

고출력 리튬이온 배터리의 RUL을 위한 내부 파라미터 변화 비교분석

김윤상, 김종훈, 이평연, 장민호
 조선대학교 전기공학과, 항공우주연구원

Internal parameter comparative analysis for the RUL of high-power lithium-ion battery

Y. S Kim, J. H kim, P. Y Lee, M. H Jang
 Chosun University, Aerospace Research Institute

ABSTRACT

본 논문에서는 사이즈가 다른 고출력 원통형 리튬이온 배터리의 Remaining Useful Life(RUL)을 방전용량 기반으로 전기적 특성분석을 실시하였다. 우선, 배터리의 충/방전이 계속될 시 용량이 어떻게 변화하는지 실험해보았으며, 만충 전압(Fully Charged)에서 만방 전압(Fully Discharged)까지의 각각의 State-Of-Charge(SOC)에서 Hybrid Pulse Power Characterization (HPPC) Test를 이용해 충전 저항과 방전 저항을 구하여, 용량과 저항의 관계를 파악하였으며, 배터리 RUL을 알기 위한 기본 정보를 확보했다.

1. 서론

현재 인공위성, 발사체, 마이크로그리드(MG) 및 신재생에너지의 전력 저장장치 Energy-Storage-System(ESS) 등 리튬이차전지(Li-Ion)의 적용분야가 점점 확대되고 있다. 여러 분야에서 리튬이온 배터리가 많이 사용되어지고 있는 이 시점에서 배터리의 수명에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 충/방전을 계속 하게 되면 배터리의 사용가능한 용량이 줄어들게 되며, 내부 저항이 증가하게 되어 출력이 줄어드는 경향을 보인다. 본 연구에서는 사이즈가 다른 3가지의 배터리 단위셀을 이용하여 각각 얼마나 용량 및 저항이 감소/증가하는지를 확인해보았다. 출력 및 배터리의 최적의 사용을 위해 수명 예측은 굉장히 중요한 비중을 두고 있다. 그로써 사이즈가 다른 배터리 단위셀을 이용하여 RUL을 위한 기본적인 정보를 얻고 전기적 특성을 알아보았다.

배터리의 수명을 나타내는 State Of Health(SOH)는 State-Of-Charge(SOC)와 같이 배터리의 동작 성능을 알아볼 수 있다. 본 연구는 18650-HE2, 21700-30T, 26650-MNKE 총 3가지 크기가 다른 셀을 이용하여 만충/만방전을 실시하여 용량을 구하였으며, 셀의 기본 정보는 표1 과 같이 나타내었다.

표 1 Li-ion Battery Cell의 종류와 특성
 Table 1 The type and characteristics of Li-ion Battery Cell

모델명	HE2(18650)	30T(21700)	MNKE(26650)
용량[mAh/g]	2500	3000	3500
최대 전압[V]	4.2	4.2	4.2
최소 전압[V]	2.5	2.5	2.5

2. 본론

2.1 용량 측정

배터리의 수명 예측에 가장 중요한 부분인 용량에서 알아보겠다. 최초의 셀의 용량은 만충 상태에서 만방 상태까지 일정한 전류로 방전을 실시했을 때 방전 전류의 총량을 말한다. 만충과 만방은 배터리에 무리가 되지 않는 범위 안에서 사용할 수 있는 에너지를 최대 받은 상태/내보낸 상태를 말한다. 본 연구에서는 18650-HE2, 21700-30T, 26650-MNKE 총 3가지 셀에 1 [C-rate] 로 충/방전을 실시 했으며, 표 2 는 다음과 같은 셀의 C-rate별 전류를 나타낸다. 여기서 C-rate는 정격 전류로 충/방전을 실시 하였을 때 만충/만방에서 만방/만충에 까지 1시간이 걸리는 정격 전류 값을 1 [C-rate]라 한다.

표 2 Li-ion Battery Cell의 종류 별 C-rate
 Table 2 C-rate of Types of Li-ion Battery Cell

모델명	HE2(18650)	30T(21700)	MNKE(26650)
C-rate [A]	2.5	3.0	3.5

2.1.1 용량 측정 결과

실험은 18650-HE2, 21700-30T, 26650-MNKE 총 3가지 크기가 다른 셀을 이용하여 이루어졌으며 온도는 상온(23-25℃)로 유지하였고, 완전충전 시 Constant-Current-Constant-Voltage(CCCV) 방식으로 최대전압(4.2V)로 고정시킨 후 전류를 0.1[A] 까지 충전하고 방전은 최저 전압(2.5V)까지 방전시켰다. 그림 1, 2, 3은 각각의 셀의 용량을 측정하여 그래프로 표현하여 나타내었다.

표 3 Li-ion Battery Cell의 사이클 용량
 Table 3 Cycle Capacity of Li-ion Battery Cells.

Cycle	HE2(18650)	30T(21700)	MNKE(26650)
30	2.392789	2.900771	3.338265
60	2.342915	2.871764	3.319599
90	2.318453	2.84569	3.26106
120	2.27712	2.812586	3.248857
150	2.223719	2.769555	3.221642
180	2.164991	2.800126	3.243875
210	2.066075	2.758347	3.205521

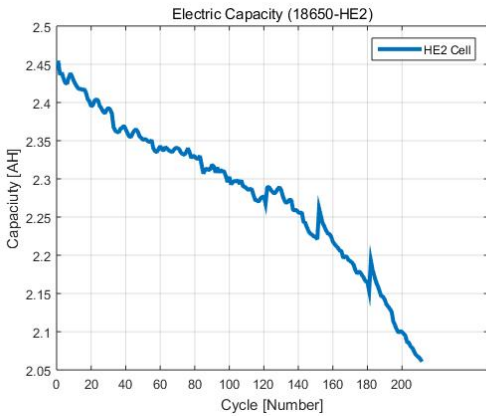


그림 1 배터리 18650 HE2 용량.
Fig. 1 Battery Cell 18650 HE2 Capacity.

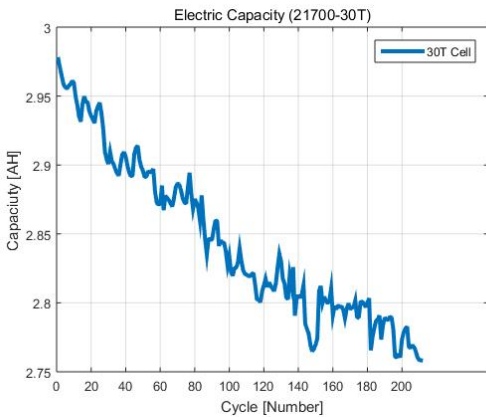


그림 2 배터리 21700 30T 용량.
Fig. 2 Battery Cell 21700 30T Capacity.

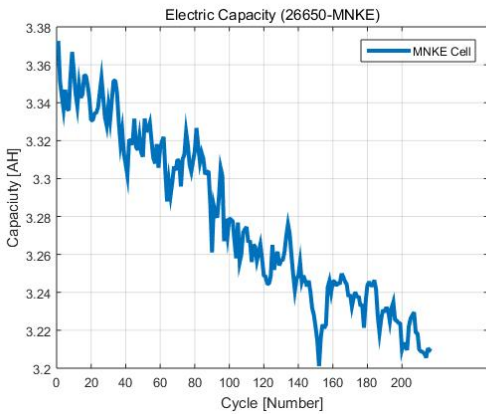


그림 3 배터리 26650 MNKE 용량.
Fig. 3 Battery Cell 26650 MNKE Capacity.

그림 1, 2, 3을 보면 Cycle에 따라서 용량이 점차 감소하는 그래프를 보이고 있다. 200사이클을 적용한 셀 용량의 변화율을 보면 26650-MNKE 가 충/방전에 따라 용량이 조금 줄어드는 모습을 볼 수 있었다.

표 4 Li-ion Battery Cell의 사이클에 따른 용량 감소.
Table 4 Decreased Capacity of Li-ion Battery Cells.

Cycle 200	HE2(18650)	30T(21700)	MNKE(26650)
감소된 전압 [V]	0.35249876	0.2034688	0.1616563

2.1.2 Open Circuit Voltage Resistances

배터리의 수명은 배터리의 SOC 별 사용 빈도에 영향을 받는다. 배터리의 SOC에 따라서 충/방전 저항이 다르기 때문이다. 배터리 18650-HE2, 21700-30T, 26650-MNKE 총 3가지 크기가 다른 셀을 이용하여 SOC 90-10[%] 까지 10% 단위로 각각의 충/방전 저항을 HPPC Test로 구하였다. 밑의 표 5는 내부 저항이 가장 조금 증가한 21700-30T를 예시로 하였다.

표 5 HPPC를 기반 사이클에 따른 충전저항.

Table 5 Charge Resistance Considering Cycles based on HPPC (30-180 Cycles).

SOC[%]	30 Cycles 30T(21700)	180 Cycles 30T(21700)
90	0.025471	0.032234
80	0.024903	0.028315
70	0.021116	0.023514
60	0.020358	0.022143
50	0.021399	0.023024
40	0.025755	0.029002
30	0.021020	0.022731
20	0.023671	0.027139
10	0.017328	0.019595

표 5와 같이 배터리를 연속적으로 충/방전을 시키면 내부저항이 증가하는 모습을 수치적으로 확인 할 수 있다. 내부저항이 증가하면서 용량도 떨어지는 모습을 보인다. SOC별 90-10[%]에서 내부 충전저항을 평균적으로 보면 다음 표 6과 같이 나온다.

표 6 충/방전에 의한 SOC(90-10%)의 평균 충전저항.

Table 6 The Average Resistance of the SOC Considering Charge/Discharge Cycles.

30-180 Cycles	HE2(18650)	30T(21700)	MNKE(26650)
평균 저항 [ohm]	0.004064	0.026676	0.004269

3. 결론

사이즈가 다른 고출력 원통형 리튬 이차전지를 가지고 충/방전 Test와 HPPC Test 통하여 배터리의 RUL의 기본정보를 알아보았다. 충/방전이 진행되는 동안 용량은 점차적으로 감소하는 것을 볼 수 있었으며, 내부 저항도 점차 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 용량 면에서는 26650-MNKE 배터리 단위셀이 우수 하였으며, 내부 충전 저항의 면에서는 21700-30T 배터리 단위셀이 우수 하였다. 배터리의 출력 및 수명이 사이클에 영향을 받고 그로써 RUL 및 수명예측을 분석 할 수 있었다.

이 논문은 2014년 교육부와 한국연구재단의 이공분야기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014R1A1A2-057893)