สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเมื่อใช้คอนเดนซิ่งยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยอากาศและการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

นายพนิต วัฒนศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

PERFORMNANCE OF AN AIR CONDITIONER USING INTERMITTENT SPRAY AIR COOLED CONDENSING UNIT

Mr. Panit Watthanasri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเมื่อใช้คอนเดนซิ่งยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยอากาศและการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ
โดย	นายพนิต วัฒนศรี
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ศาสตราภิชาน ทวี เวชพฤติ)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา)

…… กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. วัฒนา ศรีวาจนะ)

พนิต วัฒนศรี : สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเมื่อใช้คอนเดนซิ่งยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยอากาศและการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ. (PERFORMANCE OF AN AIR CONDITIONER USING INTERMITTENT SPRAY AIR COOLED CONDENSING UNIT) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา , 102 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ในสถานที่ใช้งานจริง เมื่อมีและไม่มีการติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำแบบเป็นระยะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู/ชม. และ 25,000 บีทียู/ชม. จากการทดลองในสถานที่ใช้งานจริงพบว่าชุดพ่นละอองน้ำที่ตั้งเวลาการพ่นละอองน้ำไว้ที่ประมาณ 4 วินาทีต่อนาที ให้ผลที่ดี กล่าวคือ ปริมาณการพ่นน้ำดังกล่าวไม่ทำให้เกิดการเปียกแฉะ และสามารถลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลงได้พอสมควร การทดลองการใช้งานแบบต่อเนื่องกระทำโดยการบันทึกข้อมูลต่างๆของการทดลองเป็นรายชั่วโมง เป็นประจำทุกวัน โดยจะเปิดใช้ชุดพ่นละอองน้ำ วันเว้นวัน วันใดเปิดใช้เครื่องพ่นละอองน้ำ ข้อมูลชุดดังกล่าวก็จะเป็นข้อมูลแบบเมื่อมีการใช้ชุดพ่นละอองน้ำ วันใดปิดเครื่องพ่นละอองน้ำ ข้อมูลในวันนั้นก็จะเป็นชุดข้อมูลของเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา

จากผลการทดลองพบว่าสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตที่ติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะมีสมรรถนะดีกว่าคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดา โดยภายใน 1 วันเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 บีทียู/ชม. สามารถลดกำลังไฟฟ้าลงได้ 3-12% และมีการใช้น้ำตั้งแต่ 31 – 34 ลิตรต่อวัน ส่วนเครื่องปรับอากาศขนาด 25,000 บีทียู/ชม. สามารถลดกำลังไฟฟ้าลงได้ 5-7 % และมีการใช้น้ำตั้งแต่ 47 – 54 ลิตรต่อวัน

ภาควิชา....วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา..วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา .....2554.....

5170396521 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING
KEYWORDS : AIR CONDITIONERS / CONDENSER / INTERMITTENT SPRAY

PANIT WATTHANASRI : PERFORMANCE OF AN AIR CONDITIONER USING INTERMITTENT SPRAY AIR COOLED CONDENSING UNIT.
ADVISOR : ASST.PROF. TUL MANEWATTANA, Ph.D., 102 pp.

This research was conducted to compare the performance of a typical split type air conditioning unit installed with and without the intermittent spray unit with either 18,000 Btu/hr or 25,000 Btu/hr split type air conditioning units in an actual use. From the experiment, the spraying time of four seconds per one minute provides the best results, i.e., the quantity of water is not too much because of the water has enough time to evaporate, and the power consumption of the air conditioning unit is reduced in a satisfactory degree. The continuous experiment for many days and all day long was setup to record all the required parameters. The experiment with and without the intermittent spray unit was perform on the same air conditioning unit by turning the spray unit on or off alternately. On the day that the spray unit was turned on, the data records were the data with the spray unit, and vice versa. When the experimental period is long enough, the caparisoned results would be obtained.

The results show that performance of an air conditioner using intermittent spray air cooled condensing unit is more efficient than air cooled condensing unit. The air conditions with 18,000 Btu/hr split type air conditioning unit reduces power input be 3-12 % in 1 day. This condensing unit used water from 31-34 liters per day. The air conditions with 25,000 Btu/hr split type air conditioning unit reduces power input be 5-7 %. Also, this condensing unit used water from 47 - 54 liters per day.

Department : Mechanical Engineering Student's Signature .....
Field of Study : Mechanical Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year : 2011

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวัฒนาอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาให้ความรู้ความเข้าใจ แนะแนวทางในการแก้ปัญหาและคำแนะนำต่างๆจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ฤชากร จิรกาลวสาน และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตติน แตงเที่ยง ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทดลอง

ขอบคุณพี่ๆวิศวกรประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และเพื่อนๆทุกคน สำหรับความช่วยเหลืออุปกรณ์ คำแนะนำ และความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา ซึ่งอบรมสั่งสอนและครอบครัวซึ่งคอยเป็นกำลังใจ และให้ความสนับสนุนในด้านต่างๆเป็นอย่างดีเสมอมา ความสำเร็จใดๆแก่ข้าพเจ้าที่เกิดขึ้น ขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณที่กล่าวมาข้างต้น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์..... 1

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย..... 2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 6

3.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ..... 6

3.1.1 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ..... 9

3.1.2 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน..... 10

3.2 การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศกับผิวเปียก..... 10

3.2.1 สมการความร้อนสัมผัส..... 11

3.2.2 สมการความร้อนแฝง..... 12

3.2.3 สมการการถ่ายเทมวล..... 12

3.2.4 Enthalpy potential..... 14

3.3 การระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ..... 16

3.4 การระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ระเหย..... 17

3.5 การสร้างแบบจำลองคอนเดนซิ่งยูนิต..... 18

บทที่ 4 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 25

หน้า

4.1 ลักษณะของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในงานวิจัย..... 25
4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย..... 27
4.3 การดำเนินการทดสอบ..... 33
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... 35
5.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองเปรียบเทียบระหว่างคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ..... 35
5.2 แนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ..... 35
5.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้กำลังไฟฟ้ากับอุณหภูมิภายนอกของคอน-เดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ..... 36
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 40
6.1 สรุปผลการวิจัย..... 44
6.2 ปัญหา,อุปสรรคและข้อเสนอแนะนำในงานวิจัย..... 45
รายการอ้างอิง..... 46
ภาคผนวก..... 48
ภาคผนวก ก ผลการทดลองสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิต..... 49
ภาคผนวก ข การคำนวณ..... 95
ภาคผนวก ค ตารางคุณสมบัติสารทำความเย็น R-22..... 103
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 106

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ค่าคงที่ A0 - A9 ของคอมเพรสเซอร์รุ่น MT22-5 20

ตารางที่ 3.2 การคำนวณใน แผนภาพ INFORMATION FLOW 24

ตารางที่ 3.3 ประสิทธิภาพของคอนเดนซิ่งยูนิตที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายนอก35 ^{o}C 24

ตารางที่ ก-1 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของ เครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 1 50

ตารางที่ ก-2 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของ เครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 1 51

ตารางที่ ก-3 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของ เครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 2 53

ตารางที่ ก-4 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของ เครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 2 54

ตารางที่ ก-5 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของ เครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 3 56

ตารางที่ ก-6 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของ เครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 3 57

ตารางที่ ก-7 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของ เครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 4 59

ตารางที่ ก-8 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของ เครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 4 60

ตารางที่ ก-9 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของ เครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 5 62

ตารางที่ ก-10 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของ เครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 5 63

หน้า

ตารางที่ ก-11 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 6 65
ตารางที่ ก-12 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 6 66
ตารางที่ ก-13 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 7 68
ตารางที่ ก-14 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 7 69
ตารางที่ ก-15 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 8 71
ตารางที่ ก-16 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 8 72
ตารางที่ ก-17 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 9 74
ตารางที่ ก-18 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 9 75
ตารางที่ ก-19 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 10 77
ตารางที่ ก-20 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr ครั้งที่ 10 78
ตารางที่ ก-21 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr ครั้งที่ 1 80
ตารางที่ ก-22 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr ครั้งที่ 1 81

หน้า

ตารางที่ ก-23 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr ครั้งที่ 2 83
ตารางที่ ก-24 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr ครั้งที่ 2 84
ตารางที่ ก-25 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr ครั้งที่ 3 86
ตารางที่ ก-26 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr ครั้งที่ 3 87
ตารางที่ ก-27 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr ครั้งที่ 4 89
ตารางที่ ก-28 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr ครั้งที่ 4 90
ตารางที่ ก-29 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr ครั้งที่ 5 92
ตารางที่ ก-30 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr ครั้งที่ 5 93
ตารางที่ ข-1 ขนาดคอนเดนเซอร์ รุ่น FCB 95
ตารางที่ ข-2 ค่าคงที่ A0 - A9 ของคอมเพรสเซอร์รุ่น MT22-5 96
ตารางที่ ข-3 ตัวอย่างการคำนวณหา t_c คอนเดนเซอร์แบบธรรมดา 98
ตารางที่ ข-4 ค่าคงที่ A0 - A9 ของคอมเพรสเซอร์รุ่น MT28-5 99
ตารางที่ ข-5 ตัวอย่างการคำนวณหา t_c คอนเดนเซอร์แบบระเหย..... 102
ตารางที่ ค-1 ตารางคุณสมบัติสารทำความเย็น R-22..... 104

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบของระบบทำความเย็น....7

ภาพที่ 3.2 แผนภาพ P-h ของวัฏจักรเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ....8

ภาพที่ 3.3 การถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลระหว่างอากาศกับผิวเปียก....11

ภาพที่ 3.4 การถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์แบบธรรมดา....17

ภาพที่ 3.5 การถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลระหว่างอากาศกับผิวเปียกของคอนเดนเซอร์ระเหย....18

ภาพที่ 3.6 อัตราการทำความเย็นและพลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ขนาด 18,000 Btu/hr รุ่น MT22-5....19

ภาพที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์กับอุณหภูมิควบแน่นที่อุณหภูมิระเหยต่างๆของคอมเพรสเซอร์ขนาด 18,000 Btu/hr รุ่น MT22-5....21

ภาพที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์กับอุณหภูมิควบแน่นที่อุณหภูมิภายนอกต่างๆ....22

ภาพที่ 3.9 กราฟแสดงจุดทำงานร่วมกันระหว่างคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 35 °C....22

ภาพที่ 3.10 แผนภาพ information flow ของคอนเดนซิ่งยูนิต....23

ภาพที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะกับคอนเดนซิ่งยูนิต....25

ภาพที่ 4.2 มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า....27

ภาพที่ 4.3 อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า....28

ภาพที่ 4.4 เกจวัดความดัน....29

ภาพที่ 4.5 เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท....30

ภาพที่ 4.6 โซลินอยด์วาล์ว....30

หน้า

ภาพที่ 4.7 อุปกรณ์หน่วงเวลาในการเปิด – ปิดโซลินอยด์วาล์ว.....31
ภาพที่ 4.8 มิเตอร์น้ำประปา.....32
ภาพที่ 4.9 หัวพ่นละอองน้ำทองเหลือง 32
ภาพที่ 4.10 คอนเดนซิ่งยูนิตที่ทำการทดสอบสมรรถนะ 34
ภาพที่ 4.11 แสดงการวัดกระแสไฟฟ้าที่คอนเดนซิ่งยูนิต 34
ภาพที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr.....38
ภาพที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr.....39
ภาพที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr.....40
ภาพที่ 5.4 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr.....41
ภาพที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr.....42
ภาพที่ 5.6 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr.....43
ภาพที่ ก-1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 1 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000bttu/hr).....52
ภาพที่ ก-2 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 2 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000bttu/hr).....55

หน้า

ภาพที่ ก-3 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 3 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000bttu/hr).....58

ภาพที่ ก-4 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 4 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000bttu/hr).....61

ภาพที่ ก-5 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 5 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000bttu/hr).....64

ภาพที่ ก-6 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 6 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000bttu/hr).....67

ภาพที่ ก-7 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 7 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000bttu/hr).....70

ภาพที่ ก-8 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 8 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000bttu/hr).....73

ภาพที่ ก-9 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 9 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000bttu/hr).....76

ภาพที่ ก-10 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 10 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000bttu/hr).....79

หน้า

ภาพที่ ก-11 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 1 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000bttu/hr).....82
ภาพที่ ก-12 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 2 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000bttu/hr).....85
ภาพที่ ก-13 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 3 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000bttu/hr).....88
ภาพที่ ก-14 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 4 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000bttu/hr).....91
ภาพที่ ก-15 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 5 (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000bttu/hr)..... 94
ภาพที่ ข-1 สภาวะอากาศที่ตำแหน่งต่างๆของตัวอย่างการคำนวณคอนเดนเซอร์ระเหย.....100

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	พื้นที่ถ่ายเทความร้อนด้านนอก
A_i	พื้นที่ถ่ายเทความร้อนฝั่งสารทำความเย็น
c_{pm}	ค่าความจุความร้อนอากาศชื้น
COP	สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance)
$d\dot{m}_s$	อัตราการระเหยของละอองน้ำหรือผิวเปียก
dq_s	อัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนสัมผัส
dq_L	อัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝง
dq_t	อัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนรวม
EER	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio)
F	ขีดความสามารถต่ออุณหภูมิแก้ต่างต่อหนึ่งหน่วยองศา
G	อัตราการไหลของอากาศ
h_c	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน
h_d	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล
h_a	เอนทาลปีของอากาศ
h_i	เอนทาลปีของผิวเปียก
h_{fg}	ค่าพลังงานความร้อนแฝงของละอองน้ำ
h_1	เอนทาลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่เข้าคอมเพรสเซอร์
h_2	เอนทาลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่ออกคอมเพรสเซอร์
h_3	เอนทาลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอนเดนเซอร์
h_4	เอนทาลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่ออกจากท่อลดความดัน
P	พลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์
p_e	ความดันระเหย
p_c	ความดันควบแน่น
Q_C	ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากคอนเดนเซอร์
Q_E	ความร้อนที่รับเข้ามาในเครื่องทำระเหย
$\dot{m}_r$	อัตราการไหลของสารทำความเย็น
$\dot{m}_a$	อัตราการไหลของอากาศ

$t_{a(db)}$	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ
$t_{a(wb)}$	อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ
t_c	อุณหภูมิควบแน่น
t_e	อุณหภูมิระเหย
t_i	อุณหภูมิผิว
W_i	ความชื้นสัมบูรณ์ที่อุณหภูมิผิวเปียก
W_∞	ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศ
ρ_a	ความหนาแน่นของอากาศ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

ในปัจจุบันการทำความเย็นมีบทบาทในการดำเนินชีวิตคนเรามากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการผลิต การถนอมอาหาร การปรับอากาศเพื่อความสบาย โดยสามารถพบเห็นได้ตามโรงงานอุตสาหกรรม อาคารสำนักงาน ตลอดจนแหล่งที่อยู่อาศัย ส่วนใหญ่จะเป็นการทำความเย็นแบบระบบอัดไอซึ่งต้องใช้พลังงานปริมาณมากป้อนให้คอมเพรสเซอร์เพื่อทำความเย็น และในกระบวนการทำความเย็นแบบอัดไอจะมีเครื่องควบแน่นเป็นอุปกรณ์คายความร้อนทิ้งออกจากระบบ โดยถ้าสภาวะอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงคอนเดนเซอร์จะคายความร้อนได้ลดลงส่งผลให้อุณหภูมิควบแน่นภายในระบบทำความเย็นสูงขึ้นและจะต้องเพิ่มพลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์มากขึ้นด้วย ดังนั้นถ้าเราปรับปรุงให้คอนเดนเซอร์สามารถคายความร้อนได้มากกว่าปกติก็จะลดพลังงานที่ต้องป้อนให้คอมเพรสเซอร์และยังเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็นอีกด้วย

การพ่นละอองน้ำไปยังคอนเดนเซอร์โดยตรงเป็นอีกวิธีหนึ่งในการเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์เนื่องจากว่าน้ำจะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่าอากาศทำให้อุณหภูมิควบแน่นลดลงพลังงานที่ใช้ก็ลดลงตามไปด้วย แต่ปัญหาที่เกิดจากการพ่นละอองน้ำคือ ปริมาณน้ำที่ใช้พ่นมีมากเกินไปทำให้เกิดการเปียกแฉะบริเวณคอนเดนซิ่ง - ยูนิต แต่ถ้าหากปรับให้การพ่นละอองน้ำอย่างต่อเนื่องมาเป็นการพ่นละอองน้ำเป็นระยะแทน ก็สามารถทำให้ปัญหาที่เกิดหมดไปได้ทั้งยังเป็นการใช้ปริมาณน้ำอย่างคุ้มค่าอีกด้วย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเป็นการศึกษาการลดพลังงานที่ใช้ในคอนเดนซิ่งยูนิต ด้วยการเพิ่มความสามารถการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ โดยทดลองเปรียบเทียบคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ในสถานที่ใช้งานจริง เมื่อมีและไม่มีการติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำแบบเป็นระยะที่คอนเดนซิ่งยูนิต

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาสมรรถนะเครื่องปรับอากาศใช้คอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ
2. ทำการออกแบบและสร้างชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะ
3. ทำการทดลองและทดสอบสมรรถนะเครื่องปรับอากาศที่ใช้คอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ ในสถานที่ใช้งานจริง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะสำหรับระบายความร้อนในคอนเดนซิ่งยูนิต โดยสามารถเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
2. เพื่อเป็นแนวคิดในการออกแบบของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยอากาศและละอองน้ำเป็นระยะ

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้การพ่นละอองน้ำในการระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์
2. คำนวณและออกแบบส่วนประกอบของชุดพ่นละอองน้ำที่ใช้ระบายความร้อนคอนเดนเซอร์
3. ทำการทดลองและบันทึกข้อมูลต่างๆของเครื่องปรับอากาศที่ใช้คอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ
4. วิเคราะห์และสรุปผล

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยสมรรถนะเครื่องปรับอากาศที่ใช้คอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ เป็นการศึกษาและทดลองการระบายความร้อนในคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะเป็นการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ด้วยอากาศร่วมกับละอองน้ำ และน้ำบางส่วนจะระเหยไปในอากาศเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศโดยอาศัยหลักการทำความเย็นแบบระเหย ดังนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเป็นเรื่องของการใช้น้ำระบายความร้อนร่วมกับอากาศและการนำหลักทำความเย็นแบบระเหยมาใช้ในการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์

Goswami, mathur และ Kulkami (1993) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการนำระบบการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling system) มาใช้กับเครื่องปรับอากาศแบบความร้อนด้วยอากาศขนาด 2.5 tonR (8.8 kW) เพื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ โดยการใช้วัสดุตัวกลางที่มีน้ำไหลผ่านติดตั้งไว้ในด้านที่อากาศเข้าคอนเดนเซอร์ ณ เมือง Gainesville ในรัฐ Florida พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ไม่มีระบบการระเหยของน้ำโดยเฉลี่ยลดลงจาก 3.0 kW เป็น 2.4 kW หรือคิดเป็น 20 % และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 9 เป็น 11 หรือคิดเป็น 22 % เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบที่มีระบบการระเหยของน้ำ และพลังงานที่ประหยัดได้สามารถชดเชยค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปได้ภายในระยะเวลาน้อยกว่า 2 ปี

M. YOUBI – IDRISSI , H. MACCHI – TEJEDA , L. FOURNAISON และ J. GUIPART (2007) ได้ศึกษาการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์โดยการพ่นละอองน้ำของระบบทำความเย็นเพื่อเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์โดยใช้วิธีเชิงตัวเลขในการคำนวณ โดยเปรียบเทียบการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ที่มีการพ่นละอองน้ำกับแบบที่ไม่มีการพ่นละอองน้ำ พบว่าแบบที่มีการพ่นละอองน้ำลงบนเครื่องควบแน่นจะทำให้อุณหภูมิอากาศรอบๆเครื่องควบแน่นมีอุณหภูมิต่ำกว่าแบบที่ไม่มีการพ่นละอองน้ำ ซึ่งเป็นผลให้ความสามารถในการทำความเย็นและสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ยังศึกษาผลของการเพิ่มอัตราการพ่นละอองน้ำโดยจากการคำนวณพบว่าการเพิ่มอัตราการพ่นละอองน้ำจะทำให้อุณหภูมิอากาศและสารทำความเย็นลดลงเนื่องจากการเพิ่มอัตราการพ่นละอองน้ำจะเป็น

การเพิ่มพื้นที่สัมผัสทำให้น้ำมีโอกาสในการระเหยมากขึ้นแต่ในการเพิ่มอัตราการพ่นละอองน้ำก็มีค่าสูงสุดอยู่ค่าหนึ่งโดยถ้าเพิ่มอัตราการพ่นละอองน้ำมากกว่าค่านี้แล้วจะไม่เกิดประโยชน์อะไรกับระบบ อย่างไรก็ตามการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์โดยการพ่นละอองน้ำก็ยังมีค่าใช้จ่ายอื่น เช่น ปั๊มน้ำ น้ำที่ใช้ในการหมุนเวียน และสภาพอากาศที่จะนำมาใช้ระหว่างปี ควรจะพิจารณาด้วยว่าเหมาะสมหรือไม่

EBRAHIM HAJIAVALLOO (2007) ได้ทำการทดลองการลดใช้พลังงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอในเครื่องปรับอากาศ โดยการทดลองจะทำการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องปรับอากาศติดผังแบบธรรมดากับเครื่องปรับอากาศติดผนังแบบที่ใช้วัสดุผิวเปียกติดด้านข้างทางเข้าอากาศฝั่งคอมเพรสเซอร์และฝั่งตรงข้าม การติดวัสดุผิวเปียกนี้จะทำให้อากาศที่นำมาใช้ระบายความร้อนคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิลดลง และในการทดลองจะปรับสภาวะอากาศของเครื่องปรับอากาทั้งสองแบบให้มีสภาวะเดียวกัน จากการทดลองพบว่าเครื่องปรับอากาศที่ติดวัสดุผิวเปียกจะใช้พลังงานลดลงถึง 16 % และสัมประสิทธิ์สมรรถนะเพิ่มขึ้น 55 %

ญาณวุฒิ สุพิชญางกูร (2539) ได้ศึกษาการปรับปรุงการปรับปรุงเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศขนาด 1 tonR (12,000 BTU) โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้เครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการปรับปรุงมาเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่มีการปรับปรุง โดยการแบ่งลักษณะการปรับปรุงเป็น 3 แนวทางด้วยกันคือ แนวทางที่ (1) การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของคอนเดนเซอร์ที่ไม่มีการปรับปรุงเป็น 2.12 และ 1.25 เท่า พบว่าค่า COP สูงขึ้นกว่าเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการปรับปรุง 7.81 % และ 6.59 % ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้จะต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการปรับปรุง 2.46 % และ 2.85 % แนงทางที่ (2) การปรับปรุงโดยใช้วัสดุพิเศษ (CELdek7060) ซึ่งมีการฉีดน้ำไหลผ่านนำไปติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งทางเข้าของอากาศก่อนผ่านคอนเดนเซอร์ เพื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์พบว่ามีค่า COP สูงกว่าเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการปรับปรุง 10.18 % ส่วนกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการปรับปรุง 2.32 % แนวทางที่ (3) การปรับปรุงโดยใช้พัดลมตีน้ำและให้อากาศไหลกลับทางโดยเป่าอากาศเข้าคอนเดนเซอร์แทนเครื่องปรับอากาศ แบบธรรมดาที่เป็นการดูดอากาศผ่านคอนเดนเซอร์ พบว่าจะมีค่า COP ต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการปรับปรุง 14.82 % และกำลังไฟฟ้าที่ใช้สูงกว่าเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการปรับปรุง 0.29 % เนื่องจากการเป่าอากาศเข้าจะเกิดการปั่นป่วน (turbulent) ทำให้เกิดแรงเสียดทานต่ออากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์

ธนะสิทธิ์ องค์ธนะสุข (2546) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้เครื่องปรับอากาศระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนแบบด้วยอากาศทั่วไปกับแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ (Evaporative Condenser) ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายนอก ซึ่งดีกว่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายนอก เพราะในสภาวะอากาศทั่วไป อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งเสมอ ดังนั้น คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำจึงสามารถถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้น อุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศจึงต่ำลง ส่งผลให้ความดันด้านส่งของคอมเพรสเซอร์ลดลง ซึ่งก็จะช่วยยืดอายุการใช้งานทำงานของคอมเพรสเซอร์ให้นานขึ้นและพลังงานที่ป้อนให้คอมเพรสเซอร์ก็น้อยลง โดยจากผลการวิจัยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะโดยรวม (COP_o) หรืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เพิ่มขึ้น 19.63 %

ธนวรา ทองล้วน (2547) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้เครื่องปรับอากาศที่มีคอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบที่มีการระบายความร้อนด้วยการพ่นน้ำร่วมกับอากาศโดยอาศัยหลักการทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า ค่าความสามารถในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ด้วยการพ่นน้ำร่วมกับอากาศ จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่นำมาระบายความร้อน ซึ่งจะระบายความร้อนได้ดีกว่าเครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศอย่างเดียวที่ขึ้นกับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่นำมาระบายความร้อน เพราะน้ำที่ถูกพ่นละอองมาจะดึงความร้อนจากอากาศไปใช้ในการระเหยทำให้อากาศอุณหภูมิลดลงและค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มขึ้น โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์จะบอกว่าในอากาศปริมาณน้ำจะสามารถระเหยได้อีกเท่าไหร่ ซึ่งจากการที่อุณหภูมิอากาศลดลงสามารถทำให้คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนได้ในอุณหภูมิที่ต่ำลง ดังนั้นคอนเดนเซอร์ที่มีการพ่นน้ำร่วมในการระบายความร้อนจึงสามารถระบายความร้อนได้ดีกว่า ส่งผลให้ความดันด้านอัดจากคอมเพรสเซอร์ลดลง พลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์จึงลดลงด้วย และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นจึงเพิ่มขึ้นด้วยโดยผลการวิจัยภายในห้องทดสอบความร้อน (Calorimeter room) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นโดยรวม (COP) เพิ่มขึ้น 15.53 %

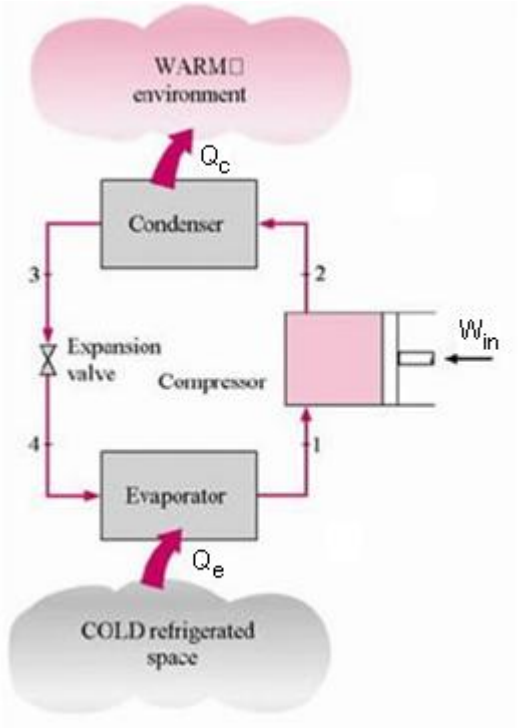
บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีหลักการทำความเย็นแบบอัดไปและคอนเดนเซอร์จะระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่ในการพ่นละอองน้ำใส่คอนเดนเซอร์จะมีน้ำมาช่วยระบายความร้อนร่วมกับอากาศ จะมีการถ่ายเทมวลและพลังงาน แตกต่างจากแบบระบายความร้อนด้วยเฉพาะอากาศที่มีแต่การถ่ายเทพลังงานทำให้สามารถระบายความร้อนได้มากขึ้น ดังนั้นในการศึกษาการลดใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยการพ่นละอองน้ำนั้น จะต้องมีความเข้าใจในหลักการทำความเย็นแบบอัดไอและการถ่ายเทความร้อนของอากาศที่มีการไหลผ่านวัตถุผิวเปียกหรือน้ำ

3.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

จากรูปที่ 3.1 การทำงานของส่วนต่างๆในระบบทำความเย็น จะเริ่มขึ้นเมื่อสารทำความเย็นเหลวไหลผ่านภายในคอยล์เย็น จะรับเอาความร้อนจากอากาศผ่านบนผิวนอกของคอยล์เย็น เมื่อสารทำความเย็นเหลวรับเอาความร้อนอย่างเพียงพอ สารทำความเย็นจะกลายเป็นไอ (สภาวะที่ 1) จากนั้นสารทำความเย็นจะทำถูกทำให้ร้อนขึ้น โดยใช้คอมเพรสเซอร์ดูดแล้วอัดออกไปที่ความดันสูงกว่า และขณะที่กำลังอัดด้วยความดันนั้น อุณหภูมิของไอจะเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ไอสารทำความเย็นที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง (สภาวะที่ 2) ในสภาวะนี้ไอสารทำความเย็นจะไหลผ่านเข้าสู่คอนเดนเซอร์ เพื่อจะระบายความร้อนทิ้งซึ่งจะดึงเอาความร้อนจากสารทำความเย็น แล้วเปลี่ยนกลับมาเป็นของเหลว (สภาวะที่ 3) ภายใต้สภาวะความดันคงที่ จากนั้นของเหลวจะผ่านลิ้นลดความดัน ค่าความดันจะถูกทำให้ลดลง เมื่อความดันลดลง จะส่งผลให้อุณหภูมิของของเหลวที่เป็นสารทำความเย็นลดต่ำลง จึงสามารถไปรับความร้อนในพื้นที่ที่ต้องการการทำความเย็นได้มากขึ้น (สภาวะที่ 4)



