

리튬이온 배터리의 급속충전용 다중 밸런싱에 관한 연구

남종하
(주)에코아이

A Study on Multiple Balancing for Quick Charge of Li-ion Battery

Jong-ha Nam
ECOI CO.,LTD.

ABSTRACT

최근 퍼스널 모빌리티에 대한 관심과 수요가 증대됨에 따라 전기에너지를 구동원으로 하는 소형 이동형 제품을 생활속에서 쉽게 접할 수 있게 되었다. 이러한 퍼스널 모빌리티 제품은 자이로센서 기술이 접목된 바퀴가 하나인 외발 전동휠과 세그웨이류의 제품, 전동킥보드, 전동스쿠터 등 다양한 제품이 출시되고 있다. 또한 이들 제품의 구동전원은 대부분 리튬이차전지가 사용되고 있다. 본 논문에서는 충전과 방전을 반복하는 다셀이 직렬로 구성된 리튬 이차전지 배터리팩에서 발생하는 셀간 편차와 이로 인해 배터리팩의 전체적인 효율성이 저하되는 것을 방지하는 셀 밸런싱에 관한 기술로 과거 완속형의 표준충전에 적합한 1단 밸런싱의 문제점을 보완하기 위해 표준충전과 급속충전을 임의로 선택하여 사용하는 경우에도 정상적인 셀 밸런싱 수행은 물론 빠른 셀 밸런싱을 수행하기 위한 기법에 대해 살펴보았다.

1. 서 론

최근 이차전지를 사용하는 모든 기기에서 연구개발 중인 분야가 바로 급속충전이다. 이러한 급속충전은 적용기기의 배터리를 단시간에 충전함으로써 사용자가 충전을 위해 대기하는 시간을 단축하는 효과가 있다. 예를 들어 전기자동차의 경우 완속충전과 급속충전으로 충전기법이 나뉘어 있으며, 완속충전의 경우 일반적으로 8시간 이상의 충전시간이 소요되고 급속충전의 경우 30분 이내를 목표로 하고 있다. 전기자전거나 전동식 킥보드 등과 같은 소형 이동장치의 경우에도 과거에는 2A 내외의 충전전류를 가지는 충전기가 대부분이었으나 최근에는 4-5A 이상의 충전전류를 가지는 급속충전기가 보급되어지고 있다. 이에 비해 다셀이 직렬로 구성된 배터리팩에서 중요한 기능중 하나인 셀 밸런싱 회로의 경우 기존의 표준(완속, 저전류) 충전타입의 설계에서 변화가 없이 사용됨으로써 의도하는 셀 밸런싱 효과를 누리지 못하는 실정이다.

본 논문에서는 표준 혹은 급속충전이 임의로 이루어질 수 있는 배터리팩에서 밸런싱 시점 및 동작을 이중으로 구성하고 표준충전시에는 만충전 부근의 임의 시점에서 1차적인 밸런싱 동작을 수행하며, 급속충전시에는 충전전류의 증대로 인한 전압의 상승폭이 커짐에 따라 1차 밸런싱 시점보다 다소 높은 전압 영역에서 2차적인 밸런싱을 수행하는 이중 밸런싱 방법에 대해 제안한다.

2. 리튬이차전지의 특성

2.1 리튬이온전지

리튬이차전지를 전기적으로 간략히 모델링하면 그림 1과 같이 전압이 생성되는 내부 기전력에 해당하는 E, 배터리 내부 임피던스 성분인 r이 존재하고 외부에 배터리의 +와 -단자가 위치하며, 외부 단자는 충전기 혹은 부하가 연결되어 사용된다. 여기서 충전기가 연결시에는 내부 기전력 E와 충전전류에 의한 내부 임피던스에 걸리는 전압은 같은 방향이 되어 내부 기전력보다 단자전압은 상승하게 되고 상승폭은 내부 임피던스가 동일하다는 조건에서 충전전류에 비례하게 된다. 따라서 그림 2에서와 같이 저전류의 충전전류와 대전류의 충전전류에서 배터리 단자전압의 상승폭도 달라지게 된다.

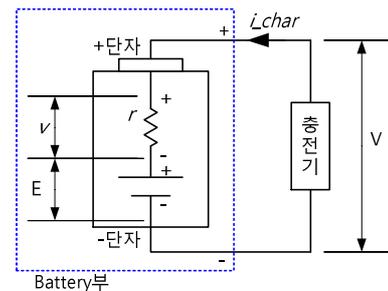


그림 1 리튬이차전지의 내부 모델링(충전)
Fig. 1 Internal Modeling of Li-ion Battery(Charging)

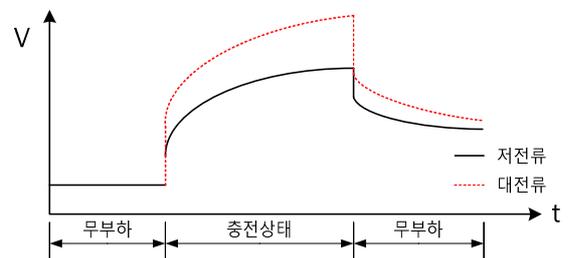
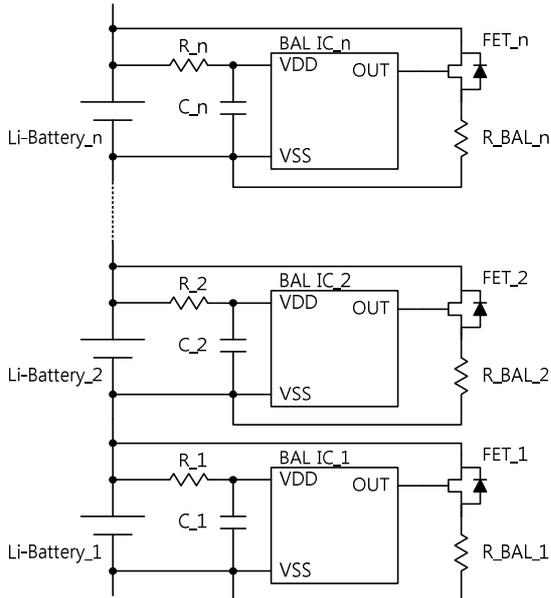


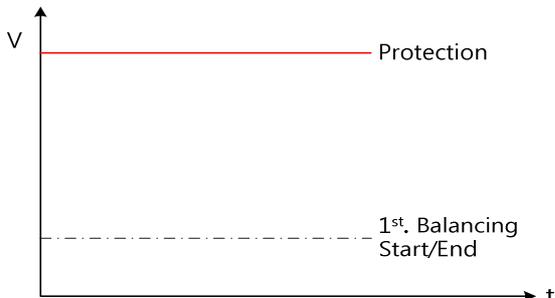
그림 2 충전전류별 리튬이차전지의 전압특성
Fig. 2 Voltage Characteristics of Li-ion Battery by Charging Current

2.2 수동형 밸런싱 회로

다셀로 구성되는 리튬이차전지 팩에는 밸런싱회로는 반드시 적용되어야 하는 기술이며, 일반적으로 회로가 간소하고 가격이 저렴한 수동형 밸런싱 회로가 널리 사용되고 있다. 그림 3은 밸런싱 회로를 보여주고 있으며, 충전이 진행이 되면 개별 셀들간의 특성차이로 인해 충전전압이 달라지게 되고 특정셀이 먼저 만충전 전압부근에 도달하게 되면 이를 검출하는 밸런싱 IC(BAL_IC)가 동작하여 FET를 ON하게 되고 해당 셀은 밸런싱 저항(R_{BAL})을 통해 방전이 이루어진다. 상기 동작의 수행을 통해 다른 셀들이 만충전이 되는 시점까지 해당 셀의 충전을 지연시키는 역할을 한다.



(a) 밸런싱 회로



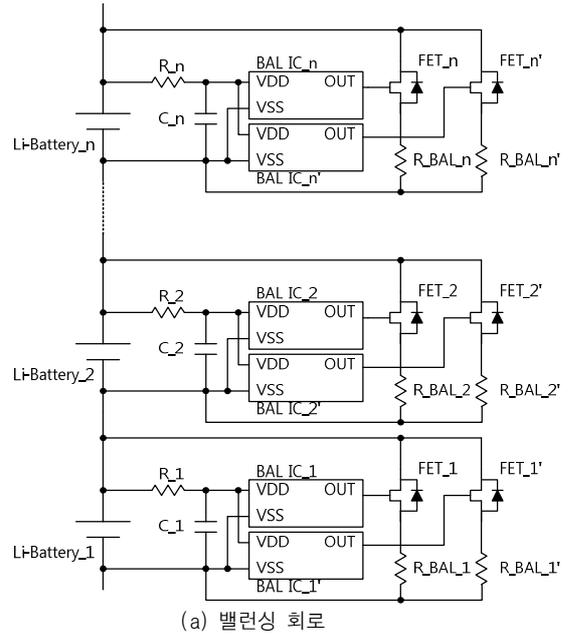
(b) 밸런싱 동작

그림 3 수동형 셀밸런싱
Fig. 3 Passive Cell Balancing

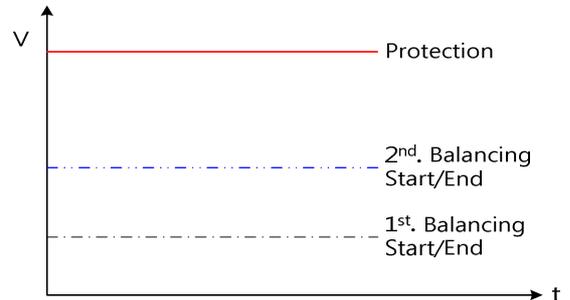
3. 다중 셀 밸런싱

그림 4는 본 논문에서 제안하는 다중 밸런싱 기법의 회로를 보여주고 있으며, 기존 보호회로에서 밸런싱 회로가 추가되어 2개의 회로가 결합된 형태를 가진다. 이는 배터리팩이 적용되는 제품이 고출력화되고 충전기는 급속이 적용됨에 따라 충전시 배터리 내부임피던스에 의한 전압상승폭이 커지게 되고 이로 인해 기존의 셀 밸런싱 회로에서는 밸런싱을 충분히 수행하지 못하고 과충전 전압차단이 될 수 있다. 따라서 만충전 부근에서 첫번째 밸런싱 동작을 수행하고 첫번째 밸런싱 수행전압과 과충전 전압차단치 사이에서 두번째 밸런싱을 수행하는 형

태를 특징으로 가진다. 이를 통해 기존의 방식에 비해 밸런싱 전류를 2배로 흘려 전압의 상승을 억제시키고 빠른 밸런싱을 할 수 있다는 장점을 가진다.



(a) 밸런싱 회로



(b) 밸런싱 동작

그림 4 다중 셀밸런싱
Fig. 4 Multiple Cell Balancing

4. 결론

본 논문에서는 퍼스널 모빌리티 등에 적용되는 리튬이차전지의 완속 및 급속충전에 대해 특성을 고찰하고 이를 토대로 각각의 충전방식에 최적화한 셀 밸런싱 방식을 제안하였다. 추후 다중 셀 밸런싱 기법을 적용한 배터리 팩을 제작하고 실제 시험을 통해 이를 검증하고자 한다.

이 논문은 2015년도 중소기업청 창업성장기술개발사업 “전동 스쿠터의 완속 및 급속충전을 위한 다중 밸런싱 기법의 리튬 배터리팩 개발, S2358561” 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] 남중하 외, “이차전지의 셀밸런싱 기법에 관한 연구”, 전력전자기술대회논문집, 2006.11, pp.143-145