

전력 수요절감을 위한 태양광 발전시스템의 운전 효과

조급배 백형래 김영동 정현상* 유권중 송진수**
*조선대학교 **한국에너지 기술연구소

Operating Effect of Photovoltaic System for Reducing Power Demand

G.B Cho H.L Beak Y.D Kim H.S Jung K.J Yu J.S Song
*Cho-sun University **Korea Institute of Energy Research

Abstract

Photovoltaic is considered to be one of the most promising technologies which can greatly contribute to future energy supply because of a large, secure, essentially inexhaustible and broadly available resource -sunlight.

This paper analyzes reduction of synthetic power peak value through weather data and quantity of generation. This explanation and estimations analyses grid connected power system.

1. 서론

태양광발전은 태양전지에 의해 광에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 발전방식으로 에너지원인 태양광에너지의 밀도가 낮고, 기상조건에 좌우된다는 불안정적인 문제점을 갖고 있으나, 연료가 불필요하고 청정무공해이며 운전이 용이하여 무보수와 규모 선택이 자유롭다는 여러가지 장점을 갖고 있어 미래의 유력한 대체 에너지로서 기대되고 있다.

최근 냉방수요의 증가와 함께 여름철에 있어서 전력수요 Peak치가 급속하게 증대하고 있으며, 앞으로는 계속 증가하여 부하곡선은 어느 일정 시간대에 첨예화 할 것으로 예상되어 여름철의 과부하에의 대응이 중요한 과제로 대두되고 있다.

태양광발전의 실용화 보급을 위한 응용분야 개발과 계절별, 시간대에 따라 전력 수급의 차질해소 등을 고려하며 여름철에 있어서 전력 Peak치 절감효과, 즉 Peak 수요시에 있어서 kW 가치에 대해서 검토 분석하고자 본 논문에서는 일반수용가 설치의 소규모 계통연계형 태양광발전 시스템을 대상으로 전국 기상 데이터 및 전국 발수전량 실적 데이터를 기초로 하여 종합적인 전력 Peak치 절감량에 대하여 해석하였다.

2. 태양광발전 시스템의 특성

2.1 기본구성

그림 1은 계통연계형 태양광 발전시스템의 일반적 구성에 대하여 나타나고 있다. 가까운 장래 확대 보급 될 것으로 예상되는 출력 수 kW 정도의 개인 주택용 시스템에서는 시스템감시, 제어장치, 전압제어, 역류방지회로 및 연계보호장치는 소형, 경량화의 경향으로 어느 정도의 소규모 시스템에서는 인버터에 그 기능을 보유하게 설계하는 일체화 시스템으로 하고 있다.

계통연계형에서 역전류를 허용하는 시스템은 전력계통이 축전지 역할을 하기 때문에 기본적으로는 축전지설치가 불필요하게 된다. 한편 계통연계형에서도 역전류를 허용하지 않는 시스템에서는 태양광 전지 출력의 잉여분을 축적하기 위한 축전지가 필요하게 된다. 또 역조를 허용하는 시스템의 경우에서도 광 발전 시스템 출력의 변동을 억제할 필요가 발생하였을 경우나 발전 출력 Peak치를 이용시키고자 하였을 경우에서는 축전지 설치가 필요하게 된다.

2.2 발전 특성

그림 2는 파라미터가 일사량인 태양전지 모듈의 출력 I-V특성을 나타내고 있다. 태양 전지 출력 I-V 특성은 비선형이며 부하 임피던스의 값에 따라서 출력이 최대로 되는 P_{max} 점이 존재한다. 일반적으로는 인버터에 의해 최대출력 추적제어, 혹은 그림 2에서 알 수 있듯이 최대 출력을 출력할 수 있는 전압치가 일사량에 의존하지 않고 대개 일정하다는 것으로 부하 직류 정전압제어를 하여 언제나 최대출력을 얻어지도록 제어하고 있다. 이 경우에는 그림 3에 나타난 것과 같이 태양전지 출력은 일사량에 비례한다. 따라서 축전지를 사용하지 않는 경우에는 광발전 시스템 출력은 거의 일사량에 비례하여 증가하게 된다.

한편 계통연계형에서 축전지를 사용하는 경우에는 일반적으로 출력 전력을 제어할 수 있으며 출력전력의 설정치는 부하 특성에 맞추는 등 용도에 따라서 결정된다.

태양광 발전 시스템의 정격 출력은 일반적으로 인버터의 정격용량으로 결정된다.

또 계통 연계형의 태양전지 어레이 용량은 수광면 일사량이 최대(=1kW/m²)이고, 셀소자 온도가 동작시 온도 일때 인버터 출력이 정격이 되도록 설계한다.

3. 여름철 전력 Peak Cut 효과

3.1 전력 Peak치의 전국평균 일사량과의 관계

태양광 발전시스템을 여름철 Peak Cut용 전원으로써 적용 가능성에 대하여 평가하기 위하여 제1단계로서 1일당 전력수요 Peak치와 1일당 얻을 수 있는 일사량과의 관계에 대하여 검토하면, 즉 일사량 곡선과 부하곡선 상호간에 정(正)의 상관 관계가 있으며 전력 Peak치가 크게 증가하는 경우에는 일사량이 증가하게 되어 축전지의 설치를 생각하지 않아도 되며, 축전지의 설치를 고려할 경우에도 축전지의 용량은 미소 용량으로 충분하여 전력 Peak Cut용 전원으로써 높은 적용성을 기대할 수 있다.

표 1은 각 지방의 '81~'91년의 일사량을 나타내며, 표 2는 광주지방의 '91년도 원평균 시간별 일사량을 나타내고 있다. 그림 4는 표 2를 그래프화 한 것이며 그림 5는 '90년도의 최대부하를 발생한 날의 부하곡선을 나타내었고 그림 6은 최대 부하를 발생한 날에 있어서 냉방부하곡선을 나타내고 있다.

그림 7은 '90년도 8월에 있어서 최대부하전력과 일사량 전국 평균치 및 기온의 전국 평균치와의 관계를 나타낸 것이다.

이상의 기상 및 부하 전력 자료로부터 여름철의 Peak 전력은 비교적 일사량에 강하게 의존하는 경향이 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 그림 7에서 알 수 있듯이 일사량이 많을 경우에는 기온이 상승하며, 그 결과 냉방수요가 증대하는 것이 주 원인이라고 생각된다.

이상의 자료로부터 Peak치가 특히 많이 분포되어 있는 날로서 최대 비율이 0.95이상의 일사량에 주목하면, 이것은 최소 4.2kWh/m²·day, 평균 5.6kWh/m²·day에 달하는 결과로 된다.

일사량은 지역에 따라 약간 차이는 있지만 대략 최대 7kWh/m²·day 정도, 평균 3.5kWh/m²·day 정도이다.

이상의 결과로부터 여름철의 전력 Peak치가 최대치 부근에서 일사량은 6~7할 정도로서 축전지를 설치하지 않고도 어느 정도의 Peak Cut효과를 기대할 수 있을 것으로 간주된다.

3.2 Peak 전력 절감 효과

그림 5의 부하곡선으로부터 최대 Peak kW치는 '90년 8월 13일 15시에 있어서 17,252 MW이며, 그림으로부터 여름철 Peak 전력의 부하 경시특성은 대개 같은 경향을 나타내고 있으며, Peak치는 15시이며 그 이전은 오전 9시부터 10까지 비교적 급격하게 상승하게 되어 12시에서 13시 까지 잠시 둔화 되었다가 그 이후 서서히 15시까지 상승하게 되어 15시 이후는 시간과 함께 감소하지만 17시까지는 크게 변하지 않고 Peak치에 가까운 값을 유지하는 경향이 있다.

