

온도 변화에 따른 Ni-rich LIB의 설계인자별 파라미터 특성 비교 분석

권순중*, 임지훈**, 최진혁**, 김종훈*
충남대학교*, 한전 전력연구원**

Comparative Analysis of the characteristics of Ni-rich LIB according to temperature change

권순중*, 임지훈**, 최진혁**, 김종훈*
충남대학교*, 한전 전력연구원**

ABSTRACT

The world market for BESS (Battery Energy Storage System) is growing rapidly, and battery technology is also developing. It is important to understand the battery characteristics and develop a control strategy to develop the optimal BMS (Battery Management System). In this paper, we compare and analyze the parameter characteristics of NCM LIB (Lithium Ion Battery) according to the temperature change.

1. 서 론

신재생 에너지원 및 전기차 보급은 나날이 확대되어 가고 있으며 정부의 지원 정책에 힘입어 BESS시장은 급속도로 성장하고 있다. 특히 2015년 전세계 76GWh의 출하량이 집계된 리튬이온전지(LIB) 시장의 경우, 2020년에는 544.2 GWh까지 성장할 것으로 기대된다.^[2]

리튬을 이용한 배터리는 1960년 미국의 항공우주국, 즉 NASA에서 최초로 개발되었고, 1970년에 비로소 상용화 되었다. 리튬이온 2차전지는 1985년 일본의 Akira Yoshino에 의해 발명되어 1991년 소니社에 의해 상용화 되었다.^[2] 이때 처음으로 사용한 양극재가 리튬코발트산화물(LiCoO₂)이다. 양극재로서 LCO 물질은 3.7V의 공칭전압을 가지고 있으며, 가역적으로 리튬의 삽입과 탈리가 이루어지는 물질로 합성이 용이하고, 수명특성도 좋아서 지금까지도 가장 많이 사용되고 있는 물질이다. 하지만 한정된 매장량을 가진 코발트(CO)의 비싼 가격이 LCO 물질의 가장 큰 문제점이고, 이를 해결하기 위하여 전이 금속에 다른 물질을 치환하여 개발하는 시도가 이루어 졌다.

그 결과 수많은 양극재가 개발되어 왔고, 소재 종류에 따라 또는 소재 구성 요소들의 설계 비율에 따라 다양한 특성을 보이게 된다. 배터리 특성이 고려되지 않는 제어를 한다면 배터리의 성능 및 수명은 보장할 수 없기 때문에 배터리 특성을 고려한 최적의 제어전략을 수립하고 이에 따라 BMS를 설계하는 것은 매우 중요하다.

2. 본 론

2.1 설계인자별 Ni-rich LIB

NCM 양극재는 Ni의 고용량 특성, Mn의 우수한 열적 안정

성 및 낮은 가격, Co의 안정된 전기화학적 특성 등과 같은 장점들을 결합시킨 것으로 높은 용량과 우수한 수명 특성 및 안전성을 나타내는 특징이 있어^[1] 전 세계적으로 많은 회사들이 투자와 개발을 지속하고 있다.

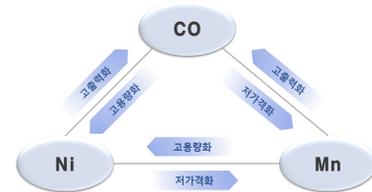


그림 1 NCM 3원분계의 전이금속에 따른 특성^[1]
Figure 1 Transition metal Characteristics of NCM LIB

Ni의 양이 증가되어 NCM523, NCM622, NCM811로 조성비가 변경됨에 따라 배터리의 가역 용량은 증가한다.^[4] 하지만 Ni²⁺(0.69Å)과 Li⁺이온의 이온반경(0.76Å)은 유사하기 때문에 Ni 함량이 증가할수록 Ni과 Li은 서로 자리를 바꾸어 결정을 이루는 양이온 혼합(Cation-Mixing)이 잘 발생하게 되고^[3], 이로 인해 배터리의 성능 및 수명은 저하된다.

2.2 실험

설계인자별 NCM계 LIB의 파라미터 특성을 분석하기 위해 MACCOR社 5V ±150A 사양의 4000 Series 충방전기를 사용하였다. 배터리는 다음과 같이 NCM양극재의 설계인자 구성비를 달리하여 제작한 20Ah급 NCM523(x=0.5, y=0.2, z=0.3)과 NCM622(x=0.6, y=0.2, z=0.2)배터리를 사용하여 실험을 진행하였다.



그림 2 배터리 충방전기(MACCOR)
Figure 2 Battery Charger / Discharger (MACCOR)

2.2.1 실험 설계

실험은 2.8V~4.2V의 전압범위 내에서 1C-rate의 전류를 인가하여 CC-CV(Constant Current-Constant Voltage)로 완전 충

전하였다, CV의 종료 조건은 전류가 1/20 C-rate에 도달하였을 때 종료하는 것으로 하였다.

위의 방식으로 SOC(State-of-Charge)100%부터 SOC0%까지 5%씩 낮추어 가며 SOC별 OCV를 측정하는 실험을 진행하였고 이를 통해 온도변화(10°C, 25°C, 40°C)에 따른 NCM523, NCM622배터리의 SOC별 파라미터를 추출하였다.

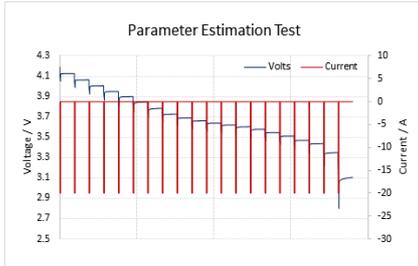


그림 3 SOC별 Parameter 측정 시험
Figure 3 Parameter measurement test by SOC

2.2.2 실험 결과

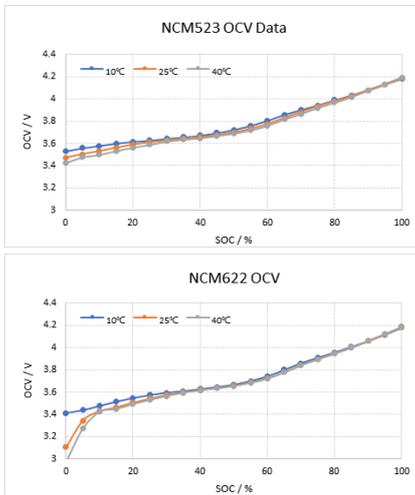


그림 4 온도별 OCV (NCM523vsNCM622)
Figure 4 OCV by Temperature (NCM523vsNCM622)

그림4는 온도 변화(10°C,25°C,40°C) 따른 NCM523, NCM622 배터리 OCV(Open Circuit Voltage)를 나타낸 것이다. SOC30 이상의 영역에서는 온도 변화에 따른 OCV 특성은 유사하게 나타났지만, SOC30 아래 영역에서는 열적안정성이 상대적으로 우수한 NCM523이 NCM622에 비하여 온도 변화에 덜 민감한 OCV 특성을 보였다.

그림5는 온도변화에 따른 SOC별 파라미터 추정을 한 것이다. 1개의 직렬저항에 2개의 R-C ladder로 전기적 등가모형을 구성하여 추정을 하였고, 전체적으로 NCM622이 NCM523에 비하여 높은 파라미터 값을 보였다. IR Drop으로 나타나는 직렬저항은 그림5-(a)에서 확인할 수 있는데 25°C, 40°C에서의 저항 특성은 유사하지만 낮은 온도에서 배터리의 저항 값이 큰 폭으로 증가하는 것을 확인할 수 있다.

그림5-(b~e)는 2개의 R-C ladder의 파라미터 동적 특성을 보여주고 있다. NCM523이 NCM622에 비하여 온도 변화에 따른 파라미터 특성 변화가 큰 것을 확인할 수 있고, NCM622의 R1,R2는 온도가 바뀌어도 변화가 거의 없음을 알 수 있다.

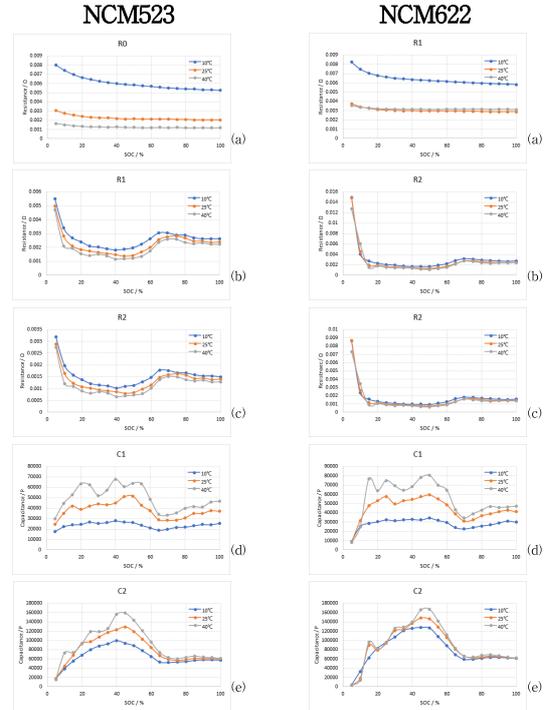


그림 5 온도변화에 따른 SOC별 배터리 파라미터 추정
Figure 5 Battery parameter estimation by SOC according to temperature change

3. 결론

이번 논문에서는 온도변화에 따른 NCM523, NCM622 파라미터 특성을 비교 분석하였다. NCM523과 NCM622 배터리 모두 낮은 온도에서 매우 큰 저항값을 보여 낮은 온도에서의 제어전략이 중요하다는 것을 알 수 있었다. BESS시장은 급속도로 성장하고 있으며, 다양한 소재의 배터리가 이에 적용되고 있다. 배터리의 특성은 소재에 따라 매우 큰 차이를 보이고 있기 때문에 이를 고려하지 않은 동일한 제어전략은 배터리 고장 및 사고 위험성을 키울 수 있다. 따라서 다양한 배터리의 특성을 이해하고 이에 맞추어 적절한 제어전략을 수립하는 것은 최적의 BMS(Battery Management System) 설계에 있어 중요한 부분이다.

참고 문헌

- [1] 최진혁, "전기에너지 저장장치의 이해(리튬이차전지)", 한국 전력공사 전력연구원, 2014, October.
- [2] "리튬이온2차전지 양극재 기술동향 및 시장전망", SNE Research, 2017.
- [3] Cheng-chi PAN, "Influences of transition metal on structural and electrochemical properties of $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z]\text{O}_2$ ($0.6 \leq x \leq 0.8$) cathode materials for lithium-ion batteries", Trans. Nonferrous Met. Soc. China 26(2016) 1396-1402, 2016.
- [4] Noh, H.J, "Comparison of the structural and electrochemical properties of layered $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z]\text{O}_2$ ($x=1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ and 0.85) cathode material for lithium-ion batteries", Journal of Power Sources, 2013. 233: p. 121-130.