

เครื่องทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไม่มีกระจกปิด

An unglazed metallic roof panel solar water heater

เรวัตน์ ขุนทองจันทร์* อ่ำไพศักดิ์ ทีบุญมา และ พิสิษฐ์ เตชะรุ่งไพศาล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190.โทรศัพท์ 04535 3380 โทรสาร 04528 8378

Rewat Khunthongjan* Umphisak Teeboonma Pisit Techarungpaisan

Faculty of Engineering, Ubonratchathani University, Ubonratchathani 34190.Tel. 04535 3320 Fax. 04528 8378

E-mail: rewatk@ego.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้างและทดสอบ เครื่องทำน้ำร้อนอย่างง่าย โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีแนวคิดที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับบ้านที่ใช้สังกะสีมุงหลังคา ในการออกแบบชุดทดลอง ใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร ความยาว 2.5 เมตร จำนวน 7 ท่อ วางบนหลังคาสังกะสี โดยมีถังเก็บน้ำร้อนขนาด 90 ลิตร น้ำที่อยู่ภายในท่อและถัง ไหลเวียน โดยอาศัยแรงลอยตัวที่เกิดจากผลต่างของความหนาแน่นของน้ำร้อนและน้ำเย็น

ผลจากการทดสอบ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พบว่าเครื่องทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดไม่มีกระจกปิด สามารถทำอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 53 องศาเซลเซียส และยังพบว่าระบบนี้เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้งานในบ้านพัก

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์ / แผงเก็บรังสี

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 2.5 x 0.67 m² metallic roof panel. The volume of storage tank is 90 liters circulated by thermosyphonic force.

The experimental results showed that the system constructed in this study yields average hot water temperature of 53 °C. It should be noted that this system is suitable for domestic hot water system.

Keywords: solar energy / solar collector.

1. บทนำ

การใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ราคาและประสิทธิภาพเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ โดยทั่วไปแล้ว เครื่องที่มิขาย ทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามราคาของอุปกรณ์

ทั้งหมดค่อนข้างสูง ทำให้ไม่มีการใช้งานที่แพร่หลายมากนัก การใช้หลังคาของอาคารเป็นแผ่นดูดกลืนรังสี นับเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่ง สามารถลดระยะเวลาคืนทุนลงมาเหลือเพียง 1.5-2.7 ปี ซึ่งต่ำกว่าเครื่องแบบมีกระจกอยู่ประมาณ 4 เท่า (Medved et al.,2003) นอกจากนี้ การใช้แผ่นดูดกลืนรังสีแบบสีมีข้อดีที่สามารถติดตั้งร่วมกับอาคารได้ โดยยังคงความสวยงามของอาคารไว้เช่นเดิม สีของแผ่นดูดกลืนรังสีที่ค่อนข้างมืดจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าเฉดสีที่สว่างกว่า (Tripanagnostopoulos et al.,2000) ในการศึกษาของ Kalogirou et al.,2004 พบว่า แผ่นดูดกลืนรังสีแบบสี ซึ่งมีค่า absorptivity 0.85 มีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบสีดำ (absorptivity 0.95) 7-18% ซึ่งต้องเพิ่มพื้นที่ของแผงเก็บรังสี และพบว่า หากใช้อลูมิเนียมเป็นแผ่นดูดกลืนรังสีแทนเหล็ก จะสามารถลดขนาดของตัวเก็บรังสีลงได้ (Medved et al.,2003) Erell and Etzion, 1996 ศึกษาการทำน้ำร้อน โดยใช้แผงทำความเย็น ซึ่งหาสีขาว เป็นตัวเก็บรังสีทำความร้อนให้กับน้ำในตอนกลางวันพบว่า ระบบให้ความร้อนสูงสุด 510 W/m² และมีค่าเฉลี่ย 324 W/m² โดยมี ประสิทธิภาพ 38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีแดดจัด และ 28 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพอากาศแปรปรวน อย่างไรก็ตามเครื่องที่ใช้วัสดุที่กล่าวมาข้างต้นมักเป็นระบบขนาดใหญ่ ใช้มีช่วยในการหมุนเวียนน้ำ (active system) ซึ่งมีข้อดีคือ แม้แผงเก็บรังสีมีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก ก็สามารถนำความร้อนที่เกิดขึ้นมาใช้งานได้ สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีกระจกปิด ขนาดเล็ก หมุนเวียนน้ำแบบธรรมชาติ มีผู้ศึกษาบ้างแต่ไม่มากนัก ในการศึกษาของ Sopian et al.,2004 โดยใช้ fiberglass reinforced polyester(GFRP) สีดำเป็นแผ่นดูดกลืนรังสี มีถังเก็บขนาด 329 ลิตร รวมกับแผ่นเก็บรังสี (integrated system)สามารถให้อุณหภูมิสูงสุด 63 °C มีรังสีเฉลี่ย 700 W/m² นอกจากนั้น Nabielek et al.,1999 ยังได้ศึกษาสมรรถนะของระบบ Unglazed textile plastic solar absorber พบว่าระบบมีความไวต่อสิ่งแวดล้อม แต่ก็สามารถใช้งานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ สำหรับการหมุนเวียนแบบธรรมชาติ ต้องการความแตกต่างของอุณหภูมิพอสมควร ในการสร้างแรงดันในการไหล(Erell and Etzion, 1996)

