

## 독립형 주택용 태양광 발전시스템의 설계 및 운전평가

안교상, 서혜경, 임희천, 김신섭\*  
한전 전력연구원, 헥스파워시스템(주)\*

### Design and Evaluation of stand alone PV power system for the residential application

Ahn Kyo-Sang, Seo Hai-kyung, Lim Hee-Chun, Kim Sin-Sup  
KEPRI-KEPCO, Hex Power System Ltd.\*

**Abstract** - 본 논문에서는 상용전력 계통이 어떠한 이유에 의하여 전력공급이 중단 되었을 때 최소의 전력공급을 위하여 독립형 시스템과 연계형 시스템을 일체화 한 독립·연계형 겸용시스템의 적용 가능성을 도출하기 위하여, 설계·제작 하였다. 독립모드에서 부하는 저항부하를 사용하였으며, 300W, 600W, 900W, 1,200W의 부하시 전력품질을 측정하였으며, 1,200W의 부하시에 전압/전류 의율은 5.23% / 5.41%로 부하에 따라 변화하였으며, 연계형 시스템과 달리 전압 의율이 부하증가에 따라 증가하는 특성을 보여 주었다.

### 1. 서 론

무한하고 깨끗한 대체에너지원인 태양에너지를 이용한 태양광 발전방식은 인공위성, 산간벽지, 도서지역, 통신 및 계측전원 등 상용전력계통이 존재하지 않는 소규모 전원 시스템 개발을 위하여 사용되어 왔다. 그러나 최근의 태양전지를 비롯한 시스템의 저가격화 및 변환 효율 개선이 진전됨에 따라 본격적인 전력 시스템으로 실용화 보급이 확대되는 추세에 있다.

태양광 발전시스템은 대체에너지원 중에서 가장 실용화에 가깝고 운전 및 유지보수가 용이하며, 태양전지 모듈화가 가능하여 용량의 신축성이 있으며, 태양에너지를 이용하는 것으로 무한의 에너지를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점으로 인해 태양광 발전은 화석연료 고갈에 대처할 수 있는 대체에너지원으로 각광을 받고 있으며, 최근 문제되고 있는 지구환경문제 해결에도 부합할 수 있는 특징을 갖고 있다.

태양광 발전시스템은 독립형 발전시스템과 계통연계형 발전시스템으로 분류할 수 있으며, 독립형 시스템은 도서지역, 산간 오지등과 같이 상용전력 계통망의 접근이 어려운 곳에 사용하며, 연계형 시스템은 상용 전력 계통망에 접속하여 분산 전원으로서 역할을 하고 있다.

본 논문에서는 독립·연계형 겸용 시스템의 설계와 특성에 관하여 논하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 독립·연계형 겸용 인버터의 설계

주택용 태양광 발전시스템의 운전 평가를 위한 인버터의 시작품 제작을 위하여 3 kW급 태양광발전 독립·연계형 겸용 인버터를 설계하였다.

##### 2.1.1. 태양광발전 계통연계형 인버터의 구성.

태양광발전용 독립·연계형 겸용 인버터의 Hard

-ware 구성은 그림 2.1에 나타내었으며, 인버터의 구성은 태양전지 셀로부터 직류전원을 안전하게 공급받도록 구성된 입력부, 직류전압을 교류전압으로 변환하는 Power Stage, 절연 및 전압의 크기를 변환하는 변압기, 계통선에 안전하게 전력을 공급하는 계통연계 출력부와 독립 운전시 부하로 전력을 공급하는 독립운전 출력부, 각 부분을 제어하기 위한 주제어기판, 각종 신호를 감지하고 보호 동작을 위한 점점 출력을 발생하는 센싱 및 Relay 기판, 시스템에 필요한 DC 전원을 공급하기 위한 보조전원 및 IGBT를 적절히 구동하기 위한 보조전원 및 IGBT 구동회로 기판, 각종 표시 및 설정/제어를 위한 Display 및 Key-Pad부 등으로 구성된다.

