ETM-125

การศึกษาสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

Experimental Study on the Performance of a Solar Photovoltaic-Thermal Hybrid System

พงษ์ศักดิ์ พูลศรี, มานพ แย้มแฟง, จักรวาล บุญหวาน และ บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว*

ห้องปฏิบัติการการเผาไหม้และพลังงานแสงอาทิตย์ (CASE Lab.)
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39 หมู่ 1 ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
*ติดต่อ: boonrit.p@en.rmutt.ac.th โทรศัพท์: 02-5493547, โทรสาร: 02-5493432

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับการทดสอบสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการทดลองใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอนผลึกหลากหลายที่ทำงานร่วมกับแผงน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรียบที่ถูกประกอบเป็นชุดเดียวกัน พื้นที่รับแสงรวม 75 ตารางเมตร และใช้น้ำเป็นสารตัวกลาง โดยติดตั้งและทดสอบระบบที่ตำแหน่งละติจูด 14°2’ เหนือ ลองจิจูด 100°43’ ตะวันออก แผงทุกแผงมีฝาปิดกระจกและทุกแผงหันหน้าไปทางทิศใต้ ทำมุมกับระนาบ 14° ทดลองในช่วงเวลา 9.00น.-17.00น. ผลจากการทดสอบพบว่า ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทำน้ำร้อนร่วมกรณีที่มีการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยน้ำจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงกว่าระบบที่ไม่มีการลดอุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าที่มีการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยน้ำจะมีประสิทธิภาพ (คิดเฉพาะประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า ไม่รวมน้ำร้อน) เท่ากับ 1.43 % และระบบที่ไม่มีการการลดความร้อนที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเท่ากับ 1.35 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าระบบที่มีการการลดอุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิทำงานของแผงมีผลต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อัตราการไหลที่เหมาะสมเท่ากับ 0.03 kg/s กำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 1.2 kW อุณหภูมิน้ำร้อนสูงสุดเท่ากับ 77 ˚C

คำหลัก: เซลล์แสงอาทิตย์, ระบบผลิตน้ำร้อน, พลังงานแสงอาทิตย์.

Abstract

This research is an experimental investigation on the performance of a photovoltaic-thermal hybrid solar collector. The system used in this study comprise of 75 poly-crystalline Silicon solar photovoltaic modules (total effective area of 75 m^2) equipped with built-in solar water heating system. This system was located at latitude and longitude of 14°2’ N and 100°43’ E, respectively. All of collectors has a single glass cover and were tilted at 14° and facing due south. The test was conducted during the period of 9.00-17.00. The experimental results show that the reduction of solar photovoltaic module temperature, by means of water cooling, can improve the system efficiency, compared to the system without water cooling. Furthermore, the hot water form this cooling process can be used as the useful hot

water. Therefore, the efficiency of the proposed system (calculated from the ratio of output electricity gained to the solar energy input) is also higher than the conventional solar photovoltaic system with the average values of 1.43% and 1.35%, respectively. It can be concluded that the solar photovoltaic efficiency can be improved by means of cell temperature reduction. The appropriate water flow rate for the proposed system is 0.03 kg/s. The obtained maximum power and hot water temperature were 1.2 kW and 74 ˚C, respectively.

***Keywords**:* Solar cell, Solar water heating system, Photovoltaic thermal collector.

1. บทนำ

พลังงานถือว่าเป็นปัจจัยที่มีความจำเป็นมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ พลังงานเชื้อเพลิงถูกนำมาใช้มากกว่าพลังงานรูปแบบอื่นๆ และกำลังจะหมดไปในอีกไม่นานนี้ จึงทำให้นักวิจัยในหลายประเทศทั่วโลกได้มีการศึกษาค้นคว้าหาแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของการใช้พลังงาน แหล่งพลังงานทดแทนที่กำลังได้รับความสนใจมากในปัจจุบันคือพลังงานแสงอาทิตย์เพราะเป็นแหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุด สามารถใช้ได้อีกนาน และเป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมในขณะใช้งาน

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์สูง อยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 5-21 องศาเหนือและเส้นลองจิจูดที่ 97-106 องศาตะวันออก ซึ่งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยที่ได้รับในแต่ละวัน คือประมาณ 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร เป็นเวลานาน 4-5 ชั่วโมง ดังนั้นเราจะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานเท่ากับ 15 % จะได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ 1 ตารางเมตรจะสามารถให้กำลังไฟฟ้าออกมาได้ 150 วัตต์หรือเฉลี่ยประมาณ 600 – 750 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน หรือรายวันเฉลี่ยต่อปีในช่วง 18-20 MJ/m^2-day [1]