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของระบบทำความเย็น

สำหรับสมมุติฐานที่ใช้ในระบบปรับอากาศนี้มีดังต่อไปนี้

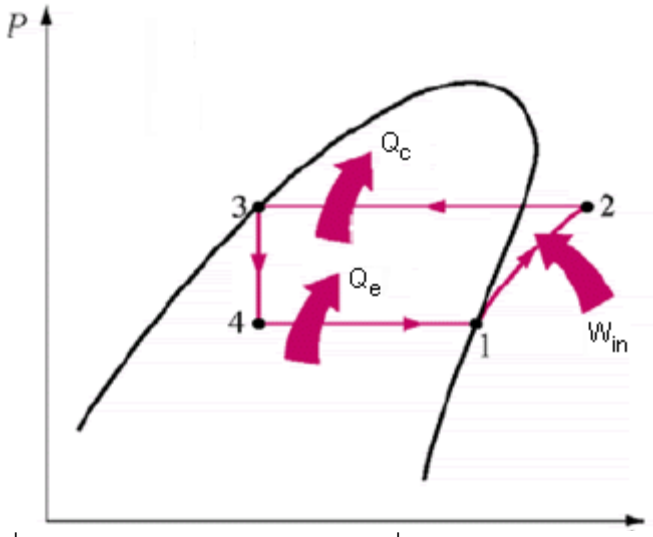
กระบวนการ 1 → 2 การอัดตัวแบบไอเซนโทรปิกในคอมเพรสเซอร์ (Compressor)

กระบวนการ 2 → 3 การคายความร้อนด้วยความดันคงที่ในคอนเดนเซอร์ (Condenser)

กระบวนการ 3 → 4 การขยายตัวแบบทรอตทลิ่ง (Throttling) ผ่านอุปกรณ์ขยายตัว

กระบวนการ 4 → 1 การดูดความร้อนแบบความดันคงที่ในเครื่องระเหยหรืออีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator)

ในการวิเคราะห์วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไออุดมคติ นิยมใช้แผนภาพ P-h ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนภาพ P-h ของวัฏจักรเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ

จากแผนภาพเป็นวัฏจักรเครื่องปรับอากาศแบบอัดไออุดมคติ ซึ่งในแต่ละกระบวนการจะมีการทำงานดังนี้

กระบวนการ 1 → 2 สารทำความเย็นที่มีสภาวะเป็นไออิ่มตัวที่ความดันต่ำผ่านเข้าสู่คอมเพรสเซอร์และจะถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้นด้วยกระบวนการแบบไม่ส่งถ่ายความร้อนคืนสภาพ (Isentropic Process (S = Constant))

$$P = \dot{m}_r(h_2-h_1) \qquad (3.1)$$

โดย P = พลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ (kW)

h_2,h_1 = เอนทาลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

กระบวนการ 2 → 3 ไอความดันสูงที่มาจากคอมเพรสเซอร์ จะคายความร้อนโดยขบวนการความดันคงที่ (Isotropic Process)ในคอนเดนเซอร์ ออกมาเป็นของเหลวอิ่มตัว

$$Q_c = \dot{m}_r(h_2-h_3) \qquad (3.2)$$

โดย Q_c = อัตราความร้อนที่ถ่ายเทออกจากคอนเดนเซอร์ (kW)

h_2,h_3 = เอนทาลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอนเดนเซอร์ (kJ/kg)

กระบวนการ 3 $\rightarrow$ 4 สารทำความเย็นไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดัน (Throttling Valve) และโดยไม่มีการถ่ายเทความร้อน (h = Constant) จะมีเพียงความดันที่ถูกทำให้มีค่าลดลง

$$h_3 = h_4 \qquad (3.3)$$

โดย h_4 = เอนทาลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่ออกจากอุปกรณ์ลดความดัน (kJ/kg)

กระบวนการ 4 $\rightarrow$ 1 สารทำความเย็นที่ออกจากอุปกรณ์ลดความดัน ไหลผ่านเครื่องระเหย โดยสารทำควาเย็นจะรับความร้อนจากภายในห้องปรับอากาศ โดยที่ความดันคงที่ (Isobaric Process) และออกมามีสภาวะเป็นไออิ่มตัวและกลับเข้าสู่เครื่องอัดไอ (Compressor) อีกครั้งหนึ่ง

$$Q_e = \dot{m}_r(h_1-h_4) \qquad (3.4)$$

โดย Q_e = อัตราความร้อนที่รับเข้ามาในเครื่องระเหย (kW)

h_1,h_4 = เอนทาลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่เข้าและออกเครื่องระเหย (kJ/kg)

3.1.1 **สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ** (Coefficient of Performance, COP)

ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ คือ อัตราส่วนของขนาดทำความเย็นที่เครื่องสามารถทำได้ต่อพลังงานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอ(ได้จากการวิเคราะห์สารทำความเย็น)

$$COP = \frac{Q_T}{W_C} = \frac{m_r^o(h_1-h_4)}{m_r^o(h_2-h_1)} = \frac{(h_1-h_4)}{(h_2-h_1)} \qquad (3.5)$$

โดย Q_T = ขนาดการทำความเย็น (kW)

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น (kg/s)

h_1 = เอลทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)

h_2 = เอลทาลปีของสารทำความเย็นหลังจากผ่านคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)

h_4 = เอลทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องระเหย (kJ/kg)

3.1.2 **อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน** (Energy Efficiency Ratio, EER)

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน คือ อัตราส่วนความสามารถในการทำความเย็นต่อพลังงานโดยรวมของเครื่องปรับอากาศ โดยที่มีหน่วยเป็น Btu/hr.Watt เนื่องจาก ค่าความสามารถในการทำความเย็นมีหน่วยเป็น Btu/hr ส่วนพลังงานที่ป้อนให้กับระบบมีหน่วยเป็น Watt

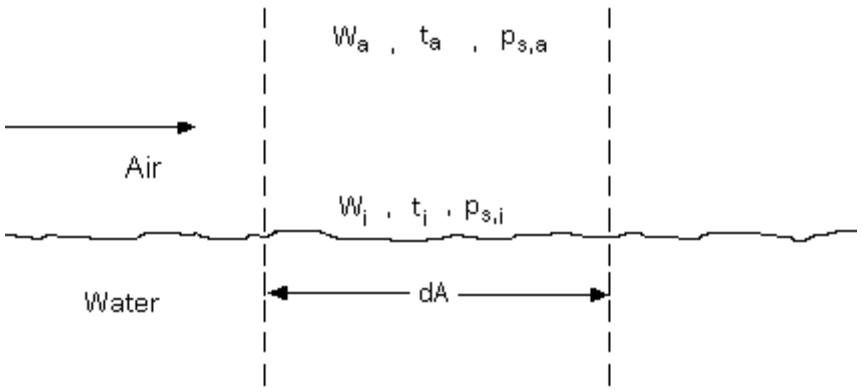
$$EER = \frac{Q_e}{W_{input}} \tag{3.7}$$

โดย Q_e = ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr)

W_{input} = งานทั้งหมดที่ป้อนให้กับระบบ (W)

3.2 **การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศกับผิวเปียก**

เมื่ออากาศที่ไม่อิ่มตัวไหลผ่านพื้นผิวเปียกตามรูป 3.3 จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง จากรูปถ้ามีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศ t_a กับผิวเปียก t_i จะเกิดการถ่ายเทความร้อนสัมผัส ส่วนความแตกต่างระหว่างความดันย่อยของอากาศ $p_{s,a}$ และผิวเปียก $p_{s,i}$ จะเกิดการถ่ายเทมวลขึ้นซึ่งการถ่ายเทมวลจะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานของความร้อนแฝง เช่นถ้าอากาศควบแน่นกลายเป็นของเหลวอากาศจะคายความร้อนออก แต่ถ้าผิวเปียกมีการระเหยแสดงว่าผิวเปียกจะดึงพลังงานความร้อนจากอากาศไปใช้ในการระเหย



รูปที่ 3.3 การถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลระหว่างอากาศกับผิวเปียก

3.2.1 **สมการความร้อนสัมผัส**

เมื่ออากาศไหลผ่านผิวเปียกหรือละอองน้ำจะทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงความร้อนสัมผัส ซึ่งเราสามารถหาอัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนสัมผัสได้ดังนี้

$$dq_s = Gc_{pm}dt_\infty \tag{3.8}$$

โดย dq_s = อัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนสัมผัส (kW)

G = อัตราการไหลของอากาศ ($kg_{dry\ air}/s$)

c_{pm} = ค่าความจุความร้อนอากาศชื้น (kJ/ $kg_{dry\ air}$ °C)

dt_∞ = ค่าแตกต่างอุณหภูมิระหว่างทางออกกับทางเข้าของอากาศ (°C)

หรือ

$$dq_s = h_c dA(t_i - t_\infty) \tag{3.9}$$

โดย h_c = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (kW/m^3 °C)

A = พื้นที่ถ่ายเทความร้อน (m^2)

t_i = อุณหภูมิผิวเปียก (°C)

t_∞ = อุณหภูมิอากาศ (°C)

3.2.2 **สมการความร้อนแฝง**

อากาศที่ไหลผ่านผิวเปียกหรือละอองน้ำนอกจากจะทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศเปลี่ยนแปลง น้ำบางส่วนจะดึงเอาพลังงานบางส่วนของอากาศไปใช้ในการระเหย พลังงานที่น้ำนำไปใช้ในการระเหยนี้เรียกว่า พลังงานความร้อนแฝง โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝงหาได้ดังนี้

$$dq_L = d\dot{m}_s\, h_{fg} \tag{3.10}$$

โดย dq_L = อัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝง (kW)

$d\dot{m}_s$ = อัตราการระเหยของละอองน้ำหรือผิวเปียก (kg/s)

h_{fg} = ค่าพลังงานความร้อนแฝงของละอองน้ำ (kJ/ kg °C)

3.2.3 **สมการการถ่ายเทมวล**

$d\dot{m}_s$ จากสมการ (3.10) สามารถคำนวณโดยสมการการถ่ายเทมวลดังนี้

$$d\dot{m}_s = h_d \rho_a dA(W_i - W_\infty) \tag{3.11}$$

โดย h_d = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล (kg/s)

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

W_i = ความชื้นสัมบูรณ์ที่อุณหภูมิผิวเปียก

W_∞ = ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศ

หรือ

$$d\dot{m}_s = GdW \tag{3.12}$$

โดย dW = ความแตกต่างความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศระหว่างทางออกกับทางเข้า

จากสมการ (3.8) และ (3.9)

จะได้ $$Gc_{pm}dt_\infty = h_c dA(t_i - t_\infty)$$

อินทิเกรตตลอดพื้นที่ A

$$\frac{h_c}{Gc_{pm}}\int_0^A dA = \int_{t_1}^{t_2}\frac{dt_\infty}{t_i - t_\infty}$$

$$\frac{h_c A}{Gc_{pm}} = -\ln\frac{t_i - t_2}{t_i - t_1} \tag{3.13}$$

จากสมการ (3.11) และ (3.12)

จะได้ $$GdW_\infty = h_d\rho_a dA(W_i - W_\infty)$$

อินทิเกรตตลอดพื้นที่ A

$$\frac{h_d\rho_a}{G}\int_0^A dA = \int_{W_1}^{W_2}\frac{dW_\infty}{W_i - W_\infty}$$

$$\frac{h_d \rho_a A}{G} = -\ln \frac{W_i - W_2}{W_i - W_1} \tag{3.14}$$

หาค่า A/G จากสมการ (3.13) และ (3.14)

$$\frac{A}{G} = -\frac{c_{pm}}{h_c} \ln \frac{t_i - t_2}{t_i - t_1} = -\frac{1}{h_d \rho_a} \ln \frac{W_i - W_2}{W_i - W_1} \tag{3.15}$$

$$\ln \frac{t_i - t_2}{t_i - t_1} = \frac{h_c}{h_d \rho_a c_{pm}} \ln \frac{W_i - W_2}{W_i - W_1}$$

โดย $\frac{h_c}{h_d \rho_a c_{pm}}$ เรียกว่า Lewis number (LR)

จัดรูปใหม่จะได้

$$\frac{t_i - t_2}{t_i - t_1} = \left(\frac{W_i - W_2}{W_i - W_1} \right)^{LR} \tag{3.16}$$

3.2.4 Enthalpy potential

เนื่องจากค่าความร้อนรวมเกิดจากค่าความร้อนสัมผัสรวมกับค่าความร้อนแฝง ดังนั้นจากสมการ (3.9) , (3.10) และ (3.11)

$$dq_t = dq_s + dq_L = h_c dA(t_i - t_a) + h_d dA(W_i - W_a) h_{fg} \tag{3.17}$$

เมื่อเขียน h_d ให้อยู่ในรูปสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะได้

$$h_d = \frac{h_c}{c_{pm}} \tag{3.18}$$

นำค่า h_d ไปแทนในสมการ (3.17)

$$dq_t = h_c dA\left[(t_i - t_a) + (\frac{W_i - W_a}{c_{pm}})h_{fg}\right]$$

$$dq_t = \frac{h_c dA}{c_{pm}}(c_{pm}t_i - c_{pm}t_a + W_i h_{fg} - W_a h_{fg}) \quad (3.19)$$

c_{pm} จะเท่ากับค่าความจุความร้อนกับอากาศเปียก

$$c_{pm} = c_p + W_a c_{ps} \quad (3.20)$$

จาก (3.19) จะได้

$$dq_t = \frac{h_c dA}{c_{pm}}\left[(c_p t_i + W_i h_{fg}) - (c_p t_a + W_a c_{ps} t_a - W_a c_{ps} t_i + W_a h_{fg})\right] \quad (3.21)$$

จากสมการ (3.21) จะบวกเทอม $W_i h_f - W_a h_f$ เนื่องจากค่าทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันมาก

$$dq_t = \frac{h_c dA}{c_{pm}}\left\{\left[c_p t_i + W_i(h_f + h_{fg})\right] - \left[c_p t_a + W_a(h_f + h_{fg} + c_{ps}t_a - c_{ps}t_i)\right]\right\} \quad (3.22)$$

จากสมการ (3.22) เทอมแรกในวงเล็บจะมีค่าเท่ากับเอนทาลปีของผิวเปียก ส่วนเทอมที่สองจะมีค่าเท่ากับเอนทาลปีของอากาศสามารถเขียนได้ใหม่ดังรูป

$$dq_t = \frac{h_c}{c_{pm}} dA(h_i - h_a) \quad (3.23)$$

โดย dq_t = อัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนรวม (kW)

h_i = เอนทาลปีของผิวเปียก (kJ/kg)

h_∞ = เอนทาลปีของอากาศ (kJ/kg)

3.3 การระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ

ในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น โดยจะเป็นการเปลี่ยนแปลงความร้อนสัมผัสที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิคอนเดนเซอร์กับอากาศ จากสมการ (3.9) อัตราการระบายความร้อนคอนเดนเซอร์จะเขียนได้ดังนี้

$$dq = h_c dA(t_i - t_a) \tag{3.24}$$

และถ้าเขียนอัตราการระบายความร้อนเมื่อคำนวณจากสารทำความเย็นไปสู่ผิวคอนเดนเซอร์จะได้

$$dq = h_r dA_i (t_r - t_i) \tag{3.25}$$

โดย h_r = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสารทำความเย็นไปยังผิวคอนเดนเซอร์ (W/(m^2·°C))

A_i = พื้นที่ผิวฝั่งสารทำความเย็น (m^2)

t_r = อุณหภูมิสารทำความเย็น (°C)

จาก (3.24) = (3.25)

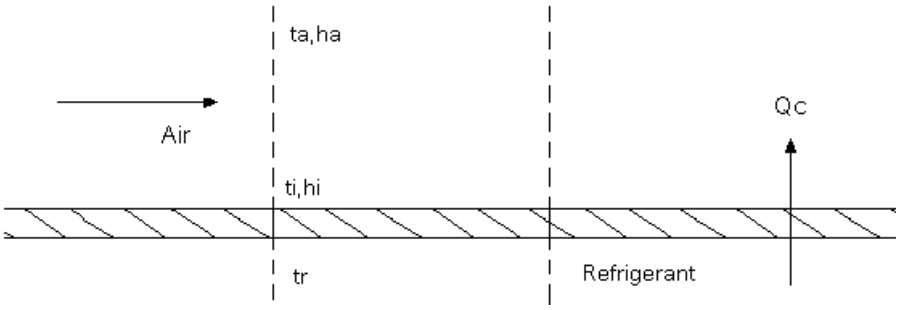
$$h_c dA(t_i - t_a) = h_r dA_i (t_r - t_i)$$

$$\frac{t_r - t_i}{t_i - t_a} = \frac{h_c dA}{h_r dA_i}$$

$$\left(\frac{t_r - t_i}{t_i - t_a}\right) = \left(\frac{h_c}{h_r}\right)\left(\frac{A}{A_i}\right) = R_{dry} \tag{3.26}$$

$$t_r - t_i = t_i R_{dry} - t_a R_{dry}$$

$$t_i = \left(\frac{t_r + t_a R_{dry}}{1 + R_{dry}} \right) \tag{3.27}$$



รูปที่ 3.4 การถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์แบบธรรมดา

3.4 การระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ระเหย

ในคอนเดนเซอร์ระเหยการระบายความร้อนจะมีน้ำในการระบายความร้อนร่วมกับอากาศ ตามรูป 3.5 ซึ่งจากกระบวนการจะมีการถ่ายเทมวลและความร้อนเกิดขึ้น จากสมการ (3.23) การถ่ายเทความร้อนของอากาศที่ไหลผ่านผิวเปียกคือ

$$dq = \frac{h_c}{c_{pm}} dA(h_i - h_a)$$

และอัตราการระบายความร้อนเมื่อคำนวณจากสารทำความเย็นไปสู่ผิวคอนเดนเซอร์จากสมการ (3.25)

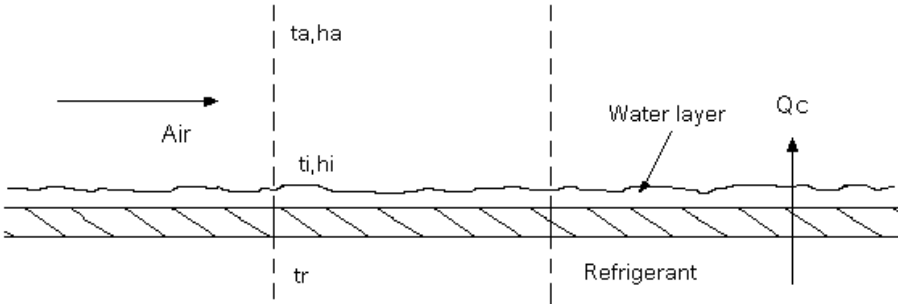
$$dq = h_r dA_i (t_r - t_i)$$

จาก (3.23) = (3.25)

$$\frac{h_c}{c_{pm}} dA(h_i - h_a) = h_r dA_i (t_r - t_i)$$

$$\frac{t_i - t_r}{h_a - h_i} = \frac{h_c}{c_{pm} h_r} \frac{A}{A_i} = R_{wet} \tag{3.28}$$

$$t_i = t_r + R_{wet}(h_a - h_i) \tag{3.29}$$



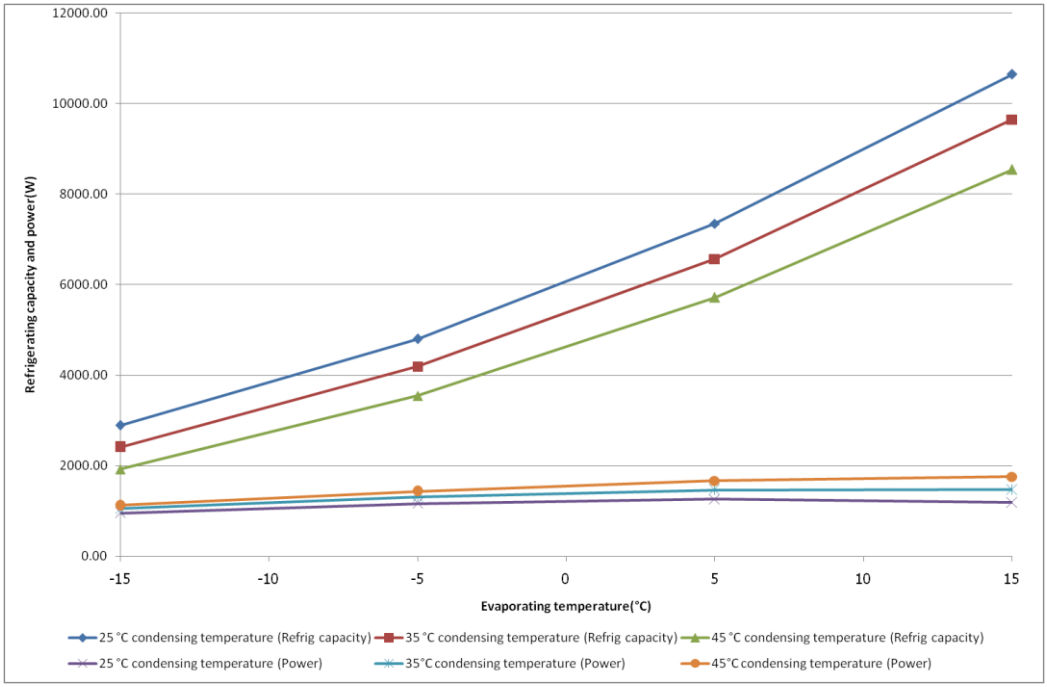
รูปที่ 3.5 การถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลระหว่างอากาศกับผิวเปียกของคอนเดนเซอร์ระเหย

3.5 การสร้างแบบจำลองคอนเดนซิ่งยูนิต

คอนเดนซิ่งยูนิต คือชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์ที่ทำงานร่วมกัน โดยการที่คอมเพรสเซอร์จะอัดสารทำความเย็นความดันต่ำจากเครื่องระเหยให้มีความดันสูงขึ้น และนำสารทำความเย็นสถานะไอความดันสูงไปคายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการสร้างแบบจำลองคอนเดนซิ่งยูนิตต้องสร้างแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์ก่อน

คอมเพรสเซอร์

การทำงานของคอมเพรสเซอร์จะใช้พลังงานในการอัดสารทำความเย็นเพื่อให้ได้อัตราการทำความเย็นที่ได้ โดยค่าทั้งสองจะเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิระเหย (Evaporating temperature , t_e) และอุณหภูมิควบแน่น (Condensing temperature , t_c) ของสารทำความเย็นตามรูป 3.6



รูปที่ 3.6 อัตราการทำความเย็นและพลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ขนาด 18,000 Btu/hr รุ่น MT22-5

เราจะทำการสร้างสมการที่เป็นตัวแทนของข้อมูลเหล่านี้ โดยเลือกรูปแบบสมการแสดงสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ในรูปแบบโพลิโนเมียล

$$Q_e = A0 + A1 \times t_e + A2 \times t_c + A3 \times t_e^{\,2} + A4 \times t_e \times t_c + A5 \times t_c^{\,2} + A6 \times t_e^{\,3} + A7 \times t_c \times t_e^{\,2} + A8 \times t_e \times t_c^{\,2} + A9 \times t_c^{\,3} \quad (3.30)$$

$$P = A0 + A1 \times t_e + A2 \times t_c + A3 \times t_e^{\,2} + A4 \times t_e \times t_c + A5 \times t_c^{\,2} + A6 \times t_e^{\,3} + A7 \times t_c \times t_e^{\,2} + A8 \times t_e \times t_c^{\,2} + A9 \times t_c^{\,3} \quad (3.31)$$

โดย Q_e = อัตราการทำความเย็นที่คอมเพรสเซอร์ทำได้ (W)

P = พลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ (W)

และค่าคงที่ A0 – A9 ของคอมเพรสเซอร์จะหามาจากวิธีเชิงตัวเลขดังแสดงในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าคงที่ A0 - A9 ของคอมเพรสเซอร์รุ่น MT22-5

ค่าคงที่	อัตราการทำความเย็น (Q_e)	กำลังไฟฟ้า (P)
A0	7.37E+03	8.09E+02
A1	2.84E+02	-8.50E-01
A2	-4.51E+01	1.47E+01
A3	4.07E+00	-9.34E-01
A4	-7.91E-01	2.72E-01
A5	-4.54E-01	1.28E-01
A6	1.79E-02	-8.25E-03
A7	-2.36E-02	8.42E-03
A8	-1.56E-02	5.76E-03
A9	1.46E-03	-1.84E-03

จากอัตราการทำความเย็นและพลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์จะหาอัตราการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ได้จากสมการ

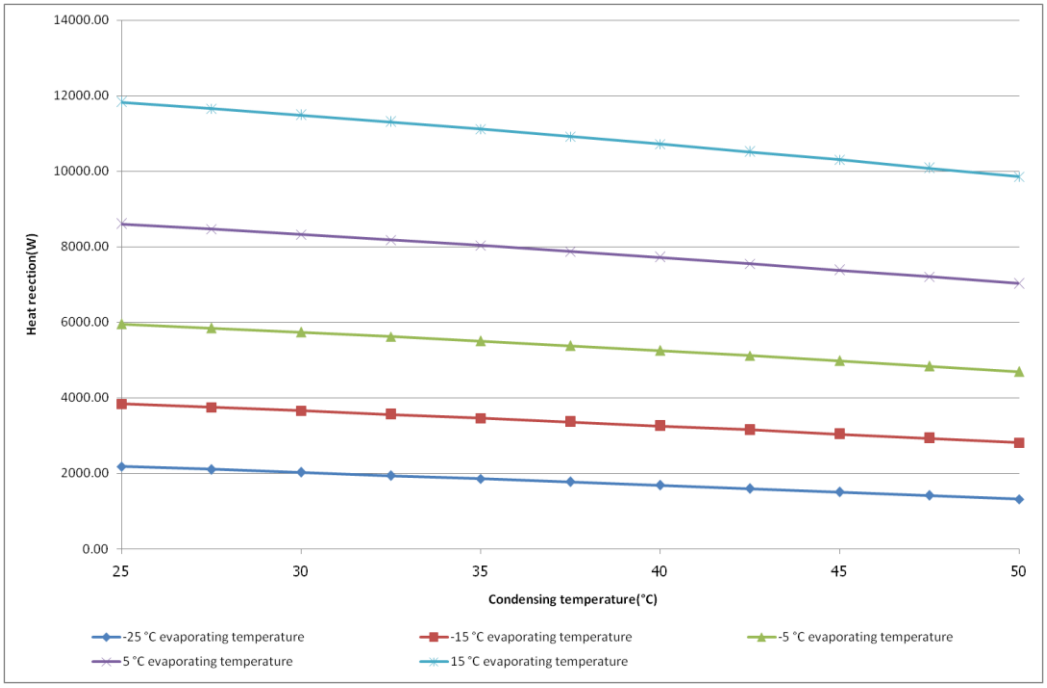
$$Q_c = Q_e + P \tag{3.32}$$

โดย Q_c = อัตราการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ (W)

จากรูปที่ 3.8 เป็นแผนภาพข้อมูลของคอนเดนเซอร์ ซึ่งการแสดงสมรรถนะของคอนเดนเซอร์ให้แน่ชัดลงไปนั้นค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากสารทำวามเย็นที่ไหลเข้าคอนเดนเซอร์อยู่ในสภาวะร้อนยิ่งยวด และสัดส่วนของของเหลวและไอภายในขดท่อคอนเดนเซอร์เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในที่นี้จะคำนวณโดยอาศัยแนวคิดของประสิทธิผลของคอนเดนเซอร์ซึ่งเป็นไปตามแผนภาพข้อมูลด้านบน กล่าวคือ

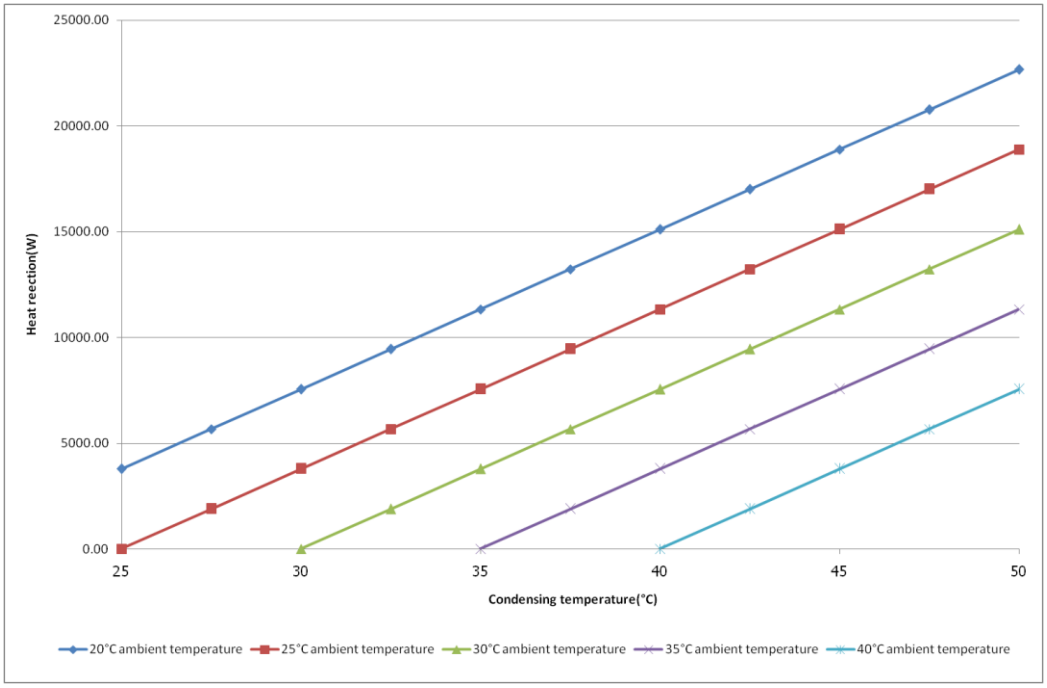
$$Q_c = F(t_c - t_{amb,db}) \tag{3.33}$$

โดย $t_{amb,db}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายนอก ($^{\circ}C$)

