนดสามารถทำได้เร็วขึ้น และทำให้เครื่องปรับอากาศหยุดทำงานเร็วกว่าปกติ ส่งผลให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง และค่าใช้จ่ายอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย

#### 4.11 ระยะเวลาคืนทุนและผลตอบแทนการลงทุน

จะพิจารณาระยะเวลาคืนทุนในส่วนเครื่องปรับอากาศแต่ละสถานะที่เครื่องปรับอากาศมีอุณหภูมิจากการทดลองทั้ง 4 แบบ ดังแสดงในตาราง 4.1 ตารางระยะเวลาคืนทุนและผลตอบแทนการลงทุน

| ประเภทการทดลอง    | 1) การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติ | 2) การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ | 3) การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว | 4) การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง |
|-------------------|--------------------------------------|---|---|--|
| 1. ค่าไฟฟ้า       | 13,129.2 บาท/ปี                      | 12,801.6 บาท/ปี   | 12,247.2 บาท/ปี   | 13,040.4 บาท/ปี  |
| 2. ผลการประหยัด   | -                                    | 327.6 บาท/ปี  | 882 บาท/ปี  | 88.2 บาท/ปี  |
| 3. งบประมาณ       | -                                    | 1,455 บาท   | 1,455 บาท   | 65 บาท   |
| 4. ระยะเวลาคืนทุน | -                                    | 4.4 ปี  | 1.6 ปี  | 2.2 ปี   |
| 5. NPV            | -                                    | 558 บาท   | 3,965 บาท   | 477 บาท  |
| 6. FIRR           | -                                    | 18.726%   | 60.08%  | 99.07%   |

จากตารางข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถประหยัดได้ค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าได้ 27.3บาท/เดือน ระยะเวลาคืนทุน 4.4 ปี และการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวสามารถประหยัดได้ค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าได้ 73.5บาท/เดือน ระยะเวลาคืนทุน 1.6 ปี ในส่วนของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรง นั้นสามารถประหยัดได้ค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าได้ 7.35บาท/เดือน ระยะเวลาคืนทุน 2.2 ปี ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากผลสามารถอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนให้ต่ำลง ทำให้การถ่ายเทความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนสามารถทำได้ดี ความสามารถในการทำความเย็นสูง จึงทำให้ลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลง จากการวิเคราะห์ค่าของ NPV และ FIRR นั้นสามารถบ่งบอกได้ว่าการทดลองในการออกแบบทั้ง 3 แบบมีความคุ้มค่าในการลงทุนโครงการ ดังแสดงในตาราง 4.1 ตารางระยะเวลาคืนทุนและผลตอบแทนการลงทุน

## บทที่ 5

### สรุป วิเคราะห์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์คือ นำน้ำจากการกลั่นตัวของเครื่องปรับอากาศมาช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าสู่คอยล์ร้อน โดยผ่านชุดอุปกรณ์ที่ช่วยระบายความร้อน และลดอุณหภูมิของสารทำความเย็น โดยการหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรง และทำการเปรียบเทียบการใช้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

โดยการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองออกได้เป็น 4 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบปกติ

กรณีที่ 2 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

กรณีที่ 3 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว

กรณีที่ 4 ทดสอบเครื่องปรับอากาศใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรง

สรุปผลการทดลอง เทียบกับกรณีที่ 1(ทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบปกติ)

| รายการ   | กรณีที่ 1 | กรณีที่ 2      | กรณีที่ 3      | กรณีที่ 4      |
|--|-----------|----------------|----------------|----------------|
| อุณหภูมิก่อนเข้าคอยล์ร้อน(C)                   | 27.5      | 26.3 (-4%)     | 25.4 (-7%)     | 27.5 (0%)      |
| ความชื้นสัมพัทธ์ก่อนเข้าคอยล์ร้อน(%RH)         | 65        | 68 (+4%)       | 71 (+9%)       | 65 (0%)        |
| ความสามารถในการระบายความร้อน $Q_H$ (kW)        | 4.3       | 5.1 (+21%)     | 5.6 (+24%)     | 4.6 (+7%)      |
| อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า $W_c$ (kW)             | 1.62      | 1.61 (-3%)     | 1.5 (-7%)      | 1.6 (-1%)      |
| ความสามารถในการทำความเย็น $Q_L$ (kW)           | 2.6       | 3.5 (+25%)     | 4 (+43%)       | 3 (+10%)       |
| อัตราการกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็น (kg/s)         | 0.03      | 0.053 (+43%)   | 0.074 (+59%)   | 0.046 (+34%)   |
| ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP                     | 1.6       | 2.1 (+27%)     | 2.6 (+34%)     | 1.8 (+9%)      |
| อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน EER                | 5.6       | 7.5 (+24%)     | 8.8 (+36%)     | 6.3 (+11%)     |
| ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น ChP             | 2.1       | 1.5 (-24%)     | 1.3 (-36%)     | 1.8 (-12%)     |
| อัตราใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kW.hr/year)         | 3,500     | 3,410 (-2%)    | 3,260 (-7%)    | 3,370 (-3%)    |
| ค่าใช้จ่ายอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี(บาท/ปี) | 13,180    | 13,140 (-0.3%) | 13,070 (-0.8%) | 13,120 (-0.4%) |

