การศึกษาระบบระบายความร้อนเพื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบระบายอากาศเครื่องปรับอากาศ

A STUDY OF HEAT VENTILATION SYSTEM FOR IMPROVING THE COEFFICIENT OF PERFORMANCE OF AIR CONDITIONING SYSTEM

กชเมชช บุตรศรีชาเวช

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF HEAT VENTILATION SYSTEM FOR IMPROVING THE COEFFICIENT OF PERFORMANCE OF AIR CONDITIONING SYSTEM

GOTTCHAMESH BUTHSRICHAWECH

A SPECIAL PROJECT SUBMITTE IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาระบบระบายความร้อนเพื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบระบายอากาศเครื่องปรับอากาศ A Study of Heat Ventilation System for Improving The Coefficient of Performance of Air Conditioning System
ชื่อนักศึกษา	นายกชเมชช บุตรศรีชาเวช รหัสนักศึกษา 56051197
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล.) **อนุมัติให้**โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.วิชิต ศิริโชติ ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.อาภาภรณ์ สกุลการะเวก กรรมการ	
ดร.พิศาล สุขวิสูตร กรรมการ	
ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาระบบระบายความร้อนเพื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบระบายอากาศเครื่องปรับอากาศ
ชื่อนักศึกษา นายกชเมชช บุตรศรีชาเวช รหัสนักศึกษา 56051197
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา ฟิสิกส์
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล.)
ปีการศึกษา 2559
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการระบายความร้อนให้กับตัวคอนเดนเซอร์(Condenser) ของชุดคอนเดนซิ่ง(Condensing Unit) โดยใช้หลักการการระบายความร้อนของท่อความร้อน (Heat Pipe) และใช้ตัวคอนเดนเซอร์เก่าของชุดคอนเดนซิ่งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ไม่ได้แล้วมาประยุกต์ดัดแปลงเป็นตัวแลกเปลี่ยนอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนที่จะผ่านเข้าตัวคอนเดนเซอร์ โดยทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ระหว่างก่อนและหลังติดตั้งชุดระบายความร้อน จากนั้นทำการคำนวณค่า สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเพื่อดูแนวโน้มความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงาน จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์หลังจากติดตั้งชุดระบายความร้อนแล้วอุณหภูมิลดลง 2 – 5 องศาเซลเซียส และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะหลังจากติดตั้งชุดระบายความความร้อนให้อากาศเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด 2.58 %และค่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเพิ่มขึ้นมากที่สุด15.27%

คำสำคัญ : COP สัมประสิทธิ์สมรรถนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	A Study of Heat Ventilation System for Improving The Coefficient of Performance of Air Conditioning System
Student	Mr.Gottchamesh Buthsrichawech Student ID 56051197
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)
Department	Physics
Faculty	Science
University	King Mongkut'sInstitute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2016
Advisor	Dr.Kajpanya Suwansukho

Abstract

A study of heat ventilation system for improving the coefficient of the air conditioning system has studied. The heat pipe knowledge and recycle condenser had been use to exchange heat of the air before enter the condenser. Then, determined the coefficient of performance (COP) of the air conditioning before and after installed the ventilation system. The results show that after installed the ventilation system the temperature of condenser reduced by 2 – 5 °C and the COP increased by 2.58% - 15.27%.

Keyword : COP, Coefficient of performance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความเมตตากรุณาของ ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องวิชาการ ทั้งยังให้แนวคิดปลูกฝังอุดมการณ์การดำเนินชีวิตเรียกได้ว่าเป็นผู้ปกครองคนที่ 2 โดยแท้และคอยดูแลให้โอกาสลูกศิษย์คนนี้คนที่ผิดพลาดคนนี้นับครั้งไม่ถ้วนจนมาถึงวันนี้วันที่ประสบความสำเร็จกระผมขอขอบพระคุณอย่างสุดซึ้ง

ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้จัดทำตลอดมา

ขอขอบพระคุณครูสนธยา มณีรอด ครูสอนฟุตบอล ที่ปลูกฝังแนวคิดให้มีความมุ่งมั่นมีความพยายามเป็นนักสู้ไม่ย่อท้อต่อความเหนื่อยล้า อุปสรรค์ ยามยากลำบากและวิชาที่ครูสอนนั้นได้ช่วยเหลือตัวผู้จัดทำยามตกยากลำบาก

ขอขอบพระคุณพี่นัส สุขสันต์ แสงสี ผู้ฝึกสอนกีฬาฟุตบอลสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้ที่มองเห็นคุณค่าความดีในตัวของตัวผู้จัดทำแบบที่น้อยคนนักจะมองเห็นได้มอบโอกาสอันดีได้เป็นตัวแทนนักศึกษานับหมื่นในการเป็นนักกีฬาฟุตบอลสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้งยังสอนวิธีการดำเนินชีวิตปลูกฝังทรรศนะคติของการเป็นคนที่มีคุณภาพ

ขอขอบคุณตัวผู้จัดทำเองที่ยังมีชีวิตและลมหายใจอยู่ขอบคุณตัวเองที่ไม่ท้อแท้และท้อถอยขอบคุณตัวเองที่ยังมีความคิดดี ใฝ่ดี และทำดีอยู่

ขอบคุณเพื่อนที่คอยเตือนสติช่วยเหลือให้กำลังใจไปไหนไปกัน ขอบคุณชมรมฟุตบอลพระจอมเกล้าลาดกระบังอีกหนึ่งครอบครัวที่ให้ความอบอุ่นคอยดูแลและห่วงใยกันมา และสอนการทำงานเป็นกลุ่มไม่แบ่งแยกคณะ

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่ให้ชีวิตสนับสนุนทุกอย่างทั้งกำลังใจและกำลังเงินสนับสนุนความรักที่ไม่เคยมีวันหมดมาถึงวันนี้ได้ทุกสิ่งทุกอย่างคือแรงพลังจากท่านทั้งสองที่ทำให้เดินมาไกลถึงขนาดนี้ ขอบคุณญาติพี่น้องที่ช่วยกันสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ผู้จัดทำ

กชเมชช บุตรศรีชาเวช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำย่อ/สัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	3
2.1 กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์	3
2.2 การประยุกต์ของเครื่องทำความเย็นหรือปั๊มความร้อน	7
2.2.1 ส่วนประกอบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	8
2.2.1.1 คอมเพรสเซอร์	8
2.2.1.2 ชุดควบแน่นหรือคอนเดนซิ่งยูนิต	10
2.2.1.3 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve)	11
2.2.1.4 อุปกรณ์ระเหย(Evaporator)หรือ คอยล์เย็น (Fan Coil Unit)	11
2.3 ท่อความร้อน (Heat Pipe)	12
2.4 ค่า (Coefficient of Performance, COP)	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	13
3.1 การออกแบบอุปกรณ์และการจัดอุปกรณ์ในการทดลอง	13
3.2 ชุดท่อระบายความร้อนและการติดตั้ง	14
3.3 อุปกรณ์สำหรับการทดลอง	17
3.4 การติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	23
4.1 ผลการทดลอง	23
4.1.1 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาในการทดลองตอนที่ 1 แบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนทั้ง 3 วัน	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1.2 กราฟอุณหภูมิตอนที่ 2 ของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบที่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนเพิ่มเติมให้กับเครื่องปรับอากาศ	25
4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับเวลา	27
4.2.1 ตอนที่ 1 ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศแบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน	27
4.2.2 ตอนที่ 2 ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งระบบระบายความร้อน	29
4.3 อภิปรายผลการทดลอง	32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	33
5.1 สรุปผลการวิจัย	33
5.2 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิงภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ตารางที่ 1.1 แสดงถึงระยะเวลาทั้งหมดของการดำเนินงานในโครงงานนี้ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ก) การทำงานของเครื่องจักรความร้อน	4
รูปที่ 2.1 ข) เครื่องทำความเย็นหรือเครื่องจักรความเย็น	4
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของเครื่องจักรความร้อน(ก) และเครื่องทำความเย็น(ข)	5
รูปที่ 2.3 วัฏจักรคาโนต์	6
รูปที่ 2.4 แผนผังวงรอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	7
รูปที่ 2.5 คอมเพรสเซอร์	8
รูปที่ 2.6 การทำงานภายในคอมเพรสเซอร์	8
รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์	9
รูปที่ 2.8 การทำงานของคอมเพรสเซอร์	10
รูปที่ 2.9 ชุดควบแน่นหรือคอยล์ร้อน (Condensing Unit)	11
รูปที่ 2.10 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve)	11
รูปที่ 2.11 อุปกรณ์ระเหย (Evaporator)หรือ คอยล์เย็น (Fan Coil Unit)	11
รูปที่ 2.12 ท่อความร้อน	12
รูปที่ 3.1 แบบ Cooling Tank	13
รูปที่ 3.2 Cooling Tank ที่พร้อมใช้ในการทดลอง	13
รูปที่ 3.3 ท่อระบายความร้อน	14
รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ตัด ดัด เชื่อมต่อ ท่อระบายความร้อน	15
รูปที่ 3.5 ทำการดัดและเชื่อมต่อท่อของตัวท่อระบายความร้อน	15
รูปที่ 3.6 การเจาะรู Cooling Tank	16
รูปที่ 3.7 ปิดด้วยซิลิโคน	16
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ระบายความร้อนพร้อมสำหรับการทดลอง	17
รูปที่ 3.9 เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K	17
รูปที่ 3.10 น้ำ น้ำแข็งและเกลือ	18
รูปที่ 3.11 การติดตั้งวัสดุอุปกรณ์เพื่อการทดลองตอนที่ 1	19
รูปที่ 3.12 การติดตั้งวัสดุอุปกรณ์เพื่อการทดลองตอนที่ 2 ก)	20
รูปที่ 3.12 การติดตั้งวัสดุอุปกรณ์เพื่อการทดลองตอนที่ 2 ข)	21
รูปที่ 3.12 การติดตั้งวัสดุอุปกรณ์เพื่อการทดลองตอนที่ 2 ค)	22
รูปที่ 4.1 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 1	23
รูปที่ 4.2 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 2	24
รูปที่ 4.3 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 3	24
รูปที่ 4.4 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 1	25
รูปที่ 4.5 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 2	26
รูปที่ 4.6 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 3	26
รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าCOPกับเวลาวันที่ 1 แบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน	27
รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าCOPกับเวลาวันที่ 2แบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าCOPกับเวลาวันที่ 3แบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน	28
รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าCOPกับเวลาวันที่1แบบติดตั้งระบบระบายความร้อน	29
รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าCOPกับเวลาวันที่2แบบติดตั้งระบบระบายความร้อน	30
รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าCOPกับเวลาวันที่3แบบติดตั้งระบบระบายความร้อน	30
รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนและไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อนวันที่ 1	31
รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบค่า COP กับเวลาของเครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนและไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อนวันที่ 1	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	คำอธิบาย
COP	Coefficient of Performance
°C	Degree Celsius
K	Kelvin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงานพิเศษ

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากจึงเป็นสาเหตุให้เราเสียค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้ามากขึ้นด้วย เครื่องปรับอากาศนั้นจัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด ด้วยกำลังไฟฟ้าที่มากและเราใช้เครื่องปรับอากาศเป็นเวลาอย่างน้อย 6 – 8 ชั่วโมง เครื่องปรับอากาศนั้นถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนระเหย(Evaporator) และชุดควบแน่น(Condensing Unit) ในส่วนของชุดควบแน่นจะมี 2 อุปกรณ์หลักที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงานพิเศษนี้ คือตัวปั๊มความร้อน(Compressor) ที่เป็นตัวหลักในการใช้พลังงานไฟฟ้าและตัวควบแน่น(Condenser) ในโครงงานพิเศษนี้จะศึกษาการทำความเย็นให้อากาศรอบ ๆ ชุดควบแน่นโดยใช้ท่อความร้อน(Heat pipe) โดยเมื่ออากาศรอบ ๆ ชุดควบแน่นเย็นลง ทำให้เกิดการควบแน่นที่มีประสิทธิภาพเมื่อการควบแน่นมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น จึงทำให้อากาศภายในตัวอาคารส่วนระเหย (Evaporator) เย็นเร็วขึ้นCompressor มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นการใช้ไฟฟ้าน้อยลง โดยวัดได้จากสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of performance,COP)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาหลักการปั๊มความร้อน
2. เพื่อศึกษาการวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ
3. พัฒนาระบบระบายความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อนให้เครื่องปรับอากาศ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

สร้างระบบระบายความร้อนให้เครื่องปรับอากาศแบบ Active วัดค่า สัมประสิทธิ์สมรรถนะ Coefficient of performance (COP) ก่อนและหลังติดตั้งระบบ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาทั้งหมดของการดำเนินโครงงานนี้

แผนการดำเนินงาน	ระยะเวลา
เสนอหัวข้อ	สิงหาคม – ตุลาคม
ศึกษาหาข้อมูล	กันยายน – มกราคม
ทดลองและออกแบบอุปกรณ์	ธันวาคม – มีนาคม
ทดลองและเก็บข้อมูล	มีนาคม – พฤษภาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รู้และเข้าใจหลักการทำงานปั้มความร้อน
2. ทราบวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ
3. ได้ระบบระบายความร้อนให้เครื่องปรับอากาศทำให้เครื่องปรับอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์

จากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ทำให้เราทราบว่าเมื่อระบบหนึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะด้วยกระบวนการต่าง ๆ จนครบวัฏจักร ผลรวมของงานและผลรวมของความร้อนที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรนั้นจะมีค่าเท่ากันตลอด"กฎการอนุรักษ์พลังงาน"คือพลังงานไม่ได้สูญหายไปไหนแต่จะเปลี่ยนรูป เช่น งานกับความร้อน ยกตัวอย่างการอธิบายเพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจเมื่อให้ความร้อนกับกระบอกสูบ 100% ก็จะได้งานที่ลูกสูบ 100% เต็ม แต่ในทางปฏิบัติแล้วการที่จะหาเครื่องมือหรือเครื่องยนต์ที่ให้ประสิทธิภาพ 100% ยังเป็นไปไม่ได้ในตอนนี้

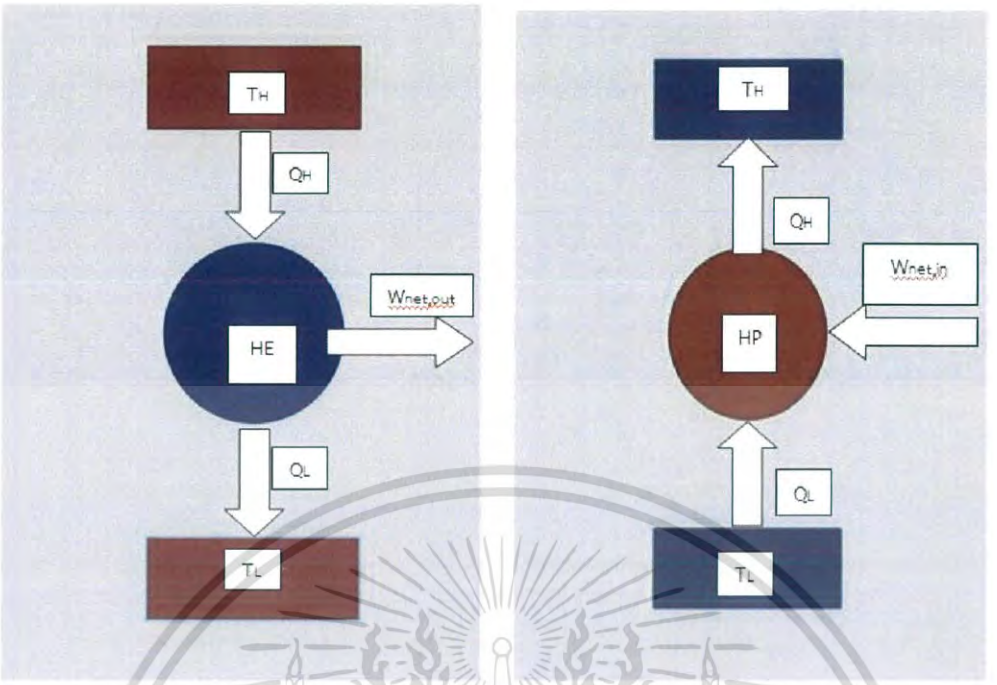
2.1.1 กฎข้อที่สองเทอร์โมไดนามิกส์นักวิทยาศาสตร์หลายคนกล่าวถึงกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์แต่คำกล่าวของคลอเซียส (Clusius statement) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน และ คำกล่าวของเคลวิน– แพลงค์ (Kelvin-Plankstatement) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ เป็นคำกล่าวที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ทำงานเป็นวัฏจักร คลอเซียสกล่าวว่า "เป็นไปไม่ได้ที่อุปกรณ์ใด ๆ ที่ทำงานเป็นวัฏจักรซึ่งสามารถถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าโดยไม่มีผลกระทบอื่นใด" ซึ่งหมายความว่าการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเป็นไปไม่ได้ แต่ในความเป็นจริงนั้นสามารถทำได้โดยอุปกรณ์เครื่องทำความเย็นหรือปั๊มความร้อนเพียงแต่ต้องให้พลังงานกับเครื่องทำความเย็นหรือปั๊มความร้อนจึงจะทำงานได้

ส่วนคำกล่าวของ เคลวิน– แพลงค์มีใจความว่า "เป็นไปไม่ได้สำหรับอุปกรณ์ใด ๆ ที่ทำงานเป็นวัฏจักรและมีการผลิตงานออกมา โดยมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับแหล่งความร้อนเพียงแหล่งเดียว" ซึ่งหมายความว่าเครื่องจักรความร้อนไม่สามารถเปลี่ยนความร้อนเป็นงานได้ทั้งหมดโดยต้องมีความร้อนบางส่วนสูญเสียไปที่แหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ และหากพิจารณาประสิทธิภาพเชิงความร้อนดังสมการที่ 1 พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องจักรความร้อนมีค่าน้อยกว่า 100 % เสมอ

$$\eta_{th} = \frac{W_{net,out}}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_L} = 1 - \frac{Q_H}{Q_L} \qquad (1)$$

2.1.2 เครื่องจักรความร้อนและเครื่องทำความเย็นการศึกษากฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ จำเป็นที่ต้องทราบหน้าที่ของอุปกรณ์ที่มีการทำงานเป็นวัฏจักรก่อน ได้แก่ เครื่องจักรความร้อน (heat engine, HE) และเครื่องทำความเย็น (refrigeration, RE)หรือ ปั๊มความร้อน (heat pump, HP) ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

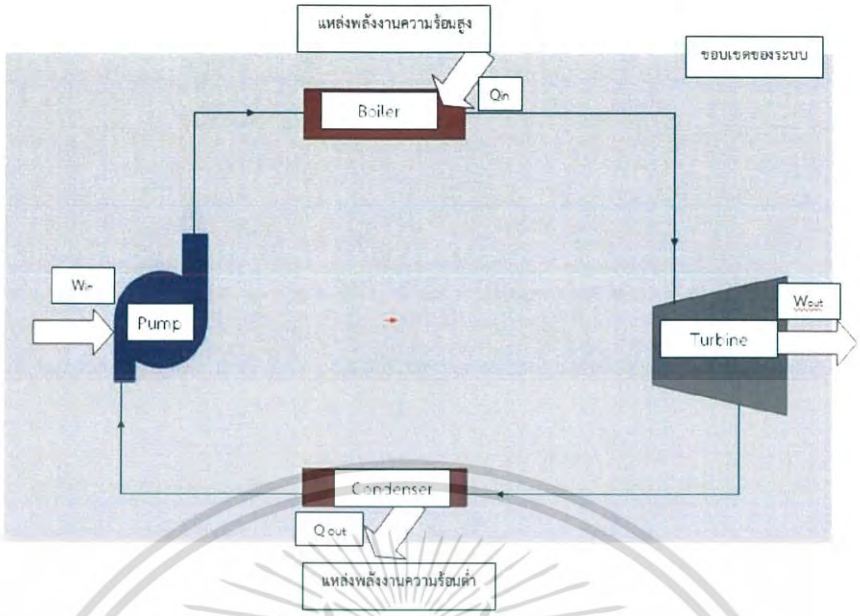


(ก) (ข)

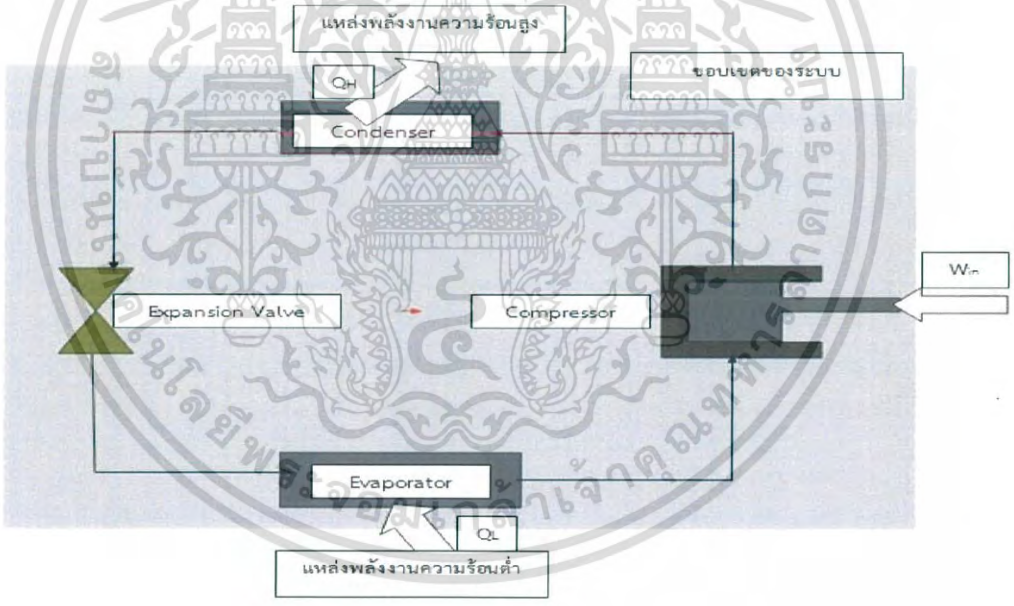
รูปที่ 2.1 ก) การทำงานของเครื่องจักรความร้อน และ ข) เครื่องทำความเย็นหรือเครื่องจักรความเย็น

เครื่องจักรความร้อนทำงานโดยรับความร้อน Q_H แหล่งความร้อนอุณหภูมิสูง (T_H) และเปลี่ยนบางส่วนของความร้อนนี้เป็นงานสุทธิ $W_{net,out}$ โดยความร้อนส่วนที่เหลือ Q_L จะระบายทิ้งที่แหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ (T_L) ในขณะที่เครื่องทำความเย็นหรือปั๊มความร้อนจะทำงานโดยรับความร้อน Q_L แหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำแล้วถ่ายเทความร้อนทิ้งความร้อนให้กับแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงในปริมาณ Q_H โดยความร้อนที่ถ่ายเทนี้เกิดขึ้นได้โดยอาศัยงานจากภายนอก $W_{net,in}$ ในความเป็นจริงแล้ว เครื่องทำความเย็นหรือปั๊มความร้อนจะมีส่วนประกอบหรืออุปกรณ์เหมือนกัน เพียงแต่จะทำงานด้วยวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน คือ เครื่องทำความเย็นจะถูกนำมาใช้เพื่อรักษาอุณหภูมิที่ต้องการให้มีอุณหภูมิต่ำ (ทำความเย็น) โดยการนำความร้อนในบริเวณที่ต้องการทำให้เย็นไปทิ้งในบริเวณที่อุณหภูมิสูงกว่า เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศตามอาคาร บ้านเรือน หรือการใช้ตู้เย็น เป็นต้น ส่วนปั๊มความร้อนจะถูกนำมาใช้เพื่อรักษาอุณหภูมิของบริเวณที่ต้องการให้มีอุณหภูมิสูง (ทำความร้อน) โดยการดึงความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า เช่นการใช้ปั๊มความร้อนเพื่อให้ความอบอุ่นแก่ที่อยู่ในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) โรงจักรผลิตกำลัง



(ข) เครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของเครื่องจักรความร้อน(ก) และเครื่องทำความเย็น(ข)

ตัวอย่างของเครื่องจักรความร้อน ได้แก่ โรงจักรผลิตกำลังอย่างง่ายที่ใช้ไอน้ำเป็นสารทำงานดังรูปที่ 2.2 (ก) ซึ่งประกอบด้วยหม้อไอน้ำ (boiler) ที่รับความร้อน Q_H จากแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงเพื่อผลิตไอน้ำที่มีพลังงานสูงแล้วนำไปขยายตัวที่กังหันไอน้ำ ทำให้ได้งานออกมาเท่ากับ W_{out} ไอน้ำที่ออกจากกังหันจะควบแน่นเป็นของเหลวภายในเครื่องควบแน่นด้วยการถ่ายเทความร้อน Q_L ให้กับแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ จากนั้นจะถูกส่งกลับไปยังหม้อไอน้ำเพื่อรับความร้อนอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอาศัยปั๊มซึ่งจะมีการป้อนงานให้เท่ากับ W_{in} จะเห็นว่ามีงานและความร้อนถ่ายเทข้ามขอบเขต (เส้นประ) โดยงานสุทธิที่ได้จากระบบ (โรงจักรผลิตกำลัง) สามารถหาได้จากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ ดังสมการ

$$W_{net,out} = W_{out} - W_{in} = Q_H - Q_L \quad (2)$$

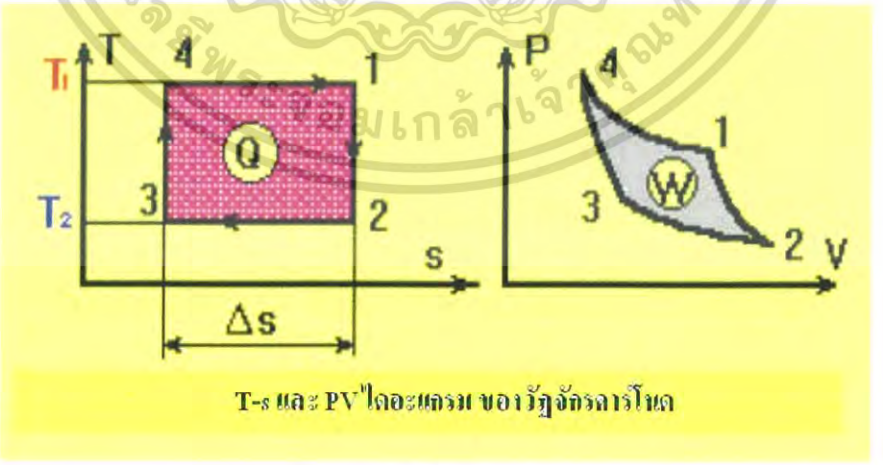
ส่วนเครื่องทำความเย็นที่พบบ่อยคือ เครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ (vapor-compression refrigerator) ซึ่งใช้ในเครื่องปรับอากาศหรือตู้เย็น โดยมีวัฏจักรการทำงานดังรูปที่ 2.2 (ข) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องอัดที่อัดสารทำความเย็น ให้มีอุณหภูมิสูง จากนั้นจะควบแน่นกลายเป็นของเหลวที่เครื่องควบแน่นด้วยการถ่ายเทความร้อน Q_H ให้กับแหล่งอุณหภูมิความร้อนสูง (สิ่งแวดล้อม) สารทำความเย็นนี้จะไหลผ่านวาล์วขยาย (expansion valve) เพื่อลดความดันด้วยกระบวนการทรอตลิ่ง และไหลเข้าสู่เครื่องระเหย (evaporator) ซึ่งสารทำความเย็นจะระเหยเป็นไอโดยการรับความร้อน Q_L จากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ (ห้องเย็น,บริเวณที่ต้องการทำให้เย็น) จากนั้นสารทำความเย็นสถานะไอจะไหลเข้าเครื่องอัดเพื่อทำให้สูงต่อไป จะเห็นได้จากแผนผัง ต้องป้อน งาน W_{in} ให้กับเครื่องอัด โดยงานสุทธิจะเท่ากับ

$$W_{net,\ out} = W_{in} = Q_H - Q_L \quad (3)$$

และจะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อน คือ

$$\eta_{th} = \frac{W_{net,out}}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_L} = 1 - \frac{Q_H}{Q_L} \quad (4)$$

2.1.3 วัฏจักรคาโนต์(Carnot cycle) เครื่องทำความเย็นทั้งหมดทำงานในกระบวนการผสม วัฏจักรซึ่งจะทำความเย็นสำเร็จ และด้วยวิธีการทำให้เป็นของเหลว ตลอดไปจนถึงการขยายตัว วัฏจักรคาร์โนต์เป็นการผสมของกระบวนการไอเซนโทรปิก (Isentropic) และไอโซเทอร์มอล (Isothermal)



รูปที่ 2.3 วัฏจักรคาโนต์

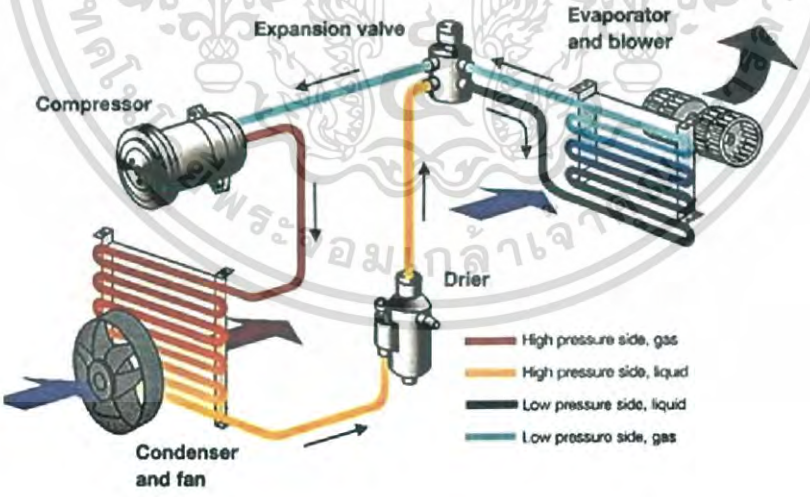
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1 ไป 2 การขยายตัวแบบไอเซนโทรปิก
- 2 ไป 3 ความร้อนระบายออกแบบไอโซเทอร์มอล
- 3 ไป 4 การอัดตัวแบบไอเซนโทรปิก
- 4 ไป 1 ความร้อนคายออกแบบไอโซเทอร์มอลการขยายตัวแบบไอเซนโทรปิก (Isentropic expansion) ซึ่งของเหลวจะทำงาน และขยายตัวโดยรักษาเอนโทรปีให้คงที่ นี้เป็นกระบวนการอะเดียบาติก (Adiabatic process) ไม่มีความร้อนที่เข้าหรือออกจากระบบ มันเป็นกระบวนการย้อนกลับได้ตั้งแต่ที่ทำงานสามารถที่ทำให้ของไหลนั้นกลับมาอัดได้อีก วิธีการที่ดีที่สุดของการขยายตัว เพราะว่ามันเป็นอุณหภูมิที่ใหญ่ที่สุดที่ความดันเปลี่ยนแปลงไปการขยายตัวแบบไอเซนทาลปิก (Isenthalpic expansion) ซึ่งของไหลผ่านการเปลี่ยนความดันโดยไม่มีการส่งถ่ายความร้อน เป็นกระบวนการปกติในระบบการทำความเย็น อย่างไรก็ดี มันเป็นประสิทธิภาพทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่ต่ำ นั่นเป็นเพราะว่ามันมีกระบวนการที่ไม่สามารถย้อนกลับมาได้เหมือนในทางอุดมคติ

ซาดิ คาร์โนต (ปี พ.ศ. 2339-2375) เป็นวิศวกร และนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้พัฒนาในปี พ.ศ. 2367 เครื่องยนต์ความร้อนสมมติ ที่ให้ประสิทธิภาพ 100% (สามารถเรียนรู้ซึ่งจะขัดแย้งในกฎข้อที่ 2) เขายกตัวอย่างเครื่องยนต์สมมติ และค้นพบเครื่องยนต์ที่เหมาะสมต้องเป็นกระบวนการย้อนกลับไม่ได้ ทุก ๆ การถ่ายเทความร้อน ในวัฏจักรทางอุดมคติต้องเป็นกระบวนการไอโซเทอร์มอลหรืออะเดียบาติก

จากสูตร $K = \frac{T_C}{T_H} - T_C$ แสดงให้เห็นเป็นประสิทธิภาพทางอุดมคติ ที่ไม่มีทางเข้าถึง

2.2 การประยุกต์ของเครื่องทำความเย็นหรือปั๊มความร้อน



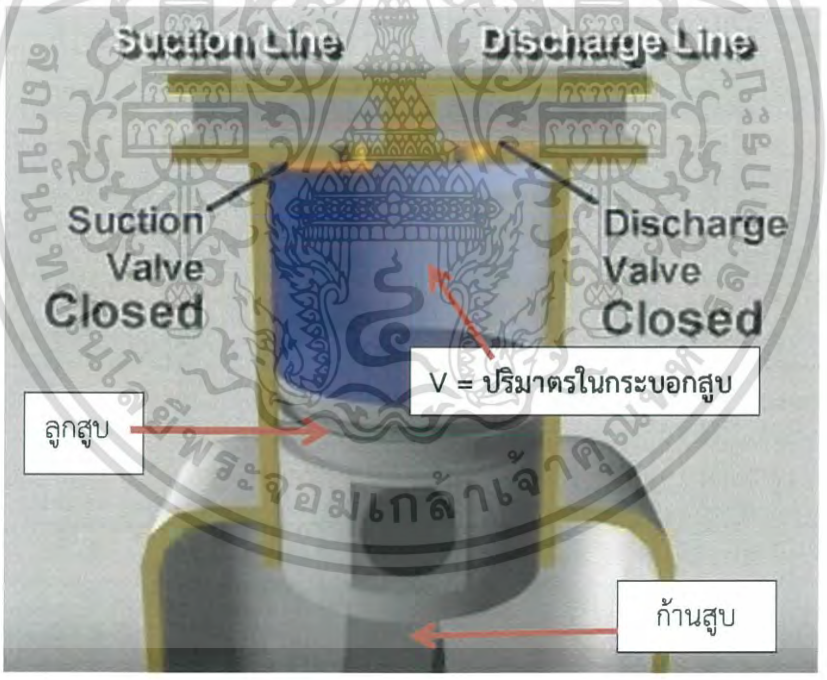
รูปที่ 2.4 แผนผังวงรอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.2.1.1 คอมเพรสเซอร์ เป็นหัวใจหลักของการทำงานในระบบอัดไอ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเพิ่มความดันของสารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นสามารถไหลเวียนได้ครบวงจรของระบบอัดไอ และเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากที่สุด คือประมาณ 80% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ

รูปที่ 2.5 คอมเพรสเซอร์

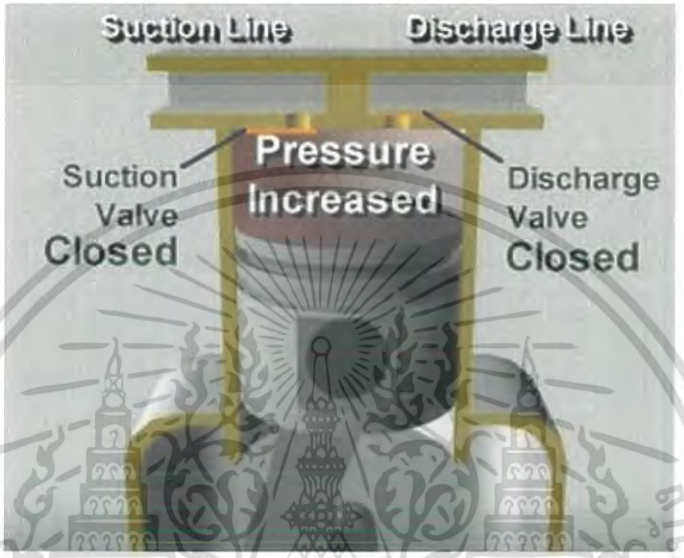


รูปที่ 2.6 การทำงานภายในคอมเพรสเซอร์

ภายในคอมเพรสเซอร์ประกอบไปด้วยกระบอกสูบจะมีสารทำความเย็นที่ถูกอัดอยู่ด้านในลูกสูบติดอยู่กับก้านสูบส่วนก้านสูบนั้นจะประกอบอยู่กับมอเตอร์ ตัวมอเตอร์จะใช้พลังงานไฟฟ้าผลักให้ลูกสูบเคลื่อนที่เข้า-ออก ในกระบอกสูบเพื่อทำการอัดสารทำความเย็นเนื่องจากสารทำความเย็นหรือน้ำยาแอร์นั้นมีจุดเดือดที่ต่ำ จุดเดือดอาจจะอยู่ประมาณที่ -26 องศาเซลเซียส หรือ กว่า – 200 องศาเซลเซียส ซึ่งจุดเดือดของสารทำความเย็นก็จะแตกต่างกันไปตามเบอร์หรือชนิดของสารทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือเมื่อมีจุดเดือดต่ำนั่นก็หมายความว่าจากสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นของเหลวก็จะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับบรรยากาศอุณหภูมิภายนอกที่อยู่ระหว่าง 25 – 38 องศาเซลเซียส แต่ในส่วนของคอมเพสเซอร์นั้นสารทำความเย็นจะอยู่ในสถานะก๊าซที่มีความร้อนสูง มีท่อ Discharge Line และ Discharge Valve จะส่งไอร้อนไปที่ อุปกรณ์ควบแน่น(Condenser) หรือคอยล์ร้อน มี Suction Line และ Suction Valve รับ ไอร้อนจาก อุปกรณ์ระเหย(Evaporator) หรือคอยล์เย็น



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์

จากทฤษฎี ก๊าซในอุดมคติ $PV = nRT$ เมื่อลูกสูบเริ่มเคลื่อนที่

เมื่อ nR = ค่าคงที่

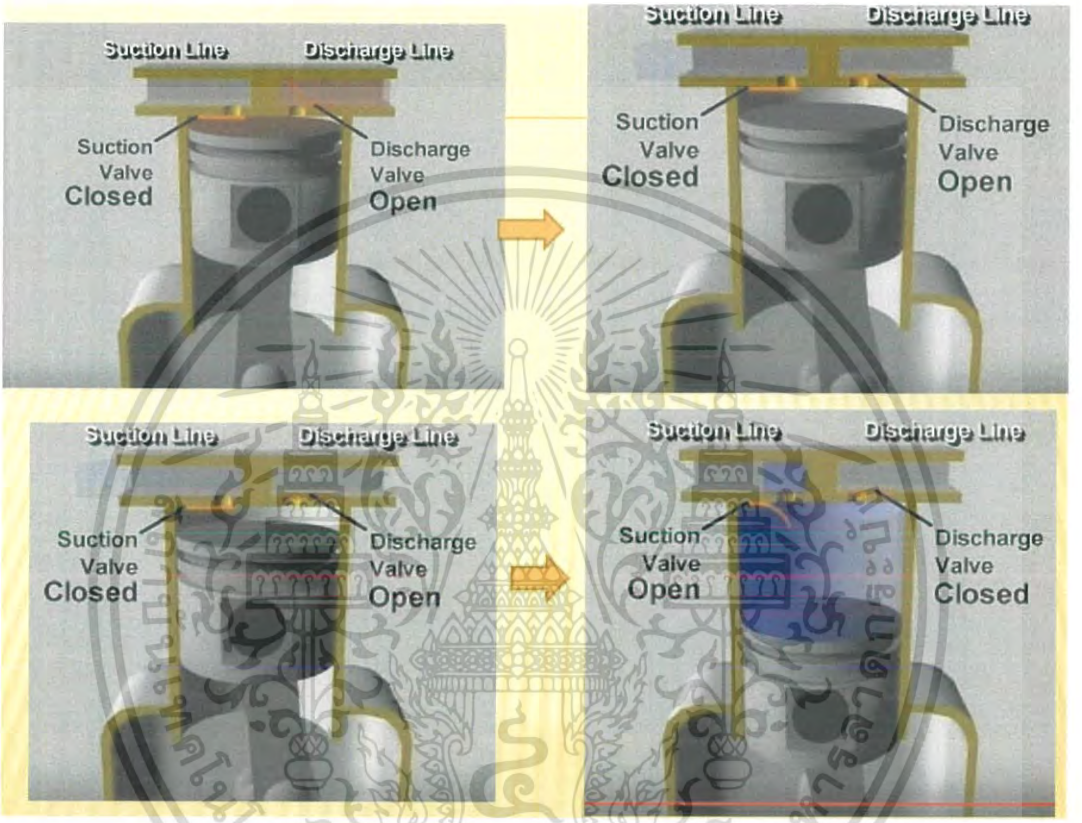
$$PV \ \alpha \ T$$

$$P \ \alpha \ \frac{T}{V}$$

กล่าวคือ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เข้า ทำให้ปริมาตรในกระบอกสูบลดลง จาก $PV = nRT$ โดยที่ nR เป็นค่าคงที่ ทำให้ PV แปรผันตรงกับ ค่า T คือ อุณหภูมิ และ P ความดันนั้นจะแปรผกผันกับค่า V ปริมาตร คือเมื่อปริมาตรในกระบอกสูบลดลงก็จะทำให้ ความดันของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้น จากนั้น Discharge Valve ก็จะเปิดออกส่งสารทำความเย็นที่มีความร้อนสูงไปสู่ คอยล์ร้อนผ่าน Discharge Line เพื่อทำการควบแน่นลดอุณหภูมิต่อไป เมื่อสารทำความเย็นไหลถูกส่งไปที่คอล์ยร้อน Discharge Valve ก็จะปิดลง เมื่อมาถึงคอล์ยร้อน คอล์ยร้อนก็จะประกอบด้วยท่อทองแดงเป็นขดและมีพัดลมคอยเป่าให้ความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิ ทำให้เกิดการควบแน่นในชั้นนี้สารทำความเย็นก็จะเปลี่ยนสถานะจากไอกลายเป็นของเหลวที่มีความร้อนสูง ส่งไปยังวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) ก็จะลดแรงดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นสถานะของเหลว ส่งไปที่อุปกรณ์ระเหย (Evaporator) หรือ คอยล์เย็น (Fan Coil Unit) ซึ่งอยู่ภายในอาคาร ที่คอยล์เย็นนี้จะเกิดการถ่ายเท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนโดยสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำความเย็น ทำให้อุณหภูมิรอบ ๆ คอล์ยเย็น มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งคอล์ยเย็นก็จะมีพัดลมที่จะพัดเอาความร้อนที่อยู่ภายในห้องมาสัมผัสกับท่อทองแดงทำให้สารทำความเย็นสถานะของเหลวอุณหภูมิต่ำได้สัมผัสความร้อนทำให้สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอ ส่งไปที่คอมเพรสเซอร์ในส่วนนี้คอมเพรสเซอร์ตัวลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ออกทำให้ Suction Valve เปิดออกสารทำความเย็นที่สถานะไอความร้อนต่ำก็จะไหลผ่าน Suction Line กลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์อีกครั้ง ถือเป็นการจบ 1 วงรอบ



