

3상 22kW급 전기자동차 탑재형 충전기를 위한 단일단 AC-DC 컨버터

김병우, 조우식, 최세완
서울과학기술대학교

Three-phase 22kW Single-stage AC-DC Converter for On-board Battery Charger

Byeongwoo Kim, Woosik Cho, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 3상 22kW급 전기자동차 탑재형 충전기를 위한 단일단 AC DC 컨버터를 제안한다. 제안하는 3상 단일단 AC DC 컨버터는 제안하는 인터리빙 회로와 스위칭 기법으로 입력필터가 작고 넓은 전압 및 부하영역에서 소프트스위칭을 성취하여 높은 효율을 성취할 수 있으며 전해커패시터를 제거하고 필름커패시터를 사용하여 높은 수명 및 전력밀도를 기대할 수 있다. 또한 제안하는 컨버터는 단상 단일단 AC DC 컨버터를 모듈구조로 구성하여 출력전류에 포함된 120Hz 맥동전류를 출력에서 상쇄시켜 저주파 성분이 없는 직류전류로 충전이 가능하다. 제안하는 3상 단일단 AC DC 컨버터의 동작원리를 제시하고 시뮬레이션을 통해 본 논문의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 전기자동차의 일회 충전에 따른 주행거리 연장을 위해 배터리의 용량 증대에 대한 필요성이 높아지고 있다. 충전시간 단축을 위해 차량탑재형 충전기의 출력용량 증대가 요구되고 있으며 이에 따라 3상 AC 계통 전원을 입력으로 하는 차량탑재형 충전기에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 차량탑재형 충전기는 일반적으로 단상 교류입력을 갖는 PFC와 DC DC 컨버터로 구성된 2단 방식이 사용되고 있는 가운데, 이러한 단상 구조의 차량탑재형 충전기는 출력용량에 따라 배터리를 충전하는 전류에 제한이 있어 배터리 충전시간 단축에 대한 어려움이 따른다.

기존의 3상 입력의 충전기는 일반적으로 입력 역률보상과 직류 링크단의 전압제어를 수행하는 3상 PWM AC DC 컨버터와 고주파 변압기를 갖는 절연형 DC DC 컨버터로 구성된다. 하지만 이러한 방식은 컨버터 소자의 정격이 높고 수동소자의 부피가 크며 2단 전력변환으로 인한 효율제한을 갖는 단점이 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해 단상 입력을 갖는 2단 방식의 AC DC 컨버터를 병렬로 구성한 방식이 제안되었다. 모듈형 방식은 단상 교류입력을 갖는 PFC와 절연형 DC DC 컨버터로 구성하여 입력은 각 상에 출력은 병렬로 구성하여 각각의 단상 충전기가 각 상전류, 직류 링크단 전압 및 배터리 전류를 독립적으로 제어하며 병렬방식으로 구성되어 소자의 정격 및 수동소자의 부피가 감소하여 소자선정에 유리하지만 2단 전력변환으로 인한 효율제한 및 많은 소자수로 인한

저가적이 어려운 단점이 있다.

본 논문에서는 3상 교류입력을 갖는 모듈형 단일단 AC DC 컨버터를 제안한다. 제안하는 3상 단일단 AC DC 컨버터는 전해커패시터를 제거하고 필름 커패시터를 사용하여 높은 수명 및 전력밀도를 기대할 수 있으며 소프트스위칭을 성취하여 높은 효율을 성취할 수 있다. 단상 단일단 AC DC 컨버터를 모듈구조로 구성하여 각 상의 출력전류에 포함된 120Hz의 저주파성분을 출력에서 상쇄시켜 저주파 성분이 없는 직류전류로 충전이 가능하다.

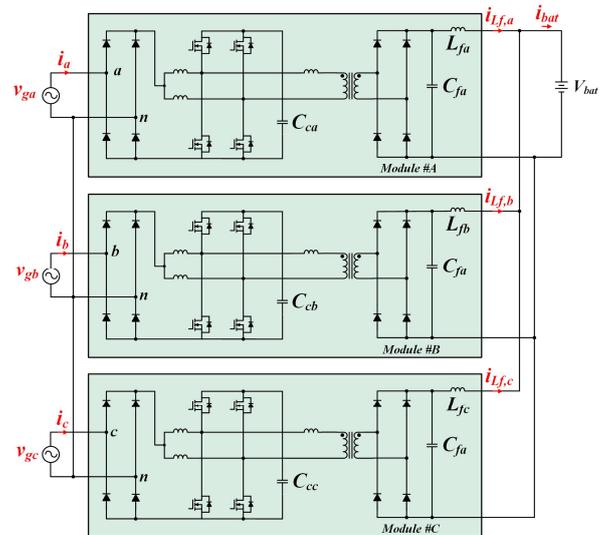


그림 1. 제안하는 차량탑재형 충전기 회로 구성도

2. 제안하는 컨버터

제안하는 차량탑재형 충전기의 회로 구성도는 그림 1과 같다. 모듈형 구조로서 단상 입력 단일단 AC DC 컨버터를 입력은 각 상에 출력은 병렬로 구성하여 각 상의 단상 충전기가 입력역률 보상과 배터리의 전압 및 전류를 제어한다. 제안하는 차량탑재형 충전기의 모듈은 인터리빙 구조와 스위칭 기법을 통해 스위치의 ZVS 턴온 및 다이오드의 ZCS 턴오프를 성취할 수 있다. 그림 2는 120Hz 맥동전류 상쇄원리 개념도와 배터리 Module#A의 출력전류와 배터리전류의 FFT 파형을 나타낸다.

각 상의 입력전압이 120도 위상차를 갖기 때문에 각 상의 2차 측에 정류된 전류와 출력전류 또한 120도 위상차를 갖게 된다. 각 상의 컨버터의 출력 전류는 각각 i_{Lfa} , i_{Lfb} , i_{Lfc} 이며 각각 DC 성분과 120Hz의 성분을 갖는다. 각 상의 컨버터의 출력이 병렬로 구성되어 있기 때문에 i_{Lfa} , i_{Lfb} , i_{Lfc} 의 전류가 서로 더해져 120Hz 성분은 사라지고 DC 성분과 360Hz의 성분이 남게 되며 360Hz 성분은 작은 값이며 필터에 의해 배터리에 직류전류로 충전할 수 있으며 충전 전류의 FFT 파형에서도 확인할 수 있다.

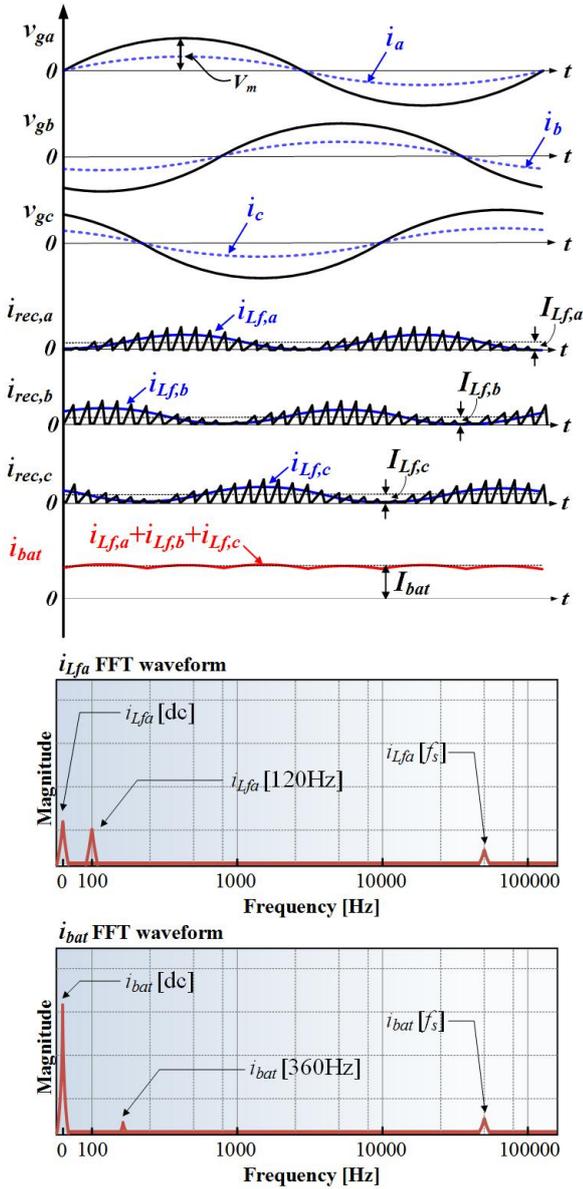


그림 2. 120Hz 맥동전류 상쇄원리 개념도

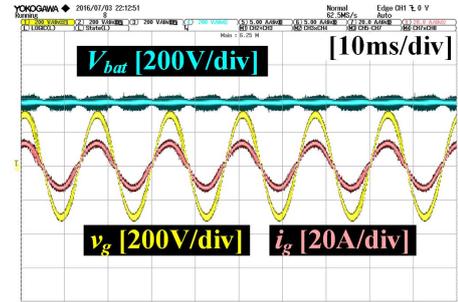
3. 실험 결과

제안하는 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 다음의 설계 사양에 따라 실험을 하였다.

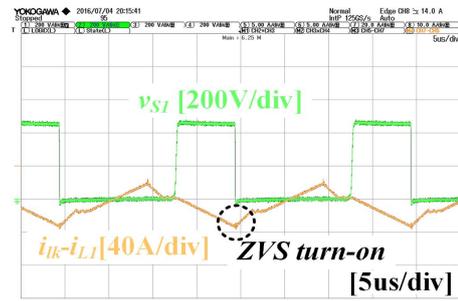
• $P_o = 2kW$ • $V_g = 220VAC$ • $V_o = 400V$ • $f_s = 50kHz$

그림 3은 제안하는 차량탑재형 충전기 Module#A의 실험파형이다. 그림 3(a)는 입력전압 및 입력전류 파형과 출력전압 파

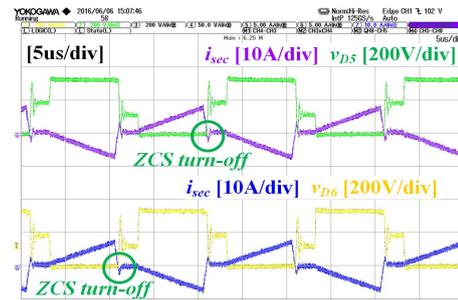
형이다. 그림 3(b)는 스위치의 전압 및 전류파형으로 ZVS 턴온을 확인할 수 있다. 그림 3(c)는 다이오드의 전압 및 전류파형으로 ZCS 턴오프를 확인할 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 3. 실험파형

4. 결론

본 논문에서는 3상 22kW급 전기자동차 탑재형 충전기를 위한 단일단 AC DC 컨버터를 제안한다. 출력전류에 포함된 120Hz 맥동전류를 출력에서 상쇄시켜 저주파 성분이 없는 직류전류로 충전이 가능하다. 제안하는 3상 단일단 AC DC 컨버터의 동작원리를 제시하고 시작품을 통해 본 논문의 타당성을 검증하였다. 최종발표 시작품을 통한 추가 실험결과를 제시할 예정이다.

참고 문헌

[1] M. J. Kim, B. W. Kim, B. K. Jung, and S. W. Choi. "A single stage interleaved soft switching on board charger with low frequency less transformer," *Power Electronics Annual Conference*, pp. 275-276, July 2016.