

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมการทำงานของระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้น
CONTROL STRATEGY OF RADIANT FLOOR COOLING SYSTEM



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 61479
วันเดือนปี..... 18 ก.ค. 2549

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

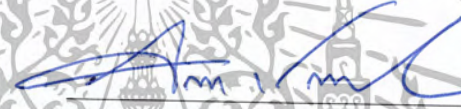
เรื่อง การควบคุมการทำงานของระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้น

CONTROL STRATEGY OF RADIANT FLOOR COOLING SYSTEM

ผู้จัดทำ

- | | | | |
|-------------------|---------------|--------------|----------|
| 1. นายการณชัย | สันติอารยธรรม | รหัสประจำตัว | 45015449 |
| 2. นางสาวจิราภรณ์ | ศรีราษฎร์ | รหัสประจำตัว | 45015454 |
| 3. นายสงกรานต์ต์ | อินทमार | รหัสประจำตัว | 45015479 |





(ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการทำงานของระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้น

นายการ์ณย์ สันติอารยธรรม 45015449
 นางสาวจิราภรณ์ ศรีราษฎร์ 45015454
 นายสงกรานต์ อินทรมาร 45015479
 ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์
 อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษาที่ 2547

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการทดลองระบบการควบคุมการทำงานของระบบทำความเย็นแบบการแผ่รังสีจากพื้น (Radiant Floor Cooling, RFC) ที่ใช้ในอาคารขนาดใหญ่ โดยการจำลองห้องทดสอบให้มีระบบทำความเย็นเหมือนกับระบบในอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งในการควบคุมการทำงานของระบบนั้นสามารถทำได้โดยการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิน้ำเย็นที่ป้อนเข้าไปในพื้น ตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมคือ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิผิวพื้น และค่าความชื้น

ผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของแสงอาทิตย์มากระทำ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลให้สูงถึง 6 ลิตรต่อนาที สามารถใช้อุณหภูมิน้ำเข้าที่ 14-16 องศาเซลเซียส ในการควบคุมอุณหภูมิผิวพื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้ โดยที่ไม่ต้องใช้อุณหภูมิน้ำเข้าที่ต่ำเกินไปเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดการควบแน่น และเมื่อควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่แทนการควบคุมอุณหภูมิผิวพื้นพบว่าสามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นในช่วงเวลาต่างๆ ได้ดีกว่า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวพื้นจะเป็นไปอย่างราบเรียบ และเมื่อทำการเปลี่ยนตำแหน่งวาล์วน้ำเย็น (RFC Valve) จากตำแหน่งก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ไว้ที่ตำแหน่งก่อนน้ำเย็นไหลเข้าพื้นสามารถควบคุมอุณหภูมิผิวพื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้ แต่ไม่เหมาะสมในการควบคุมระบบทำความเย็น เนื่องระบบต้องทำอุณหภูมิน้ำเข้าที่เย็นมาก

Control Strategy of Radiant Floor Cooling System

Karan Santiarayatum

Jiraphon Srirat

Songkran Intaramarn

Asst.Prof.Dr. Chinda Charoenphonphanich

Advisor

ABSTRACT

This research work is study about control strategy of RFC (radiant floor cooling) system using for large buildings. The RFC test room with the sunlight simulator system was made for the experiment. The air temperature, relative humidity was control by separated conventional air conditioning system. The floor surface temperature and operative temperature was controlled by water flow rate and water supply temperature. The aim of this work is to obtain the highest efficiency of RFC system without condensation problem.

The results show that water supply temperature could be increased to 14°C when the water flow rate is increased to 6 L/min. This effects to reduce the risk of condensation. The response of the system is better when using the floor embedded temperature sensor. In case of changing location of the two way valve from the inlet heat exchanger to water loop inside the floor, the floor surface temperature could not be controlled with in the target range because very low water supply temperature was required.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงจะไม่เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือจากหลายๆ ฝ่าย ด้วยกัน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่บ่มเพาะ บัณฑิตที่มีคุณภาพเพื่อการพัฒนาประเทศชาติให้เจริญยิ่งขึ้น ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ บุคคลที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ดูแล แนะนำ และคอยช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

และขอขอบคุณคุณอรุณพงษ์ ลัทธิสุนเนิน และคุณเกียรติยศ ศิริรอด ที่ให้คำแนะนำและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการนี้ สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่งซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดีพร้อมทั้งโอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมาในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบไม่ได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของแสงอาทิตย์ที่มีต่อการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีจากพื้น	4
2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการเกิด Condensation บนวัสดุปกคลุมพื้น	8
บทที่ 3 ทฤษฎีและการคำนวณ	
3.1 ลักษณะพื้นฐานของการปรับอากาศ	9
3.2 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)	12
3.3 หลักความสบาย (Human Comfort)	13
3.4 การออกแบบและคำนวณ	14
3.4.1 การออกแบบ	16
3.4.2 การคำนวณ	16
บทที่ 4 การทดสอบ	
4.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน	26
4.2 อุปกรณ์การทดสอบ	26
4.3 วิธีการทดสอบ	28
บทที่ 5 ผลการทดสอบ	30
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	53
6.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป	54
บรรณานุกรม	55

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 แผนผังการควบคุมระบบของพื้นและแฟนคอยล์	5
รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของคอยล์เย็นเพื่อควบคุมความชื้น	6
รูปที่ 3 แผนผังการทำงานของขดลวดทำความร้อน	6
รูปที่ 4 แสดงวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้นบนแผ่นทดสอบ	8
รูปที่ 5 แสดงช่วงเวลาที่ได้รับภาระรังสีความร้อนและไม่ได้รับภาระรังสีความร้อน	14
รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงภาระรังสีความร้อนตลอดวัน	15
รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งการวางท่อน้ำ	16
รูปที่ 8 แบบทรงกระบอกอุณหภูมิคงที่ยาว L วางในแนวนอนฝังในตัวกลางกึ่งอนันต์	16
รูปที่ 9 ชิ้นส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณ	17
รูปที่ 10 กราฟแสดงช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น	21
รูปที่ 11 กราฟแสดงช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น	23
รูปที่ 12 กราฟแสดงช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น	25
รูปที่ 13 แผนผังแสดงตำแหน่งเซ็นเซอร์และ โคมไฟ (Front View)	27
รูปที่ 14 ภาพ RFC Valve	27
รูปที่ 15 แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งของ RFC Valve	29
รูปที่ 16 แสดงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นและอุณหภูมิในพื้น	30
รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่าง Operative Temperature กับอุณหภูมิห้องที่ 0 W/m^2 (เทา)	30
รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่าง Operative Temperature กับอุณหภูมิห้องที่ 30 W/m^2 (เทา)	30
รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่าง Operative Temperature กับอุณหภูมิห้องที่ 50 W/m^2 (เทา)	31
รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่าง Operative Temperature กับอุณหภูมิห้องที่ 0 W/m^2 (ชาว)	31
รูปที่ 21 แสดงผลการทดลอง Operative Temperature	32
รูปที่ 22 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 12°C	33
รูปที่ 23 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 13°C	33
รูปที่ 24 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 14°C	33
รูปที่ 25 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 15°C	33
รูปที่ 26 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1	34
รูปที่ 27 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1	34
รูปที่ 28 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2	35
รูปที่ 29 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2	35
รูปที่ 30 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 12°C	36
รูปที่ 31 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 13°C	36
รูปที่ 32 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 14°C	36

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 33 ผลการควบคุมน้ำเข้คองที่ที่ 15 °C	36
รูปที่ 34 ผลการควบคุมน้ำเข้คองที่ที่ 16 °C	36
รูปที่ 35 ผลการควบคุมน้ำเข้คองที่ที่ 17 °C	36
รูปที่ 36 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 1	37
รูปที่ 37 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 1	38
รูปที่ 38 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 2	39
รูปที่ 39 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 2	39
รูปที่ 40 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 3	40
รูปที่ 41 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 3	40
รูปที่ 42 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นระหว่างการควบคุมอุณหภูมิผิวพื้นและในพื้นที่	41
รูปที่ 43 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (4 ลิตรต่ออนาที)	42
รูปที่ 44 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (4 ลิตรต่ออนาที)	42
รูปที่ 45 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (4 ลิตรต่ออนาที)	43
รูปที่ 46 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (4 ลิตรต่ออนาที)	43
รูปที่ 47 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (5 ลิตรต่ออนาที)	44
รูปที่ 48 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (5 ลิตรต่ออนาที)	44
รูปที่ 49 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (5 ลิตรต่ออนาที)	45
รูปที่ 50 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (5 ลิตรต่ออนาที)	45
รูปที่ 51 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (6 ลิตรต่ออนาที)	46
รูปที่ 52 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (6 ลิตรต่ออนาที)	46
รูปที่ 53 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (6 ลิตรต่ออนาที)	47
รูปที่ 54 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (6 ลิตรต่ออนาที)	47
รูปที่ 55 แสดงตำแหน่งการเปิดวาล์วและอัตราการไหล	48
รูปที่ 56 แสดงผลการควบคุมการเปิดวาล์วที่ 5 %	49
รูปที่ 57 แสดงตำแหน่งการเปิดวาล์วและอัตราการไหล	49
รูปที่ 58 แสดงผลการควบคุมการเปิดวาล์วที่ 10 %	50
รูปที่ 59 แสดงตำแหน่งการเปิดวาล์วและอัตราการไหล	50
รูปที่ 60 แสดงผลการควบคุมการเปิดวาล์วที่ 15 %	51
รูปที่ 61 แสดงตำแหน่งการเปิดวาล์วและอัตราการไหล	51
รูปที่ 62 แสดงผลการควบคุมการเปิดวาล์วที่ 20 %	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงค่าภาระรังสีความร้อนแสงอาทิตย์	15
ตารางที่ 2 แสดงอุณหภูมิผิวพื้นในการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าคองที่	33
ตารางที่ 3 แสดงอุณหภูมิในพื้นที่ในการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าคองที่	37



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตเมืองร้อนซึ่งมีอากาศร้อนเป็นส่วนใหญ่ การปรับอากาศที่ทำให้เกิดความเย็นเป็นสิ่งที่ไม่ให้ความรู้สึกสบายของร่างกายมนุษย์ เพราะการถ่ายเทความร้อนของร่างกายจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของร่างกายกับสิ่งแวดล้อม ครึ่งหนึ่งของความร้อนที่ออกจากร่างกายจะถูกปล่อยโดยการหายใจในรูปของความร้อนแฝง (Latent Heat) และอีกครึ่งหนึ่งจะถูกปล่อยโดยกลไกการพาและการแผ่รังสีในรูปของความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) ส่วนการปรับอากาศที่ใช้สำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่กว้าง การปรับอากาศโดยทั่วไปโดยใช้เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner) เป็นการทำความเย็นโดยการใช้อากาศเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการพา (Convection) จะต้องใช้พลังงานสำหรับทำความเย็นมาก เพื่อให้ได้ความเย็นตามต้องการ โดยจะมีข้อจำกัดเรื่องประสิทธิภาพในการทำความเย็นในพื้นที่ที่มีบริเวณกว้างๆ

โครงการนี้ได้นำเสนอการทดสอบระบบการทำความเย็นแผ่รังสีจากพื้น (Radiant Floor Cooling, RFC) ซึ่งเป็นการทำความเย็นแบบใหม่สำหรับในประเทศไทย (เป็นการทำความเย็นโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศและโดยการแผ่รังสีความร้อนจากพื้น) โดยการฝังท่อน้ำไว้ใต้พื้นอาคารแล้วมีน้ำเย็นไหลวนภายในท่อทำให้เกิดความเย็นที่พื้น หลักการทำงานจะอยู่ในรูปแบบผสม คือ ระบบการทำความเย็นโดยการแผ่รังสี และคอยล์เย็น การออกแบบและปรับปรุงระบบนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา เพราะเป็นระบบปิด (ฝังอยู่ในพื้น) และยังสามารถลดภาระการทำความเย็นในส่วนที่ไม่ต้องการของระบบได้

ระบบการทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้นนี้ สามารถจำกัดการทำความเย็นในบริเวณที่ต้องการได้ โดยการจำกัดความสูงที่จะทำการปรับอากาศ เพราะเป็นการทำความเย็นจากพื้นเย็นแผ่รังสีขึ้นมา และการปรับอากาศโดยใช้คอยล์เย็นให้ลมเย็นควบคุมพื้นที่ที่ต้องการความเย็น และเป็นตัวควบคุมความชื้นด้วย ข้อดีอีกอย่างคือ เรื่องแสงสว่างในเวลากลางวัน เนื่องจากการออกแบบ หรือการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ที่ใช้หลังคามีลักษณะโปร่งใส มักจะนิยมนำแสงแดดมาใช้ประโยชน์ในด้านการส่องแสงสว่าง ปัจจุบันมีการนำระบบการปรับอากาศแบบแผ่รังสีจากพื้นนี้มาใช้ในประเทศไทยเป็นแห่งแรก ที่ท่าอากาศยานสากลสุวรรณภูมิ เฉพาะในบริเวณที่พื้นมีแสงแดดส่อง

เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานในด้านการให้แสงสว่าง ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้แสงแดดมาใช้ในการให้แสงสว่างคือ ผลกระทบต่ออุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิพื้น และความชื้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ในการทดสอบการควบคุมของระบบที่เกิดผลกระทบ จะนำมาวิเคราะห์ความสามารถในการปรับอากาศของระบบการทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้น จึงเป็นที่มาในการออกแบบและปรับปรุงการควบคุมระบบให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นต่อไป เพราะการศึกษาและพัฒนาสิ่งที่เป็นประโยชน์สำหรับมนุษย์นั้นเป็นหน้าที่ของวิศวกรที่จะทำให้เกิดสิ่งอำนวยความสะดวกสบายสำหรับมนุษย์ โดยโครงการดัง

กล่าวจะทำการศึกษาและพัฒนาระบบการปรับอากาศ และระบบทำความเย็นให้อยู่ในการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาทฤษฎีและวิธีการทำงานของระบบการทำความเย็นแบบแฟร์ริงส์จากพื้น
2. ปรับปรุงวิธีการควบคุมระบบตามหลักความสบาย
 - 2.1. ออกแบบหาวิธีการควบคุมระบบ โดยการควบคุมอุณหภูมิผิวพื้น (Surface Temperature) และอุณหภูมิในพื้น (Embedded Temperature) เมื่อมีภาระรังสีความร้อนมาตกกระทบบที่พื้น
 - 2.2. ออกแบบหาวิธีการควบคุมระบบ โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเข้า (Supply Water Temperature) และอัตราการไหลของน้ำเย็น เมื่อมีภาระรังสีความร้อนมาตกกระทบบที่พื้น
3. เพื่อหาวิธีการควบคุมระบบที่เหมาะสมเมื่อเปลี่ยนตำแหน่ง RFC Valve
4. หาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากระบบการทำความเย็นแบบแฟร์ริงส์จากพื้น เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ในการทดลองจะศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อมีภาระรังสีความร้อน (จำลองจากรังสีความร้อนจากแสงแดด) มาตกกระทบบที่พื้นผิวของห้องทดสอบ ผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบจะสนใจเฉพาะผลกระทบที่มีผลต่อความรู้สึกสบายของร่างกายมนุษย์ คือ อุณหภูมิผิวพื้น, อุณหภูมิห้อง, Operative Temperature, ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, %RH), อุณหภูมิน้ำเข้า และอุณหภูมิการเกิดหยดน้ำ (Dew-point Temperature) โดยมีรายละเอียดในบทที่ 2 จากนั้นจะนำเอาผลการทดลองมาวิเคราะห์กับปัจจัยของความรู้สึกสบายของร่างกายมนุษย์ เพื่อทำการทดลองควบคุมการทำความเย็นเพื่อทำความเย็นให้กับพื้นในช่วงที่เหมาะสม ในการควบคุมให้อุณหภูมิผิวพื้นไม่ให้ต่ำกว่าอุณหภูมิการควบแน่นเป็นหยดน้ำ (Condensation) อุณหภูมิห้องและค่าความชื้นที่ไม่สูงหรือต่ำจนรู้สึกไม่สบาย ดังนี้

1. การจำลองภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ตลอดวัน
2. หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นกับอุณหภูมิในพื้น
3. หาค่าความสัมพันธ์ของค่า Operative Temperature ระหว่างผลที่ได้จากการคำนวณของการวัดค่าจากเซนเซอร์ (Sensor) และ Operative Temperature ที่ได้จากอุปกรณ์ทดสอบ เพื่อใช้วัดค่า Operative Temperature ที่เกิดขึ้นในการทดลอง
4. การควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้นที่เหมาะสม
5. การควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่เหมาะสม
6. การควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น และปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นที่เหมาะสม

7. เปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อทำการเปลี่ยนตำแหน่ง RFC Valve กับวิธีการควบคุมระบบใน

ตำแหน่ง RFC Valve เดิม และหาผลการทดลองการควบคุมระบบที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของแสงอาทิตย์ที่มีต่อการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีจากพื้น

ศึกษาอิทธิพลของแสงอาทิตย์ที่มีผลต่อการควบคุมการทำงานของระบบทำความเย็น และข้อจำกัดของระบบทำความเย็น โดยการแผ่รังสีจากพื้นเมื่อระบบต้องรับแสงอาทิตย์โดยตรง และต้องคำนึงถึงหลักความสบาย

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความรู้สึกสบายของร่างกายมนุษย์คือ เสื้อผ้าที่สวมใส่ ระดับของกิจกรรม อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ และการเคลื่อนที่ของอากาศ อุณหภูมิอากาศภายในห้องจะเป็นเครื่องบ่งชี้ที่สำคัญที่สุดของความรู้สึกสบาย คนส่วนใหญ่จะรู้สึกสบายถ้าอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 22 – 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 30 – 70 %RH การเคลื่อนที่ของอากาศก็มีความสำคัญต่อความรู้สึกสบาย ดังนั้น เพื่อความรู้สึกสบาย ความเร็วอากาศควรมีค่าประมาณ 0.1 – 0.3 m/s

การคำนวณ

ความสามารถในการทำความเย็นของระบบ RFC ขึ้นอยู่กับการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวพื้นและอากาศภายในห้อง ซึ่งจากผลการทดลองของ Michel and Isoardi พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมระหว่างผิวพื้นและห้องของระบบทำความเย็นที่พื้นซึ่งวัดค่าได้ประมาณ $7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ซึ่งแบ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน โดยการแผ่รังสีประมาณ $5.5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ และเป็นค่าสัมประสิทธิ์โดยการพาความร้อนประมาณ $1.5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ดังนั้น ในการคำนวณจะสามารถหาความสามารถในการทำความเย็นของพื้นได้จากสมการ

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{solar} + h(T_{space} - T_{surface})$$

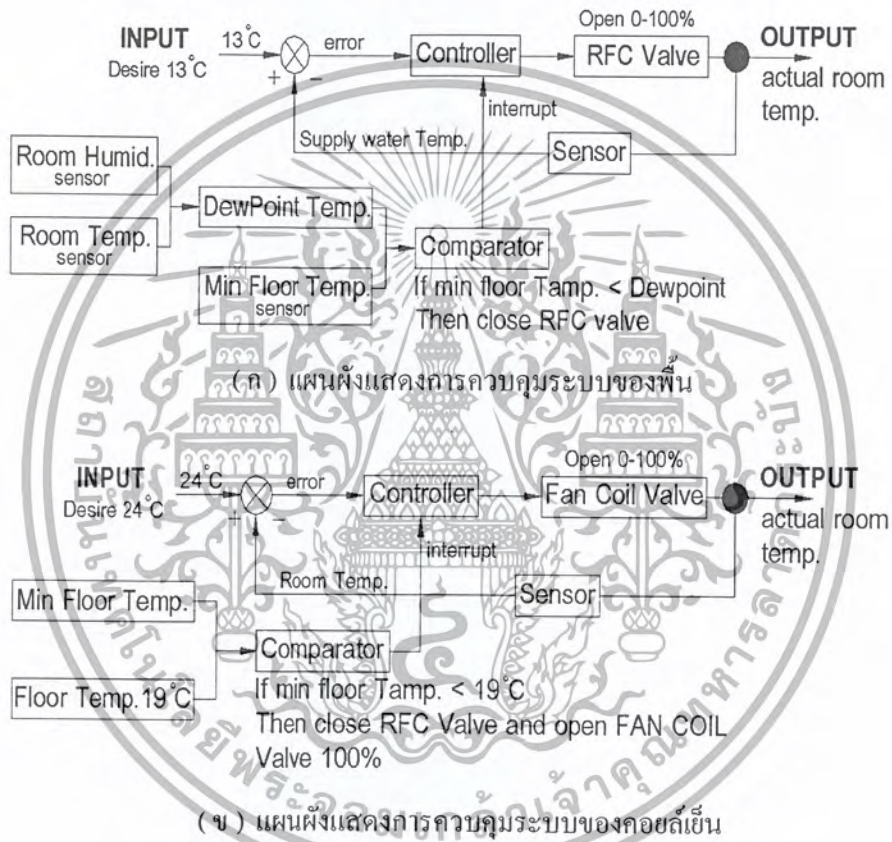
โดยที่

- \dot{Q} คือความสามารถในการทำความเย็น
- \dot{Q}_{solar} คือความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์, W/m^2
- h คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม, $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- T_{space} คืออุณหภูมิห้อง, $^\circ\text{C}$
- $T_{surface}$ คืออุณหภูมิพื้น, $^\circ\text{C}$

การทดลอง

1. ศึกษาวิธีการควบคุมที่เหมาะสม

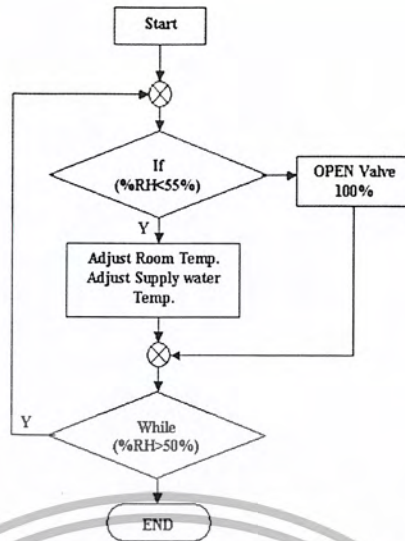
ระบบควบคุมจะแบ่งออกเป็นสองชุด ชุดที่หนึ่งสำหรับควบคุมวาล์วน้ำเย็นที่เข้าไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และอีกชุดสำหรับควบคุมวาล์วน้ำเย็นที่จะเข้าที่ชุดคอยล์เย็น ลักษณะการควบคุมเป็นแบบ Proportional Control โดยจะมีการกำหนดค่าอุณหภูมิที่ต้องการ ซึ่งสำหรับในขั้นตอนนี้ใช้อุณหภูมิน้ำเข้าที่ป้อนเข้าระบบการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีที่พื้น เป็นตัวกำหนดการ เปิด-ปิด ของวาล์วน้ำที่ป้อนพื้น (RFC Valve) และใช้อุณหภูมิเฉลี่ยของห้องเป็นตัวกำหนดการ เปิด-ปิด ของวาล์วน้ำที่คอยล์เย็น (Fan Coil Valve)



