

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาระบบทำความเย็นที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอีเจกเตอร์
(Development of Solar – Driven Ejector Refrigeration System)

คณะผู้วิจัย สังกัดวิทยาลัยพลังงานทดแทน

ดร.อนันต์	พงศ์ธรรกุลพานิช
ดร.สุขฤดี	สุขใจ
นายสรวิศ	สอนสารี
นายวิสุทธิ์	เข้มสะอาด
นายไพฑูรย์	เหล่าดี

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2554 คณะผู้ดำเนินงานวิจัยใคร่ขอขอบคุณอย่างยิ่ง ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่สนับสนุนงานวิจัยอย่างจริงจัง และต่อเนื่องมาโดยตลอด และขอขอบคุณคณะนักวิจัยทุกท่าน เจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนของวิทยาลัยพลังงานทดแทนทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้วิจัย

พฤษภาคม 2555

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ทำการสร้างและศึกษาระบบทำความเย็นที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอีเจ็คเตอร์ ในการศึกษาแสดงผลการทดสอบการทำงานของระบบทำความเย็นฯ ที่มีขนาดการทำงาน ความเย็น 1 ตันความเย็น ภายใต้สภาวะการทำงานของหม้อไอน้ำ (Boiler) ที่อุณหภูมิของไอน้ำอิ่มตัวซึ่งเป็นของไหลปฐมภูมิขับเคลื่อนอีเจ็คเตอร์ เท่ากับ $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ และอัตราการไหลของไอน้ำเท่ากับ 0.0032 kg/s หรือที่ระดับวาล์วประมาณ 10 (ระดับวาล์วคือ 0 – 99) ผลการวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องระเหย (Q_E) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของระบบทำความเย็นฯ ในเวลา 1 ชั่วโมงที่มีการใช้น้ำ (ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว) พบว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำออกจากเครื่องระเหยมีค่าคงที่ประมาณ $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องระเหย (Q_E) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ก่อนการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะมีค่าเท่ากับ 0.05 kW_{th} และ $0.004\text{ kW}_{th}/\text{kW}_{el}$ ตามลำดับ โดยระบบจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 13 kW_{el} และสามารถผลิตน้ำเย็นได้ 179.64 Liter/hr หรือ $4,311.36\text{ Liter/day}$ และหลังจากติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะมีค่าเท่ากับ 0.13 kW_{th} และ $0.01\text{ kW}_{th}/\text{kW}_{el}$ ตามลำดับ โดยระบบจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 13 kW_{el} และสามารถผลิตน้ำเย็นได้ 160.56 Liter/hr หรือ $3,853.44\text{ Liter/day}$

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์ / ระบบทำความเย็น / อีเจ็คเตอร์

Abstract

In this research work, the experimental solar driven steam ejector refrigeration system was constructed and studied. Testing results for 10 Ton refrigeration system under boiler condition which temperature of saturated steam used to be primary fluid driving an ejector is 120°C and mass flow rate of steam is 0.0032 kg/s or level of valve opened is 10 ranging from 0 to 99. At steady state for 1 hr of chilled water used, the analyzed results show that heat transfer rate at evaporator (Q_E) and energy efficiency ratio (EER) of refrigeration system at constant 18°C chilled water leaving evaporator before installed solar collector are $0.05 \text{ kW}_{\text{th}}$ and $0.004 \text{ kW}_{\text{th}}/\text{kW}_{\text{el}}$, respectively. In addition, the amount of electricity consumed is $13 \text{ kW}_{\text{el}}$ and rate of chilled water produced is 179.6 Liter/hr or 4,311.4 Liter/day, and after installed solar collector are $0.13 \text{ kW}_{\text{th}}$ and $0.01 \text{ kW}_{\text{th}}/\text{kW}_{\text{el}}$, respectively. In addition, the amount of electricity consumed is $13 \text{ kW}_{\text{el}}$ and rate of chilled water produced is 160.56 Liter/hr or 3,853.44 Liter/day.

