

การทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 899 - 2532) ภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม

ศิริวรรณ กล้าหาญ¹ ศิริชัย เทพา² รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ³ และ สงบ ขำโสภา⁴

กลุ่มวิจัยระบบพลังงานสะอาด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

E-mail: ceskmutt@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพพจนภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 899 - 2532 ภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพพจนภาพกลางแจ้งกับการทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมแล้วปรับให้อยู่ในสภาพที่เปรียบเสมือนว่าทำการทดสอบกลางแจ้ง พบว่า ผลการทดสอบใกล้เคียงกัน และในการทำการทดสอบตัวเก็บรังสีที่มีฉนวนหลายชนิดแล้วปรับค่าที่ได้ให้อยู่เสมือนกลางแจ้ง พบว่าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่มีฉนวนทำด้วยโฟมฉนวน โยแก๊ว ซีลี้อยและแกลบมีค่าอัตราการสูญเสียความร้อนเท่ากับ 9.28, 11.99, 9.77 และ 6.91 วัตต์ต่อตารางเมตรต่อองศาเซลเซียส ตามลำดับ จากงานวิจัยนี้ พบว่า การทดสอบประสิทธิภาพพจนภาพตามมาตรฐาน มอก. 899 - 2532 ภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมช่วยย่นระยะเวลาการทดสอบ และเนื่องจากการทดสอบทดสอบภายใต้สภาวะแสงและสิ่งแวดล้อมที่เหมือนกัน สามารถทำให้การเปรียบเทียบผลการทดสอบมีความเชื่อถือได้ถึงร้อยละ 90

คำสำคัญ: ตัวเก็บรังสีแผ่นราบ / มาตรฐานการทดสอบ / ระบบแสงอาทิตย์เทียม

*Corresponding author : E-mail : sirichai.the@kmutt.ac.th

¹ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อม และวัสดุ

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อม และวัสดุ

³ อาจารย์ สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อม และวัสดุ

⁴ ช่างเทคนิค คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อม และวัสดุ

Testing of Flat Plate Solar Collector according to TIS 899-2532 Industrial Standard utilizing KMUTT Solar Simulator

Siriwan Klahan ¹, Sirichai Thepa ^{2*}, Roongrojana Songprakorp ³,
and Sangob Kamsopa ⁴

Clean Energy System Group

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Thungkru, Bangkok 10140

E-mail: ceskmutt@kmutt.ac.th

Abstract

This research presents the TIS 899-2532 test of thermal efficiency of solar collector in solar simulator installed at King Mongkut's University of Technology Thonburi. Solar collector with different types of insulator was tested and set the condition as outdoor test. The results showed that heat lost of foam fiberglass, sawdust and husk were 9.28, 11.99, 9.77 and 6.91W/m²K, respectively. It can be concluded that the thermal efficiency test according to TIS 899-2532 of solar collector help shorten the testing time. Since the tests were done under the same light condition and environment, the comparative results are 90%.

Keywords : Flat Plate Collector / Test standard / Solar simulator

*Corresponding author : E-mail : sirichai.the@kmutt.ac.th

¹ Graduate Student, School of Energy Environment and Materials.

² Assistant Professor, Division of Energy Technology, School of Energy Environment and Materials.

³ Lecturer, Division of Energy Technology, School of Energy Environment and Materials.

⁴ Technician, School of Energy Environment and Materials.

1. บทนำ

ประเทศไทยได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี เนื่องจากอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางภายในประเทศขณะนี้ คือ การทำน้ำร้อนเพื่อใช้ในโรงงาน โรงพยาบาล ที่อยู่อาศัย และอื่นๆ เป็นต้น จึงได้มีการผลิตตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบออกจำหน่ายในท้องตลาดจำนวนมาก โดยในแต่ละปีจะมีการผลิตตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบปีละ 5,000 ตร.ม. และมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ดังนั้นเพื่อเป็นการรักษาผลประโยชน์ของผู้ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ กระทรวงอุตสาหกรรมจึงได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบเมื่อปี พ.ศ. 2532 [1] เพื่อใช้ควบคุมคุณภาพ ซึ่งจะทำให้ประชาชนที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไม่ถูกเอาเปรียบ ซึ่งขณะนี้ยังไม่มีหน่วยงานใดทำการทดสอบและรับรองตามมาตรฐานนี้

งานวิจัยนี้ จึงมีจุดมุ่งหมายศึกษาวิธีการทดสอบประสิทธิภาพอุณหภูมิของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เพื่อเป็นการศึกษาเทคนิคในการทดสอบ และความเหมาะสมของภาวะทดสอบ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ (มอก. 899-2532 UDC 629.7.064) ของกระทรวงอุตสาหกรรมมาประยุกต์โดยการทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัย Stuttgart ประเทศเยอรมนี [2] ได้ทำการทดสอบตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบชนิดกระจกชั้นเดียวภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม ซึ่งหลอดกำเนิดแสงเป็นแบบ OSRAM - Siocatherm - Infrared ขนาด 250 วัตต์ จำนวน 44 หลอด อยู่ห่างจากระนาบทดสอบ 1.5 ม. ในการทดสอบได้หาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพอุณหภูมิกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าสู่ตัวเก็บรังสีกับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมต่อค่ารังสีที่ตกกระทบ พบว่า ประสิทธิภาพอุณหภูมิลดลง เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสูญเสียความร้อนเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกลางแจ้งผลที่ได้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย และเนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงประกอบด้วยหลอดเล็กๆ จำนวนมาก ในการทดสอบพบว่ารังสีส่วนใหญ่ที่ตกกระทบเป็นรังสีกระจาย

ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และคณะ [3] ได้ทดสอบตัวรับรังสีแบบแผ่นราบ ซึ่งมีน้ำเป็นของไหลทำงานภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม ซึ่งประกอบด้วยหลอด OSRAM Power Star จำนวน 106 หลอด ให้ฟลักซ์เฉลี่ยประมาณ 630 วัตต์/ตร.ม. และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบกลางแจ้ง โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพอุณหภูมิลดลง กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าสู่ตัวเก็บรังสีกับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมต่อค่ารังสีที่ตกกระทบ

3. การทดสอบประสิทธิภาพอุณหภาพ

3.1 การทดสอบกลางแจ้ง (Outdoor Test)

ที่สภาวะคงที่ ประสิทธิภาพอุณหภาพของตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบกลางแจ้งสามารถเขียนได้ดังสมการที่

(1) [4]

$$\eta_{outdoor} = F_R(\tau\alpha)_n - \frac{F_R U_L (T_i - T_a)}{I_T} \quad (1)$$

เมื่อ F_R = คืออัตราส่วนของพลังงานที่ได้จริงจากตัวเก็บรังสีต่อพลังงานที่ได้เมื่อ

อุณหภูมิผิวตัวรังสีเท่ากับอุณหภูมิของไหลที่เข้าตัวเก็บรังสี

$(\tau\alpha)_n$ = ผลคูณประสิทธิภาพระหว่างค่าสภาพการส่งผ่าน (transmittivity) และดูดกลืนรังสี (absorptivity) ของตัวเก็บรังสี

U_L = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนจากตัวเก็บรังสีที่คิดจาก $T_i - T_a$ (วัตต์/ตร.ม./K)

$T_i - T_a$ = อุณหภูมิแตกต่างระหว่างของไหลที่เข้าตัวเก็บรังสี และอุณหภูมิบรรยากาศรอบๆ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (K)

I_T = ความเข้มรังสีอาทิตย์รวมที่ตกบนตัวเก็บรังสี (วัตต์/ตร.ม./K)

และเมื่อ

$$\eta_{outdoor} = \frac{Q_u}{A_c I_T} = \frac{m C_p (T_o - T_i)}{A_c I_T} \quad (2)$$

เมื่อ Q_u = ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ (วัตต์)

\dot{m} = อัตราการไหลเชิงมวล (กก./วินาที)

C_p = ความจุความร้อนจำเพาะของของไหลที่ความดันคงที่ (จูล/กก./K)

T_o = อุณหภูมิของของไหลที่ออกจากตัวเก็บรังสี (K)

T_i = อุณหภูมิของของไหลที่เข้าตัวเก็บรังสี (K)

A_c = พื้นที่ตัวเก็บรังสี (ตร.ม.)

