

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๘
กิตติกรรมประกาศ	๙
สารบัญ	๗
รายการตาราง	๙
รายการรูปประกอบ	๑๐
รายการสัญลักษณ์	๑๑
ประมวลศัพท์และคำย่อ	๑๒

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การถ่ายโอนความร้อน	4
2.1.1 การนำความร้อน	4
2.1.2 การพาความร้อน	5
2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน	6
2.2 การถ่ายโอนความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร	7
2.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนรวม	8
2.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนรวมของกระจก	10
2.2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด	12
2.2.3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก	13
2.2.3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร	14

2.2.3.3	ตำแหน่งและทิศของดวงอาทิตย์	17
2.2.4	ค่าการส่งผ่านรังสีของแสงธรรมชาติที่ตามองเห็น	19
2.2.5	ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์	19
2.3	ระบบทำความเย็น	21
2.3.1	ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ	21
2.3.2	หน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ	21
2.3.3	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ	22
2.3.4	สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น	23
2.3.5	ประสิทธิภาพการให้ความเย็น	23
2.4	การคำนวณผลประหยัดพลังงานจากการปรับปรุงค่าการถ่ายโอนความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร	24
2.5	ประเภทรังสีอาทิตย์ที่ผิวโลก	24
2.5.1	รังสีตรง	24
2.5.2	รังสีกระจาย	25
2.5.3	รังสีรวม	25
2.6	การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน	25
2.6.1	ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น	25
2.6.2	อัตราผลตอบแทนภายใน	26
2.7	ประเภทของกระจก	26
2.7.1	กระจกโฟลต	26
2.7.2	กระจกอบความร้อน	27
2.7.3	กระจกเคลือบผิวหรือกระจกสะท้อนแสง	27
2.7.4	กระจกดัดแปลง	28
2.7.5	กระจกเพื่อการใช้งานเฉพาะทาง	30
2.8	โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร	31
2.8.1	ฐานข้อมูล	31
2.8.1.1	ระบบกรอบอาคาร	31
2.8.1.2	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	32
2.8.1.3	ระบบปรับอากาศ	32
2.8.1.4	ระบบเซลล์แสงอาทิตย์	32

2.8.1.5	ระบบทำน้ำร้อน	32
2.8.1.6	อุปกรณ์อื่นๆ	32
2.8.2	แบบจำลองอาคาร	33
2.8.2.1	ชื่อพื้นที่ในอาคาร	33
2.8.2.2	รายการอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ของพื้นที่	33
2.8.3	รายงานผลวิเคราะห์	33
2.8.3.1	กรอบอาคาร	33
2.8.3.2	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	33
2.8.3.3	ระบบปรับอากาศ	33
2.8.3.4	ระบบเซลล์แสงอาทิตย์	34
2.8.3.5	ระบบทำน้ำร้อน	34
2.8.3.6	การใช้พลังงานรวมของอาคาร	34
2.9	ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
3.	การดำเนินงานวิจัย	39
3.1	ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	39
3.1.1	ข้อมูลอาคาร	39
3.1.2	ข้อมูลภาระกอนุรักษ์พลังงาน	40
3.2	การประเมินค่าการถ่ายโอนความร้อนรวมของผนังอาคาร	40
3.2.1	ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินค่าการถ่ายโอนความร้อน	41
3.2.2	ตัวแปรที่ใช้ในการประเมินค่าการถ่ายโอนความร้อน	41
3.3	วิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร	44
3.3.1	การคำนวณค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ	44
3.3.2	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	45
3.4	การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน	47
3.4.1	การศึกษาระยะเวลาการคืนทุน	48
3.4.2	การศึกษาอัตราผลตอบแทนภายใน	49
3.4.3	การศึกษาความไว	50
3.5	สรุปผลการศึกษา	50
3.6	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	51

4. ข้อมูลอาคารกรณีศึกษา	52
4.1 ข้อมูลอาคาร	52
4.1.1 ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ค่าการถ่ายโอนความร้อนผ่านกรอบอาคาร	53
4.1.1.1 ผนังทึบ	53
4.1.1.2 ผนังโปร่งแสง	54
4.1.1.3 ส่วนของผนังอาคาร	54
4.2 ข้อมูลระบบปรับอากาศ	55
4.2.1 ข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและตัวประกอบกำลังของระบบปรับอากาศ	55
4.3 อัตราค่าไฟฟ้า	58
4.4 การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผันแปรตามอุณหภูมิบรรยากาศ	60
5. ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานและแนวทางการปรับปรุง	62
5.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการถ่ายโอนความร้อนรวมของผนังอาคาร	62
5.2 แนวทางการปรับปรุงอาคารโซลาร์รูมรยงค์	63
5.2.1 ข้อมูลกระจกอนุรักษ์พลังงาน	63
5.3 การประเมินปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	68
5.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง	70
5.5 ผลประหยัดจากแนวทางการปรับปรุง	72
5.6 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน	76
5.6.1 การศึกษาระยะเวลาการคืนทุน	80
5.6.2 การศึกษาอัตราผลตอบแทนภายใน	80
5.6.3 การศึกษาความไว	83
5.6.3.1 การศึกษาความไวกรณีอาคารเดิม	83
5.6.3.2 การศึกษาความไวกรณีอาคารก่อสร้างใหม่	86
6. สรุปและข้อเสนอแนะ	91
6.1 สรุปผลการศึกษา	91
6.2 ข้อเสนอแนะ	92
เอกสารอ้างอิง	94

ภาคผนวก	97
ก. ตารางข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าผันแปร เดือนมกราคม พ.ศ. 2535 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2557	97
ข. ตารางข้อมูลอุณหภูมิอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร ราย 3 ชั่วโมง เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556	99
ค. ขั้นตอนการป้อนข้อมูลในโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร	116
ง. ตัวอย่างการคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ประหยัดได้	123
จ. ตัวอย่างการคำนวณระยะเวลาคืนทุนและอัตราผลตอบแทนภายใน	127
ฉ. ตารางข้อมูลระยะเวลาคืนทุนและอัตราผลตอบแทนภายในเมื่อราคากระจก อนุรักษ์พลังงานเปลี่ยนแปลงในช่วง -20 ถึง +20 เปอร์เซ็นต์	132
ประวัติผู้วิจัย	141

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก	14
2.2 ค่าการส่งผ่านรังสีของแสงธรรมชาติที่ตามองเห็นของกระจกและค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของกระจก หน้า 6 มิลลิเมตร	20
4.1 สมบัติวัสดุส่วนผนังทึบของอาคาร ไขว้ร่มรณยนต์ (Opaque wall)	53
4.2 สมบัติวัสดุส่วนผนังโปร่งแสงของอาคาร ไขว้ร่มรณยนต์ (Transparent wall)	54
4.3 รายละเอียดส่วนประกอบผนังอาคารแยกตามทิศทางของกรอบอาคาร	54
4.4 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศของอาคาร ไขว้ร่มรณยนต์	55
4.5 ข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและตัวประกอบกำลังของระบบปรับอากาศ	56
4.6 ค่ากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพการให้ความเย็นของระบบปรับอากาศ	57
4.7 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU)	58
4.8 จำนวนชั่วโมงทำงานของระบบปรับอากาศแต่ละช่วงอุณหภูมิ	61
5.1 ค่าการถ่ายโอนความร้อนของอาคาร (OTTV) ของกระจกโพลติสหนา 12 มม.	62
5.2 ประเภทและสมบัติของกระจกอนุรักษ์พลังงาน	64
5.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตปี พ.ศ. 2555	71
5.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงจากการปรับปรุงผนังกระจก	72
5.5 อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท/kWh) ล่วงหน้า 20 ปี (พ.ศ. 2556 - พ.ศ. 2575)	73
5.6 ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากการปรับปรุงผนังกระจกเป็นกระจก IGU 26 mm (บาท/ปี)	74
5.7 ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากการปรับปรุงผนังกระจกเป็นกระจก IGU 32 mm (บาท/ปี)	75
5.8 ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากการปรับปรุงผนังกระจกเป็นกระจก Laminate 12.38 mm (บาท/ปี)	76
5.9 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงกระจกให้เป็นกระจกอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารเดิม	78
5.10 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งกระจกอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารก่อสร้างใหม่	79
5.11 ระยะเวลาคืนทุนและอัตราผลตอบแทนภายในของการปรับปรุงผนังกระจกให้เป็นกระจกอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารเดิม	81
5.12 ระยะเวลาคืนทุนและอัตราผลตอบแทนภายในของการติดตั้งผนังกระจกอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารก่อสร้างใหม่	82
ก.1 อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) เดือนมกราคม พ.ศ. 2535 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2557 (สตางค์/หน่วย)	98

