

Cascaded H-bridge 멀티레벨인버터의 단일 입력전원 구동을 위한 Buck-boost와 Forward 기능을 갖는 컨버터

권철순, 강필순
한밭대학교

Converter functioned Buck-boost and Forward operation for driving of Cascaded H-bridge multilevel inverter with a single input source

Cheol Soon Kwon, Feel soon Kang
Hanbat National University

ABSTRACT

본 논문에서는 벡 부스트와 포워드 컨버터의 기능을 갖는 컨버터를 제안한다. 제안하는 컨버터는 Cascaded H bridge 멀티레벨인버터와 같이 다수의 독립된 전원을 요구하는 회로 구조를 단일 입력 전원단으로 구성할 수 있는 특징을 가진다. 벡 부스트 컨버터의 입력 인덕터는 변압기로 대체되며 컨버터 스위치의 ON 동작시 포워드 동작에 의해 변압기 2차측으로 전력전달이 이루어지며, 스위치 OFF시 변압기 1차측 자화인덕턴스에 저장된 에너지가 비절연된 벡 부스트 컨버터의 출력 커패시터로 전달된다. 제안된 컨버터의 동작 모드에 따른 이론적 분석을 시행하고 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증한다.

1. 서 론

다수의 독립된 DC 전원을 사용하여 다단 결합된 H bridge cell의 스위치를 제어하는 방식으로 사인파에 근접한 출력을 형성하는 방식의 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터는 회로 구조가 간단하고 모듈화가 가능하기 때문에 유지보수가 쉽다는 장점이 있다.^[1] 그러나 각 H bridge 모듈별로 독립된 DC 전원이 필요하기 때문에 다수의 독립전원을 확보하기 어려운 상황에서는 응용에 한계가 있다. 이러한 경우 단일 입력 전원만으로 각각의 H bridge 모듈에 독립된 전원을 공급하기 위해서는 추가적인 회로가 필요하다.^[2] 본 논문에서는 벡 부스트 컨버터와 포워드 컨버터를 결합하여 다수의 독립된 DC 전원을 생성시킬 수 있는 회로를 제안하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안하는 회로의 타당성을 검증한다.

2. 벡-부스트와 포워드 동작을 이용한 Cascade H-bridge 멀티레벨인버터의 단일전원구동

그림 1 은 본 논문에서 제안하는 단일 입력전원을 사용하는 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터의 회로 구조를 보여준다. 벡 부스트 컨버터의 입력 인덕터가 포워드 컨버터의 변압기로 대체 되었다. 하단 H bridge 인버터의 입력 커패시터 C_y 는 스위치 Q 가 도통될 경우 포워드 컨버터의 동작에 의해 충전되고, 상단 H bridge 인버터의 입력 커패시터 C_x 는 스위치 Q 가 차단되고 이전 모드 동안 변압기 자화인덕턴스에 저장된 에너지를 이용하여 벡 부스트 컨버터의 동작으로 충전한다.

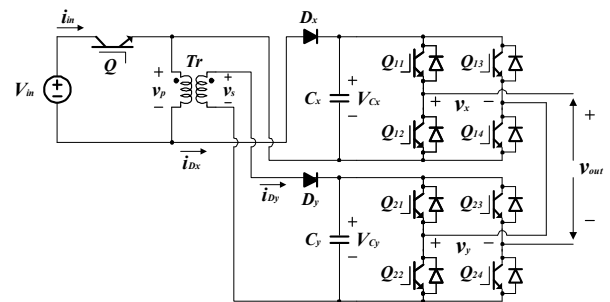


그림 1 벡-부스트와 포워드 동작 기반의 단일전원구동
Fig. 1 Single source driving based on buck-boost and forward operation

그림 2는 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터의 단일전원 구동을 위해 제안된 회로의 모드별 동작을 보여준다. 그림 2(a)의 모드 1는 스위치 Q 가 ON 상태로 입력전압이 변압기 1차측 양단에 인가되는 구간이며 이때 변압기 2차측 역시 동일한 전압이 인가되어 다이오드 D_1 를 통해 커패시터 C_y 가 충전된다.

$$V_{C_y} = \frac{N_2}{N_1} V_{in} \quad (1)$$

변압기 2차측의 회로 구조는 일반적인 포워드 컨버터에서 사용되는 출력 인덕터와 휠링 다이오드를 가지지 않고 다이오드를 통해 커패시터로 결합되는 구조이다. 따라서 스위치 Q 의 도통비 D 에 따라 커패시터 C_y 를 충전시키는 도통각이 결정된다. 즉 스위치 Q 의 도통비가 줄어들수록 짧은 구간에 부하 조건을 만족하기 위해 전류의 피크가 증가하게 된다.

그림 2(b)의 모드 2는 상단 커패시터를 충전시키는 모드이다. 스위치 Q 가 차단되면 스위치의 도통 구간 동안 변압기 자화인덕턴스에 저장된 에너지가 C_x 를 충전한다. 이때 변압기 1차측에 volt-sec 평형조건을 적용시켜 입력전압, 상단 커패시터 출력전압, 스위치 Q 의 도통비 사이의 관계를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$V_{in}DT_s = V_{C_x}(1-D)T_s \quad (2)$$

$$V_{C_x} = \frac{D}{1-D} V_{in} \quad (3)$$

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

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

변압기 턴수비가 동일한 경우 스위치 Q 의 도통비는 50%를 기준으로 제어되고 턴수비의 증감에 따라 스위치 도통비가 일정 크기로 제한됨을 알 수 있다. 변압기 2차측 턴수를 1차측의 두 배로 크게 설계할 경우 C_y 의 전압은 입력전압의 2배가 되며 C_x 의 전압은 도통비 66%의 조건, 즉 벅 부스트의 승압영역에서 동작된다. 반대로 변압기 2차측의 턴수가 1차측에 비해 2배 작도록 설계하는 경우, C_y 의 전압은 입력전압의 절반이 되며 C_x 의 전압은 도통비 33%, 즉 벅 부스트의 강압 영역에서 동작하여 C_x 의 전압을 C_y 와 동일하게 제어할 수 있다.

