

# EV/PHEV용 3.3kW 양방향 배터리 충전기

김원용, 김종원, 김현준, 김경동, 김도현, 최대식, 오형록, 이준영  
명지대학교

## 3.3kW Bidirectional Battery Charger for EV/PHEV

Won yong Kim, Jong won Kim, Hyun jun Kim, Kyoung dong Kim, Do hyun Kim,  
Dae sik Choi, Hyoung lok Oh, Jun young Lee  
MYONGJI UNIVERSITY

### ABSTRACT

최근 하이브리드 및 전기자동차의 집약적인 발전과 함께 충전기술이 대두 되고 있다. 본 논문은 충전기능만을 고려한 단방향 충전시스템에서 양방향 배터리 충/방전 시스템에 대하여 서술한다. 양방향 시스템은 주차 된 차량의 배터리를 저장 매체로 활용하여 V2G(Vehicle to Grid)기술로 활용할 수 있어 잉여전력에 대해서 계통으로 전력을 전송할 수 있다. 용량은 가정용으로써 3.3kW 탑재형 단상 양방향 충/방전기에 대한 시뮬레이션과 실험을 통해 결과를 도출했다.

### 1. 서 론

최근 에너지 고갈과 환경문제로 대두 되고 있는 부분은 크게 전기자동차 분야와 신재생 에너지 분야이다. 신재생 에너지는 기후의 변화에 따라 발전량의 변동량이 큰 것이 단점이기 때문에 통상적으로 배터리 또는 캐패시터 뱅크를 이용하여 충/방전을 함으로써 에너지 저장 매체역할 동시에 전압 및 전류의 안정화에 기여한다. 또한, EV / PHEV의 단점으로는 일평균 80%이상 정차로 인해 배터리 사용률이 낮다는 것이다. 충전중이거나 사용하지 않는 상태로 있는 배터리를 이용하여 신재생 에너지 연계에 필요한 에너지 저장 매체로 활용한다.

배터리 충전기는 별치형(Stand Type)과 탑재형(On Board Type)으로 분류 된다. 이 중에서 탑재형을 목표로 구성하였으며, 탑재형은 가정용 전원에서부터 충전을 하기에 3.3kW로 설계하였다. 회로구성은 배터리에 충전하는 방향을 기준으로 계통연계형 인버터, 공진형컨버터, 벡 컨버터로 구성되어 있다. 인버터는 DC링크 전압 유지 및 AC측 역률보상 목적, 공진형 컨버터는 계통과 배터리(자동차)간의 전기적 절연, 벡 컨버터는 450V까지 승압 된 공진형 컨버터의 출력을 받아 넓은 제어 범위를 가지는 배터리의 특성에 맞도록 강압하도록 한다. 제어기는 Texas Instruments社의 32bit Floating Point타입의 TMS320F28335를 이용하였으며, 디지털 PI제어와 단상PLL 기법을 통하여 충/방전 및 역률보상 (Power Factor Correction) 알고리즘을 구현하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 계통 연계형 단상 인버터

그림 1은 양방향 배터리 충전기 전체 회로를 보여준다. AC로부터 전압형 인버터가 역률을 유지하는 동시에 DC단 출력전압을 유지하는 기능을 수행한다. 직류단에는 인버터의 출력전압 평활용 직류 캐패시터, 교류단은 단상 리액터를 통해 전원에 각각 연결되어 있다.

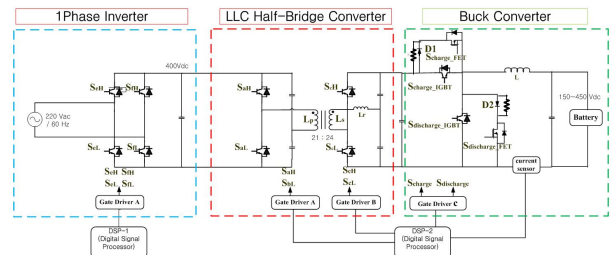


그림 1. 양방향 배터리 충전 회로도

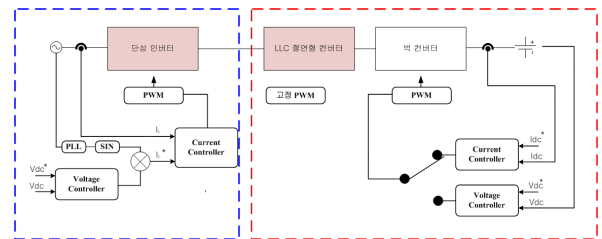


그림 2. 회로 구성 및 제어 블록다이어그램

출력단의 대용량 배터리는 교류입력의 역률을 저하하는 요인이 된다. 따라서, 실시간 제어 또는 단상 PLL을 통해 역률을 보상하게 된다. 본 논문은 3상 인버터와 동일하게 동작 할 수 있도록 D Q변환에서 Q성분을 가상으로 생성하여 3상 인버터와 동일하게 제어한다. 단상 PLL을 통해 얻은 위상 정보로 전류 제어 및 DC 전압제어를 수행할 수 있다. 실시간 제어에 비해 전류 레퍼런스가 Sine Wave와 유사하다. 고조파 함유율 (THD)이 적고 전압이용률이 넓은 SVPWM을 사용하였다.

#### 2.2 공진형 컨버터 및 벡-컨버터

배터리 충/방전기에 사용되는 DC DC 컨버터는 절연형 고주파 변압기를 통한 사이즈 축소와 전기적 절연 고효율 전력변환, 부하에 따르는 안정된 출력전달, 안정된 출력제어 등이 중

요한 요소이다.

높은 효율과 안정적인 출력전달을 위해서 소프트 스위칭이 가능한 LLC 공진형 컨버터를 사용하였다. LLC 타입은 ZVS(Zero Voltage Switching)와 ZCS(Zero Current Switching)동작이 가능하며 부하의 변동에도 동작주파수의 변동이 적기 때문에 고효율을 달성할 수 있는 장점이 있다. 또한 고정주파수/주파수를 이용하여 간단한 제어를 할 수 있다.

### 2.3. 시뮬레이션

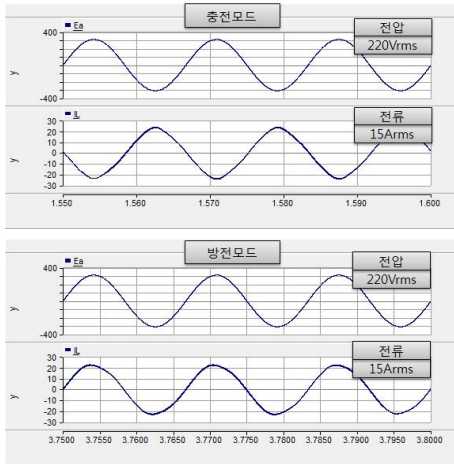


그림 3. 3.3kW 단상 양방향 컨버터 시뮬레이션 파형

그림3은 3.3kW 단상 양방향 컨버터의 시뮬레이션 파형이다. 시뮬레이션은 PSCAD를 이용하였으며, 충전 및 방전에 대하여 역률과 제어 정도를 볼 수 있다. 충전시 전압과 전류의 관계를 보여준다.

### 2.4. 하드웨어 실험결과

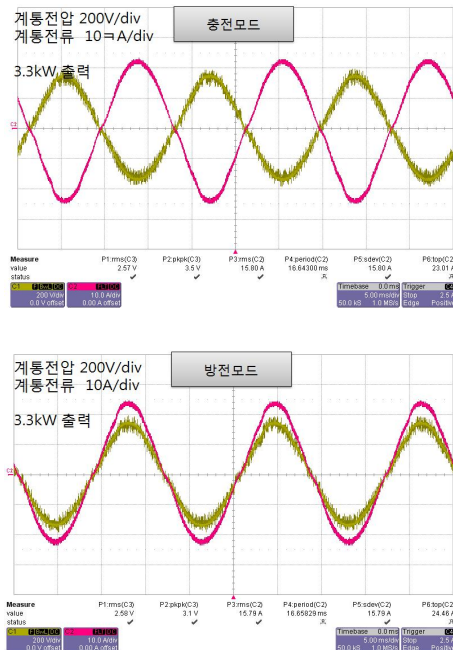


그림 4. 단상인버터 충/방전모드 실험파형

그림 4는 하드웨어 구성 후 3.3kW 정격운전시 파형이다.

그림 3의 시뮬레이션과 동일하게 역률유지와 전류제어가 정상 수행 됨을 확인 할 수 있었다.

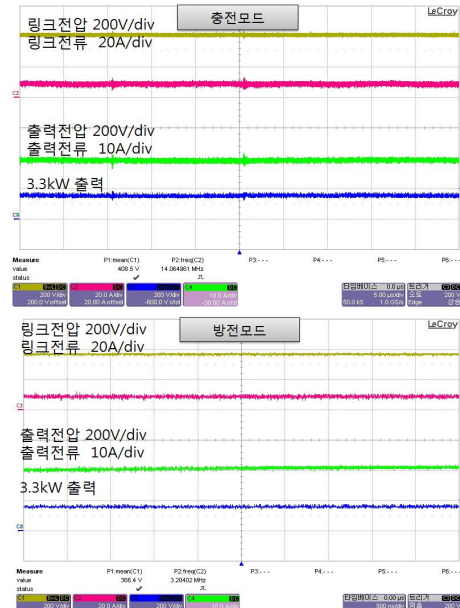


그림 5. DC/DC 컨버터 충/방전모드 실험파형

그림 5는 그림 4와 동시 실험파형으로써 충전과 방전시 DC/DC 컨버터의 입/출력 전압/전류를 측정된 파형이다. 3.3kW 충전시 DC링크 전압 400V로부터 전류 8.25A이며, 출력 전압 157V, 전류 21A로써 정격운전이 정상적으로 수행됨을 확인하였다. 반대로 방전시에도 동일한 전압/전류 조건으로 3.3kW 정격운전을 정상적으로 수행하여, 계통연계형 단상 양방향 배터리 충전기를 검증하였다.

## 3. 결론

본 논문에서는 단상 양방향 인버터와 LLC, Buck 컨버터를 연계한 3단 구성방식의 계통연계형 컨버터를 제안하였다. ZVS, ZCS를 이용한 공진형 컨버터로 설계하여 고주파 스위칭을 적용하여 차화소자의 사이즈 경감을 유도하였다. 기존의 충전기능만을 담당하는 충전기에서 계통연계형 양방향으로 시스템을 개발함으로써 V2G 기술과 관련하여 다양한 어플리케이션에 적용할 수 있음을 실험을 통하여 확인하였다.

## 참고 문헌

- [1] Y. Yee, "An ASIC to control the paralleling of an IGBT with a MOSFET IGBT MOSFET pair," 1997.
- [2] Robert L. Steigerwald, "A Comparison of Half Bridge Resonant Converter Topologies" IEEE Trans. on power electronics, vol 3, No2 pp.174 182, 1988.
- [3] Morcos, M.M, "Battery chargers for electric vehicles" Power Engineering Review, IEEE, vol 20, pp 8 11, 2000
- [4] Kisacikoglu, M.C. "Single phase inverter design for V2G reactive power compensation" APEC, 2011 Twenty Sixth Annual IEEE, pp 808 814, 2011