บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

บทที่แล้วได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในระบบปรับสภาวะอากาศที่ใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง ดังนั้นในบทนี้จะขอกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ อุปกรณ์ควบคุม เครื่องมือวัด ตลอดจนแนวทางและขั้นตอนการทดสอบระบบ เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการทำงานของระบบปรับสภาวะอากาศโดยใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง

3.1 วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

โครงการวิจัยนี้ต้องการที่จะศึกษาถึงการพัฒนาที่จะนำเอาอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงมาใช้กับระบบปรับสภาวะอากาศ โดยจะทำการศึกษาหาแบบจำลองของอุปกรณ์หลักแต่ละตัว จากนั้นทำการหาแบบจำลองสถานการณ์ของระบบ เพื่อจะทำการศึกษาถึงปัญหาและสมรรถนะของระบบปรับสภาวะอากาศโดยใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ระบบได้ประกอบไปด้วยวงจรการทำงาน 3 วงจรดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ดังนั้นจะขอกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบของแต่ละวงจรคือ

3.2.1 วงจรผลิตน้ำเย็น ส่วนประกอบของวงจรผลิตน้ำเย็น ดังแสดงในรูป 3.1 ของโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ย่อยคือ

คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิด มีลักษณะเป็นแบบลูกสูบ ซึ่งเป็นคอมเพรสเซอร์แบบกึ่งกลางระหว่างคอมเพรสเซอร์แบบเปิด (Open type) และแบบปิด (Hermetic type) คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดของโครงการวิจัยนี้ เพลาของคอมเพรสกับมอเตอร์จะบรรจุอยู่ภายในตัวถังเดียวกัน โดยมอเตอร์ที่ขับเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 7 แรงม้า

คอนเดนเซอร์ ขนาดไม่เกิน 18 กิโลวัตต์ ซึ่งเป็นคอมเพรสเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำประกอบด้วยหอผึ่งน้ำ และถังเก็บน้ำ

วาล์วขยายตัว ใช้ในการควบคุมความดันของสารทำความเย็น ซึ่งเป็นวาล์วขยายตัวของสารทำความเย็น R-12 ขนาดไม่เกิน 5 ตันความเย็น โดยการควบคุมวาล์วด้วยมือ

อีวาปอเรเตอร์หรือชิลเลอร์น้ำเย็น มีขนาดทำความเย็น ไม่เกิน 5 ตันความเย็น

รูป 3.1 ภาพถ่ายชุดวงจรการผลิตน้ำเย็น

3.2.2 วงจรผลิตน้ำแข็ง ส่วนประกอบของวงจรผลิตน้ำแข็ง แสดงดังรูป 3.2

รูป 3.2 ภาพถ่ายชุดวงจรการผลิตน้ำแข็ง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

โดยส่วนประกอบของวงจรผลิตน้ำแข็งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

คอมเพรสเซอร์แบบเปิดมีลักษณะแบบลูกสูบ มีขนาด 2.2 กิโลวัตต์ ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 5 แรงม้า โดยมีอินเวิร์ทเตอร์ (Inverter) เป็นตัวปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ทำให้สามารถควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ได้

คอนเดนเซอร์ ขนาด 10 กิโลวัตต์ ระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยใช้พัดลม ซึ่งถูกขับด้วยมอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า

วาล์วขยายตัว ใช้วาล์วขยายตัวของสารทำความเย็น R-12 ขนาดไม่เกิน 2 ตันความเย็นโดยการควบคุมวาล์วด้วยมือ

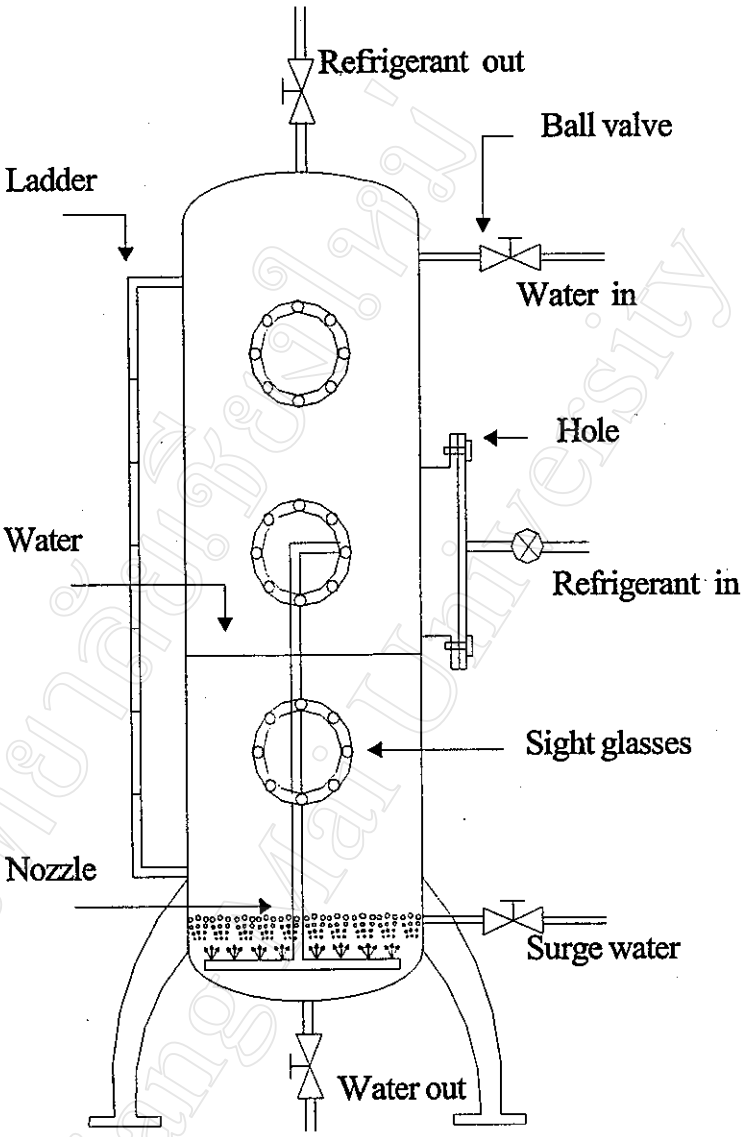
ถังเก็บน้ำแข็งหรือถังอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง ขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร เป็นถังทรงกระบอก แสดงดังรูป 3.3

ถังเก็บสารทำความเย็นในสภาวะไอเป็นถังที่ใช้ในการเก็บสะสมสารทำความเย็นในสภาวะไอของชุดทำความเย็นขนาดไม่เกิน 2 ตันความเย็นติดตั้งหลังจากอีวาปอเรเตอร์ โดยมีวาล์วระบายน้ำทางด้านล่างของถัง

อุปกรณ์ดูดความชื้นเป็นอุปกรณ์ดูดความชื้นที่สามารถเปลี่ยนสารดูดความชื้นได้ โดยที่อุปกรณ์ชุดนี้ สามารถดูดความชื้น (น้ำ) ได้สูงสุด 0.042 ลิตร

ถังเก็บสารทำความเย็น เป็นอุปกรณ์ของระบบทำความเย็นทำหน้าที่ในการเก็บสะสมสารทำความเย็นในสภาวะของเหลวของชุดทำความเย็นขนาดไม่เกิน 2 ตันความเย็น

อุปกรณ์ดักน้ำมัน ทำหน้าที่ในการดึงน้ำมันที่ปะปนไปกับสารทำความเย็นในสภาวะของเหลวกลับมาที่คอมเพรสเซอร์เพื่อถ่ายเทความร้อน ซึ่งเป็นอุปกรณ์มาตรฐานของระบบทำความเย็นขนาดไม่เกิน 2 ตันความเย็น



รูป 3.3 แสดงลักษณะของอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงหรือถังน้ำแข็ง

3.2.3 วงจรปรับอากาศ

ซึ่งส่วนประกอบของวงจรปรับอากาศโดยรวมของโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ย่อยดังต่อไปนี้

เครื่องส่งลมเย็น ขนาดไม่เกิน 5 ตันความเย็น ภายในประกอบด้วยพัดลมเป่าอากาศ (Blower) ทำหน้าที่เป่าลมผ่านท่อน้ำเย็น เพื่อปรับอากาศ ถูกขับด้วยมอเตอร์ 1 ½ แรงม้า 220 โวลท์ 50 เฮิร์ท ดังแสดงดังรูป 3.4

ปั๊มน้ำเย็น ขนาด 125 วัตต์ หัวน้ำ (Head) 2.6 เมตร อัตราการไหล 30 ลิตรต่อนาที

รูป 3.4 ภาพถ่ายเครื่องส่งลมเย็นขนาดไม่เกิน 5 ตันความเย็น

3.3 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบ

นอกจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบที่ได้กล่าวมาแล้ว ในการทดสอบนั้นจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือวัดปริมาณต่างๆ โดยตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัด ดังแสดงในรูป 3.5 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิในตำแหน่งต่างๆ ใช้เทอร์โมคับเปิลชนิดเค (Type K) พร้อมเครื่องอ่านค่าและบันทึกอุณหภูมิชนิด 10 จุด ยี่ห้อ Comark มีความละเอียด ± 0.1 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูป 3.6

3.3.2 อุปกรณ์วัดความดัน

อุปกรณ์วัดความดันของสารทำความเย็น (R-12) แบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ ด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำ โดยด้านความดันสูงสามารถวัดความดันได้สูงสุด 3.5 เมกกะปาสคาร์ล และด้านความดันต่ำสามารถอ่านความดันได้สูงสุด 830 กิโลปาสคาร์ล

3.3.3 เครื่องมือวัดอัตราการไหล

ติดตั้งอยู่ระหว่างระหว่างคอนเดนเซอร์และวาล์วขยายตัวในวงจรผลิตน้ำเย็น สำหรับวงจรผลิตน้ำแข็งติดตั้งอยู่ระหว่างถังเก็บสารทำความเย็นและวาล์วขยายตัว โดยมีความสามารถในการวัดไม่เกิน 0.088 กิโลกรัมต่อวินาที

3.3.4 เครื่องมือวัดความเร็วลม

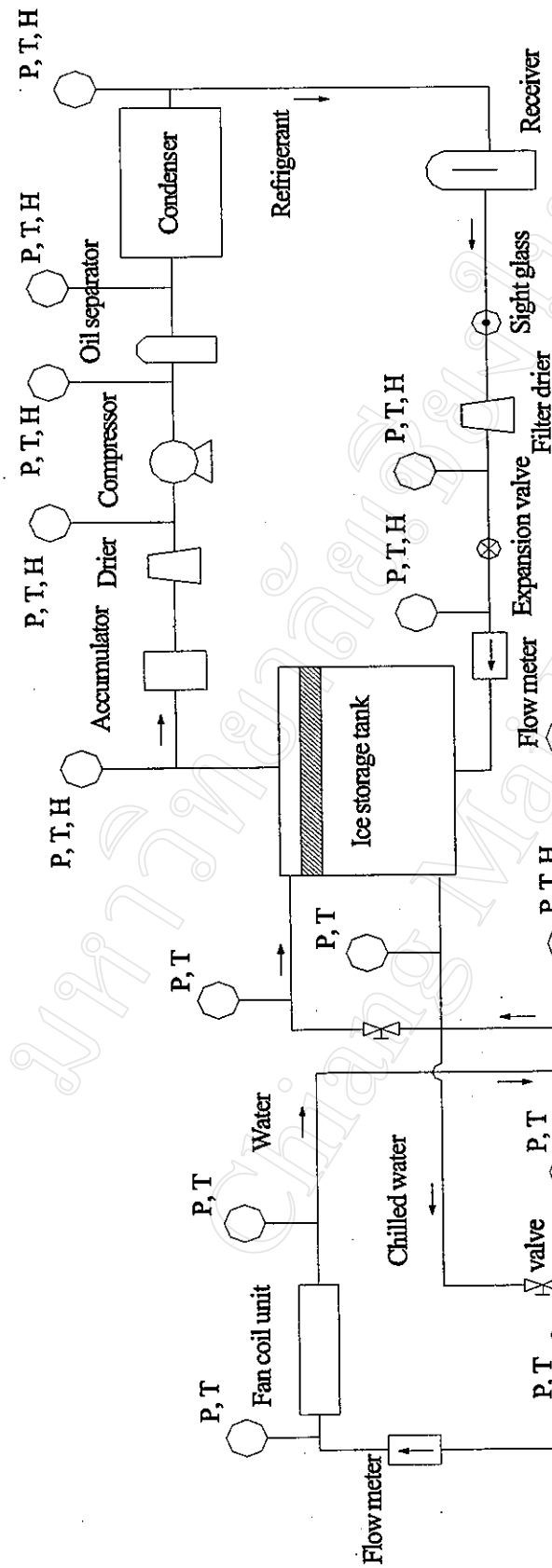
เครื่องมือวัดความเร็วลมที่ใช้เป็นแบบลวดร้อน (Hot wire) วัดความเร็วลมในหน่วยเมตรต่อวินาที ยี่ห้อ Velocicalc Plus รุ่น 471 ดังแสดงดังรูป 3.7

3.3.5 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของโครงการวิจัยนี้สำหรับวงจรผลิตน้ำแข็ง ใช้อินเวิร์ทเตอร์ ชนิด Varispeed รุ่น 606PC3 ขนาด 3.7 กิโลวัตต์ในการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ 2 แรงม้า 3 เฟส ดังแสดงในรูป 3.8

3.3.6 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของอากาศหลังออกจากฮีทเตอร์ไฟฟ้าในวงจรปรับอากาศเพื่อทำการหาแบบจำลอง โดยแสดงค่าอุณหภูมิ 2 หลัก สามารถวัดได้ทั้งหน่วยองศาฟาเรนไฮต์ และองศาเซลเซียส ค่าความแตกต่างในการควบคุม ± 2 องศาเซลเซียส ดังรูป 3.9

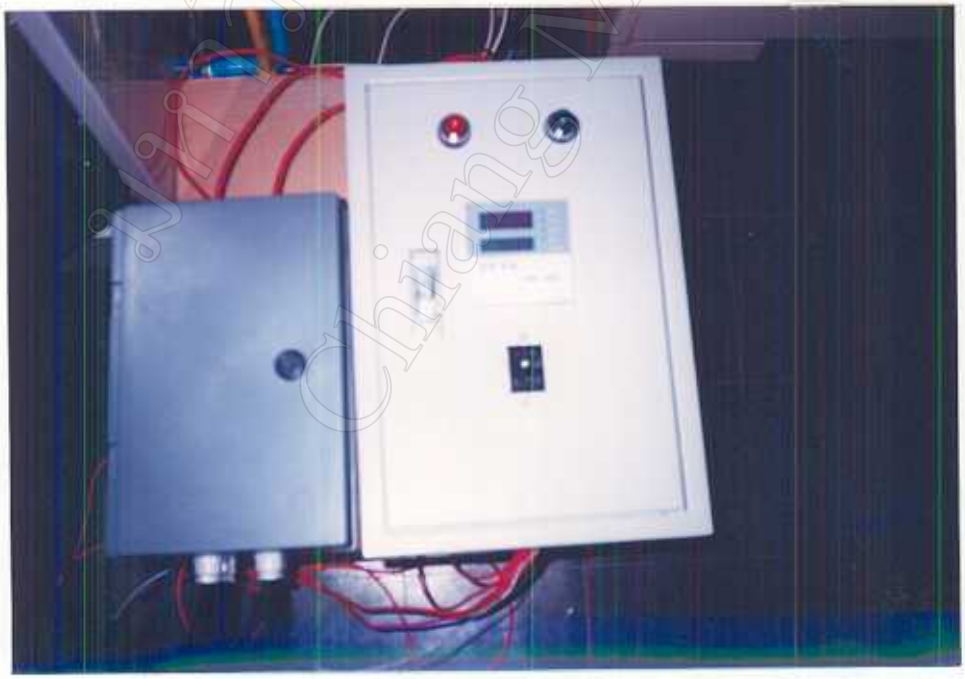


รูป 3.5 วงจรการทำงานและตำแหน่งของเครื่องมือวัดที่ติดตั้ง

รูป 3.6 ภาพถ่ายเครื่องมือวัดและบันทึกอุณหภูมิ Comark แบบ 10 จุด

รูป 3.7 ภาพถ่ายเครื่องมือวัดความเร็วลมแบบลวดร้อน ยี่ห้อ Velocicalc Plus รุ่น 471

รูป 3.8 ภาพถ่ายอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ รุ่น 606PC3



รูป 3.9 ภาพถ่ายอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิแสดงผลเป็นทศนิยม 2 หลัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

3.4 ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการทดสอบ

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอาอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงมาใช้กับระบบปรับสภาวะอากาศ โดยระบบได้ประกอบไปด้วยวงจรการทำงาน 3 วงจรคือ วงจรผลิตน้ำเย็น วงจรผลิตน้ำแข็ง และวงจรปรับอากาศ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นจะขอกล่าวถึงตัวแปรสำคัญในการทดลองของระบบ

3.4.1 อัตราการไหลของสารทำความเย็น

อัตราการไหลของสารทำความเย็น ในการทดลองจะทำการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น (R-12) โดยทำการปรับเปลี่ยนค่าตั้งแต่ 0.011 0.022 0.033 0.044 0.055 และ 0.066 กิโลกรัมต่อวินาที สำหรับวงจรผลิตน้ำแข็ง ส่วนวงจรผลิตน้ำเย็นจะทำการปรับเปลี่ยนค่าอัตราการไหล ตั้งแต่ค่า 0.033 0.044 0.055 0.066 0.077 และ 0.088 กิโลกรัมต่อวินาที ซึ่งการปรับเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของสารทำความเย็นนั้นเป็นตัวแปรสำคัญในการหาค่าต่างๆ ของระบบ

3.4.2 ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์

ในการทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ สำหรับวงจรผลิตน้ำแข็งนั้น จะทำการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์คือ 7.1 9.5 และ 11.8 รอบต่อวินาที โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบอินเวิร์ทเตอร์

3.4.3 ปริมาณน้ำภายในถัง

ในการทดลองสำหรับวงจรผลิตน้ำแข็งนั้น ที่อัตราการไหลของสารทำความเย็นและความเร็วรอบต่างๆของคอมเพรสเซอร์ กำหนดเปลี่ยนสภาวะเริ่มต้นต่างๆคือ อุณหภูมิของน้ำในถัง อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ฉีด ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญอีกตัวแปรหนึ่งของระบบ

3.5 วิธีการทดสอบ

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอาอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงมาใช้กับระบบปรับสภาวะอากาศ โดยระบบได้ประกอบไปด้วยวงจรการทำงาน 3 วงจร ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การดำเนินการทดสอบจะทำการทดลองเพื่อหาแบบจำลองของอุปกรณ์หลักแต่ละวงจร โดยทำการหาความสัมพันธ์ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นของ Stoecker (1989) จากนั้นทำการจำลองสภาพการทำงานของระบบดังกล่าว

3.5.1 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์

การทดสอบหาแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ของวงจรผลิตน้ำเย็นและวงจรผลิตน้ำแข็งในโครงการวิจัยนี้ เนื่องจากอุปกรณ์ในการทดลองที่ใช้มีค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของวงล้อคงที่และของไหลมีค่าความจุความร้อนจำเพาะค่อนข้างคงที่ ดังนั้นจะหาแบบจำลองจากความสัมพันธ์ของวง

จรผลิตน้ำเย็นและวงจรผลิตน้ำแข็งในสมการต่อไปนี้ตามลำดับ ซึ่งเหมือนกับการสร้างแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ของ Stoecker (1989)

$$\frac{P_{cp,i}}{P_{cp,o}} = f[\frac{m_r T_{cp,0}^{0.5}}{P_{cp,o}}] \quad [3.1]$$

$$\frac{P_{cp,i}}{P_{cp,o}} = f[\frac{m_r T_{cp,0}^{0.5}}{P_{cp,o}}, N] \quad [3.2]$$

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

$P_{cp,o}$ = ความดันขาออกจากคอมเพรสเซอร์ (Mpa)

$T_{cp,o}$ = อุณหภูมิขาออกจากคอมเพรสเซอร์ (^{o}C)

N = ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (rps)

m_r = อัตราการไหลโดยมวลของสารทำความเย็น (kg/s)

การทดลองเพื่อหาแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ของวงจรผลิตน้ำแข็งที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ของคอมเพรสเซอร์คือ 7.1 9.5 และ11.8 รอบต่อนาที โดยปรับเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่ 0.011 0.022 0.033 0.044 0.055 และ 0.066 กิโลกรัมต่อวินาที ทำการวัดค่าความดัน อุณหภูมิที่ทางเข้าและทางออกของคอมเพรสเซอร์ จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาหาความสัมพันธ์ในรูปสมการต่อไป สำหรับวงจรผลิตน้ำเย็น จะทำการปรับเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของสารทำความเย็นเพียงอย่างเดียวที่ค่า 0.033 0.044 0.055 0.066 0.077 และ 0.088 กิโลกรัมต่อวินาที

3.5.2 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของคอนเดนเซอร์

การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำของวงจรการผลิตน้ำเย็น โดยจะใช้สมการ 3.3 สำหรับการทดสอบเพื่อหาแบบจำลองคอนเดนเซอร์ ระบายความร้อนด้วยอากาศของวงจรผลิตน้ำแข็งจะใช้สมการ 3.2 ดังนี้

$$\frac{(T_{w,o} - T_w)}{(T_{cd,i} - T_w)} = f[\frac{(UA)_{cd}}{(m_w C_{pw})}] \quad [3.3]$$

$$\frac{(T_{a,o} - T_a)}{(T_{cd,i} - T_a)} = f[\frac{(UA)_{cd}}{(m_a C_{pa})}] \quad [3.4]$$

โดยที่ m_w = อัตราการไหลโดยมวลของน้ำ (kg/s)

m_a = อัตราการไหลโดยมวลของอากาศ (kg/s)

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

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

T_w = อุณหภูมิน้ำที่มาหล่อเย็น (°C)

T_a = อุณหภูมิอากาศ (°C)

$T_{w,o}$ = อุณหภูมิอากาศน้ำออกจากคอนเดนเซอร์ (°C)

$T_{a,o}$ = อุณหภูมิอากาศขาออกจากคอนเดนเซอร์ (°C)

$T_{cd,i}$ = อุณหภูมิสารทำความเย็นขาเข้าคอนเดนเซอร์(°C)

$(UA)_{cd}$ = ผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและพื้นที่

โดยที่ค่าของ $(UA)_{cd}$ สามารถได้จากความสัมพันธ์ในสมการ 2.3

3.5.3 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของวาล์วขยายตัว

การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของวาล์วขยายตัวของวงจรผลิตน้ำเย็นและวงจรการผลิตน้ำแข็ง โดยในวงจรผลิตน้ำเย็นจะไม่ทำการปรับเปลี่ยนค่าความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ ส่วนแบบจำลองของวาล์วขยายตัวของวงจรผลิตน้ำแข็งจะทำการปรับเปลี่ยนค่าความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ 3 ค่าคือ 7.1 9.5 และ 11.8 รอบต่อวินาที ซึ่งทั้ง 2 วงจรเมื่อทำการปรับอัตราการไหลของสารทำความเย็นผ่านวาล์วด้วยการควบคุมด้วยมือนั้นจะมีผลต่ออัตราส่วนความดันของสารทำความเย็นที่ผ่านวาล์วขยายตัว จึงสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ตามลำดับ

วงจรผลิตน้ำเย็น

$$\frac{P_{ex,o}}{P_{ex,i}} = f(m_r) \qquad [3.5]$$

วงจรผลิตน้ำแข็ง

$$\frac{P_{ex,o}}{P_{ex,i}} = f(m_r, N) \qquad [3.6]$$

โดยที่ $P_{ex,o}$ = ความดันขาออกจากวาล์วขยายตัว (MPa)

$P_{ex,i}$ = ความดันขาเข้าวาล์วขยายตัว (MPa)

3.5.4 การหาแบบจำลองของการแข็งตัวของน้ำในอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง

การหาแบบจำลองของการแข็งตัวของน้ำในอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง จากการทดสอบเบื้องต้นยัง พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ถังน้ำโดยผ่านทางฉนวนมีค่าน้อยมาก ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาถังน้ำให้เป็นแบบอะเดียบาติก (Adiabatic) และนอกจากนี้ในขณะทำการทดสอบนั้นอุณหภูมิของถังบรรจุน้ำซึ่งเป็นโลหะก็มีอุณหภูมิลดลงตามอุณหภูมิของน้ำด้วย ดังสมการ 3.7 ในกรณีของอุณหภูมิของน้ำมากกว่า 0.01 องศาเซลเซียส สำหรับกรณีของอุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 0.01 องศาเซลเซียลจะใช้สมการ 3.8 ตามลำดับ

$$\left(M_w C_{pw} + M_t C_{pt}\right)\left(\Delta T_w\right) = m_r\left(h_{ev,i} - h_{ev,o}\right)\Delta t \qquad [3.7]$$

$$M_w L = m_r\left(h_{ev,i} - h_{ev,o}\right)\Delta t \qquad [3.8]$$

โดยที่ M_w = มวลของน้ำในถังอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง (kg)

M_t = มวลของถังอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง (kg)

m_r = อัตราการไหลโดยมวลของสารทำความเย็น (kg/s)

C_{pw} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.19 kJ/kg-K)

C_{pt} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของถัง (0.6 kJ/kg-K)

L = ค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำ (333.33 kJ/kg)