รูปที่ 1. แผนผังการควบคุมระบบของพื้นและแฟนคอยล์

เนื่องจากในการควบคุมมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง คือ การควบคุมเป็นหยคน้ำ และค่าอุณหภูมิตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็จะต้องไม่ให้อุณหภูมิต่ำสุดของพื้นต่ำกว่าอุณหภูมิการควบคุมเป็นหยคน้ำ (อุณหภูมิจุดน้ำค้างหรือ Dew Point Temperature) หากเงื่อนไขที่ใกล้เคียงนี้เกิดขึ้นจะให้ปิดวาล์วน้ำที่พื้นทันที และรอจนกว่าอุณหภูมิพื้นจะสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง 0.5 องศาเซลเซียส จึงเริ่มให้วาล์วเปิดทำงานอีกครั้ง และหากพื้นมีอุณหภูมิเย็นลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ออกแบบที่ 19 องศาเซลเซียส จะทำการปิดวาล์วที่พื้น และจะให้เปิดวาล์วน้ำที่ป้อนเข้าคอยล์เย็นเต็มที่ เพื่อรักษาอุณหภูมิที่พื้นไม่ให้ต่ำเกินไป และดึงความร้อนออกจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก่อนอื่น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของคอยล์เย็นเพื่อควบคุมความชื้น



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานของขดลวดทำความร้อน

รูปที่ 2 และ 3 แสดงการควบคุมความชื้น โดยใช้คอยล์เย็น ซึ่งแฟนคอยล์วาล์วจะเปิดเต็มที่เมื่อความชื้นเกินค่าที่กำหนดเพื่อลดความชื้นออกจากระบบ ในขณะที่ฮีทเตอร์ซึ่งติดตั้งไว้ที่หัวจ่ายจะถูกเปิดให้ทำงานเพื่อควบคุมไม่ให้อุณหภูมิต่ำเกินไป

การทดลองทำที่สภาวะเหมือนจริงของสภาพการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ตลอด 24 ชั่วโมง โดยเปิดไฟให้รังสีความร้อนลงที่พื้นให้คล้ายกับการแผ่รังสีจากแสงอาทิตย์ตลอดวัน

การศึกษาเพื่อหาวิธีการควบคุมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้การทำงานของระบบเป็นไปอย่างราบเรียบยิ่งขึ้นจึงต้องทำการทดลองควบคุมแบบต่างๆ ที่สนใจ สามารถแบ่งได้ตามลักษณะการควบคุมเป็น 4 กรณี ดังนี้

1. ควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้คงที่
2. ควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าตามอุณหภูมิพื้น
3. ควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าด้วยผลต่างอุณหภูมิน้ำเข้าและออก
4. ควบคุมอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยด้วยผลต่างอุณหภูมิน้ำเข้าและออก

2. การศึกษาผลกระทบของแสงอาทิตย์ที่มีต่อระบบ

ในอากาศประมาณ 55 %RH และกรณีที่สองเพื่อหาความสามารถในการทำความเย็นสูงสุดของการทดลอง ในขั้นต้นจะมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการคือ เพื่อหาผลกระทบของแสงอาทิตย์ที่มีต่อระบบซึ่งจะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องรวมทั้งค่าความสามารถในการทำความเย็นของระบบ และประการที่สองคือหาความสามารถในการทำความเย็นสูงสุดของระบบ โดยในการทดลองจะแบ่งเป็นสองกรณีดังนี้ กรณีแรกจะทำการทดลองโดยใช้การจำลองการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ด้วยแสงเทียมในปริมาณต่างๆ กันเพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นภายในห้องทดลอง ทั้งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น และคำนวณหาความสามารถในการทำความเย็นของระบบ โดยกำหนดเงื่อนไขภายในห้องให้มีสถานะตามหลักความสบาย กล่าวคือกำหนดให้อากาศภายในห้องมีอุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้นต้องไม่ต่ำกว่า 19 องศาเซลเซียส ความเร็วของอากาศอยู่ในช่วง 0.1 – 0.3 m/s และความชื้นสัมพัทธ์ระบบ โดยให้พื้นห้องได้รับการระจากแสงในปริมาณต่างๆ กันจนกระทั่งอุณหภูมิพื้นเท่ากับอุณหภูมิห้องที่ 24 องศาเซลเซียส ซึ่งผลที่ได้จะแสดงถึงความสามารถในการทำความเย็นสูงสุดของพื้นหรือภาระสูงสุดที่ระบบจะรับได้

สรุป

จากผลการทดลองพบว่า การควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้คงที่เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดแต่จะมีปัญหาในเวลากลางคืนซึ่งจะมีแนวโน้มทำให้อุณหภูมิที่ผิวพื้นเย็นเกินไป วิธีที่จะควบคุมให้ได้ผลดีคือ คุมอุณหภูมิน้ำเข้าแปรตามอุณหภูมิพื้นหรือคุมอุณหภูมิน้ำเข้าตามผลต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำออก และสำหรับวิธีสุดท้ายคือควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเข้าและออกตามผลต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าออกจะทำให้การแกว่งของอุณหภูมิน้ำเข้ามากขึ้น

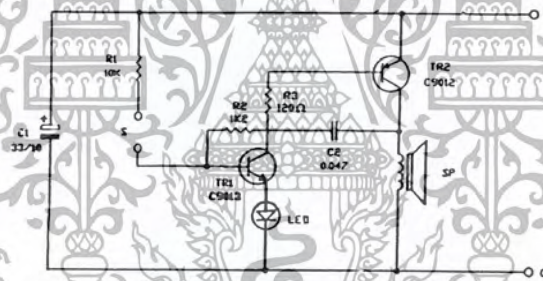
ระบบทำความเย็น โดยการแผ่รังสีจากพื้นสามารถทำความเย็นประมาณ 43 W/m^2 และในกรณีที่พื้นห้องได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงระบบจะมีความสามารถในการทำความเย็นสูงขึ้นมาก ดังนั้นระบบนี้จึงเหมาะสำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่ต้องการปรับอากาศตลอดเวลา ซึ่งการปรับอากาศโดยระบบ RFC ทำงานด้วยประสิทธิภาพสูงและประหยัดการใช้พลังงานมากที่สุด

2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการเกิด Condensation บนวัสดุปกคลุมพื้น

ศึกษาหาขีดจำกัดของระบบการทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้น ในการทำความเย็นโดยไม่เกิดปัญหาการควบแน่นเป็นหยดน้ำที่พื้นเมื่อพื้นมีอุณหภูมิต่ำ และศึกษาพฤติกรรมของการเกิดการควบแน่น ระยะเวลาในการเริ่มเกิดการควบแน่น ขนาดของหยดน้ำ ณ เวลาต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้นและวิธีป้องกันการเกิดการควบแน่นที่พื้น

ขอบเขตของงานวิจัย

ข้อจำกัดของระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้นในเรื่องการควบแน่นเป็นหยดน้ำบริเวณพื้นผิวของวัสดุพื้น โดยครอบคลุมลักษณะทางกายภาพของการเกิด ระยะเวลาในการเริ่มเกิดการควบแน่น และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างหยดน้ำที่เปลี่ยนไปกับเวลา รวมถึงการนำผลการทดลองที่ได้มาประยุกต์ใช้ ซึ่งการตรวจสอบการเกิดการควบแน่นนั้น เราจะใช้เซ็นเซอร์ 2 ชนิดด้วยกัน คือเซ็นเซอร์ตัวแรกที่ใช้จะใช้หลักการทางไฟฟ้า ซึ่งเมื่อพื้นผิววัสดุทดสอบเกิดการเปียกชื้นแล้ว เซ็นเซอร์ตัวนี้จะส่งสัญญาณออกมาเป็นความถี่ของเสียงและแสง ซึ่งถ้าบนพื้นผิวมีความเปียกชื้นมาก ความถี่ของเสียงที่ส่งออกมาจะถี่มากขึ้น เซ็นเซอร์อีกชนิดหนึ่งที่ได้ใช้คือ จะเป็นแผ่นวัสดุใสบางๆ ซึ่งจะนำมาติดกับแผ่นวัสดุที่ใช้ทดสอบเพื่อใช้ตรวจสอบดูการเริ่มเกิดการควบแน่นบนพื้นผิว



รูปที่ 4 แสดงวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้นบนแผ่นทดสอบ

โดยงานวิจัยนี้จะใช้หน่วยการวัดขนาดของหยดน้ำเป็น หน่วยมิลลิเมตร ซึ่งอาจไม่สามารถกล่าวได้ว่าเมื่อสังเกตเห็นหยดน้ำ ณ จุดนั้นจะเป็นจุดเริ่มต้นของการเริ่มเกิดการควบแน่นอย่างแท้จริง เนื่องจากเมื่อเริ่มเกิดการเกิดการควบแน่นขนาดของหยดน้ำเล็กมากซึ่งมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการสังเกตหยดน้ำเมื่อเริ่มเกิดการควบแน่น

บทที่ 3

ทฤษฎีและการคำนวณ

3.1 ลักษณะพื้นฐานของการปรับอากาศ

มนุษย์จะรู้สึกสบายเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ร่างกายสามารถตอบสนองกับความสะดวกสบายนั้นได้ เมื่ออุณหภูมิสูงสุดที่มนุษย์ทนรับได้ทั้งร้อนและหนาว จะขึ้นอยู่กับภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่ ช่วงอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกสบายขึ้นอยู่กับการสวมใส่เสื้อผ้า ค่าความชื้นในบรรยากาศ แต่สำหรับในที่ร่มแล้ว การทำกิจกรรมที่ไม่มากนัก ช่วงอุณหภูมิจะเป็นตัวบอกถึงอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกสบาย

ในความเป็นจริงแล้วช่วงอุณหภูมินี้จะแตกต่างกันในแต่ละฤดู เนื่องจากปัจจัยหนึ่งคือ การสวมใส่เสื้อผ้าที่แตกต่างในแต่ละสภาพพื้นที่ บางแห่งพื้นที่ที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงความจำเป็นที่ใช้การปรับอากาศมาช่วยให้มนุษย์รู้สึกสบายก็มีผลอย่างมาก

การปรับอากาศไม่เพียงแต่การควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว แต่จะครอบคลุมไปถึงลักษณะของอากาศที่มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์⁽¹⁾ ด้วย ดังนี้

1. อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม (Temperature of Surrounding) หรืออุณหภูมิอากาศปกติ (Ambient Air)
2. ความชื้นอากาศ (Humidity of Air)
3. ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Air purity)
4. การเคลื่อนที่ของอากาศ (Air movement)

โดยการปรับอากาศที่แท้จริงนั้น ได้รวมความหมายตาม 4 ลักษณะข้างต้นไว้ด้วยกัน

กระบวนการปรับอากาศ

อุณหภูมิ (Temperature)

ความหมายของอุณหภูมิเป็นที่คุ้นเคยกันดีว่าเป็นเพียงสมบัติที่บ่งบอกว่าร้อนหรือเย็นของวัตถุ นั้นๆ แต่เราก็ไม่สามารถที่จะบอกระดับของอุณหภูมิที่ได้จากความรู้สึกนั้น และยังทำให้เกิดการพิจารณาที่ผิดพลาดได้เพราะเป็นค่าที่เกิดจากความรู้สึกของเพียงอย่างเดียว

จากกรที่สมบัติของสสารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ โดยทิศทางและขนาดที่แน่นอน จึงสามารถนำหลักการดังกล่าวมาใช้เป็นเกณฑ์การวัดค่าอุณหภูมิที่มีค่าที่แน่นอนได้ โดยเครื่องมือที่ใช้วิธีนี้เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์

สเกลอุณหภูมิที่ใช้ในระบบ SI คือ องศาเซลเซียส (°C) ซึ่งถูกกำหนดโดย A. Celsius นักดาราศาสตร์ชาวสวีเดน ในช่วงปี ค.ศ. 1701-1744 ส่วนสเกลอุณหภูมิที่ใช้ในระบบอังกฤษ คือ องศาฟาเรนไฮต์ (°F) กำหนดโดย G. Fahrenheit นักประดิษฐ์ชาวเยอรมัน ในช่วงปี ค.ศ. 1686-1736 สเกลอุณหภูมิมักจะกำหนดอ้างอิงหลักจุดสองจุด คือ จุดน้ำแข็ง (Ice point) และจุดไอน้ำ (Steam point) ของน้ำ ในสเกลองศา

(1) บทที่ 1 บทนำ, การปรับอากาศ Air Condition, อัครเดช สีนรุภัก

เซลเซียสมีการกำหนดให้จุดน้ำแข็งและจุดไอน้ำมีระดับอุณหภูมิเป็น 0 และ 100 องศาเซลเซียส ในขณะที่ สเกลฟาเรนไฮต์เป็นค่า 32 และ 212 องศาฟาเรนไฮต์

ส่วนสเกลอุณหภูมิในทางเทอร์โมไดนามิกส์จะมีสเกลอุณหภูมิที่ไม่ขึ้นสมบัติของสสารใดๆ เรียกว่า สเกลอุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิกส์ ในระบบเอสไอ คือ สเกลเคลวิน (Kelvin scale) กำหนดโดย Lord Kelvin ในปี ค.ศ. 1824-1907 โดยใช้สัญลักษณ์ K และในระบบอังกฤษ คือ สเกลแรนกิน (Rankine scale) R กำหนดโดย William Rankine ในปี ค.ศ. 1820-1872

ลักษณะของความร้อน

ที่อุณหภูมิปรกติของโมเลกุลจะมีการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ยแล้วด้วยความเร็วคงที่ แต่ไม่จำเป็นต้อง ทุกๆ โมเลกุลที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเดียวกัน เป็นผลมาจากพลังงานภายในมีค่าแตกต่างกันในการชนระหว่างโมเลกุล เป็นสาเหตุให้ความเร็วเปลี่ยนไป ซึ่งในขณะที่ได้มีการถ่ายเทพลังงานไปอีกโมเลกุลหนึ่ง โมเลกุลที่ชนกัน จำนวนพลังงานความร้อนทั้งหมดที่มีอยู่ในวัตถุ คือผลรวมของพลังงานที่อยู่ใน โมเลกุลทั้งหมด เพราะว่าพลังงานในแต่ละโมเลกุลขึ้นอยู่กับมวลของสารนั้น และความเร็วเฉลี่ยของโมเลกุล

พื้นฐาน 3 ข้อในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการปรับอากาศที่สำคัญ⁽²⁾ ดังนี้

1. ความร้อนอยู่ในรูปของพลังงาน จำนวนพลังงานความร้อนทั้งหมดที่มีอยู่ในสสาร คือผลรวมของพลังงานที่มีอยู่ในโมเลกุลทั้งหมด
2. อุณหภูมิของสสาร หรือองศาของความร้อนเป็นสิ่งที่แสดงถึงความเร็วเฉลี่ยของ โมเลกุลทั้งหมดในสสาร
3. โมเลกุลของสสาร สมมติว่าเคลื่อนที่แบบความเร็วที่กระจายบาง โมเลกุลอาจจะอยู่กับที่ ในช่วงหนึ่ง และอาจจะเคลื่อนที่อยู่ภายใต้อุณหภูมิจุดเยือกแข็ง หรืออาจจะเคลื่อนที่ที่ความเร็วเหนือจุดเดือด และจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงมากที่อุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวด

รังสีจากดวงอาทิตย์

พื้นที่ของกระจกโดยปกติแล้วจะไม่อยู่ในแนวราบหรือแนวตั้งฉากกับรังสีแสงอาทิตย์ ถึงแม้ว่ากระจกจะอยู่ใกล้กับทิศตะวันออกในช่วงเช้าและทิศตะวันตกในช่วงเย็นก็ตาม

รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนกระจกจะมี 3 ส่วน คือ

1. ส่วนที่มากกว่าจะถูกถ่ายเทโดยตรงไปยังภายในอาคาร
2. บางส่วนถูกดูดซึมโดยกระจก
3. บางส่วนถูกสะท้อนกลับ

ผลรวมระหว่างส่วนที่ถ่ายเทโดยตรงมายังอาคาร และส่วนที่ถูกดูดซึมโดยกระจกเป็นอัตราความร้อนทั้งหมดที่พื้นจะได้รับ รังสีที่ตกกระทบ โดยตรงจะผ่านไปยังพื้นที่ที่ต้องถูกดูดซึมโดยอุปกรณ์ภายในอาคารและผนังก่อนจะถ่ายเทความร้อนไปยังอากาศ เนื่องจากปัจจุบันนี้อาคารพาณิชย์ต่างๆ และบ้านสมัยใหม่ ได้ใช้กระจกใสมาใช้เพื่อประหยัดพลังงานด้านแสงสว่าง ดังนั้นรังสีจากดวงอาทิตย์ในหลายๆ กรณีจะทำให้โหลการทำความเย็นในส่วนต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นความร้อนสัมผัสทั้งหมด

(2) บทที่ 2 พื้นฐานความรู้ที่สำคัญในการปรับอากาศ . การปรับอากาศ Air Condition, อัครเดช สิมบุรุษ

โหลคความเย็นทั้งหมดเนื่องจากพื้นที่กระจกที่รับแสงแดด เป็นส่วนประกอบของการถ่ายเท (การนำความร้อน) ของโหลคเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน ภายนอกและพลังแสงอาทิตย์ (การแผ่รังสี) ประมาณของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่าน โดยกระจกขึ้นอยู่กับ ชนิดของกระจก ลักษณะของการตกแต่งกระจก ช่วงของเวลาของวัน และทิศทางของพื้นที่กระจก ผลต่างๆ สามารถลดได้โดยใช้อุปกรณ์ที่ลดแสง ซึ่งเป็นการลดพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ได้รับ

ความหนาแน่น (*Density*) คือ มวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของวัตถุ

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

ความถ่วงจำเพาะ (*Specific Gravity*) คือ อัตราส่วนของความหนาแน่นของของเหลว ต่อความหนาแน่นของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิมาตรฐาน

$$SG = \frac{\rho}{\rho_w} \quad (3.2)$$

ปริมาตรจำเพาะ (*Specific Volume*) คือ ปริมาตรของของไหลต่อหนึ่งหน่วยมวล

$$v = \frac{1}{\rho} \quad (3.3)$$

ปริมาณความชื้นในอากาศ (*Moisture Content of Air-Humidity*)

อากาศเกือบทั้งหมดประกอบด้วยความชื้นต่างๆ และเมื่ออากาศมีปริมาณไอน้ำทั้งหมดจนถึงจุดสมดุลที่เรียกว่า อิ่มตัว (Saturated) โดยทั่วไปของปริมาณความชื้นในอากาศ คือ ความชื้น (Humidity) โดยมี ความหมาย 2 ความหมายคือ ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

(1.) ความชื้นจำเพาะ เป็นน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริง (ปอนด์) ของอากาศแห้ง สามารถที่แสดงได้ทั้งหน่วย ปอนด์ของไอน้ำต่อปอนด์ของอากาศแห้งและ grain ของไอน้ำต่อปอนด์ของอากาศแห้ง

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = 0.622 \frac{P_v}{P_a} \quad (3.4)$$

(2.) ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นการวัดระดับของการอิ่มตัวของอากาศที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งใดๆ (DB) ซึ่งแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของการอิ่มตัว โดยที่ 100 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นสัมพัทธ์แสดงถึงอากาศอิ่มตัวและ 0 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นสัมพัทธ์แสดงถึง อากาศแห้งสมบูรณ์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์, RH เป็นค่าของอัตราส่วน ความดันของไอน้ำที่เกิดขึ้นจริงต่อความดันร่วมของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งใดๆ

$$\phi = \frac{m_v}{m} = \frac{P_v}{P_a} \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

ลักษณะการถ่ายเทความร้อน

ในทางเทอร์โมไดนามิกส์ พลังงานที่ใช้ในระบบโดยเป็นที่ทราบกันดีว่าพลังงานนั้นไม่สามารถที่จะสร้างขึ้นใหม่หรือทำลายได้ เพียงแต่สามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและรูปแบบอื่นๆ ของพลังงาน ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์หาอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับระบบ การถ่ายเทความร้อนจะมีการไหลของความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การไหลของความร้อนเกิดขึ้นได้เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิในระบบ พลังงานความร้อนก็จะเคลื่อนที่จากแห่งหนึ่งหรือจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง การเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนนี้ คือ การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) สามารถแบ่งแยกออกได้ 3 แบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี แต่ความจริงแล้วเนื่องจากการกระจายอุณหภูมิในตัวกลางหนึ่งจะถูกควบคุมโดยอิทธิพลของการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 แบบ เพื่อความสบายในการวิเคราะห์จะแยกพิจารณาเป็นแบบใดแบบหนึ่ง

การนำความร้อน (Conduction)

เป็นรูปแบบหนึ่งของการถ่ายเทความร้อน ในลักษณะของการแลกเปลี่ยนพลังงานจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยเคลื่อนแบบจลน์ (Kinetic motion) หรือการชนกันโดยตรงของโมเลกุลซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในของไหลที่หยุดนิ่ง ส่วนในกรณีของโลหะนั้นจะเป็นการไหลของกระแสอิเล็กตรอน สำหรับของแข็งที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระมากมายที่เคลื่อนไหวอยู่ภายในโครงสร้างของ โมเลกุล (Lattice) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีด้วย ยกตัวอย่างเช่น ทองแดง เงิน เหล็ก ฯลฯ อันเป็นผลจากการนำหรือถ่ายเทพลังงานความร้อนโดยอิเล็กตรอนอิสระเหล่านี้

การพาความร้อน (Convection)

เมื่อของไหลไหลผ่านวัตถุที่เย็นของแข็งหรือไหลผ่านภายในช่องทางการไหล โดยที่อุณหภูมิของของไหลและผิวของของแข็งมีค่าแตกต่างกัน การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลและผิวของแข็งจะเกิดขึ้นเมื่อของไหลเคลื่อนที่สัมผัสกับผิวของของแข็ง กลไกการถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อน” ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดขึ้นโดยการทำขึ้นเองโดยใช้ปั๊มหรือพัดลมเป็นทำให้เกิดแรงกระทำให้ของของไหลไหลผ่านบนพื้นผิว การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection)” ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดจากแรงลอยตัว ซึ่งมีผลมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในของไหล การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อนแบบอิสระหรือการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (free or natural convection)”

การแผ่รังสีความร้อน (Radiation heat transfer)

พลังงานถูกส่งออกไปโดยสารซึ่งอยู่ที่อุณหภูมิจำกัดแน่นอน การส่งออกของรังสีอาจเกิดขึ้นได้จากของเหลวและก๊าซ ดังนั้นโดยไม่คำนึงถึงรูปแบบของสาร การส่งออกของรังสีเชื่อว่าเป็นการเปลี่ยนการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนขององค์ประกอบอะตอมหรือ โมเลกุล พลังงานของสนามการแผ่รังสีนั้นจะถูกนำออกไปโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (หรือเรียกว่า โฟตอน) ในขณะที่การถ่ายเทพลังงานโดยการนำหรือการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการวัตถุประสงค์กลาง แต่การแผ่รังสีไม่ต้องการ ในความเป็นจริง การถ่ายเทโดยการแผ่รังสีเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในสูญญากาศ

3.3 หลักความสบาย (Human Comfort)

เมื่อลักษณะของอากาศภายนอกหรือหนาวจัดมากไป ไม่เพียงแต่จะเหมาะสมกับมนุษย์แล้ว ยังจะมีผลต่อสภาวะสุขภาพของมนุษย์ด้วย ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความรู้สึกสบายของร่างกายมนุษย์ คือ เสื้อผ้าที่มนุษย์สวมใส่ ระดับการทำกิจกรรม อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ และการเคลื่อนที่ของอากาศ (ความเร็วอากาศ) โดยอุณหภูมิที่รู้สึกสบายของมนุษย์อยู่ในช่วง 20 - 27 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 50 - 60 %RH และความเร็วของอากาศประมาณ 0.1 - 0.3 เมตรต่อวินาที ตามมาตรฐานของ (American Society of Heating, Refrigerating and Air Condition Engineers) ASHRAE 1992; ISO 1994 ค่าแนะนำอุณหภูมิพื้นในระบบการทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้นควรอยู่ในช่วง 18 - 19 องศาเซลเซียส

Operative Temperature

เป็นอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกได้ ที่เกิดจากการที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงต่างๆ เช่น เวลาเที่ยงวันอุณหภูมิอากาศจะมีค่าที่สูง แต่ค่า Operative Temperature จะมีค่าที่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศรอบตัว โดยสมมติว่ามนุษย์ที่ได้รับอุณหภูมิรอบๆ ตัวเป็นอุณหภูมิที่มีการสวมใส่เสื้อผ้าของมนุษย์ด้วย สูตรที่ใช้คำนวณคือ

$$T_{op} = \frac{h_r T_{MRT} + h_c T_{air}}{h_r + h_c} \quad (3.6)$$

เมื่อ h_r = Linearized radiant
 h_c = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน
 T_{MRT} = อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature)
 T_{air} = อุณหภูมิอากาศ

ใช้เมื่อมีอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย 50 องศาเซลเซียส และเมื่อมีความเร็วลมที่ 0.4 เมตรต่อวินาที โดยจะค่าสัมประสิทธิ์ของพาความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมาใช้ในการคำนวณด้วย แต่ในช่วงสภาวะที่มีอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยน้อยกว่า 50 องศาเซลเซียส และความเร็วลมน้อยกว่า 0.4 เมตรต่อวินาที จะใช้อุณหภูมิของการแผ่รังสีเฉลี่ยและอุณหภูมิของอากาศเป็นค่าเฉลี่ยกัน โดยค่าสัมประสิทธิ์ของพาความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนจะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิ จะได้สูตรคำนวณ

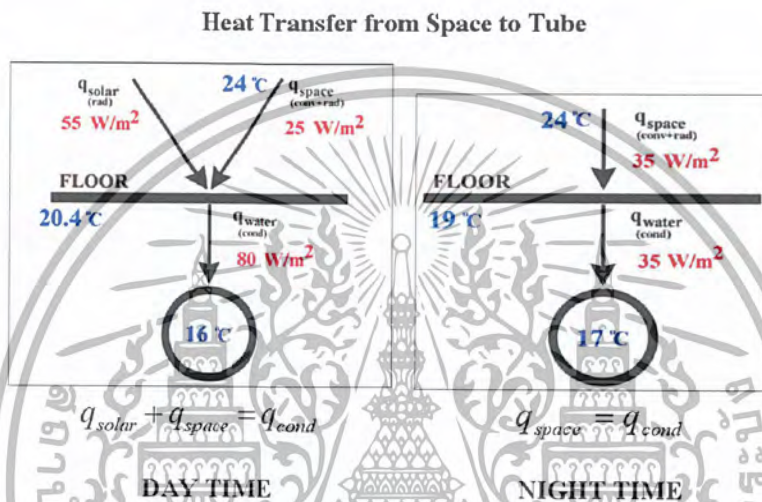
$$T_{op} = \frac{(T_{MRT} + T_{Room})}{2} \quad (3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบและคำนวณ

ระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้นเป็นระบบที่ใช้น้ำในการถ่ายเทความร้อน ดังนั้นอุณหภูมิ น้ำเข้าระบบที่เหมาะสมย่อมสามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ และเนื่องจากระบบทำ ความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้นต้องทำความเย็นทั้งช่วงเวลาที่พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ และช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ ถ้าให้อุณหภูมิน้ำเข้าคงที่อาจทำให้พื้นมี อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ซึ่งอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสมนั้นควรอยู่ในช่วง 19-20.5 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิพื้น เพื่อหาการควบคุมอุณหภูมิ พื้นที่เหมาะสม



รูปที่ 5 แสดงช่วงเวลาที่พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนและไม่ได้รับภาระรังสีความร้อน

จากรูปที่ 5 จะเห็นว่า การถ่ายเทความร้อนสู่พื้น ในช่วงเวลากลางวันจะเท่ากับ 80 วัตต์ต่อตาราง เมตร และการถ่ายเทความร้อนสู่พื้นในช่วงเวลากลางคืนจะเท่ากับ 35 วัตต์ต่อตารางเมตร จึงทำการจำลอง ภาระความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้น ซึ่งได้นำสถิติค่าความร้อนของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบยัง พื้นโลกที่มีค่าสูงสุดตลอดทั้งปี พบว่าที่เดือนเมษายนจะมีค่าความร้อนสูงสุด การทดลองได้นำค่าเฉลี่ยต่อ วันของเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2547 มาคำนวณหาระดับความร้อนในช่วงเวลาต่างๆ ที่มีค่ารังสีความร้อน ตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึงเวลา 19.00 น. โดยในช่วงเวลา 13.00 น. มีค่ารังสีความร้อนสูงสุด 325×10^{-2} เมกะจูล ต่อตารางเมตร จึงต้องทำการคำนวณให้ได้ตามจำนวนวัตต์ต่อตารางเมตรตามระบบของห้องทดลอง โดยใช้ค่าภาระความร้อนจากแสงอาทิตย์สูงสุด

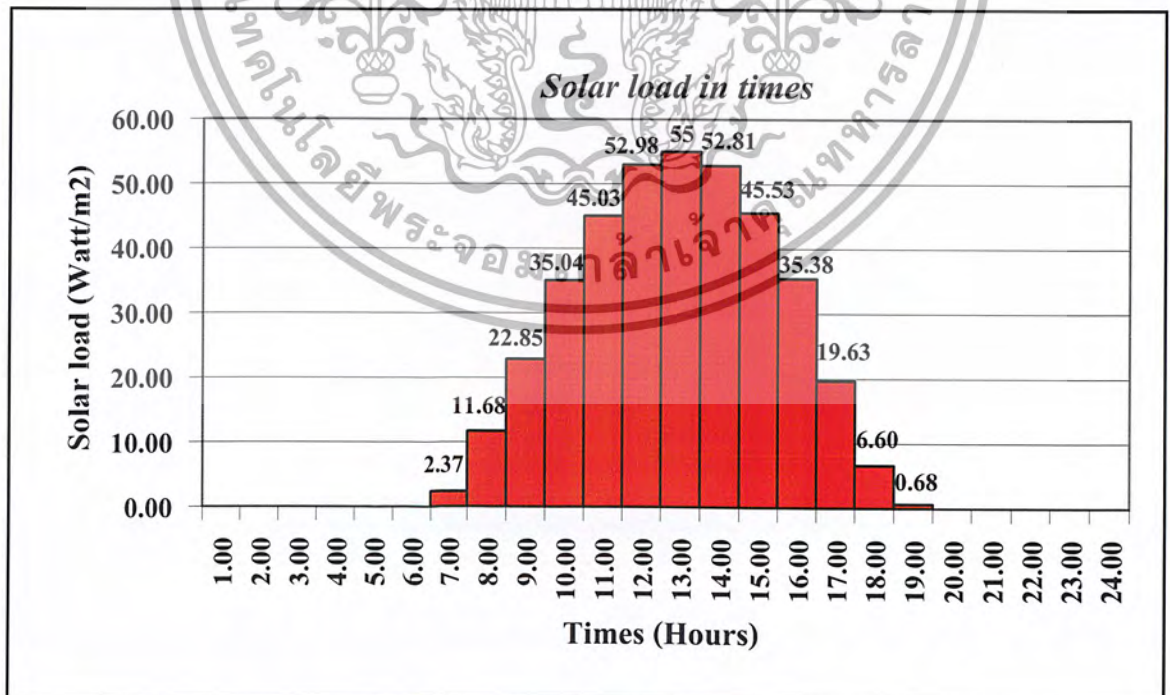
$$1 \text{ เมกะจูลต่อตารางเมตร} = 277.78 \text{ วัตต์ต่อตารางเมตร}$$

จาก 325×10^{-2} เมกะจูลต่อตารางเมตร ได้ 902.79 วัตต์ต่อตารางเมตร จากภาระรังสีความร้อน สูงสุดของระบบ 55 วัตต์ต่อตารางเมตร จะได้ค่า Factor 16.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงค่าภาระรังสีความร้อนแสงอาทิตย์

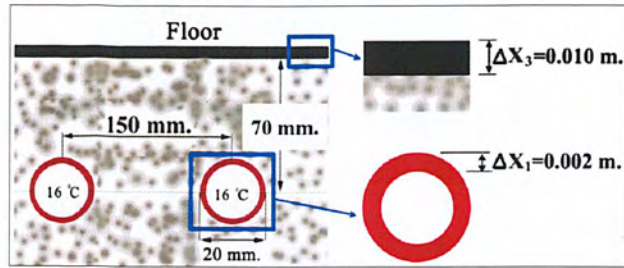
Time (Hour)	Solar Load-actual (10^{-2} MJ/m ²)	Solar Load-actual (10^{-2} Watt/m ²)	Factor	Solar Load (Watt/m ²)
7.00	14	38.89	16.41	2.37
8.00	69	191.67	16.41	11.68
9.00	135	375.00	16.41	22.85
10.00	207	575.00	16.41	35.04
11.00	266	738.89	16.41	45.03
12.00	313	869.45	16.41	52.98
13.00	325	902.79	16.41	55.00
14.00	312	866.67	16.41	52.81
15.00	269	747.23	16.41	45.53
16.00	209	580.56	16.41	35.38
17.00	116	322.22	16.41	19.63
18.00	39	108.33	16.41	6.60
19.00	4	11.11	16.41	0.68



รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงภาระรังสีความร้อนตลอดวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การออกแบบ



Case study : distance between of pipe is 150 mm.

รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งการวางท่อน้ำ

ค่าที่ใช้ในการออกแบบ :

ค่าสภาพการนำความร้อนของท่อ PEX (k_1)	:	0.35	W/m °C
ความหนาของท่อ PEX	:	0.0023	m
ค่าสภาพการนำความร้อนของคอนกรีต (k_2)	:	1.3	W/m °C
ความหนาของชั้นคอนกรีต	:	0.06	m
ค่าสภาพการนำความร้อนของฉนวน (k)	:	0.037	W/m °C

3.4.2 การคำนวณ

ระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้นใช้น้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนให้กับพื้น ดังนั้นสมการการถ่ายเทความร้อน คือ

$$q_{cond} = U(T_{floor} - T_{water}) \tag{3.8}$$

เมื่อ U เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (Overall heat transfer coefficient)

$$\frac{1}{U} = \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{A}{sk_2} \tag{3.9}$$

S : shape factors ของท่อน้ำ

Schematic	Shape factor	Restrictions
	$\frac{2\pi L}{\ln(2D/r)}$	$L \gg r$ $D > 3r$

รูปที่ 8 แบบทรงกระบอกอุณหภูมิคงที่ยาว L วางในแนวนอน ฝังในตัวกลางกึ่งอนันต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

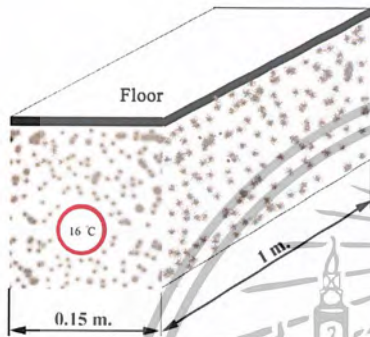
จากสมการ Shape Factors

$$S = \frac{2\pi L}{\ln(2D/r)} \quad (3.10)$$

แทนค่าที่ใช้ในการออกแบบในสมการที่ (2.10) ได้ค่า Shape Factors

$$S = \frac{2\pi(1m)}{\ln[(2 \times 0.06m)/0.01m]}$$

$$S = 2.529m$$



รูปที่ 9 ชิ้นส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณ

เมื่อ A คือพื้นที่ที่พิจารณาความยาว 1 เมตร กว้าง 0.15 เมตร

ดังนั้น $A = \text{กว้าง} \times \text{ยาว}$

$$A = 1 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}$$

$$A = 0.15 \text{ m}^2$$

นำค่าที่ได้จากการคำนวณแทนในสมการ (3.9) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด

$$\frac{1}{U} = \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{A}{sk_2}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{0.0023 \text{ m}}{0.35 \text{ W/m} \cdot \text{C}} + \frac{0.15 \text{ m}^2}{(1.3 \text{ W/m} \cdot \text{C})(2.529 \text{ m})}$$

$$U = 18.16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

เนื่องจากระบบต้องทำงานทั้งช่วงเวลาที่พื้นได้รับการระความร้อนจากแสงอาทิตย์และช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับการระความร้อนจากแสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงต้องแยกพิจารณาเพื่อให้เหมาะสมกับอุณหภูมิพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาต่างๆ และต้องคำนึงถึงการเกิดการควบแน่นบริเวณท่อส่งน้ำเย็นที่เข้าระบบ เพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน

คำนวณหาอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิพื้น

เมื่อกำหนดให้อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point Temperature) อยู่ที่ 14 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกัน

การเกิดการควบแน่นบริเวณท่อ ควรออกแบบให้อุณหภูมิน้ำเข้าสูงกว่าหรือใกล้เคียงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการแจ้งขึ้นเพื่อคุ้มครองสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาของผู้จัดทำขึ้น ซึ่งผู้จัดทำขึ้นขอสงวนสิทธิ์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ อุณหภูมิน้ำออก (T_{return}) : 19 °C
 อุณหภูมิน้ำเข้า (T_{supply}) : 13 °C

ดังนั้นผลต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหภูมิน้ำออก (ΔT)

$$\Delta T = T_{return} - T_{supply}$$

$$\Delta T = 6^{\circ}C$$

และอุณหภูมิเฉลี่ย (T_w)

$$T_w = \frac{(T_{return} + T_{supply})}{2}$$

$$T_w = 16^{\circ}C$$

หาอัตราการไหล จากสมการ

$$q_{cond} = \frac{\dot{m}_f C_p \Delta T}{A} \tag{3.11}$$

พิจารณาช่วงเวลาที่พื้นได้รับการรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์

เมื่อ $q_{cond} = 80 \text{ W/m}^2$
 $C_p = 4.18 \text{ W/m}^2$

แทนค่าในสมการ (3.11)

$$\dot{m}_f = \frac{q_{cond} A}{C_p \Delta T}$$

$$\dot{m}_f = \frac{(80 \text{ W/m}^2)(19.35 \text{ m}^2)}{(4.18 \times 1000 \text{ J/kg}^{\circ}C)(6^{\circ}C)}$$

$$\dot{m}_f = 0.067 \text{ kg/s}$$

เมื่อ

$$\dot{m}_f = \rho \dot{V}$$

$$\therefore \dot{V} = \dot{m}_f / \rho$$

$$\dot{V} = 3.7 \approx 4 \text{ L/min}$$

จากผลการคำนวณ ที่อุณหภูมิน้ำเข้า 13 องศาเซลเซียส อัตราการไหลที่เหมาะสมอยู่ที่ 4 ลิตรต่อ นาที ดังนั้นในการทดลองหาอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิพื้นจึงเริ่มการทดลองที่อัตราการไหล 4 ลิตรต่อนาที เพื่อป้องกันการเกิดการควบแน่นบริเวณท่อและทำการทดลองต่อไปที่อัตราการไหล 5 และ 6 ลิตรต่อนาที

ต่อมาพิจารณาหาอุณหภูมิพื้นเมื่อได้รับการรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ จากสมการ (3.8)

$$q_{cond} = U(T_{floor} - T_w)$$

$$T_{floor} = \frac{q_{cond}}{U} + T_w$$

$$T_{floor} = \frac{80W / m^2}{18.16W / m^2 \cdot ^\circ C} + 16^\circ C$$

$$T_{floor} = 20.45 \approx 20.5^\circ C$$

ดังนั้นอุณหภูมิพื้นช่วงเวลาที่ได้รับการรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์อยู่ที่ประมาณ 20.5 องศาเซลเซียส ซึ่งจะนำค่าอุณหภูมินี้ไปใช้ในการออกแบบคำนวณหาอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิพื้น โดยกำหนดให้อุณหภูมิพื้นช่วงเวลาที่มิได้รับการรังสีจากแสงอาทิตย์อยู่ที่ 19 องศาเซลเซียส

ที่อัตราการไหล 4 ลิตรต่อนาที

- พิจารณาระยะเวลาที่พื้นได้รับการรังสีจากแสงอาทิตย์

กำหนดให้ $T_{floor} = 20.5^\circ C$

$q_{cond} = 80 W/m^2$

อัตราการไหล = 0.067 kg/s

หาอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (T_w) จากสมการ (3.8)

$$q_{cond} = U(T_{floor} - T_w)$$

$$80W / m^2 = 18.16W / m^2 \cdot ^\circ C (20.5^\circ C - T_w)$$

$$T_w = 16.10^\circ C$$

เมื่อ

$$T_w = \frac{T_{supply} + T_{return}}{2} \dots\dots\dots (a)$$

หาอุณหภูมิน้ำออก (T_{return}) จากสมการ (3.11)

$$q_{cond} = \frac{\dot{m}_f C_p \Delta T}{A}$$

$$80W / m^2 = \frac{(0.067kg / s)(4.18 \times 1000J / kg^\circ C)(\Delta T)}{19.35m^2}$$

$$\Delta T = 5.53^\circ C$$

เมื่อ

$$\Delta T = T_{return} - T_{supply} \dots\dots\dots (b)$$

$$T_{return} = 5.53 + T_{supply}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าจากสมการ (b) ลงในสมการ (a) เพื่อหาอุณหภูมิน้ำเข้า

$$T_w = \frac{5.53 + T_{supply} + T_{supply}}{2}$$

$$T_{supply} = 13.33 \approx 13^\circ C$$

□ พิจารณาช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับรังสีจากแสงอาทิตย์

กำหนดให้ $T_{floor} = 19^\circ C$

$$q_{cond} = 35 \text{ W/m}^2$$

$$\text{อัตราการไหล} = 0.067 \text{ kg/s}$$

หาอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (T_w) จากสมการ (3.8)

$$q_{cond} = U(T_{floor} - T_w)$$

$$35 \text{ W/m}^2 = 18.16 \text{ W/m}^2 \cdot C (19^\circ C - T_w)$$

$$T_w = 17.10^\circ C$$

เมื่อ

$$T_w = \frac{T_{supply} + T_{return}}{2} \dots (c)$$

หาอุณหภูมิน้ำออก (T_{return}) จากสมการ (3.11)

$$q_{cond} = \frac{m_f C_p \Delta T}{A}$$

$$35 \text{ W/m}^2 = \frac{(0.067 \text{ kg/s})(4.18 \times 1000 \text{ J/kg}^\circ C)(\Delta T)}{19.35 \text{ m}^2}$$

$$\Delta T = 2.42^\circ C$$

เมื่อ

$$\Delta T = T_{return} - T_{supply} \dots (d)$$

$$T_{return} = 2.42 + T_{supply}$$

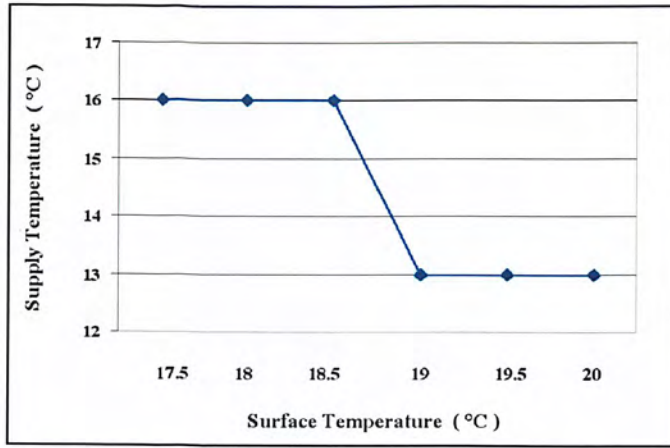
แทนค่าจากสมการ (d) ลงในสมการ (c) เพื่อหาอุณหภูมิน้ำเข้า

$$T_w = \frac{2.42 + T_{supply} + T_{supply}}{2}$$

$$T_{supply} = 15.89 \approx 16^\circ C$$

จากผลการคำนวณเพื่อหาอุณหภูมิน้ำเข้าที่อัตราการไหล 4 ลิตรต่ออนาที พบว่าช่วงเวลาที่พื้นได้รับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ควรให้อุณหภูมิน้ำเข้าอยู่ที่ 13 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ควรให้อุณหภูมิน้ำเข้าอยู่ที่ 16 องศาเซลเซียส แสดงช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดงช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น

จากรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้นั้น ต้องมีการเปลี่ยนตามอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสมด้วยซึ่งการหาช่วงการเปลี่ยนอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสมนั้นอาจหาได้จากการคำนวณหรือจากการทดลอง

ที่อัตราการไหล 5 ลิตรต่อวินาที

- พิจารณาช่วงเวลาพื้นได้รับรังสีจากแสงอาทิตย์

กำหนดให้

$$T_{\text{floor}} = 20.5^{\circ}\text{C}$$

$$q_{\text{cond}} = 80 \text{ W/m}^2$$

$$\text{อัตราการไหล} = 0.083 \text{ kg/s}$$

หาอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (T_w) จากสมการ (3.8)

$$q_{\text{cond}} = U(T_{\text{floor}} - T_w)$$

$$80 \text{ W/m}^2 = 18.16 \text{ W/m}^2\text{C}(20.5^{\circ}\text{C} - T_w)$$

$$T_w = 16.10^{\circ}\text{C}$$

เมื่อ

$$T_w = \frac{T_{\text{supply}} + T_{\text{return}}}{2} \dots\dots\dots(e)$$

หาอุณหภูมิน้ำออก (T_{return}) จากสมการ (3.11)

$$q_{\text{cond}} = \frac{\dot{m}_f C_p \Delta T}{A}$$

$$80 \text{ W/m}^2 = \frac{(0.083 \text{ kg/s})(4.18 \times 1000 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C})(\Delta T)}{19.35 \text{ m}^2}$$

$$\Delta T = 4.46^{\circ}\text{C}$$

เมื่อ

$$\Delta T = T_{\text{return}} - T_{\text{supply}} \dots\dots\dots(f)$$

$$T_{\text{return}} = 4.46 + T_{\text{supply}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาระงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าจากสมการ (f) ลงในสมการ (e) เพื่อหาอุณหภูมิน้ำเข้า

$$T_w = \frac{4.46 + T_{supply} + T_{supply}}{2}$$

$$T_{supply} = 13.87 \approx 13.5^\circ C$$

□ พิจารณาช่วงเวลาที่ยังไม่ได้รับบริการรังสีจากแสงอาทิตย์

กำหนดให้ $T_{floor} = 19^\circ C$

$$q_{cond} = 35 \text{ W/m}^2$$

$$\text{อัตราการไหล} = 0.083 \text{ kg/s}$$

หาอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (T_w) จากสมการ (3.8)

$$q_{cond} = U(T_{floor} - T_w)$$

$$35 \text{ W/m}^2 = 18.16 \text{ W/m}^2 C (19^\circ C - T_w)$$

$$T_w = 17.10^\circ C$$

เมื่อ

$$T_w = \frac{T_{supply} + T_{return}}{2} \dots\dots\dots (g)$$

หาอุณหภูมิน้ำออก (T_{return}) จากสมการ (3.11)

$$q_{cond} = \frac{\dot{m} C_p \Delta T}{A}$$

$$35 \text{ W/m}^2 = \frac{(0.083 \text{ kg/s})(4.18 \times 1000 \text{ J/kg}^\circ C)(\Delta T)}{19.35 \text{ m}^2}$$

$$\Delta T = 1.95 \approx 2^\circ C$$

เมื่อ

$$\Delta T = T_{return} - T_{supply} \dots\dots\dots (h)$$

$$T_{return} = 2 + T_{supply}$$

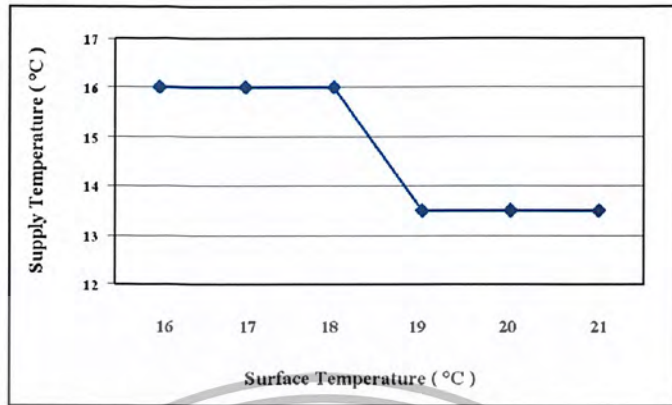
แทนค่าจากสมการ (h) ลงในสมการ (g) เพื่อหาอุณหภูมิน้ำเข้า

$$T_w = \frac{2 + T_{supply} + T_{supply}}{2}$$

$$T_{supply} = 16.1 \approx 16^\circ C$$

จากผลการคำนวณเพื่อหาอุณหภูมิน้ำเข้าที่อัตราการไหล 5 ลิตรต่ออนาที ช่วงเวลาที่พื้นได้รับบริการรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์อุณหภูมิน้ำเข้าคำนวณได้ 13.87 องศาเซลเซียส แต่ประมาณให้อุณหภูมิน้ำเข้า 13.5 องศาเซลเซียส เนื่องจากช่วงที่พื้นได้รับบริการรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์พื้นจะมีอุณหภูมิสูงซึ่งถ้าให้อุณหภูมิน้ำเข้าสูงอาจทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นให้อยู่ช่วงที่ต้องการได้ และช่วงเวลาที่พื้น

ไม่ได้รับการรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ควรให้อุณหภูมิน้ำเข้าอยู่ที่ 16 องศาเซลเซียส แสดงช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าดังรูป



รูปที่ 11 แสดงช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น

จากรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้นั้น ต้องมีการเปลี่ยนตามอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสมด้วยซึ่งการหาช่วงการเปลี่ยนอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสมนั้นอาจหาได้จากปริมาณหรือจากการทดลอง

ที่อัตราการไหล 6 ลิตรต่อนาที

- พิจารณาช่วงเวลาพื้นได้รับการรังสีจากแสงอาทิตย์

กำหนดให้ $T_{floor} = 20.5^{\circ}C$
 $q_{cond} = 80 W/m^2$
 อัตราการไหล = 0.10 kg/s

หาอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (T_w) จากสมการ (3.8)

$$q_{cond} = U(T_{floor} - T_w)$$

$$80 W/m^2 = 18.16 W/m^2 \cdot C (20.5^{\circ}C - T_w)$$

$$T_w = 16.10^{\circ}C$$

เมื่อ

$$T_w = \frac{T_{supply} + T_{return}}{2} \dots\dots\dots(w)$$

หาอุณหภูมิน้ำออก (T_{return}) จากสมการ (3.11)

$$q_{cond} = \frac{\dot{m}_f C_p \Delta T}{A}$$

$$80 W/m^2 = \frac{(0.10 kg/s)(4.18 \times 1000 J/kg^{\circ}C)(\Delta T)}{19.35 m^2}$$

$$\Delta T = 3.70^{\circ}C$$

เมื่อ

$$\Delta T = T_{\text{return}} - T_{\text{supply}} \dots\dots\dots(x)$$

$$T_{\text{return}} = 3.70 + T_{\text{supply}}$$

แทนค่าจากสมการ (x) ลงในสมการ (w) เพื่อหาอุณหภูมิน้ำเข้า

$$T_w = \frac{3.70 + T_{\text{supply}} + T_{\text{supply}}}{2}$$

$$T_{\text{supply}} = 14.25 \approx 14^\circ\text{C}$$

□ พิจารณาช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับบริการรังสีจากแสงอาทิตย์

$$\text{กำหนดให้ } T_{\text{floor}} = 19^\circ\text{C}$$

$$q_{\text{cond}} = 35 \text{ W/m}^2$$

$$\text{อัตราการไหล} = 0.10 \text{ kg/s}$$

หาอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (T_w) จากสมการ (3.8)

$$q_{\text{cond}} = U(T_{\text{floor}} - T_w)$$

$$35 \text{ W/m}^2 = 18.16 \text{ W/m}^2\text{C}(19^\circ\text{C} - T_w)$$

$$T_w = 17.10^\circ\text{C}$$

เมื่อ

$$T_w = \frac{T_{\text{supply}} + T_{\text{return}}}{2} \dots\dots\dots(y)$$

หาอุณหภูมิน้ำออก (T_{return}) จากสมการ (3.11)

$$q_{\text{cond}} = \frac{\dot{m}_f C_p \Delta T}{A}$$

$$35 \text{ W/m}^2 = \frac{(0.10 \text{ kg/s})(4.18 \times 1000 \text{ J/kg}^\circ\text{C})(\Delta T)}{19.35 \text{ m}^2}$$

$$\Delta T = 1.62^\circ\text{C}$$

เมื่อ

$$\Delta T = T_{\text{return}} - T_{\text{supply}} \dots\dots\dots(z)$$

$$T_{\text{return}} = 1.62 + T_{\text{supply}}$$

แทนค่าจากสมการ (z) ลงในสมการ (y) เพื่อหาอุณหภูมิน้ำเข้า

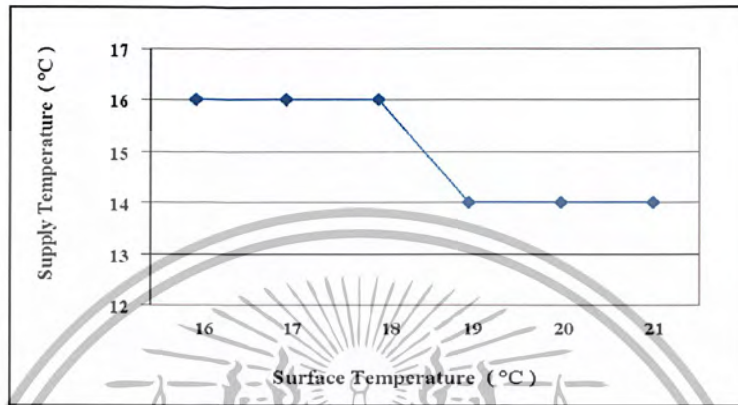
$$T_w = \frac{1.62 + T_{\text{supply}} + T_{\text{supply}}}{2}$$

$$T_{\text{supply}} = 16.29 \approx 16^\circ\text{C}$$

จากผลการคำนวณเพื่อหาอุณหภูมิน้ำเข้าที่อัตราการไหล 6 ลิตรต่ออนาที ช่วงเวลาที่พื้นได้รับบริการรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์อุณหภูมิน้ำเข้าคำนวณได้ 14.25 องศาเซลเซียส แต่ประมาณให้อุณหภูมิน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้า 14 องศาเซลเซียส เนื่องจากช่วงที่พื้นได้รับการรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์พื้นจะมีอุณหภูมิสูงซึ่งถ้าให้อุณหภูมิน้ำเข้าสูงอาจทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นให้อยู่ช่วงที่ต้องการได้ และช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับการรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์อุณหภูมิน้ำเข้าอยู่ที่ 16.29 องศาเซลเซียส แต่ประมาณให้อุณหภูมิน้ำเข้า 16 องศาเซลเซียส เนื่องจากต้องการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าคงที่ แสดงช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าดังรูป



รูปที่ 12 แสดงช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น

จากรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้นั้น ต้องมีการเปลี่ยนตามอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสมด้วยซึ่งการหาช่วงการเปลี่ยนอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสมนั้นอาจหาได้จากกราฟคำนวณหรือจากการทดลอง

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1) ศึกษาทฤษฎีและวิธีการทำงานของระบบการทำความเย็นแบบแฟรงค์สีจากพื้น และวิเคราะห์หาข้อบกพร่องของระบบ เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุง

2) จำลองภาระรังสีความร้อนของแสงแดดให้กับระบบที่เกิดขึ้นจริงตลอดทั้งวัน จากรังสีความร้อนของแสงอาทิตย์

3) ทำการทดลองหาค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นกับอุณหภูมิในพื้นที่ เพื่อหาความสัมพันธ์ของทั้งสองค่าที่เกิดขึ้นกับระบบ

4) ทดลองอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่า Operative Temperature เปรียบเทียบกับค่า Operative Temperature ที่ได้ผลจากการคำนวณ

5) ทดลองหาการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น จาก 2 วิธี ดังนี้

5.1) การคำนวณจากทางทฤษฎี เพื่อหาวิธีการควบคุมที่เหมาะสม

5.2) การควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้คงที่ที่ 12, 13, 14, 15 และ 16 องศาเซลเซียส แล้วนำ

ผลการทดลองที่ได้มาควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น

6) ทดลองหาการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้คงที่ที่ 12, 13, 14, 15, 16 และ 17 องศาเซลเซียส แล้วนำผลการทดสอบที่ได้มาควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่

7) ทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น โดยการเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ 4, 5 และ 6 ลิตรต่อวินาที จากการคำนวณทางทฤษฎีเพื่อหาวิธีการควบคุมที่เหมาะสม

8) เปลี่ยนตำแหน่งของ RFC วาล์ว จากตำแหน่งก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ไว้ที่ตำแหน่งก่อนน้ำเย็นไหลเข้าพื้นที่

9) ทดลองการควบคุมระบบหลังจากเปลี่ยนตำแหน่ง RFC วาล์ว ตามวิธีการควบคุมที่เหมาะสมของตำแหน่ง RFC วาล์วก่อนเข้า Heat Exchanger

4.2 อุปกรณ์การทดลอง

ห้องทดลอง

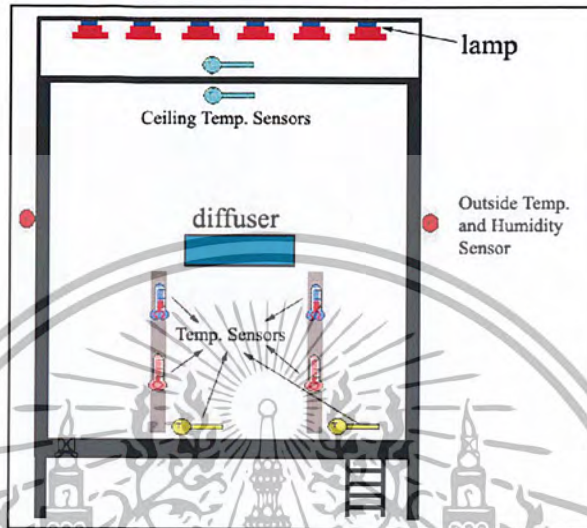
เป็นการจำลองระบบการทำความเย็นภายในอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งได้รับการออกแบบให้พื้นที่ของห้องได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง โดยมีขนาดกว้าง 4.5 เมตร ยาว 4.3 เมตร และความสูงจากพื้นถึงเพดาน 2.7 เมตร มีพื้นที่ในการทำความเย็นที่พื้นประมาณ 19.4 ตารางเมตร ประกอบด้วยพื้นคอนกรีตที่มีท่อ้ำอยู่ภายใน 2 ชุด หลังคากระจกใส และชุดคอยล์เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับภาระจากแสงอาทิตย์จะใช้การจำลองการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ด้วยแสงไฟ (Lamp) ดังรูปที่ 5 เพื่อให้เกิดการรังสีความร้อนในปริมาณและรูปแบบต่างๆ กันในการทดลองตามกรณีทดลอง

เซนเซอร์

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าต่างๆ เช่น อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดค่าความชื้น ที่ตำแหน่งต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกห้องทดสอบ ดังรูปที่ 13



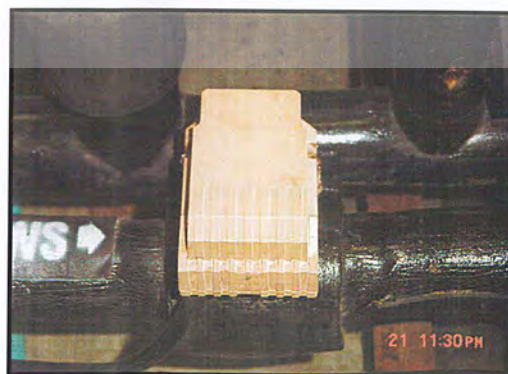
รูปที่ 13 แผนผังแสดงตำแหน่งเซนเซอร์และโคมไฟ (Front View)

อุปกรณ์วัดค่า Operative Temperature

Operative Temperature เป็นอุณหภูมิความรู้สึกของมนุษย์ที่สัมผัส การทดลองจะจำลองอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าจากวัสดุรูปทรงกระบอกหุ้มด้วยผ้าสีเทา โดยมีเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิอยู่ในวัสดุรูปทรงกระบอก แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณจากสูตรการคำนวณในบทที่ 3

2-Way Valve

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จำกัดการไหลของน้ำเย็นที่ไหลผ่านท่อ เพื่อการกำหนดอัตราการไหลที่ทางออกของวาล์ว ให้สัมพันธ์กับการควบคุม ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ภาพ RFC Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิธีการทดลอง

1) คำนวณภาระรังสีความร้อนที่ตกกระทบพื้นของห้องทดลองสามารถรับได้สูงสุด โดยนำค่าภาระรังสีความร้อนแสงแดดจากดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นสูงสุดในหนึ่งวัน มาคำนวณระดับการถ่ายเทรังสีความร้อนให้สอดคล้องกับเวลาในหนึ่งวัน เพื่อนำผลของระดับการถ่ายเทรังสีความร้อนนำมาทดลอง

2) ทดลองหาค่าผลแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นกับอุณหภูมิในพื้น โดยการควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้นที่ 19 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นที่ 50-55 %RH อัตราการไหลคงที่ที่ 4 ลิตรต่ออนาที ให้พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนตกกระทบที่พื้นคงที่ที่ 50 วัตต์ต่อตารางเมตร และเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำเข้าให้คงที่ที่ 12, 13, 14 และ 15 องศาเซลเซียส เมื่อได้ผลแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นกับอุณหภูมิในพื้น แล้วจะนำผลการทดลองมาหาความสัมพันธ์ต่อไป

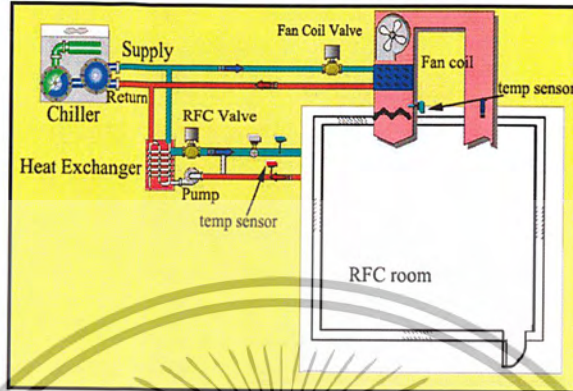
3) ทดลองค่า Operative Temperature ที่จำลองขึ้นจากวัสดุรูปทรงกระบอกหุ้มด้วยผ้าสีเทา โดยมีเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิอยู่ในวัสดุรูปทรงกระบอก เพื่อเปรียบเทียบผลแตกต่างกับ Operative Temperature ที่ได้จากการคำนวณ โดยทดลองวัดค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature, T_{MRT}) ที่วัดจาก Data Logger เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย และค่าที่วัดจากเซนเซอร์อุณหภูมิห้อง (T_{Room}) นำค่ามาคำนวณหา Operative Temperature การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดค่า Operative Temperature จะวางวัดที่กลางห้องทดลอง สูงจากพื้นประมาณ 60 เซนติเมตร โดยใช้เซนเซอร์วัดค่า Operative Temperature จำนวน 4 ตัว แล้วหาค่าเฉลี่ย การทดลองจะให้พื้นรับภาระรังสีความร้อนตกกระทบที่พื้น 0, 30 และ 50 วัตต์ต่อตารางเมตร กรณีละ 2 ชั่วโมง

4) ทดลองหาวิธีการควบคุมที่เหมาะสมโดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้คงที่ โดยการควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้นที่ 19 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นที่ 50-55 %RH อัตราการไหลคงที่ที่ 4 ลิตรต่ออนาที ให้พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนตกกระทบที่พื้นตลอดหนึ่งวัน และเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำเข้าให้คงที่ที่ 12, 13, 14 และ 15 องศาเซลเซียส แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์วิธีการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น และคำนวณหาค่าการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น เพื่อหาวิธีการควบคุม

5) เมื่อทราบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นกับอุณหภูมิในพื้น จะทำการทดลองหาวิธีการควบคุมที่เหมาะสมโดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้คงที่ โดยการควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้นที่ 19 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นที่ 50-55 %RH อัตราการไหลคงที่ที่ 4 ลิตรต่ออนาที ให้พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนตกกระทบที่พื้นตลอดหนึ่งวัน และเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำเข้าให้คงที่ที่ 12, 13, 14, 15, 16 และ 17 องศาเซลเซียส แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์วิธีการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้น

6) คำนวณหาค่าการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น โดยการเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ 4, 5 และ 6 ลิตรต่ออนาที และควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้นที่ 19 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นที่ 50-55 %RH ให้พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนตกกระทบที่พื้นตลอดหนึ่งวัน เพื่อหาวิธีการควบคุม

7) เปลี่ยนตำแหน่งของ RFC วาล์ว จากตำแหน่งก่อนเข้า Heat Exchanger ไว้ที่ตำแหน่งก่อนน้ำเย็นไหลเข้าพื้นที่ และทดลองการควบคุมระบบหลังจากเปลี่ยนตำแหน่ง RFC Valve ตามวิธีการควบคุมของตำแหน่ง RFC Valve ก่อนเข้า Heat Exchanger



รูปที่ 15 แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งของ RFC Valve

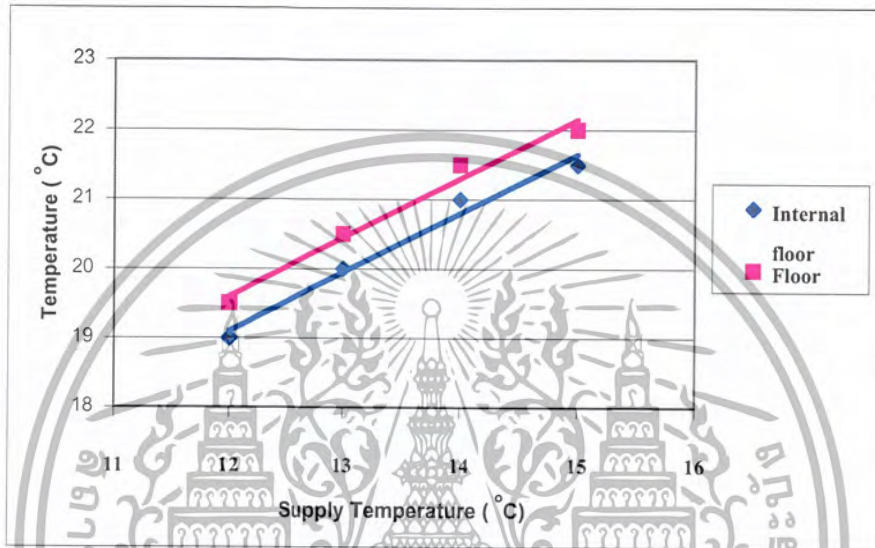
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

1. ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นและอุณหภูมิในพื้นที่

เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำเข้าให้คงที่ที่ 12, 13, 14 และ 15 องศาเซลเซียส ความคุมอัตราการไหลของน้ำที่ 4 ลิตรต่อนาที และให้พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนตกกระทบบที่พื้นคงที่ที่ 50 วัตต์ต่อตารางเมตร ผลการทดลองจะแสดงได้ดังรูปที่ 16



