บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษาระบบทำน้ำร้อนสำหรับโรงแรมที่มีจำนวน 27 ชั้น ขนาด 325 ห้อง มีความต้องการปริมาณน้ำร้อนอุณหภูมิไม่เกิน 60 ^{0}C โดยทำการศึกษารูปแบบการติดตั้งระบบปั๊มความร้อนสำหรับโรงแรมกรณีศึกษา ศึกษาสมรรถนะการทำงานของระบบปั๊มความร้อนที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปัจจัยของอุณหภูมิสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิน้ำร้อนที่ต้องการจากการคำนวณทางทฤษฎี โดยใช้ P-h Diagram ของสารทำความเย็น R-22 จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CoolPack เป็นเครื่องมือในการศึกษา และศึกษาสมรรถนะของระบบปั๊มความร้อนเมื่อใช้งานจริง พร้อมทั้งวิเคราะห์ความเหมาะสมทางการเงิน ได้แก่ มูลค่าการลงทุนเริ่มต้นที่เพิ่มมากขึ้น ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและผลประโยชน์จากการลงทุนอื่นๆที่ได้รับในการเปลี่ยนจากระบบผลิตน้ำร้อนชนิดอื่นได้แก่ ระบบการผลิตน้ำร้อนโดยใช้น้ำมันเตา ระบบขดลวดไฟฟ้า และพลังงานแสงอาทิตย์ มาใช้ระบบปั๊มความร้อนภายใต้เงื่อนไขการผลิตน้ำร้อนเช่นเดียวกันกับโรงแรมกรณีศึกษา

กรณีที่โรงแรมกรณีศึกษาได้มีการตัดสินใจติดตั้งระบบทำน้ำร้อนด้วยระบบอื่นๆ คือการผลิตน้ำร้อนแทนการผลิตน้ำร้อนจากระบบทำน้ำร้อนจากน้ำมันเตา ขดลวดไฟฟ้า และเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และต้องการจะเปลี่ยนมาใช้ระบบปั๊มความร้อนนั้นย่อมมีต้นทุนที่แตกต่างกันโดยต้นทุนแบ่งออกเป็นสองส่วนคือต้นทุนเริ่มแรกและต้นทุนขณะดำเนินการ

ทั้งนี้ต้นทุนเริ่มแรกของระบบเกิดจากต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากราคาของระบบและภาษีมูลค่าเพิ่มที่แตกต่างกัน ในการศึกษานี้จะถือว่าต้นทุนค่าแรงงานในการติดตั้ง พร้อมทั้งอุปกรณ์ประกอบระบบผลิตน้ำร้อน เช่น ท่อน้ำร้อน สายไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่นๆ ของแต่ละระบบมีค่าเท่ากัน ดังนั้นต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นจึงแตกต่างกันเฉพาะส่วนของต้นทุนระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิด ในส่วนของต้นทุนขณะดำเนินการ (Operation Cost) นั้นประกอบด้วย ค่าประกันระบบ ค่าซ่อมบำรุง และค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายในส่วนดังกล่าวของระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน โดยทั่วไปค่าประกันระบบจะมีค่าเท่ากับ 1% ของมูลค่าเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคำนวณจากปริมาณเชื้อเพลิงและไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนภายใต้สภาวะเงื่อนไข

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

เดียวกันโดยการคิดคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานตลอดอายุการใช้งานของระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิดทั้งนี้เนื่องมาจากระบบผลิตน้ำร้อนเมื่อใช้งานได้ระยะเวลาหนึ่งย่อมทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลงทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งราคาของพลังงานแต่ละประเภทที่ใช้ในระบบก็มีราคาสูงสุดตามสภาวการณ์ การศึกษานี้จึงคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานให้มีค่าสูงขึ้นในแต่ละปีโดยใช้ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปีละ 5% และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มน้ำเพิ่มขึ้นปีละ 10% เนื่องจากราคาน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากกว่าค่าพลังงานไฟฟ้า และต้นทุนการดำเนินการในส่วนของค่าบำรุงรักษาด้วยวิธีการจ้างหน่วยงานภายนอก (Outsource) ทั้งนี้ระบบผลิตน้ำร้อนนั้นย่อมต้องได้รับการบำรุงรักษามากขึ้นเนื่องจากอายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้นโดยกำหนดให้อัตราค่าบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นปีละ 10%

