

# 직렬조합 배터리팩의 구조에 의한 배터리팩 표면온도 비교 분석

이춘구<sup>1</sup>, 이현준<sup>1</sup>, 박종후<sup>1</sup>, 김종훈<sup>2</sup>  
 숭실대학교<sup>1</sup>, 충남대학교<sup>2</sup>

## The battery pack surface temperature comparing analysis due to structure of the series combination battery pack

Chun Gu Lee<sup>1</sup>, Hyun Jun Lee<sup>1</sup>, Joung Hu Park<sup>1</sup>, Jong Hoon Kim<sup>2</sup>  
 Soongsil University<sup>1</sup>, Chungnam National University<sup>2</sup>

### ABSTRACT

리튬이온 배터리는 다른 배터리들에 비해서 높은 전압과 큰 용량을 갖고 있지만 EV와 ESS에 사용되기 위해서는 아직도 다수의 배터리를 직, 병렬로 연결하여 팩으로 구성하여 사용할 필요가 있다. 이 때 팩을 구성하는 리튬이온 배터리들이 셀 스크리닝 기법을 통해서 분류가 된 배터리라고 하여도 표면적인 원인과 직렬조합 배터리팩의 구조에 따라서 온도편차가 발생할 수 있다. 이 때 이 배터리 팩을 사용하는 시스템의 BMS가 위의 상황을 고려하지 않는다면 BMS의 SOC 추정 값을 신뢰할 수 없을 것이다. 본 논문에서는 실험결과를 토대로 구조가 다른 배터리 팩을 기존의 BMS로 각각의 SOC를 추정해 보고 배터리 직렬조합 구조에 의한 배터리 팩의 표면온도를 비교 분석해 보려한다.

### 1. 서론

화석연료는 지금까지 사회의 주 에너지원으로 사용되었다 하지만 화석연료 사용으로 인한 환경오염 문제는 화석연료를 사용하는 것에 큰 걸림돌이 되었다 많은 사람들이 화석연료로 인한 환경오염을 줄이고자 하였지만 근본적으로 화석연료를 사용하지 않아야 완벽히 해결 할 수 있는 문제이다

기술의 발전으로 배터리에 많은 에너지를 축적 할 수 있게 되었으며 배터리의 안전성 역시 크게 향상되었다 이로 인하여 화석연료와 엔진이 주도하던 자동차 산업에도 배터리와 모터를 이용한 차량들이 나타나기 시작했고 시장성과 친환경성을 모두 인정받았다 다만 아직까지는 배터리의 성능이 충분하지 않아 다양한 배터리들이 개발되고 있으며 각 배터리의 특성과 배터리를 사용하는 표면 환경 요인을 포괄할 수 있는 배터리 관리 시스템이 필요하다

본 논문에서는 직렬조합 배터리 팩을 리튬이온으로 구성하였으며 확장 칼만필터 추정알고리즘을 적용하여 단위 셀의 종류는 같지만 다른 구조로 만들어진 직렬조합 배터리 팩의 SOC를 추정 하였으며 그 때의 직렬조합 팩의 단위 배터리 표면 온도를 측정하였다.<sup>[1]</sup>

### 2. 직렬조합 배터리 팩의 등가회로 모델

그림 1은 RC ladder의 개수가 1개일 때의 전기적 등가회로 모델이다.  $R_i$ 는 배터리의 전하 전달 현상을 고려한 파라미터 값이다.  $R_{diff}$ 와  $C_{diff}$ 는 배터리의 확산 현상을 고려한 파라미

터 값이다.<sup>[2]</sup> 직렬조합 배터리 팩의 등가회로 모델은 같은 모델을 사용하였지만 실제 실험에 사용한 배터리의 구조는 그림 2와 같은 형태이다. A형의 배터리 팩은 배터리의 극을 보았을 때 수평으로 나란하게 구성하였으며 B형의 배터리 팩은 배터리의 극을 보았을 때 정사각형의 형태로 구성하였다.

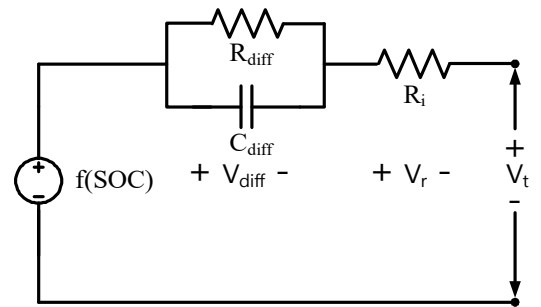


그림 1 전기적 등가회로

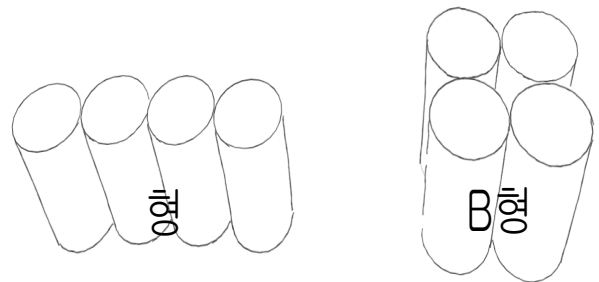


그림 2 직렬조합 배터리 팩 A형과 B형

### 3. 확장 칼만필터 방정식

식 (1)은 확장 칼만필터의 state equation이고 식 (2)는 확장 칼만필터의 measurement equation을 나타낸다. 이는 위에서 직렬조합 배터리 팩의 모델링을 기반으로 구현 한 것이다.<sup>[3]</sup>

$$\begin{bmatrix} SOC_k \\ V_{diff,k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{C_{diff} \cdot R_{diff}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} SOC_{k-1} \\ V_{diff,k-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{C_n} \\ \frac{\Delta t}{C_{diff}} \end{bmatrix} i_{k-1} \quad (1)$$

$$V_k = h_k(OCV, V_{diff}) - R_i i_k = OCV - V_{diff} - R_i i_k \quad (2)$$

#### 4. 실험결과

그림 3과 그림 4는 각각 전류적산법과 확장 칼만필터를 이용한 SOC 추정 결과이다. 전류적산법에 의한 SOC를 기준으로 할 때 확장 칼만필터의 오차는 그림 5에 표시되어있다. 같은 4S1P의 배터리 팩이지만 확장 칼만필터와 전류적산법의 차이가 구조에 따라 다른 것을 알 수 있다. 그림 6은 A형 구조의 배터리 팩과 B형 구조의 배터리팩의 온도차이 그래프이다. SOC의 감소에 따라서 배터리 표면의 온도 차이가 증가하는 방향으로 가고 있는 것을 확인 할 수 있다.

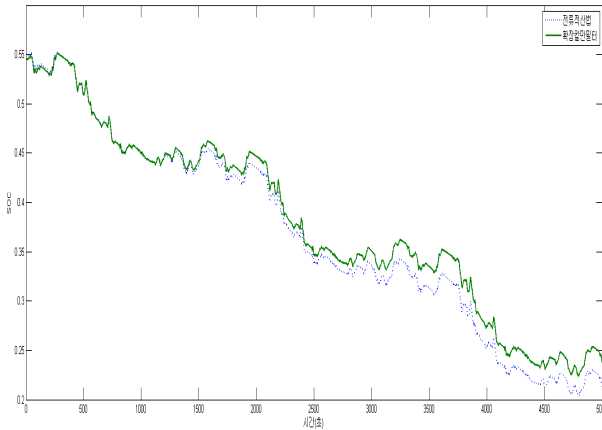


그림 3 A형 배터리팩 SOC 추정

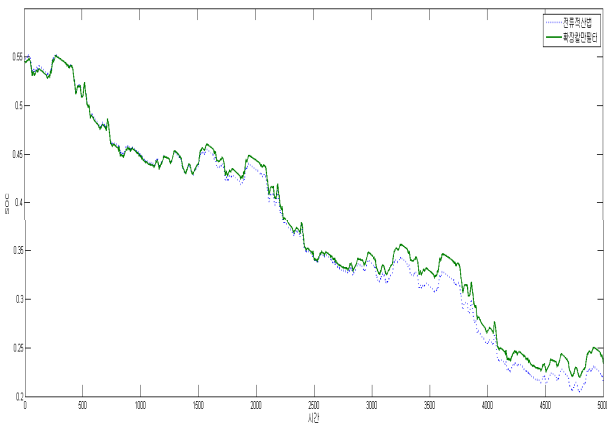


그림 4 B형 배터리팩 SOC 추정

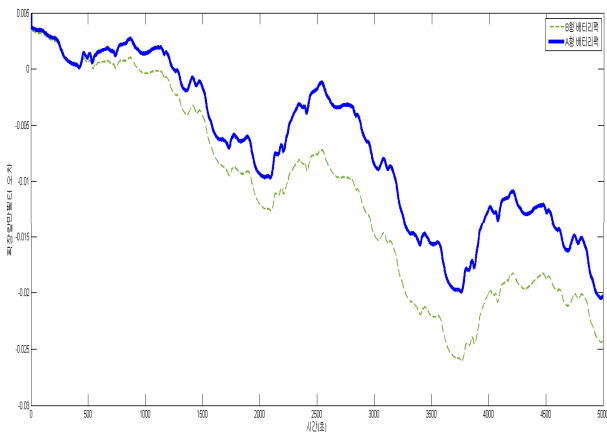


그림 5 확장 칼만필터 오차

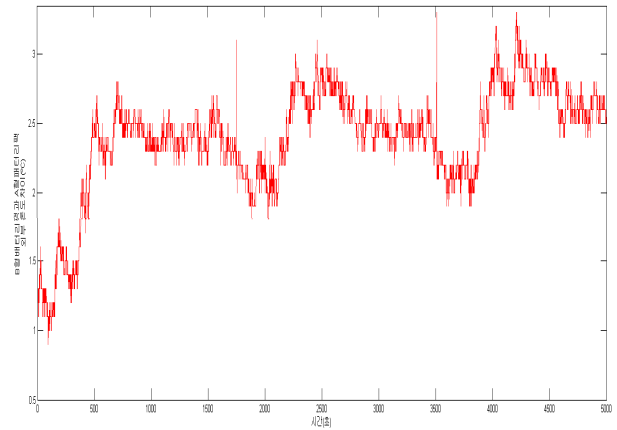


그림 6 배터리 표면온도 차이

#### 5. 결론

본 논문에서는 직렬조합 배터리팩의 구조에 의한 배터리 팩 표면온도 비교 분석에 대해서 다루었다. 지금까지 배터리 팩의 BMS는 배터리팩의 구조에 대해서 고려하지 않았지만 그림 5를 보았을 때 배터리팩 구조에 따른 SOC 추정 성능의 차이가 존재한다는 것을 확인했다. 이는 그림 6을 보았을 때 배터리 구조에 따른 배터리팩의 표면온도 차이에 의해서 발생하는 오차이다. 확장 칼만필터 SOC 추정 값과 전류적산법 SOC 추정 값의 차이가 각 구조에 따라서 크게 변화하지 않아 보이지만 실제 환경에서 전류적산법을 사용하는 BMS의 경우 오류가 누적되는 치명적인 단점이 있기 때문에 SOC 추정 성능이 더욱 떨어질 것이라 예상된다. 그리고 배터리 보관 장소에 배터리 온도조절 장치가 없다면 SOC 추정 오류가 더욱 증가할 것이다. 또한 이 논문에서 실험에 사용한 배터리 팩이 4S1P의 작은 배터리 팩인 것을 고려하였을 때 직렬 배터리의 수가 증가함에 따라 구조에 따른 차이가 더욱 증가할 것을 예측할 수 있다.

추후에 직렬배터리의 수를 늘려 이번 논문에서 제시한 A, B형 외에 다양한 형태의 배터리팩 구조에 따른 표면 온도 차이에 대해서 연구할 필요가 있으며 그 때의 SOC추정 오차 및 이런 상황에서의 BMS에 대해서 연구할 필요가 있다.

#### 참고 문헌

- [1] 장기욱, 김혁진, 정교범, “배터리 모델링 및 SOC 추정기법 비교 연구”, 전력전자학회, 전력전자학술대회논문집, 2010. 07, 87-88
- [2] 남완용 “축소차원 칼만 필터링을 이용한 리튬이온 배터리 SOC 추정 방법”, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 전기·컴퓨터 공학부, 2006
- [3] 이현준, 박종후, 김종훈, “등가회로 모델링 구성에 따른 확장 칼만필터(EKF) 기반 SOC 추정성능 비교분석”, 전력전자학회, 추계학술대회논문집, 2014.11, 56-57
- [4] 김종훈, 전창윤, 허인녕, 조보형, 김범재, “OCV 히스테리시스 특성을 이용한 확장 칼만 필터 기반 리튬 폴리머 배터리 SOC 추정”, 전력전자학회, 전력전자학술대회논문집, 2011. 11, 301-302