

변압기 직렬구성을 이용한 전기자동차용 배터리 충·방전기에 관한 연구

양지훈 *, 황정구 *, 고재하 * *, 박성준 *
 전남대학교 *, (재)녹색에너지연구원 * *

A study on battery charger for an electric vehicle using the Cascaded transformers

Ji Hoon Yang *, Jung Goo Hwang *, Jae Ha Ko * *, Sung Jun Park *
 Chonnam National University *, Green Energy Institute * *

ABSTRACT

기이다.

본 논문에서 제안된 충·방전기는 입·출력 절연을 통하여 안전성 향상하였고 3개의 변압기를 1차 측은 직렬로 연결하여 변압기에 권선비를 줄임으로써 충·방전기의 소형 및 경량화를 성취하였고 2차 측은 병렬 연결하여 스위칭 소자에 걸리는 전류 스트레스를 감소 시켰으며 컨버터 절연부에 직렬 공진형 Soft Switching 방식을 적용하여 높은 스위칭 주파수에서도 충·방전기에 고효율화가 가능함을 검증하였다. 본 논문에서 제안하는 내용은 PSIM를 이용한 시뮬레이션 결과로 그 타당성을 입증하였다.

1. 서론

최근 내연기관 자동차의 주 연료인 석유자원의 고갈과 자동차 배기가스에 의한 지구 온난화 문제로 전 세계적으로 환경 규제가 강화되고 있는 실정이다. 이에 따라 기존의 내연기관 자동차를 대신하는 전기자동차의 관심이 증대되고 있는 추세이다. 전기자동차에 탑재형 양방향 배터리 충·방전기는 고전압 배터리(300~400V)로부터 차량 내 전장시스템에 전력을 공급하는 저전압 보조배터리(12V)를 충전하는 중요 부품이다. 충·방전기는 자동차 초기 구동 시 전기모터 구동에 필요한 전원을 저전압 배터리로부터 공급하는 승압 동작과 고전압 배터리로부터 자동차의 12V 배터리충전과 12V 자동차 전장 부품에 전원을 공급하는 강압 동작을 한다. 이러한 양방향 컨버터는 안정성과 높은 승·강압비로 인해 전기적 절연이 요구된다.

본 논문에서는 3개의 변압기 직렬 구성을 통해 각 변압기의 사이즈 및 스위칭 소자의 전류 스트레스를 감소 시켰으며 ZCS(Zero Current Switching) 방식을 이용함으로써 스위칭 손실을 최소화하였고 LC공진 회로 중 L성분을 고조파 변압기의 누설 리액턴스로 대체함으로써 소형 및 경량화 시켰다. 이로서 고효율 및 고출력, 신뢰성이 확보된 전기자동차용 고효율 배터리 충·방전기 기술 개발 연구를 목표로 하였다. 제안된 컨버터의 타당성을 입증하기 위하여 PSIM으로 시뮬레이션을 하여 검증하고자 한다.

2. 제안된 양방향 DC/DC 컨버터

그림 2.1은 기존의 한 개의 변압기를 사용한 양방향 충·방전

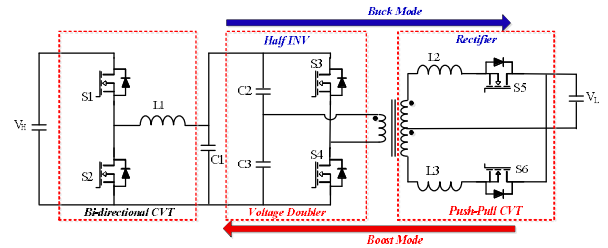


그림 2.1 기존 전기자동차용 양방향 충 방전기
 Fig.2.1 Existing bidirectional chargers for EV

이 충·방전기는 Bi directional CVT에서 양방향 파워제어를 수행하며 입·출력단의 전기적 절연을 위하여 고주파 변압기를 사용, 변압기 1차 측은 고 승압을 위해 전압배압회로 & 하프브리지 컨버터를 사용하였고 2차 측은 저전압 대전류에 적합한 푸쉬풀 컨버터를 사용하였다. 공진형 타입의 컨버터를 사용함으로써 스위치의 Soft Switching을 실현하여 효율을 개선하고, 변압기의 누설리액턴스를 LC공진에 이용함으로써 전체 시스템의 크기를 축소하여 소형, 경량화를 추구할 수 있다.^[1]

