

สมรรถนะของแผงผลิตไฟฟ้าและความร้อนชนิดแผ่น เรียบแบบใช้น้ำถ่ายเทความร้อนสำหรับใช้กับบ้านพัก อาศัย

เกียรติวิชัย เก่าว์ศิริชัย¹ และ วิทยา ยงเจริญ²

¹สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

tienrawit_tao@live.com , fmewyc@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมรรถนะของระบบแผงผลิตไฟฟ้าและความร้อน ชนิดแผ่นเรียบแบบใช้น้ำถ่ายเทความร้อนที่มีขนาด 0.79 m² ซึ่งต่อเข้ากับถังน้ำร้อนที่มีปริมาณน้ำ 120 ลิตร โดยทดสอบในกรณีหมุนเวียนน้ำด้วยปั๊มขนาดเล็ก และกรณีหมุนเวียนน้ำตามธรรมชาติ แผงผลิตไฟฟ้าและความร้อนติดตั้งบนดาดฟ้าของอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่อยู่ ณ ตำแหน่งละติจูด 13° 44' 8" เหนือ ตัวแผงวางหันไปทางทิศใต้ ทำมุม 15 องศาในแนวระดับ ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้นในถังเก็บ อุณหภูมิน้ำเข้าแผง และอุณหภูมิอากาศภายนอก การเก็บข้อมูลจะเก็บในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 – 16.00 น. ทุก ๆ 2 นาที แล้วนำข้อมูลที่ได้ ทำเป็นข้อมูลรายชั่วโมง และข้อมูลรายวัน จากนั้นนำข้อมูลรายวันมาคำนวณหาประสิทธิภาพทางความร้อน และประสิทธิภาพทางไฟฟ้า และจากการทดสอบได้สมการประสิทธิภาพทางความร้อนเป็น $\eta_{th} = 0.25 - 0.06 \frac{(T_i - T_a)}{H}$ โดย T_i คืออุณหภูมิน้ำเริ่มต้นในถังเก็บน้ำร้อน (°C) T_a คืออุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย (°C) และ H คือพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่แผงได้รับในช่วงเวลาหนึ่ง (MJ) ได้ประสิทธิภาพความร้อนสูงสุด 25 % ส่วนสมการประสิทธิภาพทางไฟฟ้าเป็น $\eta_{el} = 0.03 - 0.01 \frac{(T_i - T_a)}{H}$ และได้ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด 3 % ดังนั้นประสิทธิภาพรวมสูงสุดของระบบเท่ากับ 28 % สำหรับพลังงานที่ได้จากระบบแผงผลิตไฟฟ้าและความร้อน โดยอาศัยข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศภายนอก ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 – พฤศจิกายน พ.ศ. 2554 เป็นระยะเวลา 1 ปี พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าที่ได้ มีค่าเท่ากับ 1,023 MJ และ 127 MJ ตามลำดับ

คำสืบค้น

สมรรถนะ, ประสิทธิภาพ, แผงพีวีที

Performance of Flat-Plate Photovoltaic /Thermal Water Collector for Residential Application

Tienrawit Taohiran¹ and Wittaya Yongchareon²

¹*Energy Research Institute Chulalongkorn University Patumwan Bangkok 10330*

²*Faculty of Engineering Chulalongkorn University Patumwan Bangkok 10330*

tienrawit_tao@live.com , fmewyc@eng.chula.ac.th

ABSTRACT

This research studied the performance of flat-plate photovoltaic/thermal system. The thermal side is a sheet and tube type using water to transfer heat. The panel area was 0.79 m² and connected to the insulated tank which stored 120 litres of water. The test divided in two cases, the small-size circulating pump was used in the first case and the natural circulating in the second case. The panel system was installed on the roof deck of a 5-storey building in Chulalongkorn University at coordinate 13° 44' 8" N. The panel was set at the angle of 15 degrees to the horizontal plane and facing the south direction. The important parameters that affect the system are solar intensity, initial water temperature, inlet water temperature and ambient temperature. The data were collected during 8.00 AM - 4.00 PM in two minutes interval and convert the data into hourly and daily basis.

