

환경적 특성에 따른 30kW 태양광발전시스템 운전에 대한 연구

윤형상*, 하민호**, 박세준**, 차인수**, 임중열***, 윤정필*
 *퓨전정보기술, **동신대학교 신재생에너지실험실, ***남부대학교

Operational Features of 30kW Photovoltaic System Depending on Locational & Seasonal Condition

Hyung-Sang Yoon*, Min-Ho Ha**, Se-Jun Park**, In-Su Cha**,
 Jung-Yeol Lim***, Jeong-Phil Yoon*

*Fusion Information Technology, **Donhshin Univ., ***Nambu Univ.

ABSTRACT

본 논문에서는 본 동신대학교가 위치하고 있는 전남 나주지역의 지속발전 가능한 태양광발전의 운전 및 특성을 모니터링 시스템을 이용하여 데이터를 수집 및 분석하였다. 발전용량은 30kW 계통 연계형이며 수집 데이터는 일별, 월별, 년별로 분석하여 이 지역의 태양광발전시스템의 적용 타당성과 운전 특성을 분석하였다.

1. 태양광발전시스템

태양광발전시스템은 그 구조가 비교적 단순하기 때문에 다른 시스템 방식에 비하여 점검 및 보수가 용이하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 이와는 반대로 태양광발전시스템의 단점은 고가의 초기설비와 외부 환경에 대한 영향이 크다. 그리고 에너지밀도가 희박하여 태양모듈을 설치하는데 있어 넓은 면적의 장소가 필요하며 자연 및 기상조건의 영향이 크다. 그리고 1일 중에서도 빛의 방사 및 도달정도에 따라서 전기의 출력량이 다르다. 또한 태양전지에서 발생하는 전류는 직류이기 때문에 상용전원을 사용하는 부하에 교류전원으로 바뀌어서 공급해주는 인버터가 필수적이다. 또한 출력전력을 축적하는 배터리나 혹은 별도의 발전설비가 필요하다.

그림 1은 광기전력 효과를 이용한 태양전지의 등가회로도이다. 이상적인 경우, 광 투사시의 전압전류특성은

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left(\frac{qV}{nKT} \right) - 1 \right]$$

와 같다. 그러나 실제로는 직렬 저항 R_s 와 병렬저항 R_{sh} 가 가해져 그림 1과 같으므로

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{nKT} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{2}$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 I 는 출력 전류, I_{ph} 는 광전류, I_0 는 다이오드 포화전류, n 은 다이오드상수, K 는 볼츠만 상수이고 q 는 전자 1개의 전하이다. 이를 전압 전류 특성곡선으로 나타내면 그림 2와 같다.^[1]

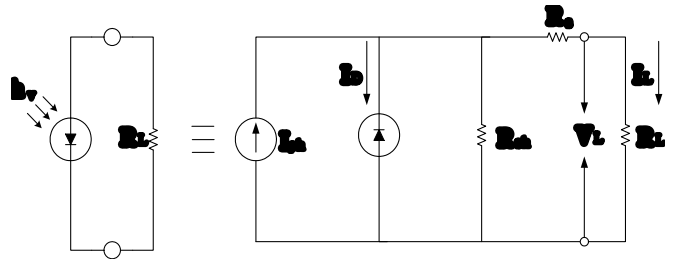


그림 1 태양전지의 등가회로

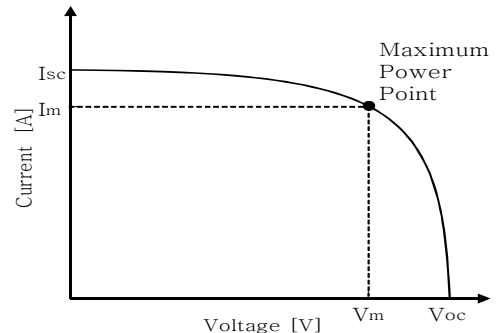


그림 2 태양전지의 전압, 전류 곡선

2. 30kW 태양광발전시스템의 설계



그림 3 시스템 구성

본 논문에서 연구된 시스템의 구성은 상용전원과의 계통 연계형으로서, 표 1과 같은 특성을 갖는 30kW 태양광 어레이와 인버터 그리고 모니터링시스템으로 구성되어 있다.

