

การเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ท่อความร้อน ที่ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง

Efficiency Enhancement of Solar Panels using Copper Mesh Wick Heat Pipe

สุรเชษฐ์ สีชำนาญ* ธีรพัฒน์ ชมภูคำ สมพันธ์ ฤทธิเดช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

Surachet Sichamnan* Teerapat Chompookham Sampan Rittidech

Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai, Mahasarakham 44150

Tel : 09-6809-2531 E-mail: s.sichamnan@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง สำหรับลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์และทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ในการทดสอบ คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน ขนาด 53 วัตต์ โดยทำการทดสอบในช่วงเดือนพฤษภาคม – มิถุนายน 2557 ตั้งแต่ 09.00 – 16.30 น. จากข้อมูลพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง สามารถลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดีกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนโดยเฉลี่ยร้อยละ 9.21 ในทุกช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ ซึ่งอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลดลงจะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงจะมีประสิทธิภาพที่เพิ่มสูงกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนโดยเฉลี่ยร้อยละ 9.60 โดยมีระยะเวลาคืนทุนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง 4.6 ปีและ 3.9 ปี สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยประเภทที่ 1.1 และ 1.2 ตามลำดับ

คำหลัก แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพ ท่อความร้อน ลดอุณหภูมิ

Abstract

This research aims to increase the efficiency of solar panels using copper mesh wick heat pipes with an ability to reduce solar panels temperature. Moreover, the efficiency of the solar panels with copper mesh wick heat pipes was compared with the plain panels. This experiment employed, 53 watts mono – crystalline silicon solar panels and collecting data in May - June 2014 at 09:00 am - 04:30 pm. From the results, it was found that the solar panels temperature decreased average 9.21% at all solar radiation intensity when installed copper mesh wick heat pipes. A declination of the solar panels temperature directly affected thermal performance and the efficiency of the solar panels with copper mesh wick heat pipes was better than the plain solar panels at the average level at 9.60%. The break event points of the solar panels with copper mesh wick heat pipes were 4.6 years and 3.9 years for Thailand residential electricity tariffs type 1.1 and 1.2, respectively.

Keywords: solar panel, efficiency, heat pipe, temperature reduction

1. บทนำ

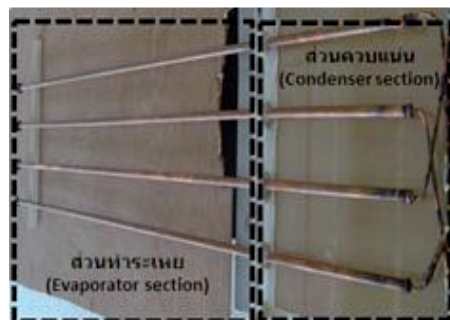
พลังงานแสงอาทิตย์ (solar energy) เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่มีศักยภาพสูงเนื่องจากใช้แล้วไม่มีวันหมด สามารถเกิดขึ้นใหม่ได้เองตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การผลิตกระแสไฟฟ้าและการผลิตความร้อน โดยการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการผลิตไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการแปลงรังสีอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เซลล์โฟโตโวลตาอิก หรือ photovoltaic cell ในปัจจุบันทางผู้ผลิตสามารถผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอนซึ่งเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอน จะเป็นชนิดที่มีการทำงานที่เสถียรและสม่ำเสมอและมีประสิทธิภาพสูง [1] โดยทั่วไปแล้วเมื่อนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานภายใต้แสงอาทิตย์เป็นเวลานานจะเกิดการสะสมความร้อนอยู่ในโลหะที่ใช้ทำเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิการทำงานสูงขึ้น [2] ทำให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดลดลงและค่ากระแสลัดวงจรมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยแล้วอุณหภูมิการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงประมาณร้อยละ 0.5 [3]

ในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะต้องทำการควบคุมระบบทำงานที่ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่เสมอ แต่ในทางปฏิบัติค่ากำลังไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มรังสีอาทิตย์และสภาพเงื่อนไขอื่นๆ เช่น ความร้อนหรืออุณหภูมิที่สะสมโดยจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า มีงานวิจัยที่ศึกษาเทคนิคการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในลักษณะการระบายความร้อนแบบท่อและอื่นๆ เช่น ในงานวิจัยของนิคม ผึ้งคำ [4] พบว่า การระบายความร้อนที่ใช้ระบบหล่อเย็นด้วยน้ำโดยนำบรรจุอยู่ในท่อทองแดงที่ติดตั้งด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอน ทำให้อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ส่งผลให้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.35 ประจวบ อำนาจประเสริฐสุข [5] พบว่าการทดสอบชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนทำมาจากท่อทองแดงภายในบรรจุน้ำเพื่อระบายความร้อน ทำให้อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนและทำให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 4.52 เป็นร้อยละ 6.08 ชัยนันท บุนนรักษ์ [6] พบว่า ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคระบายความร้อนใต้แผงเซลล์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไปประมาณร้อยละ 1.44 พฤทธิสกลช่วงสัจจะทัย [3] พบว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบเทอร์โมไฮฟอนมีอุณหภูมิแผงต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ โดยขึ้นอยู่กับการระบายความร้อนในส่วนควบแน่น การระบายความร้อนในส่วนควบแน่นด้วยวิธีฉีละละองน้ำจะสามารถลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดีที่สุด และให้ผลต่างอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างที่ติดตั้งท่อเทอร์โมไฮฟอนกับแผงที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบสูงสุด 10 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพโดยรวมสูงกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบประมาณร้อยละ 1 สิริชัย ปัญญาสมาธิ [7] ได้ทำการออกแบบแผงระบายความร้อนแบบท่อขดเซอร์เพนไทน์และนำไปติดตั้งที่ด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อดึงความร้อนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานในรูปแบบของน้ำร้อนพบว่าระบบโฟโตโวลตาอิกแบบผสมระบบผลิตน้ำร้อนจะมีประสิทธิภาพของระบบระบบโฟโตโวลตาอิกสูงกว่าประมาณร้อยละ 1.20–1.45 อภิสิทธิ์ พุ่มพวง [8] พบว่า การใช้ครีระบายความร้อนติดตั้งด้านหลังแผงตัวครีเป็นรูปแบบครีตรงทำจากอลูมิเนียม ทำให้อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเพิ่มขึ้นประมาณ 0.4 โวลต์และมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบที่ไม่ติดครีระบายความร้อนร้อยละ 0.65 พงษ์ศักดิ์ พูลศรี [9] พบว่า ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทำน้ำร้อนร่วมทำให้อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางไฟฟ้าให้สูงกว่าระบบที่ไม่มีการลดอุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ร้อยละ 0.08 และจากการศึกษาของบงกช ประสิทธิ์ [10]

