



การปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเทคนิคการลดอุณหภูมิ

The Improvement of Photovoltaic Module Efficiency using Temperature Reduction Techniques

ประภาพิทักษ์ นุชิด้า¹ เจริญพร เลิศสอดีตชานกร² และ นุชิดา สุภาพทัย¹

¹ ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานชีวภาพและทรัพยากรหมุนเวียน คณะวิชาการมาสเตอร์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอ กันทรลักษย จังหวัดมหาสารคาม 44150

² ห้องปฏิบัติการวิจัยกระบวนการทางอุณหภูมิ คณะวิชาการมาสเตอร์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอ กันทรลักษย จังหวัดมหาสารคาม 44150

E-mail: nuchida1@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการใช้น้ำในระบบระบายความร้อนสำหรับการลดอุณหภูมิในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยได้ทำการทดสอบระบบระบายความร้อน 2 แบบ คือ แบบพ่นน้ำบนผิวน้ำแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบบน้ำหยดบนผิวน้ำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ในการทดสอบคือ ชนิดผลิตโดยซีลิกอน ขนาด 40 วัตต์ จากข้อมูลพบว่าในทุกการทดสอบนั้น น้ำสามารถลดอุณหภูมิในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้เป็นอย่างดี การทดสอบแบบพ่นน้ำและแบบน้ำหยดบนผิวน้ำของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีความสามารถในการลดอุณหภูมิโดยเฉลี่ยร้อยละ 30.1 และ 39.9 ตามลำดับ และจากการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละการทดสอบพบว่ามีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน การทดสอบแบบพ่นน้ำและแบบน้ำหยดบนผิวน้ำของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถทำให้ค่าประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 12.6 และ 8.6 ตามลำดับ

คำสำคัญ: แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพ เทคนิคการลดอุณหภูมิ

ABSTRACT

The research was aimed to improve Photovoltaic (PV) efficiency by using water as a coolant in the cooling system in order to reduce working temperature of PV. There were 2 experiments: spraying water on the front PV surface and dropping water on the front PV surface. 40 watts mono-crystalline silicon PV type was used in the experiment. Results showed that water could reduce working temperature of PV in every experiment. In the spraying water and dropping water experiments, the average working temperature that could be reduced were 30.1% and 39.9%, respectively. In each experiment, reducing working temperature could affect the efficiency of the PV. In the spraying water and dropping water experiments, the average efficiency improvement of the PV that could be achieved were 12.6% and 8.6%, respectively.

Keyword: Photovoltaic, Efficiency, Temperature Reduction Technique

1. บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาด เป็นพลังงานที่เกิดใหม่ไม่มีสิ้นสุด ปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากมาย โดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและมีการพัฒนาการออกแบบเครื่องมือชนิดต่าง ๆ ที่สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ให้ความสนใจกับการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเป็นพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปแบบอื่นได้หลากหลาย ซึ่งอุปกรณ์สำคัญในการเปลี่ยนรูปพลังงานคือ เซลล์แสงอาทิตย์ หรือเรียกว่า ก็อปปี้ หรือเซลล์ PV เมื่อพิจารณาถ้าหากจะผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน แต่เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่บริเวณพื้นผิวรับแสงและสะสมอยู่ในโลหะที่ใช้ทำเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [1] โดยจากการศึกษาของ [2] พบว่าการสะท้อนของรังสีอาทิตย์จะทำให้การผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงประมาณร้อยละ 8-15 โดยในการใช้งานในเขตอุตสาหกรรมพบว่ามีการลดลงของอัตราการผลิตไฟฟ้าร้อยละ 42 เนื่องจากมุนต์กระบวนการของล้ำแสงอาทิตย์ที่น้อยมาก นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้นที่ร้อยละ 0.4 ต่อองศาเคลวิน จะส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าและพลังงานลดลง ในปัจจุบันผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดียวชิลิกอน สามารถผลิตเซลล์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 20 และโดยทั่วไปแล้ว เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดียวชิลิกอน จะเป็นชนิดที่มีการทำงานที่เสถียรและทนทาน มีประสิทธิภาพสูง [3]

ได้มีงานวิจัยที่ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้น้ำเป็นสารระบายความร้อน ในงานวิจัย [2] พบว่าการพ่นน้ำบนผิวน้ำแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถลดอุณหภูมิได้ถึง 22 องศาเซลเซียส และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตทางไฟฟ้าได้ร้อยละ 10.3 สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดชิลิกอนแบบผลึกเดียว

และแบบผลึก และการระบายความร้อนที่ใช้ระบบหล่อเย็นที่ด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดียวชิลิกอนของ [4] ทำให้อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง 21.05 องศาเซลเซียส ส่งผลให้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.35

