

# 고전력밀도를 갖는 6.6kW급 브리지리스 단일단 차량탑재형 충전기

김병우, 박준성, 김민재, 최세완  
서울과학기술대학교

## 6.6kW High Power Density Bridgeless Single-stage On-board Charger

Byeongwoo Kim, Junsung Park, Minjae Kim, Sewan Choi  
Seoul National University of Science and Technology

### ABSTRACT

본 논문에서는 고전력밀도를 갖는 6.6kW급 브리지리스 단일단 차량탑재형 충전기를 제안한다. 제안하는 충전기는 넓은 동작영역에서 스위치의 ZVS 턴온 및 다이오드의 ZCS 턴오프를 성취한다. 또한 변압기 1차측에 제안한 결선방식을 적용하여 변압기에 저주파 성분을 제거함으로써 변압기 코어부피를 최적화할 수 있다. 본 논문에서는 제안하는 충전기의 동작원리를 제시하고 모의실험을 통해 본 논문의 타당성을 검증하였다.

### 1. 서론

차량 탑재형 충전기는 일반적으로 역률보상을 위한 부스트 컨버터와 절연형 DC DC 컨버터의 2단 방식으로 구성된다. 그러나 이 방식은 소자수, 부피 및 효율 등의 측면에서 더 높아지는 요구사항을 달성하는데 한계가 있다. 최근 한 대의 컨버터로 역률보상과 절연 및 출력전압 제어가 가능하며 소자수가 적고 효율이 높은 단일단 방식이 제안되고 있다<sup>[1,2]</sup>. 하지만 단일단 방식에서는 변압기와 출력전류에 120Hz 리플성분이 나타나기 때문에 변압기 및 1차측 커패시터 부피가 증가하는 단점이 있다.

본 논문에서는 기존의 단일단 방식과 달리 입력단에 정류용 다이오드 브리지가 없어 적은 소자수를 갖는 브리지리스 단일단 방식의 새로운 차량 탑재형 충전기를 제안한다. 제안한 방식은 스위치의 ZVS 턴온 및 다이오드의 ZCS 턴오프를 성취하여 효율 측면에서 유리하다. 또한 정현파 충전방식<sup>[3]</sup>을 적용하여 1차측 커패시터에 저주파 성분이 제거되어 커패시터 부피를 줄일 수 있으며, 제안한 결선방식에 의하여 변압기에 저주파 성분을 제거하고 고주파성분만을 전달함으로써 변압기 코어부피의 최적화가 가능하다.

### 2. 제안하는 컨버터

그림 1은 제안하는 브리지리스 단일단 컨버터를 이용한 차량 탑재형 충전기의 회로도를 나타내며 그림 2는 컨버터 동작의 주요파형을 나타낸다. 스위치  $S_1, S_4$ 와  $S_2, S_3$ 는 상보적 스위칭 방식에 의해 변압기의 누설 인덕터와 스위치의 내부 커패시터를 이용하여 ZVS를 성취할 수 있다. 그림 3은 제안하는 결선방식에 따른 저주파 상쇄원리를 나타내는 개념도이다.  $S_{1,2,3,4}$ 와  $S_{5,6,7,8}$ 은 인덕티브효과를 위해 180° 위상차를 가지고 스위칭을

한다. 그에 따라  $V_{ab}$ 와  $V_{dc}$  및 각 기본파성분이 180° 위상차를 갖기 때문에 더해진  $V_{pri}$ 에는 60Hz 기본파성분이 서로 상쇄되어 스위칭 주파수성분만 나타나게 된다. 그에 따른 변압기 1차측 전압  $V_{pri}$ 의 기본파 성분  $V_{pri,1}$ 은 식(1)과 같다.

$$V_{pri,1} = V_{ab,1} + V_{dc,1} = 0 \quad (1)$$

따라서 제안한 컨버터는 기존의 단일단 방식과 달리 변압기의 저주파 성분이 제거되므로 코어부피를 최적화할 수 있다.

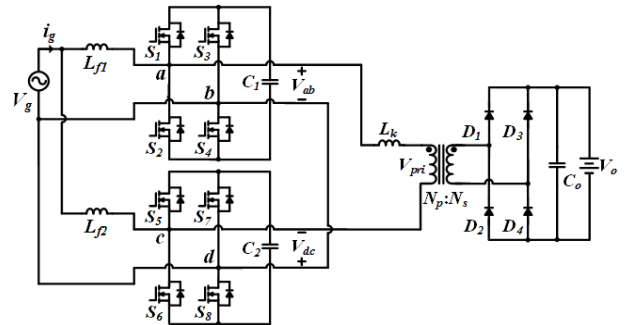


그림 1 제안하는 브리지리스 단일단 On-board Charger

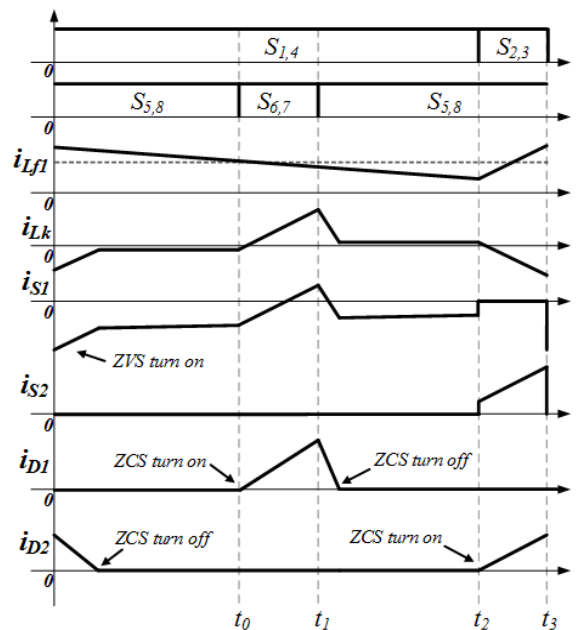


그림 2 제안하는 컨버터의 주요파형

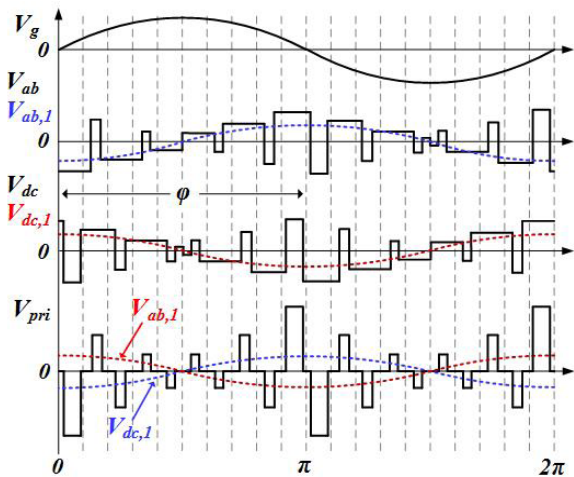


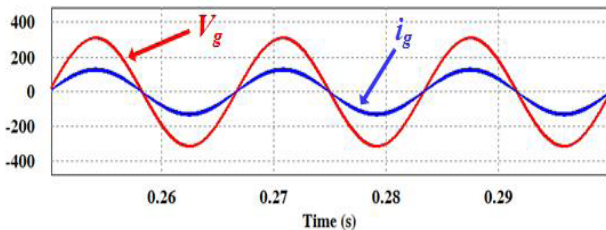
그림 3 저주파 상쇄원리를 나타내는 개념도

### 3. 모의실험 결과

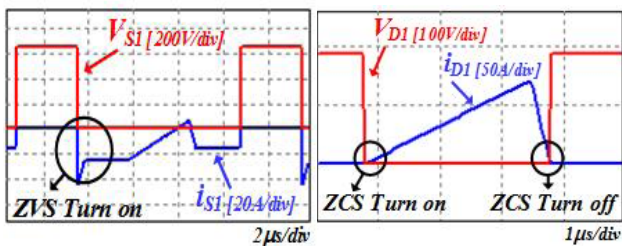
제안한 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 다음과 같은 설계 사양을 기준으로 모의실험을 하였다.

