

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบการใช้ปั๊มความร้อน เพื่อประหยัดพลังงานในโรงพยาบาล

คุณากร ปาลสวัสดิ์*

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์**

อาจารย์นิตยา จันทรเรือง มหาผล***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การประหยัดพลังงานในระบบหม้อไอน้ำแบบไฟฟ้าเพื่ออบเครื่องมือทางการแพทย์ของโรงพยาบาลกรณีศึกษา โดยทำการศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำ เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการต้มน้ำหม้อไอน้ำแบบใช้ไฟฟ้า โดยทำการศึกษาข้อมูลหม้อไอน้ำอาคารโรงพยาบาลจำนวน 3 เครื่อง ซึ่งทำการใช้งานอย่างต่อเนื่อง พบว่าการใช้พลังงานของหม้อไอน้ำดังกล่าวมีปริมาณสูงถึง 117.822 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ในการศึกษาได้นำระบบปั๊มความร้อนประเภทใช้อากาศเป็นแหล่งความร้อนเพื่อใช้อุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำ โดยทดสอบที่อุณหภูมิแตกต่างกันคือ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลรวมของไอน้ำเท่ากับ 0.0625 กิโลกรัมต่อวินาที และสัมประสิทธิ์สมรรถนะของปั๊มความร้อนเท่ากับ 3.5 ตามมาตรฐาน จากผลการวิจัยพบว่าการติดตั้งปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส สามารถเพิ่มความร้อนให้แก่หม้อต้มไอน้ำได้ถึง 6.62 5.23 และ 7.85 กิโลจูลต่อวินาที ในขณะที่เดียวกันระบบปั๊มความร้อนยังให้ปริมาณความเย็นแก่พื้นที่ปรับอากาศได้ถึง 6,360 12,720 และ 19,200 บีทียูต่อชั่วโมง และพบว่าโครงการติดตั้งปั๊มความร้อนมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนเมื่อปั๊มความร้อนสามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนแก่หม้อไอน้ำที่อุณหภูมิ 50 จนถึง 60 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับร้อยละ 23.07 และร้อยละ 35.91 และระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 4 ปี 1 เดือน และ 2 ปี 6 เดือน จึงจะสามารถประหยัดพลังงานให้หม้อไอน้ำเพื่ออบเครื่องมือแพทย์ได้อย่างคุ้มค่า

* นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

** ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

***ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the energy savings of electric boiler for sterilizing medical equipment in a hospital case study. The research studied the different feed water temperature of boiler for reducing electrical energy use in electric boiler. The study used and collected data from three continued operating boilers in hospital. It was found that the energy use in boiler was 117.822 kW-h per year. In this study, the air source heat pump was applied to pre- heating feed water of boiler. The testing performed at different temperatures, including 40,50 and 60°C at the flow rate of 0.0625 kg per second, and the coefficient of performance of heat pump equal to 3.5 according to the standard. The experimental results found that the installed heat pump at 40,50 and 60°C which enable to add the heat to boiler at 6.62, 5.23 and 7.85 kJ per second. At the same time, the heat pump could provide free cooling of 6,360, 12,720 and 19,200 BTU/h. It was also found that the installation of heat pump has potential for investment, when heat pump can add the heat to boiler's feed water at temperatures 50 to 60°C. The internal rate of return for the two cases is 23.07% and 35.91% with payback time period of 4.1 years and 2.6 years. This would able to achieve energy savings in sterilizing medical

บทนำ

สัดส่วนการใช้พลังงานของโรงพยาบาลประกอบไปด้วยใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อน ให้บริการ 24 ชั่วโมง โรงพยาบาลชุมชนขนาดกลาง ให้บริการผู้ป่วยใน จำนวน 210 เตียง ซึ่งใช้งานหม้อไอน้ำพลังงานไฟฟ้าอบฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ ขนาด 700 ลิตร จำนวน 3 เครื่อง ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 30.65 กิโลวัตต์ต่อเครื่อง ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เท่ากับ 0.8 อุณหภูมิทำงานของหม้อต้มไอน้ำอยู่ที่ 135 ถึง 137 องศาเซลเซียส ระยะเวลาใช้งาน 80 นาทีต่อรอบ จำนวน 5 ครั้งต่อเครื่อง คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า 223,745 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นพลังงานความร้อนเท่ากับ 805,482 เมกะจูลต่อปี ค่าไฟฟ้ารวมเท่ากับ 875,756.58 บาทต่อปี ค่าไฟฟ้าปีฐาน (พ.ศ.2557) เท่ากับ 3.91 บาทต่อหน่วย จากจำนวนการให้บริการที่เพิ่มขึ้น ทำให้ต้องเพิ่มปริมาณการอบฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ เพื่อให้เพียงพอต่อการบริการ

