

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญกราฟ	ฌ
ลำดับสัญลักษณ์	ด
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 งบประมาณที่ใช้	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	5
2.1 ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	5
2.2 หลักการทำงานของเครื่องอัดสารทำความเย็น	9
2.3 ความสามารถของเครื่องปรับอากาศ	11
2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณการใช้พลังงาน	16
2.5 การใช้ไอโซนในระบบเครื่องทำน้ำเย็น	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 ระบบล้างท่ออัตโนมัติ (บอลเทคนิค)	23
2.7 วิธีวิเคราะห์การเงิน	32
2.8 ประโยชน์ของการเข้าในพื้นที่ฐานในการวิเคราะห์การเงิน	36
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	37
3.1 การศึกษาข้อมูล	37
3.2 ขั้นตอนในการดำเนินงาน	37
3.3 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	38
3.4 วิธีการดำเนินงาน	39
3.5 หลักการทำงานของเครื่องมือวัด	40
3.6 รายละเอียดของเครื่องทำน้ำเย็นขณะทำการตรวจวัด (อาคารที่ทำการศึกษา)	42
3.7 รายละเอียดของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนและหลังติดตั้งเครื่องกำเนิด โอ โชน	49
ในระบบหอผึ่งน้ำ และการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ	49
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ	84
4.1 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงาน	84
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานที่ลดลงเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิด โอ โชน	86
ในระบบหอผึ่งน้ำ	86
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานที่ลดลงเมื่อติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ	91
4.4 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานที่ลดลงในการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่	96
บทที่ 5 สรุป วิเคราะห์และข้อเสนอแนะ	103
5.1 สรุปผล	103

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 2.1 คำพระราชบัญญัติกฎหมายควบคุมอาคารที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ	14
ตารางที่ 2.2 แสดงข้อดี ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของวิธีการวิเคราะห์การเงินแบบต่างๆ	36
ตารางที่ 3.1 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น A1 (อาคารที่ทำการศึกษา)	44
ตารางที่ 3.2 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น A2 (อาคารที่ทำการศึกษา)	45
ตารางที่ 3.3 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น A3 (อาคารที่ทำการศึกษา)	46
ตารางที่ 3.4 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น A4 (อาคารที่ทำการศึกษา)	47
ตารางที่ 3.5 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น A5 (อาคารที่ทำการศึกษา)	48
ตารางที่ 3.6 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งไอโซนในระบบห่อผนังน้ำ” หมายเลข B1	50
ตารางที่ 3.7 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งไอโซนในระบบห่อผนังน้ำ” หมายเลข B2	51
ตารางที่ 3.8 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “หลังการติดตั้งไอโซนในระบบห่อผนังน้ำ” หมายเลข B1-1	52
ตารางที่ 3.9 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “หลังการติดตั้งไอโซนในระบบห่อผนังน้ำ” หมายเลข B2-1	53
ตารางที่ 3.10 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งไอโซนในระบบห่อผนังน้ำ” หมายเลข C1	55
ตารางที่ 3.11 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งไอโซนในระบบห่อผนังน้ำ” หมายเลข C2	56
ตารางที่ 3.12 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งไอโซนในระบบห่อผนังน้ำ” หมายเลข C3	57
ตารางที่ 3.13 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งไอโซนในระบบห่อผนังน้ำ” หมายเลข C4	58

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.14 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “หลังการติดตั้งโอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ” หมายเลข C1-1	59
ตารางที่ 3.15 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “หลังการติดตั้งโอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ” หมายเลข C2-1	60
ตารางที่ 3.16 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “หลังการติดตั้งโอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ” หมายเลข C3-1	61
ตารางที่ 3.17 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “หลังการติดตั้งโอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ” หมายเลข C4-1	62
ตารางที่ 3.18 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งโอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ” หมายเลข G1	64
ตารางที่ 3.19 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งโอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ” หมายเลข G2	65
ตารางที่ 3.20 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “หลังการติดตั้งโอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ” หมายเลข G1-1	66
ตารางที่ 3.21 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “หลังการติดตั้งโอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ” หมายเลข G2-1	67
ตารางที่ 3.33 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข H1	69
ตารางที่ 3.34 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข H2	70
ตารางที่ 3.35 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข H3	71
ตารางที่ 3.36 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น “ก่อนการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข H4	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.37 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น	
“หลังการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข H1-1	73
ตารางที่ 3.38 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น	
“หลังการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข H2-1	74
ตารางที่ 3.39 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น	
“หลังการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข H3-1	75
ตารางที่ 3.40 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น	
“หลังการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข H4-1	76
ตารางที่ 3.41 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น	
“ก่อนการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข J1	78
ตารางที่ 3.42 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น	
“ก่อนการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข J2	79
ตารางที่ 3.43 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น	
“ก่อนการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข J3	80
ตารางที่ 3.44 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น	
“หลังการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข J1-1	81
ตารางที่ 3.45 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น	
“หลังการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข J2-1	82
ตารางที่ 3.46 ผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น	
“หลังการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ” หมายเลข J3-1	83
ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยของอาคาร A	
(อาคารที่ทำการศึกษา) กับ พ.ร.บ.	85
ตารางที่ 4.2 แสดงผลของการลดการใช้พลังงานเมื่อติดตั้ง	
เครื่องกำเนิดโอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.3 แสดงผลของการลดการใช้พลังงานเมื่อติดตั้ง เครื่องกำเนิดไอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ ณ อาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษ)	87
ตารางที่ 4.4 ตารางเปรียบเทียบพลังงานที่ลดลงและเงินที่ประหยัดได้ของอาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษ) หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ	88
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงความคุ้มค่าในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไอโซนในระบบหอผึ่งน้ำ ณ อาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษ)	90
ตารางที่ 4.6 แสดงผลของการลดการใช้พลังงานเมื่อติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ	91
ตารางที่ 4.7 แสดงผลของการลดการใช้พลังงานเมื่อติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ ณ อาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษ)	92
ตารางที่ 4.8 ตารางเปรียบเทียบพลังงานที่ลดลงและเงินที่ประหยัดได้ของอาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษ) หลังจากติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ	93
ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ ณ อาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษ)	95
ตารางที่ 4.10 แสดงผลของการลดการใช้พลังงานเมื่อติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นใหม่	96
ตารางที่ 4.11 ตารางเปรียบเทียบพลังงานที่ลดลงและเงินที่ประหยัดได้ของอาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษ) หลังจากติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นใหม่	97
ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงความคุ้มค่าในการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ ณ อาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษ)	99
ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงค่าสมรรถนะการทำความเย็น (kW/Ton) ของเครื่องทำน้ำเย็น ทั้งก่อนและหลังศึกษาวิธีการประหยัดพลังงานในแต่ละวิธี	103
ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงค่าการใช้พลังงาน (kWh/ปี) ของเครื่องทำน้ำเย็น ทั้งก่อนและหลังศึกษาวิธีการประหยัดพลังงานในแต่ละวิธี	104
ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งเครื่องกำเนิดไอโซนในระบบ หอผึ่งน้ำ ติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติและการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ค.1 แสดงความสามารถของการทำความเย็น (ต้นความเย็น) ตามชนิดของคอมเพรสเซอร์	142
ตารางที่ ค.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของปั๊มทั้ง 2 ประเภท150	
ตารางที่ ค.3 เปรียบเทียบระหว่าง AHU และ FCU	158
ตารางที่ ค.4 เปรียบเทียบระหว่างหอผึ่งน้ำแบบไหลสวนทางกัน (Counter Flow) และหอผึ่งน้ำแบบไหลสวนตัดกัน (Cross Flow)	165
ตารางที่ ค.5 แสดงค่าดัชนี ODP และ GWP ของสารทำความเย็น	166
ตาราง จ.1 ตารางแสดงขนาดของท่อเหล็กเหนียว	183
ตาราง จ.1 ตารางแสดงขนาดของท่อเหล็กเหนียว (ต่อ)	184
ตาราง จ.1 ตารางแสดงขนาดของท่อเหล็กเหนียว (ต่อ)	185
ตาราง จ.1 ตารางแสดงขนาดของท่อเหล็กเหนียว (ต่อ)	186
ตาราง จ.2 ตารางแสดงขนาดของท่อเหล็กหล่อ	187
ตาราง จ.3 ตารางแสดงขนาดของท่อทองแดงไร้ตะเจีบ	188
ตาราง จ.3 ตารางแสดงขนาดของท่อทองแดงไร้ตะเจีบ (ต่อ)	189

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นแบบส่วนกลาง	6
รูปที่ 2.2 แสดงสัญลักษณ์ของระบบปรับอากาศแบบส่วนกลาง	7
รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของเครื่องทำน้ำเย็น	9
รูปที่ 2.4 แสดงวัฏจักรของสารทำความเย็น	10
รูปที่ 2.5 แสดงถึงสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น	18
รูปที่ 2.6 เมื่อก Bio-Film	20
รูปที่ 2.7 Cooling เป็นระบบปิด	23
รูปที่ 2.8 แสดงท่อระบายความร้อนที่สะอาดและท่อระบายความร้อนที่มีตะกรันจับตัวหนา	24
รูปที่ 2.9 แสดงตารางการระบายความร้อนที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง อันมีสาเหตุมาจากตะกรันที่หนาขึ้น	25
รูปที่ 2.10 แสดงการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม	26
รูปที่ 2.11 แสดงการทำงานของขอลเทคนิค	27
รูปที่ 2.12 แสดงส่วนประกอบของระบบกำจัดตะกรัน “Ball Technic”	27
รูปที่ 2.13 แสดง Injector	28
รูปที่ 2.14 แสดง Ball Trap	28
รูปที่ 2.15 แสดง PLC. (Program Logic Control)	29
รูปที่ 2.16 แสดงระบบของระบบล้างท่ออัตโนมัติ	30
รูปที่ 2.17 แผนผังสำหรับการติดตั้งระบบกำจัดตะกรัน “บอลเทคนิค”	30
รูปที่ 2.18 แสดงผลจากการใช้ระบบกำจัดตะกรัน “บอลเทคนิค”	31
รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องมือวัดอัตราการไหล	40
รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิน้ำเย็น	41
รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องมือวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า	42
รูปที่ 2.23 แสดงขั้นตอนการทำงานของ Ball Technic ในจังหวะที่ 1 “การฟัดลูกบอล”	40

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.24 แสดงขั้นตอนการทำงานของ Ball Technic ในจังหวะที่ 2 “การส่งลูกบอลเข้าทำความสะอาด”	41
รูปที่ 2.25 แสดงขั้นตอนการทำงานของ Ball Technic ในจังหวะที่ 3 “การนำลูกบอลกลับมาหมุนเวียนใช้”	42
รูปที่ ก.1 Basic Ozone Generator	113
รูปที่ ก.2 Basic Ozone Generator	113
รูปที่ ก.3 การติดตั้งเครื่องกำเนิด โอโซน	115
รูปที่ ก.4 การติดตั้งที่หน้างานจริง	116
รูปที่ ก.5 การเชื่อมต่อเครื่องกำเนิด โอโซนเข้ากับ Cooling Tower	116
รูปที่ ก.6 ภาพด้านข้างการติดตั้งเครื่องกำเนิด โอโซนกับ Cooling Tower	117
รูปที่ ก.7 การเติม โอโซนลงไปในน้ำ	117
รูปที่ ก.8 น้ำ Blow Down ก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิด โอโซน	118
รูปที่ ก.9 น้ำ Blow Down หลังติดตั้งเครื่องกำเนิด โอโซน	118
รูปที่ ก.10 แสดงลักษณะของเครื่องกำเนิด โอโซน	120
รูปที่ ก.11 แสดงอุปกรณ์ภายในเครื่องกำเนิด โอโซน	122
รูปที่ ก.12 หลอดผลิต โอโซน	123
รูปที่ ก.13 High Voltage Transformer	124
รูปที่ ก.14 Converter Board	125
รูปที่ ก.15 มอเตอร์	126
รูปที่ ก.16 Ventury	127
รูปที่ ก.17 Static Mixer	128
รูปที่ ข.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของ Ball Technic ในจังหวะที่ 1 “การพักลูกบอล”	130

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของ Ball Technic ในจังหวะที่ 2 “การส่งลูกบอลเข้าทำความสะอาด”	131
รูปที่ ข.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของ Ball Technic ในจังหวะที่ 3 “การนำลูกบอลกลับมาหมุนเวียนใช้”	132
รูปที่ ค.1 แสดงวัฏจักรเครื่องอัดสารทำความเย็น	135
รูปที่ ค.2 แสดงลักษณะเครื่องอัดสารทำความเย็นแบบลูกสูบ	136
รูปที่ ค.3 แสดงเครื่องทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Water Chiller)	137
รูปที่ ค.4 แสดงเครื่องอัดสารทำความเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor)	138
รูปที่ ค.5 แสดงเครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Water Chiller)	138
รูปที่ ค.6 แสดงลักษณะเครื่องอัดสารทำความเย็นแบบสกรู (Screw Compressor)	139
รูปที่ ค.7 แสดงชิ้นส่วนและลักษณะการอัดสารทำความเย็น	139
รูปที่ ค.8 แสดงเครื่องทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw Water Chiller)	140
รูปที่ ค.9 แสดงเครื่องอัดสารทำความเย็นแบบก้นหอย (Scroll compressor)	141
รูปที่ ค.10 แสดงการอัดสารทำความเย็น	141
รูปที่ ค.11 แสดงลักษณะเครื่องส่งลมเย็น (Air handling unit หรือ AHU)	143
รูปที่ ค.12 แสดงท่อด้านน้ำเย็น	144
รูปที่ ค.13 แสดงลักษณะท่อด้านระบายความร้อน (Condenser)	145
รูปที่ ค.14 แสดงลักษณะหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)	146
รูปที่ ค.15 แสดงเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump)	146
รูปที่ ค.16 แสดงระบบท่อน้ำเย็นแบบ Reverse return piping	147
รูปที่ ค.17 แสดงระบบท่อน้ำเย็นแบบ Direct return piping	148
รูปที่ ค.18 แสดงปั๊มหอยโข่งแบบ Ensuction	149
รูปที่ ค.19 แสดงปั๊มหอยโข่งแบบ Horizontally Split	150
รูปที่ ค.20 แสดงระบบปั๊มแบบ Primary Pumping	151

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ค.21 แสดงระบบปั๊มแบบ Primary-Secondary Pumping	152
รูปที่ ค.22 แสดงภาพขยายจนวนไนแก้วซึ่งเป็นเซลเปิด	153
รูปที่ ค.23 แสดงภาพขยายของจนวนโคมซึ่งจัดเป็นจนวนชนิดเซลอัด	153
รูปที่ ค.24 ภาพขยายของจนวนโพลียูรีเทนซึ่งจัดเป็นจนวนกึ่งเซลปิด	154
รูปที่ ค.25 แสดงภาพของจนวนยางซึ่งจัดเป็นจนวนเซลปิด	155
รูปที่ ค.26 แสดงระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางด้าน Air Site	156
รูปที่ ค.27 แสดงเครื่องส่งลมเย็นแบบต่างๆ	157
รูปที่ ค.28 แสดงวาล์วควบคุมชนิด 3 ทาง	158
รูปที่ ค.29 แสดงวาล์วควบคุมชนิด 2 ทาง	159
รูปที่ ค.30 แสดงลักษณะภายในของหอผึ่งน้ำแบบไหลสวนทางกัน	161
รูปที่ ค.31 แสดงหอผึ่งน้ำแบบไหลสวนทางกัน	162
รูปที่ ค.32 แสดงลักษณะภายในของหอผึ่งน้ำแบบไหลตัดกัน	163
รูปที่ ค.33 แสดงหอผึ่งน้ำแบบไหลสวนตัดกัน	163
รูปที่ ง.1 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	169
รูปที่ ง.2 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	169
รูปที่ ง.3 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	170
รูปที่ ง.4 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	170
รูปที่ ง.5 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	171
รูปที่ ง.6 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	171
รูปที่ ง.7 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	172
รูปที่ ง.8 แสดงการใส่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของท่อ	172
รูปที่ ง.9 แสดงการใส่ข้อมูล Pipe WT	173
รูปที่ ง.10 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	173

