

멀티레벨을 이용한 DC/DC 전력변환기

박성준*, 우도*, 김동욱*, 빈재구**, 김철우**
 * 전남대학교 전기공학과, **부산대학교 전기공학과

DC/DC Power Converter Using Multi-Level

Sung-Jun Park*, Yutao*, Dong-Ok Kim*, Jae-Goo Bin**, Cheul-U Kim**
 * Chonnam National University, ** Busan National University

Abstract - In this paper a novel structure of multi-level converter for reducing ripple of output voltage is proposed. In the proposed converter Buck converters are connected in series to generate the output voltage and the ripple of output voltage can be reduced compared with the exiting Buck converter. Especially when outputting lower output voltage the number of acting switching elements is less and the result of ripple reducing is more obvious. It is expected that the converter proposed in this paper can be very useful in the case of wide range of output voltage.

1. 서 론

본 연구에서는 DC/DC의 출력전압 리플 저감을 위한 새로운 구조의 다중레벨 DC/DC 컨버터를 제안한다. 제안된 컨버터는 Buck 컨버터를 직렬로 연결하여 다중전압을 발생하는 구조를 취함으로써 기존의 Buck 컨버터에 비하여 출력전압의 리플을 저감할 수 있었다. 또한 낮은 출력전압의 경우 스위칭 소자수가 줄어들어 출력전압이 낮은 경우에 특히 효과적이었다. 본 논문에서 제안한 컨버터는 넓은 영역의 출력 전압이 요구되는 부하에 매우 유용할 것으로 사료된다.

2. 제안된 다중레벨 DC/DC컨버터

본 연구에서는 출력전압 리플 저감을 위해 입력전압을 낮추는 효과가 가능한 그림 1과 같은 새로운 타입의 다중레벨 DC/DC 컨버터를 제안한다. 제안된 다중레벨 DC/DC 컨버터의 구조는 기존의 Buck 컨버터를 직렬로 연결한 형태를 취하며, Buck 컨버터의 출력에 다이오드를 직렬로 연결하여 각 컨버터 출력 간의 단락을 방지하였다. 그리고 다이오드와 스위칭 소자 사이를 상위 단 Buck 컨버터의 부전원에 연결하여 다중레벨을 형성하였다.

기존의 다중레벨 인버터에서 레벨 수의 증가와 함께 스위칭 소자, 다이오드, 콘덴서의 수는 급격히 증가하나 제안한 N레벨 DC/DC 컨버터에서의 스위칭 소자 및 다이오드 수는 각각 N개로서 상대적으로 줄어든다. 또한 발생시키고자 하는 전압 레벨에 따라 동작하는 단은 최소가 되기 때문에 동작하지 않는 상위 단의 소모 전력을 저감할 수 있다.

그림 1과 같은 N레벨 컨버터에서 출력전압 리플은 식 (1)과 같다.

$$\Delta v_o = \frac{1}{32N} \frac{V_i}{LCf_s^2} \tag{1}$$

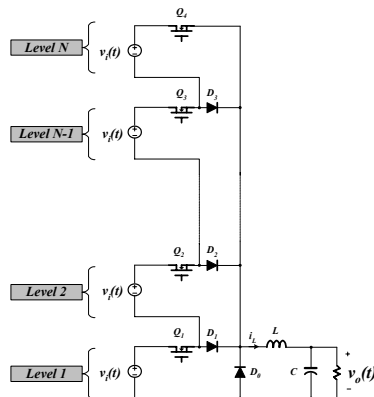


그림 1 제안된 새로운 방식의 다중레벨 DC/DC 컨버터

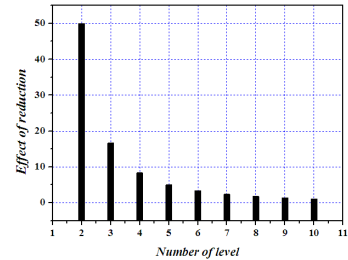


그림 2 레벨수 증가에 따른 리플 저감 효과

식 (1)에서 알 수 있듯이 출력전압 리플은 1/N배가 된다.

그림 2는 식 (1)의 레벨 수 증가에 따른 출력전압 리플 저감 효과를 그래프로 나타낸 것이다. 본 논문에서는 레벨 수 증가에 따른 스위칭 소자 수 증가 및 리플 효과를 고려하여 4레벨 DC/DC 컨버터를 설계하였다.