ตาราง (ต่อ)	หน้า
ข.1 ตารางอุณหภูมิอากาศราย 3 ชั่วโมง อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร พ.ศ. 2556	100
ค.1 ข้อมูลองค์ประกอบผนังส่วนผนังทึบ (Opaque wall)	117
ค.2 ข้อมูลองค์ประกอบผนังส่วนผนังโปร่งแสง (Transparent wall)	118
ค.3 ข้อมูลส่วนของผนัง (Section of wall)	119
ค.4 ข้อมูลผนังอาคาร (Wall)	120
ค.5 ข้อมูลระบบปรับอากาศในอาคารโซลาร์รูมรยยนต์	121
จ.1 ผลประหยัดจากการปรับปรุงผนังกระจกโพลีไคโต 12 มม. เป็นกระจก IGU 26 มม. (บาท)	128
ฉ.1 ระยะเวลาคืนทุนในการปรับปรุงผนังกระจกของอาคารเดิมเมื่อราคากระจกอนุรักษ์พลังงานเปลี่ยนแปลง (ปี)	133
ฉ.2 ร้อยละของระยะเวลาคืนทุนที่เปลี่ยนแปลงในการปรับปรุงผนังกระจกของอาคารเดิมเมื่อราคากระจกอนุรักษ์พลังงานเปลี่ยนแปลง (%)	134
ฉ.3 ระยะเวลาคืนทุนในการปรับปรุงผนังกระจกของอาคารก่อสร้างใหม่เมื่อราคากระจกอนุรักษ์พลังงานเปลี่ยนแปลง (ปี)	135
ฉ.4 ร้อยละของระยะเวลาคืนทุนที่เปลี่ยนแปลงในการปรับปรุงผนังกระจกของอาคารก่อสร้างใหม่เมื่อราคากระจกอนุรักษ์พลังงานเปลี่ยนแปลง (%)	136
ฉ.5 อัตราผลตอบแทนภายในในการปรับปรุงผนังกระจกของอาคารเดิมเมื่อราคากระจกอนุรักษ์พลังงานเปลี่ยนแปลง (%)	137
ฉ.6 ร้อยละของอัตราผลตอบแทนภายในที่เปลี่ยนแปลงในการปรับปรุงผนังกระจกของอาคารเดิมเมื่อราคากระจกอนุรักษ์พลังงานเปลี่ยนแปลง (%)	138
ฉ.7 อัตราผลตอบแทนภายในในการปรับปรุงผนังกระจกของอาคารก่อสร้างใหม่เมื่อราคากระจกอนุรักษ์พลังงานเปลี่ยนแปลง (%)	139
ฉ.8 ร้อยละของอัตราผลตอบแทนภายในที่เปลี่ยนแปลงในการปรับปรุงผนังกระจกของอาคารก่อสร้างใหม่เมื่อราคากระจกอนุรักษ์พลังงานเปลี่ยนแปลง (%)	140

