รูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

Effect of Cooling Water Profile on Coefficient of Performance of Split Type Air-Conditioning System

เจษฎา วิเศษมณี

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก 63000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance; *COP*) และประสิทธิภาพทางพลังงาน (Energy Efficiency Ratio; *EER*) ของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,000 Btu/h การศึกษาใช้รูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำ 3 รูปแบบ คือ แบบพ่นฉีด แบบหยด และแบบใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน การทดลองควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมให้อยู่ที่ 35, 40, 43 และ 45 ^{o}C จากการศึกษาพบว่า รูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำโดยการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและประสิทธิภาพทางพลังงานสูงสุด อยู่ที่ 4.94 และ 9.15 Btu/Wh ทำให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.1 และประสิทธิภาพทางพลังงานระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.47 เมื่อเทียบกับกรณีที่ทำงานตามปกติ

คำสำคัญ: สัมประสิทธิ์สมรรถนะ ประสิทธิภาพพลังงาน รูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำ ระบบปรับอากาศ

Abstract

The purpose of this research was to investigate cooling water profile that effect to coefficient of performance of spilt type air-conditioning system. Air conditioner size of 12,000 Btu/h was used in this experiment. There are three experiment of cooling water profiles in this work such as water spray, water drop and heat exchanger profile. The ambient temperature conditions were controlled at 35, 40, 43 and 45 ^{o}C. The results of this study were found that heat exchanger profile had the highest average coefficient of performance and energy efficiency as 4.94 and 9.15 Btu/Wh which increased as 20.1% and 8.47% respectively when comparing with the normal working.

Keywords: Coefficient of Performance; Energy Efficiency; Cooling Water Profile; Air-conditioning Systems

* *ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ anh_tong2525@hotmail.com โทร. 08 7500 0054*

1. บทนำ

ในปัจจุบันการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนั้นเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน ประเทศไทยที่อยู่ในเขตร้อนชื้นมีความต้องการเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นทุกปีทั้งในภาครัฐและเอกชน ในปี 2558 พบว่าความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศภายในประเทศประมาณปีละ 1.6 ล้านเครื่อง (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2559) จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ภาพรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง วิธีหนึ่งที่สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมถึงยังสามารถเพิ่มสมรรถนะระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนได้คือการใช้ความร้อนแฝงของน้ำมาระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น (Condenser) โดยอาศัยหลักกานำความร้อนจากน้ำยาสารทำความเย็นในระบบเมื่อออกจากเครื่องอัดไอไปผ่านชุดระบายความร้อนด้วยน้ำในอัตราการไหลที่เหมาะสม ความร้อนจากสารทำความเย็นขณะที่เป็นสภาวะก๊าซร้อนจะถูกถ่ายเทความร้อนไปยังน้ำ ส่งผลให้น้ำยาทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 80-90 °C เย็นลง ในขณะที่น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นในกรณีศึกษานี้จะใช้รูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำที่แตกต่างกันเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน การลดอุณหภูมิที่เครื่องควบแน่น (Condenser) นี้จะช่วยลดการทำงานของ เครื่องอัดไอ (Compressor) อันจะส่งผลให้สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเพิ่มขึ้นด้วย งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีความพยามยามพัฒนาสมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยการใช้น้ำมาระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นในหลายรูปแบบ อาทิเช่น (ฐิติพร, 2545) ได้ศึกษาการทำน้ำร้อนจากความร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 Btu/h โดยเปลี่ยนจากเครื่องควบแน่นแบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมาเป็นเครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำเพื่อศึกษาความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการนำความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศมาใช้แทนเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้า จากผลการศึกษาพบว่าระบบทำน้ำร้อนจากความร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศที่อัตราการไหลของน้ำเข้าเครื่องควบแน่น 10 L/min ทำให้ได้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.75 Btu/Wh

(ไพโรจน์, 2551) ได้ศึกษาทดลองการเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้ความร้อนแฝงของน้ำช่วยระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น ชุดทดสอบใช้เครื่องปรับอากาศ 12,000 Btu/h การทดสอบทำการทดสอบ 2 สภาวะ คือ สภาวะเครื่องปรับอากาศไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เสริม กับ สภาวะเครื่องปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนเสริมโดยการใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน จากการศึกษาพบว่า เครื่องปรับอากาศไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เสริมมี ประสิทธิภาพการทำความเย็นเฉลี่ย 7.98 Btu/Wh ส่วนติดตั้งอุปกรณ์เสริมมีประสิทธิภาพการทำความเย็นเฉลี่ย 8.72 Btu/Wh

