

중대규모 계통연계형 PV시스템의 성능결과

소정훈, 유권종, 정영석, 유병규, 황혜미, 최주엽
한국에너지기술연구원, 광운대학교

Performance monitoring results of large-scale PV system

Jung Hun So, Gwon Jong Yu, Young Seok Jung, Byung Gyu Yu, Hye Mi Hwan, Ju Yeop Choi
Korea Institute of Energy Research, Kwangwoon University

Abstract - This paper presents performance monitoring results of large scale photovoltaic (PV) system supported by general dissemination & regional energy program in Korea government policies for new and renewable energy resources. 80kW PV system and monitoring system is constructed and monitored PV system performance to observe the overall effect of environmental conditions on their operation characteristics. The PV system performance has been evaluated and analyzed for component perspective (PV array and power conditioning unit) and global perspective (system efficiency, capacity factor, and electrical power energy and power quality etc.) for six month monitoring periods.

1. 서론

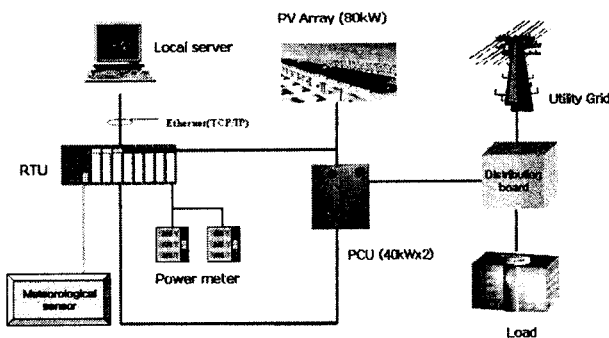
고유가 및 기후변화협약에 따른 안정적이고 환경친화적인 에너지원 신재생에너지 기술개발에 대한 연구개발과 관심이 전세제적으로 증가하고 있다. 또한 신재생에너지의 이용보급 확대를 위해서 적극적인 정부의 지원정책에 힘입어 태양광발전(PV, Photovoltaic) 시스템을 포함한 신재생에너지의 설치보급이 최근에는 급격히 증가되고 있다.[1]-[3] 이에 따라 분산전원의 국내 설치가 크게 확대되면서 성능개선을 통한 최적화설계 및 계통연계의 문제점 및 대책기술 등의 실용화 기술 개발의 중요성이 대두되고 있다.[1],[2] 따라서 본 논문에서는 PV시스템 실용화 기술의 확립을 위한 초기단계로서 중대규모 계통연계형 PV시스템에 대한 성능모니터링 수행하여 환경조건 변화 및 계통연계에 따른 PV시스템 및 구성요소기기에 성능특성 및 발생되는 문제점에 대해서 종합적으로 분석 검토하였다.

2. 시스템 개요

2.1 본론에.....

중대규모 PV시스템의 종합적인 성능특성 및 문제점을 평가분석하기 위한 적용대상 PV시스템을 포함한 전체시스템의 구성을 그림 1에서 보여주고 있다. 설치된 PV시스템의 PV어레이는 평지붕형태이고 경사각이 18°, 방위각 -5°(남서)의 고정방식으로 설치되었고 설계발전용량은 81kW이다. PV어레이는 80kW 다결정 태양전지 모듈을 사용하여 17직렬, 10병렬, 6회로 연결 구성되었고, PCS (Power conditioning system)은 40kW를 2대를 사용하였다. 사용된 PCS는 정격시 변환효율은 90%이상, 역률은 0.95이상이고 전류 총합 왜율은 5% 이하이다. 또한 고장 혹은 이상발생시 회로를 보호할 수 있는 장치를 포함하고 있다.

PV시스템의 종합적인 성능특성의 평가 분석 및 실용화 기술을 개발하기 위해서 기상 및 전기적 성능측정센서를 사용한 실시간 성능모니터링시스템을 설계 구성하여 2005년 8월부터 현재까지 19개 측정항목 이상의 실측결과들을 수집하여 데이터베이스를 구축하고 있다.



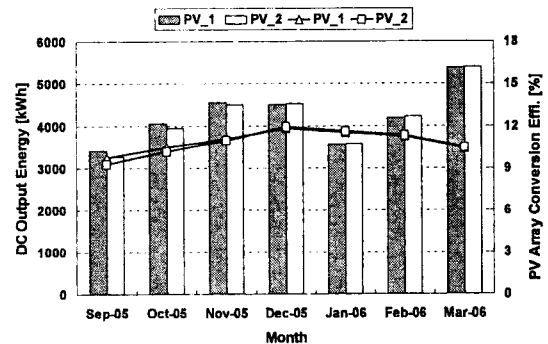
〈그림 1〉 전체 시스템 구성개요

3. PV시스템 성능결과 및 분석

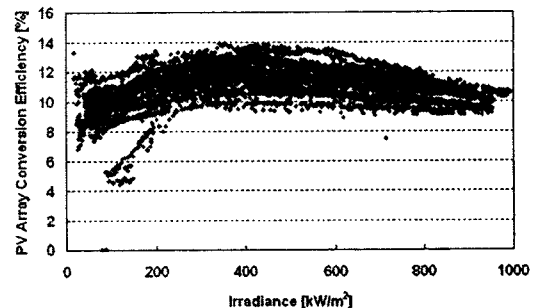
3.1 PV어레이 성능

적용대상 PV시스템의 분석기간인 2005년 9월부터 2006년 3월까지의 성능 모니터링 결과를 토대로 분석한 PV시스템의 성능특성을 보여주고 있다. 그림 2는 분석기간동안 월별 PV어레이에서 발전된 출력전력량과 변환효율 특성을 보여주고 있다. PV어레이에서 발전된 총 출력전력량은 각각 29.66MWh (PV_1), 29.45MWh (PV_2)이고 변환효율은 9.3~11.9%범위를 가진다. 그림에서 보는 바와 같이, PV어레이는 분석기간동안 고장 혹은 결함없이 비교적 안정적인 성능을 가진다.

그림 3은 일조강도에서 PV어레이 (PV_1)의 변환효율 특성을 보여주고 있다. 저일조강도 영역인 200W/m²이하 일 때, PV어레이의 변환효율은 고일조강도 영역인 200W/m²이상과 비교하였을 때 다소 떨어진다. 환경조건 변화시 PV어레이 전압-전류 특성의 비선형성으로 인해서 6%~12%로 PV어레이 변환효율의 변화범위가 크다. PV어레이의 변환효율은 모듈표면 온도에 따라서 변환효율에 큰 영향을 미치므로 온도계수에 따른 PV어레이 발전성능에 대한 평가분석이 필요하다.



〈그림 2〉 월별 PV 어레이 성능결과



〈그림 3〉 월별 PV 어레이 변환효율

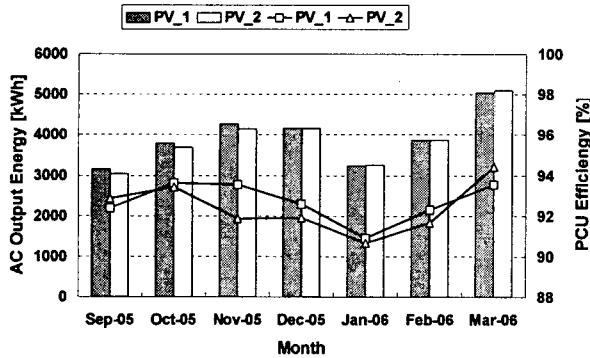
3.2 PCS 성능

그림 4는 분석기간동안 PCS의 월별변환효율 및 출력전력량을 보여주고 있다. PCS에서 발전된 총 출력전력량은 각각 27.5MWh (PV_1), 27.2MWh (PV_2)이고 평균변환효율은 92.5%, 92.8%이다. 일조강도가 30W/m²이상에서 PCS가 운전을 시작하여 계통으로 전력을 공급하기 시작하고 일조강도가 25W/m²로 떨어질 때 PCS는 자동 정지된다. PCS의 변환효율은 일조강도에 대한 PV어레이의 성능에 따라서 결정된다.

그림 5는 분석기간동안 성능모니터링 결과에서 평가한 PCS의 변환효율특성을 보여준다. 일조강도가 400W/m²에서 PCS는 93%이상의 변환효율을 가진다. 저일조강도 영역이상에서는 PV어레이의 선형적인 성능특성으로 PCS

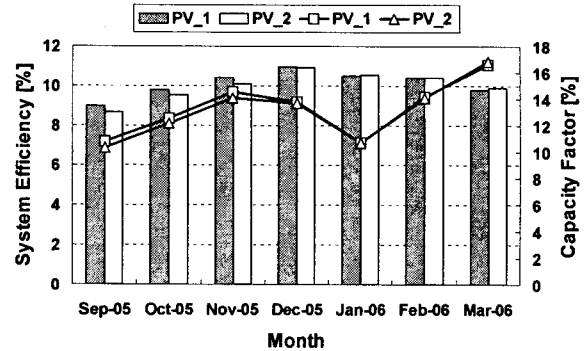
의 변환효율이 비교적 일정한 특성을 가진다. 그러나 저일조강도 영역에서는 PV어레이의 비선형적인 성능특성으로 MPP가 정확하게 제어되지 않으므로 PCS의 변환효율 변화범위가 다소 크다.

그림 6은 PCS의 출력전력에 대한 각 상별 전류 총합왜율(THD) 특성을 보여준다. PCS의 정격출력이 10kW일 때, PCS의 전류 THD는 5%이하이고 역률은 0.98이상이다. 측정오차 및 손실계수를 고려할 경우, PCS의 전력품질은 설계규격에서 제시한 성능을 만족하고 있다는 것을 알 수 있다.

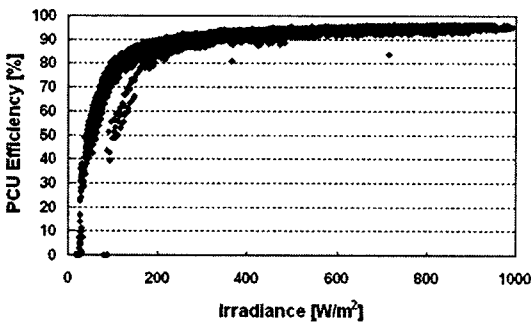


〈그림 4〉월별 PCS 성능결과

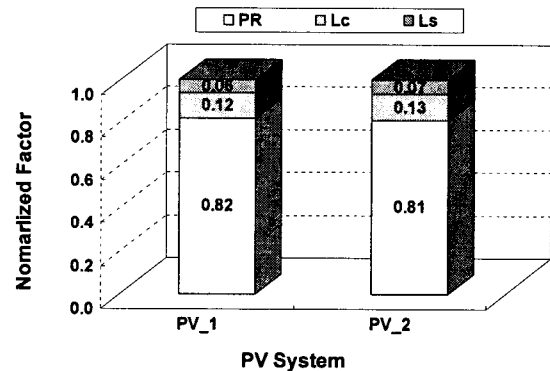
변환효율 향상 및 대기전력 손실 감소 등으로 PV시스템에 고장 혹은 결함 없는 시스템이 되기 위해서는 PR이 최소 0.75 이상이 되어야 한다는 것을 예측할 수 있다. 향후 이에 대한 보다 정확한 분석평가가 필요하고 또한 PV시스템의 이용보급이 확대되면서 집중적으로 PV시스템이 설치됨에 따라 계통연계시의 고조파에 대한 상호간섭, 전압상승 등의 문제점에 대해서도 분석 평가할 수 있는 감시측량방법과 계통연계시의 문제점에 대한 대책기술 연구가 필요하다.



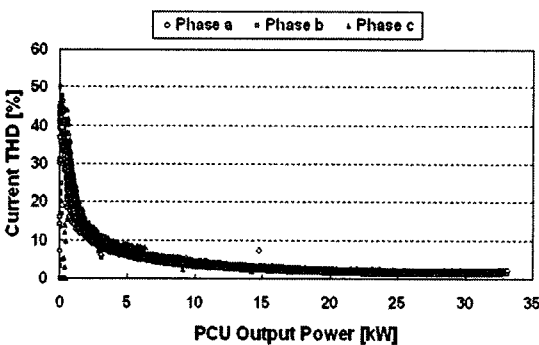
〈그림 7〉월별 PV 시스템 성능결과



〈그림 5〉PCS 변환효율



〈그림 8〉분석기간동안 PV시스템 성능결과



〈그림 6〉PCS 각상별 전류 총합왜율 (THD)

3.3 PV시스템 성능

그림 7은 분석기간동안 PV시스템의 월별 발전효율 및 시스템이용률의 특성을 보여주고 있다. 분석기간동안 PV시스템의 평균 발전효율은 10.1% (PV_1), 10%(PV_2)이고, 평균시스템이용률은 각각13.3% (PV_1), 13.1% (PV_2)이다. PV시스템은 그림자, 일조강도 및 PV어레이 온도상승 등의 환경조건의 변화 및 PCS 손실, 미스매치 등의 여러 손실요인에 따라서 발전성능이 결정된다. 따라서 PV시스템의 성능개선을 위해서는 이러한 손실요인에 대한 정확한 분석평가가 필요하다.[2]-[4] 그림 8은 분석기간 동안 PV시스템의 손실 및 성능특성을 PR (Performance ration)을 이용하여 평가 분석한 결과를 보여준다.[4] PV시스템의 평균 PR은 각각 0.82 (PV_1), 0.81 (PV_2)이고 PV어레이 손실인 Lc (Capture losses)와 시스템 손실인 Ls (System losses)은 각각 0.12 (PV_1), 0.13 (PV_2)이고 0.06 (PV_1), 0.07 (PV_2)이다. 일반적으로 소규모 PV시스템에서는 PR이 0.7이하일 경우 시스템의 성능에 영향을 미치는 여러 장애요인이 있다는 것을 의미한다. 그러나 중대규모 PV시스템의 성능모니터링 결과를 분석평가하면 PCS의

4. 결 론

중대규모 계통연계형 PV시스템의 실시간 성능모니터링을 통한 실측결과를 토대로 환경변화 및 계통연계시의 종합적인 성능특성 및 문제점을 평가 분석하였다. 이러한 성능모니터링 결과를 기반으로 중대규모 PV시스템의 성능개선 및 계통연계시의 문제점에 대한 대책기술을 개발하기 위한 최적화 및 실용화기술을 확립하기 위해서 성능데이터베이스를 구축 운영할 계획이다. 성능데이터베이스를 토대로 PV시스템의 평가분석, 최적화 기술 및 대책기술을 개발하여 향후 이용보급이 확대되고 있는 PV시스템에 적용하여 유효성 및 타당성을 검증할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 소정훈, 정영석, 유권중, 최주엽, 최익 "3kW급 계통연계형 태양광발전 시스템의 성능특성 평가분석", 대한전기학회 논문지, 53B권 8호, pp609-516, 2004.
- [2] 소정훈, 정영석, 유병규, 유권중, 최주엽, "PV시스템 최적화를 위한 손실요인 분석", 전력전자학회 논문지, 11권 1호, pp22-28, 2006.
- [3] J. H. So, Y. S. Jung, B. G. Yu, H. M. Hwang, G. J. Yu and J. Y. Choi, "Performance results and analysis of large scale PV system", IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, pp 714-717, 2006
- [4] S. M. Pietruszko, M. Gradzki, "Performance of a grid connected small PV system in Poland", Applied Energy 74, pp 177-184, 2003
- [5] T. Sugiura, T. Yamada, H. Nakamura, M. Umeya, K. Sakura, and K. Kurokawa, "Measurements, analyses and evaluation of residential PV systems by Japanese monitoring program", Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol 75, Issues 3-4, pp 767-779, 2003.