

납축전지의 충전 초기 전압을 이용한 충전상태 평가에 관한 연구

박병주*, 문채주*, 장영학**, 김태곤*, 이재형*
목포대학교 전기공학과*, 목포대학교 제어로봇공학과**

A Study on the Estimation of SOC(State of Charge) for Pb Battery Using Initial Charging Voltage

Byeong-Ju Park, Chae-Joo Moon, Young-Hak Chang, Tae-Gon Kim, and Jae-Hyoung Lee

*Dept. of Electrical Engineering of Mokpo National University,

**Dept. of Control Robot Engineering of Mokpo National University

ABSTRACT

본 논문에서는 납축전지의 충전 초기 전압변화를 이용한 충전지의 상태와 충전상태를 비교 평가하는 방법을 연구하였다. 12V/1.2Ah의 납축전지를 대상으로 NI사의 DAQ 장치로 충전 전 실험 장치를 구축하고 LabVIEW로 프로그램을 작성하여 충전지의 전압과 전류를 측정하였다. 충전지가 노화된 경우 충전 초기 전압이 급격히 상승하였고, 충전 전류는 정상적인 충전지에 비해 상대적으로 적게 나타났다. 실험 결과를 바탕으로 충전지의 충전상태를 평가하였다.

1. 서론

2차 전지는 UPS(Uninterrupted Power System), 휴대폰, 전기자동차, 하이브리드 자동차 등 다양한 분야에서 에너지 저장 매체로 활용 범위가 확대되고 있다. 이처럼 충전지의 활용도가 높아짐에 따라 충전지의 충·방전 상태에 대한 정보를 아는 것은 중요한 과제이다.

충전지의 SOC(State Of Charge)는 충전지 내부의 화학적인 상태로부터 얻어진 전기적인 신호로서 직접적으로 측정할 수 없다. 따라서 단자전압이나 전류를 이용한 간접적인 측정에 의해 추정된다.

충전상태를 추정하기 위해 OCV(Open Circuit Voltage)법, 전류 적산(Coulomb Counting)법, 칼만 필터(Kalman Filter)법 등 많은 방법들이 연구 되어 왔다. 그 중 가장 많이 사용되는 방법이 OCV법이며 측정이 쉽고 구현하기가 쉽다. 하지만 OCV를 측정하기 위해서 충전지가 안정 상태에 도달할 때 까지 충분한 시간을 기다려야하고,^[1] OCV가 높게 나타났지만 방전 시 급격히 전압이 내려가는 노후 배터리의 경우를 구분하지 못하는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 측정이 용이한 OCV법에서 충전지의 충전 직후 전압 변화를 이용하여 충전지의 상태를 신속하게 비교할 수 있는 방법을 제안하고, 충전 전류와 전압 변화를 비교하여 충전지의 SOH(State of Health)를 판단할 수 있는 방법을 제시하였다.

2. 충전지 등가회로

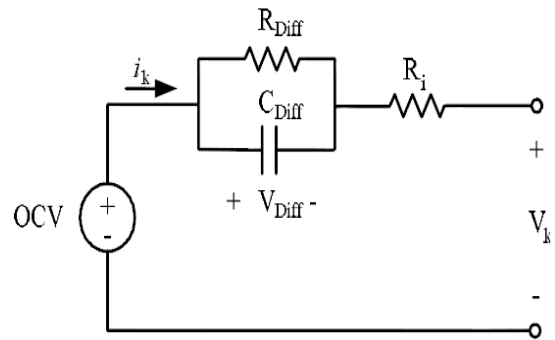


그림 1 충전지 등가회로 모델

Fig. 1 Battery equivalent circuit model

$$V_k = OCV - V_{Diff} - R_i \cdot i_k \quad (1)$$

그림 1은 충전지의 등가회로 모델을 나타낸다.^[2] 내부저항 R_i 와 충전지 내부의 전기화학적 반응에 의한 비선형적인 특성을 나타내는 V_{Diff} , 그리고 부하가 연결되지 않은 상태에서 전압 OCV로 구성된다.

충전지의 내부저항으로 인해 외부에서 측정되는 단자 전압은 실제 배터리의 용량과 다르게 나타난다. 충전 시는 단자전압이 높아지고 방전 시는 낮게 측정된다. 내부 저항은 충전지의 노후 정도에 따라 달라 충전 상태를 정확한 수치로 파악할 때 오차로 나타난다.

식(1)에서 내부저항이 커지게 되면 방전 시 충전지의 단자전압이 낮아지며 내부저항이 커질수록 충전지 노후 정도는 심해져 충전지 기능을 상실하게 된다.

3. 실험

NI사의 DAQ 장치로 충전 전 실험 장치를 구축하고 LabVIEW로 프로그램을 작성하여 12V/1.2Ah의 납축전지 6개를 대상으로 충전지의 전압과 전류를 측정하였다. 충전 전 충전지 OCV를 측정하고 충전 직후 0.5초 동안 일정 간격으로 전압과 전류를 7회 측정하였다. 충전은 정전압 충전을 했다.

3.1 충전 데이터와 분석

실험은 납축전지 6개를 T1 - T6으로 번호를 정해 데이터를 측정 하였다. 각 납축전지의 OCV와 충전 시 전압과 전류의 측

정 결과를 그림 2와 그림 3으로 나타내었다.

그림 2의 V0는 축전지 OCV를 측정한 데이터이며, V1-V7 구간은 충전 시 전압을 측정한 데이터를 나타낸다.

