

태양광 발전시스템의 최적설계를 위한 운전특성 분석

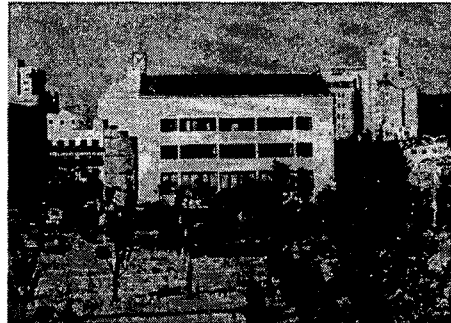
소정훈, 유권중, 정명용, 최주엽*
한국에너지기술연구원, 광운대학교*

Analysis for Optimal Design of PV System

J. H. So, G. J. Yu, M. W. Jun, J. Y. Choi*

Korea Institute of Energy Research, Kwangwoon Univ.*

Abstract - This paper compares not only the performances of estimate by computer simulation considering parameters of system specifications, installation and surrounding conditions with those of real PV system and but also shows verification of designed value. We evaluate the performances of PV system with changing of parameter, specially a field type and suggest optimum condition in each field type. In the future, we will intend to develop an analysis tool and construct database for optimum design of PV system.



1. 서 론

산업발전과 더불어 경제적·사회적 생활 수준의 가속화에 따른 에너지 수요증가, 특히 전력 수요가 크게 증가되고 있다. 이러한 상황에서 미래 에너지원의 안정적 공급과 지구환경문제에 대한 대응 등에 대한 관심으로 태양광 및 풍력 발전 등의 무한정·무공해의 대체에너지 기술에 대한 연구개발 및 기대가 증가되고 있다. 따라서 본 논문에서는 30kW 계통연계형 태양광 발전시스템의 환경 조건 및 시스템 파라미터들을 고려하여 시뮬레이션한 예측치와 실제 시스템의 운영을 통한 성능치를 비교하여 예측치의 타당성을 입증하려고 한다. 또한 설계 파라미터의 변화, 특히 태양광 발전시스템의 지지대 설치 방식에 따른 최적 조건과 성능을 시뮬레이션을 통해 미리 예측함으로써 향후 태양광 발전시스템의 최적 설계를 위한 파라미터 설정 및 데이터베이스 구축, 성능예측 및 분석 tool을 개발하고자 한다.

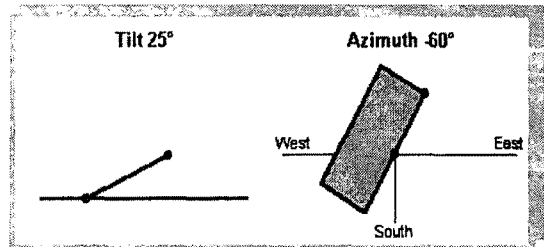


그림 1 30kW급 계통연계형 태양광 발전시스템

2. 실제 운전과 시뮬레이션 결과 비교

2.1 태양광 발전 시스템 구성

그림 1은 성능비교 분석을 위한 시뮬레이션 대상시스템으로 적용된 30kW급 계통연계형 태양광발전시스템을 보여준다.

표 1, 2는 30kW급 태양광 발전시스템에서 사용된 태양전지 모듈 및 인버터의 규격을 나타낸다. 시스템의 태양전지 어레이는 36개의 단결정 실리콘 태양전지로 이루어진 50Wp급 태양전지 모듈을 20직렬, 30병렬로 연결하여 구성되었다. 시스템 어레이는 경사각 25°, 방위각 60° (동남쪽) 고정방식으로 설치되었다.

표 1 태양전지 모듈(SM-50) 규격

구분	규격
태양전지 종류	단결정 실리콘
정격출력	50 Wp
단락전류 (I_{sc})	3.4 A
개방전압 (V_{oc})	21.0 V
최대전력점 전류 (I_{MPP})	3.05 A
최대전력점 전압 (V_{MPP})	16.4 V
태양전지 크기	100×100 (mm)
태양전지 수량	36 개
모듈크기	991×448 (mm)
모듈무게	6.5 Kg
모듈수량	500 매
측정조건	AM 1.5, 1kW/m ² , 25°C

표 2 인버터(PWR-30T) 규격

구분	규격	
시스템 구성	시스템방식	저주파 절연변압기형
	출력방식	삼상
	입력제어방식	MPPT
	인버터제어방식	전압형 전류제어
	제어소자	DSP
	스위칭소자	IGBT
입력사양	Display	LCD
	정격입력전압	340 [V _{DC}]
	입력전압변동범위	200~500 [V _{DC}]
출력사양 및 성능	최적입력전압변동범위	200~480 [V _{DC}]
	정격출력용량	30kW
	정격출력전압	삼상 380 [V _{AC}]
	정격출력주파수	60[Hz]
	주파수변동을	±3Hz 이내
역률	변환효율	90%이상(정격출력시)
	역률	98%이상(정격출력시)

2.2 시스템 파라미터

30kW급 태양광 발전시스템의 시뮬레이션을 통한 시스템 성능을 평가하기 위해서 손실계수(그림자 영향, 선로 손실, 모듈 손실, 인버터 손실 및 기타 손실 등)를 고려하여 일사량, 외기 온도, 경도, 위도, 경사각, 방위각, 시스템 효율 등과 같은 시스템 설계 파라미터를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션에 의한 시스템의 성능평가 및 비교 분석에 앞서 실제 일사량 데이터와 30kW급 계통연계형 태양광 발전시스템의 규격 및 운전데이터를 수집, 분석하였다. 시스템의 설치조건은 위도 35.05°, 경도 129.1°, 고도 69m 이고, 어레이는 경사각 25°, 방위각 60°로 설치되었고, 주변 장애물에 대한 그림자의 영향은 없다. 50Wp급 태양전지 모듈(SM-50)은 20적렬, 30병렬로 연결되고, 1대의 30KW급 용량의 인버터(PWR-30T) 로 구성되어 있다.

2.3 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 위한 시스템 파라미터로 일사량, 경사각, 방위각, 태양전지 모듈 및 인버터 규격 등을 이용하여 30kW급 태양광 발전시스템의 성능에 대해 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 2는 시뮬레이션에 의한 태양광 발

전시스템의 월별 성능결과를 보여주고 있다. 성능 결과를 살펴보면 실제 운전에서는 년 간 발전량이 31.5[MWh/year]이고, 시뮬레이션에서는 년 간 발전량이 31.0[MWh/year]로 년 간 발전량 오차가 1.5%로 실제 발전량과 비교할 때 오차가 크지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서 시뮬레이션에서 사용된 시스템 파라미터를 이용하여 환경 조건, 시스템의 설계 및 설치 조건에 따른 태양광 발전시스템의 발전성능을 비교적 정확히 예측하는 것이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

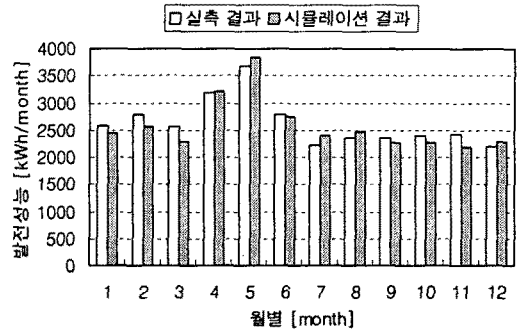


그림 2 시뮬레이션에 의한 PV시스템의 월별 성능 결과

3. PV 시스템 지지대의 설치방식에 따른 발전량 비교

3.1 고정방식

그림 3에서는 지지대를 고정방식으로 설치하였을 경우 경사각과 방위각에 따른 년 간 발전량을 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 경사각이 30°이고, 방위각이 0°(정남향)일 때 성능이 가장 양호하다는 것을 알 수 있다. 최대 년간 발전량을 내는 경사각 및 방위각의 최적 조건이 30°와 0°(정남향)인 이유는 경사각 및 방위각이 30°와 0°로 설치되었을 경우 초고 태양시간(Peak sun hour)일 때 어레이와 태양과의 입사각이 최저가 되어 어레이 표면에 받는 태양의 전일사량이 증가 년 간 발전량이 최대가 되는 것이다. 그림 4는 방위각이 최적(0°)일 때 경사각 변화에 따른 월별 발전량 변화를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 4월~9월(여름시즌)에는 월별 최대 발전량을 나타내는 경사각 지점이 년 간 최적 각(30°)보다 높은 지점에서 형성되고, 10월~3월(겨울시즌)에는 낮은 지점에서 형성되는 것을 볼 수 있다. 이것은 여름에는 태양의 고도가 높아 모듈의 경사각이 커질수록 전 일사량이 감소하여 월 발전량이 감소하게 되고, 겨울에는 태양의 고도가 낮아 모듈의 경사각이 커질수록 태양의 입사각과 수직인 점까지는 월 발전량이 증가하였다가 그 이후에는 감소하게 되기 때문이다. 그림 4에서 지지대의 경사각을 3월초와 9월초 년 2회에 걸쳐 조절이 가능하면 년 간 발전량을 3~5%정도 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

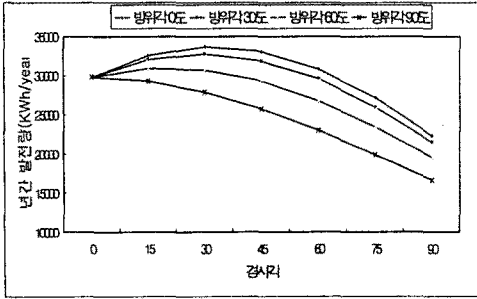


그림 3 경사각과 방위각에 따른 연간 발전량

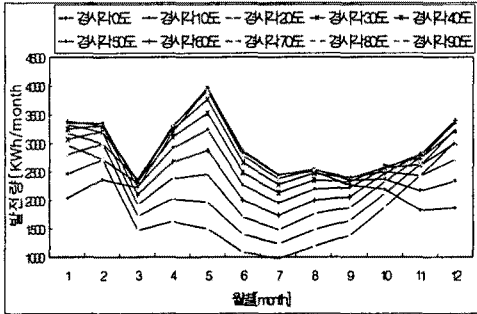


그림 4 경사각의 변화에 따른 월별 발전량

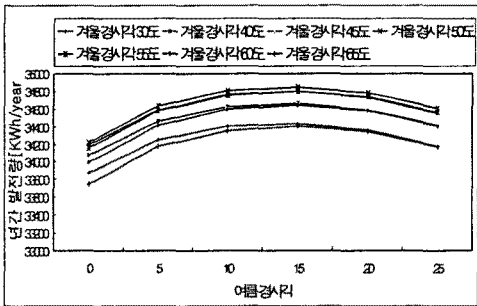


그림 5 계절별 조절 방식에 따른 연간 발전량

3.2 계절별 조절방식

그림 5는 지지대를 계절별 조절방식으로 하였을 경우의 경사각 변화에 따른 연간 발전량 비교를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 계절별 조절방식에 따른 시뮬레이션 한 결과 여름에서 경사각이 15°이고, 겨울 경사각이 50°로 년 2회 경사각을 조절하였을 때 성능이 가장 양호하다는 것을 알 수 있다. 계절별 조절방식의 경우 경사각 조절을 위한 추가설치비용이 크지 않을 때 매우 유용할 것으로 사료된다.

3.3 한 축 및 두 축 추적 방식

그림 6은 지지대의 설치방식에 따른 월별 발전량 비교를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 고정방식보다는 계절별 조절방식이, 계절별 조절방식보다는 한 축 및 두 축 추적방식이 더 높은 발전량 얻을 수 있음을 알 수 있다. 표 4 및 그림 7은 지지대의 설치방식에 따른 연간 발전량 비교를 나타낸다. 표 4에서도 알 수 있듯이 고정

방식에 비해서 계절별 조절 방식이 1,206[kWh/year]의 높은 발전량을 보인다는 것을 알 수 있고, 계절별 조절 방식에 비해서 한 축 및 두 축 추적 방식이 표 4에서 보여주는 것처럼 상당히 높은 연간 발전량을 보임을 알 수가 있다. 그러나 한 축 및 두 축 추적방식의 경우 태양의 추적을 위한 제어 알고리즘 설계 어려움 및 높은 추가 설치비용이 들어간다는 단점 또한 가지고 있다. 그렇기 때문에 용량에 따른 추가 설치비용과 그에 따른 추가 발전량을 검토한 후 지지대의 설치 방식을 결정해야 할 것이다.

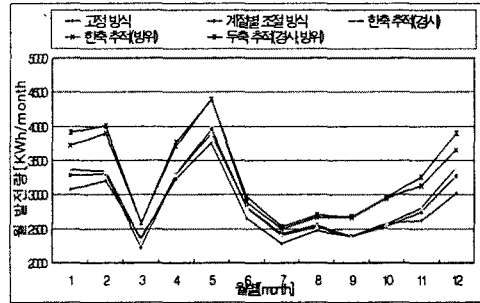


그림 6 지지대의 설치 방식에 따른 월별 발전량

표 4 지지대의 설치방식에 따른 연간 발전량

지지대 설치방식	고정 방식	계절별 조절 방식	한축 추적 (경사)	한축 추적 (방위)	두축 추적
연간 발전량 [kWh/year]	33,642	34,848	35,158	38,972	39,728

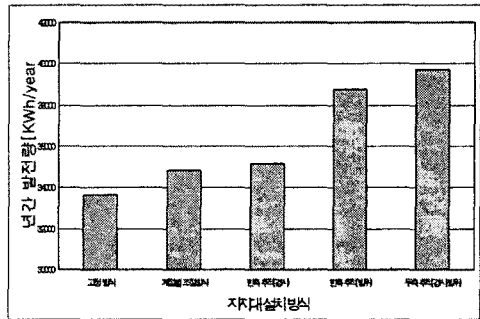


그림 7 지지대 설치방식에 따른 연간 발전량

그림 8, 9는 PCS 효율특성곡선 및 PV 모듈 성능특성곡선을 나타낸다.

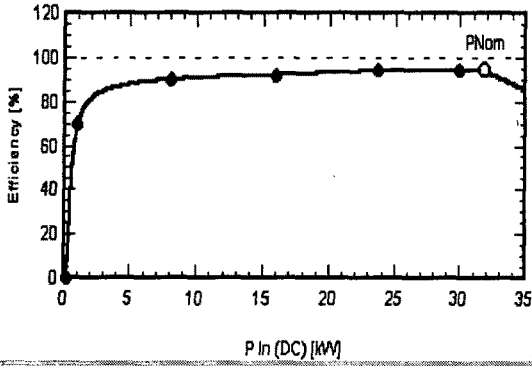


그림 8 PCS 효율특성 곡선

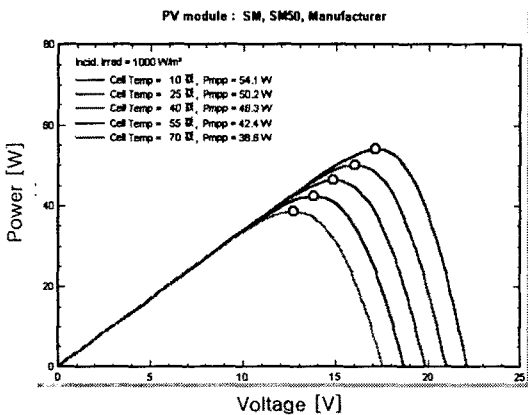
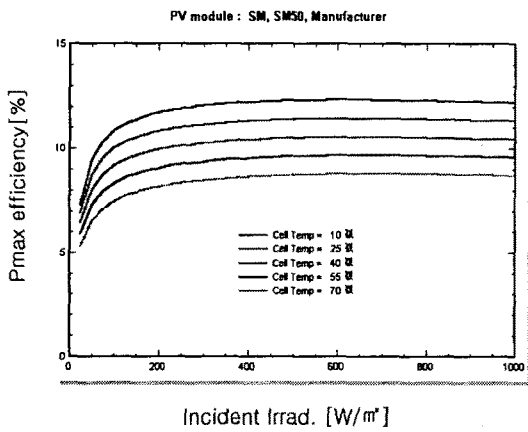


그림 9 PV 모듈 성능특성 곡선

그림 10, 11, 12는 태양광발전시스템의 계측시스템 설계, 구성 및 각 측정포인트를 보여주고 있다.

