

파라미터 설계방식을 이용한 PV시스템의 최적설계

정병호*, 최연옥**, 최문한***, 이강연**, 백형래**, 조근배**
 *(주)기영미다스, **조선대학교, ***(주)기람엔지니어링

Optimum design of PV system used by parameter design method

B.H. Jeong*, Y.O. Choi**, M.H. Choi***, K.Y. Lee**, H.L. Baek**, G.B. Cho**
 *KIYOUNG MIDAS, **Chosun University, ***KIRAM Engineering

ABSTRACT

Photovoltaic power systems convert sunlight directly into electricity. A residential PV power system enables a homeowner to generate some or all of their daily electrical energy demand on their own roof, exchanging daytime excess power for future energy needs

In this paper, It was suggested that new design method for PV system installation for the purpose of system efficiency improvement. and according to loss parameter compensation method, designed for the PV system and investigated through the simulation practically.

1. 서 론

태양광발전시스템 중에서 보급의 잠재력이 큰 계통연계형 태양광발전시스템은 주택용 소규모 발전시스템에서부터 중·대규모 발전사업용에 이르기까지 분산형 전원으로 전력부하의 피크전력을 감소시키는데 활용되어지고 있다.

보급기술의 활성화를 통해 태양광발전시스템은 타 신·재생 에너지분야에 비해 그 보급률이 급격하게 증가하고 있으며, 성능 안정화를 위한 설계 및 설비기준등이 그에 발맞추어 제정되고 있으며 그에 따른 다양한 실증시험 및 현장검증이 이루어지고 있는 단계이다.^{[1],[2],[3],[4]}

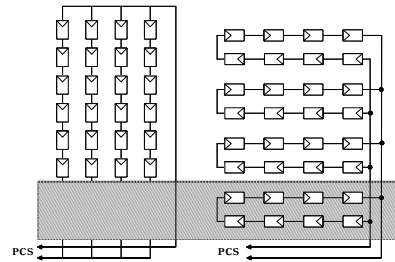
본 논문에서는 태양광발전 설비의 효율에 관한 파라미터인 위도와 경도, 온도 및 일사량, 시스템 구성요소에 대한 세부적인 기술검토와 태양광발전시스템의 효율을 개선시킬 수 있는 손실 파라미터 보상방법에 의한 설계방식을 제안함으로써 향후 태양광발전시스템의 원활한 보급과 성능을 제대로 발휘할 수 있는 시스템을 설계하기 위한 기초 자료로 기여하고자 한다.

2. 태양광발전시스템 최적설계

2.1 태양전지 모듈 및 어레이

어레이의 직렬접속 매수는 통상 인버터 정격전압의 10%를 추가한 것을 최대출력동작전압으로 나누어 산출된 값을 직렬매수로 하는 것이 일반적이다. 어레이의 구성은 직·병렬접속 방법을 검토해 발전효율이 향상되는 방향으로 설계하여야 한다. 그림 1은 스트링 배선방법을 나타낸다. 그림 1(a)은 각 스트링에 그림자가 발생하는 경우 전체 스트링에서 전압발생에 영향

을 미치는 것을 나타내며 그림 1(b)와 비교하면 출력저하가 크게 나타난다. 그림 1(b)은 1개의 스트링에 그림자영향이 발생해서 전체의 전류가 감소되지만 전압은 유지되어 그림 1(a)과 비교해서 출력의 저하가 작다. 따라서 그림자가 나타나는 방향으로 직렬접속 하는 방법이 효율 향상에 좋으나, 그림자 방향이 변동하므로 접속방법을 고려해야만 한다.



(a)그늘에 의한 전체 어레이의 영향
 (b) 그늘에 의한 부분적인 영향
 그림 1 스트링의 그림자영향
 Fig. 1 String configuration

2.2 전압강하에 의한 손실

효율적인 설계를 위해 그림 2와 같이 간선 굵기 선정의 흐름도를 제시 하였다.

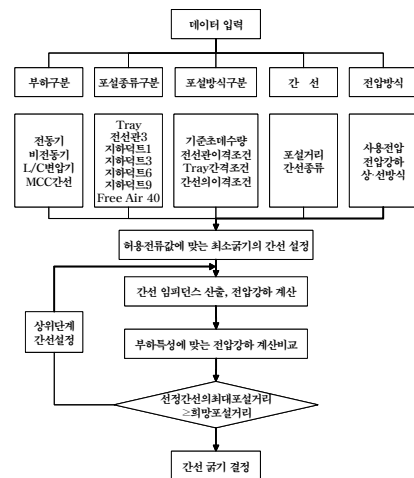


그림 2 간선 굵기 선정 흐름도
 Fig. 2 Flow chart of feeder size computation

2.3 접속상자

접속상자는 복수의 태양전지 모듈의 접속을 정연하게 하고, 보수·점검시에 회로를 분리해서 점검 작업을 용이하게 하고, 태양전지 어레이에 고장이 발생 시 정지범위를 최소화 하는 목적으로 보수·점검이 용이한 장소에 설치한다. 접속상자에는 직류출력개폐기, 피뢰소자, 역류방지소자, 단자대로 구성되어 있다. 절연저항측정과 정기점검 시 단락전류 확인 때문에 출력단락용 개폐기를 설치한다. 그림 3은 접속상자의 회로도이다.

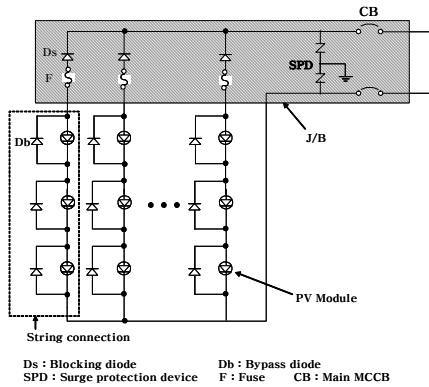


그림 3 접속상자의 회로도
Fig. 3 Circuit diagram of junction box

2.4 PCS의 선정방법

그림 4는 PCS를 선정하기 위한 프로세서를 나타낸다. 외부 환경을 고려한 어레이 출력전원의 형태를 고려하여 PCS를 선정하여야 한다.

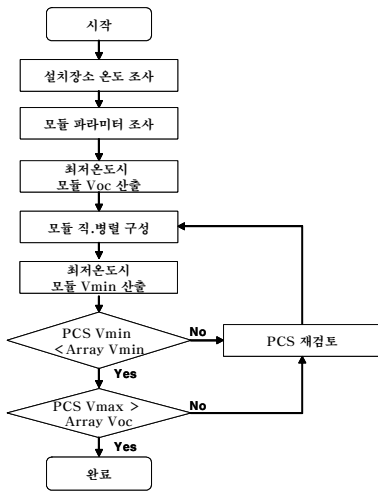


그림 4 PCS 선정 흐름도
Fig.4 Flow chart of PCS computation

2.5 태양전지 어레이 간격

북반구에서는 위도가 높은 지역일수록 어레이 사이 간격이 크며 남북배열로는 설치면적의 유효 이용율이 떨어진다. 특히 적설 대책으로 어레이 경사각을 크게 하면 높으면 높을수록 그림자를 피하기 위한 간격이 커진다. 따라서 어레이 높이를 조정하여 남북배열을 최소한으로 조정한다.

어레이에 그림자 영향을 피하기 위해서는 동지를 기준으로 그림자가 생기지 않는 충분한 이격거리를 뒤야 한다.

2.6 경사각에 의한 손실

표 1에서는 시스템 파라미터를 이용하여 10kW급 계통연계형 시스템에 대해 경사각에 따른 연간 발전량을 비교 분석하였다. 0°에서 5°씩 상승하여 90°까지 측정하였으며, 수직 추적기를 사용한 시스템의 발전량을 비교하였다.

표 1 고정된 경사각에 따른 발전량비교
Table 1 PV generation value at fixed slope

Angle	Year Wh	Month Wh	Day Wh	Ratio
0	11,750,397	979,200	32,193	89.6%
5	12,168,099	1,014,008	33,337	92.8%
10	12,508,457	1,042,371	34,270	95.4%
15	12,771,373	1,064,281	34,990	97.4%
20	12,957,036	1,079,753	35,499	98.8%
25	13,069,612	1,089,134	35,807	99.7%
30	13,114,082	1,092,840	35,929	100.0%
35	13,098,056	1,091,505	35,885	99.9%
40	13,033,561	1,086,130	35,708	99.4%
45	12,923,109	1,076,926	35,406	98.5%
50	12,759,319	1,063,277	34,957	97.3%
55	12,539,744	1,044,979	34,355	95.6%
60	12,261,549	1,021,796	33,593	93.5%
65	11,920,134	993,345	32,658	90.9%
70	11,519,723	959,977	31,561	87.8%
75	11,067,344	922,279	30,321	84.4%
80	10,561,267	880,106	28,935	80.5%
85	9,998,487	833,207	27,393	76.2%
90	9,385,347	782,112	25,713	71.6%
Ver. Tr	14,028,360	1,169,030	38,434	107.0%

고정각 중에서는 30° 경사각에서 가장 많은 발전량을 보였으며, 수직 추적기를 사용한 시스템은 고정각 30°의 시스템보다 107%의 발전량을 보였다. 또한 고정각 10°에서 55°의 시스템에서 최대 발전량의 95% 이상 발전함으로 별 차이를 보이지 않음을 알 수 있었다. 그림 5는 고정된 경사각에서 PV발전량을 막대그래프 형태로 보여준다.

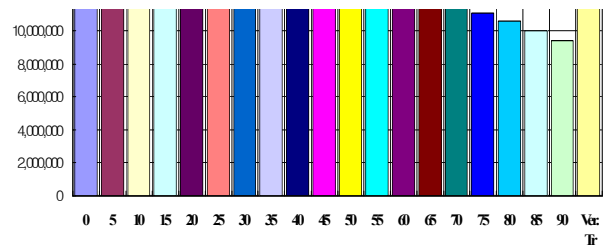


그림 5 경사각의 변화에 의한 태양광발전량 시뮬레이션 결과 차트
Fig. 5 PV generation value at fixed slope

3. 실험 및 결과고찰

10 kW 태양광발전시스템의 설치 조건은 경도 126.92°, 위도 35.1°에 위치해 있고 경사각은 30°로 방위각은 일사량 분포를 고려할 경우, 발전효율이 가장 양호한 정남향으로 설치하였고, 75W 태양전지 모듈을 17직렬 8병렬 136장으로 구성하였다.

표 2는 분석기간 동안 PV시스템의 출력특성을 나타내고 그림 6은 분석기간 동안 PV시스템의 성능비를 나타낸다. PV어

레이에서 발전된 총 출력전력량은 12,267 KWh이다. 1월과 7월에 PV어레이의 출력전력량과 변환효율이 급격하게 떨어지는 것은 기상조건(적설, 온도변화 등)의 영향으로 일사조건이 양호한 상태에서도 PV시스템의 운전이 정지되는 경우가 자주 발생하였기 때문이다. 7월의 경우는 PV시스템의 가동율은 40% 이상이나, 기상조건(구름, 강우 및 온도변화 등)의 악화에 의해 발전성능을 결정하는 일사량의 감소, 온도상승으로 인한 PV어레이 손실 증가 등에 의해서 출력전력량이 다른 월별과 비교해서 감소되는 것을 분석결과에서 확인할 수 있다.

표 2 제안된 방식의 시스템 출력특성
Table 2 Characteristics of PV system

구 분	일사량 (kWh/m^2)	PV 발전량 (kWh)	인버터 발전량 (kWh)	시 스템 발전효율 (%)	어 레 이 변환효율 (%)	인버터 효 율 (%)	시스템 이용율 (%)	시스템 성능비 (%)
2005.11	107.3	1,000	903	9.82	10.87	90.32	13.44	82.52
2005.12	98.2	883	793	9.42	10.50	89.78	10.66	79.19
2006.01	81.3	779	699	10.04	11.18	89.79	10.79	84.37
2006.02	97.2	906	818	9.82	10.87	90.36	13.64	82.52
2006.03	150.9	1,293	1,171	9.06	10.00	90.55	15.73	76.10
2006.04	128.7	1,099	981	8.90	9.96	89.29	13.63	74.76
2006.05	110.9	961	851	8.96	10.11	88.56	13.13	75.25
2006.06	147.8	1,206	1,079	8.52	9.53	89.41	14.98	71.59
2006.07	85.2	728	616	8.44	9.98	84.56	8.28	70.91
2006.08	133.7	1,105	978	8.54	9.65	88.53	13.15	71.78
2006.09	130.6	1,078	960	8.58	9.64	88.98	13.33	72.08
2006.10	148.4	1,229	1,109	8.72	9.67	90.23	14.91	73.28
계	1420.1	12,267	10,957	9.01	10.08	89.33	12.97	76.20

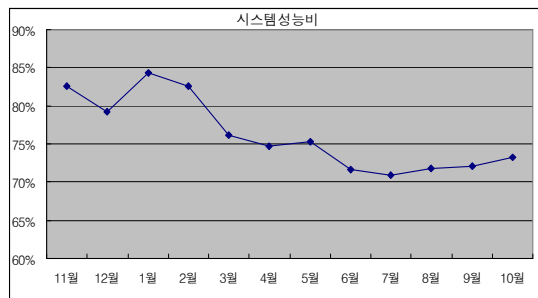


그림 6 월별 성능비 그래프
Fig. 6 Performance ratio by months

3. 결 론

본 논문에서는 10kW 태양광발전시스템의 효율 개선을 위해 외부환경조건, 태양전지 어레이구성, PCS, 설치 조건 등을 고려한 최적설계를 목적으로 하였다. 제안된 파라미터 설계방식에 따라 시뮬레이션을 이용하여 3상 10kW 계통연계형 태양광발전시스템에 적용하였고, 또한 시스템의 실증운전을 통하여 태양전지 어레이의 특성, PCS 특성, 시스템 효율, 시스템 성능에 따른 운전특성과 시스템의 안정성에 대하여 고찰하였고 실증운용 특성분석을 통해 제안된 최적설계방식의 타당성을 검토하였다.

손실 파라미터 보상에 의한 시스템 설계방식을 통해 태양광발전 시스템 효율개선을 위한 최적 설계방식의 연구한 결과, 어레이 간격설정에 있어 동지를 기준으로 그림자 영향, 최적의 경사각 적용, 배선손실 등의 여러 파라미터가 고려되어 전체시스템의 성능향상에 영향을 미치므로 이를 모두 고려한 설계가 이루어져야 한다.

현재 태양광발전시스템을 설계하는데 있어 본 논문에서 제안한 조건들을 고려하여 설계한다면 향후 태양광발전시스템의 안정성과 신뢰성 확보 및 효율 향상에 기여할 것으로 사료된다.

향후, PCS 설치 대수가 많은 대규모 태양광발전 시스템에서 PCS운전대수 제어 방식을 고려하여 효율향상 방안을 검토해야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] K. Konno, Y. Fujisawa, "Experiences in Filed Test Program of Japan", 9th International PVSEC, 1996, pp493-495.
- [2] Tomas Markvart, "Solar Electricity", John Wiley & Son's, pp. 37, 2002.
- [3] 신.재생에너지센터 "신.재생에너지설비 시공 및 설치확인기준", 에너지관리공단, 2005.
- [4] 한국전력공사전력연구원 발전연구실, "유인도서용 태양광발전 보급을 위한 시스템 평가 및 최적화 연구", 한국전력공사전력연구원, 1999.5