สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรม	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
คำนิยามศัพท์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.5 วิธีการวิจัย	3
1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
1.7 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.8 อุปกรณ์และวัสดุ	5
1.9 รายละเอียดงบประมาณ	5
1.10 สถานที่เก็บข้อมูล	6
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	7
2.1 ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมโดยใช้แอมโมเนีย	7
2.1.1 ระบบทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	8
2.1.1.1 แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ชนิดแบนราบ	9
2.1.1.1.1 กระจกหรือแผ่นปิดด้านหน้าโปร่งใส	9
2.1.1.1.2 แผ่นดูดซับแสงอาทิตย์	9
2.1.1.1.3 ท่อภายในแผง	9

	หน้า
2.1.1.1.4 ฉนวนกันความร้อน	10
2.1.1.1.5 กล่องบรรจุ	10
2.1.1.1.6 ถังเก็บความร้อน	10
2.2 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบพื้นฐาน	11
2.3 สารทำความเย็นในระบบทำความเย็นแบบดูดซึม	12
2.4 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้ในโครงงานวิจัย	14
2.4.1 แอปซอฟเบอร์	14
2.4.2 เยนเนอร์เรเตอร์	14
2.4.3 คอนเดนเซอร์	15
2.4.4 ลิ้นลดความดัน	15
2.4.5 อีวาโปเรเตอร์	15
2.4.6 แรกติไฟเออร์	15
2.5 การวิเคราะห์ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้ในโครงงานวิจัย	17
2.6 การคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม	20
2.6.1 การคำนวณหาคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ ณ. สภาวะต่าง ๆ	21
2.6.1.1 การคำนวณหาค่าความดันของชุดอุปกรณ์	21
2.6.1.2 การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย	21
2.6.1.3 การคำนวณหาค่าเอนธาลปี	22
2.6.1.4 การคำนวณอัตราการไหล	22
2.6.2 สมการสมดุลพื้นฐานทางเทอร์โมไดนามิกส์	24
2.6.2.1 ชุดแยกสารละลาย	24
2.6.2.2 ชุดควบแน่น	25
2.6.2.3 ชุดทำความเย็น	26
2.6.2.4 ชุดดูดซึม	26
2.6.3 การคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทของแต่ละอุปกรณ์	27
2.6.3.1 ชุดแยกสารละลาย	27
2.6.3.2 ชุดควบแน่น	27
2.6.3.3 ชุดทำความเย็น	28

หน้า

2.6.3.4 ชุดดูดซึม 27

2.7 การออกแบบอุปกรณ์ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม 29

2.7.1 ชุดแยกสารละลาย 29

2.7.2 ชุดควบแน่น 32

2.7.3 ชุดทำความเย็น 36

2.7.4 ชุดดูดซึม 38

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 40

3.1 การศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับระบบทำน้ำร้อน
โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่ใช้ในโครงงานวิจัย 40

3.1.1 การทดสอบตามสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์มหาวิทยาลัยนเรศวร 40

3.1.2 ข้อกำหนดในการทดสอบ 41

3.1.3 ข้อมูลการทดสอบอุณหภูมิของน้ำ ระบบทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงาน
แสงอาทิตย์ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ 42

3.2 การออกแบบและคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์ ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม 52

3.2.1 การคำนวณหาคุณสมบัติทาง เทอร์โมไดนามิกส์ ณ สภาวะต่าง ๆ 52

3.2.1.1 การคำนวณหาความดันของชุดอุปกรณ์ 52

3.2.1.2 การคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารละลาย 53

3.2.1.3 การคำนวณหาค่าเอนธาลปี 54

3.2.1.4 การคำนวณหาอัตราการไหล 54

3.2.2 การคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทของแต่ละอุปกรณ์ 56

3.2.2.1 ชุดแยกสารละลาย 56

3.2.2.2 ชุดควบแน่น 56

3.2.2.3 ชุดทำความเย็น 57

3.2.2.4 ชุดดูดซึม 57

3.3 การออกแบบและคำนวณอุปกรณ์ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม 58

3.3.1 ชุดแยกสารละลาย 58

3.3.2 ชุดควบแน่น 61

	หน้า
3.3.3 ชุดทำความเย็น	63
3.3.4 ชุดดูดซึม	65
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	66
ตารางบันทึกผลช่วงที่ 1	67
ตารางบันทึกผลช่วงที่ 2	90
กราฟผลการทดลองช่วงที่ 1	103
กราฟผลการทดลองช่วงที่ 2	104
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	110
บรรณานุกรม	114
ภาคผนวก ตารางและภาพภาคผนวก	115

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	8
2.2 ส่วนประกอบของระบบทำความเย็นแบบพื้นฐาน	12
2.3 ภาพแสดงระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้ในโครงการวิจัย	16
2.4 แผนภูมิอุณหภูมิ – เอนธาลปี ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม	16
2.5 แผนภาพแสดงจุดสภาวะในระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้ในโครงการวิจัย	17
2.6 ภาพแสดงจุดสภาวะต่าง ๆ ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม	20
2.7 แผนภาพแสดงชุดดูดซึม	22
2.8 แผนภาพแสดงชุดแยกสารละลาย	23
2.9 แผนภาพแสดงชุดแยกสารละลาย	24
2.10 แผนภาพแสดงชุดควบแน่น	25
2.11 แผนภาพแสดงชุดทำความเย็น	26
2.12 แผนภาพแสดงชุดดูดซึม	26
2.13 แผนภาพแสดงการไหลของสารแลกเปลี่ยนความร้อน	30
4.1 แสดงลักษณะของอุปกรณ์ทำน้ำร้อน	105
4.2 แสดงลักษณะของอุปกรณ์ทำความเย็น	106
4.3 แสดงลักษณะของ Generator	106
4.4 แสดงลักษณะของ Condenser	107
4.5 แสดงลักษณะของ Evaporator	107
4.6 แสดงลักษณะของ Absorber	108
4.7 แสดงลักษณะของ ถังเก็บสารละลาย	108
4.8 แสดงลักษณะของ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง	109

ภาพภาคผนวกที่	หน้า
1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนความเข้มข้นกับอุณหภูมิและความดันของสารละลายแอมโมเนีย-น้ำ	131
2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอนธาลปีกับอุณหภูมิและความดันของสารละลายแอมโมเนีย-น้ำ	132
3 กราฟแสดงค่าความร้อนจำเพาะของของเหลว	133
4 กราฟแสดงค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซ	134
5 (ตารางร่วม) กราฟแสดงค่าความหนืดของของเหลว	135
5 กราฟแสดงค่าความหนืดของของเหลว	136
6 (ตารางร่วม) กราฟแสดงค่าความหนืดของของก๊าซ	137
6 กราฟแสดงค่าความหนืดของของก๊าซ	138
7 กราฟของ Gardner สำหรับหาประสิทธิภาพของครีบกลม	139
8 แฟคเตอร์แก้ของระบบเซลล์และท่อของกรณีต่าง ๆ	140
9 ครีบที่มีลักษณะต่าง ๆ กัน	141
9 (ต่อ) ครีบที่มีลักษณะต่าง ๆ กัน	142
10 การไหลของการคำนวณอุณหภูมิของ GENERATOR	143
11 การไหลของการคำนวณอุณหภูมิของ CONDENSER	144

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมดุลพลังงานของระบบที่ออกแบบ	28
3.1(ก) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 1 – 2 มีนาคม 2542	43
3.1(ข) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 1 – 2 มีนาคม 2542(ต่อ)	44
3.2(ก) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 22 - 23 กุมภาพันธ์ 2542	44
3.2(ข) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 22 - 23 กุมภาพันธ์ 2542(ต่อ)	45
3.3(ก) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 23 - 24 กุมภาพันธ์ 2542	46
3.3(ข) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 23 - 24 กุมภาพันธ์ 2542(ต่อ)	47
3.4(ก) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 24 - 25 กุมภาพันธ์ 2542	47
3.4(ข) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 24 - 25 กุมภาพันธ์ 2542(ต่อ)	48
3.5(ก) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 25 - 26 กุมภาพันธ์ 2542	49
3.5(ข) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 25 - 26 กุมภาพันธ์ 2542(ต่อ)	50
3.6(ก) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 26 - 27 กุมภาพันธ์ 2542	50
3.6(ข) ตารางแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ วันที่ 26 - 27 กุมภาพันธ์ 2542(ต่อ)	51
3.7 ตารางแสดงการสรุปคุณสมบัติต่าง ๆทางเทอร์โมไดนามิกส์ของระบบที่ได้ทำการออกแบบ	56
3.8 ตารางแสดงค่าสมดุลพลังงานทั้งหมดของระบบ	57

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 ค่าคงที่และแฟคเตอร์การแปลงหน่วย	116
1 (ต่อ) ค่าคงที่และแฟคเตอร์การแปลงหน่วย	117
1 (ต่อ) ค่าคงที่และแฟคเตอร์การแปลงหน่วย	118
1 (ต่อ) ค่าคงที่และแฟคเตอร์การแปลงหน่วย	119
1 (ต่อ) ค่าคงที่และแฟคเตอร์การแปลงหน่วย	120
1 (ต่อ) ค่าคงที่และแฟคเตอร์การแปลงหน่วย	121
1 (ต่อ) ค่าคงที่และแฟคเตอร์การแปลงหน่วย	122
2 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของของเหลว	123
3 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของก๊าซและไอ	124
3 (ต่อ) สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของก๊าซและไอ	125
4 ความถ่วงจำเพาะและน้ำหนักโมเลกุลของของเหลว	126
5 ตารางแอมโมเนียอิ่มตัว	127
6 ตารางแอมโมเนีย Super Heat	128
7 คุณสมบัติที่เกี่ยวกับความร้อนของโลหะชนิดต่าง ๆ	129
8 คุณสมบัติที่เกี่ยวกับความร้อนของน้ำ	130

นิยามคำศัพท์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่	m^2
A_F	พื้นที่ผิวของครีบต่อหน่วยความยาวของท่อ	m^2
A_i	พื้นที่ผิวภายในของต่อหน่วยความยาวของท่อ	m^2
A_o	พื้นที่ผิวภายนอกของต่อหน่วยความยาวของท่อ	m^2
B'	ค่าคงที่การไหลตั้งฉากกับท่อของ Gebhart	
C_p	ความร้อนจำเพาะ	J/kg*K
D	เส้นผ่าศูนย์กลาง	m
EMTD	Effective Mean Temperature	-
F	แฟคเตอร์แก้	-
g	แรงดึงดูดของโลก	m/s^2
h	ค่าเอนธาลปี	kJ/kg
h_{fg}	ค่าเอนธาลปีของ 2 เฟส	kJ/kg
h_i	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนภายใน	-
h_o	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนภายนอก	-
k	ค่าคงที่การนำความร้อน	W/m*K
L	ความยาว	m
m	อัตราการไหล	kg/s
N	จำนวนขดของขดท่อ	-
NTU	Number of transfer Unit	-
T_A	อุณหภูมิที่ชุดดูดซึม	°C
T_C	อุณหภูมิที่ชุดควบแน่น	°C
T_E	อุณหภูมิที่ชุดวามเย็น	°C
T_G	อุณหภูมิที่ชุดแยกสารละลาย	°C
P	ความดัน	kPa
$P_{sat@}$	ความดันสัมบูรณ์	kPa

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Xi	ความเข้มข้นของสารละลาย	%
Q	ปริมาณความร้อน	kJ
ΔTm	ความแตกต่างของอุณหภูมิ	K
μ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน	-
r	ความหนาของผนัง	m
η_F	ประสิทธิภาพของครีบ	-
t	ความหนาของครีบ	m
Re	เรโนลย์นัมเบอร์	-
Nu	ประสิทธิภาพของ Dittus-Buetler	-
ρ	ความหนาแน่น	kg/m^3
v	ความเร็ว	m/s
Vc	ปริมาตร	m^3
π	ค่าคงที่	-
P_r	ตัวเลขแพรนเติล	-