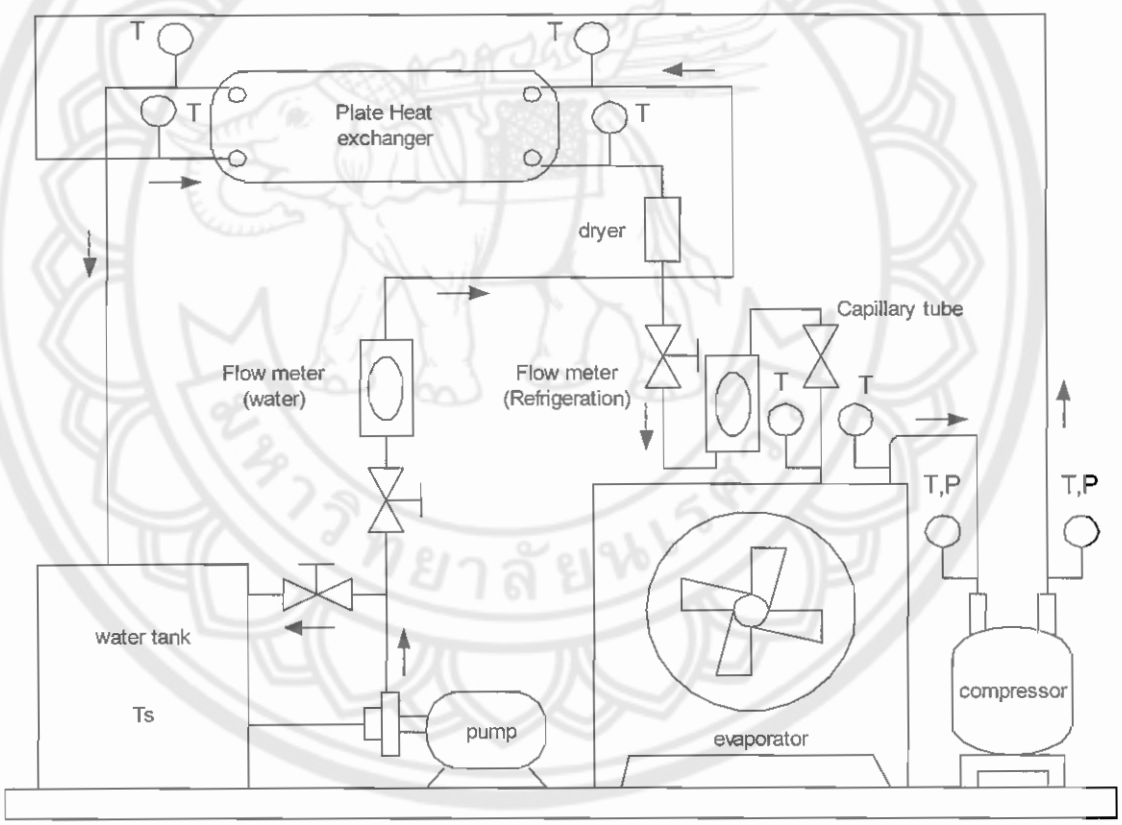
บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

3.1 อุปกรณ์การทดสอบ

ลักษณะของอุปกรณ์การทดสอบแสดงดังรูป 3.1 ซึ่งประกอบด้วย 2 วงจร คือ วงจรผลิตน้ำร้อน และวงจรปรับอากาศ ซึ่งลักษณะการทำงานของแต่ละวงจรได้อธิบายในบทที่ 1 อย่างละเอียดแล้ว ในที่นี้จะกล่าวถึงลักษณะและขนาดของอุปกรณ์แต่ละชนิด ตลอดจนเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบ ดังต่อไปนี้



รูป 3.1 วงจรการทำงานและตำแหน่งเครื่องมือวัดที่ติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบ

3.1.1 ลักษณะและขนาดของอุปกรณ์การทดสอบ

ก. วงจรผลิตน้ำร้อน ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

ปั๊มน้ำ ขนาด 750 W, หัวน้ำ (Head) 15 -33 m, อัตราการไหล 20 -100 l/min

ถังเก็บ มีความจุ 107 kg

ข. วงจรปรับอากาศ ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

คอมเพรสเซอร์ เป็นแบบ คอมเพรสเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์(Automobile Compressor) ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 3 แรงม้า

คอนเดนเซอร์ เป็นแบบ Plate Heat Exchanger ระบายความร้อนด้วยน้ำ

วาล์วขยายตัว เป็นแบบ Capillary Tube

อีวาปอเรเตอร์ ดัดแปลงมาจากคอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศแบบ Split Type

