

การศึกษามาตรฐานในการทดสอบตัวรับรังสีแบบกลางแจ้งที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย Solar flat plate collector outdoor testing standard for Thailand.

พรพิมล เพ็ชรวัฒนา* สมบูรณ์ คงเพชรศักดิ์* ศิริสุข จินดารักษ์¹⁾
และนิพนธ์ เกตุจ้อย²⁾

- 1) ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
- 2) วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทคัดย่อ

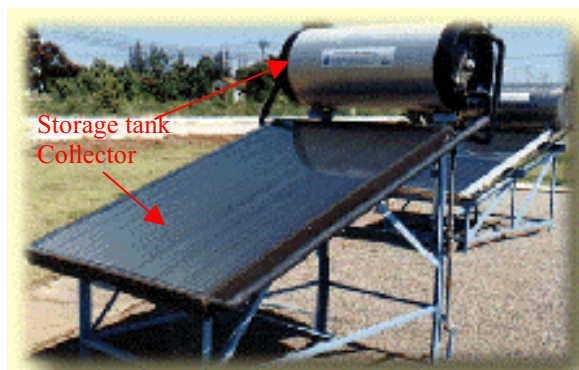
ปัจจุบันมาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ยังไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย การกำหนดมาตรฐานการทดสอบมาตรฐาน SERT 2003 คือแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพราะมาตรฐานนี้ถูกกำหนดโดยอาศัยข้อมูลเชิงสถิติของสภาพแวดล้อมในประเทศไทย ทำให้เป็นสภาวะทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบภายในประเทศ การตรวจสอบผลการทดสอบตามมาตรฐาน SERT 2003 มีการควบคุมให้มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานสากลพบว่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบตามมาตรฐาน SERT 2003 แตกต่างจากมาตรฐาน ASHRAE และมาตรฐาน AUSTRALIA สูงสุดเพียง 1.2 % และ 5.1 % ตามลำดับส่งผลให้มาตรฐาน SERT 2003 เป็นมาตรฐานการทดสอบตัวรับรังสีที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

คำสำคัญ

ตัวรับรังสีแผ่นเรียบ
การทดสอบแบบกลางแจ้ง
สภาวะทดสอบ

1. บทนำ

ประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ค่อนข้างสูงโดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 MJ/m² – day ด้วยศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีค่อนข้างสูงทำให้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar water heater) สามารถใช้ได้ดีในประเทศไทย เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักสองส่วน คือ ส่วนที่ใช้กักเก็บน้ำร้อน (Storage tank) และส่วนรับรังสีดวงอาทิตย์ (Solar collector) เพื่อทำให้น้ำร้อน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ปัจจุบันกระแสดิ้นตัวเกี่ยวกับการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีมากขึ้น ธุรกิจเกี่ยวกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เริ่มเกิดการแข่งขัน เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละชนิดที่ออกสู่ตลาดจึงมีความหลากหลายทั้งชนิด ราคาและคุณภาพ

มาตรฐานการทดสอบจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะบ่งชี้ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อน ซึ่งมาตรฐานที่ใช้ต้องเหมาะสมและเป็นที่ยอมรับเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค

ปัจจุบันประเทศไทยมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำหรับตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ โดยมาตรฐานดังกล่าวจะทำการทดสอบทั้งคุณภาพของวัสดุที่นำมาใช้สร้างตัวรับรังสีว่ามีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพอากาศของประเทศไทยหรือไม่ ส่วนการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนจะอ้างอิงมาตรฐานการทดสอบของมาตรฐาน ASHRAE 93 เป็นหลัก เนื่องจากยังไม่มี การประกาศกำหนดการทดสอบแบบอื่นๆ แต่การทดสอบโดยใช้มาตรฐาน ASHRAE 93 ยังไม่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เพราะมาตรฐานนี้กำหนดขึ้นเพื่อใช้ใน กลุ่มประเทศที่มีอุณหภูมิอากาศแวดล้อมเฉลี่ยค่อนข้างต่ำซึ่งแตกต่างจากประเทศไทยที่มีสภาพอากาศเป็นแบบร้อนชื้น มีอุณหภูมิอากาศแวดล้อมค่อนข้างสูงทำให้การทดสอบทำได้ยากมากในพื้นที่ของประเทศไทยเพราะไม่สามารถควบคุมสภาพทดสอบได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยเพื่อใช้บ่งชี้ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อน พลังงานแสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อหามาตรฐานในการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของตัวรับรังสีแผ่นเรียบด้วยวิธีการทดสอบแบบกลางแจ้งที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

ขอบเขตของงานวิจัย

การทดสอบใช้แท่นทดสอบ ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งตั้งอยู่บนเส้นละติจูด $16^{\circ} 44'$ เหนือและลองจิจูด $100^{\circ} 11'$ ตะวันออก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบเงื่อนไขการทดสอบแผ่รังสีอาทิตย์ของมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับได้แก่ มาตรฐาน ASHRAE 93-1986 และมาตรฐาน AUSTRALIA
- 2) มีความชำนาญในการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของตัวรับรังสีชนิดแผ่นเรียบแบบกลางแจ้ง
- 3) ได้มาตรฐานการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของตัวรับรังสีแผ่นเรียบแบบกลางแจ้งที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

2. ตัวรับรังสีแผ่นเรียบ

ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบเป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและถ่ายเทให้กับของไหลหรือสารทำงาน (Working fluid) เพื่อนำไปใช้งาน ของไหลที่ใช้โดยมากมักได้แก่น้ำหรืออากาศ ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบนับเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันแพร่หลายเมื่อเปรียบเทียบกับตัวรับรังสีแบบอื่นๆ ตัวอย่างที่เห็นโดยทั่วไปได้แก่ ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ซึ่งใช้ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบเป็นตัวดูดรังสี

ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบมีความเหมาะสมกับงานที่ไม่ต้องการอุณหภูมิสูงคือประมาณ $50 - 60^{\circ}\text{C}$ ในขณะที่อากาศแวดล้อมมีอุณหภูมิระหว่าง $10 - 30^{\circ}\text{C}$ หรืออาจสูงถึง $80 - 90^{\circ}\text{C}$ ถ้าตัวดูดรังสีเป็นแบบผิวเลือกรังสีหรือมีแผ่นสปีดด้านบนของตัวรับรังสีมากกว่าหนึ่งชั้น แม้ว่าตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบจะมีข้อจำกัดด้านความไม่เหมาะสมในการใช้งานที่อุณหภูมิสูง แต่ก็มีข้อดีหลายอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวรับรังสีแบบอื่นๆ เช่น เป็นอุปกรณ์ง่าย ๆ สามารถรับได้ทั้งรังสีตรงและรังสีกระจาย ไม่ต้องมีกลไกในการบังคับให้ตัวรับรังสีหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ มีความจำเป็นในการบำรุงรักษาน้อย และที่สำคัญที่สุดคือมีความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งใน

หลาย ๆ กรณีเช่นระบบผลิตน้ำร้อนสำหรับบ้านพักอาศัย เป็นต้น

แผ่นดูดรังสีส่วนใหญ่จะดูดกลืนแสงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนแล้วถ่ายเทโดยการนำจากแผ่นดูดรังสีไปยังท่อโลหะและของไหลที่ไหลอยู่ในท่อ ด้านข้างและด้านหลังของตัวรับรังสีจะมีฉนวนเพื่อลดการสูญเสียความร้อน กระเจกใสยอมให้รังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านและช่วยป้องกันไม่ให้รังสีความร้อน ซึ่งเป็นรังสีประเภทคลื่นยาวส่งผ่านจากตัวดูดรังสีไปยังบรรยากาศภายนอก การสูญเสียความร้อนจากตัวรับรังสีไปยังบรรยากาศภายนอกมีทั้งการนำ การพา และการแผ่รังสี ซึ่งสามารถแบ่งบริเวณที่มีการสูญเสียความร้อนเป็นสามบริเวณคือ ด้านบน ด้านหลัง และด้านข้างของตัวรับรังสี

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 ใช้ระบบทดสอบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ ที่ตั้งอยู่ ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งสามารถใช้ทดสอบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แผ่นเรียบแบบกลางแจ้ง โดยระบบทดสอบสามารถแบ่งออกเป็น ส่วนต่าง ๆ ได้ ดังนี้

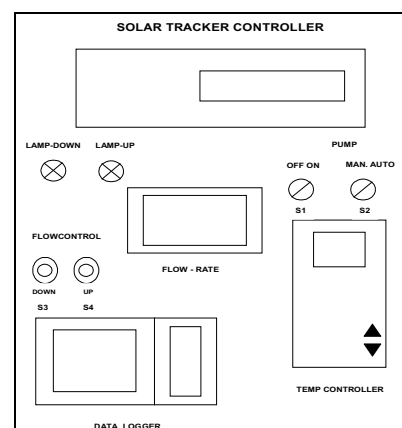
3.1.1 ส่วนควบคุมระบบ (Control system) ประกอบไปด้วย

- ปุ่มเปิดปิด – เปิดหรือปุ่ม S1
- ปุ่มเปิดแสดงการควบคุมระบบด้วยมือ/อัตโนมัติ (Manual /Auto) หรือปุ่ม S2
- เครื่องบันทึกข้อมูล (Data recorder) ซึ่งทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากระบบทุกๆ 10 วินาทีแล้วแสดงผลข้อมูลออกมาที่จอแสดงผล นอกจากนี้เครื่องบันทึกข้อมูลยังมีหน่วยความจำที่สามารถเก็บข้อมูลไว้ที่ตัวเครื่องได้อีกด้วย
- ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller) ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้กำหนด

- ตัวควบคุมอัตราการไหล (Flow controller) ทำหน้าที่เป็นตัวรับคำสั่ง ถ้าต้องการเพิ่มอัตราการไหลให้กดที่ปุ่ม Down (S3) จะทำให้ไฟที่ Lamp down สว่าง และถ้าต้องการลดอัตราการไหลให้กดที่ปุ่ม Up (S4) จะทำให้ไฟที่ปุ่ม Lamp up สว่าง โดยผลของการเพิ่มหรือลดอัตราการไหลจะแสดงที่ Flow rate
- ตัวควบคุมตัวแทนทดสอบ (Solar tracker controller) ทำหน้าที่ปรับแทนทดสอบเพื่อให้ระนาบของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับรังสีแสงอาทิตย์ แผนผังของส่วนควบคุมแสดงดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2 ส่วนควบคุมด้านหน้า



รูปที่ 3 แผนผังส่วนควบคุมด้านหน้า

3.1.2 ส่วนควบคุมน้ำ (Water controller) ประกอบไปด้วย

- ท่อน้ำที่ต่อกับท่อประปาเพื่อจ่ายน้ำเข้าสู่ถังเก็บน้ำ
- ท่อน้ำที่ต่อกับส่วนทำความเย็น (Cooling unit) เพื่อส่งน้ำจากส่วนทำความเย็นกลับมาที่ส่วนควบคุมน้ำ โดยจะจ่ายน้ำสู่ถังเก็บน้ำ
- ถังกักเก็บน้ำ (Storage tank)
- ปั๊มน้ำ (Water pump) ทำหน้าที่สูบน้ำจากถังเข้าสู่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์โดยผ่านเครื่องทำความร้อน
- เครื่องทำความร้อน (Heater) ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่น้ำเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่ผู้ใช้กำหนด จากนั้นน้ำจะถูกส่งไปที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์

3.1.3 แท่นทดสอบ (Test bed) ทำหน้าที่ปรับระนาบของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับรังสีแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แท่นทดสอบ

3.1.4 ส่วนทำความเย็น (Cooling unit) ทำหน้าที่พักน้ำร้อนที่ไหลออกมาจากตัวรับรังสีแล้วลดอุณหภูมิให้น้ำให้

ต่ำลงก่อนส่งน้ำกลับไปยังถังกักเก็บน้ำในส่วนควบคุมน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ส่วนทำความเย็น

3.2 ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ ที่ใช้กับระบบทดสอบนี้มีความยาว 1.8 m ความกว้าง 1.2 m ความหนา 0.76 m มีพื้นที่ตัวรับแสงอาทิตย์ทั้งหมด 2.16 m^2 พื้นที่รับแสงอาทิตย์ 2.13 m^2

4. กระบวนการวิจัย

4.1 ศึกษาเงื่อนไขการทดสอบ, กระบวนการทดสอบรวมถึงวิธีวิเคราะห์ผลการทดสอบและทดลองทดสอบตัวรับรังสีแผ่นเรียบตามมาตรฐาน ASHRAE 93 – 1986 และมาตรฐาน AUSTRALIA

4.2 สรุปหลักเกณฑ์ที่ใช้ทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์จากมาตรฐานทั้งสองเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดมาตรฐาน

4.3 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเรื่อง อุณหภูมิอากาศ, อัตราเร็วลมและค่าความเข้มข้นรังสีดวงอาทิตย์รวมของประเทศไทยเพื่อใช้กำหนดเงื่อนไขการทดสอบตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ใน ข้อ 4.2

4.4 กำหนดสภาวะการทดสอบสำหรับทดสอบ สมรรถนะทางความร้อนของตัวรับรังสีแผ่นเรียบแบบกลางแจ้ง ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

4.5 ทดสอบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบแบบกลางแจ้งเพื่อหาประสิทธิภาพของตัวรับรังสีโดยใช้สภาวะการทดสอบที่กำหนดขึ้นตามข้อ 4.4 โดยกำหนดอุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าตัวรับรังสีคือ 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C และ 40 °C

4.6 ทดสอบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบแบบกลางแจ้งเพื่อหาประสิทธิภาพของตัวรับรังสีโดยใช้มาตรฐาน ASHRAE 93 – 1986 และมาตรฐาน AUSTRALIA เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมาตรฐานที่กำหนดขึ้น โดยกำหนดอุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าตัวรับรังสีค่าเดียวกัน

วิเคราะห์ผลการทดสอบ

- นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของตัวรับรังสี
- แสดงผลการทดสอบโดยกราฟ
- เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบในแต่ละมาตรฐานเพื่อกำหนดมาตรฐาน SERT 2003

4.7 สรุปผลการหามาตรฐานการทดสอบตัวรับรังสีอาทิตย์แบบกลางแจ้งที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

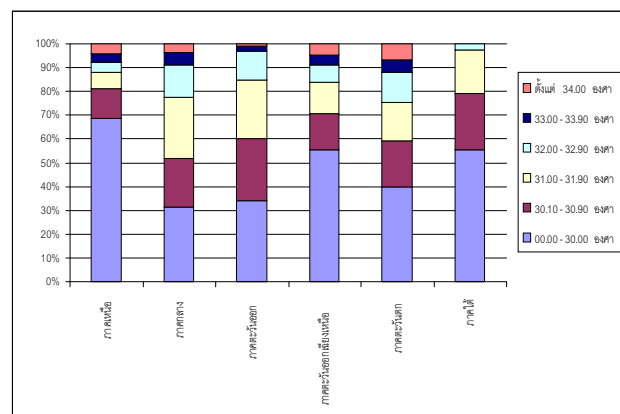
5. ผลการศึกษาข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมของประเทศไทย

การกำหนดสภาวะทดสอบของการทดลอง ศึกษาจากสถิติของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม, ความเข้มข้นรังสีดวงอาทิตย์และอัตราเร็วลม จากสถานีตรวจวัดต่าง ๆ ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งได้ศึกษาข้อมูล 10 ปีตั้งแต่

ปีพ.ศ. 2529–2538 จาก www.teenet.chula.ac.th โดยกำหนดให้มีความถี่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 พบว่า

5.1 ด้านอุณหภูมิอากาศแวดล้อม

อุณหภูมิอากาศแวดล้อมในทุกภูมิภาคของประเทศไทยแสดงในรูปที่ 6 พบว่าอยู่ในช่วง 0 – 33 °C แต่เนื่องจากในระหว่างการทดสอบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมระหว่างการทดสอบสามารถแปรค่าได้สูงสุด ± 1 °C (อ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 93 – 1986) เพราะฉะนั้นอุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงสุดในระหว่างการทดสอบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์จึงควรกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 34 °C

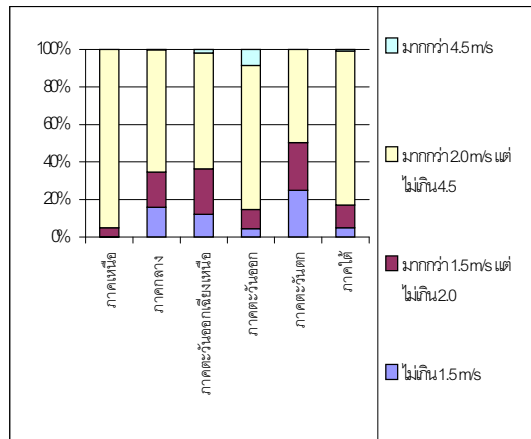


รูปที่ 6 กราฟแสดงความถี่ของการพบอุณหภูมิอากาศแวดล้อมในช่วงต่างๆ

5.2 ด้านอัตราเร็วลม

จากการศึกษาวิเคราะห์อัตราเร็วลมของประเทศไทยพบว่าอัตราเร็วลมระหว่างทดสอบต้องมีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 4.0 m/s เพราะความถี่ในการพบอัตราเร็วลมในช่วงนี้มีถึง 82 % และเมื่อพิจารณาความถี่ของการพบอัตราเร็วลมช่วงดังกล่าวในแต่ละภูมิภาค จะมีความถี่ในการพบเป็นดังนี้ ภาคตะวันออกและภาคตะวันตก 81 % ภาคกลาง 82% ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 86% ภาคใต้ 90 % และภาคเหนือพบสูงสุด 99 % (ดังรูปที่ 7) จะเห็นได้ว่าอัตราเร็วลมช่วงดังกล่าวเหมาะสมกับประเทศไทย

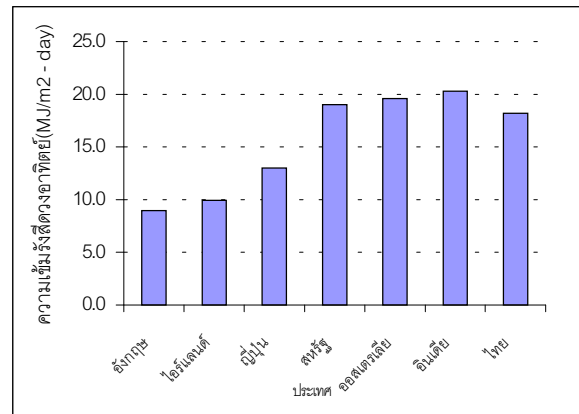
เนื่องจากถ้ากำหนดสภาวะทดสอบตามสภาวะดังกล่าว การทดสอบตัวรับรังสีในประเทศไทยจะกระทำได้ดีในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ทำให้สะดวกและเหมาะสมในการทดสอบ



รูปที่ 7 กราฟแสดงความถี่ที่พบอัตราเร็วลมเฉลี่ยค่าต่าง ๆ ของประเทศไทยจำแนกตามภูมิภาค

5.3 ด้านความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

เนื่องจากศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยมีค่าค่อนข้างสูงและใกล้เคียงกับประเทศสหรัฐอเมริกาและออสเตรเลียแสดงดังรูปที่ 8 ดังนั้นการกำหนดค่ารังสีดวงอาทิตย์รวมในการทดสอบจึงควรกำหนดให้สอดคล้องกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาและออสเตรเลียเพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์นั้นคือค่ารังสีดวงอาทิตย์ในการทดสอบควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 790 W/m^2 และแปรค่าได้ไม่เกิน 32 W/m^2



รูปที่ 8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยกับต่างประเทศ

5.4 การกำหนดเงื่อนไขของมาตรฐาน SERT 2003

5.4.1 เครื่องมือทดสอบและความถูกต้องแม่นยำในการเก็บข้อมูล (อ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 93 – 1986)

5.4.2 เงื่อนไขในการทดสอบ

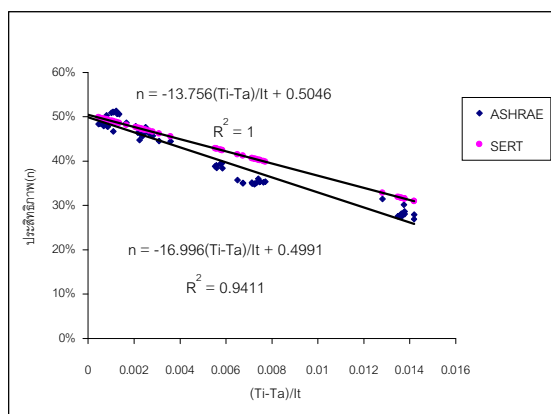
- **อุณหภูมิน้ำเข้า** ต้องมีแปรค่าไม่เกิน $\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (อ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 93 – 1986)
- **อุณหภูมิแวดล้อม** ต้องเป็นค่าคงที่และต้องมีค่าไม่เกิน $34 \text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยค่าที่ถูกเลือกเพื่อใช้ทดสอบจะแปรค่าได้ ไม่เกิน $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (อ้างอิงตามหัวข้อ 5.1)
- **ค่ารังสีดวงอาทิตย์รวม** ต้องเป็นค่าคงที่และต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 790 W/m^2 โดยค่าที่ถูกเลือกเพื่อใช้ทดสอบจะแปรค่าได้ไม่เกิน 32 W/m^2 (อ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 93 – 1986)
- **อัตราเร็วลม** ต้องมีค่าคงที่และต้องอยู่ในช่วง 1.5 ถึง 4.0 m/s โดยค่าที่ถูกเลือกเพื่อใช้ทดสอบจะแปรค่าได้ไม่เกิน $\pm 0.5 \text{ m/s}$ (อ้างอิงตามหัวข้อ 5.2)
- **การวัดความดัน** การวัดความดันในตัวรับรังสีแบบใช้น้ำค่าความดันตรงทางเข้าตัวรับรังสีและความดันที่เปลี่ยนไปเมื่อผ่านตัวรับรังสีจะต้องมีความ

คลาดเคลื่อนไม่เกิน 3.5 kPa หรือ 0.5 psi (อ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 93 – 1986)

5.5 การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างมาตรฐาน SERT 2003 กับมาตรฐาน ASHRAE 93 – 1986 ภายใต้เงื่อนไขการคำนวณเดียวกัน พบว่ามีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\eta_s = 1.235\eta_{ash} - 0.111 \quad (1)$$

เมื่อ η_s คือประสิทธิภาพที่ได้จากมาตรฐาน SERT 2003
 η_{ash} คือประสิทธิภาพที่ได้จาก ASHRAE 93 – 1986
 จากสมการ (1) ที่จุด $T_i = T_a$ ซึ่งเป็นจุดที่ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์มีค่าสูงสุดพบว่า η_{ash} มีค่าเท่ากับ 0.4991 ขณะที่ η_s มีค่า 0.5053 แสดงว่าค่าประสิทธิภาพที่ได้จากมาตรฐานทั้งสองมีค่าต่างกันอยู่ 0.0062 และค่าความแตกต่างสูงสุดระหว่าง η_s และ η_{ash} มีค่าต่างกันร้อยละ 1.2

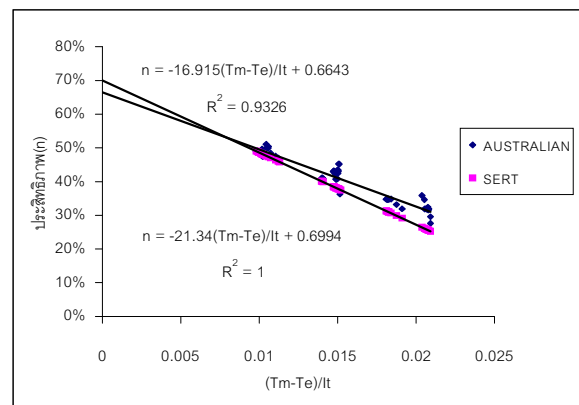


รูปที่ 9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ตามมาตรฐาน SERT 2003 กับมาตรฐาน ASHRAE 93 – 1986

5.6 การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างมาตรฐาน SERT 2003 กับมาตรฐาน AUSTRALIA ภายใต้เงื่อนไขการคำนวณเดียวกัน พบว่ามีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\eta_s = 1.261\eta_{aus} - 0.138 \quad (2)$$

เมื่อ η_{aus} คือประสิทธิภาพที่ได้จากมาตรฐาน AUSTRALIA
 ที่จุด $T_m = T_c$ ซึ่งเป็นจุดที่ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์มีค่าสูงสุดพบว่า η_{aus} มีค่าเท่ากับ 0.6643 ขณะที่ η_s มีค่า 0.6994 แสดงว่าค่าประสิทธิภาพที่ได้จากมาตรฐานทั้งสองมีค่าต่างกันอยู่ 0.0351 และค่าความแตกต่างสูงสุดระหว่าง η_s และ η_{aus} มีค่าต่างกันร้อยละ 5.1



รูปที่ 10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ตามมาตรฐาน SERT 2003 กับมาตรฐาน AUSTRALIA

6. สรุปผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรังสีอาทิตย์ตามมาตรฐาน SERT มีข้อกำหนดดังนี้

1. อุณหภูมิแวดล้อมต้องมีค่าไม่เกิน $34\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
2. อุณหภูมิน้ำไหลเข้าขณะทดสอบต้องมีค่าคงที่และแปรค่าไม่เกิน $1\text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C})$

3. ค่ารังสีดวงอาทิตย์รวม ต้องมีค่าคงที่และมีค่าไม่น้อยกว่า 790 W/m^2 ระหว่างทดสอบสามารถแปรค่าไม่เกิน $32 \text{ W/m}^2 (\pm 32 \text{ W/m}^2)$

4. อัตราเร็วลมขณะทดสอบต้องมีค่าคงที่ และอยู่ในช่วง $1.5 \pm 4.0 \text{ m/s}$ ระหว่างทดสอบสามารถแปรค่าไม่เกิน $0.5 \text{ m/s} (\pm 0.5 \text{ m/s})$

5. อัตราการไหลของน้ำต้องคงที่ และแปรค่าได้ไม่เกิน $\pm 1 \%$ ในหน่วย kg/s

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบตามมาตรฐาน SERT 2003 มาตรฐาน ASHRAE 93 – 1986 และมาตรฐาน AUSTRALIA พบว่าประสิทธิภาพที่ได้จากมาตรฐาน SERT 2003 มีค่าแตกต่างกับมาตรฐาน ASHRAE และมาตรฐาน AUSTRALIA มากที่สุดไม่ถึงร้อยละ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามาตรฐาน SERT 2003 สอดคล้องกับมาตรฐานสากลภายใต้เงื่อนไขการทดสอบที่กระทำได้สะดวกในประเทศไทย จึงทำให้มาตรฐาน SERT 2003 เป็นมาตรฐานที่เหมาะสมในการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของตัวรับรังสีแบบกลางแจ้งสำหรับประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน (SERT) ซึ่งให้การสนับสนุนในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตลอดจนอนุเคราะห์ให้ใช้ระบบทดสอบ ขอคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับระดับปริญญาตรี ด้านเงินทุนสำหรับผู้วิจัย ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ และกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล และให้ความสะดวกในการดำเนินโครงการ ขอคุณ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์ และอาจารย์นิพนธ์ เกตุจ้อย ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งสิ้นสุดโครงการ

เอกสารอ้างอิง

ชยันต์ บุญรักษ์และคณะ, ลักษณะทางสถิติของรังสีแสง

อาทิตย์ของจังหวัดพิษณุโลก, มหาวิทยาลัย
นเรศวร, พิษณุโลก 2538

ทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, อนุกรมพลังงานนอกแบบ

และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เล่มที่ 1
การแผ่รังสีดวงอาทิตย์, สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ ฯ, หน้า 2/1–2/59,
2531

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์, รายงานผล

การทดสอบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

อาทิตย์ เสมอเชื้อ และสุภาวดี ทิมทอง, การศึกษา

ความเร็วลมและทิศทางลมในจังหวัดพิษณุโลก,
มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก 2540

ASHRAE STANDARD 93-1986, Method of testing to
determine the thermal performance of solar
collectors, 1986.