그림 8은 시스템 1대당 일사량 전국 평균치를 나타낸다. 표 1에서와 같이 지역단위로 보면 일사량 경시 변화가 비교적 크게 변동하지만 그림 7과 같이 전국 평균치로 보면 13시쯤 정점을 비교적 완만한 여현곡선으로 된다. 앞에서 기술한 최대 Peak와 부하전력과 일사량 경시 특성의 전국평균치를 이용하여 여름철 전력 Peak 발생일에 있어서 태양광 발전 시스템에 의한 Peak 전력 절감 비율을 산출하기 위하여 사용하는 일사량으로 여름철에 있어서 수평면 일사량과 경사면 일사량의 차이가 근소하므로 태양광 발전 시스템 종합 출력은 단순하게 수평면 일사량이 1kW/m²일 때에 정격 출력으로 하여 계산하였다.

전력 Peak Cut 정도는 삭감에 의한 새로운 수요전력이 Peak로 되는 태양광 발전 시스템의 보급율에 따라 서로 다르다고 생각되기 때문에 보급율을 파라미터로서 변화시키며 그 정도를 검토한 결과 그림 9에서 전력 Peak치에 대한 보급율을 5%로 하였을 경우 적어도 태양광 발전 시스템 종합용량 50% 정도에 상당한 전력을 절감시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

장래 대체에너지 발전으로서 더욱 실용화 보급이 예상되는 소규모 계통 연계형 태양광 발전 시스템을 설치 운영함으로써 여름철 Peak 전력 절감효과를 기대할 수 있다는 것을 명확하게 하기 위하여 기상자료 및 최대 전력 발생 실적 자료를 갖고 전국적 범위에서 보았을 때의 종합적 Peak 전력 절감 효과 및 양에 대해서 평가하였다.

그 결과 Peak 전력이 클 경우에 1일 얻어질 수 있는 일사량은 전국 평균에서 적어도 일 최대의 60~70%이며 시스템을 보급하여 운전할 경우 적어도 태양광 발전 시스템 종합설비 가능 용량의 50% 정도까지 가능하다. 앞으로 구체적인 기상자료 및 전력자료를 참고하여 여러가지 상황변화에 대해서도 검토 분석하고자 하며 축전지 설치의 경우에 대해서도 검토하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 하계 냉방 부하특성 분석 : 한전기술연구원 연구보고서 KRC - 90E - S02, 1990.
2. 국내의 일사량의 평가 및 데이터 표준화 연구 : 한국에너지기술연구소 KE - 92055G, 1992.
3. F.Lasnier : Solar Photovoltaic Handbook, Energy Technology Div, p.415, 1992.
4. M.A.Green, Solar Cell, Prentice-Hall Inc, p.76, 1992.
5. Five Year Research Plan (1987-1991), Photovoltaic : USA's Energy Opportunity, DOE/CI 10093-7, p.2, 1989.
6. F.Harashima, "Microprocessor-Controlled SIT Inverter for Solar EnergySystem", IEEE, IECON, 85-643, 1985.

