(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0046795
(43) 공개일자 2023년04월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 7/00 (2006.01) *G01R 19/165* (2006.01)
G01R 31/382 (2019.01) *G08B 21/18* (2006.01)
H01M 10/48 (2021.01)
(52) CPC특허분류
H02J 7/0031 (2013.01)
G01R 19/16542 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0130275
(22) 출원일자 2021년09월30일
심사청구일자 2021년09월30일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)
(72) 발명자
노대석
충청남도 천안시 서북구 봉서산1길 35, 111동 301호(쌍용동, 파크밸리동일하이빌)
김지명
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1636, 명품에덴빌 201호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김민태

전체 청구항 수 : 총 7 항

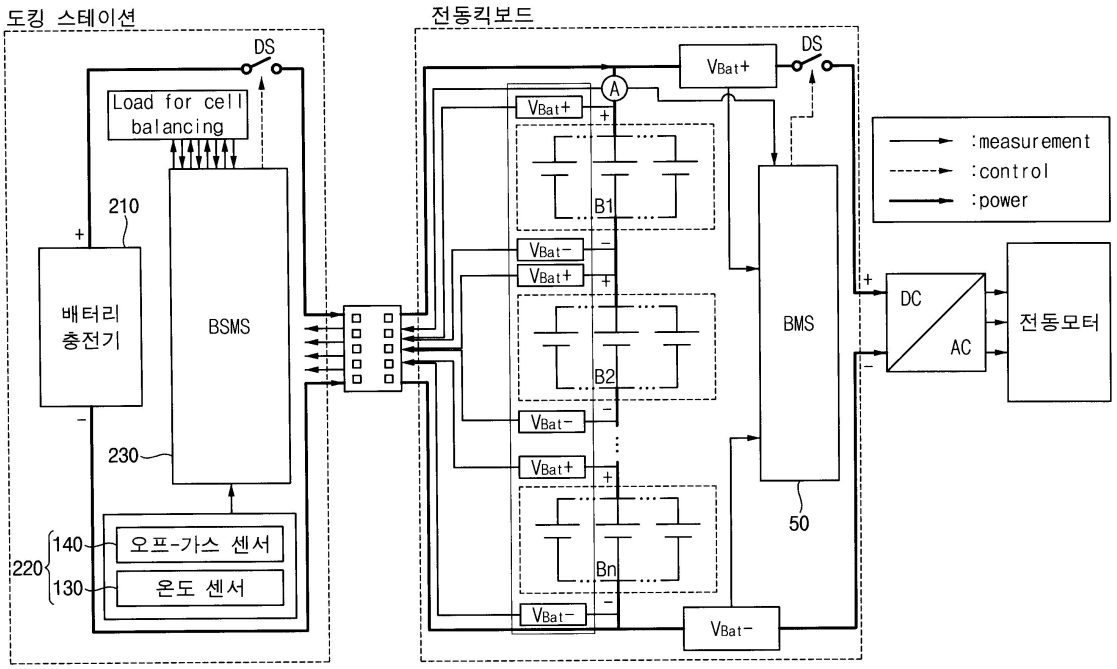
(54) 발명의 명칭 **공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템 및 그 방법**

(57) 요 약

리튬이온배터리에 대한 셀-밸런싱 알고리즘을 통한 셀간 전압 편차를 감소시킴으로써, 저전압 셀이 과충전되는 것을 방지할 수 있는 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템 및 그 방법이 개시된다. 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템은, 충전부, 센싱부 및 감시제어부를 포함한다. 상기 충전부는 전동 모터의 사양에

(뒷면에 계속)

대 표 도



따라 복수의 배터리 셀들의 직/병렬 조합으로 구성된 전동킥보드용 리튬이온배터리에 전하를 충전한다. 상기 센싱부는 상기 리튬이온배터리의 충전 전압을 검출하는 전압 센서, 상기 리튬이온배터리의 충전 전류를 검출하는 전류 센서, 상기 리튬이온배터리의 온도를 검출하는 온도 센서 및 상기 리튬이온배터리의 오프-가스를 검출하는 오프-가스 센서를 포함한다. 상기 감시제어부는 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘, 셀-밸런싱 알고리즘, 및 오프-가스 검출 알고리즘으로 구성된 운영 알고리즘을 통해 충전 및 휴지 기간 중 상기 전동킥보드용 리튬이온배터리의 보호기능을 수행하되, 상기 센싱부에 의해 측정된 센싱 데이터를 바탕으로 오프-가스 또는 셀프-에너지 밸런싱 전류가 감지되어 화재가 발생할 위험이 있다고 판단될 경우, 상기 배터리 셀간 병렬 연결을 분리하는 개폐장치를 동작시켜 회로를 차단한다.

(52) CPC특허분류

G01R 31/382 (2019.01)
G08B 21/182 (2013.01)
H01M 10/482 (2021.01)
H01M 10/486 (2021.01)
H02J 7/0014 (2013.01)
H02J 7/00302 (2020.01)

(72) 발명자

최성문

충청북도 청주시 서원구 1순환로633번길 51-1(사창동)

김경화

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1634-15, 3동 402호

정희철

경기도 평택시 비전3로 76, 101동 804호(비전동, 우미린센트럴파크)

김동근

충청북도 청주시 흥덕구 옥산면 덕촌덕절길 48-37

김동현

경기도 수원시 권선구 금곡로 20, 610동 1201호(금곡동, Y CITY(와이시티))

황현석

경기도 용인시 기흥구 덕영대로2077번길 33, 110동 1401호(영덕동, 용인기흥효성해링턴플레이스)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345332573
과제번호	LINCPLUS-2021-18
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	산학연협력고도화지원(R&D)
연구과제명	사회맞춤형산학협력선도대학(LINC+)육성(0.5)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국기술교육대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

전동 모터의 사양에 따라 복수의 배터리 셀들의 직/병렬 조합으로 구성된 전동킥보드용 리튬이온배터리에 전하를 충전하는 충전부;

상기 리튬이온배터리의 충전 전압을 검출하는 전압 센서, 상기 리튬이온배터리의 충전 전류를 검출하는 전류 센서, 상기 리튬이온배터리의 온도를 검출하는 온도 센서 및 상기 리튬이온배터리의 오프-가스를 검출하는 오프-가스 센서를 포함하는 센싱부; 및

셀프-에너지 밸런싱 알고리즘, 셀-밸런싱 알고리즘, 및 오프-가스 검출 알고리즘으로 구성된 운영 알고리즘을 통해 충전 및 휴지 기간 중 상기 전동킥보드용 리튬이온배터리의 보호기능을 수행하되, 상기 센싱부에 의해 측정된 센싱 데이터를 바탕으로 오프-가스 또는 셀프-에너지 밸런싱 전류가 감지되어 화재가 발생할 위험이 있다고 판단될 경우, 상기 배터리 셀간 병렬 연결을 분리하는 개폐장치를 동작시켜 회로를 차단하는 감시제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 감시제어부는,

상기 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘을 통해 각 배터리 셀의 전압, 전류, 온도를 측정하여 배터리 셀의 상태가 정상범위에 있는지 판단하고, 배터리 셀의 상태가 비정상이거나 셀프-에너지 밸런싱 전류가 설정치를 초과하는 경우, 배터리 셀간 병렬 연결을 분리하는 개폐장치를 동작시키는 것을 특징으로 하는 특징으로 하는 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 감시제어부는,

상기 셀프-에너지 밸런싱 전류가 설정치 미만인 경우, 배터리 셀의 전압 편차가 기준치를 초과하는지를 판단하고, 배터리 셀의 전압 편차가 기준치를 초과하면 상기 셀-밸런싱 알고리즘을 통해 배터리 셀 간 전압편차를 최소화하는 것을 특징으로 하는 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 감시제어부는,

상기 오프-가스 검출 알고리즘을 통해 오프-가스가 검출되고 리튬이온배터리의 온도가 설정값에 도달하는 경우, 회로를 차단하여 화재가 발생하는 것을 방지하는 것을 특징으로 하는 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템.

청구항 5

전동킥보드용 리튬이온배터리를 구성하는 각 셀들에 대해 셀 전압 및 전류를 측정하고, 각 운용 모드를 k로 지정하는 제1 단계;

k=1인 셀-밸런싱 운용 모드인 경우, 측정된 최소 셀전압(Vmin)을 셀-밸런싱 기준전압으로 상정하고, n번 셀의 단자전압(Vcelln)과 최소전압(Vmin)의 차전압(ΔVn)를 제조사에서 제공되는 셀간 허용전압차(Vallow)와 비교하는 제2 단계;

상기 차전압(ΔVn)이 상기 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 큰 경우, 셀-밸런싱에 필요한 방전용량을 산정하여 셀-밸런싱을 수행한 후, 상기 차전압(ΔVn)을 다시 산정하고 셀간 허용전압차(Vallow)와의 비교를 통하여 상기 셀간 허용전압차(Vallow) 이내로 밸런싱되었는지 확인하는 제3 단계;

재산정한 상기 차전압(ΔVn)이 상기 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 큰 경우 셀-밸런싱을 다시 수행하고, 상기

차전압(ΔVn)이 상기 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 작은 경우, 다음 셀에 대한 셀-밸런싱을 수행하고, n이 최대값에 도달하면 제1 단계로 피드백하여 다음 운용 모드로 진행하는 제4 단계;

k=2인 오프-가스 검출 운용 모드인 경우, 오프-가스 센서, 유사 가스 센서 및 온도 센서에 대하여 작동 여부를 확인하되, 상기 오프-가스 센서가 작동하면 상기 유사 오프-가스 센서를 통하여 검출된 가스가 리튬이온배터리에서 발생한 오프-가스가 맞는지 확인하고, 배터리 셀의 온도가 허용값을 초과할 경우 충전 회로를 차단하고 공유형 전동킥보드 관리자에게 알리고 다음 운용 모드로 진행하는 제5 단계; 및

k=3인 셀프-에너지 밸런싱 운용 모드인 경우, 배터리 안전 운영 시스템(Battery Safety Management System, BSMS)의 동작상태를 확인하고, 휴지상태일 경우, 각 배터리 셀들의 전압 및 전류를 측정하여, 셀프-에너지 밸런싱 전류의 크기(In)를 허용값(Iref)과 비교하는 제6 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제2 단계에서, 상기 차전압(ΔVn)이 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 작은 경우, 셀간 충전상태(state of charge, SOC) 및 단자전압 편차가 비교적 작으므로, 다음 셀에 대한 셀-밸런싱을 수행하는 것을 특징으로 하는 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 제6 단계에서, 상기 셀프-에너지 밸런싱 전류의 크기(In)가 허용값(Iref)보다 큰 경우, 상기 셀프-에너지 밸런싱 전류를 차단하기 위하여 셀스위치를 작동하고 관리자에게 알리는 것을 특징으로 하는 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 리튬이온배터리에 대한 셀-밸런싱 알고리즘을 통한 셀간 전압 편차를 감소시킴으로써, 저전압 셀이 과충전되는 것을 방지할 수 있는 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 국내의 전동킥보드를 포함하여 1인용 전동이동장치 시장은 2017년의 8만대 수준에서 2022년엔 20만~30만대의 규모로 증가할 전망이다. 하지만, 전동킥보드에 배터리 운영 시스템(Battery Management System, BMS)가 설치되었음에도 불구하고, 발생한 화재사고 건수는 2018년에 5건, 2019년에 10건, 2020년에 39건으로 매년 늘어나는 추세이고, 그 중 대부분 화재사고는 충전 또는 휴지 기간 중 전동킥보드에 설치된 리튬이온배터리에서 발생한 것이다.

[0003] 하지만, 전동킥보드의 구조적인 측면에서 고성능의 배터리 보호장치를 설치할 공간이 매우 제한적이고 생산단가가 증가하는 문제가 발생하여, 화재사고에 대한 방지기능이 매우 취약한 실정이다. 특히, 공유형 전동킥보드의 경우, 사용 패턴이 일정하지 않고 운전 성향이 다른 다수의 사용자들이 공유하는 특성으로 인하여, 전동킥보드용 리튬이온배터리는 열화가 더 많이 진행될 수 있고, 화재사고에 더 쉽게 노출될 수 있다.

[0004] 한편, 전동킥보드용 배터리팩은 전동 모터의 정격전압에 따라 여러 개의 소용량 원통형 리튬이온배터리를 직렬, 병렬조합으로 구성하고, 이 배터리팩을 보호하고 안전하게 운용하기 위하여 도 1과 같이 전동킥보드의 본체에 BMS가 설치된다.

[0005] 도 1은 일반적인 전동킥보드의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

[0006] 도 1을 참조하면, BMS는 리튬이온배터리의 출력 전압 및 전류를 측정하고, 이를 바탕으로 리튬이온배터리에서 과전압, 과전류, 과방전, 과충전 등과 같은 문제가 발생할 경우, 회로(DS)를 빠르게 차단하여 화재사고가 발생하는 것을 방지한다.

[0007] 하지만, 이러한 BMS가 전동킥보드에 설치되어 있지만, 전동킥보드의 구조적인 측면에서 고성능의 배터리 보호장

치를 설치할 공간이 매우 제한적이고 생산단가가 증가하는 문제가 발생하여, 화재사고에 대한 방지기능이 매우 취약한 실정이다.

[0008] 특히, 공유형 전동킥보드의 경우, 사용 패턴이 일정하지 않고 운전성향이 다른 다수의 사용자들이 공유하는 특성으로 인하여, 전동킥보드용 리튬이온배터리는 열화가 더 많이 진행될 수 있고, 화재사고에 더 쉽게 노출될 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2021-0100233호(2021. 08. 17.)(배터리 충전 관리 시스템 및 충전 관리 방법)

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-2205841호(2021. 01. 15.)(배터리의 상태를 추정하는 방법 및 장치)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 이에 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에 착안한 것으로, 본 발명의 목적은 기존의 전동킥보드용 BMS가 갖고 있는 문제점을 해결하고 배터리에 대한 효과적인 보호 기능을 제공하기 위해, 리튬이온배터리에 대한 셀-밸런싱 알고리즘을 통한 셀간 전압 편차를 감소시킴으로써, 저전압 셀이 과충전되는 것을 방지할 수 있는 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 다른 목적은 상기한 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템을 이용한 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위하여 일실시예에 따른 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템은, 충전부, 센싱부 및 감시제어부를 포함한다. 상기 충전부는 전동 모터의 사양에 따라 복수의 배터리 셀들의 직/병렬 조합으로 구성된 전동킥보드용 리튬이온배터리에 전하를 충전한다. 상기 센싱부는 상기 리튬이온배터리의 충전 전압을 검출하는 전압 센서, 상기 리튬이온배터리의 충전 전류를 검출하는 전류 센서, 상기 리튬이온배터리의 온도를 검출하는 온도 센서 및 상기 리튬이온배터리의 오프-가스를 검출하는 오프-가스 센서를 포함한다. 상기 감시제어부는 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘, 셀-밸런싱 알고리즘, 및 오프-가스 검출 알고리즘으로 구성된 운영 알고리즘을 통해 충전 및 휴지 기간 중 상기 전동킥보드용 리튬이온배터리의 보호기능을 수행하되, 상기 센싱부에 의해 측정된 센싱 데이터를 바탕으로 오프-가스 또는 셀프-에너지 밸런싱 전류가 감지되어 화재가 발생할 위험이 있다고 판단될 경우, 상기 배터리 셀간 병렬 연결을 분리하는 개폐장치를 동작시켜 회로를 차단한다.

[0013] 일실시예에서, 상기 감시제어부는, 상기 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘을 통해 각 배터리 셀의 전압, 전류, 온도를 측정하여 배터리 셀의 상태가 정상범위에 있는지 판단하고, 배터리 셀의 상태가 비정상이거나 셀프-에너지 밸런싱 전류가 설정치를 초과하는 경우, 배터리 셀간 병렬 연결을 분리하는 개폐장치를 동작시킬 수 있다.

[0014] 일실시예에서, 상기 감시제어부는, 상기 셀프-에너지 밸런싱 전류가 설정치 미만인 경우, 배터리 셀의 전압 편차가 기준치를 초과하는지를 판단하고, 배터리 셀의 전압 편차가 기준치를 초과하면 상기 셀-밸런싱 알고리즘을 통해 배터리 셀 간 전압편차를 최소화할 수 있다.

[0015] 일실시예에서, 상기 감시제어부는, 상기 오프-가스 검출 알고리즘을 통해 오프-가스가 검출되고 리튬이온배터리의 온도가 설정값에 도달하는 경우, 회로를 차단하여 화재가 발생하는 것을 방지할 수 있다.

[0016] 상기한 본 발명의 다른 목적을 실현하기 위하여 일실시예에 따른 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 방법은, 전동킥보드용 리튬이온배터리를 구성하는 각 셀들에 대해 셀 전압 및 전류를 측정하고, 각 운용 모드를 k로 지정하는 제1 단계; k=1인 셀-밸런싱 운용 모드인 경우, 측정된 최소 셀전압(Vmin)을 셀-밸런싱 기준전압으로 상정하고, n번 셀의 단자전압(Vcelln)과 최소전압(Vmin)의 차전압(ΔVn)를 제조사에서 제공되는 셀간 허용전압차(Vallow)와 비교하는 제2 단계; 상기 차전압(ΔVn)이 상기 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 큰 경우, 셀-밸런

싱에 필요한 방전용량을 산정하여 셀-밸런싱을 수행한 후, 상기 차전압(ΔVn)을 다시 산정하고 셀간 허용전압차(Vallow)와의 비교를 통하여 상기 셀간 허용전압차(Vallow) 이내로 밸런싱되었는지 확인하는 제3 단계; 재산정한 상기 차전압(ΔVn)이 상기 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 큰 경우 셀-밸런싱을 다시 수행하고, 상기 차전압(ΔVn)이 상기 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 작은 경우, 다음 셀에 대한 셀-밸런싱을 수행하고, n이 최대값에 도달하면 제1 단계로 피드백하여 다음 운용 모드로 진행하는 제4 단계; k=2인 오프-가스 검출 운용 모드인 경우, 오프-가스 센서, 유사 가스 센서 및 온도 센서에 대하여 작동 여부를 확인하되, 상기 오프-가스 센서가 작동하면 상기 유사 오프-가스 센서를 통하여 검출된 가스가 리튬이온배터리에서 발생한 오프-가스가 맞는지 확인하고, 배터리 셀의 온도가 허용값을 초과할 경우 충전 회로를 차단하고 공유형 전동킥보드 관리자에게 알리고 다음 운용 모드로 진행하는 제5 단계; 및 k=3인 셀프-에너지 밸런싱 운용 모드인 경우, 배터리 안전 운영 시스템(Battery Safety Management System, BSMS)의 동작상태를 확인하고, 휴지상태일 경우, 각 배터리 셀들의 전압 및 전류를 측정하여, 셀프-에너지 밸런싱 전류의 크기(In)를 허용값(Iref)과 비교하는 제6 단계를 포함한다.

[0017] 일실시예에서, 상기 제2 단계에서, 상기 차전압(ΔVn)이 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 작은 경우, 셀간 충전상태(state of charge, SOC) 및 단자전압 편차가 비교적 작으므로, 다음 셀에 대한 셀-밸런싱을 수행할 수 있다.

[0018] 일실시예에서, 상기 제6 단계에서, 상기 셀프-에너지 밸런싱 전류의 크기(In)가 허용값(Iref)보다 큰 경우, 상기 셀프-에너지 밸런싱 전류를 차단하기 위하여 셀스위치를 작동하고 관리자에게 알릴 수 있다.

발명의 효과

[0019] 이러한 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템 및 그 방법에 의하면, 리튬이온배터리에 대한 효과적인 보호 기능을 제공하기 위해, 리튬이온배터리에 대한 셀-밸런싱 알고리즘을 통한 셀간 전압 편차를 감소시킴으로써, 저전압 리튬이온배터리 셀이 과충전되는 것을 방지할 수 있다. 또한 유사 가스에 의해 오동작을 일으키지 않고, 오프-가스를 정확하게 검출하여 열폭주의 초기 단계에서 충전 회로를 효과적으로 차단하여 전동킥보드용 리튬이온배터리에서 발생하는 화재사고를 미연에 방지할 수 있다. 또한 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘에 따라 셀프-에너지 밸런싱 전류를 차단하여, 이로 인한 화재가 발생하는 것을 효과적으로 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 일반적인 전동킥보드의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템(Battery Safety Management System, BSMS)을 설명하기 위한 개념도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템(BSMS)을 설명하기 위한 구성도이다.

도 4는 셀프-에너지 밸런싱 현상의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 리튬이온배터리의 열 폭주 매커니즘을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 오프-가스 센서의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 7a, 도 7b, 도 7c 및 도 7d는 BSMS의 전체 동작을 설명하기 위한 흐름도들이다.

도 8은 BSMS 하드웨어 설명하기 위한 구성도이다.

도 9는 BSMS 소프트웨어를 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 오프-가스 검출 시험의 전압 및 전류 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

도 11은 셀-밸런싱 시험에서 셀 전압의 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

도 12는 셀프-에너지 밸런싱 시험에서 전류의 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명을 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포

함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0022] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0023] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0024] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0025] 또한, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0026] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템(Battery Safety Management System, BSMS)을 설명하기 위한 개념도이다.

[0027] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 공유형 전동킥보드의 BSMS는 공유형 전동킥보드용 도킹스테이션에 설치되어, 충전 및 휴지 기간 중 여러 개의 전동킥보드에 대한 감시 기능 및 보호 기능을 동시에 수행한다.

[0028] 또한 공유형 전동킥보드의 BMS는 각 전동킥보드에 설치되어 운행 중 배터리에 대한 보호 기능을 수행하여, 기존의 전동킥보드용 BMS가 갖고 있는 문제점들을 해결하고 배터리에 대한 효과적인 보호 기능을 제공한다.

[0029] 여기서, 리튬이온배터리의 안전성을 강화한 BSMS는, 도 3과 같이, 측정된 전류, 전압, 온도 및 오프-가스 데이터를 바탕으로, 오프-가스 검출 알고리즘, 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘 및 셀-밸런싱 알고리즘으로 구성된 BSMS의 운용 알고리즘을 통하여 충전 및 휴지 기간 중 배터리에 대한 보호를 수행하고, 기존의 BMS는 운행 중 과방전 및 과전류 방지와 같은 배터리 보호 기능을 수행한다.

[0030] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템(BSMS)을 설명하기 위한 구성도이다.

[0031] 도 3을 참조하면, 기존의 BMS(50)는 각 전동킥보드에 설치되어 운행 중 배터리에 대한 보호 기능을 수행한다. 즉, 기존의 BMS(50)는 전류 센서(110)에서 측정된 전류 신호를 근거로 배터리에 과전류가 흐르지 않도록 하여 배터리를 보호하고, 전압 센서(120)에서 측정된 전압 신호를 근거로 배터리에 과충전이 되지 않도록 하여 배터리를 보호한다.

[0032] 또한 본 발명에 따른 BSMS(200)는 공유형 전동킥보드용 도킹스테이션에 설치되어, 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘, 셀-밸런싱 알고리즘, 오프-가스 검출 알고리즘으로 구성된 운영 알고리즘을 통해 충전 및 휴지 기간 중 여러 개의 전동킥보드에 대한 감시 및 보호 기능을 동시에 수행한다. 즉, BSMS(200)는 전류 센서(110)에서 측정된 전류 신호, 전압 센서(120)에서 측정된 전압 신호, 온도 센서(130)에서 측정된 온도 신호, 오프-가스 센서(140)에서 측정된 오프 가스 신호를 근거로 과충전을 방지하고, 과전류, 과전압, 과온도 및 오프-가스의 발생을 차단하여 화재 사고를 방지하고, 휴지기 배터리를 보호하고, 배터리 셀-밸런싱을 한다.

[0033] 또한 본 발명에 따른 BSMS(200)는 배터리 온도가 기준 온도를 초과하는 것으로 체크되면, 충전 프로세스를 종료하고 그럼에도 배터리 온도가 계속 증가하는 것으로 체크되면 경고 시스템(300)을 통해 운영자에게 경고 처리하고 진동킥보드의 접근을 금지시킨다.

[0035] 이하, 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘에 대해서 설명한다.

[0036] 전동킥보드용 리튬이온배터리는 전동 모터의 사양에 따라 여러 개의 배터리 셀들의 직/병렬 조합으로 구성된다. 조합된 배터리 셀들은 운용되거나 시간이 지나면서 서로 상태의 편차가 달라져 도 4와 같은 현상이 발생할 수 있다.

[0037] 도 4는 셀프-에너지 밸런싱 현상의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0038] 도 4를 참조하면, 배터리 셀들 중 일부가 열화되어 고유의 용량이 감소되는 경우, 용량의 여유가 있는 병렬 연결된 다른 배터리 셀들로부터 열화된 배터리 셀로 에너지가 흐르게 되는데, 이러한 현상을 셀프-에너지 밸런싱이라고 정의한다.

[0039] 이것은 직렬 연결된 배터리 셀 간에 나타나는 OCV(open circuit voltage) 편차와는 달리, 병렬로 연결되어 있어 전압에 의한 검출이 어렵기 때문에 일반적인 BMS의 기능으로는 보호가 불가능하다. 특히, 충전을 완료하여 배터리팩의 충전상태(state of charge, SOC)가 높은 경우, 상대적으로 열화된 일부 배터리 셀들이 셀프-에너지 밸런싱 현상에 의해 과충전되어, 전동킥보드의 화재를 유발할 가능성이 있다.

[0040] 따라서, 본 발명에서는 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘에 따라, 각 배터리 셀의 전압, 전류, 온도를 측정하여 배터리 셀의 상태가 정상범위에 있는지 판단하고, 배터리 셀의 상태가 비정상이거나 셀프-에너지 밸런싱 전류가 설정치를 초과하는 경우, 배터리 셀간 병렬 연결을 분리하는 개폐장치를 동작시킨다.

[0041] 한편, 셀프-에너지 밸런싱 전류가 설정치 미만인 경우, 배터리 셀의 전압 편차가 기준치를 초과하는지 판단하고, 이 값을 초과하면 셀-밸런싱을 수행한다.

[0043] 이하, 셀-밸런싱 알고리즘에 대해서 설명한다.

[0044] 공유형 전동킥보드를 장기간 운용할 경우, 전동킥보드용 배터리 셀의 고유 내부저항의 차이에 따라 각 배터리 셀의 내부에서 소모되는 에너지의 양이 다르므로, 각 배터리 셀들의 SOC(state of charge) 및 단자전압에 편차가 발생하게 된다.

[0045] 또한, 배터리팩은 통상적으로 전용 충전기에 의해 CC-CV(Constant Voltage- Constant Current) 방식으로 충전되는데, 여기서 충전기는 배터리팩의 단자전압을 감지하여 충전 상한전압까지 배터리팩을 충전하므로, 배터리팩 내부의 직렬 연결된 각 셀들은 상태 편차에 따라 과충전되거나 적게 충전되어, 전기적 스트레스로 인한 화재발생의 원인이 될 수 있다.

[0046] 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명에서는 배터리 셀 간 전압 편차를 바탕으로 각 배터리 셀에 대한 적정 방전용량을 산정하고, 해당 용량만큼 셀-밸런싱을 수행하여 배터리 셀 간 전압편차를 최소화 하는 셀-밸런싱 알고리즘을 제안한다.

[0047] 구체적으로, 본 발명은 수식 (1)과 같이 리튬이온전지 정격용량($Q_{manu(Ah)}$) 및 셀전압을 이용하여 배터리 셀의 등가 커패시턴스(C_{cell})를 나타내고, 이 식을 적정 방전용량(Q_{CB}) 계산식인 수식 (2)에 대입하여 수식 (3)을 구한다. 한편, 수식 (3)에 리튬이온배터리의 정격용량, 측정된 셀전압 및 셀전압과 기준전압의 편차를 대입하여 셀-밸런싱에 필요한 방전용량(Q_{CB})을 정확하게 산정한다.

[0048] $$C_{cell} = \frac{Q_{(As)}}{V_{cell}} = \frac{3600 \cdot Q_{manu(Ah)}}{V_{cell}} \quad (1)$$

[0049] $$Q_{CB} = C_{cell} \cdot \Delta V_n \quad (2)$$

[0050] $$Q_{CB} = \frac{Q_{manu(Ah)} \cdot \Delta V}{3600 \cdot V_{cell}} \quad (3)$$

[0051] 여기서, C_{cell}은 배터리 셀의 등가 커패시턴스이고, V_{cell}은 측정된 단자 전압이고, $Q_{manu(As)}$는 $A \cdot s$단위의 용량이고, $Q_{manu(Ah)}$는 배터리 제조사에서 제공하는 $A \cdot h$단위의 정격용량이고, ΔV는 측정된 최소전압과 셀밸런싱을 수행하는 셀의 단자전압의 차이고, Q_{CB}는 셀밸런싱에 필요한 방전용량이다.

[0053] 이하, 오프-가스 검출 알고리즘에 대해서 설명한다.

[0054] 리튬이온배터리에서 발생하는 열폭주의 발생 메커니즘은 일반적으로 도 5와 같이 3개의 단계로 나타낼 수 있다.

[0055] 도 5는 리튬이온배터리의 열 폭주 매커니즘을 설명하기 위한 도면이다.

[0056] 도 5를 참조하면, 1단계(STAGE 1)에서 대표적인 현상은 리튬이온배터리가 지속적인 전기적 스트레스에 노출될 경우, 배터리 셀 내부온도의 상승으로 인하여 전해질이 기화되어 오프-가스가 발생한다. 1단계에서는 이러한 오프-가스를 조기에 검출하여 회로차단과 같은 전기적인 방식으로 리튬이온배터리에서의 화재가 2단계로 악화되는 것을 방지할 수 있다.

[0057] 2단계(STAGE 2)에서는 배터리 셀 내부온도의 급격한 상승과 함께 분리막이 파괴되고 양극재가 분해되면서 산소가 발생하므로, 전기적인 조치뿐만 아니라 강제적으로 온도를 낮추는 소방 조치도 동반하여야 마지막 단계인 열폭주로 이어지는 것을 방지할 수 있다.

[0058] 3단계(STAGE 3)에서 리튬이온배터리는 자체적으로 발생시키는 열과 산소로 인하여 일반적인 소화장비로는 소화시킬 수 없다.

[0059] 따라서, 추가적인 소방조치가 필요한 2단계(STAGE 2)나 화재를 막을 수 없는 3단계(STAGE 3)로 이어지는 것을 방지하기 위하여, 1단계(STAGE 1)에서 발생하는 오프-가스를 조기에 검출하여 회로를 차단하는 것이 가장 효과적이다.

[0060] 하지만, 외부에서 유입된 유사 가스로 인한 BSMS의 오작동으로 인하여, 공유형 전동킥보드를 운용함에 있어서 문제점이 발생할 수 있다.

[0061] 따라서, 본 발명에서는 오프-가스를 정확하고 효과적으로 검출하기 위하여, 도 6에 도시된 바와 같이, 오프-가스 센서를 배터리팩에 설치한다.

[0062] 도 6은 오프-가스 센서의 배치를 설명하기 위한 구성도이다.

[0063] 도 6을 참조하면, 전동킥보드 하우징(30) 내에는 배터리팩(40)과 BMS(50)가 배치되고, 온도 센서(130), 오프-가스 센서(140) 및 유사 가스 센서(150)는 전동킥보드 하우징과 BSMS(200) 사이에 배치된다.

[0064] 이에 따라, 외부에서 유입되는 유사 가스로부터의 영향을 최소화하고, 유사 가스 센서(150)는 전동킥보드함과 배터리팩(40) 사이에 설치하여 오프-가스 센서(140)의 검출결과에 대하여 정확도를 향상시킨다. 또한, 열폭주의 2단계(STAGE 2)에 가까워지면 리튬이온배터리의 온도상승이 확연하게 나타나므로, 오프-가스가 검출되고 리튬이온배터리의 온도가 설정값에 도달하는 경우, 오프-가스 검출 알고리즘에 따라 회로를 차단하여 화재가 발생하는 것을 미연에 방지한다.

[0066] 이하, 전동킥보드용 리튬이온배터리에 대한 BSMS의 운용 알고리즘에 대해서 설명한다.

[0067] 상기한 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘, 셀-밸런싱 알고리즘, 오프-가스 검출 알고리즘을 바탕으로 전동킥보드용 리튬이온배터리에 대한 BSMS의 운용 알고리즘을 설명한다.

[0068] 도 7a, 도 7b, 도 7c 및 도 7d는 BSMS의 전체 동작을 설명하기 위한 흐름도들이다.

[0069] 도 7a, 도 7b, 도 7c 및 도 7d를 참조하면, 전동킥보드의 리튬이온배터리의 각 셀 전압 및 전류를 측정한다(단계 S100).

[0070] 이어, 각 셀을 넘버링하고, 초기값 n을 1로 설정한 후(단계 S102), 운용 모드 k를 설정한다(단계 S104). 여기서, k=1은 셀-밸런싱 운용 모드를 나타내고, k=2는 오프-가스 검출 운용 모드를 나타내며, k=3는 셀프-에너지 밸런싱 운용 모드를 나타낸다.

[0071] 이어, 설정된 운용 모드로 k=1인지를 체크한다(단계 S106).

[0072] 단계 S106에서, 설정된 운용 모드로 k=1로 설정된 것으로 체크되면, 즉 설정된 운용 모드가 셀-밸런싱으로 체크되면, 측정된 최소 셀전압(Vmin)을 셀-밸런싱 기준전압으로 상정하고(단계 S108), n번 셀의 단자전압(Vcell,n)과 최소 셀전압(Vmin)을 비교하고, n번 셀의 단자전압(Vcell,n)과 최소 셀 전압(Vmin)의 전압차(ΔVn)를 상정한다(단계 S110).

[0073] 이어, 상기한 전압차(ΔVn)가 제조사에서 제공하는 셀간 허용전압차(Vallow)보다 작은지의 여부를 비교한다(단계 S112).

[0074] 상기한 전압차(ΔVn)가 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 작은 것으로 체크되면, 셀-밸런싱에 필요한 방전용량을 상술된 수식 (3)을 이용하여 상정한다(단계 S114).

[0075] 이어, $Q_{CB} = \int_0^{tend} I(t)dt$ 를 만족하는 시간(tend) 동안 리튬이온배터리를 방전하여 셀-밸런싱을 수행한다(단계 S116).

[0076] 상기한 셀-밸런싱을 수행 후 n번 셀의 단자전압(Vcell,n)과 최소 셀전압(Vmin)의 전압차(ΔVn)를 상정한다(단계 S118).

[0077] 이어, 상기한 전압차(ΔVn)가 제조사에서 제공하는 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 작은지의 여부를 비교한다(단계 S120).

[0078] 단계 S120에서 전압차(ΔVn)가 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 작지 않은 것으로 체크되면 단계 S110으로 피드백하고, 전압차(ΔVn)가 셀간 허용전압차(Vallow) 보다 작은 것으로 체크되면 n이 최대인지를 체크한다(단계 S122).

[0079] 단계 S122에서, n이 최대가 아닌 것으로 체크되면 n에 1을 더한 후(단계 S124) 단계 S108로 피드백한다.

[0080] 단계 S122에서, n이 최대인 것으로 체크되면 k가 최대인지를 체크한다(단계 S126).

[0081] 단계 S126에서 k가 최대인 것으로 체크되면 종료하고, k가 최대가 아닌 것으로 체크되면 k에 1을 더한 후(단계 S128), 단계 S100으로 피드백한다.

[0082] 한편, 단계 S106에서, 설정된 운용 모드로 k=1로 설정된 것으로 체크되지 않으면, 설정된 운용 모드로 k=2인지를 체크한다(단계 S130).

[0083] 단계 S130에서 운용 모드가 k=2로 설정된 것으로 체크되면, 즉 설정된 운용 모드가 오프-가스 검출로 체크되면, 오프-가스가 검출되는지의 여부를 체크한다(단계 S132).

[0084] 단계 S132에서 오프-가스가 검출되는 것으로 체크되면, 관련없는 가스가 검출되는지의 여부를 체크한다(단계 S134).

[0085] 단계 S134에서 관련없는 가스가 검출되지 않은 것으로 체크되면, 배터리 온도(T_B)를 측정하고 동작 온도(T_{op})의 상한과 비교한다(단계 136).

[0086] 이어, 배터리 온도(T_B)가 기준 온도(Tref) 보다 큰지의 여부를 체크한다(단계 S138).

[0087] 단계 S138에서 배터리 온도(T_B)가 기준 온도(Tref) 보다 큰 것으로 체크되지 않으면 단계 S132로 피드백하고, 배터리 온도(T_B)가 기준 온도(Tref) 보다 큰 것으로 체크되면, 충전 프로세서를 종료하고 배터리 온도(T_B)가 계속 증가하는지를 확인한다(단계 S140).

[0088] 이어, 운영자에게 경고 처리하고 전동킥보드의 접근을 금지한다(단계 S142).

[0089] 한편, 단계 S130에서, 설정된 운용 모드로 k=2로 설정된 것으로 체크되지 않으면, 설정된 운용 모드로 k=3인지를 체크한다(단계 S144).

[0090] 단계 S144에서 운용 모드가 k=3으로 설정된 것으로 체크되지 않으면 단계 S126으로 피드백하고, 운용 모드가 k=3으로 설정된 것으로 체크되면, 즉 설정된 운용 모드가 셀프-에너지 밸런싱 운용 모드로 체크되면, BSMS의 상태를 확인한다(단계 S146).

[0091] 이어, 전동킥보드의 리튬이온배터리의 각 셀 전압 및 전류를 측정한다(단계 S148).

[0092] 이어, 셀프-에너지 밸런싱 전류(In)와 기준 전류(Iref)을 비교한다(단계 S150).

[0093] 이어, 셀프-에너지 밸런싱 전류(In)가 기준 전류(Iref) 보다 큰지의 여부를 체크하여(단계 S152), 셀프-에너지 밸런싱 전류(In)가 기준 전류(Iref) 보다 크지 않은 것으로 체크되면 n값을 1 증가시킨 후(단계 S154) 단계 S148로 피드백한다.

[0094] 단계 S152에서 셀프-에너지 밸런싱 전류(In)가 기준 전류(Iref) 보다 큰 것으로 체크되면, 셀프-에너지 밸런싱 회로를 차단하기 위해 셀 스위치를 트리거한다(단계 S156).

[0095] 이어, n이 최대값인지의 여부를 체크하여(단계 S158), n이 최대값이 아닌 것으로 체크되면 단계 S154로 피드백하고, n이 최대값인 것으로 체크되면 단계 S142로 피드백한다.

[0096] 도 8은 공유형 전동킥보드용 BSMS 장치의 하드웨어를 설명하기 위한 구성도이다.

[0097] 도 8을 참조하면, 공유형 전동킥보드의 배터리 안전 운영 시스템은 충전부(210), 센싱부(220) 및 감시제어부(230)를 포함하고, 공유형 전동킥보드용 도킹스테이션에 설치되어, 충전 및 휴지 기간 중 여러 개의 전동킥보드에 대한 감시 및 보호 기능을 동시에 수행하고, 각 전동킥보드에 설치된 기존의 BMS(50)는 운행 중 배터리에 대한 보호 기능을 수행한다.

[0098] 충전부(210)는 전동 모터의 사양에 따라 복수의 배터리 셀들의 직/병렬 조합으로 구성된 전동킥보드용 리튬이온배터리에 전하를 충전한다.

[0099] 센싱부(220)는 상기 리튬이온배터리의 충전 전압을 검출하는 전압 센서(미도시), 상기 리튬이온배터리의 충전 전류를 검출하는 전류 센서(미도시), 상기 리튬이온배터리의 온도를 검출하는 온도 센서(130), 상기 리튬이온배터리의 오프-가스를 검출하는 오프-가스 센서(140) 및 유사 가스 센서 등을 포함하고, 센싱 데이터를 측정하고, 측정된 센싱 데이터를 감시제어부(230)에 제공한다.

[0100] 감시제어부(230)는 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘, 셀-밸런싱 알고리즘, 및 오프-가스 검출 알고리즘으로 구성된 운영 알고리즘을 통해 충전 및 휴지 기간 중 상기 전동킥보드용 리튬이온배터리의 보호기능을 수행하되, 센싱부(220)에 의해 측정된 센싱 데이터를 바탕으로 오프-가스 또는 셀프-에너지 밸런싱 전류가 감지되어 화재가 발생할 위험이 있다고 판단될 경우, 상기 배터리 셀간 병렬 연결을 분리하는 개폐장치(DS)를 동작시켜 회로를 차단한다.

[0101] 본 발명에서, 상기 감시제어부(230)는 상기 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘을 통해 각 배터리 셀의 전압, 전류, 온도를 측정하여 배터리 셀의 상태가 정상범위에 있는지 판단하고, 배터리 셀의 상태가 비정상이거나 셀프-에너지 밸런싱 전류가 설정치를 초과하는 경우, 배터리 셀간 병렬 연결을 분리하는 개폐장치를 동작시킨다.

[0102] 또한 상기 감시제어부(230)는 상기 셀프-에너지 밸런싱 전류가 설정치 미만인 경우, 배터리 셀의 전압 편차가 기준치를 초과하는지를 판단하고, 배터리 셀의 전압 편차가 기준치를 초과하면 상기 셀-밸런싱 알고리즘을 통해 배터리 셀 간 전압편차를 최소화한다.

[0103] 또한 상기 감시제어부(230)는 상기 오프-가스 검출 알고리즘을 통해 오프-가스가 검출되고 리튬이온배터리의 온도가 설정값에 도달하는 경우, 회로를 차단하여 화재가 발생하는 것을 방지한다.

[0104] 리튬이온배터리에 대한 감시제어 기능을 수행하기 위하여, 공유형 전동킥보드용 BSMS의 소프트웨어를 도 9와 같이 Autobase S/W를 이용하여 구현한다.

[0105] 도 9는 BSMS 소프트웨어를 설명하기 위한 도면이다.

[0106] 도 9를 참조하면, BSMS의 소프트웨어는 화면을 통해 각 공유형 전동킥보드의 충전상태, 배터리 셀의 최고전압 및 최저전압을 표시한다.

[0107] 또한 오프-가스의 감지 또는 셀프-에너지 밸런싱이 발생할 경우, 또는 셀프-에너지 밸런싱을 수행할 경우에 대하여 경고등을 통하여 관리자에게 알려준다.

[0108] 상기한 BSMS 운용 알고리즘을 바탕으로 구현한 BSMS 장치의 성능을 평가하기 위하여, 본 발명에서는 표 1과 같이 1.5년 동안 1,030[km]를 주행한 전동킥보드를 대상으로 BSMS 장치의 운용특성을 분석한다.

[0109] [표 1]

items		contents
battery spec.	type	Li-ion battery
	connection	10S × 5P
	capacity	10.4 [Ah]
	rated voltage	36 [V]
motor spec.		700W-BLDC hub motor
milage range per full charging		maximum 40 [km]
years of use		1.5 [years]
mileage		1,030 [km]

[0110]

[0111] 여기서, 전동킥보드용 리튬이온배터리는 10직렬, 5병렬로 구성되고, 전체 용량은 10.4[Ah]이며, 정격전압은 36[V]이다. 또한, 오프-가스 검출 시험을 수행하기 위하여, 실제로 배터리에 화재를 발생시키는 것은 어려운 실정이므로, 본 발명에서는 열폭주의 초기단계에서 전해질이 기화하여 발생하는 오프-가스를 전해액 성분의 기체로 모의하고, 유사 가스는 알코올 성분의 기체로 모의하여, BSMS의 오프-가스검출 알고리즘의 성능을 평가한다.

[0112] 한편, 셀프-에너지 밸런싱 시험에서는 정상 셀과 열화셀을 완전히 방전하고, 일정 시간(30분)의 휴지시간 이후 CC-CV 충전 방식으로, 0.2C-rate로 충전한다. 또한, 해당 전동킥보드 배터리팩에서 전압편차가 발생한 3개의 배터리 셀을 선정하여, BSMS의 셀-밸런싱 기능에 대한 평가를 수행한다.

[0113] 상기한 시험조건을 바탕으로 전동킥보드용 리튬이온배터리에 대한 오프-가스 검출 시험을 수행한다.

[0114] 도 10은 오프-가스 검출 시험의 전압 및 전류 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

[0115] 도 10을 참조하면, 전동킥보드용 리튬이온배터리에 대한 오프-가스(off-gas) 검출 시험을 수행한 결과, 유사 가스(irrelavent gas)가 감지될 경우, 충전이 정상적으로 진행되지만, 오프-가스가 감지됨에 따라 모든 배터리 셀의 전압은 즉시 개방전압으로 나타나고, 전동킥보드용 리튬이온배터리의 충전전류는 1.6[A]에서 0[A]로 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0116] 따라서, 본 발명에서 제안한 BSMS가 유사 가스에 의해 오동작을 일으키지 않고, 오프-가스를 정확하게 검출하여 열폭주의 초기 단계에서 충전 회로를 효과적으로 차단하여 전동킥보드용 리튬이온배터리에서 발생하는 화재사고를 미연에 방지할 수 있음을 알 수 있다.

[0117] 한편, BSMS의 셀-밸런싱 알고리즘에 대한 성능 평가를 수행한 결과를 나타내면 도 11과 같다.

[0118] 도 11은 셀-밸런싱 시험에서 셀 전압의 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

[0119] 도 11을 참조하면, 충전완료 후 휴지 기간을 거친 배터리 셀들의 전압을 측정한 결과, 배터리 셀 1(Cell 1)의 전압은 3.675[V]로 제일 낮으므로, 셀-밸런싱 기준전압으로 상정한다.

