

10kW급 3레벨 태양광 PCS 게이트드라이버 설계

한성은, 조현식, 이재도, 차한주
충남대학교 전기공학과

Design of 10kW 3-level Photovoltaic PCS Gate driver

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

ABSTRACT

본 논문은 계통연계 10kW급 3레벨 태양광 PCS(Power Conditioning System) 게이트 드라이버 설계에 대해 서술하였다. 게이트 드라이버는 DSP로부터 신호를 받아 정해진 시간에 IGBT의 게이트에 문턱전압 이상의 전압을 공급하여 IGBT의 게이트를 구동해 주는 역할을 한다. 게이트 드라이버는 간결한 회로의 사용으로 에너지 손실과 제작비용을 최소한으로 저감해야 한다. 설계된 10kW급 3레벨 태양광 PCS 게이트 드라이버의 파워부는 15V 전압을 받아 PSIM 시뮬레이션을 통해 확인하였고 이를 실험하여 이상 없이 동작함을 검증하였다.

1. 서론

최근 화석 에너지의 고갈과 지구온난화를 포함한 환경문제, 원자력 발전에 대한 안정성 문제로 인해 미래 에너지를 대체할 수단으로서 안전하고 깨끗한 신재생에너지개발에 관심이 높아지고 있다.^[1] 태양광발전은 신재생에너지의 대표적인 시스템이며 태양광발전시스템에서는 인버터를 사용하여 직류에서 교류로 변환해 주어야 한다. 여기서 인버터의 효율은 전체시스템의 효율의 대부분을 차지한다고 볼 수 있으며 그러한 이유로 인버터의 효율성을 높이기 위한 연구들은 계속 되고 있다.

본 논문에서는 IGBT의 게이트를 구동하기 위한 게이트보드 파워부의 회로를 설계하였으며, 파워부의 변압기를 제작하였다. 또한 Voltage Doubler 회로^[2]를 사용하여 IGBT 게이트에 공급할 전압을 만들어 주는 과정을 PSIM 시뮬레이션으로 확인하였고, 게이트 드라이버 파워부를 제작하여 실험함으로써 정상적으로 설계되었음을 검증하였다.

2. 게이트 드라이버 설계

2.1 게이트 드라이버

게이트 드라이버는 IGBT의 게이트를 구동하기 위한 것이다. IGBT의 경우 문턱전압을 넘어서지 않으면 구동이 되지 않기 때문에 IGBT를 구동하기 위해서는 게이트에 문턱전압 이상의 전압을 공급해야 한다. DSP로부터 신호를 받아 정해진 시간동안 일정이상의 전압을 공급해주어 IGBT 게이트를 구동하는 것을 게이트 드라이버라고 한다.

2.2 변압기 제작

게이트 드라이버의 원활한 전원을 공급하기 위해서는 변압

기가 필요하며, 본 논문의 게이트 드라이버는 변압기를 제작하여 사용하였다. 부하에 의한 전압강하를 고려하여 목표 출력 전압을 +15V, 7.5V로 맞추기 위해서 턴 비를 1:1.22로 결정하였다. 변압기의 보빈과 코어는 EFD20/20을 사용하였다.

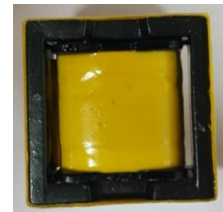
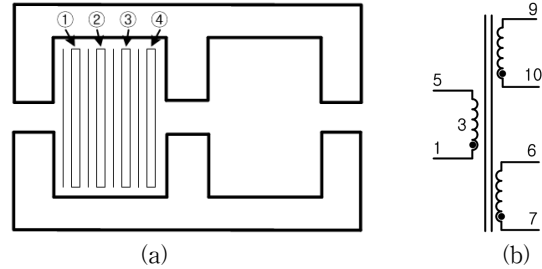


그림 1 변압기 : (a) 변압기 단면도, (b) 변압기 레이아웃, (c) 제작된 변압기

Fig. 1 Transformer : (a): Cross-sectional diagram of transformer, (b) Layout of transformer, (c) Manufactured transformer

2.2 Voltage Doubler 회로를 이용한 승압

Voltage doubler 회로는 커패시터와 다이오드를 사용하여 AC 전압을 두 배의 DC 전압을 출력하는 정류기 형태이다. 본 논문에서의 Voltage Doubler 회로는 변압기로부터 9.15V의 AC 전압을 입력받아 +18.3V와 9.15V로 변환하기 위해 사용되었다.

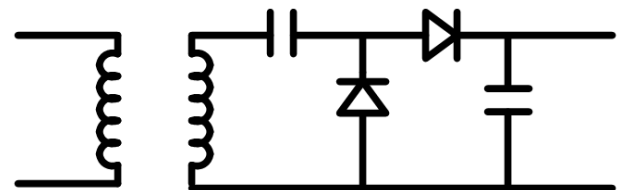


그림 2 Voltage doubler 회로
Fig. 2 Voltage doubler circuit

그림 2는 게이트 드라이버에 사용된 Voltage doubler 회로

이며 Greinacher 회로라고 한다. Greinacher 회로는 Villard 회로보다 다이오드, 커패시터가 각각 하나씩 추가되어 Villard 회로보다 많이 개선된 회로이다. 입력 AC 피크 전압이 V_{PK} 인 경우, 다이오드에 의해 AC 음의 전압이 '0' 으로 클램핑 되도록 양의 피크 전압은 $2V_{PK}$ 가 된다.

3. 시뮬레이션 결과

게이트 드라이버 파워부에서 입력전압이 15V일 때 목표 출력 전압이 +15V와 7.5V로 나오는지 검증하기 위해 PSIM으로 시뮬레이션 하였다.

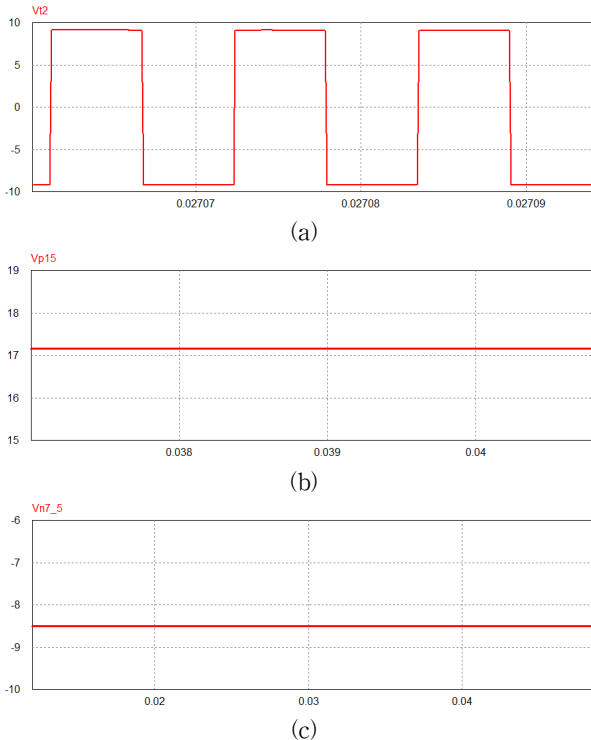


그림 3 시뮬레이션 결과 : (a) 변압기 2 차측 출력 전압 (b) voltage doubler로 승압된 +15V 출력 전압 (c) 음의 7.5V 출력전압

Fig. 3 Simulation result : (a) Secondary output voltage of transformer (b) +15V output voltage (c) negative -7.5V output voltage

그림 3 (a)는 변압기 출력 값으로 7.5V AC전압에 턴 비 1.22를 곱한 9.15V가 나오는 것을 확인할 수 있다. 그림 3 (b)는 입력 7.5V에 변압기 턴 비 1.22와 Voltage doubler 회로를 고려한 값 2를 곱한 후 2개의 다이오드에 의한 전압강하 1V를 빼준 +17.3V가 나오고 있음을 확인할 수 있으며 그림 3 (c)는 입력 7.5V에 변압기 턴 비 1.22를 곱한 후 1개의 다이오드에 의한 전압강하 0.5V를 빼준 8.65V가 나오고 있음을 확인할 수 있다.

4. 실험 결과

게이트 드라이버 파워부를 제작한 후 정상적으로 작동하는 지 확인하기 위해 실험하여 값을 측정한 후 시뮬레이션 결과 값과 비교하였다.

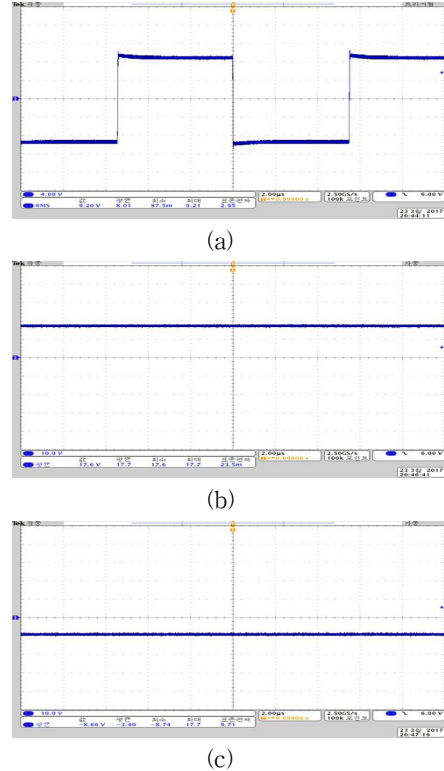


그림 4 실험 결과 : (a) 변압기 2 차측 출력 전압 (b) voltage doubler로 승압된 +15V 출력 전압 (c) 음의 7.5V 출력전압

Fig. 4 Experimental result : (a) Secondary output voltage of transformer (b) +15V output voltage (c) negative -7.5V output voltage

무부하 상태의 실험 결과 변압기 2 차측 출력전압, 승압된 양의 출력전압, 음의 출력전압은 각각 9.2V AC 전압, +17.6V 그리고 8.6V가 출력되었으며, 이는 시뮬레이션으로 확인한 값과 오차율이 약 1.7% 이하임을 확인할 수 있었으며 제작된 게이트드라이버 파워부가 정상적으로 동작함을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 계통연계 10kW급 3레벨 태양광 PCS(Power Conditioning System) 게이트 드라이버 설계에 대해 서술하였다. 제작한 변압기가 이용된 Voltage doubler 회로를 사용하여 게이트 드라이버 파워부를 구성하였으며 PSIM 시뮬레이션과 실험으로 회로를 검증하였으며 이상적인 PSIM 시뮬레이션 결과 값과 실험 결과 값의 오차율이 약 최대 1.7% 이하임을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 조현길[2017], 가동물체형 1kW급 파력발전 시스템 센서리스 제어 구현 및 실험, 충남대학교 석사학위논문
- [2] Greinacher, H, "Über eine Methode, Wechselstrom mittels elektrischer Ventile und Kondensatoren in hochgespannten Gleichstrom umzuwandeln", Zeitschrift für Physik (in German), 4 (2): 195 205