

건물일체형 투명 모듈의 온도 변화에 따른 발전 특성

박경은*, 강기환*, 김현일*, 유권중*, 장대호**, 이문희***, 김준태****

* 한국에너지기술연구원

** (주)경남알미늄

*** (주)경동솔라

**** 공주대학교 건축학부

Generation characteristics of transparent BIPV module according to temperature change

Kyung-Eun Park*, Gi-Hwan Kang*, Hyun-Il Kim*, Gwon-Jong Yu*, Dae-Ho Jang**, Moon-Hee Lee***, Jun-Tae Kim****

* Korea Institute of Energy Research

** Kyungnam Aluminum Co.,Ltd

*** KD Solar Co.,Ltd

**** Kongju National University, Dept. of architecture

Abstract - Amid booming PV(photovoltaic) industry, BIPV(Building Integrated PV) is one of the best fascinating PV application technologies. To apply PV in building, variable factors should be reflected such as installation position, shading, temperature effect and so on. Especially a temperature should be considered, for it affects both electrical efficiency of PV module and heating and cooling load in building. Transparent PV modules were designed as finished material for spandrels are presented in this paper. The temperature variation of the modules with and without air gap and insulation were compared and analyzed. The results showed that the module with air gap and insulation has a much larger temperature variation than another transparent module. The temperature of the module reached by 55degree C under vertical irradiance of lower 500W/m². And the temperature difference between these modules was about 15degree C. To analyze the output performance of module according to temperature variation, separate module was manufactured and measured by sun-simulator. The results showed that 1 degree temperature rise reduced about 0.45% of output power.

1. 서 론

전 세계적으로 태양광산업에서 활발한 공급과 수요가 이루어지는 가운데, 태양광발전시스템은 기술적 측면과 경제적 측면에서 지속적인 발전을 하여 더 좋은 효율의 더 저렴한 시스템들이 보급되고 있다. 또한, 태양광발전시스템의 설치 규모와 적용 대상 및 범위에 있어서도 변화가 나타나고 있는데, 이전까지는 태양광발전시스템이 대부분 소규모로 설치되어 자가발전 자가소비가 이루어졌던 것에 비해 점점 설치 용량이 증가하고 있는 추세로 흐르고 있고, 최근에는 대규모 태양광발전시스템을 발전 사업용으로까지 활용하기에 이르렀다. 또한, 적용 분야도 위성용에서 지상용으로, 지상용에만 국한되었던 것에서 건물을 비롯한 다양한 분야에서 적용이 되고 있다. 특히, 태양광발전시스템을 건물에 적용하는 기술은 PV를 효과적으로 적용할 수 있는 분야로, PV 선진국에서도 높은 관심과 노력 속에 여러 가지 정책 및 지원들이 계속되고 있다. 건물에 PV모듈을 적용할 경우, 전기 생산이라는 본래의 목적 이외에 외장재를 대신하여 건축물에 사용함으로써 경제적, 미적 측면에서 이중효과를 거둘 수 있다. 특히, 유효부지가 적은 우리나라의 지형적 조건에서는 더욱 유리한 기술이다.

건물에 태양광발전시스템을 설치할 경우에는 지상용과는 다르게 반드시 고려되어야 하는 설치조건들이 있는데, 대표적인 것으로 방위, 경사, 일사량, 음영, 그리고 온도 등이 있다. 이 요소들 중에서도 특히 온도의 경우에는 태양광발전시스템의 발전성능을 저해시키는 요인이면서 동시에 건물의 냉난방부하에 직접적인 영향을 미치는 주요인이 되므로 반드시 고려되어야 한다.

