

발코니형 BIPV시스템의 발전성능 향상을 위한 적용요소기술 분석

김현일*, 유권종*, 강기환*, 소정훈*, 이길송**
*한국에너지기술연구원, **솔라테크(주)

Analysis of Application Elements for improvement in the generated electric power performance of balcony BIPV System

Hyun-Il Kim*, Gwon-Jong Yu*, Gi-Hwan Kang*, Jung-Hoon So*, Kil-Song Lee**
*Korea Institute of Energy Research, **Solar Tech CO.,LTD

Abstract - Photovoltaic(PV) technology is a popular part of building vocabulary. It can be used today on both existing and new buildings. Its use in the building envelope is very varied and open ways, such as roofing materials, facades, skylights and shading systems, for creative designers. So, to activate this systems demand appropriate sources of information, performance data of elements and design tools offering architects and designer. Therefore this paper describe application elements for BIPV system and then predict improvement in the generated electric power performance of balcony BIPV system.

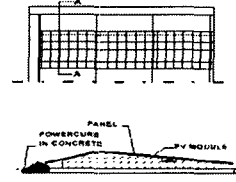
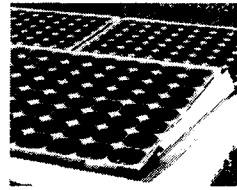


그림 1. PV모듈 설치 후 전경(플랫형 지붕)(좌)
PV모듈 설치 공법(135W, 33V)(우)

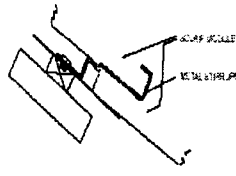
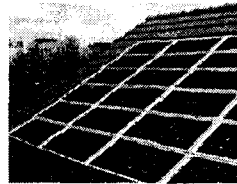


그림 2. PV모듈 설치 후 전경(15°이상의 경사지붕)(좌)
PV모듈 설치 공법(1010×470 mm, 50W, 17V)(우)

1. 서 론

산업의 발달과 더불어 에너지 사용량도 점차 증가하고 있으나, 국내 총에너지 소비량의 약 97%가 해외에 의존하고 있는 실정이다. 또한 화석연료 이용을 통해 발생하는 온실가스로 인한 대기오염이 심각하다. 이에 오늘날 에너지 소비의 많은 부분을 차지하는 건물에 태양을 에너지원으로 하여 전기를 생산하는 태양광발전의 보급을 확대, 실용화가 무엇보다 중요하다. 특히, 국토유효면적이 극히 제한적인 우리나라와 같은 나라에서는 PV 설치를 위한 추가적인 면적이 필요치 않게 될 뿐만 아니라, PV시스템을 건축 마감재로 건축물 외부에 설치할 경우에는 고가의 건축자재를 대체시키는 일면도 있다. BIPV시스템의 적용 요소로는 지붕, 파사드, 창호, 차양 등 매우 다양하나, 건물 초기 계획 시 설계자가 쉽게 이용할 수 있는 데이터가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 BIPV시스템 설계 자료를 구축하고자 우선 BIPV시스템 적용 요소기술을 정리한 후 발코니형 BIPV시스템의 발전성능 예측을 분석하였다.

2. Building Integrated Photovoltaic

2.1 지붕

지붕 위 설치 방법은 건물의 구조 및 재료에 관계없이 독립적으로 태양광발전을 설치할 수 있는 방식으로, PV 시스템을 경사지붕면에 설치 시에는 최대 발전 효율을 나타낼 수 있고 새로운 건축물은 물론 기존 건물에도 적용할 수 있다. 또한, 지표면에 비해 지붕 높이에서는 음영의 영향이 적고, PV모듈을 설치할 수 있는 넓은 면적을 제공한다. BIPV시스템 적용을 위해 모듈은 PV-shingle 또는 PV-tile 등을 사용하고, 지붕 본래 상태의 훼손 없이 어레이를 고정시키는데 세심한 주의가 필요하다. 또한 지붕 위에 추가된 어레이의 무게(20~35kg/m²)와 바람에 의한 모듈의 이탈 가능성에 대한 추가 가격 고려가 요구된다.

2.2 파사드

태양광을 수직으로 받는 방식으로 경사지게 설치하는 방법보다는 효율이 떨어지나, 수직벽면을 이용하기 때문에 건물의 공간을 최대한으로 이용할 수 있고, 내부공간도 기존 건물과 같이 효율적으로 이용할 수 있는 방식이다. 또한 기존의 수직벽면에 미적인 파사드를 제공하기 위해 다양한 사이즈, 형태, 패턴과 색상의 PV모듈을 추가할 수 있으며, PV모듈을 다양한 기능의 건물재료로써 적용할 수 있다.

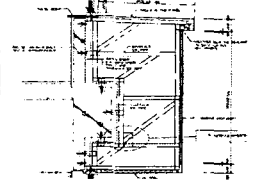
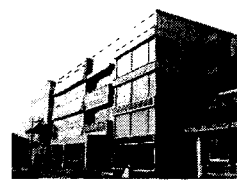


그림 3. 한국에너지기술연구원 재료에너지실증터운(ZEDT)(좌)
BIPV모듈 상세(우)

그림 3은 수직벽면에 적용된 BIPV시스템으로 오른쪽에 도식된 바와 같이 PV모듈의 온도상승을 방지하기 위해 모듈 후면부에 공간을 뒀으로서 외기와 면할 수 있도록 설계되었다.

2.3 커튼월

현대 건축에서 커튼월은 공기단축, 경량화, 가설공사의 간략화 및 고성능 등의 특징으로 인해 가장 각광을 받고 있으나, 커튼월 외피 마감의 충분한 차양 및 단열 대책이 없는 상황에선 과도한 건물에너지 소비를 부추기

며, 넓은 유리면적은 건축물 외관을 단순하며 획일적으로 보여지게 한다. 이에 커튼월 수직벽면에 PV시스템을 적용할 경우, 기존 건축외장재의 재료비 및 시공비 절감으로 경제성을 확보하고, 부하가 발생하는 지점에서 발전을 함으로서 분배 및 전송에 따른 비용과 손실을 절감할 수 있다.

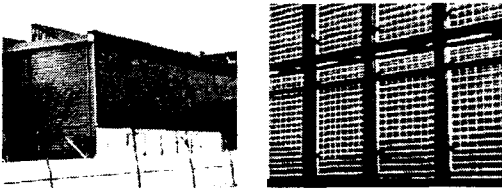


그림 4. Pompeu Fabra Library, Spain(좌)
투명 PV모듈 상세(커튼월 내부)(우)

2.4 천장

셀과 셀 사이를 통해 건축내부공간에 유입된 자연광은 하루 중 시간변화, 연중 계절변화 그리고 기후변화에 따라 변화하는 다양성으로 인하여 공간의 질에 변화를 줌으로써 정적일 수 있는 내부공간에 다른 디자인적 요소는 창출할 수 없는 역동성을 부여한다. 또한 자연채광을 통해 전기에너지 감소는 물론, 태양광발전 효과를 동시에 고려한 방식이다.

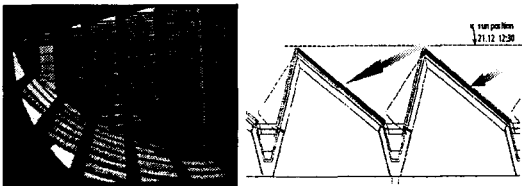


그림 5. Fraunhofer ISE, Germany(좌)
PV모듈 상세(내부)(우)

2.5 차양 시스템

PV 차양 시스템은 일반 차양시스템의 효과 즉, 열성능 향상, 건물 디자인 그리고 하절기 일사량 차폐효과는 물론 PV 설치 총비용의 감소와 빌딩의 추가적 가치 창출을 돕는다. 더불어 PV 차양 시스템의 대량생산을 이루어낸다면, BIPV시스템을 위한 새로운 시장 기회로 발전할 수 있다. PV 차양 시스템은 PV 어레이 경사도에 따른 최대전력생산을 위해 추적시스템을 추가적으로 사용해도 좋다.

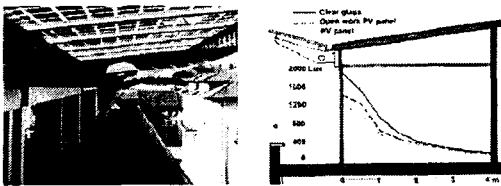


그림 6. Town Hall Monthey, Switzerland(좌)
차양식 구조 BIPV모듈 상세(우)

3. 발코니형 BIPV시스템의 적용

발코니형 BIPV시스템에 이용된 투과형 BIPV모듈은 기존의 건축창을 대체하는 것이 목적이며, 채광과 집열이 가능하고 조망까지 확보할 수 있기 때문에 건축적 응용 측면에서 보다 큰 잠재성이 기대되는 방식이다.

3.1 대상건물

그림7은 3kW급 발코니형 BIPV시스템이 설치된 한국에너지기술연구원의 제2연구동 전경이다.

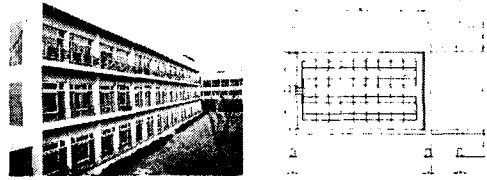


그림 7. 한국에너지기술연구원 제2연구동(좌)
발코니형 BIPV모듈 상세(우)

설치조건은 경도 127.5°, 위도 36.4°, 설치방위각 -10°, 설치경사각은 90°이며, 모듈규격 및 어레이 사양은 표10.과 같고 전력변환장치인 PCS는 1kW급 단상 PCS 2대, 300W급 AC module 1대로 구성되었다.

표 1. BIPV모듈의 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	설치 모듈 수량(매)	47
Imp(A)	2.95	어레이 구성	11직렬×2병렬(2) 1직렬×3병렬(1)
Cell type	단결정 Si	어레이 면적(m²)	31.2

발코니형 BIPV 시스템의 분석도구로서 PVSYST V3.21을 사용하였다. PVSYST는 PV시스템의 데이터 분석, 시스템 용량 그리고 연구를 위한 프로그램이다.

3.2 발코니형 BIPV 작동 환경

그림 8은 발코니형 BIPV시스템의 설치지역인 대전지역의 월별 평균일사량과 평균온도 등의 기상조건을 나타낸 것으로 연간 수직면 총 누적 일사량은 857.2kWh/m², 평균온도는 13.2°C이다.

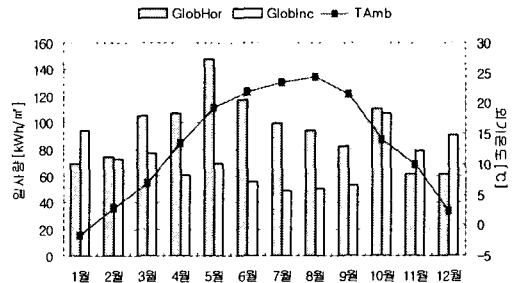


그림 8. 설치지역 기상데이터

태양전지 모듈 및 어레이는 일사량과 온도에 의해서 최대전력전압이 변화된다. 그러므로 일사량 및 온도변화에 대한 태양전지 모듈의 전기적 특성을 분석하는 것이 중요하다.

3.2.1 일사량

건축물에 설치된 PV시스템은 표면에 조사되는 일사량의 강도에 따라 전력변화효율이 크게 영향을 받기 때문에 태양을 향한 PV시스템의 최적 방향성에 따라 다르다. 일반적으로 가장 바람직한 방위는 정남향이며 수평면으로부터 경사각은 그 지역의 위도에 의해 결정되나 발코니형 BIPV시스템의 경우 수직벽면에 설치되므로 그림 8에서 나타내는 바와 같이 하절기인 6월~8월 사이에는 태양고도가 낮으므로 동절기보다 상대적으로 일사량이 적어 효율은 다소 떨어지나, 시스템 설치가능면적 확보와 건물의 입면 변화 효과를 기대할 수 있다. 그림 9는 일사량에 따른 태양전지 모듈의 성능특성변화를 나타낸 것이다.

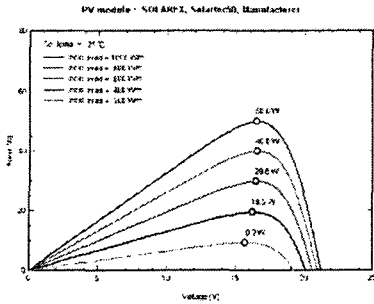


그림 9. 일사량에 따른 태양전지모듈 P-V특성

3.2.2 온도의 영향

PV모듈은 전기를 생산하는 과정에서 자체적으로 발생하는 열과 주변 대기의 상태에 따라 주변에 비해 온도가 상승하여 실내공간의 열부하 증가와 시스템 변환효율에 영향을 미치게 된다.(그림 10.) 이에 관한 연구에 의하면 태양전지모듈의 자체 온도가 1°C 상승함에 따라 변환효율은 0.5%정도 떨어진다고 한다. 따라서 시스템에 도달하는 일사량이 많다고 해도 전기생산량이 비례적으로 증가되는 것이 아니다. 결국 설치된 모듈 온도가 상승하더라도 자체냉각효과를 가질 수 있는 설치방법이 상구되어야 하는데, 발코니형 BIPV시스템은 자연통풍이 가능한 공간이 최소150cm가 주어지므로 PV모듈의 온도 상승을 방지할 수 있다.

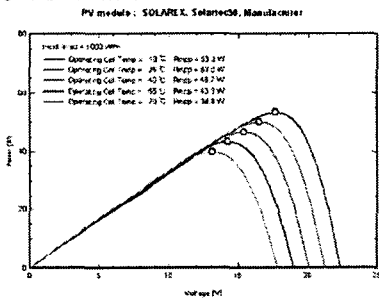


그림 10. 온도변화에 따른 태양전지모듈 P-V특성

3.2.3 음영의 영향

PV모듈의 표면 전부 또는 일부에 그림자가 드리워 직사광선이 방해받을 경우 시스템 전체 발전량의 획득에 상당한 악영향을 미치게 된다. 그러므로 일사가 영향을 미치는 동안 PV모듈에 음영이 지지 않도록 고려해한다. 이에 대상건물은 주변 건물과의 이격거리를 고려하여 3층에만 BIPV시스템을 적용하였다.

3.3 연간 발전량 시뮬레이션

시뮬레이션 한 결과, 그림 11.는 발코니형 BIPV시스템의 발전량을 나타낸 것이다.

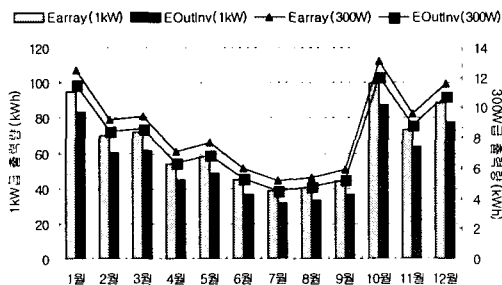


그림 11. 월별 출력전력량

여러이 출력량 대비 인버터 출력량이 1kW급, 300W급 각각 14.5%, 9.2% 정도 손실되면서 1kW급의 연간 발전량은 665kWh, 300W급의 연간 발전량은 93kWh이며, 발코니형 BIPV시스템의 연간 총발전량은 1424kWh이다.

4. 발코니형 BIPV시스템을 공동주택에 적용 시 발전량 예측

발코니형 BIPV시스템을 46평형(15.8㎡) 20층 공동주택 1동(80세대 중 64세대)에 5층 이상부터 적용했을 경우, 시스템의 예측발전량과 전력부하 담당률을 산출하였다.(그림 12.) 발코니형 BIPV시스템으로부터 연간 22,776.6kWh의 발전량이 생산되는 반면, 공동주택에서 소비되는 연간 전력량은 16kWh/㎡로 46평형 64세대의 연간 소비전력량은 1555,561.6kWh이므로 발코니형 BIPV시스템이 총 소비전력량의 약 14.6%를 담당할 수 있다.

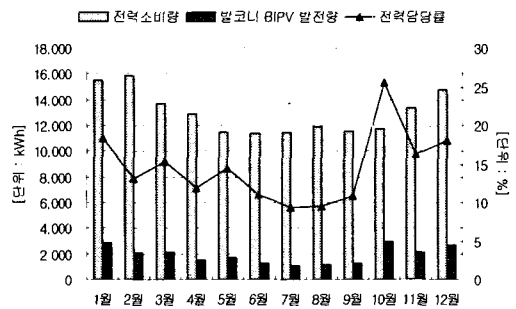


그림 12. 공동주택 적용 시 예측발전량

3. 결론

본 연구에서는 BIPV시스템의 건축적 적용 요소의 이론고찰과 BIPV의 적용 요소 중 발코니형 PV시스템을 통해 발전량 예측을 하였다.

BIPV시스템의 건축적 적용 요소는 기존의 PV 시스템 설치비용의 일부를 건축적 자재로 대체함으로써 경제성이 확보되고, 새로운 입면 창출로 미적 효과도 기대된다. 또한 발코니형 BIPV시스템 적용대상건물을 시뮬레이션 한 결과 연간 발전량은 1,424kWh이고, 공동주택 1동을 대상으로 발코니형 BIPV시스템을 적용 시 예측발전량은 연간 약 22,776.6kWh로 전력 부하량의 14.6%를 담당할 수 있으므로 발코니형 BIPV시스템의 잠재성이 기대된다.

[참고 문헌]

- [1] 임종욱 외, "BIPV 건물 외피시스템 개발", 대한건축학회 논문집 계획계, 20권 2호, pp169~176, 2004. 02
- [2] 김희서, 이용직 외, "벽면부착 PV시스템의 건축물 적용가능성에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 19권 6호, pp121~128, 2003. 06
- [3] Ingo B. Hagemann, "German BIPV Market Framework Conditions and Trends", Building Integrated Photovoltaic Trends and Developments, European Seminar, 2003.06
- [4] 에너지관리공단, "건물용도별 전력원단위 조사연구", 2002. 12
- [5] Maqar W. Davis, Brian P. Dougherty, "Prediction of Building Integrated Photovoltaic Cell Temperatures" Transactions of The ASEM, Vol.123, 2001. 08