

# MapleSim 기반 진동에 의한 배터리팩 내부 SOH 불균형 보안을 위한 열평형 연구

권상욱\*, Mazhar Abbas\*, 김종훈\*  
충남대학교 전기공학과\*

## Thermal balancing of SOH discrepancy caused by vibration in a Battery pack using MapleSim

Sanguk Kwon\*, Mazhar Abbas\*, Jonghoon Kim\*  
Department of Electrical Engineering, Chungnam National University\*

### ABSTRACT

트램 및 전기자동차와 같은 운송 시스템에 들어가는 배터리 팩은 지속적인 진동을 받게 되고 이러한 진동은 SOH(State of Health)를 감소시킨다. 뿐만 아니라 진동으로 인해 배터리팩 내부 셀들 간의 SOH가 불균일해지는 문제점이 있다. SOH의 불균형은 배터리의 수명을 단축시킨다. 본 논문에서는 각 셀 간의 SOH 균형을 위한 Thermal Balancing 기법을 제시한다.

### 1. 서 론

배터리의 활용범위가 넓어짐에 따라 운송 시스템의 동력원으로써 배터리팩이 사용되고 있다. 트램, 전기자동차, 전기자전거가 이에 해당하며 이러한 어플리케이션은 다양한 환경에 노출되어 있다. 특히, 지속적인 진동 및 온도 변화의 영향을 받으며, 이러한 요인은 배터리팩의 노화로 인해 내부 파라미터의 변화 및 성능 감소를 야기하고 SOH(State of Health)를 통해 판단할 수 있다.

배터리팩이 받는 지속적인 진동은 온도상승을 수반하고 배터리팩의 SOH를 감소시킴으로써 수명을 단축시킨다. 뿐만 아니라 배터리팩 내부의 셀 위치에 따라 SOH의 감소는 다르게 나타난다. 이는 각 셀 간의 SOH 불균형을 야기하고 이로 인해 문제가 발생하게 된다. 일반적으로 배터리팩의 수명은 가장 열화된 셀의 수명에 따라 결정된다. 가장 낮은 SOH를 갖는 셀은 다른 셀에 비해 빠르게 수명이 다하게 되고 결과적으로 SOH 불균형은 배터리 팩 전체의 수명을 단축시키게 된다.

SOH 불균형을 줄이기 위해 연구가 진행되었고 여러 방법들이 제시되었다. 첫 번째 방법으로 각 셀의 SOH에 비례하게 부하를 분담하는 방법이 제시되었고, 이 방법은 좋은 SOH를 갖은 배터리가 더 많은 부하를 공유하여 모든 셀의 수명이 같아지도록 만든다.<sup>[1]</sup> 두 번째 방법으로 배터리 팩을 구성할 때 가장 열화된 셀을 새 것으로 교체해서 배터리 팩의 수명을 늘리는 방법도 제시되었다.<sup>[2]</sup>

본 논문은 앞서 언급한 방법과 다르게 진동에 의한 SOH감소의 근본적인 원인을 논의하고 진동의 물리적인 원인과 온도상승에 따른 간접적인 원인으로 나누어서 온도상승에 따라 발생한 SOH 불균형을 Thermal balancing을 통해 해결하는 방법을 제시한다.

### 2. 진동에 의한 SOH 감소와 불균형

#### 2.1 진동에 의한 SOH 감소

진동의 영향으로 배터리 팩 내부 셀은 첫 번째 충전 주기에 동안 생성된 전해질과 전극 사이의 표면필름이 제거된다. 화학적으로 비활성인 표면필름의 제거는 활성 물질과의 반응으로 전해질의 분해를 촉진시킨다. 그에 따른 전해질의 감소는 용량 감소와 화합물 축적으로 인한 저항증가 및 전력손실로 나타나며 따라서 배터리의 SOH 감소로 이어진다.<sup>[3]</sup>

본 논문에서는 HD2 셀의 진동에 의한 용량 및 저항 변화를 전기 화학적 임피던스 분광법(EIS, Electrochemical Impedance Spectroscopy)으로 분석하였다. 그림 1은 이상적인 HD2 셀과 진동 후 셀의 용량 변화를 나타낸다. 진동 후 용량이 감소하는 것을 알 수 있다. 그림 2는 이상적인 HD2 셀과 진동 후 셀의 임피던스 변화를 나타낸다. 진동 후 셀의 저항이 증가하는 것을 알 수 있다.

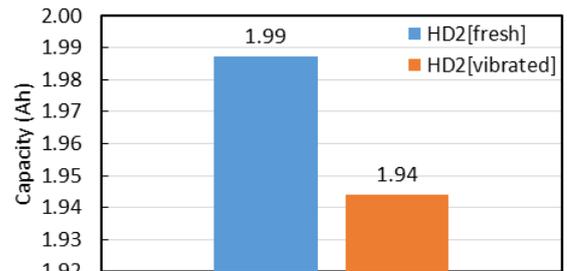


그림 1 진동에 의한 용량 변화  
Fig. 1 Capacity variation by vibration

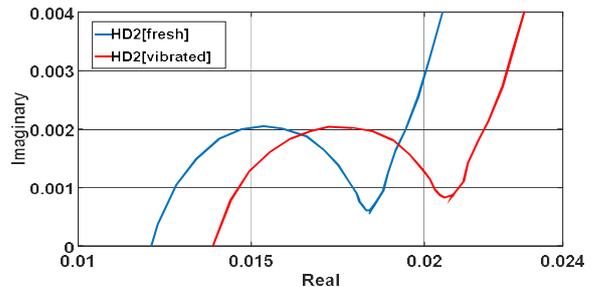


그림 2 진동에 의한 임피던스 변화  
Fig. 2 Impedance variation by vibration

## 2.2 SOH 불균형의 원인

배터리 팩에 진동을 가하게 되면 내부 셀의 위치에 따라 다른 진동을 받게 되고 진동에 영향으로 각 셀마다 서로 다르게 SOH가 감소한다. 이로 인해 배터리 팩의 내부 셀들은 SOH 불균형이 일어난다. 이와 같은 사실은 기존 문헌 [4]를 통해 같은 프로파일의 셀들에게 진동을 줬을 때, 모든 셀들이 진동의 영향으로 서로 다른 특성을 보인 실험으로 확인할 수 있다.<sup>[4]</sup>

## 3. Thermal Balancing을 통한 SOH 불균형 극복

### 3.1 열에 의한 SOH의 변화

지속적인 진동은 배터리의 온도상승을 수반한다. 그에 따른 온도의 상승은 배터리 내부 반응을 활발하게 만들며 화합물의 축적으로 전극, 전해질 계면에서의 SEI(Solid Electrolyte Interphase)층의 두께가 증가한다.<sup>[5]</sup> SEI층의 두께증가에 의해 저항은 증가되고 저항증가는 전력손실 즉 SOH 감소를 의미한다. 배터리 팩 내부 셀 간의 온도의 차이는 SOH 불균형을 악화시키게 되며 배터리 간의 온도 차이를 줄이므로 SOH 불균형을 감소시킬 수 있다.

### 3.2 Thermal Balancing 기법

각각 다른 온도의 셀을 이용하여 직렬 및 병렬로 구성된 배터리팩(그림 3)을 MapleSim을 사용하여 모의실험을 수행한 결과 시간에 따라 온도 차이에 의한 SOH 차이가 커지는 것을 그림4를 통해 볼 수 있다. 이후 Thermal Balancing 기법에 따라 열 전도체를 이용하여 열 교환이 이뤄지도록 구현하였다.

그 결과 SOH 불균형은 시간이 지남에 따라 열 교환으로 인한 평형으로 모든 셀의 SOH가 동일하게 감소하는 것을 그림 5를 통해 확인할 수 있다.

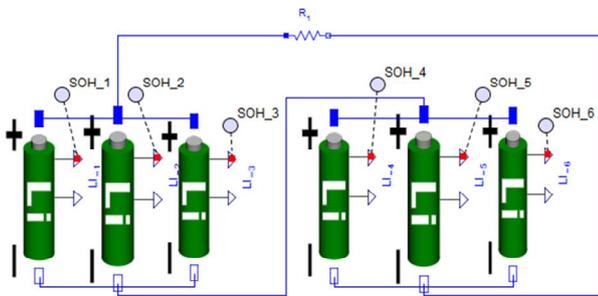


그림 3 maplesim을 이용한 배터리팩 구성  
Fig. 3 Configuration of battery pack using maplesim

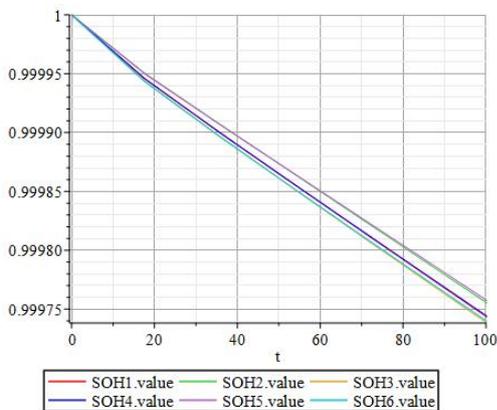


그림 4 온도 차이에 의한 SOH 불균형  
Fig. 4 SOH discrepancy by temperature difference

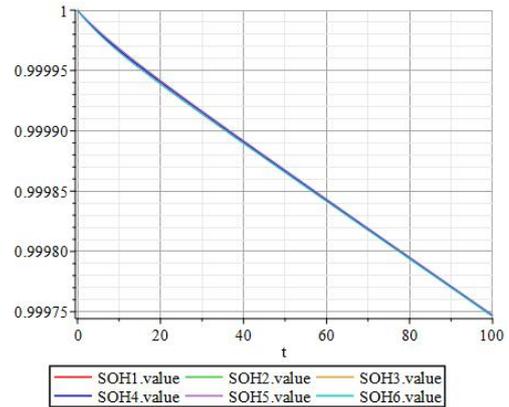


그림 5 열 균형을 이용한 SOH 균형  
Fig. 5 SOH balance using Thermal balancing

## 5. 결론

본 논문은 진동에 의한 온도차이로 발생한 배터리팩 내부 셀들의 SOH 불균형을 줄이기 위해 셀 간의 열 교환을 통한 Thermal Balancing 기법을 제안하였다. MapleSim을 이용한 모의실험을 통해 SOH 불균형을 줄이는 것을 확인하였으며 이를 통해 제안한 방법의 효과를 검증하였다.

이 논문은 2018년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF 2018R1C1B6004482)

## 참고 문헌

- [1] A.Probstl, S.Park "SOH Aware Active Cell Balancing Strategy For High Power Battery Packs", Design, Automation And Test in Europe, 2018, 19 23 March.
- [2] P.huynh, A.Richter "Impact of Cell Replacement on the State of Health for Parallel Li Ion Battery Pack", Vehicle Power and Propulsion Conference, 2014, 27 30 October.
- [3] L.Somerville, J.Bernard "Impact of Vibration on the Surface Film of Lithium Ion Cells", Energies, 2017, May.
- [4] A.Probstl, S.Park "Environmental Tests of 18650 Cylindrical Li Ion Cells for Space Cell's Qualification Establishment", ECCE, 2017, October.
- [5] E.Prada, M.Hooper, "A Simplified Electrochemical and Thermal Aging Model of LiFePO4 Graphite Li\_Ion Batteries", Journal of The Electrochemical Society, Vol. 160, No. 4, pp. 616 628, 2013, February.