

## 3kW 주택보급계통연계형 태양광발전시스템 운용효율 분석

박정민\*, 김기범\*, 임충우\*, 김동희\*\*, 백형래\*, 조금배\*  
 \*조선대학교 \*\*한영대학

### The Analysis of Operation Effect for 3kW Utility interactive PV System

J. M. PARK\*, K. B. KIM\*, H. W. LIM\*, D. H. KIM\*\*, H. N. BAEK\*, G. B. CHO\*  
 \*Chosun University, \*\*Hanyeoung college

**Abstract** - This paper presents experimental operation with utility invertactive 3kW photovoltaic generation system.

The status of photovoltaic generation system components and inter-connection and safety equipment will be summarized.

This paper discusses property operation state which 3kW utility interactive photovoltaic generation system was analysed from January 2001 to December 2002.

### 1. 서 론

최근 범세계적으로 기후변화협약과 에너지자원의 고갈에 따른 에너지환경문제에 능동적으로 대처할 유일한수단으로서 대체에너지에 대한 관심이 집중되고 있다. 그 중에서도 태양광발전 시스템은 무한정, 무공해의 태양에너지로 이용하여 연료비가 불필요하며 대기오염이나 폐기물을 발생이 없고, 특히 발전부위가 반도체 소자나 전자부품으로 진동과 소음이 없으며, 전반적인 시스템을 반자동화 또는 자동화시키기에 용의한 장점을 가지고 있어 가장 주목을 받고 있다.

태양광 발전시스템 중에서 향후 보급의 잠재력이 큰 계통연계형 태양광발전시스템은 주택용 소규모 발전시스템부터 중대규모 전력사업용에 이르기까지 분산형 전원으로서 혹은 전력사업용으로 전력부하의 피크전력을 감소시키는 발전방식으로서 필요성을 더하고 있다. 이에 정부는 세계 기후협약에 따라 적극적인 보급사업 계획을 수립하여 추진하고 있다.

본 논문에서는 주택용 태양광발전시스템으로 보급이 유력시되는 3 kW급 계통연계형 태양광 발전시스템에 대하여 2001년 1월부터 2002년 12월까지 2년여에 걸친 실증시험 운전결과에 대하여 운전특성과 운용효율에 관련하여 논하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 계통연계형 태양광발전시스템

##### 2.1.1 태양광발전시스템 구성

3kW급 계통연계형 태양광 발전시스템의 제작을 위하여 53Wp 단결정 실리콘 태양전지 모듈을 사용하여, 모듈 20개를 직렬로 결선 하였으며, 이것을 3개의 병렬 결선방법으로 3.18 kWp의 용량으로 구축하였다. 직류 출력의 교류 전력사용을 위한 전압형 전류제어방식의 최대 출력점(MPPT)제어 방식으로, 조선대학교 실험실내의 배전 계통에 연결하였다. 그림1은 본 논문에서 논하는 주택용급 계통연계형 태양광 발전시스템의 구성도를

보여주고 있으며, 시스템에 설치된 태양전지로 한 어레이 이당 모듈은 20개이며, 총 3개의 어레이가 모듈 60개로 구성되어 최대 3kW를 출력할 수 있다. 3개의 어레이는 각 지지대에 올려있으며, 이 지지대는 경사각과 방위각을 자유자제로 변경하여 실험할 수 있도록 설계되어, 방위각은 360회전가능하며, 경사각은 15에서 70까지 가변할 수 있도록 구성되어 있다.

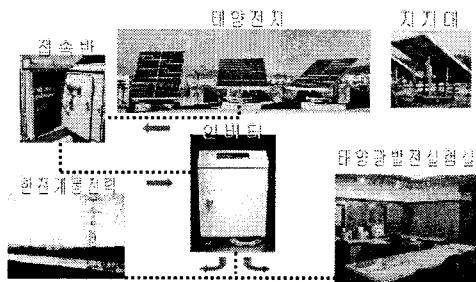


Fig. 1 3kW utility interactive residential photovoltaic generation system

#### 2.1.2 태양광발전시스템 규격

본 계통연계형 태양광발전시스템의 규격 및 태양전지 모듈 규격을 표 1과 표2에 나타내었다. 태양전지 어레이는 국내에서 제작된 53Wp의 태양전지를 사용한 에너지변환효율 14%의 모듈 60대로 이루어진 3.18kWp의 용량으로 구성하였다. 3개의 어레이중 PV\_1은 방위각은 180 경사각은 50, PV\_2는 방위각은 180경사각은 30,PV\_3는 방위각은 230경사각은 30로 고정하여 발전량을 수집하였다. 3개의 어레이의 태양에너지 입사각을 각기 다르게 고정하여 같은 일기조건에서 태양전지의 방위각과 경사각에 따른 다른 데이터값을 얻을 수 있었다.

인버터는 경격 출력에서 90% 이상의 전력변환 효율을 보여주고 있으며, 과전압, 단락, 정전, 주파수 이상등의 보호장치를 내장하고 있다.

Table 1 Standard of solar cell module

구 분	성 능
개방전압	21.0V
단락전류	3.35A
정격전압	17.4V
정격전류	3.04A
정격용량	53Wp (오차 10%)
외형크기	1291*328*35mm
중 량	6.2Kg

Table 2 Standard of PV system

항 목	규격
태양전지모듈	종류 단결정 실리콘 태양전지
	용량 53Wp
	효율 14%
태양전지어레이	결선방법 (53*20)*3
	방위각, 경사각 PV1 방위각 230° 경사각 30°
	PV2 방위각 180° 경사각 30°
	PV3 방위각 180° 경사각 50°
	용량 3.18kW
	연계운전방식 전압형 전류제어 방식 (정현파 PWM)
인버터	정격출력 220V
	직류입력전압 DC 348V (53Wp 모듈 직렬 20개, 280V430V)
	전력제어방식 MPPT 제어
	출력전압 AC 220V, 60Hz
	전력변환효율 90%이상
	보호기능 직류 과전압, 저전압, 계통 과전압, 저전압, 동기이상, 온도이상, 정전, 단락

## 2.2 태양광발전시스템 발전특성 분석

시스템 설치 후 기기점검 및 조정을 거친 후 2000년 12월 1일부터 본격적인 운전을 개시하였다. 운전데이타는 매 분단위로 부하, 계통, 인버터, 태양전지, 어레이 별로 전압, 전류, 전력량등이 다양하게 수집되었으며, 일별, 주별, 월별, 계절별, 년별 단위로 분석할 수 있다.

### 2.2.1 일일 발전전력

3kW급 계통연계형 태양광 발전시스템의 실증운전시험의 분석기간은 2001년 1월부터 2002년 12월까지 2년에 걸쳐서 연중 발전특성을 비교 분석하였다.

시스템은 53Wp급 모듈20장을 직렬 연결한 1kW급의 태양전지 어레이 3개와 위도와 방위각의 가변이 가능한 지지대, 3kW 계통연계형 인버터로 태양광발전시스템이 구성되어 있으며, RTU와 양방향 디지털전력계를 이용하여 계측에서 운전, 정지, 경보 등을 디스플레이 및 일정 Format으로 DATA를 보관 할 수 있는 감시제어 시스템이 설비되어 있다. 주택을 모델로 하여 일반 가정과 같은 구조로 설계되고 가정 용 전기전자제품 부하를 사용함으로 실제 가정생활 상황에서의 주택에 보급된 시스템과 같은 상태로 DATA발전량을 비교 분석하여 보았다.

표3은 일일 발전시스템의 수집된 자료이다. 계측되어 진 날의 최대 일사량은 오후 12시이고, 최대발전전력량은 오후 1시로서 2510Wh, 인버터의 전력 변환효율은 93%를 보여주고 있다.

1/2 출력 이상의 전 출력범위에 걸쳐 90% 이상의 전력 변환 효율을 기록하고 있다.

Table 3 Working data of photovoltaic system

시간	일사량 w/	PV 출력 W	PV전압 V	인버터 출력 W	인버터 전압 V	인버터 효율 %
08	179	343	359	218	225	63
09	523	956	343	830	224	86
10	757	1644	329	1512	221	93
11	965	2200	320	2050	221	93
12	1032	2541	310	2376	222	93
13	1029	2680	307	2510	224	93
14	1001	2646	305	2473	222	93
15	957	2495	314	2329	222	93
16	836	2091	319	1941	223	92
17	626	1565	325	1430	222	91
18	374	725	304	610	222	84

### 2.2.2 인버터 출력 특성

계통연계형 태양광 발전시스템의 배전계통 연계시 전력 품질 면에서 시스템의 영향을 검토하기 위해 3 kW급 태양광 발전시스템의 발전량 변동에 따른 인버터의 입출력 특성을 살펴보았다. 표3에서 보는 바와 같이 출력이 증가될수록 인버터의 효율도 따라서 향상되고 있다. 역률 역시 1에 가까운 제어가 가능하였다.

그림2의 인버터의 출력 과정은 정현파로서 리풀이 약간 발생하고 있으나, 양호한 정현파를 나타내고 있다. 일반 가정요 부하에 계통 연계여부도 과정이 일정한 형태로 유지되어 계통연계형 태양광발전시스템의 인버터가 적절히 운전되고 있음을 확인 하였다.

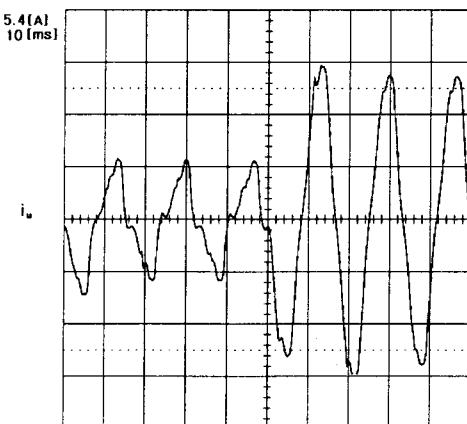


Fig.2 Load current waveform to the change of load

### 2.2.3 월별 발전전력

표 3에서 2001년 1월부터 2002년 12월까지 2년간 운전특성을 분석하였으며 표 3은 월별 비교 발전량의 현황을 나타내고 있다.

