부스트 컨버터를 이용한 배터리 시험장치의 방전전력 재사용 방법

이경성*, 문채주*, 장영학**, 김태곤*
목포대학교 전기공학과*, 목포대학교 제어로봇공학과**

Reuse of Discharged Power for Battery Tester using Boost Converter

Kyung Sung Lee*, Chae Joo Moon*, Young Hak Chang**, Tae Gon Kim*
Dept. of Electrical Engineering of Mokpo National University*
Dept. of Control Robot Engineering of Mokpo National University**

ABSTRACT

본 논문은 부스트 컨버터를 이용한 배터리 시험장치의 방전 전력 재사용 방법에 관한 것이다. 제안된 배터리 시험 장치는 테스트 배터리의 성능 시험을 위한 배터리 방전 시 보조 배터리에 전력을 방전하고, 충전 시 보조 배터리의 전력을 재사용할 수 있도록 설계하였다. MATLAB의 일반적인 배터리 모델링을 이용한 충·방전 테스트 시뮬레이션으로 제안된 방법의 타당성을 확인하였다.

1. 서 론

지구 온난화는 지구 표면의 평균온도가 상승하는 현상으로 온실효과를 일으키는 온실가스가 유력한 원인으로 꼽힌다. 온실가스는 이산화탄소가 가장 대표적이며 인류의 산업화와 함께 그 양은 계속 증가하고 있다. 지구 온난화의 가장 근본적인 해결방법은 온실가스의 배출량을 줄이는 것이다. 자동차 산업 분야에서는 자동차에서 배출되는 이산화탄소량을 최소화하기 위해 무공해 차량인 전기자동차(Electric Vehicle ; EV)에 대한 연구가 진행 중이다. 전기에너지로 움직이는 전기자동차는 배터리에 축적된 전기로 모터를 회전시켜서 구동하므로 배터리는 전기자동차의 큰 비중을 차지한다. 친환경 자동차와 더불어 모바일 IT산업 또한 꾸준히 성장하고 있으며 전원으로 사용하는 배터리는 빼 놓을 수 없는 부분으로 매우 중요하다.[1]

배터리 시험 장치는 배터리의 기능과 수명을 시험하기 위해 충전과 방전을 수행하면서 배터리 정보의 갱신, 충전과 방전 시간, 배터리 용량의 열화 등에 대하여 확인하는 작업을 반복적으로 수행해야 한다.[2]

본 논문에서는 배터리의 충·방전 시 방전모드에서 방전 전력을 재사용하는 방법을 제안하였다. 제안하는 부스트 컨버터를 이용한 배터리 시험장치는 테스트 배터리를 방전 시 보조 배터리에 충전하며, 테스트 배터리가 충전 시 보조 배터리에 충전된 전력을 재사용 한다. MATLAB의 시뮬레이션으로 동작 확인하고 검증하였다.

2. 부스트 컨버터 제어

2.1 정전압, 정전류모드

배터리 충전을 위해 정전류, 정전압 제어를 수행하였다. 배터리 충전 초기에는 배터리의 전압이 충전전압에 도달할 때까지 정전류 제어로 충전하여 충전전압에 도달하면 정전압 제어로 충전하게 된다. 제어방법은 PI제어로 구성하였으며, I제어의 포화를 방지하기 위해 Anti Windup제어를 추가하였다. 그림 1은 제어 블록 다이어그램을 나타낸다.

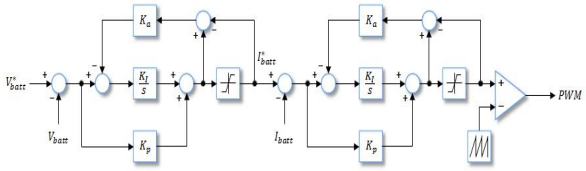

그림 1 정전압-정전류 알고리즘
Fig. 1 Constant current-Constant voltage algorithm

2.2 충전, 방전 모드

배터리 시험장치는 배터리 충전모드와 배터리 방전 모드로 나뉘어 제어된다. 그림 2는 배터리 충전모드의 제어 흐름도를 나타낸다. 충전모드 동작은 모드 설정 후 전압, 전류, 온도를 센싱하여 배터리 사용 온도 범위에서 동작하게 되며, 충전전압에 도달하기 전까지 PWM을 발생한다.

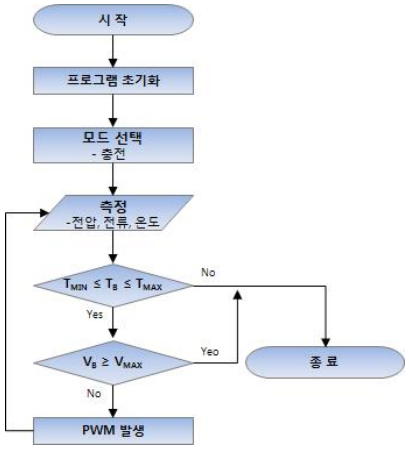

그림 2 배터리 충전제어 알고리즘
Fig. 2 Battery charge control algorithm

그림 3은 배터리 방전모드의 제어 흐름도를 나타낸다. 방전

모드 동작 역시 배터리 사용 온도 범위에서 동작하게 되며, 방전 전압 도달 전까지 PWM을 발생시킨다.

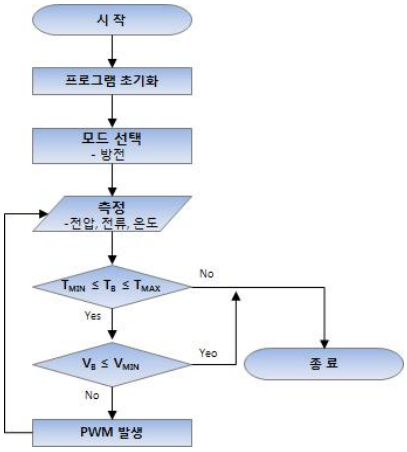

그림 3 배터리 방전제어 알고리즘
Fig. 3 Battery discharge control algorithm

3. 시뮬레이션

시뮬레이션에서 사용된 배터리는 가장 일반화된 배터리의 특성을 나타내기 위한 동적 모델로 구현하였다.

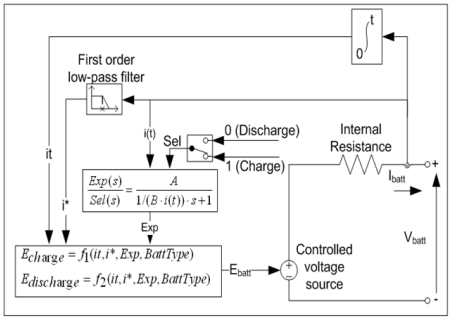

그림 4 배터리의 특성
Fig. 4 Battery characteristics

식(1)과 식(2)는 시뮬레이션에서 사용된 납축전지 모델링 식으로 식(1)은 방전모델($(i^* > 0)$)이며, 식(2)는 충전모델($(i^* > 0)$)이다.

$$f_1(it, i^*, i, Exp) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + \text{Laplace}^{-1}\left(\frac{Exp(s)}{Sel(s)} \cdot 0\right) \quad (1)$$

$$f_2(it, i^*, i, Exp) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{it + 0.1 \cdot Q} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + \text{Laplace}^{-1}\left(\frac{Exp(s)}{Sel(s)} \cdot \frac{1}{s}\right) \quad (2)$$

그림 5는 시뮬레이션을 위한 부스트 컨버터 모델링 회로도를 나타낸다. 방전의 경우 6 [V] 1.2 [Ah] 입력측 배터리에서 6 [V] 4 [Ah] 출력측 배터리로 전압이 최대 12 [V]까지 부스트 되어 출력측 배터리로 방전된다.

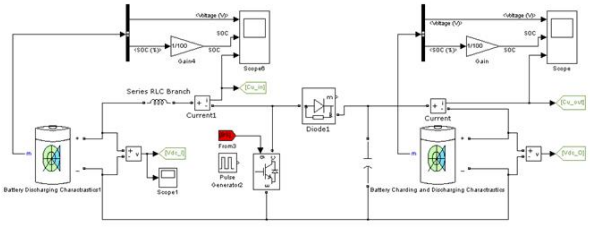

그림 5 부스터 컨버터 회로도
Fig. 5 Boost converter schematic

그림 6, 7은 배터리 전압, SOC, 전류 파형이다. 배터리 출력측 전압이 5 [V]에서 7 [V]까지 1 [A]로 정전류 모드로 제어가 되는 것을 확인 할 수 있다.

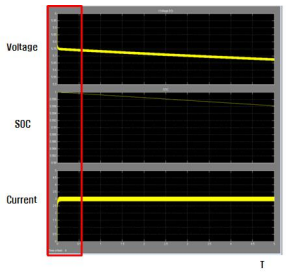

그림 6 입력측 배터리
Fig. 6 Input battery

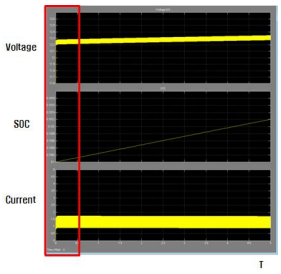

그림 7 출력측 배터리
Fig. 7 Output battery

4. 결 론

본 논문에서는 부스트 컨버터를 이용한 배터리 시험장치의 방전전력 재사용 방법을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 배터리 충·방전 테스트 동작을 확인하였으며, 배터리 시험장치에 필요한 정전류, 정전압 제어 되는 것을 확인하였다. 또한 배터리 충·방전을 반복할 수 있도록 충전모드와 방전모드를 스스로 판별하여 제어 할 수 있는 알고리즘을 구현 하였다.

본 연구는 “지식경제부”, “에너지 관리 공단”의 “풍력 시스템 Test Bed 센터 구축 사업”으로 수행된 연구 결과입니다.

참 고 문 헌

[1] 김준구, 윤선재, 김재형, 원충연, 나종국, ‘AC 회생이 가능한 배터리 충·방전 테스트 시스템’, 전력전자학회, Vol. 17, NO. 2, April 2012

[2] 하용범, 이인환, ‘모바일 피씨의 배터리 충방전 테스트 자동화를 통한 테스트 시간 단축’, 한국정보과학회, Vol.34, No. 2(B), 2007