Thesis Title Performance Analysis of an Absorption Heat Transformer with Assisted Vapor Compression Heat Pump

Author Mr. Nattaporn Chaiyat

Degree Doctor of Philosophy (Energy Engineering)

Thesis Advisory Committee

Prof. Dr. Tanongkat Kiatsiriroat	Advisor
Asst. Prof. Dr. Nat Vorayos	Co-advisor
Asst. Prof. Dr. Chatchawan Chaichana	Co-advisor

ABSTRACT

In this study, a concept to improve thermal performance of an absorption heat transformer (AHT) by combining with a vapor compression heat pump (VCHP) to recover heat at the AHT condenser and supply back to the AHT evaporator is presented. The whole unit is called compression/absorption heat transformer (CAHT). Energy analysis and exergy costing of a 10 kW_{th} CAHT were carried out when the system was supplied heat by a set of flat-plate solar collectors each in parallel connection and the number of solar collectors and the auxiliary electrical power for supplying heat were considered. A solar-CAHT prototype was constructed and tested. The experimental results were used to verify the simulation results. After that, a set of simplified models were developed form the experimental data to predict the thermal performance of the VCHP and the CAHT. A set of performance curves that could be used to estimate heating capacity of the CAHT and the upgraded temperature of the working fluid at the CAHT were also described.

For the simulated results, the suitable working fluid of the single-stage vapor compression heat pump system was R-123 and the CAHT could generate hot water at a temperature of around 70-80 $^{\circ}C$. For two-stage cascade vapor compression heat

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

pump with R-134A and R-123 as refrigerants, the hot water temperature could be up to 80-90 °C. The latter is more appropriate to combine with the AHT due to its higher COP, especially at a higher temperature. Moreover, the overall COP of the CAHT cycle was around 0.8 compared with that of the normal AHT which was less than 0.5.

For the 10 kW_{th} solar-CAHT with the absorber temperature over 80 °C, it could be found that the number of the solar collectors units could be decreased about 50 % which was 18 units instead of 35 units of the normal solar-AHT. Under the climate of Chiang Mai, the annual exergy costing of the solar-CAHT unit was also cheaper than that of the solar-AHT unit at around 50,000 Baht/kW·y.

Compare with the experimental results of the tested unit, the developed models could be used to predict the system performances and the simulated results agreed well with those from the experiments.

A set of simplified models for the CAHT were developed. The calculated results could perform a set of performance curves that could be used to predict the heating capacity of the CAHT and the upgraded temperature of the working fluid at the CAHT absorber.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของตัวแปลงความร้อนแบบดูดกลืนร่วมกับระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ

ผู้เขียน นาย นัฐพร ไชยญาติ

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ศ. ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ผศ. ดร. ณัฐ วรยศ	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ผศ. ดร. ชัชวาลย์ ชัยชนะ	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของตัวแปลงความร้อนแบบดูดกลืน (Absorption heat transformer, AHT) โดยการนำความร้อนทิ้งที่คอนเดนเซอร์ของตัวแปลงความร้อนแบบดูดกลืนมาเพิ่มคุณภาพโดยระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ (Vapor compression heat pump, VCHP) และป้อนกลับไปยังอีแวปเปอร์เรเตอร์ของตัวแปลงความร้อนแบบดูดกลืน โดยระบบร่วมดังกล่าวเรียกว่า ตัวแปลงความร้อนร่วมแบบอัดไอและดูดกลืน (Compression/absorption heat transformer, CAHT) โดยการศึกษาตัวแปลงความร้อนร่วมขนาด 10 กิโลวัตต์ ทำการวิเคราะห์การถ่ายเทด้านพลังงาน และการถ่ายเทงานที่ใช้ประโยชน์สูงสุดร่วมกับความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ (Exergy costing) โดยมีตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ต่อขนานกันให้ความร้อนแก่ระบบ ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาตัวแปลงความร้อนร่วมแบบอัดไอและดูดกลืนดังกล่าว เพื่อใช้ในการทดลองแล้วนำผลที่ได้มาจากการทดสอบมาสร้างแบบจำลองอย่างง่ายของสมการสมรรถนะของระบบ เพื่อทำนายสมรรถนะทางความร้อนของตัวแปลงความร้อนแบบดูดกลืนและปั๊มความร้อนแบบอัดไอ โดยชุดสมการสมรรถนะดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของตัวแปลงความร้อนร่วมแบบอัดไอและดูดกลืน รวมถึงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของของไหลที่นำมาเพิ่มคุณภาพทางความร้อนอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการศึกษาโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่า สารทำงานที่เหมาะสมสำหรับระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอแบบชั้นเดียว (Single-stage VCHP) คือ R-123 ที่สามารถผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิสูงสุดได้ประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส และสำหรับระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอแบบสองชั้น (Two-stage VCHP) พบว่า R-134A/R-123 เหมาะสมต่อการใช้เป็นสารทำงานในระบบเพื่อผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบอีกว่าระบบแบบสองชั้นเหมาะสมต่อการทำงานร่วมกับตัวแปลงความร้อนแบบดูดกลืน เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of performance, COP) สูงกว่าระบบแบบชั้นเดียวสำหรับการผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิสูง โดยระบบร่วมสามารถเพิ่ม COP ได้ประมาณ 0.8 จากระบบเดิมก่อนการปรับปรุงมีค่า COP ไม่เกิน 0.5

สำหรับตัวแปลงความร้อนร่วมแบบอัดไอและดูดกลืนขนาดความสามารถทำความร้อน 10 กิโลวัตต์และสามารถเพิ่มอุณหภูมิที่แอบซอร์พเบอร์ได้สูงกว่า 80 องศาเซลเซียส ที่มีแหล่งความร้อนจากตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ สามารถลดจำนวนแผงของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จากระบบเดิมก่อนการปรับปรุงใช้จำนวน 35 แผงและระบบหลังการปรับปรุงที่จำนวน 18 แผงภายใต้สภาวะอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ นอกจากนี้การถ่ายเทงานที่ใช้ประโยชน์สูงสุดร่วมกับความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ ของระบบหลังการปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าระบบก่อนการปรับประมาณ 50,000 บาทต่อกิโลวัตต์ต่อปีอีกด้วย

การเปรียบเทียบผลการทำนายพฤติกรรมการทำงานของตัวแปลงความร้อนร่วมแบบอัดไอและดูดกลืนโดยใช้สมการสมรรถนะของระบบ พบว่า สามารถทำนายผลได้ใกล้เคียงเทียบกับผลจากการทดสอบ

ชุดสมการสมรรถนะของตัวแปลงความร้อนร่วมแบบอัดไอและดูดกลืนได้นำมาพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ในการอธิบายพฤติกรรมของระบบ เช่น อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ปล่อยออกจากระบบที่สามารถผลิตได้ ร่วมถึงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของของไหลที่นำมาเพิ่มคุณภาพที่แอบซอร์พเบอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved