

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ภูมิหลัง	1
1.2 ความสำคัญของการวิจัย	2
1.3 ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล	4
2.1 เฮอร์โมอีเล็กทริก	5
2.2 การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง	9
2.3 เซลล์แสงอาทิตย์	11
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
3.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศเฮอร์โมอีเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง	21
3.2 โครงสร้างของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	25
3.3 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	27
3.4 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	28
3.5 การวิเคราะห์	33
3.6 การดำเนินการวิจัย	40
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	42
4.1 การถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบเฮอร์โมอีเล็กทริก กรณีระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย	42
4.2 การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขับเคลื่อนเครื่องปรับอากาศแบบเฮอร์โมอีเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย	54
4.3 การทำนายอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศแบบเฮอร์โมอีเล็กทริก	58
4.4 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบ เฮอร์โมอีเล็กทริก กรณีระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย และกรณีระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม	60
4.5 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	63

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	66
5.1 ความมุ่งหมายของการวิจัย	66
5.2 สรุปผล	66
5.3 อภิปรายผล	67
5.4 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ	77
ภาคผนวก ข ผลของอุณหภูมิต่อการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อน ของเทอร์โมอิเล็กทริก	81
ภาคผนวก ค ผลของอุณหภูมิต่อการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็น ของเทอร์โมอิเล็กทริก	83
ภาคผนวก ง ผลของอุณหภูมิต่อการปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้เทอร์โมอิเล็กทริก	85
ภาคผนวก จ ผลของค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ แบบเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	107
ประวัติย่อผู้วิจัย	110

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 3.1 ค่าสมบัติที่สำคัญของเรอร์โมอีเล็กทริก	22
ตาราง 3.2 ค่าสมบัติที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์	26
ตาราง 4.1 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเรอร์โมอีเล็กทริก	44
ตาราง 4.2 ค่าความคลาดเคลื่อน ค่าอุณหภูมิจากการทดลองและการทำนาย	59
ตาราง 4.3 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องปรับอากาศแบบเรอร์โมอีเล็กทริกร่วมกับ การทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	63
ตาราง 4.4 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและ แบบเรอร์โมอีเล็กทริก	64
ตาราง 4.5 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปรับอากาศแบบเรอร์โมอีเล็กทริกร่วมกับ การทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	65
ตาราง ข.1 อุณหภูมิด้านเย็นและด้านร้อนเรอร์โมอีเล็กทริก อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็น และด้านร้อนเมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเรอร์โมอีเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A	82
ตาราง ข.2 ค่า COP อัตราการทำความเย็น กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนอัตรา การไหลอากาศด้านร้อนของเรอร์โมอีเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A	82
ตาราง ค.1 อุณหภูมิด้านเย็นและด้านร้อนเรอร์โมอีเล็กทริก อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็น และด้านร้อนเมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเรอร์โมอีเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A	84
ตาราง ค.2 ค่า COP อัตราการทำความเย็น กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนอัตรา การไหลอากาศด้านเย็นของเรอร์โมอีเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A	84
ตาราง ง.1 อุณหภูมิด้านเย็นเรอร์โมอีเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้า ให้เรอร์โมอีเล็กทริก	86
ตาราง ง.2 อุณหภูมิด้านร้อนเรอร์โมอีเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้า ให้เรอร์โมอีเล็กทริก	87
ตาราง ง.3 อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นเรอร์โมอีเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแส ไฟฟ้าให้เรอร์โมอีเล็กทริก	88
ตาราง ง.4 อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อนเรอร์โมอีเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแส ไฟฟ้าให้เรอร์โมอีเล็กทริก	89
ตาราง ง.5 กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เรอร์โมอีเล็กทริก ที่อัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเรอร์โมอีเล็กทริก 0.011 kg/s อัตราการไหล อากาศด้านร้อนของเรอร์โมอีเล็กทริก 0.024 kg/s และอัตราการไหลของ น้ำผ่านแผงทำระเหย 7 lpm	90

[illegible]

[illegible]

ตาราง ง.21	อุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกที่ระบายความร้อนด้วยอากาศแวดล้อมที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A กำหนดอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.011 kg/s อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.024 kg/s	105
ตาราง ง.22	เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เทอร์โมอิเล็กทริกที่อัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.011 kg/s อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.024 kg/s	106
ตาราง ง.23	เปรียบเทียบค่า COP อัตราการทำความเย็น กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เทอร์โมอิเล็กทริก	106
ตาราง จ.1	อุณหภูมิอากาศแวดล้อมภายนอก ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ กำลังไฟฟ้าแบตเตอรี่ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้เครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 3.0 A	108
ตาราง จ.2	อุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 3.0 A	109
ตาราง จ.3	ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้เครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	109

สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 2.1 ปรัชญาการณชีเบค	5
ภาพประกอบ 2.2 ปรัชญาการณเพลเทียร์	5
ภาพประกอบ 2.3 เฮอร์โมอีเล็กทริก (ก) ขณะทำความเย็น (ข) ขณะทำความร้อน	7
ภาพประกอบ 2.4 เฮอร์โมอีเล็กทริก ขณะผลิตกระแสไฟฟ้า	7
ภาพประกอบ 2.5 สมรรถนะของวัสดุเฮอร์โมอีเล็กทริกที่ช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ	8
ภาพประกอบ 2.6 โครงสร้างส่วนประกอบของอุปกรณ์เฮอร์โมอีเล็กทริก	9
ภาพประกอบ 2.7 การทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative cooling)	10
ภาพประกอบ 2.8 ประเภทการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (A) ประเภทพ่นฝอย (B) ประเภทผิวเปียก	10
ภาพประกอบ 2.9 ผลกระทบเมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์	11
ภาพประกอบ 2.10 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ (A) Single crystalline silicon (B) Poly crystalline silicon (C) Amorphous silicon	12
ภาพประกอบ 2.11 อุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	13
ภาพประกอบ 3.1 เครื่องปรับอากาศแบบเฮอร์โมอีเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย	21
ภาพประกอบ 3.2 เฮอร์โมอีเล็กทริกโมดูล	22
ภาพประกอบ 3.3 ครีบบระบายความร้อน	23
ภาพประกอบ 3.4 การติดตั้งเฮอร์โมอีเล็กทริกโมดูลเข้ากับครีบบระบายความร้อน	23
ภาพประกอบ 3.5 อุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง	24
ภาพประกอบ 3.6 ชุดอุปกรณ์ปั๊มน้ำ	24
ภาพประกอบ 3.7 แผงทำระเหย	25
ภาพประกอบ 3.8 พัดลมหอยโข่ง	25
ภาพประกอบ 3.9 การต่อวงจรของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังเครื่องปรับอากาศแบบ เฮอร์โมอีเล็กทริก	26
ภาพประกอบ 3.10 เซลล์แสงอาทิตย์	26
ภาพประกอบ 3.11 แบตเตอรี่	27
ภาพประกอบ 3.12 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า	27
ภาพประกอบ 3.13 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศ แบบเฮอร์โมอีเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย	28
ภาพประกอบ 3.14 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ	28
ภาพประกอบ 3.15 สายเทอร์โมคัปเปิล	29
ภาพประกอบ 3.16 เครื่องวัดความเร็วลมแบบขดลวดร้อน	29
ภาพประกอบ 3.17 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด	29
ภาพประกอบ 3.18 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล	30
ภาพประกอบ 3.19 เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบคล่องสาย	30

	หน้า
ภาพประกอบ 3.20 เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบดิจิตอล	30
ภาพประกอบ 3.21 อุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้า	31
ภาพประกอบ 3.22 อุปกรณ์ปรับกำลังไฟฟ้า	31
ภาพประกอบ 3.23 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์	32
ภาพประกอบ 3.24 เครื่องวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์	32
ภาพประกอบ 3.25 ผังงานการทำงานายอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก	35
ภาพประกอบ 4.1 แผนภาพไซโครเมตริกแสดงกระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้น (จุด 1 ไปจุด 2) และกระบวนการทำความร้อน (จุด 2 ไปจุด 3) ก่อนนำอากาศไประบายความร้อน	43
ภาพประกอบ 4.2 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหล อากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A	43
ภาพประกอบ 4.3 อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหล อากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก	45
ภาพประกอบ 4.4 อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหล อากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก	46
ภาพประกอบ 4.5 อุณหภูมิเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิอากาศขาออก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตรา การไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A	46
ภาพประกอบ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราการทำความเย็น และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหล อากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A	47
ภาพประกอบ 4.7 อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหล อากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก	48
ภาพประกอบ 4.8 อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหล อากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก	49
ภาพประกอบ 4.9 อุณหภูมิเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิอากาศขาออก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตรา การไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A	49
ภาพประกอบ 4.10 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราการทำความเย็น และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหล อากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A	50
ภาพประกอบ 4.11 อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้า ให้เทอร์โมอิเล็กทริก	51
ภาพประกอบ 4.12 อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้า ให้เทอร์โมอิเล็กทริก	52

ภาพประกอบ 4.13	อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อนและอุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เทอร์โมอิเล็กทริก	52
ภาพประกอบ 4.14	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราการทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เทอร์โมอิเล็กทริก	53
ภาพประกอบ 4.15	อุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของระบบปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกที่ระบายความร้อนด้วยการทำความเย็นแบบระเหยที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A	54
ภาพประกอบ 4.16	ค่าความชื้นรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมภายนอกวันที่ 10 เมษายน 2554	55
ภาพประกอบ 4.17	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกต้องการ	56
ภาพประกอบ 4.18	ค่าอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก	57
ภาพประกอบ 4.19	การเปรียบเทียบอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกที่ตำแหน่งต่างๆ ระหว่างการทดลองและการทำนาย	58
ภาพประกอบ 4.20	อุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อเปรียบเทียบการระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยกับการระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม	60
ภาพประกอบ 4.21	อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อนและอุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อเปรียบเทียบการระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยกับการระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม	61
ภาพประกอบ 4.22	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราการทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อเปรียบเทียบการระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยกับการระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม	62