

# V2G-V2H 기능을 갖는 3.3kW급 전기 자동차용 양방향 충전기

홍석용, 정세형, 김민재, 최세완

서울과학기술대학교

## A 3.3kW bi-directional EV charger

### With V2G and V2H function

Seokyong Hong, Sehyung Jung, Minjae Kim, Sewan Choi

Seoul National University of Science and Technology

#### ABSTRACT

본 논문에서 제안한 전기자동차용 충전기는 배터리 충전뿐만 아니라 V2G, V2H모드로 동작이 가능하며 제어기 구조가 간단하다. 또한 입력력 전압 변동에 따른 전압 추종 범위가 넓으며 소프트스위칭을 성취한다. 제안하는 충전기는 CV모드에서 바이패스 모드로 동작시켜 효율을 높였고 3.3kW 시제품으로부터 94.6%의 정격효율을 달성하였다.

#### 1. 서론

일반적으로 전기자동차는 그림 1(a)와 같이 계통으로부터 배터리를 충전하는 단방향 충전기를 사용하나 최근 전기자동차를 스마트그리드 영역에서 활용하려는 시도가 다양하게 이뤄지고 있다. 특히 양방향 충전기를 사용함으로써 그림 1(b)와 같이 전기차 배터리에 저장된 전기에너지를 전력망으로 재송전함으로써 운전자가 저렴한 시간에 전력을 저장한 뒤 비싼 시간에 한전에 되팔 수 있게 하는 V2G(Vehicle to Grid)에 대한 개발 및 실증이 활발히 진행되고 있다.<sup>[1]</sup> 더불어 정전 시 배터리에 축적된 전기에너지를 가정에 공급하는 V2H(Vehicle to Home) 모드 또한 스마트그리드의 핵심 솔루션으로 부상하고 있다. 양방향 배터리 충전기는 DC DC 컨버터와 양방향 인버터로 구성되어 있으며 아직 개발된 사례가 많지 않지만 이 중 DC DC 컨버터를 Dual Active Bridge(DAB)로 채택한 방식이 있다.<sup>[1]</sup> DAB는 회로가 간단하며 위상차를 이용하여 전력흐름을 제어하는 방식으로 추가 회로 없이 모든 스위치가 ZVS 턴온이 가능하다. 하지만 전압이나 전력변동으로 위상이 증가하게 되면 무효전력과 소자들의 전류 정격이 증가한다. 또한 입력과 출력의 전압비가 다르게 되면 경 부하에서 소프트스위칭을 실패하는 문제가 있다.

본 논문에서 제안하는 양방향 배터리 충전기는 양방향 인버터와 2단방식의 컨버터<sup>[2]</sup>로 구성되며 비절연 컨버터로  $V_{link}$ 를 제어하고 양방향 대칭의 특성을 갖는 절연 SRC는 고정 주파수로 동작시키기 때문에 절연부를 최적으로 설계 가능할 뿐만 아니라 전력의 방향과 부하 및 전압변동에 상관없이 항상 ZCS턴온/턴오프가 가능한 장점이 있다.

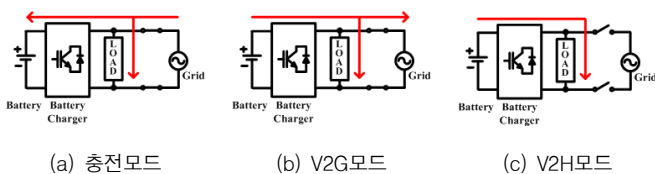


그림 1 양방향 배터리 충전기 운전모드

#### 2. 제안하는 전기자동차용 양방향 충전기

제안하는 양방향 배터리 충전기는 배터리측의 DC DC 컨버터와 계통측의 인버터로 구성되어 있다. 그림2와 같이 양방향 인버터는 풀브릿지 구조를 사용 하였고 DC DC 컨버터를 비절연형 벡·부스트 컨버터와 절연형 SRC로 구성하였다. 2단 방식의 컨버터를 사용하여 전압 조정 가능한 범위를 넓혔으며 절연형 SRC의 1차측을 하프 브릿지, 2차측을 더블러 형태로 구성하여 변압기 자화 인덕턴스의 직류 오프셋이 발생하지 않게 하였다. 또한 절연형 SRC는 최적 주파수에서 고정듀티(50%)로 동작하여 전 부하영역에서 항상 ZCS턴온/턴오프가 성취된다.

