

1kW급 태양광 발전용 고정 시비율 방식의 DC-DC 컨버터

유호원, 정용민, 임승범, 이준영, 홍순찬
 단국대학교 전자전기공학과

DC-DC Converter of Fixed Duty Ratio Method for 1kW Photovoltaic System

Ho-Won Yoo, Yong-Min Jung, Seung-Beom Lim, Jun-Young Lee and Soon-Chan Hong
 Dept. of Electronics and Electrical Eng., Dankook University

ABSTRACT

A concern about micro grid connection system is elevated. The reason is that carbon dioxide emission is regionally restricted to prevent the drain of fossil fuel, high oil prices and global warming. The existing photovoltaic DC-DC converter is operated by the full-bridge method. However, the configuration is complicated because a phase shift method is required to raise an efficiency.

A photovoltaic DC-DC converter connected with second layered half-bridge converter and boost converter is proposed in this paper. This proposed DC-DC converter is easy to control and has an advantage of reducing the size. Finally, the validity of the proposed converter is verified by the experimentation.

1. 서 론

최근 화석 에너지원의 고갈과 고유가 및 지구 온난화 방지를 위해 국가별로 이산화탄소 배출량을 규제하기 시작하면서 계통 연계시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. 계통 연계시스템에는 바이오매스(Biomass) 발전, 태양열 발전, 연료 전지 발전, 풍력 발전, 태양광 발전 등이 있다. 이중 태양광 발전은 무한정, 무공해의 태양 에너지를 이용하므로 연료비가 불필요하고, 대기오염이나 폐기물 발생이 없으며, 태양 전지의 숫자만큼 전기를 생산하고 일사량이 많은 낮에 주로 전기를 생산하므로 전기를 사용하는 시간과 같다는 장점이 있다. 태양광 발전에서 생산되는 전기는 수십V의 직류 전압이고 일사량에 따라서 전압이 가변되는 특징이 있어서 일정한 전압을 공급하기 위해서는 승압형 DC-DC 컨버터를 사용하여야 한다. 기존의 태양광 발전용 DC-DC 컨버터는 풀-브리지 방식을 사용하였으나 이 방식은 효율을 높이기 위해 위상 천이 방식으로 제어를 해야 하므로 제어 방식이 복잡하고 스위칭 소자의 전류 용량이 큰 단점이 있다^[1-2].

본 논문에서는 부스트 컨버터와 하프-브리지 컨버터를 2단으로 연결한 태양광 발전용 DC-DC 컨버터를 제안한다. 제안한 방식의 DC-DC 컨버터는 제어가 용이하고 효율이 높으며 스위칭 소자의 전류 용량을 줄일 수 있는 장점이 있다. 끝으로 실험을 통하여 제안한 컨버터의 유용성을 입증한다.

2. 위상천이 방식의 풀-브리지 컨버터

기존의 위상천이 방식의 풀-브리지 컨버터는 그림 1과 같이 직류 전압원, 스위칭소자 4개, 변압기 다이오드 4개, 인덕터, 커패시터, 부하로 구성되어있다. 기존 컨버터는 주기 당 4개 모드로 동작하며 첫 반주기 2개 모드와 다음 반주기 2개 모드가 대칭적으로 동작한다.

모드 1은 스위칭 소자 S_1 과 S_4 가 턴온 되면서 시작되며 전류의 경로는 그림 2(a)와 같다. 이때 1차 측 변압기의 양단 전압은 V_i 이고 2차 측 변압기의 양단 전압은 $V_i \cdot N_s/N_p$ 이며 모드 1에서 인덕터 L_x 는 $\left(V_i \left(\frac{N_s}{N_p}\right) - V_{out}/L_x\right)DT$ 만큼 에너지를 저장한다.

모드 2는 스위칭 소자 S_4 를 턴오프 시키고 S_2 를 턴온 시키면서 시작되며 전류의 경로는 그림 2(b)와 같다. 이때 1차 측 변압기에 걸리는 전압이 없으므로 2차 측 역시 전압이 유지되지 않아 인덕터에 저장된 에너지가 $-\left(\frac{V_o}{L_x}\right)\left(\frac{1}{2}-D\right)T$ 만큼 감소한다. 모드 2는 출력전압의 변동에 따라서 구간이 결정되어 출력전압을 일정하게 유지시켜 준다.

모드 3은 스위칭 소자 S_3 이 턴온 되면서 시작되며 모드 1과 대칭적인 동작을하고, 모드 4는 S_2 가 턴오프 되고 S_1 가 턴온되면서 시작되며 모드 2와 대칭적인 동작을 한다. 이상과 같이 기존의 컨버터는 4개 모드로 동작하여 한주기 동작을 마치게 된다.

기존 회로는 위상천이 방식으로 제어하여 제어 IC소자의 가격이 비싸고 변압기 권수비에 의해서 전압을 승압시키므로 1차 측 전압은 저전압이고 2차측 전압은 고전압이어서 스위칭 소자

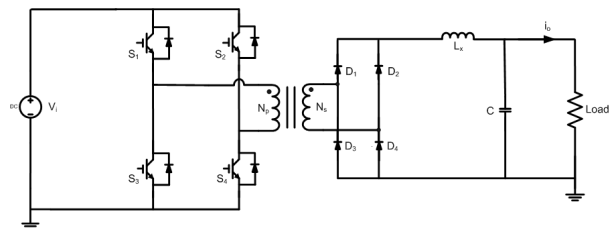
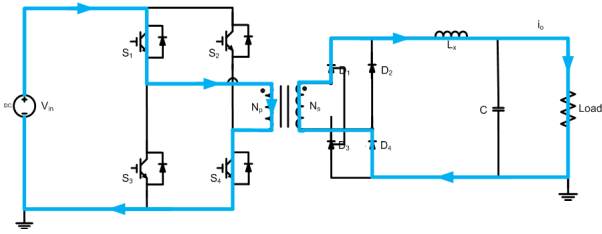
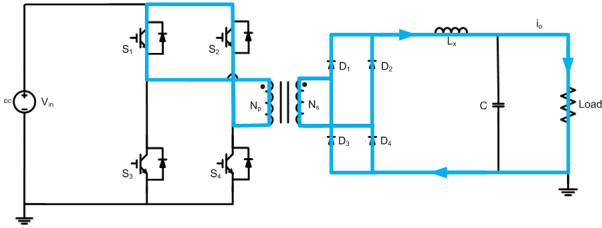


그림 1 기존 회로
 Fig. 1 Conventional circuit



(a) 모드 1



(b) 모드 2

그림 2 기존 컨버터의 모드별 동작

Fig. 2 Conventional circuit operations at each mode

의 내압은 V_i 로 낮은 반면에 전류 용량은 $i_o \cdot N_s/N_p$ 로 높은 단점이 있다.

3. 제안한 고정 시비율 방식의 컨버터

본 논문에서 제안한 고정 시비율 방식의 컨버터는 그림 3과 같이 직류 전압원, 부스트 컨버터, DC-DC 컨버터, L-C 필터, 출력전압 검출회로, 전류 검출회로, 부스트 컨버터 제어부와 고정 시비율 발생 회로로 구성된 2단 컨버터 구조로 되어 있다.

제안한 DC-DC 컨버터는 부스트 컨버터에서 먼저 전압을 일정 전압으로 승압 시킨 뒤 하프-브리지 컨버터에서 권수비에 의해 일정한 출력전압을 얻는 방식이다. 이때 일정한 출력 전압은 출력전압 검출회로에서 출력전압을 피드백 받아서 부스트 컨버터 제어부의 기준 전압과 비교하여 부스트 컨버터의 게이트 파형을 발생시켜 출력전압을 제어한다. 하프-브리지 컨버터는 고정 시비율 발생 회로에서 일정 듀티비로 게이트 파형을 발생시켜 권수비에 의해서만 전력을 전달한다. 그리고 입력단의 과전류가 흐르는 것을 방지하기 위하여 전류 검출 회로를 설치하여 일정 전류이상의 전류가 입력단에 흐르면 부스터 컨버터의 제어부의 게이트 파형을 발생 시키지 않는 보호 회로를 설치하였다.

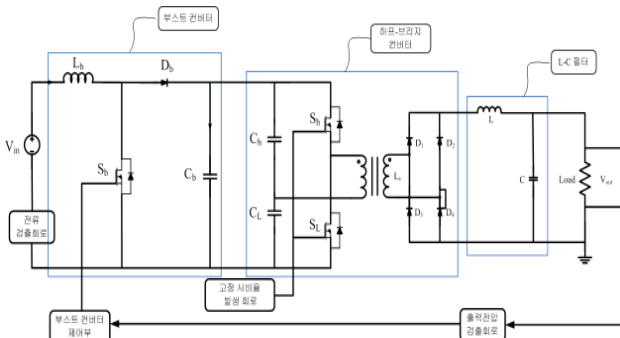


그림 3 제안 회로

Fig. 3 Proposed Circuit

제안한 컨버터는 부스트 컨버터와 하프-브리지 컨버터 2단으로 구성되어 있어 부스트 컨버터에서 먼저 입력전압을 승압시킨 뒤 하프-브리지 컨버터에서 권수비에 의해서 전압을 승압시키므로 스위칭 소자의 전류 용량을 줄일 수 있는 장점이 있다.

4. 실험결과 및 검토

제안한 회로의 유용성을 확인하기 위하여 시스템을 구성하고 실험을 하였다. 그림 4는 부스트 컨버터, 하프-브리지 컨버터, 부스트 제어부와 고정시비율 게이트발생회로로 구성된 제안한 컨버터 시스템이고 표 1은 제안한 컨버터의 실험 파라미터이다.

표 1 실험 파라미터

Table 1 Experimental parameter

입력전압	DC 48V	출력전압	DC 400V
출력전류	2.5A	부하	166Ω
부스트 컨버터 주파수	30kHz	하프-브리지 컨버터 주파수	50kHz
부스트 컨버터 최대 듀티비	0.8	하프-브리지 컨버터 듀티비	0.4

그림 5는 제안한 회로의 게이트 파형으로서 위로부터 S_b 의 게이팅 신호, S_h 의 게이팅 신호, 그리고 S_l 의 게이팅 신호로 S_b 는 30kHz로 동작하고, S_h 와 S_l 은 50kHz로 동작하는 것을 알 수 있다. 그리고 S_b 는 최대 듀티비를 0.8로 고정시켜주었고 S_h 와 S_l 의 듀티비는 0.4로 고정시켜서 동작한다. 그림 6은 출력전압 및 출력전류 파형으로 출력전압은 400V로 일정하게 유지되고 출력전류는 2.5A가 흘러서 1kW 용량임을 알 수 있다. 그림 7은 입력전압이 DC 24V일때의 출력 파형으로 제안한 컨버터가 입력전압이 변하여도 출력전압이 일정한 것을 알 수 있다.

그림 7은 제안한 컨버터의 효율을 측정한 그래프로 16.6%부하에서는 대략 효율이 92%이지만 부하가 증가할수록 효율이 떨어져서 100%부하에서는 86.5%임을 알 수 있다. 향후 100% 부하에서 효율 90%이상을 목표로 실험을 진행할 계획이다.

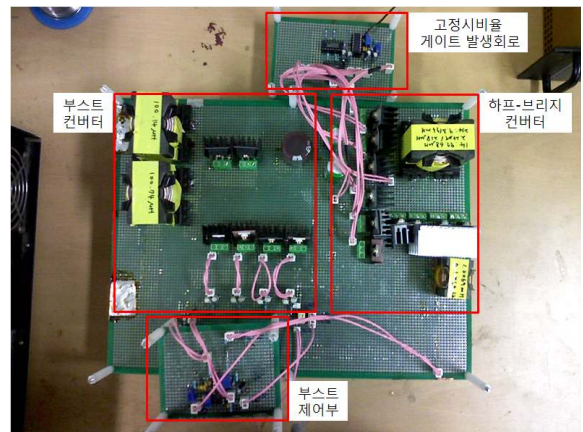


그림 4 제안한 컨버터 시스템

Fig. 4 Proposed converter system

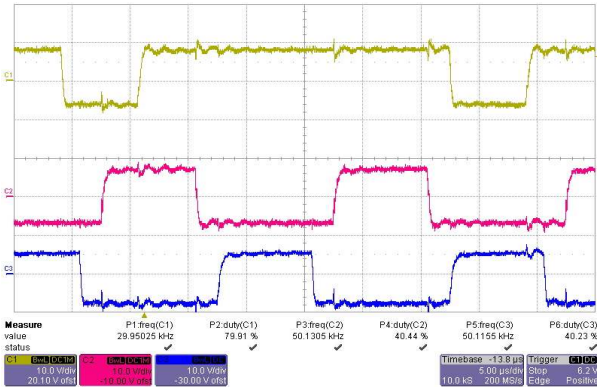


그림 5 제안한 컨버터의 게이트 신호 파형
Fig. 5 Gating signal waveforms in proposed converter

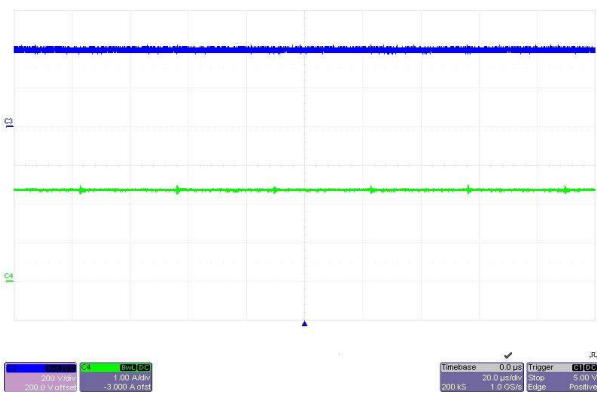


그림 6 제안한 컨버터의 V_{out} 및 i_o
Fig. 6 i_o and V_{out} in proposed converter

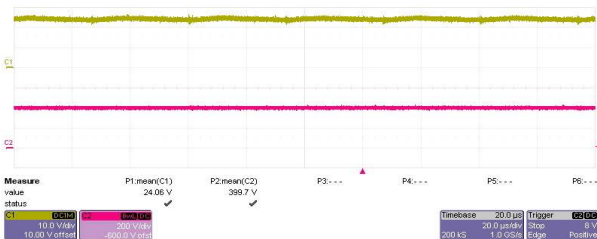


그림 7 제안한 컨버터의 V_{out} 및 V_{in}
Fig. 7 V_{in} and V_{out} in proposed converter

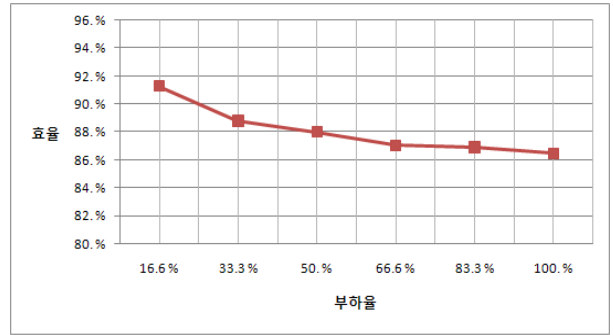


그림 8 제안한 컨버터 효율
Fig.8 Efficiency of proposed converter

6. 결 론

본 논문에서는 고정 시비율 방식의 태양광 발전용 컨버터를 제안하였다. 제안한 회로는 부스트 컨버터와 하프-브리지 컨버터의 2단 구조의 DC-DC 컨버터로 구성되어 스위칭 소자의 전류 용량을 줄여줄 수 있는 장점이 있다. 그리고 출력전압을 검출하여 부스트 컨버터에서 제어를 하여 출력전압을 일정하게 유지시키고 하프-브리지 컨버터는 고정 시비율로만 동작을 하여 제어가 간단하며 일반 PWM controller를 사용하므로 가격이 저렴하다. 제안회로를 실험하기 위한 시스템을 구성하고 실험을 통하여 제안한 회로의 유용성을 확인하였다.

이 논문은 기초전력연구원의 연구비 지원에 의하여 연구되었습

참 고 문 헌

- [1] 문상필, 서기영, 이현우, M.Nakaoko, 신휘범, “연료전지 시스템을 위한 풀-브리지 소프트 위상 천이 PWM DC-DC 컨버터”, 한국조명 전기설비학회 추계 학술대회 논문집, pp. 371-376, 2005. 11. 4.
- [2] 윤현기, 문건우, 윤명중, “전압 리플을 이용해 영전류스위칭하는 두 개의 트랜스포머를 가지는 위상천이 풀-브릿지 컨버터”, 전력전자학회 논문지, 제11권, 제1호, pp. 14-21, 2006. 2.