

# SiC를 적용한 단상 3-레벨 태양광 인버터

신민기, 김한구, 김지수, 반충환, 임승범  
(주)이온

## Single Phase 3-Level PV Inverter Using SiC

Min-Ki Shin, Han-Goo Kim, Ji-Su Kim, Chung-Hwan Ban, Seung-Beom Lim  
EON

### ABSTRACT

본 논문은 가정용 단상 5kW급 계통 연계형 태양광 인버터로 3-레벨 단방향 DC/DC 승압형 컨버터와 3-레벨 NPC 타입의 단상 인버터로 구성되며 고효율을 달성하기 위해 컨버터와 인버터는 SiC 소자를 적용하였으며 컨버터는 인터리브드 구조로 되어있다. DC Link의 120Hz 리플에 대하여 태양광 모듈의 전압과 전류에 영향을 최소화하기 위해 컨버터의 전류제어기에 공진제어기를 추가하여 120Hz에 대한 리플을 감소시키는 것으로 실험을 통해 검증하였다.

### 1. 서론

환경적인 이슈로 신재생 에너지 보급이 증가하고 효율적인 에너지 사용을 위한 고효율, 고밀도화 전력변환장치의 연구가 전 세계적으로 이뤄지고 있다. 본 논문에서는 고효율을 위한 계통연계형 태양광 인버터 시스템을 제작하기 위하여 Si 계열 소자 비헤 고효율, 고출력밀도 등 여러 장점을 갖는 와이드 밴드갭 소자 기반의 전력반도체 스위칭 소자인 SiC(Silicon Carbide) MOSFET을 적용하여 설계하였다. 또한 인버터의 사용으로 인하여 DC Link 전압에 120Hz 리플전압이 발생하게 되는데 이는 계통 전류의 왜곡을 증가시킴으로써 고효율 달성 및 THD의 방해요소가 되며, 태양광 모듈에도 영향을 주며 이는 태양광 패널의 최대 전력 추종 기법의 성능을 저하시킬 수 있다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서는 공진제어기를 사용하여 태양광 모듈의 전압과 전류 리플을 감소시키는 기법을 제안한다. 리플을 감소시킴으로써 발전전력의 리플량도 감소되며 최대전력점추종(Maximum Power Point Tracking, MPPT)제어를 효율적으로 할 수 있으므로 고효율 달성에 도움이 된다. 제안된 기법에 대하여 실험을 통해 검증하였다.

### 2. 5kW급 계통연계형 태양광 인버터 시스템

#### 2.1 계통연계형 태양광 인버터 시스템의 회로 구조

그림 1은 계통연계형 태양광 인버터 시스템 회로 구조이다. DC/DC 컨버터는 단방향 3-레벨 부스트 컨버터이며 3상 인터리브드 방식으로 구성되어 있으며, DC/AC 인버터는 3-레벨 NPC Type의 토폴로지로 구성되어 있다. 인버터의 고조파를

저감하기 위해 LC 필터로 구성되어있다.

