การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบเคลื่อนที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
Maximizing the Utilization of Air Conditioning Unit's Energy

ธีรพจน์ เวศพันธุ์[1], นิศากร สมสุข[1], ธีรพงศ์ บริรักษ์[1], สมบัติ ทีฆทรัพย์[2]

บทคัดย่อ

ในภาวะวิกฤตทางพลังงานในปัจจุบัน การใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดเป็นเรื่องจำเป็น โดยปกติแล้วเครื่องปรับอากาศจะมีความร้อนเหลือทิ้งสู่บรรยากาศ หากนำความร้อนเหลือทิ้งเหล่านี้กลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้มากและช่วยลดปริมาณการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้อีกด้วย งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องปรับอากาศเคลื่อนที่ขนาด 9,000 บีทียู/ชั่วโมง ให้สามารถผลิตน้ำอุ่นจากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศกลับมาใช้ใหม่ เพื่อทำให้การใช้พลังงานเกิดประโยชน์สูงสุด จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) มีค่าระหว่าง 3.1-4.8 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพประหยัดพลังงานสูงกว่ามาตรฐานเบอร์ 5 ส่วนน้ำอุ่นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศมีอุณหภูมิระหว่าง 35-43°C สามารถนำไปใช้ในครัวเรือน หรือใช้อุ่นน้ำเพื่อช่วยลดระยะเวลาและพลังงานในการต้มน้ำ ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำน้ำอุ่นได้สูงสุดถึงปีละ 3,996.7 kWh จากการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนพบว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุนและมีระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 1 ปี

คำสำคัญ: การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่, เครื่องปรับอากาศเคลื่อนที่

Abstract

Today the energy crisis has made it necessary to optimization use of energy. An air conditioning unit has the waste heat exhaust to the environment and heat recovery from the unit can reduce energy cost and also in addition to using the heat to produce energy. This research aims to design and fabricate a portable water cooled 9,000 BTU/hr. air conditioning unit by using the warmed water from waste heat recovery. The water cooled condenser will utilization the unit's energy. Cooling system

[1]อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

[2]คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

evaluation of this new unit showed that the Coefficient of Performance (COP) is between 3.1-4.8 which meets the minimum energy performance standards (MEPS), Thailand energy label No. 5. Temperature of warm water produced is in the range of 35-43 °C. Heat recovered from the system can reduce energy for heating water by approximately 3,996.70 kWh per year. The unit can payback for itself in approximately 1 year.

Keywords: waste heat recovery, portable air conditioning unit

---

ความนำ

เครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปจะมีความร้อนที่ต้องระบายทิ้งออกจากคอนเดนเซอร์ คิดเป็นพลังงานจำนวนมากที่สูญเสียไปโดยไม่เกิดประโยชน์ และก่อให้เกิดมลภาวะทางความร้อนต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ดังนั้นหากนำความร้อนส่วนที่เครื่องปรับอากาศระบายทิ้งบริเวณนอกห้องมาใช้งานให้เกิดประโยชน์ ก็จะเป็นการอนุรักษ์พลังงานและเป็นการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นหากนำเครื่องปรับอากาศมาผลิตน้ำอุ่นเพื่อทดแทนการผลิตน้ำอุ่นในสถานประกอบการด้วยไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงฟอซซิลชนิดอื่นก็จะได้น้ำอุ่นมาใช้งานฟรี โดยไม่ต้องใช้พลังงานและยังช่วยรักษาสภาพแวดล้อมไม่ให้เกิดสภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่ง

ฐิติพร ถมยาพิทักษ์ (ฐิติพร, 2545) ได้ศึกษาการทำน้ำร้อนจากความร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 บีทียู/ชั่วโมง โดยใช้เครื่องควบแน่นระบายความร้อนด้วยน้ำ พบว่าสามารถผลิตน้ำร้อนได้อุณภูมิเฉลี่ย 36 °C ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 ลิตรต่อนาที และมีระยะเวลาคืนทุนของระบบทำน้ำร้อนประมาณ 6-9 เดือน

ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริและคณะ (ภาวิณี, 2550) ได้ศึกษาระบบการนำความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมาทดแทนการใช้ไฟฟ้าในการทำน้ำอุ่นในบ้านพักอาศัยโดยดึงพลังงานความร้อนบางส่วนจากสารทำความเย็นมาทำน้ำอุ่นสะสมไว้ตอนกลางคืนเพื่อนำมาใช้ในการอาบน้ำเวลากลางวัน พบว่าสามารถทำน้ำอุ่นให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 8 °C มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1 ปี 7 เดือน

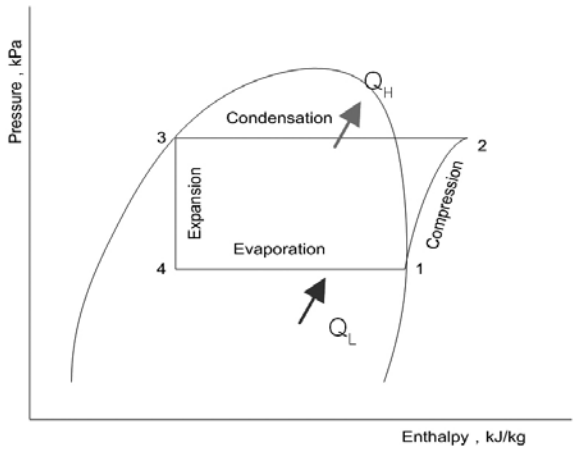
สถาบันวิศวกรรมพลังงานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สถาบันวิศวกรรมพลังงานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546) ได้ทำการทดสอบเครื่องทำน้ำร้อนจากระบบปรับอากาศที่บริษัททำขึ้นเพื่อจำหน่าย โดยทดสอบกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,500 บีทียู/ชั่วโมง พบว่าเมื่อติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนเข้ากับเครื่องปรับอากาศแล้วจะสามารถประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศลงได้ 6-18% และสามารถทำน้ำอุ่นได้โดยไม่ใช้พลังงานเพิ่มเติมเทียบเท่าการใช้ขดลวดไฟฟ้าขนาด 0.66 kW

ถึงแม้ว่าขณะนี้มีผู้ประกอบการนำระบบปรับอากาศที่มีการนำความร้อนทิ้งมาทำน้ำอุ่นมาจำหน่าย แต่ระบบเหล่านี้ล้วนมีขนาดใหญ่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น Condensing unit ซึ่งเป็นจุดที่ผลิตน้ำร้อนติดตั้งแยกจาก Fan coil unit ซึ่งอยู่ในบริเวณที่ทำความเย็น จึงทำให้การทำน้ำร้อนที่ได้ถูกจำกัดอยู่ในบริเวณที่ติดตั้ง condensing unit ซึ่งหากต้องการนำน้ำร้อนไปใช้ในบริเวณอื่น ก็ต้องเดินท่อน้ำอุ่นไปยังบริเวณที่ต้องการ ทำให้ต้องเสียงบประมาณในการลงทุนเดินท่อจำนวนมาก และน้ำอุ่นเมื่อไหลผ่านท่อแล้วก็จะเกิดการสูญเสียความร้อน ทำให้ไม่สามารถเดินท่อน้ำอุ่นเป็นระยะทางมากนัก

งานวิจัยนี้ได้ตระหนักในความสำคัญของปัญหาการสูญเสียความร้อนเมื่อไหลผ่านท่อ และข้อจำกัดในการใช้งานเครื่องปรับอากาศหรือใช้น้ำอุ่นในที่ต่าง ๆ จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องปรับอากาศที่สามารถเคลื่อนที่ได้และสามารถนำไปใช้ยังบริเวณที่ต้องการทำความเย็นและการใช้น้ำอุ่นในบริเวณเดียวกันได้ โดยไม่ต้องเดินท่อ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในภาคสนามได้อีกด้วย หรือหากต้องการน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิสูงมาก ๆ ก็สามารถนำความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศนี้ไปอุ่นน้ำ (pre-heat) ก่อนเข้าสู่เครื่องทำความร้อนหลักของระบบได้ หรือสามารถนำเครื่องปรับอากาศเคลื่อนที่นี้ไปใช้เป็นระบบความเย็นเสริมในบริเวณที่มีภาระความเย็นมากเกินความสามารถของระบบปรับอากาศหลักได้

ทฤษฎี

ระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 4 อย่างคือ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน อีวาโปเรเตอร์หรือคอยล์เย็น และอุปกรณ์ลดความดัน เมื่อนำอุปกรณ์มาประกอบเข้าด้วยกันจะได้วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอดังภาพ 1



ภาพ 1 วัฏจักรการทำความเย็นบน P-h Diagram

หลักการของเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปเริ่มจากสารทำความเย็นเหลวไหลเข้าสู่วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) ทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิและความดันลดลง เมื่อสารทำความเย็นไหลต่อไปยังคอยล์เย็น สารทำความเย็นจะรับเอาความร้อนจากอากาศรอบคอยล์เย็นเข้ามา เนื่องจากอากาศบริเวณข้างเคียงมีอุณหภูมิสูงกว่าสารทำความเย็น ทำให้สารทำคามเย็นเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอโดยที่อุณหภูมิและความดันยังคงที่ ไอสารทำความเย็นจะถูกดูดเข้าสู่คอมเพรสเซอร์และถูกอัดให้มีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น ไอร้อนของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์จะถูกส่งต่อไปยังคอนเดนเซอร์ เนื่องจากสารทำความเย็นมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอก ความร้อนของสารทำความเย็นที่อยู่ภายในคอนเดนเซอร์จึงถูกถ่ายเทออกไปให้อากาศซึ่งอยู่ภายนอกและเริ่มควบแน่นกลับมาเป็นของเหลว จากนั้นก็ไหลเข้าสู่วาล์วลดความดันอีกครั้งหนึ่ง (McQuiston, 2005)

ในการวัดประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นนิยมใช้สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น ($COP^{cooling}$) ซึ่งก็คืออัตราส่วนระหว่างความเย็นที่สามารถทำได้กับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องดังสมการที่ 1

$$COP_{cooling} = \frac{Q_L}{W} \qquad (1)$$

โดยที่

Q_L คือ ความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้ (W)

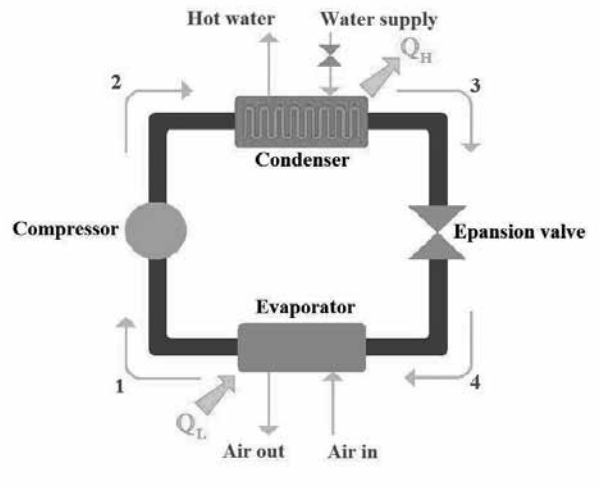
W คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยคอมเพรสเซอร์ (W)

