

전기자전거용 고출력 리튬 배터리 팩 및 관리시스템

남종하*
(주)파워로직스*

High Power Li Battery Pack and Battery Management System for Electric Bike

Jong-Ha Nam*
Powerlogics.Co.,Ltd.*

Abstract - 현재 국내를 비롯하여 세계적으로 녹색성장, 친환경 등의 열풍이 고유가와 화석연료의 고갈위기와 맞물려 활발히 진행되고 있다. 이미 미국, 영국, 프랑스, 이태리, 일본 등의 선진국에서는 자연 친화적, 경제적 실리 추구 및 편리성을 추구하면서 청정 에너지를 사용하는 “미래형 이동수단”에 큰 관심을 갖고 우리보다 한발 앞서 나가고 있다. 2005년 2월 16일 발표된 기후변화의 주 요인인 온실가스 배출 감축을 위한 교토의정서 또한 이러한 친환경이란 말과 무관하지 않다. 교토의정서의 발표 이후 세계 각국은 의무화된 규제조항을 만족하기 위해 막대한 자본을 투입하고 있다. 우리나라의 경우 온실가스 배출량이 세계 9위에 달하고 있으며, 전체 온실가스 배출량의 82.5% 정도가 화석에너지의 사용에 의해 발생되고 있다. 이중 이산화탄소의 경우 전체 배출량의 27%를 자동차에서 배출되며, 이로 인해 세계 각국에서는 자동차에서의 배출가스를 규제하는 조항을 법제화하고 있다. 이러한 규제는 앞서 미국의 경우 캘리포니아 주정부에서 1998년부터 전기자동차 사용을 의무화하는 ZEV 규제를 입법화하면서 본격화되었고, 무공해 및 저공해 자동차의 개발이 활발하게 진행되었다. 또한 고유가 시대로 접어들면서 대체에너지에 대한 필요성이 한층 고조되고 있는 실정이다. 이중 전기자전거는 배터리를 통해 무공해, 무소음이라는 장점을 가지고 있으며, 유지관리비가 거의 들지 않고 교통체증을 완화시켜주며, 주차에 신경쓰지 않아도 되어 교통수단에 혁신을 가져다 줄 것이라 생각된다. 또한 전기자전거의 경우 배터리를 동력원으로 사용하며 전동스쿠터 등에서의 문제점인 일종전 주행거리에 제약을 받지 않아 최근 중국 등에서 보급이 급격히 확산되고 있는 추세에 있다. 하지만 대부분 납축전지, 니켈-카드뮴 등의 배터리가 사용되고 있어 중량, 수명, 중금속에 의한 환경오염 등의 다양한 문제점을 내포하고 있다.

1. 서 론

사용이 중지점까지 이른 후에도 전류를 역으로 충전하여 반복적 재사용이 가능한 가역적인 2차 전지는 국가 정책적으로 10대 차세대 성장동력산업에 속할 만큼 중요한 산업중의 하나이다. 이러한 2차 전지는 화석에너지의 고갈로 인한 대체에너지원의 개발과 기후변화협약, 친환경 2차 전지의 개발을 통한 오염물질규제 등의 환경문제는 연관산업의 경쟁력 확보에 결정적인 역할을 담당한다. 하지만 2차전지의 고에너지 밀도화는 충/방전시 온도 및 과전류 등의 이상상태에서 화재의 발생 혹은 폭발의 위험성을 내포하고 있다. 특히 리튬계열의 배터리의 경우 휘발성 유기 전해액을 사용함으로써 잠재적 위험성은 매우 크다고 할 수 있다. 예로서 1990년대 초부터 배터리팩의 폭발 및 발화로 인한 공장화재 등 크고 작은 안전사고들이 잇달아 일어나고 있으며, 단일셀보다는 다중셀로 적용하는 경우 이러한 현상은 더욱 심각하다. 본 논문에서는 소형 이동 수단인 전기자전거에 채용되는 고출력 리튬이온 배터리팩의 관리시스템을 개발하였으며, 기존의 MCU를 채용하는 제품에서의 문제점이었던 소비전류는 크게 저감하고 셀 밸런싱(Cell Balancing), FET 및 배터리단의 온도보호(OTP, Over Temperature Protection) 등의 추가기능을 충실히 수행할 수 있는 전기자전거용 배터리관리시스템(BMS, Battery Management System)을 개발하였으며, 기존 제품과의 비교시험을 통해 기능 및 성능을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 고출력 리튬이차전지