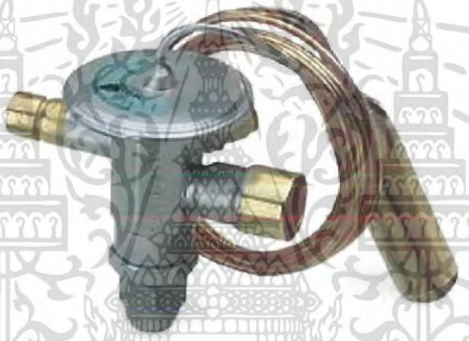
รูปที่ 2.8 การทำงานของคอมเพรสเซอร์

2.2.1.2 ชุดควบแน่นหรือคอนเดนซิ่งยูนิต คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว โดยการใช้พัดลมดูดอากาศมาระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นในแผงคอยล์ร้อน ซึ่งอุปกรณ์นี้มีการใช้พลังงานประมาณ 10% ไปกับพัดลมระบายความร้อน อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) หรือ คอยล์ร้อน (Condensing Unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 ชุดควบแน่นหรือคอยล์ร้อน (Condensing Unit)

2.2.1.3 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) วาล์วลดความดัน เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นหลังจากผ่านคอยล์ร้อน ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวความดันสูงเป็นของเหลวผสมไอ (Mixture หรือ 2-Phases) ที่มีความดันต่ำ



รูปที่ 2.10 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve)

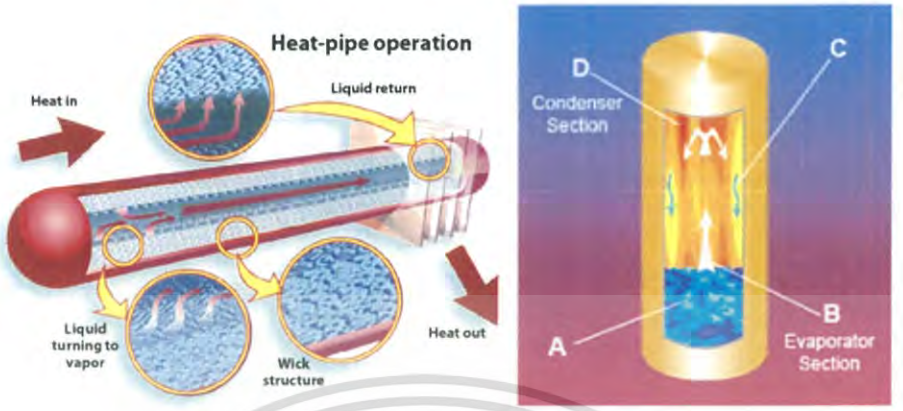
2.2.1.4 อุปกรณ์ระเหย(Evaporator) หรือ คอยล์เย็น (Fan Coil Unit)คอยล์เย็น คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวผสมไอ ให้กลายเป็นไออย่างสมบูรณ์ (ไออิ่มตัว) โดยการใช้พัดลมดูดอากาศจากภายในห้องปรับอากาศผ่านแผงคอยล์เย็น ซึ่งทำให้สารทำความเย็นรับความร้อนจากอากาศและเดือดกลายเป็นไอ ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีการใช้พลังงานประมาณ 10% ไปกับพัดลมคอยล์เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.11 อุปกรณ์ระเหย (Evaporator)หรือ คอยล์เย็น (Fan Coil Unit)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ท่อความร้อน (Heat Pipe)



รูปที่ 2.12 ท่อความร้อน

คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer) ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารทำงาน (Working Fluid) ที่อยู่ภายในท่อโดยความแตกต่างของอุณหภูมิ และไม่อาศัยพลังงานจากภายนอก กล่าวคือท่อความร้อนสามารถทำงานได้ด้วยตัวของมันเอง ท่อความร้อนถูกประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อน(Heat sink) เช่น ใช้เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนในเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือจะใช้เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(Heat exchanger) ก็ได้เช่นกัน ท่อความร้อนประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักคือ ส่วนทำระเหย (Evaporator section) ส่วนกันความร้อน (Adiabatic section) และส่วนควบแน่น (Condenser section) ลักษณะการทำงานของท่อความร้อนคือท่อความร้อนจะรับเอาความร้อนจากภายนอกที่ส่วนทำระเหยถ่ายเทให้กับสารทำงาน เป็นผลให้สารทำงานเดือดกลายเป็นไอและไหลไปยังส่วนกันความร้อน จากส่วนกันความร้อนสารทำงานจะเคลื่อนที่ต่อไปยังส่วนควบแน่น ที่ส่วนควบแน่นสารทำงานในท่อความร้อนจะระบายความร้อนออกไปสู่ภายนอกผ่านผิวท่อ และควบแน่นกลับไปเป็นของเหลว และไหลวนกลับไปยังส่วนทำระเหยผ่านทางวัสดุพรุนเพื่อรับความร้อนอีกครั้ง

2.4 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP)

ในกรณีของเครื่องทำความเย็นหมายถึงอัตราส่วนของความร้อนที่ได้รับจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ (หรือบริเวณที่ต้องการทำความเย็น) ต่องานสุทธิที่ป้อนให้ และในกรณีปั๊มความร้อนจะหมายถึง อัตราส่วนของความร้อนที่ถ่ายเทให้กับแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงต่องานสุทธิที่ป้อนให้การหา ค่า COP นั้นมีหลายวิธีแต่สำหรับงานวิจัยนี้เนื่องจากเราทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดอุณหภูมิที่ตัวคอนเดนเซอร์โดยใช้อุปกรณ์ระบายความร้อน จึงใช้สมการ

$$COP_R = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} \tag{5}$$

T_H = อุณหภูมิคอนเดนเซอร์หรือคอล์ยร้อน (K)

T_L = อุณหภูมิอีวาปอเรเตอร์หรือคอล์ยเย็น (K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

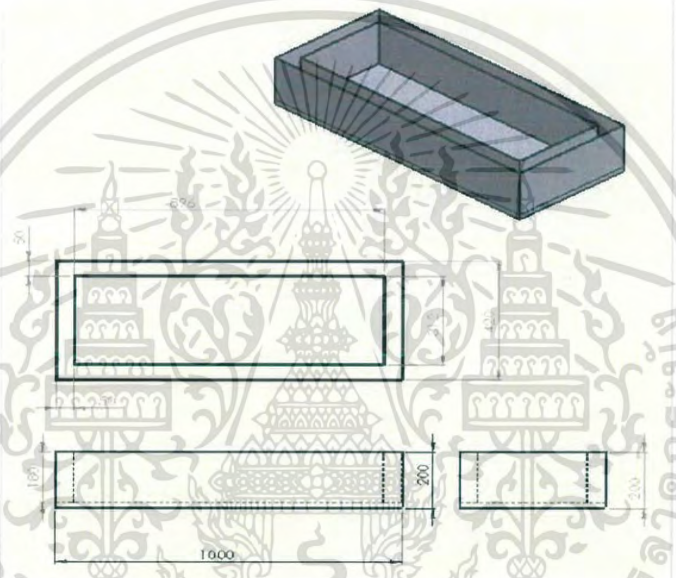
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

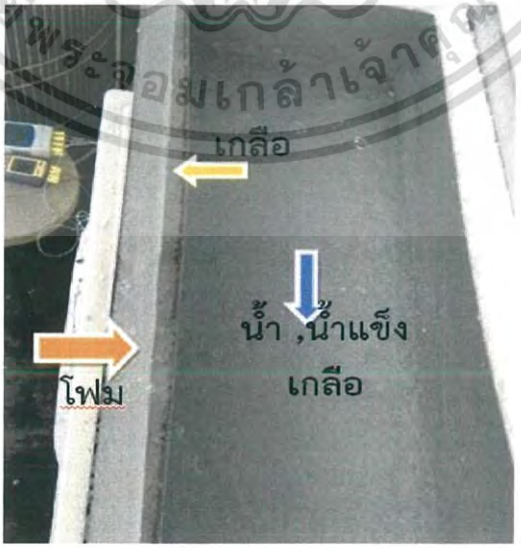
3.1 การออกแบบอุปกรณ์และการจัดอุปกรณ์ในการทดลอง

3.1.1 ออกแบบถังเก็บน้ำเย็น (Cooling Tank)

จากรูปที่ 3.1 ออกแบบให้ Cooling Tank ให้มี 2 ชั้น โดยชั้นในเอาไว้เก็บน้ำเย็น ส่วนชั้นนอกจะทำการบรรจุโฟมและใช้เกลือเป็นฉนวน



รูปที่ 3.1 แบบ Cooling Tank



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 Cooling Tank ที่พร้อมใช้ในการทดลอง

3.2 ชุดท่อระบายความร้อนและการติดตั้ง

ในการทำงานวิจัยนี้จะใช้ตัวคอนเดนเซอร์จากเครื่องปรับอากาศที่ไม่ใช้แล้วมาเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนให้คอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ จะทำการดัดแปลงเพิ่มเติม โดยการเชื่อมท่อทอง 3 เส้น แล้วเจาะรู ที่ Cooling Tank 3 รู จากนั้นประกอบเข้าด้วยกัน และทำการปะปิดรอยรั่วด้วยซิลิโคน ตามขั้นตอนดังรูป ต่อไปนี้

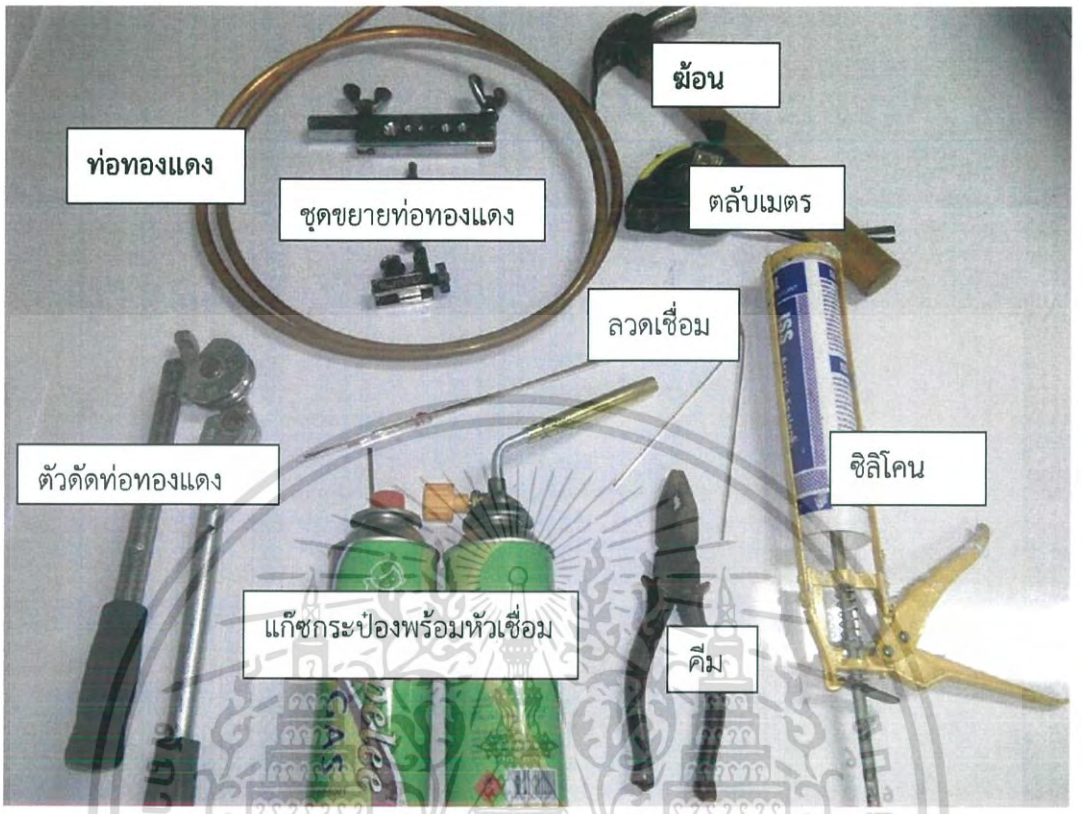
3.2.1 ท่อระบายความร้อน

รูปที่ 3.3 ท่อระบายความร้อน

ท่อระบายความร้อนที่นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ จะใช้ชุดคอนเดนเซอร์เก่าของเครื่องปรับอากาศที่ไม่ใช้แล้วมาประยุกต์เป็นชุดระบายความร้อนให้เครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 อุปกรณ์ตัด ดัด เชื่อมต่อ ท่อทองแดงและประกอบชุดระบายความร้อน



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ตัด ดัด เชื่อมต่อ ท่อระบายความร้อน

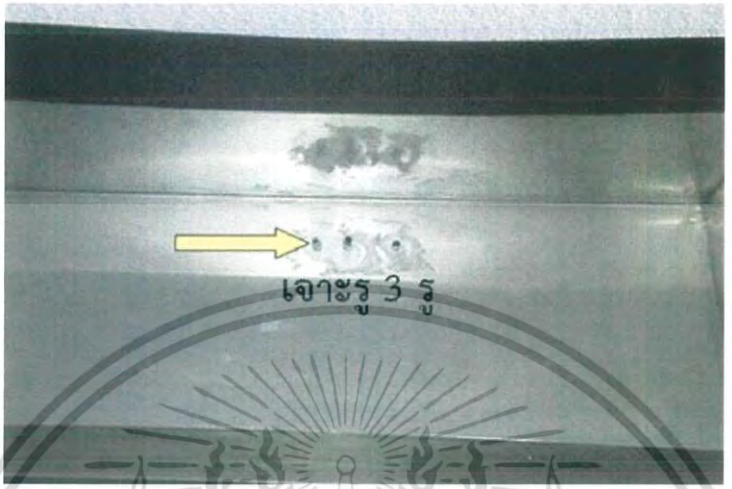
3.2.3 ทำการตัดและเชื่อมต่อท่อของท่อระบายความร้อน

รูปที่ 3.5 ทำการตัดและเชื่อมต่อท่อของตัวท่อระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 เป็นรูปที่ผู้ทำการวิจัยลงมือเชื่อมท่อชุดระบายความร้อน หลังจากทำการวัดและดัดแปลงเพิ่มเติมท่อให้กับชุดระบายความร้อน

3.2.4 ทำการเจาะรู Cooling Tank และ เชื่อมต่อกับท่อระบายความร้อนและอุดรอยรั่วด้วยซิลิโคน



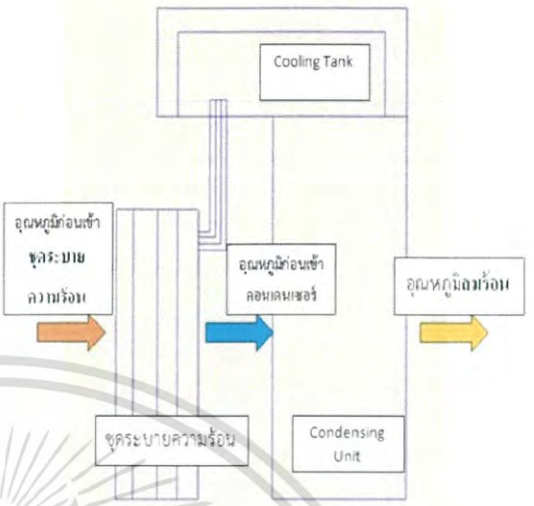
รูปที่ 3.6 การเจาะรู Cooling Tank

หลังจากทำการเชื่อต่อท่อดัดแปลงเพิ่มเติมให้ท่อระบายความร้อนแล้วจึงเจาะรูที่ Cooling Tank 3 รู เพื่อให้น้ำที่ใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนอากาศในท่อระบายความร้อน แล้วทำการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน จากนั้นทำการอุดรอยรั่วด้วย ซิลิโคน

รูปที่ 3.7 ปิดด้วยซิลิโคน

รูปที่ 3.7 แสดงการเชื่อมต่อชุดระบายความร้อนพร้อมทำการปิดรอยรั่วด้วยซิลิโคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ระบายความร้อนพร้อมสำหรับการทดลอง
รูปที่ 3.8 (ก) แสดงภาพการติดตั้งระบบระบายคามร้อนจริง
รูปที่ 3.8 (ข) แสดงแผนภาพการติดตั้งระบบระบายคามร้อนและอุณหภูมิของระบบ

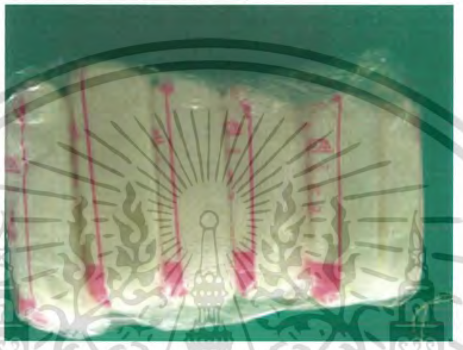
3.3 อุปกรณ์สำหรับทำการทดลอง

3.3.1 เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K สำหรับเก็บค่าอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส(°C)

รูปที่ 3.9 เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ใน Cooling Tank สำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนในท่อระบายความร้อน



รูปที่ 3.10 น้ำ น้ำแข็งและเกลือ

หลังจากเติมน้ำและน้ำแข็งลงใน Cooling Tank แล้วจะทำการโรยเกลือลงใน Cooling Tank เพื่อทำการรักษาความเย็นให้ยาวนานขึ้น

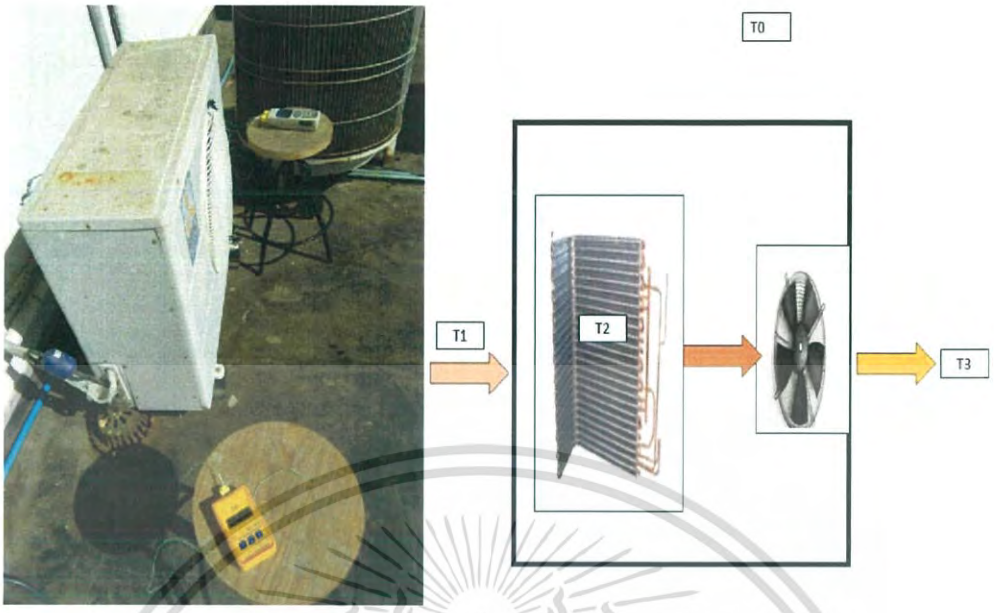
3.4 การติดตั้งอุปกรณ์และวิธีทำการทดลอง

การทดลองทำการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 6 วัน แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนละ 3 วัน

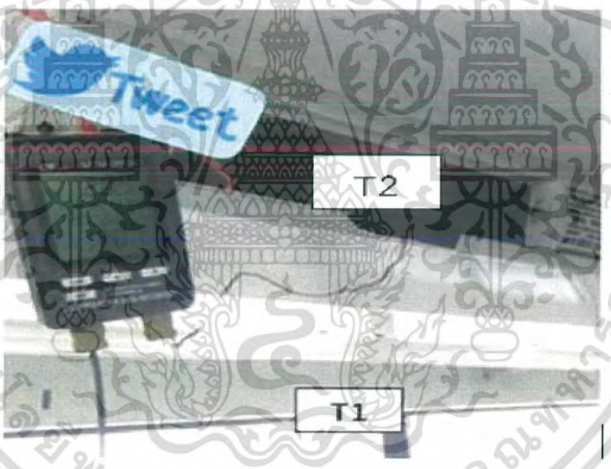
3.4.1 การทดลองตอนที่ 1 เก็บค่าอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์โดยที่ยังไม่ได้ติดตั้งชุดระบายความร้อน มีวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้

3.4.1.1 ด้านนอกอาคารจัดวางอุกรณ์ดังรูปที่ 3.11 (ก) เพื่อเก็บค่าอุณหภูมิ โดยให้หัววัดเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K ประจำที่ตำแหน่งดังรูปแผนผัง (ข) และรูป (ค) คือการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดอุณหภูมิภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)



(ค)

รูปที่ 3.11 การติดตั้งวัสดุอุปกรณ์เพื่อการทดลองตอนที่ 1

โดยที่

T0 = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)
T1 = อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าตัวคอนเดนเซอร์(°C)
T2 = อุณหภูมิของคอนดนเซอร์(°C)
T3 = อุณหภูมิของอากาศตรงพัดลมระบายความร้อน(°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับภายในตัวอาคารหรือห้องทำความเย็น จะทำการจัดวางอุปกรณ์ดังรูป(ค) เพื่อเก็บค่า อุณหภูมิ โดยที่วัดอุณหภูมิ

T1 = อุณหภูมิของอากาศภายในอาคาร(°C)

T2 = อุณหภูมิของอีวาปอเรเตอร์(°C)

3.4.1.2 บันทึกค่าอุณหภูมิ 3 ช่วงเวลา 9.00 น. – 12.00 น. ,13.00 น. – 16.00 น. , 19.00 น. – 22.00 น. บันทึกค่า ทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 3 วัน

3.4.1.3 นำข้อมูลที่ได้บันทึกลง Microsoft Excel

3.4.1.4 นำค่าT0 และT3 ของชุดคอนเดนซิ่งสร้างกราฟอุณหภูมิกับเวลา

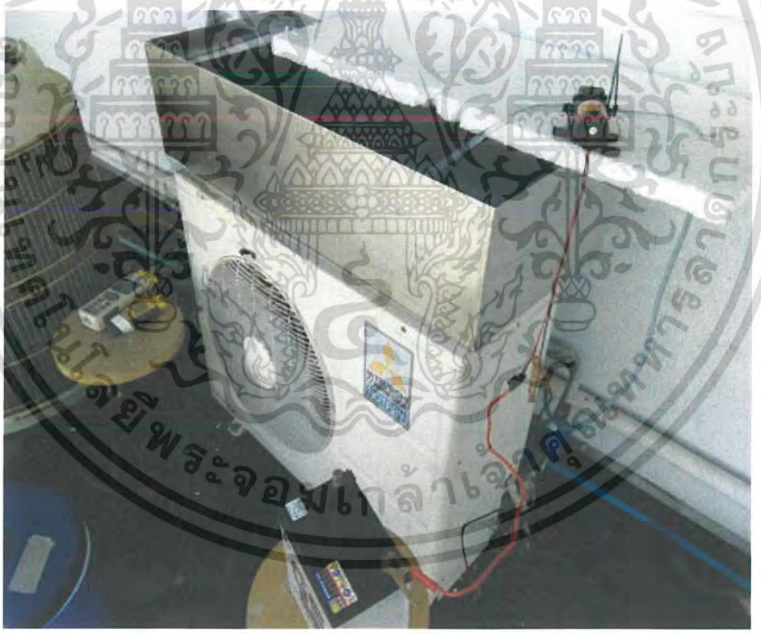
3.4.1.5 คำนวณหาค่า COP จากค่า T2 อีวาปอเรเตอร์ และT2 ของคอนเดนเซอร์

โดยให้ $T2 = T_L$ (K)

$T3 = T_H$ (K)

คำนวณค่า COP ตามสมการที่ (5)

3.4.2 การทดลองตอนที่ 2 เก็บค่าอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์โดยที่ติดตั้งชุดระบายความร้อนไปด้วย มีวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้

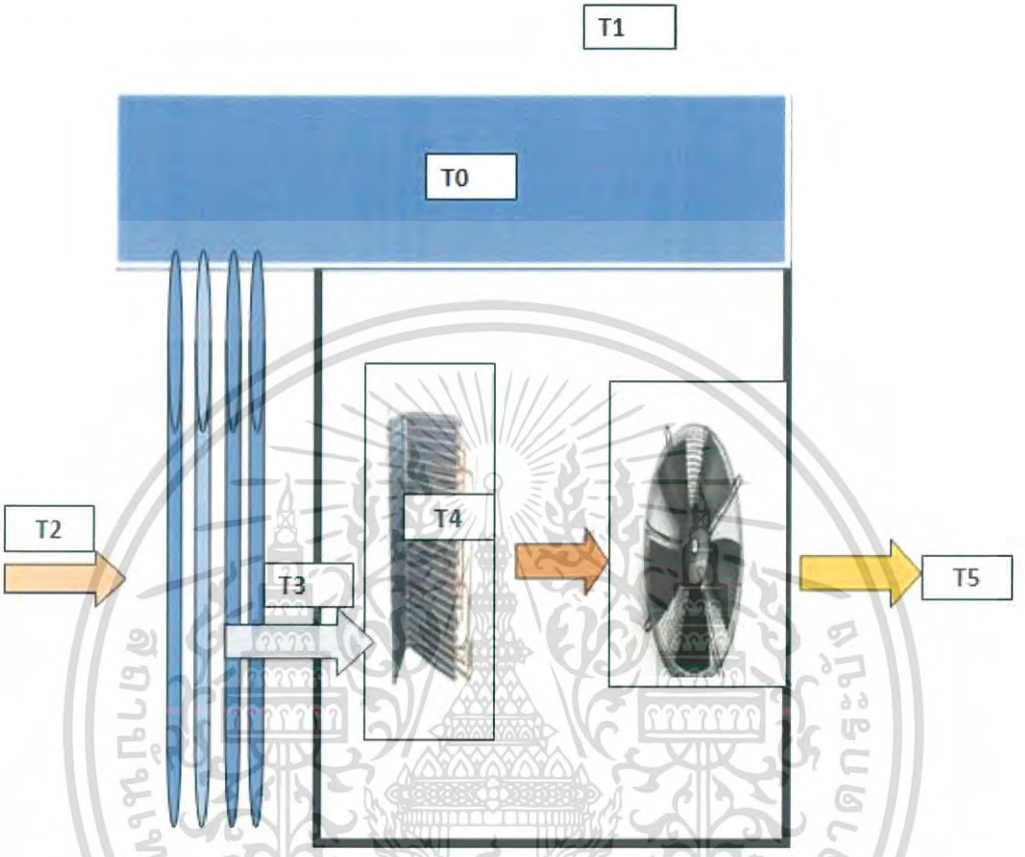


(ก)

รูปที่ 3.12 การติดตั้งวัสดุอุปกรณ์เพื่อการทดลอง ตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.1 ด้านนอกอาคารจัดวางอุกรณ์ดังรูป 3.12 ก. เพื่อเก็บค่าอุณหภูมิ โดยให้หัววัดเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K ประจำที่ตำแหน่งดังรูปแผนผังรูปที่ 3.12 ข. และรูป รูปที่ 3.12 ค. คือการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดอุณหภูมิภายในอาคาร



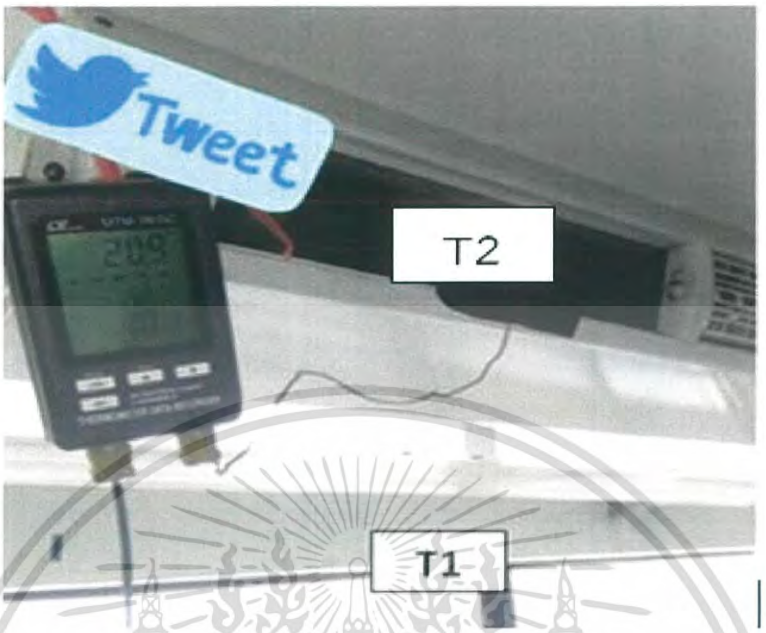
รูปที่ 3.12 (ข) การวัดอุณหภูมิภายนอกอาคาร

โดยที่

T0 = อุณหภูมิน้ำเย็นใน Cooling Tank (°C)
T1 = อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม(°C)
T2 = อุณหภูมิอากาศก่อนผ่านเข้าชุดระบายความร้อน(°C)
T3 = อุณหภูมิของอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าตัวคอนเดนเซอร์(°C)
T4 = อุณหภูมิของตัวคอนเดนเซอร์(°C)
T5 = อุณหภูมิของอากาศตรงพัดลมระบายความร้อน(°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านในอาคารจัดอุปกรณ์ดังรูป (ค) เพื่อเก็บค่าอุณหภูมิของตัวอีวาปอเรเตอร์หรือคอล์ยเย็น



รูปที่ 3.12 (ค) การวัดอุณหภูมิภายในอาคาร

โดยที่วัดอุณหภูมิ

T1 = อุณหภูมิของอากาศก่อนภายในอาคาร(°C)

T2 = อุณหภูมิของอีวาปอเรเตอร์(°C)

3.4.2.2 บันทึกค่าอุณหภูมิ 3 ช่วงเวลา 9.00 น. – 12.00 น. ,13.00 น. – 16.00 น. , 19.00 น. – 22.00 น.บันทึกค่า ทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 3วัน

3.4.2.3 นำข้อมูลที่ได้บันทึกลง Microsoft Excel

3.4.2.4 นำค่าT1,T3และ T4 ของชุดคอนเดนซิ่งสร้างกราฟอุณหภูมิกับเวลา

3.4.2.5 คำนวณหาค่า COP จากค่า T2 อีวาปอเรเตอร์ และT3 ของคอนเดนเซอร์

โดยให้ T2 = T_L (K)

T4 = T_H (K)

คำนวณค่า COP ตามสมการที่ (5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลอง

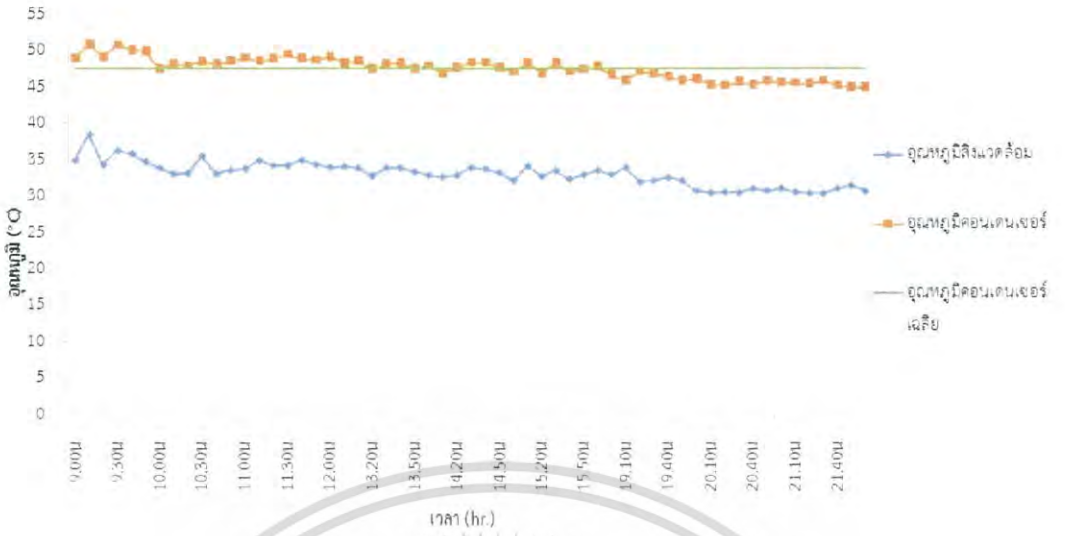
เมื่อทำการทดลองครบทั้ง 6 วันแล้วได้ผลการทดลองค่าอุณหภูมิ จึงนำมาทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและหาค่า COP ได้ดังนี้

4.1.1 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาในการทดลองตอนที่ 1 แบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนทั้ง 3 วันได้ดังนี้

รูปที่ 4.1 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 1

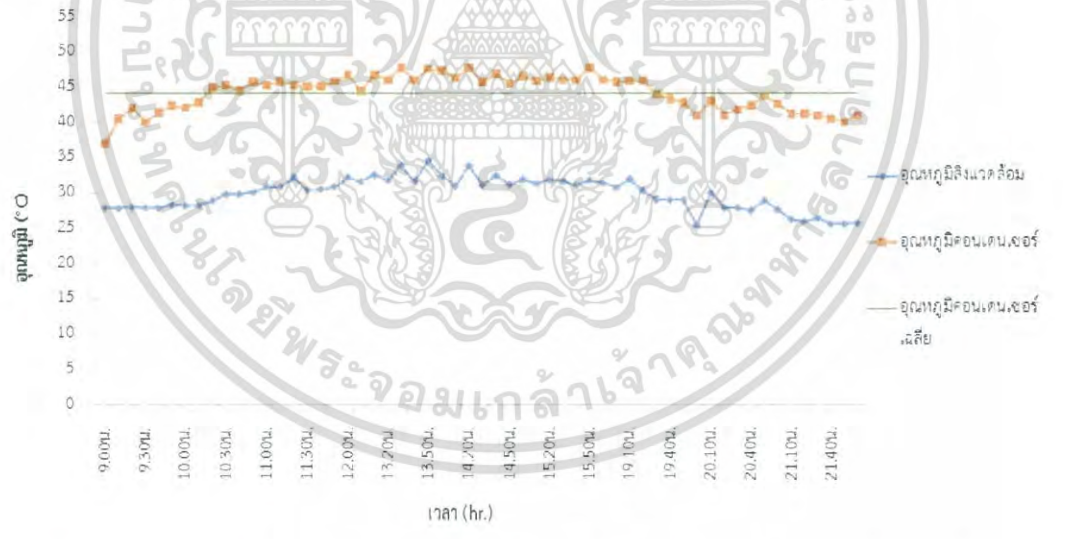
รูปที่ 4.1 แสดงกราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 1 จากกราฟจะพบว่าอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 45 – 50 องศาเซลเซียสและมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 46 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 2

รูปที่ 4.2 แสดงกราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 2 จากกราฟจะพบว่าอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 45 – 50 องศาเซลเซียสและมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 46 องศาเซลเซียส คล้ายรูปที่ 4.1

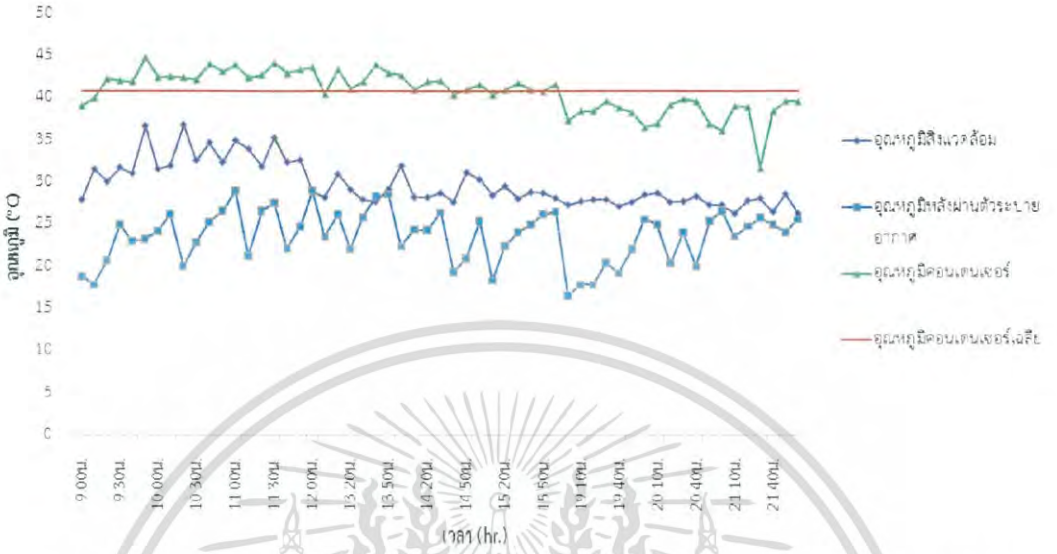


รูปที่ 4.3 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 3

รูปที่ 4.3 แสดงกราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 3 จากกราฟจะพบว่าอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์มีแนวโน้มที่ยังสูงโดยมีอุณหภูมิอยู่ที่ 45 – 50 องศาเซลเซียสและมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 44 องศาเซลเซียส คล้ายรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