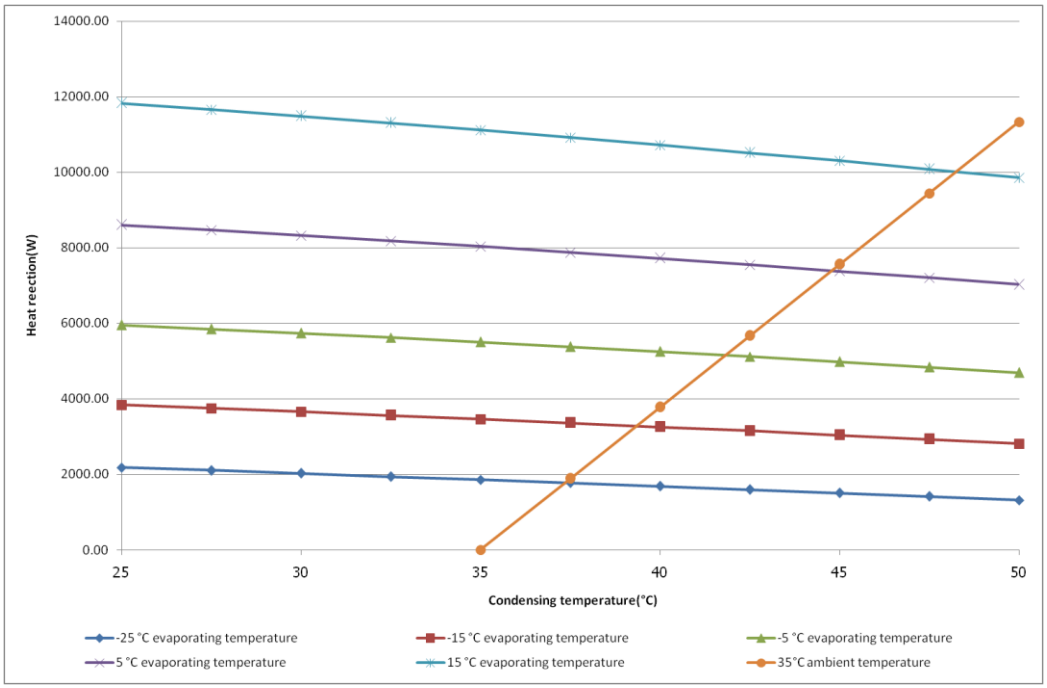


รูป 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์กับอุณหภูมิควบแน่นที่อุณหภูมิระเหยต่างๆของคอมเพรสเซอร์ขนาด 18,000 Btu/hr รุ่น MT22-5

ในรูป 3.7 จะแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์กับอุณหภูมิควบแน่นที่อุณหภูมิระเหยต่างๆ ส่วนรูปที่ 3.8 จะแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์กับอุณหภูมิควบแน่นที่อุณหภูมิภายนอกต่างๆ โดยในรูปที่ 3.9 จะเป็นการนำกราฟรูปที่ 3.7 และรูปที่ 3.8 มาประกอบกันเพื่อหาจุดทำงานร่วมกันระหว่างคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอก 35 °C



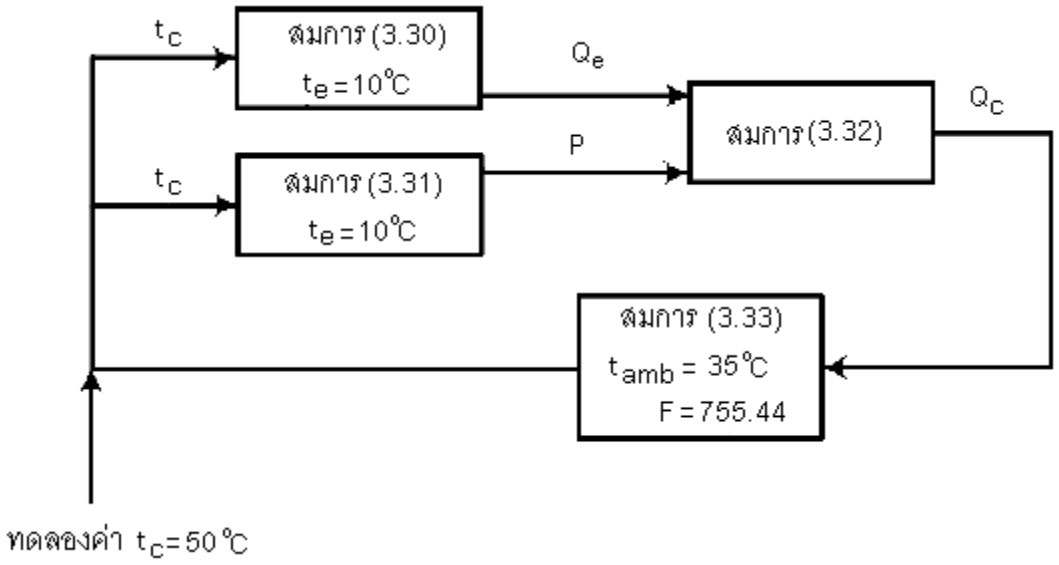
รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์กับอุณหภูมิควบแน่นที่อุณหภูมิภายนอกต่างๆ



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงจุดทำงานร่วมกันระหว่างคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 35 °C

จากที่กล่าวมาแล้ววาชุดคอนเดนซิ่งยูนิตจะประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ที่ทำงานรวมกัน ในการคำนวณนำเอาสมการแสดงสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ซึ่งได้แก่สมการ (3.30) และ (3.31) และสมการสมรรถนะของคอนเดนเซอร์ซึ่งได้แก่สมการ (3.32) และ (3.33) มาเขียนเป็นกล่องความสัมพันธ์ในแผนภาพ information flow จะได้ดังรูป 3.10

วิธีหนึ่งที่จะแก้ปัญหาสมการที่ไมเป็นเชิงเส้นนี้ได้คือกระบวนการแทนค่าสืบเนื่อง (Successive substitution) ตัวแปรตรึง คือ t_{amb} = 35 °C และ t_e = 10 °C โดยที่ F = 755.44 W/°C จากนั้นลองสมมติค่า t_c = 50 °C (แล้วแต่จะเลือก) ซึ่งจะใช้เป็นตัวแปรป้อนเข้าของกรอบสมการ (3.30) และกรอบสมการ (3.31) (ในรูปที่ 3. 10 ได้ตัวแปรแสดงผล Q_e และ P ตามลำดับจากนั้นจะใช้ Q_e และ P เป็นตัวแปรป้อนเข้ากรอบสมการ (3. 32) ได้ตัวแปรแสดงผล Q_c และป้อนเข้ากรอบสมการ (3.33) ได้ตัวแปรแสดงผล t_c ใหม่ เพื่อเป็นตัวแปรป้อนเข้าไปทำซ้ำต่อไปจนกว่าผลลัพธ์จะลู่เข้า (converge) ดังแสดงในตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.10 แผนภาพ information flow ของคอนเดนซิ่งยูนิต

ตารางที่ 3.2 การคำนวณใน แผนภาพ information flow

Cycle	Q_e(W)	P(W)	Q_c(W)	t_c(^{o}C)
1	6,525.45	1,848.32	8,373.77	46.08
2	6,932.10	1,756.66	8,688.76	46.50
3	6,889.38	1,766.53	8,655.91	46.46
4	6,893.84	1,765.50	8,659.34	46.46

ในตารางที่ 3.3 แสดงสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อม t_{amb} = 35 ^{o}C โดยกำหนดให้ t_e = 10,5,0,-5 และ -10 ^{o}C ตามลำดับ ซึ่งสามารถสร้างตารางได้โดยใช้แผนภาพ information flow ในรูปที่ 3.10 โดยกำหนดตัวแปรตรึง t_e เป็นค่าตามกำหนดข้างต้น สำหรับ t_e ค่าหนึ่ง ๆ นั้นจะได้คำตอบของตัวแปร (Q_e,P,Q_c,t_c) 1 ชุด แล้วนำผลมาเขียนลงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ประสิทธิภาพของคอนเดนซิ่งยูนิตที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายนอก 35 ^{o}C

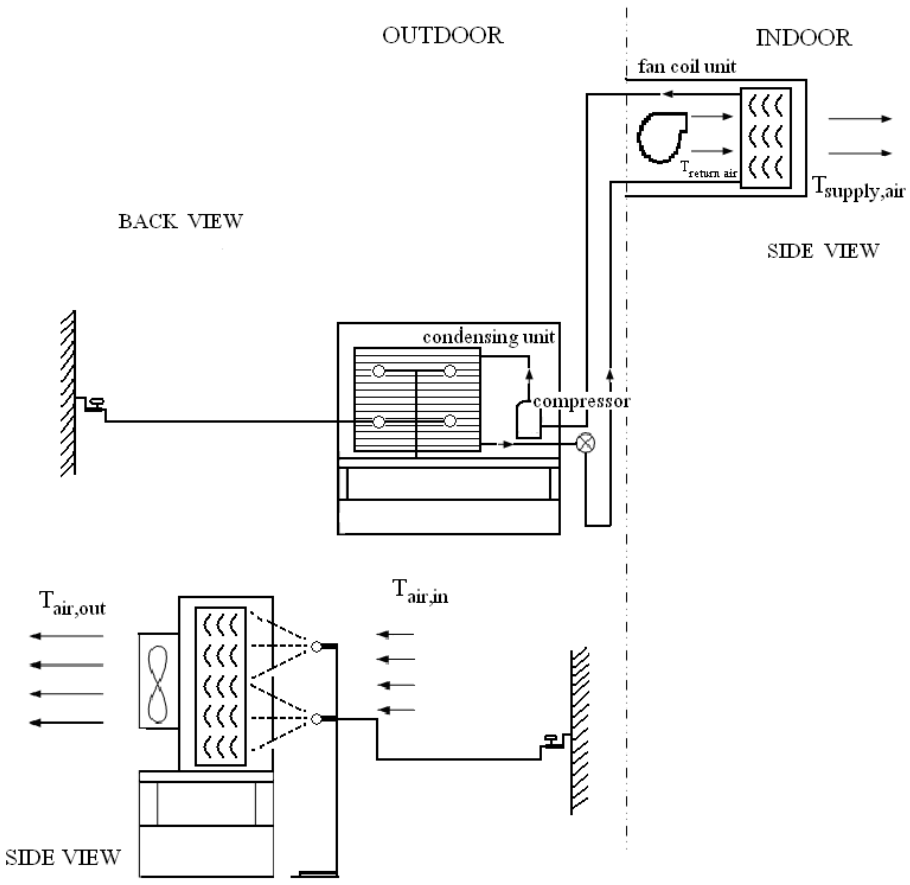
t_e(^{o}C)	Q_e(W)	P(W)	Q_c(W)	t_c(^{o}C)
-10	2926.22	1247.11	4173.33	40.52
-5	3754.68	1398.61	5153.29	41.82
0	4690.15	1537.57	6227.72	43.24
5	5736.23	1660.43	7396.66	44.79
10	6893.73	1766.26	8659.99	46.46

บทที่ 4

วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 ลักษณะของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในงานวิจัย

ในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ในสถานที่ใช้งานจริง เมื่อมีและไม่มีการติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำแบบเป็นระยะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 18,000 Btu/hr และ 25,000 Btu/hr ซึ่งใช้ติดตั้งเพื่อทำการปรับอากาศ ภายในห้อง คอนเดนซิ่งยูนิตที่ตั้งอยู่ด้านนอกอาคารจะถูกติดตั้งเข้ากับชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะเพื่อใช้ระบายความร้อนร่วมกับอากาศ



รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะกับคอนเดนซิ่งยูนิต

ในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จาก 2 สถานที่ โดยมีขนาดทำความเย็น คือ 18,000 Btu/hr และ 25,000 Btu/hr นำมาติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะ กับคอนเดนซิ่งยูนิตดังมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูล Condensing Unit ของเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu/hr

Condensing Unit รุ่น ASR 18

Fancoil Unit รุ่น ECR 600

ระบบไฟฟ้า 220 Volts 1 Phase 50 Hz

(กระแส, แรงดัน, กำลัง)	จำนวน	RLA	LRA	HP	Volt	PH	Hz
มอเตอร์พัดลม	1	0.65	1.12	1/10	220	1	50
คอมเพรสเซอร์	1	6. 45	47.00	1.83	220	1	50

ความสามารถทำความเย็น 18,000 Btu/hr Btu/hr (5.5 kW)

ข้อมูล Condensing Unit ของเครื่องปรับอากาศขนาด 25,000 Btu/hr

Condensing Unit รุ่น ASR 25

Fancoil Unit รุ่น ECR 850

ระบบไฟฟ้า 220 Volts 1 Phase 50 Hz

(กระแส, แรงดัน, กำลัง)	จำนวน	RLA	LRA	HP	Volt	PH	Hz
มอเตอร์พัดลม	1	1.20	1.42	1/6	220	1	50
คอมเพรสเซอร์	1	8.68	70.00	2.50	220	1	50

ความสามารถทำความเย็น 25,000 Btu/hr Btu/hr (7.4 kW)

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า (Watt-hr meter) ใช้วัดค่ากำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิต
   - ยี่ห้อ MITSUBISHI
   - แรงดันไฟฟ้า 220 V 1 phase 50 Hz
   - กระแสไฟฟ้า 5/15 A

รูปที่ 4.2 มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า

2. อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า (Digital clamp meter) ใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิต
   - ยี่ห้อ KYORITSU รุ่น KEW SNAP 200
   - ย่านการวัด 0 – 40 A

รูปที่ 4.3 อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า

3. เกจวัดความดัน (Pressure gauge) ใช้วัดความดันของสารทำความเย็นด้านสูงและด้านต่ำ
   - ยีห้อ Asian first
   - ย่านการวัด P_{suc} = 0 – 60 psi , P_{dis} = 0 – 500 psi

รูปที่ 4.4 เกจวัดความดัน

4. เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียก – แห้งของอากาศ และวัดอุณหภูมิน้ำ
   - ย่านการวัด 0 – 100 °C

รูปที่ 4.5 เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท

5. โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ใช้เปิด – ปิดการพ่นละอองน้ำ
   - ยี่ห้อ CHSFC รุ่น 2W025 – 06
   - แรงดันที่ใช้งาน 0 – 10 kgf/cm^2
   - อุณหภูมิที่ใช้งาน -5 – 80 °C

รูปที่ 4.6 โซลินอยด์วาล์ว

6. อุปกรณ์หน่วงเวลาในการเปิด – ปิดโซลินอยด์วาล์ว
   - ยี่ห้อ Fotek รุ่น TDVY M6
   - Range 6/60 (s/m)
   - แรงดันไฟฟ้า 220 V

รูปที่ 4.7 อุปกรณ์หน่วงเวลาในการเปิด – ปิดโซลินอยด์วาล์ว

7. มิเตอร์น้ำประปา (Flow meter) ยี่ห้อ KENT ใช้วัดปริมาณน้ำที่พ่นบนคอนเดนซิ่งยูนิต

รูปที่ 4.8 มิเตอร์น้ำประปา

8. หัวพ่นละอองน้ำทองเหลือง

รูปที่ 4.9 หัวพ่นละอองน้ำทองเหลือง

4.3 การดำเนินการทดสอบ

การทดลองเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะทำการทดสอบเป็นเวลาสองวันติดกัน สำหรับข้อมูล 1 คู่ เพื่อให้ได้สภาวะอากาศภายนอกที่ใกล้เคียงกัน โดยในวันแรกจะเป็นการทดลองสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยู - นิตแบบธรรมดา และในวันถัดไปจะเป็นการทดลองสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบการประหยัดก่อนและหลังการติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะให้กับคอนเดนซิ่งยูนิต

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องที่ใช้ประจำวันและเดินเครื่องปรับอากาศให้อยู่ในลักษณะที่คอมเพรสเซอร์ทำงานตลอดเวลา โดยภายในห้องจะมีนิสิตเข้า – ออกตลอดเวลา
2. ทำการวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียกภายใน – ภายนอกห้อง สภาพอากาศภายนอก แรงดันด้านต่ำ – สูงของสารทำความเย็นที่คอน - เดนซิ่งยูนิต กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ของคอนเดนซิ่งยูนิตทุกชั่วโมง นอกจากนี้บันทึกจำนวนนิสิตภายในห้องตั้งแต่ 9.00 – 18.00 น.
3. .ในวันถัดไปจะติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะกับคอนเดนซิ่งยูนิตตัวเดิม โดยให้ทำงานพร้อมกับคอมเพรสเซอร์ให้มีการพ่นละอองน้ำ 4 วินาที สลับกับการหยุดพ่น 55 วินาที ก่อนที่จะทำการพ่นละอองน้ำในครั้งถัดไป ซึ่งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะต่อเข้ากับท่อน้ำประปาภายในอาคาร

รูปที่ 4.10 คอนเดนซิ่งยูนิตที่ทำการทดสอบสมรรถนะ

4. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1. แต่จะเปิดชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะที่คอนเดนซิ่งยูนิตด้วย
5. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2. แต่จะบันทึกค่าปริมาณน้ำที่ใช้แต่ละชั่วโมงด้วย
6. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1. – 5. จนได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ
7. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณและวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน

รูปที่ 4.11 แสดงการวัดกระแสไฟฟ้าที่คอนเดนซิ่งยูนิต

บทที่ 5

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการทดสอบเ พื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะในลักษณะคอมเพรสเซอร์ทำงานตลอดเวลา (Full load) ในสถานที่ใช้งานจริง โดยจะทำการทดสอบและวัดค่าต่างๆของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดาก่อน 1 วัน จากนั้นในวันถัดไปจะทำการทดสอบและวัดค่าต่างๆของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะอีก 1 วัน แล้วนำข้อมูลการทดสอบทั้ง 2 วันมาวิเคราะห์ ซึ่งผลการทดลองทั้งหมดจะนำเสนอในภาคผนวก ก

5.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองเปรียบเทียบระหว่างคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

จากตัวอย่างการทดลองที่ 1 ในการเปรียบเทียบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr พบว่าการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบจะขึ้นลงตามอุณหภูมิอากาศภายนอก และที่อุณหภูมิอากาศภายนอกที่ใกล้เคียงกัน การใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะมีค่าการใช้กำลังไฟฟ้าแต่ละชั่วโมงต่ำกว่าคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดาสามารถลดการใช้กำลังไฟฟ้าได้ 3 – 10 % ซึ่งใน 1 วัน ลดกำลังไฟฟ้าจากวันที่ใช้คอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดาได้ 1.25 kW หรือ 6.87 % ในขณะที่ความสามารถการทำความเย็นที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากอุณหภูมิภายในห้องของการทดลองทั้งสองแบบไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งปริมาณการพ่นละอองน้ำแต่ละชั่วโมงของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะอยู่ระหว่าง 5.3 – 5.9 ลิตร/ชั่วโมง โดยปริมาณน้ำที่ใช้พ่นจะต่อมาจากท่อประปาภายในอาคารที่มีแรงดันใช้งานอยู่ระหว่าง 11 – 27.5 psi (76 – 190 kPa) นอกจากนี้การพ่นละอองน้ำเป็นระยะที่คอนเดนซิ่งยูนิตจะไม่เกิดความเฉอะแฉะบริเวณที่ทำการพ่นละอองน้ำ และหลังการทดลองเมื่อเปิดดูภายในคอนเดนซิ่งยูนิตปริมาณน้ำที่เหลือตกค้างก็น้อยมาก

และจากการทดลองครั้งอื่นๆ ก็จะได้ผลการทดลองไปในทางเดียวกันคือคอนเดนซิ่งยู - นิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดาและมีความสามารถในการทำความเย็นที่ใกล้เคียงกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะมีสมรรถนะดีกว่าคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดา

5.2 แนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

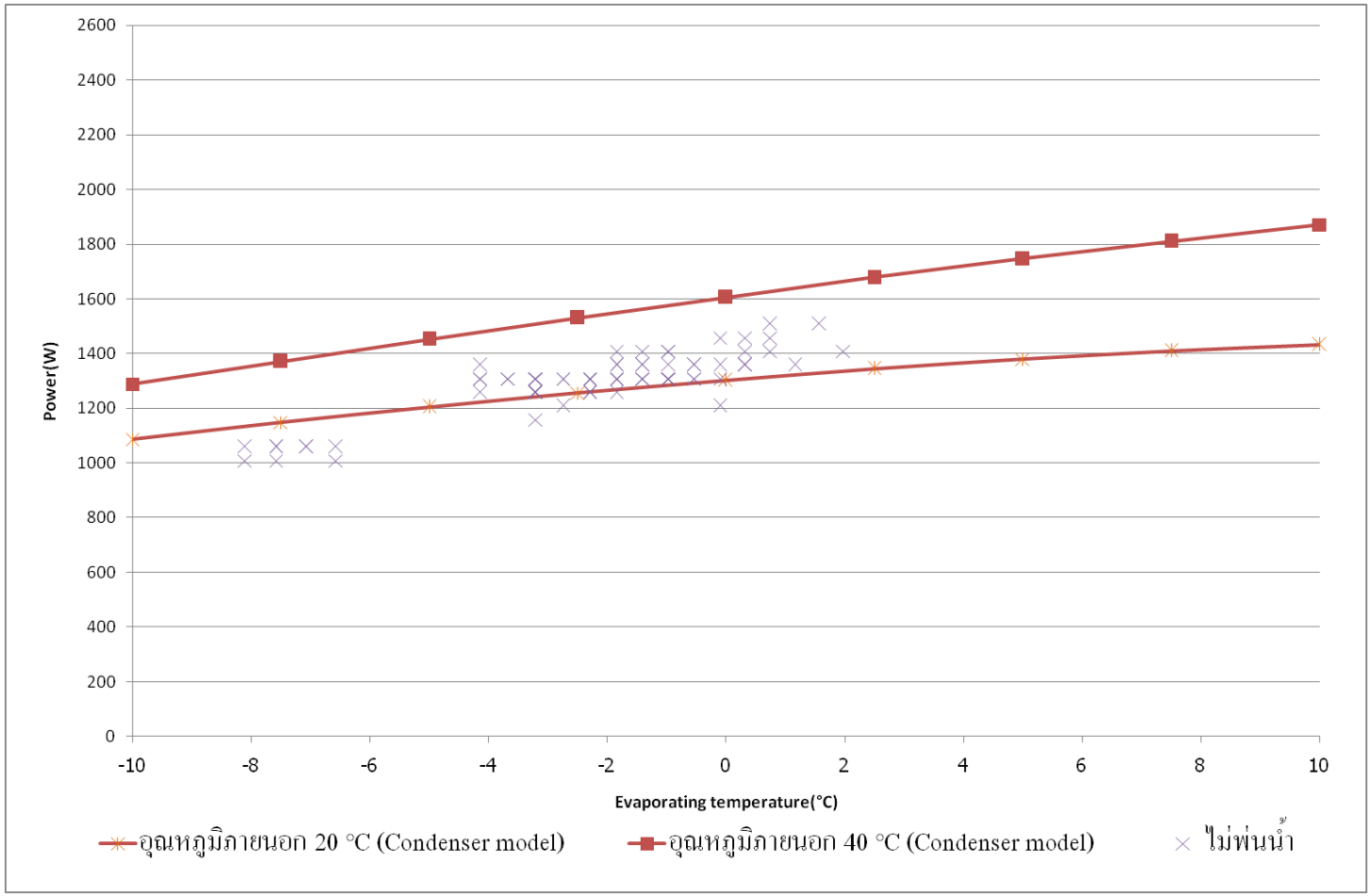
รูปที่ 5.1 และ รูปที่ 5.2 เป็นผลการทดลองการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr และ 25,000 Btu/hr ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบระหว่างคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะ จากรูปเส้นสีแดงจะแทนการจำลองสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดาที่ใช้อากาศในการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ ส่วนเส้นสีฟ้าจะจำลองสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบที่ใช้อากาศและน้ำการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ หรือคอนเดนเซอร์แบบระเหย (Evaporative condenser) ในการจำลองสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตจะเลือกขนาดคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์ให้ใกล้เคียงกับการทดสอบมากที่สุด ซึ่งการสร้างแบบจำลองสมรรถนะของคอนเดน - ซิ่งยูนิตได้คำนวณไว้ในภาคผนวก ข จากผลการทดลองรูปที่ 5.1 และ รูปที่ 5.2 จะเห็นว่าการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะใกล้เคียงกับแบบจำลองของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบที่ใช้คอนเดนเซอร์แบบระเหย ซึ่งมีแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าคอนเดนซิ่งยู - นิตแบบธรรมดา ทั้งนี้เนื่องมาจากการมีน้ำมาช่วยระบายความร้อนร่วมกับอากาศทำให้การคายความร้อนที่คอนเดนเซอร์มากขึ้นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ก็ลดลง

5.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้กำลังไฟฟ้ากับอุณหภูมิภายนอกของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

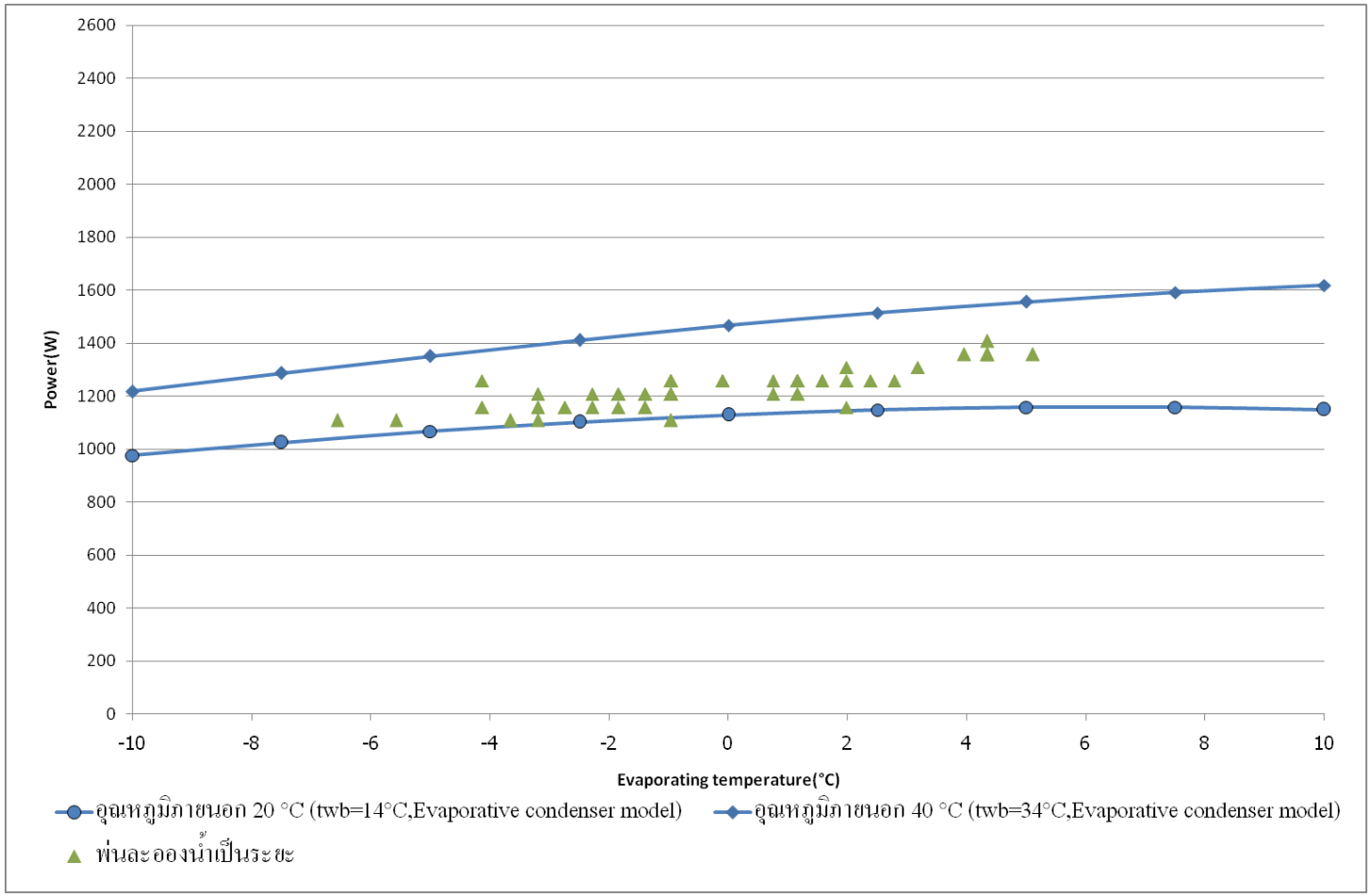
จากผลการทดลองการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ พบว่าในสภาวะอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในคอนเดนซิ่งยูนิตก็จะสูงตามไปด้วย ในการทดลองเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr กำลังไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ในวันที่ทำการทดลองคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบมีอุณหภูมิภายนอกใกล้เคียงกันจากการทดลองที่ 4 , 6 และ 9 โดยมีอัตราการพ่นละอองน้ำที่เท่ากันคือ 3.6 ลิตร/ชั่วโมง จะได้ว่าในการทดลองที่ 6 ที่มีอุณหภูมิภายนอกระหว่าง 30 – 34 °C จะลดกำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ได้มากที่สุดคือ 6.90 % โดยบริเวณที่ทำการพ่นละอองน้ำจะมีความเฉอะแฉะเล็กน้อยสามารถระเหยได้ภายในเวลาไม่นาน ส่วนการทดลองที่ 4 ที่มีอุณหภูมิภายนอกค่อนข้างต่ำอยู่

ระหว่าง 21 - 24 °C สามารถลดกำลังไฟฟ้าได้ 6.10 % โดยบริเวณที่มีการพ่นละอองน้ำจะมีความเฉอะแฉะค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการทดลองอื่น เนื่องมาจากอุณหภูมิภายนอกที่ค่อนข้างต่ำทำให้ละอองน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนระเหยได้น้อยลง และสุดท้ายในการทดลองที่ 9 ที่มีอุณหภูมิภายนอกระหว่าง 32 – 38 °C สามารถลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ได้ 5.04 % บริเวณที่พ่นละอองน้ำนั้นไม่มีการเฉอะแฉะเลย เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ค่อนข้างสูงละอองน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนร่วมกับอากาศจะมีอุณหภูมิสูงตามไปด้วย ทำให้การระเหยของน้ำจะเร็วและมากกว่าปกติ ซึ่งถ้าหากเพิ่มปริมาณการพ่นละอองน้ำอาจทำให้ลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ได้มากขึ้น

