

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
รายการสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัย	4
1.6 สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล	4
บทที่ 2 ทฤษฎี	5
2.1 การแทรกซึมของความร้อนเข้าไปในผนังอาคาร	5
2.2 การถ่ายเทความร้อนของผนังเย็น	8
2.3 การสะสมความร้อนในถังเก็บน้ำ	12
2.4 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเย็น	15
2.5 การคำนวณปริมาณรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศภายนอก	17
2.6 การคำนวณปริมาณกระแสไฟฟ้า	18
2.7 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน	19
2.8 ค่าการเหนี่ยวนำความร้อนของช่องว่างอากาศ	19
บทที่ 3 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์	22
3.1 ความเป็นมาและแนวคิดของโปรแกรม	22
3.2 ข้อจำกัดในการพัฒนาโปรแกรม	23
3.3 โครงสร้างและแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม	23
บทที่ 4 อุปกรณ์และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	31
4.1 ลักษณะของอาคาร	31
4.2 ชุดแผงท่อทองแดง	33
4.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	35
4.4 การวัดแสงอาทิตย์	39

4.5 การวัดอุณหภูมิผนังอาคาร	40
4.6 การวัดอุณหภูมิน้ำ	40
4.7 การวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า	40
4.8 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	40
บทที่ 5 ผลการวิจัย	43
5.1 เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองและผลการทดสอบ	43
5.1.1 ผนังเย็นแบบไม่ใช้ท่อฝังเย็น	43
5.1.2 การหาค่าภาระความเย็นจากแหล่งความร้อนต่างๆ	48
5.1.3 การใช้ผนังเย็นร่วมกับท่อฝังเย็น	49
5.1.4 การใช้ผนังเย็นบนเพดาน	49
5.1.5 การใช้ผนังทึบฉนวน	50
5.2 ผลของพารามิเตอร์ต่างๆ	50
5.2.1 อัตราการไหล	50
5.2.2 อุณหภูมิผนังอาคารด้านในที่ลดลง	52
5.2.3 ทิศของผนังเย็น	54
5.2.4 ช่วงฤดูกาล	55
5.2.5 ประเภทของผนังที่เหมาะสมต่อการใช้ระบบผนังเย็น	56
5.2.6 ช่วงเวลาทำงานของวัน	57
5.2.7 ความสิ้นเปลืองพลังงาน	59
5.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	60
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์	62
6.1 สรุปผลการวิจัย	62
6.2 ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารอ้างอิง	65
ภาคผนวก	67
ภาคผนวก ก ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิของผนังอาคาร	68
ภาคผนวก ข ข้อมูลรังสีรวมแสงอาทิตย์ในรอบหนึ่งปี	139
ภาคผนวก ค แบบแปลนอาคารทดสอบ	144
ภาคผนวก ง การคำนวณภาระความเย็นจากแหล่งความร้อนต่างๆ ภายในอาคาร	147
ภาคผนวก จ โปรแกรมแบบจำลองผนังเย็น	149
ภาคผนวก ฉ ผลการทำแบบจำลอง	159
ภาคผนวก ช สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวท่อทองแดง	168
ประวัติผู้เขียน	169

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ ของประเทศไทย	2
2.1	อุณหภูมิอากาศแวดล้อมในรอบสิบสองเดือนของจังหวัดเชียงใหม่	18
2.2	ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศประเภทต่างๆ	18
2.3	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ	19
2.4	ค่าการเหนี่ยวนำความร้อนของช่องว่างอากาศ	21
5.1	ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ผนังเย็นเทียบกับผนังธรรมดา	61

