

발코니형 BIPV시스템의 성능 분석

김현일*, 강기환*, 소정훈*, 유권중*, 박경은*, 이길송**, 서승직***
 한국에너지기술연구원*, 솔라테크(주)** , 인하대학교***

Performance Analysis of Balcony BIPV System

Hyun-il Kim*, Gi-Hwan Kang*, Jung-Hoon So*, Gwon-Jong Yu*, Kyung-Eun Park*, Kil-Song Lee**, Seung-Jik Suh***
 Korea Institute of Energy Research*, Solar Tech**, Inha University***

Abstract - Photovoltaic(PV) based electricity production is pollution-free at the local as well as the global level, it does not emit greenhouse gases, it dose not dip into finite file resources and it can be easily integrated into the urban environment, close to major consumption needs. So BIPV(Building-Integrated Photovoltaics) system have been increased around the world. This paper presents measuring and analyzing performance of balcony BIPV system which have been installed and monitoring. The system is influenced by conditions such as irradiation, module temperature, shade and architectural component etc. By the results, it is very important to develop optimal design for the balcony PV system.

발코니형 PV시스템은 설치 방위각 15°(남서쪽), PV모듈 설치경사가각 90°로 설치되었으며, PV어레이는 11직렬 2병렬 2군 그리고 3병렬 1직렬 1군으로 고정 설치되어있다. <표 1>과 <표 2>는 본 시스템에 사용된 50W급 국산 단결정 실리콘 태양전지모듈(BIPVSTM50)과 Sunny boy사의 정격 850W급 PCS(Power Condition System)의 표준조건(STC, Standard Test Condition) 즉 일사강도 1000W/m², 모듈온도 25℃ 및 AM(Air Mass) 1.5조건에서 규격을 나타내고 있다.

1. 서 론

지구환경보호 및 화석연료 고갈염려에 따라 태양광발전을 포함한 신 재생에너지 보급에 대한 투자가 전 세계적으로 확대되고 있으며, 국내에서도 태양광발전 보급 활성화를 위하여 산업자원부 주관 하에 태양전지 및 태양광발전시스템의 국산화 연구개발 사업이 이루어졌으며, 2012년 10만호 태양광발전시스템 보급 사업이 시행되고 있다.

<표 1> PV 모듈 규격 및 어레이 구성

PV모듈 및 어레이 구성			
Pmax(W)	50	Cell Size(mm)	103×103
Voc(V)	21.6	모듈무게(kg)	4.3
Isc(A)	3.2	Size(mm)	617×1075×9.5
Vmp(V)	16.95	설치모듈수량(매)	47
Imp(A)	2.95	어레이 구성	11직렬×2병렬(2) 1직렬×3병렬(1)
Cell type	단결정 Si	어레이 면적(m ²)	31.2

태양광발전 보급이 활성화 되면서 PV모듈의 설치 유효면적의 한계로 태양광의 건축물 적용방안에 관한 관심이 급증되면서 전 세계적으로 BIPV(Building-Integrated Photovoltaics, 건물일체형 태양광발전)시스템이 각광을 받고 있다. 건물 외장재로 사용되는 건물일체형 태양광발전 시스템은 건축자재와 일체화됨에 따라 건축자재 비용의 절감효과는 물론 미적효과와 건물외피에 활용함으로써 부가가치를 높여 보다 효율적으로 PV시스템을 보급, 활성화 시키려는 개념이다. 더불어 에너지 다소비형 건물인 초고층건물의 커튼월과 같은 외장재나 공동주택의 지붕면과 발코니에 적용가능성에 대한 검토가 활발히 이루어지고 있다.

<표 2> PCS 규격

DC		AC	
max operating voltage	300V	nominal operating voltage	230V
operating voltage range	150~300V	nominal operating frequency	60Hz
nominal operating voltage	180V	nominal output power	850W
max input current	6.7A	max output power	900W
max temperature range	-25~+60℃	max output current	4.5A RMS

이에 본 연구에서는 선연구에 이어 전력소비량이 건물전체에너지소비의 약 65%를 차지하는 업무용 건물의 facade 또는 비상계단 난간 그리고 주택부문에 적용할 수 있는 cool facade형, 즉 자연통풍이 가능한 발코니형 BIPV시스템에 대해서 검토 및 실증시험에서 수집된 실측결과를 토대로 PV시스템의 성능특성을 평가 분석하였다.

실증시험에 따른 발코니형 BIPV시스템의 성능특성을 분석하기 위해서 기상 및 전기적 성능 측정센서를 연결시 특정 PV모듈에서 이상이 발견되어, 1kW급 1군(11직렬 2병렬)만 2007년 2월부터 실측결과를 수집하고 있다.

2. 본 론

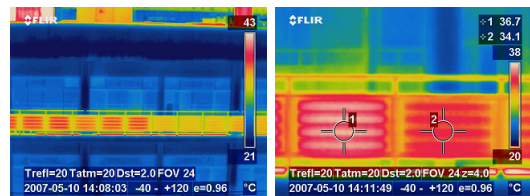
2.1 PV시스템의 개요

<그림 1>은 장기간 실증시험에 의한 PV시스템의 종합적인 성능특성을 평가 분석하기 위해서 한국에너지기술연구원 연구동에 설치 운영되고 있는 2.3KW급 계통연계형 발코니형 BIPV시스템을 보여주고 있다. 본 시스템은 건물외피로서의 미적효과, 채광, 집열, 조망권 그리고 대내외 홍보를 통한 PV시스템의 이미지 개선 효과를 가져 올 수 있도록 설계 시공하였다.¹⁾²⁾

<그림 2>는 운전 중인 발코니형 BIPV시스템을 열화상 카메라로 촬영한 것이다. 그림의 중앙을 기준으로 좌측은 발전 중인 어레이 군이며, 우측은 발전을 하지 않고 있는 어레이 군이다.



<그림 1> 발코니형 BIPV시스템 전경



<그림 2> 열이 발생하는 PV시스템

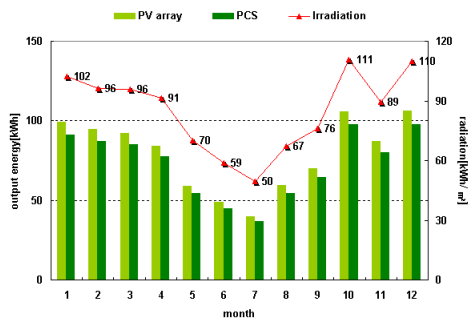
발전 중인 모듈과 발전을 하지 않고 있는 모듈 표면 온도의 차이는 약 2.5℃임을 확인할 수 있다. 이는 일반적으로 air gap을 확보하지 않고 설치된 BIPV모듈의 표면온도보다 낮은 온도이다. PV모듈은 자체 발생되는 열에 의해 1℃ 상승시 효율이 0.5%정도 감소된다. 결국 PV모듈 자체온도를 가능한 낮게 유지할수록 변환효율에 유리하므로 시스템 주변온도로부터 PV모듈의 온도가 저감방안이 고려되어야한다. 특히 BIPV

모듈의 경우 단열성능 및 실내의 열환경을 위해서는 PV모듈 후면에 자연냉각을 위한 air gap의 유무 내지는 air gap의 폭에 대한 고려가 반드시 필요하다. 그러나 cool facade형인 발코니형 BIPV모듈의 경우 후면이 외기에 최대한 노출이 가능하므로 온도상승을 저감시킬 수 있는 장점이 있다.

2. PV시스템 성능 평가

2.2 PV시스템 시뮬레이션

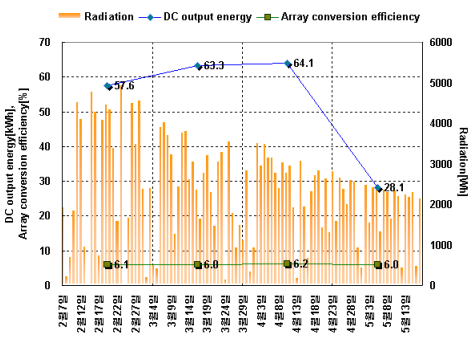
발코니형 BIPV시스템의 실측에 앞서 선행연구로 동일 시스템을 Solarpro program으로 모델링하여 시뮬레이션을 수행한 결과를 <그림 3>에서 보여주고 있다. 그 결과 PV어레이에서 발전된 총 출력전력량과 PCS의 월별 출력전력량은 각각 2월은 94.49kWh, 91.02kWh, 3월은 92.2kWh, 84.383kWh, 4월은 84.17kWh, 77.43kWh이며 PV어레이 변환효율은 5.4%로 나타났다. Solarpro program의 경우 PV모듈온도 상승에 따른 변환 효율 저감 정도와 PCS에 대한 고려가 미비하므로 시뮬레이션 결과값과 실측 데이터와는 다소 차이가 있다. 이에 PV시스템의 실질적인 성능 및 문제점을 분석하기 위해 실측이 필요하다.



<그림 3> 시뮬레이션을 통한 연간 PV시스템 출력전력량

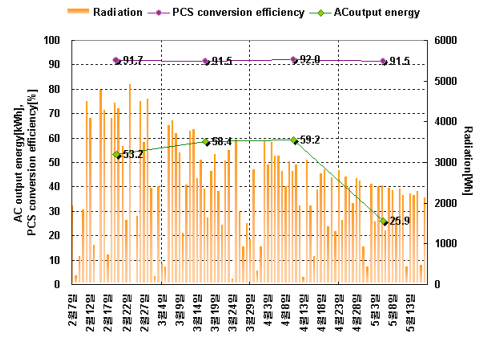
2.3 PV시스템 성능 평가

<그림 4>는 2월부터 5월 현재까지 발코니형 BIPV어레이에서 발전된 출력전력량과 PV어레이 변환 효율을 보여주고 있다. 분석기간 동안 일사량 따른 수직면 PV어레이의 총 출력전력량은 213.12kWh이며, 월평균 PV어레이의 변환효율은 약 6.07%이다. 이는 Solarpro를 통한 시뮬레이션 결과보다 변환효율이 높은 것은 발전시 상승된 모듈 온도가 자연대류에 의해 냉각되었기 때문이라 사료된다. 또한 아래 그림과 같이 4월 중순부터 PV어레이의 변환효율이 다소 감소하는 것은 기후조건 (구름, 강우, 황사 등)에 의한 영향도 있지만, 춘분기 지나면서 태양의 고도가 점차 높아짐에 따라 PV 모듈 표면이 받는 직달일사량이 감소하기 때문이다. 그러므로 연간 출력전력량 대비 태양고도가 가장 높은 하절기에 발코니형 PV시스템의 출력전력량의 대폭 감소를 예측할 수 있다.



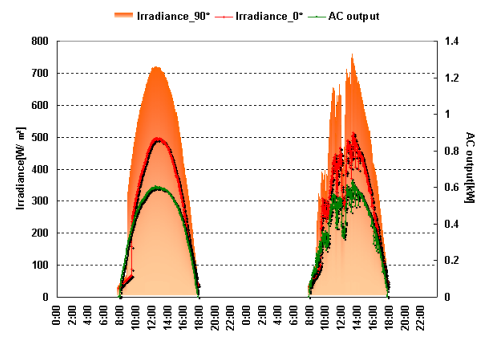
<그림 4> PV어레이 출력전력량 및 변환효율

<그림 5>는 발코니형 BIPV 시스템의 PCS의 월별 출력전력량과 변환효율 특성을 보여주고 있다. 분석기간 동안 발전된 총 AC 출력전력량은 196.64kWh이며 최대 변환효율 93%이상인 Sunny boy사의 스트링인버터 SWR 850의 PCS 변환효율은 약 91.69%이다. 춘분기간 일사량의 잦은 변동에도 안정적으로 구동됨을 보여주고 있다. <그림 3>에서 보여주는 것과 같이 발코니형 BIPV 시스템은 연간 총 출력전력량 대비 하절기에는 낮은 전력량을 발전하여 peak 부하를 담당할 수 없을 것이라 사료된다.



<그림 5> PCS 출력전력량 및 변환효율

반면에 동절기에 수직면으로 설치된 PV모듈에 조사된 일사량이 수평면에 조사되는 일사량보다 많아 총 출력전력량이 증가함은 <그림 6>에서 보여주고 있다. 이에 차양형 PV시스템이 하절기에 유리하듯 발코니형 PV시스템은 동절기에 유용한 시스템이라 사료되므로 부하패턴에 따라 적절한 PV시스템의 적용이 필요하다.



<그림 6> PCS 출력전력량(2월15일, 16일)

3. 결론

우리나라의 건물부문의 에너지소비는 전체 에너지소비의 약 23.5%(6조 5천억원)를 차지하고 있다. 이에 하절기 전력 peak부하를 해결하기 위해 에너지절약은 물론 신재생에너지의 적용을 정부차원에서 권장하고 있다. 이에 본 논문은 업무용 건물의 facade 또는 비상계단 난간 그리고 주택부문에서 건설실적이 지속적으로 증가하고 있는 공동주택 발코니 부분에 적용할 수 있는 cool facade형, 즉 자연통풍이 가능한 발코니형 BIPV시스템에 대해서 검토 및 실증시험에서 수집된 실측결과를 토대로 PV시스템의 성능특성을 분석하였다.

2월부터 5월 현재까지 실측한 결과, 1kW급 발코니형 BIPV시스템의 출력전력량은 196.64kWh로 BIPV어레이의 변환효율은 약 6.07%, PCS 변환효율은 91.69%이다. 또한 열화상 카메라로 촬영결과, 모듈의 후면 공간으로 발코니의 넓은 공간 확보로 운전 시 하절기에는 모듈표면 온도가 외기온도와 큰 차이가 없고, 동절기에는 외기온도가 더 낮아 발코니형 PV시스템의 경우 별도의 환기시스템을 고려하지 않아도 될 것이라 판단된다.

그러나 PV시스템의 성능특성과 운전시 문제점을 진단하기 위해서는 장기간의 실측데이터가 필요로 한다. 본 논문의 경우 단기간의 데이터를 이용해 분석하였으므로 추후 추가적으로 계절별 데이터를 이용해 발전 성능과 손실요인 등을 심층적인 분석이 필요하다.

[참고문헌]

- [1] 산업자원부, “중대규모 건축환경에서의 태양광발전시스템 적용요소 기술 개발”, 2001-E-NM01-P-01, 2004. 01
- [2] 김현일, “발코니형 BIPV시스템 개발”, 한국에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, p131~136, 2004
- [3] 임종욱 외, “BIPV 건물 외피시스템 개발”, 대한건축학회논문집 계획계, 20권 2호, p169~176, 2004. 02
- [4] Alain Guivarch, “Photovoltaic Collectors Efficiency according to their Integration in Buildings”, Solar Energy, v. 80, p65~77, 2006
- [5] W. De Soto, “Improvement and Validation of a Model for Photovoltaic Array Performance”, Solar Energy, v. 80, p78~88, 2006