

건물 일체화 태양광발전시스템의 입사각에 따른 발전효율에 관한 연구

김기범, 이강연, 박정민, 박진형, 백형래, 조금배
조선대학교 전기공학과

A study on Generation Efficiency of Photovoltaics in Buildings

K.B. Kim, K.Y. Lee, J.M. Park, J.H. Park, H.L. Baek, and G.B. Cho
Chosun University

ABSTRACT

This paper presents a utility interactive photovoltaic generation system with the angle of inclination and direction.

This paper summarizes the results of these efforts by offering a snapshot of the configuration of photovoltaic in residential applications. The status of PV system components and inter-connection and safety equipment will be summarized. also, This System is able to variation the angle of inclination and direction. Hence this paper discuss only results that might be useful for generation power.

1. 서 론

태양전지판의 활용이 일반 유희지에 그치지 않고 주택 지붕, 건물 차양, 건물 외벽 등으로 다양해지고, 중차 보급이 증가함에 따라 태양에너지의 입사각에 따른 효율이 크게 대두되고 낮은 비용으로 최대의 효율을 만들어 내는데 관심이 집중되고 있다.

특히 현대의 건축설계에 있어서 PV시스템을 건물에 적용할 때는 기후 요인과 향, 그리고 대지의 특성과 관련된 환경적 요소, 도시계획, 건축법, 미적인 관점, 그리고 구조 및 엔지니어링 측면의 고려가 필요하다^[1]. 예를 들어, 건물에서 냉방은 에너지 소비에 가장 큰 영향을 미치는 요인이기 때문에 건물 외피는 일사량을 최소화시키도록 설계되는 것이 일반적이지만 PV모듈을 설치할 때는 최대효율을 얻기 위해서 가능한 최대의 일사량을 필요로 한다. 이처럼 PV시스템의 건축 일체화 방법은 최적의 방향과 경사도를 가지고 최대의 전력을 생산해 내는 PV시스템 고유의 목적을 충분히 유지한 채 기술적, 미적인 특성이 함께 고려되어야 한다^[2].

본 논문에서는 위도와 방위각의 가변이 가능한 3대의 태양전지 어레이와 실제 주택구조의 부하로 구성된 주택 보급용 3kW급 계통연계형 태양광발전시스템을 가지고, PV시스템을 건물에 효율적으로 적용가능한 방향과 경사

도의 발전량을 유형별로 비교하여 그 특징을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 시스템의 구성

시스템은 1kW급의 태양전지 어레이 3개, 위도와 방위각의 가변이 가능한 지지대, 3kW 계통연계형 인버터, RTU와 양방향 디지털전력계를 이용하여 계측에서 운전, 정지, 경보 등을 디스플레이 및 일정 Format으로 DATA를 보관 할 수 있는 감시제어 시스템이 설치되어 있으며, 주택을 모델로 하여 일반 가정과 같은 구조로 설계되고 가정용 전기전자제품 부하로 사용함으로 실제 가정생활에서의 주택에 보급된 시스템과 같은 상태로 DATA를 분석 연구하고 있다.

2.1.1 태양전지와 지지대

Solar Cell은 단결정 실리콘으로 제작되었으며, 모듈의 개방전압이 21V, 단락전류는 3.35A, 정격용량은 53Wp, 전력 변환 효율은 14%이다. 위 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. 그림 1은 방위각과 경사각의 가변이 가능한 3개의 어레이를 보여 주고 있다.

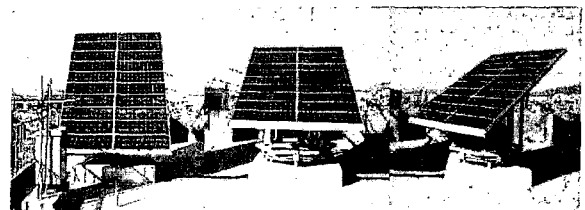


Fig. 1 Array and Support equipment

2.1.2 계통연계형 인버터(3kW)

시스템의 출력부에 전력계통과 부하가 병렬로 연결되어 있는 형태의 양방향 조류방식을 채택하여 잉여전력을 한전계통으로 반환하거나 부족전력을 계통으로부터 공급받을 수 있으므로 배터리가 불필요하고, 특히 지금까지 최대전력점 추적기법은 주로 각종 직류초퍼의 구성 및 제어기법을 중점으로 개발되어 왔는데 반면 DC-DC컨버터를 적용하지 않는 구조를 가지고 있어 저 가격이며 소형, 경량이고, 직류 초퍼를 제어하지 않으므로 단일 제어 루프를 가지고 있어 초퍼 스위칭 손실이 없다는 점을 장점으로 들 수 있다. DC/AC 컨버터는 MPPT 기능을 구현하는 알고리즘에 의해 전압지령치를 가변하는 가변 전압형 전류제어(정현파PWM)를 하고 있고, 각종 계통연계 보호기능으로 직류 과전압과 저전압, 계통 과전압과 저전압, 동기 이상, 온도 이상, 단락, 정전등이 포함되어 있다^{[3],[4]}. 특히 모든 운전이 자동화되어 자기운전 진단이 가능하고, 감시제어 시스템과 연계되어 24시간 감시 및 운전이 가능하다.

2.1.3 계측 시스템

감시제어 시스템은 크게 3부분으로 나누어있다. 먼저 3개의 어레이의 전압과 전류를 접속반을 통해 각각 측정이 가능함으로써 각 어레이의 위도와 경도를 변경하여 값을 얻을 수 있으며, 발전량에서부터 부하량 그리고 계통사용량까지 PC에서 감시제어가 가능하다. 현재 어레이의 전압 전류값은 Transducer를 거쳐 RTU를 통해 PC와 RS-422통신으로 DATA를 실시간 주고 받으며, 디지털 양방향 전력계를 통해 부하측의 전류값, 전압값, 전력량 등을 주고 받아 전력감시용 자동화 프로그램을 세팅하여 감시제어하고 있다. 그림 2는 3개의 어레이에서의 발전량을 비교 분석하기 위한 계측시스템을 보여주고 있다.

