

# 30kW PVIB의 설계 및 구동특성에 관한 연구

박세준\*, 윤정필\*, 최홍준\*\*, 신영식\*\*, 차인수\*\*, 김동묵\*\*, 임중열\*\*\*

\*동신대학교 대학원 전기전자공학과(ssejoo@nate.com), \*\*동신대학교 수소에너지학과(ischa@dsu.ac.kr),  
\*\*\*남부대학교 컴퓨터전기정보과(jylim@nambu.ac.kr)

## A Study for Design and Operational Features of Grid-Connected 30kW PVIB

Park, Se-Joon\*, Yoon, Jeong-Phil\*, Choi, Hong-Jun\*\*, Shin, Yeong-Shik\*\*  
Cha, In-Su\*\*, Kim, Dong-Mook\*\*, Lim, Jung-Yeol\*\*\*\*

\*Dept. of Electrical & Electronics Eng., Dongshin University(ssejoo@nate.com),

\*\*Dept. of Hydrogen & Fuel Cell Tech. Dongshin University(ischa@dsu.ac.kr),

\*\*\*Dept. of Computer Electrical Information, Nambu University(jylim@nambu.ac.kr)

### Abstract

---

A PVIB(Photovoltaic in Building) system is united by a constituent outer covering and can expect dual effects that reduce expenses for the establishment of a PV system. It is a profitable technology because it does not need a building as it is a stand alone PV system.

This paper presents design, operational features analysis, and PCS(Power Conditioning System) of grid-connected 30kW PVIB set up on the library of Dongshin University. For a sustainable photovoltaic system in this area, the data of the PVIB system are collected and analyzed by monitoring system using LabView. PCS of the grid-connected PVIB system, also, is designed for optimal operation with characteristics suggested in this paper.

Keywords : 신재생에너지(New & Renewable Energy), 건물일체형 태양광발전시스템(Photovoltaic In Building), 전력변환장치(Power conversion system), 모니터링시스템(Monitoring system)

---

### 1. 서 론

지속적인 경제성장을 위해 필요한 화석에너지의 고갈과 국가 정세에 따른 에너지공급의 불안정성을 극복하기 위해 장기적인 에너지 수급정책의 수립과 신재생에너지 개발이 절실히 필요하다. 이미 유럽이나 미국 등 선

진국과 브라질, 중국 등 후발개도국들이 고유가 및 기후변화 협약에 대비하기 위해 다양한 친환경적 대체연료 개발에 박차를 가하고 있어, 화석에너지의 수입 의존 비율이 높은 우리나라에서는 그 필요성이 더욱 절실하다고 할 수 있다. 또한 2011년까지 총 1차 에너지 중 신재생에너지 공급비중을 5%까지 늘리려는 정부의 신재생에너지 개발 보급 추진 계획에 따라, 21세기 새로운 산업으로 부

각된 태양광발전산업의 기술개발과 보급 확대를 위한 하드웨어 및 소프트웨어의 기술개발이 요구되고 있는 상황이다.

태양광발전산업은 기존의 반도체, 소재, 전기 전자, 건축, 엔지니어링, 화학 산업의 핵심 부분과 직접적인 연관성을 가지고 있고, 최근 주목받고 있는 디스플레이 분야와도 밀접한 분야로서 기술개발에 정부의 적극적인 개입과 관련 학회 및 전문가 그룹의 노력 여하에 따라서는 충분히 선진국과 어깨를 같이할 수 있는 기술이기 때문에 국가적 차원에서 21세기의 신 제조 산업으로의 기술개발이 필요하다. 기후변화협약 등 전 세계적으로 각종 대기환경 관련 규제의 대두와 함께 지속 가능한 에너지원의 개발에 대한 인식이 고조됨에 따라 태양에너지를 필두로 환경 친화적인 재생가능에너지의 대량보급이 크게 확산될 것으로 전망되고 있다[1].