จากสมการที่ (1) จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพอุณหภาพของตัวเก็บรังสีและค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าสู่ตัวรับรังสีกับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมต่อค่ารังสีที่ตกกระทบ มีลักษณะเป็นเส้นตรงโดยประสิทธิภาพ $\eta_{outdoor}$ มีค่าเท่ากับ $F_R(\tau\alpha)_n$ เมื่อ $(T_i - T_a)/I_T$ มีค่าเป็นศูนย์ และความชันของเส้นกราฟแทนค่าการสูญเสียความร้อน ถ้ามีค่าสูงจะมีการสูญเสียความร้อนจากตัวเก็บรังสีสูงตามไปด้วย

3.2 การทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม (Indoor Test)

คำนวณประสิทธิภาพอุณหภาพได้จากสมการที่ (3) [5]

$$\eta_{indoor} = F_R(\tau\alpha)_{e.sim} - \frac{F_R U_{Le}(T_i - T_e)}{I_T} \quad (3)$$

- เมื่อ $(\tau\alpha)_{e.sim}$ = ผลคูณประสิทธิภาพของค่าส่งผ่านและการดูดกลืนรังสีภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม
 U_{Le} = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนประสิทธิผลคิดจาก $(T_p \rightarrow T_e)$ (วัตต์/ตร.ม./K)
 $F_R U_{Le}$ = $F_R U_{La} + F_R U_{Lf}$
 T_e = อุณหภูมิประสิทธิผลภายในห้องแสงอาทิตย์เทียม (K)
 T_e = $(F_R U_{La}/F_R U_{Le})T_a + (F_R U_{Lf}/F_R U_{Le})T_{fit}$
 U_{La} = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนประสิทธิผลคิดจาก $(T_p \rightarrow T_e)$ (วัตต์/ตร.ม./K)
 U_{Lf} = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนประสิทธิผลคิดจาก $(T_p \rightarrow T_{fit})$ (วัตต์/ตร.ม./K)
 T_{fit} = อุณหภูมิผิวของตัวกรองรังสีอินฟราเรด (K)
 T_p = อุณหภูมิผิวตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (K)

เส้นแสดงประสิทธิภาพอุณหภาพของตัวเก็บรังสีภายใต้แสงอาทิตย์เทียม สามารถหาได้จากสมการที่ (3) โดยมีความชันของกราฟเป็น $-F_R U_{Le}$ และจุดตัดบนแกนอุณหภาพคือค่า $F_R(\tau\alpha)_{e.sim}$ สามารถปรับให้เข้าสู่ค่าที่ทดสอบกลางแจ้ง โดยการหาค่า $F_R(\tau\alpha)_{e.sim}$ ที่ได้จากการทดสอบตัวเก็บรังสีภายใต้แสงอาทิตย์เทียม แทนค่าลงในสมการที่ (4) เพื่อแก้ค่าสู่การทดสอบกลางแจ้งคือ $F_R(\tau\alpha)_n$ ส่วนค่าความชันในกรณีทดสอบภายใต้แสงอาทิตย์เทียมสามารถปรับสู่ค่าเทียบเท่าการทดสอบกลางแจ้งสามารถทำได้โดยการปรับค่าความชันให้เหมือนกับค่าความชันเมื่อ $T_{fit} = T_a$ ในการทดสอบกลางแจ้งโดย

$$(F_R U_{Le})T_a / (F_R U_{Le})T_e = U_{L1} / U_{L2}$$

เมื่อ U_{L1} และ U_{L2} เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน เมื่อสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิ T_a และ T_e

$$F_R(\tau\alpha)_n = \frac{\tau_{outdoor} F_R(\tau\alpha)_{e.sim}}{\tau_{sim} \times 0.92} \quad (4)$$

- เมื่อ $(\tau\alpha)_n$ = ผลคูณประสิทธิภาพระหว่างค่าสภาพการส่งผ่าน และดูดกลืนรังสีของตัวเก็บรังสี
 $\tau_{outdoor}$ = สภาพการส่งผ่านรังสีของกระจกเมื่อแสงอาทิตย์กลางแจ้งทะลุผ่าน
 τ_{sim} = สภาพการส่งผ่านรังสีของกระจกเมื่อแสงอาทิตย์เทียมส่องผ่าน
 $(\tau\alpha)_{e.sim}$ = ผลคูณประสิทธิภาพของค่าส่งผ่านและการดูดกลืนรังสีภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม

ค่าสภาพส่งผ่านรังสีสามารถวัดโดยตรง โดยใช้ไพรานอมิเตอร์วัดค่ารังสีรวมที่ตกลงบนฝาปิดโปร่งแสง และที่ทะลุฝาปิดโปร่งแสง

ฉะนั้นผลที่ได้ในห้องปฏิบัติการสามารถปรับไปสู่สภาวะการทดสอบกลางแจ้ง ได้โดยการคูณด้วยค่าแฟกเตอร์ $\tau_{\text{outdoor}} / (\tau_{\text{sim}} \times 0.92)$ [5]

4. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ในการดำเนินการวิจัยได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก ทดสอบประสิทธิภาพของหมวกกลางแจ้ง และภายในห้องแสงอาทิตย์เทียมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกลางแจ้งกับการทดสอบภายใต้แสงอาทิตย์เทียม โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ฉนวนทำด้วยโฟมฉนวน และส่วนที่สอง ทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ใช้ฉนวนจากวัสดุทางการเกษตร เช่น แกลบ ชี้เลื่อย ซึ่งในการทดสอบจะดำเนินการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบ มอก. 899-2532

4.1 อุปกรณ์

4.1.1 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ

ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบมีจำนวนเพียง 1 ชุด และเปลี่ยนฉนวนเป็นโฟมฉนวน โยแก้ว ชี้เลื่อย และแกลบ มีพื้นที่ผิวดูดกลืนขนาด 0.7 ตร.ม. ผิวดูดกลืนทำด้วยสังกะสีพ่นด้วยสีดำด้าน ใช้ท่อทองแดง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0125 ม. ทั้งหมด 18 ท่อวางขนานกันและใช้น้ำเป็นสารทำงาน มีการหุ้มฉนวนที่ด้านล่างและด้านข้างของตัวเก็บรังสี กรอบทำด้วยสังกะสีแผ่นเรียบและด้านบนปิดด้วยกระจกหนา 3 มม.

ตารางที่ 1 สมบัติของฉนวนที่ใช้ในตัวเก็บรังสีอาทิตย์

ชนิดของฉนวน	สภาพการนำความร้อนของฉนวน (จากการวัด) (วัตต์/ม./K)	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
โฟมฉนวน	0.0330	16.00
โยแก้ว	0.0450	16.02
ชี้เลื่อย	0.0335	400.00
แกลบ	0.0713	106.00

4.1.2 ระบบแสงอาทิตย์เทียม ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ระบบแสงอาทิตย์เทียมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีได้ถูกพัฒนามาเพื่อใช้ศึกษาวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ด้านพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบแสงอาทิตย์เทียมแสดงไว้ดังรูปที่ 1 ระบบดังกล่าวมีแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งประกอบด้วยหลอดไฟขนาด 250 วัตต์ จำนวน 106 หลอด ซึ่งให้ค่าพลังงานใกล้เคียงกับรังสีแสงอาทิตย์ในธรรมชาติ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของระบบแสงอาทิตย์เทียม [6]

4.2 เครื่องมือวัด

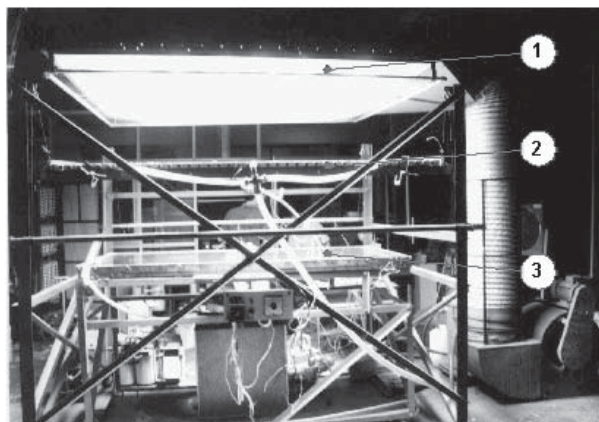
เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายชื่อเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แผ่นราบ

ลำดับที่	พารามิเตอร์	เครื่องมือวัด/ตัวรับรู้	ลักษณะจำเพาะ/หมายเหตุ
1	รังสีแสงอาทิตย์	ไพรานอมิเตอร์	Kipp & Zonen
2	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	เทอร์โมคัปเปิ้ล	Type - K
3	ความเร็วลม	แอนนิโมมิเตอร์	Cup - type
4	อุณหภูมิของของเหลว	เทอร์โมคัปเปิ้ล	Type - K
5	อัตราการไหลของมวล	โรตารีมิเตอร์	SHO - Rate
6	เครื่องบันทึกข้อมูล	เครื่องบันทึกข้อมูล	Yokogawa

