

Boost 컨버터와 Forward 컨버터의 조합을 이용한 Cascaded H-bridge 멀티레벨인버터 입력전원의 단일화

권철순, 강필순
한밭대학교

Unification of Input Sources by combination of Boost and Forward converter in Cascaded H-bridge Multilevel Inverter

Cheol Soon Kwon, Feel soon Kang
Hanbat National University

ABSTRACT

본 논문에서는 Boost 컨버터와 Forward 컨버터를 조합한 컨버터를 제안한다. 제안하는 컨버터는 시스템 구성상 다수의 독립된 전원을 요구하는 Cascaded H bridge 멀티레벨인버터와 같은 회로구조에 있어 다수의 독립전원의 확보가 곤란한 경우 단일 입력 전원만으로 시스템을 구성할 수 있는 특징을 가진다. Boost 컨버터의 입력 인덕터는 변압기로 대체되며 컨버터 스위치의 ON 동작시 변압기 일차측 자화인덕턴스에 저장된 에너지가 변압기 이차측과 비절연된 Boost 컨버터의 출력 커패시터로 전달된다. 제안된 컨버터의 동작 모드에 따른 이론적 분석을 시행하고 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증한다.

1. 서 론

기존의 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터는 회로구조가 간단하고 모듈화 특성이 우수하여 유지보수가 간편하지만 다수의 독립된 DC 입력 전원을 기반으로 출력파형을 생성하기 때문에 독립된 DC전원이 확보가 되지 않으면 응용에 한계가 있다.^[1] 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 Boost 컨버터와 Forward 컨버터를 조합한 컨버터를 제안하여 단일 입력전원으로부터 다수의 독립된 DC전원을 생성시킬 수 있는 회로를 제안하고 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증한다.

2. 제안하는 Boost + Forward 기반의 Cascaded H-bridge 멀티레벨인버터의 단일전원 구동

두 대의 풀 브리지 인버터의 출력을 직렬 결합한 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터는 두 개의 독립된 DC 입력전원이 필요하다.^[2] 단일입력전원 구동을 위하여 본 논문에서는 Boost 컨버터와 Forward 컨버터를 결합시킨 회로 구조를 그림 1에 제안한다. 한 개의 스위치(Q), 두 개의 다이오드(D1, D2), 한 대의 고주파 변압기(Tr)를 가지며 Boost 컨버터와 Forward 컨버터의 결합을 위하여 Boost 컨버터의 인덕터를 고주파 변압기로 대체시켜 변압기 2차측을 Forward 컨버터 형태로 구성한다. 상단 멀티레벨 인버터 모듈의 커패시터 전압(V_{o1})은 Boost 컨버터의 동작에 의하여 충전되고 하단 멀티레벨 인버터 모듈의 커패시터 전압(V_{o2})은 Forward 컨버터의 동작에 의하여 충전된다.

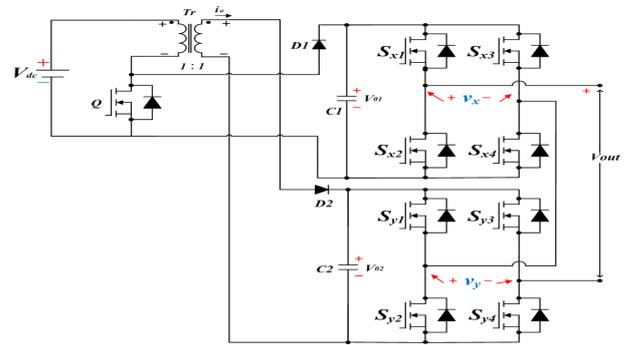


그림 1 제안하는 컨버터의 구조
Fig. 1 Configuration of the proposed converter

그림 2는 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터의 단일전원 구동을 위해 제안된 회로의 모드별 동작을 보여준다. 그림 2(a)의 모드 1은 스위치 Q가 ON 상태로 입력전압이 변압기 1차측 양단에 인가되는 구간이며 이때 변압기 2차측 역시 동일한 전압이 인가되어 다이오드 D2를 통해 커패시터 C2가 충전된다.

$$V_{o2} = \frac{N_2}{N_1} V_{dc} \quad (1)$$

변압기 2차측의 회로 구조는 일반적인 포워드 컨버터에서 사용되는 출력 인덕터와 율링 다이오드를 가지지 않고 다이오드를 통해 커패시터로 결합되는 구조이다. 따라서 스위치 Q의 도통비 D에 따라 커패시터 C2를 충전시키는 도통각이 결정된다. 즉 스위치 Q의 도통비가 줄어들수록 짧은 구간에 부하 조건을 만족하기 위해 전류의 피크가 증가하게 된다.

그림 2(b)는 스위치 Q가 차단되었을 때 변압기 1차측 자화 인덕턴스에 축적되었던 에너지가 다이오드 D1을 통하여 상단 커패시터를 충전한다. 이때 변압기 1차측에 volt·sec 평형조건을 적용시키면 입력전압, 상단 커패시터 출력전압, 그리고 스위치 Q의 도통비의 관계는 다음과 같다.

$$V_{dc}DT_s = (V_{o1} - V_{dc})(1 - D)T_s \quad (2)$$

$$V_{o1} = \frac{1}{1 - D} V_{dc} \quad (3)$$

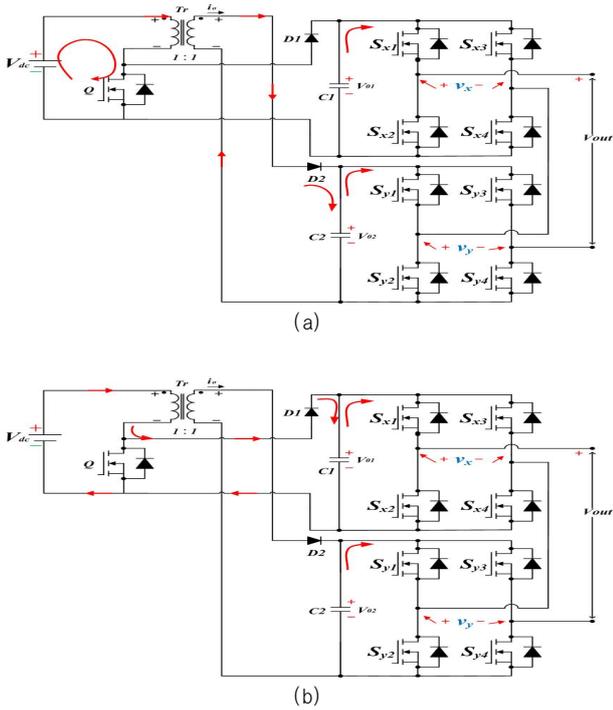


그림 2 동작모드, (a) 모드 1, (b) 모드 2
Fig. 2 Operational modes, (a) Mode 1, (b) Mode 2

식 (1)과 식(3)을 통해 동일한 출력 커패시터 전압을 얻기 위해서는 식 (4)의 관계가 성립함을 알 수 있다.

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{1-D} \quad (4)$$

$$0 \leq D \leq 1 \quad (5)$$

스위치의 도통비는 식(5)에 의해 정의되므로 식(4)가 성립하기 위해서는 변압기 2차측의 턴수비가 1차측 보다 커야 된다. 즉 변압기 2차측 턴수비가 1차측의 2배로 설계된다면 스위치 Q의 도통비는 50 %를 기준으로 제어되어 동일한 출력 커패시터 전압을 확보할 수 있게 됨을 의미한다.

3. 시뮬레이션 결과

제안하는 회로의 타당성을 검증하기 위해 PSpice 기반의 시뮬레이션을 수행하였다. 입력전압(V_{dc})은 DC 150 V, 변압기의 권선비는 1:2로 설계하고, 스위치 Q의 스위칭 주파수는 20 kHz로 설정한다. 1:2 권선비를 사용하므로 스위치 도통비는 50 %를 기준으로 제어한다. 출력전압 (V_{out})은 60 Hz, AC 220 V의 5레벨 PWM 출력전압을 생성하도록 PD (Phase disposition) 제어 방식을 적용하여 제어한다.

그림 3(a)는 위에서 두 번째부터 차례로 변압기 1차측 전류 (I_p), 포워드의 다이오드 D2 전류, Boost의 다이오드 DI의 전류 파형을 나타낸다. 그림 3(a)의 상단은 세 가지 전류 파형을 동시에 나타낸 것으로 스위치 Q가 ON 상태에서의 변압기 1차측 전류가 다이오드 D2로 흐르며, 이때 변압기 1차측 자화인덕턴스로 흐르는 전류가 스위치 OFF시 다이오드 DI를 통해 흐

르고 있음을 확인할 수 있다. 그림 3(b)는 상단, 하단 커패시터의 전압 파형과 출력전압 파형을 나타낸다. 두 전압의 전압리플은 최대 2 V 정도이며 5레벨의 PWM 출력전압 파형의 상단 부분에 전압 리플이 약간 나타나지만 출력전압의 THD에는 크게 영향을 미치지 않는다.

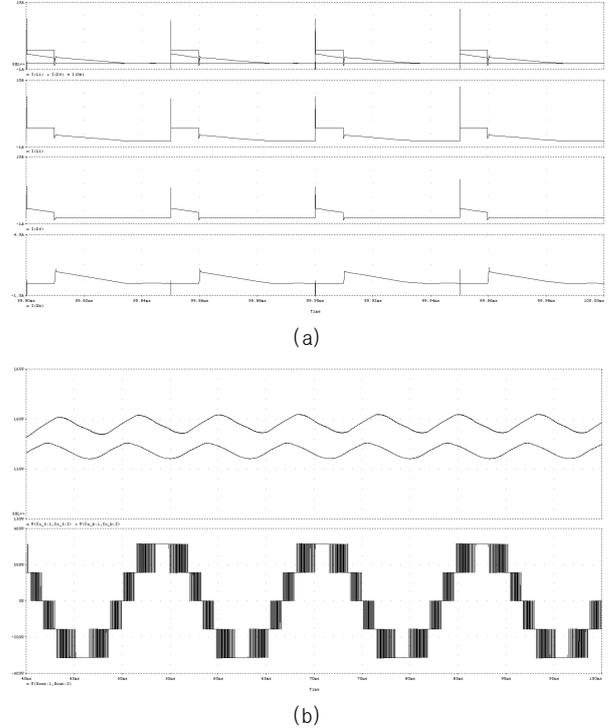


그림 3 시뮬레이션 결과, (a) $I_p+I_{D2}+I_{D1}$, I_p , I_{D2} , I_{D1} , (b) V_{C1} , V_{C2} , V_{out}
Fig. 3 Simulation results, (a) $I_p+I_{D2}+I_{D1}$, I_p , I_{D2} , I_{D1} , (b) V_{C1} , V_{C2} , V_{out}

3. 결 론

본 논문에서는 두 개의 독립된 입력전압원을 필요로 하는 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터를 단일 입력 전원으로 구동시키기 위한 목적으로 Boost 컨버터와 Forward 컨버터의 결합을 이용한 회로를 제안하고 이론적 분석과 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2010 0009504)

참 고 문 헌

- [1] H. Abu Rub, et. al., "Medium Voltage Multilevel Converters State of the Art, Challenges, and Requirements in Industrial Applications," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57, no. 8, pp. 2581-2596, Aug. 2010.
- [2] W. K. Choi et. al., "Cascaded H bridge Multilevel Inverter Employing Bidirectional Switches," *Proc. ICEMS 2010*, Oct. 2010, pp. 102-106.