

저압직류배전 시스템에 적용되는 슈퍼캐패시터용 양방향 DC/DC 컨버터

정환민, 최승현
(주)엘티

Bidirectional DC/DC Converter with Supercapacitor for LVDC System

Hwanmin Jeong, Seunghyun Choi
ELT, Inc.

ABSTRACT

본 논문에서는 마이크로그리드 시스템의 기존 교류 배전망에서 전력 전송 손실을 개선하기 위해 직류 배전망으로 설계하면서 전력을 저장하는 배터리부와 상기 배터리부로부터 LVDC망 전압을 사용자가 설정 및 설계한 전압에 대응하며 유지하기 위한 양방향 DC/DC 컨버터에 대해서 연구하였다. 기존에 사용하던 방식과는 다르게 슈퍼캐패시터를 추가하여 고속, 고출력의 충방전을 할 수 있으며, 이러한 특징으로 인하여 전력품질 개선과 비상시 전력을 공급할 수 있는 장점을 갖게 되었다.^[2] 제어기는 PI 제어를 적용하였으며, PWM 게이팅 신호를 만들어 스위칭 소자를 제어하였다. 매트랩 시뮬링크를 이용하여 양방향 DC/DC 컨버터의 회로를 설계하고 구동 알고리즘을 적용해서 시스템을 구성하여, 슈퍼캐패시터를 이용한 양방향 DC/DC 컨버터의 역할 가능성을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

1. 서 론

환경보호 및 화석 연료 감소를 위해 신재생에너지의 보급이 확대됨에 따라 마이크로그리드 시스템의 연구가 진행되고 있다. 그러나 마이크로그리드 시스템에 사용되는 신재생에너지원은 기후 조건의 영향을 받아 계통에 안정적인 전력공급이 어렵다. 또한 연료전지는 전력공급에 있어서 안정적인 운용이 가능하지만 전원 특성상 부하가 급변하는 경우에 초기의 정상적인 전력공급이 불가능하며, 이를 보상하기 위해서 보조 에너지 저장장치의 사용이 요구된다.^[1,3] 본 논문에서는 슈퍼캐패시터의 높은 전력밀도, 긴 사이클 수명, 안정성과 주 에너지원의 느린 응답특성을 보상할 수 있는 특성을 이용하여 시스템의 전력 품질을 향상시키기 위한 슈퍼캐패시터용 양방향 DC/DC 컨버터를 설계하고 제어 방법을 다루고자 한다.

2. 본 론

2.1 시스템 개요

그림 1은 슈퍼캐패시터를 이용하여 배터리의 전원특성을 보완해주는 마이크로그리드 시스템 블록 다이어그램이다. 배터리가 연결되어 있는 계통에 순간적인 부하 증가로 인해 DC 링크 전압이 감소하는 현상이 발생하는데, 이를 보완해주기 위해 슈퍼캐패시터에 연결된 양방향 DC/DC컨버터는 DC링크 전압을

측정하여 슈퍼캐패시터의 빠른 방전으로 계통의 DC 전압을 일정하게 유지시켜준다.

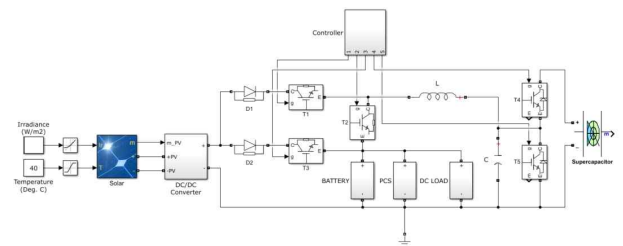


그림 1 전체 시스템 구조

2.2 양방향 DC/DC 컨버터

태양광쪽 Boost 컨버터로부터 출력전류가 검출되는 경우에 슈퍼캐패시터를 보조적으로 우선 충전하기 위해, 컨트롤러에서 스위칭 소자 1, 2, 3(T1, T2, T3)에 온/오프 게이팅 신호를 보내고 스위칭 소자 4, 5(T4, T5)에는 PWM게이팅 신호를 보낸다. 반면에, Boost 컨버터로부터 출력전류가 검출되지 않고, 슈퍼캐패시터부의 전압이 배터리부의 전압보다 높은 경우, 슈퍼캐패시터부에서 배터리부로 충전하기 위해서 컨트롤러에서 스위칭 소자 1, 2, 3(T1, T2, T3)에 온/오프 게이팅 신호를 보내고 스위칭 소자 4, 5(T4, T5)에는 PWM게이팅 신호를 보낸다.

2.2.1 충전모드와 방전모드의 회로동작

그림 2는 기본적인 양방향 DC/DC 컨버터의 Boost 모드와 Buck 모드일 때의 동작을 보여준다. 슈퍼캐패시터를 충전하는 Buck 모드에서는 PI 제어를 통한 PWM 신호를 보내서 전압을 강압한다. 반면에, 슈퍼캐패시터를 방전하는 Boost 모드에서는 PI 제어를 통한 PWM 신호를 보내서 전압을 승압한다.

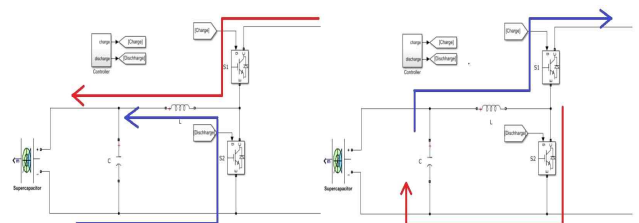


그림 2 Boost 모드 (좌) / Buck 모드 (우)

2.3 슈퍼캐패시터

슈퍼캐패시터는 활성탄소재료를 이용한 전기이중층 캐패시터(ELDC: Electrical Double Layer Capacitor)가 가장 상용화되어 있다. 일반적으로는 납축전지나 리튬 전지에 비해 고출력을 얻을 수 있으며 충전시간을 단축시킬 수 있는 특징을 가지고 있다. 또한, 짧은 시간 내에 고출력을 공급하고, 높은 전류를 공급함으로써 전력 품질을 향상시킬 수 있다. 충전전 과전압이 없기 때문에 간단한 전기회로로 구성되어 있으며, 사용할 수 있는 온도 범위가 넓고(+90~−30°C), 잔존용량을 쉽게 알 수 있다.^[4] 그림 3은 시뮬레이션을 위해 사용된 매트랩 시뮬링 크에서 제공하는 슈퍼캐패시터의 블록도이다.

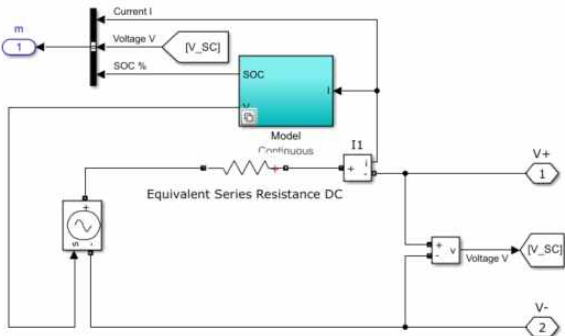


그림 3 슈퍼캐패시터 블록 다이어그램 (매트랩 제공)

2.4 시뮬레이션 컨트롤 알고리즘

DC링크의 출력전압이 안정될 경우 슈퍼캐패시터를 우선적으로 충전한다. 반면에, 부하변동으로 인해서 전압 값이 낮아지고, 전류 값이 상승하는 경우에 슈퍼캐패시터를 방전시켜 안정된 전압과 부하에 해당하는 전류 값을 제공하여 빠른 시간 내에 시스템을 안정화 시킨다. 그림 4는 운영알고리즘을 보여주는 흐름도이다.



그림 4 운영 알고리즘

2.5 시뮬레이션 결과 및 전압파형

그림 5는 DC링크의 전압을 측정된 그래프이며, 부하의 변동으로 인한 출력전압의 저하되는 현상을 슈퍼캐패시터의 방전으로 출력전압을 330Vdc로 보상해주었다. x축은 시간(s), y축은 전압(V)을 나타낸다.

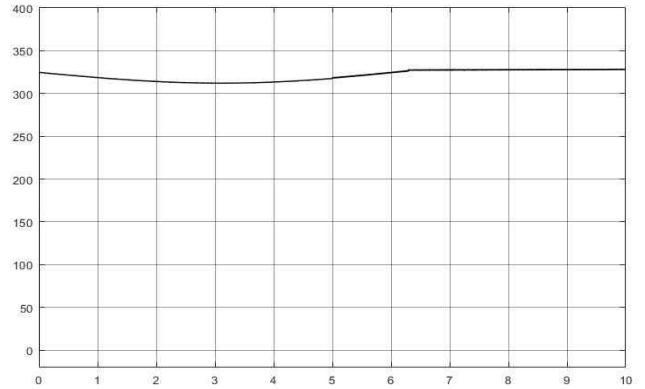


그림 5 DC링크 전압 파형

3. 결론

본 연구에서는 배터리의 느린 동특성을 보상해주고 안정적인 출력전압을 제공하기 위한 슈퍼캐패시터의 충방전용 DC/DC 컨버터를 연구하였다. 시뮬레이션을 통해 부하의 변동에 반응하는 DC링크 전압을 안정범위로 복구하는 시스템을 검증하였다. 추후에 시뮬레이션 결과를 이용하여 상용전압에서 사용할 수 있는 시스템을 시험 제작하여 시스템의 성능을 입증할 예정이다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20182410105210)

참고 문헌

- [1] 송용협, 김진영, 노의철, 김인동, 김홍근, & 전태원. (2010). 슈퍼캐패시터를 이용한 에너지 저장용 3kW 급 양방향 DC/DC 컨버터. *전력전자학회 학술대회 논문집*, 194-195.
- [2] 이종학, & 최우진. (2010). 슈퍼캐패시터의 최적 충방전을 위한 양방향 하프브리지 컨버터의 제어. *전력전자학회 학술대회 논문집*, 207-208.
- [3] 임재관, 손경민, 권경민, 최재호, 정교범. (2009). 슈퍼캐패시터 에너지 저장장치의 양방향 DC-DC 컨버터 제어기 설계. *전력전자학회 학술대회 논문집*, (), 161-163.
- [4] 최원목, 광균평, & 안호균. (2011). 슈퍼캐패시터를 이용한 연료전지시스템용 승압형 양방향 DC-DC 컨버터. *대한전기학회 학술대회 논문집*, 1352-1353.