

# Shepherd model과 전류적산법을 이용한 개선된 SOC 추정 알고리즘

배경철\*, 최성춘\*, 신민호\*, 김영렬\*\*, 원충연\*  
 성균관대학교\*, 안양대학교\*\*

## Improved SOC Estimation Algorithm using Shepherd Model and Coulomb Counting Method

Kyeung cheol Bae\*, Seong chon Choi\*, Min ho Shin\*, Young real Kim\*\*, Chung yuen Won\*  
 Sungkyunkwan University\*, Anyang University\*\*

### ABSTRACT

본 논문은 Shepherd model과 전류적산법을 이용한 개선된 SOC 추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 추정 알고리즘은 전류적산법을 통해 SOC를 측정 한 후 누적된 오차는 Shepherd model을 통해 구한 OCV를 이용하여 리셋시킴으로써 최종적으로 SOC 추정을 수행하였다. Li ion 4.2V, 10Ah 배터리를 사용하여 SOC 추정 실험을 하였다. 제안한 SOC 추정 알고리즘은 불규칙적인 전류 프로파일을 통해 이상적인 SOC 추정값과 제안한 SOC 추정값을 비교함으로써 SOC 추정 알고리즘의 우수성을 확인하였다.

### 1. 서론

최근 환경 문제로 인해 재충전할 수 있는 2차 배터리에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다. 이와 같이 배터리를 사용하는 분야에서는 배터리의 SOC(State of Charge)가 매우 중요한 정보이다. 이에 따라 정확한 SOC 추정 알고리즘에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

SOC 추정기법에는 전류적산법, OCV(Open Circuit Voltage)를 통한 SOC 추정기법 등이 있다. 전류적산법은 가장 간단히 구현할 수 있는 기법이지만 적분 부분을 통해 오차가 누적된다는 단점을 가지고 있다. 그리고 OCV를 통한 SOC 추정 알고리즘은 정확한 OCV를 측정하기 위해서는 긴 휴지시간(Rest time)이 필요하기 때문에 실질적으로 적용이 어렵다.<sup>[1]</sup>

따라서 본 논문에서는 전류적산법과 OCV를 통한 SOC 추정 알고리즘의 단점을 보완하는 SOC 추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 추정 알고리즘은 전류적산법을 통해 SOC를 추정하다가 오차 누적이 발생시에 배터리 모델을 통해 오차 누적을 리셋 시킴으로써 단점을 개선시켰다. 제안한 SOC 추정 알고리즘은 불규칙적인 전류 프로파일을 통해 이상적인 SOC 추정값과 제안한 SOC 추정값을 비교함으로써 타당성을 검증하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 제안한 SOC 추정 알고리즘

##### 2.1.1 기존의 전류적산법

전류적산법은 SOC 추정 알고리즘 중 가장 간단하고 잘 알려진 알고리즘이다. 전류적산법은 다음 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$SOC = SOC_0 - \frac{1}{Q} \int i dt \quad (1)$$

식 (1)과 같이 전류적산법은 초기 SOC에서 방전되는 양만큼 빠움으로서 SOC를 추정 할 수 있다. 이 알고리즘은 초기 SOC 및 센싱되는 값이 올바르면 정확한 SOC를 구할 수 있다. 하지만 이 알고리즘은 단순 적분형이기 때문에 센서의 오차 및 노이즈가 발생하게 되면 그림 1과 같이 누적오차가 발생한다는 단점을 가지고 있다.<sup>[1]</sup> 이러한 단점을 보완하고자 본 논문에서는 배터리 모델인 Shepherd model을 사용하여 누적 오차를 리셋 시킴으로써 개선된 전류적산법을 제안하였다.