태양광발전(PV : Photovoltaic)은 특별한 유지관리, 공해 및 재료의 부식 없이 간단하게 태양광원을 이용하여 전기를 생산하는 기술로 다양한 응용분야가 있지만, 그 중에서도 특히 PV 모듈을 건축과 일체시키는 건물 통합형 태양광발전(PVIB : Photovoltaic in Building)에 대한 기술개발이 전 세계적으로 급속히 확산되고 있다[2].

## 2. 본 론

### 2.1 계통연계형 30kW PVIB의 구성

본 논문에서 연구된 시스템의 구성은 상용 전원과의 계통 연계형으로서, 표 1과 같은 특성을 갖는 태양광 모듈 180개를 9직렬X20 병렬로 결선하여 30kW 태양광 어레이를 구성하였고, 인버터와 모니터링시스템 등으로 구성되었다. 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 바이패

스 다이오드를 부착하였다. 태양광 모듈의 세부사항은 다음 표와 같다.

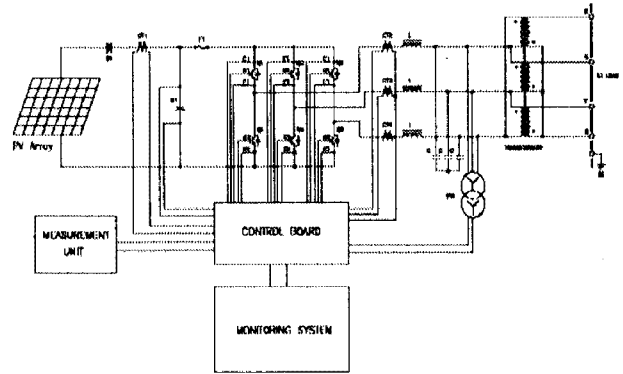


그림 1. PVIB시스템 계통도

표 1. 태양광모듈 특성 (1kW/m<sup>2</sup>, 25 CENTIGRADE)

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

### 2.2 전력변환장치(PCS)의 구성 및 특성

인버터는 태양광 어레이에서 직류전원을 수전하여 인버터부에서 안정된 교류전원으로 변환하는 전력변환장치(PCS)로, 출력측에는 항상 정전압 정주파수의 교류 전압이 출력되도록 설계되어 전기, 전자장비의 전원으로 사용하기 적합하도록 제작하였고 구성 및 기능은 표 2와 같다.

표 2. 인버터의 구성 및 기능

항 목	내 용
모델명	PV-C330S
상 수	삼 상
정격 출력 용량	30kW
정격입력전압	DC 348V

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

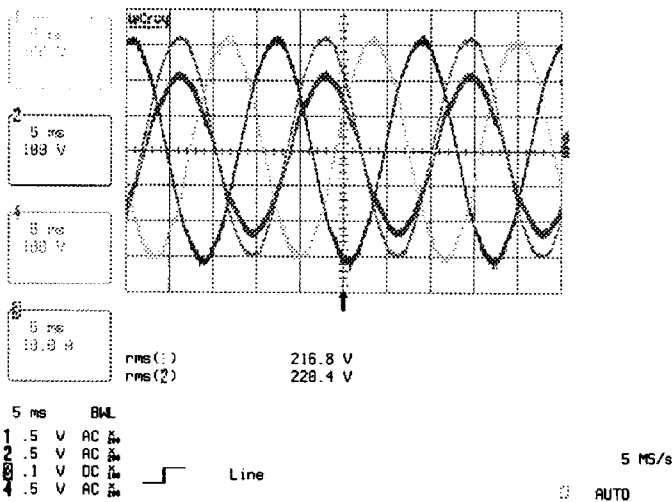
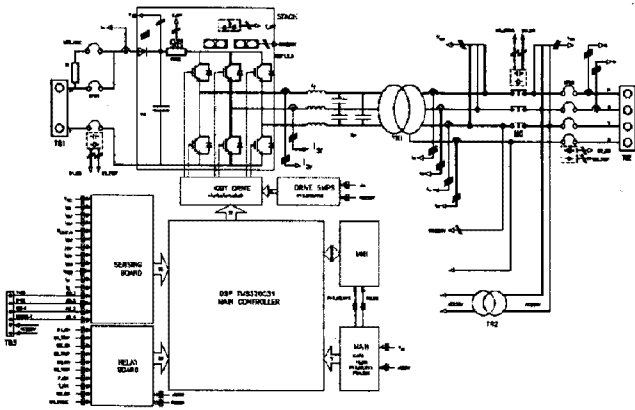


그림 2. 인버터 제어 회로도 및 3상 출력 전압/전류

본 30kW 태양광발전시스템에 적용된 인버터는 다음과 같은 특징으로 설계되었다.

- 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, 각종 조립용 부품으로 구성된 고주파 스위칭 방식으로 정류부로부터 정류된 직류 전원을 IGBT 모듈에 공급하고 검출 장치로부터 정현파를 검출하여 펄스폭 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 여파 기능을 내장시켰다.
- 제어회로부
  - 본 부분은 논리회로를 구동하기 위한 보조 전원부 및 역변환부의 제어부와 상태표시 정보부, 동기절체 제어부 등으로 구성되며 POWER SUPPLY는 직류를 직접 공급받아 고성능 스위칭방식에 의한 DC/DC CONVERTER 방식을 사

용함으로써 절체 또는 가동시 오동작이 배제되고 본 장치 내에서 발생하는 과도전압에도 제어회로가 안정되게 동작 되도록 제작하였다.

○ 디지털 디스플레이어 운영반

- 본 운영 판넬은 기기의 원활한 운영을 위하여 전면상단에 설치하여 상태 감시를 용이하게 하며 다양한 기능들이 표시 되어야 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 전환 되어 부하에 전력을 공급하게 한다.

그림 3은 태양전지의 특성 모니터링을 위한 블록도이며, 그림 4는 실시간 모니터링(오후 4시경) 트렌드 화면이다. 이론상 320.4[V], 95.2[A]가 산출되었지만, 모니터링에 의한 실측 데이터는 312[V], 75.3[A], 그리고 23.6kW가 측정되었다. 이것은 실측값이 이론상 값의 약 73%에 해당하는 것으로 실측일이 12월 겨울인 점과 기상조건이 좋지 않다는 점을 감안하면 PVIB 시스템이 안정적으로 설계되어 있음을 알 수 있다. 또한 그림 5는 PV어레이, 인버터 및 계통의 실시간 상태와 보고서로서, 사용자가 편하게 접근할 수 있도록 사용자 인터페이스를 간소화하여 비전공자도 손쉽게 비교하고 문제점을 찾을 수 있도록 하였다. 또한 데이터베이스화된 데이터를 그래프로 표현하여 시스템을 분석하는데 용

이하도록 하였다. 특징으로는 기존에는 시스템 구동 이상 시 시스템 전체를 확인하여 문제를 해결해야 하므로 관리에 소요되는 시간과 비용이 큰 반면, 본 모니터링 시스템은 문제가 발생하는 부분과 그 이유를 찾을 수 있게 관리자로 하여금 실시간으로 인터넷을 통한 발전현황 확인이 가능하도록 설계하여, 효율적이고 경제적인 유지 및 보수가 가능하다는 이점을 갖고 있다.

