

# 리튬 배터리의 운용온도와 충방전과의 관계분석

이중현\*, 김현실\*, 이인수\*

\*경북대학교 전자공학과

e-mail : whdugs8428@knu.ac.kr

## Analysis of relationship between operating temperature and charging/discharging of lithium battery

Jong-Hyun Lee, Hyun-Sil Kim\*, In-Soo Lee\*

\*School of Electronics Engineering, Kyungpook National University

### 요 약

현재 리튬 배터리는 휴대폰, 전기자동차, 무인잠수정, 에너지저장 장치(ESS)와 같은 다양한 영역에서 주요 동력으로 사용되고 있다. 따라서 배터리의 상태를 최적으로 유지시키는 것이 중요하다. 배터리의 상태는 추정된 SOC(State of Charge)로 부터 예측 할 수 있으며 SOC는 온도와 전류의 변화에 의해서 변하게 된다. 본 논문에서는 상온과 고온에서 리튬 배터리 셀을 운용하여 온도에 따른 배터리의 변화를 비교 분석하였다.

### 1. 서론

리튬 배터리는 납축전지에 비해 수명이 길고 충·방전 사이클에 강하며 자가 방전율이 낮은 특성을 가지며, 휴대폰, 전기자동차, 무인잠수정, 에너지저장 장치(ESS) 등의 다양한 영역에서 활용되고 있으며, 차세대 성장 동력으로 각광을 받고 있다[1][2]. 리튬 배터리의 단위전지를 배터리 셀이라고 하며, 배터리를 적용하는 시스템의 특성에 따라 배터리 셀을 직렬 또는 병렬로 조합하여 배터리팩을 만들 수 있다. BMS(Battery Management System)는 배터리팩에서 개별의 배터리 셀의 전압, 전류 및 온도상태 등을 실시간으로 검출하여 충·방전 전류를 제어함으로 과충전 및 과방전을 방지하며 충전/방전상태, 잔존 용량, 잔존 수명 등을 계산/추정하여 배터리의 상태를 최적으로 유지토록 한다. 따라서, 리튬 배터리의 잔존 용량 및 잔존 수명을 판단하기 위해서는 노화에 따른 SOC(State of Charge)의 변화로부터 배터리의 상태를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 리튬 배터리의 전압은 SOC 레벨에 따라 비선형적인 특성을 가지며 온도와 전류의 변화에 따라 변하며, 충방전 횟수가 증가할수록 용량이 감소하게 된다. 따라서, BMS는 배터리 셀이 운용되는 온도, 전류, 셀 노화도 등의 다양한 조건에서 실시간의 정확한 SOC 추정 기법이 적용되어야 한다. 배터리의 SOC를 추정 기법은 전기화학적 모델링, 전류적산 방법, 등가회로 모델을 이용하는 방법으로 구분할 수 있다[3][4].

본 논문에서는 실온(24°C) 및 고온(40°C) 조건에서 배터리를 충·방전 실험하였고, 등가회로 모델 기반의 내부 파라미터를 추출하여 내부 파라미터와 온도와의 관계를 시

뮬레이션을 통해서 비교/분석하였다.

### 2. 리튬 배터리 시험 및 시뮬레이션

#### 2.1 시험구성

배터리의 에너지 저장능력, 즉 용량(Capacity)이란 배터리의 완전 충전 상태에서 완전 방전상태까지 일정한 전류로 방전했을 때 방전 전하의 총량으로 정의된다. 완전 충전 상태란 일정 전압으로 충전하여 더 이상 전류가 흐르지 않는 상태로 정의한다. 완전 방전 상태는 배터리가 손상되지 않는 범위 안에서 방전 가능한 전하를 모두 배출한 상태로 정의한다.

본 논문에서는 배터리 단일 셀을 사용하여 그림 1과 같이 실험을 구성하였다. 배터리 셀의 사양은 표 1과 같다. 실험 방법은 만충(Fully charge)한 배터리를 8시간 동안 고온(40°C)에 노출시킨다. 이후 배터리를 3시간 동안 상온에 노출시킨 뒤 만방(Fully discharge)하는 것으로 구성하였다.

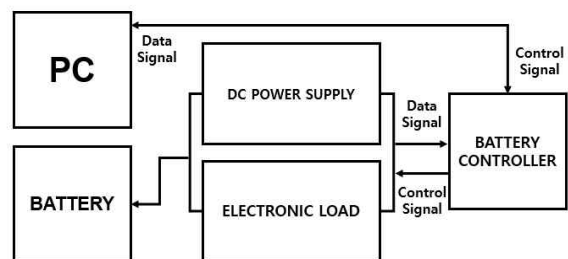


그림 1. 리튬 배터리 충·방전 실험 구성도

표 1. 배터리 셀 형상 및 스펙

Battery type	Li-Po battery
Capacity	1300[mAh]
Voltage Range	2.4 ~ 4.28[V]
Nominal Volage	3.7[V]

## 2.2 등가 회로 모델링

본 논문에서는 그림 2 및 그림 3 의 Mathlab Simulink 등가회로 모델 기법[5]을 사용하였다. 이 모델은 운용 온도 조건의 변화에 따른 배터리의 전압 변화와 SOC를 추정할 수 있다. 셀의 단자전압을 측정하기 위하여 등가회로에서 입력에 실험을 통해 획득된 전류 데이터를 삽입한다. Coulomb Counting Method[3]은 식(1)과 같으며, 배터리의 충·방전 전류를 적분하여 SOC를 추정한다.

$$SOC_t = SOC_{t_0} + \frac{1}{C_n} \int_{t_0}^t i dt \quad (1)$$

여기서  $SOC_t$  및  $SOC_{t_0}$ 는 시간  $t$  및  $t_0$ 에서의 SOC이며,  $C_n$ 는 배터리 정격용량,  $i$ 는 배터리 전류를 나타낸다. 배터리 외부에서 측정 가능한 단자전압  $V_t$ 는 추정된  $SOC_t$ 로부터 식 (2)와 같이 표현된다.

$$V_t = OCV(SOC(t)) - V_1 - V_0 \quad (2)$$

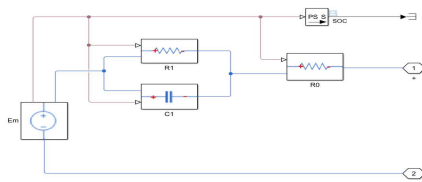


그림 2. RC 1차 등가 회로 모델

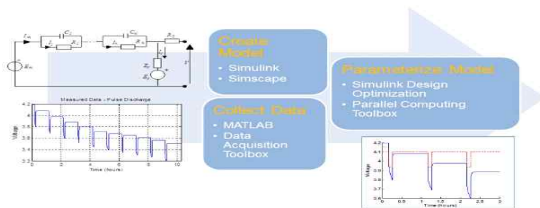


그림 3. Matlab Simulink 배터리 모델링 절차

## 2.2 시뮬레이션 결과

배터리 등가 회로 모델에 충·방전 실험을 통해 획득된 전류 및 전압 데이터를 인가하여, 온도에 따른 전압 및 내부 파라미터( $R_0$ ,  $R_1$ ,  $C_1$ )를 추정하였다. 표 2는 운용 온도에 따른 추정된 내부 파라미터이며 이를 통해 고온 상태에서 배터리를 운용하면  $R_0$ ,  $R_1$ 의 값이 증가하고  $C_1$  값이 감소하는 것을 확인 할 수 있다. 그림 4는 운용 온도에 따른 방전 그래프이며 고온에서 운용한 배터리는 상온에

서 운용한 배터리보다 방전 시간이 짧아짐을 확인할 수 있었다.

표 2. 온도에 따른 등가회로 내부 파라미터 비교

	$R_0$	$R_1$	$C_1$
20°C	0.166	0.778	5914.4
40°C	0.287	0.999	4049.4

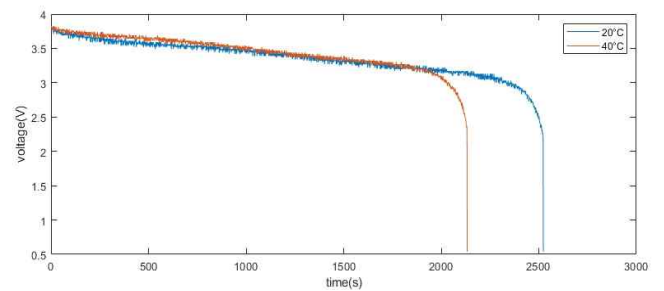


그림 4. 운용 온도에 따른 배터리 방전 전류 그래프

## 3. 결론

본 논문에서는 실온(20°C) 및 고온(40°C) 조건에서 배터리 단일 셀을 충·방전 실험하였고, 배터리의 방전 그래프와 등가회로 모델 기반의 내부 파라미터를 추출하여 온도에 따른 운용 조건에서의 배터리의 상태 변화를 비교하였다. 이를 바탕으로, 운용 온도가 배터리의 수명열화 과정과 관련성이 있음을 확인하였다. 향후 추가적인 실험을 통해 방전 용량 및 내부 파라미터 변화에 의한 SOH(State of Health) 변화를 예측하는 방법을 제안하고자 한다.

## 참고문헌

- [1] T.B. Reddy, Linden's handbook of batteries, MacGraw Hill Companiew, New York, 2011.
- [2] Portable equipment moves to lithium ion cells, Purchasing, 2000.
- [3] S. Piller, M. Perrin, A. jossen, "Methods for state-of-charge determination and their applications", Journal of Power Sources, Vol. 96, pp113-120, Jun, 2001.
- [4] T.Huria, M. Ceraolo, J. Gazzarri, R. Jackey, "High Fidelity Electrical Model with Thermal Dependence for characterization and Simulation of High power Lithium battery Cells," IEEE Electric Vehicle Conference, 2012.
- [5] <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/36019-lithium-battery-model-simulink-design-optimization>