

DC 링크 스위치를 갖는 확장형 멀티레벨 인버터

선호동, 박종형, 차현녕, 김흥근, 전태원, 노의철
 경북대학교 울산대학교 부경대학교

Extended Multi-level Inverter with DC-link Switches

Ho Dong Sun, Jong Hyung Park, Honnyong Cha, Heung Geun Kim, Tae Won Chun,
 Eui Cheol Nho
 Kyungbook National Univ., Ulsan Univ., Pukyong National Univ.

ABSTRACT

본 논문은 역률 제어가 가능한 개선된 DC 링크 스위치를 갖는 멀티레벨 인버터를 제안한다. DC 링크단에 다이오드 대신 전력용 스위치를 연결함으로써 역률을 제어할 수 있게 하였다. 또한 전압레벨 확장에 있어서 추가적인 전력용 소자를 최소화한 방식을 제안한다. 제안한 방식은 전압 레벨확장에 있어 전력용 소자를 적게 사용함으로써 신뢰성을 높고, 손실을 작으며, 비용이 저렴해지는 이점을 갖는다. 제안된 토폴로지의 타당성은 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

1. 서론

최근 산업 설비의 고압화에 따라 고압 인버터 시스템에 대한 수요가 증가하고, 신재생 에너지가 각광 받기 시작하면서 태양광, 연료전지 시스템에서 직류 링크단 전압과 교류 출력단 위상 둘 다를 제어할 수 있는 이점 때문에 계통연계형 PWM 인버터가 널리 사용되고 있다. 현재 멀티 레벨 인버터의 토폴로지와 계통 연계형 인버터의 토폴로지에 대한 많은 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

계통연계형 인버터의 경우에는 정현적인 출력전압, 주파수, 역률과 함께 한전의 고조파 전류 기준에 부합되는 출력전류 등의 요구조건을 만족 시켜야 한다. 이러한 요구조건을 만족시키는 효과적인 방법으로 멀티레벨 인버터를 말할 수 있다.

멀티 레벨 인버터의 토폴로지는 NPC(Neutral Point Clamped) 형태, cascaded H bridge 형태, FC(Flying Capacitor)형태로 나눈다.

본 논문에서는 역률 제어가 가능한 개선된 DC 링크 스위치를 갖는 멀티레벨 인버터와 전압레벨 확장에 있어서 추가적인 전력용 소자를 최소화한 토폴로지를 제안한다. 제안된 토폴로지의 타당성은 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

2. DC 링크 스위치를 갖는 멀티레벨 인버터 구성

2.1 DC 링크 스위치를 갖는 멀티레벨 인버터의 구조

그림 1은 DC 링크 스위치를 갖는 멀티레벨 인버터의 토폴로지를 나타낸다. DC 링크단과 full bridge 셀이 2개의 전력용 스위치와 2개의 다이오드로 연결된 변형된 H bridge 구조이다. 기존의 토폴로지와 비교했을 때, 전력용 소자가 적기 때문에

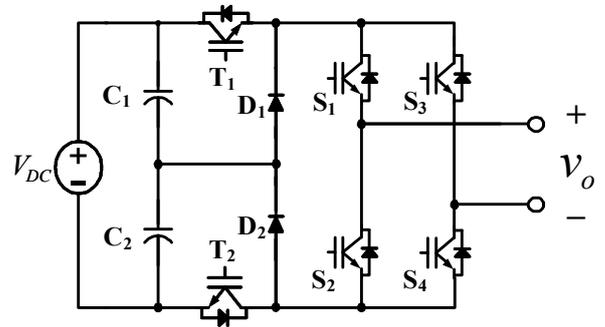


그림 1 DC 링크 스위치를 갖는 H-bridge 멀티레벨 인버터 토폴로지

Fig. 1 H-bridge multi-level inverter topology with DC-link switches

비용이 절감되고 손실이 줄어드는 장점이 있지만 단위역률에서 만 동작이 가능하다.

2.2 개선된 멀티레벨 인버터의 구조

그림 2는 역률 제어가 가능한 개선된 DC 링크 스위치를 갖는 멀티레벨 인버터의 토폴로지이다. 다이오드 대신 전력용 스위치를 연결함으로써 역률을 제어할 수 있다. 5레벨을 기준으로 볼 때, cascaded H bridge 멀티레벨인버터와 전력소자 수는 동일하지만, H bridge 스위치가 기본과 한주기에 한번 스위칭 되므로 스위칭 속도가 느린 소자를 사용할 수 있다.

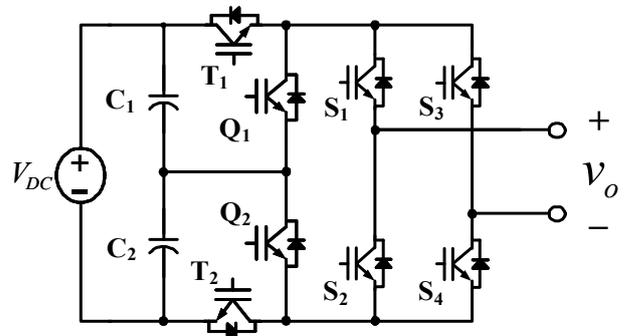


그림 2 개선된 DC 링크 스위치를 갖는 H-bridge 멀티레벨 인버터 토폴로지

Fig. 2 Improved H-bridge multi-level inverter topology with DC-link switches

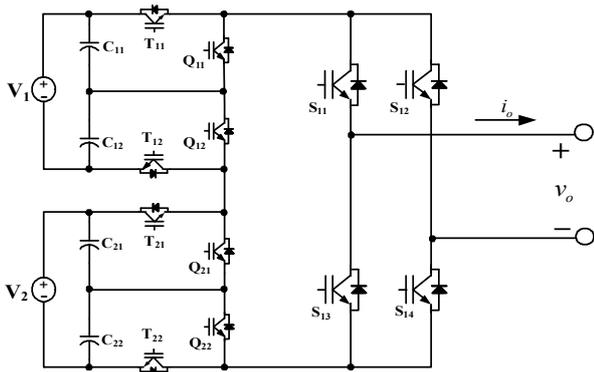


그림 3 9-레벨 인버터 토폴로지
Fig. 3 9-level inverter topology

2.3 전압레벨 확장 방식

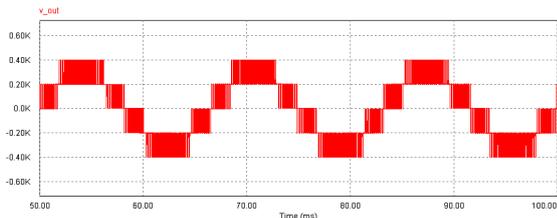
그림 3은 제한한 인버터를 9레벨로 확장한 인버터의 토폴로지이다. 5레벨에서는 cascaded H bridge 멀티레벨 인버터와 스위칭소자 수는 동일하지만, 9레벨에서는 스위칭소자 수가 4개 적다. 전압레벨을 확장할수록 기존의 멀티레벨 인버터보다 스위칭 소자를 훨씬 적게 사용할 수 있는 장점이 있다.

3. 시뮬레이션 결과

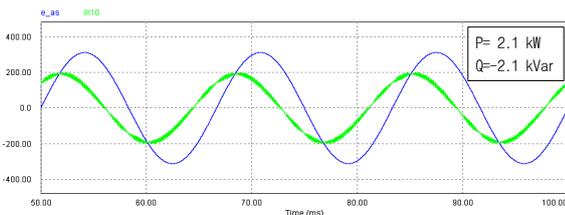
본 논문에서 제한한 멀티레벨 인버터의 동작 특성을 확인하기 위하여 PSIM 시뮬레이션 프로그램을 사용하였다. 표 1은 시뮬레이션에 사용한 인버터의 시스템 사양이며 PI전류제어를 사용하였다. 그림 4는 역률이 0.707일 때, 출력전압과 출력전류, 계통전압을 나타낸다. 계통전압과 출력전류의 위상차를 보기 위해서 출력전류를 10배 확대하였다.