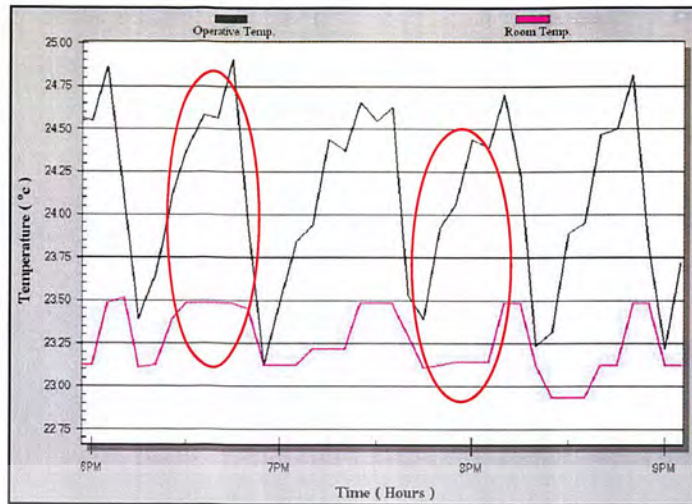
รูปที่ 16 แสดงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นและอุณหภูมิในพื้นที่

จากรูปแสดงผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิน้ำเข้า 12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้น 19 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นที่มีค่า 19.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำเข้า 13 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้น 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นที่มีค่า 20.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำเข้า 14 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้น 21 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นที่มีค่า 21.5 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิน้ำเข้า 15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้น 21.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นที่มีค่า 22 องศาเซลเซียส ดังนั้นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นและอุณหภูมิในพื้นที่มีค่าความแตกต่างกัน 0.5 องศาเซลเซียส

2. ความสัมพันธ์ Operative Temperature ของการคำนวณกับอุปกรณ์ทดลอง

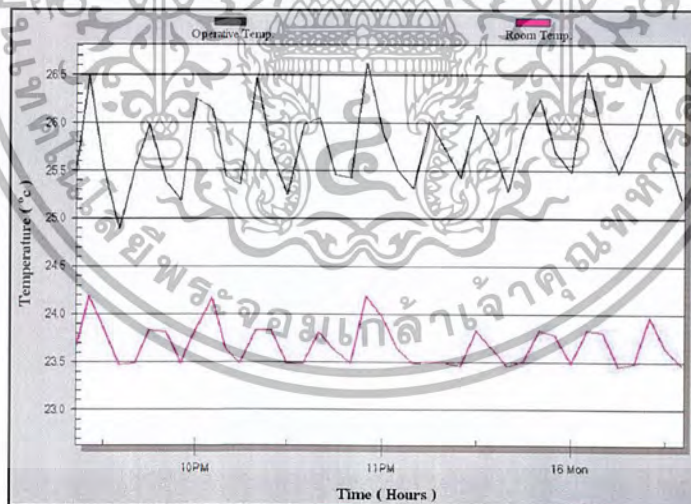
โดยเปรียบเทียบกับระหว่าง Operative Temperature ที่ได้จากการคำนวณในสูตรที่ (2.7) และที่ได้จากอุปกรณ์ทดลอง โดยใช้ภาชนะรูปทรงระบอกลมด้วยผ้าสีเทา ติดตั้งวัดค่า Operative Temperature ไว้ที่กลางห้องทดลอง สูงจากพื้นประมาณ 60 เซนติเมตร และให้พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนตกกระทบบที่พื้น 0 วัตต์ต่อตารางเมตร นาน 3 ชั่วโมง, 30 วัตต์ต่อตารางเมตร นาน 3 ชั่วโมง และ 50 วัตต์ต่อตารางเมตร นาน 3 ชั่วโมง ความสัมพันธ์ระหว่าง Operative Temperature ของอุปกรณ์ทดลองกับอุณหภูมิห้อง แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่าง Operative Temperature ของอุปกรณ์กับอุณหภูมิห้องที่ 0 W/m^2 (เทา)

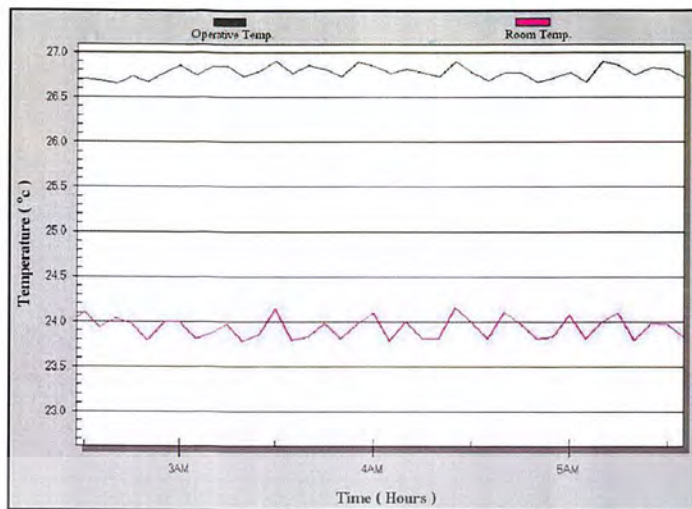
ผลการทดลองความสัมพันธ์ของค่า Operative Temperature ของอุปกรณ์ทดลองกับอุณหภูมิห้อง เมื่อพื้นไม่ได้รับการรังสีความร้อน ค่า Operative Temperature จะไม่ราบเรียบมีลักษณะแกว่งตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิห้อง เนื่องจากภาวะรูปทรงกระบอกหุ้มด้วยผ้าสีเทานั้นมีการดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าการคายความร้อนออก สังเกตได้เมื่ออุณหภูมิห้องสูงขึ้นและตกลงตามลักษณะการทำงานของขดลวดทำความร้อน (Heater) แต่ค่า Operative Temperature จะยังคงสูงขึ้นอีกจากการดูดกลืนความร้อนภายในระบบในระยะเวลาประมาณ 30 นาที จึงตกลงตามอุณหภูมิห้อง



รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่าง Operative Temperature ของอุปกรณ์กับอุณหภูมิห้องที่ 30 W/m^2 (เทา)

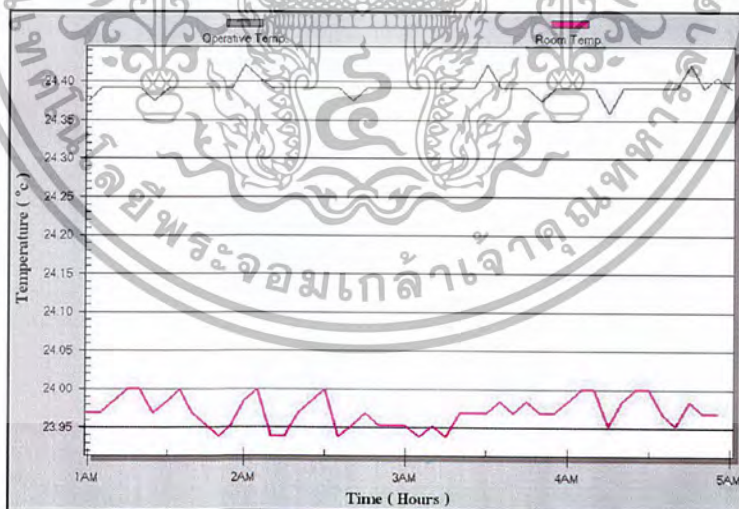
ค่า Operative Temperature ของอุปกรณ์ทดลองเมื่อพื้นไม่ได้รับการรังสีความร้อนตกกระทบบที่พื้น 30 วัตต์ต่อตารางเมตร มีลักษณะแกว่งตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิห้องมากกว่ากรณีที่พื้นไม่ได้รับการรังสีความร้อน และช่วงของการแกว่งของค่า Operative Temperature จะแตกต่างกันประมาณ 1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่าง Operative Temperature ของอุปกรณ์กับอุณหภูมิห้องที่ 50 W/m^2 (เทา)

ค่า Operative Temperature ของอุปกรณ์ทดลองเมื่อพื้นได้รับการระรังสีความร้อนตกกระทบบที่พื้น $50 \text{ วัตต์ต่อตารางเมตร}$ มีลักษณะของการแกว่งที่ราบเรียบ ค่าความแตกต่างกันประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองหาความสัมพันธ์ของค่า Operative Temperature ของอุปกรณ์ทดลองกับอุณหภูมิห้อง โดยใช้ภาชนะรูปทรงกระบอกหุ้มด้วยผ้าสีเทาในช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับการระรังสีความร้อน (0 W/m^2) ค่าที่ได้จะแกว่งมากไม่ราบเรียบ ดังนั้นทำการทดลองความสัมพันธ์ของค่า Operative Temperature ของอุปกรณ์ทดลองกับอุณหภูมิห้อง โดยใช้ภาชนะรูปทรงกระบอกหุ้มด้วยผ้าสีขาว แสดงผลดังรูป

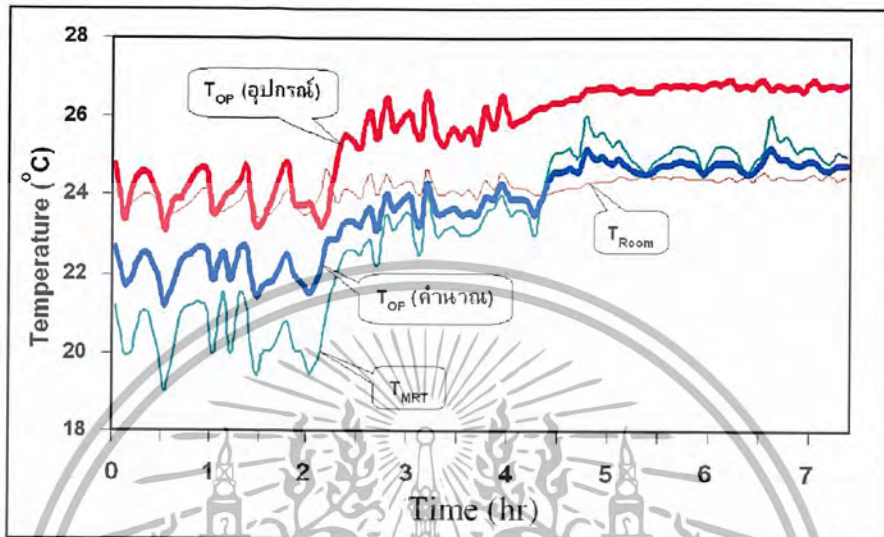


รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่าง Operative Temperature ของอุปกรณ์กับอุณหภูมิห้องที่ 0 W/m^2 (ขาว)

ค่า Operative Temperature ของอุปกรณ์ทดลองเมื่อพื้นได้รับการระรังสีความร้อนตกกระทบบที่พื้น $0 \text{ วัตต์ต่อตารางเมตร}$ มีลักษณะของการแกว่งที่ราบเรียบ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าในช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับการระรังสีความร้อนควรใช้อุปกรณ์ทดลองโดยใช้ภาชนะรูปทรงกระบอกหุ้มด้วยผ้าสีขาวดีกว่าภาชนะรูปทรงกระบอกหุ้มด้วยผ้าสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการเปรียบเทียบระหว่าง Operative Temperature ที่ได้จากการคำนวณในสูตรที่ (2.7) และที่ได้จากอุปกรณ์ทดลอง โดยใช้ภาชนะรูปทรงกระบอกหุ้มด้วยผ้าสีเทา ให้พื้นได้รับภาวะรังสีความร้อนตกกระทบบที่พื้น 0 วัตต์ต่อตารางเมตร นาน 3 ชั่วโมง, 30 วัตต์ต่อตารางเมตร นาน 3 ชั่วโมง และ 50 วัตต์ต่อตารางเมตร นาน 3 ชั่วโมง แสดงผลดังรูป

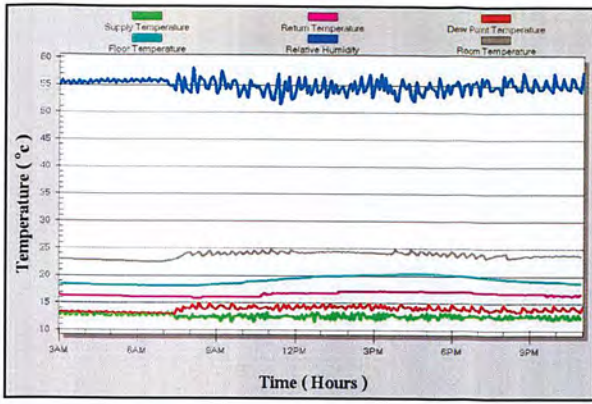


รูปที่ 21 แสดงผลการทดลองค่า Operative Temperature

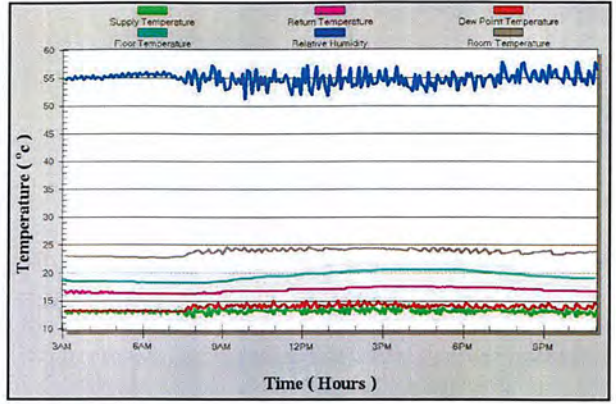
จากรูปแสดงผลการทดลอง เมื่อพื้น ไม่มีภาวะรังสีความร้อน ค่า Operative Temperature ที่วัดได้จากอุปกรณ์มีค่า 24 องศาเซลเซียส และ Operative Temperature ที่ได้จากการคำนวณมีค่า 22.2 องศาเซลเซียส และการคุกคามความร้อนของผ้าหุ้มสีเทาจะมากกว่าการคายความร้อน จะสังเกตได้จากรูปที่ 17 คือ Operative Temperature จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิห้องในช่วงที่มีความร้อน พื้นได้รับการรังสีความร้อนตกกระทบบที่พื้น 30 วัตต์ต่อตารางเมตร Operative Temperature ที่วัดได้จากอุปกรณ์มีค่า 25.8 องศาเซลเซียส และ Operative Temperature ที่ได้จากการคำนวณมีค่า 23.8 องศาเซลเซียส และเมื่อพื้นได้รับภาวะรังสีความร้อนตกกระทบบที่พื้น 50 วัตต์ต่อตารางเมตร Operative Temperature ที่วัดได้จากอุปกรณ์มีค่า 26.9 องศาเซลเซียส และ Operative Temperature ที่ได้จากการคำนวณมีค่า 25 องศาเซลเซียส แสดงว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ได้จากอุปกรณ์ทดลองสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณประมาณ 2 องศาเซลเซียส

3. ทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น

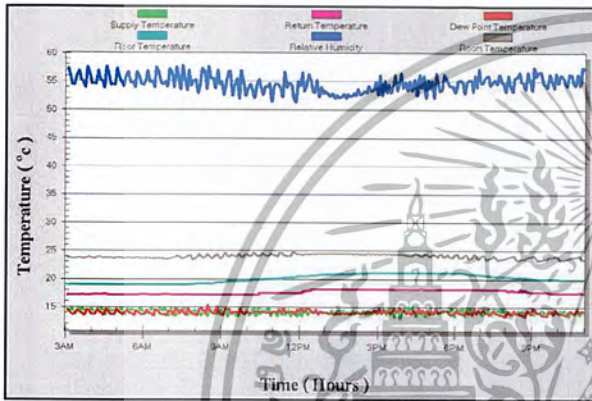
3.1 การควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าครั้งที่ 12, 13, 14 และ 15 องศาเซลเซียส ควบคุมอัตราการไหลครั้งที่ 4 ลิตรต่อนาที ให้พื้นได้รับภาวะรังสีความร้อนตกกระทบบที่พื้นตลอดทั้งวัน จะได้ผลการทดลองดังรูป



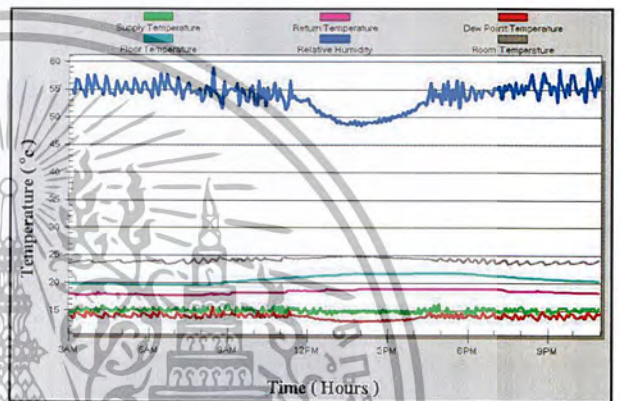
รูปที่ 22 ผลการควบคุมน้ำแข็งที่ 12 °C



รูปที่ 23 ผลการควบคุมน้ำแข็งที่ 13 °C



รูปที่ 24 ผลการควบคุมน้ำแข็งที่ 14 °C



รูปที่ 25 ผลการควบคุมน้ำแข็งที่ 15 °C

จากรูปผลการทดลองการควบคุมให้อุณหภูมิน้ำแข็งที่ 12, 13, 14 และ 15 องศาเซลเซียส จะ
ได้ผลการทดลอง ดังตาราง

ตารางที่ 2 แสดงอุณหภูมิผิวพื้นในการควบคุมอุณหภูมิน้ำแข็งที่

Supply Temp (°C)	Measured Surface Temperature		หมายเหตุ
	Min. Temp (°C)	Max. Temp (°C)	
12	18.2	20.4	
13	18.5	20.7	
14	19	21.2	
15	19.8	22	ใช้ไม่ได้

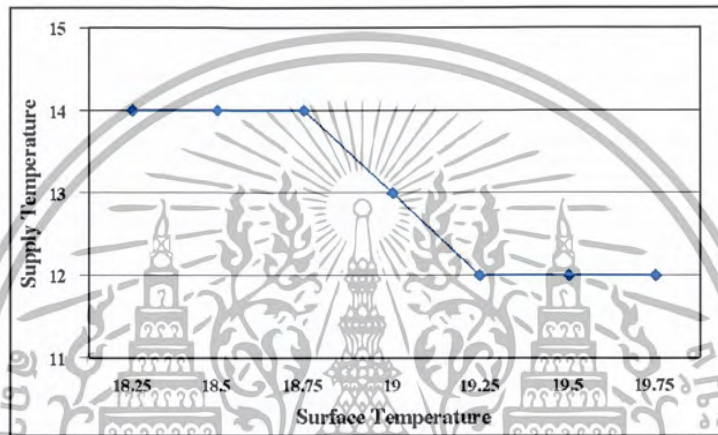
เมื่อควบคุมอุณหภูมิน้ำแข็งที่ 12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่า 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 20.4 องศาเซลเซียส ในช่วงที่พื้นมีการรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด แต่ช่วงที่ไม่มีรังสีแสงอาทิตย์จะควบคุมอุณหภูมิน้ำแข็งที่ 14 องศาเซลเซียส เพราะอุณหภูมิห้องมีค่า 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นจะมีค่าอยู่ในช่วงการควบคุมที่ 50-60 %RH ที่อุณหภูมิน้ำเข้าที่ 12, 13 และ 14 องศาเซลเซียส

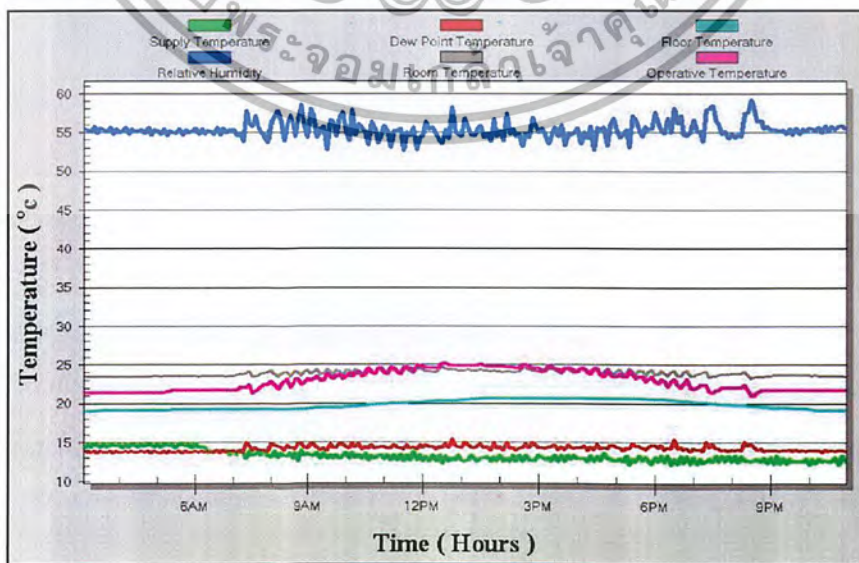
แต่ที่อุณหภูมิน้ำเข้าครั้งที่ 15 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิผิวพื้นจะมีค่าอุณหภูมิสูงกว่า 19 องศาเซลเซียส ในขณะที่ไม่มีภาระรังสีความร้อน และค่าของความชื้นในช่วงที่มีภาระรังสีความร้อนจะต่ำกว่าการควบคุม

ผลการทดลองที่ได้สามารถนำมาทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าในช่วง 12-14 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นระหว่าง 18.75-19.25 องศาเซลเซียส ดังรูป



รูปที่ 26 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1

ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิพื้น โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าในช่วง 12-14 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นระหว่าง 18.75-19.25 องศาเซลเซียส จะได้ผลการทดลอง ดังรูป

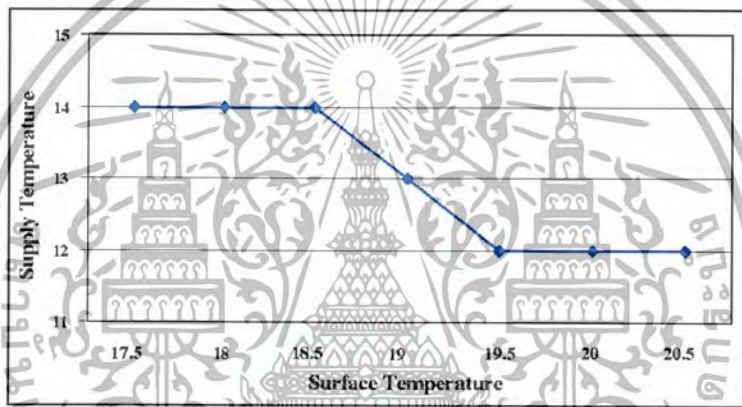


รูปที่ 27 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

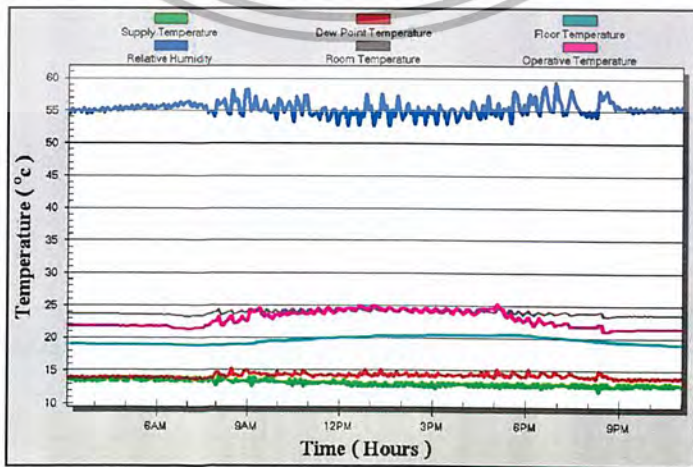
จากรูปผลการทดลอง ช่วงที่พื้น ไม่มีภาระรังสีแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 19.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่า 23.5 องศาเซลเซียส และช่วงที่พื้น ได้รับภาระรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด (14.00-16.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 20.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่าประมาณ 24 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นจะมีค่าอยู่ในช่วงการควบคุมที่ 50-60 %RH พบว่าอุณหภูมิผิวพื้นช่วงที่พื้น ได้รับภาระรังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงกว่าการควบคุม และช่วงที่พื้น ไม่ได้รับภาระรังสีแสงอาทิตย์อุณหภูมิผิวพื้นมีแนวโน้มค่าสูงขึ้น

จากรูปการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 อุณหภูมิน้ำเข้ามีค่า 12 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 18.75 องศาเซลเซียส พบว่าการควบคุมให้พื้นมีอุณหภูมิต่ำลงเมื่อพื้น ได้รับภาระรังสีแสงอาทิตย์จะเข้าไป เพราะตำแหน่งการเปิด-ปิดของ RFC วาล์ว จะค่อยๆ เปิดให้น้ำเย็นไหลเข้า จะทำการแก้ไขโดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าในช่วง 12-14 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นระหว่าง 18.5-19.5 องศาเซลเซียส จะได้ผลการทดลอง ดังรูป



รูปที่ 28 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2

ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าในช่วง 12-14 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นระหว่าง 18.5-19.5 องศาเซลเซียส จะได้ผลการทดลอง ดังรูป

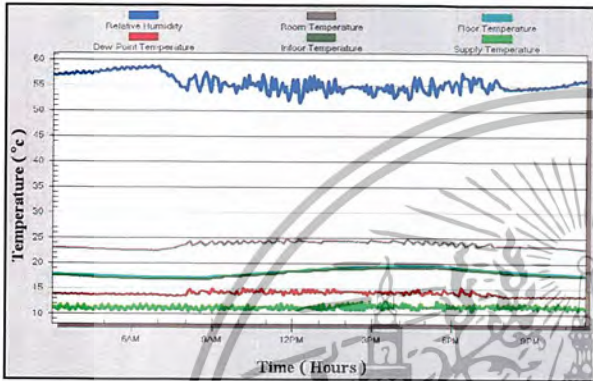


รูปที่ 29 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2

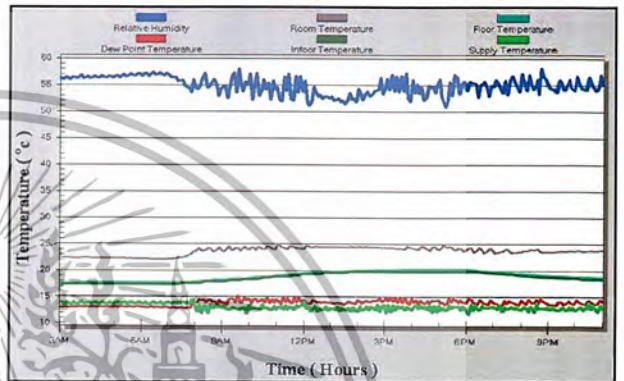
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปผลการทดลอง ช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 19 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่า 23.8 องศาเซลเซียส และช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด (15.00-18.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 20.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่าประมาณ 24 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นจะมีค่าอยู่ในช่วงการควบคุมที่ 50-60 %RH

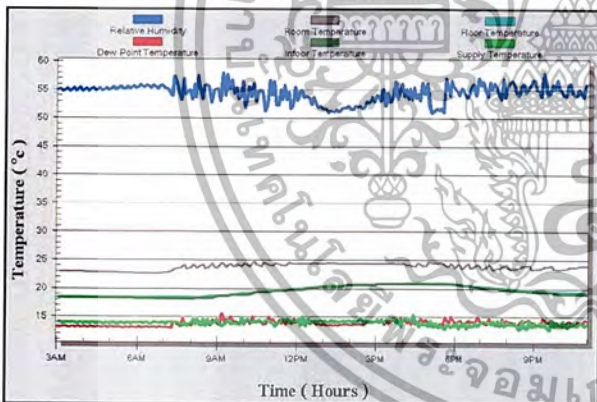
4. ทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวในพื้นที่ เมื่อทราบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวพื้นที่กับอุณหภูมิในพื้นที่มีค่า 0.5 องศาเซลเซียส จะทำการทดลองให้อุณหภูมิน้ำเข้าคงที่ที่ 12, 13, 14, 15, 16 และ 17 องศาเซลเซียส โดยการควบคุมอัตราการไหลคงที่ที่ 4 ลิตรต่อนาที ให้พื้นที่ได้รับภาระรังสีความร้อนตกกระทบบที่พื้นตลอดทั้งวัน จะได้ผลการทดลองดังรูป



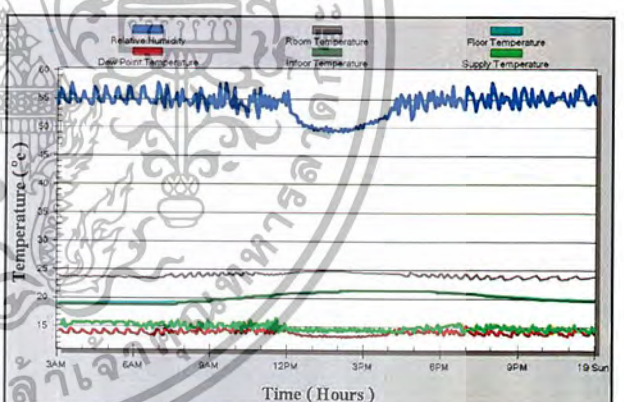
รูปที่ 30 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 12 °C



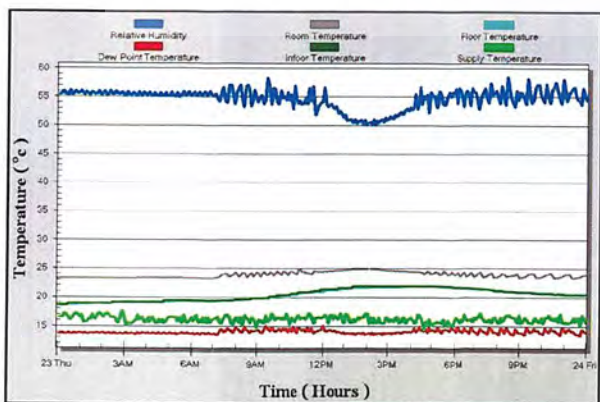
รูปที่ 31 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 13 °C



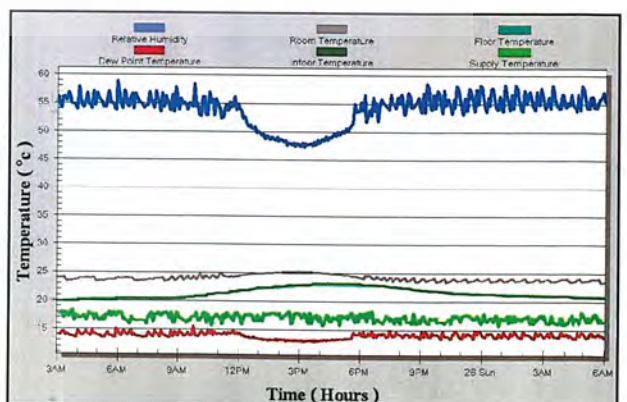
รูปที่ 32 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 14 °C



รูปที่ 33 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 15 °C



รูปที่ 34 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 16 °C



รูปที่ 35 ผลการควบคุมน้ำเข้าคงที่ที่ 17 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปผลการทดลองการควบคุมให้อุณหภูมิน้ำเข้าคังที่ 12, 13, 14, 15, 16 และ 17 องศาเซลเซียส จะได้ผลการทดลอง ดังตาราง

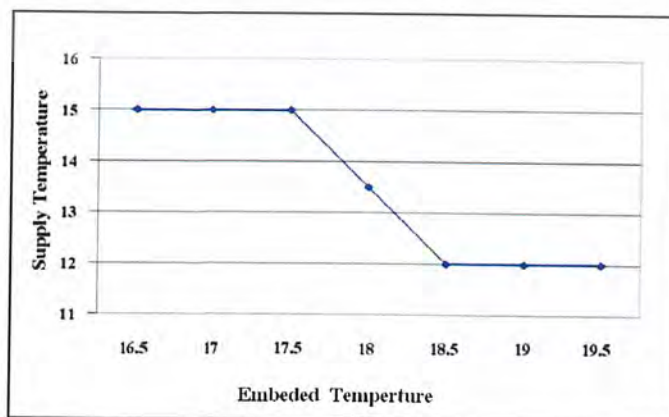
ตารางที่ 3 แสดงอุณหภูมิในพื้นที่ในการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าคังที่

Supply Temp (°C)	Measured Embedded Temperature		หมายเหตุ
	Min. Temp (°C)	Max. Temp (°C)	
12	16.5	18	
13	17	19.5	
14	18.5	21	
15	19	22	
16	19.5	22.5	ใช้ไม่ได้
17	20	23.5	ใช้ไม่ได้

เมื่อควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่า 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นที่มีค่า 18.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 19.3 องศาเซลเซียส ในช่วงที่พื้นมีการระรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด แต่ช่วงที่ไม่มีรังสีแสงอาทิตย์จะควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 15 องศาเซลเซียส เพราะอุณหภูมิห้องมีค่า 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นที่มีค่า 18.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 19.2 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นจะมีค่าอยู่ในช่วงการควบคุมที่ 50-60 %RH ที่อุณหภูมิน้ำเข้าที่ 12, 13 และ 14 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิน้ำเข้า 15 องศาเซลเซียส ช่วงที่พื้นมีการระรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด (12.00-16.00 น.) ค่าความชื้นจะต่ำกว่า 50 %RH ไม่อยู่ในการควบคุม เนื่องจากอุณหภูมิห้องที่สูงขึ้นทำให้มีผลต่อค่าความชื้น

แต่ที่อุณหภูมิน้ำเข้าคังที่ 16 และ 17 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในพื้นที่จะมีค่าอุณหภูมิสูงกว่า 19 องศาเซลเซียส ในขณะที่ไม่มีภาวะรังสีความร้อน และค่าของความชื้นในช่วงที่มีภาวะรังสีความร้อนจะต่ำกว่าการควบคุม

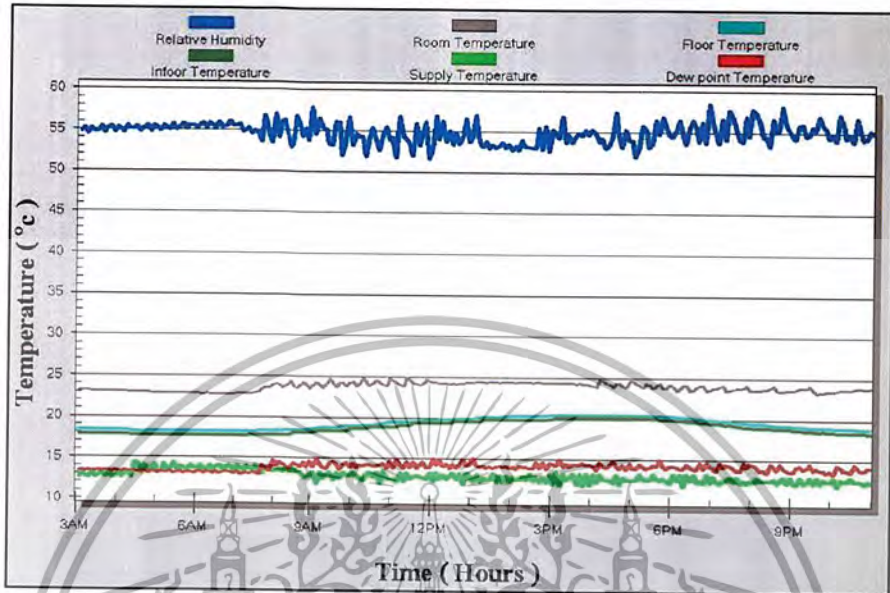
ผลการทดลองที่ได้สามารถนำมาทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าในช่วง 12-15 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ระหว่าง 17.5-18.5 องศาเซลเซียส ดังรูป



รูปที่ 36 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

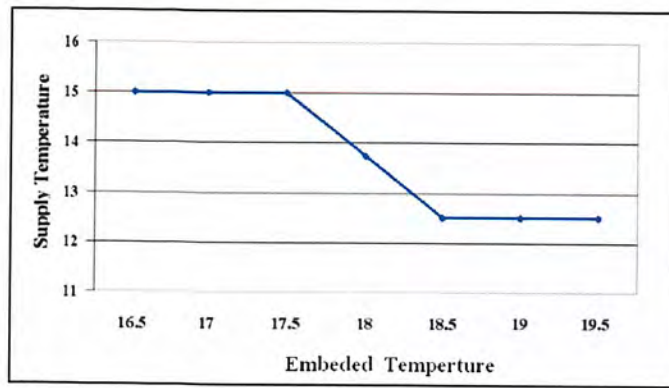
ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 1 โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าในช่วง 12-15 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นระหว่าง 17.5-18.5 องศาเซลเซียส จะได้ผลการทดลอง ดังรูป



รูปที่ 37 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 1

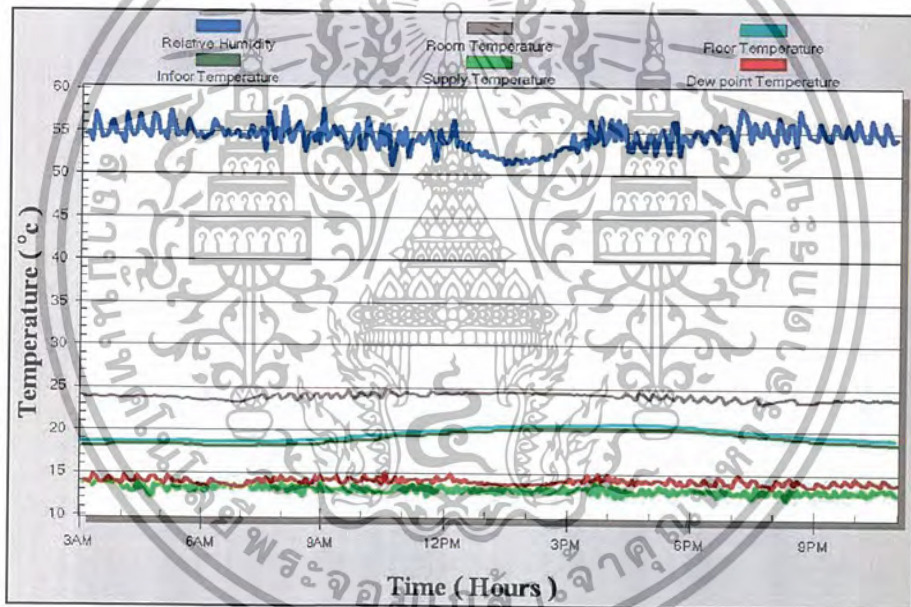
จากรูปผลการทดลองที่ 18 ช่วงที่พื้นที่ไม่มีภาระรังสีแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 18.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นมีค่า 17.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่า 23 องศาเซลเซียส และช่วงที่พื้นที่ได้รับภาระรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด (15.00-17.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 20.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นมีค่า 20.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่าประมาณ 24 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นจะมีค่าอยู่ในช่วงการควบคุมที่ 50-60%RH พบว่าอุณหภูมิผิวพื้นช่วงที่พื้นที่ไม่มีภาระรังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงกว่าการควบคุม และมีแนวโน้มค่าอุณหภูมิผิวพื้นต่ำลง

จากรูปการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 1 พบว่าช่วงที่พื้นที่ไม่มีภาระรังสีแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 18.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นมีค่า 17.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องมีค่า 23 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำกว่าการควบคุม แสดงว่าในช่วงที่อุณหภูมิในพื้นมีค่าประมาณ 18 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำเข้ามีค่าที่ 13.5 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำไป จะทำการแก้ไขโดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้ามีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในพื้นมีค่าที่ 18 องศาเซลเซียส โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าในช่วง 12.5-15 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นระหว่าง 17.5-18.5 องศาเซลเซียส ดังรูป



รูปที่ 38 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 2

ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 2 โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าในช่วง 12.5-15 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นระหว่าง 17.5-18.5 องศาเซลเซียส จะได้ผลการทดลอง ดังรูป



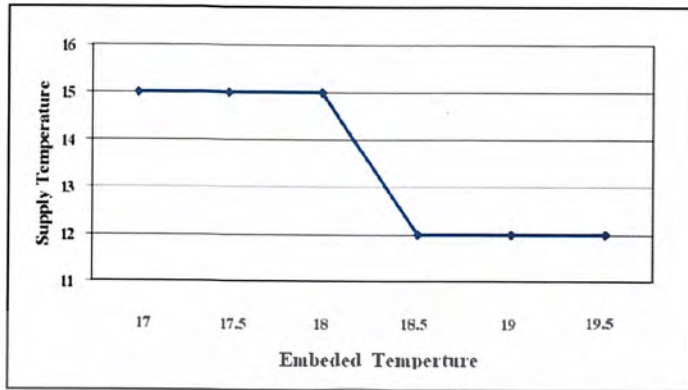
รูปที่ 39 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 2

จากรูปผลการทดลองที่ 2 ช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 18.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นที่มีค่า 18.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่า 23.8 องศาเซลเซียส และช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด (15.00-17.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 21 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในพื้นที่มีค่า 20.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่าประมาณ 24 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นจะมีค่าอยู่ในช่วงการควบคุมที่ 50-60 %RH พบว่าอุณหภูมิผิวพื้นช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงกว่าการควบคุม แสดงว่าในช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีแสงอาทิตย์อุณหภูมิของน้ำเข้าควรมีค่าที่ 12 องศาเซลเซียส เพื่อไม่ให้ช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีแสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่าการควบคุม จึงควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้ามี

ค่าที่ 15 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิในพื้นที่มีค่าตั้งแต่ 18 องศาเซลเซียส โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าจะ

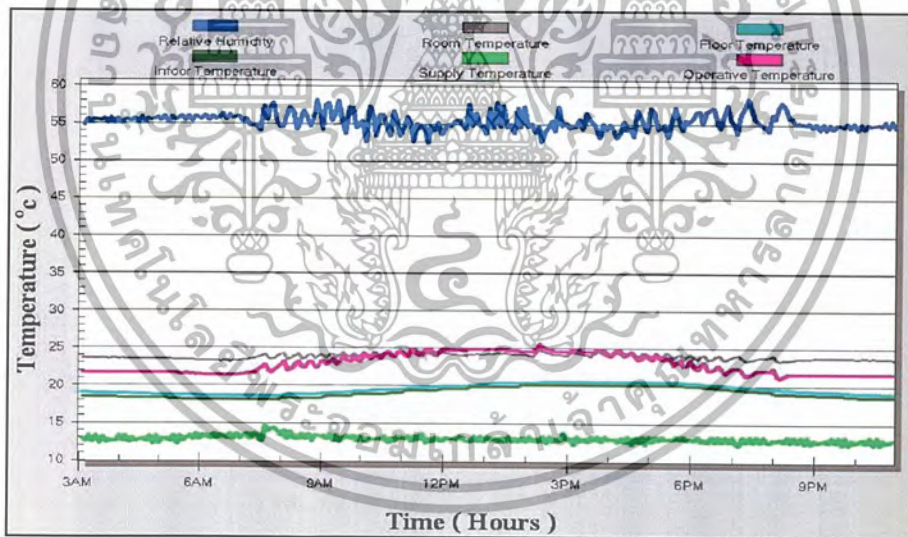
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาด้านนี้ ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในช่วง 12-15 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ระหว่าง 18-18.5 องศาเซลเซียส ดังรูป



รูปที่ 40 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 3

ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 3 โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าในช่วง 12-15 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นที่ระหว่าง 18-18.5 องศาเซลเซียส จะได้ผลการทดลอง ดังรูป

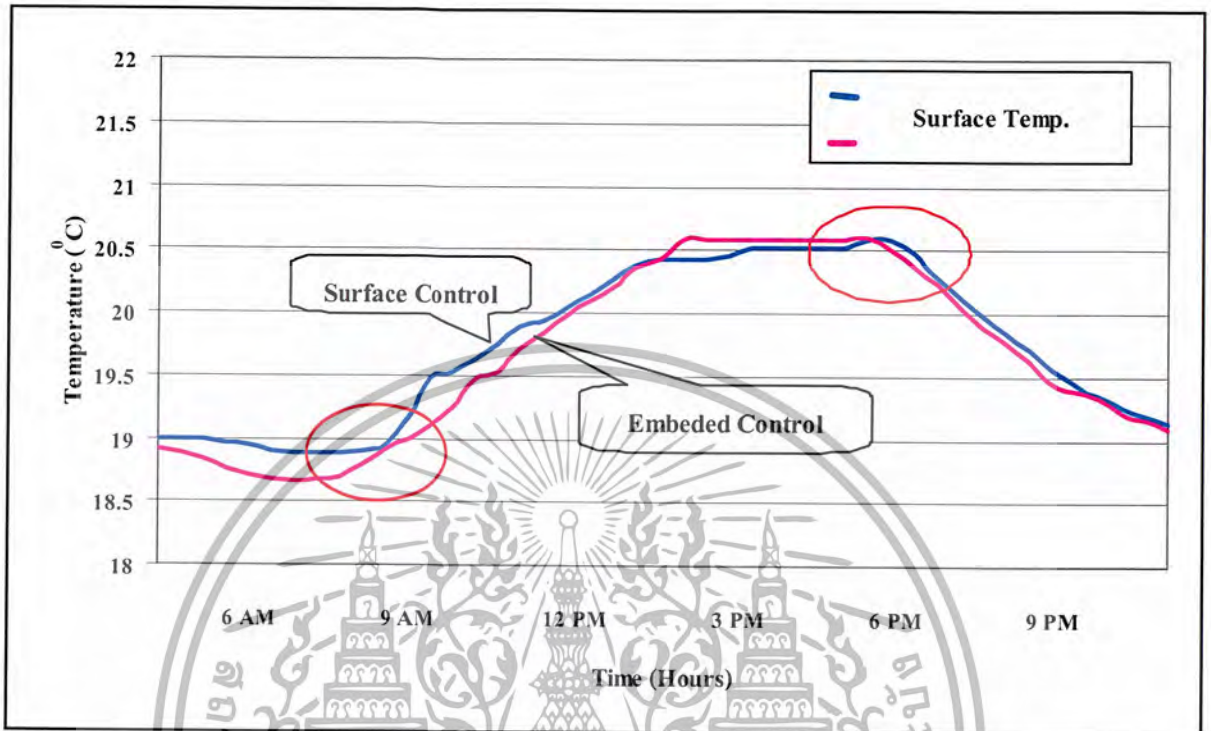


รูปที่ 41 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ 3

จากรูปผลการทดลองที่ 3 ช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 19 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่า 23.8 องศาเซลเซียส และช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด (15.00-17.00 น.) อุณหภูมิผิวพื้นมีค่า 20.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องมีค่าประมาณ 24 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นจะมีค่าอยู่ในช่วงการควบคุมที่ 50-60 %RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้นและการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้น จากผลการทดลองรูปที่ 25 อุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น และรูปที่ 37 อุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้น ดังรูป