5.1.1) อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน จากการทดลองพบว่า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวและที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำนั้น สามารถลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนได้ ในส่วนของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบปกติและใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรงนั้น ไม่มีส่วนช่วยในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อน

5.1.2) ความสามารถในการระบายความร้อนในส่วนของคอยล์ร้อน ( $Q_H$ ) จากการทดลองพบว่า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว, ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำและใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรงนั้น มีความสามารถในการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นทางด้าน High Side ของระบบปรับอากาศ โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวสามารถลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นทางด้าน High Side ได้ต่ำที่สุด

5.1.3) อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า ( $W_e$ ) จากการทดลองพบว่า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว, ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำและใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรงนั้น มีความสามารถในการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นทางด้าน High Side ของระบบปรับอากาศ จึงส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็นในส่วนของคอยล์เย็นสูงขึ้น สามารถทำความเย็นในอุณหภูมิที่กำหนดเร็วได้ขึ้น จึงทำให้เกิดการหยุดทำงานของเครื่องอัดไออนานขึ้น อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงลดลง โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด

5.1.4) ความสามารถในการทำความเย็น ( $Q_L$ ) จากการทดลองพบว่า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว, ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำและใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรงนั้น มีความสามารถในการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นทางด้าน High Side ของระบบปรับอากาศ ส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็นในส่วนของคอยล์เย็นสูงขึ้น โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวมีความสามารถในการทำความเย็นสูงที่สุด

5.1.5) อัตราการกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็น จากการทดลองพบว่า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว, ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำและใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรงนั้น มีความสามารถในการทำความเย็นในส่วนของคอยล์เย็นสูงขึ้น และทำให้อัตราการกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็นเพิ่มสูงขึ้น โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวมีอัตราการกลั่นตัวบริเวณคอยล์เย็นสูงที่สุด

5.1.6) ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) จากการทดลองพบว่า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว, ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำและใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อนโดยตรงนั้น มีความสามารถในการระบายความร้อนในส่วนของคอยล์ร้อนดีขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็นในส่วนของคอยล์เย็นสูงขึ้นและอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง ดังนั้นจึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) สูงขึ้น โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) สูงที่สุด

5.1.7) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) จากการทดลองพบว่า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว, ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำและใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรงนั้น เมื่อการระบายความร้อนในส่วนของคอยล์ร้อนดีขึ้นจะส่งผลให้ ในการใช้พลังงานไฟฟ้าป้อนให้กับระบบปรับอากาศเท่าเดิม นั้นสามารถทำความเย็นได้สูงขึ้น นั่นก็คือ ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) จะสูงขึ้น โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวมีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) สูงที่สุด

5.1.8) ค่าสมรรถนะเครื่องทำความเย็น (ChP) การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว, ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำและใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรงนั้นเมื่อการระบายความร้อนในส่วนของคอยล์ร้อนดีขึ้น จะส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็นถึงภาระการทำความเย็นที่กำหนดไว้ จะมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่ระบบปรับอากาศที่ลดลง นั่นก็คือ ค่าค่าสมรรถนะเครื่องทำความเย็น (ChP) จะลดต่ำลง โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัวมีค่าสมรรถนะเครื่องทำความเย็น (ChP) ต่ำที่สุด

5.1.9) อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี และค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานไฟฟ้า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำผสมน้ำกลั่นตัว, ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำและใช้น้ำจากการกลั่นตัวหยดใส่คอยล์ร้อน โดยตรงนั้น เนื่องจากอัตราการใช้พลังงานสุทธิที่ป้อนเข้าสู่ระบบเครื่องปรับอากาศลดลง ดังนั้นจึงส่งผลให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีนอกจากนี้แล้วยังส่งผลต่อค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงด้วย

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1) ทำการปรับปรุงชุดระบายความร้อนกับการระบายน้ำจากการกลั่นตัวผสมน้ำ ให้ง่ายต่อการติดตั้ง และเหมาะสมกับทุกสภาพพื้นที่

5.2.2) ทำการศึกษาเพิ่มเติมกรณีคอยล์ร้อนอยู่สูงกว่าคอยล์เย็น ในการนำน้ำจากการกลั่นตัวไปใช้ในการลดอุณหภูมิของอากาศ และลดอุณหภูมิของสารทำความเย็น

### 5.3 การวิจารณ์ผลการทดลอง

- 5.3.1) ในกรณีที่ใช้ น้ำจากการกลั่นตัวมาหล่อเย็นคอยล์ร้อนโดยตรงนั้น มีผลเสียในระยะยาว เนื่องจากความชื้นรวมตัวกับออกซิเจนจะทำให้เกิดสนิม อาจทำให้คอยล์ร้อนเกิดการผุกร่อนของท่อสารทำความเย็นได้
- 5.3.2) ควรมีมาตรการรองรับในกรณีที่น้ำจากการกลั่นตัวมีปริมาณน้อย โดยการมีระบบเติมน้ำอัตโนมัติ เพื่อป้องกันการการทำงานโดยไม่มีน้ำของปั๊มน้ำ

