

전기자동차용 전지관리 시스템의 개발

김진곤, 성기택, 김석형, 구재승, 박선순, 윤길영, 김철수
현대자동차(주) 차세대차량개발팀

Development of Battery Management System for Electric Vehicle

C. G. Kim, K. T. Sung, S. H. Kim, J. S. Koo, S. S. Park, K. Y. Youn, C. S. Kim
Next Generation Vehicle Team, Hyundai Motor Company & Kia Motors Corporation

Abstract - This paper has described in Electric Vehicle Battery Management System(EV BMS). EV BMS manages the input/output energy of the traction battery, and provides the optimum environment condition during charging/ driving through the communication with other controllers. In this paper, we introduce our BMS for Santa Fe EV. Hyundai Motor Company has been developed EV since 1990. Recently, Santa Fe EV has been demonstrating with the environmental friendly technology. Two year real road testing program with electric powered Santa Fe is being undertaken by HMC in Hawaii.

랑에 적용시킴으로서 발생하는 진동, 충격, 열변화, 안정성 등을 고려하여 설계/제작 및 제어되어야 한다.

2.2 Battery Management System의 구성

BMS는 제어 대상인 배터리와 이를 관리하기 위한 시스템으로 구성되어 있으며. 배터리, 배터리 트레이, BMS ECU, 냉각 시스템, 주변 장치등과 같은 하드웨어적 요소와 차량의 충전 및 주행 제어 알고리즘을 이용한 소프트웨어적 요소로 구성 되어 있다. 그림 1은 현재 당사에서 개발하여 적용하고 있는 BMS의 구성도 및 이와 연관된 시스템 블록도이다.

1. 서 론

급속한 산업화의 진행에 따라 발생한 환경 파괴에 대한 우려 및 경각심이 높아지면서 세계 각국에서는 특별법 제정등과 같은 환경 보전을 위한 여러 가지 노력이 이루어지고 있다. 특히 세계자동차 메이커들은 제반 환경 문제의 주요 발생원인 자동차 배기가스를 줄이기 위하여 환경 친화적 자동차인 저공해 또는 무공해 자동차를 개발하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 해마다 강화되고 있는 배기 가스 규제 법안 및 그 발효 시기가 임박해 짐에 따라 무공해 차량을 개발해야 하는 환경적 압력에 직면해 있기도 하다. 이러한 시대적 요구에 의해 당사에서는 전기 자동차, 하이브리드 전기자동차등과 같은 다양한 저공해 및 무공해 자동차에 관한 연구를 진행하고 있다. 그중 전기자동차는 자동차의 추진에 필요한 구동 에너지를 배터리의 전기에너지로부터 얻게 되며, 이러한 전기 에너지의 발생 동력원의 종류에 따라, 배터리를 이용한 전기자동차, 연료전지를 이용한 연료전지 자동차, 태양전지를 이용한 태양광 전기자동차 등으로 나누고 있다.

본 논문은 현재 당사에서 개발중인 전기자동차용 배터리를 주 에너지원으로 사용하는 순수 전기자동차에서의 배터리 관리 시스템인 Battery Management System에 대한 개발 현황을 소개하고자 한다.

2. Battery Management System

2.1 Battery Management System 정의

Battery Management System(이하 BMS)은 차량 상태에서 배터리 및 그 관련 시스템을 보호하고 차량 운행에 필요한 배터리의 입출력에너지를 제어하며, 타 제어 시스템 -구동시스템, 충전시스템, 냉각시스템- 과의 상호 통신을 통하여 차량 운영에 필요한 배터리의 최적 동작환경을 조성하여 주는 시스템을 말한다.

