

BESS용 리튬 배터리의 임피던스 모델링

이종학, 김수홍, 김태형, 김상현, 권병기
(주)포스코 ICT

The Impedance Modeling of the Lithium Battery for BESS

Jong Hak Lee, Soo Hong Kim, Tae Hyeong Kim, Sang Hyun Kim, Byeong Ki Kwon
POSCO ICT

ABSTRACT

본 논문은 배터리 에너지 저장 시스템(Battery Energy Storage System, BESS)에 사용된 대용량 리튬이온 배터리의 등가 모델링을 제안하였다. 리튬 배터리의 전기화학적 특성을 고려한 임피던스 등가모델을 선정한 후 등가모델의 파라미터를 추출하였으며, 추출된 파라미터와 SOC(State of Charge)와의 관계를 살펴보았다. 본 연구를 통하여 얻어진 파라미터를 이용하면 BESS 제어시 배터리 특성을 파악할 수 있으므로, 배터리의 최적제어 및 시스템의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

최근 화석연료에 의한 지구 온난화의 주원인인 온실가스 배출 억제를 위해 태양광, 풍력, 연료전지 등의 신재생에너지가 각광 받고 있다. 그러나 태양광 및 풍력과 같은 재생에너지는 입지환경이나 자연조건에 크게 영향을 받으므로 출력 에너지가 매우 불규칙하다. 이러한 문제를 해결하고자 에너지 효율 극대화 및 계통 안정화를 위한 배터리 에너지 저장 시스템이 주목 받고 있다. 에너지 저장용 배터리로는 리튬 배터리를 많이 사용하고 있으며, 리튬 배터리는 다른 이차전지에 비해 평균전압 및 에너지 밀도가 높고, 가벼우며 수명이 긴 장점을 지니고 있다^[1].

본 논문에서는 신재생에너지원의 이용효율을 높이기 위해 BESS용 배터리의 등가 모델링 및 임피던스 특성을 분석하였으며, 임피던스 특성은 OCV(Open Circuit Voltage)로 해석하였다.

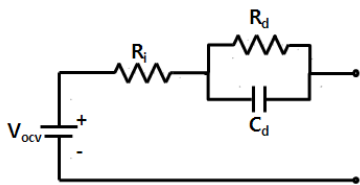


그림 1. 배터리 임피던스 등가모델

2. 본론

2.1 배터리 임피던스 등가모델

배터리의 과도상태에 대한 특성을 표현하기 위해 사용한 등

가모델은 그림 1과 같다. 등가모델은 배터리 내부저항과 전하 전이저항을 합한 R_i (Internal Resistance), 확산현상에 의한 저항 R_d (Diffusion Resistance)와 커패시터 C_d (Diffusion Capacitance), 그리고 부하가 연결되지 않은 상태에서의 전압 V_{ocv} 로 구성되어 있다.

2.2 배터리 임피던스 추출 방법

본 논문에서 배터리의 임피던스를 추출하기 위해 POSCO ICT에서 제작한 140kVA급 BESS를 사용하였다. 배터리는 LG 화학에서 제작된 3.7V 공칭전압과 15Ah의 공칭용량의 리튬 배터리이며, 이를 192S 3P로 구성하여 적층된 Rack을 사용하였다. 배터리 Rack의 공칭전압은 710.4V이며, 최대 및 최소 전압은 796.8V 및 576V, 공칭용량은 45Ah이다. 실험 순서는 먼저 제조사에서 제시한 방법인 정전류 정전압 충전법으로 충전을 실시한 후 1시간의 휴지 기간을 갖는다.

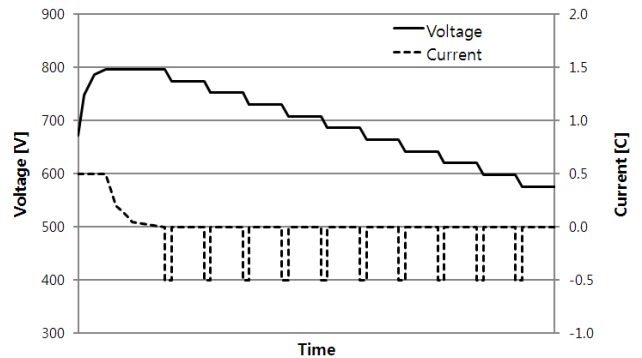


그림 2. 실험 프로파일

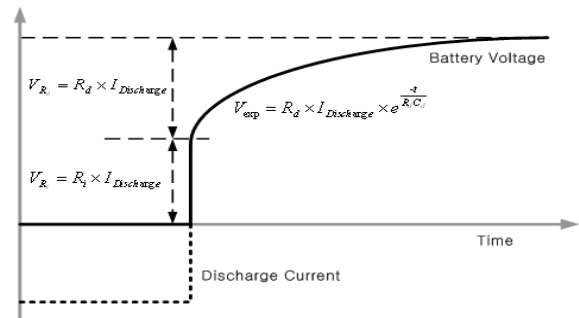


그림 3. OCV를 이용한 파라미터 추출 방법

이후 0.5C의 전류로 SOC 10%씩 방전하고, 각 SOC 단계에서 1시간의 휴지시간을 갖는데, 이유는 OCV를 확인하기 위함이다. 임피던스 측정범위는 실제 배터리 이용범위인 SOC 80%~20%이며, 실험 방법에 대한 전류 프로파일 및 응답전압은 그림 2와 같다. 그림 3은 실험을 통해 얻은 전류와 배터리 단자전압 및 OCV으로부터 등가모델의 파라미터를 추출하는 방법을 나타낸 것이다. 방전 중 각 SOC단계에 도달하게 되면 인가된 전류가 차단되고, 배터리 전압은 순간적으로 전압상승이 일어난 후 지수함수적으로 증가하게 된다. 순간적으로 상승하는 전압으로 내부 저항 R_i , 지수함수적으로 감소하는 전압에서 R_d 와 C_d 를 구할 수 있다. 각 모델 파라미터는 식(1)~(3)과 같이 전압변동분과 시정수로부터 유도할 수 있다.

$$R_i = V_{R_i} / I_{Discharge} \quad (1)$$

$$R_d = V_{R_d} / I_{Discharge} \quad (2)$$

$$C_d = \tau / R_d \quad (3)$$

2.3 실험 결과

그림 4는 실험에서 얻은 배터리 단자 전압과 전류를 나타낸 것이다. 그림 5는 그림 4의 일부분을 확대한 그림이며, 실험 파형으로부터 등가모델의 파라미터를 계산하였다. 계산된 각 파라미터와 SOC의 관계를 그림 6에 나타내었다. 그림에서와 같이 SOC가 증가함에 따라 R_i , R_d , C_d 는 일정한 추세로 변화하는 것을 볼 수 있다.

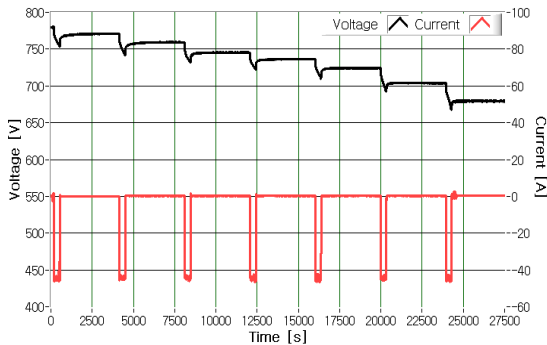


그림 4. 임피던스 및 OCV 측정을 위한 실험 파형

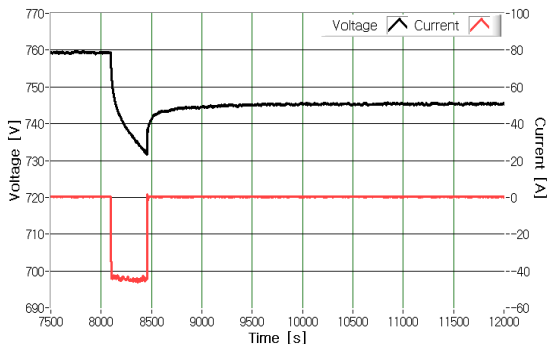


그림 5. 그림 4의 확대 파형 (SOC 70%)

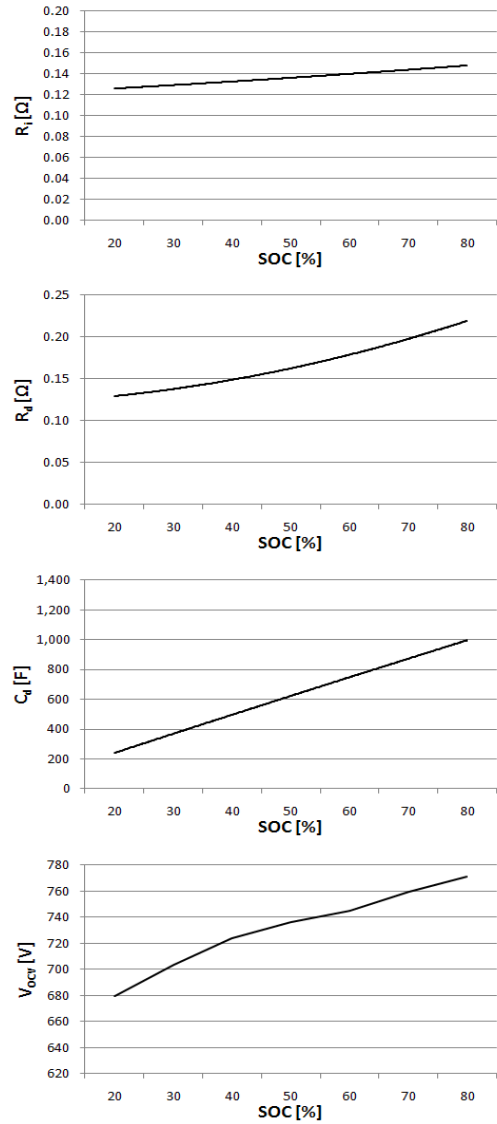


그림 6. SOC별 임피던스 파라미터 및 OCV

3. 결론

본 논문에서는 35kWh급 배터리 Rack시스템을 이용하여 배터리 모델링 및 SOC별 파라미터를 추출하였다. 실험에 사용된 배터리는 리튬 배터리로 방전 전류, Rack 단자전압 및 OCV로부터 등가모델 파라미터를 추출하고, SOC와의 관계를 분석하였다. 추후 당사에서 개발한 500kWh급 배터리 시스템을 본 연구를 기반으로 분석할 예정이며, 분석된 등가모델을 이용하여 배터리 특성이 고려된 BESS 최적제어방법을 도출할 예정이다.

참고 문헌

[1] M. Broussely and G. Pistoia, "Industrial applications of batteries", Amsterdam, 2007.