หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและพัฒนาระบบกักเก็บพลังงานความร้อนในรูปแบบน้ำแข็งสำหรับการปรับอากาศในโรงเรือน

ผู้เขียน นายธวัชชัย สุขะ

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.ดามร บัณฑุรัตน์

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็น มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และสร้างระบบสำหรับผลิตและเก็บน้ำแข็งไว้ในตอนกลางคืนแล้วนำความเย็นที่ได้ไปใช้ประโยชน์ปรับอากาศในตอนกลางวัน เพื่อให้สอดคลองกับระบบการคิดอัตราค่าไฟฟ้าแบบใช้งานจริง (time off use rate, TOU) แทนการใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบระบบปกติซึ่งอัตราค่าไฟในตอนกลางคืนถูกกว่าตอนกลางวัน 67.1 เปอร์เซ็นต์ และถูกกว่าแบบปกติ 51.7 เปอร์เซ็นต์ ระบบกักเก็บพลังงานความร้อนแฝงในรูปของน้ำแข็ง หรือ ice thermal energy storage (ITES) ที่ใช้มีขนาด 1.5 ตันทำความเย็น ทำงานด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอ คอมเพรสเซอร์มีขนาด 2.4 kW และคอยล์ร้อนมีขนาด 7.1 kW ออกแบบให้คอยล์เย็นที่ใช้ประจุน้ำแข็งได้เท่ากับ 140 กก./วัน หรือมีสมรรถนะการทำความเย็นเท่ากับ 13 kW ทำจากท่อทองแดงขนาด Ø15.9 มม. ขดกลับไปมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันแบบวงจรขนานติดตั้งไว้ในถังสแตนเลสที่หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนชนิด polystyrene foam หนา 101.6 มม. ถังกักเก็บพลังงานน้ำแข็งใส่น้ำเปล่าได้ 320 ลิตร และมีปั๊มน้ำขนาด 0.37 kW คอยหมุนเวียนน้ำในถังเพื่อจ่ายน้ำผ่านคอยล์เย็นที่มีอุณหภูมิ -12 °C สำหรับสร้างน้ำแข็ง

เริ่มเดินเครื่องทดสอบโดยการจ่ายน้ำอุณหภูมิ 25 °C ที่อัตราการไหลเท่ากับ 10.4 ลิตรต่อวินาทีเข้าระบบทำน้ำแข็งที่ทำงานด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอและตั้งเวลาทำงานไว้ 5 ชั่วโมง พร้อมกับวัดค่ากำลังไฟฟ้าและบันทึกอุณหภูมิของน้ำที่ลดลงทุก ๆ 20 นาที เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของน้ำจะลดต่ำลงเหลือ 0 °C แล้วเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งเกาะบนขดคอยล์เย็นจากนั้นตอนกลางวันนำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเย็นที่ได้ไปใช้ปรับอากาศในโรงเรือนขนาด 2 x 3 x 3 ม. โดยการพ่นน้ำให้ไปละลายน้ำแข็งบนขดคอยล์ให้ได้น้ำเย็นอุณหภูมิ 0 – 0.5 °C แล้วจ่ายไปยังระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำที่อัตราไหลของน้ำเท่ากับ 0.38 ลิตรต่อวินาที ใช้พัดลมขนาด 16 นิ้ว