จากการศึกษาของ [5] พบว่าพลังงานที่ได้จากการเซลล์แสงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 17 ด้วยการฉีดพ่นน้ำบนหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการระบายความร้อนด้วยการพ่นน้ำนี้ทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ใช้วิธีการลดอุณหภูมิที่คล้ายกันของ [6] ที่ทดสอบให้น้ำไหลผ่านบริเวณผิวน้ำหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นลักษณะแผ่นฟิล์มน้ำ ซึ่งจากการทดสอบพบว่าระบบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าว สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

จากการที่อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำเพื่อลดอุณหภูมิบริเวณผิวน้ำของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในลักษณะที่แตกต่างกันคือ แบบพ่นน้ำบนผิวน้ำของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบบน้ำหยดบนผิวน้ำของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเพื่อรายงานผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และความสามารถในการลดอุณหภูมิที่เกิดจากวิธีการระบายความร้อนในลักษณะที่แตกต่างกันนี้อีกด้วย ซึ่งนอกจากนี้จะช่วยลดความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อทำให้ความสามารถในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นแล้ว น้ำยังทำให้ความสามารถลดลงของเก้าอี้พื้นผิว ทำให้สามารถรับแรงได้ดี [2], [5], [6] อันจะทำให้เกิดประโยชน์ต่อการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้คุ้มค่าและสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

2. วิธีดำเนินงาน

ขอบเขตของการศึกษา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้
1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดียวชิลิกอน ขนาด 40 วัตต์ รายละเอียดของแผงดังแสดงในตารางที่ 1



2. ในการทดสอบ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะวางท่ามุ่ง 16 องศากับแนวระดับ [7]
3. ใช้น้ำในการระบายน้ำร้อนบริเวณพื้นผิวน้ำรับแสง ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
4. เก็บข้อมูลอุณหภูมิที่บริเวณผิวน้ำแผงเซลล์แสงอาทิตย์
5. ขนาดของโหลดต้านทานในระบบคือ 40 วัตต์
6. ไม่มีการนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งาน
7. พื้นที่ในการรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 1 แผง คือ 0.27 ตารางเมตร
8. ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 1 วัน คือ 09.00 – 15.00 นาฬิกา
9. ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดสอบระบบความร้อนด้วยน้ำผิวน้ำสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยได้ออกแบบการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบ คือ การทดสอบแบบพ่นน้ำ และการทดสอบแบบน้ำหยด ซึ่งทั้ง 2 การทดสอบจะมีลักษณะของชุดทดสอบที่เหมือนกัน คือใน 1 ชุดการทดสอบจะประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเดียวกันจำนวน 2 แผง ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ควบคุม คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำงานในสภาวะปกติ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบ คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีระบบระบายน้ำร้อนด้วยน้ำ

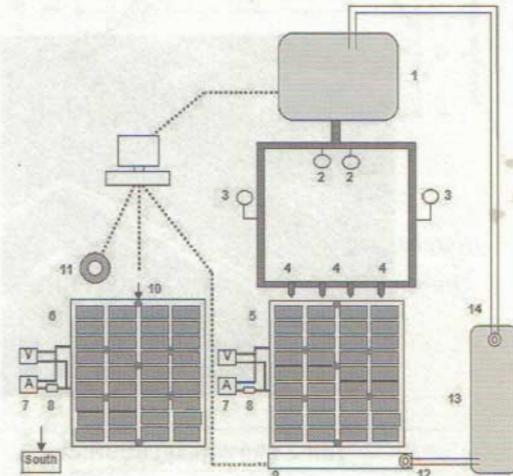
ตารางที่ 1 รายละเอียดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลักเดียวชิลิกอน ที่การทดสอบมาตรฐาน (STC) [8]

| STC condition measurements | |
|--------------------------------------|-------------|
| Output power (peak W) | 40 |
| Working voltage, V_{op} (V) | 17.2 |
| Working current, I_{op} (A) | 2.33 |
| Open voltage, V_{oc} (V) | 21.5 |
| Short circuit current , I_{sc} (A) | 2.50 |
| Current temperature coefficient | +0.10% / °C |
| Voltage temperature coefficient | -0.38% / °C |
| Power temperature coefficient | -0.47% / °C |

ในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นไปที่การรายงานผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดจากการระบายน้ำร้อนด้วยน้ำ ในส่วนของการประยุกต์ใช้งานพลังงานที่ผลิตได้นั้น จะทำการศึกษาวิจัยในลักษณะต่อไป

2.1 การออกแบบการทดสอบแบบพ่นน้ำและแบบน้ำหยดบนผิวน้ำแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ในชุดทดสอบทั้ง 2 แบบประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1



