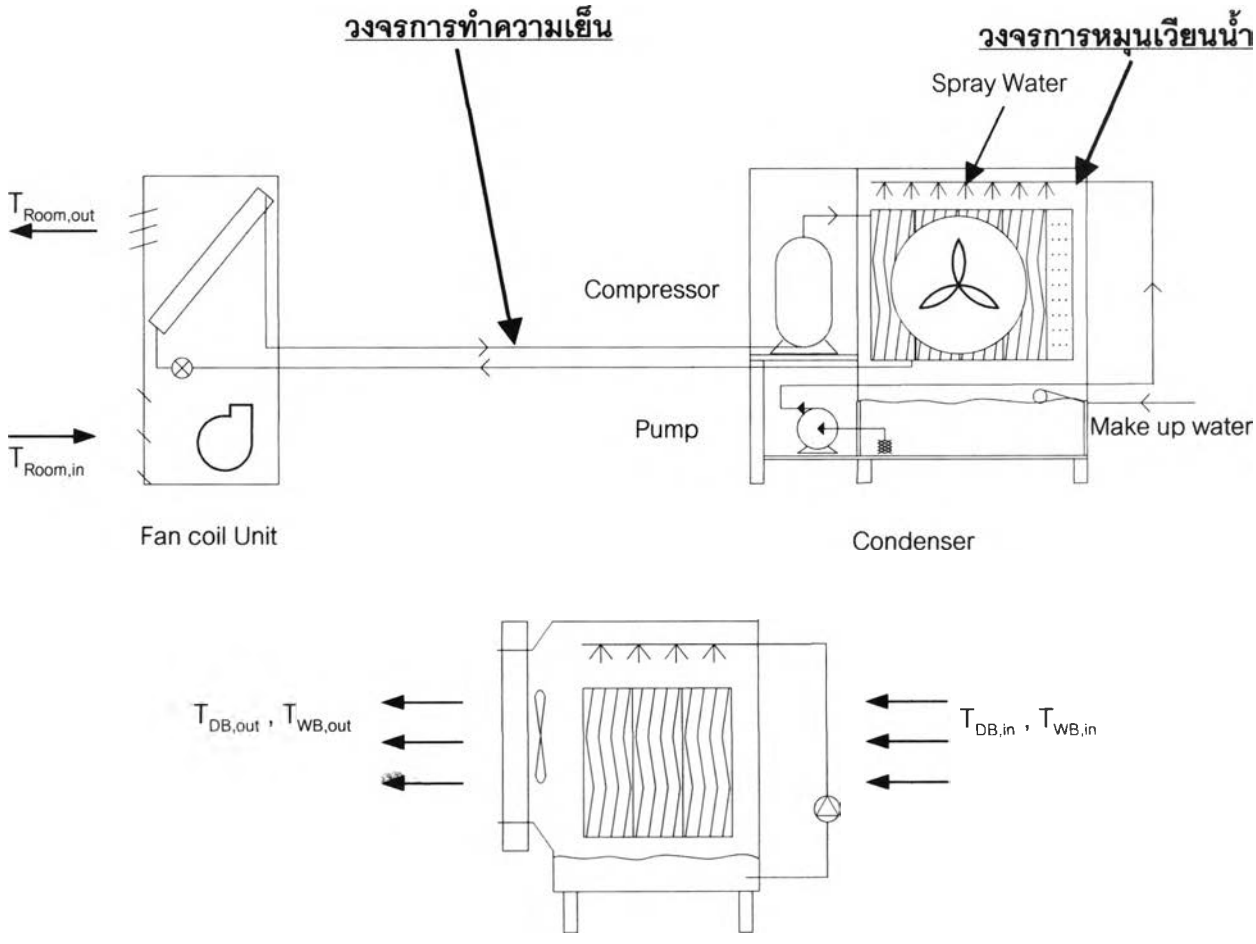
บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ลักษณะของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในงานวิจัย

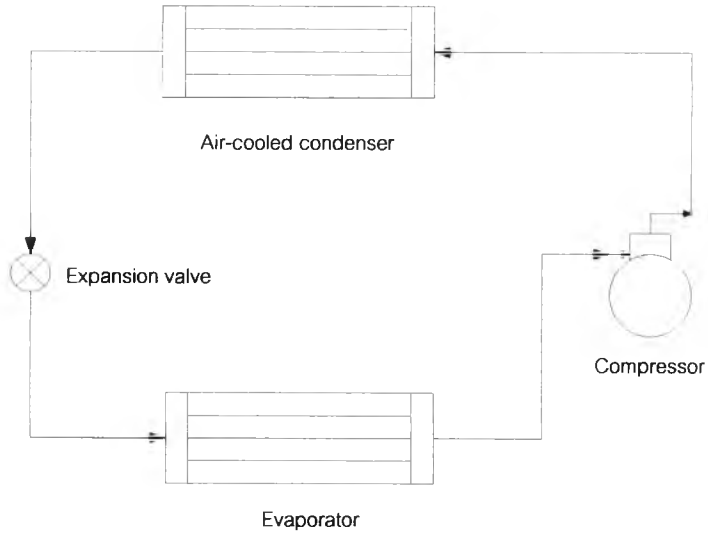
ในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้จะทำการศึกษาและทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอชนิดแยกส่วน (Split type) ซึ่งจะทำการปรับปรุงในส่วนของชุดคอนเดนเซอร์ (Condensing Unit) โดยอาศัยหลักการของการระบายความร้อนในคอนเดนเซอร์แบบระเหยน้ำ (Evaporative Condenser) มาแทนการระบายความร้อนแบบใช้อากาศ (Air-Cooled Condenser) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานและการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 แบบ ซึ่งการวิจัยนี้จะออกแบบเครื่องปรับอากาศให้ใช้กับการทำความเย็นขนาด 12,000 Btu โดยการปรับปรุงให้ชุดคอนเดนเซอร์สามารถเลือกระบบระบายความร้อนได้ 2 แนวทางคือ

1. คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ
2. คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ

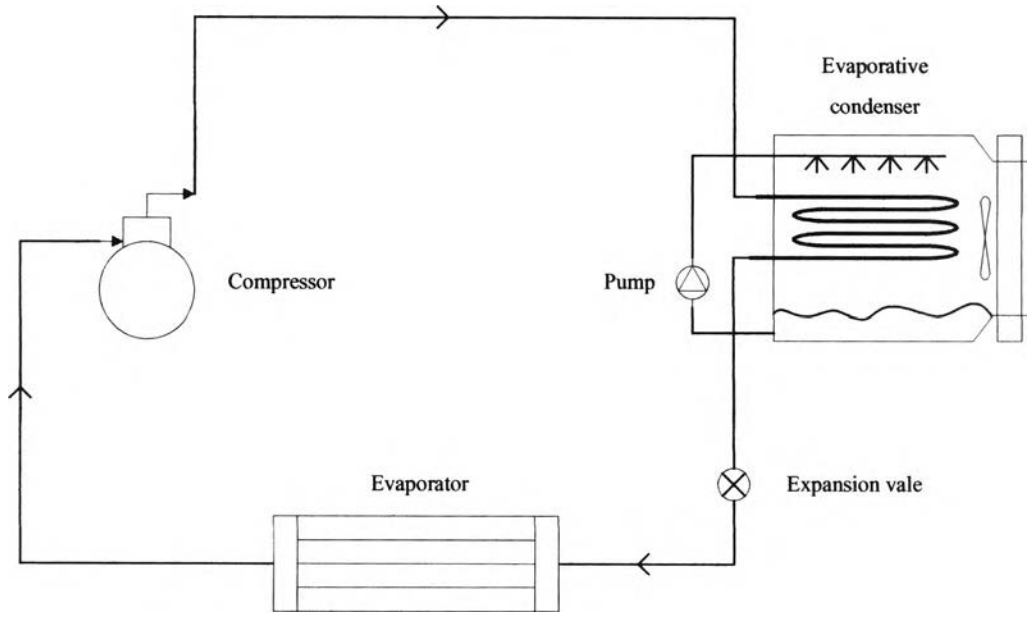


รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศที่ปรับปรุงให้คอนเดนเซอร์สามารถเลือกระบายความร้อนด้วยอากาศหรือระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ

ซึ่งระบบปรับอากาศสามารถเลือกใช้ระบบคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศหรือระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำได้โดยการปิด-เปิดวงจรการหมุนเวียนน้ำ ซึ่งมีวงจรการทำความเย็นดังนี้



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรการทำงานของระบบปรับอากาศที่ใช้คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรการทำงานของระบบปรับอากาศที่ใช้คอนเดนเซอร์แบบระเหยน้ำ

โดยเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะอาศัยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนของ TRANE Model TTK 512 HBOOBA ที่มีอยู่แล้วนำมาปรับปรุงในส่วนของคอนเดนเซอร์ดังมีรายละเอียดดังนี้

Fan Coil Unit

รุ่น SMEN 526 2427 2E

ระบบไฟฟ้า 220 Volts 1 Phase 50 Hz

กระแสไฟฟ้าเข้าสูงสุด 1.5 A

(กระแส, แรงดัน, กำลัง)	จำนวน	RLA	LRA	Volts	PH	Hz
มอเตอร์พัดลม	1	0.4	0.6	220	1	50

Condensing Unit

รุ่น TTK 512 HB

ระบบไฟฟ้า 220 Volts 1 Phase 50 Hz

กระแสไฟฟ้าเข้าสูงสุด 8.0 A

(กระแส, แรงดัน, กำลัง)	จำนวน	RLA	LRA	Volts	PH	Hz
มอเตอร์พัดลม	1	0.4	0.6	220	1	50
คอมเพรสเซอร์	1	6.0	33.0	220	1	50

ความสามารถทำความเย็น 12,000 Btu/hr (3.4 kW)

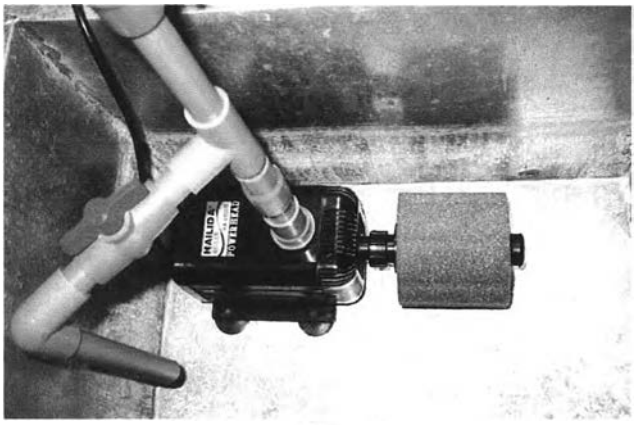
4.2 การออกแบบชุดคอนเดนเซอร์ในงานวิจัย

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีอยู่แล้วและมีความสามารถในการทำความเย็นขนาด 12,000 Btu/hr หรือประมาณ 3.4 kW ดังนั้นในส่วนเครื่องเป่าลมเย็นจึงไม่ได้มีการปรับปรุง แต่ได้มีการปรับปรุงเฉพาะส่วนของคอนเดนเซอร์เพื่อให้สามารถเลือกใช้ระบบการระบายความร้อนเป็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ หรือเป็นแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำก็ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการขยายขนาดของชุดคอนเดนเซอร์ให้มีระบบการฉีดน้ำบนคอยล์ร้อนอยู่ในชุดเดียวกัน ซึ่งการขยายขนาดของชุดคอนเดนเซอร์จะมีผลต่ออัตราการไหลของมวลอากาศที่ไหลผ่านหน้าคอยล์บ้างดังนั้นในการออกแบบจึงออกแบบให้มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงของเดิมมากที่สุด ซึ่งการออกแบบคอนเดนเซอร์จะแสดงในภาคผนวก ฉ

4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องสูบน้ำซึ่งเป็นเครื่องสูบน้ำแบบจุ่ม (submersible pump)

- ยี่ห้อ HAILIDA รุ่น HX-6500 B
- แรงดันไฟฟ้า 220 volt 1 phase 50 Hz กำลังไฟฟ้า 30/130 W
- ท่อด้านส่ง และด้านดูดขนาด 1 นิ้ว
- หัวน้ำในการส่งสูงสุด 3.5 m
- อัตราการไหลสูงสุด 30 l/min



รูปที่ 4.4 ปั๊มน้ำ

2. ท่อน้ำและข้อต่อต่าง ๆ

ในการทำวิจัยนี้จะใช้ท่อน้ำและข้อต่อ PVC ขนาด ½ นิ้ว โดยจะนำท่อน้ำขนาด ½ นิ้ว มาดัดเป็นรูปโค้งตามแนวท่อคอยล์ร้อนแล้วเจาะรูขนาด 1.5 mm โดยเว้นระยะห่างประมาณ 7.5 mm ตลอดความยาวท่อ

รูปที่ 4.5 ลักษณะของท่อคอยล์ร้อน

3. วาล์วน้ำ

จะใช้วาล์วน้ำชนิด Ball valve ขนาด ½ นิ้ว 2 ตัว เพื่อใช้ควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่ท่อสเปรย์น้ำ และควบคุมการบายพาทกลับสู่ถังเก็บน้ำ

4. ถังเก็บน้ำ

ใช้สำหรับเก็บน้ำสำรองขนาด 60 litre

รูปที่ 4.6 ถังน้ำ

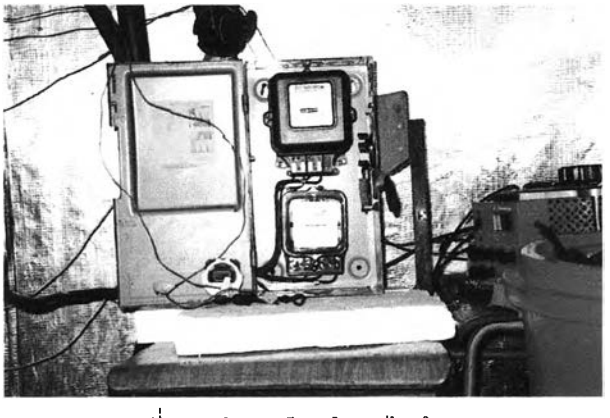
5. บีกเกอร์สำหรับเติมน้ำชดเชย

ใช้ในการเติมน้ำชดเชยโดยมีขนาด 0 – 1000 ml ความละเอียด ±10 ml

รูปที่ 4.7 บีกเกอร์

6. มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า (watt-hr meter) ใช้วัดค่ากำลังไฟฟ้ารวม

- ยี่ห้อ PFN
- แรงดันไฟฟ้า 220 volt 1 phase 50 Hz กระแสไฟฟ้า 5/15 A



รูปที่ 4.8 มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า

7. มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า (digital power meter) ใช้วัดค่ากำลังไฟฟ้าของพัดลมในคอนเดนเซอร์และพัดลมในเครื่องเป่าลมเย็นและปั๊มน้ำ

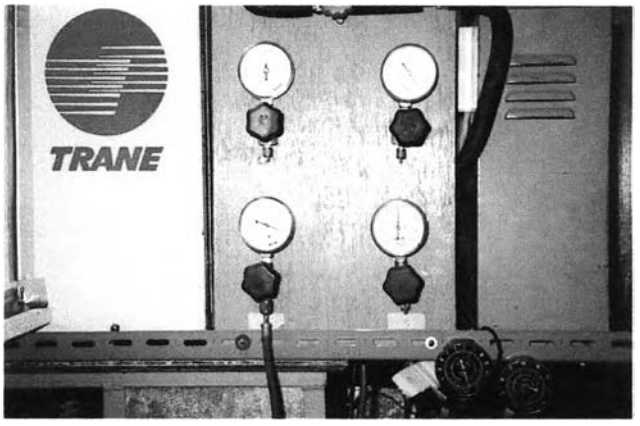
- ยี่ห้อ DIGICON รุ่น DM-730
- Meas. Range 0 – 2000 W , 200 – 750 VAC , 0 – 10 A
- Resolution 1 W , 1 V , 0.01 A

รูปที่ 4.9 มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า

8. Pressure Gauge ใช้วัดความดันของสารทำความเย็นด้านสูงและด้านต่ำ

- ยี่ห้อ IMPERIAL รุ่น 432 - CM
- Meas. Range Psus. 0 – 8.5 kg/cm^2

  Pdis. 0 – 50 kg/cm^2



รูปที่ 4.10 อุปกรณ์วัดความดันสารทำความเย็น

9. เทอร์โมมิเตอร์ใช้ร่วมกับ เทอร์โมคัพเปิ้ล พร้อมกับตัวเลือกช่องสัญญาณ สำหรับวัดอุณหภูมิพื้นผิวท่อสารทำความเย็น

- ยี่ห้อ UNICOM รุ่น DR-99TEMP , Thermocouple Type K
- Meas. Range -50.0 – 199.9 °C
- Resolution 0.1 °C

I21937953

รูปที่ 4.11 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิสารทำความเย็น

10. เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ใช้วัดอุณหภูมิของน้ำ

- ยี่ห้อ ASTM รุ่น 34 C ANILINE
- Meas. Range 26 – 104 °C
- Resolution 0.2 °C

รูปที่ 4.12 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิน้ำ

11. Thermohygrometer with prob ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศบริเวณทางออกจากชุดคอนเดนเซอร์

- ยี่ห้อ Testo รุ่น 635
- Meas. Range 0...100 %RH , -20...+70 °C
- Resolution 1 %RH , 0.1 °C

รูปที่ 4.13 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

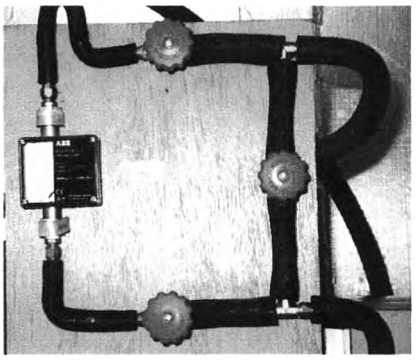
12. Hot Wire Anemometer อุปกรณ์วัดความเร็วลมบริเวณทางออกของชุดคอนเดนเซอร์

- ยี่ห้อ DIGICON รุ่น DA-44
- Meas. Range 0.2 – 20.0 m/s
- Resolution 0.1 m/s

รูปที่ 4.14 อุปกรณ์วัดความเร็วลม

13. อุปรณ์วัดอัตราการไหลสำหรับสารทำความเย็น R-22

- ยี่ห้อ ABB: Amored Purgmeter รุ่น 10A3225
- Meas. Range 0.2 – 1.6 l/min
- Resolution 0.05 l/min



รูปที่ 4.15 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลสารทำความเย็น

14. นาฬิกาจับเวลา ใช้จับเวลาในการบันทึกผลการทดลอง

4.4 การดำเนินการทดสอบ

ในการดำเนินการทดสอบงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ ที่สภาวะอากาศภายในและภายนอกห้องปรับอากาศที่กำหนด เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศ โดยใช้ห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน มาตรฐานที่ มอก. 1155 – 2536 ตามภาค

ผนวก ก ซึ่งได้ทำการทดสอบ ณ ห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศ (Calorimeter room) คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ดังประกอบด้วย

4.4.1 ห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศ (Calorimeter room)

ห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศนี้จะเป็นห้องวัดความร้อนแบบสอบเทียบ (Calibrated room type calorimeter) ซึ่งประกอบด้วยห้อง 2 ห้อง ห้องแรกเป็นห้องควบคุมอากาศเย็นที่ใช้จำลองสภาวะอากาศภายในห้องปรับอากาศ (Indoor room) ซึ่งจะติดตั้งเครื่องเป่าลมเย็น โดยทำการควบคุมอากาศภายในห้องให้มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งเท่ากับ 27 °C และอุณหภูมิกระเปาะเปียกเท่ากับ 19 °C ทุก ๆ การทดสอบ ส่วนห้องที่สองเป็นห้องควบคุมอากาศร้อนที่ใช้จำลองสภาวะอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ (Outdoor room) ซึ่งจะติดตั้งชุดคอนเดนเซอร์ โดยจะควบคุมอากาศภายในห้องให้มีสภาวะอากาศตามที่กำหนดดังนี้