계측 시스템은 먼저 어레이의 전압과 전류를 32bit 데이터 로거기(Fluke Hydra)를 사용하여 측정하였으며, 인버터 출력부는 디지털 파워 미터(WT-200)를 통해 전압, 전류, 전력량, 역률 등을 측정하였으며, 부하 소비량은 디지털 양방향 전력계를 통해 측정하였다. 그림 2는 계측 시스템을 보여주고 있다.

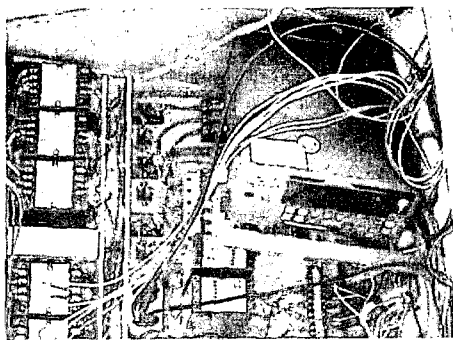


Fig. 2 Measuring system

2.2 실험 결과

시스템 설치 후 기기 점검 및 조정을 거친 후 2000년 12월 1일부터 본격적인 운전을 개시하였다. 운전데이터는 매 분단위로 부하, 계통, 인버터, 태양전지, 어레이별로 전압, 전류, 전력량 등이 다양하게 수집되었다. 본 논문에서는 3개의 어레이 출력단에서 2001년 1월 1일부터 동년 12월 31일까지의 발전데이터를 통해서 비교 분석하여 보았다. 또한 어레이를 다양하게 가변하여 그에 따른 발전데이터를 비교 분석하여 보았다.

2.2.1 태양광발전시스템 운전 결과

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 데이터값을 얻을 수 있었다.

표 1은 3kW 태양광발전시스템의 2001년 어레이별 발전량 데이터이며, 그림 3은 표 1을 근거로 한 1년 발전량 곡선이다. 본 계측은 모니터링시스템의 T/D를 통해 2초 간격으로 측정된 데이터를 토대로 하였다. 본 데이터는 4월과 5월의 발전량이 많음을 알 수 있었으며, 당연 방위각 180°와 경사각 30°를 가지고 있는 PV_2의 발전량이 가장 많음을 보여주고 있다. PV_2를 기준으로 PV_1은 89%의 발전량을 PV_3는 87%의 발전량을 보여주고 있다. 방위각을 서향으로 50°가량 위치한 PV_3보다 방위각은 정남향으로하고 경사각만 50°로 위치한 PV_1의 발전량이 다소 많았음을 볼 수 있었다.

Table 1 The power quantity of photovoltaic system

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

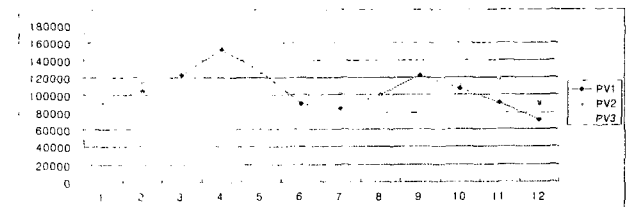


Fig. 3 The generation curve by months

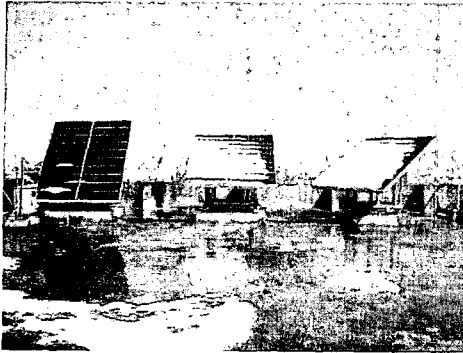


Fig. 4 The generation curve by months

그림 4는 겨울철 눈이 내리고나서 하루 경과 후의 3개의 어레이를 보여주고 있다. 경사각을 50°로 고정된 어레이는 눈이 쌓이지 않았으나, 30°로 고정된 두 개의 어레이는 눈이 아직 녹지 않았음을 볼 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 위도와 방위각의 가변이 가능한 지지대와 실제 주택구조의 부하로 구성된 주택보급용 3kW급 계통연계형 태양광발전시스템에 의한 실증실험을 한 결과 각 어레이별 발전특성을 분석, 검토하였다.

방위각과 경사각을 가변함으로써 태양에너지 입사각에 따른 발전량이 남향에 위도가 30°인 경우 1,420kWh, 위도가 51°인 경우 1,270kWh이고 위도가 30°이며 서향인 경우 1,242kWh가 됨을 알 수 있었다. 따라서 지금까지의 고정형 태양광발전시스템의 표준이 되고 있는 남향에 30°로 설치된 어레이가 가장 많은 발전량을 보여주고 있다. 내외로 주택이나 각종 빌딩의 태양에너지 입사각 설정에 참고자료로 응용이 가능하며 주택 전자재용의 태양광발전시스템을 일반가정에 널리 보급시키는데 기초자료가 되리라 기대된다.

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] 백현수, 김준태, "Photovoltaics 시스템의 건물 일체화 유형", 한국태양에너지학회, pp. 3-10, 2001.
- [2] Dong. H. Sugimoto, "A New Utility Interactive Photovoltaic Power Conditioning System And Its Maximum Power Tracking Control", IPEMC '97, pp. 238-243, 1997.
- [3] C. Hua, C. Shen, and 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.