พบว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดครีบบรรายความร้อน
อุณหภูมิที่ด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิ
ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์
แบบไม่ติดครีบ ซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดของแผงเซลล์
แสงอาทิตย์แบบติดครีบบรรายความร้อนอุณหภูมิโดย
เฉลี่ยรวมเท่ากับร้อยละ 7.72 ประสิทธิภาพสูงสุดของแผง
เซลล์แสงอาทิตย์แบบไม่ติดครีบบรรายความร้อน
อุณหภูมิโดยเฉลี่ยรวมเท่ากับร้อยละ 7.56 ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่ผ่านมา นักวิจัยมุ่งที่จะหาวิธีการใน
การลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบต่าง
ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะเห็น
ได้ว่าการศึกษาการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ที่ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง ยัง
มีการศึกษาไม่มากนัก ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาอีก
แนวทางหนึ่งของวิธีการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์
แสงอาทิตย์โดยประยุกต์ใช้ท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพูน
แบบตาข่ายทองแดง ซึ่งท่อความร้อนชนิดนี้มีข้อดี คือ
วัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงที่ติดตั้งภายในท่อความร้อน
จะมีแรงดันคาพิลลารีและความสามารถในการซึมผ่านสูง
ช่วยให้สารทำงานที่ควบแน่นไหลกลับสู่ส่วนทำระเหยได้ดี
ขึ้น ทำให้ท่อความร้อนชนิดนี้มีการถ่ายโอนความร้อนที่
สูง [11] ท่อความร้อน (heat pipe) เป็นอุปกรณ์
แลกเปลี่ยนความร้อนที่สามารถถ่ายเทความร้อนได้โดย
ไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก ท่อความร้อนทำงาน
โดยใช้หลักการส่งถ่ายความร้อนจาก ความร้อนแฝง
ของสารทำงานภายในท่อซึ่งระเหยโดยการรับความร้อน
จากแหล่งความร้อนแล้วถ่ายเทความร้อนโดยการ
ควบแน่น เนื่องจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ
ของสารทำงานมีค่าสูงมากจึงสามารถถ่ายเทความร้อน
จากปลายด้านหนึ่งไปสู่อีกปลายด้านหนึ่งได้มากโดยมี
อุณหภูมิแตกต่างเล็กน้อย ท่อความร้อนจะประกอบด้วย
ส่วนทำระเหย (evaporator section) และส่วนควบแน่น
(condenser section) บางครั้งอาจมีส่วนเพิ่มเติม ซึ่งเรียก
ส่วนนี้ว่า ส่วนกันความร้อน (adiabatic section) ดัง
แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเพิ่ม
ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ท่อความร้อนที่
ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง และผลอุณหภูมิของ
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์
แสงอาทิตย์ โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงเซลล์
แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน



รูปที่ 1 ท่อความร้อน



รูปที่ 2 วัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงที่ถักแล้ว
และลักษณะของการติดตั้ง

2. วิธีการทดลอง

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดลอง โดยได้
ออกแบบชุดทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบ ได้แก่ ชุด
การทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน
photovoltaic (PV) และชุดการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่
ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงและมี
ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่วนควบแน่น heat-pipe
photovoltaic system (HPPV)

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) ท่อความร้อนทำจากท่อทองแดงมีขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลางภายนอก 10 มิลลิเมตร ภายในติดตั้งวัสดุพูน
แบบตาข่ายที่ทำจากลวดตาข่ายทองแดงมีขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลางลวด 0.1 มิลลิเมตร ความถี่ของตาข่าย 100 ตา
ข่าย ซึ่งก่อนการติดตั้งจะต้องทำการถักวัสดุพูนแบบตา
ข่ายให้ได้ตามความยาวของท่อความร้อนและม้วนให้มี
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับเส้นผ่าน
ศูนย์กลางภายในของท่อความร้อนก่อนทำการติดตั้ง ดัง
แสดงในรูปที่ 2 หลังจากนั้นทำการเชื่อมปิดหัวท้ายของ

ท่อความร้อนและภายในท่อความร้อนเป็นสัญญาณการบรรจุน้ำมัน R-134a ที่อัตราการเติมสารทำงานร้อยละ 40 ของปริมาตรส่วนท่อย่อย