표 1 시뮬레이션 파라미터
Table 1 Simulation parameters

정격출력	3 kVA	직류링크전압	400 V
계통전압	220 V _{rms}	선 전류	13.6 A _{rms}
DC링크 커패시터	1000 uF	필터 인덕터	2 mH
스위칭주파수	5 kHz	계통주파수	60 Hz

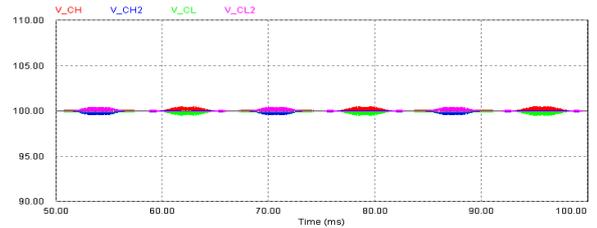


(a) 출력전압

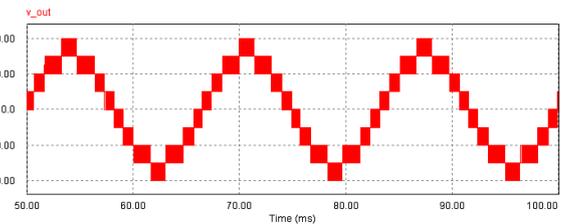


(b) 출력전류와 계통전압

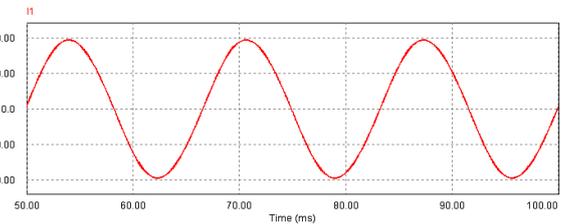
그림 4 인버터 출력 전압과 출력전류와 계통전압
Fig. 4 Output voltage and output current of inverter and grid voltage



(a) 커패시터 전압



(b) 출력전압



(c) 출력전류

그림 5 인버터 출력 전압과 출력전류
Fig. 5 Inverter output voltage and output current

그림 5는 9 레벨 인버터의 커패시터 전압과 출력 전압 그리고 전류 파형이다. 5 레벨 인버터의 출력 전류와 비교했을 때, 정현파에 가까운 것을 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 멀티레벨 인버터의 토폴로지로서 DC 링크 스위치를 갖는 멀티레벨 인버터를 역률 제어가 되도록 개선된 구조를 제안하였다. 단위역률에서는 스위칭소자가 적은 기존의 DC 링크 스위치를 갖는 멀티레벨 인버터를 사용하고, 단위역률이 아닌 경우에는 개선된 인버터를 사용함으로써 큰 효과를 볼 수 있다.

그리고 제안된 전압레벨 확장 방식은 9레벨 형성시 cascaded H bridge 멀티레벨 인버터보다 스위칭 소자가 25 [%] 감소한다. 전압레벨을 확장할수록 기존의 멀티레벨 인버터보다 스위칭 소자를 훨씬 적게 사용할 수 있다. 스위칭 소자를 적게 사용함으로써 스위칭 손실 및 도통 손실이 작아지고, 시스템의 신뢰도가 높아지며 제작비용 또한 저렴한 장점을 갖는다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 지원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2010T100100465)

참고 문헌

- [1] 선호동, “DC 링크 스위치를 갖는 새로운 H 브릿지 멀티레벨 인버터” 전력전자 추계학술대회 논문집, pp. 9 10, 2010. 11.