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 แหล่งที่มาของความร้อนภายในอาคาร	5
2.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านกระจก	6
2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังต่างๆ	7
2.4 การถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุทาสีต่างๆ	8
2.5 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อซ้อนท่อ	9
2.6 การกระจายอุณหภูมิของของไหล ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อไม่มีการเปลี่ยนเฟส	9
2.7 การกระจายอุณหภูมิของของไหลในอีแวปโปเรเตอร์ และในคอนเดนเซอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนเฟส	10
2.8 สมดุลพลังงานที่ถึงเก็บน้ำ	13
2.9 การใช้ระบบผนังเย็นกับผนังอาคารทุกด้าน	14
2.10 แสดงการสมดุลพลังงานที่ผนังอาคารด้านนอก (node 1)	15
2.11 แสดงการสมดุลพลังงานที่ตำแหน่ง node 2	16
2.12 แสดงการสมดุลพลังงานที่ผนังด้านใน (node 4)	17
3.1 ผังโปรแกรมแสดงขั้นตอนการคำนวณกระแสไฟฟ้า	30
4.1 อาคารทดสอบระบบผนังเย็น	31
4.2 วงจรการทำงานของระบบผนังเย็น	32
4.3 วงจรการทำงานของระบบผนังเย็นแบบใช้หอผนังเย็น	32
4.4 การติดตั้งแผงท่อทองแดงเข้ากับผนังอาคารทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูน	33
4.5 การติดตั้งแผงท่อทองแดงเข้ากับเพดานของอาคารทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูน	34
4.6 การติดตั้งแผงท่อทองแดงเข้ากับผนังอาคารทดสอบผนังไม้ฉัด 2 ชั้น	34
4.7 การติดตั้งแผงท่อทองแดงเข้ากับผนังอาคารทดสอบผนังซีเมนต์บล็อก	35
4.8 Wattmeter และแผงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	36
4.9 Flowmeter	37
4.10 Pyranometer	37
4.11 เครื่อง Datalogger ยี่ห้อ Comark แบบ 20 ช่อง	38
4.12 เครื่อง Datalogger ยี่ห้อ Comark แบบ 10 ช่อง	39
4.13 การติดตั้ง Sensor ติดกับผนังอาคาร	39
5.1 แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศเหนือและตะวันออก เปรียบเทียบผลการทำ แบบจำลองบนผนังก่ออิฐฉาบปูนวันที่ 19 ก.พ 2542.....	44
5.2 แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศใต้และตะวันตก เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลอง บนผนังก่ออิฐฉาบปูนวันที่ 19 ก.พ 2542	44