2) สายเทอร์โมคัปเปิล ยี่ห้อ OMEGA ชนิด K มีความแม่นยำ ± 1 องศาเซลเซียส

3) เครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น DX200 ขนาด 20 ช่องสัญญาณ มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -200 องศาเซลเซียส ถึง 1,100 องศาเซลเซียส มีความละเอียด ± 0.1 องศาเซลเซียส

4) เครื่องวัดค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ รุ่น DT-1,307 สำหรับวัดรังสีรวม โดยวัดความเข้มรังสีอาทิตย์ได้ถึง 1,999 วัตต์ / ตารางเมตร มีความแม่นยำ ± 10 วัตต์ / ตารางเมตร

5) ชุดปรับอัตราการไหล ยี่ห้อ Platon รุ่น GTF2 ASS-C มีช่วงการวัดที่ 0.2 – 1.5 ลิตรต่อวินาที ใช้ปรับอัตราการไหลของน้ำในส่วนควบแน่น

6) มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ UNI-T UT51~55 ใช้สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

7) เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า LEONICS รุ่น APOLLO S-120A แรงดันไฟฟ้าขาเข้า 12 Vdc แรงดันไฟฟ้าขาออก 220 Vac 1 เฟส ความถี่ไฟฟ้า 50 Hz

8) ปั๊มน้ำ ยี่ห้อ Sonic รุ่น AP-1000 เป็นแบบ AC 220-240V, 50Hz, 5.5-6.5W, 400L/h

9) แบตเตอรี่ ที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 12V-20AH

10) แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแบบผลึกเดี่ยวซิลิกอน รุ่น M55/53 ขนาด 53 WP มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าโดยทดสอบที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังตารางที่ 1

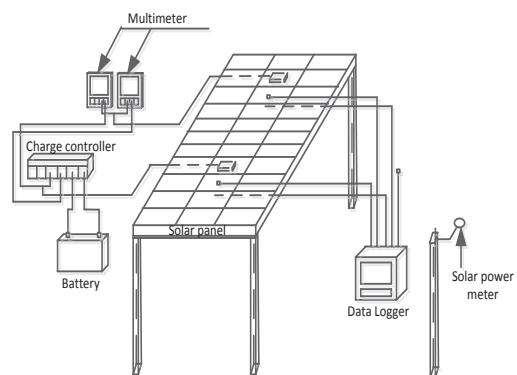
(แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาทดสอบเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผ่านการใช้งานมา 5 ปี)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอนที่ใช้ในการทดสอบ

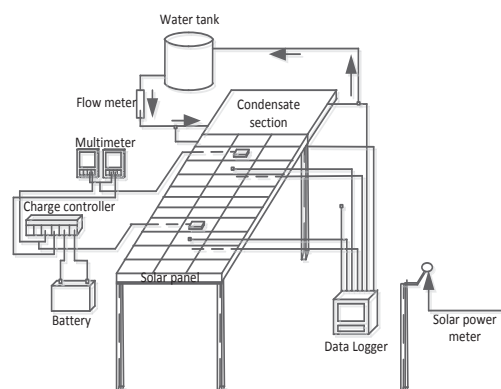
Power (± 10), Wp	53
Current (at load), A	3.05
Voltage (at load), V	17.4
Short Circuit Current, A	3.27
Open Circuit Current, V	21.8

2.2 การติดตั้งชุดทดสอบ

ในชุดทดสอบทั้ง 2 ชุดประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ ในส่วนของการติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ จะติดตั้งให้ห่างออกมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์พอสมควร เพื่อป้องกันรังสีสะท้อนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มารบกวนซึ่งให้อยู่ในระนาบเดียวกันกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3 การติดตั้งชุดทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (PV)



รูปที่ 4 การติดตั้งชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพ่นแบบตาข่ายทองแดง (HPPV)

2.3 ขั้นตอนการทดสอบ

ทำการทดสอบในเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2557 ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล เวลา 09.00 – 16.30 น. โดยทำการทดสอบที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1) นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนทั้ง 2 แผง มาทำการทดสอบเพื่อสอบเทียบกันก่อนพบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองแผงไม่แตกต่างกันมากนัก

2) นำท่อความร้อนติดตั้งเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยท่อความร้อนที่นำมาติดตั้งที่ด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีระยะห่างระหว่างท่อและมีระยะห่างระหว่างท่อกับขอบแผงเท่ากัน ซึ่งผิวสัมผัสระหว่างท่อความร้อนกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกยาและเคลือบด้วยซิลิโคนนำความร้อนดังแสดงในรูปที่ 6 เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างท่อความร้อนกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ท่อความร้อนได้รับความร้อนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะช่วยให้มีการระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดียิ่งขึ้น และทำการเสริมเหล็กยึดเข้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์อีกครั้งที่ตำแหน่งบน ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งล่าง เพื่อให้การสัมผัสระหว่างผิวท่อความร้อนกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แน่นขึ้นอีก

3) นำแผง PV และแผง HPPV พร้อมจัดวางชุดทดสอบ โดยหันหน้าแผงไปในแนวทิศใต้และวางทำมุม 18 องศาับแนวระดับ

4) ในชุดทดสอบแผง HPPV จะทำการติดตั้งปั้มน้ำที่ถังเก็บน้ำ เพื่อใช้ในการระบายความร้อนออกจากท่อความร้อนในส่วนควบแน่น (condenser section) โดยใช้อัตราการไหลของน้ำ 0.5 ลิตรต่อนาที [12]

5) ติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบและอุปกรณ์ในการตรวจวัดเข้ากับชุดทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ

6) ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลในตำแหน่งที่ต้องการตรวจวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) ประกอบด้วยตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 1 จุด ตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิหน้าแผงและอุณหภูมิผิวใต้แผงอย่างละ 2 จุดต่อแผง ตำแหน่งตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำขาเข้าและขาออกที่ส่วนควบแน่น และทำการบันทึก

อุณหภูมิทุกๆ 2 วินาที

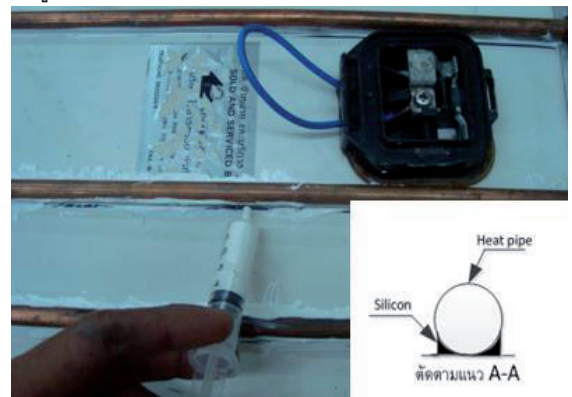


รูปที่ 5 ชุดท่อความร้อนที่ติดตั้งไว้ด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

7) วัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าโดยมัลติมิเตอร์ และทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาที

8) วัดค่าความเข้มรังสีอาทิตย์และบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาที

9) นำผลที่ได้จากการทดสอบไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 6 ลักษณะการยาซิลิโคนนำความร้อนระหว่างท่อความร้อนกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 7 ชุดทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (PV)



รูปที่ 8 ชุดทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ทดสอบความร้อนติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง (HPPV)

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลพิจารณาค่าดังต่อไปนี้

1) การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน [11] ดังสมการที่ (1)

$$Q = \dot{m} C_p (T_{out} - T_{in}) \quad (1)$$

โดยที่ Q คือ ค่าความร้อนที่น้ำได้รับในส่วนควบแน่น (วัตต์) $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของสารรับความร้อน (กิโลกรัม/วินาที) C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารรับความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส) และ $(T_{out} - T_{in})$ คือ ผลต่างอุณหภูมิของสารรับความร้อนขาออกและขาเข้าที่ส่วนควบแน่น (องศาเซลเซียส) ตามลำดับ

2) การคำนวณประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [3] ดังสมการที่ (2)

$$\eta = \frac{I \times V}{G \times A} \quad (2)$$

3) การคำนวณกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [4] ดังสมการที่ (3)

$$P = I \times V \quad (3)$$

โดยที่ η คือ ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์) V คือ ความต่างศักย์ (โวลต์) G คือ ความเข้มรังสีอาทิตย์ (วัตต์/ตารางเมตร) A คือ พื้นที่รับแสง (ตารางเมตร) และ P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

4) การคำนวณพลังงานไฟฟ้า [3] ดังสมการที่ (4)

$$W = P \times t \quad (4)$$

โดยที่ W คือ พลังงานไฟฟ้า (จูล) P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์) และ t คือ เวลา (วินาที)

5) การคำนวณระยะเวลาคืนทุน [3] ดังสมการที่ (5)

$$SPP = \frac{\text{First Cost}}{\text{Cost Saving}} \quad (5)$$

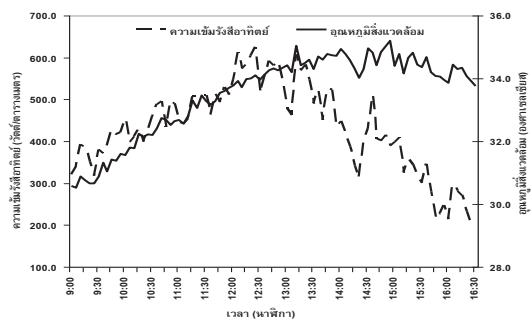
โดยที่ SPP (Simple Payback period) คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี) First Cost คือ เงินลงทุน (บาท) และ Cost Saving คือ ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้จริงในแต่ละปี (บาท/ปี)

3. ผลการวิจัยและการอภิปราย

3.1 ผลการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง

จากการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงและเปรียบเทียบกับ การทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดถูกนำมาคำนวณหา ดังต่อไปนี้

3.2 ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม



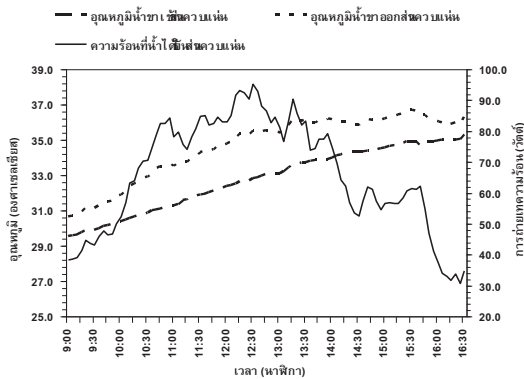
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ของเวลากับความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

จากรูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมพบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีอาทิตย์ตลอดทั้งการทดสอบมีค่าเท่ากับ 431.0 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 624.7 วัตต์ต่อตารางเมตร และจากข้อมูลพบว่าในช่วงเวลาระหว่างวัน อุณหภูมิจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยตลอดช่วงการทดสอบมีค่าเท่ากับ 33.5 องศาเซลเซียส