เครื่องดูดความชื้น

3.1.2 เครื่องมือวัดและการติดตั้ง

ตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัด ดังแสดงในรูป 3.1 โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค (Type K) โดยมีเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Data Logger) เป็นตัวบันทึกอุณหภูมิระหว่างการทดลอง ตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลมีดังต่อไปนี้

- บริเวณทางเข้าและทางออกของคอมเพรสเซอร์
- บริเวณทางเข้าและทางออกของคอนเดนเซอร์
- บริเวณทางเข้าและทางออกของแฟนคอยล์
- อุณหภูมิน้ำที่ระบายความร้อนในคอนเดนเซอร์ (ทางเข้าและทางออก)
- อุณหภูมิของน้ำในถัง
- อุณหภูมิของอากาศหลังจากผ่านแฟนคอยล์
- อุณหภูมิห้อง

ข. เครื่องมือวัดความดัน ทำการติดตั้งที่บริเวณดังต่อไปนี้

- บริเวณทางเข้าและทางออกของคอมเพรสเซอร์

ค. เครื่องมือวัดอัตราการไหลทำการติดตั้งที่บริเวณดังต่อไปนี้

- ระหว่างปั๊มน้ำและคอนเดนเซอร์
- ระหว่างคอนเดนเซอร์และท่อแคปปิลารี

3.2 วิธีการทดสอบ

ในการทดสอบทำที่อัตราการไหลของน้ำที่ 7 lpm โดยเก็บข้อมูลทุกๆ 3 นาทีโดยใช้ Data Logger เก็บค่าอุณหภูมิตั้งแต่เริ่มต้นจนความดันของคอมเพรสเซอร์ขาออกอยู่ที่ประมาณ 1.921 MPa เพื่อความปลอดภัย จากนั้นจึงถ่ายน้ำในถังออก แล้วเริ่มทำการทดลองใหม่โดยปรับอัตราการไหลของน้ำไปที่ 9 lpm และทำการบันทึกค่าต่างๆเช่นเดียวกับครั้งแรก

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้จะศึกษาถึงสมรรถนะเชิงความร้อน ของระบบผลิตน้ำร้อนจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งต้องอาศัยการจำลองสถานการณ์ของระบบ โดยที่การจำลองสถานการณ์ของระบบนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยแบบจำลองของอุปกรณ์แต่ละตัวในระบบ ดังนั้นในการทดลองของโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะหาแบบจำลองของอุปกรณ์แต่ละตัวในระบบ ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ (Compressor Modelling)

การหาแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ในโครงการวิจัยนี้ จะใช้วิธีการจำลองแบบของ **Stoecker** [1] (สมการ 1.1) เพราะสามารถใช้ได้กับเครื่องจักรกลแบบเพลาหมุนทั่วไป เช่น ปั๊ม, คอมเพรสเซอร์ และพัดลม เป็นต้น แต่เนื่องจากอุปกรณ์ในการทดลองที่ใช้มีเส้นผ่านศูนย์กลางของวงล้อ (Wheel Diameter) คงที่ และของไหลมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) ค่อนข้างคงที่ และกำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์เพียงค่าเดียวตลอดไป ดังนั้นจะหาแบบจำลองจากความสัมพันธ์ในสมการ 1.2 ดังนี้

$$\frac{P_{cp,o}}{P_{cp,i}} = f\left(\frac{m_r\sqrt{C_{pr}T_{cp,o}}}{D^2 P_{cp,o}}\right) \qquad [3.1]$$

โดยที่ $P_{cp,i}$ = ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์ (MPa)

$P_{cp,o}$ = ความดันขาออกคอมเพรสเซอร์ (MPa)

C_{pr} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารทำความเย็น (kJ/kg.K)

$T_{cp,o}$ = อุณหภูมิอากาศขาออกจากคอมเพรสเซอร์ (K)

D^2 = เส้นผ่านศูนย์กลางล้อ (m)

การทดลองเพื่อหาแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์มีวิธีในการทดลองคือ ที่ความเร็วรอบคงที่ของคอมเพรสเซอร์ และอัตราการไหลคงที่ของสารทำความเย็น วัดค่าความดันและอุณหภูมิที่ทางเข้าและทางออกของคอมเพรสเซอร์ และนำผลการทดลองที่ได้มาหาความสัมพันธ์ในรูปสมการต่อไป

3.2.2 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของคอนเดนเซอร์(Condenser Modelling)

ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆจะพิจารณาจากสมการดังนี้

$$(UA)_{cd} = f(\frac{m_w C_{pw}(T_{w,o} - T_{w,i})}{T_{cd,i} - T_{w,i}}) \qquad [3.2]$$

โดยที่ $(UA)_{cd}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของคอนเดนเซอร์ (kW/K)

m_w = อัตราการไหลของน้ำ (kg/s)