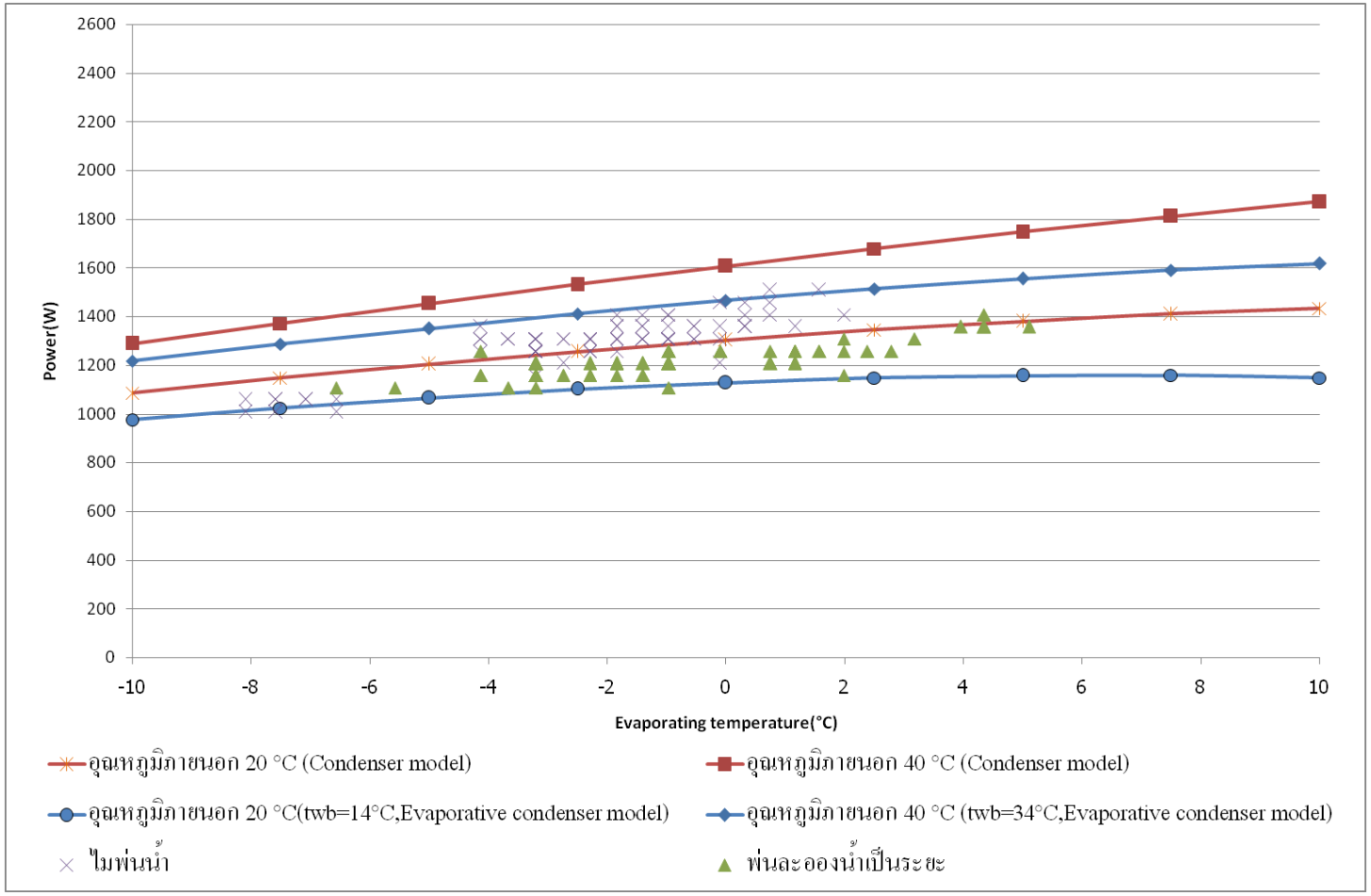
ดังนั้นจากการทดลองสรุปได้ว่าคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะในการทดลองสามารถลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ได้ดีที่อุณหภูมิภายนอกอยู่ระหว่าง 30 – 34 °C ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวจะเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ใช้พ่นบนคอนเดนซิ่งยูนิต และนอกจากนี้หากมีการปรับปริมาณน้ำที่พ่นให้เหมาะสมกับอุณหภูมิอากาศภายนอกได้ก็จะเป็นการลดกำลังไฟฟ้าที่คอนเดนซิ่งยูนิตได้มากขึ้นและยังเป็นการใช้ปริมาณน้ำได้อย่างคุ้มค่า



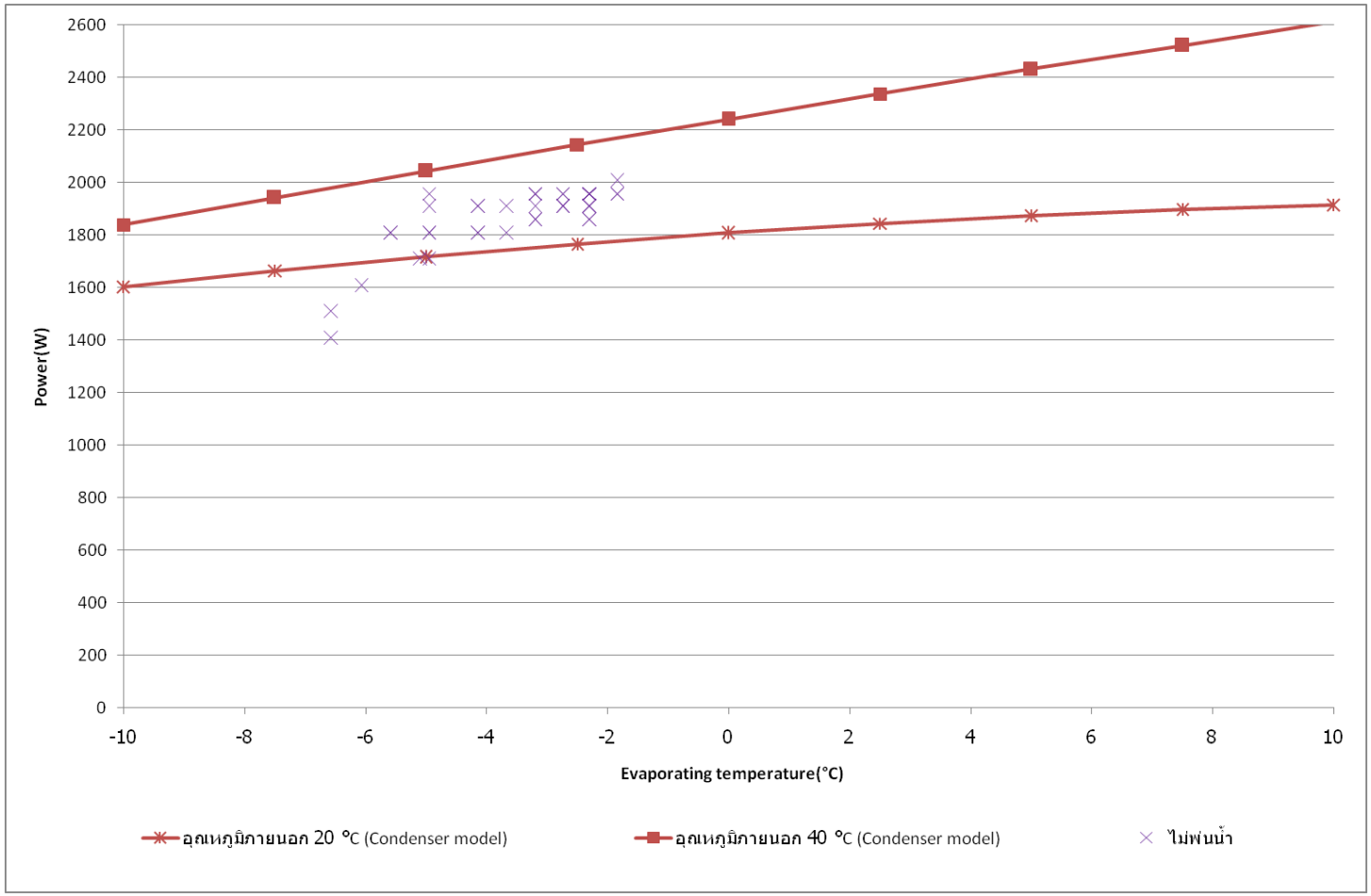
รูปที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr



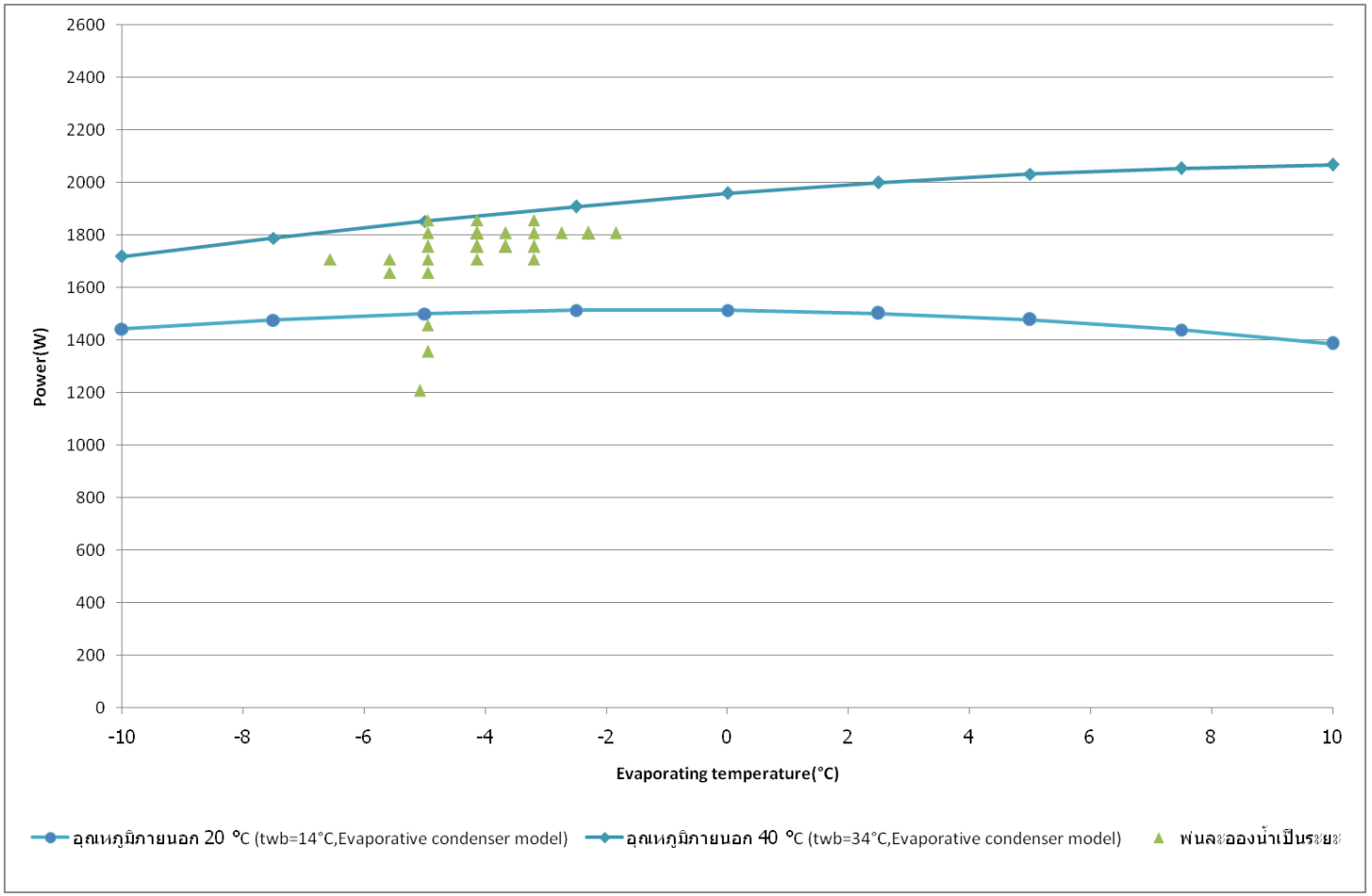
รูปที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr



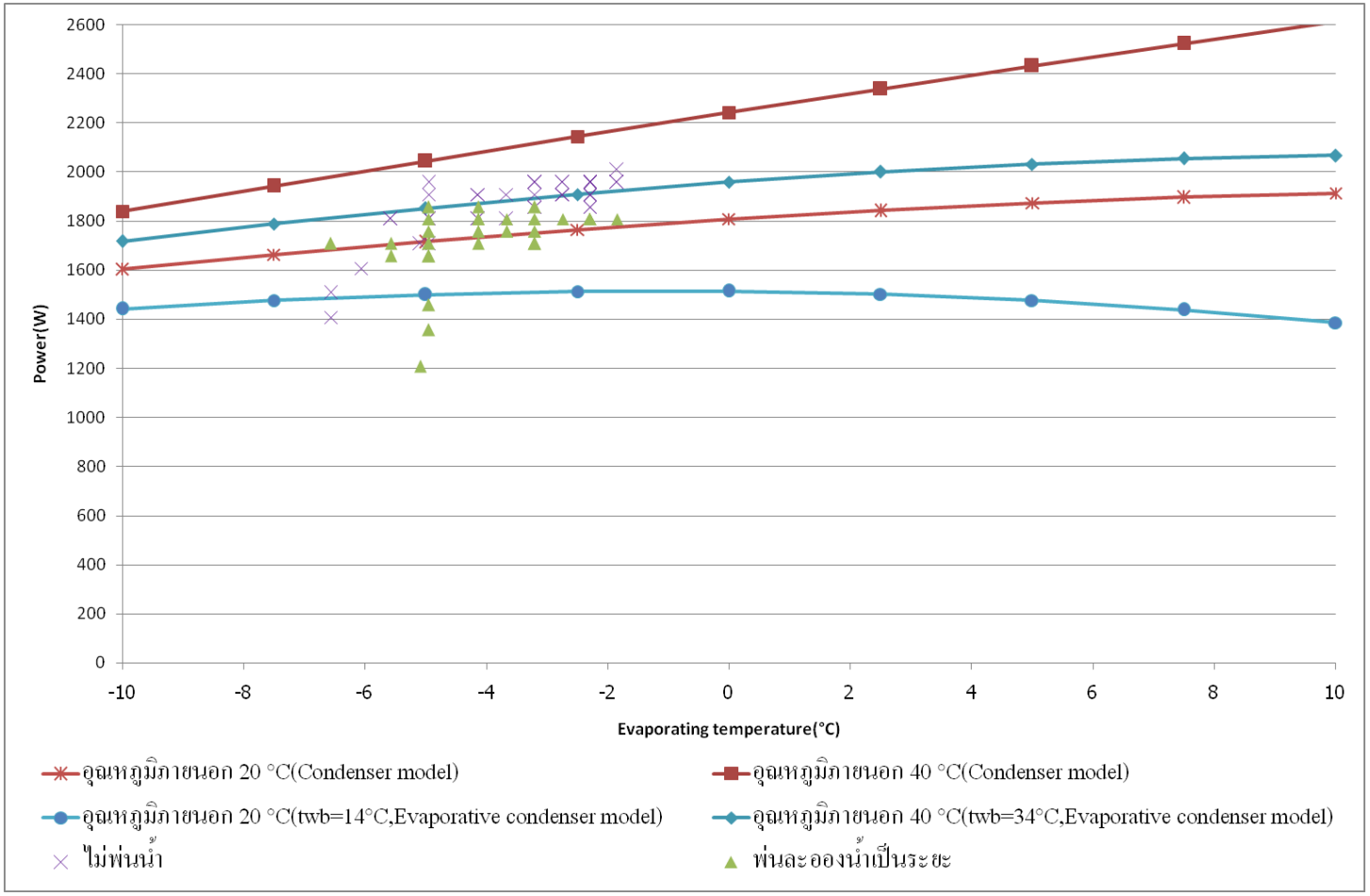
รูปที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr



รูปที่ 5.4 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr



รูปที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr



รูปที่ 5.6 กราฟเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตจากการทดลองกับแบบจำลองของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะ ซึ่งคอนเดนซิ่งยูนิตที่ใช้ในการทดลองจะเป็นชุดเดียวกันและการทำงานจะอยู่ในลักษณะคอมเพรสเซอร์ทำงานตลอดเวลาในสถานที่ใช้งานจริง โดยการติดตั้งชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะไม่ยุ่งยากสามารถปรับเปลี่ยนจากคอนเดนซิ่งยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยอากาศธรรมดาเป็นแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะได้ทันที นอกจากนี้ปริมาณน้ำที่ใช้ในคอนเดน - ซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะมีปริมาณน้ำเล็กน้อยและจะระเหยไปกับคอนเดนเซอร์และสภาวะแวดล้อม จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดากับแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะขึ้นกับสภาวะอากาศภายนอก ถ้าอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตก็จะสูงตามไปด้วย แต่ในทางกลับกันถ้าอากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตก็จะต่ำตามไปด้วย
2. สมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะดีกว่าแบบธรรมดา โดยจากการทดลองในงานวิจัยนี้พบว่าอุณหภูมิอากาศภานอกที่ไม่แตกต่างกันมากการใช้กำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะน้อยกว่าแบบธรรมดา แต่ความเย็นที่ได้ภายในห้องเกือบจะเท่ากัน โดยในเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr และ 25,000 Btu/hr สามารถลดการใช้กำลังไฟฟ้าได้ 5 -7 % มีการใช้น้ำ 31 – 34 ลิตรต่อวัน ในเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu/hr ส่วนเครื่องปรับอากาศขนาด 25,000 Btu/hr มีการใช้น้ำ 47 – 54 ลิตรต่อวัน
3. คอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อปริมาณน้ำที่ใช้เหมาะสมกับอุณหภูมิอากาศภายนอก กล่าวคือที่สภาวะอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำก็ควรใช้ปริมาณน้ำที่พ่นบนคอนเดนซิ่งยูนิตน้อยๆเพราะอากาศที่อุณหภูมิต่ำ

น้ำจะเหยได้น้อย แต่ถ้าอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงก็ควรเพิ่มปริมาณน้ำที่พ่นบนคอน - เดนซิ่งยูนิตเพราะอากาศที่อุณหภูมิสูงน้ำก็จะระเหยได้มากตามไปด้วย

6.2 ปัญหา,อุปสรรคและข้อเสนอแนะนำในงานวิจัย

1. ในการทดลองในสถานที่ใช้งานจริง 2 วันติดกันสำหรับข้อมูล 1 ชุดเพื่อให้ได้สภาวะอากาศภายนอกที่ใกล้เคียงกันในบางครั้งสภาวะอากาศอาจเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วในวันใดวันหนึ่งทำให้อาจไม่ได้ข้อมูลของสภาวะอากาศที่ใกล้เคียงกับอีกวันได้
2. ในการทดลองคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะน้ำที่ใช้จะต่อมาจากท่อประปาภายในอาคาร แต่ในสถานที่ที่ใช้ในการทดลองอยู่ในที่สูงแรงดันน้ำอาจไม่คงที่ทำให้บางครั้งการพ่นละอองน้ำไม่ครอบคลุมพื้นที่ผิวของคอนเดนเซอร์ประสิทธิภาพการพ่นละอองน้ำที่ใช้ก็จะลดลง
3. ในการทดลองคอนเดนซิ่งยูนิตแบบพ่นละอองน้ำเป็นระยะประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนจะเพิ่มขึ้นถ้าหากอุณหภูมิน้ำที่ใช้มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นหากนำน้ำที่กลั่นตัวจากอากาศภายในห้องปรับอากาศมาใช้จะช่วยลดอุณหภูมิที่จะนำไปใช้ระบายความร้อนได้มากขึ้น
4. ที่ชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะควรติดตั้งระบบควบคุมการทำงานด้วยเครื่องตรวจจับอุณหภูมิของอากาศภายนอก โดยที่เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ชุดพ่นละอองน้ำเป็นระยะจะหยุดการทำงานหรือทิ้งช่วงระยะเวลาการหยุดพ่นน้ำนานขึ้น เพื่อประหยัดพลังงานและเป็นการใช้น้ำอย่างคุ้มค่าไม่ทำให้เกิดการเปียกแฉะบริเวณที่ทำการพ่นละอองน้ำ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ญาณวุฒิ สุพิชญางกูร. การปรับปรุงเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2539.

ธนะสิทธิ์ องค์ธนะสุข. สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ธนวรา ทองล้วน. การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศโดยการพ่นน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

สนอง อิ่มเอม. เครื่องทำความเย็นและและระบบปรับอากาศรถยนต์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ อมรพริ้นติ้ง กรุ๊ป, 2530.

ภาษาอังกฤษ

Frank P. Incropera, David P. Dewitt. Fundamental of Heat and Mass Transfer. 4th ed. NewYork : John Wiley & Sons, 1996.

Goswami, mathur , and Kulkami S.M. Experimental Investigation of Performance of a Residential Conditioning System with an Evaporatively Cooled Condenser. Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME. 115 (Nov 1993) : 206 – 211.

Ebrahim Hajidavalloo. Application of evaporative on the condenser of window-air-conditioner. Applied Thermal Engineering. 27 (Jan 2007) : 1937 – 1943.

Youbi-Idrissi, M., Macchi-Tejeda, H., Fournaison, j. and Guilpart, J. Numerical model of sprayed air cooled condenser coupled to refrigerating system. Energy Conversion and Management. 48 (March 2007) : 1943 – 1951.

Cengel, Yunus A. and Michael A. Boles. Thermodynamics: An Engineering Approach, 5th ed. New York : McGraw-Hill , 2006.

Stoeker W.F., Jones J.W. Refrigeration & Air Conditioning. 2nd ed. Singapore : McGraw-Hill, 1982.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิต (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr) และ ผลการทดลองสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิต (เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-1 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 1

วันที่ 11 มี.ค. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

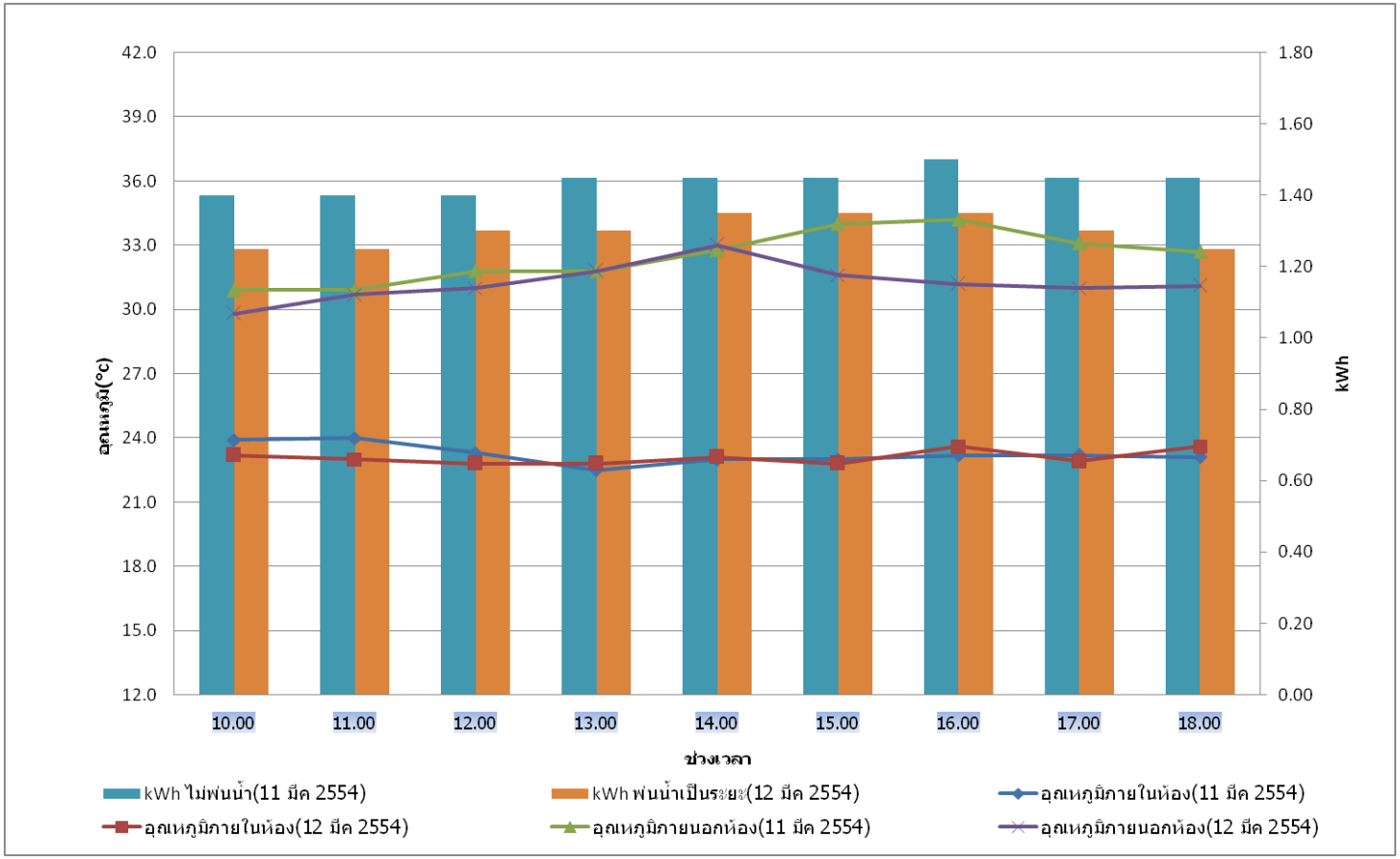
ครั้งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา		9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง	Tdb(°c)	23.5	23.9	24.0	23.3	22.5	23.0	23.0	23.2	23.2	23.1
	Twb(°c)	18.2	17.1	17.0	16.4	16.1	16.5	16.4	16.7	16.7	16.7
นอกห้อง	Tdb(°c)	29.9	30.9	30.9	31.8	31.8	32.8	34.0	34.2	33.1	32.7
	Twb(°c)	24.8	24.8	24.1	24.2	24.2	24.9	25.0	24.9	25.0	24.7
ความดัน	ด้านสูง(psig)	197	207	209	217	220	225	230	234	225	215
	ด้านต่ำ(psig)	63	65	65	68	68	68	69	68	66	64
ความดันแตกต่าง		134.0	142.0	144.0	149.0	152.0	157.0	161.0	166.0	159.0	151.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)		5.87	6.02	6.18	6.29	6.41	6.47	6.56	6.70	6.46	6.30
kWh มิเตอร์		882.90	884.30	885.70	887.10	888.55	890.00	891.45	892.95	894.40	895.85
kWh มิเตอร์สะสม		0.00	1.40	2.80	4.20	5.65	7.10	8.55	10.05	11.50	12.95
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง		NA	1.40	1.40	1.40	1.45	1.45	1.45	1.50	1.45	1.45
อากาศ		แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดไม่มี ไม่มีลม
จำนวนคนในห้อง		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-2 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 1

วันที่ 11 มี.ค. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	23.8	23.2	23.0	22.8	22.8	23.1	22.8	23.6	22.9	23.6
Twb(°c)	20.0	19.7	19.1	18.8	18.2	19.0	19.0	19..2	19.0	19.1
นอกห้อง Tdb(°c)	28.9	29.8	30.7	31.0	31.8	33.0	31.6	31.2	31.0	31.1
Twb(°c)	25.5	25.6	25.7	25.1	25.0	26.3	26.0	26.2	26.2	26.1
ความดัน ด้านสูง(psig)	181	189	185	200	206	209	201	198	195	199
ด้านต่ำ(psig)	55	60	58	65	69	68	65	65	63	64
ความดันแตกต่าง	126.0	129.0	127.0	135.0	137.0	141.0	136.0	133.0	132.0	135.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	29.2	29.8	29.9	31.7	33.3	34.5	33.1	33.0	32.9	31.8
แรงดันน้ำ(psig)	17.3	17.7	31.0	24.9	16.9	17.0	20.5	24.0	29.0	27.0
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.3225	27.3259	27.3298	27.3335	27.3374	27.3409	27.3446	27.3485	27.3520	27.3558
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0034	0.0073	0.0110	0.0149	0.0184	0.0221	0.0260	0.0295	0.0333
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0034	0.0039	0.0037	0.0039	0.0035	0.0037	0.0039	0.0035	0.0038
ความเฉอะแฉะ	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย
กระแส (A)	5.52	5.64	5.62	5.85	6.08	6.10	5.91	5.88	5.81	5.75
kWh มิเตอร์	897.30	898.55	899.80	901.10	902.40	903.75	905.10	906.45	907.75	909.00
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.25	2.50	3.80	5.10	6.45	7.80	9.15	10.45	11.70
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.25	1.25	1.30	1.30	1.35	1.35	1.35	1.30	1.25
อากาศ	ไม่มีแดด เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ไม่มีลม
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



รูปที่ ก – 1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 1

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-3 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 2

วันที่ 17 มี.ค. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

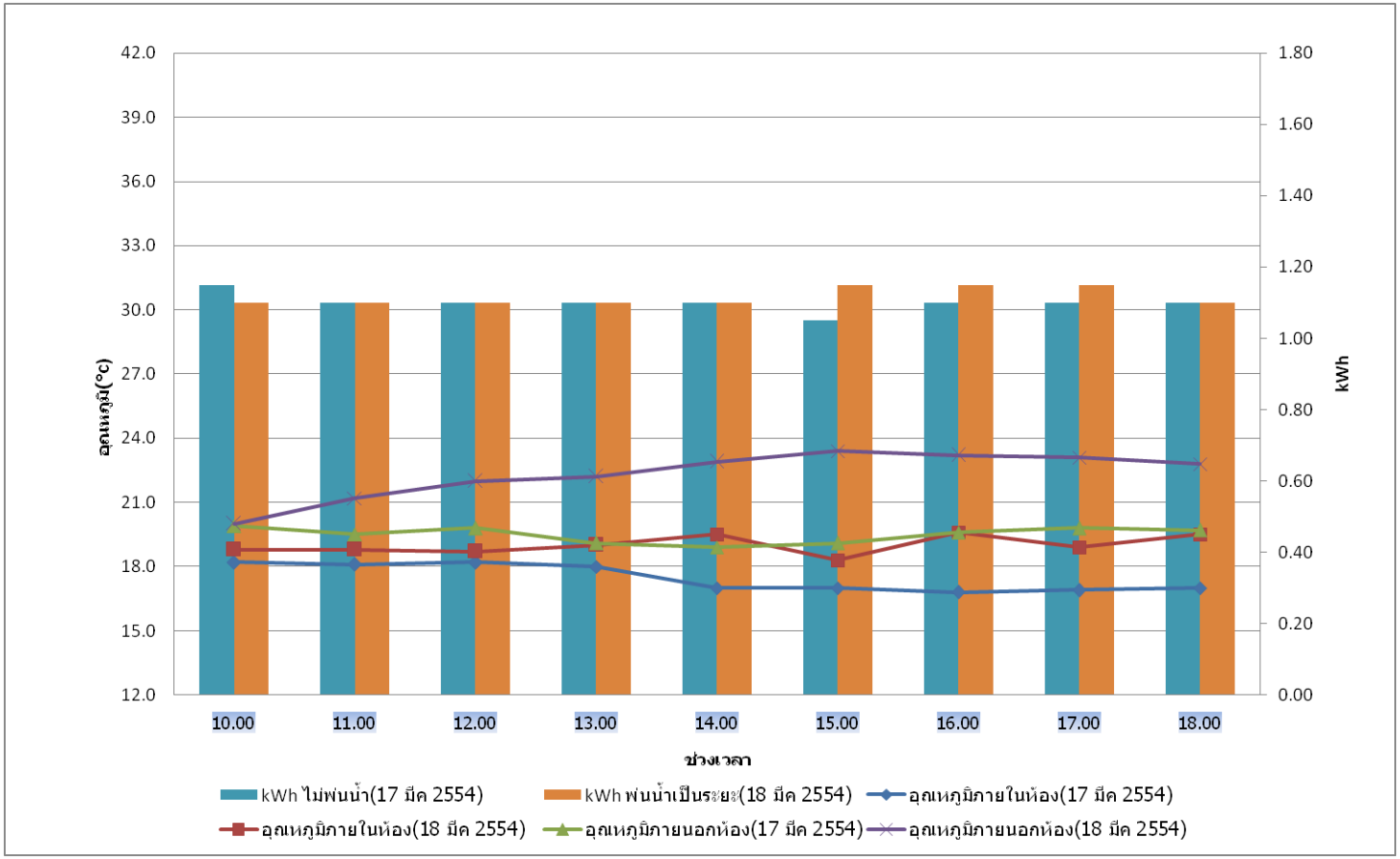
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	19.3	18.2	18.1	18.2	18.0	17.0	17.0	16.8	16.9	17.0
Twb(°c)	15.2	14.2	14.4	14.5	14.0	13.8	13.3	13.2	13.5	13.4
นอกห้อง Tdb(°c)	20.0	19.9	19.5	19.8	19.1	18.9	19.1	19.6	19.8	19.7
Twb(°c)	17.0	16.7	16.5	16.8	16.8	16.6	16.7	16.8	16.7	16.6
ความดัน ด้านสูง(psig)	145	145	145	148	142	140	140	142	143	144
ด้านต่ำ(psig)	43	43	44	48	45	43	43	42	43	43
ความดันแตกต่าง	102.0	102.0	101.0	100.0	97.0	97.0	97.0	100.0	100.0	101.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)	4.85	4.82	4.83	4.84	4.72	4.70	4.76	4.80	4.79	4.78
kWh มิเตอร์	913.10	914.25	915.35	916.45	917.55	918.65	919.70	920.80	921.90	923.00
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.15	2.25	3.35	4.45	5.55	6.60	7.70	8.80	9.90
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.15	1.10	1.10	1.10	1.10	1.05	1.10	1.10	1.10
อากาศ	ไม่มีแดด ฝนตกเบาๆ เมฆเยอะ ลมปานกลาง	ไม่มีแดด ฝนตกเบาๆ เมฆเยอะ ลมปานกลาง	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ฝนตกเบาๆ เมฆเยอะ ลมบาๆ	ไม่มีแดด ฝนตกเบาๆ เมฆเยอะ ลมบาๆ	ไม่มีแดด ฝนตกปานกลาง เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-4 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 2

วันที่ 18 มี.ค. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	18.2	18.8	18.8	18.7	19.0	19.5	18.3	19.6	18.9	19.5
Twb(°c)	14.6	13.8	14.0	14.2	15.2	15.3	15.0	15.0	14.9	15.2
นอกห้อง Tdb(°c)	19.1	20.0	21.2	22.0	22.2	22.9	23.4	23.2	23.1	22.8
Twb(°c)	17.7	17.7	17.9	18.1	18.9	18.9	19.7	19.4	19.7	19.1
ความดัน ด้านสูง(psig)	136	140	150	150	155	157	157	156	160	155
ด้านต่ำ(psig)	43	42	44	43	47	50	48	49	49	45
ความดันแตกต่าง	93.0	98.0	106.0	107.0	108.0	107.0	109.0	107.0	111.0	110.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	20.3	21.8	23.5	24.1	24.5	25.2	26.6	26.0	25.8	24.8
แรงดันน้ำ(psig)	23.1	18.0	28.0	19.5	19.1	31.6	29.4	27.6	16.0	21.3
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.3593	27.3628	27.3663	27.3700	27.3735	27.3770	27.3806	27.3842	27.3878	27.3914
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0035	0.0070	0.0107	0.0142	0.0177	0.0213	0.0249	0.0285	0.0321
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0035	0.0035	0.0037	0.0035	0.0035	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
ความเฉอะแฉะ	นิดหน่อย	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย
กระแส (A)	4.65	4.74	5.00	4.94	5.07	5.06	5.11	5.10	5.12	5.04
kWh มิเตอร์	925.55	926.65	927.75	928.85	929.95	931.05	932.20	933.35	934.50	935.60
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.10	2.20	3.30	4.40	5.50	6.65	7.80	8.95	10.05
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.15	1.15	1.15	1.10
อากาศ	แดดอ่อนๆ เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมปานกลาง	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมปานกลาง	แดดอ่อนๆ เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



รูปที่ ก – 2 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 2

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-5 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 3

วันที่ 21 มี.ค. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

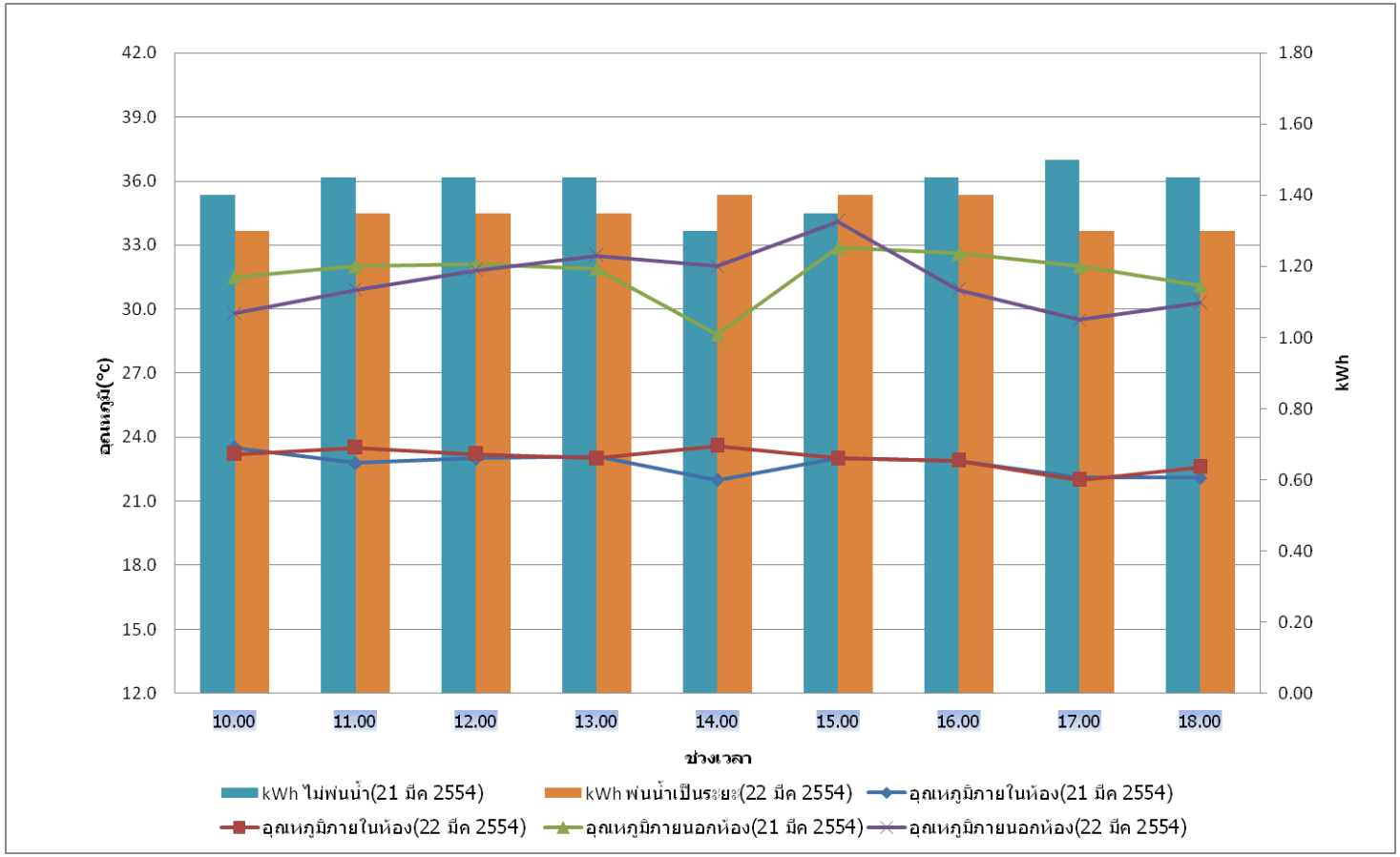
ครั้งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา		9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง	Tdb(°c)	23.8	23.5	22.8	23.0	23.1	22.0	23.0	22.9	22.1	22.1
	Twb(°c)	19.3	18.5	17.8	18.3	19.0	18.0	19.2	18.2	18.2	19.1
นอกห้อง	Tdb(°c)	29.0	31.5	32.0	32.1	31.9	28.8	32.9	32.6	32.0	31.1
	Twb(°c)	26.6	26.7	26.9	27.0	27.3	25.7	27.8	27.9	28.0	27.3
ความดัน	ด้านสูง(psig)	197	216	223	223	220	195	230	226	221	215
	ด้านต่ำ(psig)	61	67	68	70	69	65	72	69	70	67
ความดันแตกต่าง		136.0	149.0	155.0	153.0	151.0	130.0	158.0	157.0	151.0	148.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)		5.89	6.24	6.36	6.35	6.45	5.75	6.60	6.45	6.32	6.14
kWh มิเตอร์		938.85	940.25	941.70	943.15	944.60	945.90	947.25	948.70	950.20	951.65
kWh มิเตอร์สะสม		0.00	1.40	2.85	4.30	5.75	7.05	8.40	9.85	11.35	12.80
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง		NA	1.40	1.45	1.45	1.45	1.30	1.35	1.45	1.50	1.45
อากาศ		แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดอ่อน เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ฝนตกปานกลาง เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-6 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 3

วันที่ 22 มี.ค. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	24.0	23.2	23.5	23.2	23.0	23.6	23.0	22.9	22.0	22.6
Twb(°c)	20.2	18.8	18.8	19.0	18.8	19.0	17.5	19.0	18.8	18.9
นอกห้อง Tdb(°c)	28.7	29.8	30.9	31.8	32.5	32.0	34.1	30.9	29.5	30.3
Twb(°c)	26.1	26.4	26.3	26.9	27.0	27.1	27.1	28.0	25.8	25.1
ความดัน ด้านสูง(psig)	190	199	209	218	212	219	230	208	200	204
ด้านต่ำ(psig)	62	63	70	70	68	72	72	63	65	65
ความดันแตกต่าง	128.0	136.0	139.0	148.0	144.0	147.0	158.0	145.0	135.0	139.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	29.4	31.7	32.1	33.2	33.0	33.9	35.2	32.5	31.9	31.8
แรงดันน้ำ(psig)	31.0	32.0	31.0	17.0	21.9	21.0	21.0	27.0	21.0	17.0
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.3958	27.3995	27.4034	27.4068	27.4104	27.4142	27.4178	27.4216	27.4253	27.4290
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0037	0.0076	0.0110	0.0146	0.0184	0.0220	0.0258	0.0295	0.0332
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0037	0.0039	0.0034	0.0036	0.0038	0.0036	0.0038	0.0037	0.0037
ความเฉอะแฉะ	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย
กระแส (A)	5.79	5.94	6.16	6.22	6.34	6.33	6.66	5.92	5.84	5.97
kWh มิเตอร์	952.45	953.75	955.10	956.45	957.80	959.20	960.60	962.00	963.30	964.60
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.30	2.65	4.00	5.35	6.75	8.15	9.55	10.85	12.15
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.30	1.35	1.35	1.35	1.40	1.40	1.40	1.30	1.30
อากาศ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ฝนตกปานกลาง เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ไม่มีลม	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



รูปที่ ก – 3 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 3

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-7 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 4

วันที่ 28 มี.ค. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

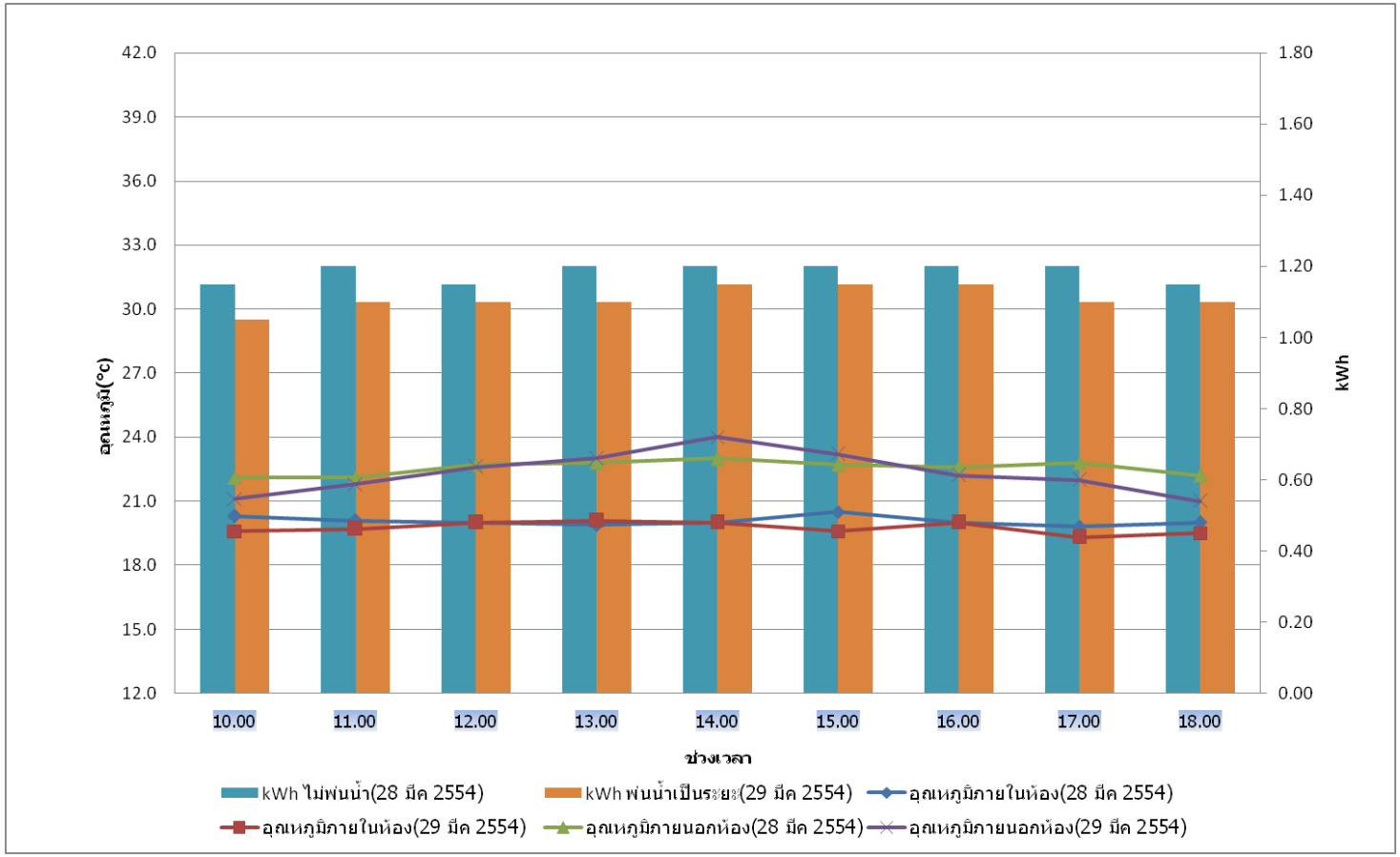
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	21.0	20.3	20.1	20.0	19.9	20.0	20.5	20.0	19.8	20.0
Twb(°c)	16.0	15.8	15.2	15.2	14.0	13.9	14.7	13.9	14.0	13.0
นอกห้อง Tdb(°c)	21.9	22.1	22.1	22.7	22.8	23.0	22.7	22.6	22.8	22.2
Twb(°c)	19.1	19.5	19.1	19.0	18.7	19.0	18.9	18.3	18.2	18.2
ความดัน ด้านสูง(psig)	161	162	162	170	169	167	167	166	165	165
ด้านต่ำ(psig)	57	56	56	58	58	56	57	57	55	55
ความดันแตกต่าง	104.0	106.0	106.0	112.0	111.0	111.0	110.0	109.0	110.0	110.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)	5.19	5.23	5.27	5.27	5.38	5.32	5.27	5.25	5.29	5.24
kWh มิเตอร์	966.00	967.15	968.35	969.50	970.70	971.90	973.10	974.30	975.50	976.65
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.15	2.35	3.50	4.70	5.90	7.10	8.30	9.50	10.65
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.15	1.20	1.15	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.15
อากาศ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ไม่มีลม	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-8 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 4

วันที่ 29 มี.ค. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	21.0	19.6	19.7	20.0	20.1	20.0	19.6	20.0	19.3	19.5
Twb(°c)	14.0	13.1	13.3	13.8	13.8	13.1	13.0	14.1	13.3	14.0
นอกห้อง Tdb(°c)	21.4	21.1	21.8	22.6	23.0	24.0	23.2	22.2	22.0	21.0
Twb(°c)	17.0	17.0	17.2	17.7	18.0	18.4	18.1	17.9	17.7	17.9
ความดัน ด้านสูง(psig)	147	146	147	151	151	156	155	150	147	142
ด้านต่ำ(psig)	49	47	45	49	48	50	50	46	45	45
ความดันแตกต่าง	98.0	99.0	102.0	102.0	103.0	106.0	105.0	104.0	102.0	97.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	21.0	21.1	21.9	22.8	23.0	23.8	23.5	22.4	22.0	21.2
แรงดันน้ำ(psig)	19.4	19.1	24.8	24.2	15.0	22.7	27.2	18.1	22.0	17.5
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.4320	27.4358	27.4396	27.4434	27.4470	27.4507	27.4542	27.4578	27.4615	27.4652
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0038	0.0076	0.0114	0.0150	0.0187	0.0222	0.0258	0.0295	0.0332
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0038	0.0038	0.0038	0.0036	0.0037	0.0035	0.0036	0.0037	0.0037
ความเฉอะแฉะ	ไม่เปียก	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย
กระแส (A)	4.87	4.85	4.88	5.01	5.09	5.13	5.11	5.06	4.92	4.86
kWh มิเตอร์	977.50	978.55	979.65	980.75	981.85	983.00	984.15	985.30	986.40	987.50
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.05	2.15	3.25	4.35	5.50	6.65	7.80	8.90	10.00
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.05	1.10	1.10	1.10	1.15	1.15	1.15	1.10	1.10
อากาศ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมปานกลาง	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆเยอะ ลมปานกลาง	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมปานกลาง	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



รูปที่ ก – 4 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 4

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-9 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 5

วันที่ 4 เม.ย. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

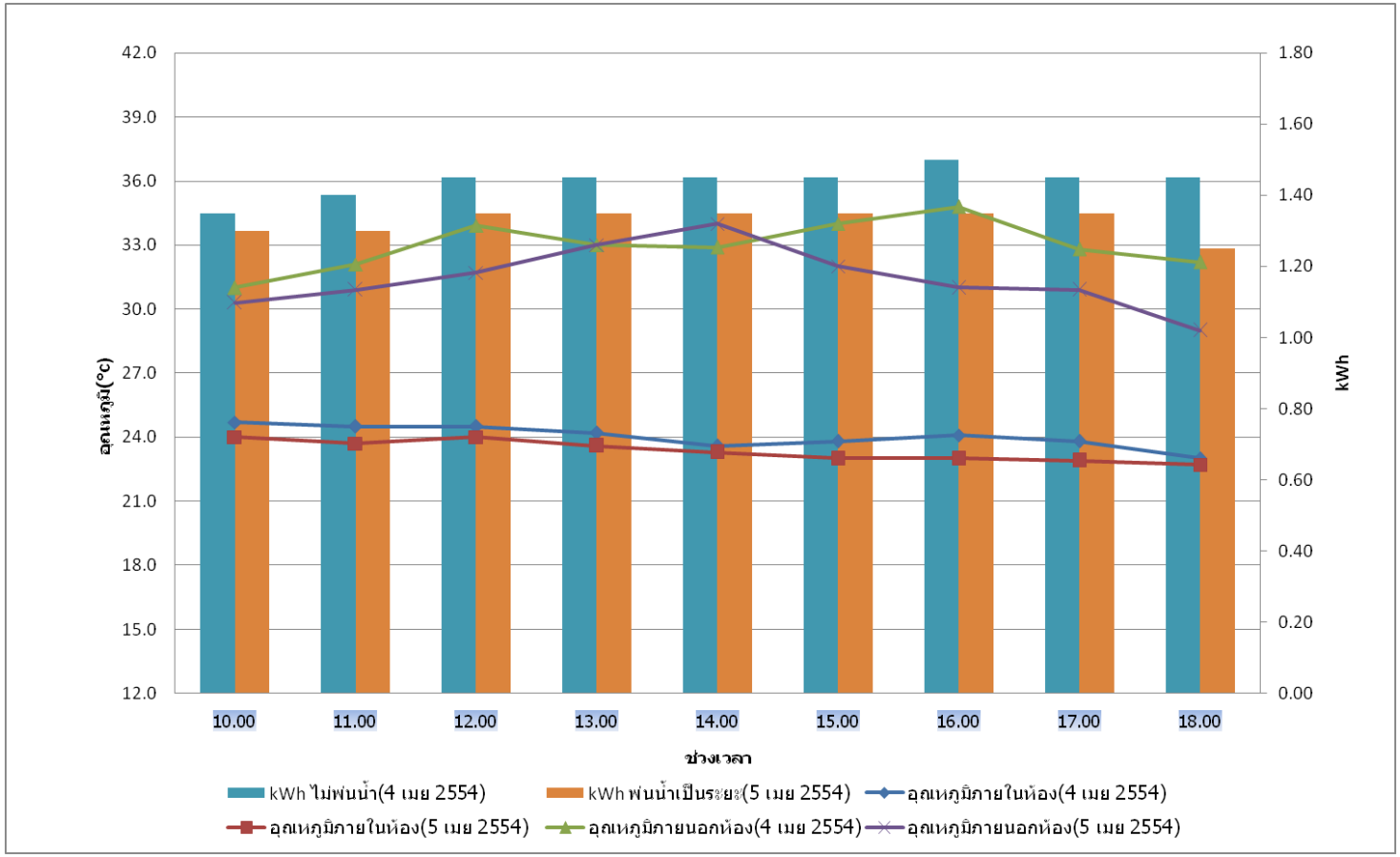
ครั้งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา		9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง	Tdb(°c)	25.5	24.7	24.5	24.5	24.2	23.6	23.8	24.1	23.8	23.0
	Twb(°c)	19.1	18.9	18.6	18.7	18.2	17.7	18.0	18.0	18.8	18.0
นอกห้อง	Tdb(°c)	29.8	31.0	32.1	33.9	33.0	32.9	34.0	34.8	32.8	32.2
	Twb(°c)	26.0	26.2	26.6	26.5	26.8	26.0	27.0	27.0	26.1	25.9
ความดัน	ด้านสูง(psig)	200	206	220	230	225	223	225	236	217	211
	ด้านต่ำ(psig)	64	66	67	72	71	71	70	75	66	65
ความดันแตกต่าง		136.0	140.0	153.0	158.0	154.0	152.0	155.0	161.0	151.0	146.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)		5.97	6.11	6.42	6.62	6.40	6.39	6.61	6.63	6.38	6.33
kWh มิเตอร์		988.75	990.10	991.50	992.95	994.40	995.85	997.30	998.80	1000.25	1001.70
kWh มิเตอร์สะสม		0.00	1.35	2.75	4.20	5.65	7.10	8.55	10.05	11.50	12.95
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง		NA	1.35	1.40	1.45	1.45	1.45	1.45	1.50	1.45	1.45
อากาศ		ไม่มีแดด เมฆเยอะ ไม่มีลม	แดดอ่อนๆ เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ไม่มีลม
จำนวนคนในห้อง		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-10 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 5

วันที่ 5 เม.ย. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	24.6	24.0	23.7	24.0	23.6	23.3	23.0	23.0	22.9	22.7
Twb(°c)	19.7	19.0	18.6	18.7	18.0	18.0	17.7	17.8	17.7	17.8
นอกห้อง Tdb(°c)	29.1	30.3	30.9	31.7	33.0	34.0	32.0	31.0	30.9	29.0
Twb(°c)	25.9	26.0	26.6	26.9	26.8	26.9	26.2	25.9	26.0	26.0
ความดัน ด้านสูง(psig)	187	198	202	202	225	220	207	205	200	200
ด้านต่ำ(psig)	63	67	69	69	75	70	68	70	65	70
ความดันแตกต่าง	124.0	131.0	133.0	133.0	150.0	150.0	139.0	135.0	135.0	130.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	29.4	31.0	31.3	32.1	32.1	35.7	32.9	32.0	31.3	30.3
แรงดันน้ำ(psig)	20.0	23.2	22.0	23.8	24.0	21.0	31.2	19.1	22.2	22.0
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.4692	27.4730	27.4768	27.4806	27.4844	27.4885	27.4921	27.4956	27.4994	27.5031
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0038	0.0076	0.0114	0.0152	0.0193	0.0229	0.0264	0.0302	0.0339
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0038	0.0038	0.0038	0.0038	0.0041	0.0036	0.0035	0.0038	0.0037
ความเฉอะแฉะ	นิดหน่อย	นิดหน่อย	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	นิดหน่อย	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก
กระแส (A)	5.61	5.88	5.97	6.14	6.40	6.36	6.10	5.91	5.77	5.69
kWh มิเตอร์	1003.10	1004.40	1005.70	1007.05	1008.40	1009.75	1011.10	1012.45	1013.80	1015.05
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.30	2.60	3.95	5.30	6.65	8.00	9.35	10.70	11.95
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.30	1.30	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.25
อากาศ	ไม่มีแดด เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



รูปที่ ก – 5 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 5

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-11 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 6

วันที่ 20 เม.ย. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

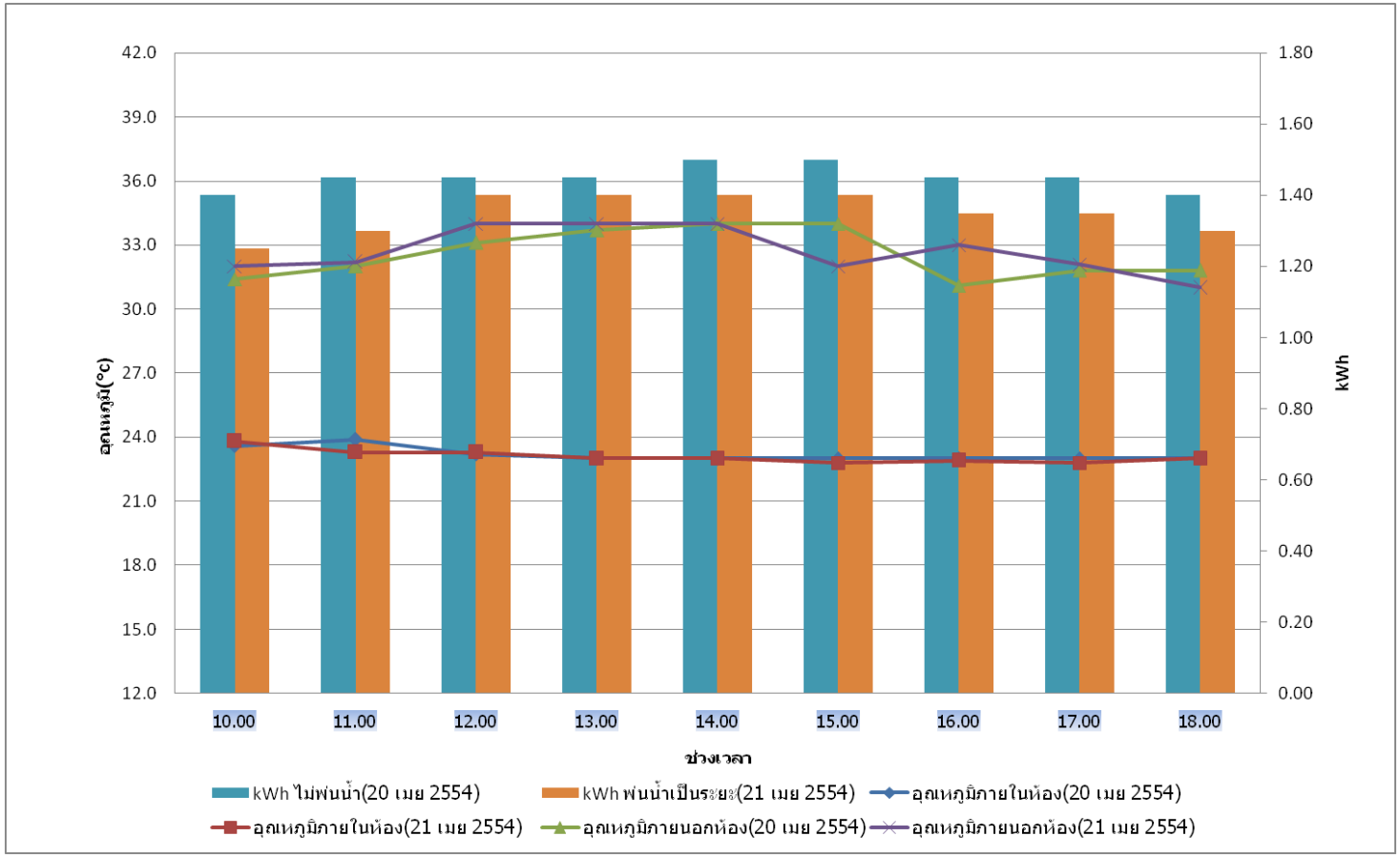
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	24.0	23.6	23.9	23.2	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
Twb(°c)	19.1	18.8	19.0	18.4	18.0	18.1	18.0	18.1	18.1	18.3
นอกห้อง Tdb(°c)	29.8	31.4	32.0	33.1	33.7	34.0	34.0	31.1	31.8	31.8
Twb(°c)	25.6	26.0	26.3	26.1	26.3	27.0	26.8	26.1	26.9	26.1
ความดัน ด้านสูง(psig)	201	210	220	225	227	232	230	208	215	214
ด้านต่ำ(psig)	63	65	67	70	70	73	71	64	65	65
ความดันแตกต่าง	138.0	145.0	153.0	155.0	157.0	159.0	159.0	144.0	150.0	149.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)	6.08	6.22	6.36	6.45	6.52	6.60	6.62	6.15	6.26	6.18
kWh มิเตอร์	1020.25	1021.65	1023.10	1024.55	1026.00	1027.50	1029.00	1030.45	1031.90	1033.30
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.40	2.85	4.30	5.75	7.25	8.75	10.20	11.65	13.05
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.40	1.45	1.45	1.45	1.50	1.50	1.45	1.45	1.40
อากาศ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ฟ้าครึ้ม ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ฟ้าครึ้ม ฝนตกเบาๆ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-12 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 6

วันที่ 21 เม.ย. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	23.9	23.8	23.3	23.3	23.0	23.0	22.8	22.9	22.8	23.0
Twb(°c)	19.2	19.0	18.5	18.2	18.2	18.1	18.0	17.7	17.8	18.0
นอกห้อง Tdb(°c)	30.9	32.0	32.2	34.0	34.0	34.0	32.0	33.0	32.1	31.0
Twb(°c)	26.9	26.3	27.2	27.6	26.9	27.4	27.0	26.9	26.5	25.9
ความดัน ด้านสูง(psig)	204	204	218	215	215	220	209	210	205	200
ด้านต่ำ(psig)	73	70	77	76	75	76	70	74	74	66
ความดันแตกต่าง	131.0	134.0	141.0	139.0	140.0	144.0	139.0	136.0	131.0	134.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	30.9	31.9	32.7	33.3	33.8	34.6	33.8	32.7	31.7	30.8
แรงดันน้ำ(psig)	20.3	21.0	19.0	17.0	27.8	19.5	22.2	27.8	17.2	21.3
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.5085	27.5121	27.5156	27.5190	27.5230	27.5268	27.5305	27.5341	27.5378	27.5412
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0036	0.0071	0.0105	0.0145	0.0183	0.0220	0.0256	0.0293	0.0327
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0036	0.0035	0.0034	0.0040	0.0038	0.0037	0.0036	0.0037	0.0034
ความเฉอะแฉะ	นิดหน่อย	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	นิดหน่อย	นิดหน่อย	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก
กระแส (A)	5.92	6.08	6.17	6.38	6.50	6.31	6.24	6.28	6.19	5.89
kWh มิเตอร์	1035.65	1036.90	1038.20	1039.60	1041.00	1042.40	1043.80	1045.15	1046.50	1047.80
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.25	2.55	3.95	5.35	6.75	8.15	9.50	10.85	12.15
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.25	1.30	1.40	1.40	1.40	1.40	1.35	1.35	1.30
อากาศ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ฟ้าครึ้ม ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



รูปที่ ก – 6 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 6

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-13 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 7

วันที่ 4 พ.ค. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

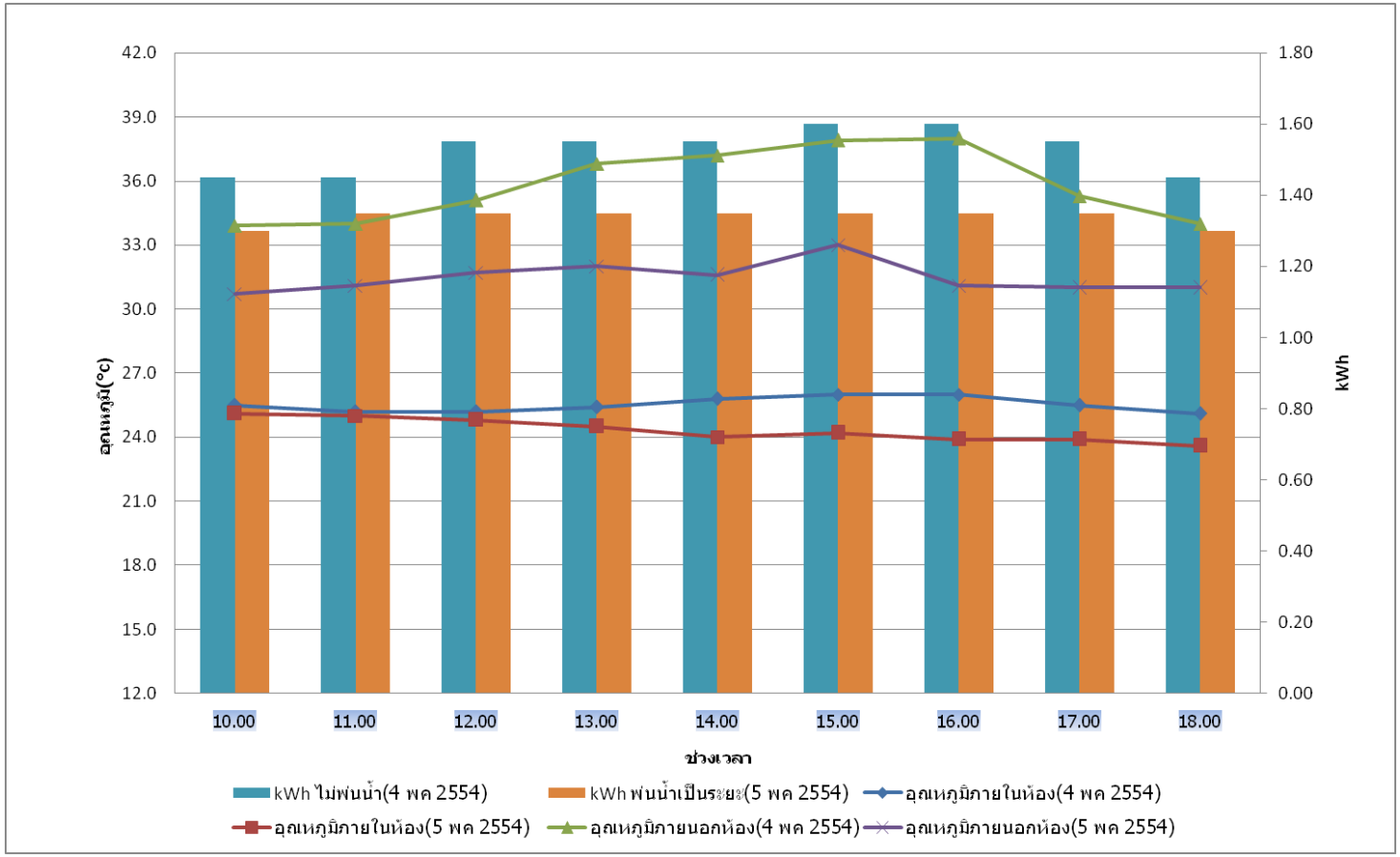
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	26.1	25.5	25.2	25.2	25.4	25.8	26.0	26.0	25.5	25.1
Twb(°c)	21.0	21.4	21.0	20.5	20.2	20.6	20.2	20.3	19.2	19.1
นอกห้อง Tdb(°c)	32.1	33.9	34.0	35.1	36.8	37.2	37.9	38.0	35.3	34.0
Twb(°c)	27.2	27.0	27.5	27.6	27.6	27.0	27.4	27.1	26.4	26.8
ความดัน ด้านสูง(psig)	215	222	225	230	243	250	250	250	232	224
ด้านต่ำ(psig)	69	67	68	70	69	74	73	72	68	67
ความดันแตกต่าง	146.0	155.0	157.0	160.0	174.0	176.0	177.0	178.0	164.0	157.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)	6.42	6.60	6.58	6.67	6.80	7.03	6.95	7.05	6.66	6.54
kWh มิเตอร์	1055.45	1056.90	1058.35	1059.90	1061.45	1063.00	1064.60	1066.20	1067.75	1069.20
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.45	2.90	4.45	6.00	7.55	9.15	10.75	12.30	13.75
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.45	1.45	1.55	1.55	1.55	1.60	1.60	1.55	1.45
อากาศ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	5	1	6	6	5	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-14 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 7

วันที่ 5 พ.ค. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา		9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง	Tdb(°c)	25.5	25.1	25.0	24.8	24.5	24.0	24.2	23.9	23.9	23.6
	Twb(°c)	20.2	19.9	19.9	19.2	18.9	19.0	19.0	19.0	18.8	18.7
นอกห้อง	Tdb(°c)	29.0	30.7	31.1	31.7	32.0	31.6	33.0	31.1	31.0	31.0
	Twb(°c)	25.5	25.9	26.3	26.9	26.9	27.0	27.6	26.3	26.1	26.2
ความดัน	ด้านสูง(psig)	185	198	204	207	205	204	215	203	200	200
	ด้านต่ำ(psig)	60	66	67	70	69	68	75	67	65	67
ความดันแตกต่าง		125.0	132.0	137.0	137.0	136.0	136.0	140.0	136.0	135.0	133.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)		28.0	29.7	30.6	31.8	30.8	31.5	33.0	31.3	31.0	30.3
แรงดันน้ำ(psig)		26.9	23.0	19.8	16.8	23.5	28.5	20.9	19.5	22.0	22.0
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)		27.5459	27.5495	27.5535	27.5568	27.5606	27.5643	27.5681	27.5714	27.5751	27.5788
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)		0.0000	0.0036	0.0076	0.0109	0.0147	0.0184	0.0222	0.0255	0.0292	0.0329
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)		NA	0.0036	0.0040	0.0033	0.0038	0.0037	0.0038	0.0033	0.0037	0.0037
ความเฉอะแฉะ		เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย
กระแส (A)		5.57	5.87	5.90	6.05	6.04	5.95	6.19	5.87	5.87	5.86
kWh มิเตอร์		1070.85	1072.15	1073.50	1074.85	1076.20	1077.55	1078.90	1080.25	1081.60	1082.90
kWh มิเตอร์สะสม		0.00	1.30	2.65	4.00	5.35	6.70	8.05	9.40	10.75	12.05
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง		NA	1.30	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.30
อากาศ		แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆปานกลาง ไม่มีลม	แดดอ่อน เมฆปานกลาง ไม่มีลม	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆปานกลาง ไม่มีลม	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ไม่มีลม	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ไม่มีลม	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ไม่มีลม
จำนวนคนในห้อง		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



รูปที่ ก – 7 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 7

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-15 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 8

วันที่ 10 พ.ค. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	25.7	25.0	25.0	25.0	24.5	24.8	24.7	24.6	24.0	23.8
Twb(°c)	20.5	20.0	19.9	19.5	19.1	19.0	19.2	19.3	19.0	18.8
นอกห้อง Tdb(°c)	30.3	31.7	31.9	32.9	33.3	34.2	32.2	33.0	32.6	31.0
Twb(°c)	26.2	26.1	26.3	26.2	26.6	26.5	26.9	26.9	26.0	26.1
ความดัน ด้านสูง(psig)	205	209	210	220	226	230	215	215	220	207
ด้านต่ำ(psig)	65	65	63	65	67	65	65	65	67	65
ความดันแตกต่าง	140.0	144.0	147.0	155.0	159.0	165.0	150.0	150.0	153.0	142.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)	5.99	6.23	6.25	6.33	6.48	6.62	6.17	6.26	6.26	6.04
kWh มิเตอร์	1087.85	1089.25	1090.65	1092.05	1093.50	1094.95	1096.40	1097.85	1099.25	1100.65
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.40	2.80	4.20	5.65	7.10	8.55	10.00	11.40	12.80
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.40	1.40	1.40	1.45	1.45	1.45	1.45	1.40	1.40
อากาศ	ไม่มีแดด เมเยอะ ลมปานกลาง	แดดอ่อน เมเยอะ ไม่มีลม	ไม่มีแดด เมเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมเยอะ ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-16 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 8

วันที่ 5 พ.ค. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	24.0	23.9	23.6	23.5	23.8	23.6	23.3	23.9	23.7	23.5
Twb(°c)	18.8	18.8	18.1	18.0	18.0	18.1	18.1	18.6	18.2	18.7
นอกห้อง Tdb(°c)	30.3	31.8	33.0	33.5	34.4	34.5	34.7	35.8	34.1	30.3
Twb(°c)	24.8	25.0	25.3	25.8	25.8	26.4	26.8	27.3	27.1	26.5
ความดัน ด้านสูง(psig)	195	200	215	215	224	228	230	225	215	190
ด้านต่ำ(psig)	70	65	75	74	75	77	79	77	75	65
ความดันแตกต่าง	125.0	135.0	140.0	141.0	149.0	151.0	151.0	148.0	140.0	125.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	30.0	31.2	32.5	33.0	33.0	36.6	34.6	35.9	34.0	29.3
แรงดันน้ำ(psig)	32.0	31.0	18.0	16.5	23.0	16.5	25.2	20.0	20.0	31.0
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.5817	27.5855	27.5890	27.5925	27.5961	27.5995	27.6032	27.6069	27.6105	27.6140
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0038	0.0073	0.0108	0.0144	0.0178	0.0215	0.0252	0.0288	0.0323
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0038	0.0035	0.0035	0.0036	0.0034	0.0037	0.0037	0.0036	0.0035
ความเฉอะแฉะ	ไม่เปียก	ไม่เปียก	ไม่เปียก	ไม่เปียก	ไม่เปียก	ไม่เปียก	ไม่เปียก	ไม่เปียก	ไม่เปียก	ไม่เปียก
กระแส (A)	5.76	6.00	6.16	6.23	6.40	6.38	6.34	6.41	6.30	5.62
kWh มิเตอร์	1102.45	1103.75	1105.10	1106.50	1107.90	1109.30	1110.70	1112.15	1113.55	1114.90
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.30	2.65	4.05	5.45	6.85	8.25	9.70	11.10	12.45
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.30	1.35	1.40	1.40	1.40	1.40	1.45	1.40	1.35
อากาศ	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ฝนตก ฟ้าครึ้ม ลมปานกลาง
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

รูปที่ ก – 8 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 8

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-17 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 9

วันที่ 23 พ.ค. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

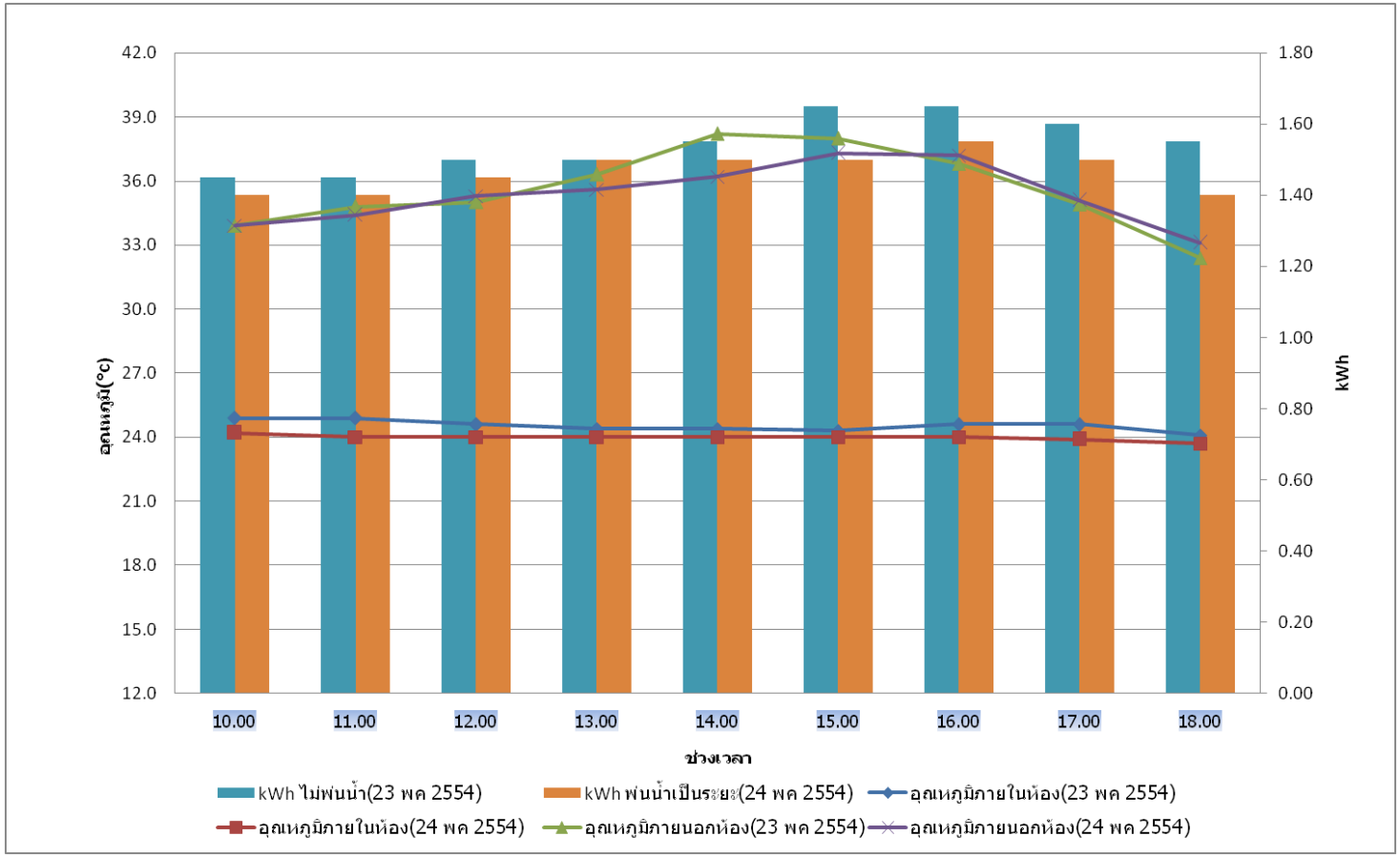
ครั้งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา		9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง	Tdb(°c)	25.3	24.9	24.9	24.6	24.4	24.4	24.3	24.6	24.6	24.1
	Twb(°c)	19.3	19.0	18.3	18.0	18.5	18.3	18.1	18.7	18.7	18.8
นอกห้อง	Tdb(°c)	33.1	33.9	34.8	35.0	36.3	38.2	38.0	36.8	34.9	32.4
	Twb(°c)	26.8	26.5	26.8	27.0	27.4	27.8	28.0	28.0	27.2	27.2
ความดัน	ด้านสูง(psig)	217	222	230	231	245	263	260	253	238	233
	ด้านต่ำ(psig)	61	63	63	63	73	77	76	74	74	70
ความดันแตกต่าง		156.0	159.0	167.0	168.0	172.0	186.0	184.0	179.0	164.0	163.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)		6.39	6.58	6.68	6.68	6.78	7.25	7.11	6.89	6.69	6.43
kWh มิเตอร์		1119.10	1120.55	1122.00	1123.50	1125.00	1126.55	1128.20	1129.85	1131.45	1133.00
kWh มิเตอร์สะสม		0.00	1.45	2.90	4.40	5.90	7.45	9.10	10.75	12.35	13.90
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง		NA	1.45	1.45	1.50	1.50	1.55	1.65	1.65	1.60	1.55
อากาศ		แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-18 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 9

วันที่ 24 พ.ค. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	24.1	24.2	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	23.9	23.7
Twb(°c)	18.6	18.2	18.1	18.3	18.2	18.0	18.1	18.7	18.7	18.6
นอกห้อง Tdb(°c)	33.2	33.9	34.4	35.3	35.6	36.2	37.3	37.2	35.1	33.1
Twb(°c)	26.9	26.9	27.0	27.4	27.6	27.1	28.3	28.1	28.3	27.7
ความดัน ด้านสูง(psig)	225	220	230	233	238	248	250	248	237	220
ด้านต่ำ(psig)	77	75	78	80	83	83	85	83	82	70
ความดันแตกต่าง	148.0	145.0	152.0	153.0	155.0	165.0	165.0	165.0	155.0	150.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	32.8	33.9	34.2	35.4	36.5	37.9	39.0	39.2	36.5	33.5
แรงดันน้ำ(psig)	27.2	29.0	28.1	18.0	29.6	18.2	29.8	16.5	17.0	27.1
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.6193	27.6228	27.6264	27.6299	27.6333	27.6367	27.6401	27.6436	27.6471	27.6507
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0035	0.0071	0.0106	0.0140	0.0174	0.0208	0.0243	0.0278	0.0314
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0035	0.0036	0.0035	0.0034	0.0034	0.0034	0.0035	0.0035	0.0036
ความเฉอะแฉะ	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	ไม่เปียก	ไม่เปียก	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย
กระแส (A)	6.35	6.38	6.46	6.65	6.65	6.77	7.10	7.02	6.58	6.27
kWh มิเตอร์	1135.55	1136.95	1138.35	1139.80	1141.30	1142.80	1144.30	1145.85	1147.35	1148.75
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.40	2.80	4.25	5.75	7.25	8.75	10.30	11.80	13.20
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.40	1.40	1.45	1.50	1.50	1.50	1.55	1.50	1.40
อากาศ	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมปานกลาง
จำนวนคนในห้อง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



รูปที่ ก – 9 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 9

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-19 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 10

วันที่ 1 มิ.ย. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

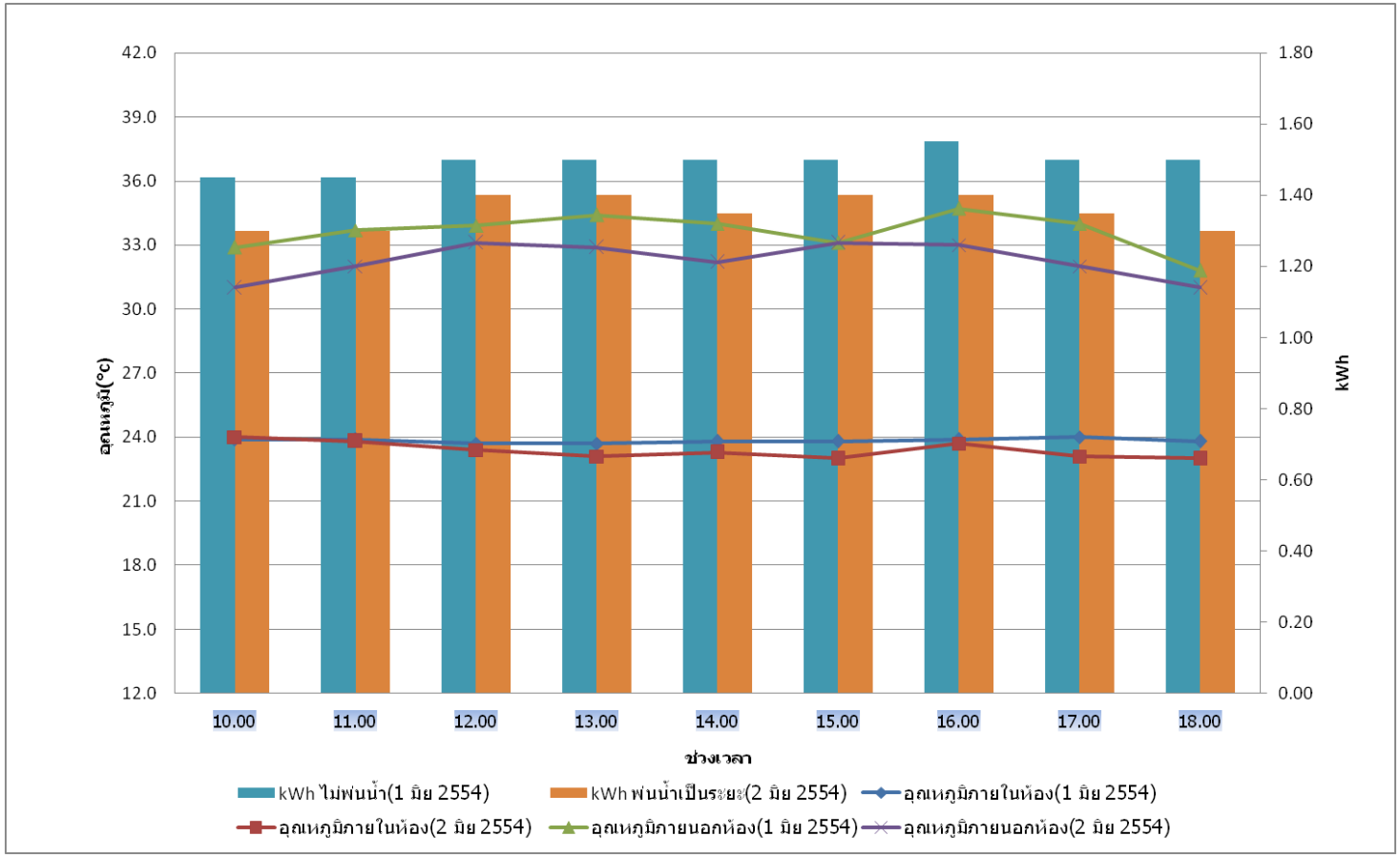
ครั้งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา		9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง	Tdb(°c)	24.0	23.9	23.9	23.7	23.7	23.8	23.8	23.9	24.0	23.8
	Twb(°c)	19.0	18.0	18.1	18.1	17.9	18.0	18.2	18.8	18.7	18.4
นอกห้อง	Tdb(°c)	31.4	32.9	33.7	33.9	34.4	34.0	33.1	34.7	34.0	31.8
	Twb(°c)	26.0	25.9	26.8	26.8	26.6	27.3	27.0	27.5	27.3	26.8
ความดัน	ด้านสูง(psig)	210	224	230	230	235	235	225	235	235	220
	ด้านต่ำ(psig)	66	70	70	69	72	71	68	73	73	69
ความดันแตกต่าง		144.0	154.0	160.0	161.0	163.0	164.0	157.0	162.0	162.0	151.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)		6.31	6.50	6.54	6.61	6.67	6.70	6.41	6.70	6.56	6.30
kWh มิเตอร์		1156.75	1158.20	1159.65	1161.15	1162.65	1164.15	1165.65	1167.20	1168.70	1170.20
kWh มิเตอร์สะสม		0.00	1.45	2.90	4.40	5.90	7.40	8.90	10.45	11.95	13.45
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง		NA	1.45	1.45	1.50	1.50	1.50	1.50	1.55	1.50	1.50
อากาศ		แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-20 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 10

วันที่ 2 มิ.ย. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา		9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง	Tdb(°c)	24.0	24.0	23.8	23.4	23.1	23.3	23.0	23.7	23.1	23.0
	Twb(°c)	19.8	19.5	18.9	18.2	18.1	18.5	18.1	18.7	18.2	18.2
นอกห้อง	Tdb(°c)	29.1	31.0	32.0	33.1	32.9	32.2	33.1	33.0	32.0	31.0
	Twb(°c)	26.2	27.0	27.2	27.4	27.5	27.3	27.8	27.4	27.0	26.4
ความดัน	ด้านสูง(psig)	188	200	206	220	210	210	210	215	208	200
	ด้านต่ำ(psig)	63	68	67	75	70	70	70	75	70	65
ความดันแตกต่าง		125.0	132.0	139.0	145.0	140.0	140.0	140.0	140.0	138.0	135.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)		28.8	30.5	31.9	32.0	33.0	32.8	33.5	32.7	32.0	31.2
แรงดันน้ำ(psig)		16.5	16.5	28.5	16.1	18.5	19.2	25.0	17.5	20.8	26.5
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)		27.6560	27.6594	27.6630	27.6665	27.6700	27.6735	27.6773	27.6809	27.6846	27.6881
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)		0.0000	0.0034	0.0070	0.0105	0.0140	0.0175	0.0213	0.0249	0.0286	0.0321
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)		NA	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035	0.0035	0.0038	0.0036	0.0037	0.0035
ความเฉอะแฉะ		เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย
กระแส (A)		5.67	5.97	6.08	6.22	6.24	6.16	6.36	6.24	6.15	5.83
kWh มิเตอร์		1172.65	1173.95	1175.25	1176.65	1178.05	1179.40	1180.80	1182.20	1183.55	1184.85
kWh มิเตอร์สะสม		0.00	1.30	2.60	4.00	5.40	6.75	8.15	9.55	10.90	12.20
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง		NA	1.30	1.30	1.40	1.40	1.35	1.40	1.40	1.35	1.30
อากาศ		ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อน เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



รูปที่ ก – 10 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 10

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 18,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-21 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 1

