

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
ลำดับสัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.5 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 งบประมาณ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	5
2.2 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	9
2.3 ประเภทของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์	11
2.4 เทอร์โมไซฟอน	14
2.5 ระยะเวลาคืนทุน	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานและการออกแบบ	
3.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล	25
3.2 ลักษณะการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ที่ใช้เทอร์โมไซฟอน	28
3.3 เงื่อนไขเริ่มต้นและขอบเขตในการออกแบบ	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในระบบทำน้ำร้อน ของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้เทอร์โมไซฟอน	30
3.5 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	37
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	
4.1 วิเคราะห์หาสมรรถนะ เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ที่มีเทอร์โมไซฟอน	42
4.2 วิเคราะห์หาจำนวน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเทอร์โมไซฟอนที่ดีที่สุด ในการให้ค่าความร้อนแก่น้ำร้อนในถังเก็บที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 60 °C	45
4.3 วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จาก โปรแกรมการออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่มี เทอร์โมไซฟอนกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้กัน ทั่วไป ซึ่งมีน้ำไหลผ่านท่อโดยตรง	49
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 บทสรุป	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก โปรแกรมจำลอง	56
ภาคผนวก ข ตารางสมบัติของสาร	88
ภาคผนวก ค อื่นๆ	96
ประวัติผู้ทำโครงการ	i00

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาและแผนปฏิบัติงาน	3
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงข้อมูลเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้ กันทั่วไป	26
ตารางที่ 3.2 ตารางสำหรับใช้เลือกขนาดของท่อทองแดงที่นำมาทำเป็นเทอร์โมไซฟอน	27
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าอุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บและค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อน พลังงานแสงอาทิตย์ที่จำนวนท่อและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ	48
ตารางที่ 4.2 แสดงราคาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการผลิตเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	49
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต ระยะเวลาคืนทุน และประสิทธิภาพ ของ เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ที่จำนวนและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ เทอร์โมไซฟอนต่างๆ และเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ที่ใช้กันทั่วไป	50
ตารางที่ ข.1 แสดงค่าคุณสมบัติของอากาศ	89
ตารางที่ ข.2 แสดงคุณสมบัติ น้ำอิมิตัว – ตารางอุณหภูมิ	90
ตารางที่ ข.3 แสดงคุณสมบัติ น้ำ	92
ตารางที่ ข.4 แสดงคุณสมบัติของสารทำงาน R-134a	93
ตารางที่ ค.1 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก จากกรมอุตุนิยมวิทยา	97
ตารางที่ ค.2 แสดงราคาท่อทองแดงชนิดเส้นตรง	98

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การ โจรของ โลก รอบ ดวงอาทิตย์	6
รูปที่ 2.2 แสดงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทย	7
รูปที่ 2.3 แสดงถึงตำแหน่งการติดตั้งของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์	9
รูปที่ 2.4 หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	9
รูปที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	10
รูปที่ 2.6 ถังเก็บน้ำร้อน	11
รูปที่ 2.7 แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Collector)	12
รูปที่ 2.8 แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมรังสี (Concentration Collector)	13
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะเทอร์โมไซฟอน	14
รูปที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบและหลักการทำงานของเทอร์โมไซฟอน	15
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรต้านทานการถ่ายเทความร้อนภายในเทอร์โมไซฟอน	17
รูปที่ 2.12 การพาความร้อนตามธรรมชาติบนแผ่นระนาบเอียง	20
รูปที่ 2.13 การพาความร้อนตามธรรมชาติบนทรงกระบอกแนวระดับ	21
รูปที่ 2.14 แสดงการนำความร้อนผ่านผนังทรงกระบอก	22
รูปที่ 3.1 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้กันทั่วไป	25
รูปที่ 3.2 แบบจำลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้เทอร์โมไซฟอน	29
รูปที่ 3.3 ภาพด้านข้างของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้เทอร์โมไซฟอน	29
รูปที่ 3.4 รูปแสดงปริมาณควบคุมของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งระบบ	31
รูปที่ 3.5 รูปแสดงปริมาณควบคุมส่วนของผิวกระจกภายนอกกับพื้นที่ผิวดูดซับแสงอาทิตย์	32
รูปที่ 3.6 รูปแสดงปริมาณควบคุมส่วนของเทอร์โมไซฟอน	34
รูปที่ 3.7 รูปแสดงปริมาณควบคุมในส่วนถังเก็บน้ำร้อน	35
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลาต่างๆ ของวันตั้งแต่เวลา 7.00 – 17.30 น.	41
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่ารังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ ของวันตั้งแต่เวลา 7.00 – 17.30 น.	42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำร้อน (T_w) และอุณหภูมิที่ส่วนควบแน่น (T_{cond}) ของเทอร์โมไซฟอนกับช่วงเวลาต่างๆ ของเทอร์โมไซฟอน 6 ท่อ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 3/4 นิ้ว	43
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนสะสมของน้ำร้อน ในถังเก็บ (Q_{st}) และอัตราการถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Q_G) ในช่วงเวลาต่างๆ ของเทอร์โมไซฟอนแบบแผ่นเรียบจำนวน 6 ท่อ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/4 นิ้ว	44
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนสะสมของน้ำร้อนในถังเก็บ กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเทอร์โมไซฟอนที่มีจำนวนท่อตั้งแต่ 5 ท่อ ถึง 8 ท่อ ที่เวลา 18.00 น.	45
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำร้อน ในถังเก็บกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเทอร์โมไซฟอนที่มีจำนวนท่อตั้งแต่ 5 ท่อ ถึง 8 ท่อ ที่เวลา 18.00 น.	46
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเฉลี่ยตลอดทั้งวันของเครื่องทำน้ำร้อนกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเทอร์โมไซฟอนที่มีจำนวนท่อตั้งแต่ 5 ท่อ ถึง 8 ท่อ	47
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำร้อนกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเทอร์โมไซฟอนที่ให้อุณหภูมิน้ำร้อนไม่ต่ำกว่า 60°C	47
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาคืนทุนและประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กับจำนวนและขนาดเทอร์โมไซฟอน	51