

리튬 이온 배터리의 안전성 확보를 위한 ACIR 분석에 관한 연구

김영필*, 김시경*, 유정봉*, 강병혁**

*공주대학교 전기전자제어공학과

** (주)더센

e-mail:skim@kongju.ac.kr

A Study on the ACIR Analysis to Secure the Safety of Lithium Ion Batteries

Young-Pil Kim*, Si-Kyung Kim*, Jung-Bong Yoo*, Byung-Huyk Kang**

*Dept. of Mechatronics Engineering, Kongju University

**THESEN

요 약

본 연구는 리튬이온 배터리 화성 공정에서 리튬이온 배터리의 안정성 분석을 위한 ACIR(Alternating Current Internal Resistance) 분석을 통한 SOC(State of Charge), SOH(State of Health) 및 적산적력량(Watt Hour)을 비교 분석하였다. 배터리 안정성 분석을 위한 ACIR은 배터리 충전시 교류 전류를 인가하고 인가 전압 및 전류 성분의 주파수를 기준으로 산출 하였다. 리튬이온 배터리 화성 공정에서 배터리 활성화 배터리 충방전 안정 분석을 위해 필수 요소인 ACIR과 SOC의 관계량을 실측적산적력량(Watt Hour)을 기준으로 산출하였다. 적산적력량(Watt Hour)기준 ACIR 기반의 SOC 추정 편차는 충전 상태에 따라 2.6(%) 미만으로 신뢰성 있는 결과로 분석되었다.

1. 서론

지구 온난화 및 도시 공해원인 자동차 배출가스인 SOx 및 NOx의 심각한 환경 문제를 해결할 수 있는 친환경 에너지로 대표되는 리튬이온 이차전지 시스템은 최근 많은 국가에서 적극적으로 도입 되고 있다. 이러한 리튬이온 배터리 화성 공정의 활성화 과정에서 배터리 SOC, SOH 및 안정요소 예측의 정확성 향상과 관련하여 다양한 연구개발이 진행 중에 있다.[1] 이러한 파라미터들에 대한 측정 및 예측 정확도를 높이기 위해서는 여러 가지 조건이 있으나, 본 연구에서는 안정 분석을 위한 ACIR(Alternate Current Internal Resistor)에 따른 충방전 적산적력량(Watt Hour) 데이터 분석과 실증 시험에 의한 데이터 비교분석을 통하여 배터리 SOC 추정 및 안정성 분석 기법을 제시하고자 한다.

2. 리튬이온 배터리 SOC 추정을 위한 ACIR

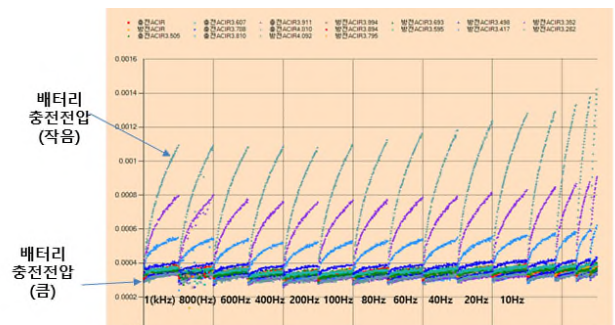
2.1 리튬이온배터리 활성화 충전 및 방전시스템

리튬이온 배터리 화성 공정중 배터리의 활성화를 위하여 반드시 수반 되는 과정으로서 배터리의 다양한 파라미터를 측정 하는 것이 필요하다. 측정 파라미터 중 대표적인 전기적 파라미터로서는 이차전지의 ACIR(Alternate Current Internal

Resistor) 및 DCIR(Direct Current Internal Resistor)이며 이들 값을 기준으로 SOC 및 SOH 충·방전 환경에 따라 다양한 파라미터를 산출 하는 것이 중요하다.

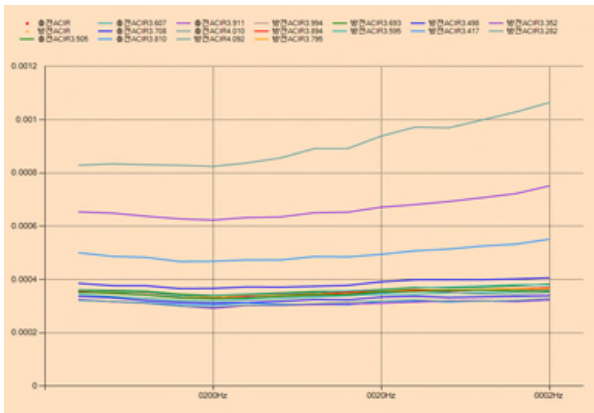
2.2 리튬이온 배터리 SOC 추정을 위한 ACIR Linear regression

본 논문에서는 이차전지 AC 임피던스 측정을 위하여, 정현파 교류 전압 200(Hz)를 이차전지 배터리에 주입하였다. AC 임피던스 측정 위한 AC 전류 와 DC 충전 전류 120(A)를 동시에 배터리에 주입 하였으며 그때의 AC 전류의 실효치 측정 결과를 그림 1에 나타내고 있다.



