



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์  
อุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ  
(Energy Saving Device for Split Type Air Conditioner)

นายวรพงศ์ แซ่เตียว

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการสหกิจศึกษา (ภาษาไทย) อุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา

นายวรพงศ์ แซ่เตียว

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ

ดร.วันพุทธ แซ่ฉั่ว

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน

นายณรงค์ศักดิ์ ชัยวงศ์

สถานประกอบการ

บริษัท เบทาโกร โฮลดิ้ง จำกัด

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบและ สร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศซึ่งทำจากแผ่นเซลล์โลสและนำน้ำจากอีแวพพอเรเตอร์ร่วมในการหล่อเย็น โดยใช้หลักการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าไประบายความร้อนบริเวณคอนเดนเซอร์ ทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนยี่ห้อ Daikin ขนาดการทำ ความเย็น 18000 Btu/hr เปิดใช้งานจำนวน 8 ชั่วโมง (8.00-16.00น.) พบว่าการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัด พลังงานเครื่องปรับอากาศ ทำให้เครื่องปรับอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP) 4.4 เพิ่มขึ้นจากเดิม 22.22 % ค่าประสิทธิภาพพลังงาน(EER) 13.8 เพิ่มขึ้นจากเดิม 21.05 % ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ของระบบ 8.92 kW-hr เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเดิม 8.6 %

คำสำคัญ : เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน, แผ่นเซลล์โลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title	Energy Saving Device for Split Type Air Conditioner		
Student intern name	Worapong	Saeteiw	
Faculty	Engineering	Department	Agricultural Engineering
Advisor name	Dr.Wanphut	Saechua	
Mentor name	Narongsak	Chaiwong	
Company	Betagro Holding (BTH)		

### ABSTRACT

This project involves the design and fabricate an energy saving device for split type air conditioner with cellulose pad and using condensed water from the evaporator for cooling by applying the principle of decreasing air temperature for cooling inlet air entered to condenser. In this study Daikin spit type air conditioner was used with operating time of 8 hour(8.00-16.00). It was found that the installation of the device can increase COP to 4.4 which is approximately of 22.22% comparing with the original operation. The EER was increased to 13.8 approximately of 21.05% comparing with the original.Total power consumption of system is 8.92 kW-hr decreasing in 8.6% of electricalenergy.

**Keyword :** split type air conditioning, cellulose Pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การปฏิบัติงานสหกิจครั้งนี้จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลย หากไม่ได้รับโอกาสจาก บริษัท เบทาโกร โฮลดิ้ง จำกัด ที่เปิดกว้างให้เข้ามาเรียนรู้ ปฏิบัติงาน โดยนำความรู้จากวิทยาลัย มาปรับใช้ควบคู่กับการทำงานจริง ทำให้ได้เรียนรู้และรับประสบการณ์ใหม่ๆที่ไม่สามารถหาจากตำราเรียนได้ สำหรับรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี จากการให้คำปรึกษาและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. นายณรงค์ศักดิ์ ชัยวงศ์ ตำแหน่งวิศวกรอาวุโสสนาม
2. นางสาววิรัชฐา แก่นสาร ตำแหน่งวิศวกร
3. ดร. วันพุทธ แซ่ฉั่ว อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
4. ผศ.ดร. รวิภัทร ลากเจริญสุข อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
5. แผนกวิศวกรรม โรงงานอาหารสัตว์ลพบุรี 3 (BTG-LR3)

และบุคคลท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่มีส่วนให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ในการจัดทำรายงาน ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการฝึกปฏิบัติ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริง

นายวรพงศ์ แซ่เตียว

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป .....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1    ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2    วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3    ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4    วิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
1.5    ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1    ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	3
2.1.1    ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System) .....	3
2.1.2    ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System).....	3
2.1.3    ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Efficiency) .....	5
2.1.4    วิธีการวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ.....	6
2.1.5    ผลของอุณหภูมิที่ condenser ต่อประสิทธิภาพของวัฏจักร.....	10
2.1.6    ระบบทำความเย็นแบบระเหย(Evaporative cooling) .....	11
2.1.7    ประสิทธิภาพของระบบการทำความเย็นแบบระเหย.....	15
2.2    งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
3.1    วางแผนการดำเนินงาน.....	19
3.2    ตรวจวัดประสิทธิภาพปัจจุบันของเครื่องปรับอากาศ.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1	เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ต้องใช้.....	20
3.2.2	สำรวจข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องปรับอากาศ.....	21
3.2.3	ขั้นตอนการตรวจวัด.....	21
3.3	ออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ.....	26
3.4	ติดตั้งอุปกรณ์และทำการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ.....	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....		31
4.1	การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (COP) .....	31
4.2	การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER) .....	32
4.3	การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ (kW-hr) .....	33
4.4	ปริมาณน้ำที่ระเหยไปจากแผ่นเซลล์โลส.....	34
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....		35
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	35
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	35
เอกสารอ้างอิง.....		36
ภาคผนวก ก .....		37
ภาคผนวก ข .....		45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบความสามารถในการลดอุณหภูมิที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ.....	15
ตารางที่ 3.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ.....	20
ตารางที่ 3.2 ตารางข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องปรับอากาศ .....	21
ตารางที่ ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP) ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน.....	38
ตารางที่ ก.2 ค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน.....	40
ตารางที่ ก.3 งานที่คอมเพลกซ์เซอร์ใช้ และพลังงานรวมของระบบ.....	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 วงจรระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	4
รูปที่ 2.2 การทำงานของอุปกรณ์และสมบัติของสารทำความเย็นใน P-h Chart.....	4
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างแผนภาพไซโครเมตริก และโปรแกรมการคำนวณ.....	6
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น Return – Supply.....	7
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการตรวจวัดความเร็วลม.....	8
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า.....	8
รูปที่ 2.7 P-h Chart เมื่ออุณหภูมิของสารทำความเย็นบริเวณ Condenser ลดลง.....	10
รูปที่ 2.8 หลักการทำความเย็นแบบระเหย.....	11
รูปที่ 2.9 ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย.....	12
รูปที่ 2.10 ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็น.....	12
รูปที่ 2.11 fiber pad ที่ทำจากไม้ aspen.....	13
รูปที่ 2.12 rigid cellulose pad.....	13
รูปที่ 2.13 ประสิทธิภาพการระเหยน้ำและค่าความดันสถิตของแผ่น celpad.....	14
รูปที่ 2.14 กราฟแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นตามความเร็วลม.....	17
รูปที่ 2.15 กราฟผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นตามอัตราการไหลของน้ำ.....	18
รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมหลักการวางแผนการทดลอง.....	19
รูปที่ 3.2 การตั้งอุณหภูมิห้อง ความเร็วพัดลมและการตรวจวัดค่าความเร็วลมด้านจ่าย.....	22
รูปที่ 3.3 การติดตั้งเครื่อง Thermal Environmental Monitor บริเวณหน้าช่องลมจ่าย.....	22
รูปที่ 3.4 การติดตั้งเครื่อง Thermo Recorder บริเวณใต้ช่องลมกลับ.....	23
รูปที่ 3.5 การติดตั้งเครื่อง Power Quality Analyzers.....	23
รูปที่ 3.6 การติดตั้งเครื่อง Thermo Recorder บริเวณด้านหน้าคอนเดนเซอร์และหน้าพัดลมระบาย.....	23
รูปที่ 3.7 การติดตั้งเครื่อง Thermal Environmental Monitor บริเวณใกล้ๆกับคอนเดนเซอร์.....	24
รูปที่ 3.8 การติดตั้งถังวัดปริมาตรน้ำ บริเวณท่อน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ.....	24
รูปที่ 3.9 แสดงจุดตรวจวัดที่บริเวณต่างๆของระบบปรับอากาศ.....	25
รูปที่ 3.10 กราฟ Performance Curved for CelPad0590.....	26
รูปที่ 3.11 แบบโครงสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ.....	27
รูปที่ 3.12 การทดสอบอุปกรณ์ก่อนนำไปติดตั้ง.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานและการตรวจวัดประสิทธิภาพ.....	28
รูปที่ 3.14 วงจรการทำงานของอุปกรณ์.....	29
รูปที่ 3.15 แสดงจุดตรวจวัดที่บริเวณต่างๆของระบบปรับอากาศและอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน.....	30
รูปที่ 4.1 แสดงค่า Ambient Air.....	31
รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่า COP.....	32
รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่า EER.....	33
รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า Watt-hr.....	34
รูปที่ 4.5 แสดงการวัดปริมาณที่จากเครื่องปรับอากาศ.....	34
รูปที่ ก.1 อุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ บริเวณคอนเดนเซอร์ ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน...37	
รูปที่ ก.2 อุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ บริเวณคอนเดนเซอร์ หลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน...38	
รูปที่ ก.3 การเปรียบเทียบค่า Wc.....	41
รูปที่ ก.4 กราฟแสดงผลต่างของอุณหภูมิอากาศก่อนและหลังแลกเปลี่ยนความร้อนกับคอนเดนเซอร์.....	43
รูปที่ ก.5 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศเมื่อผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ส่วนต่างๆบริเวณคอนเดนเซอร์.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันระบบปรับอากาศถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย พบเห็นได้แทบทุกอาคาร สำนักงานซึ่งระบบนี้เป็นระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูง แต่ในบางครั้งกลับได้ประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ไม่ดีพอ ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายไปอย่างเปล่าประโยชน์ เพื่อที่จะแก้ปัญหาเหล่านี้มีหลายวิธีการที่น่าสนใจ ที่จะนำมาปรับใช้กับเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งอยู่เดิมแล้ว หนึ่งในนั้นคือการทำให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์สูงขึ้น ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ไม่ได้เข้าไปแก้ไขอุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนหลักของระบบปรับอากาศ การใช้งานเป็นไปในลักษณะของการติดตั้งอุปกรณ์เสริมเข้าไป ซึ่งส่งผลให้สามารถซ่อมแซมและขยายผลได้ง่าย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีการศึกษาสมรรถนะและการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแยกส่วนที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศ ที่ใช้ในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ซึ่งทำจากแผ่นเซลล์ลูโลสเปรียบเทียบกับการใช้แผ่นพอลิไวนิลคลอไรด์ [1] ผลการทดลองพบว่าการติดตั้งชุดลดอุณหภูมิ ก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้แผ่นเซลล์ลูโลส เครื่องปรับอากาศสามารถระบายความร้อนได้ดี สัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP) ของระบบปรับอากาศเท่ากับ 5.28 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น(EER) 14.59 กำลังงานที่ใช้ของระบบ 6.00 (kW-hr) การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเครื่องปรับอากาศปกติร้อยละ 28.39 ส่วนการใช้แผ่นพอลิไวนิลคลอไรด์ สัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP) ของระบบปรับอากาศเท่ากับ 5.13 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น(EER) 18.01 กำลังงานที่ใช้ของระบบ 6.60 (kW-hr) การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเครื่องปรับอากาศปกติร้อยละ 21.18 การใช้แผ่นพอลิไวนิลคลอไรด์ ทดแทนการใช้แผ่นเซลล์ลูโลสจะมีข้อดีคือสามารถล้างทำความสะอาดได้มากกว่าและมีอายุการใช้งานได้นานกว่าแผ่นเซลล์ลูโลส และมีการศึกษาการเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ [2] พบว่าการติดตั้งชุดลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ เครื่องปรับอากาศสามารถระบายความร้อนได้ดี ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP) ของระบบปรับอากาศได้เท่ากับ 5.42 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น(EER) 14.78 กำลังงานที่ใช้ของระบบ 5.45 (kW-hr) เปอร์เซนต์การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเดิม 20.92 %

จะเห็นได้ว่าแนวทางการลดอุณหภูมิของอากาศ ก่อนเข้าไประบายความร้อนบริเวณคอนเดนเซอร์ เป็นแนวทางที่สามารถเห็นผลได้ชัดเจน งานวิจัยนี้จึงนำแนวทางดังกล่าวมาใช้ออกแบบอุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลงอย่างน้อย 5%
- 1.2.2 เพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP) และค่าประสิทธิภาพพลังงาน(EER) ของเครื่องปรับอากาศ

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนยี่ห้อ DAIKIN ขนาดการทำความเย็น 18000 BTU/hr ใช้สารทำความเย็นR22 ห้องตรวจรับวัตถุบดตึก QC BTG-LR3 ขนาดห้อง 4.5 m x 10 m x 3.5 m

## 1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1.4.1 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 วางแผนการดำเนินงาน
- 1.4.3 ตรวจสอบประสิทธิภาพปัจจุบันของเครื่องปรับอากาศ
- 1.4.4 ออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ โดยนำแนวคิดและวิธีการจากวรรณกรรมงานวิจัย มาปรับใช้
- 1.4.5 นำเสนอแบบขั้่นงานแก่อาจารย์ที่ปรึกษาและวิศวกรที่มีความเชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุง หากจุดผิดพลาดที่เกิดจากการออกแบบและคำนวณ จากนั้นนำแบบไปสร้างเป็นขั้่นงาน
- 1.4.6 ติดตั้งอุปกรณ์และทำการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ
- 1.4.7 สรุปผลการดำเนินงาน

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 การใช้พลังงานลดลง ค่าไฟฟ้าลดลง
- 1.5.2 ระบบมีค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP) และค่าประสิทธิภาพพลังงาน(EER) ที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System)

ระบบปรับอากาศ คือ ระบบที่ทำหน้าที่ปรับสภาพของอากาศให้เหมาะสมกับสภาวะที่ผู้ใช้งานต้องการ อาจจะเป็นการปรับอากาศเพื่อการเก็บรักษาอาหาร หรือสิ่งของ และรวมถึงการปรับอากาศเพื่อการอยู่อาศัยในอาคารด้วย โดยอาจจะเป็นการปรับให้อุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงก็ได้ และยังต้องมีการควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม กลิ่นและสิ่งเจือปนในอากาศด้วย

##### 2.1.2 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System)

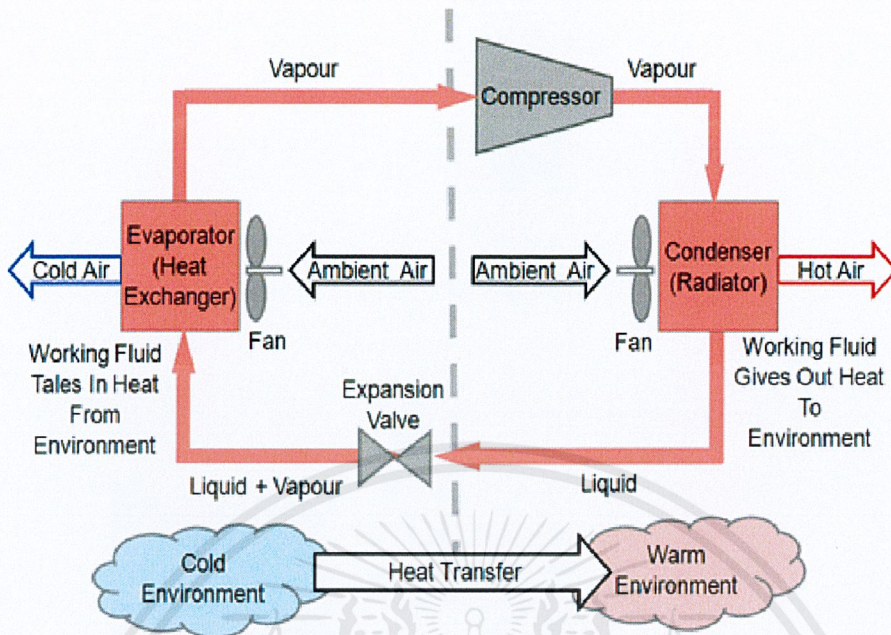
หลักการทำความเย็นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หนึ่ง ซึ่งต้องการทำความเย็น โดยความร้อนจะถูกส่งผ่านสารทำความเย็นจากนั้นสารทำความเย็นจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายนอกพื้นที่ โดยสารทำความเย็นทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยกระบวนการอัดให้เป็นไอ กระบวนการควบแน่น กระบวนการขยายตัวและกระบวนการระเหย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะเกิดตามส่วนต่างๆ ของระบบ ดังนี้

Compressor : ทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นในสถานะไอ เพื่อให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น และส่งสารทำความเย็นผ่านไปยังส่วนต่างๆ ของระบบ

Condenser : ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นโดยการควบแน่น ทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้

Expansion valve : ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นก่อนไหลเข้าสู่ Evaporator

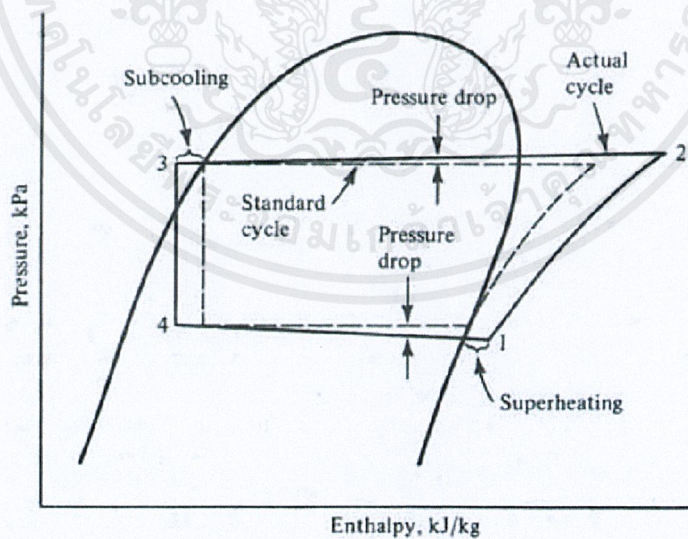
Evaporator : ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็นมา เปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นให้เป็นไอโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านผิวท่อสารทำความเย็น



