



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0009230
(43) 공개일자 2023년01월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 10/48 (2021.01) G01R 31/396 (2019.01)
H01M 10/42 (2014.01) H02J 7/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01M 10/482 (2021.01)
G01R 31/396 (2019.01)

(21) 출원번호 10-2021-0089983
(22) 출원일자 2021년07월08일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
주식회사 엘지에너지솔루션
서울특별시 영등포구 여의대로 108, 타워1 (여의도동, 파크원)

(72) 발명자
이지은
대전광역시 유성구 문지로 188(문지동, LG화학기술연구원)

최영은
대전광역시 유성구 문지로 188(문지동, LG화학기술연구원)

이은주
대전광역시 유성구 문지로 188(문지동, LG화학기술연구원)

(74) 대리인
특허법인필앤은지

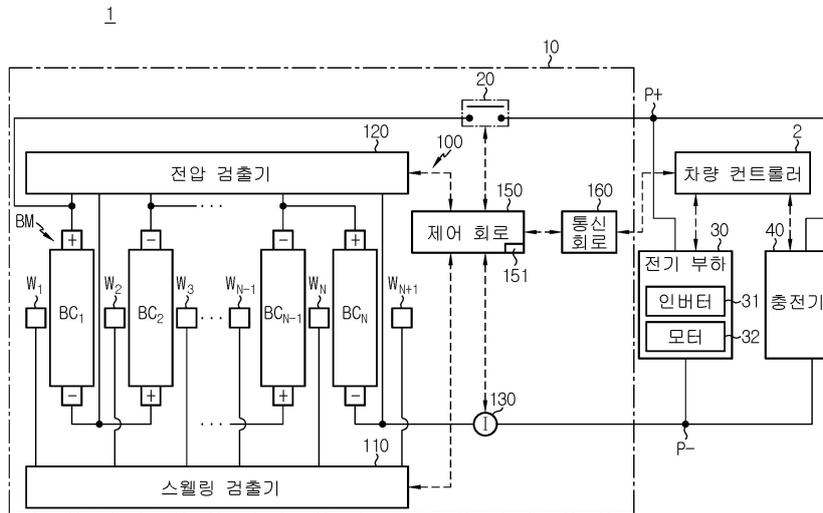
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 배터리 관리 시스템, 배터리 팩, 전기 차량 및 배터리 관리 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 배터리 관리 시스템은, 배터리 셀의 스웰링 상태를 검출하도록 구성되는 적어도 하나의 센서를 포함하는 스웰링 검출기; 및 상기 배터리 셀에 대한 충방전 사이클에 포함된 충전 절차 동안 반복 검출된 상기 스웰링 상태의 제1 시계열 데이터를 생성하도록 구성되는 제어 회로를 포함한다. 상기 제어 회로는, 상기 제1 시계열 데이터로부터, 상기 충전 절차에서의 상기 스웰링 상태의 제1 변화량을 결정하도록 구성된다. 상기 제어 회로는, 상기 제1 변화량을 기초로, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하도록 구성된다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01M 10/425 (2013.01)

H02J 7/0047 (2013.01)

B60Y 2200/91 (2013.01)

H01M 2010/4271 (2013.01)

H01M 2220/20 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

배터리 셀의 스웰링 상태를 검출하도록 구성되는 적어도 하나의 센서를 포함하는 스웰링 검출기; 및
상기 배터리 셀에 대한 충방전 사이클에 포함된 충전 절차 동안 반복 검출된 상기 스웰링 상태의 제1 시계열 데이터를 생성하도록 구성되는 제어 회로를 포함하되,
상기 제어 회로는,
상기 제1 시계열 데이터로부터, 상기 충전 절차에 의한 상기 스웰링 상태의 제1 변화량을 결정하고,
상기 제1 변화량을 기초로, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하도록 구성되는, 배터리 관리 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 스웰링 상태는,
상기 배터리 셀의 두께 또는 상기 배터리 셀에 작용하는 하중인, 배터리 관리 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 제어 회로는,
상기 제1 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태와 최대 스웰링 상태 간의 차이 또는 상기 충전 절차의 시작 시점부터 소정의 시간이 경과된 시점에 검출된 스웰링 상태와 제1 시계열 데이터의 최대 스웰링 상태 간의 차이를 상기 제1 변화량으로 결정하도록 구성되는, 배터리 관리 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 제어 회로는,
상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정하도록 구성되는, 배터리 관리 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 제어 회로는,
상기 충전 절차 후에 진행되도록 상기 충방전 사이클에 포함된 방전 절차 동안 반복 검출된 상기 스웰링 상태의 제2 시계열 데이터를 생성하고,
상기 제1 시계열 데이터 및 제2 시계열 데이터로부터, 상기 스웰링 상태의 제2 변화량을 결정하되, 상기 제2 변화량은 상기 제1 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태와 상기 제2 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태 간의 차이

고,

상기 제1 변화량 및 상기 제2 변화량을 기초로, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하도록 구성되는, 배터리 관리 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제어 회로는,

상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량이고, 상기 제2 변화량이 제2 임계 변화량 이상인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정하도록 구성되는, 배터리 관리 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 배터리 셀을 통해 흐르는 배터리 전류를 검출하도록 구성되는 전류 검출기를 더 포함하고,

상기 제어 회로는,

상기 충전 절차 동안 반복 검출된 상기 배터리 전류의 제3 시계열 데이터를 생성하고,

상기 방전 절차 동안 반복 검출된 상기 배터리 전류의 제4 시계열 데이터를 생성하고,

상기 제3 시계열 데이터로부터 상기 충전 절차에서의 상기 배터리 전류의 제1 적산량 및 상기 제4 시계열 데이터로부터 상기 방전 절차에서의 상기 배터리 전류의 제2 적산량을 결정하고,

(i)상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상이고, (ii)상기 제2 변화량이 제2 임계 변화량 이상이고, (iii)상기 제1 적산량에 대한 상기 제2 적산량의 비율이 임계 비율 미만인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정하도록 구성되는, 배터리 관리 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제어 회로는,

상기 제1 시계열 데이터로부터, 상기 충전 절차의 초기에서의 상기 스웰링 상태의 제1 평균 변화율 및 상기 충전 절차의 후기에서의 상기 스웰링 상태의 제2 평균 변화율을 결정하고,

(i)상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상이고, (ii)상기 제1 평균 변화율에 대한 상기 제2 평균 변화율의 비율이 임계 비율 이상인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정하도록 구성되는, 배터리 관리 시스템.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 상기 배터리 관리 시스템을 포함하는 배터리 팩.

청구항 10

제9항에 따른 상기 배터리 팩을 포함하는 전기 차량.

