

# 배터리관리시스템(BMS)을 이용한 배터리 잔존수명(SOH) 추정 알고리즘에 관한 연구

( A Study on the Algorithm of Battery SOH Estimation for Battery Management System(BMS))

서철식\*, 문중현, 박재욱, 김금수, 김동희

(Cheol-Sik Seo, Jong-Hyun Moon, Jae-Wook Park, Geum-Soo Kim, Dong-Hee Kim)

## Abstract

This paper presents the battery management system(BMS) for the optimum conditions of the lead-Acid battery in UPS. The proposed system controls the over and under currents of battery for protecting and it was applied algorithm for optimum conditions to estimate the State Of Charge(SOC) and State Of Health(SOH) in charge or discharge mode. It approved the performance and the algorithm for the estimation of SOH, through the experiments which using the charge and discharge tester and the field tests.

## 1. 서론

최근 산업 및 경제의 급속한 발전으로 전기 기기 및 전자 기기의 보급이 급속하게 확산됨에 따라 안정적인 전력 수급 문제와 우수한 품질의 전력에 대한 요구가 높아짐에 따라 정전 시 안정적인 전력공급을 위한 UPS의 사용이 급격하게 증대되고 있다. 순간 정전, 순간 전압강하 및 고조파 등에 의한 전력 품질의 저하는 산업체에 막대한 경제적 손실을 발생시키게 된다. 이러한 전력 품질의 문제점을 해소하기 위한 일환으로 산업체에서 많이 사용하는 UPS는 전력전자기술의 급속한 발전으로 안정적 동작에 대한 신뢰성은 상당 부분 확보하고 있으나, 에너지 저장용납축전지의 불량으로 인한 정전시의 전력 품질 저하 현상이 종종 발생하고 있다.

일반적으로 납축전지는 충·방전을 반복함에 따라 불가피하게 성능이 저하되고, 수명이 단축되며, 배터리의 불안정한 특성으로 사고의 위험성을 가지게 되어 UPS의 전체적인 신뢰도 저하를 야기 시킨다. 또한, 배터리의 정확한 잔존수명을 판단할 수 있는 방법이 제시되지 않아 배터리 제조사나 UPS 제조사에서 권장하는 시간이 경과하면 배터리의 상태에 관계없이 모든 배터리를 교체함으로써 수명이 다하지 않는 배터리의 교체 및 배터리의 주기적인 관리에 따른 인력 낭비 등 많은 문제점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하고 납축전지의 효율적인 관리를 위해서 축전지의 상태를 최적으로 관리할 수 있는 장치인 배터리관리시스템(BMS; Battery Management System)의 개발이 필요하다.[1][2][3].

이에 본 논문에서는 UPS에 사용되는 납축전지

용 배터리관리시스템을 설계 및 제작하였고, 배터리의 효율적인 관리를 위한 잔존수명(SOH; State Of Health)을 추정하는 알고리즘을 제안하였다.

## 2. 본론

### 2.1 배터리관리시스템의 구조

배터리관리시스템은 배터리 전압, 전류 및 온도를 실시간으로 검출하여 충·방전 전류를 제어함으로써 과충전 및 과방전을 방지하고, 잔존용량(State Of Charge) 및 잔존수명(SOH)를 계산, 추정함으로써 배터리의 상태를 항상 최적으로 유지할 수 있도록 하고 있다. 그림1은 개발된 UPS용 배터리관리시스템의 실물 사진을 보여주고 있다. 배터리관리시스템의 하드웨어 장치는 크게 전압, 전류 및

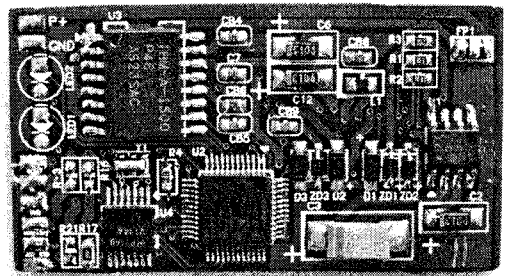


그림 1. UPS용 배터리관리시스템  
Fig.1. The Battery Management System for UPS

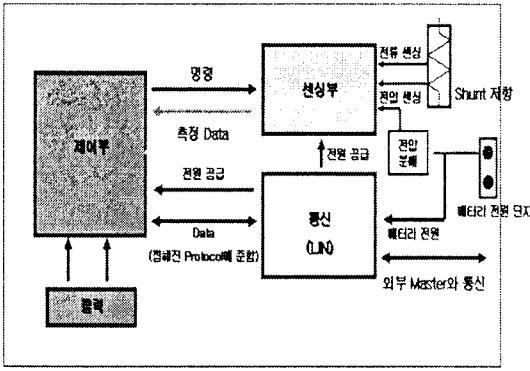


그림 2. 배터리관리시스템의 BLOCK도  
Fig.2. The Block diagram of a Battery Management System

온도를 검출하는 센싱부, 연산 및 제어를 위한 제어부(MCU) 및 정보 교환을 위한 통신부로 구성되는데, 그림2는 이의 내부 블럭 구성도를 보여주고 있다.

## 2.2 배터리 잔존수명 추정

배터리의 잔존수명을 정확하게 파악하는 것은 무정전 전원시스템(UPS)의 안정적인 운전과 원활한 축전지 관리를 위하여 필수적이다. 일반적인 납축전지는 충·방전을 반복함에 따라 내부 임피던스의 증가로 배터리 전압강하가 심화되고 충전중 지전압과 방전중지전압에 빨리 도달함으로 배터리의 용량 및 효율이 감소하여 성능이 저하된다. 이에 따른 배터리의 잔존수명을 추정하는 방법에는 여러 가지가 있는데, 일반적으로 내부 임피던스 측정에 의한 방법과 배터리 용량 측정에 의한 방법이 많이 이용된다.

### 2.2.1. 내부임피던스 측정에 의한 방법

배터리의 잔존수명을 진단하는 방법으로 사용되는 내부 임피던스 측정에 의한 방법에는 내부 임피던스를 측정하는 AC 측정법과 내부 저항을 측정하는 DC 측정법 등이 있다.

배터리는 전기적, 화학적 요소로 인한 비선형적인 특성을 지니고 있기 때문에 정확한 모델링을 하기가 매우 어렵다. 그림 3은 저항과 커패시터의 조합으로 구성된 가장 간단한 형태의 배터리 모델링을 보여주고 있다.

AC 측정법은 10~1,000[Hz]의 교류 전류를 배터리 단자에 흘려 이때 전압과 전류의 위상관계를 통하여 배터리 임피던스를 검출하는 방법으로 보

다 정확한 배터리 모델링이 가능하지만, 임피던스 측정과 교류전류를 발생하기 위한 별도의 회로가 필요하여 구조가 복잡하고, 고가라는 단점이 있다. 그림 3의 배터리 모델링 회로에서 AC 측정법에 의한 내부 임피던스는 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$Z = R_1 + \frac{R_2}{\omega CR_2} \quad (1)$$

$$R = R_1 + R_2 \quad (2)$$

여기서,  $Z$  : 배터리 내부임피던스

$C$  : 배터리 용량

$R$  : 배터리 내부저항

$R_1$  : 배터리 내부저항

$R_2$  : 배터리 분극저항

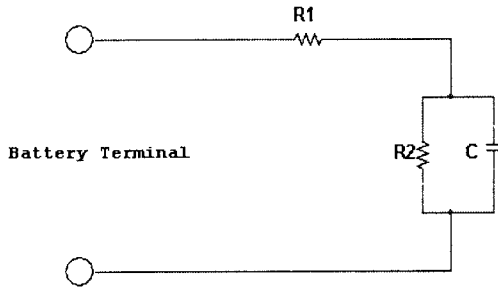


그림 3. 배터리 등가회로  
Fig.3. The Equivalent Circuit of Battery

DC 측정법은 방전전류와 이때의 전압 강하분을 고려하여 내부저항을 계산하는 방법으로 AC 측정법에 비해 정확성은 다소 떨어지지만, 시스템이 간소하다는 장점을 가지고 있어 일반적으로 많이 사용하는 측정법이다. 그림 2의 배터리 모델링 회로에서 DC 측정법에 의한 내부저항은 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

또한, 배터리의 내부저항을 구하기 위한 근사식은 식(3)으로 표현할 수 있다.

$$R = \frac{V_1 - V_2}{I_2 - I_1} \quad (3)$$

여기서,  $R$  :  $V, I$  측정에 따른 내부저항

그림 4는 DC 측정법에 의해 측정된 배터리 잔존 용량과 내부 임피던스를 나타낸 그래프이다.

