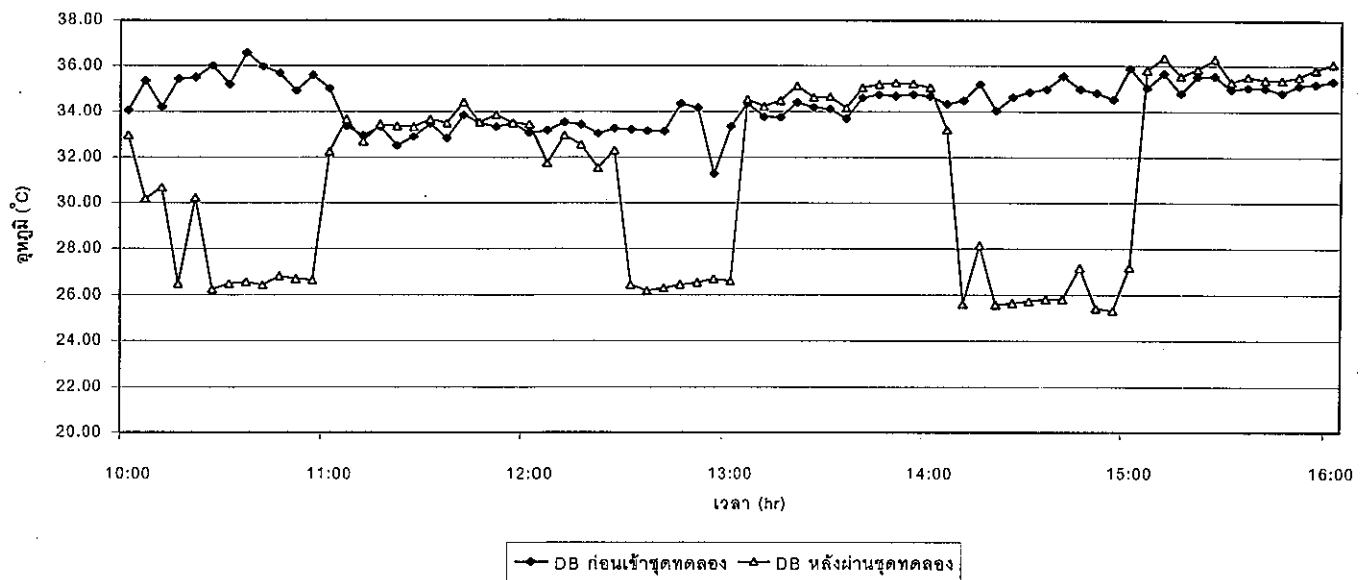


บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบระเหย

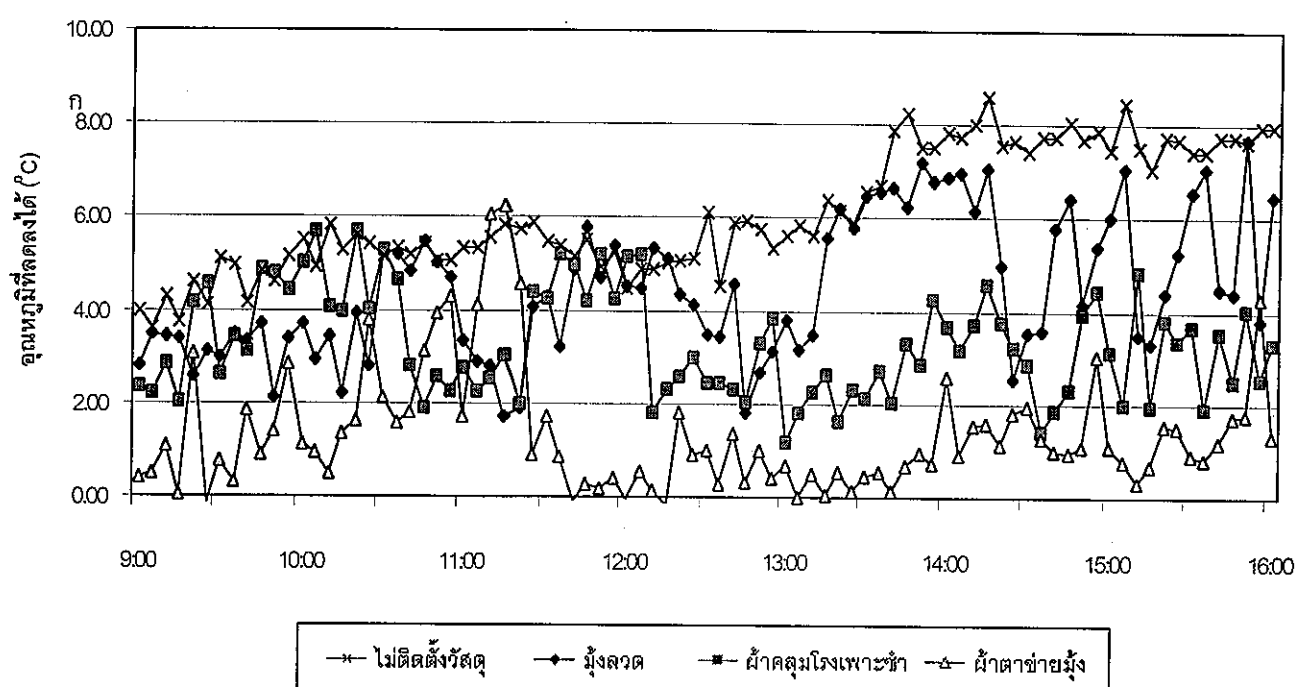


กราฟ 4.1 แสดงผลต่างของอุณหภูมิเมื่อเปิดปิดเครื่องทำความเย็นแบบระเหย

จากผลการทดลองในวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2545 ซึ่งได้ทำการทดลองเปิดและปิดเครื่องทำความเย็นแบบระเหยสลับกันอย่างต่อเนื่องหนึ่งชั่วโมงตั้งแต่เวลา 10.00 น. – 16.00 น. จะเห็นว่าเมื่อใช้เครื่องทำความเย็นแบบระเหย อากาศก่อนเข้าสู่ชุดคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำลง เนื่องจากอากาศจะคายความร้อนให้กับน้ำเพื่อใช้ในการระเหยน้ำ จึงทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลง และเมื่อไม่ได้ใช้เครื่องทำความเย็นแบบระเหยอากาศก่อนเข้าสู่ชุดคอนเดนเซอร์ จะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิก่อนเข้าสู่ชุดทดลองหรืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตามกราฟ 4.1

4.2 เปรียบเทียบผลการใช้วัสดุ

ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถ ในการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้า คอนเดนเซอร์ ระหว่างวัสดุต่าง ๆ ใช้ติดตั้งในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย โดยใช้อัตราการไหล ของน้ำเท่ากับ 5.5 gpm ได้ผลการทดลองดังกราฟ 4.2 ซึ่งเป็นข้อมูลวันที่ 26 - 29 มีนาคม 2545 เวลา 9.00 น. - 16.00 น.



กราฟ 4.2 ผลการทดสอบเปรียบเทียบในการใช้วัสดุต่าง ๆ กับอุณหภูมิที่ลดได้

จะเห็นว่าการไม่ติดตั้งวัสดุใด ๆ ขวางทางไหลของน้ำในเครื่องทำความเย็นแบบระเหยจะสามารถทำให้ความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดเนื่องจากว่าน้ำที่ไหลลงมาจากด้านบน โดยที่ไม่ผ่านวัสดุใดจะมีพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศมากกว่าติดตั้งวัสดุเข้าไป โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ลดได้ดังตาราง

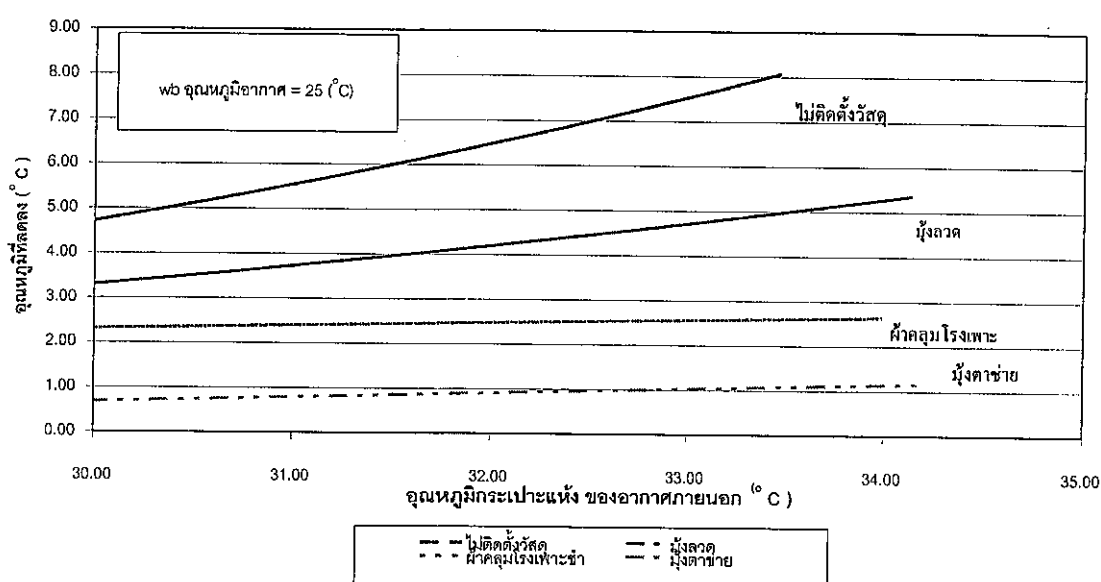
4.1

ตาราง 4.1 แสดง การลดอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของแต่ละอุปกรณ์

วัสดุ	ไม่ติดตั้งวัสดุ	มุ้งลวด	ผ้าคลุมโรงเพาะชำ	ผ้าตาข่ายมุ้ง
ลดอุณหภูมิโดยเฉลี่ย	6.11 (°C)	4.48 (°C)	3.28 (°C)	1.36 (°C)

4.2.1 ผลต่อการลดอุณหภูมิ

เมื่อนำข้อมูลอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความเย็น และอากาศหลังเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งได้ทดลองตั้งแต่วันที่ 26 – 29 มีนาคม 2545 โดยเลือกใช้ผลการทดลอง ซึ่งมีอุณหภูมิกระเปาะเปียก ที่พิจารณาอยู่ในช่วง 25°C มาจัดเป็นกลุ่มข้อมูล แล้วนำมาเพิ่มเส้นแนวโน้ม ดังกราฟ 4.3