(พงษ์พันธ์, 2551) ได้ศึกษาทดลองการใช้น้ำมาระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นเพื่อผลิตเป็นน้ำร้อน โดยได้จำลองการคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยกำหนดภาระการทำความเย็นอยู่ที่ร้อยละ 60, 70, 80, 90 และ 100 จากผลการศึกษาพบว่าระบบปรับอากาศที่นำมาผลิตน้ำร้อนมีสัมประสิทธิ์สมรรถนะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 18

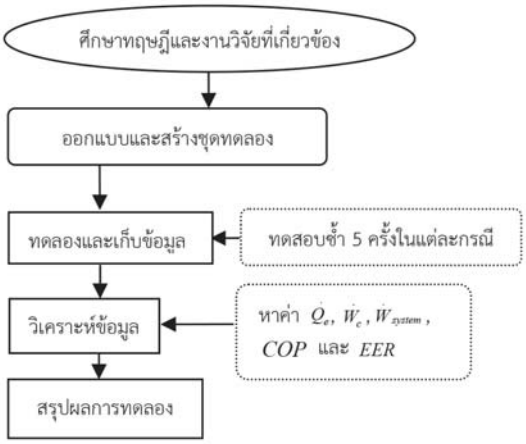
(Jiang, 2006) ได้ศึกษาและทดลองในการดัดแปลงเครื่องปรับอากาศโดยใช้น้ำเป็นตัวระบาย

ความร้อนที่เครื่องควบแน่นเพื่อผลิตน้ำร้อนใช้ในที่พักอาศัย จากการศึกษาพบว่า ระบบที่ดัดแปลงนี้สามารถใช้ผลิตน้ำร้อนได้จริงโดยปราศจากการสูญเสียความสามารถในการทำความเย็น เมื่อระบบดัดแปลงนี้ถูกควบคุมอย่างดีในสภาวะการทำงานที่แตกต่างกัน จากการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมรรถนะทางพลังงานที่ได้ของระบบดัดแปลงนี้พบว่าสูงกว่าเครื่องปรับอากาศธรรมดาทั่วไปร้อยละ 38.6

จากงานวิจัยด้านการศึกษาสมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่ผ่านมา พบว่ายังไม่มีการศึกษาทดลองหารูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำที่หลากหลาย (3 รูปแบบการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นภายใต้ชุดทดสอบเดียวกัน) รวมทั้งการควบคุมเงื่อนไขของอุณหภูมิสภาวะแวดล้อมจำลอง (หน้าเครื่องควบแน่น) ให้มีสภาวะที่แตกต่างกันตามการใช้งานจริง ซึ่งส่งผลต่อสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษารูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลต่อสมรรถนะของระบบปรับอากาศ เทียบกับกรณีที่ทำงานตามปกติ (ใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อน) โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance; *COP*) และประสิทธิภาพทางพลังงาน (Energy Efficiency Ratio; *EER*) ตามเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาออกแบบระบบปรับอากาศในอนาคตต่อไป

2. วิธีการศึกษา



รูปที่ 1 วิธีการศึกษาและขั้นตอนการศึกษาทดลอง

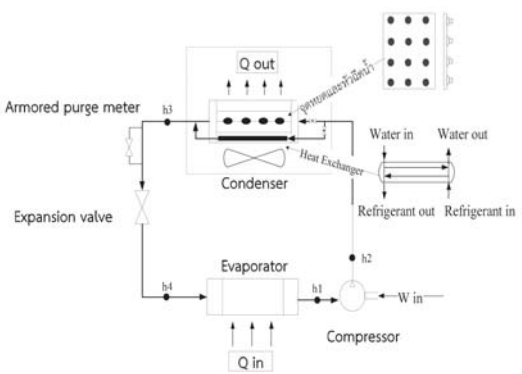
2.1 รายละเอียดระบบที่ใช้ทำการทดลอง

ในการศึกษาทดสอบหารูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะและประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนนั้น จะใช้เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 12,000 Btu/h (MITSUBISHI Model SRK 13 CFV) ชุดทดลองสามารถแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ชุดควบคุมภาระทำความเย็นภายใน ชุดควบคุมอากาศภายนอก และชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

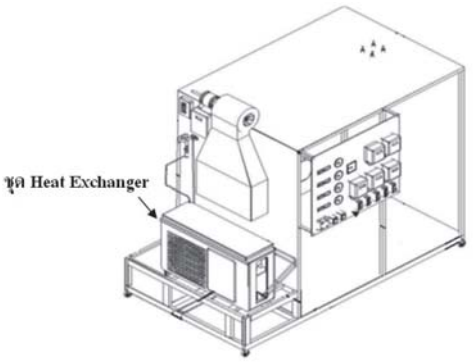
ส่วนที่ 1 ชุดควบคุมภาระทำความเย็นภายในประกอบด้วย ห้องควบคุมภาระทำความเย็นขนาด 1m x 1.5m x 1.5m ภายในติดตั้งอุปกรณ์ผลิตความร้อน (Heater) ขนาด 3.5 kW ด้านทั้ง 3 เป็นผนังบุฉนวนใยแก้วหนา 0.02 m เพื่อป้องกันความร้อนเข้า-ออก การควบคุมภาระทำความเย็นทำโดยการควบคุมกระแสไฟฟ้า (Heat Flux) ที่ป้อนให้กับ Heater ผ่านชุดควบคุมกระแสไฟฟ้าให้อยู่ที่ร้อยละ 80 ของภาระทำความเย็น (ประมาณ 2.8 kW)

ส่วนที่ 2 ชุดควบคุมอากาศภายนอก ประกอบไปด้วย กล่องเป่าอากาศ (Air Duct) ภายในติดตั้งด้วย Heater ขนาด 1.5 kW เพื่อควบคุมอากาศภายนอก การควบคุมอุณหภูมิของชุดเป่าอากาศใช้ (Temperature Control) เป็นตัวควบคุม ให้อุณหภูมิเป็นไปตามเงื่อนไขของการทดลองอยู่ที่ 35, 40, 43 และ 45 °C

ส่วนที่ 3 ซึ่งเป็นส่วนของชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ สามารถแบ่งย่อยเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบฉีดพ่น (Water Spray) ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบหยด (Water Drop) และ ชุดระบายความร้อนด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) โดย ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบฉีดพ่น (Water Spray) และ ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบหยด (Water Drop) ทำการติดตั้งบริเวณแผงเครื่องควบแน่น (Condenser Area) ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบฉีดพ่น (Water Spray) ติดตั้งระหว่างแผงเครื่องควบแน่นกับพัดลมระบายอากาศ อัตราการไหลของน้ำและจังหวะพ่นน้ำเพื่อระบายความร้อนใช้ปั๊มน้ำขนาด 0.5 kW การฉีดทำทุก 30 วินาที โดยฉีดครั้งละ 2 นาที อัตราการไหลของน้ำอยู่ที่ประมาณ 0.23 kg/s ผ่านการควบคุมโดยชุดโซลินอยวาล์ว (Solenoid Valve) สำหรับ ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบหยด (Water Drop) ติดตั้งถาดรองรับน้ำบริเวณเหนือแผงเครื่องควบแน่น (Condenser) น้ำหมุนเวียนที่มาระบายความร้อนนำมาจากน้ำปล่อยทิ้งจากชุดเครื่องทำระเหย (Evaporator) โดยหยดน้ำจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านชุดเครื่องควบแน่นตามแรงโน้มถ่วงลงด้านล่าง ซึ่งมีถาดเพื่อหมุนเวียนน้ำรองรับอยู่ ในส่วนของรูปแบบชุดระบายความร้อนด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ในงานศึกษาวิจัยนี้ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเรียบ (Flat-Plate Heat Exchanger) พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมด 0.704 m^2 ถูกติดตั้งอยู่ระหว่างบริเวณทางออกของเครื่องอัดไอกับตำแหน่งก่อนเข้าแผงเครื่องควบแน่น สารทำความเย็น R134a ซึ่งอยู่ในสภาวะไอร้อนยวดยิ่ง (Superheat) จะไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในกรณีนี้ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนส่งผลให้น้ำยาทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 80-90 °C เย็นลง ในขณะที่น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนสูงสุดจะกำหนดอัตราการไหลของน้ำที่มาแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ที่ 10 L/min (ฐิติพร, 2545) โดยใช้บอลวาล์วรูเข็ม (Ball Valve) เป็นตัวควบคุม ไดอะแกรมการติดตั้งอุปกรณ์และตำแหน่งตรวจวัดต่าง ๆ ในระบบแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2 ตำแหน่งการวางจุดหัวพ่นน้ำและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์ทดลอง

2.2 เงื่อนไขการออกแบบการทดลอง

การทดลองหารูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนจะทำการทดลองสามารถแบ่งเป็น 4 การทดลอง ดังนี้

2.2.1 การทดลองระบบปรับอากาศที่มีการระบายความร้อนแบบปกติ (ระบายความร้อนด้วยอากาศ)

2.2.2 การทดลองระบบปรับอากาศที่มีการระบายความร้อนด้วยน้ำแบบฉีดพ่น (Water Spray)

2.2.3 การทดลองระบบปรับอากาศที่มีการระบายความร้อนด้วยน้ำแบบหยด (Water Drop)

2.2.4 การทดลองระบบระบายอากาศที่มีการระบายความร้อนด้วยน้ำแบบใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การทดลองจะกำหนดอุณหภูมิภายในห้องภาระความเย็นให้คงที่อยู่ที่ 25 ± 1°C (DB) และ 50 ± 5%RH และทำการปรับตั้งอุณหภูมิภายนอกอยู่ที่ 35, 40, 43 และ 45 °C ตามลำดับ อัตราการไหลของสารทำความเย็นอยู่ที่ 0.019 kg/s (การวัดอัตราการไหลของสารทำความเย็นใช้อุปกรณ์ Armored Purge Meter ซึ่งติดตั้งอยู่ระหว่างทางออกของ Compressor และ ทางเข้าของ Expansion Valve ดังแสดงในรูปที่ 2) ในการทดลองแต่ละการทดลองจะใช้เวลาประมาณ 60 นาที การเก็บข้อมูลอุณหภูมิใช้ Thermocouple ชนิด K Type เก็บข้อมูลผลการทดลองทุก ๆ 1 นาทีด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Recorder) โดยแต่ละรูปแบบทำการทดลองซ้ำกัน 5 ครั้ง การทดลองเป็นแบบเต็มรูป มีรายละเอียดคือ การทดลองมี 2 ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสมรรถนะของระบบปรับอากาศ ได้แก่ รูปแบบการระบายความร้อนและสภาพอุณหภูมิแวดล้อม การทดลองกำหนดรูปแบบการระบายความร้อน 4 รูปแบบ และอุณหภูมิแวดล้อม 4 ค่าอุณหภูมิ ดังนั้น การทดลองจึงมีทั้งสิ้น 16 การทดลอง แต่ละการทดลองจะทำซ้ำ 5 ครั้ง การทดลองทั้งสิ้นจึงอยู่ที่ 80 ครั้ง ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ตามสมการ ดังนี้

สมการสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบ

$$Q_e = m_r (h_1 - h_4) \quad (1)$$

เมื่อ

Q_e = อัตราการดูดซับความร้อนที่เครื่องทำระเหย

m_r = อัตราการไหลเชิงมวลสารทำความเย็น

h_1 = ค่าเอนทัลปีที่ตำแหน่งก่อนเข้าเครื่องอัดไอ

h_4 = ค่าเอนทัลปีที่ตำแหน่งก่อนเข้าเครื่องทำระเหย

$$W_c = m_r (h_2 - h_1) \quad (2)$$

เมื่อ

W_c = งานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอ

h_2 = ค่าเอนทัลปีตำแหน่งก่อนเข้าเครื่องควบแน่น

$$COP = \frac{Q_e}{W_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (3)$$

เมื่อ

COP = สัมประสิทธิ์สมรรถนะ

$$EER = \frac{Q_e}{W_{system}} = \frac{\dot{m}_r (h_1 - h_4)}{W_{system}} \text{ x } 3412.3 \quad (4)$$

เมื่อ

EER = อัตราส่วนประสิทธิภาพทางพลังงาน

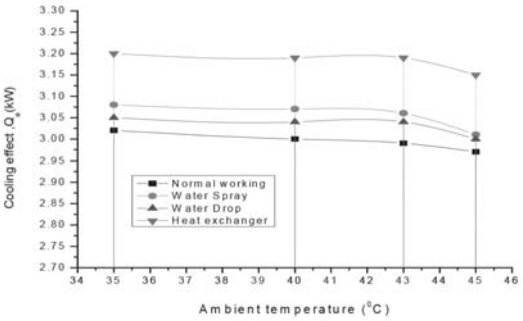
W_{system} = งานที่ป้อนให้กับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนทั้งหมด 1kW=3412.3 Btu/h

