

3kW 태양광발전시스템의 효율분석에 관한 연구

박정민, 임홍우*, 최연옥, 이성길**, 조금배, 백형래
 조선대학교, 전기전자시험연구원*, 광주보건대학**

A study of on the Efficiency Analysis for 3kW Utility interactive PV System

J. M. PARK, H. W. LIM*, Y. O. CHOI, S. G. LEE**, H. N. BAEK, G. B. CHO
 chosun university*, keeti, kwangju Health College**

ABSTRACT

Utility interactive photovoltaic systems is one of the most promising applications of photovoltaic systems.

These systems are employed in applications where utility service is already available. In this case, there is no need for battery storage because utility power may be used to supplement photovoltaic systems when the load exceeds available PV generation. The load receives electricity from both the photovoltaic array and the utility inter-tied.

In this paper, Principle and operating characteristic of Utility Interconnected Photovoltaic System is presented. For the purpose of optimal utility inter-tied photovoltaic system design and installation. It is that demonstrate throughout the installed 3 PV system respectively, 3kW utility interconnected residential system.

1. 서 론

국민생활 수준의 향상과 국가경제 발전에 따라 에너지 자원의 급속한 고갈과 환경문제가 대두되는 가운데 대체 에너지에 대한 관심이 집중되고 있다.

우리나라는 2004~20117년 기간동안 전력이 평균 2.5% 증가할 것으로 그리고 최대전력은 평균 2.7% 증가할 것으로 예상된다. 그러므로 발전설비 확충에 있어 태양광 발전시스템은 발전소를 보완하는 분산전원의 역할을 한다. 태양광 발전시스템 중에서 향후 보급의 잠재력이 큰 계통연계형 태양광발전시스템은 주택용 소규모 발전시스템부터 중·대규모 전력사업용에 이르기까지 분산형 전원으로서 혹은 전력사업용으로 전력부하의 피크전력을 감소시키는 발전방식으로서 필요성을 더하고 있다.^[1] 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 2004년 12월까지 4년여에 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 20매를 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 어레이당 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 360°회전가능하며, 경사각은 15°에서 70°까지 가변할 수 있도록 구성되어 있다.

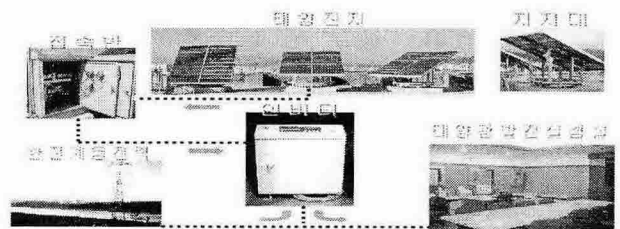


Fig. 1 3kW utility interactive residential photovoltaic generation system

2.1.2 태양광발전시스템 규격

본 계통연계형 태양광발전시스템의 규격 및 태양전지 모듈 규격을 표 1에 나타내었다. 태양전지 어레이는 국내에서 제작된 53Wp의 태양전지를 사용한 에너지 변환효율 14%의 모듈 60개로 이루어진 3.18kWp의 용량으로 구성하였다. 3개의 어레이중 PV_1은 방위각은 180°, 경사각은 50°, PV_2는 방위각은 180°, 경사각은 30°, PV_3는 방위각은 230°, 경사각은 30°로 고정하여 발전량을 수집하였다. 3개의 어레이의 태양에너지 입사각을 각기 다르게 고정하여 같은 일기조건에서 태양전지의 방위각과 경사각에 따른 다른 데이터를 얻을 수 있었다.

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

Table 1 Standard of PV system

항목	규격	
태양전지모듈	종류	단결정 실리콘 태양전지
	용량	53Wp
	효율	14%
태양전지어레이	결선방법	(53*20)*3
	방위각, 경사각	PV1 방위각 180° 경사각 50°
		PV2 방위각 180° 경사각 30°
		PV3 방위각 230° 경사각 30°
	용량	3.18kW
인버터	연계운전방식	전압형 전류제어 방식 (정현파 PWM)
	정격출력	220V
	직류입력전압	DC 348V (53Wp 모듈 직렬 20개, 280V~430V)
	전력제어방식	MPPPT 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. 운전데이터는 매 분단위로 부하, 계통, 인버터, 태양전지, 어레이별로 전압, 전류, 전력량 등이 다양하게 수집되었으며, 일별, 주별, 월별, 계절별, 년별 단위로 분석할 수 있다.

2.2.1 일일 발전전력

3kW급 계통연계형 태양광 발전시스템의 실증운전시험의 분석기간은 2001년 1월부터 2004년 12월까지 4년에 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, 정보 등을 디스플레이 및 일정 Format으로 DATA를 보관 할 수 있는 감시제어 시스템이 설비되어 있다. 주택을 모델로 하여 일반 가정과 같은 구조로 설계되고 가정용 전기전자제품 부하를 사용함으로써 실제 가정생활 상황에서의 주택에 보급된 시스템과 같은 상태로 DATA발전량을 비교 분석하여 보았다.

표2는 일일 발전시스템의 수집된 자료이다. 계측되어진 날의 최대 일사량은 오후 12시이고, 최대발전전력량은 오후 1시로서 2510Wh, 인버터의 전력변환효율은 93%를 보여주고 있다.

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

Table 2 Working data of photovoltaic system

시간	일사량	PV출력	PV전압	인버터출력	인버터전압	인버터효율
	w/m ²	W	V	W	V	%
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 전력품질 면에서 시스템의 영향을 검토하기 위해 3 kW급 태양광 발전시스템의 발전량 변동에 따른 인버터의 입·출력특성을 살펴보았다. 그림2의 인버터의 출력 파형은 정현파로서 리플이 약간 발생하고 있으나, 양호한 정현파를 나타내고 있다. 일반 가정용 부하에 계통 연계하여도 파형이 일정한 형태로 유지되어 계통연계형 태양광발전시스템의 인버터가 적절히 운전되고 있음을 확인 하였다.

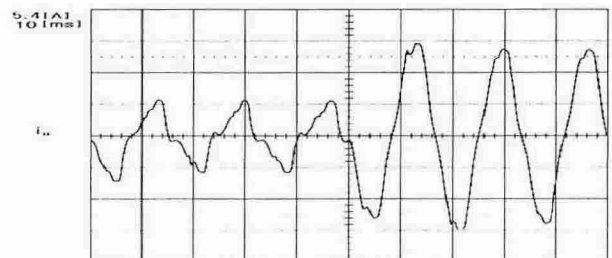


Fig.2 Load current waveform to the change of load

2.2.3 월별 발전전력

표 3에서 표6은 2001년1월부터 2004년 12월까지 4년간 발전량을 나타낸 것이며 그림3은 월별 비교 발전량의 현황을 나타내고 있다.

태양광발전은 계절에 따른 온도와 날씨에 따라 일일 및 월별 발전량에 차이가 있음을 알 수 있었다. 4년간 자료를 보면 최대 발전은 2001년 4월로서 454,558Wh를 기록하였으며 최저 발전은 2003년 1월을 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 발전전력저하는 낮은 외기온도와 눈 등에 의한 낮은 일사량부족으로 인한 것으로 분석되어진다. 년별 총 발전전력은 2001년도에는 3,932,272Wh를 기록하였으며 2002년도에는 3,448,044Wh로 2003년 3,677,028Wh, 2004년은 3,875,077Wh로 나타났다. 월 평균 발전전력은 311,092Wh로 알 수 있다.

Table 3 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 4 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	76,234	282,427
12	82,124	91,201	72,891	246,216
합계	1,167,995	1,289,791	965,255	3,448,044

Table 5 The power quantity of PV system (2003년)

월	발전량[WH]			총발전량
	PV-1	PV-2	PV-3	
1	77,834	68,410	45,332	191,576
2	101,656	101,656	77,153	280,465
3	131,156	131,156	113,268	375,580
4	116,487	127,900	108,632	353,019
5	120,947	137,831	121,967	380,745
6	101,275	118,584	105,667	325,526
7	65,267	75,027	64,053	204,347
8	93,815	107,309	92,740	293,864
9	96,208	103,616	84,808	284,632
10	154,647	156,296	121,931	432,874
11	86,477	84,932	63,004	234,413
12	124,458	115,345	80,184	319,987
합계	1,270,227	1,328,062	1,078,739	3,677,028

Table 6 The power quantity of PV system (2004년)

월	발전량[WH]			총발전량
	PV-1	PV-2	PV-3	
1	12,258	115,887	87,797	215,942
2	108,229	108,359	76,226	292,814
3	144,021	151,163	120,436	415,620
4	147,811	164,131	136,565	448,507
5	97,254	113,991	97,420	308,665
6	87,213	102,941	88,307	278,461
7	88,819	98,757	84,992	272,568
8	95,936	110,946	93,276	300,158
9	82,277	94,208	72,158	248,643
10	161,598	166,138	122,931	450,667
11	122,553	119,961	83,217	325,731
12	122,172	116,614	78,515	317,301
합계	1,270,141	1,463,096	1,141,840	3,875,077

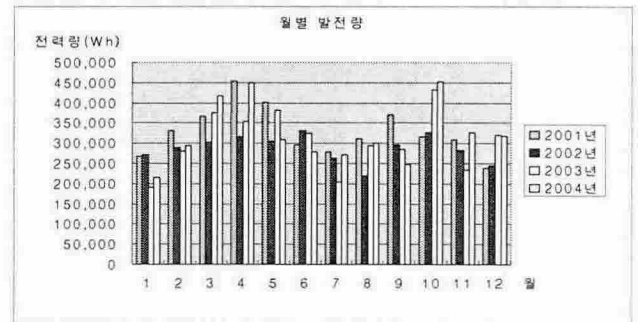


Fig.3 The generation curve by mouths(2001-2004)

3. 결 론

본 논문에서는 실제 주택구조의 부하로 구성된 주택보급용 3kW급 계통연계형 태양광발전시스템의 실증결과로는 총 발전전력은 14,932kWh를 발전하였으며, 월평균 311,092Wh, 연평균 3,733kWh인 것으로 분석되었다. 향후 계통연계에 따른 배전선의 상태 변화에 대한 추정성, 계통의 주파수나 전압변화에 대한 운용 능력, 계통 사고시에 적절히 대응하는 기능과 자체 발생 고조파로 인한 장애발생 방지등과 관련한 계통연계 제어기술 연구를 수행할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Didier Thevenard, Performance monitoring of a northern 3.2kWp grid-connected photovoltaic system, IEEE, pp.1711-1715, 2000