### 5.4 การพัฒนาโครงการในอนาคต

- 5.4.1) ปรับปรุงในกรณีที่น้ำกลั่นตัวไม่เพียงพอจะมีระบบช่วยเติมน้ำอัตโนมัติ โดยใช้ระบบลูกลอย
- 5.4.2) ปรับปรุงการถ่ายเทความร้อนของน้ำจากการกลั่นตัว ไม่ให้เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างท่อ น้ำโดยการหุ้มฉนวน
- 5.4.3) ปรับปรุง โครงสร้างให้เหมาะสมกับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
- 5.4.4) เพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับน้ำจากการกลั่นตัวโดยตรง ในกรณีใช้น้ำหล่อเย็นคอยล์ร้อน
- 5.4.5) พัฒนาในอุปกรณ์ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อใช้ทางด้านเชิงพาณิชย์



## บรรณานุกรม

1. ศิษย์ภักดิ์ แคนลา เอกสารประกอบการสอน วิชาวิศวกรรมทำความเย็น.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. นาย พรพัฒน์ อยู่สา นาย ไกรสร กุลสุพรรณรัตน์ นาย นัฐพงศ์ เขียวน้อย การเพิ่มประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศ. ปรียญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. ไพบุลย์ หังสพฤกษ์และเฮอิไซโต. การปรับอากาศ.พิมพ์ครั้งที่5.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ดวงกมล,2532.
4. ชนะเลิศ องค์กรนสุข และ ผศ. อุชากร จิรกาวิสาน. สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ.กรุงเทพมหานคร:2539.
5. ดร.วิทยา ยงเจริญ และ ธนุ วิบูลญนนท์. พื้นฐานการทำความเย็นและการปรับอากาศ.พิมพ์ครั้งที่4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2544.
6. วิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. วารสารวิชาการฉบับที่ 14.กรุงเทพมหานคร
7. McGraw-hill. Hand book of Air Conditioning System,1965







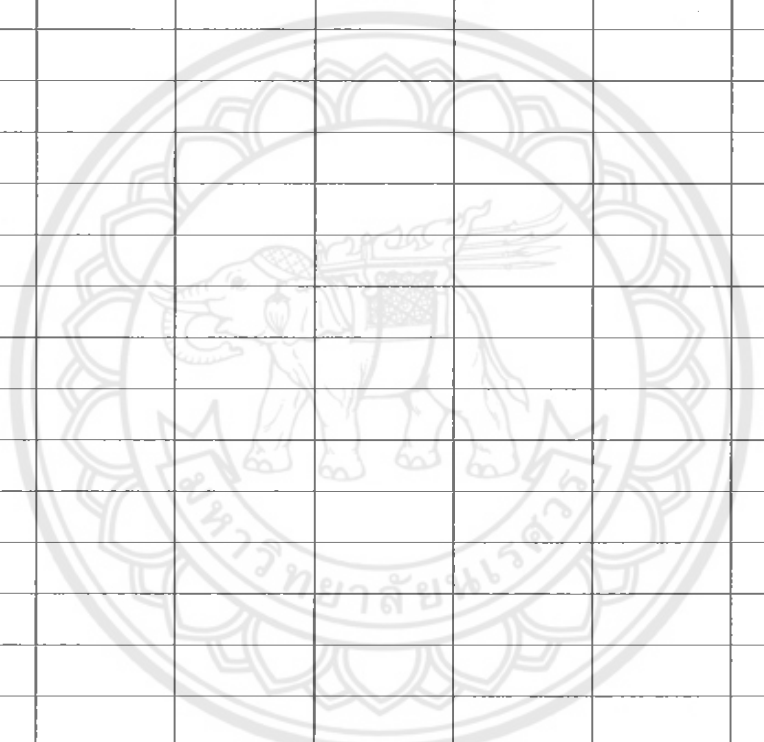


ตารางบันทึกผลการทดลอง อุณหภูมิกระเปาะแห้ง , %RH

วันที่ทำการทดลอง.....เวลา.....อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม.....C

อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ.....C ชุดอุปกรณ์ทดสอบ.....

| เวลา | ตำแหน่งที่ 1 |     | ตำแหน่งที่ 2 |     | ตำแหน่งที่ 3 |     | เฉลี่ย |     |
|------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------|-----|
|      | CDB          | %RH | CDB          | %RH | CDB          | %RH | CDB    | %RH |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |
|      |              |     |              |     |              |     |        |     |