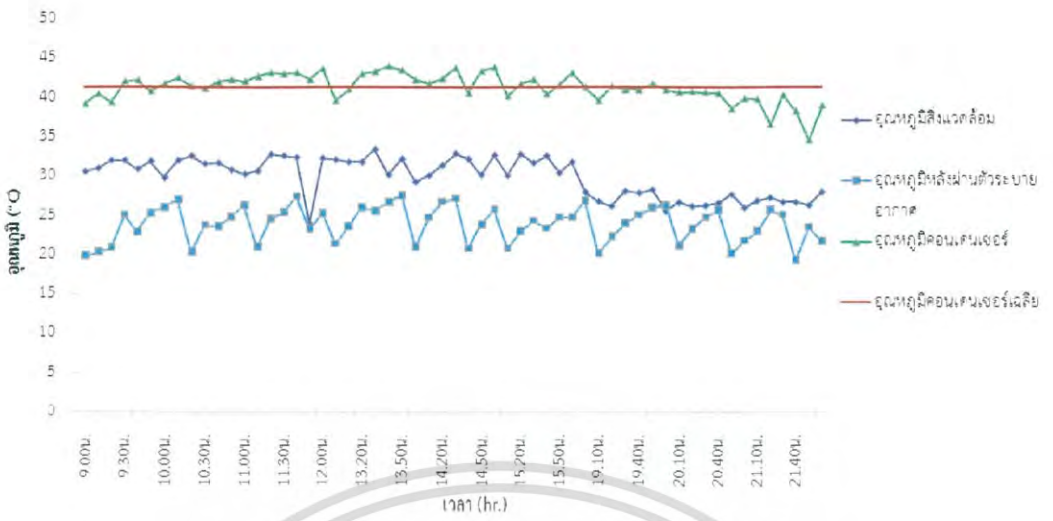
4.1.2 กราฟอุณหภูมิตอนที่ 2 ของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบที่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนเพิ่มเติมให้กับเครื่องปรับอากาศ



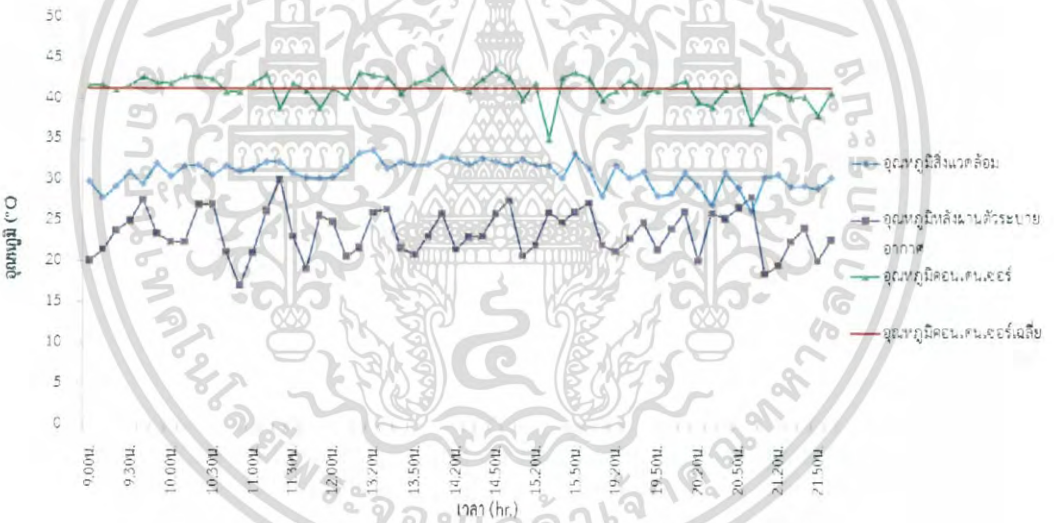
รูปที่ 4.4 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 1

รูปที่ 4.4 แสดงกราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 1 โดยพบว่าเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนให้กับเครื่องปรับอากาศในส่วนของชุดคอนเดนซิ่ง (Codensing Unit) จะมีการแลกเปลี่ยนถ่ายเทความร้อนในส่วนของท่อระบายความร้อนโดยอุณหภูมิสูงของสิ่งแวดล้อมจะถ่ายเทความร้อนมาที่ตัวทอระบายความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าที่ซึ่งภายในบรรจุน้ำเย็น จึงทำให้อากาศที่จะผ่านตัวท่อระบายความร้อนก่อนจะเข้าคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิลดลง อุณหภูมิของคอนเดนเซอร์จะลดลงมาอยู่ที่ 40 – 45 องศาเซลเซียสเท่านั้น เมื่อเทียบกับอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ที่ยังไม่ได้ติดตั้งระบบระบายความร้อน ในวันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 2



รูปที่ 4.6 กราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 3

รูปที่ 4.5 และ 4.6 แสดงกราฟอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนวันที่ 2 และ 3 ซึ่งพบว่าอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์มีแนวโน้มลดลงเหมือนกราฟรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับเวลา

4.2.1 ตอนที่ 1 COP ของเครื่องปรับอากาศแบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน

$$COP_R = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1}$$

T2 ภายนอกอาคาร = T_H = อุณหภูมิคอนเดนเซอร์หรือคอล์ยร้อน (K)
T2 ภายในอาคาร = T_L = อุณหภูมิอีวาปอเรเตอร์หรือคอล์ยเย็น (K)

4.2.1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า COP กับเวลาวันที่ 1

รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับเวลาวันที่ 1 แบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน

รูปที่ 4.7แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าCOPกับเวลาวันที่ 1 แบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน พบว่าค่า COP อยู่ที่ 7 – 8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า COP กับเวลาวันที่ 2

รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับเวลาวันที่ 2 แบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน

รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าCOPกับเวลาวันที่ 2 แบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน ก็จะพบว่าค่า COP จะอยู่ที่ 7 – 7.5 เท่านั้น

4.2.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า COP กับเวลาวันที่ 3

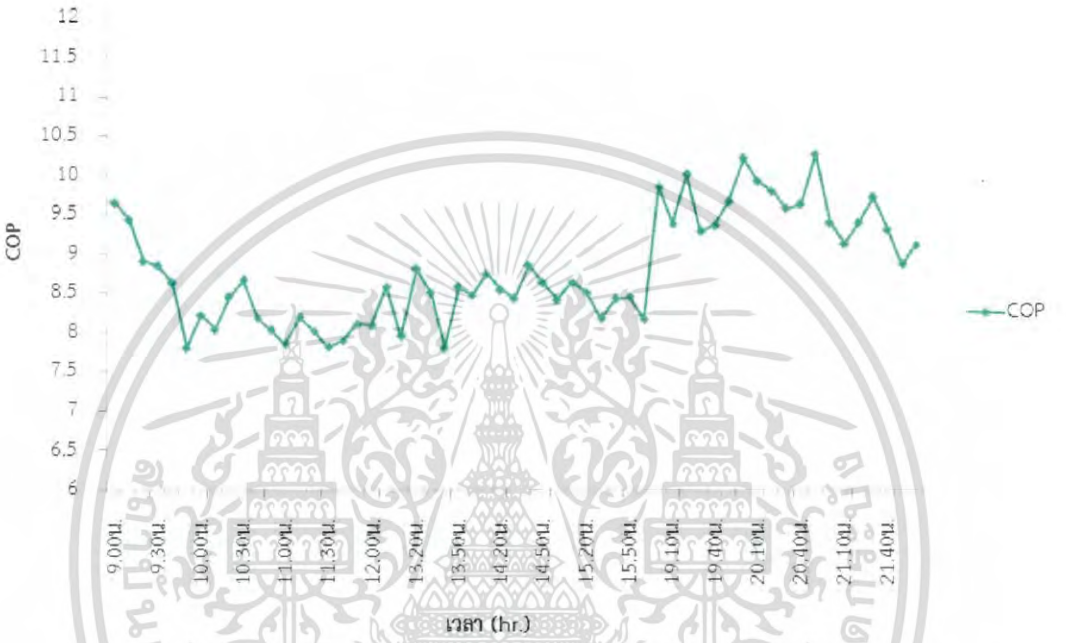
รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับเวลาวันที่ 3 แบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน

รูปที่ 4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับเวลาวันที่ 3 แบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน จะพบว่า COP จะอยู่ที่ 7.5 – 9.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ตอนที่ 2 ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งระบบระบายความร้อนเมื่อทำการวัดอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์และตัวอีวาปอเรเตอร์แล้วจึงทำนำมาคำนวณหาค่า COP แล้วพล็อตกราฟจะได้กราฟกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า COP กับเวลา ทั้ง 3 วันดังนี้

4.2.2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า COP กับเวลาวันที่ 1 แบบติดตั้งระบบระบายความร้อน

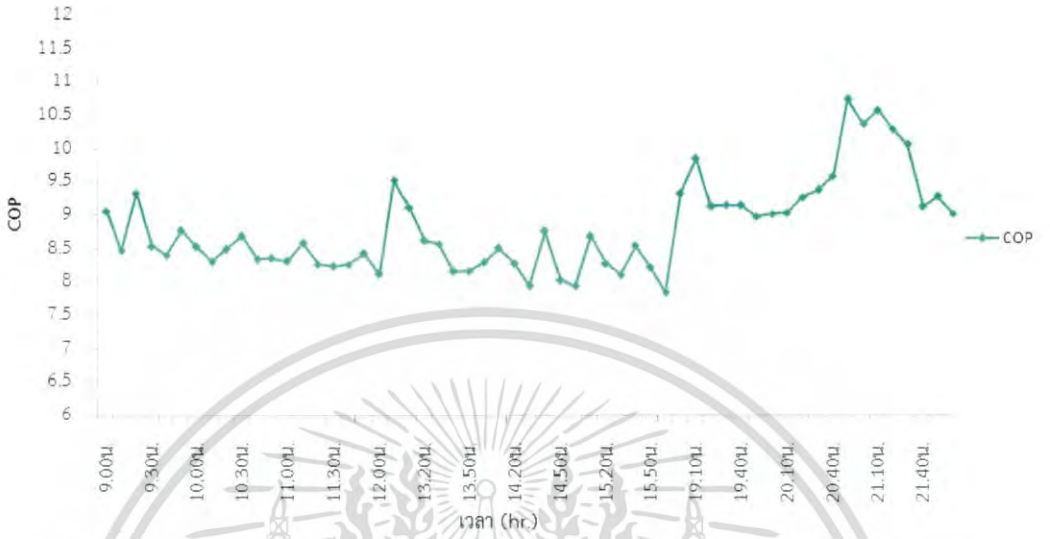


รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับเวลาวันที่1แบบติดตั้งระบบระบายความร้อน

รูปที่ 4.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับเวลาวันที่ 1 แบบติดตั้งระบบระบายความร้อนพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ในวันที่ 1 เพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับค่า COP ในวันที่ 1 ของเครื่องปรับอากาศแบบที่ไม่ได้ติดตั้งระบบระบายความร้อนให้กับชุดคอนเดนซิ่งโดยจะพบว่า ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศจะเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 8 – 10.5 ซึ่งสูงกว่าค่า COP ซึ่งแบบที่ไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อนให้กับชุดคอนเดนซิ่ง มีค่า COP อยู่ในช่วง 7 – 8.5

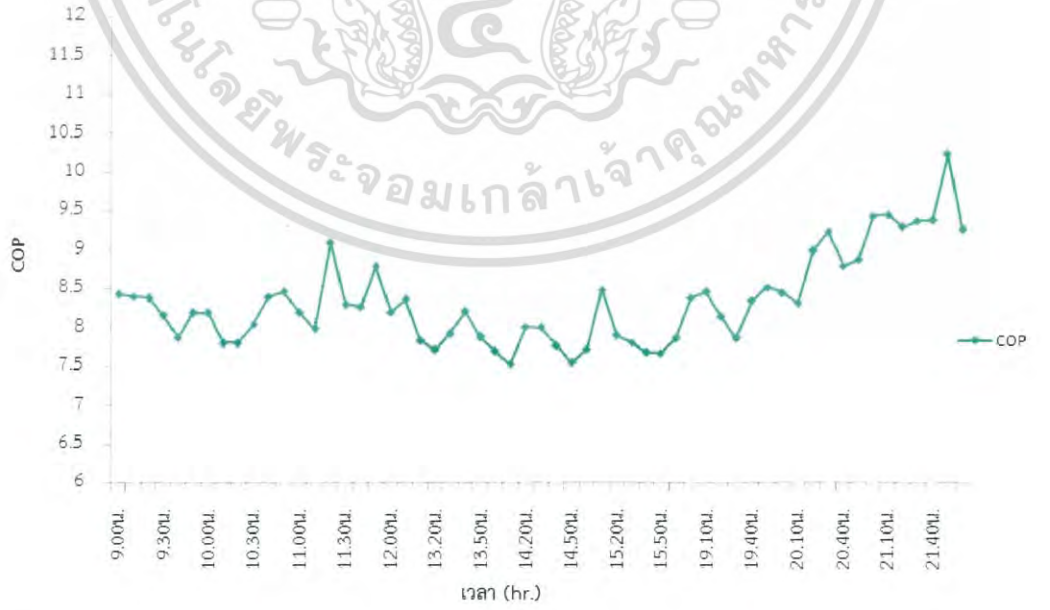
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า COP กับเวลาวันที่ 2 แบบติดตั้งระบบระบายความร้อน



รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับเวลาวันที่ 2 แบบติดตั้งระบบระบายความร้อน

4.2.2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า COP กับเวลาวันที่ 3 แบบติดตั้งระบบระบายความร้อน



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับเวลาวันที่ 3 แบบติดตั้งระบบระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 จะพบว่าค่า COP ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งระบบระบายความร้อน มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นสูงขึ้นเหมือนรูปที่ 4.10

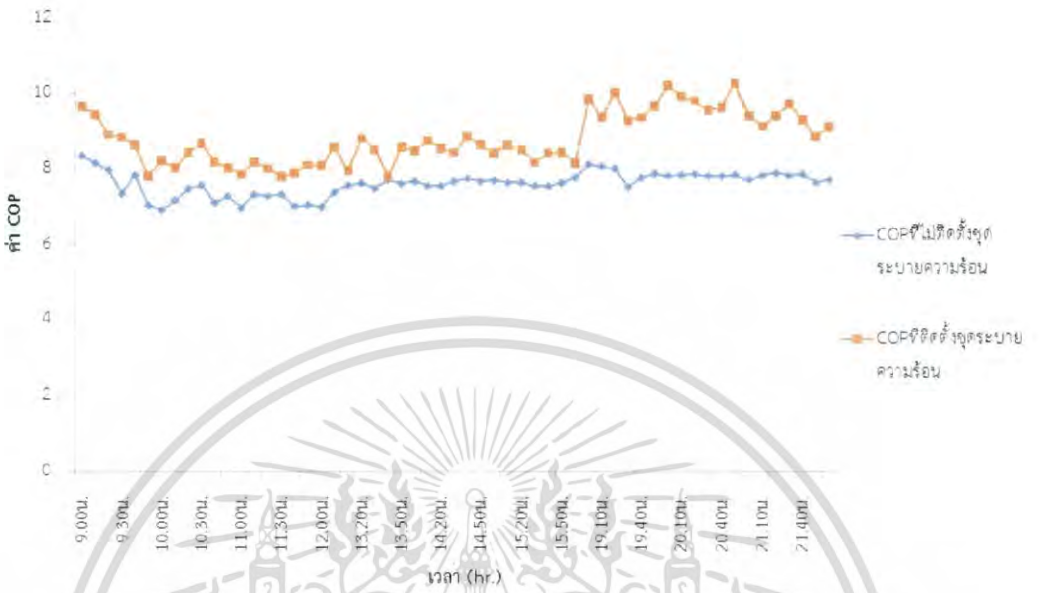
4.2.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ระหว่างเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งระบบระบายความร้อนและไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อนกับเวลาในวันที่ 1

รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนและไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อนวันที่ 1

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ชัดว่าอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งระบบระบายอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งระบบระบายความร้อนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ ค่า COP ระหว่างเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งระบบระบายความร้อนและไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อนกับเวลาในวันที่ 1



รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบค่า COP กับเวลาของเครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนและไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อนวันที่ 1

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นได้ว่า ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนกับเครื่องปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อนวันที่ 1 นั้นค่า COP ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งระบบระบายความร้อน(เส้นกราฟสีส้ม) มีค่าสูงกว่าเครื่องปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน(เส้นกราฟสีฟ้า)

4.3 อภิปรายผลการทดลอง

จากกราฟการติดตั้งชุดระบายความร้อนทำให้อุณหภูมิรอบ ๆ ก่อนเข้า ชุดคอนเดนเซอร์ลดลง ทำให้อุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ลดลงด้วย

อุณหภูมิที่ เฉลี่ยคอล์ยร้อนทั้ง 3 วัน แบบไม่ติดตั้งระบบระบายความร้อน (°C) 46.8, 47.6 และ 44.2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เฉลี่ยคอล์ยร้อน 3 วัน แบบติดตั้งระบบระบายความร้อน (°C) 41.0 , 41.5 และ 41.4 องศาเซลเซียส

เมื่ออุณหภูมิก่อนเข้าตัวคอนเดนเซอร์ลดลง ทำให้ค่า COP เพิ่มขึ้น ค่า COP เฉลี่ย ทั้ง 3 วัน แบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์อยู่ที่ 7.60 , 7.47 , 8.12 และ COP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อน อยู่ที่ 8.80 , 8.82 และ 8.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

พบว่าหลังจากติดตั้งระบบระบายความร้อนให้เครื่องปรับอากาศตรงบริเวณชุดคอนเดนซิ่ง พบว่าอุณหภูมิตรงคอนเดนเซอร์ลดลงได้จริง 2 (°C) – 5 (°C) และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) เพิ่มขึ้น อย่างน้อยที่น้อยที่สุด 2.58% และ มากที่สุด 15.27%

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการติดตั้งระบบระบายความร้อนให้เครื่องปรับอากาศตรงบริเวณชุดคอนเดนซิ่งสามารถเพิ่มค่า COP ได้จริง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ถ้าใช้ถังน้ำหรือกระติกน้ำแข็งในการทำ Cooling Tank จะช่วยกักเก็บความเย็นได้ดีขึ้น

2. หากใช้ชุดระบายความร้อนที่ใช้ Heat Pipe จริงทำงาน คาดว่าจะทำให้อุณหภูมิของคอเดนเซอร์ลดลงได้มากกว่านี้

3. การหาค่า COP ถ้าใช้สมการ $COP_R = \frac{Q_L}{W_{net,in}}$ จึงจะได้ความถูกต้องแม่นยำที่มากกว่า

เมื่อ Q_L = ค่าพลังงานความร้อนในส่วนของคอล์ยเย็น

$W_{net,in}$ = กำลังที่ป้อนเข้าไปให้กับคอมเพรสเซอร์

เนื่องจากสมาการ $COP_R = \frac{Q_L}{W_{net,in}}$ จะต้องวัดความดัน P ในหน่วย(kPa) จนถึง (MPa)และคำนวณค่า เอนทัลปี h ของสารทำความเย็นในหน่วย (kJ/kg) ซึ่งจะทำให้ได้ค่า COP ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Martinez, F. 2003. "Design and Experimental Study of a Mixed Energy Recovery System, Heat Pipe and Indirect Evaporative Equipment for Air Conditioning System." *J. Energy Build* 35:1021-30.