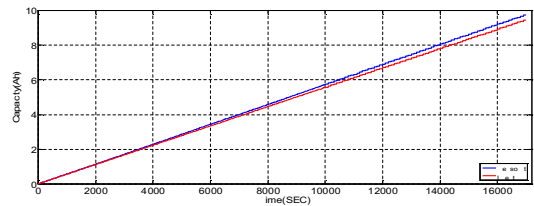


그림 1 누적 오차 비교  
 Fig 1 Comparison of cumulative error

##### 2.1.2 개선된 Shepherd battery model

기존의 Shepherd battery model은 배터리 내부저항  $R_i$  만을 포함하고 있기 때문에 배터리의 과도 특성을 묘사 할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 따라서 그림 2와 같이 Thevenin battery model과 같이 병렬 RC 회로가 포함된 개선된 Shepherd battery model을 적용하였다. Shepherd battery model을 본 SOC 추정 알고리즘에 적용한 이유는 다음 식 (2)와 같이 배터리 OCV를 쉽게 구할 수 있기 때문이다. 이로 인해 전기 자동차와 같은 온 라인(On line) 시스템에서도 쉽게 배터리의 OCV를 측정 할 수 있다.<sup>[2]</sup>

$$V_{OCV} = E_0 - K \frac{Q}{Q - \int i_{batt} dt} + A e^{(B \cdot \int i_{batt} dt)} \quad (2)$$

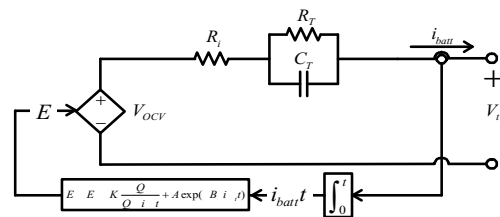


그림 2 개선된 Shepherd battery model  
 Fig 2 Improved Shepherd battery model

위와 같은 모델을 SOC 추정 알고리즘에 적용하여 누적오차가 발생하게 되면 이 모델을 통해 OCV를 계산하였다. 계산된 OCV는 OCV SOC 테이블을 이용하여 해당 SOC를 구하였다. 이렇게 구한 SOC를 통해 누적된 오차를 리셋 시킴으로써 전류적산법의 단점을 보완하는 SOC 추정 알고리즘을 수행하였다. 이와 같은 제안한 SOC 추정 알고리즘에 대해서 순서도로 정리하게 되면 다음 그림 3과 같다.

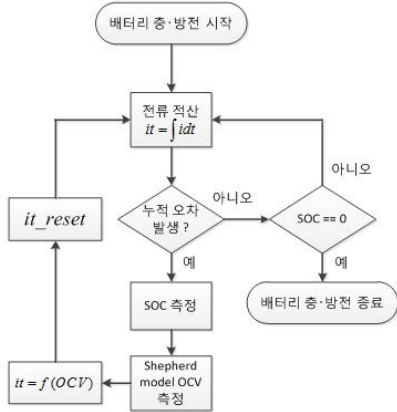


그림 3 제안한 SOC 추정 알고리즘 순서도  
F g 3 F owcha of p o p o e d SOC e ma o a g o h m

### 3. 실험

제안한 SOC 추정 실험에 앞서 개방회로전압 및 배터리 내부 임피던스 등을 측정하기 위해 특성 시험을 수행하였다. 본 논문에서는 Li ion 4.2V, 10Ah 배터리를 사용하였다.

개방회로전압 측정 방법은 그림 4와 같이 0.2 C rate 방전 전류로 때 SOC 10% 때 마다 30분의 휴지시간을 두어 측정하였고 그에 따른 측정 결과는 그림 5와 같다.

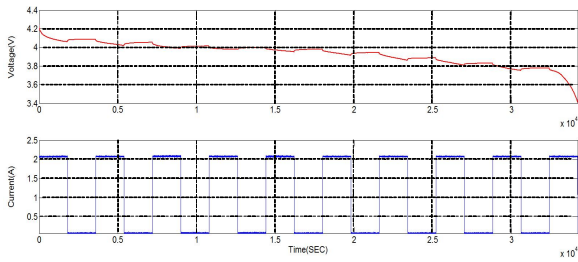


그림 4 개방회로전압 측정 시험  
F g 4 M e a u e m e e of OCV

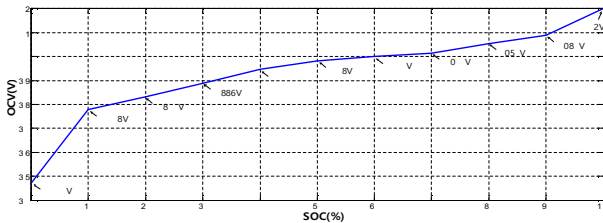


그림 5 SOC에 따른 OCV 측정 파형  
F g 5 SOC v e u m e a u e d OCV

배터리 모델의 파라미터인 내부 저항 및 병렬 RC값을 구하기 위해서 배터리 내부 임피던스를 측정하였다. 내부 임피던스를 측정하기 위해 그림 4와 같은 펄스 전류 파형을 이용하여 식 (3) ~ (5)를 통해 배터리의 내부 임피던스를 구하였다.

$$R = \frac{V_{R_i}}{I_{batt}} \quad (3)$$

$$R_T = \frac{V_{R_T}}{I_{batt}} \quad (4)$$

$$C_T = \frac{4\tau_T}{R_T} \quad (5)$$

위와 같이 구한 OCV SOC 테이블 및 배터리 내부 임피던스를 제안한 SOC 추정 알고리즘에 적용하였다. 제안한 SOC 추정 알고리즘을 검증하기 위해 다음 그림 6과 같은 불규칙한 방전 전류 프로파일로 SOC 추정 실험을 진행하였다. SOC 추정 실험 결과는 다음 그림 7과 같다. 빨간선은 이상적인 때의 SOC 파형이고 파란선은 제안한 SOC 추정 알고리즘을 통한 결과 파형이다. 실험결과 최대 오차율은 1.49%으로 제안한 SOC 추정 알고리즘의 타당성을 증명하였다.

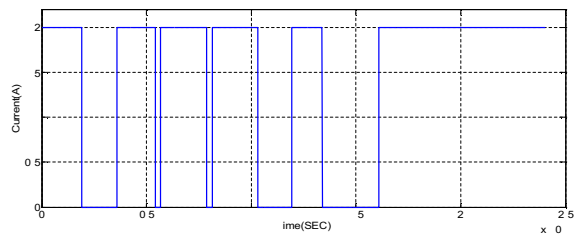


그림 6 사용된 방전 전류 프로파일

F g 6 U e d d c h a g e c u r e p o f e

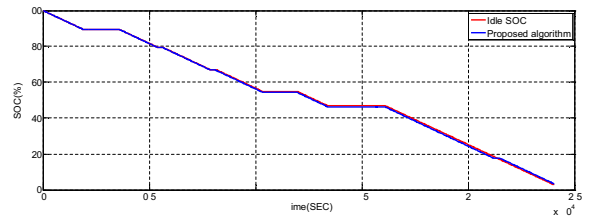


그림 7 SOC 추정 결과

F g 7 SOC e m a o e u

### 4. 결론

본 논문은 전류적산법과 배터리 모델을 통한 SOC 추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 SOC 추정 알고리즘은 기존의 전류적산법의 단점인 누적 오차 부분을 Shepherd model을 통해 리셋 시켜 줌으로써 단점을 보완하였다. 또한 배터리 특성 시험을 통해 OCV SOC 테이블 및 배터리 모델의 파라미터를 구하였고 SOC 추정 실험을 통해 제안한 SOC 추정 알고리즘의 타당성을 증명하였다. 제안한 SOC 추정 알고리즘은 실시간으로 OCV를 구함으로써 전기 자동차와 같은 온 라인 시스템에 적용이 가능함을 보여주었다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(No. 20124010203300)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

### 참고 문헌

- [1] Languang Lu, "A review on the key issues for lithium ion battery management in electric vehicles", Journal of Power Sources, Vol. 226, pp. 272-288, March, 2013.
- [2] Tremblay, O., "A Generic Battery Model for the Dynamic Simulation of Hybrid Electric Vehicles", VPPC 2007, IEEE, pp. 284-289, Sept., 2007.