스위칭 주파수의 가변을 통해 고속의 능동 밸런싱을 진행하는 능동배터리 셀 밸런싱 방법 및 장치

(특허등록번호 : 10-2183165)

키워드 : 능동 셀 밸런싱, SMPS 플라이백, 가변 주파수 제어, 실시간 전류 센싱, 고속 밸런싱, ESS·EV 배터리 관리

사업화 적용 가능 분야

① 전기자동차(EV) 배터리 관리 시스템(BMS)
복수 셀 직렬 구성 배터리팩에서 충·방전 전류를 실시간 감지하여 밸런싱 속도를 향상시키는 구조로 EV 고전압 팩에 적용 가능

② 에너지저장장치(ESS) 및 산업용 배터리팩
대용량 배터리팩에서 셀 불균형으로 인한 용량 감소 및 사용시간 저하 문제를 개선하는 솔루션으로 확장 가능

③ 드론·전동공구·로봇 배터리팩
고출력/고속 충전 시스템에서 밸런싱 시간 단축이 필요한 소형·중형 배터리팩에 적용 가능

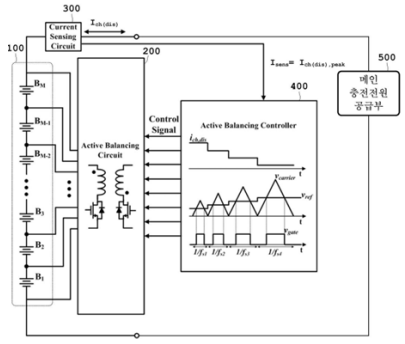
기술 성숙도(TRL) – 6~7단계 (회로 설계 및 동작 검증 단계)

- SMPS 플라이백 구조 기반 밸런싱 변압부 설계 완료
- 실시간 최대충전전류(Ich, peak) 센싱 및 가변 주파수 제어 알고리즘 구현
- 수학식 기반 밸런싱 전력(Pbal) 산출 및 동작 구조 검증

▶ 상용 BMS 펌웨어 탑재 가능한 기술 수준

기술 개요

- SMPS(스위칭 모드 전원 공급기) 기반 밸런싱 변압부를 이용하여, 에너지가 높은 배터리 셀의 에너지를 낮은 배터리 셀로 전달하는 능동 밸런싱 방식
- 배터리 팩의 최대충전 허용전류(ICCL)와 최대충전전류(Ich,peak)의 차이를 이용하여 최대밸런싱전류(Ibal,peak)를 산출하고, **스위칭 주파수(fs)를 실시간으로 변경**하는 기술임
- 즉, 충전 여유 전류를 활용 밸런싱 전력을 극대화 하는 구조



[능동 배터리 셀 밸런싱 장치 구성도]

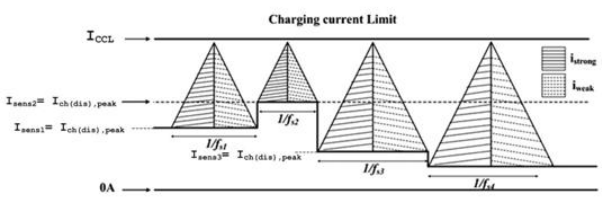
기술 특장점

① 가변 스위칭 주파수 기반 고속 밸런싱
▶ 스위칭 주파수(fs)를 실시간 산출, 밸런싱 전력(Pbal)을 증가
▶ 충전 전류가 감소할수록 밸런싱 전류 증가 가능

② 최대전류 스펙 고려 안전 설계
▶ 최대밸런싱전류(Ibal,peak)+최대충전전류(Ich,peak)
< 배터리팩의 최대충전 허용전류(ICCL)
→ 과전류 위험 없이 고속 밸런싱 가능

③ SMPS 기반 고효율 에너지 전달
▶ 저항 소모형 수동 밸런싱 대비 에너지 손실 최소화

④ 셀 간 자유로운 에너지 교환
▶ 플라이백 구조로 원하는 셀 간 에너지 전달 가능



[배터리 팩 충전시 전류 상태]

※ 기대효과

1. 기존 고정 주파수 방식 대비 밸런싱 속도 증가로 **밸런싱 시간 단축 → 충전 효율 향상**
2. 셀 불균형 최소화하여 팩 전에 용량 활용도가 상승하고, **배터리 팩 사용시간이 증가**
3. 충전 균일도가 향상되어 실질적 에너지 활용도가 증가하고, **EV 주행 개선 효과**
4. 가변 주파수 제어 알고리즘 기반 스마트 BMS 차별화가 가능하여 **차세대 BMS 고도화 기술 보유**

연구자 | 윤재중 교수
충북대학교 전기공학부
jjyun@chungbuk.ac.kr

RISE
대구대학교RISE사업단