[2] Mastafa, A. El-Baky, A. and Mohamed, M. 2007. "Heat Pipe Heat Exchanger for Heat Recovery in Air Conditioning." *J. Appl. Therm. Eng.* 27:795-801

[3] Naphon, P. 2010. "On the Performance of Air Conditioner whit Heat Pipe for Cooling Air in The Condenser." *J. Energy Conversion and Management* 51:2362-2366

[4] Meggers, F. Guo, H. Teitrlbaum, E. Aschwandei, G. Read, J. Pantelic, J. and Calabro,E.2016. "The Thermoheliodome – Air Conditioning without Conditioning theAir Using radiant Cooling and Indirect Evaporation."*J. Energy and Building.*125:278-280

[5] Khabbaz, M. Benhamou, B. Liman, K. Hollmuller, P. Hamdi, H. and Bennouna, A. 2016. "Experimental and Numerical Study of an Earth-to-air Heat Exchangerfor Air Cooling in a Residential Building in Hot Semi-Arid Climate."*J. Energy and Building.*125: 109-121

[6] ยูนุส เชงเกล, ไมเคิล โบลส์. 2546. **เทอร์โมไดนามิกส์** แปลโดย สมชัย อัครทิวา และขวัญจิตร วงษ์ชารี. กรุงเทพฯ : แมคกรอ – ฮิว

[7] http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1043&pageid=12&read=true&count=true

[8] http://www.thermacore.com/images/Products_Apps/heat-pipe-operation-Mach-Design.png

[9] http://www.heatpipetech.co.th/images/heatpipe_cut.png

[10] http://www.iecono.com/media/catalog/product/cache/1/small_image/135x132/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/a/w/aw_9.jpg

[11] http://imgcace.chiangmaiaircare.com/a/997-4526169271965514426 6.jpg

[12] https://pimg.tradeindia.com/02545252/b/2/Air-cooled-condensing-unit.jpg

[13] http://www.chiangmaiaircare.com/images/364-Expansion-Valve.jpg

[14] http://www.qualityairservices.com/sites/default/files/JUST%20FCU%27S%20SM%202.jpeg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลดิบ

อุณหภูมิและCOPกับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ ในวันที่ 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	เวลา	สิ่งแวดล้อม	ก่อนเข้าคอ	อุณหภูมิคอนเดนเซอร์	T3ลมร้อน	T1ลมเย็น	T3ดอยเย็น	หมายเหตุ				COPที่ไม่ติดอุปกรณ์	อุณหภูมิคอนเดนเซอร์เฉลี่ย	COPเฉลี่ย
2	9.00น.	30.6	29.8	44.5	39.8	23	10.5		317.5	283.5	1.119929	8.338235	46.8	7.6
3	9.10น.	33.4	31	45.3	42.4	22.3	10.5		318.3	283.5	1.122751	8.146552	46.8	7.6
4	9.20น.	33.6	31.8	46.2	44	22.2	10.6		319.2	283.6	1.125529	7.966292	46.8	7.6
5	9.30น.	34.6	36.2	49.7	45.4	21	11		322.7	284	1.136268	7.338501	46.8	7.6
6	9.40น.	33.3	32.8	47.3	43.2	21.7	11		320.3	284	1.127817	7.823691	46.8	7.6
7	9.50น.	37	36.3	50.6	45	21.4	10.3		323.6	283.3	1.142252	7.029777	46.8	7.6
8	10.00น.	36.4	36.8	51.2	46.9	21.3	10.2		324.2	283.2	1.144774	6.907317	46.8	7.6
9	10.10น.	34.8	34.3	49.6	45.4	21.2	10.1		322.6	283.1	1.139527	7.167089	46.8	7.6
10	10.20น.	33.9	33.7	47.9	44.6	21.3	10		320.9	283	1.133922	7.467018	46.8	7.6
11	10.30น.	33.4	33.1	48	44.2	21.3	10.5		321	283.5	1.132275	7.56	46.8	7.6
12	10.40น.	34.7	35.5	50.1	46	21.3	10.2		323.1	283.2	1.14089	7.097744	46.8	7.6
13	10.50น.	34.7	33.8	48.8	44.3	21.4	9.9		321.8	282.9	1.137504	7.272494	46.8	7.6
14	11.00น.	36.7	36.3	50.8	46.4	21.3	10.1		323.8	283.1	1.143765	6.955774	46.8	7.6
15	11.10น.	33.9	32.9	48.2	45	21.2	9.6		321.2	282.6	1.136589	7.321244	46.8	7.6
16	11.20น.	33.8	33.4	48.3	44.6	21.4	9.5		321.3	282.5	1.137345	7.280928	46.8	7.6
17	11.30น.	34	34	48.4	44.5	21.2	9.8		321.4	282.8	1.136492	7.326425	46.8	7.6
18	11.40น.	36.3	35.6	50	45	21.3	9.7		323	282.7	1.142554	7.014888	46.8	7.6
19	11.50น.	36.3	35.2	49.7	45.3	21.4	9.6		322.7	282.6	1.141897	7.047382	46.8	7.6
20	12.00น.	35.7	35	49.9	45	21.4	9.5		322.9	282.5	1.143009	6.992574	46.8	7.6
21	13.00น.	33.4	35.1	49	45.1	22.6	10.6		322	283.6	1.135402	7.385417	46.8	7.6
22	13.10น.	33.4	33.1	48	45	22.2	10.5		321	283.5	1.132275	7.56	46.8	7.6
23	13.20น.	32.2	32.5	47.5	44.9	22.1	10.3		320.5	283.3	1.13131	7.615591	46.8	7.6
24	13.30น.	32.9	33.4	48.3	44.8	22	10.4		321.3	283.4	1.133733	7.477573	46.8	7.6
25	13.40น.	32.1	32	46.5	43.8	21.9	9.8		319.5	282.8	1.129774	7.705722	46.8	7.6
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
26	13.50น.	32.4	31.8	46.8	44.2	21.8	9.6		319.8	282.6	1.131635	7.596774	46.8	7.6
27	14.00น.	31.6	31.6	46.8	43.4	21.8	9.9		319.8	282.9	1.130435	7.666667	46.8	7.6
28	14.10น.	33	32.7	47.1	44.5	21.8	9.6		320.1	282.6	1.132696	7.536	46.8	7.6
29	14.20น.	32.7	32.8	47.2	43.8	21.8	9.7		320.2	282.7	1.132649	7.538667	46.8	7.6
30	14.30น.	32.2	31.8	46.5	44.1	21.9	9.6		319.5	282.6	1.130573	7.658537	46.8	7.6
31	14.40น.	31.9	31.8	46	43.3	21.6	9.5		319	282.5	1.129204	7.739726	46.8	7.6
32	14.50น.	31.8	31.6	46	42.8	21.6	9.2		319	282.2	1.130404	7.668478	46.8	7.6
33	15.00น.	31.6	31.6	46	43.7	21.8	9.3		319	282.3	1.130004	7.692098	46.8	7.6
34	15.10น.	31.9	31.8	46.3	43.9	21.9	9.3		319.3	282.3	1.131066	7.62973	46.8	7.6
35	15.20น.	31.3	31.8	45.8	46	21.8	8.9		318.8	281.9	1.130897	7.639566	46.8	7.6
36	15.30น.	31.3	31.1	45.9	42.2	21.7	8.6		318.9	281.6	1.132457	7.549598	46.8	7.6
37	15.40น.	32.4	32	46.4	43.7	21	9		319.4	282	1.132624	7.540107	46.8	7.6
38	15.50น.	32.3	31.4	46.1	42.9	21.4	9.1		319.1	282.1	1.131159	7.624324	46.8	7.6
39	16.00น.	31.2	31.3	45.2	42.8	21.3	8.9		318.2	281.9	1.128769	7.76584	46.8	7.6
40	19.00น.	30.4	30.2	45.1	41.8	21.8	10.2		318.1	283.2	1.123234	8.114613	46.8	7.6
41	19.10น.	31.5	31.1	45	42	21.9	9.9		318	282.9	1.124072	8.059829	46.8	7.6
42	19.20น.	30.3	30.3	44.8	42.7	21.4	9.5		317.8	282.5	1.124956	8.002833	46.8	7.6
43	19.30น.	32.4	33	47	43.9	21.4	9.4		320	282.4	1.133144	7.510638	46.8	7.6
44	19.40น.	31.5	31.7	45.7	42.2	21.3	9.3		318.7	282.3	1.128941	7.755495	46.8	7.6
45	19.50น.	30.4	30.5	45.1	41.9	21.2	9.2		318.1	282.2	1.127215	7.860724	46.8	7.6
46	20.00น.	30.6	30.6	44.9	41.4	21	8.8		317.9	281.8	1.128105	7.806094	46.8	7.6
47	20.10น.	30.9	30.3	44.8	41.5	20.8	8.8		317.8	281.8	1.12775	7.827778	46.8	7.6
48	20.20น.	30.2	30.3	44.7	42.2	20.9	8.8		317.7	281.8	1.127395	7.849582	46.8	7.6
49	20.30น.	30.4	30.5	44.8	42.7	20.8	8.7		317.8	281.7	1.128151	7.803324	46.8	7.6
50	20.40น.	30.2	30.4	44.8	41.7	20.8	8.7		317.8	281.7	1.128151	7.803324	46.8	7.6
51	20.50น.	30.9	30.8	44.4	42.4	20.6	8.5		317.4	281.5	1.127531	7.841226	46.8	7.6
52	21.00น.	30.1	30.7	45	41.9	20.9	8.5		318	281.5	1.129663	7.712329	46.8	7.6
53	21.10น.	29.7	30.3	44.7	41.8	20.4	8.7		317.7	281.7	1.127796	7.825	46.8	7.6
54	21.20น.	29.6	29.9	44.3	41.1	20.5	8.6		317.3	281.6	1.126776	7.887955	46.8	7.6
55	21.30น.	30.1	30	44.3	41.3	20.6	8.3		317.3	281.3	1.127977	7.813889	46.8	7.6
56	21.40น.	29.7	29.8	43.9	41.1	20.5	8.1		316.9	281.1	1.127357	7.851955	46.8	7.6
57	21.50น.	30.3	30.1	44.9	41.4	20.6	8.1		317.9	281.1	1.130914	7.638587	46.8	7.6
58	22.00น.	30.1	30.3	44.9	41.8	20.4	8.4		317.9	281.4	1.129709	7.709589	46.8	7.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิและCOPกับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ ในวันที่ 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2	เวลา	สิ่งแวดล้อม	1ทอนเข้าค	อนเดนเซอร์	T3ลมร้อน	T1ลมเย็น	T3คอยเย็น	หมายเหต				COPที่ไม่ติด	แซอร์เฉลี่ย	COPเฉลี่ย
3	9.00น.	35	34.2	49	39.8	22.7	11.4		322	284.4	1.132208	7.56383	47.6	7.47
4	9.10น.	38.6	37.8	51	42.4	21.5	11		324	284	1.140845	7.1	47.6	7.47
5	9.20น.	34.4	35.3	49.2	44	21.2	10.7		322.2	283.7	1.135707	7.368831	47.6	7.47
6	9.30น.	36.3	36.8	50.9	45.4	21.3	10.4		323.9	283.4	1.142908	6.997531	47.6	7.47
7	9.40น.	35.9	35.9	50.2	43.2	20.9	10		323.2	283	1.142049	7.039801	47.6	7.47
8	9.50น.	34.8	33.3	50	45	20.7	9.8		323	282.8	1.14215	7.034826	47.6	7.47
9	10.00น.	33.9	33.7	47.6	46.9	20.5	9.2		320.6	282.2	1.136074	7.348958	47.6	7.47
10	10.10น.	33.1	34.1	48.3	45.4	20.7	9.6		321.3	282.6	1.136943	7.302326	47.6	7.47
11	10.20น.	33.2	33.9	48	44.6	21.4	9.5		321	282.5	1.136283	7.337662	47.6	7.47
12	10.30น.	35.6	34.6	48.6	44.2	21.3	9.3		321.6	282.3	1.139214	7.183206	47.6	7.47
13	10.40น.	33.1	33.6	48.2	46	21.2	9.6		321.2	282.6	1.136589	7.321244	47.6	7.47
14	10.50น.	33.6	34.3	48.7	44.3	20.9	10		321.7	283	1.136749	7.312661	47.6	7.47
15	11.00น.	33.8	34.1	49.1	46.4	21.1	9.6		322.1	282.6	1.139774	7.15443	47.6	7.47
16	11.10น.	35	33.9	48.7	45	21.1	9.6		321.7	282.6	1.138358	7.227621	47.6	7.47
17	11.20น.	34.3	33.7	49	44.6	21	9.7		322	282.7	1.139017	7.193384	47.6	7.47
18	11.30น.	34.3	33.5	49.6	44.5	21.2	9.7		322.6	282.7	1.141139	7.085213	47.6	7.47
19	11.40น.	35	34.5	49	45	20.9	9.7		322	282.7	1.139017	7.193384	47.6	7.47
20	11.50น.	34.4	34.8	48.8	45.3	20.9	9.9		321.8	282.9	1.137504	7.272494	47.6	7.47
21	12.00น.	34	34.6	49.2	45	21	9.8		322.2	282.8	1.139321	7.177665	47.6	7.47
22	13.00น.	34.1	33.8	48.4	45.4	22	11.3		321.4	284.3	1.130496	7.663073	47.6	7.47
23	13.10น.	33.9	34.6	48.7	46.6	22	10.8		321.7	283.8	1.133545	7.488127	47.6	7.47
24	13.20น.	32.8	32.6	47.6	44.8	21.7	10.1		320.6	283.1	1.132462	7.549333	47.6	7.47
25	13.30น.	33.9	33.2	48.2	45.5	21.8	10.2		321.2	283.2	1.134181	7.452632	47.6	7.47
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
26	13.40น.	33.9	33.8	48.4	45.2	21.8	9.9		321.4	282.9	1.13609	7.348052	47.6	7.47
27	13.50น.	33.4	33.1	47.6	44.8	21.4	10.1		320.6	283.1	1.132462	7.549333	47.6	7.47
28	14.00น.	32.9	33.7	48	45.8	21.5	10.5		321	283.5	1.132275	7.56	47.6	7.47
29	14.10น.	32.7	32.8	47	43.2	21.4	10		320	283	1.130742	7.648649	47.6	7.47
30	14.20น.	32.9	33.5	47.8	45.5	21.4	9.8		320.8	282.8	1.134371	7.442105	47.6	7.47
31	14.30น.	34	34.4	48.5	45.2	21.5	9.6		321.5	282.6	1.13765	7.264781	47.6	7.47
32	14.40น.	33.8	34.5	48.5	45.1	21.4	9.7		321.5	282.7	1.137248	7.286082	47.6	7.47
33	14.50น.	33.3	31.9	47.8	44.9	21.7	9.8		320.8	282.8	1.134371	7.442105	47.6	7.47
34	15.00น.	32.2	32	47.2	45	21.6	10.1		320.2	283.1	1.131049	7.630728	47.6	7.47
35	15.10น.	34.2	33.7	48.4	45.4	21.8	9.5		321.4	282.5	1.137699	7.262211	47.6	7.47
36	15.20น.	32.8	32.4	47	44.3	22	9.5		320	282.5	1.132743	7.533333	47.6	7.47
37	15.30น.	33.6	34.2	48.4	45	21.8	10.1		321.4	283.1	1.135288	7.391645	47.6	7.47
38	15.40น.	32.4	32.5	47.2	44	22	9.8		320.2	282.8	1.132249	7.561497	47.6	7.47
39	15.50น.	33	32.1	47.5	44	21.9	9.9		320.5	282.9	1.132909	7.523936	47.6	7.47
40	16.00น.	33.6	33.6	47.9	44.8	21.9	9.8		320.9	282.8	1.134724	7.422572	47.6	7.47
41	19.00น.	33	32.4	46.8	45	21.3	9.5		319.8	282.5	1.132035	7.573727	47.6	7.47
42	19.10น.	34	33.1	46	44.7	211.1	9.4		319	282.4	1.129603	7.715847	47.6	7.47
43	19.20น.	32	32.8	47.2	44.2	21.1	9.2		320.2	282.2	1.134656	7.426316	47.6	7.47
44	19.30น.	32.2	32.4	46.9	43.3	21.3	9		319.9	282	1.134397	7.440633	47.6	7.47
45	19.40น.	32.6	32.3	46.5	45.5	21.1	8.8		319.5	281.8	1.133783	7.474801	47.6	7.47
46	19.50น.	32.2	31.3	46	42.9	21.2	9.3		319	282.3	1.130004	7.692098	47.6	7.47
47	20.00น.	30.8	32.4	46.2	42.7	21.3	9.5		319.2	282.5	1.129912	7.697548	47.6	7.47
48	20.10น.	30.5	30.5	45.4	42.2	21.2	9.7		318.4	282.7	1.126282	7.918768	47.6	7.47
49	20.20น.	30.6	30.4	45.3	42	21.1	9.8		318.3	282.8	1.12553	7.966197	47.6	7.47
50	20.30น.	30.5	30.7	45.8	42	21.1	9.5		318.8	282.5	1.128496	7.782369	47.6	7.47
51	20.40น.	31.1	31	45.4	41.5	21.1	9.3		318.4	282.3	1.127878	7.819945	47.6	7.47
52	20.50น.	30.8	31.2	45.9	41.8	21.2	9.3		318.9	282.3	1.129649	7.713115	47.6	7.47
53	21.00น.	31.1	31	45.7	42	21.1	9.3		318.7	282.3	1.128941	7.755495	47.6	7.47
54	21.10น.	30.6	31.1	45.6	42.8	21.1	9.3		318.6	282.3	1.128587	7.77686	47.6	7.47
55	21.20น.	30.4	30.3	45.5	44	21.3	9.3		318.5	282.3	1.128232	7.798343	47.6	7.47
56	21.30น.	30.4	31.5	45.9	44	21.1	9.3		318.9	282.3	1.129649	7.713115	47.6	7.47
57	21.40น.	31.1	31.1	45.3	42.9	21.1	8.8		318.3	281.8	1.129524	7.720548	47.6	7.47
58	21.50น.	31.5	30.5	45	41.7	20.4	8.7		318	281.7	1.12886	7.760331	47.6	7.47
59	22.00น.	30.7	31.2	45	42	20.8	8.3		318	281.3	1.130466	7.66485	47.6	7.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิและCOPกับเวลาแบบไม่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ ในวันที่ 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	เวลา	สิ่งแวดล้อม	1กอนเข้าค	อนเดนเซอร์	T3ลมร้อน	T1ลมเย็น	T3ดอยเย็น	หมายเหต				COPที่ไม่มีเซอร์เฉลี่ย		COPเฉลี่ย
2	9.00น.	27.9	27.9	37	32.5	21.1	8		310	281	1.103203	9.689655	44.2	8.12
3	9.10น.	27.8	27.7	40.6	37	21.5	8.1		313.6	281.1	1.115617	8.649231	44.2	8.12
4	9.20น.	28	28.8	42	37.6	21.3	8.3		315	281.3	1.119801	8.347181	44.2	8.12
5	9.30น.	27.9	27.9	40	32.5	21.2	8.3		313	281.3	1.112691	8.873817	44.2	8.12
6	9.40น.	27.9	27.8	41.4	37.9	21.2	8.3		314.4	281.3	1.117668	8.498489	44.2	8.12
7	9.50น.	28.3	28.4	42.4	39	21.3	8.3		315.4	281.3	1.121223	8.249267	44.2	8.12
8	10.00น.	28.2	28.1	42.1	38.6	22.9	9.4		315.1	282.4	1.115793	8.636086	44.2	8.12
9	10.10น.	28.2	28.2	42.8	39.4	22.8	10.4		315.8	283.4	1.114326	8.746914	44.2	8.12
10	10.20น.	28.9	29.6	44.9	41	23	10.3		317.9	283.3	1.122132	8.187861	44.2	8.12
11	10.30น.	29.8	30.1	45.2	41.9	23.3	10.7		318.2	283.7	1.121607	8.223188	44.2	8.12
12	10.40น.	29.8	29.6	44.5	41.2	22	10.3		317.5	283.3	1.12072	8.283626	44.2	8.12
13	10.50น.	30.1	30.2	45.7	42.3	21.9	10.3		318.7	283.3	1.124956	8.002825	44.2	8.12
14	11.00น.	30.9	30.6	45.2	42.1	21.4	9.8		318.2	282.8	1.125177	7.988701	44.2	8.12
15	11.10น.	30.9	31.5	45.7	42.3	21	9.8		318.7	282.8	1.126945	7.877437	44.2	8.12
16	11.20น.	32.2	30.6	45.2	41.8	20.7	9.4		318.2	282.4	1.126771	7.888268	44.2	8.12
17	11.30น.	30.4	30.6	45.1	41.5	20.6	9.2		318.1	282.2	1.127215	7.860724	44.2	8.12
18	11.40น.	30.5	30.6	45.1	42.3	20.4	9.4		318.1	282.4	1.126416	7.910364	44.2	8.12
19	11.50น.	30.9	31.2	45.8	42.3	20.5	9		318.8	282	1.130496	7.663043	44.2	8.12
20	12.00น.	32.2	32.1	46.7	44.3	20.5	9.3		319.7	282.3	1.132483	7.548128	44.2	8.12
21	13.00น.	31.6	31.2	44.4	41.6	22.4	8.3		317.4	281.3	1.128333	7.792244	44.2	8.12
22	13.10น.	32.6	32.4	46.7	43.8	22.1	9.4		319.7	282.4	1.132082	7.571046	44.2	8.12
23	13.20น.	31.8	31.8	46	43.9	22	9.9		319	282.9	1.127607	7.836565	44.2	8.12
24	13.30น.	33.9	33.4	47.7	45.4	21.8	9.8		320.7	282.8	1.134017	7.461741	44.2	8.12
25	13.40น.	31.6	31.5	46	44.4	21.2	9.7		319	282.7	1.128405	7.787879	44.2	8.12
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
26	13.50น.	34.6	33.7	47.6	44.3	21.3	9.4		320.6	282.4	1.135269	7.39267	44.2	8.12
27	14.00น.	32.4	33.1	47.3	44.4	21.2	9.7		320.3	282.7	1.133003	7.518617	44.2	8.12
28	14.10น.	31	31.4	46.3	43.4	21.2	10		319.3	283	1.128269	7.796143	44.2	8.12
29	14.20น.	33.9	33.5	47.7	44.8	21.4	9.3		320.7	282.3	1.136026	7.351563	44.2	8.12
30	14.30น.	31.1	30.9	45.7	43	21.1	9.5		318.7	282.5	1.128142	7.803867	44.2	8.12
31	14.40น.	32.5	32.7	46.9	44	21.1	9.6		319.9	282.6	1.131989	7.576408	44.2	8.12
32	14.50น.	31.2	30.6	45.5	42.9	21.2	9.3		318.5	282.3	1.128232	7.798343	44.2	8.12
33	15.00น.	31.9	32.1	46.5	43.9	21.2	9.2		319.5	282.2	1.132176	7.565684	44.2	8.12
34	15.10น.	31.3	31.2	45.9	42.7	21.1	9		318.9	282	1.130851	7.642276	44.2	8.12
35	15.20น.	31.9	31.7	46.4	44.3	20.8	9		319.4	282	1.132624	7.540107	44.2	8.12
36	15.30น.	31.6	31.4	46	43.7	20.9	8.8		319	281.8	1.132009	7.575269	44.2	8.12
37	15.40น.	31.1	31.5	46	42.9	20.8	8.9		319	281.9	1.131607	7.598383	44.2	8.12
38	15.50น.	31.8	33.1	47.7	44.4	20.6	8.9		320.7	281.9	1.137637	7.265464	44.2	8.12
39	16.00น.	31.4	31.4	46	43.1	20.4	8.8		319	281.8	1.132009	7.575269	44.2	8.12
40	19.00น.	30.8	30.9	45.7	42.8	23.7	10.2		318.7	283.2	1.125353	7.977465	44.2	8.12
41	19.10น.	32	31.4	45.8	43	23.1	10.2		318.8	283.2	1.125706	7.955056	44.2	8.12
42	19.20น.	30.4	31.1	45.9	44.1	22.6	10.2		318.9	283.2	1.126059	7.932773	44.2	8.12
43	19.30น.	29	29.3	44	40.9	22.8	9.8		317	282.8	1.120934	8.269006	44.2	8.12
44	19.40น.	29	28.8	43.3	40	21.9	10		316.3	283	1.117668	8.498498	44.2	8.12
45	19.50น.	29	29	42.8	39.6	22.2	8.5		315.8	281.5	1.121847	8.206997	44.2	8.12
46	20.00น.	25.4	26.9	41	37.6	22.1	8.4		314	281.4	1.115849	8.631902	44.2	8.12
47	20.10น.	30	29.4	43	39.1	22	8.4		316	281.4	1.122957	8.132948	44.2	8.12
48	20.20น.	27.9	28.4	41	34.4	21.8	8.4		314	281.4	1.115849	8.631902	44.2	8.12
49	20.30น.	27.9	27.4	41.8	38.4	21.5	8.3		314.8	281.3	1.11909	8.397015	44.2	8.12
50	20.40น.	27.5	27.8	42.3	39	21.4	8.7		315.3	281.7	1.119276	8.383929	44.2	8.12
51	20.50น.	28.9	29.6	43.7	39.6	24.3	11		316.7	284	1.115141	8.685015	44.2	8.12
52	21.00น.	27.6	28.4	42.6	39.3	21.2	8.8		315.6	281.8	1.119943	8.337278	44.2	8.12
53	21.10น.	26.2	26.7	41.2	38.2	21	8.8		314.2	281.8	1.114975	8.697531	44.2	8.12
54	21.20น.	25.9	25.4	41.2	38	20.9	9.2		314.2	282.2	1.113395	8.81875	44.2	8.12
55	21.30น.	26.4	26.9	41	38	21.1	8.1		314	281.1	1.11704	8.544073	44.2	8.12
56	21.40น.	25.6	25.9	40.5	37.4	21.4	8.1		313.5	281.1	1.115261	8.675926	44.2	8.12
57	21.50น.	25.6	25.8	40	37	21.4	8.3		313	281.3	1.112691	8.873817	44.2	8.12
58	22.00น.	25.7	25.9	41	38.2	21	11		314	284	1.105634	9.466667	44.2	8.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ ในวันที่ 1