[0120] 배터리 셀 2(Cell 2)의 전압은 3.672[V]로 측정되어, 기준전압과의 편차가 0.141[V]로 발생하는 것을 알 수 있고, 배터리 셀 3(Cell 3)의 전압은 4.014[V]로 측정되어 기준전압과의 편차가 0.339[V]로 나타나는 것을 알 수 있다.

[0121] 이러한 셀간 전압편차를 해소하기 위하여, 배터리 셀 2(Cell 2)와 배터리 셀 3(Cell 3)에 대한 셀-밸런싱을 수행한 결과, 배터리 셀 2(Cell 2)의 전압은 3.672V로 측정되어 기준전압과의 편차가 0.003V로 감소하고, 배터리 셀 3(Cell 3)의 전압은 3.679V로 측정되어 기준전압과의 편차는 0.004V로 감소하여 제조사에서 제공하는 셀간 허용전압편차의 범위(0.1[V]) 이내로 밸런싱이 이루어짐을 알 수 있다.

[0122] 따라서, 본 발명에서 제안한 BSMS는 셀-밸런싱 알고리즘에 따라 셀간 전압편차를 최소화하여, 전압편차가 발생한 셀에서 과충전으로 인한 화재사고가 발생하는 것을 방지할 수 있음을 알 수 있다.

[0123] 한편, 셀프-에너지 밸런싱 시험 결과는 도 12와 같이 나타낼 수 있다.

[0124] 도 12는 셀프-에너지 밸런싱 시험에서 전류의 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

[0125] 도 12를 참조하면, 커브1(Curve 1)은 셀프-에너지 밸런싱이 차단되지 않을 경우의 전류특성을 나타낸 것으로서, 셀프-에너지 밸런싱 전류가 열화된 셀로 천천히 감소하며 지속적으로 흐르는 것을 알 수 있다.

[0126] 하지만, 열화된 셀로 흐르는 셀프-에너지 밸런싱 전류가 상정한 기준 값 0.1[A]보다 큰 값(0.16[A])으로 측정될

경우, BSMS는 열화된 셀을 즉시 차단하여 해당 셀로 전류가 흐르지 않는 것을 확인할 수 있다.

[0127] 따라서, 본 발명에서 제안한 BSMS는 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘에 따라 셀프-에너지 밸런싱 전류를 차단하여, 이로 인한 화재가 발생하는 것을 효과적으로 방지함을 알 수 있다.

[0128] 이상에서 설명된 바와 같이, 본 발명에 따르면 BSMS를 공유형 전동킥보드용 도킹스테이션에 설치하여, 충전 및 휴지 기간 중 여러 개의 전동킥보드에 대한 감시 및 보호 기능을 동시에 수행하고, 각 전동킥보드에 설치된 기존의 BMS는 운행 중 배터리에 대한 보호 기능을 수행한다.

[0129] 또한, 배터리 셀간 전압 차이가 감지될 경우, 셀-밸런싱 알고리즘을 통하여 셀간 전압차를 제조사에서 제공되는 셀간 허용전압차 이내로 감소시킴으로써, 전압이 낮은 셀이 과충전되는 것을 방지할 수 있다.

[0130] 또한, BSMS는 셀프-에너지 밸런싱 알고리즘에 따라 셀프-에너지 밸런싱 전류를 차단하여, 이로 인한 화재가 발생하는 것을 효과적으로 방지함을 알 수 있다.

[0131] 또한, BSMS의 오프-가스 검출 알고리즘은 외기로부터 유입된 유사 오프-가스로부터 리튬이온배터리에서 발생하는 오프-가스를 정확하게 판단하고, 오프-가스가 검출되었을 경우, 충전 회로를 즉시 차단하여 열폭주가 발생하는 것을 방지할 수 있다.

[0132] 이상에서는 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0133] 50 : BMS 110 : 전류 센서

120 : 전압 센서 130 : 온도 센서

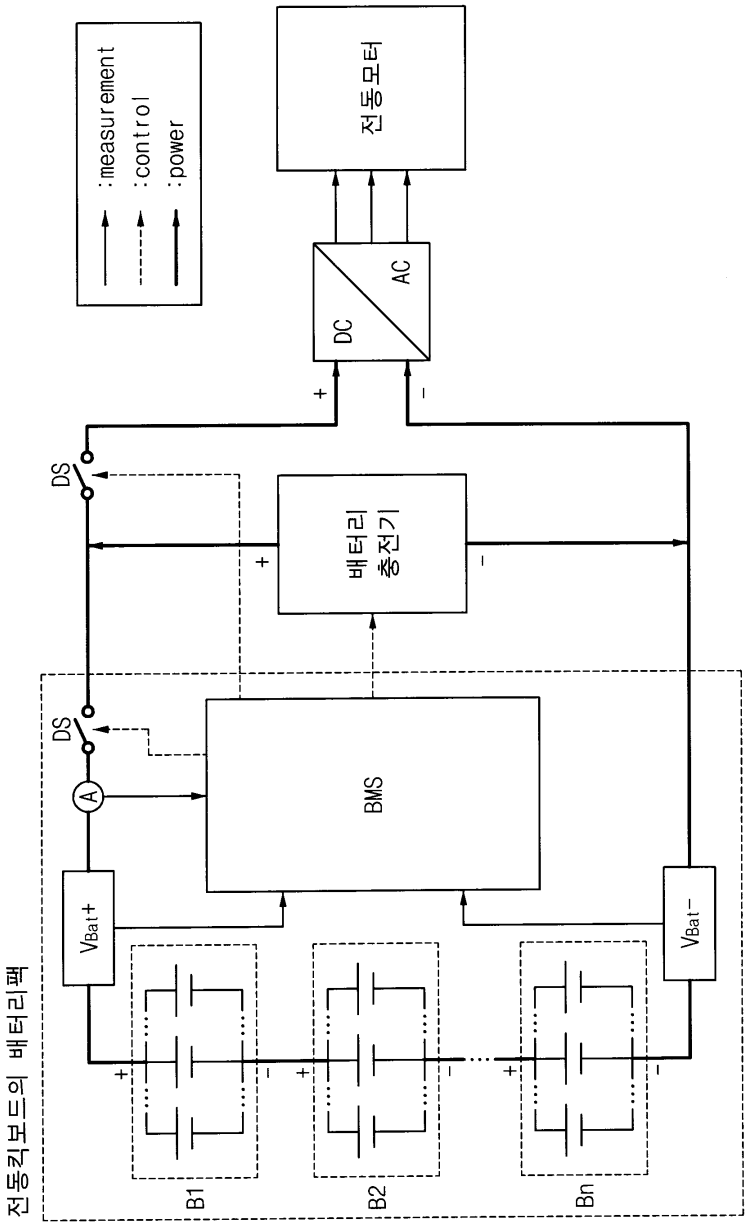
140 : 오프-가스 센서 200 : BSMS

210 : 충전부 220 : 센싱부

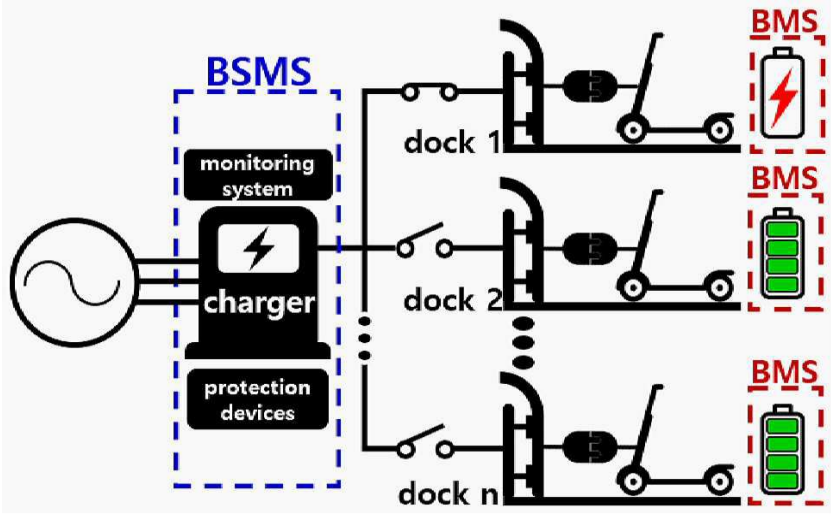
230 : 감시제어부 300 : 경고 시스템

도면

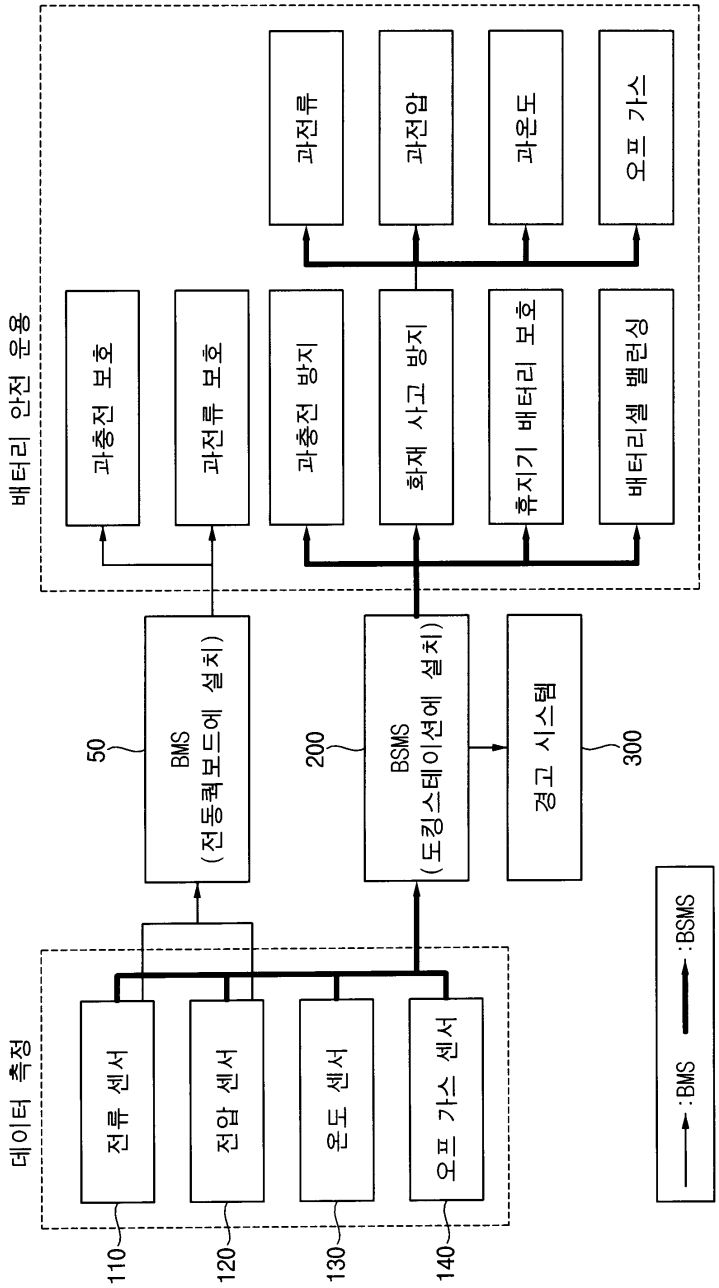
도면1


:measurement
:control
:power
전동모터
DC
AC
+
-
DS
배터리
충전기
+
-
DS
A
BMS
VBat+
VBat-
전동킥보드의 배터리팩
+
-
+
-
+
-
B1
B2
Bn

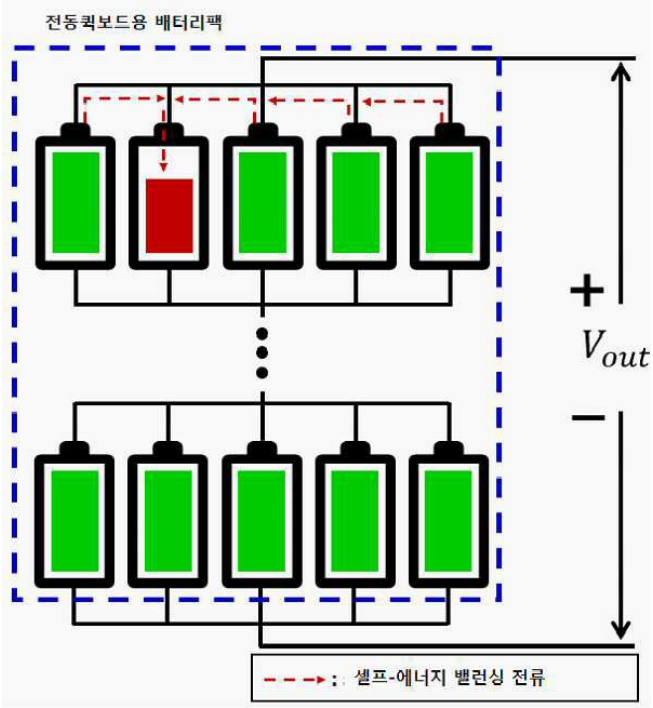
도면2


BSMS
monitoring system
charger
protection devices
dock 1
dock 2
dock n
BMS
BMS
BMS

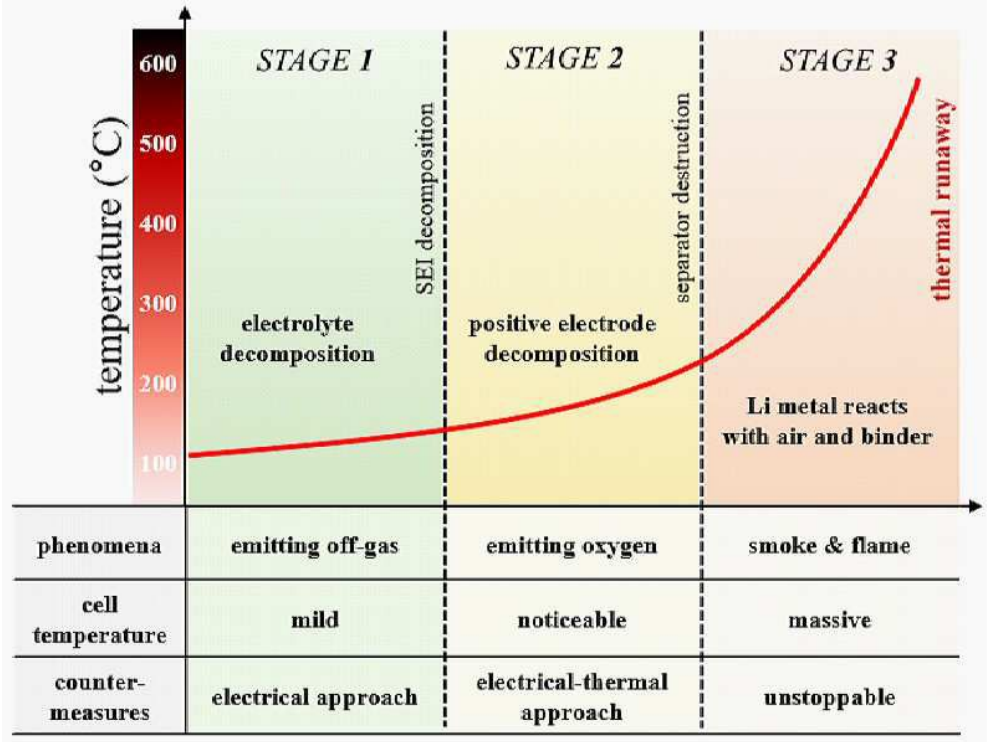
도면3


배터리 안전 운용
과충전 보호
과전류 보호
과충전 방지
화재 사고 방지
휴지기 배터리 보호
배터리셀 밸런싱
과전류
과전압
과온도
오프 가스
50
BMS
(전동퀵보드에 설치)
200
BSMS
(도킹스테이션에 설치)
300
경고 시스템
데이터 측정
전류 센서
전압 센서
온도 센서
오프 가스 센서
110
120
130
140
:BMS
:BSMS

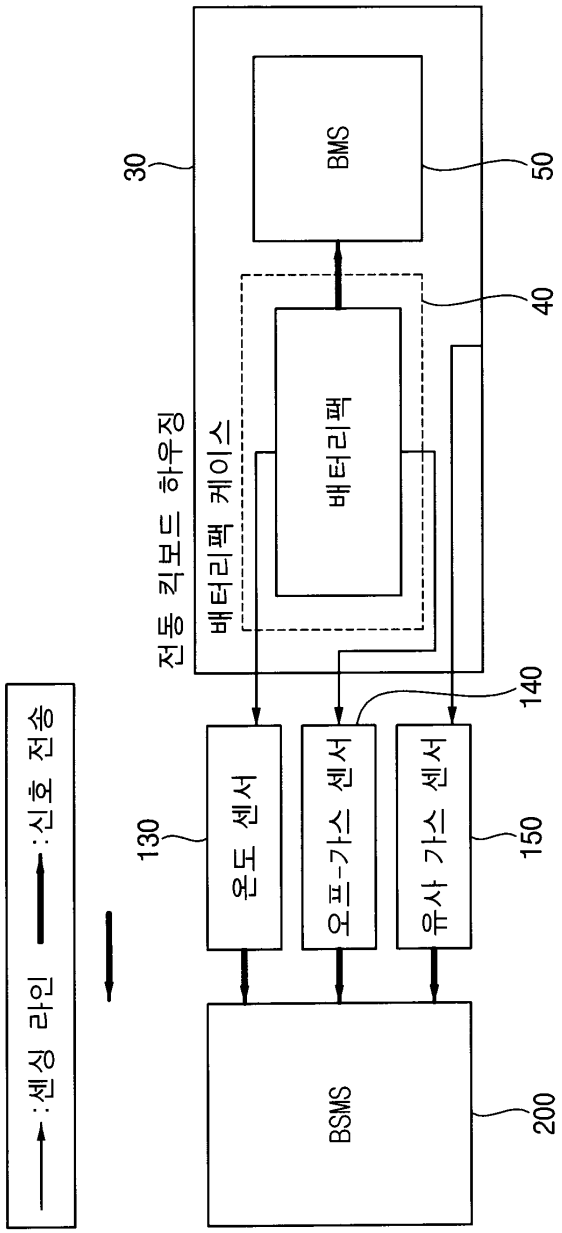
도면4


전동퀵보드용 배터리팩
+
V_{out}
−
: 셀프-에너지 밸런싱 전류

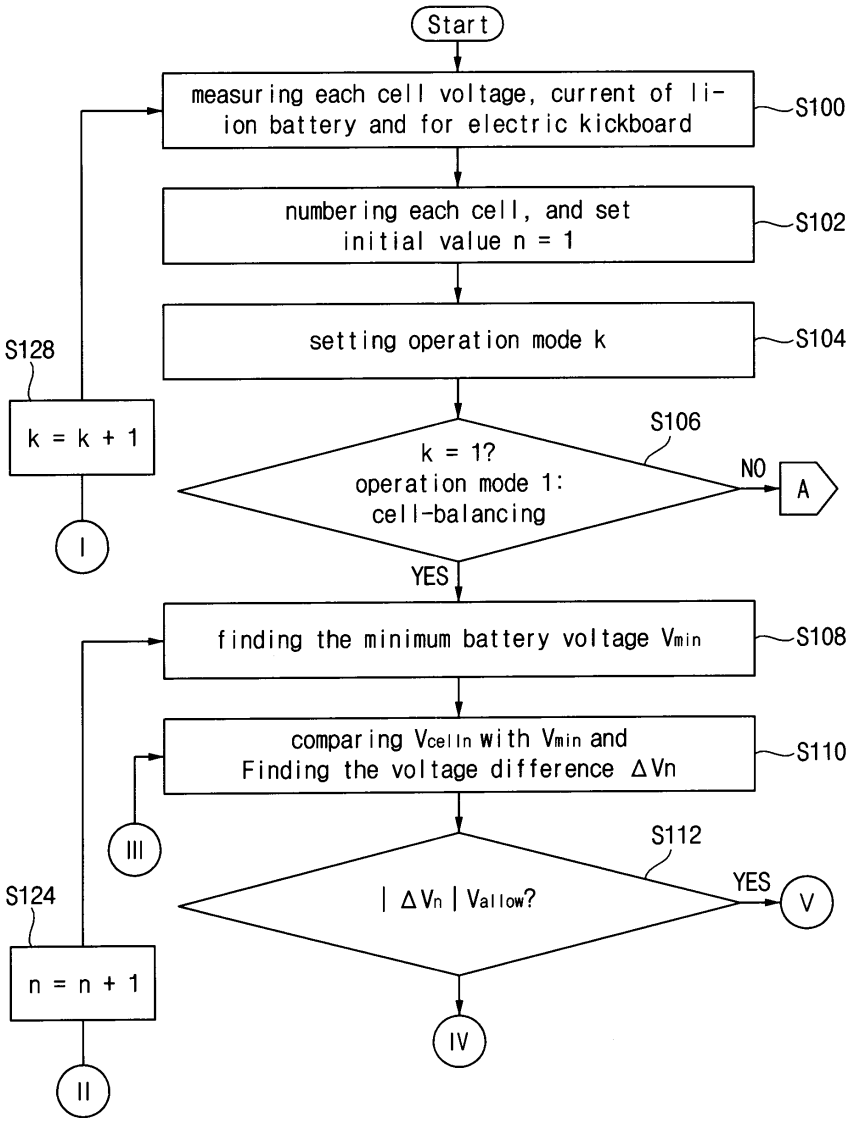
도면5


temperature (°C)
600
500
400
300
200
100
STAGE 1
STAGE 2
STAGE 3
SEI decomposition
separator destruction
thermal runaway
electrolyte decomposition
positive electrode decomposition
Li metal reacts with air and binder
phenomena
emitting off-gas
emitting oxygen
smoke & flame
cell temperature
mild
noticeable
massive
counter-measures
electrical approach
electrical-thermal approach
unstoppable

