

2차전지의 유도성 부하에 관한 연구

강대수*, 유정봉**

*공주대학교 정보통신공학부

**공주대학교 전기전자제어공학부

e-mail:jbyou@kongju.ac.kr

A Study on the Inductive Load of Secondary Battery

Dea-Soo Kang*, Jeong-Bong You**

*Dept. of Information & Telecommunication Eng. Kongju National University

**Dept. of Electrical & Electronics & Control Eng. Kongju National University

요약

2차전지가 최근에 사용빈도가 점차 높아지면서 2차전지에 대한 사고들이 빈번히 발생하고 있다. 2차전지의 등가모델 해석을 하는데 있어 기본 등가모델은 부하에서의 정확성이 떨어진다. 그래서 이러한 단점을 극복하고자 Randles 등가모델에 대하여 유도성 부하에 대해 연구를 한다. 이러한 연구를 통해 2차전지를 충전하고 방전할 때 2차전지를 관리하는 기술을 개발하여 좀 더 용이하고, 정확성이 높은 BMS 시스템을 개발하고자 한다. 본 논문에서는 2차전지의 상태를 관리하기 위해 2차전지의 등가모델을 개선하여 Randles 등가모델에 대하여 유도성 부하에 관해 연구를 한다.

1. 서론

전자기기 및 전기기기가 실생활에서 매우 높은 비중을 차지하고 있다. 그런데 최근에는 실생활에서 사용되고 있는 전자기기 및 전기기기에 2차전지가 필수적으로 들어가는 경우가 상당히 많다. 이러한 2차전지는 무정전 시스템(UPS), ESS(Energe Storage System), 전기 자동차 및 모바일 기기, 태양광 발전장치 등 다양하게 사용되고 있고, 동력원으로써 중요한 역할을 하게 되었다. 이러한 2차전지를 사용하고 있는 기기에서 폭발 및 화재의 사고가 빈번히 발생하고 있다. 이러한 폭발 및 화재의 원인을 분석해보면 배터리 셀의 불량으로 인한 경우도 많고, 배터리 셀은 정상적이지만, 충전 및 방전시에 폭발 및 화재가 발생하는 경우도 종종 있다. 하나의 셀 상태가 불량할 경우에는 전체적인 전력 공급에 문제가 발생하며, 화재의 위험까지 나타나게 된다. 이러한 셀의 상태를 관리할 때에는 2차전지의 전압, 전류, 임피던스, 온도와 같은 파라미터 측정을 통해, 충전상태(SOC, State of Charge)와 건강상태(SOH, State of Health)를 관리하게 된다.

배터리 상태는 전압, 전류, 임피던스, 온도 등의 파라미터를 측정하여 충전 상태(SOC : State of Charge) 또는 건강 상태(SOH : State of Health)로 진단된다. SOC는 완전 충전 상태를 100(%), 완전 방전 상태를 0(%로 배터리에서 사용할 수 있는 용량의 비율을 %로 나타낸 것이며 온도에 대해 매우 민감하게 반응하는 배터리의 상태 파라미터이다. SOH는

출고 시점을 100(%)로 놓았을 때 충·방전 횟수, 충전전압, 과충전 및 과방전, 방전심도(DOD : Depth Of Discharge)등 여러가지 요인으로 인해 SOH가 감소하게 되는데, 배터리 사용시 SOH가 좋지 않을 경우의 출고시점의 배터리보다 저장되는 용량이 적어서 SOH가 좋은 배터리보다 방전이 빨리 진행되며 다른 배터리에 영향을 미치거나 폭발 사고로 이어질 수 있어 용량에 대한 정확한 SOC를 파악하기 위해서 SOH의 측정은 중요하다.

본 연구에서는 2차전지의 SOC 와 SOH를 관리하기 위해 2차전지의 Randles 등가모델을 살펴보고, 이러한 등가모델에서 유도성 부하에 관해 연구를 한다.

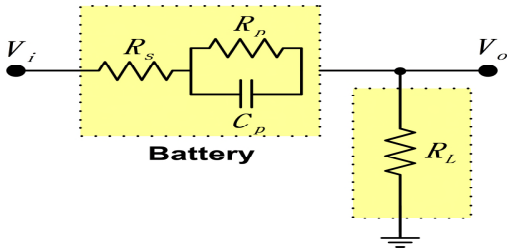
2. 2차전지의 유도성 부하 등가회로

2.1 등가모델

2차전지는 전해질 및 양극, 음극과 관련된 특유의 화학 구조로 구성되어 밀폐되어있다. 따라서 이러한 밀폐된 2차전지의 상태를 육안으로 진단하기는 매우 어렵다. 2차전지의 SOC 와 SOH를 진단하기 위해서는 전기적 신호를 인가하여 출력되는 결과를 통해 2차전지의 내부 특성을 파악하는 방법이 있다. 전기적 해석을 위해 저항, 인덕터, 커패시터 등의 파라미터들로 구성된 배터리의 등가 모델이 필요하며, 보편적으로 사용되는 Randles 등가 모델^[8]을 이용한 방법이 있다. 임피던스를 측정

할 수 있는 회로는 그림 1에 나타내었다.