3	เวลา	T0(°c)	หภูมิสิ่งแวด	T2(°c)	สังผานตัวระเซอร์ที่ติดตั้งโลมร่อน(°c)		T6(°c)	T7(°c)	T8(°c)	T9(°c)	อุณหภูมิคอม
4	9.00น.	0.2	28	30.2	18.9	39.1	37.7	24	18	23.2	9.8	40.8
5	9.10น.	5.4	31.6	29.5	17.9	40	37.4	23.8	17.2	23.5	10	40.8
6	9.20น.	12.9	30.1	30.9	20.7	42.3	39.4	23.3	20.9	23.3	10.5	40.8
7	9.30น.	22.3	31.8	30.5	25	42.1	41.6	25.3	24.9	22.9	10.1	40.8
8	9.40น.	6.7	31.1	30.9	23	42	40.1	23.9	18.2	21.8	9.3	40.8
9	9.50น.	11.8	36.7	36.2	23.3	44.9	43.5	26.7	18.7	21.2	8.8	40.8
10	10.00น.	20.9	31.6	31.6	24.2	42.5	42.1	25.5	23.9	20.8	8.3	40.8
11	10.10น.	25.1	32	31.1	26.2	42.6	42.1	26.8	25.3	21.1	7.7	40.8
12	10.20น.	17.7	36.8	31.6	20.1	42.5	41.1	24.7	19.6	20.8	9.1	40.8
13	10.30น.	19.6	32.6	30.7	22.9	42.2	42.3	25.4	22.6	20.7	9.6	40.8
14	10.40น.	24	34.7	34.7	25.3	44.1	42.7	27	24.7	20.7	9.6	40.8
15	10.50น.	27.2	32.4	32.1	26.6	43.2	43.2	27	25.87	20	8.2	40.8
16	11.00น.	8.8	35	31	29	44	42	17	12	20	8.2	40.8
17	11.10น.	15.3	34	34.4	21.3	42.5	41.2	24.9	20.5	20.3	8.2	40.8
18	11.20น.	25	31.9	31.2	26.6	42.8	42.2	27	25	19.8	7.8	40.8
19	11.30น.	28	35.3	31.5	27.5	44.2	43.1	28	26.1	19.8	8.2	40.8
20	11.40น.	15	32.4	32	22.2	43	40	24.5	20.3	20.8	7.5	40.8
21	11.50น.	20.9	32.7	31.7	24.7	43.4	41.9	25.2	23.6	20.1	8.7	40.8
22	12.00น.	25.8	29	31	29	43.7	41	26.3	25.3	20	8.9	40.8
23	13.00น.	14.4	28.3	31.4	23.5	40.5	39.9	25.9	22.8	20.5	7.8	40.8
24	13.10น.	24.1	31	30.4	26.2	43.4	41.7	26.8	25.8	20.2	8.1	40.8
25	13.20น.	15.2	29.2	30.5	22.1	41.1	40.1	25.4	21.4	20.4	9.1	40.8
26	13.30น.	22.9	28	30.6	25.8	42	41	26.2	25	20.1	8.9	40.8
27	13.40น.	28.4	27.8	30.1	28.3	44	42.6	27.8	27.3	20.3	8	40.8
28	13.50น.	28.7	29.2	30.4	28.5	43	42.3	27.8	27.3	21	10	40.8
29	14.00น.	10.2	32	31.3	22.4	42.7	41.1	25.9	21	20.4	9.4	40.8
30	14.10น.	19.2	28.3	29.8	24.4	41	40.5	25.4	23.7	20.5	8.8	40.8
31	14.20น.	21	28.3	29.4	24.3	42	40	25	23.9	21.4	9	40.8
32	14.30น.	25.8	28.8	29.3	26.4	42.1	40.8	26.3	25.4	21.2	8.7	40.8
33	14.40น.	19	27.7	28.9	19.4	40.4	38.9	19.5	21	24.1	8.6	40.8
34	14.50น.	15	31.2	29	21	41	39	21.3	24.4	21	8.4	40.8
35	15.00น.	22.5	30.4	29.6	25.4	41.6	40.5	25.6	24.8	20.9	8.2	40.8
36	15.10น.	9.5	28.5	29.5	18.4	40.4	38.8	23.6	18.2	20.3	7.9	40.8
37	15.20น.	19.7	29.6	29.4	22.5	41	39.5	24.6	21.8	20.4	8	40.8
38	15.30น.	17.4	28.1	28.9	24.1	41.8	39.9	23.5	23.4	20.7	7.5	40.8
39	15.40น.	20.2	28.9	29	25	41	39.8	25.5	24.3	20.8	7.7	40.8
40	15.50น.	24	28.8	28.9	26.2	40.8	40	25.7	25.3	21	7.6	40.8
41	16.00น.	25.7	28.2	28.9	26.5	41.6	40.8	25.8	25.8	19.9	7.3	40.8
42	19.00น.	3.2	27.4	27.4	16.6	37.4	35.4	22.1	16.6	22.4	19.7	40.8
43	19.10น.	8.6	27.8	27.7	17.9	38.5	33.8	21.9	17	23.3	8.5	40.8
44	19.20น.	11.2	28	29.3	17.9	38.5	36.2	22.3	17.7	23.3	10.2	40.8
45	19.30น.	15.7	28	27.9	20.5	39.7	37.8	22.9	20.2	22	9.3	40.8
46	19.40น.	14.4	27.2	27.4	19.2	38.9	37	22.5	19	21.9	8.8	40.8
47	19.50น.	19.1	27.7	27.4	22.1	38.3	36.5	23.4	21.1	21.7	9.1	40.8
48	20.00น.	19.9	28.6	26.8	25.6	36.5	34.5	20.4	17.7	21.8	8.9	40.8
49	20.10น.	22.3	28.8	27	25	37	35	20	22.1	22	8.6	40.8
50	20.20น.	16.3	27.7	28.7	20.4	39.2	37.1	20	22.7	23.3	10.3	40.8
51	20.30น.	23.3	27.8	28.8	24.1	39.9	39.2	23.8	23.1	23.3	10.3	40.8
52	20.40น.	14.3	28.4	27.3	20	39.6	37.9	19.8	22.7	21.8	10.2	40.8
53	20.50น.	20	27.4	26.9	25.4	37	33	20.7	18.9	21.7	9.5	40.8
54	21.00น.	14.1	27.4	26.4	26.6	36.1	32.1	16	13.9	21.6	19	40.8
55	21.10น.	20.7	26.4	27.1	23.6	39.1	37.2	23.9	22.9	21.8	8.3	40.8
56	21.20น.	23.7	27.9	26.6	24.8	39	37.2	24.2	24.1	21.8	9	40.8
57	21.30น.	13.7	28.2	25.4	25.8	31.7	30.4	14.6	14	22	19.5	40.8
58	21.40น.	18.8	26.6	26.3	25	38.5	36.6	18.7	17.7	21.7	8.3	40.8
59	21.50น.	22.8	28.7	26.7	24.1	39.7	37.2	23.5	24.1	21.9	8	40.8
60	22.00น.	22.8	26.4	26.8	25.6	39.6	38.1	24.4	24.7	21.3	8.7	40.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ ในวันที่ 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
29	14.00น.	13.1	29.3	32.1	21	42.3	40	25.2	20	20.6	8.4	41.3
30	14.10น.	21.2	30.1	32.9	24.8	41.8	41	27	23.6	20.3	8.7	41.3
31	14.20น.	22.2	31.4	32.2	26.8	42.4	41.4	27	24.1	20.4	8.4	41.3
32	14.30น.	27	32.9	32.5	27.2	43.8	42.2	28.2	25.8	20.3	8.4	41.3
33	14.40น.	11.6	32.2	32.6	20.8	40.6	40.1	24.5	19.6	20.6	8.5	41.3
34	14.50น.	16	30.2	32.5	23.9	43.4	41.2	26.4	22.5	20.6	8.4	41.3
35	15.00น.	22	32.7	32	25.8	43.9	41	26	23.8	20.4	8.5	41.3
36	15.10น.	11.8	30.1	32.4	20.8	40.2	40	24.9	19.7	20.2	7.9	41.3
37	15.20น.	19.7	32.8	31.7	23	41.8	40.6	25.6	21.4	20	7.9	41.3
38	15.30น.	19.2	31.7	31.6	24.4	42.3	40.9	26.1	22.8	20.9	7.7	41.3
39	15.40น.	13.1	32.6	31.5	23.4	40.5	39.8	25.4	20.2	20.3	7.7	41.3
40	15.50น.	16.3	30.4	31.2	24.8	41.6	40.6	25.7	22	20.2	7.5	41.3
41	16.00น.	21.4	31.8	31.8	24.8	43.1	41	26.5	23.7	20.4	7.4	41.3
42	19.00น.	15	28	28.7	26.9	41.3	39.1	25.9	25.1	24	10.9	41.3
43	19.10น.	12.8	26.8	27.3	20.2	39.6	37.5	23.3	19.8	24.1	10.8	41.3
44	19.20น.	17.7	26.2	27.9	22.3	41.5	39.3	23.7	21.7	23.7	10.5	41.3
45	19.30น.	19	28.1	27.6	24	41	39.3	24.3	23.1	23.9	10.1	41.3
46	19.40น.	22.4	27.9	28	25.1	41	40	24.6	24.2	23.8	10.1	41.3
47	19.50น.	25.4	28.3	28.2	26	41.8	40.3	24.7	24.9	23.3	10.3	41.3
48	20.00น.	25.7	25.6	28.6	26.3	41	40	25	25.1	23.6	9.7	41.3
49	20.10น.	11.9	26.7	27.5	21.2	40.7	38.7	24.2	20.5	23.5	9.5	41.3
50	20.20น.	17.2	26.2	27.5	23.3	40.8	39	24.3	22.7	23.3	10.3	41.3
51	20.30น.	21.2	26.3	27.2	24.8	40.7	39.2	24.5	24	23.2	10.5	41.3
52	20.40น.	24.8	26.6	26.9	25.7	40.6	39.4	24.4	24.7	23	11	41.3
53	20.50น.	10	27.7	27	20.2	38.6	37.7	23.4	19.4	23	12.1	41.3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4	9.00น.	10	30.6	30.6	19.9	39.2	37.4	24.8	19.8	21.3	8.2	41.3
5	9.10น.	10	31	29.9	20.3	40.5	38	24	20.4	21.9	7.4	41.3
6	9.20น.	14	32	29.4	20.9	39.4	38.1	24.3	20.7	22.8	9.2	41.3
7	9.30น.	19.1	32	31.4	25.1	42.1	41	25.6	23.4	21.5	9.1	41.3
8	9.40น.	16.8	30.9	30.3	22.9	42.2	41.4	24.8	22.8	22.6	19	41.3
9	9.50น.	21.9	31.9	30.5	25.3	40.8	40	26	24	21.8	8.7	41.3
10	10.00น.	24.7	29.8	30.4	26	41.7	40.8	26	25	21.3	8.7	41.3
11	10.10น.	26	32	31.1	27	42.5	41.4	27.5	26	21.9	8.6	41.3
12	10.20น.	12.4	32.6	31.4	20.3	41.5	39.9	25.6	20.4	21	8.4	41.3
13	10.30น.	18.1	31.6	33.2	23.8	41.2	40.6	25.8	22.7	21.8	8.8	41.3
14	10.40น.	19.3	31.7	31.3	23.6	42	40.5	25.8	22.6	21	8.3	41.3
15	10.50น.	22.6	30.8	30.2	24.9	42.3	40.6	26	24.6	21.1	8.6	41.3
16	11.00น.	25.6	30.3	30	26.3	42.1	41.1	26.4	25.8	21.3	8.3	41.3
17	11.10น.	11.4	30.7	31.6	21	42.7	40.8	24.9	20.2	21.5	9.8	41.3
18	11.20น.	22.1	32.8	32.6	24.6	43.2	41.9	26.6	23.7	20.5	9.1	41.3
19	11.30น.	22	32.6	32.1	25.4	43	42	27.2	24.5	20.3	8.8	41.3
20	11.40น.	25.2	32.4	31.5	27.4	43.2	43	28.4	28.4	20.4	9.1	41.3
21	11.50น.	17.6	23.9	32.1	23.3	42.3	41.6	26.2	22.7	20.6	8.9	41.3
22	12.00น.	20.7	32.3	32.3	25.3	43.7	42.2	27.1	24.3	20.6	9	41.3
23	13.00น.	10.4	32.1	32.4	21.4	39.6	39.3	24.6	18.4	22.3	9.9	41.3
24	13.10น.	20.9	31.8	31.8	23.6	41.1	41.7	26.4	23	21.7	10.1	41.3
25	13.20น.	20.2	31.8	32.6	26	43	43	26.6	23.5	21.4	10.2	41.3
26	13.30น.	22.8	33.4	32.7	25.6	43.3	42.4	27.7	24.6	21.6	10.3	41.3
27	13.40น.	23.2	30.2	31.9	26.7	44	42.6	27.8	27.3	20.3	9.4	41.3
28	13.50น.	27.8	32.2	31.9	27.6	43.5	42.2	28.2	26	20.8	9	41.3
54	21.00น.	17.4	26	26.9	21.8	39.9	38	23	21	23.3	12.4	41.3
55	21.10น.	20.3	26.9	27	23	39.8	38.2	23.3	22.2	23	12.8	41.3
56	21.20น.	22.8	27.3	27.1	25.7	36.6	34	22.7	22	21.7	12.3	41.3
57	21.30น.	24	26.7	26.9	25.1	40.3	38.4	24.3	24.5	21.6	16.3	41.3
58	21.40น.	12.9	26.7	26.7	19.3	38.3	36	22.7	19.1	21.7	7.6	41.3
59	21.50น.	16.4	26.3	26.4	23.5	34.6	33.7	18.8	15.6	21.1	8.7	41.3
60	22.00น.	14	28	27.3	21.7	39	36.6	23	21	21.5	7.9	41.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ กับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ ในวันที่ 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
3	เวลา	T0(°C)	หภูมิสิ่งแวด	T2(°C)	ลังผานตัวระบภูมิคอนเดน		T5(°C)	T6(°C)	T7(°C)	T8(°C)	T9(°C)	อุณหภูมิคอ 1
4	9.00น.	7.1	29.8	29.2	20.1	41.6	39.9	22.2	20.5	22.2	10.2	41.3
5	9.10น.	8.6	27.8	29.4	21.5	41.7	39.4	21.8	20.1	22	10.2	41.3
6	9.20น.	13.3	29.2	29.5	23.8	41.1	39.9	22.8	20.8	21.2	9.6	41.3
7	9.30น.	20.8	30.9	29.7	25	41.6	41.2	24.4	24.7	20.8	9.2	41.3
8	9.40น.	24.7	29.5	30.1	27.6	42.7	42	25.6	26.3	20.4	9.1	41.3
9	9.50น.	6.8	32	30.7	23.4	42	40.4	22.8	20.1	21.7	9.7	41.3
10	10.00น.	7.3	30.4	31.5	22.4	41.9	40.7	22.3	19.5	20.8	9.6	41.3
11	10.10น.	13.4	31.7	31.5	22.4	42.8	41.5	23	23.4	20.7	8.9	41.3
12	10.20น.	21.6	31.8	31.5	27	42.8	42.1	24.8	25	20.6	8.9	41.3
13	10.30น.	24.8	30.6	30.5	27	42.5	41.6	25.3	26.2	20.9	9.6	41.3
14	10.40น.	5.7	31.7	31.1	21.2	40.9	39.7	22.2	19.4	21.2	9.5	41.3
15	10.50น.	6	31	29	17	40.9	39	13.6	10.6	20.9	9.7	41.3
16	11.00น.	14.3	31.3	30.6	21	41.9	40.9	21	18	21.1	9.6	41.3
17	11.10น.	22.4	32.2	30.7	26.2	43	42	24.6	24.9	21	9.8	41.3
18	11.20น.	25.3	32.2	30.8	30.1	38.9	36	25	25.6	20.8	18.9	41.3
19	11.30น.	7.2	30.8	31.1	23.1	41.9	40.8	24	20.9	21	10	41.3
20	11.40น.	6.9	30.3	30.7	19.1	41	38.3	20	16.9	20.8	9.1	41.3
21	11.50น.	16.2	30.2	30.2	25.7	38.9	37.8	20.3	18.5	19.5	17.2	41.3
22	12.00น.	22	30.3	30	24.9	41.3	40.6	23.8	24.5	20.9	9.1	41.3
23	13.00น.	7.6	31.6	31.2	20.6	40.2	39	22.4	19.3	21.8	8.7	41.3
24	13.10น.	12.2	33.3	32.1	21.7	43.2	41.2	22	20.4	21.2	9.4	41.3
25	13.20น.	21.8	33.7	32.2	26	42.9	41	24.8	24.5	21.4	8.6	41.3
26	13.30น.	25.3	31.4	31.5	26.4	42.6	41.8	26	25.5	20.7	9.2	41.3
27	13.40น.	6.8	32.2	32.7	21.7	40.7	40.8	22.1	18.8	20.2	8.6	41.3
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
28	13.50น.	13.4	31.8	31.2	20.8	42	40	22.4	21	20	8.5	41.3
29	14.00น.	18.4	31.9	31.4	23.1	42.5	41.4	23.8	22.9	19.8	8.2	41.3
30	14.10น.	24.8	32.8	31.7	25.9	43.8	42.6	26	25.5	20	8.6	41.3
31	14.20น.	8.3	32.6	31.6	21.5	41.3	40.3	21.9	18.1	19.9	8.4	41.3
32	14.30น.	8.7	31.8	31.8	23	41	39	17	13	20	8.1	41.3
33	14.40น.	14	32.6	31.4	23.1	42.5	40.8	22.6	21.5	20	8.5	41.3
34	14.50น.	21.8	32.3	31.5	25.9	43.7	42.2	24.6	24.4	19.8	8.6	41.3
35	15.00น.	25.3	31.7	31.2	27.5	42.6	42	25.9	26.1	20.4	8.4	41.3
36	15.10น.	6.9	32.5	31.2	20.7	39.9	40.4	22.4	19.4	19.9	8.9	41.3
37	15.20น.	8	31.8	31.5	22	41.9	40	21.9	19.1	20.2	8.5	41.3
38	15.30น.	15.4	31.7	31	26	35	34	15.9	15	20	8.2	41.3
39	15.40น.	19	30.2	30.4	24.8	42.6	41.1	22.8	22	20.6	8.2	41.3
40	15.50น.	23.7	33.2	32.3	26.1	43.2	42.1	25.1	25.6	20	8.7	41.3
41	16.00น.	26.8	31.3	30.5	27.2	42.5	42	26.1	26.4	19.9	8.9	41.3
42	19.10น.	4	28	30.9	22	39.9	39.6	21	19.9	20.7	8.8	41.3
43	19.20น.	9.9	31.7	31.7	21.2	41	39.9	24.8	21.5	20.4	8.6	41.3
44	19.30น.	15.5	30.2	30.5	22.8	42.3	40	25.2	22.8	20.7	8.7	41.3
45	19.40น.	22.7	31	29.5	24.8	40.8	40.1	25.8	24.5	21.3	9.2	41.3
46	19.50น.	11.4	28	30.1	21.4	41	39.4	24.3	21.7	21	10	41.3
47	20.00น.	21.3	28.3	29.8	24	41.5	40.1	25.3	23.9	20.5	10.2	41.3
48	20.10น.	24.4	30.8	31.4	26.1	42.2	42	26.8	25.6	21.2	10.3	41.3
49	20.20น.	8.8	29.2	29.8	20	39.6	39	23	20.3	20.6	10.3	41.3
50	20.30น.	17.7	26.9	30.6	25.9	39	39	20.6	18.6	19.9	10.5	41.3
51	20.40น.	23.8	30.8	30.7	25.3	41.1	39.9	25.8	24.4	21.5	11	41.3
52	20.50น.	26.4	29	30.6	26.6	41.6	40.8	26.5	25.6	21.2	11.7	41.3
53	21.00น.	6.2	26.1	29.5	27.9	37	35	12	8.5	20.8	17.3	41.3
54	21.10น.	7.1	30.3	30	18.4	40.4	38	19.3	22	21	12.4	41.3
55	21.20น.	9.2	30.6	30.3	19.5	40.8	38.8	22.5	20.1	21.2	12.3	41.3
56	21.30น.	16.3	29.1	29.9	22.4	40.1	38.6	23.6	22.4	21.1	11.9	41.3
57	21.40น.	21	29.2	29	24.1	40.2	38.8	24	23	21	12	41.3
58	21.50น.	8.9	28.9	28.9	20	37.9	37	22	20	21	12.2	41.3
59	22.00น.	16.6	30.2	29.2	22.6	40.7	38.1	24	22.6	21	12.1	41.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPกับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ ในวันที่ 1