청구항 11

배터리 셀에 대한 충방전 사이클에 포함된 충전 절차 동안 반복 검출된 상기 배터리 셀의 스웰링 상태의 제1 시계열 데이터를 생성하는 단계;

상기 제1 시계열 데이터로부터, 상기 스웰링 상태의 제1 변화량을 결정하는 단계; 및

상기 제1 변화량을 기초로, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하는 단계를 포함하는, 배터리 관리 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 스웰링 상태의 제1 변화량을 결정하는 단계는,

상기 제1 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태와 최대 스웰링 상태 간의 차이 또는 상기 충전 절차의 시작 시점부터 소정의 시간이 경과된 시점에 검출된 스웰링 상태와 제1 시계열 데이터의 최대 스웰링 상태 간의 차이를 상기 제1 변화량으로 결정하는, 배터리 관리 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하는 단계는,

상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정하는, 배터리 관리 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 충전 절차 후에 진행되도록 상기 충방전 사이클에 포함된 방전 절차 동안 반복 검출된 상기 스웰링 상태의 제2 시계열 데이터를 생성하는 단계; 및

상기 제1 시계열 데이터 및 상기 제2 시계열 데이터로부터 상기 스웰링 상태의 제2 변화량을 결정하는 단계로서, 상기 제2 변화량은 상기 제1 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태와 상기 제2 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태 간의 차이인 단계를 더 포함하고,

상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하는 단계는,

상기 제1 변화량 및 상기 제2 변화량을 기초로, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하는, 배터리 관리 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 충전 절차 동안 반복 검출된 상기 배터리 셀을 통해 흐르는 배터리 전류의 제3 시계열 데이터를 생성하는 단계;

상기 방전 절차 동안 반복 검출된 상기 배터리 전류의 제4 시계열 데이터를 생성하는 단계; 및

상기 제3 시계열 데이터 및 상기 제4 시계열 데이터로부터 상기 충전 절차에서의 상기 배터리 전류의 제1 적산량 및 상기 방전 절차에서의 상기 배터리 전류의 제2 적산량을 결정하는 단계를 더 포함하고,

상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하는 단계는,

(i)상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상이고, (ii)상기 제2 변화량이 제2 임계 변화량 이상이고, (iii)상기 제1 적산량에 대한 상기 제2 적산량의 비율이 임계 비율 미만인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정하는, 배터리 관리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 배터리 셀의 내부 단락 고장을 검출하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근, 노트북, 비디오 카메라, 휴대용 전화기 등과 같은 휴대용 전자 제품의 수요가 급격하게 증대되고, 전기 차량, 에너지 저장용 축전지, 로봇, 위성 등의 개발이 본격화됨에 따라, 반복적인 충방전이 가능한 고성능 배터리에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 현재 상용화된 배터리로는 니켈 카드뮴 전지, 니켈 수소 전지, 니켈 아연 전지, 리튬 배터리 등이 있는데, 이 중에서 리튬 배터리는 니켈 계열의 배터리에 비해 메모리 효과가 거의 일어나지 않아 충방전이 자유롭고, 자가 방전율이 매우 낮으며 에너지 밀도가 높은 장점으로 각광을 받고 있다.

[0005] 전기 차량 등과 같은 어플리케이션들의 고전압 및 대용량이 요구를 충족하기 위해서, 직렬로 연결된 복수의 배터리 셀을 포함하는 배터리 모듈이 널리 보급되고 있다.

[0006] 배터리 모듈에 있어서, 몇몇 배터리 셀의 고장이 배터리 시스템의 전체적인 성능과 안전성에 악영향을 줄 가능성이 높다. 따라서, 배터리 시스템을 운용함에 있어서, 개별 배터리 셀의 고장을 적절히 검출해내는 것이 중요하다.

[0007] 배터리 셀의 다양한 고장 유형 중에서 내부 단락 고장은 화재에 직간접적으로 영향을 끼치는 주요 고장이다. 내부 단락 고장은, '마이크로 단락'이라고 칭하기도 하며, 배터리 셀 내에서의 부반응(예, 음극 표면에서의 석출물 생성) 및/또는 이물질 침투 등으로 인해 발생한다.

[0008] 종래에는, 휴지 중에 배터리 셀의 개로 전압(OCV: Open Circuit Voltage)의 저하량을 소정치 또는 다른 배터리 셀들의 평균 저하량과 비교함으로써, 각 배터리 셀의 내부 단락 고장을 검출하고 있다. 그러나, 휴지 중 배터리 셀의 OCV는 매우 느리게 저하하기 때문에, OCV의 저하량으로부터 내부 단락 고장을 검출하는 데에는 상당히 긴 시간이 필요하다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 배터리 셀의 스웰링 상태(swelling status)와 내부 단락 고장 간의 상관관계에 기반하여, 충방전 사이클 동안에 검출되는 배터리 셀의 스웰링 상태에 대한 시계열 데이터를 분석함으로써, 배터리 셀의 내부 단락 고장을 검출하는 배터리 관리 시스템, 배터리 팩, 전기 차량 및 배터리 관리 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0011] 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일 측면에 따른 배터리 관리 시스템은, 배터리 셀의 스웰링 상태를 검출하도록 구성되는 적어도 하나의 센서를 포함하는 스웰링 검출기; 및 상기 배터리 셀에 대한 충방전 사이클에 포함된 충전 절차 동안 반복 검출된 상기 스웰링 상태의 제1 시계열 데이터를 생성하도록 구성되는 제어 회로를 포함한다. 상기 제어 회로는, 상기 제1 시계열 데이터로부터, 상기 충전 절차에서의 상기 스웰링 상태의 제1 변화량을 결정하고, 상기 제1 변화량을 기초로, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하도록 구성된다.
- [0014] 상기 스웰링 상태는, 상기 배터리 셀의 두께 또는 상기 배터리 셀에 작용하는 하중이다.
- [0015] 상기 제어 회로는, 상기 제1 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태와 최대 스웰링 상태 간의 차이 또는 상기 충전 절차의 시작 시점부터 소정의 시간이 경과된 시점에 검출된 스웰링 상태와 제1 시계열 데이터의 최대 스웰링 상태 간의 차이를 상기 제1 변화량으로 결정하도록 구성될 수 있다.
- [0016] 상기 제어 회로는, 상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정하도록 구성될 수 있다.
- [0017] 상기 제어 회로는, 상기 충전 절차 후에 진행되도록 상기 충방전 사이클에 포함된 방전 절차 동안 반복 검출된 상기 스웰링 상태의 제2 시계열 데이터를 생성하도록 구성될 수 있다. 상기 제어 회로는, 상기 제1 시계열 데이터 및 제2 시계열 데이터로부터, 상기 스웰링 상태의 제2 변화량을 결정하도록 구성될 수 있다. 상기 제2 변화량은, 상기 제1 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태와 상기 제2 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태 간의 차이일 수 있다. 상기 제어 회로는, 상기 제1 변화량 및 상기 제2 변화량을 기초로, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하도록 구성될 수 있다.
- [0018] 상기 제어 회로는, 상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량이고, 상기 제2 변화량이 제2 임계 변화량 이상인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정하도록 구성될 수 있다.
- [0019] 상기 배터리 관리 시스템은, 상기 배터리 셀을 통해 흐르는 배터리 전류를 검출하도록 구성되는 전류 검출기를 더 포함할 수 있다. 상기 제어 회로는, 상기 충전 절차 동안 반복 검출된 상기 배터리 전류의 제3 시계열 데이터를 생성하도록 구성될 수 있다. 상기 제어 회로는, 상기 방전 절차 동안 반복 검출된 상기 배터리 전류의 제4 시계열 데이터를 생성하도록 구성될 수 있다. 상기 제어 회로는, 상기 제3 시계열 데이터로부터 상기 충전 절차에서의 상기 배터리 전류의 제1 적산량 및 상기 제4 시계열 데이터로부터 상기 방전 절차에서의 상기 배터리 전류의 제2 적산량을 결정하도록 구성될 수 있다. 상기 제어 회로는, (i)상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상이고, (ii)상기 제2 변화량이 제2 임계 변화량 이상이고, (iii)상기 제1 적산량에 대한 상기 제2 적산량의 비율이 임계 비율 미만인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정하도록 구성될 수 있다.
- [0020] 상기 제어 회로는, 상기 제1 시계열 데이터로부터, 상기 충전 절차의 초기에서의 상기 스웰링 상태의 제1 평균 변화율 및 상기 충전 절차의 후기에서의 상기 스웰링 상태의 제2 평균 변화율을 결정하도록 구성될 수 있다. 상기 제어 회로는, (i)상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상이고, (ii)상기 제1 평균 변화율에 대한 상기 제2 평균 변화율의 비율이 임계 비율 이상인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정하도록 구성되는, 배터리 관리 시스템.
- [0021] 본 발명의 다른 측면에 따른 배터리 팩은 상기 배터리 관리 시스템을 포함한다.
- [0022] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 전기 차량은 상기 배터리 팩을 포함한다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 배터리 관리 방법은, 배터리 셀에 대한 충방전 사이클에 포함된 충전 절차 동안 반복 검출된 상기 배터리 셀의 스웰링 상태의 제1 시계열 데이터를 생성하는 단계; 상기 제1 시계열 데이터로부터, 상기 스웰링 상태의 제1 변화량을 결정하는 단계; 및 상기 제1 변화량을 기초로, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하는 단계를 포함한다.
- [0024] 상기 스웰링 상태의 제1 변화량을 결정하는 단계는, 상기 제1 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태와 최대 스웰링 상태 간의 차이를 상기 제1 변화량으로 결정할 수 있다.
- [0025] 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하는 단계는, 상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정할 수 있다.
- [0026] 상기 배터리 관리 방법은, 상기 충전 절차 후에 진행되도록 상기 충방전 사이클에 포함된 방전 절차 동안 반복 검출된 상기 스웰링 상태의 제2 시계열 데이터를 생성하는 단계; 및 상기 제1 시계열 데이터 및 상기 제2 시계열 데이터로부터 상기 스웰링 상태의 제2 변화량을 결정하는 단계로서 상기 제2 변화량은 상기 제1 시계열 데이

터의 최소 스웰링 상태와 상기 제2 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태 간의 차이인 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하는 단계는, 상기 제1 변화량 및 상기 제2 변화량을 기초로, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정할 수 있다.

[0027] 상기 배터리 관리 방법은, 상기 충전 절차 동안 반복 검출된 상기 배터리 셀을 통해 흐르는 배터리 전류의 제3 시계열 데이터를 생성하는 단계; 상기 방전 절차 동안 반복 검출된 상기 배터리 전류의 제4 시계열 데이터를 생성하는 단계; 및 상기 제3 시계열 데이터 및 상기 제4 시계열 데이터로부터 상기 충전 절차에서의 상기 배터리 전류의 제1 적산량 및 상기 방전 절차에서의 상기 배터리 전류의 제2 적산량을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0028] 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인지 여부를 판정하는 단계는, (i)상기 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상이고, (ii)상기 제2 변화량이 제2 임계 변화량 이상이고, (iii)상기 제1 적산량에 대한 상기 제2 적산량의 비율이 임계 비율 미만인 경우, 상기 배터리 셀이 내부 단락 고장인 것으로 판정할 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 실시예들 중 적어도 하나에 의하면, 배터리 셀의 스웰링 상태와 내부 단락 고장 간의 상관관계에 기반하여, 충방전 사이클 동안에 검출되는 배터리 셀의 스웰링 상태에 대한 시계열 데이터를 분석함으로써, 배터리 셀의 내부 단락 고장을 검출할 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명의 실시예들 중 적어도 하나에 의하면, 배터리 셀의 스웰링 상태와 동기 검출되는 배터리 전류에 대한 시계열 데이터를 추가적으로 활용함으로써, 배터리 셀의 내부 단락 고장을 더욱 정밀하게 검출할 수 있다.

[0032] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0034] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술되는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명에 따른 전기 차량의 구성을 예시적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 배터리 셀의 예시적인 등가 회로를 설명하는 데에 참조되는 도면이다.

도 3은 충방전 사이클 동안의 배터리 셀의 스웰링 상태의 경시적 변화를 예시적으로 보여주는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 예시적으로 보여주는 순서도이다.

도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 예시적으로 보여주는 순서도이다.

도 6은 본 발명의 제3 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 예시적으로 보여주는 순서도이다.

도 7은 본 발명의 제4 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 예시적으로 보여주는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.

[0036] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0037] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어들은, 다양한 구성요소들 중 어느 하나를 나머지와 구별하는 목적으로

사용되는 것이고, 그러한 용어들에 의해 구성요소들을 한정하기 위해 사용되는 것은 아니다.

- [0038] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 <제어부>와 같은 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0039] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0040] 도 1은 본 발명에 따른 전기 차량의 구성을 예시적으로 나타낸 도면이다.
- [0041] 도 1을 참조하면, 전기 차량(1)은, 차량 컨트롤러(2), 배터리 팩(10) 및 전기 부하(30)를 포함한다. 배터리 팩(10)의 충전 단자(P+, P-)는, 전기 부하(30) 및 충전기(40)에 전기적으로 결합될 수 있다. 충전기(40)는, 전기 차량(1)에 포함된 것이거나, 충전 스테이션에 마련된 것일 수 있다.
- [0042] 차량 컨트롤러(2)(예, ECU: Electronic Control Unit)는, 전기 차량(1)에 마련된 시동 버튼(미도시)이 사용자에 의해 ON-위치로 전환된 것에 응답하여, 키-온 신호를 배터리 관리 시스템(100)에게 전송하도록 구성된다. 차량 컨트롤러(2)는, 시동 버튼이 사용자에 의해 OFF-위치로 전환된 것에 응답하여, 키-오프 신호를 배터리 관리 시스템(100)에게 전송하도록 구성된다. 충전기(40)는, 차량 컨트롤러(2)와 통신하여, 배터리 팩(10)의 충전 단자(P+, P-)를 통해 정전류 또는 정전압의 충전 전력을 공급할 수 있다.
- [0043] 배터리 팩(10)은, 배터리 모듈(BM), 릴레이(20) 및 배터리 관리 시스템(100)을 포함한다. 도 1에서는 배터리 팩(10)이 단일의 배터리 모듈(BM)을 포함하는 것을 도시되어 있으나, 직렬, 병렬 또는 직병렬 혼합된 2 이상의 배터리 모듈(BM)이 배터리 팩(10)에 포함될 수 있다.
- [0044] 배터리 모듈(BM)은, 복수의 배터리 셀(BC₁~BC_N, N은 2 이상의 자연수)를 포함한다. 복수의 배터리 셀(BC₁~BC_N)은 서로 직렬로 연결된다. 복수의 배터리 셀(BC₁~BC_N)은, 서로 동일한 전기화학적 사양을 가지도록 제조된 것일 수 있다. 도 1에서는, 복수의 배터리 셀(BC₁~BC_N)이 BC₁부터 BC_N의 순서로 정렬된 모습을 예시하고 있다. 배터리 셀(예, BC₁)은, 배터리 모듈(BM)의 스페이서(미도시)에 의해 그에 인접한 다른 배터리 셀(예, BC₂)로부터 서로 소정 거리만큼 이격될 수 있다. 이에 따라, 배터리 셀(예, BC₁)의 스웰링에 의한 다른 배터리 셀(예, BC₂)의 스웰링에 대한 영향이 제거될 수 있다.
- [0045] 이하에서는, 복수의 배터리 셀(BC₁~BC_N)에 공통된 내용을 설명함에 있어서, 배터리 셀에 대해 부호 'BC'를 부여하였다. 배터리 셀(BC)은, 예컨대 리튬 이온 셀과 같이 반복적인 충방전이 가능한 것이라면, 그 종류는 특별히 한정되지 않는다.
- [0046] 릴레이(20)는, 배터리 모듈(BM) 및 인버터(31)를 연결하는 전력 경로를 통해, 배터리 모듈(BM)에 전기적으로 직렬 연결된다. 도 1에서는, 릴레이(20)가 배터리 모듈(BM)의 양극 단자와 충전 단자(P+) 사이에 연결된 것으로 예시되어 있다. 릴레이(20)는, 배터리 관리 시스템(100)으로부터의 스위칭 신호에 응답하여, 온오프 제어된다. 릴레이(20)는, 코일의 자기력에 의해 온오프되는 기계식 컨택터이거나, MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect transistor)과 같은 반도체 스위치일 수 있다.
- [0047] 전기 부하(30)는, 인버터(31) 및 전기 모터(32)를 포함한다. 인버터(31)는, 배터리 관리 시스템(100) 또는 차량 컨트롤러(2)로부터의 명령에 응답하여, 배터리 팩(10)에 포함된 배터리 모듈(BM)으로부터의 직류 전류를 교류 전류로 변환하도록 제공한다. 전기 모터(32)는, 인버터(31)로부터의 교류 전력을 이용하여 구동한다. 전기 모터(32)로는, 예컨대 3상 교류 모터를 이용할 수 있다.
- [0048] 배터리 관리 시스템(100)은, 스웰링 검출기(110) 및 제어 회로(150)를 포함한다. 배터리 관리 시스템(100)은, 전압 검출기(120), 전류 검출기(130) 및 통신 회로(160) 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [0049] 스웰링 검출기(110)는, 복수의 배터리 셀(BC₁~BC_N) 각각의 스웰링 상태를 검출하고, 검출된 스웰링 상태를 나타내는 스웰링 신호를 생성하도록 구성된다.
- [0050] 스웰링 검출기(110)는, 복수의 스웰링 센서(W₁~W_N, 또는 W₁~W_{N+1})를 포함할 수 있다. 이하에서는, 복수의 스웰링 센서(W₁~W_N)에 공통된 내용을 설명함에 있어서, 스웰링 센서에 대해 부호 'W'를 부여하였다. 스웰링 상태는,

배터리 셀(BC)에 접촉 또는 비접촉된 상태에서, 스웰링 센서(W)에 의해 검출되는 배터리 셀(BC)의 두께 또는 배터리 셀(BC)에 작용하는 하중일 수 있다. 스웰링 상태를 스웰링량 또는 스웰링값이라고 칭할 수도 있다. 스웰링 센서(W)로는, 예컨대 적외선 센서, 스트레인 게이지, 압전 센서, 이미지 센서 등과 같은 공지의 스웰링 검출 소자들 중 하나 또는 둘 이상의 조합으로 구현될 수 있다.

- [0051] i 는 N 이하의 자연수라고 해보자. 도 1은, 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$)의 정렬 방향을 기준으로, 배터리 셀(BC_i)의 양쪽에 두 스웰링 센서(W_i, W_{i+1})가 위치하고 있는 모습을 예시하고 있다.
- [0052] 일 예로, 배터리 셀(BC_i)의 스웰링 상태는 스웰링 센서(W_i) 또는 스웰링 센서(W_{i+1})에 의해 검출될 수 있다. 다른 예로, 배터리 셀(BC_i)의 스웰링 상태는 배터리 셀(BC_i)의 양쪽에 위치하는 두 스웰링 센서(W_i, W_{i+1})에 의해 검출될 수 있다.
- [0053] 전압 검출기(120)는, 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$) 각각의 양극 단자 및 음극 단자에 연결되어, 배터리 셀(BC)의 양단에 걸친 전압인 전압을 검출하고, 검출된 셀 전압을 나타내는 전압 신호를 생성하도록 구성된다.
- [0054] 전류 검출기(130)는, 배터리 모듈(BM)과 인버터(31) 간의 전류 경로를 통해 배터리 모듈(BM)에 직렬로 연결된다. 전류 검출기(130)는, 배터리 모듈(BM)을 통해 흐르는 배터리 전류를 검출하고, 검출된 배터리 전류를 나타내는 전류 신호를 생성하도록 구성된다. 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$)는 직렬 연결되어 있으므로, 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$)에는 공통된 배터리 전류가 흐른다. 전류 검출기(130)는, 션트 저항, 홀 효과 소자 등과 같은 공지의 전류 검출 소자들 중 하나 또는 둘 이상의 조합으로 구현될 수 있다.
- [0055] 통신 회로(160)는, 제어 회로(150)와 차량 컨트롤러(2) 간의 유선 통신 또는 무선 통신을 지원하도록 구성된다. 유선 통신은 예컨대 캔(CAN: controller area network) 통신일 수 있고, 무선 통신은 예컨대 지그비나 블루투스 통신일 수 있다. 물론, 제어 회로(150)와 차량 컨트롤러(2) 간의 유무선 통신을 지원하는 것이라면, 통신 프로토콜의 종류는 특별히 한정되는 것은 아니다. 통신 회로(160)는, 제어 회로(150) 및/또는 차량 컨트롤러(2)로부터 수신된 정보를 사용자(운전자)가 인식 가능한 형태로 제공하는 출력 디바이스(예, 디스플레이, 스피커)를 포함할 수 있다.
- [0056] 제어 회로(150)는, '배터리 컨트롤러'라고 칭할 수 있으며, 하드웨어적으로 ASICs(application specific integrated circuits), DSPs(digital signal processors), DSPDs(digital signal processing devices), PLDs(programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays), 마이크로 프로세서(microprocessors), 기타 기능 수행을 위한 전기적 유닛 중 적어도 하나를 이용하여 구현될 수 있다.
- [0057] 제어 회로(150)는, 릴레이(20), 검출기들(110, 120, 130) 및/또는 통신 회로(160)에 동작 가능하게 결합된다. 두 구성이 동작 가능하게 결합된다는 것은, 단방향 또는 양방향으로 신호를 송수신 가능하도록 두 구성이 직접적으로 연결되어 있음을 의미한다.
- [0058] 제어 회로(150)는, 배터리 모듈(BM)의 충전, 방전 및/또는 휴지 중에, 전압 검출기(120)로부터의 전압 신호, 및/또는 전류 검출기(130)로부터의 전류 신호를 일정 간격의 시간마다 수집할 수 있다. 즉, 제어 회로(150)는, 내부에 마련된 ADC(Analog to Digital Converter)를 이용하여, 검출기들(110, 120, 130)로부터 수집된 아날로그 신호들로부터 스웰링 검출값, 전압 검출값, 및/또는 전류 검출값을 취득하여 메모리(151)에 기록할 수 있다. 이에 따라, 배터리 셀(BC)의 스웰링 상태, 전압, 및/또는 배터리 전류 각각의 시계열 데이터가 생성된다. 참고로, 시계열 데이터란, 임의의 기간에 걸쳐 시간순으로 취득되는 값들의 집합(수열)이다.
- [0059] 메모리(151)는, 예컨대 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), SSD 타입(Solid State Disk type), HDD 타입(Silicon Disk Drive type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(multimedia card micro type), 램(random access memory; RAM), SRAM(static random access memory), 롬(read-only memory; ROM), EEPROM(electrically erasable programmable read-only memory), PROM(programmable read-only memory) 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다. 메모리(151)는, 제어 회로(150)에 의한 연산 동작에 요구되는 데이터 및 프로그램을 저장할 수 있다. 메모리(151)는, 제어 회로(150)에 의한 연산 동작의 결과를 나타내는 데이터를 저장할 수 있다. 메모리(151)는, 배터리 셀(BC)의 내부 단락 고장의 검출에 적용되는 여러 알고리즘들을 저장할 수 있다. 메모리(151)는, 제어부(150) 내에 집적화될 수 있다.
- [0060] 전기 부하(30) 및/또는 충전기(40)의 동작 중 릴레이(20)가 턴 온되는 경우, 배터리 모듈(BM)은 충전 모드 또는 방전 모드가 된다. 배터리 모듈(BM)이 충전 모드 또는 방전 모드에서 사용 중에 릴레이(20)가 턴 오프되는

경우, 배터리 모듈(BM)은 휴지로 전환된다.

