(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0088915
(43) 공개일자 2021년07월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/392 (2019.01) *G01R 31/367* (2019.01)
G01R 31/382 (2019.01) *G06F 17/18* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/392 (2019.01)
G01R 31/3648 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0001996
(22) 출원일자 2020년01월07일
심사청구일자 2020년01월07일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
김종훈
대전광역시 유성구 봉명로 94, 도안7단지 예미지 백조의호수 703동 1903호
이평연
광주광역시 북구 면앙로139번길 40-1 (두암동)
(74) 대리인
특허법인명신, 남완용

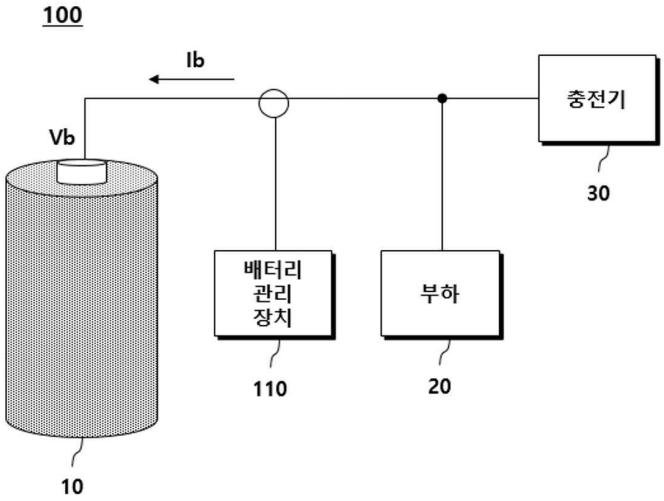
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **배터리 관리 장치의 SOH 추정 방법 및 이를 위한 SOH 추정식 생성 방법**

(57) 요 약

일 실시예는, 일정 시간 동안 수집되는 배터리의 센싱값을 이용하여, 상기 배터리의 SOH(state of health)에 미치는 영향에 대한 영향도가 일정 수준 이상인 복수의 파라미터를 측정하는 단계; 및 상기 복수의 파라미터에 대한 다중 회귀 분석을 통해 획득한 SOH 추정식에 상기 복수의 파라미터의 측정값을 대입하여 상기 배터리의 SOH를 산출하는 단계를 포함하고, 상기 복수의 파라미터의 영향도는 다중 회귀 분석을 통해 산출되는 배터리 관리 장치의 SOH 추정 방법을 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01R 31/367 (2019.01)
G01R 31/382 (2019.01)
G06F 17/18 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 R17XA05-55
부처명 한국전력공사 전력연구원
과제관리(전문)기관명 산학협력단
연구사업명 전력산업기초연구 사외공모과제
연구과제명 에너지저장장치(BESS) 최적설계를 위한 배터리 셀/모듈 인증 기술 연구
기 여 율 1/1
과제수행기관명 충남대학교
연구기간 2017.05.01 ~ 2020.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

일정 시간 동안 수집되는 배터리의 센싱값을 이용하여, 상기 배터리의 SOH(state of health)에 미치는 영향에 대한 영향도가 일정 수준 이상인 복수의 파라미터를 측정하는 단계; 및

상기 복수의 파라미터에 대한 다중 회귀 분석을 통해 획득한 SOH 추정식에 상기 복수의 파라미터의 측정값을 대입하여 상기 배터리의 SOH를 산출하는 단계

를 포함하고, 상기 복수의 파라미터의 영향도는 다중 회귀 분석을 통해 산출되는 배터리 관리 장치의 SOH 추정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 배터리의 확산층은, 다수의 래더(ladder)의 직렬연결로 모델링되고, 상기 래더는 병렬 연결되는 확산저항과 확산캐패시터로 모델링되며,

상기 복수의 파라미터는, 제1래더의 확산저항값과 제2래더의 확산저항값을 포함하는 배터리 관리 장치의 SOH 추정 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복수의 파라미터의 측정값 간의 다중공선성은 일정 수준 이하가 되는 배터리 관리 장치의 SOH 추정 방법.

청구항 4

미리 정해진 프로파일에 따라 배터리를 충방전시키면서 상기 배터리의 센싱값을 획득하고, 상기 센싱값을 이용하여 상기 배터리에 대한 다수의 파라미터 및 SOH를 측정하고 측정값들을 저장하는 단계;

상기 측정값들을 이용하여 상기 다수의 파라미터에 대한 상관 분석을 수행하는 단계;

상관 분석의 결과에 따라 상관도가 일정 수준 이상이 파라미터들 중 하나를 택하는 방식으로, 상기 다수의 파라미터 중 상관도가 낮은 복수의 파라미터를 확정하는 단계; 및

상기 측정값들을 이용하여 상기 SOH를 종속변수로 하고 상기 복수의 파라미터를 독립변수로 하는 다중 회귀 분석을 수행하는 단계;

상기 다중 회귀 분석에 따라 결정되는 계수들을 이용하여 상기 SOH에 대한 추정식을 생성하는 단계

를 포함하는 SOH 추정식 생성 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 다중 회귀 분석을 수행하는 단계에서,

상기 복수의 파라미터를 표준편차와 평균을 이용하여 표준화한 후에 상기 다중 회귀 분석을 수행하는 SOH 추정식 생성 방법.

청구항 6

미리 정해진 프로파일에 따라 배터리를 충방전시키면서 상기 배터리의 센싱값을 획득하고, 상기 센싱값을 이용하여 상기 배터리에 대한 다수의 파라미터 및 SOH를 측정하고 측정값들을 저장하는 단계;

상기 측정값들을 이용하여 상기 다수의 파라미터에 대한 상관 분석을 수행하는 단계;

상관 분석의 결과에 따라 상관도가 일정 수준 이상인 파라미터들 중 하나를 택하는 방식으로, 상기 다수의 파라미터 중 상관도가 낮은 N 개의 파라미터를 확정하는 단계;

상기 측정값들을 이용하여 상기 SOH를 종속변수로 하고 상기 N 개의 파라미터를 독립변수로 하는 다중 회귀 분석을 1차 수행하는 단계;

상기 1차 다중 회귀 분석에 따라 결정되는 계수들을 이용하여 상기 SOH에 대한 상기 N 개의 파라미터의 영향도를 판정하는 단계;

상기 N 개의 파라미터 중 영향도가 일정 수준 이상인 복수의 파라미터를 확정하는 단계;

상기 측정값들을 이용하여 상기 SOH를 종속변수로 하고 상기 복수의 파라미터를 독립변수로 하는 다중 회귀 분석을 2차 수행하는 단계;

상기 2차 다중 회귀 분석에 따라 결정되는 계수들을 이용하여 상기 SOH에 대한 추정식을 생성하는 단계

를 포함하는 SOH 추정식 생성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 다중 회귀 분석을 1차 수행하는 단계에서,

상기 복수의 파라미터를 표준편차와 평균을 이용하여 표준화한 후에 상기 다중 회귀 분석을 1차 수행하는 SOH 추정식 생성 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 실시예는 배터리 관리 장치에서 배터리의 SOH(State of Health)를 추정하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 환경 보호에 대한 관심도가 높아지면서 전기자동차(EV, HEV, PHEV)가 각광을 받고 있으며, 신재생에너지의 사용 확대 및 전력의 수요 증가로 인해 에너지 저장 장치(ESS)를 이용한 스마트 그리드 사업이 주목을 받고 있다.

[0003] 이러한 전기자동차 및 신재생 에너지 분야를 포함한 산업 전반에서, 안정된 전원 공급과 충전이 가능한 배터리를 채택하여 활용하는 범위가 확산되고 있고, 이에 따라 배터리를 보다 효율적으로 사용하고 관리하기 위한 배터리 관리 시스템에 관한 기술의 중요성도 점차 증가되고 있다.

[0004] 기본적으로 배터리는 충방전을 반복함에 따라 열화(劣化))되며, 다른 여러 가지 요인(배터리의 온도, 충전방법, 전류변화, 방전심도(Depth of Discharge) 등)으로 인해 배터리의 열화는 더 빨리 진행되기도 한다. 배터리 관리 시스템이 배터리를 최적으로 관리하고 운영하기 위해서는 배터리의 수명, 즉 SOH(State of Health)를 정확하게 추정할 수 있어야 한다.

[0005] 만약 SOH를 부정확하게 추정하게 되면 과충전/과방전에 따른 배터리의 발화 또는 폭발이 발생할 수 있다.

[0006] 이러한 SOH를 추정하기 위해서 종래에는 배터리의 충방전 전류를 적산하여 배터리의 SOC(State of Charge)를 추정하고, 추정된 SOC를 사용하여 SOH를 추정하는 방법이 있었다. 그런데, 이 방법은 전류를 측정하는 과정에서 발생되는 측정 오차가 누적되어, 시간이 지남에 따라 SOH 추정의 기초 데이터로 사용되는 SOC의 정확도가 떨어져 결국 SOH의 추정 신뢰성이 떨어지는 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이러한 배경에서, 본 실시예의 목적은, 일 측면으로, 배터리의 열화에 영향을 미치는 복수의 파라미터를 측정하

고, 복수의 파라미터를 이용하여 보다 정확한 SOH를 추정하기 위한 추정식을 생성함과 아울러 추정식을 통해 배터리의 SOH를 보다 정확하게 추정할 수 있는 기술을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 전술한 목적을 달성하기 위하여, 일 실시예는, 일정 시간 동안 수집되는 배터리의 센싱값을 이용하여, 상기 배터리의 SOH(state of health)에 미치는 영향에 대한 영향도가 일정 수준 이상인 복수의 파라미터를 측정하는 단계; 및 상기 복수의 파라미터에 대한 다중 회귀 분석을 통해 획득한 SOH 추정식에 상기 복수의 파라미터의 측정값을 대입하여 상기 배터리의 SOH를 산출하는 단계를 포함하고, 상기 복수의 파라미터의 영향도는 다중 회귀 분석을 통해 산출되는 배터리 관리 장치의 SOH 추정 방법을 제공한다.

[0009] 상기 배터리의 확산층은, 다수의 래더(ladder)의 직렬연결로 모델링되고, 상기 래더는 병렬 연결되는 확산저항과 확산캐패시터로 모델링되며, 상기 복수의 파라미터는, 제1래더의 확산저항과 제2래더의 확산저항을 포함할 수 있다.

[0010] 상기 복수의 파라미터의 측정값으로 분산팽창계수(Variance Inflation Factor; VIF)를 계산하는 경우 각 파라미터 사이의 다중공선성이 일정 수준 이하가 될 수 있다.

[0011] 다른 실시예는, 미리 정해진 프로파일에 따라 배터리를 충방전시키면서 상기 배터리의 센싱값을 획득하고, 상기 센싱값을 이용하여 상기 배터리에 대한 다수의 파라미터 및 SOH를 측정하고 측정값들을 저장하는 단계; 상기 측정값들을 이용하여 상기 다수의 파라미터에 대한 상관 분석을 수행하는 단계; 상관 분석의 결과에 따라 상관도가 일정 수준 이상이 파라미터들 중 하나를 택하는 방식으로, 상기 다수의 파라미터 중 상관도가 낮은 복수의 파라미터를 확정하는 단계; 및 상기 측정값들을 이용하여 상기 SOH를 종속변수로 하고 상기 복수의 파라미터를 독립변수로 하는 다중 회귀 분석을 수행하는 단계; 상기 다중 회귀 분석에 따라 결정되는 계수들을 이용하여 상기 SOH에 대한 추정식을 생성하는 단계를 포함하는 SOH 추정식 생성 방법을 제공한다.

[0012] 상기 다중 회귀 분석을 수행하는 단계에서, 상기 복수의 파라미터를 표준편차와 평균을 이용하여 표준화한 후에 상기 다중 회귀 분석을 수행할 수 있다.

[0013] 또 다른 실시예는, 미리 정해진 프로파일에 따라 배터리를 충방전시키면서 상기 배터리의 센싱값을 획득하고, 상기 센싱값을 이용하여 상기 배터리에 대한 다수의 파라미터 및 SOH를 측정하고 측정값들을 저장하는 단계; 상기 측정값들을 이용하여 상기 다수의 파라미터에 대한 상관 분석을 수행하는 단계; 상관 분석의 결과에 따라 상관도가 일정 수준 이상인 파라미터들 중 하나를 택하는 방식으로, 상기 다수의 파라미터 중 상관도가 낮은 N 개의 파라미터를 확정하는 단계; 상기 측정값들을 이용하여 상기 SOH를 종속변수로 하고 상기 N 개의 파라미터를 독립변수로 하는 다중 회귀 분석을 1차 수행하는 단계; 상기 1차 다중 회귀 분석에 따라 결정되는 계수들을 이용하여 상기 SOH에 대한 상기 N 개의 파라미터의 영향도를 판정하는 단계; 상기 N 개의 파라미터 중 영향도가 일정 수준 이상인 복수의 파라미터를 확정하는 단계; 상기 측정값들을 이용하여 상기 SOH를 종속변수로 하고 상기 복수의 파라미터를 독립변수로 하는 다중 회귀 분석을 2차 수행하는 단계; 상기 2차 다중 회귀 분석에 따라 결정되는 계수들을 이용하여 상기 SOH에 대한 추정식을 생성하는 단계를 포함하는 SOH 추정식 생성 방법을 제공한다.

[0014] 상기 다중 회귀 분석을 수행하는 단계에서, 상기 복수의 파라미터를 표준편차와 평균을 이용하여 표준화한 후에 상기 다중 회귀 분석을 수행할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 이상에서 설명한 바와 같이 본 실시예에 의하면, 배터리의 열화에 영향을 미치는 복수의 파라미터를 이용하여 SOH 추정식을 생성하고, 이를 통해 배터리 관리 장치에서 배터리의 SOH를 정확하게 추정할 수 있기 때문에 부정확한 SOH 추정으로 인한 배터리의 발화 또는 폭발하는 종래 문제점을 해소할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 일 실시예에 따른 배터리시스템의 구성도이다.

도 2는 일 실시예에 따른 배터리 관리 장치의 구성을 간략하게 나타낸 블럭도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 배터리 관리 장치에서 배터리의 SOH를 추정하는 과정을 나타낸 순서도이다.

도 4는 일 실시예에 따른 배터리의 내부를 회로로 모델링한 도면이다.

도 5는 일 실시예에 따른 배터리의 확산층을 회로로 모델링한 도면이다.

도 6은 일 실시예에 따른 SOH 추정식을 생성하는 과정을 나타낸 순서도이다.

도 7은 다른 실시예에 따른 SOH 추정식을 생성하는 과정을 나타낸 순서도이다.

도 8은 일 실시예에 따른 복수의 파라미터 측정값에 대한 일 예시 그래프이다.

도 9는 배터리의 SOH와 복수의 파라미터와의 관계에 대한 일 예시 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 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.

[0018] 또한, 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 또는 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0019] 도 1은 일 실시예에 따른 배터리시스템의 구성도이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 배터리시스템(100)은 배터리(10), 부하(20), 충전기(30) 및 배터리 관리 장치(110) 등을 포함할 수 있다.

[0021] 배터리(10)는 전기에너지를 화학에너지로 변환하거나 화학에너지를 전기에너지로 변환할 수 있는 장치로서, 리튬이온 배터리, 리튬폴리머 배터리 등이 대표적인 예이다.

[0022] 배터리(10)에는 적어도 2개의 단자가 포함될 수 있는데, 일 단자로는 음(-)의 극성을 가지는 전압이 공급되고, 다른 일 단자로는 양(+)의 극성을 가지는 전압이 공급될 수 있다. 이하에서는 음(-)의 극성을 가지는 단자와 양(+)의 극성을 가지는 단자 사이의 전압을 단자전압(Vb)으로 정의하여 사용한다.

[0023] 배터리(10)의 단자를 통해 유출입되는 전류를 충방전전류(Ib)로 정의할 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 배터리의 단자로 입력되는 전류-예를 들어, 충전전류-를 양(+)의 방향으로 정의하고 배터리의 단자로부터 외부로 공급되는 전류-예를 들어, 방전전류-를 음(-)의 방향으로 정의한다.

[0024] 부하(20)는 배터리(10)의 방전전류를 사용하는 장치로서, 충전기(30)가 전력을 공급하는 시점에서는 충전기(30)로부터 전력을 공급받고 충전기(30)가 전력을 공급하지 않는 시점에서는 배터리(10)의 방전전류를 이용하여 작동될 수 있다.

[0025] 충전기(30)는 외부의 전력을 변환하여 배터리(10)로 공급하는 장치로서, 전력변환장치 혹은 컨버터로 부르는 장치를 내장할 수 있다.

[0026] 배터리 관리 장치(110)는 본 발명의 실시예에 따라 배터리(10)의 SOH(State of Health)를 추정할 수 있고, SOH를 이용하여 배터리의 상태를 관리할 수 있다. 여기서, 배터리 관리 장치(110)는 종래의 SOC(State of Charge) 추정 방식을 통해 배터리(10)의 SOC(State of Charge)를 추정할 수도 있다.

[0027] 이러한 배터리 관리 장치(110)는 계산이 가능한 계산장치-예를 들어, CPU(central processing unit)- 및 데이터의 저장이 가능한 저장장치-예를 들어, 메모리-를 포함하고 있으면서, 계산장치와 저장장치를 이용하여 SOH를 추정할 수 있다. 그리고, 저장장치에는 적어도 하나의 알고리즘이 저장될 수 있다. 예를 들어, 저장장치에는 SOH를 추정하기 위한 알고리즘이 저장될 수 있다.

[0028] 배터리 관리 장치(110)는 배터리(10)의 온도, 전압 등을 감지하는 하나 이상의 센서로부터 하나 이상의 센싱값을 일정 시간 동안 수집하고, 하나 이상의 센싱값을 이용하여 복수의 파라미터를 측정할 수 있다. 여기서, 복수의 파라미터는 배터리(10)의 내부 저항값(도 4의 R_i1,R_i2), 배터리(10)의 충전 또는 방전 시의 온도값, 배터리

(10)에 포함된 확산층(도 4의 Z_w)의 확산 저항값들(도 5의 R_{diff1} 내지 R_{diffn}), 배터리(10)의 전압값 등일 수 있다.

[0029] 이러한, 복수의 파라미터가 후술할 SOH 추정식의 독립변수들로 이용될 수 있다.

[0030] 배터리 관리 장치(110)는 수학식 1과 같은 SOH 추정식을 기저장할 수 있고, 복수의 파라미터의 표준값을 SOH 추정식에 대입하여 배터리(10)의 SOH를 추정할 수 있다.

수학식 1

[0031] $$y_i = b_0 + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \cdots + b_k x_{ik} + \varepsilon_i$$

[0032] 수학식 1에서 종속변수인 y_i 는 SOH 추정값, $b_0, b_1, b_2 \cdots b_k$ 는 회귀 계수, 독립변수인 $x_{i1}, x_{i2} \cdots x_{ik}$ 는 복수의 파라미터의 측정값(제 1 파라미터 측정값 내지 제 k 파라미터 측정값), ε_i 는 오차로써, $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ 오차항들끼리는 서로 독립적이라고 가정한다.

[0033] 본 발명의 실시예에서 배터리 관리 장치(110)는 공장에서 출하되기 전에 SOH 추정식을 저장할 수 있다.

[0034] 그리고, 본 발명의 실시예에 따른 SOH 추정식은 배터리(10)의 SOH에 미치는 영향에 대한 영향도가 일정 수준 이상인 복수의 파라미터에 대해 다중 회귀 분석을 통해 획득된 추정식으로서, 배터리 관리 장치(110)와 별개인 SOH 추정식 생성 장치(미도시)에서 생성할 수 있다. 여기서, 복수의 파라미터의 영향도는 다중 회귀 분석을 통해 산출할 수 있다.

[0035] 복수의 파라미터를 결정하는 구성과 복수의 파라미터의 영향도를 산출하는 구성에 대한 설명은 도 6 및 도 7의 설명시 자세히 하도록 한다.

[0036] 본 발명의 실시예에서 복수의 파라미터는 도 5와 같이 다수의 래더(Ladder)의 직렬연결로 모델링되는 확산층(도 4 및 도 5의 Z_w)에 포함된 제 1 래더의 확산저항값과 제 2 래더의 확산저항값을 포함할 수 있다. 여기서, 단위 래더는 도 5와 같이 병렬 연결되는 확산 저항과 확산 캐패시터로 모델링될 수 있다.

[0037] 한편, 복수의 파라미터의 측정값 간의 다중공선성은 일정 수준 이하가 될 수 있다. 이에 대한 설명도 도 6의 설명시 자세히 하도록 한다.

[0038] 도 2는 일 실시예에 따른 배터리 관리 장치의 구성을 간략하게 나타낸 블럭도이다.

[0039] 본 발명에서 배터리 관리 장치(110)는 파라미터 측정부(210), 저장부(220) 및 SOH 추정부(230)를 포함할 수 있다.

[0040] 파라미터 측정부(210)는 배터리(10)의 온도, 전압 등을 감지하는 하나 이상의 센서로부터 하나 이상의 센싱값을 일정 시간 동안 수집하고, 하나 이상의 센싱값을 이용하여 복수의 파라미터를 측정할 수 있다. 여기서, 복수의 파라미터는 배터리(10)의 내부 저항값(도 4의 R_i1,R_i2), 배터리(10)의 충전 또는 방전 시의 온도값, 배터리(10)에 포함된 확산층(도 4의 Z_w)의 확산 저항값들(도 5의 R_{diff1} 내지 R_{diffn}), 배터리(10)의 전압값 등일 수 있다.

[0041] 이러한, 복수의 파라미터가 후술할 SOH 추정식의 독립변수들로 이용될 수 있다.

[0042] 저장부(220)는 복수의 파라미터에 대한 다중 회귀 분석을 통해 획득된 SOH 추정식을 저장할 수 있다. 여기서, 저장부(220)는 배터리 관리 장치(110)가 공장에서 출하되기 전, 즉 배터리 관리 장치(110)의 제조시에 SOH 추정식을 저장할 수 있다.

[0043] SOH 추정부(230)는 파라미터 측정부(210)에서 측정한 복수의 파라미터 각각의 측정값을 저장부(220)에 저장된

SOH 추정식에 대입하여 배터리(10)의 SOH를 추정할 수 있다.

[0044] 여기서, 복수의 파라미터는 배터리(10)의 SOH에 미치는 영향에 대한 영향도가 일정 수준 이상인 파라미터일 수 있고, 복수의 파라미터의 영향도는 다중 회귀 분석을 통해 산출할 수 있다.

[0045] 도 3은 일 실시예에 따른 배터리 관리 장치에서 배터리의 SOH를 추정하는 과정을 나타낸 순서도이다.

[0046] 도 3을 참조하면, 배터리 관리 장치(110)는 배터리(10)의 온도, 전압 등을 감지하는 하나 이상의 센서로부터 하나 이상의 센싱값을 일정 시간 동안 수집하고, 하나 이상의 센싱값을 이용하여 복수의 파라미터를 측정할 수 있다(S300). 여기서, 복수의 파라미터는 배터리(10)의 내부 저항(도 4의 R_i1,R_i2), 배터리(10)의 충전 또는 방전 시의 온도, 배터리(10)에 포함된 확산층(도 4의 Z_w)의 확산 저항들(도 5의 R_{diff1} 내지 R_{diffn}), 배터리(10)의 전압 등일 수 있다.

[0047] 상기 단계 S300 이후, 배터리 관리 장치(110)는 그리고, 배터리 관리 장치(110)는 기저장한 SOH 추정식에 복수의 파라미터의 측정값을 대입하여 배터리(10)의 SOH를 추정할 수 있다(S302, S304).

[0048] 이하에서는 배터리 관리 장치(110)가 저장하는 SOH 추정식을 생성하는 구성에 대해 설명하도록 한다.

[0049] 도 6은 일 실시예에 따른 SOH 추정식을 생성하는 과정을 나타낸 순서도이다.

[0050] 본 발명의 실시예에서 SOH 추정식을 생성하는 주체는 배터리 관리 장치(110)와 별개인 SOH 추정식 생성 장치(미도시)일 수 있다. 이러한 SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 배터리 관리 장치(110)를 제조하는 공장에 설치될 수 있다.

[0051] 도 6을 참조하면, SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 미리 정해진 프로파일에 따라 실험용 배터리(미도시)를 충방전시키면서 실험용 배터리(미도시)의 온도, 전압 등을 감지하는 하나 이상의 센서로부터 하나 이상의 센싱값을 획득하고, 하나 이상의 센싱값을 이용하여 실험용 배터리(미도시)에 대한 다수의 파라미터와 실험용 배터리(미도시)의 SOH를 측정한다(S600). 예를 들어, SOH 추정식 생성 장치(미도시) 도 8과 같이 실험용 배터리(미도시)의 충방전을 반복할 때의 배터리 용량과 실험용 배터리(미도시)의 내부 저항값과 다수의 확산 저항값 등을 측정할 수 있고, 이를 이용하여 실험용 배터리(미도시)의 SOH를 측정할 수 있다. 여기서, 실험용 배터리(미도시)는 상술한 배터리(10)와 동일한 모델의 배터리일 수 있다.