ทั้งนี้พบว่าต้นทุนขณะดำเนินการของระบบผลิตน้ำร้อนแต่ละชนิดทั้ง 3 ส่วน คือ ค่าประกัน ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และค่าซ่อมบำรุง พบว่าหากมีการเปลี่ยนจากการผลิตน้ำร้อนจากระบบอื่นๆมาใช้ปั๊มความร้อนแทน จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและค่าซ่อมบำรุงได้ ดังนั้นต้นทุนในขณะดำเนินการสุทธิจึงมีเฉพาะส่วนของค่าประกันเท่านั้น

ในส่วนของผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ (Benefit) ทางการเงินของโครงการ คือ มูลค่าด้านพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy Saved) มูลค่าการซ่อมบำรุงที่ลดลง และมูลค่าซากที่จำหน่ายได้ของระบบทั้งนี้คิดมูลค่าซากแบบหักลดปีละเท่าๆกันตลอดอายุการใช้งาน ของมูลค่าการลงทุนเริ่มแรกของระบบนั้น โดยผลประโยชน์นี้สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบมูลค่าที่ลดลงของต้นทุนที่ลดลงเมื่อมีการใช้ปั๊มความร้อนผลิตน้ำร้อนแทนระบบอื่นๆ ที่เงื่อนไขการผลิตน้ำร้อนเดียวกัน

จากการคำนวณมูลค่าผลประโยชน์ได้จากการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนจากปั๊มความร้อน (Heat Pump) แทนการใช้ระบบทำน้ำร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ประหยัดได้ ค่าบำรุงรักษาที่ลดลง และมูลค่าซากที่จำหน่ายได้ในราคาที่สูงขึ้น

ทั้งนี้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องของต้นทุนวงจรชีวิตของระบบทำความร้อนชนิดต่างๆ นั้นพบว่าปั๊มความร้อนมีต้นทุนวงจรชีวิตตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุดถึงแม้ว่าจะมีเงินลงทุนเริ่มแรกสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระบบผลิตน้ำร้อนชนิดอื่นๆ (ภาณุศักดิ์, 2550) ดังนั้นหากเลือกติดตั้งปั๊มความร้อนตั้งแต่เริ่มต้นระบบผลิตน้ำร้อนของโรงแรมจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการผลิตน้ำร้อนและมีคุ้มค่ามากที่สุด ทั้งนี้สามารถสรุปผลการศึกษาซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. ระบบปั๊มความร้อนสำหรับโรงแรมกรณีศึกษา
2. สมรรถนะการทำงานของระบบปั๊มความร้อนจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3. สมรรถนะการทำงานของระบบปั๊มความร้อนจากการตรวจวัด

4. ความเหมาะสมทางด้านการเงินการลงทุน

5.1.1 ระบบปั๊มความร้อนสำหรับโรงแรมกรณีศึกษา

โรงแรมกรณีศึกษาเป็นโรงแรมที่ตั้งอยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานครมีความสูง 27 ชั้น โดยมีห้องพักรวมทั้งสิ้น 325 ห้อง ซึ่งก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2550 และได้ทำการศึกษาระบบผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อน ทั้งนี้ผลของการศึกษาก็คือ โรงแรมกรณีศึกษาต้องติดตั้งปั๊มความร้อนประเภท Air Source Heat pump จำนวน10 เครื่อง ขนาดของปั๊มความร้อนรวมทั้งสิ้น 460 kWh ติดตั้งถังเก็บน้ำร้อนขนาด 25,500 L โดยติดตั้งระบบปั๊มความร้อนแบบศูนย์รวมเพื่อจ่ายให้แก่ห้องพักและส่วนอื่นๆภายในโรงแรม ทั้งนี้ระบบปั๊มความร้อนประเภทดังกล่าวมีความสะดวกในการใช้งานมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปั๊มความร้อนประเภทอื่น อย่างไรก็ตามปั๊มความร้อนชนิดนี้มักมีความผันผวนของอุณหภูมิน้ำร้อนที่ผลิตได้ จึงจำเป็นจะต้องมีการใช้รวมกับระบบผลิตน้ำร้อนชนิดอื่นเพื่อให้ผลิตน้ำร้อนตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ตลอดเวลา

