

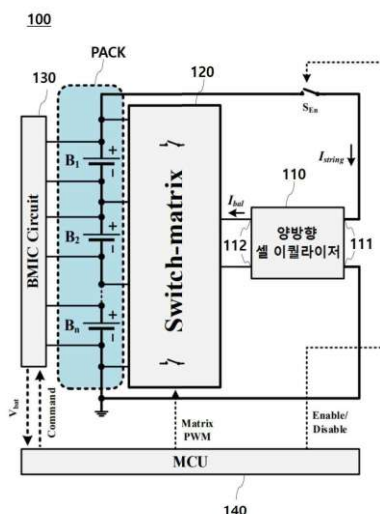


(12) 등록특허공보(B1)

(24) 등록일자 2026년05월11일

심사관 : 구창환

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01R 31/396 (2019.01)

H01M 10/441 (2013.01)

H02J 7/82 (2026.01)

H02J 7/96 (2026.01)

Y02E 60/10 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425176856
과제번호	S3327193
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	중소기업기술정보진흥원
연구사업명	창업성장기술개발
연구과제명	재사용배터리 진단 및 충방전을 위한 이동형 충방전기 개발
과제수행기관명	(주)엔사이트
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

배터리 팩 내 직렬 연결된 복수의 배터리 셀에 대한 전압을 측정하는 단계;

설정 샘플링 시간동안에 측정한 각 배터리 셀의 전압을 통해 각 배터리 셀별 SOC 레벨을 추정하고, 최대 SOC 레벨과 최소 SOC 레벨을 탐색하는 단계;

최대 및 최소 SOC 레벨 간 편차를 제1 임계값과 비교하여, 편차가 제1 임계값보다 큰 경우, 이전의 모드가 순방향 또는 역방향 전하순환 모드인지 확인하는 단계;

이전 모드가 순방향 전하순환 모드인 경우, 최대 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차를 제2 임계값(<제1 임계값)과 비교하여, 편차가 제2 임계값보다 크면, 역방향 전하순환 모드로 작동시키는 단계; 및

이전 모드가 역방향 전하순환 모드인 경우, 최소 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차를 상기 제2 임계값과 비교하여, 편차가 제2 임계값보다 크면, 순방향 전하순환 모드로 작동시키는 단계를 포함하며,

상기 순방향 전하순환 모드는 상기 배터리 팩에서 상기 최소 SOC 레벨의 배터리 셀로 전하를 순방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 충전하는 모드이고, 상기 역방향 전하순환 모드는 상기 최대 SOC 레벨의 배터리 셀로부터 상기 배터리 팩으로 전하를 역방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 방전하는 모드인 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

양방향 셀 이퀄라이저에 의해 상기 순방향 전하순환 모드 및 상기 역방향 전하순환 모드 중 어느 하나로 동작하면서 상기 배터리 팩의 셀 밸런싱을 수행하는 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 역방향 전하순환 모드 또는 순방향 전하순환 모드로 작동시킨 이후에, 상기 설정 샘플링 시간동안 각 배터리 셀의 전압을 재측정하여 이후의 단계를 반복하는 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 최대 및 최소 SOC 레벨 간 편차가 제1 임계값 이하인 경우, 상기 설정 샘플링 시간동안 각 배터리 셀의 전압을 재측정하여 이후의 단계를 반복하는 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

현재 순방향 전하순환 모드이면서 상기 최대 SOC 레벨과 평균 SOC 레벨 간 편차가 상기 제2 임계값 이하이거나, 현재 역방향 전하순환 모드이면서 최소 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차가 상기 제2 임계값 이하인 경우, 상기 설정 샘플링 시간동안 각 배터리 셀의 전압을 재측정하여 이후의 단계를 반복하는 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제2 임계값은 상기 제1 임계값의 1/2에 해당하는 값인 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 목표 SOC 레벨은 상기 복수의 배터리 셀들의 SOC 레벨들에 대한 평균값인 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법.

청구항 9

셀 밸런싱 전류의 극성에 따라 배터리 팩으로부터 상기 배터리 팩 내 복수의 배터리 셀 중 선택된 하나의 배터리 셀로 전하를 순방향 이동시켜 선택된 배터리 셀을 충전하거나, 복수의 배터리 셀 중 선택된 하나의 배터리 셀에서 상기 배터리 팩으로 전하를 역방향 이동시켜 선택된 배터리 셀을 방전하는 양방향 셀 이퀄라이저;

상기 양방향 셀 이퀄라이저와 상기 셀들 사이를 연결하는 복수의 스위치를 포함하고, 스위칭 제어 신호에 따라 상기 복수의 배터리 셀 중 하나의 배터리 셀을 선택하여 선택한 배터리 셀을 상기 셀 이퀄라이저에 연결하는 스위치 매트릭스 모듈;

상기 배터리 팩 내 직렬 연결된 복수의 배터리 셀에 대한 전압을 측정하는 배터리 모니터링 장치; 및

상기 측정된 전압을 기반으로 추정된 각 배터리 셀의 SOC 레벨을 기 설정된 양방향 전하순환 알고리즘에 적용하여 순방향 또는 역방향 전하순환을 위한 하나의 배터리 셀을 선택하고, 선택한 하나의 배터리 셀을 상기 양방향 셀 이퀄라이저에 연결하기 위한 상기 스위칭 제어 신호를 생성하고 상기 셀 밸런싱 전류의 극성을 결정하는 연산장치(Micro Controller Unit, MCU)를 포함하며,

상기 연산장치는,

설정 샘플링 시간동안에 측정된 각 배터리 셀의 전압을 통해 각 배터리 셀별 SOC 레벨을 추정하고, 최대 SOC 레벨과 최소 SOC 레벨을 탐색한 다음, 최대 및 최소 SOC 레벨 간 편차를 제1 임계값과 비교하여, 편차가 제1 임계값보다 큰 경우, 이전의 모드가 순방향 또는 역방향 전하순환 모드인지 확인하고,

이전 모드가 순방향 전하순환 모드인 경우, 최대 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차를 제2 임계값(<제1 임계값)과 비교하여, 편차가 제2 임계값보다 크면, 역방향 전하순환 모드로 작동시키며, 이전 모드가 역방향 전하순환 모드인 경우, 최소 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차를 상기 제2 임계값과 비교하여, 편차가 제2 임계값보다 크면, 순방향 전하순환 모드로 작동시키며,

상기 순방향 전하순환 모드는 상기 배터리 팩에서 상기 최소 SOC 레벨의 배터리 셀로 전하를 순방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 충전하는 모드이고, 상기 역방향 전하순환 모드는 상기 최대 SOC 레벨의 배터리 셀로부터 상기 배터리 팩으로 전하를 역방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 방전하는 모드인 배터리팩의 직렬 셀 밸싱 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 양방향 셀 이퀄라이저는,

상기 극성이 (+)인 경우, 상기 배터리 팩으로부터 상기 복수의 배터리 셀 중 선택된 하나의 배터리 셀인 최소 SOC 레벨을 갖는 배터리 셀로 전하를 순방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 충전하고, 상기 극성이 (-)인 경우, 상기 복수의 배터리 셀 중 선택된 하나의 배터리 셀인 최대 SOC 레벨을 갖는 배터리 셀로부터 상기 배터리 팩으로 전하를 역방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 방전하는 배터리팩의 직렬 셀 밸싱 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 양방향 전하순환을 이용한 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 양방향 전하순환 알고리즘을 이용하여 배터리 팩 내 직렬 셀들의 셀 밸런싱 속도를 향상시킬 수 있는 양방

향 전하순환을 이용한 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 에너지 저장 시스템(ESS)에서는 버스 전압을 높이기 위해 수많은 배터리 셀이 직렬로 연결된다. 그러나 셀 간의 제조 허용 오차로 인해 배터리 스트링에 불균형이 발생하면 과충전 또는 과방전이 발생하여 배터리 셀이 손상될 수 있다. 이와 같은 현상은 재사용(second-life) 배터리를 이용한 ESS 시스템에서 더욱 심각하게 발생할 수 있다.
- [0003] 이러한 문제를 해결하기 위해서는 셀 간 에너지 레벨을 균등화하기 위한 셀 이퀄라이저가 필요하다. 셀 이퀄라이저는 전기차(EV), 에너지 저장 시스템(ESS)와 같이 직렬 연결 셀들이 존재한 배터리 스트링 시스템에서 SOC(state of charge) 밸런싱을 수행할 수 있다.
- [0004] 종래의 셀 밸런싱 방법은 단방향 변환기를 사용하여 에너지 손실을 최소화하면서 높은 효율로 셀 간에 전하를 재분배하면서 셀 밸런싱을 수행한다. 그런데 이와 같은 단방향 기반의 셀 밸런싱 방식의 경우 에너지 전달 방향의 유연성이 부족하여 밸런싱 속도가 저해되고 고속 밸런싱이 어려운 단점이 있다.
- [0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제10-2016-0129617호(2016.11.09 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 양방향 전하순환 알고리즘을 이용하여 배터리 팩 내 직렬 셀들에 대한 고속 셀 밸런싱이 가능하게 하는 양방향 전하순환을 이용한 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법 및 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명에 따른 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법은, 배터리 팩 내 직렬 연결된 복수의 배터리 셀에 대한 전압을 측정하는 단계; 설정 샘플링 시간동안 측정한 각 배터리 셀의 전압을 통해 각 배터리 셀별 SOC 레벨을 추정하고, 최대 SOC 레벨과 최소 SOC 레벨을 탐색하는 단계; 최대 및 최소 SOC 레벨 간 편차를 제1 임계값과 비교하여, 편차가 제1 임계값보다 큰 경우, 이전의 모드가 순방향 또는 역방향 전하순환 모드인지 확인하는 단계; 이전 모드가 순방향 전하순환 모드인 경우, 최대 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차를 제2 임계값(<제1 임계값)과 비교하여, 편차가 제2 임계값보다 크면, 역방향 전하순환 모드로 작동시키는 단계; 및 이전 모드가 역방향 전하순환 모드인 경우, 최소 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차를 상기 제2 임계값과 비교하여, 편차가 제2 임계값보다 크면, 순방향 전하순환 모드로 작동시키는 단계를 포함한다.
- [0008] 또한, 상기 순방향 전하순환 모드는 상기 배터리 팩에서 상기 최소 SOC 레벨의 배터리 셀로 전하를 순방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 충전하는 모드이고, 상기 역방향 전하순환 모드는 상기 최대 SOC 레벨의 배터리 셀로부터 상기 배터리 팩으로 전하를 역방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 방전하는 모드일 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법은 양방향 셀 이퀄라이저에 의해 상기 순방향 전하순환 모드 및 상기 역방향 전하순환 모드 중 어느 하나로 동작하면서 상기 배터리 팩의 셀 밸런싱을 수행할 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법은, 상기 역방향 전하순환 모드 또는 순방향 전하순환 모드로 작동시킨 이후에, 상기 설정 샘플링 시간동안 각 배터리 셀의 전압을 재측정하여 이후의 단계를 반복할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법은, 상기 최대 및 최소 SOC 레벨 간 편차가 제1 임계값 이하인 경우, 상기 설정 샘플링 시간동안 각 배터리 셀의 전압을 재측정하여 이후의 단계를 반복할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법은, 현재 순방향 전하순환 모드이면서 상기 최대 SOC 레벨과 평균 SOC 레벨 간 편차가 상기 제2 임계값 이하이거나, 현재 역방향 전하순환 모드이면서 최소 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차가 상기 제2 임계값 이하인 경우, 상기 설정 샘플링 시간동안 각 배터리 셀의 전압을 재측정하여 이후의 단계를 반복할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 제2 임계값은 상기 제1 임계값의 1/2에 해당하는 값일 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 목표 SOC 레벨은 상기 복수의 배터리 셀들의 SOC 레벨들에 대한 평균값일 수 있다.
- [0015] 그리고, 본 발명에 따른 양방향 전하순환을 이용한 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 시스템은, 셀 밸런싱 전류의 극성

에 따라 배터리 팩으로부터 상기 배터리 팩 내 복수의 배터리 셀 중 선택된 하나의 배터리 셀로 전하를 순방향 이동시켜 선택된 배터리 셀을 충전하거나, 복수의 배터리 셀 중 선택된 하나의 배터리 셀에서 상기 배터리 팩으로 전하를 역방향 이동시켜 선택된 배터리 셀을 방전하는 양방향 셀 이퀄라이저; 상기 양방향 셀 이퀄라이저와 상기 셀들 사이를 연결하는 복수의 스위치를 포함하고, 스위칭 제어 신호에 따라 상기 복수의 배터리 셀 중 하나의 배터리 셀을 선택하여 선택한 배터리 셀을 상기 셀 이퀄라이저에 연결하는 스위치 매트릭스 모듈; 상기 배터리 팩 내 직렬 연결된 복수의 배터리 셀에 대한 전압을 측정하는 배터리 모니터링 장치; 및 상기 측정된 전압을 기반으로 추정된 각 배터리 셀의 SOC 레벨을 기 설정된 양방향 전하순환 알고리즘에 적용하여 순방향 또는 역방향 전하순환을 위한 하나의 배터리 셀을 선택하고, 선택한 하나의 배터리 셀을 상기 양방향 셀 이퀄라이저에 연결하기 위한 상기 스위칭 제어 신호를 생성하고 상기 셀 밸런싱 전류의 극성을 결정하는 연산장치(Micro Controller Unit, MCU)를 포함한다.

- [0016] 또한, 상기 양방향 셀 이퀄라이저는, 상기 극성이 (+)인 경우, 상기 배터리 팩으로부터 상기 복수의 배터리 셀 중 선택된 하나의 배터리 셀인 최소 SOC 레벨을 갖는 배터리 셀로 전하를 순방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 충전하고, 상기 극성이 (-)인 경우, 상기 복수의 배터리 셀 중 선택된 하나의 배터리 셀인 최대 SOC 레벨을 갖는 배터리 셀로부터 상기 배터리 팩으로 전하를 역방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 방전할 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명에 따르면, 양방향 전하순환 알고리즘을 바탕으로 배터리 팩의 직렬 셀들에 대한 고속 셀 밸런싱이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 전하순환을 이용한 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 시스템을 도시하는 도면이다.
- 도 2는 도 1에 나타난 스위치 매트릭스 모듈을 상세히 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 전하순환을 이용한 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법을 도시하는 흐름도이다.
- 도 4는 배터리 팩 내 복수의 셀들에 대해 분석된 SOC 레벨을 예시적으로 보여주는 도면이다.
- 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 셀 이퀄라이저의 작동 원리를 나타내는 회로도이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 제안 기법과 종래 기법의 셀 밸런싱 처리 시간을 비교하여 도시한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 제안 기법과 종래 기법의 시뮬레이션 파형을 비교하여 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.
- [0020] 또한 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 전하순환을 이용한 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 시스템을 도시하는 도면이고, 도 2는 도 1에 나타난 스위치 매트릭스 모듈을 상세히 도시한 도면이다.
- [0022] 도 1 및 도 2를 참조하면, 배터리 팩(PACK)은 직렬로 연결된 복수의 배터리 셀들(B1~Bn)을 포함할 수 있으며, 배터리 스트링에 해당할 수 있다. 여기서, n은 1보다 큰 자연수이다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 양방향 전하순환을 이용한 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 시스템(100)은 양방향 셀 이퀄라이저(110), 스위치 매트릭스 모듈(120), 배터리 모니터링 장치(Battery Monitoring IC, BMIC; 130), 연산장치(micro controller unit, MCU; 140)를 포함할 수 있다.
- [0024] 양방향 셀 이퀄라이저(110)는 배터리 팩(PACK)으로부터 배터리 셀들(B1~Bn) 중 하나의 배터리 셀로 전하를 순방향 이동시키거나 또는 배터리 셀들(B1~Bn) 중 하나의 배터리 셀로부터 배터리 팩(PACK)으로 전하를 역방향 이동

시키는 양방향 DC-직류변환장치일 수 있다. 일 예로, 양방향 셀 이퀄라이저(110)는 복수의 배터리 셀을 일정한 전류로 충전할 수 있는 정전류형 충전기일 수 있으며, 셀 이퀄라이저(110)에 의해 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)이 균등화될 수 있다. 셀 이퀄라이저(110)의 고전압 단자쌍(111)은 배터리 팩(PACK)과 연결될 수 있고, 셀 이퀄라이저(110)의 저전압 단자쌍(112)은 스위치 매트릭스 모듈(120)의 제1 스위치 매트릭스(S_M)과 제2 스위치 매트릭스(S_R)를 통해 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$) 중 하나의 배터리 셀과 연결될 수 있다.

[0025] BMIC(130)는 개별 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)의 개방 회로 전압(V_{bat})을 항상 모니터링할 수 있다. BMIC(130)는 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)의 개방 회로 전압(V_{bat})을 출력할 수 있다.

[0026] MCU(140)는 BMIC(130)로 개별 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)의 전압(V_{bat})을 출력하라는 명령(Command)을 전송할 수 있다. MCU(140)는 BMIC(130)로부터 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)의 전압(V_{bat})을 입력 받을 수 있다. MCU(140)는 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)의 전압(V_{bat})을 이용하여 배터리 충전량에 해당하는 SOC 레벨을 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)마다 분석할 수 있다. MCU(140)는 분석 결과에 기초하여 제1 스위치 매트릭스(S_M ; $S_{M1} \sim S_{M(n+1)}$)와 제2 스위치 매트릭스(S_R ; $S_{R1} \sim S_{R4}$)의 선택 신호들을 생성하고, 출력할 수 있다.

[0027] 스위치 매트릭스 모듈(120)은 양방향 셀 이퀄라이저(110)와 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$) 사이를 연결하는 복수의 스위치($S_{M1} \sim S_{M(n+1)}$, $S_{R1} \sim S_{R4}$) 즉, 제1 스위치 매트릭스(S_M ; $S_{M1} \sim S_{M(n+1)}$)와 제2 스위치 매트릭스(S_R ; $S_{R1} \sim S_{R4}$)를 포함하고, MCU(140)의 스위칭 제어 신호에 따라 복수의 배터리 셀($B_1 \sim B_n$) 중 하나의 배터리 셀을 선택하여 선택한 배터리 셀을 양방향 셀 이퀄라이저(110)에 연결할 수 있다.

[0028] 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)는 셀 이퀄라이저(110)의 저전압 단자쌍(112)과 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$) 사이에 연결될 수 있다. 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)는 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$) 중 하나의 배터리 셀을 선택하고, 선택된 배터리 셀을 셀 이퀄라이저(110)의 저전압 단자쌍(112)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. 일 예로, 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)의 개수가 n 개일 때, 제1 스위치들의 개수는 $n+1$ 개일 수 있고, 제2 스위치들의 개수는 4개일 수 있다. 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)의 구성은 제안 시스템(100)에서 필요한 스위치들의 개수를 감소시킬 수 있는 효과가 있다.

[0029] 제1 선택 신호는 제1 스위치 매트릭스(S_M)의 스위칭 패턴을 결정할 수 있고, 제2 선택 신호는 제2 스위치 매트릭스(S_R)의 스위칭 패턴을 결정할 수 있다. 제1 스위치 매트릭스(S_M)는 제1 선택 신호에 응답하여 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$) 중 하나의 배터리 셀을 선택할 수 있고, 제2 스위치 매트릭스(S_R)는 제2 선택 신호에 응답하여 선택된 배터리 셀의 연결 극성을 결정할 수 있다. 일 예로, 제1 배터리 셀(B_1)을 셀 이퀄라이저(110)의 저전압 단자쌍(112)에 연결하기 위해서, 제1 선택 신호에 응답하여 제1 스위치 중 일부(S_{M1} , S_{M2})가 턴 온 될 수 있고, 제2 선택 신호에 응답하여 제2 스위치 중 일부(S_{R1} , S_{R4})가 턴 온 될 수 있다.

[0030] 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 시스템(100)은 활성화 스위치(S_{En})를 더 포함할 수 있다. 활성화 스위치(S_{En})는 비상 상황에서 셀 이퀄라이저(110)로 입력되는 전류를 차단하기 위한 스위치일 수 있다. 활성화 스위치(S_{En})는 MCU(140)로부터 출력되는 활성화 신호(Enable/Disable)에 응답하여 제어될 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따르면, MCU(140)는 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)의 SOC 레벨에 기초하여 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)의 밸런싱을 수행할 수 있다. 구체적으로, MCU(140)는 각 배터리 셀의 추정된 SOC 레벨을 후술하는 도 3과 같은 양방향 전하순환 알고리즘에 적용하여, 순방향 또는 역방향 전하순환을 위한 하나의 배터리 셀을 선택하고, 선택한 하나의 배터리 셀을 양방향 셀 이퀄라이저(110)에 연결하기 위한 스위칭 제어 신호 및 셀 밸런싱 전류의 극성을 결정할 수 있다. 아울러, MCU(140)는 결정된 스위칭 제어 신호 및 셀 밸런싱 전류의 극성을 바탕으로 스위치 매트릭스 모듈(120)과 양방향 셀 이퀄라이저(110)를 제어하면서 셀 밸런싱을 수행할 수 있다.

[0032] 이때, 양방향 셀 이퀄라이저(110)는 MCU(140)에서 결정된 셀 밸런싱 전류의 극성이 (+)인 경우, 배터리 팩(PACK)으로부터 복수의 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$) 중 선택된 하나의 배터리 셀인 최소 SOC 레벨을 갖는 배터리 셀로 전

하를 순방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 충전하도록 하고, 극성이 (-)인 경우, 복수의 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$) 중 선택된 하나의 배터리 셀인 최대 SOC 레벨을 갖는 배터리 셀로부터 배터리 팩(PACK)으로 전하를 역방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 방전하도록 할 수 있다.

[0033] 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 전하순환을 이용한 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 시스템(100)의 작동 원리를 설명하기로 한다.

[0034] MCU(140)는 전체 배터리 팩(PACK)의 충전량(SOC)을 파악하고, 전체 배터리 팩(PACK)을 충전 또는 방전하는데 필요한 에너지를 계산할 수 있다. MCU(140)는 계산 결과에 기초하여 제어 신호(Control Signal)를 생성하고 출력할 수 있다.

[0035] MCU(140)에 의해 양방향 셀 이퀄라이저(110)가 활성화되고, 제1 선택 신호 및 제2 선택 신호에 의해 제1 스위치 매트릭스(S_M)와 제2 스위치 매트릭스(S_R)에 포함된 스위치들이 상술한 패턴으로 턴 온되어 하나의 셀이 선택될 수 있다. 양방향 셀 이퀄라이저(110)의 고전압 단자쌍(111)에 연결된 배터리 팩(PACK)으로부터 에너지를 전달받아 저전압 단자쌍(112)을 통해 셀 밸런싱 전류(I_{bal})를 출력할 수 있으며, 셀 밸런싱 전류(I_{bal})를 통해 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)의 SOC 레벨이 목표 SOC 레벨로 조절될 수 있다. 이로 인해 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$) 간 SOC 차이를 균등화할 수 있다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 따르면, SOC 조정 과정에서 팩 충전전기(미도시)와 양방향 셀 이퀄라이저(110)가 협력하여 동작함으로써 목표 SOC 레벨을 달성할 수 있으며, 이로 인해 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)의 용량이 균등화될 수 있다. 이 경우 배터리 셀들($B_1 \sim B_n$)은 팩 충전전기와 셀 이퀄라이저(110)로부터 동시에 전류를 받을 수 있다. 충전 과정에서든 방전 과정에서든 두 전류의 합은 배터리의 허용한계 내에서 유지될 수 있다.

[0037] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 전하순환을 이용한 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 방법을 도시하는 흐름도이다.

[0038] 도 1 내지 도 3을 함께 참조하면, 먼저, BMIC(130)는 배터리 팩(PACK) 내 직렬 연결된 복수의 배터리 셀들에 대한 전압을 측정할 수 있다(S310). 이후, MCU(140)는 BMIC(130)로부터 배터리 셀들의 전압(V_{bat})을 수신할 수 있다.

[0039] 그리고, MCU(140)는 설정 샘플링 시간(예: 5초) 동안에 측정한 각 배터리 셀의 전압을 이용하여 각 배터리 셀별 SOC 레벨을 추정하고, 이로부터 최대 SOC 레벨(SOC_{max})과 최소 SOC 레벨(SOC_{min})을 탐색할 수 있다(S320).

[0040] 도 4는 배터리 팩 내 복수의 셀들에 대해 분석된 SOC 레벨을 예시적으로 보여주는 도면이다. 이러한 도 4의 예시는 총 20개의 배터리 셀들이 직렬 연결된 배터리 스트링에 대하여 각 배터리 셀 별로 추정된 SOC 레벨을 막대 그래프 형태로 도시한 것으로, 최대 SOC 레벨(SOC_{max}), 최소 SOC 레벨(SOC_{min}), 그리고 목표 SOC 레벨(SOC_{end})을 확인할 수 있다. 목표 SOC 레벨(SOC_{end})은 20개의 배터리 셀의 SOC 레벨을 평균한 값에 해당할 수 있다.

[0041] 다음으로, MCU(140)는 최대 및 최소 SOC 레벨 간 편차($SOC_{max} - SOC_{min}$)를 제1 임계값(SOC_{th})과 비교할 수 있다(S330). 제1 임계값은 기 설정된 값에 해당할 수 있다.

[0042] 이때, 최대 및 최소 SOC 레벨 간 편차가 제1 임계값 이하($SOC_{max} - SOC_{min} \leq SOC_{th}$) 라면, 셀 밸런싱이 요구되지 않은 상황으로 판단하여, 다시 S310 단계로 돌아가 설정 샘플링 시간(예: 15초) 동안 각 배터리 셀의 전압을 재측정하고 이후의 단계를 반복할 수 있다.

[0043] 그러나, S330 단계의 판단 결과, 최대 및 최소 SOC 레벨 간 편차가 제1 임계값보다 큰 경우($SOC_{max} - SOC_{min} > SOC_{th}$)에는 셀 밸런싱이 필요한 상황에 해당할 수 있다. 본 발명의 실시예에서는, 셀 밸런싱이 필요한 상황에서, 과거 이력으로부터 모드 상태 값을 조회하여 직전의 수행 모드와는 반대 모드로 셀 밸런싱을 구동하도록 할 수 있다. 이를 통해, 순방향 및 상기 역방향 전하순환 모드 중 어느 하나로 동작하되 순방향 전하순환 모드와 역방향 전하순환 모드를 한 번씩 번갈아 가면서 셀 밸런싱 동작을 양방향으로 수행함에 따라, 셀 밸런싱 시간을 단축하여 고속 셀 밸런싱이 가능하게 할 수 있다.

[0044] 만일, S330 단계의 판단 결과, 최대 및 최소 SOC 레벨 간 편차가 제1 임계값보다 큰 경우($SOC_{max} - SOC_{min} >$

SOC_{th}), MCU(140)는 이전(previous)의 모드가 순방향 또는 역방향 전하순환 모드인지 먼저 확인할 수 있다(S340).

[0045] 여기서, S340 단계의 판단 결과, 이전 모드가 순방향 전하순환 모드로 확인된 경우, MCU(140)는 최대 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차(SOC_{max}-SOC_{end})를 다시 제2 임계값과 비교할 수 있다(S350). 여기서 제2 임계값은 제1 임계값 보다 작은 값에 해당하며, 보다 구체적으로 제2 임계값은 제1 임계값(SOC_{th})의 1/2에 해당하는 값(SOC_{th}/2)으로 설정될 수 있다.

[0046] 이때, 최대 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차가 제2 임계값보다 크면(SOC_{max}-SOC_{end} > SOC_{th}/2), MCU(140)는 역방향 전하순환 모드로 작동시켜 셀 밸런싱을 수행하고, 상태 값(state)을 기존의 순방향 모드 값에서 역방향 모드 값(예: state = max)으로 업데이트할 수 있다(S360).

[0047] 본 발명의 실시예에서 순방향 전하순환 모드는 배터리 팩(PACK)에서 최소 SOC 레벨의 배터리 셀로 전하를 순방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 충전하는 팩-투-셀 모드에 해당하고, 역방향 전하순환 모드는 최대 SOC 레벨의 배터리 셀로부터 배터리 팩(PACK)으로 전하를 역방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 방전하는 셀-투-팩 모드에 해당할 수 있다.

[0048] S360 단계에서, MCU(140)는 역방향 전하순환 모드의 구동에 따라, 최대 SOC 레벨의 배터리 셀로부터 배터리 팩(PACK)으로 전하를 역방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 방전할 수 있다.

[0049] 다만, S350 단계의 판단 결과, 최대 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차가 제2 임계값 이하라면(SOC_{max}-SOC_{end} ≤ SOC_{th}/2), 셀 밸런싱이 불필요한 상황으로 판단하여, 다시 S310 단계로 돌아가 설정 샘플링 시간(예: 15초) 동안 각 배터리 셀의 전압을 재측정하여 이후의 단계를 반복할 수 있다.

[0050] 아울러, S340 단계의 판단 결과, 이전 모드가 역방향 전하순환 모드로 확인된 경우, MCU(140)는 최소 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차(SOC_{end}-SOC_{min})를 다시 제2 임계값(SOC_{th}/2)과 비교할 수 있다(S370).

[0051] 이때, 최소 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차가 제2 임계값보다 크면(SOC_{end}-SOC_{min} > SOC_{th}/2), MCU(140)는 순방향 전하순환 모드로 작동시켜 셀 밸런싱을 수행하고, 상태 값(state)을 기존의 역방향 모드 값에서 순방향 모드 값(예: state = min)으로 업데이트할 수 있다(S380).

[0052] S380 단계에서, MCU(140)는 순방향 전하순환 모드의 구동에 따라, 배터리 팩(PACK)으로부터 최소 SOC 레벨의 배터리 셀로 전하를 순방향 이동시켜 해당 배터리 셀을 충전할 수 있다.

[0053] 다만, S370 단계의 판단 결과, 최소 SOC 레벨과 목표 SOC 레벨 간 편차가 제2 임계값 이하라면(SOC_{end}-SOC_{min} ≤ SOC_{th}/2), 셀 밸런싱이 불필요한 상황으로 판단하여, 다시 S310 단계로 돌아가 설정 샘플링 시간(예: 15초) 동안 각 배터리 셀의 전압을 재측정하여 이후의 단계를 반복할 수 있다.

[0054] 상술한 셀 밸런싱 동작이 종료되면, 직렬 셀 밸런싱 시스템의 동작이 종료된다.

[0055] 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 셀 이퀄라이저의 작동 원리를 나타내는 회로도이다.

[0056] 양방향 전하순환 알고리즘은 에너지 흐름의 양방향 방식을 고려한 것으로, 도 5a와 같은 양의 I_c는 우측 개념도와 같이, 배터리 팩으로부터 선택된 하나의 배터리 셀로 에너지를 전달하는 팩-투-셀(pack-to-cell) 모드를 나타내고, 도 5b와 같은 음의 I_c는 우측 개념도와 같이, 선택된 하나의 셀로부터 배터리 팩으로 에너지를 전달하는 셀-투-팩(cell-to-pack) 모드를 나타낼 수 있다.

[0057] 이러한 팩-투-셀 모드의 경우 배터리 팩에서 최소 SOC 레벨의 배터리 셀로 전하를 이동시키는 순방향 전하순환 모드에 해당하고, 셀-투-팩 모드의 경우 최대 SOC 레벨의 배터리 셀로부터 배터리 팩으로 전하를 이동시키는 역방향 전하순환 모드에 해당할 수 있다.

[0058] 본 발명의 실시예는 이와 같은 순방향 전하순환 모드와 역방향 전하순환 모드를 한 번씩 번갈아 구동하면서 셀 밸런싱을 양방향으로 수행함에 따라 고속 셀 밸런싱을 가능하게 한다.

[0059] 다음은 본 발명의 실시예에 따른 양방향 셀 밸런싱 프로세스의 성능 시험 결과를 설명한다.

[0060] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 제1 기법과 제2 기법의 셀 밸런싱 처리 시간을 비교하여 도시한 도면이다.

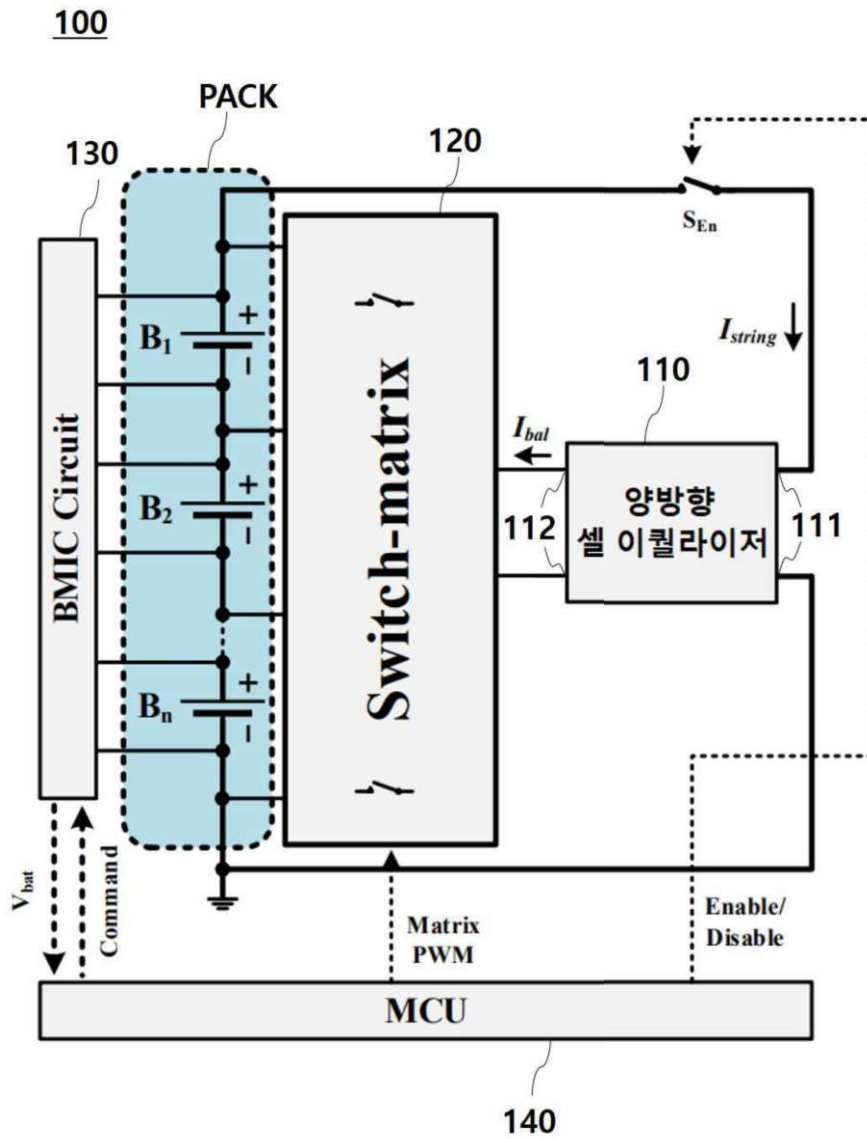
- [0061] 이러한 도 6은 단방향 변환기(단방향 셀 이퀄라이저)를 사용하여 셀 밸런싱을 수행하는 기존의 방법과 양방향 셀 이퀄라이저를 사용한 제안된 방법의 계산된 셀 밸런싱 처리 시간을 배터리 스트링을 구성한 직렬 셀의 개수에 따라 비교하여 나타낸 것이다. 셀의 수가 증가하면 처리 시간도 증가하는데, 제안된 방법의 처리 시간은 항상 기존의 방법보다 빠를 뿐만 아니라, 셀의 수가 증가할수록 셀 밸런싱 처리 시간의 차이가 더욱 증가하는 것을 확인할 수 있다.
- [0062] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 제안 기법과 종래 기법의 시뮬레이션 파형을 비교하여 도시한 도면이다. 이때, 각 셀의 초기 SOC 값은 30%~60% 범위 내에서 무작위로 분산시켜 놓고 테스트하였다. 실험 결과, 각 배터리 셀의 전압은 22mV 이내에서 균등화되는 것으로 나타났다. 아울러, 종래 기법은 도 7(a)에서와 같이 4.2 시간 이내에 셀 균형을 달성하는 반면, 제안된 방법은 도 7(b)에서와 같이 단 2.07시간 만에 동일한 배터리 스트링 균형을 달성할 수 있었다. 결과적으로, 제안된 방법은 기존 방법보다 크게 향상된 2배 이상 더욱 빠른 셀 밸런싱 속도를 구현할 수 있다.
- [0063] 이상과 같이, 본 발명에 따르면, 양방향 전하순환 알고리즘을 바탕으로 배터리 팩의 직렬 셀들에 대한 고속 셀 밸런싱이 가능하다.
- [0064] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

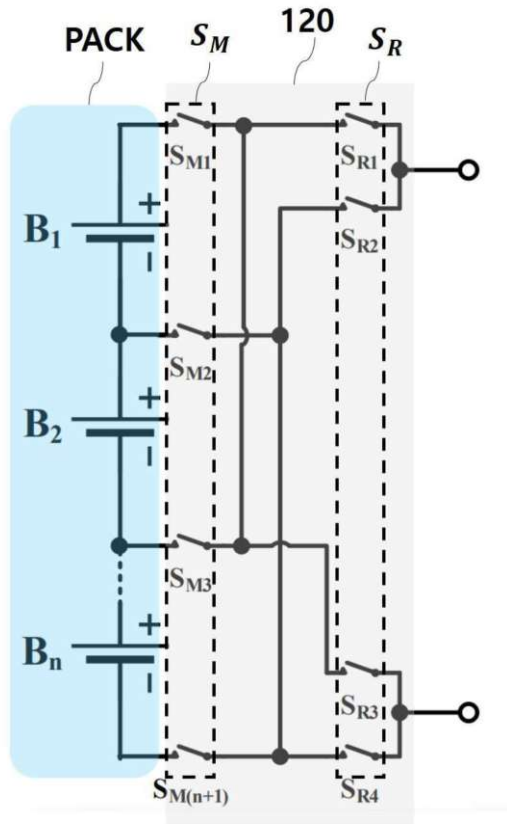
- [0065] 100: 배터리팩의 직렬 셀 밸런싱 시스템
- 110: 양방향 셀 이퀄라이저 111: 고전압 단자쌍
- 112: 저전압 단자쌍 120: 스위치 매트릭스 모듈
- 130: BMIC 140: MCU

도면

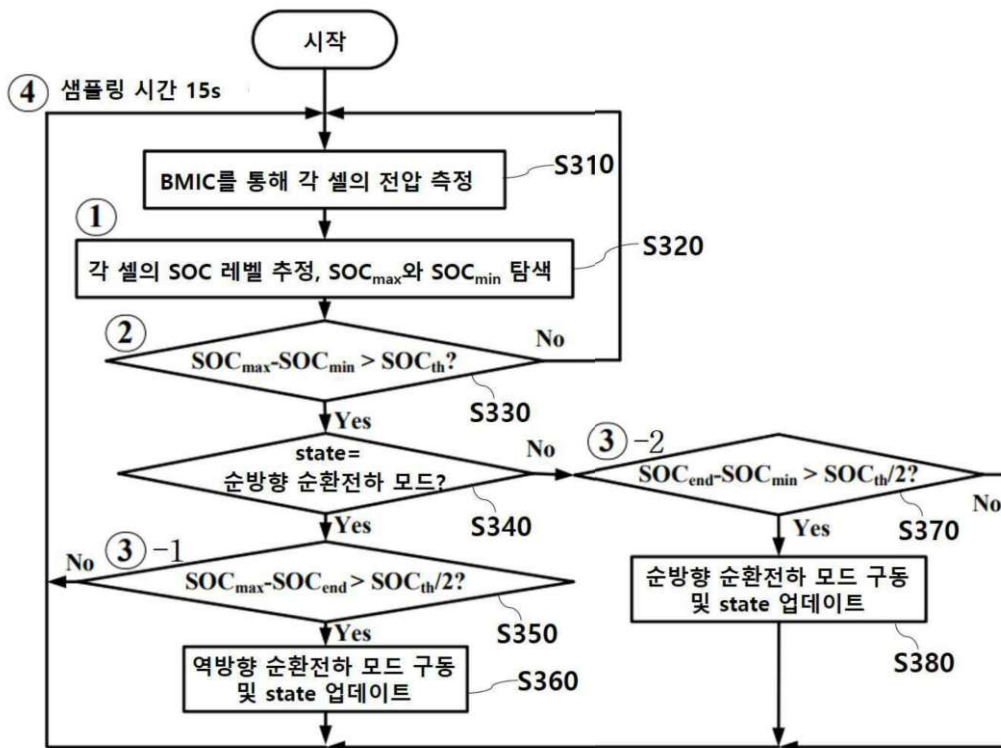
도면1



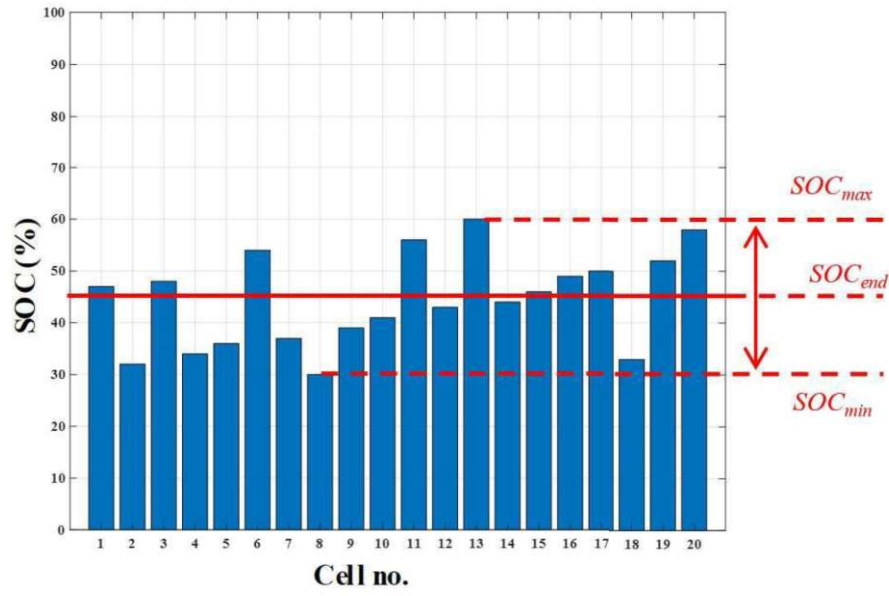
도면2



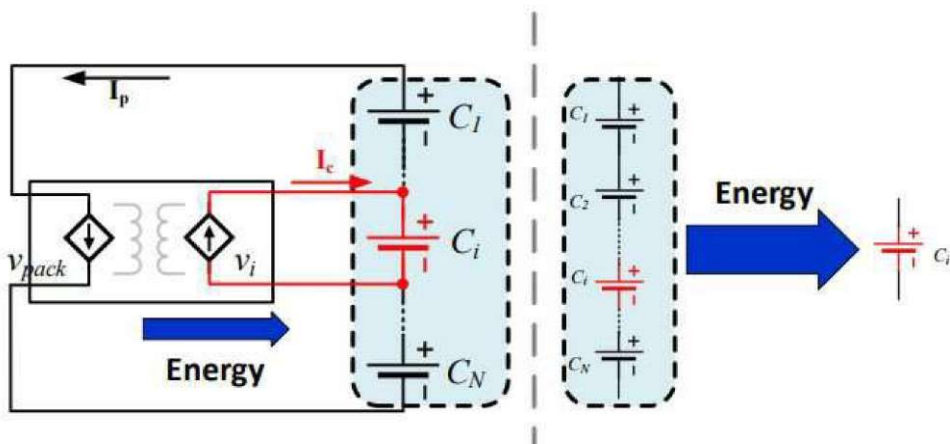
도면3



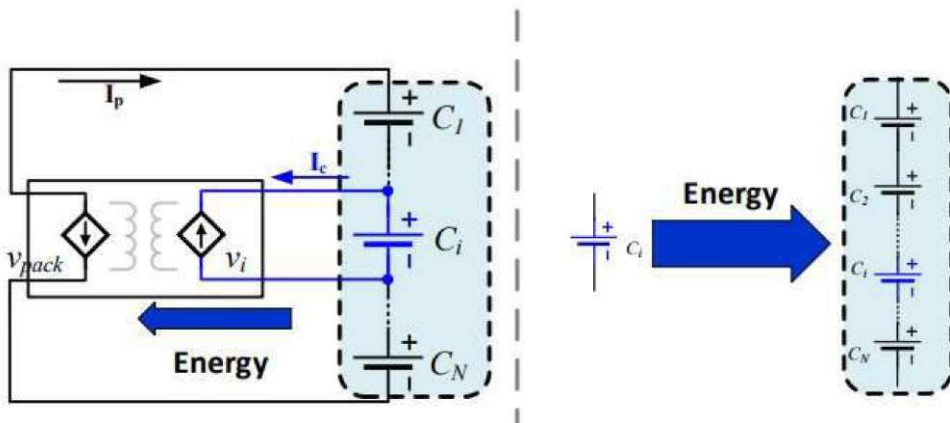
도면4



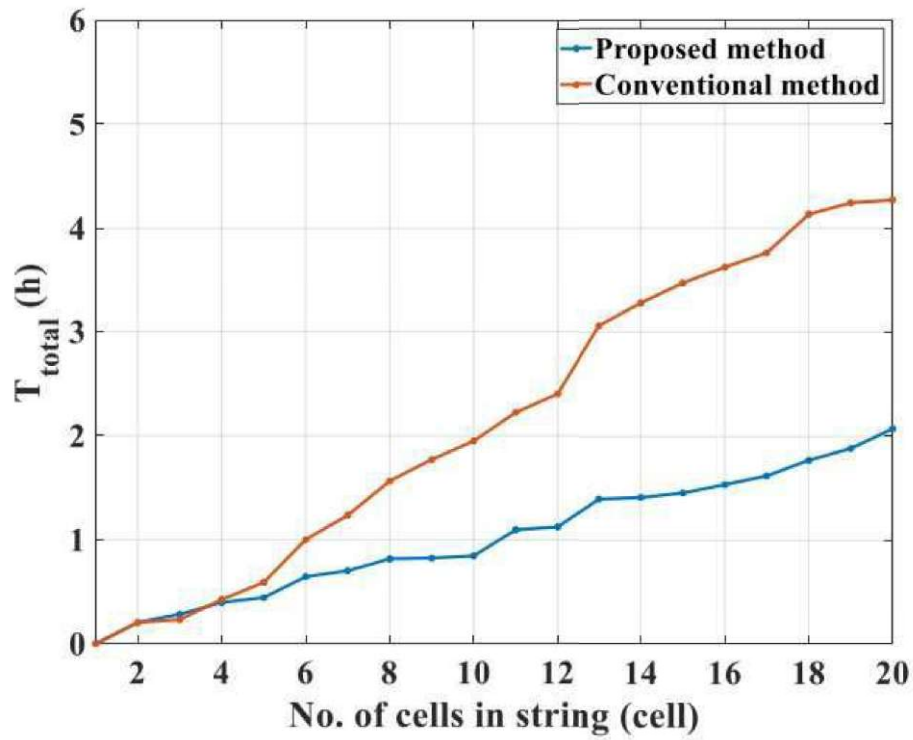
도면5a



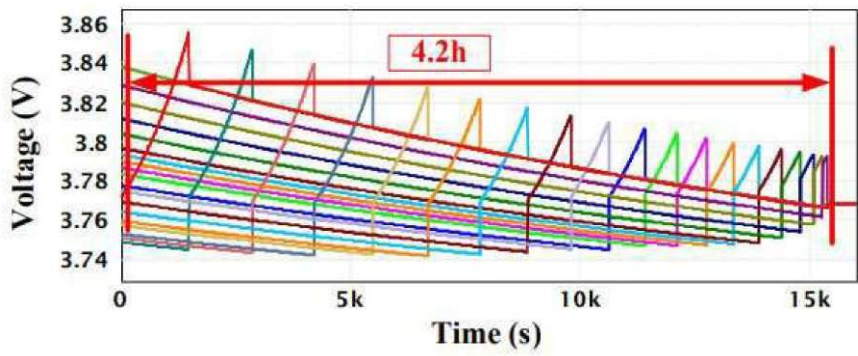
도면5b



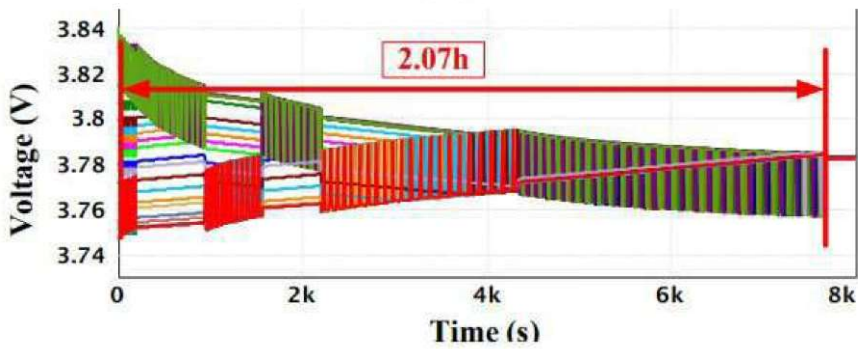
도면6



도면7



(a)



(b)