ในส่วนของงานวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบการทำน้ำร้อนด้วย

แสงอาทิตย์ โดยใช้แผ่นสังกะสีที่ไข่มุกหลังคาหันโดยทั่วไป เป็นแผ่น
ดูดกลืนรังสี และติดตั้งท่อทองแดงด้านบน ซึ่งการหมุนเวียนของน้ำ
จะอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น อันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่
ต่างกัน โดยมีขนาดถังเก็บ 60-90 ลิตร

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบจะใช้สมการของ Hottel-
Whillier-Bliss สำหรับแผงเก็บรังสีแบบแผ่นดังนี้

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

และวิธีการ Calorimetric method

$$\eta = \frac{m C_p (T_o - T_i)}{A_C I_T} \quad (2)$$

เมื่อค่า $F_R U_L$, $F_R \alpha$ เป็นฟังก์ชันของความเร็วลม
โดยมีสมมติฐานและวิธีการดังนี้

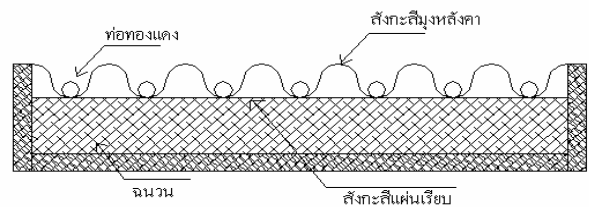
1. ไม่นำผลของ Long wave sky irradiance มาพิจารณา
2. เนื่องจากความเร็วลมตามธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงไม่
มากนัก ในการทดสอบนี้กระทำภายใต้สภาพอากาศจริง จึงยังไม่มี
การพิจารณาถึงผลของความเร็วลมต่อประสิทธิภาพของระบบ

3. การทดลอง

ในการออกแบบระบบตามรูปที่ 1 ใช้ท่อทองแดงขนาด 12.7
มิลลิเมตร บัดกรีติดกับแผ่นสังกะสีขนาด 2.5x0.67 เมตร² ทาด้วยสี
น้ำตาลแดง ด้านล่างปิดทับด้วย สังกะสีแผ่นเรียบ ปิดทับด้วยฉนวน
ใยแก้วหนา 50 มิลลิเมตร วางในกล่องไม้อัด บนโครงเหล็กทำมุม
เอียง 15 องศา กับแนวราบหันไปทางทิศใต้ ถึงเก็บน้ำทำด้วยเหล็ก
เหนียว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร
หุ้มด้วยฉนวนใยแก้วหนา 50 มิลลิเมตร สำหรับการวัดอัตราการ
ไหล ใช้วิธี dye trace injection (P.Pannigul, 1999) โดยทำการวัด
ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในการบันทึกอุณหภูมิ น้ำ บรรยากาศ แผงเก็บรังสี
และท่อ riser ใช้ Data logger บันทึกข้อมูลทุก 1 นาที ความเร็วลม
วัดโดยใช้ Anemometer ทุก 5 นาที ที่ระดับเหนือแผงเก็บรังสี 10
เซนติเมตร การวัดอุณหภูมิน้ำในถังเก็บวัด 3 และ 4 ระดับ ทำการ
ทดลองตั้งแต่วันที่ 9.00-16.00 น



