

# 차동 증폭회로를 적용한 축전지 잔존용량산정

조규판, 문채주, 김태곤, 채성열, 정문선, 이경성  
목포대학교 전기공학과

## State of Charge Calculation Using a Differential Amplifier On the Batteries

Kyu Pan Jo, Chae Joo Moon, Tae Gon Kim, Sung Yeol Chae,  
Moon Seon Jeong, Kyung Sung Lee  
Dept. of Electrical Engineering of Mokpo National University

### ABSTRACT

전기자동차의 축전지 관리 시스템(BMS : Battery Management System)의 잔존용량(SOC : State Of Charge)산정에는 Ah 측정법, 비중측정법, 전압측정법 등이 있다. 기존 전압 측정법의 경우 측정 전압을 프로세서에서 직접 처리하기 때문에 축전지의 미세한 전압 변화를 측정하지 못하여 잔존 용량 산정 시 세밀한 계산에 어려움이 따른다.

본 논문에서는 축전지의 전압 측정 시 프로세서 진단에 전압의 부분 증폭회로를 추가하여 축전지의 미세한 전압변화를 증폭하여 측정하는 방법을 제안 하였다. 니켈수소전지를 대상으로 실험한 결과 충전 중 기존 전압측정법은 1.431V, 1.436V, 1.441V가 측정 되었을 때의 잔존 용량은 84%로 일정하였다. 같은 전압변화에서 부분증폭회로를 적용한 충전전압은 1.4297V, 1.4303V ~ 1.4352V, 1.4358V로 측정 되었으며, 그에 따른 잔존용량은 84% ~ 85%로 기존 전압 측정법 보다 약 9 ~ 10배 정도 세밀하게 측정 되었다. 제안한 방법을 통한 실험으로 제안된 방법이 기존 전압 측정법보다 세밀한 전압 측정 및 SOC산정이 가능함을 확인 하였다.

### 1. 서 론

전 세계적으로 지구 온난화 문제, 탄소 배출권 문제, 환경오염 문제가 대두 되면서 내연기관을 이용하는 자동차 대신 전기 에너지로 운행이 가능한 전기자동차에 대한 관심이 높아지고 있다. 전기자동차에는 일반적인 자동차의 남은 연료를 표시하여 주는 주유계와 같이 전기에너지를 저장하는 축전지의 SOC를 표시하여 주는 표시계가 필요하며, 이 계기의 정확성에 따라 전기자동차의 효율성 및 안정성을 높일 수 있다. 이런 설비에서는 축전지의 상태를 실시간으로 관리 하여 축전지의 상태에 따라 과충전 및 과방전을 방지 할 수 있는 BMS에 의해 관리 되어 지고 있으며, 현재의 BMS의 SOC산정 방법에는 축전지 시스템의 충전 전류 및 방전 전류의 적산치를 측정하여 축전지 내의 잔존 용량을 측정하는 Ah 측정법, 축전지 내의 전해액의 비중을 측정하여 잔존 용량을 측정하는 비중 측정법, 축전지 시스템의 단자 전압을 측정하여 축전지의 잔존 용량을 측정 하는 전압측정법이 있다.<sup>[1] [2]</sup>

본 논문에서는 축전지의 잔존 용량 산정방법 중 전압측정법

에 있어 전압의 변화가 크지 않은 영역을 크게 하기 위한 회로 및 연산 증폭 회로를<sup>[3]</sup> 적용하여 전압 변동 범위를 키우는 방법을 통해 기존의 전압에 의한 SOC산정과 비교하여 보다 높은 세밀함을 확보 할 수 있는 방법을 제안 하며, 실제 축전지를 이용하여 기존의 전압 측정법에 의한 잔존 용량 산정 방법과 제안한 방법을 비교하여 제안 사항을 검증 한다.

### 2. 이론적 고찰

#### 2.1 잔존용량산정

SOC는 BMS의 초기 단계에서 축전지의 개방 단자전압을 측정하고 이를 전압에 따른 SOC로 변환하는 Boltzman 방정식에 의해 산정 할 수 있다. 이에 관련된 산정식은 [1]과 같다.

$$SOC(V_{Voltage}) = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{\frac{V_{battery} - V_0}{d_v}}} + A_2 \dots\dots\dots [1]$$

- 여기서,  $A_1$  : 충전 시작 시의 축전지 전압
- $A_2$  : 충전 완료 시의 축전지 전압
- $V_0$  : SOC 50% 시의 전압
- $d_v$  : 그래프의 기울기
- $V_{battery}$  : 측정된 축전지 전압

변수  $V_{battery}$ 에 따라 그래프의 기울기와 SOC 50% 시의 전압을 알 수 있기 때문에 얼마만큼 축전지의 전압을 세밀하고 정확하게 측정 하느냐에 따라 SOC를 산정 하는데 기존의 방법보다 세밀하게 SOC를 산정 할 수 있다.

#### 2.2 차동 증폭 회로 구현

축전지의 측정 전압을 보다 세밀하게 분석하기 위하여 축전지와 BMS의 마이크로컨트롤러<sup>[4]</sup> 사이에 차동 증폭 회로를 적용하였다. 마이크로컨트롤러의 분해능에 맞추어 차동 증폭 회로를 최적으로 구성하기 위하여 증폭도는 약 10배로 하여 설계 하였다.

### 3. 실험 및 분석

### 3.1 시스템 구성

시스템의 구성은 그림 1의 회로구성과 같이 마이크로컨트롤러와 축전지의 충·방전 회로, 데이터 분석을 위한 데이터전송용 RC232통신포트 그리고 축전지의 전압을 차동 증폭 회로 적용 전과 후를 측정할 수 있는 회로로 구성하였다.

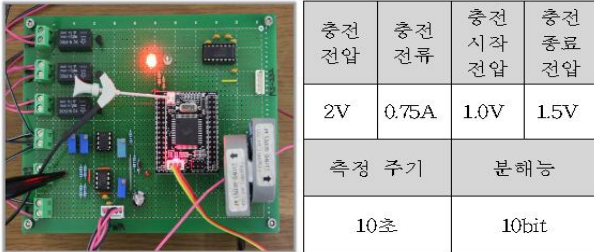


그림 1 회로 구성(왼쪽) 및 측정 조건(오른쪽)  
Fig. 1 Circuit Composition(Lift) Measurement Conditions(Right)

본 논문에서는 범용의 마이크로컨트롤러를 사용하였기 때문에 그림 1의 측정 조건과 같은 조건으로 측정 하였다.

### 3.2. 차동 증폭회로 적용 전 분석

그림 2는 차동 증폭 회로를 적용하지 않은 전압을 이용한 잔존용량으로서 전압 1.43V ~ 1.44V에서 84%로 잔존용량이 일정해지는 계단 현상이 나타났다.

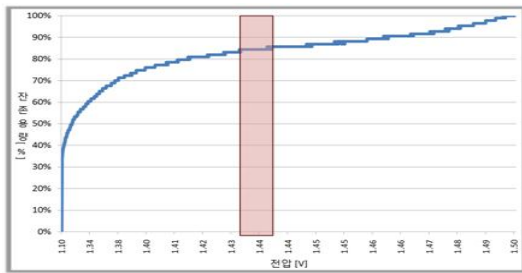


그림 2 차동 증폭기 사용 전 충전 중 잔존용량산정  
Fig. 2 SOC Calculation Using a Differential Amplifier Before Charging

### 3.3 차동 증폭회로를 적용한 분석

그림 3은 차동 증폭 회로를 적용하여 측정된 전압을 이용하여 축전지의 잔존용량을 산정 한 것으로 적용 전과 같은 영역에 대하여 비교 할 때, 전압이 1.4297V ~ 1.4358V 로 0.0005V 단위로 측정 되었으며 잔존용량은 84% ~ 85%로 나타났다.

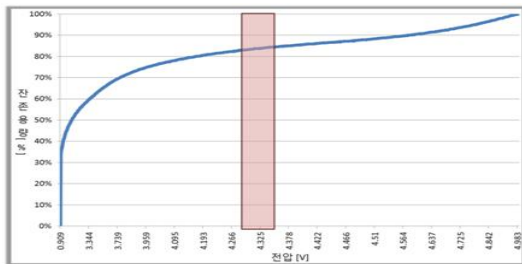


그림 3 차동 증폭기 사용 후 충전 중 잔존용량산정  
Fig. 3 SOC Calculation Using a Differential Amplifier After Charging

### 3.4 차동 증폭회로 적용 전후 비교

그림 4는 그림 2와 그림 3에 표시된 영역을 확대하여 표현한 것으로 기존 전압측정법에 의한 전압 1.436V가 측정 되는 동안 차동 증폭회로를 적용하여 같은 영역을 측정할 경우 1.4286V, 1.4291V, 1.4295V, 1.43V, 1.4305V, 1.431V, 1.4315V, 1.432V, 1.4325V, 1.433V, 1.4334V, 1.4339V, 1.4344V 로 세분화 되어 측정이 가능 하였다.

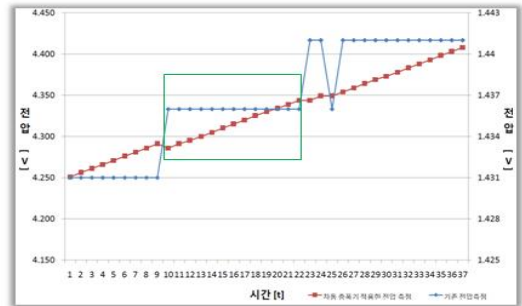


그림 4 차동 증폭 회로 전후 전압 비교  
Fig. 4 Voltage Compared Before and After Differential Amplifier Circuit

## 4. 결론

본 논문에서는 축전지의 잔존용량산정 방법 중 전압측정법에 있어 전압의 변화가 크지 않은 영역을 크게 하기 위한 회로 및 연산 증폭 회로를 적용하였으며, 그 결과 기존의 전압에 의한 SOC산정과 비교하여 보다 높은 세밀함을 확보 할 수 있었다. 실제 축전지를 이용하여 기존의 전압 측정법에 의한 SOC 산정 방법과 제안한 방법을 비교하여 제안 사항을 검증 하였다. 향후 보다 세밀하고 정밀한 축전지의 SOC산정에 대한 연구가 필요하다.

본 연구는 지식경제부와 한국 산업 기술 진흥원의 지역 산업기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다.

## 참 고 문 헌

- [1] Do Yang Jung, "Development of battery management system for nickel metal hydride batteries in electric vehicle applications", Journal of Power Sources Volume 109, Issue 1, 15 June 2002, Pages 1 10
- [2] KS C 8532 "Measuring procedure of residual capacity for lead acid battery in photovoltaic system" 한국 표준 협회, 1995.
- [3] 유지훈, "회로 동작과 파형의 이해", 생능출판사, 2005.01.21, page285~292
- [4] 윤덕용, "AVR ATmega128 마스터", Ohm사, 2007.04.25, page249~264, page11~15