

리튬이온 배터리의 다중 밸런싱에 관한 연구

남종하
(주)에코아이

A Study on Multiple Balancing of Li-ion Battery

Jong ha Nam
ECOI CO.,LTD.

ABSTRACT

친환경 이동수단 중 1인용 이동수단인 퍼스널 모빌리티에 대한 관심과 수요가 증대됨에 따라 과거 전기자전거에서 현재는 전동킥보드, 전동스쿠터, 외발휠, 세그웨이류 등 그 종류와 외관적 형태는 매우 다양하다. 하지만 공통적인 부분은 전기에너지를 구동원으로 하고 있으며, 전기에너지를 저장하기 위한 수단으로 리튬이온 배터리가 사용된다는 것이다. 리튬이온배터리에서 배터리를 안전하고 효율적으로 사용하도록 제어하는 부분이 배터리관리시스템이며, 기능중에서 배터리 셀간을 정밀하게 균형을 잡아주며, 모든 셀이 완전 충전상태가 될 수 있도록 도와주는 셀 밸런싱 기능이 있다. 이러한 셀 밸런싱 기술은 주행거리 혹은 사용시간을 늘려주는 역할을 수행한다. 본 논문에서는 충전과 방전을 반복하는 다셀로 구성된 리튬이온배터리에서 셀 밸런싱이 수행되는 과정을 살펴보고 단일 밸런싱과 다중 밸런싱의 차이 및 장단점을 살펴보았다. 이를 통해 완속에서 급속충전으로의 변화, 빠른 셀 밸런싱 등의 필요성에 대해 실험을 통해 검증하였다.

1. 서론

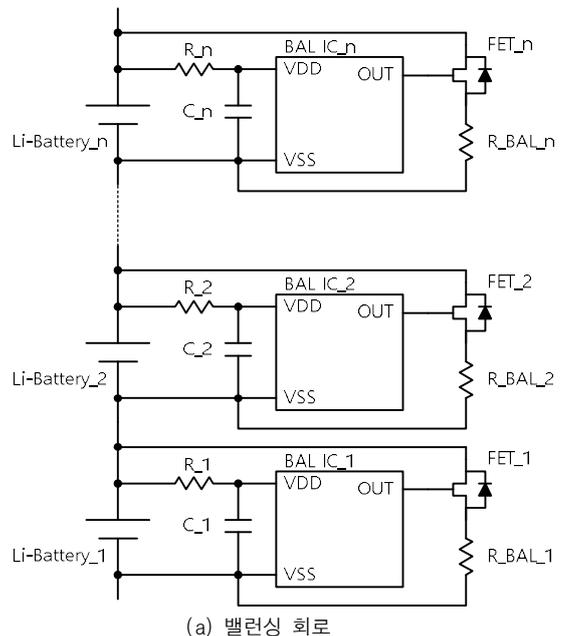
최근 자동차의 선진국인 독일에서 2020년 이후부터는 내연기관 자동차의 신규 등록을 금지한다고 선언한 바 있으며, 더 나아가 독일을 기점으로 유럽 전체로 확산될 가능성이 매우 높다. 따라서 내연기관을 대체하기 위한 전기자동차, 수소자동차 등 친환경 자동차에 대한 상용화 기술의 확보는 더 이상 미룰 수 없는 기술이 아니며, 기술의 확보가 되지 않는다면 유럽시장의 진출은 불가능하다. 따라서 많은 자동차업체들은 친환경 자동차 개발에 모든 역량을 집중할 것으로 보인다. 또한 퍼스널 모빌리티의 경우에도 친환경 이동수단의 한 분야로 발전하고 있어 그 미래는 매우 밝을 것으로 판단된다. 하지만 이러한 친환경 이동수단에서 풀어야할 문제중 하나가 급속충전이며, 다셀로 구성된 배터리팩에서의 셀간 편차를 최소화하기 위한 셀 밸런싱 기술이다. 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 누리

지 못하는 실정이다.

