

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ฉ
สารบัญ		๗
สารบัญตาราง		๘
สารบัญภาพ		๙
อักษรย่อและสัญลักษณ์		๑๑
บทที่ 1 บทนำ		1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย		1
1.2 สาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา		5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย		5
1.5 ขอบเขตของการวิจัย		6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย		7
2.1 การทำงานของผนังเย็น	7	
2.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเย็น		7
2.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน		13
2.4 อุณหภูมิน้ำในถังเก็บ		14
2.5 การคำนวณปริมาณรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศภายนอก		15
บทที่ 3 วิธีการวิจัย		18
3.1 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	18	
3.2 การทดสอบชุดทดสอบจริง		18

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4	เปรียบเทียบผลอุณหภูมิที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับชุดทดสอบจริง	27
4.1	การเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังปกติ ของชุดทดสอบจริงและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	27
4.2	การเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังเย็น ของชุดทดสอบจริงและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กรณีที่มีการกำหนดค่าอุณหภูมิน้ำเข้าผนังเย็นตามค่าทดสอบจริง	28
4.3	การเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังเย็น ของชุดทดสอบจริงและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กรณีไม่ได้กำหนดอุณหภูมิน้ำเข้า	30
บทที่ 5	ผลการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดให้อุณหภูมิน้ำเข้าผนังเย็นคงที่	32
5.1	อุณหภูมิของผิวผนังด้านในของผนังปกติและผนังเย็น	32
5.2	การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งท่อน้ำตามความลึกของผนังเย็น	34
5.3	อัตราการไหลของน้ำ	36
5.4	ระยะห่างระหว่างท่อ	37
บทที่ 6	ผลการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อมีการนำความร้อนจากผนังมาเก็บสะสมในถังเก็บ	42
6.1	อุณหภูมิของผิวผนังด้านในของผนังปกติและผนังเย็น	42
6.2	การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งท่อน้ำตามความลึกของผนังเย็น	44
6.3	อัตราการไหลของน้ำ	46
6.4	ระยะห่างระหว่างท่อ	48
6.5	การเปรียบเทียบค่าภาระความเย็น ความร้อนที่น้ำในถังได้รับ และความร้อนที่ได้ประโยชน์	50

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 7 การวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	60
7.1 การศึกษาอุณหภูมิน้ำขาออกจากผนัง	60
7.2 การศึกษาอุณหภูมิผิวผนังด้านใน	61
7.3 ตัวอย่างการหาอุณหภูมิน้ำขาออก และผิวผนังด้านใน ของผนังเย็น	62
บทที่ 8 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะแนวทางการทำวิจัยต่อเนื่อง	64
8.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิของผิวผนังด้านในของผนังปกติและผนังเย็น	64
8.2 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งท่อน้ำตามความลึกของผนัง	64
8.3 อัตราการไหลของน้ำ	65
8.4 ระยะห่างระหว่างท่อ	65
8.5 แนวทางการทำวิจัยต่อเนื่อง	66
บรรณานุกรม	68
ภาคผนวก	70
ภาคผนวก ก ข้อมูลผลการทดสอบจริง	71
ภาคผนวก ข ข้อมูลรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในรอบหนึ่งปี	93
ภาคผนวก ค สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวท่อทองแดง	96
ภาคผนวก ง ผลงานวิชาการที่ได้เผยแพร่	98

