

การปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเทคนิคการลดอุณหภูมิ

The Improvement of Photovoltaic Module Efficiency using Temperature Reduction Techniques

ประภาพิทย บุญหล้า¹ เจริญพร เลิศสถิตธนกร² และ นุชิดา สุวแพทย¹
¹ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานชีวภาพและทรัพยากรหมุนเวียน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
²ห้องปฏิบัติการวิจัยกระบวนการทางอุณหภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
E-mail: nuchida1@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการใช้น้ำในระบบระบายความร้อน สำหรับการลดอุณหภูมิในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยได้ทำการทดสอบระบบระบายความร้อน 2 แบบ คือ แบบพ่นน้ำบนผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบบน้ำหยดบนผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ในการทดสอบคือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน ขนาด 40 วัตต์ จากข้อมูลพบว่าในทุกการทดสอบนั้น น้ำสามารถลดอุณหภูมิในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้เป็นอย่างดี การทดสอบแบบพ่นน้ำและแบบน้ำหยดบนผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีความสามารถในการลดอุณหภูมิโดยเฉลี่ยร้อยละ 30.1 และ 39.9 ตามลำดับ และจากการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละการทดสอบพบว่าเมื่อผลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน การทดสอบแบบพ่นน้ำและแบบน้ำหยดบนผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถทำให้ค่าประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 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 เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นใหม่ได้ไม่สิ้นสุด ปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากมาย โดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและมีการพัฒนาการออกแบบเครื่องมือชนิดต่าง ๆ ที่สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ให้ความสนใจกับการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเป็นพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปแบบอื่นได้หลากหลาย ซึ่งอุปกรณ์สำคัญในการเปลี่ยนรูปพลังงานคือ เซลล์แสงอาทิตย์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เซลล์โฟโตโวลตาอิก หรือเซลล์ PV เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน แต่เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่บริเวณพื้นผิวรับแสงและสะสมอยู่ในโลหะที่ใช้ทำเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [1] โดยจากการศึกษาของ [2] พบว่าการสะท้อนของรังสีอาทิตย์จะทำให้การผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงประมาณร้อยละ 8-15 โดยในการใช้งานในเขตร้อนยังพบว่ามีการลดลงของอัตราการผลิตไฟฟ้าร้อยละ 42 เนื่องจากมุมตกกระทบของลำแสงอาทิตย์ที่น้อยมาก นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้นที่ร้อยละ 0.4 ต่อองศาเซลเซียส จะส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าและพลังงานลดลง ในปัจจุบันผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอน สามารถผลิตเซลล์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 20 และโดยทั่วไปแล้ว เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอน จะเป็นชนิดที่มีการทำงานที่เสถียรและสม่ำเสมอ มีประสิทธิภาพสูง [3]

ได้มีงานวิจัยที่ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้น้ำเป็นสารระบายความร้อน ในงานวิจัย [2] พบว่าการพ่นน้ำบนผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถลดอุณหภูมิได้ถึง 22 องศาเซลเซียส และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตทางไฟฟ้าได้ร้อยละ 10.3 สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยว

และแบบหลายผลึก และการระบายความร้อนที่ใช้ระบบหล่อเย็นที่ด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอนของ [4] ทำให้อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง 21.05 องศาเซลเซียส ส่งผลให้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.35

จากการศึกษาของ [5] พบว่าพลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 17 ด้วยการฉีดพ่นน้ำบนหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการระบายความร้อนด้วยการพ่นน้ำนี้ทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ใช้วิธีการลดอุณหภูมิที่คล้ายกันของ [6] ที่ทดสอบให้น้ำไหลผ่านบริเวณผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นลักษณะแผ่นฟิล์มบาง ซึ่งจากการทดสอบพบว่าระบบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าว สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

จากการที่อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำเพื่อลดอุณหภูมิบริเวณผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในลักษณะที่แตกต่างกันคือ แบบพ่นน้ำบนผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบบน้ำหยดบนผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเพื่อรายงานผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และความสามารถในการลดอุณหภูมิที่เกิดจากวิธีการระบายความร้อนในลักษณะที่แตกต่างกันนี้อีกด้วย ซึ่งนอกจากน้ำจะช่วยลดความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อทำให้ความสามารถในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นแล้ว น้ำยังทำความสะอาดบริเวณผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ลดฝุ่นละอองเกาะพื้นผิว ทำให้สามารถรับแสงได้ดี [2], [5], [6] อันจะทำให้เกิดประโยชน์ต่อการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้คุ้มค่าและสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

2. วิธีดำเนินงาน

ขอบเขตของการศึกษา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอน ขนาด 40 วัตต์ รายละเอียดของแผงดังแสดงในตารางที่ 1

2. ในการทดสอบ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะวางทำมุม 16 องศากับแนวระดับ [7]
3. ใช้น้ำในการระบายความร้อนบริเวณพื้นผิวรับแสงด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
4. เก็บข้อมูลอุณหภูมิที่บริเวณผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์
5. ขนาดของโหลดต้านทานในระบบคือ 40 วัตต์
6. ไม่มีการนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งาน
7. พื้นที่ในการรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 1 แผงคือ 0.27 ตารางเมตร
8. ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 1 วัน คือ 09.00 – 15.00 นาฬิกา
9. ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดสอบระบายความร้อนด้วยน้ำบนผิวหน้าสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยได้ออกแบบการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบ คือ การทดสอบแบบพ่นน้ำ และการทดสอบแบบน้ำหยด ซึ่งทั้ง 2 การทดสอบจะมีลักษณะของชุดทดสอบที่เหมือนกัน คือใน 1 ชุดการทดสอบจะประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเดียวกันจำนวน 2 แผง ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ควบคุม คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำงานในสภาวะปกติ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบ คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

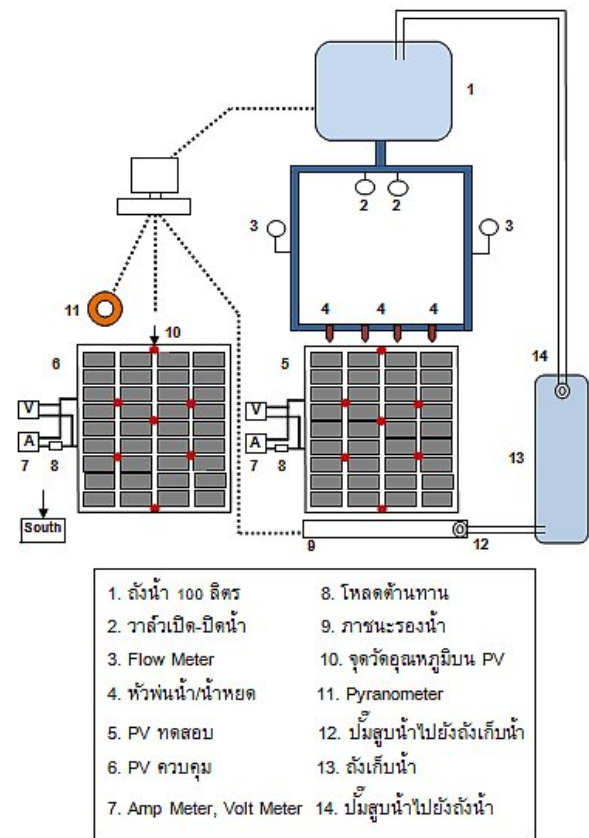
ตารางที่ 1 รายละเอียดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอน ที่การทดสอบมาตรฐาน (STC) [8]

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 มุ่งเน้นไปที่การรายงานผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดจากการระบายความร้อนด้วยน้ำ ในส่วนของการประยุกต์ใช้งานพลังงานที่ผลิตได้นั้น จะทำการศึกษาวิจัยในลำดับต่อไป

2.1 การออกแบบการทดสอบแบบพ่นน้ำและแบบน้ำหยดบนผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ในชุดทดสอบทั้ง 2 แบบประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดทดสอบระบบพ่นน้ำและน้ำหยดบนผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

ชุดการทดสอบแบบพ่นน้ำทำการทดสอบในเดือนสิงหาคม - ตุลาคม พ.ศ. 2555 และชุดการทดสอบแบบน้ำหยดทำการทดสอบในเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม พ.ศ. 2555 โดยทำการทดสอบที่บ้านขามเรียง ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 2 แผง คือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควบคุม ซึ่งจะเรียกว่า แผงควบคุม และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบ ซึ่งจะเรียกว่า แผงทดสอบ วางในแนวเดียวกันและหันด้านหน้าแผงไปทางทิศใต้
2. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ชุดทดสอบที่เตรียมไว้ โดยจะมีปั๊มน้ำที่ใช้ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ เป็นอุปกรณ์เสริมในระบบชุดทดสอบระบายความร้อนด้วยน้ำ



รูปที่ 2 ชุดการทดสอบแบบพ่นน้ำ

3. สำหรับชุดทดสอบแบบพ่นน้ำ น้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนจะถูกสูบลดด้วยปั๊มจากถังเก็บน้ำขึ้นไปสู่ถังน้ำที่วางสูงจากพื้น 150 เซนติเมตร น้ำจะไหลผ่านวาล์วไปยังเครื่องวัดอัตราการไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งอัตราการไหลของน้ำจะกำหนดไว้ที่ประมาณ 2 ลิตรต่อวินาที และน้ำถูกพ่นออกมาด้วยหัวพ่นน้ำ แบบหัวฉีดสเปรย์ 180 องศา (รูปที่ 2) จากนั้นน้ำที่ผ่านการรับความร้อนจากบริเวณผิวน้ำจะไหลลงสู่ภาชนะรองน้ำและถูกสูบลไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำด้วยปั๊ม เพื่อให้น้ำเย็นตัวลงสำหรับการสูบลกลับขึ้นไปใช้ใหม่
4. สำหรับชุดทดสอบแบบน้ำหยด น้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนจะถูกสูบลดด้วยปั๊มจากถังเก็บน้ำขึ้นไปสู่ถังน้ำที่วางสูงจากพื้น 150 เซนติเมตร น้ำจะไหลผ่านวาล์วไปยังเครื่องวัดอัตราการไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งอัตราการไหลของน้ำจะกำหนดไว้ที่ประมาณ 2 ลิตรต่อวินาที และน้ำจะหยดผ่านรูที่เจาะไว้ตามท่อ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูหยด 1 มิลลิเมตร และมี

ระยะห่างระหว่างรู 0.5 เซนติเมตร (รูปที่ 3) จากนั้นน้ำที่ผ่านการรับความร้อนจะไหลลงสู่ภาชนะรองน้ำและถูกสูบลไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำด้วยปั๊ม เพื่อให้น้ำเย็นตัวลงสำหรับการสูบลกลับขึ้นไปใช้ใหม่



รูปที่ 3 ชุดการทดสอบแบบน้ำหยด

5. ทำการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที โดยใช้ดาตาล็อกเกอร์ยี่ห้อ Wisco รุ่น AI210 ในการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิบนผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจะถูกอ่านค่าจากมัลติมิเตอร์ รุ่น UNI-T UT33D และใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล รุ่น TPM-10 วัดค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อม
6. ค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านค่าได้ เกิดจากการต่อวงจรแบบอนุกรม ที่มีโหลดต้านทาน มัลติมิเตอร์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อกันเป็นวงจร ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านค่าได้ เกิดจากการต่อมัลติมิเตอร์คร่อมวงจรดังกล่าว (รูปที่ 1)
7. ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ในแต่ละวันของการทดสอบ จะใช้ข้อมูลจากสถานีวัดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
8. เวลาในการทดสอบและเก็บข้อมูลคือตั้งแต่เวลา 9:00 – 15:00 นาฬิกา โดยระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ จะเริ่มต้นและหยุดตามเวลาในการทดสอบ

2.3 ตัวแปรในการทดสอบ

ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าและค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแผงควบคุมและแผงทดสอบ โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังต่อไปนี้

1. การคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

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

กำหนดให้

η คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

P_{out} คือ กำลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์)

P_{in} คือ กำลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ (วัตต์)

2. กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

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

กำหนดให้

P_{EE} คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

V คือ ความต่างศักย์ (โวลต์)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

3. พลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับ [9]

$$P_S = G \times A \quad (3)$$

กำหนดให้

P_S คือ พลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับ (วัตต์)

G คือ ความเข้มรังสีอาทิตย์ (วัตต์ต่อตารางเมตร)

A คือ พื้นที่รับแสง (ตารางเมตร)

ในการวิเคราะห์ผล จะทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและค่าประสิทธิภาพระหว่างแผงควบคุมและแผงทดสอบในแต่ละชุดทดสอบเพื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

3. วิจัยรณผลการทดลอง

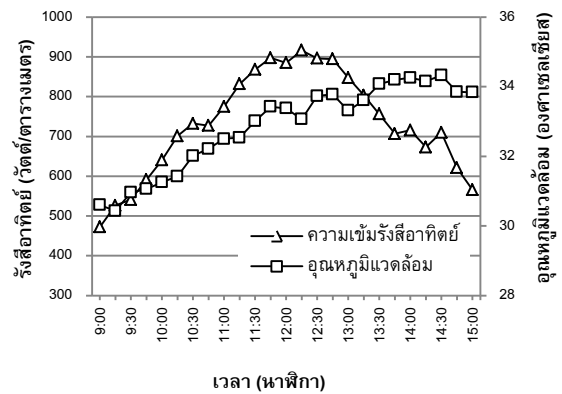
3.1 ผลการทดสอบแบบพ่นน้ำบนผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดสอบในเดือนสิงหาคม - ตุลาคม พ.ศ. 2555 ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดถูกนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเป็นข้อมูลสำหรับ 1 วันเพื่อนำเสนอดังต่อไปนี้

1. ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อม

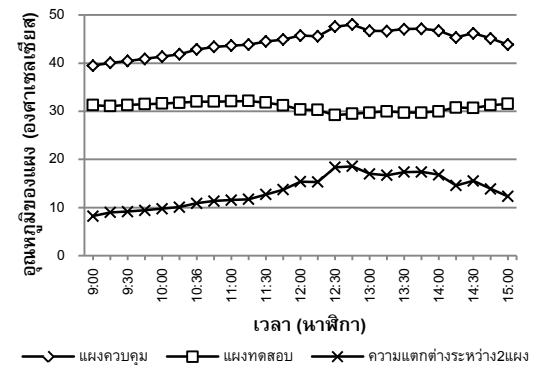
จากรูปที่ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีอาทิตย์ตลอดทั้งการทดสอบมีค่าเท่ากับ 731.7 วัตต์ต่อตาราง

เมตร โดยค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 916.2 วัตต์ต่อตารางเมตร และจากข้อมูลพบว่าในช่วงเวลาระหว่างวัน อุณหภูมิแวดล้อมจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาในการทดสอบมีค่าเท่ากับ 32.8 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4 ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อมกับเวลาที่ทำการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบพ่นน้ำ

2. อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



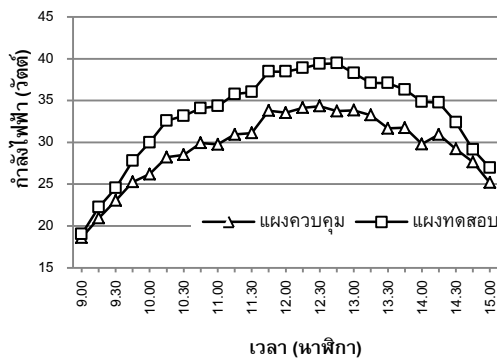
รูปที่ 5 อุณหภูมิแผงควบคุม อุณหภูมิแผงทดสอบและความแตกต่างของอุณหภูมิจากแผงควบคุมและแผงทดสอบกับเวลาที่ทำการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบพ่นน้ำ

จากรูปที่ 5 พบว่าอุณหภูมิของแผงควบคุมจะมีค่าสูงกว่าแผงทดสอบ เนื่องจากแผงทดสอบมีการระบายความร้อนด้วยน้ำจึงทำให้อุณหภูมิจากแผงทดสอบต่ำกว่าแผงควบคุม อุณหภูมิบริเวณผิวหน้าของแผงทดสอบเฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบเท่ากับ 30.1 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุด 32.1 องศาเซลเซียส และ

อุณหภูมิบริเวณผิวหน้าของแผงควบคุมเฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบเท่ากับ 44.4 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุด 48.0 องศาเซลเซียส ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแผงควบคุมและแผงทดสอบมีค่าสูงสุดคือ 18.6 องศาเซลเซียส

3. กำลังไฟฟ้า

จากรูปที่ 6 พบว่าแผงทดสอบมีค่ากำลังไฟฟ้ามมากกว่าแผงควบคุม โดยแผงทดสอบมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 39.5 วัตต์ และแผงควบคุมมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 34.3 วัตต์ ซึ่งจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการระบายความร้อนด้วยวิธีการพ่นน้ำบนผิวหน้าของแผงทดสอบนั้น จะส่งผลให้แผงทดสอบสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงกว่าแผงควบคุมที่ทำงานในสภาวะแบบปกติ



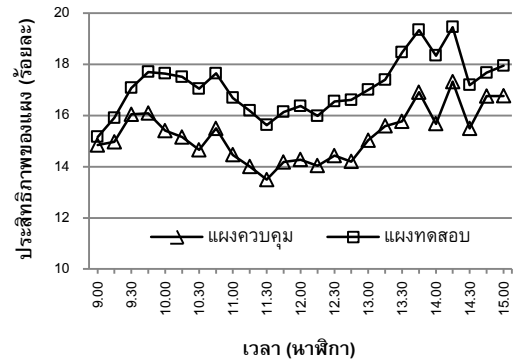
รูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้กับเวลาในการทดสอบ
สำหรับการทดสอบแบบพ่นน้ำ

เมื่อพิจารณาดูตลอดระยะเวลาในการทดสอบ พบว่าแผงทดสอบให้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 33.2 วัตต์ และแผงควบคุมให้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 29.4 วัตต์ ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงทดสอบมีค่าสูงกว่าแผงควบคุมคิดเป็นร้อยละ 13.13

4. ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะคำนวณจากสมการที่ 1 ซึ่งจากรูปที่ 7 พบว่าค่าประสิทธิภาพของแผงทดสอบมีค่ามากกว่าแผงควบคุมตลอดช่วงระยะเวลาในการทดสอบ และจากข้อมูลจะสังเกตเห็นว่าประสิทธิภาพของทั้ง 2 ชุดข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

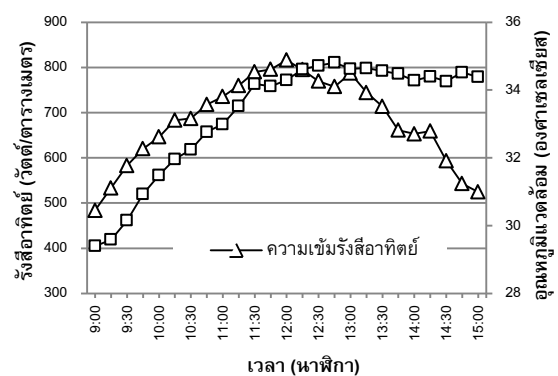
เนื่องจากผลของค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จากรูปที่ 4 โดยค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบของแผงทดสอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 17.2 และค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบของแผงควบคุมมีค่าเท่ากับร้อยละ 15.2 โดยแผงทดสอบมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 19.5 และแผงควบคุมมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 17.3



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพของแผงควบคุมและแผงทดสอบ
กับเวลาในการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบพ่นน้ำ

3.2 ผลการทดสอบแบบน้ำหยดบนผิวหน้า แผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดสอบในเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม พ.ศ. 2555 ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดถูกนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเป็นข้อมูลสำหรับ 1 วันเพื่อนำเสนอ ดังต่อไปนี้



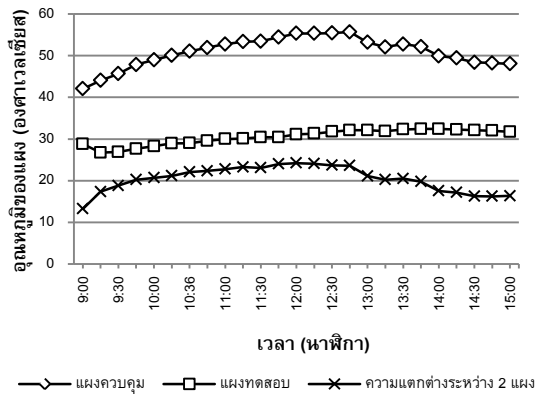
รูปที่ 8 ความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิแวดล้อมกับ
เวลาที่ทำการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบน้ำหยด

1. ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อม

จากรูปที่ 8 พบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มรังสีอาทิตย์

ตลอดทั้งการทดสอบมีค่าเท่ากับ 645.9 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 816.4 วัตต์ต่อตารางเมตร และจากข้อมูลพบว่า อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาของการทดสอบเท่ากับ 33.3 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