이러한 BMS는 배터리 자체가 가진 고유한 특성과 차

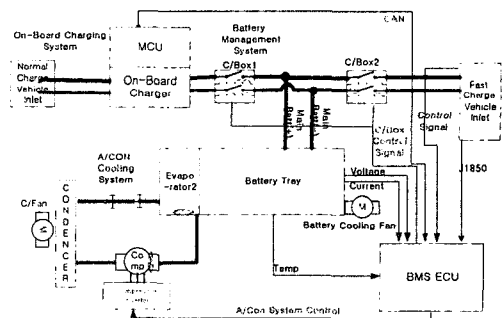


그림 1. Block diagram of Santa Fe EV BMS

1) Battery

차량의 주 에너지원으로써 일정한 주행거리를 결정하는 주요 요소인 배터리는 과거의 납산계열에서 개량형 납산, 니켈 카드뮴 배터리에 이어 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 니켈-수소 배터리와 향후 표준 적용이 예상되는 리튬 계열의 배터리와 같은 3가지가 유형의 전지가 주류를 이루고 있다.

- Lead Acid

현재 일반자동차용 및 공업용으로 가장 많이 사용되고 있고 비교적 안정적이기 때문에 EV로의 적용이 예전부터 시도되었고 현재도 사용되어지고 있지만 부피 및 무게 대비 용량이 다른 종류의 배터리에 비해 낮다는 단점이 있다.

- Ni 계열

Ni-Cd 및 Ni-MH가 주로 개발되었지만 현재 Ni-Cd는 환경오염 문제의 대두로 Ni-MH가 주류를 이룰 것으로 예상된다. EV용으로는 현재 몇몇 회사에서 개발되어 있는 상태로 배터리의 특성면에서 현재까지는 가장 적합한 배터리로 사료된다.

- Li 계열 배터리

휴대폰 같은 소형이면서 무게가 작고 용량이 상대적으로 높은 배터리가 요구되는 부분에 많이 사용되어지고 있는 배터리로 무게 및 부피대비 용량이 현재는 가장 높은 계열의 배터리이다. EV용으로는 특히 안정성 및 제어의 복잡성 때문에 아직 개발단계에 있다.

현재 당사에서 2종류의 Ni-MH 전지를 전기자동차에 적용하고 있다. 하나는 일본 파나소닉사에서 제작된 EV 95모듈이고 다른 하나는 현대 에너지사에서 제작된 HP 105모듈이다. 표 1은 이 두 배터리의 물리적 특성을 보여주고 있다. 그림 2와 3은 이 두 모듈의 사진이다.

표 1 EV95와 HP105의 비교

	Panasonic EV95	Enecell HP105
Module Dimension	116×175×388(mm)	101×177×427(mm)
Module Weight	18.7 Kg	19.2 Kg
Nominal Capacity	95 Ah	105 Ah
Specific Energy	63 Wh/kg	67 Wh/kg
Specific Power	170 W/kg	147 W/kg

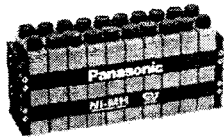


그림 2. EV95

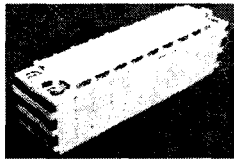


그림 3. HP105

2) Battery Tray

배터리 트레이는 배터리 관리시스템 전체를 둘러싸고 있는 케이스로서 설계시 차량에서의 공간확보, 운행이 나중될시 배터리를 보호 및 안정성 확보, 방수, 배터리 낙각 등을 고려하여 설계하여야 한다. (그림 4)

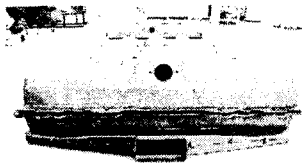


그림 4. 배터리 트레이

3) BMS ECU

BMS ECU는 BMS의 구성 요소인 하드웨어 및 소프트웨어를 직접적으로 제어하는 Control Unit이다. BMS ECU는 배터리로부터 물리적인 양(전압, 전류, 온도등)을 측정, 그 값을 이용하여 배터리 제어를 위한 변수를 생성 하며 제어 알고리즘을 이용하여 충전 및 주행 제어를 하고 차량의 타 시스템과 통신을 통하여 운전자를 위한 정보 제공 및 Fail Safe 제어를 한다.

그림 5는 현재 개발되어 시험중인 BMS ECU의 블럭도로서 모듈 전압, 전류, 온도를 센싱하는 센싱부와 그 값을 CPU로 전달하기 위한 A/D Conversion부, Main Control 역할을 하는 CPU 및 메모리, 다른 차량의 제어 기와의 통신을 위한 CAN 드라이브, 진단을 위하여 외부 PC와의 연결을 위한 RS232드라이브로 구성되어 있다. 그림 6은 현재 사용중인 BMS ECU의 사진이다.