R_s 는 배터리의 전해질 및 외부 접촉 등의 상태에 따른 저항이며 SOH에 직접적인 영향을 미치는 파라미터이고, R_p 는 배터리 내부 전극의 전리현상에 의한 저항 성분이며, C_p 는 배터리 용량에 관련하여 SOC에 영향을 미치는 파라미터이다. Randles 모델은 파라미터가 적어 비교적 계산이



[그림 1] Randles 2차전지 등가모델

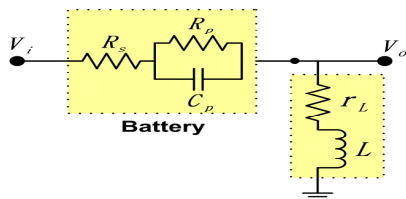
빠르며 이에 대한 2차전지의 전달함수는 식(1)과 같다.

$$H_{(w)} = \frac{R_L}{R_s + R_p \parallel X_{C_p} + R_L} = \frac{(jw)(CR_p R_L) + R_L}{(jw)(CR_s R_p + CR_p rL + L) + R_s + R_p + R_L} \quad (1)$$

식 (1)에서는 R_p 와 C_{pT} 가 병렬로 연결되어 있고, 이 소자와 R_s 가 직렬로 연결되어 있다. 그런 상태에서 전달함수는 $\frac{V_o}{V_i}$ 가 되기 때문에 식(1)을 얻게 된다.

2.2 유도성 부하 등가모델

유도성 부하를 갖는 등가회로는 그림 2와 같다.



[그림 2] 유도성 부하의 등가모델

본 연구에서는 배터리 등가 모델의 저항 성분들과 비슷한 값을 갖고 교류신호에 대해 부하로 작용하는 유도성 부하를 사용하여 배터리에 대한 위상 전달 함수 특성이 보다 잘 반영되게 하고, 유도성 부하와 배터리의 내부 커패시턴스 성분과의 공진 효과를 통해 주파수 대역을 향상 시키게 된다.

식(2)와 그림 3은 그림 1에서 사용한 저항 부하(R_L) 대신 $33(\mu H)$ 의 인덕턴스 성분과 $49(m\Omega)$ 등가 저항 성분을 갖는

$$H_{(w)} = \frac{r_L + X_L}{R_s + R_p \parallel X_{C_p} + r_L + X_L} = \frac{(jw)^2 CLR_p + (jw)(CR_p rL + L) + r_L}{(jw)^2 CLR_p + (jw)(CR_s R_p + CR_p rL + L) + R_s + R_p + r_L} \quad (2)$$

유도성 부하를 접속하였을 때의 전달 함수의 위상을 나타내었다. 유도성 부하를 배터리에 접속하였을 때, 저항 부하를 접속 하였을 때와 동일하게 $1(Hz)$ 의 대역에서도 미미한 위상 응답 특성을 보이나, 유도성 부하의 리액턴스 성분이 부하로서 작용하는 $100(Hz)$ 이상의 주파수 대역에서 배터리의 내부 성분들과 유도성 부하의 공진으로 인해 주파수 대역이 증가한 곳에서 새로운 위상 응답이 나타나며 저항 부하를 접속 하였을 때보다 위상 크기의 증가로 측정하기가 용이하며, 주파수 대역 증가로 인해 진단 시간이 감소한다

3. 결론

본 연구에서 2차전지의 SOC와 SOH를 관리하기 위해 측정해야되는 파라미터인 전압, 전류, 임피던스, 온도등의 값을 얻기위해 전달함수를 이용하는 방법으로 2차전지의 Randles 등가모델에서 유도성 부하가 적용되었을 때의 회로를 제시하고 이에대한 전달함수를 제시하였다.

본 연구에서 유도성 부하가 있는 등가모델 및 전달함수를 연구하였지만, 향후 이에 대한 위상 응답 특성에 대한 연구도 필요한 과제로 생각된다.

참고문헌

- [1] 강대수, 유정봉, (2018), “전달 함수 추정에 의한 배터리 SoC 측정”, 대한전자공학회논문지 제55권 제3호, PP117-222
- [2] 최경수, (2019), “SOH 측정을 위한 2차 전지와 유도성 부하의 공진 위상분별에 관한 연구”, 공주대학교 대학원 석사 학위 논문
- [3] 김영진, 길형준, 김성주, 김재형, (2016), “IQ 복조 기법을 이용한 광대역 접지 임피던스 측정기의 설계 및 구현”, 한국안전학회지, Vol.31 No.6, PP19-25
- [4] 류강열, 이종필, 김태진, 유동욱, 송의호, 민병덕, (2007), “FFT를 이용한 위상추종 방법” 전력전자학회 논문지, 제13권 제 3호, PP206-212
- [5] 오승모, “전기 화학 제 2판”, 자유아카데미, 2014
- [6] 이승환, 김병훈, 이홍중, 이병현, 김태훈, 송현식, (2013), “배터리 내부 저항의 측정 방법에 관한 연구”, 대한전기학회 학술대회 논문집, Vol.2014 No.7, PP1060-1061