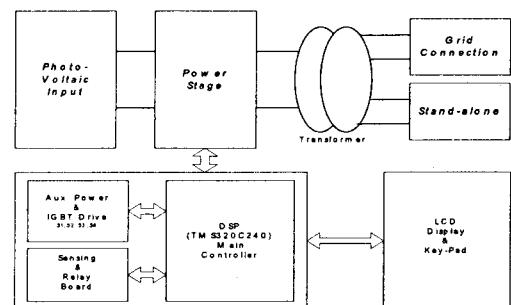


그림 2.1 독립·연계형 겸용 인버터 구성도.

3 kW급 태양광발전용 독립·연계형 겸용 인버터의 전력회로도를 그림 2.2에 나타내었다.

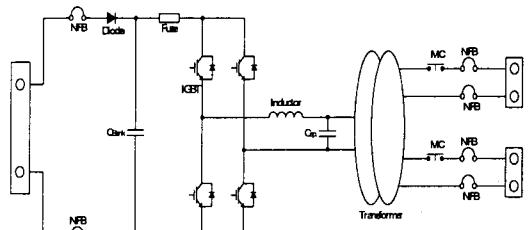


그림 2.2. 독립연계형 겸용 인버터 전력회로도.

인버터 전력회로로 부는 태양전지로의 역류를 방지하기 위한 Diode가 구성되었고, 입력전압의 안정화를 위한 입력단 커��시터 CBANK, Power Stage 이상시 보호 및 안전을 위한 Fuse, 4개의 IGBT를 이용하여 단상 Full-Bridge로 구성된 DC-AC 변환부, AC출력의 Filtering을 위하여 Inductor와 Capacitor로 구성된

Filter부, 절연 및 전압 보정을 위한 Transformer, 독립·연계형 각각의 출력단에 대하여 출력단의 연결을 제어하기 위한 M/C, 입·출력 단을 수동으로 연결하기 위한 NFB를 구성하였다.

### 2.1.2. 독립·연계형 겸용 인버터의 설계 규격.

태양광발전용 독립·연계형 겸용 인버터의 설계 규격은 표 2.1~표 2.3와 같다.

표 2.1 공통 설계 규격

구분	항 목	내 용
시스템 구성	출력 상수	단상
	입력 제어방식	MPPT
	인버터 제어방식	PWM Inverter
	스위칭 소자	IGBT
태양전지 (1cell)	개방전압	21.5 V <sub>DC</sub>
	최대 출력전압	17.4 V <sub>DC</sub>
	최저 동작전압	14 V <sub>DC</sub>
	용량	53 W
태양전지 입력전압	태양전지 직렬개수	20 ea
	정격전압	330 V <sub>DC</sub>
	전압변동범위	280~380 V <sub>DC</sub>
	절연 내압	1,500V <sub>AC</sub> , 1min, 5mA
환경 및 기구	절연 저항	500 V <sub>DC</sub> , 5MΩ 이상
	소음	50 dB이하
	냉각방식	강제 공냉식
	외형	259×400×410 mm
	무게	45 kg 이하

표 2.2 연계 운전 규격.

항 목	규격
정격 출력용량	3 kW
정격 출력전압	계통선 전압 220 Vac
계통 전압변동율	±10% 이내
정격출력 주파수	계통선 주파수 60Hz
정격출력 주파수 변동	계통선 주파수와 동기
계통 주파수 변동율	±3 Hz 이내
출력단 전류파형 왜곡률	3% 이하
효율	90%이상
역률	98%이상
과부하량	110%

표 2.3 독립 운전 규격.

항 목	규격	비 고
정격 출력용량	3 kW	
정격 출력전압	220 Vac	
정격전압 전압변동율	±1.5% 이내	
정격출력 주파수	60 Hz	
정격주파수 변동율	±1% 이내	
주파수 이상	60Hz±2Hz 이상시	
과도 응답	부하 급변	정격 출력전압 ±5%
	입력전압변동	정격 출력전압 ±2%
	안정시간	±10%
	효율	3 Cycle 이내
	역률	90%이상
	출력단 전류파형 왜곡률	정격부하시
과부하량	98 %이상	
	3% 이하	
	110%, 10분	

### 2.2 3 kW급 독립·연계형 겸용 인버터의 동작 특성.

### 2.2 독립·연계형 겸용 인버터의 동작 특성

3 kW급 태양광발전용 독립·연계형 겸용 인버터 시제작품의 동작상태를 알 수 있는 주요 부분의 동작 파형을 나타내었다. 계통연계 운전시의 동작은 계통연계형의 동작 특성과 동일하다. 그림 2.3은 독립운전 모드에서 무 부하로 동작할 때의 출력전압 및 출력전류의 파형을 측정한 것이고 그림 2.4는 100%의 정격부하로 동작할 때의 출력전압 및 출력전류의 파형을 측정한 것이다.

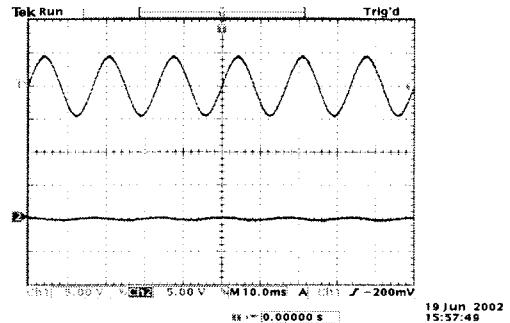


그림 2.3 독립 운전 모드 출력파형(무부하시)

- (a) 출력 전압 파형(333V/div)
- (b) 출력 전류 파형(20A/div)

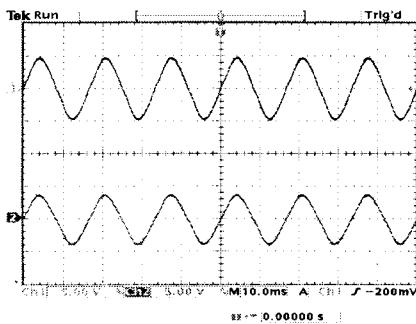


그림 2.4 독립 운전 모드 출력파형(정격 부하시)

- (a) 출력 전압 파형(333V/div)
- (b) 출력 전류 파형(20A/div)

그림 2.5와 그림 2.6은 부하 급변시의 동작파형으로 각각 0%에서 100%와 100%에서 0%로 급변시의 출력전압 및 출력전류의 파형을 측정한 것이다.

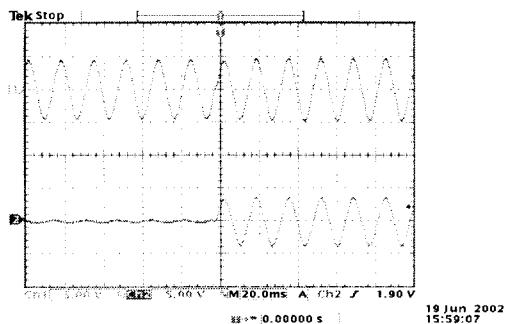


그림 2.5 부하급변 독립운전 출력파형(0→100%)

- (a) 출력 전압 파형(333V/div)
- (b) 출력 전류 파형(20A/div)

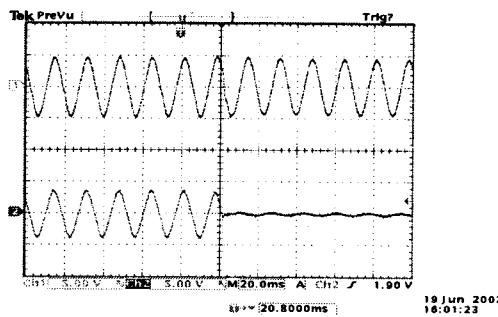


그림 2.6 부하급변 독립운전 출력파형(100→0%)

- (a) 출력 전압 파형(333V/div)
- (b) 출력 전류 파형(20A/div)

### 2.3 3 kW급 독립·연계형 겸용시스템 실증시험

태양광 발전용 독립·연계운전을 위한 겸용 인버터를 사용한 시스템의 운전시험을 수행 하였다. 연계 운전 모드에서의 인버터 입·출력특성과 독립운전 모드에서의 출력 특성 등을 측정하였으며, 그림 2.7부터 그림 2.10에 나타내었다.

