

전기자동차용 전지관리장치의 전지잔존량 연산알고리즘에 관한 연구

이재문, 최옥돈, 이종필, 이종찬
 현대중공업 기전연구소 산업전자연구실

A Study for BMS Operation Algorithm of Electric Vehicles

J.Moon Lee, Uk-Don Choi, Jong-Phil Lee, Jong-Chan Lee
 Industrial Electronics Research Department
 Electro-Mechanical Research Institute

ABSTRACT

In the Electric Vehicle(EV) driving system, the Battery Management System(BMS) is very important and an essential equipment. Particularly, BMS monitors the State of Charge(SOC), voltage, current, and temperature of the battery modules when Electric Vehicle is in the state of motoring or charging. Major roles of BMS are like these : the first, estimation of State of Charge(SOC), the second, detection of the unbalance of the voltage between battery modules, the third, control of the available limit of the voltage and temperature of batteries by monitoring the batteries' status during motoring or charging. In this research, We have focused on estimating SOC of battery according to the status of Electric Vehicle and the BMS operation algorithm. The result for algorithm of SOC estimation is presented. It have been modified, compensated, and verified by means of the experiment.

1. 서 론

전지관리장치(BMS)는 배터리 전압과 전류, 온도를 감시하여 운전 중이거나 충전 중에 배터리의 충전상태(SOC)를 계산하는 역할을 주로 하게 된다. 전지관리장치의 기본기능을 살펴보면 첫째 SOC 추정법, 둘째 전압과 온도, 충방전 전류 검지 후, 배터리 상태 검사, 셋째 모터링 시 SOC에 따른 전류 및 회생 전류 제어, 넷째 충전 시 충전 단계에 따른 충전 전류 제어로 나누어져 있다. 그림 1은 BMS 전체 제어 흐름도 이다. 전지의 전압검출은

Flying capacitor 방식으로 포토 릴레이를 사용함으로써 기존의 기계식 릴레이 방식보다 소음과 동작 속도 면에서 성능을 향상시켰다. 검출회로로 전압 28 모듈, 온도 12개, 온도제어용 팬 구동 2채널, 전류 1채널 등이 있으며 기본사양은 표 1.과 같다.

표 1 전지관리장치 기본사양
 Table 1 Basic Specification of BMS

항 목	특 정	사 양
온도 특성	12채널, NTC 사용	-40℃ ~ 150℃, 오차 ±1℃
전지모듈 전압측정	28채널, Photo Relay 사용	0 ~ 18V, 오차 ±0.1V
전지 팩전압 측정	28채널의 합을 통해 계산	0 ~ 504V, 오차 ±1V
팬 구동	2개 Transistor 사용	On/Off 제어가능
전류측정	Hall CT	0 ~ 300A, 오차 ±0.5A
RS232통신	Max233 사용	PC와 통신, 통신주기 0.2초
CAN통신	C167내부 CAN제어기	MCU와 통신 (SAE J1939)
Key On 신호		운전동작명령
제어입력전원	13.8V	8 ~ 22V
내부전원		5V, -4V, 22V, ±15V

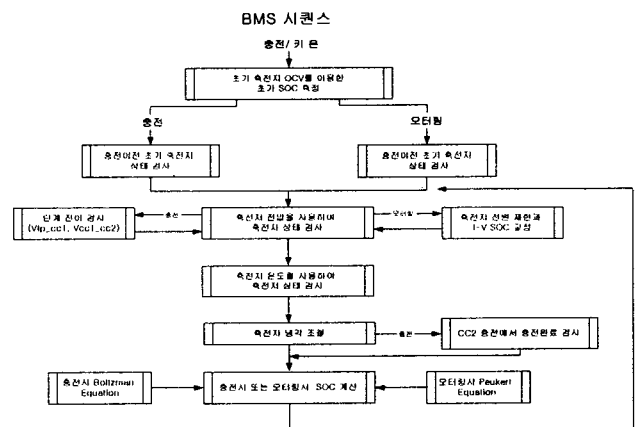


그림 1 BMS 전체 제어 흐름도
 Fig. 1 General Control Algorithm for BMS

2. 본 론

2.1 SOC 추정방법 [2]

본 연구에서는 여러 가지 SOC 추정방법 중에서 정확도나 실 시간적인 구현방법을 고려하여 첫째, 초기 SOC 추정은 개방전압을 이용하여 Boltzman 방정식을 적용하였고, 둘째, 방전 시(모터링 모드 시)에는 Peukert 방정식을 적용하였으며, 셋째 충전 시에는 팩 전압을 이용하여 Boltzman 방정식을 적용하였다. 넷째, 배터리 상태(온도, 방전 상태, 충전 횟수 등)에 따라 보정하는 방식을 채택하였다.

그림 2는 BMS의 여러 모드에서 SOC 추정하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

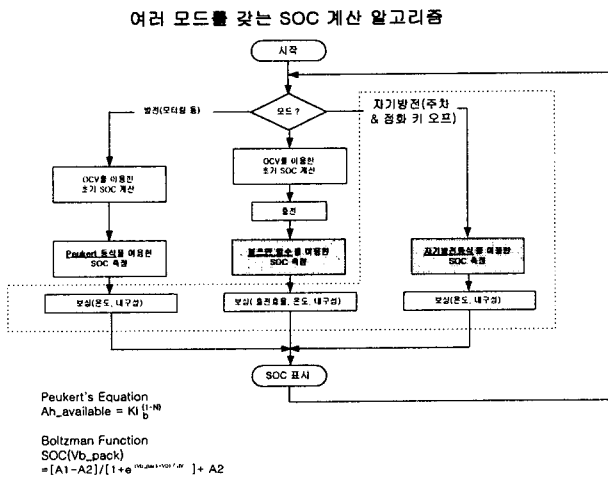


그림 2 SOC 추정 알고리즘

Fig. 2 Algorithm of SOC Estimation

2.2 개방전압을 이용한 초기 SOC 추정방법

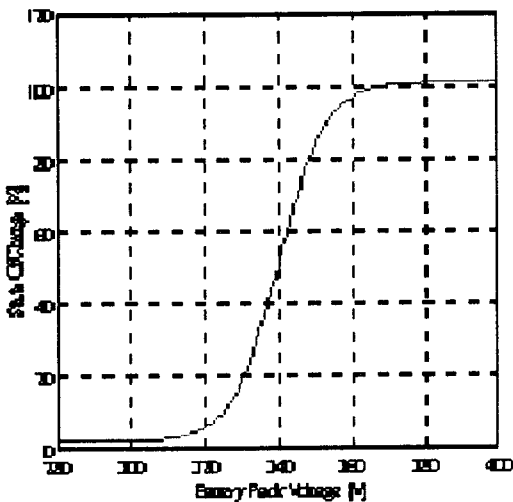


그림 3 배터리 개방전압을 이용한 SOC Boltzman

Fig. 3 SOC Boltzman using the battery open voltage

초기 전기자동차가 키를 꽂고 시동을 걸면 모든 제어기가 초기화 상태에 들어간다. 전지관리장치도 마찬가지이고 초기화 제어 흐름에서 배터리의 개방 전압을 검출하여 이를 전압 대 SOC Boltzman 방정식에 적용하여 초기 SOC를 추정하게 된다.

이에 관련된 Boltzman 방정식은 식 1과 같고 전압 대 SOC Boltzman 그래프는 그림 3과 같다.

$$SOC(V_{battery}) = \frac{A1 - A2}{1 + e^{\frac{V_{battery} - V_0}{dV}}} + A2 \quad (1)$$

모터링 모드와 충전 모드 모두 초기화 시 SOC를 개방전압을 이용하여 Boltzman 방정식으로부터 추정하게 된다.

2.3 Peukert 방정식을 이용한 모터링 모드에서 SOC 추정방법

모터링 모드에서는 Peukert 방정식을 이용하여 배터리의 이용 가능한 용량을 계산하게 된다. 이에 대한 관련 식들은 식 2와 식 3과 같다.

