

# 단일 입력 DC 전원을 이용한 5레벨 PWM 인버터

최진성, 김기두, 강필순  
국립한밭대학교

## Five-level PWM Inverter using a Single DC Input Source

Jin sung Choi, Ki du Kim, Feel soon Kang  
Hanbat National University

### ABSTRACT

본 논문에서는 절연타입의 Half bridge 구조를 이용하여 입력단을 구성하고 출력단에 5레벨의 출력전압을 생성할 수 있는 새로운 구조의 멀티레벨 PWM 인버터를 제안한다. 기존의 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터는 두 대의 H Bridge 인버터 모듈을 직렬 결합하여 5레벨의 출력전압을 생성하는 방식이며, 제안하는 방식은 기존 멀티레벨 인버터의 기본 모듈인 H bridge의 전원을 절연타입의 Half bridge 구조를 이용하여 구성하고 스위칭 소자 1개와 다이오드 1개를 추가한 구조이다. 동일한 5레벨의 출력전압 생성 시 기존 방식은 2차 측에 8개의 스위칭 소자가 사용되는 반면 제안된 방식은 5개의 스위칭 소자와 1개의 다이오드가 사용되기 때문에 스위칭 손실 및 부피를 줄일 수 있으며 입력단과 출력단 사이의 절연으로 인한 시스템의 안정성을 확보할 수 있다. PSIM 기반의 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 멀티레벨 인버터의 타당성을 검증한다.

### 1. 서론

멀티레벨 인버터는 고전압, 대전력 응용을 목적으로 다양한 분야에서 응용되고 있다. 다수의 DC 전압을 합성하여 정현파에 가깝게 출력함으로써 왜곡이 적은 AC 전압을 손쉽게 만들 수 있다. 또한 전압 레벨을 증가함으로써 스위치의 정격전압과 손실을 줄이고 THD(Total Harmonic Distortion)를 감소시켜 양질의 출력전압을 얻을 수 있는 장점을 가진다. 일반적인 멀티레벨 인버터 방식 중 Cascaded H bridge 멀티레벨 인버터는 H bridge로 구성된 여러 개의 셀을 직렬로 연결함으로써 고전압을 얻을 수 있고 정현파에 가까운 양질의 출력전압을 얻을 수 있다. 하지만 출력전압 레벨의 수가 증가 할수록 많은 스위치가 필요하여 회로 및 제어 복잡해지는 단점이 있다. 그러므로 다수의 출력전압 레벨을 생성하기 위한 멀티레벨 인버터 회로 구성에서 가능한 적은 수의 소자로 회로를 구성하는 것은 매우 중요하다. 따라서 양질의 출력전압을 생성시키는 인버터의 구조 관점에서 최소의 소자 수로 최대 개수의 출력전압 레벨 생성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>[1]</sup> 이들 중 변형된 H bridge를 이용한 5레벨 인버터는 H bridge의 입력전원을 두 개의  $V_{dc}$  직렬 구조로 구성하고 입력전압 상단에 스위칭 소자를 추가함으로써 기본  $V_{dc}$  전압으로 작동되는 단일 멀티레벨 인버터에  $2V_{dc}$  전압이 더해지는 구조로 구성함으로써 5레벨의 출력전압을 생성하고 그로인해 스위치의 개수를 기존의 Cascaded H bridge 인버터 보다 줄일 수 있는 효과적인 방식

이다. 그러나 입력단을 DC 전압원이 아닌 커패시터를 이용할 경우 커패시터의 전압 불균형 문제로 인해 사용에 제약이 따르는 문제가 있다.<sup>[2]</sup>

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 절연방식의 Half bridge 구조를 이용하여 전압불균형을 해소하고 입력단과 출력단의 안정성을 확보한 5레벨 PWM 인버터를 제안하고 PSIM을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 검증한다.

### 2. 제안하는 5레벨 PWM 인버터

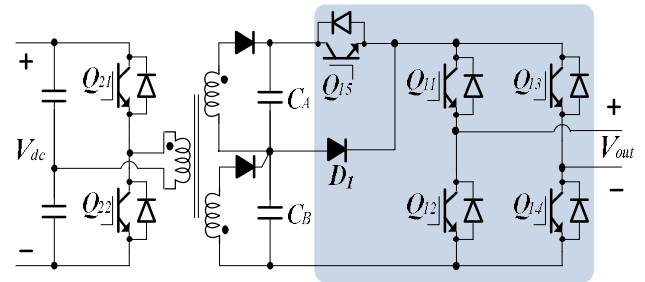


그림 1 제안하는 회로 구조  
Fig. 1 Proposed circuit structure

그림 1은 제안하는 절연타입의 Half bridge 구조를 갖는 제안하는 5레벨 PWM 인버터의 회로 구조이다.  $V_{dc}$  전압이 Half bridge의 스위치  $Q_{21}$ ,  $Q_{22}$ 가 교번적인 도통을 통해 1:1의 변압비를 갖는 변압기의 1차 측에  $1/2V_{dc}$ 의 전압을 형성하고 2차 측의 커패시터  $C_A$ ,  $C_B$ 에 각각  $1/2V_{dc}$ 의 전압이 걸린다. 이를 통해 변형된 H bridge의 입력전원으로써 직렬 구조로 구성된 커패시터  $C_A$ ,  $C_B$  상단에 스위칭 소자를 추가함으로써 기본  $1/2V_{dc}$  전압으로 작동되는 단일 멀티레벨 인버터에  $1/2V_{dc}$  전압이 더해지는 구조로 구성하여 5레벨의 출력전압을 생성하고 그로인해 스위치의 개수를 기존 절연타입 Cascaded H bridge 인버터에 비해 3개 줄일 수 있고 1개의 다이오드가 추가된다. 이를 통해 스위칭에 의한 손실을 줄일 수 있다. 또한 필요에 따라 변압기의 1차 측 구성을 H bridge 등 여러 가지 구조로 달리 하여 적용 가능하다.

#### 2.1 동작 모드

제안된 멀티레벨 인버터의 입력전압은 Half bridge의 스위치  $Q_{21}$ 이 온 상태인 경우, 커패시터  $C_A$ 를 충전시켜 준다. 반대로 스위치  $Q_{22}$ 가 온 상태인 경우, 커패시터  $C_B$ 를 충전시켜준다.

다. 스위치  $Q_{21}$ ,  $Q_{22}$  는 180도 위상차로 교번적으로 작동시켜 변압기 2차 측의 커패시터  $C_A$ ,  $C_B$ 를 충전시킨다. 출력전압의 경우 변형된 H bridge의 스위치 상태에 따라  $V_{dc}$ ,  $1/2V_{dc}$ , 0,  $1/2V_{dc}$ ,  $V_{dc}$ 의 5레벨 출력전압을 갖는다. 그림 2는 양의 반주기 동안의 스위치 상태를 보여준다. 그림 2(a)와 같이 스위치  $Q_{15}$ 가 오프 상태인 경우, 하단  $1/2V_{dc}$  전압이 출력전압 레벨로 나타나며, 그림 2(b)와 같이  $Q_{15}$ 가 오프 상태인 경우,  $V_{dc}$  전압이 출력전압 레벨로 나타난다. 영전압 생성을 위해서는 H bridge 스위치를 동시에 도통시키거나 상단의 두 스위치를 도통시켜 영전압 생성이 가능하다. 표 1은 스위칭 상태에 따른 출력전압 레벨을 보여준다.

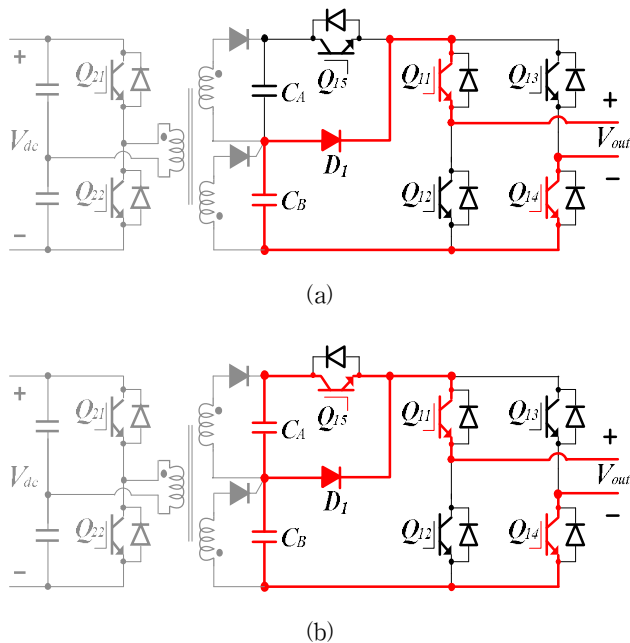


그림 2 양의 반주기의 스위치 상태 (a)  $1/2V_{dc}$  (b)  $V_{dc}$   
Fig. 2 Switch state of half cycle of positive

