

## ระบบการนำความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมาทดแทนการใช้ไฟฟ้าใน การทำน้ำอุ่นในบ้านพักอาศัย

### Small Air Conditioner's Waste Heat Recovery for Household Warm Water System

ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ<sup>1\*</sup>, ต่อศักดิ์ จันทรทัณฑ์<sup>1</sup>, ทนวรรณ์ โชติวงษ์<sup>1</sup>, สมิต เจริญเวทย์วุฒิ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

โทร. 038 745 900 ต่อ 3387, ต่อ 3385 กด 108 แฟกซ์ 038 745806\* อีเมล [pawinee@buu.ac.th](mailto:pawinee@buu.ac.th)

Pawinee Suksuntornsiri<sup>1\*</sup>, Torsak Jantan<sup>2</sup>, Tanawat Choti Wong<sup>1</sup>, and Samit Charoenwatewut<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Burapha University,

Chon Buri, 20131, Thailand

Tel: 038 745 900 ext.3387, 3385 press 108 Fax: 038 745 806, \* E-mail: [pawinee@buu.ac.th](mailto:pawinee@buu.ac.th)

#### บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาและออกแบบระบบในการนำปริมาณความร้อนที่ระบายทิ้งจากคอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศขนาดเล็กในการนำมาใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าในการทำน้ำอุ่นในการอาบน้ำ ซึ่งเป็นการใช้งานตามปกติในครัวเรือนที่ต้องการการปรับอากาศในห้องนอนในตอนกลางคืนและใช้น้ำอุ่นในการอาบน้ำในตอนเช้าและตอนค่ำในการศึกษานี้ได้ทำการประเมินปริมาณความร้อนที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์ว่าพอเพียงต่อความต้องการพลังงานความร้อนที่ต้องการใช้ในการทำน้ำอุ่นหรือไม่จากนั้นทำการออกแบบระบบแลกเปลี่ยนความร้อน โดยเดินท่อให้สารทำความเย็นเข้าไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำในถังเก็บน้ำอุ่น จากทดสอบหลังการติดตั้งระบบพบว่าอุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ได้มีค่าสูงขึ้นจากอุณหภูมิน้ำป้อนประมาณ 8 °C แต่การติดตั้งระบบทำน้ำอุ่นจากความร้อนที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์นี้จะทำให้คอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศต้องการกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่การลงทุนนี้ก็มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ โดยในการลงทุนติดตั้งระบบทำน้ำอุ่นดังกล่าวพบว่ามีมูลค่าในการลงทุนโดยมีระยะเวลาในการคืนทุน 1 ปี 7 เดือน

#### Abstract

Electricity supplied for showering water is substituted by waste heat from a small split-type air conditioning system. During passing the condenser, the refrigerant is normally cooled down by the ambient air. By this design, this waste heat is recovered for heating the water tank for showering. The demand of heat for warming water was found not over the supplied heat from the wasted heat from the AC condenser. After the high temperature refrigerant passed compressor, it enters the warm water tank

then enter the normal condenser. The test presents that the system could raise the water temperature for 8 °C. Although the compressor requires slightly higher electric power, installing the system was found economically feasible with 1 year and 7 months payback period.

#### 1. บทนำ

ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาแนวทางในการนำความร้อนเหลือทิ้งจากระบบปรับอากาศที่ใช้ในบ้านอยู่อาศัยที่ใช้เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กประมาณ 9000 Btu/h ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในห้องนอนขนาดเล็กทั่วไปซึ่งเครื่องปรับอากาศมักจะถูกเปิดใช้งานในเวลากลางคืน และปกติแล้วในบ้านพักอาศัยที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศเช่นนี้จะมีติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นด้วยไฟฟ้าเพื่อใช้ในการอาบน้ำในตอนเช้าและตอนค่ำด้วย จะเห็นว่าช่วงเวลาในการเปิดเครื่องปรับอากาศจะเป็นช่วงเวลาวานานในตอนกลางคืน ส่วนช่วงเวลาในการเปิดน้ำอุ่นใช้ในการอาบน้ำจะเป็นช่วงสั้นๆ ในเช้าและช่วงค่ำ ซึ่งช่วงเวลาในการเปิดเครื่องปรับอากาศและช่วงเวลาในการใช้น้ำอุ่นไม่ตรงกัน โดยในช่วงเวลาที่ระบบปรับอากาศทำงานนั้นจะต้องมีการระบายความร้อนทิ้งที่คอนเดนเซอร์จำนวนหนึ่งจากการจำลองสถานการณ์ในการใช้งานเครื่องปรับอากาศและทดสอบรอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์ดังแสดงในรูปที่ 1 พบว่าปริมาณความร้อนเหลือทิ้งจากคอนเดนเซอร์นั้นหากนำมาเก็บไว้เพื่อทำน้ำอุ่น น่าจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ทดแทนไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำอุ่นในการอาบน้ำในครัวเรือนได้ ซึ่งระบบเช่นนี้จะเหมาะสมกับสภาพการใช้งานที่มีความต้องการการทำความเย็นจากระบบการทำความเย็นและมีความต้องการการทำความร้อนที่มีขีดจำกัดของความต้องการอุณหภูมิไม่สูงไปกว่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นภายในคอนเดนเซอร์

## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินศักยภาพในการนำความร้อนเหลือทิ้งจากระบบปรับอากาศขนาดการทำทำความเย็นประมาณ 9000 Btu/h มาใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าในการทำน้ำอุ่นในการอาบน้ำในครัวเรือน โดยศึกษาปริมาณและคุณภาพของพลังงานความร้อนที่เหลือทิ้ง ว่าเพียงพอต่อความต้องการในการนำไปใช้ในการทำน้ำอุ่นได้มากน้อยเพียงใด

ประเมินและออกแบบระบบที่จะนำมาใช้ในการทำเครื่องทำน้ำอุ่นดังกล่าวให้มีความเหมาะสมทางทั้งด้านวิศวกรรมและทางด้านเศรษฐศาสตร์

## 3. การออกแบบ

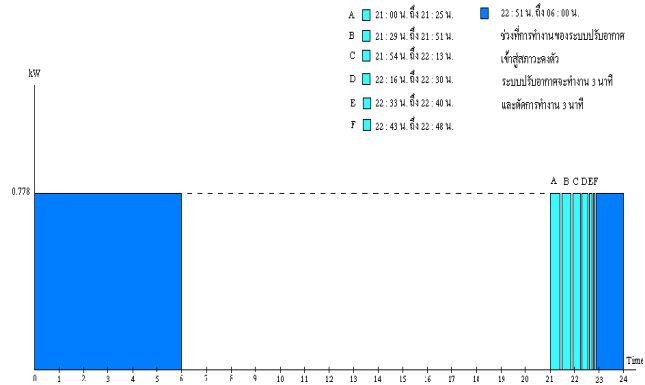
ทำการประเมินปริมาณและคุณภาพของความร้อนที่ปลดปล่อยออกจากคอนเดนเซอร์ว่าเพียงพอต่อความต้องการที่จะนำมาใช้ในการทำน้ำอุ่นหรือไม่ โดยเริ่มจากประเมินความต้องการความร้อนในการทำน้ำอุ่น (demand) และประเมินแหล่งความร้อนจากคอนเดนเซอร์ (supply) จากนั้นทำการออกแบบระบบโดยประเมินหาความยาวท่อสารทำความเย็นที่จะเดินในถังกักเก็บน้ำอุ่น ดังนี้

### 3.1 ความต้องการความร้อนในการทำน้ำอุ่น

ในด้านความต้องการความร้อนนั้น จากการประเมินจะสมมติให้ครอบครัวมีสมาชิกทั้งหมด 3 คน โดยให้แต่ละคนอาบน้ำประมาณ 50 ลิตรต่อครั้ง[1] ใช้เวลาในการอาบน้ำครั้งละ 15 นาที ในการอาบน้ำทั้งตอนเช้าและตอนค่ำ พบว่าปริมาณความร้อนที่ต้องการทำน้ำอุ่นที่ต้องการสำหรับการอาบน้ำ 1 วันเท่ากับ 15,048 kJ ที่อุณหภูมิประมาณ 40-43°C

### 3.2 ความเหมาะสมของความร้อนเหลือทิ้งจากคอนเดนเซอร์

จากการศึกษาการทำงานของเครื่องปรับอากาศขนาดการทำทำความเย็น 9000 Btu/h (ประมาณ 2.4 kW) โดยจำลองสถานการณ์ให้มีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศในห้องนอนขนาด 2.4mx2.4mx2.4m ช่วงเวลากลางคืนเวลา 21.00 น. โดยตั้งอุณหภูมิห้องปรับอากาศ 25 °C และปิดเครื่องปรับอากาศในตอนเช้าเวลา 6.00 น. ในคืนที่อุณหภูมิภายนอกห้องปรับอากาศ 28°C พบว่าคอมเพรสเซอร์มีการทำงานดังแสดงในรูปที่ 1 โดยในช่วงหัวค่ำเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ คอมเพรสเซอร์จะทำงานเป็นเวลา 25 นาที แล้วหยุด 4 นาที จากนั้นจะทำงาน เป็นเวลา 21 นาที แล้วหยุด 3 นาที จากนั้นจะทำงานเป็นเวลา 19 นาที แล้วหยุด 3 นาที โดยจะทำงานเป็นเวลาสั้นลงเรื่อย ๆ จากนั้นจะทำงาน 3 นาที สลับกับหยุดทุกๆ 3 นาที กำลังไฟฟ้าที่ใช้ 5.92 kWh

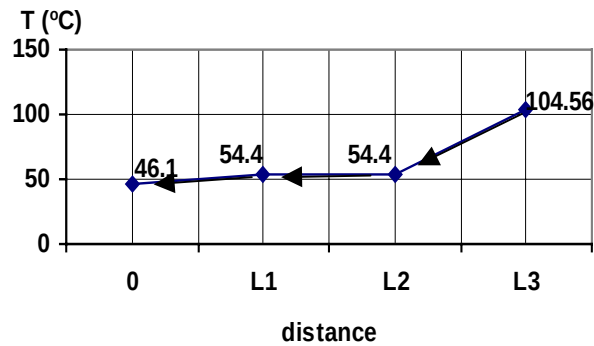


รูปที่ 1 ระยะในเวลารการทำงานและกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์

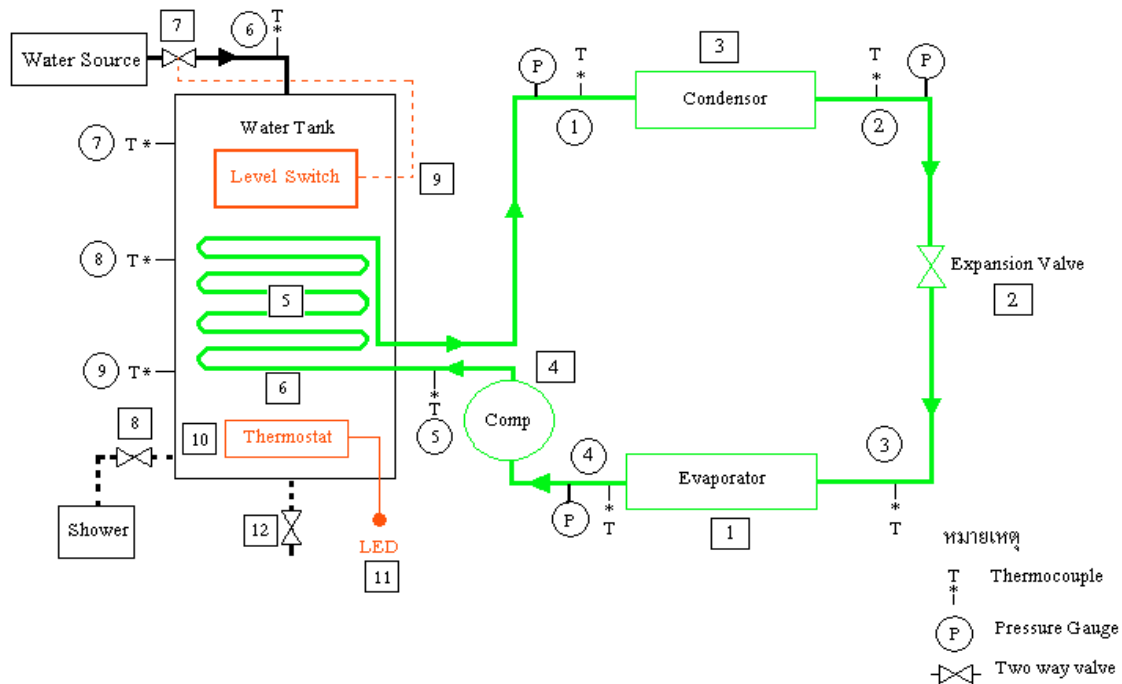
จากการประเมินเบื้องต้นพบว่าในวันที่อุณหภูมิภายนอกห้องปรับอากาศ 28 °C ปริมาณความร้อนเหลือทิ้งจากคอนเดนเซอร์ ในช่วงเวลาดังกล่าวรวมทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 59,378 kJ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าความต้องการความร้อนในน้ำอุ่น โดยอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ 104.56 °C และมีอุณหภูมิอิ่มตัว 54.4 °C ซึ่งถือว่าปริมาณความร้อนที่ได้ออกมามีค่าสูงกว่าที่จะเพียงพอแก่การนำไปใช้กักเก็บเพื่อใช้ทำเป็นน้ำอุ่นได้

