

리튬폴리머 배터리(LiPB)의 OCV를 이용한 배터리 SOH 추정 방법

노동윤 · 황인성 · 유지윤
고려대학교 전기전자전파공학부

SOH Estimation Method of Lithium Polymer Batteries Using OCV

Dongyoon Noh · Insung Hwang · Jiyeon Yoo
Department of Electrical Engineering, Korea University

ABSTRACT

본 논문은 리튬 폴리머 배터리(LiPB)의 OCV(Open Circuit Voltage; 개방전압)를 이용한 배터리 SOH(State Of Health; 잔존수명) 추정하는 방법의 제안이다. 종래에는 배터리 수명은 제조사에서 지정된 시간이나 충방전 횟수를 기초로 수명을 결정하였다. 하지만 배터리의 온도, 충전방법, 전류변화 및 DOD(Depth of Discharge; 방전심도) 정도에 따라 배터리 수명은 유동적이다. 따라서 배터리가 노후됨에 따라 OCV가 변한다는 원리를 이용하여 임피던스 분석을 통해서 SOH, 즉 배터리 잔존수명을 추정하는 기술을 제안하였다.

1. 서 론

줄어드는 천연자원과 환경문제에 대한 날로 높아 가는 관심으로 신재생에너지와 더불어 에너지저장장치 역시 관심이 지대해지고 있다. 그 중, 리튬 폴리머 배터리(LiPB)는 Ni-MH를 대체하는 배터리로 각광받고 있다. 특히 Ni-MH보다 높은 작동전압과 에너지밀도 그리고 소형, 경량화가 가능해서 하이브리드 자동차 뿐만 아니라 다양한 어플리케이션에서 그 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1]

기본적으로 배터리는 충방전을 반복함으로써 노화가 된다. 하지만 여러 가지 요인으로 인해 배터리의 노화는 더 빨리 진행된다. 이는 정격용량을 낮출 뿐만 아니라 내부 저항 상승, 낮은 전압, 자가 방전을 야기시킨다.^[2] 노화를 시키는 원인으로는 극심한 온도변화, 과충전과 과방전, C-rate 그리고 DOD 등을 대표적으로 들 수 있다.^{[3][4]} 이와 같은 배터리 노화 원인은 배터리의 잔존수명을 추정하는데 많은 어려움을 준다.

본 논문은 배터리 SOH 추정을 위해서 충방전 시에는 배터리 특성 외에 많은 방해요소가 산재해 있기에 OCV를 이용하여 본연의 배터리 특성을 확인코자 하였다. 측정된 OCV 프로파일로 임피던스를 유도하였고 배터리가 노후됨에 따라 변화하는 임피던스를 기초로 배터리 SOH를 추정하는 방법을 제안하고자 한다.

2. 본 론

2.1 배터리 OCV 특성 분석

일반적으로 배터리 충방전시에는 2차 Randles 등가회로를 사용하여 인덕턴스(L)성분까지 고려하게 된다. 하지만 OCV 상

태일 때는 전류의 흐름상태가 아닌 개방(Open) 상태이기에 인덕턴스 성분은 제외된 1차 Randles 등가회로(그림 1)를 사용한다. 여기서 R_1 은 OCV 측정시 순간적으로 떨어지는 순간 내부 직렬전압, R_2 는 캐패시턴스(C)와 병렬로 지수함수적으로 떨어지는 내부저항을 표현했다.

