

온도를 고려한 리튬이온 프레스시 배터리의 특성 분석연구

김중훈, 이성준, 이재문, 조보형
 서울대학교 전기. 컴퓨터공학부

The Characteristics Analysis of Li-Ion Fresh Battery for Temperature

J. H Kim, S. J. Lee, J. M. Lee and B. H. Cho
 School of Electrical Engineering and Computer Science
 Seoul National University

ABSTRACT

상온에서 모든 리튬이온 프레스시 배터리의 특성이 동일하지는 않다. 각 프레스시 배터리 별 용량, direct current internal resistance (DCIR), 펄스파워가 각각 다른 값을 보인다. 하지만 저온이나 고온을 고려하였을 때 프레스시 배터리의 용량, DCIR, 펄스파워는 온도별로 비슷한 경향성을 보인다. 이번 논문에서는 온도(고온, 저온)를 고려한 리튬이온 프레스시 배터리의 특성을 분석, 연구하였다. 온도를 고려하였을 때 프레스시 배터리는 상온대비 고온, 저온별로 일정한 용량 변화율을 보이며, DCIR과 펄스파워는 특히 상온에서 고온으로 갈수록 일정한 경향성을 보인다. 실험은 10℃부터 50℃까지 11개의 프레스시 배터리를 통하여 온도별 특성을 검증하였다.

1. 서론

리튬이온 배터리는 에너지보존, 친환경적인 미래의 대체 에너지원으로서 큰 각광을 받고 있다. 특히 하이브리드 차량의 어플리케이션으로 많이 사용되고 있다.

프레스시 배터리는 거의 사용되지 않은, 즉 노화되지 않은 배터리를 말한다. 이러한 프레스시 배터리는 각각 상온에서 다른 용량, DCIR, 펄스파워를 나타낸다.

이러한 각각의 특성은 온도(저온, 고온)를 고려할 때 일정한 경향성을 보인다. 배터리의 용량은 고온을 적용할 때 용량이 증가하며 반대로 저온인 경우 용량이 감소한다. 상온에서 모든 프레스시 배터리의 용량 서로 다르지만 온도에 따른 증가, 감소하는 변화량은 대체로 일정하다. 또한 DCIR과 펄스파워는 상온에서 고온으로 갈수록 일정한 경향성을 보인다. 실험은 리튬이온 프레스시 배터리(1.3Ah) 18650 타입을 이용하였으며 11개를 이용하였다. 온도는 10℃부터 50℃까지 10℃ 간격으로 적용하였다.

2. 본론

2.1 용량 측정

프레스시 배터리의 용량은 만충 상태에서 만방 상태까지 일정한 전류로 방전했을 때의 방전 전하의 총량으로 정의된다. 만충은 배터리가 손상되지 않는 범위 안에서 수용할 수 있는 전하를 최대량으로 받은 상태, 만방은 같은 의미로 수용할 수 있는

전하를 모두 배출한 상태를 말한다. 용량을 구하는 방법은 식 (1)과 같다. C_n 은 프레스시 배터리의 용량, I 는 전류를 의미한다. 본 논문에서는 4A의 값으로 방전전류를 정의하였다.

$$C_n = \int I dt \quad (1)$$

2.2 Direct Current Internal Resistance (DCIR)

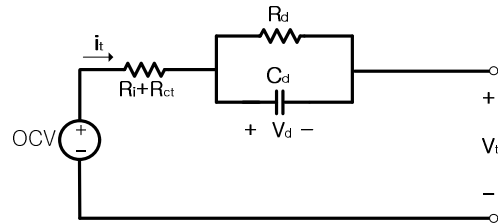


그림 1 등가저항 모델
 Fig. 1 Lumped parameter battery model

배터리의 간략화된 모델[1]은 1개의 저항과 1개의 RC-ladder로 구성되며 이는 그림 1과 같다. 10초간 펄스전류 [2]를 가했을 때 나타나는 전압의 차이를 이용하여 DCIR을 구한다. 이는 옴의 법칙과 유사하다. 식 (2)는 DCIR을 나타내며 그림 2는 DCIR 테스트 프로파일[3]을 나타낸다.

$$DCIR \approx R_i + R_{ct} + R_d \quad (2)$$

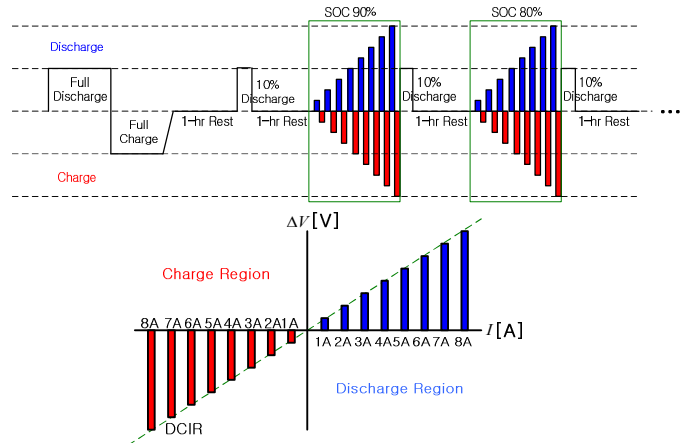


그림 2 DCIR 테스트 프로파일
 Fig. 2 DCIR test profile

DCIR을 이용하여 펄스파워를 구하는 방법은 식 (3)과 같다. 컷오프 전압은 2.8V로 정한다. Open circuit voltage (OCV)는 등가회로에 전류가 들어가지 않고 안정화 되었을 때의 배터리 전압을 의미한다.

$$P_o = \frac{OCV - 2.8V}{DCIR} \times 2.8V \quad (3)$$

3. 실험결과

실험은 11개(1~11번)의 프레스 배터리(1.3Ah) 18650타입을 이용하여 이루어졌으며 온도는 상온(25°C)포함 10°C부터 50°C 까지 10°C 간격으로 적용하였다. 이번 논문에서는 1.23Ah 이상의 용량을 나타낸 배터리를 프레스 배터리로 정의하였다.

3.1 상온(25°C) 실험결과

표 1 11개 프레스 배터리 용량

Table. 1 11 fresh batteries capacity

	1번	2번	3번	4번	5번	6번
용량	1.24Ah	1.28Ah	1.30Ah	1.28Ah	1.24Ah	1.29Ah
용량	1.26Ah	1.25Ah	1.23Ah	1.25Ah	1.30Ah	

표 2 11개 프레스 배터리 DCIR (30, 60% SOC)

Table. 2 11 fresh batteries DCIR (30, 60% SOC)

	1번	2번	3번	4번	5번	6번
30%	0.077Ω	0.071Ω	0.079Ω	0.070Ω	0.078Ω	0.075Ω
60%	0.078Ω	0.073Ω	0.080Ω	0.071Ω	0.080Ω	0.076Ω
	7번	8번	9번	10번	11번	
30%	0.078Ω	0.079Ω	0.072Ω	0.074Ω	0.072Ω	
60%	0.078Ω	0.080Ω	0.073Ω	0.075Ω	0.071Ω	

11개의 프레스 배터리의 용량은 표 1에 나타내었다. 용량은 1.23~1.30Ah의 값의 분포를 나타내었다. 표 2는 30, 60% SOC 일 때의 각 프레스 배터리의 DCIR 값이다. 표 1과 2를 통해 같은 프레스 배터리라 하더라도 용량과 DCIR 값이 서로 다를 수 있다.

3.2 온도적용 시(10~50°C) 실험결과

11 fresh batteries capacity at various temperatures

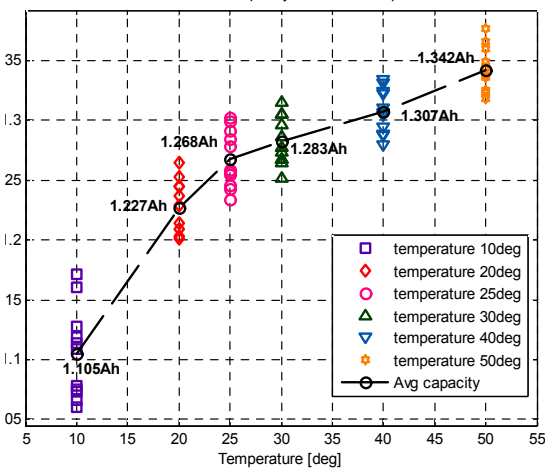


그림 3 온도 적용 시 11개 프레스 배터리 용량

Fig. 3 The 11 batteries capacity at various temperatures

10°C부터 50°C까지 적용하였을 때 11개 프레스 배터리 각각의 용량과 온도별 평균 용량을 그림 3에 나타내었다. 더불어 그림 4에 온도 적용 시 상온대비 11개 프레스 배터리의 용량 변화율을 나타내었다. 그림 3과 4를 통하여 고온으로 갈수록 용량변화율이 작고 저온으로 갈수록 용량변화율이 큼을 알 수 있다. 이를 이용하여 어떤 프레스 배터리가 있을 때 임의의 온도에서 나타내는 용량을 알 수 있다.

11 fresh batteries capacity variation

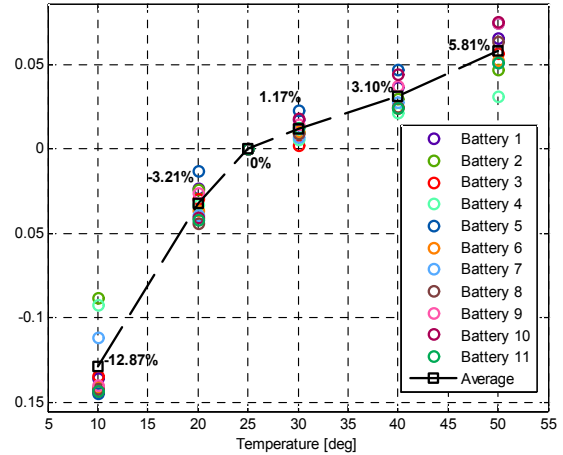


그림 4 온도 적용 시 상온대비 용량 변화율

Fig. 4 The capacity variations at various temperatures

그림 5는 10°C부터 50°C까지 적용하였을 때의 11개의 OCV의 결과를 나타낸다. 50% SOC 이상에서는 온도에 상관없이 OCV가 거의 일치함을 알 수 있다. 하지만 50% SOC 미만에서는 낮은 SOC로 갈수록 상온과의 차이가 크다. 또한 저온인 경우 상온에 비해 OCV가 크며, 고온일 경우 상온에 비해 OCV가 작다. 이러한 경향으로 인해 높은 SOC보다 낮은 SOC에서 SOC의 추정이 어렵다.

11 fresh batteries OCV at various temperatures

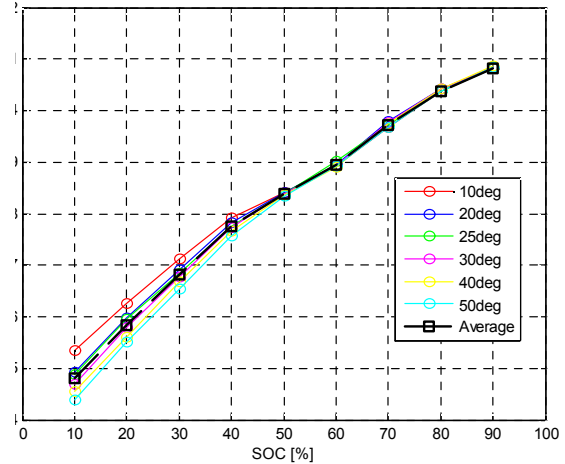


그림 5 온도 적용 시 11개 프레스 배터리 OCV

Fig. 5 The OCV at various temperatures

온도를 적용할 때 프레스 배터리의 파라미터 크기도 변하게 된다. 같은 조건하에 Ri(series resistance)의 크기가 그림 6과 같다. (a)는 11개의 프레스 배터리의 온도적용에 따른 Ri의 크기를 나타내었다. 같은 온도하에 거의 같음을 알 수 있다. (b)

는 온도를 적용하였을 때 3번 프레스시 배터리의 SOC의 변화에 따른 Ri의 크기를 나타내었다. Ri는 온도와 상관없이 SOC에 따라 일정한 크기를 가짐을 알 수 있다. 참고로 Ri는 배터리의 전압특성곡선에서 전압의 드롭을 나타낸다.