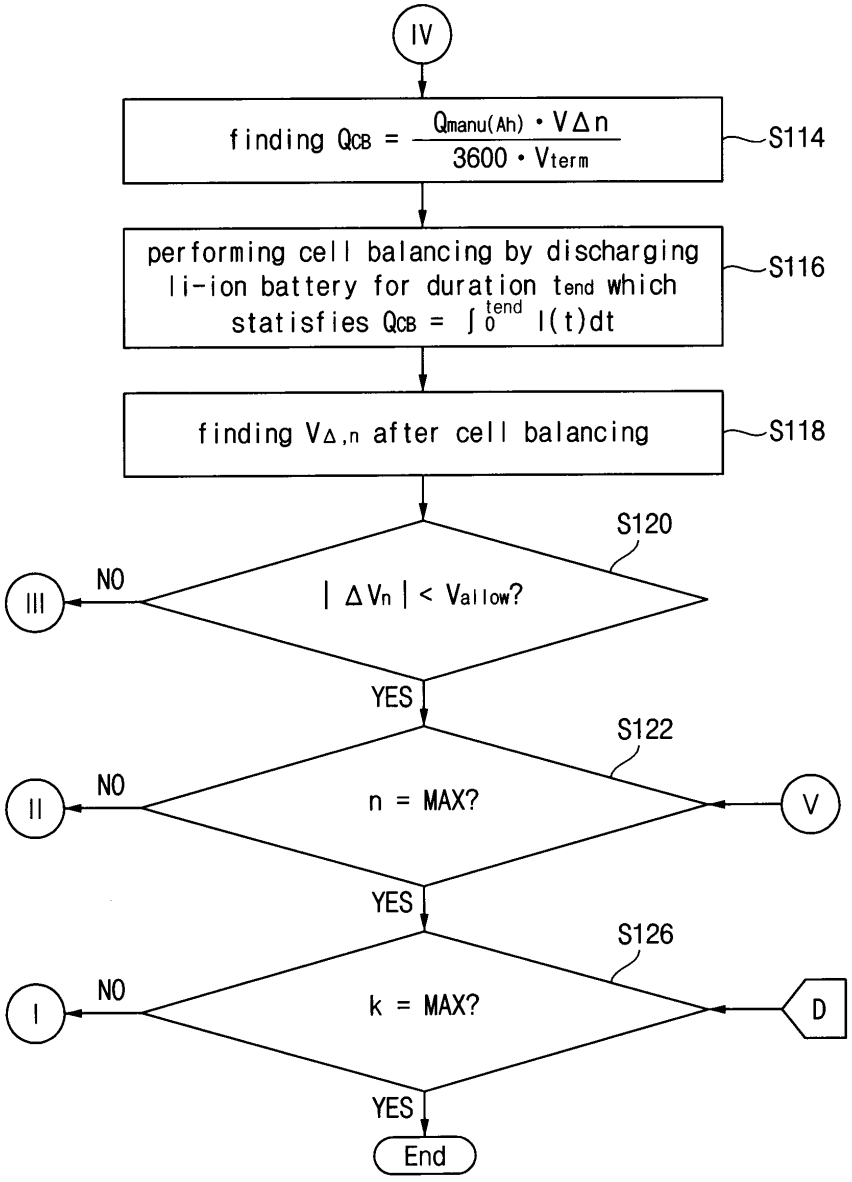
도면6


:센싱 라인
:신호 전송
30
전동 킥보드 하우징
배터리팩 케이스
BMS
50
40
배터리팩
140
130
온도 센서
오프-가스 센서
유사 가스 센서
150
BSMS
200

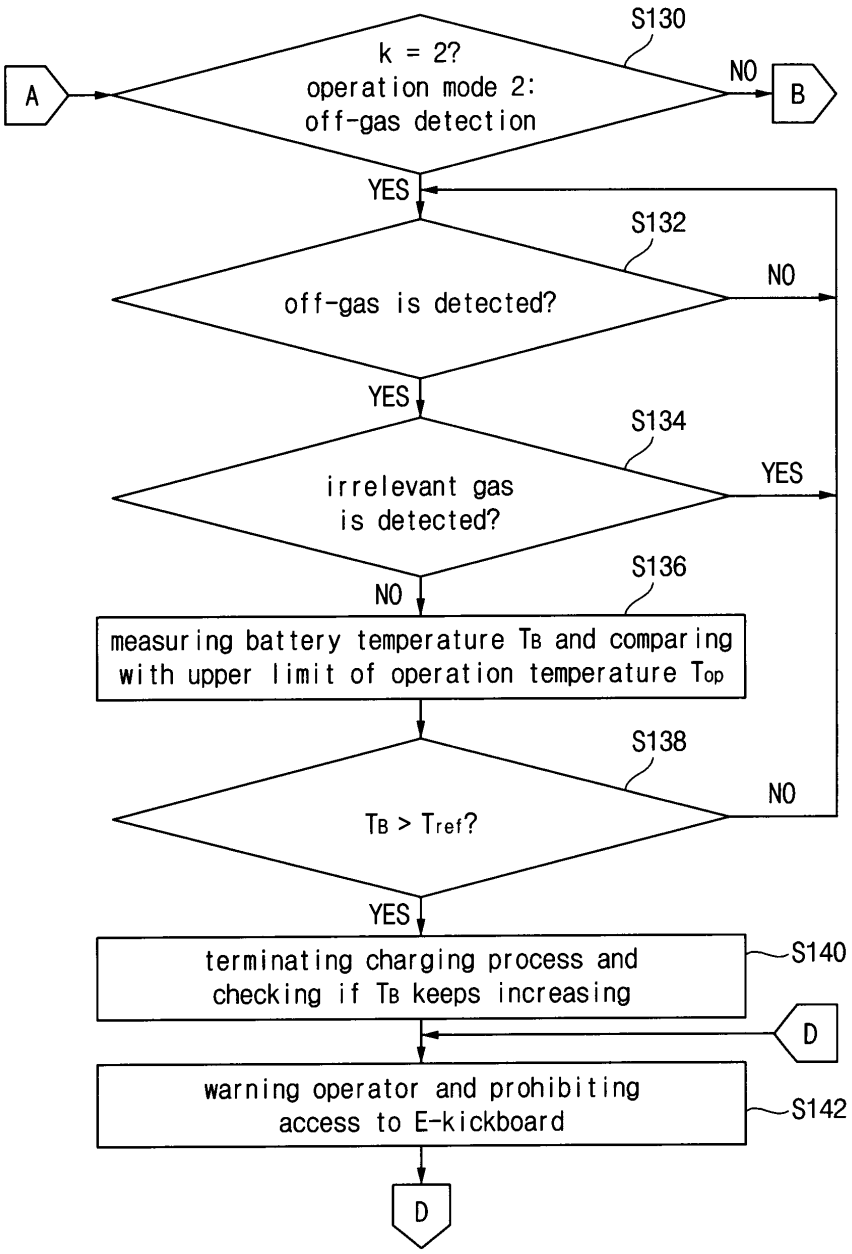
도면7a


Start
measuring each cell voltage, current of li-ion battery and for electric kickboard
S100
numbering each cell, and set initial value n = 1
S102
setting operation mode k
S104
S106
k = 1? operation mode 1: cell-balancing
NO
A
YES
finding the minimum battery voltage Vmin
S108
comparing VcellN with Vmin and Finding the voltage difference ΔVn
S110
III
S112
| ΔVn | Vallow?
YES
V
IV
S124
n = n + 1
II
S128
k = k + 1
I

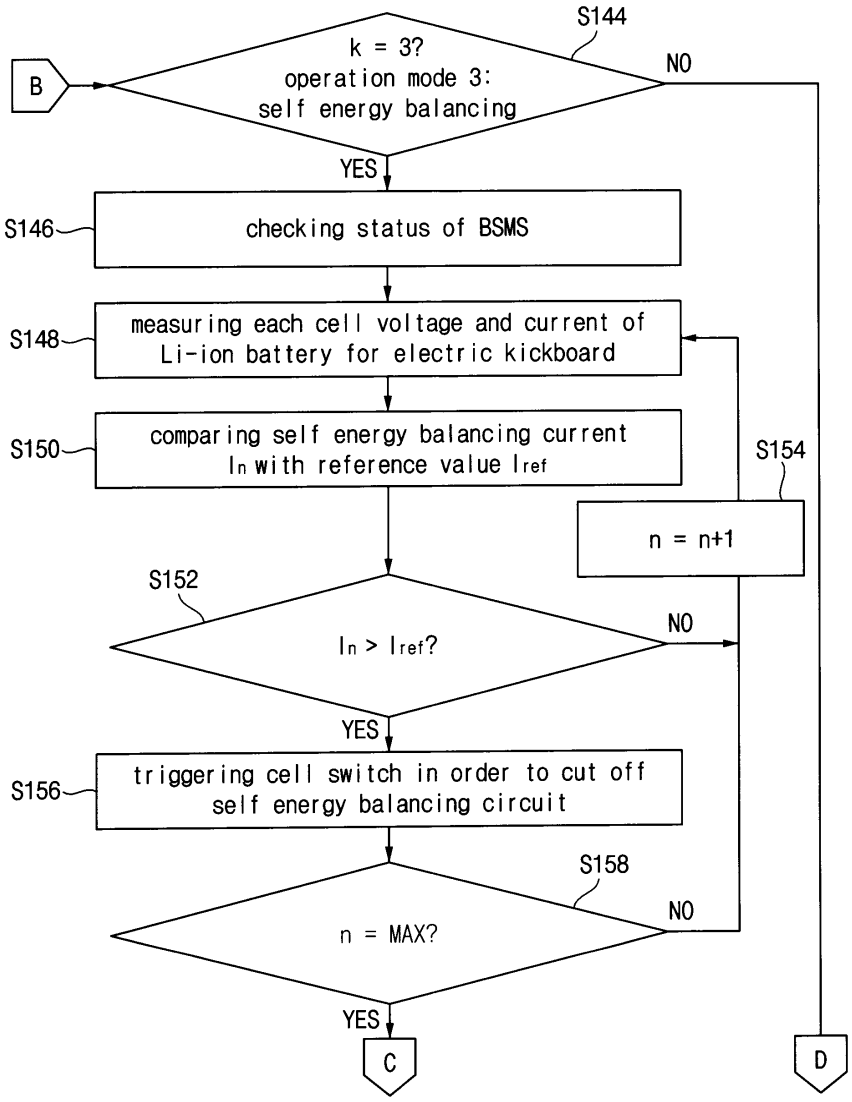
도면7b


IV
finding $Q_{CB} = \frac{Q_{manu(Ah)} \cdot V\Delta n}{3600 \cdot V_{term}}$
S114
performing cell balancing by discharging li-ion battery for duration t_{end} which statisfies $Q_{CB} = \int_0^{tend} I(t)dt$
S116
finding $V_{\Delta,n}$ after cell balancing
S118
S120
$|\Delta V_n| < V_{allow}$?
NO
III
YES
S122
n = MAX?
NO
II
V
YES
S126
k = MAX?
NO
I
D
YES
End

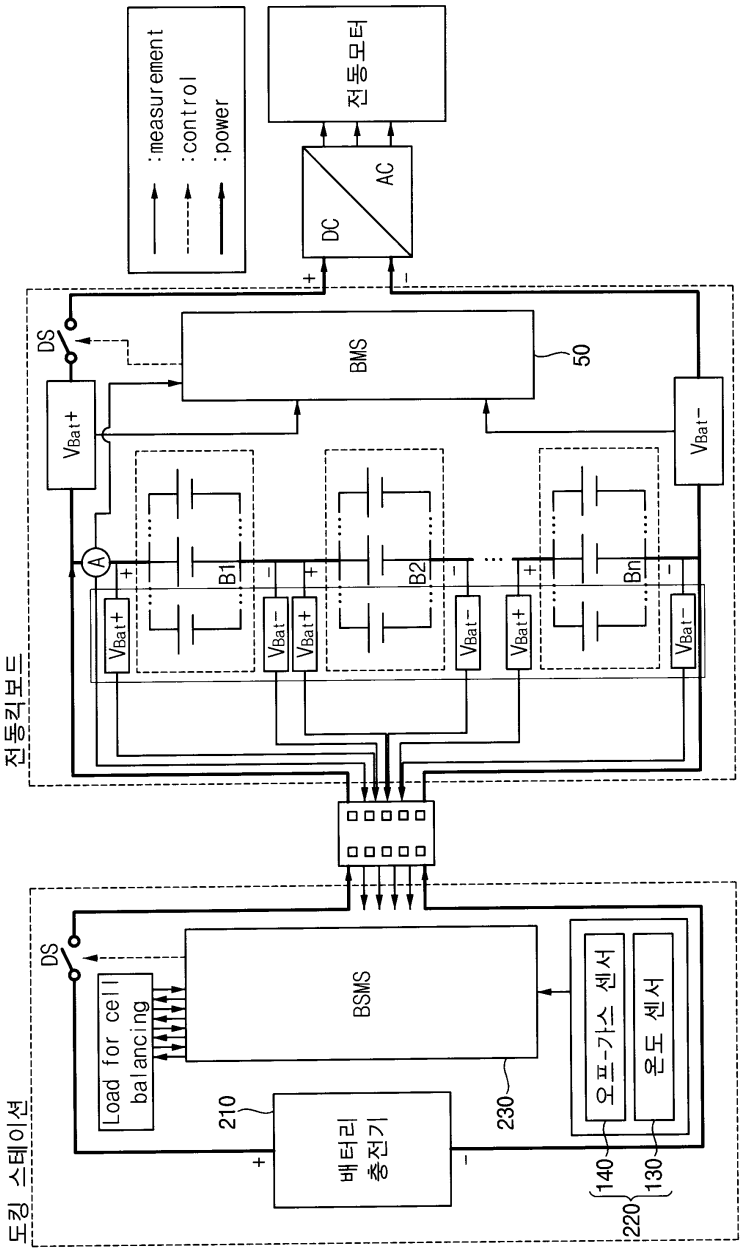
도면7c


A
S130
k = 2?
operation mode 2:
off-gas detection
NO
B
YES
S132
off-gas is detected?
NO
YES
S134
irrelevant gas
is detected?
YES
NO
S136
measuring battery temperature TB and comparing with upper limit of operation temperature Top
S138
TB > Tref?
NO
YES
terminating charging process and checking if TB keeps increasing
S140
D
warning operator and prohibiting access to E-kickboard
S142
D

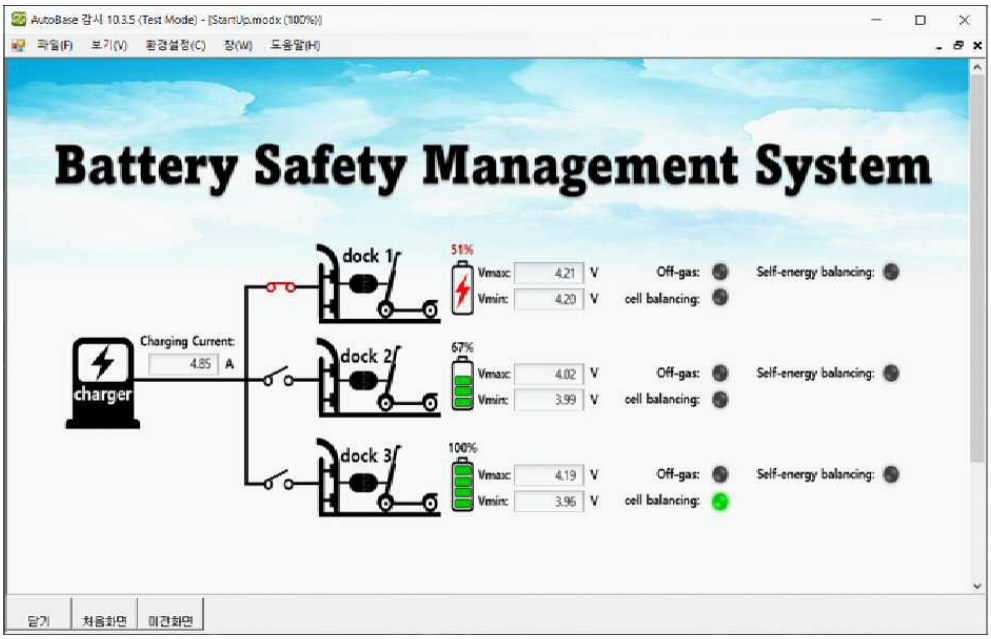
도면7d


B
k = 3?
operation mode 3:
self energy balancing
S144
NO
YES
S146
checking status of BSMS
S148
measuring each cell voltage and current of
Li-ion battery for electric kickboard
S150
comparing self energy balancing current
In with reference value Iref
S154
n = n+1
S152
In > Iref?
NO
YES
S156
triggering cell switch in order to cut off
self energy balancing circuit
S158
n = MAX?
NO
YES
C
D

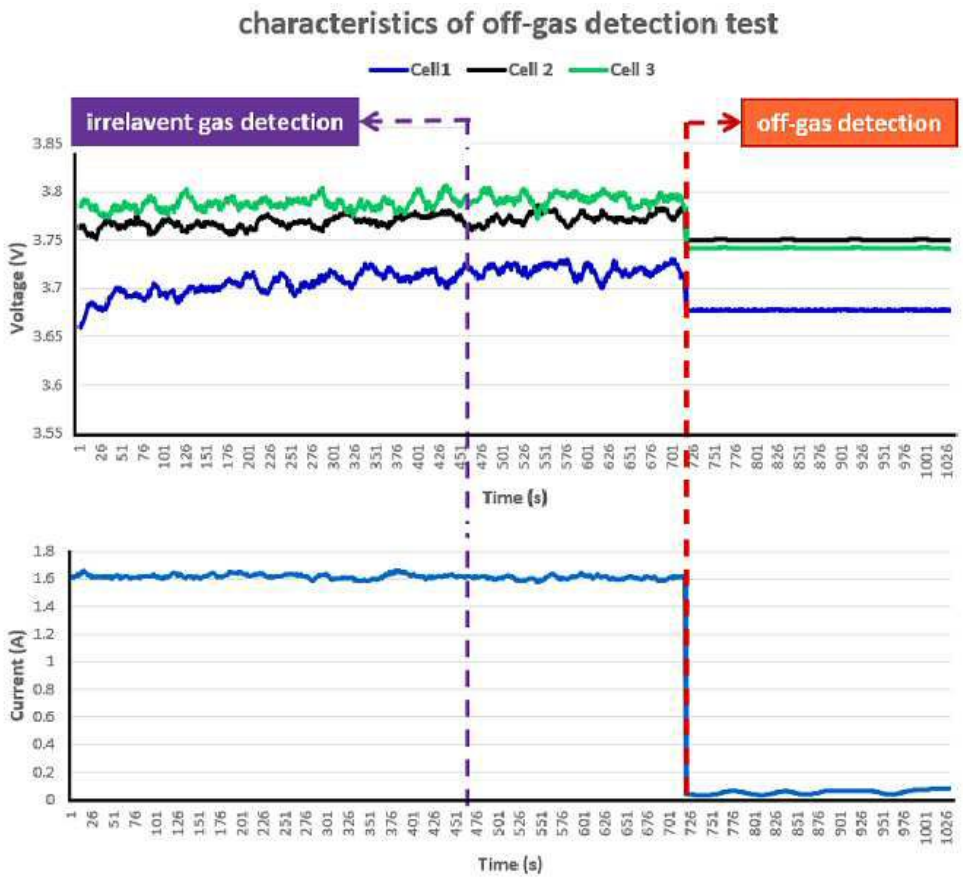
도면8


:measurement
:control
:power
전동모터
DC
AC
DS
BMS
50
VBat+
VBat-
B1
B2
Bn
A
전동킥보드
Load for cell balancing
BSMS
210
230
배터리 충전기
오프-가스 센서
온도 센서
140
130
220
도킹 스테이션

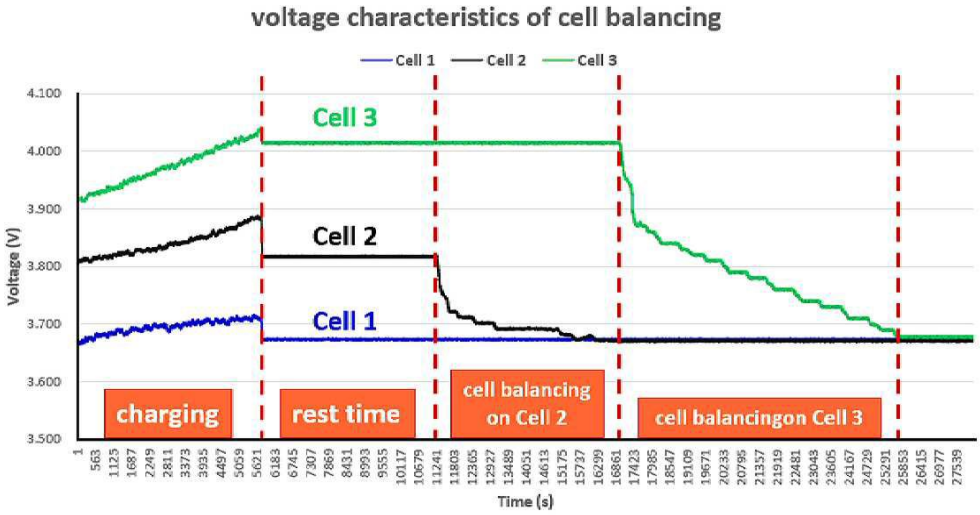
도면9


Battery Safety Management System
dock 1
dock 2
dock 3
charger
Charging Current:
4.85 A
51%
67%
100%
Vmax: 4.21 V
Vmin: 4.20 V
Vmax: 4.02 V
Vmin: 3.99 V
Vmax: 4.19 V
Vmin: 3.96 V
Off-gas:
cell balancing:
Self-energy balancing:
닫기
처음화면
이전화면

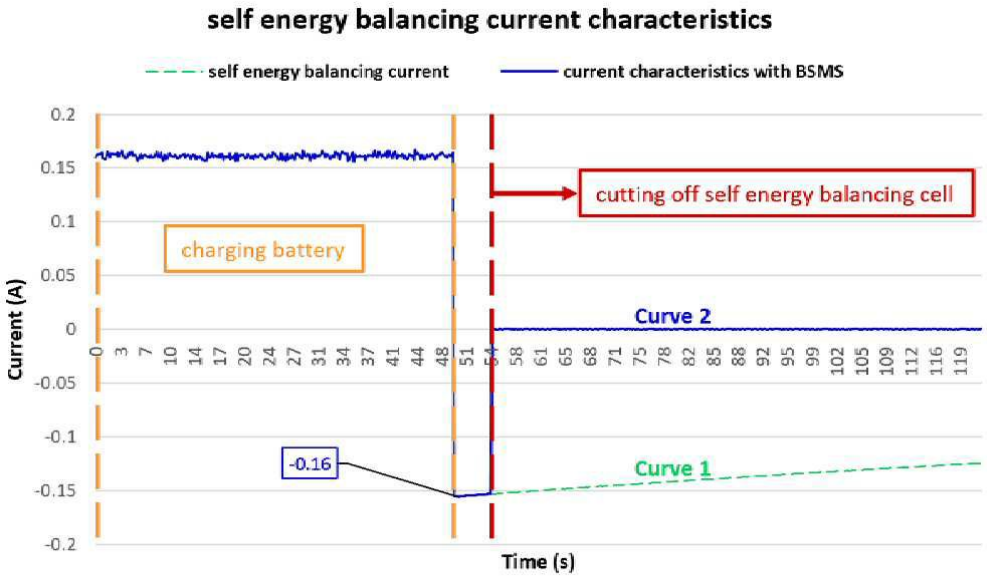
도면10


characteristics of off-gas detection test
Cell1
Cell 2
Cell 3
irrelavent gas detection
off-gas detection
Voltage (V)
Time (s)
Current (A)
Time (s)

도면11


voltage characteristics of cell balancing
Cell 1
Cell 2
Cell 3
Voltage (V)
Time (s)
charging
rest time
cell balancing on Cell 2
cell balancingon Cell 3

도면12


self energy balancing current characteristics
self energy balancing current
current characteristics with BSMS
Current (A)
Time (s)
charging battery
cutting off self energy balancing cell
Curve 2
Curve 1
-0.16