

# 자가발전 이동 카트 시스템을 위한 배터리-캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터

공성재, 양태철, 강경수, 노정욱  
국민대학교 전자공학과

## Capacitor bank assisted Battery fed Boost Converter for self-electricity-generated transportation cart system

Sung Jae Kong, Tae Cheol Yang, Kyung Soo Kang, Chung Wook Roh  
Dept. of Electronics Engineering, Kookmin Univ.

### ABSTRACT

기존 이동 트레이의 경우 모터를 구동하기 위해 외부 전원 장치가 필요하고 지속적인 유지보수가 필요한 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 외부 전원 장치가 아닌 발전기 바퀴를 통해 배터리를 충전하여 3배 이상 승압 가능한 Boost Converter로 모터를 구동한다. 하지만 모터 기동 시 필요한 순간적인 큰 전류를 배터리에서 공급하기 때문에 배터리의 수명이 감소되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 3배 이상 승압이 가능하면서 배터리 부담을 줄이는 Super Cap. String을 사용하여 순간적으로 필요한 큰 전류를 공급하는 Boost Converter를 제안한다. 이를 이론적, 실험적 분석을 통해 그 타당성을 검증한다.

제안하는 배터리 캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터는 이동 카트가 짐을 내려놓기 위해 모터가 기동하는 짧은 시간 (0.5 ~ 1초) 동안 동작하고 그 외 시간동안에는 전류가 거의 흐르지 않는다.

Super Cap. String은 모터 기동 시 입력 전류가 제한되고 필요한 순간 큰 전류를 배터리를 대신하여 보충한다. 그림 1과 같이 Super Cap. String은 회로 중간에 위치하여 출력 단에 위치하였을 경우 보다 낮은 내압의 Super Cap. String 사용이 가능하다. 또한, 기존 부스트 컨버터에 비해 낮은 입력 전압으로 동일한 출력전압 승압이 가능하다.

제안회로는 위와 같은 방식을 채용함으로써 Super Cap. String의 개수와 배터리 셀의 개수를 저감할 수 있다.

### 1. 서 론

최근 온라인 마켓 및 모바일 쇼핑의 성장세에 따라 택배와 같은 운송업 또한 성장하는 추세이다. 특히 운송업은 빠르고 정확한 배송을 위해 물류센터에서 많은 물량의 물건을 적절하게 분류하는 것이 가장 중요하다. 기존 물류센터의 카트는 외부에 있는 전원 공급 장치인 버스바와 카트의 컬렉터를 접속시켜 카트에 장착된 모터에 전원을 직접 공급하여 모터를 구동하여 물류를 분류한다. 이와 같은 방식은 버스바와 컬렉터의 마모로 인해 주기적인 점검과 교체가 필요한 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 자가발전 이동 카트 시스템을 위한 배터리 캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터를 제안한다. 자가발전 이동 카트 시스템의 경우 바퀴에 내장된 발전기를 통해 배터리를 충전하고, 배터리를 통해 제안하는 부스트 컨버터를 동작한다. 제안하는 부스트 컨버터는 기존 부스트 컨버터보다 높은 승압비를 가진다. 또한, 입력전류를 제한하고 부족한 전류는 Super Cap. String을 회로의 중간에 위치시켜 보충한다. 이는 배터리의 전류 부담을 줄이고 배터리 수명을 연장할 수 있는 장점을 갖는다.

### 2. 배터리-캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터

그림 1은 제안하는 배터리 캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터를 나타낸다. 제안회로는 기본 부스트 컨버터에 Super Cap. String(C1), 캐패시터(C2), 인덕터(L2), 다이오드(d2)가 추가된 구성이다. 제안회로의 입력전압은  $V_{in}$ (배터리)이고, 출력 전압은 인버터의 입력전압으로 모터를 구동한다.

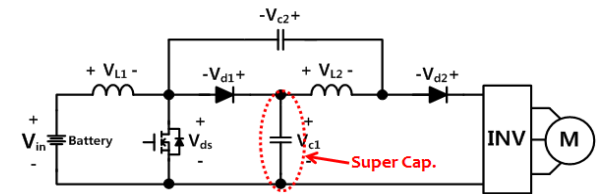


그림 1 배터리-캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터

#### 2.1 배터리-캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터의 모드해석

그림 2는 스위치 상태에 따른 배터리 캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터의 정상상태 시 전류 도통 경로를 나타낸다.

그림 2(a)는 스위치가 ON되는 경우로 인덕터(L1, L2)의 에너지 Build up 구간이다. 그림 2(b)는 스위치가 OFF되는 경우로 인덕터(L1, L2)의 에너지를 Powering하는 구간이다.

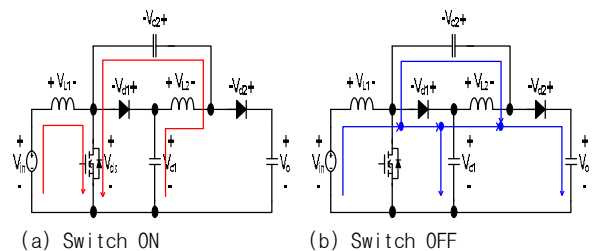


그림 2 Switch ON, OFF에 따른 전류 흐름

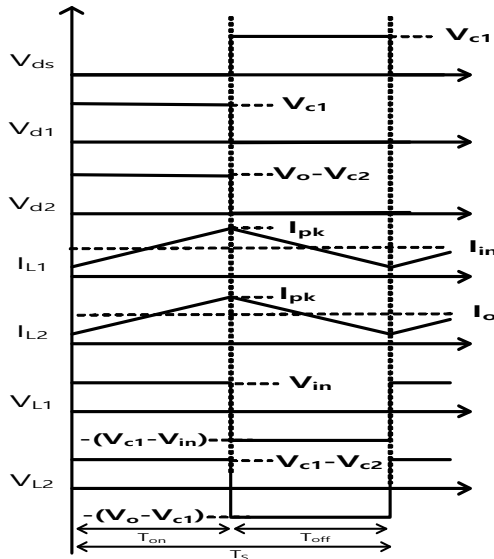


그림 3 제안 회로 전압, 전류 주요 파형

그림 3은 제안 회로의 주요 전류, 전압 파형을 나타낸 것이다. 제안 회로의 입출력 관계식은 각각의 인덕터(L1, L2) 양단에 걸리는 전압을 통하여 구할 수 있다. 즉, Voltage Second Balance를 적용하여 다음과 같은 관계식을 유도할 수 있다.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1+D}{1-D}$$

### 3. 실험 결과

본 논문에서는 제안된 배터리 캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터의 우수성을 검증하기 위해 800W급 시작품을 제작하여 실험을 진행하였다. 입출력 사양과 주요 파라미터 값은 다음 표 1과 같다.

표 1. 배터리-캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터 실험 조건

| 실험 조건               |      |                     |            |
|---------------------|------|---------------------|------------|
| Input Voltage       | 16V  | Switching Frequency | 100kHz     |
| Input Current Limit | 32A  | Inductance (L1, L2) | 20uH, 10uH |
| Output Voltage      | 72V  | Super Cap. String   | 1.2F       |
| Output Power        | 800W | Control IC          | TL494      |

그림 5는 제안 배터리 캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터의 주요 파형을 나타낸 것이다. 무부하 상황(모터가 동작하지 않을 경우)에서 출력전압은 72V로 제어되고, 입력 전류는 거의 흐르지 않는다. 800W급 Load 상황(모터 기동 시)에서 입력 전류는 32A로 제한되어 배터리의 전류부담을 줄여준다. 또한, 출력 전압은 낮아지며 부족한 전류는 Super Cap. String(1.2F)이 보충해주는 것을 확인하였다. 즉, 입력전류가 제한되어 입력 측 전력은 약 500W이지만 출력 측 전력은 Super Cap. String이 부족한 전류를 공급하여 약 800W가 출력됨을 확인할 수 있으며 앞서 제시한 이론적 분석과 실험 결과가 동일함을 증명하였다. 따라서 본 논문에서 제시된 실험 결과를 통해 제안 회로

는 더 높은 승압 비를 가지며 기존 보다 적은 개수의 배터리와 Super Cap. String 사용으로 기존의 방식과 동등한 효과를 보장한다.

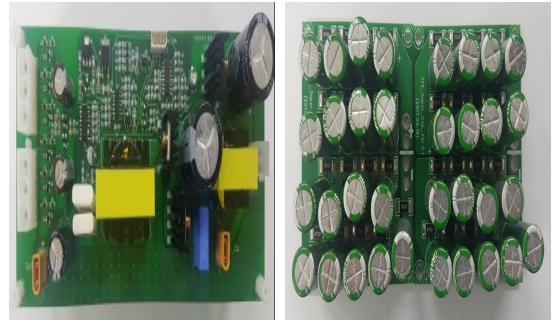


그림 4 제안 부스트 컨버터 시작품 PBA 및 Super Cap. String

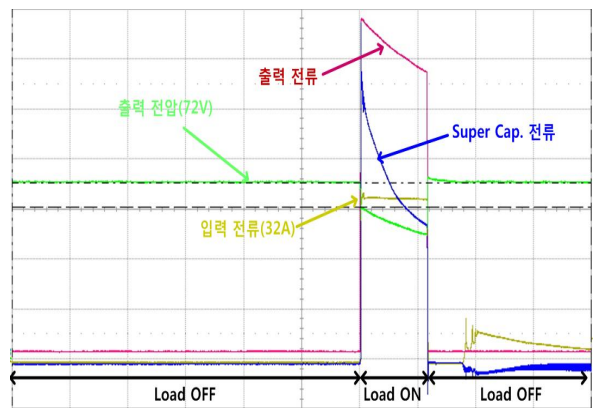


그림 5 모터 기동 시 주요 파형

### 4. 결론

본 논문에서는 자가발전 이동 카트 시스템을 위한 배터리 캐패시터 뱅크를 갖는 부스트 컨버터를 제안하였다. 제안 부스트 컨버터는 800W 시작품 제작을 통해 3배 이상 승압이 가능함을 확인하였고, Load ON 상황에서 배터리 전류는 제한되고 Super Cap. String이 전류를 보충해주는 것을 확인함으로써 제안 회로의 유용성을 검증하였다. 또한 기존의 부스트 컨버터를 통한 전류 제한 방식보다 배터리 셀의 개수와 Super Cap. String의 개수를 저감하여 회로의 부피 및 무게를 저감 할 수 있다.

본 연구는 한국 C&S의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] 김다솜, 공성재, 유혜미, 강경수, 노정욱 “E bike 적용 배터리의 수명 연장을 위한, 배터리 전류 제한 제어 기법”, 전력전자 학술대회 논문집, 2016. 7, 339 340 (2 pages)
- [2] 공성재, 김다솜, 김세민, 강경수, 노정욱 “낮은 전압의 Super Capacitor String 사용이 가능한 EV용 Modified Boost Converter”, 전력전자 학술대회 논문집, 2016. 7, 267 268 (2 pages)