การลดค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบชิลเลอร์ : กรณีศึกษากระบวนการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์

Minimizing electricity cost in chiller air-conditioner : A case study of temperature reduction of condenser

ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ **:** งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการลดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยวิธีการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ ด้วยการลดอุณหภูมิอากาศรอบๆ บริเวณที่คอนเดนเซอร์ทำการติดตั้ง ซึ่งใช้วิธีการพ่นละอองน้ำเป็นฝอยซึ่งมีอนุภาคเล็กมาก เพื่อทำให้อุณหภูมิอากาศเย็นลงกว่าปกติ โดยทำการทดสอบ 2 กรณี คือ พ่นละอองน้ำตลอดช่วงเวลาที่เครื่องปรับอากาศทำงาน และ พ่นละอองน้ำตามอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์

จากการศึกษาพบว่าการพ่นละอองน้ำตลอดช่วงเวลาที่เครื่องปรับอากาศทำงาน จะทำให้อุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ลดลง 1.6 ^{o}C ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงมากที่สุด คือ 13 % (รวมพลังงานไฟฟ้าของระบบพ่นน้ำ) แต่จะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำเพื่อการพ่นมากที่สุดคือ 6.67 ลิตรต่อนาที

ส่วนกรณีพ่นละอองน้ำตามอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์จะมีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า แต่มีข้อดีคือระบบพ่นละอองน้ำไม่ต้องทำงานตลอดเวลา ทำให้มีการสิ้นเปลืองน้ำน้อยกว่า

คำสำคัญ **:** คอนเดนเซอร์ เครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศแบบชิลเลอร์ ระบายความร้อนด้วยอากาศ ประหยัดพลังงาน พ่นละอองน้ำ

Abstract : This research is an experiment to minimize electricity cost in air-conditioner, air-cooled chiller type. A temperature reduction of condenser is a main case study in this research. In consequence, the temperature of condenser is reduced by reducing the environment temperature around the condenser unit. In addition, water spraying, with small particulate, is a method to cool the environment temperature down. Furthermore, sprayed air cooled system is tested in 2 cases. One is spraying all the time during air-conditioner operated. Another case is spraying up to the condenser temperature.

The result found that spraying all the time during air-conditioner has been working, therefore, can drop the condenser's temperature around 1.6 ^{o}C. Moreover, the electric energy reduces around 13% (including the energy consumption from water stray system). It can be seen that sprayed air cooled can improve the air-conditioner performance. However, the water is consumed around 6.67 liters per minute in this case.

In the case of spraying follows the condenser temperature, it can be found that the electric energy decreases less than upper case. On the other hand, the

spraying system in this case is not need to working all time, so, the water consumption in this case is less than 2.7 cubic liters.

KEYWORDSs **:** Condenser Air-Conditioner Air Cooled Chiller Energy Saving Spraying

1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคที่มีอากาศร้อนชื้น จึงทำให้มีการนำเครื่องปรับอากาศ(Air-conditioner) มาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ โรงแรม หรือ ห้างสรรพสินค้า นิยมใช้เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ หรือนิยมเรียกกันในชื่อทางเทคนิคว่า แอร์ชิลเลอร์ (Chiller Air-conditioner) ซึ่งโดยปกติจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลายส่วน เช่น อุปกรณ์ทางจักรกล อุปกรณ์ทางไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ทำให้เครื่องปรับอากาศมีการใช้ปริมาณของพลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป โดยเครื่องปรับอากาศอาจใช้พลังงานไฟฟ้าถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของค่าไฟทั้งหมด

ในขณะเดียวกัน ค่าสาธารณูปโภคในภาวะปัจจุบันมีราคาสูง ภาครัฐและภาคเอกชน จึงให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์พลังงานเป็นอย่างมาก และหลักการที่สำคัญของการอนุรักษ์พลังงานคือ การลดการใช้

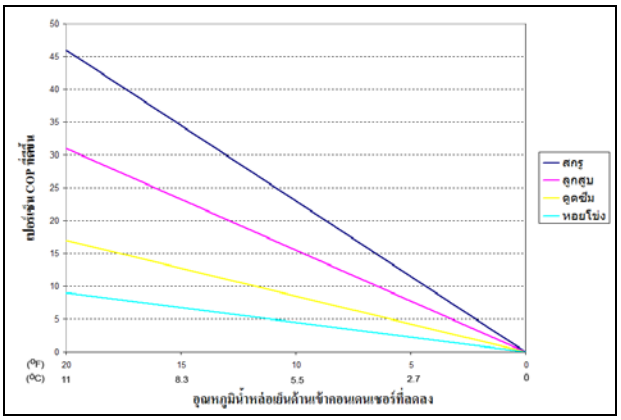
พลังงานลง หรือการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การลดการใช้พลังงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชิลเลอร์ จึงสามารถช่วยอนุรักษ์พลังงานโดยรวมได้เป็นอย่างดี

2. การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

2.1 รูปแบบการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศแบบชิลเลอร์ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปรับรอบการหมุนของมอเตอร์ในระบบน้ำเย็น [1] หรือการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นด้านออกจากอิวาเพอร์เร-เตอร์ [2] ซึ่งแต่ละวิธีมุ่งเน้นไปเพื่อลดการทำงานของระบบมอเตอร์ในระบบปรับอากาศ ทั้งในส่วนปั๊มน้ำ และ คอมเพรสเซอร์ แต่อาจจำเป็นต้องมีการลงทุนและดัดแปลงเพิ่มเติม เช่น มีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบมอเตอร์ นอกจากนี้การปรับอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้น อาจส่งผลต่อความรู้สึกสบายของคนที่อาศัยอยู่ในอาคารนั้นๆ ได้

นอกจากสองวิธีข้างต้น ยังมีการประหยัดพลังงานโดยการลดอุณหภูมิในส่วนคอนเดนเซอร์ เพื่อให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ซึ่งในกรณีที่เครื่องปรับอากาศเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยหอผึ่งเย็น สามารถทำการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ได้ โดยการลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้าคอนเดนเซอร์ [2] ซึ่งมีกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ที่ลดลงได้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดต่างๆ กับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้าคอนเดนเซอร์ที่ลดลง [2]

จากรูปที่ 1 พบว่าถ้าลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นลง 1°C (2°F) ประสิทธิภาพจะดีขึ้นร้อยละ 5 หรือประสิทธิภาพดีขึ้นเป็น 0.65 กิโลวัตต์ / ตันความเย็น

สำหรับระบบปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ การลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ สามารถทำได้โดยปรับการทำงานของพัดลมที่ใช้ระบายความร้อน [3] หรือใช้การพ่นละอองน้ำเพื่อระบายความร้อน [4-6] ในกรณีที่เป็นการพ่นละอองน้ำแบบหมอกแห้ง (dry fog) สามารถพ่นไปที่ส่วนคอนเดนเซอร์โดยตรง เนื่องจากอนุภาคละอองน้ำมีขนาดเล็ก ประมาณ 5-10 ไมครอน สามารถระเหยได้ง่ายเมื่อโดนความร้อน แต่จะต้องใช้กับเครื่องปั๊ม

แรงดันสูงเท่านั้น และน้ำที่ใช้ต้องไม่มีสิ่งเจือปน โดยเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน

ในงานวิจัยนี้ จะใช้วิธีการพ่นละอองน้ำ ด้วยหัวฉีดแบบกรวย (Cone spray nozzle) ซึ่งละอองน้ำจะมีขนาดประมาณ 800 – 1000 ไมครอน ซึ่งจะให้วิธีการพ่นไปที่อากาศบริเวณรอบๆ ส่วนคอนเดนเซอร์ แทนการพ่นไปที่ส่วนคอนเดนเซอร์โดยตรง โดยมีระยะห่างการพ่นให้ละอองน้ำสัมผัสกับตัวเครื่องปรับอากาศให้น้อยที่สุด ซึ่งข้อดีของระบบนี้ คือ หัวฉีดมีราคาไม่สูงมาก และ สามารถใช้กับปั๊มแรงดันต่ำทั่วไป ซึ่งมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย

แต่ข้อเสียของหัวฉีดแบบกรวย ที่พบเห็นได้ชัด คือละอองน้ำยังมีขนาดใหญ่ โดยเฉพาะเม็ดละอองน้ำบริเวณใกล้จุดที่ติดตั้งหัวฉีด และจะมีขนาดเล็กลงเมื่อระยะห่างจากหัวฉีดออกไป ซึ่งการที่ละอองน้ำมีขนาดใหญ่กว่าขนาดหมอก จะทำให้บริเวณที่ฉีดมีความชื้นสูง แต่ถ้าเครื่องปรับอากาศที่ใช้อยู่กลางแจ้ง และมีการทำงานเฉพาะช่วงเช้าและกลางวัน ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูง ก็จะช่วยให้ละอองน้ำที่พ่น และที่หยดตามพื้นสามารถระเหยไปได้ ทำให้ความชื้นที่เกิดขึ้นไม่มากเกินไป แต่อาจจะไม่เหมาะกับเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้งานในช่วงกลางคืน

2.2 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of performance) คือ อัตราส่วนความสามารถในการทำความเย็นต่อกำลังงานที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์ หรือเรียกอีกอย่างว่า ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า

$$\text{COP} = \frac{\text{ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น}}{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น(กิโลวัตต์)}} \quad (1)$$
$$\text{ความสามารถในการทำความเย็น(ตันความเย็น)}$$

โดยที่

$$\text{ความสามารถในการทำความเย็น (ตัน)} = F \times \Delta T / 50.4 \quad (2)$$

เมื่อ F คือ อัตราการไหลของน้ำเย็น (ลิตร / นาที)

ΔT คือ อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้าและออกจากส่วนทำน้ำเย็น (^{o}C)

50.4 คือ ค่าคงที่จาก $\frac{(60\text{นาที} \times 3.52\text{กิโลวัตต์ / ตัน})}{(4.19\text{กิโลจูล / กก.}^{\circ}\text{C} \times 1\text{กก. / ลิตร})}$

พลังไฟฟ้า คือ พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์

ซึ่งถ้า COP (กิโลวัตต์ / ตันความเย็น) ยิ่งต่ำ ก็จะยิ่งประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทำความเย็น

3. ข้อมูลเบื้องต้นของระบบปรับอากาศที่ใช้ทดสอบ

ชนิดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดสอบ ลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศ รวมถึงการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดสอบ

เครื่องปรับอากาศที่ใช้สำหรับทดสอบ คือ ผลิตภัณฑ์ของ TRANE รุ่น RTAA080 ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งมีขนาดตันความเย็น 80 ตัน และระบายความร้อนด้วยอากาศ ด้วยการใช้พัดลมด้านบนดูดอากาศภายนอก ผ่านท่อคอนเดนเซอร์ที่อยู่ด้านข้างในแต่ละด้านของชุดตัวเครื่อง โดยที่หนึ่งชุดของเครื่องปรับอากาศจะมีคอมเพรสเซอร์ 2 ตัว และคอนเดนเซอร์ 2 ชุด ซึ่งแบ่งการทำงานเป็น 2 ฝั่ง คือ A และ B โดยแต่ละฝั่งจะมีพัดลมระบายอากาศฝั่งละ 4 ตัว ซึ่งเราสามารถที่จะสั่งให้ทำทีละฝั่ง เมื่อต้องการใช้โหลดไม่มาก หรือทำพร้อมกันทั้ง 2 ฝั่งเลย เมื่อต้องการโหลดเต็มพิกัด โดยจะมีการควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และสามารถแสดงผลการทำงานผ่านชุดแสดงผลที่ด้านหน้าของชุดตัวเครื่อง หรือสามารถสั่งงานผ่านระบบคอมพิวเตอร์

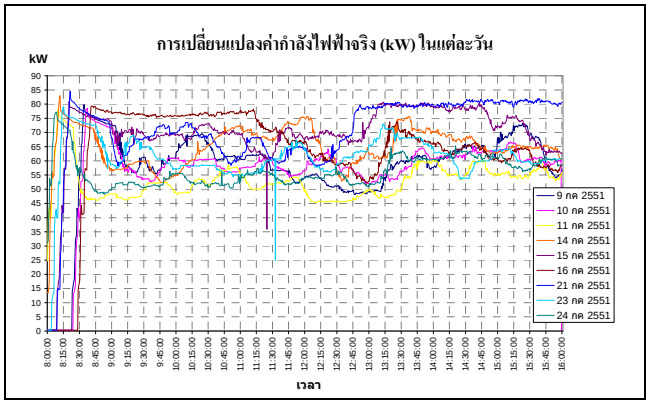
รูปที่ 2 เครื่องปรับอากาศที่ถูกใช้ทดสอบ

เครื่องปรับอากาศรุ่นนี้เป็นชนิดใช้งานภายนอกอาคารสามารถติดตั้งกลางแจ้งได้โดยตรง โดยเฟรมที่ห่อหุ้มเครื่องปรับอากาศไว้เป็นสังกะสีเคลือบกันสนิม ในส่วนของครีบระบายความร้อนเป็นอะลูมิเนียม ทำให้ระบายความร้อนได้ดีและไม่เป็นสนิม แม้จะตั้งไว้ในบริเวณที่มีโอกาสโดนฝนได้

ในการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น พบว่าเครื่องปรับอากาศที่ใช้สำหรับทดสอบ จะใช้สำหรับจ่ายโหลดทำความเย็นสำหรับอาคารเรียน ตั้งแต่ชั้น 1 ถึง ชั้น 5 รวมทั้งห้องสโลป ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภายในตึกภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก โดยเครื่องปรับอากาศจะเริ่มเดินเครื่องที่เวลาประมาณ 8 นาฬิกา และ จะถูกปิดเวลาประมาณ 16 นาฬิกา เป็นประจำ ตั้งแต่วันจันทร์ ถึง ศุกร์ (ยกเว้นวันหยุดราชการ)

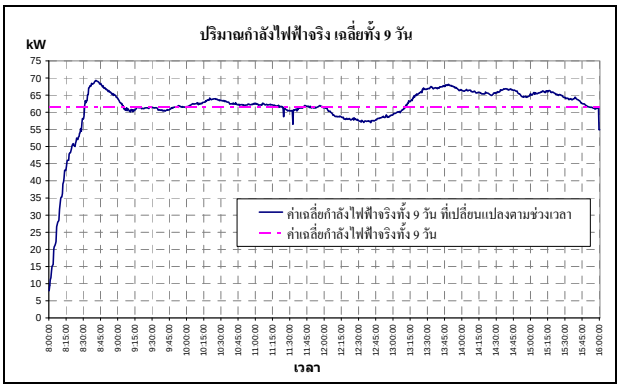
3.2 การใช้ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดสอบ

จากการติดตั้งเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า โดยตั้งค่าให้มีการเก็บข้อมูลในทุกๆ 30 วินาที และเก็บข้อมูลเป็นเวลา 9 วัน ที่เครื่องปรับอากาศทำงาน พบว่าเครื่องปรับอากาศตัวที่ใช้ทดสอบมีการใช้กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power, หน่วยกิโลวัตต์ kW) ในแต่ละช่วงเวลา ตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น. แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องปรับอากาศ ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.

การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าจริงในแต่ละวันไม่เหมือนกัน เนื่องจากโหลดความเย็นเป็นอาคารเรียน จึงมีการใช้ระบบปรับอากาศเปลี่ยนแปลงไปตามห้องเรียนที่ถูกใช้ในการเรียนการสอนในแต่ละวัน วันที่มีการใช้ห้องเรียนมากจะส่งผลให้การใช้กำลังไฟฟ้าก็จะสูง วันที่มีการใช้ห้องเรียนน้อยก็จะมีการกำลังไฟฟ้าน้อย จึงทำให้การใช้กำลังไฟฟ้าระบบปรับอากาศมีความแตกต่างกัน เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา จะได้กราฟการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.

ปริมาณกำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00-16.00 น. ทั้ง 9 วันที่ทำการเก็บข้อมูล มีค่าเท่ากับ 61.46 kW เมื่อพิจารณาไปที่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยทั้ง 9 วัน ที่ค่าเวลาต่างๆ สามารถวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

1.ช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 ถึง 9.30 น. จะเป็นช่วงที่เครื่องปรับอากาศเริ่มทำงาน แล้วพยายามทำให้น้ำให้เย็นได้ตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ โดยที่เครื่องปรับอากาศนี้ตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกไว้ที่ 45 ^{o}F เครื่องปรับอากาศจะมีการกินไฟที่ค่อนข้างมาก แล้วจะค่อยๆลดลงเมื่อสามารถทำอุณหภูมิได้ตามค่าที่ต้องการแล้ว ช่วงเวลานี้ถือว่าเป็นช่วงบูสต์ของระบบ

2.ภายหลังจากเครื่องปรับอากาศสามารถทำอุณหภูมิได้ตามต้องการแล้ว การใช้ปริมาณไฟฟ้าในช่วงเช้า (9.15 – 12.15 น.) จะน้อยกว่าในช่วงบ่าย (13.15 – 16.00 น.) เนื่องจากในช่วงบ่าย อากาศภายนอกสูงกว่าในช่วงเช้า จึงทำให้มีความต้องการของโหลดความเย็นมากกว่าในช่วงเช้า รวมทั้งปริมาณการใช้ห้องในช่วงบ่ายมีมากกว่าช่วงเช้า

3.การเปลี่ยนแปลงของการใช้ปริมาณไฟฟ้า จะเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลง ทุกๆ 1 ชั่วโมง เนื่องจากโหลดความเย็นในระบบส่วนใหญ่เป็นห้องเรียน ซึ่งจะมีการใช้งานเปลี่ยนแปลงในทุกๆ ชั่วโมง ทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่คงที่ตลอดเวลา

4.ช่วงเวลา 12.15 – 13.15 น. เป็นเวลาพักเที่ยง จึงทำให้มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง และถือเป็นช่วงที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อยสุดในช่วงเวลา 1 วัน

เมื่อทำการจำแนกปริมาณไฟฟ้าโดยแบ่งชนิดของวัน (จันทร์ – ศุกร์) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 และ 2 โดยที่ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยทั้ง 9 วันมีค่า เท่ากับ 490.74 kWH จากข้อมูลที่ได้พบว่า วันอังคารเป็นวันที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้ามากที่สุด ส่วนวันศุกร์เป็นวันที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้าจริง (kW) ตามชนิดของวัน

วันที่	ชนิดวัน				
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
9 กค 51			57.54		
10 กค 51				56.38	
11 กค 51					52.76
14 กค 51	65.05				
15 กค 51		69.81			
16 กค 51			63.50		
21 กค 51	70.51				
23 กค 51			61.27		
24 กค 51				56.30	
ค่ากำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย	67.78	69.81	60.77	56.34	52.76

ตารางที่ 2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWH) ตามชนิดของวัน

วันที่	ชนิดวัน				
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
9 กค 51			459.24		
10 กค 51				450.37	
11 กค 51					421.52
14 กค 51	519.14				
15 กค 51		557.35			
16 กค 51			506.84		
21 กค 51	562.59				
23 กค 51			489.31		
24 กค 51				450.30	
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (kWH)	540.86	557.35	485.13	450.33	421.52

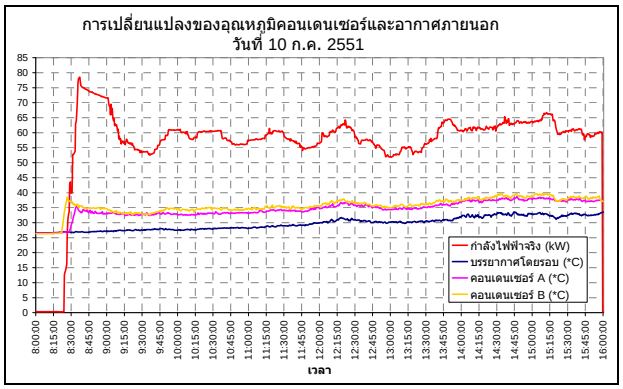
3.3 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดสอบ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าจริงกับอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ทั้ง 2 ด้านที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งอุณหภูมิบรรยากาศ มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 5

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ กับอุณหภูมิของบรรยากาศโดยรอบ ภายหลังจากช่วงที่เครื่องปรับอากาศเริ่มเดินเครื่อง จะมีเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน ซึ่งอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์จะสูงกว่าบรรยากาศโดยรอบ โดยที่อุณหภูมิของคอนเดนเซอร์กับบรรยากาศโดยรอบ มีความแตกต่างกันอยู่ประมาณ 5 ^{o}C

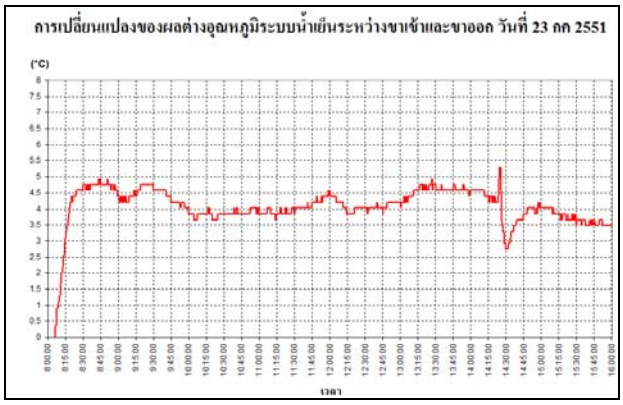
ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ทั้งด้าน A และ B จะมีลักษณะเหมือนกัน โดยที่อุณหภูมิทางด้าน B มีค่าสูงกว่าด้าน A ประมาณ 1 องศา โดยที่ระหว่างมีการทำงานในวันที่อากาศดี (ท้องฟ้าโปร่ง) อุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ B มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 33 ถึง 40 ^{o}C

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังไฟฟ้าจริง กับอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์มีลักษณะที่สอดคล้องกัน แต่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์มีผลตอบสนองที่น้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังไฟฟ้าจริง



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังไฟฟ้าจริงและอุณหภูมิที่จุดต่างๆ

ในส่วนการวัดอุณหภูมิของระบบน้ำเย็น จะแสดงในรูปของผลต่างของค่าอุณหภูมิระหว่างด้านขาเข้าและขาออก เนื่องจากการวัดค่าผลต่างของอุณหภูมิในจุดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าตันความเย็นและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 6

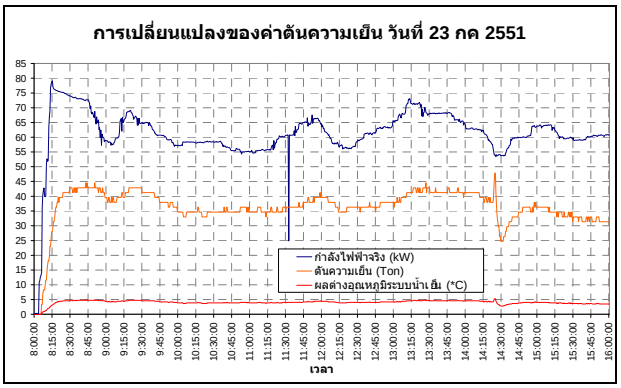


รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของค่าผลต่างอุณหภูมิระบบน้ำเย็นระหว่างขาเข้าและขาออก

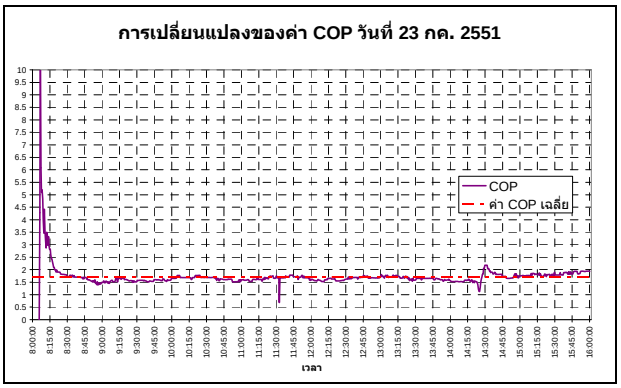
3.4 ค่าตันความเย็นและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ระบบน้ำเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดสอบทำงานด้วยปั๊มน้ำ 1 ตัว เดินคงที่ตลอด ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดการไหลของน้ำ (Flow meter) เพื่อวัดอัตราการไหลของระบบน้ำเย็น พบว่าอัตราการไหลของระบบน้ำเย็นขาออกของเครื่องปรับอากาศมีค่าเท่ากับ 7.57 ลิตรต่อวินาที

เมื่อทำการวัดอุณหภูมิของระบบน้ำเย็นและอัตราการไหลของระบบน้ำเย็น จนได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงตามหัวข้อที่ 3.3 แล้ว สามารถนำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ของค่าตันความเย็นและค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (COP) โดยคำนวณจากสมการที่ (1) และ (2) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น แสดงได้ดังรูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ (โดยที่การลดลงของกำลังไฟฟ้าจริงอย่างรวดเร็วในรูปที่ 7 ที่เวลาประมาณ 11.30 น. มีความเป็นไปได้ว่าเกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือวัด)



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของค่าตันความเย็นเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าจริง



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (COP)

ค่าตัวความเย็นเฉลี่ย และ COP เฉลี่ยในแต่ละวันที่ทำการเก็บข้อมูล สามารถแสดงได้ในตารางที่ 3

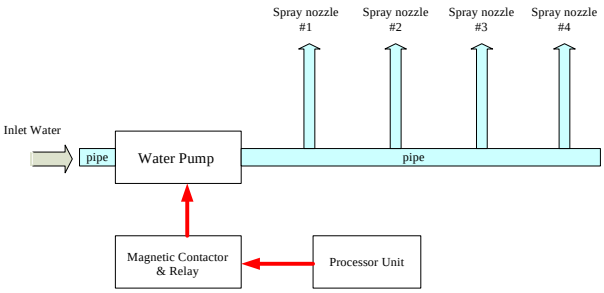
ตารางที่ 3 ค่าตันความเฉลี่ยและ COP เฉลี่ยของแต่ละวันที่ทำการเก็บข้อมูล

วันที่	ชนิดวัน	ตันความเย็น	COP
23-ก.ค.-51	พุธ	36.399	1.703
24-ก.ค.-51	พฤหัสบดี	35.633	1.613
	ค่าเฉลี่ย	36.016	1.658

4. การดำเนินงาน

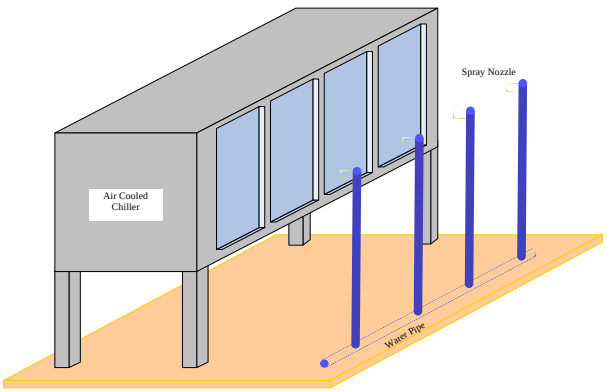
4.1 การออกแบบระบบพ่นละอองน้ำ

การทำงานของระบบสำหรับลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ มีการตามทำงานตามไดอะแกรมในรูปที่ 9 ในระบบจะมีปั๊มน้ำคอยเพิ่มแรงดันน้ำอัดผ่านท่อน้ำไปยังหัวฉีดละอองน้ำ (Spray Nozzle) เพื่อทำให้เกิดละอองน้ำ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ในแต่ละด้านของเครื่องปรับอากาศจะใช้หัวฉีดทั้งหมด 4 หัว เพื่อให้การพ่นละอองน้ำสามารถครอบคลุมบริเวณของส่วนคอนเดนเซอร์ได้ทั้งหมด ซึ่งระบบที่ออกแบบสามารถควบคุมการพ่นละอองน้ำ ด้วยการควบคุมการปิด/เปิดปั๊มน้ำด้วยระบบประมวลผล ด้วยการสั่งการผ่านชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์และรีเลย์ โดยที่ระบบประมวลผลจะใช้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์



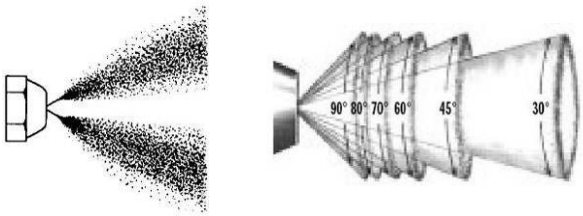
รูปที่ 9 ไดอะแกรมการทำงานของระบบสำหรับลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์

จากไดอะแกรมการทำงานในรูปที่ 9 สามารถแสดงรูปแบบการจัดวางระบบกับเครื่องปรับอากาศได้ดังกราฟฟิคในรูปที่ 10



รูปที่ 10 กราฟฟิคของระบบที่ทำการออกแบบเพื่อลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์

หัวฉีดละอองน้ำที่เลือกใช้เป็นชนิดพ่นละอองน้ำกระจายแบบกรวย (Cone Spray Nozzle) หัวฉีดทำด้วยทองเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว ละอองน้ำที่พ่นออกมาจะมีลักษณะดังรูปที่ 11 โดยที่การพ่นละอองน้ำสามารถปรับองศาการแพร่กระจายได้เป็นมุมต่างๆ โดยที่ขนาดเม็ดละอองน้ำจะมีขนาดอยู่ในช่วง 800 – 1000 ไมครอน ขึ้นอยู่กับขนาดหัวฉีด แรงดันน้ำ ระยะห่างและมุมองศาของละอองน้ำที่กระจายออกมา



รูปที่ 11 ละอองน้ำจากหัวฉีดชนิด Cone Spray Nozzle

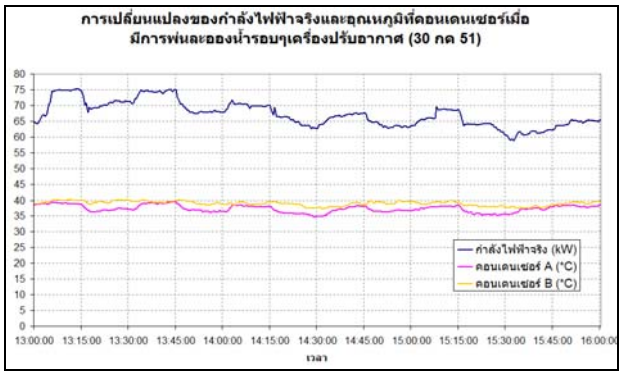
4.2 รายละเอียดการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบ

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าไว้ด้วยกันแล้วทำการทดสอบการทำงานของระบบพบว่า เมื่อปั๊มน้ำทำงานจนสามารถพ่นละอองน้ำออกมาได้ น้ำที่วิ่งในระบบมีความดันเท่ากับ 22 lb/in^2 หรือ 1.55 kg/cm^2 โดยที่หัวฉีดจะพ่นละอองน้ำในลักษณะหมอก บริเวณรอบเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดสอบ ซึ่งในการทดสอบนี้ทำที่ด้านคอนเดนเซอร์ A ของเครื่องปรับอากาศ โดยจะทำการพ่นละอองน้ำพร้อมกันทั้ง 4 หัว ดังแสดงในรูปที่ 12

รูปที่ 12 ละอองน้ำที่ถูกพ่นโดยรอบเครื่องปรับอากาศ

ซึ่งการพ่นละอองน้ำนี้จะทำมุมกระจายอยู่ที่ประมาณ 70° โดยที่การฉีดละอองน้ำพร้อมกันทั้ง 4 หัว จะมีอัตราการใช้น้ำอยู่ที่ 10 ลิตรต่อ 1.30 นาที หรือ 6.67 ลิตรต่อ นาที

เมื่อทำการทดสอบเบื้องต้น เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิโดยรอบเครื่องปรับอากาศที่ลดลงกับค่าปริมาณไฟฟ้า โดยมีการสั่งให้ฉีดละอองน้ำทุกครึ่งชั่วโมง (เริ่มที่เวลา 13.15 น. ถึงเวลา 15.30 น.) ครั้งละ 15 นาที บริเวณคอนเดนเซอร์ด้าน A จะได้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าจริงและอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจริงและอุณหภูมิคอนเดนเซอร์เมื่อมีการพ่นละอองน้ำ

ผลจากการวัดค่าต่างๆ ในทุก 15 นาที การเปลี่ยนแปลงของปริมาณต่างๆ ในช่วง 15 นาที ที่มีการฉีดละอองน้ำโดยรอบ แสดงในตารางที่ 4 ผลการทดสอบพบว่า ในช่วง 15 นาทีที่มีการพ่นละอองน้ำ จะส่งผลการใช้ปริมาณไฟฟ้าลดลงประมาณ 6.12 kW และ อุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ลดลงประมาณ 2.36 °C

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณต่างๆ ในช่วง 15 นาที ที่มีการฉีดละอองน้ำ

เวลา	การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจริง		การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	สถานะ
	kW	เปอร์เซ็นต์	คอนเดนเซอร์ A	
13.15 - 13.30	3.54	4.74	1.6	ลดลง
13.45 - 14.00	7.24	9.64	2.8	ลดลง
14.15 - 14.30	7.26	10.39	3	ลดลง
14.45 - 15.00	4.20	6.20	1.5	ลดลง
15.15 - 15.30	8.36	12.14	2.9	ลดลง
ค่าเฉลี่ย	6.12	8.62	2.36	ลดลง

4.3 ขั้นตอนการทดสอบ

จากข้อมูลเบื้องต้นในหัวข้อ 3.2 พบว่าเครื่องปรับอากาศจะมีช่วงที่ทำน้ำเย็นให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการอยู่ในช่วงระหว่าง 8.00 – 9.15 น. โดยที่ในช่วงนี้ถือว่าเป็นช่วงเริ่มต้นการทำงานของระบบ ซึ่งระบบยังไม่อยู่ในภาวะคงตัว จึงจะยังไม่ทำการเริ่มทดสอบระบบลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ในช่วงนี้ แต่การทดสอบระบบจะเริ่มตั้งแต่เวลา 9.15 น. เป็นต้นไปในการทดสอบทุกรูปแบบ ซึ่งรูปแบบการทดสอบทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่

กรณีที่ 1 : ทดสอบโดยพ่นละอองน้ำตลอดช่วงเวลาที่เครื่องปรับอากาศทำงาน

ทำการพ่นละอองน้ำในบริเวณอากาศโดยรอบเครื่องปรับอากาศ เพื่อลดอุณหภูมิของอากาศสำหรับระบายความร้อนที่ชุดคอนเดนเซอร์ ตั้งแต่เวลา 9.15 – 16.00 น. รวมเป็นเวลาพ่นละอองน้ำทั้งหมด 405 นาที

กรณีที่ 2 : ทดสอบโดยพ่นละอองน้ำด้วยการตัดสินใจจากค่าอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์

ในวันที่อากาศโปร่งใส เมื่อเครื่องปรับอากาศสามารถทำอุณหภูมิน้ำเย็นได้ตามต้องการแล้ว อุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ด้าน A จะมีค่าประมาณ 33 – 35 °C และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีการใช้โหลดมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงบ่ายของทุกๆวัน

จากข้อมูลที่ได้จากวัดเบื้องต้น จะนำมาใช้ตัดสินใจให้มีการฉีดน้ำโดยใช้การตรวจจับค่าอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ที่ด้าน A โดยจะมีการพ่นละอองน้ำก็ต่อเมื่อค่าอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ถึงค่ากำหนดไว้ และจะหยุดพ่นละอองน้ำเมื่ออุณหภูมิคอนเดนเซอร์ลดลงถึงค่าที่ต้องการ จากตารางที่ 4 พบว่าคอนเดนเซอร์ด้านที่ถูกพ่นละอองน้ำรอบๆ จะมีอุณหภูมิลดลงประมาณ 2 องศา เมื่อทำการฉีดเป็นเวลา 15 นาที

เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ชุด A พบว่าเมื่อเครื่องปรับอากาศสามารถทำอุณหภูมิน้ำเย็นได้แล้ว ค่าอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ด้าน A จะค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อความต้องการโหลดความเย็นสูงขึ้นและอากาศโดยรอบมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยที่ปริมาณไฟฟ้าจะเริ่มมีใช้มากขึ้น เมื่ออุณหภูมิคอนเดนเซอร์มากกว่า 35 °C (วันที่

อุณหภูมิบรรยากาศโดยรอบจะประมาณ 30°C และท้องฟ้าโปร่ง)

สามารถทำการออกแบบระบบทำงานโดยตั้งค่าการทำงานได้ดังต่อไปนี้

- สั่งให้ระบบพ่นละอองน้ำทำงาน เมื่ออุณหภูมิคอนเดนเซอร์มีค่ามากกว่า 35 °C
- สั่งให้ระบบพ่นละอองน้ำหยุดทำงาน เมื่ออุณหภูมิคอนเดนเซอร์มีค่าต่ำกว่า 33.5 °C (อุณหภูมิคอนเดนเซอร์ ลดลงไป 1.5 °C)

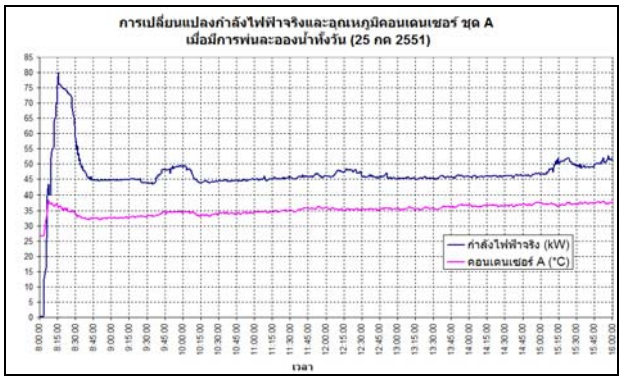
ระบบที่ออกแบบนี้ จะมีข้อดีคือ วันที่มีอากาศเย็นอยู่แล้ว หรือวันที่มีฝนตก ระบบพ่นละอองน้ำไม่จำเป็นต้องทำงานตลอดเวลา ทำให้ลดการสิ้นเปลืองน้ำและพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบพ่นละอองน้ำได้

5. ผลการทดสอบ

จากขั้นตอนการทดสอบในหัวข้อ 4.3 การลดอุณหภูมิอากาศรอบคอนเดนเซอร์ เพื่อลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า สามารถแสดงผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบในแต่ละกรณีได้ดังต่อไปนี้

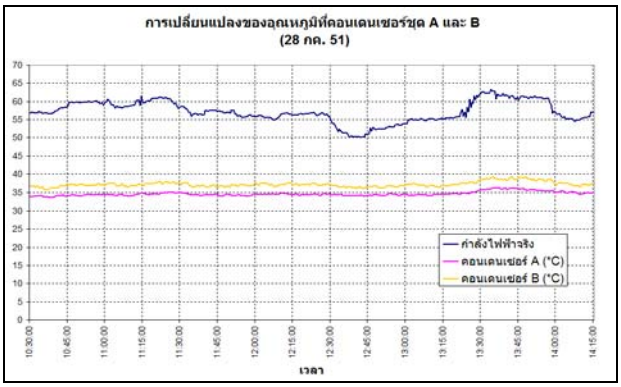
5.1 ผลการทดสอบกรณีพ่นละอองน้ำตลอดช่วงเวลาที่เครื่องปรับอากาศทำงาน

จากการทดสอบโดยการพ่นละอองน้ำบริเวณรอบคอนเดนเซอร์ชุด A ของเครื่องปรับอากาศ ตั้งแต่เวลา 9.15 น. จนถึง 16.00 น. จะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกำลังไฟฟ้าจริงและอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ชุด A แสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจริงและอุณหภูมิคอนเดนเซอร์เมื่อมีการพ่นละอองน้ำตลอดเวลา

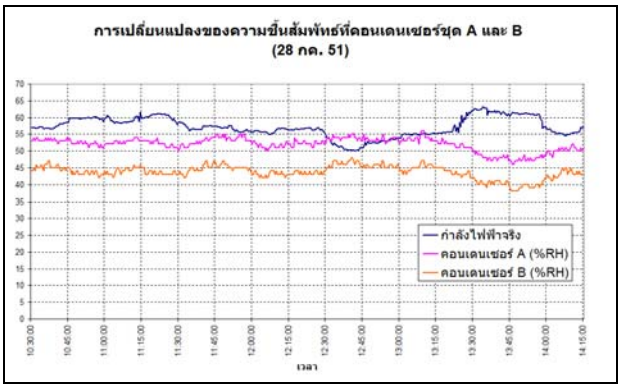
ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ชุด A และ B ในช่วงที่มีการพ่นละอองน้ำตลอดเวลา สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 15 โดยความแตกต่างของอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ทั้ง 2 ชุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.62 °C



รูปที่ 15 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ ระหว่างด้านที่มีการพ่นละอองน้ำกับด้านที่ไม่ถูกพ่น

แต่จากข้อมูลที่ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลต่างของอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ทั้งสองชุด ที่ภาวะปรกติ คอนเดนเซอร์ทั้งสองชุดจะมีผลต่างอุณหภูมิอยู่ประมาณ 1 °C เพราะฉะนั้นเมื่อมีการพ่นละอองน้ำตลอดเวลา อุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์จะลดลงเฉลี่ยประมาณ 1.62 °C

สำหรับความชื้นที่เกิดขึ้นที่คอนเดนเซอร์ด้าน A และ B สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 16 ซึ่งพบว่าเมื่อทำการพ่นละอองน้ำจะทำคอนเดนเซอร์ด้านที่ถูกพ่นมีความชื้นสูงขึ้น จากการทดสอบพบว่า ด้าน A มีความชื้นประมาณ 52 %RH ส่วนด้าน B มีความชื้นประมาณ 44 %RH เพราะฉะนั้นความชื้นจะเพิ่มขึ้นประมาณ 8 %RH



รูปที่ 16 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์บริเวณคอนเดนเซอร์ ระหว่างด้านที่มีการพ่นละอองน้ำกับด้านที่ไม่ถูกพ่น

จากผลการวัดที่ได้ เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าจริงและพลังงานไฟฟ้า ระหว่างก่อนพ่นละอองน้ำ ซึ่งใช้

ข้อมูลจากหัวข้อที่ 3.2 กับ กรณีพ่นละอองน้ำตลอด ตั้งแต่เวลา 9.15 – 16.00 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5 ถึง 7

จากผลที่ได้ตามตารางที่ 5 ถึง 7 พบว่าเนื่องจากการใช้ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในแต่ละชนิดวันมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง กับปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ย 9 วันที่เก็บข้อมูลก่อนหน้า ค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลงจะมีค่าแปรปรวนมาก (23.75 % กับ 5.96 %)

ตารางที่ 5 ปริมาณกำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยและพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเมื่อทดสอบโดยพ่นละอองน้ำตั้งแต่เวลา 9.15 – 16.00 น. ในกรณีที่ 1

วันที่	ชนิดวัน	กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWH)
25 กค 51	ศุกร์	46.89	374.12
28 กค 51	จันทร์	57.83	461.64

ตารางที่ 6 ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อเทียบกับภาวะที่ไม่มีการพ่นละอองน้ำ ในกรณี ที่ 1

ชนิดวัน	ข้อมูลกรณีไม่มีการพ่นละอองน้ำ		ปริมาณที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ			
	กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย 9 วัน	กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยตามชนิดวัน	กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย 9วัน		กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยตามชนิดวัน	
	(kW)	(kW)	(kW)	เปอร์เซ็นต์	(kW)	เปอร์เซ็นต์
ศุกร์	61.49	52.76	14.60	23.75	5.88	11.14
จันทร์	61.49	67.78	3.66	5.96	9.95	14.68
		ค่าเฉลี่ย	9.13	14.85	7.91	12.91

ตารางที่ 7 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อเทียบกับภาวะที่ไม่มีการพ่นละอองน้ำ ในกรณีที่ 1

ชนิดวัน	ข้อมูลกรณีไม่มีการพ่นละอองน้ำ		ปริมาณที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ			
	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 9 วัน	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยตามชนิดวัน	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 9วัน		พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยตามชนิดวัน	
	(kWH)	(kWH)	(kWH)	เปอร์เซ็นต์	(kWH)	เปอร์เซ็นต์
ศุกร์	490.74	421.52	116.62	23.76	47.40	11.24
จันทร์	490.74	540.86	29.10	5.93	79.22	14.65
		ค่าเฉลี่ย	72.86	14.85	63.31	12.95

แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบกับปริมาณที่เป็นวันชนิดเดียวกัน พบว่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลงจะมีความแปรปรวนของข้อมูลน้อยกว่า ซึ่งจากข้อมูลที่ได้ปริมาณไฟฟ้าจะลดลงประมาณ 13 %

สำหรับค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (COP) เมื่อการพ่นละอองตลอดช่วงเวลา 9.15 – 16.00 น. มาเปรียบเทียบกับตอนที่ไม่มีการพ่นละอองน้ำ จะมีค่าแสดงดังตารางที่ 8

จากตารางที่ 8 พบว่าเมื่อทำการทดสอบโดยพ่นละอองบริเวณอากาศรอบๆ คอนเดนเซอร์ด้าน A ตลอดช่วงเวลา 9.15 – 16.00 น. จะส่งผลให้ค่า COP ของระบบทำความเย็นลดลง ซึ่งหมายความมีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงนั่นเอง ซึ่งเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง มีค่าประมาณ 12 % ซึ่งสอดคล้องกับกราฟประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นกับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้าคอนเดนเซอร์ที่ลดลงประมาณ 2 °C ในรูปที่ 1

แต่ในระหว่างที่ทำการทดสอบ มีการสิ้นเปลืองเกิดขึ้นเพื่อให้ระบบทดสอบทำงานได้ สามารถสรุปการสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ ได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ค่า COP เฉลี่ยในช่วงที่เครื่องปรับอากาศทำงานเปรียบเทียบกับตอนที่ไม่มีการพ่นละอองน้ำ ในกรณีที่ 1

วันที่	ชนิดวัน	ตับความเย็น	COP	ค่า COP เฉลี่ยเมื่อไม่มีการพ่นละอองน้ำ	เปอร์เซ็นต์ที่ลดได้
25-ก.ค.-51	ศุกร์	32.984	1.475	1.658	11.071
28-ก.ค.-51	จันทร์	40.902	1.428	1.658	13.872
	ค่าเฉลี่ย	36.943	1.451		12.472

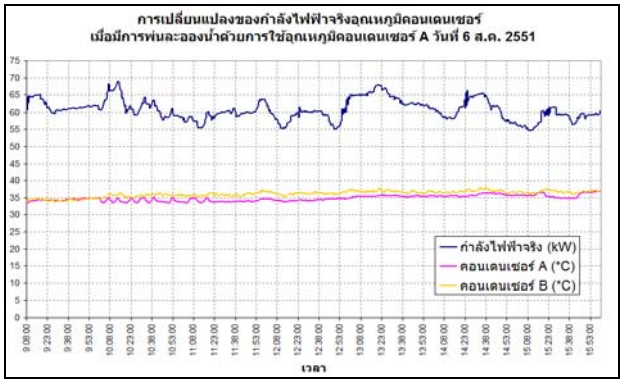
ตารางที่ 9 ความสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นขณะทำการทดสอบระบบในกรณีที่ 1

เวลาที่ทำงานทั้งหมด (นาที)	ปริมาณน้ำที่สิ้นเปลือง (ลิตร)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลือง	
		ปั๊มน้ำ (kWH)	คอมพิวเตอร์ (kWH)
405	2700	1.35	3.0375

ในการทดสอบนี้ จะมีการสิ้นเปลืองน้ำประมาณ 2700 ลิตร หรือ 2.7 คิว และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 4.4 kWH หรือประมาณ 6.95 % เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้เมื่อคิดเฉลี่ยตามชนิดวัน (63.31 kWH)

5.2 ผลการทดสอบโดยพ่นละอองน้ำด้วยการตัดสินใจจากค่าอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์

จากการทดสอบโดยการพ่นละอองน้ำบริเวณรอบคอนเดนเซอร์ชุด A ด้วยการใช้ข้อมูลจากอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ด้าน A ของเครื่องปรับอากาศ ในการตัดสินใจว่าจะทำการพ่นน้ำหรือไม่ โดยระบบจะทำงานเมื่ออุณหภูมิคอนเดนเซอร์ A มีค่าเท่ากับ 35 °C และจะหยุดทำการพ่นน้ำเมื่ออุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 33.5 °C มีช่วงเวลาทำงานตั้งแต่เวลา 9.15 น. จนถึง 16.00 น. พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกำลังไฟฟ้าจริงและอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ชุด A แสดงในรูปที่ 16

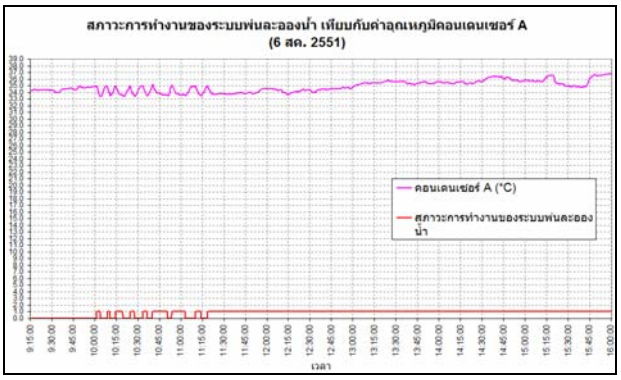


รูปที่ 16 การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจริงและอุณหภูมิคอนเดนเซอร์เมื่อมีการพ่นละอองน้ำตลอดเวลา

จากการข้อมูลที่ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลต่างของอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ทั้งสองชุด พบว่าการพ่นละอองน้ำในช่วงเช้าจะมีการพ่นและหยุดพ่นเนื่องจากอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ในช่วงเช้ายังไม่สูงกว่าค่าอุณหภูมิที่ตั้งการทำงานไว้ (35°C) มากนัก เนื่องจากปริมาณการใช้โหลดความเย็นยังไม่มาก จะแตกต่างกับในเวลาบ่าย ที่มีการใช้ปริมาณโหลดความเย็นมาก จึงทำให้อุณหภูมิคอนเดนเซอร์สูงกว่า 35°C มาก (ประมาณ 38-40 °C) เมื่อมีการพ่นละอองน้ำออกไปจึงไม่สามารถลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ได้ต่ำกว่า 33.5 °C จึงส่งผลให้ช่วงบ่ายมีการพ่นละอองน้ำตลอด

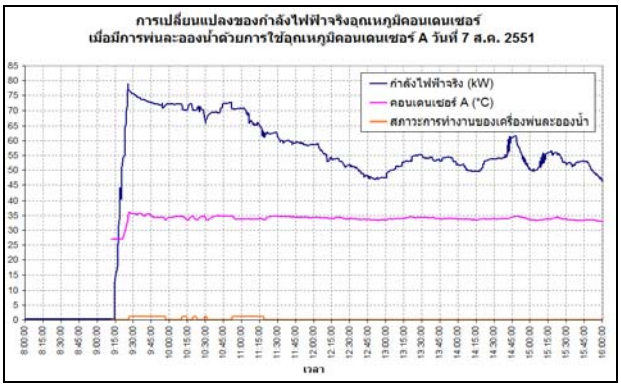
สำหรับข้อมูลแสดงการทำงานของระบบการพ่นละอองน้ำที่ขึ้นกับอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ A ในช่วงเวลา 9.15 – 16.00 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 17

โดยที่ข้อมูลในวันอื่นๆ อาจจะมีการทำงานที่แตกต่างกันบ้าง อันเนื่องจากสภาพการใช้งานโหลดทำความเย็นไม่เหมือนกัน รวมถึงอุณหภูมิอากาศของวันนั้นๆ ด้วย เนื่องจากการตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์พ่นละอองน้ำที่อุณหภูมิคอนเดนเซอร์เท่ากับ 35 °C อุณหภูมิอากาศจะมีค่าประมาณ 30 °C เพราะฉะนั้นวันที่อากาศค่อนข้างเย็น (อันเนื่องจากเป็นฤดูหนาว หรือมีฝนตก) อุณหภูมิอากาศไม่ถึง 30°C ก็จะส่งผลให้เครื่องพ่นละอองน้ำทำงานน้อยครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการต้องการโหลดความเย็นที่ค่อนข้างน้อย ดังแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 17 ข้อมูลการทำงานของระบบพ่นละอองน้ำด้วยการใช้ข้อมูลจากอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ A

หมายเหตุ สภาวะ 1 คือ ระบบทำงาน สภาวะ 0 คือ ระบบหยุดทำงาน



รูปที่ 18 ข้อมูลการทำงานของระบบพ่นละอองน้ำด้วยการใช้ข้อมูลจากอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ A ในวันที่อากาศเย็นและมีฝนตกปอยๆ

จากรูปที่ 18 พบว่าช่วงบ่ายอากาศครึ้มและมีฝนตกปอยๆ เสมือนกับมีการพ่นละอองตลอดเวลาในช่วงบ่าย ทำให้อุณหภูมิอากาศมีค่าไม่สูงมาก ประมาณ 28 – 29 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 85 -90 % ส่งผลให้การใช้โหลดความเย็นมีค่าไม่มาก อุณหภูมิคอนเดนเซอร์ไม่ถึง

35 °C จึงไม่มีการทำงานของระบบพ่นละอองน้ำในช่วงบ่าย

เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าจริงและพลังงานไฟฟ้า ระหว่างก่อนพ่นละออง กรณีพ่นละอองน้ำตามอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ ตั้งแต่เวลา 9.15 – 16.00 สรุปได้ดังตารางที่ 10 ถึง 12

ตารางที่ 10 ปริมาณกำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยและพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย เมื่อทดสอบโดยพ่นละอองน้ำตั้งแต่เวลา 9.15 – 16.00 น.ในกรณีที่ 2

วัน	ชนิดวัน	กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWH)
อากาศปกติ	พุธ	59.74	476.86
อากาศเย็น	พฤหัสบดี	49.24	392.94

ตารางที่ 11 ปริมาณกำลังไฟฟ้าจริงที่ลดลงเมื่อเทียบกับภาวะที่ไม่มีการพ่นละอองน้ำในกรณีที่ 2

ชนิดวัน	ข้อมูลกรณีไม่มีการพ่นละอองน้ำ		ปริมาณที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ			
	กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย 9 วัน (kW)	กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยตามชนิดวัน (kW)	กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย 9 วัน		กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยตามชนิดวัน	
			(kW)	เปอร์เซ็นต์	(kW)	เปอร์เซ็นต์
พุธ	61.49	60.77	1.75	2.84	1.03	1.69
พฤหัสบดี	61.49	56.34	12.25	19.92	7.10	12.60
		ค่าเฉลี่ย	4.67	7.59	2.71	4.76

ตารางที่ 12 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อเทียบกับภาวะที่ไม่มีการพ่นละอองน้ำ ในกรณีที่ 2

ชนิดวัน	ข้อมูลกรณีไม่มีการพ่นละอองน้ำ		ปริมาณที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ			
	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 9 วัน (kWH)	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยตามชนิดวัน (kWH)	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 9 วัน		พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยตามชนิดวัน	
			(kWH)	เปอร์เซ็นต์	(kWH)	เปอร์เซ็นต์
พุธ	490.74	485.13	13.88	2.83	8.27	1.70
พฤหัสบดี	490.74	450.33	97.80	19.93	57.39	12.74
		ค่าเฉลี่ย	37.22	7.59	21.89	4.82

ในวันที่อากาศปกติเมื่อทำการทดสอบระบบพ่นละอองน้ำด้วยการตัดสินใจจากอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ พบว่ามีการใช้กำลังไฟฟ้าจริงลดลงประมาณ 2.9% เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยรวม 9 วัน และเมื่อตามชนิดของวัน (วันพุธ) จะมีการใช้กำลังไฟฟ้าลดลงอยู่ 1.69 % สำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะลดลงมีค่าในทำนองเดียวกัน

ในวันที่อากาศเย็นอยู่แล้ว ทำให้มีการใช้ปริมาณโหลดความเย็นน้อย ส่งผลให้มีการใช้กำลังไฟฟ้าและปริมาณไฟฟ้าน้อย แต่การใช้ปริมาณไฟฟ้าที่มีค่าต่ำกว่าเฉลี่ยนี้ เกิดจากปัจจัยจากอุณหภูมิอากาศ ณ บริเวณนั้นเองที่มีฝนตกปอยๆ เสมือนเป็นพ่นละอองน้ำและลดอุณหภูมิอากาศบริเวณรอบคอนเดนเซอร์ไปในตัวอยู่แล้ว เนื่องจากการทดสอบในวันนี้ พบว่าไม่มีการสั่งพ่นละอองน้ำในช่วงบ่ายเลย

จากการทำการทดสอบจึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าการทดสอบในกรณีนี้จะมีการพ่นละอองน้ำในช่วงเฉพาะที่มีอากาศมีอุณหภูมิสูงและการใช้โหลดความเย็นสูงเท่านั้น ทำให้ระบบพ่นละอองไม่ต้องทำงานตลอดเวลาและสามารถประหยัดน้ำที่ใช้พ่นละอองได้

สำหรับค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (COP) เมื่อมีการพ่นละอองตามอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ตลอดช่วงเวลา 9.15 – 16.00 น. นำมาเปรียบเทียบกับตอนที่ไม่มีการพ่นละอองน้ำ จะมีค่าแสดงดังตารางที่ 13

เมื่อทำการทดสอบโดยพ่นละอองบริเวณอากาศรอบๆ คอนเดนเซอร์ด้าน A ตลอดช่วงเวลา 9.15 – 16.00 น. ด้วยการตรวจจับอุณหภูมิจากคอนเดนเซอร์มาสั่งการทำงาน พบว่าค่า COP ดีขึ้น แต่ไม่เท่ากับกรณีที่มีการพ่นละอองน้ำตลอดเวลา โดยที่ในวันที่อากาศเย็นหรือมีฝนตกถึงแม้จะมีการพ่นละอองน้ำไม่มาก แต่ประสิทธิภาพก็มีค่าเพิ่มขึ้น อันเนื่องจากมาจากอุณหภูมิอากาศภายนอก รอบๆ คอนเดนเซอร์ มีค่าลดต่ำลงอยู่แล้วนั่นเอง และปริมาณการใช้โหลดความเย็นมีค่าน้อย เพราะฉะนั้นเมื่อพิจารณาจากการทำงานจริงๆ ในวันธรรมดาที่มาจ่ายโหลดความเย็นปกติและมีอากาศโดยรอบ พบว่าประสิทธิภาพดีขึ้นประมาณ 4.5 %

ตารางที่ 13 ค่า COP เฉลี่ยในช่วงที่เครื่องปรับอากาศทำงานเปรียบเทียบกับตอนที่ไม่มีการพ่นละอองน้ำในกรณีที่ 2

วันที่	ชนิดวัน	ต้นความเย็น	COP	ค่า COP เฉลี่ยเมื่อไม่มีการพ่นละอองน้ำ	เปอร์เซ็นต์ที่ลดได้
อากาศปกติ	พุธ	39.020	1.584	1.658	4.470
อากาศเย็น	พฤหัสบดี	32.801	1.501	1.658	9.465
	ค่าเฉลี่ย	35.910	1.543		6.967

สำหรับการทดสอบกรณีนี้ ความสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะขึ้นกับอุณหภูมิโดยรอบ และความต้องการขนาดโหลดความเย็นในระบบ สามารถสรุปการสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ ได้ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ความสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นขณะทำการทดสอบระบบ

วันที่	เวลาที่ทำงานทั้งหมด (นาที)	ปริมาณน้ำที่สิ้นเปลือง (ลิตร)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลือง	
			ปั๊มน้ำ (kWH)	คอมพิวเตอร์ (kWH)
อากาศปกติ	322	2146.67	1.07	2.42
อากาศเย็น	66	440.00	0.22	0.50

ในวันที่มีการใช้โหลดมาก การสิ้นเปลืองก็จะมากตามไปด้วย ส่วนในวันที่อากาศมีอุณหภูมิไม่สูงหรือมีการใช้โหลดน้อย การสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นก็จะมีค่าน้อยตามไปด้วย เพราะฉะนั้นข้อดีของระบบพ่นละอองน้ำด้วยการตัดสินใจจากอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ ก็คือไม่จำเป็นต้องพ่นละอองน้ำ ถ้าอุณหภูมิอากาศโดยรอบต่ำอยู่แล้ว หรือ เป็นวันที่มีฝนตก รวมทั้งวันที่มีการใช้ผลิตโหลดความเย็นไม่มาก

6. สรุปผลการทดสอบ

การทดสอบการลดพลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบชิลเลอร์ ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยวิธีลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ ด้วยวิธีการลดอุณหภูมิอากาศบริเวณรอบๆ ชุดคอนเดนเซอร์ ซึ่งใช้การพ่นละอองน้ำเป็นฝอยเล็กๆ เพื่อลดอุณหภูมิอากาศ โดยที่ให้ละอองน้ำสัมผัสกับตัวเครื่องปรับอากาศให้น้อยที่สุด เพื่อลดปัญหาในเรื่องสนิม ที่อาจเกิดขึ้นได้ ถึงแม้ว่าตัวเครื่องจะมีการเคลือบสนิมแล้วก็ตาม

ผลการทดสอบพบว่า การพ่นละอองน้ำเพื่อลดอุณหภูมิอากาศโดยรอบคอนเดนเซอร์ สามารถทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลดลง ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยที่การพ่นละอองน้ำในช่วงที่เครื่องปรับอากาศทำงานตลอด จะทำให้เครื่องปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงมากที่สุดประมาณ 13 % และค่าประสิทธิภาพ (COP) ดีขึ้นประมาณ 12 % โดยอุณหภูมิที่ท่อคอนเดนเซอร์ลดลงประมาณ 1.65 ^{o}C และความชื้นสัมพัทธ์ที่คอนเดนเซอร์มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 8 % ซึ่งระบบมีการสิ้นเปลืองน้ำประมาณ 2700 ลิตร ในเวลาทำงานทั้งหมด 405 นาที

ส่วนการทำงานของระบบพ่นละอองน้ำโดยใช้อุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ตัดสินใจ จะช่วยทำให้ไม่ต้องมีการพ่นละอองน้ำเป็นจำนวนมาก โดยระบบพ่นละอองน้ำจะทำงานเฉพาะในช่วงที่มีการใช้ปริมาณโหลดความเย็นสูง ซึ่งจากการทดสอบพบว่าการลดในเรื่องพลังงานไฟฟ้ามีค่าไม่สูงเท่ากับกรณีพ่นละอองน้ำตลอดเวลา แต่การใช้น้ำจะลดลงมาก และระบบพ่นน้ำไม่ต้องทำงานหนักโดยเฉพาะวันที่อากาศเย็นมากอยู่แล้ว เนื่องจากเป็นช่วงฤดูหนาวหรือช่วงที่มีฝนตก

7. ข้อเสนอแนะ

ระบบพ่นละอองน้ำที่ได้ออกแบบนี้ ควรใช้กับเครื่องปรับอากาศที่ตั้งกลางแจ้งและมีการใช้งานในช่วงกลางวันเท่านั้นเพื่อไม่ให้ความชื้นที่เกิดขึ้นสูงจนเกินไป ถึงแม้จะออกแบบให้มีการพ่นละอองน้ำเฉพาะบริเวณรอบๆเครื่องปรับอากาศ และให้มีการสัมผัสถูกเครื่องปรับอากาศน้อยที่สุด แต่ก็ยังมีบางส่วนโดนที่ครีบระบายความร้อน โดยเฉพาะช่วงที่มีลมพัดเข้าหาเครื่องปรับอากาศ ทำให้มีความชื้นเกาะที่ครีบและตัวเฟรมของเครื่องปรับอากาศ (แต่ไม่มีเกาะที่ท่อคอนเดนเซอร์) ซึ่งอาจทำให้เกิดการผุกร่อนและสนิมได้ ถ้ามีความชื้นสะสมเป็นเวลานานๆ จึงต้องพยายามทำให้ส่วนนี้แห้งที่สุด นอกจากนี้ยังมีน้ำนองบริเวณพื้นค่อนข้างมาก อาจทำให้เกิดตะไคร่เกาะคลุมบริเวณพื้นได้ ควรต้องมีระบบระบายที่ดี

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ 2550 ซึ่งสนับสนุนงบด้านการเงินจนทำให้งานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และทางคณะวิจัยหวังว่าผลที่ได้จากงานวิจัยสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อใช้พัฒนาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบเครื่องปรับอากาศชนิดอื่นๆ ต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

[1] F.W. Yu, K.T. Chan. “Improved energy performance of air cooled centrifugal chillers with variable chilled water flow”. Energy Conversion and Management 49 (2008). Science Direct, Pages 1595–1611

[2] วัชระ มั่งวิทิตกุล. “กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม”. บริษัท เรียล ยู พาวเวอร์ จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 2, กรกฎาคม 2548

[3] F.W. Yu, K.T. Chan. “Part load performance of air-cooled centrifugal chillers with variable speed condenser fan control”. Building and Environment 42 (2007). Science Direct, Pages 3816–3829

[4] F.W. Yu *, K.T. Chan. “Tune up of the set point of condensing temperature for more energy efficient air cooled chillers”. Energy Conversion and Management 47 (2006). Science Direct, Pages 2499–2514.

[5] K.T. Chan, F.W. Yu. “Analysis of the component characteristics of air-cooled chillers for modeling floating condensing temperature control”.Energy Conversion and Management 46 (2005). Science Direct, Pages 927–939.

[6] M. Youbi-Idrissi , H. Macchi-Tejeda, L. Fournaison, J. Guilpart. “Numerical model of sprayed air cooled condenser coupled to refrigerating system”. Energy Conversion and Management 48 (2007). Science Direct, Pages 1943–1951.