การทดสอบสมมรรถนะของ ระบบทำน้ำร้อนจากความร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

Performance Testing of Hot Water System Using Waste Heat from Split-Type Air-Conditioner

เกรียงไกร อัศวมาศบันลือ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพ 10900
โทร 0-2942-8555 โทรสาร 0-2579-4576 อีเมล์ kriengkrai.a@ku.ac.th

Kriengkrai Assawamartbunlue
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkaen Campus 10900
Tel: 0-942-8555 Fax: 0-2579-4576 Email: kriengkrai.a@ku.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องปรับอากาศถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากที่สุดในบ้านพักอาศัย ถึงแม้ว่าจะมีการนำเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงมาใช้ แต่ยังมีพลังงานบางส่วนที่จะสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์เนื่องจากการระบายความร้อน หลายหน่วยงานได้พัฒนาอุปกรณ์เพื่อนำเอาพลังงานหรือความร้อนทิ้งเหล่านี้กลับมาใช้ ซึ่งที่พบเห็นมากที่สุดคือนำไปใช้ในการผลิตน้ำร้อน เพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำร้อนจากไฟฟ้าแต่ยังไม่มีการทดสอบอย่างจริงจัง จุดประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อตรวจวัดผลการประหยัดและผลกระทบจากการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนขนาดความจุ 100 ลิตรเข้ากับอุปกรณ์ระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศขนาด 12500 Btu/hr โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดสอบตามลักษณะการใช้น้ำร้อน คือ 1.ขณะที่ไม่มีการใช้น้ำร้อน และ 2.ขณะที่มีการใช้น้ำร้อนไปด้วย การทดสอบทำในห้องทดสอบมาตรฐานของสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ ผลจากการทดสอบชี้ให้เห็นว่าการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนเข้ากับเครื่องปรับอากาศสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ อีกทั้งยังได้น้ำร้อนมาใช้งานด้วย ในการทดสอบขณะน้ำมีการใช้น้ำร้อนจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้โดยเฉลี่ย 6.85%ในระยะเวลา 8 ชั่วโมง สามารถดึงความร้อนกลับมาใช้งานได้ 15.75% ของความร้อนทิ้ง น้ำร้อนที่ได้จะมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 70.0°C ในการทดสอบขณะใช้น้ำร้อน น้ำร้อนที่สะสมไว้จะสามารถนำมาใช้งานได้นานประมาณ 12 นาทีที่อัตราการไหล 18 ลิตรต่อนาที หลังจากนั้นความแตกต่างระหว่างน้ำขาเข้าและขาออกจะน้อยกว่า 5°C ถ้าใช้งานในลักษณะนี้ต่อไปเรื่อยๆ เครื่องปรับอากาศจะสามารถประหยัดพลังงานได้ 18.49% สามารถดึงความร้อนกลับมาใช้งานได้ 20.38% ของความร้อนทิ้ง เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องทำน้ำร้อนไฟฟ้า จะสามารถลดขนาดของขดลวดไฟฟ้าลงได้ 0.66 kW อย่างไรก็ดีการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนทำให้อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศสูงขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลประหยัดที่ได้แล้ว ถือได้ว่าการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนประเภทนี้เข้ากับเครื่องปรับอากาศสามารถใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศได้ ทั้งยังมีน้ำร้อนมาใช้งานโดยไม่เสียค่าไฟฟ้าเพิ่มอีกด้วย

Abstract

Split-Type air-conditioners are known as one of the most energy-consumed appliances in a typical house. Even though high efficiency air-conditioners are promoted, there still be a great amount of waste heat at condensers. Several equipment has been developed to make use of this waste heat. A common one is to produce hot water for residential use. This research is conducted to test performance of an air-conditioner that is equipped with heat-recovery system to retrieve waste heat from its condenser. A 12,500 Btu/hr air-conditioner is used for testing to generate 100 liter of hot water. Two tests are performed; with and without hot water usage during the operation of the air-conditioner. In the first case, the energy consumption of the air-conditioner is reduced by 6.85% during 8 hours operation. The 15.75% of waste heat is recovered and the

maximum water temperature is 70.0°C. In the second case, the energy consumption is reduced by 18.49%. The 20.38% of waste heat is recovered, however, the temperature difference between inlet and outlet is less than 5°C.

