Thesis Title Optimum Design of Heat Pipe Condenser for Vapor Compression Refrigeration

Author Mr. Pracha Yeunyongkul

Degree Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

Thesis Advisory Committee

Prof. Dr. Pradit Terdtoon Advisor

Asst.Prof. Dr. Phrut Sakulchangsatjatai Co-advisor

Asst.Prof .Dr. Wera Phaphuangwittayakul Co-advisor

ABSTRACT

This study investigated the employing heat pipe as a heat exchanger in the condensing system of vapor compression refrigeration system. Split-type air conditioner for residential propose was considered. To reduce pressure drop and recover heat from the condensing process of the refrigeration cycle, this investigation tried to use Closed Loop Oscillating Heat Pipe (CLOHP) instead of the conventional condenser in split-type air conditioner. In this study, mathematical model and experimentation have been carried out. Mathematical models were established based on fundamental principles of refrigeration, heat transfer, thermodynamics and manufacturer's data. The mathematical model was constructed into a computer program for simulation by using MATLAB 7.1. The simulation of CLOHP condenser to obtain the optimum size of the vapor compression refrigeration system was performed using the thermo-economical method. For the optimum system size, it was found that water as the working fluid provided the highest net savings of 8,523 US$.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

The optimum size of the system consists of a 0.08 meter of evaporator section length, a 0.1 meter of condenser section length, pipe with an inner diameter of 2.03 millimeter, and 245 turns. Therefore, these sizes were selected to construct the CLOHP condenser. The refrigeration capacity was set at 12,500 Btu/h (3.663 kW) with R22 as the refrigerant. The experiments were divided to two main parts: one with the conventional condenser and the other with the CLOHP condenser. Each main experiment was divided to three sub-experiments with the heat loads of 800, 900 and 1,000 W, respectively. In each sub-experiment, all of the data were recorded at a steady state operation, an interval of ten minutes and a period of three hours. The experimental results were obtained and compared with those of conventional condenser. It was found that, COP of the conventional condenser with a heat load of 800 W, 900 W and 1,000 W were 4.76, 4.53 and 4.43, respectively, while the COP of the CLOHP condenser with water flow rate of 5 LPM were 2.94, 3.38 and 4.43, respectively. The COP of the CLOHP condenser was higher than the conventional condenser at the same compression ratio. The pressure drop of the CLOHP condenser was lower than that of the conventional condenser by about 91.2%. In addition, the outlet temperature of the cooling water recovering heat from the condenser section of CLOHP was increased by about 3 °C. Moreover, the models were verified by experimental data with the standard deviation of $\dot{Q}_c$, $\dot{Q}_e$, $\dot{P}_{comp}$, COP and EER were ±12 %, ±16 %, ±26 %, ±11 % and ±26 %, respectively. Finally, the relationship of effectiveness and NTU of the CLOHP heat exchanger from the mathematical model are close to those from experimental. The maximum

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

effectiveness of 0.73 with the NTU of 1.29 with the heat load and water flow rate was 800 W and 3 LPM, respectively.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การออกแบบที่เหมาะสมที่สุดของคอนเดนเซอร์แบบท่อความร้อนสำหรับการทำความเย็นแบบอัดไอ

ผู้เขียน นายประชา ยืนยงกุล

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ศ. ดร. ประดิษฐ์	เทอดทูล	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ผศ. ดร. พฤทธ์	สกุลช่างสัจจะทัย	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ผศ. ดร. วีระ	ฟ้าเฟื่องวิทยากุล	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