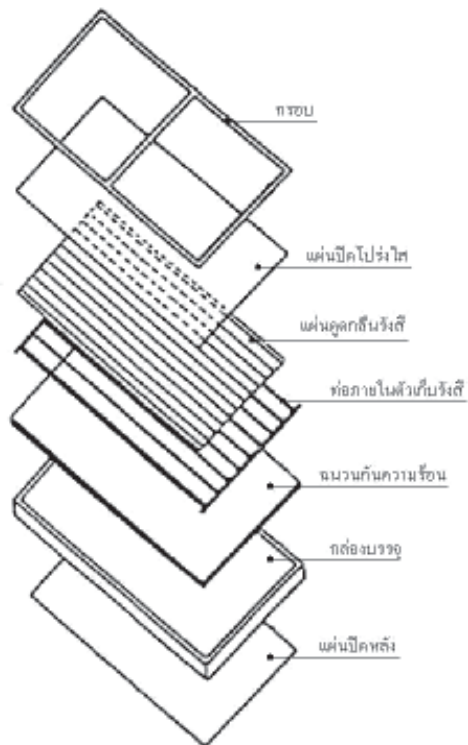
4.3 วิธีการทดสอบ

ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพอุณหภูมิกว้างของตัวเก็บรังสีอาทิตย์กลางแจ้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ มอก. 899 - 2532 กระทรวงอุตสาหกรรมของประเทศไทย โดยติดตั้งอุปกรณ์ตามรูปที่ 3 ซึ่งได้ดำเนินการดังนี้

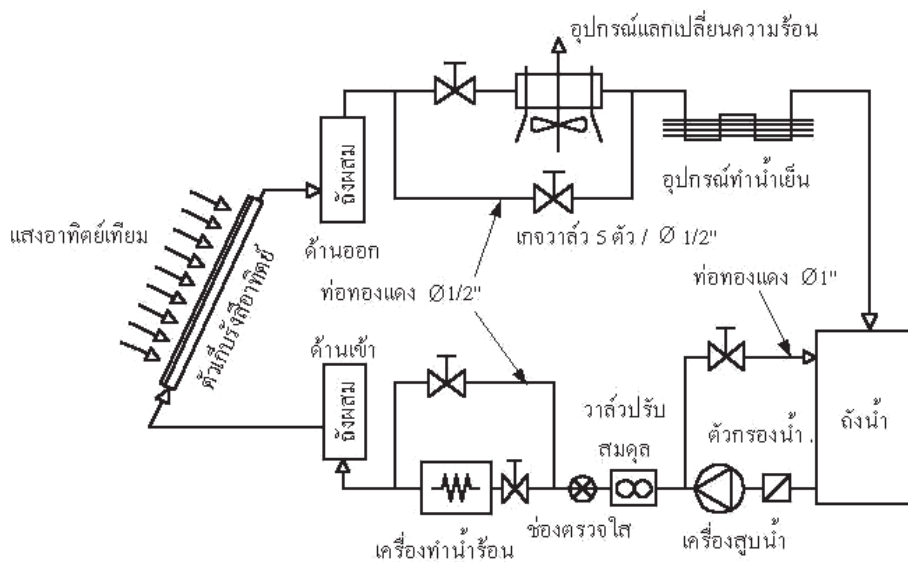


1. แหล่งกำเนิดแสง
2. อุปกรณ์กรองรังสีอินฟราเรด
3. ตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบ

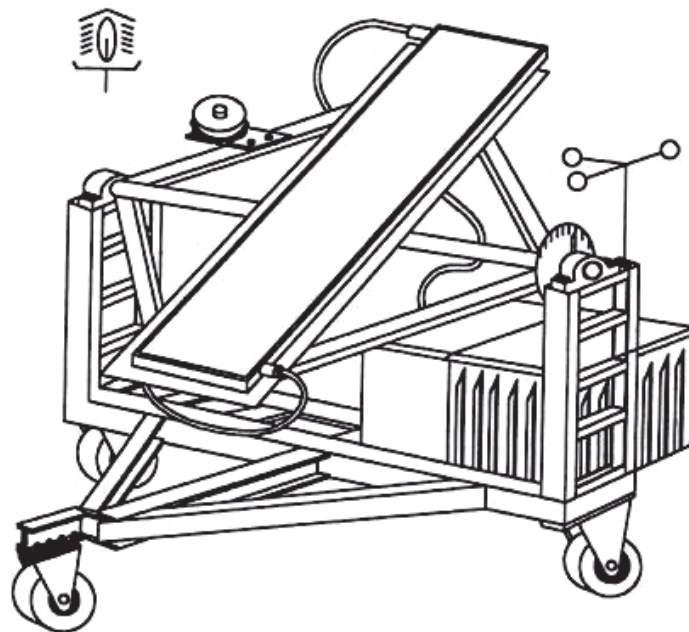
รูปที่ 1 ระบบแสงอาทิตย์เทียมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



รูปที่ 2 ตัวรับรังสีอาทิตย์แผ่นราบ



รูปที่ 3 อุปกรณ์ทดสอบและชุดควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 4 แท่นทดสอบกลางแจ้ง

4.3.1 ทดสอบประสิทธิภาพอุณหภูมิกกลางแจ้ง

ในการทดสอบกลางแจ้งจะติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบตามรูปที่ 4 โดยใช้ตัวเก็บรังสีแผ่นราบที่มีโพลีเมตเป็นฉนวน และทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุณหภูมิก ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ ซึ่งมีสภาวะการทดสอบดังนี้

1. ความเร็วลม 2 ± 0.5 ม./วินาที
2. รังสีรวมบนระนาบของตัวเก็บรังสีวัดได้ไม่น้อยกว่า 600 วัตต์/ตร.ม.
3. มุมตกกระทบไม่เกิน 30 องศา
4. อุณหภูมิแวดล้อมไม่เกิน 30 ($^{\circ}$ ซ)

ในทางปฏิบัติ สภาวะดังกล่าวจะมีในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 14.00 น. และต้องคงที่อย่างน้อยมากกว่าค่า Time constant ของตัวเก็บรังสีนั้นๆ ดังนั้นในสภาวะจริงจึงต้องใช้เวลาในการทำการทดลองเป็นเวลาหลายวันและบางครั้งเป็นสัปดาห์และเลือกข้อมูลที่เป็นไปตามมาตรฐานนำมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพอุณหภูมิก

4.3.2 ทดสอบประสิทธิภาพภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม

ในการทดสอบจะใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ตัวเดิม และดำเนินการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตัวเก็บรังสีแผ่นราบ แต่ใช้แหล่งกำเนิดแสงจากระบบแสงอาทิตย์เทียมแทนแสงธรรมชาติ ติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 1 และปรับค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบกลางแจ้ง แล้วเปรียบเทียบผลกับการทดสอบกลางแจ้งกับผลที่ได้จากการทดสอบภายใต้แสงอาทิตย์เทียม ถ้าผลที่ได้ใกล้เคียงแสดงว่าการทดสอบภายใต้แสงอาทิตย์เทียมสามารถใช้ทดสอบแทนการทดสอบกลางแจ้ง ซึ่งการทดสอบภายใต้แสงอาทิตย์เทียมใช้เวลาเพียง 3 ชั่วโมง

ทดสอบประสิทธิภาพภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม โดยเปลี่ยนฉนวนเป็น โยแก้ว ซีลี้อย และแลกเปลี่ยนตามลำดับ และปรับค่าการทดสอบที่ได้ให้อยู่เสมือนการทดสอบกลางแจ้งและเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีทั้ง 4 โดยในการทดสอบจะควบคุมสภาวะภายในห้องทดสอบแสงอาทิตย์เทียม ให้มีอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากันคือ 28.5 °ซ โดยการระบายอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิในห้องให้คงที่ และความเร็วลมที่พัดผ่านด้านบนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่า 3.5 ม./วินาที อัตราการไหลของน้ำ 0.02 กก./วินาที/ตร.ม. ความเข้มแสงเฉลี่ย 600 วัตต์/ตร.ม.

5. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

5.1 ผลการทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบกลางแจ้งและภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม

ผลทดสอบกลางแจ้งที่มีความเร็วลมเฉลี่ย 3 ม./วินาที มีสมการสมรรถนะดังนี้

$$\eta_{\text{outdoor}} = 0.78 - 8.73(T_i - T_o)/I_T \quad (5)$$

จากรูปที่ 5 พบว่า $F_R(\tau\alpha)_n$ มีค่ามาก แสดงว่าประสิทธิภาพอุณหภูมิต่ำสุดเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่เข้าตัวเก็บรังสีมีอุณหภูมิเท่ากับสิ่งแวดล้อม ส่วน $F_R U_L$ มีค่าสูงรูปกราฟจะมีความชันมาก แสดงว่าตัวเก็บรังสีมีการสูญเสียความร้อนสูง ดังนั้นตัวเก็บรังสีนี้จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ทำน้ำร้อนในช่วงอุณหภูมิน้ำเข้าตัวเก็บรังสีสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมไม่สูงมากนัก (preheat) เพราะถ้ายิ่งอุณหภูมิน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์สูงมากขึ้นจะทำให้การสูญเสียความร้อนสูงของตัวเก็บรังสีเพิ่มขึ้น

นำตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชุดเดิมทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม โดยมีสภาวะการทดสอบ อุณหภูมิแวดล้อมภายในห้อง 28.5 °ซ อุณหภูมิตัวกรองรังสีอินฟราเรด 39 °ซ และอุณหภูมิของกระจกของระบบแสงอาทิตย์ 44.9 °ซ ผลการทดสอบที่ความเร็วลม 3 ม./วินาที แสดงได้ดังนี้

$$\eta_{\text{indoor}} = 0.70 - 9.28(T_i - T_o)/I_T \quad (6)$$

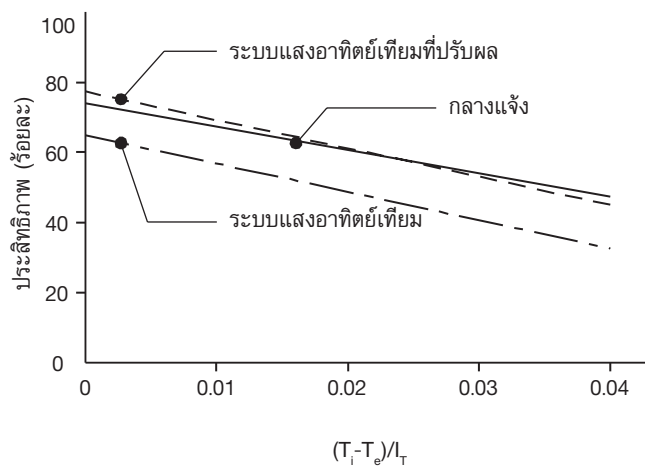
เมื่อนำผลการทดสอบกลางแจ้งเทียบกับผลการทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม พบว่า ค่า $F_R(\tau\alpha)_n$ ของการทดสอบกลางแจ้งมีค่ามากกว่าการทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม เนื่องจากการทดสอบกลางแจ้งมีสัดส่วนรังสีตรงมากกว่ารังสีกระจาย ในขณะที่ระบบแสงอาทิตย์เทียมมีรังสีกระจายเป็นส่วนใหญ่ จึงมีผลให้ค่า $(\tau\alpha)_n$ ของรังสีตรงสูงกว่า ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการแสงอาทิตย์เทียม ให้เป็นผลการทดสอบกลางแจ้งตามลักษณะการใช้งานจริง

จากการปรับค่าการทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมปรับสู่ค่าการทดสอบกลางแจ้ง โดยใช้สมการที่ (4) และได้สมการสมรรถนะดังนี้

$$\eta_{\text{outdoor,corrected}} = 0.76 - 8.34(T_i - T_a)/I_T \quad (7)$$

ซึ่งค่าที่ได้ $\eta_{\text{outdoor,corrected}}$ มีค่าเข้าใกล้การทดสอบกลางแจ้ง แตกต่างไม่เกินร้อยละ 10

ดังนั้นเพื่อความสะดวกและรวดเร็ว จึงทำการทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม แล้วจึงปรับผลสู่สภาวะกลางแจ้ง และผลที่ได้ใกล้เคียงกับการทดสอบกลางแจ้งและยอมรับได้



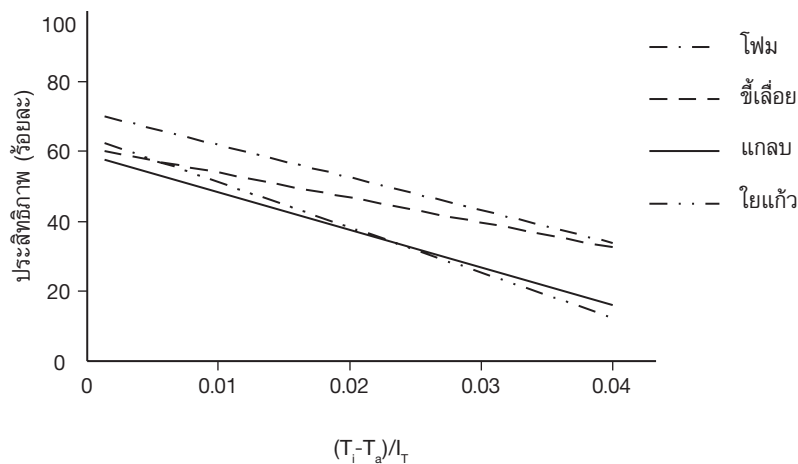
รูปที่ 5 เปรียบเทียบสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์เมื่อทดสอบกลางแจ้งกับการทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม (โดยใช้โพนชนิดเป็นฉนวน)

5.2 การเปรียบเทียบสมรรถนะของตัวรับรังสีภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมเมื่อใช้ฉนวนชนิดต่างๆ ที่ทำจากวัสดุทางการเกษตร