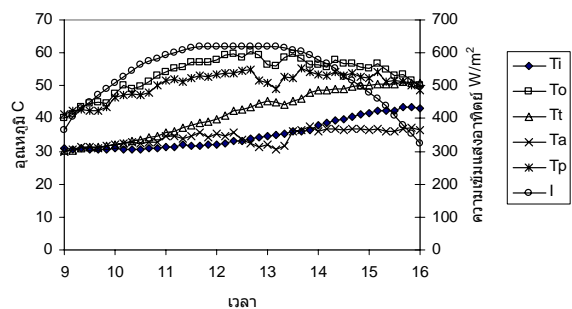
รูปที่ 1 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 2 แสดงภาคตัดขวางของตัวเก็บรังสี

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

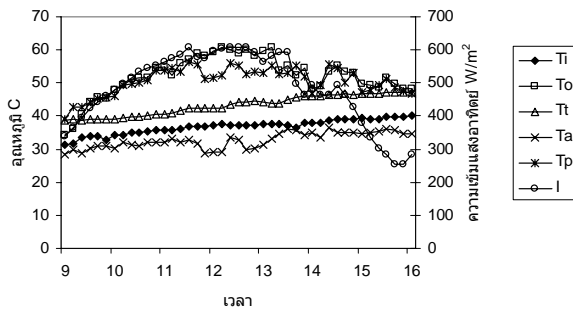
ในการทำการทดลอง ได้ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 3 ถึง 9
กุมภาพันธ์ 2548 สำหรับตัวอย่างผลการทดลองได้นำเสนอดังนี้



รูปที่ 3 แสดงผลการวัดอุณหภูมิและแสงอาทิตย์บนพื้นราบของวันที่
8 กุมภาพันธ์ 2548

จากรูปที่ 3 แสดงผลการทดลองของวันที่ 8 กุมภาพันธ์ ซึ่ง
ท้องฟ้าแจ่มใส มีแดดตลอดทั้งวัน โดยมีปริมาณน้ำในถัง 60 ลิตร
ในช่วงเช้าเวลา 9.00-12.00 น. อุณหภูมิของแผงเก็บรังสีจะเพิ่มเร็ว
กว่าอุณหภูมิของบรรยากาศ เช่นเดียวกับอุณหภูมิน้ำขาออกจากแผง
ซึ่งเป็นผลจากความเข้มแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้น ขณะที่อุณหภูมิน้ำขา

เข้าแผงและอุณหภูมิเฉลี่ยในถังเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงบ่ายเวลา 12.00-13.30 น. ความเข้มรังสีก่อนข้างคังที่ขณะอุณหภูมิบรรยากาศลดลง ทำให้อุณหภูมิน้ำขาออกจากแผงเก็บรังสีลดลง ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในถังลดลง หลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิบรรยากาศเพิ่มขึ้น ความร้อนที่ได้จากระบบก็กลับมาเพิ่มขึ้น ในช่วงเวลาประมาณ 13.30-16.00 น. ความเข้มรังสีลดลงอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิของแผงเก็บรังสีและอุณหภูมิน้ำขาออกลดลงตามความเข้มรังสี และแม้ว่าความเข้มของรังสีจะลดลง อุณหภูมิน้ำขาเข้าและอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในถังก็ยังคงเพิ่มขึ้น