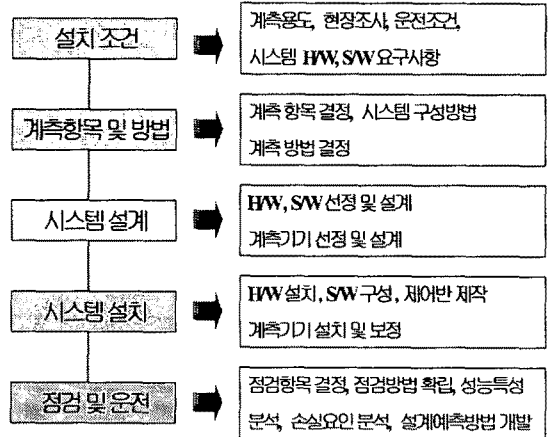


그림 10 계측시스템 설계

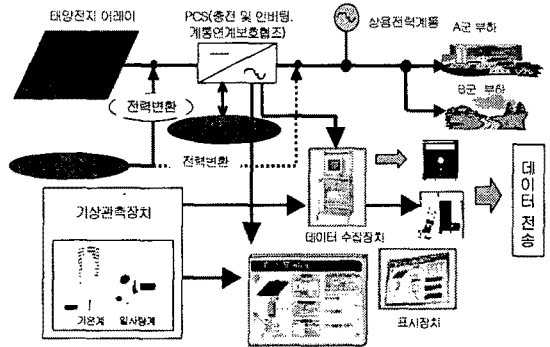


그림 11 태양광발전시스템 및 계측시스템 구성

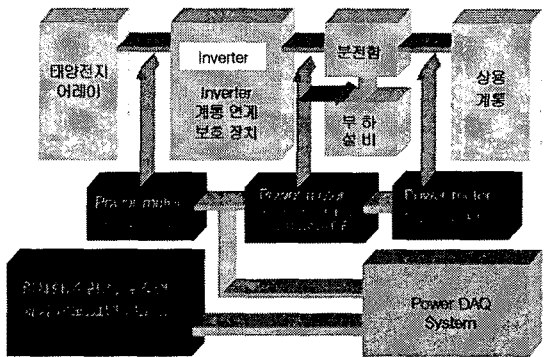


그림 12 계측시스템 측정 포인트

4. 결 론

지구환경문제의 미래에너지원의 안정적 공급 등에 대한 관심이 고조되면서 선진국을 중심으로 대체에너지기술의 연구개발 및 보급이 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서

는 대체에너지기술인 태양광을 용한 발전시스템의 실제 발전량, 시스템 규격, 환경 조건 등의 실측 데이터를 이용하여 시뮬레이션에 의한 성능예측결과와 실제 시스템의 성능을 비교 분석하여 그 타당성을 확인하였다. 또한 시스템 파라미터의 변화, 특히 지지대의 설치방식에 따른 시스템의 성능을 시뮬레이션하여 비교 분석함으로써 각각의 설치방식에 따른 최적 조건을 제시하였다. 이것은 태양광 발전시스템의 초기 설계단계에서 시스템 파라미터들을 변화시켜가며, 태양광 발전시스템의 성능을 미리 예측하고, 그 타당성을 검토할 수 있으므로써 시스템의 최적 설계 및 설치에 중요한 파라미터 설정 및 데이터베이스 구축에 유용할 것으로 사료된다.

향후 연구과제로는 성능분석을 위한 계측시스템의 편리 통합화, 계측에 의한 On-Line 데이터베이스 구축, 시스템별 최적설계, 설치를 위한 데이터베이스 구축, 태양광발전 시스템별 성능해석 및 분석 Tool 개발을 위해 손실 계수(선로 손실, mismatch 손실, 인버터 손실 등)에 관한 연구를 수행할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] Pitts.A.C, Gyoh.L.E, "Optimisation Of Photovoltaic Cladding Installation Procedures", 14th E.C.Photo voltaic Solar Energy Conference, pp1835-37, 1997.
- [2] Takashi Oozeki, Toshiyasu Izawa, "The Evaluation Method of PV Systems", Technical Digest of the International PVSEC-12, pp741-742, 2001.
- [3] Werner Knaupp, "Evaluation Of PV Module Design At Irregular Operation Conditions", 26th PVSC, pp 1213-6, 1997.
- [4] John A.Duffie, William A.Beckman, "Solar Engineering of Thermal Processes", John wiley and Sons, 1991.
- [5] D.Yogi Goswami, Frank Kreith, "Principles of Solar Engineering", Taylor&Francis, 1999.
- [6] "태양광발전시스템의 설계와 시공", ohmsha, 2000.

감사의 글

본 연구는 에너지기술 학술진흥사업의 지원으로 수행되었음.