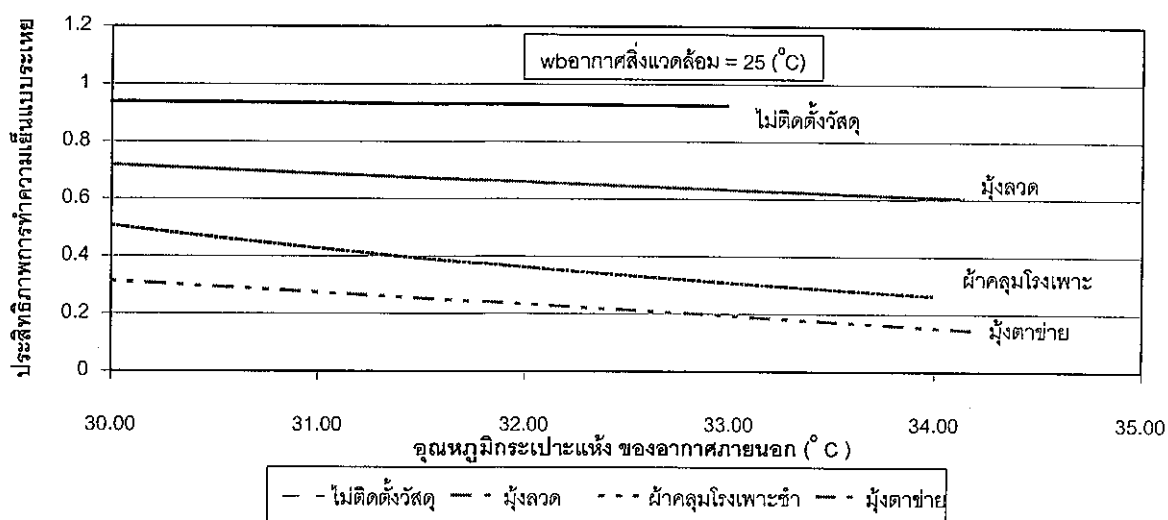


กราฟ 4.3 แสดงเส้นแนวโน้มกลุ่มข้อมูล ของอากาศภายนอก ผลต่างของอุณหภูมิอุณหภูมิกะเปาะแห้ง และอุณหภูมิกะเปาะเปียกที่พิจารณาในช่วง 25°C

จะเห็นว่าความสามารถในการลดอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเมื่อใช้วัสดุ ในแต่ละชนิด จะเพิ่มตามอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องทำความเย็น เนื่องจากว่าอุณหภูมิกะเปาะแห้งที่สูงขึ้นในขณะที่อุณหภูมิกะเปาะเปียกอยู่ช่วงคงที่ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะเพิ่มขึ้นทำให้สามารถรับไอน้ำได้เพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการลดอุณหภูมิของอากาศได้มากขึ้น โดยหากไม่ติดวัสดุใดๆจะมีแนวโน้มการลดอุณหภูมิได้มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศมากที่สุดเมื่อเทียบกับการติดวัสดุอื่นๆ

4.2.2 ผลต่อประสิทธิภาพการระเหย

เมื่อนำข้อมูลประสิทธิภาพการระเหยมาพลอตเป็นจุด โดยนำประสิทธิภาพการระเหยของชุดทดลองเมื่อติดตั้งวัสดุต่างๆ และอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่พิจารณาอยู่ในช่วง 25°C ของอากาศภายนอกมาจัดเป็นกลุ่มข้อมูลแล้วนำมาเพิ่มเส้นแนวโน้มดังกราฟ 4.4



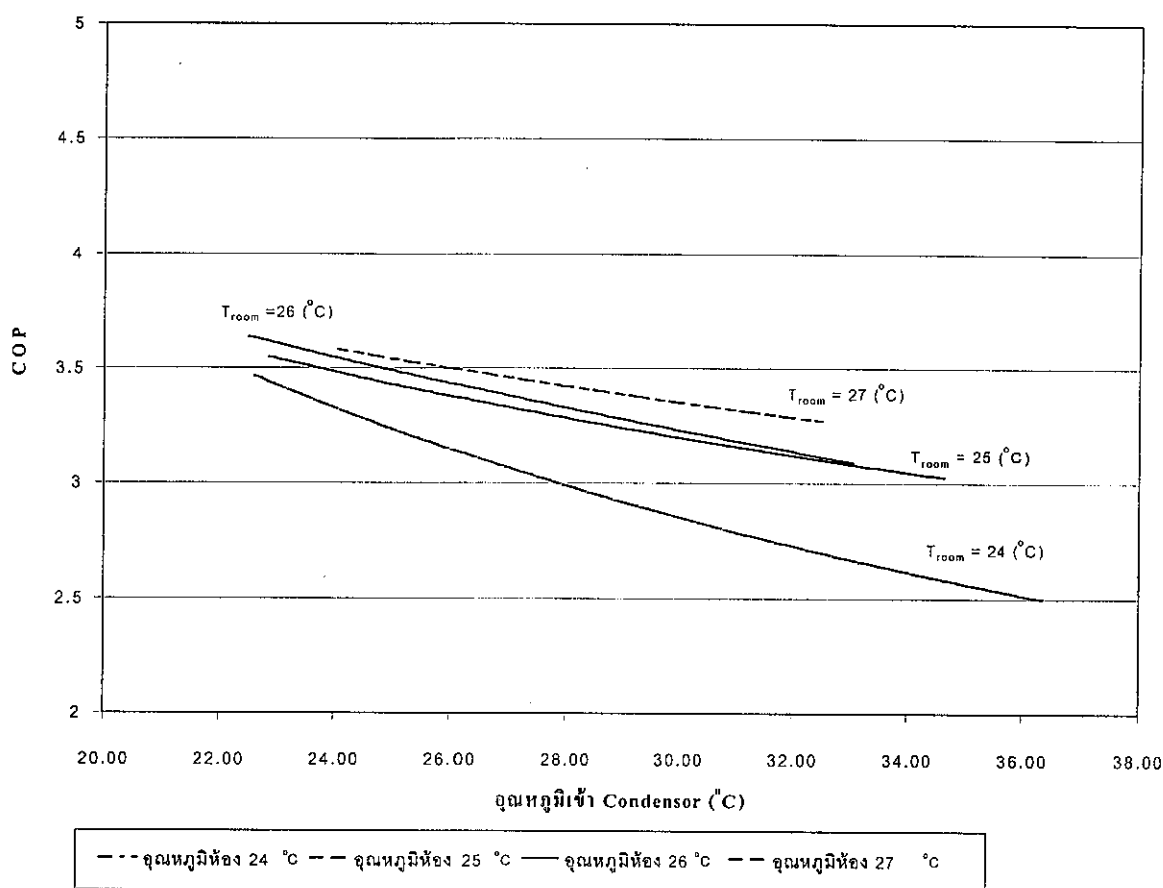
กราฟ 4.4 แสดงเส้นแนวโน้มประสิทธิภาพการระเหยของแต่ละวัสดุ เทียบกับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และอุณหภูมิกระเปาะเปียกพิจารณาในช่วง 25°C

จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้ง ของอากาศภายนอกเพิ่มสูงขึ้น ประสิทธิภาพการระเหยเมื่อติดตั้งวัสดุต่างๆ จะลดลง เนื่องจากว่าอัตราส่วนอุณหภูมิที่ลดได้จริงกับอุณหภูมิที่ลดได้สูงสุด ตามทฤษฎี มีแนวโน้มลดลง ส่วนประสิทธิภาพการระเหยเมื่อไม่ติดตั้งวัสดุใดมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มาก เนื่องจากเนื่องจากว่าอัตราส่วนอุณหภูมิที่ลดได้จริงกับอุณหภูมิที่ลดได้สูงสุด ตามทฤษฎีมีค่าคงที่

จากผลการทดลองที่ได้นำเสนอในกราฟ 4.3 และ กราฟ 4.4 สรุปได้ว่า เครื่องทำความเย็นแบบระเหยเมื่อไม่ติดตั้งวัสดุ จะลดอุณหภูมิอากาศได้ดีที่สุดและมีประสิทธิภาพการระเหย เมื่อเทียบกับเครื่องทำความเย็นแบบระเหยที่ติดตั้งวัสดุอื่น

4.3 ผลของอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์ ที่มีต่อเครื่องปรับอากาศ

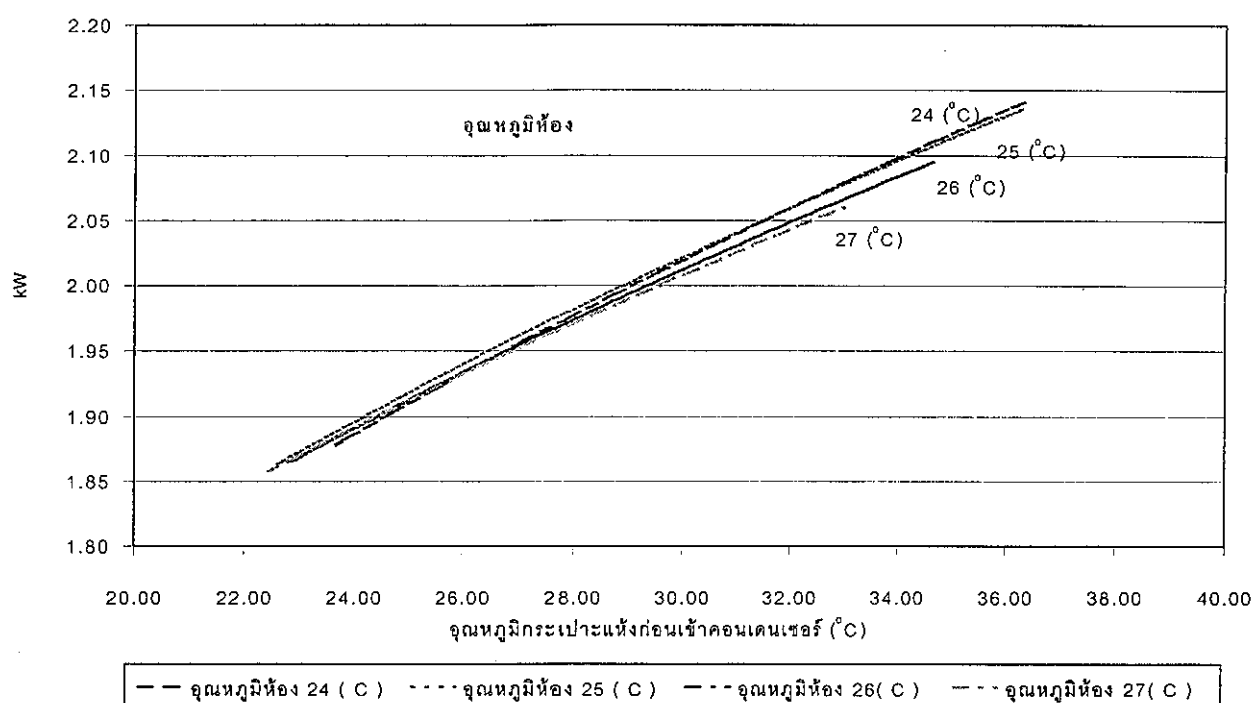
เนื่องจากในโครงการนี้ใช้เครื่องทำความเย็นแบบระเหยมายังช่วยลดอุณหภูมิอากาศ ก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ เพื่อให้มีสมรรถนะที่ดีขึ้น ดังนั้นจึงควรพิจารณาผลของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ที่มีผลต่อเครื่องปรับอากาศโดยได้นำข้อมูลใน วันที่ 1 เมษายน, 2 เมษายน, 3 เมษายน, 4 เมษายน, 11 เมษายน และ 18 เมษายน 2545 เวลา 8.00 น. – 16.00 น.



กราฟ 4.5 เส้นแนวโน้มสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) อุณหภูมิ กระเปาะแห้ง และอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิเข้าคอนเดนเซอร์

จากกราฟ 4.5 จะเห็นได้ว่าเมื่อแนวโน้มของอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าสู่คอนเดนเซอร์ลดลง ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) มีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่ ทำความเย็นให้สูงขึ้น จะทำให้แนวโน้มค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของเครื่องปรับอากาศ มีค่าสูงขึ้น

เมื่อนำข้อมูล จากภาคผนวก ก.5 ก.8 ก.9 ก.10 และ ก.11 วันที่ 1 เมษายน, 4 เมษายน, 11 เมษายน, 12 เมษายน และ 18 เมษายน 2545 เวลา 8.00 น. – 16.00 น. การใช้กำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ อุณหภูมิกระเปาะแห้งหลังออกชุดทดลอง และอุณหภูมิภายในห้อง มาพลอตเป็นเส้นแนวโน้มตามอุณหภูมิห้อง ดังกราฟ 4.6

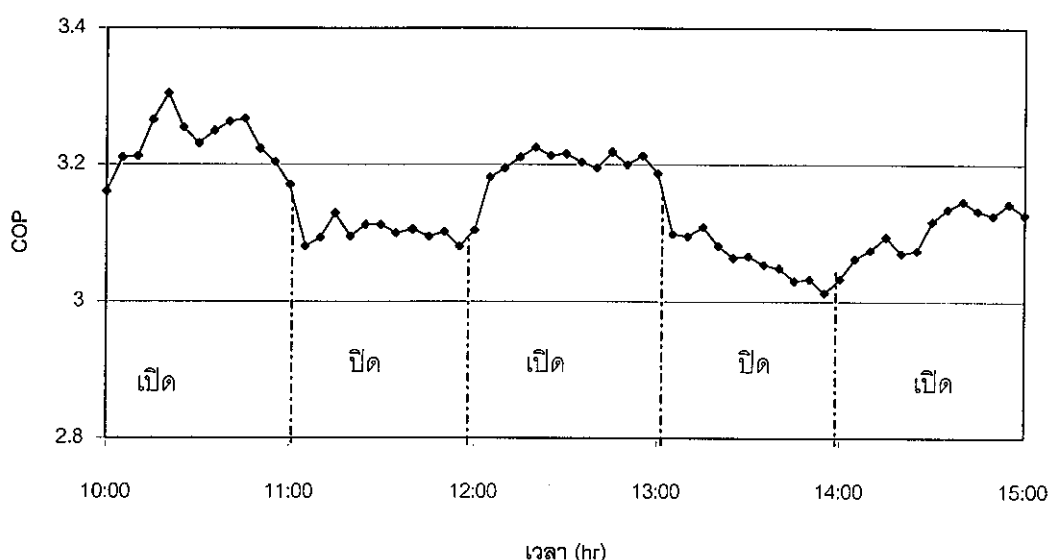


กราฟ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูลอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์กับอุณหภูมิกระเปาะแห้งหลังออกชุดทดลองและอุณหภูมิห้อง

จากกราฟ 4.6 จะเห็นได้ว่าเมื่อปรับอุณหภูมิห้องเพิ่มขึ้นโดยที่อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์คงที่หรือต่ำลง จะส่งผลให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ลดลง และเมื่ออุณหภูมิอากาศคอนเดนเซอร์สูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิห้องคงที่ จะทำให้คอมเพรสเซอร์มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น เนื่องจากความสามารถในการระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ลดลง สารทำความเย็นมีสถานะเป็นของผสมที่มีสถานะการเป็นไอน์มากขึ้น ทำให้ความดันของสารทำความเย็นเพิ่มสูงขึ้น การที่สารทำความเย็นจะมีความดันสูงขึ้นได้ คอมเพรสเซอร์จะต้องทำงานมากขึ้นส่งผลให้อัตราการใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์จึงเพิ่มขึ้น

4.4 ผลของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยต่อค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)

ในการทดลองเปรียบเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ จะทำการเปรียบเทียบ โดยใช้เครื่องปรับอากาศปรกติกับเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหยที่ไม่ติดตั้งวัสดุ

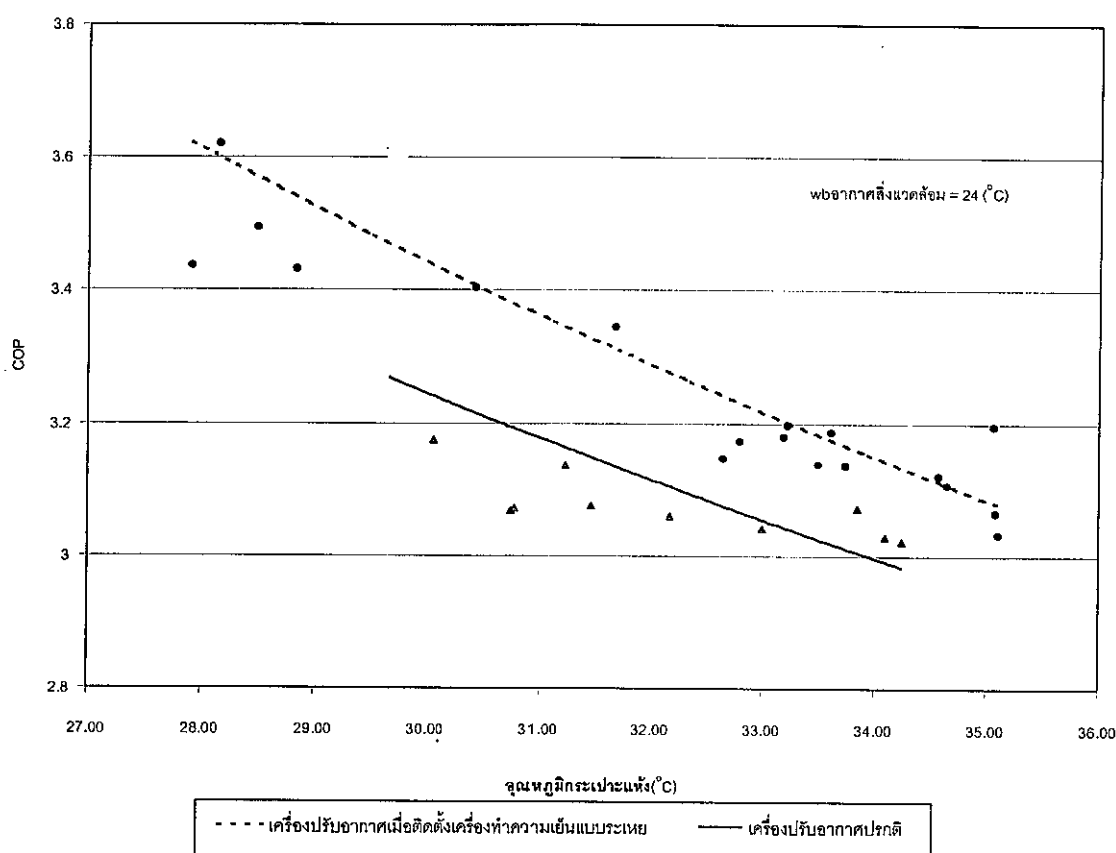


กราฟ 4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปิด-ปิด

เครื่องทำความเย็นแบบระเหย

จากการทดลอง วันที่ 11 เมษายน 2545 เวลา 10.00 น.- 15.00 น. ซึ่งได้ทำการทดลอง เปิด-ปิด เครื่องทำความเย็นแบบระเหยสลับกันทุก ๆ หนึ่งชั่วโมงแสดงดังกราฟ 4.7 จะเห็นว่าเมื่อใช้เครื่องทำความเย็นแบบระเหยค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) จะสูงขึ้น เนื่องจากอากาศจะคายความร้อนให้กับน้ำจึงทำให้อากาศเข้าคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิต่ำลง

จากการทดลองเครื่องปรับอากาศปกติในวันที่ 1 เมษายน และ 4 เมษายน 2545 เวลา 8.00 น. – 16.00 น. และการทดลอง เครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหยที่ไม่ดีวัสดุ ในวันที่ 2 เมษายน และ 3 เมษายน 2545 เวลา 8.00 น. – 16.00 น. นำข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) อุณหภูมิกระเปาะแห้งก่อนเข้าสู่ชุดทดลอง โดยพิจารณาที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกในช่วง 24°C มาพลอตเป็นจุดเป็นกลุ่มข้อมูลแล้วเพิ่มเส้นแนวโน้มเพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ระหว่างเครื่องปรับอากาศปกติ กับเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหยที่ไม่ดีวัสดุ แสดงดังกราฟ 4.8

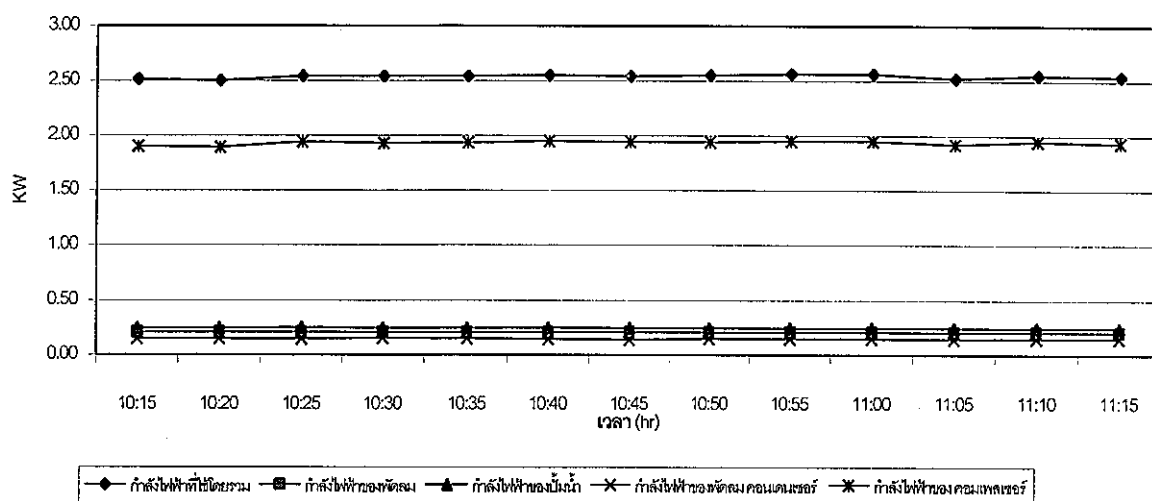


กราฟ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) กับ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศสิ่งแวดล้อมพิจารณาอุณหภูมิกระเปาะเปียกในช่วง 24°C

จากกราฟ 4.8 จะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศปกติ มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.12 เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย เครื่องปรับอากาศจะมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 ซึ่งเพิ่มขึ้น 5.44 %

4.5 ผลของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยที่มีต่ออัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า

ในการศึกษาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย โดยใช้ข้อมูล เมื่อวันที่ 1 เมษายน 2545 เวลา 10:15 น. ถึง 11:15 น. ซึ่งมีค่า T_{DB} เฉลี่ย 32.16°C T_{WB} เฉลี่ย 25.28°C และ T_{ROOM} เฉลี่ย 24.57°C ซึ่งจะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าของปั้มน้ำเพิ่มเติมจากเครื่องปรับอากาศปกติ แสดงดังกราฟ 4.9 และค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ แสดงดังตาราง 4.2



กราฟ 4.9 แสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย

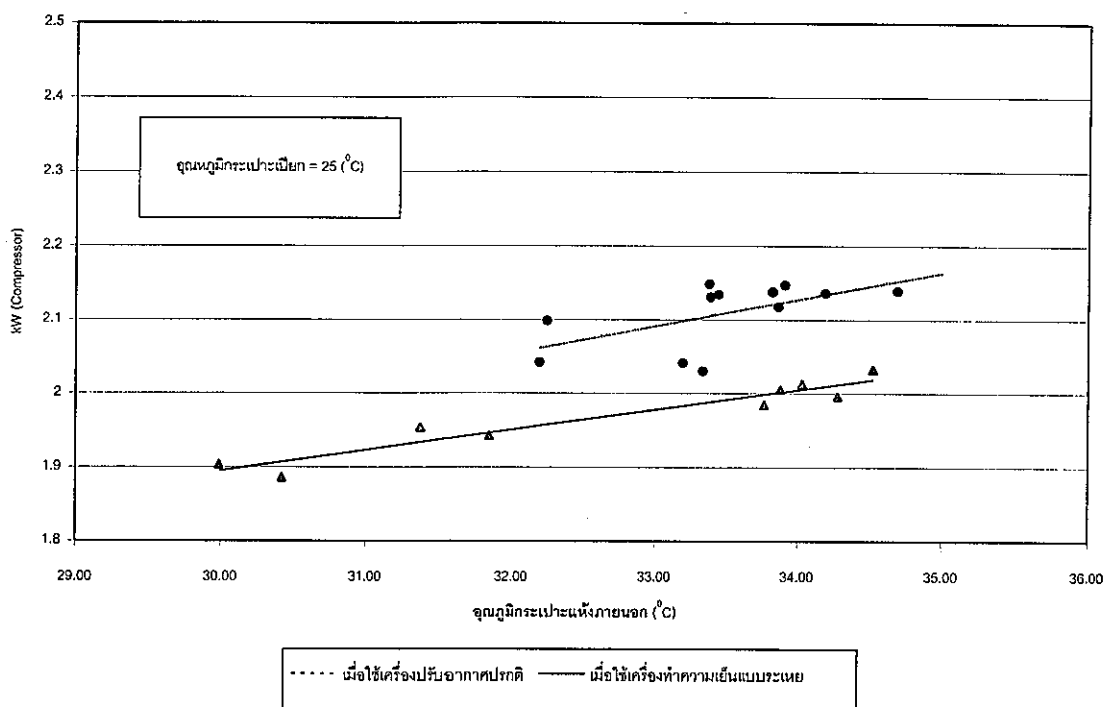
ตาราง 4.2 แสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า	โดยรวม	คอมเพรสเซอร์	ปั้มน้ำ	พัดลมฮีวาลโปเรเตอร์	พัดลมคอมเพรสเซอร์
(เฉลี่ย)	2.55 kW	1.94 kW	0.25 kW	0.21 kW	0.15 kW

ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ คอมเพรสเซอร์จะใช้
อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด

4.5.1 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์

เมื่อนำอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหยกับเครื่องปรับอากาศปกติ จากการทดลอง วันที่ 3 เมษายน และ 4 เมษายน 2545 เวลา 8.00 น. – 16.00 น. มาพลอตเป็นเส้นแนวโน้ม โดยพิจารณาอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายนอกเท่ากับ 25°C พบว่าเมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศภายนอกเพิ่มขึ้น แนวโน้มของอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์จะเพิ่มขึ้นซึ่งแสดงดังกราฟ 4.10

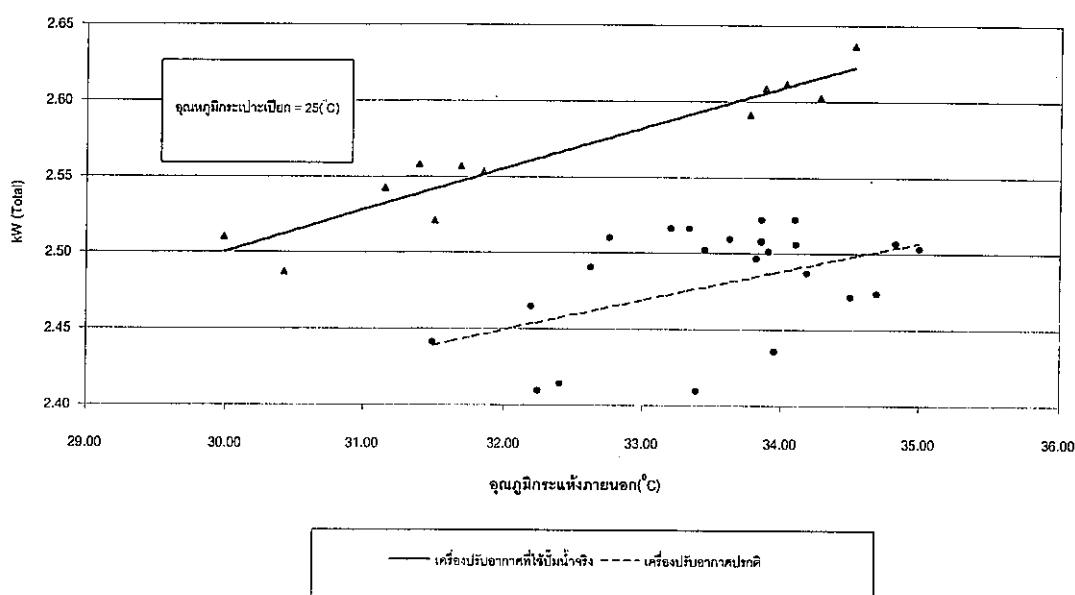


กราฟ 4.10 เปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหยกับเครื่องปรับอากาศปกติ

จากกราฟเห็นได้ว่า อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศปกติสูงกว่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย เมื่อนำอัตราการใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกันพบว่า อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหยเท่ากับ 1.97 kW ขณะที่อัตราการใช้พลังงานคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศปกติโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.11 kW จะเห็นได้ว่าอัตราการใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์ลดลงเฉลี่ย 6.64%

4.5.2 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม

เมื่อนำข้อมูลอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของเครื่องปรับอากาศปกติและเมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ของ วันที่ 3 เมษายน และ 4 เมษายน 2545 เวลา 8.00 น. – 16.00 น. โดยพิจารณาอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายนอกเท่ากับ 25°C พบว่าเมื่ออุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายนอกเพิ่มขึ้น แนวโน้มของอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมจะเพิ่มขึ้นซึ่งแสดงดังกราฟ 4.11



กราฟ 4.11 การเปรียบเทียบอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าโดยรวมของปั้มน้ำ

จากกราฟ 4.11 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหยที่ใช้ปั้มน้ำทดลองจริงสูงกว่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของเครื่องปรับอากาศปกติ เนื่องจากปั้มน้ำที่ใช้ทดลองจริงมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.25 kW มากกว่าอัตราการใช้พลังงานในระบบการหมุนเวียนน้ำตามการออกแบบ ซึ่งมีค่า 0.0041 kW เมื่อเลือกปั้มน้ำที่มีที่มีคุณสมบัติตามการออกแบบ และมีขายตามท้องตลาดมีขนาด 0.030 kW (Life tech รุ่น Ap 2000) มาเปรียบเทียบกับอัตราการใช้พลังงานโดยรวม ได้ตามตาราง 4.3

ตาราง 4.3 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม

อัตราการใช้ไฟฟ้า ของเครื่องปรับอากาศ (เฉลี่ย)	เครื่องปรับอากาศ อากาศปกติ	ใช้ร่วมกับเครื่องทำ ความเย็นแบบระเหย	ปรับเปลี่ยนโดยใช้ปั๊ม ตามท้องตลาด	ลดลงได้
	2.45 kW	2.56 kW	2.34 kW	0.11 kW

จากตาราง 4.3 สรุปได้ว่าเมื่อเครื่องทำความเย็นแบบระเหยใช้ปั๊มตามการออกแบบ จะสามารถลดอัตราการใช้ไฟฟ้าโดยรวมของเครื่องปรับอากาศลดลง 0.11 kW หรือ 4.5% เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศปกติ

4.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการคำนวณหาผลตอบแทนการลงทุน และระยะเวลาคืนทุน โดยกำหนดให้เครื่องปรับอากาศทำงานวันละ 8 ชั่วโมงตั้งแต่เวลา 8.00น. – 16.00น. และให้ 1 ปีมี 365 วัน

$$\begin{aligned}
 \text{กระแสเงินสดสุทธิต่อปี} &= \text{ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ต่อปี} \\
 &= \text{อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้} \times \text{จำนวนชั่วโมง} \\
 &\quad \text{การทำงาน} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย}^{(1)} \\
 &= 0.11 \text{ kW} \times 8 \times 365 \times 2.78 \\
 &= 892.9 \text{ บาท / ปี} \\
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดสุทธิต่อปี}} \\
 &= \frac{3274}{892.9} = 3.66 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$