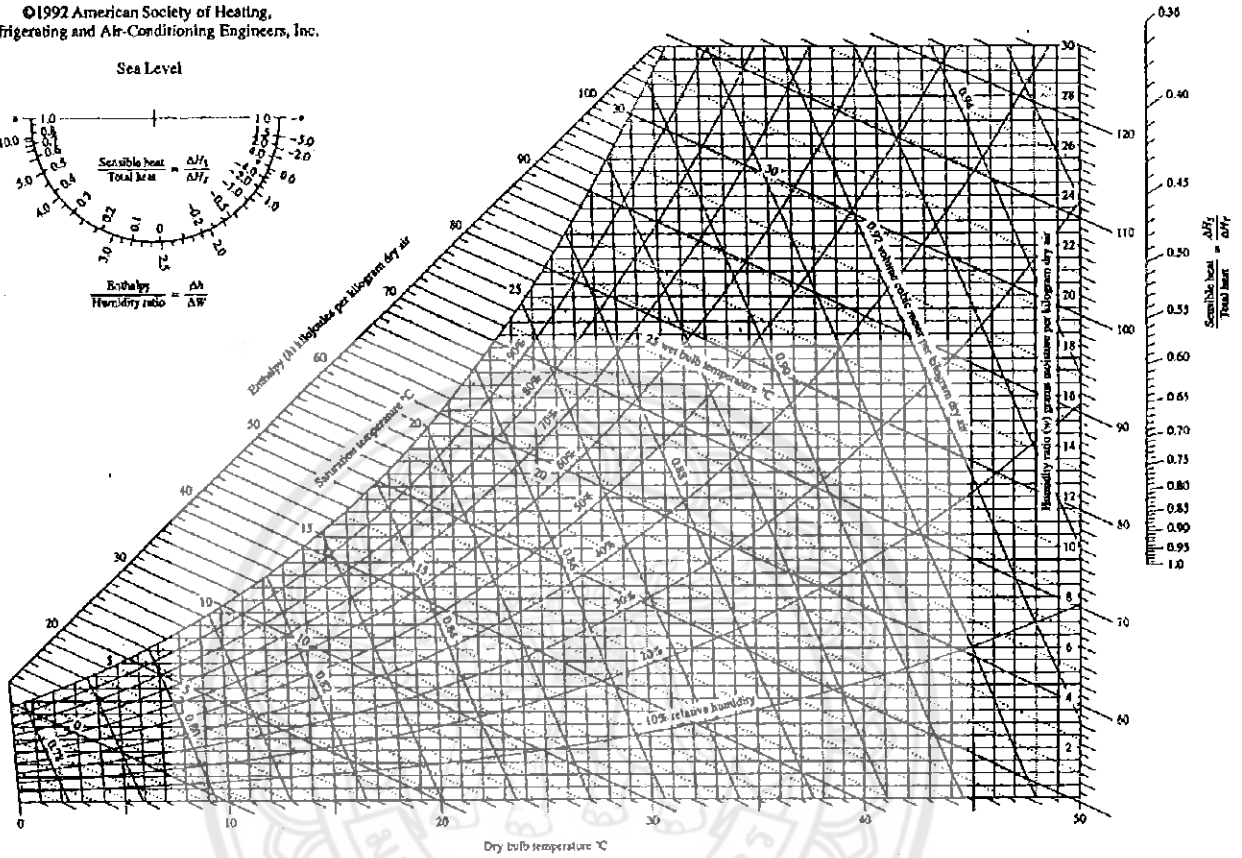
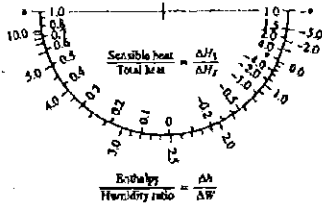
# ไซโครเมตริกชาร์ท

ASHRAE Psychrometric Chart No. 1  
Normal Temperature  
Barometric Pressure: 101.325 kPa

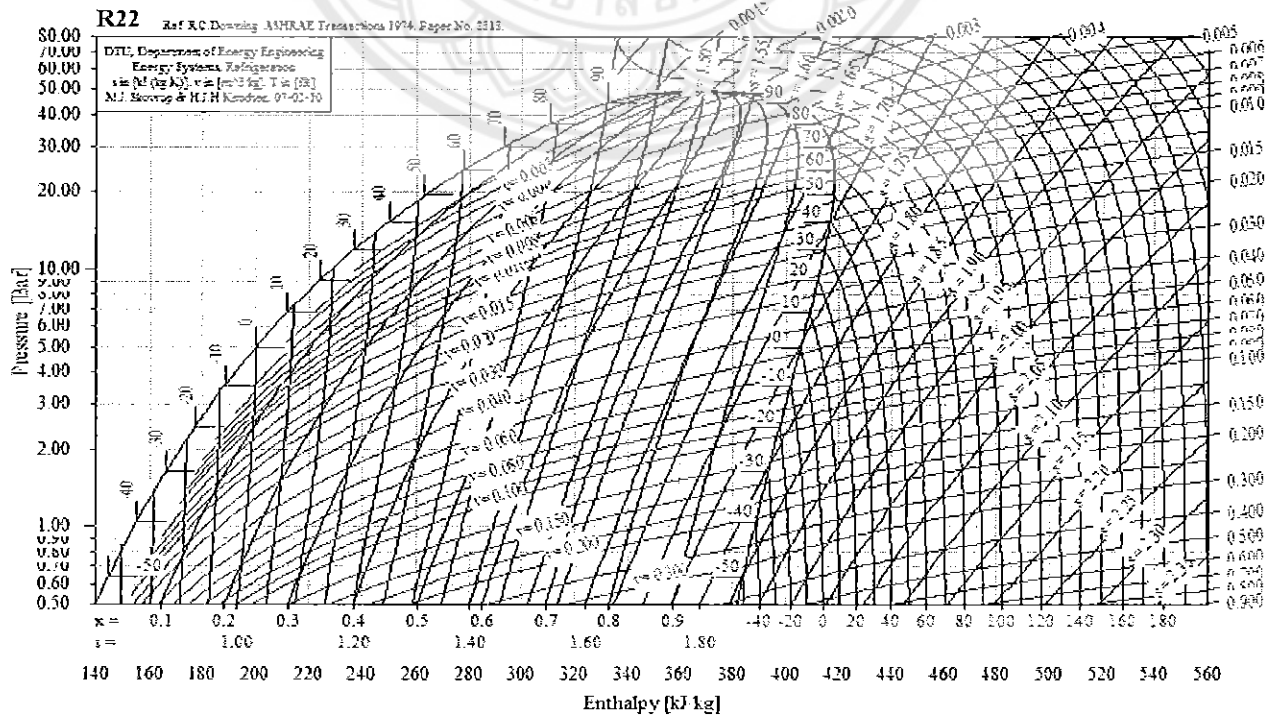


©1992 American Society of Heating,  
Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Sea Level



## P-h Diagram R-22



ตาราง คุณสมบัติสารทำความเย็น R-22 ที่สถานะของเหลวและไออิ่มตัว

| t, °C | P, kPa | Enthalpy, kJ/kg |                | Entropy, kJ/kg.K |                | Specific volume, L/kg |                |
|-------|--------|-----------------|----------------|------------------|----------------|-----------------------|----------------|
|       |        | h <sub>f</sub>  | h <sub>g</sub> | s <sub>f</sub>   | s <sub>g</sub> | v <sub>f</sub>        | v <sub>g</sub> |
| -60   | 37.48  | 134.763         | 379.114        | 0.73254          | 1.87886        | 0.68208               | 537.152        |
| -55   | 49.47  | 139.830         | 381.529        | 0.75599          | 1.86389        | 0.68856               | 414.827        |
| -50   | 64.39  | 144.959         | 383.921        | 0.77919          | 1.85000        | 0.69526               | 324.557        |
| -45   | 82.71  | 150.153         | 386.282        | 0.80216          | 1.83708        | 0.70219               | 256.990        |
| -40   | 104.95 | 155.414         | 388.609        | 0.82490          | 1.82504        | 0.70936               | 205.745        |
| -35   | 131.68 | 160.742         | 390.896        | 0.84743          | 1.81380        | 0.71680               | 166.400        |
| -30   | 163.48 | 166.140         | 393.138        | 0.86976          | 1.80329        | 0.72452               | 135.844        |
| -28   | 177.76 | 168.318         | 394.021        | 0.87864          | 1.79927        | 0.72769               | 125.563        |
| -26   | 192.99 | 170.507         | 394.896        | 0.88748          | 1.79535        | 0.73092               | 116.214        |
| -24   | 209.22 | 172.708         | 395.762        | 0.89630          | 1.79152        | 0.73420               | 107.701        |
| -22   | 226.48 | 174.919         | 396.619        | 0.90509          | 1.78779        | 0.73753               | 99.9362        |
| -20   | 244.83 | 177.142         | 397.467        | 0.91386          | 1.78415        | 0.74091               | 92.8432        |
| -18   | 264.29 | 179.376         | 398.305        | 0.92259          | 1.78059        | 0.74436               | 86.3546        |
| -16   | 284.93 | 181.622         | 399.133        | 0.93129          | 1.77711        | 0.74786               | 80.4103        |
| -14   | 306.78 | 183.878         | 399.951        | 0.93997          | 1.77371        | 0.75143               | 74.9572        |
| -12   | 329.89 | 186.147         | 400.759        | 0.94862          | 1.77039        | 0.75506               | 69.9478        |
| -10   | 354.30 | 188.426         | 401.555        | 0.95725          | 1.76713        | 0.75876               | 65.3399        |
| -9    | 367.01 | 189.571         | 401.949        | 0.96155          | 1.76553        | 0.76063               | 63.1746        |
| -8    | 380.06 | 190.718         | 402.341        | 0.96585          | 1.76394        | 0.76253               | 61.0958        |
| -7    | 393.47 | 191.868         | 402.729        | 0.97014          | 1.76237        | 0.76444               | 59.0996        |
| -6    | 407.23 | 193.021         | 403.114        | 0.97442          | 1.76082        | 0.76636               | 57.1820        |
| -5    | 421.35 | 194.176         | 403.496        | 0.97870          | 1.75928        | 0.76831               | 55.3394        |
| -4    | 435.84 | 195.335         | 403.876        | 0.98297          | 1.75775        | 0.77028               | 53.5682        |
| -3    | 450.70 | 196.497         | 404.252        | 0.98724          | 1.75624        | 0.77226               | 51.8653        |
| -2    | 465.94 | 197.662         | 404.626        | 0.99150          | 1.75475        | 0.77427               | 50.2274        |
| -1    | 481.57 | 198.828         | 404.994        | 0.99575          | 1.75326        | 0.77629               | 48.6517        |
| 0     | 497.59 | 200.00          | 405.361        | 1.00000          | 1.75279        | 0.77834               | 47.1354        |
| 1     | 514.01 | 201.174         | 405.724        | 1.00424          | 1.75034        | 0.78041               | 45.6757        |
| 2     | 530.83 | 202.351         | 406.084        | 1.00848          | 1.74889        | 0.78249               | 44.2702        |
| 3     | 548.06 | 203.530         | 406.440        | 1.01271          | 1.74746        | 0.78460               | 42.9166        |
| 4     | 565.71 | 204.713         | 406.793        | 1.01694          | 1.74604        | 0.78673               | 41.6124        |
| 5     | 583.78 | 205.899         | 407.143        | 1.02116          | 1.74463        | 0.78889               | 40.3556        |



ตาราง คุณสมบัติสารทำความเย็น R-22 ที่สถานะของเหลวและไออิ่มตัว (ต่อ)

| t, °C | P, kPa | Enthalpy, kJ/kg |                | Entropy, kJ/kg.K |                | Specific volume, L/kg |                |
|-------|--------|-----------------|----------------|------------------|----------------|-----------------------|----------------|
|       |        | h <sub>l</sub>  | h <sub>g</sub> | s <sub>l</sub>   | s <sub>g</sub> | v <sub>l</sub>        | v <sub>g</sub> |
| 6     | 602.28 | 207.089         | 407.489        | 1.02537          | 1.74324        | 0.79107               | 39.1441        |
| 7     | 621.22 | 208.281         | 407.831        | 1.02958          | 1.74185        | 0.79327               | 37.9759        |
| 8     | 640.59 | 209.477         | 408.169        | 1.03379          | 1.74047        | 0.79549               | 36.8493        |
| 9     | 660.42 | 210.675         | 408.504        | 1.03799          | 1.73911        | 0.79775               | 35.7624        |
| 10    | 680.70 | 211.877         | 408.835        | 1.04218          | 1.73775        | 0.80002               | 34.7136        |
| 11    | 701.44 | 213.083         | 409.162        | 1.04637          | 1.73640        | 0.80232               | 33.7013        |
| 12    | 722.65 | 214.291         | 409.485        | 1.05056          | 1.73506        | 0.80465               | 32.7239        |
| 13    | 744.33 | 215.503         | 409.804        | 1.05474          | 1.73373        | 0.80701               | 31.7801        |
| 14    | 766.50 | 216.719         | 410.119        | 1.05892          | 1.73241        | 0.80939               | 30.8683        |
| 15    | 789.15 | 217.937         | 410.430        | 1.06309          | 1.73109        | 0.81180               | 29.9874        |
| 16    | 812.29 | 219.160         | 410.736        | 1.06726          | 1.72978        | 0.81424               | 29.1361        |
| 17    | 835.93 | 220.386         | 411.038        | 1.07142          | 1.72848        | 0.81671               | 28.3131        |
| 18    | 860.08 | 221.615         | 411.336        | 1.07559          | 1.72719        | 0.81922               | 27.5173        |
| 19    | 884.75 | 222.848         | 411.629        | 1.07974          | 1.72590        | 0.82175               | 26.7477        |
| 20    | 909.93 | 224.084         | 411.918        | 1.08390          | 1.72462        | 0.82431               | 26.0032        |
| 21    | 935.64 | 225.324         | 412.202        | 1.08805          | 1.72334        | 0.82691               | 25.2829        |
| 22    | 961.89 | 226.568         | 412.481        | 1.09220          | 1.72206        | 0.82954               | 24.5857        |
| 23    | 988.67 | 227.816         | 412.755        | 1.09634          | 1.72080        | 0.83221               | 23.9107        |
| 24    | 1016.0 | 229.068         | 413.025        | 1.10048          | 1.71953        | 0.83491               | 23.2572        |
| 25    | 1043.9 | 230.324         | 413.289        | 1.10462          | 1.71827        | 0.83765               | 22.6242        |
| 26    | 1072.3 | 231.583         | 413.548        | 1.10876          | 1.71701        | 0.84043               | 22.0111        |
| 27    | 1101.4 | 232.847         | 413.802        | 1.11290          | 1.71576        | 0.84324               | 21.4169        |
| 28    | 1130.9 | 234.115         | 414.050        | 1.11703          | 1.71450        | 0.84610               | 20.8411        |
| 29    | 1161.1 | 235.387         | 414.293        | 1.12116          | 1.71325        | 0.84899               | 20.2829        |
| 30    | 1191.9 | 236.664         | 414.530        | 1.12530          | 1.71200        | 0.85193               | 19.7417        |
| 31    | 1223.2 | 237.944         | 414.762        | 1.12943          | 1.71075        | 0.85491               | 19.2168        |
| 32    | 1255.2 | 239.230         | 414.987        | 1.13355          | 1.70950        | 0.85793               | 18.7076        |
| 33    | 1287.8 | 240.520         | 415.207        | 1.13768          | 1.70826        | 0.86101               | 18.2135        |
| 34    | 1321.0 | 241.814         | 415.420        | 1.14181          | 1.70701        | 0.86412               | 17.7341        |
| 35    | 1354.8 | 243.114         | 415.627        | 1.14594          | 1.70576        | 0.86729               | 17.2686        |
| 36    | 1389.2 | 244.418         | 415.828        | 1.15007          | 1.70450        | 0.87051               | 16.8168        |
| 37    | 1424.3 | 245.727         | 416.021        | 1.15420          | 1.70325        | 0.87378               | 16.3779        |
| 38    | 1460.1 | 247.041         | 416.208        | 1.15833          | 1.70199        | 0.87710               | 15.9517        |
| 39    | 1496.5 | 248.361         | 416.388        | 1.16246          | 1.70073        | 0.88048               | 15.5375        |
| 40    | 1533.5 | 249.686         | 416.561        | 1.16659          | 1.69946        | 0.88392               | 15.1351        |
| 41    | 1571.2 | 251.016         | 416.726        | 1.17073          | 1.69819        | 0.88741               | 14.7439        |

## ตัวอย่างการคำนวณ

1. จากการเก็บข้อมูล T,%RH ตรงส่วน supply และ return นำT,%RH ที่ได้มาเปิดค่าหาเอนโทรปีจากไซโครเมตริกจากโดยจะได้เอนโทรปีทั้งส่วนที่เป็น supply และ return โดยนำ

$$h_{\text{supply}} - h_{\text{return}} = \Delta h$$

จากการทดลอง

ดังนั้น ที่เวลา 8.00 น.

$$T, \%RH \text{ ด้าน supply} = 18.4, 0.86 \text{ ตามลำดับ} \quad h_{\text{supply}} = 47.11 \text{ kJ/kg}$$

$$T, \%RH \text{ ด้าน return} = 26.8, 0.67 \text{ ตามลำดับ} \quad h_{\text{return}} = 64.42 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \Delta h = 17.32$$

2. คำนวณหา TON จากสมการ  $\text{TON} = 5.707 \times 10^{-3} \times \text{CMM} \times \Delta h$

$$\text{โดย} \quad \text{CMM} = V \times A$$

A = หาได้จากกรวัดพื้นที่หน้าากที่ด้าน Supply

$$A = 0.05 \text{ m}^2$$

V = หาได้จากกรวัดความเร็วที่ด้าน Supply

$$V = 570 \text{ ft/min}$$

เนื่องจาก V ที่วัดมาได้มีหน่วยเป็น FPM ต้องทำให้อยู่ในรูปของ m/min ได้จาก

$$\text{FPM} \times \frac{1\text{m}}{3.281\text{F}} = \text{m/min}$$

$$570 \times \frac{1\text{m}}{3.281\text{ft}} = 173.73 \text{ m/min}$$

เมื่อ V อยู่ในรูป M/min แล้ว ก็สามารถ คูณกับ A ที่อยู่ในหน่วย  $\text{m}^2$  ได้เลย

$$\text{จากสมการ} \quad \text{CMM} = V(\text{M/min}) \times A(\text{m}^2)$$

$$\text{CMM} = 173.73 (\text{ m/min}) \times 0.05 (\text{m}^2)$$

$$\text{CMM} = 8.69 (\text{m}^3/\text{min})$$

ดังนั้นจากสมการ  $TON = 5.707 \times 10^{-3} \times CMM \times \Delta h$

โดยประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศเท่ากับ 75% = 0.75

$$TON = 5.707 \times 10^{-3} \times 8.69 \times 17.32 \times 0.75$$

ดังนั้นภาระทำความเย็น  $TON = 0.6438$

3. จะได้อัตราภาระทำความเย็น TON ออกมาโดยจะให้อยู่ในรูป BTU/hr

โดย  $1TON = 12000 \text{ BTU/hr}$

ดังนั้น  $TON \times 12000 = \text{BTU/hr}$

ดังนั้นภาระทำความเย็น  $0.6438 \times 12000 = 7726.15 \text{ BTU/hr}$

4. หากการถ่ายความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิต่ำ  $Q_L$

โดย  $1\text{BTU/hr} = 3412 \text{ kW}$

ดังนั้น  $Q_L = \text{BTU/hr}/3412 \text{ kW}$

ถ่ายความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิต่ำ  $Q_L = 2.26 \text{ kW}$

5. หากกำลังงานทั้งหมด P ได้จากวัตต์จากแอมมิเตอร์

จากสมการ  $P = IV$

กระแสสามารถวัดได้  $I = 9\text{A}$

แรงดันกระแสไฟฟ้า  $V = 220\text{V}$

เมื่อ  $P = IV \cos \theta$

เมื่อกำหนดให้  $\cos \theta = 0.85$

แทนค่าในสมการ  $P = IV(0.85) \text{ kW}$

$$P = (9)(220)(0.85)$$

ดังนั้นจึงได้กำลังงานสุทธิ  $P = 1.683 \text{ kW}$

6. หาการถ่ายความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิสูง  $Q_H$ 

หาได้จากสมการ  $Q_H = W_{net} + Q_L$

$$Q_H = 1.683 + 2.26$$

ดังนั้นจึงได้ถ่ายความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิสูง  $Q_H = 3.95 \text{ kW}$

