

การศึกษาริ้วยพัฒนาระบบห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

พัชรพงศ์ ปัญญาคุณานนท์

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2565

RESEARCH AND DEVELOPMENT FOR REFRIGERATION TESTING ROOM

Pacharapong Panyakunanont



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2022

หัวข้อวิทยานิพนธ์
โดย
สาขาวิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

การศึกษาวิจัยพัฒนาระบบห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า
พัชรพงศ์ ปัญญาคุณานนท์
เทคโนโลยีวิศวกรรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี วงษ์สุวรรณ

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล)

.....กรรมการ
(ดร.เอกอุ ธรรมกรบัญญัติ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชัย นิเวศน์รังสรรค์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี วงษ์สุวรรณ)

พัชรพงศ์ ปัญญาคุณานนท์ : การศึกษาวิจัยพัฒนาระบบห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี วงษ์สุวรรณ, 86 หน้า.

ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าถือเป็นระบบที่สำคัญมากต่อการพัฒนาประสิทธิภาพตู้แช่เย็นแสดงสินค้าและการลดการใช้พลังงาน หากโรงงานผลิตต้องการสร้างห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าในระดับเดียวกับห้องทดสอบมาตรฐานก็จำเป็นต้องลงทุนค่อนข้างสูง ผู้ผลิตจึงมีข้อจำกัดในการสร้างห้องทดสอบมาตรฐานมาใช้งาน ส่งผลให้ตู้แช่เย็นแสดงสินค้านี้มักขาดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและส่งผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขัน

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งพัฒนาห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับระบบของห้องทดสอบมาตรฐาน โดยประยุกต์ใช้ระบบปรับอากาศพื้นฐานมาเป็นระบบที่สามารถสร้างสภาวะอากาศในการทดสอบช่วงอุณหภูมิ $20-45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง $40-75\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$ การสร้างห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าและระบบสร้างสภาวะอากาศจะสอดคล้องกับมาตรฐานสากล AS1731.4-2003 โดยระบบใช้ Microcontroller เป็นอุปกรณ์ประมวลผลและควบคุมการทำงาน ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของห้อง 7 เงื่อนไข จากการทดสอบได้ผลสรุปประสิทธิภาพของห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง และงานวิจัยนี้ยังได้นำเสนอถึงข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อยอดให้ระบบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม

ปีการศึกษา 2565

ลงมือชื่อนักศึกษา.....

ลงมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

PACHARAPONG PANYAKUNANONT: RESEARCH AND DEVELOPMENT FOR REFRIGERATOR TESTING ROOM. ADVISOR: ASST. PROF. DR. WIPAWADEE WONGSUWAN, 86 PP.

The refrigerator testing room is a very important system for improvement of refrigerator efficiency and reduction of energy usage. If the refrigerator manufacturer would like to develop the testing room to conform with the standard testing room, it would require high investment cost. Hence, the manufacturers have confronted the constraint in developing standard testing room themselves resulting in low competitiveness on product development.

Therefore, this research focuses on the development of a refrigerator testing room with similar performance to the standard testing room applying the basic air conditioning system to create the system that could create climate conditions with temperature range from 20-45 °C $\pm$ 1°C and relative humidity range from 40-75 %RH $\pm$ 5 %RH that conform to the international standards AS1731.4-2003. The system used Microcontroller as data analysis and control unit. The performance tests were conducted based on 7 operating conditions. The experiments could draw the conclusion that the refrigerator testing room is practical. The recommendations obtained from the research could enhance the expanding development for higher performance of the testing room.

Graduate School

Student's Signature.....

Field of Engineering of Technology

Advisor's Signature.....

Academic Year 2022

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยความร่วมมือของบริษัท พัฒนาอินเตอร์คูล จำกัด ที่ได้ให้โอกาสในการทำวิจัย สนับสนุน สถานที่ตลอดจนอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณทีมงานตรวจสอบคุณภาพของบริษัททุกท่านที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุนมาโดยตลอด

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี วงษ์สุวรรณ รวมถึงประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล จากบัณฑิตวิทยาลัย ร่วมด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และจากกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.เอกุ ธรรมกรบัญญัติ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชัย นิเวศน์รังสรรค์ อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่มีได้เอื้อนามมา ณ ที่นี้ด้วย ที่ได้คอยให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในทุกขั้นตอนของการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้มีความเรียบร้อยสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว และเพื่อน ๆ ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา และสนับสนุนการทำงานจนประสบผลสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

พัชรพงศ์ ปัญญาคุณานนท์

TNI

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
 บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	5
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	5
1.4 ขั้นตอนดำเนินงาน	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.6 แผนงาน และระยะเวลาดำเนินการ	7
 2 หลักการพื้นฐาน เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 วัสดุที่ใช้สร้างห้องทดสอบ	8
2.2 ระบบปรับอากาศทำความเย็น.....	10
2.3 ระบบทำความร้อนด้วยไฟฟ้า	16
2.4 ระบบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์โดยการพ่นน้ำละอองฝอย	17
2.5 ระบบควบคุมการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ.....	17
 3 ระเบียบวิธีวิจัย	19
3.1 แนวคิดการวิจัย.....	19
3.2 การออกแบบ และสร้างห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า.....	19
3.3 การออกแบบ และสร้างระบบสร้างสภาวะบรรยากาศ.....	19

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3	3.4 การออกแบบ และสร้างระบบควบคุมการทำงานของระบบ.....27
	3.5 หน้าจอแสดงผลสถานะการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ30
	3.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย และเก็บข้อมูล.....34
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล35
	4.1 วิธีการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดง สินค้า35
	4.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ38
5	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ47
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก	53
	ภาคผนวก ก. รายการสัญลักษณ์.....55
	ภาคผนวก ข. ผลทดสอบห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด57
ประวัติย่อผู้วิจัย	86

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของตู้แช่เย็นแสดงสินค้า.....	2
1.2 ตารางสภาวะชั้นบรรยากาศภายในห้องทดสอบมาตรฐานที่ใช้ทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า.....	3
1.3 แผนงาน และระยะเวลาในการดำเนินงาน.....	7
3.1 ตารางเงื่อนไขสร้างสภาวะบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า.....	34
ข.1 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 22°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65 %RH.....	57
ข.2 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 %RH	62
ข.3 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 27°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 70 %RH	66
ข.4 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55 %RH	70
ข.5 ข้อมูลผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75 %RH	74
ข.6 ข้อมูลผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 40 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 45 %RH	78
ข.7 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 45 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 %RH	82

TNI

TAHITI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูปภาพ

รูป	หน้า
2.1	ตัวอย่างตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่ใช้กำหนดขนาดการสร้างห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า....9
2.2	Temperature & Humidity Sensor..... 10
2.3	พื้นฐานระบบทำความเย็นแบบอัดไอ..... 10
2.4	ภาพตัวอย่างคอมเพรสเซอร์ 11
2.5	ตัวอย่างคอนเดนเซอร์ 11
2.6	ตัวอย่างเอ็กซ์แพนชันวาล์ว 12
2.7	ตัวอย่างอีแวปเปอเรเตอร์ 12
2.8	ภาพตัวอย่างฟิลเตอร์ไดรเออร์ 13
2.9	รูป Diagram ของแอดคิรุมเลเตอร์ 13
2.10	ภาพตัวอย่าง Hot Gas Solenoid Valve 14
2.11	ภาพตัวอย่างชุด 4 Way Valve 15
2.12	ภาพตัวอย่างชุด Electric heater 16
2.13	ภาพตัวอย่างชุด Water Nozzle Spray..... 17
2.14	บอร์ดคอนโทรล และชุด Microcontroller MEGA 2560..... 18
3.1	แบบห้องทดสอบตู้แช่เย็น และการแสดงตำแหน่งติดตั้งระบบสร้างสภาวะอากาศ..... 20
3.2	ภาพภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ที่มีการแสดงตำแหน่ง ช่องกระจายอากาศ ช่องดูดอากาศกลับ Temperature Sensor และ Humidity Sensor ไฟฟ้าส่องสว่าง และช่องทวนสอบ Sensor..... 21
3.3	แผนภาพระบบสร้างอุณหภูมิเย็นในช่วง $20-27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 23
3.4	แผนภาพระบบสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิร้อนช่วง $28-35^{\circ}\text{C}$ 24
3.5	Diagram 3D แสดงองค์ประกอบภายในระบบสร้างชั้นสภาวะอากาศ..... 25
3.6	การติดตั้งระบบสร้างสภาวะบรรยากาศ และถังเก็บน้ำ..... 26
3.7	แสดงการจัดวางอุปกรณ์ระบบควบคุมการทำงานของระบบสร้างชั้นภูมิอากาศ 27
3.8	ผังแสดงตำแหน่งอุปกรณ์ และช่องทางการรับ-ส่งข้อมูลบนแผงควบคุมการทำงานของระบบ สร้างสภาวะอากาศ..... 29
3.9	หน้าจอแสดงผลสถานะการทำงานปัจจุบันของระบบสร้างสภาวะอากาศ..... 30
3.10	หน้าจอแสดงผลและรับการตั้งค่าของแต่ละพารามิเตอร์ต่างๆ..... 31

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.11	หน้าจอแสดงผลและรับการตั้งค่าสำหรับทวนสอบค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์..... 33
4.1	รูปภาพแสดงผลรวมการทดสอบทั้ง 7 เงื่อนไข..... 38
4.2	รูปภาพแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 22 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 65 %RH..... 39
4.3	รูปภาพแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 41
4.4	รูปภาพแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 27 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70 %RH..... 42
4.5	รูปภาพแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 55 %RH..... 43
4.6	รูปภาพแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75 %RH..... 44
4.7	รูปภาพแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 40 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 45 %RH..... 45
4.8	รูปภาพแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 45 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 46

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ตู้แช่เย็นแสดงสินค้าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อใช้ในการจัดเก็บหรือจำหน่ายสินค้าเครื่องดื่ม และอาหารที่ต้องแช่เย็นเก็บไว้ในอุณหภูมิที่ต่ำ เช่น อาหารสด อาหารแช่แข็ง เครื่องดื่ม ยาเวชภัณฑ์ อาหารสำเร็จรูป เป็นต้น ซึ่งพบเห็นการนำไปใช้งานได้ทั่วไป เช่น ร้านค้าชุมชน ร้านสะดวกซื้อ ห้างสรรพสินค้า สถานศึกษา โรงพยาบาล ห้องทดสอบค้นคว้าวิจัย เป็นต้น

การนำตู้แช่เย็นแสดงสินค้าไปใช้งานแม้จะเป็นตู้แช่เย็นแสดงสินค้านั้นเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่ประเภทกิจกรรม สถานที่ ก็จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้แช่เย็นแสดงสินค้า คือ ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น ปริมาณและประเภทสินค้าที่บรรจุไว้ในตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ความถี่ในการเปิด-ปิดประตูตู้แช่เย็นแสดงสินค้า (ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการใช้งานของผู้บริโภค) สภาพแวดล้อมโดยรอบที่ตู้แช่เย็นแสดงสินค้าติดตั้งอยู่ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์อื่นๆ ที่นำมาผลิตตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

ปัจจุบันตู้แช่เย็นแสดงสินค้ายังไม่ได้ถูกจัดให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ มอก.บังคับ ทำให้ผู้ผลิตไม่ได้มีการพัฒนาระบบใหม่ๆ ขึ้นมา ดังนั้นตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่มีวางจำหน่ายอยู่ จึงไม่ทราบว่าตู้แช่เย็นแสดงสินค้าตัวอื่นนั้นมีประสิทธิภาพการทำความเย็นและความปลอดภัยแตกต่างกันอย่างไร การจะทราบถึงประสิทธิภาพของตู้แช่เย็นแสดงสินค้าก็ต่อเมื่อตู้แช่เย็นแสดงสินค้านั้นได้ผ่านการทดสอบ ณ ห้องทดสอบมาตรฐานตามขั้นตอนการทดสอบ และเงื่อนไขที่ใช้ทดสอบที่มีการระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ยกตัวอย่าง มอก. 1235-2556[1] แต่ปัจจุบันผู้ผลิตตู้แช่เย็นแสดงสินค้ามักจะมุ่งทดสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

เนื่องจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีโครงการประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภค การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีฉลากประหยัดพลังงาน เพื่อเป็นการช่วยลดการผลิตไฟฟ้าหรือการนำเข้าพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นสาเหตุระดับต้นๆ ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลให้โลกร้อนขึ้น ทำให้ตู้แช่เย็นแสดงสินค้าแต่ละยี่ห้อหันมาแข่งขันกันในเรื่องการประหยัดไฟฟ้า โดยนำส่งผลิตภัณฑ์ตู้แช่เย็นแสดงสินค้าของตนเข้าทดสอบประสิทธิภาพใช้พลังงาน ณ ห้องทดสอบมาตรฐาน เพื่อนำผลที่ทดสอบ

ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบเกณฑ์การใช้พลังงานที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยกำหนดไว้ แล้ว ออกฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพพลังงานมีระดับตั้งแต่เบอร์ 1-5 และที่ระดับเบอร์ 5 มีการจัดระดับเป็นดาวตั้งแต่ ★ - ★★★ ที่แสดงอยู่ในฉลากรวมถึงค่าประสิทธิภาพ (หน่วย/ปี) และค่าไฟฟ้า (บาท/ปี) เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคทราบ และใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นั้น โดยมีเกณฑ์ค่ามาตรฐานกำหนดตามแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของตู้แช่เย็นแสดงสินค้า [2]

ปริมาณสุทธิ (ลิตร)	ค่าประสิทธิภาพ (หน่วย/วัน)			
	เบอร์ 5	เบอร์ 5 ★	เบอร์ 5 ★★	เบอร์ 5 ★★★
140-1,650	2.6767+0.0034	2.1414+0.0027	1.6060+0.0020	1.0707+0.0014

หากผู้ผลิตตู้แช่เย็นแสดงสินค้ามีการพัฒนาตู้แช่เย็นแสดงสินค้า เช่น การเปลี่ยนไปใช้คอมเพรสเซอร์รุ่นใหม่หรือเปลี่ยนไปใช้ยี่ห้ออื่น การเปลี่ยนรูปแบบการเดินท่อทองแดงสำหรับใช้ในการส่งน้ำยาทำความเย็นเข้าระบบ หรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตู้ ซึ่งส่งผลต่อระบบการทำงานของตู้แช่เย็นแสดงสินค้า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแล้วก็ต้องส่งตู้แช่เย็นแสดงสินค้านั้นเข้าทดสอบในห้องทดสอบมาตรฐานใหม่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้แน่ใจว่าตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่พัฒนาใหม่จะยังคงประสิทธิภาพในระดับสูงสุดหรือไม่ต่ำกว่ารุ่นก่อนหน้าที่มีการพัฒนา แต่การส่งผลิตภัณฑ์เข้าทดสอบแต่ละครั้งต้องใช้เวลาในการทดสอบ 14-20 วัน แต่ถ้าในช่วงนั้นมีจำนวนผู้ขอใช้บริการทดสอบผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมากก็ต้องมีการเรียงลำดับการเข้ารับบริการทดสอบเวลารอผลการทดสอบก็就会被ขยายออกไปอีก สำหรับห้องทดสอบที่ใช้ทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าจะเป็นห้องที่สามารถสร้างสภาวะอากาศภายในห้องทดสอบได้หลายสภาวะตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใช้ในการทดสอบตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ตารางสภาวะชั้นบรรยากาศในห้องทดสอบมาตรฐานที่ใช้ทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า [1]

ชั้นภูมิอากาศ ของห้อง ทดสอบ	อุณหภูมิ กระเปาะแห้ง (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	จุดน้ำค้าง (°C)	มวลไอน้ำใน อากาศแห้ง (g/kg)
0	20.0	50	9.3	7.3
1	16.0	80	12.6	9.1
8	23.9	55	14.3	10.2
2	22.0	65	15.2	10.8
3	25.0	60	16.7	12.0
4	30.0	55	20.0	14.8
6	27.0	70	21.1	15.8
5	40.0	40	23.9	18.8
7	35.0	75	30.0	27.3

โดยทั่วไปการทดสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงานของตู้แช่เย็นแสดงสินค้าจะถูกกำหนดให้ห้องทดสอบมาตรฐานตั้งสภาวะอากาศภายในห้องทดสอบที่อุณหภูมิ 25°C และความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH สำหรับเงื่อนไขสภาวะอากาศอื่นๆ ดังตารางที่ 1.2 จะใช้ทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าตามที่คุณผลิตขอให้ทดสอบเพื่อนำผลการทดสอบที่ได้ส่งให้กับลูกค้า หรือเพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนเองต่อไป ซึ่งการทดสอบจะมีค่าใช้จ่ายโดยประมาณ 50,000 บาท/ครั้ง/เงื่อนไขสภาวะ/ตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ด้วยข้อจำกัดด้านเวลาที่ใช้ทดสอบและค่าใช้จ่าย เป็นเหตุผลที่ทำให้ตู้แช่เย็นแสดงสินค้าไม่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องหรือพัฒนาอย่างล่าช้า ทำให้เสียโอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจ

จะเห็นได้ว่าห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้ามีความสำคัญและเป็นหัวใจหลักในการพัฒนาตู้แช่เย็นแสดงสินค้า และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ ส่งผลถึงความน่าเชื่อถือขององค์กร และคุณภาพสินค้า ถ้าผู้ผลิตจะทำการติดตั้งระบบทดสอบแบบเดียวกันกับห้องทดสอบมาตรฐานใช้งานอยู่ ก็จะเป็นการลงทุนที่สูงมากทำให้ผู้ประกอบการไม่สามารถลงทุนได้

งานวิจัยฉบับนี้จึงได้ให้ความสนใจที่จะพัฒนาห้องทดสอบ โดยออกแบบและปรับปรุงมาจากระบบปรับอากาศพื้นฐาน และศึกษาพารามิเตอร์ด้านการปรับสภาพอากาศ มาสร้างสภาวะอากาศได้ตามเงื่อนไขต่างๆ ที่มาตรฐานกำหนดไว้ ระบบทำความเย็นและปรับสภาพอากาศนี้ได้รับการติดตั้งให้กับห้องทดสอบที่สร้างขึ้นตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในมาตรฐาน AS1731.4-2003. [3] เพื่อให้ได้ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่สร้างสภาวะอากาศได้เช่นเดียวกัน แต่ในราคาที่ย่อมเยาและมีประสิทธิภาพการทำงานเทียบเท่ากับระบบที่ห้องทดสอบมาตรฐานใช้งานอยู่

องค์ประกอบระบบพื้นฐาน ได้แก่ ส่วนทำความเย็น ส่วนฮีทปั๊ม ส่วนทำความชื้น วาล์วปรับทิศทางการไหล ฮีทเตอร์ ส่วนควบคุมการทำงาน ฯลฯ ซึ่งต้องวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติ ความสามารถ และความเป็นไปได้ในการควบคุมระบบทำความเย็น ความร้อน และความชื้น เพื่อทำหน้าที่สร้างสภาวะอากาศให้กับห้องทดสอบ โดยใช้ Microcontroller เป็นชุดควบคุมการทำงานของทั้งระบบ การคัดเลือกกระบบย่อยที่นำมาประยุกต์ใช้งาน ข้อกำหนดและคุณสมบัติที่ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าจะต้องมี ได้อ้างอิงข้อมูลตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หรือที่แนะนำไว้ตามเอกสารมาตรฐาน AS1731.4-2003. [3]

การดำเนินงานเริ่มจากการคำนวณหาขนาดของห้องทดสอบและวัสดุที่เหมาะสม ที่จะนำมาสร้างห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า เน้นแบบแนวตั้งมีประตูเปิดด้านหน้าขนาด 1-4 ประตู และทำการทดสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพผลการทำงานของระบบ เพื่อนำไปสู่การสรุปผลการวิจัยว่าห้องทดสอบสามารถนำไปใช้งานได้จริงตามที่คาดหวังไว้หรือไม่อย่างไร เมื่อห้องทดสอบตู้แช่เย็นสามารถใช้งานได้จริงจะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาตู้แช่เย็นแสดงสินค้าให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง เป็นอีกทางหนึ่งที่ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน เมื่อเกิดการพัฒนาผู้ผลิตก็จะแข่งขันกันสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ส่งผลดีต่อผู้บริโภค ซึ่งเป็นผู้ที่ได้รับประโยชน์สูงสุดที่จะได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าแบบแนวตั้ง ที่มีประตูเปิดด้านหน้าขนาด 1-4 ประตู โดยการควบคุมอุปกรณ์พื้นฐานของระบบปรับอากาศ ระบบสร้างความร้อน ชุดสร้างความชื้น และ Microcontroller

1.2.1 ออกแบบ พัฒนา และทดสอบสมรรถนะระบบสร้างสภาวะอากาศสำหรับห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าแนวตั้ง ที่สภาวะอุณหภูมิ $20 - 45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

1.2.2 และความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง $40-75\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$ ตามเงื่อนไขที่กำหนดสำหรับการใช้งานจริง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 การทดสอบห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าแบบแนวตั้ง ที่มีประตูเปิดด้านหน้าขนาด 1-4 ประตู ระบบปรับอากาศสร้างอุณหภูมิได้ทั้งร้อนและเย็นที่สภาวะอุณหภูมิ $20-45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

- ที่อุณหภูมิเย็นทำงานในช่วง $20 - 27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และ
- ที่อุณหภูมิร้อนทำงานในช่วง $28 - 35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- และช่วยทำหน้าที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ให้กับห้องทดสอบ โดยควบคุมความชื้นภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าใช้ อยู่ในช่วง $40 - 75\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$

1.3.2 ใช้ระบบ Electric heater สร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิร้อนในช่วง $36 - 45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

1.3.3 ใช้ Nozzle spray สร้างหมอกละอองน้ำ เพื่อสร้างความชื้นให้กับห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

1.3.4 ใช้ Microcontroller เป็นระบบควบคุมการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศให้กับห้องทดสอบตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ $20 - 45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

1.4 ขั้นตอนดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษามาตรฐานและข้อกำหนดในการสร้างห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

1.4.2 ศึกษากระบวนการสร้างสภาวะอากาศโดยการนำเอาระบบปรับอากาศพื้นฐานมาประยุกต์ใช้งาน

1.4.3 ออกแบบห้องทดสอบ ระบบสร้างสภาวะอากาศ และระบบควบคุม รวมถึงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ

1.4.4 สร้างห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า สร้างระบบสร้างสภาวะอากาศ และระบบควบคุม และทำการติดตั้งระบบที่ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

1.4.5 ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลการทำงานของระบบตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เพื่อศึกษาผลการทดสอบ และวิเคราะห์การทำงานของระบบ

1.4.6 ติดตามผลการทดสอบ และปรับแต่งแก้ไข (ถ้ามี)

1.4.7 สรุปผลงานวิจัย และนำเสนอผลงานวิจัย

1.4.8 เขียนบทความงานวิจัย จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ และสอบป้องกันวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ระบบสร้างสภาวะอากาศสำหรับห้องทดสอบ ที่ประยุกต์ระบบปรับอากาศพื้นฐาน และสามารถสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิในช่วง $20 - 45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และสร้างความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง $40 - 75\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$ ได้

1.5.2 ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าแบบแนวตั้ง ที่พร้อมติดตั้งระบบสร้างสภาวะอากาศที่พัฒนาขึ้นมา โดยมีคุณสมบัติ และสมรรถนะการทำงานที่อ้างอิงข้อกำหนดตามมาตรฐาน AS1731.4-2003. [3] โดยห้องทดสอบผ่านการทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เพื่อนำผลการวิจัยนี้ไปใช้งานได้จริงเชิงพาณิชย์

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าสำคัญมากต่อการพัฒนาตู้แช่เย็นแสดงสินค้า เมื่ออ้างอิงตามมาตรฐาน AS1731.4-2003 ระบบปรับอากาศจะต้องสร้างสภาวะอากาศให้กับห้องทดสอบในอุณหภูมิช่วง 20-45 °C และให้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ ± 1 °C โดยใช้ระบบปรับอากาศที่ทำความเย็นแบบอัดไอทำหน้าที่สร้างสภาวะอากาศอุณหภูมิ 2 ช่วง คือ สำหรับการทำความเย็นแบบในห้องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20-27 °C และสำหรับสภาพอากาศแบบภายนอกอาคารที่อุณหภูมิ 28-35 °C นอกจากนี้ระบบจะสามารถสร้างสภาวะอากาศในฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูงถึงช่วง 36-45 °C โดยใช้ฮีตเตอร์ความร้อน (Electric heater) เป็นหลัก ระบบสามารถสร้างความชื้นสัมพัทธ์ให้กับห้องทดสอบในช่วง 40-75 %RH และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ± 5 %RH

ในบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึงวัสดุที่ใช้สร้างห้องทดสอบ หลักการพื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำงานของอุปกรณ์หลักที่ใช้สร้างสภาวะอากาศให้กับห้องทดสอบ และหลักการสร้างห้องทดสอบ

2.1 วัสดุที่ใช้สร้างห้องทดสอบ

ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าเป็นระบบปิด ที่มีคุณสมบัติป้องกันการรั่วซึมของอากาศจากภายในไปสู่ภายนอกและจากภายนอกเข้าสู่ภายใน เพื่อคงไว้ซึ่งอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงไม่มากตลอดเวลาที่ทำการทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

โครงสร้างห้องทดสอบเป็นผนังและเพดานน้ำหนักรเบา ทนทาน และแข็งแรง ซึ่งตามมาตรฐาน AS1731.4-2003. [3] ได้แนะนำลักษณะของห้องทดสอบที่มีผนังเป็นฉนวนกันความร้อนทำมาจาก Polyurethane Foam หรือ โฟม PU เป็นแกนกลาง โดยประกบหน้าหลังด้วยแผ่นโลหะเคลือบสีขาว มีความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 60 mm. มาประกอบเข้าด้วยกันจนได้เป็นแผ่นผนังสำเร็จรูปและนำมาต่อกันเพื่อทำเป็นผนัง 4 ด้าน และเพดาน 1 ด้าน ซึ่งคุณสมบัติของ PU สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 230–250°C และเมื่อประกบหน้าหลังด้วยแผ่นโลหะเคลือบสีขาวเป็นแผ่นผนังสำเร็จรูปจะมีคุณสมบัติดังนี้ [4]

- 1) เป็นฉนวนได้ดี (Most Efficient) ลดการแผ่รังสี และการนำความร้อน
- 2) ลดและกั้นเสียงเข้า-ออก (Noise Inhibiting) ป้องกันเสียงรบกวนไม่ให้ทะลุผ่านได้
- 3) ทนต่อกรดและด่าง (Acid and Base Resistant) และการเกิดสนิม
- 4) ไม่ลามไฟ (Fire Resistant) เพราะมีสารกันไฟผสม ยกเว้นมีเชื้อไฟรุนแรงหรือมีลมแรง

5) น้ำหนักเบาและแข็งแรง (Light weight and Strength)

6) ป้องกันการรั่วซึม (Water Leaking) ตัววัสดุเป็นกาวในตัว ช่วยการเกาะยึดแน่นได้ดีทำให้ไม่มีช่องว่างหรือโพรงอากาศ

7) ควบคุมการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ (Condensation Control) หรือการควบแน่นรวมตัวกันเป็นหยดน้ำ ไม่เกิดเชื้อรา

8) ติดตั้งง่าย (Easy to Install) เพราะมีร่องสำหรับประกอบล็อกเข้ากันพอดี

9) ปลอดภัยจากสัตว์ และแมลง (Vermin Resistant) และไม่ใช่อาหารของสัตว์

เมื่อประกอบแผ่นผนังสำเร็จรูปโฟม PU เข้าด้วยกันแล้ว ใช้ซิลิโคนยาแนวสีขาว ชนิดไม่มีกรด (Neutral Cure Silicone) ทำให้ยึดเกาะได้ดีมีความยืดหยุ่นสูงไม่เกิดการกัดกร่อน ทนต่อสภาพอากาศ และแสงรังสียูวีได้ดี ป้องกันเชื้อราและกันไฟลาม ฉีดยึดเข้าตามรอยต่อและขอบต่างๆ เพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ส่วนข้อเสียคือแห้งช้า

ห้องทดสอบได้มีการกำหนดขนาดที่ กว้าง x ยาว x สูง (250 cm. x 390 cm. x 350 cm.) เพื่อให้สอดคล้องกับการนำไปใช้ทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าแบบแนวตั้ง ที่มีประตูเปิดด้านหน้าเป็นไปได้อย่างน้อย 1 - 4 ประตู ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่ใหญ่ที่สุด ที่บรรจุในห้องทดสอบได้ คือแบบ 3 ประตู ภายในห้องทดสอบมีการติดตั้งช่องสำหรับจ่ายอากาศร้อน-เย็น และความชื้น (Air Supply) จำนวน 4 ช่อง อยู่บนเพดาน และติดตั้งช่องดูดอากาศกลับ (Air Return) จำนวน 1 ช่อง ที่อยู่ติดผนังโดย ซึ่งภายในช่องอากาศติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น จำนวน 1 ชุด ดังรูปที่ 2.2 เพื่อใช้วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นที่สัมพันธ์ เพื่อส่งค่ากลับไปยังชุดประมวลผลการทำงานเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การทำงานต่อไป



60x57x175



110x65x200



180x57x205



164x75x200

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่ใช้กำหนดขนาดการสร้างห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า [5]



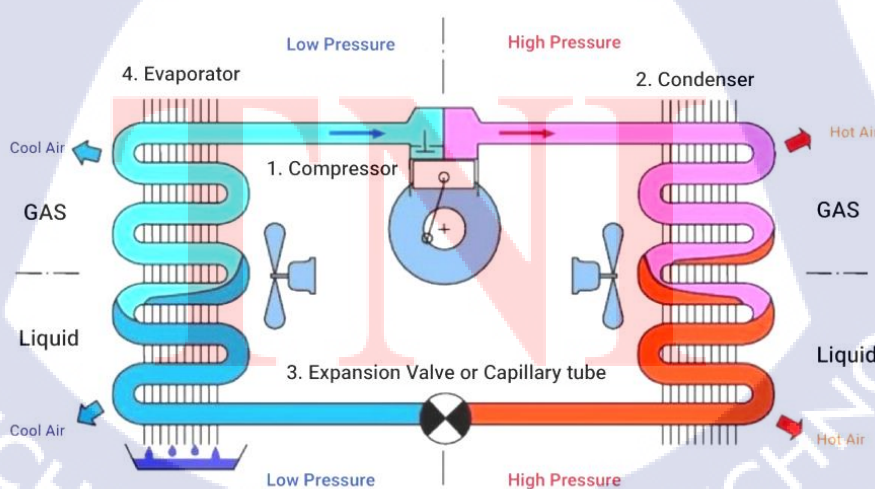
THD-D2-C

- Display method : Non-display
- Measured range_Temperature : -19.9~60.0°C
- Measured range_Humidity : 0.0~99.9%RH
- Output_Temperature : Current output(DC4~20mA)
- Output_Humidity : Current output(DC4~20mA)
- Sampling cycle : 500ms
- Power supply : 24VDC
- Protection structure : IP65(except sensor part)
- Approval : CE

รูปที่ 2.2 Temperature & Humidity Sensor [6]

2.2 ระบบปรับอากาศทำความเย็น

ระบบทำความเย็นแบบอัดไอพื้นฐานมีการทำงานตามแผนภาพในรูปที่ 2.3 คอมเพรสเซอร์อัดสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นก๊าซแรงดันสูงเข้าสู่แผงคอยล์ร้อนของคอนเดนเซอร์ ที่มีพัดลมเป่าอากาศเพื่อเป็นการระบายความร้อนของน้ำยาทำความเย็นที่ถูกเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ที่จะถูกส่งต่อไปลดความดันด้วยเอ็กซ์แพนชันวาล์ว แล้วส่งต่อเข้าไปยังส่วนอีแวปโปเรเตอร์ หรือคอยล์เย็นที่มีพัดลมเป่าเอาความเย็นเข้าไปในห้องทดสอบ และน้ำยาทำความเย็นจะดูดซับความร้อนในห้องทดสอบเข้ามาแทนที่ และเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซ ที่จะถูกดูดกลับเข้าไปที่คอมเพรสเซอร์ต่อไป ซึ่งอุปกรณ์หลักของระบบปรับอากาศพื้นฐานที่มีใช้ทั่วไปมีหน้าที่การทำงาน ดังนี้



รูปที่ 2.3 พื้นฐานระบบทำความเย็นแบบอัดไอ [7]

2.2.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

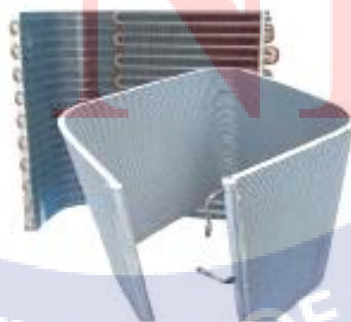
คอมเพรสเซอร์ ดังรูปที่ 2.4 เป็นเครื่องอัดไอ ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นเข้ามาทางท่อดูดที่เรียกว่า Suction Line สารที่มีสถานะที่เป็นก๊าซมีความดันและอุณหภูมิต่ำ จากอีแวปอเรเตอร์ (Evaporator) หรือคอยล์เย็นที่ผ่านเข้ามาทางท่อดูดของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะอัดสารทำความเย็นนี้ ออกไปทางท่ออัดที่เรียกว่า Discharge Line ทำให้มีความดันและอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งเข้าไปยังชุดคอนเดนเซอร์ (Condenser) เพื่อให้เกิดการกลั่นตัวเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์ ด้วยการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นด้วยพัดลมระบายอากาศ



รูปที่ 2.4 ภาพตัวอย่างคอมเพรสเซอร์ [8]

2.2.2 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์ ดังรูปที่ 2.5 เป็นเครื่องควบแน่นหรือ คอยล์ร้อนที่รับไอร้อนที่ถูกคอมเพรสเซอร์ (Compressor) อัดจนร้อนและมีอุณหภูมิสูง เมื่อผ่านเข้ามาในระบบ ความร้อนที่อยู่ในสารทำความเย็นจึงถูกถ่ายเทออกไปด้วยพัดลมระบายความร้อน ทำให้ไอร้อนนั้นเกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลวที่มีแรงดันและอุณหภูมิสูง เพื่อส่งเข้าสู่ชุดแอกซ์แพนชันวาล์ว (Expansion Valve)



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างคอนเดนเซอร์ [8]

2.2.3 อุปกรณ์ควบคุมการไหล (Expansion Valve)

อุปกรณ์ควบคุมการไหล ดังรูปที่ 2.6 เป็นระบบควบคุมการไหลของสารทำความเย็นด้วยท่อลดแรงดันหรือท่อรูเข็ม (Capillary Tube) หน้าที่ลดแรงดันของสารทำความเย็น (ของเหลว) ที่ถูกระบายความร้อนแล้ว เมื่อผ่านท่อรูเข็มทำให้ของเหลวนั้นมีอุณหภูมิลดลงและความดันลดลง สารทำความเย็นเหลวจะไหลเข้าไปในระบบอีแวปเปอเรเตอร์ (Evaporator)



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างเอ็กซ์แพนชันวาล์ว [8]

2.2.4 อีแวปเปอเรเตอร์ (Evaporator)

อีแวปเปอเรเตอร์ หรือ คอยล์เย็น ดังรูป 2.7 ประกอบด้วยขดท่อที่มีสารทำความเย็นไหลวนอยู่ ทำให้บริเวณพื้นผิวของท่อมีความเย็น และพัดลมของชุดอีแวปเปอเรเตอร์จะเป่าเอาความเย็นกระจายเข้าสู่ห้องทดสอบ พร้อมกับสารทำความเย็นจะดูดซับความร้อนที่อยู่ภายในห้องทดสอบเข้ามาเป็นการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิภายในห้องทดสอบ แล้วสารทำความเย็นที่ดูดซับความร้อนจะถูกดูดออกไปด้วยคอมเพรสเซอร์ (Compressor) เพื่อเข้าสู่ระบบการไหลเวียนของระบบทำความเย็นต่อไป



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างอีแวปเปอเรเตอร์ [8]

2.2.5 อุปกรณ์กรองและดักความชื้น (Filter Drier)

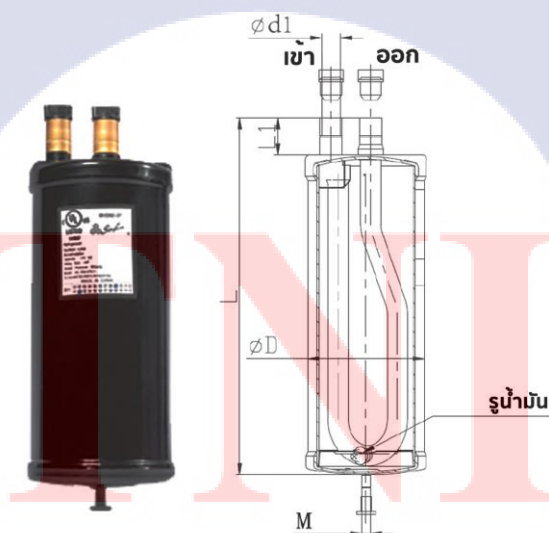
อุปกรณ์กรองและดักความชื้น ดังรูปที่ 2.8 ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรก และดักเก็บความชื้นที่ปนมากับสารทำความเย็น จากนั้นสารทำความเย็นจะถูกดูดกลับไปยังคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 2.8 ภาพตัวอย่างฟิลเตอร์ไดรเออร์ [9]

2.2.6 อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น (Accumulator)

อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น หรือ Accumulator ดังรูปที่ 2.9 ทำหน้าที่เก็บสารทำความเย็นที่ระเหยไม่หมด ซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวจากอีวैปอเรเตอร์ เพื่อไม่ให้ไหลกลับเข้าไปที่คอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะถูกติดตั้งอยู่ระหว่างอีวैปอเรเตอร์กับทางดูดของคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 2.9 รูป Diagram ของแอกคิวมูเลเตอร์ [10]

งานวิจัยการสร้างห้องทดสอบประสิทธิภาพของตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่จะนำความร้อนจากสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ มาใช้ในการทำความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 28-35°C แทนการใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า (Electric Heater) จำเป็นต้องเพิ่มอุปกรณ์เข้ามาอีก 2 ตัว คือ

2.2.7 อุปกรณ์วาล์วควบคุมการไหล (Solenoid Valve)

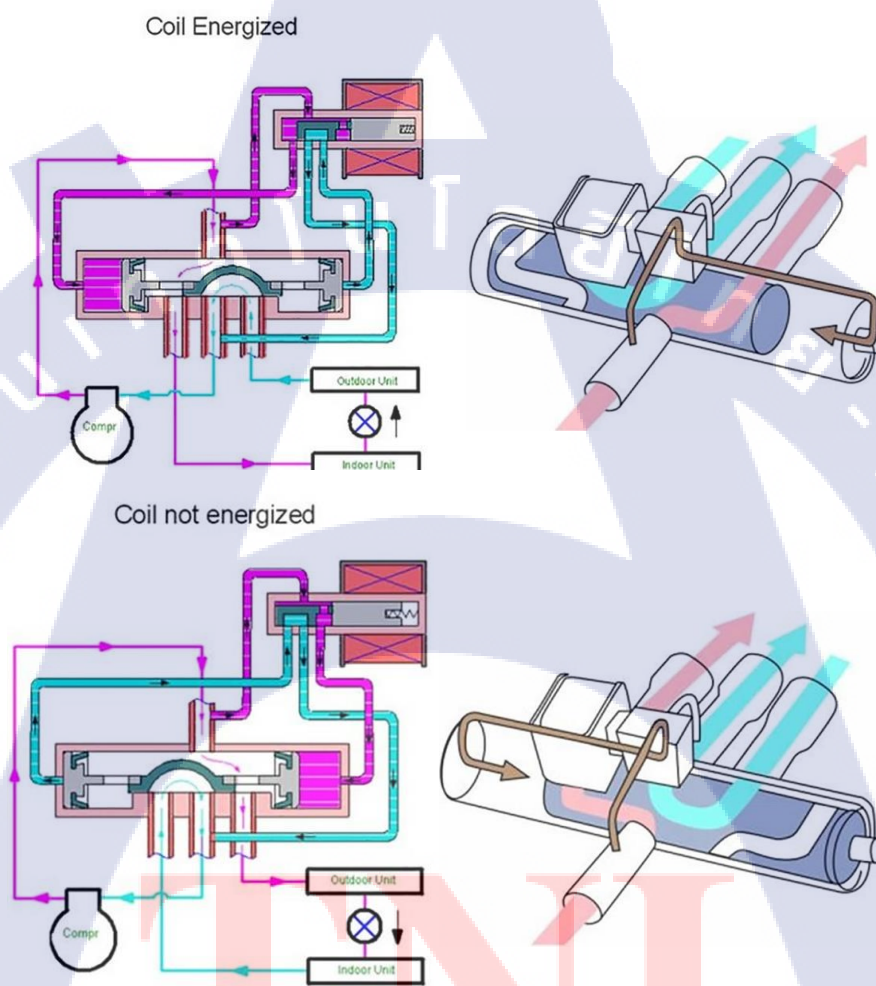
อุปกรณ์ควบคุมการไหล ดังรูปที่ 2.10 เป็นชุดอุปกรณ์โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) แบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro-Magnetic) ทำหน้าที่เปิด-ปิดให้สารทำความเย็นผ่านหรือไม่ให้ผ่านเข้าไปยังชุด Evaporator ติดตั้งอยู่ระหว่าง Compressor กับ Condenser ทำหน้าที่นำสารทำความเย็นบางส่วนที่ถูกอัดออกจาก Compressor ที่มีความร้อนและไม่ได้ถูกส่งผ่านชุด Condenser แต่ถูกส่งตรงไปคอยล์เย็นของชุด Evaporator เพื่อให้พัดลมในชุดของ Evaporator เป่าลมระบายความร้อนของสารทำความเย็นเข้าสู่ห้องทดสอบ เพื่อช่วยลดความชื้นในอากาศ ก่อนอากาศนั้นจะเข้าสู่ห้องทดสอบ ส่วนน้ำยาที่ไหลเวียนในวงจรปกติก็จะยังคงทำความเย็นต่อเนื่องไป



รูปที่ 2.10 ภาพตัวอย่าง Hot Gas Solenoid Valve [11]

2.2.8 อุปกรณ์วาล์วควบคุมทิศทางการไหลแบบ 4 ทาง (4 Way Valve)

วาล์วควบคุมทิศทางการไหลแบบ 4 ทาง ดังรูปที่ 2.11 ทำหน้าที่สลับทิศทางการไหลของสารทำความเย็น เพื่อให้ระบบปรับอากาศทำหน้าที่สร้างอุณหภูมิร้อนช่วงอุณหภูมิ 28-35°C โดยอาศัยความร้อนของสารทำความเย็นแทนการใช้ Electric Heater



รูปที่ 2.11 ภาพตัวอย่างชุด 4 Way Valve [12]

2.3 ระบบทำความร้อนด้วยไฟฟ้า

ทำจากโลหะที่เป็นท่อกลมติดครีป เป็นอุปกรณ์ที่กำเนิดความร้อนที่ช่วยสร้างอุณหภูมิช่วง 36-45°C ให้กับห้องทดสอบ โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไป ทำให้ท่อโลหะจนเปลี่ยนเป็นสีแดง มีความร้อนแผ่ไปรอบๆ ท่อ และใช้พัดลมเป็นตัวกลางพาความร้อน (Heat Convection) จากฮีตเตอร์

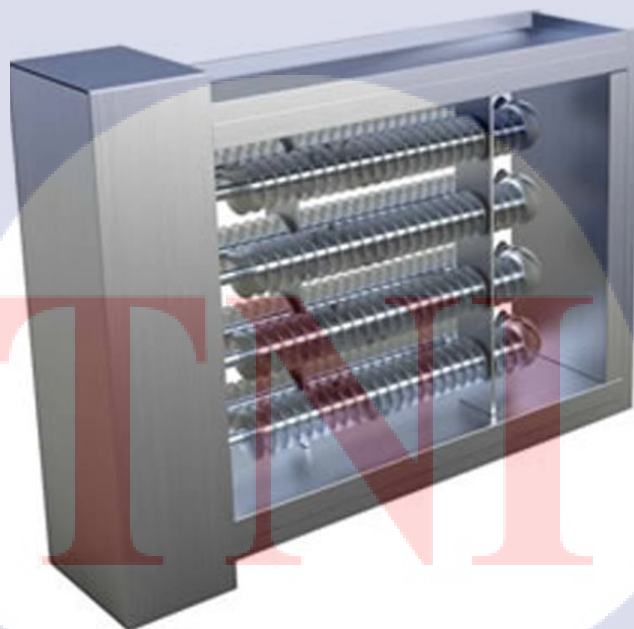
ฮีตเตอร์สร้างความร้อนโดยจ่ายไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า (Volt) เข้าไปยังลวดความต้านทาน (Resistant Wire) ที่มีส่วนผสมของโลหะนิเกิล (Ni) และโครเมียม (Cr) เรียกว่า ลวดความร้อน หรือ ลวดฮีตเตอร์ ดังรูปที่ 2.12 เมื่อจ่ายไฟฟ้าให้ที่ปลายของลวดทั้ง 2 ข้าง ลวดจะร้อนแดงและให้ความร้อนออกมาจากลวดทั้งเส้น ตามสมการ

$$\text{Watt} = \frac{V^2}{R} \quad (2.1)$$

Watt คือ หน่วยของพลังงานไฟฟ้า

V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายลวดทั้งสองข้าง เช่น 220 Volt เป็นต้น

R คือ ความต้านทานของลวดทั้งเส้น



รูปที่ 2.12 ภาพตัวอย่างชุด Electric heater [13]

2.4 ระบบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์โดยการพ่นน้ำละอองฝอย

เมื่อระบบปรับอากาศทำงานจะเกิดการควบแน่นได้เป็นหยดน้ำออกมา โดยทั่วไปน้ำที่ได้นี้จะถูกปล่อยทิ้งและเกิดความสูญเสียเปล่า ดังนั้นระบบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ให้กับห้องทดสอบจะนำน้ำที่ได้จากการควบแน่นกลับมาใช้เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ให้กับห้องทดสอบ โดยการพ่นน้ำออกเป็นละอองฝอยด้วยหัวสเปรย์นอซเซิล (Nozzle spray) เพื่อสร้างละอองหมอก และอาศัยแรงลมจากพัดลมดูดเป่าความชื้นผ่านช่อง Air Supply เข้าไปในห้องทดสอบ ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ภาพตัวอย่างชุด Water Nozzle Spray [14]

2.5 ระบบควบคุมการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ

ระบบควบคุมการทำงานใช้ชุด Microcontroller รุ่น MEGA2560 เป็นชุดประมวลผลได้รับข้อมูลจากเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นที่ติดตั้งภายในห้องทดสอบ เป็นแบบทรานสมิตเตอร์ (Temperature humidity transmitter) ติดตั้งในระบบสร้างสภาวะอากาศ และที่มีการส่งสัญญาณแบบ Current output DC 4-20 mA เข้าสู่หน่วยประมวล เพื่อทำการวิเคราะห์ประมวลผลการทำงานของระบบ และควบคุมระบบสร้างสภาวะอากาศต่อไป ซึ่งชุด Microcontroller MEGA2560 และชุด Temperature Sensor และ Humidity Sensor จะถูกติดตั้งอยู่บนบอร์ดคอนโทรลที่ใช้ Relay ทำหน้าที่ตัดต่อการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 2.14

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 แนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้เพื่อพัฒนาห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าและสร้างตารางสภาวะอากาศ โดยการประยุกต์ใช้ระบบปรับอากาศพื้นฐาน กำหนดให้ทำอุณหภูมิในช่วง 20-45°C ความคลาดเคลื่อน $\pm 1^{\circ}\text{C}$ และทำความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 40-75 %RH ความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ RH อ้างอิงตามข้อกำหนดในมาตรฐานสากล AS1731.4-2003. [3] และคาดหวังว่าห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้านี้ ผู้ผลิตตู้แช่จะสามารถนำไปใช้งานได้จริง

3.2 การออกแบบและสร้างห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

การออกแบบและสร้างห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ได้ระบุขนาด วัสดุฉนวนสำหรับผนัง และเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นไว้แล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.1 ลักษณะของห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า และการติดตั้งระบบสร้างสภาวะอากาศ แสดงตามรูปที่ 3.1

3.3 การออกแบบและสร้างระบบสร้างสภาวะบรรยากาศ

ระบบสร้างสภาวะบรรยากาศได้ออกแบบให้สามารถสร้างสภาวะบรรยากาศ ที่มีอุณหภูมิในช่วง $20 - 45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และสร้างความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง $40 - 75\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$ โดยใช้อุปกรณ์หลัก 4 ส่วน คือ (1) ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (2) ระบบ Electric Heater (3) ระบบสร้างหมอกไอน้ำด้วย Water Nozzle Spray (4) ระบบการลดความชื้น

3.3.1 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

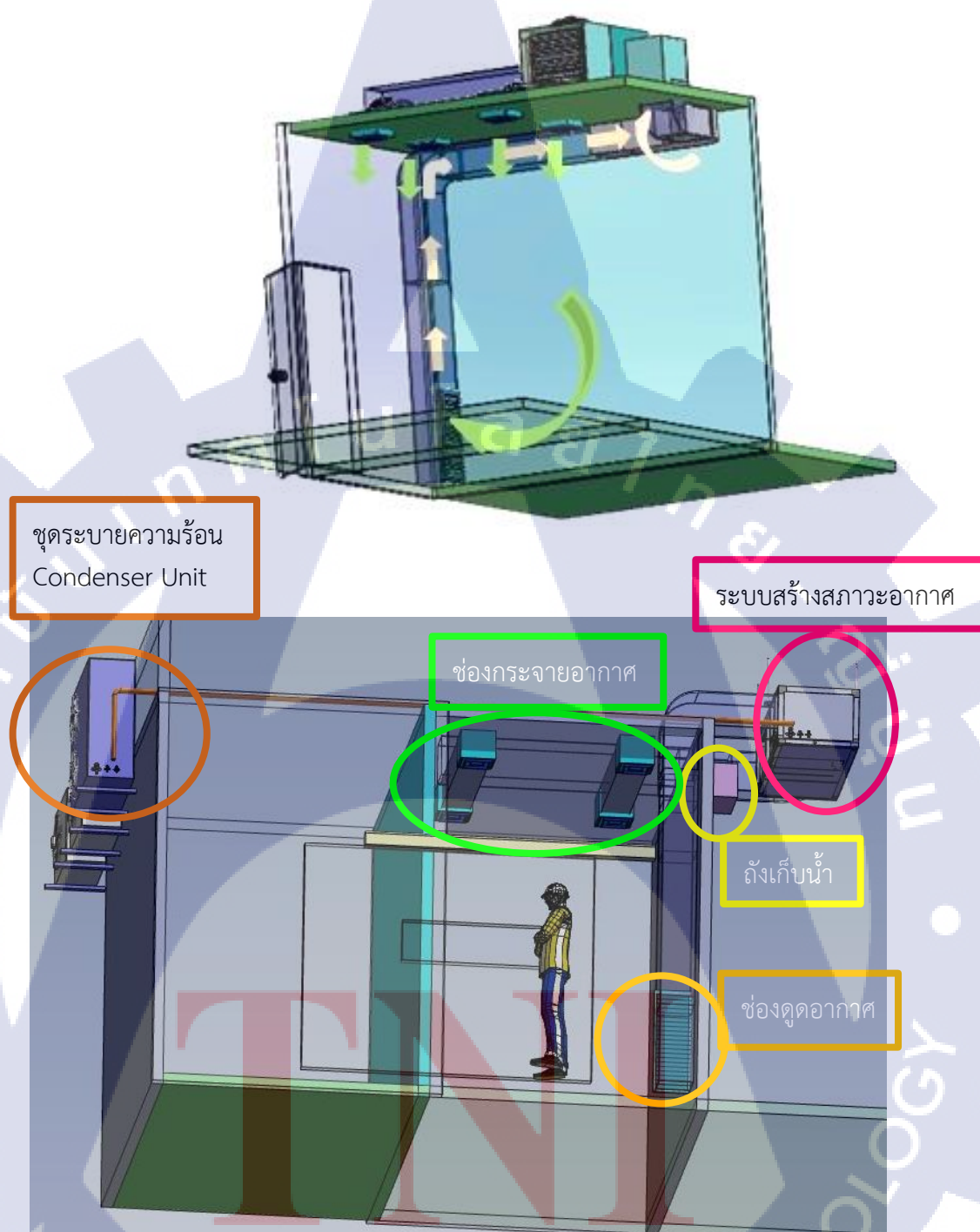
ระบบปรับอากาศทำความเย็นแบบอัดไอขนาด 25,000 BTU ใช้น้ำยาทำความเย็นรหัส R410A ซึ่งอยู่ในกลุ่ม Hydrofluorocarbon (HFC) มีคุณสมบัติไม่มีผลทำลายชั้นโอโซน ประกอบด้วยส่วนผสมของ R32 50% และ R125 50% ขนาดของระบบทำความเย็นหาได้จากค่าความร้อนสัมพัทธ์ที่ต้องการนำออกจากห้องทดสอบแบบปิด ดังสมการที่ 3.1

$$\text{Sensible Heat} = 1.08 \times \text{cfm} \times \Delta T(^{\circ}\text{F}) \quad (3.1)$$

เมื่อ Sensible Heat คือ อัตราของความร้อนสัมผัส (Btu/hr)

Cfm คือ อัตราการไหลของลม (ft^3/min)

ΔT คือ ผลต่างอุณหภูมิ (ฟาเรนไฮต์)

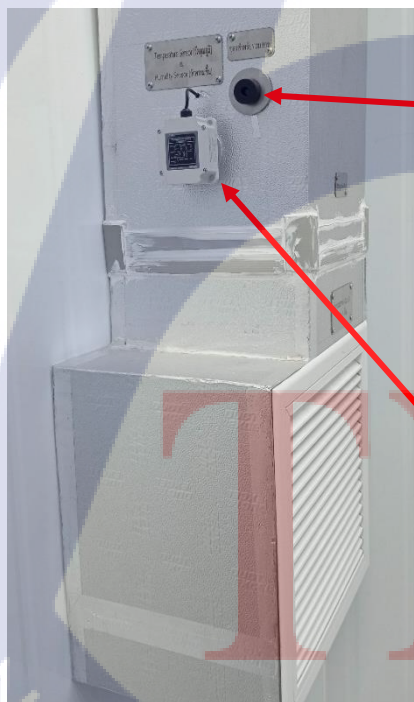


รูปที่ 3.1 แบบห้องทดสอบตู้แช่เย็นและการแสดงตำแหน่งติดตั้งระบบสร้างสภาวะอากาศ



ตำแหน่งช่องกระจายอากาศ
และความชื้นที่ได้จากระบบ
สร้างสภาวะอากาศ เข้าสู่
ห้องทดสอบ

ตำแหน่งช่องดูดอากาศกลับ
สู่ระบบสร้างสภาวะอากาศ



ช่องสำหรับใส่เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น
สัมพัทธ์ เพื่อการทดสอบเซนเซอร์ (Sensor) เพื่อให้
แน่ใจว่าผลการวัดมีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้

ชุด Sensor วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็น

รูปที่ 3.2 ภาพภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ที่มีการแสดงตำแหน่ง ช่องกระจายอากาศ ช่อง
ดูดอากาศกลับ Temperature Sensor และ Humidity Sensor ไฟฟ้าส่องสว่าง และช่องทวน
สอบ Sensor

ระบบทำความเย็นแบบอัดไอที่นำมาทำหน้าที่ปรับอากาศ 2 รูปแบบ คือ

(1) ระบบสร้างอุณหภูมิเย็นในช่วง $20-27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ตามรูปที่ 3.3 โดยมีหลักการทำงานของระบบคือ

ก. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นก๊าซ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิและแรงดันให้สูงขึ้น ผ่านอุปกรณ์ 4 way value (ตามเส้นสีแดง)

ข. ไหลผ่านไปยังคอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือคอยล์ร้อน โดยมีพัดลมช่วยระบายความร้อนของสารทำความเย็น ส่งผลให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลง แต่ความดันยังคงเท่าเดิม และเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว

ค. ถูกส่งผ่านเข้าไปยังชุดเอ็กซ์เพนชันวาล์ว (Expansion Valve) ที่ทำหน้าที่ลดแรงดันของสารทำความเย็น ทำให้มีอุณหภูมิลดลง และ

ง. ส่งต่อไปยังอุปกรณ์อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) หรือคอยล์เย็น (ตามเส้นสีฟ้า) ที่มีพัดลมเป่าความเย็นของสารทำความเย็นเข้าสู่ภายในห้องทดสอบ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องทดสอบลดลง และสารทำความเย็นจะเกิดการดูดซับความร้อนภายในห้องทดสอบ

จ. สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะกลายเป็นก๊าซ และไหลผ่านอุปกรณ์ 4 way value (ตามเส้นสีฟ้า)

ฉ. ไหลเข้าสู่แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) ที่ทำหน้าที่เก็บสารทำความเย็นที่ระเหยไม่หมด และมีสถานะเป็นของเหลว ก่อนไหลกลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ (Compressor) กลับเข้าไปสู่กระบวนการเดิมต่อไป

(2) ระบบสร้างความร้อนในช่วงอุณหภูมิ $28 - 35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ตามรูปที่ 3.4 หลักการทำงานของระบบคือ

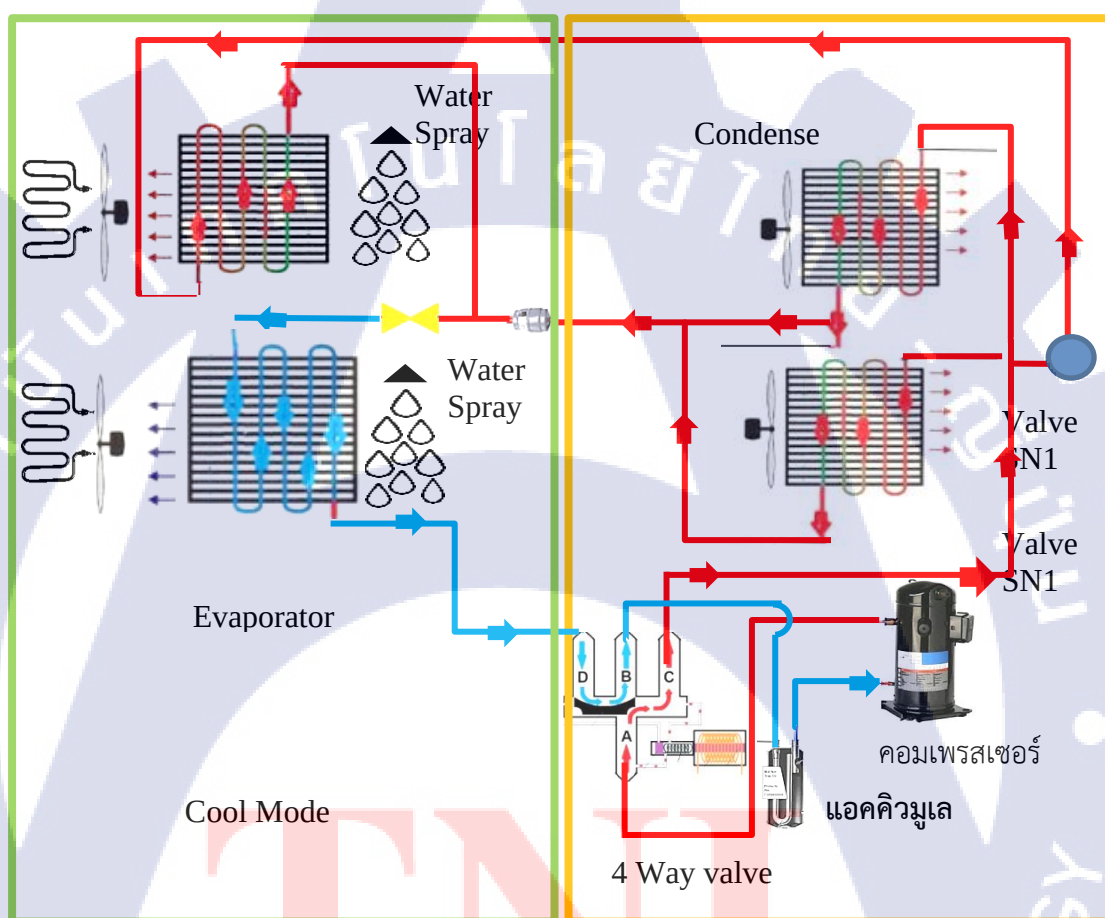
ก. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นก๊าซเพื่อเพิ่มอุณหภูมิและแรงดันให้สูงขึ้นผ่านอุปกรณ์ 4 way value (ที่ถูกสลับทิศทางการไหลของสารทำความเย็นตามเส้นสีแดง)

ข. ไหลเข้าสู่ชุดอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ที่มีพัดลมทำหน้าที่เป่าเอาความร้อนจากสารทำความเย็นเข้าสู่ห้องทดสอบ ทำให้ห้องทดสอบมีอุณหภูมิสูงขึ้น

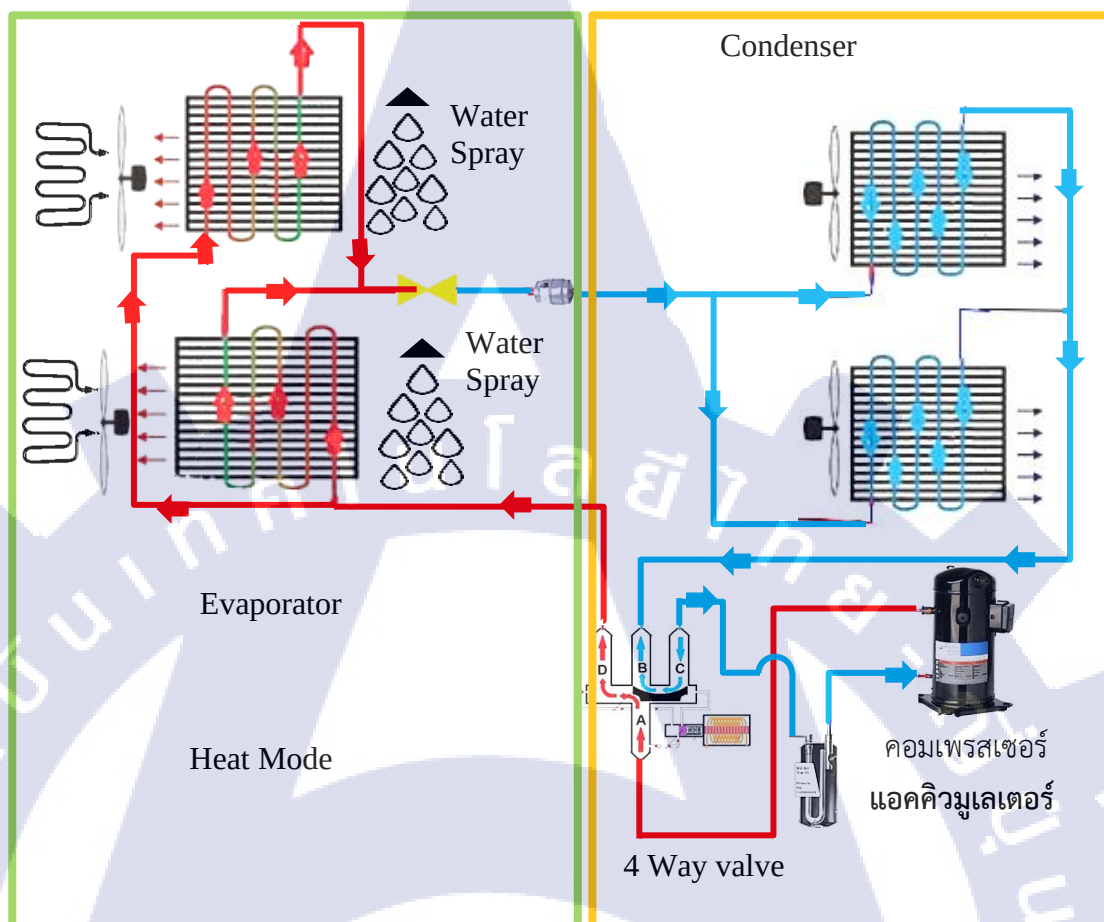
ค. จากนั้นสารทำความเย็นจะไหลต่อเข้าสู่เอ็กซ์เพนชันวาล์ว (Expansion Valve) ที่ลดแรงดันของสารทำความเย็น ทำให้มีอุณหภูมิลดลง และแรงดันลดลง

ง. ถูกส่งต่อไปยังคอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือคอยล์ร้อน (ตามเส้นสีฟ้า) ที่มีพัดลมช่วยระบายความเย็นของสารทำความเย็นออกสู่ภายนอก

- จ. และสารทำความเย็นจะไหลต่อไปยังอุปกรณ์ 4 way valve (ตามเส้นสีฟ้า) เข้าสู่แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) ที่เก็บสารทำความเย็นที่ระเหยไม่หมดมีสถานะเป็นของเหลว
- ฉ. ก่อนไหลกลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ (Compressor) กลับเข้าไปสู่กระบวนการเดิมต่อไป



รูปที่ 3.2 แผนภาพระบบสร้างอุณหภูมิเย็นในช่วง $20-27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 3.3 แผนภาพระบบสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิร้อนช่วง 28-35°C

3.3.2 ระบบ Electric Heater

ฮีตเตอร์ความร้อน (Electric Heater) เพื่อสร้างความร้อน ทำงานตามที่อธิบายในบทที่ 2 หัวข้อ 2.3 ความร้อนที่พามาจากฮีตเตอร์จะเข้าสู่ห้องทดสอบ เพื่อทำอุณหภูมิในช่วง 35-45 °C ± 1 °C คำนวณหาขนาดกำลังไฟฟ้าของ Electric Heater ที่ต้องใช้จากสมการที่ 3.2

$$Kw = \frac{CF(ft^3) \times \Delta T(^{\circ}F)}{3,000 \times \text{Heat Up Time}(hr.)} \quad (3.2)$$

เมื่อ Kw = กำลังไฟฟ้าที่ต้องการของฮีตเตอร์ไฟฟ้า, CF = ปริมาตรของระบบ (ft³)

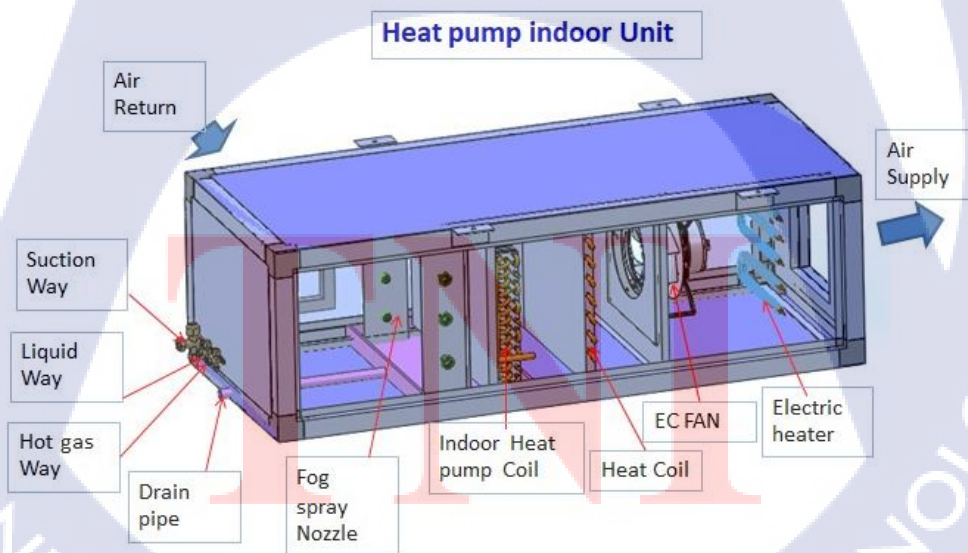
ΔT = ผลต่างอุณหภูมิ (ฟาเรนไฮต์)

