

# 10kW급 태양광발전용 고주파링크 계통연계형 인버터의 개발

김영록, 나병훈, 김성환, 손용훈, 김은연,  
 헥스파워시스템(주) 연구소

## Development of 10kW Grid-Connected Photovoltaic Inverter with High Frequency Transformer

Youngroc Kim , Byunghun Ra, Sunghwon Kim , Younhoon Son , Eunyeon Kim,  
 Hex Power System Co., Ltd. R&D Center

### ABSTRACT

국내의 태양광발전용 계통 연계형 삼상 인버터는 대부분 저주파(60Hz) 변압기를 사용하는 절연형 인버터이다. 이 인버터의 경우 무변압기 또는 고주파 변압기 인버터에 비해 회로 및 제어가 간단하다. 하지만 무게나 부피가 상당히 크고, 소형화 하기 어려운 단점이 있다. 무변압기형 인버터의 경우 저주파 절연형 인버터에 비해 무게나 부피가 작고, 소형화 할 수 있으나, 계통과의 전기적 절연이 되지 않는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 태양광발전용 고주파링크 계통 연계형 삼상 인버터 시스템을 개발 하였다.

### 1. 서론

국내에서 제조 생산되고 있는 태양광발전용 계통 연계형 삼상 인버터는 대부분 저주파 변압기를 사용한 절연형 인버터이다. 이 인버터의 경우 회로 및 제어가 간단하고 직류입력과 교류 계통 사이의 전기적 절연이 우수한 반면에 무게나 부피가 상당히 크고, 소형화하기 어려우며 효율이 떨어지는 단점이 있다.

무변압기형 인버터의 경우 무게나 부피가 저주파 절연형 인버터에 비해 작고 가벼우며 높은 효율을 갖는 장점이 있으나 제어 및 시스템의 구성이 복잡해지고 인버터 사고 시에 직류입력과 교류계통과의 절연을 확보하지 못하는 단점이 있다.

고주파변압기를 사용한 계통 연계형 삼상 인버터의 경우 저주파 변압기를 사용한 절연형 인버터에 비해 소형 경량화와 함께 효율을 향상 시킬 수 있으며, 소형의 고주파 변압기를 사용하여 무변압기형 인버터의 문제점인 전기적 절연을 구현 할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 이러한 장점을 가진 인버터를 개발 하고자 10kW급을 단위 모듈로 하는, 태양광발전용 고주파링크 계통연계형 삼상 인버터의 토폴로지와 동작 방법에 대하여 설명하고, 시험을 통해 인버터 개발의 타당성을 검토 하였다.<sup>[4]</sup>

## 2. 고주파변압기형 태양광발전 계통연계형 삼상 인버터 시스템

### 2.1 시스템 구성

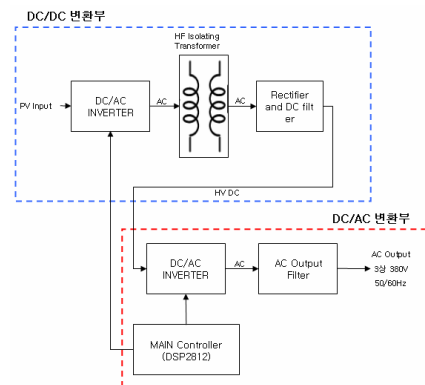


그림 1. 전체 시스템 구성도

전체 시스템은 태양전지부의 직류 레벨을 조절하는 Full Bridge DC/DC 컨버터, 태양전지와 계통을 절연하는 고주파 변압기 및 다이오드 정류회로, 정류된 직류 전력을 교류로 변환하여 계통에 연계하는 인버터, 계통의 이상을 검출하여 연계를 차단하는 M/C, 인버터 상태를 표시하는 HMI와 모니터링 통신부로 구성되어 있다.

표 1. 10kW 계통연계형 인버터 사양 비교

구분	항목	고주파링크형	기존 제품
입력	CPU	TMS320F2812	TMS320C32
	스위칭 주파수	5kHz	10kHz
	최대 개방 전압	450VDC	450VDC
	최대 출력 전압	200V ~ 420V	210V ~ 450V
출력	동작 전압	160V ~ 450V	200V ~ 450V
	상수	3상 3선식	3상 4선식
	방식 (사용소자)	PWM (Discrete IGBT)	PWM (Module IGBT)
	정격 출력 용량	10kW	
	정격 출력 전압	380VAC(+10%/-12%)	
	정격 출력 주파수	60Hz(+0.3%/-0.3%)	
	전류 과형 왜율	5% 이내(정격 출력)	
	효율	93% 이상(정격 출력) 90% 이상(정격 출력)	
	과부하 능력	110%	
기구	출력 역률	0.95 이상	
	소음	50dB 이하(1M 거리)	50dB 이하(1M 거리)
	냉각방식	자연 공냉식	강제 공냉식
	외형치수[mm] (W x D x H)	약 600 x 500 x 300	550 x 600 x 1146
	무게	25kg	220kg