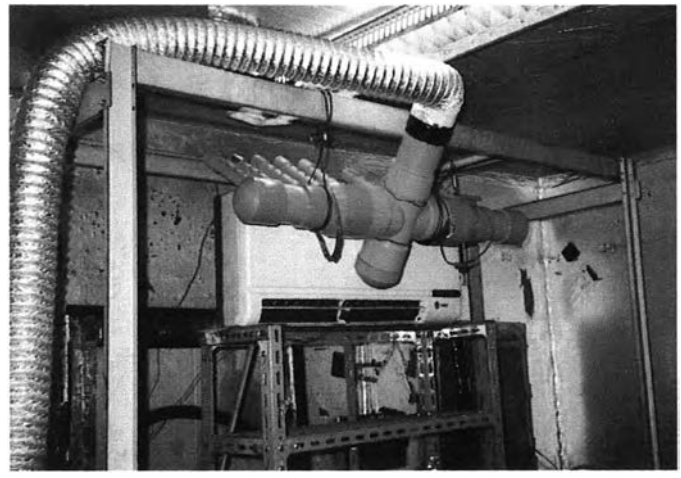
ตารางที่ 4.1 แสดงสภาวะต่าง ๆ ในการทดสอบ

กรณีที่	อุณหภูมิห้องควบคุมอากาศร้อน		ปริมาณน้ำยา R-22	อัตราการไหลของน้ำ	ชนิด Condenser
	T_{DB} (°C)	T_{WB} (°C) , %RH	(Kg)	(L/min)	
1	35	24 , 40%	1.2	-	Air-Cooled Condenser
2	35	26.1 , 50%	1.2	-	
3	35	28.2 , 60%	1.2	-	
4	30	25.5 , 70%	1.2	-	
5	30	27.1 , 80%	1.2	-	
6	35	28.2 , 60%	1.2	15	Evaporative Condenser
7	35	28.2 , 60%	1.4	15	
8	35	28.2 , 60%	1.6	15	
9	35	28.2 , 60%	1.6	10	
10	35	28.2 , 60%	1.6	5	
11	35	26.1 , 50%	1.6	15	
12	35	26.1 , 50%	1.6	5	
13	30	25.5 , 70%	1.6	5	
14	30	27.1 , 80%	1.6	5	

4.4.2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์การวัด

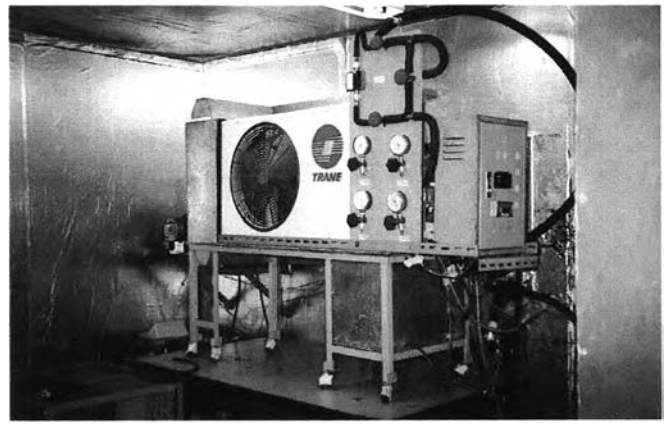
ในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในห้องทดสอบสามารถดำเนินการได้ดังนี้

1. ติดตั้งเครื่องเป่าลมเย็นภายในห้องควบคุมอากาศเย็น (Indoor room)



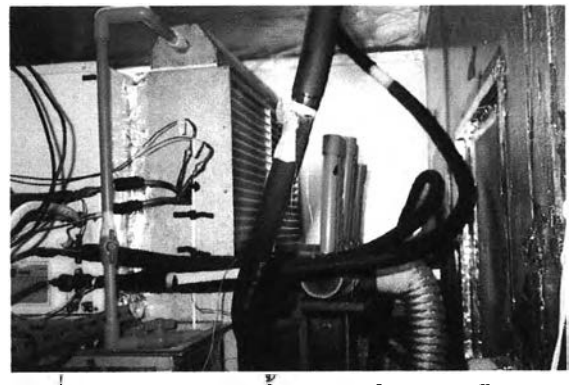
รูปที่ 4.16 ห้องควบคุมอากาศเย็น

2. ติดตั้งชุดคอนเดนเซอร์ภายในห้องควบคุมอากาศร้อน (Outdoor room)



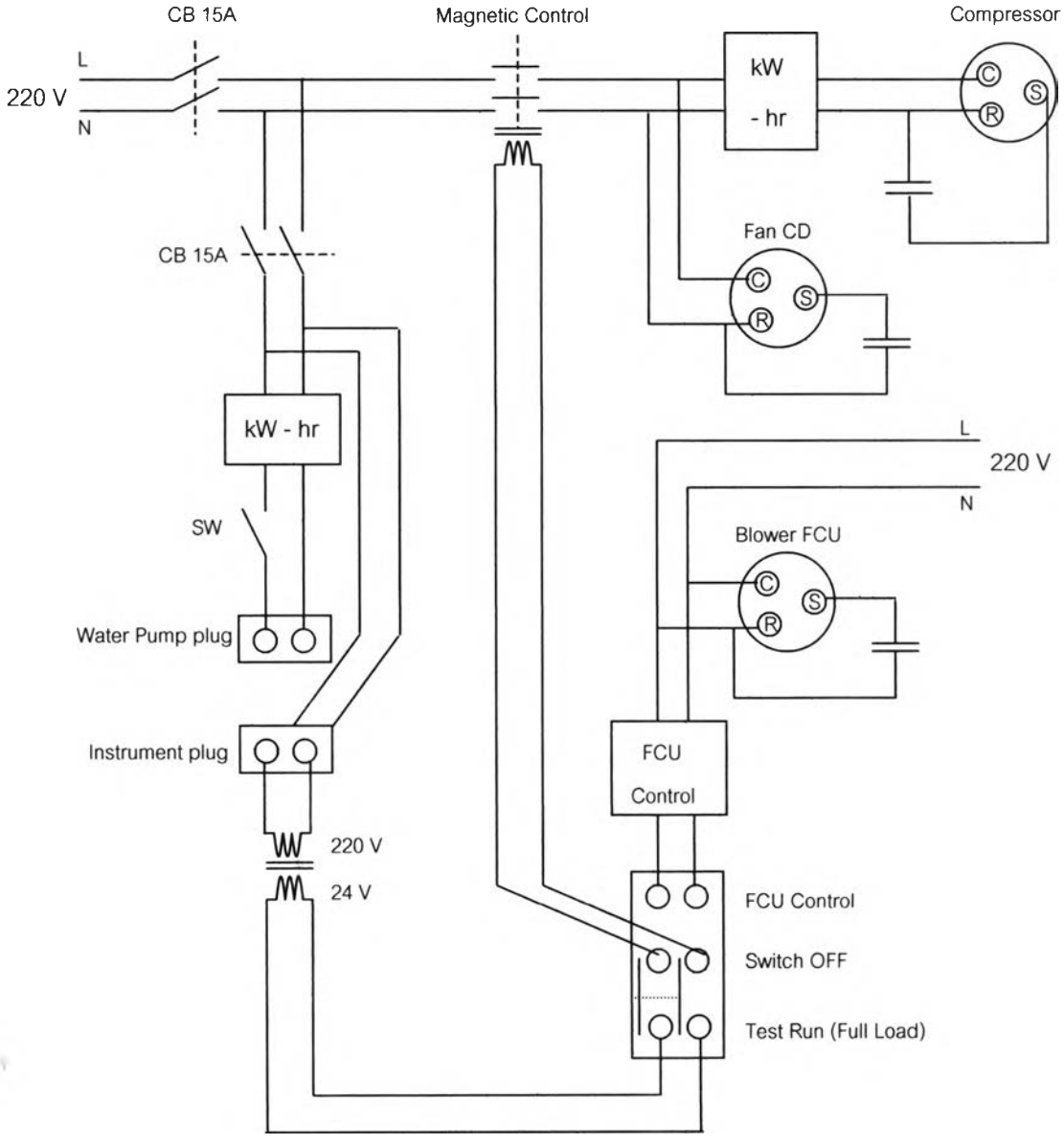
รูปที่ 4.17 ห้องควบคุมอากาศร้อน

3. เดินท่อน้ำยาสารทำความเย็นขนาด ½ นิ้ว และ ¼ นิ้วระหว่างเครื่องเป่าลมเย็นและชุดคอนเดนเซอร์ยาวอย่างน้อย 7.5 เมตร และความยาวอย่างน้อย 3 เมตรอยู่ภายในห้องควบคุมอากาศร้อน และหุ้มฉนวนท่อน้ำยาสารทำความเย็นทั้งสองเส้น



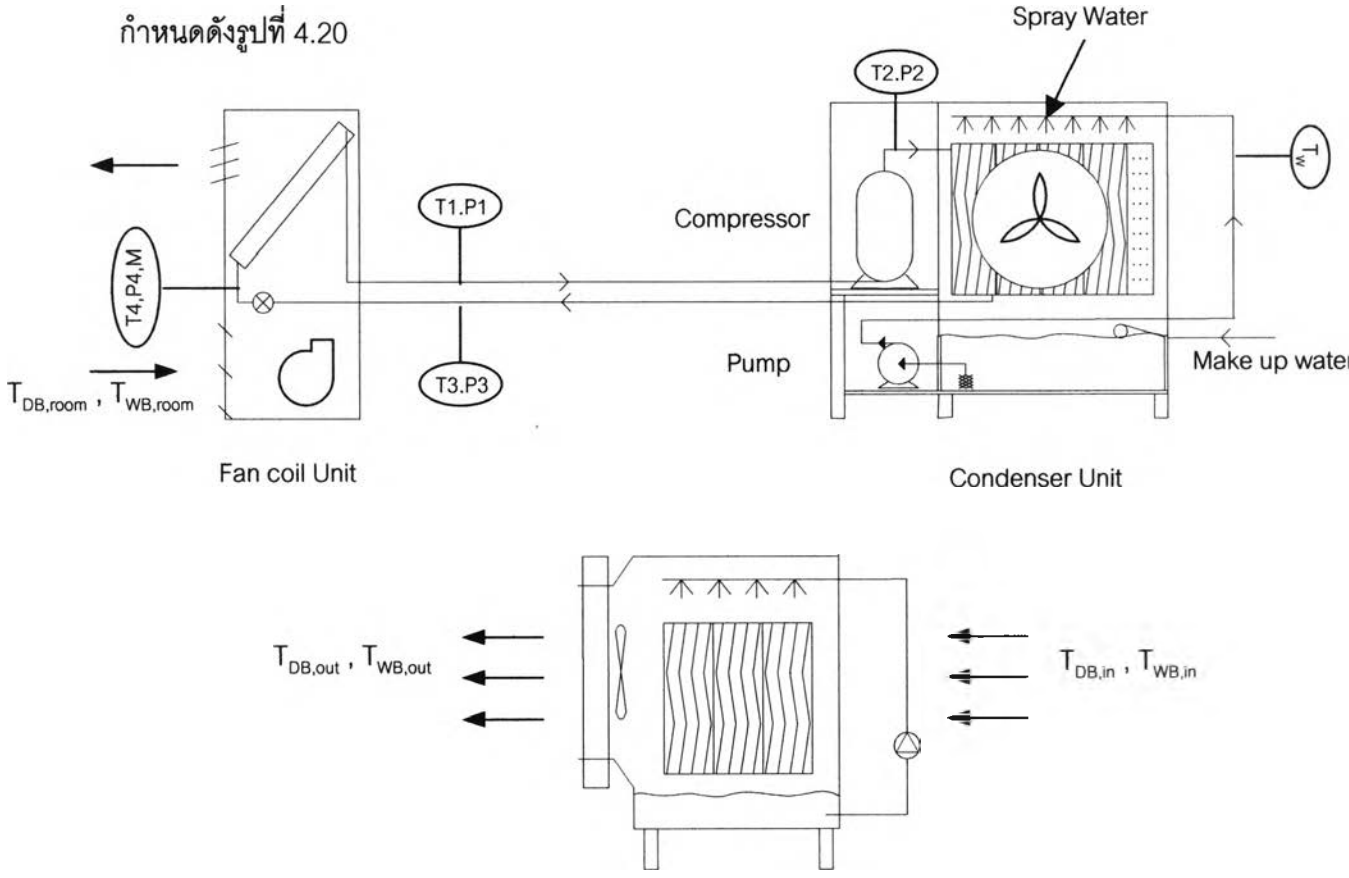
รูปที่ 4.18 การเดินท่อน้ำยาสารทำความเย็น R-22

4. ต่อสายไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้าของเครื่องเป่าลมเย็น ปรับตำแหน่งพัดลมความเร็วสูงสุด และแยกสายไฟต่อเข้าระบบไฟฟ้าของชุดคอนเดนเซอร์โดยติดตั้งเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (watt-hr meter) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ และปั๊มน้ำดังวงจรในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงผังวงจรไฟฟ้า

5. ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหลน้ำยาสารทำความเย็นตามจุดที่กำหนดดังรูปที่ 4.20



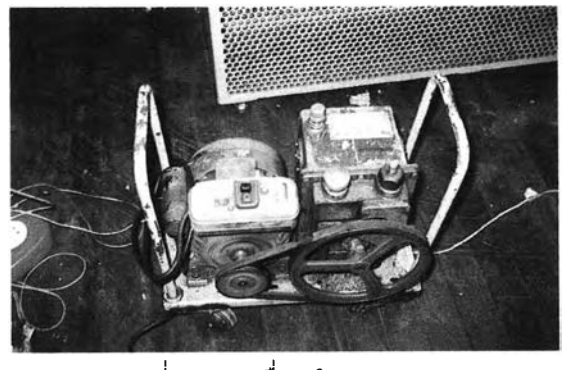
โดย P คือตำแหน่งวัดความดัน

T คือตำแหน่งวัดอุณหภูมิ

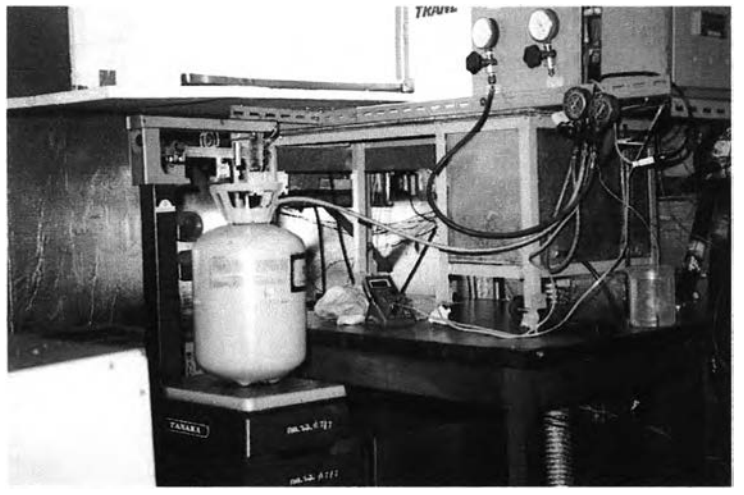
M คือตำแหน่งวัดอัตราการไหลของสารทำความเย็น

รูปที่ 4.20 แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์การวัดต่าง ๆ

6. ต่อเครื่องทำสุญญากาศเข้าระบบเครื่องปรับอากาศโดยเดินเครื่องอย่างน้อย 30 นาที แล้วเติมน้ำยาสารทำความเย็น R-22 เข้าระบบ ก่อนการเติมน้ำยาสารทำความเย็นเข้าระบบจะชั่งถังน้ำยาสารทำความเย็นแล้วบันทึกน้ำหนักก่อนและสิ้นสุดการเติมตามที่กำหนด



รูปที่ 4.21 เครื่องทำสุญญากาศ



รูปที่ 4.22 การเติมน้ำยาสารทำความเย็น R-22

7. รอเดินเครื่องเพื่อทำการทดสอบ

4.4.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เดินเครื่องปรับอากาศที่ทดสอบให้อยู่ในลักษณะ Full load หรือให้คอมเพรสเซอร์ทำงานตลอดเวลาการทดสอบ โดยชุดคอนเดนเซอร์จะติดตั้งในห้องที่จำลองสภาวะอากาศภายนอกห้องปรับอากาศหรือห้องควบคุมอากาศร้อน และเครื่องเป่าลมเย็นจะติดตั้งในห้องที่จำลองสภาวะอากาศภายในห้องปรับอากาศหรือห้องควบคุมอากาศเย็น

2. เดินเครื่องทดสอบต่าง ๆ โดยแยกเป็นสองส่วน คือ

2.1 ระบบควบคุมสภาวะอากาศร้อน

2.1.1 เดินเครื่องทำน้ำเย็นทิ้งไว้ก่อนการทดสอบประมาณ 1 ชั่วโมง

2.1.2 เดินปั๊มน้ำเย็นและเปิด Solenoid valve ทั้งสองตัวเข้าเครื่องทำความเย็นให้อากาศพร้อมทั้งเดินเครื่องลดความชื้น และพัดลม โดยควบคุมให้ได้อุณหภูมิอากาศภายในห้องตามที่กำหนด

2.1.3 เดินปั๊มน้ำในวงจรหมุนเวียนน้ำสำหรับการทดสอบคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำและปรับอัตราการไหลตามที่กำหนด

2.2 ระบบควบคุมสภาวะอากาศเย็น

2.2.1 เดินเครื่องทำอากาศร้อนโดยเปิดฮีตเตอร์อากาศ และพัดลม

2.2.2 เดินเครื่องทำความชื้นโดยเปิดฮีตเตอร์น้ำ และควบคุมสภาวะอากาศภายในห้องให้ได้ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 27 °C และอุณหภูมิกระเปาะเปียก 19 °C ตลอดการทดสอบ

3. เมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียกภายในห้องทดสอบทั้งสองเข้าสู่สภาวะสมดุลประมาณ 1 ชั่วโมง ให้บันทึกข้อมูลในตารางข้อมูลการทดสอบเครื่องปรับอากาศทุก 5 นาที

4. ทำการทดสอบซ้ำตามข้อ 1–3 ตามขอบเขตการทดสอบที่กำหนด

4.4.4 วิธีการบันทึกข้อมูล

ในการบันทึกข้อมูลการทดสอบจะแบ่งการบันทึกข้อมูลออกเป็นสองส่วนคือ

4.4.4.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศ (Calorimeter room) เพื่อหาขีดความสามารถการทำความเย็น, พลังงานไฟฟ้ารวม, อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน โดยการวัดค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. ห้องควบคุมอากาศเย็น
   - กำลังไฟฟ้าของฮีตเตอร์น้ำและอากาศ
   - อุณหภูมิลมส่ง
   - ปริมาณน้ำกลั่นตัว
2. ห้องควบคุมอากาศร้อน
   - ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้ระบบปรับอากาศ
   - ความดันด้านสูง (P_3), ความดันด้านต่ำ (P_1)
   - อุณหภูมิด้านสูง (T_3), อุณหภูมิด้านต่ำ (T_1)

4.4.4.2 ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของสารทำความเย็น R-22 ตามวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความสามารถทำความเย็น, พลังงานที่ป้อนให้คอมเพรสเซอร์, สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP), ความร้อนที่ระบายโดยคอนเดนเซอร์, อัตราการระเหยน้ำ, ประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ ซึ่งข้อมูลที่จะบันทึกมีดังนี้

(1) อุณหภูมิและความดัน ณ จุดก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ (T1,P1)

(2) อุณหภูมิและความดัน ณ จุดออกจากคอมเพรสเซอร์ (T2,P2)

(3) อุณหภูมิและความดัน ณ จุดออกจากคอนเดนเซอร์ (T3,P3)

(4) อุณหภูมิและความดัน ณ จุดก่อนเข้าเครื่องทำระเหย (T4,P4)

(5) อัตราการไหลของสารทำความเย็น R-22

(6) อุณหภูมิอากาศในห้องควบคุมอากาศเย็น

(7) อุณหภูมิอากาศในห้องควบคุมอากาศร้อน

(8) ความเร็วลมที่ออกจากคอนเดนเซอร์

(9) ปริมาณน้ำที่ใช้ในวงจรหมุนเวียนน้ำ

(10) อุณหภูมิน้ำที่ใช้ในวงจรหมุนเวียนน้ำ

4.4.5 การคำนวณผลการทดสอบ

จากข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการได้ดังนี้

(1) ความสามารถในการทำความเย็น

(2) สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบ (COP)

(3) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

(4) ความสามารถในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์

(5) อัตราการระเหยน้ำในคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ

(6) ค่าประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ (ε)

โดยรายละเอียดของสูตรต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ จะแสดงอยู่ในภาคผนวก ข