3.3.3 ระบบสร้างหมอกไอน้ำด้วย Water Nozzle Spray

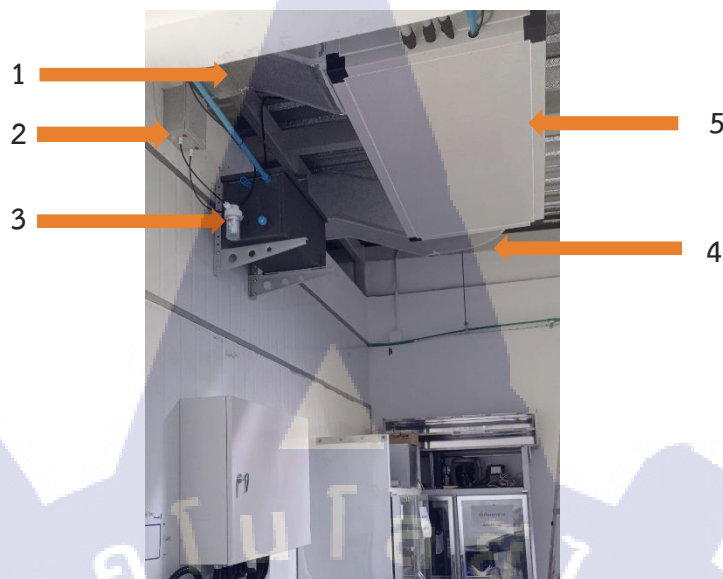
ระบบสร้างหมอกไอน้ำใช้เพิ่มความชื้นให้กับห้องทดสอบ ซึ่งต้องการความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 40-75 %RH โดยนำน้ำจากถังพักมาผ่านเป็นละอองหมอก ผ่านตัว Nozzle spray ที่มีรูขนาดเล็กมาก และให้พัดลมพัดเอาไอน้ำความชื้นเข้าสู่ห้องทดสอบ โดยน้ำที่นำมาใช้จะมาจาก 2 แหล่ง คือ น้ำจากท่อน้ำประปา และน้ำที่ได้จากการกลั่นตัวจากระบบปรับอากาศทำความเย็น ซึ่งปกติการใช้งานเครื่องปรับอากาศทั่วไปนั้นน้ำที่ได้จากการกลั่นตัวจะถูกนำไปทิ้ง แต่ในระบบนี้จะเป็นการนำน้ำที่ได้จากการกลั่นตัวมาเก็บไว้ในถังพักน้ำ เพื่อนำน้ำนั้นกลับมาใช้ใหม่เพื่อช่วยลดการใช้ทรัพยากรน้ำ

3.3.4 ระบบการลดความชื้น

ระบบลดความชื้นใช้ความร้อนของสารทำความเย็นเป็นตัวช่วยลดความชื้นในห้องทดสอบ มีกระบวนการไหลของสารทำความเย็นตามรูปที่ 3.3 เมื่อระบบต้องการลดความชื้นในห้องทดสอบที่ตำแหน่ง Valve SN1 (Hot Gas solenoid valve) จะถูกเปิดออก ทำให้สารทำความเย็นที่ไหลเข้าคอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือคอยล์ร้อนบางส่วนไหลผ่าน valve SN1 เข้าไปยังชุดอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) (ตามเส้นสีแดง) เพื่อให้พัดลมเป็นตัวนำพาความร้อนจากสารทำความเย็นเข้าสู่ห้องทดสอบเป็นตัวช่วยลดความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 3.4 Diagram 3D แสดงองค์ประกอบภายในระบบสร้างชั้นสภาวะอากาศ



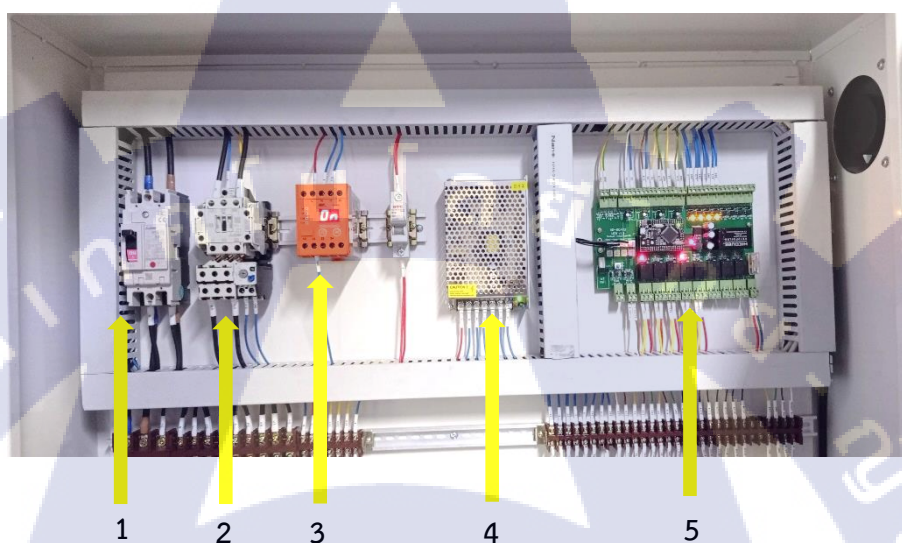
รูปที่ 3.5 การติดตั้งระบบสร้างสภาวะบรรยากาศ และถังเก็บน้ำ

การทำงานของระบบลดความชื้นตามภาพภายในรูปที่ 3.6 ดังนี้

- 1) ช่อง Air return เป็นช่องสำหรับดูดอากาศภายในห้องทดสอบกลับเข้าสู่ระบบสร้างสภาวะบรรยากาศ
- 2) ปั๊มน้ำสำหรับดูดน้ำจากถังพักน้ำมาผ่านเป็นหมอกละอองฝอยเข้าสู่ระบบสร้างสภาวะบรรยากาศเพื่อใช้สร้างความชื้นให้กับห้องทดสอบ
- 3) ถังเก็บน้ำสำหรับรับน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวจากระบบปรับอากาศ และน้ำประปา
- 4) ช่อง Air supply สำหรับเป่าอากาศเย็น-ร้อนและความชื้นจากระบบสร้างสภาวะบรรยากาศเข้าสู่ห้องทดสอบ
- 5) ระบบสร้างสภาวะอากาศสร้างอุณหภูมิเย็น-ร้อน และความชื้นส่งเข้าสู่ห้องทดสอบ

3.4 การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการทำงานของระบบ

ระบบควบคุมการทำงานของระบบจะใช้ Microcontroller MEGA2560 เป็นชุดประมวลผลอยู่บนบอร์ดแผงวงจรไฟฟ้าที่มีช่องเชื่อมต่อ I/O เพื่อรับข้อมูลจาก Sensor วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ ซึ่งมีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ตามรูปที่ 3.7 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.7 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ระบบควบคุมการทำงานของระบบสร้างชั้นภูมิอากาศ

ระบบควบคุมการทำงานของระบบสร้างชั้นภูมิอากาศ ทำงานดังนี้

- 1) Main Switch สำหรับใช้เปิด-ปิดระบบทั้งหมด
- 2) Magnetic Contactor ใช้เป็นสวิตช์ตัดต่อการทำงานของระบบสร้างชั้นภูมิอากาศ โดยการควบคุมด้วย Microcontroller
- 3) Phase Protector เป็นอุปกรณ์ป้องกันระบบทางไฟฟ้าช่วยป้องกันการเกิดไฟตกและไฟเกิน
- 4) Power Supply เป็นจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับชุด Microcontroller และ sensor ต่างๆ
- 5) ชุดแผงควบคุมการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ

5.1) ชุด Microcontroller ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผล ดังนี้

5.1.1) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ผ่านทางหน้าจอแสดงผล ซึ่งจะเป็นการตั้งค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการส่งเข้าสู่ห้องทดสอบ และการตั้งค่าฟังก์ชันของระบบ ว่าต้องการให้ระบบใดทำงาน และให้ทำงานในช่วงไหน โดยตั้งค่าที่หน้าจอแสดงผล

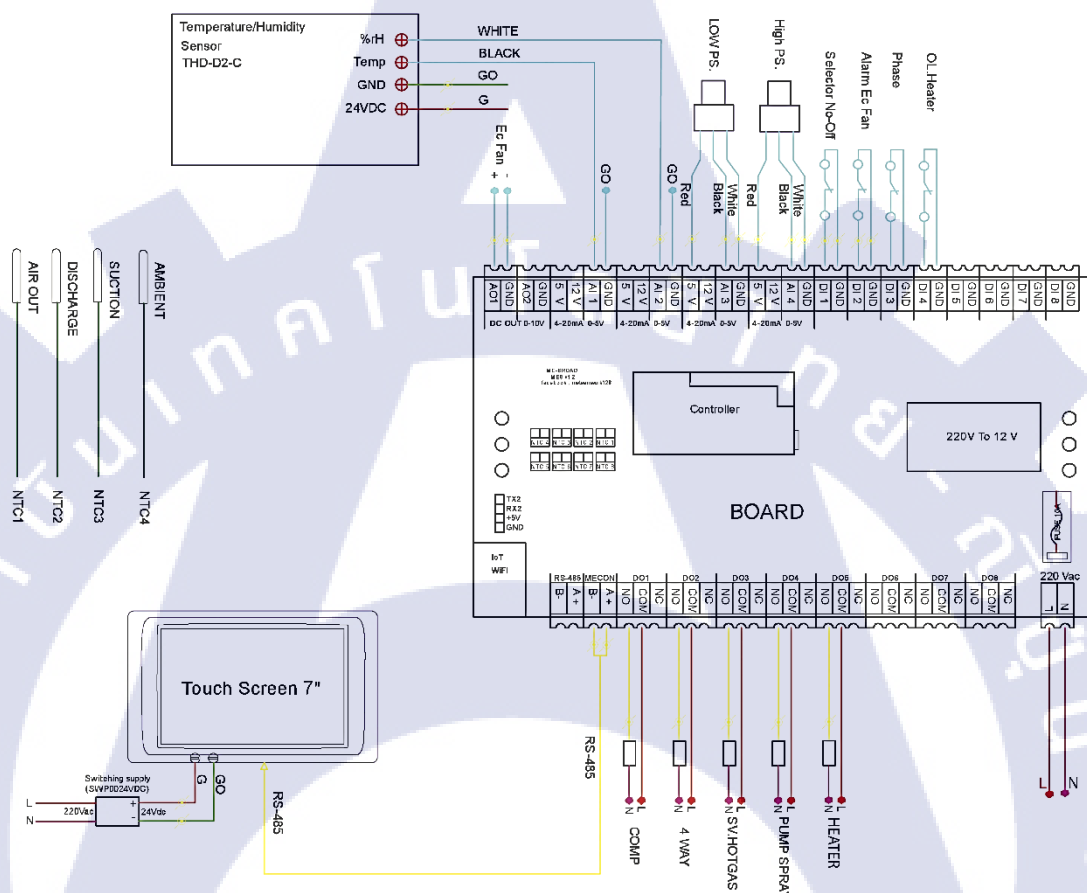
5.1.2) ทำหน้าที่รับค่าจาก Temperature Sensor และ Humidity Sensor ที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องทดสอบ ระบบปรับอากาศ และที่ตู้ควบคุม เพื่อนำข้อมูลที่นำมาทำการวิเคราะห์และทำการควบคุมการทำงานของระบบ และการมีการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิที่ผิดปกติ เป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้กับระบบสร้างสภาวะอากาศ

5.1.3) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลเพื่อแสดงผลการทำงานของระบบทั้งหมดเมื่อชุด Microcontroller ทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับมา จะสั่งการให้ระบบส่วนต่าง ๆ ทำงานให้สอดคล้องกับค่าพารามิเตอร์ที่ได้ตั้งค่ากำหนดไว้ เช่น การส่งค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่กำหนดไว้ไปยังหน้าจอแสดงผล การส่งค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ตรวจวัดภายในห้องทดสอบที่ได้จาก Temperature Sensor และ Humidity Sensor ไปยังหน้าจอแสดงผล เพื่อให้ทราบถึงสถานะการทำงานในปัจจุบัน การแสดงสถานะการทำงานหรือหยุดทำงานของระบบส่วนต่างๆ และการแจ้งเตือนหรือ Alarm เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบถึงความผิดปกติ เช่น เมื่อตรวจพบค่าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ จะทำการแจ้งเตือนเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้ามาทำการตรวจสอบแก้ไขต่อไป

5.1.4) ทำหน้าที่ควบคุมสั่งการให้ระบบส่วนต่างๆ ทำงานหรือหยุดทำงานหลังจากประมวลผลข้อมูลที่ได้จาก Temperature Sensor และ Humidity Sensor ชุด Microcontroller จะทำการสั่งให้ระบบส่วนต่างๆ ทำงานหรือหยุดทำงานโดยผ่านอุปกรณ์ Relay ที่ทำหน้าที่ตัดต่อการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ เพื่อให้ระบบสร้างสภาวะอากาศทำงานตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้

5.2) ระบบตัดต่อการทำงานของระบบส่วนต่างๆ ให้ทำงานหรือหยุดทำงานโดยผ่านอุปกรณ์ Relay ที่ได้มีการเชื่อมต่อกับระบบปรับอากาศ ระบบ Electric Heater อุปกรณ์สลับทิศทางการไหลของสารทำความเย็น พัดลม Electric Fan ที่ทำหน้าที่ดูดอากาศภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้ากลับ ผ่านเข้าสู่ระบบสร้างสภาวะอากาศ ส่งออกไปยังช่องกระจายอากาศ หรือ Air Supply เข้าสู่ห้องทดสอบตู้แช่เย็น ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ และระบบฉีดพ่นฝอยละอองน้ำที่ทำหน้าที่สร้างความชื้นให้กับห้องทดสอบตู้แช่เย็น

5.3) ช่องรับสัญญาณจาก Temperature Sensor และ Humidity Sensor ที่ติดตั้งภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็น ระบบปรับอากาศ และในตู้ควบคุมการทำงาน ส่งให้กับชุด Microcontroller ทำการประมวลผลการทำงานต่อไป

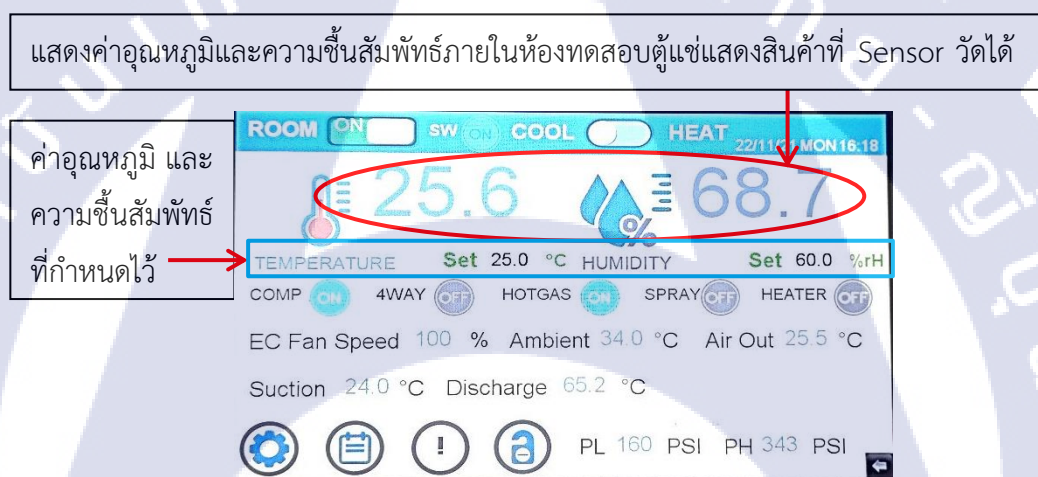


รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์และช่องทางการรับ-ส่งข้อมูล บนแผงควบคุมการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ

3.5 หน้าจอแสดงผลสถานะการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ

หน้าจอแสดงผลสถานะการทำงานจะทำหน้าที่รับคำสั่งการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ผ่านทางหน้าจอแบบสัมผัส เช่น การตั้งค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า การตั้งค่าให้ใช้ระบบปรับอากาศหรือระบบ Electric Heater เป็นระบบหลักในการสร้างสภาวะอากาศให้กับห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ส่งผ่านการตั้งค่าพารามิเตอร์ให้กับชุด Microcontroller ต่อไป และทำหน้าที่แสดงผลสถานะการทำงานปัจจุบันของระบบ สร้างสภาวะอากาศที่ได้รับข้อมูลจากแผงควบคุมการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ โดยมี 3 หน้าจอหลักที่ใช้แสดงผลดังนี้

(1) หน้าจอแสดงผลสถานะการทำงานปัจจุบันของระบบสร้างสภาวะอากาศ มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่แสดงผลให้ทราบดังนี้



รูปที่ 3.7 หน้าจอแสดงผลสถานะการทำงานปัจจุบันของระบบสร้างสภาวะอากาศ

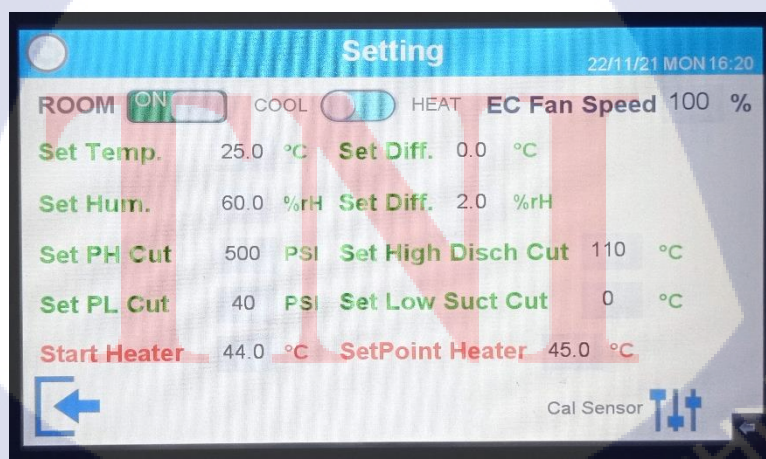
แสดงสถานะการทำงานถ้าขึ้นสัญลักษณ์ ON แสดงว่าระบบนั้นทำงานอยู่ ถ้าขึ้นสัญลักษณ์ OFF แสดงว่าระบบนั้นหยุดทำงาน โดยแต่ละพารามิเตอร์มีความหมายดังนี้

- COMP แสดงถึงสถานะการทำงานของระบบ Compressor Air
- 4WAY แสดงถึงสถานะการทำงานของระบบ 4WAY Valve ที่ทำหน้าที่สลับทิศทางการเดินของสารทำความเย็น
- HOTGAS แสดงถึงสถานะการทำงานของระบบ HOTGAS Solenoid Valve ที่ทำหน้าที่เปิดช่องทางเดินของสารทำความเย็นอีกช่องทางหนึ่ง เพื่อให้สารทำ

ความเย็นผ่านเข้าไปยังชุด อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) เพื่อทำหน้าที่ลดความชื้นภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็น

- SPRAY แสดงถึงสถานะการทำงานของระบบสร้างความชื้นสัมพัทธ์
 - HEATER แสดงถึงสถานะการทำงานของระบบ Electric Heater ที่ทำหน้าที่สร้างอุณหภูมิร้อนให้กับห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า
 - EC FAN Speed แสดงถึงสถานะการทำงานของระบบพัดลมดูดอากาศเพื่อสร้างการไหลเวียนของอากาศภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า
 - Ambient แสดงถึงค่าอุณหภูมิภายนอกห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่ติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุม
 - Air Out แสดงค่าอุณหภูมิที่ปลายช่องกระจายอากาศ
 - Suction แสดงค่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนเข้าสู่ Compressor
 - Discharge แสดงค่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจาก Compressor
 - PL และ PH แสดงค่าแรงดันของสารทำความเย็นด้านต่ำและด้านสูงที่วัดได้

(2) หน้าจอแสดงผลและรับการตั้งค่าของแต่ละพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.8 หน้าจอแสดงผลและรับการตั้งค่าของแต่ละพารามิเตอร์ต่างๆ

- ROOM แสดงว่าเปิดระบบทำงาน



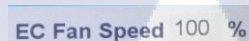
แสดงว่าระบบคอมเพรสเซอร์เป็นชุดสร้าง

อุณหภูมิ



แสดงว่าระบบ Electric Heater เป็นชุดสร้าง

อุณหภูมิ



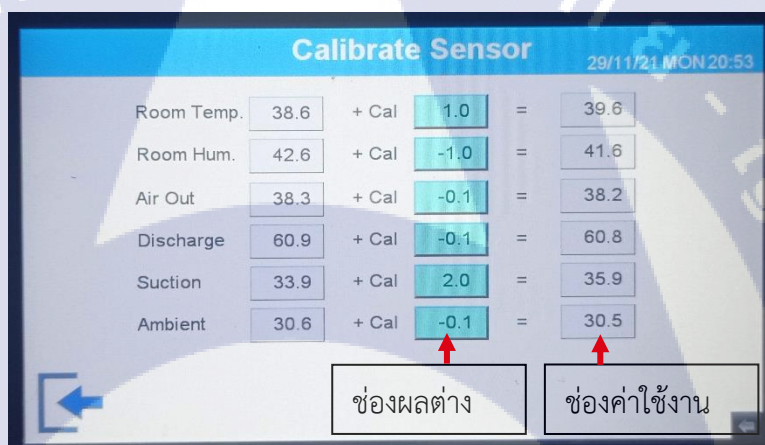
แสดงถึงระดับความเร็วการทำงานของพัดลม

ดูดอากาศ

- Set Temp. การตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า
- Set Hum. การตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า
- Set PH Cut การตั้งค่าแรงดันสูงสุดของสารทำความเย็น เมื่อ Sensor ตรวจวัดพบค่าแรงดันสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ ระบบจะตัดการทำงานและทำการแจ้งเตือนให้เข้าทำการแก้ไข เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับคอมเพรสเซอร์
- Set High Disch Cut การตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุดของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ หากพบค่าอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ ระบบจะตัดการทำงานและทำการแจ้งเตือนให้เข้าทำการแก้ไข เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับคอมเพรสเซอร์
- Set PL Cut การตั้งค่าแรงดันต่ำสุดของสารทำความเย็น เมื่อ Sensor ตรวจวัดพบค่าแรงดันต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ระบบจะตัดการทำงานและทำการแจ้งเตือนให้เข้าทำการแก้ไข เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับคอมเพรสเซอร์
- Set Low Suct Cut การตั้งค่าอุณหภูมิต่ำสุดของสารทำความเย็นก่อนกลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ หากพบค่าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ระบบจะตัดการทำงานและทำการแจ้งเตือนให้เข้าทำการแก้ไข เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับคอมเพรสเซอร์