- [0061] 제어 회로(150)는, 키-온 신호에 응답하여, 릴레이(20)를 턴 온시킬 수 있다. 제어 회로(150)는, 키-오프 신호에 응답하여, 릴레이(20)를 턴 오프시킬 수 있다. 키-온 신호는, 휴지로부터 충전 또는 방전으로의 전환을 요청하는 신호이다. 키-오프 신호는, 충전 또는 방전으로부터 휴지로의 전환을 요청하는 신호이다. 대안적으로, 릴레이(20)의 온오프 제어는, 제어 회로(150) 대신 차량 컨트롤러(2)가 담당할 수 있다.
- [0062] 제어 회로(150)는, 배터리 팩(10)의 충전 중, 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$) 각각의 전압을 모니터링하여, 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$)의 최대 전압을 식별할 수 있다. 최대 전압은, 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$)의 전압 중에서 최대인 것이다.
- [0063] 제어 회로(150)는, 배터리 셀(BC)의 내부 단락 고장을 검출하기 위해, 전기 부하(30) 및 충전기(40)를 제어하여, 충방전 사이클을 진행할 수 있다. 충방전 사이클은, (i)충전 절차 및 방전 절차의 연속 또는 (iii)충전 절차, 휴지 절차 및 방전 절차의 연속이다. 충전 절차는, 배터리 셀(BC)의 OCV가 소정의 전압 레벨(예, 3.1V) 이하인 것을 조건으로 개시될 수 있다. 충전 절차는, 공지의 CC(constant current)-CV(constant voltage) 프로파일에 따라 진행될 수 있다. CC의 전류 레이트 및 CV의 충전 전압은 배터리 셀(BC)의 전기화학적 사양에 맞춰 미리 정해져 있을 수 있다. 충전 절차는, CV 중 배터리 전류가 소정의 컷오프 전류(예, 0.05 A)에 도달하는 것을 조건으로 종료될 수 있다. 휴지 절차는, 충전 절차의 종료 시에 개시된다. 휴지 절차는, 충전 절차에 의해 발생된 배터리 셀(BC)의 전기화학적 불안정성을 안정화하기 위한 것이다. 방전 절차는, 휴지 절차의 종료 시에 개시된다. CC 충전의 전류 레벨(예, 0.65 A), CV 충전의 전압 레벨(예, 4.25V), 휴지 절차의 지속 시간(예, 30분), 각각은 배터리 셀(BC)의 사양 및 특성을 고려하여 적절히 미리 정해진다. 방전 절차의 전류 레벨(예, - 1.0 A)는, 배터리 셀(BC)의 사양 및 특성을 고려하여 각각 적절히 미리 정해진다.
- [0064] 물론, 충방전 사이클이 전송된 내용으로 제한되는 것은 아니며, 내부 단락 고장과 관련된 상관 관계가 반영된 스웰링 상태의 관측이 가능하도록 얼마든지 변형될 수 있다.
- [0065] 도 2는 배터리 셀의 예시적인 등가 회로를 설명하는 데에 참조되는 도면이고, 도 3은 충방전 사이클 동안의 배터리 셀의 스웰링 상태의 경시적 변화를 예시적으로 보여주는 그래프이다. 본 명세서에 있어서, 고장 배터리 셀은 정상 배터리 셀과는 달리 내부 단락 고장을 가지는 배터리 셀을 칭한다.
- [0066] 도 2를 참조하면, 정상 배터리 셀은, 직류 전압원(V_{DC}), 내부 저항 성분(R_0) 및 RC 페어(R_1, C)의 직렬 회로로서 등가화될 수 있다. 이와 비교할 때, 고장 배터리 셀은, 정상 배터리 셀에 대응하는 직렬 회로의 양단 사이에 추가적 저항 성분(R_{ISC})이 연결된 것으로 등가화될 수 있다. 추가적 저항 성분(R_{ISC})은 누설 전류(I_{ISC})의 경로로서 작용하는 내부 단락 회로이다. 내부 단락 회로(R_{ISC})의 저항값 감소는 내부 단락 고장의 심화를 의미하며, 내부 단락 고장이 심화될수록 누설 전류(I_{ISC})로 소모되는 전력량이 증가할 수 있다.
- [0067] 도 3은, 소정의 CC-CV 프로파일에 따른 충전 절차, 휴지 절차 및 정전류 방전 절차를 포함하는 충방전 사이클에 의한 스웰링 상태의 경시적 변화를 예시한다. 도 3에 있어서, 커브(310)는 정상 배터리 셀의 스웰링 상태를, 커브(320)는 고장 배터리 셀의 스웰링 상태를 예시하고 있다. 이해를 돕기 위해, 두 커브(410, 420)에 연관된 충전 절차의 시작 시점을 시점 t_0 로 일치시켰으며, 시점 t_0 에서 정상 배터리 셀과 고장 배터리 셀의 스웰링 상태는 S_0 으로 동일한 것으로 가정한다.
- [0068] 커브(310)에 있어서, t_1, t_2 및 t_3 는, 각각 정상 배터리 셀에 대한 충전 절차의 종료 시점(=휴지 절차의 시작 시점), 휴지 절차의 종료 시점(=방전 절차의 시작 시점) 및 방전 절차의 종료 시점(=충방전 사이클의 완료 시점)이다. 커브(310)에서는, 스웰링 상태는 시점 t_0 부터 시점 t_1 까지 지속 증가하고 있다. 즉, 커브(310)에서는, 충전 절차의 스웰링 상태가 시점 t_1 에서 최대이다.
- [0069] 커브(320)에 있어서, t_{11}, t_{12} 및 t_{13} 는, 각각 고장 배터리 셀에 대한 충전 절차의 종료 시점, 휴지 절차의 종료 시점 및 방전 절차의 종료 시점이다. 커브(320)에서는, 시점 t_{11} 전의 시점 t_P 에서 최대 스웰링 상태(SP)에 해당하는 피크(P)가 위치하고 있으며, 최대 스웰링 상태(SP)는 충전 절차의 종료시의 스웰링 상태(SB)보다 크다. 즉, 커브(320)에 있어서, 스웰링 상태는 시점 t_0 부터 지속 증가하여 시점 t_P 에서 최대치(SP)가 된 후, 시점 t_P 로부터 시점 t_{11} 까지 지속 감소하고 있다. 충전 절차의 종료 전에 피크(P)가 나타나는 이유는, 시점 t_P 부근에서 정전류 충전으로부터 정전압 충전으로 전환됨에 따라 정전압 충전 중 충전 전류가 지속 감소하며, 이러한 충전 전류의 변화가 정상 배터리 셀보다 고장 배터리 셀의 스웰링 상태에 상대적으로 큰 영향을 준 결과인

것으로 추측된다.

- [0070] 충전 절차에 있어서, 정상 배터리 셀과는 대조적으로, 충전 전력의 일부는 고장 배터리 셀에 저장되지 못한 채로 누설 전류(I_{ISC})로서 소모되어 버린다. 따라서, 고장 배터리 셀에 있어서는, 온도의 상승, 가스의 발생, 전극 재료의 팽창 및 석출물(예, 리튬 금속)의 성장이 가속화되므로, 그만큼 스웰링이 심화된다. 또한, 고장 배터리 셀에 대한 충전 절차의 소요 시간($t_{11}-t_0$)이 정상 배터리 셀에 대한 충전 절차의 소요 시간(t_1-t_0)보다 길다.
- [0071] 본 발명의 발명자는, 고장 배터리 셀의 스웰링 상태가 충전 절차의 초기(t_0-t_A)보다 후기(t_B-t_1)에서 빠르게 증가하는 현상을 확인하였다. 해당 현상은, 크게 두가지 원인 즉 (i)시점 t_0 부터 발생된 누설 전류(I_{ISC})에 의한 고장 배터리 셀의 내부의 불안정성이 충전 절차에 걸쳐 누적되는 것 및 (ii)충전 절차 동안 고장 배터리 셀의 전압이 점차 증가하는 것이 복합적으로 작용한 결과일 수 있다. 원인(ii)은, 고장 배터리 셀의 전압의 증가로부터 누설 전류(I_{ISC})이 증가하는 옴의 법칙에 기반한다.
- [0072] 다음으로, 정상 배터리 셀에 대한 휴지 절차의 지속 시간 (t_2-t_1)과 고장 배터리 셀에 대한 휴지 절차의 지속 시간 ($t_{12}-t_{11}$)은 동일할 수 있다.
- [0073] 이어서, 방전 절차에 있어서는, 정상 배터리 셀과는 대조적으로, 고장 배터리 셀의 방전 전력 중 일부는 전기 부하에 공급되지 못한 채로 누설 전류(I_{ISC})로서 소모되어 버린다. 따라서, 방전 절차에 있어서, 고장 배터리 셀로부터 누설 전류(I_{ISC})의 추가적 방전 전력이 소모되므로, 고장 배터리 셀에 대한 방전 절차의 소요 시간($t_{13}-t_{12}$)이 정상 배터리 셀에 대한 방전 절차의 소요 시간(t_3-t_2)보다 짧다. 또한, 고장 배터리 셀(BC)에 대한 충전 절차의 최소 스웰링 상태와 방전 절차의 최소 스웰링 상태 간의 차이(ΔS_2)는, 정상 배터리 셀에 대한 충전 절차의 최소 스웰링 상태와 방전 절차의 최소 스웰링 상태 간의 차이(ΔS_1)의 수배에서 수십배에 이를 정도로 크다. 이는, 고장 배터리 셀 내에 발생된 가스 및 석출물이 방전 절차 후에도 그대로 체류함과 아울러, 정상 배터리 셀보다 큰 폭의 온도 상승으로 인해 고장 배터리 셀의 외장재가 팽창되어 있는 것에 기인한 것으로 추측된다.
- [0074] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 예시적으로 보여주는 순서도이다.
- [0075] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 단계 S410에서, 제어 회로(150)는, 충방전 사이클에 포함된 충전 절차 동안 반복 검출된 배터리 셀(BC)의 스웰링 상태의 제1 시계열 데이터를 생성한다. 커브(310)에서 기간(t_0-t_1)의 범위는, 배터리 셀(BC)이 정상인 경우에 생성되는 제1 시계열 데이터에 대응한다. 커브(320)에서 기간(t_0-t_{11})의 범위는, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 경우에 생성되는 제1 시계열 데이터에 대응한다.
- [0076] 단계 S420에서, 제어 회로(150)는, 제1 시계열 데이터로부터, 충전 절차에서의 스웰링 상태의 제1 변화량을 결정한다. 제1 변화량은, 제1 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태와 최대 스웰링 상태 간의 차이일 수 있다. 또는, 제1 변화량은, 충전 절차의 시작 시점부터 소정의 시간이 경과된 시점에 검출된 스웰링 상태와 제1 시계열 데이터의 최대 스웰링 상태 간의 차이일 수 있다. 이하에서는, 제1 변화량이 제1 시계열 데이터의 최소 스웰링 상태와 최대 스웰링 상태 간의 차이인 것으로 가정하겠다.
- [0077] 도 3의 커브(310)를 참조하면, 배터리 셀(BC)이 정상인 경우, 충전 절차의 시작 시점(t_0)에서 스웰링 상태는 최소이고, 종료 시점(t_1)에서 스웰링 상태는 최대이므로, 제1 변화량은 SA-S0이다. 이에 비해, 커브(320)를 참조하면, 배터리 셀(BC)이 고장인 경우, 충전 절차의 시작 시점(t_0)에서 스웰링 상태는 최소이고, 종료 시점(t_{11}) 전의 시점(t_P)에서 스웰링 상태는 최대이므로, 제1 변화량은 SP-S0이다.
- [0078] 단계 S430에서, 제어 회로(150)는, 제1 변화량을 기초로, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인지 여부를 판정한다. 일 예로, 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상인 경우, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 것으로 판정된다. 단계 S430의 값이 "예"인 경우, 단계 S440이 진행될 수 있다.
- [0079] 단계 S440에서, 제어 회로(150)는, 소정의 보호 기능을 실행한다. 일 예로, 제어 회로(150)는, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장임을 나타내는 알람 메시지를 통신 회로(160)를 통해 차량 컨트롤러(2) 및/또는 사용자(예, 운전자)에게 출력할 수 있다. 다른 예로, 제어 회로(150)는, 충전 전압, 방전 전압, 충전 전류 및/또는 방전 전류의 허용치를 소정값만큼 제한할 수 있다.
- [0080] 후술된 제2 내지 제4 실시예에 따른 배터리 관리 방법은, 전술된 제1 실시예에 따른 배터리 관리 방법의 변형례이다. 따라서, 실시예들을 설명함에 있어서 서로 공통된 내용에 대한 반복적 설명은 생략될 수 있다.

- [0081] 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 예시적으로 보여주는 순서도이다.
- [0082] 도 1 내지 도 3 및 도 5를 참조하면, 단계 S510에서, 제어 회로(150)는, 충방전 사이클에 포함된 충전 절차 동안 반복 검출된 배터리 셀(BC)의 스웰링 상태의 제1 시계열 데이터를 생성한다.
- [0083] 단계 S512에서, 제어 회로(150)는, 충방전 사이클 포함된 방전 절차 동안 반복 검출된 배터리 셀(BC)의 스웰링 상태의 제2 시계열 데이터를 생성한다. 커브(310)에서 시간($t_2 \sim t_3$)의 범위는, 배터리 셀(BC)이 정상인 경우에 생성되는 제2 시계열 데이터에 대응한다. 커브(320)에서 시간($t_{12} \sim t_{13}$)의 범위는, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 경우에 생성되는 제1 시계열 데이터에 대응한다.
- [0084] 단계 S520에서, 제어 회로(150)는, 제1 시계열 데이터 및 제2 시계열 데이터로부터 충전 절차에서의 스웰링 상태의 제1 변화량 및 방전 절차에서의 스웰링 상태의 제2 변화량을 결정한다. 제2 변화량은, 방전 절차의 최소 스웰링 상태와 충전 절차의 최소 스웰링 상태 간의 차이이다. 도 3에 있어서, 배터리 셀(BC)이 정상인 경우, 제2 변화량은 $\Delta S1$ 이다. 반면, 배터리 셀(BC)이 고장인 경우, 제2 변화량은 $\Delta S2$ 이다.
- [0085] 단계 S530에서, 제어 회로(150)는, 제1 변화량 및 제2 변화량을 기초로, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인지 여부를 판정한다.
- [0086] 일 예로, 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상이고, 제2 변화량이 제2 임계 변화량 이상인 경우, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 것으로 판정된다. 다른 예로, 제1 변화량과 제2 변화량의 합이 제3 임계 변화량 이상인 경우, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 것으로 판정된다. 또 다른 예로, 제1 변화량과 제2 변화량의 가중합(또는 가중 평균)이 제4 임계 변화량 이상인 경우, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 것으로 판정된다. 단계 S530의 값이 "예"인 경우, 단계 S540이 진행될 수 있다.
- [0087] 단계 S540에서, 제어 회로(150)는, 소정의 보호 기능을 실행한다.
- [0088] 도 6은 본 발명의 제3 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 예시적으로 보여주는 순서도이다.
- [0089] 도 1 내지 도 3 및 도 6을 참조하면, 단계 S610에서, 제어 회로(150)는, 충방전 사이클에 포함된 충전 절차 동안 반복 검출된 배터리 셀(BC)의 스웰링 상태의 제1 시계열 데이터를 생성한다.
- [0090] 단계 S612에서, 제어 회로(150)는, 충방전 사이클 포함된 방전 절차 동안 반복 검출된 배터리 셀(BC)의 스웰링 상태의 제2 시계열 데이터를 생성한다.
- [0091] 단계 S620에서, 제어 회로(150)는, 충전 절차 동안 반복 검출된 배터리 셀(BC)의 배터리 전류의 제3 시계열 데이터를 생성한다.
- [0092] 단계 S622에서, 제어 회로(150)는, 방전 절차 동안 반복 검출된 배터리 셀(BC)의 배터리 전류의 제4 시계열 데이터를 생성한다.
- [0093] 단계 S630에서, 제어 회로(150)는, 제1 시계열 데이터 및 제2 시계열 데이터로부터 충전 절차에 의한 스웰링 상태의 제1 변화량 및 방전 절차에 의한 스웰링 상태의 제2 변화량을 결정한다.
- [0094] 단계 S640에서, 제어 회로(150)는, 제3 시계열 데이터 및 제4 시계열 데이터로부터 충전 절차에서의 배터리 전류의 제1 적산량 및 방전 절차에서의 배터리 전류의 제2 적산량을 결정한다. 제1 적산량은, 충전 절차의 시작 시점부터 종료 시점까지 배터리 셀(BC)을 통해 흐른 충전 전류의 누적값을 나타낸다. 제2 적산량은, 방전 절차의 시작 시점부터 종료 시점까지 배터리 셀(BC)을 통해 흐른 방전 전류의 누적값을 나타낸다. 제1 적산량에 대한 제2 적산량의 비율 즉, (제2 적산량)/(제1 적산량)은 배터리 셀(BC)의 쿨롱 효율을 나타낸다.
- [0095] 단계 S650에서, 제어 회로(150)는, 제1 변화량, 제2 변화량, 제1 적산량 및 제2 적산량을 기초로, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인지 여부를 판정한다.
- [0096] 일 예로, 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상이고, 제2 변화량이 제2 임계 변화량 이상이고, 제1 적산량에 대한 제2 적산량의 비율이 임계 비율 미만인 경우, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 것으로 판정된다.
- [0097] 다른 예로, 제1 변화량과 제2 변화량의 합이 제3 임계 변화량 이상이고, 제1 적산량에 대한 제2 적산량의 비율이 임계 비율 미만인 경우, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 것으로 판정된다.
- [0098] 또 다른 예로, 제1 변화량과 제2 변화량의 가중합(또는 가중 평균)이 제4 임계 변화량 이상이고, 제1 적산량에 대한 제2 적산량의 비율이 임계 비율 미만인 경우, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 것으로 판정된다. 단계

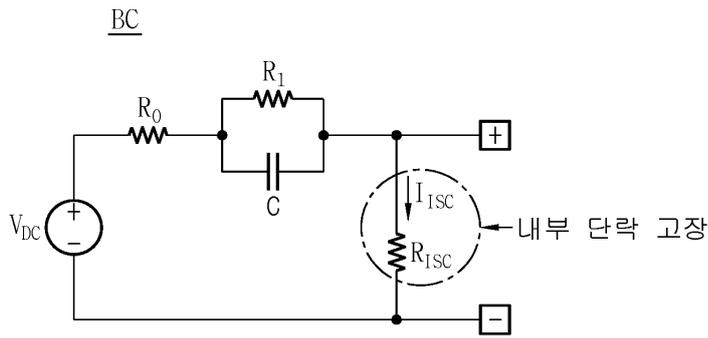
S650의 값이 "예"인 경우, 단계 S660이 진행될 수 있다.

- [0099] 단계 S660에서, 제어 회로(150)는, 소정의 보호 기능을 실행한다.
- [0100] 도 7은 본 발명의 제4 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 예시적으로 보여주는 순서도이다.
- [0101] 도 1 내지 도 3 및 도 7을 참조하면, 단계 S710에서, 제어 회로(150)는, 충전 사이클에 포함된 충전 절차 동안 반복 검출된 배터리 셀(BC)의 스웰링 상태의 제1 시계열 데이터를 생성한다.
- [0102] 단계 S720에서, 제어 회로(150)는, 제1 시계열 데이터로부터 충전 절차에 의한 스웰링 상태의 제1 변화량을 결정한다.
- [0103] 단계 S722에서, 제어 회로(150)는, 제1 시계열 데이터로부터 충전 절차의 초기에서의 스웰링 상태의 제1 평균 변화율 및 충전 절차의 후기에서의 스웰링 상태의 제2 평균 변화율을 결정한다.
- [0104] 충전 절차의 초기는, 충전 절차의 시작 시점(t0)부터 제1 시간이 경과된 시점까지의 기간이다. 도 3의 커브(320)에 있어서, 충전 절차의 초기는, 충전 절차의 시작 시점(t0)부터 시점(tA)까지의 기간이다. 제1 시간은, 충전 절차의 기준 시간과 제1 계수(1 미만의 양수)의 곱과 동일할 수 있다. 기준 시간은, 최소 스웰링 상태가 검출된 시점과 최대 스웰링 상태가 검출된 시점 간의 시간 간격이다. 일 예로, 기준 시간(tP-t0) = 150분, 제1 계수 = 0.2인 경우, 제1 시간 = 30분. 대안적으로, 제1 시간은, 미리 정해져 있을 수 있다. 제1 평균 변화율은, 초기에서의 스웰링 상태의 변화량(SX-S0)을 제1 시간으로 나눈 값이다.
- [0105] 충전 절차의 후기는, 충전 절차의 최대 스웰링 상태가 검출된 시점부터 제2 시간 전까지의 기간이다. 도 3의 커브(320)에 있어서, 충전 절차의 후기는, 충전 절차의 시점(tB)부터 시점(tP)까지의 기간이다. 제2 시간은, 기준 시간과 제2 계수(1 미만의 양수)의 곱과 동일할 수 있다. 일 예로, 기준 시간(tP-t0) = 150분, 제2 계수 = 0.1인 경우, 제2 시간 = 15분. 대안적으로, 제2 시간은, 미리 정해져 있을 수 있다. 제2 평균 변화율은, 후기에서의 스웰링 상태의 변화량(SP-SY)을 제2 시간으로 나눈 값이다.
- [0106] 단계 S730에서, 제어 회로(150)는, 제1 변화량, 제1 평균 변화율 및 제2 평균 변화율을 기초로, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인지 여부를 판정한다.
- [0107] 일 예로, 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상이고, 제1 평균 변화율에 대한 제2 평균 변화율의 비율이 임계 비율 미만인 경우, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 것으로 판정된다.
- [0108] 다른 예로, 제1 변화량이 제1 임계 변화량 이상이고, 제1 평균 변화율과 제2 평균 변화율 간의 차이가 임계 변화율 이상인 경우, 배터리 셀(BC)이 내부 단락 고장인 것으로 판정된다. 단계 S730의 값이 "예"인 경우, 단계 S740이 진행될 수 있다.
- [0109] 단계 S740에서, 제어 회로(150)는, 소정의 보호 기능을 실행한다.
- [0110] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.
- [0111] 이상에서 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.
- [0112] 또한, 이상에서 설명한 본 발명은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니라, 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수 있다.

