



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월09일
(11) 등록번호 10-2464670
(24) 등록일자 2022년11월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 7/00 (2006.01) H01M 10/44 (2006.01)
H02J 7/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02J 7/0016 (2013.01)
H01M 10/441 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0118560
(22) 출원일자 2021년09월06일
심사청구일자 2021년09월06일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150111606 A*
KR1020180051432 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 7 항

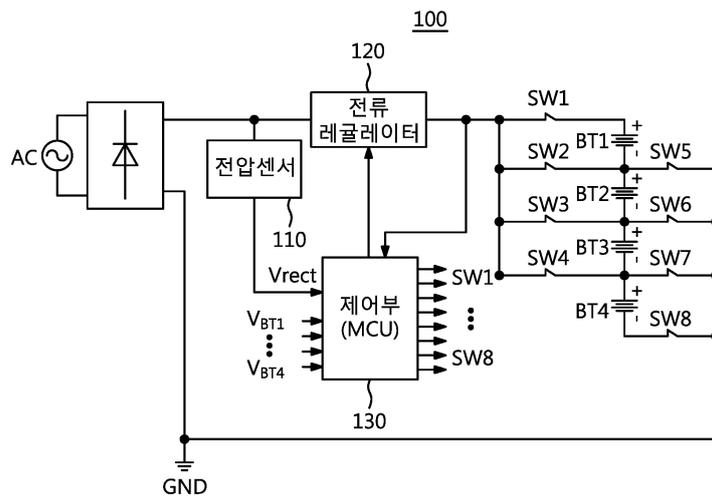
심사관 : 강병욱

(54) 발명의 명칭 배터리 셀의 균등화 충전장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 AC 전압을 선택적으로 활용하여 배터리의 충전 및 밸런싱을 수행하는 배터리 셀의 균등화 충전장치 및 방법을 제안한다. 본 발명의 균등화 충전장치는, AC 전압을 센싱하는 전압 센서와, 상기 전압 센서와 연결되며, 제어부에 의해 충전 전류를 공급하는 전류 레귤레이터가 구비된다. 전류 레귤레이터에는 복수 개의 배터리 셀들이 직렬 연결되고, 상기 배터리 셀들은 복수 개의 스위치들로 연결된다. 그리고 전압 센서에 의해 센싱된 AC 전압 레벨과 상기 배터리 셀들의 충전량 정보를 전달받는 제어부가 구성되고, 제어부는 AC 전압 레벨과 배터리 셀의 충전 상태에 따라 하나의 프로세스 주기 동안 배터리 셀과 연결된 모든 스위치를 턴-오프 시키거나, 충전량이 가장 낮은 배터리 셀을 충전하거나, 또는 모든 배터리 셀을 직렬 방식으로 충전한다. 이와 같은 충전 프로세서에 따라 직렬 연결된 모든 배터리 셀들을 균등화시키면서 충전할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H02J 7/00308 (2020.01)

H02J 7/0048 (2020.01)

H02J 7/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711133200
과제번호	2020R1A2C2009303
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야기초연구사업(중견연구자지원사업)
연구과제명	불균일한 특성의 재사용 배터리로 구성된 에너지저장장치를 위한 공생형 배터리관리
시스템 요소기술 연구	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2023.02.28
공지예외적용	: 있음

명세서

청구범위

청구항 1

AC 라인 전압에서 정류된 DC 전압을 센싱하는 전압 센서;

상기 전압 센서와 연결되며, 제어부에 의해 충전 전류를 공급하는 전류 레귤레이터;

상기 전류 레귤레이터에 직렬 연결된 복수 개의 배터리 셀;

상기 배터리 셀들의 (+)극과 각각 연결되는 스위치들 및 각 배터리 셀들의 (-)극과 접지 사이에 각각 연결되는 스위치들; 및

상기 전류 레귤레이터에 의해 상기 AC 라인 전압에서 정류된 DC 전압 레벨과 상기 배터리 셀들의 충전량 정보를 기초로 하여 상기 스위치들의 동작을 제어하여 배터리 셀들을 균등화시키면서 충전하는 제어부를 포함하며,

상기 제어부는, 휴식 모드(rest mode), 충전량이 가장 낮은 배터리 셀을 충전하는 모드(cell charging mode) 및 모든 배터리 셀을 직렬 방식으로 충전하는 모드(series charging mode)에 따라 스위치들을 제어하는 것을 특징으로 하는 배터리 셀의 균등화 충전장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 휴식 모드(rest mode)는 모든 스위치들이 턴-오프된 상태이며,

복수 개의 배터리 셀을 충전하는 충전 구간의 앞의 구간과 뒤의 구간, 그리고 충전 구간 사이에 위치하고,

배터리 셀의 분극화 현상(polarization effect)으로 인한 과도 상태 전압으로부터 안정 상태 전압(steady state voltage)으로 복구하기 위한 모드인 배터리 셀의 균등화 충전장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 충전량이 가장 낮은 배터리 셀을 충전하는 모드(cell charging mode)는, 최소 충전량을 가지는 배터리 셀을 충전하여 충전량이 많은 배터리 셀과 동일하게 조정하는 모드인 배터리 셀의 균등화 충전장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 배터리 셀들의 충전량은 충전 시작 후 소정 시간 내에 균등화되고, 충전 프로세스가 완료될 때 모든 배터리 셀은 완충되는 배터리 셀의 균등화 충전장치.

청구항 6

배터리 셀들을 균등화하면서 충전하는 균등화 충전장치가,

상기 배터리 셀들의 충전량 정보를 계산하는 계산 단계;

AC 라인 전압에서 정류된 DC 전압을 측정하는 측정 단계; 및

계산된 상기 충전량 정보와 상기 AC 라인 전압에서 정류된 DC 전압 레벨에 따라 상기 배터리 셀들 중 가장 최소 충전량을 가지는 배터리 셀을 충전하는 제1 충전 구간 또는 모든 배터리 셀을 직렬 방식으로 충전하는 제2 충전 구간 동안 적어도 하나의 배터리 셀을 충전하는 충전 단계를 포함하며,

상기 제1 충전 구간의 앞 뒤 구간과, 상기 제1 충전 구간과 상기 제2 충전 구간 사이의 휴식 구간(rest mode)을 더 포함하고,

상기 휴식 구간(rest mode)는 상기 배터리 셀들의 (+)극과 각각 연결되는 스위치들 및 각 배터리 셀들의 (-)극과 접지 사이에 각각 연결되는 모든 스위치들이 턴-오프된 상태이고, 배터리 셀들의 충전량을 정확하게 측정하기 위하여 안정 상태 전압(steady state voltage)을 복구하는 것을 특징으로 하는 배터리 셀의 균등화 충전방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 제2 충전 구간은,

상기 DC 전압 레벨이 소정 임계전압 이상인 영역에서 실시되고, 상기 임계전압은 배터리 스트링(battery string) 전압과 동일한 배터리 셀의 균등화 충전방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

AC 라인 전압에서 정류된 DC 전압 레벨과 배터리 셀들의 충전량 정보를 기초로 하여 직렬 연결된 배터리 셀들을 충전하는 방법에 있어서,

상기 DC 전압 레벨이 제1 기준전압보다 낮으면, 상기 배터리 셀들과 연결된 모든 스위치들을 턴-오프 하는 단계;

상기 DC 전압 레벨이 상기 제1 기준전압보다 크고 제2 기준전압보다 작으면, 충전상태가 가장 낮은 배터리 셀만을 충전하도록 대응하는 스위치를 턴-온 하는 단계;

상기 제2 기준전압보다 높은 제3 기준전압보다 크고 피크 전압보다 작으면, 상기 배터리 셀들을 직렬 방식으로 충전하도록 대응하는 스위치를 턴-온 하는 단계를 포함하고,

모든 배터리 셀들은 소정 시간 경과 후에 균등화되고 충전 프로세스의 완료 시점에 완전 충전되는 것을 특징으로 하는 배터리 셀의 균등화 충전방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 AC 전압을 선택적으로 활용하여 충전 프로세스 동안 각 배터리 셀들의 충전량을 균등화하면서 충전하는 배터리 셀의 균등화 충전장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 높은 전압을 만들기 위해서는 개별 배터리 셀들을 직렬 연결하는 직렬 충전방식이 사용된다. 그러나 배터리 셀의 직렬 충전방식은 다수의 배터리 셀이 직렬로 연결된 구조이므로, 충방전 사이클에 의해 각 배터리 셀들의 특성 인자가 상이하게 되고, 따라서 배터리 셀의 충전전압이 불균일하게 된다. 이는 배터리 수명을 단축시키며 배터리 종류에 따라서는 배터리가 과충전 또는 과방전되는 위험한 상황이 초래될 수도 있다.

[0003] 그래서 종래에는 충전회로에 밸런서(balancer)를 사용하여 이를 해결하는 방안이 있었다. 밸런서를 사용하여 배터리 셀들간의 에너지를 균등화 하고, 과충전 또는 과방전을 방지하는 것이다. 종래에 밸런서를 사용하는 충전 방법에는 다음과 같은 문헌이 공개된 바 있다. 예를 들면 “A novel active cell balancing circuit and charging strategy in lithium battery pack(2019)” 선행 논문은 스위치 매트릭스와 2개의 외부 밸런서를 사

용하여 배터리 셀의 에너지를 균등화하는 구성이다.

[0004] 다른 선행 논문인 “A novel balancing strategy for series connected lithium batteries based on mixed charging mode(2014)” 은 다중 포트 충전장치를 적용하여 배터리 셀을 개별적으로 충전한다.

[0005] 또 다른 선행문헌인 “Optimal CC-CV charging of lithium-ion battery for charge equalization controller(2016)” 에서는 스위치 매트릭스와 플라이-백 변환기를 사용하여 배터리 셀의 에너지를 균등화하였다.

[0006] 그러나 배터리 셀을 균등화하기 위한 상기한 종래 방법들은 충전회로와 분리되는 외부 회로인 밸런서 장치를 필요로 하기 때문에, 회로의 전체 사이즈가 커지고 비용이 증가하는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국공개특허 10-2013-0105251(2013. 09. 25)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 외부 회로를 필요로 하지 않으면서도 배터리 셀을 충전하면서 균등화시킬 수 있는 배터리 셀의 균등화 충전장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀의 균등화 충전장치는, AC 전압을 센싱하는 전압 센서; 상기 전압 센서와 연결되며, 제어부에 의해 충전 전류를 공급하는 전류 레귤레이터; 상기 전류 레귤레이터에 직렬 연결된 복수 개의 배터리 셀; 상기 배터리 셀들의 (+)극과 각각 연결되는 스위치들 및 각 배터리 셀들의 (-)극과 접지 사이에 각각 연결되는 스위치들; 및 상기 전압 센서에 의해 센싱된 AC 전압 레벨과 상기 배터리 셀들의 충전량 정보를 기초로 하여 상기 스위치들의 동작을 제어하여 배터리 셀들을 균등화시키면서 충전하는 제어부를 포함하여 구성된다.

[0010] 상기 제어부는 휴식 모드(rest mode), 충전량이 가장 낮은 배터리 셀을 충전하는 모드(cell charging mode), 모든 배터리 셀을 직렬 방식으로 충전하는 모드(series charging mode)에 따라 스위치들을 제어한다.

[0011] 상기 휴식 모드(rest mode)는 모든 스위치들이 턴-오프된 상태이며, 적어도 하나의 배터리 셀을 충전하는 충전 구간 사이에 위치하고, 배터리 셀의 분극화 현상(polarization effect)으로 인한 과도 상태 전압으로부터 안정 상태 전압(steady state voltage)으로 복구하기 위한 모드이다.

[0012] 상기 충전량이 가장 낮은 배터리 셀을 충전하는 모드(cell charging mode)는, 최소 충전량을 가지는 배터리 셀을 충전하여 충전량이 많은 배터리 셀과 동일하게 조정하는 모드이다.

[0013] 상기 배터리 셀들의 충전량은 충전 시작 후 소정 시간 내에 균등화되고, 충전 프로세스가 완료될 때 모든 배터리 셀은 완충된다.

[0014] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 배터리 셀의 균등화 충전방법은, 배터리 셀들을 균등화하면서 충전하는 균등화 충전장치가, 상기 배터리 셀들의 충전량 정보를 계산하는 계산 단계; AC 전압 레벨을 측정하는 측정 단계; 및 계산된 상기 충전량 정보와 상기 AC 전압 레벨에 따라 충전 구간 동안 적어도 하나의 배터리 셀을 충전하는 충전 단계를 포함하여 구성된다.

[0015] 상기 충전 단계는, 배터리 셀들 중 가장 최소 충전량을 가지는 배터리 셀을 충전하는 제1 충전단계(cell charging mode)와, 모든 배터리 셀을 직렬 방식으로 충전하는 제2 충전단계(series charging mode)를 포함한다.

[0016] 상기 제2 충전단계는, 상기 AC 전압 레벨이 소정 임계전압 이상인 영역에서 실시되고, 상기 임계전압은 배터리 스트링(battery string) 전압과 동일하다.

[0017] 본 발명은 상기 충전 구간들 사이의 휴식 구간(rest mode)을 더 포함하고, 상기 휴식 구간은 모든 스위치들이 턴-오프된 상태이고, 배터리 셀들의 충전량을 정확하게 측정하기 위하여 안정 상태 전압(steady state voltage)을 복구한다.

[0018] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 배터리 셀의 균등화 충전방법은, AC 전압 레벨과 배터리 셀들의 충전량 정보를 기초로 하여 직렬 연결된 배터리 셀들을 충전하는 방법에 있어서, 상기 AC 전압 레벨이 제1 기준전압보다 낮으면, 상기 배터리 셀들과 연결된 모든 스위치들을 턴-오프 하는 단계; 상기 AC 전압 레벨이 상기 제1 기준전압보다 크고 제2 기준전압보다 작으면, 충전상태가 가장 낮은 배터리 셀만을 충전하도록 대응하는 스위치를 턴-온 하는 단계; 및 상기 제2 기준전압보다 높은 제3 기준전압보다 크고 피크 전압보다 작으면, 상기 배터리 셀들을 직렬 방식으로 충전하도록 대응하는 스위치를 턴-온 하는 단계를 포함하고, 모든 배터리 셀들은 소정 시간 경과 후에 균등화되고 충전 프로세스의 완료 시점에 완전 충전된다.

발명의 효과

[0019] 이상과 같은 본 발명의 배터리 셀의 균등화 충전장치 및 방법에 따르면, AC 전압 레벨과 배터리 셀의 충전량 정보만을 기초로 하여 직렬 연결된 다수의 배터리 셀들을 균등화시키면서 충전할 수 있다. 따라서 종래에 충전장치에 구비되어야 했던 밸런서 등의 회로가 필요하지 않아 회로 소자의 전체 사이즈를 줄일 수 있고 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 셀의 균등화 충전장치의 회로 구성도이다.
- 도 2는 정류 AC 전압에 따라 본 발명의 균등화 충전방법을 위한 이론적인 파형도이다.
- 도 3은 본 발명의 균등화 충전방법을 설명하는 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명의 목적 및 효과, 그리고 그것들을 달성하기 위한 기술적 구성들은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0022] 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다.

[0023] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0024] 이하에서는 도면에 도시한 실시 예에 기초하면서 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 셀의 균등화 충전장치의 회로 구성도이다.

[0026] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 균등화 충전장치(100)는, 교류(AC) 전압원에 연결된 전압 센서(110, Voltage sensor) 및 전류 레귤레이터(120, Current regulator)를 포함한다. 전압 센서(110)는 AC 라인 전압을 측정하며 정류전압(Vrect)을 제어부(130)로 전달한다. 그리고 전압 센서(110)와 직렬 연결된 전류 레귤레이터(120)는 제어부(130)의 제어 동작에 따라 배터리 셀(BT1, BT2, BT3, BT4)을 충전할 충전 전류의 값을 일정하게 조정한다.

[0027] 전류 레귤레이터(120)에는 복수 개의 배터리 셀(BT1, BT2, BT3, BT4)들이 직렬 연결된다. 실시 예는 제1 내지 제4 배터리 셀(BT1, BT2, BT3, BT4)이 직렬 연결된 구성을 예시하였다. 그러나 본 발명은 더 많은 배터리 셀들, 예를 들면 45개의 배터리 셀들을 직렬로 연결하여 충전량을 균등화하면서 충전할 수도 있다.

[0028] 도 1에서 균등화 충전장치(100)는 상기 배터리 셀들(BT1, BT2, BT3, BT4)과 모두 연결되도록 복수 개의 스위치

(SW1, SW2, SW3, SW4, SW5, SW6, SW7, SW8)들을 구비하는 스위치 매트릭스(switch matrix)를 포함한다. 스위치 매트릭스의 스위치 개수는 배터리 셀의 개수와 대응되는데, 실시 예와 같이 제1 내지 제4 배터리 셀(BT1, BT2, BT3, BT4)이 제공될 경우 총 8개의 스위치(제1 내지 제8 스위치, SW1 ~ SW8)가 제공된다. 스위치 매트릭스의 스위치들은, 각 배터리 셀들(BT1, BT2, BT3, BT4)의 (+)극과 연결되는 제1 내지 제4 스위치(SW1 ~ SW4), 그리고 각 배터리 셀들(BT1, BT2, BT3, BT4)의 (-)극과 접지 사이에 연결되는 제5 내지 제8 스위치(SW5 ~ SW8)를 포함한다. 구체적으로 보면 제1 스위치(SW1)는 전류 레귤레이터(120)와 제1 배터리 셀(BT1)의 (+)극 사이에 연결되고, 제2 스위치(SW2)는 전류 레귤레이터(120)와 제2 배터리 셀(BT2)의 (+)극 사이에 연결되고, 제3 스위치(SW3)는 전류 레귤레이터(120)와 제3 배터리 셀(BT3)의 (+)극 사이에 연결되고, 제4 스위치(SW4)는 전류 레귤레이터(120)와 제4 배터리 셀(BT4)의 (+)극 사이에 연결된다. 그리고 제5 스위치(SW5)은 제1 배터리 셀(BT1)의 (-)극과 접지(GND) 사이에 연결되고, 제6 스위치(SW6)은 제2 배터리 셀(BT2)의 (-)극과 접지(GND) 사이에 연결되고, 제7 스위치(SW7)은 제3 배터리 셀(BT3)의 (-)극과 접지(GND) 사이에 연결되고, 제8 스위치(SW8)은 제4 배터리 셀(BT4)의 (-)극과 접지(GND) 사이에 연결된다. 이렇게 연결된 제1 내지 제8 스위치들(SW1 ~ SW8)은 제어부(130)의해 턴-온 또는 턴-오프되어 해당하는 배터리 셀을 충전하게 된다.

[0029] 도 1에서 균등화 충전장치(100)는 제어부(130)를 포함한다. 제어부(130)는 AC 전압(정류 전압)과 배터리 셀 전압 정보를 기반으로 제1 내지 제8 스위치들(SW1 ~ SW8)의 동작을 제어하는 역할을 수행한다. 제어부(130)는 하나의 프로세스 주기 동안 제공되는 활성화 구간(activation interval)과 휴식 구간(rest interval)에서 적어도 둘 이상의 기준 전압 값에 따라 스위치들을 턴-온/턴-오프 시킨다. 활성화 구간(activation interval)은 배터리 셀을 충전하는 구간이고 휴식 구간(rest interval)은 배터리 셀을 충전하지 않는 구간이다. 도 2의 실시 예는 3개의 활성화 구간(activation interval)과 4개의 휴식 구간(rest interval)으로 구분된다. 그리고 기준 전압 값은 제1 기준전압 내지 제3 기준전압(V1, V2, V3)이 제공된다. 제1 기준전압(V1)보다 제2 기준전압(V2)이 크고, 제2 기준전압(V2)보다 제3 기준전압(V3)이 크다. 그리고 제1 기준전압(V1)은 '0'보다는 크고, 제3 기준전압(V3)은 정류 전압의 피크(peak) 값보다는 작다. 상기 제1 기준전압 내지 제3 기준전압(V1, V2, V3)들 각각은 도 2에서와 같이 서로 동일한 간격으로 이격된 값을 가지며, 제2 기준전압(V2)은 사인과 형태인 정류 전압(Vrect)의 중간에 위치하고, 제1 기준전압(V1)과 제3 기준전압(V3)은 제2 기준전압(V2)을 중심으로 서로 대칭되거나, 또는 비대칭 적으로 설정될 수도 있다.

[0030] 다음에는 이와 같이 구성된 균등화 충전장치를 이용하여 배터리 셀들을 충전하는 과정에 대해 살펴보기로 한다.

[0031] 도 2는 정류 AC 전압에 따라 본 발명의 균등화 충전방법을 위한 이론적인 파형도이다. 도시한 바와 같이, 균등화 충전장치(100)를 이용한 균등화 충전방법은 이론적으로 위에서 말한 바와 같이 정류 전압(Vrect)은 사인과 형태로 나타나고, 하나의 프로세스 주기 동안 3개의 활성화 구간(activation interval)과 4개의 휴식 구간(rest interval)이 존재하고, 이는 배터리 셀의 충전량, 정류 전압, 그리고 기준 전압에 의해 배터리 셀을 충전하도록 정의된다. 배터리 셀의 충전은 도 2와 같은 형태로 나타나는 것이 가장 좋으며 이는 아래에서 설명하는 시뮬레이션 결과를 통해 살펴볼 것이다.