Keywords: Solar Energy / Refrigeration System / Ejector

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบาญ	จ
สารบาญตาราง	ช
สารบาญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	3
1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	5
2.1 ระบบทำความเย็นแบบอีเจกเตอร์ที่ทำงานด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Ejector Refrigeration System)	5
2.2 หลักการทำงานของหัวฉีดลดความดัน (Ejector)	6
2.3 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)	7
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	8
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ	8
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล	15
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	19
4.1 ผลการทดสอบระบบทำความเย็นที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการติดตั้งอีเจกเตอร์ (Ejector)	19
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	23
5.1 สรุปผลการศึกษา	23
5.2 ข้อเสนอแนะ	23

บรรณานุกรม	24
ภาคผนวก	25
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบของระบบทำความเย็นฯ ก่อนการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)	26
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดสอบของระบบทำความเย็นฯ หลังติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)	33
ภาคผนวก ค การถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายจำนวน 54 คน (กรมการพลังงานทหารฯ ศึกษาดูงาน วันที่ 21 เมษายน 2555)	40

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ก.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นฯ ก่อนการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)	27
ก.2 ผลการทดสอบอุณหภูมิและความดันของระบบทำความเย็นฯ ก่อนการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) กรณีไม่มีการนำน้ำเย็นในถังเก็บน้ำเย็นไปใช้งาน	29
ก.3 ผลการทดสอบอุณหภูมิและความดันของระบบทำความเย็นฯ ก่อนการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) กรณีมีการนำน้ำเย็นในถังเก็บน้ำเย็นไปใช้งาน	31
ก.4 ผลการทดสอบปริมาณน้ำเย็นที่ผลิตได้ของระบบทำความเย็นฯ ก่อนการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)	32
ข.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นฯ หลังติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)	34
ข.2 ผลการทดสอบอุณหภูมิและความดันของระบบทำความเย็นฯ หลังติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) กรณีไม่มีการนำน้ำเย็นในถังเก็บน้ำเย็นไปใช้งาน	36
ข.3 ผลการทดสอบอุณหภูมิและความดันของระบบทำความเย็นฯ หลังติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) กรณีมีการนำน้ำเย็นในถังเก็บน้ำเย็นไปใช้งาน	38
ข.4 ผลการทดสอบปริมาณน้ำเย็นที่ผลิตได้ของระบบทำความเย็นฯ หลังติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)	39

สารบัญรูปภาพ

รูป	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	5
2.2 ผังแสดงระบบทำความเย็นแบบอีเจกเตอร์อย่างง่าย	6
2.3 ลักษณะการไหลของสารทำงานภายในอีเจกเตอร์	7
3.1 ชุดทดสอบระบบทำความเย็นฯ	8
3.2 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศชนิดฮีตไปป์	9
3.3 หัวฉีดลดความดัน (Ejector)	9
3.4 หม้อไอน้ำไฟฟ้า (Electrical Boiler)	10
3.5 เครื่องควบแน่น (Condenser)	10
3.6 เครื่องระเหย (Evaporator)	11
3.7 ถังเก็บน้ำเย็น (Chill Water Storage Tank)	11
3.8 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve)	11
3.9 หอผึ่งเย็น (Cooling Tower)	12
3.10 ป้อนน้ำหมุนเวียน	12
3.11 แผนแสดงสถานะการทำงานของระบบทำความเย็นที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยการติดตั้งหัวฉีดลดความดัน (Ejector)	13
3.12 เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิและเครื่องบันทึกข้อมูล	14
3.13 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) ยี่ห้อ Denki	14
3.14 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า ยี่ห้อ KYORITSU รุ่น KEW MATE MODEL 2001	15
3.15 อุปกรณ์วัดค่ารังสีอาทิตย์ชนิดรังสีรวม (Pyranometer) ยี่ห้อ KIPP & ZONE รุ่น CM11	15
3.16 ตำแหน่งในการทดสอบระบบทำความเย็นฯ ก่อนการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)	17
3.17 ตำแหน่งในการทดสอบระบบทำความเย็นฯ หลังติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)	18
4.1 ค่ารังสีอาทิตย์ (I_T , W/m^2) ในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบระบบ (วันที่ 16 พฤษภาคม 2555) ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก	19
4.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนและอุณหภูมิของน้ำออกจากเครื่องทำระเหย (Evaporator) ของระบบทำความเย็นฯ ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) เมื่อมีการนำน้ำเย็นที่ผลิตได้ไปใช้ในเวลา 1 ชั่วโมง	20
4.3 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) และอุณหภูมิของน้ำออกจากเครื่องทำระเหย (Evaporator)	

ของระบบทำความเย็นฯ ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)	
เมื่อมีการนำน้ำเย็นที่ผลิตได้ไปใช้ในเวลา 1 ชั่วโมง	21
4.3 กำลังไฟฟ้าของระบบทำความเย็นฯ ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)	
เมื่อมีการนำน้ำเย็นที่ผลิตได้ไปใช้ในเวลา 1 ชั่วโมง	22