

배터리 고속충전을 위한 배터리-배터리간 충전 시스템 개발에 관한 연구

박진영*, 김영춘**, 김옥환***, 이동석****, 김홍배*****, 박인석*****

*공주대학교 기계공학과

**공주대학교 지능형모빌리티공학과

***공주대학교 기계자동차공학부

****공주대학교 산업디자인공학부

*****전남도립대학교 조선기계과

***** (주)이피에스텍

e-mail:yckim59@kongju.ac.kr

A study on the development of a battery-to-battery charging system for high-speed battery charging

Jin-Young Park*, Young-Choon Kim**, Ok--Hwan Kim***, Dong-Seok Lee****, Hong-Bae Kim*****, In-Seok Park*****

*Dept. of Mechanical Engineering, Kongju National University

**Dept. of Intelligent Mobility Engineering, Kongju National University

***Dept. of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

****Dept. of Industrial Design of Engineering, Kongju National University

*****Dept. of Naval Architecture & Mechanical Engineering, Jennis State University

***** EPS Tech Co.

요약

전 세계적인 환경규제 강화로 친환경 자동차에 관심을 갖고 있으며, 최근 완성차 업체는 내연기관 자동차의 연구개발 비중을 대폭 감소시키고, 친환경 자동차 연구개발 부서 증설 등과 같이 자동차 기술 트렌드가 급격하게 변화하고 있는 추세이다. 이처럼 자동차 시장도 친환경 고효율 차량 중심으로 변화하고 있다. 이에 따라 전기자동차의 보급 확대로 인해 고가의 배터리를 장착한 자동차가 운행되고 있다. 하지만 현재의 전기자동차는 내연기관 자동차와는 달리 방전되었을 때 대처 방법은 가까운 충전소까지 견인해주는 방법밖에 없는 상황으로 자동차 보험사에서도 해결하기 위한 특별한 방법이 없는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 소형 배터리를 통한 전기자동차 메인 배터리를 충전하기 위한 LCC 공진형 배터리-배터리간 급속 충전기술을 연구하고자 한다.

1. 서론

전 세계적으로 기후 변화에 대응하기 위해 온실가스 배출량을 줄이기 위한 노력이 이루어지고 있으며, 세계 자동차 시장도 점차 친환경·고효율 차량 중심으로 변화하고 있다. 이에 따라 친환경 자동차의 보급 확대로 인해, 고가의 대용량 배터리를 장착한 차량이 운행되고 있다. 국내에 보급된 친환경 자동차는 2004년까지 6,000여 대에 불과하였지만, 2009년 1만대, 2016년 말 현재 누적대수 24만대를 기록하고 있다. 이중 전기자동차는 2016년 1만대 돌파를 시작으로 50%이상 꾸준하게 보급되고 있다.[1-2]

전기자동차를 운행하는 운전자는 전기자동차 운행시 Battery의 에너지 잔량이 부족해서 운행이 어려울 때 보험회사로 받는 서비스로 비상 충전 서비스를 받으면 좋지만 현재

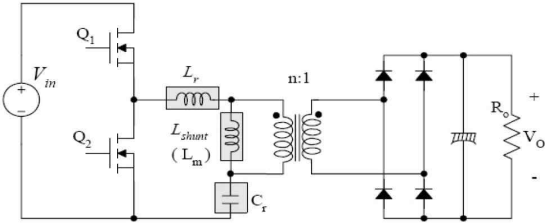
의 보험회사에서 받는 서비스는 가까운 충전소까지의 견인서비스가 유일한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 통상적으로 많이 사용되는 Push-Pull Converter와 이의 단점을 보완할 수 있는 LLC 공진형 컨버터를 이용하여 소형 이동형 충전기를 개발하고자 한다.

2. 본론

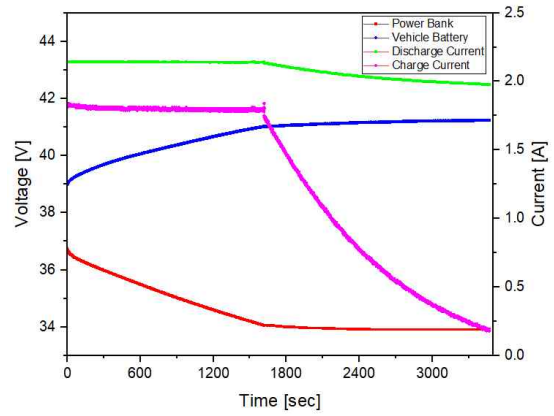
2.1 LCC 공진형 Converter 개요

공진형 LLC Converter는 1차측 메인 스위칭단에서 인덕터와 Capacitor의 직렬공진현상을 이용한 Half Bridge 컨버터이다. 메인 Topology는 Half Bridge를 이용하지만 1차측 메인 스위칭 단에서 LLC 직렬 공진현상을 이용하는 것이 기존의 Half Bridge 컨버터와는 많이 다른 특성을 나타낸다.[3]

[그림 1]과 같은 공진형 LLC 컨버터는 기존의 Hard Switching Converter에 비해서 효율을 극대화 할 수 있으며, 이는 또 다른 의미로 소형화에 적합한 Topology로 비교적 최근에 개발되어 많이 사용하는 컨버터이다.



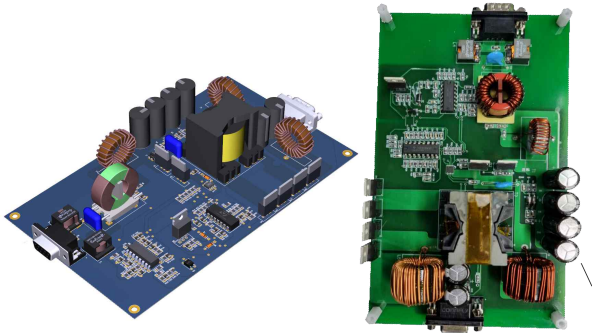
[그림 1] 공진형 LLC Converter 블록도



[그림 3] 배터리-배터리간 충·방전 그래프

2.2 실험 방법

기존의 MOSFET나 IGBT와 같은 스위칭 소자 대신 스위칭 특성, 성능, 크기, 전류밀도, 전력손실 등 특성에서 매우 우수한 GaN FET소자를 사용하여 LLC 공진형 Converter를 [그림 2]와 같이 설계 및 제작하고, 제작된 소형 배터리충전기를 통해 배터리-배터리 충전 실험을 진행하였다.[4]



a)PCB 3D Modeling b) Converter 시제품
[그림 2] LLC 공진형 Converter

충전기의 입력전원은 이동형 Battery이며 이 전원을 입력받아서 전기자동차의 Battery를 충전하게 된다.

[그림 3]은 보조 Battery 전압, 차량 Battery 충전 전압, 보조 Battery 방전 전류 및 차량 Battery 충전 전류를 나타낸다. 충전전류는 정전류로 차량의 Battery를 충전하고 있으며, 전압은 일정한 값으로 증가하고 있다. 그리고 보조 Battery의 전압은 방전이 이루어지고 있으므로 전압이 낮아지고 있다. 또한 차량 Battery의 전압은 증가하고 있으며 만충전 근처의 전압에 도달하면 충전기는 CV모드로 동작하며 충전전류는 점점 감소하는 것을 알 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 GaN FET를 적용한 휴대용 전기자동차 충전용 DC-DC Converter를 설계 및 제작하였다. 제작된 전기차 충전기는 ZVS(Zero Voltage Switching)이 이루어져 스위칭 손실을 최소화 할 수 있으며, 배터리-배터리간 충전을 하여 실제 자동차에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

충전인프라가 불충분한 상황에서 전기자동차 운전자가 주행 중 Battery 방전에 의한 응급한 상황에서 보험회사의 비상충전 서비스가 어려운 상황에서 제안된 이동형 소형 충전기로 전기자동차 긴급 충전이 가능해져 운전자들의 불안감이 줄어들 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업 (2021RIS004)으로 수행된 결과입니다

참고문헌

- [1] 신외경, "전기자동차 충전 인프라 기술 동향." 전력전자학회지, 제 27권 2호, pp. 28-35, 2022년
- [2] 정문규. "전기자동차용 급속충전기의 성능평가 및 특성분석." 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1116-1117, 2010년.
- [3] Wen, H., Gong, J., Zhao, X., Yeh, C. S., & Lai, J. S., "Analysis of diode reverse recovery effect on ZVS condition for GaN-based LLC resonant converter." IEEE Transactions on Power Electronics Vol. 34 No. 12 pp. 11952-11963, 2019.
- [4] 김형탁, "질화갈륨 반도체 기반 차세대 전력소자 기술", 전력전자학회지, 제20권 1호, pp. 34-38, 2015년.