

7-레벨과 27-레벨의 선택적 출력전압 생성이 가능한 멀티레벨인버터

최진성, 현석환, 강필순
한밭대학교

Multilevel Inverter enabling selective generation of output voltage between 7-level and 27-level

Jin sung Choi, Seok Hwan Hyun, Feel soon Kang
Hanbat National University

ABSTRACT

본 논문에서는 보조회로 및 양방향 컨버터를 추가한 H bridge 모듈 3개를 직렬 결합하여 7레벨과 27레벨의 선택적 출력전압 생성이 가능한 멀티레벨 인버터 구조를 제안한다. 제안된 회로의 입력전압원 크기는 서로 동일하며, 최초 7레벨의 출력전압을 생성하다가 양질의 출력전압을 필요로 할 경우 27레벨의 출력전압을 생성할 수 있으며, 7레벨 및 27레벨 출력전압에 대한 동작 특성을 해석하고 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증한다.

1. 서 론

Cascaded H bridge 멀티레벨인버터는 H bridge 모듈을 직렬 연결하여 출력전압의 레벨 수를 증가시켜 사인파에 근접한 출력전압을 생성시키는 인버터이다. 멀티레벨인버터는 출력전압에 다수의 레벨 형성이 가능하여 낮은 스위칭 주파수로 사인파를 근접한 출력전압 파형을 형성시킬 수 있다. 양질의 출력전압을 생성하는 관점에서 볼 때 가능한 적은 수의 회로 소자를 이용하여 다수의 출력 전압 레벨을 생성하는 것이 멀티레벨 인버터의 회로 설계에 있어 중요하다^{[1][3]}. 출력전압 레벨 수는 모듈 개수에 비례하므로 출력전압 레벨 수를 증가시키기 위해서는 스위치 개수와 독립 입력전압원 개수가 증가하는 문제가 발생한다. 이를 보완하기 위해 본 논문에서는 입력단에 보조회로 및 양방향 컨버터를 가지는 멀티레벨인버터를 제안한다. 이 방식은 보조회로 및 양방향 컨버터를 사용함으로써 양질의 출력전압을 얻을 수 있고, 스위치 수를 저감시키는 효과적인 회로 구조이다. 이 방식에서 기본 7레벨을 형성시키다가 양질의 출력전압을 원할 때 양방향 컨버터를 사용하여 27레벨의 출력을 얻을 수 있다. 제안된 인버터의 검증을 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 기존의 Cascade H-bridge Inverter

기존의 7레벨 Cascade H bridge Inverter는 입력전압원 크기는 서로 동일하며, 3개의 H bridge 모듈에서 인버터의 스위칭 소자의 온오프에 따라 $+3aV_{DC}$, $+2aV_{DC}$, $+aV_{DC}$, 0 , aV_{DC} , $2aV_{DC}$, $3aV_{DC}$ 의 7레벨의 출력전압을 형성하게 된다. 기존의 27레벨 Cascade H bridge Inverter는 3개의 H bridge 모듈에

입력전압이 $1:3:9(aV_{DC}, 3aV_{DC}, 9aV_{DC})$ 의 비를 가지고 있으며, 3개의 H Bridge 모듈에 의해 $13aV_{DC}$, $12aV_{DC}$, ..., 0 , $12aV_{DC}$, $+13aV_{DC}$ 의 27레벨의 출력전압을 형성하게 된다^[4]. 따라서 dv/dt 가 감소되고 다른 인버터에 비해 출력 필터 없이 정현파에 가까운 출력 전압 파형을 얻을 수 있다. 하지만 항상 입력전압이 $1:3:9$ 의 비를 갖고 있어야 한다는 단점을 가진다.

2.2 제안하는 Cascade H-bridge Inverter

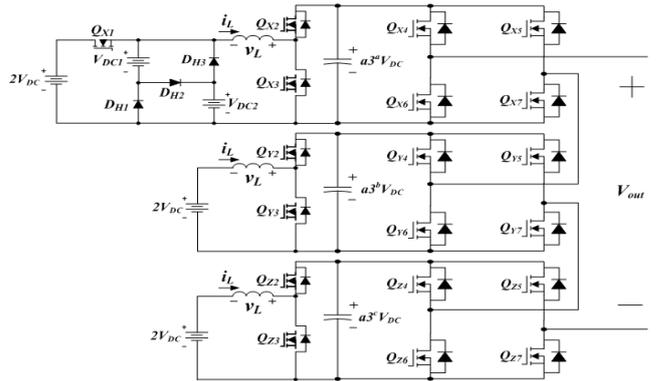


그림 1 제안하는 멀티레벨 인버터의 구성
Fig. 1 configuration of the proposed Multilevel inverter

제안하는 Cascade H bridge Inverter는 그림 1과 같이 보조회로 및 양방향 컨버터를 추가한 3개의 H bridge로 이루어져 있으며 최종 출력전압은 3개의 양방향 컨버터 출력단에 있는 커패시터에 충전되는 전압에 의해 7레벨 혹은 27레벨의 선택적 출력전압을 얻을 수 있다. 7레벨의 출력전압을 생성하는 경우 3개의 양방향 컨버터의 승압비가 같을 때 기존의 7레벨 인버터와 같은 구조이며, 27레벨의 출력전압을 생성하는 경우 보조회로 및 양방향 컨버터의 승압비가 $1:3:9$ 의 비를 가질 때 기존의 27레벨 인버터의 구조와 동일하다. 기존의 Cascade H bridge Inverter는 7레벨과 27레벨의 출력전압을 생성하기 위해서는 각각의 독립된 H bridge Inverter가 필요하지만 제안하는 Cascade H bridge Inverter는 7레벨과 27레벨의 선택적인 출력전압을 얻을 수 있기 때문에 필요에 따라 출력전압의 레벨수를 바꿀 수 있다. 7레벨의 출력전압을 생성하다가 양질의 출력전압을 필요로 하는 경우 3개의 H bridge 모듈의 입력전압을 $1:3:9(aV_{DC}, 3aV_{DC}, 9aV_{DC})$ 의 비를 갖도록 한다.

표 1 DC입력전원에 대한 출력전압 7-레벨

Table 1 Output voltage 7-levels by means of three input Voltage

단계	Q_{x1}	x,y,z	1 st Module	2 nd Module	3 rd Module
0	On	$x=0$	0	0	0
1		$y=0$	$+V_{DC}$	0	0
2		$z=0$	$+V_{DC}$	$+V_{DC}$	0
3			$+V_{DC}$	$+V_{DC}$	$+V_{DC}$

표 2 DC입력전원에 대한 출력전압 27-레벨

Table 2 Output voltage 27-levels by means of three input Voltage

단계	Q_{x1}	x,y,z	aV_{DC}	$3aV_{DC}$	$9aV_{DC}$	V_{out}
0	Off	$x=0$	0	0	0	0
1			$+aV_{DC}$	0	0	$+aV_{DC}$
2			$-aV_{DC}$	$+3aV_{DC}$	0	$+2aV_{DC}$
3		$z=2$	0	$+3aV_{DC}$	0	$+3aV_{DC}$
4		$x=0$	$+aV_{DC}$	$+3aV_{DC}$	$+9aV_{DC}$	$+4aV_{DC}$
5			$-aV_{DC}$	$-3aV_{DC}$	$+9aV_{DC}$	$+5aV_{DC}$
6			0	$-3aV_{DC}$	$+9aV_{DC}$	$+6aV_{DC}$
7		$y=1$	$+aV_{DC}$	$-3aV_{DC}$	$+9aV_{DC}$	$+7aV_{DC}$
8			$-aV_{DC}$	0	$+9aV_{DC}$	$+8aV_{DC}$
9			0	0	$+9aV_{DC}$	$+9aV_{DC}$
10		$z=2$	$+aV_{DC}$	0	$+9aV_{DC}$	$+10aV_{DC}$
11			$-aV_{DC}$	$+3aV_{DC}$	$+9aV_{DC}$	$+11aV_{DC}$
12			0	$+3aV_{DC}$	$+9aV_{DC}$	$+12aV_{DC}$
13		$+aV_{DC}$	$+3aV_{DC}$	$+9aV_{DC}$	$+13aV_{DC}$	

표 1과 표2에서는 각각의 H bridge 모듈의 출력전압을 입력 측에 연결된 인버터의 스위칭 동작에 대해 7레벨과 27레벨의 출력전압이 정인 경우에 대하여 나타내고 있다.

3. 시뮬레이션 및 실험파형

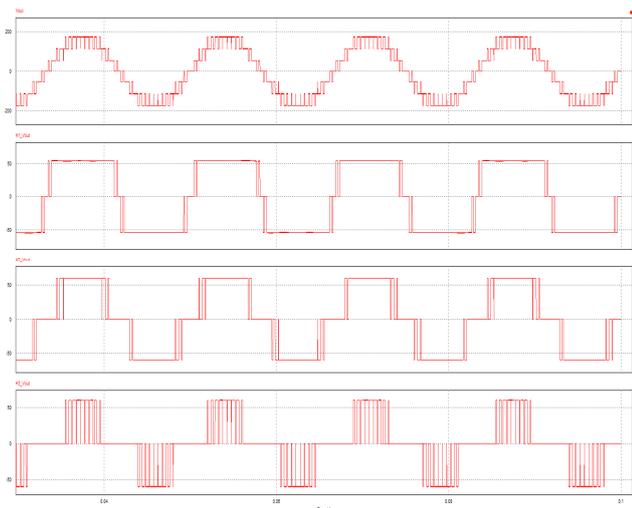


그림 2 제안하는 7레벨 인버터의 시뮬레이션 파형
Fig. 2 Simulated waveforms of the proposed 7-level inverter

본 논문에서 제안한 Topology에 대한 하드웨어 구현의 타당성을 검증하기 위해 Psim에 의한 시뮬레이션을 실시하였고, 그림 2와 그림 3은 시뮬레이션 결과 파형을 나타낸 것이다.

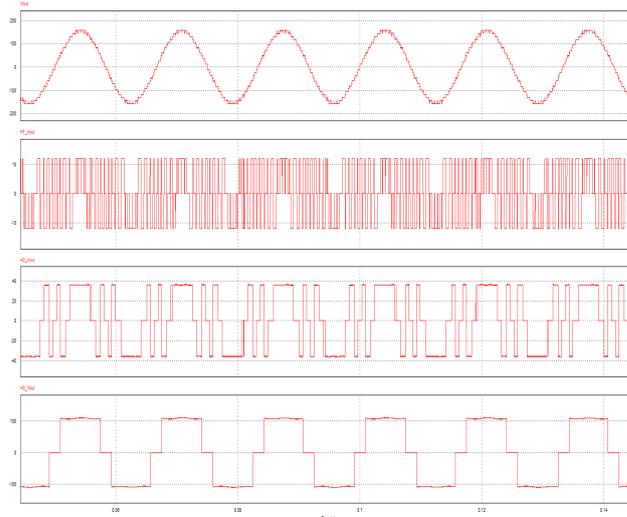


그림 3 제안하는 27레벨 인버터의 시뮬레이션 파형
Fig. 3 Simulated waveforms of the proposed 27-level inverter

4. 결론

본 논문에서는 출력 고조파 성분을 억제하여 정현적인 출력전압 파형을 얻기 위해 보조회로 및 양방향컨버터를 추가한 새로운 멀티레벨 인버터를 제안하였다. 제안된 인버터는 7개 및 27개의 연속적인 출력레벨을 형성하기 위한 3개의 H bridge 모듈과 동일입력전압, 보조회로 및 양방향컨버터로 구성된다. 기존의 멀티레벨방식과 비교해서 출력전압 파형개선을 통한 THD의 저감을 이룰 수 있었고 출력단의 필터용 인덕터가 필요 없는 장점을 가진다. 제안된 7레벨 및 27레벨 인버터의 타당성을 검증하기 위해 $24[V_{DC}]$ DC입력전압을 이용하여 $110[V_{ac}]$ $60[Hz]$ 교류전원을 얻는 시뮬레이션을 보였으며 그 결과로부터 제안한 멀티레벨 인버터의 타당성을 확인할 수 있었다.

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구재단의 기초 연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2014R1A1 A2053509)

참고 문헌

- [1] L. G. Franquelo, J. Rodriguez, S. Kouro, R. Portillo, and M. A. M. Prats, "The age of multilevel converter arrives", IEEE Ind. Electron. Magazine, pp. 28-39, 2008.
- [2] J. Rodriguez, J. S. Lai, and F. Z. peng, "Multilevel Inverter: A survey of topologies, controls, and applications", IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. 49, No. 4, pp. 724-738, 2002, Aug.
- [3] J. S. Lai, and F. Z. Peng, "Multilevel Converters A New Breed of Power Converters", IEEE Trans. Ind. Appl. Vol. 32, No. 3, pp. 509-517, May/June, 1996.
- [4] 주성용, 이정환, 강필순, 김철우, 박성준, "DC링크 전압 조합을 이용한 멀티 레벨 인버터," 전력전자학회 학술대회논문집(2), pp. 621-624, 2003년 7월.