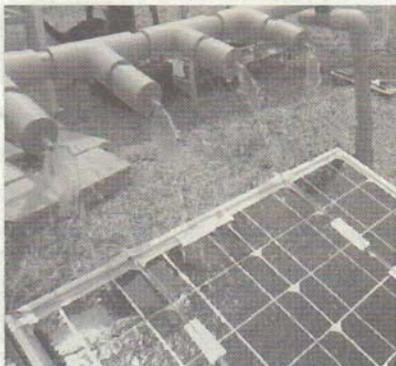
- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. ถังน้ำ 100 ลิตร | 8. โหลดต้านทาน |
| 2. วาล์วเบร์บล็อก | 9. กาน้ำแรงน้ำ |
| 3. Flow Meter | 10. ชุดวัดอุณหภูมิบน PV |
| 4. ท่อพ่นน้ำหัวแยก | 11. Pyranometer |
| 5. PV ทดสอบ | 12. ปั๊มน้ำที่ปั้งสูบหัว |
| 6. PV ควบคุม | 13. ถังเก็บน้ำ |
| 7. Amp Meter, Volt Meter | 14. ปั๊มน้ำที่ปั้งถังน้ำ |

รูปที่ 1 ชุดทดสอบระบบพ่นน้ำและน้ำหยดน้ำผิวน้ำแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

ชุดการทดสอบแบบพ่นน้ำทำการทดสอบในเดือนสิงหาคม - ตุลาคม พ.ศ. 2555 และชุดการทดสอบแบบน้ำหยดทำการทดสอบในเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2555 โดยทำการทดสอบที่บ้านขามเรียง ตำบลขามเรียง อ่าเภอแก้งกระจาน จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 2 แผง คือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควบคุม ซึ่งจะเรียกว่า แผงควบคุม และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบ ซึ่งจะเรียกว่า แผงทดสอบ วางในแนวเดียวกันและหันด้านหน้าแผงไปทางทิศใต้
2. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ชุดทดสอบที่เตรียมไว้ โดยจะมีปั๊มน้ำที่ใช้ไฟจากแหล่งจ่ายไฟ เป็นอุปกรณ์เสริมในระบบชุดทดสอบระบายน้ำ ความร้อนด้วยน้ำ

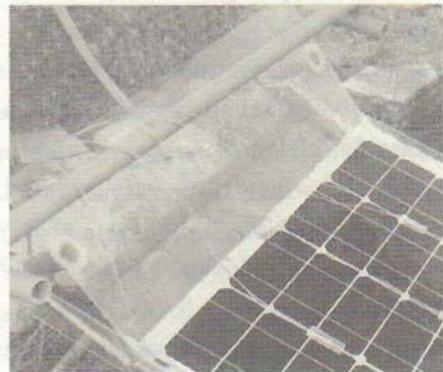


รูปที่ 2 ชุดการทดสอบแบบพ่นน้ำ

3. สำหรับชุดทดสอบแบบพ่นน้ำ น้ำที่ใช้ในการระบายน้ำ ความร้อนจะถูกสูบด้วยปั๊มจากถังเก็บน้ำขึ้นไปสู่ถังน้ำ ที่วางสูงจากพื้น 150 เซนติเมตร น้ำจะไหลผ่านวาล์วไปยังเครื่องวัดอัตราการไหลลดความแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งอัตราการไหลของน้ำจะกำหนดไว้ที่ประมาณ 2 ลิตร ต่อนาที และน้ำถูกพ่นออกมาด้วยหัวพ่นน้ำ แบบหัวฉีดสเปรย์ 180 องศา (รูปที่ 2) จากนั้นน้ำที่ผ่านการรับความร้อนจากบริเวณพินหาน้ำจะไหลลงสู่ภาชนะรอง น้ำและถูกสูบไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำด้วยน้ำ เพื่อให้น้ำเย็นตัวลงสำหรับการสูบกลับขึ้นไปใช้ใหม่

4. สำหรับชุดทดสอบแบบน้ำหยด น้ำที่ใช้ในการระบายน้ำ ความร้อนจะถูกสูบด้วยปั๊มจากถังเก็บน้ำขึ้นไปสู่ถังน้ำ ที่วางสูงจากพื้น 150 เซนติเมตร น้ำจะไหลผ่านวาล์วไปยังเครื่องวัดอัตราการไหลลดความแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งอัตราการไหลของน้ำจะกำหนดไว้ที่ประมาณ 2 ลิตร ต่อนาที และน้ำจะหยดผ่านรูที่เจาะไว้ตามท่อ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูหยด 1 มิลลิเมตร และมี

ระยะห่างระหว่างรู 0.5 เซนติเมตร (รูปที่ 3) จากนั้นนำที่ฝาครอบรับความร้อนจะไหลลงสู่ภาชนะรองน้ำและถูกสูบไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำด้วยน้ำ เพื่อให้น้ำเย็นตัวลงสำหรับการสูบกลับขึ้นไปใช้ใหม่



รูปที่ 3 ชุดการทดสอบแบบน้ำหยด

5. ทำการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที โดยใช้\data\เลือกเกอร์ ยี่ห้อ Wisco รุ่น AI210 ในการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิบนผิวน้ำ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้ติดตั้งสายเทอร์โมคัฟเพลชนิค K กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจะถูกอ่านค่าจากมัลติมิเตอร์ รุ่น UNI-T UT33D และใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล รุ่น TPM-10 วัดค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อม
6. ค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านค่าได้ เกิดจากการต่อวงจรแบบอนุกรม ที่มีโหลดด้านท่าน มัลติมิเตอร์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อ กันเป็นวงจร ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านค่าได้ เกิดจากการต่อ มัลติมิเตอร์ร่วมวงจรดังกล่าว (รูปที่ 1)
7. ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ในแต่ละวันของการทดสอบ จะใช้ข้อมูลจากสถานีวัดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ ศูนย์วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเมหะราตน์ 8. เวลาในการทดสอบและเก็บข้อมูลคือตั้งแต่เวลา 9:00 – 15:00 นาทีก้า โดยระบบจะรับความร้อนด้วยน้ำ จะเริ่มต้นและหยุดตามเวลาในการทดสอบ

2.3 ตัวแปรในการทดสอบ

ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าและค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแผงควบคุม และแผงทดสอบ โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังต่อไปนี้



1. การคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

$$\eta = P_{\text{out}} / P_{\text{in}} = P_{\text{EE}} / P_{\text{S}} \quad (1)$$

กำหนดให้

η คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

P_{out} คือ ก้าลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์)

P_{in} คือ ก้าลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ (วัตต์)

2. ก้าลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

$$P_{\text{EE}} = I \times V \quad (2)$$

กำหนดให้

P_{EE} คือ ก้าลังไฟฟ้า (วัตต์)

V คือ ความต่างศักย์ (โวลต์)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมป์ร์)

3. พลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับ [9]

$$P_{\text{S}} = G \times A \quad (3)$$

กำหนดให้

P_{S} คือ พลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับ (วัตต์)

G คือ ความเข้มรังสีอาทิตย์ (วัตต์ต่อตารางเมตร)

A คือ พื้นที่รับแสง (ตารางเมตร)

ในการวิเคราะห์ผล จะทำการเปรียบเทียบค่า อุณหภูมิและค่าประสิทธิภาพระหว่างแผงควบคุมและ แผงทดสอบในแต่ละชุดทดสอบเพื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

3. วิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 ผลการทดสอบแบบพ่นน้ำบนผิวน้ำแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดสอบในเดือนสิงหาคม - ตุลาคม พ.ศ. 2555 ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดถูกนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเป็นข้อมูลสำหรับ 1 วันเพื่อนำเสนอต่อไปนี้

1. ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อม

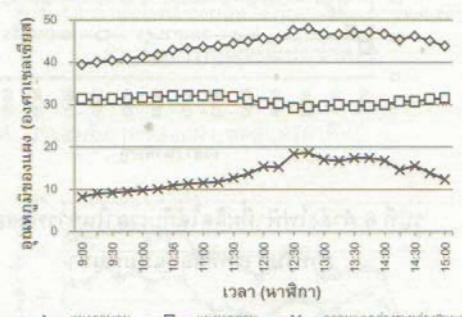
จากรูปที่ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีอาทิตย์ ตลอดทั้งการทดสอบมีค่าเท่ากับ 731.7 วัตต์ต่อตาราง

เมตร โดยค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 916.2 วัตต์ต่อตารางเมตร และจากข้อมูลพบว่าในช่วงเวลา ระหว่างวัน อุณหภูมิแวดล้อมจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดย อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาในการทดสอบมีค่าเท่ากับ 32.8 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4 ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อมกับเวลาที่ทำการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบพ่นน้ำ

2. อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



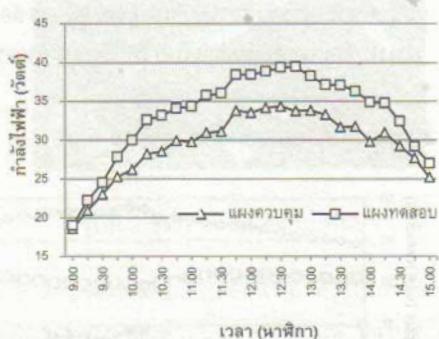
รูปที่ 5 อุณหภูมิแผงควบคุม อุณหภูมิแผงทดสอบ และ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแผงควบคุมและ แผงทดสอบกับเวลาที่ทำการทดสอบสำหรับการ ทดสอบแบบพ่นน้ำ

จากรูปที่ 5 พบว่าอุณหภูมิของแผงควบคุมจะมีค่า สูงกว่าแผงทดสอบ เนื่องจากแผงทดสอบมีการระบาย ความร้อนด้วยน้ำจึงทำให้อุณหภูมิของแผงทดสอบต่ำ กว่าแผงควบคุม อุณหภูมิบริเวณผิวน้ำของแผง ทดสอบเฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบเท่ากับ 30.1 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุด 32.1 องศาเซลเซียส และ

อุณหภูมิบริเวณผิวน้ำของแม่น้ำคุณเจลี่ย์ลดลงตั้งแต่การทดสอบเท่ากับ 44.4 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุด 48.0 องศาเซลเซียส ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแม่น้ำคุณและแม่น้ำทดสอบมีค่าสูงสุดคือ 18.6 องศาเซลเซียส

3. ก้าลังไฟฟ้า

จากรูปที่ 6 พบว่าแม่น้ำทดสอบมีค่าก้าลังไฟฟ้ามากกว่าแม่น้ำคุณ โดยแม่น้ำทดสอบมีค่าก้าลังไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 39.5 วัตต์ และแม่น้ำคุณมีค่าก้าลังไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 34.3 วัตต์ ซึ่งจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการระบายความร้อนด้วยวิธีการพ่นน้ำบนผิวน้ำของแม่น้ำทดสอบนั้น จะส่งผลให้แม่น้ำทดสอบสามารถผลิตก้าลังไฟฟ้าได้สูงกว่าแม่น้ำคุณที่ทำงานในสภาวะแบบปกติ



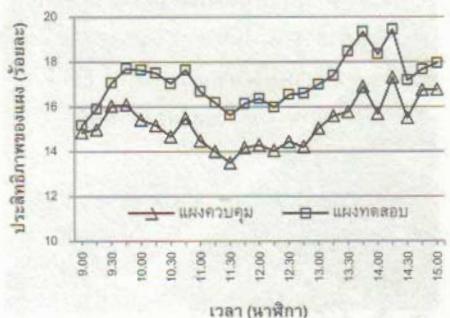
รูปที่ 6 ก้าลังไฟฟ้าที่ผลิตได้กับเวลาในการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบพ่นน้ำ

เมื่อพิจารณาต่อระยะเวลาในการทดสอบ พบว่าแม่น้ำทดสอบให้ก้าลังไฟฟ้าเท่ากับ 33.2 วัตต์ และแม่น้ำคุณให้ก้าลังไฟฟ้าเท่ากับ 29.4 วัตต์ ซึ่งค่าก้าลังไฟฟ้าที่ได้จากแม่น้ำทดสอบมีค่าสูงกว่าแม่น้ำคุณคิดเป็นร้อยละ 13.13

4. ประสิทธิภาพของแม่น้ำทดสอบ

ประสิทธิภาพของแม่น้ำทดสอบ แสดงในรูปที่ 7 พบว่าค่าประสิทธิภาพของแม่น้ำทดสอบมีค่ามากกว่าแม่น้ำคุณตลอดช่วงเวลาในการทดสอบ และจากข้อมูลจะสังเกตเห็นว่าประสิทธิภาพของแม่น้ำทดสอบมีค่าเฉลี่ย 33.2 วัตต์ และค่ามาตรฐานของแม่น้ำคุณคือ 29.4 วัตต์ ซึ่งค่าเฉลี่ยของแม่น้ำทดสอบสูงกว่าแม่น้ำคุณ

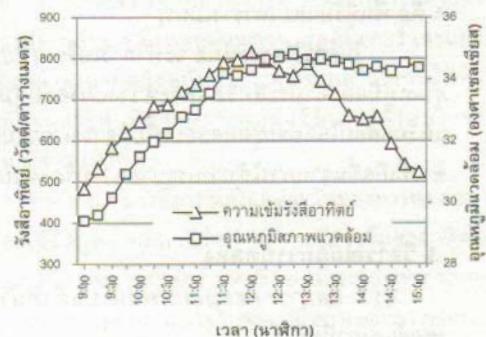
เนื่องจากผลของค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จากรูปที่ 4 โดยค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยตลอดการทดสอบของแม่น้ำทดสอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 17.2 และค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยตลอดการทดสอบของแม่น้ำคุณมีค่าเท่ากับร้อยละ 15.2 โดยแม่น้ำทดสอบมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 19.5 และแม่น้ำคุณมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 17.3



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพของแม่น้ำคุณและแม่น้ำทดสอบกับเวลาในการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบพ่นน้ำ

3.2 ผลการทดสอบแบบน้ำหยดบนผิวน้ำ

จากการทดสอบในเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2555 ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดถูกนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเป็นข้อมูลสำหรับ 1 วันเพื่อนำเสนอต่อไปนี้



รูปที่ 8 ความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิแวดล้อมกับเวลาที่ทำการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบน้ำหยด

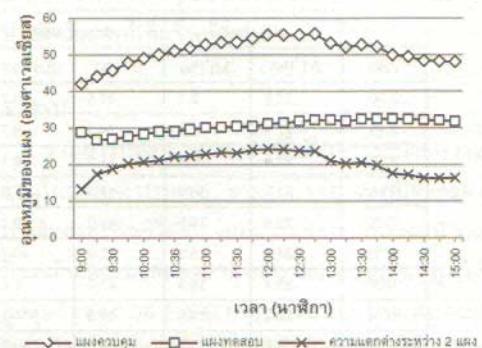
1. ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อม

จากรูปที่ 8 พบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มรังสีอาทิตย์



ผลลดทั้งการทดสอบมีค่าเท่ากับ 645.9 วัดต์ต่อตารางเมตร โดยค่าความเร็วจังหวะที่ต่ำสุดเท่ากับ 816.4 วัดต์ต่อตารางเมตร และจากข้อมูลพบว่า อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยลดลงต่อช่วงเวลาของการทดสอบเท่ากับ 33.3 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิของแพงเซลล์แสงอาทิตย์



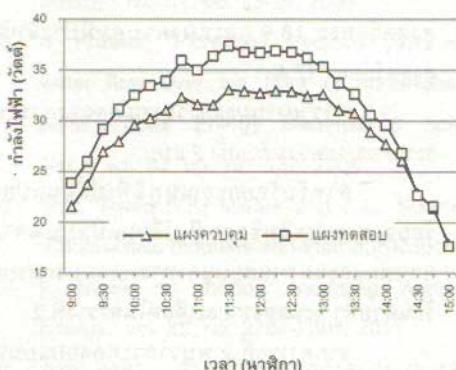
รูปที่ 9 อุณหภูมิของแพงเซลล์แสงอาทิตย์และความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแพงเซลล์แสงอาทิตย์และแพงทดสอบกับเวลาที่ทำการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบน้ำหนายด

จากรูปที่ 9 พบว่าอุณหภูมิของแพงเซลล์แสงอาทิตย์สูงกว่าอุณหภูมิของแพงทดสอบในทุกช่วงเวลาของการทดสอบ เนื่องจากแพงทดสอบมีการระบายความร้อนด้วยน้ำจึงทำให้อุณหภูมิของทดสอบต่ำกว่าแพงเซลล์แสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตามแพงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าสูงสุด 32.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของแพงเซลล์แสงอาทิตย์สูงกว่าแพงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สุดเพียง 5.7 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแพงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดคือ 24.2 องศาเซลเซียส

3. กำลังไฟฟ้า

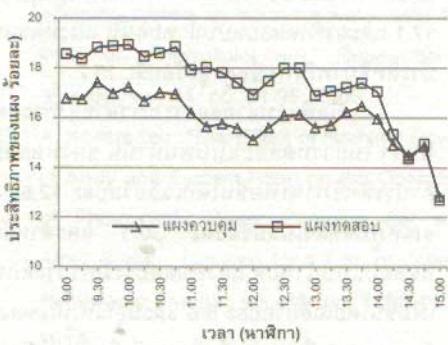
จากรูปที่ 10 พบว่ากำลังไฟฟ้าของแพงทดสอบมีค่ามากกว่ากำลังไฟฟ้าของแพงเซลล์แสงอาทิตย์ แพงทดสอบมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 37.4 วัตต์ และแพงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 33.1 วัตต์ เมื่อนำข้อมูลมาคำนวณค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าลดลงทั้งการทดสอบ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าของแพงทดสอบมี

ค่าเท่ากับ 31.5 วัตต์ และแพงเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 28.9 วัตต์ ซึ่งแพงทดสอบมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยลดลงทั้งการทดสอบสูงกว่าแพงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นร้อยละ 9.1 ซึ่งจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการระบายความร้อนบริเวณผิวน้ำแห้งทดสอบด้วยวิธีน้ำหนายดัน จะส่งผลให้แพงทดสอบสามารถลดกำลังไฟฟ้าได้สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแพงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำงานในสภาพแวดล้อมปกติ



รูปที่ 10 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้กับเวลาในการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบน้ำหนายด

4. ประสิทธิภาพของแพงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 11 ประสิทธิภาพของแพงเซลล์แสงอาทิตย์และแพงทดสอบกับเวลาในการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบน้ำหนายด

ประสิทธิภาพของแพงเซลล์แสงอาทิตย์ จะค่านิวนัยจากสมการที่ 1 ซึ่งจากรูปที่ 11 พบว่าค่าประสิทธิภาพของแพงทดสอบจะมีค่ามากกว่าแพงเซลล์แสงอาทิตย์ ยกเว้นใน

ช่วงเวลาหลังจาก 14:00 นาฬิกาที่ค่าประสิทธิภาพของแผนควบคุมและแผนทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน

จากข้อมูลจะสังเกตเห็นว่าประสิทธิภาพของแผนควบคุมและแผนทดสอบจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เป็นไปตามค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จากชั่วโมงที่ 8 ค่าประสิทธิภาพเดลี่ในตลอดทั้งการทดสอบของแผนทดสอบมีค่าเท้ากับร้อยละ 17.3 และค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในตลอดทั้งการทดสอบของแผนควบคุมมีค่าเท้ากับร้อยละ 15.9 โดยแผนทดสอบมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 18.9 และแผนควบคุมมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 17.4

3.3 การรายงานผลและวิเคราะห์ผลของการทดสอบระบบระบายความร้อนทั้ง 2 แบบ

สำหรับร้อยละอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงและร้อยละของประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงระหว่างแผนควบคุมและแผนทดสอบของการทดสอบระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ จะแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

จากการที่ 2 พบว่าการทดสอบแบบพ่นน้ำสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดร้อยละ 38.6 และการทดสอบแบบน้ำหยดสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดร้อยละ 44.1 สำหรับร้อยละประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดของแผนทดสอบที่เปรียบเทียบจากแผนควบคุมในแต่ละการทดสอบ พบว่าที่การทดสอบแบบพ่นน้ำ แผนทดสอบจะมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 17.1 และการทดสอบแบบน้ำหยดนั้น แผนทดสอบจะมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 15.2

เมื่อพิจารณาตลอดระยะเวลาของการทดสอบพบว่า ในการทดสอบแบบพ่นน้ำนั้น แผนทดสอบจะมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 12.6 และมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ยร้อยละ 30.1 และสำหรับการทดสอบแบบน้ำหยด แผนทดสอบจะมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 8.6 และมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ยร้อยละ 39.9 ซึ่งค่าประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นที่ได้จากการทดสอบทั้งสองแบบนั้น มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ [5] และมีค่าสูงกว่า [2]

แม้ว่าการทดสอบแบบน้ำหยดนั้น ผลการทดสอบได้แสดงถึงความสามารถในการลดอุณหภูมิที่ดีกว่าแต่ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นนั้นมีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบแบบพ่นน้ำ ซึ่งอาจเกิดจาก

การที่ปริมาณของน้ำที่สัมผัสกับผิวน้ำแห้งทดสอบใน การทดสอบแบบน้ำหยดมีมากกว่าแบบพ่นน้ำ อาจส่งผลให้เกิดเงา (shading) ทำให้แผนทดสอบรับแสงอาทิตย์ได้น้อยลง พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จึงลดลง

ตารางที่ 2 อุณหภูมิและประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงเบรี่ยนเทียบระหว่างแผนควบคุมและแผนทดสอบ

| เวลา | แบบพ่นน้ำ | | แบบน้ำหยด | |
|-----------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|
| | ΔT (%) | $\Delta \theta$ (%) | ΔT (%) | $\Delta \theta$ (%) |
| 9:00 | 20.8 | 2.1 | 31.5 | 10.7 |
| 9:15 | 22.4 | 6.3 | 39.3 | 9.7 |
| 9:30 | 22.6 | 6.4 | 41.2 | 8.1 |
| 9:45 | 23.0 | 10.0 | 42.3 | 11.3 |
| 10:00 | 23.6 | 14.5 | 42.3 | 9.9 |
| 10:15 | 24.1 | 15.5 | 42.2 | 10.7 |
| 10:30 | 25.4 | 16.3 | 43.2 | 9.4 |
| 10:45 | 26.2 | 13.9 | 43.0 | 11.2 |
| 11:00 | 26.5 | 15.4 | 43.2 | 10.7 |
| 11:15 | 26.7 | 15.6 | 43.6 | 15.2 |
| 11:30 | 28.6 | 15.8 | 43.1 | 13.0 |
| 11:45 | 30.5 | 13.8 | 44.1 | 11.6 |
| 12:00 | 33.6 | 14.7 | 43.8 | 12.0 |
| 12:15 | 33.6 | 13.9 | 43.5 | 12.0 |
| 12:30 | 38.6 | 14.7 | 42.7 | 11.8 |
| 12:45 | 38.6 | 17.0 | 42.4 | 11.6 |
| 13:00 | 36.4 | 13.1 | 39.7 | 8.2 |
| 13:15 | 35.8 | 11.6 | 38.9 | 8.7 |
| 13:30 | 36.9 | 17.1 | 38.8 | 6.0 |
| 13:45 | 37.0 | 14.4 | 37.9 | 5.6 |
| 14:00 | 35.9 | 17.0 | 35.1 | 6.8 |
| 14:15 | 32.2 | 12.3 | 34.7 | 2.9 |
| 14:30 | 33.6 | 10.9 | 33.6 | -0.9 |
| 14:45 | 30.7 | 5.4 | 33.7 | 0.6 |
| 15:00 | 28.1 | 7.1 | 34.0 | -1.1 |
| ค่าเฉลี่ย | 30.1 | 12.6 | 39.9 | 8.6 |

หมายเหตุ

¹ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของแผนทดสอบเมื่อเบรี่ยนเทียบกับแผนควบคุม

² ประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงของแผนทดสอบเมื่อเบรี่ยนเทียบกับแผนควบคุม

นอกจากนี้ เหตุการณ์นี้อาจอธิบายได้จากการศึกษาของ [10] และ [11] ที่ได้กล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิในการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าลดลง แต่ในขณะเดียวกันกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่องว่างระหว่างแผงพลังงานในสารกึ่งตัวนำควบคู่ เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบจะทำ



ให้เกิดการถ่ายโอนตัวน้ำไฟฟ้าได้มากขึ้น ทำให้มีกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

ดังนั้นมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยรวม การทดสอบแบบน้ำหนายดกับแบบพ่นน้ำ ถึงแม้ว่าในกรณีทดสอบแบบน้ำหนายจะมีความสามารถในการลดอุณหภูมิที่มากกว่าแต่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่างกันแล้ว จึงเป็นไปได้ที่จะมีต่าประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นอย่างกว่า

4. สรุป

จากการทดสอบพบว่าที่ใช้ในการระบายน้ำร้อนในแต่ละการทดสอบสามารถลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดี โดยการทดสอบแบบพ่นน้ำบันผิวน้ำของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดร้อยละ 38.6 และการทดสอบแบบน้ำหนายบันผิวน้ำของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดร้อยละ 44.1 และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ลดลงตลอดระยะเวลาในการทดสอบพบว่าการทดสอบแบบพ่นน้ำและแบบน้ำหนาย มีความสามารถในการลดอุณหภูมิโดยเฉลี่ยร้อยละ 30.1 และ 39.9 ตามลำดับ

จากการทดสอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละการทดสอบพบว่ามีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานโดยในการทดสอบแบบพ่นน้ำและแบบน้ำหนาย จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานมีค่าเพิ่มขึ้น และจากข้อมูลพบว่าที่การทดสอบแบบพ่นน้ำนั้นจะมีค่าประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 17.1 และการทดสอบแบบน้ำหนายมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 15.2 และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการทดสอบพบว่า การทดสอบแบบพ่นน้ำนั้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบจะมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 12.6 และสำหรับการทดสอบแบบน้ำหนาย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบจะมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 8.6

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานชีวภาพ และห้องปฏิบัติการมนุนเวียน และห้องปฏิบัติการวิจัยรังสีอาทิตย์และอิเล็กทรอนิกส์กำลัง คณะวิกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการสร้างชุดทดสอบและได้ออนเคราะห์ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] E. Skoplaki and J.A. Palyvos, "Operating temperature of photovoltaic modules: A survey of pertinent correlations," *Renewable Energy.*, vol. 34, pp. 23-29, 2009.
- [2] S. Krauter, "Increased electrical yield via water flow over the front of photovoltaic panels," *Solar Energy Materials & Solar Cells.*, vol. 82, pp. 131-137, 2004.
- [3] G.N. Tiwari R.K. Mishra and S.C. Solanki, "Photovoltaic modules and their applications: a review on thermal modeling," *Applied Energy.*, vol. 88, pp. 2287-2304, 2011.
- [4] นิคม ผึงคำ. การเพิ่มสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยระบบหล่อเย็น. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2551).
- [5] M. Abdolzadeh and M. Ameri, "Improving the effectiveness of a photovoltaic water pumping system by spraying water over the front of photovoltaic cells," *Renewable Energy.*, vol. 34, pp. 91-96, 2009.
- [6] A. Kordzadeh, "The Effect of Nominal Power of Array and System Head on the Operation of Photovoltaic Water Pumping Set with Array Surface Covered by a Film of Water," *Renewable Energy.*, vol. 35, pp. 1098-1102, 2010.
- [7] A. Saengprajak, "Effect of high temperature on the open circuit voltage of PV modules used in Thailand," *J Sci Technol MSU.*, vol. 28, pp. 215-222, 2009.

- [8] Mono-Crystalline Specification Data. (2013, Mar. 12). *TPS-105 Mono-Crystalline*. [Online] Available: http://www.sztkcn.com/sdp/163657/4/cp-528595/0/solar_power_system.html.
- [9] W. Durisch B. Bitnar J.C. Mayor H. Kiess K. Lam and J. Close, "Efficiency model for photovoltaic modules and demonstration of its application to energy yield estimation," *Solar Energy Material & Solar Cells.*, vol. 91, pp. 79-84, 2007.
- [10] V.V. Tyagi N.A.A. Rahim N.A. Rahim and J.L. Selvaraj, "Progress in solar PV technology: research and achievement," *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 20, pp. 443-461, 2013.
- [11] M.E. Meral and F. Dincer, "A review of the factors affecting operation and efficiency of photovoltaic based electricity generation systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 15, pp. 2176-2184, 2011.