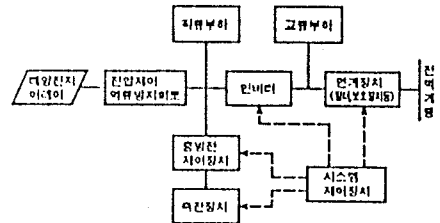


그림 1 태양광 발전 시스템의 일반적 구성

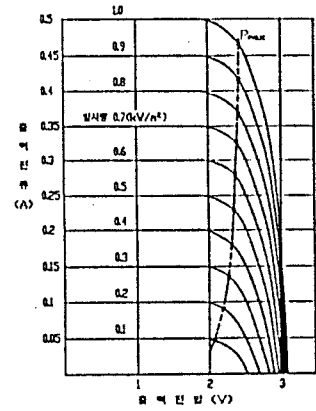


그림 2 일사량에 의한 태양전지 I-V 특성 변화

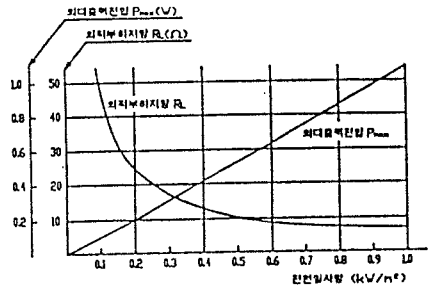


그림 3 일사량과 최대 출력 전력과의 관계

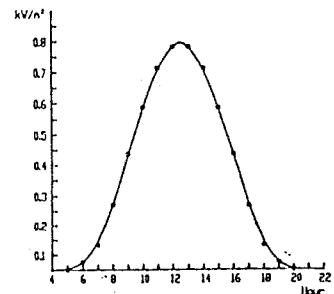


그림 4 월평균 시간별 일사량

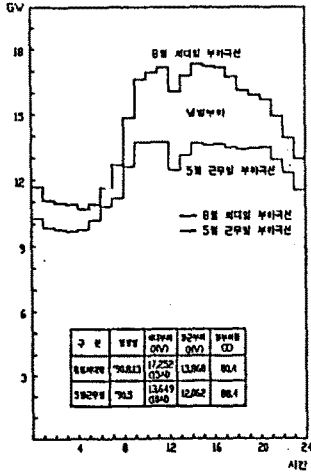


그림 5 부하 최대일 부하 곡선

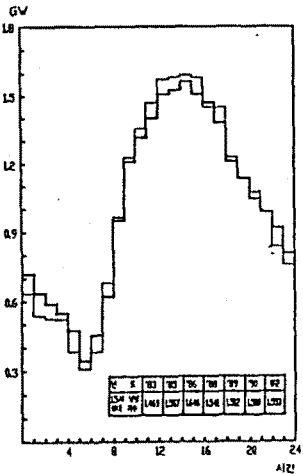


그림 6 최대 부하일의 냉방 부하 곡선

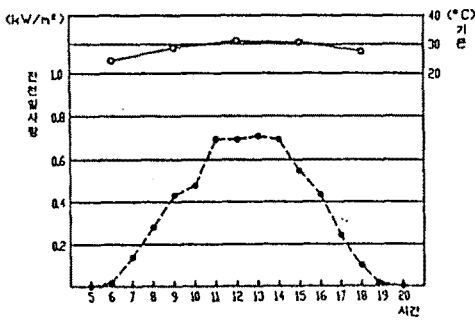


그림 7 발전전력 수요 최대일의 일사량 평균치 (90년 8월)

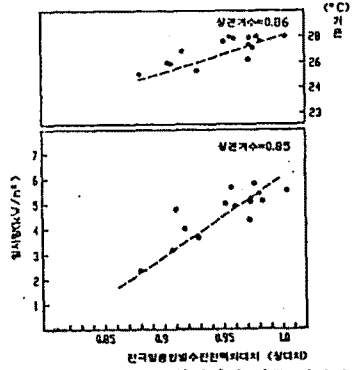


그림 8 하계 Peak 수요 최대일의 평균 일사량 (90년 8월)

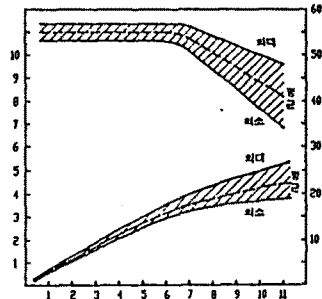


그림 9 PV보급율과 Peak공급 전력의 소비율과의 관계

표 1 각지방의 수평면일사량

(kWh/m² · day)