รูปที่ 2.1 วงจรระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ที่มา : [https://www.mpoweruk.com/heat\\_engines.htm](https://www.mpoweruk.com/heat_engines.htm)

เมื่อแสดงวัฏจักรการทำงานของเครื่องปรับอากาศใน P-h Chart จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การทำงานของอุปกรณ์และสมบัติของสารทำความเย็นใน P-h Chart

ที่มา : [http://doi.nrct.go.th/ListDoi/Download/244495/1c7cc17c224c057543ba511745e7a3b2?Resolve\\_Doi=10.14457/KMUTT.the.2012.22](http://doi.nrct.go.th/ListDoi/Download/244495/1c7cc17c224c057543ba511745e7a3b2?Resolve_Doi=10.14457/KMUTT.the.2012.22)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กระบวนการ 1-2 เป็นกระบวนการอัดตัวแบบ Isentropic Compression โดยคอมเพรสเซอร์จะทำการอัดสารทำความเย็นในสถานะไออิ่มตัว ให้มีความดันเท่ากับความดันที่คอยล์ร้อน (Condenser)
2. กระบวนการ 2-3 เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ความดันคงที่แบบย้อนกลับได้ โดยสารทำความเย็นที่มีสถานะไอตรง (Superheated Vapor) จะถูกทำให้เย็นลงจนเกิดการกลั่นตัวของสารทำความเย็น
3. กระบวนการ 3-4 เป็นกระบวนการขยายตัว หรือ กระบวนการลดความดัน โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะของเหลวจะถูกลดความดันลงมากลายเป็นของผสมที่ความดันที่คอยล์เย็น (Evaporator)
4. กระบวนการ 4-1 เป็นกระบวนการรับความร้อนที่ความดันคงที่ ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเดือดจนกลายเป็นไออิ่มตัว

### 2.1.3 ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Efficiency)

ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น ส่วนใหญ่ถูกแสดงในรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ COP และประสิทธิภาพพลังงาน EER

ค่าประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) เป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง ชีตความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) รวมสุทธิและกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น (Watt) โดยค่าประสิทธิภาพพลังงานมีหน่วยเป็น Btu/hr/Watt

$$EER = \frac{Q}{W} = \frac{12TR}{kW}$$

$$TR = 5.707 \times 10^3 \times CMM \times (Hr - Hs)$$

Q คือ ชีตความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (Btu/hr)

W คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W)

TR คือ ชีตความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (TR)

kW คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (kW)

CMM คือ ปริมาณลมหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ (m<sup>3</sup>/min)

Hr คือ เอนทาลปีของอากาศด้านลมกลับ (kJ/kg dry air)

Hs คือ เอนทาลปีของอากาศด้านลมจ่าย (kJ/kg dry air)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (Coefficient of Performance : COP) เป็นอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็น (Watt) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น (Watt) โดยมีหน่วยเป็น W/W

$$\text{COP} = \frac{Q}{W} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Q คือ ชีตความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (W)

W คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W)

$h_1$  คือ เอนทาลปีที่ออกจาก Evaporator (kJ/kg dry air)

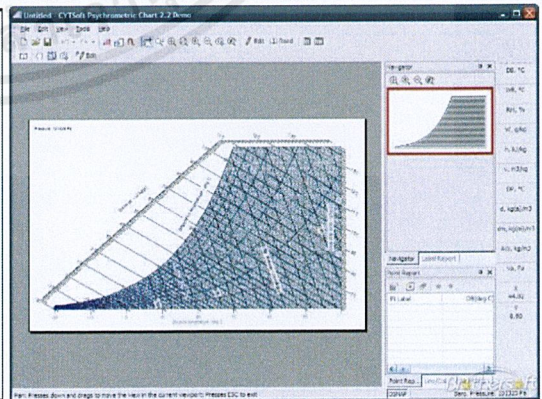
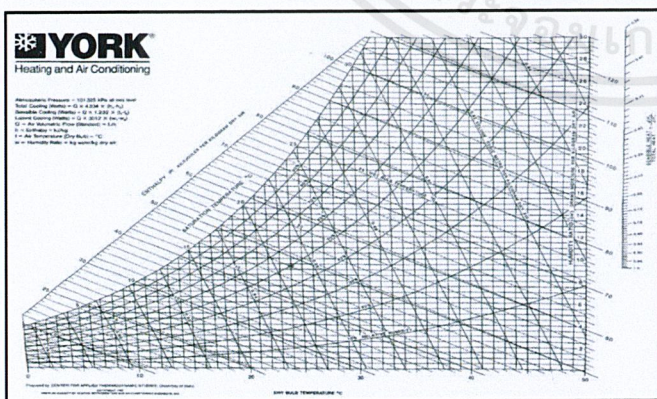
$h_2$  คือ เอนทาลปีที่ทางเข้า Condenser (kJ/kg dry air)

$h_4$  คือ เอนทาลปีก่อนเข้า Evaporator (kJ/kg dry air)

#### 2.1.4 วิธีการวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

แนวทางการสำรวจและการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ประสิทธิภาพ มีเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ คือ

1. เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)
2. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Thermometer และ Hygrometer)
3. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)
4. ตลับเมตร
5. แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)/ โปรแกรม CYTSoft Psychrometric Chart 2.2



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างแผนภาพไซโครเมตริก และโปรแกรมการคำนวณ

ที่มา : <http://energyaudithai.com/download/03-คู่มือฝึกอบรมหลักสูตร>

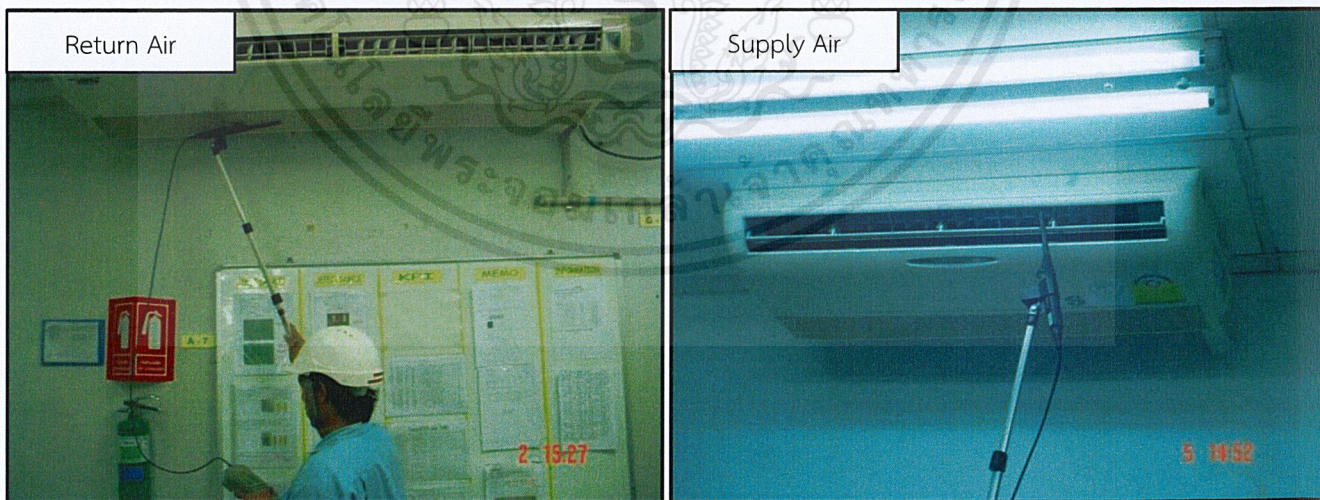
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องทราบ ก่อนการตรวจวัดประสิทธิภาพ

1. ขนาดพิกัดการทำความเย็น (Btu/hr , kcal/hr , kW, TR)
2. ขนาดกำลังไฟฟ้าของเครื่องคอมเพรสเซอร์ (kW)
3. ชั่วโมงการทำงาน
4. อายุการใช้งาน
5. สถานที่ใช้งาน
6. ยี่ห้อ , รุ่น

ขั้นตอนการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ สามารถทำได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. วัดขนาดความกว้างและความยาวของช่องลมกลับด้วยตลับเมตร เพื่อใช้คำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัด
2. วัดอุณหภูมิ (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมกลับ(Return Air) โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
3. วัดอุณหภูมิ (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมจ่าย (Supply Air) โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น Return – Supply

ที่มา : <http://energyauditorthai.com/download/03-คู่มือฝึกอบรมหลักสูตร>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วัดความเร็วของลมที่ผ่านเข้าทางด้านช่องลมกลับ (V) โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม และควรทำการวัด หลายๆจุดบนหน้าตัดของช่องลมกลับ (อย่างน้อย 3 จุด) เพื่อคำนวณผลเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ย ทั้งนี้เหตุผลในการ เลือกวัดค่าดังกล่าวทางด้านลมกลับแทนที่จะเป็นด้านลมจ่าย ประกอบด้วย

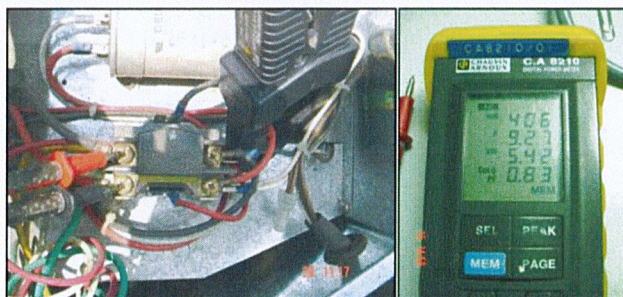
- ด้านลมกลับมีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ใหญ่กว่าด้านลมจ่าย ทำให้มีการไหลของลมในลักษณะที่ราบเรียบและความเร็วของลมที่วัดได้จะมีค่าที่แน่นอนและไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบด้านลมจ่าย
- ทิศทางของลมกลับมีทิศทางที่แน่นอนคือตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด ซึ่งต่างจากด้านลมจ่ายที่ทิศทางไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้งานจะปรับในทิศทางใด ทำให้ค่าที่วัดได้มีความผิดพลาดได้ค่อนข้างมาก



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการตรวจวัดความเร็วลม

ที่มา : <http://energyauditorthai.com/download/03-คู่มือฝึกอบรมหลักสูตร>

5. วัดกำลังไฟฟ้ารวมที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน โดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า

ที่มา : <http://energyauditorthai.com/download/03-คู่มือฝึกอบรมหลักสูตร>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หาเปอร์เซ็นต์การทำงานของคอมเพรสเซอร์โดยการจับเวลาช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงานและไม่ทำงาน

ข้อควรระวัง ในการวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

1. ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งด้านลมกลับและลมจ่าย ต้องทำในเวลาเดียวกันกับการทำงานของคอมเพรสเซอร์
2. ในขณะที่ตรวจวัดให้ปรับความเร็วลมของ Fan Coil Unit สูงสุดตามพิกัด 3 ปรับ Set Point ที่ 24-25 °C

จากข้อมูลที่ได้จากผลการตรวจวัดทั้งหมดในหัวข้อข้างต้น สามารถนำมาใช้คำนวณหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหาปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ (CMM) มีหน่วยเป็น m<sup>3</sup>/min จากสมการ

$$CMM = 60 \times V \times A$$

โดยที่ V = ความเร็วลมเฉลี่ยด้านลมกลับ หน่วยเป็น m/s

A = พื้นที่หน้าตัดของช่องลมกลับ หน่วยเป็น m<sup>2</sup>

2. หาค่าเอนทาลปี (Enthalpy) ของอากาศทั้งด้านลมจ่ายและลมกลับ โดยค่าเอนทาลปีสามารถหาได้ 2 วิธี คือ

2.1 เปิดแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) ของอากาศ หาค่าเอนทาลปีของลมจ่าย (Hs) และเอนทาลปีของลมกลับ (Hr)

2.2 หาค่าเอนทาลปีของลมจ่าย (Hs) และลมกลับ (Hr) โดยใช้โปรแกรม CYTSOFT Psychrometric Chart 2.2

3. คำนวณหาความสามารถในการความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (TR) มีหน่วยเป็น Btu/hr จากสมการ

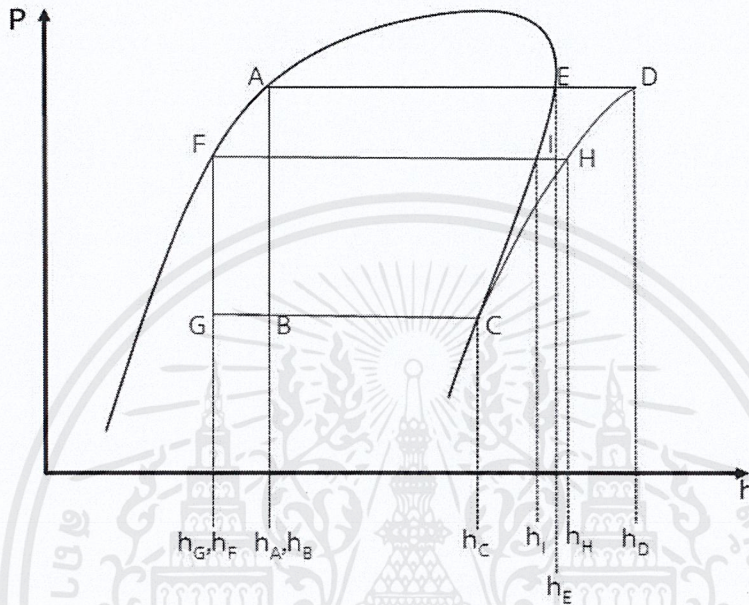
$$TR = 5.707 \times 10^3 \times CMM \times (Hr - Hs)$$

4. คำนวณหาสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (kW/TR หรือ EER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.5 ผลของอุณหภูมิที่ condenser ต่อประสิทธิภาพของวัฏจักร

จากความสัมพันธ์ของ P-h Chart และค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP) ของเครื่องปรับอากาศ เมื่อให้จุด A B C D E คือ วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไปของเครื่องปรับอากาศ หากเราทำการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์(D - A) ให้ต่ำลงจากเดิมจะได้เส้นของกราฟใหม่เป็นจุด F G C H I ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 P-h Chart เมื่ออุณหภูมิของสารทำความเย็นบริเวณ Condenser ลดลง

ซึ่งผลที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเดิมของสารทำความเย็นจะทำให้ ค่าเอนทาลปีเปลี่ยนแปลงจาก  $h_A$   $h_D$  เป็น  $h_F$   $h_H$  ซึ่งน้อยกว่าเดิม จากสมการค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP)

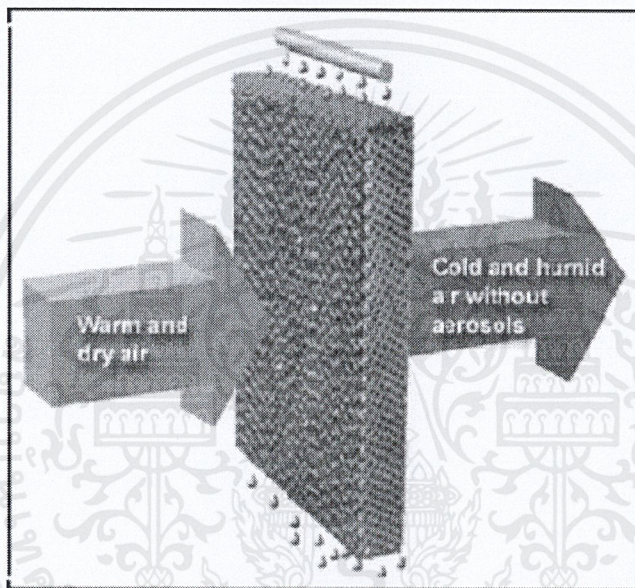
$$COP = \frac{Q}{W} = \frac{h_C - h_B}{h_D - h_C}$$

ค่าของตัวแปร  $h_F$   $h_H$  ที่ต่ำลงจะทำให้ได้ค่า COP ที่สูงขึ้น งานที่คอมเพรสเซอร์ใช้มีค่าน้อยลงกว่าเดิม(W) และมีขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ(Q) ที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่บริเวณคอนเดนเซอร์ลงจะทำให้งานเนื่องจากคอมเพรสเซอร์มีค่าน้อยลง ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.6 ระบบทำความเย็นแบบระเหย(Evaporative cooling)

ระบบทำความเย็นแบบระเหย เป็นระบบที่เหมาะสมที่จะใช้ในพื้นที่อากาศแบบร้อนแห้ง ทำงานโดยอาศัยอากาศภายนอกวิ่งผ่านตัวกลาง (Evaporative media) อาจจะเป็นม่านน้ำหรือน้ำโดยตรง อากาศจากภายนอกซึ่งเป็นอากาศร้อน เมื่อเคลื่อนที่ผ่านม่านน้ำ น้ำก็จะดึงความร้อนออกจากอากาศ น้ำส่วนหนึ่งจะระเหย และอีกส่วนหนึ่งก็จะตกลงไปยังถาดรองรับน้ำหรือถังเก็บ และน้ำที่ถังเก็บก็จะถูกหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่โดยปั๊ม ผลที่ได้คืออุณหภูมิของอากาศที่ผ่านม่านน้ำแล้วจะมีอุณหภูมิลดลงเพื่อไปใช้ในการทำความเย็นหรือปรับอากาศต่อไป

