

### 건물일체형 태양광발전시스템의 실증분석

김지훈<sup>\*</sup>, 변문걸<sup>\*</sup>, 이강연<sup>\*</sup>, 김평호<sup>\*\*</sup>, 조금배<sup>\*</sup>, 백형래<sup>\*</sup>  
조선대학교<sup>\*</sup>, 서강정보대학<sup>\*\*</sup>

### (The Output Characteristics of 3kW BIPV System)

(Ji-Hoon Kim<sup>\*</sup>, Bian Wen Jie<sup>\*</sup>, Kang-Yeon Lee<sup>\*</sup>, Pyoung-Ho Kim<sup>\*\*</sup>, Hyung-Lae Baek<sup>\*</sup>, Geum-Gon Oh<sup>\*</sup>)  
(Chosun University<sup>\*</sup>, Seokang College<sup>\*\*</sup>)

**Abstract** - BIPV(Building Integrated PV) system can expect dual effects that reduce expenses for establishment of PV system by adding new function as outer covering material of building expect producing the electricity.

In case of PV(photovoltaic system) there are many generation differences according to the exterior environmental facts(solar cell array, design and installation condition of interactive inverter system). In this paper, we compared constitute factors of 3kW BIPV(solar cell module, inverter), operating characteristic and total system characteristic(utilization, generation efficiency, loss fact) and found out long time operating data using a watch instrumentations. By use of long time operating result, compare a totally operating characteristics, and we proposed a next building application of BIPV. BIPV system that is proposed in this paper, was established in Solar Energy research center of Chosun University, composed with system. The objective of this paper, is to provide a efficient BIPV design method through the considerations for the integration of PV system.

#### 1. 서 론

태양광발전시스템은 고효율 및 대면적 태양전지의 개발을 통한 최소용량으로 최대에너지를 생산하기 위한 기술개발과 시스템 구성별 에너지 손실계수를 최소화하기 위한 최적 시스템 구성방안이 다각도로 모색되어지고 있으며 비교적 고가인 태양광 발전시스템의 경제성을 확보하고 설치면적을 필요로 하는 시스템 특성상 건물과의 통합성을 위하여 건축물의 외장재로 활용하기 위해서는 다양한 조건이 요구되어진다. 기본적으로 태양광발전시스템은 전력을 생산, 공급하기 위해서는 양호한 일사조건, 어레이의 설치면적의 확보, 음영의 미발생, 설치 및 전력간선의 용이성 등 태양광발전시스템의 고유한 특성을 만족하는 환경조건이 성립되어야 하며 기 확립된 환경여건 및 건축/전력 여건에 따라 태양광발전시스템이 이에 통합될 수 있도록 설계, 설치, 운전되어야 한다. 따라서 태양광발전시스템의 기술 및 보급이 확장되어 있는 선진국에서는 이러한 기술에 대한 장기적인 검토를 통해 태양광발전시스템과 건물과의 통합을 이루어 단순한 전력공급 측면이 아닌 건축환경에 적합한 시스템을 상용화하여 적극 활용하

고 있다.

의장성뿐만 아니라 기능성을 만족하는 태양광발전시스템과 건축물과의 통합을 위하여 지붕재, 건물외피, 창호재, 차양재 등의 다양한 적용방식이 검토되어지고 있는데, 비교적 활용성이 적은 설치지의 확보 측면과 음영이 발생하지 않도록 건물간의 충분한 이격거리를 검토할 때 지붕재로서의 태양전지 모듈의 검토가 가장 활발히 이루어지고 있다.

본 논문에서는 3kW 지붕일체형 태양광발전시스템의 구성요소기기의 운전특성(태양전지 모듈, 인버터) 및 통합시스템의 운전특성(이용율, 발전효율, 손실요인) 등을 비교 분석하기 위하여 조선대학교 실증연구단지에 설치된 감시계측시스템을 통하여 실시간으로 모니터링 하고 장기간의 운전데이터를 취득하여 데이터베이스를 구축하였다. 장시간 운전결과를 토대로 종합적인 운전특성을 평가 분석하여 향후 태양광발전시스템의 건물 적용에 활용할 수 있도록 하고자 한다.

#### 2. 지붕일체형 태양광발전시스템

##### 2.1 시스템 설치 사양

태양광발전시스템의 장시간의 운전을 통한 종합적인 운전특성을 평가 분석하기 위하여 조선대학교의 실증연구단지내에 시범주택 및 지붕일체형 3kW급 태양광발전시스템을 설치하였다. 설치된 지붕일체형 태양전지 어레이는 경사지붕방식으로 75Wp급 지붕형 태양전지 모듈 40장을 직병렬 연결하여 설치하였다. 어레이 설치조건은 국내에 널리 보급되어 있는 일반 주택들의 지붕 경사각을 고려하여 18°로 하였고, 방위각은 발전효율이 가장 우수한 정남향으로 하였다. 그림 1은 지붕일체형 태양광발전시스템의 구성도를 보여주고 있다.

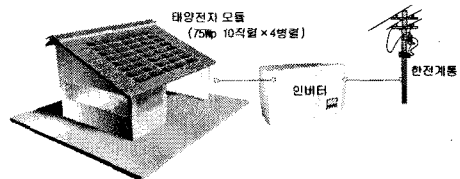


그림 1 지붕일체형 태양광발전시스템 구성도

표 1에서는 설치된 지붕일체형 태양광발전시스템의 사양을 나타내고 있다. 표 2에서는 시스템에 적용된 지붕일

체형 태양전지 모듈의 전기적, 구조적 특성을 나타내고 있다. 이는 표준조건(STC, Standard Test Conditions) 즉 일사강도  $1000 W/m^2$ , 모듈온도  $28^{\circ}C$  및 AM(Air Mass) 1.5 조건에서의 지붕형 태양전지 모듈의 규격을 나타낸다.

표 1 지붕일체형 태양광발전시스템 사양

항 목		규 격
PV어레이	모 들	SM-75(75Wp)
	설치수량	40대
	직병렬수	10직렬×4병렬
	최대용량	3kWp
	설치방위각	$0^{\circ}$
	설치경사각	$18^{\circ}$
PV어레이 면적	$26.0m^2$	
인버터	인버터 모델	Sanrex(4kW)
설치방식		경사지붕방식

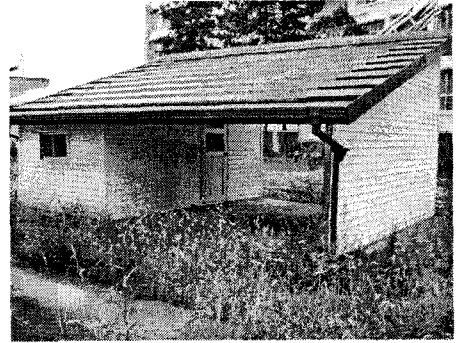


그림 2 지붕일체형 태양광발전시스템

우수침투를 방지하기 위하여 조립식 공법을 이용하여 기밀성을 확보하였으며 그림 3은 기밀성 확보를 위한 태양전지 모듈의 접합 상세도를 보여주고 있다.

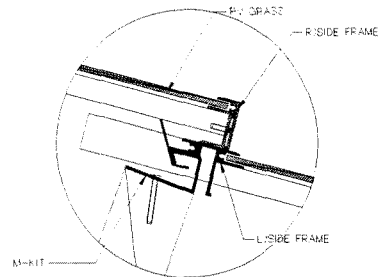
표 2 지붕일체형 태양전지 모듈 특성

구 분	규 격
Model	SM-75R
최대출력( $P_{max}$ )	75Wp
최대전압( $V_{mp}$ )	17.3V
최대전류( $I_{mp}$ )	4.35A
개방전압( $V_{oc}$ )	21.8V
단락전류( $I_{sc}$ )	4.75A
Cell Size(mm)	125×125
Cell Type	다결정 실리콘
모듈 Size(mm)	1204×539×8.8
모듈무게 (kg)	7.7

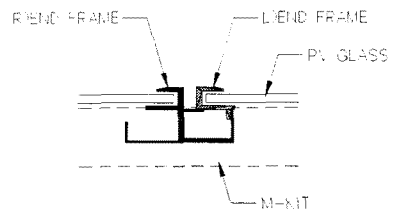
표 3은 지붕일체형 태양광발전시스템에 설치된 계통연계형 인버터의 전기적 사양을 나타내고 있으며, 그림 2는 설치된 지붕일체형 태양광발전시스템의 전경을 나타내고 있다.

표 3 계통연계형 인버터 사양

항 목		규 격
인버터 제 어	PCS방식	전압형전류제어
	스위칭 방식	정현파 PWM방식
	절연방식	절연변압기 없음
	상 식	1상 2선식
인버터 입 력	단독운전방지	수동적, 능동적
	정격전압	DC 173V
인버터 출 력	운전전압범위	DC 100 ~ 220V
	정격주파수	60Hz
	정격용량	4kW
	변환효율	93.5%이상
	출력역률	95%이상
	총합왜율	5%이하
	각차왜율	3%이하



(a) 종방향 설치 상세도



(b) 횡방향 설치 상세도

그림 3 태양전지 모듈의 접합 상세도

## 2.2 시스템 운전특성

본 논문에서는 조선대학교 실증연구단지에 국내에서 자체 설계 제작된 지붕형 태양전지 모듈을 적용한 3kW급 태양광발전시스템에 대한 장기간의 실증운전을 수행하여 2005년도 1년간의 운전데이터를 토대로 지붕일체형 태양광발전시스템의 운전특성을 비교 분석하였다. 그림 4는 분석기간동안 월별 수평면 및 경사면 일사량의 변화 분포를 보여주고 있다.

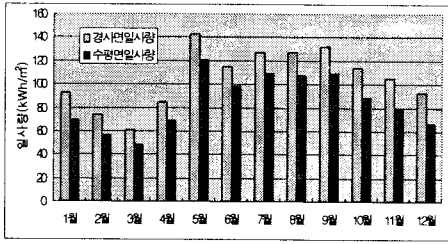


그림 4 일사량 분포도

지붕일체형 태양광발전시스템의 장기간의 운전에 의한 종합적인 운전특성 즉 태양광 및 인버터 발전성능, 어레이 변환효율, 시스템이용율 및 시스템발전효율 등을 분석기간 동안 수집된 운전데이터를 토대로 시스템의 종합적인 운전특성들을 비교 분석하였다. 태양광발전시스템의 발전효율은 인버터의 성능과 직결되지만, 또한 인버터의 입력인 태양전지 어레이의 발전성능에 의해서도 큰 영향을 받기 때문에 어레이변환효율, 시스템이용율은 시스템의 발전성능을 평가 분석하는데 중요한 분석항목이다. 어레이변환효율, 인버터효율 및 시스템이용율과 시스템발전효율의 산출식은 아래와 같다.

$$\text{어레이변환효율} = \frac{\text{PV출력량}}{\text{일사량} \times \text{PV어레이면적}} \times 100\%$$

$$\text{인버터효율} = \frac{\text{인버터출력량}}{\text{PV출력량}} \times 100\%$$

$$\text{시스템이용율} = \frac{\text{인버터출력량}}{\text{설치용량} \times 24\text{시간} \times \text{일간}} \times 100\%$$

$$\text{시스템발전효율} = \frac{\text{인버터출력량}}{\text{일사량} \times \text{PV어레이면적}} \times 100\%$$

그림 5는 분석기간 동안의 태양광 월별 출력전력량 및 인버터 월별 출력전력량을 보여주고 있다. 분석기간 동안 태양광 총발전전력량은 6.70MWh, 인버터 총발전전력량은 5.518MWh이다. 2월 및 3월, 12월의 발전전력량 및 일사량이 다른 월별과 비교하여 적게 나타나고 있는데 이것은 분석기간 중 2월 말부터 3월 초까지 약 20일간 실증연구단지 기반구축을 위한 공사시공의 원인으로 감시계측 및 데이터 취득이 이루어지지 않았기 때문이다. 그리고 12월은 연속되는 폭설에 의하여 지붕의 태양전지 어레이에 장기간 적설 됨으로 인하여 일사량에 비하여 발전전력량이 적게 나타났다.

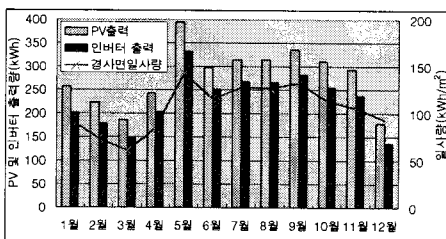


그림 5 태양광 및 인버터 출력량 분포도

그림 6은 분석기간 동안의 월별 어레이변환효율 및 연간효율을 보여주고 있다. 12월은 연속되는 폭설에 의하여 지붕의 태양전지 어레이에 장기간 적설 됨으로 인하여 효율이 현저히 떨어짐을 나타냈다. 총체적으로 어레이변환효율은 9%에서 11% 정도이고 연간효율 역시 12월의 영향을 많이 받아 9.5%밖에 나타나지 않고 있다.

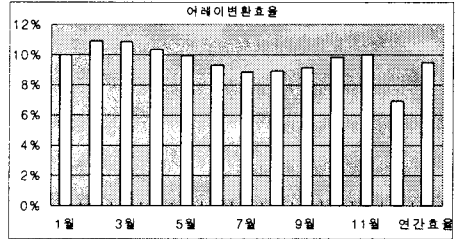


그림 6 어레이변환효율 분포도

그림 7은 분석기간 동안의 월별 인버터효율 및 연간효율을 보여주고 있다. 분석기간 동안 인버터 효율은 80% 좌우에서 안정적인 것을 알 수 있다.

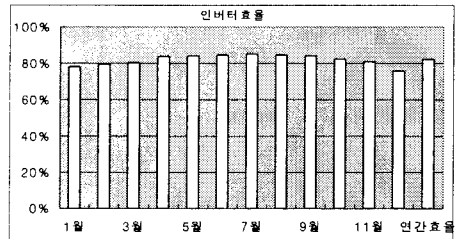


그림 7 인버터효율 분포도

그림 8은 분석기간 동안의 월별 시스템이용율 및 연간효율을 보여주고 있다. 1월과 2월 및 3월, 12월의 발전전력량 및 일사량이 다른 월별과 비교하여 적게 나타나고 있다. 1월은 일사량이 현저히 떨어짐으로 인한 것이고 2월과 3월의 저하는 분석기간 중 실증연구단지 기반구축을 위한 공사시공의 원인으로 감시계측 및 데이터 취득이 이루어지지 않았기 때문이다. 그리고 12월은 연속되는 폭설에 의하여 지붕의 태양전지 어레이에 장기간 적설 되어 있었기 때문이다.

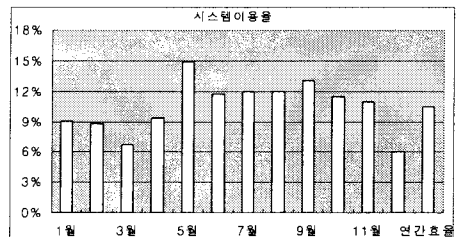


그림 8 시스템 이용율 분포도

그림 9는 분석기간 동안의 월별 시스템발전효율 및 연

간효율을 보여주고 있다. 분석기간 동안 시스템발전효율은 8%에서 안정적이지만 12월만 현저히 저하하는 것은 역시 폭설에 의한 적설로 인한 것이다.

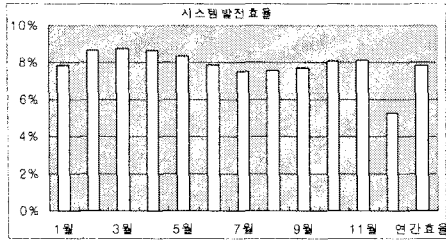


그림 9 시스템발전효율 분포도

### 3. 결 론

본 논문에서는 지붕일체형 3kW급 태양광발전시스템에 대한 장기간의 감시계측을 통하여 데이터베이스를 구축하였으며, 이 데이터베이스에 의하여 시스템의 운전특성을 비교 분석하여 실증운전에 따른 지붕일체형 태양광발전시스템의 손실요인 및 성능저하 등의 발생되는 문제점들을 분석하였다.

2005년도 1년간의 발전성능을 분석한 결과 태양광 총 발전전력량은 6.70MWh, 인버터 총 발전전력량은 5.518MWh이고 어레이변환효율은 9%~11% 이며 인버터 효율은 일사량이 좋고 태양광의 발전량이 높을 때는 95% 이상으로 나타나지만 연간효율은 80% 좌우임을 알 수 있었다. 연간 시스템 이용율은 10.5%이며 발전효율은 7.8%임을 알 수 있었다.

아직까지 우리나라에서 적용되고 있는 태양전지의 어레이변환효율은 12%미만이고 인버터의 연간효율은 안정적이지만 80%대에 지나지 않으며 따라서 시스템 이용율은 11%미만이다.

앞으로도 지속적으로 기술진전의 시대에 적합하게 설비보완이 유지되어야 할 것이라고 생각하고 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 김현일, 서승직 "BIPV 시스템의 응용", 한국태양에너지학회추계학술발표대회는문집, 138~142
- [2] 조덕기 외 4명, "방위별 경사면 일사량 분석에 관한 연구", 한국태양에너지학회논문집, Vol. 21, No. 3, pp 19~24, 10, 2001.09
- [3] 한국태양에너지학회, "태양에너지학회 핸드북", 태림문화사, 1991
- [4] Roger Messenger & Jerry Ventre, "Photovoltaic systems engineering", Crc Press. 2001
- [5] Ashirae handbook Fundamentals SI Edition,