AVERAGE '82~'91

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	월	연평균	연평균	
대전	2.00	2.77	3.57	4.02	5.00	4.91	3.92	4.20	2.66	2.92	1.99	1.67	4.40	4.41	2.88	2.13
강릉	2.36	2.80	3.55	4.60	5.25	4.59	3.96	3.99	2.57	3.14	2.34	2.04	4.49	4.10	3.02	2.43
서울	2.03	2.79	3.53	4.46	4.76	4.45	3.24	3.75	2.63	3.12	2.06	1.64	4.25	3.85	2.94	2.15
부산	2.34	3.13	3.02	3.01	3.56	3.80	4.11	4.82	4.16	3.30	2.71	3.90	4.86	4.72	3.10	2.89
대구	2.16	2.85	3.60	4.71	5.23	5.03	4.11	4.43	3.82	3.08	2.13	1.77	4.54	4.52	2.69	2.26
인천	2.19	2.82	3.69	4.67	4.78	4.34	4.03	4.53	3.64	3.28	2.19	1.86	4.28	4.28	3.04	2.29
충주	2.35	2.82	3.50	4.33	4.78	4.67	3.95	4.23	3.43	3.36	2.04	1.47	4.10	4.07	2.40	1.84
수원	2.44	2.81	3.57	4.56	5.05	4.67	4.00	4.16	3.43	3.48	2.41	2.20	4.31	4.31	2.60	1.94
대전	2.46	2.82	3.64	4.69	5.03	4.70	4.94	4.14	4.83	3.24	2.41	2.10	4.47	4.25	3.04	2.50
부산	2.15	2.68	3.31	4.64	4.99	4.73	4.06	4.32	3.70	3.26	2.10	1.88	4.37	4.08	2.71	2.10
광주	2.90	2.77	3.71	4.71	5.36	5.04	3.99	4.03	3.80	3.32	2.36	3.86	4.30	4.32	2.77	2.02
부산	2.64	3.15	3.79	4.51	5.02	4.66	4.42	4.50	3.56	3.51	2.69	2.68	4.41	4.40	2.29	2.02
대전	2.31	3.01	4.00	4.90	5.36	4.85	4.33	4.41	4.12	3.71	2.51	1.80	4.78	4.75	3.59	2.43
대구	1.49	2.06	2.77	4.45	5.13	4.77	4.84	4.72	3.71	3.30	2.21	1.99	4.28	4.78	3.11	1.68
강주	2.80	3.26	4.15	4.99	5.29	4.81	4.23	4.68	3.84	3.75	2.81	2.53	4.81	4.59	3.47	2.88
부산	2.37	2.98	3.30	4.99	5.46	4.96	4.42	4.63	4.03	4.11	2.47	2.11	4.41	4.31	2.89	2.11
대전	2.07	2.81	2.47	4.56	5.02	4.88	3.80	4.20	3.75	3.14	2.08	1.74	4.35	4.35	2.99	2.21
평균	2.27	2.80	3.67	4.68	5.11	4.77	4.06	4.30	3.72	3.35	2.33	1.90	4.49	4.40	3.17	2.37

표 2 원평균 시간별 일사량

Location : KYANGJU Latitude : 35 Deg 8 Min(N) (kWh/m² · Hour)

MEM	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVG
1-5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
5-6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.013
6-7	0.00	0.00	0.04	0.12	0.19	0.22	0.21	0.15	0.07	0.01	0.00	0.00	0.084
7-8	0.05	0.11	0.20	0.31	0.38	0.41	0.40	0.34	0.24	0.13	0.06	0.03	0.222
8-9	0.18	0.27	0.39	0.50	0.57	0.59	0.58	0.53	0.43	0.30	0.20	0.15	0.391
9-10	0.32	0.43	0.55	0.67	0.73	0.75	0.73	0.69	0.59	0.46	0.34	0.29	0.546
10-11	0.43	0.55	0.67	0.73	0.84	0.85	0.84	0.80	0.71	0.58	0.45	0.40	0.659
11-12	0.49	0.61	0.74	0.85	0.90	0.91	0.90	0.86	0.78	0.64	0.51	0.46	0.721
12-13	0.49	0.61	0.74	0.85	0.90	0.91	0.90	0.86	0.78	0.64	0.51	0.46	0.721
13-14	0.43	0.55	0.67	0.79	0.84	0.85	0.84	0.80	0.71	0.58	0.45	0.40	0.659
14-15	0.32	0.43	0.55	0.67	0.73	0.75	0.73	0.69	0.59	0.46	0.34	0.29	0.546
15-16	0.18	0.27	0.39	0.50	0.57	0.59	0.58	0.53	0.43	0.30	0.20	0.15	0.391
16-17	0.05	0.11	0.20	0.31	0.38	0.41	0.40	0.34	0.24	0.13	0.06	0.03	0.222
17-18	0.00	0.00	0.04	0.12	0.19	0.22	0.21	0.15	0.07	0.01	0.00	0.00	0.084
18-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.013
19-20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
TOTAL	2.34	3.95	5.18	6.45	7.32	7.60	7.43	6.75	5.64	4.25	3.12	2.66	5.272