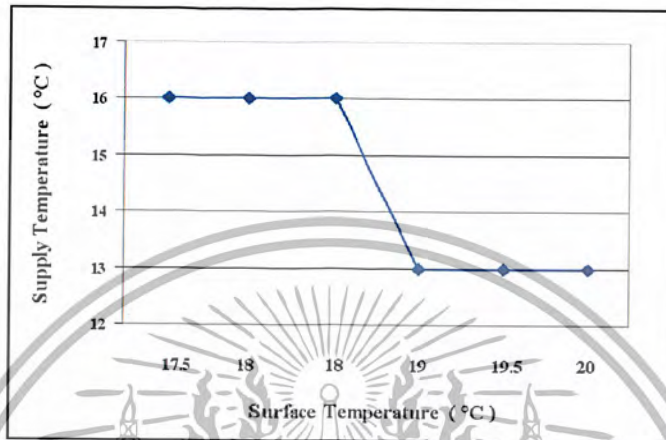
รูปที่ 42 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นระหว่างการควบคุมอุณหภูมิผิวพื้นและในพื้น

จะเห็น ได้ว่าที่การควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น อุณหภูมิผิวพื้นเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลา 9.00 น. และมีอุณหภูมิสูงถึง 20 องศาเซลเซียส ที่เวลา 11.40 น.จนถึงเวลา 20.00 น. อุณหภูมิผิวพื้นจึงต่ำลงกว่า 20 องศาเซลเซียส ทำให้การควบคุมอุณหภูมิผิวพื้นเป็นไปได้ช้าและอุณหภูมิผิวพื้นมีการเปลี่ยนแปลงมาก ไม่สม่ำเสมอ ต่อมาพิจารณาที่การควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้น จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิผิวพื้นเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงที่เวลา 9.00 น. และมีอุณหภูมิสูงถึง 20 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00 น. จนถึงเวลา 19.30 น. อุณหภูมิผิวพื้นจึงต่ำลงกว่า 20 องศาเซลเซียส ซึ่งในช่วงเวลาที่พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนสามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้น และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวพื้นจะเป็นไปอย่างราบเรียบสม่ำเสมอ

6. เมื่อทำการทดลอง อุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้น ต่อมาจะทำการทดลองอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้นบ้าง เนื่องจากผิวพื้นได้รับภาระรังสีความร้อนโดยตรง เมื่ออุณหภูมิผิวพื้นมีการเปลี่ยนแปลง ให้อุณหภูมิน้ำเข้าแปรเปลี่ยนตามเพื่อควบคุมไม่ให้อุณหภูมิผิวพื้นสูงหรือต่ำเกินไปจนทำให้รู้สึกไม่สบาย โดยค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมได้มาจากการคำนวณในบทที่ 3 ซึ่งผลจากการคำนวณจะแบ่งเป็นสองช่วงเวลาด้วยกันคือช่วงเวลาที่พื้นได้รับภาระรังสีจากแสงอาทิตย์ และช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับภาระรังสีจากแสงอาทิตย์ ซึ่งในการคำนวณจะทำการหาอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น ที่

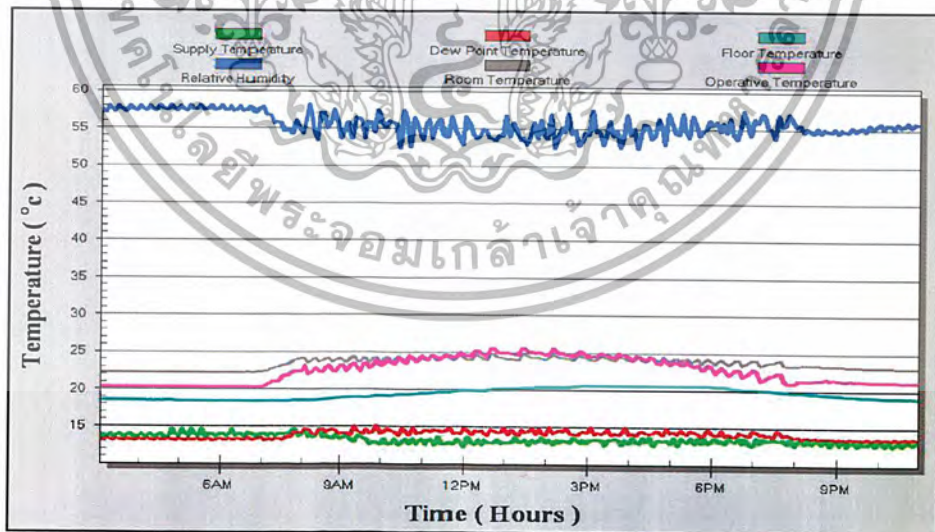
อัตราการไหล 4, 5 และ 6 ลิตรต่อนาที โดยจะทำการควบคุมอุณหภูมิพื้นให้อยู่ที่ประมาณ 19-20.5 องศาเซลเซียส

ที่อัตราการไหล 4 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิน้ำเข้าควบคุมอยู่ที่ 13-16 องศาเซลเซียส ช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้น 18-19 องศาเซลเซียส ดังรูป



รูปที่ 43 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (4 ลิตรต่อนาที)

ผลการทดลองควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 ควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 13-16 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นอยู่ระหว่าง 18-19 องศาเซลเซียส แสดงผลดังรูปต่อไปนี้



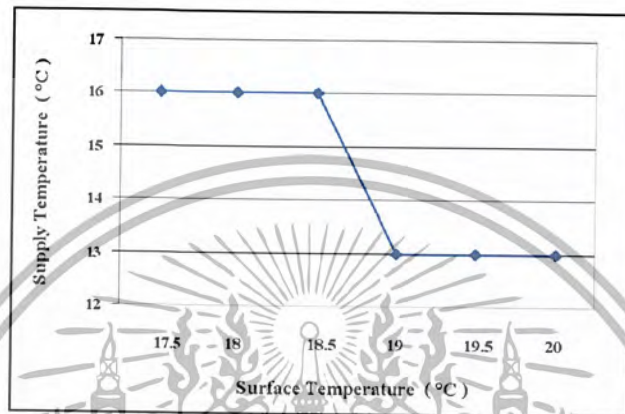
รูปที่ 44 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (4 ลิตรต่อนาที)

จากรูปแสดงผลการทดลอง ช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 18.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้อง 22.3 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำเกินไป และช่วงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

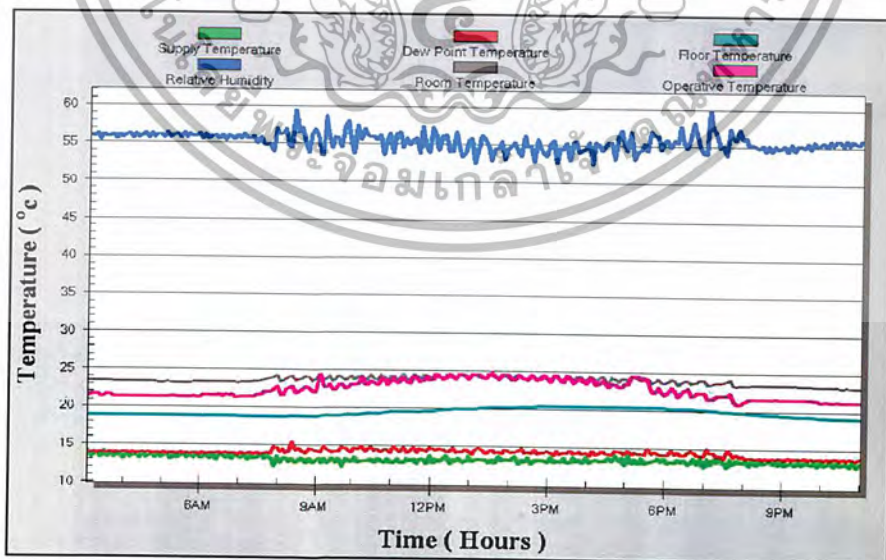
พื้นที่ได้รับภาระรังสีความร้อนสูงสุด (15.00-17.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 20.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นอยู่ในช่วงควบคุมที่ 50-60 % RH เป็นอุณหภูมิที่ควบคุม

ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งเพื่อหาการควบคุมอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสม (19-20.5 องศาเซลเซียส) โดยเปลี่ยนช่วงอุณหภูมิพื้นใหม่ ซึ่งจะเปลี่ยนแต่ช่วงที่พื้นไม่ได้มีรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ เนื่องจากอุณหภูมิผิวพื้นต่ำเกินไป ส่วนช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์จะใช้อุณหภูมิเดิม ซึ่งช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นใหม่อยู่ระหว่าง 18.5-19 องศาเซลเซียส ดังรูป



รูปที่ 45 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (4 ลิตรต่อนาที)

ผลการทดลองควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 13-16 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นอยู่ระหว่าง 18.5-19 องศาเซลเซียส แสดงผลดังรูปต่อไปนี้



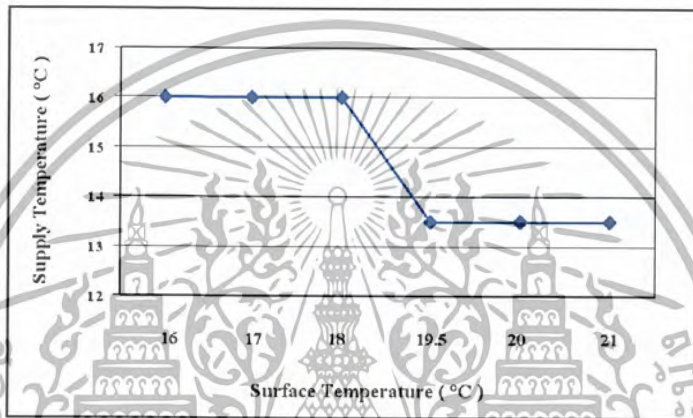
รูปที่ 46 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (4 ลิตรต่อนาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงผลการทดลอง ช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้อง 23.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม และช่วงที่พื้นได้รับการรังสีความร้อนสูงสุด (15.00-17.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 20.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นอยู่ในช่วงควบคุมที่ 50-60 % RH

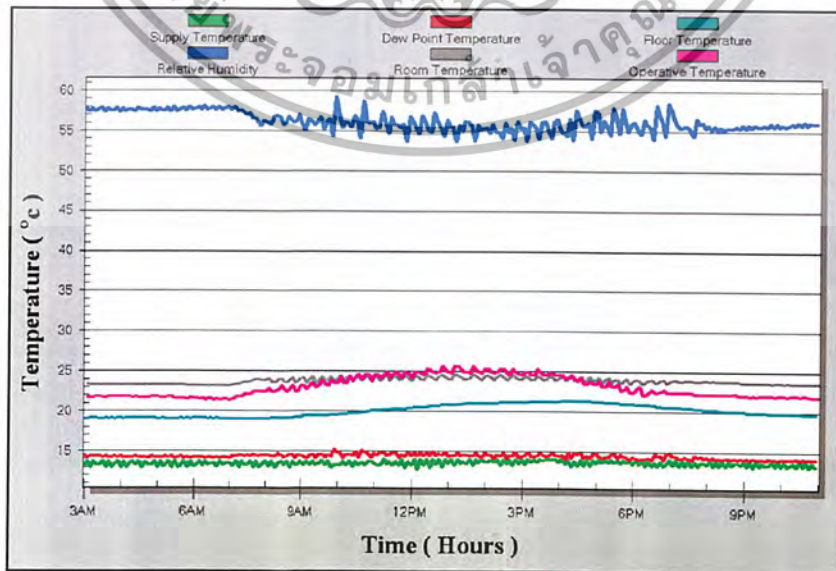
ดังนั้นที่อัตราการไหล 4 ลิตรต่อนาที การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 18.5-19 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 13-16 องศาเซลเซียส

ที่อัตราการไหล 5 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิน้ำเข้าควบคุมอยู่ที่ 13.5-16 องศาเซลเซียส ช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้น 18 -19.5 องศาเซลเซียส ดังรูป



รูปที่ 47 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (5 ลิตรต่อนาที)

ผลการทดลองควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 13.5-16 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นอยู่ระหว่าง 18 - 19.5 องศาเซลเซียส แสดงผลดังรูปต่อไปนี้

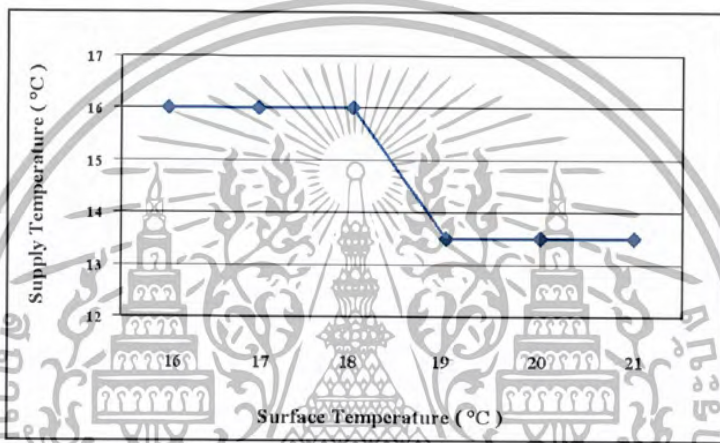


รูปที่ 48 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (5 ลิตรต่อนาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

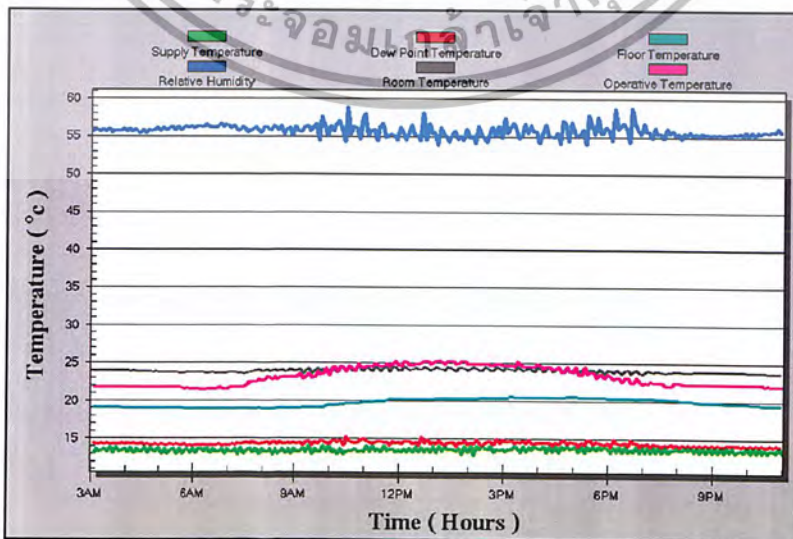
จากรูปแสดงผลการทดลอง ช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้อง 23.5 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม และช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนสูงสุด (15.00-17.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 21.3 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิสูงเกินช่วงที่ควบคุมไว้

ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งเพื่อหาการควบคุมอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสม (19-20.5 องศาเซลเซียส) โดยเปลี่ยนช่วงอุณหภูมิพื้นใหม่ ซึ่งจะเปลี่ยนแต่ช่วงที่พื้นไม่ได้มีรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ ส่วนช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์จะใช้อุณหภูมิเดิม ซึ่งช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นใหม่อยู่ระหว่าง 18-19 องศาเซลเซียส ดังรูป



รูปที่ 49 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (5 ลิตรต่อนาที)

ผลการทดลองควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 13.5-16 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นอยู่ระหว่าง 18-19 องศาเซลเซียส แสดงผลดังรูปต่อไปนี้



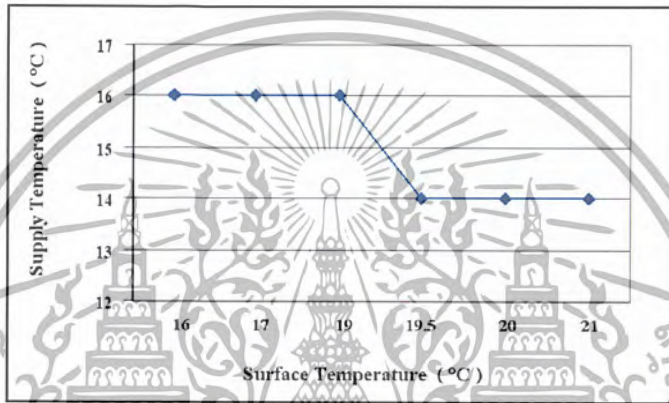
รูปที่ 50 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (5 ลิตรต่อนาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่เอกสารเชิงพาณิชย์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงผลการทดลอง ช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม และช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนสูงสุด (15.00-17.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 20.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นอยู่ในช่วงควบคุมที่ 50-60 % RH

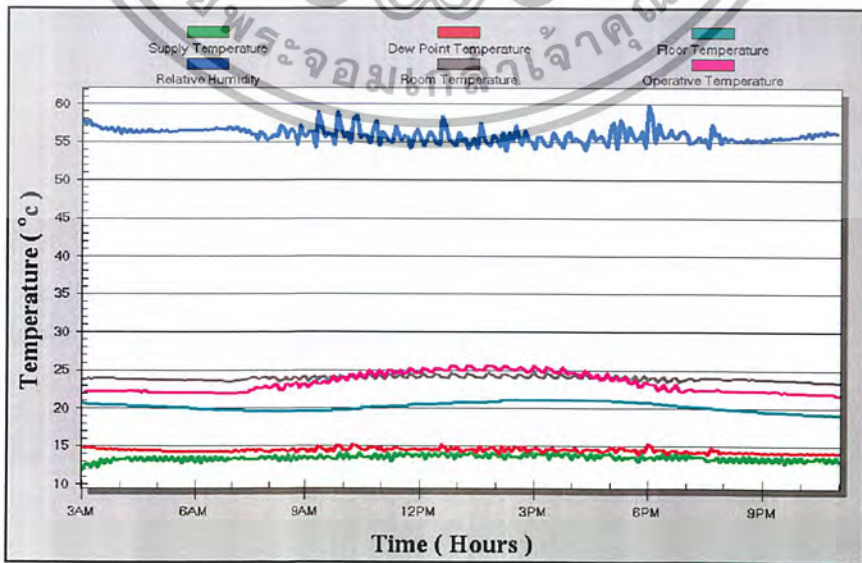
ดังนั้นที่อัตราการไหล 5 ลิตรต่อนาที การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 18-19 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 13.5-16 องศาเซลเซียส

ที่อัตราการไหล 6 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิน้ำเข้าควบคุมอยู่ที่ 14-16 องศาเซลเซียส ช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้น 19 -19.5 องศาเซลเซียส ดังรูป



รูปที่ 51 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (6 ลิตรต่อนาที)

ผลการทดลองควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 14-16 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นอยู่ระหว่าง 19 -19.5 องศาเซลเซียส แสดงผลดังรูปต่อไปนี้

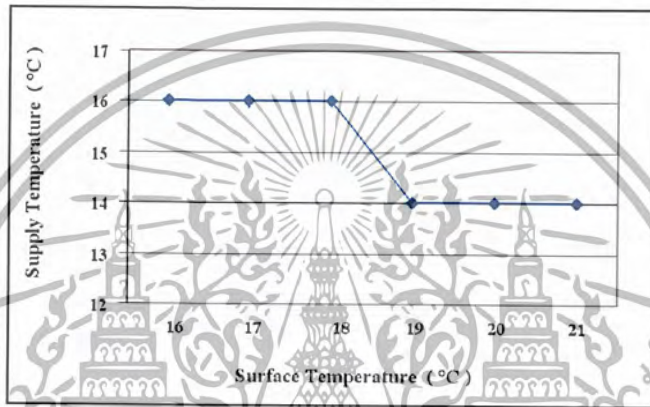


รูปที่ 52 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 1 (6 ลิตรต่อนาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

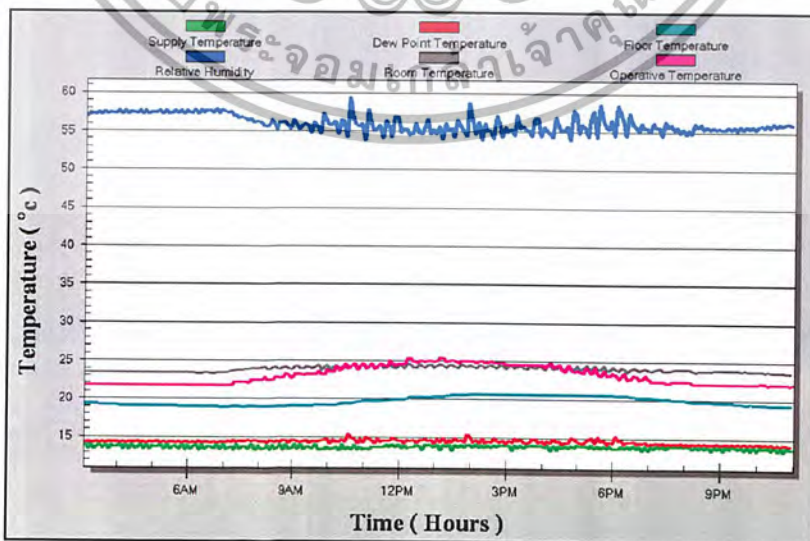
จากรูปแสดงผลการทดลอง ช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 19.98 องศาเซลเซียส และช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนสูงสุด (15.00-17.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 21.2 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงเกินไป อุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นอยู่ในช่วงควบคุมที่ 50-60 % RH

ดังนั้นช่วงควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นที่ 19 -19.5 องศาเซลเซียส ไม่เหมาะสมในการใช้ควบคุมอุณหภูมิพื้น เนื่องจากไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิผิวพื้นให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 19-20.5 องศาเซลเซียส จึงต้องทำการหาช่วงควบคุมใหม่ ซึ่งจากกราฟผลการทดลองในช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) มีอุณหภูมิสูงเกินไปจึงต้องลดอุณหภูมิช่วงการเปลี่ยนนี้ โดยให้ช่วงการเปลี่ยนแปลงใหม่ที่อุณหภูมิพื้น 18 -19 องศาเซลเซียส ดังรูป



