2011년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2011. 7. 20 - 22

후면 환기 조건을 통한 BIPV 모듈 특성분석

권오은[a1], 이상길[a2], 강기환[a], 유권종[a], 김정수[1]
충남대학교[1], 공주대학교[2], 한국에너지기술연구원[a]

A Study on the Thermal Effect and Performance of BIPV System acccording to The Ventilation Type of PV Module Backside

Oh-Eun Kwon[a1], Kyoung-Soo, Kim[a], Gi-hwan Kang[a], Gwon-jong Yu[a], Jung-Soo Kim[1]
Chungnam National University[1], Korea Institute of Energy Research(KIER)[a]

Abstract - Building-Integrated Photovoltaic System(BIPV) has a muti-functional to generate electrical power and be able to be exterior materials for building. When PV modules are applied as envelope materials for building, the PV modules are considered on characteristics of the thermal effect and performance of PV module to optimize BIPV system synthetically. The purpose of this study is analysis of the changes of temperature and performance on PV modules. after installing four PV modules that have different ventilation type of PV module backside. Measurement results on this experiment is that the ventilation of PV module backside can control elevated module temperature and improve the performance of PV module. So, the technology development on the ventilation of PV module is suggested introducing effective BIPV system.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 필요성

국가 에너지소비의 25% 정도를 차지하는 건물의 에너지 소비량을 줄이기 위한 연구가 다방면으로 진행되고 있다. 그 중, 태양광발전(Photovoltaic: PV) 요소기술들의 도입을 통한 건물의 에너지소비를 줄이기 위한 건축 계획적 방법이 활발히 연구되어지고 있으며, 건물일체형 태양광발전 시스템(Building-Integrated Photovoltaic; BIPV)이 전력 생산 기능과 함께 건축의 마감 재료 기능을 동시에 충족시키며 각광을 받고 있다. BIPV 모듈의 발전성능은 설치 위치, 환기구조의 유무, 부착방식 등에 따라 크게 달라진다. 즉 PV(Photovoltaic)모듈이 건축외장재로 적용될 경우 건물 외피의 일부로 구성되기 때문에, 최적의 BIPV 시스템 구성을 위해서는 PV모듈의 온도 변화와 그에 따른 발전성능 등을 비롯하여 건축화 전반에 대한 종합적 고려가 이루어져야 한다. 따라서 본 연구에서는 PV모듈과 후면 배기 조건에 따른 발전 성능의 관계를 분석하고자 한다.

1.2 연구 범위 및 방법

본 연구는 태양광발전 시스템의 BIPV의 이론적 탐구로부터 출발하여, 후면 배기 조건이 다른 PV 모듈 4개를 제작, 정남 방향 수직으로 설치한 후, 시간에 따른 PV 모듈 후면의 온도 변화와 각 모듈의 발전성능을 비교 분석하도록 한다.

2. 본 론

2.1 BIPV 정의

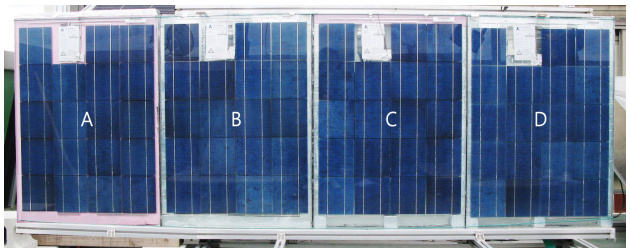
건물일체형 태양광발전 시스템(Building-Integrated Photovoltaic; BIPV)은 일반 PV 시스템의 전력 생산 기능과 함께 건축의 마감 재료 기능을 동시에 충족시켜주는 개념이다. Roberts와 Guariento(2009)는 BIPV를 전기를 생산할 뿐만 아니라 건물 요소의 역할도 하는 PV 모듈의 적용이라고 정의하였다.[1] 즉, BIPV는 PV 시스템의 공학적, 건축적 디자인의 종집합이다. BIPV는 건물의 입면, 지붕과 차양 등 다양한 부분에 적용 할 수 있다.

2.2. 실험 개요

실험에 사용된 모듈은 총 4장이며 동일한 회사에서 제작된 같은 모델의 PV 모듈로 단열재를 사용하여 각 모듈의 후면 배기 조건을 다르게 제작, 설치하였다. 표1은 모듈의 후면 조건과 TC센서 부착 위치를 나타낸 것으로 모듈A는 상, 하부가 모두 밀폐 되었으며, 모듈B는 상부, 모듈C는 하부가 밀폐 되었다. 모듈D는 상, 하부가 모두 개방 되었다. 그리고 모듈 전면과 후면(모듈의 상부, 하부)에 TC 센서 3개를 부착하였다. TC 센서는 T-type 열전대를 사용하였으며, 일사량계는 PV 모듈 설치각도와 동일하게 90도로 부착하였다. 실험 시료로 제작된 모듈은 그림1에서와 같이 정남향 수직 벽면에 설치하여 모듈의 온도와 발전 성능의 변화를 관찰하였다. MP170으로 각 모듈의 발전량을 측정하였으며, 예비실험으로 인공광원 시뮬레이터를 통해 각 PV 모듈의 전기적 출력 특성을 을 측정하였다.

<표 1> 모듈별 후면 배기 조건과 TC 센서 부착 위치

	모듈 A	모듈 B	모듈 C	모듈 D
상부개방	X	X	O	O
하부개방	X	O	X	O
후면배기 조 건	상부 A 하부	상부 B 하부	상부 C 하부	상부 D 하부
TC 센서 부착 위치	1 후면 2		3 전면	



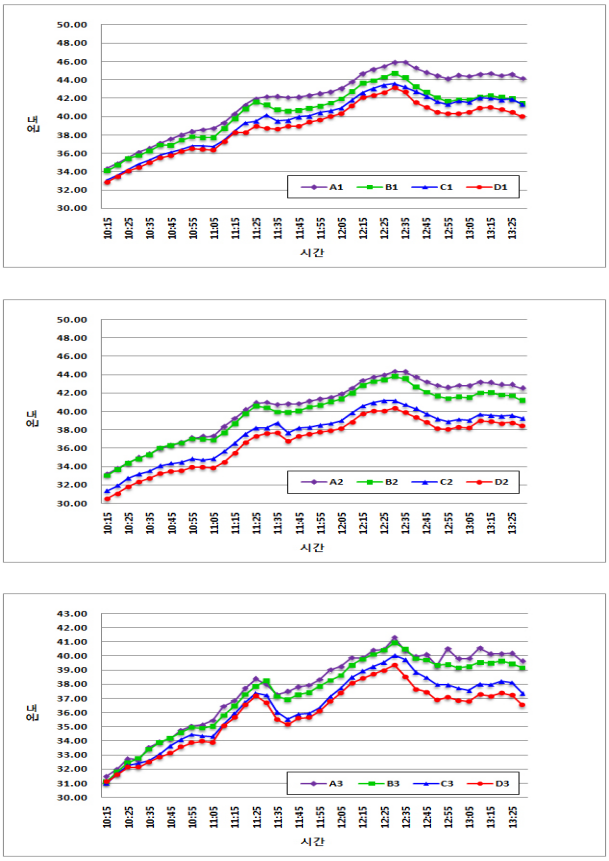
<그림 1> 실험 모듈

2.2 실험 비교 분석 결과

2.2.1 PV 모듈 별 온도 비교 분석

그림 2는 4개의 PV 모듈의 전면과 후면(상, 하) 지점의 온도를 시간대 별로 나타낸 그래프이다. 후면 배기 조건에 따라 4개의 모듈 간 온도 차가 확연히 구분되는 것을 볼 수 있다. 모듈의 상부 지점의 평균 온도는 A1-41.72℃, B1-40.42℃, C1-39.59℃, D1-38.87℃로, 모듈D의 상부 온도가 가장 낮게 관찰 되었다. 하부 지점의 모듈 별 평균 온도는 A2-40.34℃, B2-39.75℃, C2-37.58℃, D2-36.71℃로 모듈D의 하부 온도가 가장 낮은 값을 기록하였다. 모듈의 전면 평균 온도는 A3-37.68℃, B3-37.33℃, C3-36.37℃, D3-35.85℃로 위와 마찬가지로 모듈D가 가장 낮게 측정 되었다. 후면 상부 평균 온도 변화율은(모듈A 기준) 모듈B-3.13%, 모듈C-5.10%, 모듈D-6.82.%로 분석되었다. 그리고 후면 하부 온도의 변화율은(모듈A기준) 모듈B-1.46%, 모듈C-6.86%, 모듈D-9.%로 측정되었다. 또한, 모듈의 전면 온도(모듈A 기준)는 모듈B-0.93%, 모듈C-3.47% 모듈D-4.85.%의 차이를 기록하였다. 모듈D의 온도가 상부에서는 평균 5.02%, 하부에서는 5.77%, 전면에서 3.08%의 온도 차이 유지하는 것으로 분석 되었다. 모듈의 전, 후면의 온도와 변화율은 모두 모듈A, 모듈B, 모듈C, 모듈D의 순서로 낮게 측정되었으며 모듈 후면의 하부

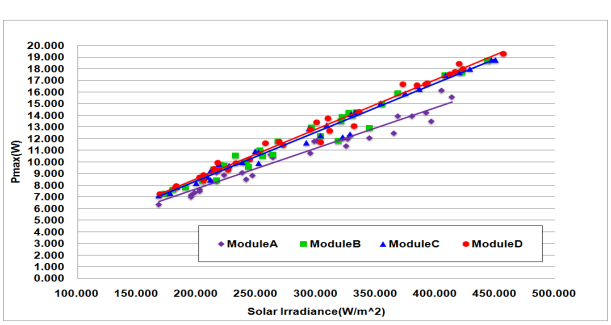
개방 시 온도의 변화율보다 모듈 후면의 상부를 개방 할 때, 하부 온도의 변화율이 더 큰 것으로 분석되었다. 따라서 BIPV 적용 시 상, 하부 모두 개방이 온도의 영향을 가장 덜 받을 수 있으며, 상부를 개방 하는 것이 하부를 개방 하는 것 보다 모듈 온도 상승을 억제 시키는 설치 방법으로 효과적일 것이라 판단된다.



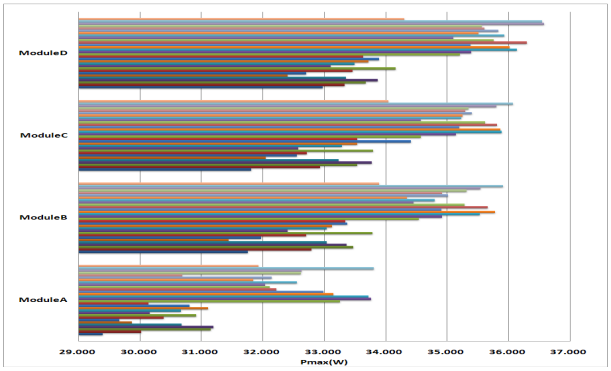
<그림 2> 배기 조건에 따른 모듈의 온도

2.2.2 PV 모듈 별 발전 성능 비교 분석

그림 3은 측정 전체 데이터에 대해 일사강도에 따른 모듈별 발전량의 차이를 나타낸 그래프이다. 일사량이 낮은 조건에서는 4개 모듈간의 발전량이 큰 차이를 나타내지 않지만, 일사강도가 커짐에 따라 모듈 간 발전 성능이 좀 더 큰 차이를 보여주었다. 모듈A의 평균 발전량은 10.60W, 모듈B는 11.75W, 모듈C는 12.40W, 모듈D는 12.63W를 나타냈다. 분석 결과 상·하부를 모두 개방한 모듈D가 가장 높은 발전량을 나타냈으며 모듈A가 가장 낮은 발전량을 기록하였다. 모듈D의 발전량은 모듈A에 비하여 평균 16%이상의 발전량 차이를 보이며 증가하는 것으로 분석 되었고, 모듈B와 모듈C의 평균 발전량은 5.22%이상의 차이를 나타내는 것을 알 수 있었다. 모듈A의 온도가 가장 높았으며, 모듈D의 온도가 가장 낮은 수치를 기록한 것과 반대의 양상이 발전량차이에서 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 이 결과의 차이는 후면의 공기층에서 공기 순환에 의한 냉각 효과가 발생하여 PV 모듈 표면온도가 저하되고 이로 인해 발전 성능도 상승된다는 결과를 얻을 수 있었다.



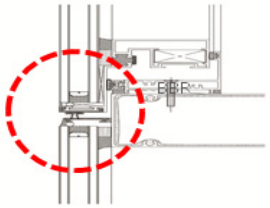
<그림 3> 일사량에 따른 각 모듈의 발전량



<그림 4> 모듈의 발전량 (STC 조건 변환)

그림 4는 MP170으로 측정 데이터를 STC 조건으로 변환하여 도식화한 그래프이다. 예비 실험이 인공시뮬레이터에서 시행되어졌기 때문에 정확한 비교를 위하여, STC 조건으로 환산하여 발전량을 나타내었다. 모듈A의 예비실험값을 기준으로 모듈B, C, D의 STC 기준의 발전량을 다시 보정하였다. 그 결과 모듈A의 발전량 감소율이 51.12%, 모듈B-47.74%, 모듈C-47.71%, 모듈A-40.32%를 나타냈다. 모듈 후면을 상, 하부 모두 밀폐 시켰을 때보다 모두 개방하면 발전량의 4.8% 이상의 증가를 기대 할 수 있었다. 또한 모듈B와 C의 차이가 미비 하지만, 상부를 개방 시 하부를 개방할 때 보다 0.03% 이상의 발전량 증가를 가져올 수 있었다. 이것은 하부만 개방했을 때 따른 온도의 불균형 냉각효과 때문인 것으로 판단된다.

즉, 후면 환기 조건을 통한 BIPV 모듈 특성분석 결과, 모듈 후면의 상, 하부 완전 밀폐 시 보다 모두 공개 했을 때의 모듈 온도와 발전량 값의 높은 개선을 기대 할 수 있었으며, 하부만 개방했을 때 보다 상부를 개방 할 때 모듈의 낮은 온도와 높은 발전량을 관찰 할 수 있었다.



<그림 5> 이중 외피 단면 상세도

그림 5는 이중 외피(double facade) 단면 상세의 예시이다. 다음의 점선 안의 이중 외피 디테일을 상, 하부 배기구 설치에 응용한다면, PV 모듈 온도에 의한 출력 감소를 예방 할 수 있을 것이다. 또한 최근 다양한 용도로 적용되고 있는 BIPV 시스템의 시공 디테일 개발 시 기초자료로 될 수 있을 것이라 사료된다.

3. 결 론

본 연구는 후면 배기 조건이 다른 PV 모듈 4개를 제작하여, 정남 방향 수직으로 설치한 후, 모듈의 온도 변화와 각 모듈의 발전성능을 비교분석 하였다. PV 모듈 후면 배기를 통해 모듈온도 상승 저하와 발전 성능이 향상 될 수 있음을 알 수 있었다. 후면의 상, 하부 모두 개방하여 건물 외벽에 설치할 때 가장 좋은 발전량을 생산할 수 있을 것이며, 모듈의 하부보다 상부를 개방하면 더 좋은 발전성능 개선을 기대 할 수 있을 것이다. BIPV 시스템 효과적인 도입을 위하여, PV 모듈의 상, 하부 배기구를 형성 할 수 있는 기술의 개발이 매우 중요할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] 윤종호, "BIPV 위한 PV 모듈의 건자재화 기술동향", 한국태양에너지학회지, v2 n4, 2003.11

[2] GSES, "Planning and Installing Photovoltaic Systems", James, 2005,p.71

[3] Yiping Wang, "Influence of a building integrated photovoltaics on heating and cooling", Applied Energy, volume 83, 2006.09

[4]Petri Konttinen, "Estimating thermal stress in BIPV modules", Int. J. Energy Res. 2006; 30:1264 - .1277