- $P_o = 6\text{kW}$
- $V_g = 220\text{VAC}$
- $V_o = 250\sim 450\text{V}$
- $f_s = 100\text{kHz}$
- $PF : 0.98$  이상
- $THD : 5\%$  미만

그림 4는 제안하는 컨버터의 모의실험 파형으로 (a)는 입력 전압 및 전류의 파형으로 역률은 99%이다. (b)는 듀티가 0.3일 때 스위치  $S_1$ 의 파형으로 ZVS 턴온 성취를 보여주며 (c)는 다이오드  $D_1$ 의 파형으로 ZCS 턴온 및 턴오프 성취를 보여준다. 그림 5는  $V_{ab}$ ,  $V_{dc}$ 와  $V_{pri}$  파형 및 FFT 파형을 나타내며, 저주파 성분은 상쇄되어 스위칭 주파수 성분만 나타나는 것을 보여주기 위해 스위칭 주파수를 3kHz로 낮춰 모의실험 하였다. 그림 6은 6.6kW 1차 시작품 사진이다.



(a) 입력 전압 및 전류 파형



(b) 스위치  $S_1$

(c) 다이오드  $D_1$

그림 4 모의실험 파형

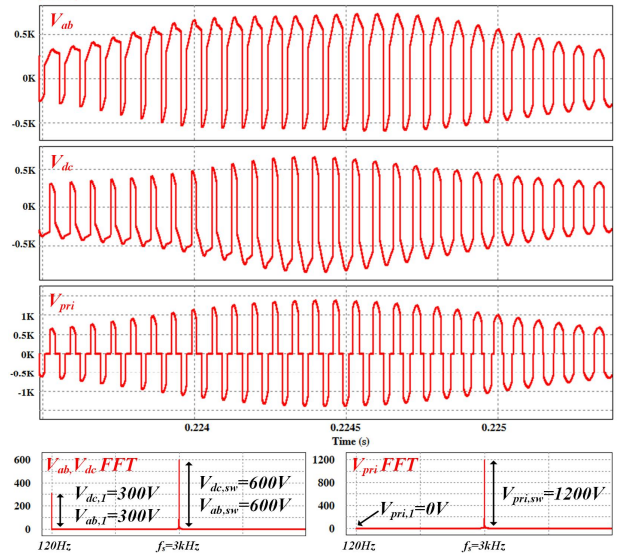


그림 5  $V_{ab}$ ,  $V_{dc}$ 와  $V_{pri}$  파형 및 FFT 파형



그림 6 6.6kW 1차 시작품

### 4. 결론

본 논문에서는 브리지리스 단일단 방식의 컨버터를 이용한 차량탑재형 충전기를 제안하였다. 제안한 컨버터는 넓은 출력전압 동작범위와 적은 소자수를 가지며 소프트스위칭을 성취하고 변압기 저주파 리플을 제거함으로써 변압기 부피를 최적화하여 고효율, 고전력밀도 및 높은 역률을 달성할 수 있다. 모의실험을 통하여 동작원리를 확인하였으며 최종발표 시, 1차 시작품을 통한 실험결과로 타당성을 검증할 예정이다.

### 참고 문헌

- [1] Cho, J.G.; Baek, J.W.; Yoo, D.W.; Song, D.I.; Rim, G.H.; "Zero voltage transition isolated PWM boost converter for single stage power factor correction," IEEE APEC '97, pp.471-476.
- [2] 박준성, 이상혁, 최세완, "넓은 ZVS 영역과 적은 소자 수를 갖는 단일단 차량탑재형 충전기," 전력전자학회 2011년도 학술대회 논문집, pp.336-337.
- [3] Lingxiao Xue; Diaz, D.; Zhiyu Shen; Fang Luo; Mattavelli, P.; Boroyevich, D.; "Dual active bridge based battery charger for plug in hybrid electric vehicle with charging current containing low frequency ripple," in Proc. IEEE Appl. Power Electron. Conf. Expo., March 2013, pp. 1920-1925.