### 3.3 การแลกเปลี่ยนความร้อนภายในถังเก็บน้ำอุ่น

สารทำความเย็นในชุดท่อในระบบปรับอากาศจะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำในถังเก็บน้ำร้อนจนได้อุณหภูมิที่ต้องการ ความยาวท่อทองแดงที่ขดอยู่ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จะหาพื้นที่การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากปริมาณความร้อนในช่วงที่สารทำความเย็นในท่อมีสถานะเป็น superheat vapor (จากตำแหน่ง L3 ถึง L2 ในรูปที่ 1) สูญเสียความร้อนจนกลายเป็น saturated vapor, พื้นที่การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากปริมาณความร้อนในช่วงที่สารทำความเย็นในสถานะ saturated vapor สูญเสียความร้อนทำให้สารทำความเย็นกลั่นตัวจนกลายเป็น saturated liquid (จากตำแหน่ง L2 ถึง L1) และพื้นที่การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากปริมาณความร้อนในช่วงที่สารทำความเย็นในท่อมีสถานะเป็น saturated liquid (จากตำแหน่ง L3 ถึง L2 ในรูปที่ 1) สูญเสียความร้อนจนกลายเป็น subcool liquid จากนั้นทำการประเมินขนาดพื้นที่การถ่ายเทความร้อนเพื่อหาความยาวของท่อทั้งหมดโดยใช้ค่าเอนทาลปี (h) ของสารทำความเย็น R22 ที่ได้จาก [2]



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสารทำความเย็นกับความยาวท่อ (Tube) ที่จุดต่าง ๆ ในเครื่องทำน้ำอุ่น



รูปที่ 2 ระบบการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในถังเก็บน้ำอุ่น

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ( $U$ ) ได้จากสมการ

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_R} + \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) \frac{1}{2\pi k} + \frac{1}{h_w} + R_f}$$

โดยที่  $h_R$  และ  $h_w$  คือค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของสารทำความเย็น และ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของน้ำ ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ) ตามลำดับ,  $R_f$  คือค่า Fouling Factors ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ),  $r_o$  คือขนาดรัศมีภายนอกของท่อ ( $m$ ), และ  $r_i$  คือขนาดรัศมีภายในของท่อ ( $m$ ), ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ( $h$ ) หาได้จาก  $h_R = Nu \frac{k_R}{D_i}$  โดยค่า Nusselt Number ( $Nu$ ) จากสมการของ Duttus-Beolter's Equation [3] คือ

