

# 다이오드 정류기의 모드 변경을 이용한 전기자동차용 탑재형 충전기

김경동\*, 권순만\*, 유광민\*, 채형준\*, 이준영\*  
 명지대학교 전기공학과\*

## On-board charger for electric vehicles by using the mode change of the diode rectifier

Kyoung Dong Kim\*, Sun Man Gwon\*, Kwang Min Yoo\*, Hyung Jun Chae\*, Jun young Lee\*  
 Department of Electrical Engineering, Myongji University\*

### ABSTRACT

이 논문은 새로운 형태의 EV, PHEV용 탑재형 충전기를 제안한다. 입출력단의 절연을 위한 공진 컨버터와 역률 개선과 충전 전력을 제어하기 위한 벡부스트 컨버터의 2단 구조로 구성하였다. 벡부스트는 전압 스트레스 감소를 위한 2단 병렬 구조로 되어있으며, 낮은 입력전압에서의 효율개선과 벡부스트의 전류스트레스 저감을 위하여 LLC 2차 정류기 단의 모드변경으로 새로운 voltage doubler형식을 구현하였다. 제어기의 단순화와 사이즈 축소를 위한 DCM제어로 구현하였으며 파워부에서는 충전기의 수명을 고려하여 필터 커패시터만으로 구성하였다. 제안한 컨버터의 성능은 실험을 통하여 검증한다.

제안된 LLC+Buck Boost 방식의 개념도(그림1)이며 기존의 이단방식과 반대의 구조를 갖는다. 입력전압을 받아 정류된 AC를 만든후 고주파 변압기를 통하여 크기가 다른 정류된 AC를 생성시켜 정류된 AC전압을 입력으로 받아 비절연형 컨버터를 통하여 충전제어와 하모닉제어를 수행하게 된다. 1차측의 고주파 변압기는 고정된 고주파로 동작시키는 공진형 컨버터로서 제어가 필요없으며 공진에 의해 스위칭 손실을 최소화 시킬 수가 있다. 또한 2차측의 비절연형 컨버터에서 모든 제어가 수행되므로 제어가 간단한 장점이 있다.[3] 또한 링크전압을 DC를 사용하는 것이 아니라 정류된 AC를 사용하므로 링크 커패시터는 스위칭 리플만 필터링하면 되므로 그 사이즈를 줄일 수 있는 장점이 있다.

### 1. 서론

EV 차량용 배터리 완속 충전기는 상용전원을 입력으로 한다. 입력으로 상용전원을 사용하므로 110Vac 및 220Vac에서 사용이 가능하며 역률 보정이 고려되어야 한다. 그리고 EV 차량용 배터리 충전기는 배터리 스펙에 따라 100V~500V까지의 넓은 출력이 요구되어진다. 그러므로 PFC를 담당하는 단과 넓은 전압범위의 DC/DC 단의 2단 구성의 충전기가 일반적이며 컨버터의 출력은 DC이어야 한다. 또한 전과 정류된 전압을 고려하여 최소 400V 이상의 내압이 높은 고가의 스위치가 사용 되어야 한다. 또 한 사이즈를 고려 하여 고주파 스위칭이 이뤄져야 한다.. [1] [2]

### 2. 본론

#### 2.1 AD-DC 컨버터

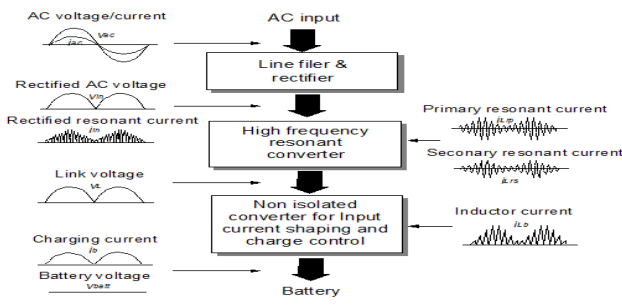


그림 1. 제안된 LLC+Buck-boost 방식의 개념도

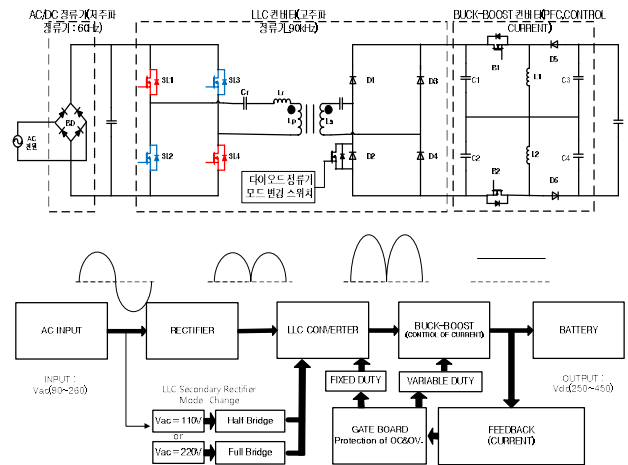
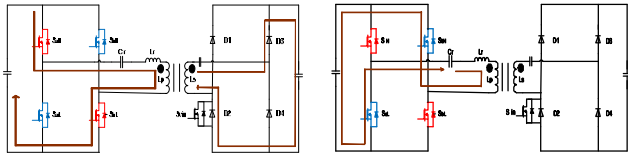


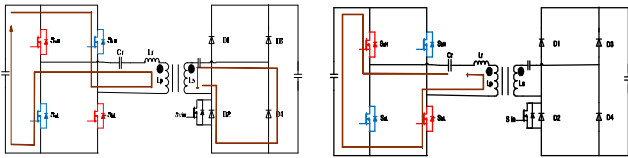
그림 2. 제안된 회로도와 블럭도

그림2는 제안된 컨버터의 회로도와 블럭도를 나타내며, 1차측은 4개의 스위치를 갖는 풀브리지 회로구조를 가지고 있으며 2차측에는 내압을 저감시키기 위해 Buck boost 컨버터를 2단 병렬 구조로 사용하여 전압스트레스를 저감하고 낮은 입력 전압일 때에는 LLC 2차 정류 다이오드를 FULL MODE에서 HALF로 변경시키는 회로 구조를 갖게 함으로써 링크 전압을 FULL과 동일하게 함으로써 Buck boost 컨버터의 전류스트레스를 저감시킨다. 제어는 DCM이므로 충전제어만 수행하므로 매우 간단한 제어구조를 가지고 있다. 그림3은 제안한 회로의 모드별 동작 설명을 나타낸다.



**mode 1** (  $t_0 \sim t_1$  ) \_ Powering period  
 SaH, SbL, D3, D2 Turn ON  
 SaL, SbH, D1, D4 Turn OFF  
 Svin Turn ON  
 Cr Charge

**mode 2** (  $t_1 \sim t_2$  ) \_ Dead Time  
 SaH, SbL, D1, D4 Turn OFF  
 SaL, SbH, D2, D3 Turn OFF  
 Svin Turn ON  
 SaL, SbH switch = ZVS



**mode 3** (  $t_2 \sim t_3$  ) \_ Powering period  
 SaH, SbL, D1, D3, D2 Turn OFF  
 SaL, SbH, D4 Turn ON  
 Svin Turn ON  
 Cr = Discharge

**mode 4** (  $t_3 \sim t_4$  ) \_ Dead Time  
 SaH, SbL, D1, D4 Turn OFF  
 SaL, SbH, D2, D3 Turn OFF  
 Svin Turn ON  
 SaH, SbL switch = ZVS

그림 3. 제안된 회로 모드별 동작 설명

## 2.2. 실험 결과 및 검토

앞에서 구성한 내용을 바탕으로 하드웨어를 구성하여 실험을 진행하였다. 실험결과 얻은 파형은 그림과 같다. 입력 전류가 입력전압을 잘 추종하고 있고, LLC컨버터의 소프트 스위칭과 벅부스트의 DCM동작이 잘되고 링크전압은 입력전압이 110V~220V에 관계없이 일정한 값을 유지하고 있으며 이에 따른 회로가 타당함을 검증하였다.

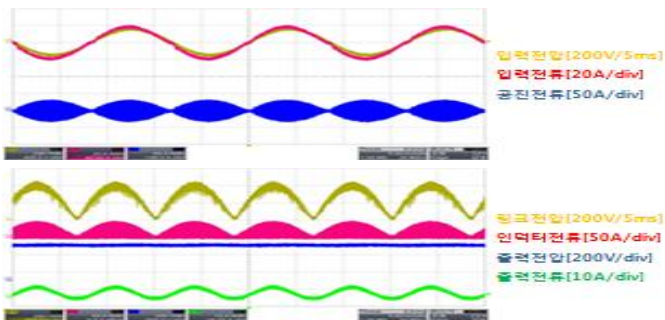


그림 4. 입력110V Half Mode \_ 출력 1.3kW시 각 부 파형

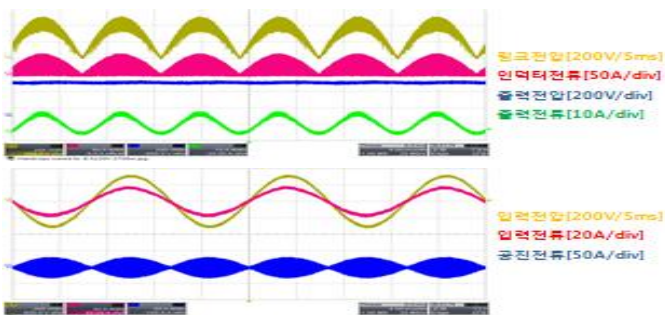


그림 5. 입력110V Half Mode \_ 출력 1.3kW시 각 부 파형

표 1. 회로 사양

입력 전압 ( $V_{in}$ )	220V <sub>DC</sub>
출력 전압 ( $V_o$ )	450V <sub>DC</sub>
출력 전류 ( $I_o$ )	7A
최대 출력 전력	3000W
Buckboost 컨버터 동작 주파수	45kHz
LLC 공진 컨버터 동작 주파수	90kHz

표 2. 변압기 파라미터

Parameters	Value[Unit]
Core	EE6565
Turn ratio	1:1.46 (13[turn]:19[turn])
Lp/Lleakage	99.8uH / 27.16uH
Ls/Lleakage	152.5uH / 042.15uH

표 3. 인덕터 파라미터

Parameters	Value[Unit]
Core	UU3356S/3적층
L value	30uH

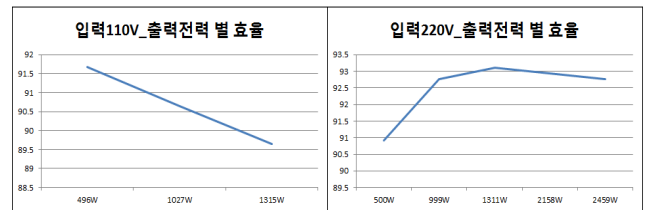


그림 6. 입력 전력별 효율 그래프

## 3. 결론

본 논문에서는 DCM전류 제어를 통해 얻은 인덕터 전류의 피크를 연결한 외형선이 입력 전원의 전압 파형을 따라 가고 공진전류의 피크를 연결한 외형선 또한 같은 결과를 얻었다. 결과적으로 입력 전류 파형도 입력 전압 파형을 따라가므로 역률 개선회로가 잘 됨을 검증하였다. 또한 2차측 정류기 단의 Voltage Doubler를 사용함으로써 효율 개선 효과를 확인 하였다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20114010203030)

## 참고 문헌

- [1] Pyosoo Kim, Sewan Choi, Jeongguen Kim, "An Inductorless Asymmetrical ZVS Full Bridge Converter for Step up Applications with Wide Input Voltage Range," ECCE2010, pp.1945 1951, 2010.
- [2] V. Rao, A. jain, K.Reddy, A. Behal "Experimental Comparison of Digital Implementations of Single Phase PFC Controllers", IEEE Trans. Ind. Electron., VOL. 55, NO. 1, pp. 67 78, Jan. 2008.
- [3] Jaganathan, S., and Gao, W., "Battery charging power electronics converter and control for plug in hybrid electric vehicle," VPPC2009, pp. 440 447