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ	13
2.2	อุณหภูมิอากาศแวดล้อมในรอบสิบสองเดือนของจังหวัดเชียงใหม่	15
3.1	เงื่อนไขและคุณสมบัติในการคำนวณ	25
5.1	ผลข้อมูลของอุณหภูมิของการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังปกติ และผนังเย็น	39
5.2	ผลข้อมูลของอุณหภูมิของการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังปกติ และผนังเย็นที่ทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวแทนของฤดูร้อน	39
5.3	ผลข้อมูลของอุณหภูมิของการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังปกติ และผนังเย็นที่ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนท่อน้ำ โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวแทนของฤดูร้อน	40
5.4	ผลข้อมูลของอุณหภูมิของการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังปกติ และผนังเย็นที่ทำการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการวางท่อน้ำตามความลึกของผนัง โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวแทนของฤดูร้อน	40
6.1	ผลปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ที่ตำแหน่งการวางท่อน้ำตามความลึกของผนังของทุกฤดู และที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และ 0.2	57
6.2	ผลปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ที่อัตราการไหลต่างๆของทุกฤดู และที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และ 0.2 โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวแทนของฤดูร้อน	58
6.3	ผลปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ที่จำนวนท่อน้ำต่างๆของทุกฤดู และที่ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และ 0.2 โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวแทนของฤดูร้อน	59
ก 1	ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 1) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ A) ในวันที่ 26 พฤศจิกายน 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น. อัตราการไหลของน้ำในผนังเย็น เท่ากับ 2 l/min	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก 2 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 2) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ B) ในวันที่ 26 พฤศจิกายน 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น. อัตราการไหลของ น้ำในผนังเย็น เท่ากับ 2 l/min	73
ก 3 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 3) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 26 พฤศจิกายน 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของ น้ำในผนังเย็น เท่ากับ 2 l/min	74
ก 4 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 1) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ A) ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 2 l/min	75
ก 5 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 2) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ B) ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 2 l/min	76
ก 6 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 3) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 2 l/min	77
ก 7 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 1) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ A) ในวันที่ 30 พฤศจิกายน 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 2 l/min	78
ก 8 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 2) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 30 พฤศจิกายน 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 2 l/min	79
ก 9 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 3) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 30 พฤศจิกายน 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 2 l/min	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก 10 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 1) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ A) ในวันที่ 1 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 5 l/min	81
ก 11 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 2) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 1 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 5 l/min	82
ก 12 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 3) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 1 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 5 l/min	83
ก 13 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 1) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ A) ในวันที่ 5 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 1 l/min	84
ก 14 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 2) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 5 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 1 l/min	85
ก 15 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 3) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 5 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 1 l/min	86
ก 16 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 1) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ A) ในวันที่ 13 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 1 l/min	87
ก 17 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 2) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 13 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 1 l/min	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก 18 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 3) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 13 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 1 l/min	89
ก 19 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 1) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ A) ในวันที่ 18 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 1 l/min	90
ก 20 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 2) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 18 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 1 l/min	91
ก 21 ผลการทดสอบของผนังเย็น(ตำแหน่งวัดที่ 3) และผนังปกติ(ตำแหน่งวัดที่ C) ในวันที่ 18 ธันวาคม 2554 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. อัตราการไหลของน้ำใน ผนังเย็น เท่ากับ 1 l/min	92
ข 1 Average solar irradiation (W/m ²) Chiang Mai (South)	94
ข 2 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในรอบหนึ่งปี	95