	A	B	C	D	E	F	G	H
3	เวลา	T4(°C)	T9(°C)				COPที่ติดตั้	COPเฉลี่ย
4	9.00น.	39.1	9.8	312.1	282.8	1.103607	9.651877	8.8
5	9.10น.	40	10	313	283	1.106007	9.433333	8.8
6	9.20น.	42.3	10.5	315.3	283.5	1.112169	8.915094	8.8
7	9.30น.	42.1	10.1	315.1	283.1	1.113034	8.846875	8.8
8	9.40น.	42	9.3	315	282.3	1.115834	8.633028	8.8
9	9.50น.	44.9	8.8	317.9	281.8	1.128105	7.806094	8.8
10	10.00น.	42.5	8.3	315.5	281.3	1.121578	8.225146	8.8
11	10.10น.	42.6	7.7	315.6	280.7	1.124332	8.04298	8.8
12	10.20น.	42.5	9.1	315.5	282.1	1.118398	8.446108	8.8
13	10.30น.	42.2	9.6	315.2	282.6	1.115357	8.668712	8.8
14	10.40น.	44.1	9.6	317.1	282.6	1.122081	8.191304	8.8
15	10.50น.	43.2	8.2	316.2	281.2	1.124467	8.034286	8.8
16	11.00น.	44	8.2	317	281.2	1.127312	7.854749	8.8
17	11.10น.	42.5	8.2	315.5	281.2	1.121977	8.198251	8.8
18	11.20น.	42.8	7.8	315.8	280.8	1.124644	8.022857	8.8
19	11.30น.	44.2	8.2	317.2	281.2	1.128023	7.811111	8.8
20	11.40น.	43	7.5	316	280.5	1.12656	7.901408	8.8
21	11.50น.	43.4	8.7	316.4	281.7	1.123181	8.118156	8.8
22	12.00น.	43.7	8.9	316.7	281.9	1.123448	8.100575	8.8
23	13.00น.	40.5	7.8	313.5	280.8	1.116453	8.587156	8.8
24	13.10น.	43.4	8.1	316.4	281.1	1.125578	7.963173	8.8
25	13.20น.	41.1	9.1	314.1	282.1	1.113435	8.815625	8.8
26	13.30น.	42	8.9	315	281.9	1.117418	8.516616	8.8
27	13.40น.	44	8	317	281	1.128114	7.805556	8.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H
28	13.50น.	43	10	316	283	1.116608	8.575758	8.8
29	14.00น.	42.7	9.4	315.7	282.4	1.117918	8.48048	8.8
30	14.10น.	41	8.8	314	281.8	1.114265	8.751553	8.8
31	14.20น.	42	9	315	282	1.117021	8.545455	8.8
32	14.30น.	42.1	8.7	315.1	281.7	1.118566	8.434132	8.8
33	14.40น.	40.4	8.6	313.4	281.6	1.112926	8.855346	8.8
34	14.50น.	41	8.4	314	281.4	1.115849	8.631902	8.8
35	15.00น.	41.6	8.2	314.6	281.2	1.118777	8.419162	8.8
36	15.10น.	40.4	7.9	313.4	280.9	1.1157	8.643077	8.8
37	15.20น.	41	8	314	281	1.117438	8.515152	8.8
38	15.30น.	41.8	7.5	314.8	280.5	1.122282	8.177843	8.8
39	15.40น.	41	7.7	314	280.7	1.118632	8.429429	8.8
40	15.50น.	40.8	7.6	313.8	280.6	1.118318	8.451807	8.8
41	16.00น.	41.6	7.3	314.6	280.3	1.122369	8.172012	8.8
42	19.00น.	37.4	8.8	310.4	281.8	1.10149	9.853147	8.8
43	19.10น.	38.5	8.5	311.5	281.5	1.106572	9.383333	8.8
44	19.20น.	38.5	10.2	311.5	283.2	1.099929	10.00707	8.8
45	19.30น.	39.7	9.3	312.7	282.3	1.107687	9.286184	8.8
46	19.40น.	38.9	8.8	311.9	281.8	1.106813	9.362126	8.8
47	19.50น.	38.3	9.1	311.3	282.1	1.103509	9.660959	8.8
48	20.00น.	36.5	8.9	309.5	281.9	1.097907	10.21377	8.8
49	20.10น.	37	8.6	310	281.6	1.100852	9.915493	8.8
50	20.20น.	39.2	10.3	312.2	283.3	1.102012	9.802768	8.8
51	20.30น.	39.9	10.3	312.9	283.3	1.104483	9.570946	8.8
52	20.40น.	39.6	10.2	312.6	283.2	1.103814	9.632653	8.8
53	20.50น.	37	9.5	310	282.5	1.097345	10.27273	8.8
54	21.00น.	39	9	312	282	1.106383	9.4	8.8
55	21.10น.	39.1	8.3	312.1	281.3	1.109492	9.133117	8.8
56	21.20น.	39	9	312	282	1.106383	9.4	8.8
57	21.30น.	38	9	311	282	1.102837	9.724138	8.8
58	21.40น.	38.5	8.3	311.5	281.3	1.107359	9.31457	8.8
59	21.50น.	39.7	8	312.7	281	1.112811	8.864353	8.8
60	22.00น.	39.6	8.7	312.6	281.7	1.109691	9.116505	8.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPกับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ ในวันที่ 2

	A	B	C	D	E	F	G	H
3	เวลา	T4(°c)	T9(°c)				COPที่ติดตั้ง	COPเฉลี่ย
4	9.00น.	39.2	8.2	312.2	281.2	1.110242	9.070968	8.82
5	9.10น.	40.5	7.4	313.5	280.4	1.118046	8.471299	8.82
6	9.20น.	39.4	9.2	312.4	282.2	1.107016	9.344371	8.82
7	9.30น.	42.1	9.1	315.1	282.1	1.11698	8.548485	8.82
8	9.40น.	42.2	8.7	315.2	281.7	1.118921	8.408955	8.82
9	9.50น.	40.8	8.7	313.8	281.7	1.113951	8.775701	8.82
10	10.00น.	41.7	8.7	314.7	281.7	1.117146	8.536364	8.82
11	10.10น.	42.5	8.6	315.5	281.6	1.120384	8.306785	8.82
12	10.20น.	41.5	8.4	314.5	281.4	1.117626	8.501511	8.82
13	10.30น.	41.2	8.8	314.2	281.8	1.114975	8.697531	8.82
14	10.40น.	42	8.3	315	281.3	1.119801	8.347181	8.82
15	10.50น.	42.3	8.6	315.3	281.6	1.119673	8.356083	8.82
16	11.00น.	42.1	8.3	315.1	281.3	1.120156	8.322485	8.82
17	11.10น.	42.7	9.8	315.7	282.8	1.116337	8.595745	8.82
18	11.20น.	43.2	9.1	316.2	282.1	1.120879	8.272727	8.82
19	11.30น.	43	8.8	316	281.8	1.121363	8.239766	8.82
20	11.40น.	43.2	9.1	316.2	282.1	1.120879	8.272727	8.82
21	11.50น.	42.3	8.9	315.3	281.9	1.118482	8.44012	8.82
22	12.00น.	43.7	9	316.7	282	1.12305	8.126801	8.82
23	13.00น.	39.6	9.9	312.6	282.9	1.104984	9.525253	8.82
24	13.10น.	41.1	10.1	314.1	283.1	1.109502	9.132258	8.82
25	13.20น.	43	10.2	316	283.2	1.115819	8.634146	8.82
26	13.30น.	43.3	10.3	316.3	283.3	1.116484	8.584848	8.82
27	13.40น.	44	9.4	317	282.4	1.122521	8.16185	8.82

	A	B	C	D	E	F	G	H
28	13.50น.	43.5	9	316.5	282	1.12234	8.173913	8.82
29	14.00น.	42.3	8.4	315.3	281.4	1.120469	8.300885	8.82
30	14.10น.	41.8	8.7	314.8	281.7	1.117501	8.510574	8.82
31	14.20น.	42.4	8.4	315.4	281.4	1.120824	8.276471	8.82
32	14.30น.	43.8	8.4	316.8	281.4	1.1258	7.949153	8.82
33	14.40น.	40.6	8.5	313.6	281.5	1.114032	8.76947	8.82
34	14.50น.	43.4	8.4	316.4	281.4	1.124378	8.04	8.82
35	15.00น.	43.9	8.5	316.9	281.5	1.125755	7.951977	8.82
36	15.10น.	40.2	7.9	313.2	280.9	1.114988	8.696594	8.82
37	15.20น.	41.8	7.9	314.8	280.9	1.120684	8.286136	8.82
38	15.30น.	42.3	7.7	315.3	280.7	1.123263	8.112717	8.82
39	15.40น.	40.5	7.7	313.5	280.7	1.116851	8.557927	8.82
40	15.50น.	41.6	7.5	314.6	280.5	1.121569	8.225806	8.82
41	16.00น.	43.1	7.4	316.1	280.4	1.127318	7.854342	8.82
42	19.00น.	41.3	10.9	314.3	283.9	1.10708	9.338816	8.82
43	19.10น.	39.6	10.8	312.6	283.8	1.10148	9.854167	8.82
44	19.20น.	41.5	10.5	314.5	283.5	1.109347	9.145161	8.82
45	19.30น.	41	10.1	314	283.1	1.109149	9.161812	8.82
46	19.40น.	41	10.1	314	283.1	1.109149	9.161812	8.82
47	19.50น.	41.8	10.3	314.8	283.3	1.11119	8.993651	8.82
48	20.00น.	41	9.7	314	282.7	1.110718	9.031949	8.82
49	20.10น.	40.7	9.5	313.7	282.5	1.110442	9.054487	8.82
50	20.20น.	40.8	10.3	313.8	283.3	1.10766	9.288525	8.82
51	20.30น.	40.7	10.5	313.7	283.5	1.106526	9.387417	8.82
52	20.40น.	40.6	11	313.6	284	1.104225	9.594595	8.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

53	20.50น.	38.6	12.1	311.6	285.1	1.09295	10.75849	8.82
54	21.00น.	39.9	12.4	312.9	285.4	1.096356	10.37818	8.82
55	21.10น.	39.8	12.8	312.8	285.8	1.094472	10.58519	8.82
56	21.20น.	40	12.3	313	285.3	1.097091	10.29964	8.82
57	21.30น.	40.3	12	313.3	285	1.099298	10.07067	8.82
58	21.40น.	38.3	7.6	311.3	280.6	1.109408	9.140065	8.82
59	21.50น.	39	8.7	312	281.7	1.107561	9.29703	8.82
60	22.00น.	39	7.9	312	280.9	1.110716	9.032154	8.82

COPกับเวลาแบบติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ ในวันที่ 3

2	เวลา	T4(°c)	T9(°c)				COPที่ติดตั้	COPเฉลี่ย
3	9.00น.	41.6	10.2	314.6	281.2	1.118777	8.419162	8.33
4	9.10น.	41.7	10.2	314.7	281.2	1.119132	8.39403	8.33
5	9.20น.	41.1	9.6	314.1	280.6	1.119387	8.376119	8.33
6	9.30น.	41.6	9.2	314.6	280.2	1.122769	8.145349	8.33
7	9.40น.	42.7	9.1	315.7	280.1	1.127097	7.867978	8.33
8	9.50น.	42	9.7	315	280.7	1.122195	8.183673	8.33
9	10.00น.	41.9	9.6	314.9	280.6	1.122238	8.180758	8.33
10	10.10น.	42.8	8.9	315.8	279.9	1.12826	7.796657	8.33
11	10.20น.	42.8	8.9	315.8	279.9	1.12826	7.796657	8.33
12	10.30น.	42.5	9.6	315.5	280.6	1.124376	8.040115	8.33
13	10.40น.	40.9	9.5	313.9	280.5	1.119073	8.398204	8.33
14	10.50น.	40.9	9.7	313.9	280.7	1.118276	8.454819	8.33
15	11.00น.	41.9	9.6	314.9	280.6	1.122238	8.180758	8.33
16	11.10น.	43	9.8	316	280.8	1.125356	7.977273	8.33
17	11.20น.	38.9	10	311.9	281	1.109964	9.093851	8.33
18	11.30น.	41.9	10	314.9	281	1.120641	8.289086	8.33
19	11.40น.	41	9.1	314	280.1	1.121028	8.262537	8.33
20	11.50น.	39	9.1	312	280.1	1.113888	8.780564	8.33
21	12.00น.	41.3	9.1	314.3	280.1	1.122099	8.190058	8.33
22	13.00น.	40.2	8.7	313.2	279.7	1.119771	8.349254	8.33
23	13.10น.	43.2	9.4	316.2	280.4	1.127675	7.832402	8.33
24	13.20น.	42.9	8.6	315.9	279.6	1.129828	7.702479	8.33
25	13.30น.	42.6	9.2	315.6	280.2	1.126338	7.915254	8.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26	13.40น.	40.7	8.6	313.7	279.6	1.12196	8.199413	8.33
27	13.50น.	42	8.5	315	279.5	1.127013	7.873239	8.33
28	14.00น.	42.5	8.2	315.5	279.2	1.130014	7.69146	8.33
29	14.10น.	43.8	8.6	316.8	279.6	1.133047	7.516129	8.33
30	14.20น.	41.3	8.4	314.3	279.4	1.124911	8.005731	8.33
31	14.30น.	41	8.1	314	279.1	1.125045	7.997135	8.33
32	14.40น.	42.5	8.5	315.5	279.5	1.128801	7.763889	8.33
33	14.50น.	43.7	8.6	316.7	279.6	1.13269	7.536388	8.33
34	15.00น.	42.6	8.4	315.6	279.4	1.129563	7.718232	8.33
35	15.10น.	39.9	8.9	312.9	279.9	1.117899	8.481818	8.33
36	15.20น.	41.9	8.5	314.9	279.5	1.126655	7.89548	8.33
37	15.30น.	42	8.2	315	279.2	1.128223	7.798883	8.33
38	15.40น.	42.6	8.2	315.6	279.2	1.130372	7.67033	8.33
39	15.50น.	43.2	8.7	316.2	279.7	1.130497	7.663014	8.33
40	16.00น.	42.5	8.9	315.5	279.9	1.127188	7.86236	8.33
41	19.00น.	40.3	8.9	313.3	279.9	1.119328	8.38024	8.33
42	19.10น.	39.9	8.8	312.9	279.8	1.118299	8.453172	8.33
43	19.20น.	41	8.6	314	279.6	1.123033	8.127907	8.33
44	19.30น.	42.3	8.7	315.3	279.7	1.127279	7.856742	8.33
45	19.40น.	40.8	9.2	313.8	280.2	1.119914	8.339286	8.33
46	19.50น.	41	10	314	281	1.117438	8.515152	8.33
47	20.00น.	41.5	10.2	314.5	281.2	1.118421	8.444444	8.33
48	20.10น.	42.2	10.3	315.2	281.3	1.120512	8.297935	8.33
49	20.20น.	39.6	10.3	312.6	281.3	1.111269	8.98722	8.33
50	20.30น.	39	10.5	312	281.5	1.108348	9.229508	8.33
50	20.30น.	39	10.5	312	281.5	1.108348	9.229508	8.33
51	20.40น.	41.1	11	314.1	282	1.11383	8.785047	8.33
52	20.50น.	41.6	11.7	314.6	282.7	1.11284	8.862069	8.33
53	21.00น.	40	12	313	283	1.106007	9.433333	8.33
54	21.10น.	40.4	12.4	313.4	283.4	1.105857	9.446667	8.33
55	21.20น.	40.8	12.3	313.8	283.3	1.10766	9.288525	8.33
56	21.30น.	40.1	11.9	313.1	282.9	1.106752	9.36755	8.33
57	21.40น.	40.2	12	313.2	283	1.106714	9.370861	8.33
58	21.50น.	37.9	12.2	310.9	283.2	1.097811	10.22383	8.33
59	22.00น.	40.7	12.1	313.7	283.1	1.108089	9.251634	8.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้