

모드 유지 알고리즘이 적용된 직류 배전용 ESS의 모듈형 운전 제어 기법

김동욱, 김범준, 김성훈, 박정민, 원충연*
성균관대학교

Modular control method of ESS for DC grid with keeping mode algorithm

Dong-Wook Kim, Bum-Jun Kim, Sung-Hoon Kim, Jung-Min Park, Chung-Yuen Won
Sungkyunkwan University

ABSTRACT

본 논문은 모드 유지 알고리즘이 적용된 직류 배전용 에너지 저장 장치(Energy Storage System, ESS)의 모듈형 운전 제어 기법에 대해 제안한다. 모드 유지 알고리즘은 설정된 방전 깊이(Depth of Discharge, DoD) 내에서 계통의 전력 수요 및 공급급의 변화가 생긴 경우에 수시로 변화하는 충/방전 모드의 변경을 제한하는 알고리즘이다. 이를 통해 ESS의 가용 용량을 최대한 사용 가능하며, 계통의 전력 공급 및 부하 수요에 따라 계통의 동작 상태를 결정할 때 도움을 줄 수 있다. 제안한 알고리즘은 PSIM 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

1. 서론

ESS는 피크 수요 시점의 부하 조절, 전력 품질 저하 방지, 단기간 정전 대응과 같은 역할을 수행하며 직류 및 교류 계통의 안정적인 운영에 기여를 하고 있다. 일반적으로 ESS는 배터리 셀의 SoC(State of Charge)를 기반으로 하여 정해진 DoD에서 충방전을 수행하며 운영되고 있다.

ESS를 운영함에 있어 SoC 기반의 충방전을 수행하는 경우 충전 모드와 방전 모드의 잦은 변경이 일어나게 되며, 결과적으로 배터리 셀의 잦은 충방전 상태의 변화를 유발하게 된다.

본 논문에서는 모드를 유지하는 알고리즘이 적용된 직류 배전용 ESS의 모듈형 제어를 통해 충/방전 모드의 변화를 제한하여 각 모듈의 상태를 유지하는 기법을 제안한다.

2. 제안하는 알고리즘이 포함된 제어 기법

2.1 에너지 저장장치(ESS)의 구성

그림 1에서 각 ESS는 직류 마이크로그리드에 연결되어 배전망의 안정적인 운영에 기여하는 동작을 수행한다. 이때 전력 변환 장치는 양방향 전력 변환이 가능한 부스트 컨버터가 적용되었으며, 비례-적분 제어기를 통해 DC 제어를 수행한다.

ESS는 다수의 배터리를 직/병렬 연결하여 구성한 것으로, 개별 배터리의 특성을 이용한 모델링이 중요하다. 이를 수식으로 표현하면 식(1)과 같이 표현된다[1].

$$V_{oc} = E_0 - K \frac{Q}{Q - \int_0^t I_{batt}(\tau) d\tau} + Ae^{-B \int_0^t I_{batt}(\tau) d\tau} \quad (1)$$

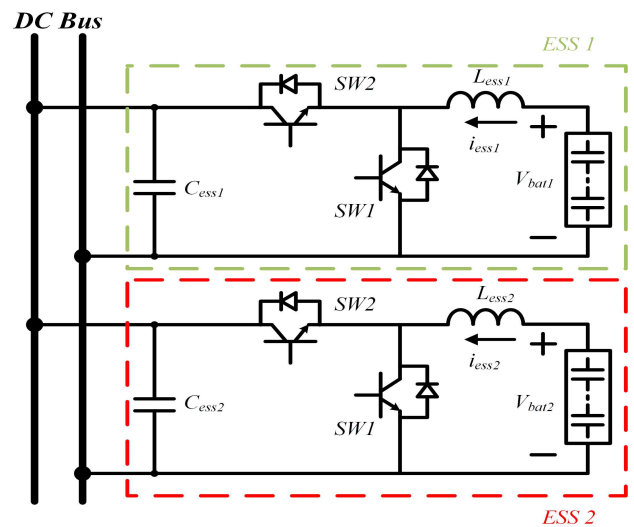


그림 1 모듈형 제어가 수행되는 ESS 구성
Fig. 1 ESS configuration operated by modular control

ESS를 구성하는 배터리는 경제적인 이유 및 성능을 비교하였을 때 리튬이온전지가 대다수를 차지하고 있다. 하지만 리튬이온전지의 경우 사용 환경에 따른 화재 위험 및 방전 깊이(Depth of Discharge, DoD)에 따른 수명 감소의 이유로 인해 배터리의 가용 범위는 SoC(State of Charge)에 따라 제한된다.

2.2 양방향 전력변환장치

배터리와 연결된 회로는 동기식 부스트 컨버터의 회로와 동일하며, 직렬 다이오드 대신 스위치를 통해 양방향 전력 전송이 가능하도록 구성되었다. 배터리의 충전을 수행하는 경우 직렬 스위치 SW2가 메인 스위치로 동작하여 백 컨버터와 같이 동작하며, 배터리의 방전을 수행하는 경우 병렬 스위치 SW1이 메인 스위치로 동작하여 부스트 컨버터 동작을 수행한다. 제안하는 제어 기법이 적용되는 경우 각각의 컨버터는 동작/비동작 상태로 나뉘어 단독/병렬 운전이 수행된다.

2.3 제안하는 모듈형 운전 알고리즘

본 논문에서 제안하는 모드 유지 알고리즘을 이용한 모듈형 운전 제어 기법은 개별 ESS의 개별 운전 조건에서 적정 SOC 영역 내에서 운전할 때 적용된다. 이를 만족하는 조건은 식(2)와 같다.

