

3상 AC-DC Boost 컨버터를 이용한 배터리 충전장치

하인용*, 이정효*, 김진홍**, 원충연*
 성균관대학교*, LS산전(주)**

The Battery Charger Using Three-Phase AC-DC Boost Converter

In-Yong Ha*, Jung-Hyo Lee*, Jin-Hong Kim**, Chung-Yuen Won*
 Sungkyunkwan University*, LS Industrial System Co., Ltd**

ABSTRACT

본 논문에서는 3상 AC-DC Boost 컨버터를 이용한 상용차용 배터리 충전장치를 제안한다. 논문에서 제안한 3상 AC-DC Boost 컨버터는 SVPWM 방식을 적용하였으며, V_q^* 전압으로 전압 제어기에 보상하여 오버슈트를 개선하였으며, 정 전류 제어와, 정 전압 제어를 통하여 배터리를 충전을 수행하였다.

1. 서론

환경오염에 의한 지구온난화와 석유에너지의 고갈에 따른 영향으로 전기자동차 개발이 가속화 되고 있다. 전기자동차의 개발과 함께 차량용 배터리 충전장치에 대한 연구도 활발히 진행 중에 있다. 상용차용 배터리 충전장치는 일반 차량용과 달리 큰 용량의 배터리 충전장치가 요구된다. 본 논문에서는 SVPWM 방식을 적용한 3상 AC-DC Boost 컨버터 배터리 충전장치를 제안하였다. SVPWM 방식을 적용함으로써 출력전류와 전압리플이 감소되고, 전류 제어기와 전압 제어기를 사용하여 배터리 정 전류, 정 전압 제어를 수행하였으며, V_q^* 전압으로 전압 제어기에 보상하여 오버슈트를 개선하였다. 그리고 2[A] 일 때는 Cut-off Current로 제어하였다. 상 전압과 선 전류가 동위상이 되도록 3상 전원 입력 전류는 유효성분 전류와 무효성분 전류로 분리하여 독립적으로 제어하면서 입력전원의 역률을 개선하였다.^[1-2] 그림 1은 상용차용 배터리 충전을 위한 AC/DC Boost 컨버터의 회로도이다.

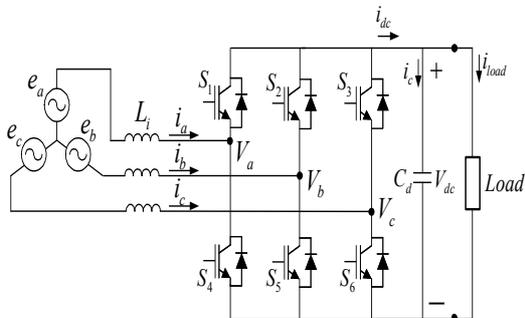


그림 1 3상 AC/DC Boost 컨버터의 주회로
 Fig. 1 Main circuit of the 3-phase AC/DC boost converter.

2. 3상 AC-DC Boost 컨버터

2.1 배터리 충전장치 정전류, 정전압 모드

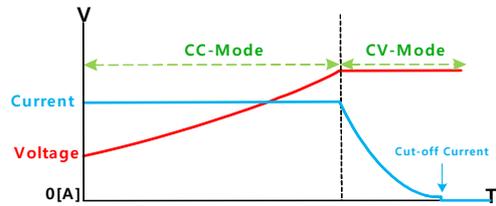


그림 2 배터리 충전장치의 정전류, 정전압 모드
 Fig. 2 Constant current and voltage mode for battery charge.

그림 2는 상용차용 배터리의 충전을 위해 정 전류, 전정전압 제어를 수행하였다. 배터리 충전 초기에는 배터리의 전압이 충전전압에 도달할 때까지 정 전류로 배터리를 충전하여 배터리 전압을 상승시키고, 배터리의 전압이 충전전압에 도달하면 정전압 제어를 통하여 배터리 전압을 유지 시킨다. 이때 배터리로 유입되는 전류는 감소한다.

2.2 리튬폴리머 배터리 모델링

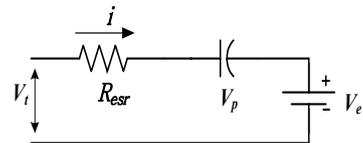


그림 3 리튬폴리머 배터리 모델링
 Fig. 3 Modeling of a lithium polymer battery.

$$V_t = V_e(S.O.C) + R_{esr}i + V_p \quad (1)$$

그림 3은 시뮬레이션을 위한 부하 모델링 회로도를 나타낸다. V_t 는 배터리 단자전압, $V_e(S.O.C)$ 는 측정된 개회로 전압, V_p 는 분극전압, 그리고 R_{esr} 은 배터리 내부 임피던스로 나타낸다. 여기서 $V_t=300[V]$, $V_e=260[V]$ (S.O.C 50%조건), $R_{esr}=57[m\Omega]$ 으로 하였다.^[3] 식 1은 모델링된 배터리 회로의 전압 방정식을 나타낸다.

2.3 AC-DC Boost 컨버터 시스템 구성도

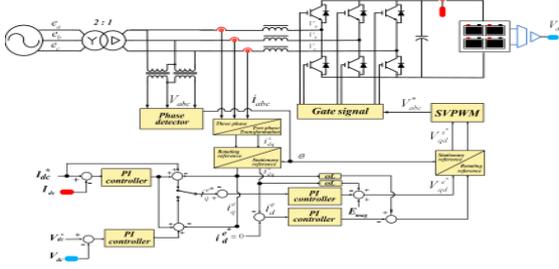


그림 4 3상 AC-DC Boost 컨버터 시스템 구성도
Fig. 4 block diagram of 3-phase AC-DC boost converter system.

그림 4는 계통에서 입력되는 380[V] 선간전압을 Y-Δ 변압기를 사용하여 컨버터 입력전압을 110[V]로 변환하였다. 선간전압을 측정하여 상 전압으로 변환 후 상 전압 값으로 위상 검출 하였다. 식 2는 측정된 선간 전압을 상전압으로 변환하는 수식이다.

$$V_{an} = \frac{(V_{ab} - V_{ca})}{3} \quad (2)$$

DC-Link 출력전압을 측정하여 기준치 전압보다 낮으면 정 전류 모드로 동작하고, 기준치 전압보다 높으면 정전압 모드로 동작하도록 제어하였다. 그리고 정전압 제어모드 순간에 오버슈트를 방지하기 위해 V_q^* 로 보상하였고, 2[A] 일 때는 Cut-off Current로 제어하였다.

3. 시뮬레이션

표 1 3상 AC-DC Boost 컨버터 파라미터
Table 1 Simulation parameters of 3-phase AC-DC boost converter.

종 류	상 수 값
입력전압	380 [V _{rms}]
출력전압	300 [V _{dc}]
출력전류	40 [A]
입력측 인덕턴스	2.43 [mH]
Y-Δ 변압기	2 : 1
출력측 커패시터	2200 [μF]
컨버터의 스위칭 주파수	10 [kHz]

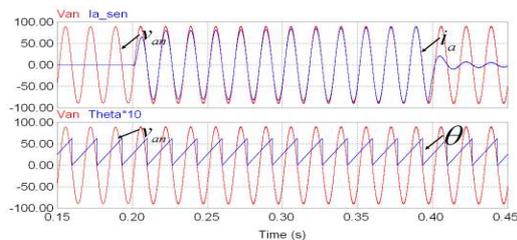


그림 5 입력 전류, 전압 그리고 위상각 파형
Fig. 5 Waveforms of input current, voltage and phase angle.

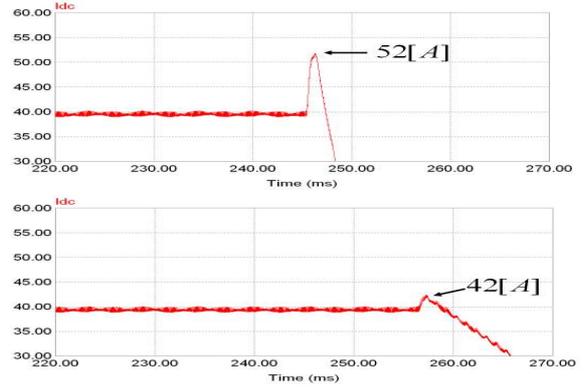


그림 6 V_q^* 보상 전과 보상 후 배터리 전류 파형
Fig. 6 Waveforms of battery current without compensation V_q^* and battery current using compensation V_q^* .

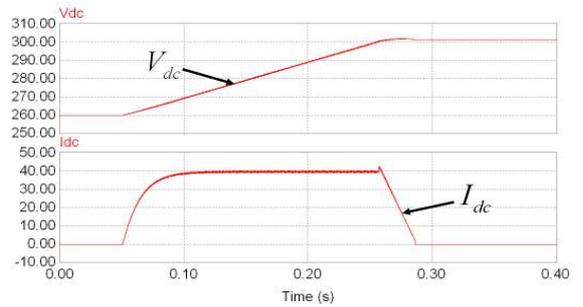


그림 7 배터리 전압 그리고 전류
Fig. 7 Waveforms of battery current, voltage.

그림 7은 배터리 전압, 전류 파형이다. 배터리 전압이 260[V]에서 300[V]까지 40[A]로 정 전류모드로 제어 되는 것을 확인할 수 있고, 300[V] 이후부터 정 전압모드로 제어되는 것을 볼 수 있다. 2[A] 일 때는 Cut-off current로 제어 하였다.

4. 결론

본 논문에서는 3상 AC-DC Boost 컨버터를 이용한 배터리 충전장치를 제안을 하였다. V_q^* 전압으로 전압 제어기에 보상하여 오버슈트를 개선하였으며, 배터리 충전장치에 필요한 정 전류, 정 전압 제어 되는 것을 시뮬레이션으로 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Jeong-Ik Jang, Dong-Choon Lee, Heung-Geun Kim, "전원전압의 불평형 및 왜곡시 3상 PWM 컨버터의 전류제어" *전력전자학회 논문지* 제12권 제1호, pp. 27~36. 2007. 2.
- [2] Boon Tech Ooi, John C. Salmon, Juan W. Dixon and Ashok B. Kulkarni, "A Three-Phase Controlled-Current PWM Converter with Leading Power Factor", *IEEE trans. on Ind. Appl.*, Vol. IA-23, No.1, pp. 78-84, 1987.
- [3] Ho-Gi Kim, Sang-Jin Heo, Gu-Bae Kang, "하이브리드 전기자동차용 리튬이온 배터리 모델링 및 상태 관측기 설계" *전력전자학회 논문지* 제13권 제5호, pp. 360~368. 2008. 10.