

## 대용량 에너지저장시스템의 고장 대응을 위한 회로기술 연구

## Research on Redundancy Configuration for High Capacity Energy Storage System

조인호\*, 박성윤\*\*, 김보경\*\*\*, 김종훈\*\*†

In-ho Cho\*, Seongyun Park\*\*, Bo-Kyong Kim\*\*\*, Jonghoon Kim\*\*†

**초 록** 전 세계적인 탄소 중립 정책에 힘입어, 화석연료 사용을 줄이기 위한 목적으로 다양한 산업 분야에서 에너지저장시스템이 도입되고 있다. 오늘날 활발히 적용되고 있는 에너지저장시스템에는 주로 리튬배터리가 사용되고 있다. 리튬배터리는 높은 에너지밀도 특성을 가지는 장점이 있지만 관리가 어렵고 고장 위험이 높은 단점이 있다. 본 논문에서는 에너지저장시스템의 고장 대응을 위한 기존 연구들을 검토하고, 리튬배터리를 활용한 에너지저장시스템의 운영 안정성을 높일 수 있는 회로 기술을 연구하였다. 특히, 철도차량과 같이 대용량 에너지저장시스템이 적용되는 시스템에서 신뢰성을 확보할 수 있는 방안으로 배터리 모듈/셀의 Redundancy 구조 적용 방안을 연구하였다.

**주요어** : 에너지저장시스템, 리튬이온배터리, 고장대응, redundancy

## 1. 서 론

산업계의 화석에너지 사용 절감을 위한 노력과 전력변환 효율 향상을 위한 노력은 에너지저장장치 시장의 성장을 이끄는 원동력이 되고 있다. 특히, 탄소배출량이 가장 많은 산업 분야 중 하나인 교통 분야에서는 변화의 속도가 더 빠르게 나타나고 있다. 전기 에너지 저장장치를 탑재하여 이를 통해 추진 에너지를 공급받는 전기자동차가 상용화되어 활발히 보급되고 있으며, 철도 분야에서도 대용량 에너지저장장치를 차상에 탑재하여 추진에너지의 효율을 높이는 기술이 개발되어 상용화를 준비하고 있다. 현재 교통 분야에 적용되고 있는 에너지저장장치에는 사이즈 경량화를 위해 리튬배터리가 주로 적용된다. 하지만 이러한 이유로 적용된 리튬배터리는 화학적 불안전성이 높아 전체 시스템의 안전성을 떨어뜨리는 원인이 되기도 한다.

† 교신저자: 충남대학교 공과대학 전기공학과 (whdgns0422@cnu.ac.kr)

\* 한국교통대학교 융합기술대학 전자공학과

\*\* 충남대학교 공과대학 전기공학과

\*\*\* 한국철도기술연구원 스마트전기신호본부

본 논문에서는 대용량 에너지저장장치의 안전성을 높이기 위한 기존 기술에 대해 알아보고, redundancy 회로 구조를 적용한 안전성 향상 기술을 제안한다. 제안하는 회로의 동작 및 제어 방법은 PSIM 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 기존 연구 기술

에너지저장시스템의 대용량화는 시스템에 적용되는 배터리셀 수의 증가를 요구하고, 이는 시스템의 신뢰도를 떨어뜨리는 원인이 된다. 이에 따라 에너지저장시스템의 고장 대응 기술 연구가 주목받고 있다. 이러한 연구들은 크게 에너지저장시스템과 연계되는 전력변환장치의 고장 발생 시 이에 대응하는 기술과 배터리 모듈의 고장 발생 시에도 에너지저장시스템의 운영을 계속적으로 이어나갈 수 있게 하는 기술로 구분된다.

기존에 연구된 기술들은 모두 스위치 구성을 통해 고장 부분을 우회하는 경로를 생성하는 방법들로, 이러한 방법들을

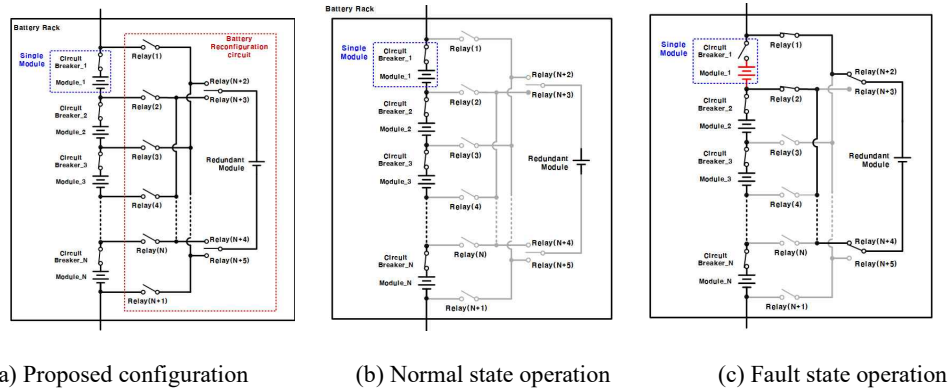


Fig. 1 Proposed circuit configuration and its operations.

적용했을 시 에너지저장시스템은 정상 동작을 이어갈 수 있으나 전력변환장치의 용량을 감소시키거나 배터리팩의 최종단 전압을 감소시킨다는 한계점이 있다[1][2].

## 2.2 제안하는 방법

Fig.1 은 제안하는 배터리팩 구성 및 기본 동작을 보여주고 있다. 제안하는 배터리팩 구성은 N개의 배터리 모듈의 직렬연결로 구성된 배터리팩에서 1개의 배터리 모듈 (Redundant Module)을 추가하는 형태이다. 배터리관리시스템을 통해 배터리 모듈의 고장이 검출되면 제안하는 시스템에서는 스위치의 연결을 제어하여 고장 모듈의 연결을 차단하고 redundant 모듈로의 연결을 새롭게 구성한다. 이를 통해 제안하는 시스템에서는 최소의 추가 모듈 구성으로 배터리팩의 정상 동작을 이어갈 수 있는 특징을 가진다. 또한, 정상 동작 상황에서 redundant 배터리 모듈은 직렬 배터리 모듈 간의 SOC(State of Charge) 차이를 맞추는 전하균일회로의 역할로도 활용될 수 있다.

제안하는 배터리팩 회로는 정상동작은 PSIM 시뮬레이션을 통해 확인하였고, 시뮬레이션 조건은 시뮬레이션 시작 후 100초 뒤에 2번 셀에서 고장이 발생하는 상황을 가정하였다. Fig.2는 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 시뮬레이션 과정에서 확인할 수 있는 바와 같이 100초 후에 2번 셀의 연결이 끊기면서 해당 모듈의 passive 방전이 종료되고 redundant 모듈의 방전이 시작된다.

## 3. 결론

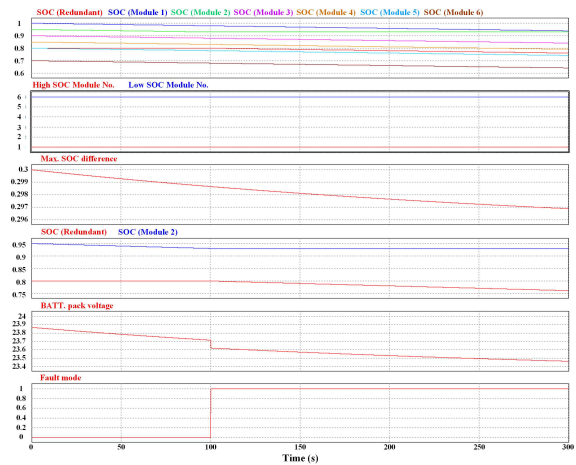


Fig. 2 Simulation result.

본 논문에서는 대용량 에너지저장장치의 고장 발생 시에도 연속적인 동작을 가능하게 하는 회로 기술을 제안하였다. 제안하는 기술은 추가적으로 요구되는 부품 수를 최소화하여 시스템의 경량화가 요구되면서도 높은 안전성을 요구하는 교통시스템에 효과적으로 적용될 수 있을 것이라 기대한다.

## 후 기

2021년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음

## 참고문헌

- [1] N. Mukherjee, D. Strickland (2014) Second life battery energy storage systems: Converter topology and redundancy selection, *Proceedings of PEMD 2014*, Manchester, UK.
- [2] A. Manenti, A. Abba, and et al. (2010) A new BMS architecture based on cell redundancy, *IEEE Trans. on Indus. Electronic*, 57(9), pp. 4314-4322.