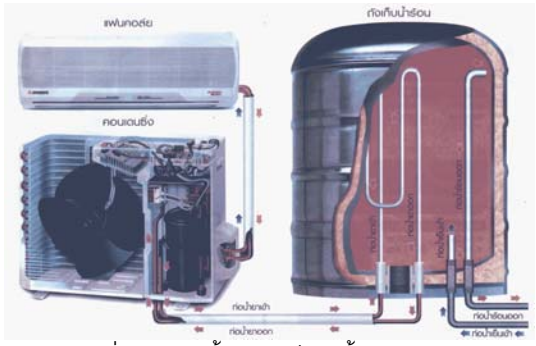
1. บทนำ

การใช้พลังงานในระดับครัวเรือนนั้น ถือได้ว่าเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอันดับต้นๆที่มีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก และมีการใช้อย่างแพร่หลายภายในประเทศ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่ร้อนและชื้น ผู้ผลิตจำนวนมากได้ทำการผลิตเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (เบอร์ 5) ซึ่งมีค่า Energy Efficiency Ratio (EER) ไม่น้อยกว่า 10.6 Btu/hr / W หรือมีค่า Coefficient of Performance (COP) ไม่น้อยกว่า 3.11 ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณการใช้ได้ระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ดียังมีพลังงานบางส่วนที่สูญเสียไปเนื่องจากความร้อนที่ต้องระบายทิ้งที่คอนเดนเซอร์ตามหลักการของระบบทำความเย็น

ในอดีตความร้อนในส่วนนี้ถูกละเลยและไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ใดในครัวเรือนที่ต้องการความร้อนไปใช้ ความร้อนจะถูกใช้ในเรื่องของการหุงต้มอาหารเสียเป็นส่วนใหญ่ซึ่งต้องการอุณหภูมิที่สูง แต่ในปัจจุบัน ความต้องการน้ำร้อนมีปริมาณมากขึ้น ไม่ว่าจะสำหรับอาบ ล้างจาน ซักผ้า ฯลฯ โดยส่วนใหญ่ได้จากขดลวดไฟฟ้าความร้อนหรือใช้ก๊าซหุงต้ม ซึ่งถือได้ว่าเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้แก่ครัวเรือนและอัตราการใช้ไฟฟ้าของประเทศ หลายหน่วยงานได้พัฒนาอุปกรณ์เพื่อนำเอาพลังงานหรือความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนกลับมาใช้ในการผลิตน้ำร้อนที่ใช้ในส่วนนี้ เนื่องจากน้ำที่ใช้ไม่จำเป็นต้องมีอุณหภูมิสูงมากนัก เหมาะสำหรับนำความร้อนที่ต้องระบายทิ้งที่คอนเดนเซอร์มาใช้เพื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามต้องการ ซึ่งนอกจากจะทำให้มีค่าใช้จ่ายภายในครัวเรือนลดลงแล้ว ยังทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ดี การติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนซึ่งปกติจะติดตั้งตามรูปที่ 1 จะทำให้ระยะทางระหว่างคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์ไกลขึ้น เนื่องจากจะต้องมีขดท่อจำนวนหนึ่งเพิ่มขึ้นภายในเครื่องทำน้ำร้อนสำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและสารทำความเย็น ทำให้ความดันสูญเสียภายในท่อเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ต้องอัดสารทำความเย็นให้มีความดันสูงขึ้นเพื่อเอาชนะความดันสูญเสียนั้น ทำให้การใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้หลังจากที่ความร้อนถ่ายเทให้แก่น้ำระยะหนึ่ง อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บจะสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง ทำให้อุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้นซึ่งอาจจะกลับมาเหมือนกับสถานะเดิม ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำในอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน และอาจจะทำให้กำลังและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กลับมาเหมือนเดิมหรือมากกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนได้

เพื่อศึกษาข้อมูลด้านพลังงานที่สามารถประหยัดได้และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน การวิจัยนี้จะทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนเข้าไปในระบบ โดยจะทำการทดสอบในห้องทดสอบมาตรฐานที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและแบ่งการทดสอบตามสภาพการใช้น้ำร้อน



รูปที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนเข้ากับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2. หลักการทำงาน

ตามทฤษฎีของระบบทำความเย็น ปริมาณความร้อน, Q_H, ที่จะต้องระบายออกที่คอนเดนเซอร์จะสามารถคำนวณได้จาก

$$Q_H = Q_L + W \quad (1)$$

โดย Q_L คือปริมาณความร้อนที่รับมาจากคอยล์เย็น และ W คืองานหรือกำลังที่ให้ที่คอมเพรสเซอร์ ความร้อนที่ออกมาจากคอนเดนเซอร์นี้จะมีอุณหภูมิไม่สูงแต่มีปริมาณมาก ในการนำความร้อนทิ้งนี้กลับมาใช้ในการทำน้ำร้อน จะต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์และตัดต่อท่อสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 1 เครื่องทำน้ำร้อนมีลักษณะคล้ายถังน้ำ Stainless Steel หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ภายในประกอบด้วยท่อสารทำความเย็นซึ่งขดอยู่ไปมาภายในถัง เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงาน สารทำความเย็นอุณหภูมิสูงที่ออกจากคอมเพรสเซอร์จะถูกส่งเข้ามาในท่อเหล่านี้เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่เก็บไว้ในถัง ก่อนที่จะถูกส่งต่อไปยังคอนเดนเซอร์เพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญคือความดันด้านสูงหรืออุณหภูมิภายในคอนเดนเซอร์นั้นเอง ถ้าอุณหภูมิหรือความดันด้านสูงลดลง จะทำให้กำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ต้องใช้ลดลงซึ่งจะส่งผลถึงการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศที่ลดลงด้วย การติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนที่บริเวณทางออกของไอร้อนจากคอมเพรสเซอร์เป็นแนวทางหนึ่งในการลดอุณหภูมิและความดันด้านสูงของระบบ นอกจากจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนระหว่างไอร้อนและสารหล่อเย็นแล้ว การใช้น้ำซึ่งโดยปกติจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอกมาช่วยระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นจะยิ่งทำให้อุณหภูมิและความดันด้านสูงลดลงไปอีก ซึ่งนอกจากน้ำในเครื่องทำน้ำร้อนจะช่วยระบายความร้อนแล้ว ยังสามารถนำมาใช้งานได้อีกด้วย

3. การทดสอบระบบ

3.1 ตัวอย่างการทดสอบ

เครื่องปรับอากาศขนาด 12,500 บีทียูต่อชั่วโมง ได้ถูกนำมาใช้เป็นตัวอย่างในการทดสอบ โดยต่อเข้ากับอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนขนาด

100 ลิตร ดังแสดงในรูปที่ 2 การทดสอบทั้งหมดทำภายในห้องทดสอบมาตรฐานของสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ โดยควบคุมอุณหภูมิภายในห้องคอยล์เย็นไว้ที่ 25°Cdb และ 14°Cwb และอุณหภูมิภายในห้องคอยล์ร้อนไว้ที่ 35°Cdb และ 28°Cwb ตามมาตรฐานการทดสอบเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเบอร์ 5 และมอก.1155-2536

รูปที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อการทดสอบ

3.2 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบจะถูกแบ่งออกเป็น 3 การทดสอบดังนี้

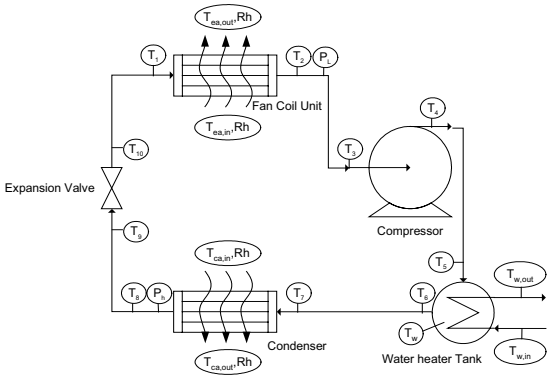
(1) การทดสอบหาขีดความสามารถทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศตัวอย่างในสภาวะการใช้งานจริง เนื่องจากขีดความสามารถทำความเย็นที่ระบุในตัวเครื่องเป็นค่าที่อุณหภูมิ 27°Cdb/ 19.5°Cwb ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างจากสภาพการใช้งานจริง การใช้งานโดยทั่วไปอุณหภูมิจะถูกตั้งไว้ที่ 25°Cdb จึงต้องทดสอบเพื่อหาขีดความสามารถที่อุณหภูมินี้ ขีดความสามารถที่หาได้จะถูกแปลงเป็นภาระความร้อนที่ป้อนให้แก่เครื่องปรับอากาศในขั้นตอนการทดสอบที่ 2 และ 3 เพื่อทดสอบที่ภาระความร้อนเดียวกัน

