สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	3
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	5
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	5
บทที่ 2 หลักการ และทฤษฎี	6
2.1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	6
2.2 ชนิดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	6
2.2.1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น	6
2.2.2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกัน	7
2.2.3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ	7
2.3 หลักการ และทฤษฎีของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	8
2.4 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	11
2.4.1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบปฐมภูมิ	12
2.4.2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบทุติยภูมิ	12
2.5 ระบบอากาศเผาไหม้ และก๊าซไอเสีย	15
2.5.1 ระบบอากาศเผาไหม้ปฐมภูมิ	15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.2 ระบบอากาศเผาไหม้ทุติยภูมิ 16
2.5.3 ระบบก๊าซไอเสีย 17
2.6 การคำนวณประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ 18
2.6.1 Direct Method (Input-Output Method) 18
2.6.2 Indirect Method (Heat Loss Method) 19
บทที่ 3 วิธีการวิจัย 32
3.1 การหาความสัมพันธ์ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบปฐมภูมิ (PAH) 33
3.2 การหาความสัมพันธ์ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบทุติยภูมิ (SAH) 35
3.3 สมการความสัมพันธ์ของอุณหภูมิก๊าซไอเสียก่อนเข้าสู่ระบบ FGD 36
3.4 พิจารณาหาค่าอัตราการไหลของอากาศ และก๊าซไอเสียที่เหมาะสมที่สุด 37
3.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 37
บทที่ 4 ผลการศึกษา 39
4.1 กรณีศึกษา กรณีที่ 1 39
4.2 กรณีศึกษา กรณีที่ 2 46
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา 53
5.1 สรุปผลการวิจัย 53
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 55
5.3 ข้อเสนอแนะ 55
5.4 แผนการดำเนินงานในอนาคต 56
บรรณานุกรม 57
ภาคผนวก 59
ประวัติผู้เขียน 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	ข้อมูล MWh Loss ของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 6 จากปัญหาอุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงกว่าค่าที่กำหนด ในปี 2558	2
ตารางที่ 1.2	ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 6 ใช้กรณีที่ต้องลดกำลังการผลิต เนื่องจากปัญหาอุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงกว่าค่าที่กำหนด ปี 2558	2
ตารางที่ 1.3	มูลค่าสูญเสียรวมของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 6 กรณีเกิดปัญหา อุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงกว่าค่าที่กำหนดในปี 2558	3
ตารางที่ 2.1	ข้อมูลคุณสมบัติเชื้อเพลิง	22
ตารางที่ 2.2	ข้อมูลจากการทดสอบสมรรถนะ	23
ตารางที่ 2.3	ร้อยละความสูญเสียจากเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้	23
ตารางที่ 2.4	ตัวประกอบของก๊าซไอเสียไร้ความชื้น	24
ตารางที่ 2.5	ค่าความร้อนที่สูญเสียจากความชื้นของก๊าซไอเสีย	26
ตารางที่ 2.6	ค่าพื้นฐานของการแผ่รังสีความร้อน และการสูญเสียที่ไม่สามารถวัดได้ของ CEGB	29
ตารางที่ 2.7	ค่าความร้อนที่สูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อน	30
ตารางที่ 4.1	เปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ และอัตราค่าความร้อนในแต่ละจุด สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 1	44
ตารางที่ 4.2	เปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ และอัตราค่าความร้อนในแต่ละจุด สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 2	50
ตารางที่ 5.1	เปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ และอัตราค่าความร้อนในแต่ละจุด สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 1	54
ตารางที่ 5.2	เปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ และอัตราค่าความร้อนในแต่ละจุด สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 2	55

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	ลักษณะการไหลที่แตกต่างกัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ ท่อสองชั้น (Double-Pipe Heat Exchanger)	6
รูปที่ 2.2	การไหลที่แตกต่างกันใน Cross Flow Heat Exchangers	7
รูปที่ 2.3	Shell and Tube Heat Exchangers 1 Shall Pass and 1 Tube Pass (1-1 Exchanger)	8
รูปที่ 2.4	Multi-pass flow arrangements in shell-and-tube heat exchangers	8
รูปที่ 2.5	ผังการนำความร้อนทิ้งของก๊าซไอเสีย จากหม้อไอน้ำไปอุ่นอากาศ ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบปฐมภูมิ และทุติยภูมิ	11
รูปที่ 2.6	อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ (Tubular Air Heater)	12
รูปที่ 2.7	อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Rotary Regenerator	13
รูปที่ 2.8	ลักษณะการวางแผ่นโลหะภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิด Ljungstrom	14
รูปที่ 2.9	เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวาง	15
รูปที่ 2.10	เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบโรตารี รีเจนเนอเรเตอร์	16
รูปที่ 2.11	การผันปริมาณอากาศ และก๊าซไอเสีย ที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งสองชนิด	17
รูปที่ 2.12	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนที่สูญเสียจากก๊าซไอเสีย และกำลังการผลิต	25
รูปที่ 2.13	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนที่สูญเสียจากความชื้นของก๊าซไอเสีย และกำลังการผลิต	27
รูปที่ 2.14	กราฟความสัมพันธ์ ค่าความร้อนที่สูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อน และกำลังการผลิต	30
รูปที่ 3.1	ทิศทางการไหลของอากาศ และก๊าซไอเสีย ที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งสองชนิด	32
รูปที่ 3.2	อุณหภูมิและอัตราการไหล ของอากาศและก๊าซไอเสีย ที่เข้าและออก อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบปฐมภูมิ PAH	34

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.3	อุณหภูมิและอัตราการไหล ของอากาศและก๊าซไอเสีย ที่เข้าและออก อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบทุติยภูมิ SAH	35
รูปที่ 3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสุดท้ายก่อนเข้าสู่ระบบ FGD (T*) กับอุณหภูมิด้านขาออกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งสองชนิด (T_4, T_8)	36
รูปที่ 3.5	แผนผังขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย	38
รูปที่ 4.1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านขาออก และอัตราการไหลของก๊าซไอเสียที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แบบปฐมภูมิ (PAH) สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 1	39
รูปที่ 4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านขาออก และอัตราการไหลของก๊าซไอเสียที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้ อน แบบทุติยภูมิ (SAH) สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 1	40
รูปที่ 4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสุดท้าย และอัตราการไหลของก๊าซไอเสียก่อนเข้าสู่ระบบ FGD สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 1	41
รูปที่ 4.4	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสุดท้าย และอัตราการไหลของก๊าซไอเสียก่อนเข้าสู่ระบบ FGD โดยกำหนดค่าอุณหภูมิสุดท้ายที่ต้องการก่อนเข้าสู่ระบบ FGD สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 1	42
รูปที่ 4.5	การกำหนดค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ต้องการ โดยลากผ่านเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ และอัตราการไหลของก๊าซไอเสีย ก่อนเข้าสู่ระบบ FGD สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 1	42
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนถ่านหิน และค่าความร้อนของถ่านหินที่กำลังการผลิต 150 MW	43
รูปที่ 4.7	กราฟเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำในแต่ละจุด สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 1	44
รูปที่ 4.8	กราฟเปรียบเทียบค่าอัตราความร้อนในแต่ละจุด สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 1	45
รูปที่ 4.9	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านขาออก และอัตราการไหลของก๊าซไอเสียที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แบบปฐมภูมิ (PAH) สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 2	46

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.10	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านขาออก และอัตราการไหลของก๊าซไอเสียที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แบบทุติยภูมิ (SAH) สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 2	47
รูปที่ 4.11	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสุดท้าย และอัตราการไหลของก๊าซไอเสียก่อนเข้าสู่ระบบ FGD สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 2	48
รูปที่ 4.12	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสุดท้าย และอัตราการไหลของก๊าซไอเสียก่อนเข้าสู่ระบบ FGD โดยกำหนดค่าอุณหภูมิสุดท้ายที่ต้องการก่อนเข้าสู่ระบบ FGD สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 2	49
รูปที่ 4.13	การกำหนดค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ต้องการ โดยลากผ่านเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และอัตราการไหลของก๊าซไอเสีย ก่อนเข้าสู่ระบบ FGD สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 2	49
รูปที่ 4.14	กราฟเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำในแต่ละจุด สำหรับกรณีศึกษา กรณีที่ 2	51
รูปที่ 4.15	กราฟเปรียบเทียบค่าอัตราความร้อนสูงสุดในแต่ละจุด	51

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่	[m^2]
U	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม	[$W/m^2.^oC$]
T_1	อุณหภูมิอากาศด้านขาเข้าของ PAH	[^oC]
T_2	อุณหภูมิอากาศด้านขาออกของ PAH	[^oC]
T_3	อุณหภูมิก๊าซไอเสียด้านขาเข้าของ PAH	[^oC]
T_4	อุณหภูมิก๊าซไอเสียด้านขาออกของ PAH	[^oC]
T_5	อุณหภูมิอากาศด้านขาเข้าของ SAH	[^oC]
T_6	อุณหภูมิอากาศด้านขาออกของ SAH	[^oC]
T_7	อุณหภูมิก๊าซไอเสียด้านขาเข้าของ SAH	[^oC]
T_8	อุณหภูมิก๊าซไอเสียด้านขาออกของ SAH	[^oC]
T^*	อุณหภูมิก๊าซไอเสียก่อนเข้าสู่ระบบ FGD	[^oC]
C_{p_A}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ	[J/kgK]
C_{p_G}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของก๊าซไอเสีย	[J/kgK]
$\dot{m}_A$	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ	[kg/s]
$\dot{m}_G$	อัตราการไหลเชิงมวลของก๊าซไอเสีย	[kg/s]
ΔT_{LMTD}	อุณหภูมิแตกต่างเชิงล็อก	[^oC]
η_B	ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ	[%]
B_u	ค่าความร้อนที่สูญเสียจากเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้	[%]
B_d	ค่าความร้อนที่สูญเสียจากก๊าซไอเสีย	[%]
B_m	ค่าความร้อนที่สูญเสียจากความชื้นของก๊าซไอเสีย	[%]
B_r	ค่าความร้อนที่สูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อน	[%]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved