

전기자동차용 배터리 충전기

윤수영*, 채형준*, 김원용*, 정유석*, 이준영*, 문형태**
 명지대학교 전기공학과*, (주)만도 중앙연구소**

Battery Charger for EV

Suyoung Yun*, Hyungjun Chae*, Wonyong Kim*, Hyungtae Moon**, Yuseok Jeong*, Junyoung Lee*
 Department of Electrical Engineering Myongji University*, Central R&D Center of MANDO Corporation**

ABSTRACT

최근 화석 연료의 고갈과 이산화탄소 배출 제한으로 인하여 내연기관 자동차에서 전기 자동차로의 대한 관심이 높아지고 있다. 전기 자동차 배터리 충전에 필요한 AC-DC 컨버터가 필요하며 컨버터의 필요 조건으로 넓은 출력 전압 범위, 고효율, 높은 역률 등을 들 수 있다. 넓은 전압 범위와 절연을 위해 2단 구성 하였다. 앞단은 LLC 컨버터를 후단은 역률을 고려하여 BOOST 컨버터를 이용한 PFC 회로를 구현하여 실험적으로 확인 하였다.

1.서론

최근 화두는 친환경적인 제품과 에너지 자원의 고갈에 따른 대체 에너지의 관한 연구이다. 친 환경적이고 고효율 에너지로 이루어진 자동차를 원하고 있다. 이에 발맞춰 내연 기관 자동차에서 전기 자동차 시대로 변화 되어 가고 있다. 구성 요소 또한 대체 되어 가고 있다. 그 대체품으로는 내연 기관을 대체 하는 전동기, 연료는 배터리로 대체 되었으며, 또 다른 요소로 주유기는 충전기로 대체 되었다. 이중 충전기는 충전 속도, 충전기의 위치, 충전 방식에 따라 종류가 분류된다.

본 논문에서는 탑재형, 고효율, 완충식 단방향 AC-DC충전기를 제안 실험적으로 검증한다.

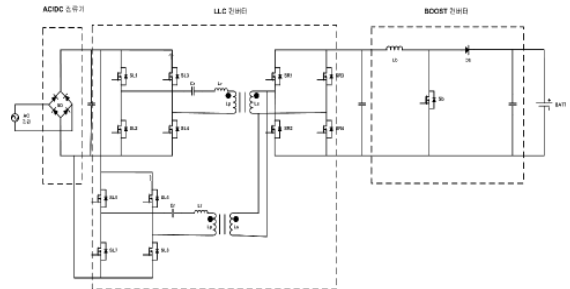
2.본론

2.1 2단 구성 방식의 AC-DC 배터리 충전기

본 논문에서 제안된 AC-DC컨버터는<그림1> LLC 공진형 컨버터와 부스트 컨버터의 2단 구성으로 되어있다. LLC 공진형 컨버터는 스위칭 주파수와 공진 주파수를 같게 설계하여 ZVS 스위칭으로 스위칭 손실을 최소화 하였다. 입력 파워는 트랜스 포머의 권선비에 의하여 DC 링크 전압 120V로 강압하는 역할과 1차측의 계통과 2차측 배터리와의 절연 기능을 가지고 있다. 상용 전원의 입력은 110Vac와 220Vac이므로 LLC 공진형 컨버터 1차측을 풀브릿지 모드와 하프 브릿지 모드로 동작 함으로써 DC 링크 전압을 일정한 수준의 전압을 얻을수 있도록 설계 하였다. 하프 모드일 경우에는 스위치 SL1, SL7 과 SL2, SL5의 스위칭은 상보적이며 SL3, SL6은 항시OFF SL4, SL8은 항시ON으로 동작 한다. 두 트랜스 포머의 1차측

공진 전류가 상보적으로 동작 하도록 되어 있다. 트랜스 포머의 권선비는 1(1차측): 0.7(2차측)로 설정 하였다.[2]

DC 링크 전압은 부스트 컨버터의 입력이 되며, 이컨버터는 출력 전압,전류 제어와 PFC를 담당한다. [1]



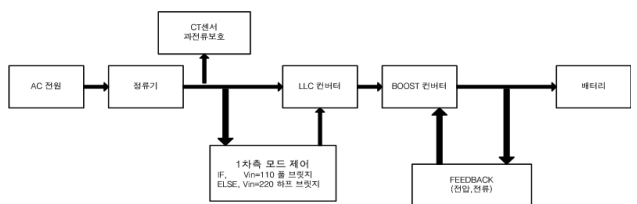
<그림 1> 제안한 AC-DC 컨버터

Fig. 1 Proposed AC-DC Converter

2.2 시스템구성

컨버터의 전체 시스템 구성은<그림2> 고정 시비율로 동작 하는 LLC 컨버터와 출력단의 전압,전류를 제어하는 부스트 컨버터가 위치 하는 2단 형태로 되어 있다. 시스템의 배터리 특성상 출력 전압이 150에서 450V까지 가변 될수 있으며, BOOST 컨버터의 입력은 150V보다 낮게 강압되어야 하므로 LLC 컨버터에서 120V까지 강압을 하게 된다.

LLC 컨버터를 거쳐 나온 DC 링크 전압을 가지고 부스트 컨버터는 출력을 제어 하게 된다. 출력의 전압과 전류 제어는 부스트 컨버터의 DUTY를 조절하여 제어 하게 되고, 과전류가 흘러 회로가 파괴되는 것을 방지하기 위하여 CT센서를 LLC컨버터 앞단에 연계 하였다.회로를 2단 방식으로 설계한 이유는 제어 설계의 복잡성을 줄이고 회로가 갖는 스트레스를 분담하여 보다 높은 효율을 가지기 위해서 이다.

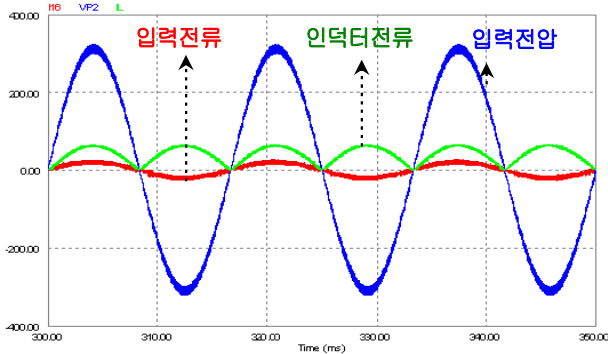


<그림 2> 전체 시스템 블록도

Fig. 2 Whole system block

2.3 모의 실험

제한한 회로의 검증을 위하여 PSIM을 이용하여 모의실험을 진행 하였다. 입력전력 3.3KW에서 진행 하였으며, 다음과 같은 파형을 보여 주고 있다.이때의 스위칭 주파수는 LLC컨버터 100KHz이며 부스트는 동기화를 위하여 50KHz로 구성 하였다. 아래와 같은 파형을<그림3> 보았으며 이를 토대로 검증하겠다.



<그림 3> 시뮬레이션 파형
Fig. 3 Simulation wave

2.4 실험 결과 및 검토

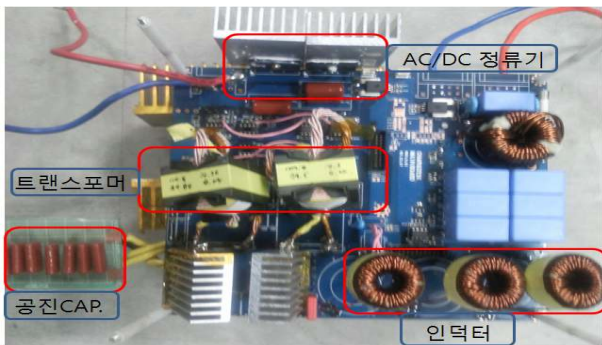
앞에서 구성한 내용을 바탕으로 상용전원용 배터리 충전기를 제작하고 실험을 통하여 회로의 유용성과 신뢰성을 입증하였다.

실험 사양 및 설계 사양은 다음과 같다.

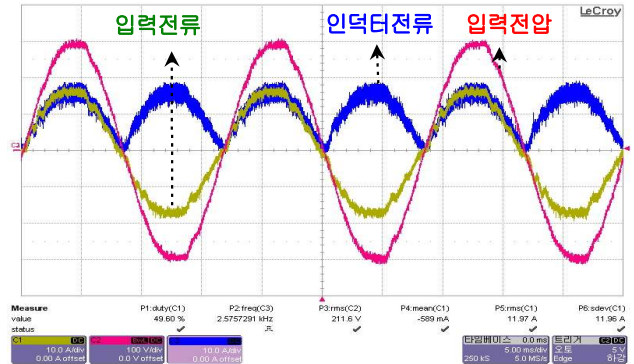
입력전압(Vin)	110Vac(Mode1), 220Vac(Mode2)
최대입력전류(Iin.max)	15A
최대입력전력(Pin.max)	1.6KW(Mode1), 3.3KW(Mode2)
LLC 컨버터 동작 주파수	100KHz
BOOST 컨버터 동작 주파수	50KHz

인덕터 사양		트랜스포머 사양	
L	133uH(400uH*3Ea)	Turn Ratio	1 : 0.7 (10 : 7)
Core	CH358060 2Ea 적층	Core	PQ4040(2Ea 병렬)
Turn	58Turns	Lp(Lk_p)	110(15)uH
Wire	1.4mm	Ls(Lk_s)	30(4)uH
인덕터 병렬 연결	Gap	Gap	2mm

아래 <그림4>는 앞에서 설계한 내용을 토대로 실제 제작된 배터리 충전기용 AC-DC 컨버터 사진이다. 실제 크기는 230mm*200mm로 최초 실험을 위해 제작된 PCB이다. 이 하드웨어를 기반으로 <그림5>와 같은 파형을 측정 하여 모의 실험 파형<그림3>과 비교하였다.



<그림 4> AC-DC 배터리 충전기
Fig. 4 AC-DC Battery Charger



<그림5> 하드웨어 측정파형
Fig. 5 Hardware measurement wave

3.결론

본 논문에서는 LLC 공진형 컨버터와 BOOST 컨버터를 이용한 2단 구성의 전기 자동차용 배터리 충전기를 설계 및 제작하였다. LLC 공진형 컨버터를 이용하여 스위칭 손실을 최소화 시켜 2.7KW에서의 95%이상의 효율과, 부스트를 이용한 PFC회로에서도 99.5%이상의 높은 역률임을 확인 하였다. 앞으로는 현재 실험한 회로의 입력을 3.3KW까지 실험을 진행할 계획이다. 다른 토폴로지와와의 비교도 진행 할것이다.

이 논문은 (주)만도 중앙연구소의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

- [1] 양 오, "DSP를 이용한 단상 PFC의 설계", 전자공학회 논문지, 제 44권, pp. 57-65, 2007.
- [2] Bo Yang and Fred C. Lee."LLC resonant converter for front end DC/DC conversion" APEC2002, pp1108-1112 vol.2