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

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

where 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

방전 전류 I_{avg} 에 따라 식 2를 이용하여 배터리 사용 가능용량이 계산된다. 이렇게 구해진 배터리 사용 가능용량을 이용하면 SOC를 추정할 수 있다.

2.4 Boltzman 방정식을 이용한 충전 모드에서의 SOC 추정방법

충전 모드에서의 SOC 추정방법은 전압 대 SOC를 이용한 Boltzman 방정식으로부터 추정하게 된다. 기본 식은 식 1을 이용하게 된다. 기본 충전 모드는 정전력 모드(CP : Constant Power)와 1차 정전류 모드(CC1 : Constant Current step 1 mode), 2차 정전류 모드(CC2 : Constant Current step 2 mode), 안정화 모드로 나뉘어진다. 충전 모드에 따라 Boltzman 방정식 변수들인 dV , $A1$, $A2$, V_0 들

이 다르게 적용되게 된다. Boltzman 방정식의 변수 A1은 배터리의 방전 중지 전압을 가리키고 변수 A2는 충전 중지 전압을 나타낸다. A1과 A2의 선정은 배터리 제조회사의 배터리 충전 및 방전 특성 그래프를 통해서 결정하게 된다. 또한 Boltzman 방정식 변수들 중에서 V_0 이 고정된 상태에서 dV 값의 변화에 따라 Boltzman 방정식 그래프의 변화 추이는 그림 4와 같다. 그림 4에서 보듯이 V_0 가 고정된 상태에서 dV 가 증가함에 따라 그래프의 기울기가 완만해지고 dV 가 감소함에 따라 그래프의 기울기가 급해지는 것을 볼 수 있다.

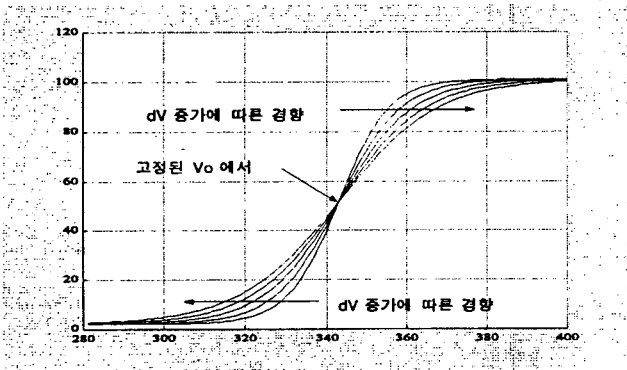


그림 4 dV 변화에 따른 Boltzman 그래프 변화추이
Fig. 4 Trend of Boltzman graph by changing dV

Boltzman 방정식 변수들 중에서 dV 가 고정된 상태에서 V_0 값의 변화에 따라 Boltzman 방정식 그래프의 변화 추이는 그림 5와 같다. 그림 5에서 보듯이 dV 가 고정된 상태에서 V_0 이 증가함에 따라 그래프가 왼쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있다. Boltzman 방정식의 변수 V_0 과 dV 는 배터리 충전 특성 곡선을 통해서 구할 수 있다. 또한 Boltzman 방정식의 변수들은 배터리의 압력 및 온도에 의해서도 영향을 받는다. 이에 대한 보상 방법도 이루어져야 한다.

