

통계적 분석에 기반한 진동에 따른 고출력 리튬이온 배터리의 파라미터 변화 분석

이평연*, 윤창오*, 김종훈*, 장성수**
 충남대학교*, 한국항공우주연구원**

Analysis of the parameter change of high power lithium ion battery according to vibration test based on statistical analysis

P. Y. Lee*, C. O. Yoon*, J. H. Kim*, S. S. Jang**
 Chungnam National University*, Korea Aerospace Research Institute**

ABSTRACT

본 논문에서는 환경 시험 중 한가지 방법인 진동 시험(Vibration test) 프로파일을 적용하여 고출력 리튬이온18650 셀(cell)에 물리적인 진동을 가하고 진동 시험 전 후 고출력 리튬이온 18650 셀의 전기적 특성 기반 내부 파라미터를 추출하였다. 통계적 기법인 상관 관계 및 대응 표본 t 검정을 적용하여 내부 파라미터인 방전 용량(discharged capacity), 방전 저항(discharged resistance), OCV(open circuit voltage) 간의 관계 및 변화를 비교 분석하였다.

용하고 전류 적산 기반 배터리의 실제 방전 용량을 추출한다. 추출된 실제 방전 용량을 그림 2 (b)의 프로파일에 적용하여 실험을 수행하였다. SOC 80%에서 OCV(open circuit voltage)를 측정하고 HPPC(Hybrid Pulse Power Characterization)를 적용하여 방전 및 충전 저항을 산출 후 배터리 내부 파라미터를 비교 분석하였다.

1. 서론

기술이 발전함에 따라 전기기기들이 생활의 편의를 위해 소형화되고 다양한 기능을 수행하고 있다. 전기기기들이 소형화 및 경량화가 강조될수록 전기기기들을 작동 시키는 에너지원인 리튬이온 배터리의 중요성이 증가하고 있으며 리튬이온 배터리는 다양한 어플리케이션의 저장장치로써 사용되고 많은 연구 및 개발이 진행되고 있다.

리튬이온 배터리가 다양한 어플리케이션에 적용됨에 따라 환경적인 요인인 진동, 충격, 낙하, 침수 등에 밀접한 관계가 있다. 전기자동차(electric vehicle;EV)나 인공위성에 탑재되는 배터리는 진동과 충격의 환경에 노출되기 쉽고 이로 인해 배터리의 내부 특성이 변화 될 수 있다. [1]

본 논문에서는 진동 시험 전 후 고출력 리튬이온18650 셀에 동일한 전류 프로파일을 적용하여 실험을 수행하였고 실험 기반 내부 전기적 파라미터를 추출하고 진동 시험 전후로 통계적 기법인 대응 표본 t 검정과 상관 관계를 적용하여 셀 내부 파라미터를 비교 분석하였다.

2. 본론

2.1 환경 시험 (진동)

24개의 동일한 고출력 리튬이온18650 셀을 사용하였으며, 물리적인 진동에 의해 셀 내부 전기적 특성 변화를 보기 위해 랜덤 진동 실험(random vibration test)을 수행하였다. 각 셀에 진동이 동일하게 가해지기 위해 셀 치구를 사용하였으며 x, y, z축으로 각각 16분씩 그림1의 진동 프로파일을 적용하였다.

2.2 전기적 실험

진동 시험 전 후 상온의 조건에서 셀의 내부 특성 변화를 보기 위해 시험 전 후로 동일한 프로파일(그림2)을 적용하였다. 그림 2 (a)의 프로파일에 셀의 정격 용량(rated capacity)을 적

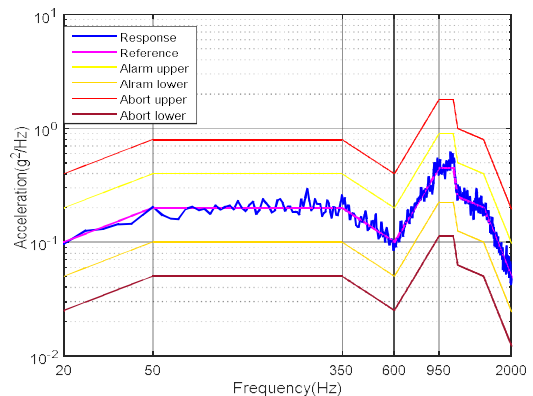


그림 1 랜덤 진동 프로파일
 Fig. 1 Random vibration profile

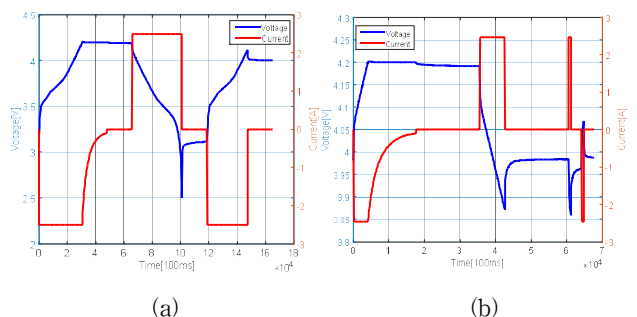


그림 2 (a)방전 용량 프로파일, (b)HPPC 프로파일(SOC 80%)
 Fig. 2 (a)Discharged capacity profile, (b) HPPC profile

2.3 통계적 분석 기법

전기적 실험에서 추출된 배터리의 파라미터인 방전 용량, 방전 저항, OCV를 통계적 분석 기법인 상관 관계 및 대응 표본 t 검정에 적용하였다. 변수의 샘플 수가 적어 대응 표본 t 검정을 하기 전 기본 가정으로 두 변수간 차이에 대한 정규성 검정

이 필요하다. Shapiro Wilk 검정 방법을 통해 정규성 검정을 수행하였다. 유의 확률(ρ value)이 0.05이상을 가지는 방전 용량과 OCV는 정규성을 가지며 이 두 변수의 대응 표본 t 검정을 수행 할 수 있다. 반면에 방전 저항의 경우 정규성을 만족하지 않아 대응 표본 t 검정의 기본 가정 사항을 충족 시킬 수 없기 때문에 방전 저항의 대응 표본 t 검정은 신뢰 할 수 없어 제외하였다.[2]

표 1 정규성 검정
Table 1 Test of normality (Shapiro-Wilk)

	Shapiro-Wilk		
	statistic	df	ρ
Capacity Difference	.966	24	.576
Resistance Difference	.882	24	.009
OCV Difference	.962	24	.485

2.3.1 대응 표본 t 검정 분석

동일 집단의 실험 전과 실험 후 평균 차이를 검증하는 분석 방법으로 동일한 종류의 24개 셀을 진동 실험 전 후로 셀 내부 파라미터 변화를 비교하였다. 본 논문에서는 정규성을 가지는 변수인 방전 용량과 OCV를 대응 표본 t 검정을 수행하였다. 진동 전과 후의 비교 분석 결과를 표 2에 나타내었다. 유의 확률(p)의 값이 0.05보다 작아 셀의 방전 용량과 SOC 80%에서의 OCV는 진동 전 후의 평균에 있어 방전 용량은 0.0576[Ah]만큼 감소하고 OCV는 0.0019[V]만큼 증가하였다. 이는 통계적으로 유의미한 차이가 존재함을 의미한다. 즉, 고출력 18650 셀에서의 물리적인 랜덤 진동은 용량을 감소시키고 OCV를 증가시키는데 영향이 있다고 판단된다.

표 2 진동 전 후의 비교 분석 결과 (대응 표본 t 검정)
Table 2 Change of before and after vibration (paired samples t-test)

	Average	Standard deviation	t	ρ
Capacity (Before)	2.4383	0.01216	26.9	.000
Capacity (After)	2.3807	0.01303		
OCV (Before)	3.9829	0.00282	7.5	.000
OCV (After)	3.9848	0.00274		

2.3.2 상관 분석

상관 계수(γ)는 두 변량 사이에서 나타나는 선형적 관계의 정도를 수치로 나타내며 상관 계수는 $1 \leq r \leq 1$ 의 범위를 가진다. γ 이 |1|에 가까울수록 관계의 정도가 강하고 0에 가까울수록 관계의 정도가 약함을 의미한다. 고출력 리튬이온 18650 셀의 내부 파라미터 간의 관계를 확인하기 위해 표3과 그림3에 셀 내부 파라미터의 상관 분석 결과를 나타내었다. 셀의 내부 파라미터 관계 중 SOC 80%에서의 OCV와 방전 저항 간에 상관계수가 0.642로 유의미한 상관 관계가 나타나며 이를 통해 OCV와 방전 저항은 밀접한 관계에 있음을 확인하였다.

표 3 상관 분석 결과
Table 3 Correlation analysis

		Discharged Capacity	OCV	Discharged Resistance
Discharged Capacity	γ	1		
	(ρ)			
OCV	γ	.389	1	
	(ρ)	.061		
Discharged Resistance	γ	.018	.642**	1
	(ρ)	.933	.001	

**<0.01

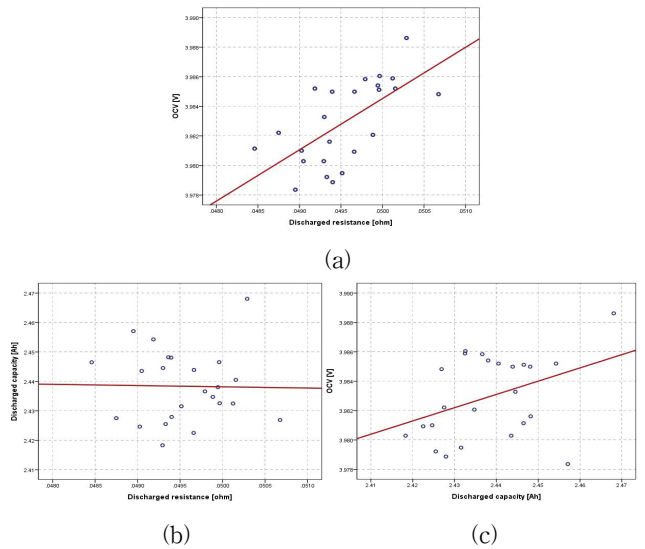


그림 3 고출력 18650 셀의 파라미터 간 상관 관계
Fig. 3 Parameter correlation of the high power 18650 cell

3. 결론

본 논문에서는 진동 전후의 24개의 고출력 리튬이온 18650 셀 내부 특성을 비교 분석하였다. 전기적 실험을 통해 셀 내부의 파라미터를 추출하였고 추출한 파라미터인 방전 용량, 방전 저항, SOC 80%에서의 OCV로 통계적 분석을 수행하였다. 통계적 분석 결과는 셀이 진동 전 후로 통계적 유의미한 차이를 가지고 있으며 셀의 파라미터 간의 상관 관계에서 OCV와 방전 저항은 밀접한 관계에 있음을 확인하였다. 향후 알고리즘 적용 시 상관관계가 있는 파라미터의 가중치를 높여 정확도를 향상 시킬 것이다.

이 논문은 2017년 한국연구재단의 정치제도복합위성개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (NRF 2017M1A3A4A03025124)

참고 문헌

- [1] 이평연, 김중훈, 장민호, “C rate별 고출력 원통형 리튬이온 원통형 셀의 충격 시험 기반 내부 특성 비교 분석,” 전력전자학회논문집, 2016년7월.
- [2] Elliott AC, Woodward WA. Statistical analysis quick reference guidebook with SPSS examples. 1st ed. London: Sage Publications; 2007.