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

후면 유리종류에 따른 반투과 BIPV모듈의 전기적 특성

김하련[a,1], 김경수[a], 강기환[a], 유권종[a], 김준태[1]
공주대학교[1], 한국에너지기술연구원[a]

Electrical Characteristics of Semi-transparent BIPV Module with Backside Glass

Ha-Ryeon Kim[a,1], Kyung-Soo Kim[a], Gi-Hwan Kang[a], Gwon-Jong Yu[a], Jun-Tae Kim[1]
Kongju Nat. University[1], Korea Institute of Energy Research[a]

Abstract - The purpose of this study is to analyze the electrical performance characteristics of semi-transparent BIPV modules. This study dealt with four different types of semi-transparent PV modules depending on the backside glass material, such as clear glass, bronze glass, reflecting glass and low-e glass. The monitoring data shows that the PV module temperature and solar radiation were closely related to the electrical performance of the modules.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

결정질계의 불투명한 전지를 이용한 반투과형 Glass-to-Glass BIPV 모듈은 일반적으로 저철분 강화유리, EVA sheet, Solar Cell, EVA Sheet, 후면유리의 형태로 구성된다. 이러한 반투과형 BIPV 모듈은 다양한 형태로 건물 적용이 가능하며 재료의 변경이 가능하다. 전면유리의 경우 전기적 성능을 높이기 위해 투과율이 높은 저철분 강화유리를 적용하는 반면, 후면 유리의 경우 다양한 재료를 적용하여 건물의 심미적 가치를 높일 수 있다. 실제로 반투과 모듈이 적용된 사례를 살펴보면 대부분 후면재료가 Clear 유리로 사용되었으며 향후 BIPV 모듈의 적용성 향상을 위해서는 다양한 재료를 적용한 BIPV 모듈의 개발이 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 후면 유리에 다양한 재료가 적용된 반투과 BIPV 모듈의 온도 및 전기적 특성에 대한 분석을 수행하고자 한다.

1.2 연구 방법

BIPV 모듈에 적용된 후면 유리 종류에 따른 4종의 반투명 실험체를 제작 설치하였으며, 2009년 11월부터 12월까지 외기조건 및 모듈의 전기적, 열적 특성을 측정하였다. 모니터링 된 데이터 중 일사량이 높고 기온이 평균기온과 유사하며 청천공 조건을 갖는 2일을 선정하여 PV모듈의 온도특성과 발전량을 비교 분석하였다.

2. 실험 설계 및 조건

2.1 모듈 제조 및 설치

분석 대상 모듈에 사용된 태양전지는 단결정 태양전지로, Pmax의 평균값이 2.651W, 균일도 ± 3% 이내의 성능을 나타냈으며 Isc의 평균값은 5.440W로 균일도 ± 1.46%, Voc의 평균값은 0.627W, 균일도 ± 0.81%의 성능을 나타냈다.

전면에 저철분 강화유리를 사용하고 후면재료로 Clear 유리, Bronze 유리, Reflection 유리, Low-e 유리를 적용하였다. 분석 모듈은 그림 1과 같이 외기와 면하는 실험용 건물 베란다 외벽면에 창호형태로 설치되었고, 정남향으로 배치되었다.

<그림 1> 분석모듈 설치 전경 (외부, 내부)

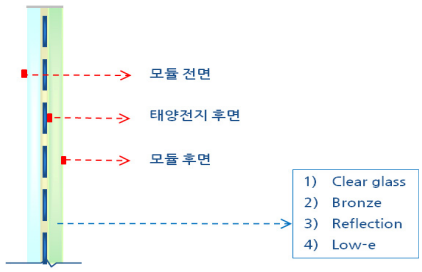
2.2 데이터 수집

각 모듈의 온도 수집을 위해 그림 2와 같이 전면유리 2개, 태양전지 후면 4개, 후면 유리 2개, 총 8개의 온도센서를 Thermo couple(T-type)을 이용하여 부착하였다.

전면유리의 온도 센서의 경우 음영발생으로 인한 발전량 저하를 방지하기 위하여 태양전지 간격에 부착되었으며 레이어 별 온도 수집은 Graphtec사의 midi LOGGER GL450을 이용하였다.

또한, 전류 및 전압 데이터 수집을 위해 소용량 PCS(Power Conditioning System)인 OK5E-LV를 사용하였으며 85% 이상의 변환효율 성능을 가진다.

본 논문에서는, 모듈의 출력에 가장 많은 영향을 미치는 태양전지 후면의 온도와 각 모듈의 전기적 출력을 비교 분석하였다.



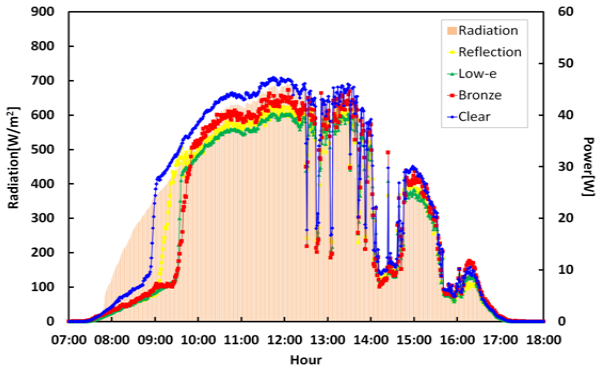
<그림 2> 온도센서부착위치 및 후면재료 종류

3. 실험 결과 및 분석

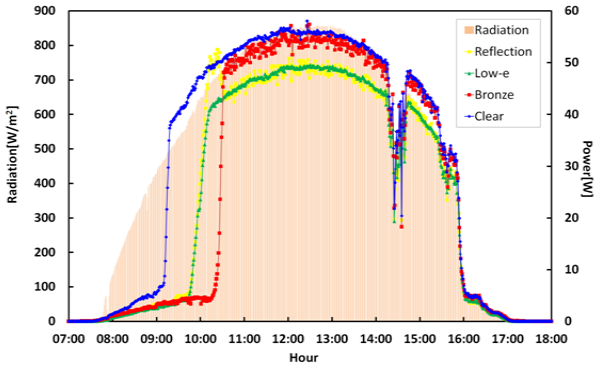
3.1 전기적 특성 분석

다음 그림 3과 4는 후면재료에 따른 전력생산량을 나타낸 그래프로 각 모듈의 발전량은 일사량 획득에 민감하게 반응하는 것으로 분석되었다. 또한, 오전 9시 이후 급격한 발전량 변화를 나타내지만 점차 안정화되면서 10시 이후부터는 Clear > Bronze > Reflection > Low-e 유리 순으로 전력을 생산하는 것으로 나타났다.

Clear 유리의 경우 다른 모듈에 비해 가장 빠른 발전량 상승 추이를 보였으며 Reflection, Low-e, Bronze 유리가 그 뒤를 이었다. 이는 일출 후 태양의 고도가 높아지면서 각 모듈의 후면재료의 물성에 따라 태양에너지를 흡수 및 반사하였기 때문이라고 사료된다. 또한, 일사 획득량이 증가하면서 본격적인 태양전지 발전으로 인한 부가적인 온도 상승때문으로 판단된다.



<그림 3> 후면재료에 따른 전력생산량 : 11/23



〈그림 4〉 후면재료에 따른 전력생산량 : 12/14

다음 표 1은 각 모듈의 일일 누적 발전량 및 Clear 유리 대비 발전량 감소율을 나타낸 것으로 최소 14%에서부터 최대 21%의 출력 감소를 보였으며 일사량 획득이 높을수록 더 많은 감소율 차이를 나타내었다.

그러나 본 데이터는 일사량이 높고 기온이 평균기온과 유사하며 청천공 조건을 갖는 2일을 선정하여 분석하였기 때문에 대기온도와 음영의 여부, 수직면 일사량이 적은 하절기의 경우에는 발전량 및 감소율이 달라질 수 있다.

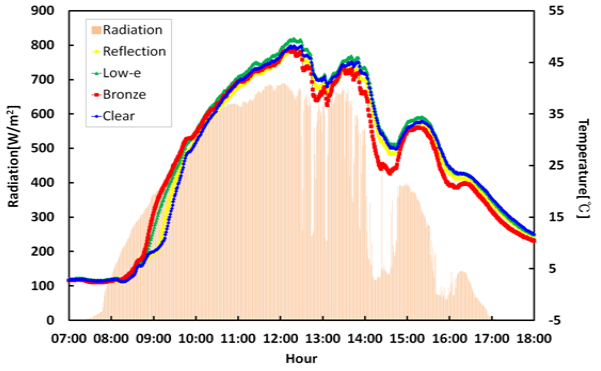
Reflection 유리와 Low-e 유리의 경우 그림과 표 1에 나타난 바와 같이, 11월 23일, 12월 14일 각각 5.6%와 1.6%의 발전량 차이를 보였다. 이러한 분석결과를 토대로 실내측의 프라이버시를 보호해야할 용도로는 Reflection 유리를 적용한 BIPV가 적합하며, Low-e 유리가 적용된 BIPV 사용 시 냉난방 부하는 감소시킬 수 있지만 태양전지 후면 온도에 따른 생산량이 저하될 수 있어, 방열에 대한 추가적인 고려가 필요할 것으로 판단된다.

〈표 1〉 후면재료변화에 따른 일일누적 발전량 및 Clear 대비 감소율

구분	Radiation	Clear	Bronze	감소율	Reflection	감소율	Low-e	감소율
단위	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]
11/23	3.71	0.250	0.214	14.4	0.213	14.8	0.201	19.6
12/14	5.16	0.334	0.275	17.7	0.269	19.5	0.264	21.0

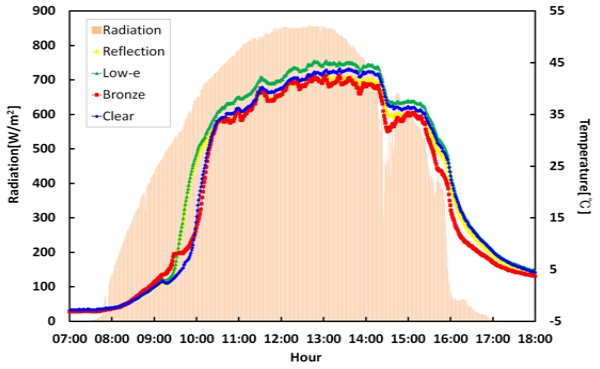
3.2 태양전지 후면 온도 분석

모듈의 발전량은 일사량 획득뿐만 아니라 온도에도 민감하게 반응한다. 그림 5와 6은 각 모듈의 태양전지 후면 온도를 나타낸 그래프로 일출 후 일사량을 획득하기 시작하면서부터 모듈 간 온도 차이가 발생하였다. 11월 23일의 경우 오전 9시 15분 최대 10.5℃, 12월 14일의 경우 오전 9시 55분 최대 15.5℃의 온도 차이를 보였으며 이는 발전량에 영향을 준다.



〈그림 5〉 후면재료에 따른 태양전지후면 온도 : 11/23

Bronze 유리의 경우 다른 유리에 비해 일사량 획득에 따른 온도변화에 민감하게 반응하였으며 정오를 기점으로 오전에는 Clear 유리보다 높거나 비슷하였으나 정오 이후에는 Clear 유리보다 낮은 온도를 나타내었다. 일반적으로 태양전지의 온도가 1℃씩 상승할때마다 약 0.5%의 출력저하가 발생하는데, Bronze 유리의 경우 Clear 유리보다 태양전지후면온도가 낮음에도 불구하고 발전량은 감소하였다. 이는 Bronze 유리가 Clear 유리에 비해 가시광선 영역에서의 투과율이 낮아 정오 이후에 획득한 일사량이 적기 때문이라고 판단된다.



〈그림 6〉 후면재료에 따른 태양전지후면 온도 : 12/14

또한, Low-e 유리의 경우 에너지를 절약하는 목적으로 반사율이 좋은 금속 산화물을 코팅한다. 따라서, 여름철 태양으로부터 유입되는 가시광선을 대부분 투과하고 태양열선의 상당부분을 반사하여 실내로의 유입을 차단한다. 겨울철에는 실내의 난방기구 등에 의해 발생한 방사열을 다시 실내측으로 재반사시켜 실내의 온도가 상승하도록 한다. 본 논문에서는 겨울철 수집된 데이터를 이용하여 분석하였다. 따라서 Low-e 유리의 경우 실내의 열 에너지 상승으로 인해 태양전지가 열을 머금고 있어, 다른 유리에 비해 태양전지 후면 온도가 높았고, 이는 곧 발전량 저하의 원인이 된 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 논문에서는 반투과 BIPV 모듈에 다양한 후면 재료를 적용하여 각 모듈의 발전량과 온도 특성을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

(1) 각 모듈의 발전량은 일사량 획득 추이와 유사한 경향을 나타내고 일사 획득량이 많을수록 더 많은 발전량 차이를 나타내었으며 Clear > Bronze > Reflection > Low-e 유리 순으로 나타났다.

(2) Clear 유리의 경우 발전량이 가장 높게 측정되었으나 건물에 적용되는 BIPV의 특성 상 건물 용도에 따라 투과율과 흡수율을 조절하여 건물 에너지 부하를 절감시킬 수 있으며 향후 다양한 후면재료가 적용된 반투과 BIPV 모듈의 적용성 확대가 기대된다.

(3) 각 모듈의 태양전지 후면 온도는 일사획득, 일사획득에 따른 발전정도, 후면에 적용된 다양한 재료의 특성에 따라 온도 변화 폭이 달라진다. 본 연구에서는 정오를 기점으로 Clear 유리와 Bronze 유리의 온도변화가 서로 상이하게 나타났으며 Reflection유리와 Low-e 유리의 경우 비슷한 경향을 나타내었다. 이러한 온도 변화는 각 모듈의 발전량에 영향을 주었다.

모듈의 발전량은 본 논문에서 분석한 일사량과 태양전지 후면 온도 이외에도 여러 요소가 고려되어야 한다. 또한, BIPV 모듈은 건물에 일체화되므로 발전 효율뿐만 아니라 심미적으로도 건물과 조화를 이루어야 한다. 따라서 향후, 본 연구를 토대로 반투과 BIPV 모듈의 디자인 변화에 따른 열 및 광학적 특성과 함께 건물에너지 부하를 고려한 종합적인 특성에 대한 분석이 요구된다.

[후 기]

본 연구는 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업(2009-00-93825)으로부터 지원받아 수행된 연구임

[참 고 문 헌]

[1] 김하련 외, “후면 유리 종류에 따른 G/G타입 BIPV모듈의 계절별 특성분석”, 한국태양에너지학회 추계학술발표대회 논문집, VOL.30, NO.2, pp.15~20, 2010

[2] 박경은 외, “후면 유리 종류에 따른 투과형 태양광발전모듈의 열 및 광 특성분석”, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, pp.263~268, 2008

[3] J.Jie, H.Wei and H.N.Lam, “The annual analysis of the power output and heat gain of a PV-wall different integration mode in Hong Kong”, Solar Energy Materials and Solar Cells 71, pp.435~448, 2002