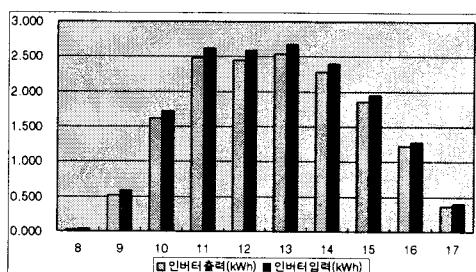


그림 2.7 연계운전 모드 인버터 입출력 특성

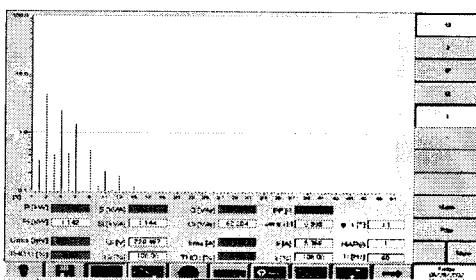


그림 2.8 독립운전 모드 인버터 THD 특성

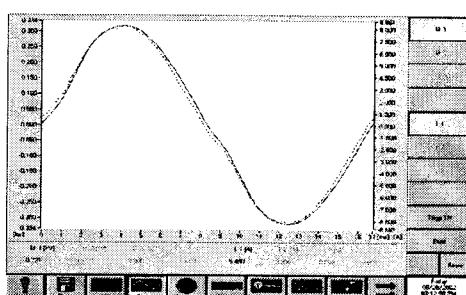


그림 2.9 독립운전 모드 저항부하 특성

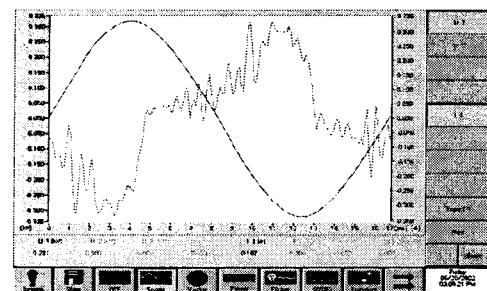


그림 2.10 독립운전 모드 무 부하 특성

### 3. 결 론

태양광발전용 독립·연계형 겸용 시스템의 적용 가능성 검증을 위하여 인버터 설계 및 제작을 하였으며, 운전 시험을 수행하였다.

상용전력 계통이 어떠한 이유에 의하여 전력공급이 중단 되었을 때 최소의 전력공급을 위하여 독립형 시스템과 연계형 시스템을 일체화 한 독립/연계형 겸용시스템의 적용 가능성을 도출하기 위하여, 설계/제작하여 성능특성을 측정하였다.

독립운전 모드에서 부하는 저항부하를 사용하였으며, 300W, 600W, 900W, 1,200W의 부하시 전력품질을 측정하였으며, 1,200W의 부하시에 전압/전류 왜율은 각각 5.23%와 5.41%로 부하특성에 따라 변화하였으며, 연계운전 시스템과 달리 전압 왜율이 부하증가에 따라 증가하였다.

연계형 시스템으로 운전에서는 1.4 kW 출력시 전압/전류 왜율은 1.17%와 3.82%를 나타내고 있어, 연계운전형 시스템과 독립운전형 시스템의 확연한 출력 특성 차이를 볼 수 있었다. 또한, 주택용 3 kW급 독립운전은 태양의 일사 조건과 부하의 조건이 적절히 조화를 이루어야 하는 관계로 소규모 가전제품과 저항 부하를 사용하는 제품 등에 적절히 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Matthew Burresch, "Photovoltaic Energy Systems", McGraw-Hill Book Company, 1993
- [2] France Lasnier and Tony Gan Ang, "Photovoltaic Engineering Handbook", Adam Hilger, 1990.
- [3] 한전기술연구원, "태양광발전 이용기술 연구" 최종보고서, KRC-85G-J05, 1988.
- [4] 한전기술연구원, "낙도전원용 태양광발전시스템의 표준화 연구(Ⅱ)" 연구 보고서, KRC-90G-T12, 1990.
- [5] 한전기술연구원, 도서지역 태양광발전 실용화 적용연구" 최종보고서, KRC-91G-J07, 1993.