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือ ความดันด้านสูงหรืออุณหภูมิภายในคอนเดนเซอร์ ถ้าอุณหภูมิหรือความดันด้านสูงลดลงจะทำให้กำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ต้องใช้ลดลงซึ่งจะทำให้ประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศลงได้ ดังนั้นการผลิตน้ำอุ่นจากความร้อนเหลือทิ้งบริเวณคอนเดนเซอร์โดยให้น้ำไหลผ่านซึ่งปกตินำจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศอยู่แล้วและมีค่าการพาความร้อนดีกว่าอากาศมากจึงสามารถช่วยลดอุณหภูมิและความดันด้านสูงลงไปอีกด้วย

การออกแบบและการทดสอบ

การออกแบบเครื่องปรับอากาศเคลื่อนที่

การออกแบบเครื่องปรับอากาศเคลื่อนที่เป็นการออกแบบภายใต้แนวคิดประหยัดพื้นที่ติดตั้ง อุปกรณ์ทุกชิ้นรวมอยู่ในโครงเดียวกัน สามารถเคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่ใช้งานได้โดยสะดวก สามารถจ่ายลมเย็นและผลิตน้ำอุ่นได้พร้อมกัน ควบคุมอุณหภูมิอากาศในห้องโดยใช้เทอร์โมสตรัทและมีวาล์วปรับอัตราการจ่ายน้ำร้อนได้ สารทำความเย็นที่ใช้คือ R-22 การทำน้ำอุ่นจากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศแบบเคลื่อนที่แสดงในภาพ 2 เครื่องควบแน่นสามารถระบายความร้อนออกไปโดยใช้น้ำจากแหล่งจ่ายน้ำภายนอกไหลผ่าน โดยมีวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำ



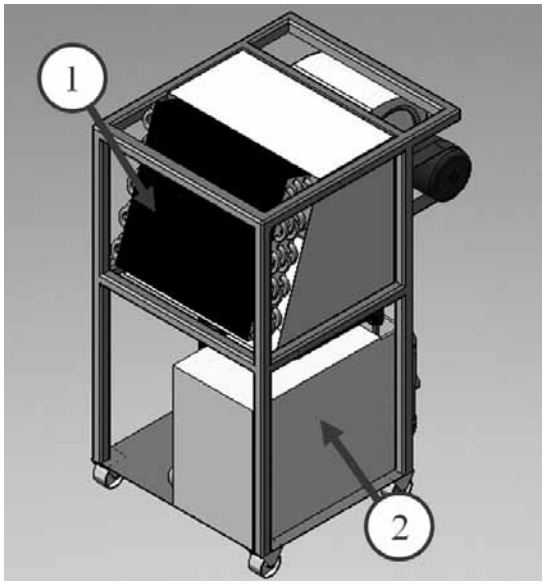
ภาพ 2 วงจรทำน้ำอุ่นจากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศแบบเคลื่อนที่

รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศที่ได้ออกแบบแสดงไว้ในตาราง 1 และส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศแสดงไว้ในภาพ 3 และ 4 เครื่องปรับอากาศที่ประกอบเสร็จดังแสดงในรูปที่ 5

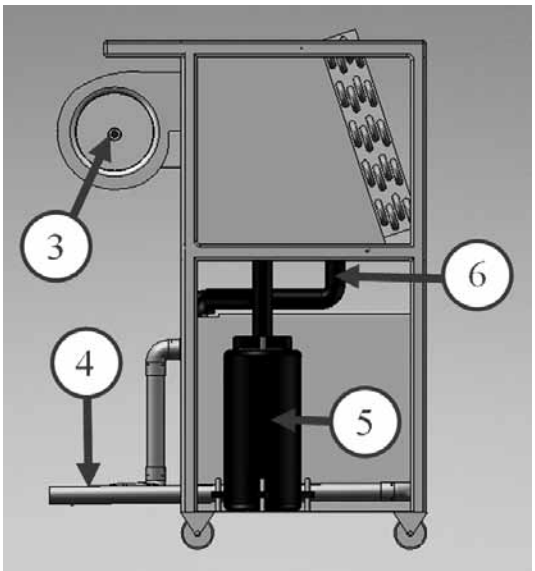
ตาราง 1

รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศ

ความสามารถในการทำความเย็น	9,000 BTUs
สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น	3.1
การใช้พลังงานไฟฟ้า	0.65 kW
แรงดัน / ความถี่ / เฟส	220V / 50Hz / 1 เฟส
น้ำหนัก	20 kg
ขนาด (กว้าง × ยาว × สูง)	43cm × 43cm × 75cm



ภาพ 3 ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศจากการออกแบบ



ภาพ 4 ด้านข้างของเครื่องปรับอากาศจากการออกแบบ

ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศตามรูปที่ 3-4

1. คอยล์เย็น
2. เครื่องควบแน่น
3. พัดลมระบายอากาศ
4. ท่อน้ำเย็นเข้า ท่อน้ำอุ่นออก
5. คอมเพรสเซอร์
6. ท่อสารทำความเย็น

ภาพ 5 เครื่องปรับอากาศพร้อมชุดควบคุม

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศจะทำการควบคุมอุณหภูมิของอากาศในห้องให้คงที่ที่ 25°C โดยทดสอบสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ หาค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำขาเข้าและอุณหภูมิน้ำขาออก วัดอุณหภูมิน้ำร้อนที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ ทดสอบหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะสามารถนำน้ำร้อนไปใช้ได้ และการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อัตราการไหลของน้ำต่าง ๆ กันเทียบกับเวลา ในขณะที่คอมเพรสเซอร์ยังคงทำงานอยู่ตลอดเวลาเพื่อผลิตน้ำร้อน

ตาราง 2

เปรียบเทียบข้อจำกัดของเครื่องปรับอากาศแบบต่าง ๆ

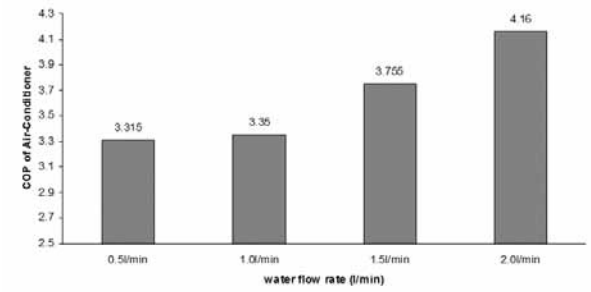
	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	**เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ติดตั้งเครื่องทำอุ่น**	**เครื่องปรับอากาศเคลื่อนที่ที่ติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่น**
การติดตั้ง	ติดตั้งถาวร	ติดตั้งถาวร	เคลื่อนที่ได้สามารถเคลื่อนย้ายไปยังที่ต้องการใช้งานได้
ระบบระบายความร้อน	อากาศ	น้ำ และอากาศ	น้ำ
การทำน้ำอุ่น	ไม่สามารถทำน้ำอุ่นได้	ใช้ท่อสารทำความเย็นไหลเข้าเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนในถังเก็บน้ำอุ่นที่ติดตั้งไว้ต่างหาก	ใช้น้ำเย็นไหลผ่าน คอยล์ร้อนโดยตรง ช่วยประหยัดพื้นที่ในการติดตั้งถังเก็บน้ำอุ่น
ข้อจำกัดในการนำน้ำอุ่นไปใช้	ไม่สามารถทำน้ำอุ่นได้	เนื่องจากเครื่องติดตั้งถาวร เมื่อต้องการใช้อุ่นในบริเวณที่ไกลออกไป จะต้องติดตั้ง/เดินท่อน้ำไปยังบริเวณที่ต้องการใช้น้ำอุ่น ทำให้สูญเสียพลังงานความร้อน	เคลื่อนย้ายเครื่องไปใกล้บริเวณที่ต้องการใช้น้ำอุ่น ทำให้ไม่สูญเสียความร้อนในท่อ

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศ

จากผลการทดสอบเครื่องปรับอากาศที่อัตราการไหลของน้ำ 0.5l/min, 1.0l/min, 1.5l/min และ 2.0l/min เครื่องปรับอากาศมีค่า COP เท่ากับ 3.315, 3.350, 3.755 และ 4.160 ตามลำดับ ซึ่งถือได้ว่าเครื่องปรับอากาศที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่ามาตรฐานเบอร์ 5 ที่กำหนดค่า COP ขั้นต่ำไว้เท่ากับ 3.11 คอมเพรสเซอร์ที่นำมาใช้ทดสอบนี้ได้ผ่านการใช้งานมาแล้วจึงทำให้มีประสิทธิภาพเชิงพลังงานไม่สูงนัก หากนำคอมเพรสเซอร์ใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานมาใช้จะสามารถเพิ่มค่า COP ได้มากขึ้น

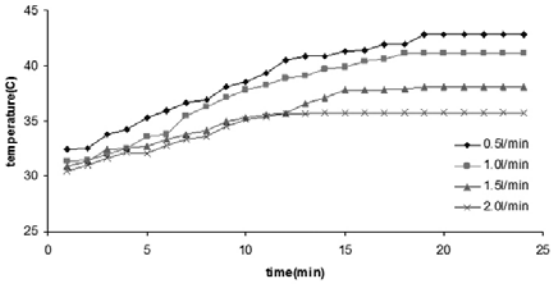
จากภาพ 6 จะเห็นว่าค่า COP ของเครื่องปรับอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านคอนเดนเซอร์ ดังนั้นเครื่องปรับอากาศจึงสามารถเพิ่มค่า COP ได้โดยการปรับอัตราการไหลของน้ำให้สูงขึ้น แต่การเพิ่มอัตรการไหลของน้ำจะมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ได้ ดังนั้นในการใช้งานจริงควรพิจารณาถึงอุณหภูมิน้ำอุ่นที่ต้องการใช้งานด้วย



ภาพ 6 ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศที่อัตราการไหลของน้ำต่าง ๆ

อุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ได้

จากผลการทดสอบ อุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ได้จากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศโดยใช้อุณหภูมิน้ำป้อนเป็น 26°C ขณะเริ่มทำการทดสอบอุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ได้มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาที ทำการทดสอบที่อัตราการไหลของน้ำ 0.5l/min, 1.0l/min, 1.5l/min และ 2.0l/min น้ำอุ่นที่ได้มีอุณหภูมิเท่ากับ 42.85°C, 41.15°C, 38.05°C และ 35.8°C ตามลำดับดังภาพ 7



ภาพ 7 อุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ได้จากความร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศที่อัตราการไหลของน้ำต่าง ๆ เทียบกับเวลา

จากภาพ 7 จะเห็นว่าน้ำอุ่นที่ได้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 35-45°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถนำไปใช้งานในธุรกิจ เช่น สปาหรือร้านตัดผมได้ หรือหากนำไปใช้ในการทำน้ำอุ่นอาบในครัวเรือนก็มีความเหมาะสมเช่นกัน แต่หากต้องการน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่านี้ก็สามารถทำได้โดยปรับลดอัตราการไหลของน้ำลง แต่การกระทำเช่นนี้จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศลดต่ำลงด้วย ดังนั้นการใช้น้ำในอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ จึงควรมีแหล่งความร้อนอื่นร่วมด้วย เช่น การใช้ไฟฟ้าในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำในขั้นที่สอง เนื่องจากอุณหภูมิของสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิประมาณ 70-80°C เท่านั้น จึงไม่สามารถทำน้ำให้มีอุณหภูมิสูงมากได้

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ในการสร้างต้นแบบเครื่องปรับอากาศพร้อมเครื่องทำน้ำอุ่นนั้น ใช้เงินลงทุนประมาณ 10,000 บาท กำหนดให้อายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศเท่ากับ 5 ปี จากการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนตามที่แสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าการผลิตน้ำอุ่นจากพลังงานเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศนั้น หากใช้งานวันละ 8 ชั่วโมง โดยปรับอัตราการไหลของน้ำเป็น 2.0l/ min จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำอุ่นได้สูงสุดถึงปีละ 3,996.70 kWh หรือคิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ถึง

