

태양광발전시스템 운용효율 분석

박정민 · 김성걸 · 정병호 · 최문한 · 조금배 · 백형래
조선대학교

Analysis of Operation Efficiency for Photovoltaic System

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

1. 서론

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

본 연구에 사용한 태양광발전시스템은 국내 제품과 외국 제품을 설치하였고, 감시계측시스템을 구성하고, 설치된 감시계측시스템으로 각 PV시스템의 운전특성을 실시간으로 모니터링하고, 운전특성 분석하였다.

본 논문에서는 3kW급 계통연계형 태양광발전시스템에 대하여 국내 태양광발전시스템과 외국 태양광발전시스템 실증시험 운전결과에 대하여 논하고자 한다.

2. 계통연계형 태양광발전시스템

2.1 태양광발전시스템

3kW급 계통연계형 태양광발전시스템의 실증운전시험의 분석기간은 2003년 1월 1일부터 2003년 9월 30일까지 발전특성을 비교 분석하였다

태양전지 모듈은 국내의 50W의 단결정 실리콘과 외국의 77W의 다결정 실리콘 제품을 사용하였으며 PCS는 국내·국외의 제품으로 구성되어 있다.

운전데이터는 6분 단위, 1시간 단위로 일사량, 부하, 계통, 인버터, 태양전지, 어레이별로 전압, 전류, 전력량을 수집하였고, 일별, 주별, 월별, 계절별, 년별 단위로 취득하여 배열하였다. 그림1은 본 실증시험에 적용된 감시계측 시스템의 구성도이다.

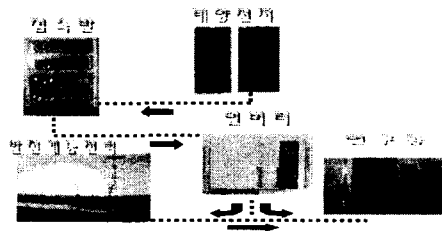


Fig 1. 태양광발전 시스템 구성도

2.2 태양광발전시스템 규격

PV시스템의 설치조건은 국내에 보급된 일반 주택들의 지붕경사각을 고려하여 계산한 결과를 토대로 지붕 경사각을 약 18°로 설계하였다. 설치 방위각은 발전효율이 가장 양호한 정남향으로 하여 장시간의 운전을 통해 환경조건 변화에 따른 PV시스템의 발전성능, 신뢰성, 안정성 등의 운전특성을 비교 분석하기 위해서 연구를 수행하였다.

표1은 실증실험에 적용된 각각의 모듈에 대한 사양을 표로 나타낸 것이다.

표 1 태양광발전시스템 모듈사양

	외산	국산
$P_{max}(W)$	77	50
$V_{oc}(A)$	21.54	21.7
$I_{sc}(A)$	4.88	3.35
$V_m(V)$	17.21	17.4
$I_m(A)$	4.46	3.05
Cell Type	다결정Si	단결정Si
어레이 구성	14×3	20×3

3. 태양광발전시스템 운용효율 분석

3.1 시스템 일일 운전 특성

PV 시스템의 운전중의 가장 맑은 날인 2003년 4월 21일날의 데이터이다.

표2는 외산·국산 PV시스템의 일일 발전량을 나타낸것이다.

그림2는 일사량 대비 외산과 국산의 시간별특성을 그래프로 나타낸 것이다.

태양광발전의 계통연계시 전력 품질면에서 시스템의 영향을 검토하기 위해 PV어레이의 출력단과 PCS의 출력단 전압, 전류파형을 보았다.

그림 5, 6은 외산 PV어레이와 PCS의 출력파형이고, 그림7, 8은 국산PV어레이와 PCS의 출력단에서 발생된 출력파형을 보여주고 있다. 일반 부하에 계통연계 하여도 파형이 일정한 형태로 유지되어 계통연계형 태양광발전시스템이 적절히 운전되고 있음을 알 수 있다.

표2. 외산·국산 PV시스템 일일 발전량(2003년 4월 21일)

시간	일사량	외 산							국 산						
		PV전압	PV전류	PV출력	인버터 전압	인버터 전류	인버터 출력	효율(%)	PV전압	PV전류	PV출력	인버터 전압	인버터 전류	인버터 출력	효율(%)
6	303.2	231.5	3.3	755.0	216.2	3.1	645.5	85.4	318.9	1.9	620.7	217.0	2.3	513.2	82.6
7	548.4	227.4	6.5	1475.0	215.9	6.4	1363.3	92.4	319.4	4.1	1302.0	217.3	5.0	1128.9	86.7
8	745.0	224.0	9.6	2145.9	216.6	9.5	2029.0	94.5	317.4	6.1	1919.2	218.7	7.6	1703.2	88.7
9	865.5	223.7	11.0	2401.7	217.4	10.7	2278.9	94.8	315.6	7.5	2383.2	220.1	9.5	2130.7	89.4
10	944.8	218.7	13.4	2928.1	217.9	13.1	2799.8	95.6	316.0	8.5	2670.3	220.8	10.7	2396.0	89.7
11	959.3	224.2	12.5	2750.6	218.8	12.3	2625.2	95.4	315.9	8.6	2715.0	221.8	10.9	2447.3	90.1
12	921.0	221.1	13.0	2868.9	218.4	12.8	2746.1	95.7	318.5	8.1	2584.8	221.0	10.4	2326.1	89.9
13	842.7	226.6	11.4	2573.8	218.3	11.5	2459.6	95.5	323.9	7.1	2297.8	220.6	9.2	2064.5	89.8
14	704.5	234.1	9.0	2099.7	217.8	9.3	1994.2	94.9	331.0	5.6	1843.2	219.6	7.4	1652.6	89.6
15	497.0	239.8	5.5	1318.7	218.8	5.6	1211.8	91.8	338.5	3.6	1208.6	220.0	4.7	1047.9	86.7
16	246.7	236.2	1.6	388.5	217.6	1.7	280.2	72.1	329.7	1.6	520.8	218.1	1.8	401.3	77.0
17	59.9	168.1	0.6	111.4	217.1	0.7	31.0	27.8	299.9	0.2	52.1	217.0	0.1	21.6	41.4
18	12.4	11.1	0.3	3.2	217.6	0.0	0.0	0	40.3	0.0	1.0	217.5	0.0	4.8	0

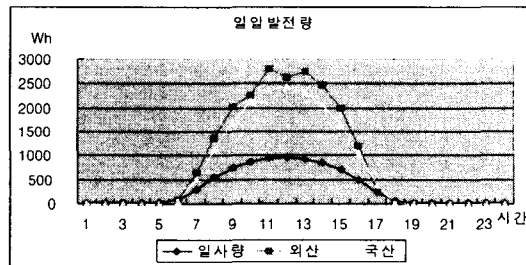


Fig 2. 일일 발전량

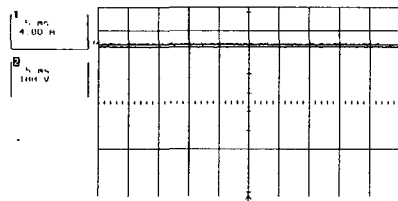


Fig 3. 외산 어레이 전압 전류 파형

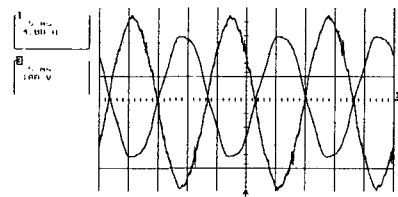


Fig4. 외산 인버터 출력 전압 전류 파형

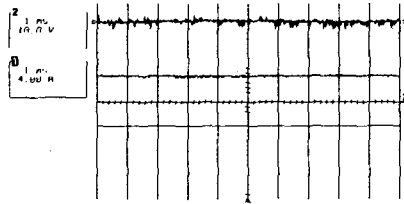


Fig 5. 국산 어레이 출력 전압 전류 파형

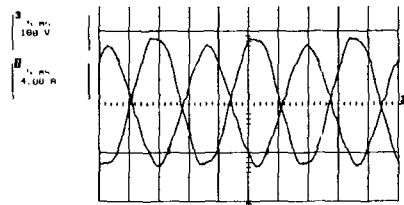


Fig 6. 국산 인버터 출력 전압 전류 파형

3.2 시스템 월별 운전 특성

그림7은 월별 어레이 출력량을 나타내고, 그림8은 PCS 출력량을 나타낸 것이다
발전된 총 전력량은 2,590kWh, 2,152kWh, 발전되었다.

대체적으로 발전량은 봄, 가을이 더 많음을 볼 수 있다. 아침 및 저녁 무렵의 발전량이 겨울에 비해 봄이 더 많으며 결과적으로 일조시간이 긴 봄의 일일 발전량이 겨울철 보다 더 많음을 알 수 있다.

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

계통연계형 태양광발전시스템의 계통연계시 태양광발전시스템의 발전량 변동에 따른 PCS의 입·출력특성을 살펴보았다. 그림 7,8,9에서 보는 바와 같이 출력이 증가될수록 PCS의 효율도 따라서 향상되고 있다.

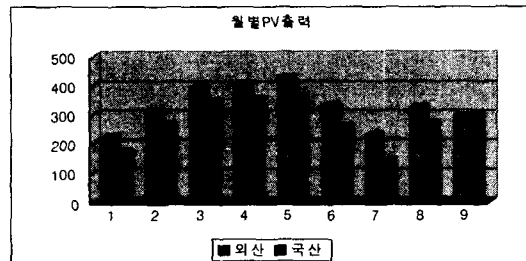


Fig 7. 월별 어레이 출력량(kWh)

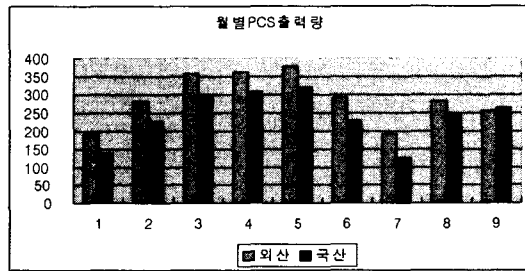


Fig 8. 월별 PCS 출력량(kWh)

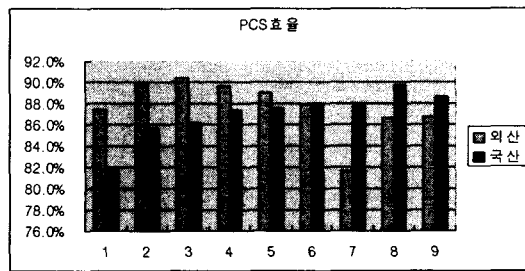


Fig 9. 월별 PCS 변환효율(%)

3.3 시스템 운용효율 분석

발전효율은 8.66%, 7.55%이며 어레이변환효율은 9.90%, 8.66%이고 PCS의 총 평균 변환효율은 87.7%, 87%이다.

그림 10, 11은 설치된 태양광발전시스템의 월별 발전시스템 이용률과 성능비를 나타낸다. 각각의 총 평균 이용률은 13.2%, 10.97%를 가지며, 총 평균 성능비는 74.66%, 67.98%를 나타내고 있다.

시스템의 전체 어레이 발전량(2,941kWh), PCS 출력량(2,590kWh), 어레이 변환효율(9.90%), 발전효율(8.66%), PCS 변환효율(87.7%), 시스템이용률(13.20%), 성능비(74.66%)로서 외국제품이 전부 높게 나타났다.

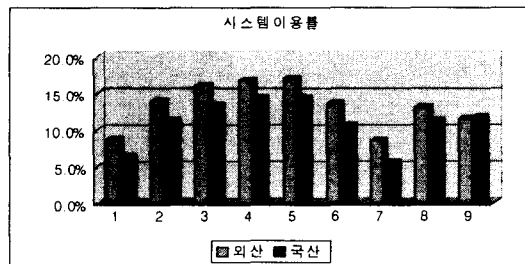


Fig 10. 월별 발전시스템 이용률(%)

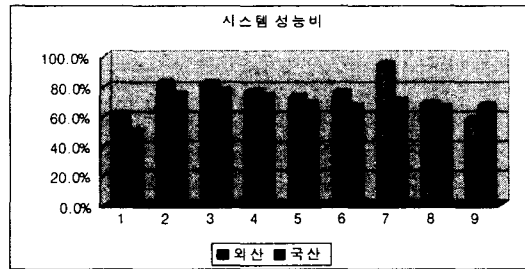


Fig 11. 월별 시스템 성능비(PR)

4. 결 론

본 논문에서는 본 논문에서는 3kW급 계통연계형 태양광발전시스템의 시험운전을 통해 계측기간 동안 각각의 태양광발전시스템의 운전특성을 분석, 평가하였고 시스템의 신뢰도에 대한 검토를 수행하였다.

외국의 제품을 설치한 시스템이 비교적 높은 발전량과 이용률, 시스템 성능비를 나타내었다.

외국의 PV시스템은 기상조건 변화에 대해서 균일한 변환효율특성을 가지며 MPPT 제어성능도 양호기상조건 변화에 대해서 균일한 변환효율특성을 가지고 있어 높은 발전량과 이용률, 시스템 성능비를 나타내었다.

국내 PV시스템은 기상조건변화시 변환효율특성이 변화되고 어레이 직렬불균형에 따른 출력손실도 다소 발생된다고 생각되어지며 PCS의 MPPT 제어성능은 비교적 양호하나 효율 개선이 필요하다.

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 태양광발전 시스템을 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.1711-1715, 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, pp. 767-779, February 2003.