ดังนั้นโรงพยาบาลจึงมีต้นทุนในการผลิตไอน้ำสำหรับอบฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงขึ้น การศึกษาปั๊มความร้อนประเภท Air to Water สามารถดึงความร้อนจากอากาศภายนอกที่อุณหภูมิปกติ สะสมจนอุณหภูมิสูงและนำมาถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำป้อนก่อนเข้าสู่หม้อไอน้ำแบบไฟฟ้า และยังสามารถนำเอาผลพลอยได้จากการติดตั้งระบบปั๊มความร้อน คืออากาศอุณหภูมิที่นำไปใช้ประโยชน์เพื่อจ่ายให้กับพื้นที่ปรับอากาศได้อีกด้วย โดยทำการศึกษาข้อมูลการใช้งานหม้อไอน้ำของโรงพยาบาล เพื่อวิเคราะห์ค่าความร้อนที่ปล่อยออกมาจากเครื่องควบแน่นกับค่าพลังงานในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance) ของปั๊มความร้อน จนถึงหาขนาดปั๊มความร้อนที่เหมาะสม วิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปั๊มความร้อนสามารถถ่ายเทให้กับน้ำในหม้อไอน้ำได้ เพื่อทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการนำเอาปั๊มความร้อนมาใช้ก่อนน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อต้มไอน้ำแบบไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำปั๊มความร้อนมาใช้ก่อนน้ำป้อนหม้อต้มไอน้ำให้กับอาคารโรงพยาบาลกรณีศึกษา
2. เพื่อหาขนาดปั๊มความร้อน ที่เหมาะสมกับการอุ่นน้ำป้อนหม้อต้มไอน้ำของโรงพยาบาลกรณีศึกษา
3. เปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้ปั๊มความร้อนประเภท Air to Water ร่วมกับหม้อต้มไอน้ำที่ใช้ไฟฟ้าของโรงพยาบาลกรณีศึกษา

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาสัมประสิทธิ์สมรรถนะของปั๊มความร้อนชนิด Air to Water และข้อมูลปริมาณใช้งานของหม้อไอน้ำไฟฟ้าขนาด 700 ลิตร จำนวน 3 เครื่อง การทำงานรวม 6.67 ชั่วโมงต่อวัน

ต่อเครื่อง จำนวน 365 วันต่อปีต่อเครื่อง สำหรับการอบฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ของโรงพยาบาล วิทยาลัยศึกษา โดยใช้ปั๊มความร้อนอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำที่อุณหภูมิน้ำป้อนแตกต่างกัน 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส โดยวิเคราะห์ขนาด การใช้พลังงานไฟฟ้า และศึกษาผลพลอยได้ความ เย็นจากการใช้ปั๊มความร้อนชนิด Air to Water เพื่อจ่ายในพื้นที่ปรับอากาศ โดยพิจารณาเกณฑ์ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งปั๊มความร้อนชนิด Air to Water เพื่อใช้ งานร่วมกับหม้อต้มไอน้ำที่ใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพยาบาลวิทยาลัยศึกษาจากอัตราผลตอบแทน ภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)และระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period: SPP)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้เป็นข้อมูลเพื่อพิจารณาเลือกใช้ปั๊มความร้อนอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำ แบบไฟฟ้าอบฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ของโรงพยาบาลวิทยาลัยศึกษา
2. ใช้เป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายของระบบหม้อไอน้ำ สำหรับอบฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ของโรงพยาบาลวิทยาลัยศึกษา
3. ใช้เป็นข้อมูลในการเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำแบบไฟฟ้าเพื่ออบฆ่าเชื้อ เครื่องมือแพทย์ของโรงพยาบาลวิทยาลัยศึกษาได้