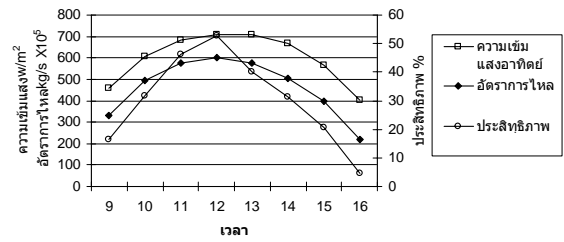
รูปที่ 4 แสดงผลของอุณหภูมิและแสงอาทิตย์บนพื้นราบในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2548

จากรูปที่ 4 แสดงผลการทดลองของวันที่ 5 กุมภาพันธ์ แทนวันที่มีความเข้มของแสงน้อย มีแดดสม่ำเสมอในช่วงเช้า ตอนบ่ายแปรปรวน โดยมีปริมาตรน้ำในถัง 90 ลิตร ในช่วงเช้าจนถึงเวลาประมาณ 12.00 น. อุณหภูมิน้ำขาออกและอุณหภูมิตัวเก็บรังสีเพิ่มขึ้นตามความเข้มรังสีที่เพิ่มขึ้น ที่เวลาประมาณ 12.00 และ 13.00 น. ความเข้มรังสีลดลงพร้อมกับอุณหภูมิบรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิแผงเก็บรังสีและอุณหภูมิน้ำขาออกลดลง แต่กระทบต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในถังเพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นเพราะปริมาตรน้ำในถังมากกว่าในวันที่ 8 ขณะที่อุณหภูมิบรรยากาศลดลงใกล้เคียงกัน ในช่วง 13.00-16.00 น. ความเข้มรังสีค่อนข้างแปรปรวน ซึ่งทำให้อุณหภูมิตัวเก็บรังสีและอุณหภูมิน้ำขาออกเปลี่ยนแปลงตามความเข้มรังสี ขณะที่อุณหภูมิบรรยากาศค่อนข้างคงที่

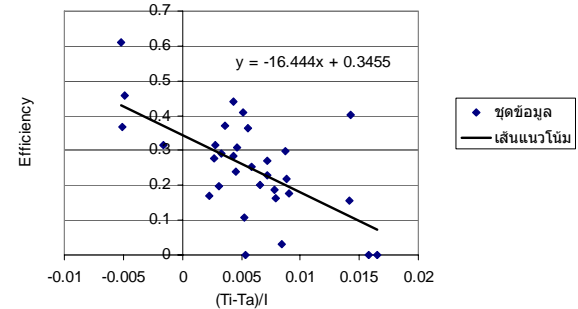
จากรูปที่ 5 แสดงผลจากการทดลองเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2548 ตอนเช้าเวลา 9.00-12.00 น. พบว่า อัตราการไหล และประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น ตามความเข้มแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้น และในตอนบ่าย เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์ลดลง อัตราการไหลและประสิทธิภาพจะลดลงตามไปด้วย พบว่าประสิทธิภาพสูงสุดที่เวลา 12.00 น. ซึ่งเท่ากับ 53 % โดยมีอัตราการไหล 0.0058 kg/s อุณหภูมิขาออกสูงสุด 58 องศาเซลเซียส ความเข้มรังสีตกกระทบบนแผงเก็บรังสีสูงสุด 710 W/m² ทั้งนี้ปริมาตรน้ำในถัง 60 ลิตร อุณหภูมิเริ่มต้น 30 องศาเซลเซียส สามารถให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเมื่อเวลา 16.00 น. ที่ 51 องศาเซลเซียส หรือได้ความร้อนที่ใช้ประโยชน์ได้ 3.10 MJ/m²

จากรูปที่ 6 ให้ค่าประสิทธิภาพเมื่ออุณหภูมิขาเข้าแผงเก็บรังสี

เท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศ ($\eta_o = F_R \alpha$) 35 % และแฟคเตอร์การสูญเสียความร้อน (heat loss factor) F_{RUL} 16.4 w/m²K โดยมีความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.0-1.7 m/s