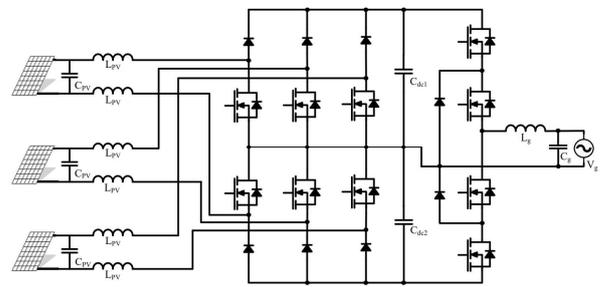


그림 1 단상 계통 연계형 태양광 인버터의 회로  
Fig. 1 Single-phase Grid-connected PV Inverter

#### 2.2 계통연계형 태양광 인버터 시스템 제어

그림 2는 시스템의 제어 블록도이며 단상 인버터의 경우 이중루프로 제어기로 DC Link 전압을 제어하기 위한 전압제어기(PI)와 인덕터 전류를 제어하기 위한 전류제어기(PR), DC Link 불평형을 제어하기 위한 전압제어기(PI)로 구성되어 있다. 단방향 DC/DC 승압형 컨버터의 제어는 최대전력점을 추종하기 위한 MPPT 제어기와 태양광 모듈의 전압을 제어하기 위한 전압제어기(PI), 전류를 제어하기 위한 전류제어기(PI)를 구성되어 있으며 MPPT제어기는 P&O 알고리즘으로 구현하였다. 추가적으로 전류의 리플을 최소화하기 위해 전류제어기와 병렬로 120Hz 고조파 보상하기 위해 120Hz 공진제어기를 추가하였다.

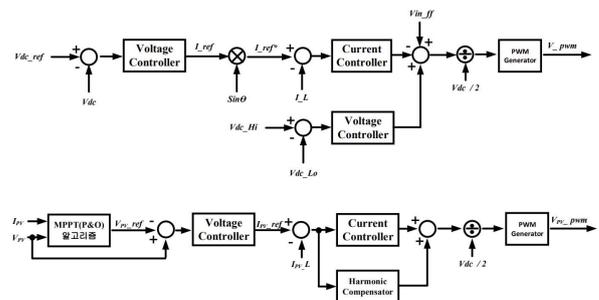


그림 2 단상 계통연계형 태양광 인버터의 제어블록도  
Fig. 2 Controller diagram with Single-phase Grid-connected PV Inverter

### 3. 실험 및 결과

제어기의 성능을 검증하기 위해 시제품을 제작하여 실험을 진행하였다. 표1은 시제품의 설계 사양이다.

표 1 계통연계형 태양광 인버터 설계 사양  
Table 1 Grid-connected PV Inverter parameters

Input Voltage	$V_{pv}$	DC 100V ~ 500V
Input Current	$I_{pv}$	10Amax
MPPT		3EA
Power Rate	$P$	5kW
Output Voltage	$V_{grid}$	220Vrms
Output Current	$I_{grid}$	22.5Amax
DC Link Voltage	$V_{dc}$	750V
Input LC Filter	$L_{pv} / C_{pv}$	2.4mH/0.47uF
Output LC Filter	$L_g / C_g$	630uH/6uF
Switch Frequency	$f_{sw}$	30kHz

그림 3은 (a)는 실험에서 태양광 모듈을 대체하기 위한 ITECH 사의 Bidirectional DC Power Supply(ITECH IT6018C-1500-40)제품에서 태양광 시뮬레이터 프로그램(SAS 1000)을 사용한 PV 시뮬레이터이다. (b)는 실험을 위해 제작한 계통 연계형 태양광 인버터 시스템 시제품이다.

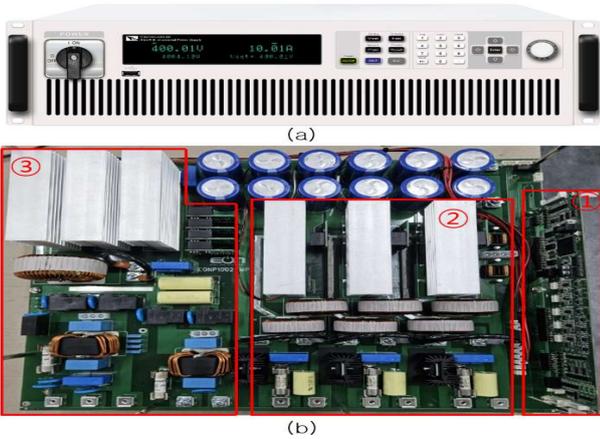


그림 3 (a) PV 시뮬레이터 (b) 계통연계형 태양광 인버터 시제품  
Fig. 3 (a) PV simulator (b) PV Inverter system

그림 4는 계통연계형 태양광 인버터 시스템 시제품에 PV 시뮬레이터를 연동하여 실험한 결과 파형이다. 3상 인터리브드 중 한상만으로 시험을 진행하였으며 모듈의 용량은 1.7kW이다.