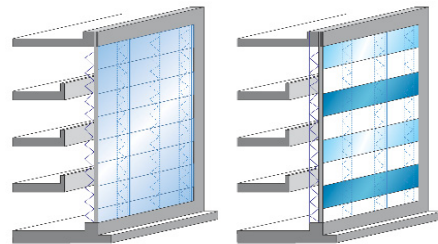
본 논문에서는 건물 층간 부분의 외장 건축재로서 구성요소가 각각 다른 투명모듈의 온도 변화와 이에 따른 발전성능 특성을 분석하였다. 수행 방법으로는 온도 변화에 대한 모니터링 결과 및 적외선 촬영을 통해 온도 변화를 분석하고, 시뮬레이터에서 다른 조건들은 동일하게 유지

한 채 모듈의 온도만 변화를 주어 이에 따른 발전특성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 건물에의 모듈 적용 기법 및 모듈 구성

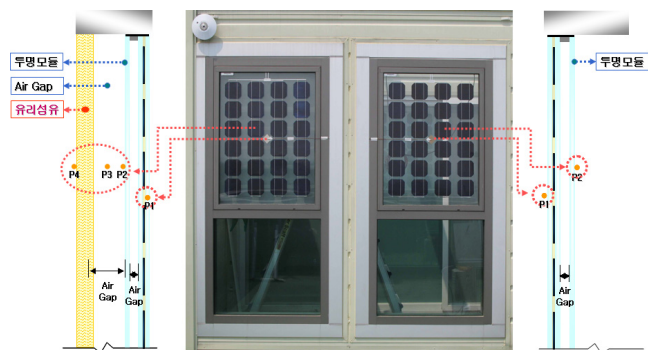
현대 건축물은 다양한 소재와 다양한 공법으로 건물 외벽을 구성한다. 태양광발전시스템은 또 다른 특별한 소재로 건물의 지붕, 벽, 창호 등 다양한 요소로서 적용이 가능하다. 최근에는 건물 외벽 전체를 유리로 구성하는 사례도 많이 찾아볼 수 있는데, 이때 건물 외벽은 창과 층간(spandrel) 부분으로 나눌 수 있다(그림 1 참고). 본 논문의 실험 대상이 된 모듈은 건물 외벽의 층간 부분에 적용이 되도록 디자인되었다.



<그림 1> 건물 외벽 유리 마감 시 창과 층간

모듈은 두 타입으로 구성되어 있다. 아래 그림 2에서 보이는 바와 같이 단열을 위해 공기층을 갖는 더블 글라스 타입의 일반적인 투명모듈(우측)과 후면에 별도의 공기층 및 단열층이 있는 투명모듈(좌측)로 구성되어 있는데, 이 두 모듈은 상호간 비교가 이루어질 수 있도록 동일한 조건으로 설치되었다.

온도센서는 기본적으로 투명모듈의 전면과 후면에 각각 1점 씩 설치되었고, 공기층과 단열층이 있는 모듈의 경우에는 모듈과 단열층 사이의 공기층과 단열층 후면에 각각 1점 씩 센서가 더 설치 되도록 하여 모듈 전면에서 후면까지의 온도 변화를 분석할 수 있도록 하였다.

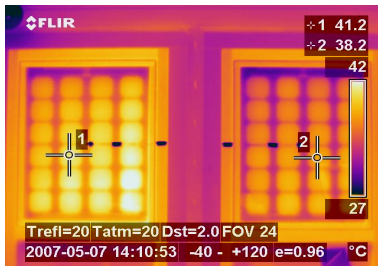


<그림 2> 모듈 구성 및 온도 센서 위치

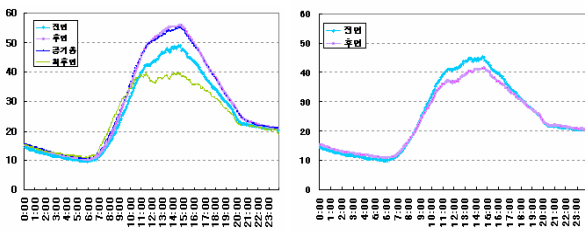
2.2. 온도변화 분석

두 타입의 투명모듈은 모듈 전후면 온도에 있어서 확연한 차이를 나타냈다. 그림 3은 두 모듈을 적외선 카메라를 이용하여 촬영한 것으로 두 모듈 간 온도 차이를 손쉽게 확인할 수 있다. 이 사진은 두 모듈의 전면 온도 차이를 보여주는 것으로, 모듈 전면보다 후면의 경우에 더 큰 온도 차이를 나타냈다. 그림 4는 공기층과 단열층을 포함한 모듈(좌)과 일반 투명모듈(우) 각각의 온도 변화를 나타낸 것으로, 일반 투명모듈의 경우, 외부에 접하고 있는 모듈 전면은 밤사이 떨어진 외기온의 영향으로 후면보다 낮은 온도를 유지하다가 일출 후에는 태양으로부터 직접 받는 일사와, 태양전지의 발전으로 인해 온도가 높아지면서 낮 시간 동안은 후면보다 높은 온도 분포를 나타내었다. 반면, 단열층이 있는 모듈의 경우에는, 열전달률이 낮아서 건축물에서 단열체로 흔히 사용되고 있는 공기층과 단열층(유리설유)의 영향으로 후면 온도가 항상 전면보다 높은 온도를 유지하는 것으로 나타났다. 그림 5는 청천공 시와 담천공 시 일사량 및 두 모듈의 전후면 온도를 나타낸 그래프로 일출 후 모듈의 온도는 계속 상승하여, 낮 시간 동안 일사량이 가장 좋은 정점으로 온도가 크게 상승하였고 일사량 피크 시간이 지난 오후 2시 경에 가장 높은 온도를 나타내는 것으로 분석되었다.

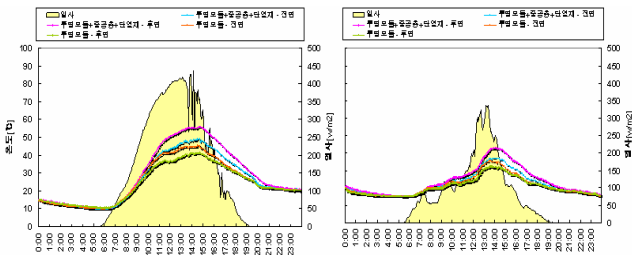
모듈이 수직면에 설치 되어있어 5월 초 수직면 일사량이 $500\text{W}/\text{m}^2$ 이하로 비교적 일사량이 많지 않고, 건물 옥상부에 설치되어 풍속 및 풍향이 많음에도 불구하고 공기층 및 단열층이 있는 모듈의 경우 후면 온도가 56°C 까지 상승한 반면, 일반 투명모듈의 경우 후면온도가 최대 41°C 까지 상승하여 약 15°C 의 차이를 나타내었다.



<그림 3> 모듈 간 온도 차(IR Camera)



<그림 4> 모듈 별 온도 변화(우:일반투명모듈)



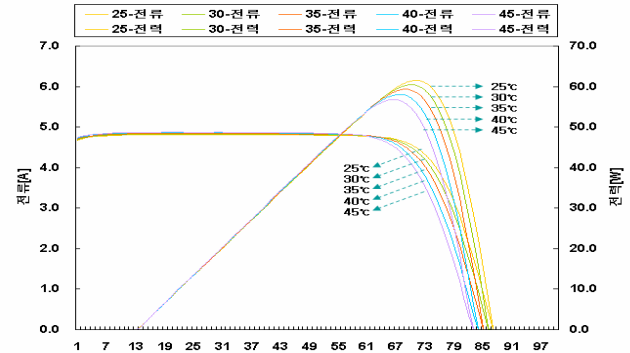
<그림 5> 청천공(좌) 및 담천공(우) 시 일사량 및 모듈 전후면 온도 변화

2.3 온도 변화에 의한 발전 특성

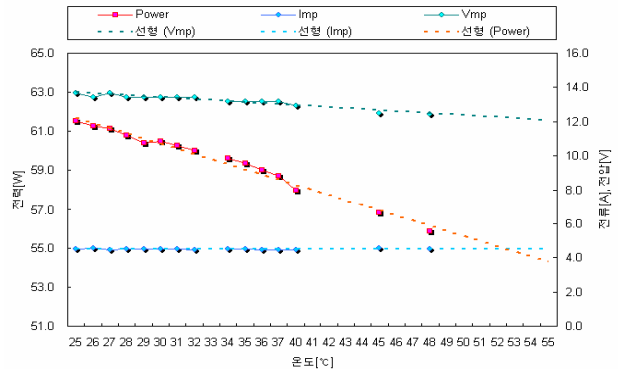
앞 절에서 언급한 바와 같이 동일한 PV모듈이 다른 건자재와 함께 일체화되어 각각 다른 구성을 갖는 건자재형 모듈로 설치되었을 경우, 모듈의 온도가 크게 다르게 나타남을 알 수 있었다. 온도는 PV 모듈의 발전 특성에 영향을 주는 주요한 요인 중의 하나이다. 따라서 일사, 풍속/풍향 등의 다른 요인들은 동일하게 유지한 채 모듈의 온도만 변화를 주어 이에 따른 발전 특성을 살펴보았다. 앞 절에서 온도변화에 대한 측정 및 분석이 수행된 시료는 현재 모니터링 중이므로, 별도의 일반 투명모듈을 제작하여 실험을 수행하였다. 그림 6은 모듈 온도의 변화에 따른 발전특성을 나타낸 그래프로, 일사강도 $1,000\text{W}/\text{m}^2$ 의 STC 기준온도인 25°C 를 기준으로 온도가 상승할수록 전압이 떨어지고 이에 따라 발전량 역시 온도가 상승할수록 감소하는 것으로 나타났다.

그림 7은 실제로 모듈의 온도를 변화시켜 측정된 전압, 전류, 전력 값

과 이 값들을 토대로 도출된 추세 선을 나타낸 것이다. 온도의 변화에 따른 전류, 전압, 전력의 변화는 그림에서 보이는 바와 같이 선형으로 나타났다. 발전되는 전력은 1°C 상승시마다 약 0.45% 감소하는 것으로 나타났다. 실험 대상 모듈의 STC 조건에서의 발전량이 약 61.5W 이므로, 이를 기준으로 1°C 상승 시 마다 약 0.28W씩 감소하게 된다. 이와 같은 감소율을 이용하면 당일 측정 최고 온도인 55°C 까지 모듈 온도가 상승한 경우 순간 발전량은 약 8W정도 감소할 것으로 예측된다.



<그림 6> 온도의 변화에 따른 발전 특성



<그림 7> 온도의 변화에 따른 전류, 전압, 전력 특성

3. 결 론

본 논문에서는 구성요소가 각각 다른 투명모듈의 온도 변화를 분석하고 모듈의 온도변화에 의한 발전성능 특성을 분석하였다. 분석 결과, 후면에 공기층 및 단열층이 있는 모듈의 경우 일반 투명 모듈에 비해 공기층 및 단열층의 영향으로 PV 모듈의 온도가 크게 상승하는 것으로 나타났다. 실제로 5월 초 수직면 일사량 $500\text{W}/\text{m}^2$ 이하의 조건에서 측정된 모듈의 온도가 약 55°C 까지 상승하여 일반 투명모듈보다 약 15°C 정도 더 높은 온도까지 상승하는 것으로 나타났다. 이와 같은 온도의 상승은 PV 모듈의 발전성능에 영향을 주게 되는데, 실제로 모듈 온도 변화에 의한 투명 모듈의 발전 성능을 측정한 결과 모듈 온도가 1°C 상승할 때마다 약 0.45%의 발전량 감소를 나타내었다.

단순히 PV 모듈만을 설치한 경우와는 다르게 태양광발전시스템을 건물에 적용할 때에는 전기적 측면과 건축적 측면을 동시에 고려해야한다. 앞에서 언급한 결과는 전기 생산에 있어서는 손실로 작용을 하지만 동절기 건물의 난방부하 감소에 기여를 할 것으로 예상된다.

따라서, 향후에는 본 연구를 통해 도출된 결과를 토대로, 온도 및 발전량 모니터링 및 시뮬레이션 시 온도에 의한 손실에 대한 예측 및 비교 분석을 수행하게 될 것이다. 또한 더 나아가 온도 변화 및 발전 특성이 건물의 냉난방 부하 및 전체 건물 에너지에 미치는 영향 분석을 수행하게 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Ji Jie, Yi Hua, He Wei, Pei Gang, Lu Jianping, Jiang Bin, "Modelling of a novel trombe wall with PV cells", Building and Environment 42, pp.1544-1552, 2007.
- [2] G.Barker, P.Norton, "Building America system performance Test Practices: Part1 - Photovoltaic systems", NREL/TP-550-30301, 2003.
- [3] M.Mattei, G.Notton, C.Cristofari, M.Muselli, P.Poggi, "Calculation of the polycrystalline PV module temperature using a simple method of energy balance", Renewable Energy, 31, pp.553-567, 2006.