

4kWh급 리튬이온 배터리팩용 배터리 관리시스템 개발

안정훈¹, 하재호², 서명수³
(재)대구기계부품연구원¹, 세향산업(주)², (주)백셀³

Battery Management System for 4kWh Class Lithium Ion Battery Pack

Jeong Hun Ahn, Jae Ho Ha, Myung Su Seo
Daegu Mechatronics & Material Institute, SeHyang IND Co., LTD, Bexel IND Co., LTD

ABSTRACT

본 논문에서는 리튬이온 배터리 셀을 이용한 4kWh급 배터리팩의 배터리 관리 시스템(BMS, Battery Management System) 개발을 연구하였다. 리튬이온 배터리는 셀의 특성 때문에 반드시 배터리 관리 시스템이 필요하며, 배터리 팩으로 제작시 각 셀의 상태 모니터링 및 보호를 위하여 필수적인 장치이다. 제작된 배터리 관리 시스템은 충방전 시험과정을 거쳐 순수 전기자동차에 사용될 배터리 관리 시스템으로 사용가능함을 실험하였다.

1. 서론

전기자동차의 각 부품 중에서 가장 중요한 역할을 하는 것은 충전지, 즉 배터리이다. 기존의 내연기관의 연료를 대신하는 배터리에 충전된 전기는 전기자동차를 움직이는 가장 근본이 되는 요소이다. 이러한 배터리는 여러 가지 형태로 존재하지만 자동차라는 한정된 공간에서 높은 출력과 신뢰성을 목표로 많은 노력과 연구가 이루어졌다.

전기자동차의 배터리는 순수 전기자동차(BEV)용 배터리와 하이브리드 전기자동차(HEV)용 배터리로 구분하여야 한다. 순수 전기자동차(BEV)는 정지시에 충전기를 이용하여 충전하거나 회생제동으로 충전하는 방식으로 일정조건에서 충전을 완료한 후 연속적으로 방전이 된다. 반면에 하이브리드 전기자동차(HEV)는 회생제동으로 충전도 되고, 엔진을 구동시켜 발전기로부터 나오는 전기를 배터리로 충전하는 빈번한 충방전이 특징이다.

본 논문에서는 순수 전기자동차용 리튬이온 배터리팩의 배터리 관리 시스템(BMS)의 제작과정을 설명한다. 순수 전기자동차용 배터리로 각광을 받고 있는 리튬이온 배터리는 화학전지로서 충전으로 재사용 할 수 있는 2차전지이다. 특히 리튬이온 배터리는 에너지 밀도가 큰 전지를 만들기 위해 필요한 요소인 기전력이 크고, 용량이 큰 활물질을 사용한다는 측면에서 전기자동차용 배터리로 적격이다. 하지만 리튬이온 배터리팩은 리튬이온 배터리 셀의 보호를 위하여 충전 전압의 모니터링을 통하여 완충전압 도달시 차단, 셀간 균등전압을 갖기 위한 셀 밸런싱, 방전시 방전종지전압 도달시 차단, 과전류 방전시 회로 분리, 배터리팩 충방전 온도 부족시 가열, 온도 초과시 냉각 등 다양한 노력이 필요하다. 이러한 동작을 제어하는 장치가 배터리 관리 시스템(BMS)이다.

2. 배터리 팩 및 배터리 관리시스템 개발

2.1 4kWh급 리튬이온 배터리팩 제작

4kWh급 리튬이온 배터리팩은 50Ah급 배터리셀 22개를 직렬 연결하여 구성한다. 한 개의 리튬이온 배터리 셀의 공칭전압은 3.7V이고, 50Ah의 전류용량을 갖는다. 구성된 배터리 팩의 사양은 81.4V, 50Ah이며, 과충전 차단 전압은 93.5V, 과방전 차단 전압은 55V, 과전류 방지 전류는 260A이다.

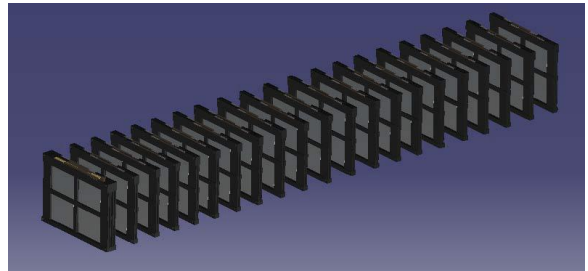


그림 1 리튬이온 배터리팩, 22개 직렬연결
Fig. 1 Li-ion Battery Pack, 22 Series Connection

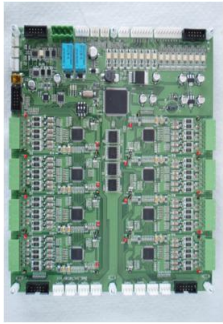


그림 2 리튬이온 배터리팩 실물과 상부 케이스
Fig. 2 Li-ion Battery Pack & Upper Case

전기자동차용 배터리 셀은 2011년 12월 KS C IEC 62660 1, 2의 시험법에 의하여 성능평가와 안정성 평가를 시험하도록 규정하고 있다. 또한 전기자동차용 배터리 팩에 대한 시험 규격은 ISO 12405 1, 2에서 규정하고 있지만 아직 ISO 확정 규정은 아니며, DIS 단계의 규정이다.

2.2 배터리 관리시스템(BMS) 제작

제작된 배터리 관리시스템은 그림 3의 특성을 가지고 있다. 충전 과정에서 BMS는 각 배터리셀의 전압이 균등하게 충전되도록 하는 것이며, 과충전이 되지 않도록 제어하는 것이다. 방전 과정에서 BMS는 각 배터리셀의 전압이 방전 하한 전압 이하로 방전되지 않도록 하는 것이며, 과방전 되어 배터리 셀의 성능이 떨어지지 않도록 제어해야 한다.



Cell Balancing	4.20 ± 0.05 V	
Pack Voltage	81.4 V	
Temperature	-20 ~ 80 °C	
Protect	COVP	4.25 ± 0.04 V
	CUVP	2.90 ± 0.03V
	OTP	75 °C ± 1 °C
	PCOCP	500 or 600 A ± 2A
Warning Signal	Buzzer, Outside Signal	
	Driving Fan	On = 55 °C, Off = 40 °C
Pack Current cutoff	PCOCV, PDOCV, OTP	
Communication	RS232, RS485, CAN	

그림 3 제작된 배터리 관리시스템과 특성표
Fig. 3 Realized BMS & Characteristic Table

리튬이온 배터리의 특성에서 과충전은 전지전압의 상승과 음극에서는 흡장할 수 없게 된 리튬이 음극 표면에서 금속 리튬으로 석출되기 시작한다. 또한 과방전은 전지전압이 음극 집전체인 구리의 용출 전위 이하로 내려가게 되면, 구리의 용출이 일어나게 된다. 과충전과 과방전은 리튬이온 배터리의 특성 중 전지용량을 크게 저하시키는 요인으로 특히 관리되어야 할 항목이다.

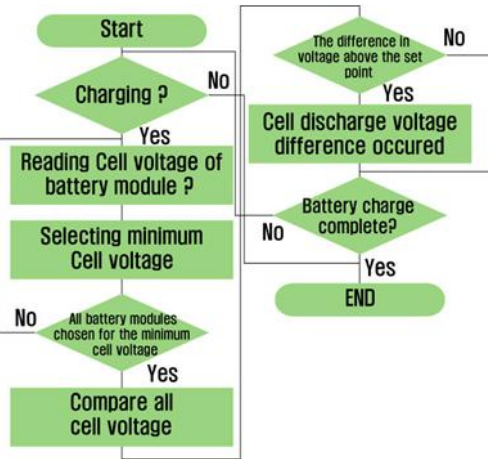


그림 4 셀 밸런싱 알고리즘
Fig. 4 Cell Balancing Algorithm

Device Registers		ADDR	2
V_DISEK	24.956		<input type="checkbox"/> NO THRESHOLD
V_CELL6	4.3396	IS2	21.6
V_CELL5	4.3457	IS1	21.8
V_CELL4	4.3408		<input type="checkbox"/> VDM TEST MODE
V_CELL3	4.2475		
V_CELL2	4.3488		
V_CELL1	4.3468		

Device Registers		ADDR	2
V_DISEK	22.599		<input type="checkbox"/> NO THRESHOLD
V_CELL6	4.3223	IS2	21.6
V_CELL5	4.3445	IS1	21.8
V_CELL4	4.3459		<input type="checkbox"/> VDM TEST MODE
V_CELL3	2.9023		
V_CELL2	4.3422		
V_CELL1	4.3464		

그림 5 배터리 팩과 BMS간 연동시험
Fig. 5 A Connected Test of Battery Pack & BMS

제작된 BMS의 메인 IC로 사용한 제품은 TI사의 bq76PL536

이다. bq76PL536은 외부 N채널 FET를 제어할 수 있는 6개의 셀 밸런싱 출력을 내장하고 있다. 출력핀은 셀의 정전압과 역전압을 인가하여 밸런싱 동작을 수행할 수 있으며, 소형 저가의 N채널 FET와 와트저항을 직렬로 연결하여 사용할 수 있도록 내장되어 있다. 그림 4에는 셀 밸런싱하는 과정에 대한 순서도를 나타내었다.

그림 5에는 제작된 배터리 팩과 BMS간 동작을 임의의 조건을 입력하여 동작에 대한 과정을 확인한 내용이다. BMS에서 여러 가지 시험조건인 과충전전압 보호시험, 과방전전압 보호 시험, 배터리셀 이상과열 등 다양한 상태 조건을 인가하며 시험하였다.

4. 결론

본 논문에서는 4kWh급 리튬이온 배터리 셀을 22개 직렬 연결하여 배터리 팩을 설계, 제작하였다. 또한 리튬이온 배터리 셀을 충방전 과정에서 보호하고, 효율적인 성능을 보장하고 위하여 배터리 관리시스템을 설계, 제작하였다.

제작된 배터리 관리시스템은 bq76PL536을 이용하여 셀 밸런싱과 여러 가지 보호 동작을 수행하도록 제작하였으며, 그 동작을 확인 하였다. 사용된 bq76PL536은 ARM MPU를 사용하여 상위 제어기와 통신 및 제어신호를 입력 받도록 하였다.

설계, 제작된 BMS는 여러 가지 외부조건에 대하여 성공적으로 동작하였으며, 충방전시 셀보호 및 각종 이상신호에 대한 보호기능이 정상적으로 동작하였다.

향후 배터리 팩과 BMS를 에이디모터스, 체인지 모델의 순수 전기자동차에 장착하여 그 동작과 효율성을 시험할 계획이다. 이때 사용할 배터리 팩은 현재의 배터리 팩을 확장하여 16kWh급 리튬이온 배터리 팩을 설계, 제작할 계획이다.

또한 BMS에서는 BCM(Body Control Module), PCU(Power Control Unit)과 연동하여 동작할 수 있도록 CANdb를 적용할 계획이며, 위급상황에 대한 시퀀스를 적용하여 배터리 팩과 전기자동차의 구동에 문제가 없도록 추진할 계획이다.

이 논문은 지식경제부의 광역경제권 연계협력사업에 의해 수행되었습니다. 지원해 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 정용욱, 정구섭, "전기자동차," GS인터비전, 2011.
- [2] Davide Andrea, "Battery Management Systems for Large Lithium Ion Battery Packs," ARTECH HOUSE, 2010.
- [3] 지식경제부 기술표준원, "전기자동차용 리튬이차전지셀 제1부:성능평가, 제2부:안정성평가, KS C IEC 62660 1, 2 :2011," 국가표준종합정보센터, 2011.
- [4] ISO/TC 22/SC 21, "Electrically propelled road vehicles Test specification for lithium Ion traction battery systems, Part1 High Power applications," ISO/DIS 12405
- [5] ISO/TC 22/SC 21, "Electrically propelled road vehicles Test specification for lithium Ion traction battery systems, Part2 High energy applications," ISO/DIS 12405