

배터리군 직렬 구성에 의한 고성능 에너지 저장 장치

박성준*, 박성미**
전남대*, 한국승강기대**

High Performance Energy Storage Device by Battery Group Serial Configuration

Sung - Jun Park*, Seong-Mi Park**,
Chonnam National University*, Korea Lift College**

ABSTRACT

본 논문에서는 대용량 에너지저장 시스템을 효율적으로 구성 및 운용하기 위해 배터리 군을 여러 군으로 분리하고, 각 군을 Half bridge 전력변환기와 결합한 새로운 토폴로지를 제안한다. 또한 제안된 스위칭방식에 의해 넓은 입력 범위에서 충 방전할 수 있으며, 배터리의 SOC 추정이 용이하게 할 수 있어 직렬로 연결된 배터리 군의 SOC 밸런싱 제어가 가능하게 하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 제안된 방식의 타당성을 검증 하였다.

1. 서론

신재생에너지원은 날씨 등 환경조건에 영향을 많이 받아 발전의 불규칙성으로 인하여 기존 계통 안정성에 악영향을 미치고 있다. 이를 해결하기 위해 에너지 시간 이동이 가능한 ESS 시스템을 적용하여 발전의 안정성을 확보하려는 시도가 이루어지고 있다. ESS 시스템에서 배터리 모듈 직렬 개수에 의해 정격전압이 결정되고, 병렬 개수에 의해 정격용량이 결정되어 하나의 배터리 군으로 운용된다. 이러한 시스템에서 고압화를 위한 많은 수의 직렬회로는 BMS 측면에서 어려움이 많으며, 병렬운전 모듈은 한 병렬운전 모듈 고장 시 전체 시스템이 가동 중지되는 문제를 안고 있다.^{[1][2]} 본 논문에서는 대용량 ESS시스템을 효율적으로 구성 및 운용하기 위해 배터리 군을 저압용으로 여러 군으로 분리하고, 각 군을 Half bridge 전력변환기와 결합하여 직렬로 연결 및 분리할 수 있는 새로운 토폴로지를 제안한다. 또한 제안된 토폴로지에서 Half bridge 전력변환기의 새로운 스위칭방식에 의해 넓은 입력 범위에서 충 방전할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

2. 대용량 ESS

2.1 배터리 모듈 직렬구성 특성

높은 공칭전압을 갖는 ESS에서 배터리 모듈의 직렬연결은 필수적이다. 직렬로 연결된 배터리는 동일한 용량을 갖는 경우 에너지저장장치로 그 효과를 발휘한다. 그러나 배터리 모듈이 처음 구성될 때는 각 모듈들의 용량은 동일하지만, 시간이 지나며 개별적인 셀의 화학물의 미소 변동, 초기 충전량의 차, 방전을 및 방전

사이클의 차, 배터리 모듈 간 배터리의 위치에 따른 온도의 영향 등에 따라 각기 다른 성능으로 저하된다. 배터리 모듈 간의 불균형은 전체적으로 배터리의 용량을 충분히 활용하지 못하여 동작 시간 감소를 야기한다. 또한 동작시간 감소에 따라 충방전 횟수가 증가하게 되어 전체적으로 배터리의 수명을 저하시키게 된다.

2.2 일체형 배터리 모듈 직렬구성

ESS의 구비조건은 충 방전기능과 함께 밸런싱 기능을 구비하여야 하고 SOC 추정기능을 겸비하여야한다. 또한 과 충전 과 방전을 방지하기 위한 자체적 스위치 보호회로가 내장되어야 한다. 그림 2는 일반적인 ESS시스템에서 배터리 모듈 구성도를 나타내고 있다. 모듈 직렬형 ESS에서 배터리 모듈 직렬 개수에 의해 정격전압이 결정됨으로 고압화를 위해서는 많은 수의 직렬회로에 의해 하나의 전압원으로 사용하게 된다. 이러한 경우 배터리 전류 차단을 위한 스위치 소자는 ESS의 최대전압보다 높은 내압을 갖는 스위칭 소자가 필요하다. 그러나 스위칭 소자의 내압한계로 인하여 스위칭 소자 내압보다 높은 전압을 구현하기는 어려운 실정이다.

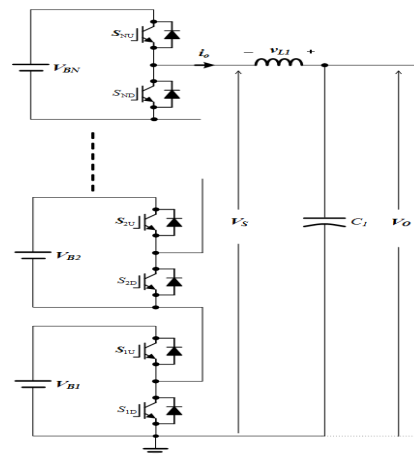


그림 1 제안된 배터리 모듈 직렬회로 구성
Fig. 1 Proposed battery module serial circuit configuration

그림 1은 본 논문에서 제안한 배터리 모듈 및 전력변환기 일체형 타입을 나타내고 있다. 배터리 모듈은 저압용으로 여러 군으

로 분리하고, 각 군은 Half bridge와 결합하여 직렬로 연결한 구조이다. 본 토폴로지의 특징은 각 군의 배터리 모듈이 Half bridge 스위치에 의해 직렬회로로 구성 연결 및 분리가 가능한 구조이다.

2.3 총방전 스위칭 전략

그림 2의 제안된 회로에서 배터리 모듈 직렬회로 출력단에 인덕터를 삽입함으로써 전체시스템은 감압회로로 동작할 수 있다. 따라서 원하는 출력전압을 PWM의로 형성하기 위해서는 그림 2와 같이 다중레벨 PWM 기법을 적용할 수가 있다.

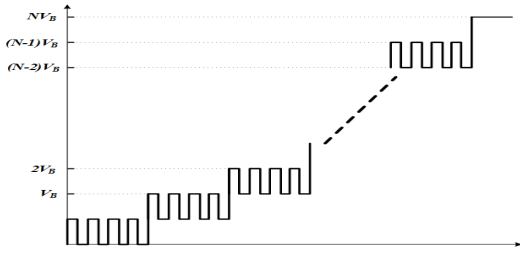


그림 2 제안된 배터리 모듈 직렬회로의 출력특성
Fig. 2 Output Characteristics of a No Battery Module Serial Circuit

본 논문에서는 제안하는 총 직렬 배터리 모듈 중 최소한 1개 이상이 직렬회로에 참여하지 않는 것으로 한다. 이러한 스위칭 방식은 참여하지 않는 모듈 군의 단자 전압은 배터리 모듈의 내부 전압과 일치함으로써 모듈의 SOC 추정이 가능하여 SOC 밸런싱을 유지하면서 스위칭 할 수 있는 스위칭 알고리즘이 가능하게 된다. 따라서 본 논문에서는 직렬회로에 참여하지 않는 모듈의 전압을 계속하여 SOC를 추정하였다. 다중레벨 PWM 기법은 충전과 방전 모드에 따라 충전시는 모듈전압이 큰 것을 기준으로 스위칭을 행하며, 방전시는 모듈전압이 작은 것을 기준으로 스위칭을 행함으로써 SOC 밸런싱을 유지하게 된다.

3. 시뮬레이션 결과

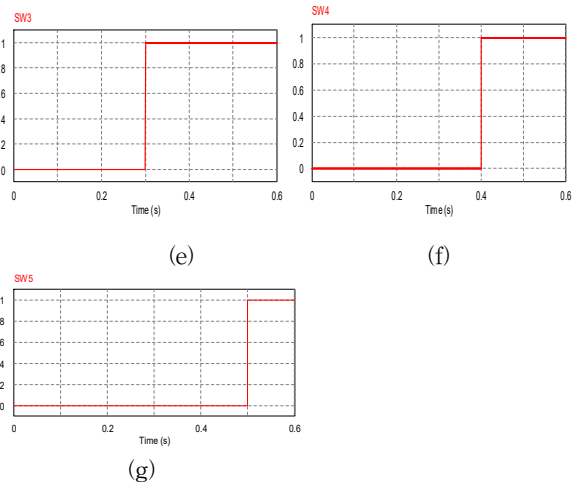
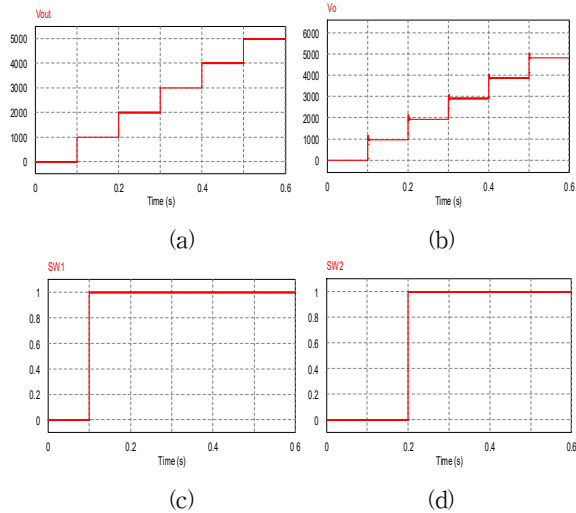


그림 3 시뮬레이션 결과
Fig. 3 Simulation Result

그림 3은 제안된 전력회로의 레벨발생 원리를 검증하기 위한 시뮬레이션 결과로 그림 3(a)는 스위칭에 따른 레벨 출력을 나타내고 있으며, 그림 3(b)는 LC필터를 통과한 출력전압을 나타내고 있다. 그림 3(c) (g)는 레벨을 형성하기 위한 각 모듈의 상단 스위칭 파형을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 시뮬레이션 결과 총 6레벨이 양호하게 발생됨을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 대용량 EES 구성 시 시스템을 효율적으로 운용하기 위해 저압용 배터리 군과 각 군을 Half bridge 전력변환기와 결합하여 직렬로 연결 및 분리할 수 있는 새로운 토폴로지를 제안한다. 제안된 토폴로지에서 최소한 한 개 이상의 배터리 군을 분리하는 구조로 스위칭함으로써 배터리의 SOC추정이 용이하게 하여 각 배터리 군의 SOC이 추정가능하여 밸런싱 제어가 가능하게 함으로써 추가적인 밸런싱 회로를 제거하였다. 또한 제안된 토폴로지에서 각 배터리 모듈군은 스위칭 함수에 의해 직렬로 연결 및 분리할 수 있어 핫샷 기능이 가능하여 배터리 모듈 군의 교체 및 유지 보수를 용이하게 하였다. 특히 제안된 방식은 고압 대용량 ESS시스템 적용 시 큰 장점을 가지며, PWM 다중레벨 출력이 가능하여 넓은 범위의 단자 전압에서 총방전이 가능하여 이동용 배터리 충전장치에서 그 효과를 극대화 할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 중소벤처기업부와 한국산업기술진흥원의 “지역특화 산업육성사업(R&D, 과제번호 R0006295)”으로 수행된 연구결과입니다.

참고 문헌

[1] A. M. Imtiaz, F.H. Khan, H. Kamath, "A low cost time shared cell balancing technique for future lithium ion battery storage system featuring regenerative energy distribution", Proc 26th Applied Power Electron. Conf., March. 2011.
[2] N. E. Heo, D. S. In, B. K. Kwon, M. J. Lee, Y. H. Kwon, J. S. Hong, "Design and Application of MW ESS Connected with Renewable Energy Source", Power Electronics Annual Conference, Nov. 2014.