

주택용 PV 시스템의 발전성능에 대한 연구

김병만*, 이길송, 신현우, 양연원

*솔라테크(kbm@solar-tech.co.kr)

A Study on Generation Capacity of Residence PV System

Kim, Byeong-Man*, Lee, Kil-Song, Shin, Hyun-Woo, Yang, Yeon-Won

*Solar-Tech Co.(kbm@solar-tech.co.kr)

ABSTRACT

The government plans to deploy 100,000 photovoltaic system in residential houses by 2012. In this paper, I described how to design the Residence PV System and how to simulated which predict the efficiency of its electrical generation. AS comparing the simulated data and actual installed 3kW photovoltaic power generation system. I analyze the condition of the Residence PV system and suggest the best way to design in best condition.

1. 서 론

21세기에 들어 화석에너지의 고갈과 지구 온난화 등의 환경적인 문제로 인해 친환경적이고 지속가능한 에너지원 개발에 대한 관심이 전 세계적으로 확대되고 있다. 이 중 태양광을 이용한 PV 발전 시스템은 미래의 대체 에너지원의 하나로 보급률이 급속도로 증가하고 있다. 국내 PV 시스템의 연간 설치량 및 누적량은 2000년대 초반까지만 해도 미미한 수준의 증가추세를 보였으나 2004년을 기점으로 빠른 성장을 보이고 있는 추세이다. 이는 2004년 시작된 태양광주택 10만호 보급 사업이 큰 영향을 미친 결과로, 지식경제부 산하 에너지관리공단 주도 하에 주택용 3kW 태양광발전시스템을 2010년까지 3만호 2012년까지 10만 호를 보급하는 것을 목표로 현재 활발히 진행되고 있다. 2008년 1월 31일 에너지관리공단 통계를 보면 주택용 3kW PV 시스템의 총 설치 가구 수는 14,498호이고, 이중 일반주택은 6,552호, 민간공동주택은 677호, 국민임대주택은 7,269호로 집계되었다.

따라서 본 논문에서는 추후에 설치되어질 주택용 3kW PV 시스템(일반주택)이 설치 지역에 최적의 조건으로 설치되어질 수 있도록 시뮬레이션 방법을 제시하였고, 이렇게 시뮬레이션한 조건과 동일하게 실제 Field에 설치되었을 경우 주택용 3kW PV 시스템의 발전량을 모니터링하여 시뮬레이션한 예측 발전량과 실제 생산된 발전량을 비교하여 그 지역의 조건에 맞게 설치되어 졌는지 분석하였다.

2. 주택용 3kW PV 시스템 시뮬레이션

2.1 시뮬레이션 조건

시뮬레이션은 "Solar Pro 3.0 Simulator"를 이용하여 3kW 용량의 PV 시스템을 기준으로 실시하였다. 표 1은 3kW의 시뮬레이션 조건을 보여주고 있으며, 시뮬레이션은 30년간의 평년 기후 데이터를 이용하여 평균적인 값에 대하여 실행하였다. 시뮬레이션은 28~31°까지 시행하여 이중 연 누적 발전량이 가장 높은 설치 경사각 30°의 시뮬레이션 결과를 기준으로 분석하였다. 이 시뮬레이션에 사용한 기상데이터는 진해 지역의 기상데이터 통계가 없어 인접지역인 부산의 1971년부터 2000년까지의 평년값 자료를 이용하였다.

표 1 시뮬레이션 값
Table 1 Simulation Value

Report Type	Annual Report
Country	Korea
Point	진해-2007
Meteological DB	1600 points
Capacity	3.06
Number Series	9
Parallel	2
Inverter Efficiency	0.9395
Solar Panel	Solartech
Model	STM170-S5
Zenith Angle	30 °

2.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과를 보면 연간 총 누적 발전량은 3516.76kWh이며, 월 누적발전량이 가장 높은 달은 5월로 334.83kWh 가장 낮은 달은 11월 261.98kWh로 나타났다. 여름과 겨울의 발전량이 봄과 가을에 비해 낮게 나타났다. 여름철 일사량이 겨울보다 높음에도 불구하고 발전량이 여름철과 겨울철이 비슷하게 나타난 것은 여름철의 모듈온도가 겨울철 보다 높아짐에 따라 시스템의 효율이 저하되었기 때문이다. 모듈 온도가 가장 높은 8월의 모듈온도는 34.02°C로 모듈의 발전 효율이 3.4~4.5%정도 저하됨을 알 수 있다.

표 2 시뮬레이션 결과
Table 2 Simulation result

월	발전량(kWh)	월	발전량(kWh)
1	280.37	7	271.49
2	288.78	8	301.13
3	320.19	9	269.30
4	329.41	10	300.52
5	334.83	11	261.98
6	290.28	12	268.52

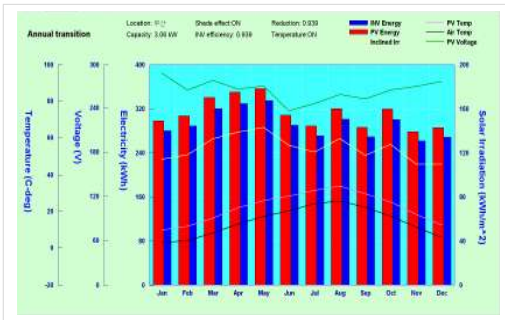


그림 1 Solar Pro 3.0 시뮬레이션 결과
Fig. 1 Simulation result

3. 주택용 3kW PV 시스템 설계

PV 시스템의 전력 생산량은 일사량에 따라 달라진다. 따라서 시스템 설계과정에서 충분한 일사량을 획득할 수 있도록 시스템의 음영 발생 여부의 검토와 설치 경사각과 방위각이 충분한 일사량을 획득할 수 있는지 검토되어야 한다. 또한 PV 시스템 설계 시 건물 설치공간과 형태와 설치될 모듈의 용량과 형태에 따라 설치형태와 어레이 구성 등을 고려하여 설계해야 한다. 설치장소에 일사의 방해와 모듈의 그림자가 없어야 하고, 설치 방향과 위치에 있어서 최대 일사량 획득을 고려해야 한다. 모듈의 효율을 최적화 하기 위해 후면 통풍 등의 용이성을 고려해야하며(25℃ 기준 모듈 온도 1℃ 상승 시 마다 시스템 효율 약 0.4%에서 0.5% 저하) PV 시스템의 구조적 안정성과 시공의 용이성, 전기적 손실의 최소화 등도 고려되어야 한다.

3.1 PV 모듈 선정

PV Module은 설치 장소와 설치 용량에 맞게 그 크기와 규격을 선정해야 한다. 진해시에 설치된 모듈의 사양은 표 2와 같고 그림 2는 모듈의 상세도면을 보여주고 있다.

표 3 모듈 상세 사양
Table 3 Module Specification

모 델 명	STM170-S5
정격용량 Pm (W)	170
정격전압 IPm (A)	4.65
정격전압 VPm (V)	36.56
단락전류 Isc (A)	5.10
개방전압 Voc (V)	43.9

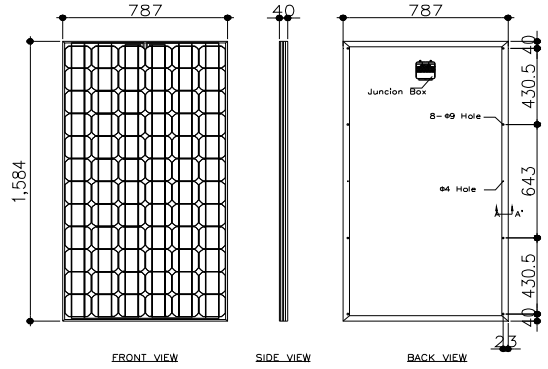


그림 2 모듈 도면
Fig. 2 Module Design

3.2 PV 시스템 설계

PV 시스템의 설계에 있어서 어레이 구성은 중요한 요소이다. 어레이 구성에 있어서 인버터 동작 범위는 어레이 구성을 결정하는 가장 큰 요소이다. 어레이 전압이 동작 전압 미만일 경우 인버터의 오동작을 발생 시킬 수 있으며, 인버터의 최대 전압 이상일 경우 입력단 Capacitor의 폭발을 야기 시킬 수 있기 때문이다. 진해시의 PV 시스템에 사용된 인버터의 동작 전압범위는 140~440V_{DC}이다. 따라서 모듈의 어레이는 9직렬 2병렬로 인버터 동작전압 범위에 맞게 구성하여 설계 하였다. 이러한 어레이 구성은 인버터와 모듈의 사양에 따라 다양하게 구성되어 질 수 있지만, 되도록 모듈의 용량에 따라 3×5 혹은 3×6 등과 같이 행과 열이 맞도록 설계하는 것이 설치와 미관상 유리하다.

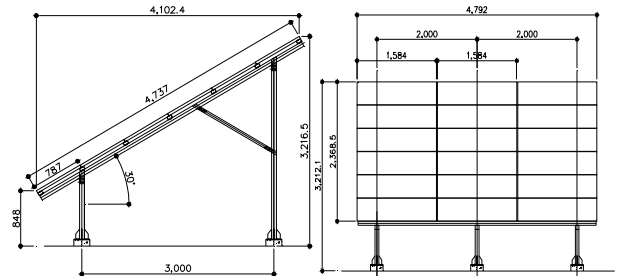


그림 3 설치 도면
Fig. 3 Installation Design

3.3 PV 시스템 설치

본 논문에서는 위경도 128:40E, 35:09N의 경남 진해시에 설



그림 4 설치 사진
Fig. 4 Installation Picture

치된 3kW 시스템 4곳을 2007년 3월에서 2008년 2월까지 모니터링 하였다. 시스템은 설치 장소의 여건에 따라 경사각 30~33°, 설치 방위각은 정남을 기준으로 $\pm 40^\circ$ 범위 내에서 설치하였다.

3.4 PV 시스템 모니터링

모니터링한 각 PV 시스템의 발전량은 월별 누적발전량으로 분류하여 분석하였다. 4곳의 시스템 중 월 누적 발전량이 가장 높게 나타난 시스템은 최저 월 233.9kWh에서 최고 월 411.9kWh, 가장 낮은 시스템은 202.9~353.7kWh로 나타났다. 연간 누적 발전량은 가장 높은 시스템은 3754.3kWh, 가장 낮은 시스템은 3176.3kWh로 나타났으며, 4곳의 발전시스템의 평균 연 누적발전량은 3448.23kWh로 나타났다. 4곳의 시스템은 모두 5월에 발전량이 가장 높았으며, 9월에 발전량이 가장 낮게 나타났으며, 봄철인 3, 4, 5월의 발전량이 다른 월의 발전량에 비하여 높게 나타났다.