3.3 ค่าการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง

ผลทดสอบการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนที่

ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงซึ่งระบายความร้อนที่ส่วนควบแน่น โดยมีสารรับความร้อนคือ น้ำ



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ของเวลากับอุณหภูมิน้ำเข้า-น้ำออก ส่วนควบแน่นและความร้อนที่น้ำได้รับในส่วนควบแน่น

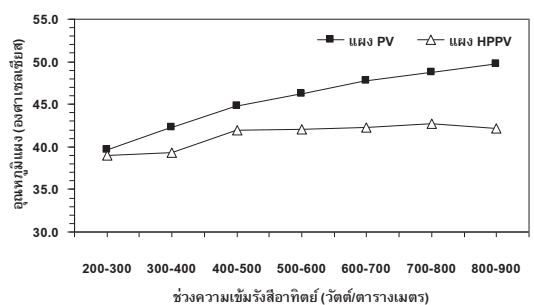
จากรูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับอุณหภูมิน้ำเข้า-น้ำออกส่วนควบแน่นและความร้อนที่น้ำได้รับในส่วนควบแน่น โดยที่อุณหภูมิได้รับความร้อนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปที่ส่วนทำระเหยทำให้เกิดแอ่งของเหลวขึ้นในส่วนนี้ จากนั้นสารทำงานในส่วนนี้จะเปลี่ยนสถานะไปเป็นไอ ซึ่งไอกี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นและไอจะถูกส่งผ่านส่วนกันความร้อนไปยังส่วนควบแน่น โดยมีการระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่วนควบแน่น ไอจะควบแน่นพร้อมกับคายความร้อนแฝงออกมาให้กับน้ำ หลังจากนั้นของเหลวที่เกิดจากการควบแน่นจะไหลจากส่วนควบแน่นกลับไปยังส่วนทำระเหย ซึ่งโครงสร้างวัสดุพูนที่ติดตั้งภายในท่อความร้อนจะทำหน้าที่เป็นเส้นทางให้ของเหลวที่เกิดจากการควบแน่นไหลย้อนกลับจากส่วนควบแน่นไปยังส่วนทำระเหย เพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนให้ได้มากที่สุด ซึ่งการทำงานก็ครบวัฏจักรและจะทำงานหมุนเวียนแบบนี้ไปเรื่อยๆ จากข้อมูลพบว่าค่าความร้อนที่น้ำได้รับมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มทำการทดสอบโดยค่าความร้อนที่น้ำได้รับสูงสุดเท่ากับ 95.2 วัตต์และค่าเฉลี่ยความร้อนที่น้ำได้รับตลอดทั้งการทดสอบเท่ากับ 66.0 วัตต์ ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำขาเข้า-ขาออกที่ส่วนควบแน่นตลอดช่วงของการทดสอบมีค่าเท่ากับ 32.8 และ 34.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำออกและน้ำเข้ามี

ค่าสูงสุดคือ 2.7 องศาเซลเซียส โดยช่วงเวลาระหว่างวันยังพบอีกว่าอุณหภูมิของน้ำขาออกที่ส่วนควบแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดทั้งการทดสอบ ซึ่งน้ำอุ่นที่ได้จากระบบจะมีอุณหภูมิตั้งแต่เริ่มทำการทดสอบอยู่ในช่วง 30.6-36.7 องศาเซลเซียส โดยน้ำอุ่นที่ได้จากเอามาทำเป็นต้นทุนสำหรับทำน้ำร้อนจะช่วยประหยัดพลังงานในการต้มน้ำได้อีกทาง ซึ่งเป็นประโยชน์อีกทางที่ได้จากการระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่วนควบแน่น

จากการทดลองจะทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์และประสิทธิภาพแผง PV และแผง HPPV โดยกำหนดให้อยู่ในช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ยังสามารถแยกตามสภาพอากาศได้ดังนี้ ช่วงเวลาที่ท้องฟ้ามีเมฆและหมอกจะมีความเข้มรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วง 200-400 วัตต์/ตารางเมตร ช่วงเวลาที่ท้องฟ้ามีเมฆและปราศจากหมอกจะมีความเข้มรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วง 400-600 วัตต์/ตารางเมตร สำหรับช่วงเวลาที่ท้องฟ้าโปร่งจะมีความเข้มรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วง 600-1000 วัตต์/ตารางเมตร [13] ตามลำดับ

3.4 อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ผลทดสอบอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แต่ละช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์



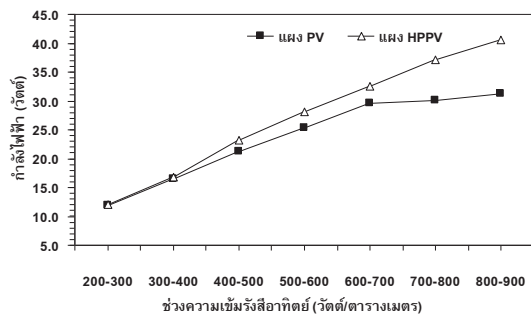
รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ของช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิแผง PV และอุณหภูมิแผง HPPV

จากรูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิแผง PV และอุณหภูมิแผง HPPV พบว่าอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์สูงขึ้น โดยอุณหภูมิแผง PV จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิแผง HPPV ทุกช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์

เนื่องจากที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่สูงขึ้น อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เมื่อพิจารณาตามสภาพอากาศพบว่า สภาพอากาศตั้งแต่ท้องฟ้ามีเมฆและหมอกไปจนถึงสภาพอากาศท้องฟ้าโปร่ง ตามลำดับ ความเข้มรังสีอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นตามสภาพอากาศมีผลให้อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ท่อความร้อนทำงานได้ดีขึ้นซึ่งท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงจะทำหน้าที่ในการดึงความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และไประบายความร้อนทิ้งให้กับน้ำที่ส่วนควบแน่นดังแสดงรูปที่ 10 จึงทำให้อุณหภูมิแผง HPPV มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิแผง PV โดยอุณหภูมิแผง HPPV เฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบเท่ากับ 41.4 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุด 42.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิแผง PV เฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบเท่ากับ 45.6 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุด 49.8 องศาเซลเซียส ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิแผง PV และอุณหภูมิแผง HPPV มีค่าสูงสุดคือ 7.1 องศาเซลเซียส โดยท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงสามารถลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดีกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนโดยเฉลี่ยร้อยละ 9.21

3.5 กำลังไฟฟ้า

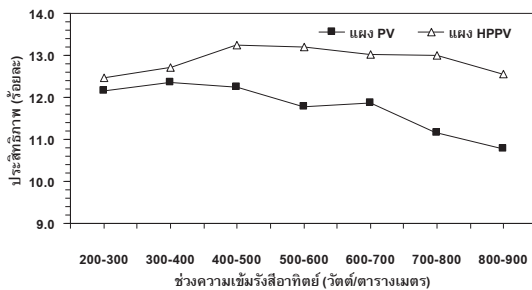
โดยทั่วไปเซลล์แสงอาทิตย์จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยการนำสารกึ่งตัวนำและพื้นที่ที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานที่เรียกว่าโฟตอน จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอมและเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น ปกติแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานโดยอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส



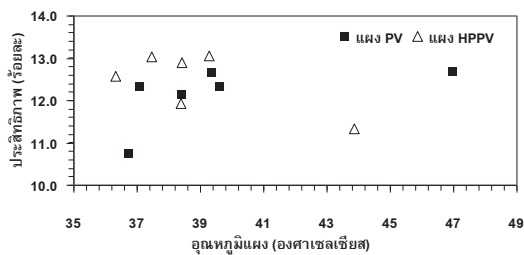
รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ของช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์กับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแผง PV และแผง HPPV

จากรูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์กับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแผง PV และแผง HPPV จากข้อมูลพบว่าที่แผง PV มีอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูงกว่าแผง HPPV ดังแสดงในรูปที่ 11 จึงส่งผลให้อุณหภูมิของสารกึ่งตัวนำของแผง PV เพิ่มขึ้นตามไปด้วยทำให้ช่องว่างพลังงานลดลง ดังนั้นจำนวนโฟตอนที่มิพลังงานมากกว่าช่องว่างจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นผลให้กระแสตัววงจรเพิ่มขึ้นเล็กน้อย [1] และที่อุณหภูมิของสารกึ่งตัวนำที่เพิ่มขึ้นมีผลให้จำนวนอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่การเพิ่มของจำนวนอิเล็กตรอนเป็นผลทำให้กระแสตัวย้อนกลับเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสตัวย้อนกลับเพิ่มขึ้นค่าแรงดันวงจรเปิดจะลดลง [5] ซึ่งกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะคำนวณจากสมการ (3) และผลของอุณหภูมิแผง PV ทำให้ทราบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีผลต่อการลดลงของช่องว่างพลังงานและการเพิ่มขึ้นของอิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำ ซึ่งส่งผลให้แรงดันวงจรวงจรเปิดและกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ได้นลดลง [14] จึงส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าของแผง HPPV มีค่าสูงกว่าแผง PV จากการทดสอบพบว่า แผง HPPV มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดทุกช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ของการทดสอบเท่ากับ 27.23 วัตต์ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 40.64 วัตต์ และแผง PV มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดทุกช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ของการทดสอบเท่ากับ 23.73 วัตต์ และมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 31.25 วัตต์ ส่งผลให้แผง HPPV สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 11.26 นอกจากนี้ยังพบว่า แผง PV และ แผง HPPV สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดที่สภาพอากาศท้องฟ้าโปร่งซึ่งมีช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ 600-1000 วัตต์/

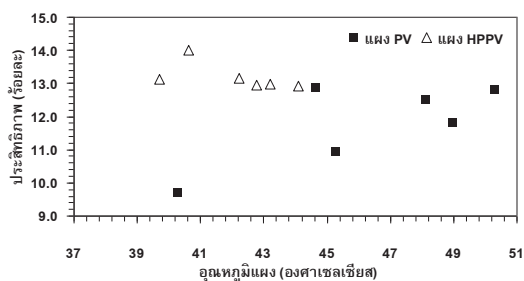
ตารางเมตร สำหรับสภาพอากาศท้องฟ้ามีเมฆและปราศจากหมอกซึ่งมีช่วงเข้มรังสีอาทิตย์ 400-600 วัตต์/ตารางเมตร จะมีค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้รองลงมา และมีค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้น้อยสุดที่สภาพอากาศท้องฟ้ามีเมฆและหมอกซึ่งมีช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ 200-400 วัตต์/ตารางเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ของช่วงรังสีอาทิตย์กับประสิทธิภาพแผง PV และแผง HPPV



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของแผง PV และแผง HPPV ที่ช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ 200 – 300 วัตต์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของแผง PV และแผง HPPV ที่ช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ 500 – 600 วัตต์ต่อตารางเมตร

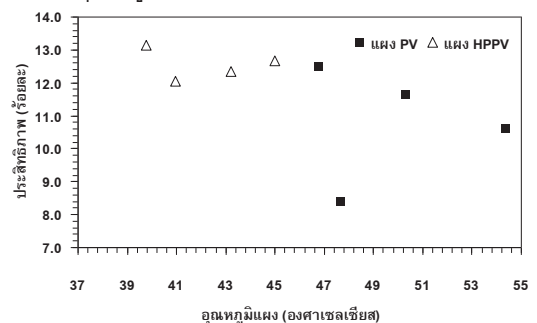
3.6 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะคำนวณ

จากสมการ (2) ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพดีควรมีค่าเข้าใกล้จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยประสิทธิภาพสูงสุดคืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับ [5] สืบเนื่องจากแผง HPPV มีค่ากำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าแผง PV ดังแสดงในรูปที่ 12 ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพของแผง HPPV มีค่าประสิทธิภาพมากกว่าแผง PV ตลอดทุกช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ดังแสดงรูปที่ 13 เมื่อพิจารณาที่ทุกสภาพอากาศตั้งแต่ ท้องฟ้ามีเมฆและปราศจากหมอก ท้องฟ้ามีเมฆและหมอก รวมถึงท้องฟ้าโปร่ง ประสิทธิภาพของแผง HPPV ก็มีค่าประสิทธิภาพมากกว่าแผง PV ตามลำดับ

จากรูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของแผง PV และแผง HPPV ที่ช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ 200 – 300 วัตต์ต่อตารางเมตรจากข้อมูลพบว่า แผง HPPV มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 13.06 ที่อุณหภูมิแผง 39.3 องศาเซลเซียส และในส่วนของแผง PV มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 12.69 ที่อุณหภูมิแผง 47.0 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของแผง PV และแผง HPPV ที่ช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ 500 – 600 วัตต์ต่อตารางเมตร เนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์รับพลังงานมากขึ้น จากข้อมูลพบว่า แผง HPPV มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 13.16 ที่อุณหภูมิแผง 42.2 องศาเซลเซียส และในส่วนของแผง PV มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 12.90 ที่อุณหภูมิแผง 44.6 องศาเซลเซียส



รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของแผง PV และแผง HPPV ที่ช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ 800 – 900 วัตต์ต่อตารางเมตร

จากรูปที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของแผง PV และแผง

HPPV ที่ช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ 800 – 900 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์มากที่สุด ส่งผลทำให้มีพลังงานตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นปริมาณมากจากข้อมูลพบว่า แผง HPPV มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 13.14 ที่อุณหภูมิแผง 39.8 องศาเซลเซียสและในส่วนองแผง PV มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 12.49 ที่อุณหภูมิแผง 46.8 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าสูงขึ้น

จากผลการทดสอบพบว่า ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยตลอดช่วงการทดสอบของแผง HPPV มีค่าเท่ากับร้อยละ 12.89 และค่าประสิทธิภาพของแผง PV เฉลี่ยตลอดช่วงการทดสอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 11.76 โดยแผง HPPV มีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 13.25 และแผง PV มีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 12.35 จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่างานวิจัยที่ศึกษาเทคนิคการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในลักษณะการระบายความร้อนแบบท่อที่ติดตั้งด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดร้อยละ 9.35 แต่ในงานวิจัยนี้สามารถเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดร้อยละ 14.74 และมีประสิทธิภาพแผง HPPV ที่สูงกว่าแผง PV โดยเฉลี่ยร้อยละ 9.60 ดังแสดงในรูปที่ 13

4. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนการสร้างประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานที่ได้ต่อปีจากระบบและระยะเวลาคืนทุน สำหรับต้นทุนในการลงทุนทำท่อความร้อนที่มีการระบายความร้อนด้วยน้ำในส่วนควบแน่น 960 บาท

ตารางที่ 2 พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผง PV และ แผง HPPV

แผงเซลล์แสงอาทิตย์	แผง PV	แผง HPPV
ต้นทุน (บาท)	-	960
ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (%)	11.76	12.89
พลังงานที่ผลิตได้ใน 1 ปี (เมกะจูล)	233.85	244.69

ตารางที่ 3 ระยะเวลาคืนทุนที่ได้จากแผง HPPV ในกรณีของการใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1.1 และ 1.2

ประเภทการใช้ไฟฟ้า			ระยะเวลาคืนทุน(ปี)
1.1	หน่วยที่	ราคาหน่วยละ(บาท)	แผง HPPV
	1-15	1.863	8.2
	16-25	2.503	6.0
	26-35	2.755	5.4
	36-100	3.138	4.7
	101-150	3.232	4.6
	151-400	3.736	3.9
	401 เป็นต้นไป	3.936	3.7
1.2	1-150	2.763	5.4
	151-400	3.736	3.9
	401 เป็นต้นไป	3.936	3.7

ตารางที่ 2 สรุปลักษณะเฉพาะของแผง PV และ แผง HPPV ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนการสร้าง ประสิทธิภาพของแผง พลังงานที่ได้ต่อปี จากการคำนวณพบว่า แผง HPPV ที่มีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่วนควบแน่น สามารถผลิตพลังงานต่อปีได้มากกว่าแผง PV โดยมีพลังงานที่ได้เพิ่มมาร้อยละ 4.63 และเมื่อพิจารณาถึงรูปแบบของการสะสมพลังงานในระยะยาว แผง HPPV จะมีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากกว่าแผง PV

ระยะเวลาคืนทุนของแผง HPPV ตามตารางที่ 3 โดยพิจารณาตามประเภทบ้านอยู่อาศัย จากข้อมูลพบว่า ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยประเภทที่ 1.1 คือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน จะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 4.6 ปี และลักษณะการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยประเภทที่ 1.2 คือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน ซึ่งพิจารณาในช่วง 151-400 หน่วยต่อเดือน จะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 3.9 ปี ตามลำดับ

5. สรุป

การทดสอบโดยใช้ท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงสำหรับลดอุณหภูมิแผงเซลล์

แสงอาทิตย์ โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงและมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่วนควบแน่นกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน จากการศึกษาพบว่า

1. ท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงเมื่อนำมาติดตั้งเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถช่วยระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้เป็นที่น่าพอใจ โดยการทดสอบแผง HPPV มีอุณหภูมิแผงต่ำกว่าแผง PV โดยเฉลี่ย 4.2 องศาเซลเซียส ทุกช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ เนื่องจากที่แผง HPPV มีการถ่ายเทความร้อนออกจากแผงด้วยท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดง

2. แผง HPPV ซึ่งมีอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่ำกว่าแผง PV ส่งผลให้แผง HPPV สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงกว่าแผง PV ทุกช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ เนื่องจาก อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดและกระแสไฟฟ้าสูงสุดลดลง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้

3. การลดลงของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการทำงาน ซึ่งในการทดสอบพบว่าแผง HPPV ที่มีการระบายความร้อนด้วยน้ำในส่วนควบแน่น ทำให้มีค่าประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการทำงานเพิ่มขึ้นและเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพของแผง HPPV มีค่าสูงกว่าแผง PV ร้อยละ 9.60

4. จากการแสดงผลระยะเวลาคืนทุน เนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบผ่านการใช้งานมาแล้ว 5 ปี และช่วงที่ทดสอบตรงกับช่วงฤดูฝน จึงทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพโดยการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่นัก ซึ่งมีผลทำให้ระยะเวลาคืนทุนของระบบลดลงได้น้อยเมื่อพิจารณาระยะเวลาคืนทุนตามปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับบ้านเรือนที่อยู่อาศัยที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน จะมีระยะเวลาคืนทุน 4.6 ปี สำหรับบ้านเรือนที่อยู่อาศัยที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน จะมีระยะเวลาคืนทุน 3.9 ปี นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อพิจารณาในหน่วยงานที่จะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าต่อหน่วยในราคาแพง ระบบพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผง HPPV เหมาะต่อการ

นำมาใช้งานมากกว่าแผง PV

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยท่อความร้อนและออกแบบเครื่องมือทางความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการสร้างชุดทดสอบ เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Tiwari, G.N., Mishra, R.K., Solanki, S.C. Photovoltaic modules and their applications: a review on thermal modeling. *Applied Energy*. 2011; 88:2287-2304.
- [2] Meral, ME., Dincer, F. A review of the factors affecting operation and efficiency of photovoltaic based electricity generation systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011; 15:2176-2184.
- [3] พงษ์ สกุลช่างสังจะทัย. การศึกษาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนเพื่อพัฒนาการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2555.
- [4] นิคม ผึ้งคำ. การเพิ่มสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยระบบหล่อเย็น. วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2551.
- [5] ประจวบ อำนาจประเสริฐสุข. การเพิ่มสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยการนำความร้อนทิ้งมาใช้ประโยชน์. วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2544.
- [6] ชยันต์ บุญยรักษ์. การเพิ่มประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เทคนิคท่อความร้อนระบายความร้อนใต้แผงเซลล์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2551.
- [7] สิริชัย ปัญญาสมาธิ. การปรับปรุงประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2548.
- [8] อภิสิทธิ์ พุ่มพวง. เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดครีป

ระบายความร้อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
นเรศวร. 2541.

- [9] พงษ์ศักดิ์ พูลศรี. การศึกษาสมรรถนะของระบบผลิต
ไฟฟ้าและน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์. การประชุม
วิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 28 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ธัญบุรี. 2557.
- [10] บงกช ประสิทธิ์. ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพ
ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยติดตั้งระบายความ
ร้อนอลูมิเนียม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต
ศึกษาศาสตร์ (อุตสาหกรรมศึกษา) มหาวิทยาลัย
นเรศวร. 2543.
- [11] สัมพันธ์ ฤทธิเดช. เทคโนโลยีท่อความร้อน.
ฉบับปรับปรุงแก้ไข 1 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม. 2554.
- [12] Pei, G., Fu, H., Zhang, T., Ji, Jie. A
numerical and experimental study on a heat
pipe PV/T system. Solar energy. 2011;
85:911-921.
- [13] อเนก ทอนสูงเนิน. การศึกษาและวิเคราะห์ผล
กระทบการบังเงาบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบ
โฟโตโวลตาอิก. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ธัญบุรี. 2557.
- [14] Tyagi, V.V., Rahim, N.A.A., Selvaraj, J.L.
Progress in solar PV technology : research and
achievement. Renewable and Sustainable
Energy Review. 2013; 20:443-461.