

넓은 ZVS 영역과 적은 소자 수를 갖는 단일단 차량탑재형 충전기

박준성, 이상혁, 최세완
서울과학기술대학교

A Single-stage On-board Charger with Wide ZVS range and Small Number of Components

Junsung Park, Sanghyuk Lee, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 단일단의 능동클램프 하프브리지 컨버터를 이용한 전기자동차용 탑재형 충전기를 제안한다. 제안하는 단일단 방식은 소자의 수가 적고 전 듀티영역에서 ZVS가 성취되므로 CC CV 충전방식의 차량탑재형 충전기에서 고효율 및 고전력밀도가 가능하다. 3.3kW 1차 시작품으로부터 방열판을 제외한 부피 3.75L, 최대효율 95.5%를 달성하였다.

1. 서론

글로벌 자동차회사들의 전기자동차 및 플러그인 하이브리드 자동차 등 친환경자동차에 대한 개발경쟁이 가속되고 있는 가운데 충전기를 직접 차량에 탑재하여 일반 가정용 전원으로 차량 내 배터리를 충전할 수 있는 차량탑재형 충전기의 개발이 활발히 진행되고 있다. 차량충전기는 역률보상을 위한 부스트 컨버터와 후단의 절연형 DC DC 컨버터의 2단으로 구성되는 것이 일반적이다. 하지만 기존의 2단 방식으로는 소자의 수, 제어 및 검출회로, 부피 및 효율 등의 측면에서 점차 높아지고 있는 탑재형 충전기의 요구사항을 달성하는데 한계가 있다. 따라서 역률보상과 절연 및 출력전압조정 기능이 한 대의 컨버터로 이루어져 소자수가 적고 그에 따른 제어 및 검출회로가 감소되는 단일단 방식^[1,2]이 제안된 바 있다. 단일단 방식에서는 전원 주파수의 2배인 저주파 리플이 출력단에 나타나게 되는데 정밀한 출력전류의 제어가 필요치 않은 배터리 충전기와 같은 응용에서는 문제가 되지 않는다.

본 논문에서는 기존의 단일단 방식보다 적은 소자의 수를 갖고 스위칭주파수를 더욱 높게 할 수 있어 부피 측면에서 더욱 유리한 단일단 능동클램프 하프브리지 방식의 새로운 차량 탑재형 충전기를 제안한다. 제안한 컨버터는 요구 조건에 따라 전해 커패시터를 사용하지 않을 수 있으며 기존의 능동클램프 푸시풀 및 하프브리지 방식과 달리 전 듀티영역에서 ZVS가 성취되므로 입력전압 동작범위를 갖는 차량 탑재형 충전기로서 적합하다.

2. 제안하는 방식

그림 1은 제안하는 능동클램프 하프브리지 컨버터를 이용한 단일단 차량탑재형 충전기의 구성도를 나타내며 그림 2는 주요파형을 나타낸다. 상·하측 스위치는 비대칭으로 출력전압을 제어하고 상보적(Complementary) 스위칭에 의해 변압기의 누

설 인덕터와 스위치의 내부 커패시터를 이용하여 자연스럽게 ZVS를 성취할 수 있다. 또한 제안한 컨버터는 기존의 푸시풀 및 풀브리지 컨버터와 달리 모든 듀티에서 ZVS를 성취해 본 응용과 같이 듀티변화가 큰 단일단 방식의 차량탑재형 충전기에서 높은 효율을 달성할 수 있다^[3](그림 3 참조).

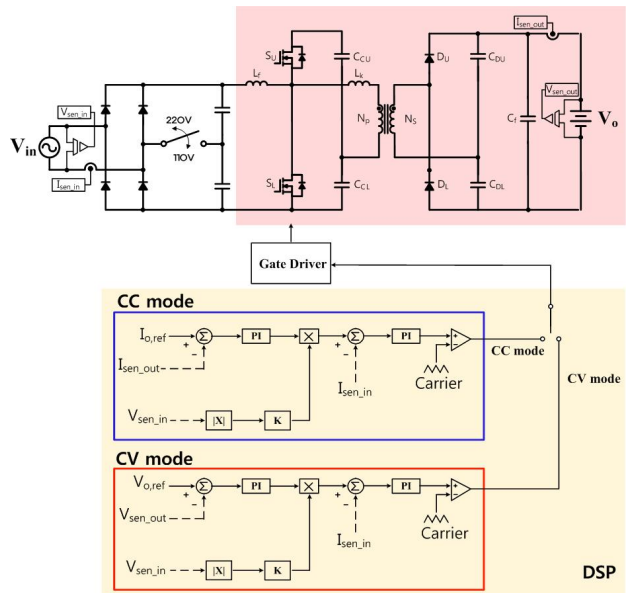


그림 1 제안하는 능동클램프 하프브리지 On-board Charger

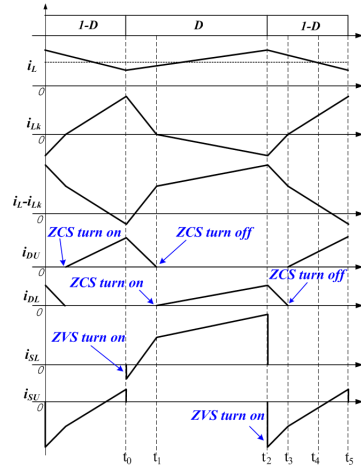


그림 2 제안하는 컨버터의 주요파형

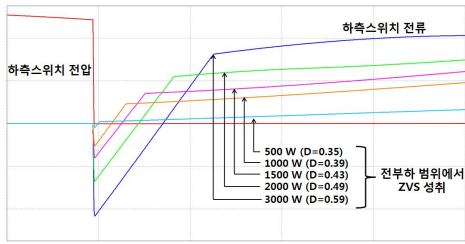


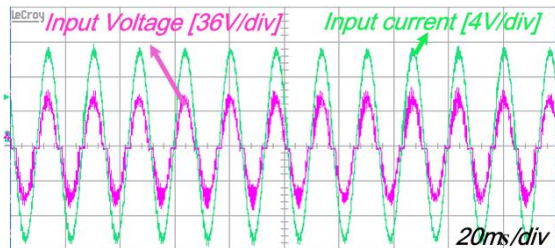
그림 3 듀티에 따른 메인스위치의 ZVS 전류 파형

3. 실험 결과

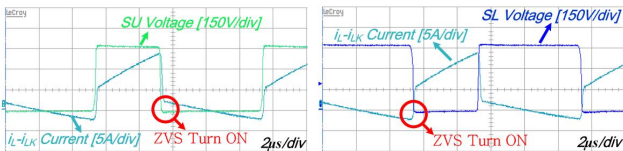
제한한 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 다음의 설계 사양으로 시작품을 제작하였다.

- P_o : 3kW
- V_{AC} : 100 ~ 240V
- V_{DC} : 250 ~ 410V
- f_s : 100kHz
- ΔI_i : 20%
- PF : 0.98 이상

그림 4는 시작품의 실험파형으로 (a)는 입력 전압과 입력 전류의 파형으로 역률은 97%이다. 그림 4(b)와 (c)는 듀티가 0.4일 때 스위치의 ZVS 성취를 보여 주며 그림 5(d)와 (e)는 다이오드의 ZCS 턴온 및 턴오프를 보여준다. 그림 5는 역률과 출력전압을 계속적인 듀티 변화로 제어하는 스위치의 전압 전류파형으로 ZVS 턴온 성취를 보여준다. 그림 6은 제한한 컨버터의 DC DC 컨버터만의 측정효율로 1.6kW에서 최고효율 95.5%, 최대부하에서 94.5%의 효율을 달성하였다. 그림 7은 3.3kW의 1차 시작품 사진이며 방열판을 제외한 파워부의 부피는 25mm*12.5mm*12mm(3.75L)이다.



(a) 입력 전압 및 전류 (PF=97%)



(b) 상측 스위치

(c) 하측 스위치



(d) 상측 다이오드

(e) 하측 다이오드

그림 4 실험 파형

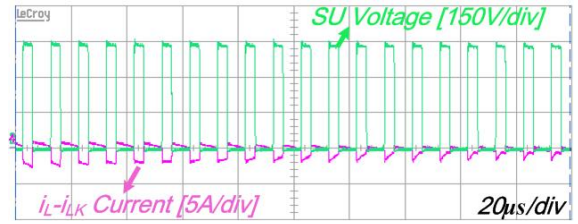


그림 5 듀티에 따른 스위치 전압 및 전류 파형

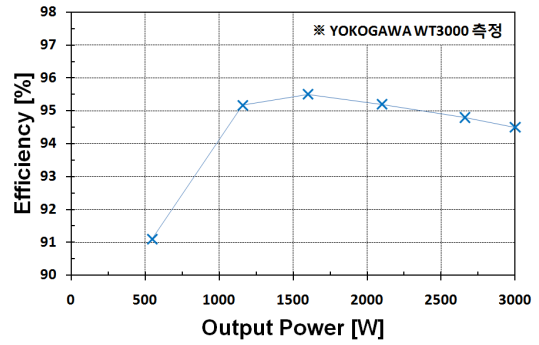


그림 6 제한한 컨버터의 측정효율

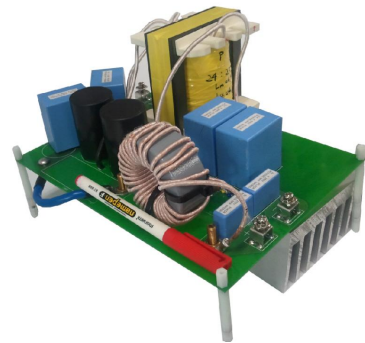


그림 7 3.3kW 1차 시작품

4. 결론

본 논문에서는 단일단의 능동클램프 하프브리지 컨버터를 이용한 전기자동차용 탑재형 충전기를 제안하였다. 제안한 컨버터는 적은 소자수와 모든 듀티에서 ZVS를 성취해 고효율 및 고전력밀도를 달성할 수 있고 3.3kW 1차 시작품의 실험을 통하여 확인하였다.

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] Watson, R.; Lee, F.C., "A soft switched, full bridge boost converter employing an active clamp circuit," IEEE PESC '96, pp.1948 1954
- [3] Kim, H.; Yoon, C.; Choi, S., "An Improved Current Fed ZVS Isolated Boost Converter for Fuel Cell Applications," IEEE Trans. on Power Electronics, to be published in 2010.