

เครื่องทำน้ำร้อนแบบไหลเวียนตามธรรมชาติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไม่มีกระจกปิด*

เรวัตน์ ขุนทองจันทร์¹⁾ อำไพศักดิ์ ทิบุญมา²⁾ พิสิษฐ์ เตชะรุ่งไพศาล³⁾

- 1) นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
- 2), 3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

Email: rewatk@ego.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้างและทดสอบ เครื่องทำน้ำร้อนอย่างง่าย โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีแนวคิดที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับบ้านที่ใช้สังกะสีมุงหลังคา ในการออกแบบชุดทดลอง ใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร ความยาว 2.5 เมตร จำนวน 7 ท่อ วางบนหลังคาสังกะสี ขนาด 1.67 ตารางเมตร โดยมีถังเก็บน้ำร้อนขนาด 90 ลิตร น้ำที่อยู่ภายในท่อและถังไหลเวียนโดยอาศัยแรงลอยตัวที่เกิดจากผลต่างของความหนาแน่นของน้ำร้อนและน้ำเย็น ผลจากการทดสอบ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พบว่าเครื่องทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดไม่มีกระจกปิดสามารถทำอุณหภูมิน้ำสูงสุด 53 องศาเซลเซียส และยังพบว่าระบบนี้เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้งานในบ้านพัก จากการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่ามีค่าใช้จ่ายต่อลิตรน้ำร้อนเท่ากับ 0.03 บาท

คำสำคัญ : พลังงานแสงอาทิตย์ / แผงเก็บรังสี / เครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

* รับผิดชอบฉบับเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2548 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 22 กันยายน 2548

An unglazed metallic roof panel solar water heater with a natural circulation *

Rewat Khunthongjan¹⁾ Umphisak Teeboonma²⁾ Pisit Techarungpaisan³⁾

¹⁾ Graduate student, Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, Ubonratchathani University, Ubonratchathani 34190.

^{2), 3)} Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, Ubonratchathani University, Ubonratchathani 34190.

E-mail: rewatk@ego.co.th

ABSTRACT

The purpose of this research was to design, construct, and test the performance of simple solar water heater. The concept of this work was applied to the metallic roof panel, widely used in rural of Thailand. To construct this system, seven copper tubes with diameter 12.7 mm were weld to a 1.67 m² metallic roof panel. The volume of storage tank is 90 liters circulated by thermosyphonic force. The experimental results, conducted in February, showed that the system constructed in this study yields maximum water temperature of 53 °C. It should be noted that this system is suitable for domestic hot water system. Additionally, the economical analysis reveled that cost of hot water per liter is 0.03 Baht.

Keywords : solar energy / solar collector / solar water heater

*

Original manuscript submitted: July 29, 2005 and Final manuscript received: September 22, 2005

บทนำ

การใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ราคาและประสิทธิภาพเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ โดยทั่วไปแล้ว เครื่องที่มีขายอยู่ในท้องตลาดจะเป็นแบบมีกระจกปิดทับด้านหน้าและแผ่นดูดกลืนรังสีจะทาด้วยสีดำ เพื่อลดการสูญเสียความร้อนและเพิ่มการดูดกลืนรังสี ทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น อย่างไรก็ตามราคาของอุปกรณ์ทั้งหมดค่อนข้างสูง ทำให้ไม่มีการใช้งานแพร่หลายมากนัก การใช้หลังคาของอาคารเป็นแผ่นดูดกลืนรังสี นับเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่ง สามารถลดระยะเวลาคืนทุนลงเหลือเพียง 1.5-2.7 ปี ซึ่งต่ำกว่าเครื่องแบบมีกระจกอยู่ประมาณ 4 เท่า (Medved *et al.*, 2003) นอกจากนี้ การใช้แผ่นดูดกลืนรังสีแบบสีมีข้อดีที่สามารถติดตั้งร่วมกับอาคารได้ โดยยังคงความสวยงามของอาคารไว้ เช่น เดิม สีของแผ่นดูดกลืนรังสีที่ค่อนข้างมืดจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าเฉดสีที่สว่างกว่า (Tripanagnostopoulos *et al.*, 2000) ในการศึกษาของ Kalogirou *et al.*, 2004 พบว่า แผ่นดูดกลืนรังสีแบบสี ซึ่งมีค่า absorptivity 0.85 มีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบสีดำ (absorptivity 0.95) ประมาณ 7-18% ซึ่งต้องเพิ่มพื้นที่ของแผงเก็บรังสี และพบว่า หากใช้ฉนวนเป็นแผ่นดูดกลืนรังสีแทนเหล็ก จะสามารถลดขนาดของตัวเก็บรังสีลงได้ (Medved *et al.*, 2003) Erell and Etzion, 1996 ศึกษาการทำน้ำร้อน โดยใช้แผงทำความเย็น ซึ่งทาสีขาว เป็นตัวเก็บรังสีทำความร้อนให้กับน้ำในตอนกลางวัน พบว่า ระบบให้ความร้อนสูงสุด 510 W/m^2 และมีค่าเฉลี่ย 324 W/m^2 โดยมี ประสิทธิภาพประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีแดดจัด และ 28 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพอากาศแปรปรวน อย่างไรก็ตามเครื่องที่ใช้วัสดุที่กล่าวมาข้างต้นมักเป็นระบบขนาดใหญ่ ใช้ปั๊มช่วยในการหมุนเวียนน้ำ (active system) ซึ่งมีข้อดีคือ แม้แผงเก็บรังสีมีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก ก็สามารถนำความร้อนที่เกิดขึ้นมาใช้งานได้ สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีกระจกปิด ขนาดเล็ก หมุนเวียนน้ำแบบธรรมชาติ มีผู้ศึกษาอยู่บ้างแต่ไม่มากนัก ในการศึกษาของ Sopian *et al.*, 2004 โดยใช้ fiberglass reinforced polyester (GFRP) สีดำเป็นแผ่นดูดกลืนรังสี มีถึงเก็บขนาด 329 ลิตร รวมกับแผ่นเก็บรังสี (integrated system) สามารถให้อุณหภูมิสูงสุด $63 \text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยที่รังสีเฉลี่ยเท่ากับ 700 W/m^2 นอกจากนั้น Nabilek *et al.*, 1999 ยังได้ศึกษาสมรรถนะของระบบ Unglazed textile plastic solar absorber พบว่าระบบมีความไวต่อสิ่งแวดล้อม แต่ก็สามารถใช้งานได้ดีที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก อย่างไรก็ตามสำหรับระบบการหมุนเวียน แบบธรรมชาติ ต้องการความแตกต่างของอุณหภูมิพอสมควร ในการสร้างแรงดันในการไหล (Erell and Etzion, 1996)

ในส่วนของงานวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบการทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ โดยใช้แผ่นสังกะสีที่ใช่มุงหลังคาแทนโดยทั่วไป เป็นแผ่นดูดกลืนรังสี และติดตั้งท่อทองแดงด้านบน ซึ่งการหมุนเวียนของน้ำจะอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น อันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่ต่างกัน โดยมีขนาดถึงเก็บ 40-90 ลิตร

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

ในการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบจะใช้สมการของ Hottel-Whillier-Bliss สำหรับแผงเก็บรังสีแบบแผ่นดังนี้

$$\eta = F_R \alpha - \frac{F_R U_L (T_i - T_a)}{I_T} \quad (1)$$

$$= \eta_0 - \frac{F_R U_L (T_i - T_a)}{I_T} \quad (2)$$

และวิธีการ Calorimetric method

$$\eta = \frac{m C_p (T_o - T_i)}{A_c I_T} \quad (3)$$

เมื่อค่า $F_R \alpha$ และ $F_R U_L$ เป็นฟังก์ชันของความเร็วลม

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์เพื่อหาต้นทุน เมื่อแผงเก็บรังสีมีขนาด 2 ตารางเมตร และมีขนาดถังเก็บน้ำ 70 ลิตร สามารถให้อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 20 องศาเซลเซียส ราคาโดยประมาณ 3,000 บาท และมีสมมติฐาน คือ อัตราดอกเบี้ย (i) 8 เปอร์เซ็นต์ อายุการใช้งาน (n) 10 ปี ค่าบำรุงรักษาต่อปี 5 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุน มูลค่าซากปีสุดท้ายเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุน และระยะเวลาในการทำงานเฉลี่ย 300 วัน/ปี

จากข้อมูลข้างต้นสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

เงินลงทุนสร้างเครื่องทำน้ำร้อนรายปี (C_p) คำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$C_p = \text{ราคาต้นทุน} \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (4)$$

มูลค่าซากเครื่องทำน้ำร้อนรายปี (C_s) คำนวณได้จาก

$$C_s = \text{มูลค่าซากปีสุดท้าย} \times \left(\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right) \quad (5)$$

ค่าซ่อมบำรุงรายปี (C_m) คำนวณได้จาก

$$C_m = 0.05 \times \text{ราคาต้นทุน} \quad (6)$$

รวมค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมด คำนวณได้จาก

$$C_T = C_p - C_s + C_m \quad (7)$$

$$C_T = C_P - C_S + C_m \quad (7)$$

ค่าใช้จ่ายต่อลิตร คำนวณจาก

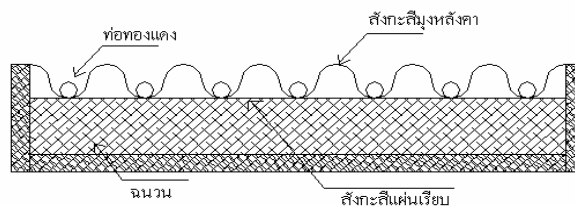
$$Cost / liter = C_T / (Volume \times days) \quad (8)$$

การทดลอง

ในการออกแบบระบบตามรูปที่ 1 ใช้ท่อทองแดงขนาด 12.7 มิลลิเมตร บัดกรีติดกับแผ่นสังกะสีขนาด 2.5x0.67 ตารางเมตร ทาด้วยสีน้ำตาลแดง ด้านล่างปิดทับด้วยสังกะสีแผ่นเรียบปิดทับด้วยฉนวนใยแก้วหนา 50 มิลลิเมตร วางในกล่องไม้อัดตั้งแสดงในรูปที่ 1 และ 2 โดยโครงเหล็กเอียงทำมุม 15 องศา กับแนวราบหันไปทางทิศใต้ ถึงเก็บน้ำทำด้วยเหล็กเหนียว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร หุ้มด้วยฉนวนใยแก้วหนา 50 มิลลิเมตร สำหรับการวัดอัตราการไหล ใช้วิธี dye trace injection (Pannigul, 1999) โดยทำการวัดทุกๆ 1 ชั่วโมง ในการบันทึกอุณหภูมิ ใช้ Data logger บันทึกข้อมูลทุก 1 นาที ความเร็วลมวัดโดยใช้ Anemometer ทุก 15 นาที ที่ระดับเหนือแผงเก็บรังสี 10 เซนติเมตร การวัดอุณหภูมิน้ำในถังเก็บวัด 3 และ 4 ระดับ ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 9.00-16.00 น.



รูปที่ 1 อุปกรณ์การทดลอง



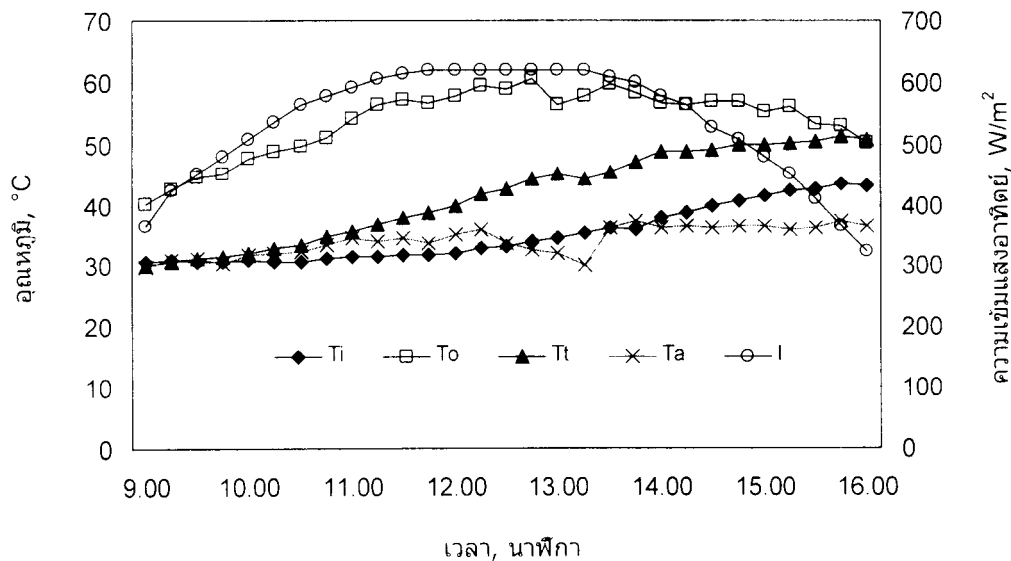
รูปที่ 2 แสดงภาคตัดขวางของแผงเก็บรังสี

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการทำการทดลอง ได้ทดลองตั้งแต่วันที่ 2-9 กุมภาพันธ์ และวันที่ 16 และ 19 มีนาคม 2548 สำหรับตัวอย่างผลการทดลองมีดังนี้