(2) การทดสอบหาผลประหยัด กำลังและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และผลกระทบอื่น เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน โดยไม่มีการใช้น้ำร้อนขณะเครื่องปรับอากาศทำงาน การทดสอบเพื่อจำลองสภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกเปิดไว้ตลอดคืนและไม่มีการใช้น้ำเกิดขึ้น น้ำที่ค้างอยู่ภายในเครื่องทำน้ำร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่ต้องการเมื่อต้องการใช้ในเวลาเช้าพอดี นอกจากหาผลประหยัดแล้ว ยังเป็นการทดสอบหาอุณหภูมิสูงสุดของน้ำที่สามารถทำได้ รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ด้วย

(3) การทดสอบหาผลประหยัด กำลังและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และผลกระทบอื่น เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน โดยมีการใช้น้ำร้อนตลอดเวลาขณะเครื่องปรับอากาศทำงาน การทดสอบคล้ายคลึงกับขั้นตอนที่ 2 เพียงแต่จะมีน้ำไหลผ่านเครื่องทำน้ำร้อนตลอดเวลา เพื่อจำลองสภาพการใช้งานเมื่อมีการนำน้ำร้อนที่ผลิตได้ในเวลากลางคืนออกไปใช้งาน ซึ่งในขณะที่นำน้ำร้อนออกไปใช้เครื่องปรับอากาศยังคงทำงานอยู่ตลอดเวลาเพื่อผลิตน้ำร้อน เพื่อทดสอบระยะเวลาที่สามารถนำน้ำร้อนไปใช้ได้ และวัดอุณหภูมิแตกต่างระหว่างน้ำขาเข้าและขาออกที่เครื่องผลิตน้ำร้อนสามารถทำได้เมื่อมีการใช้น้ำตลอดเวลา

3.3 ข้อมูลการทดสอบ

ข้อมูลที่ทำการบันทึกระหว่างการทดสอบแสดงไว้ดังรูปที่ 3



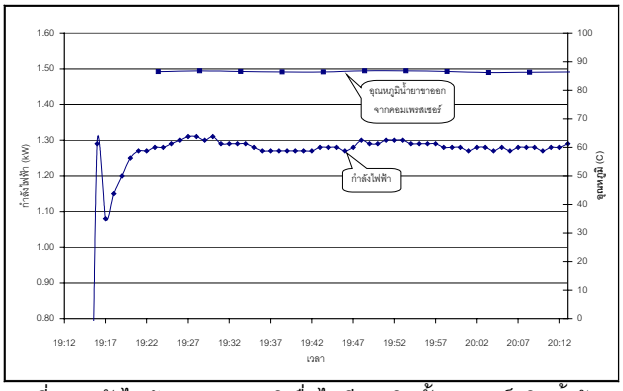
รูปที่ 3 ข้อมูลที่ทำการบันทึกระหว่างการทดสอบ

และข้อมูลทางไฟฟ้า ได้แก่ กระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าและพลังไฟฟ้า รวมทั้งเวลาที่เครื่องปรับอากาศเดินและหยุด

4. ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบที่ 1 - เมื่อไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน

ผลการตรวจวัดแสดงไว้ดังรูปที่ 4 หลังจากที่ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อนแล้ว กำลังไฟฟ้าที่ใช้โดยเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศเท่ากับ 1.283 kW ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 1.307 kWh ต่อชั่วโมง อุณหภูมิของไอร้อนของสารทำความเย็นที่ออกมาจากคอมเพรสเซอร์อยู่ที่ประมาณ 86°C ขีดความสามารถทำความเย็นของเครื่องภายใต้สภาวะที่ทดสอบ 11124.48 Btu/hr หรือ 3.26 kW



รูปที่ 4 กำลังไฟฟ้าและอุณหภูมิเมื่อไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน

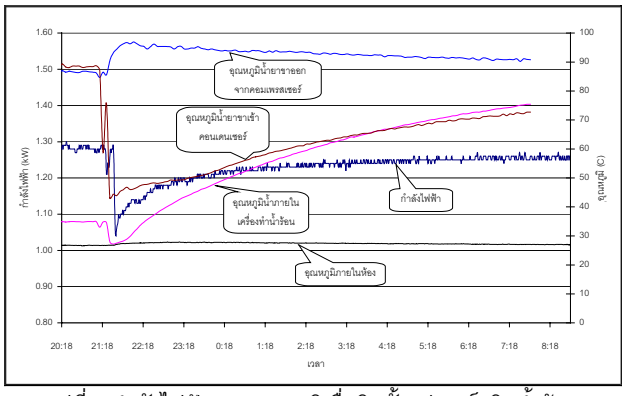
4.2 การทดสอบที่ 2 - เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนและไม่มีการใช้น้ำร้อน

ผลการตรวจวัดแสดงไว้ดังรูปที่ 5 น้ำมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 35°C ทันทีที่เปิดให้สารทำความเย็นไหลเข้าสู่อุปกรณ์ทำน้ำร้อน อุณหภูมิของไอร้อนที่ออกจากคอมเพรสเซอร์สูงขึ้นประมาณ 10°C และอุณหภูมิอากาศภายในห้องสูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากในระยะแรกระบบพยายามจะปรับสมดุลเพราะความดันสูญเสียในท่อสารทำความเย็นเพิ่มขึ้น คอมเพรสเซอร์ต้องอัดไอของไอร้อนให้มีความดันสูงขึ้นเพื่อเอาชนะความดันสูญเสียที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านอุปกรณ์ทำ

น้ำร้อนความดันจะลดลงอย่างมากเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำต่ำ ไอร้อนมีอุณหภูมิลดลงประมาณ 45°C ส่งผลให้ความดันแตกต่างระหว่างด้านสูงและด้านต่ำลดลง เนื่องจากอุปกรณ์ลดความดันเป็นแบบ Capillary Tube เมื่อความดันแตกต่างลดลง อัตราการไหลของสารทำความเย็นจะลดลงไปด้วย ส่งผลให้อุณหภูมิห้องสูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากความดันด้านสูงต่ำลง ในขณะที่ความดันของคอยล์เย็นสูงขึ้น ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าลดลงประมาณ 0.25 kW

หลังจากที่เครื่องปรับอากาศทำงานไปได้ระยะหนึ่ง อุณหภูมิของไอร้อนและอุณหภูมิห้องเริ่มลดลง ในขณะที่อุณหภูมิของน้ำภายในอุปกรณ์ทำน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำในส่วนนี้สูงกว่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิไอร้อนและอุณหภูมิห้องมาก จากการที่น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำร้อนสูงขึ้นด้วย ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์สูงขึ้นกว่าตอนที่น้ำมีอุณหภูมิต่ำ หลังจากเดินเครื่องไปแล้วเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ไอร้อนมีอุณหภูมิลดลงมาที่ 91.7°C ซึ่งยังสูงกว่าเดิมที่ 86°C ในขณะที่อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ไหลเข้าคอนเดนเซอร์และอุณหภูมิน้ำอยู่ที่ 68.9 และ 69.9°C ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิห้องกลับมาที่ค่าเดิม กำลังไฟฟ้าเริ่มคงที่ที่ประมาณ 1.24 kW ต่ำกว่ากำลังไฟฟ้าเดิมที่ใช้ประมาณ 0.06 kW เนื่องจากความดันด้านสูงยังคงน้อยกว่ากรณีที่เครื่องปรับอากาศไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ทำน้ำร้อน

กำลังไฟฟ้าที่ใช้โดยเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศในช่วง 8 ชั่วโมงอยู่ที่ 1.215 kW น้อยกว่ากรณีแรก 5.29% ในขณะที่พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1.218 kWh ต่อชั่วโมงน้อยกว่ากรณีแรก 6.85% ได้พลังงานจากการผลิตน้ำร้อน 14693 kJ ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมงหรือที่อัตรา 0.51 kW สามารถดึงความร้อนกลับมาใช้งานได้ 15.75% ของความร้อนทิ้งที่คอนเดนเซอร์

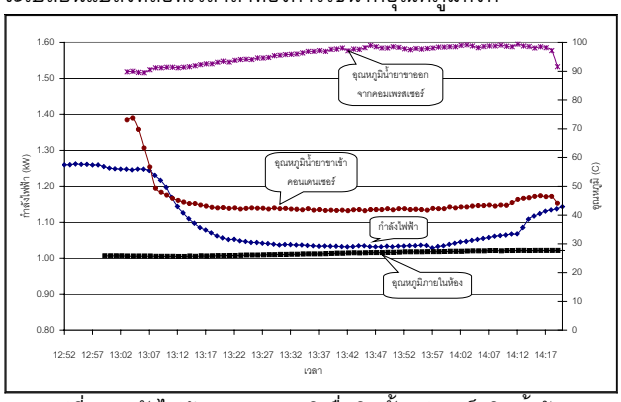


รูปที่ 5 กำลังไฟฟ้าและอุณหภูมิเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนและไม่มีการใช้น้ำร้อน

4.3 การทดสอบที่ 3 - เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนและมีการใช้น้ำร้อน

ผลการตรวจวัดแสดงไว้ดังรูปที่ 6 และ 7 หลังจากน้ำสะสมความร้อนไว้เป็นเวลา 11 ชั่วโมง เมื่อเริ่มนำน้ำร้อนในอุปกรณ์ทำน้ำร้อนไปใช้งาน อุณหภูมิไอร้อนที่ออกจากคอมเพรสเซอร์เริ่มขยับเพิ่มขึ้น น้ำเติมที่ไหลเข้าจะผสมกับน้ำภายในอุปกรณ์ทำน้ำร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำโดยรวมลดลงก่อนที่จะไหลออกไปใช้งาน ในช่วงแรกความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออกยังอยู่ในเกณฑ์ที่สูง แต่เมื่อมีการใช้น้ำอย่างต่อเนื่องความแตกต่างของอุณหภูมิขาเข้าและขาออกของน้ำไหลผ่านจะเริ่มลดลงเรื่อยๆ เมื่ออุณหภูมิของน้ำร้อนภายในอุปกรณ์ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้า อุณหภูมิอากาศภายในห้องจะสูงขึ้นเล็กน้อย จากการที่อุณหภูมิของน้ำภายในอุปกรณ์ลดลง ทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ไหลออกจากอุปกรณ์ทำน้ำร้อนหรือที่ไหลเข้าคอนเดนเซอร์ลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิและความดันด้านสูงของสารทำความเย็นภายในระบบลดลง กำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ใช้ลดลงสอดคล้องกับอุณหภูมิภายในเครื่องทำน้ำร้อนที่ลดลง เมื่อความร้อนสะสมที่เก็บไว้ในรูปของน้ำร้อนในช่วงที่ไม่มีน้ำไหลผ่านเริ่มหมดไปจากการใช้น้ำอย่างต่อเนื่อง การถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำไหลผ่านกับไอร้อนของสารทำความเย็นที่ไหลออกจากคอมเพรสเซอร์จะเป็นแบบเฉียบพลัน กล่าวคือของไหลทั้งสองจะแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งกันและกันแล้วไหลออกจากเครื่องทำน้ำร้อนทันที เนื่องจากความสามารถทางความร้อนของสารทำความเย็น (Heat Capacity) มีน้อยกว่าของน้ำมาก ทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นลดลงอย่างมาก ในขณะที่อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อุปกรณ์ทำน้ำร้อนไม่ได้ถูกออกแบบเพื่อรองรับการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเฉียบพลัน ทำให้อุณหภูมิขาออกของน้ำไม่สูงขึ้นมากนัก อุณหภูมิของน้ำขาออกจะเพิ่มขึ้นถ้าลดอัตราการไหลของน้ำลง

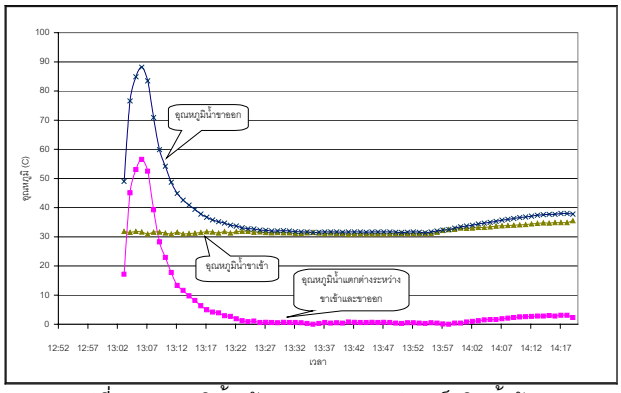
ในการทดสอบอุปกรณ์ทำน้ำร้อนมีขนาด 100 ลิตร น้ำร้อนไหลออกที่อัตราการไหล 18 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิของน้ำในอุปกรณ์ทำความร้อนเริ่มต้นที่ 77.1°C อุณหภูมิของน้ำไหลเข้าที่ 31.3°C ความแตกต่างสูงสุดระหว่างน้ำขาเข้าและขาออกจากเครื่องทำน้ำร้อนอยู่ที่ 56.5°C ณ จุดเริ่มต้น เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 15 นาทีความแตกต่างจะลดลงเหลือน้อยกว่า 5°C หรือมีน้ำร้อนให้ใช้ได้ประมาณ 15 นาที อย่างไรก็ดีในสภาวะการใช้งานจริง น้ำร้อนที่เอาไปใช้จะถูกผสมกับน้ำเย็นอีกทีหนึ่ง อัตราการใช้น้ำร้อนจริงอาจจะน้อยกว่าที่ได้ทดสอบ ส่งผลให้มีน้ำร้อนใช้ในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น แต่อุณหภูมิของน้ำที่ไหลออกก็ยังคงลดลงเรื่อยๆ อัตราส่วนการผสมระหว่างน้ำร้อนและน้ำเย็นจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาถ้าต้องการใช้น้ำที่อุณหภูมิคงที่



รูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าและอุณหภูมิเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนและมีการใช้น้ำร้อน

ในช่วง 15 นาทีแรก กำลังไฟฟ้าที่ใช้โดยเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศเท่ากับ 1.182 kW น้อยกว่ากรณีแรก 7.9% ในขณะที่พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1.280 kWh ต่อชั่วโมงน้อยกว่ากรณีแรก 2.07% ได้พลังงานจากการผลิตน้ำร้อน 29,140 kJ ในช่วงเวลา 15 นาทีแรก

หรือคิดเป็นพลังงานโดยเฉลี่ย 34.7 kW หลังจาก 15 นาทีผ่านไป กำลังไฟฟ้าที่ใช้โดยเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศ 1.042 kW น้อยกว่ากรณีแรก 18.8% ในขณะที่พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1.065 kWh ต่อชั่วโมงน้อยกว่ากรณีแรก 18.49% ได้พลังงานจากการผลิตน้ำร้อน 6,200 kJ หรือคิดเป็นอัตรา 0.66 kW ความร้อนทิ้งที่นำกลับมาใช้งานได้ประมาณ 20.38% ของความร้อนทิ้งที่คอนเดนเซอร์



รูปที่ 7 อุณหภูมิน้ำเข้าและออกจากอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน

5. สรุป

การติดตั้งอุปกรณ์ทำน้ำร้อนเข้ากับเครื่องปรับอากาศเดิมทำให้ความดันด้านสูงลดลงส่งผลให้มีการใช้พลังงานน้อยลง และยังสามารถนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ได้ ถึงแม้ว่าจะได้น้ำร้อนออกมาใช้ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบอุปกรณ์ทำน้ำร้อนทั้งสองแบบกับการใช้เครื่องปรับอากาศโดยไม่มีอุปกรณ์ทำน้ำร้อน

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการใช้พลังงาน

หัวข้อ	แบบที่ 1 ไม่ใช้น้ำร้อน (8 ชั่วโมง)	แบบที่ 2 ใช้น้ำร้อน	
		15 นาทีแรก	หลัง 15 นาที
กำลังไฟฟ้า (kW)	1.215 (5.29%)	1.182 (7.9%)	1.042 (18.8%)
พลังงานไฟฟ้า (kWh/hr)	1.218 (6.85%)	1.280 (2.07%)	1.065 (18.49%)
อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น/ไหลเข้า	34.8°C	31.3°C	31.3°C
อุณหภูมิน้ำสุดท้าย/ไหลออก	69.9°C	77.1°C	32.5°C
ความร้อนที่ดึงกลับมาใช้ประโยชน์	15.75%	-	20.38%

ถ้านำน้ำร้อนที่ได้จากการสะสมความร้อนไว้แล้วที่อุณหภูมิ 69.9°C จำนวน 100 ลิตรไปผสมกับน้ำที่อุณหภูมิ 25°C เพื่อให้ได้น้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 38°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิทั่วไปสำหรับใช้อาบน้ำ จากการคำนวณ จะทำให้มีน้ำอุ่นใช้ปริมาณ 345.4 ลิตร ถ้าต้องการให้น้ำที่ผสมได้มีอุณหภูมิอื่น ปริมาณน้ำที่ผสมได้จะเปลี่ยนไปตามตารางที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบการใช้งานอุปกรณ์ทำน้ำร้อนทั้งสองแบบ จะเห็นได้ว่าการใช้น้ำในแบบที่สอง (หลังจาก 15 นาทีแรก) จะสามารถลดกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเนื่องจากน้ำไหลเวียนที่อุณหภูมิต่ำช่วยระบายความร้อนได้ดี ทำให้อุณหภูมิและความดันด้านสูงลดลง แต่อย่างไรก็ดีเนื่องจากน้ำมีการไหลผ่านอยู่ตลอดเวลา ความร้อนไม่สามารถสะสมได้ทัน ทำให้น้ำร้อนที่นำไปใช้งานมีอุณหภูมิต่ำมาก ซึ่งอาจจะไม่สามารถนำไปใช้งานได้ อย่างไรก็ดี สามารถนำไปประยุกต์ใช้ควบคู่กับอุปกรณ์ทำน้ำร้อนแบบขดลวดไฟฟ้า ในกรณีที่ต้องการให้อุณหภูมิของน้ำใช้งานสูงขึ้นจนถึงระดับใช้งาน

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำที่ได้จากการผสม ณ อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิน้ำผสม (°C)	ปริมาณน้ำที่ได้ (ลิตร)	อุณหภูมิน้ำผสม (°C)	ปริมาณน้ำที่ได้ (ลิตร)
37	374.2	40	299.3
38	345.4	41	280.6
39	320.7	42	264.1

การติดตั้งอุปกรณ์ทำน้ำร้อนจะทำให้อุณหภูมิห้องปรับอากาศสูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากอุณหภูมิและความดันด้านสูงลดลง ส่งผลกระทบต่ออัตราการไหลของสารทำความเย็นภายในเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากอุปกรณ์ลดความดันเป็นแบบไส้ท่อ (Capillary Tube) มีขนาดความยาวคงที่ การควบคุมการไหลจะขึ้นอยู่กับความดันแตกต่างระหว่างด้านสูงและด้านต่ำ เมื่อความดันแตกต่างลดลง อัตราการไหลของสารทำความเย็นก็จะลดลง เพื่อรักษาสมดุลภายในระบบ ระบบจะพยายามปรับความดันด้านต่ำให้สูงขึ้นเล็กน้อยเพื่อลด Superheat ของสารทำความเย็นที่ไหลออกจากอุปกรณ์ลดความดัน ทำให้อุณหภูมิของคอล์ยเย็นสูงขึ้น ลมเย็นที่ออกมาก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย เมื่ออัตราการไหลของลมเย็นเท่าเดิม อุณหภูมิของห้องก็จะสูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งอาจจะแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ปรับความดันเป็นแบบวาล์วลดความดันอัตโนมัติแทนการใช้ Capillary Tube เพื่อปรับอัตราการไหลให้สอดคล้องกับภาระความร้อนและความดันแตกต่าง อย่างไรก็ดีโดยภาพรวมแล้วเมื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียแล้ว อุณหภูมิที่สูงขึ้นเล็กน้อยกับพลังงานที่ประหยัดได้ เครื่องทำน้ำร้อนประเภทนี้สามารถใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศ อีกทั้งยังได้น้ำร้อนออกมาใช้งานอีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท แอดวานซ์ เอ็กซเซนจ์ เทคโนโลยี จำกัด และสถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนการทดสอบครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ASHRAE 1998. ASHRAE Handbook: Refrigeration. USA.

[2] Kreider, J.F. and Rabl, A., 1994. Heating and Cooling of Buildings: Design for Efficiency. McGraw-Hill, USA.

[3] Van Wylen G.J. and Sonntag, R.E., 1985. Fundamentals of Classical Thermodynamics. 3rd Edition, John Wiley & Sons, Singapore.

[4] Holman, J.P. Experimental methods for engineers. 7th Edition, McGraw-Hill, New Delhi.