[그림 1] 직류 충전 전류 120(A)하에서 ACIR측정

그림1의 결과는 배터리 충전 전압이 낮은 상태와 높은 상태에 대하여 AC 전류를 다양하게 주입 하는 상황에서 충·방전기 회로의 전류센서 및 전압 센서를 통하여 측정 한 결과이다.



[그림 2] 그림1에 대한 ACIR 평균값

그림1의 교류 전압 및 전류의 실효치를 사용하여 리튬이온 배터리의 ACIR(Alternate Current Internal Resistor)를 산출한 결과를 그림 2에 나타내었다. 이러한 ACIR 측정 결과를 통하여, 배터리 SOC 및 SOH를 추정 하기 위한 절차는 다음과 같다.

- 1 단계 : 배터리 방전을 통하여 SOC(%)의 상태를 설정 하고, 배터리 SOC를 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100(%)로 11개 구분 하여 구간별 배터리의 AC 임피던스를 측정 한다. 여기서 SOC 100(%)는 충전시 만충전 상태의 전압 전력을 값으로 선정한다.
- 2 단계 : SOC 상관 관계는 배터리 측정 전압과 적산 전력을 기준으로 선형 회귀를 통하여 AC 임피던스 및 SOC 상태를 계산 한다.
- 3 단계 : 특정 주파수의 AC 임피던스를 측정하고 측정값을 사용하여 SOC 및 SOH 를 추정한다.

실험을 통하여 배터리의 SOC가 클수록 AC 임피던스는 작아지는 결과를 얻었다. 이를 통하여 충전시 측정 한 배터리 교류 전압과 배터리 전류를 통하여 AC 임피던스를 산출 할 수 있었으며, 산출된 임피던스를 기준으로 실제 배터리 SOC를 추정 할 수 있었다. SOC 0(%) - 100(%) 구간별 추정 한 AC 임피던스와 실측한 ACIR은 다음 표와 같이 얻어 졌다.

[표 1] SOC 구간별 추정 한 AC 임피던스 및 실측 ACIR

SOC (%)	측정 AC impedance (mΩ)	선형 회귀 AC impedance (mΩ)	오차(%)
0	11	11.1	0.9
10	10	10.1	1.0
20	9	8.9	1.1
30	8	7.8	2.6
40	7	6.9	1.4
50	6	6.1	1.6
60	5	5.02	0.4
70	4	3.99	0.3
80	4	4.01	0.2
90	3.5	3.52	0.6
100	3	3.0	0.0

3. 결론

본 연구에서 리튬이온 배터리 화성 공정에서 배터리 활성화 충전 및 방전시스템의 적산적력량(Watt Hour)기반의 리튬이온 배터리의 온라인 AC 방법 임피던스 및 SOC를 추정하는 기법이 제시되었다. 본 기법의 특징 및 결과는 다음과 같다.

- 본 방법은 배터리가 충·방전 상태, 즉 온라인 상태에 사용할 수 있다.
- 배터리 전압 및 전류 감지로 배터리의 AC 임피던스 및 SOC를 빠르게 계산할 수 있다.
- 기존 개방 회로 AC 임피던스 측정 방식에서 요구되는 충·방전기로부터 배터리 및 부하 분리 하고 배터리가 전기 화학적 평형 상태로 돌아올 때까지의 휴지기(1-2시간)의 단점 없이 온라인 측정의 장점이 있다.
- 적산적력량(Watt Hour) SOC 기준으로, 본 논문의 선형 회귀 기법으로 추정 한 SOC 편차는 충전 상태에 따라 2.6(%) 미만으로 분석되었다.

참고문헌

- [1] 김광래, “리튬 이온 배터리의 SOC 추정을 위한 MFF-RLS와 다양한 Filter based method의 Joint estimation 비교.”, 대한전기학회 학술대회 논문집, pp. 1096-0971, 7월, 2020년.