

퍼스널 모빌리티용 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기

김규리, 박영수

계명대학교

Battery Charger with Wide Output Voltage for Personal Mobility

Gyuri Kim, Yeongsu Bak

Keimyung University

ABSTRACT

본 논문에서는 퍼스널 모빌리티용 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기를 제안한다. 퍼스널 모빌리티는 전기 충전 및 동력 기술이 융합된 개인 이동 수단이며, 사용자의 이동성 및 편의성을 높일 수 있는 장점이 있다. 이러한 퍼스널 모빌리티에 사용되는 배터리는 종류마다 다양한 전압을 가진다. 하지만, 일반적인 배터리 충전기의 충전 전압은 단일 전압이므로, 각각의 충전기가 필요하여 상업적 가용성이 떨어지는 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 퍼스널 모빌리티용 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기를 제안한다. 제안된 퍼스널 모빌리티용 배터리 충전기는 다양한 모빌리티에 적용이 가능하므로, 퍼스널 모빌리티의 상업적 가용성을 향상시킬 수 있다.

1. 서 론

최근에는 전동 이륜차, 전동 자전거, 전동 킥보드, 전동 휠체어 등 퍼스널 모빌리티에 관한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 퍼스널 모빌리티는 전기 충전 및 동력 기술이 융합된 개인 이동 수단으로 근거리를 이동할 때 주로 사용되며, 사용자의 이동성 및 편의성을 높일 수 있다^[1].

퍼스널 모빌리티에 사용되는 배터리는 종류마다 다양한 전압을 갖는다. 전동 이륜차 및 전동 자전거의 배터리 전압은 각각 72 V~96 V 및 24 V~48 V이며, 전동 킥보드 및 전동 휠체어의 배터리 전압은 24 V~36 V이다^[2]. 하지만, 일반적으로 개발된 퍼스널 모빌리티용 배터리 충전기의 충전 전압은 단일 전압이므로, 퍼스널 모빌리티마다 각각의 충전기가 필요하다. 이에 따라, 다양한 퍼스널 모빌리티를 이용하기 위해서 여러 개의 충전기를 소지해야 하는 소비자의 입장에서는 상업적 가용성이 떨어지는 단점이 있다^[3].

따라서, 본 논문에서는 퍼스널 모빌리티용 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기를 제안한다. 제안하는 배터리 충전기는 각기 다른 출력 전압을 갖는 다양한 퍼스널 모빌리티의 배터리를 충전할 수 있으며, 여러 개의 충전기를 하나의 충전기로 대체할 수 있으므로, 퍼스널 모빌리티의 상업적 가용성을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 퍼스널 모빌리티용 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기의 구조와 동작 원리에 대해 설명하고, 제안하는 배터리 충전기의 타당성은 시뮬레이션을 통해 검증한다.

2. 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기

2.1 구조

그림 1은 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기의 구조를 나타내며, 입력 측 단상 계통 전원, 단상 다이오드 정류기, PFC 부스트 컨버터, 하프브리지 LLC 공진형 컨버터, 벡 컨버터로 구성된다.

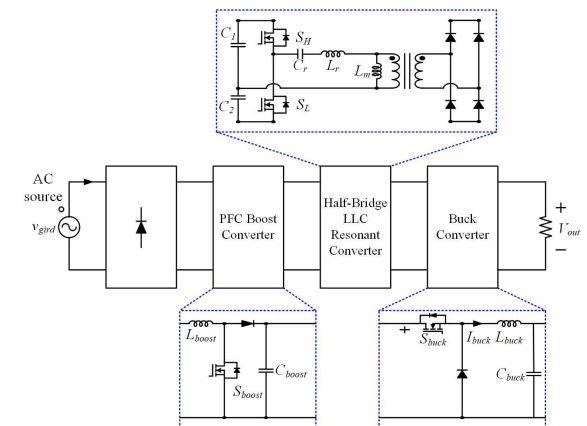


그림 1 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기의 구조

Fig. 1 Structure of battery charger with wide output voltage

2.2 동작 원리

단상 다이오드 정류기는 입력 측 단상 계통 전원의 교류 전압을 직류 전압으로 정류한다. PFC 부스트 컨버터는 정류된 직류 전압으로부터 비례-적분(Proportional-Integral, PI) 제어를 통해 출력 전압을 승압하여 제어하고, 입력 측 단상 계통 전원의 역률을 단위 역률로 제한한다. 하프브리지 LLC 공진형 컨버터는 PFC 부스트 컨버터를 통해 승압된 직류 전압을 교류 전압으로 변환하고, 다시 다이오드 정류기를 통해 직류 전압으로 정류한다. 이때, 권선비에 맞춰 출력 전압을 강압하며, 배터리 충전기의 1차 측과 2차 측을 절연한다. 벡 컨버터는 하프브리지 LLC 공진형 컨버터를 통해 정류된 직류 전압으로부터 PI 제어를 통해 배터리 충전기의 출력 전압을 제어한다.

2.3 벡 컨버터의 제어 방법

그림 2는 벡 컨버터의 제어 블록도를 나타내며, PI 제어를 이용한 전압 제어기와 전류 제어기가 직렬로 연결된 구조이다. 전압 제어기의 출력은 벡 컨버터의 지령 전류(I_{buck}^*)이며, 지령

출력 전압(V_{out}^*)과 출력 전압(V_{out})의 오차를 이용하여 결정한다. 또한, 전류 제어기의 출력은 벡 컨버터의 지령 전압(V_{ref}^*)이며, 지령 인덕터 전류(I_{buck}^*)와 인덕터 전류(I_{buck})의 오차를 이용하여 결정한다. 전압 및 전류 제어기의 비례 이득과 적분 이득은 식 (1) 및 식 (2)와 같다.

$$K_{i_vc} = \omega_{vc} \times \omega_{vc} \times C, K_{p_vc} = 2 \times \zeta \times \omega_{vc} \times C \quad (1)$$

$$K_{i_cc} = \omega_{cc} \times \omega_{cc} \times L, K_{p_cc} = 2 \times \zeta \times \omega_{cc} \times L \quad (2)$$

여기서, ω_{vc} 및 ω_{cc} 는 전압 및 전류 제어기의 대역폭, C 와 L 는 벡 컨버터의 커패시턴스와 인덕턴스, ζ 는 감쇠비를 나타낸다.

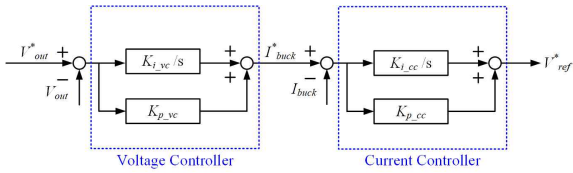


그림 2 벡 컨버터의 제어 블록도

Fig. 2 Control block diagram of buck converter

3. 시뮬레이션 결과

PSIM 시뮬레이션 툴을 통해 퍼스널 모빌리티용 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기의 동작 원리에 따른 타당성을 검증하였으며, 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

표 1 시뮬레이션 파라미터

Table 1 Simulation parameters

V_{grid}	220 V _{rms} /60 Hz	L_{boost}	0.45 mH
C_{boost}	1000 μ F	C_1, C_2	1000 μ F
C_r	22 nF	L_r	29 μ H
L_m	110 μ H	L_{buck}	500 μ H
C_{buck}	2000 μ F		

그림 3은 퍼스널 모빌리티용 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기의 시뮬레이션 결과를 나타내며, 각각 단상 계통 전원 (V_{grid}), 단상 다이오드 정류기의 출력 전압(V_{rec}), PFC 부스트 컨버터의 출력 전압(V_{boost}), 하프브리지 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압(V_{LLC}), 배터리 충전기의 출력 전압(V_{out})을 나타낸다.

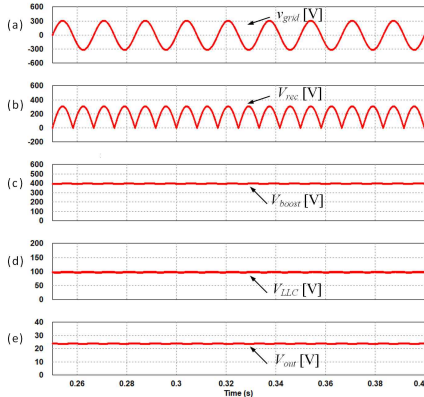


그림 3 퍼스널 모빌리티용 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기의 시뮬레이션 결과

Fig. 3 Simulation results of battery charger with wide output voltage for personal mobility

그림 4는 배터리 충전기의 다양한 출력 전압 제어 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 각각 지령 출력 전압을 24 V, 36 V, 48 V, 72 V로 설정하며, 배터리 충전기의 출력 전압은 지령 전압에 따라 적절히 제어되는 것을 확인할 수 있다. 결과적으로, 제안된 퍼스널 모빌리티용 배터리 충전기는 넓은 출력 전압을 갖는다.

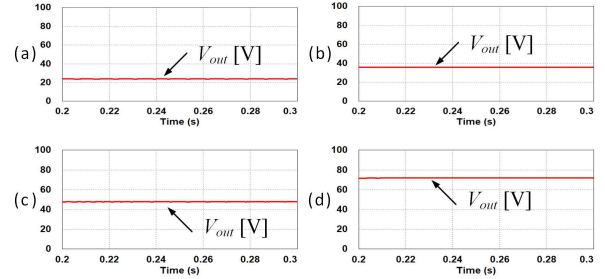


그림 4 다양한 출력 전압 제어 시뮬레이션 결과

Fig. 4 Simulation results of various output voltage control

4. 결론

본 논문은 퍼스널 모빌리티용 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기를 제안한다. 제안된 배터리 충전기를 통해 각기 다른 출력 전압을 갖는 다양한 퍼스널 모빌리티의 배터리를 충전할 수 있으며, 여러 개의 충전기를 하나의 충전기로 대체할 수 있다. 결과적으로, 퍼스널 모빌리티의 상업적 가용성을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 넓은 출력 전압을 갖는 배터리 충전기의 구조와 동작 원리에 대해 설명하며, 시뮬레이션을 통해 제안하는 배터리 충전기의 동작 원리에 따른 타당성을 검증하였다.

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2022-00165694).

참 고 문 헌

- [1] H. Hayashi, T. Sasatani, Y. Narusue, and Y. Kawahara, "Design of Wireless Power Transfer Systems for Personal Mobility Devices in City Spaces," Proceedings of the Vehicular Technology Conf., pp. 1-5, 2019, September.
- [2] V.-L. Tran and W. Choi, "Novel time division multiple control method for multiple output battery charger," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 29, No. 10, pp. 5102-5105, 2014, October.
- [3] S.-K. Lim, H.-S. Lee, H.-R. Cha and S.-J. Park, "Multi-level DC/DC converter for E-mobility charging stations," IEEE Access, Vol. 8, pp. 48774-48783, 2020, March.