ผลของความเข้มแสงและอุณหภูมิบรรยากาศ

จากรูปที่ 3 แสดงผลการทดลองของวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2548 ซึ่งท้องฟ้าแจ่มใส มีแดดตลอดทั้งวัน มีความเข้มแสงตกกระทบบนแผงเก็บรังสีเฉลี่ย 601 W/m^2 โดยมีปริมาตรน้ำในถัง 60 ลิตร ในช่วงเช้าเวลา 9.00-12.00 น. อุณหภูมิน้ำขาออกจากแผง จะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากความเข้มแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิน้ำขาออกยังได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิบรรยากาศด้วย โดยพบว่า ที่เวลา 9.45 น. และ 11.45 น. อุณหภูมิบรรยากาศลดลงจาก 31.15°C เป็น 30.42°C และจาก 34.72°C เป็น 33.79°C มีผลให้ที่เวลา 9.45 น. อุณหภูมิน้ำขาออก เพิ่มขึ้นน้อยกว่าที่ควรจะเป็น และที่เวลา 11.45 น. อุณหภูมิน้ำขาออกลดลง จาก 57.28°C เหลือ 56.49°C อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแนวโน้มโดยรวมแล้ว พบว่า อุณหภูมิน้ำขาออกในช่วงเวลา 9.00-12.00 น. ยังคงเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสง ขณะที่อุณหภูมิน้ำขาเข้าแผงและอุณหภูมิเฉลี่ยในถังเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

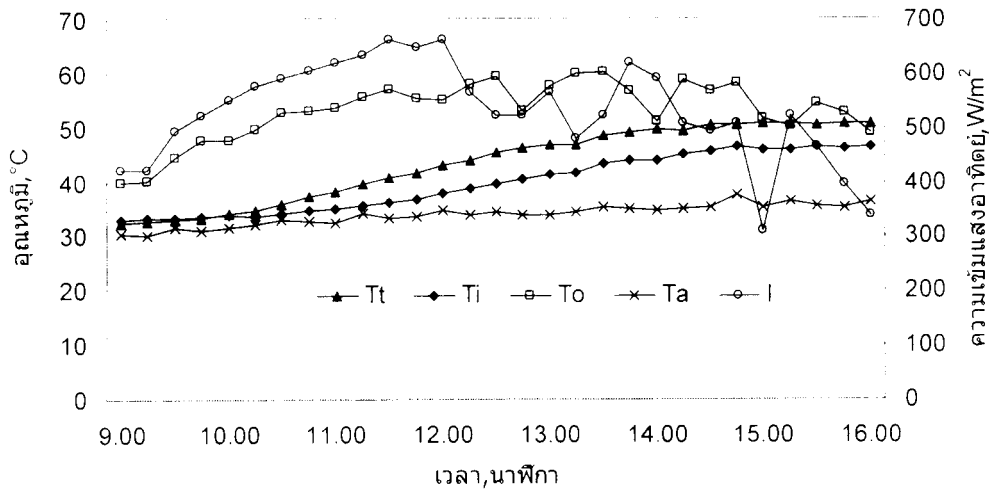


Ti อุณหภูมิน้ำขาเข้าแผงเก็บรังสี To อุณหภูมิน้ำขาออกแผงเก็บรังสี Ii อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำในถังเก็บ
Tt อุณหภูมิบรรยากาศ I ความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นราบ

รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆ และความเข้มแสงอาทิตย์ของวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2548

ในช่วงบ่ายเวลา 12.00-13.30 น. ความเข้มรังสีค่อนข้างคงที่ขณะที่อุณหภูมิบรรยากาศลดลง ทำให้การสูญเสียความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิน้ำขาออกและอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในถังลดลง

หลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิบรรยากาศเพิ่มขึ้นความร้อนที่ได้จากระบบก็กลับมาเพิ่มขึ้น ในช่วงเวลา ประมาณ 13.30-16.00 น. ความเข้มรังสีลดลงอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิน้ำขาออกก็ลดลงตามความเข้มรังสี และแม้ว่าความเข้มของรังสีจะลดลง แต่ก็ยังเพียงพอที่ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิขาเข้าและ ออกจากแผงเก็บรังสี ที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำในระบบ ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในถังยังสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในถัง ซึ่งหมายถึงค่าพลังงานที่ได้ก็จะลดลงตาม ความเข้มของรังสี



