บทที่ 3

อุปกรณ์และการดำเนินการทดสอบ

3.1 อุปกรณ์

อุปกรณ์และเครื่องมือวัดสำหรับทำการทดสอบระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มี Reheat Coil ทำหน้าที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ระบบ เพื่อเก็บข้อมูลจะประกอบด้วย

3.1.1ห้องทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศโดยวิธี Calorimeter - type Air Enthalpy

3.1.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มี Reheat Coil

3.1.3 เครื่องมือวัด

3.1.1 ห้องทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

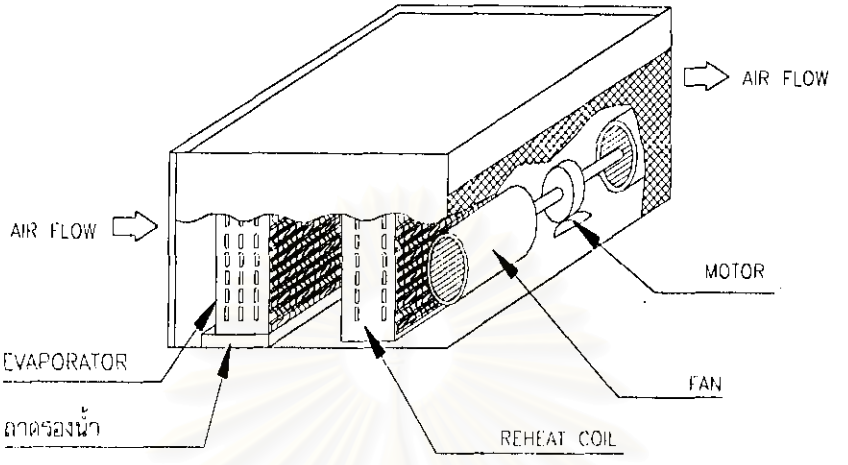
การทดสอบจะใช้วิธี Calorimeter - type Air Enthalpy เป็นการทดสอบขนาดทำความเย็น (Cooling Capacity) และค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศ (Power Input) โดยห้องที่ใช้ทดสอบจะประกอบด้วย ห้องแรกเป็นห้องที่ใช้จำลองสภาวะอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ (Outdoor Room) ส่วนอีกห้องเป็นห้องที่ใช้จำลองสภาวะอากาศภายในห้องปรับอากาศ (Indoor Room) โดยลักษณะของห้องและคุณสมบัติของห้องทดสอบมีรายละเอียดในภาคผนวก ข.

3.1.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มี Reheat Coil

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มี Reheat Coil ซึ่งจะแตกต่างจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยทั่ว ๆ ไปตรงที่มีเครื่องควบแน่น 2 ชุด โดยชุดแรกวางอยู่ที่ Condensing Unit (Condenser ปกติ) และชุดที่สองวางอยู่ที่ Fan Coil Unit (เรียกว่า Reheat Coil)

โดยเครื่องควบแน่น (Reheat coil) ที่วางอยู่ที่ Fan Coil Unit ทำหน้าที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ระบบ และจะเป็นส่วนหนึ่งของ Fan Coil Unit โดยเป็นกลุ่มท่อที่มีครีบระบายความร้อนเช่นเดียวกับ Evaporator แต่แยกหน้าที่การทำงานออกจากกันภายใน Housing ที่มี

พัดลมร่วมกัน โดยอากาศที่ดูดระบายโดยพัดลมจะไหลผ่านคอยล์เย็น (Evaporator) ก่อน ซึ่งรายละเอียดของ Fan Coil Unit ดังกล่าวข้างต้น แสดงดังรูป



รูปที่ 3 -1 แสดงรายละเอียด Fan Coil Unit

ส่วนอุปกรณ์อย่างอื่น เช่น Compressor, Expansion Valve , Condensing Unit ก็ยังคงเหมือนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่ว ๆ ไป

สำหรับขนาดทำความเย็นของชุดทดสอบประมาณ 2.5 ตันความเย็น (30,000 Btu/hr = 8,530 W) แต่มีความสามารถในการทำความเย็นจริงที่ T_{db} = 27°C และ T_{wb} = 19°C เท่ากับ 6,600 W และขนาดของ Reheat Coil จะปรากฏผลการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ค.

3.1.3 เครื่องมือวัด

(1) กิโลวัตต์ - ชั่วโมงมิเตอร์ (Digital Power Meter) ใช้วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ

Model 2533 E (YOKOGAWA)

Accuracy ± (0.1 % of rdg + 0.3 % of range)

Resolution 0.1 W , Range 0 ~ 10,000 W

(2) Recorder ใช้วัดอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ Condenser , Reheat Coil และ Evaporator โดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล (Type T) เป็น Sensor

Model 3701 LR 8100 (YOKOGAWA)

Accuracy ± (0.05 % of rdg + 0.5°C)

Resolution 0.1°C

(3) Pressure Gauge ใช้วัดความดันของสารทำความเย็นด้านสูงและด้านต่ำ

Model GP 20 - 241 (NKS)

Accuracy ± 0.25 % fs

Range Psuc. 0 ~ 35 kg/cm^2

Pdis. 0 ~ 50 kg/cm^2

(4) Temperature Controller ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศก่อนเข้า Condenser,ก่อนเข้า Fan Coil Unit และออกจาก Fan Coil Unit โดยใช้ RTD (Pt100) เป็น Sensor

Model DB (CHINO)

Accuracy ± 0.1 % of rdg ± 1 digit

Resolution 0.1°C

(5) Temperature Controller ใช้อ่านและ Set ค่าอุณหภูมิภายใน Indoor Control Room เพื่อควบคุมวงจรการทำงานของระบบ โดยใช้ RTD (Pt100) เป็น Sensor

Model SDC 21 (Yamatake Honeywell)

Accuracy ± 0.2 % fs

Resolution 0.1°C

Range -200 ~ 200°C

(6) อุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์(Humidity Meter) ใช้อ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายใน Indoor Control Room เพื่อนำมาควบคุมวงจรการทำงานของระบบ

Model DM - 760 (DIGICON)

Accuracy ± 3 % RH

Resolution 0.1 %

(7) มานอมิเตอร์ (Micromanometer) ใช้วัดผลต่างความดัน เพื่อหาค่าอัตราการไหลของอากาศที่ผ่าน Fan Coil Unit

Model F - 213 Betz Type

Accuracy ± 0.1 mm fs

Range 0 ~ 200 mm H_2O

(8) นาฬิกาจับเวลา

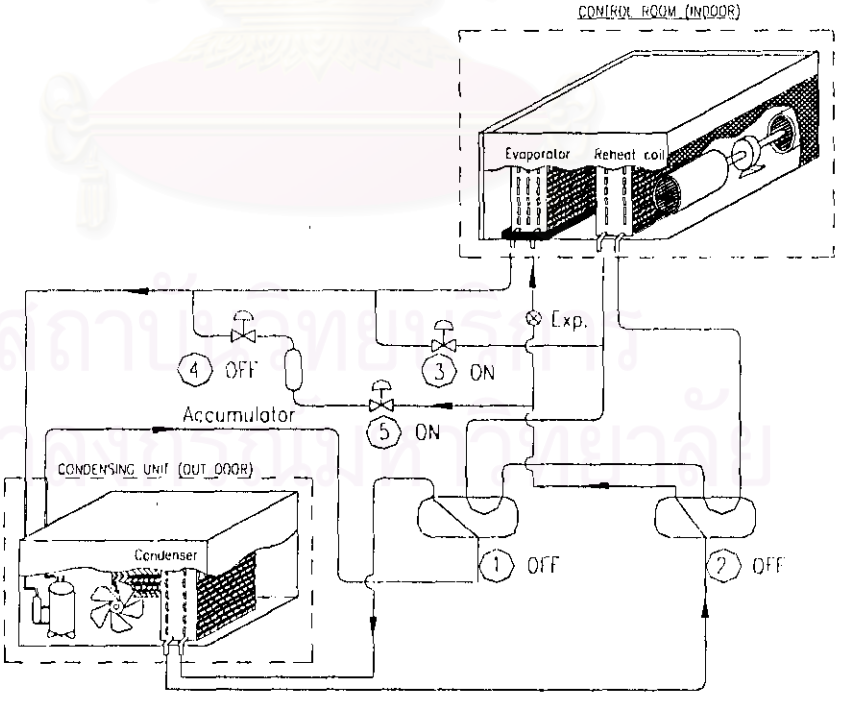
3.2 การดำเนินการทดสอบ

3.2.1 วงจรควบคุมและขั้นตอนการทำงานของระบบ

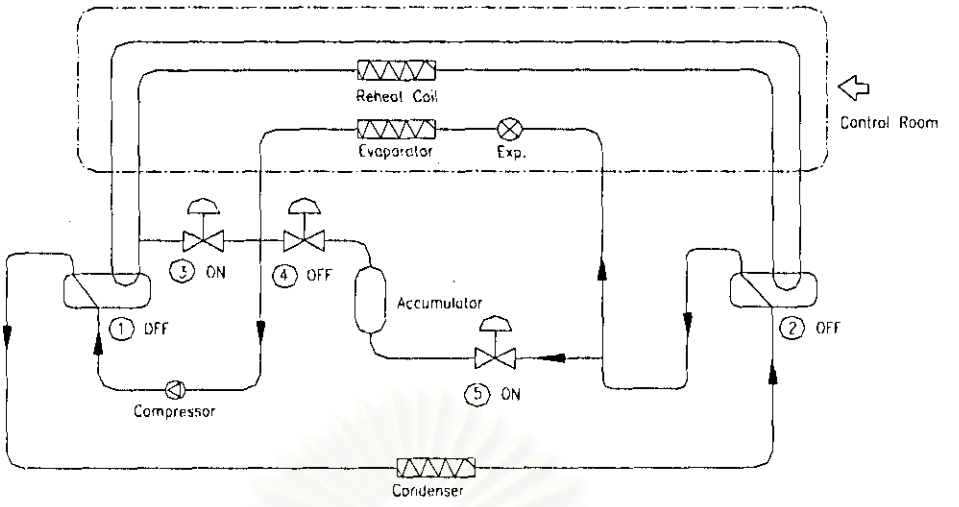
เนื่องจากโหลดภายในห้องที่ต้องการควบคุมจะมีทั้งที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง (RSHRต่ำ) และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (RSHR สูง) ดังนั้นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มี Reheat Coil ทำหน้าที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ระบบ จึงต้องเลือกระบบให้เหมาะสมกับโหลดภายในห้อง จึงได้แบ่งระบบดังกล่าวออกได้เป็น 3 แบบ ดังนี้

1. ระบบ Reheat แบบที่ 1 (Reheat ก่อนผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser)
2. ระบบ Reheat แบบที่ 2 (Reheat หลังผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser)
3. ระบบ Reheat แบบที่ 3 แบบผสม

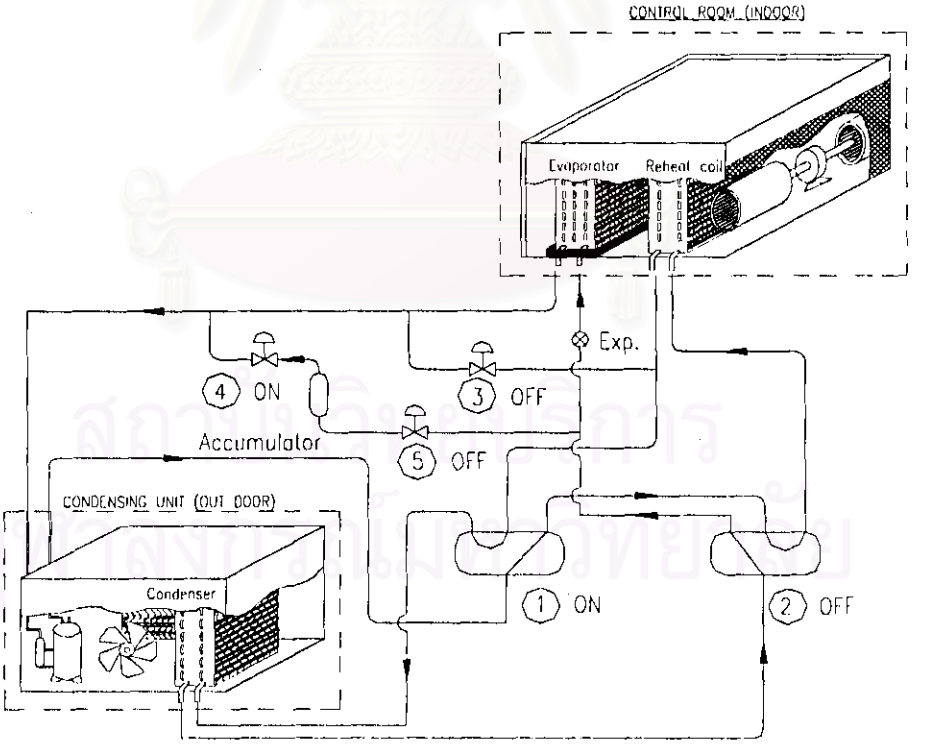
โดยวงจรควบคุมการทำงานและของชุดทดลอง แสดงดังรูป



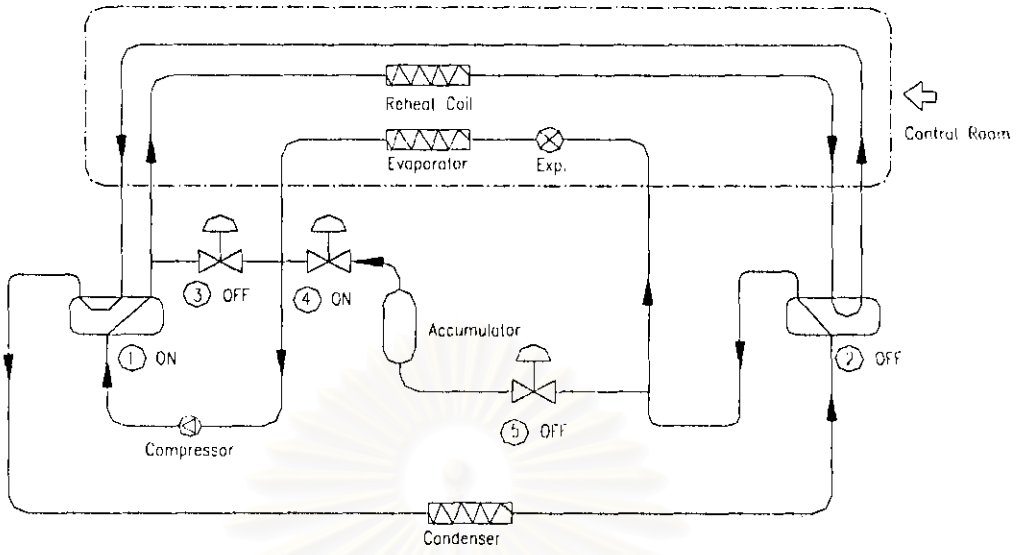
<u>รูปที่ 3-2</u> แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศแบบปกติ (ไม่มี Reheat ระบบ)



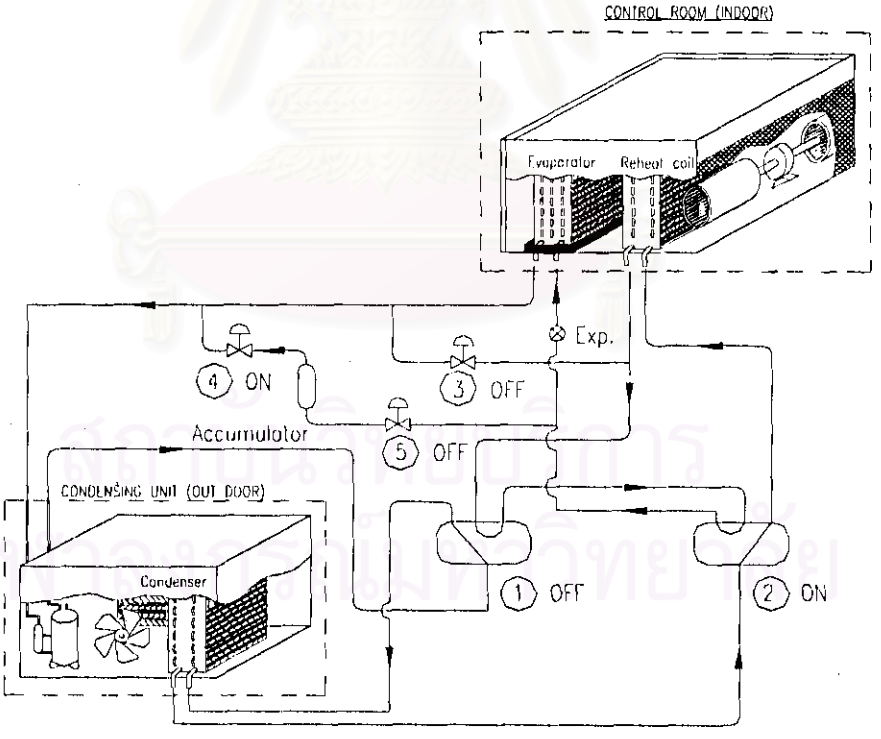
รูปที่ 3-2 (ต่อ) แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศแบบปกติ (ไม่มี Reheat ระบบ)



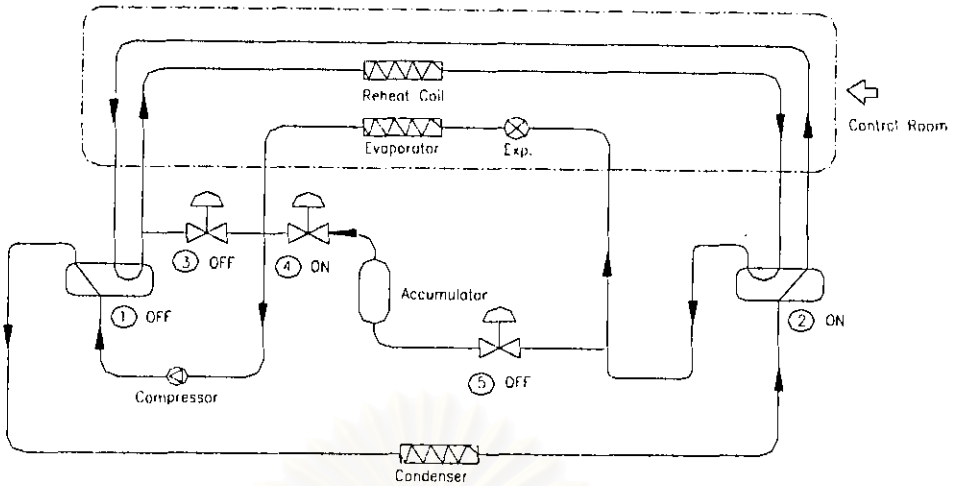
รูปที่ 3-3 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบ Reheat แบบที่ 1 (Reheat ก่อนผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser)



รูปที่ 3-3 (ต่อ) แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบ Reheat แบบที่ 1 (Reheat ก่อนผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser)



รูปที่ 3-4 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบ Reheat แบบที่ 2 (Reheat หลังผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser)



รูปที่ 3-4 (ต่อ) แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบ Reheat แบบที่ 2 (Reheat หลังผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser)

โดยกำหนดให้ T_1 = Thermostat No 1. Set ค่าเมื่ออุณหภูมิ 23.5°C

T_2 = Thermostat No 2. Set ค่าเมื่ออุณหภูมิ 27°C

H_1 = Humidistat No. 1 Set เมื่อค่า RH = 45 %

H_2 = Humidistat No. 2 Set เมื่อค่า RH = 55 %

หมายเหตุ จากรูปแสดงวงจรการทำงานและวงจรควบคุมของชุดทดลองพบว่าในระบบจะมี Accumulator อยู่ด้วยซึ่งสำหรับสาเหตุที่ระบบต้องมี Accumulator เพื่อเก็บสารทำความเย็นเหลวส่วนเกินในบางสภาวะของการทำงาน และการทำงานของ Accumulator ที่ควบคุมโดย Solenoid Valve No 4 และ Solenoid No 5 จะมีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ง.

