การประเมินสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของแผงโซล่าเซลล์ โดยการใช้พัดลมระบายความร้อนแบบอัตโนมัติ

Heat Transfer Performance Assessment of Solar Cell Module Using Automatics Cooling Fan

กฤษฎา นามวงษ์[1]*, พิษณุพงศ์ พันธ์นราพงศ์[1] และ ตั้งเฮง ยนต์สถิตย์กุล[2]

[1] สาขาเทคโนโลยีท่ออุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ถ.ศรีจันทร์ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
[2] หน่วยวิจัยพลังงานทดแทน คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีพนมวันท์ ถ.มิตรภาพ ต. บ้านโพธิ์ อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30310
*ติดต่อ: E-mail krissada_nam@hotmail.com, โทรศัพท์: 095-2257952

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ โดยในการศึกษาจะใช้แผงโซล่าเซลล์ชนิดโมโนคริสตัสไลน์ขนาด 0.54 m x 0.51 m กำลังไฟฟ้าสูงสุด 40 W (±5%) ภายใต้ค่ามาตรฐานแต่เมื่อนำใช้งานจริงกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของแผงสูงขึ้น เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทำงานของแผงโซล่าเซลล์มีผลมาจากแสงอาทิตย์และอุณหภูมิที่มากระทบกับแผงโซล่าเซลล์ การศึกษาครั้งนี้จึงได้สร้างอุปกรณ์ระบายความร้อนใต้แผงโซล่าเซลล์ด้วยพัดลมขนาด 12 VDC 0.24 A จำนวน 6 ตัว ที่มีการเปิดปิดการทำงานแบบอัตโนมัติควบคุมอุณภูมิโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน และช่องระบายอากาศขนาด 0.54 m x 0.11 m จากการทดสอบพบว่าการติดระบบระบายความร้อนแบบอัตโนมัติสามารถลดอุณหภูมิใต้แผงได้เฉลี่ยอยู่ที่ 5 - 10 ^{o}C อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ด้านหน้าแผงให้กับอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 197.77 W และอัตราการถ่ายเทความร้อนใต้แผงเฉลี่ยอยู่ที่ 137.31 W และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจาก 36.19 W เป็น 39.67 W หรือเพิ่มขึ้น 9.61 % เมื่อเทียบกับแผงขนาดมาตรฐานที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 536 W/m^2 ได้ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์สูงสุด 29.57 %

คำหลัก: เซลล์แสงอาทิตย์, การถ่ายเทความร้อน, ประสิทธิภาพ, การระบายความร้อน

Abstract

This research was an assessment of heat transfer performance of the solar cell module. The 0.54 m x 0.51 m solar cell module consisted of a mono-crystalline unit with a maximum generated electrical power of 40 W (±5%) under standard conditions. In a real practice, solar cell module performed drop down when the module temperature increased. Because the electricity generated by performance of solar cell results from sunlight intensity and temperature that affects the solar cell module**.** In this study, the experiment was installed 6 automatics cooling fan size of 12 VDC 0.24 A with automatics microcontroller according to the temperature to save energy and an air cooling size of 0.54 m x 0.11 m. The result was found that the automatic cooling system can reduced the temperature under solar cell module average at 5 - 10 ^{o}C, the rate of heat transfer at the front and

back of solar cell module to the air was average at 197.77 W, and 137.31 W, respectively. In addition, the automatic cooling system able increased the power generation capacity from 36.19 W to 39.67 W or increased 9.61 % compared with standard module at the average solar intensity of 536 W/m^2 and maximum efficiency solar cell was 29.57 %