그림 3은 4레벨 DC/DC 컨버터에서 출력전압 레벨과 스위치 On/Off에 따른 동작 모드를 나타내고 있다. 각 레벨에서 상위 단의 스위치 On/Off에 따라 식 (2)와 같은 전압이 필터단에 인가된다.

$$\begin{aligned} V_{On} &= n V_i \\ V_{Off} &= (n-1) V_i \end{aligned} \tag{2}$$

식 (2)에서 알 수 있듯이 필터단에 인가되는 전압은 상위 단의 스위치 On/Off에 따라서 입력 전압의 n배 또는 n-1배가 된다.

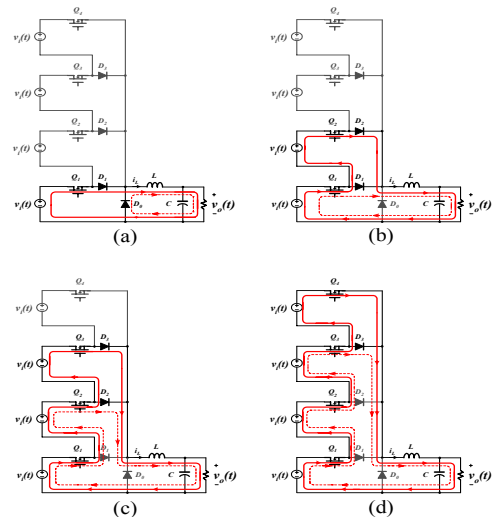


그림 3 4레벨 DC/DC 컨버터의 동작모드
 (a) 모드 1 (b) 모드 2 (c) 모드 3 (d) 모드 4

그림 4는 제안된 다중레벨 DC/DC 컨버터에서 레벨에 따른 스위칭 신호 및 필터 단 인가전압을 나타내고 있다. 제안된 다중레벨 DC/DC 컨버터에서 상위 단 스위치의 시비율에 따른 출력전압은 식 (3)과 같다.

$$V_o = (n-1+d) V_i \tag{3}$$

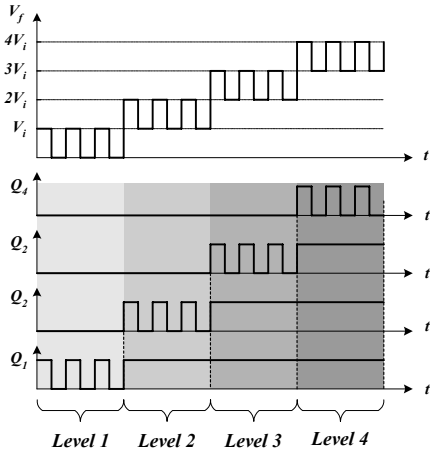


그림 4 레벨에 따른 스위칭 신호 및 필터 단 인가전압

3. 실험 결과

그림 5는 다중레벨 컨버터의 필터단 입력 전압 및 출력전압과 전류 파형을 나타낸다. 필터단의 입력 전압은 4개의 단이 차례로 인가됨을 확인할 수 있으며 전류 파형에 각 단 전압 크기의 스위칭에 의한 리플 성분이 존재하고 이에 비례하는 출력 전압 리플을 확인하였다.

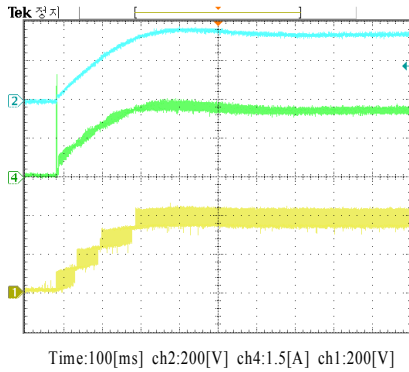


그림 5. 다중레벨 컨버터의 필터단 입력 전압 및 출력전압 및 전류

그림 6은 350[V] 출력 지령을 인가 시 부하를 0.4-0.8-1.2-0.8[kW]로 변동할 때, 출력전압 및 출력전류, 그리고 다중레벨 전압을 보여주고 있다. 부하가 급격히 변동함에도 불구하고 일정 전압이 잘 유지됨을 확인하였다.

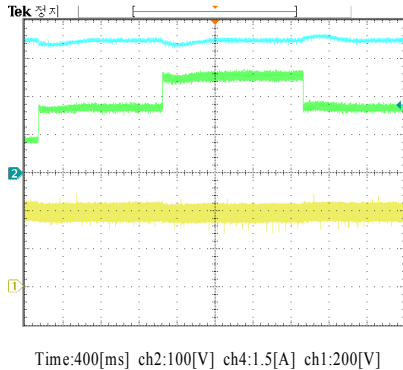


그림 6. 부하 변동시 다중레벨 컨버터 파형

그림 7은 350[V] 전압 지령에서 400[W]부하시의 출력 전압과 전류 다중레벨 전압을 보여주고 있다.

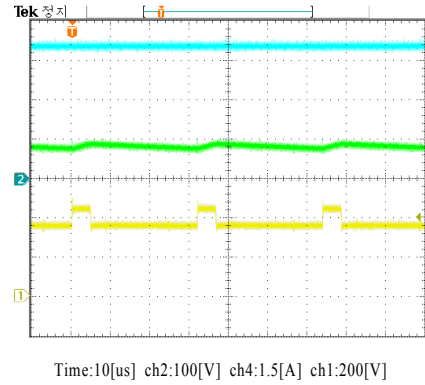


그림 7. 부하 400[w]일 때 정상상태 다중레벨 컨버터 파형

제 4 장 결 론

본 논문에서는 연료전지의 발전 전력을 넓은 범위로 변동하는 직류 전원 네트워크에 효율적으로 공급하기 위한 다중 레벨 DC/DC 컨버터를 이용한 새로운 전력변환장치를 제안하였다.

제안된 전력 변환 장치는 기존의 강압형 (Buck) 형태의 컨버터를 직렬로 연결하는 새로운 구조를 적용하고 스위칭 손실을 저감하기 위해 소프트 스위칭 방식을 채택함으로써 다음의 유용한 결과를 얻을 수 있었다.

- 컨버터의 출력전압에 다중 레벨을 형성하여 축전지의 충·방전 상태에 따라 광범위하게 변동되는 직류 네트워크 전압에 맞춰 넓은 범위의 출력전압 조정이 가능하였다.
- 출력단의 필터 인덕터에 인가되는 전압변동을 적게 함으로써 전류 리플을 저감하였으며, 이로 인해 출력전압 리플을 저감하는 효과를 얻었다. 이는 같은 용량의 전력 변환 시스템의 설계시 제안된 다중 레벨 DC/DC 컨버터를 사용할 경우 수동소자인 필터의 인덕터와 커패시터의 사이즈 및 무게를 줄일 수 있고, 신뢰성 있는 DC/DC 컨버터의 구성이 가능하였다.
- 높은 출력 전압을 각각의 전력 스위칭 소자가 분담하여 소자의 전압 스트레스를 줄일 수 있어 전력 변환 시스템에 상대적으로 낮은 전압 레벨을 갖는 스위칭 소자의 선택이 가능하였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신 인력 양성사업으로 수행된 연구 결과임.

이 연구의 참여한 연구자는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았음.

[참고 문헌]

- [1] D. Rendusara, E. Cengelci, P. Enjeti, V. R. Stefanovic, and W. Gray, "Analysis of common mode voltage-Neutral shift' in medium voltage PWM adjustable speed drive (MV-ASD) systems" IEEE PESC 99, Vol. 2, 1999, pp. 935-940.
- [2] L. M. Tolbert, F. Z. Peng, and T. G. Habetler, "Multilevel converters for large electric drives," IEEE Trans. Ind. Applicat., Vol. 35, 1999, pp. 36-44
- [3] José Rodríguez, Luis Morán, Jorge Pontt Pablo Correa, Cesar Silva, "A High-Performance Vector Control of an 11-Level Inverter" IEEE Trans On Industrial Electronics, Vol 50, 2003, pp. 80 - 85.
- [4] P. Hammond, "A new approach to enhance power quality for medium voltage AC drives" IEEE Trans. Ind. Applicat., Vol. 33, 1997, pp. 202-208
- [5] Feel-soon Kang, Su Eog Cho, Sung-Jun Park, Cheul-U Kim, Toshifumi Ise, "A new control scheme of a cascaded transformer type multilevel PWM inverter for a residential photovoltaic power conditioning system", Solar Energy 78, 2005, pp. 727 - 738