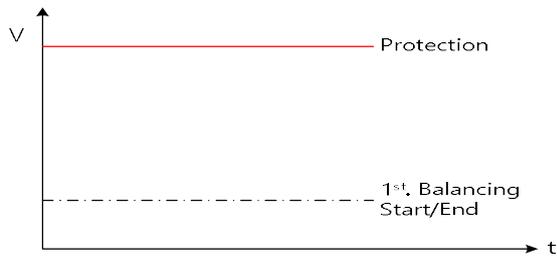
본 논문에서는 급속충전이 이루어지는 배터리팩에서 밸런싱 시점 및 동작을 단일과 이중으로 구성한 경우 밸런싱 동작이 수행되는 형태 및 특성에 대해 방법에 대해 실험을 통해 확인한다.

2. 단일 및 다중 밸런싱 회로

그림 1은 일반적인 수동형 밸런싱 회로를 보여준다. 셀당 하나의 밸런싱 IC 및 회로가 적용된 형태이며, 다셀로 구성되는 리튬이차전지 팩에는 밸런싱 회로는 반드시 적용되어야하는 기술중 하나이다. 일반적으로 회로가 간소하고 가격이 저렴한 특징을 가져 널리 사용되고 있다. 밸런싱 회로는 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. 그림 2는 다중 밸런싱 회로를 보여주고 있으며, 셀당 2개 이상의 밸런싱 회로가 적용된 형태를 의미한다.

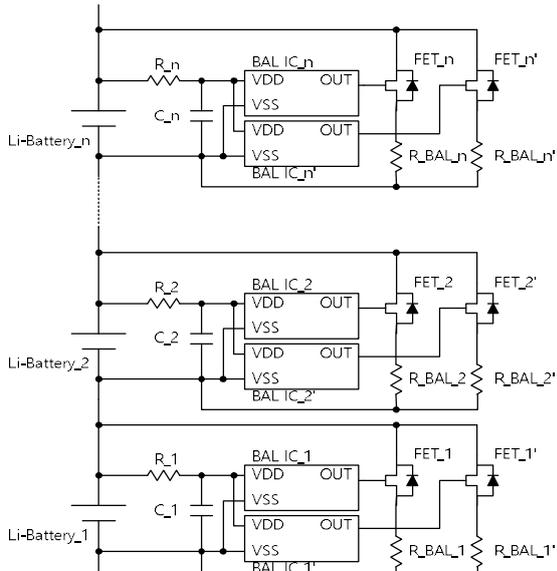


(a) 밸런싱 회로

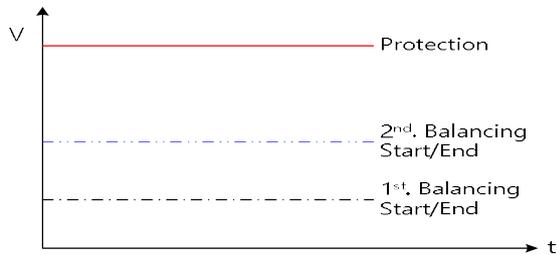


(b) 밸런싱 동작

그림 1 단일 셀밸런싱
Fig. 1 Single Cell Balancing



(a) 밸런싱 회로



(b) 밸런싱 동작

그림 2 리튬이온배터리의 다중 셀밸런싱
Fig. 2 Multiple Cell Balancing of Li-ion Battery

시험을 위한 배터리팩은 36V, 2,200mAh 배터리팩을 제작하여 시험을 진행하였으며, 단일밸런싱은 100mA, 다중밸런싱은 1, 2차 각각 100mA의 밸런싱 전류를 가진다. 그림 3은 충전시 셀 밸런싱 동작이 수행되는 과정을 살펴보기 위해 진행되었으며, 충전은 배터리용량 기준 0.33C, 42V로 충전하였으며, 중지 조건은 별도 지정없이 단일 밸런싱 회로를 적용하여 시험하였다. 동작모드는 충전방식의 측면에서 정전류 구간과 정전압 구간으로 나눌 수 있으며, 밸런싱이 수행되는 과정상에서는 충전 전류가 밸런싱 전류보다 큰 구간과 작은 구간으로 나눌 수 있다. 시험결과에서 보듯이 정상적인 셀들이 정전압 구간에 진입하기 이전에 상대적으로 전압이 높은 셀은 셀 밸런싱이 수행이 되며, 밸런싱 전류보다 충전전류가 큰 구간에서는 여전히 전압은 상승하게 되고 밸런싱 전류가 큰 구간에서는 정상적인 셀들은 전압이 완만히 상승하는 반면 밸런싱 대상의 셀은 전압이

하강하는 것을 볼 수 있다. 그림 4는 다중밸런싱회로에서 밸런싱 시험결과를 보여주고 있으며, 충전중지조건은 배터리 용량의 1/20C를 적용하여 100mA를 적용한 결과이다. 중지조건에 따라 다소 차이가 있겠지만 대부분 밸런싱이 수행되는 구간은 그림 3을 기준으로 충전전류가 큰 구간에서 이루어지게 된다.

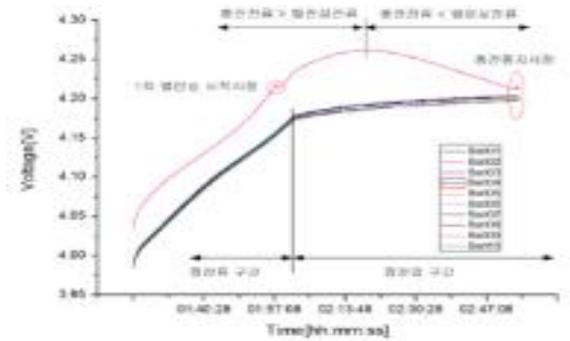


그림 3 단일 밸런싱 시험결과
Fig. 3 Test Result of Single Cell Balancing

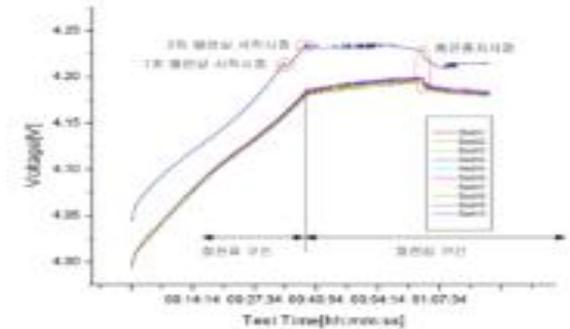


그림 4 다중 밸런싱 시험결과
Fig. 4 Test Result of Multiple Cell Balancing

3. 결 론

본 논문에서는 밸런싱에 대해 단일 및 다중 밸런싱 기법을 적용하여 시험을 진행하였으며, 단일 밸런싱의 경우 밸런싱 전류의 한계로 인해 밸런싱이 수행되는 과정에서도 전압은 상승하는 것을 볼 수 있으며, 다중 밸런싱의 경우 전압의 상승에 따라 밸런싱 전류가 증대됨에 따라 전압의 상승이 억제되는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 배터리팩의 설계시 밸런싱 전류의 조건 설정은 매우 중요하며, 잘못된 설계가 적용시 밸런싱 대상의 셀은 정상셀에 비해 과충전 영역에 노출되어 수명저하의 우려가 있고 배터리팩의 전체적인 효율을 저감하는 요인으로 작용될 수 있을 것으로 판단된다.

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

참 고 문 헌

[1] 남중하, “리튬이온 배터리의 급속충전용 다중 밸런싱에 관한 연구”, 전력전자학술대회논문집, 2016.07, pp.411-412