[0032] 도 3은 본 발명의 균등화 충전방법을 설명하는 흐름도이다.

[0033] 초기 전원 인가시, 제어부(130)는 배터리 셀들(BT1 ~ BT4)의 충전상태(현재의 각 배터리 셀들의 충전량의 백분위 정보), 즉 SOC(State of Charge)를 계산한다(S100). 그리고 전압 센서(110)가 측정한 정류 AC 전압(Vrect) 정보를 제공받는다(S110).

[0034] 제어부(130)는 정류 AC 전압이 영점교차구간 (zero-crossing region)에 해당하는 전압 구간에 존재하는지 판단한다(S120). 즉 정류 AC 전압이 0 이상 제1 기준전압(V1) 미만(제1 구간, $0 \leq V_{rect} < V1$)인지 판단하는 것이다. 판단 결과 제1 구간에 해당하면 제어부(130)는 제1 내지 제8 스위치(SW1 ~ SW8) 모두를 턴-오프 상태가 되게 한다(S122).

[0035] 제1 구간이 아닌 경우 제어부(130)는 정류 AC 전압이 제1 기준전압 이상이고 제2 기준전압 미만(제2 구간, $V1 \leq V_{rect} < V2$)인지 판단한다(S130). 판단 결과, 제2 구간에 해당하면 제어부(130)는 현재 가장 낮은 충전량 정보를 가지는 배터리 셀을 충전하도록 해당 스위치를 턴-온 시킨다(S132). 나머지 배터리 셀들과 연결된 스위치들은 그대로 턴-오프 상태이다. 즉 제2 구간은 충전량이 가장 적은 배터리 셀만을 충전시키는 모드일 수 있다. 최소 충전량을 가지는 배터리 셀을 충전하면 해당 셀은 다른 상위 충전량을 가지는 배터리 셀과 동등하게 될 수 있다.

[0036] 제2 구간이 아닌 경우 제어부(130)는 정류 AC 전압이 제2 기준전압 이상이고 제3 기준전압 미만(제3 구간, $V2 \leq V_{rect} < V3$)인지 판단한다(S140). 판단 결과, 제3 구간에 해당하면 제어부(130)는 현재 가장 낮은 충전량 정보를 가지는 배터리 셀을 충전하도록 해당 스위치를 턴-온 시킨다(S142). 나머지 배터리 셀들과 연결된 스위치들은 그대로 턴-오프 상태이다. 즉 제3 구간은 충전량이 가장 적은 배터리 셀만을 충전시키는 모드일 수 있다. 최소 충전량을 가지는 배터리 셀을 충전하면 해당 셀은 다른 상위 충전량을 가지는 배터리 셀과 동등하게 될 수 있다.

$V_{rect} < V_3$ 인지 판단한다(S140). 판단 결과, 제3 구간에 해당하면 제어부(130)는 제1 내지 제8 스위치(SW1 ~ SW8)를 모두 턴-오프 시킨다(S142).

[0037] 제3 구간이 아닌 경우 제어부(130)는 정류 AC 전압이 제3 기준전압 이상(제4 구간, $V_3 \leq V_{rect} < V_{peak}$) 인지 판단한다(S150). 제4 구간은 정류 AC 전압이 제3 기준전압(V_3)보다는 크고 피크 전압(V_{peak}) 보다는 작은 영역 내에 위치한다. 이러한 제4 구간에서는 제어부(130)는 제1 스위치(SW1)와 제8 스위치(SW8)만을 턴-온 시켜 제1 내지 제4 배터리 셀들(BT1 ~ BT4)을 직렬방식으로 충전한다(S152). 이에 제1 내지 제4 배터리 셀들(BT1 ~ BT4)은 정해진 전류 공급에 따라 충전된다. 이때, 나머지 제2 스위치 내지 제7 스위치들(SW2 ~ SW7)은 턴-오프 상태이다.

[0038] 여기서 제4 구간을 결정하는 전압은 제3 기준전압(V_3)이 된다 도 2의 파형을 보면 제3 기준전압(V_3)보다 큰 영역이 경우 제4 구간으로 동작하고 있기 때문이다. 따라서 제3 기준전압(V_3)은 제4 구간을 시작하기 위한 임계 전압일 수 있고, 상기 임계전압은 배터리 스트링(Battery string) 전압과 동일하게 셋팅된다. 그리고 제4 구간은 충전 프로세스의 속도를 높이기 위해 일정 시간 동안 유지된다.

[0039] 도 2를 보면, 제4 구간 이후 제5 구간 내지 제7 구간은 앞서 설명한 제3 내지 제1 구간과 대응된다. 즉 제5 구간은 정류 AC 전압이 제2 기준전압 이상이고 제3 기준전압 미만($V_2 \leq V_{rect} < V_3$)인 경우이고, 이 구간에서는 제어부(130)는 제1 내지 제8 스위치(SW1 ~ SW8)를 모두 턴-오프 시킨다.

[0040] 그리고 제6 구간은 정류 AC 전압이 제1 기준전압 이상이고 제2 기준전압 미만($V_1 \leq V_{rect} < V_2$)인 경우이고, 이 구간에서는 제어부(130)는 현재 가장 낮은 충전량 정보를 가지는 배터리 셀을 충전하도록 해당 스위치를 턴-온 시킨다. 나머지 배터리 셀들과 연결된 스위치들은 그대로 턴-오프 상태이다.

[0041] 그리고 제7 구간은 정류 AC 전압이 0 이상 제1 기준전압(V_1) 미만($0 \leq V_{rect} < V_1$)인 경우로서 영점교차구간(zero-crossing region)에 해당하는 전압 구간에 해당하므로, 이 구간에서 제어부(130)는 제1 내지 제8 스위치(SW1 ~ SW8) 모두를 턴-오프상태가 되게 한다.

[0042] 이와 같이 본 발명의 균등화 충전장치(100)는, 하나의 프로세스 주기 동안 배터리 셀과 연결된 모든 스위치를 턴-오프 시키거나, 충전량이 가장 낮은 배터리 셀을 충전하거나, 또는 모든 배터리 셀을 직렬 방식으로 충전하고 있음을 알 수 있다. 그리고 상기 제1 구간 내지 제7 구간은 AC 전압의 주기에 따라 반복하여 수행한다. 그리고 배터리 셀을 충전하지 않는 휴식 기간인 제1 구간, 제3 구간, 제5 구간 및 제7 구간은, 배터리 셀들의 충전 상태를 정확하게 측정할 수 있도록 충전시에 일시적으로 일어나는 배터리 셀의 분극화 현상(polarization effect)으로 인한 과도 상태 전압으로부터 안정 상태 전압(steady state voltage)을 복구하기 위한 구간이라 할 수 있다.

[0043] 위에서 말한 구간별 상태에 따른 스위치 동작 상태는 다음 표 1과 같이 정리할 수 있다.

표 1

Time Interval	V_{rect}	State of switches	I_{Total}	Mode
$t_0 \sim t_1$	$[0, V_1]$	All switches = 0	0	I (Rest)
$t_1 \sim t_2$	$[V_1, V_2]$	SW_x of $SOC_{min} = 1,$ Others = 0	I_{Total}	II (Cell charging)
$t_2 \sim t_3$	$[V_2, V_3]$	All switches = 0	0	III (Rest)
$t_3 \sim t_4$	$[V_3, V_{PEAK}]$	$SW_1 = SW_8 = 1,$ Others = 0	I_{Total}	IV (Series charging)
$t_4 \sim t_5$	$[V_2, V_3]$	All switches = 0	0	V (Rest)
$t_5 \sim t_6$	$[V_1, V_2]$	SW_x of $SOC_{min} = 1,$ Others = 0	I_{Total}	VI (Cell charging)
$t_6 \sim t_7$	$[0, V_1]$	All switches = 0	0	VII (Rest)

[0045] 한편, 본 발명의 균등화 충전장치를 대상으로 소정 조건하에 시뮬레이션 실시하였고, 이러한 시뮬레이션 한 결과에 대해 살펴본다.

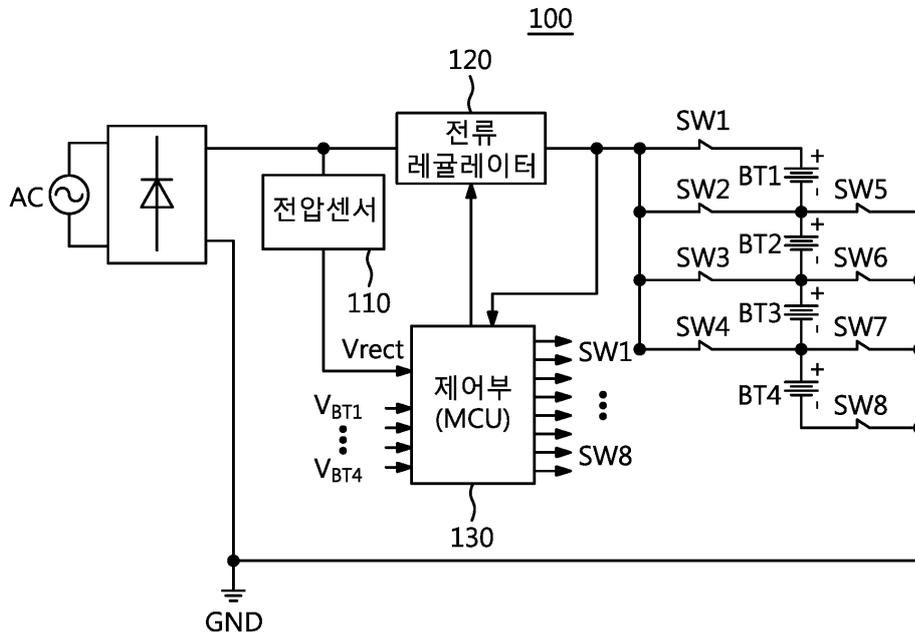
- [0046] 시뮬레이션은 직렬로 연결된 4개의 18650(3.6V/2600mA) 셀로 구성된 배터리 스트링에 대해 상용 회로시뮬레이션 소프트웨어인 PSIM에서 구현하였다. 그리고 시뮬레이션 시간의 단축과 검증의 편의성을 위해 배터리 용량은 100배 축소되었고, AC 라인 입력 전압도 10배 축소시킨 20V/60Hz로 설정하였다. 만약 라인 입력 전압이 10배 증가하면 충전 가능한 배터리 셀의 개수도 비례하여 증가하게 된다.
- [0047] 시뮬레이션 결과로서 도 4a는 정류 AC 전압과 전체 전류 값을 보인 파형도이다. 시뮬레이션 결과에 따른 파형도가 앞서 설명한 도 2의 이론적인 파형도와 거의 일치하고 있음을 알 수 있다. 즉 하나의 프로세스 주기 동안 3개의 활성화 구간(activation interval)과 4개의 휴식 구간(rest interval)이 존재하며, 제1 내지 제7 구간이 모두 일치하고 있음을 알 수 있다.
- [0048] 도 4b는 제1 내지 제4 배터리 셀(BT1 ~ BT4)의 충전구간을 나타내고 있다. 제3 배터리 셀(BT3)의 충전량이 다른 배터리 셀(BT1, BT2, BT4)보다 적은 경우이다. 이 경우 도 4a와 대응시켜 비교하면, 제2 구간 및 제6 구간에서는 제3 배터리 셀(BT2)만 충전되고, 제4 구간에서는 제1 스위치(SW1)와 제8 스위치(SW8)의 턴-온 동작에 따라 직렬방식으로 모든 배터리 셀(BT1 ~ BT4)이 충전되고 있음을 확인할 수 있다.
- [0049] 도 4c는 시간에 따른 각 배터리 셀들의 충전상태, 즉 SOC 프로파일이다. 도 4c에서 a는 제1 배터리(BT1)의 충전상태, b는 제2 배터리(BT2)의 충전상태, c는 제3 배터리(BT3)의 충전상태, d는 제4 배터리(BT4)의 충전상태를 나타낸다. 이를 보면 본 발명의 충전 프로세스에 따라 충전이 실시되는 경우 제1 내지 제4 배터리 셀들(BT1 ~ BT4)은 약 60초 후에 충전량이 거의 1% 이내로 균등화되고, 이후 충전 프로세스가 끝날 때 완전하게 충전된다.
- [0050] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 정류 AC 전압과 배터리 셀들의 충전정보를 기초로 하여 배터리 셀들을 소정 시간 후에 균등화하면서 충전하고 있음을 알 수 있다.
- [0051] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

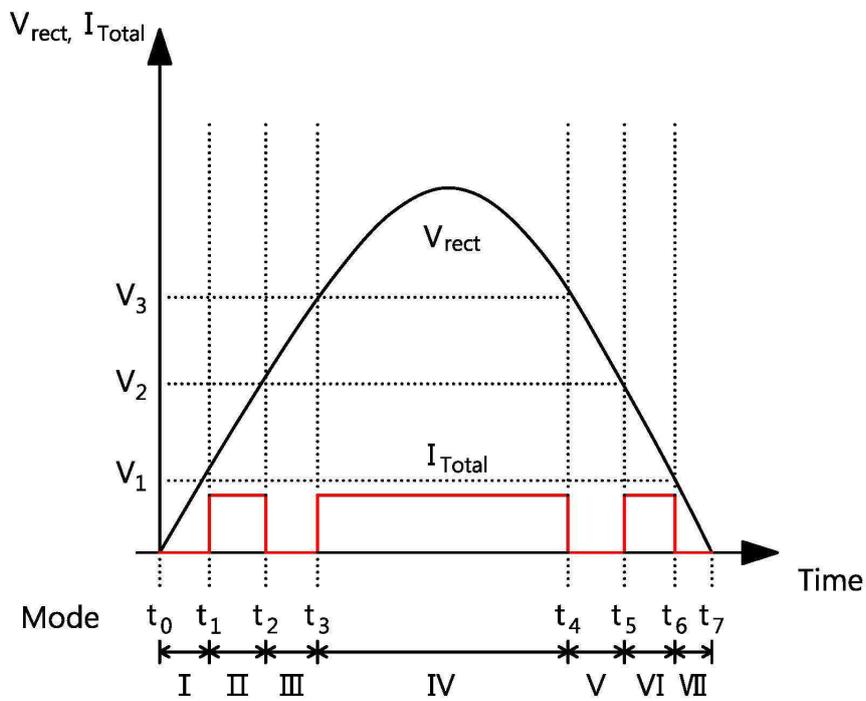
- [0052] 100: 균등화 충전장치
- 110: 전압센서
- 120: 전류 레귤레이터
- 130: 제어부(MCU)

도면

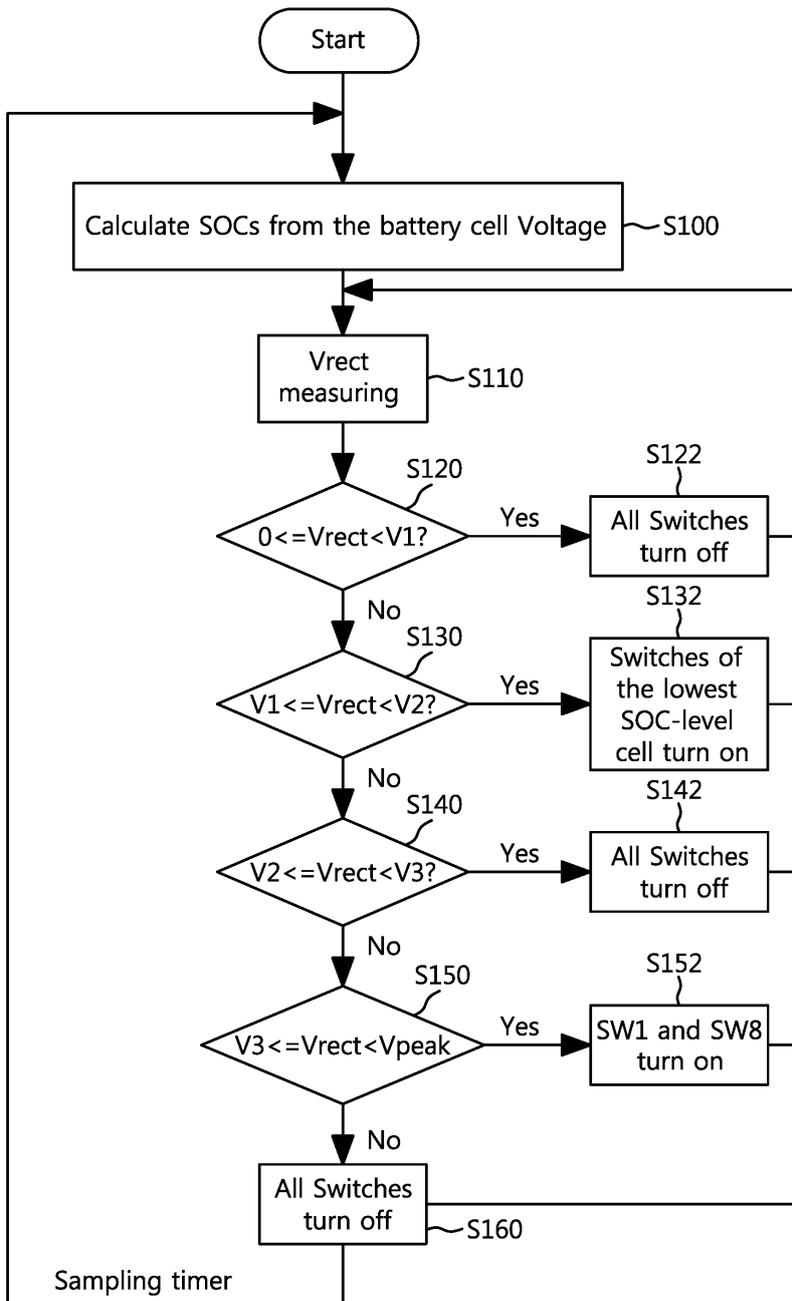
도면1



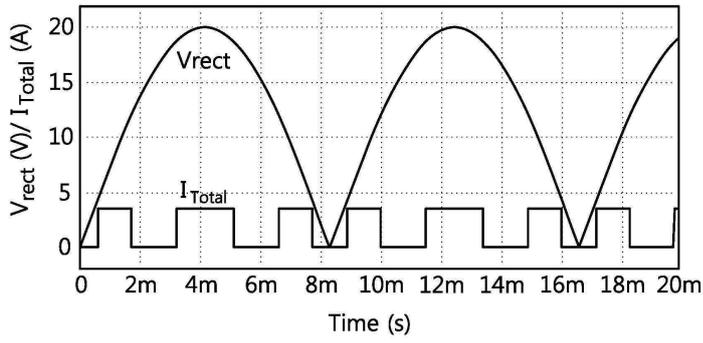
도면2



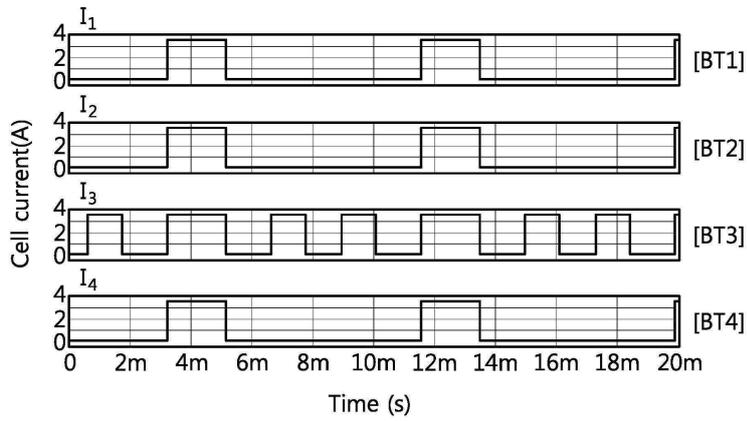
도면3



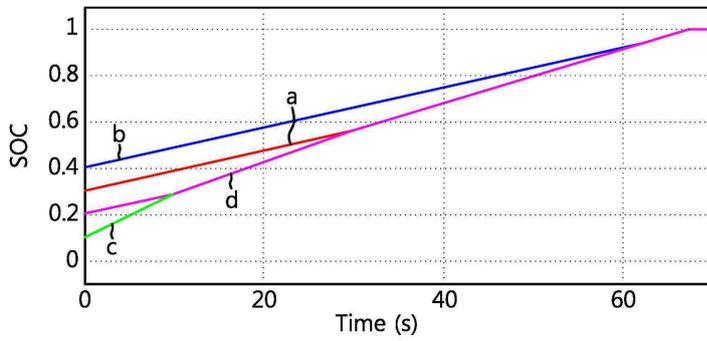
도면4



(a)



(b)



(c)