

## 건물옥상에 설치한 BIPV 시스템의 운전특성 분석

**김의환\***, 김정삼\*  
한전전력연구원\*

### An analysis of the operation characteristics of a BIPV system installed on a rooftop of a building

Eui-Hwan Kim\*, Jeong-Sam Kim\*  
KEPCO Research Institute\*

**Abstract** - 태양광발전은 태양의 복사에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 시스템으로 가동부분이나 열기관이 없어 수명이 길고 운전과 유지보수가 용이하며 모듈로 구성되기 때문에 수요나 지형에 맞게 설계할 수 있다.<sup>(1,2)</sup> 이러한 특성으로 인해 태양광 발전은 차세대 성장 에너지원으로 각광 받고 있으며, 최근 문제되고 있는 지구환경문제 해결에도 부합할 수 있는 잠재력을 갖고 있다.<sup>(3)</sup> 또한 계통 연계형 태양광 발전시스템의 확대 보급시 태양광 발전시스템의 출력특성에 의한 기존 전력계통의 피크전력을 감소시키는 효과도 기대할 수 있다. 국내 태양광발전은 정부 지원정책에 힘입어 지속적으로 보급이 확대되고 있으며, 2009년도 기준으로 약 400 MWp 이상의 설비가 전력시장에 진입하여 상업 운전 중에 있다. 태양광발전시스템은 옥상에 설치하는 것이 주류를 이루고 있으나 태양광 입지조건에 적합한 부지를 확보하는 것이 쉽지않기 때문에 최근에는 건물옥상이나 벽에 설치하는 사례가 증가되고 있다.

본 논문에서는 한전전력연구원(대전시 유성구 문지동)의 건물옥상에 설치되어 운전하고 있는 9.52kW급 BIPV 형식의 태양광발전시스템을 대상으로 2010년도 1년간의 운전특성에 대하여 분석 평가하고 이를 통해 BIPV시스템의 운전에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.



#### 1. 서 론

신재생에너지 분야 중 가장 주목 받고 있는 태양광발전 시스템(Photovoltaic System)은 청정에너지 자원으로 무한의 태양에너지를 이용할 수 있다. 타 에너지원에 비하여 수명이 길고 설치 후 유지보수가 용이하다는 장점이 있지만 비용이 많이 들고 비교적 넓은 부지를 필요로 하는 단점이 있다. 하지만 태양전지 모듈을 건물의 옥상에 설치함으로써 우리나라와 같은 비좁은 영토에서 넓은 면적을 필요로 하는 태양광발전의 단점을 효과적으로 개선할 수 있다. 태양광발전 시스템을 건물과 일체화시키는 것을 건물 일체형태양광발전시스템 (BIPV : Building Integrated Photovoltaic System)이라 하며 BIPV 시스템에 대한 기술발전과 보급이 급속히 확산되고 있다. 세계의 BIPV 시장은 2009년 기준으로 215MW(전체 태양광 시장의 약 0.03%)에 불과 했지만 2016년까지 급격하게 성장해 2016년에는 약 2.4GW(10배 이상)에 이를 것으로 전망하고 있다. 세계 주요 나라에서 온실가스의 감축대책으로 대형 건물에 대한 에너지 절감을 요구하면서 점차 BIPV 시스템이 확산되어 가는 플러스 요인이라 할 수 있다. 이미 미국, 벨기에, 스페인 등에서 대형건물 지붕을 이용한 BIPV가 활성화 되어 있고 국내에서도 공공기관의 건물 등에 BIPV시스템의 설치가 확산되고 있다. 본 고에서는 2010년 1월부터 12월까지 1년동안의 건물 옥상에 설치된 9.52kW 급 BIPV 시스템의 운전 특성을 분석하였다.

#### 2. 본 론

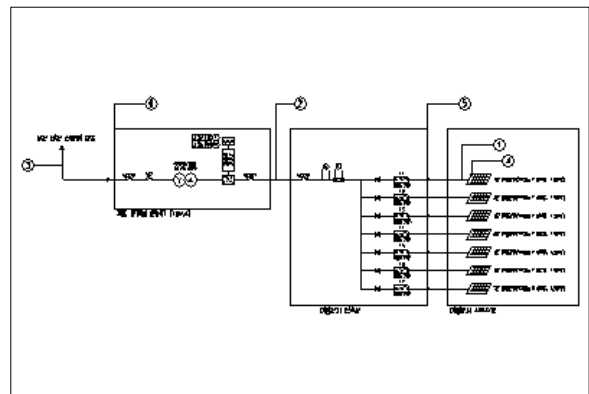
##### 2.1 시스템 개요

본 태양광 설비는 건물 옥상에 설치된 건물 일체형 태양광 시스템으로 태양광 어레이를 그림 1과 같이 경사지붕 방식으로 설치하였으며, 모듈 사양은 표 1과 같고, 발전 설비규모는 9.52kW이다. 본 시스템의 주요 구성요소로는 태양광을 받아서 전력으로 변환시키는 태양전지 Array, 발생한 DC 전원을 AC 전원으로 변환시키는 10kVA급 PCS가 설치되어 있다. 태양전지는 BIPV 모듈형식을 채용하였으며, 감시기능과 운전데이터를 취득할 수 있는 모니터링설비 등으로 구성되어 있다. 그 밖에 시스템의 부속설비로 보호설비가 있는 분전반과 계통연계 설비 등이 있다. BIPV 시스템은 태양광발전에만 이용할 뿐만 아니라 건물 내부 및 다양한 공간의 활용도 할 수 있다는 장점이 있다.

〈그림 1〉 BIPV 시스템

일반 모듈과 어레이로 구성된 태양광발전은 구조물 면적을 다른 용도로 사용할 수 없지만 BIPV 방식은 구조물 아랫부분을 필요한 용도로 활용할 수 있을 뿐만 아니라 직사광선도 피하고 태양광 발전도 할 수 있다. 본 시스템에서도 모듈은 빛을 투과시킬 수 있는 투광형 모듈로서 내부 공간을 필요한 용도로 활용할 수 있게 설계되었다.

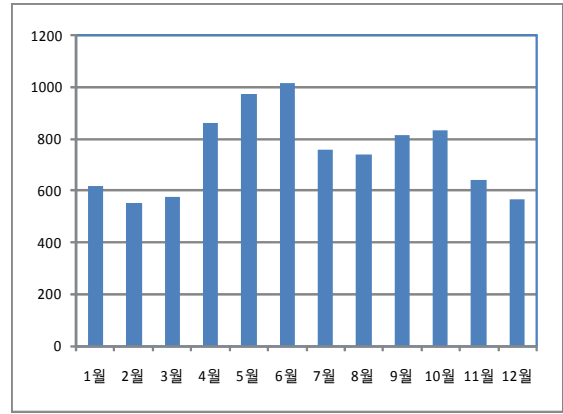
BIPV 형식의 태양전지 모듈은 국내에서 제작된 170Wp 용량의 총 56매를 8 매씩 직렬로, 이를 7군으로 하여 한개의 Array로 구성되어 있다. 이때 태양광발전 개방전압은 43.9 V, 정격전압 36.5 V 이며, 시스템 설비용량은 9.52kVA 로 구축되어 있다. 인버터는 10kW급 태양광시스템에서 발생한 DC 전원을 AC 전원으로 변환 시키는 계통연계 PCS(Power Conditioning System)는 전압형 전류 제어 방식이다. 본 PCS 시스템은 태양전지 기동시 돌입전류를 억제하기 위해 Soft start 기능을 갖추고 있다. PCS 시스템은 DC 입력전압 216~440 V에서 AC 출력전압 3상, 220/380V로 변환시켜 연구원 내의 저압 계통선과 연결되어 있다.



〈그림 2〉 시스템 계통도

**<표 1> 모듈 및 인버터 규격**

Module	STC	1000W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM 1.5
	최대출력(P <sub>max</sub> )	170 Wp
	개방전압(V <sub>oc</sub> )	43.9 V
	단락전류(I <sub>sc</sub> )	5.1 A
	최대출력전압(V <sub>mp</sub> )	36.56 V
	최대출력전류(I <sub>mp</sub> )	4.65 A
	허용오차(%)	± 3%
Inverter	Model	GCI-T010
	태양전정격전압(V)	DC280V
	태양전지전압변동(V)	DC216~440V
	상 수	3상4선식
	정격용량(kVA)	10kVA
	정격전압(V)	AC220V /380V
	정격출력주파수(Hz)	60Hz
	출력단과형왜율(%)	5% 이내
	계통전압변동율(%)	±10% 이내
	효율(%)	90% 이내



**<그림 3> 월간 발전량(kWh)**

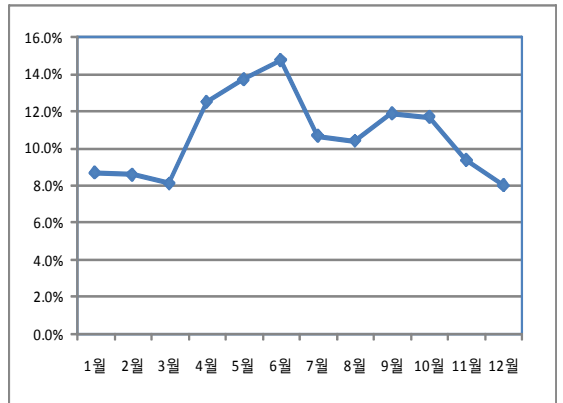
월간이용율을 비교한 결과 월 평균 10.7%로 일반적으로 활용되는 결정질 모듈에 비하여 비교적 낮은 것으로 분석되었다. 특히 2월과 12월이 가장 낮은 8% 대 초반을 유지하였으며, 6월에서는 14.7%로 가장 높은 이용율을 기록하였다.

**2.2 운전특성 분석**

본 태양광 설비는 원통형 모양의 건물에 BIPV 투광형 모듈을 이용하여 건물 천장을 덮었으며 모듈아래 내부 공간을 활용할 수 있게 하였다. 천장과 벽면은 약간의 공간을 두어 통풍이 잘 되도록 설계하여 내부 열에 의한 모듈의 온도 상승에 영향을 덜 미치도록 설계되어 있다. 내부 공간의 넓이는 약 100m<sup>2</sup> 이며, 높이는 약 1m ~ 5m이고 투광형 모듈이 천장에 남쪽을 향한 경사지붕 방식으로 되어 있다. 모듈의 설비용량은 총 9.52kW 규모로서 여러 가지 발전에 영향을 미치는 환경적인요인에 의하여 일일 평균발전량이 25kWh ~ 30kWh 정도이다. 표 2 는 2010년 1월부터 12월까지 1년 동안의 본 BIPV 시스템의 월간 발전량을 정리한 것이다.

**<표 2> 월간 발전량**

구 분	일 수	발전량 (kWh)	이용율 (%)	일사합 (MJ/m <sup>2</sup> )
1월	31	616	8.7	282.7
2월	28	550	8.6	284.4
3월	31	575	8.1	342.7
4월	30	857	12.5	502.9
5월	31	970	13.7	620.1
6월	30	1,011	14.7	635.7
7월	31	757	10.7	501.0
8월	31	738	10.4	449.5
9월	30	813	11.8	423.2
10월	31	829	11.7	390.3
11월	30	642	9.3	317.7
12월	31	567	8.0	251.5
소계	365	8,925	10.7	5,001.7



**<그림 4> 월간 이용율(%)**

**3. 결 론**

2009년도 한전전력연구원 구내 건물의 옥상에 설치된 9.52kWp 급 BIPV 시스템을 대상으로 지난 2010년도 1년간의 운전자료를 분석하였다. 분석 결과 1년 동안 연속운전에 따른 BIPV 시스템의 운전특성을 확인 할 수 있었고, 그 결과를 정리하면 다음과 같다

2010년도 1년간의 발전량을 분석한 결과 연간 총 발전량은 8,925kWh로서 월간 평균치로 환산하면 780.9kWh의 전력을 생산하였으며, 6월달에 1,011kWh로 가장 높은 발전량을 나타냈다. 이용율을 분석한 결과 연간 평균 이용율은 10.7%로 일반 결정질모듈을 사용한 태양광발전시스템의 약 15% 대와 비교시 낮은 것으로 분석되었다. 월중 가장 높은 이용율은 6월의 14.7%였으나, 동절기인 12월에서 2월 사이에서 가장 낮은 것으로 분석되었다.

**[참 고 문 헌]**

[1] Dr. F. Lasnier, Tony Gan Ang, "Solar Photovoltaic Handbook", Energy Technology Division Asian Institute of Technology, Vol 1, pp 10-50, 1998  
 [2] Electric Power Research Institute, AP-3351 "Photovoltaic Power Systems Research Evaluation : A Report of the EPRI Ad Hoc Photovoltaic Advisory committee, Prepared by Strategies Unlimited" EPRI, Palo Alto, CA, pp C-5.3. 1983  
 [3] Pitts A, C and Gyoh. L.E. "Optimisation of Photovoltaic Cladding Installation Photovoltaic", 14th. EC. Photovoltaics Solar Energy Conference, pp 1835-1837, 1997  
 [4.] U. S. "Department of Energy, "National Photovoltaic Program" Five Year Research Plan, 1987-1991, U. S. DOE, Washington DC, pp 26, 1987

태양광 발전량은 여러 가지 잠재적인 요인에 의해 차이가 생기는데 단기적으로는 주로 날씨의 영향을 많이 받는다. 대기중에 먼지가 많거나 구름이 끼게 되면 일사량이 적어지게 되어 발전량도 줄어들게 된다. 겨울철에는 눈이 오고 모듈 표면에 눈이 쌓이게 되어, 봄이나 가을철에 비해 발전량이 적다. 여름철에도 장마와 같은 날씨의 영향을 받거나 온도가 올라갈수록 출력이 떨어지는 모듈 특성 때문에 발전량이 높은 편은 아니다. 본 시스템의 연간 총발전량은 8.9MWh 로서 동일규모의 결정질 태양전지 태양광발전시스템의 발전량에 비하여 약 78% 수준에 불과한 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 아직도 BIPV 모듈의 성능개선의 여지가 많이 존재하고 있음을 반증하는 것으로 사료된다. 월간 발전량에 있어서는 6월에 가장 높은 1,011kWh의 발전량을 기록하였으며, 월중 가장 낮은 2월의 발전량 550kWh 대비 183.8% 수준으로 분석되었다. 이것은 6월이 다른 달에 비하여 상대적으로 날씨가 양호했던 것으로 분석할 수 있는데 실제 일사량 데이터 비교 시에도 가장 일사량이 높은 것으로 나타났다. 반면 2월에 발전량이 가장 낮게 분석되었는데 이것은 2월 달의 일수가 다른 달에 비하여 28일로 가장 적을 뿐만 아니라 강설 등 기후변화에 의한 동절기의 영향에 의한 것으로 사료된다. 반면에 봄과 가을철에는 상대적으로 일기변화가 적은영향으로 인하여 발전량이 상대적으로 높게 분석되었다.