

EV용 고효율 승압형 양방향 DC/DC컨버터

최미선^{*,**}, 송성근^{*}, 김대경^{*}, 박성준^{**}
전자부품연구원^{*}, 전남대학교^{**}

High Efficiency Boost Bidirectional DC/DC Converter For EV

Mi-Seon Choi^{*,**}, Sung-Geun Song^{*}, Dae-Kyong Kim^{*}, Sung-Jun Park^{**}
Korea Electronics Technology Institute^{*}, Chonnam National University^{**}

ABSTRACT

본 논문에서는 에너지 순환을 위해 회생제동을 할 수 있는 전기자동차용 고효율 승압형 양방향 DC/DC 컨버터를 제안한다. 제안된 컨버터는 1차 측 Full-Bridge 회로와 고조파 변압기 부, 2차 측 배압회로를 구성하고 변압기에 존재하는 누설 인덕턴스 성분과 배압회로의 커패시터 성분을 이용하여 직렬 L-C공진회로를 구성함으로써 모든 스위치에 ZCS (Zero Current Switching) 을 구현함으로써 전체 사이즈 및 비용을 감소시키고자 하였다. 제안된 방식의 타당성을 입증하기 위하여 PSIM 시뮬레이션으로 본 논문의 컨버터 구조의 타당성을 검증하고자 한다.

1. 서 론

오늘날 산업의 발달로 전기의 사용량 증가 및 내연기관 자동차의 보급이 확산되고 있다. 화석연료를 사용해야 하기 때문에 이로 인한 환경 문제가 더욱 심각해지고 있다. 이를 줄이기 위한 노력으로 자동차의 연비 개선, 전기자동차의 도입, 하이브리드 자동차가 개발 중에 있으며 향후 전기만으로 구동되는 순수 전기자동차의 개발이 이루어질 것으로 사료된다.

전기자동차는 입력 측 구동전압이 될 배터리와 출력 측 트렉션 모터를 구동할 인버터, 그리고 배터리와 인버터 사이에서 전력변환 역할을 하게 될 DC/DC컨버터로 구성되어 있다. 인버터 측 트렉션 모터는 손실 및 모터 설계의 이점을 고려하여 300[V]이상의 고압위주로 사용되고 있으며 안전상의 문제로 입력 측 배터리는 최대 70[V]의 낮은 전압 사용 및 절연형 변환기 기술개발이 필요하다. 따라서 낮은 입력 전압 및 높은 출력 전압으로 인해 최소 4배 이상의 승압형 DC/DC컨버터 개발이 필수적이라 하겠다. 또한 배터리 부착으로 장시간 운전을 할 시 배터리 에너지 절약 및 수명 보호를 위해 회생제동을 할 수 있는 시스템이 필요하다. ZCS(Zero Current Switching) 방식을 이용함으로써 스위칭 단의 발생하는 손실을 최소화하였으며 LC공진 회로 중 L성분을 고조파 변압기의 누설 인덕턴스로 대체함으로써 사이즈 및 비용을 감소시켰다. 이로서 고효율 및 고출력, 신뢰성이 확보된 전기자동차용 고효율 승압형 양방향 DC/DC 컨버터 기술 개발 연구를 목표로 하였다. 제안된 컨버터의 타당성을 입증하기 위하여 PSIM으로 시뮬레이션을 하여 검증하고자 한다.

2. 양방향 DC/DC컨버터

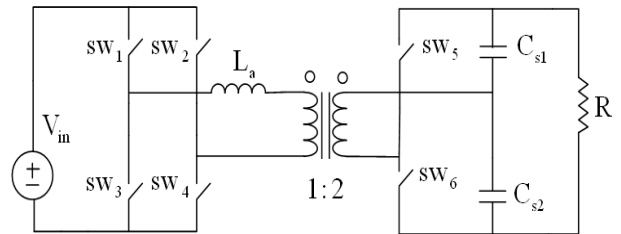


그림 1 제안된 양방향 DC/DC컨버터 회로
Fig. 1 Proposed Bidirectional DC/DC Converter Circuit

그림 1은 제안한 양방향 DC/DC컨버터 회로로서 1차 측은 스위치 4개로 Full - Bridge 회로를 구성하였고 스위치 2개와 커패시터로 배압회로를 구성하였다. 또한 저압측과 고압측의 완전한 분리 및 승압을 위해 1:2 고조파 변압기를 사용하였다. 그리하여 총 1:2 변압비를 가진 변압기에서 2배 승압, 배압회로에서 2배 승압, 전체 4배 승압을 가능하게 하였다. 또한 고조파 변압기의 누설 인덕턴스 성분과 배압회로의 커패시터 성분을 이용하여 공진 LC회로를 구성하였다.