그림 6은 2007년 1년간에 걸쳐 수집된 PVIB시스템의 모니터링시스템 결과를 보여주고 있다. 결과치를 분석해 보면, 5월 한 달의 발전량이 4379.6kW를 기록함으로써 최고치를 나타낸 반면, 11월달의 발전량은 592.4kW를 기록하여 최저치를 보였다. 11월 달 발전량(592.4kW)은의 이상적인 발전 환경 하에서 본 태양광발전시스템(30kW)의 약 2일 정도의 발전량임을 짐작할 수 있는데, 그 이유는 태양광발전이 기상상태에 따라 크게 영향을 받는 건 사실이지만, 여기서 도출된 문제점은 발전을 위한 기상환경보다는 한전계통 지락 또는 태양전지 저전압 현상에 따른 빈번한 인버터 ON/OFF 오작동 등에 의해 시스템 동작에 있어 악영향을 미친다는 것이다. 또한 모니터링시스템의 구축에 필요한 일사량계 및 온도계 등은 외부에 설치하기 때문에 잦은 고장이 날 수 있으므로 정확한 데이터를 추출하기 위해서는 그 장치들에 대한 각별한 주의가 요구된다.

결론적으로 태양광 발전시스템은 이상적인 발전을 위한 기상상태도 중요하지만 근본적으로 시스템의 주변장치(한전과의 계통 설비, 인버터 및 데이터수집장치)의 신뢰성 확보가 더욱 중요하다고 사료되며, 그에 대한 연구와 원천기술 확보가 절실하다. 더욱이 태양광발전분야에서 각광받고 있는 분산전원방식을 고려한다면 시스템을 비롯한 그 주변장치의 중요성은 더욱 크다고 할 수 있다.