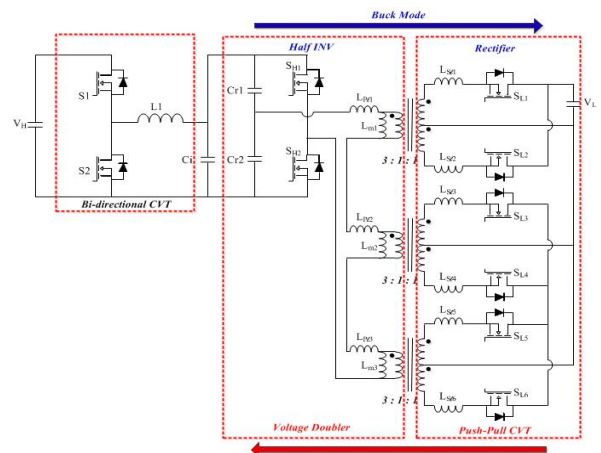


그림 2.2 제안된 전기자동차용 양방향 충 방전기
 Fig.2.2 Proposed bidirectional chargers for EV

그림 2.2은 본 논문에서 제안된 변압기 직렬 구성을 이용한 배터리 충·방전기이다. 제안된 충·방전기는 앞서 언급한 기존의

양방향 충·방전기 토폴로지를 기반으로 3개의 변압기를 사용하여 시스템을 구성하였다. 제안된 충·방전기의 변압기 구조는 1차 측 권선은 직렬로 결선하고, 2차 측은 병렬로 결선하였다. 각 변압기의 1차 측 권선을 직렬로 연결한 경우 1차 측에 흐르는 전류는 동일하므로 각 변압기 간의 전류 균형을 맞출 수 있고, 권선의 굵기는 줄일 수 없으나 각 변압기 1차 측에 인가되는 전압이 3배 줄어들기 때문에 변압기의 권선을 1/3으로 줄일 수 있다. 2차 측 권선은 병렬 구조이기 때문에 전류에 의한 스위칭 소자의 도통 손실 및 전류 스트레스가 1/3로 줄어들어 권선의 굵기를 1/3으로 줄일 수 있으므로 보빈 권선면적 감소하여 코어의 크기를 줄일 수 있고 큰 전류에 의한 발열 문제 해결이 용이하다는 장점이 있다. 또한 변압기의 변압비를 변압기 하나를 사용했을 때보다 약 3배 낮출 수 있어 입·출력간의 임피던스 차이가 작아져 양방향 전력 수수의 동특성이 좋아진다.

3. 시뮬레이션

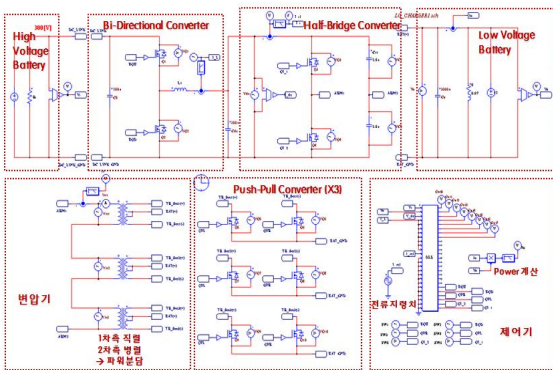


그림 3.1 양방향 충·방전기 PSIM 시뮬레이션 회로도
Fig 3.1 A circuit of bi-directional chargers PSIM simulation

PSIM을 이용한 양방향 충·방전기 시뮬레이션 회로도를 그림 3.1에 나타내었다. 고압측은 전원은 300V, 저압측은 12V 전원을 사용 하였으며 부하는 출력 3kW 에 맞추었다. 총 3개의 변압기를 사용하였으며, 3개의 변압기는 1차 측은 직렬로 결선하고, 2차는 병렬로 결선하였다.

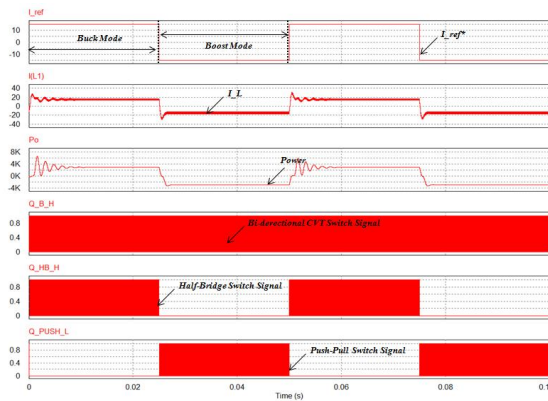
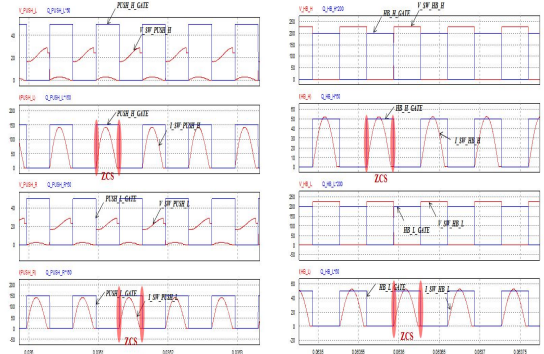


그림 3.2 양방향 충·방전기 PSIM 시뮬레이션 결과 파형
Fig. 3.2 A result waveform of bi-directional chargers PSIM simulation

그림 3.2는 양방향 모드 변경 특성을 확인하기 위한 PSIM

시뮬레이션 결과파형이다. 그림에서 보는바와 같이 전류지령치는 15A로 설정하였으며, 20Hz의 극성을 가지고 변화시켰다. 감압모드에서는 전류지령치의 변화에 따라 약간의 오버슈트를 가지며, 약 10[ms]이후에 정상상태로 도달하였고, 승압모드에서는 약 2[ms]이후에 정상상태에 도달하는 것을 파형을 통해 확인하였다.



(a) Push - Pull (b) Half - Bridge
그림 3.3 양방향 충·방전기 PSIM 시뮬레이션 결과 파형
Fig 3.3 A result waveform of bi-directional chargers PSIM simulation

그림 3.3은 양방향 충·방전기의 (a)푸쉬풀 컨버터와 (b)하프 브리지 컨버터단의 소프트스위칭을 구현한 파형이다. 푸쉬풀 컨버터와 하프브리지 컨버터 스위치는 듀티 0.5를 가지며 상보적으로 스위칭하고, 변압기 누설인덕턴스와 전압 더블러의 커패시터의 공진을 이용하여 Soft Switching을 구현하였다. 한 개의 변압기를 사용했을 때와 동일하게 스위치 턴 온, 턴 오프 시 ZCS(Zero Current Switching)로 동작함을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 변압기 직렬구성을 이용한 전기자동차용 배터리 충·방전기를 제안하였다. 제안한 충·방전기에 변압기 직렬 구성을 통해 변압기의 사이즈 및 스위칭 소자에 전류 스트레스를 감소 시켰으며 변압기의 승압비를 감소시켜 입·출력간의 특성임피던스의 차이를 낮춰 전력수수의 동특성이 상승됨을 확인하였다. 또한 제안된 충·방전기는 ZCS 방식을 이용한 소프트 스위칭으로 스위칭손실을 최소화하였으며 LC 공진을 위한 리액터와 커패시터를 변압기의 누설리액터와 배압회로의 커패시터로 대체함으로써 전체시스템의 사이즈 및 가격을 줄일 수 있었다. 제안된 충·방전기의 타당성을 검증하기 위해 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이로써 본 논문에서 제안한 양방향 충·방전기가 전기자동차에 적용가능성을 확인하였다.

이 논문은 LG 이노텍(주) 핵심애로기술 개발사업의 지원을 받아 수행한 과제입니다.

참고 문헌

- [1] 문동욱, 박준성, 최세환 “출력 필터의 크기를 줄인 연료전지 자동차용 양방향 인터리브드 전류원 공진형 컨버터”, 전력전자학회 논문지, Vol.19 No.6 [2014], pp 503-510.