표 1 주요 부품 사양

부품사양	모듈	인버터 및 모니터링시스템
모델명	SE-S 173WP	PVC-330S
규격	792*1583*34	550*600*1,146
생산자	심포니에너지(주)	(주)헥스파워시스템
생산국	대한민국	KOREA
인증여부	한국에너지기술연구원	에너지관리공단
효율	13.6%	90%이상

태양전지는 효율성을 고려하여 실리콘 계열의 5인치 단결정 태양전지로, 그 프레임은 경량의 냉각 압연강판 또는 경금속 특수 알루미늄 재질을 사용하여 밀봉 처리하여 습기 침투를 방지한 제품을 사용하였다. 그리고 태양광 모듈 단자함 내부에는 바이패스 다이오드를 부착하였다. 태양광 모듈의 세부사항은 다음과 같다.

표 2 태양광모듈 특성 (1kW/m², 25oC)

모듈종류특성	태양광 모듈
정격출력(W)	173±3%
개방전압(V)	35.7
단락전류(A)	4.76
정격전압(V)	44.2
정격전류(A)	5.28
외형크기(mm)	1583*792*34
Cell 간격	2mm
Back Sheet 종류	일 반
모듈무게(kg)	16

인버터는 태양광 어레이에서 직류전원을 수전하여 인버터부에서 안정된 교류전원으로 변환하는 인버터 변환장치로, 출력측에는 항상 정전압 정주파수의 교류 전압이 출력되도록 설계되어 전기, 전자장비의 전원으로 사용하기 적합하도록 제작하였고 구성 및 기능은 다음과 같다.

표 3 인버터의 구성 및 기능

항 목	내 용
모델명	PV-C330S
상 수	삼 상
정격 출력 용량	30kW
정격 입력전압	DC 348V
입력전압변동 범위	DC 280V ~ 430V
Topology	PWM Inverter
정격 출력전압	계통선 전압(220/380V)
정격 출력주파수	계통선 주파수(50~60Hz)
출력 주파수 변동률	계통선과 동기운전
출력전류 왜율	정격 부하시 3% 이하
부하의 역률	0.98 이상
과부하 능력	정격부하 110%, 10분
정전시 인버터 정지	600ms이내
제어소자	32bit DSP
파워소자	IGBT
조 작	Key Pad
상태 표시	LCD Graphic Mimic Display
조작메뉴	Automatic Menu
	Manual Menu
	Meters Menu
	Diagnosis Menu
	System Setup Menu
인버터 출력 과전압 보호	RS232/485 Interface
인버터 출력 과전류 보호	Monitoring System

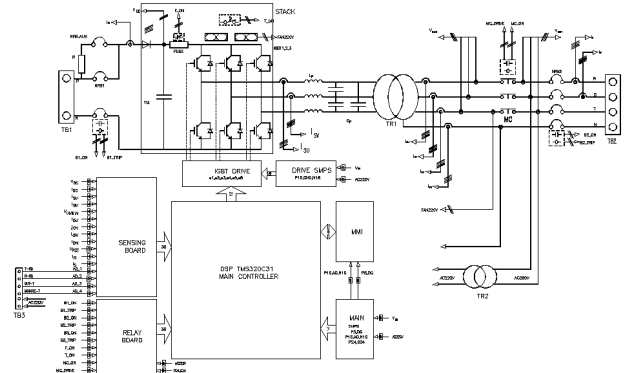


그림 4 인버터 제어 회로도

○ 입력 필터

- 컴퓨터 및 전자장비등의 전자기적 간섭 및 영향을 받지 않도록 전자기 발생이 최소화 되도록 설계, 제작하였다.