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 การนำความร้อนผ่านตัวกลางใน 1 มิติพิคัด x	4
2.2 การพาความร้อนในชั้นขีดผิวความร้อนและชั้นขีดผิวความเร็ว	6
2.3 สภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร	9
2.4 การถ่ายโอนความร้อนผ่านผนังอาคารที่ประกอบด้วยวัสดุ n ชนิดที่แตกต่างกัน และมีช่องว่างอากาศภายใน	10
2.5 ตำแหน่งและทิศทางของระนาบและจุดต่างๆ บนระนาบที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์	16
2.6 ตำแหน่งและทิศของดวงอาทิตย์ที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของอาคารบนพื้นโลก	17
2.7 วงจรการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ	22
2.8 แผนภูมิความดัน-เอนทาลปีของเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ	22
2.9 ส่วนประกอบของกระจกณวน	29
2.10 การสะท้อนรังสีความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของกระจกณวน	29
2.11 ส่วนประกอบของกระจกณิริภยหลายชั้น	30
3.1 แผนผังการคำนวณค่าการถ่ายโอนความร้อนผ่านกรอบอาคารของโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (BEC)	43
3.2 Multi-Parameter ventilation meter	45
3.3 Digital clamp multimeter	46
3.4 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	51
4.1 ลักษณะอาคารโซว์รูมรณนค์	52
4.2 แผนผังอาคารโซว์รูมรณนค์	53
4.3 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือนของอาคารโซว์รูมรณนค์ พ.ศ. 2556	59
4.4 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของอาคารโซว์รูมรณนค์ พ.ศ. 2556	59
4.5 อัตราค่าไฟฟ้าผันแปรเฉลี่ย (Fi) พ.ศ. 2535 - 2556	60
5.1 ค่าการถ่ายโอนความร้อนรวมของผนังอาคาร (W/m^2)	65
5.2 ค่าการถ่ายโอนความร้อนของผนังอาคารทิศเหนือ (W/m^2)	65
5.3 ค่าการถ่ายโอนความร้อนของผนังอาคารทิศใต้ (W/m^2)	65
5.4 ค่าการถ่ายโอนความร้อนของผนังอาคารทิศตะวันออก (W/m^2)	66
5.5 ค่าการถ่ายโอนความร้อนของผนังอาคารทิศตะวันตก (W/m^2)	66

รูป (ต่อ)	หน้า
5.6 ค่าการถ่ายโอนความร้อนรวมของอาคารเมื่อปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศเหนือ (W/m^2)	67
5.7 ค่าการถ่ายโอนความร้อนรวมของอาคารเมื่อปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศตะวันตก (W/m^2)	67
5.8 ค่าการถ่ายโอนความร้อนรวมของอาคารเมื่อปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศเหนือและทิศตะวันตก (W/m^2)	68
5.9 ปริมาณพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้และประหยัดได้ของอาคาร (kWh/year)	68
5.10 ปริมาณพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้และประหยัดได้ของอาคารเมื่อปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศเหนือ (kWh/year)	69
5.11 ปริมาณพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้และประหยัดได้ของอาคารเมื่อปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศตะวันตก (kWh/year)	69
5.12 ปริมาณพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้และประหยัดได้ของอาคารเมื่อปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศเหนือและทิศตะวันตก (kWh/year)	70
5.13 ระยะเวลาการคืนทุนเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคารเดิมที่ปรับปรุงผนังกระจกทั้งอาคาร	83
5.14 ระยะเวลาการคืนทุนเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคารเดิมที่ปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศเหนือ	84
5.15 ระยะเวลาการคืนทุนเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคารเดิมที่ปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศตะวันตก	84
5.16 ระยะเวลาการคืนทุนเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคารเดิมที่ปรับปรุงผนังกระจกทิศเหนือและทิศตะวันตก	84
5.17 อัตราผลตอบแทนภายในเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคารเดิมที่ปรับปรุงผนังกระจกทั้งอาคาร	85
5.18 อัตราผลตอบแทนภายในเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคารเดิมที่ปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศเหนือ	85
5.19 อัตราผลตอบแทนภายในเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคารเดิมที่ปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศตะวันตก	86
5.20 อัตราผลตอบแทนภายในเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคารเดิมที่ปรับปรุงผนังกระจกทิศเหนือและทิศตะวันตก	86
5.21 ระยะเวลาการคืนทุนเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคารก่อสร้างใหม่ที่ปรับปรุงผนังกระจกทั้งอาคาร	87