1.ระบบ Reheat แบบที่ 1 (Reheat ก่อนผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser)

ขั้นตอนการทำงานของระบบ ดังนี้

(1) เริ่มต้นระบบ 4 - Way Solenoid Valve (Reversing Valve) อยู่ในสภาวะ OFF ทั้งหมดดังรูป 3-2 การทำงานเหมือนระบบปรับอากาศแบบปกติทั่วไป โดยอุณหภูมิ และความชื้นภายในห้องปรับอากาศจะลดลงจนกระทั่งสภาวะภายในห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิ 23.5°C และความชื้น 45% RH ตามที่ Set ค่าไว้เครื่องอัดไอจะหยุดทำงาน

(2) แต่กรณีอุณหภูมิของห้องปรับอากาศ (Control Room) มีค่า 23.5 °C หรือความชื้นมีค่า 55 % RH Thermostat (T_1) หรือ Humidistat (H_2) ON ควบคุมให้ 4-Way Solenoid Valve No 1. อยู่ในสภาวะ ON ควบคุมให้สารทำความเย็นผ่าน Reheat Coil ก่อนไหลผ่าน Condenser ดังรูป 3-3

(3) เนื่องจากมีการเพิ่มปริมาณความร้อนภายในห้องปรับอากาศ ทำให้อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศปรับเพิ่มเป็น 27°C หรือความชื้นมีค่า 45 % RH ทำให้ Thermostat (T_2) หรือ Humidistat (H_1) ON ควบคุมให้ 4-Way Solenoid Valve No 1. กลับสู่สภาวะ OFF ควบคุมให้สารทำความเย็นหยุดไหลผ่าน Reheat Coil (วงจรระบบปรับอากาศปกติ)

(4) ถ้าหากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่ได้ตามที่ Set ค่าไว้ ระบบจะทำงานในหัวข้อ 2 และ 3 ซ้ำไปเรื่อย ๆจนกระทั่งระบบปรับสู่สภาวะที่ต้องการ (23.5°C, 45% RH) แล้ว (T_1) และ (H_2) จะควบคุมให้ระบบหยุดทำงาน

(5) เครื่องอัดไอจะ Start ตัวเองใหม่อีกครั้งเมื่ออุณหภูมิ 27°C (T_2) หรือความชื้น 55 % RH (H_2) สภาวะใดสภาวะหนึ่งทำงาน

2. ระบบ Reheat แบบที่ 2 (Reheat หลังผ่าน Condenser)

ขั้นตอนการทำงานของระบบลักษณะเดียวกับแบบที่1 แต่เป็นการ Reheat หลังจากสารทำความเย็นผ่านการระบายพลังงานความร้อนที่ Condenser มาก่อน โดยกรณีที่อุณหภูมิของห้องปรับอากาศมีค่า 23.5°C หรือความชื้นมีค่าเท่ากับ 55 %RH Thermostat (T_1) หรือ Humidistat (H_2) ON จะควบคุมให้ 4-Way Solenoid Valve No 2.อยู่ในสภาวะ ON ดังรูป 3-4 ซึ่งอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ไหลมาระบายพลังงานความร้อนที่ Reheat Coil มีค่าประมาณ 40°C ใช้สำหรับลดความชื้นสัมพัทธ์ห้องปรับอากาศที่มีสภาวะความชื้นมากกว่า 45 %RH ไม่มากนัก