○ 역변환부 (INVERTER)

- 본 장치는 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 모듈, 방열판, 각종조립용 부품으로 구성된 고주파 스위칭방식으로 정류부로부터 정류된 직류 전원을 IGBT 모듈에 공급하고 검출 장치로부터 정현파를 검출하여펄스폭 변조(SINE WAVE PWM) 방식의 INVERTER로서 직류 전력을 양질의 안정된 교류전력으로 변환시켜 부하에 전원을 공급하며 본 장치를 보호하기 위해 직류 입력 측에 반도체 보호용 고속 FUSE를 구비하여 제작하였다.

○ 출력변압기 (INVERTER TRANS)*

- 본 변압기는 1차측 권선은 INVERTER에 연결되고 2차측 권선은 출력측과 연결되는 복권 변압기로서 누설리액턴스 성분을 함유하도록 한 특수한 구조로 되어있으며 출력 FILTER기능의 일부를 포함한 방식으로 고주파 성분을 극소화시키며 장비의 효율을 극대화시키도록 제작하였다.

○ 출력 필터부

- 본 장치는 콘덴서와 리액터로 구성되며, 역변환부에서 발생하는 고조파를 최소화하는 기능으로 제작된다. 또한 출력 부하에서 발생하는 역류고조파를 최소로 줄이기 위한 여과 기능을 내장시켰다.

○ 제어회로부

- 본 부분은 논리회로를 구동하기 위한 보조 전원부 및 역변환부의 제어부와 상태표시 경보부, 동기절체 제어부 등으로 구성되며 POWER SUPPLY는 직류를 직접 공급받아 고성능 스위칭방식에 의한 DC/DC CONVERTER 방식을 사용함으로써 절체 또는 가동시 오동작이 배제되고 본 장치 내에서 발생하는 과도전압에도 제어회로가 안정되게 동작되도록 제작하였다.

○ 디지털 디스플레이어 운영만*

- 본 운영 패널은 기기의 원활한 운영을 위하여 전면상단에 설치하여 상태 감시를 용이하게 하며 다양한 기능들이 표시되어야 한다.

○ NOISE FILTER*

- 입, 출력에는 NOISE FILTER가 부착되어 외부에서 유입되는 NOISE를 차단하며 또 내부에서 발생하는 NOISE가 외부에 영향을 주지 않도록 차단한다. 정상운전시의 동작기능은 직류전원을 공급받아 역변환부에 공급하고 역변환부는 자체 발전으로 한전 계통 전원과 동기된 교류로 변환하여

부하에 안정된 교류 전력을 공급한다. 반대로, 장비의 고장 또는 태양광 발전의 발전량이 미약한 경우에는 계통선에서 자동/수동으로 절환 되어 부하에 전력을 공급하게 한다.

표 4 태양광 발전량

30kWp 태양광설비 1년 생산량 =	(kWh/year) (30*4.2hour/day*365)*0.80
	1년=36,288kW
1일(4.2시간)	126kWp/day
월(30일)*0.80	3,024kWp/month
0.80	발전효율

한편, 웹을 기반으로 한 모니터링시스템은 그림 5와 같은 항목들을 실시간으로 감지하여 관리자에게 제공한다. 또한 운전 이상 발생 시 그림 6와 같은 방법으로 이상내용을 통보한다.



그림 5 모니터링시스템 항목

구분	일시	이상 내용	상태
3	2007.11.05 08:23:02	한전계통 지락	발생
2	2007.11.05 07:36:54	태양광지 지전압	해제
1	2007.11.05 07:19:56	한전계통 지락	해제

그림 6 시스템의 상태보고서

3. 태양광발전시스템 운전 데이터 분석

모니터링시스템으로부터 수집된 데이터를 바탕으로 동신대학교가 위치한 나주의 태양광 발전을 위한 기상환경과 태양전지의 출력량, 그리고 인버터의 운전특성을 분석하였다.

표 5 태양광 발전량(2007년 1 ~ 10월)

계절	기상 환경				태양 전 지			인버터					
	일사량 kW/m ²		온도 °C		전압 V	전류 A	발전 전력량 kWh	전압 V	전류 A	주파수 Hz	역률 %	발전 전력량 kWh	누적 전력량 kWh
	수평면	경사면	외부	모듈									
겨울 1월	233	270	7.5	7.3	384	87.6	3258.1	224.7	37.8	59.9	99.5	2961.9	17079.6
봄 4월	-118	-118	-44.9	-64.9	360	97.6	3323	226.4	39.7	59.9	99.5	3020.9	22675.5
여름 7월	-118	-118	-44.9	-64.9	360	108.2	1909	225.2	42.2	59.9	99.5	1735.5	27536.9
가을 10월	-118	-118	-44.9	-64.9	368	98.8	6655.3	226.9	40.7	59.9	99.5	6050.3	33587.2
최소	-118	-118	-44.9	-64.9	344	87.6	0	224.5	37.8	59.9	99.5	0	
최대	269	303	11.1	12	-118	116.2	6655.33	227.1	49.9	59.9	99.5	6050.3	
평균	-4.2	4.3	-28	-41.6	380.9	101.2	2379.6	225.8	41.5	59.9	99.5	2163.3	
합계							21416.45					19469.5	

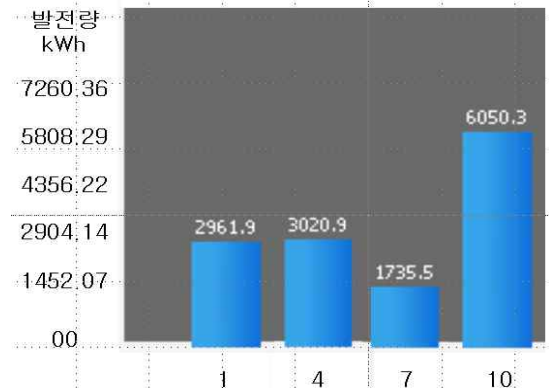


그림 7 계절별 태양광시스템 전력생산량

30kW 태양광발전시스템의 모니터링 결과 동신대학교가 위치한 전라남도 나주시의 태양광 발전을 위한 기상조건은 10월 한 달 전력생산량이 6050.3kWh로 가을이 가장 최적의 조건이었다. 겨울과 봄의 전력생산량은 비슷한 양상을 보이고 있고, 금년의 여름은 긴 장마의 영향으로 정상적인 운전을 저해하는 태양광 발전에 치명적인 요소가 많았다고 사료된다.

4. 결 론

본 동신대학교는 수려한 친환경적 환경에 사업을 추진하는 일환으로 계통연계형 30kW 태양광발전시스템을 도서관의 옥상에 설치였다. 또한 교육기관 및 국제회의를 자주 열리는 만큼 가장 합당한 태양광발전의 대외적인 홍보 및 에너지의 절감적인 측면에서 태양광발전 사업을 계획하게 되었다. 친환경의 보전 및 태양광발전시스템설비의 특징인 잉여전력을 기저부하로 활용하여 기부하는 태양광발전시스템설비가 담당하고 변동부하는 한국전력의 전월설비가 담당하도록 시스템을 구축하여 태양광발전시스템의 운용 효과의 극대화에 초점을 맞춰 진행하였다.

본 설비의 기대효과와 파급효과로는 자연환경보전과 도서관의 전력수급에 기여함과 동시에 자연친화적 설치환경조성, 효율적 관리 및 운영, 전력의 품질관리 및 효율적인 조직운영관리, 친환경적인 에너지에 대한 지역주민의 교육과 신재생에너지의 보급 및 확대 등에 크게 기여할 것이라고 사료된다.

마지막으로 시스템으로부터 얻어지는 데이터를 바탕으로 하여 분석 및 고찰함으로써 이 지역의 활용 가능한 타 발전방식(바이오, 풍력 및 소수력 등)과 비교 분석하여 이 지역에 대한 태양광발전의 타당성과 미래의 신재생에너지로의 도약에 크게 이바지 할 것으로 예측된다.

이 논문은 동신대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었슴

참 고 문 헌

[1] 박세준 외 5인, “독립형 소형 태양광/풍력 복합발전시스템의 출력안정화를 위한 보조 전력보상장치에 관한 연구”, 한국 태양에너지학회 논문집, VOL. 24. 2004. NO. 3, ISSN 1598-6411, pp 47-54, 2004