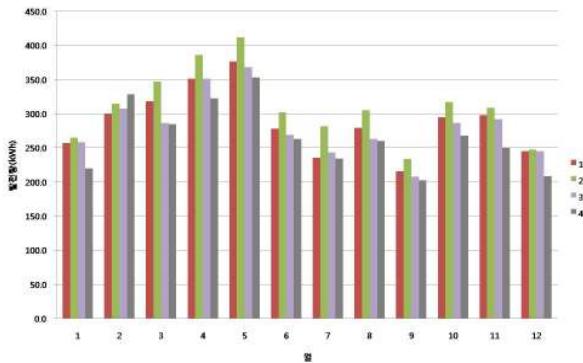


그림 5 시스템별 월 누적 발전량

Fig. 5 Accumulation Power Generation Amounts of Each System

4. 시뮬레이션 결과와 모니터링 결과 비교분석

시뮬레이션 결과에 따른 연 누적발전량은 3516.76kWh로 나타났으며, 모니터링에 의해 나타난 연간 누적 발전량이 최저인 시스템 3176.3kWh, 최고 높은 시스템은 3754.3kWh로 나타났다. 이는 시뮬레이션을 통한 결과와 비교해 발전량이 최소인 시스템은 약 10.7%, 최대인 시스템은 약 6.4%의 오차를 나타낸 것이다. 4곳에 설치한 시스템의 연간 평균 누적발전량은 3448.23kWh으로 시뮬레이션 결과와 비교해 약 2.0%의 오차를 나타냈다. 이는 시뮬레이션 결과에 나타난 연간 누적발전량에 비해 다소 높게 나타났다. 설치 각과 향이 시뮬레이션의 최적 설치와 다소의 차이가 있음에도 실제 설치 시스템의 연간 누적 발전량이 시뮬레이션에 비해 다소 높게 나타난 이유는 2007년 봄철의 일조시간이 평년 일조시간 보다 길었기 때문이다. 월 누적 발전량을 보면, 시뮬레이션 결과와 모니터링 결과 둘 모두 대체로 봄철과 가을철이 겨울철과 여름철보다 높게 나타난다. 그러나 시뮬레이션에 비해 모니터링 결과에서 유독 9월의 발전량이 적게 나타났는데, 이는 2007년의 부산 기후를 보면 9월에 기후가 좋지 않아 평년의 9월보다 일조시간이 적었기 때문으로 나타났다. 또한 같은 지역에 설치한 시스템들도 발전량에 있어서 오차가 발생했는데 이는 각 시스템마다 설치 경사각과 설치 향이 설치지역의 조건에 맞게 유동성 있게 적용되었기 때문이다.

시뮬레이션 결과와 모니터링 결과를 분석한 발전량에 있어서의 오차는 설치 전 실시했던 시뮬레이션과 실제 설치된 PV시스템의 설치각과 설치 향의 차이와 거의 비슷한 위·경도라도 시뮬레이션에서 이용한 기상 자료가 실제 설치된 지역인 진해가 아닌 부산지역의 자료를 이용하여 발생한 오차라 할 수 있겠다. 또한 기존의 시뮬레이션에 이용한 평년자료와 2007년 한 해 동안의 기상자료의 차로 인한 오차도 원인 중 하나라 할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 PV 시스템의 발전 성능에 대하여 PV 시스템을 설치하기 전에 시뮬레이션 한 발전량과 실제 Field에 설치된 주택용 3kW PV 시스템을 모니터링한 발전량을 비교하여 실제 설치된 PV 시스템이 설치된 지역의 조건에 맞게 설치되었는지 비교 분석하였다. 설치된 4곳의 평균 연간 누적 발전량은 시뮬레이션 값과 비교해 약 2%의 오차를 나타냈다. 이는 설치된 시스템과 시뮬레이션에 적용된 시스템의 설치각과 설치 방향의 차이와 시뮬레이션에 사용된 기후의 평년값과 2007년의 기후 값의 차와 시뮬레이션에 사용한 부산의 기후데이터와 진해의 기후 차이에 의해 발생한 오차라고 할 수 있다.

향후 이러한 오차를 최소화하기 위해서는 설치지역의 일사량 데이터를 엄밀히 조사하여 설치각과 설치방향 등을 정확하게 선정하여 최적의 조건으로 PV 시스템을 설치해야 한다고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 산업자원부, "건축환경을 고려한 BIPV용 태양전지모듈 및 제조기술개발", pp. 181-203, 2007. October.
- [2] 유권중 외 4명, "전문가 시스템을 이용한 태양광 어레이의 최적설치 각도에 관한 연구", 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 23, No. 3, pp. 29-35, 2007.