ดุษฎีนิพนธ์นี้ศึกษาการประยุกต์ท่อความร้อนเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแทนคอนเดนเซอร์ของระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ เพื่อลดความดันสูญเสียและนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ของเครื่องทำความเย็นแบบแยกส่วนสำหรับที่อยู่อาศัย การศึกษานี้จึงนำท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบ (CLOHP) มาใช้แทนคอนเดนเซอร์แบบเดิมของเครื่องปรับอากาศ การศึกษานี้มีสองส่วน คือการจำลองทางคณิตศาสตร์และการทดลอง การจำลองทางคณิตศาสตร์ใช้หลักการทำความเย็น การส่งถ่ายความร้อน เทอร์โมไดนามิกส์ และข้อมูลจากผู้ผลิต แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ถูกสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB 7.1 แบบจำลองสภาพของคอนเดนเซอร์แบบท่อความร้อนเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของท่อความร้อน โดยใช้หลักการทางเทอร์โมอิโคโนมิกส์ ขนาดที่เหมาะสมของท่อความร้อนที่ได้คือ ท่อความร้อนที่ใช้น้ำเป็นสารทำงาน ค่าการประหยัดสุทธิสูงสุดคือ 8,523 ดอลลาร์สหรัฐ ความยาวส่วนทำระเหย 0.08 เมตร ความยาวส่วนควบแน่น 0.1 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.03 มิลลิเมตร และจำนวนโค้งเลี้ยว 245 โค้งเลี้ยว ดังนั้นขนาดที่ได้นี้จึงเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการนำไปสร้างคอนเดนเซอร์แบบท่อความร้อน ขนาดของเครื่องทำความเย็น 12,500 บีทียูต่อชั่วโมง (3,663 วัตต์) โดยใช้สารทำความเย็นเป็น R22 การทดลองแบ่งเป็นสองส่วน คือ การทดลองระบบที่เป็นคอนเดนเซอร์แบบเดิม และการทดลองระบบที่เป็นคอนเดนเซอร์แบบท่อความร้อน แต่ละการทดลอง แบ่งเป็นสามการทดลองย่อยตามภาระความร้อนที่ให้โดยฮีตเตอร์ไฟฟ้า 800 900 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1,000 วัตต์ บันทึกข้อมูลที่สภาวะคงที่ทุกสิบนาทีเป็นเวลาสามชั่วโมงต่อเนื่อง ผลการทดลองที่ได้เปรียบเทียบกับระบบการทำความเย็นที่ติดตั้งคอนเดนเซอร์แบบเดิม พบว่า ค่า COP ของระบบการทำความเย็นที่ติดตั้งคอนเดนเซอร์แบบเดิมที่ภาระความร้อน 800 900 และ 1,000 วัตต์ คือ 4.76 4.53 และ 4.43 ตามลำดับ ขณะที่ค่า COP ของระบบการทำความเย็นที่ติดตั้งคอนเดนเซอร์แบบท่อความร้อนที่ภาระความร้อน 800 900 และ 1,000 วัตต์ และอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น 5 LPM คือ 2.94 3.38 และ 4.43 ตามลำดับ พบว่าค่า COP ของระบบการทำความเย็นที่ติดตั้งคอนเดนเซอร์แบบ CLOHP มีค่าสูงกว่าที่อัตราส่วนความดันเดียวกัน ความดันลดของระบบที่ติดตั้งคอนเดนเซอร์แบบท่อความร้อนมีค่าต่ำกว่า 91.2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นอุณหภูมิของน้ำที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนสูงขึ้น 3 องศาเซลเซียส ยืนยันผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยผลการทดลองของคอนเดนเซอร์แบบ CLOHP พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $\dot{Q}_c$ $\dot{Q}_e$ $\dot{P}_{comp}$ COP และ EER คือ ±12 เปอร์เซนต์ ±16 เปอร์เซนต์ ±26 เปอร์เซนต์ ±11 เปอร์เซนต์และ ±26 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิผลและ NTU จากผลการคำนวณและการทดลองพบว่ามีค่าใกล้เคียง ค่าประสิทธิผลสูงสุดคือ 0.73 ที่ค่า NTU เป็น 1.29 สำหรับค่าภาระความร้อน 800 วัตต์ และอัตราการไหลของน้ำ 3 ลิตรต่อนาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved