



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월08일
(11) 등록번호 10-2539821
(24) 등록일자 2023년05월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 7/00 (2006.01) B60L 58/22 (2019.01)
G01R 31/382 (2019.01) H01M 10/42 (2014.01)
- (52) CPC특허분류
H02J 7/0019 (2013.01)
B60L 58/22 (2019.02)
- (21) 출원번호 10-2022-0020905
- (22) 출원일자 2022년02월17일
심사청구일자 2022년02월17일
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020110117992 A*
KR1020180044483 A*
KR1020200009725 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
- (72) 발명자
최성진
울산광역시 남구 동산로69번길 13, 101동 802호
(신정동, 문수로2차아이파크)
- 웬 웬안
울산광역시 남구 대학로43번길 22-2, 103호 (무거동)
- (74) 대리인
김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 13 항

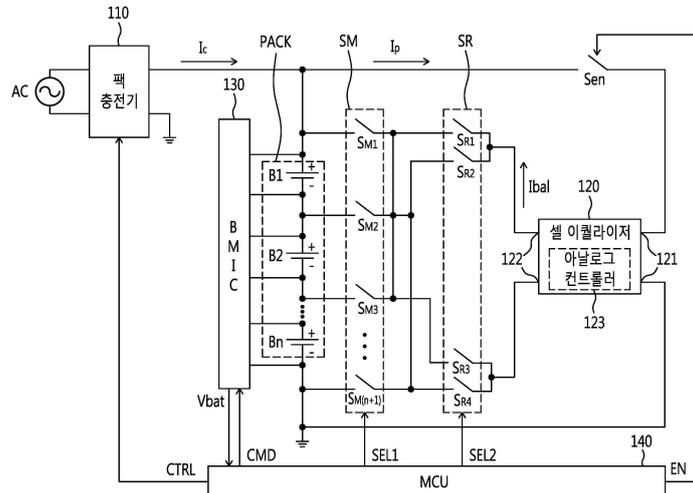
심사관 : 강병욱

(54) 발명의 명칭 **재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템 및 방법**

(57) 요약

발명의 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 방법은, 배터리 셀들의 초기 SOC 레벨을 결정하는 단계와, 상기 배터리 셀들의 상기 초기 SOC 레벨의 오름차순으로 상기 배터리 셀들을 서열화하는 단계와, 목표 SOC레벨을 달성하기 위해 셀 이퀄라이저의 각 셀 별 처리시간 및 팩 충전기의 동작시간을 계산하여 최적의 전체 처리 시간을 계산하는 단계와, 상기 전체 처리 시간 동안 상기 서열화 순서로 셀 밸런싱 동작을 수행하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01R 31/382 (2019.01)

H02J 7/0048 (2020.01)

H01M 2010/4271 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711133200

과제번호 2020R1A2C2009303

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)

연구과제명 불균일한 특성의 재사용 배터리로 구성된 에너지저장장치를 위한 공생형 배터리관리

시스템 요소기술 연구

기 여 율 1/2

과제수행기관명 울산대학교

연구기간 2020.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1425156913

과제번호 S3207312

부처명 중소벤처기업부

과제관리(전문)기관명 중소기업기술정보진흥원

연구사업명 2021년 사업연계형기술개발사업 추천기업 접수(디딤돌)

연구과제명 재사용배터리 진단 및 충방전을 위한 이동형 충방전기 개발

기 여 율 1/2

과제수행기관명 울산대학교 산학협력단

연구기간 2021.11.01 ~ 2023.10.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

배터리 팩 내에 포함된 배터리 셀들의 초기 SOC 레벨을 결정하는 단계;

상기 배터리 셀들의 상기 초기 SOC 레벨의 오름차순으로 상기 배터리 셀들을 서열화하는 단계;

목표 SOC레벨을 달성하기 위해 셀 이퀄라이저의 각 셀 별 처리시간 및 팩 충전기의 동작시간을 계산하여 최적의 전체 처리 시간을 계산하는 단계; 및

상기 전체 처리 시간 동안 상기 서열화 순서로 셀 밸런싱 동작을 수행하는 단계를 포함하며,

상기 셀 이퀄라이저의 제어에 의해 상기 팩 충전기에서 상기 배터리 셀로 양의 전류가 인가되면 충전 동작을 수행하고, 음의 전류가 인가되면 방전 동작을 수행하여 상기 배터리 팩의 상기 셀 밸런싱 동작을 수행하는 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 셀 밸런싱 동작을 수행하는 단계는,

상기 배터리 셀들이 상기 서열화 순서로 셀 이퀄라이저의 출력 단자쌍에 하나씩 연결되는 단계;

상기 셀 이퀄라이저가 상기 출력 단자쌍에 연결된 배터리 셀을 충전하는 단계;

팩 충전기가 상기 배터리 셀들의 에너지를 동시에 방출하거나, 상기 배터리 셀들로 에너지를 동시에 공급하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 전체 처리 시간은 상기 배터리 셀들 각각에 대한 상기 셀 이퀄라이저의 처리 시간을 모두 합한 값이고,

상기 전체 처리 시간은 일부 상기 팩 충전기의 동작 시간을 포함하는 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 전체 처리 시간을 계산함에 상기 배터리 셀들 각각에 대한 셀 이퀄라이저의 처리 시간은 [수학식 1]로 계산하고,

상기 팩 충전기의 동작 시간은 [수학식 2]로 계산하는 것을 포함하며,

[수학식 1]

$$t_i = \frac{(SOC_{mit_avg} - SOC_i(t_0) - SOC_L)Q_{nom} + I_p t_{total}}{I_{bal}}$$

[수학식 2]

$$t_c = \frac{(SOC_{target} - SOC_{init_avg} + SOC_L)Q_{nom}}{I_c}$$

상기 수학식 1에서 t_i 는 상기 배터리 셀들 각각에 대한 처리 시간이고, SOC_{init_avg} 는 상기 배터리 셀들의 초기 SOC 레벨들의 평균이고, SOC_i 는 서열번호 i 번째 배터리 셀의 개별 SOC 레벨이고, SOC_L 은 등가 SOC손실이고, Q_{nom} 은 상기 배터리 셀들의 공칭 용량이고, I_p 는 상기 배터리 팩의 방전 전류이고, t_{total} 은 셀 이퀄라이징 단계에서 소요되는 각 셀의 처리 시간의 합을 의미하며,

상기 수학식 2에서 SOC_{target} 는 목표 SOC 레벨이고, I_c 는 상기 팩 충전기의 전류인 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 전체 처리 시간을 계산함에 있어서 상기 배터리 셀들 각각에 대한 상기 셀 이퀄라이저의 처리 시간에 대해 [수학식 3]으로 계산한 시간 오프셋을 인가하여 마지막 처리 단계를 생략하고,

팩 충전기의 동작 시간을 [수학식 4]로 계산하는 것을 포함하며,

[수학식 3]

$$t_i = \frac{(SOC_{init_avg} - SOC_i(t_0))Q_{nom}}{I_{bal}} + \frac{(SOC_{max}(t_0) - SOC_{init_avg})V_i Q_{nom}}{V_{pack} I_{bal}}$$

[수학식 4]

$$t_c = \frac{(SOC_{target} - SOC_{init_avg} + SOC_L)Q_{nom}}{I_c}$$

상기 수학식 3에서 t_i 는 상기 배터리 셀들 각각에 대한 처리 시간이고, SOC_{init_avg} 는 상기 배터리 셀들의 초기 SOC 레벨들의 평균이고, SOC_i 는 서열번호 i 번째 배터리 셀의 개별 SOC 레벨이고, Q_{nom} 은 상기 배터리 셀들의 공칭 용량이고, SOC_{max} 는 상기 배터리 셀의 최대 초기 SOC를 의미하고, V_t 는 서열번호 i -번째 배터리 셀의 전압을 의미하고, V_{pack} 은 배터리 팩의 전압을 의미하고, I_{bal} 은 미리 정해진 셀 밸런싱 전류를 의미하며,

상기 수학식 4에서 SOC_{target} 는 목표 SOC 레벨이고, I_c 는 상기 팩 충전기의 전류인 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

팩 충전기의 동작시간을 [수학식 5]로 계산함에 있어서 그 결과의 부호에 따라 팩 충전기의 전류방향을 변경하며,

[수학식 5]

$$t_c = \frac{(SOC_{target} - SOC_{init_avg} + SOC_L)Q_{nom}}{I_c}$$

상기 수학식 5에서 t_c 는 상기 팩 충전기의 처리 시간이고, SOC_{target} 는 목표 SOC 레벨이고, SOC_{init_avg} 는 상기 배터리 셀들의 초기 SOC 레벨들의 평균이고, SOC_L 은 등가 SOC손실이고, Q_{nom} 은 상기 배터리 셀들의 공칭 용량이고,

Ic는 상기 팩 충전기의 전류인 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 팩 충전기의 동작은 상기 전체 처리 시간의 마지막에 상기 팩 충전기의 처리 시간 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 방법.

청구항 8

제3항에 있어서,

상기 배터리 셀들의 상기 초기 SOC 레벨의 평균값과 목표 SOC 레벨을 비교하고, 비교의 결과에 따라 상기 팩 충전기로부터 출력되는 팩 충전기 전류의 방향을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 방법.

청구항 9

배터리 팩에 포함된 배터리 셀들을 동시에 충전하거나 방전하는 팩 충전기;

상기 배터리 셀들 중 하나의 배터리 셀로 전류를 전송하는 셀 이퀄라이저;

상기 셀 이퀄라이저의 입력 단자쌍과 상기 배터리 셀들 사이에 연결된 제1 스위치 매트릭스 및 제2 스위치 매트릭스;

상기 배터리 셀들의 개방 회로 전압을 모니터링하는 배터리 모니터링 장치(Battery Monitoring IC, BMIC); 및

상기 BMIC로부터 상기 개방 회로 전압을 수신하고, 상기 개방 회로 전압을 이용하여 상기 배터리 셀들의 초기 SOC 레벨을 계산하는 연산장치(micro controller unit, MCU)를 포함하고,

상기 MCU는 상기 초기 SOC 레벨에 기초하여 상기 배터리 셀들을 서열화하고, 상기 서열화 순서를 기반으로 상기 배터리 팩의 셀 밸런싱 동작을 수행하며,

상기 셀 이퀄라이저의 제어에 의해 상기 팩 충전기에서 상기 배터리 셀로 양의 전류가 인가되면 충전 동작을 수행하고, 음의 전류가 인가되면 방전 동작을 수행하여 상기 배터리 팩의 셀 밸런싱 동작을 수행하는 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 MCU는 상기 초기 SOC 레벨의 오름차순으로 상기 배터리 셀들을 서열화하는 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 배터리 셀들은 상기 서열 순서대로 상기 셀 이퀄라이저의 출력 단자쌍에 하나씩 연결되는 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 MCU는 상기 초기 SOC 레벨에 기초하여 상기 제1 스위치 매트릭스와 상기 제2 스위치 매트릭스에 포함된 스위치들이 턴 온 되는 시간을 조절함으로써 각 배터리 셀이 셀 이퀄라이저에 연결되는 시간을 조절하는 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 MCU는 상기 배터리 셀들의 상기 초기 SOC 레벨의 평균값과 목표 SOC 레벨을 비교하고, 비교의 결과에 따라 상기 팩 충전기로부터 출력되는 팩 충전기 전류의 방향을 결정하는 것을 특징으로 하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 재사용 배터리의 충전량(SOC, state of charge) 임의 정렬 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 자세하게는 재사용 배터리 팩 내부의 개별 셀들의 SOC 레벨을 목표 SOC 레벨로 조정하면서 균등화하는 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 배터리 에너지 저장 시스템(battery energy storage system, BESS)에 대한 투자가 크게 증가하고 있다. 전기차의 배터리 팩은 폐기된 후에도 사용 가능한 용량의 80%가 남아 있어서 다른 용도로 재사용할 수 있다. 따라서, 재사용(second-life)배터리를 이용한 에너지 저장시스템(SL-BESS)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 노후된 배터리 셀들의 특성 차이로 인해 배터리의 재사용은 배터리 유지보수시에 보다 집중적인 관리가 필요하다. 따라서, SOC(state of charge) 임의 정렬은 재사용 배터리의 유지 보수 및 다른 장소로의 운송 등의 전기차 사용 후 배터리의 전반적인 재사용 과정에 필수적이다.

[0004] 일반적으로 종래의 배터리 팩 충전기의 경우 개별 셀단위를 선택적으로 충전하지 못하기 때문에, 개별 셀들의 SOC 균등화기능을 제공할 수 없다.

[0005] 한편, 개별 셀을 균등화하기 위한 종래의 방법들은 대부분 스위치 매트릭스를 이용한 이른바 “최소 셀 균등화 방식”을 택하고 있는데, 예를 들어 가장 낮은 SOC레벨의 배터리 셀을 인근 셀들을 방전시킨 후에 충전을 수행하며, 이후 다음 낮은 SOC 레벨의 셀을 다시 선택하여 방전 및 충전의 단계를 반복한다. 배터리 셀들 간 SOC레벨의 차이가 목표 값에 도달할 때까지 배터리 셀들의 전압에 기초하여 충전패턴이 무질서하게 계속 변경되므로 불필요하고 중복적인 스위칭 패턴이 사용될 수 있으며, 이러한 방법으로는 최적의 동작시간을 얻을 수 없다. 게다가 임의로 선정한 목표 SOC레벨에 도달하는 기능을 제공하지도 않는 문제점이 있어 SOC임의 정렬 목적이 부합하지 못한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, SOC 조정 과정에서 배터리 팩 충전기와 셀 이퀄라이저가 협동하여 동작하도록 하는 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 발명의 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 방법은, 배터리 셀들의 초기 SOC 레벨을 결정하는

단계와, 상기 배터리 셀들의 상기 초기 SOC 레벨의 오름차순으로 상기 배터리 셀들을 서열화하는 단계와, 목표 SOC레벨을 달성하기 위해 셀 이퀄라이저의 각 셀 별 처리시간 및 팩 충전기의 동작시간을 계산하여 최적의 전체 처리 시간을 계산하는 단계 및 상기 전체 처리 시간 동안 상기 서열화 순서로 셀 밸런싱 동작을 수행하는 단계를 포함한다.

[0008] 발명의 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템은, 배터리 팩에 포함된 배터리 셀들을 동시에 충전하거나 방전하는 팩 충전기와, 상기 배터리 셀들 중 하나의 배터리 셀로 전하를 전송하는 셀 이퀄라이저와, 상기 셀 이퀄라이저의 입력 단자쌍과 상기 배터리 셀들 사이에 연결된 제1 스위치 매트릭스 및 제2 스위치 매트릭스와, 상기 배터리 셀들의 개방 회로 전압을 모니터링하는 배터리 모니터링 장치(Battery Monitoring IC, BMIC) 및 상기 BMIC로부터 상기 개방 회로 전압을 수신하고, 상기 개방 회로 전압을 이용하여 상기 배터리 셀들의 초기 SOC 레벨을 계산하는 연산장치(micro controller unit, MCU)를 포함하고, 상기 MCU는 상기 초기 SOC 레벨에 기초하여 상기 배터리 셀들을 서열화한다.

발명의 효과

[0009] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템 및 방법에 의하면, 셀 밸런싱 시간을 최소화할 수 있고, 목표로 하는 SOC를 임의로 정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템을 나타내는 도면이다.
 도 2a와 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 원리를 설명하기 위한 회로도들이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 방법의 SOC-OCV 곡선을 나타낸다.
 도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 방법의 처리 시간을 계산하는 방법을 설명하기 위한 그래프들이다.
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 방법의 셀 이퀄라이저의 셀 밸런싱 동작을 설명하기 위한 회로도이다.
 9a와 도 9b는 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 방법의 처리 시간을 설명하기 위한 도면들이다.
 도 10a 내지 도 10c는 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 방법의 배터리 셀의 안정성을 설명하기 위한 도면들이다.
 도 11a 내지 도 11c는 본 발명을 검증하기 위한 실험장치의 설정 및 실험결과를 정리한 도표이다.
 도 12a 내지 도 12c는 종래의 방법인 최소 셀 균등화 방식의 동작 파형을 나타내는 도면들이다.
 도 13a 내지 도 13c는 본 발명인 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 방법의 동작 파형을 나타내는 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 발명은 다양한 변형 및 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0012] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템을 나타내는 도면이다.

[0014] 도 1을 참조하면, 배터리 팩(PACK)은 직렬로 연결된 복수의 배터리 셀들(B1~Bn)을 포함할 수 있다. 여기서, n은

1보다 큰 자연수이다. 일례로, 전기 자동차에는 복수의 배터리 팩들을 포함할 수 있다. 전기 자동차 사용 후 배터리의 셀 하나의 전압은 3.6V, 약 4V일 수 있고, 배터리 팩 하나의 전압은 약 80V일 수 있다.

- [0015] 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템(100)은 팩 충전기(110), 셀 이퀄라이저(120), 배터리 모니터링 장치(Battery Monitoring IC, BMIC; 130), 연산장치(micro controller unit, MCU; 140), 및 제1 스위치 매트릭스(S_M), 제2 스위치 매트릭스(S_R)를 포함할 수 있다.
- [0016] 팩 충전기(110)는 외부 전원으로부터 배터리 팩(PACK)을 충전 또는 방전하는 양방향 직류변환장치일 수 있다. 팩 충전기(110)는 배터리 팩(PACK)에 포함된 복수의 배터리 셀들(B1~Bn)을 동시에 충전하거나 또는 방전할 수 있다. 따라서, SOC 정렬 프로세스의 속도를 높일 수 있고, 배터리 셀의 SOC 레벨을 목표 SOC 레벨로 재조정할 수 있다. 팩 충전기(110)는 셀 이퀄라이저(120)의 동작에 따라 배터리 팩(PACK)에 일정한 전류를 충전하거나, 방전할 수도 있다. 이 경우 충전 전류는 양의 전류로 방전 전류는 음의 전류로 정의한다.
- [0017] 셀 이퀄라이저(120)는 배터리 팩(PACK)으로부터 배터리 셀들(B1~Bn) 중 하나의 배터리 셀로 전하를 전송하는 단방향 DC-DC 컨버터일 수 있다. 일례로, 셀 이퀄라이저(120)는 하나의 배터리 셀만 일정한 전류로 충전할 수 있는 정전류형 충전기일 수 있으며, 셀 이퀄라이저(120)에 의해 배터리 셀들(B1~Bn)이 균등화될 수 있다. 셀 이퀄라이저(120)의 출력 단자쌍은 배터리 팩(PACK)과 연결될 수 있고, 셀 이퀄라이저(120)의 입력 단자쌍은 제1 스위치 매트릭스($S_{M1} \sim S_{M(n+1)}$)와 제2 스위치 매트릭스($S_{R1} \sim S_{R4}$)를 통해 배터리 셀들(B1~Bn) 중 하나의 배터리 셀과 연결될 수 있다.
- [0018] BMIC(130)는 개별 배터리 셀들(B1~Bn)의 개방 회로 전압(Vbat)을 항상 모니터링할 수 있다. BMIC(130)는 배터리 셀들(B1~Bn)의 개방 회로 전압(Vbat)을 출력할 수 있다.
- [0019] MCU(140)는 BMIC(130)로 개별 배터리 셀들(B1~Bn)의 개방 회로 전압(Vbat)을 출력하라는 명령(CMD)을 전송할 수 있다. MCU(140)는 BMIC(130)로부터 배터리 셀들(B1~Bn)의 개방 회로 전압(Vbat)을 입력 받을 수 있다. MCU(140)는 배터리 셀들(B1~Bn)의 개방 회로 전압(Vbat)을 이용하여 배터리 충전량에 해당하는 SOC 레벨을 배터리 셀들(B1~Bn)마다 분석할 수 있다. MCU(140)는 분석 결과에 기초하여 선택 신호들(SEL1, SEL2)을 생성하고, 출력할 수 있다.
- [0020] 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)는 셀 이퀄라이저(120)의 입력 단자쌍(121)과 배터리 셀들(B1~Bn) 사이에 연결될 수 있다. 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)는 배터리 셀들(B1~Bn) 중 하나의 배터리 셀을 선택하고, 선택된 배터리 셀을 셀 이퀄라이저(120)의 출력 단자쌍(122)에 연결할 수 있다. 제1 스위치 매트릭스(S_M)는 복수의 제1 스위치들($S_{M1} \sim S_{M(n+1)}$)을 포함할 수 있고, 제2 스위치 매트릭스(S_R)는 복수의 제2 스위치들($S_{R1} \sim S_{R4}$)을 포함할 수 있다. 일례로, 배터리 셀들(B1~Bn)의 개수가 n개일 때, 제1 스위치들의 개수는 n+1개일 수 있고, 제2 스위치들의 개수는 4개일 수 있다. 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)의 구성은 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템에서 스위치들의 개수를 감소시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0021] 제1 선택 신호(SEL1)는 제1 스위치 매트릭스(S_M)의 스위칭 패턴을 결정할 수 있고, 제2 선택 신호(SEL2)는 제2 스위치 매트릭스(S_R)의 스위칭 패턴을 결정할 수 있다. 제1 스위치 매트릭스(S_M)는 제1 선택 신호(SEL1)에 응답하여 배터리 셀들(B1~Bn) 중 하나의 배터리 셀을 선택할 수 있고, 제2 스위치 매트릭스(S_R)는 제2 선택 신호(SEL2)에 응답하여 선택된 배터리 셀의 방향을 결정할 수 있다. 일례로, 제1 배터리 셀(B1)을 셀 이퀄라이저(120)의 출력 단자쌍(122)에 연결하기 위해서, 제1 선택 신호(SEL1)에 응답하여 제1 스위치 중 일부(S_{M1} , S_{M2})가 턴 온 될 수 있고, 제2 선택 신호(SEL2)에 응답하여 제2 스위치 중 일부(S_{R1} , S_{R4})가 턴 온 될 수 있다.
- [0022] 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템(100)은 활성화 스위치(Sen)를 더 포함할 수 있다. 활성화 스위치(Sen)는 비상상황에서 셀 이퀄라이저(120)로 입력되는 전류를 차단하기 위한 스위치일 수 있다. 활성화 스위치(Sen)는 MCU(140)로부터 출력되는 활성화 신호(EN)에 응답하여 제어될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따르면, MCU(140)는 배터리 셀들(B1~Bn)의 초기 SOC 레벨에 기초하여 배터리 셀들(B1~Bn)을 정렬할 수 있다. 일례로, MCU(140)는 배터리 셀들(B1~Bn)의 초기 SOC 레벨의 오름차순으로 배터리 셀들(B1~Bn)을 정렬할 수 있다. 초기 SOC 레벨이 낮을수록 해당 배터리 셀에 충전되는 전하량이 많아져야 하므로, MCU(140)는 배터리 셀의 초기 SOC 레벨이 낮을수록 상기 배터리 셀이 셀 이퀄라이저(120)에 연결되는 시간이 길

어지도록 선택 신호들(SEL1, SEL2)을 생성할 수 있다. MCU(140)는 배터리 셀들(B1~Bn)의 초기 SOC 레벨에 기초하여, 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)에 포함된 스위치들이 턴 온 되는 시간을 조절함으로써 배터리 셀이 셀 이퀄라이저(120)에 연결되는 시간을 조절할 수 있다.

[0024] 도 2a와 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 원리를 설명하기 위한 회로도들이다.

[0025] 먼저, 도 2a는 팩 충전기(110)는 동작하고, 셀 이퀄라이저(120)는 동작하지 않을 때의 동작을 설명한다, 이때 팩 충전기는 제어신호(CTRL)에 의해서 활성화된 반면, 제1 선택 신호(SEL1) 및 제2 선택 신호(SEL2)에 의해 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)에 포함된 스위치들이 모두 턴 오프 되는 상태가 된다. 도 1과 도 2a를 함께 참조하여 상술하면, 팩 충전기(110)는 정전류인 팩 충전기 전류(I_c)로 전체 배터리 팩(PACK)을 직접 충전 또는 방전할 수 있다. 팩 충전기 전류(I_c)는 배터리 팩(PACK)에 포함된 배터리 셀들(B1~Bn)으로 동시에 에너지를 공급하거나, 배터리 팩(PACK)에 포함된 배터리 셀들(B1~Bn)의 에너지를 동시에 방출하기 위한 전류일 수 있다. 따라서, 팩 충전기(110)는 전체 배터리 팩(PACK)의 SOC 레벨을 조절할 수 있다.

[0026] 제어 신호(CTRL)는 팩 충전기(110)를 팩 충전기 처리 시간 동안 활성화시키기 위한 활성화 신호일 수 있다. 또한, 제어 신호(CTRL)에 응답하여 팩 충전기(110)는 팩 충전기 전류(I_c)의 방향을 바꿀 수 있다. 다시 말해, 팩 충전기(110)는 제어 신호(CTRL)에 응답하여 전체 배터리 팩(PACK)으로 에너지를 공급하거나, 전체 배터리 팩(PACK)의 에너지를 방출할 수 있다.

[0027] MCU(140)는 전체 배터리 팩(PACK)의 가용 용량을 파악하고, 전체 배터리 팩(PACK)을 충전 또는 방전하는데 필요한 용량을 계산할 수 있다. MCU(140)는 계산 결과에 기초하여 제어 신호(CTRL)를 생성하고 출력할 수 있다.

[0028] 다음, 도 2b는 셀 이퀄라이저(120)는 동작하고, 팩 충전기(110)는 동작하지 않을 때의 동작을 설명한다. 이때, 제1 선택 신호(SEL1) 및 제2 선택 신호(SEL2)에 의해 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)에 포함된 스위치들이 상기 상술한 패턴으로 턴 온 되어 하나의 셀이 선택되고, 팩 충전기는 제어신호(CTRL)에 의해서 비활성화 된 상태가 된다. 도 1과 도 2b를 함께 참조하여 상술하면, 셀 이퀄라이저(120)의 입력 단자쌍(121)에 연결된 배터리 팩으로부터 에너지를 전달받아 출력 단자쌍(122)을 통해 미리 정해진 셀 밸런싱 전류(I_{bal})를 출력할 수 있다. 이때, 셀 이퀄라이저(120)의 입력 단자쌍으로 흘러 들어가는 배터리 팩 방전전류를 I_p라고 정의하면, 선택된 셀에 흐르는 전류는 키르히호프의 전류법칙(Kirchoff's Current Law, KCL)에 의해 I_{bal}-I_p가 되고 선택되지 않은 나머지 셀에 흐르는 전류는 (-I_p)가 된다. 따라서, 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)를 통해 선택된 배터리 셀은 셀 밸런싱 전류(I_{bal})를 통해 SOC 레벨이 조절될 수 있다. 이로 인해 배터리 셀들(B1~Bn) 간 SOC 차이를 균등화할 수 있다. 다시 말해, 셀 이퀄라이저(120)는 전체 배터리 팩(PACK)의 에너지를 개별 배터리 셀에 분배할 수 있다.

[0029] 한편, 도 2c는 셀 이퀄라이저(120)와 팩 충전기(110)가 모두 동작하고 있는 보다 일반적인 경우의 동작원리를 설명한다, 이때, 제1 선택 신호(SEL1) 및 제2 선택 신호(SEL2)에 의해 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)에 포함된 스위치들이 상기 상술한 패턴으로 턴 온 되어 하나의 셀이 선택되고, 팩 충전기(110)는 제어신호(CTRL)에 의해서 활성화된 상태가 된다. 도 1과 도 2c를 함께 참조하여 상술하면, 셀 이퀄라이저(120)의 입력 단자쌍(121)에 연결된 배터리 팩(PACK)으로부터 에너지를 전달받아 출력 단자쌍(122)을 통해 미리 정해진 셀 밸런싱 전류(I_{bal})를 출력할 수 있다. 또한, 팩 충전기(110)도 정해진 전류인 팩 충전기 전류(I_c)를 배터리 팩에 공급한다. 앞서 상술한 바와 같이, 셀 이퀄라이저의 입력 단자쌍(121)으로 흘러 들어가는 배터리 팩 방전전류를 I_p라고 정의하였기 때문에, 선택된 셀에 흐르는 전류는 키르히호프의 전류법칙(Kirchoff's Current Law, KCL)에 의해 I_{bal}-I_p+I_c가 되고 선택되지 않은 나머지 셀에 흐르는 전류는 -I_p+I_c가 된다. 따라서, 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)를 통해 선택된 배터리 셀은 팩 충전기 전류(I_c)와 셀 밸런싱 전류(I_{bal})를 통해 SOC 레벨이 조절될 수 있다. 이로 인해 배터리 셀들(B1~Bn) 간 SOC 차이를 균등화할 수 있다. 다시 말해, 팩 충전기(110)와 셀 이퀄라이저(120)는 협업 제어하여 전체 배터리 팩(PACK)의 에너지를 개별 배터리 셀에 분배할 수 있다.

[0030] 셀 이퀄라이저(120)는 출력 단자쌍(122) 전류인 셀 밸런싱 전류(I_{bal})를 일정하게 하기 위한 아날로그 컨트롤러(123)를 셀 이퀄라이저(120) 내부에 포함할 수 있다. 예컨대, 셀 이퀄라이저(120)는 듀티비 제어 내지는 주파수 제어 등을 통하여 셀 밸런싱 전류(I_{bal})를 일정하게 할 수 있다. 아날로그 컨트롤러(123)는 셀 이퀄라이저(120)

외부에 존재할 수도 있다.

- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따르면, SOC 조정 과정에서 팩 충전기(110)와 셀 이퀄라이저(120)가 협동하여 동작함으로써 목표 SOC 레벨을 달성할 수 있다. 이로 인해, 배터리 셀들(B1~Bn)의 용량은 균등화될 수 있다. 배터리 셀들(B1~Bn)은 팩 충전기(110)와 셀 이퀄라이저(120)로부터 동시에 전류를 받을 수 있다. 충전 과정에서든 방전 과정에서든 두 전류의 합은 배터리의 허용한계 내에서 유지될 수 있다.
- [0032] 또한, 팩 충전기(110)와 셀 이퀄라이저(120)는 조정된 동작 알고리즘에 의해 동작할 수 있다. 다시 말해, 배터리 셀 밸런싱과 배터리 팩의 충전 또는 방전 과정이 동시에 수행될 수 있다. 따라서, 셀 밸런싱 시간을 최적화할 수 있다.
- [0033] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 방법을 설명하기 위한 플로우차트이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 각 셀의 개방 전압을 측정하여 셀의 SOC레벨을 계산할 수 있는 토대가 되는 셀 SOC 레벨과 셀 개방 전압(open circuit voltage, OCV) 간 매핑 곡선(SOC-OCV 곡선)이다.
- [0034] 먼저 도 1과 도 3을 함께 참조하면, 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작 방법은 충전 전략 수립 동작(S110-S170)과 셀 밸런싱 수행 동작(S180)을 포함할 수 있다.
- [0035] BMIC(130)는 초기에 배터리 셀들의 개방 회로 전압(Vbat)을 측정할 수 있다(S110).
- [0036] MCU(140)는 BMIC(130)로부터 배터리 셀들의 개방 회로 전압(Vbat)을 수신할 수 있다. MCU(140)는 배터리의 기설정된 셀 SOC 레벨과 셀 개방 전압 간 매핑 곡선(SOC-OCV 곡선) (도 4 참조)을 이용하여 배터리 셀들의 개방 회로 전압(Vbat)에 대응하는 초기 SOC 레벨을 결정할 수 있다(S120).
- [0037] MCU(140)는 배터리 셀들(B1~Bn)의 초기 SOC 레벨의 오름차순으로 배터리 셀들(B1~Bn)을 서열화(ordering) 및 색인화(indexing)할 수 있다(S130). 또한, MCU(140)는 전체 SOC 레벨의 평균값을 계산할 수 있다(S130). 충전 전략 수립 동작 이후 셀 밸런싱 수행 동작에서 배터리 셀들(B1~Bn)은 상기 정렬 순서로 상기 셀 밸런싱 동작이 수행될 수 있다.
- [0038] MCU(140)는 셀 밸런싱 동작의 전체 처리 시간을 계산할 수 있다(S140). 상기 전체 처리 시간은 팩 충전기의 처리시간(tc)와 배터리 셀들(B1~Bn) 각각에 대한 셀 이퀄라이저의 처리 시간(ti)(단, i는 서열서열번호로 1에서 n까지의 정수를 가진다. 여기서 1은 가장 서열이 높은 셀이며, n은 직렬 연결된 셀의 개수로서 가장 서열이 낮은 셀을 나타낸다.)을 모두 합한 값일 수 있다(S140). 충전 전략 수립 동작 이후 셀 밸런싱 수행 동작에서 배터리 셀들(B1~Bn)은 상기 서열 순서로 셀 이퀄라이저(120)의 출력 단자쌍(122)에 하나씩 연결될 수 있고, 셀 이퀄라이저(120)의 출력 단자쌍(122)에 연결된 배터리 셀은 해당 배터리 셀에 대한 셀 이퀄라이저(120)의 처리 시간 동안 충전될 수 있다.
- [0039] 다시 말해, 상기 충전 전략에 기초하여 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)의 스위칭 패턴이 결정될 수 있다. 또한, 배터리 셀이 충전되는 시간이 길수록 배터리 셀에 충전되는 전하량이 늘어난다. 따라서, MCU(140)는 SOC 레벨이 상대적으로 낮은 배터리 셀에 대한 셀 이퀄라이저의 처리 시간은 상대적으로 길게 설정하고, SOC 레벨이 상대적으로 높은 배터리 셀에 대한 셀 이퀄라이저의 처리 시간은 상대적으로 짧게 설정할 수 있다.
- [0040] 도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 처리 시간을 계산하는 방법을 설명하기 위한 그래프들이다.
- [0041] 도 5를 참조하면, x-축은 현재 정렬된 배터리 셀들(B1~Bn)의 물리적인 셀 연결 순서를 나타내는 배터리 셀 번호를 나타내고, y-축은 대응하는 배터리 셀들(B1~Bn)의 SOC 레벨(%)을 나타낸다. SOC 레벨은 배터리 셀들(B1~Bn)의 개방 회로 전압(Vbat)에 대응하는 초기 SOC 레벨을 의미할 수 있다.
- [0042] 도 6을 참조하면, x-축은 SOC 레벨의 오름차순으로 서열화한 배터리 셀들(B1~Bn)의 서열번호를 나타내고, y-축은 대응하는 배터리 셀들(B1~Bn)의 SOC 레벨(%)을 나타낸다. 배터리 셀들(B1~Bn)은 SOC 레벨이 낮은 것부터 큰 것 순서대로 서열화(ordering) 및 색인화(indexing)될 수 있다. 여기서 각 셀들의 초기 SOC레벨의 상태에 따라 통상적으로 배터리 셀 번호와 서열번호는 다를 수 있음을 강조한다.
- [0043] 도 7을 참조하면, x-축은 SOC 레벨의 오름차순으로 서열화한 배터리 셀들(B1~Bn)의 서열번호를 나타내고, y-축은 대응하는 배터리 셀들의 셀 이퀄라이저 처리 시간(ti)을 나타낸다. 도 7에 도시된 바와 같이 SOC 레벨이 상대적으로 낮은 배터리 셀의 충전 시간은 상대적으로 길게 설정될 수 있고, SOC 레벨이 상대적으로 높은 배터리 셀의 충전 시간은 상대적으로 짧게 설정될 수 있다.

- [0044] 다시 도 1과 도 3을 함께 참조하면, MCU(140)는 목표 SOC와 평균 SOC를 비교하고, 비교의 결과에 따라 팩 충전기(110)로부터 출력되는 팩 충전기 전류의 방향을 결정할 수 있다.
- [0045] 구체적으로, MCU(140)는 목표 SOC와 평균 SOC를 비교할 수 있다(S150). 목표 SOC가 평균 SOC보다 낮으면(S150의 YES), 배터리 팩(PACK)에 포함된 배터리 셀들(B1~Bn)의 전체 에너지를 방출해야 한다. 따라서, MCU(140)는 팩 충전기 전류(Ic)의 방향을 제1 방향(예컨대, 음의 방향)으로 설정하도록 제어 신호(CTRL)를 생성할 수 있다(S160). 충전 전략 수립 동작 이 후 셀 밸런싱 수행 동작에서 팩 충전기(110)는 제어 신호(CTRL)에 응답하여 배터리 팩(PACK)에 포함된 배터리 셀들(B1~Bn)의 에너지를 동시에 방출할 수 있다.
- [0046] 목표 SOC가 평균 SOC보다 높으면(S150의 NO), 배터리 팩(PACK)에 포함된 배터리 셀들(B1~Bn)의 전체에 에너지를 공급해야 한다. 따라서, MCU(140)는 팩 충전기(100)는 팩 충전기 전류(Ic)의 방향을 제2 방향(예컨대, 양의 방향)으로 설정하도록 제어 신호(CTRL)를 생성할 수 있다(S170). 충전 전략 수립 동작 이 후 셀 밸런싱 수행 동작에서 팩 충전기(100)는 제어 신호(CTRL)에 응답하여 배터리 팩(PACK)에 포함된 배터리 셀들(B1~Bn)로 동시에 에너지를 공급할 수 있다.
- [0047] 팩 충전기 전류(Ic)의 방향 설정이 완료되면, 셀 밸런싱 동작이 수행될 수 있다(S180). 셀 밸런싱 동작은 전체 처리 시간 동안 상기 정렬된 순서로 수행될 수 있다. 전체 처리 시간 동안 배터리 셀들(B1~Bn)은 정렬된 순서대로 셀 이퀄라이저(120)의 출력 단자쌍(122)에 하나씩 연결될 수 있고, 팩충전기의 동작은 전체 처리 시간의 마지막에 배치한 팩 충전기의 처리 시간 동안 수행될 수 있다. 알고리즘의 선정에 따라 마지막 배터리 셀의 셀 이퀄라이저 처리 시간은 0초일 수 있다. 따라서, 실질적으로 (n-1)개의 셀 밸런싱 동작 단계(t1~t(n-1))와 하나의 팩 충전기 동작단계(tc)를 고려한다면, 배터리의 SOC를 재정렬하는데 총 n개의 단계만 필요하며, 여기서, n은 배터리 팩(PACK)에 포함된 배터리 셀들의 총 개수를 의미한다.
- [0048] 셀 밸런싱 동작이 종료되면, 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템의 동작은 종료된다.
- [0049] 이하에서는, 팩 충전기의 처리 시간(tc)과 임의의 서열번호 i-번째 배터리 셀에 대한 셀 이퀄라이저의 처리 시간(ti, i=1~n)을 계산하는 과정을 설명하기로 한다.
- [0050] 모든 배터리 셀들이 동일한 공칭 용량을 갖는다고 가정하면, 배터리 셀의 가용 용량(Q(t))은 하기의 [수학식 1]과 같이 정의될 수 있다.

수학식 1

[0051]
$$Q(t) = SOC(t_0)Q_{nom} + \int_{t_0}^t I(\tau)d\tau$$

[0052] 여기서 Qnom은 각 배터리 셀의 공칭 용량을 의미할 수 있다.

[0053] 배터리 셀의 SOC는 공칭용량 대비 가용용량의 비를 의미하므로, 상기의 [수학식 1]을 통해 다음과 같이 [수학식 2]로 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0054]
$$SOC(t) = SOC(t_0) + \frac{1}{Q_{nom}} \int_{t_0}^t I(\tau)d\tau$$

[0055] SOC 임의 정렬 프로세스의 각 단계에서, 셀 이퀄라이저(120)는 개별 배터리 셀로 일정한 전류를 제공하여 배터리 셀의 용량을 증가시킬 수 있다. 이로 인해, 배터리 셀들 간 SOC 레벨의 균형을 유지할 수 있다.

[0056] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 셀 이퀄라이저(120)의 셀 밸런싱 동작을 설명하기 위한 회로도이다. 셀 이퀄라이저(120)의 출력 전류인 셀 밸런싱 전류(Iba1)가 도 8에 도시된 바와 같이 단극이고 일정하게 유지된다고 가정하면, 셀 이퀄라이저(120)의 입력 단자쌍(121)에 흐르는 전류(Ip)는 하기의 [수학식 3]과 같이 결정될 수 있다.

수학식 3

$$I_p = \frac{v_i \cdot I_{bal}}{\eta \cdot V_{pack}}$$

[0057]

[0058] 여기서, v_i 는 서열번호 i -번째 배터리 셀의 전압을 의미하고, V_{pack} 은 배터리 팩의 전압을 의미하며, η 는 셀 이퀄라이저(120)의 전력변환효율을 의미한다.

[0059] 팩 충전기 전류(I_c)가 일정하다고 가정하면, 서열번호 i -번째 배터리 셀을 통해 흐르는 실제 전류 I_i 는 하기의 [수학식 4]와 같이 주어진다. 이는 그림 2c에 도식적으로 기술한 바 있다.

수학식 4

$$I_i = I_{bal} - I_p + I_c$$

[0060]

[0061] 이때, 나머지 배터리 셀들에 흐르는 전류는 하기의 [수학식 5]와 같이 계산될 수 있다. 이 또한 그림 2c에 도식적으로 기술한 바 있다.

수학식 5

$$I_1 = \dots = I_{i-1} = I_{i+1} = \dots = I_n = -I_p + I_c$$

[0062]

[0063] 배터리의 안전을 위해서, 배터리 셀을 통해 흐르는 실제 전류는 데이터 시트의 최대 허용 전류 레벨보다 낮아야 한다.

[0064] 각 배터리 셀의 남은 용량은 하기의 [수학식 6]과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$Q_i = SOC_i(t) Q_{nom}$$

[0065]

[0066] 여기서 Q_{nom} 은 각 배터리 셀의 공칭 용량을 의미하고, SOC_i 는 서열번호 i -번째 배터리 셀의 개별 SOC 레벨을 의미한다.

[0067] [수학식 7]과 같이, OCV_i 정보를 이용하여 서열번호 i -번째 배터리 셀의 초기 SOC 레벨을 추정할 수 있다. 여기서 f 는 SOC-OCV 곡선에 의한 매핑 함수를 나타낸다.

수학식 7

$$SOC_i(t_0) = f(OCV_i)$$

[0068]

[0069] t_i 시간 후 서열번호 i -번째 배터리 셀의 SOC 레벨은 하기의 [수학식 8]과 같이 주어진다.

수학식 8

$$SOC_i(t_i) = SOC_i(t_0) + \frac{I_i(t_i - t_0)}{Q_{nom}}$$

[0070]

[0071] 여기서, 배터리 자체에서의 에너지 손실이 발생하지 않는 이상적인 조건 하에서, 셀 밸런싱 이후 SOC 레벨은 초기 SOC 레벨들의 평균이다. 배터리 셀들의 초기 SOC 레벨들의 평균(SOCinit_avg)은 하기의 [수학식 9]와 같이 주어진다.

수학식 9

$$SOC_{init_avg} = \frac{\sum_{i=1}^n SOC_i(t_0)}{n}$$

[0072]

[0073] 여기서, 셀 이퀄라이저(120)에서 생기는 회로손실을 나타내는 셀 이퀄라이저(120)의 전력변환효율(η)을 고려하면, 셀 밸런싱이 종료된 후의 평균 SOC레벨은 초기 SOC의 평균보다 낮아지게 된다. 그 차이를 등가 SOC손실(SOC_L)로 정의한다면, 등가 SOC 손실은 하기의 [수학식 10]과 같이 추정된다.

수학식 10

$$SOC_L = \frac{\left(\frac{1}{\eta} - 1\right) \sum_{i=1}^n \frac{v_i}{n} I_{bal} t_{total}}{v_{pack} Q_{nom}}$$

[0074]

[0075] 여기서, t_{total} 은 하기의 [수학식 11]과 같이 셀 이퀄라이징 단계에서 소요되는 각 셀의 처리 시간의 합을 의미한다.

수학식 11

$$t_{total} = \sum_{i=1}^n t_i$$

[0076]

[0077] 이때, 팩 충전기는 상기의 SOC 손실을 추가적으로 보상하고, SOC 레벨을 목표 SOC 레벨인 SOCtarg으로 재정렬하므로, 팩 충전기의 처리 시간(t_c)은 하기의 [수학식 12]와 같이 표현된다.

수학식 12

$$t_c = \frac{(SOC_{targ} - SOC_{init_avg} + SOC_L) Q_{nom}}{I_c}$$

[0078]

[0079] 여기서, 처리 시간(t_c)이 양의 값을 가지면 팩 충전기 전류가 충전전류(양의 방향)로 동작해야 하고, 처리 시간(t_c)이 음의 값을 가지면 팩 충전기 전류(I_c)의 극성을 반전시켜서 동작해야 한다.

[0080] 매시간 단계에서, 하나의 배터리 셀만 [수학식4]의 전류에 의해 충전되고, 다른 배터리 셀들은 [수학식5]의 전류의 음의 값에 의해서 방전될 수 있다. 즉, 팩 충전기 전류(I_c)는 배터리 셀들의 전체적인 SOC 레벨을 동시에

조절할 수 있다. 따라서, 전체 처리 시간 이후 첫번째 서열번호를 가진(즉, 오름차순 서열화의 경우 가장 SOC레벨이 작은) 배터리 셀에 대한 초기 SOC 레벨에서 목표 SOC 레벨로의 용량 변화는 하기의 [수학식 13]과 같이 계산된다.

수학식 13

$$(I_{bal} - I_p)t_1 - I_p t_2 - \dots - I_p t_n + I_c t_c$$

$$= (SOC_{targ} - SOC_1(t_0))Q_{nom}$$

마찬가지로, 일반적으로 i-번째 서열번호를 가진 배터리 셀에 대한 용량 변화는 하기의 [수학식 14]와 같이 주어진다.

수학식 14

$$-I_p t_1 - \dots + (I_{bal} - I_p)t_i - \dots - I_p t_n + I_c t_c$$

$$= (SOC_{targ} - SOC_i(t_0))Q_{nom}$$

이 단계에서, 각 배터리 셀 및 팩 충전기에 대한 최적의 각 단계의 처리 시간(ti)을 얻기 위해서 다음과 같은 방법을 적용할 수 있다.

즉, 상기의 [수학식 14]에서 각 단계의 처리 시간(ti)이 0보다 크거나 같을 때, [수학식11]과 [수학식12]를 통해 i-번째 서열번호를 가진 배터리 셀의 용량 변화는 하기의 [수학식 15]와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 15

$$I_{bal}t_i - I_p t_{total} = (SOC_{init_avg} - SOC_i(t_0) - SOC_L)Q_{nom}$$

여기서, 셀 이퀄라이저 동작단계의 처리 시간의 합(t_{total})은 [수학식 11]에서 이미 정의된다. 따라서, 각 단계의 처리 시간(ti)은 [수학식 16]과 같이 재정리할 수 있다.

수학식 16

$$t_i = \frac{(SOC_{init_avg} - SOC_i(t_0) - SOC_L)Q_{nom} + I_p t_{total}}{I_{bal}}$$

이미 배터리 셀의 초기 SOC 레벨은 이미 서열화되어 순서대로 처리되므로, 각 단계의 처리 시간은 t₁ ≥ t₂ ≥ ... ≥ t_n이다. 이는 초기 SOC의 오름차순 서열화의 경우 서열번호 1번인 초기 SOC레벨이 가장 낮은 셀이 가장 오랜 시간 동안 밸런싱 되어야 하기 때문이다.

도 9a와 도 9b는 본 발명의 일 실시예에 따라 계산된 처리 시간을 설명하기 위한 도면들이다.

도 9a를 참조하면, 16-번째 단계부터 처리 시간(t₁₆ 내지는 t₂₀)이 음의 값을 갖는다는 것은 물리적으로 불가능하며, 대신 해당 셀 이퀄라이저(120)의 셀 밸런싱 전류가 반전되어야 타당하다.

본 발명의 일 실시예에 따르면, 단방향 전류만 제공하는 셀 이퀄라이저(120)는 이러한 전류반전(음의 밸런싱 전류)을 제공하지 않으므로, 음의 처리 시간 문제를 해결하기 위해 시간 오프셋을 도입할 수도 있다. 다시 말해, 각 단계별 처리 시간을 동일한 값으로 더해주어 마지막 단계에 소요되는 시간(t_n)을 0으로 함으로써, 나머지 모

든 단계의 소요시간을 항상 0보다 크게 보정할 수 있다.

[0096] 도 9b는 상기 시간 오프셋을 봉해 조정된 단계별 처리시간을 나타낸다. 도 9b를 참조하면, t_n 은 0으로 설정된다면, 각 단계의 처리 시간($t_i, i=1, 2, \dots, n$)은 음의 값이 아니다. 다시 말하면, n-번째 서열번호를 가진 배터리 셀의 처리 시간(t_n)은 하기의 [수학식 17]과 같이 계산될 수 있는데,

수학식 17

$$t_n = \frac{(SOC_{init_avg} - SOC_n(t_0) - SOC_L)Q_{nom} + I_p t_{total}}{I_{bal}}$$

[0097]

[0098] 여기서, $t_n=0$ 으로 설정하면 전체 처리 시간(t_{total})은 하기의 [수학식 18]과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 18

$$t_{total} = \frac{(SOC_{max}(t_0) - SOC_{init_avg})Q_{nom} v_{pack}}{v_i I_{bal}}$$

[0099]

[0100] 따라서, 상기 시간 오프셋을 도입한다면, [수학식 1], [수학식 16], 및 [수학식 18]로부터, 서열번호 i-번째 배터리 셀의 처리 시간(t_i)은 최종적으로 하기의 [수학식 19]와 같이 유도된다.

수학식 19

$$t_i = \frac{(SOC_{init_avg} - SOC_i(t_0))Q_{nom}}{I_{bal}} + \frac{(SOC_{max}(t_0) - SOC_{init_avg})v_i Q_{nom}}{v_{pack} I_{bal}}$$

[0101]

[0102] 여기서, $SOC_{max}(t_0)$ 는 배터리 셀의 최대 초기 SOC를 의미한다. 따라서, 각 배터리 셀의 n개 단계의 순차적인 충전은 상기의 [수학식 19]에 따라 목표 SOC 레벨로 SOC 조절을 달성할 수 있다.

[0103] 목표 SOC 레벨은 제1 내지 제3 SOC 레벨을 포함할 수 있다. 일례로, 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템은 다른 장소로의 안전한 운송을 위해 각 배터리 셀의 SOC 레벨을 제1 SOC 레벨(예컨대, 통상적으로 25% 이하)로 낮출 수 있다. 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템은 배터리의 유지보수(maintenance) 목적을 위해 제2 SOC 레벨(예컨대, 45%)에서 모든 셀을 균등화 할 수 있다. 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템은 배터리 팩의 거의 완전 충전을 위해 각 배터리 셀의 SOC 레벨을 제3 SOC 레벨(예컨대, 60%)로 조정할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템은 목표 SOC의 자유도를 가질 수 있는 효과가 있다.

[0104] 종래의 개별 셀을 균등화하기 위한 종래의 방법들은 대부분 스위치 매트릭스를 이용한 이른바 “최소 셀 균등화 방식”을 택하고 있는데, 예를 들어 가장 낮은 SOC레벨의 배터리 셀을 인근 셀들을 방전시켜서 충전시키고, 다음 낮은 SOC 레벨의 셀을 다시 선택하여 동일한 단계를 반복한다. 배터리 셀들 간 SOC레벨의 차이가 목표 값에 도달할 때까지 배터리 셀들의 전압에 기초하여 충전패턴이 무질서하게 계속 변경되므로 불필요하고 중복적인 스위칭 패턴이 사용될 수 있으며, 최적의 동작시간을 얻을 수 없었다. 게다가 임의로 선정한 목표 SOC레벨에 도달하는 기능을 제공하지도 않는 문제점이 있어 SOC임의 정렬 목적이 부합하지 못한다.

[0105] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 초기 SOC 레벨을 기초로 배터리 셀들을 정렬하고, 셀 이퀄라이저(120)와 팩 충전기(110)가 서로 협동하여 배터리 셀의 SOC 레벨을 목표 SOC 레벨로 균등화하고 조정할 수 있다. 이때 각 셀을 위해서는 단 한번씩의 스위칭 패턴이 할당되고, 총 n번의 단계만으로 전체 프로세스가 종료된다. 다시 말해, 최적의 스위칭 패턴을 제공하여 회로의 전력 손실을 줄일 수 있고, 전체 처리 시간을 단축시킬 수 있다. 또한, 상기 [수학식19]는 반복 계산이 필요 없는 간단한 수식이므로 저가의 MCU로 손쉽게 구현이 가능하다.

[0106] 도 10a 내지 도 10c는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 셀의 안정성을 설명하기 위한 도면들이다.

[0107] 셀 이퀄라이저(120)의 전체 처리 시간은 0초부터 $t_{total}(=t_1+t_2+\dots+t_n)$ 초일 수 있다. 전체 처리 시간을 최소화하

기 위해, 팩 충전기 동작시간을 셀 이퀄라이저(120)의 동작과 겹쳐서 맨 앞부분인 제1 시간 구간(tc1)에 편성하거나, 중간 부분인 제1 시간 구간(tc1) 이후의 제2 시간 구간(tc2)에 편성하거나, 및 제2 시간 구간(tc2) 이후의 제3 시간 구간(tc3)에 편성할 수 있다. 예컨대, 제1 시간 구간(tc1)의 시작 시점은 0초일 수 있고, 제3 시간 구간(tc3)의 마지막 시점은 t_{total} 초일 수 있다.

[0108] 도 10a는 팩 충전기의 동작이 제1 시간 구간(tc1)에서 수행되는 경우를 나타내고, 도 10b는 팩 충전기의 동작이 제2 시간 구간(tc2)에서 수행되는 경우를 나타내며, 도 10c는 팩 충전기의 동작이 제3 시간 구간(tc3)에서 수행되는 경우를 나타낸다.

[0109] 도 10a와 도 10b에 도시된 바와 같이, 팩 충전기의 동작이 앞부분이나 중간부분에 편성되면, 일부 배터리 셀의 SOC 레벨이 안전 레벨(safety limitation) 아래로 떨어질 수 있다. 다시 말해, 팩 충전기의 동작이 전체 처리 시간의 처음 또는 중간에 실행될 때, 배터리 셀의 안정성이 손상될 수 있다. 따라서, 배터리 셀의 안정성과 성능을 보장하기 위해 팩 충전기의 전류는 일정 값 이하로 설계할 필요가 있고, 팩 충전기의 동작은 전체 처리 시간의 마지막에 실행됨이 바람직하다.

[0110] 도 11a는 본 발명과 기존 방식을 비교 검증하기 위한 파라미터 설정 값을 나타낸 것이다. 유사한 초기SOC 레벨 조건에서, 두가지 방법 각각 제1 SOC 레벨 (25%), 제2 SOC 레벨(45%), 제2 SOC 레벨(60%)의 세 가지 목표 SOC 레벨을 달성하기 위한 테스트를 진행하였다. 대상은 20개의 18650타입의 원통형 3.6 V/2.9Ah 리튬이온 배터리를 연결하여 배터리 팩을 구성하였으며, 팩 충전기 전류(I_c)는 0.53A, 셀 이퀄라이저 전류(I_{bal})는 1.3A으로 설정하였다.

[0111] 도 11b 내지 도 11c는 상기 20개의 각 셀에 대해서 초기전압과 초기 SOC, 종래의 방법을 적용한 종착 전압과 종착 SOC, 본 발명의 방법을 적용한 중지 전압과 중지SOC를 정리한 도표이다.

[0112] 도 12a는 종래의 방법을 적용하여 제1 SOC 레벨 (25%)의 목표 SOC 레벨을 달성하기 위한 실험 파형이다. 도 12b는 종래의 방법을 적용하여 제2 SOC 레벨 (45%)의 목표 SOC레벨을 달성하기 위한 테스트 파형이다. 도 12c는 종래의 방법을 적용하여 제3 SOC 레벨 (60%)의 목표 SOC레벨을 달성하기 위한 테스트 파형이다. 각각의 그래프는 20개의 셀 전압들의 파형을 나타낸 것으로서, 초기 전압과 목표 SOC를 달성한 이후의 전압파형은 각각 좌/우에 확대하여 추가하였다. 각 셀전압이 불규칙적으로 증반전을 반복하면서 약 8시간 이상이 소요되는 것을 나타낸다.

[0113] 도 13a는 본 발명을 적용하여 제1 SOC 레벨 (25%)의 목표 SOC레벨을 달성하기 위한 실험 파형이다. 도 13b는 종래의 방법을 적용하여 제2 SOC 레벨 (45%)의 목표 SOC레벨을 달성하기 위한 테스트 파형이다. 도 13c는 종래의 방법을 적용하여 제3 SOC 레벨 (60%)의 목표 SOC레벨을 달성하기 위한 테스트 파형이다. 각각의 그래프는 20개의 셀 전압들의 파형을 나타낸 것으로서, 초기 전압과 목표 SOC를 달성한 이후의 전압파형은 각각 좌/우에 확대하여 추가하였다. 각 셀전압이 한번씩만 순차적으로 충전되고, 약 6시간 30분으로 처리시간이 줄어드는 것을 나타낸다.

[0114] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시 예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시 예에 관한 것이고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

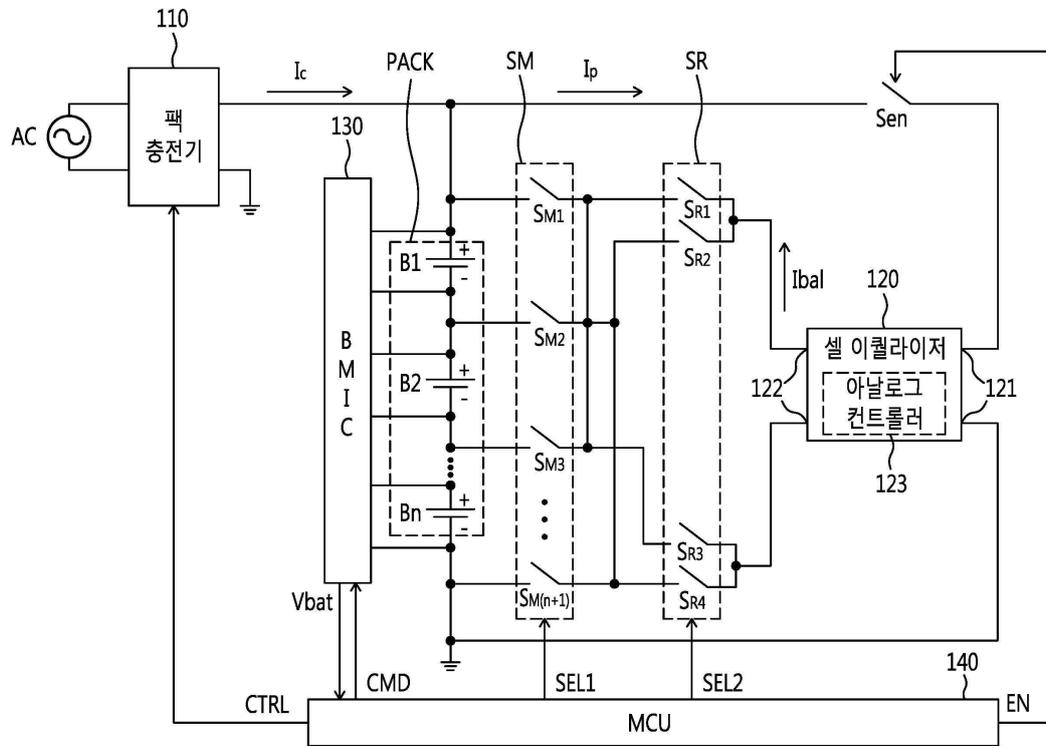
- [0115] 100; 재사용 배터리의 SOC 임의 정렬 시스템
- 110; 팩 충전기
- 120; 셀 이퀄라이저
- 121; 셀 이퀄라이저 입력단자쌍
- 122; 셀 이퀄라이저 출력단자쌍
- 123; 아날로그 컨트롤러

130; BMIC

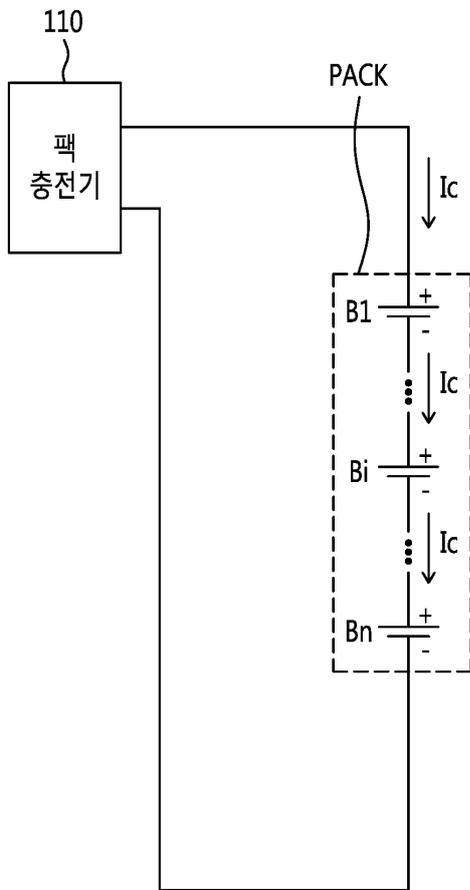
140; MCU

도면

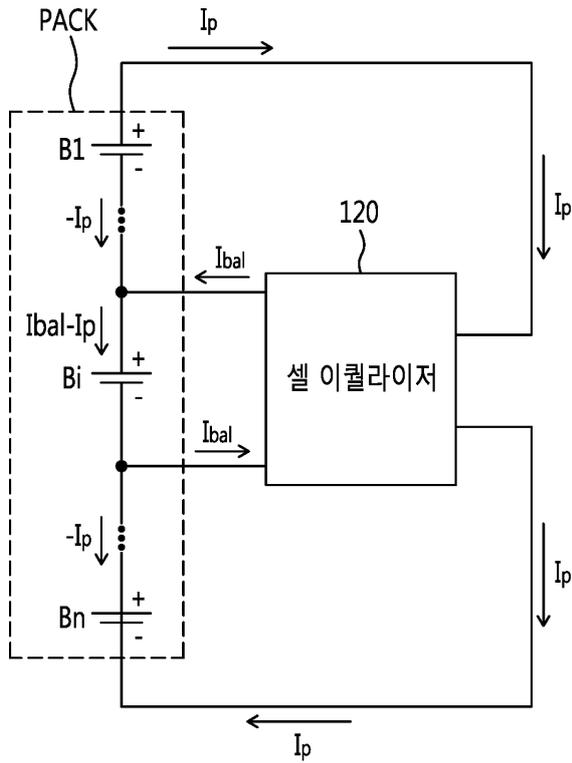
도면1



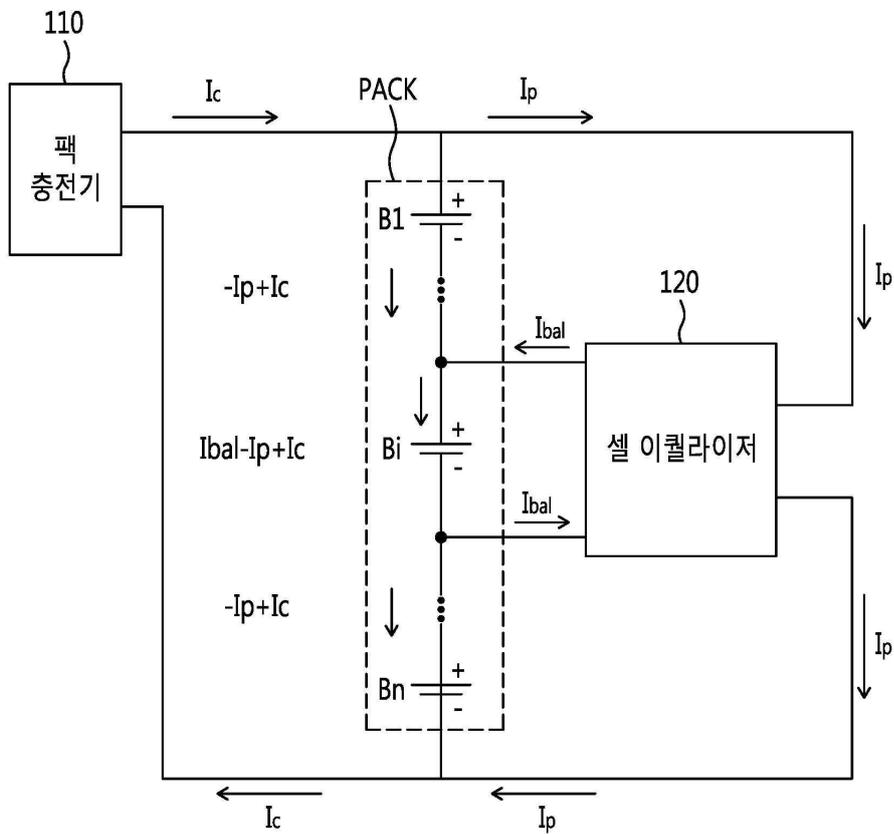
도면2a



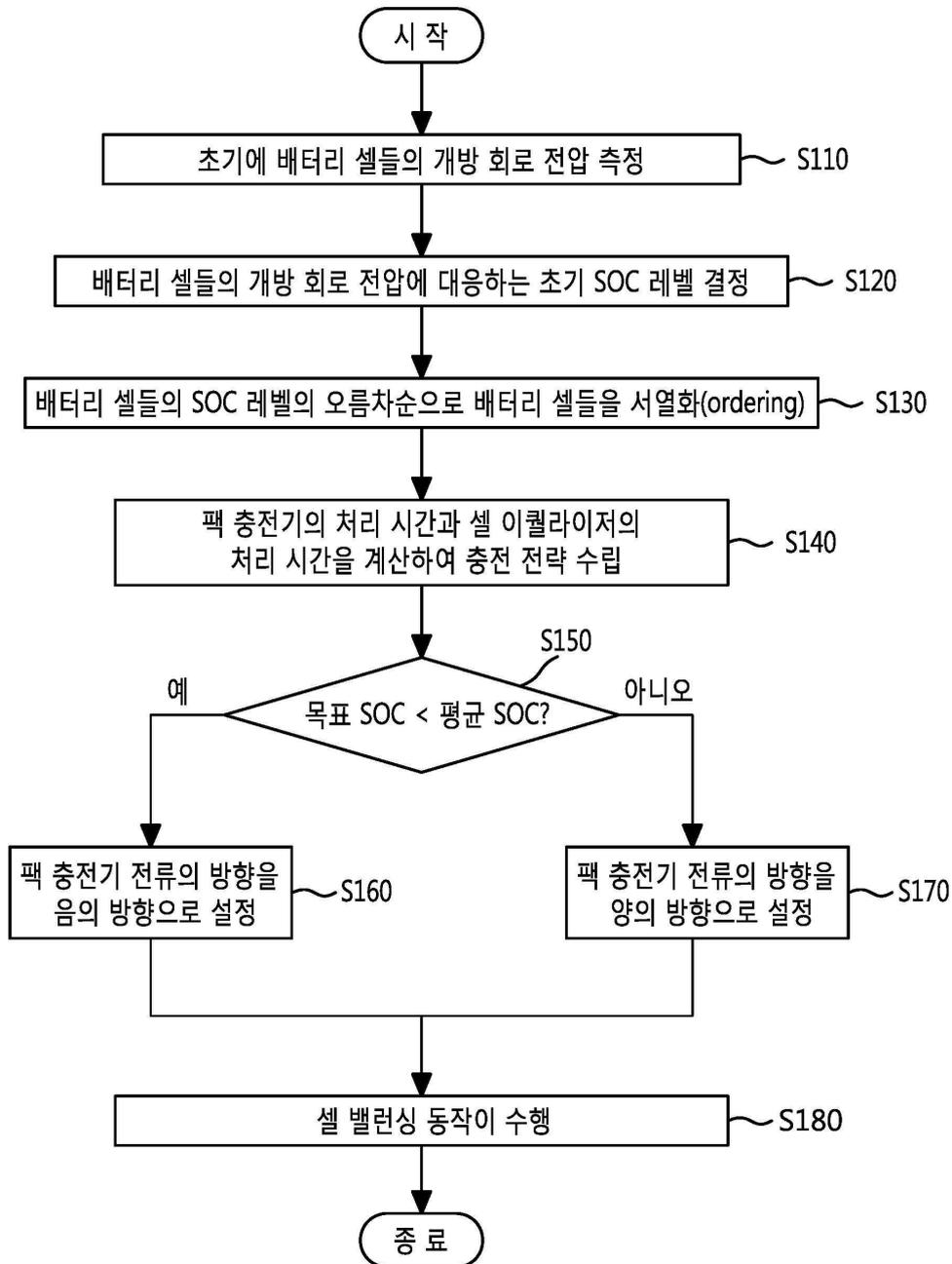
도면2b



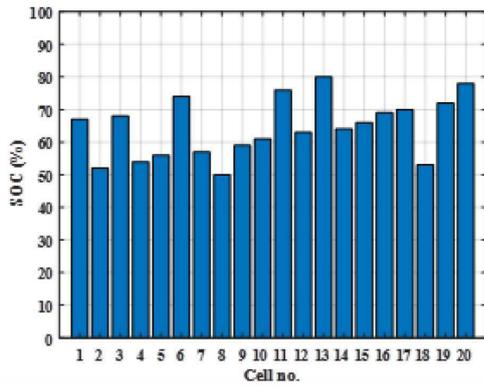
도면2c



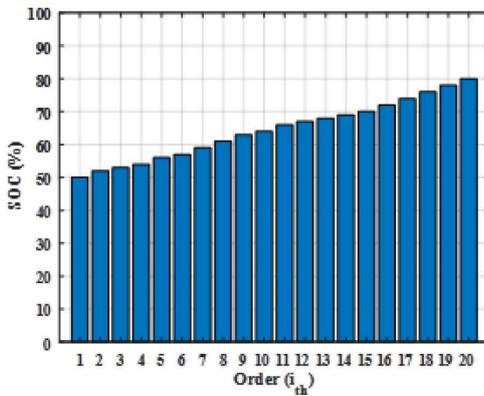
도면3



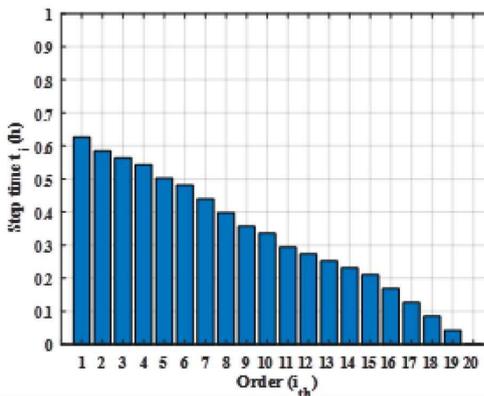
도면4



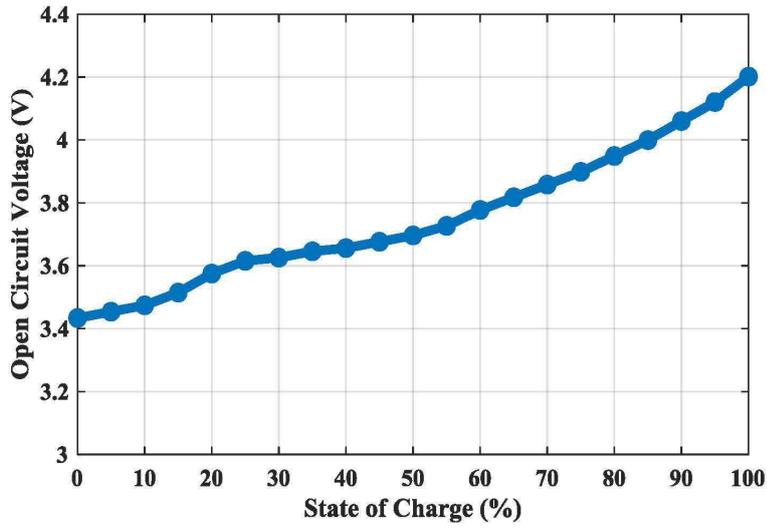
도면5



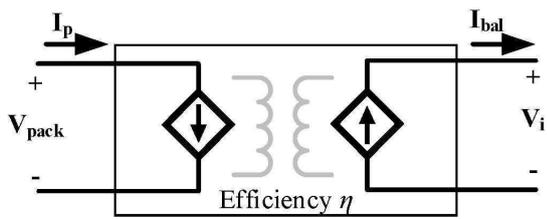
도면6



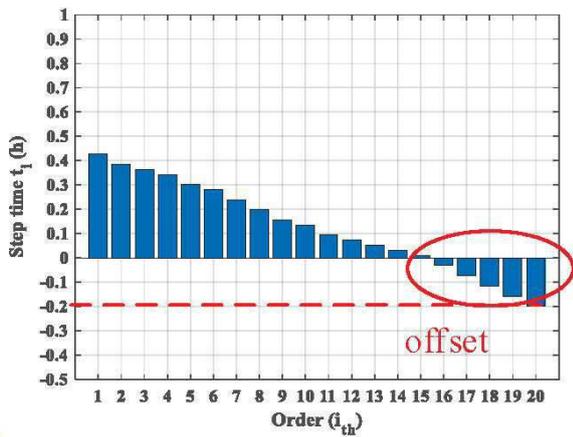
도면7



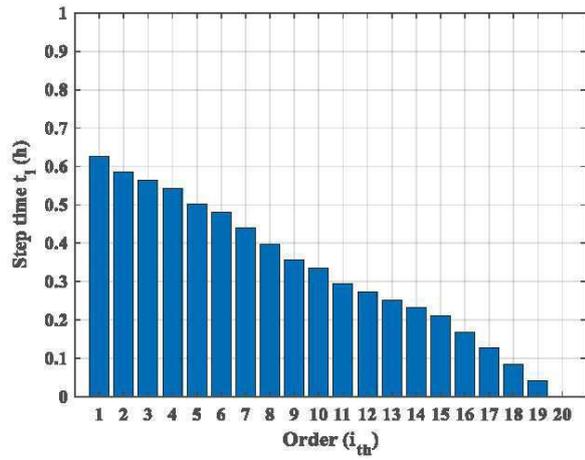
도면8



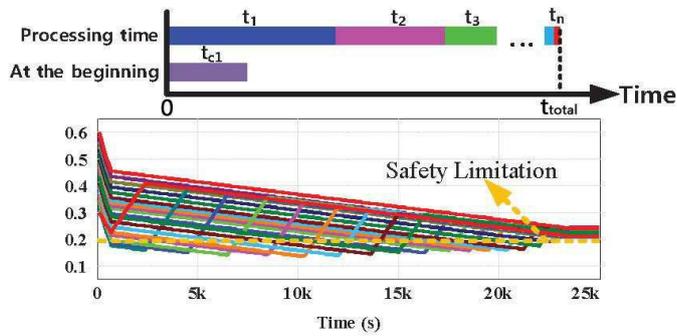
도면9a



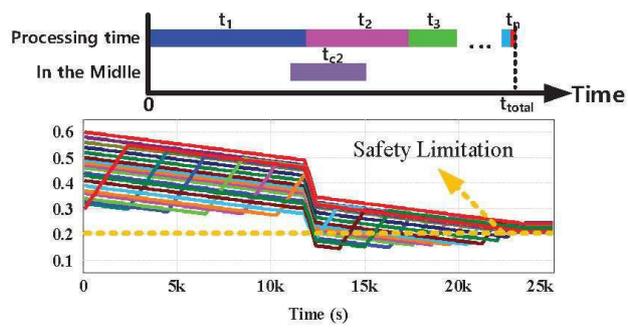
도면9b



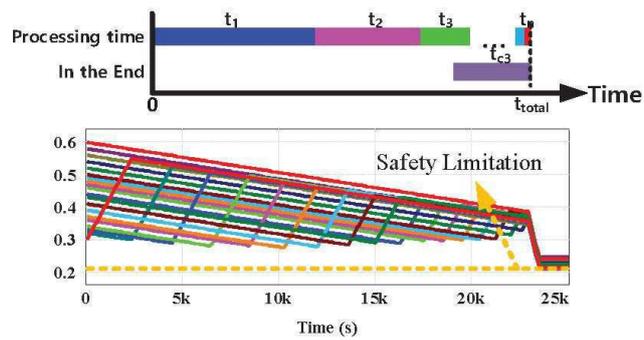
도면10a



도면10b



도면10c



도면11a

	Target #1	Target #2	Target #3
SOC target	25%	45%	60%
Configuration	20S1P (18,650-3.6 V/2.9Ah)		
I_c	0.53A		
I_{bal}	1.3A		
I_p	0.1A		

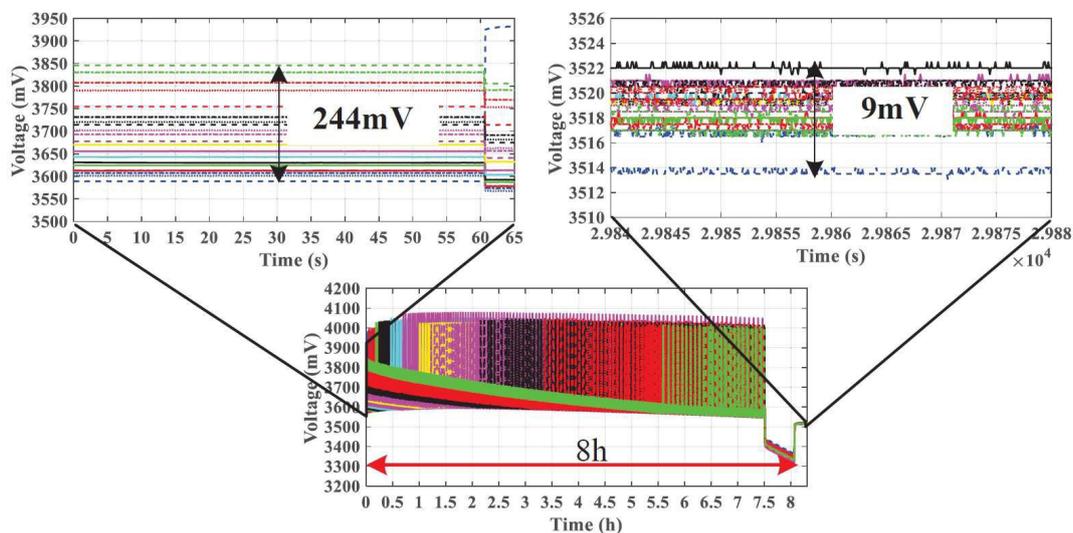
도면11b

Cell no	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	
SOC _{init} (%)	47	32	48	34	36	54	37	30	39	41	
V _{init} (V)	3.67	3.57	3.68	3.58	3.59	3.74	3.60	3.56	3.61	3.62	
Proposed method											
Target #1	SOC _{final} (%)	25.5	24.6	25.8	25.3	25.1	25.5	25.2	24.8	24.8	25.0
	V _{final} (V)	3.53	3.53	3.54	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53
Target #2	SOC _{final} (%)	45.6	45.2	45.8	45.6	45.5	45.6	45.5	45.2	45.2	45.2
	V _{final} (V)	3.67	3.66	3.67	3.67	3.66	3.67	3.66	3.66	3.66	3.66
Target #3	SOC _{final} (%)	63.3	63.1	63.4	63.4	62.9	62.9	62.8	62.3	62.8	62.6
	V _{final} (V)	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.82	3.83	3.83
Traditional method											
Target #1	SOC _{final} (%)	23.0	23.4	23.4	23.6	23.5	24.0	23.7	23.7	23.7	23.7
	V _{final} (V)	3.51	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
Target #2	SOC _{final} (%)	45.4	45.5	45.5	45.6	45.5	45.5	45.4	45.6	45.6	45.5
	V _{final} (V)	3.65	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.65	3.66	3.66	3.66
Target #3	SOC _{final} (%)	62.5	62.7	62.6	63.0	62.9	62.9	63.2	63.3	63.3	63.2
	V _{final} (V)	3.82	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83

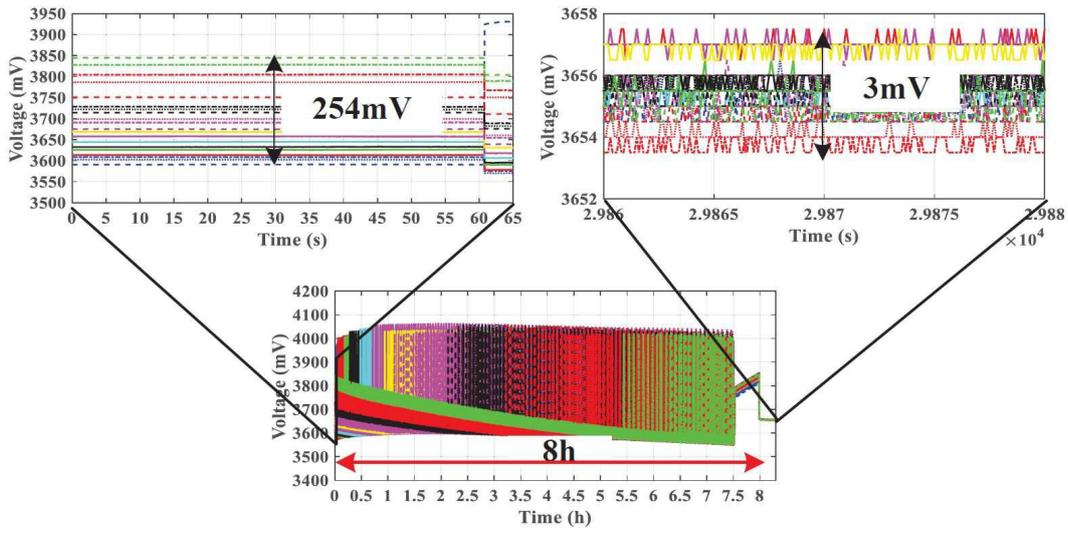
도면11c

Cell no	#11	#12	#13	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20	
SOC _{init} (%)	56	43	60	44	46	49	50	33	52	58	
V _{init} (V)	3.76	3.64	3.80	3.64	3.66	3.69	3.70	3.58	3.72	3.78	
Proposed method											
Target #1	SOC _{final} (%)	25.1	24.9	25.2	25.1	25.6	25.5	26.0	26.0	26.0	24.8
	V _{final} (V)	3.53	3.53	3.53	3.53	3.54	3.53	3.54	3.54	3.54	3.53
Target #2	SOC _{final} (%)	45.4	45.2	45.2	45.2	45.1	45.5	45.1	45.1	45.1	45.9
	V _{final} (V)	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66
Target #3	SOC _{final} (%)	62.8	62.1	62.6	62.7	62.2	62.4	63.3	63.3	63.6	63.3
	V _{final} (V)	3.83	3.82	3.83	3.83	3.82	3.82	3.83	3.83	3.84	3.83
Traditional method											
Target #1	SOC _{final} (%)	23.6	23.7	23.8	23.7	23.9	23.7	23.8	23.4	23.3	23.6
	V _{final} (V)	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
Target #2	SOC _{final} (%)	45.5	45.4	45.5	45.5	45.5	45.3	45.3	45.2	45.5	45.4
	V _{final} (V)	3.66	3.65	3.66	3.66	3.66	3.65	3.65	3.65	3.66	3.65
Target #3	SOC _{final} (%)	63.3	63.2	63.1	63.2	63.3	63.2	63.3	62.7	62.9	62.8
	V _{final} (V)	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83

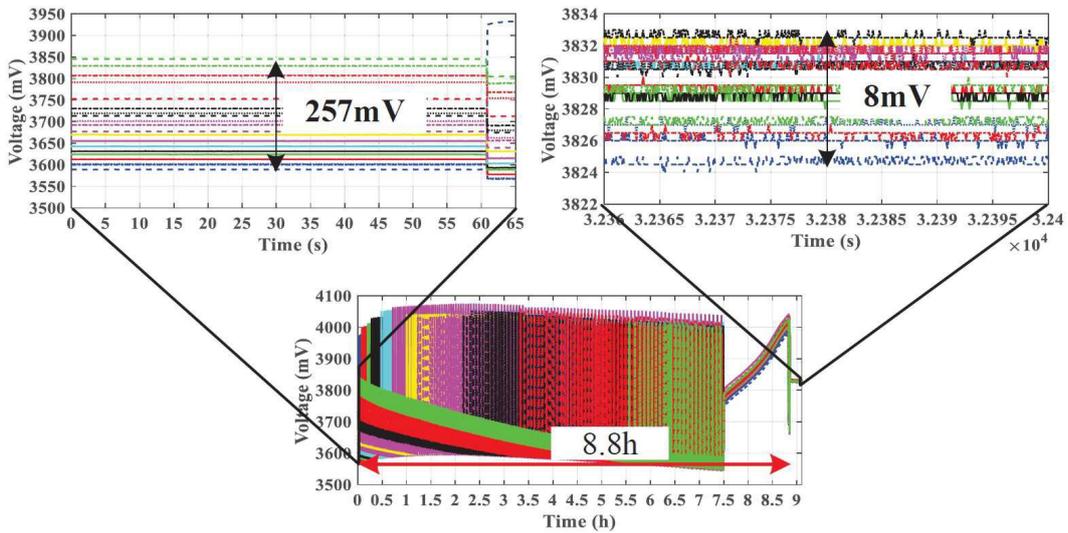
도면12a



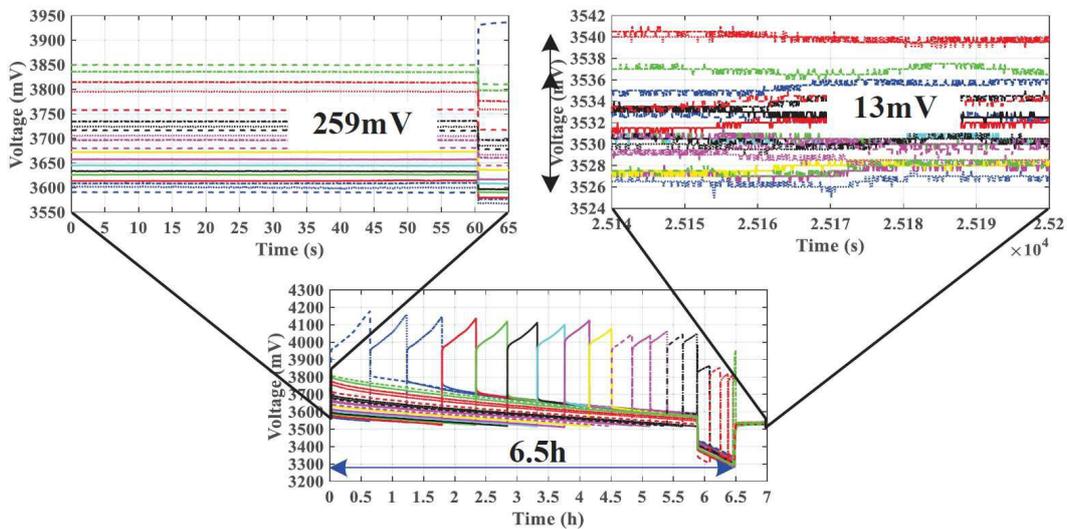
도면12b



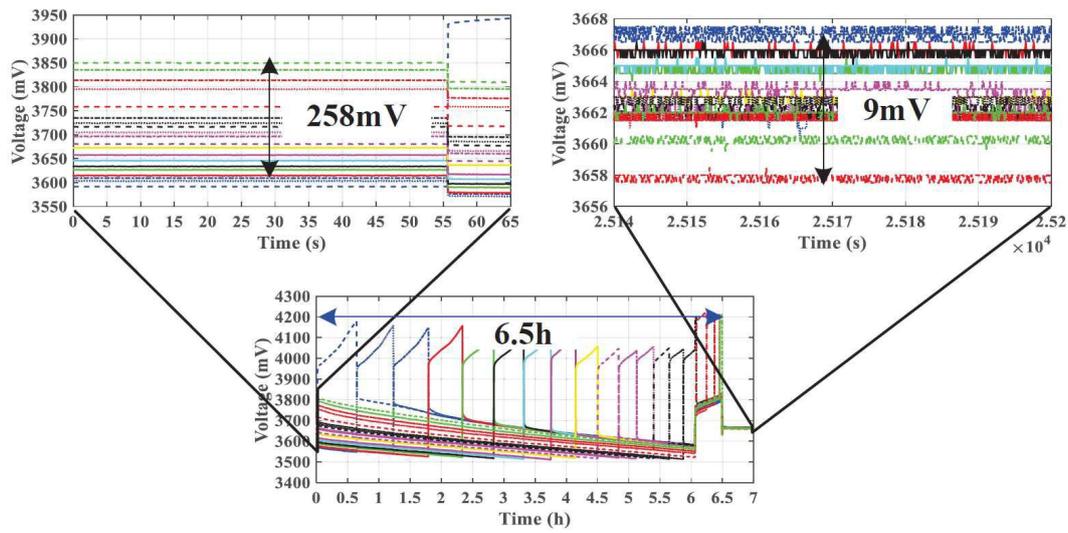
도면12c



도면13a



도면13b



도면13c