เนื่องจากวงจร Reheat แบบนี้เป็นการ Reheat หลังจากสารทำความเย็นมีการระบายความร้อนที่ Condenser (พลังงานความร้อนส่วนใหญ่ระบายออกโดย Condenser) ทำให้พลังงานความร้อนที่ระบายออกโดย Reheat Coil ปริมาณน้อยเหมาะกับระบบที่มีความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการควบคุม (45 %RH) แต่ถ้านำไปใช้กับระบบที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ต้องใช้เวลานานจึงจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในระบบลดลงสู่ค่าที่ต้องการควบคุม

3. ระบบ Reheat ผสม ขั้นตอนการทำงานของระบบ ดังนี้

(1) เริ่มต้นระบบ 4-Way Solenoid Valve อยู่ในสภาวะ OFFทั้งหมด ดังรูป 3-2 การทำงานเหมือนระบบปรับอากาศแบบปกติทั่วไป โดยอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องปรับอากาศจะลดลงจนกระทั่งสภาวะภายในห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิ 23.5 °C และความชื้น 45% RH ตามที่ Set ค่าไว้เครื่องอัดไอจะหยุดทำงาน

(2) เมื่ออุณหภูมิของห้องปรับอากาศ (Control Room) มีค่า 23.5 °C หรือความชื้นมีค่า 55 %RH ระบบ Reheat แบบที่ 1 (สารทำความเย็นไหลผ่าน Reheat Coil ก่อนผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser ดังรูป 3-3) ทำงาน ซึ่งเป็นการลดความชื้นสัมพัทธ์แบบหยาบ ให้ปริมาณพลังงานความร้อนปริมาณมาก ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศลดลงอย่างรวดเร็ว

(3) เนื่องจากมีการเพิ่มปริมาณความร้อนภายในห้องปรับอากาศ ทำให้อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศปรับเป็น 27 °C หรือความชื้นมีค่า 45% RH ทำให้ Thermostat (T_2) หรือ Humidistat (H_2) ON ควบคุมให้ 4-way solenoid valve No 1. กลับสู่สภาวะ OFF ส่งผลให้สารทำความเย็นหยุดไหลผ่าน Reheat Coil (วงจรระบบปรับอากาศปกติ ดังรูป 3-2)

(4) เมื่ออุณหภูมิของห้องปรับอากาศปรับเป็น 23.5 °C หรือ ความชื้นมีค่า 55 % RH ระบบ Reheat แบบที่ 2 (สารทำความเย็นไหลผ่าน Reheat Coil หลังผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser ดังรูป 3-4) ทำงาน ซึ่งเป็นการลดความชื้นสัมพัทธ์แบบละเอียด ให้ปริมาณพลังงานความร้อนน้อย ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศลดลงอย่างช้า ๆ

(5) เมื่ออุณหภูมิของห้องปรับอากาศปรับเป็น 27 °C หรือ ความชื้นมีค่า 45 % RH วงจรระบบปรับอากาศตามปกติทำงาน

(6) ถ้าหากอุณหภูมิและความชื้นไม่ได้ตามที่ Set ค่าไว้ ระบบจะทำงานในหัวข้อ 4 และ 5 ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งระบบปรับสู่สภาวะที่ต้องการ (23.5 °C, 45 %RH) แล้ว (T_1) และ (H_1) จะควบคุมให้เครื่องอัดไอหยุดทำงาน

7. เครื่องอัดไอจะ Start ใหม่อีกครั้งเมื่ออุณหภูมิ 27 °C (T_2) หรือความชื้น 55%RH (H_2) สภาวะใดสภาวะหนึ่ง

<u>หมายเหตุ</u> ระบบนี้ ปริมาณพลังงานความร้อนที่นำมาลดความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศสอดคล้องตามปริมาณความชื้นสัมพัทธ์

3.2.2 การบันทึกข้อมูล

สำหรับข้อมูลที่ต้องบันทึก เพื่อหาค่าความสามารถทำความเย็น , ประสิทธิภาพการทำความเย็น (COP) ,ปริมาณพลังงานความร้อนที่ระบายโดย Reheat Coil และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศมี ดังนี้

(1) ความดันบรรยากาศ ณ จุดคำนวณ (Pa)

(2) ค่าผลต่างของความดันตกคร่อม Nozzle (mm H_2O)

(3) กำลังไฟฟ้ารวมที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศทดสอบ (W input) (W)

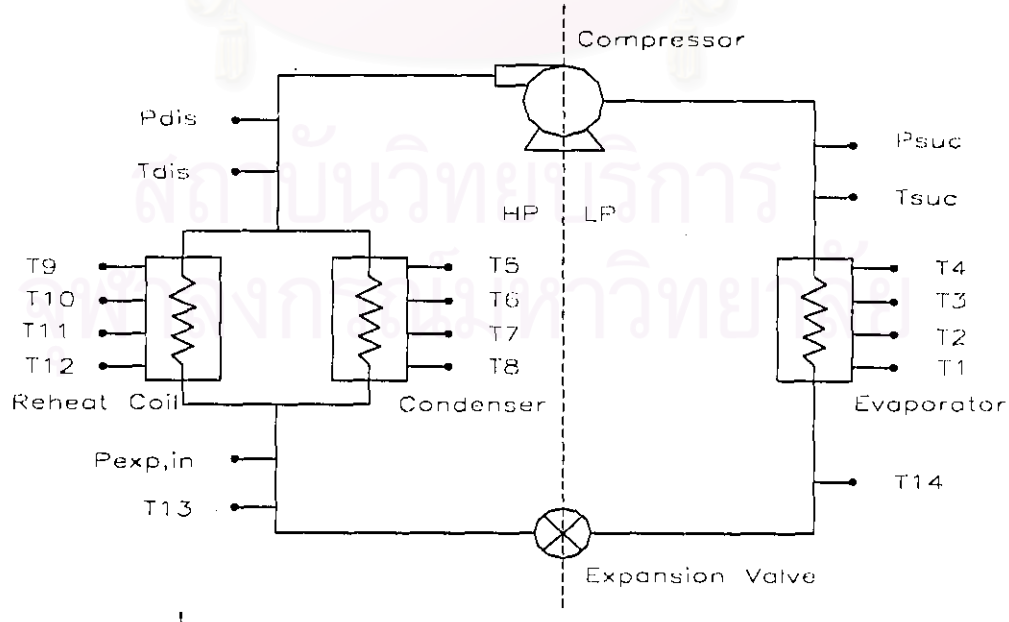
(4) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{db1}) และอุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb1}) ของอากาศก่อนเข้า Fan Coil Unit ภายในห้องปรับอากาศ

(5) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T^*_{db}) และอุณหภูมิกระเปาะเปียก (T^*_{wb}) ของอากาศหลังผ่านคอยล์เย็นภายใน Fan Coil Unit

(6) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{db2}) และอุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb2}) ของอากาศหลังผ่าน Reheat Coil ภายใน Fan Coil Unit

(7) ความดันทั้งทางด้านความดันสูง (P dis.) , ด้านความดันต่ำ (P suc.) และความดันก่อนเข้า Expansion Valve (P exp,in) ของเครื่องปรับอากาศ

(8) อุณหภูมิของน้ำยาตามจุดต่าง ๆ ของชุดทดลองดังแสดงในรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 แสดงอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ในวัฏจักรการทำความเย็น

3.3 การคำนวณผลการทดสอบ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นำมาคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการทราบตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

(1) คำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ ($\dot{m}_a$)

(2) คำนวณค่าความสามารถทำความเย็น (Q_T)

(3) คำนวณความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศ (ϕ)

(4) คำนวณอัตราการไหลของสารทำความเย็น ($\dot{m}_r$)

(5) คำนวณค่าสัมประสิทธิของสมรรถนะของระบบ (COP)

(6) คำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทให้ระบบโดย Reheat Coil (Q_R)

ซึ่งรายละเอียดของสูตรที่นำมาใช้ในการคำนวณ พร้อมทั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ฟอร์แทรน) เพื่อช่วยในการคำนวณ อยู่ในภาคผนวก ก.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย