

สารบัญ		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ฉ
สารบัญตาราง		ฅ
สารบัญภาพ		ฉ
อักษรย่อและสัญลักษณ์		ฒ
บทที่ 1 บทนำ		
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย		1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง		2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย		5
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย		5
1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย		6
บทที่ 2 หลักการทฤษฎี		
2.1 ท่อความร้อน		7
2.2 เทอร์โมไซฟอน		7
2.3 อีโคโนไมเซอร์		10
2.4 อีโคโนไมเซอร์แบบเทอร์โมไซฟอน		11
บทที่ 3 การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากหม้อไอน้ำสำเร็จรูป		
3.1 รายละเอียดทั่วไป		13
3.2 วิธีการตรวจวัดและผล		13
บทที่ 4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบ		
4.1 การออกแบบโปรแกรม		20
4.2 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบ		21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 เงื่อนไขการเลือกชุดข้อมูลที่ดีที่สุด	22
4.4 โปรแกรมการจำลองสภาพสถานะแปรเปลี่ยน	23
บทที่ 5 การสร้างอีโคโนไมเซอร์แบบท้อความร้อน	
5.1 การสร้างอีโคโนไมเซอร์แบบท้อความร้อน	32
5.2 การสร้างอุปกรณ์ทดสอบ	34
5.3 อุปกรณ์ทดสอบและเครื่องมือวัด	38
บทที่ 6 วิธีดำเนินการทดสอบ	
6.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบ	42
6.2 วิธีการทดสอบ	42
6.3 วิธีการวิเคราะห์	43
บทที่ 7 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ	
7.1 ผลการทดสอบที่การปรับเปลี่ยนอุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้า	46
7.2 ผลการทดสอบที่การปรับเปลี่ยนอัตราการผลิตของก๊าซร้อนขาเข้า	50
7.3 ผลการทดสอบที่การปรับเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำขาเข้า	53
7.4 ผลการทดสอบที่การปรับเปลี่ยนอัตราการผลิตของน้ำขาเข้า	56
7.5 ผลการทดสอบที่การทำงานคล้ายกับการทำงานของหม้อไอน้ำตัวอย่าง	60
7.6 ผลการตรวจวัดความดันตกคร่อมกลุ่มท่อ	61
7.7 ผลของตัวเลขเรย์โนลด์ส์ด้านร้อนต่อด้านเย็นและตัวเลขหน่วยการถ่ายเทความร้อน	61
7.8 สภาพแปรเปลี่ยนของอีโคโนไมเซอร์	65
บทที่ 8 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	
8.1 สรุปผลงานวิจัย	73

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 วิธีการตรวจวัดข้อมูลหม้อไอน้ำสำเร็จรูป	14
3.2 แสดงข้อมูลไอเสียที่เวลาต่างๆ (ตรวจวัดโดย Testo 350)	16
3.3 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในรอบปีของหม้อไอน้ำตัวอย่าง	17
4.1 แสดงผลการจำลองสภาพที่ได้จากการออกแบบ	24

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 แสดงการทำงานของท่อความร้อนและเทอร์โมไซฟอน	8
2.2 แสดงค่าความต้านทานความร้อนและตำแหน่งของความต้านทานทางความร้อน	9
3.1 แสดงผังบริเวณและตำแหน่งของหม้อไอน้ำตัวอย่าง	13
3.2 แสดงรูปหม้อไอน้ำโรงแรมพรพิงค์ทาวเวอร์	14
3.3 แสดงการทำงานของหม้อไอน้ำตัวอย่าง	18
3.4 แสดงสถานที่ตั้งหม้อไอน้ำ	19
4.1 แสดงแผนผังการคำนวณหาสมรรถนะทางความร้อนของอีโคโนไมเซอร์ เพื่อหาจุดเหมาะสม	25
4.2 แสดงแผนผังการคำนวณหาสมรรถนะทางความร้อนของอีโคโนไมเซอร์ ที่สภาวะแปรเปลี่ยน	27
5.1 แสดงรูปแบบชุดทดสอบ	34
5.2 แสดงลักษณะของเครื่องอีโคโนไมเซอร์	35
5.3 แสดงชุดอากาศร้อน	36
5.4 แสดงเครื่องทำความเย็น	36
5.5 แสดงตู้ควบคุมทางไฟฟ้า	37
5.6 แสดงเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ	37
5.7 แสดงลักษณะของเครื่องบรรจุงาสทำงาน	38
5.8 แสดงลักษณะของเทอร์โมคัปเปิล	38
5.9 แสดงลักษณะเครื่องบันทึกข้อมูล 10 ช่องสัญญาณ	39
5.10 แสดงลักษณะเครื่องบันทึกข้อมูล 20 ช่องสัญญาณ	39
5.11 แสดงลักษณะเครื่องวิเคราะห์ก๊าซร้อน (Testo 350)	40
5.12 แสดงลักษณะเครื่องบันทึกข้อมูล (Testo 454)	40
5.13 แสดงตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลของอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อน	41
7.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้ากับอุณหภูมิก๊าซร้อน และน้ำขาออก	49
7.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้ากับค่าความร้อนที่ถ่ายเทได้	49

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูป	หน้า
7.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้ากับค่าประสิทธิภาพ	49
7.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของก๊าซร้อนกับอุณหภูมิก๊าซร้อนและน้ำขาออก	52
7.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของก๊าซร้อนกับค่าความร้อนที่ถ่ายเทได้	52
7.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของก๊าซร้อนกับค่าประสิทธิภาพ	52
7.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของน้ำกับอุณหภูมิก๊าซร้อนและน้ำขาออก	55
7.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของน้ำกับค่าความร้อนที่ถ่ายเทได้	55
7.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของน้ำกับค่าประสิทธิภาพ	55
7.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับอุณหภูมิก๊าซร้อนและน้ำขาออก	59
7.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับค่าความร้อนที่ถ่ายเทได้	59
7.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับค่าประสิทธิภาพ	59
7.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเมื่อทดสอบตามการทำงานของหม้อไอน้ำตัวอย่าง	62
7.14 แสดงค่าความดันภายในอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนทดสอบ	62
7.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวเลขเรย์โนลด์ส์ด้านร้อนต่อด้านเย็นกับค่าประสิทธิภาพ	63
7.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขหน่วยการถ่ายเทความร้อนกับค่าประสิทธิภาพ	63
7.17 แสดงอุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้าขณะเดินเครื่อง	67
7.18 แสดงอุณหภูมิก๊าซร้อนขาออกขณะเดินเครื่อง	67
7.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้ากับขาออกขณะเดินเครื่อง	67
7.20 แสดงอุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้าขณะหยุดเดินเครื่อง	68
7.21 แสดงอุณหภูมิก๊าซร้อนขาออกขณะหยุดเดินเครื่อง	68

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูป	หน้า
7.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้า กับขาออกขณะหยุดเดินเครื่อง	68
7.23 แสดงอุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้ากับเวลาของการทำนายและทดสอบ	71
7.24 แสดงอุณหภูมิก๊าซร้อนขาออกกับเวลาของการทำนายและทดสอบ	71
7.25 แสดงอุณหภูมิน้ำขาออกกับเวลาของการทำนายและทดสอบ	71
7.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำขาออกกับก๊าซร้อนขาเข้า	72
7.27 แสดงอุณหภูมิน้ำขาเข้ากับเวลาของการทำนายและทดสอบ	72
7.28 แสดงค่าความร้อนกับเวลาของการทำนายและทดสอบ	72

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์

ความหมาย

A	Cross sectional area (m^2)
C_{p_h}	Specific heat capacity of flue gas (J/kg.K)
C_{p_c}	Specific heat capacity of fresh air (J/kg.K)
Effn	Effectiveness of heat exchanger (%)
E_{hot}	Hot side heat exchanger efficiency (%)
E_{cold}	Cold side heat exchanger efficiency (%)
m_h	Mass flow rate of flue gas (kg/s)
m_c	Mass flow rate of fresh air (kg/s)
Q	Rate of heat transfer (W)
Q_{hot}	Rate of heat transfer of flue gas (W)
Q_{cold}	Rate of heat transfer of fresh air (W)
Q_{max}	Maximum rate of heat transfer (W)
Q_{rev}	Revision heat transfer from heat pipes (W)
Q_{trans}	Heat transfer calculate from air properties (W)
ΔT	Effective overall temperature difference (K)
ΔT_h	Mean temperature difference due to hydrostatic head (K)
ΔT_{max}	Difference between the stream inlet temperature (K)
ΔT_M	Mean temperature difference (K)
$T_{h,in}$	Inlet temperature of flue gas (K)
$T_{h,out}$	Outlet temperature of flue gas (K)
$T_{c,in}$	Inlet temperature of fresh air (K)
$T_{c,out}$	Outlet temperature of fresh air (K)
T_{eo}	Outlet temperature of flue gas (K)
U	Heat transfer coefficient ($W/m^2.K$)

อักษรย่อและสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
Z_1	Thermal resistance between heat source and evaporator external surface (K/W)
Z_2	Evaporator wall thermal resistance (K/W)
Z_3	Evaporator film thermal resistance (K/W)
Z_4	Evaporator liquid-vapor interface thermal resistance (K/W)
Z_5	Effective thermal resistance due to vapor pressure drop (K/W)
Z_6	Condenser vapor-liquid interface thermal resistance (K/W)
Z_7	Condenser film thermal resistance (K/W)
Z_8	Condenser wall thermal resistance (K/W)
Z_9	Thermal resistance between heat sink and condenser external surface (K/W)
Z_{10}	Wall axial thermal resistance (K/W)
Z_{int}	Internal thermal resistance (K/W)
Z_{total}	Overall thermal resistance (K/W)