### 2.1.1 DC/DC 컨버터

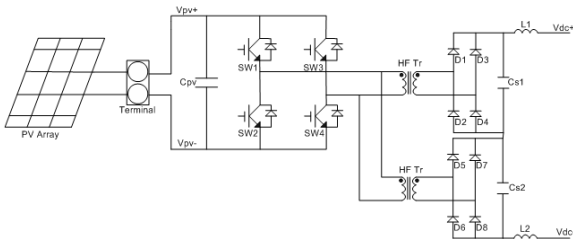


그림 2. DC/DC 컨버터 구성도

컨버터의 동작 전압은 DC 160V~450V이며 최소 입력 전압 160V가 되면 스위칭 주파수 25kHz로 IGBT는 Full Bridge Switching 방식으로 1분간 소프트 스타트를 한다. 이때 발생된 전력은 고주파 변압기에 의해 변환되는데, 고주파 변압기는 5kW 변압기 2개를 이용하여 전력을 변환한다. 이때 변압기의 변환비는 1:2로 한다. 변압기 입력 단은 병렬로 연결하여 전압은 그대로 유지하고 전류를 반으로 감소하며, 출력 단은 직렬로 연결하여 전압을 상승 시킨다.<sup>[1][2]</sup>

### 2.1.2 INVERTER

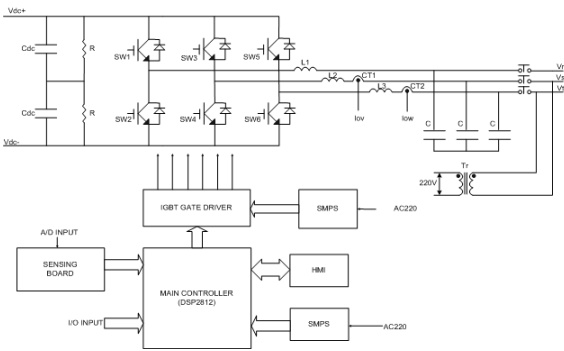


그림 3. 인버터 구성도

인버터는 DC-DC 컨버터로부터 직류전원을 공급받아 교류 전원으로 변환시켜 계통선로에 전력을 공급하게 된다. 본 인버터는 계통 연계형 이므로 계통의 전압 및 주파수를 피드백 받아 동기화 하여 전력을 공급한다. 교류전력 출력 단에는 LC필터회로가 구성된다.

### 2.2 시스템 구동

태양전지로부터 DC 전력을 공급받아 삼상 380V 계통에 연계된다. 따라서 인버터가 계통으로 전력을 공급하기 위해선 DC 링크전압은 최소 537V 이상이어야 한다. 이 입력을 받아 인버터는 PWM(Pulse Width Modulation)방식으로 스위칭 하여 LC필터를 거쳐 교류 전압을 얻게 된다. 인버터 부의 스위칭 주파수는 5kHz이다.

태양전지 전압이 160V 이상이 되면 DC링크 전압을 537V 이상으로 형성시킬 수 있으므로 인버터를 계통에 동기화 한다. 태양전지 전압이 190V 이상이 되고, 전체시스템에 이상이 없을 때 MC가 ON되어 계통에 연계되어 발전을 시작하게 된다.<sup>[3]</sup>

### 2.3. 실험결과



그림 4. 태양광발전용 고주파링크 계통연계형 인버터 Prototype

그림 4는 본 논문에서 제안한 10kW급 태양광발전용 고주파 링크형 계통연계형 인버터 시제품 사진이다.

#### 2.3.1 DC/DC 컨버터 실험결과

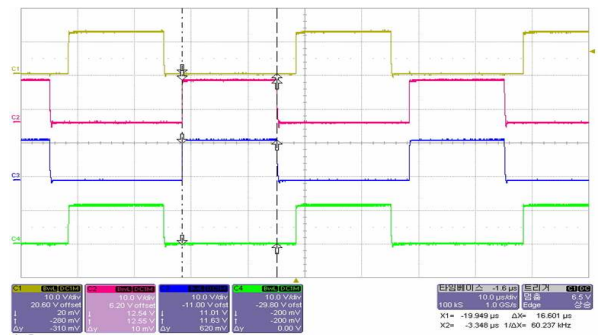


그림 5. 컨버터 IGBT의 Gate 파형

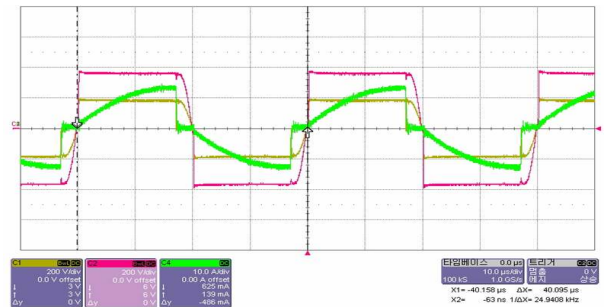


그림 6. 고주파 변압기 1차 측 전압, 2차 전압·전류

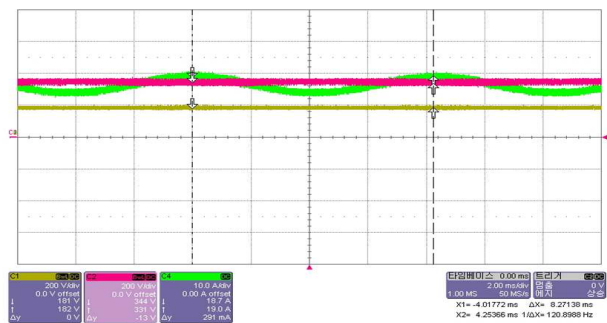


그림 7. 고주파변압기 입력전압, 다이오드 정류기 출력전압·전류

IGBT의 속도와 안정성을 고려하여 Dead-Band를 약 3us로 하여 컨버터를 구동 하였으며, 이때 컨버터의 출력 전압은 약 350V, 출력 전류는 약 14.7A가 되었다. 이때의 입력 전력은 약 10.3kW이다.

### 2.3.2 INVERTER 실험결과

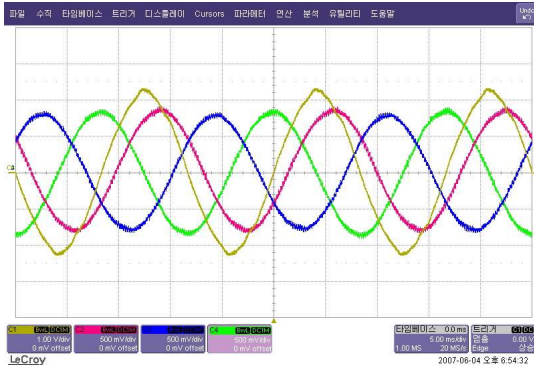


그림 8. 계통 전압과 인버터 출력 전류

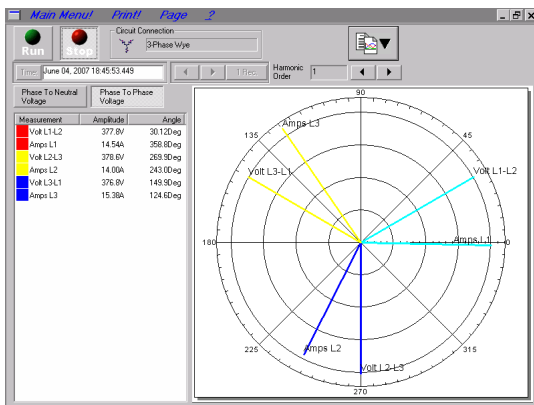


그림 9. 계통 선간 전압(L-L) 및 인버터 출력 전류 벡터도

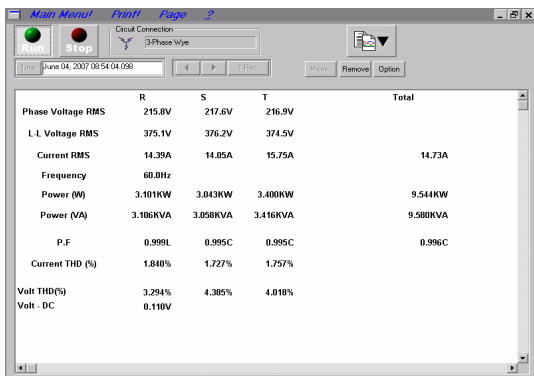


그림 10. 계통전압, 인버터 출력 전류, PF, THD

그림8과 그림9에서 계통의 선간전압(R상)과 인버터의 출력 상 전류(R,S,T상)의 파형 및 벡터도를 확인 할 수 있다. 그림 10 에서와 같이 인버터의 최종 출력은 9.544kW이고, 역률은 99.6%이다. 전류 THD는 약 1.7%로 나타났다.

따라서 인버터의 총 효율은 약 92.7%임을 알 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 태양광발전용 고주파링크 계통 연계형 삼상 인버터 시스템에 관하여 기술 하였다. 이 시스템은 태양전지의 전력을 교류전력으로 바꾸고 교류 계통과 연계가 가능하게 하는 인버터이며, 태양전지와 계통 사이의 절연을 고주파 변압기로 실현하여 기존의 저주파 변압기형 인버터 시스템에 비해 부피는와 무게는 약 70% 감소가 예상되며, 무변압기형 인버터에 비해 더 큰 안정성을 확보 할 수 있다.

향후 PWM스위칭 방식 및 제어 알고리즘의 개선을 통한 인버터의 효율을 증대 시키는 연구를 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Nasser H. Kutkut, "An Improved Full-Bridge Zero-Voltage Switching PWM Converter Using a Two-Inductor Rectifier", IEEE Trans. Industry Application, vol. 31, no. 1, pp. 119-126, Jan. 1995
- [2] Yungtaek Jang, "A New PWM ZVS Full-Bridge Converter", IEEE Trans. Power Electron., Vol. 22, no. 3, pp. 987-993, May. 2007
- [3] Dehong Xu, "A Zero Voltage Switching SVM(ZVS-SVM) Controlled Three-Phase Boost Rectifier", IEEE Trans. Power Electron., Vol. 22, no. 3, pp. 978-985, May. 2007
- [4] 문준선 외 3인, "3kW 무변압기 계통연계 태양광발전용 인버터 개발", 전력전자학회 논문집 2005. 07