

새로운 H-Bridge Multilevel Inverter 구조

이상혁, 강필순
한밭대학교

The novel H-bridge multilevel inverter topology

Sang-Hyeok Lee, Feel-Soon Kang
Hanbat National University

ABSTRACT

본 논문에서는 새로운 H-bridge 멀티레벨 인버터 구조를 제안한다. 제안된 구조는 기존의 H-bridge 멀티레벨 인버터 구조보다 사용하는 스위칭 소자수가 적어 시스템 크기, 비용, 전력 손실, 노이즈 감소로 보다 효율적인 동작이 가능하다.

또한 레벨 수가 증가할수록 스위칭 소자는 비례적으로 감소하여 High level에서 보다 더 효율적인 동작이 가능하다.

제안된 H-bridge 멀티레벨 인버터 구조의 타당성을 검증하기 위해 PSpice 시뮬레이션을 수행하였고 제안된 구조의 우수성을 검증하였다.

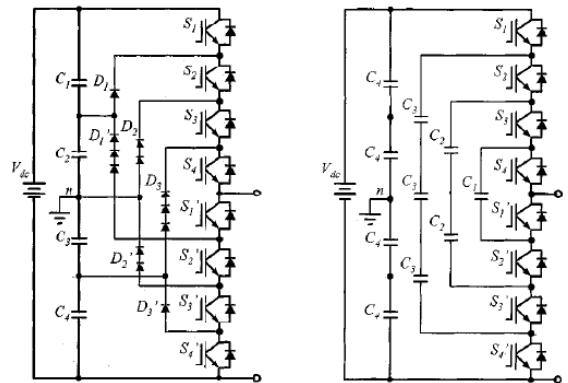
1. 서론

최근 지구의 환경오염과 한정적인 에너지 고갈로 재생 에너지에 대한 관심이 높아지고 있다. 재생 에너지는 무한적이고 청정한 에너지라는 특징을 갖고 있지만 출력되는 에너지의 밀도가 낮고 기후의 영향을 받는다는 단점을 갖고 있다. 재생 에너지 중에 각광 받고 있는 태양광 에너지는 태양전지를 직렬로 연결한 태양광 모듈(Photovoltaic modules)을 사용하여 DC 전압을 얻을 수 있고 인버터를 통해 AC 전압으로 변환하여 기존의 전력계통에 연계된다. 여기서 사용되는 인버터의 전력변환 효율을 높이기 위해 다양한 구조와 방법이 연구 중이며 최근에는 멀티레벨 인버터가 관심을 받고 있다.

멀티레벨 인버터는 여러개의 독립적인 커패시터 DC 전압을 합성하여 왜곡이 적은 대용량 AC 전압을 손쉽게 만들 수 있으며 레벨 수를 증가함으로써 THD(Total Harmonic Distortion)를 감소시킬 수 있다. 일반적으로 멀티레벨 인버터는 다이오드-클램프(Diode-clamp), 플라잉-커패시터(Flying-capacitors), Cascaded 멀티레벨(Cascaded Multilevel) 인버터로 구분할 수 있으며 멀티레벨 인버터에서 가장 이상적인 구조는 적은 스위칭 소자를 사용하고 낮은 스위칭 주파수를 갖으며 스위칭 정격 전류가 높아야 한다.

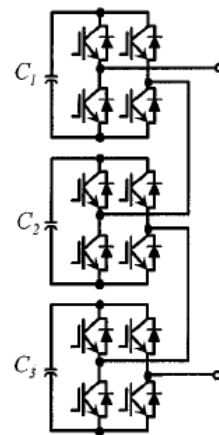
멀티레벨 인버터는 레벨 수가 높을수록 고조파 성분이 매우 낮아지고 손쉽게 대용량 AC 만들 수 있는 공통적인 특징을 갖고 있다. 하지만 그림 1(a)의 다이오드-클램프 멀티레벨 인버터(DCMLI)는 레벨 수가 증가하면 많은 클램핑 다이오드가 필요하며 유효 전력을 제어하기 어렵고 커패시터 전압 불균형이 발생한다. 그림 1(b)의 플라잉-커패시터 멀티레벨 인버터(FCMLI)는 다이오드-클램프 멀티레벨 인버터에서 사용한 클

램핑 다이오드를 커패시터로 대체한 형태로 다수의 커패시터를 사용하여 내부 전압 레벨에 여유를 갖을 수 있지만 레벨 수가 증가할수록 대용량 전력 커패시터를 그룹화 시키기 어렵고 제어가 복잡해진다. 마지막으로 Cascaded 멀티레벨 인버터의 구조는 그림 1(c)과 같이 H-bridge 인버터를 직렬로 연결한 형태로 기존의 클램핑 다이오드나 커패시터가 불필요하다. 즉, 다른 멀티레벨 인버터들 보다 최소 부품으로 구성되며 부분적으로 그룹화 되어 확장, 제어가 용이하다. [1]-[4]



(a) 다이오드-클램프

(b) 플라잉-커패시터



(c) Cascaded H-bridge

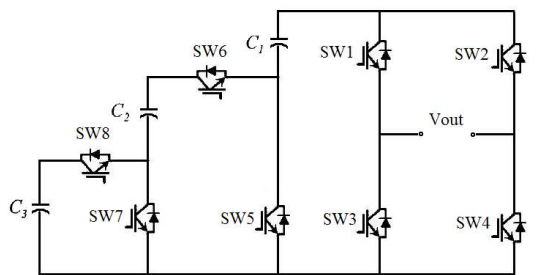
그림 1. 기존의 멀티레벨 인버터

본 논문에서는 PSpice를 이용하여 제안하는 멀티레벨 구조와 기존의 Cascaded 멀티레벨 구조를 시뮬레이션으로 비교/분석함으로써 제안된 구조의 타당성과 우수성을 검증하였다.

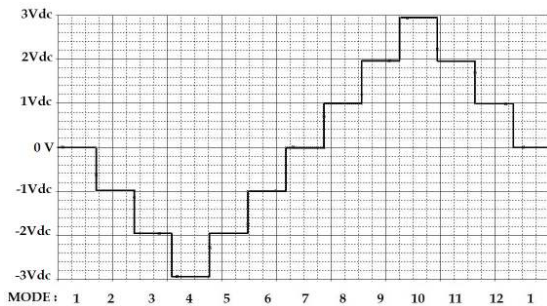
2. 제안하는 멀티레벨 인버터

Cascaded 멀티레벨 인버터는 H-Bridge 회로를 직렬로 연결한 구조로 출력파형의 THD가 작아 LC Filter 크기가 작고 모듈화 형태로 되어있어 손쉽게 출력 전압 변경이 용이하다. 또한 기존의 멀티레벨 인버터들 보다 구조가 간단하고 추가적인 클램핑 다이오드(Clamping diodes)나 전압 평형 커패시터(Voltage balancing capacitors)가 필요하지 않아 사용되는 소자들이 적어 경제적이다. Cascaded 멀티레벨 인버터는 독립적인 DC 전원이 필요하여 응용에 제한이 되지만 전압 불평형 문제가 발생하지 않기 때문에 각각의 DC 전압의 크기는 달라도 상관없다. 즉 최근에 새로운 에너지원으로 주목받는 태양광, 풍력, 연료전지, 수소에너지 같은 재생 에너지로도 사용이 가능하며 이것은 Cascaded 멀티레벨 인버터의 장점으로 작용할 수도 있을 것이다. 이와 같이 Cascaded 멀티레벨 인버터는 다른 멀티레벨 인버터보다 우수한 특징을 갖고 있어 많은 분야에서 선호되고 있으며 활발한 연구가 진행 중이다. [5]-[8]

본 논문에서는 기존의 Cascaded 멀티레벨 인버터 구조보다 스위칭 소자를 줄인 새로운 멀티레벨 인버터 구조를 제안한다. 제안된 구조는 기존의 Cascaded 멀티레벨 인버터 구조보다 스위칭 소자가 적어 시스템 스위칭 손실, 노이즈 감소, 시스템 크기, 비용을 감소할 수 있고 멀티레벨 수가 증가할수록 스위칭 소자는 비례적으로 감소하여 High level에서 보다 더 효율적인 동작이 가능하다. 그림 2는 제안하는 7-level 멀티레벨 인버터 구조와 출력 파형이며 표 1은 동작 모드이다.



(a) 제안된 7-level 멀티레벨 구조



(b) 제안된 멀티레벨 출력파형

그림 2. 제안된 7-level 멀티레벨 인버터

표 1. 제안된 멀티레벨 인버터 전압 레벨

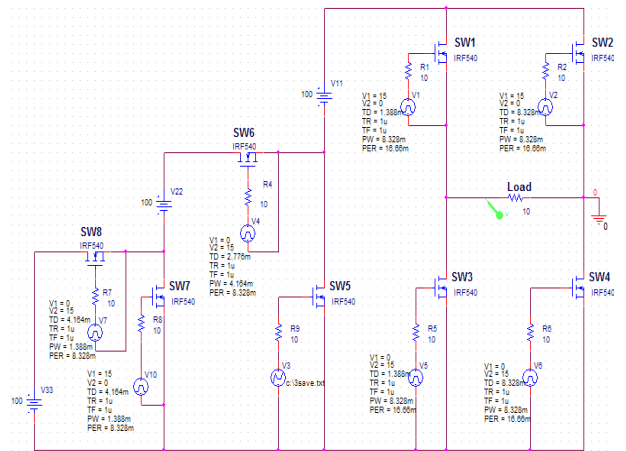
모드	출력	스위칭 상태 (Switch State)							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	0	○	○	×	×	×	×	×	×
2	-1Vdc	○	×	×	○	○	×	×	×
3	-2Vdc	○	×	×	○	×	○	○	×
4	-3Vdc	○	×	×	○	×	○	×	○
5	-2Vdc	○	×	×	○	×	○	○	×
6	-1Vdc	○	×	×	○	○	×	×	×
7	0	×	×	○	○	×	×	×	×
8	1Vdc	×	○	○	×	○	×	×	×
9	2Vdc	×	○	○	×	×	○	○	×
10	3Vdc	×	○	○	×	×	○	×	○
11	2Vdc	×	○	○	×	×	○	○	×
12	1Vdc	×	○	○	×	○	×	×	×
1	0	○	○	×	×	×	×	×	×

제안하는 멀티레벨 인버터의 가장 큰 특징은 스위칭 소자의 감소와 간단한 구조이다. 제안된 멀티레벨 인버터는 스위칭 소자의 감소로 스위칭 손실과 노이즈가 작아 효율적인 동작이 가능하며 시스템 크기, 비용이 감소하여 경제적이다.

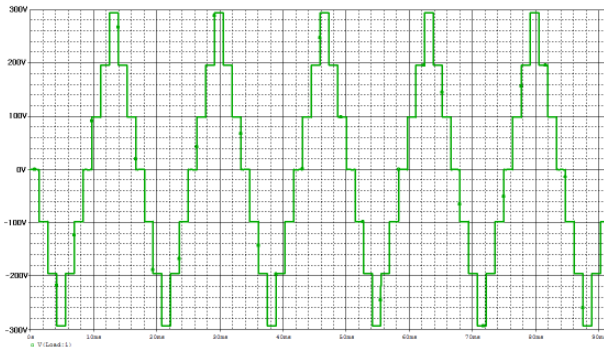
또한 구조가 간단하여 손쉽게 Level 변경이 가능하고 유지보수가 용이하다.

3. 시뮬레이션 및 실험결과

제안된 멀티레벨 인버터의 타당성을 검증하기 위해 PSpice를 이용하여 시뮬레이션하여 기존의 Cascaded 멀티레벨 인버터와 비교, 분석하였다. 시뮬레이션은 상용 주파수 60Hz로 동작하며 DC 전압 100V, 스위칭 소자 IRF540, 부하 저항 10Ω을 사용하였다. 출력 단에는 기존의 멀티레벨 인버터와 제안된 멀티레벨 인버터 모두 LC 필터 없이 동일한 조건에서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3(a)은 제안된 멀티레벨 인버터의 PSpice 시뮬레이션 그림이며 그림 3(b)은 출력파형이다.



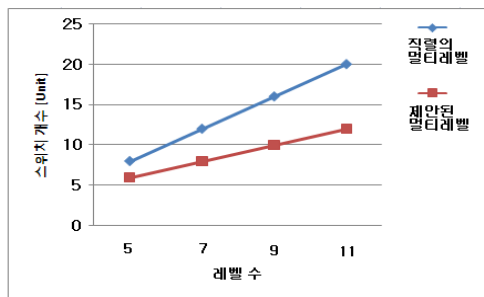
(a) 제안된 7-level 멀티레벨 인버터



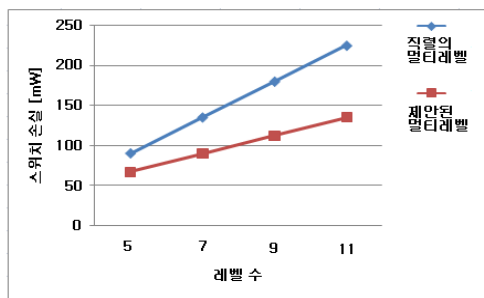
(b) 출력파형

그림 3. 제안된 멀티레벨 인버터

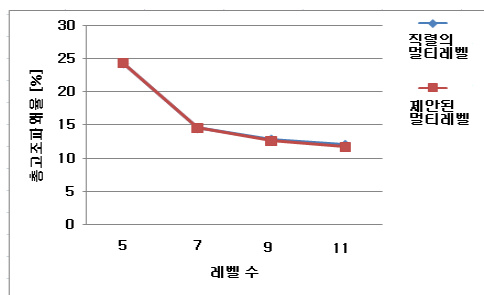
그림 4는 기존의 Cascaded 멀티레벨 인버터와 제안된 멀티레벨 인버터의 스위치 개수, 스위치 손실, 총고조파왜율(THD)를 비교한 그래프로 기존의 Cascaded 멀티레벨 인버터와 동일한 레벨에서 비슷한 THD를 갖지만 스위치 개수와 손실이 감소함을 확인할 수 있다.



(a) 스위치 개수



(b) 스위치 손실



(c) 총고조파왜율

그림 4. 기존 멀티레벨 인버터와 제안된 멀티레벨 인버터 비교

그림 4와 같이 레벨 수가 증가할수록 기존의 Cascaded 멀티레벨 인버터와 제안된 멀티레벨 인버터의 스위치 개수와 손실의 차이가 점점 커지는 것을 알 수 있다. 즉 제안된 인버터는 출력 레벨 수가 증가할수록 더 효율적인 구성이 가능하다.

3. 결론

본 논문에서는 기존의 멀티레벨 인버터 보다 우수한 새로운 멀티레벨 인버터 구조를 제안하였다. 제안된 멀티레벨 인버터는 동일한 레벨을 갖는 기존의 멀티레벨 인버터 보다 스위칭 소자가 적고 구조가 간단한 특징을 갖고 있다. 제안된 멀티레벨 인버터는 스위칭 소자의 감소로 스위칭 손실과 노이즈가 작아 효율적인 동작이 가능하며 시스템 크기, 비용이 감소하여 경제적이다. 또한 구조가 간단하여 손쉽게 Level 변경이 가능하여 확장, 유지 보수가 용이하다. 시뮬레이션은 PSpice를 이용하여 제안된 멀티레벨 인버터와 Cascaded 멀티레벨 인버터를 비교 분석함으로써 타당성을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] 황인호, 안교상, 임희천, 금신섭, "계통연계 태양광발전시스템의 제어기법 및 연계운전특성", 전력전자학술대회논문지, 제5권 제2호, pp. 123-129, 2000. 4
- [2] Rodriguez Jose, Jih-Sheng Lai, Fang Zheng Peng, "Multilevel Inverters : A Survey of Topologies, Controls, and applications", IEEE Trans. Ind. Electron, Vol. 49, No. 4, pp. 724-738, 2002, Aug.
- [3] 백수현, 김영석, 김희준, "전력전자공학", 교보문고, 2007
- [4] 서광덕, 김종규, 박영민, 조성준, "멀티레벨 인버터의 기술 동향 및 제어특성 연구", 전력전자학술대회논문집, pp. 339-342, 2002
- [5] 박영민, 유한승, 이현원, 이세현, 이충동, 유지윤, "직렬통신을 이용한 H-브릿지 멀티레벨 인버터의 PWM 구현방법", 전력전자학회논문지, 제9권 제6호, pp. 620-627, 2004. 12
- [6] 강필순, 오석규, 박성준, 김장목, 김철우, "하프-폴-브리지 셀을 이용한 독립형 태양광 멀티레벨 인버터", 전력전자학회논문지, 제9권 제5호, pp. 438-447, 2004.
- [7] J. S. Lai and F. Z. Peng, "Multilevel Converters - A New Breed of Power Converters", IEEE Trans. Ind. Applicat., Vol. 32, 1996, May/June
- [8] Beig, A.R, Kumar, U.R.Y, Ranganathan, V.T, "A Novel Fifteen Level Inverter for Photovoltaic Power Supply System", IEEE Trans. Ind. Applicat. conf, pp. 1165-1171, Vol 2, 2004, Oct.