

การศึกษาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์แบบ PV/T

A study of efficiency of the solar PV/T panel

วิทยา ยงเจริญ¹ และ คณะ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10300

โทร 02-218-6610 โทรสาร 02-252 2889 E-mail fmewyc@eng.chula.ac.th

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10300

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยได้ศึกษาหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์แบบ PV/T โดยวิธีการทดลองในสภาวะบรรยากาศร้อนชื้นในเขตกรุงเทพมหานคร แผงรับแสงอาทิตย์แบบ PV/T ทำจากแผง PV ขนาด 40 W นำมาติดที่ด้านหลังแผงด้วยแผ่นอะลูมิเนียมที่มีขดท่อทองแดงติดอยู่เพื่อใช้ระบายความร้อนด้วยน้ำแล้วนำไปบรรจุในกล่องที่กรุด้วยฉนวนและมีฝาหน้าเป็นกระจกใส การเก็บข้อมูลใช้ Data Logger บันทึกข้อมูลทุก 3 นาทีเป็นเวลา 6 วันตั้งแต่เวลา 9:00-17:00น. ข้อมูลประกอบด้วย ความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิแผง อุณหภูมิน้ำเข้าและออกจากแผง อัตราการไหลของน้ำ และแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการทดลองสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพรวมสูงสุดที่อัตราการไหลของน้ำสูงสุด 0.62 kg/min และจะได้ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าเฉลี่ย ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ย และประสิทธิภาพรวมเฉลี่ย เป็น 2.4 % 52.7% และ 55.1 % ตามลำดับ

คำหลัก: พลังงานแสงอาทิตย์ แผง PV/T ประสิทธิภาพ

Abstract

The efficiency of the solar PV/T panel Researcher was studied by using the the experimental method in the hot and humid

climate at Bangkok region the solar PV/T panel is made of PV-40 W panel and Al plate attached at the back of the panel. The coil of copper tube is then attached to the Al plate to remove heat from the Al plate by water flow. The data was recorded by data logger at 3 minute interval for 6 days from 8:00-17:00h. The data consists of solar intensity ambient temperature panel temperature water inlet/outlet temperature water flow rate and PV module voltage. The results are the overall efficiency is maximum at the maximum water flow rate at 0.62 kg/min and the mean electrical the mean thermal and the mean overall efficiency are 2.4 %, 52.7% and 55.1 % respectively.

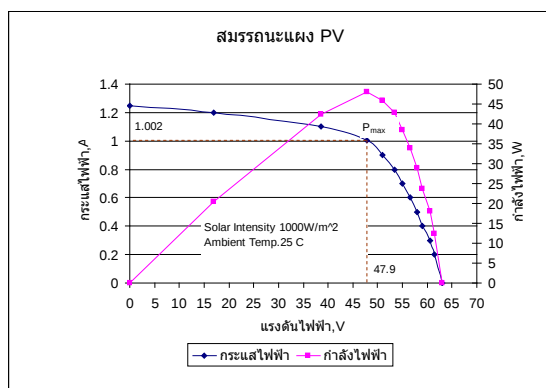
Keywords: Solar energy, PV/T panel ,efficiency หลักการและเหตุผล

ในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาทดแทนพลังงานจากฟอสซิลที่มีการใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและความร้อน การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด PV/T จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพรวมของระบบและช่วยลดพื้นที่รับแสงอาทิตย์

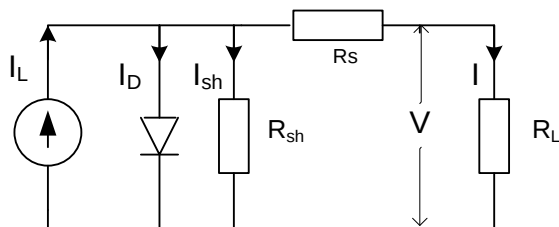
เซลล์แสงอาทิตย์ (PV)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้ามีค่าประมาณ 6-8 % และประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิของเซลล์ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพจะลดลง โดยทั่วไปสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะระบุที่สภาวะมาตรฐานซึ่งใช้ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ 1000 W/m^2 และอุณหภูมิบรรยากาศที่ 25°C ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งจะสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าตรง 1.002 A ที่แรงดันไฟฟ้า 47.9 V วงจรไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ [14] แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 สมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2 วงจรไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

จากวงจรสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$I = I_L - I_D - I_{sh} \quad (1)$$

$$I_D = I_o \left[\exp \left(\frac{V + IR_s}{a} \right) - 1 \right] \quad (2)$$

$$I_{sh} = (V + IR_s) / R_{sh} \quad (3)$$

เมื่อ

$$a = \frac{nkTns}{q} = \text{แฟกเตอร์ปรับเชิงอุดมคติ}$$

I_L = กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้

I_L = กระแสไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์

I_o = กระแสไฟฟ้าอิ่มตัวย้อนกลับของไดโอด

V = แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้

$n = 1$ สำหรับไดโอดอุดมคติ

(อยู่ระหว่าง 1-2 สำหรับไดโอดจริง)

k = ค่าคงที่โบลซ์แมนมีค่า $1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

T = อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์

N_s = จำนวนเซลล์ที่ต่ออนุกรม

q = ประจุไฟฟ้า มีค่า $1.62 \times 10^{-19} \text{ coulomb}$

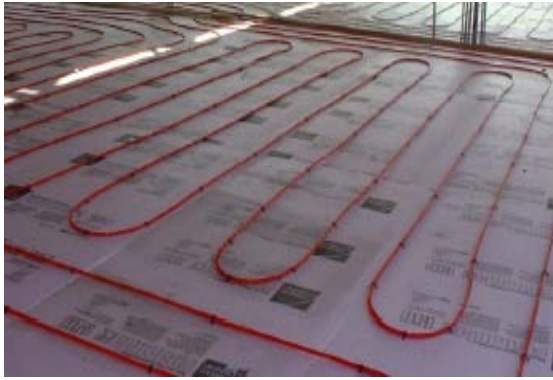
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับแผงรับแสงอาทิตย์ (PV/T)

แผง PV/T จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ โครงสร้างแผง PV/T ประกอบด้วย กล้องที่บรรจุด้วยฉนวนความร้อนและมีแผ่นกระจกใสปิดที่ด้านบนเพื่อรับแสงอาทิตย์ ภายในกล้องมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีรายละเอียดตาม

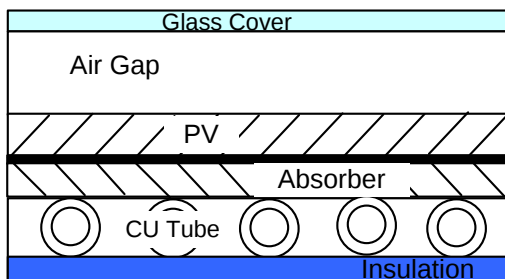
ตารางที่ 1 คุณสมบัติเซลล์แสงอาทิตย์

มิติแผง (mm x mm)	635x1245
กำลังไฟฟ้าระบุ (W)	40
แรงดันไฟฟ้า อนุจุดทำงาน (V)	44.8
กระแสไฟฟ้า อนุจุดทำงาน (A)	0.93
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V)	62.2
กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (A)	1.14
ประสิทธิภาพ (%) ณ $1000 \text{ W/m}^2, 25^\circ\text{C}$	6.5

ตารางที่ 1 วางอยู่ด้านบน ส่วนด้านล่างติดด้วยแผ่นระบายความร้อนที่ทำด้วยอะลูมิเนียมซึ่งมีชุดท่อทองแดงยึดติดแน่นอยู่ด้านล่างของแผ่นระบายความร้อนดังแสดงในรูปที่ 2 และ รูปภาคตัดขวางแผง PV/T แสดงดังรูปที่ 3 ส่วนแผง PV/T แสดงดังรูปที่ 4 ตารางที่ 1 รายละเอียดแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2 แผ่นอะลูมิเนียมระบายความร้อน



รูปที่ 3 ภาคตัดขวางแผง PV/T



รูปที่ 4 แผง PV/T

ประสิทธิภาพแผง PV/T

พลังงานแสงอาทิตย์ต่อเวลา(S)ที่แผง PV/T ได้รับ

$$S = IA \quad (4)$$

กำลังไฟฟ้า(P)ที่แผง PV/Tผลิตได้

$$P = VI \quad (5)$$

พลังงานความร้อน (Q) ที่แผง PV/T ผลิตได้

$$Q = mc_p(T_o - T_i) \quad (6)$$

ประสิทธิภาพของแผง PV/T (η)

$$\eta = 100(P+Q)/S \quad (7)$$

เมื่อ

I = ความเข้มแสงอาทิตย์ W/m^2

A = พื้นที่รับแสงของแผง PV/T, m^2

T_i = อุณหภูมิน้ำเข้าแผง PV/T, $^{\circ}C$

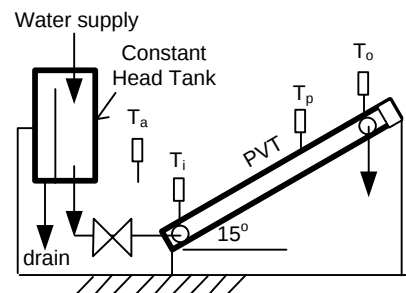
T_o = อุณหภูมิน้ำออกแผง PV/T, $^{\circ}C$

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ $kJ/kg.K$

M = อัตราการไหลของน้ำผ่านแผงPV/T, kg/s

การทดลอง

รูปไดอะแกรมการทดลองแสดงดังรูปที่ 5 แผง PV/T วางทำมุม 15° กับแนวระดับหันหน้าไปทางทิศใต้ น้ำจะไหลจากถังน้ำที่มีเฮดคงที่เข้าสู่แผง PV/T ทางด้านล่างและออกจากแผง PV/T ทางด้านบน ปรับอัตราการไหลของน้ำโดยใช้วาล์ว ใช้ความต้านทาน 44Ω 60 W เป็นโหลดทางไฟฟ้า

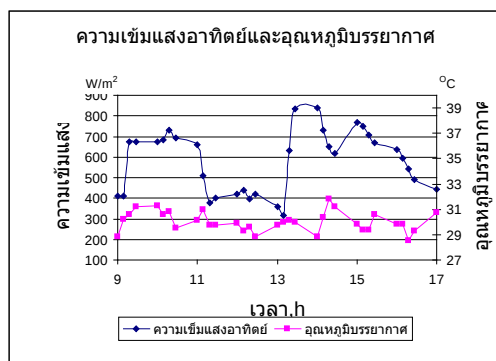


รูปที่ 5 ไดอะแกรมการทดลอง

ให้กับแผง PV/T ใช้ Pyranometer วัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ในแนวระดับ ใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลวัดอุณหภูมิ ใช้ Data Logger บันทึกข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิน้ำเข้า อุณหภูมิน้ำออก อุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์ อุณหภูมิบรรยากาศ และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด ทุกๆ 3 นาทีตั้งแต่เวลา 8:00 น ถึง 17:00 น เป็นเวลา 2 วันในแต่ละอัตราการไหล

6. ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และอุณหภูมิ

บรรยากาศ ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และอุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยเป็นราย 15 นาทีของวันที่ 10 เมษายน 2553 ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร แสดงในรูปที่ 6 ซึ่งมีค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยและค่าสูงสุดระหว่างเวลา 9:00-17:00 น มีค่า 580 และ 840 W/m^2 ตามลำดับและอุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยมีค่า 30°C

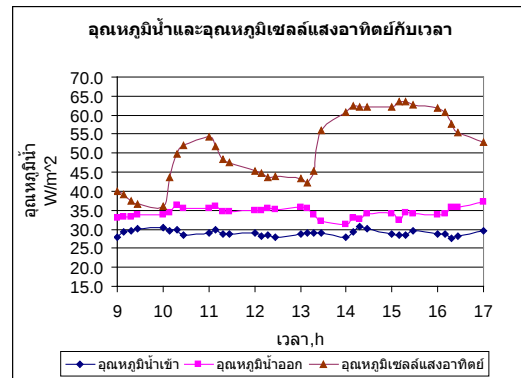


รูปที่ 6 ความเข้มแสงอาทิตย์ในวันที่ 10 เมษายน 2553

7. ผลการทดสอบแผง PV/T

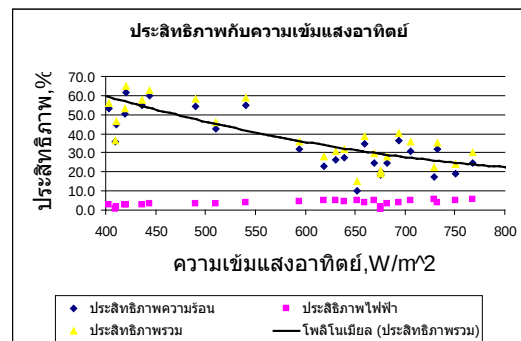
รูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิน้ำเข้า อุณหภูมิน้ำออก และอุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์ของวันที่ 10 เมษายน 2553 อุณหภูมิน้ำเข้าเฉลี่ย 29.0°C อุณหภูมิน้ำออกเฉลี่ย 34.4°C และอุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุด 63.6°C

รูปที่ 8 แสดงประสิทธิภาพกับความเข้มแสงอาทิตย์ของวันที่ 10 เมษายน 2553 ประสิทธิภาพไฟฟ้าเฉลี่ย 3.5 % ประสิทธิภาพความร้อนเฉลี่ย 37.0 % และประสิทธิภาพรวมเฉลี่ย 40.5 % ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 580 W/m^2 และอัตราการไหลของน้ำ 0.41 kg/min



รูปที่ 7 อุณหภูมิน้ำเข้า อุณหภูมิน้ำออก และอุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์กับเวลาของวันที่ 10 เมษายน 2553

ประสิทธิภาพรวมจะลดลงเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิของเซลล์

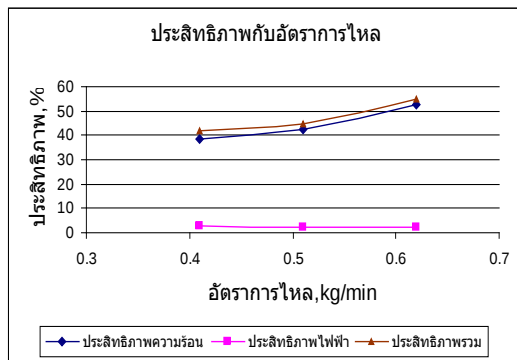


รูปที่ 8 ประสิทธิภาพกับความเข้มแสงอาทิตย์ของวันที่ 10 เมษายน 2553

แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ส่วนประสิทธิภาพไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ ส่วนประสิทธิภาพความร้อนจะลดลงเนื่องจากอุณหภูมิของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น

ผลของการเพิ่มอัตราการไหล

รูปที่ 9 แสดงประสิทธิภาพกับอัตราการไหลของน้ำ จากรูปประสิทธิภาพรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลง ส่วนประสิทธิภาพไฟฟ้าค่อนข้างคงที่



รูปที่ 9 แสดงประสิทธิภาพกับอัตราการไหลของน้ำ

สรุป

แผงPV/T จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนโดยมีประสิทธิภาพทางไฟฟ้าเฉลี่ย ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ยและประสิทธิภาพรวมเฉลี่ย เป็น 2.4 %, 52.7% และ 55.1 % ตามลำดับที่อัตราการไหล 0.62 kg/min เมื่ออัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพความร้อนจะเพิ่มขึ้นด้วย

8.กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนและอุปกรณ์มาใช้ในการวิจัย

บรรณานุกรม

- 1.A.K. Bhargava, H.P. Garg and R.K. Agarwal (1991), Study of a Hybrid Solar System- Solar Air Heater Combined with Solar Cells, Energy conversion and Management, Vol 31 No. 5 pp 471-479
- 2.A.S. Joshi and A. Tiwari (2007), Energy and exergy efficiencies of a hybrid photovoltaicthermal(PV/T) air collector, Renewable Energy, Vol. 32, Issue 13, pp 2223-2241
- 3.B. Lalavic (1987), A Hybrid Amorphous Silicon Photovoltaic and Thermal Solar Collector, Solar Cells, Vol 19 pp 131-138
- 4.C.H. Cox, III and P. Raghuraman (1985), Design Considerations for Flat-Plate Photovoltaic/Thermal Collectors, Solar Energy, Vol 35 No. 3 pp 227-241
- 5.F.P. Incropera and D.P. Dewitt (1966), Introduction to Heat Transfer, John Wiley&Sons 3rd Ed., USA.
- 6.H.P. Garg and R.K. Agarwal (1995), Some Aspects of A PV/T Collector/Forced Circulation Flat Plate Solar Water Heater With Solar Cells, Energy Conversion and Management Vol. 36 No. 2 pp. 87-99
7. H.P. Garg and R.S. Adhikari (1997), Conventional Hybrid Photovoltaic/Thermal (PV/T)Air Heating Collectors: Steady-state Simulation, Renewable Energy, Vol. 11 No.3 pp.363-385
8. H.P. Garg and R.S. Adhikari (1997), Transient Simulation of Conventional Hybrid Photovoltaic/Thermal (PV/T) Air Heating Collectors, International Journal of Energy Research, Vol. 22, pp 547-562
9. H.P. Garg and R.S. Adhikari (1999), Performance Analysis of a Hybrid Photovoltaic/Thermal (PV/T) Collector with integrated CPC Troughs, International Journal of Energy Research, Vol. 23, pp 1295-1304
- 10.J. Prakash (1994), Transient Analysis of a Photovoltaic-Thermal Solar Collector for Co-Generation of Electricity and Hot Air/Water, Energy conversion and Management, Vol 35, No. 11, pp 967-972
- 11.M.Y. Othman, B. Yatim, K. Sopian and M.N. Abu Bakar (2007), Performance studies on a finned double-pass photovoltaic-thermal (PV/T) solar collector, Desalination, Vol. 209,

issue 1-3, pp. 43-49

12.S.A. Kalogirou and Y. Tripanagnostopoulos
(2007), Photovoltaic thermal (PV/T)
collectors: A review, Applied Thermal
Engineering, Vol. 27, Issues 2-3, pp. 275-286

13.Y. Tripanagnostopoulos, P. Yianoulis and D.
Patrikios (1996), Hybrid PV-TC Solar
Systems, WREC

14. Y. Tripanagnostopoulos, TH. Nousia, M.
Souliotis and P. Yianoulis (2002), Hybrid
Photovoltaic/Thermal Solar Systems, Solar
Energy Vol. 72, No. 3 pp 217-234

