

# การวิเคราะห์และเปรียบเทียบการใช้ปั๊มความร้อนเพื่อประหยัด พลังงานในโรงพยาบาล

คุณากร ปาลสวัสดิ์\*

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์\*\*

อาจารย์นิตยา จันทร์เรือง 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 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

\*\* ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

\*\*\*ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

## 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 คืออากาศอุณหภูมิต่ำนำไปใช้ประโยชน์เพื่อจ่ายให้กับพื้นที่ปรับอากาศได้อีกด้วย โดยทำการศึกษาข้อมูลการใช้งานหม้อไอน้ำของโรงพยาบาล เพื่อวิเคราะห์ค่าความร้อนที่ปล่อยออกมาจากเครื่องควบแน่นกับค่าพลังงานในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance) ของปั๊มความร้อน จนถึงหาขนาดปั๊มความร้อนที่เหมาะสม วิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปั๊มความร้อนสามารถถ่ายเทให้กับน้ำในหม้อไอน้ำได้ เพื่อทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการนำเอาปั๊มความร้อนมาใช้อุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อต้มไอน้ำแบบไฟฟ้า

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำปั๊มความร้อนมาใช้อุ่นน้ำป้อนหม้อต้มไอน้ำให้กับอาคารโรงพยาบาลกรณีศึกษา
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 กรณีศึกษา โดยใช้ปั๊มความร้อนอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำที่อุณหภูมิน้ำป้อนแตกต่างกัน 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส โดยวิเคราะห์ขนาด การใช้พลังงานไฟฟ้า และศึกษาผลพลอยได้ความ เย็นจากการใช้ปั๊มความร้อนชนิด Air to Water เพื่อจ่ายในพื้นที่ปรับอากาศ โดยพิจารณาเกณฑ์ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งปั๊มความร้อนชนิด Air to Water เพื่อใช้ งานร่วมกับหม้อต้มไอน้ำที่ใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพยาบาลกรณีศึกษาจากอัตราผลตอบแทน ภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period: SPP)

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้เป็นข้อมูลเพื่อพิจารณาเลือกใช้ปั๊มความร้อนอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำแบบ ไฟฟ้าอบฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ของโรงพยาบาลกรณีศึกษา
2. ใช้เป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายของระบบหม้อไอน้ำ สำหรับอบฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ของโรงพยาบาลกรณีศึกษา
3. ใช้เป็นข้อมูลในการเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำแบบไฟฟ้าเพื่ออบฆ่าเชื้อเครื่องมือ แพทย์ของโรงพยาบาลกรณีศึกษาได้

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การถ่ายโอนความร้อนโดยใช้ปั๊มความร้อนประเภท Air to Water จากแหล่งพลังงานที่ มีอุณหภูมิต่ำสะสมจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นตั้งแต่ 40 จนถึง 60 องศาเซลเซียส จากวัฏจักรปั๊มความร้อน สามารถให้ความร้อนสุทธิแก่เครื่องระเหย ดังสมการ

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

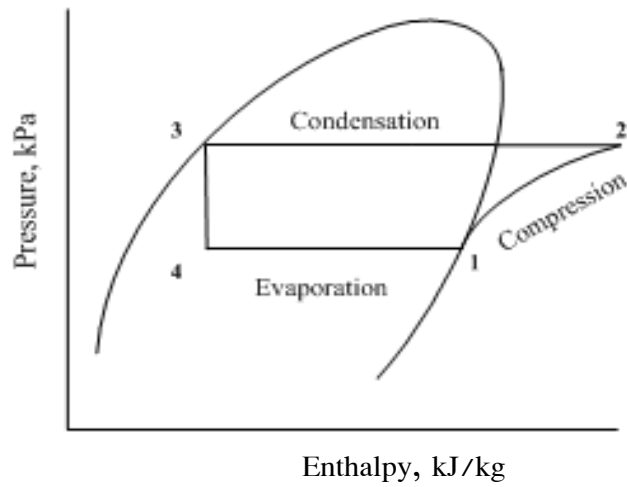
เมื่อ

Q	คือ ปริมาณความร้อนที่ปั๊มความร้อนให้ระบบ	(kJ/s)
$m^{\circ}$	คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ	(kg/s)
$C_p$	คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ	(kJ/kg.K)
$T_1$	คือ อุณหภูมิน้ำเดิมก่อนเข้าหม้อไอน้ำ	( $^{\circ}$ C)
$T_2$	คือ อุณหภูมิน้ำใหม่ก่อนเข้าหม้อไอน้ำ	( $^{\circ}$ 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 ปริมาณการใช้ น้ำ 75 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิน้ำป้อนเดิม 30 องศาเซลเซียส และสัมประสิทธิ์สมรรถนะของปั๊มความร้อน แบบใช้อากาศเป็นแหล่งพลังงานเท่ากับ 3.5 อัตรา การไหลเชิงมวลของน้ำที่หม้อไอน้ำใช้งานเท่ากับ 0.0625 กิโลกรัมต่อวินาที ค่าความจุความร้อน จำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.187 กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน



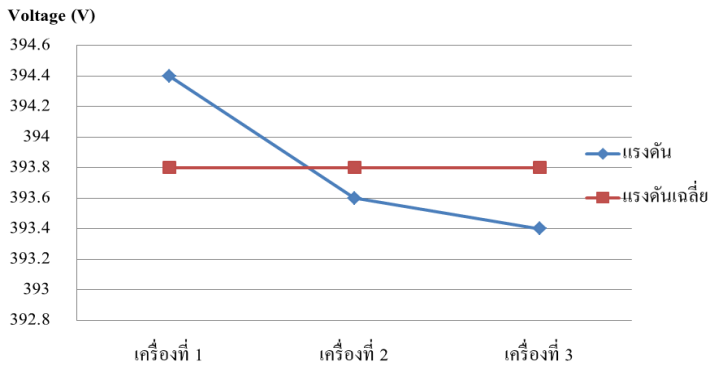
ภาพที่ 2 เครื่อง Steam Sterilizer ขนาด 18 ถึง 72 กิโลวัตต์ (700 ลิตร)

โดยตัวแปรดังนี้

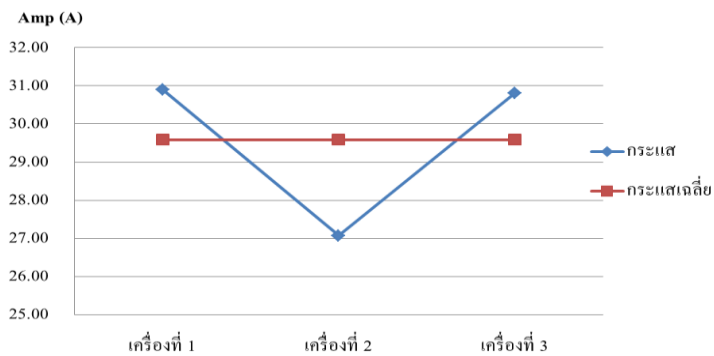
1. ตัวแปรต้น = อุณหภูมิน้ำป้อนของปั๊มความร้อนเข้าหม้อไอน้ำ( $T_1$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ )
2. ตัวแปรควบคุม = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำในหม้อไอน้ำ(m) ( $\text{kg/s}$ )  
= อุณหภูมิน้ำเดิมก่อนเข้าหม้อไอน้ำ( $T_2$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ )
3. ตัวแปรอิสระ = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ( $C_p$ ) ( $\text{kJ/kg.K}$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

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิน้ำป้อน ปริมาณพลังงานและพลังงานไฟฟ้าของปั๊มความร้อน

ลำดับ	สัมประสิทธิ์สมรรถนะปั๊มความร้อน	อัตราการไหล	ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ( $C_p$ )	อุณหภูมิ น้ำป้อนปั๊มความร้อน	อุณหภูมิ น้ำป้อนหม้อไอน้ำ (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 ปั๊มความ ร้อน	อุณหภูมิ น้ำป้อน หม้อไอน้ำ (เดิม)	พลังงานที่ ให้กับหม้อไอน้ำ	พลังงานที่ Heat Pump ใช้	Saving (kW)	Saving (kWh/yr)	Saving (Bath/yr)
	°C	°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 2 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำป้อนและปริมาณความเย็น ( $Q_c$ )

ลำดับ	อุณหภูมิ น้ำป้อน ปั๊มความ ร้อน	อุณหภูมิ น้ำป้อน หม้อไอน้ำ (เดิม)	พลังงานที่ ให้กับหม้อไอน้ำ	$Q_{Cool}$	ปริมาณความเย็น		ปริมาณความเย็น เมื่อคิดเป็น พลังงานไฟฟ้า	ปริมาณความเย็น เมื่อคิดเป็นค่า พลังงานไฟฟ้า	ผลประหยัดของ $Q_{heat} + Q_{cool}$
	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$Q_{heat}$ (kJ/s)		(kW)	Btu/hr	Ton	kWh	
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 และปริมาณพลังงานที่ให้กับหม้อต้มไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณความเย็นซึ่งเป็นผลพลอยได้เพิ่มสูงขึ้นโดยแปรผันตามอุณหภูมิและปริมาณพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบหม้อไอน้ำมีค่าเท่ากับ 0.53 1.06 และ 1.59 ตันความเย็น

### 3. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

เกณฑ์การตัดสินใจลงทุนลงทุนโครงการติดตั้งปั๊มความร้อนประเภท Air to Water เพื่ออุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำของโรงพยาบาลชุมชนขนาด 210 เตียง ในสภาวะอุณหภูมิน้ำป้อนแตกต่างกันดังนี้

