(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0037263
(43) 공개일자 2021년04월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/392 (2019.01) *G01R 31/36* (2019.01)
G01R 31/367 (2019.01) *G01R 31/382* (2019.01)
G01R 31/389 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/392 (2019.01)
G01R 31/3648 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0119658
(22) 출원일자 2019년09월27일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
이평연
광주광역시 북구 면앙로139번길 40-1(두암동)
김종훈
대전광역시 유성구 봉명로 94, 703동 1903호 (봉명동, 도안신도시7단지예미지백조의호수)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 정안

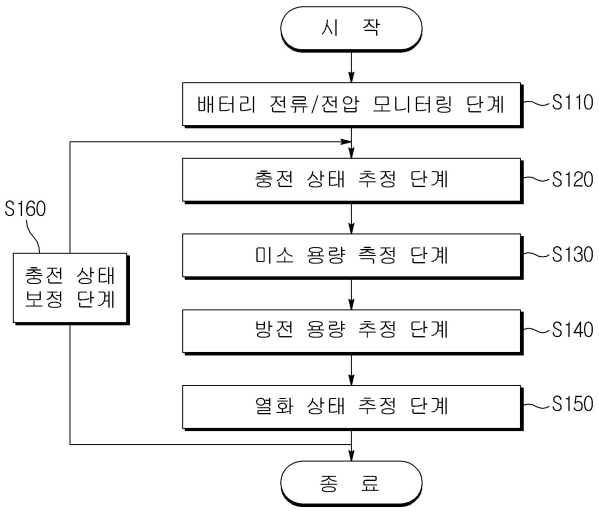
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **배터리 상태 모니터링 장치 및 방법**

(57) 요 약

실시간으로 배터리의 열화 상태를 확인하고 충전 상태를 보정하도록 한 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법을 제시한다. 제시된 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법은 배터리의 단자 전압을 근거로 배터리의 미소용량을 측정하고, 미소용량 및 선형회귀모델을 이용하여 배터리의 방전용량을 추정하고, SOC 함수 및 추정한 방전용량을 근거로 배터리의 충전 상태를 추정 및 갱신한다.

대 표 도 - 도13



(52) CPC특허분류
G01R 31/367 (2019.01)
G01R 31/382 (2019.01)
G01R 31/389 (2019.01)
(72) 발명자
이성은
대전광역시 유성구 문지로 105(문지동)
최진혁
대전광역시 유성구 문지로 105(문지동)

명 세 서

청구범위

청구항 1

배터리의 충전 상태 추정을 위한 SOC 함수를 저장하는 저장부;

상기 배터리의 충방전전류 및 단자 전압을 취득하는 취득부;

상기 취득부에서 취득한 단자 전압을 근거로 상기 배터리의 미소용량을 측정하는 미소용량 측정부;

상기 미소용량 측정부에서 측정한 미소용량 및 선형회귀모델을 이용하여 상기 배터리의 방전용량을 추정하는 방전용량 추정부;

상기 SOC 함수 및 상기 방전용량 추정부에서 추정한 방전용량을 근거로 상기 배터리의 충전 상태를 추정하는 SOC 추정부; 및

상기 방전용량 추정부에서 추정한 방전용량을 근거로 상기 저장부에 저장된 상기 SOC 함수를 갱신하는 SOC 갱신부를 포함하는 배터리 상태 모니터링 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 저장부는 배터리의 초기 충전 상태, 충방전전류 및 방전용량을 인자로 포함하는 적류적산함수, 및 충방전전류가 제로인 상태로 설정 시간 지속된 후에 배터리의 단자 전압인 오픈 서킷 볼티지 함수 중 하나를 SOC 함수로 저장하는 배터리 상태 모니터링 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 미소용량 측정부는 상기 취득부에서 취득한 단자 전압에 대해 미리 설정된 전압 범위에서 상기 취득부에서 취득한 충방전전류를 누적시켜 미소용량을 측정하는 배터리 상태 모니터링 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 미소용량 측정부는 상기 충방전전류의 크기를 근거로 상기 전압 범위를 가변하는 배터리 상태 모니터링 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 충방전전류는 상기 미소용량의 측정시 오차범위 이내에서 고정 값을 갖는 배터리 상태 모니터링 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 저장부는 상기 배터리의 열화 상태 추정을 위한 SOH 함수를 더 저장하고,

상기 SOH 함수는 상기 배터리의 초기방전용량 및 현재방전용량을 인자로 포함하는 배터리 상태 모니터링 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 저장부에 저장된 SOH 함수를 근거로 상기 배터리의 열화 상태를 추정하는 SOH 추정부를 더 포함하는 배터

리 상태 모니터링 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 SOH 추정부는 상기 방전용량 추정부에서 추정한 상기 배터리의 방전용량 중에서 초기방전용량 및 현재방전용량을 상기 SOH 함수에 대입하여 상기 배터리의 방전용량을 추정하는 배터리 상태 모니터링 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 배터리의 스텝전류 및 단자전압의 변화량을 근거로 상기 배터리의 내부저항을 측정하는 내부저항 측정부를 더 포함하는 배터리 상태 모니터링 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 방전용량 추정부는 상기 내부저항 측정부에서 측정한 내부저항 및 선형회귀모델을 근거로 상기 배터리의 방전용량을 추정하는 배터리 상태 모니터링 장치.

청구항 11

배터리 상태 모니터링 장치를 이용한 배터리 상태 모니터링 방법에 있어서,

배터리의 충방전전류 및 단자 전압을 취득하는 단계;

상기 취득하는 단계에서 취득한 단자 전압을 근거로 상기 배터리의 미소용량을 측정하는 단계;

상기 미소용량을 측정하는 단계에서 측정한 미소용량 및 선형회귀모델을 이용하여 상기 배터리의 방전용량을 추정하는 단계;

기저장된 SOC 함수 및 상기 방전용량을 추정하는 단계에서 추정한 방전용량을 근거로 상기 배터리의 충전 상태를 추정하는 단계; 및

상기 방전용량을 추정부하는 단계에서 추정한 방전용량을 근거로 상기 SOC 함수를 갱신하는 단계를 포함하는 배터리 상태 모니터링 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 SOC 함수는 배터리의 초기 충전 상태, 충방전전류 및 방전용량을 인자로 포함하는 적류적산함수, 및 충방전전류가 제로인 상태로 설정 시간 지속된 후에 배터리의 단자 전압인 오픈 서킷 볼티지 함수 중 하나의 함수인 배터리 상태 모니터링 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 미소용량을 측정하는 단계에서는 상기 취득하는 단계에서 취득한 단자 전압에 대해 미리 설정된 전압 범위에서 상기 취득하는 단계에서 취득한 충방전전류를 누적시켜 미소용량을 측정하는 배터리 상태 모니터링 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 미소용량을 측정하는 단계는 상기 충방전전류의 크기를 근거로 상기 전압 범위를 가변하는 단계를 포함하는 배터리 상태 모니터링 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 충방전전류는 상기 미소용량의 측정시 오차범위 이내에서 고정 값을 갖는 배터리 상태 모니터링 방법.

청구항 16

제11항에 있어서,

SOH 함수를 근거로 상기 배터리의 열화 상태를 추정하는 단계를 더 포함하는 배터리 상태 모니터링 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 SOH 함수는 상기 배터리의 초기방전용량 및 현재방전용량을 인자로 포함하는 배터리 상태 모니터링 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 열화 상태를 추정하는 단계에서는 상기 방전용량을 추정하는 단계에서 추정한 상기 배터리의 방전용량 중에서 초기방전용량 및 현재방전용량을 상기 SOH 함수에 대입하여 상기 배터리의 열화 상태를 추정하는 배터리 상태 모니터링 방법.

청구항 19

제11항에 있어서,

상기 배터리의 스텝전류 및 단자전압의 변화량을 근거로 상기 배터리의 내부저항을 측정하는 단계를 더 포함하는 배터리 상태 모니터링 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 방전용량을 추정하는 단계에서는 상기 내부저항을 측정하는 단계에서 측정한 내부저항 및 선형회귀모델을 근거로 상기 배터리의 방전용량을 추정하는 배터리 상태 모니터링 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 에너지저장장치(ESS; ENERGY STORAGE SYSTEM)의 배터리 상태를 모니터링하는 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 최근 에너지저장장치(ESS)의 화재가 빈번하게 발생하고 있으나, 화재에 대해 명확한 원인은 밝혀지지 않은 상황이다. 일각에서는 배터리, 전력 변환 장치(PCS; Power Conversion System), 배터리 관리 시스템(BMS; Battery Management System)의 오작동 등의 원인으로 보고 있다.

[0004] 일반적으로, 에너지저장장치는 리튬 2차 전지로 다수의 배터리가 직병렬 조합을 이루어 구성된다. 직병렬 조합에 대해 배터리 노화에 따라 용량, 셀간 전압 및 충전 상태(SOC; State Of Charge)의 편차가 발생하여 다수의 셀 중 일부의 셀이 비정상적 운용이 된다면, 그 일부의 셀들은 과충전, 과방전의 위험에 놓일 수 있다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 이 일부의 셀로 인해 전체 배터리팩은 성능 저하(즉, 배터리 운용 범위 축소)와 심각할 경우 폭발 및 화재의 위험에 놓일 수 있다.

[0005] 배터리는 밀폐된 구조로 되어 있고, 내부의 화학적 상태에 따라 배터리의 상태를 나타내는 지표가 달라지기 때문에 배터리의 상태를 정밀하게 모니터링하고 분석하는 기술이 부족한 상황이다.

[0006] 배터리의 내부의 화학적 상태에 따라 충전 상태 (SOC; state-of-charge) 및 열화 상태 (SOH; state-of-

health)가 결정되기 때문에, 외부에서 SOC 및 SOH를 정확하게 측정하기 어렵다. 이러한 측정의 어려움으로 인해, 배터리 SOC 및 SOH에는 측정기술이 아닌 추정기술이 도입되어 왔다.

[0007] 가장 일반적으로 알려진 SOC 추정방법은 전류적산방법이다. 전류적산방법은 SOC의 정의에 기반한 것으로서 배터리가 출력할 수 있는 전하의 총량을 카운팅해 보는 방법으로, 배터리의 출력전류를 시간으로 적산하여 계산하는 방법이다.

[0008] 특히, 일정 전류로 방전하면서 전류를 적산하는 방법은 SOC를 가장 정확하게 추정할 수 있는 방법으로서, 이러한 전류적산방법에 의해 추정된 SOC는 다른 방법에 의해 측정된 SOC의 정확도를 평가하는 기준값으로 활용되고 있다.

[0009] 하지만, 전류적산방법에 의한 SOC 추정은 결과값을 획득할 때까지 시간이 많이 걸린다는 단점이 있으며, 일정 전류로 방전하는 전류가 아닌 배터리로 입출력되는 전류를 모두 적산하는 경우, 오차 누적에 의해 SOC의 정확도가 다른 방법보다 오히려 낮아지는 문제점도 가지고 있다.

[0010] 전류적산방법의 문제점에 대한 대안으로서 OCV(open circuit voltage) 방법이 제안되었다. OCV 방법은 배터리로 입출력되는 전류가 없는 상태에서 배터리의 단자전압을 이용하여 SOC를 추정하는 방법으로서, 배터리 내부에 저장되어 있는 전하를 소모시키지 않고 SOC를 측정할 수 있다는 장점이 있고, 배터리가 오랜 시간 동안 충방전을 진행하지 않은 상태에 있는 경우, OCV 방법에 의한 SOC 추정의 정확도는 적류적산방법보다 높은 것으로 알려져 있다.

[0011] 하지만, OCV 방법은 배터리가 안정된 상태에 있을 때에만 정확도가 높고 배터리가 비안정적인 상태에 있는 경우 정확도가 낮기 때문에 OCV 방법만으로는 실시간으로 충전 상태를 추정할 수 없다는 문제가 있다.

[0012] 이러한 종래 방법들이 가지고 있는 문제점을 개선하고 보다 높은 정확도를 가지는 SOC를 실시간으로 추정할 수 있는 기술의 개발이 요구되고 있다.

[0013] 더불어, 배터리의 사용에 따라 SOH가 변하게 되고, 이러한 SOH의 변화는 SOC에도 영향을 미치게 된다. 이에, SOC의 보다 정확한 추정, 그리고, 배터리의 상태에 대한 정확한 인식을 위해 SOH를 보다 정확하게 추정할 수 있는 기술의 개발이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 기존의 SOC 및 SOH 추정 기술은 측정 및 배터리의 상태 추정의 오차가 누적됨에 따라 잘못된 상태를 판단하여 배터리는 과충전, 과방전, 폭발에 위험에 놓이게 된다. 기존에서는 이를 해결하기 위해 오프라인 기반으로 성능 상태를 파악하여 배터리의 상태를 업데이트하게 된다.

[0016] 본 발명은 상기한 종래의 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 실시간으로 배터리의 열화 상태를 확인하고 충전 상태를 보정하도록 한 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0017] 즉, 본 발명은 방전용량을 설명할 수 있는 특정 단자 전압 영역의 미소용량을 통해 배터리의 열화 상태를 판단하고, 기존 기술보다 높은 정확도를 가지는 충전 상태를 실시간으로 보정하여 배터리 열화상태를 보다 정확하게 판단하도록 한 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0019] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 장치는 배터리의 충전 상태 추정을 위한 SOC 함수를 저장하는 저장부, 배터리의 충방전전류 및 단자 전압을 취득하는 취득부, 취득부에서 취득한 단자 전압을 근거로 배터리의 미소용량을 측정하는 미소용량 측정부, 미소용량 측정부에서 측정한 미소용량 및 선형회귀모델을 이용하여 배터리의 방전용량을 추정하는 방전용량 추정부, SOC 함수 및 방전용량 추정부에서 추정한 방전용량을 근거로 배터리의 충전 상태를 추정하는 SOC 추정부 및 방전용량 추정부에서 추정한 방전용량을 근거로 저장부에 저장된 SOC 함수를 갱신하는 SOC 갱신부를 포함한다.

[0020] 저장부는 배터리의 초기 충전 상태, 충방전전류 및 방전용량을 인자로 포함하는 적류적산함수, 및 충방전전류가

제로인 상태로 설정 시간 지속된 후에 배터리의 단자 전압인 오픈 서킷 볼티지 함수 중 하나를 SOC 함수로 저장할 수 있다.

[0021] 미소용량 측정부는 취득부에서 취득한 단자 전압에 대해 미리 설정된 전압 범위에서 취득부에서 취득한 충방전전류를 누적시켜 미소용량을 측정할 수 있다. 이때, 미소용량 측정부는 충방전전류의 크기를 근거로 전압 범위를 가변하고, 충방전전류는 미소용량의 측정시 오차범위 이내에서 고정 값을 갖는다.

[0022] 저장부는 배터리의 열화 상태 추정을 위한 SOH 함수를 더 저장하고, SOH 함수는 배터리의 초기방전용량 및 현재방전용량을 인자로 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 장치는 저장부에 저장된 SOH 함수를 근거로 배터리의 열화 상태를 추정하는 SOH 추정부를 더 포함할 수 있다. 이때, SOH 추정부는 방전용량 추정부에서 추정한 배터리의 방전용량 중에서 초기방전용량 및 현재방전용량을 SOH 함수에 대입하여 배터리의 방전용량을 추정할 수 있다.

[0024] 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 장치는 배터리의 스텝전류 및 단자전압의 변화량을 근거로 배터리의 내부저항을 측정하는 내부저항 측정부를 더 포함할 수 있다. 이때, 방전용량 추정부는 내부저항 측정부에서 측정한 내부저항 및 선형회귀모델을 근거로 배터리의 방전용량을 추정할 수 있다.

[0025] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법은 배터리의 충방전전류 및 단자 전압을 취득하는 단계, 취득하는 단계에서 취득한 단자 전압을 근거로 배터리의 미소용량을 측정하는 단계, 미소용량을 측정하는 단계에서 측정한 미소용량 및 선형회귀모델을 이용하여 배터리의 방전용량을 추정하는 단계, 기저장된 SOC 함수 및 방전용량을 추정하는 단계에서 추정한 방전용량을 근거로 배터리의 충전 상태를 추정하는 단계 및 방전용량을 추정부하는 단계에서 추정한 방전용량을 근거로 SOC 함수를 갱신하는 단계를 포함한다.

[0026] 이때, SOC 함수는 배터리의 초기 충전 상태, 충방전전류 및 방전용량을 인자로 포함하는 적류적산함수, 및 충방전전류가 제로인 상태로 설정 시간 지속된 후에 배터리의 단자 전압인 오픈 서킷 볼티지 함수 중 하나의 함수일 수 있다.

[0027] 미소용량을 측정하는 단계에서는 취득하는 단계에서 취득한 단자 전압에 대해 미리 설정된 전압 범위에서 취득하는 단계에서 취득한 충방전전류를 누적시켜 미소용량을 측정할 수 있다. 이때, 미소용량을 측정하는 단계는 충방전전류의 크기를 근거로 전압 범위를 가변하는 단계를 포함하고, 충방전전류는 미소용량의 측정시 오차범위 이내에서 고정 값을 갖는다.

[0028] 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법은 SOH 함수를 근거로 배터리의 열화 상태를 추정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이때, SOH 함수는 배터리의 초기방전용량 및 현재방전용량을 인자로 포함하고, 열화 상태를 추정하는 단계에서는 방전용량을 추정하는 단계에서 추정한 배터리의 방전용량 중에서 초기방전용량 및 현재방전용량을 SOH 함수에 대입하여 배터리의 열화 상태를 추정할 수 있다.

[0029] 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법은 배터리의 스텝전류 및 단자전압의 변화량을 근거로 배터리의 내부저항을 측정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이때, 방전용량을 추정하는 단계에서는 내부저항을 측정하는 단계에서 측정한 내부저항 및 선형회귀모델을 근거로 배터리의 방전용량을 추정할 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에 의하면, 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법은 배터리 상태를 추정에 있어 노화를 반영한 SOC를 실시간으로 측정할 수 있는 효과가 있다.

[0032] 또한, 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법은 배터리 상태를 추정함에 있어 종래에 비해 배터리의 열화 상태(SOH)를 보다 정확하게 추정할 수 있는 효과가 있다.

[0033] 또한, 종래에는 오프라인 기반으로 만충과 만방을 수행하여 노화된 배터리 용량을 판단하고 이를 적용하여 배터리의 노화를 반영하지만, 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법은 배터리가 운용 중일때도 미소용량, 내부저항을 통해 배터리의 열화 상태를 진단할 수 있다.

[0034] 또한, 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법은 배터리가 운용중일때에도 정확한 열화 상태를 진단함으로써, 배터리의 사고를 예방할 수 있는 효과가 있다.

[0035] 또한, 배터리 상태 모니터링 장치 및 방법은 통계적인 모델을 사용하여 보다 정확한 충전 상태 및 열화 상태를 추정을 함으로써, 배터리의 상태 및 수명을 정확하게 모니터링할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1 및 도 2는 일반적인 에너지저장장치에 포함된 배터리팩의 폭발 및 화재의 위험을 설명하기 위한 도면.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 장치가 적용되는 배터리 시스템을 설명하기 위한 도면.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 장치를 설명하기 위한 도면.

도 5 및 도 6은 도 4의 미소용량 측정부를 설명하기 위한 도면.

도 7 내지 도 11은 도 4의 방전용량 추정부를 설명하기 위한 도면.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 장치의 변형 예를 설명하기 위한 도면.

도 13 및 도 14는 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법을 설명하기 위한 흐름도.

도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법의 SOC 추정 및 보정 방법을 설명하기 위한 흐름도.

도 16은 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법의 SOH 추정 방법을 설명하기 위한 흐름도.

도 17 내지 도 21은 도 16의 방전용량 추정 단계를 설명하기 위한 도면.

도 22는 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법의 변형 예를 설명하기 위한 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여, 본 발명의 가장 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 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.

[0039] 먼저, 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 장치가 적용되는 배터리 시스템을 첨부된 도면을 참조하여 설명하면 아래와 같다. 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 배터리 상태 모니터링 장치가 적용되는 배터리 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0040] 도 3을 참조하면, 배터리 시스템은 배터리(10), 부하(20), 충전기(30) 및 배터리 상태 모니터링 장치(100)를 포함하여 구성된다.

[0041] 배터리(10)는 전기에너지를 화학에너지로 변환하거나 화학에너지를 전기에너지로 변환한다. 배터리(10)는 리튬이온 배터리, 리튬폴리머 배터리 등을 예로 들수 있다.

[0042] 배터리(10)에는 적어도 2개의 단자를 포함한다. 첫 번째 단자로는 음(-)의 극성을 가지는 전압이 공급되고, 두 번째 단자로는 양(+)의 극성을 가지는 전압이 공급될 수 있다.

[0043] 이하에서는 음(-)의 극성을 가지는 단자와 양(+)의 극성을 가지는 단자 사이의 전압을 단자전압(Vb)으로 정의하여 사용한다. 배터리(10)의 단자를 통해 유출입되는 전류를 충방전전류(Ib)로 정의한다 이하에서는 설명의 편의를 위해 배터리의 단자로 입력되는 전류(예를 들어, 충전 전류)를 양(+)의 방향으로 정의하고 배터리의 단자로부터 외부로 공급되는 전류(예를 들어, 방전 전류)를 음(-)의 방향으로 정의한다.

[0044] 부하(20)는 배터리(10)의 방전 전류를 사용하여 동작한다. 부하(20)는 충전기(30)가 전력을 공급하는 시점에서 충전기(30)로부터 전력을 공급받는다. 부하(20)는 충전기(30)가 전력을 공급하지 않는 시점에서 배터리(10)의 방전 전류를 이용하여 작동된다.

[0045] 충전기(30)는 외부의 전력을 변환하여 배터리(10)로 공급한다. 충전기(30)는 전력변환장치 혹은 컨버터로 부르

는 장치를 내장한다.

[0046] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리(10)의 SOC 및 SOH를 추정한다 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리(10)의 충방전전류(Ib) 및 단자전압(Vb)을 모니터링하고, 이러한 값들을 이용하여 배터리(10)의 충전 상태(SOC; State Of Charge) 및 열화 상태 (SOH; state-of-health)를 추정한다

[0047] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 장치를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 아래와 같다.

[0048] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리의 열화 상태를 판단하고, SOC 함수를 업데이트한다. 즉, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리의 충방전전류 및 단자전압을 모니터링한다. 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 방전용량을 인자로 사용하는 SOC(state-of-charge) 함수를 이용하여 SOC를 추정한다. 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 측정한 단자전압에 대해 미리 설정된 범위에서 충방전전류를 누적하여 미소용량을 측정한다. 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)의 미소용량의 범위에서 충방전전류는 일정한 크기 혹은 일정 편차 이내의 크기를 가질 수 있다. 이에, 미소용량의 범위는 충방전전류의 크기에 따라 다르게 설정될 수 있다.

[0049] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 측정한 미소용량을 인자로 사용하여 방전용량을 산출하는 선형회귀모델을 이용하여 방전용량을 추정한다. 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 추정된 방전용량으로 배터리의 열화를 판단한다. 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 모니터링한 충방전전류 및 단자전압을 이용하여 측정한 미소용량과 전체 용량을 선형회귀모델에 적용하고 미소용량을 통해 방전용량을 추정하여 배터리의 열화를 판단한다.

[0050] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 SOC 함수를 업데이트하여 배터리의 충전 상태를 보정한다. 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 충방전전류를 시간에 대하여 누적한 값을 추정된 방전용량을 이용하여 SOC 함수를 보정한다.

[0051] 이를 위해, 도 4를 참조하면, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 저장부(110)를 포함하여 구성된다.

[0052] 저장부(110)는 충전 상태(SOC)를 추정하기 위한 SOC 함수를 저장한다. 저장부(110)는 전류적산함수인 SOC 함수(하기 수학식1 참조)를 저장한다.

수학식 1

$$SOC = SOCi - \frac{\int Ibdt}{Cn}$$

[0053]

[0054] 여기서, SOCi는 초기 충전 상태이고, Ib는 충방전전류이고, Cn은 방전용량이다.

[0055] SOC 함수(즉, 전류적산함수)는 충방전전류(Ib)를 시간에 대하여 누적한 값을 방전용량(Cn)으로 나누어서 충전상태(SOC)를 계산한다. SOC 함수는 방전용량(Cn)을 인자로 포함한다.

[0056] SOC 함수는 OCV(open circuit voltage, 오픈 서킷 볼티지, 개로 전압) 함수일 수도 있다. OCV 함수는 충방전전류(Ib)가 제로인 상태로 일정 시간 지속된 후에 배터리(10)의 내부 상태가 안정된 상태에서 측정되는 단자전압일 수 있다. OCV 함수는 이러한 OCV와 SOC의 관계를 1:1 함수로 매칭시킨 함수이다.

[0057] SOC 함수가 전류적산함수인 경우, 분자에 방전용량(Cn)이 사용된다. SOC 함수에 방전용량(Cn)이 인자로 사용되는 경우, 방전용량(Cn)의 변동에 따라 추정되는 충전 상태(SOC)도 변동한다. 예를 들어, SOC 함수가 전류적산함수인 경우, 방전용량(Cn)이 변동하면 분자가 변동하여 충전 상태(SOC)가 변동될 수 있다.

[0058] SOC 함수가 OCV 함수인 경우에는 OCV 함수가 방전용량(Cn)에 따라 변경되는 형태로 SOC 함수가 생성될 수 있다. SOC 함수가 OCV 함수인 경우에도 방전용량(Cn)에 따라 OCV 함수(즉, OCV 커브)가 변동하여 그로부터 추정되는 충전 상태(SOC)가 변동한다.

[0059] 저장부(110)는 열화 상태(SOH)를 추정하기 위한 SOH 함수를 저장한다. 저장부(110)는 하기의 수학식 2와 같이 정의된 SOH 함수를 저장하는 것을 일례로 한다.

수학식 2

$$SOH = \frac{Cni-Cnc}{Cni-Cnf}$$

[0060]

[0061] 여기서, Cni는 초기방전용량으로, 배터리(10)가 공장에서 출하될 때 일괄적으로 측정될 수 있다. Cnc는 현재방전용량으로 정의될 수 있다. 일례로, 최종방전용량(Cnf)은 80%의 초기방전용량(Cni)으로 정의될 수 있다.

[0062] 배터리 모니터링 장치는 배터리의 충방전전류 및 단자전압을 취득하는 취득부(120)를 더 포함한다. 취득부(120)는 충방전전류 측정을 위한 전류 센서 및 단자 전압 측정을 위한 전압 센서를 포함하여 구성된다. 이때, 전류 센서를 이용하여 배터리로 유출입되는 충방전전류를 측정하고, 전압 센서를 이용하여 배터리의 단자 전압을 측정한다.

[0063] 배터리 모니터링 장치는 취득부(120)에서 취득한 단자 전압을 이용하여 미소용량을 측정하는 미소용량 측정부(130)를 더 포함한다.

[0064] 미소용량 측정부(130)는 취득부(120)에서 취득한 배터리의 단자 전압에 대해 미리 설정된 범위(즉, 전압 범위)에서 충방전전류를 누적시켜 미소용량을 측정한다. 예를 들어, 미소용량 측정부(130)는 배터리의 단자 전압이 대략 3.5V 정도일 때부터 대략 3.6V 정도가 될 때까지의 충방전전류를 누적시켜 미소용량을 측정한다. 이때, 미소용량 측정부(130)는 전압범위의 하단전압(즉, 3.5V)과 상단전압(즉, 3.6V)을 미리 설정할 수 있다.

[0065] 미소용량을 측정할 때의 충방전전류는 일정한 크기를 가지거나 일정 편차 이내의 크기를 가질 수 있다. 예를 들어, 미소용량이 측정될 때, 충방전전류는 1A의 크기를 유지하거나 1A로부터 일정한 오차범위 이내의 크기를 유지한다.

[0066] 한편, 도 5를 참조하면, 미소용량이 측정될 때, 충방전전류의 크기에 따라 용량이 변동됨으로 미소용량의 범위도 변동될 수 있다. 이에, 미소용량 측정부(130)는 충방전전류의 크기에 따라 미소용량을 측정하는 전압범위를 다르게 설정할 수 있다. 즉, 미소용량 측정부(130)는 충방전전류가 1A일 때와 충방전전류가 2A일 때에 미소용량을 측정하는 전압범위를 서로 다르게 설정할 수 있다.

[0067] 도 6을 참조하면, 배터리(10)는 인덕터(L), 제1 내부저항(Ri1), 제2 내부저항(Ri2), 전기이중층(Cdl), 확산층(Zw) 및 OCV(OCV)로 모델링될 수 있다.

[0068] 배터리(10)로 충방전전류(Ib)가 유출입되면 충방전전류(Ib)의 크기에 따라 제1 내부저항(Ri1) 및 제2 내부저항(Ri2)의 양단에 전압이 형성되는데, 이 전압의 변동에 따라 배터리(10)의 단자전압(Vb)도 변동하게 된다.

[0069] 충방전전류(Ib)가 직류로 일정시간 동안 일정한 값을 가지게 되면 인덕터(L), 전기이중층(Cdl) 및 확산층(Zw)은 무시되고, 제1 내부저항(Ri1) 및 제2 내부저항(Ri2)에 의해서만 단자전압(Vb)이 변동하게 되는데, 미소용량 측정부(130)는 이러한 배터리의 회로 모델에 따라 미소용량이 측정되는 전압범위를 충방전전류의 크기에 따라 다르게 설정하게 된다.

[0070] 실질적으로, 미소용량 측정부(130)는 OCV(OCV)에 대해 미리 설정된 OCV 범위에서 충방전전류(Ib)를 누적하여 미소용량을 측정할 수 있다. 이때, 미소용량 측정부(130)는 OCV를 바로 파악하기 어렵기 때문에는, OCV(OCV)의 대안으로 단자 전압으로 전압범위를 설정한다. 여기서, 미소용량 측정부(130)는 충방전전류의 크기에 따라 전압범위를 다르게 설정하며, 충방전전류의 크기는 미소용량을 측정하기 시작하는 시점과 종료하는 시점의 충방전전류일 수 있다.

[0071] 배터리 모니터링 장치는 미소용량 측정부(130)에서 측정한 미소용량 및 선형회귀모델을 이용하여 방전용량을 추정하는 방전용량 추정부(140)를 더 포함한다.

[0072] 방전용량 추정부(140)는 미소용량 측정부(130)에서 측정한 미소용량을 인자로 사용하여 방전용량을 산출하는 선형회귀모델을 이용하여 방전용량을 추정한다.

[0073] 도 7 및 도 8을 참조하면, 미소용량과 방전용량 사이에 일정한 관계가 성립된다. 도 7에서는 미소용량과 방전용량 사이의 선형회귀모델 개념도를 나타내며, 미소용량과 전체용량의 실험데이터를 이용하여 성립된 미소용량과

방전용량 사이의 선형회귀모델의 개략도를 도시한다. 도 8에서는 노화에 따른 미소용량과 방전 용량의 사용한 선형회귀모델을 도시한다.

[0074] 방전용량을 추정하기 위한 선형회귀모델은 하기의 수학식 3 및 수학식 4와 같이 표현할 수 있다. 이때, 최소 제곱법으로 회귀 모델의 계수를 결정한다. 최소제곱법은 잔차 제곱의 합(SSE; sum of squares of the errors, 수학식 4)이 최소가 되는 회귀 계수를 산출한다.

수학식 3

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i \ , \ i=1,2,3,\cdots,n$$

[0075]

수학식 4

$$SSE = \sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i)^2$$

[0076]

[0077] 여기서, $\hat{y}_i$ 는 방전 용량의 추정 데이터이고, $\hat{\beta}_0$ 및 $\hat{\beta}_1$ 은 최소제곱법으로 산출된 회귀 계수이고, x_i 는 미소용량의 실제 데이터이고, y_i 는 방전 용량의 실제 데이터, e_i 는 추정 값과 실제 값의 차이인 잔차를 의미한다.

[0078] 방전용량 추정부(140)는 상술한 선형회귀모델을 이용하여 방전용량을 실시간으로 측정한다.

[0079] 한편, 미소용량을 측정하기 위한 조건(예를 들어, 충방전전류에 대한 조건 및 전압범위에 대한 조건)은 충전기에 의해 의도적으로 충족될 수도 있으나, 방전용량 추정부(140)는 부하 혹은 충전기에 의해 임의로 형성되는 상황에서 미소용량을 측정하기 위한 조건을 만족하는 부분 상황을 탐색하고 그 상황에서 방전용량을 추정한다.

[0080] 미소용량을 측정하기 위한 전압범위는 부하와 충전기의 상황에 따라 자주 발생하는 범위로 설정할 수도 있고, 미소용량과 방전용량 사이의 상관도가 높은 범위를 찾아 설정할 수도 있다.

[0081] 도 9 및 도 10은 사이클에 따른 미소용량과 방전용량의 선형회귀모델에 대한 추정 성능에 대한 예시로 추정의 성능은 약 0.5% 이내임을 알 수 있다.

[0082] 실험을 통해 단자 전압 범위에서의 미소용량과 방전용량 사이의 상관관계를 매칭시킨 그래프인 도 11을 참조하면, 다수의 전압범위 중 특정 전압범위(대략 3.6V~3.7V 정도의 범위)에서 미소용량(가로축)과 방전용량(세로축)의 상관도가 높은 것을 확인하였다. 사용자는 실험을 통해 이러한 미소용량과 방전용량 사이의 상관도가 높은 범위를 탐색하고, 해당 범위로 전압범위를 설정할 수 있다.

[0083] 방전용량 추정부(140)는 배터리의 초기 상태의 방전용량인 초기방전용량을 측정할 수도 있다. 이때, 초기방전용량의 측정은 방전용량에 대한 정의에 따라 진행될 수 있다. 초기방전용량의 측정은 방전용량 추정부(140) 이외의 다른 장치(예를 들어, 공장에서의 테스트장비)에 의해 수행될 수 있다. 이때, 방전용량 추정부(140)는 적절한 입력장치에 의해 다른 장치로부터 초기방전용량에 대한 값을 입력받아 저장한다.

[0084] 방전용량 추정부(140)는 미소용량 측정부(130)에서 측정한 미소용량 및 선형회귀모델을 이용하여 현재 상태의 방전용량인 현재방전용량을 추정할 수 있다.

[0085] 배터리 모니터링 장치는 저장부(110)에 저장된 SOC 함수를 이용하여 배터리의 충전 상태를 추정하는 SOC 추정부(150)를 더 포함한다.

[0086] SOC 추정부(150)는 저장부(110)로부터 방전용량을 인자로 사용하는 SOC 함수를 검출한다. SOC 추정부(150)는 검출한 SOC 함수를 이용하여 배터리의 충전 상태를 추정한다. 이때, SOC 추정부(150)는 충방전전류를 시간에 대하여 누적한 값을 방전용량으로 나누어서 계산하는 전류적산함수 또는 방전용량에 따라 다른 OCV 커브를 포함하는 OCV 함수 중 하나인 SOC 함수를 이용하여 배터리의 충전 상태를 추정한다.

[0087] 배터리 모니터링 장치는 방전용량 추정부(140)에서 추정한 방전용량을 이용하여 저장부(110)에 저장된 SOC 함수를 갱신하는 SOC 갱신부(160)를 더 포함한다.

[0088] 배터리 모니터링 장치는 방전용량 추정부(140)에서 추정한 초기방전용량 및 현재방전용량을 이용하여 배터리의 열화 상태를 추정하는 SOH 추정부(170)를 더 포함할 수 있다. 이때, SOH 추정부(170)는 방전용량 추정부(140)에서 추정한 현재방전용량을 초기방전용량에 대비시켜 배터리의 열화 상태를 추정한다.

[0089] 한편, 배터리 모니터링 장치는 미소용량을 측정할 수 없는 경우 내부저항을 이용하여 방전용량을 추정할 수 있다. 이를 위해, 도 12에 도시된 바와 같이, 배터리 모니터링 장치는 배터리의 내부저항을 측정하는 내부저항 측정부(180)를 더 포함할 수 있다.

[0090] 내부저항 측정부(180)는 스텝전류를 통해 내부저항을 측정할 수 있다. 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 스텝전류에서의 크기의 변화량과 이에 따른 단자전압의 변화량을 이용하여 내부저항을 측정한다. 스텝전류는 크기가 변하기 직전의 일정 구간과 직후의 일정 구간에서 직류의 성질을 가질 수 있다. 내부저항 측정부(180)는 이러한 스텝전류의 특성에 따라 배터리 회로모델(도 XX)을 참조에서 인덕터, 전기이중층 및 확산층을 제외하고 내부저항만을 측정한다.

[0091] 방전용량 추정부(140)는 내부저항(Ri)과 방전용량(Cn) 사이의 상관관계를 선형회귀모델로 구성한다. 이때, 방전용량 추정부(140)는 내부저항 측정부(180)에서 실시간으로 측정되는 배터리의 내부저항(Ri)을 구성한 선형회귀모델에 대입시켜 방전용량(Cn)을 추정한다.

[0092] 방전용량 추정부(140)는 미소용량 및 내부저항을 인자로 포함하는 선형회귀모델을 이용하여 방전용량을 추정할 수도 있다. 방전용량 추정부(140)는 실험데이터에 따라 미소용량과 내부저항이 상호 연관되도록 선형회귀모델을 구성할 수도 있고, 상호 독립적으로 선형회귀모델을 구성할 수도 있다.

[0093] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 아래와 같다. 도 13 및 도 14는 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0094] 도 13 및 도 14를 참조하면, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리의 충방전전류 및 단자전압을 모니터링한다(S110).

[0095] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 방전용량을 인자로 사용하는 SOC(state-of-charge) 함수를 이용하여 충전 상태(SOC)를 추정한다(S120).

[0096] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 측정한 단자전압에 대해 미리 설정된 범위에서 충방전전류를 누적하여 미소용량을 측정한다(S130). 이때, 미소용량의 범위에서 충방전전류는 일정한 크기 혹은 일정 편차 이내의 크기를 가질 수 있다. 이에, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 충방전전류의 크기에 따라 미소용량의 범위를 다르게 설정할 수 있다.

[0097] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 측정한 미소용량을 인자로 사용하여 방전용량을 산출하는 선형회귀모델을 이용하여 방전용량을 추정한다(S140).

[0098] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 추정된 방전용량으로 배터리의 열화를 판단한다(S150). 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 모니터링한 충방전전류 및 단자전압을 이용하여 측정한 미소용량과 전체 용량을 선형회귀모델에 적용하고 미소용량을 통해 방전용량을 추정하여 배터리의 열화를 판단한다.

[0099] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 SOC 함수를 업데이트하여 배터리의 충전 상태를 보정한다(S160). 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 충방전전류를 시간에 대하여 누적한 값을 추정된 방전용량을 이용하여 SOC 함수를 보정한다.

[0100] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법의 SOC 추정 및 보정 방법을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 아래와 같다. 도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법의 SOC 추정 및 보정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0101] 도 15를 참조하면, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리의 충방전 전류 및 단자 전압을 모니터링한다(S210). 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 충방전전류 측정을 위한 전류 센서 및 단자 전압 측정을 위한 전압 센서를 포함한다. 즉, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 전류 센서를 이용하여 배터리로 유출입되는 충방전전류를 측정하고, 전압 센서를 이용하여 배터리의 단자 전압을 측정한다.

[0102] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 방전용량을 인자로 사용하는 SOC 함수를 이용하여 배터리의 충전 상태를 추정한다(S220). 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 방전용량을 인자로 사용하는 SOC 함수를 이용하여 배터리의 충전 상태를 추정한다. 여기서, SOC 함수는 충방전전류를 시간에 대하여 누적한 값을 방전용량으로 나누어서 계산하는 전류적산함수일 수 있다.

[0103] 한편, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 OCV 함수로 구성된 SOC 함수를 이용하여 배터리의 충전 상태를 추정할 수도 있다. 이때, SOCV 함수는 방전용량에 따라 다른 OCV 커브를 포함한다.

[0104] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 미소용량을 측정한다(S230). 즉, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 단자 전압에 대해 미리 설정된 범위(즉, 전압 범위)에서 충방전전류를 누적하여 미소용량을 측정한다. 이때, 전압 범위 내에서의 충방전전류는 일정한 크기 혹은 일정 편차 이내의 크기를 가질 수 있다. 이에, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 미소용량을 측정을 위한 전압 범위를 충방전전류의 크기에 따라 다르게 설정할 수 있다.

[0105] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 S230 단계에서 측정한 미소용량 및 선형회귀모델을 이용하여 방전용량을 추정한다(S240). 즉, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 미소용량을 인자로 사용하여 방전용량을 산출하는 선형회귀모델을 이용하여 방전용량을 추정한다.

[0106] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 S240 단계에서 추정한 방전용량을 이용하여 SOC 함수를 업데이트한다(S250). 이후, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 S210 단계 내지 S250 단계를 지속적으로 반복하여 배터리의 충전 상태를 지속적으로 추정한다.

[0107] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법의 SOH 추정 방법을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 아래와 같다. 도 16은 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법의 SOH 추정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0108] 도 16을 참조하면, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리의 충방전 전류 및 단자 전압을 모니터링한다(S310). 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 충방전전류 측정을 위한 전류 센서 및 단자 전압 측정을 위한 전압 센서를 포함한다. 즉, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 전류 센서를 이용하여 배터리로 유출입되는 충방전전류를 측정하고, 전압 센서를 이용하여 배터리의 단자 전압을 측정한다.

[0109] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리의 초기 상태의 방전용량인 초기방전용량을 측정한다(S320). 즉, 초기방전용량의 측정은 방전용량에 대한 정의에 따라 진행될 수 있다. 초기방전용량에 대한 측정은 배터리 상태 모니터링 장치(100) 이외의 다른 장치(예를 들어, 공장에서의 테스트장비)에 의해 수행될 수 있는데, 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 적절한 입력장치에 의해 다른 장치로부터 초기방전용량에 대한 값을 입력받아 저장한다.

[0110] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 미소용량을 측정한다(S330). 즉, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 단자 전압에 대해 미리 설정된 범위(즉, 전압 범위)에서 충방전전류를 누적하여 미소용량을 측정한다. 이때, 전압 범위 내에서의 충방전전류는 일정한 크기 혹은 일정 편차 이내의 크기를 가질 수 있다. 이에, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 미소용량을 측정을 위한 전압 범위를 충방전전류의 크기에 따라 다르게 설정할 수 있다.

[0111] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 S330 단계에서 측정한 미소용량 및 선형회귀모델을 이용하여 현재 상태의 방전용량인 현재방전용량을 추정한다(S340). 즉, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 미소용량을 인자로 사용하여 방전용량을 산출하는 선형회귀모델을 이용하여 방전용량을 추정한다.

[0112] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 초기방전용량 및 현재방전용량을 이용하여 배터리의 열화 상태를 추정한다(S350). 즉, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 S340 단계에서 추정한 현재방전용량을 S320 단계에서 측정한 초기방전용량에 대비시켜 배터리의 열화 상태를 추정한다.

[0113] 한편, 도 16에서 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 S330 단계에서 미소용량을 측정할 수 없을 경우 내부저항을 사용하여 방전용량을 추정할 수도 있다.

[0114] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 내부저항(Ri)과 방전용량(Cn) 사이의 상관관계(도 17 내지 도 20 참조)를 선형회귀모델로 구성한다. 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리에서 실시간으로 측정되는 내부저항(Ri)을 구성한 선형회귀모델에 대입시켜 방전용량(Cn)을 추정한다. 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 미소용량과 내부저항을 모두 인자로 포함하는 선형회귀모델을 이용하여 방전용량을 추정한다. 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 실험데이터에 따라 미소용량과 내부저항이 상호 연관되도록 선형회귀모델을 구성할 수도 있고, 상호 독

립적으로 선형회귀모델을 구성할 수도 있다.

[0115] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 스텝전류를 통해 내부저항을 측정할 수 있다. 스텝전류는 크기가 변하기 직전의 일정 구간과 직후의 일정 구간에서 직류의 성질을 가질 수 있다. 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 이러한 스텝전류의 특성에 따라 배터리 회로모델(도 6을 참조)에서 인덕터, 전기이중층 및 확산층을 제외하고 내부저항 만을 측정할 수 있다.

[0116] 도 21에 도시된 바와 같이, 선형회귀모형을 적용한 내부저항을 통해 추정된 방전용량의 추정 오차를 나타낸다. 방전용량은 열화 상태를 나타내는 지표로 사용될 수 있어 이의 오차는 열화 상태를 판단의 오차와 같다.

[0117] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법의 변형 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 아래와 같다. 도 22는 본 발명의 실시 예에 따른 배터리 상태 모니터링 방법의 변형 예를 설명하기 위한 흐름도이다.

[0118] 도 22를 참조하면, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리의 충방전전류 및 단자전압을 모니터링할 수 있다(S410). 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 충방전전류 측정을 위한 전류 센서 및 단자 전압 측정을 위한 전압 센서를 포함한다. 즉, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 전류 센서를 이용하여 배터리로 유출입되는 충방전전류를 측정하고, 전압 센서를 이용하여 배터리의 단자 전압을 측정한다.

[0119] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 방전용량을 인자로 사용하는 SOC 함수를 이용하여 배터리의 충전 상태를 추정한다(S420). 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 방전용량을 인자로 사용하는 SOC 함수를 이용하여 배터리의 충전 상태를 추정한다. 여기서, SOC 함수는 충방전전류를 시간에 대하여 누적한 값을 방전용량으로 나누어서 계산하는 전류적산함수일 수 있다.

[0120] 한편, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 OCV 함수로 구성된 SOC 함수를 이용하여 배터리의 충전 상태를 추정할 수도 있다. 이때, SOCV 함수는 방전용량에 따라 다른 OCV 커브를 포함한다.

[0121] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 단자전압에 대해 미리 설정된 범위(즉, 전압 범위)에서 충방전전류를 누적하여 미소용량을 측정한다(S430). 즉, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 단자 전압에 대해 미리 설정된 범위(즉, 전압 범위)에서 충방전전류를 누적하여 미소용량을 측정한다. 이때, 전압 범위 내에서의 충방전전류는 일정한 크기 혹은 일정 편차 이내의 크기를 가질 수 있다. 이에, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 미소용량을 측정을 위한 전압 범위를 충방전전류의 크기에 따라 다르게 설정할 수 있다.

[0122] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 내부저항을 측정한다(S440). 이때, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 스텝전류에서의 크기의 변화량과 이에 따른 단자전압의 변화량을 이용하여 내부저항을 측정한다.

[0123] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 미소용량 및 내부저항을 인자로 사용하여 방전용량을 산출하는 선형회귀모델에 추정 혹은 측정된 미소용량 및 내부저항을 적용하여 방전용량을 추정한다(S450).

[0124] 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 추정된 방전용량으로 SOC 함수를 업데이트하고, 열화 상태를 추정한다(S910). 이를 통해, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 보다 높은 정확도를 가지는 배터리의 충전 상태를 실시간으로 추정할 수 있. 또한, 배터리 상태 모니터링 장치(100)는 배터리의 노화를 반영한 열화 상태를 보다 정확하게 추정할 수 있다.

[0125] 이상에서 본 발명에 따른 바람직한 실시예에 대해 설명하였으나, 다양한 형태로 변형이 가능하며, 본 기술분야에서 통상의 지식을 가진자라면 본 발명의 특허청구범위를 벗어남이 없이 다양한 변형예 및 수정예를 실시할 수 있을 것으로 이해된다.

부호의 설명

[0127] 10: 배터리 20: 부하

30: 충전기 100: 배터리 상태 모니터링 장치

110: 저장부 120: 취득부

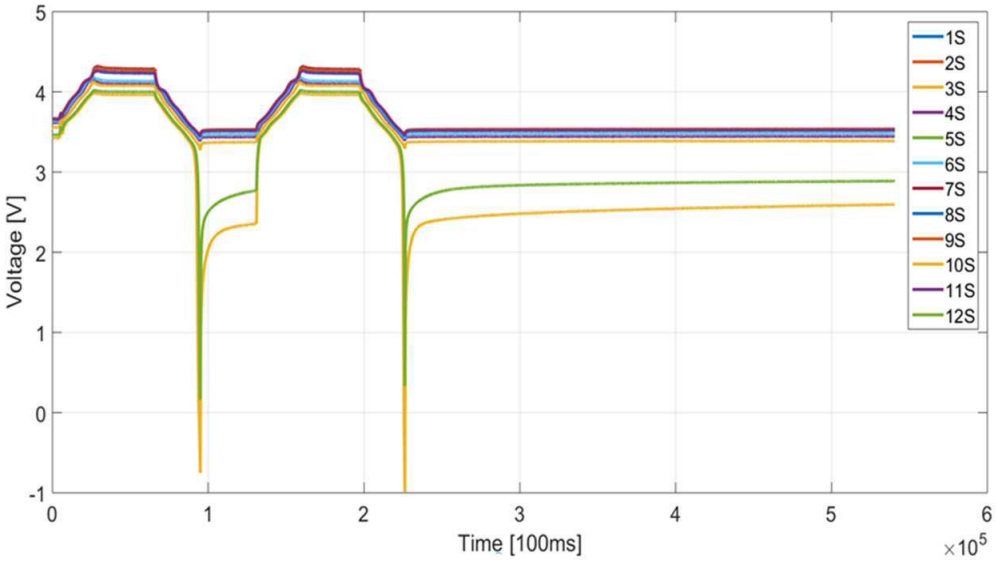
130: 미소용량 측정부 140: 방전용량 추정부

150: SOC 추정부 160: SOC 갱신부

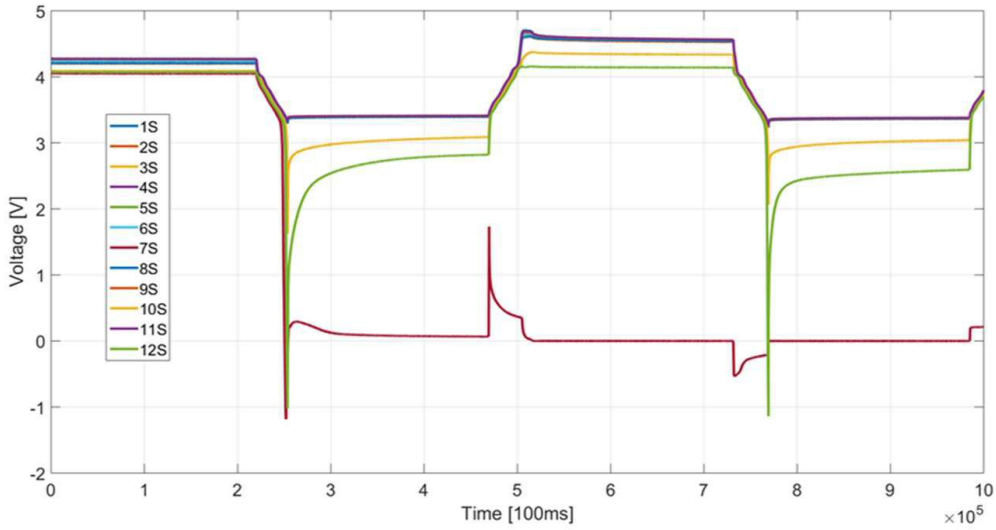
170: SOH 추정부 180: 내부저항 측정부

도면

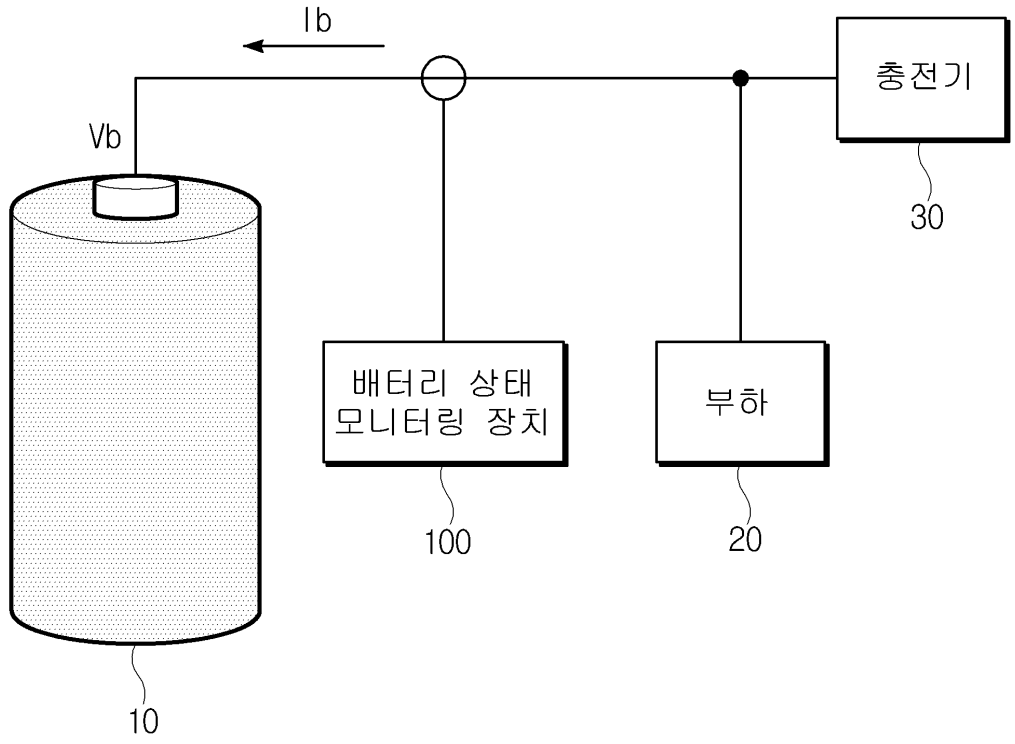
도면1



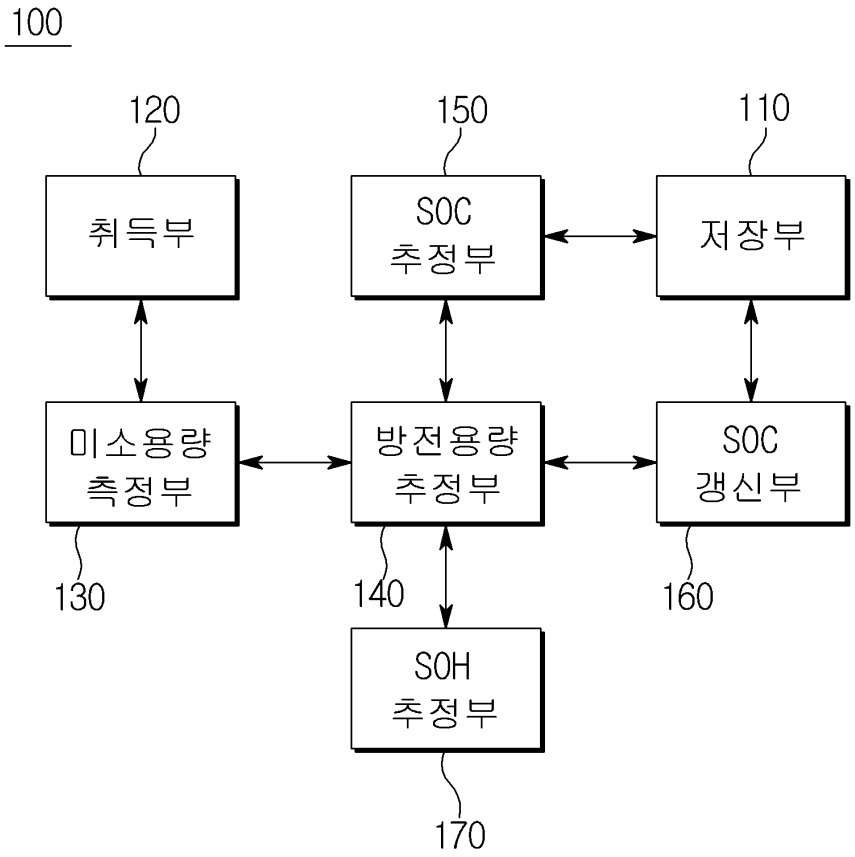
도면2



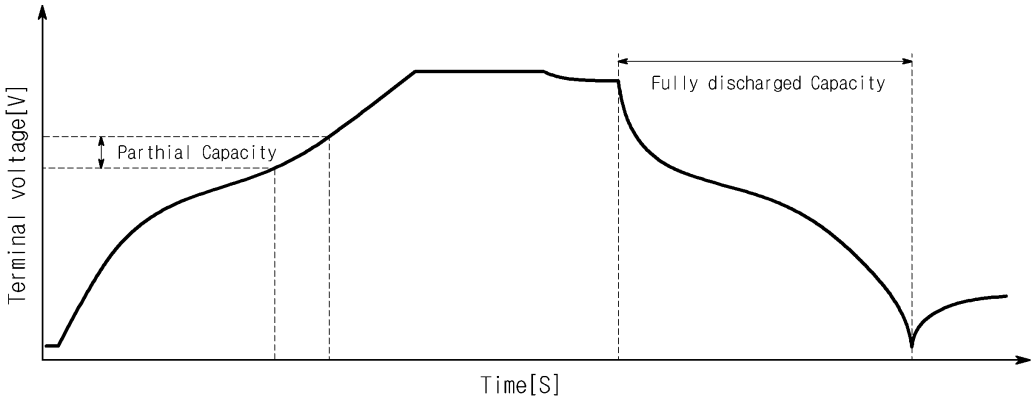
도면3


Ib
Vb
충전기
30
배터리 상태
모니터링 장치
100
부하
20
10

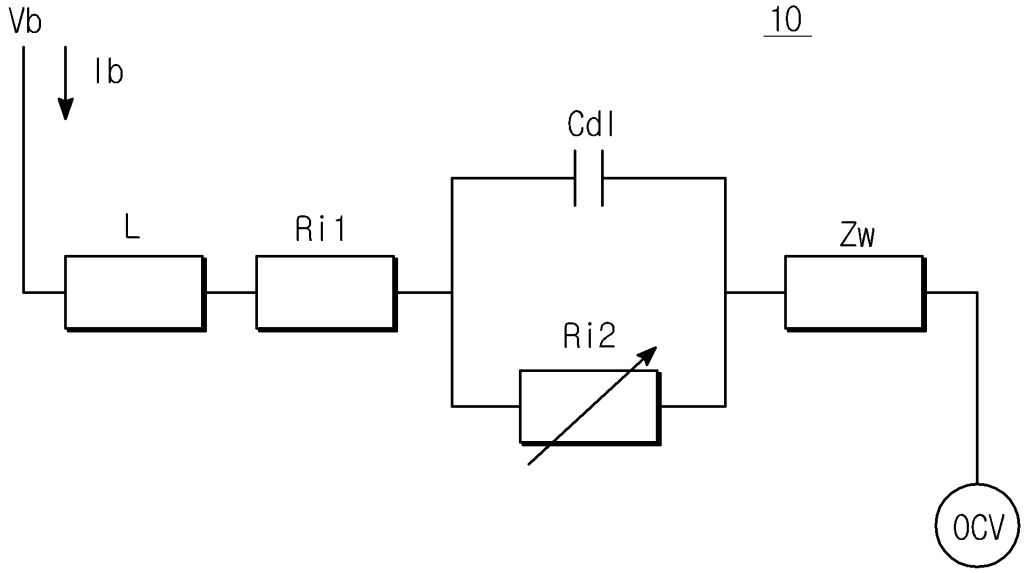
도면4


100
120
취득부
150
SOC
추정부
110
저장부
미소용량
측정부
130
방전용량
추정부
140
SOC
갱신부
160
SOH
추정부
170

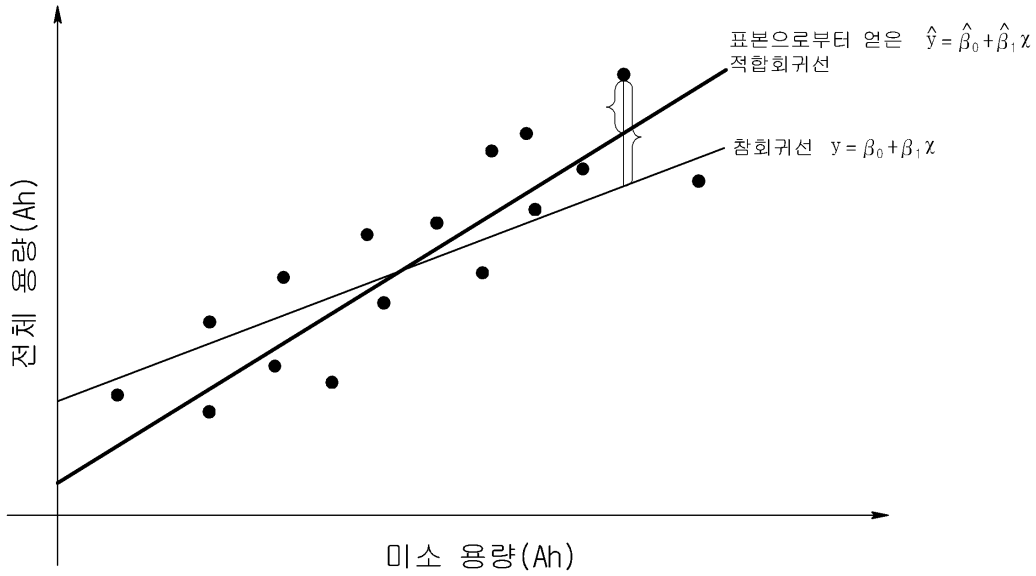
도면5


Terminal voltage[V]
Parthial Capacity
Fully discharged Capacity
Time[S]

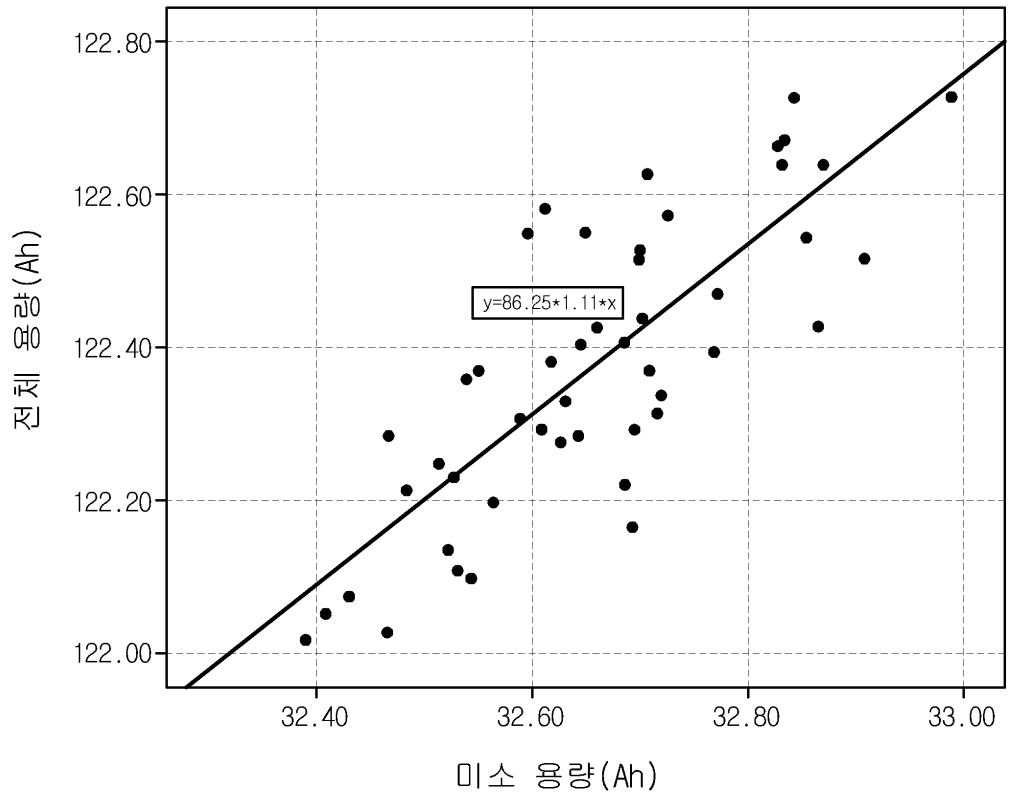
도면6


Vb
Ib
10
Cdl
L
Ri1
Zw
Ri2
OCV

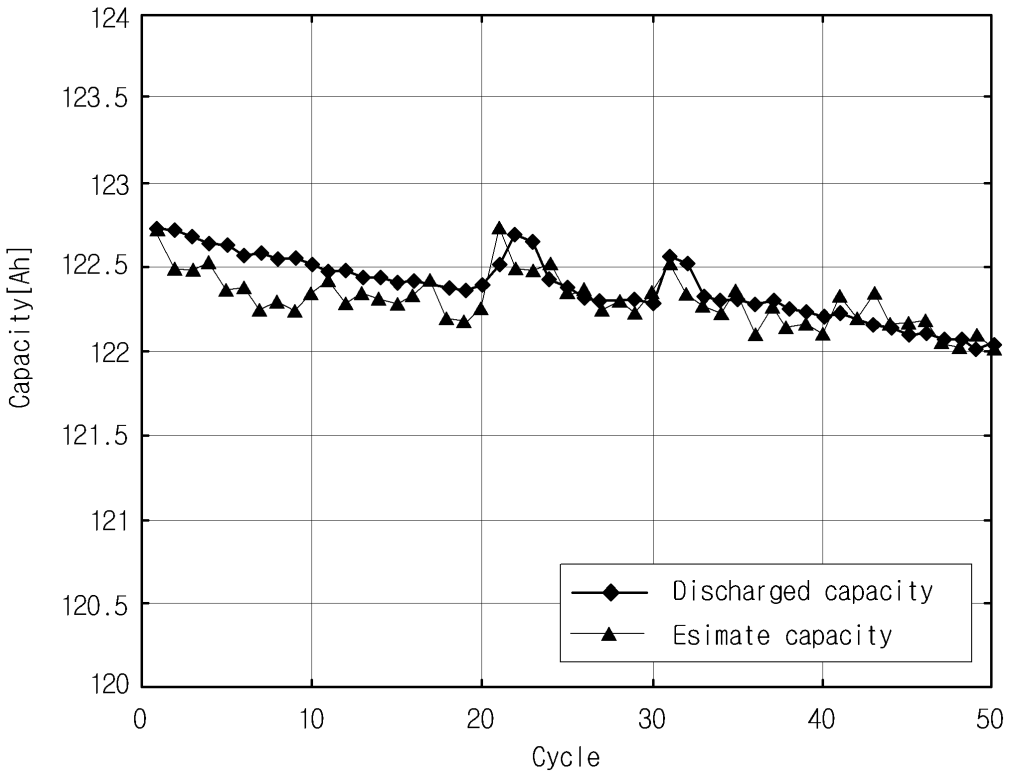
도면7


표본으로부터 얻은 $\hat{y}=\hat{\beta}_0+\hat{\beta}_1 x$
적합회귀선
참회귀선 $y=\beta_0+\beta_1 x$
전체 용량(Ah)
미소 용량(Ah)

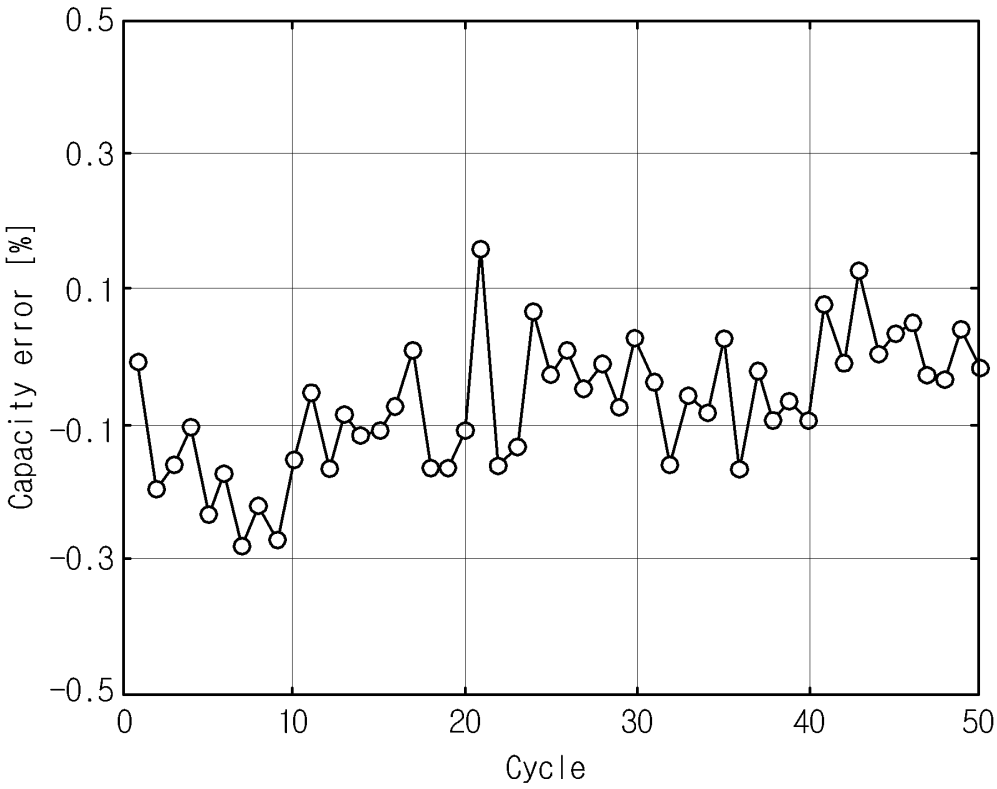
도면8


122.80
122.60
122.40
122.20
122.00
y=86.25*1.11*x
32.40
32.60
32.80
33.00
전체 용량(Ah)
미소 용량(Ah)

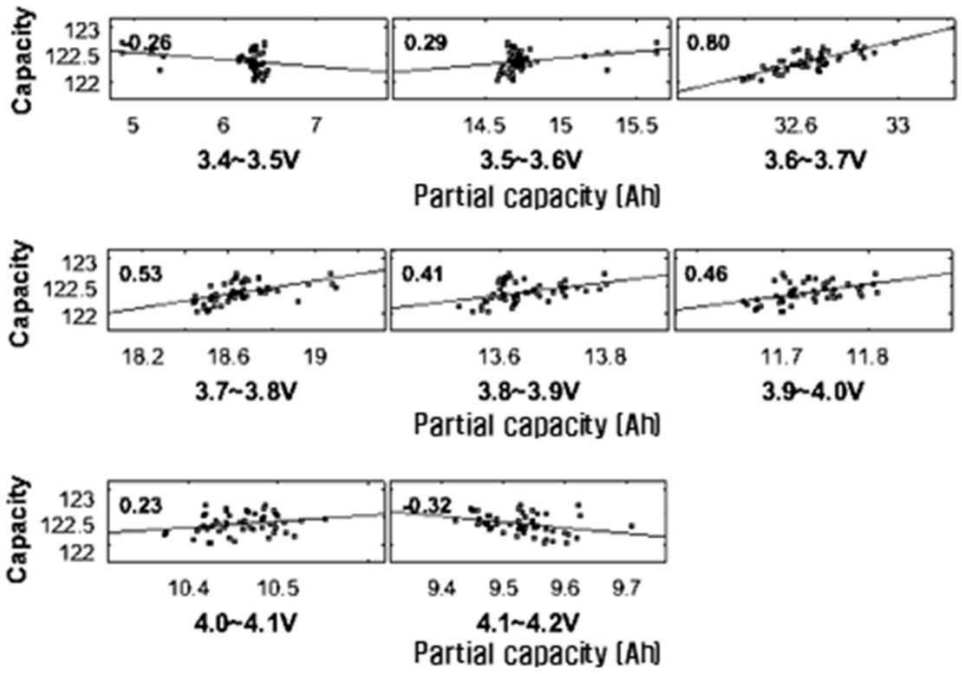
도면9


124
123.5
123
122.5
122
121.5
121
120.5
120
Capacity[Ah]
0
10
20
30
40
50
Cycle
Discharged capacity
Esimate capacity

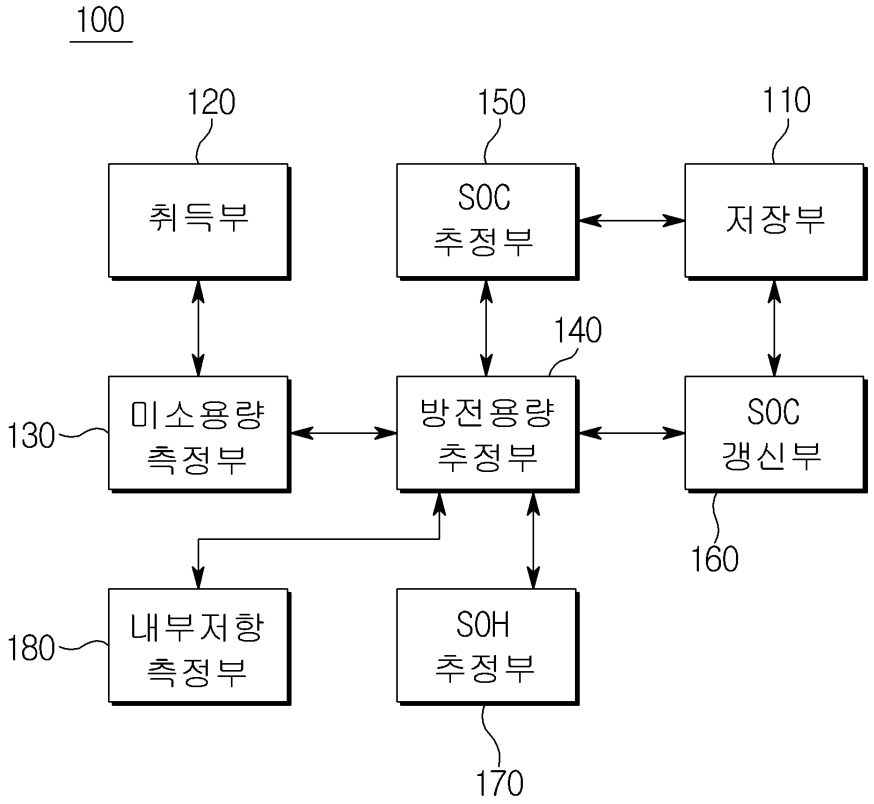
도면10


0.5
0.3
0.1
-0.1
-0.3
-0.5
Capacity error [%]
0
10
20
30
40
50
Cycle

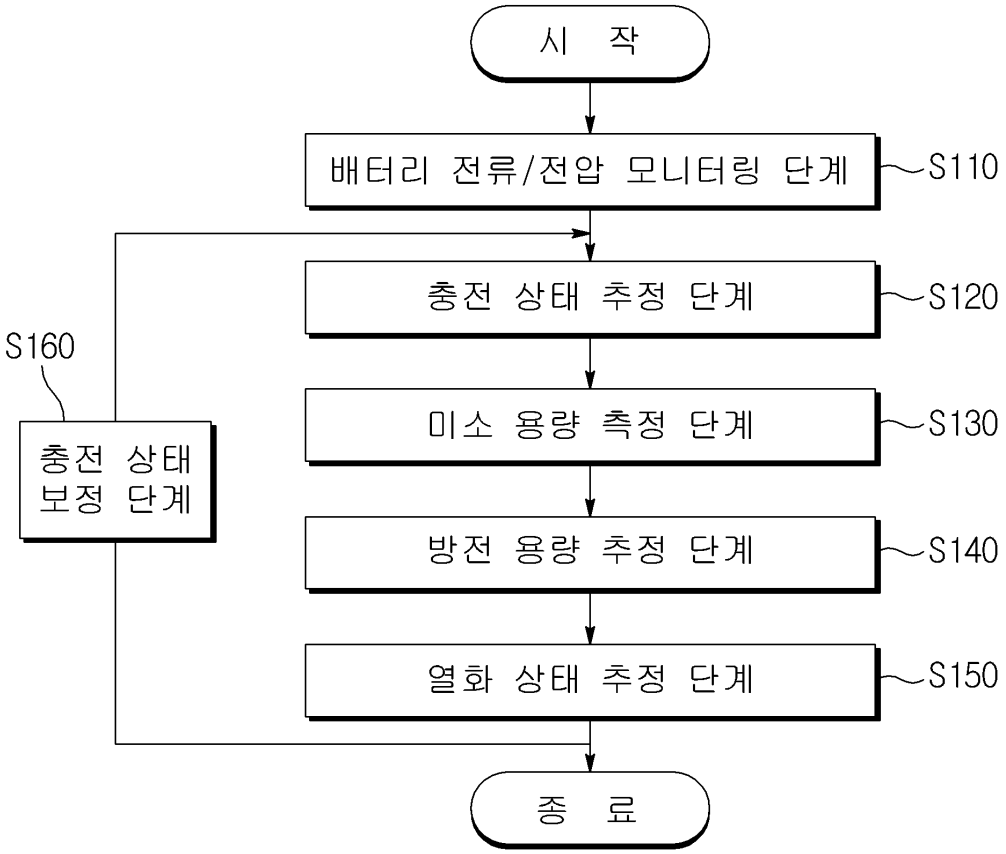
도면11


Capacity
123
122.5
122
-0.26
0.29
0.80
5
6
7
14.5
15
15.5
32.6
33
3.4~3.5V
3.5~3.6V
3.6~3.7V
Partial capacity (Ah)
0.53
0.41
0.46
18.2
18.6
19
13.6
13.8
11.7
11.8
3.7~3.8V
3.8~3.9V
3.9~4.0V
Partial capacity (Ah)
0.23
-0.32
10.4
10.5
9.4
9.5
9.6
9.7
4.0~4.1V
4.1~4.2V
Partial capacity (Ah)

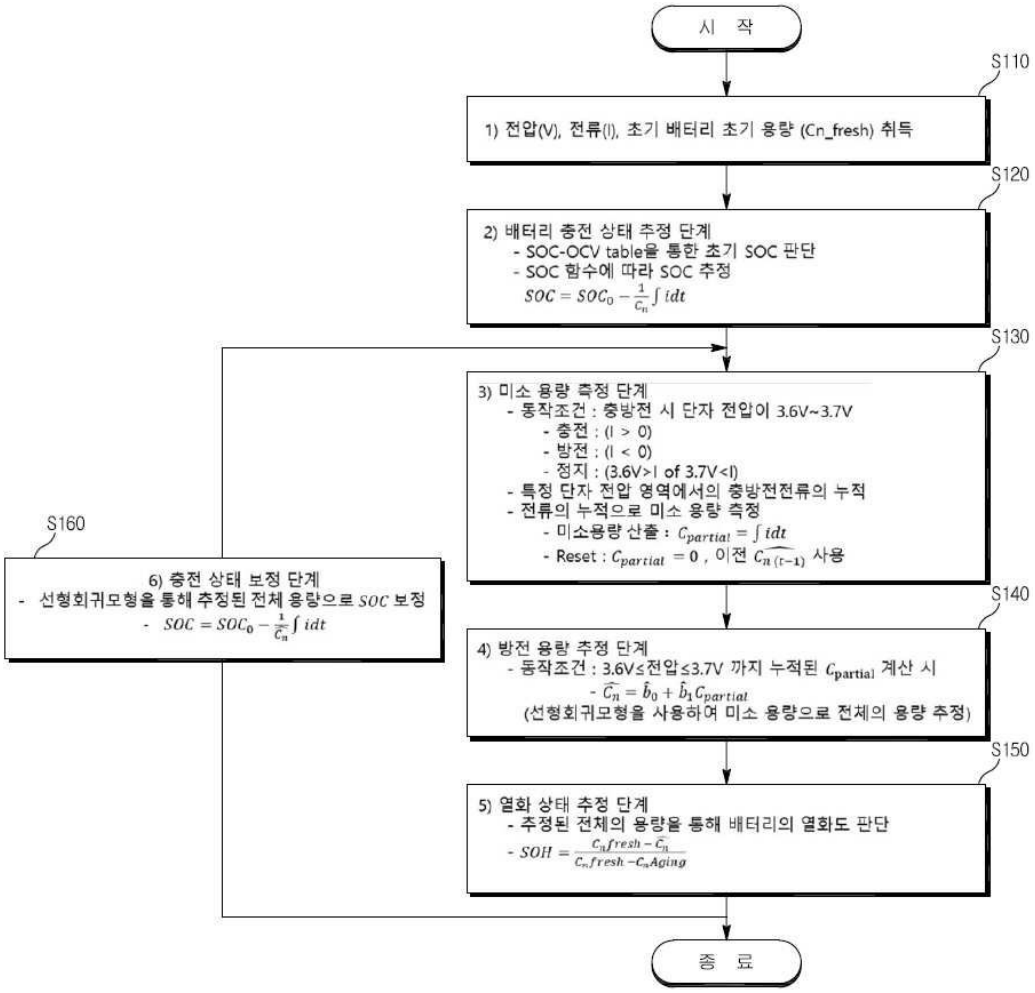
도면12


100
120
150
110
취득부
SOC
추정부
저장부
140
130
미소용량
측정부
방전용량
추정부
SOC
갱신부
160
180
내부저항
측정부
SOH
추정부
170

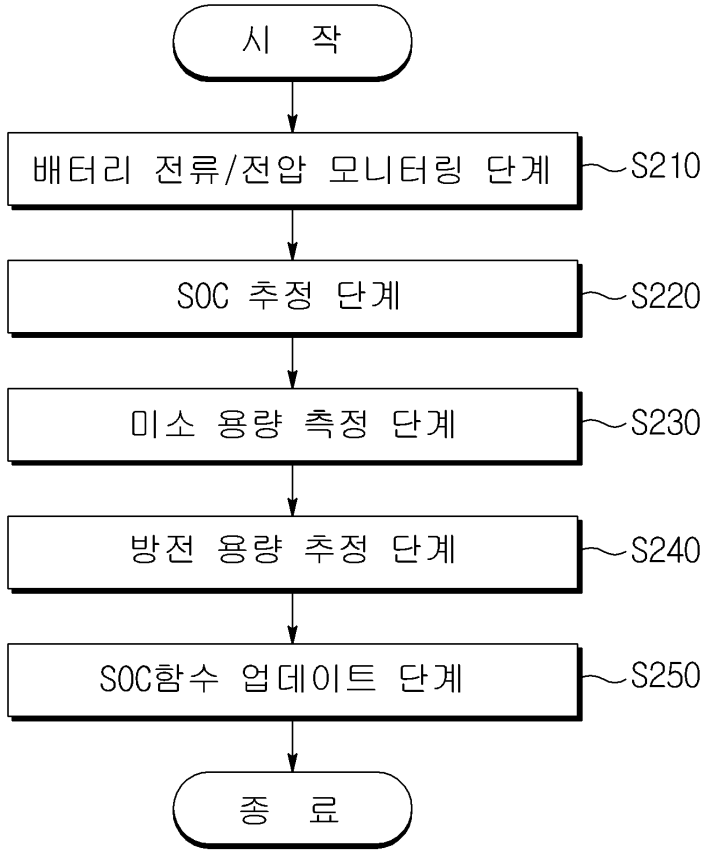
도면13


시 작
배터리 전류/전압 모니터링 단계
S110
충전 상태 추정 단계
S120
미소 용량 측정 단계
S130
방전 용량 추정 단계
S140
열화 상태 추정 단계
S150
S160
충전 상태 보정 단계
종 료

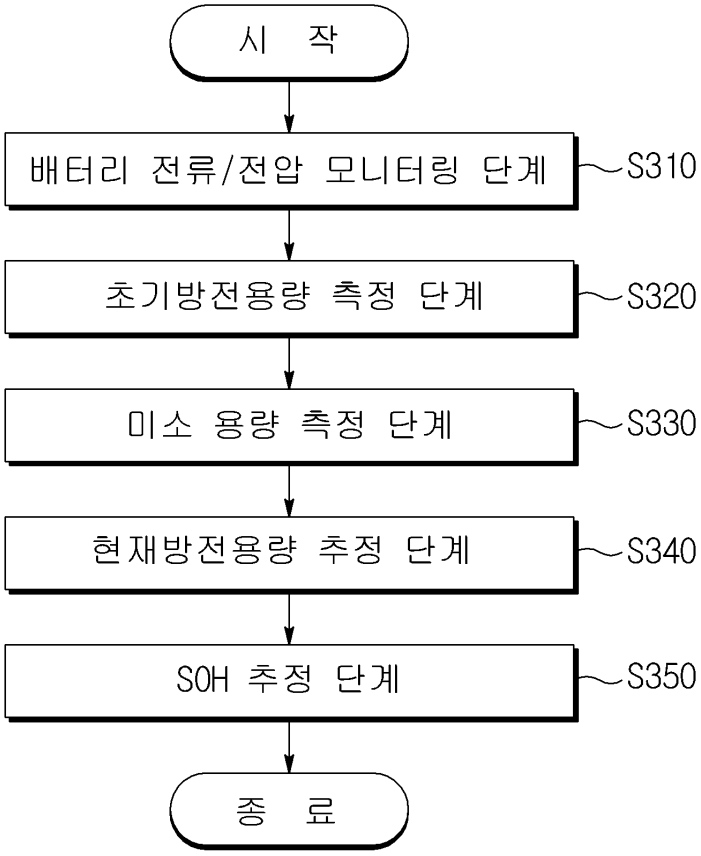
도면14


시 작
S110
1) 전압(V), 전류(I), 초기 배터리 초기 용량 (Cn_fresh) 취득
S120
2) 배터리 충전 상태 추정 단계
- SOC-OCV table을 통한 초기 SOC 판단
- SOC 함수에 따라 SOC 추정
$SOC = SOC_0 - \frac{1}{C_n}\int idt$
S130
3) 미소 용량 측정 단계
- 동작조건 : 충방전 시 단자 전압이 3.6V~3.7V
- 충전 : (I > 0)
- 방전 : (I < 0)
- 정지 : (3.6V>I of 3.7V<I)
- 특정 단자 전압 영역에서의 충방전전류의 누적
- 전류의 누적으로 미소 용량 측정
- 미소용량 산출 : $C_{partial} = \int idt$
- Reset : $C_{partial} = 0$, 이전 $\widehat{C_{n(t-1)}}$ 사용
S140
4) 방전 용량 추정 단계
- 동작조건 : 3.6V≤전압≤3.7V 까지 누적된 $C_{partial}$ 계산 시
- $\widehat{C_n} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 C_{partial}$
(선형회귀모형을 사용하여 미소 용량으로 전체의 용량 추정)
S150
5) 열화 상태 추정 단계
- 추정된 전체의 용량을 통해 배터리의 열화도 판단
- $SOH = \frac{C_n fresh - \widehat{C_n}}{C_n fresh - C_n Aging}$
S160
6) 충전 상태 보정 단계
- 선형회귀모형을 통해 추정된 전체 용량으로 SOC 보정
- $SOC = SOC_0 - \frac{1}{C_n}\int idt$
종 료

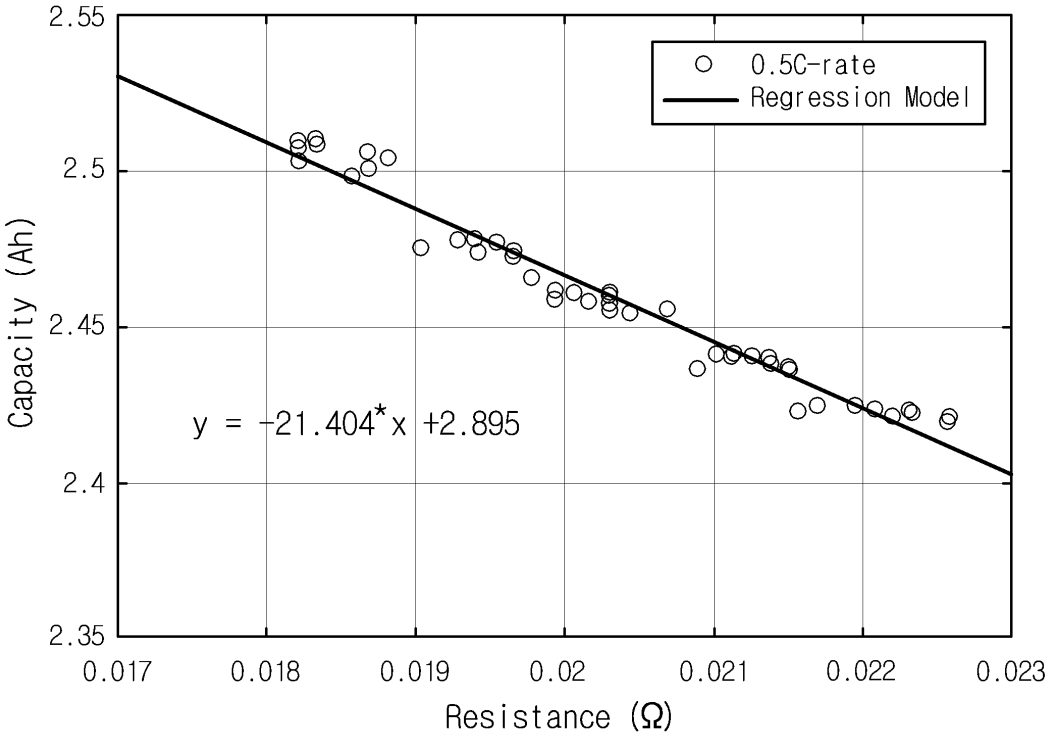
도면15


시 작
배터리 전류/전압 모니터링 단계
S210
SOC 추정 단계
S220
미소 용량 측정 단계
S230
방전 용량 추정 단계
S240
SOC함수 업데이트 단계
S250
종 료

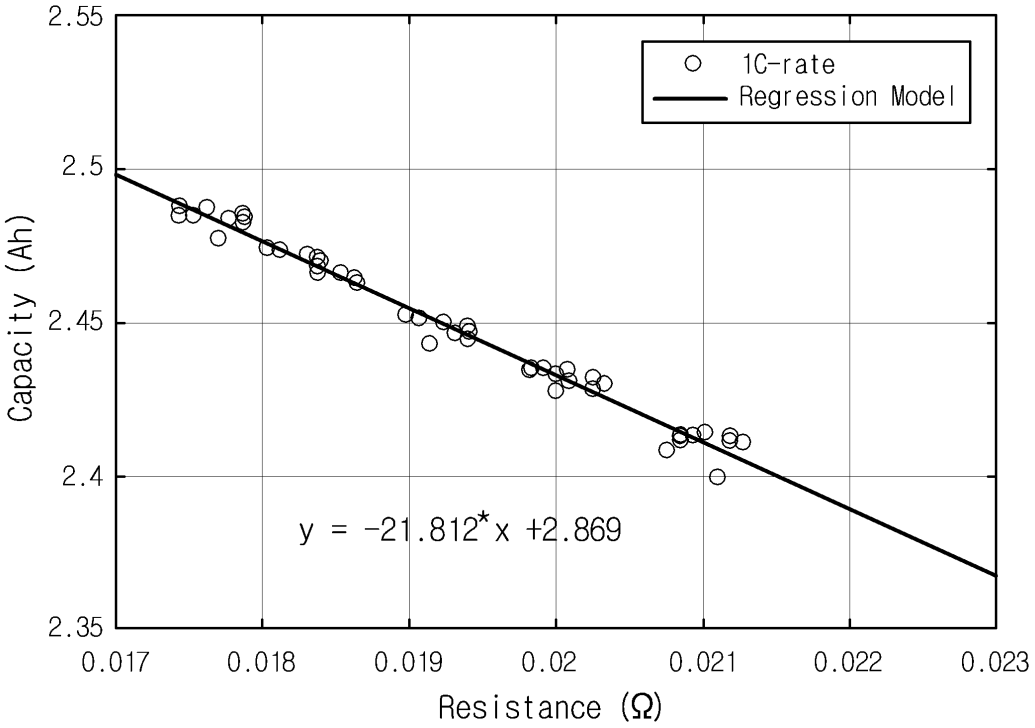
도면16


시 작
배터리 전류/전압 모니터링 단계
S310
초기방전용량 측정 단계
S320
미소 용량 측정 단계
S330
현재방전용량 추정 단계
S340
SOH 추정 단계
S350
종 료

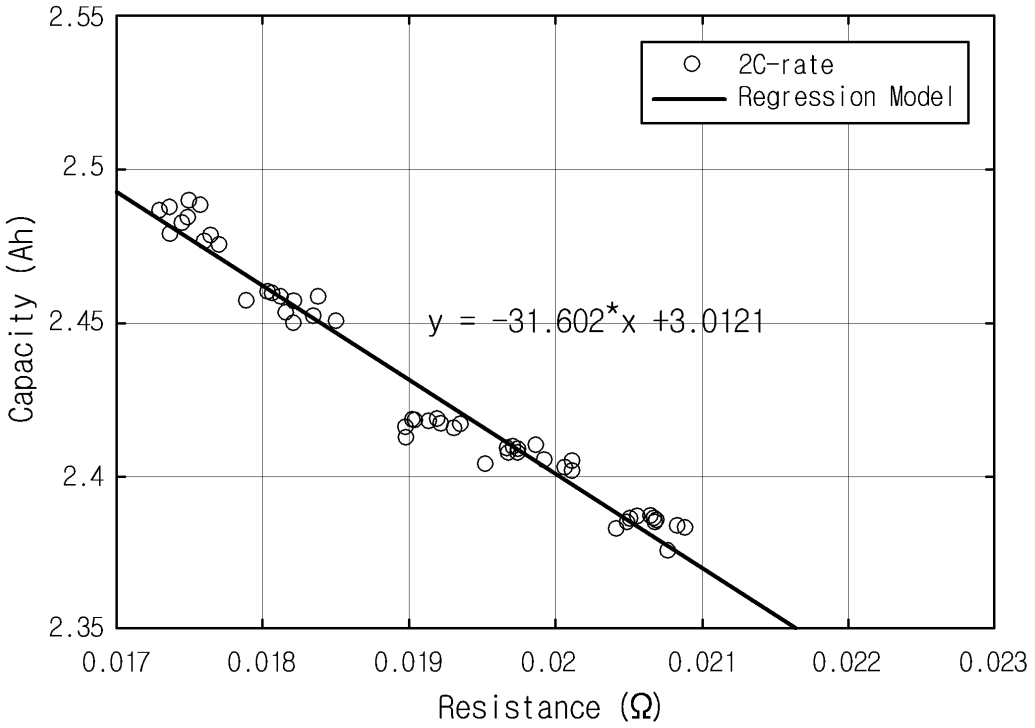
도면17


0.5C-rate
Regression Model
y = -21.404*x +2.895
Capacity (Ah)
Resistance (Ω)
2.55
2.5
2.45
2.4
2.35
0.017
0.018
0.019
0.02
0.021
0.022
0.023

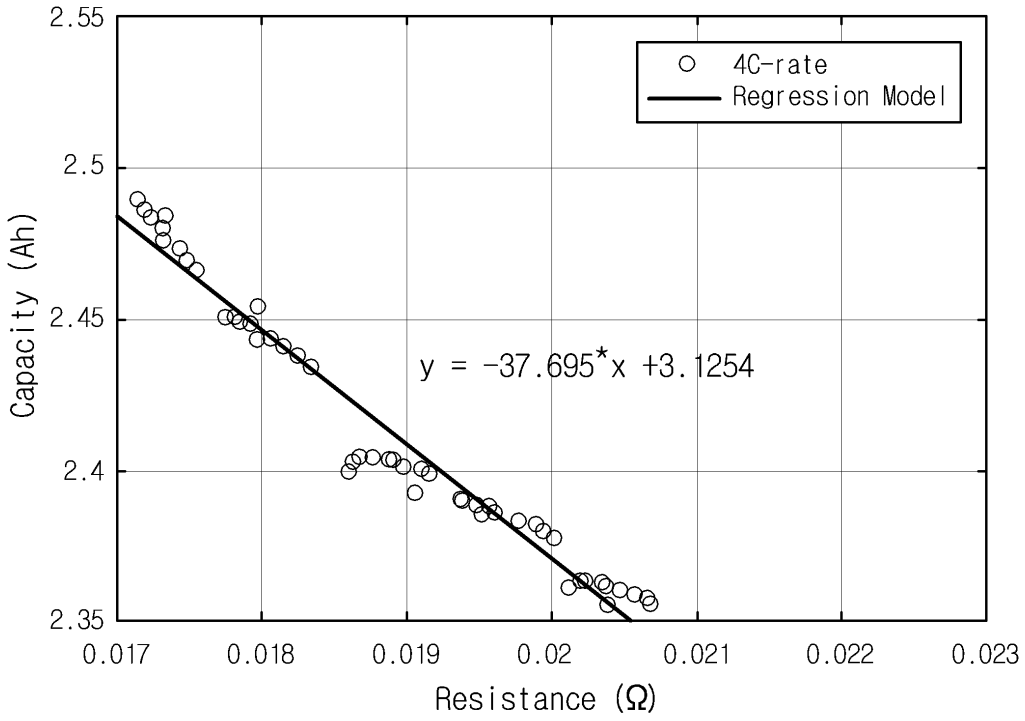
도면18


1C-rate
Regression Model
y = -21.812*x +2.869
Capacity (Ah)
Resistance (Ω)
2.55
2.5
2.45
2.4
2.35
0.017
0.018
0.019
0.02
0.021
0.022
0.023

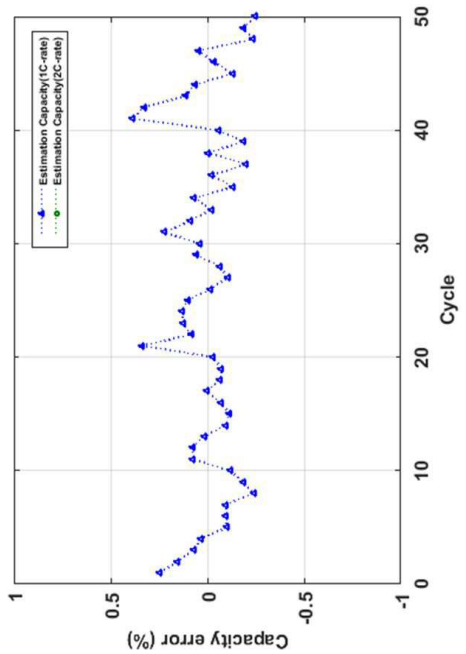
도면19

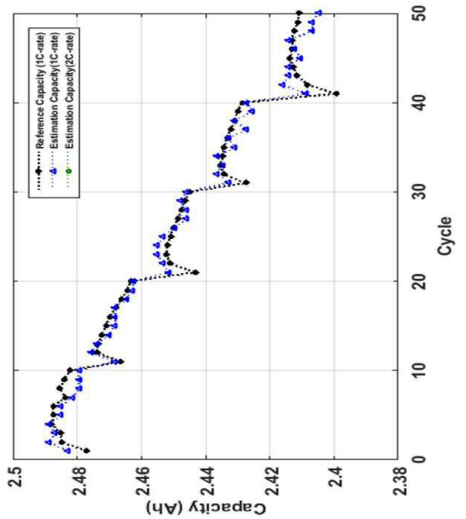

2C-rate
Regression Model
y = -31.602*x +3.0121
Capacity (Ah)
Resistance (Ω)
2.55
2.5
2.45
2.4
2.35
0.017
0.018
0.019
0.02
0.021
0.022
0.023

도면20

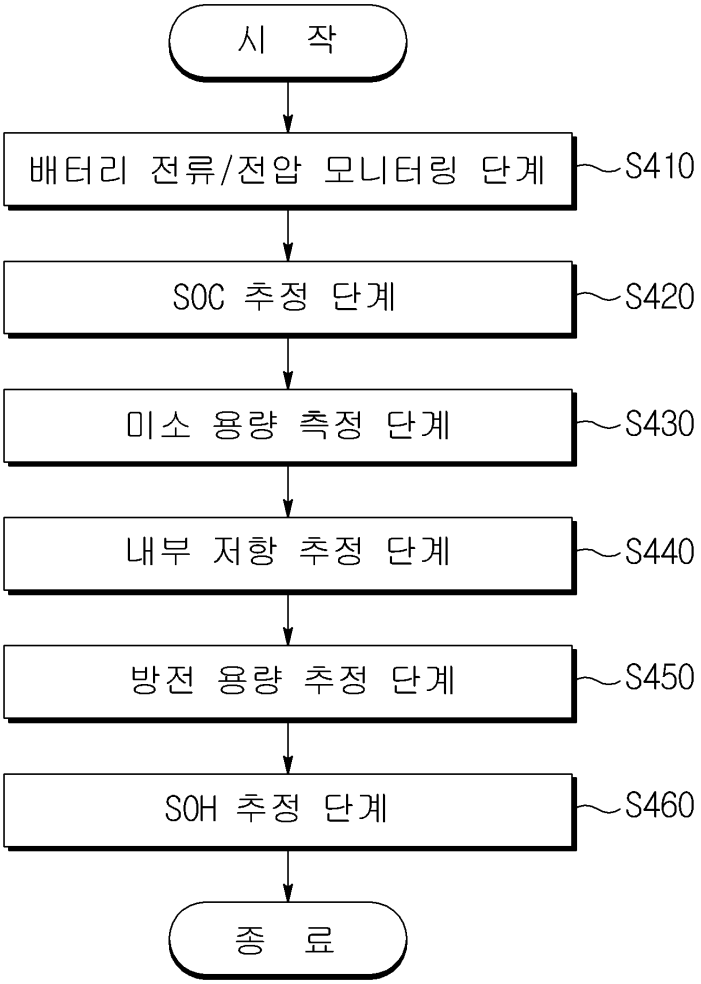

2.55
2.5
2.45
2.4
2.35
Capacity (Ah)
0.017
0.018
0.019
0.02
0.021
0.022
0.023
Resistance (Ω)
4C-rate
Regression Model
y = -37.695*x +3.1254

도면21


Estimation Capacity(1C-rate)
Estimation Capacity(2C-rate)
Capacity error (%)
Cycle


Reference Capacity (1C-rate)
Estimation Capacity(1C-rate)
Estimation Capacity(2C-rate)
Capacity (Ah)
Cycle

도면22


시 작
배터리 전류/전압 모니터링 단계
S410
SOC 추정 단계
S420
미소 용량 측정 단계
S430
내부 저항 추정 단계
S440
방전 용량 추정 단계
S450
SOH 추정 단계
S460
종 료