

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ญ
สารบัญตาราง	ฎ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
1.2.1 สมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนวงรอบ	5
1.2.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับทำนายสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนวงรอบ	7
1.2.3 การประยุกต์การใช้งานของท่อความร้อนวงรอบ	8
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	9
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาเชิงประยุกต์	9
1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย	9
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	11
2.1 ทฤษฎีของระบบปรับอากาศ	11
2.2 ทฤษฎีของการกักเก็บน้ำแข็ง	14
2.3 หลักการและทฤษฎีของท่อความร้อน	15
2.3.1 ท่อความร้อน	15
2.3.2 ท่อความร้อนวงรอบ	15
2.3.3 ทฤษฎีการคำนวณหาสมรรถนะของท่อความร้อนวงรอบ	16
2.3.4 การหาอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดของท่อความร้อนวงรอบ	18
2.3.5 การหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนวงรอบโดยทฤษฎีคอลอร์ฟิค	18
2.3.6 ค่าประสิทธิผลของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนวงรอบ	18

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	21
3.1 การออกแบบท่อความร้อนวงรอบแบบปั๊มคาปิลลารี	21
3.1.1 ข้อมูลและข้อกำหนดเบื้องต้นของการออกแบบ	21
3.2 การสร้างและการติดตั้งท่อความร้อนวงรอบแบบปั๊มคาปิลลารีเข้ากับ เครื่องปรับอากาศ	23
3.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์	25
บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	28
4.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ	28
4.2 อุปกรณ์การทดสอบ	28
4.3 วิธีดำเนินการวิจัย	35
4.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง	36
บทที่ 5 ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ	38
5.1 การกระจายอุณหภูมิที่จุดต่างๆของท่อความร้อนวงรอบแบบปั๊มคาปิลลารี	38
5.2 ผลของอุณหภูมิส่วนควบแน่นที่มีต่อประสิทธิภาพของท่อความร้อนวงรอบ แบบปั๊มคาปิลลารี	40
5.3 ผลของอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ที่มีต่อประสิทธิภาพของท่อความร้อน วงรอบแบบปั๊มคาปิลลารี	42
5.4 ผลของความร้อนที่ให้ที่มีต่อประสิทธิภาพของท่อความร้อนวงรอบ แบบปั๊มคาปิลลารี	44
5.5 คุณลักษณะทางความร้อนของท่อความร้อนวงรอบแบบปั๊มคาปิลลารี	46
5.5.1 ผลของค่าเรย์โนลด์ส์นับเบอร์กับค่าประสิทธิภาพ	46
5.5.2 ผลของค่า NTU กับค่าประสิทธิภาพ	51
5.5.3 ผลของค่าเรย์โนลด์ส์นับเบอร์กับอัตราส่วนความร้อนที่ได้ และความร้อนที่ให้	56
5.5.4 ผลของค่า NTU กับ อัตราส่วนความร้อนที่ได้และความร้อนที่ให้	59
5.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	62
บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	65
6.1 สรุปผลงานวิจัย	65
6.2 ข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	67

ภาคผนวก	69
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงข้อมูลและผลการทดสอบ	70
ภาคผนวก ข. ตารางคุณสมบัติของอากาศ และอัตราค่าไฟฟ้า	119
ภาคผนวก ค. รูปแสดงขนาดและการติดตั้งท่อความร้อนวงรอบ	129
ภาคผนวก ง. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบท่อความร้อนวงรอบ	134

สารบัญภาพประกอบ

รูป	หน้า
1.1 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ	2
1.2 แสดงระบบปรับอากาศที่ใช้ร่วมกับระบบกักเก็บน้ำแข็ง	2
1.3 แสดงการติดตั้งท่อความร้อนวงรอบแบบปั๊มคาลิปดลารีในระบบปรับอากาศแบบกักเก็บน้ำแข็ง	4
1.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของส่วนระเหยกับค่าความหนาแน่นความร้อนสูงสุด	7
2.1 แสดงระบบปรับอากาศแบบขยายตัวโดยตรง	11
2.2 แสดงระบบปรับอากาศแบบน้ำทั้งหมด	12
2.3 แสดงระบบปรับอากาศแบบอากาศทั้งหมด	13
2.4 แสดงระบบปรับอากาศแบบน้ำและอากาศ	13
2.5 แสดงการทำงานของท่อความร้อน	15
2.6 แสดงการทำงานของท่อความร้อนวงรอบ	16
3.1 แสดงคอยล์แบบ 3 แถวของเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันความเย็น ที่นำมาสร้างเป็นชุดท่อความร้อนวงรอบแบบปั๊มคาลิปดลารี	22
3.2 แสดงการติดตั้งท่อความร้อนวงรอบแบบปั๊มคาลิปดลารีเข้ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันความเย็น	24
3.3 แสดงการติดตั้งท่อความร้อนวงรอบแบบปั๊มคาลิปดลารีเข้ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันความเย็น	25
3.4 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมการออกแบบท่อความร้อนวงรอบ	26
4.1 แสดงชุดเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันความเย็นแบบแขวนเพดาน	29
4.2 แสดงชุดท่อความร้อนวงรอบแบบปั๊มคาลิปดลารี	29
4.3 แสดงเครื่องทำความร้อนแบบแผ่น	30
4.4 แสดงเครื่องหรีไฟอเนกประสงค์ 220 โวลต์	30
4.5 แสดงเครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ Testo	31
4.6 แสดงแอ่งทำความเย็น	32
4.7 แสดงชุดเติมสารทำงาน	33
4.8 แสดงเครื่องบันทึกข้อมูล 20 ช่องสัญญาณ	33
4.9 แสดงเครื่องบันทึกข้อมูล 10 ช่องสัญญาณ	34

4.10 แสดงแผนผังการวัดของระบบทั้งหมด	35
5.1 แสดงการกระจายอุณหภูมิที่จุดต่างๆของท่อ CPLHP ท่อที่ 6 แถวที่ 1 กับระยะทางของ CPLHP ที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 1 เมตร	38
5.2 แสดงการกระจายอุณหภูมิที่จุดต่างๆของท่อความร้อนวงรอบกับระยะทางที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 1 เมตรของ Kobayashi et. al.	39
5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิส่วนควบแน่น กับค่าประสิทธิผลที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 1 เมตร ความเร็วลมกลับ 1.37 เมตรต่อวินาที	40
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิส่วนควบแน่น กับค่าประสิทธิผลของ ไกรวุฒิ, จรรย์รักษ์ และ สุทธิศักดิ์	41
5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลของลมกลับกับค่าประสิทธิผลที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 1 เมตร	42
5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ กับค่าประสิทธิผลของมนตรี	43
5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความร้อนที่ให้กับค่าประสิทธิผล ที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 1 เมตร ความเร็วลมกลับ 1.37 เมตรต่อวินาที	45
5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความร้อนที่ให้กับค่าประสิทธิผลของ ไกรวุฒิ, จรรย์รักษ์ และ สุทธิศักดิ์	45
5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์ กับค่าประสิทธิผล ที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 1 เมตร	47
5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์ กับค่าประสิทธิผล ที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 0.7 เมตร	47
5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์ กับค่าประสิทธิผล ที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 0.3 เมตร	48
5.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์ กับค่าประสิทธิผล ที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 1, 0.7 และ 0.3 เมตร	49
5.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์กับค่าประสิทธิผลของโปรแกรมการออกแบบกับการทดสอบ ที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 1 เมตร	49
5.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์กับค่าประสิทธิผลของโปรแกรมการออกแบบกับการทดสอบ ที่ความแตกต่างความสูงของส่วนระเหยเหนือส่วนควบแน่น 0.7 เมตร	50

[illegible]

ตาราง	สารบัญตาราง	หน้า
3.1 ตารางข้อมูลการออกแบบท่อความร้อนวงรอบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์		27
5.1 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างท่อความร้อนวงรอบแบบปั๊มคาปิตลารี สำหรับระบบสะสมพลังงานความร้อนในรูปน้ำแข็ง		62

อักษรย่อและสัญลักษณ์

อักษรย่อ

CPLHP Capillary Pump Loop Heat Pipe

NTU Number of transfer unit

สัญลักษณ์

A Cross section Area (m^2)

C_p Specific Heat ($\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$)

D Diameter (m)

f Friction factor of pressure drop

g Gravity (m/s^2)

G Mass flux ($\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$)

h_{fg} Latent Heat of evaporation (kJ/kg)

H Height (m)

K Permeability

L Length (m)

m Mass flow rate (kg/s)

ΔP Pressure drop (Pa)

q Heat flux (W/m^2)

Q Heat flow rate (W)

r Radius (m)

Re Reynolds Number

t thickness (m)

ΔT Temperature different ($^\circ\text{C}$)

x Quality

ρ Density (kg/m^3)

σ Surface tension (N/m)

μ Dynamic viscosity (Ns/m^2)

ν Kinematics viscosity (m^2/s)

ตัวห้อย

c	Condenser section
e	Evaporator section
l	Liquid
lt	Liquid tube
v	Vapor
vt	Vapor tube
w	Wick

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University