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิบนผนังเย็น	2
2.1 ระบบไหลเวียนของน้ำผ่านผนังเย็น(Cooling Wall)	7
2.2 ผนังเย็นลักษณะ 3 มิติ(ก) และการกำหนด Nodes ในการถ่ายเทความร้อน ภายในผนังคอนกรีตแบบ 2 มิติ(ข)	8
2.3 ตำแหน่งในการวิเคราะห์สมดุลพลังงานที่ด้านนอกอาคาร	9
2.4 สมดุลพลังงานที่ถึงเก็บน้ำ	14
2.5 ขั้นตอนการคำนวณ	16
3.1 ลักษณะของผนังคอนกรีตที่ใช้ทดสอบ	19
3.2 ลักษณะของผนังคอนกรีตที่ใช้ทดสอบจริง	19
3.3 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิบนผนังเย็น (ก) (จุดตัดเส้นสีแดง)และตำแหน่งการวัด อุณหภูมিরอบท่อน้ำ (ข) (จุดกากบาท)	20
3.4 ถังน้ำหุ้มฉนวนที่ใช้ทดสอบ	21
3.5 พัดลมที่ใช้ทดสอบ	21
3.6 ป้อนน้ำที่ใช้ทดสอบ ในการหมุนเวียนน้ำระหว่างผนังและถังเก็บ	22
3.7 คอมพิวเตอร์เก็บข้อมูล	22
3.8 เครื่องเก็บข้อมูล	23
3.9 สายวัดอุณหภูมิ	23
3.10 เครื่องวัดอัตราการไหล	24
3.11 อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ	24
3.12 อุปกรณ์วัดค่ารังสีแสงอาทิตย์	25
4.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังปกติ ของชุดทดสอบจริงและแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ในวันที่ 1 ธันวาคม 2554	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังเย็น ของชุดทดสอบจริงและแบบจำลองทาง 28 คณิตศาสตร์ที่วางอยู่กลางผนัง ระยะระหว่างท่อ 0.1m อัตราการไหล 5 l/min ในวันที่ 1 ธันวาคม 2554	
4.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังเย็น ของชุดทดสอบจริงและแบบจำลองทาง 29 คณิตศาสตร์ที่วางอยู่กลางผนัง ระยะระหว่างท่อ 0.1m อัตราการไหล 1 l/min ในวันที่ 1 ธันวาคม 2554	
4.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังเย็น ของชุดทดสอบจริงและแบบจำลองทาง 30 คณิตศาสตร์ที่วางอยู่กลางผนัง ระยะระหว่างท่อ 0.1m อัตราการไหล 5 l/min กรณี มี ถังน้ำ	
4.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังเย็น ของชุดทดสอบจริงและแบบจำลองทาง 31 คณิตศาสตร์ที่วางอยู่กลางผนัง ระยะระหว่างท่อ 0.1m อัตราการไหล 1 l/min กรณี มี ถังน้ำ	
5.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังปกติและผนังเย็น โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ	32
5.2 ตำแหน่งการวางท่อน้ำภายในผนัง ตามความลึก 5 ตำแหน่ง	34
5.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังเย็นตามตำแหน่งท่อน้ำ 1-5 ใช้ ตัวแทน 35 ของฤดูร้อน โดย (ก) (ข) และ (ค) คือ ผลจากอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 25°C 30°C และ 35°C ตามลำดับ	
5.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังเย็นตามอัตราการไหลของน้ำต่างๆ 36 โดย (ก) (ข) และ (ค) คือ ตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ	
5.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังเย็นตามการเปลี่ยนแปลงระยะห่าง ระหว่างท่อน้ำ (เปลี่ยนแปลงจำนวนท่อ) โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ	38
6.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังปกติและผนังเย็น โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
6.2การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหนังด้านในของผนังเย็นตามตำแหน่งท่อน้ำ 1-5 โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ	44
6.3การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำขาเข้าของผนังเย็นตามตำแหน่งท่อน้ำ 1-5 โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ	45
6.4การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหนังด้านในของผนังเย็นตามอัตราการไหลของน้ำต่างๆ โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ	47
6.5การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำขาออกจากผนังเย็นตามอัตราการไหลของน้ำต่างๆ โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ	47
6.6การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหนังด้านในของผนังเย็นตามระยะห่างของท่อต่างๆ (จำนวนท่อต่างกัน) โดย (ก) (ข) และ (ค) คือตัวแทนของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ	49
6.7ภาวะความเย็นที่อากาศภายในห้องได้รับจากผนังปกติ รายวัน ที่ฤดูต่างๆ	50
6.8การเปรียบเทียบภาวะความเย็นของผนังเย็นที่ลดได้จากผนังปกติ รายวัน ที่ฤดูต่างๆ	51
6.9การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่น้ำในถังได้รับของผนังเย็นรายวัน ที่ฤดูต่างๆ	51
6.10การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ (ภาวะความเย็นรวมกับปริมาณ ความร้อนที่ถึงน้ำได้รับ)รายวัน ที่ฤดูต่างๆ	51
6.11การเปรียบเทียบภาวะความเย็นของผนังเย็นที่ลดได้จากผนังปกติ รายวัน ที่ฤดูต่างๆ ตามค่าอัตราการไหลต่างๆ โดย (ก) (ข) และ(ค) คือ ตำแหน่งการวางท่อที่ 1 3 และ 5	52
6.12การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่น้ำในถังได้รับ รายวัน ที่ฤดูต่างๆตามค่าอัตราการไหลต่างๆ โดย (ก) (ข) และ(ค) คือ ตำแหน่งการวางท่อที่ 1 3 และ 5	53
6.13การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ (ภาวะความเย็นรวมกับปริมาณ ความร้อนที่ถึงน้ำได้รับ)รายวัน ที่ฤดูต่างๆตามค่าอัตราการไหลต่างๆ โดย (ก) (ข) และ(ค) คือ ตำแหน่งการวางท่อที่ 1 3 และ 5	54
6.14การเปรียบเทียบภาวะความเย็นของผนังเย็นที่ลดได้จากผนังปกติรายวัน ที่ฤดูต่างๆตามค่าจำนวนท่อต่างๆ (ระยะห่างระหว่างท่อ) โดย (ก) (ข) และ(ค) คือ ตำแหน่งการวางท่อที่ 1 3 และ 5รายวัน	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
6.15 การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่น้ำในถังได้รับรายวัน ที่ฤดูต่างๆตามค่าจำนวน ท่อต่างๆ(ระยะห่างระหว่างท่อ) โดย (ก) (ข) และ(ค) คือตำแหน่งการวางท่อที่ 1 3 และ 5 รายวัน	56
6.16 การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ได้ประโยชน์ (การกระทำความเย็นรวมกับปริมาณ 56 ความร้อนที่ถังน้ำได้รับ)รายวัน ที่ฤดูต่างๆ ตามค่าจำนวนท่อต่างๆ(ระยะห่างระหว่าง ท่อ)โดย (ก) (ข) และ(ค) คือ ตำแหน่งการวางท่อที่ 1 3 และ 5 รายวัน	
7.1 ความสัมพันธ์ของความร้อนที่น้ำได้รับต่อความร้อนจากรังสีอาทิตย์ กับความร้อน 61 จากภายนอกผ่านผนังเย็นเข้าสู่ห้องปรับอากาศต่อความร้อนจากรังสีอาทิตย์ เพื่อศึกษาอุณหภูมิน้ำขาออกจากผนัง	
7.2 ความสัมพันธ์ของความร้อนจากผิวผนังด้านในสู่อากาศในห้องปรับอากาศต่อ ความร้อนจากภายนอกผ่านผนังเย็นเข้าสู่ห้องปรับอากาศ กับความร้อนที่น้ำได้ รับต่อความร้อนจากรังสีอาทิตย์ เพื่อศึกษาอุณหภูมิน้ำขาออกจากผนัง	62
7.3 การใช้กราฟเพื่อหาค่าอุณหภูมิน้ำขาออกจากผนังเย็น	63
7.4 การใช้กราฟเพื่อหาค่าอุณหภูมิผิวผนังด้านในของผนังเย็น	63