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสมรรถนะของตัวรับรังสีภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมเมื่อใช้ฉนวนชนิดต่างๆ

ชนิดของฉนวน	สมการสมรรถนะ	สภาพการนำความร้อนของฉนวน(จากการวัด) (วัตต์/ม./K)	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
โพนชนิด	$\eta_{\text{indoor,corrected}} = 0.70 - 9.28(T_i - T_a)/I_T$	0.0330	16.00
ใยแก้ว	$\eta_{\text{indoor,corrected}} = 0.68 - 11.99(T_i - T_a)/I_T$	0.0450	16.02
ซีลี้อย	$\eta_{\text{indoor,corrected}} = 0.65 - 9.77(T_i - T_a)/I_T$	0.0335	400.00
แกลบ	$\eta_{\text{indoor,corrected}} = 0.61 - 6.91(T_i - T_a)/I_T$	0.0713	106.00

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าโพนชนิด ไยแก้ว ชี้อ้อย และแกลบ มีค่า $F_R U_L$ เท่ากับ 9.28, 11.99, 9.77 และ 6.91 วัตต์/ตร.ม./K ตามลำดับ สำหรับค่า $F_R(\tau\alpha)$ ถึงแม้ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ตัวเดิมแต่จำนวนจะเปลี่ยนไปทำให้ค่า F_R (คืออัตราส่วนของพลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์จริงต่อพลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์เมื่อผิวดูดรังสีมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของไหลที่เข้าตัวรับรังสีหรือพลังงานที่ตัวรับรังสีได้รับลบด้วยความร้อนที่สูญเสียต่อพลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์เมื่อผิวดูดรังสีมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของไหลที่เข้าตัวรับรังสี) มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามค่าของจำนวน ดังนั้นจึงทำให้ผลคูณ $F_R(\tau\alpha)$ มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละกรณี



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบสมรรถนะของตัวเก็บรังสีภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมที่มีจำนวนชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 6 เป็นกราฟการทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม แล้วปรับค่าสู่การทดสอบกลางแจ้ง โดยให้แกนตั้งเป็นประสิทธิภาพและแกนนอนเป็นค่าผลต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิแวดล้อมหารด้วยรังสีที่ตกกระทบตัวเก็บรังสีอาทิตย์พบว่า จำนวนที่ทำด้วยโพนชนิดมีการสูญเสียความร้อนน้อย จึงทำให้ประสิทธิภาพของอุณหภูมิตัวเก็บรังสีที่มีจำนวนทำด้วยโพนชนิดค่าสูงกว่าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่จำนวนเป็นไยแก้ว แกลบและชี้อ้อย แต่จากผลการทดลองประสิทธิภาพต่างกันไม่มากนัก ดังนั้น ในกรณีที่ต้องการการลงทุนในการทำตัวเก็บรังสีอาทิตย์ สามารถนำจำนวนที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้แทน เพราะราคาถูกหาได้ง่าย ถ้าหากมีการพัฒนาและอัดขึ้นรูปแบบพาดิเคิลบอร์ด ก็สามารถใช้งานได้สะดวกมากขึ้น

6. สรุปผลการวิจัย

1. งานวิจัยนี้ได้เสนอการทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาด้านสภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้การทดสอบสมรรถนะ ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์สะดวกรวดเร็วและเปรียบเทียบผลการทดสอบในสภาวะเดียวกันได้

2. การทดสอบภายในห้องปฏิบัติการแสงอาทิตย์เทียม จะช่วยพัฒนาอุปกรณ์และวัสดุเทคโนโลยีแสงอาทิตย์ได้รวดเร็วและทดสอบประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบตามมาตรฐาน มอก. 899-2532 ได้

7. เอกสารอ้างอิง

1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ มอก. 899-2532, 2532, กระทรวงอุตสาหกรรม, 24 หน้า

2. Kraus, K., Hahne, E., and John, J., Laboratory Test for Flat-plate Solar Collectors, Institute Fur Thermodynamik and Wärmetechnik, Universität Stuttgart, F.R.G.

3. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ศิริชัย เทพา และวีระชัย สุนทรรังสรรค์, 2532, “การทดสอบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม,” วารสารทางวิชาการ วสท., เล่ม 1, หน้า 38-46.

4. Duffie, J. A. and Beckman, W. A., 1991, Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc.

5. กิตติชัย ณ ถลาง, 2532, การศึกษาสมรรถนะตัวรับรังสีภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม, วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

6. ASHRAE STANDARD, 93 - 77, 1986, *Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors*, The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc., USA.

