

การเปรียบเทียบผลของสารทำงานภายในต่อความร้อนที่มีผลต่อ การระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ยุธนา ศรีอุดม¹, สังคม สัพโส², ชัยณรงค์ แสนเปา³ และ วิศิษฐ์ ชัดสาย⁴

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบผลของสารทำงานภายในต่อความร้อนสำหรับระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สำหรับทดสอบเป็นแบบโมโนคริสตัลไลน์ ขนาด 80 วัตต์ ซึ่งจะมีการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แบบ คือ แบบที่ 1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (HP1) แบบที่ 2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอล (HP2) เป็นสารทำงาน และ แบบที่ 3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) จากผลการทดสอบ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน มีค่าเท่ากับ 56.4 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 9.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผงที่ทำการติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน มีอุณหภูมิที่ผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย เท่ากับ 52.1 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 10.3 เปอร์เซ็นต์ และแผงที่ทำการติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน มีอุณหภูมิผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย เท่ากับ เท่ากับ 48.5 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 11.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการทดสอบจะเห็นได้ว่า การติดตั้งท่อความร้อนเพื่อระบายความร้อนทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

คำสำคัญ: การเพิ่มประสิทธิภาพ, แผงเซลล์แสงอาทิตย์, ท่อความร้อนแบบแบน

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
Email : Yuttana.sriudom@gmail.com โทรศัพท์ : 0 5551 5900

² อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

³ อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

⁴ อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Comparison of Results of Working Fluid in The Heat Pipe Affecting Solar Cell Modules Cooling

Yuthana Sriudom¹, Sangkom Subphaso², Chainarong Saenpao³ and Wisit Kadsai⁴

Abstract

The purpose of this research was to test and compare the effect of working fluid for cooling of solar cell modules by cooling with heat pipes. The test set consists of three 80 watt solar modules that made of mono-crystalline. The first module did not install heat pipes, while the second module installed heat pipes using ethanol as the working fluid and the third module installed heat pipes using R-11 as working fluid respectively. The results showed that the average temperature of the first solar cell module was 56.4 °C and the efficiency was 9.1%, in the case of did not install heat pipes on solar module. With the units with heat pipes, it was found that unit with ethanol heat pipe had an average temperature of 52.1 °C and efficiency at 10.3%, whereas the temperature of the unit using R-11 heat pipe had an average temperature at 48.5 °C and efficiency at 11.5%. From the experiments, it was concluded that the installation of heat pipes can increase the efficiency of solar cell modules.

Keywords: Enhancing Efficiency, Solar Cell, Flat Heat Piped.

¹ Assistant Professor, Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak
Email : Yuttana.sriudom@gmail.com Tel. 0 5551 5900

² Lecturer, Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

³ Lecturer, Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

⁴ Lecturer, Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

บทนำ

ในปัจจุบันได้การใช้พลังงานในประเทศนับวันจะยิ่งมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในแต่ละปีนั้นจะต้องใช้งบประมาณหลายหมื่นล้านบาทที่สูญเสียไปกับค่าเชื้อเพลิงที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ และมีแนวโน้มว่าค่าใช้จ่ายจะสูงขึ้นทุกปี คณะผู้วิจัยเห็นว่าแสงอาทิตย์มีประโยชน์ในหลายรูปแบบจึงคิมนำเอาพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุดโดยอาศัยสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เราเรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เพื่อที่จะมาใช้เป็นแหล่งพลังงานเพิ่มเติมจากพลังงานแหล่งอื่นๆ ที่จะหมดไปในอนาคต พลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีปริมาณมหาศาลและไม่มีวันหมดไปจากโลก และไม่ทำให้เกิดมลภาวะสำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรของโลกได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากกว่าประเทศแถบอื่นๆ เช่น แถบยุโรป และแถบอเมริกา และยังมีแสงอาทิตย์อยู่ตลอดทั้งปีซึ่งสามารถนำเอาพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างจริงจัง จะสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้เป็นจำนวนมากในแต่ละปี ในการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า นั้นยังมีความยากจากการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดซึ่ง (นราธิป ศรีละโครต และคณะ, 2550) ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่อุณหภูมิแผง 25 °C แต่เมื่ออุณหภูมิแผงเซลล์เพิ่มขึ้น 1°C จะส่งผลให้ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงประมาณ 0.5% (สุรเชษฐ สีสานานู และคณะ, 2559) โดยปกติอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ในประเทศไทย มักจะมีอุณหภูมิสูงกว่า 30°C ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง

ดังนั้นการทดสอบและเปรียบเทียบผลของสารทำงานภายในท่อความร้อนสำหรับระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเลือกใช้สารทำงานให้เหมาะสมกับการระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

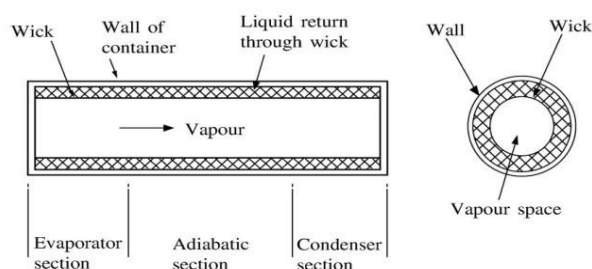
วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเชิงทดสอบและเปรียบเทียบผลของสารทำงานภายในท่อความร้อนที่มีผลต่อการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

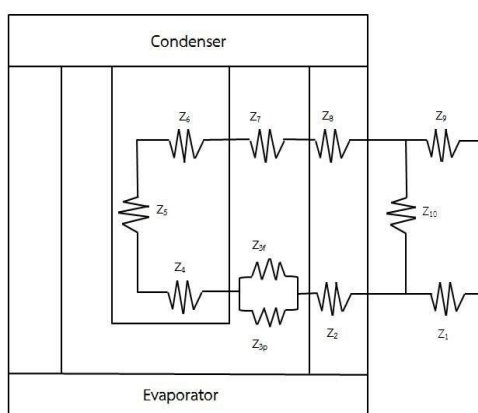
1. ท่อความร้อน (Heat Pipe)

ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่สามารถในการนำความร้อนจากปลายด้านหนึ่งไปสู่ปลายอีกด้านหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว โดยมีลักษณะเป็นท่อปลายปิดทั้ง 2 ด้าน ภายในจะทำให้เป็นสุญญากาศและบรรจุสารทำงานและวัสดุพรุนไว้ โดยสารทำงานทำหน้าที่รับความร้อนจากส่วนที่ระเหยแล้วไประบายความร้อนกับส่วนควบแน่นแล้วกลั่นตัวเป็นของเหลวไหลกลับมายังส่วนที่ระเหยอีกครั้ง โดยอาศัยวัสดุพรุนที่มีแรงคาпилลารีช่วยในการดึงเอาสารทำงานที่กลั่นตัวให้ไหลกลับมายังส่วนที่ระเหย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบของท่อความร้อน (Heat Pipe) (สัมพันธุ์ ฤทธิเดช, 2555)

1.1 ค่าความร้อนที่ท่อความร้อนสามารถส่งผ่านได้ สามารถหาได้จากความต้านทานทั้งหมด (Z) ที่เกิดในระบบ พิจารณาจากภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความต้านทานในส่วนต่าง ๆ ที่ในท่อความร้อน (ถนัด เกษประดิษฐ์, 2559)

- เมื่อ Z_1, Z_9 = ความต้านทานการพาความร้อนโดยรอบผนังภายนอกท่อ
 Z_2, Z_8 = ความต้านทานการนำความร้อนผ่านผนังท่อที่ส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น
 Z_3, Z_7 = ความต้านทานภายในท่อของของเหลว
 Z_5 = ความต้านทานจากความดันที่ลดลงในในส่วนควบแน่น
 Z_{10} = ความต้านทานการนำความร้อนต่อความร้อนตามแนวความยาวท่อ
 Z_4, Z_6 = ความต้านทานความร้อนในการเปลี่ยนแปลงสถานะระหว่างของเหลวและไอ
 Z_1, Z_9 = ความต้านทานที่เกิดจากการพาความร้อนโดยรอบผนังภายนอกท่อซึ่งหาจากสมการ (1) และ (2)

$$Z_1 = \frac{1}{h_{eo}A_{eo}} \quad (1)$$

$$Z_1 = \frac{1}{h_{co}A_{co}} \quad (2)$$

สมการในการหาค่าความต้านทานรวม แสดงดังสมการที่ (3)

$$Z_{total} = Z_1 + \left[\frac{1}{Z_2 + Z_3 + Z_5 + Z_7 + Z_8} + \frac{1}{Z_{10}} \right]^{-1} + Z_9 \quad (3)$$

หลังจากได้ค่าความต้านทานความร้อนรวมแล้ว สามารถหาค่าความร้อนที่ท่อความร้อนสามารถส่งถ่ายได้ดังสมการที่ (4)

$$q = \frac{\Delta T}{Z_{total}} \quad (4)$$

เมื่อ $\Delta T = T_{so} - T_{si}$ (5)

เมื่อ T_{so} คือ อุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อน ($^{\circ}\text{C}$)

T_{si} คือ อุณหภูมิของแหล่งรับความร้อน ($^{\circ}\text{C}$)

2.3 คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน

คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนเมื่อให้ความร้อนเข้าไปยังส่วนทำระเหย สารทำงานจะรับความร้อนจะเกิดการเดือดและเคลื่อนที่จากส่วนทำระเหยไปยังส่วนควบแน่นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและเกิดการถ่ายเทความร้อนทำให้เกิดการควบแน่น ในการหาค่าการถ่ายเทความร้อนไปยังส่วนควบแน่นคำนวณจากวิธี Calorimeter โดยการวัดค่าอุณหภูมิทั้งขาเข้าและขาออกของสารรับความร้อนที่ส่วนควบแน่น จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณโดยใช้สมการ (6) ดังต่อไปนี้

$$Q = m^{\circ} C_p \Delta T \quad (6)$$

โดยที่ Q คือ ค่าความร้อนของอากาศในส่วนควบแน่น (W)

m° คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ/kg- $^{\circ}\text{C}$)

ΔT คือ ผลต่างอุณหภูมิของอากาศขาออกและขาเข้าที่ส่วนควบแน่น ($^{\circ}\text{C}$)

$$\text{เมื่อ } m^{\circ} = \rho v A \quad (7)$$

โดย ρ คือ ค่าความหนาแน่น (kg/m³)

v คือ ค่าความเร็วของสารทำงาน (m/s)

A คือ ค่าพื้นที่หน้าตัดที่สารทำงานไหลผ่าน (m²)

การคำนวณประสิทธิภาพ (η) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังสมการที่ (3)

$$\eta = (IV)/(GA) \quad (8)$$

การคำนวณกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังสมการที่ (4)

$$P = IV \quad (9)$$

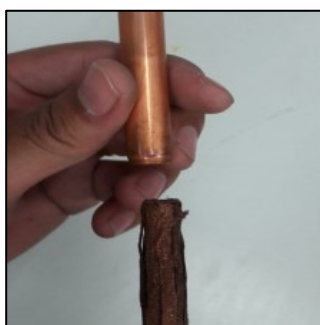
โดยที่	P	คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
	I	คือ กระแสไฟฟ้า (A)
	V	คือ แรงดันไฟฟ้า (Volt)
	G	คือ ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (W/m^2)
	A	คือ พื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)
	P	คือ กำลังไฟฟ้า (Watts)

2.4 อุปกรณ์ และขั้นตอนการทดสอบ

ผู้วิจัยได้ออกแบบ และสร้างชุดทดลอง โดยแบ่งชุดสอบออกเป็น 3 ชุด ได้แก่ 1. ชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (HP1) 2. ชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอล เป็นสารทำงาน (HP2) และ 3 ชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) โดยช่วงเวลาในการทดสอบ ระหว่างวันที่ 1 - 30 ธันวาคม 2560

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ท่อความร้อนทำจากท่อทองแดงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 18 มิลลิเมตร ภายในติดตั้งวัสดุพรุนแบบตาข่ายทองแดง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3 บรรจุสารทำงานประกอบด้วย เอทานอล และ สารทำความเย็น R-11 โดยเติมสารทำความเย็น 40% โดยปริมาตรรวมภายในท่อ



ภาพที่ 3 ท่อความร้อน และวัสดุพรุนแบบตาข่าย

1.2 สายเทอร์โมคัปเปิลยี่ห้อ OMEGA ชนิด K แม่นยำ $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สายเทอร์โมคัปเปิลยี่ห้อ OMEGA ชนิด K

1.3 เครื่องวัดความเข้มแสง ยี่ห้อ SPM-1116SD ช่วงการวัด 0.0 ถึง 2,000.0 W/m² ความแม่นยำ $\pm 10\text{ W/m}^2$ แสดงดังภาพที่ 5



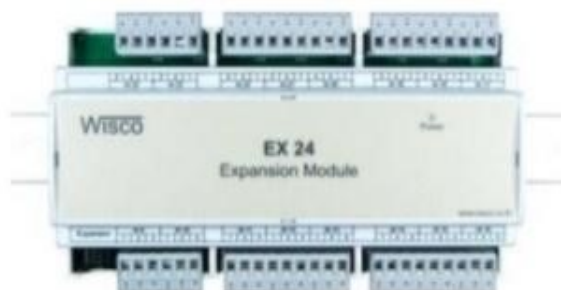
ภาพที่ 5 เครื่องวัดความเข้มแสง (Pyranometer)

1.4 เครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ Wisco รุ่น DL 2200 ขนาด 8 ช่องสัญญาณ มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -250 $^{\circ}\text{C}$ ถึง 1,300 $^{\circ}\text{C}$ มีความแม่นยำ $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data-logger)

1.5 ตัวขยายสัญญาณ Analog Expansion Module EX24 ขนาด 16 Channels Analog Input มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -250 °C ถึง 1,300 °C มีความแม่นยำ ± 0.1 °C แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 Analog Expansion Module

1.6 มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ GW instek GDM-394/396 ใช้สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 8



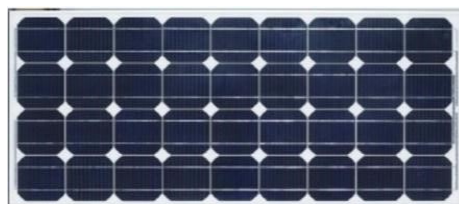
ภาพที่ 8 มัลติมิเตอร์

1.7 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า ยี่ห้อ SRNE รุ่น ML2430 แรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ 12 Vdc และ 24 Vdc รองรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 100 Vdc ที่อุณหภูมิ 25 °C แสดงดังภาพที่ 9



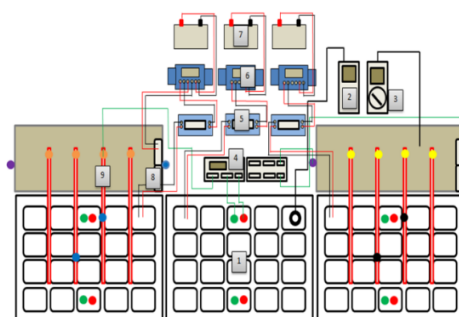
ภาพที่ 9 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า

1.8 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (Mono-crystalline module ขนาด 80 W) แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Voc) 18.0 V กระแสสูงสุด (Isc) 2.23 A แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโน

1.9 ไดอะแกรมสำหรับติดตั้งอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดและเก็บข้อมูลการทดลอง แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แผนผังการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดสำหรับการทดสอบ

ลำดับ	รายการ	สี	รายการ
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)	●	ตำแหน่งติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลบนแผง
2	เครื่องวัดความเข้มแสง (Pyranometer)	●	ตำแหน่งติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลใต้แผง
3, 4	เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger)	●	ตำแหน่งลมเข้า
5	วัตต์มิเตอร์ (Watt Meter)	●	ตำแหน่งลมออก
6	เครื่องควบคุมการชาร์จ (Solar Charge Controller)		
7	แบตเตอรี่ (Battery)		
8	พัดลมระบายอากาศ (Fan Cooling)		
9	ท่อความร้อน (Heat Pipe)		

1. ขั้นตอนการทดสอบ

ผู้วิจัยได้ทำการจัดทำชุดทดสอบ 3 ชุด ได้แก่ 1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (HP1) 2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน (HP2) และ 3. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) โดยทดสอบในช่วงวันที่ 1 - 30 ธันวาคม พ.ศ.2559 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล ตั้งแต่เวลา 09.00 – 16.00 น. โดยทำการทดสอบที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ซึ่งข้อมูลทำการบันทึก ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า ทำการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 5 วินาที โดยมีขั้นตอนในการทดสอบ ดังต่อไปนี้

1.1 ทำการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนติดตั้งท่อความร้อนเพื่อหาประสิทธิภาพแผง โดยแบ่งแผงออกเป็น 3 ชุด ประกอบด้วย แผงที่ 1 (S1) แผงที่ 2 (S2) และ แผงที่ 3 (S3) โดยทำการทดสอบ จำนวน 3 วัน แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาประสิทธิภาพแผง

1.2 ทำการติดตั้งท่อความร้อนเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตามขนาดที่ออกแบบไว้ โดยแบ่งชุดทดสอบออกเป็น 3 ชุด ประกอบไปด้วย 1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (HP1) 2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน (HP2) และ 3. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงาน (HP3)

1.3 ติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ และอุปกรณ์ในการตรวจวัดเข้ากับชุดทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในภาพที่ 11 โดยทำการบันทึกอุณหภูมิอุณหภูมิ ความเข้มแสง และ กำลังไฟฟ้า ทุก ๆ 5 วินาที และนำข้อมูลที่ได้มาไว้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

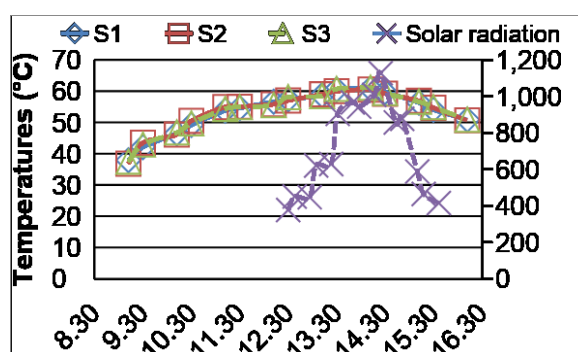
2. คำนวณหาการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการทดสอบ ตามสมการที่ (1) – (9)

ผลการวิจัย

จากการศึกษา ทดลองและวิจัยผลเพื่อหาประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ยังไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (HP1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน (HP2) และ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูล และคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผลจากการทดสอบ ประกอบไปด้วย

1. ผลการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ยังไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน

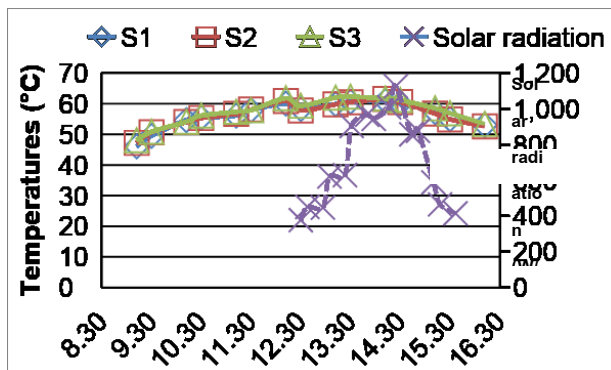
1.1 ผลของความเข้มแสงและอุณหภูมิใต้แผงของทั้ง 3 แผง กรณีที่ยังไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอุณหภูมิใต้แผง และช่วงเวลาในการทดสอบ

จากภาพที่ 12 พบว่า อุณหภูมิใต้แผงจะผันแปรตามความเข้มแสงโดยเมื่อความเข้มแสงมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิใต้แผงมีค่าเพิ่มขึ้น การที่อุณหภูมิใต้แผงมีค่าสูงขึ้นนั้นเนื่องจากการสะสมความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะเห็นได้จากช่วงเวลา 9.00 น. อุณหภูมิใต้แผงจะมีค่าต่ำ และจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความเข้มแสงสูงสุด เท่ากับ $1,115 \text{ W/m}^2$ เมื่อเวลา 13.30 น. และมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งวัน เท่ากับ 742.4 W/m^2 ส่วนอุณหภูมิใต้แผงสูงสุด เท่ากับ 60.1°C เมื่อเวลา 14.00 น. และมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยใต้แผงเฉลี่ย เท่ากับ 51.2°C

1.2 ผลของความเข้มแสงและอุณหภูมิบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของทั้ง 3 แผง กรณีที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน แสดงดังภาพที่ 13

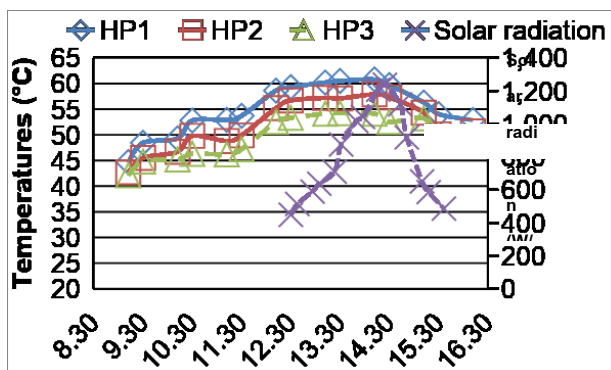


ภาพที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอุณหภูมิบนแผง และช่วงเวลาในการทดสอบ

จากภาพที่ 13 พบว่า อุณหภูมิบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผันแปรตามความเข้มแสงโดยเมื่อความเข้มแสงมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิบนแผงมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับอุณหภูมิได้แสง โดยการที่อุณหภูมิบนแผงมีค่าสูงขึ้นนั้นเนื่องจากการสะสมความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่าเท่ากับ $1,115 \text{ W/m}^2$ เมื่อเวลา 13.30 น. และมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งวัน เท่ากับ 742.4 W/m^2 ส่วนอุณหภูมิบนแผงสูงสุดมีค่าเท่ากับ $63.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เมื่อเวลา 13.30 น. และมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยได้แสง เท่ากับ $54.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$

2. ผลการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อน

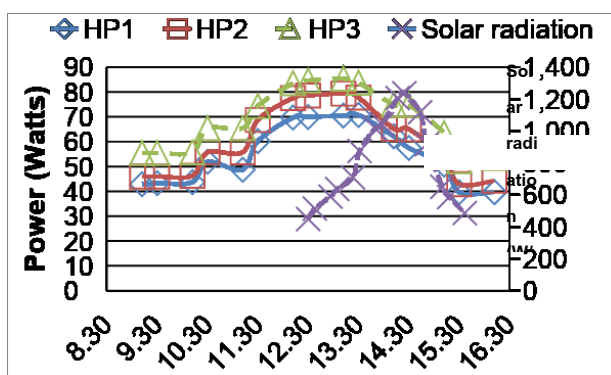
2.1 ผลของความเข้มแสง และอุณหภูมิได้แสงเซลล์แสงอาทิตย์ของทั้ง 3 ชุดทดสอบ แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอุณหภูมิได้แสง และช่วงเวลาในการทดสอบ

จากภาพที่ 14 พบว่า ชุดทดสอบทั้ง 3 ชุดทดสอบ มีแนวโน้มอุณหภูมิใต้แผงที่เหมือนกันคือเมื่อความเข้มแสงมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิใต้แผงมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยอุณหภูมิใต้แผงเฉลี่ยของชุดทดสอบ HP1 HP2 และ HP3 มีค่าเท่ากับ 56.4 °C 52.1 °C และ 48.5 °C ตามลำดับ และมีอุณหภูมิใต้แผงสูงสุดของชุดทดสอบ HP1 HP2 และ HP3 มีค่าเท่ากับ 61.2 °C 56.8 °C และ 52.9 °C ตามลำดับ โดยจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการติดตั้งท่อความร้อนเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิที่ลดลงเนื่องจากท่อความร้อนดึงเอาความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั่นเอง โดยท่อความร้อนที่ใช้สารที่ใช้สารทำความเย็น R-11 (ชุดทดสอบ HP3) สามารถดึงความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้สูงสุด

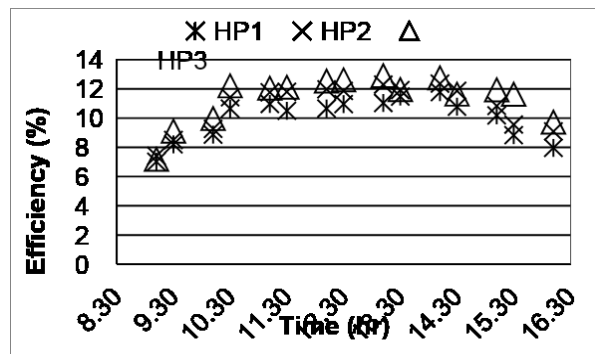
2.2 ผลของการทดสอบกำลังไฟฟ้าของชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่15



ภาพที่ 15 แสดงผลของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากการทดสอบ

จากภาพที่ 15 พบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แผง มีแนวโน้มที่เหมือนกัน คือ เมื่อค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามไปด้วย ซึ่งค่าพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ HP1, HP2 และ HP3 มีค่าเท่ากับ 55.2 W 61.8 W และ 68.9 W ตามลำดับ โดยค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ HP1, HP2 และ HP3 มีค่าเท่ากับ 70.7 W 75.5 W และ 79.5 W ตามลำดับ โดยจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงานจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด รองลงมาคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนจะผลิตไฟฟ้าได้ต่ำสุด

3. ผลของการทดสอบประสิทธิภาพชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงผลของประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากการทดสอบ

จากภาพที่ 16 พบว่า ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แผง มีแนวโน้มที่เหมือนกัน ซึ่งค่าประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ HP1, HP2 และ HP3 มีค่าเท่ากับ 9.1 เปอร์เซ็นต์ 10.3 เปอร์เซ็นต์ และ 11.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยผลที่ได้จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการติดตั้งท่อความร้อนเพื่อระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงาน จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนจะมีประสิทธิภาพต่ำสุด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาแนวทางการเพิ่มสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยการติดตั้งท่อความร้อนสำหรับระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำการทดสอบในเดือนธันวาคม 2559 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สำหรับทดสอบเป็นแบบโมโนคริสตัลไลน์ ขนาด 80 วัตต์ และ ซึ่งจะทำการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แบบ คือ แบบที่ 1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (HP1) แบบที่ 2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอล (HP2) เป็นสารทำงาน และ แบบที่ 3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) ซึ่งการทดสอบจะทำการเก็บข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้า และอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลการทดสอบ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (HP1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน (HP2) และ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน (HP3) สามารถถ่ายเทความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้สูงสุด รองลงมาคือ แผงทดสอบ (HP2) ส่วนแผงทดสอบ (HP1) ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนจะมีการถ่ายเทความร้อนออกจากแผงเซลล์ได้ต่ำสุด และ ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงทดสอบ

(HP1) แผงทดสอบ (HP2) และ แผงทดสอบ (HP3) มีค่าเท่ากับ 9.1 10.3 และ 11.5 เปอร์เซ็นต์ โดยแผงที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สาร R-11 เป็นสารทำงาน จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือแผงที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารเอทานอลเป็นสารทำงาน ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน จะให้ประสิทธิภาพต่ำสุด ซึ่งการติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้สารทำงาน R-11 เป็นสารทำงานสามารถลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงได้สูงสุด และส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุดตามไปด้วย เนื่องจากสารทำงาน R-11 มีจุดเดือดที่ต่ำกว่าเอทานอล เมื่อสารทำงาน R-11 ได้รับความร้อนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำให้การเดือดของสารทำงานเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วกว่าสารทำงานเอทานอล ดังนั้น เมื่อสารทำงาน R-11 เดือดได้เร็วกว่า จึงทำให้สารทำงานเกิดการเคลื่อนตัวไปแลกเปลี่ยนความร้อนในส่วนควบแน่นได้เร็วกว่าสารทำงานเอทานอลนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

- สัมพันธ์ ฤทธิเดช. (2555). **เทคโนโลยีท่อความร้อน**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย.
- ณัด เกษประดิษฐ์. (2551). **เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่: ห้องวิจัยท่อความร้อน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยุธนา ศรีอุดม, อธิพัฒน์ ชมภูคำ และ สัมพันธ์ ฤทธิเดช (2557). **อุณหภูมิส่วนทำระเหย ระยะพิทช์ และสารทำงานที่มีต่อรูปแบบการไหลและการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบชนิดเกลียวขด**. ใน การประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 13 วันที่ 13 – 14 มีนาคม พ.ศ. 2557 (น. 47-53). จันทบุรี: เจ้าหลาว คาบนา รีสอร์ท.
- Rittidech, S. and S. Sangiamsuk. (2012). **Internal Flow Patterns on Heat Transfer Performance of a Closed-Loop Oscillating Heat Pipe with Check Valves**. *Experimental Heat Transfer*. 25(1), 48-57.
- Xu, J.L., Y.X. Li, and T.N. Wong. (2005). **High speed flow visualization of a closed loop pulsating heat pipe**. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 48(16), 3338-3351.
- Yi, H., Z.H.Liu, and J.Wang. (2003). **Heat transfer characteristics of the evaporator section using small helical coiled pipes in a looped heat pipe**. *Applied Thermal Engineering*. 23(1), 89-99.



Y.Sriudom, S. Ritticech, and T. Chompookham. (2014). **The Helical Oscillating Heat Pipe: Flow Pattern Behaviour Study**. Advances in Mechanical Engineering. 7(1), 1-11.