อักษรย่อและสัญลักษณ์

A	พื้นที่ผิวท่อทองแดง 1 ท่อ	m^2
A_T	พื้นที่ผิวของถังเก็บน้ำ	m^2
C	ความจุความร้อนของคอนกรีต	J/kgK
C_{pw}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ	J/kgK
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	m
G_T	รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผนังอาคาร	W/m^2
k	การนำความร้อนของคอนกรีต	W/mK
L	ความหนาของผนัง	m
\dot{m}	อัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านผนัง	kg/s
M_T	มวลของน้ำในถัง	kg
T_{amb}	อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม ณ เวลา t	$^{\circ}C$
T_{FO}	อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากผนัง	$^{\circ}C$
T_{FI}	อุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าสู่ผนัง	$^{\circ}C$
$T_{m,n}^p$	อุณหภูมิผนัง ณ Node m,n	$^{\circ}C$
T_{max}	อุณหภูมิสูงสุดของอากาศแวดล้อมของวัน ณ เวลา t	$^{\circ}C$
T_{min}	อุณหภูมิต่ำสุดของอากาศแวดล้อมของวัน ณ เวลา t	$^{\circ}C$
T_{WALL}	อุณหภูมิของผนังอาคาร ณ ตำแหน่งที่วางท่อ	$^{\circ}C$
$T_{wall,in}$	อุณหภูมิผิวผนังด้านใน	$^{\circ}C$
t	เวลาในชั่วโมงที่พิจารณา ของเชียงใหม่	hr
U	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของท่อ	$W/m^2\ ^{\circ}C$
U_T	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากถังเก็บน้ำสู่สิ่งแวดล้อม	$W/m^2\ ^{\circ}C$
U_{wall}	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง	$W/m^2\ ^{\circ}C$
V	ความเร็วลม	m/s
v	ความเร็วน้ำในท่อ	m/s
ρ	ความหนาแน่นของคอนกรีต	kg/m^3

อักษรย่อและสัญลักษณ์(ต่อ)

α	ค่าการกระจายตัวของความร้อน	m^2/s
α_T	ค่าการคูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผิวผนัง	-
Re	เลขเรย์โนลด์ส	-
nu	จำนวนท่อทองแดงที่ฝังในผนังด้านนั้นๆ	-
ตัวยกและตัวห้อย		
m	ตำแหน่งแถวของ Node ที่ ได้ทำการแบ่ง Grid	-
n	ตำแหน่งหลักของ Node ที่ ได้ทำการแบ่ง Grid	-
P	จำนวนรอบของการคำนวณ	-