

향상된 OCV 추정기법을 이용한 전류적산법의 SOC Reset 알고리즘 제안

정용민, 조용기, 안정훈, 신승민, 이병국[†]
성균관대학교 정보통신대학

SOC Reset Algorithm based Enhanced OCV Estimation for Coulomb Counting Method

Yong Min Jeong, Yong Ki Cho, Jung Hoon Ahn, Seong Min Shin and Byoung Kuk Lee[†]
College of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

ABSTRACT

본 논문은 OCV 추정기법을 이용한 전류적산법의 SOC Reset 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 배터리 상황에 따라 OCV 추정을 위한 휴지시간을 달리 설정한다. 이에 따라 짧은 휴지 시에도 SOC Reset Point를 늘려 전류적산법의 오차를 Reset함으로써 SOC 추정 능력을 향상한다. Li ion 27 Ah/999 Wh 배터리의 충·방전 실험을 통해서 OCV 판별 시간을 도출하여 알고리즘을 구현한다. 전기자동차의 주행 패턴을 모사하여 기존의 전류적산법과 비교 실험을 통해 제안한 알고리즘을 검증한다.

1. 서 론

최근에는 친환경 정책에 힘입어 전기 자동차 분야에 대한 연구가 활발하다. 전기 자동차와 같이 대용량 배터리를 사용하는 분야에서는 정확한 SOC (State of Charge) 추정이 중요하며, 이에 따라 알고리즘 구현이 간단하고 연산속도가 빠른 전류적산법의 연구가 활발히 진행된다.

전류적산법은 시간에 따라 오차가 누적되어 SOC의 불확실한 추정이 발생한다는 취약점을 가진다. 전류적산법의 SOC 추정능력을 향상시키기 위해서는 배터리 전류를 정확하게 측정하거나 OCV를 이용한 SOC Reset 방식을 통해 적산오차를 제거한다^[1]. 기존의 SOC Reset 방식은 긴 휴지시간이 필요하기 때문에 전기자동차의 운행 중에는 적용하기 어렵다^[2].

따라서 본 논문에서는 전류적산법의 SOC 추정능력 향상을 위해 새로운 OCV 추정기법을 통한 SOC Reset 알고리즘을 제시하며 기존의 전류적산법과 비교 실험을 통해 검증하였다.

2. 제안하는 SOC Reset 알고리즘

2.1. 향상된 OCV 추정기법

본 논문에서 제시하는 알고리즘은 SOC Reset을 위해 필요한 휴지시간을 SOC별로 달리 선정한다. 기존의 전류적산법은 SOC Reset을 위해서 배터리의 충·방전 시 SOC별 최대 시정수보다 긴 휴지시간을 필요로 하는데, 이는 SOC Reset의 발생 확률을 감소시킨다는 점에서 비효율적이다. 그림 1은 2차 RC ladder model을 이용하여 도출한 배터리의 SOC별 충전, 방전 시정수이다^[3].

그림 1을 보면 SOC별 충·방전 시의 시정수가 상이하다. 기존의 OCV 측정방식은 최대 시정수에 맞춰 휴지시간을 선정하므로,

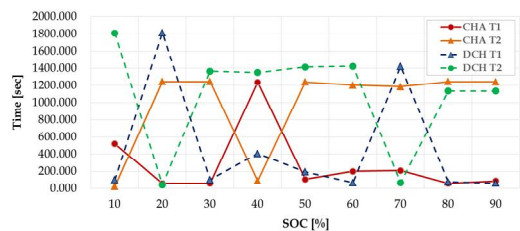


그림 1. 2차 RC ladder 방식을 이용한 SOC별 충·방전 시정수.
Fig. 1. Time-constant of charge and discharge according to SOC using 2nd order RC ladder model.

