

# Ni-MH용 전지관리장치를 이용한 EV 전력시스템 최적운전

최옥돈, 이종찬, 이종필, 이재문

현대중공업(주) 기술개발본부 기전연구소 산업전자연구소

## Optimal Operation of EV Electrical Power System with Ni-MH's BMS(Battery Management System)

U.D. Choi, J.C. Lee, J.P. Lee, J.Moon Lee

Industrial Electronics Division, Mechatronics Research Institute, Hyundai Heavy Industries Co.,Ltd.

### Abstract

전기자동차에서 주 에너지원은 축전지이다. 현재 전기자동차용 축전지는 에너지 밀도 및 파워 밀도가 커지고 있지만 기존의 자동차에 비해서 주행거리가 짧다. 그래서 전지관리장치(Battery Management System:BMS) 개발목적은 효율적으로 배터리를 관리하여 전기자동차의 전력시스템을 최적으로 운전하는데 있다. 주행 중 즉 모터링시 축전지의 상태에 따라 인버터의 운전을 최적으로 하기 위한 제어방식을 도입하고 충전시에도 축전지의 충전상태에 따른 충전모드를 선택하여 제어하는 방식을 도입하고자 한다. 전기자동차 전력시스템의 최적운전을 실현할 수 있고 이를 통해 주행거리를 증대시킬 수 있는 전기자동차용 Ni-MH 전지 제어 알고리즘을 이용하여 개발한 BMS에 대해 소개한다.

터리 각각을 감시하여 셀간의 불평형 등을 관리하게 된다. 셀 별로 감시하게 되면 수백개의 셀 전압을 검출해야 하기 때문에 모듈단위(1.2V 셀 11개연결:13.2V)로 관리하게 된다. 배터리는 셀 단위의 특성과 모듈단위의 특성이 약간 차이가 있기 때문에 관련 데이터는 모듈단위의 충방전 시험을 통해 얻어진다. 운전시 즉 모터링시에는 충전상태(SOC)에 따른 운전 가능상태를 제어하게 되며 배터리 각각이 불평형되는지를 감시하게된다. 본 연구에서는 Ni-MH 배터리를 사용하고 있다.(\*)

### 1. 서론

전기자동차의 주 에너지원은 배터리이다. 배터리는 특성상 과방전되거나 과충전되면 용량 및 수명에 큰 영향을 미치고 온도가 올라가면 압력이 올라가 폭발에 대한 위험이 있다. 전기자동차에서는 수백 셀의 배터리를 직렬로 연결하여 쓰기 때문에 셀 간의 불평형이 일어난다. 이 불평형이 심해지면 전체 배터리 팩을 사용하지 못하게 된다. 이런 이유 때문에 전지관리장치가 필요하다. 전지관리장치(BMS)의 주 역할은 배터리 충전상태(State Of Charge:SOC)를 올바르게 도출해 내는데 있다. 충전시 충전상태에 따라 적절한 충전단계로 충전하고 적절한 충전전류를 공급할 수 있게 한다. 이때 과충전이 되는 것을 방지하며 배

### 2. 전기자동차 전력시스템 구성

전기자동차의 전력시스템 구성은 다음 그림 1과 같다.

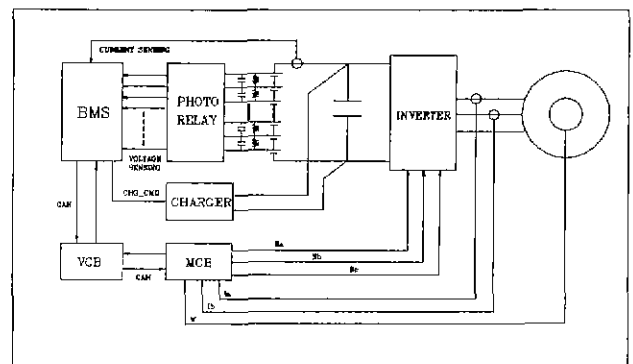


그림 1 전기자동차 시스템 구성도

전원장치인 배터리와 구동장치인 인버터, 충전장치인 충전기, 각종 차량에 필요한 전원을 공급해 주는 보조전원장치(DC/DC 컨버터), 전지관리장치(BMS)로 구성되어 있다.

### 3. 전지관리장치 기능

전지관리장치는 배터리의 충전상태(SOC)를 계산하고 운전모드에 따라 배터리의 전압 및 온도를 센싱하여 점검하고 모듈별 불평형 정도에 따라 운전영역을 제어하게 된다. 배터리의 충전상태(SOC)를 계산하는 방법은 크게 충전모드와 모터링모드에 따라 달라지고 자기 방전 및 온도에 따라 보상하는 방법으로 나누어져 있다. 우선 셀 단위로 충방전 실험을 하여 기본적인 특성에 대한 데이터를 얻어낸다. 이를 기초로 하고 모듈단위로 온도에 따라 충방전 데이터를 통해 SOC를 추정하게 된다. 운전상태에 따라 SOC계산하는 방법이 다르다. 초기 충전상태(SOC) 계산은 OCV(Open Circuit Voltage)를 이용하여 Boltzman 방정식을 사용하게 된다. 충전모드에서는 충전특성곡선으로부터 구해진 Boltzman 방정식을 사용하여 SOC를 계산하였다. 모터링모드에서는 방전전류가 수시로 변하기 때문에 Boltzman 방정식을 이용하는 것 보다는 계산방법이 간단하고 정확성도 좋은 Peukert 방정식을 이용하게 된다. 전체 전지관리장치 제어 알고리즘 다음과 같다.

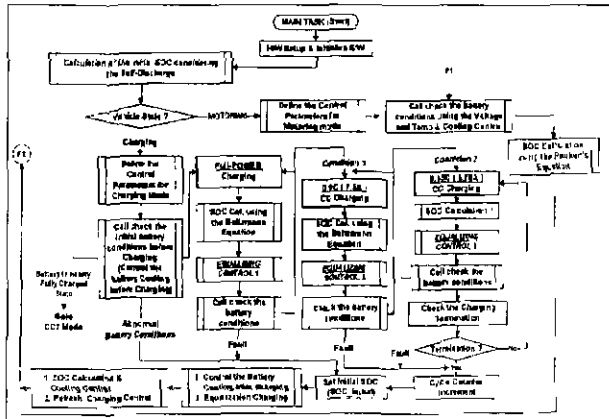


그림 2 BMS 제어 알고리즘

#### 3.1 충전모드시 제어 방법

전기자동차의 운전상태가 충전모드가 선택이 되면 OCV를 이용하여 초기 충전상태(SOC)를 계산하게 된다. 초기 SOC에 쓰이는 Boltzman 계산식은 다음과 같다.

$$SOC_{ini}(Vb\_pack) = \frac{A1 - A2}{1 + e^{\frac{Vb\_pack - Vo}{dv}}} + A2 \quad (1)$$

A1 : 101, A2 : 2, Vo ; 343, dv : 6.25

여기서, A1과 A2, dv는 배터리 충전상태에 따른 전압 특성곡선으로부터 얻어진 상수이다. Vo는 온도와 충방전횟수에 의한 용량 보상에 대한 함수이다. Vb\_pack 전압은 배터리 OCV이다. 초기 SOC 계산과 관련된 그래프는 다음과 같다.

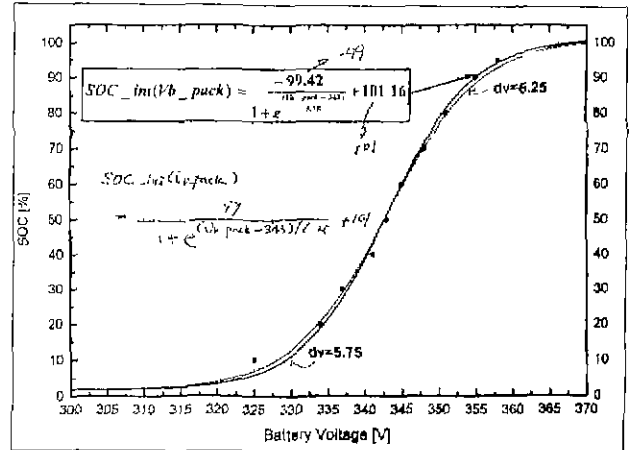


그림3 초기 OCV를 이용한 SOC 계산

충전모드에서는 충전단계에 따라 SOC계산 방법에 차이가 있다. 본 연구에서는 CP(Constant Power), CC1(Constant Current1), CC2(Constant Current2) 3 단계로 충전하게 된다. 각각의 모드 변환은 전체 배터리 팩 전압 및 모듈 전압에 따라 결정된다. 모드

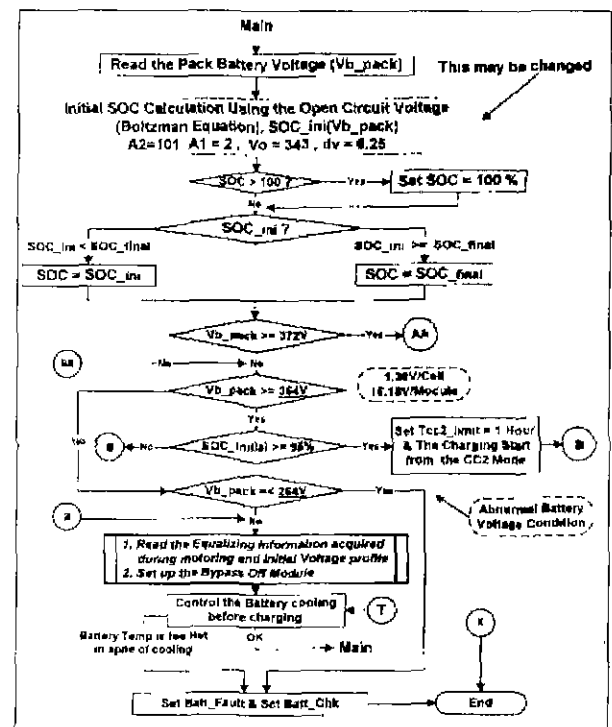


그림 4 충전 제어 알고리즘

변환을 결정하는 전압점은 배터리의 SOC상태에 따른 실험값이고 모듈의 불평형이 크게 일어나지 않게 하기 위하여 팩 전압뿐만 아니라 모듈 전압에 따라서도 모드가 변하게 하였다. 충전모드에 대한 충전제어 알고리즘은 그림 4와 같다. CP와 CC1모드에서는 충전특성곡선에 따른 Boltzman 방정식을 사용하여 SOC를 계산하고 CC2에서는 SOC 계산을 Boltzman 방정식이나 1차선형 모델이나 오차가 적어서 계산시간이 적은 1차선형 모델을 이용하였다.

### 3.2 모터링모드시 제어 방법

전기자동차 운전상태가 모터링모드로 선택되면 BMS는 OCV를 이용하여 초기 SOC를 결정하게 된다. 그와 관련된 식은 충전모드시의 초기 SOC 계산에서 사용한 식(1)을 사용하게 된다. 초기 SOC가 결정되고 모터링을 하게 되면 그때 SOC 계산은 Peukert 방정식을 이용하게 된다. 모터링모드에서는 충방전 되는 전류가 빈번하기 때문에 Boltzman 방정식을 이용한 SOC계산은 적용하기가 힘들다 그래서 방전시에 적용하기 적합한 Peukert 방정식을 이용하게 되었다. Peukert 방정식은 살펴 보면 다음과 같다.

$$Ah_{available} = Capacity(Ah) = K \times I_{avg}^{(1-n)} \quad (2)$$

$$n = \frac{\log \frac{t_1}{t_2}}{\log \frac{I_1}{I_2}}, \quad K = I_1^n \times t_1 = I_2^n \times t_2 \quad (3)$$

$I_{avg}$  : Average battery current

$I_1$  : Maximum battery current during motoring

$I_2$  : Minimum battery current during motoring

$t_1$  : Discharge time of  $I_1$  constant current

$t_2$  : Discharge time of  $I_2$  constant current

모터링시 사용하는 평균전류의 양에 따라 3단계로 나누어서 Peukert 방정식을 이용하였다. 78Ah Ni-MH 배터리에 대한 예를 다음과 같이 제시한다. 그림 5에서 보듯이 사용가능한 배터리 용량을 방전전류에 따라 달리하여 Peukert 방정식을 적용하였다. 이렇게 하면 SOC 계산오차를 상당히 줄일 수 있다. 또한 SOC에 따라 회생되어질 전류의 양도 달리 결정하게 된다. 방전되는 전류의 양에 따라 모듈 전압 하안치 및 모듈별 전압 편차를 달리하여 배터리를 관리하게 된다. 또한 SOC의 상태에 따라 충전요청신호를 적절한 시기에 운전자에게 알리게 하여야 한다.

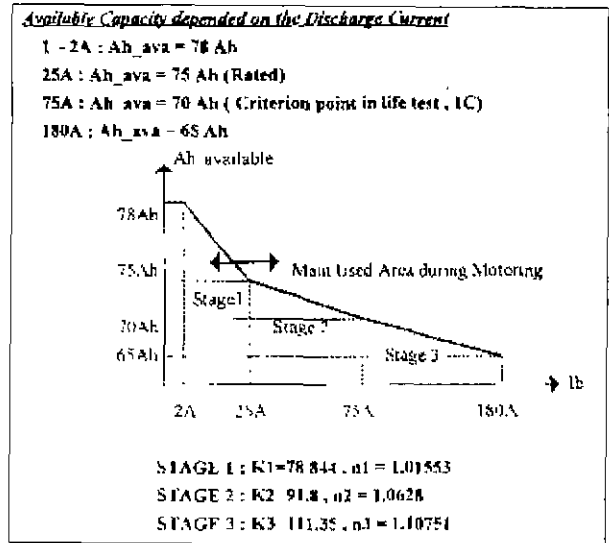


그림 5 방전전류에 따른 배터리 사용가능용량 결정

### 4. 실험결과

그림 6은 BMS 하드웨어를 보여주고 있다.

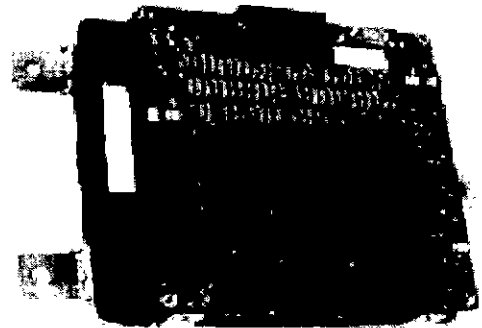


그림 6 BMS 하드웨어

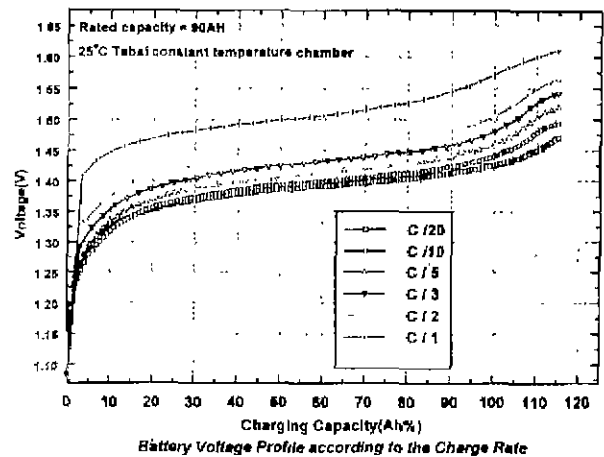


그림 7. 충전전류에 따른 특성곡선

BMS 하드웨어 구성은 전압센싱부분과 온도센싱부분, 전류센싱부분, 배터리 팬 제어신호, 모터 제어기와의 CAN통신부분, PC와의 통신부분으로 나누어져 있다.

그림 7은 90Ah Ni-MH 배터리 충전전류에 따른 전압 대 충전량 그래프이다. 이러한 시험 데이터를 통해 충전시 SOC 계산을 위한 Boltzman 방정식을 얻어낸다. 그림 8은 90Ah Ni-MH 배터리에 대한 방전시 모듈별 전압분포에 대한 특성곡선이다.

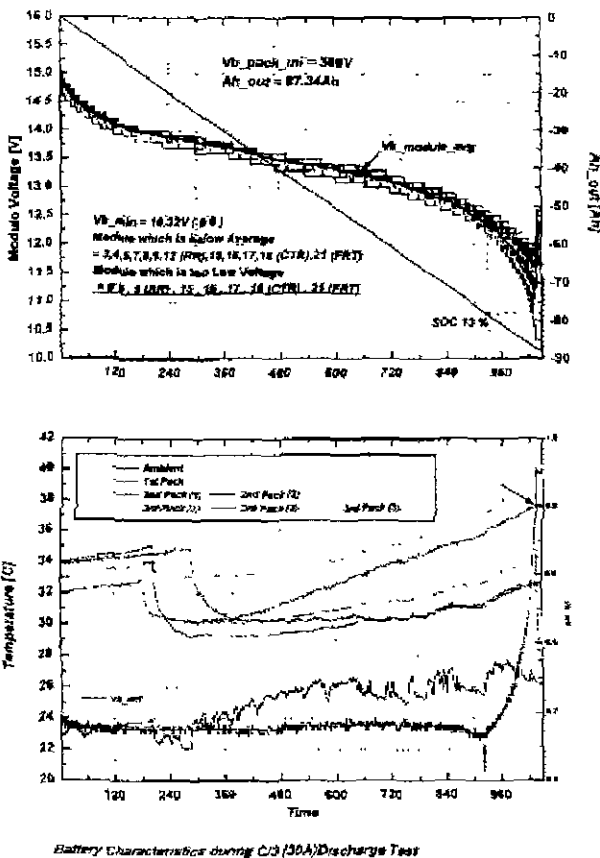


그림 8 C/3 방전시 모듈별 특성곡선

### 5. 결론

본 연구에서는 전기자동차용 배터리 특성을 파악하여 충전시나 방전시 충전상태를 계산하고 배터리 모듈별 전압 및 온도를 감시하여 전기자동차 전력시스템 운용을 적절히 하기 위한 장치로 BMS를 개발하였다. 이 BMS에 대한 알고리즘 및 하드웨어 제작을 통해 전기자동차 전력시스템의 에너지 사용을 효율적으로 사용하게 되었다. 실차 시험을 행하여 얻은 데이터를 통해 알고리즘의 개선과 자기 방전 및 노후에 의한 용량 보상등이 추가되어야 하며 추가된 알고리즘을 통해 전기자동차 에너지를 좀더 효율적인 관리

할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

[1] Hae-Woo Park, "Ni-MH Battery Control Algorithm for the SPORTAGE EV BMS" Hyundai Motor, 보고서  
 [2] "전기자동차용 전지잔존량계 기술개발에 관한 연구", G7 차세대자동차 기술 연차보고서 1994  
 [3] David, Linden, "HANDBOOK OF BATTERIES AND FUEL CELLS" McGraw-Hill, 1984.  
 \*G7 차세대 자동차 기술 과제로 개발한 현대자동차 Ni-MH 배터리