13,988.45 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.71 ปี ส่วนที่อัตราการไหล 1.5l/min, 1.0l/min และ 0.5l/min นั้น มีระยะเวลาคืนทุน 0.78 ปี 0.92 ปี และ 1.66 ปี ตามลำดับ

ตาราง 3

เปรียบเทียบพลังงานที่ประหยัดได้ที่อัตราการไหลต่าง ๆ

อัตราการไหลของน้ำ	**0.5l/min**	**1.0l/min**	**1.5l/min**	**2.0l/min**
ปริมาณน้ำอุ่นที่ได้ต่อวัน: ใช้งาน 8 ชม./วัน	240	480	720	960
ΔT ของน้ำอุ่นที่ได้ (องศา C)	16.85	15.15	12.05	9.80
ปริมาณของพลังงานที่ประหยัดได้/วัน	4.71	8.46	10.10	10.95
ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้/ปี	1717.97	3089.29	3685.73	3996.70
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี	6012.89	10812.50	12900.07	13988.45
ระยะเวลาคืนทุน	**1.66ปี**	**0.92ปี**	**0.78ปี**	**0.71ปี**

สรุป

ผลจากการทดสอบเครื่องปรับอากาศพบว่ามีประสิทธิภาพการทำความเย็นอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ระบบทำน้ำอุ่นสามารถผลิตน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจากน้ำป้อนประมาณ 10-16°C เครื่องปรับอากาศที่สร้างขึ้นนี้สามารถเคลื่อนย้ายไปยังจุดที่ต้องการใช้งานได้สะดวก เหมาะสมสำหรับสถานประกอบการหรือครัวเรือนที่มีความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศและมีการใช้น้ำอุ่นในขณะเดียวกัน ในการลงทุนสร้างเครื่องปรับอากาศชนิดดังกล่าวมีระยะเวลาคืนทุนสั้น อยู่ระหว่าง 0.71-1.66 ปี โดยขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน

ข้อดีของเครื่องปรับอากาศเคลื่อนที่ที่สร้างขึ้นคือประหยัดพลังงานและสามารถผลิตน้ำอุ่นได้โดยไม่เสียค่าไฟฟ้าเพิ่มเติม ไม่มีมลภาวะเนื่องจากใช้ความร้อนที่เหลือทิ้งจากระบบปรับอากาศ ที่สามารถเคลื่อนย้ายไปยังจุดที่ต้องการใช้งานได้โดยสะดวก ผลการประหยัดพลังงานและปริมาณน้ำอุ่นที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ

เอกสารอ้างอิง

ฐิติพร ถมยาพิทักษ์. (2545). *การทำน้ำร้อนจากความร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศ.* วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ, ต่อศักดิ์ จันทร์ทัน, ฑณวรรธน์ โชติวงษ์ และ สมิต เจริญเวทย์วุฒิ. (2550). *ระบบการนำความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมาทดแทนการใช้ไฟฟ้าในการทำน้ำอุ่นในบ้านพักอาศัย.*การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21 (TSF55), ชลบุรี, ประเทศไทย.

สถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.(2546). *รายงานผลการทดสอบเครื่องทำน้ำร้อน PAC.* กรุงเทพฯ: แอดวานซ์ เอกซเชนจ์ เทคโนโลยี.

McQuiston, F. C., Parker, J. D., & Spitler, J. D. (2005). *Heating, Ventilating, and Air Conditioning Analysis and Design* (5th. ed.). NewYork: John Wiley&Sons.

Incropera, F. P. & DeWitt, D. P. (1996). *Inroduction to Heat Transfer* (3rd. ed.). NewYork: John Wiley&Sons.