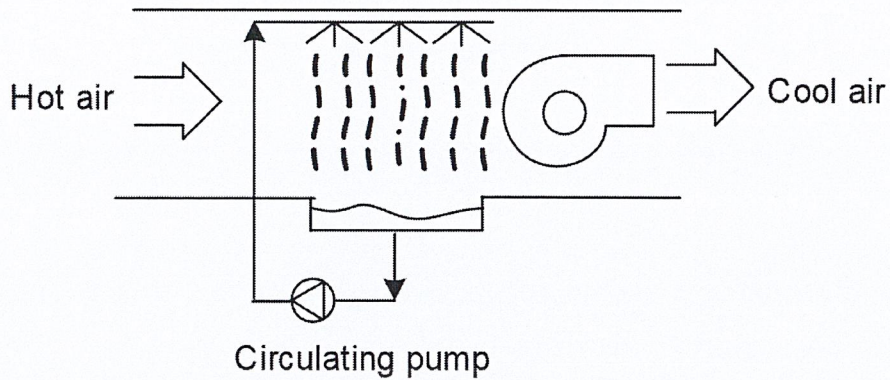


รูปที่ 2.8 หลักการทำความเย็นแบบระเหย

ที่มา : <https://tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/25459/21632>

กระบวนการทำความเย็นแบบระเหยสามารถแบ่งการทำงานเป็น 2 แบบ คือ

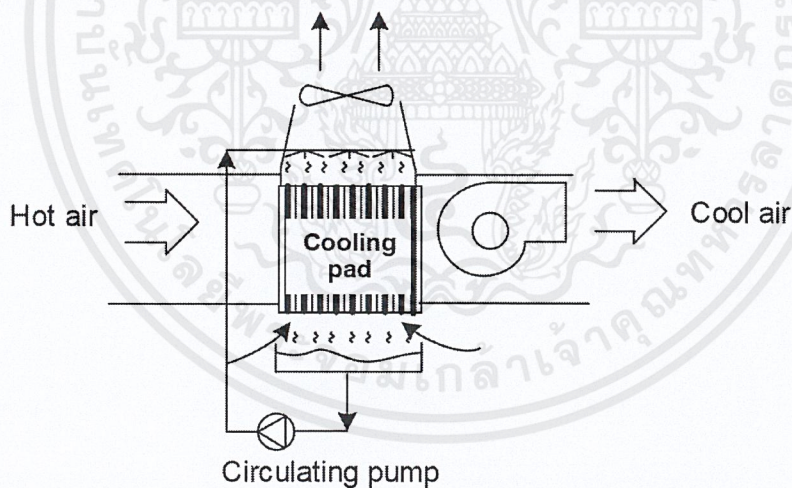
1. ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย เป็นแบบที่พ่นละอองน้ำขนาดเล็กลงมาเพื่อทำให้เกิดระเหยได้ดี มีข้อดีคือ ไม่มีปัญหาเรื่องการต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศและมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูง แต่จะมีปัญหาเรื่องความชื้นสูงตามประสิทธิภาพด้วย



รูปที่ 2.9 ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย

ที่มา : <https://tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/25459/21632>

- ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็น เป็นแบบที่ให้น้ำไหลผ่านตัวกลางที่ถูกออกแบบเป็นช่องรูปทรงแท่งมีสมบัติดูดซึมน้ำได้ดีและมีความสามารถทำให้เกิดการระเหยน้ำเมื่ออากาศผ่านเข้าไปตามช่อง

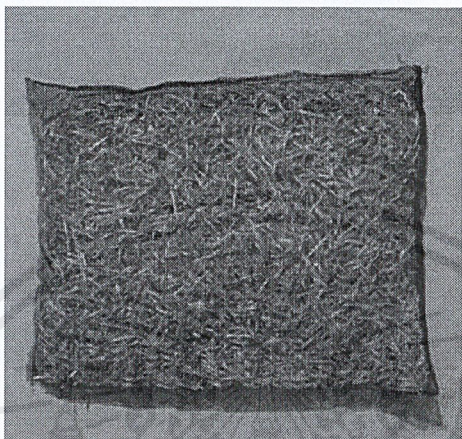


รูปที่ 2.10 ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็น

ที่มา : <https://tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/25459/21632>

ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็นมีแผ่นทำความเย็นอยู่ 2 แบบ คือ

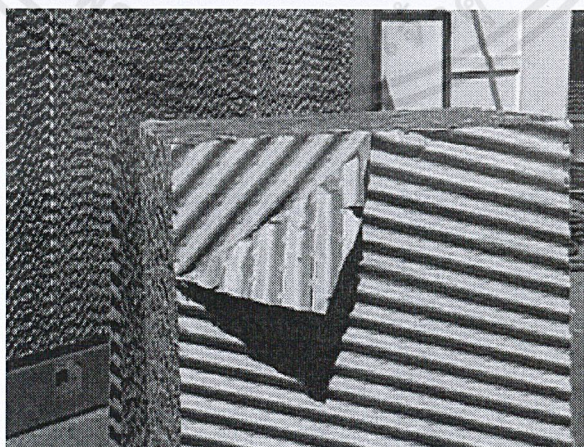
- Fiber pad ส่วนใหญ่ทำมาจากไม้ aspen นำมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ไว้ในถุงตาข่ายและจะทำการเคลือบสารเพิ่มความเปียก (watability additives) ราคาและประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับความหนา โดยทั่วไปจะหนา 2.5-5 cm โดยแผ่นทำความเย็นชนิดนี้จะเกิดเชื้อราได้ง่ายและยากต่อการบำรุงรักษาจึงไม่เป็นที่นิยมใช้



รูปที่ 2.11 fiber pad ที่ทำจากไม้ aspen

ที่มา : <https://tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/25459/21632>

- rigid cellulose pad ทำมาจากกระดาษเหนียว มีสมบัติดูดซึมน้ำผ่านการเคลือบสารเคมีให้ความแข็งแรงและทนต่อเชื้อรา การนำมาใช้งานจะมีการขึ้นรูปเป็นลอน กำหนดมุมไหลผ่านของน้ำและมุมไหลผ่านของอากาศ และรวมเป็นแผ่นให้มีความหนาเชื่อมต่อกันซึ่งมุมที่กำหนดจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็น

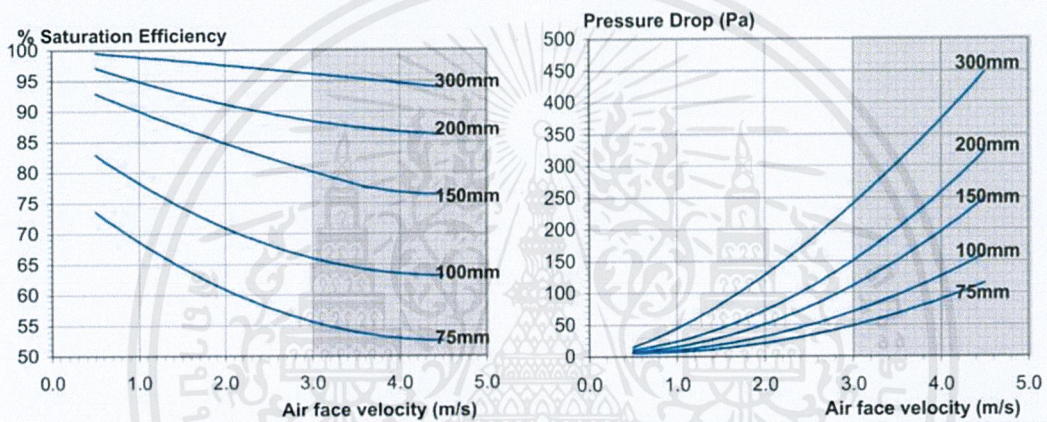


รูปที่ 2.12 rigid cellulose pad

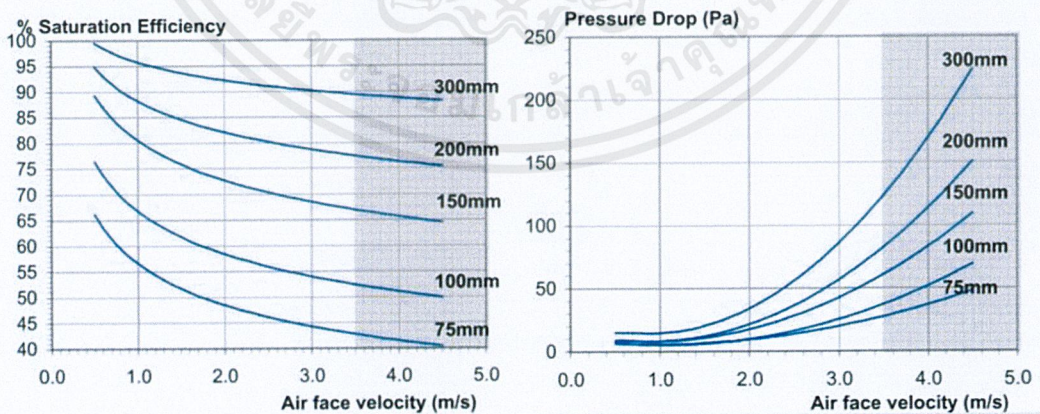
ที่มา : <https://tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/25459/21632>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยข้อดีต่างๆของ cellulose pad ที่แผ่นทำความเย็นชนิดนี้ประกอบเป็นรูปสำเร็จนำมาให้ใช้งานได้ง่าย ไม่มีปัญหาการหลุดของเส้นใย มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และง่ายต่อการบำรุงรักษา ทำให้แผ่นทำความเย็นชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้ รูปแบบของแผ่นเซลลูโลสมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ celpad0790 celpad0760 celpad0590 โดยแต่ละแบบจะมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นตัวเลือกในการตัดสินใจออกแบบและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการ ประสิทธิภาพการระเหยน้ำ(% saturation efficiency) และค่าความดันสถิต (static pressure) ของแผ่นเซลลูโลสแสดงดังรูปที่ 2.13

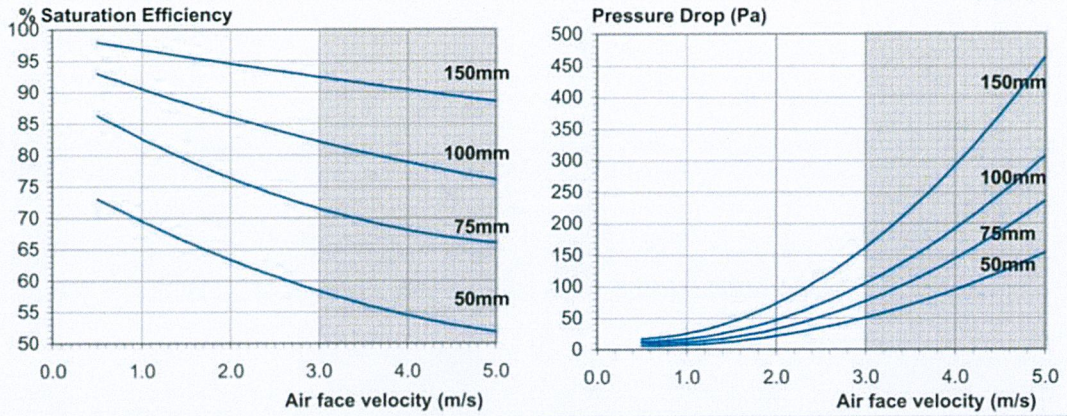


(a)



(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(c)

รูปที่ 2.13 ประสิทธิภาพการระเหยน้ำและค่าความดันสถิตของแผ่น celpad0790 (a) , ประสิทธิภาพการระเหยน้ำและค่าความดันสถิตของแผ่น celpad0760 (b) , ประสิทธิภาพการระเหยน้ำและค่าความดันสถิตของแผ่น celpad0590 (c)

### 2.1.7 ประสิทธิภาพของระบบการทำความเย็นแบบระเหย

ความสามารถในการลดอุณหภูมิของระบบ ( $\Delta T$ ) ขึ้นอยู่กับความสามารถในการระเหยของน้ำ แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta T_{\text{supply}} = \%E(T_{\text{db}} - T_{\text{wb}})$$

โดย  $\Delta T_{\text{supply}}$  คือ ผลต่างของอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่น Celpad ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\%E$  คือ ประสิทธิภาพการระเหยของน้ำของแผ่น

$T_{\text{db}}$  คือ อุณหภูมิภาวะแห้งของอากาศก่อนเข้าแผ่น Celpad ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{\text{wb}}$  คือ อุณหภูมิภาวะเปียกของอากาศก่อนเข้าแผ่น Celpad ( $^{\circ}\text{C}$ )

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบความสามารถในการลดอุณหภูมิที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ

$T_{\text{db}}$	$T_{\text{wb}}$	$\%RH$	$\%E$	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$
35	22	30	88	12
35	24	40	88	10
35	26	50	88	8
35	28	60	88	6

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

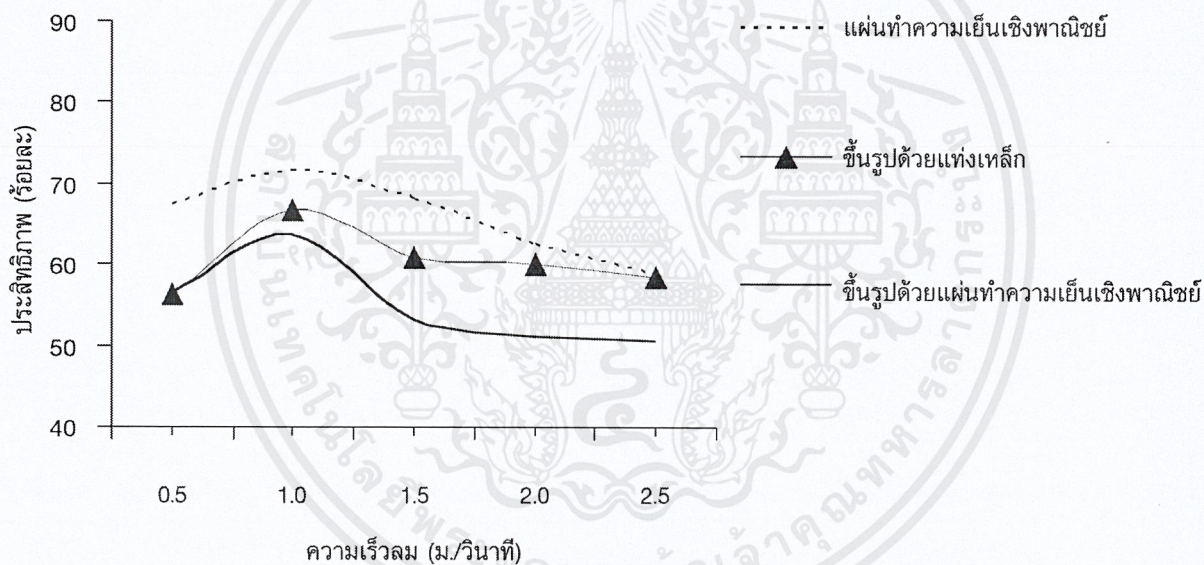
ธีรพงศ์ บริรักษ์และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ (2555) มีการศึกษาสมรรถนะและการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแยกส่วนที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ซึ่งทำจากกระดาษเซลลูโลสเปรียบเทียบกับการใช้แผ่นพอลิไวนิลคลอไรด์ ในการทดลองนี้ได้ทำการติดตั้งแผ่นเซลลูโลส บริเวณด้านหน้าแผงคอนเดนเซอร์โดยใช้แผ่นเซลลูโลสแบบ celpad0790 60 cm x 15 cm x 60 cm ขนาดของร่องอากาศไม่เกิน 5 mm มุมตัด  $a = 45^\circ$   $b = 45^\circ$  มีความหนา 150 mm มีค่าความดันสถิต 25 Pa และประสิทธิภาพในการระเหยน้ำ 88% ส่วนในการออกแบบชุดระบายความร้อนโดยใช้แผ่นพอลิไวนิลคลอไรด์ ได้เลือกใช้แผ่นพอลิไวนิลคลอไรด์ ขนาด 60 cm x 15 cm x 60 cm ในการทำแผ่นครีระบายความร้อน ทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนยี่ห้อ FUJIBISHI แบบตั้งแขวนขนาดการทำ ความเย็น 12,000 Btu/hr ใช้สารทำความเย็น R22 เป็นสารทำงานในระบบการทำ ความเย็น เครื่องปรับอากาศติดตั้งในห้องขนาด 13.4 m<sup>2</sup> สูง 3 m เปิดใช้งาน 8 ชั่วโมง (8.00-16.00 น.) ผลการทดลองพบว่า การติดตั้งชุดลดอุณหภูมิ ก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้แผ่นเซลลูโลส เครื่องปรับอากาศสามารถระบายความร้อนได้ดี สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบปรับอากาศเท่ากับ 5.28 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) 14.59 กำลังงานที่ใช้ของ ระบบ 6.00 (kW-hr) การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเครื่องปรับอากาศปกติร้อยละ 28.39 ส่วนการใช้แผ่นพอลิไวนิลคลอไรด์ สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบปรับอากาศเท่ากับ 5.13 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) 18.01 กำลังงานที่ใช้ของระบบ 6.60 (kW-hr) การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเครื่องปรับอากาศปกติร้อยละ 21.18 การใช้แผ่นพอลิไวนิลคลอไรด์ ทดแทนการใช้แผ่นเซลลูโลสจะมีข้อดีคือสามารถล้างทำความสะอาดได้มากกว่าและมีอายุการใช้งาน ได้นานกว่าแผ่นเซลลูโลส