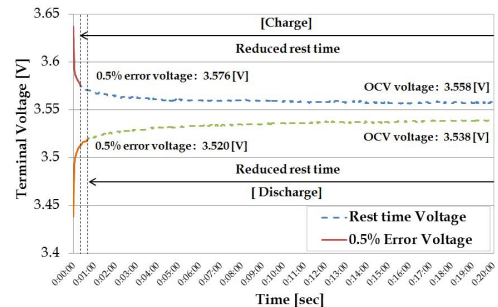


그림 2. 휴지 시간에 따른 terminal 전압.
Fig. 2. Terminal voltage according to rest time

그림 1의 경우에는 최대 시정수인 약 1800초 정도의 시간을 휴지 시간으로 선정하여 배터리 OCV를 도출한다. OCV는 배터리의 정상상태 전압을 의미하며, SOC를 추정할 수 있는 중요 factor이다.

그림 2는 1C rate 충전, 방전 실험 시 SOC 20% 일 때, 휴지시간에 따른 terminal 전압을 나타낸다. 그림을 보면 알 수 있듯이 휴지시간 초반에 전압은 급격하게 변하여 OCV 근사치에 도달한다. 이러한 특징을 이용하여 제안하는 알고리즘은 짧은 휴지시간 후의 전압을 OCV라고 판단하여 SOC Reset을 한다. 알고리즘에 적용하는 휴지시간은 그림 2에서와 같이 OCV 대비 0.5% 오차 전압에 도달하는 시간으로 선정하였다.

2.2. SOC Reset 알고리즘

SOC Reset 알고리즘은 그림 3과 같이 구현한다. CT (Current Transducer)에서의 전류 센싱 값을 통해 휴지시간이라고 판단되면, 이전의 상태가 충전 혹은 방전인지를 판별한다. 그림 2에서와 같이 충전, 방전에 따라서 전압 곡선의 양상이 다르기 때문에 SOC Reset에 필요한 휴지시간도 이전 상태(충전, 방전)에 따라 다르게 설정해야 한다. OCV 판별을 위한 시간을 설정한

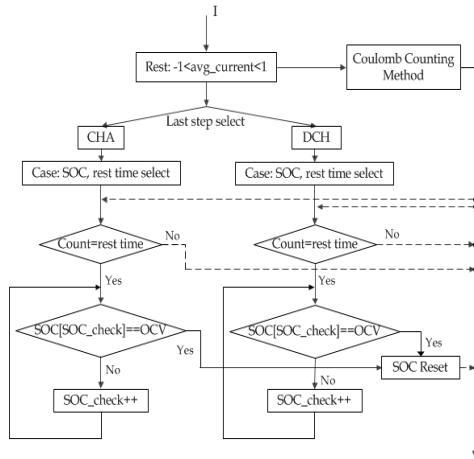
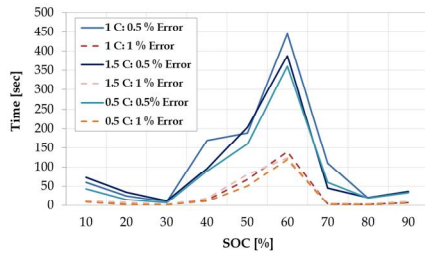
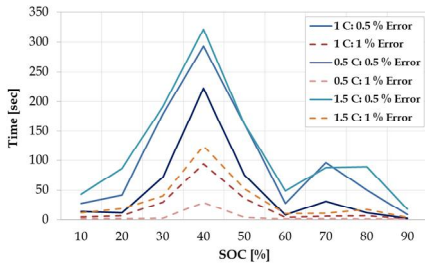


그림 3. SOC Reset 알고리즘 블록도.
Fig. 3. Block of SOC reset algorithm.



(a) 충전



(b) 방전

그림 4. OCV 판단에 필요한 휴지시간.
Fig. 4. Rest-time required for determine of OCV.

후에는 휴지시간을 나타내는 변수 count와 비교를 하는데, 만약 해당 SOC 영역에서 reset에 필요한 휴지시간 만큼 시간이 지난 경우에는 OCV table을 이용하여 해당 전압에서의 SOC로 SOC Reset을 한다.