- Start Heater เป็นการกำหนดค่าอุณหภูมิให้ระบบ Electric Heater เริ่มทำงาน
- Set Point Heater เป็นการกำหนดค่าอุณหภูมิให้ระบบ Electric Heater หยุดทำงาน

(3) หน้าจอแสดงผลสำหรับการทวนสอบและการปรับค่าของ Temperature Sensor และ Humidity Sensor โดยการนำเอาเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้รับการสอบเทียบแล้ว นำไปวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งเดียวกับ Temperature Sensor และ Humidity Sensor ที่ติดตั้งอยู่แล้วนำค่าผลต่างที่วัดได้มาใส่ในช่องผลต่างจะได้ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ถูกต้องในช่องค่าใช้งาน เพื่อไปใช้ประมวลผลและแสดงผลที่หน้าจอแสดงผล



รูปที่ 3.11 หน้าจอแสดงผล และการตั้งค่าสำหรับทวนสอบค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นสัมพัทธ์

3.6 วิธีการดำเนินงานวิจัยและเก็บข้อมูล

เมื่อทำการติดตั้งระบบสร้างสภาวะบรรยากาศทั้งหมดเสร็จสมบูรณ์ จึงเริ่มทำการทดสอบ โดยกำหนดเงื่อนไขในการใช้ทดสอบทั้งหมด 7 เงื่อนไข ตามตารางที่ 3.1 เงื่อนไขที่ 1-5 อ้างอิงจาก มาตรฐาน มอก.1235-2556 [1] ที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพตู้แช่เย็นแสดงสินค้า โดยเงื่อนไขที่ 2 เป็น เงื่อนไขหลักที่ห้องทดสอบมาตรฐานใช้ทดสอบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานเบอร์ 5 ของการ ไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)

เงื่อนไขที่ 6-7 เป็นเงื่อนไขที่โรงงานผู้ผลิตตู้แช่เย็นแสดงสินค้าเคยได้รับการร้องขอจาก ลูกค้าต่างประเทศ ให้ทำการทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว ซึ่งไม่มีระบุใน มาตรฐานการทดสอบของ มอก.1235-2556 และการทดสอบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานเบอร์ 5 ของ กฟผ. โดยระบบทำการเก็บข้อมูลทุก 1 วินาที และทำการสร้างกราฟ เพื่อแสดงผลการทำงาน และเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบสร้างสภาวะบรรยากาศ ว่ามีประสิทธิภาพ เทียบเท่ากับระบบที่ทางห้องทดสอบมาตรฐานใช้งานอยู่หรือไม่

ตารางที่ 3.1 ตารางเงื่อนไขสร้างสภาวะบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

เงื่อนไขสร้างสภาวะบรรยากาศ ของห้องทดลอง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)
1	22	65
2	25	60
3	27	70
4	30	55
5	35	75
6	40	45
7	45	60

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่ติดตั้งระบบสร้างสภาวะอากาศ และทำงานตามหลักการที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ได้รับการทดสอบประสิทธิภาพของห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าและระบบสร้างสภาวะอากาศ ตามเงื่อนไขที่การทดสอบดังตารางที่ 3.1 และทำการเก็บข้อมูลผลการสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อดูประสิทธิภาพการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ และการรักษาสภาวะอากาศภายในห้องทดสอบตู้ ว่ามีเสถียรภาพระดับใด แล้วจึงทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบประสิทธิภาพของห้องทดสอบตู้ โดยนำเสนอเป็นรูปภาพทั้งในภาพรวมและแยกตามแต่ละเงื่อนไขที่ทดสอบ ดังนี้

4.1 วิธีการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

วิธีการทำงานของระบบสร้างสภาวะให้สามารถสภาวะอากาศที่อุณหภูมิในช่วง $20-45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และสร้างความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง $40-75\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$ ให้กับภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าแบ่งเป็น 3 ลักษณะการทำงานตามช่วงการสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิในช่วง $20-27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิในช่วง $28-35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิในช่วง $36-45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ดังนี้

4.1.1 การทำงานตามช่วงการสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิในช่วง $20-27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

การสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิในช่วง $20-27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ จะใช้ระบบปรับอากาศแบบอัดไอเป็นระบบหลักในการทำงาน โดยระบบควบคุมจะวัดค่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าด้วย Temperature Sensor เมื่อตรวจวัดพบว่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้านี้อุณหภูมิสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมจะสั่งการให้คอมเพรสเซอร์ทำงานเพื่อลดอุณหภูมิ ชุดอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) เกิดความเย็น และเมื่อพัดลมดูดอากาศกลับทำงานโดยการดูดอากาศภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ผ่านช่องดูดอากาศกลับหรือช่อง Air return ไหลผ่านเข้าสู่ระบบสร้างสภาวะอากาศ ผ่านไปยังชุดอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ที่มีความเย็นอยู่ในระบบลมที่ผ่านก็จะนำพาความเย็นส่งเข้าสู่ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า นอกจากทำหน้าที่ทำความเย็นแล้วยังทำหน้าที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ในเวลาเดียวกัน และเมื่อ Temperature Sensor ตรวจวัดพบว่าค่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าถึงค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมก็จะสั่งให้คอมเพรสเซอร์หยุดทำงานทันที

ในส่วนระบบการสร้างความชื้นจะใช้ Humidity Sensor เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า เมื่อตรวจวัดพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าต่ำกว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมจะสั่งการให้ปั๊มน้ำทำงาน โดยการดูดน้ำจากถังเก็บน้ำ ฟันเป็นละอองฝอยเข้าไปในระบบสร้างสภาวะอากาศทำให้ภายในระบบสร้างสภาวะอากาศมีความชื้นสูงขึ้น เมื่อพัดลมดูดอากาศกลับจากช่อง Air return โดยการดูดอากาศภายในห้องทดสอบ ผ่านช่องดูดอากาศกลับหรือช่อง Air return อากาศที่ไหลกลับเข้าระบบสร้างสภาวะ อากาศที่จะไหลผ่านไปยังช่องกระจายอากาศจะนำพาความชื้นในระบบสร้างสภาวะอากาศไหลเข้าสู่ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าด้วย

เมื่อ Humidity Sensor ตรวจวัดพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์ถึงค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมก็จะสั่งให้ปั๊มน้ำหยุดทำงานทันที หลักการทำงานของระบบนี้ก็จะทำงานวนรูปแบบนี้ไปตลอดเวลา

4.1.2 การทำงานตามช่วงการสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิในช่วง $27-35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

การสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิในช่วง $27-35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ จะใช้ระบบปรับอากาศแบบอัตโนมัติเป็นระบบหลัก โดยการสลับทิศทางการไหลของสารทำความเย็น เพื่อใช้ความร้อนของสารทำความเย็นเป็นตัวสร้างอุณหภูมิในช่วง $27-35^{\circ}\text{C}$

โดยระบบควบคุมจะวัดค่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าด้วย Temperature Sensor เมื่อตรวจวัดพบว่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้ามีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมจะสั่งการให้คอมเพรสเซอร์ทำงานโดยการฉีดสารทำความเย็นออกมา เข้าสู่อุปกรณ์สลับทิศทาง หรือ 4 WAY Valve ที่ทำหน้าที่สลับทิศทางการไหลของสารทำความเย็น จากเดิมส่งไปยังชุดระบายความร้อนหรือที่เรียกว่าชุดคอนเดนเซอร์ (Condenser) สลับทิศทางการไหลของสารทำความเย็นที่มีความร้อนสูงเข้าสู่ชุดอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) เมื่อพัดลมดูดอากาศกลับทำงาน โดยการดูดอากาศภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นเข้าสู่ช่องดูดอากาศกลับหรือช่อง Air return ไหลผ่านเข้าสู่ระบบสร้างสภาวะอากาศผ่านไปยังชุดอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ที่มีความร้อนอยู่ ลมที่ไหลผ่านก็จะนำพาความร้อนส่งเข้าสู่ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

ลักษณะการทำงานของระบบนี้นอกจากทำหน้าที่สร้างความร้อนแล้วยังทำหน้าที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ โดยอาศัยความร้อนภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าเป็นตัวนำพาความชื้นออกมาผ่านเข้าสู่ช่องดูดอากาศกลับหรือช่อง Air return ในเวลาเดียวกันเมื่อ Temperature Sensor ตรวจวัดพบว่าค่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้ามีค่าอุณหภูมิถึงค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมก็จะสั่งให้คอมเพรสเซอร์หยุดทำงานทันที

ส่วนระบบการสร้างความชื้นสัมพัทธ์จะใช้ Humidity Sensor เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อตรวจวัดพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าน่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมจะสั่งการให้ปั๊มน้ำทำงาน โดยการดูดน้ำจากถังเก็บน้ำ ฟ้นเป็นละอองฝอยเข้าไปในระบบสร้างสภาวะอากาศ ทำให้ภายในระบบสร้างสภาวะอากาศมีความชื้นสูงขึ้น เมื่อพัดลมดูดอากาศกลับจากช่อง Air return อากาศที่ไหลกลับเข้าระบบสร้างสภาวะอากาศจะไหลผ่านไปยังช่องกระจายอากาศ โดยจะนำพาความชื้นในระบบสร้างสภาวะอากาศไหลเข้าสู่ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าน่าด้วย เมื่อ Humidity Sensor ตรวจวัดพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าน่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์ถึงค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมก็จะสั่งให้ปั๊มน้ำหยุดทำงานทันที หลักการทำงานของระบบนี้ก็จะทำงานวนลูปแบบนี้ไปตลอดเวลา

4.1.3 การทำงานตามช่วงการสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิในช่วง $36-45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

การสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิในช่วง $36-45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ จะใช้ชุด Electric Heater เป็นระบบหลักในการสร้างความร้อนในช่วงอุณหภูมิ $36-45^{\circ}\text{C}$ โดยระบบควบคุมจะวัดค่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าน่าด้วย Temperature Sensor เมื่อตรวจวัดพบว่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าน่ามีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมจะสั่งการให้ชุด Electric Heater ทำงานทำให้รอบๆ ชุด Electric Heater เกิดความร้อน เมื่อพัดลมดูดอากาศกลับทำงานโดยการดูดอากาศภายในห้องทดสอบผ่านเข้าช่อง Air return ไหลผ่านเข้าสู่ระบบสร้างสภาวะอากาศผ่านไปยังชุด Electric Heater ที่มีความร้อนอยู่ในระบบ ลมที่ไหลผ่านก็จะนำพาความร้อนส่งเข้าสู่ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าน่า

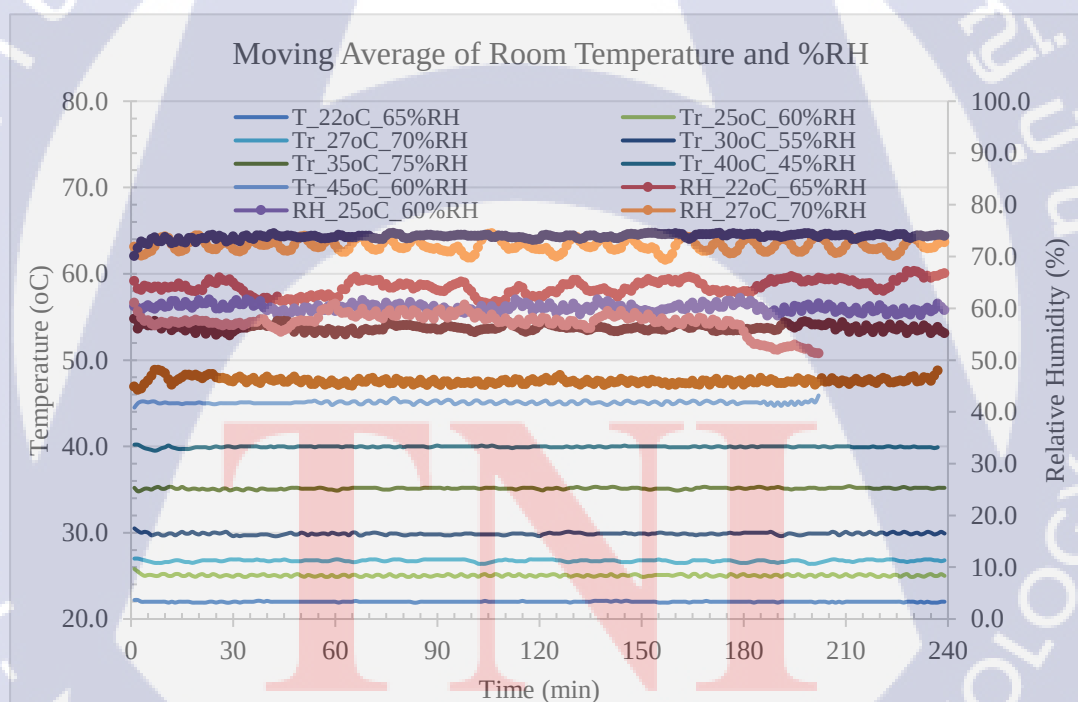
ลักษณะการทำงานของระบบนี้นอกจากทำหน้าที่สร้างความร้อนแล้วยังทำหน้าที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ โดยอาศัยความร้อนภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าน่า เป็นตัวนำพาความชื้นออกมาผ่านเข้าช่องดูดอากาศกลับหรือช่อง Air return ในเวลาเดียวกันเมื่อ Temperature Sensor ตรวจวัดพบว่าค่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าน่ามีค่าอุณหภูมิถึงค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมก็จะสั่งให้ชุด Electric Heater หยุดทำงานทันที

ส่วนระบบการสร้างความชื้นสัมพัทธ์จะใช้ Humidity Sensor เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อตรวจวัดพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบได้น่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมจะสั่งการให้ปั๊มน้ำทำงาน โดยการดูดน้ำจากถังเก็บน้ำฟ้นเป็นละอองฝอยเข้าไปในระบบสร้างสภาวะอากาศ ทำให้ภายในระบบสร้างสภาวะอากาศมีความชื้นสูงขึ้น เมื่อพัดลมดูดอากาศกลับจากช่อง Air return อากาศที่ไหลกลับเข้าระบบสร้างสภาวะอากาศที่ไหลผ่านไปยังช่องกระจายอากาศ โดยจะนำพาความชื้นในระบบสร้างสภาวะอากาศไหลเข้าสู่ภายในห้องทดสอบตู้

เมื่อ Humidity Sensor ตรวจวัดพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็น แสดงสินค้ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์ถึงค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมก็จะสั่งให้ปั๊มน้ำหยุดทำงานทันที หลักการทำงานของระบบนี้ก็จะทำงานวนลูปแบบนี้ไปตลอดเวลา

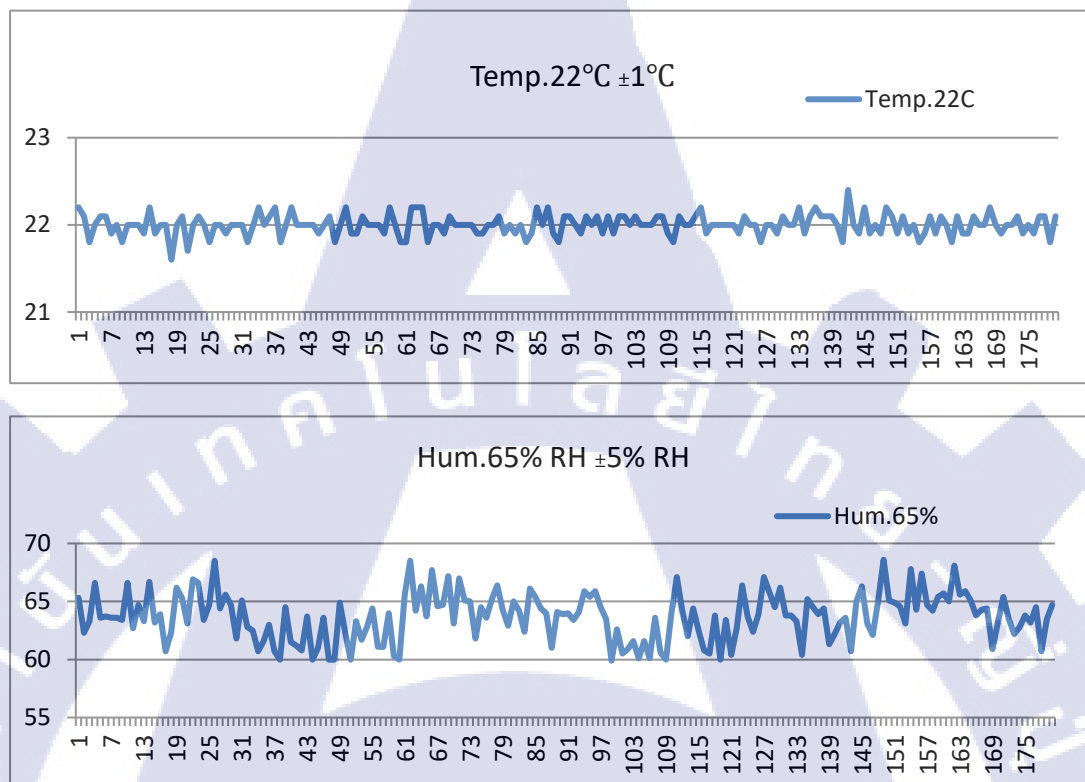
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศ

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ที่มีการติดตั้งระบบสร้างสภาวะอากาศ แสดงไว้ดังกราฟรวมการทดสอบทั้ง 7 เงื่อนไข ดังรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าระบบสร้างสภาวะอากาศสามารถสร้างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามที่เงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบกำหนดไว้ โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินที่กำหนด คือ สร้างอุณหภูมิในช่วง $20-45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และสร้างความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง $40-75\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดที่หรือข้ออ้างอิงตามมาตรฐานสากล AS1731.4-2003. [2] และได้แสดงผลแยกย่อยตามแต่ละเงื่อนไขที่ทำการทดสอบดังรูปกราฟแยกตามเงื่อนไขตามรูปที่ 4.2 – 4.8



รูปที่ 4.1 รูปกราฟแสดงภาพรวมผลการทดสอบทั้ง 7 เงื่อนไข

4.2.1 การวิเคราะห์ผลระบบสร้างสภาวะอากาศที่เงื่อนไขอุณหภูมิ $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ $65\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$



รูปที่ 4.2 รูปภาพแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 22°C และความชื้นสัมพัทธ์ $65\% \text{RH}$

จากผลการทดสอบระบบสร้างสภาวะอากาศให้กับห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่เงื่อนไขอุณหภูมิ $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ $65\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$ จะเห็นได้ว่าระบบสร้างสภาวะอากาศสามารถสร้างอุณหภูมิ 22°C ได้ และรักษาระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขึ้นและลงได้ดี เพราะเมื่อระบบสามารถสร้างอุณหภูมิถึงระดับ 22°C ตามที่ตั้งค่าไว้ คอมเพรสเซอร์จึงหยุดทำงาน ในเวลานั้นในระบบอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) หรือคอยล์เย็น ยังคงมีความเย็นคงค้างอยู่ในระบบ ทำให้อุณหภูมิลดต่ำกว่าระดับ 22°C เส้นกราฟจึงตกลง

เมื่อความเย็นที่คงค้างในอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) หมดลงทำให้อุณหภูมิเริ่มเพิ่มสูงขึ้น เส้นกราฟจึงเริ่มพุ่งสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าระดับ 22°C คอมเพรสเซอร์จึงเริ่มกลับมาทำงานเพื่อลดอุณหภูมิลงถึงระดับ 22°C แล้วจึงหยุดทำงาน ระบบการสร้างอุณหภูมิเย็นให้กับห้องทดสอบตู้แช่เย็น

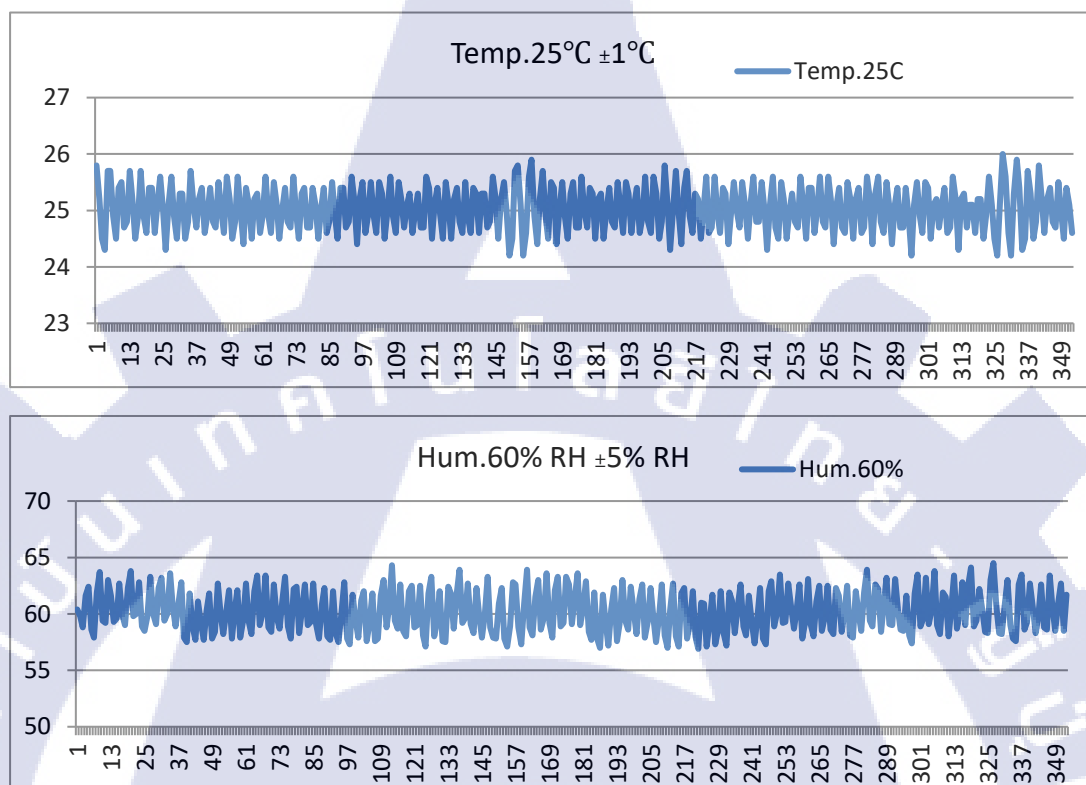
จะทำงานวนลูปแบบนี้ตลอดเวลา จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิยังคงอยู่ในระดับไม่เกินค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนดไว้ที่ $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$

ส่วนการทำงานของระบบสร้างความชื้น ระบบเริ่มทำการฉีดละอองน้ำฝอยเพื่อให้เกิดความชื้นในระบบ พัดลมดูดอากาศทำการดูดอากาศที่มีความชื้นที่เกิดจากการฉีดละอองน้ำฝอยเข้าสู่ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าจนถึงระดับ 65 %RH ระบบฉีดละอองน้ำฝอยจึงหยุดทำงานแต่ในระบบยังคงมีความชื้นสูงอยู่ ทำให้ความชื้นในห้องทดสอบยังคงเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เส้นกราฟจึงเริ่มพุ่งสูงขึ้น และระบบ Hot Gas จึงเริ่มทำงาน เพื่อทำหน้าที่ลดความชื้นในห้องทดสอบ และรักษาระดับความชื้นสัมพัทธ์ให้คงอยู่ในระดับความชื้นสัมพัทธ์ 65 %RH ตามที่ได้ตั้งค่าไว้ ระบบ Hot Gas จึงหยุดทำงาน แต่ความร้อนยังคงอยู่ในระบบทำให้ความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้เส้นกราฟเริ่มลดลง

ระบบการสร้างความชื้นสัมพัทธ์ให้กับห้องทดสอบตู้แช่เย็นจะทำงานวนลูปแบบนี้ตลอดเวลา จะเห็นได้ว่าการขึ้นลงของกราฟมีการเคลื่อนไหวในช่วง 60 – 65% RH และด้วยความที่การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ทำได้ยาก จึงอนุมานได้ว่าการทำงานค่อนข้างมีความเสถียร ซึ่งการทดสอบระบบสร้างสภาวะอากาศที่เงื่อนไขอื่นๆ ก็จะใช้หลักการทำงานของระบบสร้างสภาวะอากาศจะทำงานเหมือนกัน

TNI

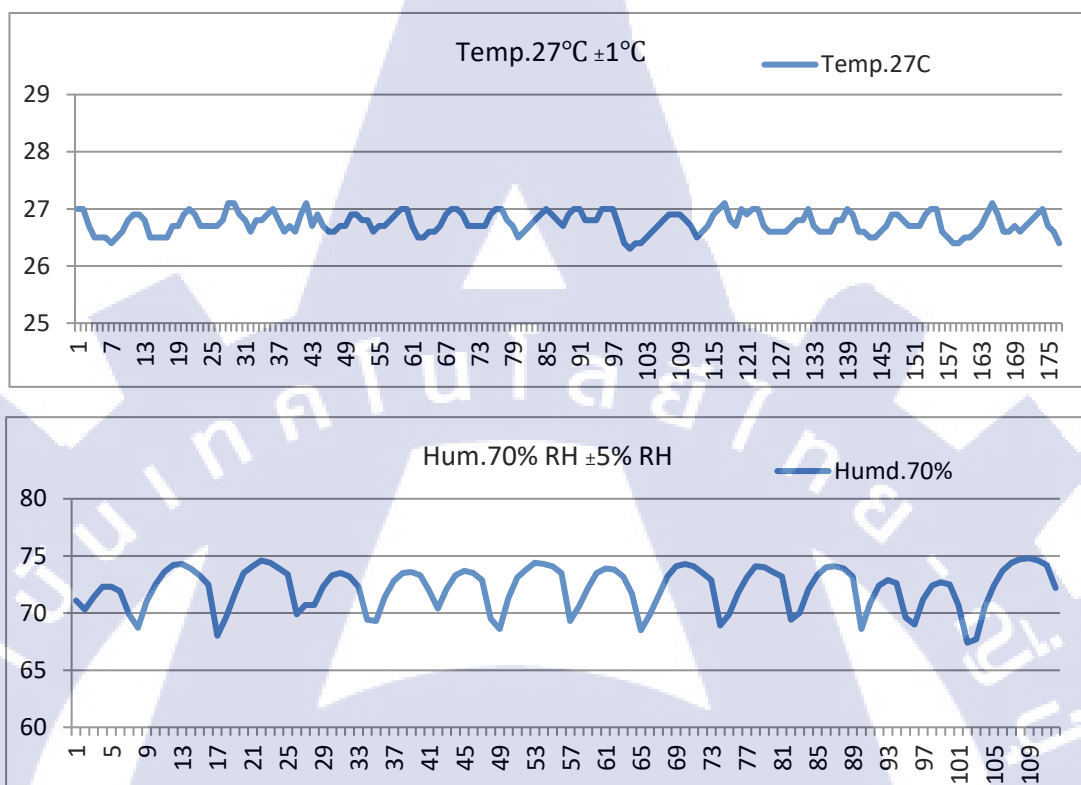
4.2.2 การวิเคราะห์ผลระบบสร้างสภาวะอากาศที่เงื่อนไขอุณหภูมิ $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ $60\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$



รูปที่ 4.3 รูปกราฟแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขอุณหภูมิ 25°C และความชื้นสัมพัทธ์ $60\% \text{RH}$

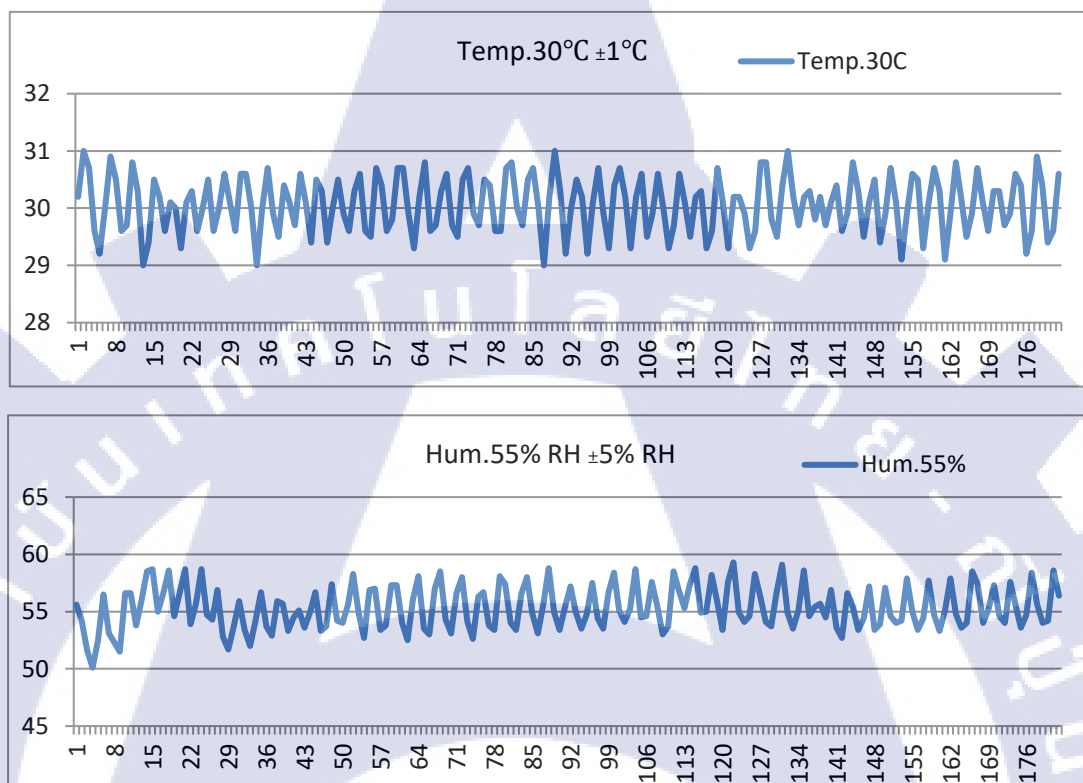
รูปที่ 4.2 – 4.7 มีเส้นกราฟขึ้นลงในช่วงแคบๆ และมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงคงที่ แสดงการทำงานของระบบที่มีความเสถียรคงที่มีการควบคุมที่ได้ผลดี

4.2.3 การวิเคราะห์ผลระบบสร้างสภาวะอากาศที่เงื่อนไขอุณหภูมิ $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ $70\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$



รูปที่ 4.4 รูปกราฟแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 27°C และความชื้นสัมพัทธ์ $70\% \text{RH}$

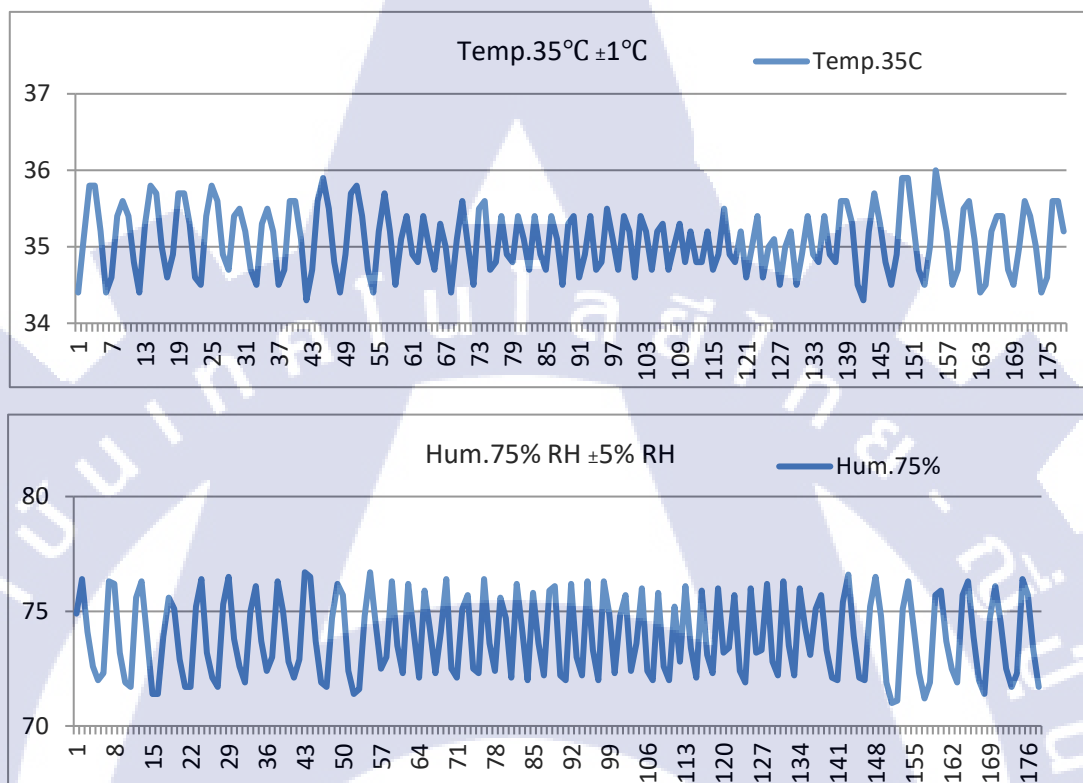
4.2.4 การวิเคราะห์ผลระบบสร้างสภาวะอากาศที่เงื่อนไขอุณหภูมิ $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ $55\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$



รูปที่ 4.5 รูปกราฟแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 30°C และความชื้นสัมพัทธ์ $55\% \text{RH}$

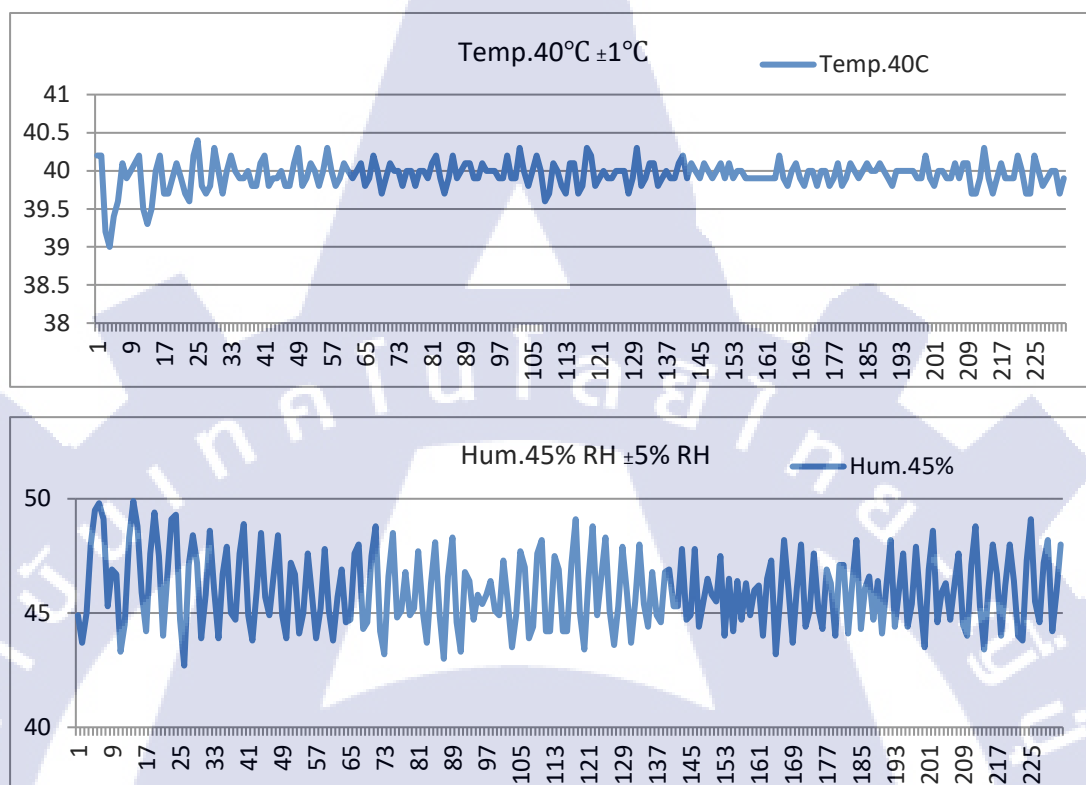
รูปที่ 4.5 – 4.8 เส้นกราฟการทำงานของระบบสร้างความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงแรก มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงแตกต่างกับตอนท้าย เนื่องจากช่วงแรกการทำงานของระบบยังอยู่ในช่วงการปรับตัว และต้องใช้เวลาประมาณ 30-45 นาที กว่าที่ระบบจะทำงานคงที่ เพื่อให้ได้สภาวะอากาศภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

4.2.5 การวิเคราะห์ผลระบบสร้างสภาวะอากาศที่เงื่อนไขอุณหภูมิ $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ $75\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$



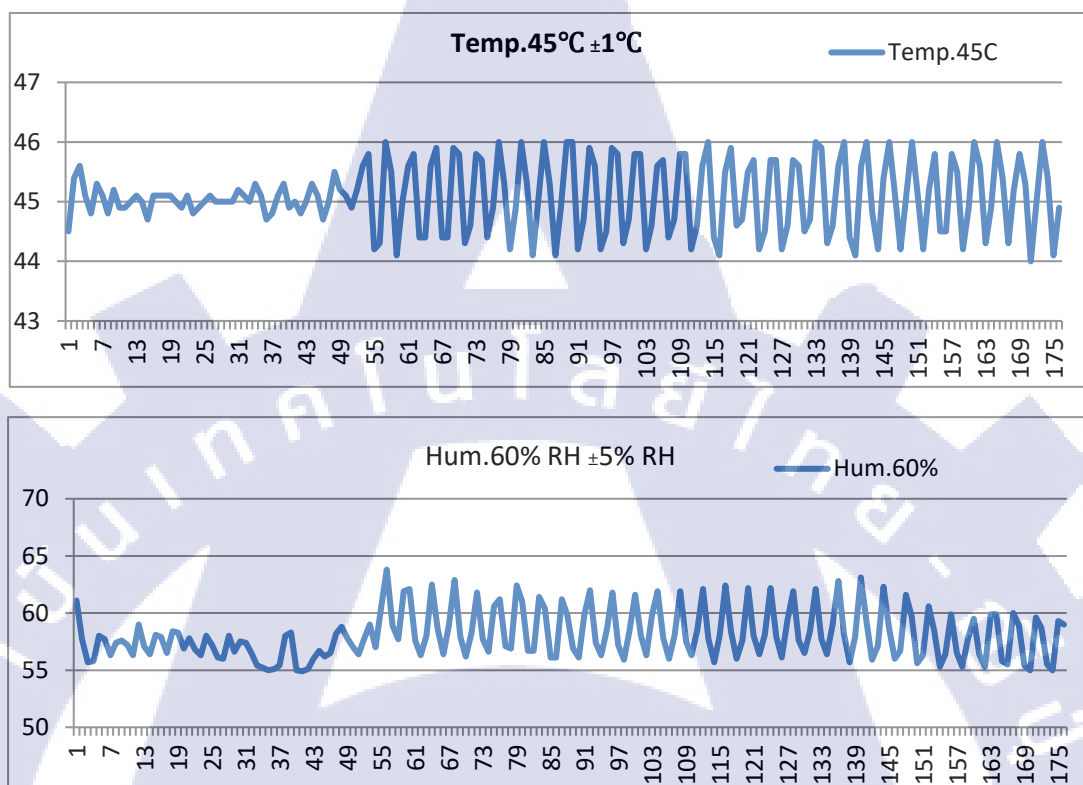
รูปที่ 4.6 รูปกราฟแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 35°C และความชื้นสัมพัทธ์ $75\% \text{RH}$

4.2.6 การวิเคราะห์ผลระบบสร้างสภาวะอากาศที่เงื่อนไขอุณหภูมิ $40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ $45\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$



รูปที่ 4.7 รูปกราฟแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขอุณหภูมิ 40°C และความชื้นสัมพัทธ์ $45\% \text{RH}$

4.2.7 การวิเคราะห์ผลระบบสร้างสภาวะอากาศที่เงื่อนไขอุณหภูมิ $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ $60\% \text{RH} \pm 5\% \text{RH}$



รูปที่ 4.8 รูปกราฟแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขอุณหภูมิ 45°C และความชื้นสัมพัทธ์ $60\% \text{RH}$

จากกราฟแสดงผลการทดสอบรูปที่ 4.2 – 4.8 แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้องทดสอบให้เปลี่ยนแปลงขึ้นและลงในรูปแบบที่คล้ายคลึงตลอดช่วงการทดสอบเป็นส่วนใหญ่ อุณหภูมิแปรผันในช่วงแคบกว่าความชื้นสัมพัทธ์ และอยู่ในช่วงค่าที่ยอมรับได้ แต่โดยธรรมชาติแล้วความชื้นสัมพัทธ์จะขึ้นกับระดับอุณหภูมิและสัดส่วนของปริมาณไอน้ำในอากาศด้วย ดังนั้น การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไปพร้อมกันก็เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน อย่างไรก็ตาม ดูเหมือนว่าต้นทุนจะอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทดสอบที่แวดล้อมอยู่มากกว่าความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นหากความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงในช่วงค่อนข้างกว้างกว่าที่ต้องการก็จะส่งผลกระทบต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนระหว่างสภาวะแวดล้อมของห้องทดสอบกับตู้แช่เย็นกว่า จึงสรุปได้ว่าการทำงานของห้องทดสอบตู้แช่เย็นนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัยแล้ว

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่มีระบบสร้างสภาวะอากาศตามหลักข้อกำหนดและข้อแนะนำที่ระบุไว้ในมาตรฐานสากล AS1731.4-2003. [3] เป็นระบบที่สำคัญมากต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตู้แช่เย็นแสดงสินค้า หากต้องการห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่มีระบบสร้างสภาวะอากาศเหมือนที่ห้องทดสอบมาตรฐานใช้งาน ก็จะต้องลงทุนในการสร้างและติดตั้งค่อนข้างสูงมาก จึงเป็นข้อจำกัดต่อผู้ผลิตตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ทำให้ตู้แช่เย็นแสดงสินค้าในปัจจุบันขาดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อการลดทางเลือกจากผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ออกจำหน่ายให้ผู้บริโภค

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงได้พัฒนาห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่มีระบบสร้างสภาวะอากาศที่ใช้ระบบปรับอากาศพื้นฐานมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อให้ได้ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่มีระบบสร้างสภาวะอากาศ ตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในมาตรฐานสากล AS1731.4-2003. [3]

ระบบที่สร้างขึ้นนี้มีราคาไม่สูง และผู้ประกอบการสามารถนำไปประยุกต์สร้าง ติดตั้ง และใช้งานได้ ผลจากการศึกษาข้อกำหนดหรือข้อแนะนำที่ระบุไว้ในมาตรฐานสากล AS1731.4-2003. [3] นำมาซึ่งการออกแบบ และสร้างห้องทดสอบขึ้นจนสำเร็จ จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ที่มีระบบสร้างสภาวะอากาศ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ว่าสามารถทำงานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ และได้ข้อสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลประสิทธิภาพของห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าขนาด กว้าง x ลึก x สูง 250 cm x 350 cm x 390 cm ออกแบบมาเพื่อใช้ทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าแบบแนวตั้ง มีประตูเปิดด้านหน้าขนาด 1 – 4 ประตู มีผนังและเพดานที่ทำมาจาก Polyurethane Foam (โฟม PU) หนา 80 mm. มีประตูเข้า-ออกด้านหน้า 1 บาน

เพดานห้องทดสอบมีการติดตั้งช่องกระจายอากาศ (Air Supply) จำนวน 4 ช่อง เพื่อทำหน้าที่กระจายอากาศจากระบบสร้างสภาวะอากาศ มีการติดตั้งหลอดไฟที่เพดานให้แสงสว่างไม่น้อยกว่า 600 Lux ที่ผนังด้านข้างติดตั้งดักหรือท่อดูดอากาศกลับ (Air Return) เพื่อดูดอากาศภายในห้องทดสอบกลับเข้าสู่ระบบสร้างสภาวะอากาศ ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในห้องทดสอบ มีการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น เพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า

ระบบสร้างสภาวะอากาศประยุกต์ใช้ระบบปรับอากาศ ที่มีระบบทำความร้อน ระบบเพิ่ม และลดความชื้น และระบบควบคุมทิศทางการไหลของสารทำความเย็น ให้สามารถสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิในช่วง $20-45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และสร้างความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง $40 - 75 \% \text{RH} \pm 5 \% \text{RH}$ และนำมาติดตั้งให้กับห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า และทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานทั้งระบบ โดยการตั้งค่าทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ 7 เงื่อนไข

สรุปได้ว่าระบบสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขการทดสอบทั้ง 7 เงื่อนไขได้และมีเสถียรภาพดี โดยเฉพาะที่เงื่อนไขช่วงอุณหภูมิ $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง $60 \% \text{RH} \pm 5 \% \text{RH}$ ที่เป็นเงื่อนไขการทดสอบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานเบอร์ 5 ของ กฟผ. นอกจากนี้ในช่วงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อื่นๆ อีก 4 ช่วง ได้แก่ (1) $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C} / 70 \% \text{RH} \pm 5 \% \text{RH}$ (2) $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C} / 55 \% \text{RH} \pm 5 \% \text{RH}$ (3) $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C} / 75 \% \text{RH} \pm 5 \% \text{RH}$ และ (4) $40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C} / 45 \% \text{RH} \pm 5 \% \text{RH}$ ระบบก็เสถียรเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กล่าวมาเป็นส่วนใหญ่ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยต่อ

