

광대역 출력을 가지는 전기자동차 배터리 충전용 AC/DC 컨버터

김영일*, 김홍중*, 전범수*, 박귀철*, 최재호**,[†]
 *동아일렉콤, **충북대학교

Wide Output Range AC/DC Converter for Rechargeable Battery of Electric Vehicle

Young-il Kim*, Hong-jung Kim*, Bum-su Jun*, Gwi-chul Park*, Jaeho Choi**,[†]
 *Dongahelecomm, **Chungbuk National University

ABSTRACT

This paper proposes a wide output range AC/DC converter for a rechargeable battery of electric vehicle. In the proposed wide output range AC/DC converter for rechargeable battery of electric vehicle, the main transformer in the DC/DC stage is divided by two. Therefore, if the switch is connected to the middle tap, then half of the maximum voltage is applied. Otherwise, it can be applied the full range of the high voltage by connecting the switch to the whole tap. And also, it is designed to have a wide output voltage range by applying $V_{in}/2$ made by changing the full-bridge to half-bridge by using the bridge change switch of the input stage. As it can be supplied the wide range output voltage with a single module, it has the advantage of space utilization and cost reduction effect.

1. 서론

본 논문에서는 넓은 출력 전압 가변범위를 가지는 EFV용 구동 축전지 충전 장치의 넓은 가변범위를 갖는 것을 목적으로 두고 있다. HEV를 필두로 EV, PHEV 등 전기 자동차가 많이 연구가속화 되고 있으며 시장 경쟁체제로 급속히 전환되고 있다. 하지만 세계 각국에서 연구되고 있는 자동차가 매우 다양하기 때문에 축전지 제품도 매우 다양하다. 축전지 제품이 다양함에 따라 충전 범위 및 용량도 다양하며, 충전 장소에 따라 충전기의 크기가 문제 될 수 있다. 일반 건물 내부에 사용하는 완속 충전기, 도로상이나 주거 빌딩 등 활동 밀집지역에 설치되는 중속 충전기, 독립형 시스템인 고속 충전기 등 설치 장소에 따라 다양하게 분류 된다 [1].

다양한 축전지 제품에 따른 유동적인 전력변환을 위해 충전기 1차측 브릿지 변환 및 2차측 DC/DC 메인 변압기의 중간 탭 구조를 이용하여 가변 범위를 크게 사용할 수 있도록 설계 하였으며, 스위치의 접점 변경 및 on/off를 통하여 가변 범위를 축전지에 따라 조절이 가능 하다 [2]. 중간 탭과 전체 탭 변경 가능한 스위치를 적용하여 출력 가변 범위를 크게 함에 따라 다양한 차량을 충전할 수 있는 범위가 넓어 졌으며, 충전기를 병렬로 사용하지 않고, 단일 모듈로 넓은 가변범위를 갖기 때문에 모듈을 병렬로 연결 하여 넓은 가변 범위를 갖는 것과 동일 효과를 낼 수 있어 공간적, 그리고 비용절감 하는데 해결책

이 될 수 있다.

2. 본론

그림1은 기존 충전기의 모듈 회로로 일반적으로 사용되는 Full-Bridge 회로이다. 한번 정해진 수동 소자들의 특성에 의해 넓은 출력 범위를 갖기 어렵다.

본 논문에서 넓은 출력전압 가변범위를 가지는 탭 및 브릿지 변환 컨버터를 제안한다. 기존의 일반적인 PSFB 컨버터, Half Bridge 컨버터로 출력전압을 $\Delta 250[V]$ ($V_o: 70 \sim 300[V]$) 가량 가변을 하기 위해서는 여러 제약조건들이 존재한다. 공진 인덕터 L_r 에 의한 출력 이득비 감소, 변압기 권선비 고정, 사용 duty제한 등의 요소들은 넓은 출력전압 가변에 어려움을 가지게 하는 요소들이다.