표 1 스위칭 상태에 따른 출력전압 레벨  
Table 1 Output voltage level according to switching state

출력전압	스위칭 상태				
	$Q_{11}$	$Q_{12}$	$Q_{13}$	$Q_{14}$	$Q_{15}$
$V_{dc}$	O	X	X	O	O
$1/2V_{dc}$	O	X	X	O	X
0	X(O)	O(X)	X(O)	O(X)	X
$1/2V_{dc}$	X	O	O	X	X
$V_{dc}$	X	O	O	X	O

### 3. 시뮬레이션

제안된 멀티레벨 인버터의 검증을 위해 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 수행한다. 입력전압은  $310V_{dc}$ 이며 1kW급으로 설계하였다. 변압기는 1:1 권선비이고 1차 측의 스위치  $Q_{21}$ ,  $Q_{22}$ 의 스위칭 주파수는 2.5kHz이며 듀티비는 0.5이다.

2차 측의 변형된 H bridge는 SPWM(Sinusoidal Pulse Width Modulation)의 PD(Phase Disposition) 방식을 사용하며 반송파는 10kHz, 기본파는 60Hz이다. 그림 3은 커패시터  $C_A$ ,  $C_B$ 와 출력단의 전압 파형을 보여준다. 커패

시터  $C_A$ ,  $C_B$ 는 동일한 전압이 걸린 것을 확인 할 수 있다. 제안하는 멀티레벨 인버터의 출력전압 역시 5레벨의 출력파형이 생성됨을 확인할 수 있다. 즉, 동일한 5레벨의 출력전압을 생성 시 기존의 방식에 비해 스위치의 개수를 줄일 수 있고 스위칭 손실을 저감할 수 있다.

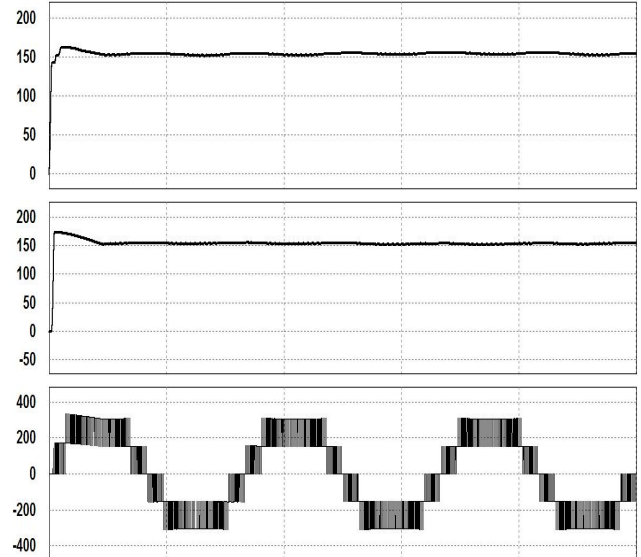


그림 3 커패시터  $C_A$ ,  $C_B$  전압과 출력전압  $V_{out}$   
Fig. 3 capacitor  $C_A$ ,  $C_B$  voltage and output voltage  $V_{out}$

### 3. 결론

본 논문에서는 절연타입의 Half bridge 구조를 이용하여 입력단을 구성하여 5레벨의 출력전압을 생성할 수 있는 새로운 형태의 멀티레벨 PWM 인버터를 제안하였다. 제안한 인버터는 기존 방식에 비해 스위칭 소자의 수를 줄일 수 있으며 전압불균형에 의한 왜곡이 발생하지 않는다. 또한 필요에 따라 1차 측의 구성을 달리하여 설계 가능하다. 검증을 위해 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 수행하여 타당성을 검증하였다.

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (No.2012-006120)

### 참고 문헌

- [1] H. Abu Rub, J. Holtz, J. Rodriguez, and Ge Baoming, "Medium Voltage Multilevel Converter State of the Art, Challenger, and Requirements in Industrial Applications," Proc. of IEEE, vol. 57, no. 8, pp. 2581-2596, Aug. 2011.
- [2] 최진성, 강필순, "변형된 H bridge 회로 구조를 이용한 5레벨 인버터" 대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템부문회 추계학술대회 논문집, 2012.11, 259-261