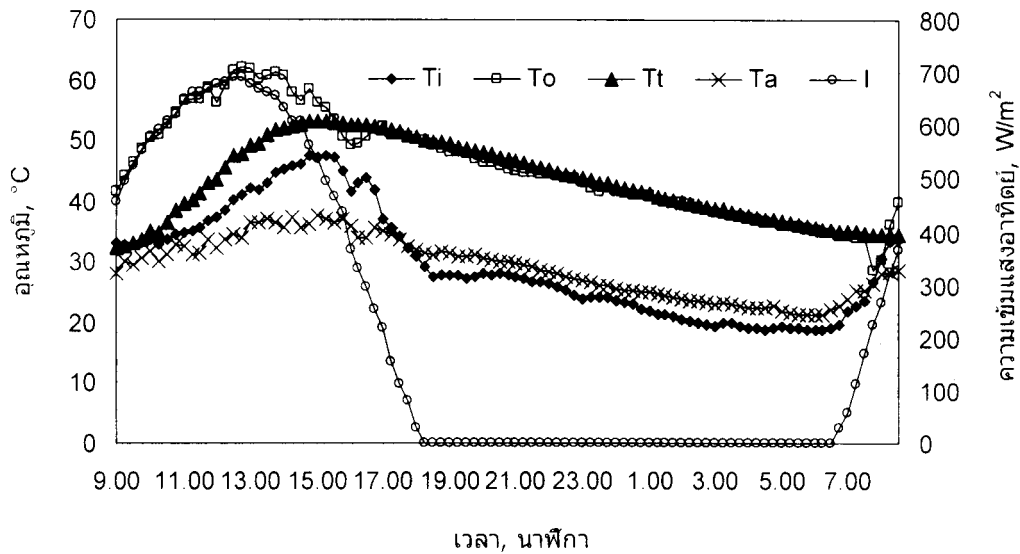
Ti อุณหภูมิน้ำขาเข้าแผงเก็บรังสี To อุณหภูมิน้ำขาออกแผงเก็บรังสี Tt อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำในถังเก็บ
Ta อุณหภูมิบรรยากาศ I ความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นราบ

รูปที่ 4 แสดงผลของอุณหภูมิและแสงอาทิตย์บนพื้นราบในวันที่ 16 มีนาคม 2548

จากรูปที่ 4 แสดงผลการทดลองของวันที่ 16 มีนาคม 2548 ซึ่งเป็นตัวแทนข้อมูลของวันที่มีความเข้มของแสงน้อย โดยมีความเข้มแสงตกกระทบบนแผงเก็บรังสีเฉลี่ย 515 W/m^2 แสงแดดค่อนข้างสม่ำเสมอในช่วงเช้า และแปรปรวนในตอนบ่าย โดยมีปริมาตรน้ำในถัง 40 ลิตร ในช่วงเช้าจนถึงเวลาประมาณ 12.00 น. อุณหภูมิน้ำขาออกเพิ่มขึ้นตามความเข้มรังสีที่เพิ่มขึ้นและได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิบรรยากาศเช่นเดียวกัน โดยพบว่า ที่เวลา 10.30-11.00 น. อุณหภูมิบรรยากาศลดลงจาก $33.10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เหลือ $32.50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ มีผลให้อุณหภูมิน้ำขาออกต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ทั้งที่ความเข้มแสงยังคงเพิ่มขึ้น ขณะที่อุณหภูมิน้ำขาเข้าและอุณหภูมิเฉลี่ยในถังค่อยๆเพิ่มขึ้น ในช่วงเวลาตั้งแต่ 12.00-16.00 น. ความเข้มแสงอาทิตย์ค่อนข้างแปรปรวน จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำขาออกเปลี่ยนแปลงตามความเข้มรังสี อย่างไรก็ตามทั้งอุณหภูมิน้ำขาเข้าและอุณหภูมิเฉลี่ยในถังยังคงเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 12.00-14.00 น. และค่อนข้างคงที่ในช่วงเวลา 14.00-16.00 น.

การสูญเสียความร้อนในตอนกลางคืน

จากรูปที่ 5 ทำการทดลองที่ปริมาตรน้ำ 40 ลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยสูงสุด 53 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 15.16 น. ขณะที่อุณหภูมิน้ำขาออกซึ่งลดลงตามความเข้มแสงอาทิตย์ในช่วงบ่ายกลับเพิ่มขึ้นมาเมื่อเวลา 18.08 น. ซึ่งเป็นผลมาจากการไหลย้อนกลับ (reverse flow) เนื่องจากระบบมีการสูญเสียความร้อน ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งเช้าของวันที่ 20 มีนาคม 2548

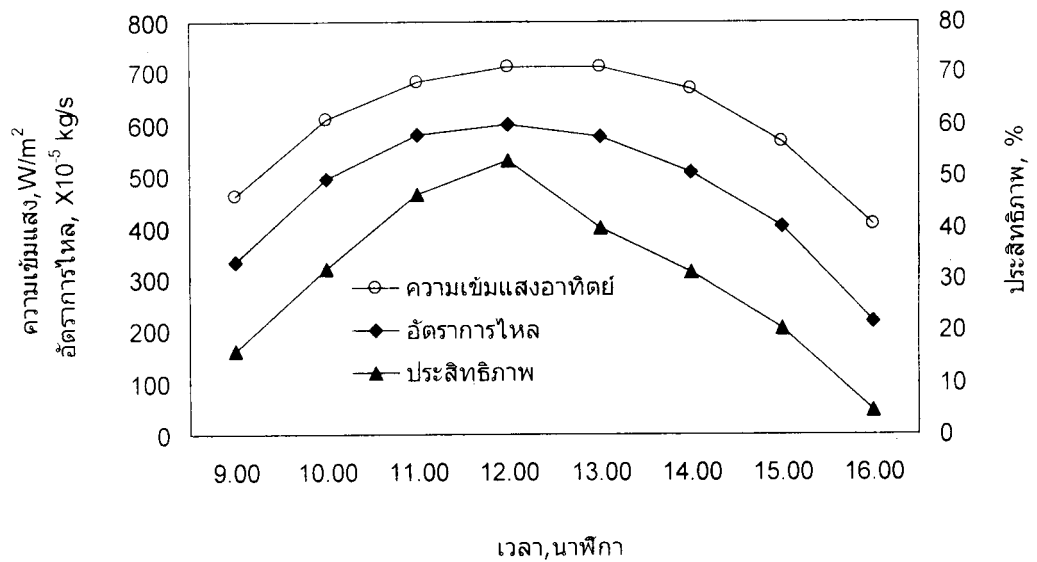


Ti อุณหภูมิน้ำขาเข้าแผงเก็บรังสี To อุณหภูมิน้ำขาออกแผงเก็บรังสี Tt อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำในถังเก็บ
Ta อุณหภูมิบรรยากาศ I ความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นราบ

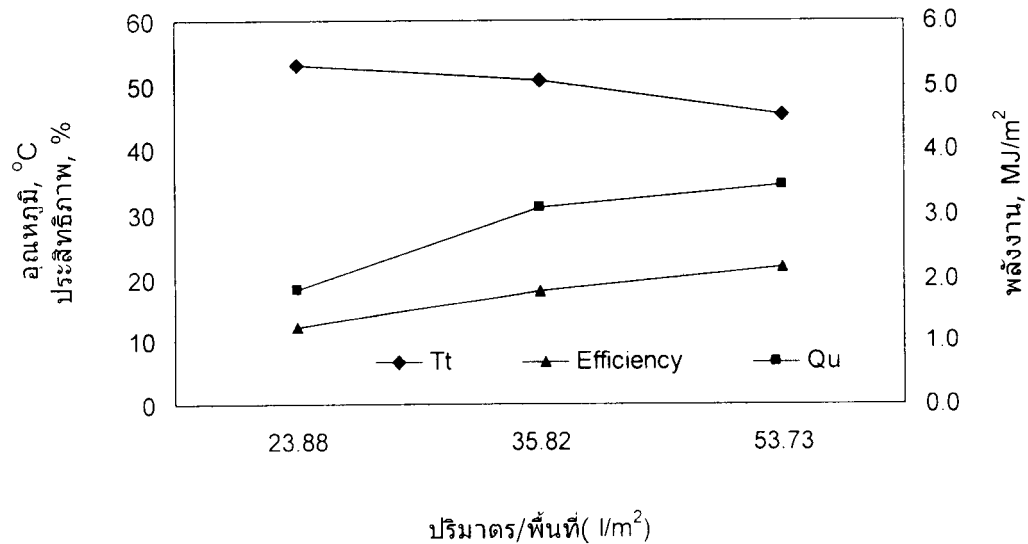
รูปที่ 5 ผลการทดลองในวันที่ 19-20 มีนาคม 2548

ประสิทธิภาพของระบบ, ความร้อนที่ได้และผลของปริมาตรถังเก็บต่อพื้นที่

จากรูปที่ 6 เป็นผลจากการทดลอง เมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2548 แสดงประสิทธิภาพ, อัตราการไหลและความเข้มแสงที่ตกบนแผงเก็บรังสี ในตอนเช้าเวลา 9.00-12.00 น. พบว่า อัตราการไหล และประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น ตามความเข้มแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจาก ค่าพลังงานที่แผงเก็บรังสีได้รับ ซึ่งเพิ่มตามความเข้มแสงอาทิตย์ ทำให้แรงลอยตัวอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการไหลจึงเพิ่มขึ้น และเป็นผลให้พลังงานที่ได้และประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นด้วย และในตอนบ่าย เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์ลดลง อัตราการไหลและประสิทธิภาพจะลดลงตามไปด้วย พบว่า ประสิทธิภาพสูงสุดที่เวลา 12.00 น. ซึ่งเท่ากับ 53 % โดยมีอัตราการไหล 0.0058 kg/s อุณหภูมิขาออกสูงสุด 58 องศาเซลเซียส ความเข้มรังสีตกกระทบบนแผงเก็บรังสีสูงสุด 710 W m^{-2} ทั้งนี้ปริมาตรน้ำในถังถึง 60 ลิตร อุณหภูมิเริ่มต้น 30 องศาเซลเซียส สามารถให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเมื่อเวลา 16.00 น. ที่ 51 องศาเซลเซียส หรือได้ความร้อนที่ใช้ประโยชน์ได้ 3.10 MJ m^{-2}