$$Nu = 0.023 Re^{\frac{4}{5}} Pr^n$$

โดยที่  $k_R$  คือค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสารทำความเย็น,  $Pr$  คือค่าพจน์ที่ล้นนัมเบอร์ของสารทำความเย็นหาได้จาก Table Refrigerant 22 (Liquid) [3], ค่า  $n = 0.4$  for heating ( $T_s > T_b$ )  $n = 0.3$  for cooling ( $T_s < T_b$ ) และค่า Reynolds Number ของสารทำความเย็น หาได้จาก [4]:

$$Re_{D,R(0 \rightarrow L1)} = \frac{4\dot{m}_R}{\pi D_i \mu_R}$$

โดย  $\mu_R$  คือความหนืดของสารทำความเย็น, และ,  $D_i$  คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อทองแดง สำหรับในช่วงที่สารทำความเย็นมีสถานะเป็น saturated liquid-vapor mixture ค่า  $h_R$  ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Heat Transfer coefficient กับ Average quality จากการคำนวณหาค่าพื้นที่การถ่ายเทความร้อนที่ทั้ง 3 สภาวะ จะสามารถหาความยาวของท่อทองแดงได้ ซึ่งสามารถนำมาหาความยาว

ของท่อทองแดงที่ใช้ในการสร้างชุดท่อสารทำความเย็นในส่วนที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศไว้ในถังเก็บน้ำร้อนได้

รูปที่ 2 แสดงระบบการนำความร้อนจากความร้อนในสารทำความเย็นหลังจากผ่านคอมเพรสเซอร์ไหลเข้าสู่ท่อทองแดงในถังเก็บน้ำอุ่นโดย สารทำความเย็นในชุดท่อระบบปรับอากาศหลังจากผ่านคอมเพรสเซอร์จะไหลเข้ามาทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำในถังเก็บน้ำร้อนจนได้อุณหภูมิ น้ำอุ่นตามที่ตั้งไว้ จึงจะนำไปใช้ในการอาบน้ำ โดยขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. เปิดแหล่งจ่ายน้ำผ่านวาล์ว [7] เข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน [6] จนน้ำเต็มถึง
2. เมื่อน้ำใกล้เต็มถึง Level Switch [9] จะสั่งปิดการทำงานของวาล์ว [7]

3. เมื่ออุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนมีอุณหภูมิถึง

อุณหภูมิที่ตั้งไว้ Thermostat [10] จะสั่งให้หลอด LED [11] แสดงผลว่าน้ำสามารถพร้อมที่จะนำไปใช้งาน

4. เปิดวาล์ว [8] เพื่อนำน้ำร้อนไปใช้ประโยชน์

ระบบเครื่องทำน้ำอุ่นนี้จะไม่ทำการติดตั้งปั๊มน้ำเพื่อไม่ให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่ม ดังนั้นถังเก็บน้ำอุ่นควรติดตั้งสูงกว่าหัวฝักบัวที่ใช้ในการอาบน้ำ จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบตำแหน่งถังให้มีความเหมาะสมกับหน่วยงาน ค่าใช้จ่ายในการลงทุนประมาณ 14,000 บาท ระบบแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ระบบการกักเก็บน้ำอุ่นโดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศ

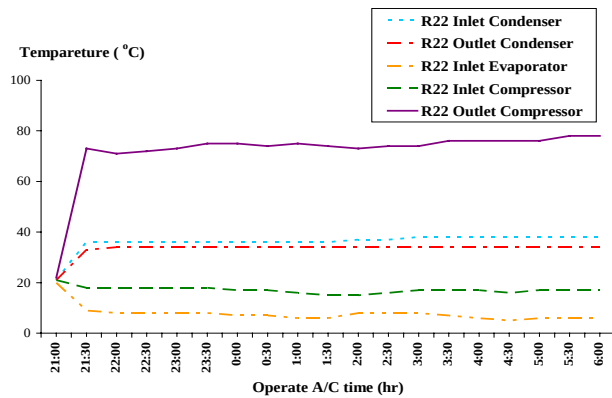
#### 4. ผลการทดสอบระบบ

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบและติดตั้งระบบทำน้ำอุ่นจากความร้อนที่เหลือทิ้งในระบบปรับอากาศ ได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบในคืนที่อุณหภูมิภายนอกห้องปรับอากาศเท่ากับ 28 °C และอุณหภูมิน้ำในช่วงเริ่มต้นเท่ากับ 26 °C จากการบันทึกค่าอุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็น และอุณหภูมิของน้ำที่จุดต่างๆ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