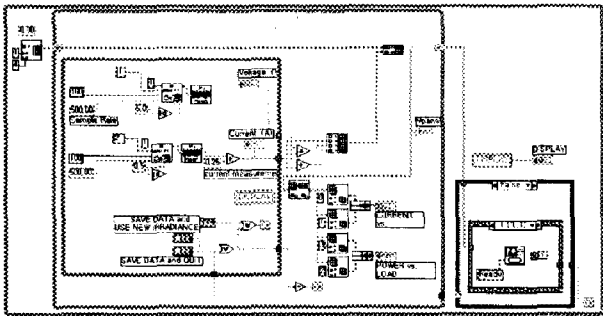


그림 3. PV 어레이 모니터링 블록도

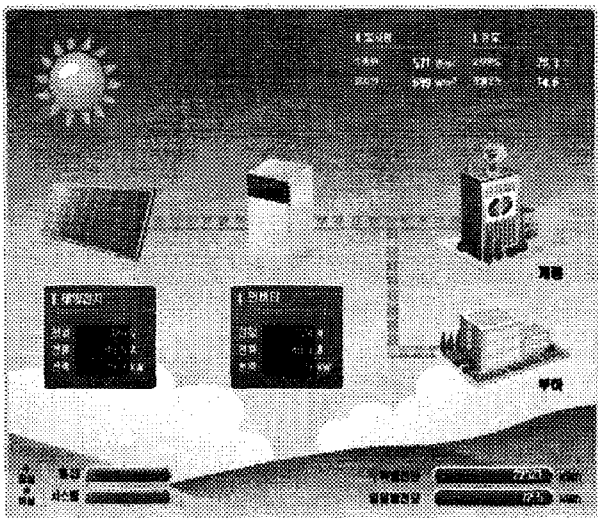


그림 4. 원격모니터링 트렌드 화면



그림 5. 실시간 상태와 상태 보고서

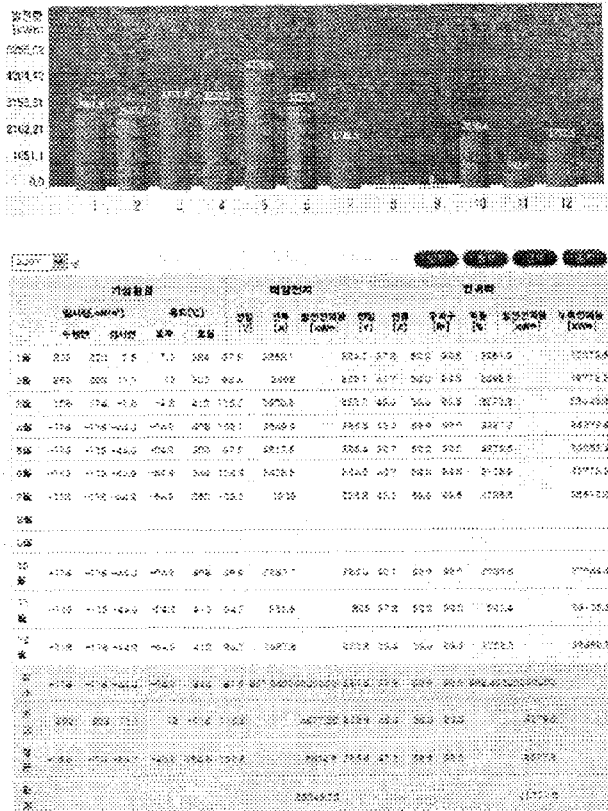


그림 6. PVIB시스템 발전현황(2007년)

### 5. 결론

본 동신대학교는 수려한 친환경적 환경에 사업을 추진하는 일환으로 계통연계형 30kW 태양광발전시스템을 도서관의 옥상에 설치하였다. 또한 교육기관 및 국제회의가 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 전원설비가 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 조직 운영관리, 친환경적인 에너지에 대한 지역주민의 교육과 신재생에너지의 보급 및 확대 등에 크게 기여할 것이라고 사료된다. 앞으로 시스템으로부터 얻어지는 데이터를 바탕으로 하여 분석 및 고찰함으로써 이 지역의 활용 가능한 타 발전방식(바이오, 풍력 및 소수력 등)과 비교 분석하고, 이 지역에 대한 태양광 발전의 타당성과 미래의 신재생에너지로의 도약, 그리고 혁신도시의 에너지클러스터 구축에 대하여 이바지 할 것으로 예측된다.

## 후 기

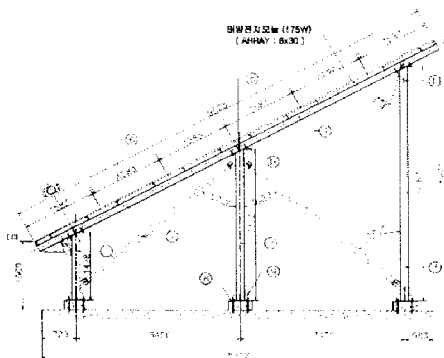
본 논문은 동신대학교의 연구비 지원에 연구되었음

## 참 고 문 헌

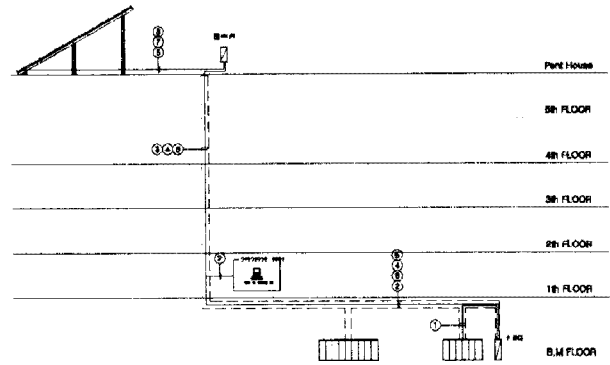
1. 유권중 외, “MW급 분산·집중배치형 태양광발전시스템 실용화기술 개발”, 한국에너지기술연구원 보고서, R-2004-1-143, 산업자원부, 2006
2. 윤종호 외, “건물통합형 태양광발전(BIPV) 시스템의 설계요소 및 접근방법”, 태양광발전기술세미나, 2001

## 부 록

### 태양전지어레이 지지대



### 태양광발전시스템의 개략도 및 평면도(중앙도서관 옥상)



### 태양광발전시스템 전경도 (동신대학교 중앙도서관)