รูป (ต่อ)	หน้า
5.22 ระยะเวลาการคืนทุนเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคาร ก่อสร้างใหม่ที่ปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศเหนือ	87
5.23 ระยะเวลาการคืนทุนเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคาร ก่อสร้างใหม่ที่ปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศตะวันตก	88
5.24 ระยะเวลาการคืนทุนเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคาร ก่อสร้างใหม่ที่ปรับปรุงผนังกระจกทิศเหนือและทิศตะวันตก	88
5.25 อัตราผลตอบแทนภายในเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคาร ก่อสร้างใหม่ที่ปรับปรุงผนังกระจกทั้งอาคาร	89
5.26 อัตราผลตอบแทนภายในเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคาร ก่อสร้างใหม่ที่ปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศเหนือ	89
5.27 อัตราผลตอบแทนภายในเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคาร ก่อสร้างใหม่ที่ปรับปรุงผนังกระจกเฉพาะทิศตะวันตก	89
5.28 อัตราผลตอบแทนภายในเมื่อราคากระจกเปลี่ยนแปลงในช่วง $\pm 20\%$ สำหรับอาคาร ก่อสร้างใหม่ที่ปรับปรุงผนังกระจกทิศเหนือและทิศตะวันตก	90
ค.1 โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (BEC)	117
ค.2 การป้อนข้อมูลในหัวข้อองค์ประกอบผนัง (Component of section)	118
ค.3 การป้อนข้อมูลในหัวข้อส่วนของผนัง (Section of wall)	119
ค.4 การป้อนข้อมูลในหัวข้อผนังอาคาร (Wall)	120
ค.5 การป้อนข้อมูลในหัวข้อระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spilt-type)	121
ค.6 การป้อนข้อมูลในหัวข้อระบบปรับอากาศแบบแพ็คเกจจิ้ง (Packaged air cooled unit)	122
ค.7 การป้อนข้อมูลในหัวข้อกรอบอาคาร (Building zone)	122

รายการสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่ถ่ายโอนความร้อนที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อน (m^2)
A_f	=	พื้นที่ของหน้าตัดทั้งหมด (m^2)
A_{fu}	=	พื้นที่ของหน้าตัดที่ไม่อยู่ภายใต้เงา (m^2)
A_s	=	พื้นที่ผิวของวัตถุที่สัมผัสกับของไหล (m^2)
A_{wi}	=	พื้นที่รวมของผนังทึบและผนังโปร่งแสงด้าน i ที่พิจารณา (m^2)
β	=	มุมเอียงของระนาบที่พิจารณา (degree)
$^{\circ}C$	=	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
C_t	=	กระแสเงินสดสุทธิที่ได้รับในแต่ละงวด (บาท)
COP	=	สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น
γ_p	=	มุมอะซิมุทของระนาบที่พิจารณา (degree)
δ	=	มุมเอียงของดวงอาทิตย์ (rad)
$\frac{dT}{dx}$	=	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวกลางในทิศทางดังกล่าว
E_{ed}	=	รังสีกระจายของดวงอาทิตย์บนพื้นผิวแนวนอน (W/m^2)
E_{es}	=	รังสีตรงของดวงอาทิตย์ (W/m^2)
$E_{et\theta}$	=	รังสีรวมของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่ตกกระทบบนหน้าตัดที่พิจารณาเสมือนหนึ่งไม่มีอุปกรณ์บังแดด (W/m^2)
E_{ew}	=	รังสีอาทิตย์ที่ผ่านอุปกรณ์บังแดดมาตกกระทบบนหน้าตัด (W/m^2)
E_{qt}	=	สมการของเวลาหรือผลต่างของเวลาสุริยะกับเวลาปกติ (min)
EER	=	ประสิทธิภาพการทำความเย็น ((Btu/hr)/W)
ESR	=	ปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบบนพื้นที่ผิวต่อการถ่ายโอนความร้อนผ่านกระจกและหรือผนังทึบ (W/m^2)
F_t	=	อัตราค่าไฟฟ้าผันแปรเฉลี่ย (สตางค์/หน่วย)
h	=	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยที่ผิวสัมผัสระหว่างของไหลกับวัตถุ (W/m^2K)
θ	=	มุมระหว่างระนาบที่พิจารณากับทิศของดวงอาทิตย์ (degree)
I	=	เงินลงทุนครั้งแรก (บาท)
IGU	=	กระจกฉนวนความร้อน
IRR	=	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
j_d	=	วันจูเลียน