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การถ่ายโอนความร้อนโดยใช้ปั๊มความร้อนประเภท Air to Water จากแหล่งพลังงานที่มีอุณหภูมิต่ำสะสมจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นตั้งแต่ 40 จนถึง 60 องศาเซลเซียส จากวัฏจักรปั๊มความร้อน สามารถให้ความร้อนสุทธิแก่เครื่องระเหย ดังสมการ

$$Q_H = m^{\circ}C_p(T_2 - T_1)$$

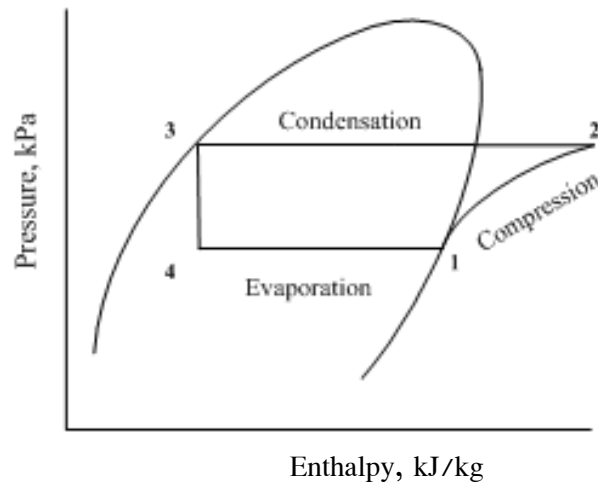
เมื่อ

Q	คือ ปริมาณความร้อนที่ปั๊มความร้อนให้ระบบ	(kJ/s)
m ^o	คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ	(kg/s)
C _p	คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ	(kJ/kg.K)
T ₁	คือ อุณหภูมิน้ำเดิมก่อนเข้าหม้อไอน้ำ	(°C)
T ₂	คือ อุณหภูมิน้ำใหม่ก่อนเข้าหม้อไอน้ำ	(°C)

$$COP_{HP} = Q_{CR}/W_C$$

เมื่อ

COP _{HP}	คือ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของปั๊มความร้อน	
Q _{CR}	คือ ความร้อนทำความเย็นดูดกลืนไว้ในเครื่องระเหย	(kJ/kg)
W _C	คือ พลังงานที่ให้แก่ปั๊มความร้อน	(kJ/kg)



ภาพที่ 1 ภาพจำลองการพล็อตในแผนภูมิแรงดันและ Enthalpy
วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการตั้งสมมุติฐานอุณหภูมิน้ำป้อนที่แตกต่างกันของปั๊มความร้อนประเภท Air to Water เมื่ออุณหภูมิน้ำเข้าหม้อไอน้ำเท่ากับ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าปั๊มความร้อนเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส โดยปั๊มความร้อนใช้สารทำงานคือ R134a ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ทำการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและตัวแปรต่างๆ จากสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 (2) เครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบใช้อากาศเป็นแหล่งพลังงาน (Air Source Heat Pump Water Heater) สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance: COP) ค่าคงที่เท่ากับ 3.5 ทำการเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อคำนวณปริมาณความร้อนของระบบปั๊มความร้อนเปรียบเทียบกับต้นทุนการใช้น้ำร้อนของโรงพยาบาล พร้อมทั้งหาขนาดปั๊มความร้อน และศึกษาผลพลอยได้จากการใช้ปั๊มความร้อน พร้อมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งพิจารณาจากค่าอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาในการคืนทุน (Simple Payback Period: SPP)

หม้อไอน้ำใช้งาน 6.66 ชั่วโมงต่อวันต่อเครื่อง จำนวน 3 เครื่อง อบฆ่าเชื้อใช้เวลา 1 ชั่วโมง 20 นาที ที่ อุณหภูมิ 133 ถึง 135 องศาเซลเซียส ปริมาณการใช้น้ำ 75 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิน้ำป้อนเดิม 30 องศาเซลเซียส และสัมประสิทธิ์สมรรถนะของปั๊มความร้อนแบบใช้อากาศเป็นแหล่งพลังงานเท่ากับ 3.5 อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำที่หม้อไอน้ำใช้งานเท่ากับ 0.0625 กิโลกรัมต่อวินาที ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.187 กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน



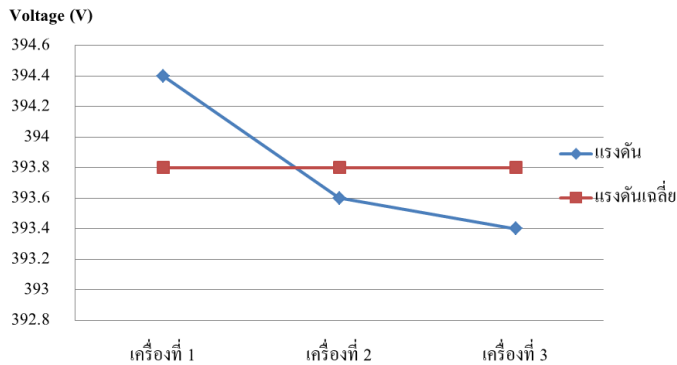
ภาพที่ 2 เครื่อง Steam Sterilizer ขนาด 18 ถึง 72 กิโลวัตต์ (700 ลิตร)

โดยตัวแปรดังนี้

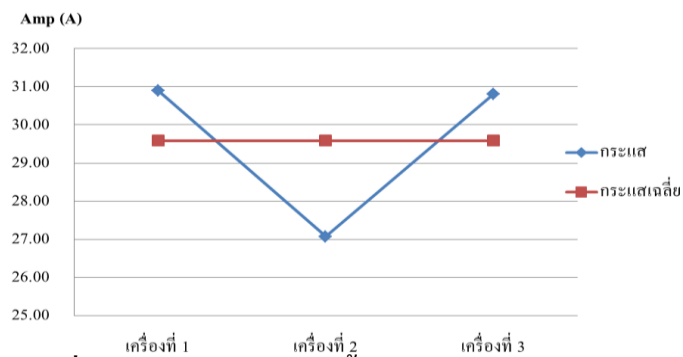
1. ตัวแปรต้น = อุณหภูมิน้ำป้อนของปั๊มความร้อนเข้าหม้อไอน้ำ(T_1) ($^{\circ}\text{C}$)
2. ตัวแปรควบคุม = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำในหม้อไอน้ำ(m) (kg/s)
= อุณหภูมิน้ำเดิมก่อนเข้าหม้อไอน้ำ(T_2) ($^{\circ}\text{C}$)
3. ตัวแปรอิสระ = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ(C_p) (kJ/kg.K)
= ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปั๊มความร้อน(COP)
4. ตัวแปรตาม = ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบหม้อไอน้ำ(Q_{Heat}) (kJ/s)
= ค่าพลังงานไฟฟ้าของปั๊มความร้อน(W) (kW)
= ปริมาณความเย็นที่เกิดขึ้นจากระบบปั๊มความร้อน(Q_{Cool})(TR)

ผลการวิจัย

จากสมมุติฐานเมื่ออุณหภูมิน้ำป้อนของระบบปั๊มความร้อนแตกต่างกันเท่ากับ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบตัวแปรและข้อมูลจากการตั้งสมมุติฐาน ดังนี้



ภาพที่ 3 แรงดันของหม้อไอน้ำโรงพยาบาลกรณีศึกษา



ภาพที่ 4 กระแสของหม้อไอน้ำโรงพยาบาลกรณีศึกษา

จากข้อมูลการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของหม้อไอน้ำขนาด 700 ลิตร จำนวน 3 เครื่อง เปิดใช้งาน 1 ชั่วโมง 20 นาทีต่อครั้ง จำนวน 5 ครั้งต่อวัน จำนวน 3 เครื่อง ระยะเวลาใช้งานหม้อไอน้ำรวม 20 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 365 วันต่อปี ของโรงพยาบาลกรณีศึกษา พบว่า แรงดันและกระแสเฉลี่ยของทั้ง 3 เครื่อง เท่ากับ 393.8 โวลต์ กระแสเฉลี่ยเท่ากับ 29.59 แอมป์ และเพาเวอร์แฟคเตอร์เท่ากับ 0.8 พลังงานไฟฟ้าที่หม้อไอน้ำใช้งาน เท่ากับ 16.14 กิโลวัตต์ การใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 117,822 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี

จากสมมุติฐานเมื่ออุณหภูมิน้ำป้อนแตกต่างกันที่อุณหภูมิน้ำป้อนเท่ากับ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำป้อนเดิมเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบหม้อไอน้ำ และพลังงานที่ป้อนความร้อนใช้งานผันแปร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิน้ำป้อน ปริมาณพลังงานและพลังงานไฟฟ้าของปั๊มความร้อน

ลำดับ	สัมประสิทธิ์สมรรถนะปั๊มความร้อน	อัตราการไหล	ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (C_p)	อุณหภูมิ น้ำป้อน ปั๊มความร้อน	อุณหภูมิ น้ำป้อน หม้อไอน้ำ (เดิม)	พลังงานที่ให้กับหม้อไอน้ำ	พลังงานที่ Heat Pump ใช้
	COP			kg/s	kJ/kg.K		
1	3.5	0.0625	4.187	40	30	2.62	0.75
2	3.5	0.0625	4.187	50	30	5.23	1.50
3	3.5	0.0625	4.187	60	30	7.85	2.24

จะเห็นได้ว่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากระบบปั๊มความร้อนเท่ากับ 2.62 5.23 และ 7.85 กิโลจูลต่อวินาที พลังงานที่คอมเพรสเซอร์ใช้หรือขนาดของปั๊มความร้อนเท่ากับ 0.75 1.49 และ 2.24 กิโลวัตต์ ตามลำดับ

การวิเคราะห์การวิจัย

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อุณหภูมิน้ำป้อนและปริมาณพลังงานความร้อน (Q_H)

ความสัมพันธ์เมื่ออุณหภูมิน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำแตกต่างกันและมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความร้อน (Q_H) ที่ปั๊มความร้อนให้กับระบบหม้อไอน้ำ และพลังงานที่คอมเพรสเซอร์ใช้งาน รวมไปถึงขนาดของปั๊มความร้อน มีแนวโน้มสูงขึ้น (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำป้อนและพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด (kWh/yr)

ลำดับ	อุณหภูมิ น้ำป้อน ปั๊มความร้อน	อุณหภูมิ น้ำป้อน หม้อไอน้ำ (เดิม)	พลังงานที่ ให้กับหม้อไอน้ำ	พลังงานที่ Heat Pump ใช้	Saving (kW)	Saving (kWh/yr)	Saving (Bath/yr)
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	Q_{heat} (kJ/s)	(kW)			
1	40	30	2.62	0.75	1.87	13,645.13	54,580.54
2	50	30	5.23	1.50	3.74	27,290.27	109,161.07
3	60	30	7.85	2.24	5.61	40,935.40	163,741.61

จากข้อมูลดังกล่าวหากน้ำในระบบหม้อไอน้ำสะสมความร้อนเพิ่มขึ้น จะทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความร้อนหม้อไอน้ำน้อยลง และสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 13,645.13 27,290.27 และ 40,935.40 kW-h/yr และประหยัดค่าใช้จ่ายเท่ากับ 54,580.54 109,161.07 163,741.61 บาทต่อปี ตามลำดับ

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อุณหภูมิน้ำป้อนและปริมาณความเย็น (Q_C)

นอกจากปั๊มความร้อนสามารถสะสมความร้อนเพื่อให้กับระบบได้แล้ว ยังมีผลพลอยได้ซึ่งเป็นปริมาณความเย็นที่เกิดขึ้นจากระบบปั๊มความร้อน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำป้อนและปริมาณความเย็น (Q_c)

ลำดับ	อุณหภูมิ น้ำป้อน	อุณหภูมิ น้ำป้อน	พลังงานที่ ให้กับหม้อไอน้ำ	Q_{Cool}	ปริมาณความเย็น		ปริมาณความเย็น	ปริมาณความเย็น	ผลประหยัดของ $Q_{heat} + Q_{cool}$
	ปั๊มความร้อน	หม้อไอน้ำ (เดิม)			เมื่อคิดเป็น พลังงานไฟฟ้า	เมื่อคิดเป็นค่า พลังงานไฟฟ้า			
	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	Q_{heat} (kJ/s)	(kW)	Btu/hr	Ton	kWh	บาท	บาท
1	40	30	2.62	1.869	6,374.95	0.53	3,895.94	15,583.78	70,164.31
2	50	30	5.23	3.738	12,749.90	1.06	7,791.89	31,167.56	140,328.63
3	60	30	7.85	5.608	19,124.85	1.59	11,687.83	46,751.34	210,492.94

จากความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำป้อนที่แตกต่างกันของปั๊มความร้อนเมื่อมีอุณหภูมิเท่ากับ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส และปริมาณพลังงานที่ให้กับหม้อต้มไอน้ำเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความเย็นซึ่งเป็นผลพลอยได้เพิ่มสูงขึ้นโดยแปรผันตามอุณหภูมิและปริมาณพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบหม้อไอน้ำมีค่าเท่ากับ 0.53 1.06 และ 1.59 ตันความเย็น

3. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

เกณฑ์การตัดสินใจลงทุนลงทุนโครงการติดตั้งปั๊มความร้อนประเภท Air to Water เพื่ออุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำของโรงพยาบาลชุมชนขนาด 210 เตียง ในสภาวะอุณหภูมิ น้ำป้อนแตกต่างกันดังนี้

3.1. สภาวะที่ 1 อุณหภูมิ น้ำป้อนเดิม 40 $^{\circ}C$ อุณหภูมิ น้ำป้อนเมื่อผ่านปั๊มความร้อน 40 $^{\circ}C$ อัตราการไหลน้ำ 0.0625 kg/s และความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับค่าคงที่ (C_p) 4.187 kJ/kg.K สัมประสิทธิ์สมรรถนะปั๊มความร้อน COP= 3.5 เงินลงทุน 400,000 บาท ประหยัดพลังงาน 70,164.31 บาทต่อปี ค่าดำเนินการรายปี 21,900 บาท อายุการใช้งานของระบบ 15 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน 8.65% ระยะเวลาคืนทุน 8 ปี 1 เดือน

3.2. สภาวะที่ 2 อุณหภูมิ น้ำป้อนเดิม 50 $^{\circ}C$ อุณหภูมิ น้ำป้อนเมื่อผ่านปั๊มความร้อน 40 $^{\circ}C$ อัตราการไหลน้ำ 0.0625 kg/s และความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับค่าคงที่ (C_p) 4.187 kJ/kg.K สัมประสิทธิ์สมรรถนะปั๊มความร้อน COP= 3.5 เงินลงทุน 400,000 บาท ประหยัดพลังงาน 140,328.63 บาทต่อปี ค่าดำเนินการรายปี 43,800 บาท อายุการใช้งานของระบบ 15 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน 23.07% ระยะเวลาคืนทุน 4 ปี 1 เดือน

3.3. สภาวะที่ 3 อุณหภูมิ น้ำป้อนเดิม 60 $^{\circ}C$ อุณหภูมิ น้ำป้อนเมื่อผ่านปั๊มความร้อน 40 $^{\circ}C$ อัตราการไหลน้ำ 0.0625 kg/s และความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับค่าคงที่ (C_p) 4.187 kJ/kg.K สัมประสิทธิ์สมรรถนะปั๊มความร้อน COP= 3.5 เงินลงทุน 400,000 บาท ประหยัดพลังงาน 210,492.94 บาทต่อปี ค่าดำเนินการรายปี 65,408 บาท อายุการใช้งานของระบบ 15 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน 35.91% ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 6 เดือน

