

전기 스쿠터를 위한 Li-ion 배터리 특성

김승환¹, 김효성[†]

씨엠파트너¹, 공주대학교 전기전자제어공학부[†]

Li-ion Battery Characteristics for Electric Scooters

Seunghwan Kim¹, Hyosung Kim[†]

CMPARTNER¹, Division of EE and Control Engineering, Kongju National University[†]

ABSTRACT

배터리의 랜들 등가회로 모델은 기본적으로, 전달 저항 R_{ct} , 전기 이중층 커패시턴스 C_{dl} , 내부저항 R_i , 그리고 개방회로전압 V_{oc} 의 4가지 파라미터로 구성 된다.

본 논문은 실험에 의해 리튬이온 배터리의 모델링을 위한 기본적 4가지 파라미터를 추출하고 운전조건에 따른 특성을 분석한다. 분석 결과를 이용하여 본 연구자에 의하여 제작된 전기 스쿠터의 SOC(State of Charge)를 추정하는 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

배터리 기술의 핵심은 배터리에 남아 있는 용량을 정확히 파악하는 것이며 이를 기반으로 현재의 충전 및 방전 패턴을 분석하여 이후 사용 가능한 시간에 대한 산출과 교체시점에 대한 예측이 가능해진다. 최근 배터리의 수요는 하이브리드 전기자동차(HEV), 순수 전기자동차(EV), 에너지 저장시스템(ESS) 등 다양한 분야로 확산되고 있으며, 이러한 분야에 사용되는 대용량 배터리의 경우에는 잔존용량의 예측이 보다 정확하게 이루어질 것이 요구되고 있다.

전기 스쿠터의 핵심 기술 중 하나는 충전과 방전이 반복적으로 빈번하게 이루어져야하는 배터리의 관리기술이며, 여기에는 2가지의 중요 요소 기술이 있다. 첫 번째는 배터리의 용량과 수명을 최대로 사용하도록 하는 충방전 기술이며, 두 번째는 배터리의 잔존용량과 수명을 정확히 산출해 내는 배터리상태 측정 기술이다. 전기 스쿠터의 모터 부하는 고율의 전류가 짧은 순간에 방전되기 때문에 순시적인 전류의 변화에 따른 정확한 SOC 측정이 필수적이다.

배터리의 SOC는 일반적으로 전류적산 방법으로 계산하여 얻을 수 있지만, 변수 오차나 파라미터 변동에 의해서 오차가 누적될 수 있다. 또한, SOC는 배터리의 화학적 구성, 과거사용이력, 노후화, 주변 온도, 내부 임피던스 등에 의해 영향을 받을 수 있고, 배터리의 내부 임피던스는 비선형적이고, 비가역적이기 때문에 배터리의 모델링 수립과 SOC를 산출하는 데 어려움이 있다.

본 논문에서는 실험적 연구를 통해 리튬이온 배터리의 정확한 모델을 수립하고 저자들에 의하여 개발된 전기 스쿠터에 적용하여 사용가능한 SOC 추정 알고리즘을 제안한다. 충·방전시단자 전압과 배터리의 전류를 분석함으로써, 랜들 등가 회로의 4가지 파라미터인 전달 저항 R_{ct} , 전기이중층 커패시터 C_{dl} , 내부 저항 R_i , 그리고 개방회로전압 V_{oc} 를 분석할 수 있다. 이 파라미터는 데이터 테이블에 의해 맵핑을 통하여 제안된 SOC 알고리즘을 수식화 하여 전기 스쿠터의 BMS에 적용하고 실험에 의하여 검증한다.



그림 1 배터리 팩과 전기 스쿠터로 개발된 BMS

2. 배터리 모델링 알고리즘

그림 2는 4가지 파라미터로 구성된 랜들 등가회로를 보여준다. 배터리의 랜들 등가 회로는 전달 저항 R_{ct} , 전기이중층 커패시터 C_{dl} , 내부저항 R_i , 그리고 개방회로전압 V_{oc} 로 구성된다. 전달 저항은 배터리의 전극과 전해질 사이의 저항이다. 내부 저항은 2개의 경로로 구성되며, 배터리의 출력 단자에 포함되는 금속저항과 전해질과 분리막의 전기 화학 저항으로 구성된다. 전기이중층 커패시턴스는 배터리의 셀을 구성하는 전극판 사이의 축전 용량이다. 개방 회로 전압은 배터리가 충분히 휴식을 했을 때 배터리 자체 전압이다.

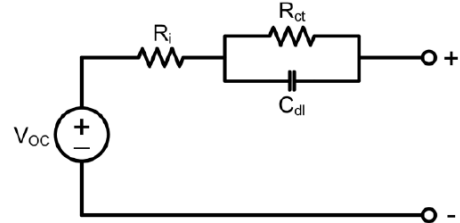


그림 2 랜들 등가 회로

그림 3은 펄스 충·방전시의 전달저항 R_{ct} , 내부저항 R_i , 개방회로전압 V_{oc} 를 추출하는 방법이다. 배터리의 파라미터를 확인하기 위해 펄스로 변동하는 충·방전 전류에서 배터리의 전압 응답을 확인 후 6개의 측정 포인트를 설정하여 3개의 파라미터를 추출하기 위해서 사용되었다.

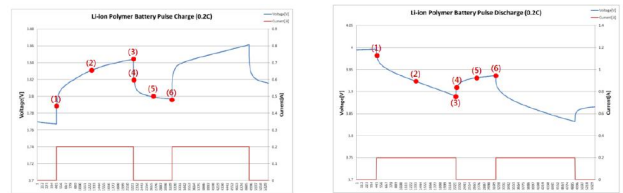


그림 3 충전/방전 전압 프로파일

3. 실험 결과

3.1 실험 시나리오

그림 4는 테스트 배터리의 3개 파라미터(전달 저항 R_{ct} , 내부 저항 R_i , 개방 회로 전압 V_{oc})를 추출하기 위해 제안된 실험 시나리오를 설명한다. 실험 시나리오는 2개의 그룹으로 구성되며 충·방전 테스트 전 배터리의 상태를 균일하게 하기 위해서 초기화 단계를 두었으며, 펄스 테스트 전에 배터리의 휴식 시간을 충분히 주었다. 표 1은 충·방전 펄스 전류 크기에 대한 테스트 동작 시간을 보여준다.

표 1. 펄스 전류 크기 Vs. 동작 시간

펄스 전류 크기 [C-rate]	동작 시간 [min]
0.2	30
0.4	15
0.6	10
0.8	7.5
1.0	6

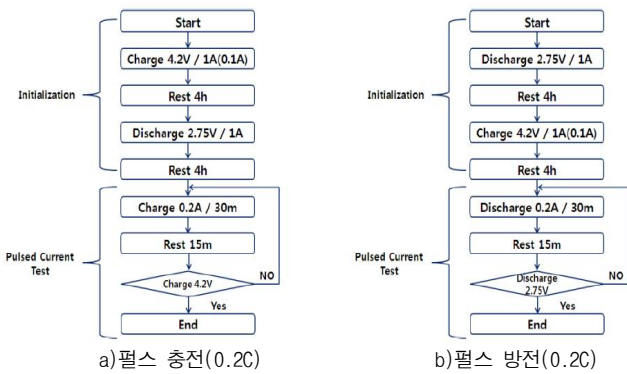


그림 4 실험 시나리오

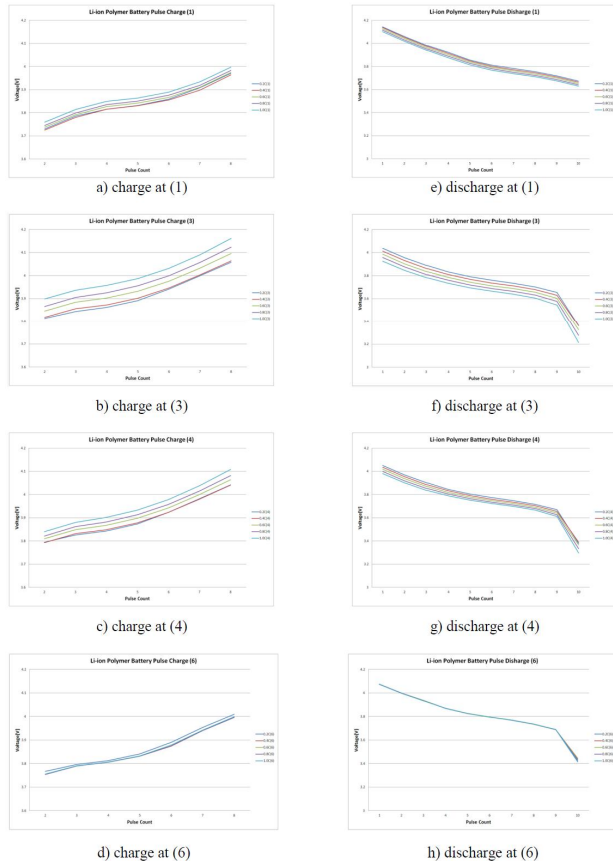


그림 5 실험 전압 프로파일

3.2 결과

그림 5는 충·방전 테스트 동안의 배터리 전압 프로파일의 실험결과를 보여준다. 6개의 측정 포인트 중 (1), (3), (4), 그리고 (6)번 측정 포인트는 중요한 의미를 갖으며, 측정된 포인트의 전압을 분석하여 2개의 배터리 파라미터인 전달저항 R_{ct} , 내부 저항 R_i 를 계산 할 수 있다. 하지만, 다양한 동작 상태에서 파라미터를 정확히 추정하기 위해선 다양한 조건에서의 데이터 테이블이 필요하다.

4. OCV 데이터를 사용한 SOC 추정

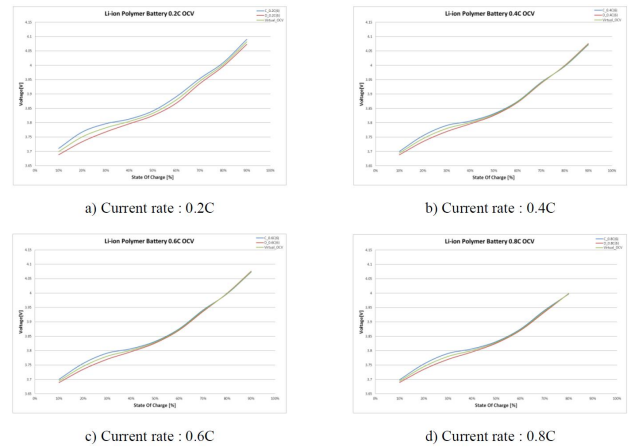


그림 6 SOC 추정 결과

그림 6은 논문에서 제안된 SOC 추정 결과를 보여준다. 다양한 동작 조건에서 파라미터 테이블을 사용하여 제안된 알고리즘은 정확히 배터리의 SOC를 추정 한다.

5. 결론

본 논문에서는 랜들 등가 회로의 리튬이온 배터리 기반에 배터리 모델을 제안하며, 세 가지 파라미터로 전달 저항 R_{ct} , 내부 저항 R_i , 개방회로전압 V_{oc} 로 구성 된다. 제안된 테스트 시나리오는 실험에서 성공적으로 3개의 변수를 추출하였고, 제안된 알고리즘은 파라미터 테이블을 사용하여 전기 스쿠터에 적용하기 위한 SOC 추정에 활용 가능함을 확인 하였다.

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원을 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.
(No.2012R1A1A2039747)

참고 문헌

[1] F. Baronti, W. Zamboni, N. Femia, R. Roncella and R. Saletti, "Experimental analysis of open circuit voltage hysteresis in lithium iron phosphate batteries," Industrial Electronics Society, IECON 2013 39th Annual Conference of the IEEE pp. 6728 6733, October 2013.