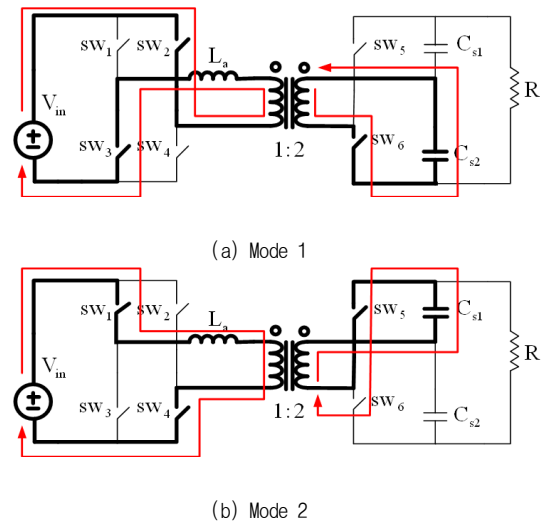
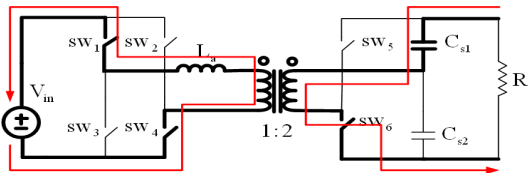
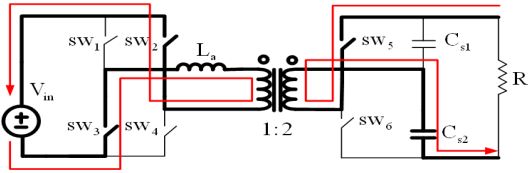


그림 2 배터리 방전시 동작모드
Fig. 2 Battery Discharging Operation Mode



(a) Mode 1



(b) Mode 2

그림 3 배터리 충전시 동작모드

Fig. 3 Battery Charging Operation Mode

그림 2는 배터리 방전시 동작모드로 두 가지의 동작모드로 나눌 수 있다. 모드 1로는 SW_2 와 SW_3 이 ON 되고 SW_1 과 SW_4 가 OFF가 됨으로서 입력전류는 SW_2 와 SW_3 를 통해 2차 측에 전달된다. SW_6 을 도통시켜 L_a 와 C_{s2} 를 통해 직렬 공진 형태를 이루므로서 입력 측의 전력을 부하 측으로 공급한다. 모드 2로는 SW_1 과 SW_4 가 ON 되고 SW_2 와 SW_3 가 OFF 됨으로서 입력 전류는 SW_1 과 SW_4 를 통해 2차 측으로 전달된다. SW_5 를 도통시켜 L_a 와 C_{s1} 을 통해 직렬 공진 형태를 이루므로서 입력 측의 전력을 부하 측으로 공급한다.

그림 3은 배터리 충전시 동작모드로 이 또한 두 가지의 동작모드로 나눌 수 있다. 모드 1로는 SW_6 을 ON하고 SW_5 가 OFF됨으로서 출력 측 전류는 SW_6 을 통해 1차 측으로 전달된다. SW_1 과 SW_4 를 도통시켜 L_a 와 C_{s1} 를 통해 직렬 공진 형태를 이루므로서 출력 측의 전력을 배터리 측으로 공급한다. 모드 2로는 SW_5 을 ON하고 SW_6 가 OFF함으로서 출력 측 전류는 SW_5 를 통해 1차 측으로 전달된다. SW_2 와 SW_3 를 도통시켜 L_a 와 C_{s2} 를 통해 직렬 공진 형태를 이루므로서 출력 측 전력을 배터리 측으로 공급한다.

3. 시뮬레이션

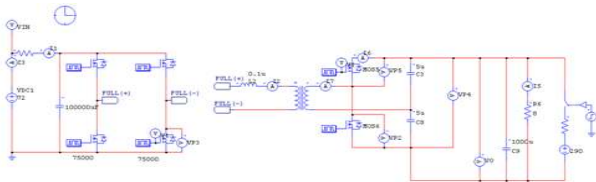


그림 4 양방향 DC/DC컨버터 시뮬레이션 회로도

Fig. 4 Bidirectional DC/DC Converter Simulation Circuit

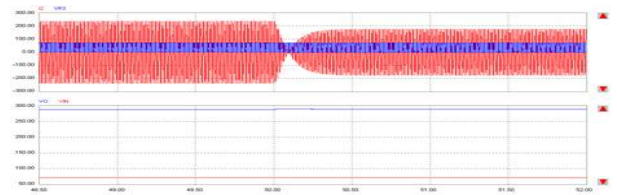
그림 4는 제안된 컨버터의 타당성 검증을 위해 PSIM을 이용한 시뮬레이션 회로도로서 입력전압인 배터리 전압이 72[V]가 되도록 구성하였으며 각 변압기의 변압비는 1:2로 구성하였다. 변압비로 인하여 변압기에서 기본적으로 2배 승압을 하고

교번적인 스위칭 신호로 인해 2차 측 스위치 및 커패시터에 의해 2배 승압을 하여 최대 출력전압은 입력전압의 4배이므로 72[V] 입력일 때 출력되는 전압은 288[V]가 된다. 시뮬레이션에 사용된 파라미터는 <표. 1>에 정리하였다.

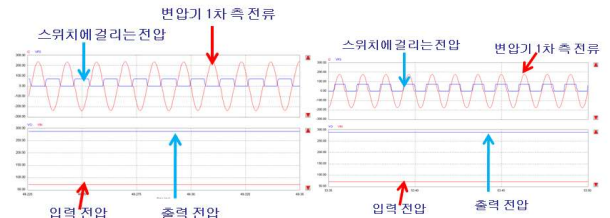
표 1 시뮬레이션 파라미터

Table 1 Per unit values of the system parameters

입력전압 [V_{in}]	72 [V]	공진커패시터 [C_{M}]	5 [μ F]
변압기 권선비 [N]	1 : 2	스위칭 주파수 [fc]	75 [kHz]
누설리액턴스 [L_f]	0.1 [μ H]	부하저항 [Ω]	8 [Ω]



(a) 양방향 DC/DC컨버터 시뮬레이션 파형



(b) 배터리 방전시

(c) 배터리 충전시

그림 5 DC/DC 컨버터 시뮬레이션 파형

Fig. 5 DC/DC Converter Simulation Waveform

그림 5를 통해 배터리 방전시 및 회생 제동시 스위치 ON, OFF함에 따라 스위치에 걸리는 전압이 적절함을 알 수 있다. 또한 스위칭 전압의 rising edge와 falling edge에서 전류가 0이 되고 사인파의 형태를 이루므로서 ZCS (Zero Current Switching)이 됨을 알 수 있다. 그리하여 입력전압 72 [V]로 정상 운전 및 회생제동 모드에 상관없이 288[V]가 출력됨을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 전기자동차용에 적합한 승압형 양방향 DC/DC컨버터에 대해 제안하였다. 배터리 충방전시 모든 스위치 구간에서 ZCS방식을 확인하였으며 고조파변압기부의 누설 인덕턴스를 LC공진회로의 L성분으로 대체함으로써 향후 고품질의 전력변환기의 발전에 기여할 것으로 사료된다.

이 논문은 20kW급 다중 동력시스템용 매입식 전동모틀 구동을 위한 고효율 DC-DC컨버터 및 드라이버 개발 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] “근거리 전기자동차용 고효율 DC/DC컨버터” 송성근, 박성준, 김대경, 신덕식, 전력전자학회 2009년도 하계학술대회 논문집 2009.7, pp. 693~695(3pages)