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

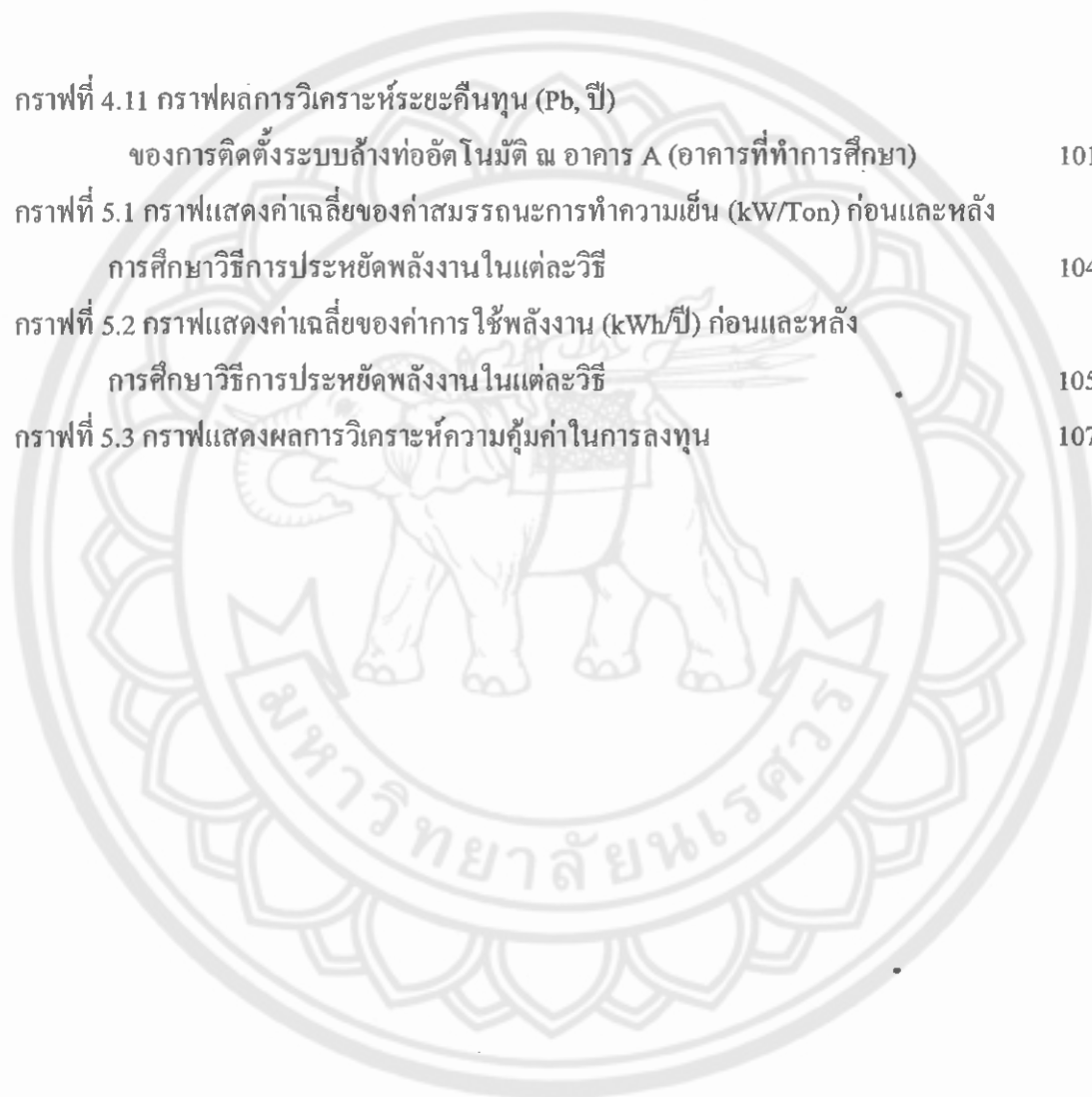
	หน้า
รูปที่ ง.11 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	174
รูปที่ ง.12 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	174
รูปที่ ง.13 แสดงภาพจอมอนิเตอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหล	175
รูปที่ ง.14 แสดงลักษณะการขัดท่อนก่อนทำการติดตั้งเครื่องมือวัด	175
รูปที่ ง.15 แสดงบริเวณที่จะทำการตรวจวัด	176
รูปที่ ง.16 แสดงการติดตั้งตัวรับสัญญาณ (Transducer)	176
รูปที่ ง.17 แสดงตัวรับสัญญาณ (Transducer) เมื่อติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว	177
รูปที่ ง.18 แสดงผลของอัตราการไหลหน่วย GPM	177
รูปที่ ง.19 แสดงการติดตั้งเครื่องมือและการวัดอุณหภูมิน้ำเย็น	179
รูปที่ ง.20 แสดง ELITE Pro, สายเชื่อมต่อ CT และสายเชื่อมต่อกับ Computer	180
รูปที่ ง.21 แสดงการคล้อง CT และตัวหนีบโวลต์ที่สายไฟ	180
รูปที่ ง.22 แสดงการหนีบตัวหนีบโวลต์	181
รูปที่ ง.23 แสดงคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผลจากการวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า	181
รูปที่ ฉ.1 แสดงหน้าจอของโปรแกรม ELITE Pro.	191
รูปที่ ฉ.2 แสดงหน้าจอของโปรแกรม Elite pro.	192
รูปที่ ฉ.3 แสดงหน้าจอของโปรแกรม Elite pro.	193
รูปที่ ฉ.4 แสดงข้อมูลที่ได้ออกจากการคำนวณโหลดข้อมูลจากหน่วยความจำ Elite pro.	195

สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 4.1 กราฟค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น ในอาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษา)	84
กราฟที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยของอาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษา) กับพระราชบัญญัติ	85
กราฟที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยของอาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษา) กับ พ.ร.บ. หลังจากติดตั้ง เครื่องกำเนิด โอ โซนในระบบหอผึ่งน้ำ	87
กราฟที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างเครื่องทำน้ำเย็นก่อนและหลัง ติดตั้งเครื่องกำเนิด โอ โซนในระบบหอผึ่งน้ำ	
กราฟที่ 4.5 กราฟผลการวิเคราะห์ระยะคืนทุน (Pb, ปี) ของการติดตั้ง เครื่องกำเนิด โอ โซนในระบบหอผึ่งน้ำ ณ อาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษา)	92
กราฟที่ 4.6 กราฟผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน (ROI, %) ของการติดตั้งเครื่องกำเนิด โอ โซนในระบบหอผึ่งน้ำ ณ อาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษา)	94
กราฟที่ 4.7 กราฟผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV, บาท) ของการติดตั้งเครื่องกำเนิด โอ โซนในระบบหอผึ่งน้ำ ณ อาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษา)	98
กราฟที่ 4.8 กราฟผลการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR, %) ของการติดตั้งเครื่องกำเนิด โอ โซนในระบบหอผึ่งน้ำ ณ อาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษา)	99
กราฟที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยของอาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษา) กับ พ.ร.บ. หลังจากติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ	100
กราฟที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างเครื่องทำน้ำเย็นก่อนและหลัง ติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ	101

สารบัญกราฟ (ต่อ)

	หน้า
กราฟที่ 4.11 กราฟผลการวิเคราะห์ระยะคืนทุน (Pb, ปี) ของการติดตั้งระบบล้างท่ออัตโนมัติ ณ อาคาร A (อาคารที่ทำการศึกษา)	101
กราฟที่ 5.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของค่าสมรรถนะการทำความเย็น (kW/Ton) ก่อนและหลัง การศึกษาวิธีการประหยัดพลังงานในแต่ละวิธี	104
กราฟที่ 5.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของค่าการใช้พลังงาน (kWh/ปี) ก่อนและหลัง การศึกษาวิธีการประหยัดพลังงาน ในแต่ละวิธี	105
กราฟที่ 5.3 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน	107



ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	ค่าประสิทธิภาพพลังงานต่อปี	Bath (บาท)
C_p	ความร้อนจำเพาะของน้ำ	Btu/lb°F
COP	สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น	-
COSØ	ตัวประกอบกำลังระบบไฟฟ้า	-
F	มูลค่าในอนาคต	Bath (บาท)
FIRR	อัตราผลตอบแทนภายใน	%
GPM	ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านส่วนทำน้ำเย็น	Gallons/min
h	เอนทัลปีของสารทำความเย็น	kJ/kg
h	เอนทัลปีของสารทำความเย็นในสถานะที่ 1	kJ/kg
h	เอนทัลปีของสารทำความเย็นในสถานะที่ 2	kJ/kg
h	เอนทัลปีของสารทำความเย็นในสถานะที่ 3	kJ/kg
h	เอนทัลปีของสารทำความเย็นในสถานะที่ 4	kJ/kg
i	อัตราดอกเบี้ย	%
I_0	เงินลงทุนเริ่มต้น	Bath (บาท)
IRR	อัตราผลตอบแทนภายใน	%
I_R	กระแสไฟฟ้าของเส้นที่ 1	Amperes
I_S	กระแสไฟฟ้าของเส้นที่ 2	Amperes
I_T	กระแสไฟฟ้าของเส้นที่ 3	Amperes
kW	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำความเย็น	kW
kW_{th}	พลังงานที่เครื่องสามารถทำได้	kW
m_w°	อัตราการไหลของน้ำโดยมวล	lb/min
n	จำนวนปี	Years
P	ความดัน	Pa

ลำดับสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
P	มูลค่าในปัจจุบัน	Bath (บาท)
Pb	ระยะเวลาคืนทุน	Year
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน	Btu/min
ROI	ผลตอบแทนการลงทุน	%
Ton	ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด	Ton
V	แรงเคลื่อนไฟฟ้า	Voltage
ΔT	ผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็น	$^{\circ}F$
Y	ผลประโยชน์ตลอดอายุการใช้งาน	Bath (บาท)