The daily data were used to calculate thermal efficiency and electrical efficiency. The thermal efficiency equation was obtain as $\eta_{th} = 0.25 - 0.06 \frac{(T_i - T_a)}{H}$ which T_i is initial water temperature in tank (°C), T_a is mean ambient temperature (°C) and H is mean solar energy on the panel in a period of time. The maximum thermal efficiency was 25 %. The electrical efficiency was also obtain as $\eta_{el} = 0.03 - 0.01 \frac{(T_i - T_a)}{H}$. The maximum electrical efficiency was 3 % and maximum total system efficiency was 28 %. The yearly energy that received from the system was calculated base on the solar intensity and ambient temperature data of Thai Meteorology Department at Bangkok station during December, 2010 to November, 2011. The result showed that the thermal energy and the electrical efficiency were 1,023 MJ and 127 MJ per year, respectively.

Keywords

Performance, Efficiency, Flat Plate PVT

I. บทนำ

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าและความร้อน ไม่ว่าจะเป็นอาคาร หรือบ้านพักอาศัย นับวันจะยิ่งมากขึ้น จึงต้องหาวิธีผลิตพลังงานเหล่านั้นขึ้นมาใช้ โดยกระทบกับสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด พลังงานจากแสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่ามาใช้ เนื่องจากเป็นพลังงานที่มีมากและเกือบทุกพื้นที่บนโลกใบนี้ การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยปกติจะใช้แผง Solar Cell หรือ แผง Photovoltaic (PV) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้า และใช้แผง Solar Thermal Collector ให้ได้พลังงานความร้อนไปใช้ แต่การจะได้มาทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนในคราวเดียวกันนั้น ต้องติดตั้งทั้งแผง PV และแผง Solar Thermal Collector อย่างละชนิด จึงจะได้ตามความต้องการ ซึ่งทำให้เปลืองพื้นที่ในการติดตั้ง ด้วยเหตุนี้แนวคิดของแผง Photovoltaic/Thermal จึงเกิดขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว โดยการนำหลักการของแผง PV มารวมเข้ากับแผง Solar Thermal Collector ซึ่งแต่เดิมแนวคิดนี้เริ่มจากความต้องการลดอุณหภูมิของแผง PV ลงเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าที่มากขึ้น โดยการใช้ น้ำเป็นตัวลดอุณหภูมิ แต่เมื่ออุณหภูมิของแผง PV ถูกถ่ายเทไปยังน้ำทำให้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงเป็นที่น่าสนใจสำหรับการนำความร้อนไปใช้อย่างจริงจังมากขึ้น การทดสอบสมรรถนะของแผง PV/T จึงจำเป็นต้องทดสอบและวิเคราะห์ผล เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจเลือกใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการสำหรับบ้านพักอาศัย

II. วัตถุประสงค์

เพื่อหาประสิทธิภาพของแผง PV/T และวิเคราะห์หาพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าต่อปีจากแผง PV/T

III. แผงผลิตไฟฟ้าและความร้อน Flat-plate PV/T

แผง PV/T เกิดจากการนำแผ่น PV มารวมเข้ากับท่อทองแดงที่ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียม ซึ่งอยู่ด้านล่างของแผ่น PV ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 โดยน้ำจะไหลเข้าไปในท่อทองแดงของแผง PV/T และเกิดการถ่ายเทความร้อนออกไปสู่ถังเก็บน้ำ



รูปที่ 1 ชุดแผง PV/T และถังน้ำร้อน

รายละเอียดของแผง PV/T แสดงในตารางที่ 1 โดยแผง PV มีกำลังไฟฟ้าระบุที่ 40 W แรงดันขณะทำงาน 44.8 V กระแสไฟฟ้าขณะใช้งาน 0.93 A และประสิทธิภาพ 5.27 %



รูปที่ 2 ขดท่อทองแดงยึดกับแผ่นอลูมิเนียมใต้แผ่น PV

ชนิดของ PV Cell	Amorphous Silicon
ขนาดแผง (mm x mm)	635 x 1245
พื้นที่แผง (m ²)	0.79
น้ำหนัก (kg)	13.5
กำลังไฟฟ้าที่ระบุ (W)	40
แรงดันไฟฟ้าวงจรถวาย (V)	62.2
กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (A)	1.14
แรงดันไฟฟ้าขณะทำงาน (V)	44.8
กระแสไฟฟ้าขณะทำงาน (A)	0.93
แรงดันไฟฟ้าสูงสุดของระบบ (V)	600
ประสิทธิภาพที่ Standard Test Conditions (%)	5.27

ตารางที่ 1 รายละเอียดแผง PV ที่ใช้ทำระบบแผง PV/T

IV. ประสิทธิภาพของแผง PV/T

จากหลักสมดุลพลังงาน

$$[\text{แสงอาทิตย์ที่แผง PV/T ได้รับ}] = [\text{น้ำร้อน} + \text{กำลังไฟฟ้า}] + [\text{ความร้อนสูญเสียทั้งหมด}]$$

$$(\tau\alpha)_n G A_p = M C \Delta T + IV + U_t A_p (T_i - T_a)$$

เมื่อจัดรูปในเทอมของประสิทธิภาพทางความร้อน และประสิทธิภาพทางไฟฟ้าจะได้

$$\eta_{th} + \eta_{el} = (\tau\alpha)_n - U_t \frac{(T_i - T_a)}{H}$$

จัดรูปสมการประสิทธิภาพทางความร้อนเป็น

$$\eta_{th} = A - B \frac{(T_i - T_a)}{H} \quad [1,2]$$

และจัดรูปสมการประสิทธิภาพทางไฟฟ้าเป็น

$$\eta_{el} = C - D \frac{(T_i - T_a)}{H}$$

โดยที่

$(\tau\alpha)_n$ = ค่าการทะลุผ่าน และค่าการดูดซับแสงอาทิตย์

$\frac{M\Delta T}{GA_p}$ = ประสิทธิภาพทางความร้อน η_{th}

$\frac{IV}{GA_p}$ = ประสิทธิภาพทางไฟฟ้า η_{el}

$U_t \frac{(T_i - T_a)}{H}$ = ค่าการสูญเสียของระบบ

A, B, C, D = ค่าคงที่ที่ได้จากการทดสอบ
(W/m^2)

G = ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่ง

A_p = พื้นที่ของแผง PV/T (m^2)

T_i = อุณหภูมิน้ำเริ่มต้นในถังเก็บน้ำร้อน ($^{\circ}C$)

M = มวลน้ำในถังเก็บน้ำร้อน (kg)

T_a = อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย

ΔT = ค่าความต่างอุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}C$ หรือ K)
(MJ)

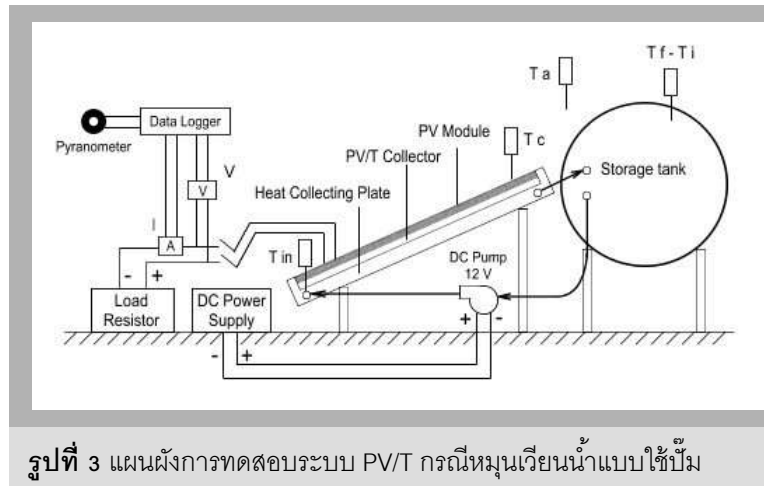
H = พลังงานความร้อนที่แผงได้รับในช่วงเวลาหนึ่ง

C = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/kg-K)

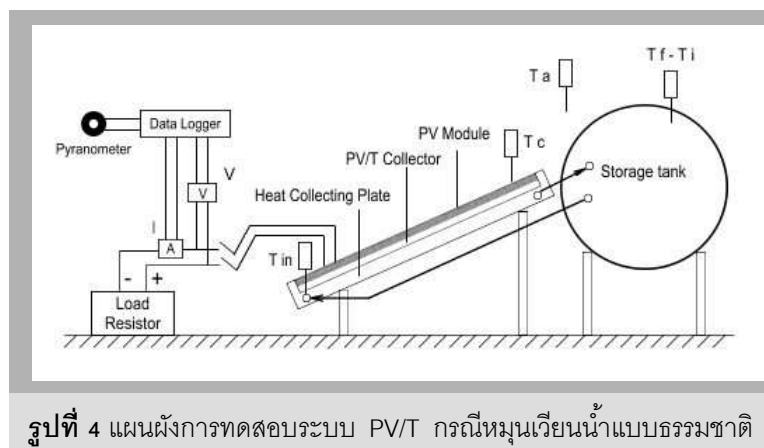
V. การทดสอบ

การทดสอบเริ่มจากการติดตั้งระบบ PV/T ไว้บริเวณกลางแจ้งชั้นบนสุดของอาคาร 5 ชั้น โดยตั้งแผงทำมุม 15° ทางทิศใต้ ซึ่งเป็นทิศที่จะทำให้ได้รับแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่ การทดสอบนี้ทำในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2555 เป็นช่วงฤดูร้อนที่มีแสงแดดค่อนข้างจัด โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กรณีคือ ทดสอบระบบ PV/T แบบใช้ปั๊มขนาดเล็ก หมุนเวียนน้ำ และทดสอบระบบ PV/T แบบหมุนเวียนน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งทั้งสองกรณีนี้ต้องการหาปริมาณความร้อนและไฟฟ้าที่ได้จากระบบ เพื่อเปรียบเทียบว่าควรนำกรณีใดไปประยุกต์ใช้ต่อไป โดยมีตัวแปรควบคุมที่เหมือนกัน คือ ปริมาณน้ำในถังเท่ากับ 120 ลิตร ช่วงเวลาที่ทดสอบระบบโดยประมาณ 8.00 – 16.00 น.

ระบบหมุนเวียนน้ำโดยใช้ปั๊มขนาดเล็ก น้ำจะไหลจากถังเก็บน้ำด้านบนหนึ่ง เข้าไปที่ปั๊มโดยมีอัตราการไหล 1.14 ลิตร/นาที และเข้าไปยังแผง PV/T ไหลออกจากแผง PV/T เข้าไปยังถังอีกด้านหนึ่ง วัดความเข้มแสงอาทิตย์ด้วย Pyranometer วัดอุณหภูมิน้ำเข้าแผง อุณหภูมิน้ำในถัง และอุณหภูมิภายนอกด้วย Thermocouple เก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความเข้มแสงอาทิตย์ และแรงดันไฟฟ้าด้วย Data Logger ทุก 2 นาที

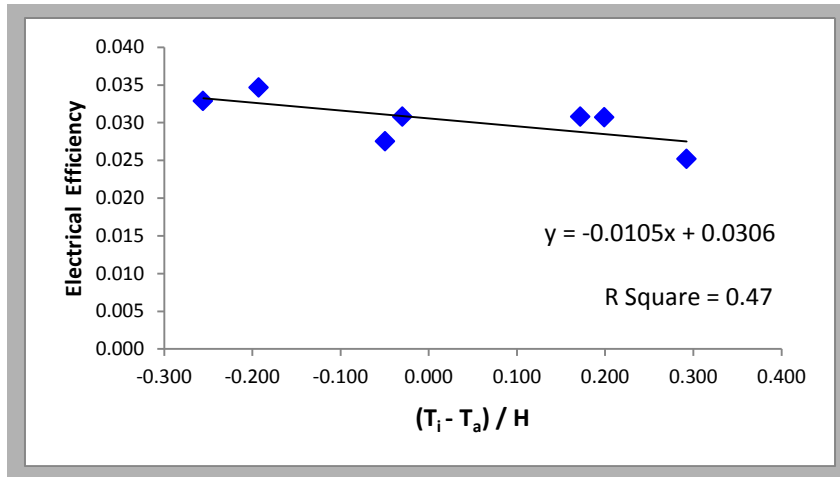


ระบบหมุนเวียนน้ำตามธรรมชาติ เมื่อน้ำไหลจากถังเก็บไปยังแผง PV/T จะร้อนขึ้นเมื่อได้รับแสงอาทิตย์ อนุภาคของน้ำจะขยายตัวและลอยขึ้นด้านบน ทำให้น้ำที่อยู่ด้านล่างไหลเข้ามาแทนที่ จึงเกิดการหมุนเวียนได้ ตามหลัก Thermosyphon การวัดค่าตัวแปรและเก็บข้อมูลเหมือนกันกับระบบหมุนเวียนน้ำโดยใช้ปั๊มขนาดเล็ก

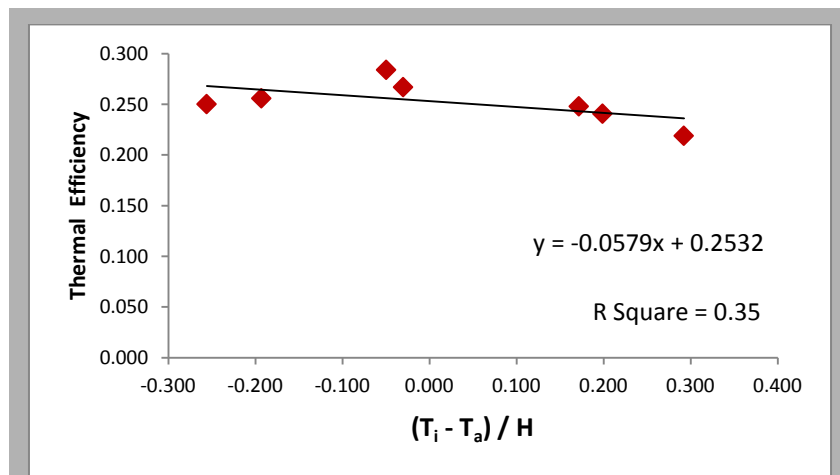


VI. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

จากการทดสอบจะใช้ผลที่ได้จากกรณีหมุนเวียนน้ำโดยใช้ปั๊มขนาดเล็กเพียงกรณีเดียว เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากกรณีหมุนเวียนน้ำตามธรรมชาติมีความแปรปรวนมากและได้พลังงานความร้อนน้อย ผลการทดสอบรายวันจากกรณีหมุนเวียนน้ำโดยใช้ปั๊มขนาดเล็กจำนวน 7 วันได้ผลดังนี้



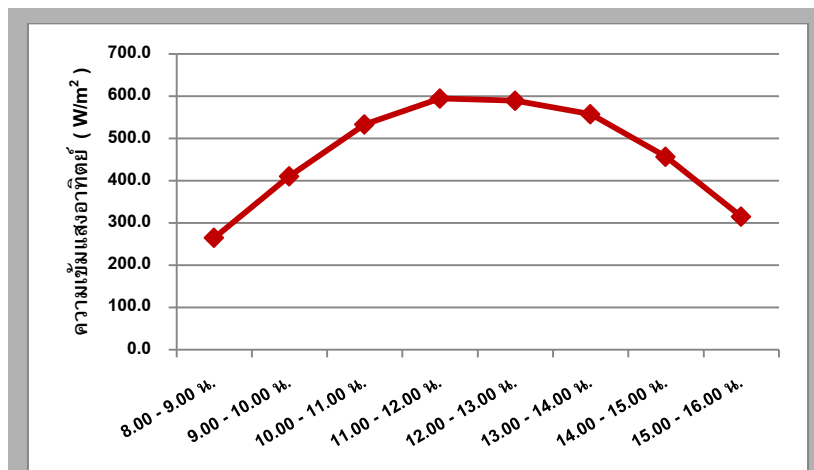
รูปที่ 5 ประสิทธิภาพไฟฟ้ารายวันเทียบกับ $(T_i - T_a) / H$



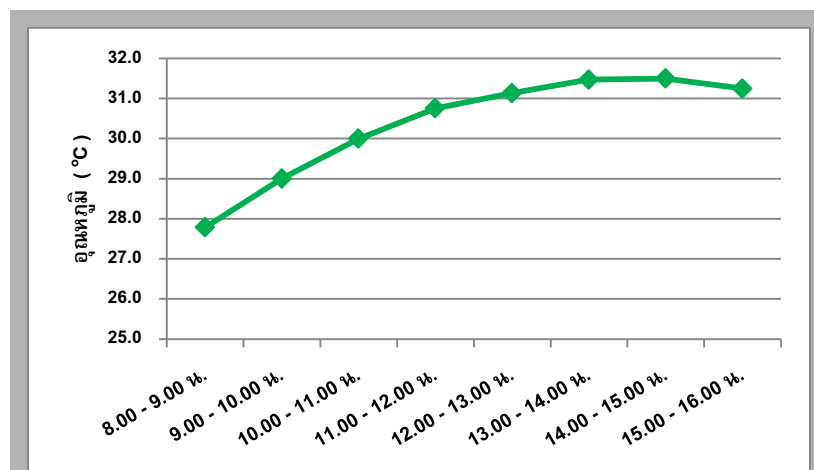
รูปที่ 6 ประสิทธิภาพความร้อนรายวันเทียบกับ $(T_i - T_a) / H$

ประสิทธิภาพทางไฟฟ้ารายวัน, $\eta_{el} = 0.03 - 0.01 \frac{(T_i - T_a)}{H}$ ดังแสดงในรูปที่ 5 จากสมการจะได้ ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด 3% และประสิทธิภาพทางความร้อนรายวัน, $\eta_{th} = 0.25 - 0.06 \frac{(T_i - T_a)}{H}$ ดังแสดงในรูปที่ 6 จากสมการจะได้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุด 25% และจากผลการทดสอบสรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำในถังเริ่มต้นที่อุณหภูมิสูงจะมีการสูญเสียความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ทั้งประสิทธิภาพทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพทางความร้อนลดลง

VII. ผลการผลิตไฟฟ้าและความร้อนรายปี



รูปที่ 7 ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมง เดือน ธ.ค. 53 – พ.ย. 54



รูปที่ 8 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมง เดือน ธ.ค. 53 – พ.ย. 54

จากการทดสอบจะได้ประสิทธิภาพทางไฟฟ้า และประสิทธิภาพทางความร้อนแปรตาม $\frac{(T_i - T_a)}{H}$ เมื่อนำความเข้มแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศภายนอกกรายชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยา [3] ระหว่างเดือน ธ.ค. 2553 – พ.ย. 2554 มาเฉลี่ยจะได้ความเข้มแสงอาทิตย์รายชั่วโมงแสดงดังรูปที่ 7 และอุณหภูมิอากาศภายนอกแสดงในรูปที่ 8

เมื่อกำหนดให้อุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำร้อนเริ่มต้นเท่ากับ 27°C และทราบประสิทธิภาพทางไฟฟ้า และประสิทธิภาพทางความร้อน ก็จะสามารถคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนรายปี ซึ่งเท่ากับ 35 kWh และ 1,023 MJ ตามลำดับ

VIII. การใช้ประโยชน์พลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่ได้จากแผง PV/T สำหรับบ้านพักอาศัย

เนื่องจากพลังงานที่ได้จากแผง PV/T จำนวน 1 แผง (0.79 m^2) ให้พลังงานไม่เพียงพอสำหรับการใช้งานภายในบ้าน จึงต้องเพิ่มพื้นที่หรือจำนวนแผงให้มากขึ้น โดยผลจากการคำนวณ ได้กรณีตัวอย่างสำหรับใช้งานจำนวน 11 แผง ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ภายในบ้านได้ดังนี้

อุปกรณ์ไฟฟ้า	จำนวน	กำลังไฟฟ้า (W)	ชั่วโมงใช้งาน	พลังงานไฟฟ้า (Wh)
หลอดไฟ LED T8 Fluorescent 12 VDC ขนาด 60 ซม.	4	9	10	360
LED TV 19 นิ้ว (ใช้อินเวอร์เตอร์)	1	22	3	66
คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (ใช้อินเวอร์เตอร์)	1	65	2.5	162.5
พัดลม 16 นิ้ว (ใช้อินเวอร์เตอร์)	2	50	2	200

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์จากไฟฟ้าที่ได้จากแผง PV/T สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าในกรณีมีพลังงานไฟฟ้า 788.5 Wh

อุณหภูมิน้ำที่ได้จากแผง PV/T จำนวน 11 แผง ($^{\circ}\text{C}$)	64
ปริมาณน้ำที่ได้ (ลิตร)	197
อุณหภูมิน้ำอุ่นที่ต้องการ ($^{\circ}\text{C}$)	45
อุณหภูมิน้ำที่ใช้ผสม ($^{\circ}\text{C}$)	27
ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม (ลิตร)	207
ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้สำหรับอาบ (ลิตร)	404
ปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละครั้ง (ลิตร)	40
จำนวนคนที่ใช้น้ำอาบ (คน)	5
จำนวนครั้งที่อาบน้ำต่อวัน (ครั้ง)	2

ตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์จากน้ำร้อนที่ได้จากแผง PV/T จำนวน 11 แผง ในการทำงานน้ำอุ่น

IX. สรุป

จากการทดสอบพบว่าทั้งประสิทธิภาพทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพทางความร้อนของแผง PV/T จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิในถังเริ่มต้นเพิ่มขึ้น โดยประสิทธิภาพทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพทางความร้อนรายวันสูงสุดเท่ากับ 3 % และ 25 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพรวมเท่ากับ 28 % ในเวลา 1 ปี สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนได้ 35 kWh และ 1,023 MJ ตามลำดับ

X. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ และภาคีวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เชื้อเพื่อสถานที่และอุปกรณ์สำหรับงานวิจัย

บรรณานุกรม

- [1] อุตุนิยมวิทยา, กรม. สำนักบริการสารสนเทศอุตุนิยมวิทยา. ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์และ
อุณหภูมิอากาศ เดือนธันวาคม พ.ศ.2553 – พฤศจิกายน พ.ศ.2554. กรุงเทพฯ, 2555
- [2] Huang B. J., Lin T. H., Hung W. C. and Sun F. S.. Performance evaluation of solar
photovoltaic/thermal systems. Solar Energy 2001, 70 : 443-448
- [3] Huang B. J., Du S. C.. A performance test method of solar thermosyphon systems.
Transactions of The American Society of Mechanical Engineers Solar Energy
1991, 113 : 172-179