Keywords: Solar cell, Heat transfer, Efficiency, Air cooling

1. บทนำ

แสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ตลอด มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ นอกจากจะให้แสงสว่างและความร้อนในเวลากลางวันแล้ว แสงอาทิตย์ยังสามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้อีกด้วย ซึ่งประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรที่ได้รับแสงอาทิตย์เกือบตลอดทั้งปี จึงมีศักยภาพในการนำแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างสูง ปริมาณรังสีรวมของแสงอาทิตย์ที่กระทบลงบนพื้นที่ประเทศไทยพบว่ามีค่ารังสีอาทิตย์สูงถึง 18 MJ/m^2-day [1] และการนำแสงอาทิตย์มาใช้งานนั้นต้องอาศัยอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าก็คือแผงโซล่าเซลล์หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเซลล์โฟโตโวลตาอิก หรือ photovoltaic cell ซึ่งโดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์จะอยู่ที่ 5 – 15 เปอร์เซ็นต์ [2] ปกติค่าประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์จะอ้างอิงอุณหภูมิทำงานที่ 25 องศาเซลเซียส แต่ในการใช้งานประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิทำงานสูงขึ้น โดยประสิทธิภาพจะลดลงประมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ สำหรับทุก 1 องศาเซลเซียสที่สูงขึ้น ดังนั้นที่อุณหภูมิทำงานจริงที่เพิ่มขึ้นประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์จะลดลงประมาณ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ [3, 4]

ในการทำงานของแผงโซล่าเซลล์นั้นโดยทั่วไปจะระบุความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ 1,000 W/m^2 อุณหภูมิการทำงานของโมดูล 25 องศาเซลเซียส [4] การลดอุณหภูมิการทำงานของแผงโซล่าเซลล์นั้นจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงนั้นเพิ่มขึ้นจึงได้มีการคิดค้นและวิจัยเกี่ยวกับวิธีการลดอุณหภูมิของแผงโซลล่าเซลล์ด้วยการระบายความร้อนหลากหลายรูปแบบ เช่น ในงานวิจัยของธนณัฏฐ์ ลังกาดี [5] ได้ประเมินสมรรถนะโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในกรณีที่มีการระบายความร้อน พบว่า โมดูลเซลล์แสงอาทิตย์และกรณีเปิดพัดลมเมื่อความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มีค่ามากกว่า 950 W/m^2 มีค่าเท่ากับ 234.64 kWh/y ต่อ 1 โมดูลเซลล์แสงอาทิตย์แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพจะดีกว่าแบบปกติ 17.59% งานวิจัยของประภาพิทย์ บุญหล้า [6] ทำการวิจัยเกี่ยวกับการระบายความร้อนด้วยน้ำของแผงโซล่าเซลล์ พบว่า แผงทดสอบจากการทดสอบแผงชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอนและแผงชนิดอะมอร์ฟัสมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 10.05 และร้อยละ 7.74 ตามลำดับ งานวิจัยของ ตั้งเฮง ยนต์สถิตกุล [7] ได้ศึกษาการศึกษาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์โดยระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็น พบว่าที่มีความเข้มแสงอาทิตย์เท่ากับ 642 W/m^2 มีค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ที่ติดตั้งท่อทองแดงระบายความร้อนเท่ากับ 40.74 W ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของแผงโซล่าเซลล์เท่ากับ 49.7 ^{O}C และประสิทธิภาพเท่ากับ 19.65% ประสิทธิภาพการทำงานของแผงโซล่าเซลล์สูงกว่าแผงโซล่าเซลล์แบบมาตรฐานเท่ากับ 2.7% งานวิจัยของสุรเชรษฐ์ สีชานาญ [8] ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพแผงโซล่าเซลล์โดยใช้ท่อความร้อนที่ใช้ท่อความร้อนติดตั้งวัสดุพรุนแบบตาข่ายทองแดง พบว่าสามารถลดอุณหภูมิของแผงโซล่าเซลล์ได้ดีกว่าแผงโซล่าเซลล์ที่ไม่ติดตั้งท่อความร้อนโดยเฉลี่ยร้อยละ 9.21 ในทุก

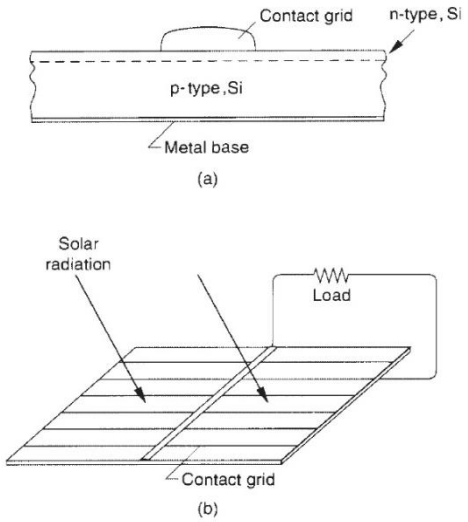
ช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ และค่าประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 9.60 งานวิจัยของ Krauter และคณะ [9] ได้ศึกษาการทางานของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีท่อระบายความร้อนด้วยอากาศหรือน้ำอยู่ภายในชั้นฉนวน สามารถทำให้สามารถผลิตกาลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น 9 % โดยอากาศมีความเร็วเท่ากับ 2 เมตรต่อวินาที และยังมีการวิจัยโดยใช้สารเปลี่ยนสถานะติดตั้งบริเวณด้านหลังโมดูล [10] และการใช้อากาศเป่าระบายความร้อนบริเวณด้านหลังโมดูล ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ได้ [11]

จากงานวิจัยที่ผ่านมา นักวิจัยได้คิดค้นวิธีลดอุณหภูมิใต้แผงด้วยวิธีการต่างๆมากมาย โดยมีการคำนึกถึงพลังงานสูญเสียในการติดตั้งอุปกรณ์น้อยมาก ดังนั้นการศึกษาวิธีการระบายความร้อนใต้แผงโซล่าเซลล์โดยใช้พัดลมระบายความร้อนแบบอัตโนมัติในการควบคุมอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศ จะเป็นการช่วยเพิ่มอัตราการไหลเวียนของอากาศใต้แผงและเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในแผงโซล่าเซลล์ เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและเกิดประโยชน์ในเชิงวิชาการต่อไป

2. หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการทำงานของแผงโซล่าเซลล์

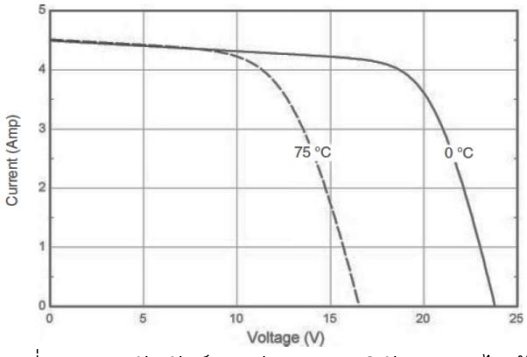
แผงโซล่าเซลล์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นกำลังไฟฟ้า สร้างขึ้นมาเป็นครั้งแรกในโลกซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% โดยในระยะเวลาต่อมามีการวิจัยและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงกว่า 15% (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน) โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงทำให้เกิดแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าเมื่อต่อครบวงจรทางไฟฟ้า ดังรูปที่ 1



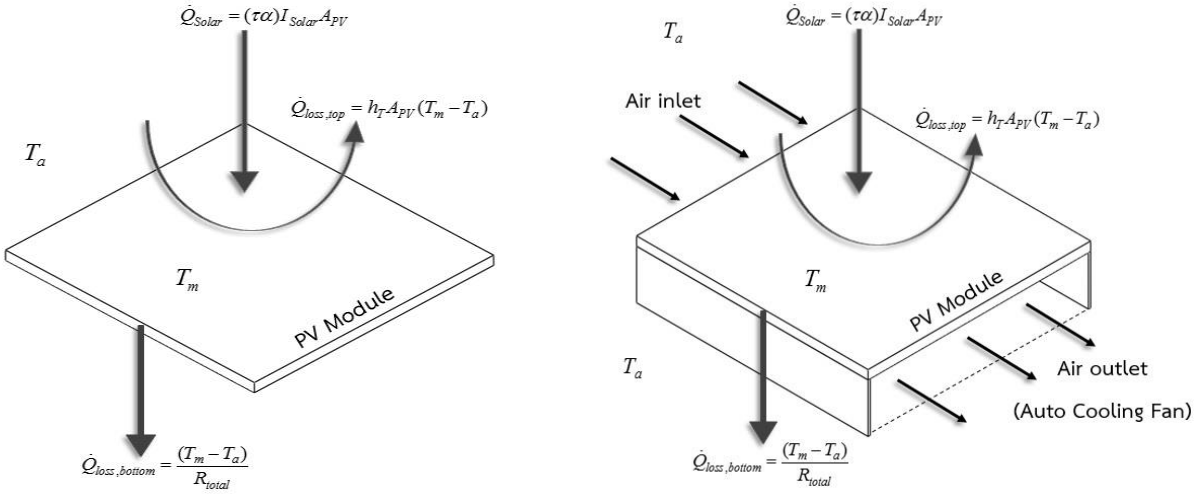
รูปที่ 1 (a) ภาพตัดของโครงสร้างแผงโซล่าเซลล์
(b) แผนภาพการทำงานของแผงโซล่าเซลล์

