

# 10kW급 태양광 3 레벨 NPC 인버터 설계 및 실험

한성은, 조현식, 차한주  
충남대학교 전기공학과

## Design and Experiment of 10kW Photovoltaic 3-level NPC-type Inverter

Seongeun Han, Hyunsik Jo, Hanju Cha  
Department of Electrical Engineering, Chungnam National University

### ABSTRACT

본 논문은 10kW급 태양광 3 레벨 NPC 인버터 설계에 대해 서술하였다. 3 레벨 인버터는 2 레벨 인버터보다 정격 전압과 출력전류의 고조파 감소가 가능하기 때문에 효율이 높다는 장점이 있다. 설계된 태양광 3 레벨 인버터는 제어보드, 게이트보드, 3 레벨 IGBT 등으로 구성된다. 게이트 드라이버 보드는 소자들의 최소 절연거리와 신호전달의 용이성을 고려하여 설계되었다. 3 레벨 NPC 인버터의 동작을 PSIM을 통해 시뮬레이션하였으며, 실험을 통하여 제작된 태양광 3 레벨 인버터가 실제 조건에서도 정상적으로 동작함을 검증하였다.

### 1. 서론

전 세계적으로 화석 연료 고갈 및 환경문제가 대두되면서 풍력, 태양광 그리고 연료전지와 같은 신재생에너지 관심이 증가되고 있다. 이 중에서 태양광 에너지는 보수가 용이하고, 장기간 사용 가능하다는 점에서 산업사회나 가정에서 많이 사용되고 있다.<sup>[1]</sup> 태양광발전시스템에서는 직류를 교류로 바꾸는 DC AC 전력변환 장치인 인버터가 있어야 한다. 여기서 인버터의 효율은 태양광발전시스템 효율에 많은 영향을 주기 때문에 인버터의 효율을 높이기 위하여 다양한 멀티레벨 인버터의 토폴로지들이 연구되고 있다. 그 중 3레벨 인버터의 대표적인 방식은 NPC(Neutral Point Clamp)와 T Type이 있다.<sup>[2]</sup>

본 논문에서는 T type에 비해 높은 DC링크 전압에 적용할 수 있는 NPC 인버터의 설계 및 실험에 대해 서술하였다. 먼저 인버터의 IGBT를 구동하기 위한 게이트 드라이버 보드를 제작하였다. 또한 단상전류제어실험 동작을 PSIM 시뮬레이션으로 확인하였고 제작된 인버터로 이에 따른 실험을 하여 정상적으로 설계되었음을 검증하였다.

### 2. 3 레벨 NPC 인버터 설계

#### 2.1 3 레벨 NPC 인버터 구성

인버터는 IGBT 등의 스위칭 동작으로 직류전압을 교류전압으로 변환하는 DC AC 전력변환장치이다. 태양광 패널에서 발생하는 직류를 교류인 계통에 연계하기 위해서는 인버터가 반드시 필요하다. 설계된 인버터의 구조는 그림 1과 같으며 다양한 피드백 신호를 바탕으로 모든 동작을 총괄하는 제어보드, 전압과 전류를 읽어 들이는 센싱보드, 제어보드의 PWM 신호

를 IGBT에 전달하여 동작시키는 게이트 드라이버 보드, 3 레벨 NPC 타입의 IGBT 모듈로 구성된다.

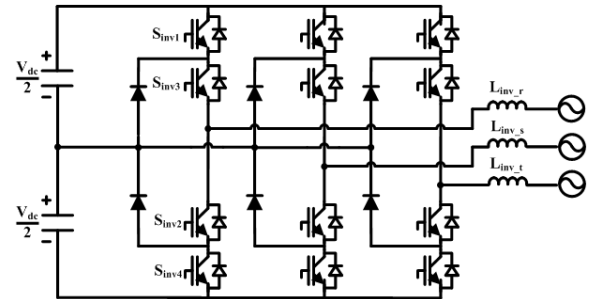
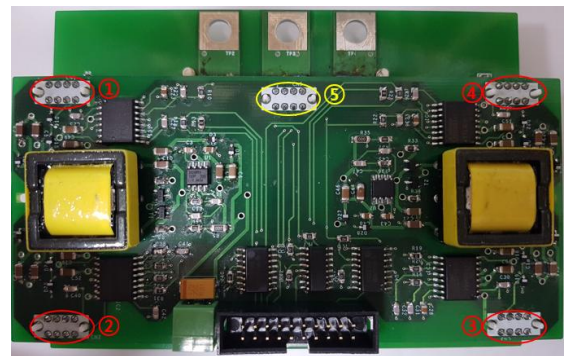


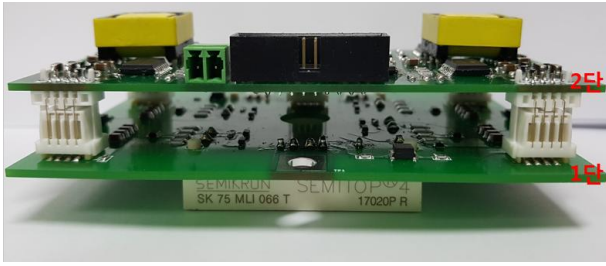
그림 1 3레벨 NPC 인버터  
Fig. 1 3-level NPC Inverter

#### 2.2 게이트 드라이버 제작

각각의 소자들의 최소 절연거리와 신호전달의 용이성을 고려하여 회로를 구성하고, PCB Editor를 통해 IGBT 게이트 드라이버 보드를 제작하였다. 그림 2의 (a)는 제작된 게이트 드라이버 보드의 상부를 나타낸 것이며, 그림 2의 (b)와 같이 2단 보드로 제작되었다. 1 단은 IGBT 모듈과 결합되며, 게이트로 들어가는 전류를 증폭시켜주는 인터페이스 회로로 구성된다. 2 단은 파워부와 게이트 드라이버로 구성되고, 제어보드에서 PWM 신호를 공급받는다. 1단과 2단은 그림 2 (a)의 ①~⑤의 커넥터로 연결되어 있다. ①~④는 파워(15V, 7.5V)와 PWM 신호, 보호신호를 각각의 IGBT1~IGBT4로 보내주는 역할을 한다. ⑤는 IGBT NTC와 연결되어있으며 IGBT의 온도를 확인할 수 있도록 해주는 역할을 한다.



(a)

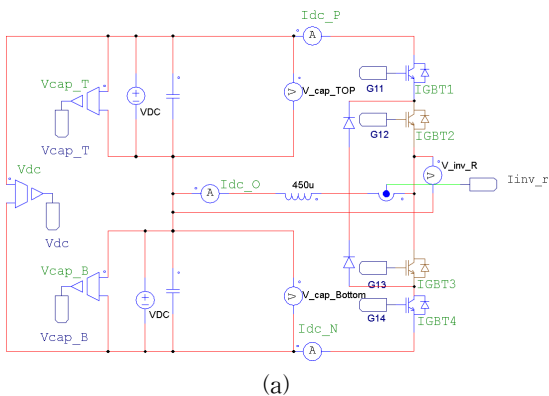


(b)

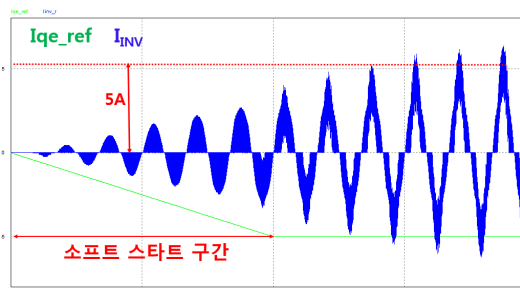
그림 2 게이트 드라이버 보드 (a) 윗면 (b) 측면  
Fig. 2 Gate driver board (a) Top view (b) Side view

### 3. 시뮬레이션 결과

제작된 인버터를 실험하기에 앞서 3 레벨 NPC 인버터 단상 전류제어 시뮬레이션을 진행하였으며, 시뮬레이션 툴은 PSIM을 사용 하였다. 그림 3 (a)는 PSIM 시뮬레이션의 구성을 나타내며 DC 전압원, DC link 커패시터, NPC 구조의 IGBT 그리고 출력부와 중성점사이의 부하 인덕터(450uH)로 구성된다. 그림 3 (b)는 시뮬레이션 결과 파형을 나타내며, 전류 지령치  $I_{qe\ ref}$  는 100ms의 소프트 스타트 구간을 거쳐 5A로 고정된다. 인버터 출력전류인  $I_{INV}$ 와 피드백 되는  $I_{qe}$ 는 전류 지령치를 정상적으로 추종하는 것을 확인할 수 있다.



(a)

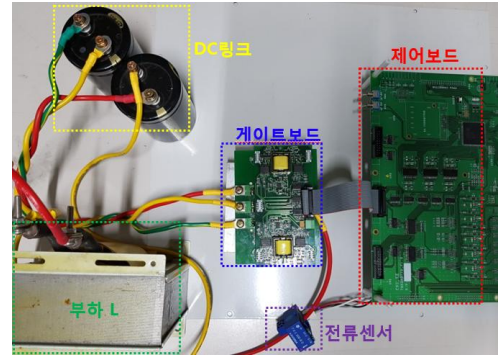


(b)

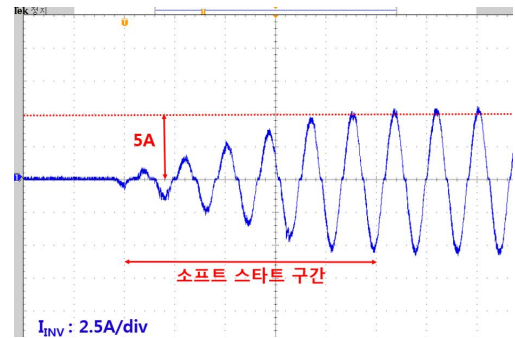
그림 3 단상 인버터 전류제어 시뮬레이션 (a) PSIM 시뮬레이션 회로도 (b) 시뮬레이션 결과파형  
Fig. 3 Single phase Inverter current control simulation (a) PSIM simulation schematic (b) Simulation result waveform

### 4. 실험 결과

제작된 인버터의 동작을 검증하기 위하여 단상 전류제어 실험을 진행하고 이를 시뮬레이션 결과와 비교하였다.



(a)



(b)

그림 4 전류제어실험 (a) 실험구성 (b) 실험결과 파형  
Fig. 4 Current control experiment (a) experiment composition (b) experiment waveform

그림 4 (a)는 단상전류제어 실험을 진행하기 위한 구성을 나타낸다. 실험은 시뮬레이션과 동일한 조건에서 이루어졌으며, DC Power Supply를 사용하여 1500uF의 커패시터로 구성된 DC링크에 전압을 인가하였고, 부하는 450uH의 인덕터를 사용하였다. 그림 4 (b)는 인버터 출력전류 파형을 나타내며, 100ms의 소프트 스타트 구간을 거쳐 피크 5A로 정상적으로 제어되는 것을 확인할 수 있다. 실험결과와 시뮬레이션 결과가 일치하는 것을 확인하였으며, 이를 통해 제작된 인버터가 정상적으로 동작함을 검증하였다.

### 5. 결론

본 논문에서는 10kW급 태양광 3 레벨 NPC 인버터 설계에 대해 서술하였다. 게이트보드, 제어보드가 구성 요소인 인버터를 제작하였고 이를 검증하기 위해 PSIM을 통한 시뮬레이션으로 단상전류제어실험의 동작을 확인하였다. 제작된 인버터로 동일 조건에서 실험해 시뮬레이션과 비교하여 실제 조건에서도 정상적으로 동작함을 검증하였다.

### 참고 문헌

- [1] 이태진[2017], 태양광 시스템의 전력 품질 향상을 위한 컨버터, 인버터 제어기 해석 및 설계, 충남대학교 석사학위논문
- [2] 박중화, 차한주 “계통연계형 3상 3레벨 T type 인버터의 전류제어기 실험” 대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템분회 추계학술대회 논문집, 2016.10, 256-258 (3 pages)