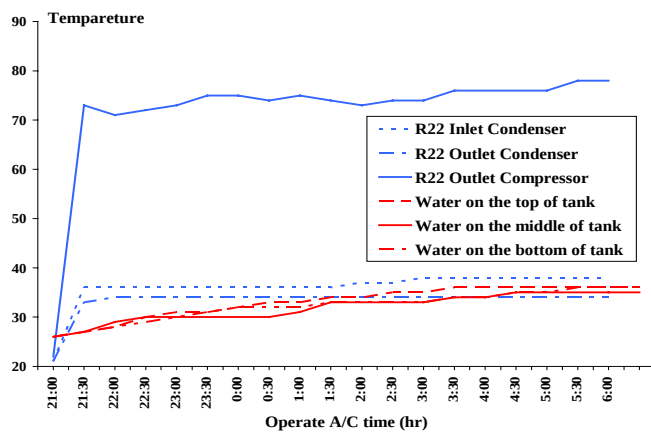
1. อัตราการไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ ( $\dot{m}_R$ )
2. ค่ากำลังคอมเพรสเซอร์ ( $\dot{W}_{Compressor}$ )
3. ค่ากำลังความร้อนที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์ ( $\dot{Q}_{Cond.}$ )
4. ค่ากำลังทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ ( $\dot{Q}_{Evap.}$ )
5. ค่ากำลังความร้อนที่น้ำได้รับ ( $\dot{Q}_w$ )
6. ค่าสมรรถนะของระบบปั๊มความร้อน ( $COP_H$ )
7. ค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น ( $COP_R$ )

8. ค่ากำลังความร้อนสูญเสียของน้ำในถังเก็บน้ำร้อน ( $\dot{Q}_{W, Loss}$ )

จากการทดสอบระบบพบว่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นในช่วงเวลาเดินเครื่องปรับอากาศในตอนกลางคืน แสดงดังรูปที่ 4 และเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในถังกักเก็บน้ำอุ่นแสดงในรูปที่ 5 พบว่าอุณหภูมิ ณ ทางออกจากถังเก็บน้ำอุ่น หรือ ทางเข้าคอนเดนเซอร์เฉลี่ย 36.8 °C อุณหภูมิของสารทำความเย็น ณ ทางออกคอนเดนเซอร์เฉลี่ย 33.8 °C อุณหภูมิของสารทำความเย็น ณ ทางเข้าอีวาพอเรเตอร์เฉลี่ย 7.1 °C อุณหภูมิของสารทำความเย็น ณ ทางเข้าคอมเพรสเซอร์เฉลี่ย 16.9 °C อุณหภูมิของสารทำความเย็น ณ ทางออกคอมเพรสเซอร์เฉลี่ย 73.8 °C



รูปที่ 4 อุณหภูมิของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่จุดต่าง ๆ (อุณหภูมิอากาศภายนอก 26 °C)



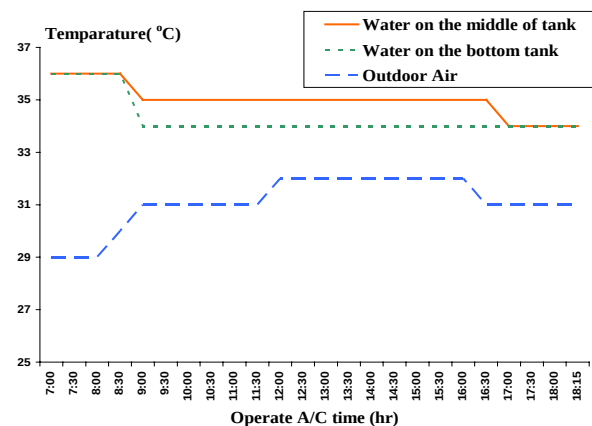
รูปที่ 5 อุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อนขณะที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ (อุณหภูมิอากาศภายนอก 26 °C)