따라서 본 논문에서는 넓은 가변 출력전압 범위를 가지도록 변압기 탭 및 브릿지 변환 방식을 이용한 컨버터를 제안한다. 제안된 방식은 공진 인덕터 L_r , 출력 인덕터 L_o 등의 수동소자들은 그대로 두고 세개의 스위치를 이용하여 변압기의 권선비 조정 및 메인 스위치의 브릿지 변경을 통해 출력 전압을 가변시키는 방식이다.

중간 탭 정류방식의 변압기와 Full Bridge 정류단으로 구성된 컨버터에 스위치를 사용하여 권선비는 $N \sim 2N$ 으로 가변이

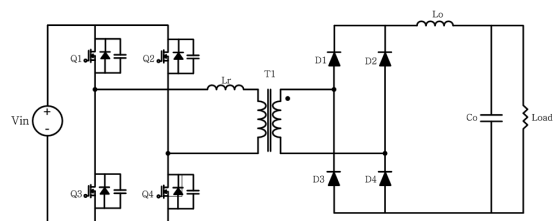


그림 1 기존 충전기 토폴로지
 Fig. 1 Conventional charger topology

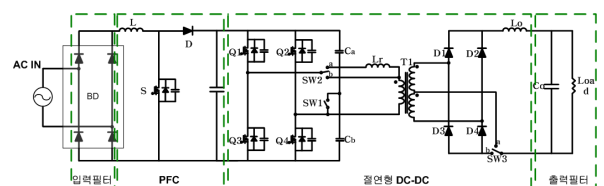


그림 2 제안한 탭 및 브릿지 변환 회로도
 Fig. 2 The Proposed Tab & Bridge change circuit

가능하고 입력전압은 $V_{in}/2 \sim V_{in}$ 사용이 가능하다. 기본적인 구성은 그림 2와 같다.

- 고전압 : $V_{in} \times N_s / N_p$
- 중전압 : $V_{in} \times N_s / 2N_p$
- 저전압 : $V_{in} \times N_s / 4N_p$

3. 실험결과

본 논문에서 탭 및 브릿지 변환 충전기에 적용한 3kW 모듈에 대한 설계 사양은 표1과 같다.

표 1 충전기 사양
Table 1 Specifications of charger

설계사양	
입력 전압 [V]	220 Vac
최대 입력 전류 [V]	15 A
출력 전압 [A]	75V / 150V / 300V
출력 전류 [A]	10A
스위칭 주파수 [kHz]	75 KHz
효율 [%]	90 %
최대 전력 [W]	3 KW

그림 3은 본 논문에서 설계하고자 하는 탭 및 브릿지 변환 컨버터의 배터리 충전기 전체 구성도이다. 입력단에 역률 규제를 만족하기 위해 PFC가 위치하고, 후단의 DC/DC단에는 배터리 충전을 위한 Phase Shift Full Bridge 컨버터가 위치한다. 입력단의 PFC출력전압은 390~410Vdc이며, 표1에서와 같이 출력전압은 각 75, 150, 300V로 최대 전력은 3kW급의 사양을 가지고 있다.

그림 4는 실험결과 파형을 보인다. 출력전압이 고전압, 중전압, 저전압인 경우에 대하여 전압 및 전류파형을 보이며, 제안된 성능을 잘 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론

기존의 일반적인 토폴로지를 사용한 EV 차량용 충전기는 차량의 종류 및 크기에 따라 배터리의 용량이 광범위하기 때문에 낮은 전압 범위를 갖는 충전기 모듈, 높은 전압범위를 갖는 병렬 형식의 충전기 모듈 등 다양하다. 하지만 이렇게 EV 차량용 충전기를 가정 또는 도로변 거물 등 설치할 경우 공간을 많이 차지하고 비용이 매우 많이 드는 문제점이 있다. 이 문제점을 보완하기 위해 충전기를 소형화와 경량화를 하고 있지만, 소자 선정 및 비용증가에 따른 한계가 있다. 문제를 해결하기 위해 탭 및 브릿지 변환 방식을 적용한 광대역 출력을 가지는 전기자동차 배터리 충전용 AC/DC 컨버터를 제안하였다. 제안한 광대역 출력을 가지는 전기자동차 배터리 충전용 AC/DC 컨버터는 DC/DC부의 메인 변압기를 반으로 분할하여 스위치가 중간 탭과 연결되었을 경우 최대 전압의 1/2이 걸리며, 스위치가 전체 탭과 연결 되었을 경우 높은 전압의 범위를 만들 수 있다. 또한 입력단의 브릿지변경 스위치를 통해 풀브릿지와 하프브릿지 변경으로 $V_{in}/2$ 사용으로 더 넓은 출력전압 범위를 가지도록 구현하였다. 단독 모듈 내에서 넓은 범위의 전압을

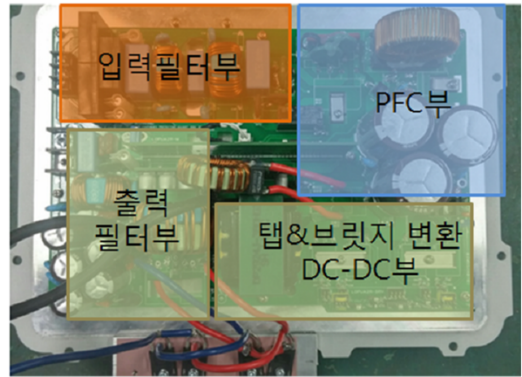


그림 3 제안한 시제품 사진
Fig. 3 Picture of proposed prototype

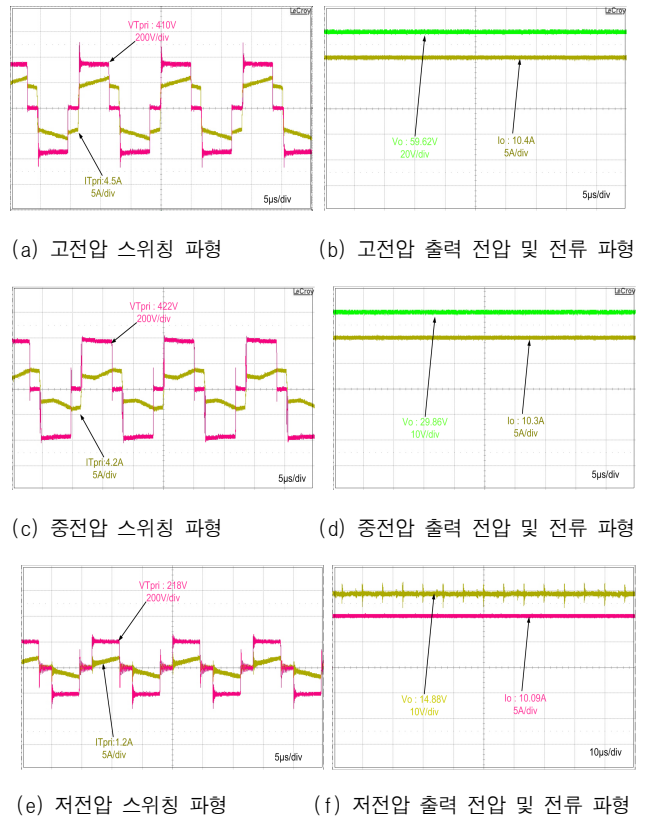


그림 4 실험결과
Fig. 4 Experiment results

구현할 수 있기 때문에 공간 활용도 및 비용 절감 효과가 있다. 광대역 출력을 가지는 전기자동차 배터리 충전용 AC/DC 컨버터의 출력 전압 및 전류의 크기를 시뮬레이션 및 시제품 시험을 통하여 기존 토폴로지의 동작 및 출력 파형과 유사함을 확인하였으며, 더 넓은 출력전압을 가지는 것을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] 정혁, “구동축전지 안전기준 동향,” *한국자동차공학회, 오토저널* 제35권 제4호, pp. 32-38, 2013.4
- [2] 전범수, 김종혁, 권명상, 소병철, 박기철, “소용량 전기자동차 급속충전기 개발”, *전력전자학회 학술대회*, 2014.07.02.