สรุปผล

จากการศึกษาอุณหภูมิน้ำป้อนที่แตกต่างกันของปั๊มความร้อนเมื่อมีอุณหภูมิเท่ากับ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำป้อนเดิมเท่ากับ 30 °C อัตราการไหลน้ำ 0.0625 kg/s และความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับค่าคงที่ (Cp) 4.187 kJ/kg.K สัมประสิทธิ์สมรรถนะปั๊มความร้อน COP = 3.5 โดยสารทำงาน R134a ระยะเวลาในการทำงานหม้อไอน้ำรวม 20 ชั่วโมงต่อวัน วันทำงาน 365 วันต่อปี จึงทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 117,822 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 471,288 บาทต่อปี คิดเป็นพลังงานความร้อน 424,159.2 เมกะจูลต่อปี

พบว่าหากติดตั้งปั๊มความร้อนเมื่ออุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำสำหรับอบเครื่องมือแพทย์จำนวน 3 เครื่อง อุณหภูมิน้ำป้อนเมื่อผ่านปั๊มความร้อนอุณหภูมิเท่ากับ 60 °C ให้ปริมาณพลังงานความร้อนกับหม้อไอน้ำสูงกว่าสถานะอื่นคือ 7.85 kJ/s และได้ปริมาณความเย็นจากระบบปั๊มความร้อนสูงกว่าสถานะอื่นคือ 19,200 บีทียูต่อชั่วโมง โดยสามารถนำความเย็นที่ได้ไปใช้ประโยชน์กับพื้นที่ปรับอากาศใกล้เคียงได้ โดยขนาดของปั๊มความร้อนใหญ่ขึ้นและใช้พลังงานสูงขึ้นตามความสามารถในการให้ปริมาณความร้อนกับระบบหม้อไอน้ำ ในขณะที่ความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งปั๊มความร้อนต้องสะสมอุณหภูมิตั้งแต่ 50°C จนถึง 60 °C ขึ้นไป จึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยสถานะที่ 3 อุณหภูมิ 60 °C มีอัตราผลตอบแทนการลงทุนมากที่สุดคือ 35.91% และระยะเวลาการคืนทุนสั้นที่สุด 2 ปี 6 เดือน

ข้อเสนอแนะ

5.1 การคำนวณค่าใช้จ่ายโครงการติดตั้งปั๊มความร้อน ควรรวมมูลค่าการลงทุนอุปกรณ์ และเครื่องจักรอื่น ๆ มีความจำเป็นต้องติดตั้งให้ระบบมีประสิทธิภาพ และป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับระบบ เช่น ถังเก็บน้ำสำรอง ปั๊ม วัสดุอุปกรณ์งานท่อ ฉนวน ระบบไฟฟ้า และปรับอากาศ เพื่อแสดงมูลค่าการลงทุนที่แท้จริง

5.2 การติดตั้งระบบปั๊มความร้อนนี้สามารถขอเงินทุนสนับสนุนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สังกัดกระทรวงพลังงานได้ร้อยละ 20 สำหรับการลงทุนการติดตั้งอุปกรณ์การประหยัดพลังงาน ดังนั้น โครงการจะมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนสูงขึ้น

5.3 สามารถเข้าร่วมโครงการส่งเสริมการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน (ESCO Fund) สำหรับผู้ที่ขาดปัจจัยการลงทุน และช่วยผู้ประกอบการให้ได้ประโยชน์จากการขายคาร์บอนเครดิต โดยไม่ต้องลงทุนเองเพื่อสนับสนุนและกระตุ้นโครงการประหยัดพลังงาน

5.4 สามารถขอคืนภาษีจากการติดตั้งปั๊มความร้อน โดยจัดทำเอกสารและยื่นขอกับกรมสรรพากรในค่าใช้จ่ายในปีของการลงทุน ตามประกาศอธิบดีกรมสรรพากรเกี่ยวกับภาษีเงินได้ฉบับที่ 145 กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการยกเว้นภาษีเงินได้ สำหรับเงินได้ที่จ่ายเป็น

ค่าใช้จ่ายเพื่อการได้มาซึ่งทรัพย์สินประเภทอุปกรณ์ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนแทนอุปกรณ์เดิม