그림 4는 OCV 대비 오차율이 1%, 0.5% 인 전압까지 도달하는 휴지시간을 C rate 변동에 따라 정리한 값이다. 그림 4를 보면 OCV 대비 오차율이 작은 경우, 해당 전압에 도달하는 시간이 길지만 오차율 0.5%의 경우도 기존의 휴지시간에 비해서 상당히 짧다. 또한 C rate에 따라서 휴지시간의 차이는 있지만 1C rate 기준으로 비교할 때, 그 차이가 미미하여 알고리즘에는 1C rate, 0.5% 경우의 휴지시간을 적용하였다.

3. 실험

구현한 알고리즘을 실제 전기자동차 주행패턴 profile에 적용하여 실험을 진행하였다. 실험은 그림 5의 주행패턴을 5 cycle 동안 반복하며, 각 cycle마다 3분의 휴지시간을 가진다. 충·방전기의 결과 데이터로 계산한 SOC를 reference라고 가정하였으며 최종

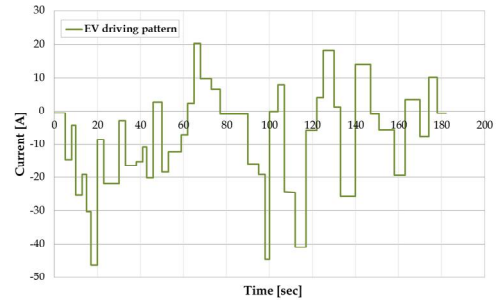


그림 5. 전기자동차 주행패턴 프로파일^[4].
Fig. 5. Profile of EV driving pattern^[4].

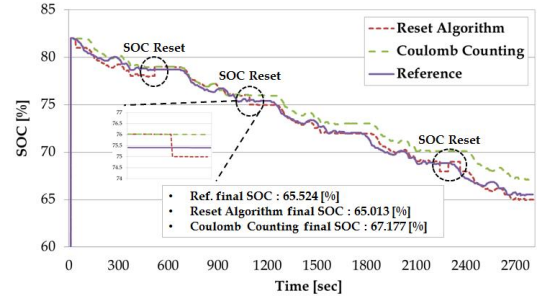


그림 6. 전기자동차 주행패턴 실험파형.
Fig. 6. Experiment waveforms of EV driving pattern.

SOC는 65.524%, 기존의 전류적산법과 reset 알고리즘을 적용한 전류적산법의 최종 SOC가 각각 67.177%, 65.013%로 추정되었다. 실험 결과에서 보듯이 reset 알고리즘을 적용한 전류적산법의 SOC 추정능력이 기존 전류적산법 대비 1.142% 정도 향상되었다.

5. 결론

본 논문은 향상된 OCV 측정방식을 통한 SOC reset 알고리즘을 제안하였다. 구현한 알고리즘을 전기자동차 주행패턴에 적용 시 기존 전류적산법 대비 1.142%의 추정 향상을 보인다. 이를 통해 제안하는 알고리즘을 전기자동차에 적용한다면, 신호 정차 등과 같이 운행 중 짧은 휴지기에 도 전류적산법의 SOC 추정능력을 향상 시킬 것으로 기대된다.

본 연구는 산업통산자원부 및 방위사업청의 민군겸용기술사업(Dual Use Technology Program)의 지원을 받아 진행되었음

참고 문헌

- [1] J.S. Koo, S.S. Park, K.Y. Youn and C.S. Kim, "Development of SOC Estimation Logic using the Steady State DC IR for SHEV," *WEVA 2001*, pp229-242, 2001.
- [2] K.Y. Kim, Y.H. Kim and D.H. Kim, "Car Battery SoC(State of Charge) Estimation and BMS Implement," *CICS 2011*, pp364-365, 2011, October.
- [3] J.M. Lee, J.H. Lee, O.Y. Nam, J.H. Kim and B.H. Cho, "Modeling and Real Time Estimation of Lumped Equivalent Circuit Model of a Lithium Ion Battery," *Power Electronics and Motion Control Conference 2006*, pp 1536-1540, Sept. 2006.
- [4] Loic Gaillac, "Accelerated Testing of Advanced Battery Technologies in PHEV Applications," *The World Electric Vehicle Journal*, Vol. 2, Iss. 2, pp 171-180, 2008.