

## 계통연계형 태양광발전시스템의 실증시험 분석

박정국\* 김성결\* 이강연\* 조금배\* 백형래\*  
조선대학교

### Analysis of Demonstration Research for Grid-connected Photovoltaics System

Piao Zheng-Guo\*, Kim Seong-Kyeol\*, Lee Kang-Yeon\*, Cho Guem-Bae\*, Baek Hyung-Lae\*  
Chosun University

**Abstract** - This paper presents experimental operation with utility invertative 3kW photovoltaic generation system.

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

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 experiment.

#### 1. 서 론

최근 범세계적으로 기후변화협약과 에너지자원의 고갈에 따른 에너지 환경문제에 능동적으로 대처할 유일한 수단으로서 대체에너지에 대한 관심이 집중되고 있다.

태양광 발전은 다른 발전방식과는 달리 대기오염, 소음, 진동 등의 공해가 전혀 없는 깨끗한 에너지원이며 연료의 수송과 발전설비의 유지관리가 용이하며, 수명이 길고, 실비규모의 선택과 설치공사가 쉬운 장점을 가지고 있다 반면에 타 발전설비에 비해 설치비용이 매우 높으므로 태양전지의 용량을 부하량에 따라 최적화시키는 과정이 필수적이다. 따라서 PV시스템 구성요소기기의 운전특성 및 통합시스템의 운전특성들에 대한 비교분석이 필요하다.

실증연구단지내에 설치된 태양광발전시스템은 5개의 국내 제품과 1개의 외국 제품을 설치하였고, 감시계측시스템을 구성하고, 설치된 감시계측시스템으로 각 PV 시스템의 운전특성을 실시간으로 모니터링하고, 운전특성을 분석하였다.

본 논문에서는 3kW급 계통연계형 태양광발전시스템에 대하여 실증시험 운전특성에 대하여 검토 하고자 한다.

#### 2. PV시스템 운전특성

##### 2.1 태양전지 어레이

태양전지 어레이 설치조건은 국내에 보급된 일반 주택들의 지붕경사각을 고려하여 계산한 결과를 토대로 지

붕 경사각을 약 18°로 설계하였다. 설치 방위각을 발전 효율이 가장 양호한 정남향으로 하여 장시간의 운전을 통해 환경조건 변화에 따른 PV시스템의 발전성능, 신뢰성, 안정성 등의 운전특성을 비교 분석하기 위해서 연구를 수행하였다. 그림 1은 2003년 1월 1일부터 12월 31일까지 월별 일사량을 나타내고, 그림 2는 경사면일사량과 수평면일사량을 나타내고 있다. 월별 일사량은 계절별로 봄, 가을 즉, 4월과 5월 그리고 10월에 가장 높게 나타났으며, 여름과 겨울 즉 6, 7월과 12월에 가장 적게 나타났다.

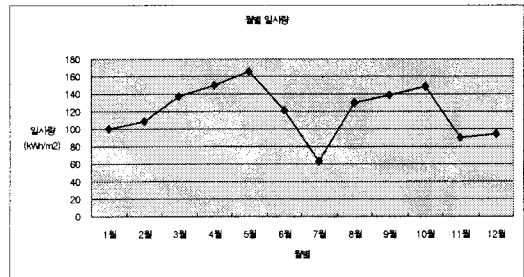


그림 1. 월별 일사량

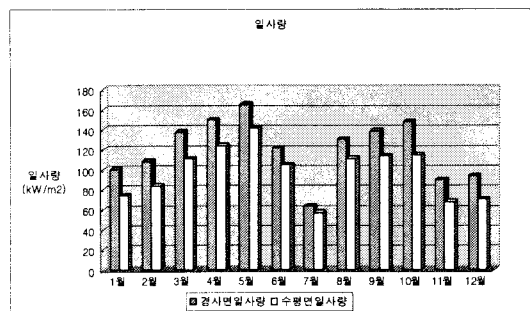


그림 2. 경사면일사량과 수평면일사량

표 1은 실증시험에 적용된 각각의 모듈에 대한 사양을 표로 나타낸 것이다.

표 1 태양광발전시스템 모듈사양

	site1	site2	site3	site4	site5	site6
$P_{max}(V)$	77	50	50	68	75	73
$V_{oc}(V)$	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 면적(㎡)	27.2	26.27	25.41	27.83	25.91	27.52
어레이 구성	14×3	15×4	20×3	22×3	20×2	14×3

### 2.2 PV 시스템 운전

그림 3은 2003년 1월 1일부터 2003년 12월 31일까지의 월별 발전량을 나타내고 있다.

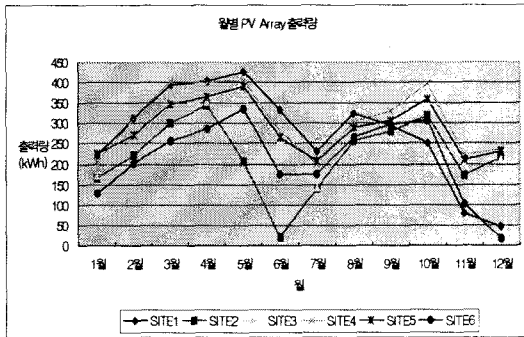


그림 3. 월별 PV 어레이 출력량(kWh)

태양광발전량은 계절에 따른 온도와 날씨조건에 따라 발전량이 커다란 차이가 나타나고 있음을 알 수 있었다.

각 site별 발전량은 site1부터 순서대로 2390kWh, 1960.64kWh, 2460.61kWh, 2783.34kWh, 2622.71kWh, 1962.61kWh로 나타났고, site2의 6월과 site1, 6의 11월과 12월에 큰 차이를 보이는 것은 PCS고장으로 인하여 운전시간이 적어 출력량이 현저하게 감소하였다.

월별 운전현황을 분석하면 4월과 5월에 가장 많이 발전되었고 이어 9월과 10월로서 계절로 본다면 봄과 가을 일기가 좋을 때 태양광에 의한 발전량이 크게 나타나고 있으나 상대적으로 겨울과 여름의 발전전력량이 적게 나타나고 있다. 또한 여름철의 발전전력의 저하는 날씨와 외기온도 상승에 따른 태양전지의 온도 상승으로 발전이 저하됨을 볼 수 있었고, 겨울철의 발전전력 저하는 낮은 외기온도와 눈 등에 의한 일사량부족으로 인한 것으로 분석되어 진다.

### 2.3 발전특성

3kW급 계통연계형 태양광발전시스템의 특성을 파악하기 위하여 발전시스템의 이용률 및 시스템 발전효율을 살펴 보았다. 계통연계 태양광 발전시스템의 시스템 이용률은 식 1에 의해 계산되고, 그림 4와 같이 나타났고,

시스템 발전효율은 식 2에 의해 계산되고 그림 5와 같이 나타났다.

$$\text{시스템이용률} = \frac{\text{시스템발전전력량}(kWh)}{\text{시스템정격출력} \times 24(h) \times \text{일수}} \times 100(\%) \quad (1)$$

$$\text{시스템발전효율} = \frac{\text{시스템총발전량}(kWh)}{\text{경사면일사량} \times \text{어레이면적}(㎡)} \times 100(\%) \quad (2)$$

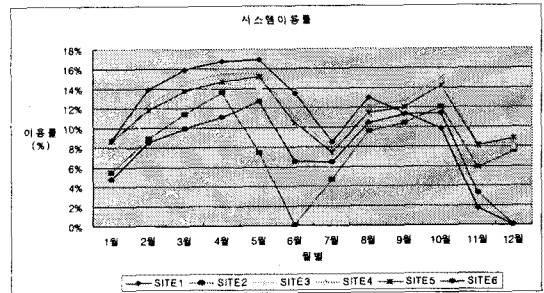


그림 4. 월별 시스템 이용률(%)

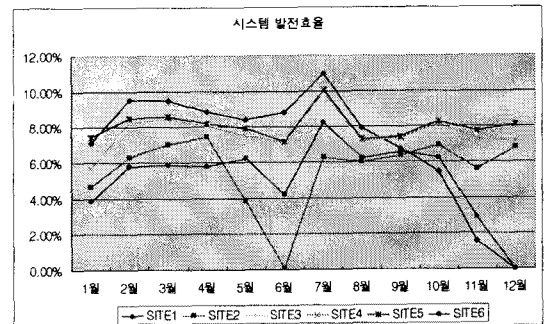


그림 5. 시스템 발전효율(%)

각각 site의 총 평균 이용률은 10.86%, 8.09%, 10.69%, 11.71%, 11.39%, 8.02%로 나타났다. 또한 총 평균 시스템 발전효율은 7.08%, 5.61%, 7.59%, 7.68%, 8.06%, 5.16%로 기록되었다. 이용률과 발전효율 모두 site1이 가장 높게 나타났으나 11월과 12월의 PCS고장으로 인하여 운전시간이 적어 이용률이 site4, 5에 비해 적게 기록되었다.

한편 월별 시스템 이용률을 살펴보면 앞에서의 발전량 변화와 같이 4월, 5월에 있어서의 이용률이 가장 높았고 10월과 9월도 비교적 높게 나타나고 있다. 시스템의 발전효율은 이와 반대로 일사량이 적은 때 비하여 많은 출력을 내고 있는 겨울철 특히 2월 7.77%와 3월 7.99%에 비교적 크게 나타나고 있다.

### 2.3 인버터 출력특성

태양광 발전의 전력 계통연계시 전력품질면에서 시스템의 영향을 검토하기 위해 3kW 태양광 발전시스템의

발전량변동에 따른 인버터의 입·출력특성을 살펴보았다.

한편 그림 6과 7은 월별 인버터 효율과 시스템 성능비를 나타내고 있다. 각각 site별 인버터 평균 효율은 87.7%, 72.7%, 87.0%, 83.5%, 86.1%, 83.8%로 기록되었고, 시스템 성능비는 61.04%, 52.42%, 68.36%, 71.12%, 72.66%, 46.92%로 기록되었다. 그림에서 보는 바와 같이 site 1, 2, 6의 경우 인버터 효율과 시스템 성능비가 현저하게 떨어짐을 볼 수 있는데, PCS고장으로 분석기간 동안의 운전시간이 적어지고 PCS의 성능문제 등으로 다른 site에 비해 현저하게 감소했음을 알 수 있다. 인버터 효율은 50%이상 부하에서 90% 이상이었으며, 부하가 증가될수록 인버터의 효율도 따라서 향상되고 있다. 역률 역시 1에 가까운 제어가 가능하였으며, 부하의 증가에 따라 역률도 개선되고 있음을 보여주었다.

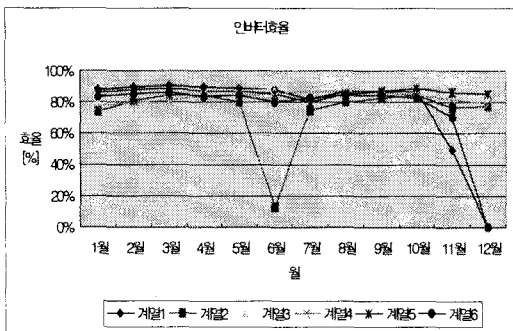


그림 6. 인버터 효율 (%)

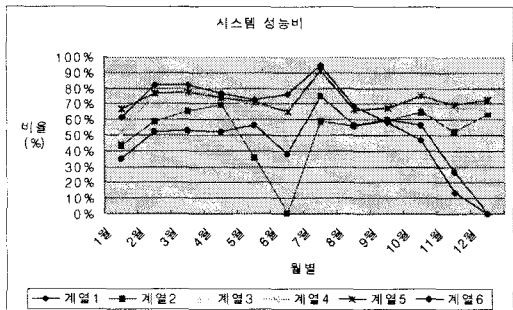


그림 7. 시스템 성능비 (%)

### 3. 결 론

본 논문에서는 계측기간 동안 각각의 태양광발전시스템의 신뢰성을 분석, 평가하였고 시스템의 신뢰도에 대한 검토를 수행하였다. 전반적으로 site 1의 태양광발전시스템의 성능은 우수한 것으로 나타났으며, site 2는 PCS의 MPP 정확한 추적제어의 실패, 저 일사강도에서 변환효율 특성이 변화가 있었고, site 3은 저 일사강도에서 변환효율 특성이 변화가 있었다. 또한 어레이 직·병렬 불균형에 따른 출력손실도 다소 발생된다고 생각한다. site 4는 PCS 실측 성능이 다소 만족스럽지 못하였고 site 5는 온도 상승에 따른 태양전지 어레이 손실이 증가하였으며, site 6은 PCS최적설계의 문제점으로 인한

성능저하가 나타났다. 전체적으로 본다면 site2, 6의 태양광발전시스템의 성능이 떨어지는 원인은 PCS의 최대 출력 동작점에서 차이에 의한 손실, 구성기기의 선정 및 설계에서 최적화에 문제가 있다는 것을 알 수 있었다. 특히 site1, 2, 6의 경우 PCS 고장으로 인한 운전시간의 감소로 인하여 보다 더 정확한 데이터를 획득할 수가 없어서 아쉬웠다. 그 밖의 손실요인으로는 일사량 변동에 의한 손실, 그늘 발생에 의한 손실, 온도변화에 의한 효율 변동, 직·병렬 접속의 불균형, 직류회로 손실, 최대출력 동작점에서 차이에 의한 손실, PCS손실 등으로 나타났다. 추후 분석에 있어서는 이러한 점들을 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] Didier Thevenard, Performance monitoring of a northern 3.2kWp grid-connected photovoltaic system, IEEE, pp.17 11-1715, 2000
- [2] E. E. Van Dyk, E. L. Meyer, F. J. Vorster and A. W. R. Leith, Long-term monitoring of photovoltaic devices. Renewable Energy, vol. 25, Issue 2, pp, 183-197. February 2002
- [3] T. Sugiura, T. Yamada, H. Nakamura, M Umeya, K. Sakura, and K. Kurokawa, residential PV system by Japanese monitoring program, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol 75 Issues 3-4, p. 767-779, February 2003.
- [4] Dong, H. Sugimoto, "A New Utility Interactive Photovoltaic Power Conditioning System And Its Maximum Power Tracking Control", IPEMC97 , PP238-243, 1997
- [5] C. Hua, C. Shen, J. Lin, "Implementation of a DSP-Controlled photovoltaic System with peak PowerTracking", Proceedings of the 23rd International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation Vol 2, 1997