5.5 สำหรับผู้ที่สนใจหรือต้องการศึกษาเกี่ยวกับปั๊มความร้อนประเภท Air to Water สามารถนำไปพัฒนาร่วมกับระบบหรืออุปกรณ์อื่นที่ต้องการใช้ความร้อน และสามารถออกแบบให้ใช้ได้กับระบบรวมหรือไฮบริดต่อไป

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานและกฎหมายและความรู้พื้นฐานด้านการอนุรักษ์พลังงาน. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานการจัดการพลังงานความร้อน. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานการจัดการพลังงานไฟฟ้าอนุรักษ์พลังงาน. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (ม.ป.ป.). การใช้ปั๊มความร้อนสำหรับทำความร้อน. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2558, จาก http://www2.dede.go.th/km_berc/downloads/menu4/...
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (ม.ป.ป.). การอนุรักษ์พลังงานในโรงพยาบาล. สืบค้นเมื่อ 26 มกราคม 2558, จาก http://www2.dede.go.th/km_berc/downloads/menu4...
- กรวิภา รัตนตรัยวงศ์ และคณะ. (2535). การตัดสินใจลงทุนสร้างอพาร์ทเมนท์หรือหอพักในจังหวัด นครสวรรค์และลำปาง : รายงานผลการวิจัยทางการตลาด. เชียงใหม่ : คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จรรยา โทะนาบุตร. (2553). การเปรียบเทียบคุณภาพของฮาโบบิวที่ทำแห้งโดยเครื่องอบแบบปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเล็ตและเครื่องอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชายชาญ นาวิกนิเวท. (2541). การศึกษาสัณฐานวิทยาในการทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และสารเก็บความร้อนแบบเปลี่ยนสถานะ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- นครินทร์ กันติเกตุ. (2522). การออกแบบระบบอบแห้งและห้องเย็นสำหรับสมุนไพรไทยด้วยเทคนิคปั๊มความร้อน. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บุญมั้น แสงสุชีลักษณ์. (2555). การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนระหว่างชนิดปั๊มความร้อนเดี่ยวและปั๊มความร้อนคู่. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปัญญา ยาทิพย์. (2537). การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำปั๊มความร้อนมาใช้ในการอบแห้งและ ทาความเย็นข้าวเปลือก. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พัชรินทร์ ตาด่วง. (2522). การอบแห้งเมล็ดงาโดยเครื่องอบแห้งที่ใช้ฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับปั๊มความร้อน. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พัชรี จันทนบุบผา. (2536). การใช้ปั๊มความร้อนเพื่อเพิ่มคุณภาพพลังงานความร้อน. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วิชัย เทียมประชา. (2536). การจัดการพลังงานในโรงพยาบาลของรัฐ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วันชัย ริจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า. (2550). เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ศรัทธา อุปคำ. (2541). การวิเคราะห์สมรรถนะระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน. สำหรับอาคารที่อยู่อาศัย. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สรวิศ สอนสารี. (2554). การวิเคราะห์สมรรถนะปั๊มความร้อนแบบอัดไอในการเพิ่มความร้อนที่ได้จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพื่อผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิสูง. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เอกกฤษ แก้วเจริญ. (2554). การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งชนิดปั๊มความร้อนที่มีวิธีที่ต่างกันของการควบคุมอุณหภูมิความร้อน. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Completesengineering. (ม.ป.ป.). เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน Heat exchangers. สืบค้นเมื่อ
25 มกราคม 2558, จาก
http://www.completesengineering.com/style/article_heat%20...

ภาษาต่างประเทศ

Andersonfloorwarming. (n.d.). **Air Source Heat Pump**. Retrieved January 20 2015,
from [http://www.andersonfloorwarming.co.uk/heating/heat-pumps/air-
source-heat-pumps/](http://www.andersonfloorwarming.co.uk/heating/heat-pumps/air-source-heat-pumps/)

Stoecker, Wilbert F. Jones, Jerold W. (1982). **Refrigeration and Air Conditioning 2nd
Edition**. Singapore. McGraw-Hill

You Tube (2009, 1 February). **How Heat Pump Work**. Retrieved January 22 2015,
จาก <https://www.youtube.com/watch?v=g39nM7GbSJA>