5.1.2 สมรรถนะการทำงานของระบบปั๊มความร้อนจากการจำลองค่าทฤษฎี

สมรรถนะการทำงานของระบบปั๊มความร้อนประเภท Air Source heat pump นั้นมีปัจจัยหลักมาจากอุณหภูมิสภาพอากาศแวดล้อมและอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ต้องการ ซึ่งหากอุณหภูมิสภาพอากาศแวดล้อมสูงขึ้นจะส่งให้สมรรถนะการทำงานปั๊มความร้อนมีค่าเพิ่มมากขึ้น และมีค่าสมรรถนะลดลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำร้อนที่ต้องการมีค่าสูงขึ้น ซึ่งสมรรถนะการทำงานของระบบผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนทุกกรณีที่ทำการศึกษามีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน คือ มีค่าไม่ต่ำกว่า 3

5.1.3 สมรรถนะการทำงานของระบบปั๊มความร้อนจากการตรวจวัด

การผลิตน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนที่มีค่าประสิทธิภาพ (COP) นั้นกฎหมายมีการกำหนดค่าสัมประสิทธิสมรรถนะการทำความร้อนตามมาตรฐานให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 3 ซึ่งจากผลการตรวจวัดค่าสัมประสิทธิสมรรถนะของปั๊มความร้อนทุกเครื่องที่ติดตั้งสำหรับใช้งานในโรงแรมกรณีศึกษามีค่าเป็นไปตามมาตรฐานคือ มีค่าไม่ต่ำกว่า 3

5.1.4 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ทางด้านการเงิน

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ทางด้านการเงินในกรณีที่จะพิจารณามูลค่าลงทุนเริ่มต้นและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบทำน้ำร้อนแต่ละชนิดกับปั๊มความร้อน รวมทั้งผลประโยชน์ที่จะได้รับทางการเงินของโครงการ ในช่วงเวลาของอายุโครงการ 15 ปี โดยใช้มูลค่าปัจจุบันของผลที่ได้สุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนที่ได้ต่อการลงทุน (BCR) ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 11.75 ต่อปี อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาในการคืนทุน(SPP) เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจในการเปลี่ยนระบบผลิตน้ำร้อนภายใต้สภาวะ

เงื่อนไขการผลิตเดียวกันกับโรงแรมกรณีศึกษามาใช้ปั๊มความร้อน ซึ่งสามารถทำได้จากการเปรียบเทียบผลประหยัดที่ได้จากการใช้ปั๊มความร้อน (Heat pump) แทนการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้แก่ ค่าน้ำมันเตาและค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละระบบผลิตน้ำร้อนภายใต้สภาวะเงื่อนไขการผลิตเดียวกันนั้นค่าใช้จ่ายพลังงานต่อปีของระบบการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบปั๊มความร้อนมีค่าต่ำที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 641,403.00 บาท/ปี

2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิทุกกรณีมีค่ามากกว่าศูนย์ ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุน

3. อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนทุกกรณีมีค่ามากกว่า 1 ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุนเพราะมูลค่าผลประโยชน์สุทธิมีค่ามากกว่าเงินลงทุน

4. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ย 11.75 % ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุน

5. ระยะเวลาในการคืนทุนจากการตัดสินใจลงทุนเพิ่มในการเปลี่ยนจากระบบผลิตน้ำร้อนชนิดอื่นๆมาใช้ปั๊มความร้อนพบว่ามีระยะเวลาในการคืนทุนน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของอายุการใช้งานสูงสุดของระบบปั๊มความร้อน