ในช่วง 30 นาทีแรกอุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อน จะมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากในช่วงแรกกำลังความร้อนที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์มีค่าสูงจึงทำให้น้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้รับการถ่ายเทความร้อนจากสารทำความเย็นสูงเช่นเดียวกัน และอุณหภูมิภายในถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 จุด ในช่วงเวลาประมาณ 02:00 น. เป็นต้นไปจะคงที่ตลอดจนกระทั่งปิดเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่เครื่องปรับอากาศทำงานในช่วงสั้นๆ และตัดการทำงานทุกๆ 3 นาที เมื่อคำนวณหา กำลังความร้อนที่ได้ในช่วงดังกล่าวจะได้ค่าที่มาก แต่กำลังความร้อนดังกล่าวไม่สามารถนำมาถ่ายเทความร้อนให้แก่กันได้เลย ทำให้การถ่ายเทความร้อนสู่น้ำในถังเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่สั้นมาก ดังนั้นอุณหภูมิ น้ำภายในถังในช่วงเวลาดังกล่าวจึงคงที่ตลอด โดยค่าอุณหภูมิของน้ำร้อน ณ จุดบนของถังเก็บน้ำร้อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 34.8 °C ณ จุดกลางของถังเก็บน้ำร้อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 33.6 °C และ จุดล่างของถังเก็บน้ำร้อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 33.9 °C ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้นจากน้ำ ป้อนประมาณ 8 °C

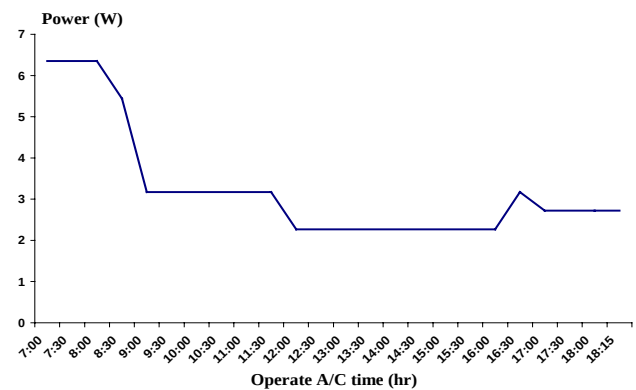
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อนขณะที่ไม่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อนจึงเปลี่ยนแปลงลดลงจากเดิม 2 °C

และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 7 พบว่าค่ากำลังความร้อนสูญเสียของน้ำในช่วงแรกจะสูง เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกจะยังต่ำอยู่ และเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้น ค่ากำลังความร้อนสูญเสียของน้ำจะต่ำลง เนื่องจากอุณหภูมิอากาศมีผลต่อการสูญเสียความร้อนของน้ำร้อนภายในถัง

และจากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ระบบปรับอากาศและระบบทำน้ำอุ่นทั้งชุดต้องการมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมคือ 3.99 kW เป็น 5.92 kWh



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อนขณะที่ไม่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่สูญเสียของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนขณะที่ไม่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ

จากการวิเคราะห์ผล พบว่าในการเดินเครื่องปรับอากาศในวันที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเท่ากับ 26 °C จะสามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำอุ่นมีค่าเท่ากับ 35.67 °C ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิของน้ำอุ่นที่เพียงต่อการนำ

ไปใช้อาบ (40-43°C) [1] เล็กน้อย และจากการเปรียบเทียบทำงานของระบบปรับอากาศก่อนการติดตั้งระบบทำน้ำอุ่นและหลังการติดตั้ง พบว่า คอมเพรสเซอร์จะต้องการกำลังไฟฟ้ามากขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการติดตั้งระบบปรับอากาศให้สามารถทำน้ำอุ่นได้ จะต้องมีส่วนชดเชยของแรง ทำให้ท่อทองแดงที่ใช้มีความยาวเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ต้องการกำลังไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