제안하는 양방향 충전기의 제어 블록도는 그림 3과 같다. 비절연형 컨버터의 제어 블록도는 그림 3(a)와 같이 구성되며 외부 제어기로  $V_{link}$ 를 410V로 제어하고 전류제어기의 대역폭을 전압제어기에 비해 높게 하여 배터리로 들어가는 120Hz성분의 전류 리플을 제거한다. 양방향 인버터의 경우 그림 3(b)와 같이 구성되며 모드 전환과 파워 흐름을 제어해 준다.

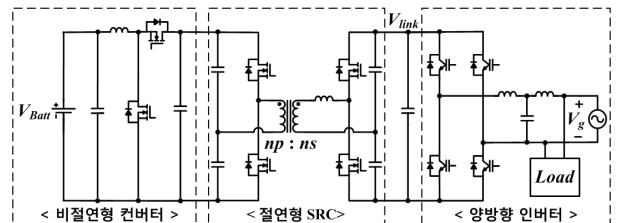
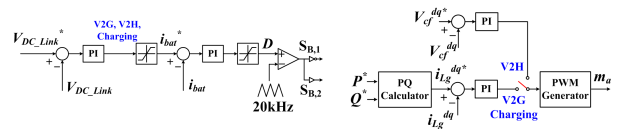


그림 2 제안하는 양방향 배터리 충전기 회로



(a) DC-DC 컨버터 (b) 양방향 인버터

그림 3 양방향 배터리 충전기 제어 블록도

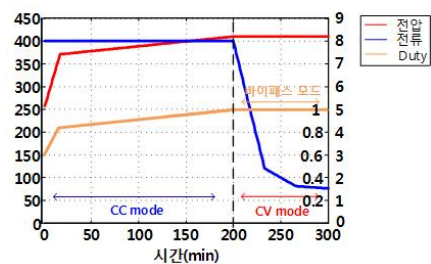


그림 4 배터리 충·방전 프로 파일

제안한 충전기는 충전모드에서 그림 4와 같은 프로파일을 가지고 배터리를 충전하게 된다. CC충전 모드에서  $V_{Batt}$ 이 증가하여  $V_{link}$ 까지 도달하면 CV충전 모드로 전환된다. CV충전 모드에서 비절연형 컨버터의 Buck 메인 스위치가 턴온 상태로 유지되는 바이패스 동작을 하는데 이 때 스위칭 손실이 발생하지 않기 때문에 손실을 저감할 수 있다. V2G, V2H모드에서도  $V_{Batt}$ 과  $V_{link}$ 가 동일해지는 지점에서는 바이패스 모드로 동작하게 된다.



그림 5 양방향 배터리 충전기 외형

### 3. 실험 결과

표 1은 양방향 충전기의 설계사양이고, 그림 5는 제안하는 충전기의 시작품이다. 그림 6(a)는 V2G모드 실험파형으로 배터리가 컨버터를 통해 계통과 연계하여 전류를 주입하는 것을 볼 수 있고, 그림 6(b)의 충전모드 실험파형을 통해 계통으로부터 배터리를 충전하는 것을 확인할 수 있다. 그림 6(c)는 정전 상황을 고려한 V2H모드의 실험파형으로 정전 시에도 배터리 측에서 가정용 부하에 안정적인 전원을 공급하는 것을 확인할 수 있다. 그림 7은 절연형 SRC의 스위치 파형으로 스위치가 ZCS턴온/턴오프되는 것을 확인할 수 있다.



그림 7 절연형 SRC 소프트스위칭 파형

그림 8은 제안하는 충전기의 효율그래프이다. 1kW이상에서 93% 이상의 효율을 나타내며 410V, 2kW에서 94.88%의 피크효율과 정격 3.3kW에서 94.52%의 효율을 각각 달성하였다.

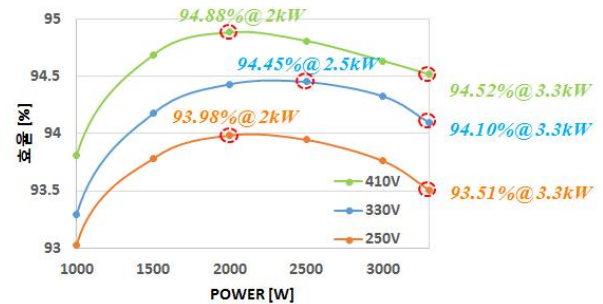


그림 8 양방향 충전기 측정 효율(요코가와 WT3000)

### 4. 결론

본 논문에서는 배터리 충전뿐만 아니라 V2G, V2H모드로 동작이 가능한 전기자동차용 양방향 충전기를 제안했다. DC DC 컨버터부를 2단 방식을 사용하여 전압 조정 가능한 범위를 넓혔으며 절연형 SRC를 고정주파수로 동작시켜 절연부 최적설계가 가능하고 스위치가 항상 ZCS턴온/턴오프를 성취한다.

3.3kW 시제품 실험을 통해 배터리 충전 및 V2G, V2H모드에 대한 동작을 검증하였고 94.6%의 정격효율을 달성하였다.

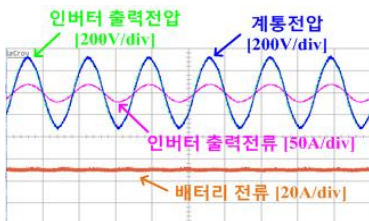
본 논문은 시그넷시스템즈(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었습

표 1 제안하는 충전기 목표 성능

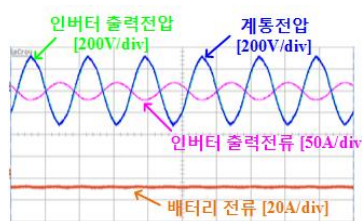
최대 출력용량	3.3 kW	
계통 전압	단상 110 / 220 Vac	
배터리 전압	250 ~ 410 Vdc	
역률	0.99	
V2H	V2G 전류 왜율	5 % 이내
	전압 왜율	5 % 이내
	전압 조정율	±6 % 이내
운전 모드	Charging / V2G / V2H	

### 참고 문헌

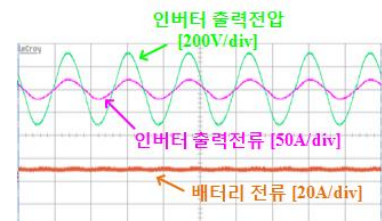
- [1] Xiaohu. Zhou, Lukic. S, Bhattacharya. S, Huang. A, "Design and control of grid connected converter in bi directional battery charger for Plug in hybrid electric vehicle application," in Proc. VPPC, 2009, pp. 1716 1721.
- [2] T. Ngo, K. Lee, J. Won, and K. Nam, "Study of single phase bidirectional battery charger for high power application," in Proc. ICEMS, 2012, pp. 958 962.
- [3] 박준성, 정병길, 권민호, 최세완, "친환경자동차용 5kW급 양방향 저전압 직류 변환장치 개발," 전력전자학회 2012년도 추계학술대회 논문집, 2012. 11, pp.97 98.



(a) V2G 모드



(b) 충전모드



(c) V2H 모드

그림 6 실험파형