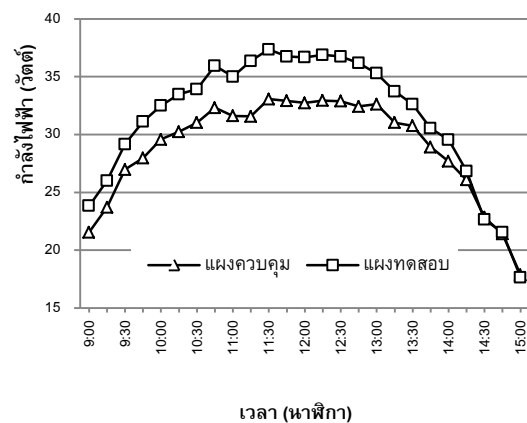
รูปที่ 9 อุณหภูมิแผงควบคุม อุณหภูมิแผงทดสอบและความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแผงควบคุมและแผงทดสอบกับเวลาที่ทำการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบน้ำหยด

จากรูปที่ 9 พบว่าอุณหภูมิของแผงควบคุมจะมีค่าที่สูงกว่าอุณหภูมิของแผงทดสอบในทุกช่วงเวลาของการทดสอบ เนื่องจากแผงทดสอบมีการระบายความร้อนด้วยน้ำจึงทำให้อุณหภูมิของทดสอบต่ำกว่าแผงควบคุม อุณหภูมิของแผงทดสอบเฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบเท่ากับ 30.5 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุด 32.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของแผงควบคุมเฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบเท่ากับ 50.9 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุด 55.7 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแผงควบคุมและแผงทดสอบที่มีค่าสูงสุดคือ 24.2 องศาเซลเซียส

3. กำลังไฟฟ้า

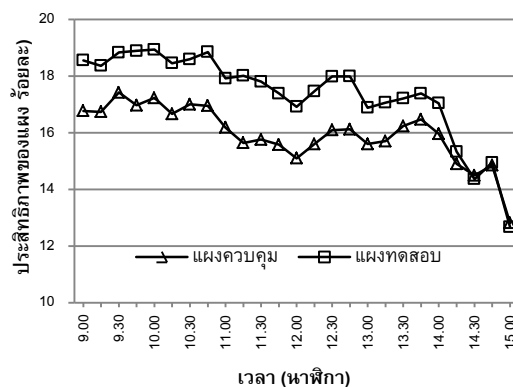
จากรูปที่ 10 พบว่ากำลังไฟฟ้าของแผงทดสอบมีค่ามากกว่ากำลังไฟฟ้าของแผงควบคุม แผงทดสอบมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 37.4 วัตต์ และแผงควบคุมมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 33.1 วัตต์ เมื่อนำข้อมูลมาคำนวณค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าตลอดทั้งการทดสอบ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าของแผงทดสอบมี

ค่าเท่ากับ 31.5 วัตต์ และแผงควบคุมมีค่าเท่ากับ 28.9 วัตต์ ซึ่งแผงทดสอบมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบสูงกว่าแผงควบคุมคิดเป็นร้อยละ 9.1 ซึ่งจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการระบายความร้อนบริเวณผิวหน้าแผงทดสอบด้วยวิธีน้ำหยดนั้น จะส่งผลให้แผงทดสอบสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแผงควบคุมที่ทำงานในสภาวะแบบปกติ



รูปที่ 10 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้กับเวลาในการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบน้ำหยด

4. ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 11 ประสิทธิภาพของแผงควบคุมและแผงทดสอบกับเวลาในการทดสอบสำหรับการทดสอบแบบน้ำหยด

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะคำนวณจากสมการที่ 1 ซึ่งจากรูปที่ 11 พบว่าค่าประสิทธิภาพของแผงทดสอบจะมีค่ามากกว่าแผงควบคุม ยกเว้นใน

ช่วงเวลาหลังจาก 14:00 นาฬิกาที่ค่าประสิทธิภาพของแผงควบคุมและแผงทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน

จากข้อมูลจะสังเกตเห็นว่าประสิทธิภาพของแผงควบคุมและแผงทดสอบจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เป็นไปตามค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จากรูปที่ 8 ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในตลอดทั้งการทดสอบของแผงทดสอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 17.3 และค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในตลอดทั้งการทดสอบของแผงควบคุมมีค่าเท่ากับร้อยละ 15.9 โดยแผงทดสอบมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 18.9 และแผงควบคุมมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 17.4