현재 전기자전거에 채용되는 배터리는 크게 납축전지와 리튬

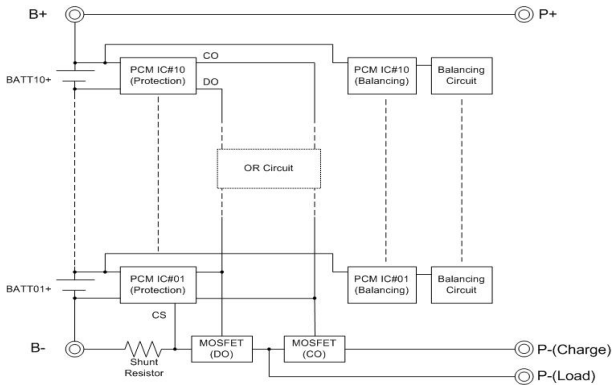
이차전지로 구분된다. 납축전지가 채용되는 모델은 저가형이라는 장점을 가지나 무게가 무겁고 수명 및 출력특성이 떨어진다라는 단점을 가진다. 반면 리튬이차전지의 경우 고가형이라는 단점을 가지지만 부피, 무게, 출력 및 수명특성이 매우 우수하여 최근에는 많이 채용되고 있다. 하지만 리튬이온전지에는 수계전해액을 사용하는 납축전지, 니켈-수소전지 등과 차이를 가지며, 정극 활물질로 LiCoO₂와 부극 활물질로 흑연, 그리고 유기전해액이 주로 사용되고 있어 타 배터리에 비해 높은 전압과 에너지 밀도를 가지는 반면, 정극 및 부극 활물질, 유기전해액과 같은 구성물질로 인해 과충전이나 과방전 시에 특성이 현저하게 저하하거나 발열 또는 발화 등의 위험성이 매우 높아진다. 따라서 현재 리튬이온배터리를 사용하고 있는 적용처에서는 반드시 보호회로를 채용하고 있으며, 이러한 보호회로는 전지 내부의 PTC나 안전변과 같은 기계적인 안전장치를 비롯하여 팩 내부에 전류 퓨즈 등 다중 보호기능을 도입하여 안전성을 확보하고 있으나, 반드시 보호회로 혹은 BMS를 적용하여야 한다.

2.2 배터리관리시스템

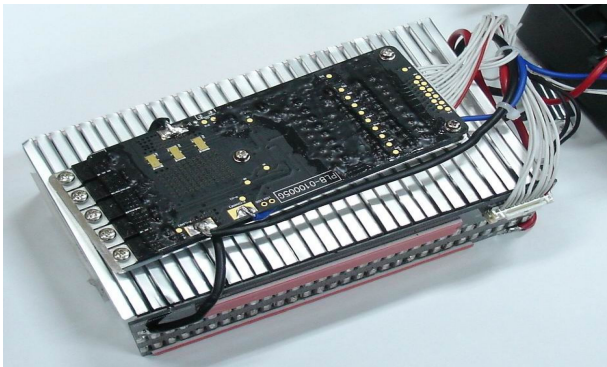
전기자전거에 채용되는 배터리관리시스템은 배터리의 과충전, 과방전, 과방전전류, 단락전류, 온도 등 팩이 최적의 운영상태에서 동작할 수 있도록 동작하여 이상상태로부터의 보호를 기본으로 한다. 따라서 전기자전거 뿐만 아니라 리튬이차전지가 채용되는 모든 적용처에 필수적인 기술이라 할 수 있다. 표 1은 개발된 전기자전거용 배터리관리시스템의 사양을 나타내고 있다. 일반적으로 리튬이차전지는 만충전과 만방전 영역에서 열화가 가장 많이 진행되는 관계로 동작범위는 3.0~4.25V로 설계하였으며, 전기자전거의 부하특성이 충전과 방전을 반복하는 사이클 부하의 형태를 가지므로 만충전 부근에서 개별 셀들간의 용량편차를 해소하기 위한 셀 밸런싱 회로를 채용하였으며, 전기자전거 뿐만 아니라 소형 스쿠터 등 다양한 부하에 만족할 수 있도록 지속 가능 전류용량을 충분히 높게 설계하였다. 또한 기존 MCU를 채용하던 BMS에서의 가장 큰 문제점이었던 소비전류 부분은 야마하 전기자전거의 경우 ON/OFF 기능이 없고 통상 500uA정도를 소비하는 반면 본 개발에서 개발된 전기자전거용 배터리관리시스템은 정상 동작 중에는 450[uA]이하, 동작하지 않을 시에는 15[uA]로 크게 저감하여 개발하였다. 그림 1과 2는 개발된 BMS의 구성도와 외관을 나타내고 있다. 또한 다중셀의 조합에서 가장 큰 문제점인 셀들간의 언밸런싱을

<표 1> BMS 사양

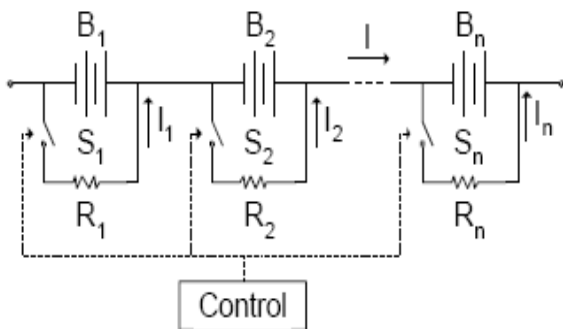
항 목	정 격	비 고
과충전차단	4.250[V]	± 25[mV]
과충전차단회복	4.050[V]	± 50[mV]
과방전차단	3.000[V]	± 75[mV]
과방전차단회복	3.200[V]	± 80[mV]
지속가능전류	30.0[A]	-
과전류차단	40.0[A]	± 4.0[A]
셀밸런싱 전압	4.200[V]	± 30[mV]
셀 밸런싱 전류	120[mA]	± 20[mA]
온도보호(배터리)	60[°C]	Bi-metal
온도보호(FET)	105[°C]	"
소비전류(OFF)	15[uA]	Key OFF
소비전류(ON)	500[uA]	Key ON
사이즈	55.0×140.0×15.0[mm]	
적용가능모델	24/36[V]	공용



〈그림 1〉 전기자전거용 배터리관리시스템 구성도



〈그림 2〉 전기자전거용 배터리 및 관리시스템

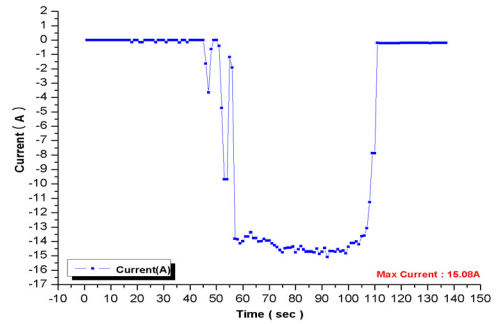


〈그림 3〉 전기자전거에 적용된 셀 밸런싱 회로

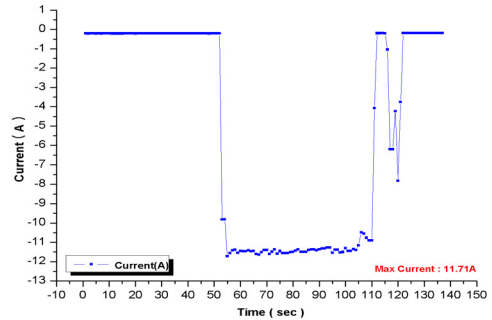
해소하기 위해 만충전 부근에서 셀들간의 밸런싱을 실시할 수 있는 회로를 삽입하여 팩의 용량을 충분히 사용할 수 있도록 설계하였다. 셀 밸런싱은 그림 3과 같이 저항을 통해 전압이 높은 셀을 강제적으로 방전시키는 Passive Cell Balancing 회로를 적용하였다. 이로 인해 배터리 관리시스템은 저가이면서 고급기능을 수행하도록 설계되었다. 적용된 배터리의 경우 3.3AH 3개를 병렬로 연결하고 이를 다시 7개 직렬, 10개 직렬로 연결하여 24V, 36V로 구성하고 다양한 셀들의 조합에도 공용을 사용할 수 있다는 장점을 가진다. 현재 삼현을 비롯한 국내에 유통되는 대부분의 전기자전거용 리튬이차전지는 중국제품이며, 품질이 불균일하여 많은 문제점을 내포하고 있다. 하지만 본 개발을 통해 국산화를 이루고 품질적으로 안정화를 이루었다.

2.3 실험

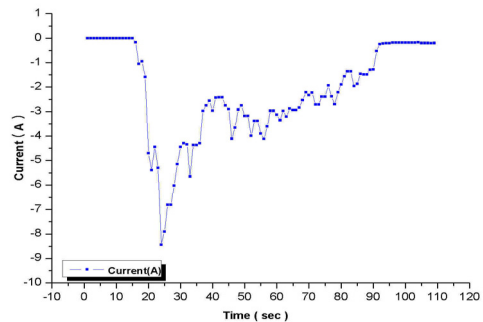
본 개발에서는 국내 전기자전거 제조업체인 삼현의 나이트 전기자전거와 코렉스 3륜 자전거에 전기자전거용 키트를 조합한 자전거, 일본의 야마하 전기자전거에 대한 팩의 방전전류를 측정하였다. 삼현전기자전거, 코렉스 3륜 자전거는 전동스쿠터와 같이 가속기를 당기면 자전거가 구동하는 형태이며, 야마하 전기자전거의 경우 PAS(Power Assist System)라는 형태로 운전자가 페달링을 실시하였을 경우 페달 내에 장착된 토오크 센서를 통해 동력을 일부 보조해주는 형태로 동작한다. 그림 4에서와 같이 삼현전기자전거와 3륜 자전거는 비교적 큰 전류로 일정시간 지속되는 형태를 가지며, 야마하 자전거의 경우 이에 비해 방전전류가 적게 나타남을 알 수 있다.



(a) 삼현전기자전거



(b) 3륜 자전거



(c) 야마하 전기자전거

〈그림 4〉 전기자전거 부하전류

3. 결 론

본 논문에서는 전기자전거에 적용하기 위한 배터리 관리시스템을 설계 및 개발하였다. 본 개발품은 휴대폰용 리튬이차전지 보호회로에 사용되는 1Cell PCM IC의 조합을 통해 소비전류는 크게 저감하면서도 셀 밸런싱, 온도보호 등 다양한 기능을 수행하며, 지속가능한 전류용량을 30A로 설계되어 전기자전거 뿐만 아니라 소형 스쿠터에까지 다양하게 적용할 수 있도록 설계되었다. 또한 전기자전거에 일반적으로 사용하는 전압대인 24V, 36V에 공용으로 사용할 수 있다는 장점을 가진다.

감사의 글

본 논문은 2008년도 중소기업 기술혁신개발사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음(S1038278).

[참 고 문 헌]

- [1] 남종하, 유성모, "이동형 기기를 위한 고효율 리튬 배터리 관리시스템", 전력전자학회 학술대회 논문집, 577-579, 2008.7.
- [2] Stephen W. Moore, Peter J. Schneider, "A Review of Cell Equalization Methods for Lithium Ion and Lithium Polymer Battery Systems", 2001 Society of Automotive Engineers, 2001.