

PV시스템 최적화를 위한 손실요인 분석

소정훈, 정영석, 유병규, 강기환, 유권중, 최주엽**
한국에너지기술연구원, 광운대학교*

The losses analysis of PV System for Optimization

J. H. So, Y. S. Jung, B. G. Yu, G. H. Kang, G. J. Yu, J. Y. Choi*,
Korea Institute of Energy Research, Kwangwoon University*

ABSTRACT

This paper presents the performance results of roof-integrated 3kW PV (Photovoltaic) system by field testing. Form these results, the loss factors of PV system are compared and analyzed.

1. 서 론

미래에너지원의 안정적 공급과 지구환경에 대한 대응방안으로 태양광발전, 연료전지 및 풍력발전 등의 분산전원 기술개발에 대한 관심과 정부의 연구지원이 확대되고 분산전원의 국내 이용보급이 확대되면서 실제 운전시의 분산전원의 손실저감 및 운전시에 발생하는 문제점에 대한 대책기술 등의 실용화 기술개발의 중요성이 대두되고 있다. 그러나 이에 대한 국내의 연구개발은 이제 시작단계라 할 수 있다. [1],[2]

따라서, 본 논문에서는 계통연계형 3kW PV시스템에 대한 실증연구를 수행하여 환경조건 변화 및 운전시에 발생하는 손실요인 및 문제점을 조사 분석하기 위해서 감시계측시스템을 설치 운영하여 운전결과를 수집하였다. 수집된 결과를 기반으로 시뮬레이션을 수행하여 PV시스템의 성능특성 및 손실요인들을 비교 분석하여 PV시스템의 손실저감을 통한 성능개선, 신뢰성 및 안정성 등에 대한 최적화 방안에 대해서 검토하였다.

2. 시스템 개요

PV시스템의 종합적인 성능특성을 분석하기 위해서 실증연구단지에 설치된 지붕일체형 3kW급 PV시스템과 감시계측시스템을 포함한 전체시스템의 개요를 그림 1에서 보여준다. PV어레이는 경사각 18°, 방위각 0°(정남향)인 고정방식으로 설계하여 설치하였다. 75W급 다결정 실리콘 PV모듈 40매를 10직렬, 4병렬로 PV어레이를 구성하였다.

PCS(Power conditioning system)의 정격출력은 최대 4kW, 정격입력전압은 173V, 변환효율은 정격에서 93.5%이상이다.

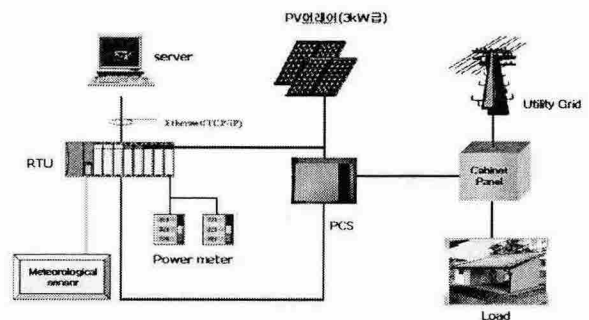


그림 1 전체 시스템 개요도
Fig. 1 The whole system overview

3. PV시스템 성능결과 및 분석

3.1 성능결과

그림 2는 분석기간인 2004년 1월 ~2004년 12월 까지 PV시스템의 성능특성결과를 보여주고 있다. 분석기간동안 PV시스템의 PV어레이와 PCS에서 발전된 출력전력량은 각각 3.9MWh, 3.5MWh 이다. PV어레이의 평균변환효율은 9.1%, PCS의 평균변환효율은 89.2%이다. PV시스템의 발전효율 및 이용률은 각각 8.1%, 12.8%이다.

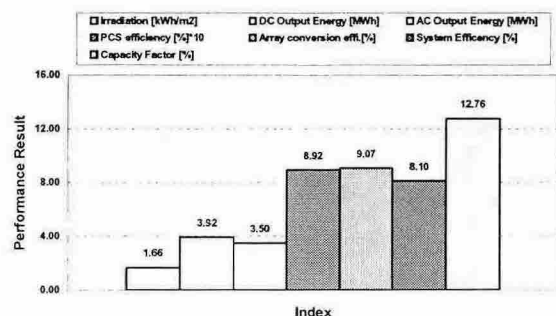


그림 2 PV시스템 성능특성 결과
Fig. 2 The performance result of PV system

PV시스템은 구성요소기기의 성능뿐만 아니라 일사량과 온도변화 등의 환경조건변화에 따라서 발전 성능이 결정되므로 PV시스템의 성능저하 및 손실 요인 등의 문제점들을 조사하기 위해서는 일사강도에 따른 PV어레이의 표면온도변화, 그림자영향, 직병렬불균형에 따른 PV어레이의 전압, 전류특성의 미스매칭 등의 PV어레이와 PCS에서 발생하는 손실요인에 대해서 조사 분석할 필요가 있다.^[2]

그림 3은 분석기간동안 수집된 결과를 이용하여 PV어레이의 표면온도변화시 일사강도에 따른 PV어레이의 출력전력특성을 보여준다. 그림에서 보면 PV어레이의 발전성능은 일사강도에 대해서 거의 선형적인 비례관계를 가진다. 그러나, PV어레이의 출력특성을 표준상태(STC, standard conditions test)와 옥외표준상태에서 비교하면 계측오차, 환경조건의 변화 등을 고려하더라도 잔차값이 다소 크다. 이것은 PV모듈의 성능저하, 직병렬 불균형 등의 PV어레이에서 발생하는 손실이 다소 크다는 것을 의미한다.

그림 4는 분석기간동안 PCS의 변환효율특성을 보여준다. 전범위 동작영역에서 PCS의 변환효율의 설계사양에서 제시한 변환효율과 거의 같은 성능을 가진다는 것을 그림에서 알 수 있다. PCS의 입력전력이 500W이하에서 변환효율의 변화가 다소 있지만, 이것은 저일사영역에서 PV어레이의 성능이 비선형성을 가지게 되어 일어난다.

3.2 성능분석

PV시스템에 발생하는 손실은 일사강도, 적운, 적설, 오염 및 온도상승 등의 설치환경에 의한 손실과 PV모듈 및 PCS 성능저하, PV어레이 직병렬 불균형, 직류손실 및 MPPT 미스매칭 등의 설계제어에 의한 손실로 나타낼 수 있다. PV시스템의 발생하는 손실요인과 문제점을 조사 분석하기 위해서 중요한 분석평가항목인 PR (Performance ratio)를 사용하여 PV시스템의 성능특성을 분석하였다. PR은 PV시스템이 표준상태(25°C)에서 손실요인을 고려하지 않은 이상적인 발전성능과 실제 발전성능에 대한 비이다.^{[3],[4]}

그림 5는 분석기간동안 PV시스템의 PR, Lc (Capture losses), Ls(System losses)의 월별 성능 분석 결과를 보여준다. 분석기간동안 PV시스템의 평균 PR은 67.5%, PV어레이 손실인 Lc는 24.6%, PCS 손실인 Ls는 7.9%이다. PR이 0.7보다 적다는 것은 환경조건의 변화 혹은 PV시스템의 설계제어에 문제점들을 가지고 있다는 것을 의미한다. 따라서 그림에서 알 수 있듯이 PV시스템의 설계과라 미터를 이용하여 시뮬레이션한 PR과 비교해서 PV시스템의 실측결과에서 분석한 PR이 9% 정도 떨

어진다는 것을 알 수 있다.

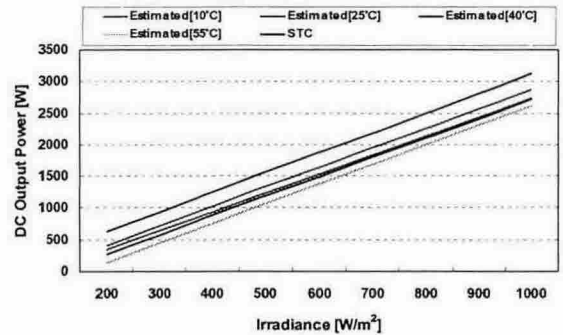


그림 3 표면온도에 대한 PV어레이 출력특성
Fig. 3 PV array output for surface temperature

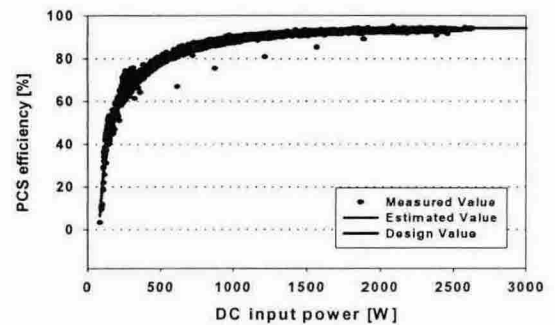


그림 4 PCS 변환효율 특성
Fig. 4 PCS efficiency characteristics

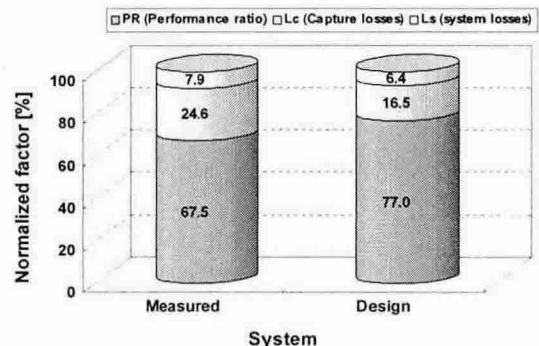


그림 5 PV시스템 성능분석결과
Fig. 5 Performance result of PV system

일사강도 및 온도상승에 따른 PV어레이 변환효율감소와 직병렬불균형으로 전압, 전류특성의 변화에 따른 미스매칭 손실 등의 설계제어에 의한 손실이 증가하였기 때문에 PV시스템의 발전성능이 감소된다.

4. PV시스템 손실요인 분석결과

그림 6은 시뮬레이션에 의한 3kW급 PV시스템의

월별 손실요인을 분석한 결과를 보여준다. PV시스템의 손실은 미스매칭, PCS 손실, 그림자, PV어레이 온도상승에 따른 변환효율감소 그리고 적운, 적설, 오염, 직류손실 등의 기타손실로 구분할 수 있다. 그림에서 보면 3kW급 PV시스템은 PCS 손실, 미스매칭, PV어레이 온도상승에 따른 변환효율감소로 인한 손실은 각각 16.6%~24.9%, 19.9%~30%, 11%~17.5%범위를 가진다. 적운, 적설, 오염 및 일사각에 의한 손실 등의 기타손실은 12.8%~ 42.6% 범위를 가진다. 따라서 PV시스템에서 발생하는 PCS손실, Mismatch, PV어레이 온도상승에 따른 변환효율 감소 등의 설계제어에 의한 손실을 최소화하여 최적화한다면 PV시스템의 발전성능개선 뿐만 아니라 신뢰성, 안정성을 확립할 수 있다.

그림 7는 PV시스템의 손실요인을 조사하기 위해서 PV시스템의 설계파라미터에 의한 시뮬레이션 성능과 실측결과로부터 결정된 시스템 파라미터에 의한 시뮬레이션 성능을 비교 분석하였다. 그림에서 보면 PV시스템의 설계치와 실측치 성능에서의 손실요인별 잔차가 PV어레이 온도상승에 따른 효율감소로 인한 손실 2.7%, 미스매칭 손실 7%, 기타손실 2.2%, 그리고 PCS 손실이 0.4%이다. PV어레이 온도상승으로 인한 효율감소 및 Mismatch 손실이 다른 손실과 비교해서 잔차가 상대적으로 크다. 이것은 PV모듈의 성능저하 혹은 설치환경에 대해서 전압,전류 출력특성이 일정하지 않고 변동범위가 크다는 것을 의미한다. 이것은 PV어레이의 직병렬불균형에 따른 PV어레이의 전압, 전류 특성곡선의 변화로 인해서 PCS가 MPPT제어를 정확하게 수행되더라도 출력특성이 크게 저하되기 때문이다.

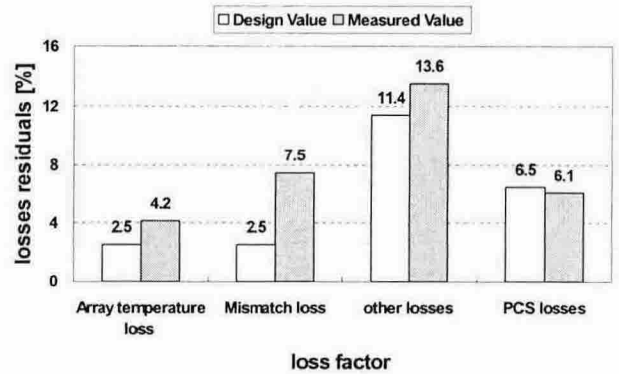


그림 7 PV시스템 손실율
Fig. 7 Losses residual of PV system

5. 결론

본 논문에서는 3kW급 PV시스템을 장시간 실증 운전하여 수집된 결과를 토대로 PV시스템의 성능 특성을 분석 평가하였다. 또한 시뮬레이션에 의한 PV시스템의 손실요인을 비교 분석하여 이에 대한 문제점들을 검토하였다. PV시스템 및 구성요소기기의 손실저감에 따른 성능개선, 신뢰성 및 안정성 기술들을 확립하기 위해서 국내 보급된 PV시스템별의 실측결과를 데이터베이스하여 PV시스템의 분석평가기술 및 최적화 방안에 대해서 지속적인 연구를 수행할 계획이다.

이 논문은 산업자원부 에너지·자원기술개발사업(2004-N-PV11-P-02-0-000-2004)의 연구비 지원에 의하여 연구되었습

참고 문헌

- [1] 소정훈, 정영석, 유권중, 최주엽, 최익, "3kW급 계통 연계형 태양광발전시스템의 성능특성 평가분석", 대한전기학회논문지, 53B, pp.509-516, 2004
- [2] J.H. So, Y.S. Jung, G.J. Yu, J.Y. Choi, and J.H. Choi, "Monitoring and analysis of 3kW grid-connected PV system for performance evaluation," KIEE International Transaction on Electrical Machinery and Energy Conversion Systems, Vol. 5B, No. 1, pp 57-62, 2005.
- [3] B. Decker and U. Jahn, "Performance of 170 grid connected PV plants in northern germany-analysis of yields and optimization potentials", Solar Energy, Vol. 59, No. 4-6, pp. 127-133, 1997.
- [4] T. Erge, V. U. Hoffmann, and K. Kiefer, "The german experience with grid-connected PV systems", Solar Energy, Vol. 70, No. 6, pp. 479-487, 2001.

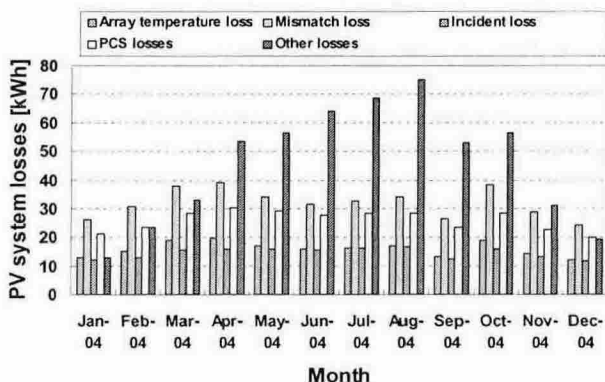


그림 6 PV시스템 손실요인 분석
Fig. 6 Losses analysis of PV system