จากผลการทดลองพบว่า ระบบกักเก็บพลังงานความร้อนในรูปน้ำแข็งสำหรับใช้ปรับอากาศในโรงเรือน สามรถผลิตน้ำแข็งได้ 130.214 กก./วัน อุณหภูมิ -3 ºC โดยใช้เวลาประจุน้ำแข็ง 3 ชั่วโมง และเหลือน้ำเย็นที่ใช้ผลิตน้ำแข็ง 178 ลิตร อุณหภูมิ 0 ºC รวมกันแล้วระบบ ITES มีพลังงานความร้อนแฝงในรูปน้ำแข็งเท่ากับ 12.3 kWh ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 2.5 kWh มีสัมประสิทธิ์สมรถนะการทำความเย็น (coefficients of performance, COP) มีค่า 3.0 และมีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน(energy efficient ratio, EER) มีค่า 10.3 นำความเย็นที่ได้ไปทดสอบปรับอากาศในโรงเรือนแบบอีแว็ปโพเรทีฟคลูลิ่ง ผลการทดลองพบว่า สามารถลดอุณหภูมิด้านในโรงเรือนต่ำลงอย่างต่อเนื่อง จากอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิ 23.1 – 33.3 °C มีความชื้นสัมพัทธ์ 53 เปอร์เซ็นต์ จะได้อุณหภูมิที่หน้าเครื่องทำระเหยเฉลี่ย 13.1 – 18.9 °C อุณหภูมิอากาศในโรงเรือนเฉลี่ย 15.1 – 20.4 ºC ความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 68.1 – 78.8 เปอร์เซ็นต์ อัตราทำความเย็นที่เครื่องทำระเหยเฉลี่ย 7.1 kW ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.37 kWh รวมทั้งหมดระบบปรับอากาศใช้พลังงานเท่ากับ 2.87 kWh มีสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นทั้งระบบ (system coefficients of performance, SCOP) มีค่า 2.5 มีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (energy efficient ratio, EER) มีค่า 8.5 และค่า kW/TR 1.3 ผลจากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พบว่า ระบบ ITES สามารถลดค่าไฟฟ้าจากช่วงปกติได้ 36 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การอนุรักษ์พลังงาน, เครื่องทำความเย็น, ระบบกักเก็บพลังงานความร้อนในรูปน้ำแข็ง, น้ำแข็งเกาะบนขดท่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Design and Development of Ice Thermal Energy Storage System for Air Conditioning in Greenhouse

Author Mr. Thawatchai Sukha

Degree Master of Engineering (Agricultural Engineering)

Advisor Dr. Damorn Bundhurat

ABSTRACT

This research project was a conservation of energy in refrigeration system. The objective was to design and build a system to produce and store ice during night time and use it for air conditioning purpose during the day time. This system aimed to compliance with the electrical rate calculation of the real (time off use rate, TOU) instead of the tariff system, which rate of electricity during the night time was 67.1% cheaper than during the daytime and was 51.7% cheaper than usual rate. The ice thermal energy storage (ITES) sized 1.5 tons of refrigerating, using vapor compression refrigeration system. The compressor was 2.4 kW and condenser was 7.1 kW. The evaporator coil was designed to produce ice at 140 kg/day, equivalent to the performance of 13 kW. The Ø15.9 mm. copper pipes was used as an evaporator coil. The coil was connected to get her to form a parallel circuit in stalled in the stainless tank covered with 101.6 mm. thick polystyrene foam for insulation. The ice storage sized 320 liter. A 0.37 kW pump circulated the water in the tank to supply water through a evaporator coil at temperature of -12 °C to produce ice.

The test was started by feeding water at 25 °C at a flow rate of 10.4 liter/second to produce the ice with refrigeration system. The refrigeration system was set to work for 5 hours with a measurement of power consumption and temperature of water every 20 minutes. Over time, the water temperature would be lowered to 0 °C, and then change to ice on the evaporator coil. During

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

the day to the ice was then used for air conditioning in a greenhouse sized 2 x 3 x 3 m. The water was sprayed on to the ice to produce cold water at temperature of 0 - 0.5 °C. The cold water was then sent to the evaporative cooling system at flow rate of 0.38 liter/second. The evaporative cooling system used a 16 inches fan.

From the experimental results showed Thermal energy storage system for use in the ice air conditioning in greenhouse. The capacity off ice is 130.214 kg/day. Temperature -3 ºC takes 3 hours to charge ice cold water to produce 178 liters of ice temperature 0 ºC to get her ITES system with latent heat energy in the form of ice is 12.3 kWh used. energy of 2.5 kWh, the coefficients of performance, COP of 3.0 and a cooling energy efficiency ratio (energy efficient ratio, EER) of 10.3 is bringing cold air in the greenhouse were tested for evaporative cooling. The results showed that the outside air with temperature of 23.1- 33.3 °C and a relative humidity of 53 percent was conditioned and the air temperature at the outlet of the evaporative cooling unit was 13.1 - 18.9 °C in average. The air temperature in the greenhouse was 15.1 - 20.4 ºC and the humidity in greenhouses in creased by 68.1 to 78.8%. temperature difference between inside and outside, on average 7.3 °C. The average rate of evaporative cooling unit was 7.1 kW. The electrical energy consumption was 0.37 kWh. The total air conditioning system energy consumption was 2.87 kWh. The coefficient of performance of the cooling system (system coefficients of performance, SCOP) is 2.5. The energy efficiency ratio (energy efficient ratio, EER) was 8.5. And the kW/TR was 1.3. The results of economic analysis showed that the ITES could reduce the cost of electricity by 36%.

Keyword: Energy saving system, Refrigeration, thermal energy storage system, Ice on coil

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved