(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0051007
(43) 공개일자 2016년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/36 (2006.01) *H01M 10/48* (2015.01)
(21) 출원번호 10-2014-0150328
(22) 출원일자 2014년10월31일
심사청구일자 2015년12월11일

(71) 출원인
주식회사 엘지화학
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
(72) 발명자
윤성열
대전광역시 유성구 문지로 188 (문지동, LG화학기술연구원)
박정석
대전광역시 유성구 문지로 188 (문지동, LG화학기술연구원)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인필앤온지

전체 청구항 수 : 총 11 항

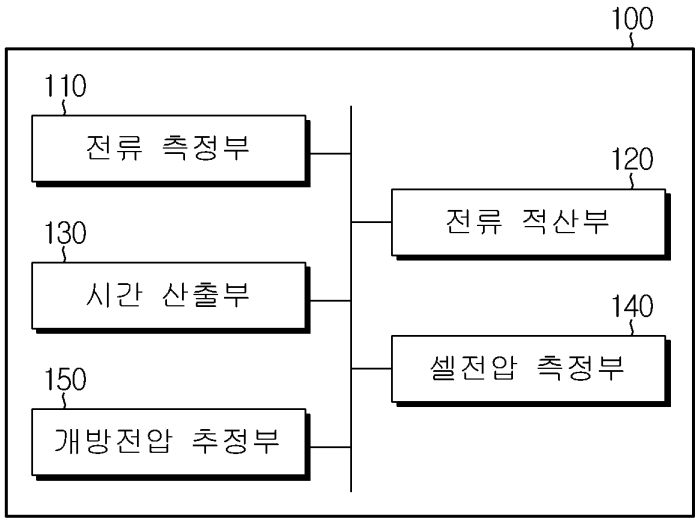
(54) 발명의 명칭 **개방전압 추정 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 배터리 셀이 정지 시간을 가지지 않는 경우에도 개방전압을 추정할 수 있는 개방전압 추정 장치를 개시한다.

본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 장치는, 배터리 셀의 충방전 전류를 측정하는 전류측정부; 상기 전류측정부가 측정한 전류를 초기시간부터 적산하는 전류적산부; 상기 전류적산부가 적산한 전류적산값이 임계범위내에 속할 때의 시간인 임계시간을 산출하는 시간산출부; 상기 배터리 셀의 전압을 측정하는 셀전압측정부; 및 상기 초기시간부터 상기 임계시간까지의 연산시간 동안의 시간에 대하여, 상기 셀전압측정부가 측정한 전압의 평균값을 산출하고, 산출된 상기 전압평균값을 상기 배터리 셀의 개방전압으로 추정하는 개방전압추정부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

조영보

대전광역시 유성구 문지로 188 (문지동, LG화학기술연구원)

오경진

대전광역시 유성구 문지로 188 (문지동, LG화학기술연구원)

명 세 서

청구범위

청구항 1

배터리 셀의 충방전 전류를 측정하는 전류측정부;

상기 전류측정부가 측정한 전류를 초기시간부터 적산하는 전류적산부;

상기 전류적산부가 적산한 전류적산값이 임계범위내에 속할 때의 시간인 임계시간을 산출하는 시간산출부;

상기 배터리 셀의 전압을 측정하는 셀전압측정부; 및

상기 초기시간부터 상기 임계시간까지의 연산시간 동안의 시간에 대하여, 상기 셀전압측정부가 측정한 전압의 평균값을 산출하고, 산출된 상기 전압평균값을 상기 배터리 셀의 개방전압으로 추정하는 개방전압추정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 개방전압 추정 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 시간산출부는, 상기 전류적산값이 0인 시점의 시간을 상기 임계시간으로 산출하는 것을 특징으로 하는 개방전압 추정 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 시간산출부는, 상기 전류적산값의 부호가 변경될 때의 시간을 상기 임계시간으로 산출하는 것을 특징으로 하는 개방전압 추정 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 개방전압추정부는, 상기 연산시간 동안의 시간에 대해 셀전압을 적산하고, 상기 적산한 셀전압을 상기 연산시간으로 나누어 상기 전압평균값을 산출하는 것을 특징으로 하는 개방전압 추정 장치.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 따른 상기 개방전압 추정 장치; 및

상기 개방전압 추정 장치가 추정한 개방전압을 이용하여 배터리 어셈블리에 포함된 배터리 셀간의 밸런싱을 수행하는 밸런싱 회로;를 포함하는 것을 특징으로 하는 셀 밸런싱 장치.

청구항 6

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 따른 개방전압 추정 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 팩.

청구항 7

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 따른 개방전압 추정 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 저장 시스템.

청구항 8

배터리 셀의 충방전 전류를 측정하는 단계;

상기 측정단계에서 측정한 전류를 초기시간부터 적산하는 단계;

상기 전류적산단계에서 적산한 전류적산값이 임계범위내에 속할 때의 시간인 임계시간을 산출하는 단계;

상기 배터리 셀의 전압을 측정하는 단계; 및

상기 초기시간부터 상기 임계시간까지의 연산시간 동안의 시간에 대하여, 상기 전압측정단계에서 측정한 전압의 평균값을 산출하고, 상기 산출된 전압평균값을 상기 배터리 셀의 개방전압으로 추정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 개방전압 추정 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 임계시간산출단계는, 상기 전류적산값이 0인 시점의 시간을 상기 임계시간으로 산출하는 것을 특징으로 하는 개방전압 추정 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 연산시간산출단계는, 상기 전류적산값의 부호가 변경될 때의 시간을 상기 임계시간으로 산출하는 것을 특징으로 하는 개방전압 추정 방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 개방전압추정단계는, 상기 연산시간 동안의 시간에 대해 셀전압을 적산하고, 상기 적산한 셀전압을 상기 연산시간으로 나누어 상기 전압평균값을 산출하는 것을 특징으로 하는 개방전압 추정 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 이차 전지를 관리하는 기술에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 이차 전지를 성능을 모니터링하고 제어하기 위해 필요한 이차 전지의 개방전압을 추정하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 노트북, 비디오 카메라, 휴대용 전화기 등과 같은 휴대용 전자 제품의 수요가 급격하게 증대되고, 전기 자동차, 에너지 저장용 축전지, 로봇, 위성 등의 개발이 본격화됨에 따라, 반복적인 충방전이 가능한 고성능 이차 전지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 현재 상용화된 이차 전지로는 니켈 카드뮴 전지, 니켈 수소 전지, 니켈 아연 전지, 리튬 이차 전지 등이

있는데, 이 중에서 리튬 이차 전지는 니켈 계열의 이차 전지에 비해 메모리 효과가 거의 일어나지 않아 충방전이 자유롭고, 자가 방전율이 매우 낮으며 에너지 밀도가 높은 장점으로 각광을 받고 있다.

[0004] 한편, 이러한 이차 전지는 단일의 배터리 셀로 사용되는 경우도 있지만, 고전압 및/또는 대용량의 전력 저장장치에 사용되기 위해 복수의 배터리 셀이 직렬 및/또는 병렬로 연결된 상태로 사용되는 경우가 많다. 또한, 복수의 배터리 셀 및 배터리 셀의 충방전 동작을 전반적으로 제어하는 배터리 관리 장치가 포함된 배터리 팩 내지 배터리 시스템의 형태로 사용되는 것이 일반적이다.

[0005] 그리고, 이러한 배터리 팩에 사용되는 배터리 관리 장치는, 온도 센서, 전류 센서, 전압 센서 등을 이용하여 배터리의 상태를 모니터링하고, 이러한 모니터링 결과를 이용하여 충전용량(State Of Charge: SOC) 또는 잔존수명(State Of Health: SOH)를 추정하거나 배터리 셀간의 전압을 밸런싱하거나 고전압, 과전류, 저온, 고온 등으로부터 배터리를 보호하는 기능을 수행한다.

[0006] 한편, 종래기술에 따른 배터리 관리 장치는, 충전용량 추정, 잔존수명 추정, 셀 밸런싱 등과 같은 관리 기능을 수행하기 위해 배터리 셀의 개방전압(Open Circuit Voltage: OCV)을 측정하고, 이를 이용하는 경우가 많다. 배터리 셀의 개방전압이란, 외부 부하 혹은 외부 회로가 접속되어 있지 않은 상태 내지 배터리 셀의 충방전 동작이 수행되지 않는 안정된 상태에서의 배터리 셀의 전압을 의미한다. 여기서, 배터리 셀의 개방전압과 실제 배터리 셀로부터 측정되는 전압이 달라지는 이유는, 셀의 내부 저항(ohmic 분극) 및 전극/전해질 계면에서의 전하 이동과 연관된 분극(polarization)현상 등과 관련된 것으로 알려져 있다.

[0007] 그런데, 이와 같은 개방전압을 정확하게 측정하기 위해서는 배터리 셀의 사용이 중단되고, 충분한 시간이 흘러야 한다. 즉, 정확한 개방전압의 측정을 위해서는 충방전이 없는 상태가 필요하다.

[0008] 그러나, 개방전압에 대한 정보는, 충방전이 진행되는 도중에 실시간으로 요구되는 경우가 많다. 또한, 배터리가 적용되는 장치에 따라서는 배터리의 미가동 시간이 존재하지 않고 충방전이 지속되는 경우도 있다. 일 예로, 발전 설비의 주파수 조정(Frequency Regulation: FR)에 사용되는 전력 저장 시스템(Energy Storage System: ESS)은, 정지 시간(rest time) 없이 지속적으로 충방전을 수행한다. 따라서, 이러한 장치에 사용되는 배터리의 경우, 개방전압을 측정하기 곤란하다는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2009-0020470호(2009.02.26.공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 배터리 셀이 정지 시간을 가지지 않는 경우에도 개방전압을 추정할 수 있는 개방전압 추정 장치를 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 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 출원인은, 상기와 같은 문제점을 인식하고 지속적인 연구를 수행하던 중 배터리 셀의 개방전압이 배터리 셀의 충방전 전압을 추종한다는 사실을 알게 되었고, 배터리 셀의 전압으로부터 내부 저항에 의한 IR 효과로 인해 가감되는 전압 성분을 제거하면 배터리 셀의 개방전압에 매우 근접한 값을 갖는다는 것을 알게 되었다.

[0013] 본 출원인은, 이러한 점을 이용하여, 배터리 셀이 충전될 때 IR 효과로 인해 더해지는(+) 전압 성분과, 배터리 셀이 방전될 때 IR 효과로 인해 빼지는(-) 전압 성분이 서로 상쇄될 때까지 배터리 셀의 전압을 측정하고, 이때까지 측정된 배터리 셀의 전압의 평균값을 배터리 셀의 개방전압으로 추정하는 기술을 도출하였다.

[0014] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 개방전압 추정 장치는, 배터리 셀의 충방전 전류를 측정하는 전류측정부; 상기 전류측정부가 측정한 전류를 초기시간부터 적산하는 전류적산부; 상기 전류적산부가 적산한 전류적산값이 임계범위내에 속할 때의 시간인 임계시간을 산출하는 시간산출부; 상기 배터리 셀의 전압을 측정하는 셀전압측정부; 및 상기 초기시간부터 상기 임계시간까지의 연산시간 동안의 시간에 대하여, 상기 셀전압측정부가 측정한 전압의 평균값을 산출하고, 산출된 상기 전압평균값을 상기 배터리 셀의 개방전압으로 추정하는 개방전압추정부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 일 실시예에 의하면, 상기 시간산출부는, 상기 전류적산값이 0인 시점의 시간을 상기 임계시간으로 산출할 수 있다. 다른 실시예에 의하면, 상기 시간산출부는, 상기 전류적산값의 부호가 변경될 때의 시간을 상기 임계시간으로 산출할 수 있다.

[0016] 일 실시예에 의하면, 상기 개방전압추정부는, 상기 연산시간 동안의 시간에 대해 셀전압을 적산하고, 상기 적산한 셀전압을 상기 연산시간으로 나누어 상기 전압평균값을 산출할 수 있다.

[0017] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 측면에 따른 셀 밸런싱 장치는, 상술한 개방전압 추정 장치; 및 상기 개방전압 추정 장치가 추정한 개방전압을 이용하여 배터리 어셈블리에 포함된 배터리 셀간의 밸런싱을 수행하는 밸런싱 회로;를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따른 배터리 팩은, 상술한 개방전압 추정 장치를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따른 전력 저장 시스템은 상술한 개방전압 추정 장치를 포함할 수 있다. 그리고, 상기 전력 저장 시스템은, 발전 설비의 주파수 조정에 사용되는 주파수 조정용 전력 저장 시스템일 수 있다.

[0020] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따른 개방전압 추정 방법은, 배터리 셀의 충방전 전류를 측정하는 단계; 상기 측정단계에서 측정한 전류를 초기시간부터 적산하는 단계; 상기 전류적산단계에서 적산한 전류적산값이 임계범위내에 속할 때의 시간인 임계시간을 산출하는 단계; 상기 배터리 셀의 전압을 측정하는 단계; 및 상기 초기시간부터 상기 임계시간까지의 연산시간 동안의 시간에 대하여, 상기 전압측정단계에서 측정한 전압의 평균값을 산출하고, 상기 산출된 전압평균값을 상기 배터리 셀의 개방전압으로 추정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 일 실시예에 의하면, 상기 임계시간산출단계는, 상기 전류적산값이 0인 시점의 시간을 상기 임계시간으로 산출할 수 있다. 다른 실시예에 의하면, 상기 연산시간산출단계는, 상기 전류적산값의 부호가 변경될 때의 시간을 상기 임계시간으로 산출할 수 있다.

[0022] 일 실시예에 의하면, 상기 개방전압추정단계는, 상기 연산시간 동안의 시간에 대해 셀전압을 적산하고, 상기 적산한 셀전압을 상기 연산시간으로 나누어 상기 전압평균값을 산출할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 의하면, 배터리 셀의 충방전이 지속되는 동안에서 배터리 셀의 개방전압을 추정할 수 있다. 따라서, 본 발명에 의하면, 정지 시간을 갖지 않는 어플리케이션에 적용되는 배터리에 대한 개방전압을 추정하는 것이 가능하다.

[0024] 본 발명의 일 측면에 의하면, 배터리 셀의 개방전압을 추정하고, 이를 이용하여 배터리 셀 간의 밸런싱을 수행할 수 있다. 이를 통해, 배터리 셀 간의 전압 편차 내지 충전량 편차로 인해 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지할 수 있다.

[0025] 이외에도 본 발명은 다른 다양한 효과를 가질 수 있으며, 이러한 본 발명의 다른 효과들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 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 아니된다.

도 1은, 배터리 셀이 충전 상태에 있을 때 측정되는 배터리 셀 전압과 방전 상태에 있을 때 측정되는 배터리 셀 전압을 개방전압과 비교하여 나타낸 그래프이다.

도 2는, 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 장치의 기능적 구성을 나타낸 도면이다.

도 3은, 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 장치의 배터리 팩 내 연결 구성을 나타낸 도면이다.

도 4는, 본 발명의 일 실시예에 따른 셀 밸런싱 장치를 나타낸 도면이다.

도 5는, 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 방법을 나타낸 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 또한, 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0030] 본 출원인은, 본 발명의 일 측면에 따른 개방전압 추정 장치에 대해 설명하기에 앞서, 충방전에 의한 배터리 셀의 전압 변화 거동에 대해 설명하도록 한다.

[0031] 도 1은, 배터리 셀이 충전 상태에 있을 때 측정되는 배터리 셀 전압과 방전 상태에 있을 때 측정되는 배터리 셀 전압을 개방전압과 비교하여 나타낸 그래프이다.

[0032] 도 1에서, 가로축(x축)은, 배터리 셀의 충전용량(SOC)을 나타내고, 세로축(y축)은, 배터리 셀의 전압을 나타낸다. 배터리 셀의 개방전압(Open Circuit Voltage: OCV)은, 배터리 셀의 다양한 특성을 나타내는 지표가 되는데, 도 1에서는 배터리 셀의 충전용량(SOC)을 나타내는 지표로 사용되고 있다. 즉, 배터리 셀의 개방전압을 알 수 있다면, 해당 배터리 셀의 충전용량을 알 수 있다.

[0033] 그러나, [발명의 배경이 되는 기술]에서 전술한 바와 같이, 배터리 셀이 충전 또는 방전 중인 상태에서 측정된 배터리 셀의 전압은, 배터리 셀의 개방전압과 차이가 있으며, 충전 또는 방전 중에 배터리 셀의 개방전압을 추정하는 것은 쉽지 않다.

[0034] 이는 도 1을 참조하면 쉽게 이해될 수 있다. 도 1에서 충전이라고 표시된 충전 상태의 전압 프로파일과, 방전이라고 표시된 방전 상태의 전압 프로파일은 OCV라고 표시된 개방전압 프로파일과 차이가 있다. 따라서, 충전 또는 방전 중에 측정된 배터리 셀의 전압은 개방전압과 차이가 있다.

[0035] 다만, 본 출원인은, 전술한 바와 같이, 배터리 셀의 전압으로부터 내부 저항에 의한 IR 효과로 인해 가감되는 전압 성분을 제거하면 배터리 셀의 개방전압에 매우 근접한 값을 갖는다는 것을 알게 되었다.

[0036] 또한, 본 출원인은 배터리 셀의 내부 저항이 시간에 따라 변하는 변수(time variant)이나, 비교적 짧은 시간 동안에는 시간의 변화에 의존하지 않는 상수로 취급되어도 무방하다는 것을 인식하게 되었다. 따라서, 본 출원인은, 배터리 셀을 경유하는 전류의 값을 측정하고 상기 전류값을 적산함으로써 IR효과로 인해 가감되는 전압 성분을 적산할 수 있다는 것을 인식하게 되었다. 이를 통해, 본 출원인은, IR 효과로 인해 가감되는 전압 성분의 적산값이 0인 경우, 즉 배터리 셀에 대한 충전량과 방전량이 실질적으로 동일한 경우를 쉽게 찾을 수 있다는 것을 알게 되었다.

[0037] 본 출원인은, 이러한 지식을 통해 IR 효과로 인해 가감되는 전압 성분의 적산값이 0이 되는 시점을 찾은 다음, 상기 시점까지에 대한 배터리 셀의 전압 평균값을 구하면, 상기 전압 평균값이 배터리 셀의 개방전압의 평균값과 매우 근접한 값을 갖는다는 것을 알게 되었다.

[0038] 또한 본 출원인은, 상기 개방전압의 평균값을 특정 시점의 배터리 셀의 개방전압으로 이용하더라도 오차가 크지 않다는 것을 알게 되었다. 더욱이, 본 출원인은, 지속적으로 충방전을 반복하는 어플리케이션에 사용되는 배터리의 경우, 이러한 오차값은 무시할 수 있을 정도의 값이라는 것을 알게 되었다.

[0039] 이하, 본 발명의 일 측면에 따른 개방전압 추정 장치에 대해 설명하도록 한다.

[0040] 도 2는, 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 장치의 기능적 구성을 나타낸 도면이고, 도 3은, 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 장치의 배터리 팩 내 연결 구성을 나타낸 도면이다.

[0041] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 장치(100)는, 전류측정부(110), 전류적산부(120), 시간산출부(130), 셀전압측정부(140) 및 개방전압추정부(150)를 포함한다.

[0042] 상기 전류측정부(110)는, 배터리 셀(C)의 충방전 전류를 측정할 수 있다. 상기 전류측정부(110)는, 다양한 전류 측정 방식을 이용하여 배터리 셀(C)을 경유하는 전류를 측정할 수 있다.

[0043] 도 3을 참조하면, 배터리 팩은 배터리 어셈블리를 포함하고 있다. 여기서, 배터리 어셈블리는 2 이상의 배터리 셀(C)의 집합체를 의미하는 것으로서, 2 이상의 배터리 셀(C)은 직렬, 병렬 또는 직병렬로 연결될 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 직렬로 연결된 배터리 셀(C)들이 배터리 어셈블리를 구성할 경우, 배터리 어셈블리를 경유하는 전류 내지 배터리 팩의 충방전 경로 상에 흐르는 전류를 측정함으로써 배터리 셀(C)의 전류를 측정할 수도 있다.

[0044] 일 예로, 도 3에 도시된 바와 같이, 배터리 팩의 충방전 경로 상에 구비된 센스 저항(R_{sense})의 양단 전압을 측정하고, 측정된 상기 전압을 센스 저항(R_{sense})의 저항값으로 나누어서 배터리 팩의 충방전 경로 상에 흐르는 전류를 측정하고, 이를 통해 배터리 셀(C)을 경유하는 전류를 측정할 수도 있다.

[0045] 한편, 이러한 전류 측정 방식은 하나의 실시예에 불과한 것으로서 본 발명이 이러한 전류 측정 방식에 한정되는 것은 아니다.

[0046] 상기 전류적산부(120)는, 상기 전류측정부(110)가 측정한 전류를 초기시간부터 적산할 수 있다. 여기서, 초기시간은, 전류적산이 시작되는 시간이라고 할 수 있다.

[0047] 일 예로, 상기 전류적산부(120)는, 상기 전류측정부(110)가 연속적으로(continuous) 측정한 전류를 합산할 수 있다. 다른 예로, 상기 전류적산부(120)는, 상기 전류측정부(110)가 이산적으로(discrete) 측정한 전류를 합산할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 초기시간인 t1에서부터 임의의 시간인 t2까지의 연속적인 전류 적산은, 각각 하기의 수학식을 이용하여 수행될 수 있다.

수학식 1

[0048] $$\int_{t1}^{t2} I(t)dt$$

[0049] 여기서, I(t)는 전류측정부(110)가 연속적으로 측정한 전류이다. 일 실시예에 따른 전류적산부(120)는, t1으로부터 t2 구간까지 I(t)를 적분하여 연속적으로 측정된 전류를 합산할 수 있다.

[0050] 상기 시간산출부(130)는, 상기 전류적산부(120)가 적산한 전류적산값이 임계범위내에 속할 때의 시간을 산출할 수 있다. 여기서, 임계범위내에 속할 때의 시간은 임계시간으로 명명될 수 있다.

[0051] 상기 임계범위는, 상기 전류적산값이 0에 근접한 범위로 설정될 수 있다. 즉, 상기 임계범위는 배터리 셀(C)의 충전 전류량 및 방전 전류량의 합이 0에 근접한 범위로 설정될 수 있다. 바꾸어 말하면, 상기 임계범위는, 배터리 셀(C)의 충전 전류와 방전 전류가 서로 상쇄되는 범위로 설정될 수 있다고 할 수 있다. 이와 같은 임계범위의 설정은, 내부 저항 등에 의한 개방전압과의 오차를 상쇄시키기 위한 것이다. 이는 하기의 수학식들을 통해 이해될 수 있을 것이다.

수학식 2

[0052] $$V = OCV \pm I \cdot R$$

[0053] 여기서, V는 배터리 셀(C)의 동적전압을 의미하고, OCV는 배터리 셀(C)의 개방전압을 의미하며, I는 배터리 셀(C)에 흐르는 전류를 의미하고, R은 배터리 셀(C)의 내부저항을 의미한다. 그리고, 상기 동적전압(V)은 내부 저항 등에 의한 효과가 반영된 배터리 셀(C)의 전압으로 배터리 셀(C)의 전압 측정시 측정되는 전압값이라고 할 수 있다.

[0054] 상기 수학식 2의 평균값을 구하면, 즉 상기 동적전압의 평균값을 구하면, 아래의 수학식 3과 같고, 수학식 3은, 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

[0055] $$Avg(V) = Avg(OCV) \pm Avg(I \cdot R)$$

수학식 4

[0056] $$\frac{\int_{t_0}^{t_0+T} V(t)dt}{T} = \frac{\int_{t_0}^{t_0+T} OCV(t)dt}{T} \pm \frac{\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\cdot R(t)dt}{T}$$

[0057] 여기서, t_0은 초기시간이다.

[0058] 이때, 상기 수학식 4의 우변의 $\frac{\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\cdot R(t)dt}{T}$ 항이 제거될 경우, 개방전압의 평균값(Avg(OCV))은, 동적전압의 평균값(Avg(V))을 구함으로써 구해질 수 있다. 즉, 상기 수학식 4의 우변의 $\frac{\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\cdot R(t)dt}{T}$ 항이 제거될 경우, 배터리 셀(C)에 대한 측정값의 평균값은, 개방전압의 평균값은 동일한 값을 가진다. 다시 말해, 전류적산값이 0인 경우에는, 배터리 셀(C)의 전압을 측정하고 측정된 배터리 셀(C) 전압을 초기시간부터 연산시간까지 시간에 대한 평균값을 구하면, 개방전압의 평균값(Avg(OCV))을 도출할 수 있다.

[0059] 한편, 수학식 4의 우변에서, 내부저항을 의미하는 R(t)는 충분히 짧은 시간 동안에는 시간의 변화에 의존하지 않는 상수로 취급될 수 있다. 즉, R(t)는 R로 취급될 수 있다. 따라서, 수학식 4의 우변의

$$\frac{\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\cdot R(t)dt}{T}$$

항 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

[0060]
$$\frac{\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\cdot R(t)dt}{T} \approx \frac{\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\cdot R dt}{T} = \frac{R\cdot\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)dt}{T}$$

[0061] 따라서, 아래의 수학식 6을 만족하는 T를 찾으면, 상기 수학식 4의 우변의 $\frac{\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\cdot R(t)dt}{T}$ 항은 제거될 수 있다. 그 결과, 개방전압의 평균값(Avg(OCV))은, 동적전압의 평균값(Avg(V))을 구함으로써 구해질 수 있다.

수학식 6

[0062]
$$\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\,dt \approx 0$$

[0063] 다시 말해, 전류적산값이 0인 경우 내지 0에 근접한 경우, 수학식 4의 우변의 $\frac{\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\cdot R(t)dt}{T}$ 항이 제거될 수 있다.

[0064] 그리고, 이와 같이, 전류적산값이 0에 근접한지 여부는, 아래와 같은 수학식을 통해 결정될 수 있다.

수학식 7

[0065]
$$\left|\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\,dt\right| \le I_0$$

[0066] 여기서, I_0는, 임계범위를 설정하기 위한 상수로서, 임계상수라고 명명될 수 있다. 즉, 상기 임계범위 내지 임계상수는, 전류적산값이 0이 아니더라도 0에 근접한 값으로서 오차 범위로 설정할 수 있을 정도의 범위로 설정될 수 있다. 통상의 기술자는, 실험이나 시뮬레이션 등을 통해 적절한 임계범위 내지 임계상수를 설정할 수 있을 것이다.

[0067] 상기 시간산출부(130)는, 상기 전류적산부(120)가 적산한 전류적산값이 임계범위 내에 속할 때의 시간을 산출할 수 있다. 이때, 상기 임계시간은 소정 범위의 값일 수 있는데, 상기 시간산출부(130)는, 소정 범위에 포함된 값 중 임의의 값을 선택하여 이를 임계시간으로 산출할 수 있다.

[0068] 선택적으로, 상기 시간산출부(130)는, 상기 전류적산값이 0인 시점의 시간을 임계시간으로 산출할 수 있다. 즉, 상기 시간산출부(130)는, 아래의 수학식을 만족하는 t_0+T를 임계시간으로 산출할 수 있다. 다시 말해, 상기 시간산출부(130)는, 초기시간(t_0)으로부터 전류를 적산하여, 적산된 전류값이 0인 시점인 임계시간(t_0+T)을 산출할

수 있다. 이때, 연산시간은, 임계시간과 초기시간의 차이인 T일 수 있다.

수학식 8

[0069] $$\int_{t_0}^{t_0+T} I(t)\,dt=0$$

[0070] 또한 선택적으로, 상기 시간산출부(130)는, 전류적산값의 부호가 변경될 때의 시간을 임계시간으로 산출할 수도 있다. 다시 말해, 상기 시간산출부(130)는, 전류적산값의 크기가 양수(+)에서 음수(-)로 변경될 때의 시간 또는 전류적산값의 크기가 음수(-)에서 양수(-)로 변경될 때의 시간을 임계시간으로 산출할 수도 있다.

[0071] 또한, 상기 시간산출부(130)는 산출한 임계시간을 후술할 개방전압추정부(150)로 전송할 수 있다.

[0072] 상기 셀전압측정부(140)는, 상기 배터리 셀(C)의 전압을 측정할 수 있다. 상기 셀전압측정부(140)는, 알려진 다양한 전압 측정 방식에 의해 배터리 셀(C)의 전압을 측정할 수 있다.

[0073] 일 예로, 도 3에 도시된 바와 같이, 배터리 팩이 다수의 배터리 셀(C)로 이루어진 배터리 어셈블리를 포함할 경우, 상기 셀전압측정부(140)는, 상기 다수의 배터리 셀(C)의 전압을 측정할 수 있다. 이때, 상기 셀전압측정부(140)는, 배터리 셀(C) 각각의 양단 전압을 측정함으로써, 각 배터리 셀(C)의 전압을 측정할 수 있다.

[0074] 또한, 상기 셀전압측정부(140)는 측정한 배터리 셀(C)의 전압을 후술할 개방전압추정부(150)로 전송할 수 있다.

[0075] 상기 개방전압추정부(150)는, 상기 셀전압측정부(140)가 측정한 배터리 셀(C)의 전압의 평균값을 산출할 수 있다. 이때, 상기 개방전압추정부(150)는, 소정 시간 동안 측정된 배터리 셀(C)의 전압을 이용하여 배터리 셀(C) 전압의 산술 평균값을 구할 수 있다. 여기서, 소정 시간은, 연산시간일 수 있다. 이를 위해, 상기 개방전압추정부(150)는, 상기 시간산출부(130)로부터 연산시간에 대한 정보를 전송받고, 상기 셀전압측정부(140)로부터 배터리 셀(C)의 전압에 대한 정보를 전송받을 수 있다.

[0076] 일 실시예에 따르면, 상기 개방전압추정부(150)는, 초기시간으로부터 임계시간까지의 셀전압을 적산하고, 즉 연산시간 동안의 셀전압을 적산하고, 적산한 셀전압을 연산시간으로 나누어 전압평균값을 산출할 수 있다. 즉, 상기 개방전압추정부(150)는, 아래의 수학식을 이용하여 전압평균값을 산출할 수 있다.

수학식 9

[0077] $$\frac{\int_{t_0}^{t_0+T} V(t)dt}{T}$$

[0078] 상기 개방전압추정부(150)는, 이러한 방법을 통해 산출된 전압 평균값을 배터리 셀(C)의 개방전압으로 추정할 수 있다. 그리고, 이와 같은 방법으로 추정된 배터리 셀(C)의 개방전압은 다양한 용도로 사용될 수 있다.

[0079] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상술한 개방전압 추정 장치(100)는 밸런싱에 이용될 수 있다. 즉, 본 발명의 다른 측면에 따른 셀 밸런싱 장치(200)는, 상술한 개방전압 추정 장치(100)를 포함할 수 있다.

[0080] 도 4는, 본 발명의 일 실시예에 따른 셀 밸런싱 장치를 나타낸 도면이다.

[0081] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 셀 밸런싱 장치(200)는, 상술한 개방전압 추정 장치(100)와 밸런싱 회로(270)를 포함하고 있으며, 개방전압 추정 장치(100)와 밸런싱 회로(270)를 연결하는 밸런싱제어부(260)

를 더 포함하고 있다. 여기서, 개방전압 추정 장치(100)는, 상술한 개방전압 추정 장치(100)에 대한 설명이 그대로 적용될 수 있으므로 반복적인 설명은 생략하도록 한다.

[0082] 상기 전류측정부(210)는, 배터리 셀(C)에 흐르는 전류를 측정할 수 있다. 본 실시예에서, 상기 전류측정부(210)는, 배터리 팩의 충방전 경로 상을 흐르는 전류를 측정하는 방법을 채용하고 있다.

[0083] 상기 전류적산부(220)는, 상기 전류측정부(210)가 측정한 전류를 초기시간부터 적산할 수 있다.

[0084] 상기 시간산출부(230)는, 상기 전류적산부(220)가 적산한 전류적산값이 임계범위내에 속할 때의 시간인 임계시간을 산출할 수 있다.

[0085] 상기 셀전압측정부(240)는, 배터리 셀(C)의 전압을 측정할 수 있다.

[0086] 상기 개방전압추정부(250)는, 연산시간 동안의 시간에 대하여, 셀전압측정부(240)가 측정한 전압의 평균값을 산출할 수 있다. 그리고, 상기 개방전압추정부(250)는, 산출된 전압평균값을 배터리 셀(C)의 개방전압으로 추정할 수 있다.

[0087] 상기 밸런싱제어부(260)는, 개방전압추정부(250)가 추정한 배터리 셀(C)의 개방전압을 이용하여, 밸런싱 회로(270)를 제어한다. 즉, 상기 밸런싱제어부(260)는, 다수의 배터리 셀(C)의 전압의 편차가 줄어들 수 있도록 밸런싱 회로(270)를 제어한다.

[0088] 상기 밸런싱 회로(270)는, 각각의 배터리 셀(C)에 연결되어 각 배터리 셀(C)의 전압을 밸런싱한다. 상기 밸런싱 회로(270)는, 상기 밸런싱제어부(260)의 제어에 의해 각 배터리 셀(C)의 전압을 감소시키거나 증가시키는 역할을 한다. 상기 밸런싱 회로(270)는, 배터리 셀(C)을 충전시켜 전압을 증가시키는 충전 회로로 구현될 수도 있고, 이와 달리 배터리 셀(C)을 방전시켜 전압을 감소시키는 방전 회로로 구현될 수도 있으며, 양자가 조합된 회로로 구현될 수도 있다. 일 실시예에 따르면, 상기 밸런싱 회로(270)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 저항 소자(R_B)와 스위치(SW)를 포함하는 방전 회로로 구현될 수 있다. 여기서, 스위치(SW)는 선택적으로 턴 온되거나 턴 오프될 수 있는 소자로서, 일 예로, FET(Field Effect Transistor) 소자로 구현될 수 있다.

[0089] 상기 방전 회로는 각 배터리 셀(C)에 병렬로 연결될 수 있다.

[0090] 이러한 실시예에서, 상기 밸런싱제어부(260)는, 스위치(SW)를 제어하여, 배터리 셀(C)을 방전시킬 수 있다. 즉, 상기 밸런싱제어부(260)는, 다른 배터리 셀(C)보다 높은 전압을 갖는 배터리 셀(C)에 연결된 스위치(SW)를 턴 온시켜 상기 배터리 셀(C)의 전압을 감소시킬 수 있다.

[0091] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상술한 개방전압 추정 장치(100)는 배터리 팩에 포함될 수 있다. 다시 말해, 본 발명의 또 다른 측면에 따른 배터리 팩은, 상술한 개방전압 추정 장치(100)를 포함할 수 있다.

[0092] 또한, 본 발명의 또 다른 측면에 따른 전력 저장 시스템은, 상술한 개방전압 추정 장치(100)를 포함할 수 있다. 선택적으로 상기 전력 저장 시스템은, 발전 설비의 주파수 조정(Frequency Regulation: FR)에 사용되는 전력 저장 시스템(Energy Storage System: ESS)일 수 있다. 이와 같은 주파수 조정용 전력 저장 시스템은, 정지 시간(rest time) 없이 지속적으로 충방전을 수행하므로, 상술한 개방전압 추정 장치(100)가 적용되기 적합한 적용례(application)라 할 수 있다.

[0093] 이하, 본 발명의 또 다른 측면에 따른 개방전압 추정 방법에 대해 설명하도록 한다. 본 발명의 또 다른 측면에 따른 개방전압 추정 방법은, 상술한 개방전압 추정 장치(100)를 이용하여 개방전압을 추정하는 방법일 수 있으며, 상기 개방전압 추정 방법을 수행하는 각 단계의 주체는 상술한 개방전압 추정 장치(100)의 각 구성요소일 수 있다.

[0094] 도 5는, 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 방법을 나타낸 순서도이다.

[0095] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 방법은, 먼저, 배터리 셀(C)의 충방전 전류를 측정한다(S510). 이어서, 측정 단계(S510)에서 측정한 전류를 초기시간부터 적산한다(S520). 다음으로, 전류적산 단계(S520)에서 적산한 전류적산값이 임계범위내에 속할 때의 시간인 임계시간을 산출한다(S530).

[0096] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 방법은, 배터리 셀(C)의 충방전 전류의 측정과 함께 배터리

셀(C)의 전압 측정을 수행할 수 있다(S540). 즉, 전류 측정(S510)과 전압 측정(S540)은 상호간에 시계열적인 선후 관계가 있는 것이 아니라, 독립적으로 수행되는 것이라 할 수 있다.

[0097] 그리고, 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 방법은, 전압 측정단계(S540)에서 측정한 전압의 평균값을 산출한다(S550). 이때, 산출되는 전압평균값은, 초기시간부터 임계시간까지의 시간 동안 측정된 전압값에 대한 평균값이다. 다시 말해, 연산시간 동안 측정된 전압값에 대한 평균값이라 할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 개방전압 추정 방법은, 연산시간 동안의 전압평균값을 산출하고(S550), 산출된 상기 전압평균값을 개방전압으로 추정한다(S560).

[0098] 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.

[0099] 한편, 본 명세서에서 ~부 라는 용어가 사용되었으나, 이는 논리적인 구성 단위를 나타내는 것으로서, 각 구성 단위 간에 반드시 물리적으로 분리될 수 있거나 물리적으로 분리되어야 하는 구성요소를 나타내는 것이 아니며, 각각의 구성 단위가 반드시 물리적으로 하나의 소자나 장치에 의해 구현되어야 하는 것이 아니라는 점은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다.

[0100] 본 명세서의 개별적인 실시예에서 설명된 특징들은 단일 실시예에서 결합되어 구현될 수 있다. 반대로, 본 명세서에서 단일 실시예에서 설명된 다양한 특징들은 개별적으로 다양한 실시예에서 구현되거나, 적절한 부결합(subcombination)에서 구현될 수 있다.

부호의 설명

[0101] 100: 개방전압 추정 장치

200: 셀 밸런싱 장치

110, 210: 전류측정부

120, 220: 전류적산부

130, 230: 시간산출부

140, 240: 셀전압측정부

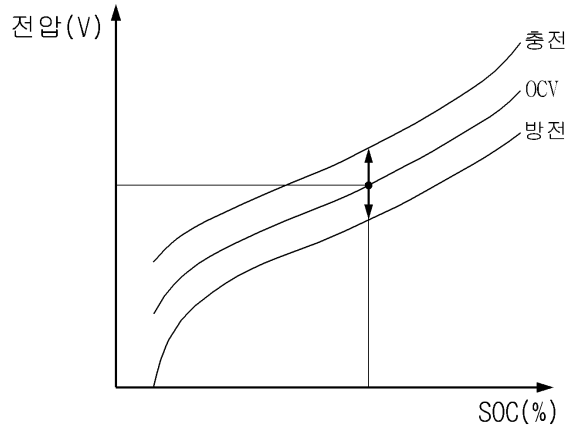
150, 250: 개방전압추정부

260: 밸런싱제어부

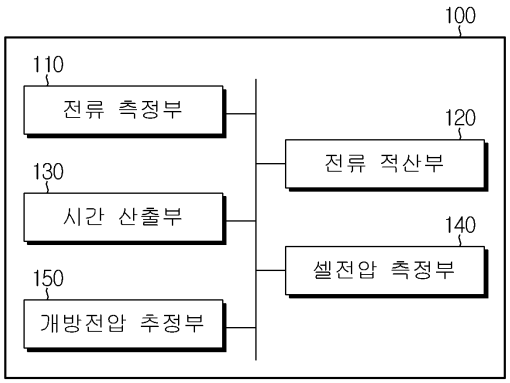
270: 밸런싱 회로

도면

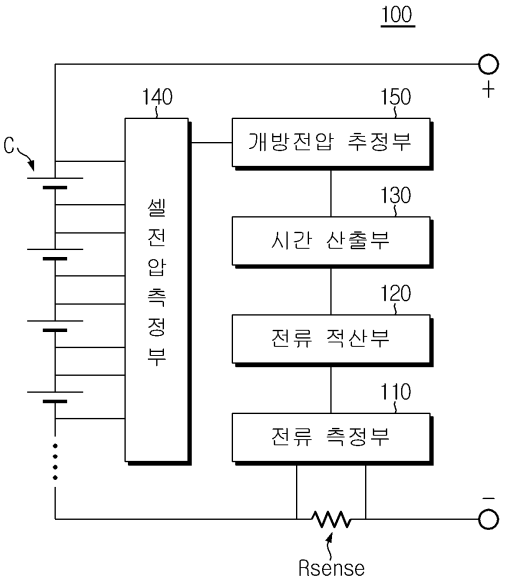
도면1



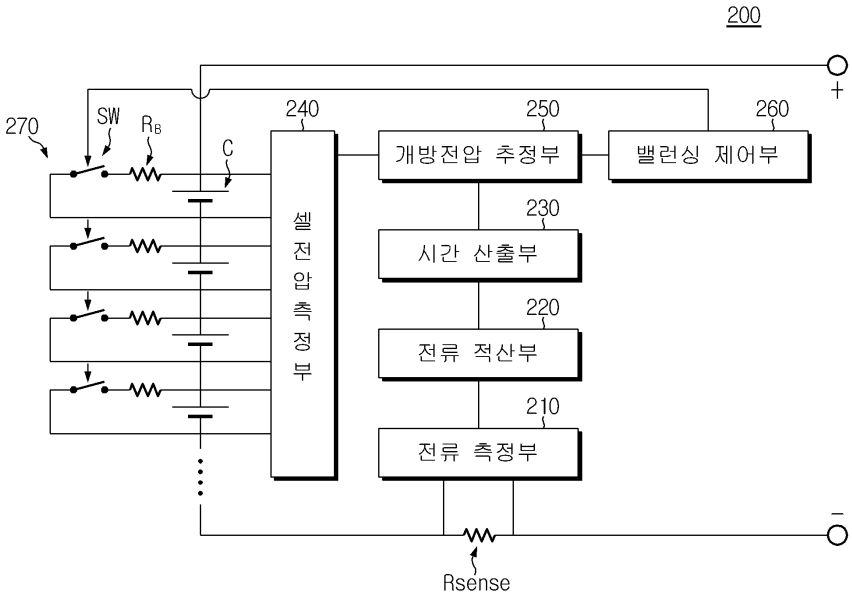
도면2



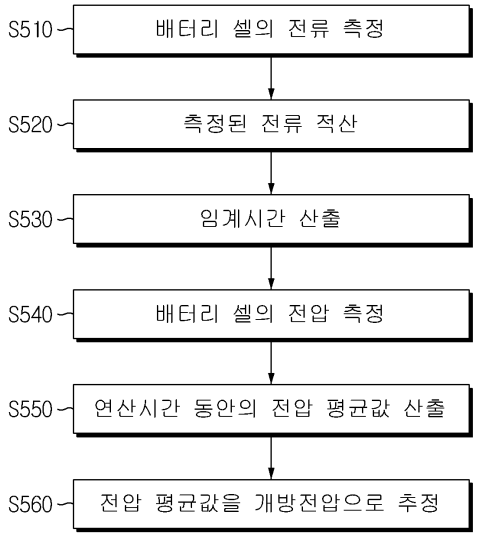
도면3



도면4


200
+
270
SW
R_B
C
240
250
260
개방전압 추정부
밸런싱 제어부
셀 전압 측정부
230
시간 산출부
220
전류 적산부
210
전류 측정부
−
Rsense

도면5


S510
배터리 셀의 전류 측정
S520
측정된 전류 적산
S530
임계시간 산출
S540
배터리 셀의 전압 측정
S550
연산시간 동안의 전압 평균값 산출
S560
전압 평균값을 개방전압으로 추정