## 7. หาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP

หาได้จากสมการ  $COP_R = \frac{Q_L}{W_{net}} \frac{(w)}{(w)}$

โดยที่  $W_{net} = P$

ดังนั้นจึงได้  $W_{net} = 1.683 \text{ kW}$

$$COP_R = \frac{2.26}{1.683} \frac{(w)}{(w)}$$

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ  $COP_R = 1.348$

## 8. หาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน EER

ได้จากสมการ  $EER = 3.412 \times COP_R \text{ BTU.W/hr}$

$$EER = 3.412 \times 1.34 \text{ BTU.W/hr}$$

ดังนั้นอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน  $EER = 4.59 \text{ BTU.W/hr}$

## 9. หาค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น ChP

ได้จากสมการ  $ChP = \frac{12}{EER} \frac{(KW)}{(TON)}$

$$ChP = \frac{12}{4.59} \frac{(KW)}{(TON)}$$

ดังนั้นจะได้ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น  $ChP = 2.61 \frac{(KW)}{(TON)}$

### การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

$$\text{จากสมการ} \quad PB = \frac{R}{S}$$

โดยที่  $PB =$  ระยะเวลาคืนทุน

$R =$  เงินลงทุนในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ

$S =$  ค่าไฟฟ้าที่ลดต่อปี

$$\text{แทนค่าในสมการ} \quad PB = \frac{1455}{327.6}$$

$$PB = 4.4$$

ดังนั้น ระยะเวลาคืนทุน = 4.4 ปี

### การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน NPV

คำนวณ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

$$\text{จากสมการ} \quad NPV = -I_0 + A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

โดย  $n =$  อายุของโครงการ (ปี)

$A =$  ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี

$I_0 =$  เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total investment)

$i =$  อัตราลดค่า (discount rate)

โดยกำหนดว่า  $I_0 = 1455$ ,  $A = 327.6$ ,  $i = 10$ ,  $n = 10$

แทนค่าในสมการ

$$NPV = -1455 + 327.6 \left[ \frac{(1+0.1)^{10} - 1}{0.1(1+0.1)^{10}} \right]$$

$$NPV = 558.285 \text{ บาท}$$

ความหมายคือ ตลอดอายุโครงการเมื่อระยะเวลา 10 ผ่านไปให้ผลกำไร 3965.384 บาทโดยจะสรุปได้ว่ามีการเกิดผลกำไรเกิดขึ้น

### การคำนวณค่าอัตราผลตอบแทนภายในทางการเงิน FIRR

คำนวณ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ค่า  $i$  ที่ทำให้  $NPV = 0$  โดยการทำให้ Interpolation

แทนค่า  $i$  จากสมการ NPV ข้างต้น

| I      | NPV     |
|--------|---------|
| 10     | 558.285 |
| 18.726 | 0       |
| 20     | -81.476 |

ดังนั้นจากการคำนวณ

$$IRR = 18.726 \%$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า จากค่าอัตราลดค่า  $i = 10\%$  ในการกำหนดในการคำนวณเริ่มต้น ซึ่งจากการคำนวณโครงการมีค่า FIRR = 18.726 % ดังนั้น ค่าอัตราผลตอบแทนภายในทางการเงินมีค่าสูงกว่า อัตราลดค่า  $i$  ในการเริ่มต้นโครงการจึงสรุปได้ว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

### ประวัติผู้ดำเนินโครงการ

ชื่อ นาย วีระ มิ่งเมือง      วันเดือนปีเกิด 22 พฤษภาคม 2531

บิดา นาย วิชัย มิ่งเมือง      มารดา นางทองล้วน มิ่งเมือง

ที่อยู่ 112/1 หมู่ 7 ต.หนองกระโดน อ. เมือง จ. นครสวรรค์ 60240

#### ประวัติการศึกษา

2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดศรีอัมพวัลย์

2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน นวมินทราชูทิศ มัชฌิม

2550 เข้ารับการศึกษาคือ ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา  
วิศวกรรมเครื่องกล

ชื่อ นาย วินัย คนค่อง      วันเดือนปีเกิด 26 กุมภาพันธ์ 2532

บิดา นาย มานะ คนค่อง      มารดา นาง สายหยุด คนค่อง

ที่อยู่ 18 หมู่ 12 ต. เกยไชย อ.ชุมแสง จ. นครสวรรค์ 60130

#### ประวัติการศึกษา

2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนเทศบาล 3 วัดแสงธรรมสุธาราม

2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนชุมแสงจินูทิศ

2550 เข้ารับการศึกษาคือ ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา  
วิศวกรรมเครื่องกล

ชื่อ นาย วัฒนา หาญกล้า      วันเดือนปีเกิด 9 กุมภาพันธ์ 2531

บิดา นาย ไพโรจน์ หาญกล้า      มารดา นางปรานอม โยชนะ

ที่อยู่ 94/3 หมู่ 3 ต.วังตะแบก อ.พราณกระต่าย จ. กำแพงเพชร 62110

#### ประวัติการศึกษา

2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านห้วยน้ำใส

2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิไกรวิทยา

2550 เข้ารับการศึกษาคือ ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา  
วิศวกรรมเครื่องกล