시뮬레이터의 전압과 전류 리플은 공진제어기를 적용 전후를 비교한 것이다. DC Link 전압의 리플에는 변화가 없지만 시뮬레이터의 전압 리플은 적용 전에는 4.2Vp-p이며 적용 후에는 1.6Vp-p으로 약 38% 정도 감소되고 전류 리플은 적용 전에는 1.4Ap-p이며 적용 후에는 0.7Ap-p로 50% 감소되는 것을 알 수 있다. 또한 전력에 대한 리플도 390W에서 160W로 41% 감소되는 것을 알 수 있다.

그림 5는 시뮬레이터의 동작상태를 나타내며 MPPT 제어 잘 되고 있으며 MPPT의 평균 효율은 99.42%이다.

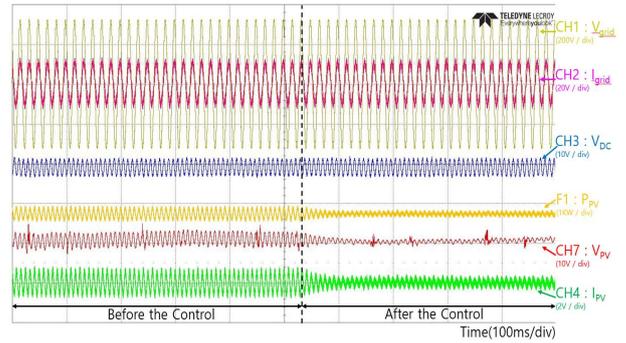


그림 4 제안한 제어기의 적용 전후 실험 결과  
Fig. 4 Experimental result of before and after proposed control

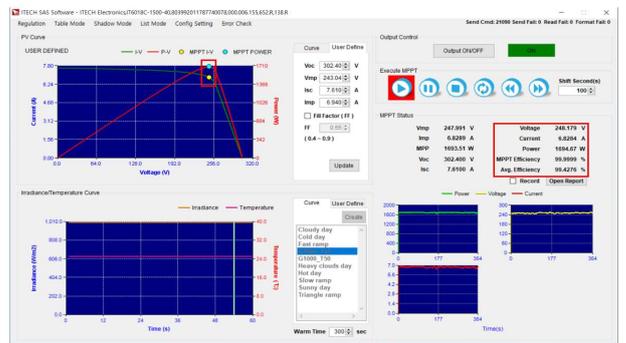


그림 5 PV 시뮬레이터 측정 데이터  
Fig. 5 PV simulator measurement data

### 4. 결론

본 논문에서는 계통 연계형 태양광 인버터 시스템의 고효율 달성을 위한 태양광 모듈의 전압, 전류의 리플을 최소화 할 수 있는 제어기 방법에 대하여 제안하였다. 공진제어기를 통해 태양광 모듈의 전압 및 전류의 리플을 저감하여 MPPT제어와 리플로 인해 발생할 수 있는 영향을 최소화할 수 있는 것을 실험을 통해 검증하였다.

추후 연구에서는 인터리브드 구조를 이용하여 5kW 정격 부하에 대하여 실험을 진행하고 DC Link의 120Hz 리플 전압의 영향을 저감 시키는 연구를 진행할 예정이다.

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “지역혁신클러스터육성(R&D)(P0025363)”사업의 지원과 한국에너지기술평가원의 지원(No.2021202022290)을 받아 수행된 연구결과임

### 참고 문헌

[1] Y. Shi, L. Liu, and H. Li, "A single-phase grid-connected PV converter with minimal DC-link capacitor and low-frequency ripple-free maximum power point tracking", in IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, pp. 2385-2390, Sep. 2013.