$h_{ev,i}$ = เอนทัลปีของสารทำความเย็นขาเข้าอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง (kJ/kg)

$h_{ev,o}$ = เอนทัลปีของสารทำความเย็นขาออกอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง (kJ/kg)

ΔT_w = ผลต่างของอุณหภูมิน้ำในถังในช่วงระยะเวลาΔtวินาที ($^{\circ}$C)

Δt = ช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (s)

3.5.5 การประเมินการถ่ายเทความร้อนบริเวณท่อ

การประเมินการถ่ายเทความร้อนบริเวณที่ท่อสำหรับวงจรการผลิตน้ำแข็งจะหาความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ผ่านผนังท่อและผลต่างของอุณหภูมิของสารทำความเย็นเฉลี่ยกับอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยบริเวณท่อระหว่างอีวาปอเรเตอร์และคอมเพรสเซอร์จะใช้สมการ 3.9 ส่วนบริเวณท่อระหว่างคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์จะใช้สมการ 3.10 ดังนี้

$$m_r C_{pr}\left(T_{cp,i} - T_{ev,o}\right) = f\left[T_a - \left[\frac{T_{ev,o} + T_{cp,i}}{2}\right], m_r\right] \quad [3.9]$$

$$m_r C_{pr}\left(T_{cp,o} - T_{cd,i}\right) = f\left[\left[\frac{T_{cp,o} + T_{cd,i}}{2}\right] - T_a, m_r\right] \quad [3.10]$$

โดยที่ $T_{ev,o}$ = อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอีวาปอเรอเตอร์

$T_{cp,i}$ = อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เข้าคอมเพรสเซอร์ (°C)

$T_{cp,o}$ = อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกคอมเพรสเซอร์ (°C)

C_{pr} = ความจุความร้อนจำเพาะของสารทำความเย็น (kJ/kgK)

m_r = อัตราการไหลโดยมวลของสารทำความเย็น (kg/s)

$T_{cd,i}$ = อุณหภูมิสารทำความเย็นขาเข้าคอนเดนเซอร์ (°C)

T_a = อุณหภูมิอากาศ (°C)

3.5.6 การหาแบบจำลองของอีวาปอเรเตอร์หรือชิลเลอร์

การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของอีวาปอเรเตอร์นั้น ซึ่งเป็นอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนชนิดที่ของไหลทั้ง 2 ชนิดไม่ผสมกันจะใช้สมการดังต่อไปนี้ในการหาความสัมพันธ์

$$Q = m_r\left(h_{ch,o} - h_{ch,i}\right) \quad [3.11]$$

$$Q = m_w C_{cpw}\left(T_{w,i} - T_{w,o}\right) \quad [3.12]$$

$$Q = (UA)_{ch}\left[\frac{\left(T_{w,i} - T_{ch,o}\right) - \left(T_{w,o} - T_{ch,i}\right)}{ln\left[\frac{T_{w,i} - T_{ch,o}}{T_{w,o} - T_{ch,i}}\right]}\right] \quad [3.13]$$

โดยที่ m_r = อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

m_w = อัตราการไหลโดยมวลของน้ำ (kg/s)

C_{cpw} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg-K)

$T_{ch,i}$ = อุณหภูมิของน้ำเข้าชิลเลอร์ (°C)

$T_{ch,o}$ = อุณหภูมิของน้ำออกชิลเลอร์ (°C)

$T_{w,i}$ = อุณหภูมิอากาศขาเข้าชิลเลอร์ (°C)

$T_{w,o}$ = อุณหภูมิอากาศขาออกชิลเลอร์ (°C)

$(UA)_{ch}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของชิลเลอร์ (kW/K)

การหาคุณสมบัติของสารทำความเย็น (Enthalpy) ที่สภาวะ Saturated ได้ดังนี้

$$\ln P_{sat} = -15.6 + 8.96\left(T_{sat}/100\right) - 1.038\left(T_{sat}/100\right)^2$$

$$h_f = -239.8 + 100.6\left(T_{sat}/100\right)$$

และสำหรับคุณสมบัติของสารทำความเย็น(Enthalpy)ที่สภาวะ Superheated

$$h = 173.52 + 13.01\ln P + \left(0.57 + 0.0826\ln P\right)\left(T - T_{sat}\right)$$

T = Temperature (K), P = Pressure (bar) และ h = Enthalpy (kJ/kg)