3.3 การรายงานผลและวิจารณ์ผลของการทดสอบระบบระบายความร้อนทั้ง 2 แบบ

สำหรับร้อยละอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงและร้อยละของประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงระหว่างแผงควบคุมและแผงทดสอบของการทดสอบระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ จะแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 พบว่าการทดสอบแบบพ่นน้ำสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดร้อยละ 38.6 และการทดสอบแบบน้ำหยดสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดร้อยละ 44.1 สำหรับร้อยละประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดของแผงทดสอบที่เปรียบเทียบกับแผงควบคุมในแต่ละการทดสอบ พบว่าการทดสอบแบบพ่นน้ำแผงทดสอบจะมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 17.1 และการทดสอบแบบน้ำหยดนั้น แผงทดสอบจะมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 15.2

เมื่อพิจารณาตลอดระยะเวลาของการทดสอบพบว่า ในการทดสอบแบบพ่นน้ำนั้น แผงทดสอบจะมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 12.6 และมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ยร้อยละ 30.1 และสำหรับการทดสอบแบบน้ำหยด แผงทดสอบจะมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 8.6 และมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ยร้อยละ 39.9 ซึ่งค่าประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นที่ได้จากการทดสอบทั้งสองแบบนี้ มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ [5] และมีค่าสูงกว่า [2]

แม้ว่าการทดสอบแบบน้ำหยดนั้น ผลการทดสอบได้แสดงถึงความสามารถในการลดอุณหภูมิที่ดีกว่าแต่ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นนั้นมีความต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบแบบพ่นน้ำ ซึ่งอาจเกิดจาก

การที่ปริมาณของน้ำที่สัมผัสกับผิวหน้าแผงทดสอบในการทดสอบแบบน้ำหยดมีมากกว่าแบบพ่นน้ำ อาจส่งผลให้เกิดเงา (shading) ทำให้แผงทดสอบรับแสงอาทิตย์ได้น้อยลง พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จึงลดลง ตารางที่ 2 อุณหภูมิและประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบระหว่างแผงควบคุมและแผงทดสอบ

เวลา	แบบพ่นน้ำ		แบบน้ำหยด	
	ΔT^1 (%)	$\Delta \eta^2$ (%)	ΔT^1 (%)	$\Delta \eta^2$ (%)
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
10:36	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

¹อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของแผงทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับแผงควบคุม

²ประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงของแผงทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับแผงควบคุม

นอกจากนี้ เหตุการณ์นี้อาจอธิบายได้จากการศึกษาของ [10] และ [11] ที่ได้กล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิในการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าลดลง แต่ในขณะที่เดียวกันกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่องว่างระหว่างแถบพลังงานในสารกึ่งตัวนำแคบลง เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบจะทำ

ให้เกิดการถ่ายโอนตัวนำไฟฟ้าได้มากขึ้น ทำให้มีกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการทดสอบแบบน้ำหยดกับแบบพ่นน้ำ ถึงแม้ว่าในการทดสอบแบบน้ำหยดจะมีความสามารถในการลดอุณหภูมิที่มากกว่าแต่เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ต่ำกว่าแล้ว จึงเป็นไปได้ที่จะมีค่าประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่า

4. สรุป

จากการทดสอบพบว่าน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนในแต่ละการทดสอบสามารถลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดี โดยการทดสอบแบบพ่นน้ำบนผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดร้อยละ 38.6 และการทดสอบแบบน้ำหยดบนผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดร้อยละ 44.1 และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ลดลงตลอดระยะเวลาในการทดสอบพบว่า การทดสอบแบบพ่นน้ำและแบบน้ำหยด มีความสามารถในการลดอุณหภูมิโดยเฉลี่ยร้อยละ 30.1 และ 39.9 ตามลำดับ

จากการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละการทดสอบพบว่า มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน โดยในการทดสอบแบบพ่นน้ำและแบบน้ำหยด จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานมีค่าเพิ่มขึ้น และจากข้อมูลพบว่าที่การทดสอบแบบพ่นน้ำนั้นจะมีค่าประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 17.1 และการทดสอบแบบน้ำหยดมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 15.2 และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการทดสอบพบว่า การทดสอบแบบพ่นน้ำนั้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบจะมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 12.6 และสำหรับการทดสอบแบบน้ำหยด แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบจะมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 8.6

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานชีวภาพ และทรัพยากรหมุนเวียน และห้องปฏิบัติการวิจัยรังสีอาทิตย์และอิเล็กทรอนิกส์กำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการสร้างชุดทดสอบและได้อนุเคราะห์ข้อมูลค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ 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 ผึ้งคำ. 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.