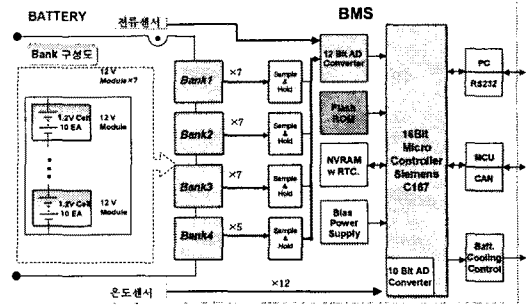


그림 5. BMS ECU의 블럭도

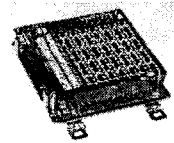


그림 6. BMS ECU

4) Battery Cooling System

폐공간인 트레이 내부에서의 배터리는 외부로부터의 영향과 충전 및 주행시 자체적인 화학적 반응에 의한 열이 발생한다. 특히 일반 충전시만 충전 영역 및 고전류에 의한 급속 충전시에는 온도 상승률이 매우 높기 때문에 안전성 확보 및 효율적 배터리 제어를 위하여 적절한 냉각 시스템의 적용이 필요하다. 현재 일반적으로 사용되는 냉각 시스템은 팬을 이용한 공냉식과 에어컨을 이용한 강제 공냉식, 냉각수를 이용하여 수냉식, 이 세가지가 주를 이루고 있다.

현재 당사에서 적용중인 냉각 시스템은 일반 충전 및 주행중에는 공냉식을 적용중이고 급속 충전중에는 높은 온도 상승률을 감안하여 에어컨을 이용한 강제공냉 방식을 병행하여 적용하고 있다.

5) Wiring, Contactor, Fuse, 전류센서, 온도센서 등

전장품으로서 배터리로 입력되는 전류를 측정하는 전류센서, 온도측정을 위한 온도센서, 과전류 차단을 위한 퓨즈 및 안전을 위한 차단기, 전압센서등과 이러한 모든 것을 상호 연결시켜주는 Wiring이 BMS를 구성하고 있다.

6) Battery 제어 알고리즘

Battery 제어 알고리즘은 차량에서 충전 및 주행시 배터리를 안정적이고 효율적으로 관리하기 위한 제어로서 크게 SOC(State Of Charge) 계산부, 안전 및 배터리 제어 정보를 위한 Battery Check Condition부, 차량 상태에서의 직접적인 제어를 위한 충전 제어부, 주행 제어부 4가지로 구분 할 수 있다.

① SOC Calculation

배터리의 잔존 용량을 수치화 시킴으로써 운전자에게 주행 가능 거리, 충전량등의 정보를 제공하는 수단이다. 주로 입/출력 되는 전류의 시간 합수로 계산되나, 배터리에서의 양적 개념은 가솔린에서와는 달리 주변 온도 및 차량의 충전 및 방전 상태, 입/출력되는 에너지의 양과 노후화 상태에 따라 크게 달라지므로 이러한 요소를 고려한 복합적 계산이 요구된다.

② Battery Check Condition

차량의 주행 및 충전중 측정된 배터리 정보와 미리 설정해 놓은 배터리의 한계값과의 비교를 통한 Fail Safety 제어와 충전 및 주행시 각 모드별 제어를 위한 배터리 변수 생성 및 조건 검색을 한다.

③ Charging Control

배터리 충전시 안정적이고 정확한 제어를 위한 전류 제어 및 모드 제어, 만 충전 조건 판단등을 수행한다.

④ Motoring Control

주행중 배터리 보호를 위한 Power Limit Control 과 회생 제동 제어등을 수행한다.

3. 차량 적용

3.1 산타페 전기자동차

당사에서는 1991년부터 구형 쏘나타를 이용한 전기자동차 개발을 시작으로 현재 개발 운영중인 산타페 전기자동차를 통하여 본격적인 차량의 성능 시험 및 검증을 실시함으로써 전기자동차의 실용화를 위해 박차를 가하고 있다. 특히 하와이 주정부와 공동으로 하와이 내에서 전기자동차 실용화 연구를 위한 노력으로 2001년 7월부터 2년간의 시범 운행을 시작하였으며 이러한 시범운행을 통하여 BMS에 대한 검증을 수행하고 있다. 아래 표 2는 산타페 전기자동차의 기본 제원이며 그림 7은 차량 사진이다.

표 2. 산타페 전기자동차의 기본 제원

항 목	내 용
무 게	1860 kg
최고속도	128 kph
가속 능력	(0~100kph) : 19sec
일충전 주행거리	160km
충전 시간	8hour(Normal), 0.5~1hour(Fast)



그림 7. 산타페 EV

3.2 적용 결과

1) 충전 제어 (일반 및 급속 충전)

그림 8은 실제 차량에서의 일반 충전시 배터리 충전 데이터를 그린 것이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 적절한 냉각 시스템 적용 및 제어에 의한 충전중 온도 상승 방지와 충전량에 따른 SOC 계산 및 전류 제어, 만 충전 영역에서의 전류 및 SOC 100%로의 제어가 안정적으로 되고 있음을 알 수 있다.

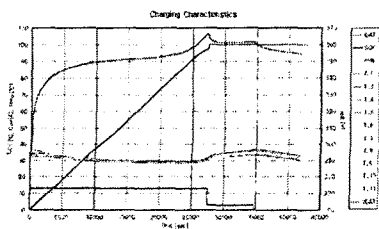


그림 8. 충전중 SOC, 전류, 전압, 온도 특성

그림 9는 실제 차량에서의 급속 충전중 배터리 특성을 그린 것이다. 이는 실제 주행 패턴에서 주행에 필요한 시점까지의 충전 시간이 약 1시간 이내로 시간이 단축됨을 알 수 있다

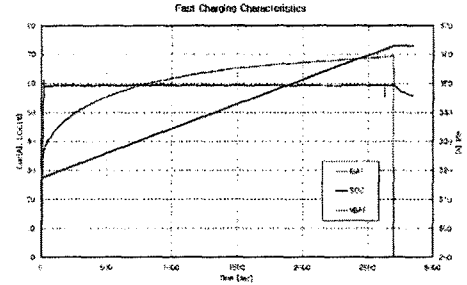


그림 9. 급속 충전중 전류, 전압 특성

2) 주행 제어

차량 구동에 필요한 에너지 공급 및 제동시의 회생제동 에너지를 안정적 제어하기 위하여 배터리 상태를 점검하고 SOC 계산을 통하여 운전자에게 잔존 주행거리 정보를 제공한다. 그림 10은 실제 차량에서의 주행중 전압 전류 특성 그래프이다.

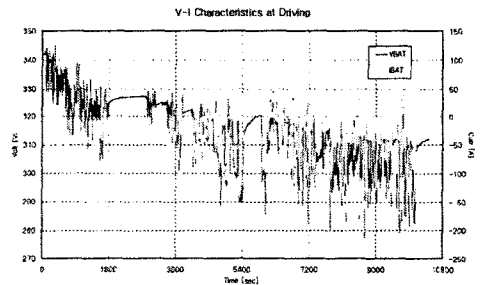


그림 10. 주행중 전류, 전압 특성

4. 결 론

현재 하와이 현지에서의 약 10 개월간 주행 시험 결과 평균 11,000km의 주행 실적을 올렸으며 이 시점에서의 배터리 용량 시험 결과 평균 95%이상의 충/방전 효율을 보여 주었다. 이는 BMS의 효율적이고 안정적인 제어의 결과로서 충전중 정확한 종료 시점 판단 및 냉각 성능 제어에 의한 배터리간의 적은 용량 편차와 주행중 낮은 SOC 오차율로 인한 정확한 주행 정보 제공 및 심방전 방지 제어에 의한 결과이다. 향후 충전 시설의 인프라 구축과 급속 충전의 안정적 제어가 추가 된다면 전기 자동차는 미래의 환경 친화적 대중교통 수단으로서 역할을 훌륭히 수행할 수 있으리라 사료된다.