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพ อัตราการไหล และความเข้มแสงอาทิตย์บนแผงเก็บรังสี

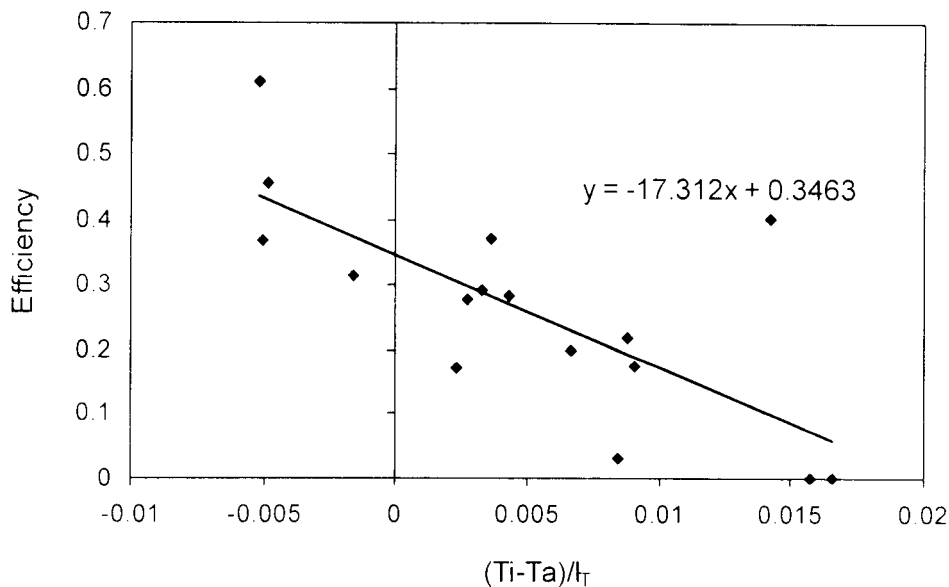


รูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในถังเก็บ (Tt) ประสิทธิภาพ (Efficiency) และพลังงานที่ได้ (Qu) ที่ปริมาตรถึงต่อพื้นที่แผงเก็บรังสีต่างๆ

จากรูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในถังเก็บ ประสิทธิภาพและพลังงานที่ได้ ที่ปริมาตรถึงต่อพื้นที่แผงเก็บรังสีต่างๆ จากกราฟจะเห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาตรถึงต่อพื้นที่แผงเก็บรังสี พลังงานที่ได้และประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำจะลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อเพิ่มปริมาตรถึงต่อพื้นที่เก็บรังสี มีผลให้อุณหภูมิน้ำที่เข้าสู่แผงเก็บรังสีมีอุณหภูมิต่ำ ทำให้สามารถรับความร้อนจากแผงเก็บรังสีได้ดี และมีประสิทธิภาพสูง จากผลการทดลอง ระบบให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด เมื่อมี

ปริมาตรถังต่อพื้นที่แผงเก็บรังสี 23.8 ลิตรต่อตารางเมตร เท่ากับ 53 องศาเซลเซียส และให้พลังงานสูงสุด เมื่อมีปริมาตรถังต่อพื้นที่แผงเก็บรังสี 53.7 ลิตรต่อตารางเมตร เท่ากับ 3.44 MJ m⁻² ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 22 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 8 แสดงการหาประสิทธิภาพ และแฟกเตอร์การสูญเสียความร้อน (heat loss factor) ของระบบ โดยใช้สมการของ ของ Hottel-Whillier-Bliss สำหรับแผงเก็บรังสีแบบแผ่น วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Least squares method โดยมีสมมติฐานว่า U_L , F_R และ α มีค่าคงที่ เมื่อปริมาตรถังเก็บเท่ากับ 60 ลิตร หรืออัตราส่วนปริมาตรถังเก็บต่อพื้นที่รับแสงเท่ากับ 35.8 ลิตรต่อตารางเมตร จากกราฟพบว่า ประสิทธิภาพของระบบเมื่ออุณหภูมิอากาศเข้าแผงเก็บรังสีเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศ ซึ่งเป็นจุดตัดบนแกน y (η_0 หรือ $F_R \alpha$) เท่ากับ 0.35 และแฟกเตอร์การสูญเสียความร้อน (heat loss factor) ซึ่งคือความชันของกราฟ ($F_R U_L$) เท่ากับ 17.3 W/m²K และระบบจะให้ประสิทธิภาพสูง หากระบบทำงานที่อุณหภูมิอากาศเข้าต่ำกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ ((Ti-Ta)<0) โดยมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.8 m/s



รูปที่ 8 แสดงประสิทธิภาพในวันที่ 8-9 กุมภาพันธ์ 2548

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ผลจากการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยอ้างอิงตามสมมติฐานเบื้องต้น สามารถสรุปผลได้ดังนี้ ค่าใช้จ่ายด้านเงินลงทุนรายปีเท่ากับ 447 บาท มูลค่าซากรายปีเท่ากับ 10 บาท ค่าซ่อมบำรุงรายปีเท่ากับ 150 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมดรายปีเท่ากับ 587 บาท และเมื่อวิเคราะห์ต้นทุนต่อลิตรน้ำร้อน พบว่ามีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.03 บาท

สรุป

1. อุณหภูมิหน้าออกของแผงเก็บรังสีขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการคือความเข้มของแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิบรรยากาศ โดยอิทธิพลของอุณหภูมิบรรยากาศ จะปรากฏชัดเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์คงที่

2. ประสิทธิภาพของระบบจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มขนาดถังเก็บต่อพื้นที่แผงเก็บรังสี ซึ่งมีผลให้อุณหภูมิน้ำที่เข้าสู่แผงเก็บรังสีมีอุณหภูมิต่ำ ทำให้สามารถรับความร้อนจากแผงเก็บรังสีได้ดี และมีประสิทธิภาพสูง แต่อุณหภูมิน้ำที่ได้จะลดลงเนื่องจาก ในกรณีที่ขนาดถังเก็บต่อพื้นที่แผงเก็บรังสีมีค่ามาก จำนวนรอบการหมุนเวียนของน้ำผ่านแผงเก็บรังสีจะน้อยกว่าเมื่อขนาดถังเก็บต่อพื้นที่แผงเก็บรังสีมีค่าน้อย อุณหภูมิที่ได้จึงต่ำกว่าน้ำที่หมุนเวียนผ่านแผงเก็บรังสีหลายรอบกว่า

3. ในสภาวะสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ระบบที่มีถังน้ำขนาดเล็กกว่าสามารถให้อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำได้สูงกว่า ทำให้อุณหภูมิแตกต่างระหว่างระบบกับบรรยากาศมีค่าสูง ซึ่งเป็นผลให้มีการสูญเสียความร้อนสูงกว่าระบบที่มีขนาดถังใหญ่กว่า ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า

4. จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นว่าแม้ประสิทธิภาพของระบบจะไม่สูงนัก แต่ก็สามารถให้ความร้อนในระดับที่สามารถนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี สำหรับกรณีที่ไม่ต้องการอุณหภูมิสูง เช่น อุปโภคภายในครัวเรือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย

สัญลักษณ์

- α ค่าการดูดกลืนรังสี
- $\eta, \eta_0, n, Eff.$ ประสิทธิภาพ
- A_f พื้นที่ตัวเก็บรังสี, m²
- C_p ค่าความจุความร้อน, J/kgK
- F_p, α Optical factor
- $F_R U_L$ Heat loss factor, W/m²K
- I, I_f ความเข้มแสงอาทิตย์บนพื้นราบและพื้นเอียงตามลำดับ, W/m²
- m อัตราการไหล, kg/s
- Q_u ความร้อนที่ได้, MJ/m²
- T_a อุณหภูมิบรรยากาศ, °C
- T_i อุณหภูมิน้ำขาเข้าแผงเก็บรังสี, °C
- T_f อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำในถังเก็บ, °C
- T_o อุณหภูมิน้ำขาออกจากแผงเก็บรังสี, °C
- T_p อุณหภูมิเฉลี่ยตัวเก็บรังสี, °C

เอกสารอ้างอิง

- Evyatar Ereli, Yair Etzion, 1996. Heating experiments with radiative cooling system, **Building and environment**, vol.31, No.6, pp.509-517.
- K.Sopian, M.Syahri, S.Abdollah, M.Y.Othman and B.Yatim, 2004. Performance of non-metallic unglazed solar water heater with integrated storage system, **Renewable energy**, Vol. 29, pp.1421-1430.
- Nabilek, B., Kiran, E., Turksoy, F., and Yazar, A. 1999. Performance of an unglazed textile-plastic Solar absorber, **Renewable Energy**, Vol. 16, pp.635-638.
- Pannigul, P. 1999. **A study of temperature and flow distribution in a natural circulation solar water heater system**, Asian Institute of Technology, School of Environment, Resources and Development, Bangkok, Thailand.
- S.Kalogirou, Y.Tripanagnostopoulos and M.Souliotis, 2004. Performance of solar system employing collector with colored absorber, **inpress**
- S.Medved, C.Arkaz and B.Cerne, 2003. A large panel unglazed roof integrated liquid solar collector-energy and economic evaluation, **Solar energy**, Vol.75, pp.455-467.
- Y.Tripanagnostopoulos, M.Souliotis and TH.Nousia, 2000. Solar collectors with colored absorbers, **Solar energy**, Vol. 68, pp. 343-356.