ดังนั้นหากลงทุนติดตั้งระบบปั๊มความร้อนแทนติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนชนิดอื่นๆเพื่อการประหยัดพลังงานนั้นมีความคุ้มค่าในการลงทุน จึงควรเลือกติดตั้งปั๊มความร้อนตั้งแต่เริ่มต้นระบบผลิตน้ำร้อนของโรงแรมจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการผลิตน้ำร้อนและมีคุ้มค่ามากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวของโครงการ

การวิเคราะห์ถึงค่าความอ่อนไหวของโครงการเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงเพื่อศึกษาโครงการในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลง (Dynamic) อันเนื่องมาจากความไม่แน่นอน (Uncertainly) และความเสี่ยง (Rick) เข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งความไม่แน่นอนเหล่านี้เกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความไม่แน่นอนของภาวะเศรษฐกิจ ความไม่แน่นอนทางนโยบายทางการเงินของประเทศ เป็นต้น

จากความไม่แน่นอนของอนาคตและมีความเสี่ยงในปัจจัยต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น อันจะเป็นผลกระทบต่อต้นทุนและผลประโยชน์ได้ ถ้าต้องการให้โครงการมีความน่าเชื่อถือได้ในระยะยาวควรมีการประเมินความเสี่ยงจากความไม่แน่นอนด้วยจึงจะน่าลงทุนมากยิ่งขึ้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

1. การติดตั้งเพิ่มประสิทธิภาพของการทำน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนนั้นสามารถทำได้ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิให้แหล่งความร้อน เช่น การติดตั้งระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนในสถานประกอบการ

2. การเลือกขนาดของปั๊มความร้อนนั้นควรคำนึงถึงปริมาณน้ำร้อนที่ใช้จริงในแต่ละวันเพื่อที่จะสามารถล็อกขนาดของเครื่องปั๊มความร้อนและถังเก็บความร้อนได้อย่างเหมาะสม

3. การหุ้มฉนวนบริเวณส่วนท่อและถังเก็บน้ำร้อนจะช่วยในการประหยัดพลังงานได้ทั้งนี้เป็นการลดความสูญเสียความร้อนจากน้ำร้อนที่เก็บไว้

4. กิจการที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทแยกส่วนสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องทำน้ำร้อนได้ ทั้งนี้ต้องดูความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุนด้วย

5. ควรมีการบำรุงรักษาเครื่องปั๊มความร้อนเป็นประจำเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงอยู่เสมอ

5.2.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป

ระบบปั๊มความร้อนเป็นระบบผลิตน้ำร้อนที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันเนื่องจากทำให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับผลิตน้ำร้อนขององค์กรต่ำกว่าระบบผลิตน้ำร้อนชนิดอื่น ซึ่งแนวทางสำหรับการศึกษาต่อไปมีดังนี้

1. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนหรับโรงแรมที่มีเงื่อนไขการผลิตน้ำร้อนอื่นๆ โดยทำการศึกษาว่าหากโรงแรมมีขนาดใหญ่หรือเล็กลงจะส่งผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่

2. การออกแบบโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้สำหรับการประเมินสมรรถนะของปั๊มความร้อนเมื่ออุณหภูมิสภาวะแวดล้อมและน้ำร้อนใช้งานเปลี่ยนแปลงไปโดยมีการพิจารณาปัจจัยคงที่อื่นๆเพื่อให้การประเมินสมรรถนะของระบบปั๊มความร้อนมีความใกล้เคียงขณะใช้งานจริง

3. การศึกษาผลของชนิดสารทำงานในระบบปั๊มความร้อนว่าส่งผลต่อสมรรถนะของระบบหรือไม่

4. การศึกษาวิธีการออกแบบระบบปั๊มความร้อนให้มีขนาดเหมาะสมกับองค์กรประเภทต่างๆ

5. การบริหารระบบผลิตน้ำร้อนให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำความเย็นทิ้งจากระบบปั๊มความร้อนมาใช้งานเพื่อการประหยัดพลังงานจากระบบปรับอากาศ