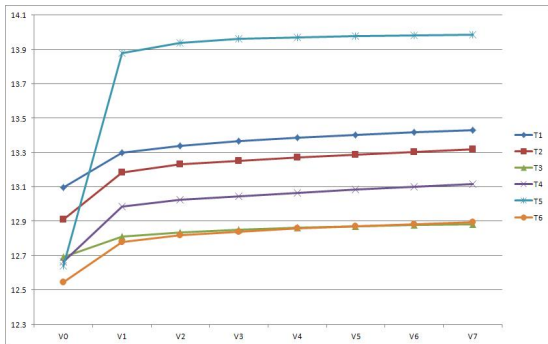


그림 2 축전지 개방전압 및 충전 시 전압
Fig. 2 Battery OCV and charging voltage

그림 2에서 측정된 V0 부분을 비교 하였을 시 T1, T2, T3, T4, T5, T6 순위로 충전상태가 좋은 것을 알 수 있다. 하지만 충전 초기 전압으로 측정된 V1-V7 구간을 비교 하였을 시에는 T5, T1, T2, T4, T6, T3 순위로 충전상태가 좋은 것으로 나타났다.

T3의 경우 OCV 측정 시 T4-T6 보다 전압이 높았으나 V1-V7 구간에서는 T4와 T5 보다 낮았고 T6과 비교 하였을 때 V1-V3 구간은 높았으며, V4-V7 구간은 낮게 측정이 된 것이 확인되어 T3은 T4-T6 보다 충전상태가 안 좋을 것으로 분석하였다. 또한 T5에서는 급격하게 전압이 상승하는 것으로 보아 축전지의 내부저항이 높아졌다는 것을 의미한다. 이는 축전지의 SOH가 안 좋을 시에 나타나는 현상을 보여 주고 있다. 그로인해 T1, T2, T4, T6, T3, T5 순위로 충전상태를 평가하였다.

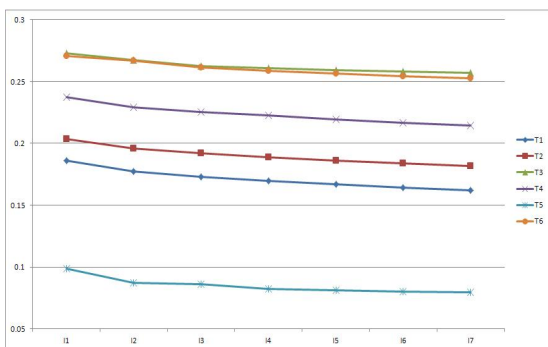


그림 3 축전지 충전 시 전류
Fig. 3 Battery charging current

그림 3은 충전 시 전류를 측정한 데이터를 나타낸다.

그림 3에서 축전지 충전 시 전류를 비교 했을 시에도 그림 2의 V1-V7 구간과 같은 T5, T1, T2, T4, T6, T3 순위로 나타났다. 하지만 T5의 전류가 0.0987 이하까지 떨어지는 것으로 나타나 전압 측정 시에 분석되었던 축전지 SOH의 안 좋은 현상이 나타났다.

그림 3의 충전 시 전류를 비교하였을 때도 위 결과와 같은 T1, T2, T4, T6, T3, T5 순위로 충전상태를 평가하였다.

3.2 방전 데이터와 분석

축전지의 실제 충전용량을 확인하기 위해 방전 경과 시간을 측정하여 TXT 파일로 저장 후 데이터를 비교 분석하였다.

충전 직후 납축전지의 용량 확인을 위해 방전을 하였다. 부하로 10W/50Ω의 저항을 사용하여 10.8V까지 방전 되는 경과 시간을 측정 후 비교 분석해 위에서 제시한 납축전지 충전상태 순위와 비교 하였다.

표 1은 OCV와 축전지 방전 경과 시간과 비교하여 나타내었다.

표 1 축전지 방전 경과 시간
Table 1 Battery discharge elapsed time

Battery	OCV	Discharge elapsed time[h]
T1	13.0959	4:59:22
T2	12.9089	4:43:22
T3	12.6923	3:03:36
T4	12.6647	3:42:51
T5	12.6391	0:00:19
T6	12.5459	3:22:00

T5 축전지 경우 19초 만에 방전이 끝나는 결과를 얻어 위에서 분석한 축전지 T5의 SOH가 안 좋다는 것을 확인하였다. 또한 T3은 OCV 측정 시 T4-T6 보다 높으나 방전 경과 시간이 짧은 것으로 확인 되어 본 논문의 평가방법에 의한 T1, T2, T4, T6, T3, T5 충전상태 순위 결과와 동일하였다.

4. 결론

본 논문에서는 충전 초기 전압을 이용한 충전상태를 평가하는 방법을 제안하였다. 12V/1.2Ah의 납축전지 6개를 대상으로 실험하여 OCV에 의한 축전지 상태 판정과 본 논문에서 제시한 전압 변화를 이용한 방법을 비교하였다.

충전 직후 축전지 전압의 급격한 상승은 축전지의 노후 상태와 관련됨을 알 수 있었으며, OCV에 의한 충전 상태로 계산될 경우 큰 오차를 나타낼 수 있음을 확인하였다.

제안된 방법을 이용하여 판정한 것과 방전 경과 시간을 측정한 것을 비교하여 동일한 충전상태에 대한 평가를 얻었다.

본 연구 결과를 직렬 연결된 배터리의 상태 판정에 적용하여 연구할 계획이다.

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 지역산업 기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고 문헌

[1] S. Piller, M. Perrin, A. Jossen, "Methods for State-of-charge Determination and Their Applications", Journal of Power Sources, Vol. 96, pp.113-120, Jun. 2001
 [2] 김종훈(J. H Kim), 신종원(J. S. Shin), 전창윤(C. Y. Chun), 조보형(B. H. Cho) "스크리닝에 기반한 축전지 팩의 SOC 추정연구", 전력전자학회 2010년도 전력전자학술대회 논문집 2010.7, page(s): 418-419