다중레벨 DC/DC 컨버터

이승열, 이상혁, 강성구, 송광석, 박성준
전남대학교

multilevel DC/DC converter

Seung yul Lee, Sang Hyeok Lee, Sung gu Kang, Gwang suk Song, Sung Jun Park
Chonnam National University

ABSTRACT

최근 신재생 에너지 발전과 더불어 고효율, 고품질의 대용량 계통 연계형 발전에 대한 수요는 증가하고 있는 추세이다. 또한 스위치 소자값이 저렴해짐에 따라 새로운 멀티레벨 인버터에 대한 토폴로지 연구가 활발히 진행되고 있다. 멀티레벨 인버터는 레벨을 증가시킴으로서 THD 감소와 고효율을 이룰 수 있는 반면, 다수의 DC 전원이 필요한 단점을 갖고 있다. 따라서 본 논문에서는 하나의 DC 전원을 입력하면 독립적인 3개의 DC 전원을 출력하는 멀티레벨용 DC/DC 컨버터를 제안한다.

1. 서 론

멀티레벨 인버터를 구현하기 위해서는 다수의 DC 전압을 갖는 멀티레벨용 DC/DC 컨버터가 필수적이다. DC/DC 컨버터는 벅(Buck), 부스트(Boost), 벅 부스트(Buck Boost) 컨버터로 구분할 수 있으며. 벅 컨버터는 출력전압을 강압시키고 부스트 컨버터는 출력 전압을 승압 그리고 벅 부스트 컨버터는 승·강압 출력 전압을 얻을 수 있다.[1]

일반적으로 멀티레벨용 DC/DC 컨버터는 그림 1과 같이 두 대의 Boost 컨버터를 대칭으로 결합한 구조로 입력전압 대비 120[%]의 출력 전압을 승압시켜 사용하고 있다. 또한 180° 위상차로 Gate 신호를 발생함으로서 2배의 스위칭 주파수로 동작을 한다.

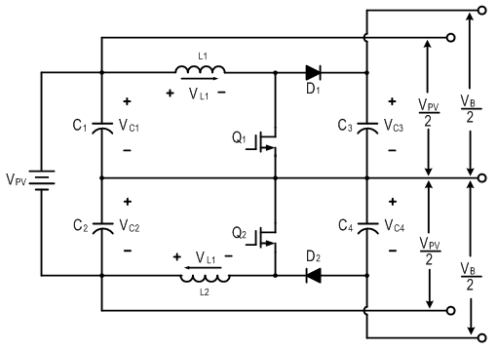


그림 1. 기존의 멀티레벨용 DC/DC 컨버터
fig 1. Conventional DC/DC Converter for Multilevel

그림 1과 같은 기존의 멀티레벨용 DC/DC 컨버터는 하나의 입력을 받아 두 개의 출력 전압을 생성할 수 있다. 반면에 본 논문에서 제안하는 멀티레벨용 DC/DC 컨버터는 동일한 부품를 사용하여 3개의 독립적인 DC 전압을 출력할 수 있는 특징을 갖고 있으며 Buck Boost 구조로 출력전압을 승·강압 시킬 수 있는 특징을 갖고 있다. 본 논문에서 제안된 구조는 PSIM 시뮬레이션을 통해 타당성과 우수성을 검증하고자 한다.

2. 본 론

2.1 제안된 멀티레벨용 DC/DC 컨버터

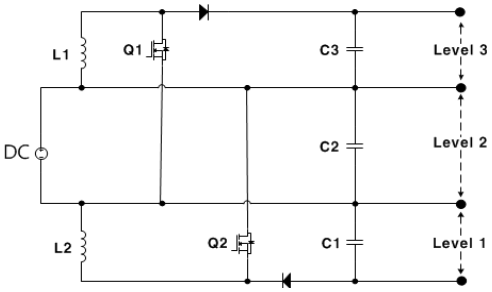
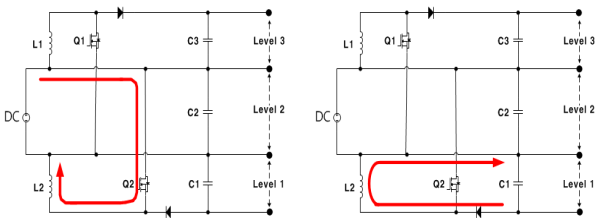


그림 2. 제안된 DC/DC 컨버터
fig 2. proposed DC/DC converter

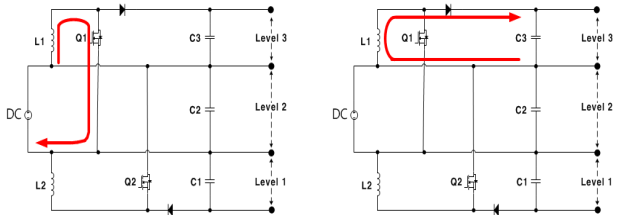
기존의 멀티레벨용 DC/DC 컨버터는 두 개의 출력 전압을 생성 한 것과 달리 제안된 DC/DC 컨버터는 3개의 출력 전압을 갖게 된다. 여기서 출력 전압 레벨 2는 입력 전압에 해당하며 출력 전압 레벨 1, 3은 Buck Boost 컨버터의 스위칭 듀티(Duty)에 따라 승·강압을 할 수 있다. 한 예로 출력 전압 레벨 1은 스위치 Q2를 ON/OFF 함으로서 출력을 얻을 수 있으며 스위치 상태에 따른 전류 루프는 그림 3과 같다.



(a)Q2=ON (b)Q2=OFF

그림 3. Q2 ON/OFF시 전류루프
fig 3. Q2 ON/OFF time current loop

그림 3(a)와 같이 스위치 Q2가 ON인 경우에는 입력 전압이 L2에 인가되어 에너지를 충전하고, 스위치 Q2가 OFF 되었을 경우에는 그림 3(b)와 같이 L2에 저장된 에너지가 C1에 충전되어 레벨 1에 출력전압이 생성된다. 레벨 3역시 레벨 1과 동일한 원리로 그림 4와 같이 Q1이 ON/OFF 함으로서 L1에 저장된 에너지가 C3에 충전되어 레벨 1의 전압을 생성한다.



(a)Q1=ON (b)Q1=OFF

그림 4. Q1 ON/OFF시 전류루프
fig 4. Q1 ON/OFF time current loop

$$SW \quad Q1 = ON \text{ 의 경우}$$
$$V_1 = V_L = L\frac{di_{L1}}{dt}$$
$$\frac{V_1}{L} = \frac{di_{L1}}{dt}$$
$$(\Delta i_{L1}) = \frac{V_1}{L}DT$$

$$SW \quad Q1 = OFF \text{ 의 경우}$$
$$V_2 = -V_L = -L\frac{di_{L1}}{dt} \qquad (1)$$
$$\frac{V_2}{L} = -\frac{di_{L1}}{dt}$$
$$(\Delta i_{L1}) = -\frac{V_2}{L}(1-D)T$$

연속모드로 동작시키므로 정상상태의 경우 한주기의 인덕터 전류값이 시작점과 끝점이 같아야 하므로 인덕터 전류의 한주기 동안 순수변화량은 0이 된다. 따라서 다음과 같이 성립한다.

$$(\Delta i_{L1})_{open} + (\Delta i_{L1})_{close} = 0$$
$$\frac{V_1}{L}DT = \frac{V_2}{L}(1-D)T \qquad (2)$$
$$\frac{V_1(D)}{(1-D)} = V_2$$

$$\therefore V_2 = \frac{D}{(1-D)}V_1$$

위 식과 같이 출력 전압 방정식이 Buck Boost 컨버터 전압 방정식과 동일함을 확인할 수 있다.

3. 시뮬레이션 및 결과

제안하는 토폴로지의 타당성을 검증하기 위하여 그림 5와같이 PSIM을 통하여 시뮬레이션 하였다. 그림 5는 시뮬레이션 회로도로 제안된 토폴로지 구조와 각 레벨의 전압을 센싱하기 위한 전압 센서 그리고 스위칭을 위한 DLL로 구성되어 있다. DLL 입력으로는 1, 2, 3 레벨에 해당하는 전압 값 Vdc1, 2, 3와 입력 전류 Iin 그리고 출력 전압값을 정하는 전압 지령치 V_ref로 구성되어 있다. 그림 6은 시뮬레이션 출력 파형으로 전압 지령치 50V에 맞추어 입력전압 V2가 200V에서 출력전압 V1, V3가 50로 정전압되는 것을 확인할 수 있다.

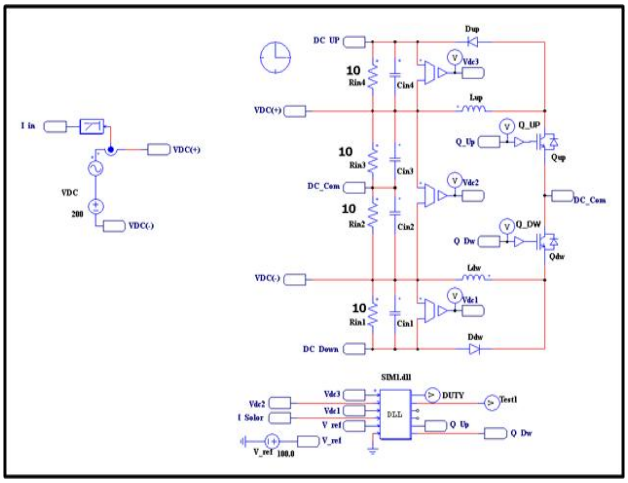


그림 5. PSIM 시뮬레이션 회로도
fig 5. PSIM Simulation Schematic

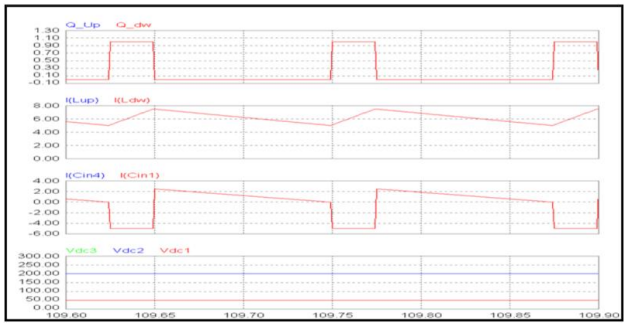


그림 6. 출력 파형
fig 6. The output waveform

4. 결 론

본 논문에서는 다수의 독립된 DC 입력전원을 요구하는 멀티레벨 인버터를 단일 입력전원으로 구동시키기 위한 Buck Boost 컨버터 기반의 멀티레벨용 DC/DC 컨버터를 제안하였다. 제안된 DC/DC 컨버터는 Buck Boost 구조로 출력전압을 승·강압 가능하며, 최소한의 소자를 이용하여 하나의 입력에 3개의 출력값을 얻을 수 있다. 제안된 멀티레벨 컨버터에 대한 모드별 동작을 설명하고 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

이 논문은 전남대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었슴

참 고 문 헌

[1] 권철순, 최원균, 김선필, 강필순 “Buck Boost 컨버터를 이용한 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터의 입력전원 단일화” 대한전기학회 추계학술대회 논문집 , pp. 403 404 2010.10