3.1. สภาวะที่ 1 อุณหภูมิน้ำป้อนเดิม  $40^{\circ}C$  อุณหภูมิน้ำป้อนเมื่อผ่านปั๊มความร้อน  $40^{\circ}C$  อัตราการไหลน้ำ  $0.0625 \text{ kg/s}$  และความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับค่าคงที่ ( $C_p$ )  $4.187 \text{ kJ/kg.K}$  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 อุณหภูมิน้ำป้อนเดิม  $50^{\circ}C$  อุณหภูมิน้ำป้อนเมื่อผ่านปั๊มความร้อน  $40^{\circ}C$  อัตราการไหลน้ำ  $0.0625 \text{ kg/s}$  และความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับค่าคงที่ ( $C_p$ )  $4.187 \text{ kJ/kg.K}$  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 อุณหภูมิน้ำป้อนเดิม  $60^{\circ}C$  อุณหภูมิน้ำป้อนเมื่อผ่านปั๊มความร้อน  $40^{\circ}C$  อัตราการไหลน้ำ  $0.0625 \text{ kg/s}$  และความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับค่าคงที่ ( $C_p$ )  $4.187 \text{ kJ/kg.K}$  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 และสามารถออกแบบให้ใช้ได้กับระบบร่วมหรือไฮบริดต่อไป

## บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). *คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานและกฎหมายและความรู้พื้นฐานด้านการอนุรักษ์พลังงาน. (พิมพ์ครั้งที่ 1).* กรุงเทพฯ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). *คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานการจัดการพลังงานความร้อน. (พิมพ์ครั้งที่ 1).* กรุงเทพฯ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). *คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานการจัดการพลังงานไฟฟ้าอนุรักษ์พลังงาน. (พิมพ์ครั้งที่ 1).* กรุงเทพฯ

วันชัย ริจิรวนิช และช่อม พลอยมีค่า. (2550). *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

กรวิภา รัตนตรัยวงศ์ และคณะ. (2535). *การตัดสินใจลงทุนสร้างอพาร์ทเมนต์หรือหอพักในจังหวัด นครสวรรค์และลำปาง : รายงานผลการวิจัยทางการตลาด. เชียงใหม่ : คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.*

จรรยา โทษานุบุตร. (2553). *การเปรียบเทียบคุณภาพของชาใบบัวที่ทำแห้งโดยเครื่องอบแบบปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเล็ตและเครื่องอินฟราเรดภายใต้สุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.*

ชายชาญ นาวิกนิเวท. (2541). *การศึกษาฮีตพัมป์ในการทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และสารเก็บความร้อนแบบเปลี่ยนสถานะ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*

นครินทร์ กันติเกตุ. (2522). *การออกแบบระบบอบแห้งและห้องเย็นสำหรับสมุนไพรไทยด้วยเทคนิคปั๊มความร้อน. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.*

บุญมั่น แสงสุชีลักษณ์. (2555). *การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนระหว่างชนิดปั๊มความร้อนเดี่ยวและปั๊มความร้อนคู่. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.*

- บัญชา ยาทิพย์. (2537). *การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำปั๊มความร้อนมาใช้ในการอบแห้ง และ ทาความเย็นข้าวเปลือก*. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน. 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.
- ศรัทธา อุปคำ. (2541). *การวิเคราะห์สมรรถนะระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน สำหรับอาคารที่อยู่อาศัย*. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สรวิศ สอนสารี. (2554). *การวิเคราะห์สมรรถนะปั๊มความร้อนแบบอัดไอในการเพิ่มความร้อนที่ ได้จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพื่อผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิสูง*. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เอกกฤษ แก้วเจริญ. (2554). *การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งชนิดปั๊มความร้อนที่มีวิธีที่ต่างกันของการควบคุมอุณหภูมิความร้อน*. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (ม.ป.ป.). *การใช้ปั๊มความร้อนสำหรับทำความร้อน*. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2558, จาก [http://www2.dede.go.th/km\\_berc/downloads/menu4/...](http://www2.dede.go.th/km_berc/downloads/menu4/...)
- Completesengineering. (ม.ป.ป.). *เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน Heat exchangers*. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2558, จาก [http://www.completesengineering.com/style/article\\_heat%20...](http://www.completesengineering.com/style/article_heat%20...)
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (ม.ป.ป.). *การอนุรักษ์พลังงานในโรงพยาบาล*. สืบค้นเมื่อ 26 มกราคม 2558, จาก [http://www2.dede.go.th/km\\_berc/downloads/menu4...](http://www2.dede.go.th/km_berc/downloads/menu4...)
- Stoecker, Wilbert F. Jones, Jerold W. (1982). *Refrigeration and Air Conditioning 2nd Edition*. Singapore. McGraw-Hill

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

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