

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 25, No. 3, 2005

PV모듈의 냉각장치를 적용한 집속형 복합패널의 집열 특성 평가

서유진*, 허창수**

*인하대학교 전기공학과(sssjin@chol.com), **인하대학교 전기공학과(cshuh@inha.ac.kr)

Thermal Characteristics Evaluation of Concentrated Hybrid Panel with cooling system on PV module

Seo, Yu-Jin*, Huh, Chang-Su**

*Dept. of Electrical Engineering, Inha University(sssjin@chol.com)

**Dept. of Electrical Engineering, Inha University(cshuh@inha.ac.kr)

Abstract

Normally if sunlight is directed on a solar cell without any increasing in temperature, the amount of absorption energy per unit area of each cell is increasing. In a silicon solar cell, however, cell conversion efficiency decreases with the increase of temperature. Therefore, to maintain cell conversion efficiency under normal condition, it is necessary to keep the cell at operating temperature. We tried to design and make new hybrid panel with cooling system to prevent increasing of temperature on cell, collect and use thermal energy more effectively. We compared performance of this new hybrid panel with current thermal panel. We also evaluated conversion efficiency, thermal capacity and confirmed cooling effects from thermal absorption efficiency.

Keywords : 태양에너지(solar energy), 복합패널(hybrid panel), 변환효율(conversion efficiency), 집열량(thermal capacity), PV(photovoltaic, 태양전지)

1. 서론

현재 에너지원으로서 주로 사용되고 있는 화석에너지는 환경오염 및 지구온난화의 주원인으로 인식

되고 있으며 국제적으로 점차 규제가 구체화되고 있어 친환경적인 대체에너지의 개발과 보급의 확대가 절실히 요구되고 있다. 이러한 관점에서 건축물에서의 태양에너지 활용의 확대는 매우 큰 의미를

접수일자:2005년 7월 13일, 심사완료일자:2005년 9월 2일

갖는다. 그러나 광과 열로 대별되는 태양에너지 변환기구는 다른 에너지원에 비하여 상대적으로 효율이 낮아서 넓은 설치면적이 필요하고 특히 태양전지는 모듈의 온도상승에 따라 변환효율이 저하되는 특성으로 적용방법이 제한되어 건축물의 에너지원으로서 보급 확대에 장애로 작용되고 있다. 이러한 장애요소를 극복하기 위해 태양에너지 변환기구의 효율향상을 위한 연구가 다방면으로 진행되고 있으며 PV 모듈의 온도상승으로 인한 효율저하 방지를 위해 건축물의 벽면과 PV 모듈 설치면과의 적정 통풍간격 선정과 적용방법에 대한 연구도 진행되고 있다. 건축물의 에너지원으로서 태양광 발전설비의 보급 확대를 위해서는 본래의 기능 외에 건축물의 외피로서의 기능을 만족하는 건물통합형 태양광발전시스템(BIPV, building integrated photovoltaics)의 개발이 매우 필요하다. 모듈의 길이가 길어질 경우 설치 면과 모듈 간격을 20 cm 이상 이격시켜야 전력생산량의 감소를 줄일 수 있는데¹⁾ BIPV 시스템에서는 구조상 모듈온도의 상승이 수반되며 이는 광전변환효율을 급격하게 저하시킬 수 있으므로 모듈의 냉각대책이 필요하게 된다.²⁾ 본 연구에서는 패널의 내부에 자체냉각장치를 적용하여 열에너지를 흡수함으로써 PV 모듈의 온도상승을 방지하고 집속된 열에너지를 유효하게 회수하고자 하였다. 본 연구의 목적은 태양전지의 모듈, 광집속기구, 냉각기구, 열 전송 시스템을 조합, 하나의 패널로서 설계하여 시작품을 제작하고 시험하여 특성을 분석하고 평가하는 것이다.

2. 집속형 복합패널의 설계·제작

2.1 패널의 구성

태양전지 60장을 15장씩 직렬로 연결하고 전체 2줄을 병렬로 접속하여 출력전압을 12V로 하였다. 집속기는 V-trough 형태의 것으로 경사각도를 75.5°로 하여 집속비가 2가 되도록 하여³⁾ 모듈의 좌우에 배치하였으며 냉각기구는 태양전지

의 하부를 열전도성 접착제를 사용하여 알루미늄 집열판에 접합시킨 액체식 평판형 heat sink로 하여 태양전지가 취한 열에너지를 알루미늄집열판을 통하여 회수되게 하였다. 열매체 유로는 비교적 같은 조건으로 기존 태양열 집열판과의 상대적인 특성을 비교하기 위하여 기존 태양열 집열판과 동일한 재질, 제작방법, 환경 및 간격으로 제작하였다. 또한 패널의 오염을 방지하고 집속된 열에너지가 외부로 유출되지 않도록 유리 덮개를 적용하였다.³⁾

그림 2는 전체 4줄의 모듈 중 한 줄의 모듈 단면에 대한 규격으로 상부와 하부의 폭과 높이 및 각도를 나타내고 그림 3은 두 줄의 모듈에 대한 단면으로 구성 재료의 배치를 나타내고 있다.

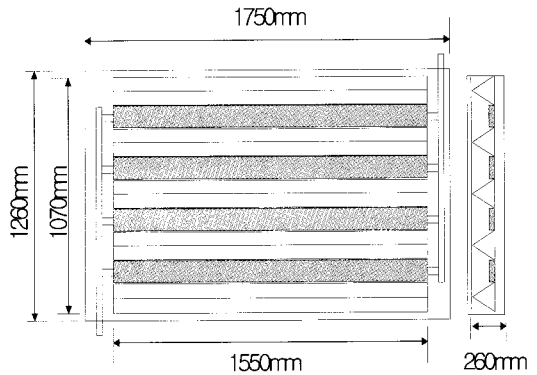


그림 1. 패널의 개략도

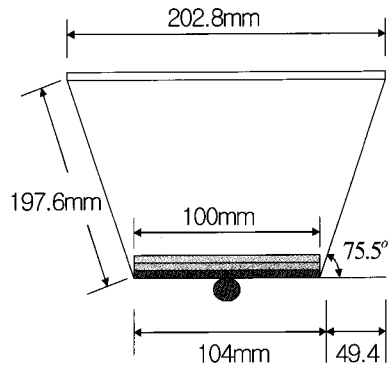


그림 2. 단위모듈의 치수

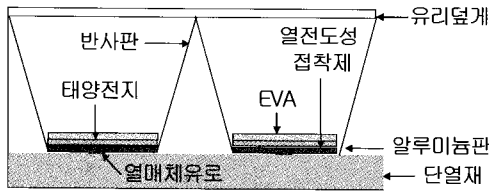


그림 3. 패널의 단면도

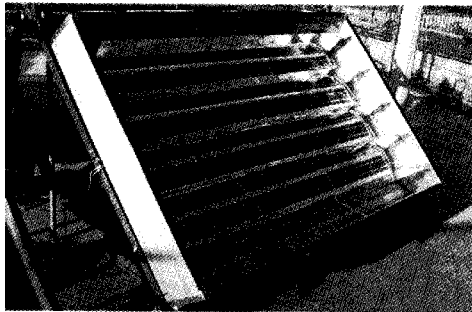


그림 4. 패널의 외관

2.2 재료의 선정

열 흡수관의 재질은 주로 금속재를 사용하고 있으며 특히 내구성, 가공성 및 열전도율이 좋은 동이나 알루미늄 재질이 사용되고 있다. 금번 연구에서는 0.2 mm두께의 알루미늄판위에 태양전지모듈의 하부를 접합시키는 구조로 제작하였으며 반사판은 금속판위에 알루미늄을 코팅한 형태로 반사율이 95 %인 것을 선정하였다. 태양전지는 실리콘 단결정 0.4 VDC, 100 mm × 100 mm 규격의 것을 사용하였고 태양에너지를 효과적으로 투과시켜 최대의 효율을 얻기 위해 투명한 덮개판으로 적용하였다. 덮개판은 태양에너지의 투과율이 높고 흡수관에서 반사되는 장파장의 열복사에너지의 투과율이 낮은 재료를 사용하는 것이 이상적이며 특히 제 2 산화철(Fe_2O_3)의 함량을 최소화하며 투과율을 최대화하는 저철분 열강화유리가 특성이 가장 좋으나 금번 시작품의 제작에는 확보가 손쉬운 투과율이 90 %인 3 mm두께의 투명유리를 선정하였다. 외부프레임은 현재 국내에서 일반적으로 사용하고 있는 FRP재질의 것을 적용

하였고 40 mm두께의 Glass Wool을 패널 하부의 단열재로 사용하였다.

3. 시험방법

3.1 시험시스템의 구성

열 특성을 비교, 평가하기 위해 시판중인 평판형 태양열 집열관을 제작한 집속형 복합패널과 병설하였다. 그림 5와 그림 6은 비교를 위한 병설시스템과 평가용 복합시스템의 구성을 나타내고 있다.⁴⁾

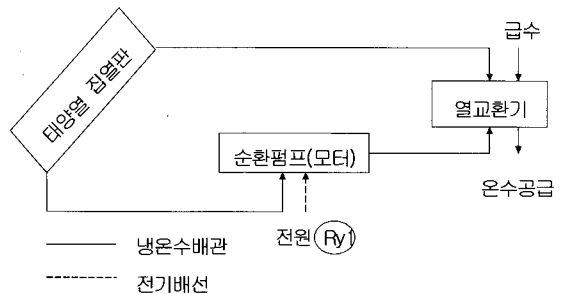


그림 5. 병설시스템

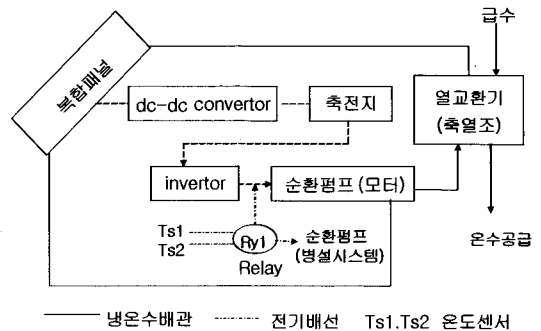


그림 6. 복합시스템

열매체의 순환은 강제 순환식으로 두 시스템의 펌프구동용 전원은 복합패널 내부의 태양전지로부터 공급받도록 하였으며 집열관에서 흡수한 열을 열교환기로 이송하고 냉각된 열매체를 다시 집열관으로 보내는 순환작용을 하게 하였다. 두 시스템의

순환펌프는 복합시스템의 집열판의 온도가 열교환기 내부의 온수 온도보다 높을 때 자동으로 연동되도록 하였다. 열매체는 동절기 동파방지를 고려하여 에틸렌글리콜을 물로 50 %희석하여 사용하였다. 표 1은 각 패널의 사양을 나타내고 있으며 표 2는 시험을 위한 패널의 설치조건을 나타내고 있다.

표 1. 각 패널의 사양

패 널		집열판	복합패널
태양광	면적(m ²)	-	0.600
태양열	집열면적(m ²)	2.77	2.205
	집열매체	선택 흡수막	Si 태양전지
외형치수(mm)		1130x2450 x90	1260x1750 x260
전체면적(m ²)		2.77	2.205

표 2. 시험용 패널의 설치조건

위 도	북위 37°28'
경 도	동경 126°38'
경사각	50°
방 위	정남향

3.2 측정시스템의 구성

설치된 패널들의 열 특성을 비교하기 위해 표 3과 같이 각종 측정용 계기들을 필요개소에 설치하고 그림 7과 같이 데이터취득시스템을 구성하였다.⁴⁾

표 3. 측정용 계기의 종류와 용도

종 류	형 식	계기의 용도
온도센서	thermocouple type	외기, 태양전지, 집열판의 입출구, 열교환기의 입출구, 급수, 축열조 및 온수의 온도측정
유량계	analog	펌프의 유량측정
일사량계	digital	수평면, 경사면의 일사량측정
자료수집 처리장치	digital, graphic	자료의 수집 및 처리

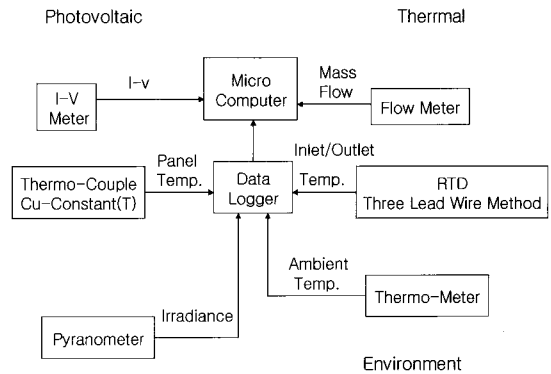


그림 7. 데이터취득시스템

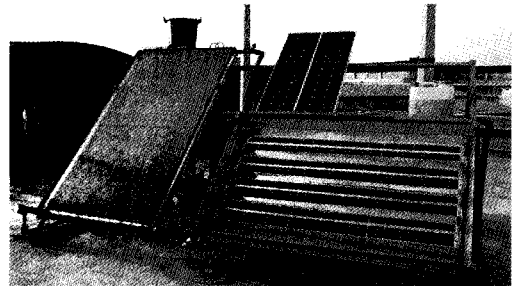


그림 8. 시험시스템

3.3 성능의 평가방법

태양에너지의 이용시스템의 성능은 이용방법, 시스템의 수준, 설치상태, 제어방식, 유지보수상태, 부품의 경년변화 등과 같이 성능에 영향을 주는 인자가 많기 때문에 성능을 측정하여 평가하는 것은 매우 어려운 일이며 그 성능을 수치로 표현하는 것에는 한계가 있다고 할 수 있다. 각 패널의 집열량, 효율, 열량은 다음 식을 이용하여 산출하였다.⁵⁾

$$\eta_t = \frac{Q}{I_{02} A_2} \cdot 100 (\%) \quad (1)$$

η_t : 집열효율, A_2 : 집열면적(m²)

Q : 순시 집열량(kcal/kg · °C)

I_{02} : 경사면 일사강도(kcal/h · m²)

$$W_t = \int Q dt \text{ (cal)} \quad (2)$$

W_t : 열량

$$Q = m C_p \theta_d \text{ (kcal/h)} \quad (3)$$

m : 집열매체 질량유량(kg/h)

C_p : 집열매체 정합비열(kcal/kg·°C)

θ_d : 집열매체 입출구온도차(°C)

4. 집열 특성의 비교, 분석

복합패널의 집열 성능을 측정하기 위하여 그림 8 과 같이 복합패널을 기존 태양열 집열판과 동일조건으로 병설하고 데이터를 취득하여 각각의 특성을 비교, 분석 하였다. 편의상 그림에서 복합패널은 Proposed model로 일반 태양열 집열판은 SC로 표기하였다.

4.1 집열량

복합패널과 일반 집열판의 일사강도의 증가에 따른 집열량의 변화를 분석한 결과 복합패널이 일반 집열판과 대등한 수준의 집열 성능을 가지고 있는 것으로 분석되었다.(그림 9)

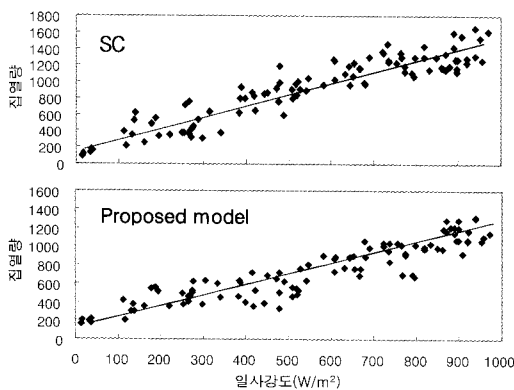


그림 9. 일사강도에 따른 집열량의 변화

4.2 집열효율

일사강도에 따른 집열 효율을 실측치를 기준하여 분석한 결과 일반집열판에서는 일사강도 500w/m²까지는 집열 효율이 증가하지만 그이상의 일사강도에서는 감소하는 것으로 확인 되었다. 그것은 어느 일사량까지는 일반 집열판과 주위온도와의 온도차이가 생기지 않지만 일사강도가 증가하게 되면 온도차이로 인하여 열손실이 발생하는 것으로 사료된다. 복합패널에서는 효율이 일정하고 일사량증가에 따라 완만하게 증가하는 것을 확인하였으며 이것은 일사량이 증가하여도 패널이 냉각되어 온도가 증가하지 않으므로 주위온도와의 차가 상대적으로 적어서 열손실이 크지 않은 것으로 분석되었다.(그림 10)

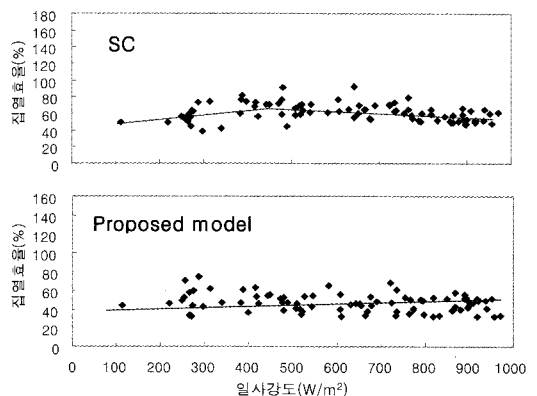


그림 10. 일사강도에 따른 집열 효율의 변화

오전7시부터 오후19시까지 12시간동안의 집열 효율의 변화를 측정치를 근거로 계산하였다. 태양열 집열판의 경우 대체적으로 낮 시간의 효율이 비교적 일정하게 유지되고 있었으나 복합패널의 경우에는 일사량이 증가하는 오전부터 오후13시까지는 효율이 증가하다가 그 이후 일사량이 감소되는 시간대부터는 점차 그 효율이 감소하는 것을 확인하였다. 이것은 시험에 사용된 복합패널의 높이가 높고 집열판의 역할을 하는 태양전지가 상대적으로 내측에 위치하기 때문에 태양의 고도

가 낮은 시간대에는 그림자의 영향을 받은 것으로 판단된다.(그림 11)

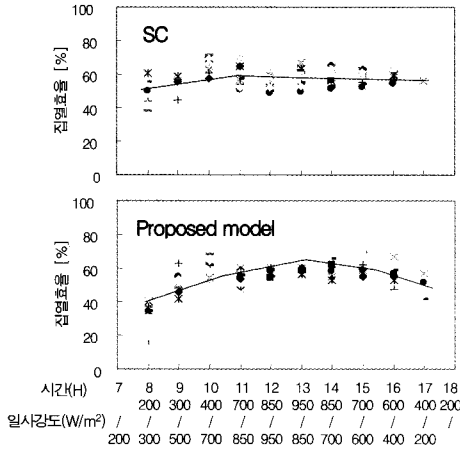


그림 11. 시간대에 따른 집열 효율의 변화

오전 7시부터 오후 19시까지 12시간동안의 집속을 실시한 복합패널 내부의 모듈온도와 태양열 집열판의 온도변화를 실측한 결과 온도의 평균값이 후면이 개방되어 방열이 원활하고 또한 열매체를 통하여 집열 된 열이 흡수되고 있는 태양열 집열판의 온도와 복합패널 내부 모듈의 온도 값이 거의 유사한 온도분포를 나타내고 있었다. 또한 시험기간 동안의 모듈의 온도 값이 50°C 이내로 유지되고 있는 것을 알 수 있었다. (그림 12)

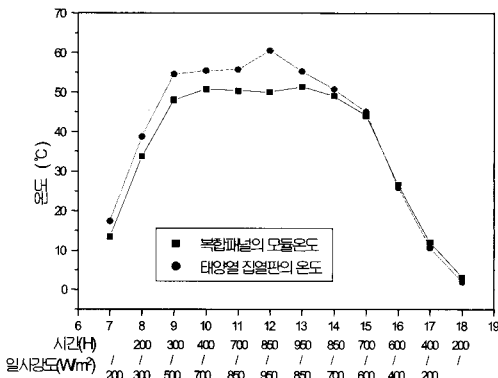


그림 12. 시간대에 따른 태양열 집열판과 복합패널 내부 모듈의 온도 변화.

5. 결 론

집속형 복합패널의 집열 효율과 집열량의 확인으로 PV 모듈의 자체 냉각효과가 충분함을 알 수 있었다. 또한 태양전지 모듈의 설치면적을 포함한 집속형 복합패널의 면적(2.202 m²)은 기존 태양열 집열판 면적(2.77 m²)의 80 %정도이지만 기존 집열판과 거의 대등한 집열 성능이 있는 것을 확인 하였다. 따라서 복합패널에 적용된 냉각장치는 PV 모듈의 냉각기능 뿐 만 아니라 태양열 집열기로서의 성능도 양호하다는 것을 확인하였다. 향후 복합패널의 전기적인 특성을 포함한 종합적인 성능평가와 건축적인 적용성에 대한 연구는 지속적으로 시도할 계획이다.

참 고 문 헌

1. 김준태, 김진희 "PV모듈온도를 고려한 BIPV 시스템의 성능평가" 한국태양에너지학회, 춘계 학술발표대회 논문집, 2004.
2. Rondall Thomas, Photovoltaic and Architecture, Spon. Press, London, 2001, p.14
3. R. P. Goswami, G. D. Sootha, B. S. Negi, Z. H. Zaidi, Vol. 44, pp. 837-849, 1992.
4. Toru Fujisawa, Tatsuo Tani, Consideration on Photovoltaic Thermal Binary Utilization for Residential Building. T IEE, Japan, Vol. 119-8. No. 3, 1999.
5. Toru Fujisawa, Hideki Iwawaki, Tatsuo Tani, "Characteristics of Photovoltaic/Thermal Hybrid Panel Evaluation with Exergy", Proceedings of JAES/JWEA Joint Conference, 1995.
6. C. H. COX, III and P. Raghuraman, Design Consideration for Flat-Plate Photovoltaic / Thermal Collector, Solar Energy Vol. 35. No.3, pp. 227-241(1985)