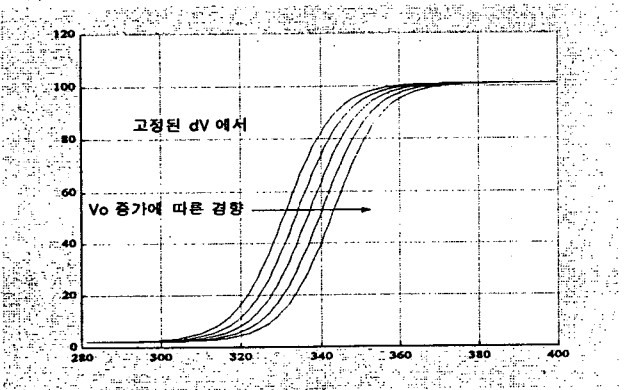


그림 5 V_0 변화에 따른 Boltzman 그래프 변화추이
Fig. 5 Trend of Boltzman graph by changing V_0

2.5 시험결과

BMS에 관한 시험은 두가지 부분으로 나누어서 행하여졌다. 첫째 차량에 장착되어 도로 주행 중에 방전되는 상태에서의 Peukert 방정식을 이용한 SOC 추정방법에 관한 검증을 위한 자료와 둘째, 정차 중에 충전 알고리즘에 의한 Boltzman 방정식을 이용한 SOC 추정방법에 대한 검증을 위한 자료를 축척하게 된다. SOC 추정 알고리즘에 대한 검증과 이에 대한 보완은 차량 주행 시험과 충전 시험을 거듭하여 얻어진 자료를 통해 완성되기 때문에 기간이 많이 소요된다.

2.5.1 차량 주행 시험

차량 주행 시험은 SOC 96%에서 SOC 14%에 이를 때까지 행하였다. 이 시험을 통해서 BMS로 얻어진 자료를 그림 6이 보여주고 있다. 그림 6은 위로부터 엑셀 및 브레이크 신호와 차량 속도, 배터리 SOC에 대한 그래프를 보여주고 있다. 이와 같이 축척된 자료를 통하여 전기자동차의 에너지 소비 및 배터리 관리에 관한 최적의 제어 알고리즘을 도출할 수 있다.

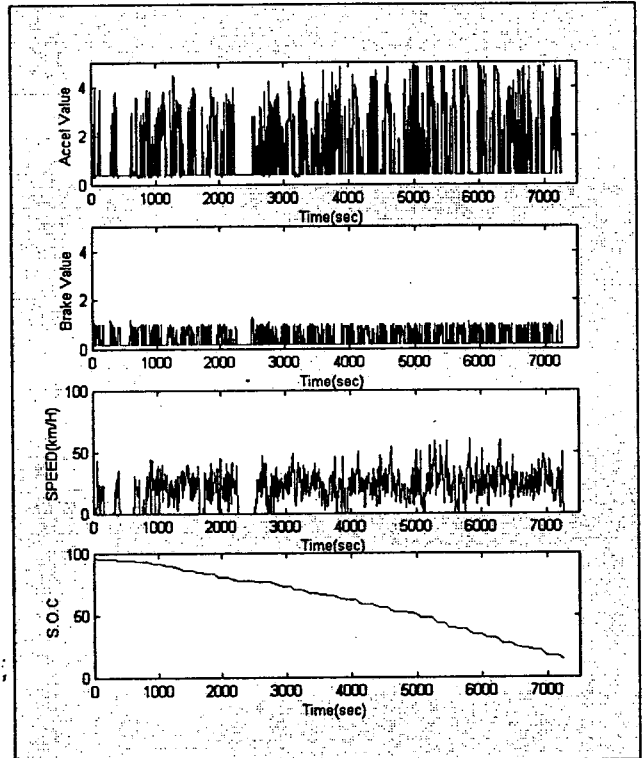


그림 6 주행 중 Accel & Brake에 따른 속도와 SOC 그래프
Fig. 6 Speed and SOC graph according to Accel & Brake

2.5.2 충전 시험

충전시험은 SOC 20%에서 100%에 이르는 동안에 BMS로부터 얻어진 자료를 이용하여 그림 7,

그림 8, 그림 9를 나타내었다. 충전 시에 배터리 온도가 높아지면 충전을 잠시 보류하고 배터리 냉각 제어에 들어간다. 배터리 온도가 낮아지면 다시 본래의 충전 모드를 실행하게 된다. 그림 7, 8, 9는 배터리 온도에 따른 냉각제어방법을 잘 보여주고 있다.

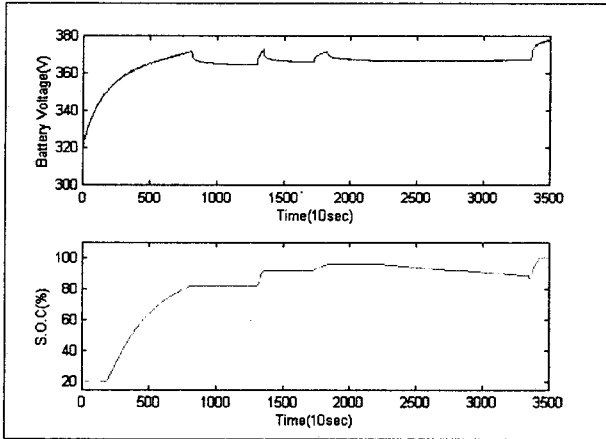


그림 7 충전 중 SOC 대 배터리 전압 그래프
Fig. 7 Battery voltage graph versus SOC while charging

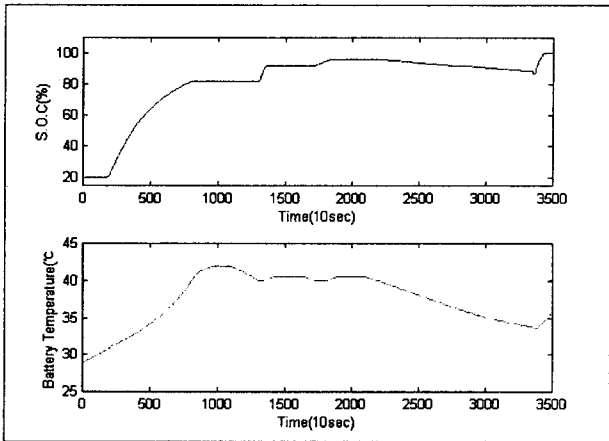


그림 8 충전 중 SOC 대 배터리 온도 그래프
Fig. 8 Battery temperature graph versus SOC while charging

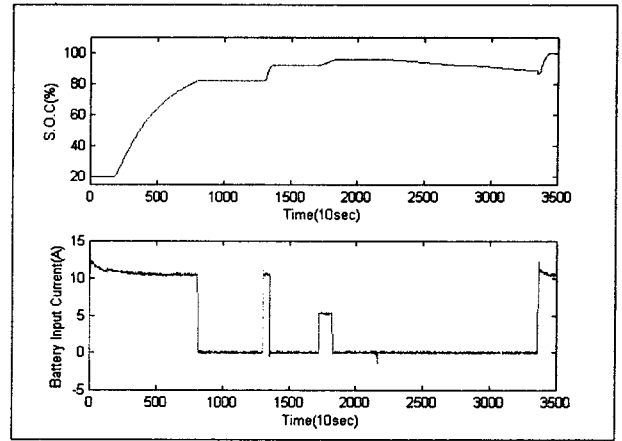


그림 9 충전 중 SOC 대 배터리 충전전류 그래프
Fig. 9 Battery charging current graph versus SOC while charging

3. 결 론

본 연구에서는 배터리의 전압, 온도, 충전 전류를 감시하여 충전상태를 계산하고 배터리를 관리하여 제어 알고리즘을 수행하는 전기자동차용 배터리 관리장치 BMS를 이용하여 전기자동차 상태에 따라 배터리의 충전상태를 추정하는 알고리즘을 개발하여 이를 실차에 장착, 적용하여 주행시험 및 충전시험을 통해 알고리즘을 보정 및 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] "경량모터 및 제어기술에 관한 연구," 차세대 자동차 기술 개발사업 3단계 완료보고서. 2000, 10월.
- [2] Hae-Woo Park, "Ni-MH Battery Control Algorithm for the SPORTAGE EV BMS," Hyundai Motor, 보고서.
- [3] "전기자동차 전지잔존량계 기술개발에 관한 연구," G7 차세대자동차 기술 연차보고서 1994.
- [4] David Linden, "HANDBOOK OF BATTERIES AND FUEL CELLS," McGraw-Hill, 1984.