태양광발전은 계절에 따른 온도와 날씨에 따라 일일 및 월별 발전량에 차이가 있음을 알 수 있었다. 2년간 자료를 보면 최대 발전은 2001년 4월로서 454.558Wh를 기록하였으며 최저 발전은 2002년 8월을 기록하였다. 대체적으로 봄, 가을이 더 발전량이 많음을 볼 수 있다. 여름철의 발전전력의 저하는 날씨와 외기온도 상승에 따른 태양전지의 온도 상승으로 발전이 저하됨을 볼 수 있었다.

겨울철의 발전전력 저하는 낮은 외기온도와 눈등에 의한

낮은 일사량부족으로 인한 것으로 분석되어진다. 년별 총 발전전력은 2001년도에는 3,932,272Wh를 기록하였으며 2002년도에는 3,448,044Wh으로 나타났다. 월 평균 발전전력은 307,513Wh로 나타내었으며 태양광발전시스템이 적절히 운전되고 있음을 알수 있다.

Table 4 The power quantity of PV system  
(2001년)

월	발전량(WH)			총발전량
	PV-1	PV-2	PV-3	
1	93,267	94,120	80,134	267,521
2	105,204	124,832	101,872	331,908
3	123,970	128,750	112,593	365,313
4	152,081	162,534	139,943	454,558
5	127,164	144,014	129,299	400,477
6	90,802	107,544	97,698	296,044
7	85,402	102,565	91,627	279,594
8	99,938	112,345	98,880	311,163
9	122,440	131,909	116,162	370,511
10	107,631	112,073	97,001	316,705
11	91,056	117,958	101,026	310,040
12	71,909	90,463	76,068	238,440
합계	1,270,865	1,419,105	1,242,302	3,932,272

Table 5 The power quantity of PV system  
(2002년)

월	발전량(WH)			총발전량
	PV-1	PV-2	PV-3	
1	92,341	96,211	83,576	272,128
2	98,248	105,841	84,987	289,076
3	100,511	109,103	92,629	302,243
4	106,156	114,157	94,461	314,774
5	104,704	109,051	90,968	304,723
6	116,540	123,242	91,622	331,404
7	89,152	98,813	74,743	262,708
8	74,061	83,458	61,850	219,369
9	98,357	119,977	78,039	296,373
10	111,286	127,062	88,195	326,543
11	94,516	111,677	76,294	282,487
12	82,124	91,201	72,891	246,216
합계	1,167,995	1,289,791	965,255	3,448,044

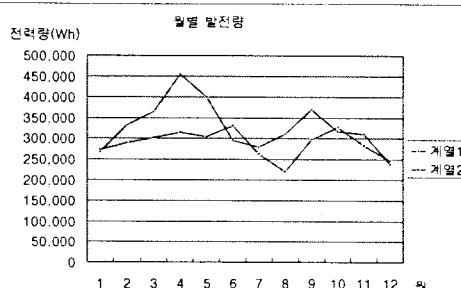


Fig.3 The generation curve by mouths(2001-2002)

### 3. 결 론

본 논문에서는 실제 주택구조의 부하로 구성된 주택보급용 3kW급 계통연계형 태양광발전시스템을 가지고, PV시스템의 구성과 규격에 대해 간단히 기술하고 2001년 1월부터 2002년 12월까지 실증 시스템의 운전을 통

한 발전특성을 비교 분석결과를 제시하였다. 주택용 3kW계통연계형 태양광발전시스템의 실증결과로는 총 발전전력은 7,380kWh를 발전하였으며, 월평균 307,513Wh, 연평균 3,690kWh인 것으로 분석되었다.

향후 계통연계에 따른 배전선의 상태 변화에 대한 추정성, 계통의 주파수나 전압변화에 대한 운용 능력, 계통사고시에 적절히 대응하는 기능과 자체 발생 고조파로 인한 장애발생 방지등과 관련한 계통연계 제어기술 연구를 수행할 것이다.

### (참 고 문 헌)

- [1] 김동희, "신경망 제어기법을 이용한 에어컨 구동용 태양전지의 MPPT 제어특성", 조선대학교 공학박사학위논문, 1998
- [2] Dong. H. Sugimoto, "A New Utility Interactive Photovoltaic Power Conditioning System And Its Maximum Power Tracking Control", IPEMC97 , PP238-243, 1997
- [3] C. Hua, C. Shen, J. Lin, "Implementation of a DSP-Controlled photovoltaic System with peak PowerTracking", Proceeding of the 23rd International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation Vol 2, 1997
- [4] S.Nonaka, K. Kesamaru, K. Yamasaki, et al,"Interconnection System with Sinusoidal Output PWM Current Source Inverter between Photovoltaic Arrays and the Utility Line", IPEC-Tokyo, pp. 144 151, 1990