Thesis Title Heat Extraction from Solar Pond by Heat Pipe
Author Mr. Sura Tundee
Degree Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

Thesis Advisory Committee

Prof. Dr.	Pradit	Terdtoon	Chairperson
Asst.Prof. Dr.	Siva	Achariyaviriya	Member
Asst.Prof .Dr.	Patrapon	Kamonpet	Member

ABSTRACT

This thesis considers applications of thermosyphon as heat exchanger in solar pond heat extraction. The solar radiation at Khon Khan Province, North East of Thailand, latitude and longitude of (16°27'N 102°E) is taken into account. Mathematical model for calculating the heat extraction of solar pond is established and subsequently verified by experiments. The mathematical model consists of 4 parts. The first part is to determine the solar radiation at every 10 minutes over day-night time of a year. The calculated solar radiation is in the second part used to calculate the heat storage and solar pond temperatures in the entire year. In the third part, the optimized dimension of the heat exchanger is evaluated. The thermo - economic of the solar pond and heat exchanger are finally determined in the fourth part. Solar radiation from mathematical model is 230 W/m^3, The optimized size of solar pond of 1,800 m^2 on heat pipe heat exchanger area of 22.81 m^2 are obtained with net saving of 15,500 US$.

However, in this study, the area for experimental solar pond and heat exchanger construction are limited. We, therefore, select the closes suitable calculated condition from mathematical model. At solar radiation is equal to 230 W/m^3, solar pond is obtained as a cylindrical shape with diameter of 3 m, height of 1.5 m, area of 7 m^2 and layer thickness of upper convective zone, non convective zone and lower

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

convective zone of 0.2, 0.7 and 0.6 m, respectively. The highest temperatures of solar pond from mathematical model and experiment are 45^{o}C and 42^{o}C, respectively. The heat from solar pond is extracted by controlling solar pond temperature to be 40^{o}C. Mathematical model based on the principle of net saving is used to determine a set of optimize size of the heat exchanger to extract heat of 230 W. A set of the optimized size consists of inner diameter of copper tube of 0.022 m, evaporator section length and condensation section length of 0.8 m and 0.20 m, respectively, number of tubes of 60, and using R134a as working fluid with 50 percent filling ratio of evaporator section volume. This heat exchanger is installed at lower side of solar pond. Evaporator section of solar pond receives heat from lower convective zone layer of solar pond. Air is used to transfer heat from condenser section of heat exchanger with 5 air flow rates of 29, 58, 87,116 and 145 m^3/hr, and the extracted heat are 28, 59, 70, 72, and 71 W. The effectiveness and NTU from the mathematical model are close to those from experimental results with the error to ± 28.35%. The highest effectiveness of 43% is obtained at air flow rate of 29 m^3/hr. Increasing of 500 % in air flow rate results in decreasing of effectiveness of about 27 %.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การดึงความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยท่อความร้อน

ผู้เขียน นายสุระ ตันดี

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ศ. ดร. ประดิษฐ์	เทอดทูล	ประธานกรรมการ
ผศ. ดร. ศิวะ	อัจฉริยวิริยะ	กรรมการ
ผศ. ดร. ภัทราพร	กมลเพ็ชร	กรรมการ

บทคัดย่อ

ดุษฎีนิพนธ์นี้พิจารณาแนวทาง การศึกษาถึงการ ประยุกต์ใช้เทอร์โมไซฟอน เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับการดึงความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาความร้อนที่ให้กับบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จากค่าการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ที่ จังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ละติจูดและลองติจูดที่ (16°27'N 102°E) ดำเนินการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณการดึงค่าความร้อนจากบ่อพลังงานแสงอาทิตย์และยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองจากข้อมูลการทดลอง แบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย 4 ส่วน ส่วนที่หนึ่งจะคำนวณหาค่าการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ โดยคำนวณทุก 10 นาที ตลอดวันและตลอดปี ส่วนที่สองจะนำค่าการแผ่รังสีความร้อนมาคำนวณหาค่าการสะสมความร้อนและอุณหภูมิของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดปี ส่วนที่สามจะคำนวณหาขนาดที่เหมาะสมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนที่สี่จะคำนวณหาค่าความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ความร้อนของบ่อความร้อนและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจากข้อมูลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ 230 วัตต์ต่อตารางเมตร พื้นที่ที่เหมาะสมของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1 ,800 ตารางเมตร เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีพื้นที่เท่ากับ 22.81 ตารางเมตร ให้ค่าประหยัดสุทธิเท่ากับ 15,500 US$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ มีข้อจำกัดในพื้นที่ของการจัดสร้างบ่อความร้อนและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จึงเลือกเงื่อนไขที่ใกล้เคียงที่สุดจากแบบจำลองมาสร้างบ่อความร้อนในการทดลอง บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการทดลองเป็นรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร สูง 1.5 เมตร มี พื้นที่ 7 ตารางเมตร ความหนาของชั้น Upper convective zone, Non convective zone, Lower convective zone มีค่าเท่ากับ 0.2 , 0.7 , 0.6 เมตร ตามลำดับ จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และผลที่ได้จากการทดลองอุณหภูมิสูงสุดของบ่อความร้อนมีค่าเท่ากับ 45 องศาเซลเซียล 42 องศาเซลเซียล เมื่อทำการดึงความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิของบ่อไม่ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียล ปริมาณความร้อนที่ดึงออกได้มีค่าเท่ากับ 230 วัตต์ ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คำนวณหาชุดข้อมูลที่เหมาะสมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในการดึงความร้อน 230 วัตต์ โดยใช้ค่าการประหยัดสุทธิ ข้อมูลที่เหมาะสมของท่อความร้อนทำจากท่อทองแดงมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 0.022 เมตร มีความยาวส่วนทำระเหยเท่ากับ 0.8 เมตร ส่วนควบแน่น 0.20 เมตร มีจำนวนท่อความร้อนเท่ากับ 60 ท่อ ใช้ R134a เป็นสารทำงาน มีอัตราส่วนการเติมเท่ากับ 50 เปอร์เซนต์ของส่วนทำระเหย ทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ด้านข้างของบ่อความร้อน โดยให้ส่วนทำระเหยของท่อความร้อนรับความร้อนจากชั้น Lower convective zone ของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้อากาศเป็นตัวรับความร้อนจากส่วนควบแน่นของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยทำการปรับอัตราการไหลของอากาศ 5 ค่า 29, 58, 87, 116, 145 m^3/hr ค่าความร้อนที่ดึงออกได้ 28, 59, 70, 72, 71 W ค่า Effectiveness และ NTU ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน และค่าผิดพลาด $\pm$ 28.35 % ค่า Effectiveness ที่ได้จากการทดลองที่มีค่าสูงสุดเกิดขึ้นที่อัตราการไหล 29 m^3/hr มีค่าเท่ากับ 43 % และเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น 500 % Effectiveness มีค่าลดลง 27 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved