บทที่ 3

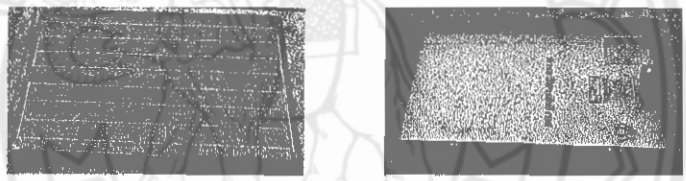
วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1.1 วัตถุดิบและกลุ่มตัวอย่าง

1.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนที่ใช้น้ำเป็นสารระบายความร้อน

1.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองทำการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงโดยใช้มอดูลเซลล์สุริยะซิลิกอนแบบผลึกรวม (Polycrystalline silicon) ของบริษัท Solarex รุ่น MSX-64 ภาพ 11 แสดงถึงมอดูลเซลล์สุริยะที่ใช้ศึกษาและสร้างเป็นระบบผลิตพลังงานร่วม



ก ด้านบน ข ด้านหลัง

ภาพ 11 มอดูลเซลล์สุริยะของบริษัท Solarex รุ่น MSX-64

มอดูลเซลล์สุริยะมีขนาดความกว้าง 502 มิลลิเมตร ยาว 1108 มิลลิเมตร และขอบสูง 50 มิลลิเมตร ทำการสุ่มเลือก 1 มอดูลจากทั้งหมดจำนวน 3 มอดูลเพื่อทำการสร้างเป็นระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน

1.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษามี 2 ส่วนดังนี้

1.2.1 การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน ทำการสุ่มเลือกกับมอดูลเซลล์สุริยะจำนวน 1 มอดูล เพื่อนำมาออกแบบโดยติดตั้งระบบแผ่นรับรังสีแสงอาทิตย์ให้น้ำสัมผัสโดยตรงกับด้านหลังของมอดูลเพื่อระบายความร้อน มีตัวแปรที่ใช้สำหรับศึกษาคุณสมบัติของระบบมีดังต่อไปนี้

1) ตัวแปรต้น ได้แก่ ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิของมอดูลเซลล์สุริยะที่ติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนและมอดูลเซลล์สุริยะที่ไม่ได้ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน

2) ตัวแปรควบคุมได้แก่ อัตราการไหลของน้ำ (มี 3 ค่าคือ 33×10^{-6} , 50×10^{-6} และ 100×10^{-6} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

3) ตัวแปรตามได้แก่ ประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนประกอบด้วย ประสิทธิภาพเชิงไฟฟ้า และประสิทธิภาพเชิงความร้อน

1.2.2 การศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบเซลล์สุริยะ/ความร้อนประกอบด้วย

1) ตัวแปรต้น ได้แก่ เงินลงทุนเริ่มต้น , ค่าใช้จ่ายรายปี

2) ตัวแปรควบคุมได้แก่ อัตราส่วนลดกำหนดให้มีค่าเป็นร้อยละ 5 ของเงินที่มีการเพิ่มค่าเมื่อเกิดการลงทุนในระยะ 20 ปี อัตราเงินเฟ้อกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์

3) ตัวแปรตามได้แก่ ราคาต่อหน่วยพลังงานของระบบ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบและติดตั้งกับระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบและติดตั้งกับมอดูลเซลล์สุริยะเป็นระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน มีดังต่อไปนี้

2.2.1 มอดูลเซลล์สุริยะซิลิกอนแบบผลึกรวม (Polycrystalline silicon) ของบริษัท Solarex รุ่น MSX-64 จำนวน 1 มอดูลดังภาพ 11

2.2.2 แผ่นปิดด้านหลัง

2.1.3 ฉนวนกันความร้อน

2.1.4 โครงสร้างสำหรับติดตั้งระบบ

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในทดสอบประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน มีดังต่อไปนี้

2.2.1 มอดูลเซลล์สุริยะซิลิกอนแบบผลึกรวม (Polycrystalline silicon) ของบริษัท Solarex รุ่น MSX-64

2.2.2 เทอร์โมคับเปิลชนิด K

2.2.3 ไพรานอมิเตอร์ของบริษัทมิดเดลตัน รุ่น SDK-1

2.2.4 อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (data recorder) ของบริษัทโยโกกาวารุ่น μ1000

2.2.5 โวลต์มิเตอร์

2.2.6 แอมป์มิเตอร์

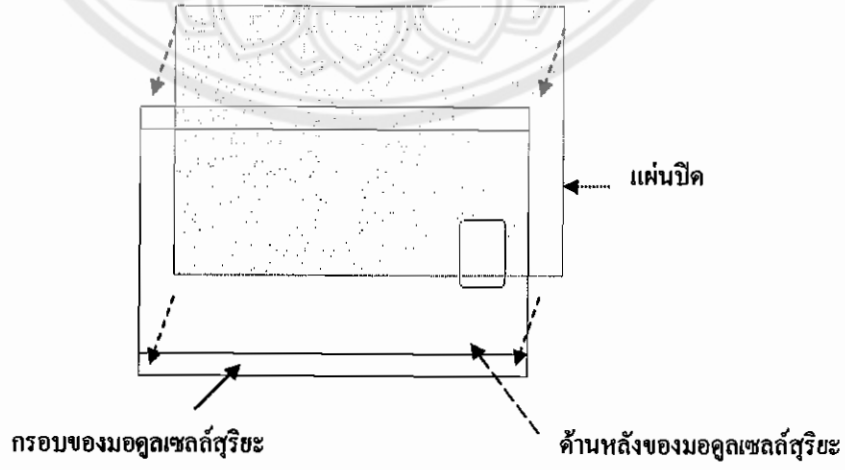
2.2.7 ตัวต้านทานไฟฟ้าปรับค่าได้

3. การออกแบบระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน

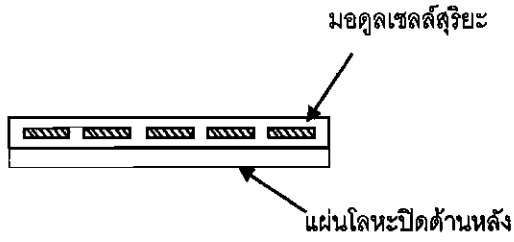
ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้มอดูลเซลล์สุริยะเป็นแผ่นดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์โดยใช้น้ำเป็นสารระบายความร้อนและสัมผัสทางด้านหลังของมอดูลโดยตรง

ขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนมีดังต่อไปนี้

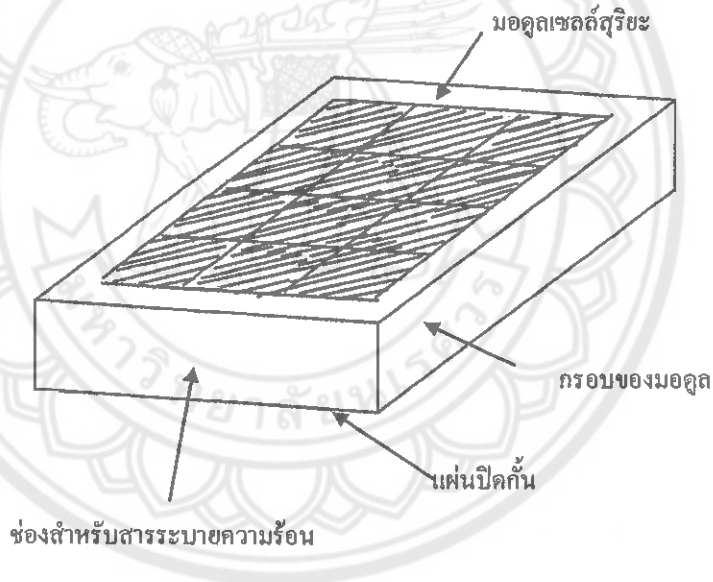
1. ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานความร้อนเข้ากับมอดูลเซลล์สุริยะโดยการใช้แผ่นโลหะปิดทางด้านหลังของมอดูลดังภาพ 12 จากนั้นทำการอุดบริเวณรอยต่อด้วยกาวให้สนิท



ภาพ 12 การปิดด้านหลังของมอดูลเซลล์สุริยะด้วยแผ่นโลหะ

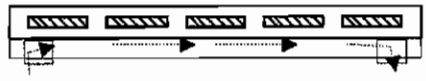


ภาพ 13 ภาคตัดขวางของระบบเซลล์สุริยะ/ความร้อนเมื่อปิดกั้นด้วยแผ่นโลหะ



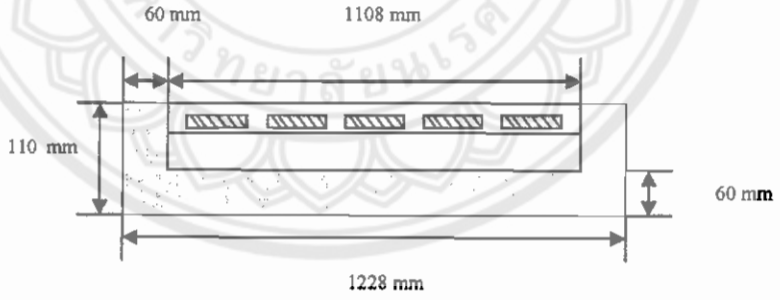
ภาพ 14 ช่องสำหรับให้น้ำไหลผ่านด้านหลังมอดูลเซลล์สุริยะ

การระบายความร้อนจากมอดูลเซลล์สุริยะจะให้น้ำไหลผ่านสัมผัสที่ผิวด้านหลังของมอดูลเซลล์สุริยะแสดงดังภาพ 15



ภาพ 15 การไหลของน้ำผ่านด้านหลังของมอดูลเซลล์สุริยะ/ความร้อน

3. ทำการหุ้มฉนวนด้านหลังและด้านข้างของระบบตามภาพ 16 เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนของระบบสู่อากาศแวดล้อม โดยฉนวนหนาเท่ากับ 60 มิลลิเมตร (ในการวิจัยครั้งนี้ถือว่าการสูญเสียความร้อนด้านหลังและด้านข้างน้อยมาก)



ภาพ 16 ภาคตัดขวางของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนที่ทำการหุ้มฉนวน

ตาราง 1 สมบัติวัสดุของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน

วัสดุ	รายละเอียด	
	ความหนาสมมูล (มิลลิเมตร)	ค่าการนำความร้อน (W/m^0C)
แผ่นปิดกั้น		
สังกะสีชุบเหล็ก	1.2	63
ฉนวนกันความร้อน		
โฟม โพลิสไตรีน (PS)	25.4	0.036

ที่มา: สมชาย กฤตพลวิวัฒน์ [3] ตระการ ก้าวกสิกรรม [6]

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวมรวมข้อมูลประกอบด้วย

4.1 **การทดสอบระบบภาคสนาม**

ในการดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตพลังงาน**ร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน** ประกอบด้วยการทดสอบประสิทธิภาพเชิงไฟฟ้า และประสิทธิภาพ**เชิงความร้อนมีรา**ยละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 ทดสอบคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุ**ริยะ/ความร้อน** สมรรถนะการทำงานของระบบจะขึ้นอยู่กับความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิของมอ**ดูลเซลล์สุริยะ** ทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความ**ร้อน** ขั้นตอนการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1) ต่อวงจรสำหรับทดสอบดังภาพ 17 ขณะต่ออุปกรณ์ต่างๆ **ทำการ**ตรวจสอบวงจรที่ต่อให้ถูกต้องและขันจุดต่อให้แน่น

2) **ทำความสะอาดผิวด้านบนของระบบ**

3) **ติดตั้งไพรานอมิเตอร์สำหรับวัดรังสีแสงอาทิตย์ในระนาบเดียวกับระบบ**

4) **ติดสายเทอร์โมคับเปิลชนิด K กับระบบตามตำแหน่งดังภาพ 18**

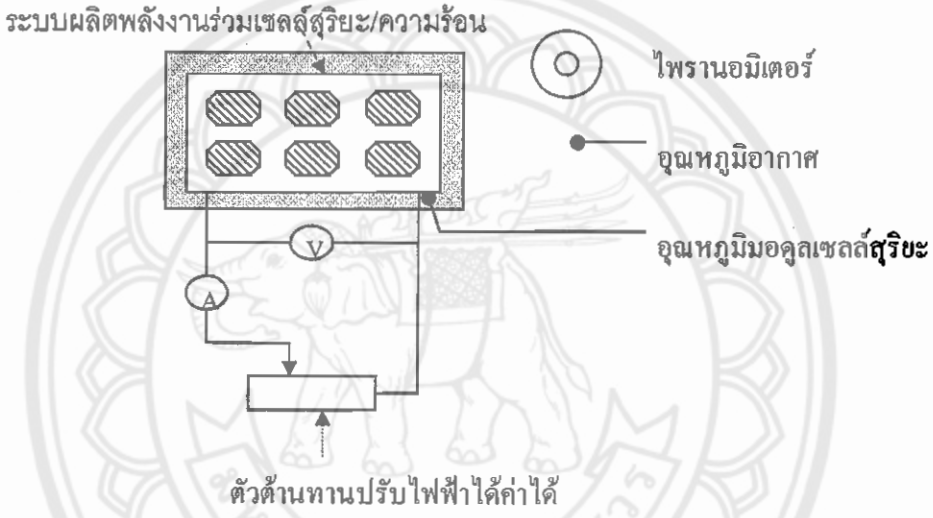
5) **ต่อสายไพรามิเตอร์และสายเทอร์โมคับเปิลเข้ากับอุปกรณ์บันทึกผล**

ข้อมูล

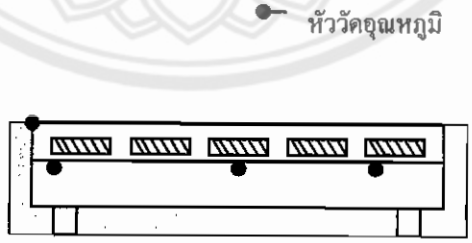
6) เริ่มทำการทดสอบช่วงเวลา 8.30น -16.00น โดยให้ทำในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสโดยหันแผงเซลล์สุริยะไปทางทิศใต้ ทำมุม 17^{o} กับแนวระดับ [2]

7) บันทึกค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า โดยทำการปรับค่าความต้านทานให้อยู่บริเวณจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของมอดูลเซลล์สุริยะให้มากที่สุด โดยวัดที่ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิคงที่

8) บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด ที่ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ต้องการและอุณหภูมิของมอดูลเซลล์สุริยะโดยทำการบันทึกทุก 30 นาที



ภาพ 17 วงจรการทดสอบคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน



ภาพ 18 แสดงตำแหน่งติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ

4.1.2 การศึกษาคุณสมบัติเชิงความร้อนของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1) นำมอดูลเซลล์สุริยะที่ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนและมอดูลเซลล์สุริยะที่ไม่ได้ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนทั้ง 2 มอดูล ติดตั้งในแนวเดียวกันและวางตัวตามแนวยาวโดยหันระบบทั้งสองไปทางทิศใต้ ทำมุมเอียง 17^{o} กับแนวระดับ

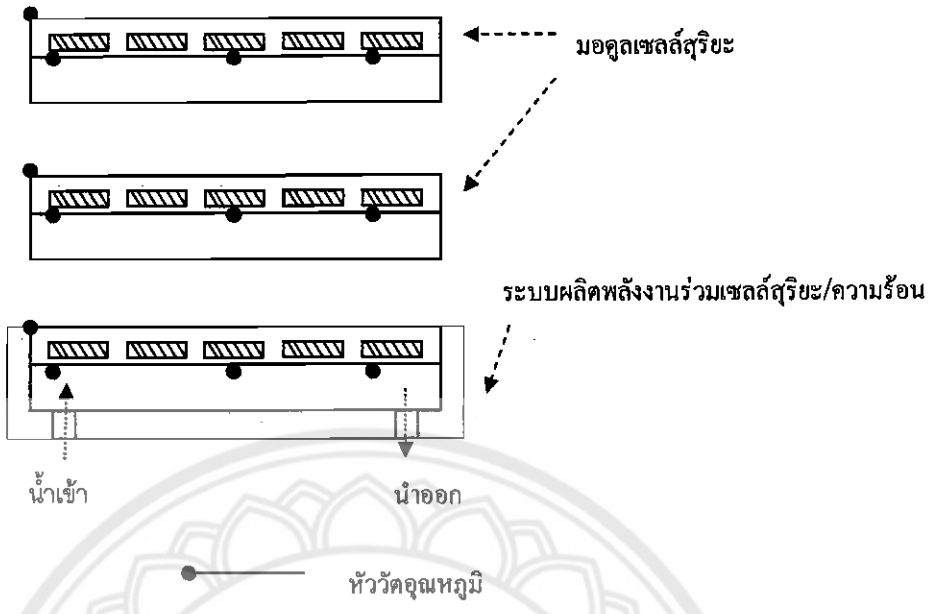
2) ติดตั้งเทอร์โมคับเปิลชนิด K ที่ด้านหลังและด้านหน้ามอดูลเซลล์สุริยะที่ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน และมอดูลเซลล์สุริยะที่ไม่ได้ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน ดังภาพ 19

4) ต่อท่อน้ำเข้ากับระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนแสดงดังภาพ 20 โดยกำหนดให้น้ำมีอัตราการไหลคงที่เท่ากับ 33×10^{-6}, 50×10^{-6} และ 100×10^{-6} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

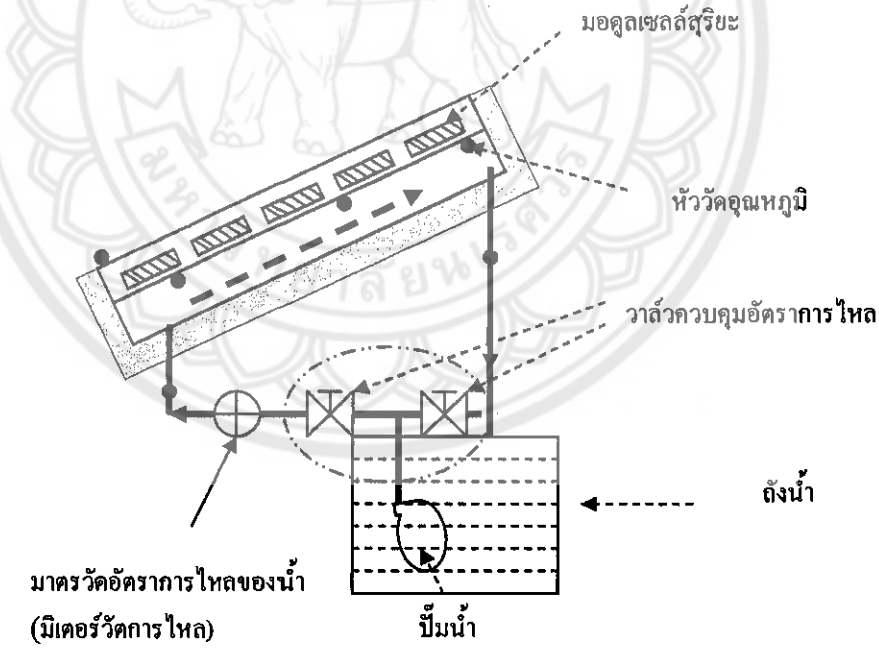
5) ติดตั้งไพรานอมิเตอร์สำหรับวัดรังสีแสงอาทิตย์ในระนาบรับแสงของทั้งสองระบบ

6) เริ่มทำการทดสอบช่วงเวลา 8.30น -16.00น โดยให้ทำในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส

7) บันทึกผลค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม อุณหภูมิของมอดูลเซลล์สุริยะทั้ง 3 มอดูล อุณหภูมิน้ำไหลเข้าและไหลออกของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนโดยทำการบันทึกทุก ๆ 30 นาที



ภาพ 19 ตำแหน่งติดหัววัดอุณหภูมิ



ภาพ 20 การต่อท่อน้ำเพื่อทดสอบระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน

4.2 สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

1. ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549

5. การทดสอบประสิทธิภาพของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน

ผลการทดลองของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนแบ่งผลการทดลองออกเป็น 3 ส่วนคือ ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงไฟฟ้า ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อนและผลการทดสอบคุณสมบัติเฉลี่ยรายวันรวม มีรายละเอียดดังนี้

5.1 การทดสอบคุณสมบัติเชิงไฟฟ้า

การทดสอบคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าของมอดูลเซลล์สุริยะที่ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน ข้อมูลที่ทำการวัดประกอบด้วย กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{sc}) แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc}) กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_m) ประสิทธิภาพเชิงไฟฟ้า (η_{PV}) ที่สภาวะความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิของมอดูลเซลล์สุริยะในช่วงต่าง ๆ

เนื่องจากมอดูลเซลล์สุริยะของแต่ละมอดูลมีคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าที่แตกต่างกันทำให้เกิดความยุ่งยากต่อการเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าของแต่ละระบบที่สภาวะเดียวกันได้ ดังนั้นการกำหนดให้มอดูลเซลล์สุริยะมีคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าเหมือนกันโดยยึดคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าที่ได้จากการจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นตัวคุณสมบัติสำหรับการเปรียบเทียบระหว่างมอดูล

สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอดูลเซลล์สุริยะเพื่อทำนายคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าของมอดูลเซลล์สุริยะกำหนด โดยนำค่า ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (G_T) และ อุณหภูมิของมอดูลเซลล์สุริยะ (T_{Cell}) แทนค่าลงในสมการต่อไปนี้

$$I_{sc} = I_{sco}(G_T/1000)[1+\beta_I(T_{cell} - 25)] \quad (3.1)$$

$$V_{oc} = V_{oco} - \beta_V(T_{cell} - 25) - \beta_{Vg}\log(1000/G_T) \quad (3.2)$$

เพื่อคำนวณหาค่า กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{sc}) แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด(V_{oc}) ซึ่งต้องทำการหาพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ กระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่สภาวะมาตรฐาน (I_{sco}), แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่สภาวะมาตรฐาน(V_{oco}), สัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิที่มีผลต่อกระแสไฟฟ้า

(β_I) , สัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าไฟฟ้า(β_V) , ตัวประกอบการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าตามรังสีแสงอาทิตย์(β_{Vg})

ทำการคำนวณหากำลังไฟฟ้าสูงสุด(P_m) ของมอดูลเซลล์สุริยะจากสมการต่อไปนี้

$$P_m = P_{STC}\left(\frac{I_{sc}V_{oc}}{I_{sco}V_{oco}}\right) \qquad (3.3)$$

และทำการคำนวณประสิทธิภาพเชิงไฟฟ้าดังสมการดังต่อไปนี้

$$\eta_{PV} = \frac{V_m I_{in}}{A_{PV}G_T}\times 100\% \qquad (3.4)$$

นำค่าคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าที่ได้จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบกับคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบในภาคสนาม เพื่อตรวจสอบค่าที่ได้จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับค่าที่ได้จากการทดสอบในภาคสนาม

จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพเชิงไฟฟ้ารายวันของมอดูลเซลล์สุริยะที่ทำการติดตั้งระบบเซลล์สุริยะ/ความร้อน กับมอดูลเซลล์สุริยะที่ไม่ได้ทำการติดตั้งระบบเซลล์สุริยะ/ความร้อนในภาคสนาม

5.2 การทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อน

คำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบเซลล์สุริยะ/ความร้อน ดังสมการต่อไปนี้

$$\eta_{th} = \frac{\dot{m}C_P(T_2 \quad T_1)}{G_T A_{PV/T}}\times 100\,\% \qquad (3.5)$$

นำค่า η_{th} ที่คำนวณได้มาเขียนกราฟเปรียบเทียบกับเทอม $(T_i - T_a)/G_T$ ที่ได้จากการทดลอง โดยกำหนดให้เทอม $(T_i - T_a)/G_T$ เป็นค่าบนแกนนอนและกำหนดให้ η_{th} เป็นค่าบนแกนดิ่ง จะได้กราฟความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงและเทียบกับสมการต่อไปนี้

$$\eta_{th} = F_R(\tau\alpha)_e - U_L F_R(T_i - T_a)/G_T \qquad (3.6)$$

ผลการเปรียบเทียบกราฟกับสมการจะได้ว่าค่าความชันของกราฟคือ $U_L F_R$ และจุดที่กราฟตัดกับแกนดิ่งมีค่าเท่ากับ $F_R(\tau\alpha)_e$ เมื่อแทนค่าเหล่านี้ลงในสมการจะได้สมการคณิตศาสตร์เพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน

ทำการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนรายวันของมอดูลเซลล์สุริยะที่ติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนที่ได้กำหนดสภาวะคงตัว ที่อัตราการไหลของน้ำ 3 ค่า คือ 33×10^{-6}, 50×10^{-6} และ 100×10^{-6} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เปรียบเทียบมอดูลเซลล์สุริยะที่ไม่ได้ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนในภาคสนาม

5.3 การทดสอบคุณสมบัติเฉลี่ยรายวันรวม

คำนวณคุณสมบัติรวมของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน โดยทำการคำนวณคุณสมบัติเฉลี่ยรวมรายวันของมอดูลเซลล์สุริยะที่ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน กับมอดูลเซลล์สุริยะที่ไม่ได้ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อนในภาคสนาม โดยการแบ่งการพิจารณาที่อัตราการไหลของน้ำ 3 ค่าคือ 33×10^{-6}, 50×10^{-6} และ 100×10^{-6} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน คำนวณด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n} \qquad (3.7)$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูล

$\sum X$ คือผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด

6. การประเมินความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน

การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน เปรียบเทียบกับระบบเซลล์สุริยะมีขั้นตอนการคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบดังต่อไปนี้

6.1 การคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC)

สำหรับค่าใช้จ่ายส่วนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งานของระบบ สามารถคำนวณในรูปของเงินลงทุนที่เพิ่มขึ้นของการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเซลล์สุริยะ/ความร้อน ค่าซ่อมบำรุง ค่าดูแล เทียบเท่าปัจจุบัน คำนวณในรูปสมการ

$$LCC = C_{Pv/t} + P_s(C_m + C_s) \qquad (3.8)$$

เมื่อ $C_{PV/T}$ คือเงินลงทุนเริ่มต้นของระบบ

P_s คือค่าตัวประกอบส่วนลด

C_m คือค่าซ่อมบำรุง

C_s คือค่าดูแลระบบ

6.2 การคำนวณค่าใช้จ่ายต่อปีตลอดอายุการใช้งาน (ALCC)

สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายต่อปีตลอดอายุการใช้งานได้ในรูปสมการ

$$ALCC = \frac{LCC}{P_r} \qquad (3.9)$$

6.3 การคำนวณราคาต่อหน่วยพลังงานที่เพิ่มขึ้น

การคำนวณหน่วยพลังงานที่เพิ่มขึ้นต่อปีแบ่งการคำนวณออกเป็น 3 กรณี ตามอัตราการไหลของ 3 ค่าคือ 33×10^{-6} , 50×10^{-6} และ 100×10^{-6} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จำนวนหน่วยกำลังที่ระบบสามารถผลิตได้ในหนึ่งปี สามารถคำนวณได้จากสมการ

หน่วยพลังงานที่เพิ่มขึ้นต่อปี = $G_t \times A_{PV} \times \eta_{PV/T} \times 356$ (3.10)

คำนวณราคาต่อหน่วยพลังงานได้จากสมการ

ราคาต่อหน่วยพลังงาน= ALCC/ หน่วยพลังงานที่เพิ่มขึ้นต่อปี (3.11)