5.3	แสดงอุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำ เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังก่ออิฐฉาบปูน วันที่ 19 ก.พ 2542	45
5.4	แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศเหนือและตะวันออก เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังซีเมนต์บล็อกวันที่ 22 ก.ค 2542	45
5.5	แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศใต้และตะวันตก เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังซีเมนต์บล็อกวันที่ 22 ก.ค 2542	46
5.6	แสดงอุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำ เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังซีเมนต์บล็อก วันที่ 22 ก.ค 2542	46
5.7	แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศเหนือและตะวันออก เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังไม้อัด 2 ชั้น วันที่ 17 เม.ย 2542	47
5.8	แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศใต้และตะวันตก เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังไม้อัด 2 ชั้น วันที่ 17 เม.ย 2542	47
5.9	แสดงอุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำ เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังไม้อัด 2 ชั้น วันที่ 17 เม.ย 2542	48
5.10	ผลการทำแบบจำลองอัตราการไหล ของผนังก่ออิฐฉาบปูน	51
5.11	ผลการทำแบบจำลองอัตราการไหล ของผนังซีเมนต์บล็อก	51
5.12	ผลการทำแบบจำลองอัตราการไหล ของผนังไม้อัด 2 ชั้น	51
5.13	แสดงอุณหภูมิที่ลดลงของผนังเย็นเทียบกับผนังธรรมดา ของผนังก่ออิฐฉาบปูน.....	52
5.14	แสดงอุณหภูมิที่ลดลงของผนังเย็นเทียบกับผนังธรรมดา ของผนังซีเมนต์บล็อก.....	53
5.15	แสดงอุณหภูมิที่ลดลงของผนังเย็นเทียบกับผนังธรรมดา ของผนังไม้อัด 2 ชั้น.....	53
5.16	ผลการทำแบบจำลองใช้ผนังเย็นกับผนังอาคารแต่ละด้านของผนังก่ออิฐฉาบปูน.....	54
5.17	ผลการทำแบบจำลองใช้ผนังเย็นกับผนังอาคารแต่ละด้านของผนังซีเมนต์บล็อก.....	54
5.18	ผลการทำแบบจำลองใช้ผนังเย็นกับผนังอาคารแต่ละด้านของผนังไม้อัด 2 ชั้น.....	55
5.19	ผลการทำแบบจำลองผนังธรรมดากับใช้ระบบผนังเย็นตลอดวันบนผนังก่ออิฐฉาบปูน	55
5.20	ผลการทำแบบจำลองผนังธรรมดากับผนังเย็นตลอดวันบนผนังซีเมนต์บล็อก	56
5.21	ผลการทำแบบจำลองผนังธรรมดากับผนังเย็นตลอดวันบนผนังไม้อัด 2 ชั้น	56
5.22	เปรียบเทียบความประหยัดของผนังแบบต่าง ๆ	57
5.23	ผลการทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นบางช่วงของวัน แสดงค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ	57
5.24	ผลการทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นบางช่วงของวัน แสดงค่าไฟฟ้ารวมของระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าปั้มน้ำ (ปั้มน้ำขนาด 45 W)	58
5.25	ผลการทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นบางช่วงของวัน แสดงค่าไฟฟ้ารวมของระบบปรับอากาศค่าไฟฟ้าปั้มน้ำและความประหยัดจากการได้น้ำร้อนมาใช้	58
5.26	ค่าเฉลี่ยตลอดปีในการใช้ไฟฟ้าของผนังธรรมดาและผนังเย็น ทำงานตลอดวัน และทำงานช่วง 10.00 – 17.00 น	59

อักษรย่อและสัญลักษณ์

A	พื้นที่รับแสงแดดบนผนังที่มีท่อฝ้าอยู่ 1 ท่อ	(m^2)
A_T	พื้นที่ผิวของท่อทองแดง 1 ท่อ	(m^2)
G_i	รังสีที่ตกกระทบ	(W/m^2)
h	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน	($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
C	ความจุความร้อนจำเพาะของผนัง	($J / kg \cdot K$)
C_{pw}	ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ	($J / kg \cdot K$)
COP	สัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ	
k	การนำความร้อน	($W / m \cdot ^\circ C$)
\dot{m}	อัตราการไหลของน้ำ	(L/hr)
M_i	ปริมาณน้ำในถังเก็บน้ำ	(L)
n	จำนวนท่อทองแดง	
Q	พลังงานความร้อน	(kWh)
T_{amb}	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	($^\circ C$)
T_1	อุณหภูมิผิวผนังด้านนอก	($^\circ C$)
T_2	อุณหภูมิผนังอาคารที่ตำแหน่งที่ 2	($^\circ C$)
T_3	อุณหภูมิผนังอาคารที่ตำแหน่งที่ 3	($^\circ C$)
T_4	อุณหภูมิผิวผนังด้านใน	($^\circ C$)
T_i	อุณหภูมิห้อง	($^\circ C$)
U_i	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวผนังด้านใน	($W / m^2 \cdot ^\circ C$)
U_o	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวผนังด้านนอก	($W / m^2 \cdot ^\circ C$)
U_T	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวถังน้ำ	($W / m^2 \cdot ^\circ C$)
V	ความเร็วลม	(m / s)
W	พลังงานไฟฟ้า	(kWh)
Δx	ความหนาของผนังแต่ละชั้น	(m)
α	สภาพการดูดกลืน	
ρ	ความหนาแน่นของผนัง	(kg / m^3)