เซลล์แสงอาทิตย์สร้างมาจากสารกึ่งตัวนำสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพประมาณ 15% อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปยาวนานกว่า 20 ปี [2] และเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ไม่มีส่วนใดเคลื่อนไหวทำให้ดูแลรักษาง่าย

อุณหภูมิการทำงานมีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอุณหภูมิจะแปรผกผันกับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ กล่าวคืออุณหภูมิสูงจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำลง [3] ดังนั้นการระบายความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ และถ้าความร้อนที่ดึงออกมานั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบได้ ซึ่งแนวความคิดนี้เป็นที่มาของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic and Thermal Collector, PV/T)

Lalovic [4] ทำการสร้างและทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนแบบไม่มีรูปผลึก (amorphous silicon photovoltaic cells) การทดสอบพบว่าระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าผลคูณการส่งผ่านและการดูดกลืนความร้อน ($\tau\alpha$) มีค่าต่ำเท่ากับ 0.53 และมีค่าความชันของเส้นลักษณะเฉพาะของสมรรถนะก็มีค่าต่ำเช่นกันมีค่าเท่ากับ 3.25 W/m K นอกจากนี้ยังเสนอว่า เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์การใช้สาร indium tin oxide (ITO ซึ่งจะยอมให้สเปคตรัมความยาวคลื่นสูงกว่า 0.5 μm ผ่านได้) นำมาเคลือบผิวด้านหลังของเซลแสงอาทิตย์

ซึ่งจะทำให้รังสีแสงอาทิตย์บางส่วนที่ไม่ถูกดูดกลืนโดยชั้นของเซลจะสามารถผ่านไปยังแผ่นดูดซับความร้อน (absorber plate) ซึ่งเป็นสีดำได้

Sopian et al. [5] ได้สร้างและทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าและอากาศร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์แบบสองกลับที่เหมาะสำหรับเครื่องอบแห้ง การวิเคราะห์อยู่บนพื้นฐานของสมการสมดุลพลังงานที่แต่ละชิ้นส่วนของระบบ เริ่มตั้งแต่ฝาปิดกระจก ช่องอากาศไหลช่องแรก ช่องอากาศไหลด้านล่าง ที่แผงเซลแสงอาทิตย์ และที่แผ่นหลังของแผง การศึกษายังได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างการทดลองและผลการจำลองซึ่งผลที่ได้ใกล้เคียงกันมาก

Brogren and Karlsson [6] ได้ทำการทดสอบสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีการเพิ่มความเข้มแสงระดับต่ำ การศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีการเพิ่มความเข้มแสง การผลิตไฟฟ้ารายปีมีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือประมาณสองเท่า และค่าพลังงานความร้อนมีค่าสูงขึ้นประมาณ 3–4 เท่า โดยอุณหภูมิน้ำร้อนมีค่าประประมาณ 50 $^{\circ}$C.

Tripanagnostopoulos et al. [7] ทำการศึกษาเชิงทดลองระบบระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบที่มีฝาปิดกระจกและไม่มีฝาปิด ทั้งใช้อากาศและน้ำเป็นสารทำงาน ระบบที่ใช้มีการเสริมสมรรถนะด้วยแผนสะท้อนแสงแบบกระจาย (diffused reflectors) ทำด้วยแผนอลูมิเนียม ประสิทธิภาพเชิงไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมซึ่งใช้เซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนแบบผลึกหลากหลาย (pc-Si) มีค่าสูงกว่าระบบที่เป็นเซลล์แสงอาทิตย์อย่างง่ายเท่ากับ 3.2%

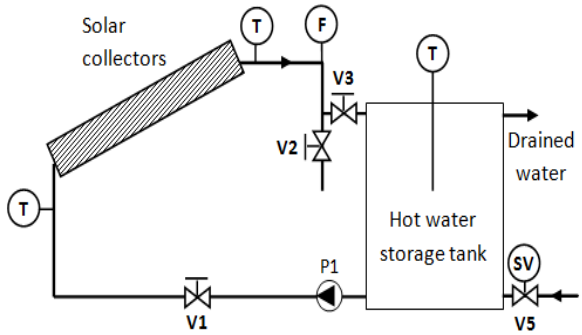
Coventry [8] ศึกษาเชิงทดลองระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีการเพิ่มความเข้มแสง ผลการศึกษาพบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าประมาณ 58% และค่าประสิทธิภาพเชิงไฟฟ้ามีค่าประมาณ 11% (เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานป้อนเข้าเดียวกันจึงได้ประสิทธิภาพรวมประมาณ 69%) นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบมีค่าต่ำกว่าแผงสะสมความร้อนแบบดังเดิม

จากการทบทวนบทความวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่าการวิจัยเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพและต้นทุนการผลิตของระบบหลายปัจจัย รวมถึงสภาวะอากาศและสิ่งแวดล้อมด้วย สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการรายงานผลการวิจัยของระบบที่มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะใช้งานจริงได้ วิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับการทดสอบสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ และเป็นการทดสอบภายใต้สภาวะอากาศของประเทศไทย โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแบบผลึกหลากหลาย (Poly-crystalline Silicon) ที่ทำงานร่วมกับแผงน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกประกอบเป็นชุดเดียวกัน มี พื้นที่รับแสงรวม 75 ตารางเมตร และใช้น้ำเป็นสารตัวกลาง นอกจากนี้ยังถูกออกแบบและสร้างให้เป็นที่จอดรถอีกด้วย ซึ่งผลการศึกษานี้เป็นผลการศึกษาเบื้องต้นที่จะนำไปใช้เป็นกรณีเบื้องต้น (base case) หลังจากมีการปรับปรุงระบบเพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบในการศึกษาขั้นต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

รูปที่ 1 แสดงแผนผังของระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนแบบผลึกหลากหลายที่ทำงานร่วมกับแผงสะสมความร้อนผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรียบ (Flat Plate Hot Water Solar Collector) ที่ถูกประกอบเป็นชุดเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2 มีพื้นที่รับแสงรวม 75 m^2 และใช้น้ำเป็นสารตัวกลาง ระบบนี้มีอายุการใช้งานแล้วประมาณ 7 ปีโดยติดตั้งและทดสอบระบบที่ตำแหน่งละติจูด 14°2’ เหนือ ลองจิจูด 100°43’ ตะวันออก แผงทุกแผงมีฝาปิดกระจก (glass cover) และทุกแผงหันหน้าไปทางทิศใต้ (faced due south)

ทำมุมเอียงกับแนบระนาบ (tilted) 14° ทดลองในช่วงเวลา 9.00น.-17.00น.



รูปที่ 1 แผนผังของระบบที่ใช้ในการศึกษานี้

รูปที่ 2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำงานร่วมกับแผงผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรียบที่ใช้ในการศึกษา

ระบบการทดลองแสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วยแผงผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วม จำนวน 75 แผง พื้นที่รวม 75 m^2 แต่เนื่องจากข้อจำกัดของภาระทางไฟฟ้าสูงสุดที่มีอยู่ จึงทำการทดสอบระบบเพียง 75 แผง มีการต่อแบบอนุกรมเป็นแถวแนวตั้งแถวละ 5 แผง แล้วต่อทุกแถวแบบขนานด้วยร่วม (Header) ทั้งด้านบนและด้านล่าง ระบบผลิตน้ำร้อนเป็นแบบการไหลวนแบบบังคับ (Forced Circulation) น้ำร้อนที่ผลิตได้จะถูกสะสมไว้ในถังน้ำร้อนสแตนเลสขนาด 0.4 m^3 ดังรูปที่ 3 เพื่อจ่ายไปยังภาระของน้ำร้อน น้ำจะถูกปั๊มให้ไหลวนอยู่ในระบบโดยออกทางออกด้านบนของถังน้ำร้อนไปยังทางเข้าด้านล่างของแผงผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และไหลกลับเข้าสู่ด้านล่างของถังน้ำร้อน และเพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่จ่ายเข้าสู่แผงสะสมความร้อนให้คงที่ อุณหภูมิของน้ำในถังจึงถูกควบคุมโดยตัวควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนแบบดิจิตอล (Digital Temperature Controller) ที่ทำงานร่วมกับโซลินอยด์วาล์ว (V5 ในรูปที่ 1) เพื่อเปิดปิดน้ำประปาหรือน้ำก๊อก (Tap water) เข้าไปผสมกับน้ำร้อนในถังจนได้อุณหภูมิน้ำในถังตามต้องการ

เนื่องจากระบบที่ศึกษานี้เป็นระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นบทความนี้จะนำเสนอสมรรถนะการทำงานเบื้องต้น โดยการทดสอบจะแยกเป็นการทดสอบสมรรถนะของแผงเซลแสงอาทิตย์ซึ่งผลิตไฟฟ้าและแผงผลิตน้ำร้อนซึ่งทั้งสองส่วนนี้เป็นพลังงานที่มีประโยชน์ที่เราต้องการโดยมีพลังงานแสงอาทิตย์ป้อนเข้าเพียงค่าเดียวเท่านั้น

รูปที่ 3 ถังเก็บน้ำร้อนที่ใช้ในการทดลอง

การทดสอบสมรรถนะของระบบทำตามมาตรฐานการทดสอบแผงสะสมความร้อนแสงอาทิตย์ของ ISO 9459-2 [9] แต่ทำการทดสอบเบื้องต้นเท่านั้น (ยังไม่ได้ทดสอบหาค่า $F_R(\tau\alpha)$ และ $F_R U_L$ ของแผง) กล่าวคือทดสอบเพื่อหาค่าอัตราความร้อนใช้ประโยชน์ (Useful Energy Gain, $\dot{Q}_u$) ในช่วงสภาวะคงตัวเท่านั้น โดยคำนวณจากสมการที่ (1) และ (2) [10] ตามลำดับ

$$\dot{Q}_u = \dot{m}c_p\left(T_{c,o} - T_{c,i}\right) \qquad (1)$$

และ

$$\eta_c = \dot{Q}_u / A_c G_T \qquad (2)$$

โดยที่

$\dot{Q}_u$ = อัตราการผลิตความร้อน [W]

$\dot{m}$ = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน [kg/s]

c_p = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำร้อน [kJ/kg.K]

$T_{c,o}$ = อุณหภูมิที่ทางออกของแผง [°C]

$T_{c,i}$ = อุณหภูมิที่ทางเข้าของแผง [°C]

η_c = ประสิทธิภาพของแผง

A_c = พื้นที่รับแสงของแผง

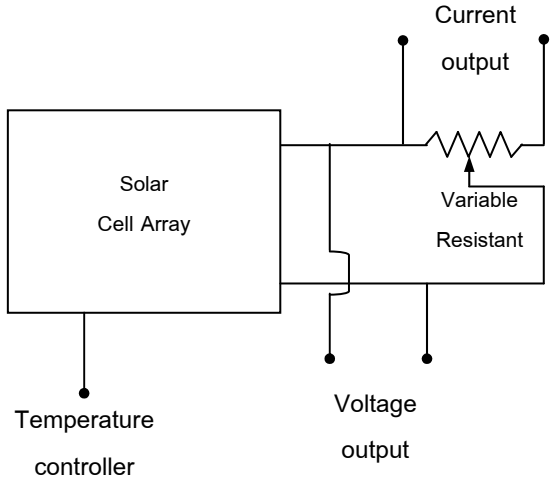
G_T = ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ [W/m^2]

ขั้นตอนการทดลองเพื่อประเมินสมรรถนะของระบบผลิตน้ำร้อนมีขั้นตอนดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

- ปรับสภาพน้ำโดยการเปิดน้ำก๊อกเข้าไปไล่น้ำในระบบก่อนเริ่มต้นการทดลองทุกครั้ง
- เปิดปั๊มน้ำเพื่อให้น้ำหมุนเวียนในระบบก่อนเวลา 9:00 น. และทดสอบจนถึงเวลา 17:00 น.
- ตั้งอุณหภูมิที่ตัวควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการ
- เปิดระบบบันทึกข้อมูล และบันทึกอุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้าและทางออกของแผงสะสมความร้อนแสงอาทิตย์โดยบันทึกทุกๆ หนึ่งนาที
- ปรับอัตราการไหลของน้ำที่วาล์วควบคุมการไหล (V1 ในรูปที่ 1) และบันทึกอัตราการไหลโดยการอ่านจากอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่มีการตรวจเทียบ (Calibrate) ด้วยการตวงน้ำด้วยถังในช่วงเวลาที่กำหนดแล้วนำไปชั่ง โดยจดบันทึกค่าอัตราการไหลของน้ำทุกๆ ครึ่งชั่วโมง
- บันทึกค่ารังสีแสงอาทิตย์ด้วยไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) ยี่ห้อEKO รุ่นS11107.064 ร่วมกับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Data Logger) ยี่ห้อ GRAPHTEC รุ่น GL 820 (ดังรูปที่ 4) โดยที่ติดตั้งในระนาบเดียวกับแผงสะสมความร้อนและบันทึกค่าทุกๆ 1 นาที

รูปที่ 4 อุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

การทดสอบสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทำการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ (Maximum Output Power) และประสิทธิภาพของแผงเซลแสงอาทิตย์ในช่วงสภาวะคงตัวเท่านั้น โดยต่อวงจรไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 5 และคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของแผงเซลแสงอาทิตย์จากสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ



รูปที่ 5 การต่อวงจรไฟฟ้าในการทดสอบประสิทธิภาพเซลแสงอาทิตย์

$$P_{mp} = V_{mp} I_{mp} \qquad (3)$$

$$\eta_{\max} = \frac{P_{mp}}{A_c G_T} \times 100 \qquad (4)$$

โดยที่ V_{mp} = แรงดันไฟฟ้าเมื่อผลิตกำลังสูงสุด
I_{mp} = กระแสไฟฟ้าเมื่อผลิตกำลังสูงสุด

การทดลองเพื่อประเมินสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีขั้นต้อนที่สำคัญดังนี้

- ดำเนินการทดลองในช่วงที่คาดว่าแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดของแต่ละวัน
- ปรับค่าความต้านทานที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นโหลดของระบบผลิตไฟฟ้า (ชุดความต้านทานปรับค่าได้ แสดงดังรูปที่ 6) โดยปรับเพิ่มขึ้นทีละขั้นๆ พร้อมทั้งบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้
- บันทึกค่าอุณหภูมิของแผงเซลแสงอาทิตย์ทุกครั้งที่มีการปรับค่าความต้านทาน หรืออาจใช้ข้อมูลที่บันทึกไว้ในการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนก็ได้
- นำค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่วัดได้ไปพล๊อตกราฟ

รูปที่ 6 ชุดความต้านทานปรับค่าได้

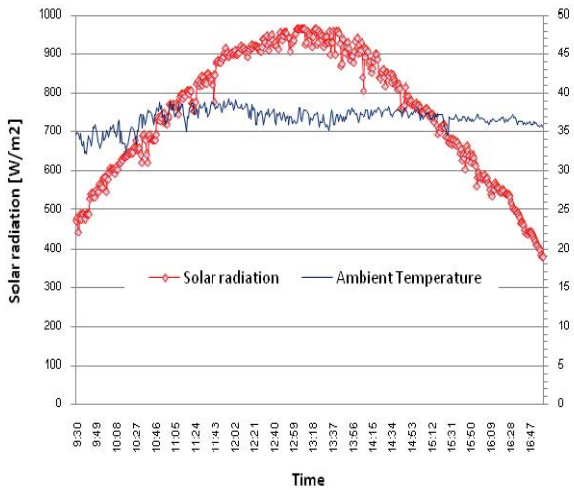
ประสิทธิภาพของระบบโดยรวม (Overall System Efficiency) คำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$\eta_{\max} = \frac{(P_{mp} + \dot{Q}_u)}{A_c G_T} \times 100 \qquad (5)$$

3. ผลการทดลอง

การทดสอบสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการทดสอบเป็นเวลา 3 วัน ซึ่งโดยทั่วไปสามารถทำการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบโดยใช้ข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ใกล้เคียงกัน แต่เพื่อแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะรายวัน บทความนี้จะนำเสนอสมรรถนะของระบบเป็นรายวันเพียงหนึ่งวันเท่านั้น

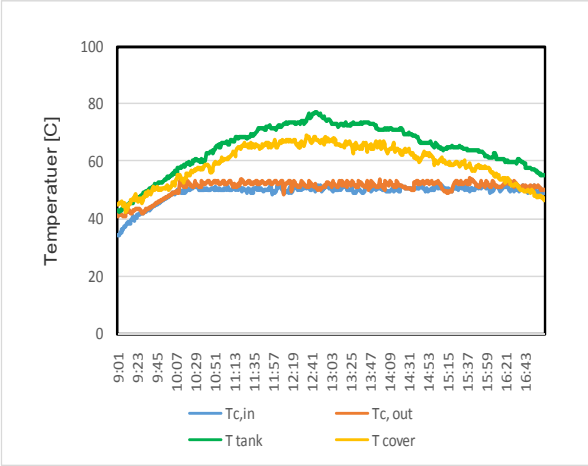
รูปที่ 7 แสดงค่าของความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่เวลาต่างๆ ตลอดทั้งวันที่ทำการทดลอง จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดมีค่าประมาณ 1,000 W/m^2



รูปที่ 7 ค่าของความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ของวันที่ทำการทดลอง

รูปที่ 8 แสดงค่าอุณหภูมิที่ทางเข้าและทางออกของแผงสะสมความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิของถังน้ำร้อน และอุณหภูมิผิวกระจกที่วัดได้ตลอดทั้งวัน โดยมีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 0.03 kg/s และอุณหภูมิของน้ำร้อนในถังตั้งค่าไว้ที่ 50°C จากกราฟ

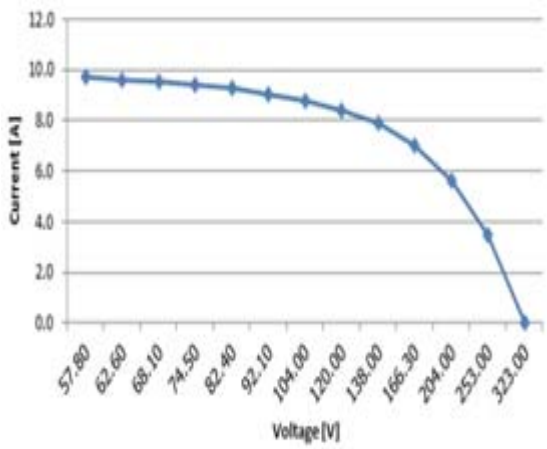
จะเห็นว่าน้ำร้อนที่ผลิตได้มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 77°C



รูปที่ 8 อุณหภูมิที่ทางเข้าและออกของแผง

จากการประเมินสมรรถนะของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการคำนวณด้วยสมการที่ (2) พบว่าในช่วงที่ระบบเข้าใกล้สภาวะคงตัวระบบมีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 2.47 %

รูปที่ 9 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมา โดยวัดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 75 แผง จากสมการที่ (4) จะได้ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าอยู่ที่ 1.43 % และประสิทธิภาพรวมของระบบอยู่ที่ 2.95 %



รูปที่ 9 กราฟระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสของแผงเซลแสงอาทิตย์

4. สรุปผลการศึกษา

ระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานมาแล้วประมาณ 7 ปี ถูกนำมาติดตั้งและทดสอบหาค่าประสิทธิภาพของระบบ ผลการศึกษาพบว่าระบบมีประสิทธิภาพทางไฟฟ้าอยู่ที่ 1.43 % ประสิทธิภาพทางน้ำร้อนอยู่ที่ 2.47 % และประสิทธิภาพรวมของระบบอยู่ที่ 2.95 %

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทขอความขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยและเผยแพร่บทความครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กองทุนเพื่อการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, (2545). *การสัมมนาเผยแพร่ผลการดำเนินงานแผนงานภาคความร่วมมือ: การส่งเสริมการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์และลม*.

[2] Faherbruch, A.L. and Bube, R.H. (1983). *Fundametals of Solar Cell*. New York: ACADEMIC PRESS.

[3] Backus, C.E. (1976). *Solar Cell*. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineer, Inc.

[4] Lalovic, B. (1986). A hybrid amorphous silicon photovoltaic and thermal solar collector, *Solar Cells*. 19, pp. 131–138.

[5] Sopian, K.S., Liu, H.T., Kakac, S. and Veziroglu, T.N. (2000). Performance of a double pass photovoltaic thermal solar collector suitable for solar drying systems, *Energy Conversion and Management*, 41 (4), pp. 353–365.

[6] Brogren, M., Karlsson, B. (2001). Low-concentrating water-cooled PV–thermal hybrid systems for high latitudes, *17th EUPVSEC*.

[7] Tripanagnostopoulos, Y., Nousia, Th., Souliotis, M., and Yianoulis, P. (2002). Hybrid photovoltaic/thermal solar systems, *Solar Energy*, 72 (3), pp. 217–234.

[8] Coventry, J.S. (2005). Performance of a concentrating photovoltaic/thermal solar collector, *Solar Energy*, 78 (2), pp. 211–222.

[9] ISO. (1995). Domestic water heating systems_Part 2, outdoor test methods for system performance characterization and yearly performance prediction of solar-only systems. *ISO 9459-2*.

[10] Duffie, J.A. and Beckman, W.A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*, second ed. John Wiley, New York.