ธีรพงศ์ บริรักษ์ และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ (2556) มีการศึกษาการเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ ทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนยี่ห้อ FUJIBISHI แบบตั้งแขวน ขนาดการทำ ความเย็น 12,000 Btu/hr ติดตั้งในห้องขนาด 13.4 m<sup>2</sup> เปิดใช้งาน 8 ชั่วโมง (8.00-16.00 น.) ในการทดลองนี้เลือกใช้แผ่นเซลลูโลสขนาด 60 cm x 15 cm x 60 cm ขนาดของร่องอากาศไม่เกิน 5 mm มุมตัด  $a = 45^\circ$   $b = 45^\circ$  มีความหนา 150 mm ได้ค่าความดันสถิต 25 Pa และประสิทธิภาพในการระเหยน้ำ 88% พบว่าการติดตั้งชุดลดอุณหภูมิ ก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ทำให้เครื่องปรับอากาศสามารถระบายความร้อนได้ดีมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP)ของระบบปรับอากาศเท่ากับ 5.42 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น 14.78 กำลังงานที่ใช้ของระบบ 5.4483 (kW-hr) เปอร์เซนต์การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเดิม 20.92%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมชาย มณีวรรณ และชัยวัฒน์ ยิ้มช่าง (2550) ได้ทำการศึกษาเซลล์กระดาษสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย โดยมีการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยของแผ่นทำความเย็น 3 ชนิด คือ แผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ (ขนาด 30 cm x 15 cm x 50 cm) แผ่นทำความเย็นจากกระดาษสาที่ขึ้นแบบแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ และแผ่นทำความเย็นจากกระดาษสาที่ขึ้นรูปด้วยเหล็ก

- การทดสอบที่ 1 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นโดยปรับเปลี่ยนความเร็วลม การทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยจะทำการทดสอบแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ แผ่นทำความเย็นจากกระดาษสาที่ขึ้นรูปจากแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ และแผ่นทำความเย็นจากกระดาษสาที่ขึ้นรูปด้วยแท่งเหล็ก ควบคุมอัตราการไหลของน้ำผ่านแผ่นทำความเย็นที่ความเร็ว 0.03 kg/s ปรับความเร็วลมที่ 0.5 , 1.0 , 1.5 , 2.0 และ 2.5 m/s โดยทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที ทุกแผ่นทำความเย็นใช้เวลาในการทดสอบ 30 นาที

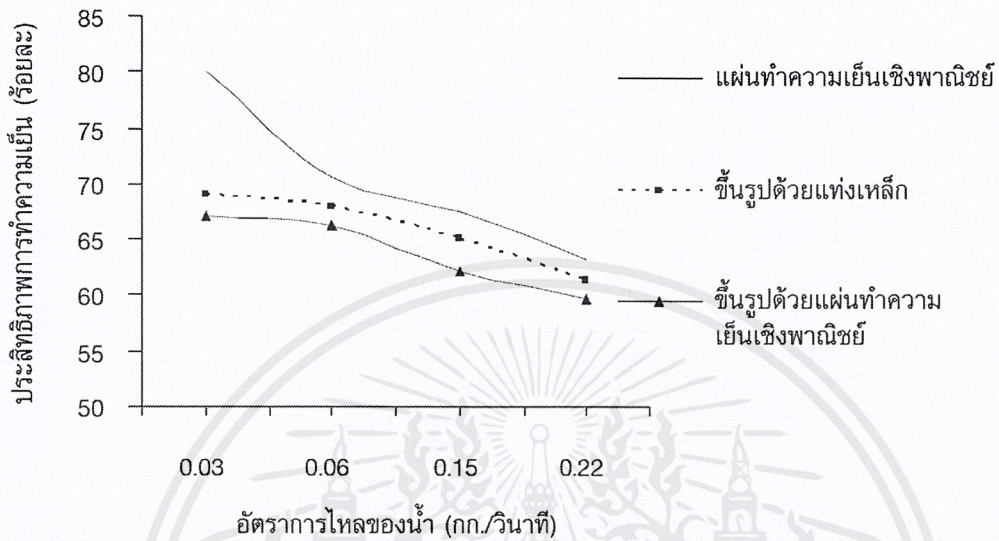


รูปที่ 2.14 กราฟแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นตามความเร็วลม

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นโดยปรับเปลี่ยนความเร็วลมพบว่าที่ความเร็วลม 1.0 m/s เป็นความเร็วลมที่เหมาะสมเนื่องจากทำให้แผ่นทำความเย็นมีประสิทธิภาพการทำความเย็นดีที่สุด ดังรูปที่ 2.14

- การทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นโดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำ จากผลการทดสอบของความเร็วลมที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นพบว่าที่ความเร็วลม 1 m/s มีความเหมาะสม เนื่องจากประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงสุดร้อยละ 71.67 ดังนั้นจึงได้ทดสอบผลของอัตรา

การไหลของน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นโดยใช้ความเร็วลม 1 m/s เวลาในการทดสอบแผ่นทำความเย็นแต่ละแบบ แต่ละอัตราการไหลของน้ำเป็นเวลา 30 นาที และทำการเก็บข้อมูลทุก 1 นาที



รูปที่ 2.15 กราฟผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นตามอัตราการไหลของน้ำ

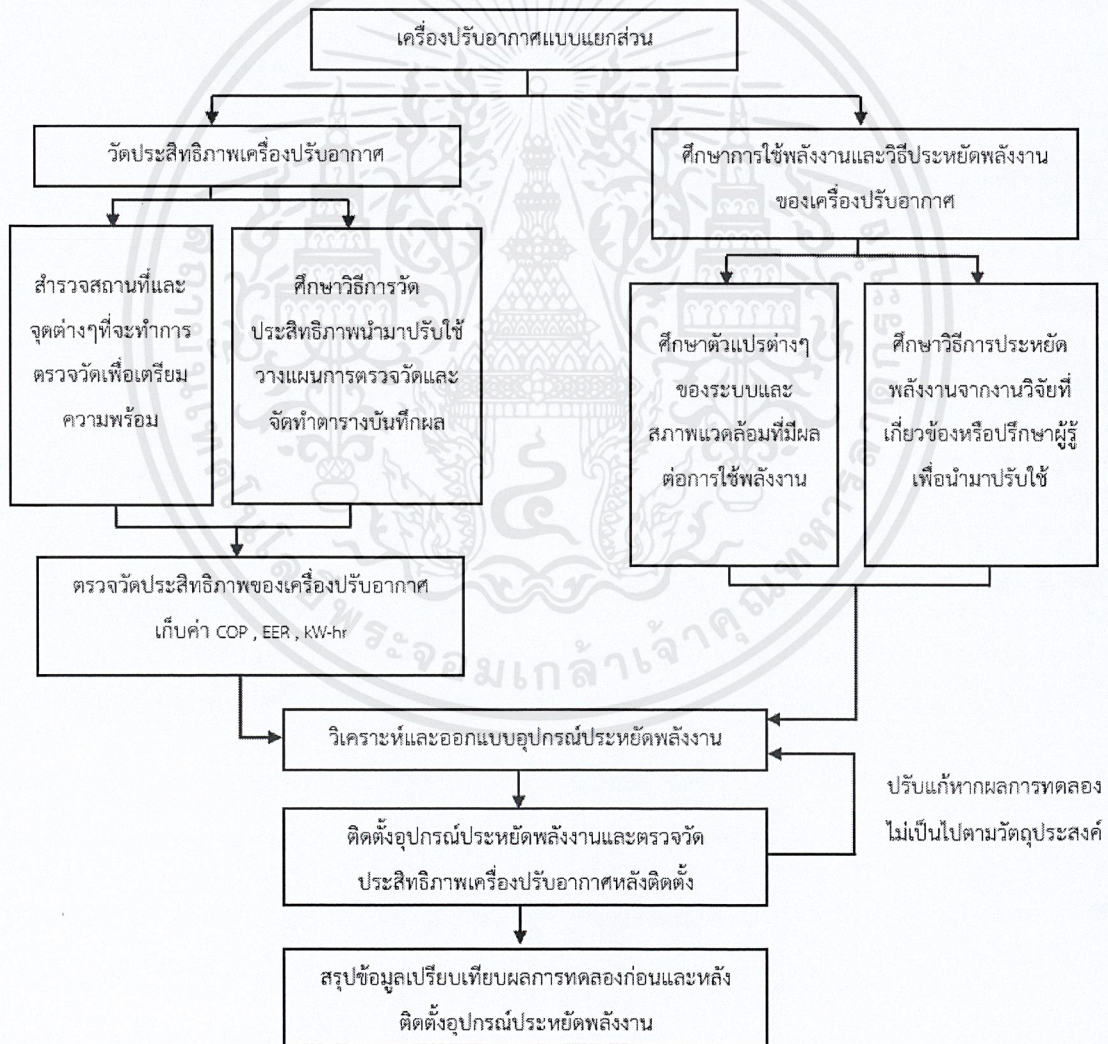
ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นตามอัตราการไหลของน้ำพบว่า อัตราการไหลของน้ำ 0.03 kg/s ประสิทธิภาพการทำความเย็นของแผ่นทำความเย็นทั้งสามแบบจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังรูปที่ 2.15

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินงานวิจัย

### 3.1 วางแผนการดำเนินงาน

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น วิธีการประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ วิธีการวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ จากนั้นทำการสำรวจสภาพแวดล้อมของห้องและเครื่องปรับอากาศที่สามารถใช้ในการทดลองได้ เพื่อหาข้อจำกัดต่างๆที่ส่งผลต่อการทดลอง ทั้งในเรื่องของสภาพการใช้งานของห้อง ขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ วิธีการที่เหมาะสมจะนำมาปรับใช้เพื่อประหยัดพลังงาน ด้วยปัจจัยต่างๆเหล่านี้ทำให้เราสามารถวางแผนการทดลองได้ดังแผนผังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ไตอะแกรมหลักการวางแผนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ตรวจวัดประสิทธิภาพปัจจุบันของเครื่องปรับอากาศ

ทำการตรวจวัดประสิทธิภาพเดิมของเครื่องปรับอากาศ โดยตรวจวัดค่าประสิทธิภาพพลังงาน(EER) ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP) กำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้(kW) และปริมาณน้ำทิ้ง(L) โดยเก็บข้อมูล ตั้งแต่เวลา 8.00 น. - 16.00 น. เพื่อเป็นฐานข้อมูลใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบก่อนและหลังติดตั้ง อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน ขั้นตอนการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศทำได้โดย

#### 3.2.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ต้องใช้

การวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศมีเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือ	ภาพประกอบ	จำนวน (เครื่อง)	หมายเหตุ
1	Thermo Recorder		4	-เก็บค่าอุณหภูมิ (T)
2	Anemometer		1	-เก็บค่าความเร็วลม (V)
3	Power Quality Analyzers		1	-เก็บค่ากำลังไฟฟ้ารวม (kW-hr) -เก็บค่างานเนื่องจากคอมเพรสเซอร์ (kW)
4	Thermal Environmental Monitor		2	-เก็บค่าอุณหภูมิ (T) -เก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)
5	ตลับเมตร		1	-วัดค่าความกว้าง ยาว
6	ถังน้ำ		1	-วัดปริมาณน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ (L)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 สํารวจข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องปรับอากาศ

- หมายเลขเครื่องปรับอากาศ
- ขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Cooling Capacity)
- ยี่ห้อของเครื่องปรับอากาศ
- วันที่ทำการเก็บข้อมูล
- เวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดการเก็บข้อมูล
- สารทำความเย็นของระบบ
- อุณหภูมิและระดับของพัดลม ที่ตั้งค่าไว้

บันทึกข้อมูลเบื้องต้นลงในตาราง Excel ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องปรับอากาศ

ลำดับ	รายการ	ข้อมูล
1	หมายเลขเครื่อง	ACACU50
2	Cooling Capacity (BTU/hr)	18000
3	ผู้ผลิต	Daikin
4	วันที่เก็บข้อมูล	30/10/2561
5	เวลาเริ่มต้น	08.00
6	เวลาสิ้นสุด	16.00
7	สารทำความเย็น	R22
8	Temp set. And Fan	24 HIGH

### 3.2.3 ขั้นตอนการตรวจวัด

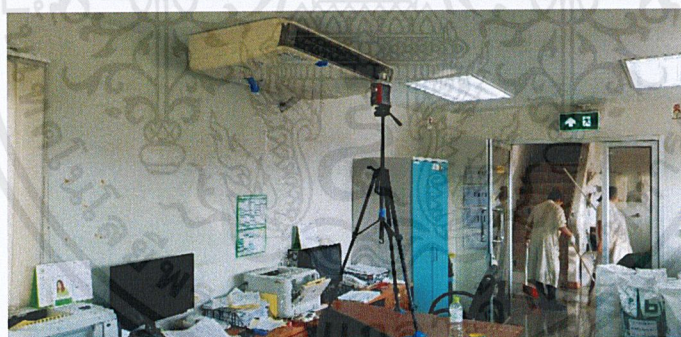
1. ใช้ตลับเมตรวัดขนาดความกว้างและยาวของช่องลมจ่าย จดบันทึกค่าเพื่อนำไปคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด
2. ปรับตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ 24 °C ความเร็วพัดลมเบอร์ 3 จากนั้นใช้ Anemometer วัดความเร็วลมที่ออกจากช่องลมจ่าย (V) วัดจำนวน 3 จุด เฉลี่ยค่าพร้อมบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การตั้งอุณหภูมิห้อง ความเร็วพัดลมและการตรวจวัดค่าความเร็วลมด้านจ่าย

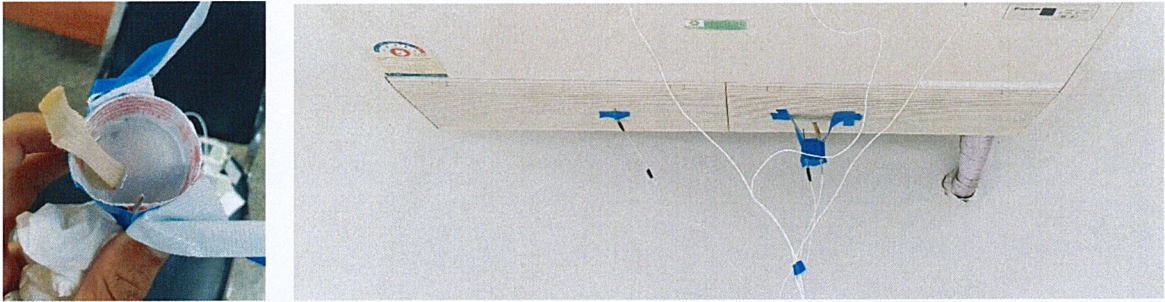
3. วัดอุณหภูมิเกาะเปาะแห้ง( $^{\circ}\text{C}$ ) และความชื้นสัมพัทธ์(%RH) ของอากาศด้านลมจ่าย(Supply Air) โดยติดตั้งเครื่อง Thermal Environmental Monitor บริเวณหน้าช่องลมจ่ายตั้งค่าให้เครื่องเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที



รูปที่ 3.3 การติดตั้งเครื่อง Thermal Environmental Monitor บริเวณหน้าช่องลมจ่าย

4. วัดอุณหภูมิเกาะเปาะเปียก (Wet Bulb) โดยใช้เครื่องมือ Thermo Recorder ที่หุ้มด้วยผ้าฝ้ายชุ่มน้ำ และวัดอุณหภูมิเกาะเปาะแห้ง (Dry Bulb) โดยใช้ Thermo Recorder ติดตั้งเครื่องมือบริเวณใต้ช่องลมกลับ และตั้งค่าให้เครื่องเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



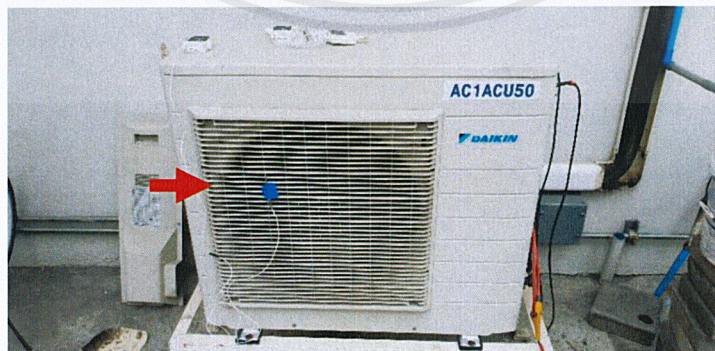
รูปที่ 3.4 การติดตั้งเครื่อง Thermo Recorder บริเวณใต้ช่องลมกลับ

5. ใช้เครื่องมือ Power Quality Analyzers วัดกำลังไฟฟ้ารวมที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศ (kW-hr) และงานเนื่องจากคอมเพรสเซอร์ (kW) โดยตั้งค่าให้เครื่องเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที



รูปที่ 3.5 การติดตั้งเครื่อง Power Quality Analyzers

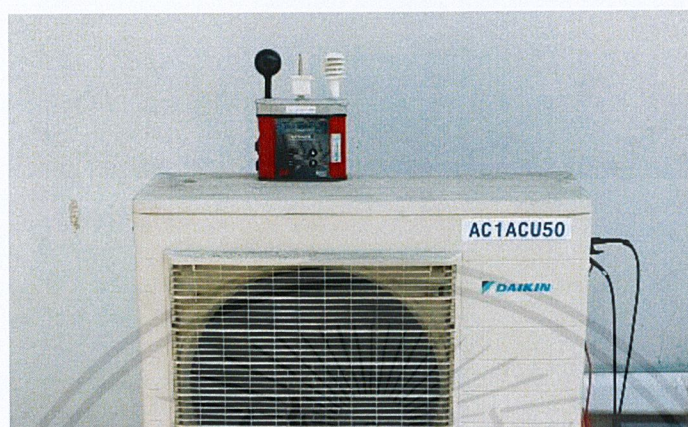
6. วัดอุณหภูมิของอากาศขาเข้าและออกจากคอนเดนเซอร์ โดยใช้เครื่องมือ Thermo Recorder จำนวน 2 เครื่อง ตั้งค่าให้เครื่องเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที



รูปที่ 3.6 การติดตั้งเครื่อง Thermo Recorder บริเวณด้านหน้าคอนเดนเซอร์และหน้าพัดลมระบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. วัดวัดอุณหภูมิเปียกเปือก (Wet Bulb) อุณหภูมิเปียกแห้ง (Dry Bulb) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) โดยรอบบริเวณที่ติดตั้งคอนเดนเซอร์ โดยใช้เครื่องมือ Thermal Environmental Monitor ตั้งค่าให้เครื่องเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที



รูปที่ 3.7 การติดตั้งเครื่อง Thermal Environmental Monitor บริเวณใกล้ๆกับคอนเดนเซอร์

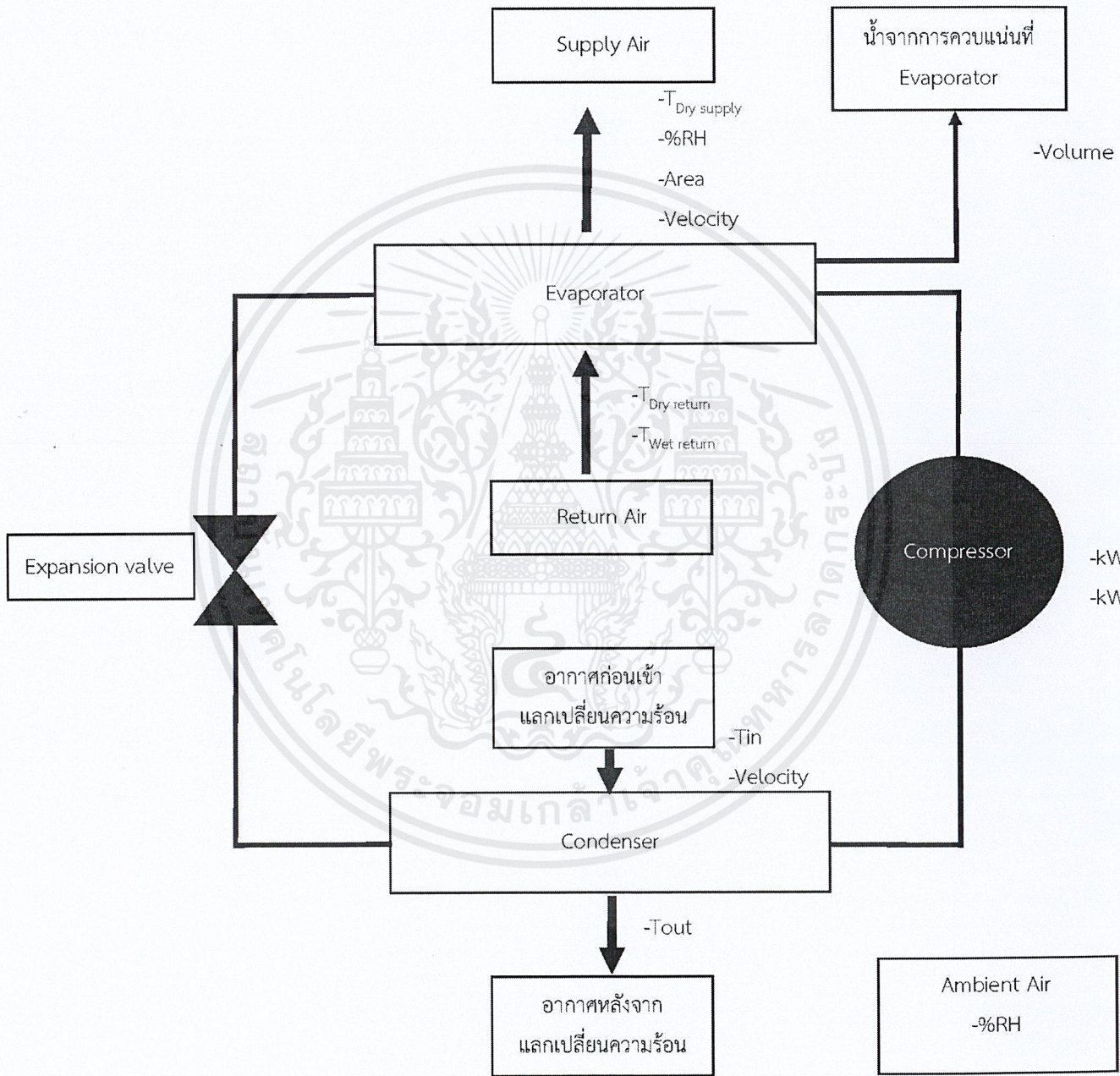
8. วัดปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ โดยใช้ถังน้ำขนาด 9 ลิตร ตวงน้ำทิ้งที่ไหลออกมาจากเครื่องปรับอากาศ จากนั้นนำไปวัดปริมาณน้ำโดยวิธีการชั่งน้ำหนักน้ำ



รูปที่ 3.8 การติดตั้งถังวัดปริมาณน้ำ บริเวณท่อน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดที่ตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆของระบบปรับอากาศแสดงดังรูปที่ 3.9 จากนั้นนำผลการตรวจวัดมาคำนวณหาค่า EER COP kW-hr และแสดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ของค่าเหล่านี้กับเวลา ผลการตรวจวัดที่ได้จะทำให้ทราบประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศที่ทำการทดลอง เพื่อใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน



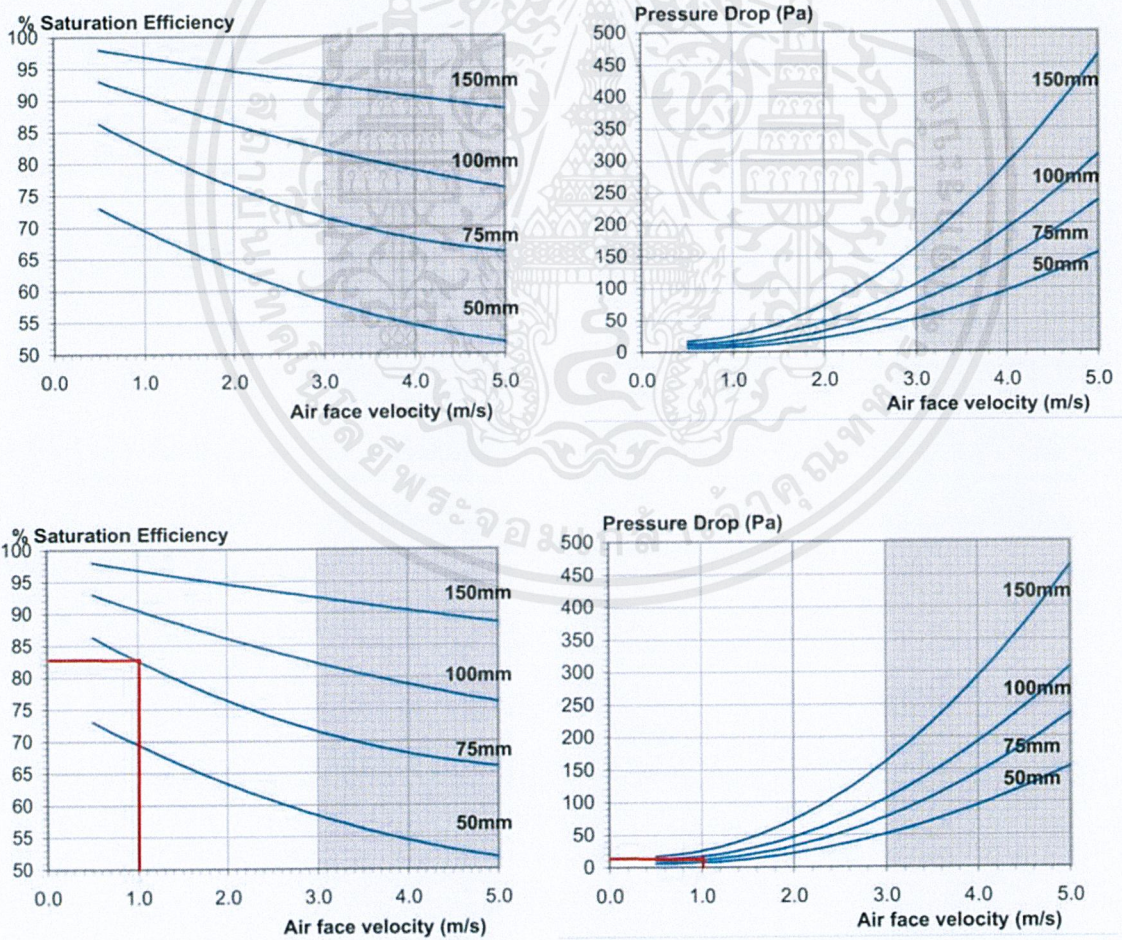
รูปที่ 3.9 แสดงจุดตรวจวัดที่บริเวณต่างๆของระบบปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ

อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ ใช้หลักการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ โครงสร้างของอุปกรณ์ แผ่นเซลล์โลส และปั้มน้ำ

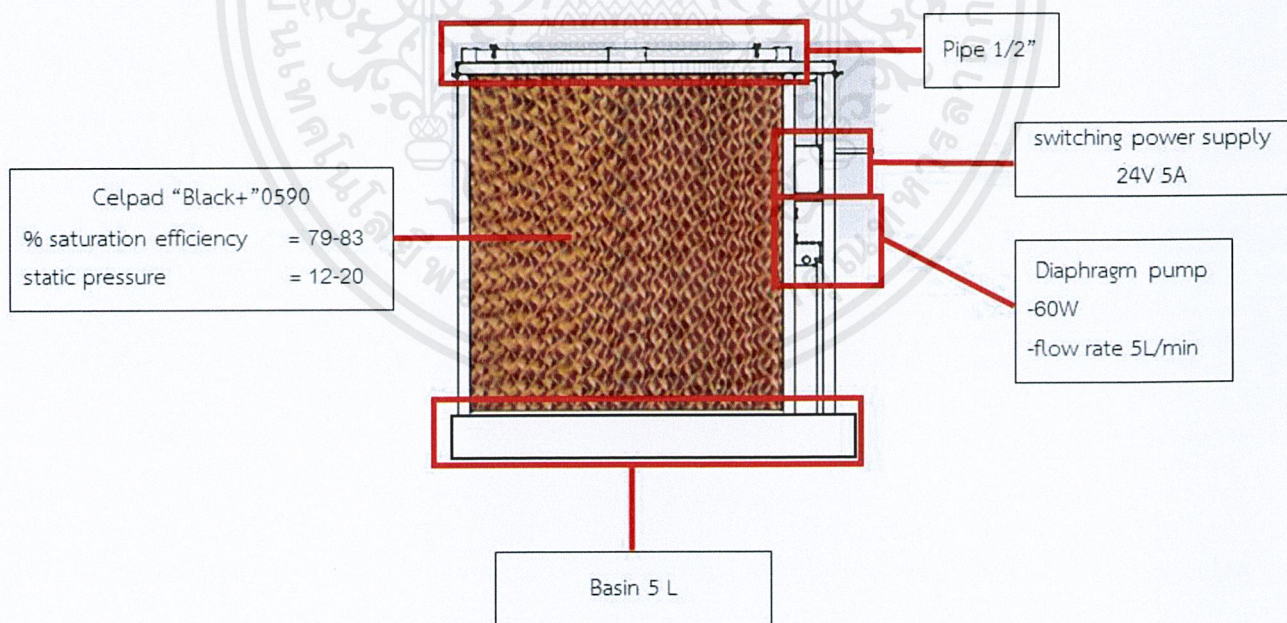
1. แผ่นเซลล์โลส จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าที่ความเร็วลม 1 m/s จะส่งผลให้แผ่นเซลล์โลสมีประสิทธิภาพการระเหยน้ำสูงที่สุดเมื่อตรวจสอบความเร็วลมหน้าคอนเดนเซอร์ด้วย Anemometer พบว่ามีความเร็วลมอยู่ในช่วง 1-1.5 m/s หากทำการติดตั้งแผ่นเซลล์โลสที่มีค่าความดันสถิตจะส่งผลให้ความเร็วลมที่ผ่านแผ่นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1 m/s ได้เมื่อปรับระยะห่างระหว่างแผ่นและคอนเดนเซอร์ จึงนำค่าความเร็วลม 1 m/s มาเลือกชนิดของแผ่นเซลล์โลสได้แผ่นชนิด celpad0590 ความหนา 75 mm ความดันสถิต 12 Pa ประสิทธิภาพการระเหยน้ำ 79% ขนาด 70cm x 75cm x 7.5cm



รูปที่ 3.10 กราฟ Performance Curved for CelPad0590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อออกแบบให้แผ่นเซลล์โพลีเมอร์มีความหนาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการระเหยน้ำดีขึ้น เพราะมีพื้นที่หน้าตัดที่ทำให้อากาศไหลผ่านน้ำเพื่อระบายความร้อนได้ดีขึ้นและมีความดันสถิตเพิ่มขึ้น แต่การมีความดันสถิตเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของพัดลมที่ Condensing Unit ต่ำลงเพราะต้องใช้แรงดูดที่มากขึ้น เพื่อเอาชนะความหนาของแผ่นเซลล์โพลีเมอร์
2. ปั๊มน้ำ จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าที่อัตราการไหลของน้ำ 0.03 kg/s หรือ 1.8 L/min แผ่นเซลล์โพลีเมอร์ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงสุด ขนาดความสูงของแผ่นเซลล์โพลีเมอร์ที่ใช้มีความสูง 75 cm จึงเลือกใช้ Diaphragm pump DC 24V Greem-03 ที่มีอัตราการไหลสูงสุด 5 L/min เฮดปั๊ม 2 m
  3. โครงสร้างของอุปกรณ์ ทำจากอลูมิเนียมฉากขนาด 1 inch x 1 inch ประกอบขึ้นตามแบบดังรูปที่ 3.11 ตัวอ่างทำด้วยรางพลาสติกขนาด 10 cm x 5 cm x 100 cm มีท่อขนาด 1/2 inch เจาะรูขนาด 3 mm ทุกๆความยาว 5 cm ของท่อ ทำหน้าที่กระจายน้ำบนแผ่นเซลล์โพลีเมอร์ ตัวปั๊มติดอยู่ด้านข้างของโครงสร้าง มีสายดูดเชื่อมลงไปยังตัวอ่าง สายจ่ายเชื่อมไปยังท่อกระจายน้ำด้านบน ปั๊มทำงานโดยมี switching power supply ทำหน้าแปลงกระแสและแรงดันไฟฟ้าจ่ายเข้าสู่ปั๊ม



รูปที่ 3.11 แบบโครงสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

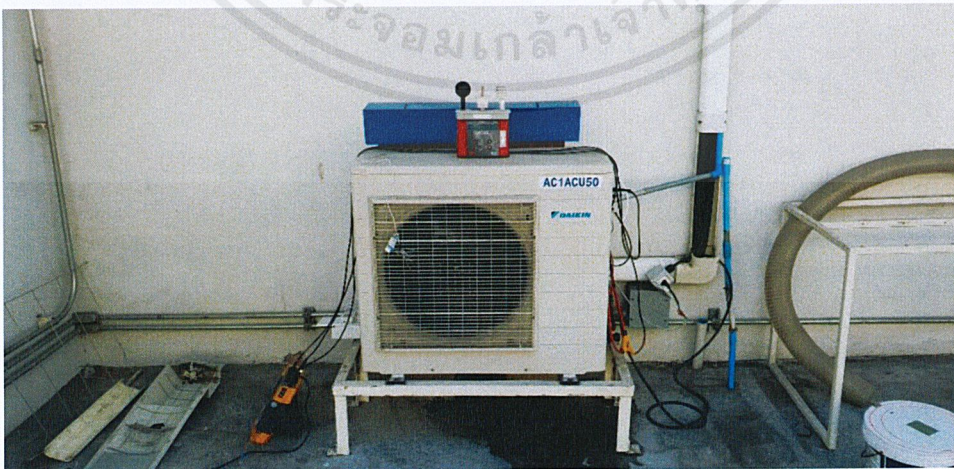
### 3.4 ติดตั้งอุปกรณ์และทำการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

เมื่อออกแบบและจัดทำอุปกรณ์ตามแบบที่วางแผนไว้จะได้อุปกรณ์ตามรูปที่ 3.12 ทำการทดสอบระบบปั้มน้ำ อัตราการไหลของน้ำ การกระจายของน้ำบนแผ่นเซลล์โลส รอยรั่วของอ่างน้ำ ก่อนนำไปติดตั้ง