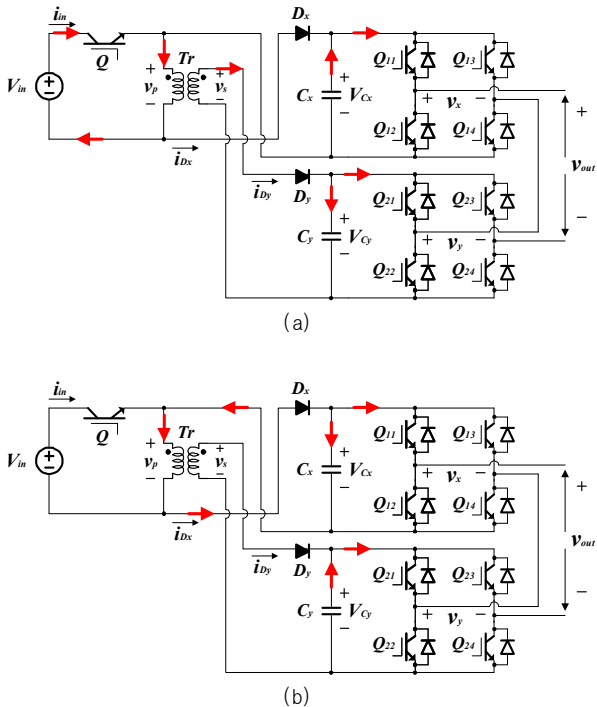


그림 2 동작모드, (a) 모드 1, (b) 모드 2
Fig. 2 Operational modes, (a) Mode 1, (b) Mode 2

3. 시뮬레이션 결과

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

그림 3(a)는 변압기 1차측 전류 (I_p), 벅 부스트의 다이오드 D_x 전류, 포워드의 다이오드 D_y 의 전류 파형을 나타낸다. 그림 3(a)의 상단은 세 가지 전류 파형을 동시에 나타낸 것으로 스위치 Q 가 ON 상태에서의 변압기 1차측 전류가 다이오드 D_y 로

흐르며, 이때 변압기 1차측 자화인덕턴스로 흐르는 전류가 스위치 OFF시 다이오드 D_x 를 통해 흐르고 있음을 확인할 수 있다. 그림 3(b)는 상단, 하단 커패시터의 전압 파형과 출력전압 파형을 나타낸다. 포워드 동작에 의해 충전되는 C_y 의 경우 전압 리플이 작지만 벅 부스트 동작에 의해 충전되는 C_x 의 경우 출력전압 리플이 최대 1.67 V로 나타나며 5레벨의 PWM 출력전압 파형의 상단 부분에 전압 리플이 나타나지만 출력전압의 THD에는 크게 영향을 미치지 않는다.

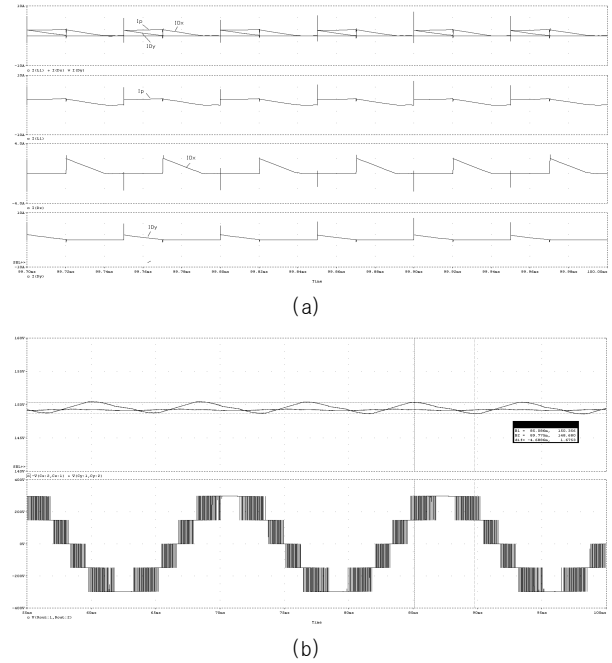


그림 3 시뮬레이션 결과, (a) $I_p+I_{Dx}+I_{Dy}$, I_p , I_{Dx} , I_{Dy} , (b) V_{Cx} , V_{Cy} , V_{out}
Fig. 3 Simulation results, (a) $I_p+I_{Dx}+I_{Dy}$, I_p , I_{Dx} , I_{Dy} , (b) V_{Cx} , V_{Cy} , V_{out}

4. 결 론

본 논문에서는 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터를 단일 입력 전원으로 구동시키기 위한 목적으로 벅 부스트와 포워드 컨버터의 결합을 이용한 회로 구조를 제안하였다. 제안하는 회로의 입력전압과 도통비와의 관계를 유도하고 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다.

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

참 고 문 헌

- [1] L. G. Franquelo, et. al., "The age of multilevel converter arrives," *IEEE Ind. Elec., Magazine*, pp. 28-39, 2008.
- [2] 권철순, 최원균, 홍운택, 현석환, 강필순, "다단출력전압 형성을 위한 절연방식과 비절연방식 멀티레벨 인버터의 특성 비교," *전력전자 하계학술대회 논문집*, pp. 500-501, 2010년 7월 6일 9일.