วิธีการวิเคราะห์กระทำโดยการนำค่าเฉลี่ยของข้อมูลต่าง ๆ เช่น อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ (SD=0.34) ค่าอุณหภูมิ (SD=0.28) ค่าความดัน (SD=0.31) และอัตราการไหล มาวิเคราะห์และคำนวณหาค่าต่าง ๆ อาทิ เช่น ความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_e$) งานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอ ($\dot{W}_c$) งานที่ป้อนให้กับระบบทั้งหมด ($\dot{W}_{system}$) สัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็น (Coefficient of Performance; COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบทำความเย็น (Energy Efficiency Ratio; EER) ผลการวิเคราะห์จะแสดงความสัมพันธ์โดยเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการระบายความร้อนแบบปกติ (ด้วยอากาศ) และรูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำแบบต่าง ๆ ตามเงื่อนไขการทดลอง

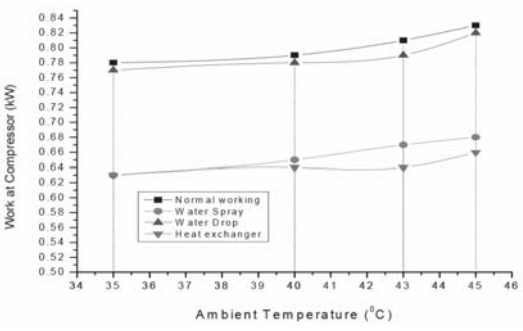
3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการระบายความร้อนด้วยน้ำรูปแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะและประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน สามารถแสดงเป็น 3 ประเด็นหลักได้ ดังนี้

3.1 ความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_e$) และงานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอ ($\dot{W}_c$)



รูปที่ 4 ความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_e$)

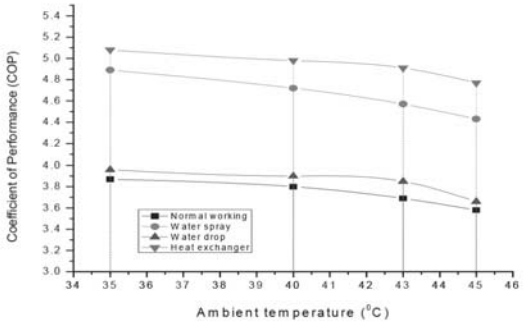


รูปที่ 5 งานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอ ($\dot{W}_c$)

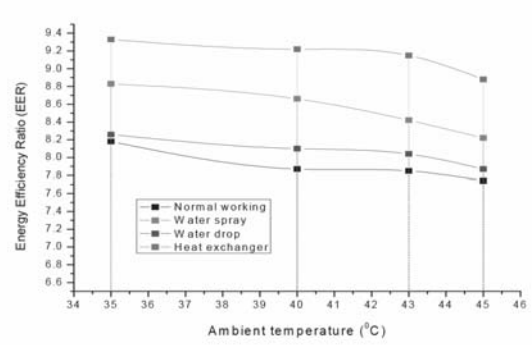
ความสามารถในการทำความเย็นพบว่าระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ให้การทำความเย็นสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 3.18 kW ในขณะที่การระบายความร้อนด้วยอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 2.99 kW เมื่อพิจารณาภาพรวมการระบายความร้อนด้วยน้ำเฉลี่ย 3 รูปแบบ ทำให้ความสามารถการทำความเย็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยความสามารถในการทำความเย็น นี้สอดคล้องไปในทิศทางตรงข้ามกับงานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอ ดังแสดงในรูปที่ 5 กล่าวคือ เมื่อระบบสามารถ

ถ่ายเทความร้อนออกได้มากขึ้น ความสามารถในการรับความร้อนก็มากขึ้น งานที่ใช้ในการอัดไอก็ลดลง (ชูชัย, 2546) สำหรับงานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอ จากผลการทดลองพบว่า งานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอแบบใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) มีการป้อนงานน้อยสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.65 kW ในขณะที่ระบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 0.8 kW และเมื่อพิจารณาภาพรวมของงานที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอเฉลี่ย 3 รูปแบบลดลงร้อยละ 12.5