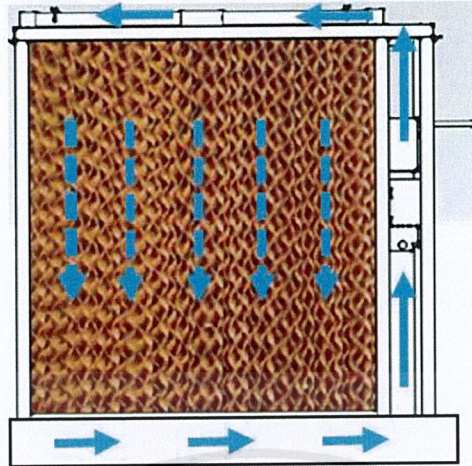
รูปที่ 3.12 การทดสอบอุปกรณ์ก่อนนำไปติดตั้ง

เมื่ออุปกรณ์พร้อมทดลอง ติดตั้งอุปกรณ์บริเวณด้านหน้าแผงคอนเดนเซอร์ดังรูปที่ 3.13 เชื่อมต่อ switching power supply เข้ากับไฟเลี้ยงคอมเพรสเซอร์เพื่อให้การทำงานของอุปกรณ์ติดต่อกับการทำงานของคอมเพรสเซอร์ กล่าวคืออุปกรณ์จะทำงานต่อเมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงาน เมื่อคอมเพรสเซอร์ดับอุปกรณ์ก็จะหยุดการทำงาน และเริ่มใหม่เมื่อคอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานอีกครั้ง เชื่อมต่อท่อน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศเข้าสู่อุปกรณ์ด้วยท่อและข้อต่อขนาด 1/2 inch เติมน้ำจนเต็มอ่างน้ำของอุปกรณ์ก่อนเริ่มทำการทดลอง



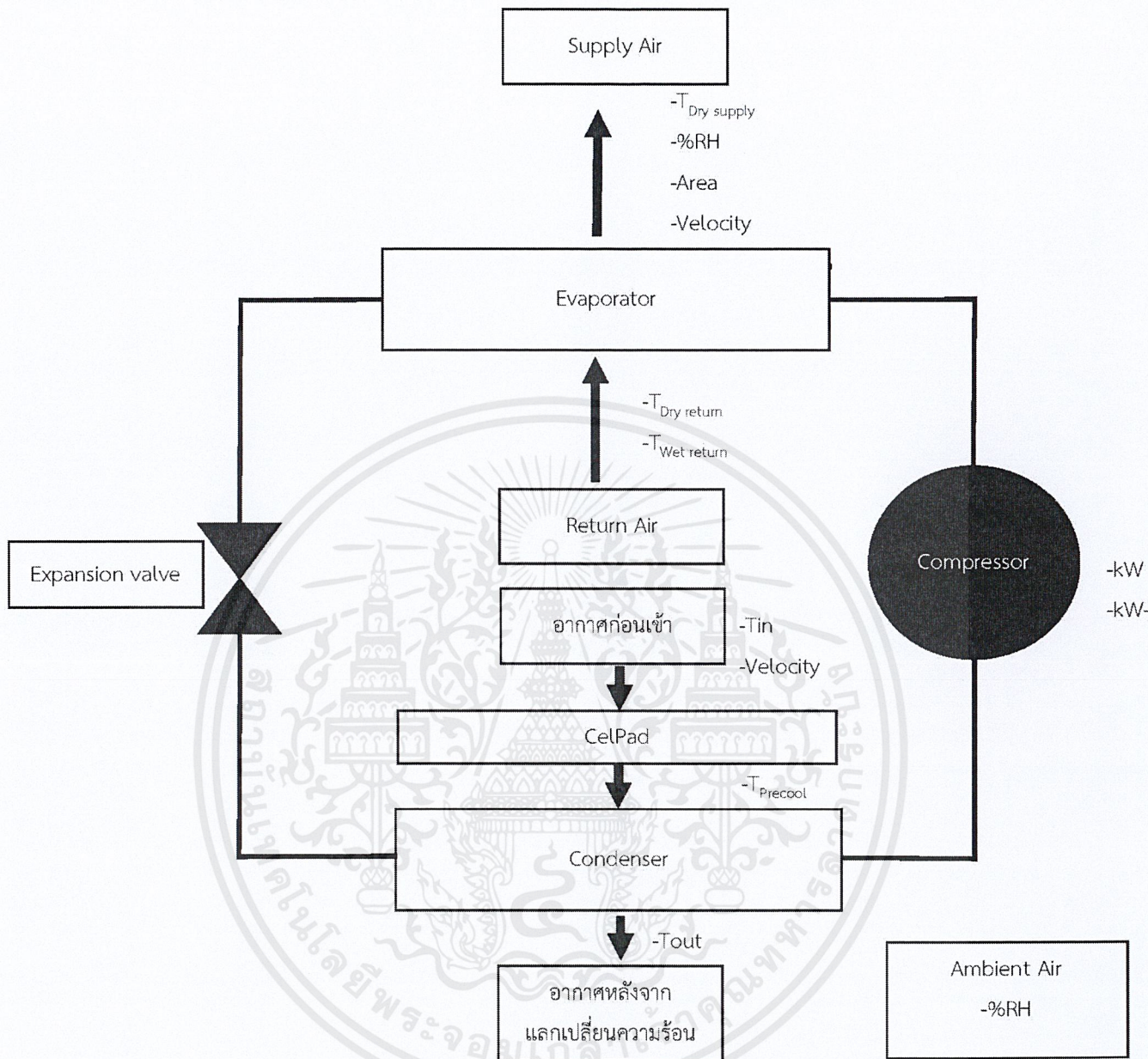
รูปที่ 3.13 การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานและการตรวจวัดประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 วงจรการทำงานของอุปกรณ์

จากรูปที่ 3.14 วงจรการทำงานของอุปกรณ์เริ่มจากปั๊มทำงานดูดน้ำจากอ่างจ่ายเข้าสู่ท่อ PVC ขนาด 1/2 inch ด้านบนเพื่อกระจายน้ำลงบนแผ่นเซลลูโลส เมื่อน้ำไหลผ่านแผ่นและแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่ไหลผ่าน น้ำจะตกลงมายังอ่างเก็บน้ำอีกครั้ง และถูกดูดหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดการทำงานของปั๊ม เมื่อระบบสูญเสียน้ำจากการระเหยของน้ำที่แผ่นเซลลูโลสจะมีการเติมน้ำจาก 2 แหล่ง คือ น้ำที่จกเครื่องปรับอากาศที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์โดยท่อ PVC และมีการเติมน้ำจากแหล่งภายนอกเพิ่มเติมเพื่อวัดปริมาณน้ำการสูญเสียของน้ำ การทดลองจะตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเช่นเดิม โดยมีการเพิ่มจุดวัดอุณหภูมิเพิ่ม 1 จุดคือ ด้านหน้าแผ่นเซลลูโลส เพื่อวัดอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่น ซึ่งจุดตรวจวัดต่างๆแสดงดังรูปที่ 3.15



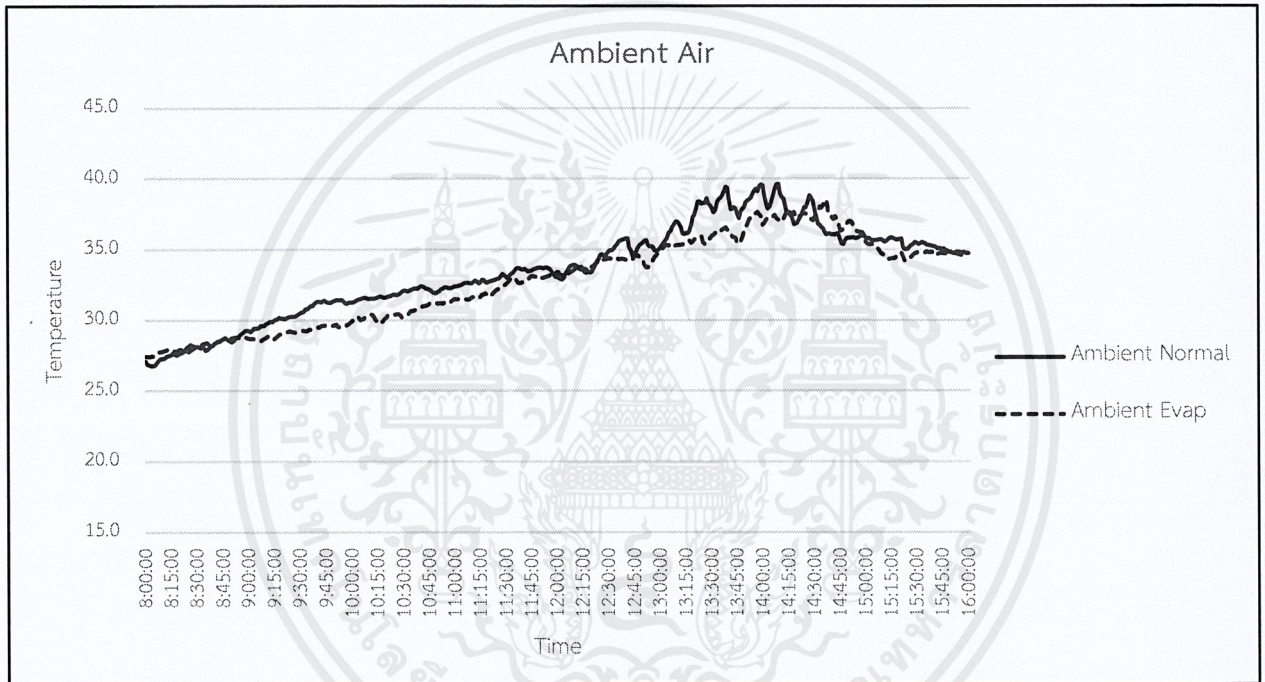
รูปที่ 3.15 แสดงจุดตรวจวัดที่บริเวณต่างๆของระบบปรับอากาศและอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและการวิเคราะห์

จากการทดลองวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน จำนวน 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00 น.–16.00 น. โดยตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 24 °C ผลการทดลองจะเปรียบเทียบค่า COP EER โดยเฉลี่ยทุกๆ 15 นาที และค่า kW-hr ตลอดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ในสถานะที่อุณหภูมิแวดล้อมบริเวณคอนเดนเซอร์มีความใกล้เคียงกันดังรูปที่ 4.1



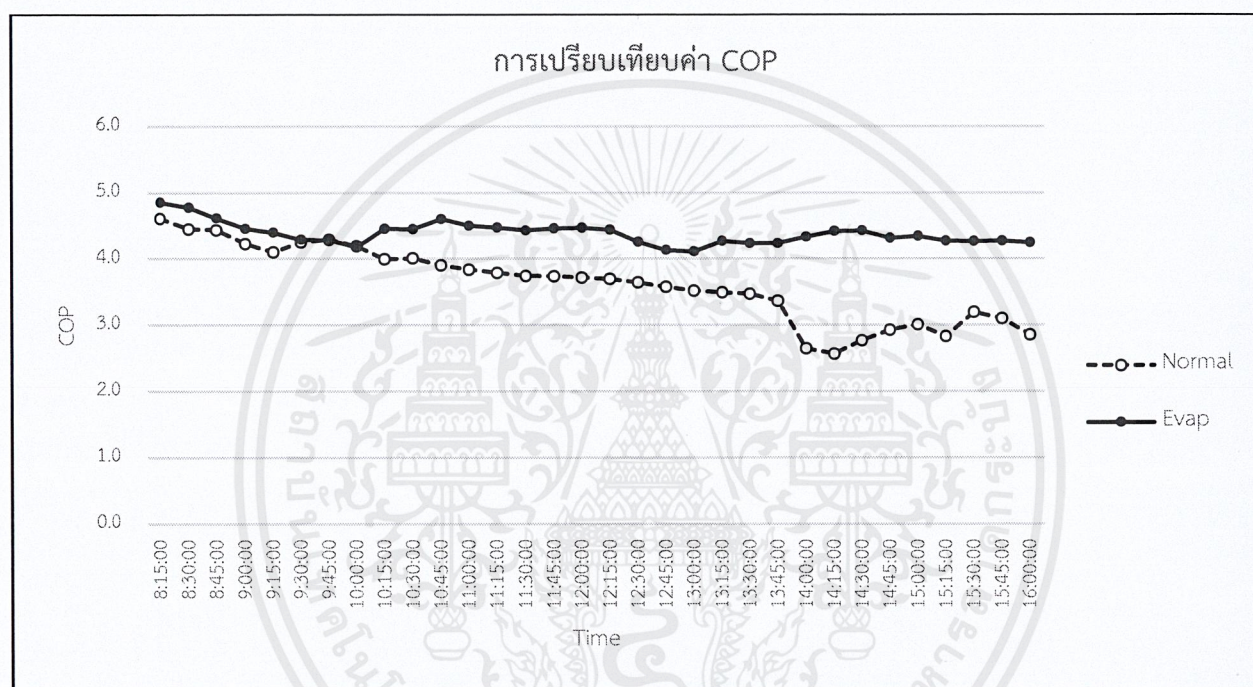
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ณ เวลาเปิดทำงานเครื่องปรับอากาศ 8.00 น.–16.00 น.

#### 4.1 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (COP)

จากผลการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP) ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.6 เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศสามารถวัดค่า COP เฉลี่ยได้เท่ากับ 4.4 ดังรูปที่ 4.2 หากเปรียบเทียบในช่วงเวลาเดียวกันจะพบว่าค่า COP หลังการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมีค่าต่างจากก่อนติดตั้งเล็กน้อย ในบางช่วงเวลามีค่าที่ใกล้เคียงกัน เช่น เวลา 8.00 น.–10.30 น. ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากในช่วงเวลานี้มีผลต่างของอุณหภูมิเกาะเปียะเปียก และอุณหภูมิเกาะเปียะแห้งที่น้อยดังแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาคผนวก ก รูปที่ ก.2 ทำให้แผ่นเซลล์โฟลตลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าไประบายความร้อนได้ไม่ต่ำพอ จึงทำให้ในช่วงเวลานี้ยังไม่เห็นผลต่างที่ชัดเจนของค่า COP แต่พบว่าเมื่อค่าของอุณหภูมิเกาะเปาะเป็ยก และอุณหภูมิเกาะแห้งมีผลต่างที่มากขึ้น ตั้งแต่ช่วงเวลา 10.30 น. เป็นต้นไป ค่าของ COP จะมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้น กว่าก่อนติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานอย่างชัดเจน ดังนั้นจากการทดลองนี้ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้น 0.8 คิดเป็น 22.22 %

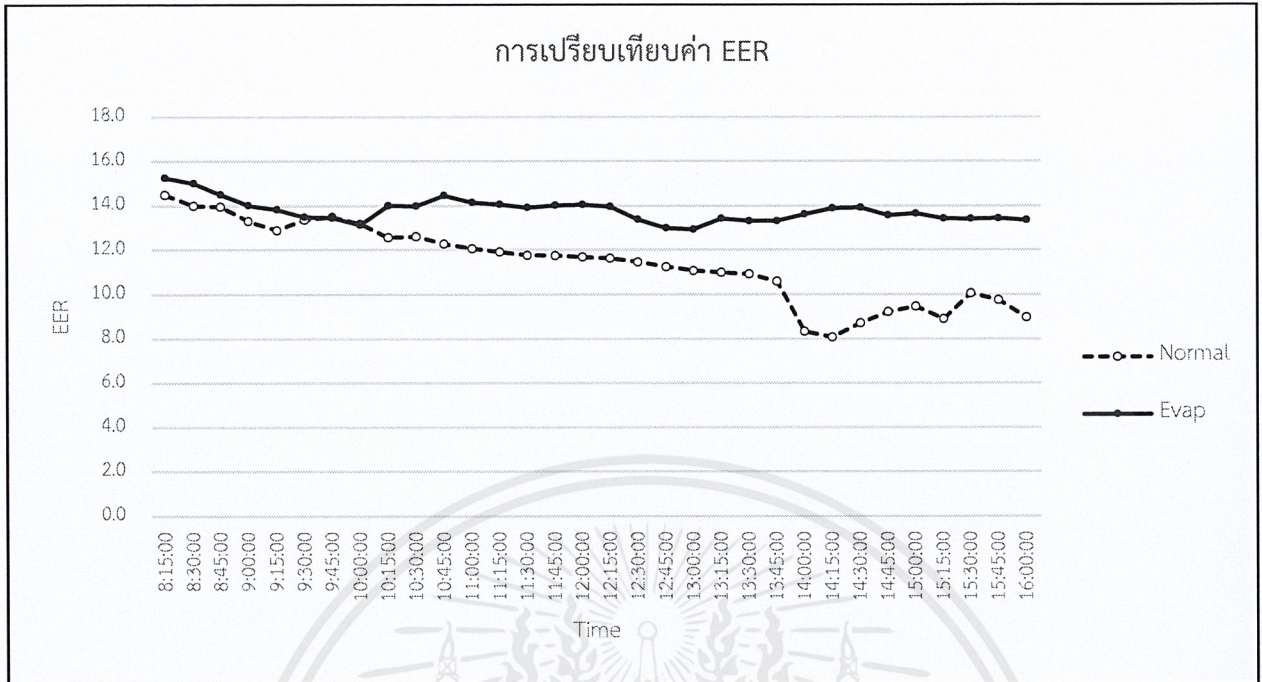


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ ณ เวลาเปิดทำงานเครื่องปรับอากาศ 8.00 น.-16.00 น.

#### 4.2 การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

ผลของค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER) จะแปรผันตามค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ พบว่าก่อนติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศมีค่า EER เฉลี่ยเท่ากับ 11.4 เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์สามารถวัดค่า EER เฉลี่ยได้เท่ากับ 13.8 หากเปรียบเทียบในช่วงเวลาเดียวกันจะพบว่าค่า EER ของการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานจะมีค่ามากกว่าซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกับค่า COP มีเพียงช่วงเวลา 8.00 น.-10.30 น. ที่มีค่าใกล้เคียงกันดังรูปที่ 4.3 การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพพลังงาน ของเครื่องปรับอากาศเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้น 2.4 คิดเป็น 21.05 %

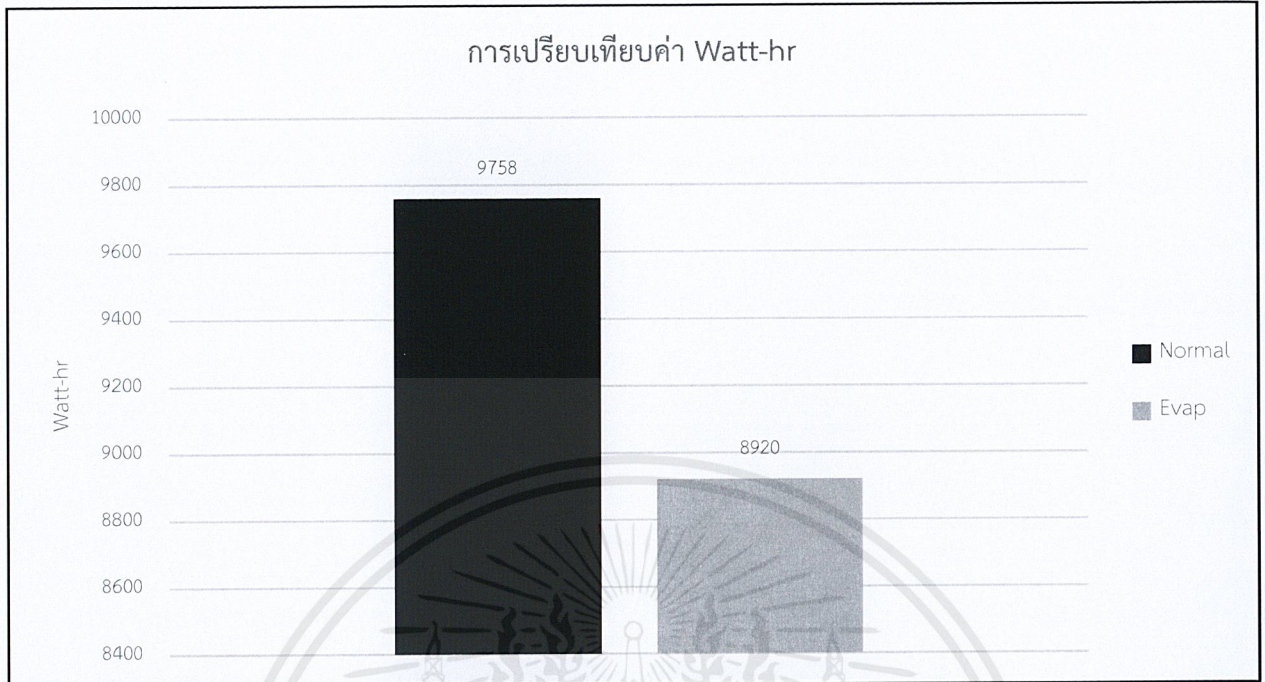
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพพลังงาน ณ เวลาเปิดทำงานเครื่องปรับอากาศ 8.00 น.-16.00 น.

#### 4.3 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ (kW-hr)

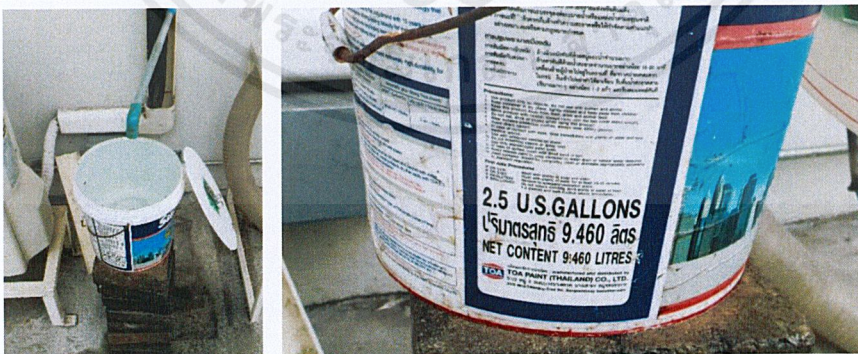
ผลการทดลองพบว่าเครื่องปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เนื่องจากพฤติกรรมการทำงานของส่วนที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดอย่างคอมเพลสเซอร์ที่มีการตัดต่อหรือหยุดการทำงานบ่อยครั้งขึ้น ซึ่งอาจเป็นต่อผลเนื่องมาจากการที่คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนได้ดีขึ้นทำให้สารทำความเย็นที่ไหลผ่านระบบเข้าสู่อีแวปอเรเตอร์รับความร้อนและระเหยเป็นไอได้ดีกว่าเดิม จึงทำให้อุณหภูมิที่จ่ายเข้าสู่ห้องถึงค่า Set Point (24 °C) ที่ตั้งไว้ คอมเพลสเซอร์จึงเกิดการตัดต่อ หยุดการทำงานต่างจากก่อนติดตั้งอุปกรณ์ที่มีการทำงานของคอมเพลสเซอร์อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานทำให้จากเดิมเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ 9.76 kW-hr ลดลงเหลือ 8.92 kW-hr ซึ่งจะเห็นได้ว่าสามารถประหยัดพลังงานลงได้ 0.84 kW-hr คิดเป็น 8.6 %



รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า Watt-hr

#### 4.4 ปริมาณน้ำที่ระเหยไปจากแผ่นเซลล์สุริยะ

จากการวัดปริมาณน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศก่อนติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานจำนวน 4 ครั้ง โดยใช้วิธีชั่งน้ำหนักน้ำจากถังตวง เริ่มวัดตั้งแต่วันที่ 8.00 น.-16.00 น. ( 8 ชั่วโมง ) พบว่ามีน้ำทิ้งที่ไหลออกจากระบบประมาณ 8-9 L



รูปที่ 4.5 แสดงการวัดปริมาณทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานและเชื่อมต่อกับท่อน้ำทิ้งพบว่าแผ่นเซลล์สุริยะมีความต้องการน้ำเติมเข้ามาจากแหล่งภายนอกอีกจำนวน 40-50 L ตลอดช่วงการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของระบบลง 0.84 kW-hr คิดเป็น 8.6 % ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (COP) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น 0.8 คิดเป็น 22.22 % และค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น 2.4 คิดเป็น 21.05 % อุปกรณ์ต้องการน้ำหมุนเวียนในระบบประมาณ 50-60 L ต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ห้องที่ทำการทดลองเป็นห้องที่มีภาระการทำความเย็นค่อนข้างมาก เนื่องจากมีการเปิด-ปิดของประตูและมีคนเข้า-ออก อยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้อยู่ในกรณีของห้องที่มีภาระหนักอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการทดลองต่อไปควรทำในกรณีห้องที่ภาระไม่มาก เช่น ออฟฟิศสำนักงาน ห้องคอนโทรลไฟฟ้า เป็นต้น

2. แผ่นเซลล์โลส มีประสิทธิภาพการระเหยน้ำที่ค่อนข้างสูงทำให้การใช้น้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการนำน้ำมาหมุนเวียนในระบบ โดยระบบมีความต้องการใช้น้ำจากแหล่งภายนอกประมาณ 40 -50 L/day ในกรณีที่คอมเพลสเซอร์ มีการตัดต่อน้อยครั้งระบบจะสูญเสียน้ำมากเนื่องจากระบบมีการทำงานตลอดเวลา หากต้องการให้ระบบสูญเสียน้ำน้อยลงอาจจะออกแบบให้ระบบทำงานเฉพาะช่วงโดยใช้ตัวแปรบางค่ามากำหนดช่วงการทำงาน เช่น %RH , Ambient Air Temperature , Time เป็นต้น

3. ป้อนน้ำที่ใช้ในการทดลองมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ค่อนข้างมาก ควรปรับมาใช้ป้อนที่ใช้พลังงานน้อยและให้อัตราการไหลที่เท่าเดิมได้

4. พื้นที่การติดตั้งแผ่นเซลล์โลสควรครอบคลุมแผงคอนเดนเซอร์ ในทุกๆพื้นที่เพื่อให้เกิดการระบายความร้อนที่เต็มประสิทธิภาพ เพราะอุปกรณ์ที่ออกแบบและใช้ทำการทดลองมีพื้นที่การติดตั้งเพียงส่วนใหญ่ (ประมาณ 70 %) ของแผงคอนเดนเซอร์เท่านั้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] อีร์ฟงค์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ .(2555). การลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนะระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยการใช้ PVC Filling ( The Performance Enhancement of Split Type Air Conditioning System by Decreasing Temperature Before Inlet Condensing Unit Using PVC Filling )
- [2] อีร์ฟงค์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ .(2556). การเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ (Efficiency Enhancement for Split Type Air Conditioning Systems by Decreasing Condensing Unit Temperature)วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 , 57-64
- [3] สมชาย มณีวรรณ และชัยวัฒน์ ยิ้มช่าง .(2550). การศึกษาแผ่นเซลล์กระดาษสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย (The Study of CelPad from Mulberry Paper for Evaporative Cooling)วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 30 ฉบับที่ 3 , 523-536
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน . คู่มือฝึกอบรมการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน , บทที่ 5
- [5] R.S.Khurmi and J.K. Gupta, “A Textbook of Refrigeration and Air Conditioning”, 1st Edition, S.Chand & Company, Ltd., 2009
- [6] C.P. Arora, “Refrigeration and Air Conditioning”, 3rd ed., McGrawHill International, 2009
- [7] Electropaedia , 2561. [ออนไลน์]. Available: [https://www.mpoweruk.com/heat\\_engines.htm](https://www.mpoweruk.com/heat_engines.htm)
- [8] ชัยวัฒน์ ยิ้มช่าง, “มารู้จักระบบการทำความเย็นแบบระเหย (evaporative cooling) กันเถอะ” , [ออนไลน์]. Available: <https://tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/25459/21632>
- [9] energyauditorthai , 2561. [ออนไลน์]. Available: <http://energyauditorthai.com/download/03-คู่มือฝึกอบรมหลักสูตร>
- [10] Evaporative cooling system CelPad , 2561. [ออนไลน์]. Available: <http://www.cosmoindus.com/HuTek%20CeLPad%20Catalogue.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

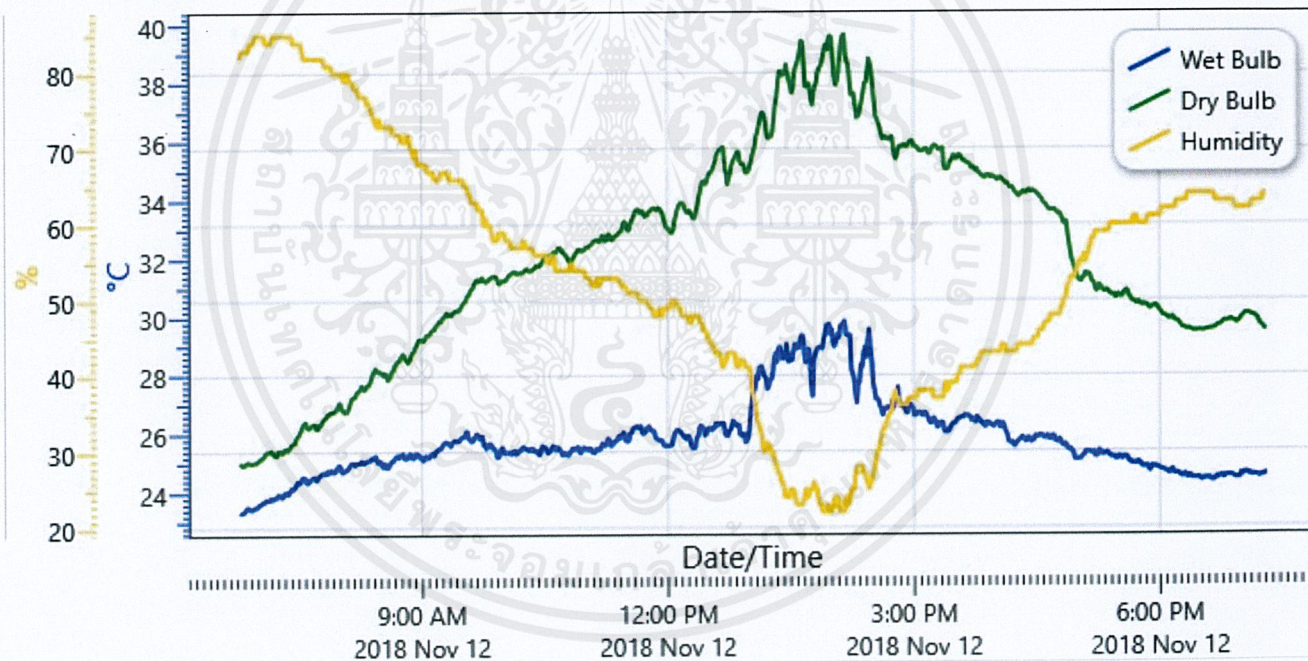
### ตารางข้อมูลผลการทดลองตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

ข้อมูลค่าอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ บริเวณคอนเดนเซอร์

ผลจากการเก็บข้อมูลด้วยเครื่อง Thermal Environmental Monitor วัดค่าอุณหภูมิกะเปาะเปียก กะเปาะแห้ง และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ค่าก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานแสดงดังรูปที่ ก.1 หลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานแสดงดังรูปที่ ก.2

#### Logged Data Chart

2018\_11\_12 TEN020026 - 31: Logged Data Chart

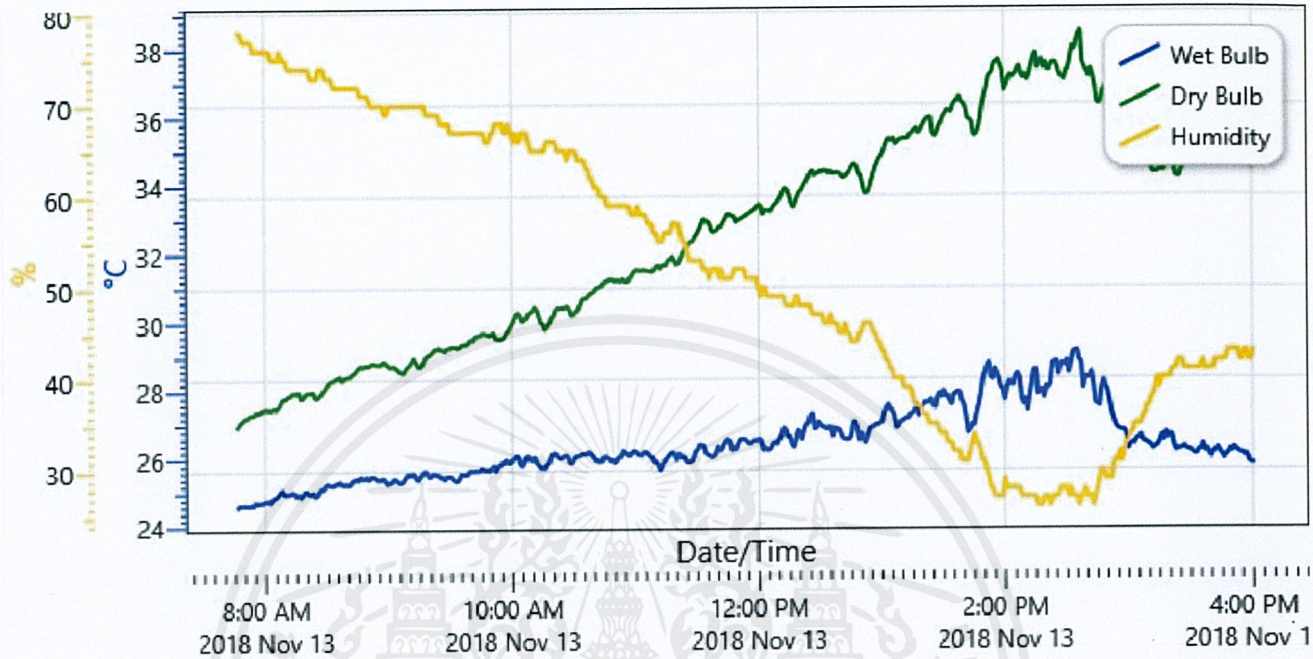


รูปที่ ก.1 อุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ บริเวณคอนเดนเซอร์ ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Logged Data Chart

2018\_11\_13 TEN020026 - 32: Logged Data Chart



รูปที่ ก.2 อุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ บริเวณคอนเดนเซอร์ หลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

### ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (COP)

ผลจากการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (8.00 น.-16.00 น.) แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP) ทุกๆ 15 นาที ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานดังตารางที่ ก.1 ตารางที่ ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP) ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

เวลา	COP <sub>avg</sub> ก่อนติดตั้ง(Normal)	COP <sub>avg</sub> หลังติดตั้ง (Evap)
8:15:00	4.6	4.9
8:30:00	4.5	4.8
8:45:00	4.4	4.6
9:00:00	4.2	4.5
9:15:00	4.1	4.4
9:30:00	4.3	4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	COP <sub>avg</sub> ก่อนติดตั้ง (Normal)	COP <sub>avg</sub> หลังติดตั้ง (Evap)
9:45:00	4.3	4.3
10:00:00	4.2	4.2
10:15:00	4.0	4.5
10:30:00	4.0	4.4
10:45:00	3.9	4.6
11:00:00	3.8	4.5
11:15:00	3.8	4.5
11:30:00	3.7	4.4
11:45:00	3.7	4.5
12:00:00	3.7	4.5
12:15:00	3.7	4.4
12:30:00	3.6	4.3
12:45:00	3.6	4.1
13:00:00	3.5	4.1
13:15:00	3.5	4.3
13:30:00	3.5	4.2
13:45:00	3.4	4.2
14:00:00	2.6	4.3
14:15:00	2.6	4.4
14:30:00	2.8	4.4
14:45:00	2.9	4.3
15:00:00	3.0	4.3
15:15:00	2.8	4.3
15:30:00	3.2	4.3
15:45:00	3.1	4.3
16:00:00	2.9	4.2
เฉลี่ย	3.6	4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข้อมูลค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

ผลจากการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (8.00 น.-16.00 น.) แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ทุกๆ 15 นาที ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานดังตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.2 ค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

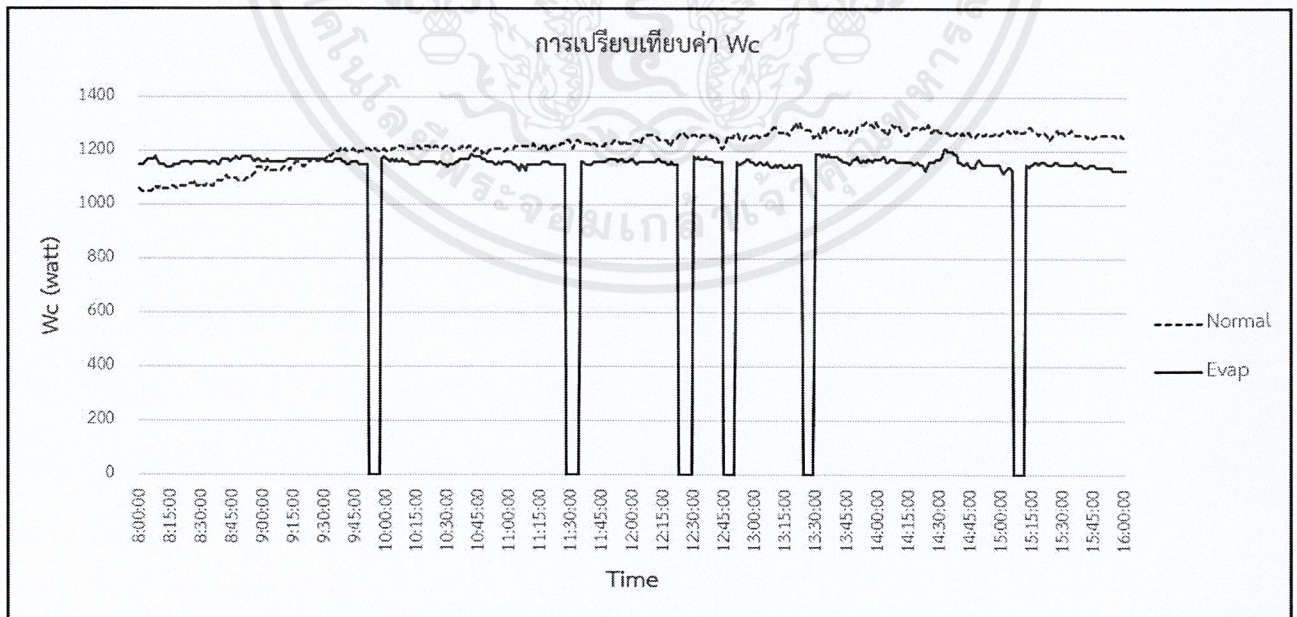
เวลา	EER <sub>avg</sub> ก่อนติดตั้ง (Normal)	EER <sub>avg</sub> หลังติดตั้ง (Evap)
8:15:00	14.5	15.3
8:30:00	14.0	15.0
8:45:00	13.9	14.5
9:00:00	13.3	14.0
9:15:00	12.9	13.8
9:30:00	13.4	13.5
9:45:00	13.5	13.5
10:00:00	13.2	13.1
10:15:00	12.6	14.0
10:30:00	12.6	14.0
10:45:00	12.3	14.5
11:00:00	12.1	14.1
11:15:00	11.9	14.1
11:30:00	11.8	13.9
11:45:00	11.8	14.0
12:00:00	11.7	14.0
12:15:00	11.6	13.9
12:30:00	11.5	13.4
12:45:00	11.2	13.0
13:00:00	11.1	12.9
13:15:00	11.0	13.4
13:30:00	10.9	13.3
13:45:00	10.6	13.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	EER <sub>avg</sub> ก่อนติดตั้ง (Normal)	EER <sub>avg</sub> หลังติดตั้ง (Evap)
14:00:00	8.3	13.6
14:15:00	8.1	13.9
14:30:00	8.7	13.9
14:45:00	9.2	13.6
15:00:00	9.5	13.6
15:15:00	8.9	13.4
15:30:00	10.0	13.4
15:45:00	9.7	13.4
16:00:00	9.0	13.3
เฉลี่ย	11.4	13.8

### ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ

ผลจากการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้า Power Quality Analyzers เป็นเวลา 8 ชั่วโมง (8.00 น.-16.00 น.) แสดงพฤติกรรมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ดังรูปที่ ก.3 โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน



รูปที่ ก.3 การเปรียบเทียบค่า Wc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงข้อมูลพลังงานที่คอมเพลกซ์เซอร์ใช้ไป โดยทำการเฉลี่ยค่าทุกๆ 15 นาที และพลังงานรวมของระบบดังตารางที่ ก.3

ตารางที่ ก.3 งานที่คอมเพลกซ์เซอร์ใช้ และพลังงานรวมของระบบ

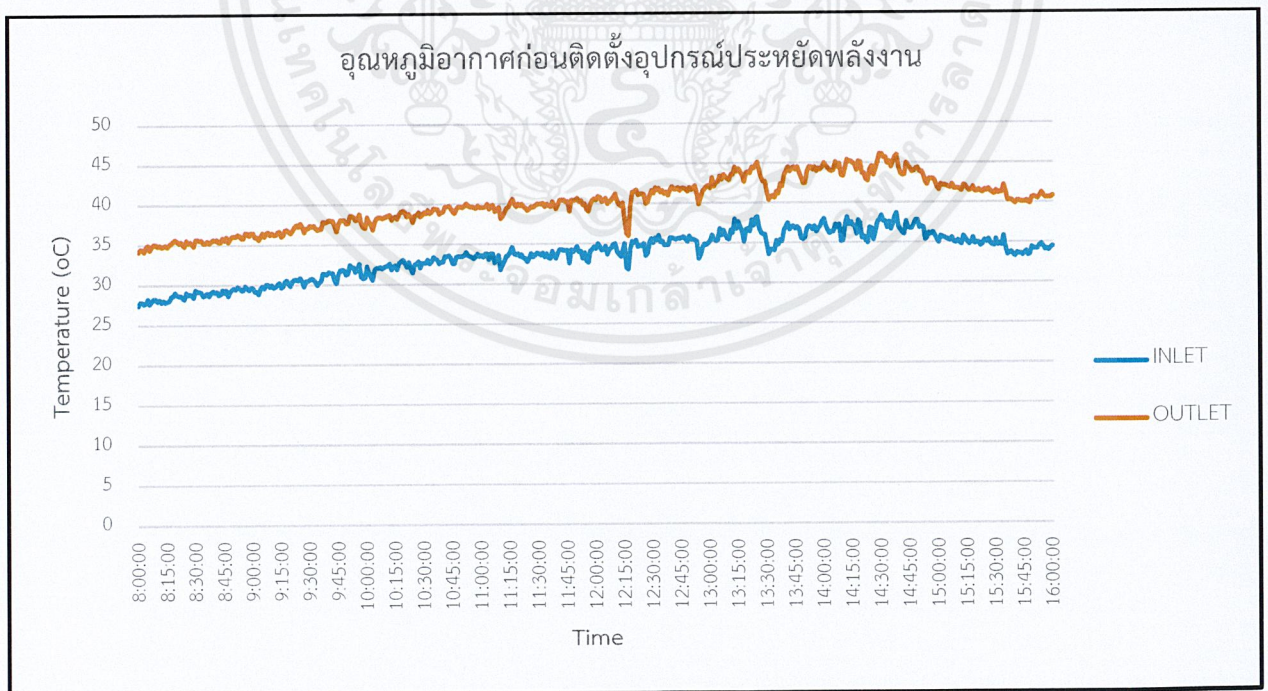
เวลา	ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน		หลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน	
	Wc <sub>avg</sub>	kW-hr	Wc <sub>avg</sub>	kW-hr
8:15:00	1058	265	1156	289
8:30:00	1074	533	1156	578
8:45:00	1087	805	1161	869
9:00:00	1109	1083	1172	1162
9:15:00	1135	1367	1163	1453
9:30:00	1160	1657	1170	1745
9:45:00	1197	1956	1161	2035
10:00:00	1203	2257	1159	2266
10:15:00	1212	2560	1160	2556
10:30:00	1215	2863	1156	2845
10:45:00	1211	3166	1169	3137
11:00:00	1205	3467	1161	3427
11:15:00	1217	3771	1147	3714
11:30:00	1224	4077	1153	3956
11:45:00	1227	4384	1156	4233
12:00:00	1233	4692	1166	4524
12:15:00	1247	5004	1161	4814
12:30:00	1249	5316	1156	5045
12:45:00	1247	5628	1168	5324
13:00:00	1253	5941	1159	5568
13:15:00	1269	6259	1149	5855
13:30:00	1280	6579	1151	6085
13:45:00	1277	6898	1177	6380
14:00:00	1292	7221	1166	6671

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน		หลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน	
	Wc <sub>avg</sub>	kW-hr	Wc <sub>avg</sub>	kW-hr
14:15:00	1280	7540	1165	6963
14:30:00	1285	7862	1155	7251
14:45:00	1267	8178	1177	7545
15:00:00	1263	8494	1150	7833
15:15:00	1276	8813	1139	8059
15:30:00	1265	9129	1155	8348
15:45:00	1261	9444	1149	8636
16:00:00	1257	9758	1135	8920

**ข้อมูลอุณหภูมิที่แผ่นเซลล์โซลาร์สามารถลดได้**

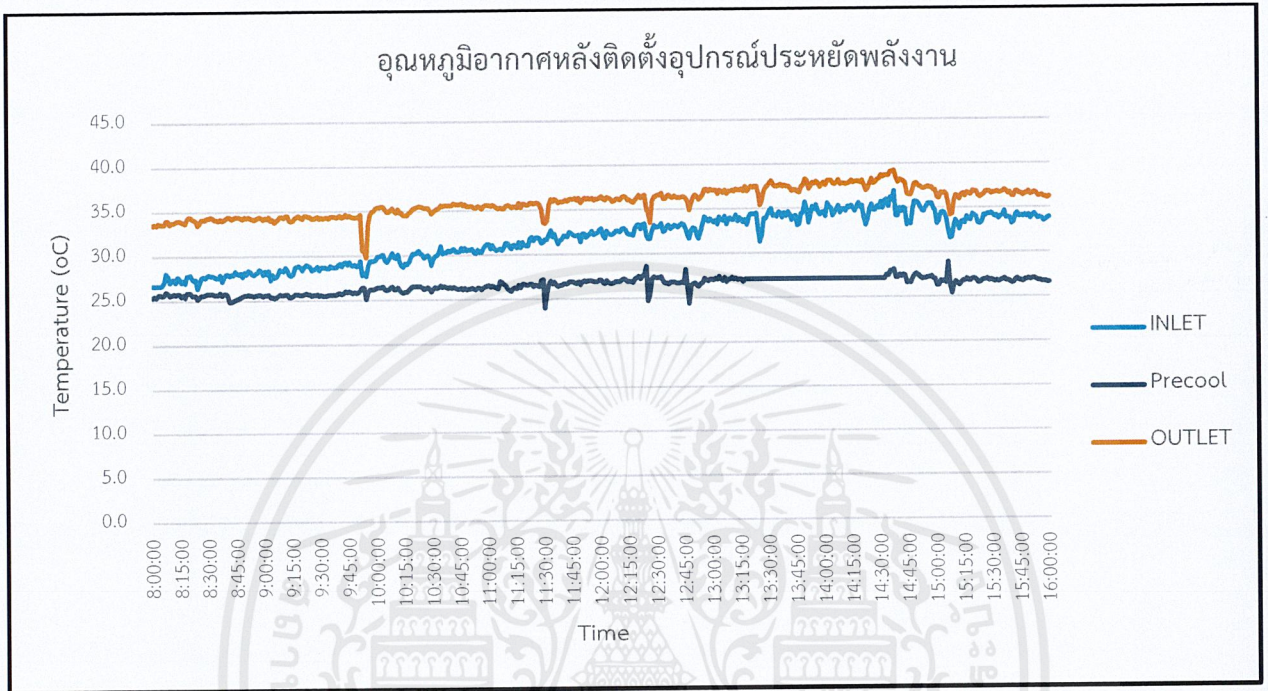
จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของอากาศก่อนทำการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน ด้วยเครื่องมือ Thermo Recorder แสดงอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าไประบายความร้อน(INLET) และอุณหภูมิของอากาศหลังจากแลกเปลี่ยนความร้อนจากคอนเดนเซอร์(OUTLET) ดังรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 กราฟแสดงผลต่างของอุณหภูมิอากาศก่อนและหลังแลกเปลี่ยนความร้อนกับคอนเดนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานทำการเก็บข้อมูลอีกครั้งด้วยเครื่องมือวัดชนิดเดิม แสดงอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าไประบายความร้อน(INLET) อุณหภูมิอากาศหลังแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่แผ่นเซลล์โลส(Precool) และอุณหภูมิของอากาศหลังจากแลกเปลี่ยนความร้อนจากคอนเดนเซอร์(OUTLET) ดังรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.5 กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศเมื่อผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ส่วนต่างๆบริเวณคอนเดนเซอร์

## ภาคผนวก ข

### ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่า COP ที่เพิ่มขึ้น

$$\text{เปอร์เซ็นต์ COP ที่เพิ่มขึ้น} = \left[ \frac{\text{COP หลังติดตั้งอุปกรณ์}}{\text{COP ก่อนติดตั้งอุปกรณ์}} \times 100 \right] - 100$$

เมื่อ COP ก่อนติดตั้งอุปกรณ์มีค่าเท่ากับ 3.6

COP หลังติดตั้งอุปกรณ์มีค่าเท่ากับ 4.4

ผลต่างของค่า COP ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ มีค่า  $4.4 - 3.6 = 0.8$

แทนค่าลงในสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ COP ที่เพิ่มขึ้น} = \left[ \frac{4.4}{3.6} \times 100 \right] - 100$$

จะได้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ COP ที่เพิ่มขึ้น} = 22.22 \%$$

ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(COP) มีค่าสูงขึ้น 0.8 คิดเป็น 22.22 %

ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่า EER ที่เพิ่มขึ้น

$$\text{เปอร์เซ็นต์ EER ที่เพิ่มขึ้น} = \left[ \frac{\text{EER หลังติดตั้งอุปกรณ์}}{\text{EER ก่อนติดตั้งอุปกรณ์}} \times 100 \right] - 100$$

เมื่อ EER ก่อนติดตั้งอุปกรณ์มีค่าเท่ากับ 11.4

EER หลังติดตั้งอุปกรณ์มีค่าเท่ากับ 13.8

ผลต่างของค่า EER ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ มีค่า  $13.8 - 11.4 = 2.4$

แทนค่าลงในสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ EER ที่เพิ่มขึ้น} = \left[ \frac{13.8}{11.4} \times 100 \right] - 100$$

จะได้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ EER ที่เพิ่มขึ้น} = 21.05 \%$$

ดังนั้น ค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER) มีค่าสูงขึ้น 2.4 คิดเป็น 21.05 %

ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าพลังงานรวมของระบบ(kW-hr) ที่ลดลง

$$\text{เปอร์เซ็นต์พลังงานรวมของระบบที่ลดลง} = \left[ \frac{\text{kW-hr หลังติดตั้งอุปกรณ์}}{\text{kW-hr ก่อนติดตั้งอุปกรณ์}} \times 100 \right] - 100$$

เมื่อ พลังงานรวมของระบบก่อนติดตั้งอุปกรณ์มีค่าเท่ากับ 9.76 kW-hr

พลังงานรวมของระบบหลังติดตั้งอุปกรณ์มีค่าเท่ากับ 8.92 kW-hr

ผลต่างของค่า kW-hr ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ มีค่า  $9.76 - 8.92 = 0.84$  kW-hr

แทนค่าลงในสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์พลังงานรวมของระบบที่ลดลง} = \left[ \frac{8.92}{9.76} \times 100 \right] - 100$$

จะได้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ kW-hr ที่ลดลง} = 8.6 \%$$

ดังนั้น ค่าพลังงานรวมของระบบ(kW-hr) มีค่าลดลง 0.84 คิดเป็น 8.6 %