C_{pw} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg.K)

$T_{w,i}$ = อุณหภูมิน้ำขาเข้าคอนเดนเซอร์ (K)

$T_{w,o}$ = อุณหภูมิน้ำขาออกจากคอนเดนเซอร์ (K)

$T_{cd,i}$ = อุณหภูมิขาเข้าคอนเดนเซอร์ (K)

3.2.3 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของอีวาปอเรเตอร์ (Evaporator Modelling)

ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆ จะพิจารณาจากสมการดังต่อไปนี้

$$(UA)_{ev} = f(\frac{m_a C_{pa}(T_{a,i} - T_{a,o})}{T_{a,i} - T_{ev,i}}) \qquad [3.3]$$

โดยที่ $(UA)_{ev}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอีวาปอเรเตอร์ (kW/K)

m_a = อัตราการไหลของอากาศ (kg/s)

C_{pa} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ/kg.K)

$T_{a,i}$ = อุณหภูมิอากาศขาเข้าแฟนคอยล์ (K)

$T_{a,o}$ = อุณหภูมิอากาศขาออกแฟนคอยล์ (K)

$T_{ev,i}$ = อุณหภูมิขาเข้าอีวาปอเรเตอร์ (K)

3.2.4 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของถังเก็บ (Storage tank Modelling)

ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆ พิจารณาจากสมการดังต่อไปนี้

$$h_w^{t+\Delta t} = h_w^t + \frac{m_w \Delta t}{M_w}(h_{w,o} - h_{w,i}) \qquad [3.4]$$

โดยที่ $h_w^{t+\Delta t}$ = เอนทาลปีของน้ำที่เวลา t + Δt (kJ/kg)

h_w^t = เอนทาลปีของน้ำที่เวลา t (kJ/kg)

m_w = อัตราการไหลของน้ำ (kg/s)

Δt = ช่วงระยะห่างของเวลาในการวัด (sec)

M_w = มวลของน้ำในถัง (kg)

$h_{w,i}$ = เอนทาลปีของน้ำขาเข้าคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)

$h_{w,o}$ = เอนทาลปีของน้ำขาออกคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)

3.2.5 การประเมินการถ่ายเทความร้อนบริเวณท่อ (Evaluation of Pipes Heat Loss)

ในการประเมินการถ่ายเทความร้อนในบริเวณนี้ จะหาความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ผ่านผนังท่อและผลต่างของอุณหภูมิของสารทำความเย็นเฉลี่ยกับอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยบริเวณท่อระหว่างคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ จะใช้สมการ 3.5 และบริเวณท่อระหว่างอีวาปอเรเตอร์กับคอมเพรสเซอร์ จะใช้สมการ 3.6 ดังนี้

$$m_r C_{pr}(T_{cp,o} - T_{cd,i}) = f((\frac{T_{cp,o} + T_{cd,i}}{2}) - T_a, m_r) \qquad [3.5]$$

$$m_r C_{pr}(T_{cp,i} - T_{ev,o}) = f(T_a - (\frac{T_{ev,o} + T_{cp,i}}{2}), m_r) \qquad [3.6]$$

โดยที่ $T_{cp,o}$ = อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ (K)

$T_{cd,i}$ = อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เข้าคอนเดนเซอร์ (K)

$T_{ev,o}$ = อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอีวาปอเรเตอร์ (K)

$T_{cp,i}$ = อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เข้าคอมเพรสเซอร์ (K)

C_{pr} = ความจุความร้อนจำเพาะของสารทำความเย็น (kJ/kg.K)

T_a = อุณหภูมิของอากาศภายนอก (K)

3.2.6 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของอัตราส่วนความดันที่ท่อแคปปิลารี

การหาแบบจำลองความดันที่ท่อแคปปิลารี โดยปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราส่วนความดันที่ท่อแคปปิลารีคือการควบแน่นที่คอนเดนเซอร์โดยจะมีตัวแปร ที่เกี่ยวข้องกับการควบแน่นซึ่งจะใช้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 3.7 ดังนี้

$$\frac{P_{ex,i}}{P_{ex,o}} = f(T_{w,i}, m_w) \qquad [3.7]$$

โดยที่ $P_{ex,i}$ = ความดันขาเข้าของท่อแคปปิลารี (kPa)

$P_{ex,o}$ = ความดันขาออกของท่อแคปปิลารี (kPa)

$T_{w,i}$ = อุณหภูมิน้ำขาเข้าคอนเดนเซอร์ (K)

m_w = อัตราการไหลของน้ำ (kg/s)

จากแบบจำลองของอุปกรณ์ต่างๆที่ได้จะถูกนำมาสร้างการจำลองสถานการณ์ของระบบ ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อไป