

# LLC 공진형 컨버터를 적용한 전기자동차 고압배터리 충전기 개발

유종욱\*, 김경만\*, 김태권\*, 강찬호\*, 전태원\*\*  
이지트로닉스\*, 울산대학교\*\*

## Development of Battery Charger for Electric Vehicle using the LLC Resonant Converter

J. W. Yoo, G. M. Kim, T. K. Kim, C. H. Kang, T. W. Chun  
EGTRONICS\*, University of Ulsan\*\*

### ABSTRACT

전기자동차의 고압배터리는 차종과 배터리의 종류에 따라 다양한 공칭전압을 가지며, 하나의 모델에 적용된 배터리도 사용에 따라 충전전압의 범위가 넓기 때문에 충전기의 출력전압이 광범위한 특성을 가져야 한다. 본 논문에서는 단상 110/220V 입력전원에 대하여 250V ~ 450V 범위의 직류전압의 특성을 만족시키기 위하여 LLC 공진형 컨버터를 적용하였으며, 제작된 시제품을 통하여 실차 배터리 충전시험을 실시하여 그 성능을 확인한다.

### 1. 서론

최근 화석연료의 고갈과 이산화탄소에 의한 환경오염이 크게 대두되고, 배터리 저장기술의 발달 및 모터제어 기술의 발달로 인해 전기자동차에 대한 관심이 높아지고 있다. 전기자동차는 에너지원이 배터리이기 때문에 고밀도의 2차전지에 대한 기술개발과 함께 고성능 충전장치에 대한 기술개발도 함께 진행되고 있다. 현재 개발중인 충전장치는 단시간에 배터리를 충전할 수 있는 급속충전기, 심야시간이나 장시간 주차시간에 충전하는 완속충전기 및 탑재형 충전기 등으로 구분된다. 급속충전기는 단시간에 큰 에너지를 공급하기 위하여 3상 전원에 수십 kW 이상의 설비시설이 요구되는데 비해 완속충전기 및 탑재형 충전기는 단상 전원에 의해 추가설비 증설이 크게 요구되지 않는 장점을 가진다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서는 단상 전원으로 전기자동차용 고압배터리를 충전할 수 있는 3.3kW급 완속 및 탑재형 충전기에서 LLC 공진형 컨버터를 적용하여 넓은 출력전압을 가지는 충전기를 설계, 개발하였으며 실차 충전을 통하여 그 타당성을 확인하였다.

### 2. 단상 충전기

#### 2.1 시스템 구성

단상 전원 충전기의 전체 구성도는 그림 1과 같이 AC DC 변환부, DC DC 변환부와 입력/출력 필터부로 크게 구분된다. AC DC 변환부는 PFC(power factor correction) 회로로 구성되어 있으며, 아날로그 제어를 통하여 변환부의 출력전압 제어, 입력전류제어 및 입력전력을 제한하도록 제어한다.

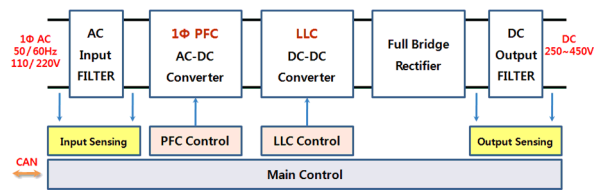


그림 1 단상 충전기 블록도  
Fig. 1 Block diagram of single phase charger

#### 2.2 LLC 공진형 컨버터

DC DC 변환부는 LLC 하프브릿지 공진형 컨버터와 풀브리지 다이오드 정류기로 구성되어 있다. 그림 2는 LLC 하프브릿지 공진형 컨버터를 적용한 회로를 나타내고 있다.<sup>[2]</sup>

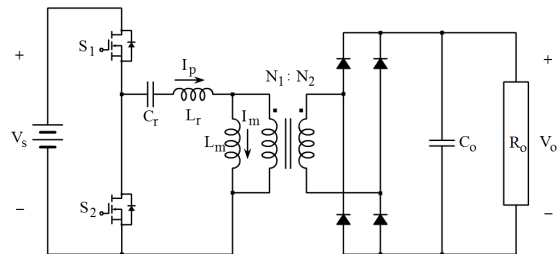


그림 2 LLC 하프브릿지 공진형 컨버터  
Fig. 2 LLC-Half bridge resonant converter

그림 2의 LLC 공진회로에서 공진 주파수(resonance frequency)  $f_r$ , 특성임피던스(characteristic impedance)  $Z_o$ , 선택도(quality factor)은 다음과 같다.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \quad (1)$$

$$Z_o = \sqrt{\frac{L_r}{C_r}} \quad (2)$$

$$Q = \frac{\pi^2 Z_o P_o}{8n^2 V_o^2} \quad (3)$$

여기서  $P_o$ 는 출력전력,  $n$ 은 트랜스포머 권수비  $n = N_1/N_2$ ,  $V_o$ 는 출력전압이다.

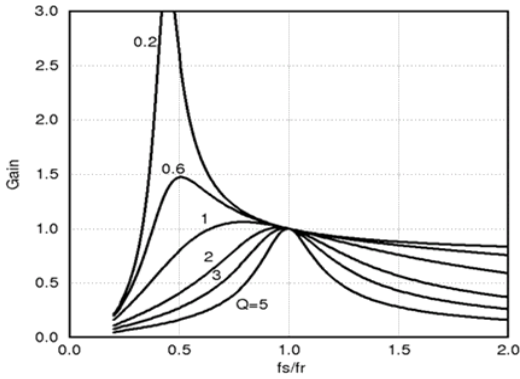


그림 3 LLC 공진형 컨버터의 이득곡선  
Fig. 3 Gain curve for LLC resonant converter

그림 3의 스위칭주파수  $f_s$ 와 공진주파수  $f_r$ 과 선택도  $Q$ 에 따른 이득곡선을 나타내고 있다.

### 3. 제작 및 시험

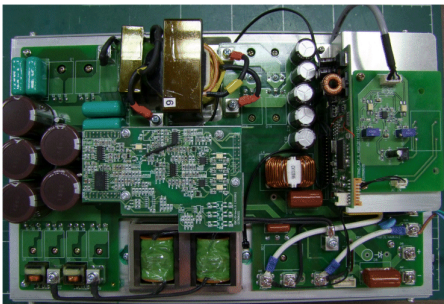


그림 4 배터리 충전기  
Fig. 4 Battery charger

그림 4는 제안된 토폴로지를 적용시킨 단상 전원 입력을 가지는 배터리 충전기 시작품이다.

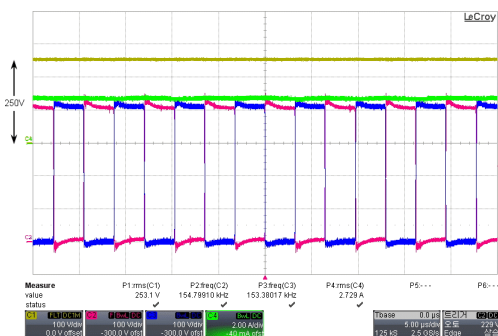


그림 5 스위칭 주파수 150kHz일 때 출력전압 파형  
Fig. 5 Output voltage wave at  $f_s = 150\text{kHz}$

그림 5는 출력전압 250V 얻기 위해서 그림 3의 이득곡선에서 스위칭 주파수를 구하여 스위칭 소자  $S_1$ 과  $S_2$ 에 50%의 듀티비를 가진  $f_s = 150\text{kHz}$ 신호를 인가했을 때 출력전압의 파형을 나타내고 있고, 그림 6은 출력전압 450V를 얻기 위해  $f_s = 70\text{kHz}$ 인가했을 때 출력전압의 파형을 나타내고 있다.

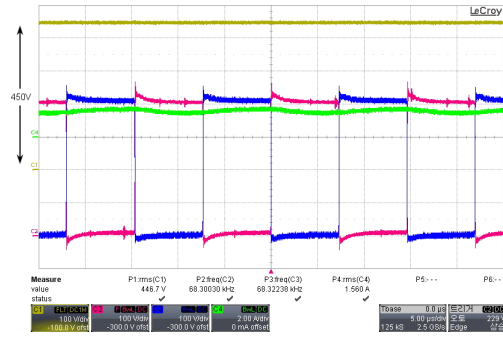


그림 6 스위칭 주파수 70kHz일 때 출력전압 파형  
Fig. 6 Output voltage wave at  $f_s = 70\text{kHz}$

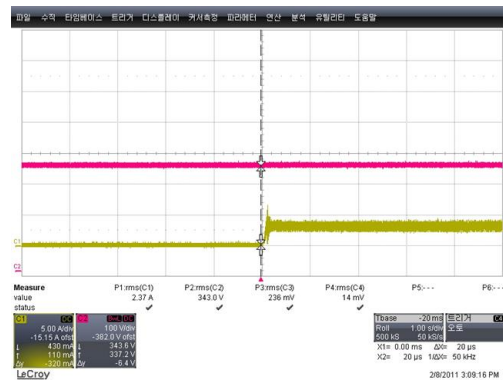


그림 7 충전전압 340V에서 충전전류 파형  
Fig. 7 Charging current wave at  $V_o = 340\text{V}$

그림 7은 340V의 충전전압을 가지는 배터리에 충전기를 접속시키고 충전명령에 의해 충전전류가 흐르는 파형이다.

### 4. 결론

본 논문에서는 전기자동차 구동용 배터리를 단상 전원으로 광범위한 충전전압을 얻기 위해 LLC 공진형 컨버터를 이용하여 충전기를 개발하였다. 부하 및 실차 배터리 충전시험에서 충전전압이 250V에서 450V까지의 범위를 만족하는 것을 확인하였으며, 최대 효율 93%, 운용효율 92%의 성능조건을 나타낼 수 확인하였다.

본 연구는 울산광역시와 교육과학기술부에 의해 지원된 지방과학연구단지 연구개발사업으로 수행하였습니다.

### 참고 문헌

- [1] 한승호, 최병윤, “국내의 전기자동차 인프라 구축동향”, 전력전자학회지 제5권 제2호, 2000. 4, pp. 38 41.
- [2] B. Yang, F. C. Lee, A. J. Zhang, G. Huang, “LLC resonant converter for front end DC/DC conversion”, in IEEE APEC 2002, pp. 1108 1112, 2002