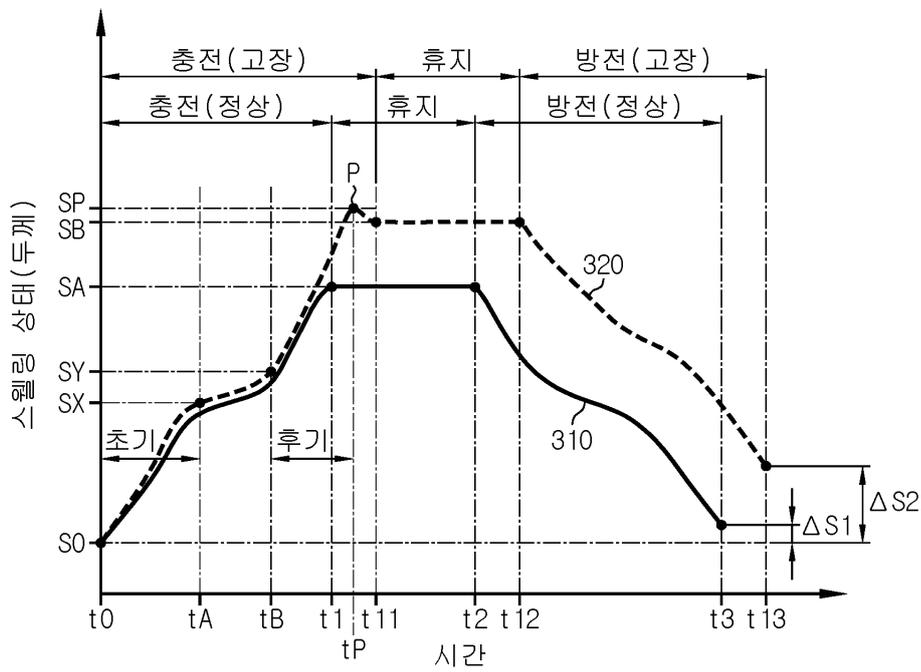
부호의 설명

- [0114] 1: 전기 차량 10: 배터리 팩
- BM: 배터리 모듈 BC: 배터리 셀

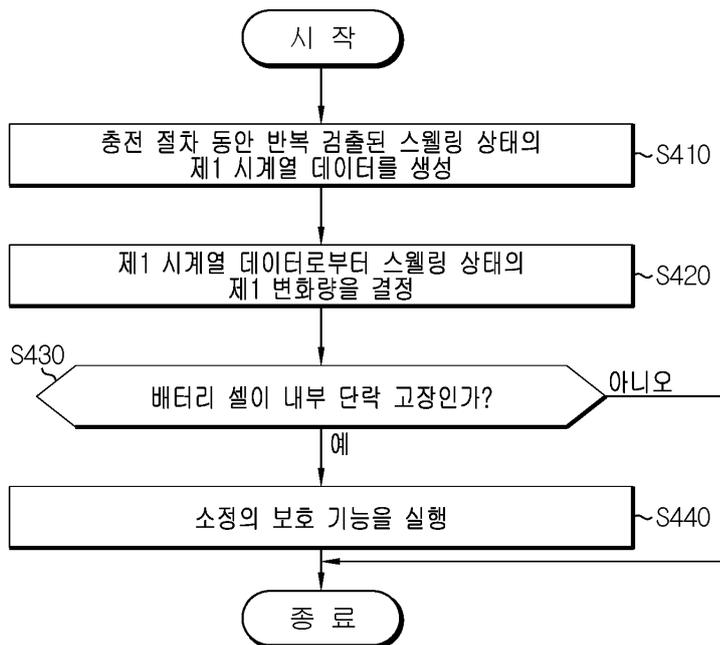
도면2



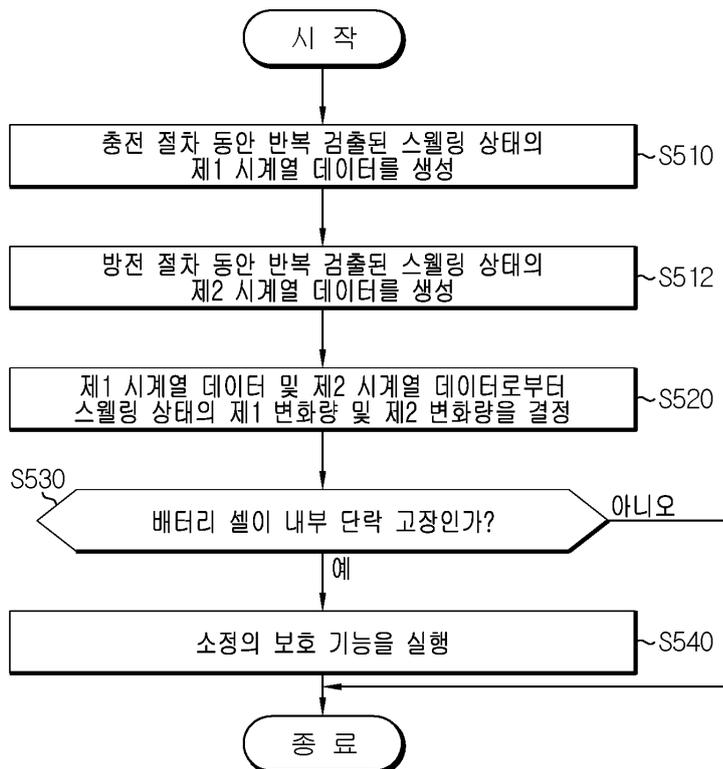
도면3



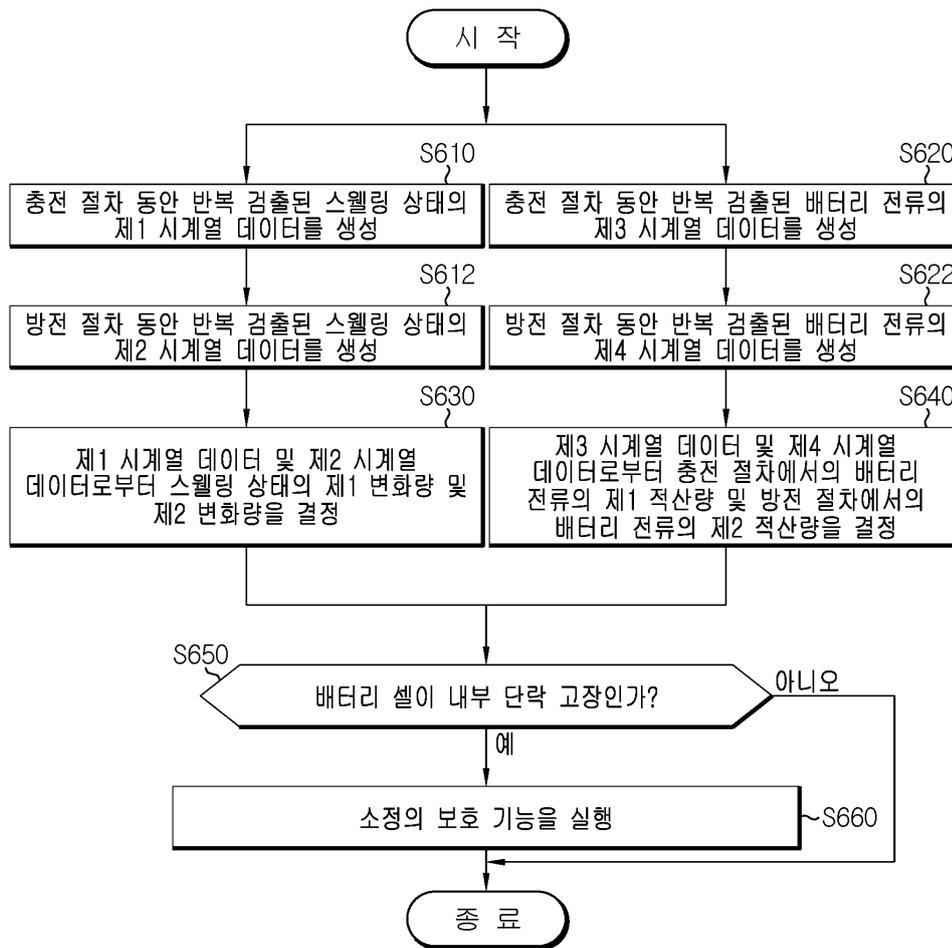
도면4



도면5



도면6



도면7