ห้องทดสอบยังคงมีจุดที่ต้องพัฒนาต่อจากเดิม เนื่องจากการใช้งานจริงอาจมีความต้องการให้ระบบสร้างสภาวะอากาศที่เงื่อนไขอื่น นอกเหนือจากที่ทำการทดสอบ เช่น การสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิต่ำและสร้างความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งเงื่อนไขนี้จะใช้คอมเพรสเซอร์เป็นระบบหลักในการทำความเย็นและช่วยลดความชื้นโดยการควบแน่นไอน้ำจากอากาศในเวลาเดียวกัน

ยกตัวอย่าง หากต้องการสภาวะอากาศที่อุณหภูมิ $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และที่ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง $45 \% \text{RH} \pm 5 \% \text{RH}$ จากการสันนิษฐานเมื่อคอมเพรสเซอร์เริ่มทำการสร้างอุณหภูมิเย็นไปจนถึงอุณหภูมิ 20°C ช่วงเวลานั้นก็จะเกิดกระบวนการลดความชื้นในเวลาเดียวกัน และเมื่อระบบสร้างสภาวะอากาศทำอุณหภูมิถึง 20°C คอมเพรสเซอร์ก็จะหยุดการทำงาน กระบวนการลดความชื้นจึงหยุดทำงานไปด้วยเช่นกัน หากในช่วงเวลานั้นค่าความชื้นยังคงสูงกว่าค่าความชื้นที่กำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์ก็จะเพิ่มสูงขึ้นไปตามลำดับ ไม่สามารถควบคุมได้ ต้องรอก่อนกว่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าสูงขึ้นกว่าค่าอุณหภูมิที่กำหนด คอมเพรสเซอร์จึงเริ่มกลับมาทำงานอีกครั้งและกระบวนการลดความชื้นก็จะเริ่มทำงานเช่นกัน

แต่หากรอให้คอมเพรสเซอร์กลับมาเริ่มทำงานอีกครั้ง คงต้องใช้เวลานานพอสมควร เนื่องจากคุณลักษณะของห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าเป็นระบบปิด และมีผนังกับเพดานที่ช่วยป้องกันไม่ให้อากาศจากภายในห้องทดสอบเกิดการรั่วไหลเข้าหรือออกไปสู่ภายนอก ทำให้อุณหภูมิภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าเปลี่ยนแปลงได้ช้า

ในกรณีกลับกัน หากต้องการให้ระบบสร้างสภาวะอากาศที่อุณหภูมิสูงและสร้างความชื้นสัมพัทธ์สูงเช่น ที่อุณหภูมิ 45 °C ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 75 %RH ในกระบวนการนี้ระบบจะใช้ Electric Heater เป็นอุปกรณ์หลักในการสร้างความร้อน เมื่อภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้ามีอุณหภูมิสูงค่าความชื้นสัมพัทธ์ก็จะลดลงไปด้วย การที่จะเพิ่มค่าความชื้นสัมพัทธ์ให้สูงถึง 75 %RH และต้องรักษาระดับเอาไว้ให้คงที่ เป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก เพราะเมื่อทำให้ความชื้นเพิ่มสูงขึ้นด้วยละอองน้ำ ย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิ ทำให้ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นลง และอาจไม่สมดุลกัน การควบคุมรักษาระดับให้คงที่จึงเป็นเรื่องยาก

อีกข้อจำกัดหนึ่งที่ต้องทดสอบและพัฒนาต่อยอด คือ ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้าที่มีระบบสร้างสภาวะอากาศที่ทำการวิจัยนี้ ได้นำเอาระบบปรับอากาศพื้นฐานมาประยุกต์ใช้งาน ในการนำไปใช้งานจริงคอมเพรสเซอร์ต้องมีการเปิดปิด หรือตัดต่อการทำงานที่บ่อยและถี่มาก ทำให้เมื่อต้องการใช้งานห้องทดสอบเป็นเวลานานๆ ต่อเนื่องหลายวัน อาจส่งผลทำให้คอมเพรสเซอร์เกิดความเสียหายได้ เนื่องจากระบบสร้างสภาวะอากาศใช้คอมเพรสเซอร์ทำงานเพียงตัวเดียว และคอมเพรสเซอร์ไม่ได้ถูกออกแบบมา เพื่อใช้งานหนักในเชิงอุตสาหกรรม

จึงอาจต้องมีการทดสอบเพิ่มเติมถึงระยะเวลาที่เหมาะสมกับการใช้ห้องทดสอบตู้แช่เย็นแสดงสินค้า ว่าควรจะต้องเนื่องและยาวนานเท่าใด ที่จะไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อคอมเพรสเซอร์และระบบต่างๆ



TNII

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] กระทรวงอุตสาหกรรม, “ตู้แช่เย็นแสดงสินค้า มอก.1235 – 2556,” กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2556.
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, “โครงการ ผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าเบอร์ 5 ตู้แช่เย็นแสดงสินค้า,” [Online]. Available: <https://labelno5.egat.co.th/home/%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%93%E0%B8%91%E0%B9%8C%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%AA%E0%B8%B4%E0%B8%97%E0%B8%98%E0%B8%B4%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2> [Accessed: June 9, 2022].
- [3] Standard Australian International, “*Refrigerated Display Cabinets Part4: General Test Conditions AS 1731.4-2003*,” Sydney: Standard Australian International, 2003.
- [4] British Standards Institution, “*Fire Tests on Building Materials and Structures Part20*,” London: British Standards Institution, 1987.
- [5] บริษัท พัฒนาอินเตอร์คูล จำกัด, “สเปค-ตู้มินิมาร์ท(ทุกรุ่น),” [Online]. Available: <https://www.patanaintercool.com>. [Accessed: June 9, 2022].
- [6] Autonic CO.LTD., “*Product Catalog 2023-2024 Page B1-1*,” [Online]. Available: <https://www.autonic.com/mode/A1500002905>. [Accessed: March 12, 2023].
- [7] บริษัท S.A.J.I (THAILAND) CO.LTD., “หลักการทํางานของ-เครื่องปรับอากาศ-เครื่องทำความเย็น,” [Online]. Available: [https://sa-thai.com/หลักการทํางานของ-เครื่องปรับอากาศ-เครื่องทำความเย็น](https://sa-thai.com/หลักการทํางานของ-เครื่อง/หลักการทํางานของ-เครื่องปรับอากาศ-เครื่องทำความเย็น) [Accessed: June 11, 2020].
- [8] บริษัท แสงชัย กรู๊ป, “อุปกรณ์สำคัญในระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศ,” [Online]. Available: <https://www.sangchaigroup.com/news-blogs/page/6>. [Accessed: January 10, 2020].
- [9] Danfoss Company, “*Filter-Driers*,” [Online]. Available: <https://www.danfoss.com/en/products/dcs/filter-driers-and-strainers/filter-driers/dmt-hermetic-filter-driers-for-co2/#tab-overview> [Accessed: June 9, 2022].
- [10] บริษัท แสงชัย กรู๊ป, “แอดคิวิมูเลเตอร์ คืออะไร,” [Online]. Available: <https://www.sangchaigroup.com/news-blogs/page/6> [Accessed: January 31, 2020].

- [11] Danfoss Company, “*Solenoid-Valves*,” [Online]. Available: <https://www.danfoss.com/en/products/dcs/valves/solenoid-valves/solenoid-valves-for-hvac-r/#tab-overview>. [Accessed: June 9, 2022].
- [12] Danfoss Company, “*Heat-Pumps*,” [Online]. Available: <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-stories/dcs/components-for-heat-pumps-part-5-four-way-reversing-valves>. [Accessed: June 9, 2022].
- [13] บริษัท เอ็ม ที ฮีตเทค จำกัด, “*ฮีตเตอร์-ลมร้อน*,” [Online]. Available: <https://www.mtheattech.co.th/duct-heater>. [Accessed: March 12, 2023].
- [14] บริษัท วีทีอาร์ ออฟฟิศ เซ็นเตอร์ จำกัด, “*Fog-Nozzle*,” [Online]. Available: <https://www.spray-nozzle.com/fog-nozzle>. [Accessed: March 12, 2023].



TNI

ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก
รายการสัญลักษณ์

TNI

รายการสัญลักษณ์

V	คือ	ความต่างศักย์ไฟฟ้า
R	คือ	ความต้านทาน Ω
ΔT	คือ	ค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ
I/O	คือ	Input/Output
Temp.	คือ	อุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$
Hum.	คือ	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH
PH	คือ	ความดันด้านสูงของวงจรทำความเย็น bar
PL	คือ	ความดันด้านต่ำของวงจรทำความเย็น bar

ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบตู้แช่เย็น
ของการทดสอบแต่ละเงื่อนไข

TNI

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 22 °C ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65 %RH

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%rH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/1/2021	11:18:16	22.2	65.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:19:16	22.1	62.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:20:17	21.8	63.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:21:17	22	66.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:22:17	22.1	63.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:23:17	22.1	63.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:24:17	21.9	63.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:25:17	22	63.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:26:16	21.8	63.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:27:16	22	66.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:28:16	22	62.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:29:17	22	64.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:30:16	21.9	63.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:31:17	22.2	66.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:32:17	21.9	63.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:33:17	22	63.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:34:17	22	60.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:35:17	21.6	62.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:36:17	22	66.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:37:17	22.1	65.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:38:16	21.7	63.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:39:17	22	66.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:40:16	22.1	66.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:41:16	22	63.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:42:16	21.8	64.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:43:17	22	68.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:44:17	22	64.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:45:17	21.9	65.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:46:17	22	64.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:47:17	22	61.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:48:17	22	65.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:49:17	21.8	62.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:50:16	22	62.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:51:16	22.2	60.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:52:16	22	61.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:53:16	22.1	63	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:54:16	22.2	60.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:55:17	21.8	60.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:56:17	22	64.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:57:17	22.2	61.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	11:58:17	22	61.2	22	0	65	0	44	45

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 22 °C ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/1/2021	11:59:17	22	60.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:00:17	22	63.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:01:16	22	60.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:02:16	21.9	61	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:03:16	22	63.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:04:17	22.1	60	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:05:17	21.8	60.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:06:17	22	64.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:07:17	22.2	62.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:08:17	21.9	60.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:09:17	21.9	63.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:10:17	22.1	61.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:11:16	22	62.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:12:16	22	64.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:13:16	22	61.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:14:16	21.9	61.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:15:16	22.2	64	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:16:17	22	60.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:17:17	21.8	60.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:18:17	21.8	65.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:19:17	22.2	68.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:20:17	22.2	64.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:21:17	22.2	66.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:22:16	21.8	63.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:23:16	22	67.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:24:16	22	64.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:25:17	21.9	64.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:26:17	22.1	67.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:27:17	22	63.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:28:17	22	67	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:29:17	22	65.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:30:17	22	65	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:31:17	21.9	61.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:32:16	21.9	64.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:33:16	22	63.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:34:16	22	65.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:35:16	22.1	66.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:36:16	21.9	64.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:37:17	22	62.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:38:17	21.9	65	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:39:17	22	64.2	22	0	65	0	44	45

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 22 °C ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%rH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/1/2021	12:40:17	21.8	62.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:41:17	21.9	66.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:42:17	22.2	65.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:43:17	22	64.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:44:16	22.2	64	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:45:16	21.9	61	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:46:16	21.8	64.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:47:16	22.1	63.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:48:16	22.1	64	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:49:17	22	63.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:50:17	21.9	64.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:51:17	22.1	65.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:52:17	22	65.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:53:17	22.1	65.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:54:17	21.9	64.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:55:16	22.1	63.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:56:16	21.9	60.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:57:16	22.1	62.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:58:17	22.1	60.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	12:59:17	22	60.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:00:17	22.1	61.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:01:17	22	60.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:02:17	22	61.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:03:17	22	60.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:04:17	22.1	63.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:05:16	22.1	60.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:06:16	21.9	60.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:07:16	21.8	64	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:08:17	22.1	67.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:09:16	22	64.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:10:17	22	62	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:11:17	22.1	64.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:12:17	22.2	62.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:13:17	21.9	60.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:14:16	22	60.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:15:16	22	63.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:16:16	22	63.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:17:17	22	63.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:18:16	22	60.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:19:17	21.9	62.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:20:17	22.1	66.4	22	0	65	0	44	45

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 22 °C ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%rH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/1/2021	13:21:17	22	63.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:22:17	22	62.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:23:16	21.8	63.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:24:16	22	67.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:25:16	22	65.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:26:17	21.9	64.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:27:16	22.1	66.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:28:17	22	63.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:29:17	22	63.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:30:17	22.2	63.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:31:17	21.9	60.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:32:16	22.1	65.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:33:16	22.2	64.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:34:16	22.1	63.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:35:16	22.1	64.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:36:16	22.1	61.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:37:17	22	62.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:38:17	21.8	63.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:39:17	22.4	63.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:40:17	22	60.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:41:17	21.9	65	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:42:17	22.2	66.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:43:17	21.9	63.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:44:16	22	62.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:45:16	21.9	65.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:46:16	22.2	68.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:47:16	22.1	65.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:48:16	21.9	64.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:49:17	22.1	64.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:50:17	21.9	63.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:51:17	22	67.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:52:17	21.8	64.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:53:17	21.9	67.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:54:17	22.1	64.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:55:17	21.9	64.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:56:16	22.1	65.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:57:16	22	65.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:58:17	21.8	65	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	13:59:16	22.1	68.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:00:16	21.9	65.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:01:17	21.9	65.9	22	0	65	0	44	45

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 22 °C ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%rH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/1/2021	14:02:17	22.1	65.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:03:17	22	63.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:04:17	22	64.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:05:16	22.2	64.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:06:16	22	60.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:07:17	21.9	63.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:08:16	22	65.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:09:16	22	63.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:10:17	22.1	62.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:11:17	21.9	62.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:12:17	22	63.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:13:17	21.9	63.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:14:16	22.1	64.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:15:16	22.1	60.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:16:17	21.8	63.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:17:16	22.1	64.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:18:16	21.9	63.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:19:17	22	63.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:20:17	21.9	63.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:21:17	22.1	67.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:22:17	22	63.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:23:16	21.9	66.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:24:16	22	64.9	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:25:17	22	66.6	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:26:16	22	64.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:27:16	21.8	66.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:28:17	22.1	66.7	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:29:17	22	65.2	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:30:17	22	67.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:31:17	22.1	65.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:32:16	21.9	65.4	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:33:16	22.2	65.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:34:17	21.8	62.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:35:16	22	67.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:36:17	22	66.8	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:37:17	21.9	64.5	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:38:16	21.9	66.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:39:16	22.1	65.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:40:17	21.9	66.3	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:41:16	22	66.1	22	0	65	0	44	45
12/1/2021	14:42:16	21.8	64.4	22	0	65	0	44	45

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 %RH

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/22/2021	18:07:37	25.8	60.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:08:37	25.2	59.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:09:37	24.5	58.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:10:36	24.3	61.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:11:36	25.7	62.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:12:36	25.7	58.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:13:37	24.9	57.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:14:37	24.5	61.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:15:37	25.4	63.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:16:37	25.5	59.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:17:37	24.7	59.2	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:18:36	24.8	63	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:19:37	25.7	61.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:20:37	25.2	59.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:21:37	24.5	59.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:22:37	24.9	62.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:23:37	25.7	60	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:24:36	24.9	59	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:25:37	24.6	62.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:26:37	25.4	63.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:27:37	25.4	59.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:28:37	24.6	60	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:29:37	25.1	62.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:30:36	25.6	58.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:31:37	25	58.5	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:32:37	24.3	59.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:33:37	25.1	63.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:34:37	25.6	60	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:35:37	24.9	59.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:36:36	24.5	62.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:37:37	25.3	63.2	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:38:37	25.3	59.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:39:37	24.5	60	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:40:37	24.8	63.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:41:37	25.7	60.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:42:37	25.1	58.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:43:38	24.7	60.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:44:37	25.2	62.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:45:37	25.4	57.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:46:37	24.6	57.5	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:47:37	24.9	61.8	25	0	60	0	22	25.4

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/22/2021	18:48:37	25.4	58.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:49:38	24.8	57.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:50:37	24.7	61.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:51:37	25.5	59.2	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:52:37	25	57.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:53:37	24.6	60.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:54:37	25.6	61.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:55:38	25.2	57.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:56:37	24.5	58.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:57:37	24.8	62.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:58:37	25.6	59.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	18:59:37	25	58.2	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:00:37	24.4	60.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:01:38	25.4	62.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:02:37	25.1	57.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:03:37	24.5	60.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:04:37	25.2	62.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:05:37	25.3	57.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:06:37	24.6	59.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:07:36	24.9	62.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:08:36	25.6	59.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:09:36	24.9	58.2	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:10:37	24.6	62	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:11:37	25.5	63.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:12:37	25.1	59	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:13:36	24.5	60.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:14:36	25	63.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:15:36	25.4	58.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:16:37	24.8	58.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:17:37	24.7	62.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:18:37	25.6	59.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:19:36	25	58.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:20:36	24.5	61.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:21:36	25.3	63.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:22:37	25.4	58.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:23:37	24.7	57.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:24:37	24.7	62.2	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:25:36	25.4	62.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:26:36	25.1	58.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:27:36	24.5	60.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:28:37	25	62.6	25	0	60	0	22	25.4

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/22/2021	19:29:37	25.4	59	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:30:37	24.6	59.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:31:36	24.8	62.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:32:36	25.5	59.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:33:36	24.9	57.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:34:37	24.5	60.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:35:37	25.4	62.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:36:37	25.4	58	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:37:36	24.7	57.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:38:36	24.8	62	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:39:36	25.6	58.2	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:40:37	25.2	57.5	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:41:37	24.4	60	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:42:37	25.2	62.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:43:37	25.5	57.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:44:37	24.6	57.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:45:37	24.9	61.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:46:37	25.5	59.5	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:47:37	24.9	57.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:48:37	24.6	61.2	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:49:37	25.5	62	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:50:37	25.3	57.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:51:37	24.5	59.2	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:52:36	25	61.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:53:36	25.6	57.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:54:37	24.9	57.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:55:37	24.6	61.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:56:37	25.5	63	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:57:37	25.2	58.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:58:36	24.7	60.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	19:59:36	25.1	64.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:00:36	25.3	59.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:01:37	24.6	58.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:02:37	25	62.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:03:37	25.3	58.5	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:04:36	24.7	58	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:05:36	24.7	62	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:06:36	25.6	62.5	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:07:37	25.4	58.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:08:37	24.5	59	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:09:37	25.1	62.5	25	0	60	0	22	25.4

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/22/2021	20:10:36	25.4	58.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:11:36	24.9	57.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:12:36	24.5	61.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:13:37	25.5	63.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:14:37	25.1	58	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:15:37	24.5	59.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:16:36	25.2	62	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:17:36	25.4	57.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:18:36	24.8	57.5	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:19:37	24.6	62.4	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:20:37	25.5	61.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:21:37	24.9	58.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:22:36	24.6	61.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:23:36	25.4	63.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:24:36	25.3	59.2	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:25:37	24.6	59.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:26:37	25.3	62.7	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:27:37	25.3	59.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:28:36	24.7	58.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:29:36	24.8	62.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:30:36	25.6	60	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:31:37	25.2	57.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:32:37	24.5	59.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:33:37	25.2	63.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:34:37	25.5	58.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:35:37	25	57.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:36:37	24.2	57.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:37:37	24.5	60.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:38:37	25.7	62.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:39:37	25.8	57.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:40:37	25.1	57.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:41:37	24.2	58.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:42:37	24.6	62.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:43:37	25.6	62.6	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:44:37	25.9	58.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:45:37	24.9	57.3	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:46:37	24.4	60.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:47:37	25.2	63.9	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:48:37	25.7	58.8	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:49:36	24.9	58.1	25	0	60	0	22	25.4
12/22/2021	20:50:36	24.5	61.5	25	0	60	0	22	25.4

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 27 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 70 %RH

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%rH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/1/2021	18:31:51	27	71.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:32:52	27	69.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:33:52	26.7	68.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:34:52	26.5	71	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:35:51	26.5	72.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:36:51	26.5	73.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:37:51	26.4	74.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:38:52	26.5	74.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:39:52	26.6	73.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:40:52	26.8	73.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:41:51	26.9	72.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:42:51	26.9	68	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:43:51	26.8	69.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:44:52	26.5	71.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:45:52	26.5	73.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:46:52	26.5	74.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:47:51	26.5	74.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:48:51	26.7	74.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:49:51	26.7	73.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:50:52	26.9	73.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:51:52	27	69.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:52:52	26.9	70.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:53:51	26.7	70.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:54:51	26.7	72.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:55:51	26.7	73.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:56:52	26.7	73.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:57:51	26.8	73.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:58:52	27.1	72.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	18:59:51	27.1	69.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:00:51	26.9	69.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:01:51	26.8	71.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:02:52	26.6	72.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:03:51	26.8	73.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:04:52	26.8	73.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:05:51	26.9	73.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:06:51	27	72	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:07:51	26.8	70.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:08:52	26.6	72.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:09:51	26.7	73.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:10:52	26.6	73.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:11:51	26.9	73.5	27	0	70	0	22	26

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 27 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 70 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/1/2021	19:12:51	27.1	72.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:13:51	26.7	69.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:14:52	26.9	68.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:15:51	26.7	71.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:16:52	26.6	73.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:17:51	26.6	73.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:18:51	26.7	74.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:19:51	26.7	74.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:20:52	26.9	74.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:21:51	26.9	73.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:22:52	26.8	69.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:23:51	26.8	70.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:24:51	26.6	72.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:25:51	26.7	73.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:26:52	26.7	73.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:27:51	26.8	73.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:28:52	26.9	73.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:29:52	27	71.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:30:52	27	68.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:31:52	26.7	69.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:32:51	26.5	71.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:33:51	26.5	73.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:34:52	26.6	74.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:35:52	26.6	74.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:36:52	26.7	74.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:37:52	26.9	73.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:38:51	27	72.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:39:51	27	68.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:40:51	26.9	69.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:41:52	26.7	71.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:42:51	26.7	73.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:43:52	26.7	74.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:44:51	26.7	74	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:45:51	26.9	73.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:46:51	27	73.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:47:52	27	69.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:48:51	26.8	70	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:49:52	26.7	72.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:50:51	26.5	73.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:51:51	26.6	74	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:52:51	26.7	74.1	27	0	70	0	22	26