3.2 สัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็น (*COP*) และ อัตราส่วนประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบทำความเย็น (*EER*)



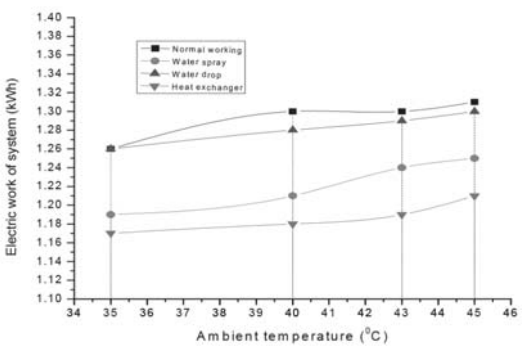
รูปที่ 6 สัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็น (*COP*)



รูปที่ 7 อัตราส่วนประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบทำความเย็น (*EER*)

จากผลการทดลองค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและอัตราส่วนประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบทำความเย็นพบว่า รูปแบบการระบายความร้อนโดยใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อนแบบใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 4.94 และ 9.15 Btu/Wh ตามลำดับ ในส่วนของการระบายความร้อนด้วยอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 3.73 และ 7.91 Btu/Wh ตามลำดับ เมื่อพิจารณาภาพรวมการระบายความร้อนด้วยน้ำโดยเฉลี่ย 3 รูปแบบ ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.1 และอัตราส่วนประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบทำความเย็นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.47 ดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7

3.3 พลังงานไฟฟ้ารวมที่ป้อนให้ระบบทั้งหมด ($\dot{W}_{system}$)



รูปที่ 8 พลังงานไฟฟ้ารวมที่ป้อนให้ระบบทั้งหมด ($\dot{W}_{system}$)

ในส่วนของพลังงานไฟฟ้ารวมที่ป้อนให้กับระบบทั้งหมด แม้ว่าระบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำจะต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม (ปั๊มขนาด 0.5 HP) แต่เมื่อพิจารณาการใช้งานพลังงานไฟฟ้าในภาพรวม พบว่า ระบบที่ใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อนมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งหมดน้อยกว่าระบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ 3 รูปแบบ มีการป้อนงานเฉลี่ยอยู่ 1.23 kWh ในขณะที่ระบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศให้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.29 kWh ซึ่งเมื่อพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาพรวมที่ป้อนให้กับระบบ พบว่า ลดลงร้อยละ 4.65 ดังแสดงในรูปที่ 8

4. สรุป

จากการศึกษาทดลองหารูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน การทดลองใช้รูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำ 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบระบายความร้อนแบบหัวฉีด (Water Spray) แบบน้ำหยด (Water Drop) และ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) การทดลองทำการทดลองที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันคือ 35, 40, 43, และ 45 ^{o}C จากการศึกษาพบว่า รูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำแบบใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้ค่า *COP* และ *EER* เฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 4.94 และ 9.15 Btu/Wh ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาภาพรวมการระบายความร้อนด้วยน้ำโดยเฉลี่ย 3 รูปแบบ *COP* และ *EER* เฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.1 และ 8.47 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาทดลองนี้ ทำให้ทราบว่าการใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการระบายความร้อนแทนอากาศผ่านรูปแบบการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้น ส่งผลให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะรวมถึงประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น สำหรับในส่วนของการนำไปใช้งานจริงนั้นมีค่าใช้จ่ายในส่วนของอุปกรณ์เสริมเพิ่มขึ้น เช่น ระบบหมุนเวียนน้ำรวมถึงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ราคารวมประมาณ 15,000 บาท) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับ *COP* และ *EER* รวมถึงอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นก็นับว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจและคุ้มค่ากับการลงทุน สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนในอนาคตต่อไป

4.1 อภิปรายผล

จากการทดลอง พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะและประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบ มี 2 ส่วน คือ 1 รูปแบบการใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน 2 อุณหภูมิบรรยากาศ โดยสามารถอธิบายรายละเอียด ดังนี้

ส่วนที่ 1 การใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน

จากผลการทดลองพบว่ามีความสอดคล้องกับทฤษฎี กล่าวคือ เมื่อมีการระบายความร้อนจากระบบปรับอากาศโดยใช้น้ำเป็นตัวพาความร้อนออกไปจะพบว่าสามารถดึงความร้อนออกมาได้มากกว่าการใช้อากาศเป็นตัวพาความร้อนเนื่องจากน้ำมีค่าความจุความร้อนที่มากกว่าอากาศประมาณ 4 เท่า โดยค่าความจุความร้อนของน้ำจะอยู่ที่ 4.184 (kJ/kg K) ส่วนค่าความจุความร้อนของอากาศจะอยู่ที่ 1.005 (kJ/kg K) ด้วยเหตุนี้พลังงานที่ใช้ในการอัดน้ำยาจึงลดลง ทำให้สมรรถนะและประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบปรับอากาศดีขึ้น

จากผลการศึกษา รูปแบบการใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) จะให้ค่า *COP* และ *EER* สูงสุด เนื่องจาก ผลต่างระหว่างอุณหภูมิของสารทำความเย็นและน้ำที่มาแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก (อุณหภูมิสารทำความเย็น 80-90°C ส่วนอุณหภูมิน้ำที่มาแลกเปลี่ยน 35°C) ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็นเกิดขึ้นได้ดี ในส่วนของการใช้หัวฉีด (Water Spray) และ ระบบน้ำหยด (Water Drop) นั้น ให้ประสิทธิภาพที่รองลงมาตามลำดับ เนื่องจากระบบทั้ง 2 ระบายความร้อนที่พื้นผิวด้านนอกของเครื่องควบแน่น โดยพื้นผิวด้านนอกของเครื่องควบแน่นจะสัมผัสกับอากาศแวดล้อม ทำให้ผลต่างระหว่างอุณหภูมิของสารทำความเย็นกับน้ำที่มาแลกเปลี่ยนความร้อนแตกต่างกันน้อยกว่าแบบใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็นลดลงตามลำดับ

ส่วนที่ 2 อุณหภูมิบรรยากาศ

อุณหภูมิบรรยากาศของสิ่งแวดล้อมมีผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะและอัตราส่วนประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบซึ่งมีความสอดคล้องกับทฤษฎี จากผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมยิ่งสูงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและอัตราส่วนประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบมีแนวโน้มลดต่ำลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นจะเกิดขึ้นได้ยาก เครื่องอัดไอต้องพยายามอัดสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น (สูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม) เพื่อจะทำให้สารทำความเย็นที่สถานะเป็นก๊าซความดันสูง-อุณหภูมิสูง เกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้เครื่องอัดไอทำงานหนักมากขึ้น สัมประสิทธิ์สมรรถนะและประสิทธิภาพทางพลังงานรวมของระบบทำความเย็นจึงลดลง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (*COP*) และอัตราส่วนประสิทธิภาพทางพลังงาน (*EER*)

Temperature	35°C		40°C		43°C		45°C	
COP : *EER*	*COP*	*EER* (Btu/Wh)	*COP*	*EER* (Btu/Wh)	*COP*	*EER* (Btu/Wh)	*COP*	*EER* (Btu/Wh)
Normal Working	3.87	8.18	3.80	7.87	3.69	7.85	3.58	7.74
Water Spray	4.89	8.83	4.72	8.66	4.57	8.42	4.43	8.22
Water Drop	3.96	8.26	3.90	8.10	3.85	8.04	3.66	7.87
Heat Exchanger	5.08	9.33	4.98	9.22	4.91	9.15	4.77	8.88

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ต้องขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัย และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก ที่สนับสนุนสถานที่ในการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2559). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.hooninside.com/news-detail.php?id=456743. (วันค้นคว้าข้อมูล : 1 มีนาคม 2559).

ฐิติพร ถมยาพิทักษ์. (2545**). การทำน้ำร้อนจากความร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศ**. (หน้า 8-23). กรุงเทพฯ: คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ไพโรจน์ จันทร์แก้ว. (2551). การพัฒนาการเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้ความร้อนแฝงของน้ำช่วยระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น. **การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งชาติ**, (2), หน้า 333-342.

พงษ์พันธ์ คำทรัพย์. (2551). **การศึกษาการนำความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศมาผลิตน้ำร้อน**. กรุงเทพฯ: คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Jiang, H. (2006). An Experimental Study on A Modified Air Conditioner with A Domestic Hot Water Supply. **Journal of an Energy**, Vol. 31, No. 21, pp. 1798-1803.

ชูชัย ต.ศิริวัฒนา. (2546). การทำความเย็นและการปรับอากาศ พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).