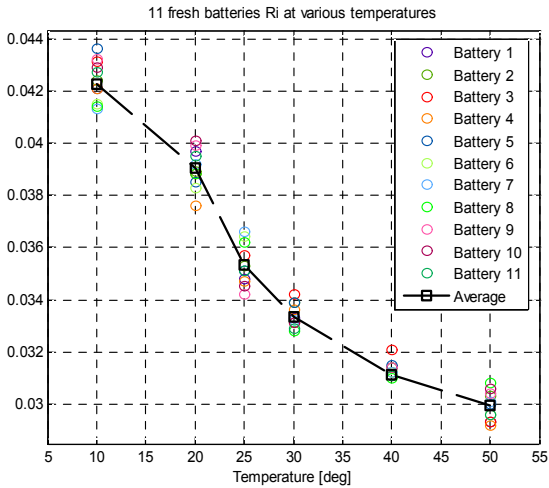


그림 6(a) 온도 적용 시 Ri
Fig 6(a) The Ri at various temperatures

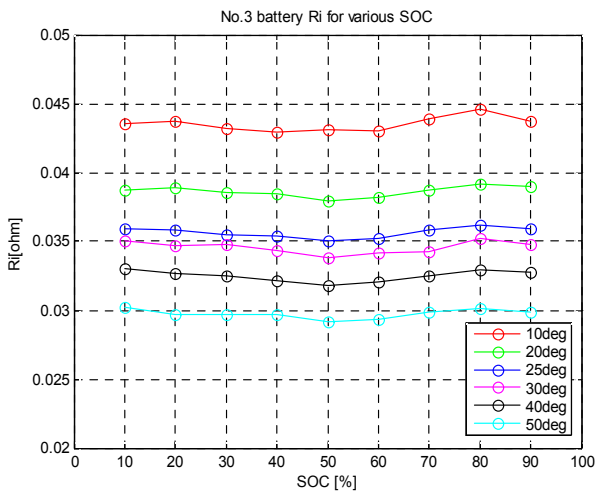


그림 6(b) 온도 적용 시 SOC의 변화에 따른 Ri
Fig 6(b) No.3 battery for various SOC

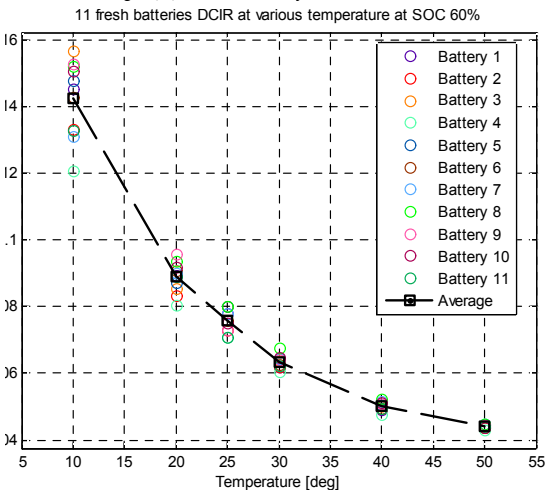


그림 7(a) 온도 적용 시의 11개 배터리 DCIR
Fig 7(a) The 11 batteries DCIR at various temperatures

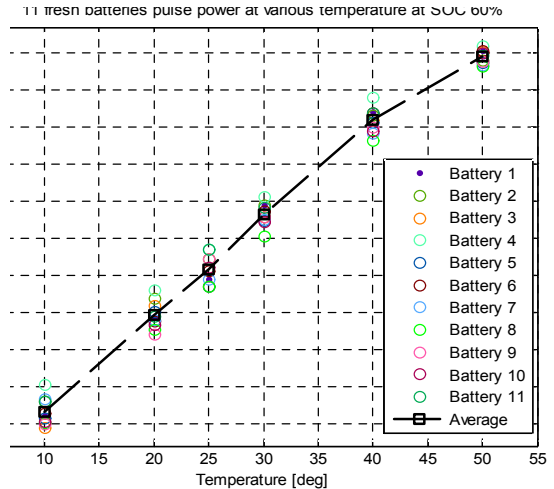


그림 7(b) 온도 적용 시의 11개 배터리 펄스파워
Fig 7(b) The 11 batteries Pulse power at various temperatures

그림 7은 온도 적용 시 11개 프레스시 배터리의 DCIR을 나타내었다. 상온에서 DCIR이 약간의 차이로 달라졌다면 저온으로 갈수록 각 프레스시 배터리의 DCIR은 서로 더욱 분산되며 반대로 고온으로 갈수록 DCIR이 하나의 값으로 수렴함을 알 수 있다. 간단히 말해 고온으로 갈수록 배터리의 화학적상태가 활성화되고 저온으로 갈수록 비활성화 되기 때문이다. DCIR이 고온으로 갈수록 하나의 값으로 수렴하므로 온도에 따른 배터리 파라미터의 값을 고려하여 온도를 적용한 SOC 추정 알고리즘에 쉽게 적용할 수 있다. 그림 8은 앞에서 구한 DCIR을 이용하여 SOC 60%일 때 펄스파워를 나타내었다.

4. 결 론

배터리의 특성을 나타내는 용량, 파라미터, OCV 등은 온도를 적용할 때 그 값이 변하게 된다. 저온이나 고온을 고려하였을 때 프레스시 배터리의 용량은 상온대비 변화율이 각 프레스시 배터리별로 일정하다. Ri는 온도를 고려했을 때 각 프레스시 배터리별로 일정한 경향성을 보이며 DCIR은 상온에서 고온으로 갈수록 하나의 DCIR로 수렴하며 저온으로 갈수록 각 배터리의 DCIR 분산이 커지게 된다. 이 실험결과를 이용하여 추후에 온도를 적용한 SOC 추정알고리즘에 적용할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Jae-Seung Koo, Sun-Soon Park, Kil-Young Youn, Chul-Soo Kim, "Development of SOC Estimation Logic using the Steady State DC-IR for SHEV", 18th Electric Vehicle Symposium, Berlin, 2001
- [2] FreedomCAR 42V Battery Test Manual, DOE/ID-11070, Feb, 2003
- [3] Jong Hoon Kim, Seong Jun Lee, Jae Moon Lee, Bo Hyung Cho, "A New Direct Current Internal Resistance and State of Charge Relationship for the Li-Ion Battery Pulse Power Estimation" 7th International Conference on Powerelectronics, Daegu, 2007