2.2 การถ่ายเทความร้อนภายในแผงโซล่าเซลล์

แผงโซล่าเซลล์จะผลิตไฟฟ้า เมื่อมีรังสีอาทิตย์ที่มีความเข้มที่สูงพอมาตกกระทบบนแผงโดยอิทธิพลที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ อุณหภูมิอากาศโดยรอบ ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ ความเร็วลมของอากาศโดยรอบ ซึ่งอิทธิพลจากตัวแปรเหล่านี้จะทำให้แผงโซล่าเซลล์มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นบนแผงโซล่าเซลล์มีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกระแสไฟฟ้าบนแผงโซล่าเซลล์จะเป็นไปตามรูปที่ 2 [12] และเมื่อได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ ก็จะเกิดความร้อนสะสมในแผงทำให้เกิดความร้อนสูญเสียโดยการนำและการพาไปยังอากาศแวดล้อมดังรูปที่ 3 (a), (b) [5]



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกระแสไฟฟ้า



(a) (b)

รูปที่ 3 (a) แผงโซล่าเซลล์แบบมาตรฐานที่ยังไม่มีระบบระบายความร้อน
(b) แผงโซล่าเซลล์ที่มีระบบระบายความร้อนแบบอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3 (a), (b) แสดงสมดุลพลังงานความร้อนของแผงโซล่าเซลล์แบบมาตรฐานและแบบที่ติดตั้งพัดลมระบายความร้อน พลังงานความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ (I_{Solar}) เมื่อแสงตกระทบด้านหน้าแผง รังสีของแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนบนแผงโซล่าเซลล์ แสงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิแผงสูงขึ้นมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิแผงและอุณหภูมิอากาศแวดล้อม เกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศบริเวณด้านหน้า $(\dot{Q}_{loss,top})$ รวมถึงอัตราความร้อนสูญเสียทางด้านหลังของแผง $(\dot{Q}_{loss,bottom})$ อัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนต่างๆ จะแสดงรายละเอียดการคำนวณดังต่อไปนี้

อัตราพลังงานจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนโดยแผงโซล่าเซลล์ สามารถแสดงได้ดังนี้ [12]

$$\dot{Q}_{solar} = (\tau\alpha) I_{solar} A_{PV} \qquad (1)$$

โดยที่

$\tau\alpha$ = ค่าการสะท้อนและค่าการดูดกลืนของแสง

I_{solar} = ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m^2)

A_{PV} = พื้นที่รับแสงด้านหน้าของโซล่าเซลล์ (m^2)

อัตราความร้อนที่สูญเสียจากแผงโซล่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ด้านหน้าของแผงโซล่าเซลล์ จะคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$\dot{Q}_{loss,top} = h_T A_{PV} (T_m - T_a) \qquad (2)$$

โดยที่

h_T = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านหน้าของแผง (W/m^2.K)

T_m = อุณหภูมิของแผงโซล่าเซลล์ ($^\circ$C)

T_a = อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ($^\circ$C)

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบริเวณด้านหน้าของแผงโซล่าเซลล์สามารถคำนวณได้จาก

$$h_T = 2.8 + 3v \qquad (3)$$

อัตราความร้อนที่สูญเสียจากแผงโซล่าเซลล์ที่ด้านหลังของแผงโซล่าเซลล์ $(\dot{Q}_{loss,bottom})$ จะคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$\dot{Q}_{loss,bottom} = \frac{(T_m - T_a)}{R_{total}} \quad (4)$$

โดยที่

v = ความเร็วของอากาศเฉลี่ยที่ไหลผ่านหน้าแผงโซล่าเซลล์ (m/s)

R_{total} = ความต้านทานความร้อนของแผงโซล่าเซลล์จากด้านหน้าถึงด้านหลัง (^{o}C/W)

จากสมการ (1, 2 และ 4) สมดุลพลังงานความร้อนในกรณีที่ไม่พิจารณาความร้อนสะสมในแผงโซล่าเซลล์สามารถจัดรูปได้เป็น

$$(\tau\alpha) I_{solar} A_{PV} = h_T A_{PV} (T_m - T_a) + \frac{(T_m - T_a)}{R_{total}} \quad (5)$$

และการหาค่าอุณหภูมิของแผงโซล่าเซลล์ (T_m) หาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$T_m = T_a + \frac{I_{solar} A_{PV} (\tau\alpha)}{h_T A_{PV} + \frac{1}{R_{total}}} \quad (6)$$

ค่าความต้านทานทางความร้อน (R_{total}) จะพิจารณาค่าความต้านทานความร้อนนับจากอุณหภูมิของแผงด้านหน้ามาถึงอุณหภูมิของอากาศด้านหลังของแผง ในการทดลองครั้งนี้ แบ่งการพิจารณาเป็น 2 กรณี ทั้งที่ไม่มีการระบายความร้อนและมีการติดตั้งพัดลมระบายความร้อน สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้ [4, 5]

ค่าความต้านทานความร้อนแบบมาตรฐานที่ไม่มีการระบายความร้อน

$$R_{total,non-cooling} = \frac{1}{\left[\frac{(\tau\alpha) I_{solar} A_{PV}}{T_m - T_a}\right] - h_T A_{PV}} \quad (7)$$

ค่าความต้านทานความร้อนแบบมาตรฐานที่มีพัดลมระบายความร้อน

$$R_{total,cooling} = \frac{1}{h_B A_{PV}} \quad (8)$$

โดย h_B จะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอากาศที่ระบายความร้อนใต้แผง ดังนี้

$$h_B = \frac{(\dot{m} C_p)_a (\Delta T)}{A_{PV} (T_m - T_a)} \quad (9)$$

โดยที่

h_B = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านหลังของแผง (W/m^2.K)

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศในช่องพัดลมระบายความร้อน (kg/s)

$C_{p,a}$ = ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (kg/s)

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องระบายความร้อนที่ทางเข้าและทางออก (^{o}C)

2.3 กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพจากแผงโซล่าเซลล์

ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าและค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองบนแผงโซล่าเซลล์แบบมาตรฐาน และแบบที่ติดตั้งพัดลมระบายความร้อนแบบอัตโนมัติ โดยใช้สูตรในการคำนวณดังต่อไปนี้ [2, 12]

กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

$$P_e = I_e \cdot V_e \quad (10)$$

ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงกับพลังงานจากความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่รับแสงของแผงโซล่าเซลล์ ดังสมการต่อไปนี้

$$\eta_e = \frac{P_e}{I_{solar} A_{PV}} \qquad (11)$$

และประสิทธิภาพของการระบายความร้อนใต้แผงโซล่าเซลล์ สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\eta_{cooling} = \frac{\dot{m} C_p \Delta T}{I_{solar} A_{PV}} \qquad (12)$$

โดยที่

P_e = กำลังไฟฟ้า (Watt, W)

I_e = กระแสไฟฟ้า (A)

V_e = แรงดันไฟฟ้า (Volt, V)

3. วิธีการทดลอง

3.1 วิธีดำเนินการทดลอง

ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลองเพื่อประเมินการถ่ายเทความร้อน และหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแผงโซล่าเซลล์ ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างอุปกรณ์เสริมคือระบบระบายความร้อนโดยใช้พัดลมระบายความร้อนแบบอัตโนมัติขนาด 12 VDC 0.24 A จำนวน 6 ตัว ควบคุมผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ มีการทำงานตามโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ ความเร็วของพัดลมจะหมุนตามอุณหภูมิใต้แผงของโซล่าเซลล์เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดทดสอบแผงโซล่าเซลล์แบบมาตรฐานชนิด Mono-Crystalline และชุดทดสอบที่ติดตั้งพัดลมระบายความร้อนแบบอัตโนมัติทั้ง 2 แผง ใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 40 วัตต์

ในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบผลของอัตราการถ่ายเทความร้อน ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์แบบมาตรฐานและชุดทดสอบแผงโซล่าเซลล์ที่ติดตั้งพัดลมระบายความร้อนแบบอัตโนมัติ ในส่วนของการประยุกต์ใช้งานในเชิงพาณิชย์นั้นจะต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไป

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

(1) ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์จำนวน 2 แผง ได้แก่แผงโซล่าเซลล์แบบมาตรฐานกับแผงโซล่าเซลล์ที่ติดตั้งพัดลมระบายความร้อนควบคุมผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ โดยแผงโซล่าเซลล์ไปเอียงทำมุม 15 องศากับแนวระดับ ดังรูปที่ 4

(2) นำเครื่อง data logger ยี่ห้อ Center รุ่น 520 data logger เชื่อมต่อกับสายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K นำปลายสายไปติดตั้งให้สัมผัสที่ผิวด้านหน้าและด้านหลังของแผงโซล่าเซลล์ทั้งสองชุดการทดลอง

(3) การวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้า จะใช้มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT60G

(4) การวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ในการทดลองจะใช้เครื่องมือวัดความเข้มแสง ยี่ห้อ TENMARS รุ่น TM-206

(5) ทำการทดลองเริ่มเวลา 9.00 – 15.00 น. ทำการวัดค่าทุกๆ 15 นาที แล้วบันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผล

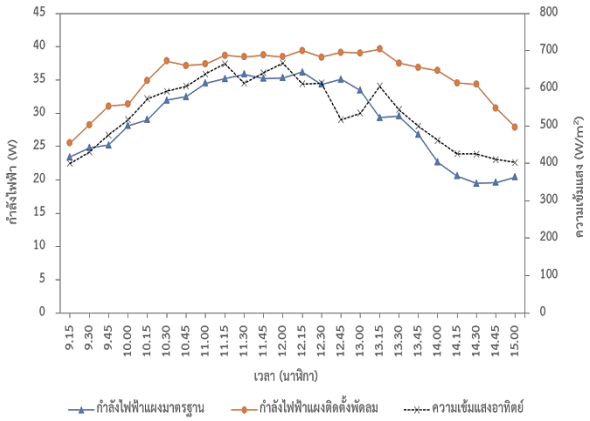
สำหรับพัดลมระบายความร้อนอัตโนมัติจะมีระดับความเร็วอยู่ 3 ระดับ เมื่ออุณหภูมิใต้แผงช่วง 35-40 °C พัดลมจะเริ่มหมุนความเร็วระดับ 1 (ความเร็วลม 1 m/s) อุณหภูมิใต้แผงช่วง 41-45 °C จะหมุนระดับ 2 (ความเร็วลม 1.5 m/s) และอุณหภูมิที่ 46 °C ขึ้นไปพัดลมจะหมุนระดับที่ 3 (ความเร็วลม 2.5 m/s)

รูปที่ 4 แผงโซล่าเซลล์ที่ใช้ในการทดลองแบบมาตรฐานและแบบที่ติดตั้งพัดลมระบายความร้อน

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองของกำลังไฟฟ้ากับความเข้มของแสงอาทิตย์

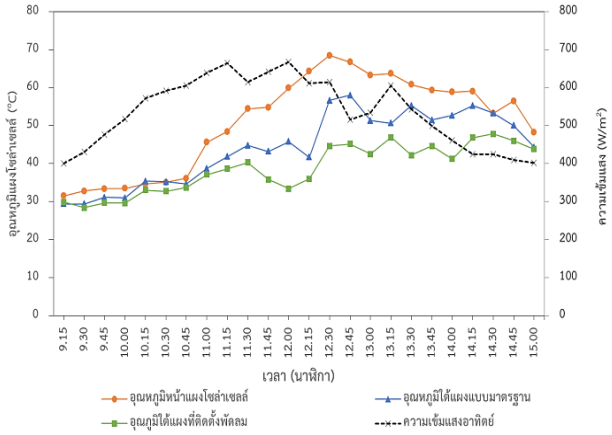
ผลการทดลองหากำลังไฟฟ้ากับความเข้มแสงอาทิตย์ และทำการเปรียบเทียบระหว่างแผงมาตรฐานกับแผงที่ติดตั้งพัดลมระบายความร้อนอัตโนมัติ พบว่าในเวลา 12.15 น. แผงมาตรฐานสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 36.19 W ที่ความเข้มแสง 611.91 W/m^2 อุณหภูมิใต้แผง 41.7 $^{\circ}$C ขณะที่ในเวลา 13.15 น. แผงที่ติดตั้งพัดลมระบายความร้อนสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 39.67 W ที่ความเข้มแสง 516.50 W/m^2 โดยคิดเป็นกำลังที่เพิ่มขึ้นได้ 9.61% โดยความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งวัน คือ 536.21 W/m^2 ทั้งนี้กำลังไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนแปลงตามความเข้มแสงอาทิตย์ได้เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงผลระหว่างกำลังไฟฟ้ากับความเข้มแสง

4.2 ผลการทดลองการลดอุณหภูมิใต้แผงโซล่าเซลล์

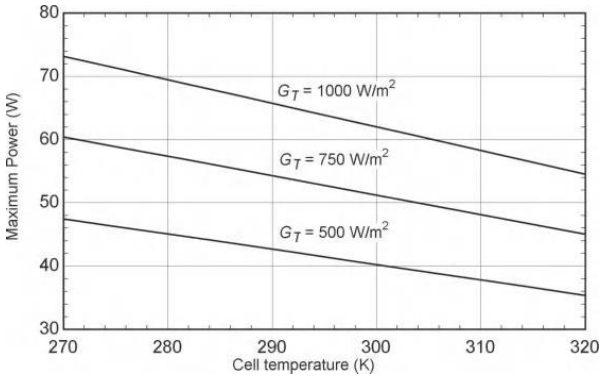
การลดอุณหภูมิใต้แผงทั้ง 2 แบบ จะพบว่าเมื่อติดตั้งพัดลมระบายความร้อนแบบอัตโนมัติเข้าไปจะทำให้สามารถลดอุณหภูมิใต้แผงได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเมื่ออุณภูมิใต้แผงเริ่มสูงขึ้น พัดลมจะหมุนตามอัตราที่เขียนโปรแกรมไว้ ส่งผลให้อัตราการไหลของอากาศใต้แผงเกิดการไหลเวียนตลอดเวลาทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อน การลดอุณหภูมิจึงเกิดได้ดีในช่วงเวลา 13.30 น. แผงที่ติดตั้งพัดลมอัตโนมัติจะสามารถลดอุณหภูมิใต้แผงได้สูงสุด 13.10 $^{\circ}$C ค่าเฉลี่ยของการลดอุณหภูมิอยู่ที่ 5.47 $^{\circ}$C ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงผลของการลดอุณหภูมิใต้แผงโซล่าเซลล์ระหว่างแผงมาตรฐานกับแผงที่ติดตั้งพัดลม

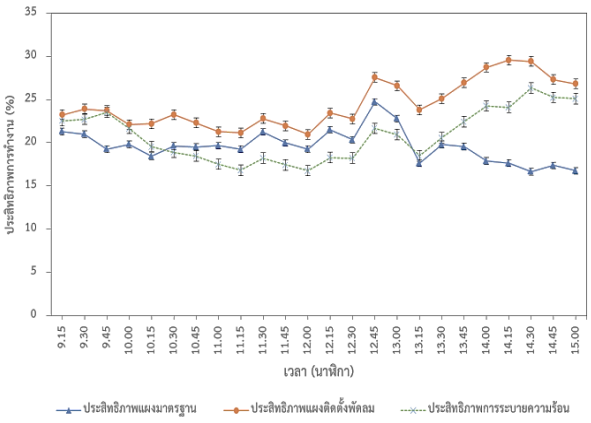
4.3 ประสิทธิภาพการทำงานของแผงโซล่าเซลล์

สมรรถนะในการผลิตไฟฟ้าหาได้จากประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงกับพลังงานจากความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่รับแสงของแผงโซล่าเซลล์ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ความเข้มแสงต่างๆ (G_T) จะแสดงได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่อุณหภูมิแผงและความเข้มแสงอาทิตย์

จากผลการทดลองหาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 แบบ ปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพคือ อุณหภูมิของแผงโซล่าเซลล์ ความเข้มของแสงอาทิตย์ พบว่า แผงมาตรฐานมีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด 24.73 % อุณหภูมิการทำงานที่ 44.30 $^{\circ}$C และแผงที่ติดตั้งพัดลมระบายความร้อนแบบอัตโนมัติมีประสิทธิการทำงานสูงสุดที่ 29.57 % อุณหภูมิการทำงาน 43.80 $^{\circ}$C จะเห็นว่าการลดอุณหภูมิใต้แผงโซล่าเซลล์จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงเพิ่มมากขึ้นในตลอดช่วงเวลาการทดลอง ซึ่งมีประสิทธิภาพของแผงที่ติดตั้งพัดลมสูงกว่าแบบเดิมอยู่ถึง 19.02 % และประสิทธิภาพของชุดระบายความร้อนเฉลี่ยจะอยู่ที่ 26.33 % ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงประสิทธิภาพการทำงานแผงโซล่าเซลล์และประสิทธิภาพชุดระบายความร้อน

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าปัจจัยหลักที่มีผลกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้แผงโซล่าเซลล์นั้น คือ อุณหภูมิและความเข้มแสงอาทิตย์ เมื่ออุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศใต้แผงจะเป็นการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการไหลเวียนของอากาศตลอดเวลา การติดตั้งระบบพัดลมระบายความร้อนแบบอัตโนมัติสามารถลดอุณหภูมิใต้แผงได้เฉลี่ยอยู่ที่ 5.47 $^{\circ}$C ปริมาณความร้อนที่แผงโซล่าเซลล์รับจากแสงอาทิตย์อยู่ที่ 335.07 W อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ด้านหน้าแผงให้กับอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 197.77 W และอัตราการถ่ายเทความร้อนใต้แผงเฉลี่ยอยู่ที่ 137.31 W ที่ความเร็วของพัดลมระบายความร้อน 2.5 m/s และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจาก 36.19 W เป็น 39.67 W หรือเพิ่มขึ้น 9.61 % เมื่อเทียบกับแผงขนาดมาตรฐานที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 536.21 W/m^2 ได้ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์สูงสุด 29.57 % และประสิทธิภาพของชุดระบายความร้อนจะอยู่ที่ 26.33 % ดังนั้นการระบายความร้อนโดยการใช้พัดลมพัดประยุกต์การใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ที่ใช้ในการเปิด-ปิดการทำงานตามอุณหภูมิใต้แผง สามารถลดอุณหภูมิในแผงโซล่าเซลล์ได้ดี และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผงได้เป็นอย่างดี และในส่วนของการนำไปประยุกต์ใช้งานในเชิงพาณิชย์นั้น จะต้องมีการศึกษาวิจัยถึงความคุ้มทุนซึ่งจะได้ทำการศึกษาในลำดับต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการวิจัย และพื้นที่สำหรับการจัดทำชุดทดลอง และขอขอบคุณหน่วยวิจัยพลังงานทดแทน คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีพนมวันท์ ในการสนับสนุนอุปกรณ์การวัด

7. เอกสารอ้างอิง

[1] เสริม จันทร์ฉาย. (2557) รังสีอาทิตย์. บริษัทเพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป จากัด
[2] นุชิดา สุวแพทย์ และประภาพิทย์ บุญหล้า. (2556). การเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแผงแสงอาทิตย์, วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน. 2(3) : 11–13.
[3] ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2559). สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช 25).

เชียงใหม่ :http://www.clinictech.most.go.th/online/techlist/attachFile/20172251157371.pdf.

[4] อรรถกร อาสนคา, อิสระพงศ์ กันธิยะ และ ทนง เกียรติ เกียรติศิริโรจน์. การทำนายสมรรถนะโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ภายใต้การทำงานจริง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2558; 22 (3): 88-94.

[5] ธนณัฏฐ์ ลังกาดี และ อรรถกร อาสนาคำ (2560). การประเมินสมรรถนะโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในกรณีที่มีและไม่มีการระบายความร้อนด้วยอากาศ, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 28 พฤศจิกายน 2560, 130-141

[6] ประภาพิทย์ บุญหล้า. (2556). การระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลตาอิกชนิดผลึกเดี่ยวและชนิดอะมอร์ฟัส

[7] ตั้งเฮง ยนต์สถิตกุล และคณะ. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์โดยระบายความร้อนด้วยท่อทาความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับแผ่นเพลเทียร์

[8] สุรเชรษฐ์ สีชานาญ และคณะ. (2559). การเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนแบบตาข่ายทองแดง, วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. 9(1) : 11-22.

[9] Krauter, G. A., el al. (1999). Combined PV and Solar Thermal Systems for Facade Integration and Building Insulation, Solar Energy. 67: 239–248.

[10] Sun, V., Deethayat, T., Asanakham, A. and Kiatsiriroat. (2016). Numerical and experimental studies on phase change material for reducing PV module temperature. The International Conference on Advanced Manufacturing Technology and Applied Energy 2016 (AMTAE 2016), August 22- 23, Ho Chi Minh City, Vietnam

[11] Teo, H. G., Lee, P. S. and Hawlader, M. N. A. (2012). An active cooling system for photovoltaic modules. Applied Energy, 2012; 90: 309–315.

[12] Duffie, J. A. and Beckman, W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons, 1991.