จากการวิเคราะห์การลงทุนตามที่แสดงในตารางที่ 1 พบว่าระบบการทำน้ำอุ่นจากความร้อนเหลือทิ้งที่คอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศ สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากกว่าการใช้เครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้าและระบบปรับอากาศ 5,753 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 7 เดือน จะได้ IRR 60 % หากมีอายุการใช้งาน 10 ปี และอัตราดอกเบี้ย 5 % จะมีมูลค่าปัจจุบัน (NPV) เท่ากับ - 47,813 บาท

**ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการลงทุนระบบที่ได้ทำการออกแบบใหม่กับระบบเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า**

| เครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า     |                   | ระบบน้ำอุ่นจากคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศ |
|---------------------------|-------------------|----------------------------------------|
| $\Delta T$ ของน้ำอุ่น(°C) | ขึ้นอยู่กับผู้อาบ | 8                                      |
| ปริมาณน้ำอุ่น(ลิตร)       | 300               | 300                                    |
| เงินลงทุน(บาท)            | 4,500             | 14,010                                 |
| ค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ปี)       | 6,095             | 342                                    |
| อายุการใช้งาน(ปี)         | 15                | 15                                     |
| ระยะเวลาคืนทุน(ปี)        |                   | 1.7                                    |
| IRR                       |                   | 60 %                                   |
| NPV                       |                   | -33,250 บาท                            |

## 6. สรุป

จากการทดสอบระบบพบว่าอุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ได้มีค่าเท่ากับ 35.67 °C ซึ่งน้ำอุ่นที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจากน้ำป้อนประมาณ 8 °C ในการลงทุนติดตั้งระบบทำน้ำอุ่นดังกล่าวพบว่ามีผลตอบแทนในการลงทุนที่ดี ดังนั้น ระบบดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมในการลงทุน ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการประหยัดค่าไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศและต้องการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นในบริเวณใกล้เคียงกับเครื่องปรับอากาศ

อย่างไรก็ตามเนื่องจากอุณหภูมิน้ำอุ่นที่ได้จะขึ้นกับอุณหภูมิอากาศภายนอกซึ่งส่งผลต่ออุณหภูมิน้ำป้อน ซึ่งหากในบางวันที่อุณหภูมิน้ำป้อนต่ำอุณหภูมิน้ำอุ่นอาจไม่สูงในระดับที่เป็นที่พอใจของผู้ใช้งานในกรณีดังกล่าวจึงอาจจะใช้ heater ไฟฟ้ามาช่วยเพิ่มอุณหภูมิ น้ำอุ่น ส่วนแต่ในการทดสอบซึ่งพบว่าภายหลังการติดตั้งระบบทำน้ำอุ่นคอมเพรสเซอร์จะทำงานมากขึ้นเล็กน้อยนั้นเป็นการทดสอบคนละวันกันซึ่งสภาพอากาศไม่เหมือนกันจึงควรทำการทดสอบในเรื่องนี้เพิ่มเติมเพื่อหาข้อสรุปที่ชัดเจนมากขึ้น

## 7. กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบพระคุณสำนักวิเคราะห์แผนพลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน(สนพ.) ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2549 เรื่อง “การศึกษาการทำน้ำอุ่นจากความร้อนเหลือทิ้งในระบบปรับอากาศ” จากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน แผนเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานงานพัฒนาบุคลากรและประชาสัมพันธ์

## เอกสารอ้างอิง

- [1] สุรินทร์ เศรษฐมานิต และ นายทาเคโอะ มอริมุระ. “วิศวกรรมงานท่อภายในอาคาร การออกแบบ ติดตั้ง และการบำรุงรักษา”, บริษัทสำนักพิมพ์ดวงกมล (2520) จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 44, 123, 125
- [2] Dupont<sup>TM</sup>, “Thermodynamic Properties of Dupont<sup>TM</sup> Freon 22 (R-22) SI Units”, National Institute of Standards and Technology, 1998.
- [3] Adrian Bejan, “HEAT TRANSFER”, JOHN WILEY & SONS, NEW YORK, 1993, pp. 637, 642 , 648.
- [4] วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, “อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในอุตสาหกรรม”, บริษัท ส.เอเซียเพรส (1989), กรุงเทพฯ, 2536.