สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองงานวิจัย	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูปภาพ	ฌ
รายการสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.1.1 วงจรผลิตน้ำร้อน	3
1.1.2 วงจรปรับอากาศ	3
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
1.2.1 กลุ่มที่ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์	4
1.2.2 กลุ่มที่ศึกษาเกี่ยวกับการทำน้ำร้อน	7
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	8
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	8
1.5 ขอบเขตการวิจัย	8
1.6 แผนการดำเนินงาน	9
บทที่2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	10
2.1 วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ	10
2.2 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	14
2.3 การคำนวณคุณสมบัติของสารทำความเย็น	16

บทที่ 3 อุปกรณ์และการทดสอบ 18
3.1 อุปกรณ์การทดสอบ 18
3.1.1 ลักษณะและขนาดของอุปกรณ์การทดสอบ 19
3.1.2 เครื่องมือวัดและการติดตั้ง 19
3.2 วิธีการทดสอบ 20
3.2.1 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ 20
3.2.2 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของคอนเดนเซอร์ 21
3.2.3 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของอีวาปอเรเตอร์ 21
3.2.4 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของถังเก็บ 22
3.2.5 การประเมินการถ่ายเทความร้อนบริเวณท่อ 22
3.2.6 การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองของอัตราส่วนความดัน ที่ท่อแคปปิลารี 23

บทที่ 4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการวิเคราะห์ 24
4.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอมเพรสเซอร์ 24
4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอนเดนเซอร์ 27
4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอีวาปอเรเตอร์ 28
4.4 การประเมินการถ่ายเทความร้อนบริเวณท่อของสารทำความเย็นระหว่าง คอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์ 30
4.5 การประเมินการถ่ายเทความร้อนบริเวณท่อของสารทำความเย็นระหว่าง อีวาปอเรเตอร์และคอมเพรสเซอร์ 31
4.6 แบบจำลองอัตราส่วนความดันที่ท่อแคปปิลารี 33
4.7 การจำลองสถานการณ์ของระบบ 34

บทที่ 5 ผลการจำลองสถานการณ์การทำงานของระบบ 38
5.1 อัตราการถ่ายเทความร้อนที่อีวาปอเรเตอร์ 38
5.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์ 39
5.3 กำลังที่ต้องใช้ในการขับคอมเพรสเซอร์ 41
5.4 อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บ 42
5.5 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ 44

5.6 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของฮีทปั๊ม 45
5.7 ผลของปริมาณน้ำร้อนที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ 47

บทที่ 6 บทสรุป 49
6.1 สรุปผลการศึกษางานวิจัย 49
6.2 ข้อเสนอแนะ 49

เอกสารอ้างอิง 50

ภาคผนวก 51
ก. ข้อมูลการทดสอบ 51
ข. โปรแกรมการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 54
ค. รูปภาพที่สำคัญ 60

ประวัติผู้เขียน 66

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ก.1.1	การทดสอบครั้งที่ 1 อัตราการไหลของน้ำ 7 lpm	52
ก.1.2	การทดสอบครั้งที่ 2 อัตราการไหลของน้ำ 9 lpm	53

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 วงจรการทำงานพื้นฐานของระบบผลิตน้ำร้อนจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	1
1.2 วงจรการทำงานของระบบผลิตน้ำร้อนจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	3
1.3 แสดงความสัมพันธ์ของเทอมไร้มิติของ Stoecker	4
2.1 วงจรการทำงานของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ	10
2.2 แผนภูมิอุณหภูมิและเอนโทรปีของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอทางอุดมคติ	10
2.3 แผนภูมิความดันและเอนทาลปีของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอทางอุดมคติ	11
3.1 วงจรการทำงานและตำแหน่งเครื่องมือวัดที่ติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบ	18
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพจน์ $m_r(C_{pr}T_{cp,o})^{1/2}/(D^2P_{cp,o})$ ที่มีผลต่ออัตราส่วนความดัน ของคอมเพรสเซอร์	25
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีโพลีทรอปิกที่ 7 lpm และ 9 lpm ที่เวลาต่างๆ	26
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลของน้ำและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงที่คอนเดนเซอร์ ที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของคอนเดนเซอร์	28
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงที่อีวาปอเรเตอร์ กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอีวาปอเรเตอร์	29
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากท่อระหว่างคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์ และผลต่างของอุณหภูมิสารทำความเย็นเฉลี่ยกับอุณหภูมิภายนอก	31
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากท่อระหว่างคอมเพรสเซอร์และอีวาปอเรเดอร์ และผลต่างของอุณหภูมิสารทำความเย็นเฉลี่ยกับอุณหภูมิภายนอก	32
4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความดันที่ท่อแคปปิลารีกับอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์	33
4.8 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมการจำลองสถานการณ์	37
5.1 อัตราการถ่ายเทความร้อนที่อีวาปอเรเตอร์ที่อัตราการไหล 7 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ	38
5.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนที่อีวาปอเรเตอร์ที่อัตราการไหล 9 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ	39
5.3 อัตราการถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์ที่อัตราการไหล 7 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ	40

5.4 อัตราการถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์ที่อัตราการไหล 9 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ 40
5.5 กำลังที่ใช้ในการขับคอมเพรสเซอร์ที่อัตราการไหลน้ำ 7 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ 41
5.6 กำลังที่ใช้ในการขับคอมเพรสเซอร์ที่อัตราการไหลน้ำ 9 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ 42
5.7 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บที่อัตราการไหล 7 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ 43
5.8 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บที่อัตราการไหล 9 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ 43
5.9 ค่าสัมประสิทธิ์สมมรรถนะของระบบ(COP_r) ที่อัตราการไหล 7 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ 44
5.10 ค่าสัมประสิทธิ์สมมรรถนะของระบบ(COP_r) ที่อัตราการไหล 9 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ 45
5.11 ค่าสัมประสิทธิ์สมมรรถนะของฮีทปั๊ม(COP_h) ที่อัตราการไหล 7 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ 46
5.12 ค่าสัมประสิทธิ์สมมรรถนะของฮีทปั๊ม(COP_h) ที่อัตราการไหล 9 lpm ที่ช่วงเวลาต่างๆ 46
5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิน้ำกับเวลาที่ระดับปริมาณน้ำต่างๆกัน 47
5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศกับเวลา ที่ระดับปริมาณน้ำต่างๆกัน 48
5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของฮีทปั๊มกับเวลา ที่ระดับปริมาณน้ำต่างๆกัน 48
ค.1 อีวาปอเรเตอร์ 61
ค.2 คอนเดนเซอร์แบบเพลท 61
ค.3 คอมเพรสเซอร์แบบ Automobile Compressor 62
ค.4 ถังเก็บน้ำ 62
ค.5 ปั๊มน้ำสำหรับหมุนเวียนน้ำในระบบ 63
ค.6 Pressure Gage ด้านขาเข้าและขาออกของคอมเพรสเซอร์ 63
ค.7 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ 64
ค.8 จุดวัดอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ 64
ค.9 รูปด้านหน้าอุปกรณ์ในการทดสอบ 65

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
A	Area (m^2)
Cp	Specific Heat (kJ/kg K)
COP	Coefficient of Performance
D	Wheel Diameter of Rotary Machine (m)
g	Acceleration due to Gravity, 9.81 m/s^2
h	Enthalpy (kJ/kg)
k	Polytropic index
M	Mass (kg)
m	Mass Flow Rate (kg/s)
N	Compressor Speed (rps)
P	Pressure (MPa)
Q	Rate of Heat Transfer (kW)
T	Temperature (K)
t	Time (min)
Δ Tlmtd	Log Mean Temperature Difference (K)
(UA)	Overall Heat Transfer Coefficient (kW/K)
v	Velocity (m/s)
W	Rate of Work (kW)

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
Subscripts	
a	Air
cp	Compressor
cd	Condensor
ev	Evaporator
ex	Expansion Valve
i	Inlet
L	Liquid Refrigerant
m	Moter
o	Outlet
r,ref.	Refrigeration
sat	Saturated Condition
sol	Solution
w	Water