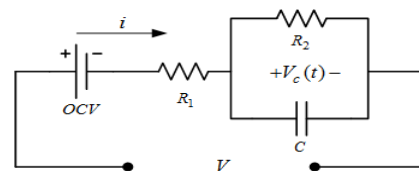


그림 1 제안한 LiPB OCV 등가회로
Fig. 1 Suggested LiPB OCV equivalent circuit

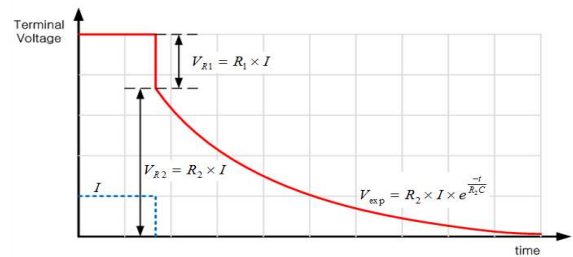


그림 2 OCV를 이용한 임피던스 유도방법
Fig. 2 To derive from impedance by OCV

측정된 전압 프로파일은 그림 2의 OCV를 이용한 임피던스 유도방법에 의해서 R_1 , R_2 그리고 C 성분이 계산된다. 측정된 등가회로 파라미터들은 충전 후와 방전 후일 때 서로 다른 값을 갖는데 이는 배터리 충방전시 서로 다른 전기화학적 반응이 일어나기에 다른 비율의 파라미터를 갖는다.

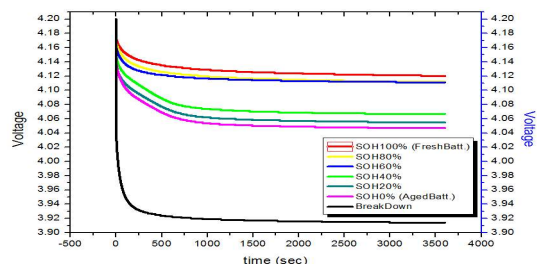


그림 3 충전후 OCV 변화
Fig. 3 Change of OCV after finish of charging

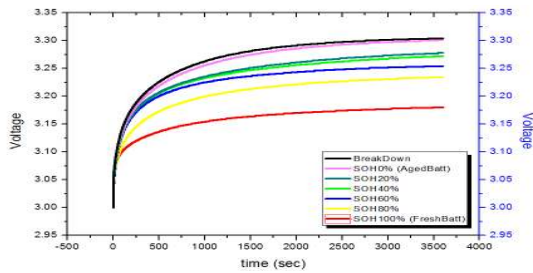


그림 4 방전후 OCV 변화
Fig. 4 Change of OCV after finish of discharging

그림 3은 충전을 완료한 후의 OCV 변화곡선, 그림 4는 방전을 완료한 후의 OCV 변화곡선이다. 위 그림을 통해서 배터리가 노후됨에 따라 충전시에는 전압이 떨어지고 방전시에는 전압이 높아짐을 알 수 있다. 이는 충방전을 거듭할수록 산소 기체가 발생 비율이 높아짐에 따라 그 기체가 전자의 흐름을 방해한다는 것을 의미한다.

2.2 등가회로 파라미터 분석

그림 2의 OCV를 이용한 임피던스 유도방법을 이용하여 충전시의 임피던스변화를 표 1에, 방전시의 임피던스 변화는 표 2에 각각 나타내었다. 이로부터 SOH가 낮아짐에 따라, 즉 배터리가 노후됨에 따라, 저항값은 증가하고 커패시턴스 값은 낮아짐을 알 수 있다. 측정된 임피던스 값으로 배터리의 SOH를 추정할 수 있고 더욱이 과충전시에는 임피던스 증가폭이 더 크게 변하므로 임피던스 변화를 통해 고장진단도 할 수 있다.

표 1 충전시 등가회로 파라미터 변화

Table 1 Change of parameters finishing charging

	SOH 100%	SOH 80%	SOH 60%	SOH 40%	SOH 20%	SOH 0%	Break down
$R_{l\Omega}$	0.06	0.0675	0.075	0.08	0.1	0.1125	0.405
R_{Ω}	0.14	0.1525	0.1475	0.2525	0.2625	0.27	0.31
C (F)	25714	23606	24406	14257	13714	13333	11612

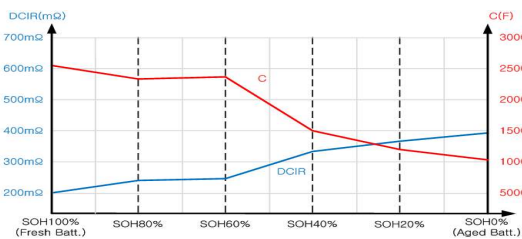


그림 5 충전시 임피던스 변화
Fig. 5 Change of Impedance after finish of charging

표 2 방전후 등가회로 파라미터 변화

Table 2 Change of parameters finishing discharging

	SOH 100%	SOH 80%	SOH 60%	SOH 40%	SOH 20%	SOH 0%	Break down
$R_{l\Omega}$	0.045	0.055	0.0625	0.0675	0.0825	0.0975	0.1025
R_{Ω}	0.405	0.53	0.5725	0.6125	0.6125	0.655	0.6575
C (F)	8888	6792	6288	5877	5877	5496	5475

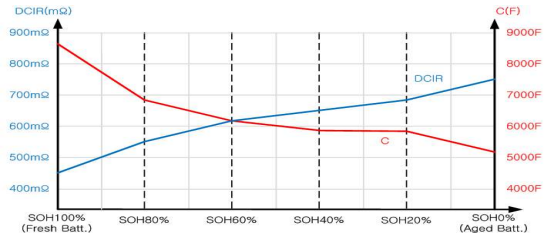


그림 6 방전시 임피던스 변화
Fig. 6 Change of Impedance after finish of discharging

2.3 배터리 SOH(잔존수명) 결정

실험결과를 통해서 식 (1)을 이용하면 초기 배터리와 노후된 배터리의 저항 뿐만 아니라 커패시턴스 성분을 비교하여 증가분을 확인할 수 있다. 충전시 저항의 경우 약 191% 상승했고, 커패시턴스는 193% 하락했다.

$$Batt_{EOL}(\%) = \frac{Aged\ Batt.\ Impedance}{Fresh\ Batt.\ Impedance} \times 100\% \quad (1)$$

$$SOH(\%) = \frac{Z_{EOL} - Z_{PRESENT}}{Z_{EOL} - Z_{FRESH}} \times 100\% \quad (2)$$

그리고 식 (2)를 이용하여 초기 상태의 임피던스와 EOL(End of Life; 수명 종료)의 임피던스를 비교하여 SOH(%)를 나타낼 수 있다. 특히, 순간적으로 떨어지는 R_1 값을 이용하면 실시간으로 SOH 상태를 확인 가능하다.

3. 결론

본 논문에서는 리튬폴리머 배터리(LiPB)의 SOH 측정을 위해서 OCV를 이용하여 배터리 본연의 특성을 확인했다. 또, 노후됨에 따라 OCV가 변하고 그에 따라 임피던스가 변화함을 확인하여 SOH를 추정함에 이용할 수 있음을 검토하였다. 단, 충방전시 임피던스 측정에 관한 많은 데이터의 확보와 오차 처리 문제를 비롯한 온도변화에 따른 특성 고려 등에 대한 많은 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Jayam Prabhakar Aditya, "Comparison of NiMH and Li-ion Batteries in Automotive Applications", Proceedings of the IEEE VPPC, 2008
- [2] R. Somogye, "An Aging Model of Ni-MH Batteries for Use in Hybrid Electric Vehicles", Master Thesis, The Ohio state university, Columbus, 2004
- [3] Dai Haifeng, "A New SOH Prediction Concept for the Power Lithium-ion Battery Used on HEVs", Proceeding of the IEEE, pp1649-1653, 2009
- [4] Atsushi Tanaami, "On-line Estimation of SOH for Lead-Acid Battery", Proceeding of the IEEE PEDS, pp 1552-1555, 2009
- [5] Battery Feul Gauge Deep Dive Training, "Impedance track battery fuel-gauging algorithm and testing", Texas Instruments, 2008