

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๘
กิตติกรรมประกาศ	๙
สารบัญ	๙
รายการตาราง	๑๑
รายการรูปประกอบ	๑๓
รายการสัญลักษณ์	๑๔
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาของงานวิจัย	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	8
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	8
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
2. หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	10
2.1 ทฤษฎีของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้กำลังไอน้ำเป็นตัวหมุนเวียนน้ำในระบบ	10
2.1.1 ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนแบบสองสถานะ	11
2.1.2 ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยระบบหมุนเวียนด้วยตัวเอง	13
2.2 ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน	15
2.2.1 การวิเคราะห์ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน	15
2.3 ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ปริมาตรของถังขั้บดินน้ำ 4 L)	17

	หน้า
2.4 ระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ปริมาตรของถังขั้บคั้้นน้ำ 10 L)	18
2.4.1 การวิเคราะห์ระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน	18
3. อุปกรณ์การทดลองและการดำเนินการทดลอง	21
3.1 การศึกษาระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 1)	21
3.1.1 อุปกรณ์ในการทดลองของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 1)	22
3.1.2 เครื่องมือวัดของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 1	23
3.1.3 วิธีการทดลองของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 1	27
3.2 การศึกษาระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 2)	27
3.2.1 อุปกรณ์ในการทดลองของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 2)	28
3.2.2 การติดตั้งเครื่องมือวัดของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 2	30
3.2.3 วิธีการทดลองของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 2	33
3.3 การศึกษาระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)	33
3.3.1 อุปกรณ์ในการทดลองของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)	34
3.3.2 การติดตั้งเครื่องมือวัดของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 3	36
3.3.3 วิธีการทดลองของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 3	38
3.4 การศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน	38

4. ผลการทดลองของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้รังสีอาทิตย์	
เป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 1)	39
4.1 การวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อการทำงานของระบบ	44
4.1.1 ผลของความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบ	44
4.1.2 ผลของอุณหภูมิน้ำภายในถังเติมน้ำด้านบนที่ส่งต่อการทำงานของระบบ	46
4.1.3 ผลของระดับความสูงที่ส่งต่อการหมუნเวียนน้ำของระบบ	46
4.2 สรุป	47
5. ผลการทดลองของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้า	
เป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 2)	49
5.1 ผลของความสูงต่ออุณหภูมิและความดันภายในถังผลิตไอ และถังขับเคลื่อนน้ำ	50
5.2 ผลของเวลาต่ออุณหภูมิที่หมุนเวียนภายในระบบ	57
5.3 ผลของความสูงต่อประสิทธิภาพของระบบ	58
5.4 การวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ	59
5.5 สรุป	60
6. ผลการทดลองของระบบหมუნเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้า	
เป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)	61
6.1 ผลของปริมาณอากาศภายในถังขับเคลื่อนน้ำต่อความดันในการหมุนเวียนน้ำของระบบ	61
6.2 ผลของปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับระบบ ต่อปริมาณการหมุนเวียนน้ำของระบบ	62
6.3 ผลของความสูงต่ออุณหภูมิและความดันภายในถังผลิตไอ และถังขับเคลื่อนน้ำ	63
6.4 จำนวนรอบในการหมุนเวียนน้ำของระบบเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำของระบบ	74
6.5 อุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำของระบบ	75
6.6 ความยาวของท่อด้านสูบที่ส่งผลต่อการสูญเสียเนื่องจากความสูงในการสูบน้ำของระบบ	76

6.7	ประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำของระบบเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำของระบบ	77
6.8	การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)	79
6.9	ข้อดีและข้อเสียของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)	80
6.10	การเปรียบเทียบโครงสร้างของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)	81
6.11	สรุป	82
6.11.1	การประยุกต์ใช้งานระบบที่ 3 ร่วมกับแหล่งพลังงานความร้อนรูปแบบอื่น	83
7.	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และผลการศึกษาระบบโดยใช้	
	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	84
7.1	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 2)	84
7.1.1	การให้ความร้อน Heating Stage	84
7.1.1.1	สมดุลพลังงานภายในถึงผลิตไอ	85
7.1.1.2	สมดุลพลังงานภายในถึงจับคั้นน้ำ	89
7.1.2	การหมุนเวียนน้ำออกจากระบบหรือช่วงการปั๊ม Water pumping stage	91
7.1.2.1	สมดุลพลังงานในถึงผลิตไอ	94
7.1.2.2	สมดุลพลังงานในถึงจับคั้นน้ำ	94
7.1.3	การระบายไอในระบบ Vapor circulating stage	95
7.1.4	การสูบน้ำเข้าสู่ระบบ Water suction stage	96
7.1.4.1	สมดุลพลังงานในถึงจับคั้นน้ำ	97
7.1.4.2	สมดุลความดันระหว่างความดันภายในถึงจับคั้นน้ำและถึงผลิตไอ	98
7.1.4.3	สมดุลพลังงานความดันภายในถึงจับคั้นน้ำ	99
7.2	ผลการศึกษาระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 2) โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	101
7.2.1	ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองและค่าจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	102

	หน้า
7.3 สรุป	104
8. สรุปและข้อเสนอแนะ	105
8.1 สรุปผล	105
8.1.1 ระบบที่ 1	105
8.1.2 ระบบที่ 2	106
8.1.3 ระบบที่ 3	106
8.2 ข้อเสนอแนะ	107
เอกสารอ้างอิง	109
ภาคผนวก	
ก. International conference: (TSAE 2012): 841-847 Title: A Development of Water Pumping with Steam Power	114
ข. International conference: (TSAE 2012): 1036-1041 Title: A Parametric Study of Water Pumping with Steam Power by Direct Contact Cooling	122
ค. International Journal: Journal of Central South University Title: The waste heat water pumping model with direct contact cooling Journal of Central South University, 2014; 21: 3896-3910.	129
ง. อนุสิทธิบัตร ข้อแสดงถึงสิ่งประดิษฐ์: ป้อนน้ำพลังงานความร้อน เลขที่อนุสิทธิบัตร 7709	145
ประวัติผู้วิจัย	148