วันที่ 27 ม.ค. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

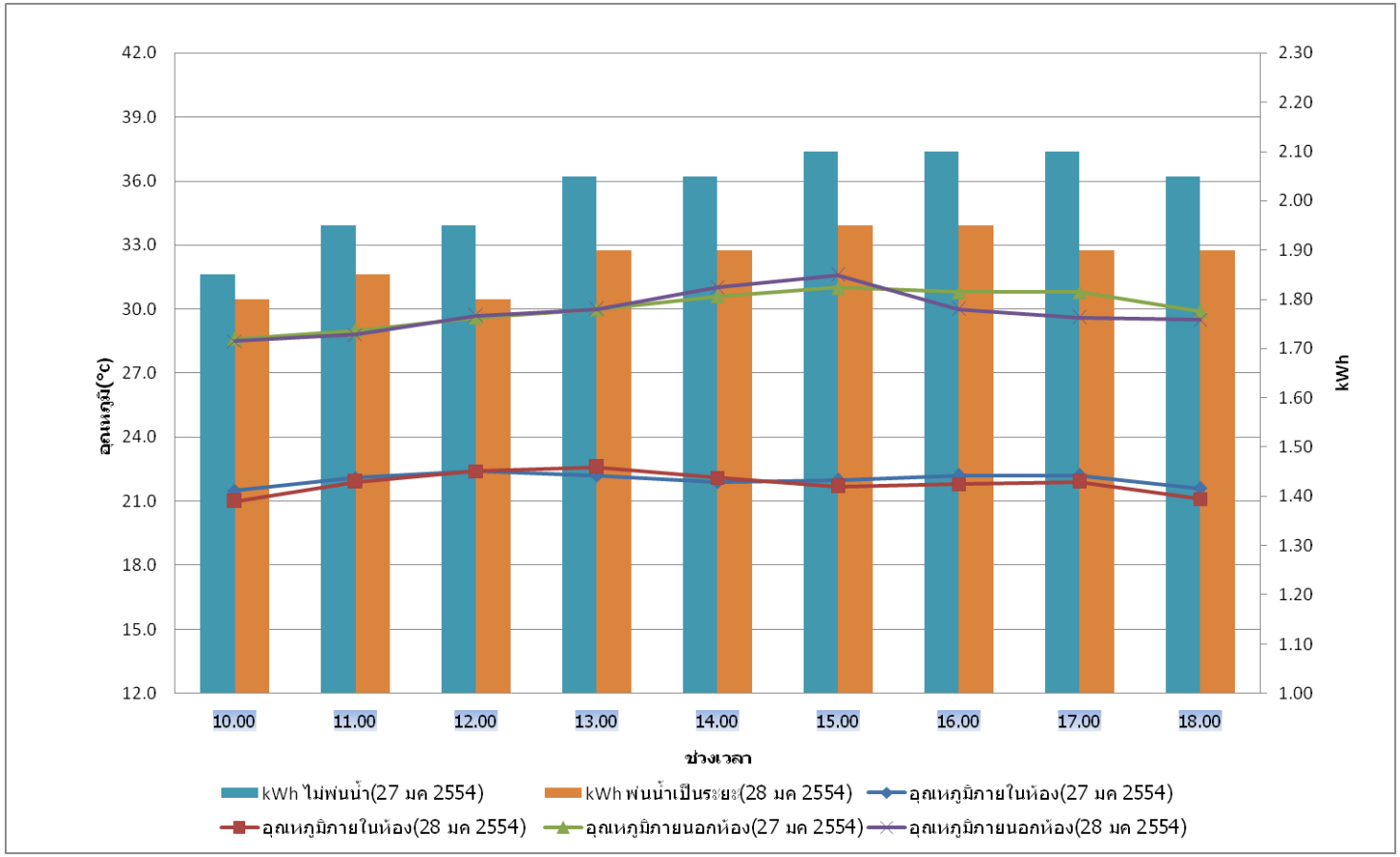
ครั้งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา		9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง	Tdb(°c)	21.7	21.5	22.1	22.4	22.2	21.9	22.0	22.2	22.2	21.6
	Twb(°c)	15.8	15.9	15.8	15.8	15.7	15.8	15.3	15.8	15.8	15.3
นอกห้อง	Tdb(°c)	29.5	28.6	29.0	29.6	30.0	30.6	31.0	30.8	30.8	29.9
	Twb(°c)	21.1	21.1	21.0	21.1	21.5	22.1	22.6	22.6	23.0	22.0
ความดัน	ด้านสูง(psig)	202	205	210	212	216	220	224	225	224	215
	ด้านต่ำ(psig)	61	62	60	62	63	64	62	65	65	62
ความดันแตกต่าง		141.0	143.0	150.0	150.0	153.0	156.0	162.0	160.0	159.0	153.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)		9.43	9.55	9.78	9.90	9.98	10.10	10.12	10.10	10.07	9.84
kWh มิเตอร์		359.55	361.40	363.35	365.30	367.35	369.40	371.50	373.60	375.70	377.75
kWh มิเตอร์สะสม		0.00	1.85	3.80	5.75	7.80	9.85	11.95	14.05	16.15	18.20
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง		NA	1.85	1.95	1.95	2.05	2.05	2.10	2.10	2.10	2.05
อากาศ		แดดอ่อนๆ เมฆไม่มาก ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆไม่มาก ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดไม่มี ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง		1	1	6	6	5	3	3	4	2	3
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด		1	1	4	5	4	4	3	3	3	3

ตารางที่ ก-22 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 1

วันที่ 28 ม.ค. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา		9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง	Tdb(°c)	21.8	21.0	21.9	22.4	22.6	22.1	21.7	21.8	21.9	21.1
	Twb(°c)	15.9	15.1	15.2	15.8	15.5	15.1	15.2	15.0	15.7	15.8
นอกห้อง	Tdb(°c)	28.0	28.5	28.8	29.7	30.0	31.0	31.6	30.0	29.6	29.5
	Twb(°c)	21.2	21.0	21.2	22.0	21.3	22.0	22.2	22.8	22.7	23.0
ความดัน	ด้านสูง(psig)	188	188	200	206	208	206	210	210	210	208
	ด้านต่ำ(psig)	60	60	62	62	63	64	63	63	63	62
ความดันแตกต่าง		128.0	128.0	138.0	144.0	145.0	142.0	147.0	147.0	147.0	146.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)		27.2	28.2	28.5	29.4	29.8	30.3	31.3	30.6	30.5	30.1
แรงดันน้ำ(psig)		11.0	20.0	27.2	26.0	16.2	12.0	27.5	16.5	11.0	26.0
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)		27.0949	27.1005	27.1055	27.1112	27.1169	27.1226	27.1285	27.1344	27.1397	27.1455
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)		0.0000	0.0056	0.0106	0.0163	0.0220	0.0277	0.0336	0.0395	0.0448	0.0506
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)		NA	0.0056	0.0050	0.0057	0.0057	0.0057	0.0059	0.0059	0.0053	0.0058
ความเฉอะแฉะ		ไม่เปียก	นิดหน่อย	เริ่มเปียก	เริ่มเปียก	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย
กระแส (A)		9.29	9.22	9.36	9.57	9.65	9.66	9.70	9.77	9.73	9.61
kWh มิเตอร์		379.20	381.00	382.85	384.65	386.55	388.45	390.40	392.35	394.25	396.15
kWh มิเตอร์สะสม		0.00	1.80	3.65	5.45	7.35	9.25	11.20	13.15	15.05	16.95
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง		NA	1.80	1.85	1.80	1.90	1.90	1.95	1.95	1.90	1.90
อากาศ		แดดอ่อนๆ เมฆเยอะ ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง		2	2	6	7	2	3	4	4	7	4
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด		2	2	6	7	2	3	4	5	6	4



รูปที่ ก – 11 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 1

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-23 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 2

วันที่ 2 ก.พ. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

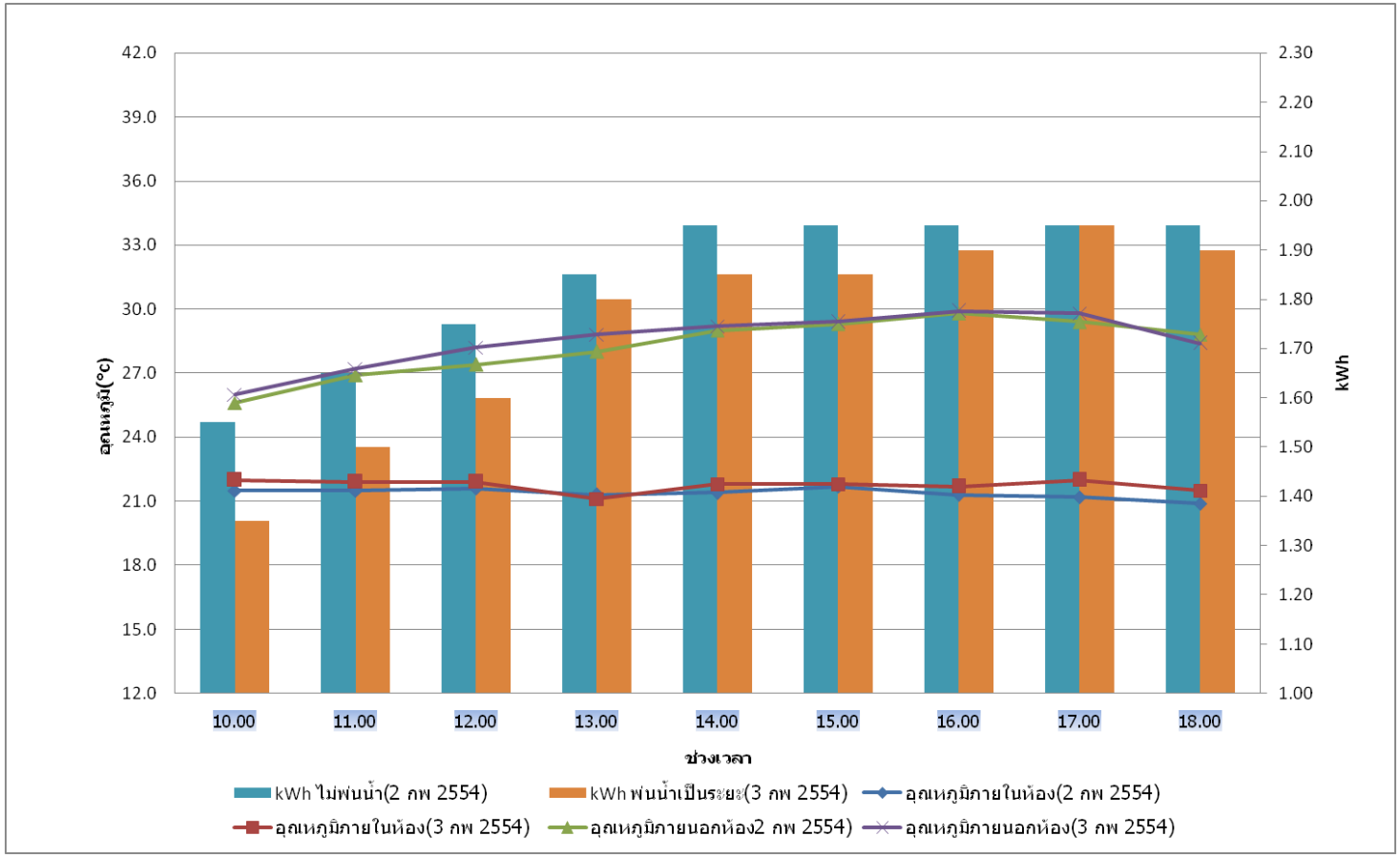
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	21.9	21.5	21.5	21.6	21.3	21.4	21.7	21.3	21.2	20.9
Twb(°c)	15.9	16.1	15.2	15.1	14.9	15.0	15.3	14.9	14.8	15.0
นอกห้อง Tdb(°c)	24.8	25.6	26.9	27.4	28.0	29.0	29.3	29.8	29.4	28.8
Twb(°c)	19.4	19.8	19.9	20.0	20.3	20.9	20.9	20.8	20.9	20.9
ความดัน ด้านสูง(psig)	185	189	196	202	204	207	211	213	212	205
ด้านต่ำ(psig)	61	58	58	59	61	60	62	64	63	63
ความดันแตกต่าง	124.0	131.0	138.0	143.0	143.0	147.0	149.0	149.0	149.0	142.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)	9.15	9.23	9.40	9.55	9.61	9.80	9.78	9.88	9.80	9.74
kWh มิเตอร์	400.05	401.60	403.25	405.00	406.85	408.80	410.75	412.70	414.65	416.60
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.55	3.20	4.95	6.80	8.75	10.70	12.65	14.60	16.55
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.55	1.65	1.75	1.85	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
อากาศ	แดดอ่อนๆ เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	3	4	4	5	5	3	3	4	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	3	3	4	5	5	4	3	3	1

ตารางที่ ก-24 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 2

วันที่ 3 ก.พ. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	21.0	22.0	21.9	21.9	21.1	21.8	21.8	21.7	22.0	21.5
Twb(°c)	15.1	16.0	15.8	15.5	14.7	14.9	14.8	15.0	15.4	15.2
นอกห้อง Tdb(°c)	25.8	26.0	27.2	28.2	28.8	29.2	29.4	29.9	29.8	28.4
Twb(°c)	19.7	19.9	20.2	20.5	20.5	21.1	21.2	21.5	21.2	21.2
ความดัน ด้านสูง(psig)	180	184	193	194	203	204	211	212	209	208
ด้านต่ำ(psig)	59	61	62	62	62	63	65	65	63	64
ความดันแตกต่าง	121.0	123.0	131.0	132.0	141.0	141.0	146.0	147.0	146.0	144.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	25.1	25.8	27.0	27.8	28.2	29.0	29.4	30.0	30.0	29.2
แรงดันน้ำ(psig)	15.5	18.2	21.5	20.0	14.0	11.5	17.0	13.0	13.5	64.0
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.1505	27.1545	27.1591	27.1643	27.1694	27.1750	27.1809	27.1862	27.1924	27.1977
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0040	0.0086	0.0138	0.0189	0.0245	0.0304	0.0357	0.0419	0.0472
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0040	0.0046	0.0052	0.0051	0.0056	0.0059	0.0053	0.0062	0.0053
ความเฉอะแฉะ	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย
กระแส (A)	8.96	9.02	9.22	9.33	9.45	9.52	9.67	9.65	9.54	9.54
kWh มิเตอร์	418.00	419.35	420.85	422.45	424.25	426.10	427.95	429.85	431.80	433.70
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.35	2.85	4.45	6.25	8.10	9.95	11.85	13.80	15.70
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.35	1.50	1.60	1.80	1.85	1.85	1.90	1.95	1.90
อากาศ	แดดอ่อนๆ เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ไม่มีลม	ไม่มีแดด ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	4	6	6	2	7	9	9	7	8
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	3	6	6	2	6	8	9	6	8



รูปที่ ก – 12 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 2

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-25 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 3

วันที่ 7 ก.พ. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

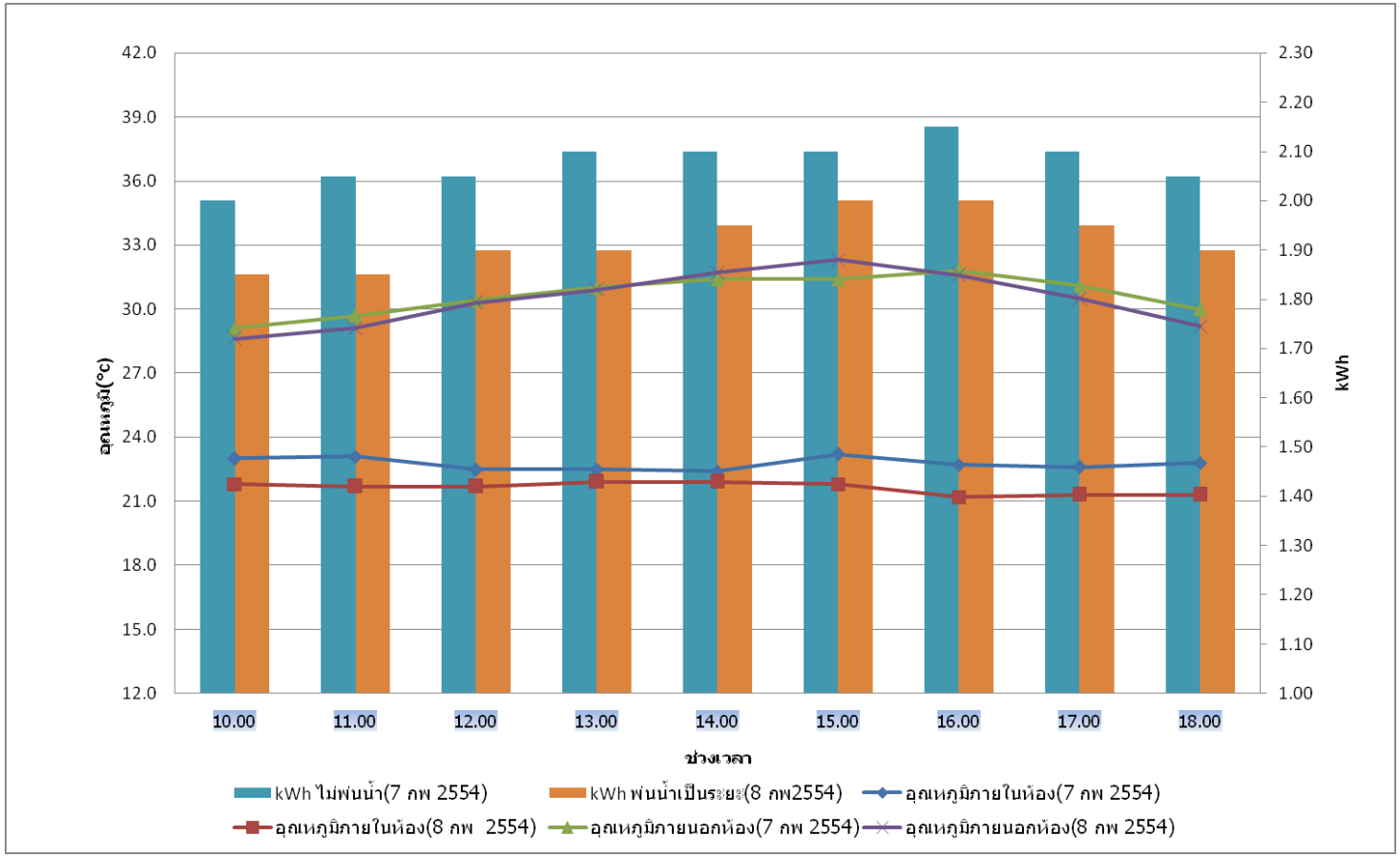
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	24.0	23.0	23.1	22.5	22.5	22.4	23.2	22.7	22.6	22.8
Twb(°c)	17.9	1.2	17.1	16.8	16.9	16.8	16.6	16.2	16.0	16.2
นอกห้อง Tdb(°c)	28.2	29.1	29.7	30.4	31.0	31.4	31.4	31.8	31.1	30.0
Twb(°c)	24.8	24.3	24.3	24.0	24.3	24.0	23.3	23.4	23.7	24.0
ความดัน ด้านสูง(psig)	204	211	216	220	225	230	224	231	225	215
ด้านต่ำ(psig)	65	65	65	67	67	68	67	68	67	63
ความดันแตกต่าง	139.0	146.0	151.0	153.0	158.0	162.0	157.0	163.0	158.0	152.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)	9.65	9.77	9.96	10.00	10.13	10.28	10.09	10.36	10.18	9.92
kWh มิเตอร์	437.75	439.75	441.80	443.85	445.95	448.05	450.15	452.30	454.40	456.45
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	2.00	4.05	6.10	8.20	10.30	12.40	14.55	16.65	18.70
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	2.00	2.05	2.05	2.10	2.10	2.10	2.15	2.10	2.05
อากาศ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	2	2	3	4	5	3	4	4	4	5
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	2	2	3	3	4	2	4	4	2	3

ตารางที่ ก-26 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 3

วันที่ 8 ก.พ. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	23.0	21.8	21.7	21.7	21.9	21.9	21.8	21.2	21.3	21.3
Twb(°c)	16.1	14.9	14.6	15.2	14.9	15.0	14.2	14.1	14.9	14.8
นอกห้อง Tdb(°c)	27.5	28.6	29.1	30.3	30.9	31.7	32.3	31.6	30.5	29.2
Twb(°c)	21.0	19.9	20.2	19.8	20.0	19.9	19.8	20.2	22.4	23.0
ความดัน ด้านสูง(psig)	190	197	201	212	210	220	217	218	215	208
ด้านต่ำ(psig)	60	60	58	65	62	63	63	62	63	63
ความดันแตกต่าง	130.0	137.0	143.0	147.0	148.0	157.0	154.0	156.0	152.0	145.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	27.5	27.8	29.0	29.5	30.2	30.9	31.7	30.5	31.0	29.8
แรงดันน้ำ(psig)	20.0	11.2	11.0	12.0	20.0	11.0	24.0	18.0	11.0	23.2
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.2033	27.2092	27.2150	27.2208	27.2268	27.2329	27.2390	27.2452	27.2514	27.2569
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0059	0.0117	0.0175	0.0235	0.0296	0.0357	0.0419	0.0481	0.0536
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0059	0.0058	0.0058	0.0060	0.0061	0.0061	0.0062	0.0062	0.0055
ความเฉอะแฉะ	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย
กระแส (A)	9.32	9.41	9.44	9.55	9.86	9.97	10.04	10.00	9.88	9.65
kWh มิเตอร์	458.20	460.05	461.90	463.80	465.70	467.65	469.65	471.65	473.60	475.50
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.85	3.70	5.60	7.50	9.45	11.45	13.45	15.40	17.30
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.85	1.85	1.90	1.90	1.95	2.00	2.00	1.95	1.90
อากาศ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมปานกลาง	แดดจ้า เมฆปานกลาง ลมปานกลาง	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ไม่มีลม
จำนวนคนในห้อง	1	1	3	3	2	3	4	3	8	4
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	1	3	3	1	3	3	1	5	3



รูปที่ ก – 13 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 3

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-27 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 4

วันที่ 16 ก.พ. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

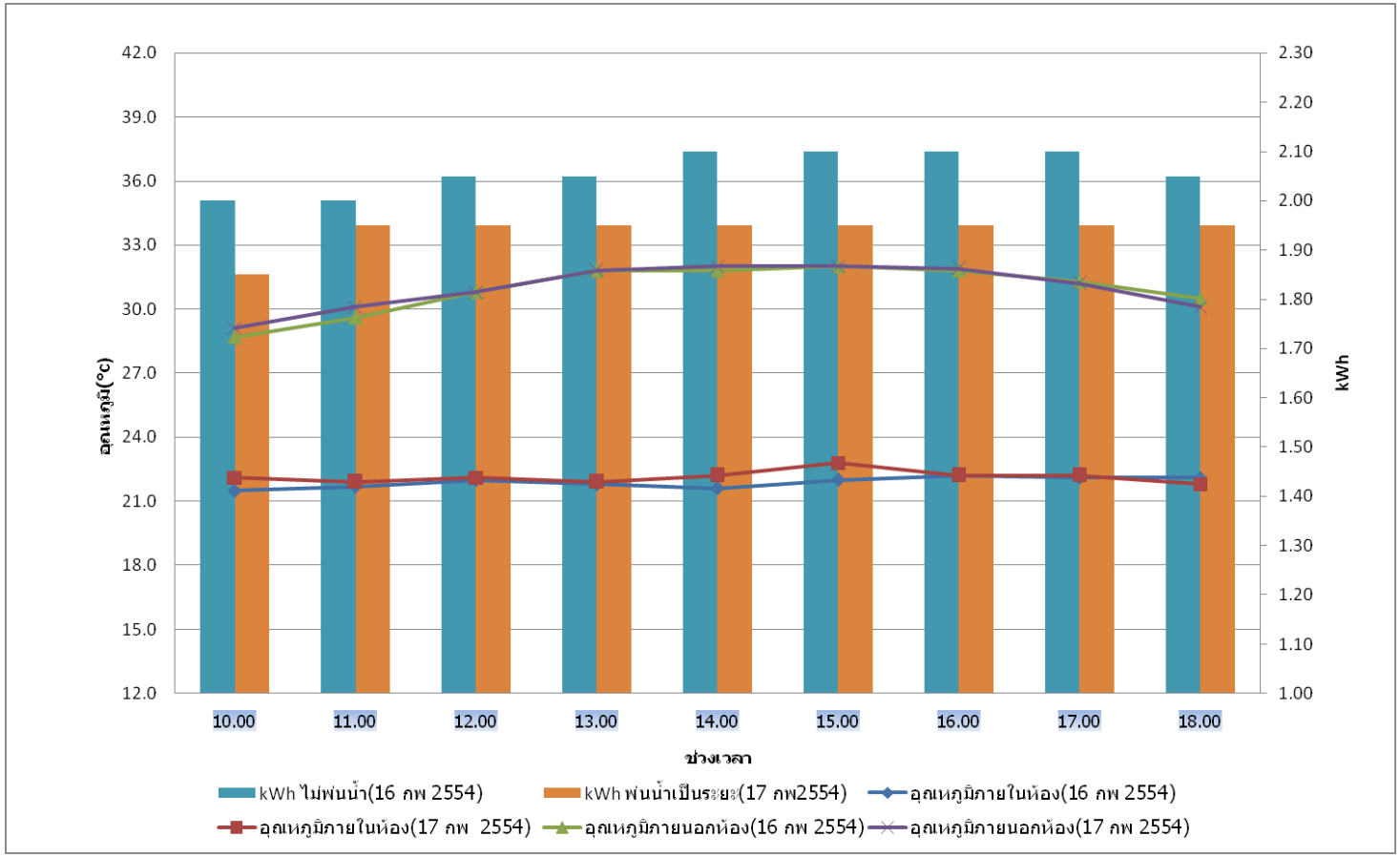
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	22.3	21.5	21.7	22.0	21.8	21.6	22.0	22.2	22.1	22.1
Twb(°c)	18.0	17.0	17.6	17.8	17.0	17.9	17.3	17.4	17.3	17.5
นอกห้อง Tdb(°c)	27.5	28.7	29.6	30.8	31.8	31.8	32.0	31.8	31.3	30.5
Twb(°c)	24.2	25.1	25.0	24.9	24.9	25.0	25.0	24.7	24.8	24.7
ความดัน ด้านสูง(psig)	203	209	214	222	224	220	227	225	225	221
ด้านต่ำ(psig)	66	65	67	67	67	66	67	67	67	66
ความดันแตกต่าง	137.0	144.0	147.0	155.0	157.0	154.0	160.0	158.0	158.0	155.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)	9.51	9.74	9.87	10.03	10.09	10.08	10.19	10.14	10.10	10.01
kWh มิเตอร์	533.00	535.00	537.00	539.05	541.10	543.20	545.30	547.40	549.50	551.55
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	2.00	4.00	6.05	8.10	10.20	12.30	14.40	16.50	18.55
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	2.00	2.00	2.05	2.05	2.10	2.10	2.10	2.10	2.05
อากาศ	แดดอ่อนๆ เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดอ่อนๆ เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ไม่มีลม	ไม่มีแดด เมฆเยอะ ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	2	3	5	6	8	8	5	9	13	10
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	2	3	4	5	6	5	5	6	7	9

ตารางที่ ก-28 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 4

วันที่ 17 ก.พ. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	22.7	22.1	21.9	22.1	21.9	22.2	22.8	22.2	22.2	21.8
Twb(°c)	18.0	17.9	17.9	17.9	17.6	17.7	17.8	17.7	17.2	17.1
นอกห้อง Tdb(°c)	28.5	29.1	30.1	30.8	31.8	32.0	32.0	31.9	31.2	30.1
Twb(°c)	24.9	25.0	24.9	25.0	24.9	24.5	24.1	24.7	24.8	25.0
ความดัน ด้านสูง(psig)	193	200	208	214	215	216	214	220	209	205
ด้านต่ำ(psig)	63	65	67	67	67	67	67	67	68	65
ความดันแตกต่าง	130.0	135.0	141.0	147.0	148.0	149.0	147.0	153.0	141.0	140.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	28.1	28.6	29.7	30.3	30.9	31.1	30.8	30.7	30.7	29.6
แรงดันน้ำ(psig)	23.2	21.0	24.0	15.0	21.0	21.2	11.0	12.0	14.0	14.0
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.2625	27.2690	27.2748	27.2805	27.2864	27.2926	27.2987	27.3041	27.3096	27.3156
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0065	0.0123	0.0180	0.0239	0.0301	0.0362	0.0416	0.0471	0.0531
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0065	0.0058	0.0057	0.0059	0.0062	0.0061	0.0054	0.0055	0.0060
ความเฉอะแฉะ	นิดหน่อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย	นิดหน่อย
กระแส (A)	9.37	9.51	9.56	9.75	9.83	9.88	9.86	9.82	9.63	9.55
kWh มิเตอร์	553.75	555.60	557.55	559.50	561.45	563.40	565.35	567.30	569.25	571.20
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.85	3.80	5.75	7.70	9.65	11.60	13.55	15.50	17.45
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.85	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
อากาศ	แดดอ่อนๆ เมฆปานกลาง ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	แดดจ้า เมฆน้อย ลมเบาๆ	ไม่มีแดด ลมเบาๆ
จำนวนคนในห้อง	1	4	6	7	3	5	8	8	3	2
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	1	2	3	5	3	3	3	4	3	2



รูปที่ ก – 14 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 4

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr)

ตารางที่ ก-29 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 5

วันที่ 20 ส.ค. 2554 ไม่มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

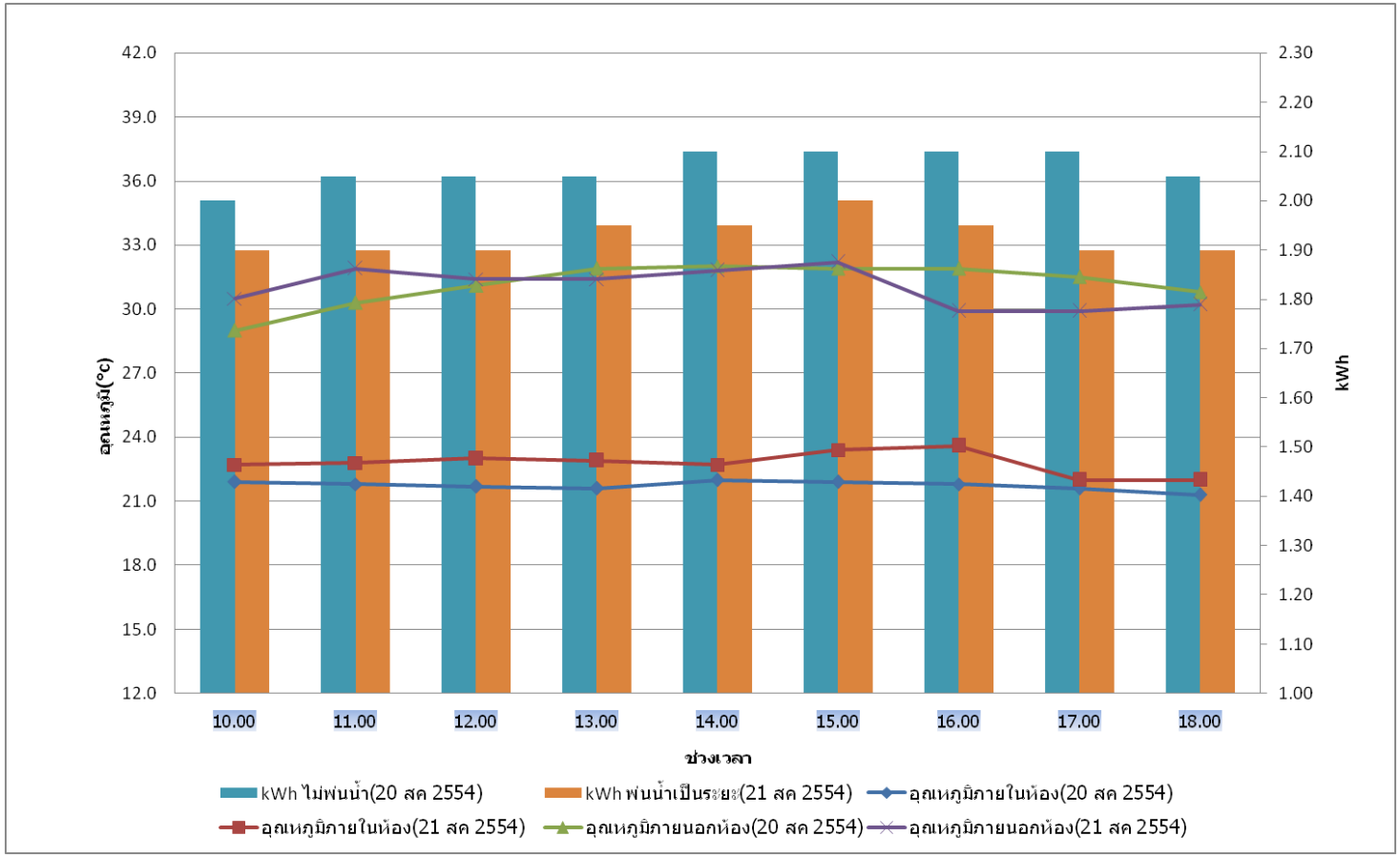
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	22.5	21.9	21.8	21.7	21.6	22.0	21.9	21.8	21.6	21.3
Twb(°c)	18.0	18.0	17.9	17.9	17.7	17.2	17.6	17.2	17.5	17.2
นอกห้อง Tdb(°c)	28.5	29.0	30.3	31.1	31.9	32.0	31.9	31.9	31.5	30.8
Twb(°c)	25.4	25.1	25.2	25.2	24.9	25.0	25.1	25.4	25.0	25.0
ความดัน ด้านสูง(psig)	204	207	210	218	219	221	221	220	222	217
ด้านต่ำ(psig)	65	67	67	66	66	66	67	65	68	65
ความดันแตกต่าง	139.0	140.0	143.0	152.0	153.0	155.0	154.0	155.0	154.0	152.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
แรงดันน้ำ(psig)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ความเฉอะแฉะ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กระแส (A)	9.60	9.76	9.80	9.99	10.17	10.19	10.12	10.01	10.09	9.92
kWh มิเตอร์	1117.10	1119.10	1121.15	1123.20	1125.25	1127.35	1129.45	1131.55	1133.65	1135.70
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	2.00	4.05	6.10	8.15	10.25	12.35	14.45	16.55	18.60
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	2.00	2.05	2.05	2.05	2.10	2.10	2.10	2.10	2.05
อากาศ	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ไม่มีลม	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ไม่มีลม	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ไม่มีลม	เมฆป่านกลาง แดดป่านกลาง ลมเบาๆ	เมฆป่านกลาง แดดป่านกลาง ลมเบาๆ	เมฆป่านกลาง ไม่มีแดด ลมเบาๆ	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ไม่มีลม	เมฆเยอะ แดดจ้า ลมเบาๆ	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ไม่มีลม	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ไม่มีลม
จำนวนคนในห้อง	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ก-30 การทดสอบสมรรถนะคอนเดนซิ่งยูนิตของเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr

การทดลองครั้งที่ 5

วันที่ 21 ส.ค. 2554 มีการพ่นละอองน้ำเป็นระยะ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เวลา	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
ในห้อง Tdb(°c)	23.0	22.7	22.8	23.0	22.9	22.7	23.4	23.6	22.0	22.0
Twb(°c)	17.7	17.4	17.3	17.1	17.7	17.7	17.5	17.3	17.6	17.1
นอกห้อง Tdb(°c)	30.0	30.5	31.9	31.4	31.4	31.8	32.2	29.9	29.9	30.2
Twb(°c)	24.9	25.0	24.9	25.0	25.2	25.1	25.6	24.9	24.9	24.6
ความดัน ด้านสูง(psig)	195	195	196	198	205	201	207	196	193	200
ด้านต่ำ(psig)	63	64	64	63	66	64	65	62	63	63
ความดันแตกต่าง	132.0	131.0	132.0	135.0	139.0	137.0	142.0	134.0	130.0	137.0
อุณหภูมิน้ำ (°c)	28.7	29.0	30.5	31.4	31.3	31.6	31.8	30.2	29.8	30.0
แรงดันน้ำ(psig)	23.0	22.0	24.5	22.0	17.1	26.8	18.0	10.0	23.8	17.0
มิเตอร์น้ำ(ลบ.ม.)	27.7672	27.7729	27.7784	27.7844	27.7901	27.7949	27.8014	27.8054	27.8114	27.8176
ปริมาณน้ำที่ใช้สะสม(ลบ.ม.)	0.0000	0.0057	0.0112	0.0172	0.0229	0.0277	0.0342	0.0382	0.0442	0.0504
ปริมาณน้ำที่ใช้พ่น(ลบ.ม.)	NA	0.0057	0.0055	0.0060	0.0057	0.0048	0.0065	0.0040	0.0060	0.0062
ความเฉอะแฉะ	ไม่เปียก	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย	ไม่เปียก	เปียกเล็กน้อย	เปียกเล็กน้อย
กระแส (A)	9.38	9.44	9.51	9.58	9.71	9.65	9.80	9.45	9.33	9.51
kWh มิเตอร์	1142.70	1144.60	1146.50	1148.40	1150.35	1152.30	1154.30	1156.25	1158.15	1160.05
kWh มิเตอร์สะสม	0.00	1.90	3.80	5.70	7.65	9.60	11.60	13.55	15.45	17.35
kWh ที่ใช้แต่ละชั่วโมง	NA	1.90	1.90	1.90	1.95	1.95	2.00	1.95	1.90	1.90
อากาศ	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ลมเบาๆ	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ลมเบาๆ	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ลมเบาๆ	เมฆเยอะ แดดอ่อนๆ ลมเบาๆ	เมฆเยอะ แดดอ่อนๆ ลมเบาๆ	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ลมเบาๆ	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ลมเบาๆ	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ลมเบาๆ	เมฆปานกลาง แดดอ่อนๆ ไม่มีลม	เมฆเยอะ ไม่มีแดด ไม่มีลม
จำนวนคนในห้อง	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
จำนวนโน๊ตบุ๊คที่เปิด	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1



รูปที่ ก – 15 ความสัมพันธ์อุณหภูมิกับการใช้กำลังไฟฟ้าคอนเดนซิ่งยูนิตทั้งสองแบบในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองครั้งที่ 5

(เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 25,000 Btu/hr)

ภาคผนวก ข

การคำนวณ

ข.1 การสร้างแบบจำลองคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดาที่ใช้ในการทดลอง

ในการสร้างแบบจำลองคอนเดนซิ่งยูนิตจะเริ่มจากการเลือกขนาดคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์ที่ใกล้เคียงกับที่ใช้ในการทดลองมากที่สุดแล้วนำมาทำงานร่วมกัน การเลือกขนาดของคอมเพรสเซอร์จะใช้โปรแกรม Danfoss โดยจะดูจากขนาดของการทำความเย็นและชนิดของสารทำความเย็น

จากนั้นเลือกขนาดของคอนเดนเซอร์โดยจะดูจากแคตตาล็อกของ LARKIN รุ่น FCB ให้มีค่าอัตราการระบายความร้อนที่เหมาะสม

ตารางที่ ข-1 ขนาดคอนเดนเซอร์ รุ่น FCB

FCB Model	Total Heat of Rejection, kcal/hr									
	R404A/R507					R22				
	1°C T.D.	6°C T.D.	8°C T.D.	12°C T.D.	17°C T.D.	1°C T.D.	6°C T.D.	8°C T.D.	12°C T.D.	17°C T.D.
1	310	1,900	2,500	3,700	5,300	320	1,900	2,500	3,800	5,400
1.5	360	2,200	2,900	4,400	6,200	370	2,200	3,000	4,,400	6,300
2	420	2,500	3,300	5,000	7,100	420	2,500	3,400	5,100	7,200
3	640	3,900	5,100	7,700	10,900	650	3,900	5,200	7,800	11,100
5	990	6,000	8,000	11,900	16,900	1,020	6,100	8,100	12,200	17,300
8	1,640	9,800	13,100	19,600	27,800	1,670	10,000	13,400	20,000	28,400
10	1,990	11,900	15,900	23,900	33,800	2,030	12,200	16,200	24,400	34,500
12	2,490	14,900	19,900	29,800	42,300	2,540	15,200	20,300	30,400	43,100
14	2,860	17,100	22,900	34,300	48,600	2,920	17,500	23,300	35,000	49,600

ตัวอย่างการคำนวณแบบจำลองคอนเดนซิ่งยูนิตแบบธรรมดา

ในการทดลองวันที่ 11 มี.ค. 54 คอนเดนซิ่งยูนิตขนาดการทำความเย็น 18,000 Btu/hr มี r-22 เป็นสารทำความเย็น จากโปรแกรม Danfoss จะได้คอมเพรสเซอร์รุ่น MT22-5

ที่ $t_{a(db)}$ = 32.8 °C

p_e = 68 psi (469 kPa) , t_e = -1.84 °C

p_c = 225 psi (1551 kPa) , t_c = 40.47 °C

ตารางที่ ข-2 ค่าคงที่ A0 - A9 ของคอมเพรสเซอร์รุ่น MT22-5

ค่าคงที่	อัตราการทำความเย็น (Q_e)	กำลังไฟฟ้า (P)
A0	7.37E+03	8.09E+02
A1	2.84E+02	-8.50E-01
A2	-4.51E+01	1.47E+01
A3	4.07E+00	-9.34E-01
A4	-7.91E-01	2.72E-01
A5	-4.54E-01	1.28E-01
A6	1.79E-02	-8.25E-03
A7	-2.36E-02	8.42E-03
A8	-1.56E-02	5.76E-03
A9	1.46E-03	-1.84E-03

จากสมการ (ข-1)

Q_e = 4,493 W

P = 1,455 W

ดังนั้นจากสมการ (ข-2)

$Q_c = Q_e + P$

Q_c = 5,948 W

และจากสมการ (ข-3)

$$Q_c = F_{dry}(t_c - t_{a(db)})$$

$$F_{dry} = \frac{Q_c}{t_c - t_{a(db)}}$$

$$F_{dry} = 775.49 \text{ W/°C}$$

ซึ่งจากตาราง ข-1 จะได้ FCB3 ที่มีค่า F = 650 kcal/hr = 755.443 W ที่ TD = 1 °C

เมื่อได้คอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์แล้วจะหาสมรรถนะของคอนเดนซิ่งยูนิตที่อุณหภูมิอากาศภายนอกต่างๆได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 20 °C อุณหภูมิระเหยสารทำความเย็น t_e = -5 °C สมมติอุณหภูมิควบแน่น t_c = 30 °C

จากสมการ (ข-1)

Q_e = 12,063 W

P = 1,228 W

จากสมการ (ข-2)

Q_c = 1,3291 W

จากสมการ (ข-3)

$$Q_c = F_{dry}(t_c - t_{a(db)})$$

เนื่องจากคอนเดนเซอร์ที่เลือกมามีค่า $F = 755.43$ W/°C

$$t_{c(new)} = \frac{Q_c}{F_{dry}} + t_{a(db)}$$

$$= 37.56 \text{ °C}$$

การคำนวณจะทำไปหลายๆรอบจนได้ค่า t_c คงที่ตามตารางที่ ข-3

ตารางที่ ข-3 ตัวอย่างการคำนวณหา t_c ที่ $t_{a(db)}$ = 20 °C , t_e = -5 °C

รอบที่	P(W)	Q_e(W)	Q_c(W)	t_c(°C)
1	1,228.12	12,062.50	13,290.62	37.59
2	1,483.81	11,173.29	12,657.10	36.75
3	1,455.28	11,274.97	12,730.25	36.85
4	1,458.57	11,263.27	12,721.84	36.84
5	1,458.27	11,264.34	12,722.61	36.84
6	1,458.23	11,264.49	12,722.72	36.84
7	1,458.23	11,264.48	12,722.71	36.84
8	1,458.23	11,264.48	12,722.71	36.84
9	1,458.23	11,264.48	12,722.71	36.84

ข.2 การสร้างแบบจำลองคอนเดนซิ่งยูนิตแบบที่ใช้คอนเดนเซอร์แบบระเหย (Evaporative condenser)

ในส่วนการสร้างแบบจำลองคอนเดนซิ่งยูนิตแบบที่ใช้คอนเดนเซอร์แบบระเหยจะหาอัตราการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ โดยที่พื้นที่ผิวคอนเดนเซอร์ต้องเท่ากับคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ และค่า F ในสมการ (ข-3) ซึ่งจะขึ้นกับค่า $t_{a(wb)}$ แทน $t_{a(db)}$

$$Q_c = F_{wet}(t_c - t_{a(wb)}) \quad \text{(ข-1)}$$

ตัวอย่างการคำนวณแบบจำลองคอนเดนซิ่งยูนิตแบบคอนเดนเซอร์ระเหย

ในการทดลองวันที่ 2 ก.พ. 54 คอนเดนซิ่งยูนิตขนาดการทำความเย็น 25,000 Btu/hr มี r-22 เป็นสารทำความเย็น จากโปรแกรม Danfoss จะได้คอมเพรสเซอร์รุ่น MT28-5 และมีข้อมูลของคอนเดนเซอร์ดังนี้

$\frac{A}{A_i}$ = 14

A = 300 ft^2

$\dot{m}_a = 7{,}500$ lb/hr

h_c = 14.5 Btu/(hr·ft^2·°F)

h_r = 280 Btu/(hr·ft^2·°F)

$$R_{wet} = \frac{h_c}{c_{pm} h_r} \frac{A}{A_i} = 2.96$$

และข้อมูลการทดลองวันที่ 2 ก.พ. 54

$t_{a(db)}$ = 28.0 °C = 82.4 °F

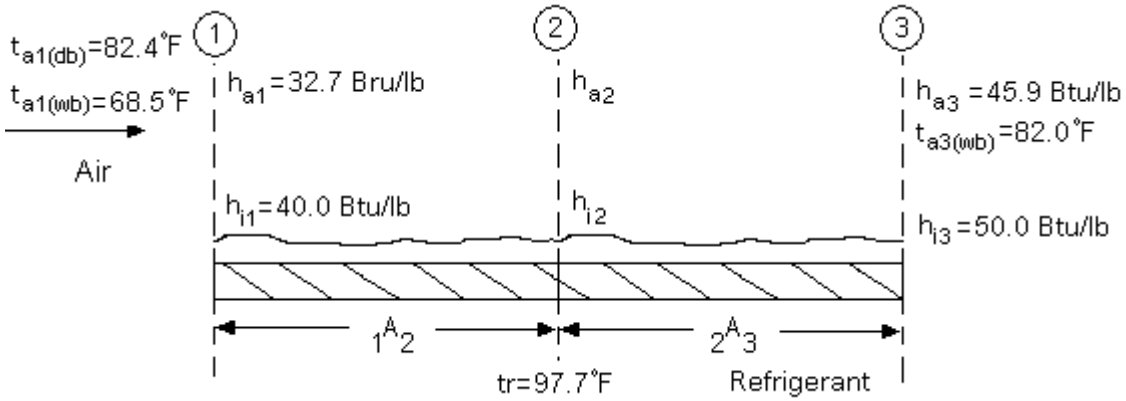
$t_{a(wb)}$ = 20.3 °C = 68.5 °F

t_c = 36.5 °C = 97.7 °F

สมมติ $t_{a\ out(wb)}$ = 82.0 °F

ตารางที่ ข-4 ค่าคงที่ A0 - A9 ของคอมเพรสเซอร์รุ่น MT28-5

ค่าคงที่	อัตราการทำความเย็น (Q_e)	กำลังไฟฟ้า (P)
A0	9.30E+03	1.14E+03
A1	3.27E+02	-1.79E+01
A2	-4.55E+01	1.68E+01
A3	4.12E+00	-1.43E+00
A4	-7.62E-01	4.65E-01
A5	-4.75E-01	1.66E-01
A6	1.54E-02	-1.09E-02
A7	-2.64E-02	1.44E-02
A8	-1.50E-02	9.83E-03
A9	3.98E-04	-1.37E-03



รูปที่ ข-1 แสดงสภาวะอากาศที่ตำแหน่งต่างๆของตัวอย่างการคำนวณคอนเดนเซอร์ระเหย

ตำแหน่งที่ 1

$t_{a1(db)}$ = 82.4 °F

$t_{a1(wb)}$ = 68.5 °F

h_1 = 32.7 Btu/lb

สมมติให้ t_{i1} = 75.0 °F

h_{i1} = 38.6 Btu/lb

จะได้ R_{wet} = 3.87

แต่ถ้าให้ t_{i1} = 76.4 °F

h_{i1} = 40.0 Btu/lb

จะได้ R_{wet} = 2.95

ตำแหน่งที่ 3

$t_{a3(wb)}$ = 82.0 °F

h_3 = 45.9 Btu/lb

จะได้ t_{i3} = 85.4 °F

h_{i3} = 50.0 Btu/lb

R_{wet} = 2.95

ตำแหน่งที่ 2

ให้ $$h_2 = \frac{h_1 + h_3}{2}$$

$$h_2 = \frac{32.7 + 45.9}{2} = 39.3 \text{ Btu/lb}$$

$t_{a2(wb)}$ = 75.7 °F

จะได้ t_{i2} = 81.1 °F

h_{i2} = 44.9 Btu/lb

R_{wet} = 2.96

อัตราการระบายความร้อนจากตำแหน่งที่ 1 ไปสู่ตำแหน่งที่ 2 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานจะได้

$$_1Q_{c2} = \dot{m}_a(h_2 - h_1) \qquad \text{(ข-2)}$$

เมื่อ $_1Q_{c2}$ = อัตราการระบายความร้อนจากตำแหน่งที่ 1 ไปสู่ตำแหน่งที่ 2 (Btu/hr)

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลของอากาศ (lb/hr)

และ $$_1Q_{c2} = \frac{_1A_2 h_c}{c_{pm}}\left[(h_{i2} + h_{i1})/2 - (h_2 + h_1)/2\right] \qquad \text{(ข-3)}$$

เมื่อ $_1A_2$ = พื้นที่ผิวด้านนอกจากตำแหน่งที่ 1 ไปสู่ตำแหน่งที่ 2 (ft^2)

จาก (ข-8) = (ข-9)

$$_1A_2 = \frac{h_c}{c_{pm}} \frac{\dot{m}_a(h_2 - h_1)}{\left[(h_{i2} + h_{i1})/2 - (h_2 + h_1)/2\right]} \qquad \text{(ข-4)}$$

แทนค่า $$_1A_2 = \frac{7{,}500(39.3 - 32.7)}{29.59\left[(44.9 + 40.0) - (39.3 + 32.7)\right]}$$

= 130.3 ft^2

และ $$_2A_3 = \frac{7{,}500(45.9-39.4)}{29.59[(50.0+44.9)-(45.9+39.4)]}$$

$$= 173.2 \text{ ft}^2$$

ดังนั้น $A = {}_1A_2 + {}_2A_3 = 130.3 + 173.2 = 303.5 \text{ ft}^2$

อัตราการระบายความร้อนคอนเดนเซอร์

$$_1Q_{c3} = \dot{m}_a(h_3 - h_1)$$

$$= 7{,}500 \text{ x } (45.9\text{-}32.7)$$

$$= 98{,}700 \text{ Btu/hr}$$

$$= 28{,}9300 \text{ W}$$

จากสมการ (ข-4)

$$28{,}300 = F_{wet}(36.5\text{-}20.3)$$

$$F_{wet} = 1{,}785.8 \text{ W/°C}$$

ตารางที่ ข-5 ตัวอย่างการคำนวณหา t_c ที่ $t_{a(db)} = 20$ °C (ให้ $\Delta t = t_{a(db)} - t_{a(wb)} = 6$ °C ดังนั้น $t_{a(wb)} = 14$ °C), $t_e = -5$ °C

รอบที่	P(W)	Qe(W)	Qc(W)	tc(°C)
1	2059.65	4698.70	6758.35	17.71
2	1488.63	6892.63	8381.26	18.60
3	1504.40	6842.37	8346.77	18.58
4	1504.06	6843.45	8347.51	18.58
5	1504.07	6843.42	8347.50	18.58
6	1504.07	6843.42	8347.50	18.58

ภาคผนวก ค

ตารางคุณสมบัติสมบัติสารทำความเย็น R-22

ตารางที่ ค-1 แสดงสมบัติของเหลวและไออิ่มตัวของสารทำความเย็น R-22

		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg · K		Specific volume, L/kg	
t, °C	P, kPa	h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
−60	37.48	134.763	379.114	0.73254	1.87886	0.68208	537.152
−55	49.47	139.830	381.529	0.75599	1.86389	0.68856	414.827
−50	64.39	144.959	383.921	0.77919	1.85000	0.69526	324.557
−45	82.71	150.153	386.282	0.80216	1.83708	0.70219	256.990
−40	104.95	155.414	388.609	0.82490	1.82504	0.70936	205.745
−35	131.68	160.742	390.896	0.84743	1.81380	0.71680	166.400
−30	163.48	166.140	393.138	0.86976	1.80329	0.72452	135.844
−28	177.76	168.318	394.021	0.87864	1.79927	0.72769	125.563
−26	192.99	170.507	394.896	0.88748	1.79535	0.73092	116.214
−24	209.22	172.708	395.762	0.89630	1.79152	0.73420	107.701
−22	226.48	174.919	396.619	0.90509	1.78779	0.73753	99.9362
−20	244.83	177.142	397.467	0.91386	1.78415	0.74091	92.8432
−18	264.29	179.376	398.305	0.92259	1.78059	0.74436	86.3546
−16	284.93	181.622	399.133	0.93129	1.77711	0.74786	80.4103
−14	306.78	183.878	399.951	0.93997	1.77371	0.75143	74.9572
−12	329.89	186.147	400.759	0.94862	1.77039	0.75506	69.9478
−10	354.30	188.426	401.555	0.95725	1.76713	0.75876	65.3399
−9	367.01	189.571	401.949	0.96155	1.76553	0.76063	63.1746
−8	380.06	190.718	402.341	0.06585	1.76394	0.76253	61.0958
−7	393.47	191.868	402.729	0.97014	1.76237	0.76444	59.0996
−6	407.23	193.021	403.114	0.97442	1.76082	0.76636	57.1820
−5	421.35	194.176	403.496	0.97870	1.75928	0.76831	55.3394
−4	435.84	195.335	403.876	0.98297	1.75775	0.77028	53.5682
−3	450.70	196.497	404.252	0.98724	1.75624	0.77226	51.8653
−2	465.94	197.662	404.626	0.99150	1.75475	0.77427	50.2274
−1	481.57	198.828	404.994	0.99575	1.75326	0.77629	48.6517
0	497.59	200.000	405.361	1.00000	1.75279	0.77834	47.1354
1	514.01	201.174	405.724	1.00424	1.75034	0.78041	45.6757
2	530.83	202.351	406.084	1.00848	1.74889	0.78249	44.2702
3	548.06	203.530	406.440	1.01271	1.74746	0.78460	42.9166
4	565.71	204.713	406.793	1.01694	1.74604	0.78673	41.6124
5	583.78	205.899	407.143	1.02116	1.74463	0.78889	40.3556
6	602.28	207.089	407.489	1.02537	1.74324	0.79107	39.1441
7	621.22	208.281	407.831	1.02958	1.74185	0.79327	37.9759
8	640.59	209.477	408.169	1.03379	1.74047	0.79549	36.8493
9	660.42	210.675	408.504	1.03799	1.73911	0.79775	35.7624
10	680.70	211.877	408.835	1.04218	1.73775	0.80002	34.7136
11	701.44	213.083	409.162	1.04637	1.73640	0.80232	33.7013
12	722.65	214.291	409.485	1.05056	1.73506	0.80465	32.7239
13	744.33	215.503	409.804	1.05474	1.73373	0.80701	31.7801
14	766.50	216.719	410.119	1.05892	1.73241	0.80939	30.8683
15	789.15	217.937	410.430	1.06309	1.73109	0.81180	29.9874
16	812.29	219.160	410.736	1.06726	1.72978	0.81424	29.1361
17	835.93	220.386	411.038	1.07142	1.72848	0.81671	28.3131
18	860.08	221.615	411.336	1.07559	1.72719	0.81922	27.5173
19	884.75	222.848	411.629	1.07974	1.72590	0.82175	26.7477
20	909.93	224.084	411.918	1.08390	1.72462	0.82431	26.0032

ตารางที่ ค-1 แสดงสมบัติของเหลวและไออิ่มตัวของสารทำความเย็น R-22 (ต่อ)

		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg • K		Specific volume, L/kg	
t, °C	P, kPa	h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
21	935.64	225.324	412.202	1.08805	1.72334	0.82691	25.2829
22	961.89	226.568	412.481	1.09220	1.72206	0.82954	24.5857
23	988.67	227.816	412.755	1.09634	1.72080	0.83221	23.9107
24	1016.0	229.068	413.025	1.10048	1.71953	0.83491	23.2572
25	1043.9	230.324	413.289	1.10462	1.71827	0.83765	22.6242
26	1072.3	231.583	413.548	1.10876	1.71701	0.84043	22.0111
27	1101.4	232.847	413.802	1.11290	1.71576	0.84324	21.4169
28	1130.9	234.115	414.050	1.11703	1.71450	0.84610	20.8411
29	1161.1	235.387	414.293	1.12116	1.71325	0.84899	20.2829
30	1191.9	236.664	414.530	1.12530	1.71200	0.85193	19.7417
31	1223.2	237.944	414.762	1.12943	1.71075	0.85491	19.2168
32	1255.2	239.230	414.987	1.13355	1.70950	0.85793	18.7076
33	1287.8	240.520	415.207	1.13768	1.70826	0.86101	18.2135
34	1321.0	241.814	415.420	1.14181	1.70701	0.86412	17.7341
35	1354.8	243.114	415.627	1.14594	1.70576	0.86729	17.2686
36	1389.2	244.418	415.828	1.15007	1.70450	0.87051	16.8168
37	1424.3	245.727	416.021	1.15420	1.70325	0.87378	16.3779
38	1460.1	247.041	416.208	1.15833	1.70199	0.87710	15.9517
39	1496.5	248.361	416.388	1.16246	1.70073	0.88048	15.5375
40	1533.5	249.686	416.561	1.16659	1.69946	0.88392	15.1351
41	1571.2	251.016	416.726	1.17073	1.69819	0.88741	14.7439
42	1609.6	252.352	416.883	1.17486	1.69692	0.89097	14.3636
43	1648.7	253.694	417.033	1.17900	1.69564	0.89459	13.9938
44	1688.5	255.042	417.174	1.18315	1.69435	0.89828	13.6341
45	1729.0	256.396	417.308	1.18730	1.69305	0.90203	13.2841
46	1770.2	257.756	417.432	1.19145	1.69174	0.90586	12.9436
47	1812.1	259.123	417.548	1.19560	1.69043	0.90976	12.6122
48	1854.8	260.497	417.655	1.19977	1.68911	0.91374	12.2895
49	1898.2	261.877	417.752	1.20393	1.68777	0.91779	11.9753
50	1942.3	263.264	417.838	1.20811	1.68643	0.92193	11.6693
52	2032.8	266.062	417.983	1.21648	1.68370	0.93047	11.0806
54	2126.5	268.891	418.083	1.22489	1.68091	0.93939	10.5214
56	2223.2	271.754	418.137	1.23333	1.67805	0.94872	9.98952
58	2323.2	274.654	418.141	1.24183	1.67511	0.95850	9.48319
60	2426.6	277.594	418.089	1.25038	1.67208	0.96878	9.00062
62	2533.3	280.577	417.978	1.25899	1.66895	0.97960	8.54016
64	2643.5	283.607	417.802	1.26768	1.66570	0.99104	8.10023
66	2757.3	286.690	417.553	1.27647	1.66231	1.00317	7.67934
68	2874.7	289.832	417.226	1.28535	1.65876	1.01608	7.27605
70	2995.9	293.038	416.809	1.29436	1.65504	1.02987	6.88899
75	3316.1	301.399	415.299	1.31758	1.64472	1.06916	5.98334
80	3662.3	310.424	412.898	1.34223	1.63239	1.11810	5.14862
85	4036.8	320.505	409.101	1.36936	1.61673	1.18328	4.35815
90	4442.5	332.616	402.653	1.40155	1.59440	1.28230	3.56440
95	4883.5	351.767	386.708	1.45222	1.54712	1.52064	2.55133

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นาย พนิต วัฒนศรี

เกิดวันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2528

ประวัติการศึกษา -สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี

-สำเร็จการศึกษาระดับ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2550

-เข้าศึกษาต่อในระดับ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551