

## 태양광발전시스템의 실증연구를 통한 운용효율 분석

박정민\* · 김성결\* · 정병호\* · 조금배\* · 백형래\*  
조선대학교\*

### Using Demonstration PV System for Operation Efficiency Analysis

Jeong · Min-Park\*, Seong · Kyeol-Kim\*, Byung · Ho-Jung\*,  
Geum-Bae Cho\*, Hyung-Rae Baek\*  
Chosun University\*.

#### ABSTRACT

This paper presents experimental operation with utility invertactive 3kW photovoltaic generation system.

And that describe configuration of utility interactive photovoltaic system which power supply for Demonstration Complex.

The status of photovoltaic generation system components and interconnection and safety equipment will be summarized.

This paper discusses property operation state which system endure division of power for Demonstration Complex.

#### 1. 서 론

지난 수십 년 동안 전 세계적으로 대체에너지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 그 중에서 가장 유력한 대체에너지원인 태양에너지를 적용시켜 태양광발전시스템이 설치되어 왔다.<sup>[1]</sup> 태양광 발전설비의 특징은 설치비용이 타 발전설비에 비해 매우 높으므로 태양전지의 용량을 부하량에 따라 최적화시키는 과정이 필수적이다.<sup>[2]</sup> 그러므로 PV시스템 구성요소기기의 운전특성 및 통합시스템의 운전특성들에 대한 비교 분석이 필요하다.<sup>[3][4]</sup>

실증연구단지에서는 설치된 태양광발전시스템은 5개의 국내 제품과 1개의 외국제품을 설치하였고, 감시계측시스템을 구성하고, 설치된 감시계측시스템으로 각 PV시스템의 운전특성을 실시간으로 모니터링하고, 운전특성 분석하였다.

본 논문에서는 3kW급 계통연계형 태양광발전시스템에 대하여 실증시험 운전결과에 대하여 논하고자 한다.

#### 2. 계통연계형 태양광발전시스템

##### 2.1 실증단지 PV System

3kW급 계통연계형 태양광 발전시스템의 실증운전시험의 분석기간은 2003년 1월 1일부터 2003년 9월까지 발전특성을 비교 분석하였다

총 6개의 태양광발전시스템으로 구성되었고 태양전지 모듈은 6개사의 제품을 사용하였으며 인버터는 3개의 제품 A사 3대, B사 2대, 외산 1대로 구성되어 있다.

운전데이터는 6분단위, 1시간 단위로 일사량, 부하, 계통, 인버터, 태양전지, 어레이별로 전압, 전류, 전력량을 수집하였고, 일별, 주별, 월별, 계절별, 년별 단위로 취득하여 배열하였다.

그림 1은 본 실증실험에 적용된 감시계측 시스템의 구성도이다.

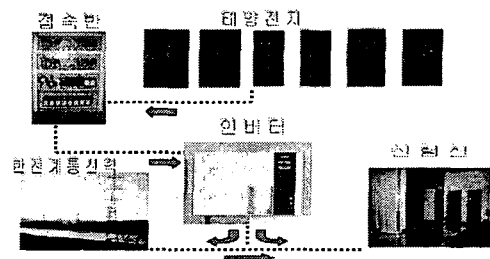


Fig 1. 실증단지내 태양광발전 시스템 구성도

##### 2.2 태양광발전시스템 규격

PV시스템이 설치된 곳은 경도 126.92°, 위도 35.1°에 위치하여 타지역에 비해 상대적으로 높은 일사량 분포를 가지고 있으며, 월별 일사량 변동폭이 적은 조선대학교 실증연구단지에 실증시험용 시험주택을 설계 설치하였다. 시험주택의 설치조건은 국내에 보급된 일반 주택들의 지붕경사각을 고려하여 계산한 결과를 토대로하여 지붕 경사각을 약 18

로 설계하였다. 시험주택의 설치 방위각은 일사량 분포를 고려할 경우, 발전효율이 가장 양호한 정남향으로 하여 장시간의 실증운전을 통해 환경조건 변화에 따른 PV시스템의 발전성능, 신뢰성, 안정성 등의 운전특성을 비교 분석하기 위한 실증연구를 수행하였다.

표 1은 실증 실험에 적용된 각각의 모듈에 대한 사양을 표로 나타내었다.

표 1 태양광발전시스템 모듈사양

	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Site6
$P_{max}(W)$	7.7	50	50	68	75	73
$V_{oc}(A)$	21.54	21.0	21.7	21.2	21.8	21.0
$I_{sc}(A)$	4.88	3.17	3.35	4.7	4.75	4.8
$V_m(V)$	17.21	17.1	17.4	16.2	17.3	17.0
$I_m(A)$	4.46	2.92	3.05	4.2	4.35	4.4
Cell Type	다결정Si	단결정Si	단결정Si	단결정Si	다결정Si	다결정Si
어레이 구성	14×3	15×4	20×3	22×3	20×2	14×3

### 3. 태양광발전시스템 운용효율 분석

#### 3.1 시스템 운전 특성

그림 2는 각 Site별 월별 어레이 출력량을 나타내고, 그림 3은 각 Site별 PCS 출력량을 나타낸다. 그리고 그림 4는 PCS 월별 변환효율을 각 사이트별로 나타낸 것이다.

발전된 총 전력량은 site1부터 2,590kWh, 1,561kWh, 2,152kWh, 2,736kWh, 2,301kWh, 1,783kWh가 발전되었다. site2가 큰 차이를 보이는 것은 PCS 고장으로 인해 6월중 운전시간이 적어 출력량이 감소했다.

PCS의 총 평균 변환효율은 site1부터 87.7%, 72.7%, 87%, 83.5%, 86.1%, 83.4%이다. 그리고 site2의 변환 효율이 적은 것은 PCS가 최적의 추적제어를 못한다는 것을 알 수 있다.

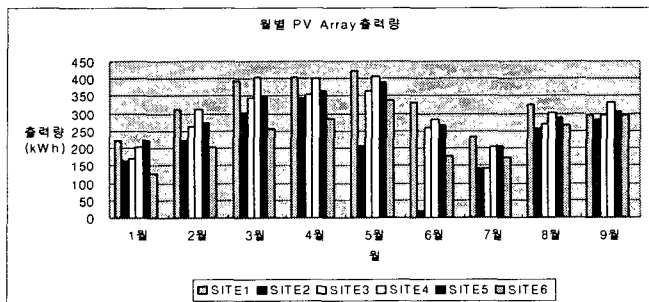


Fig 2. 월별 어레이 출력량(kWh)

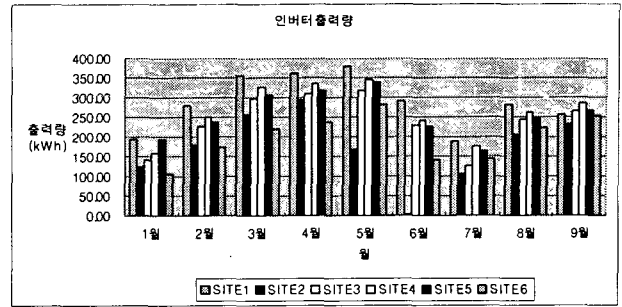


Fig 3. 월별 PCS 출력량(kWh)

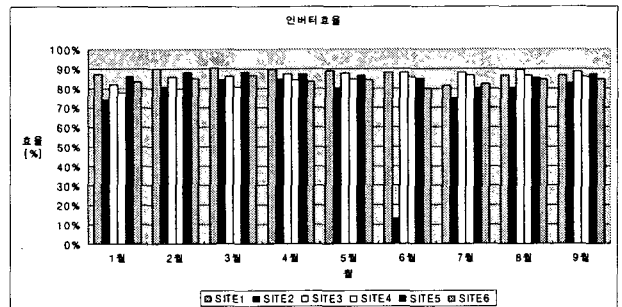


Fig 4. 월별 PCS 변환 효율(%)

표 2 태양광발전 시스템 운전 결과

	site1		site2		site3		site4		site5		site6	
	발전량	이용률	발전량	이용률	발전량	이용률	발전량	이용률	발전량	이용률	발전량	이용률
1월	194.50	8.71%	122.79	5.50%	140.12	6.28%	158.29	7.09%	192.87	8.64%	106.59	4.78%
2월	280.80	13.93%	179.78	8.92%	226.26	11.22%	248.80	12.34%	238.24	11.82%	172.23	8.54%
3월	356.34	15.97%	254.42	11.40%	297.71	13.30%	325.06	14.56%	306.30	13.74%	221.84	9.94%
4월	362.54	16.78%	292.77	13.55%	309.99	14.35%	335.82	15.52%	318.01	14.72%	237.84	11.01%
5월	378.45	16.96%	166.30	7.45%	318.42	14.27%	344.85	15.45%	339.20	15.20%	283.41	12.70%
6월	291.76	13.51%	0.02	0.12%	228.62	10.58%	241.9	11.19%	226.7	10.42%	141.14	6.53%
7월	189.56	8.49%	104.97	4.70%	125.31	5.61%	175.39	7.86%	166.06	7.44%	144.22	6.46%
8월	280.95	13.01%	206.39	9.56%	243.22	11.26%	262.74	12.16%	247.12	11.44%	224.19	10.38%
9월	255.14	11.43%	231.82	10.39%	263.31	11.80%	283.97	12.72%	267.61	11.99%	251.87	11.28%

여름철의 발전전력의 저하는 날씨(장마)와 외기 온도 상승에 따른 태양전지의 온도 상승으로 발전이 저하됨을 볼 수 있고, 겨울철의 발전전력저하는 낮은 외기온도와 눈 등에 의한 낮은 일사량부족으로 인한 것으로 분석 되어진다.

#### 3.2 시스템 운용효율 분석

계통연계형 태양광발전시스템의 계통연계시 태양

광발전시스템의 발전량 변동에 따른 PCS의 입·출력특성을 살펴보았다. 그림 2,3,4에서 보는 바와 같이 출력이 증가될수록 인버터의 효율도 따라서 향상되고 있다.

그림 5, 6은 설치된 태양광발전시스템의 월별 발전시스템 이용률과 성능비를 나타낸다.

각각 Site의 총 평균 이용률은 13.2%, 7.95%, 10.97%, 12.10%, 11.72%, 9.07%를 가지며, 총 평균 성능비는 74.66%, 49.87%, 67.98%, 71.60%, 72.70%, 53.33%를 나타내고 있다.

site 2, 6번의 경우 시스템 이용률과, 성능비가 현저히 떨어짐을 알 수 있다.

이것은 태양전지 어레이의 결선 문제 및 PCS의 고장으로 분석기간 동안의 운전시간이 적어지고 PCS의 성능문제 등으로 다른 Site에 비해 현저하게 감소했음을 알 수 있다.

시스템의 전체 어레이 발전량(2,941kWh), 인버터 출력량(2,590kWh), 어레이 변환효율(9.90%), 발전 효율(8.66%), 인버터 변환효율(87.7%), 시스템이용률(13.20%), 성능비(74.66%)로서 Site 1번이 가장 높게 나타났다.

PCS 효율은 Site 3번이 다음으로 높지만 전체적인 이용률이나 성능비는 오히려 4,5,6번이 높게 나타났다.

그리고 Site2, 6번이 성능비, 이용률등 전체적인 성능이 떨어지는 것은 PCS의 정확한 최대출력 동작점에서의 추적제어의 실패, PCS의 변환효율 저하 등이 원인임을 판단할 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 본 논문에서는 3kW급 계통연계형 태양광발전시스템의 시험운전을 통해 계측기간 동안 각각의 태양광발전시스템의 운전특성을 분석, 평가 하였고 시스템의 신뢰도에 대한 검토를 수행 하 하였다.

A사의 PCS를 설치한 Site가 전반적으로 높은 발전량과 시스템 성능비를 나타내었고, 그 다음의 B사의 PCS가 2,3,4위를 C사의 PCS를 설치한 시스템이 5,6위를 나타내었다.

그리고 이용률은 Site 1,4,5,3,6,2 번순으로 나타났으며, 성능비는 Site 1,5,4,3,6,2번으로 나타났다.

PV 시스템의 주요 손실요인으로는 최대출력 동작점에서 차이에 의한 손실, 인버터 손실, 일사량변동에 의한 손실, 그늘 발생에 의한 손실, 온도변화에 의한 효율 변동, 직·병렬 접속의 불균형 직류회로 손실 등으로 나타났다.

추후 분석에 있어서는 이러한 점을 고려하여 향후 계통연계에 따른 배전선의 상태 변화에 대한 추정성, 계통의 주파수나 전압변화에 대한 운용 능력, 계통 사고시에 적절히 대응하는 기능과 자체 발생 고조파로 인한 장애발생 방지등과 관련한 계통연계 등 최적의 태양광발전시스템을 확립할 수 있도록 연구 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] M. Sidrach-de-Cardona, and LI. Mora Lopez. Performance analysis of a grid-connected photovoltaic system. Energy. vol. 24. Issue 2, pp. 93-102, February 2003.
- [2] B. Decker, and U. Jahn. Performance of 170 grid connected PV plants in northern germany analysis of yields and optimization potentials.
- [3] Jeong-Hoon So, Gwon-Jong Yu, Myung -woong Jung Young-Seok Jung, Ju-Yeop Choi. Analysis and Evaluation of 3kW Grid-Connected PV System by Field Demonstration Test KIEE pp. 1353-1355, 2003
- [4] T. Erge. V. U. Hoffmann, and K. KIEFER, The German experience with grid-connected PV.

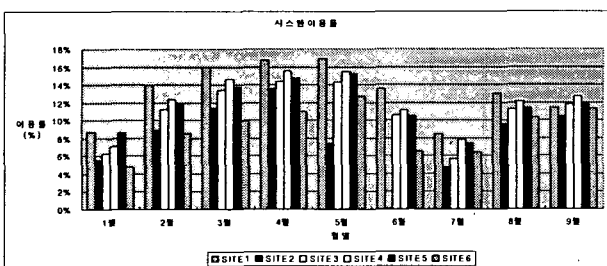


Fig 5. 월별 발전시스템 이용률(%)

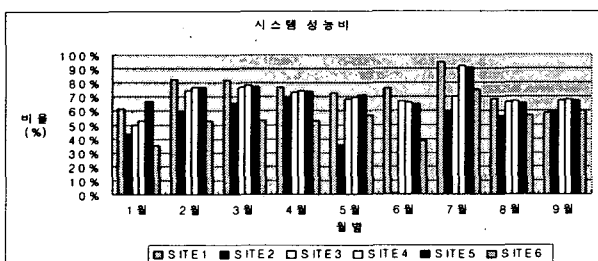


Fig 6. 월별 시스템 성능비(PR)