### 2.2.2. 배터리 용량측정에 의한 방법

배터리 용량에 의한 잔존수명 판정 및 배터리 교체 시기의 결정은 배터리 제조사에서 제시하는

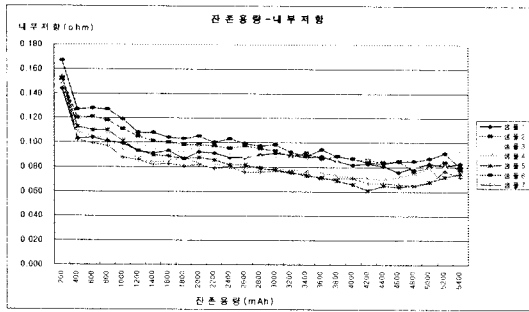


그림 4. 배터리 내부임피던스  
Fig.4. The Internal Impedance of Battery

사이클 수명 특성곡선에 의하는 방법이다. UPS의 경우 축전지의 정격용량은 정전 보상시간과 밀접한 관계가 있으며, 사용기간이 지남에 따라 배터리의 용량은 감소하게 되고, 배터리 제조사에서는 배터리의 정격용량을 기준으로 용량이 일정 범위 감소할 경우 배터리를 교체하도록 권고하고 있다. 하지만, 정확한 용량을 계측하기 위해서는 충방전 시험기를 통한 장시간의 충방전 시험을 거쳐야 하는 단점을 가지고 있다.

### 2.2.2. 배터리관리시스템에 의한 방법

본 논문에서 제안한 배터리관리시스템은 배터리의 잔존수명을 추정하는 기능을 가지고 있어 배터리의 노화 정도를 정확하게 추정함으로써 배터리 교체 시점을 예측할 수 있는 편리성을 제공하고 있다. 종래의 방법에서는 배터리 사이클 수를 카운터하여 배터리 제조사에서 제공하는 보증 수명 사이클 수 대비 노화도를 백분율(%)로 표시하였다. 그렇지만, UPS 등 대다수 시스템에 사용되는 배터리의 경우 충전 및 방전의 한 사이클이 완전하게 수행되는 것이 아니라, 대부분 일부 충전 및 일부 방전의 상태가 반복됨으로 정확한 사이클 카운터가 불가능하게 되고 이로 인하여 배터리 잔존수명의 정확한 추정에는 한계를 가진다.

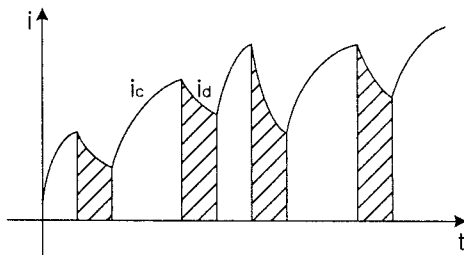


그림 5. 방전용량 평가 개념도  
Fig. 5. The concept Figure of discharging current estimation

제안한 배터리관리시스템에서는 정확한 배터리 잔존수명을 추정하기 위하여 충·방전시 방전 전류만을 실시간으로 검출하여 방전용량을 계산하고 배터리 정격용량과 일치할 경우 완전한 한 사이클의 방전용량으로 간주한다. 이에 대한 방전 전류 계산을 통한 개념도를 그림 5에서 표현하였고, 이때 완전한 방전 사이클 수는 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$C = \frac{\int i_d dt}{Q} \quad (4)$$

여기서,  $C$  : Cycle of discharge  
 $i_d$  : Discharging current  
 $Q$  : Rating capacity of battery

그림 6은 본 논문에서 제안한 배터리 잔존수명 추정을 위한 알고리즘을 나타내고 있다.

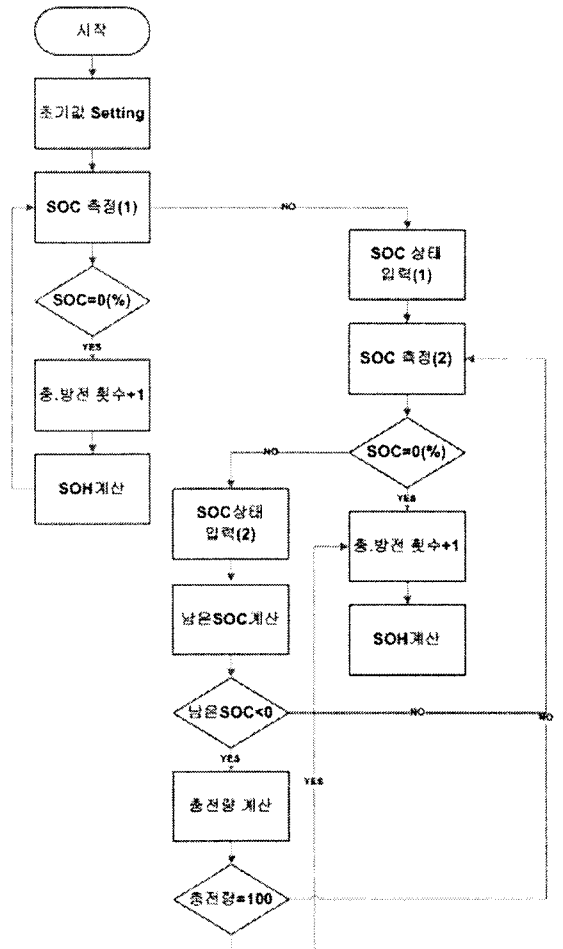


그림 6. 잔존용량(SOC) 추정 알고리즘  
Fig. 6. SOC estimation flow chart

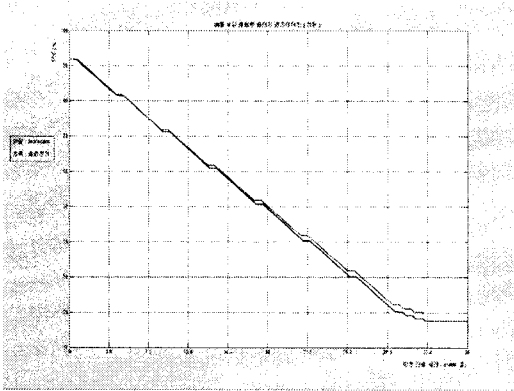


그림 7. 방전시 잔존용량 변화 그래프  
Fig. 7. The SOC graph by discharge mode

### 3. 실험 결과

그림 7은 배터리 방전시의 시간 경과에 따른 잔존용량의 변화를 보여주고 있다. 상온의 동일한 조건에서 충방전 시험기와 배터리관리시스템의 충·방전특성을 비교한 것으로 배터리관리시스템이 충전 및 방전 제어 기능을 정확하게 수행하고 있음을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 UPS용 납축전지의 전압, 전류 및 온도를 실시간으로 검출하여 배터리의 잔존용량(SOC) 및 잔존수명(SOH)을 계산하고 충·방전 전류를 제어하여 과충전 및 과방전을 방지함으로써 배터리를 항상 최적의 상태로 유지 할수 있는 배터리관리시스템(BMS)을 설계 및 제작 하였고, 배터리에 대한 정확한 잔존수명을 추정하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 또한, 배터리관리시스템과 충방전 시험기의 비교시험을 통해서 개발된 배터리관리시스템의 성능 및 제안한 알고리즘의 타당성을 입증하였다.

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

### 참 고 문 헌

[1] David Linden, "Handbook of Batteries and Fuel Cells", McGraw Hill, 1984  
[2] Butterworth-Heinemann, "Rechargeable Batteries Applications

Handbook", 215~223, Technical Marketing Staff of Gates Energy Products, Inc. , 1992

- [3] P. Mauracher, E. Karden, "Dynamic modeling of lead/acid batteries using impedance spectroscopy for parameter identification", Journal Of Power Sources, vol.67,pp. 69-84, 1997.  
[4] Isamu Kurisawa, Masashi Iwata, "Internal Resistance and Deterioration of VRLA Battery-Analysis of Internal Resistance obtained by Direct Current Measurement and its application to VRLA Battery Monitoring Technique", IEEE, pp. 687-694, 1997.  
[5] H.L.Chan, D.Sutanto. " A New Battery Model for use with Battery Energy Storage Systems and Electric Vehicles Power Systems", IEEE, pp 470-475, 2000  
[6] H.L.Chan, D.Sutanto, "A New Battery Model for use with Battery Energy Storage System and Electric Vehicles Power Systems", IEEE, pp. 470-475, 2000.  
[7] J M Lee, U D Choi, "Role and Operation Algorithm of a Battery Management System for Electric Vehicles" Korea Power Electronics Confrence 2001  
[8] Stephan Buller, Marc Thele, Eckhard Karden, Rik W. De Doncker, "Impedance-based non-linear dynamic battery modeling for automotive applications", Journal of Power Sources, vol. 113, pp.422-430, 2003