

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการวิจัย	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญกราฟ	ฐ
คำค้นสำคัญลักษณะ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	2
1.4 กิจกรรมดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
1.6 สถานที่ทำโครงการ	3
1.7 อุปกรณ์ที่ใช้ทำโครงการ	3
1.8 หน่วยงานที่นำโครงการไปใช้ประโยชน์	3
1.9 งบประมาณที่ใช้	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 การปรับอากาศและระบบปรับอากาศ	4
2.2 การจำแนกระบบปรับอากาศ	5
2.3 การตรวจสอบ วิเคราะห์พลังงาน	5
2.4 ค่าการถ่ายเทความร้อน	6
2.5 เครื่องทำน้ำเย็น	8
2.6 ภาระทำความเย็นของห้อง	16
2.7 อากาศรั่วเข้าห้อง	18
2.8 วิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 รายละเอียด ลักษณะทั่วไปของอาคารและระบบปรับอากาศ	
3.1 สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร	21
3.2 ลักษณะการปรับอากาศของอาคารวิศวกรรมเครื่องกล	21
บทที่ 4 วิธีการดำเนินงาน	
4.1 การดำเนินงานในส่วนการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร	27
4.2 การดำเนินงานในส่วนการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น	27
4.3 การดำเนินงานในส่วนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ	27
4.4 การดำเนินงานในส่วนการวิเคราะห์ค่าความสูญเสียจากฉนวนหุ้มท่อน้ำฉีกขาด	28
4.5 การดำเนินงานในส่วนการวิเคราะห์ค่าความร้อนจากแฟนคอยล์ยูนิต	28
4.6 การดำเนินงานในส่วนการคำนวณหาค่าความร้อนที่เข้าห้องทางช่องเปิด	29
บทที่ 5 ผลการตรวจสอบและการวิเคราะห์ผล	
5.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร	30
5.2 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น	32
5.3 ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ	34
5.4 ค่าความสูญเสียของฉนวนหุ้มท่อน้ำ	35
5.5 ค่าความร้อนจากแฟนคอยล์ยูนิต	37
5.6 ค่าความร้อนที่รั่วเข้าห้องทางช่องเปิด	41
5.7 ผลรวมการวิเคราะห์การดำเนินงาน	44
บทที่ 6 สรุปผลและแนวทางพัฒนาโครงการ	
6.1 สรุปผลโครงการ	45
6.2 แนวทางพัฒนาที่ได้เสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ	48
ภาคผนวก ข ตารางอ้างอิง	77
ภาคผนวก ค ข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำ	91

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง ตารางบันทึกผลการเก็บข้อมูล	97
ภาคผนวก จ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ U และ h	104
ภาคผนวก ฉ กราฟแสดงสถานะอุณหภูมิภายในห้อง	108
ภาคผนวก ช แบบโครงสร้างของอาคาร	127
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	131

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 กิจกรรมดำเนินงาน	3
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนของผนัง	30
ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผนังของอาคาร	30
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคา	31
ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนหลังคาของอาคาร	31
ตารางที่ 5.5 แสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น	32
ตารางที่ 5.6 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ฮีวเปฟอเรเตอร์	32
ตารางที่ 5.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นที่ลดลง	32
ตารางที่ 5.8 แสดงข้อมูลทางไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ	34
ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบระหว่างค่าที่คิดกับค่าที่ปฏิบัติงานจริงของเครื่องสูบน้ำ	35
ตารางที่ 5.10 แสดงค่าความร้อนสูญเสียจากถนนฉีกขาด	36
ตารางที่ 5.11 แสดงค่าความร้อนและผลที่จะประหยัดได้จากแฟนคอยล์ยูนิท ที่มีและไม่มีกล่อง	37
ตารางที่ 5.12 แสดงค่าความร้อนเนื่องจากอากาศรั่วเข้าห้องทางช่องเปิด	42
ตารางที่ 5.13 แสดงผลรวมการวิเคราะห์การดำเนินงาน	44
ตารางที่ ก.1 แสดงการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของผนัง ในแต่ละด้านของอาคาร	53
ตารางที่ ก.2 แสดงรายการชั้นวัสดุหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก	55
ตารางที่ ก.3 แสดงผลการคำนวณค่าถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก	55
ตารางที่ ก.4 แสดงรายการชั้นวัสดุหลังคาเหล็กกรีดลอน	56
ตารางที่ ก.5 ผลการคำนวณค่าถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาเหล็กกรีดลอน	56
ตารางที่ ก.6 เปรียบเทียบช่วงการทำงานและพลังไฟฟ้าที่ใช้	57
ตารางที่ ข.1 แสดงค่าความหนาแน่นและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุฉนวน	79
ตารางที่ ข.2 แสดงค่าความหนาแน่นและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุก่อ	79
ตารางที่ ข.3 แสดงค่าความหนาแน่นและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุแผ่น	80
ตารางที่ ข.4 แสดงค่าความหนาแน่นและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุฉนวน	81
ตารางที่ ข.5 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก	81
ตารางที่ ข.6 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน	81
ตารางที่ ข.7 แสดงค่าการต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่าง	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ข.8 แสดงรายละเอียดค่าการนำความร้อนเฉลี่ยในช่วงอุณหภูมิ 30 - 50 °C ของวัสดุก่อสร้างที่ทำการทดสอบ โดย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	83
ตารางที่ ข.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกและฟิล์มติดกระจก	84
ตารางที่ ข.10 แสดงระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุที่ใช้ทำผนังและสีที่ใช้ทาภายนอกของผนังชนิดต่าง ๆ	85
ตารางที่ ข.11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดแนวราบเหนือหน้าต่าง	86
ตารางที่ ข.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งเหนือหน้าต่าง	87
ตารางที่ ข.13 แสดงค่าตัวประกอบปรับแก้สำหรับผนังที่รับแสงในแนวตั้งจะขึ้นอยู่กับมุมเอียงของผนังชนิดต่าง ๆ	88
ตารางที่ ข.14 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของวัสดุที่ทำผนัง	88
ตารางที่ ข.15 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของวัสดุที่ทำหลังคา	89
ตารางที่ ข.16 แสดงคุณสมบัติของน้ำ	89
ตารางที่ ข.17 แสดงคุณสมบัติของอากาศ	90
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็น TRANE รุ่น RTAA80	92
ตารางที่ ก.2 แสดงข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น TRANE รุ่น RTAA70-140	93
ตารางที่ ก.3 แสดงข้อมูลทางไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น TRANE รุ่น RTAA70-400	94
ตารางที่ ง.1 แสดงข้อมูลการวัดอัตราการไหลของน้ำและอุณหภูมิน้ำที่อีแวปอเรเตอร์	98
ตารางที่ ง.2 แสดงค่าอุณหภูมิของท่อน้ำ	98
ตารางที่ ง.3.1 แสดงข้อมูลอุณหภูมิที่วัดห้อง IE 313 (ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้) ในฤดูหนาว	99
ตารางที่ ง.3.2 แสดงข้อมูลอุณหภูมิที่วัดห้อง IE 302 (ส่วนกลางอาคาร) ในฤดูหนาว	99
ตารางที่ ง.3.3 แสดงข้อมูลอุณหภูมิที่วัดห้อง IE 304 (ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในฤดูหนาว	99
ตารางที่ ง.3.4 แสดงข้อมูลอุณหภูมิที่วัดห้อง IE 209 (ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้) ในฤดูหนาว	100
ตารางที่ ง.3.5 แสดงข้อมูลอุณหภูมิที่วัดห้อง IE 214 (ส่วนกลางอาคาร) ในฤดูหนาว	100
ตารางที่ ง.3.6 แสดงข้อมูลอุณหภูมิที่วัดห้อง IE 216 (ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในฤดูหนาว	100
ตารางที่ ง.3.7 แสดงข้อมูลอุณหภูมิที่วัดห้อง IE 304 (ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในฤดูร้อน	101
ตารางที่ ง.3.8 แสดงข้อมูลอุณหภูมิที่วัดห้อง IE 313 (ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้) ในฤดูร้อน	101
ตารางที่ ง.4 แสดงข้อมูลจากการสำรวจช่องเปิด	102

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ	9
รูปที่ 2.2 คอมเพรสเซอร์แบบ scroll	9
รูปที่ 2.3 คอมเพรสเซอร์แบบสกู	10
รูปที่ 2.4 คอมเพรสเซอร์แบบใช้แรงเหวี่ยง	10
รูปที่ 2.5 แสดงการไหลของพลังงานในเครื่องทำความเย็น	11
รูปที่ 2.6 เครื่องสูบน้ำแบบเซนตริฟูกอล	14
รูปที่ 2.7 ภาพแสดงสภาวะอากาศที่ส่งเข้าห้องปรับอากาศ	17
รูปที่ 2.8 ภาพแสดงเส้นกระบวนการต่างๆของระบบปรับอากาศ	17
รูปที่ 3.1 ลักษณะอาคารด้าน ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	22
รูปที่ 3.2 ลักษณะอาคารด้าน ทิศตะวันออกเฉียงใต้	22
รูปที่ 3.3 ลักษณะอาคารด้าน ทิศตะวันตกเฉียงใต้	23
รูปที่ 3.4 ลักษณะอาคารด้าน ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	23
รูปที่ 3.5 ลักษณะของหลังคาอาคาร	24
รูปที่ 3.6 เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 70 ตันความเย็น	24
รูปที่ 3.7 ชุดเครื่องสูบน้ำเย็นเข้าสู่อาคาร	24
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างรอยฉนวนหุ้มท่อน้ำเย็นที่ขาด	25
รูปที่ 3.9 ลักษณะของแฟนคอยล์ยูนิตที่ไม่มีกอลัง	25
รูปที่ 3.10 ลักษณะของช่องเปิดภายในห้องปรับอากาศ	26
รูปที่ ก.1 ผังชนิดที่ 1	49
รูปที่ ก.2 ผังชนิดที่ 2	50
รูปที่ ก.3 กระจกสะท้อนแสง	51
รูปที่ ก.4 กระจกธรรมดา	52
รูปที่ ก.5 ชั้นวัสดุหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก	54
รูปที่ ก.6 ชั้นวัสดุหลังคาเหล็กฉนวน	55
รูปที่ ก.7 ลักษณะของช่องเปิดที่พบในแต่ละห้องทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอาคาร	75

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข.1 แสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดแนวราบเหนือหน้าต่าง	86
รูปที่ ข.2 แสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	87
รูปที่ จ.1 แสดงสภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังซึ่งมีวัสดุแตกต่างกัน	105
รูปที่ ช.1 แสดงแบบแปลนด้านหน้าและด้านข้างของอาคาร	128
รูปที่ ช.2 แสดงแบบแปลนด้านหลังและด้านข้างของอาคาร	129
รูปที่ ช.3 แสดงแบบแปลนหลังคาของอาคาร	130

สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 5.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มอุณหภูมิน้ำ ออกอีแวปพอเรเตอร์	33
กราฟที่ 5.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่ม อุณหภูมิน้ำจาก 45 °F	34
กราฟที่ ค.1 สมรรถนะของเครื่องสูบน้ำ	95
กราฟที่ ค.2 ไซโครเมตริกซ์ ชาร์ท	96
กราฟที่ ฉ.1 แสดงสภาวะอากาศภายในและภายนอกห้องปรับอากาศที่ใช้คำนวณความร้อน รั่วเข้าห้องทางช่องเปิด	109
กราฟที่ ฉ.2 แสดงสภาวะอุณหภูมิของห้อง IE209 (ฤดูหนาว)	110
กราฟที่ ฉ.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (DB) ห้อง IE209 กับเวลา	111
กราฟที่ ฉ.4 แสดงสภาวะอุณหภูมิของห้อง IE214 (ฤดูหนาว)	112
กราฟที่ ฉ.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (DB) ห้อง IE214 กับเวลา	113
กราฟที่ ฉ.6 แสดงสภาวะอุณหภูมิของห้อง IE216 (ฤดูหนาว)	114
กราฟที่ ฉ.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (DB) ห้อง IE216 กับเวลา	115
กราฟที่ ฉ.8 แสดงสภาวะอุณหภูมิของห้อง IE302 (ฤดูหนาว)	116
กราฟที่ ฉ.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (DB) ห้อง IE302 กับเวลา	117
กราฟที่ ฉ.10 แสดงสภาวะอุณหภูมิของห้อง IE304 (ฤดูหนาว)	118
กราฟที่ ฉ.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (DB) ห้อง IE304 กับเวลา	119
กราฟที่ ฉ.12 แสดงสภาวะอุณหภูมิของห้อง IE313 (ฤดูหนาว)	120
กราฟที่ ฉ.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (DB) ห้อง IE313 กับเวลา	121
กราฟที่ ฉ.14 แสดงสภาวะอุณหภูมิของห้อง IE304 (ฤดูร้อน)	122
กราฟที่ ฉ.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (DB) ห้อง IE304 กับเวลา	123
กราฟที่ ฉ.16 แสดงสภาวะอุณหภูมิของห้อง IE313 (ฤดูร้อน)	124
กราฟที่ ฉ.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (DB) ห้อง IE313 กับเวลา	125
กราฟที่ ฉ.18 แสดงสภาวะการทำงานของเครื่องสูบน้ำ	126

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่ผิว	m ²
A _{oi}	พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา	m ²
bhp	กำลังงานป้อนเข้า	hp
C _{pa}	ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ	J/(kg.K)
C _{pw}	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ	J/(kg.K)
COP	สัมประสิทธิ์สมรรถนะ	-
Cos θ	ค่าตัวประกอบกำลัง	-
gpm	อัตราการไหลของของไหล	gr/min.
h	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนโดยการพา	W/m ² - °C
h _{fg}	ค่าความร้อนแฝงของไอน้ำ	J/kg
H	แรงดันรวมของเครื่องสูบน้ำ	ft
Δh _{NPL}	ความสูงจากจุดต่ำสุดถึงกึ่งกลางช่องเปิด ไปถึง NPL	m
I	กระแสไฟฟ้า	Amps
k	ค่าการนำความร้อน	W/m ² - °C
K	ค่าคงที่สำหรับช่องเปิด	-
\dot{m}_a	อัตราการไหลของอากาศ	m ³ /s
\dot{m}_w	อัตราการไหลของน้ำ	kg/s
OTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา	W/m ²
OTTV _i	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน	W/m ²
P	กำลังงานที่ป้อนเข้าเครื่องทำความเย็น	kW
\dot{q}_1	ความร้อนแฝงที่ได้รับ	W
\dot{q}_s	ความร้อนสัมผัสที่ได้รับ	W
\dot{q}_t	ค่าความร้อนรวม	W
Q̇	ค่าความร้อนที่ได้รับ	kW

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
\dot{Q}_1	ค่าความร้อนที่ดึงออกจากพื้นที่ทำความเย็น	kW
\dot{Q}_2	ค่าความร้อนที่ถ่ายเทสู่อากาศภายนอก	kW
R	ค่าการต้านทานความร้อน	$m^2 - K/W$
R _{TTV}	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา	W/m^2
R _{SR}	อัตราส่วนของส่วน โปร่งแสงที่รองรับแสงบริเวณหลังคา ต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา	-
SC	สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง	-
SF	ค่าตัวประกอบรังสีแสงอาทิตย์	-
SG	ความถ่วงจำเพาะของของไหล	-
TD _{eq}	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า	$^{\circ}C$
T _i	อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ	K
T _o	อุณหภูมิภายนอก	K
t _{ea}	อุณหภูมิที่ทางเข้าพัดลม	$^{\circ}C$
t _{ra}	อุณหภูมิของอากาศด้านลมกลับ	$^{\circ}C$
t _{sa}	อุณหภูมิของอากาศด้านลมจ่าย	$^{\circ}C$
T _w	อุณหภูมิที่ผิวท่อ	K
T _∞	อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม	K
ΔT	ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ	K
U _f	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือ ผนัง โปร่งแสง	$W/m^2 - ^{\circ}C$
U _r	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาส่วนทึบ	$W/m^2 - ^{\circ}C$
U _{rr}	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของส่วน โปร่งแสง	$W/m^2 - ^{\circ}C$
U _w	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ	$W/m^2 - ^{\circ}C$
V	ความต่างศักย์	Volts

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
whp	กำลังงานส่งออก	hp
WWR	อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่าง โปร่งแสงหรือของผนัง โปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา	-
ΔW	ความต่างระหว่างความชื้นจำเพาะของอากาศ	kg/kg _{da}
η_p	ประสิทธิภาพการใช้กำลังงานของเครื่องสูบน้ำ	-
ρ_a	ความหนาแน่นของอากาศ	kg/m ³
ρ_w	ความหนาแน่นของน้ำ	kg/m ³