รูปที่ 53 แสดงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (6 ลิตรต่อนาที)

ผลการทดลองควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 14-16 องศาเซลเซียส และช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นอยู่ระหว่าง 18 -19 องศาเซลเซียส แสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 54 แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น 2 (6 ลิตรต่อนาที)

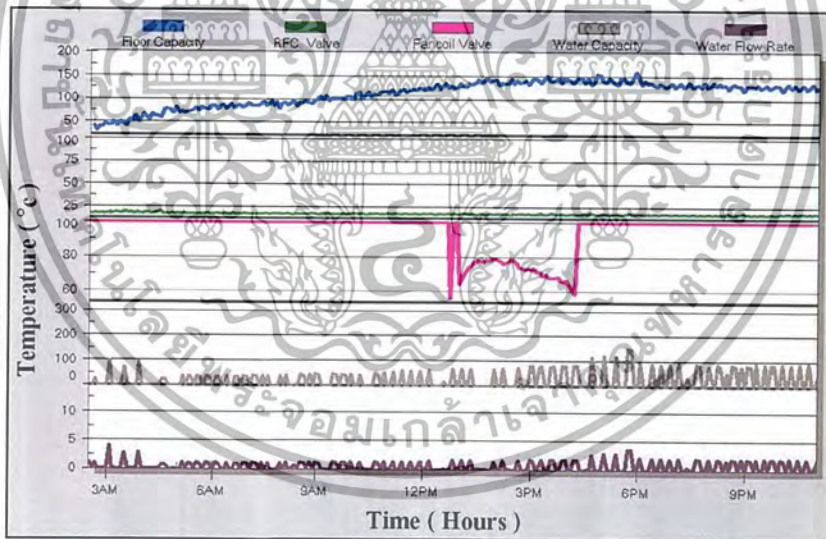
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงผลการทดลอง ช่วงที่พื้นไม่มีภาระรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ (3.00-6.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส และช่วงที่พื้นได้รับภาระรังสีความร้อนสูงสุด (15.00-17.00 น.) พื้นมีอุณหภูมิ 20.5 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งไม่สูงหรือต่ำเกินไปจนทำให้รู้สึกไม่สบาย ส่วนอุณหภูมิห้องอยู่ที่ 24 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นอยู่ในช่วงควบคุมที่ 50-60 % RH

ดังนั้นที่อัตราการไหล 6 ลิตรต่อนาที การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 18-19 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำเข้าที่ 14-16 องศาเซลเซียส ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นไม่ให้สูงหรือต่ำเกินไปและอยู่ในอุณหภูมิควบคุม (19-20.5 องศาเซลเซียส)

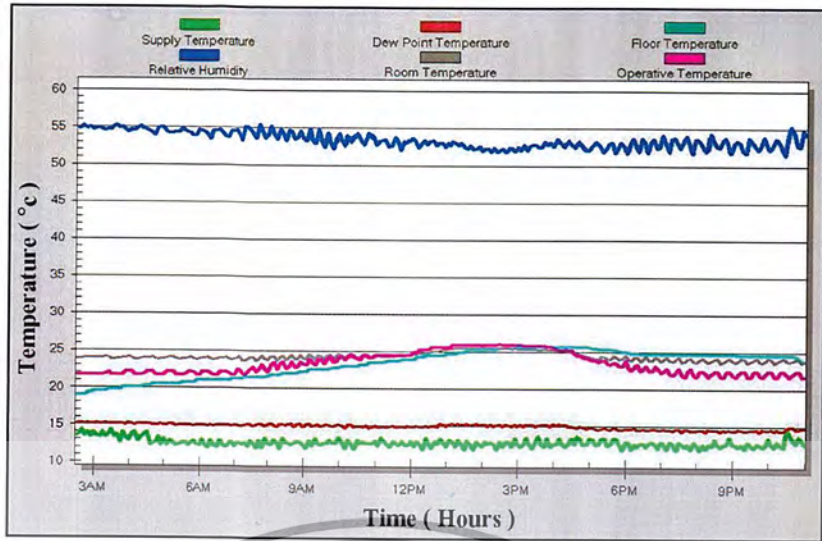
7. ทำการทดลองเปลี่ยนตำแหน่ง RFC Valve เพื่อหาวิธีการควบคุมอุณหภูมิพื้นที่มีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนตำแหน่ง RFC Valve เป็นการควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่เข้าไปถ่ายเทความร้อนในระบบ ดังนั้นที่อัตราการไหลมากย่อมทำให้ระบบถ่ายเทความร้อนได้ดียิ่งขึ้นและยังส่งผลให้อุณหภูมิน้ำเข้ามีค่าต่ำอีกด้วย เมื่ออุณหภูมิน้ำเข้าต่ำทำให้อุณหภูมิพื้นต่ำด้วยเช่นกัน ซึ่งถ้าเราใช้อัตราการไหลในการควบคุมอุณหภูมิพื้นเราต้องหาอัตราการไหลที่เหมาะสมกับอุณหภูมิพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาต่างๆ โดยจะทำการทดลองเปิดวาล์วที่ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

7.1 เปิดวาล์วที่ตำแหน่ง 5% ควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50-60 % RH และอุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งการเปิดวาล์วกับอัตราการไหลดังรูป



รูปที่ 55 แสดงตำแหน่งการเปิดวาล์วและอัตราการไหล

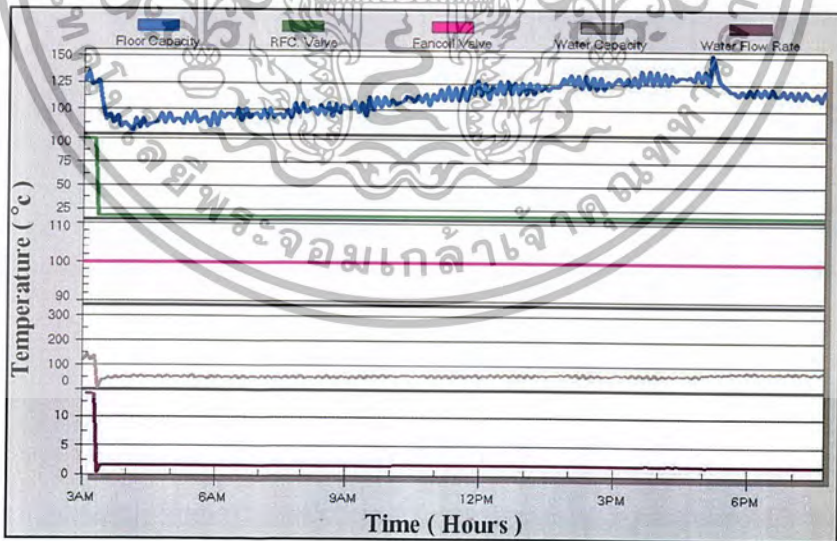
จากรูปที่ 50 เปิดวาล์วที่ตำแหน่ง 5% จะได้อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิพื้นที่ช่วงเวลาต่างๆ ดังรูป



รูปที่ 56 แสดงผลการควบคุมการเปิดวาล์วที่ 5 %

จากรูปจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิพื้นทั้งช่วงเวลาที่ได้รับการรังสีความร้อนและไม่ได้รับการรังสีความร้อนมีค่าสูงกว่าช่วงที่ควบคุมไว้ (19-20.5 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้องในช่วงเวลาที่ได้รับการรังสีความร้อนสูงสุด (15.00-17.00 น.) มีค่าสูงถึง 26 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงเกินช่วงควบคุม

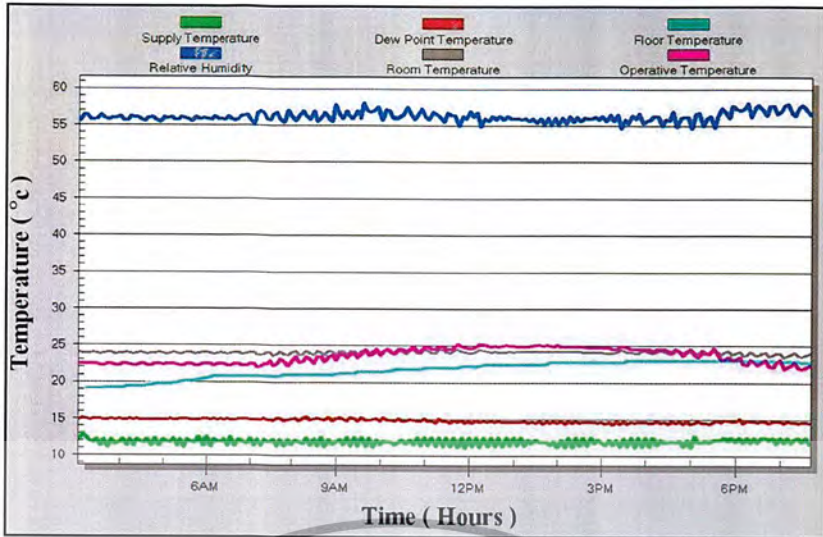
7.2 เปิดวาล์วคังที่ตำแหน่ง 10% ควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50-60 %RH และอุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งการเปิดวาล์วกับอัตราการไหลดังรูป



รูปที่ 57 แสดงตำแหน่งการเปิดวาล์วและอัตราการไหล

จากรูปที่ 52 เปิดวาล์วคังที่ตำแหน่ง 10% จะได้อัตราการไหล 2 ลิตรต่ออนาที ควบคุมอุณหภูมิพื้นที่ช่วงเวลาที่ต่างๆ ดังรูป

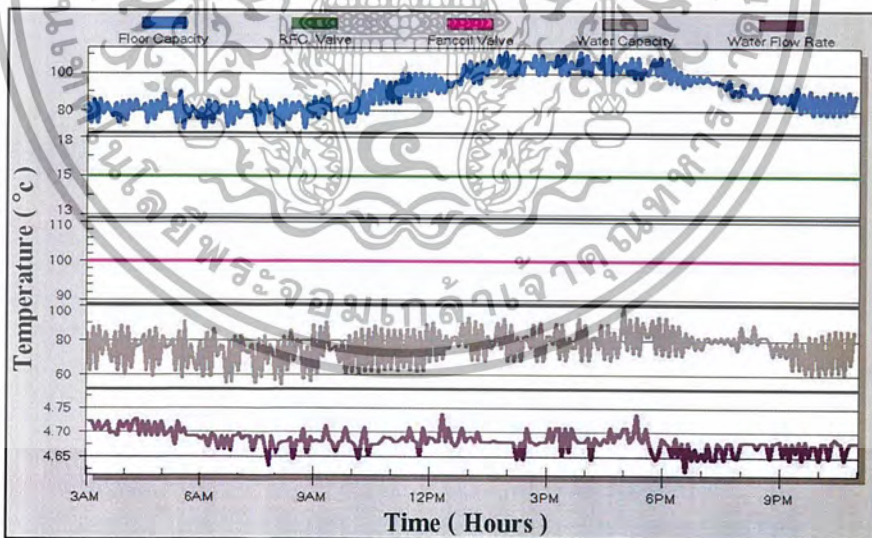
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 58 แสดงผลการควบคุมการเปิดวาล์วที่ 10 %

จากรูปจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิพื้นช่วงเวลาที่ได้รับการรังสีความร้อนอยู่ที่ 23.1 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่สูงไม่เหมาะกับช่วงควบคุมไว้ อุณหภูมิห้องในช่วงเวลาที่ได้รับการรังสีความร้อนสูงสุด (15.00-17.00 น.) อยู่ที่ 24 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิช่วงควบคุม

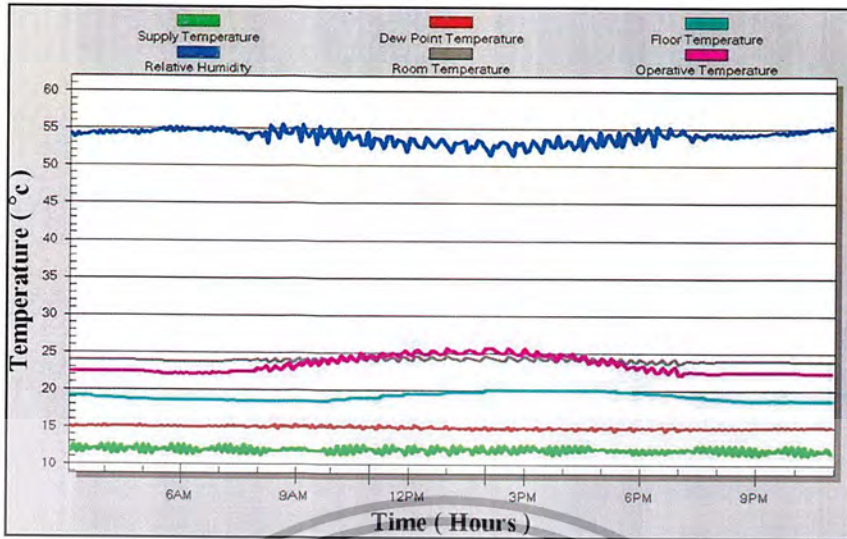
7.3 เปิดวาล์วลงที่ตำแหน่ง 15% ควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50-60 %RH และ อุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งการเปิดวาล์วกับอัตราการไหลดังรูป



รูปที่ 59 แสดงตำแหน่งการเปิดวาล์วและอัตราการไหล

จากรูปที่ 54 เปิดวาล์วลงที่ตำแหน่ง 15% จะได้อัตราการไหล 4.6 ลิตรต่ออนาที ควบคุมอุณหภูมิ พื้นที่ช่วงเวลาต่างๆ ดังรูป

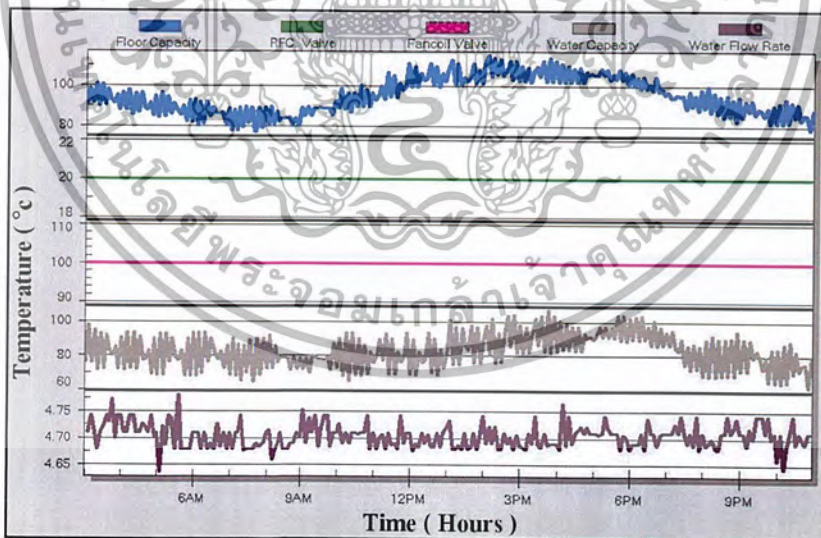
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 60 แสดงผลการควบคุมการเปิดวาล์วที่ 15 %

จากรูปจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิพื้นช่วงเวลาที่ได้รับการรังสีความร้อนอยู่ที่ 20.2 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับการรังสีความร้อนมีอุณหภูมิ 18.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องช่วง 24 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงควบคุม

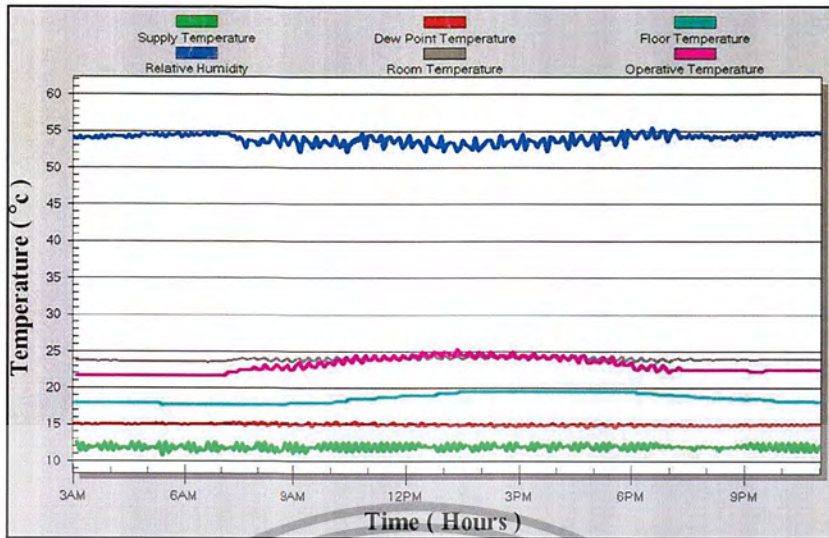
7.4 เปิดวาล์วคองที่ตำแหน่ง 20% ควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50-60 %RH และ อุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งการเปิดวาล์วกับอัตราการไหลดังรูป



รูปที่ 61 แสดงตำแหน่งการเปิดวาล์วและอัตราการไหล

จากรูปที่ 56 เปิดวาล์วคองที่ตำแหน่ง 20% จะได้อัตราการไหล 4.7 ลิตรต่อวินาที ควบคุมอุณหภูมิ พื้นที่ช่วงเวลาต่างๆ ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 62 แสดงผลการควบคุมการเปิดวาล์วที่ 20 %

จากรูปจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิพื้นช่วงเวลาที่ได้รับภาระรังสีความร้อนอยู่ที่ 19.5 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาที่ไม่ได้รับภาระรังสีความร้อนมีอุณหภูมิ 17.8 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำเกินไป ไม่เหมาะในการควบคุม แต่อุณหภูมิห้องอยู่ในช่วง 24 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงควบคุม

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. การทดลองอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น ที่อัตราการไหลคงที่ที่ 4 ลิตรต่ออนาที ช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าอยู่ที่ 12-15 องศาเซลเซียส เปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้นที่ 18.5-19.5 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้ (19-20.5 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้องอยู่ที่ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นอยู่ในช่วงควบคุม 50-60 %RH ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น เป็นวิธีที่สามารถใช้ในการควบคุมระบบการทำความเย็นแบบแรงแรงสีได้

2. การทดลองอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ ได้ช่วงการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าอยู่ที่ 12-15 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจากอุณหภูมิในพื้นที่และอุณหภูมิผิวพื้นแตกต่างกันอยู่ 0.5 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงให้อุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้นที่ 18-18.5 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นให้อยู่ที่ 19-20.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้อง 23.5 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 50-60 %RH ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการควบคุม

3. จากการคำนวณอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้นที่ อัตราการไหล 4, 5 และ 6 ลิตรต่ออนาที จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำให้สูงขึ้น สามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นและอุณหภูมิห้องให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมได้โดยไม่ต้องใช้อุณหภูมิน้ำเข้าต่ำมาก ซึ่งการทำให้อุณหภูมิน้ำเข้าสูงย่อมทำได้ง่ายกว่าทำให้อุณหภูมิน้ำเข้าต่ำ และยังป้องกันการเกิดการควบแน่นอีกด้วย

4. การเปลี่ยนตำแหน่งวาล์วน้ำเย็น (RFC Valve) ที่ควบคุมอัตราการไหลแทนการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้า เป็นค่าลั่วที่ตำแหน่ง 20% ได้อัตราการไหล 4.7 ลิตรต่ออนาที และอุณหภูมิน้ำเข้าอยู่ที่ 12 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมอุณหภูมิผิวพื้นและอุณหภูมิห้องให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ แต่เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมสำหรับการใช้ควบคุมระบบทำความเย็นแบบแรงแรงสีจากพื้น เนื่องจากวิธีนี้ต้องทำอุณหภูมิน้ำเข้าต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำเข้าที่ตำแหน่งวาล์วน้ำเย็น (RFC Valve) เดิมและยุ่งยากต่อการควบคุมเพราะต้องพิจารณาหลายขั้นตอน

5. การทดลองการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวพื้น และการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่ ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิผิวพื้นอยู่ในช่วงการควบคุมทั้งช่วงที่มีภาระและไม่มีภาระรังสีความร้อน แต่การควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าเปลี่ยนตามอุณหภูมิในพื้นที่จะเหมาะสมกว่าเนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามพื้นอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาต่างๆ เพราะก่อนที่อุณหภูมิผิวพื้นจะเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิในพื้นที่จะควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้แปรเปลี่ยนตามก่อนจึงทำให้อุณหภูมิผิวพื้นจะราบเรียบ และไม่เปลี่ยนแปลงมาก

6.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

1. อุปกรณ์ Operative Temperature ที่ใช้วัสดุทรงกระบอกหุ้มด้วยผ้าสีเทาจะเหมาะสมในการใช้ทดลองในช่วงที่พื้นได้รับการรังสีความร้อน แต่ในช่วงเวลาที่พื้นไม่ได้รับการรังสีความร้อนอุปกรณ์ Operative Temperature ที่ใช้วัสดุทรงกระบอกหุ้มด้วยผ้าสีขาวจะเหมาะสมกว่า

2. ในการทดลองไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลในการทำความเย็นโดยการเปลี่ยนตำแหน่งวาล์วน้ำเย็น (RFC Valve) ได้ ซึ่งถ้าจะทำความเย็นด้วยการควบคุมอัตราการไหลควรใช้คอมเพรสเซอร์เป็นตัวปรับอัตราการไหลแทน

3. เมื่อทราบว่าที่อัตราการไหลมากสามารถใช้อุณหภูมิน้ำเข้าสูงในการควบคุมอุณหภูมิพื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้ ดังนั้นควรหาอุณหภูมิน้ำเข้าที่อัตราการไหลสูงกว่า 6 ลิตรต่ออนาที

4. ควรทำความสะอาดและตรวจสอบสภาพการใช้งานของชุดอุปกรณ์ในการทดลอง



บรรณานุกรม

- [1] กรมอุตุนิยมวิทยา
- [2] พงษ์เจต พรหมวงศ์, “การถ่ายเทความร้อน Heat Transfer”, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542
- [3] อัครเดช สิ้นธุภัก, “การทำความเย็น Refrigeration”, พิมพ์ครั้งที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2534
- [4] อัครเดช สิ้นธุภัก, “การปรับอากาศ Air Conditioning”, พิมพ์ครั้งที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2534
- [5] Jan F. Kreider, Peter s. Curtiss and Ari Rabl, “Heating and Cooling of Buildings” 2nd Edition, McGraw-Hill, 2002
- [6] Richard D. Watson and Kirby S. Chapman, “Radiant Heating Cooling Handbook”, McGraw-Hill, 2002
- [7] Robert W. Fox, Alan T. McDonald and Philip J. Pritchard, “Introduction to Fluid Mechanics”, John Wiley & Sons, Inc., 2003
- [8] Yuan’s A. Engel and Michel A. Boles. “Thermodynamics: An Engineering Approach” 4th Edition, McGraw-Hill, 2002