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 27 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 70 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/1/2021	19:53:52	26.8	73.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:54:51	26.9	73.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:55:52	27	68.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:56:51	26.9	70.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:57:51	26.8	72.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:58:51	26.7	72.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	19:59:52	26.9	72.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:00:51	27	69.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:01:52	27	69	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:02:51	26.8	71.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:03:51	26.8	72.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:04:51	26.8	72.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:05:52	27	72.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:06:51	27	70.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:07:52	27	67.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:08:51	26.7	67.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:09:51	26.4	70.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:10:51	26.3	72.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:11:52	26.4	73.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:12:51	26.4	74.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:13:52	26.5	74.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:14:51	26.6	74.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:15:51	26.7	74.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:16:51	26.8	74.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:17:52	26.9	72.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:18:51	26.9	72.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:19:52	26.9	70.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:20:52	26.8	70.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:21:52	26.7	71.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:22:52	26.5	72.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:23:51	26.6	73.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:24:51	26.7	73.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:25:52	26.9	72.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:26:52	27	71.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:27:52	27.1	70	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:28:52	26.8	71.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:29:51	26.7	72.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:30:51	27	72.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:31:52	26.9	71.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:32:52	27	71.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:33:52	27	67.8	27	0	70	0	22	26

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 27 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 70 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/1/2021	20:34:52	26.7	68.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:35:51	26.6	70.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:36:51	26.6	72.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:37:52	26.6	73.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:38:52	26.6	74.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:39:52	26.7	74.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:40:52	26.8	73.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:41:51	26.8	73.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:42:51	27	69.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:43:51	26.7	70.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:44:52	26.6	72	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:45:51	26.6	73.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:46:52	26.6	73.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:47:51	26.8	73.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:48:51	26.8	73.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:49:51	27	72.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:50:51	26.9	68	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:51:51	26.6	70.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:52:52	26.6	72.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:53:51	26.5	73.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:54:51	26.5	74.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:55:51	26.6	74.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:56:51	26.7	73.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:57:51	26.9	72.9	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:58:52	26.9	70.1	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	20:59:52	26.8	70.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:00:52	26.7	71.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:01:52	26.7	72.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:02:51	26.7	72.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:03:51	26.9	71.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:04:52	27	69.4	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:05:52	27	66.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:06:52	26.6	68.6	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:07:52	26.5	71	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:08:51	26.4	72.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:09:51	26.4	73.7	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:10:51	26.5	74.3	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:11:52	26.5	74.2	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:12:52	26.6	73.8	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:13:52	26.7	73.5	27	0	70	0	22	26
12/1/2021	21:14:51	26.9	73	27	0	70	0	22	26

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55 %RH

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/13/2021	18:24:29	30.2	55.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:25:29	31	54.2	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:26:29	30.7	51.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:27:29	29.6	50.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:28:29	29.2	52.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:29:29	30	56.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:30:29	30.9	53.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:31:29	30.5	52.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:32:29	29.6	51.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:33:29	29.7	56.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:34:28	30.8	56.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:35:28	30.3	53.8	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:36:30	29	56	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:37:29	29.4	58.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:38:29	30.5	58.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:39:29	30.2	55	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:40:29	29.6	56.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:41:29	30.1	58.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:42:29	30	54.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:43:28	29.3	56.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:44:28	30.1	58.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:45:30	30.3	53.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:46:29	29.6	55.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:47:29	30	58.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:48:29	30.5	54.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:49:29	29.6	54.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:50:29	30	56.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:51:29	30.6	52.8	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:52:29	30.1	51.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:53:29	29.6	53.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:54:29	30.6	55.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:55:29	30.6	53.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:56:29	30	52	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:57:29	29	54.2	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:58:29	30	56.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	18:59:29	30.7	53.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:00:29	29.9	52.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:01:29	29.5	55.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:02:29	30.4	55.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:03:29	30.1	53.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:04:28	29.7	54.5	30	0	55	1	29	30.5

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/13/2021	19:05:28	30.6	55.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:06:30	30.1	53.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:07:29	29.4	54.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:08:29	30.5	56.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:09:29	30.3	53.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:10:29	29.4	53.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:11:29	30	57.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:12:29	30.5	54.2	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:13:28	29.9	54	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:14:28	29.6	55.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:15:30	30.3	58.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:16:29	30.6	54.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:17:29	29.6	52.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:18:29	29.5	56.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:19:29	30.7	57	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:20:28	30.4	53.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:21:30	29.6	53.8	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:22:29	29.8	57.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:23:29	30.7	57.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:24:29	30.7	54	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:25:29	29.9	52.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:26:29	29.3	56.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:27:29	30.2	58.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:28:28	30.8	53.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:29:29	29.6	53	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:30:30	29.7	57	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:31:29	30.3	58.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:32:29	30.6	54.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:33:29	29.7	53.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:34:29	29.5	56.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:35:28	30.5	58	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:36:30	30.7	54.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:37:29	29.9	52.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:38:29	29.7	56.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:39:29	30.5	56.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:40:29	30.4	53.8	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:41:29	29.6	53.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:42:29	29.6	58.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:43:28	30.7	57.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:44:28	30.8	54	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:45:30	30	53.4	30	0	55	1	29	30.5

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/13/2021	19:46:29	29.7	56.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:47:29	30.5	58	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:48:29	30.7	54.8	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:49:28	30	53.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:50:28	29	55.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:51:30	30.2	58.8	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:52:29	31	54.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:53:29	30.3	53.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:54:29	29.2	55.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:55:29	30	57.2	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:56:29	30.5	54.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:57:29	30.2	53.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:58:29	29.2	54.8	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	19:59:29	30.1	57.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:00:29	30.7	54.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:01:29	29.9	53.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:02:29	29.3	56.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:03:29	30.4	58.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:04:28	30.7	55.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:05:28	30.2	54.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:06:30	29.3	55.2	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:07:29	30.2	58.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:08:29	30.6	54.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:09:30	29.5	54.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:10:29	29.9	57.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:11:29	30.6	55.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:12:29	30	53	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:13:28	29.3	53.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:14:28	29.7	58.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:15:30	30.6	56.8	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:39:30	30.1	55.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:40:29	29.5	57.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:41:29	30.2	58.8	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:42:29	30.3	54.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:43:29	29.3	55	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:44:29	29.6	58.2	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:45:29	30.7	55.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:46:29	30.1	53.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:47:29	29.3	57.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:48:30	30.2	59.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:49:29	30.2	54.9	30	0	55	1	29	30.5

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/13/2021	20:50:29	29.9	54.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:51:30	29.3	54.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:52:29	29.6	58.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:53:29	30.8	56.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:54:29	30.8	54.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:55:29	29.8	53.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:56:28	29.5	56.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:57:30	30.4	59.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:58:29	31	54.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	20:59:29	30.2	53.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:00:30	29.7	55.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:01:29	30.2	58.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:02:29	30.3	54.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:03:29	29.8	55.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:04:29	30.2	55.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:05:29	29.7	54.5	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:06:29	30.1	56.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:07:29	30.4	53.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:08:28	29.6	52.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:09:30	29.9	56.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:10:29	30.8	55.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:11:29	30.3	53.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:12:29	29.5	54.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:13:29	30.1	57.2	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:14:29	30.5	53.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:15:29	29.4	53.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:16:28	29.9	57.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:17:29	30.7	54.6	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:18:29	30.1	54	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:19:29	29.1	54.2	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:20:29	29.9	57.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:21:29	30.6	55	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:22:29	30.5	53.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:23:28	29.3	54.4	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:24:30	30.1	57.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:25:29	30.7	54.7	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:26:29	30.3	53.3	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:27:29	29.1	55.1	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:28:29	29.9	57.9	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:29:29	30.8	54.8	30	0	55	1	29	30.5
12/13/2021	21:30:29	30.2	53.6	30	0	55	1	29	30.5

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75 %RH

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/3/2021	0:00:16	34.4	74.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:01:15	35.1	76.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:02:15	35.8	74.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:03:16	35.8	72.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:04:16	35.2	72	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:05:16	34.4	72.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:06:16	34.6	76.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:07:16	35.4	76.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:08:16	35.6	73.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:09:16	35.4	71.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:10:15	34.8	71.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:11:15	34.4	75.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:12:17	35.3	76.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:13:16	35.8	73.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:14:15	35.7	71.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:15:16	35	71.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:16:16	34.6	73.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:17:16	34.9	75.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:18:16	35.7	75.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:19:15	35.7	72.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:20:15	35.3	71.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:21:17	34.6	71.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:22:16	34.5	75.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:23:15	35.4	76.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:24:16	35.8	73.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:25:16	35.6	72.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:26:16	34.9	71.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:27:16	34.7	75.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:28:15	35.4	76.5	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:29:15	35.5	73.8	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:30:17	35.2	72.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:31:16	34.7	71.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:32:15	34.5	75	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:33:16	35.3	76.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:34:16	35.5	73.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:35:16	35.2	72.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:36:16	34.5	73	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:37:15	34.7	76.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:38:15	35.6	75	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:39:17	35.6	72.8	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:40:15	35.1	72.1	35	0	75	0	29	31

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/3/2021	0:41:15	34.3	72.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:42:16	34.7	76.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:43:16	35.6	76.5	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:44:16	35.9	73.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:45:16	35.5	71.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:46:16	34.8	71.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:47:16	34.4	74.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:48:16	34.9	76.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:49:15	35.7	75.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:50:15	35.8	72.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:51:17	35.4	71.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:52:15	34.7	71.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:53:15	34.4	74.8	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:54:16	35.2	76.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:55:16	35.7	74.5	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:56:16	35.2	72.5	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:57:16	34.5	73	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:58:15	35.1	76.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	0:59:15	35.4	73.5	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:00:17	34.9	72.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:01:15	34.8	76.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:02:15	35.4	74.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:03:16	35	72.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:04:16	34.7	75.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:05:16	35.3	74.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:06:16	35	72.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:07:16	34.4	74.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:08:16	35.1	76.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:09:16	35.6	72.5	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:10:15	35	72.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:11:15	34.5	75.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:12:17	35.5	75.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:13:15	35.6	72.5	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:14:15	34.7	72.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:15:16	34.8	76.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:16:16	35.4	73.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:17:16	34.9	72.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:18:16	34.8	75.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:19:16	35.4	74.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:20:16	35.1	72.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:21:16	34.7	76.2	35	0	75	0	29	31

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/3/2021	1:22:15	35.4	74.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:23:15	34.9	72	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:24:17	34.7	75.8	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:25:15	35.4	73.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:26:15	35.1	72.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:27:16	34.5	75.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:28:16	35.3	76.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:29:16	35.4	72.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:30:16	34.6	72	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:31:16	34.9	76.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:32:16	35.4	73	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:33:16	34.7	72.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:34:15	34.8	76.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:35:15	35.5	73.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:36:17	35.1	72	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:37:16	34.7	76.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:38:15	35.4	74.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:39:16	35.2	72.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:40:16	34.6	74.8	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:41:16	35.4	75.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:42:16	35.2	72.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:43:16	34.7	73.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:44:16	35.2	76	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:45:16	35.3	72.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:46:15	34.7	72	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:47:15	35	75.8	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:48:17	35.3	72.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:49:15	34.8	72	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:50:15	35.2	75.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:51:16	34.8	72.8	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:52:16	34.8	76.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:53:16	35.2	73.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:54:16	34.7	72.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:55:16	34.9	75.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:56:16	35.5	73.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:57:16	34.9	72.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:58:15	34.8	76	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	1:59:15	35.2	73.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:00:17	34.6	73.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:01:15	35	75.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:02:15	35.4	72.4	35	0	75	0	29	31

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/3/2021	2:03:16	34.6	71.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:04:16	35	76	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:05:16	35.1	73.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:06:16	34.5	73.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:07:16	35	76.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:08:16	35.2	72.8	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:09:16	34.5	72.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:10:15	34.9	76.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:11:15	35.4	73.5	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:12:17	34.9	72.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:13:15	34.8	76	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:14:15	35.4	74.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:15:16	34.9	73.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:16:16	34.8	75.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:17:16	35.6	75.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:18:16	35.6	73.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:19:15	35.3	72.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:20:15	34.5	72	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:21:17	34.3	75.4	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:22:15	35.2	76.6	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:23:15	35.7	73.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:24:16	35.3	72.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:25:16	34.8	72	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:26:16	34.5	75.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:27:16	34.9	76.5	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:28:16	35.9	74.8	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:29:16	35.9	71.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:30:16	35.3	71	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:31:15	34.7	71.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:32:16	34.5	75.1	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:33:17	35	76.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:34:15	36	74.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:35:15	35.6	72.3	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:36:16	35.2	71.2	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:37:16	34.5	71.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:38:16	34.7	75.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:39:16	35.5	75.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:40:15	35.6	73.7	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:41:16	35.1	72.5	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:42:17	34.4	71.9	35	0	75	0	29	31
12/3/2021	2:43:15	34.5	75.7	35	0	75	0	29	31

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 40 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 45 %RH

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/25/2021	13:24:18	40.2	44.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:25:16	40.2	43.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:26:17	39.2	45	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:27:16	39	48	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:28:17	39.4	49.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:29:16	39.6	49.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:30:18	40.1	49.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:31:16	39.9	45.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:32:18	40	46.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:33:16	40.1	46.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:34:18	40.2	43.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:35:16	39.5	44.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:36:18	39.3	48.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:37:17	39.5	49.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:38:16	40	48.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:39:17	40.2	45.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:40:16	39.7	44.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:41:17	39.7	47.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:42:18	39.9	49.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:43:17	40.1	47.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:44:16	39.9	44	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:45:17	39.7	46.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:46:16	39.6	49.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:47:17	40.2	49.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:48:16	40.4	44.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:49:17	39.8	42.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:50:16	39.7	47.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:51:18	39.8	48.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:52:16	40.3	47.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:53:17	40	43.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:54:16	39.7	45.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:55:17	40	48.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:56:16	40.2	46.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:57:18	40	43.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:58:16	39.9	46.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	13:59:17	39.9	47.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:00:16	40	45	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:01:17	39.8	44.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:02:16	39.8	47.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:03:18	40.1	48.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:04:16	40.2	44.9	40	0	45	0	25	47

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 40 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 45 %RH(ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/25/2021	14:05:17	39.8	43.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:06:16	39.9	45.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:07:18	39.9	48.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:08:16	40	45.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:09:18	39.8	44.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:10:17	39.8	46.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:11:15	40.1	48.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:12:16	40.3	44.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:13:18	39.8	43.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:14:17	39.9	47.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:15:18	40.1	46.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:16:17	40	44.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:17:15	39.8	45	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:18:16	40	47.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:19:18	40.3	45.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:20:17	40	43.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:21:18	39.8	45.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:22:16	39.9	47.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:23:18	40.1	45.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:24:16	40	43.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:25:18	39.9	45.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:26:16	40	46.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:27:18	40.1	44.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:28:16	39.8	44.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:29:18	39.9	47.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:30:16	40.2	48	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:31:18	40	44.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:32:16	39.7	44.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:33:18	39.9	47.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:34:16	40.1	48.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:35:17	40	44.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:36:16	40	43.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:37:17	39.8	46.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:38:16	40	48.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:39:18	40	44.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:40:16	39.8	45.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:41:17	40	46.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:42:16	40	44.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:43:18	39.9	45.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:44:16	40.1	47.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:45:18	40.2	45.1	40	0	45	0	25	47

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 40 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 45 %RH(ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/25/2021	14:46:16	39.9	43.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:47:18	39.7	46.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:48:16	39.9	48.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:49:18	40.2	44.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:50:16	39.9	43	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:51:18	40	46.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:52:17	40.1	48.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:53:16	40.1	44.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:54:17	39.9	43.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:55:16	39.9	46.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:56:17	40.1	46.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:57:19	40	44.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:58:17	40	45.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	14:59:16	40	45.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:00:18	39.9	45.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:01:16	39.9	46.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:02:17	40.2	45.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:03:16	39.9	44.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:04:17	39.9	47.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:05:16	40.3	45.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:06:18	40	43.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:07:16	39.8	44.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:08:17	40	47.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:09:16	40.2	47	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:10:17	40	43.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:11:16	39.6	44.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:12:18	39.7	47.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:13:16	40.1	48.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:14:17	40	44.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:15:16	39.8	44.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:16:18	39.7	47.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:17:16	40.1	46.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:18:18	40.1	44.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:19:17	39.7	44.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:20:16	39.8	47.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:21:17	40.3	49.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:22:18	40.2	45	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:23:17	39.8	43.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:24:18	39.9	46.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:25:17	40	48.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:27:17	39.9	44.9	40	0	45	0	25	47

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 40 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 45 %RH(ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/25/2021	15:28:16	39.9	46.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:29:17	40	48.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:30:19	40	45.1	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:31:17	40	43.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:32:16	39.7	45.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:33:18	39.9	47.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:34:16	40.3	45.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:35:17	39.8	43.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:36:16	39.9	45.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:37:17	40.1	48	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:38:16	40.1	45.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:39:18	39.8	44.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:40:16	39.9	46.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:41:17	40	44.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:42:16	39.9	44.6	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:43:18	39.9	46.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:44:16	40.1	46.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:45:18	40.2	45.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:46:16	39.9	45.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:47:17	40.1	47.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:48:16	40	44.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:49:17	39.9	44.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:50:16	40.1	47.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:51:18	40	44.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:52:16	39.9	45.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:53:18	40	46.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:54:16	40.1	45.8	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:55:17	39.9	45.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:56:16	40.1	47.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:57:18	39.9	44	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:58:16	40	46.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	15:59:18	40	44.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	16:00:16	39.9	46.4	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	16:01:18	39.9	44.7	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	16:02:16	39.9	46.3	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	16:03:18	39.9	44.9	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	16:04:17	39.9	46	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	16:05:18	39.9	46.2	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	16:06:16	39.9	44	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	16:07:18	39.9	46.5	40	0	45	0	25	47
12/25/2021	16:08:17	40.2	47.3	40	0	45	0	25	47

ตารางที่ ข.7 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 45°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 %RH

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%rH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/7/2021	11:24:55	44.5	61.1	45	0	60	0	40	45.5
12/7/2021	11:25:54	45.4	57.7	45	0	60	0	40	45.5
12/7/2021	11:26:55	45.6	55.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:27:54	45.1	55.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:28:54	44.8	58	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:29:54	45.3	57.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:30:54	45.1	56.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:31:55	44.8	57.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:32:53	45.2	57.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:33:55	44.9	57.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:34:54	44.9	56.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:35:54	45	59	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:36:54	45.1	57.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:37:54	45	56.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:38:54	44.7	58.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:39:54	45.1	57.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:40:53	45.1	56.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:41:54	45.1	58.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:42:54	45.1	58.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:43:54	45	56.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:44:53	44.9	57.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:45:55	45.1	56.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:46:54	44.8	56.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:47:54	44.9	58	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:48:54	45	57.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:49:54	45.1	56.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:50:54	45	56	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:51:54	45	58	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:52:54	45	56.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:53:54	45	57.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:54:54	45.2	57.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:55:54	45.1	56.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	11:56:54	45	55.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:38:34	45.3	55.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:39:34	45.1	55	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:40:34	44.7	55.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:41:33	44.8	55.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:42:33	45.1	58	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:43:33	45.3	58.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:44:34	44.9	55	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:45:34	45	54.9	45	0	60	0	40	45.3

ตารางที่ ข.7 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 45°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/7/2021	13:46:34	44.8	55.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:47:34	45	56	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:48:33	45.3	56.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:49:33	45.1	56.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:50:34	44.7	56.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:51:34	45	58.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:52:34	45.5	58.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:53:34	45.2	57.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:54:33	45.1	57	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:55:33	44.9	56.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:56:34	45.2	57.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:57:34	45.6	59	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:58:34	45.8	57	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	13:59:34	44.2	60.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:00:33	44.3	63.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:01:33	46	58.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:02:35	45.5	57.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:03:33	44.1	61.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:04:34	45	62.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:05:34	45.6	57.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:06:33	45.8	56.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:07:33	44.4	58	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:08:34	44.4	62.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:09:33	45.6	58.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:10:33	45.9	56.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:11:33	44.4	58.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:12:33	44.4	62.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:13:33	45.9	57.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:14:34	45.8	56.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:15:33	44.3	58.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:16:33	44.6	61.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:17:33	45.8	57.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:18:33	45.7	56.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:19:33	44.4	60.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:20:33	44.9	61.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:21:32	46	57.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:22:33	45.3	56.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:23:33	43.9	62.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:24:33	44.9	61	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:25:33	46	56.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:26:34	45.3	56.7	45	0	60	0	40	45.3

ตารางที่ ข.7 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 45°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/7/2021	14:27:33	44.1	61.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:28:33	45	60.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:29:33	46	56.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:30:33	45.3	56.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:31:33	44.1	61.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:32:34	44.9	59.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:33:33	46	56.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:34:33	46	56.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:35:33	44.2	59.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:36:33	44.7	62	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:37:33	45.9	57.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:38:33	45.6	56.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:39:32	44.2	58.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:40:32	44.5	61.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:41:33	45.9	57.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:42:33	45.8	55.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:43:33	44.3	58.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:44:33	44.7	61.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:45:32	45.8	58	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:46:32	45.8	56.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:47:34	44.2	59.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:48:33	44.6	61.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:49:33	45.6	57.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:50:33	45.7	56	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:51:33	44.4	58	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:52:33	44.7	61.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:53:34	45.8	57.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:54:33	45.8	56.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:55:33	44.2	58.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:56:33	44.6	62.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:57:33	45.6	57.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:58:33	46	55.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	14:59:34	44.4	58	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:00:33	44.1	62.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:01:33	45.5	58.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:02:33	45.9	56	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:03:33	44.6	57.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:04:33	44.7	62.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:05:33	45.5	58	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:06:32	45.7	56.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:07:32	44.2	58.1	45	0	60	0	40	45.3

ตารางที่ ข.7 ผลการทดสอบที่สภาวะอากาศ 45°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 %RH (ต่อ)

Date	Time	Room Temp(c)	Room Hum(%RH)	Set Temp	Set Diff	Set Hum	Set H Diff	Start Heater	Set Heater
12/7/2021	15:08:34	44.5	62.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:09:33	45.7	57.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:10:33	45.7	56.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:11:33	44.2	59.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:12:32	44.6	61.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:13:32	45.7	57.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:14:34	45.6	56.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:15:33	44.5	58.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:16:33	44.7	62.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:17:33	46.1	57.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:18:33	45.9	56.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:19:33	44.3	59	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:20:34	44.6	62.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:21:32	45.6	58.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:22:32	46	55.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:23:33	44.4	57.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:24:33	44.1	63.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:25:33	45.6	59.2	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:26:33	46	55.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:27:32	44.8	57.1	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:28:32	44.2	62.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:29:33	45.4	58.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:30:33	46	56	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:31:33	45.1	56.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:32:33	44.2	61.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:33:32	45.1	59.7	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:34:32	46	55.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:35:34	45.1	56.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:36:33	44.2	60.6	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:37:33	45.2	58.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:38:33	45.8	55.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:39:32	44.5	56.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:40:32	44.5	59.9	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:41:34	45.8	56.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:42:33	45.5	55.3	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:43:33	44.2	57.8	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:44:33	44.9	59.5	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:45:32	46	56.4	45	0	60	0	40	45.3
12/7/2021	15:46:32	45.6	55.3	45	0	60	0	40	45.3