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

k	=	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (W/m.K)
L_{gl}	=	เส้นแวงของตำแหน่งที่พิจารณา (degree)
L_{gs}	=	เส้นแวงหลักมาตรฐาน (degree)
L_t	=	เส้นรุ้งของตำแหน่งที่พิจารณา (degree)
$L.F.$	=	อัตราส่วนของการใช้งานระบบปรับอากาศเฉลี่ยต่อการใช้งานสูงสุดของระบบปรับอากาศ
LSG	=	ค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์
n	=	อายุโครงการ (ปี)
$OTTV$	=	ค่าการถ่ายโอนความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (W/m ²)
$OTTV_i$	=	ค่าการถ่ายโอนความร้อนรวมของผนังด้าน i ที่พิจารณา (W/m ²)
$P.F.$	=	ตัวประกอบกำลัง
q''	=	ฟลักซ์ความร้อนผ่านตัวกลาง (W/m ²)
Q	=	ความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (W)
Q_c	=	อัตราการถ่ายโอนความร้อนของของแข็งที่สัมผัสกับของไหล (W)
Q_r	=	อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากการแผ่รังสี (W)
Q_x	=	อัตราการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน (W)
r	=	อัตราผลตอบแทน (%)
R_a	=	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นกระจก (m ² .K/W)
R_f	=	ค่าความต้านทานความร้อนรวมของกระจก (m ² .K/W)
R_i	=	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายในอาคาร (m ² .K/W)
R_o	=	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกอาคาร (m ² .K/W)
R_T	=	ค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุ (m ² .K/W)
SC	=	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด
$SHGC$	=	ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์
σ	=	ค่าคงที่ของสตีเฟนและโบลซ์แมน ซึ่งมีค่าเท่ากับ $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$
t	=	ปีที่ 1 ถึงปีที่ n (ปี)
t_1	=	เวลามาตรฐานท้องถิ่น
t_s	=	เวลาสุริยะ

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

T_s	=	อุณหภูมิของผิววัตถุ (K)
T_∞	=	อุณหภูมิของของไหลอิสระที่อยู่ห่างออกไปจากผิววัตถุ (K)
ΔT	=	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (K)
TD_{eq}	=	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (K)
TOU	=	อัตราค่าไฟตามช่วงเวลาของการใช้
U_f	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนรวมของกระจก ($W/m^2.K$)
U_w	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนรวมของผนังทึบ ($W/m^2.K$)
W	=	กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W)
WWR	=	อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ทั้งหมด
Δx	=	ความหนาของวัสดุ (m)
ω	=	มุมแทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ก่อนหรือหลังเวลาเที่ยงสุริยะ (rad)

ประมวลศัพท์และคำย่อ

Btu/hr	=	british thermal unit per hour
(Btu/hr)/W	=	british thermal unit per hour per watt
kgCO ₂ /kWh	=	kilogram carbon dioxide per kilowatt hour
kWh/year	=	kilowatt hour per year
m	=	meter
m ²	=	square meter
m ² .K/W	=	square meter Kelvin per watt
mm	=	millimeter
m/s	=	meter per second
rad	=	radian
W	=	watt
W/m ²	=	watt per square meter
W/m.K	=	watt per meter Kelvin
W/m ² K	=	watt per square meter Kelvin
W/m ² K ⁴	=	watt per square meter Kelvin to the fourth power