รูปที่ 5 แสดงประสิทธิภาพ, อัตราการไหล, ความเข้มแสงอาทิตย์บนแผงเก็บรังสี



รูปที่ 6 แสดงประสิทธิภาพในวันที่ 3-9 กุมภาพันธ์ 2548

5.สรุป

1. อุณหภูมิน้ำขาออกของแผงเก็บรังสีขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการคือความเข้มของแสงอาทิตย์และอุณหภูมิบรรยากาศ โดยความเข้มแสงอาทิตย์จะมีผลต่ออุณหภูมิขาออกมากกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ
2. ในสภาวะสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ระบบที่มีถังน้ำขนาดเล็กกว่าสามารถให้อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำได้สูงกว่า แต่ระบบจะมีความไวต่อการสูญเสียความร้อนเมื่ออุณหภูมิของบรรยากาศลดลง
3. จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นว่าแม้ประสิทธิภาพของระบบจะค่อนข้างต่ำ แต่ระบบก็สามารถให้ความร้อนในระดับที่สามารถนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี สำหรับกรณีที่ไม่ต้องการอุณหภูมิสูงมากนัก เช่นอุปโภคภายในครัวเรือน การใช้สังกะสีมุ่งหลังคาซึ่งใช้งานกันอยู่ทั่วไปตามชนบท เป็นแผนดูกลั่นรังสีในการทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ จึงมีความเป็นไปได้สูง อย่างไรก็ตามอาจจะยังต้องทดสอบที่สภาวะอากาศที่ต่างกัน หรือเลือกใช้หลังคาอื่นเพิ่มเติม

6. ข้อเสนอแนะ

1. ในการใช้งานจริงควรติดตั้ง Thermodiode เพื่อลดการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีและการพาความร้อนจากลมในตอนกลางคืนหรือตอนความเข้มแสงน้อย

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของความเร็วลม ต่อประสิทธิภาพ ของระบบและการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย

สัญลักษณ์

α ค่าการดูดกลืนรังสี

η , η_0 ประสิทธิภาพ

A_c พื้นที่ตัวเก็บรังสี, m^2

C_p ค่าความจุความร้อน, $J/kg.K$

$F_{R\alpha}$ optical factor

F_{RU_L} heat loss factor, W/m^2K

I ความเข้มแสงอาทิตย์, W/m^2

m อัตราการไหล, kg/s

T_a อุณหภูมิบรรยากาศ, $^{\circ}C$

T_i อุณหภูมิน้ำขาเข้าแผงเก็บรังสี, $^{\circ}C$

T_t อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำในถังเก็บ, $^{\circ}C$

T_o อุณหภูมิน้ำขาออกจากแผงเก็บรังสี, $^{\circ}C$

T_p อุณหภูมิเฉลี่ยตัวเก็บรังสี, $^{\circ}C$

8. เอกสารอ้างอิง

1. S.Medved, C.Arkhar and B.Cerne, 2003, A large panel unglazed roof integrated liquid solar collector-energy and economic evaluation, Solar energy, Vol.75, pp.455-467.
2. Y.Tripanagnostopoulos, M.Souliotis and TH.Nousia, 2000, Solar collectors with colored absorbers, Solar energy, Vol. 68, pp. 343-356.
3. S.Kalogirou, Y.Tripanagnostopoulos and M.Souliotis, 2004, Performance of solar system employing collector with colored absorber, inpress
4. Evyatar Erell, Yair Etzion, 1996, Heating experiments with radiative cooling system, Building and environment, vol.31, No.6, pp.509-517.
5. 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.
6. Bohumil Nabilek, Engin Kiran, Ferdi Turksoy and Azmi Yazar, 1999, Performance of an unglazed textile-plastic Solar absorber, Renewable Energy, Vol. 16, pp.635-638.

7. Pisit Pannigul, 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.