

# 넓은 충전전압범위를 갖는 V2G 급속충전기용 50kW급 DC-DC컨버터

이동한<sup>1</sup>, 레뎃탕<sup>1</sup>, 김선주<sup>1</sup>, 정현주<sup>1</sup>, 최세완<sup>†</sup>, 유승영<sup>2</sup>, 양대기<sup>2</sup>  
 서울과학기술대학교<sup>1</sup>, 데스틴파워<sup>2</sup>

## 50kW DC-DC Converter for V2G Fast Charger with Wide Charging Voltage Range

Donghan Lee<sup>1</sup>, Le Tat Thang<sup>1</sup>, Sunju Kim<sup>1</sup>, Hyeonju Jeong<sup>1</sup>, Sewan Choi<sup>†</sup>, Seungyeong Yu<sup>2</sup>  
 Daeki Yang<sup>2</sup>

Seoul National University of Science and Technology<sup>1</sup>, Destin Power Co., Ltd<sup>2</sup>

### ABSTRACT

본 논문에서는 넓은 충전 전압 범위와 V2G 기능을 갖는 급속 충전기용 DC-DC 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터는 SRC(Series Resonant Converter)와 2상 Buck/Boost 컨버터로 구성된 2-stage 구조로써 넓은 충전 전압 범위에 적합하며, 배터리 충전뿐만 아닌 V2G(Vehicle to Grid) 동작이 가능하다. 또한 2상 인터리빙 방식을 사용함으로써 전류 분담을 통해 소자의 전류 정격 및 출력 필터 사이즈를 낮출 수 있다. 제안하는 컨버터의 시작품 실험을 통해 타당성을 검증하였다.

한편 이와 같은 전기자동차와 관련된 기술의 상용화를 위해서는 배터리 충전기에 대한 개발이 필수적이다. 하지만 현재 상용화된 대부분의 400V 배터리 시스템의 급속충전은 여전히 충전시간이 긴 단점이 있다.

본 논문에서는 넓은 충전전압범위에서 높은 전압의 배터리 시스템에 적합하고 양방향 전력흐름이 가능한 V2G 급속충전기용 2-stage DC/DC 컨버터를 제안한다. 제안하는 컨버터는 AC-DC와 연결되는 전압( $V_H$ )을 가변하여 배터리전압( $V_L$ )에 따라 최적 효율을 만족하는 전압을 선정하여 고효율 달성 및 넓은 전압범위를 충족하는데 유리하다. 400V 배터리 시스템을 포함한 800V 배터리 시스템을 제안하여 전기자동차의 충전시간의 단축 및 1회 충전당 주행거리 연장의 장점이 있다.

### 1. 서 론

최근 환경 문제가 대두됨에 따라 친환경 전기자동차의 보급 및 수요가 증가하고 있다. 전기자동차는 내연기관이 없고 전기모터로 운행되기 때문에 소음이 없고 공해가 발생하지 않는다. 신재생에너지로 충전하면 온실가스 배출이 줄어들며, 불연성연료를 사용하기 때문에 화재의 위험성을 줄일 수 있다. 또한 전기자동차는 한 대 당 20kWh 내외의 전력을 담을 수 있기 때문에 소용량 에너지저장장치(ESS)로 볼 수 있다. 이에 따라 전기자동차와 관련된 기술 개발의 필요성이 강조되고 있으며, 전기자동차를 스마트그리드 영역에서 활용하는 시도 또한 다양하게 이루어지고 있다. 특히 양방향 충전을 사용해서 전기자동차의 배터리에 저장된 전기에너지를 전력수요가 높을 때 운전자가 전력망으로 공급할 수 있게 하는 V2G(Vehicle to Grid)에 대한 개발 및 실증이 활발히 진행되고 있다.

### 2. 제안하는 컨버터

제안하는 양방향 급속충전기<sup>[1],[2]</sup>는 2-stage 시스템으로, 고전압측에는 절연형 SRC 그리고 저전압측에는 비절연형 2상 Buck/Boost 컨버터로 구성되어 있다. 고전압측의 SRC는 변압기를 이용한 전기적 절연과 변압기의 리키지 인덕턴스(Lk)와 공진 커패시터(Cr)로 구성된 회로를 이용한 공진으로 모든 스위치가 부하와 입력전압의 크기에 관계없이 모든 범위에서 항상 ZCS 턴온 및 턴오프를 성취할 수 있다. 또한 0.5의 고정 듀티 및 고정 주파수에서 동작하여 제어와 간단하고, 변압기를 최적 설계 할 수 있다. 이를 통해 고전압측의 SRC는 모든 부하에서 손실이 거의 없이 절연과 입력전압을 그대로 전달 할 수 있다. 비절연부의 Buck 컨버터는 절연부에서 넘어온 DC전압을( $V_{Link}$ )를 강하하여 배터리전압 및 전류를 제어하는 역할을 하며 구조가 간단하다. 또한 전압제어 및 양방향 모드전환이 용이하기 때문에 구조가 복잡한 컨버터에서 나타나는 전기적 노이즈에

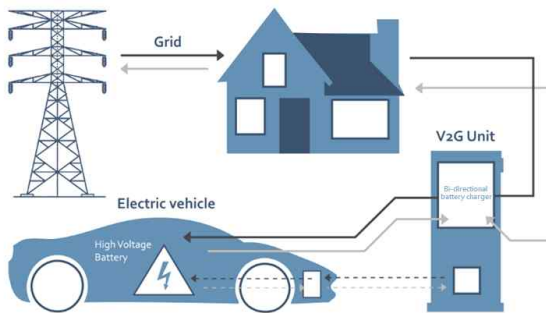


그림 1. V2G 시스템 구성도

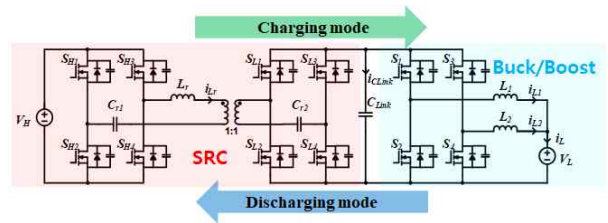


그림 2. 제안하는 양방향 급속충전기

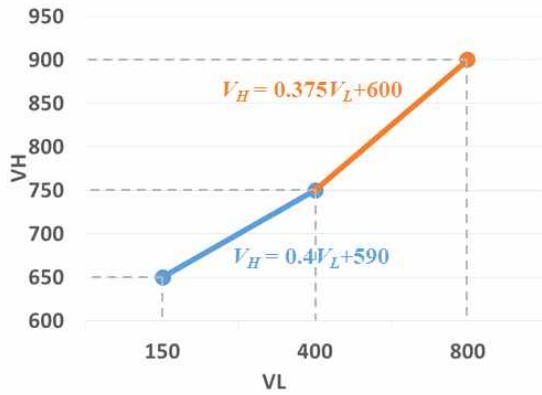


그림 3. 배터리전압에 따른  $V_H$

의한 제어의 어려움이 적다. 또한 2상 인터리빙 방식을 사용하여 소자 전류 정격 및 출력 필터의 사이즈를 감소시킬 수 있다. 그림 3은 제안하는 컨버터의 효율 최적화를 위해 각 배터리 전압에 따라  $V_H$ 의 값을 제안한다. 위 그래프를 통해 배터리 전압의 전체 동작 범위에서 결정되는  $V_H$ 의 값을 알 수 있다.

### 3. 실험 결과

제안하는 컨버터의 성능을 검증하기 위하여 50kW급 시작품을 설계, 제작하였고 사양은 다음과 같다.

- $P_O = 50kW$  •  $V_H = 900V$  •  $V_L = 150 \sim 800V$
- $f_{sw(SRC)} = 44kHz$  •  $f_{sw(Buck/Boost)} = 20kHz$

그림 4, 5, 6은 배터리전압에 따른 실험 파형이며 넓은 전압 범위에서 동작하면서 SRC의 스위치는 ZCS turn on&off를 성취하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 2상 Buck 컨버터에서 전류분배가 이루어지는 것을 알 수 있다. 그림 6은 충·방전 모드에서 각 모드를 전환 하는 실험 파형이다. 그림 7은 충·방전모드에서 배터리전압에 따른 효율 그래프이다. 배터리전압이 400V이상일 때 97% 이상의 효율을 유지하며 최대 효율은 충전모드일 때 98.14%, 방전모드일 때 98.33%를 달성하였다.

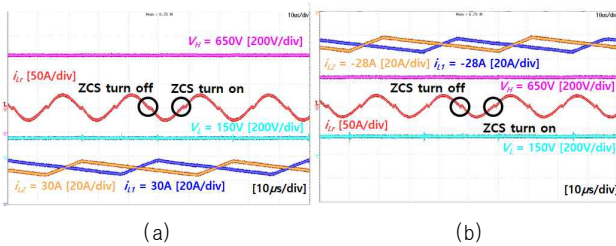


그림 4.  $650V_H - 150V_L$  (a) 충전 모드(9kW) (b) 방전 모드(10kW)

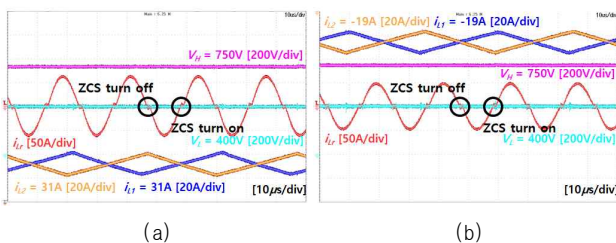


그림 5.  $750V_H - 400V_L$  (a) 충전 모드(25kW) (b) 방전 모드(20kW)

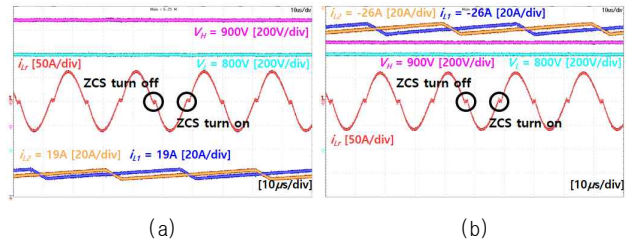


그림 6.  $900V_H - 800V_L$  (a) 충전 모드(30kW) (b) 방전 모드(30kW)

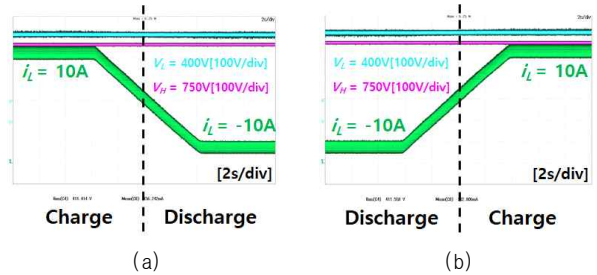


그림 7. 모드전환 실험파형 (a) 충전→방전 모드전환 (b) 방전→충전 모드전환

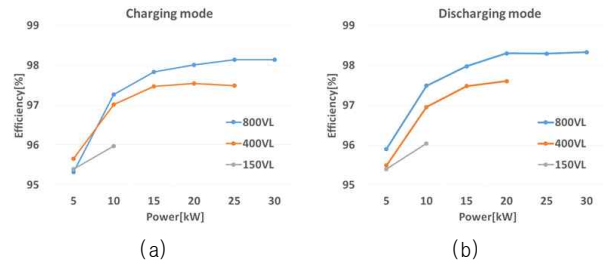


그림 8. 배터리전압에 따른 효율 (a) 충전 모드 (b) 방전 모드

### 4. 결론

본 논문에서는 넓은 충전전압범위에서 V2G기능을 갖는 50kW급 급속 충전기를 제안하였다. 제한한 2-stage 시스템의 절연부는 전 범위에서 소프트스위칭이 가능한 공진형 컨버터를 사용하여 높은 효율을 기대할 수 있다. 비절연부는 구조가 간단한 Buck/Boost 컨버터에 2상 인터리빙 기법을 사용하여 제어가 간단하며 소자의 정격 및 부피를 감소시켰다. AC-DC와 연결되는 전압을 가변하여 배터리전압에 따라 최적 효율을 만족하는 전압을 선정하여 50kW급 시작품 실험을 통해 본 논문의 타당성을 검증하였다. 효율은 충전 시 98.14%, 방전 시 98.33%의 최대효율을 달성하였다.

이 논문은 데스틴파워(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] 최세완, "직렬 공진 컨버터를 이용한 배터리 충전기", 특허출원, 등록번호 10-1286509, 등록일 2013.07.10.
- [2] Junsung Park and Sewan Choi, "Design and Control of a Bidirectional Resonant DC-DC Converter for Automotive Engine/Battery Hybrid Power Generators" *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no.7, pp.717-729, July. 2014.