[0052] 상기 단계 S600 이후에 SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 수학식 2 및 수학식 3을 통해 다수의 파라미터에 대한 상관 분석을 수행한다(S602).

수학식 2

$$R=\frac{\sum(x_i-\overline{x})(y_i-\overline{y})}{\sqrt{\sum(x_i-\overline{x})^2}\sqrt{\sum(y_i-\overline{y})^2}}$$

[0053]

수학식 3

$$VIF_i=\frac{1}{1-R_i^2}$$

[0054]

[0055] 수학식 2에서 R 은 상관 계수, x_i 는 독립변수, $\overline{x}$ 는 독립변수의 평균, y_i 는 종속변수, $\overline{y}$ 는 종속변수의 평균이고, 수학식 3에서 VIF_i 는 분산팽창계수이다.

[0056] 다수의 파라미터에 대한 상관 분석을 통해 다수의 파라미터 중에서 상호 간의 다중공선성이 일정 수준 이하인 복수의 파라미터를 확정한다(S604). 여기서, 상호 간의 다중공선성이 일정 수준 이하인 복수의 파라미터는 상호 간의 상관도가 낮아서 독립변수 간의 영향을 미치지 않는 파라미터로써, 배터리(10)의 SOH 추정을 위한 SOH 추정식의 독립변수로 결정된다.

[0057] 예를 들어, 다수의 파라미터가 도 8과 같이 실험용 배터리(미도시)의 내부저항(R_i), 제 1 래더의 확산저항(R_{diff1}), 제 2 래더의 확산저항(R_{diff2}), 전압 기울기(dv/dt)인 경우, SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 다수의 파라미터에 상관 분석을 통해 도 9와 같이 상호 간의 상관도가 낮아서 다중공선성이 일정 수준 이하인 제 1 래더의 확산저항(R_{diff1}), 제 2 래더의 확산저항(R_{diff2})을 복수의 파라미터로 결정할 수 있다.

[0058] 위와 같이 SOH 추정식을 위한 복수의 파라미터를 확정한 후, SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 상기 단계 S600에서 측정한 실험용 배터리(미도시)의 SOH를 종속변수로 하고, 실험용 배터리(미도시)의 복수의 파라미터를 독립변수로 하는 다중회귀분석을 수행한다(S606).

[0059] SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 위와 같이 다중 회귀 분석을 통해 결정되는 회귀 계수들과 복수의 파라미터를 이용하여 수학식 1과 같은 SOH 추정식을 생성한다(S608).

[0060] 도 7은 다른 실시예에 따른 SOH 추정식을 생성하는 과정을 나타낸 순서도이다.

[0061] 도 7을 참조하면, SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 미리 정해진 프로파일에 따라 실험용 배터리(미도시)를 충방전시키면서 실험용 배터리(미도시)의 온도, 전압 등을 감지하는 하나 이상의 센서로부터 하나 이상의 센싱값을 획득하고, 하나 이상의 센싱값을 이용하여 실험용 배터리(미도시)에 대한 다수의 파라미터와 실험용 배터리(미도시)의 SOH를 측정한다(S700). 예를 들어, SOH 추정식 생성 장치(미도시) 도 8과 같이 실험용 배터리(미도시)의 충방전을 반복할 때의 배터리 용량과 실험용 배터리(미도시)의 내부 저항값과 다수의 확산 저항값 등을 측정할 수 있고, 이를 이용하여 실험용 배터리(미도시)의 SOH를 측정할 수 있다. 여기서, 실험용 배터리(미도시)는 상술한 배터리(10)와 동일한 모델의 배터리일 수 있다.

[0062] 상기 단계 S700 이후에 SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 수학식 2 및 수학식 3을 통해 다수의 파라미터에 대한 상관 분석을 수행한다(S710).

[0063] 다수의 파라미터에 대한 상관 분석을 통해 다수의 파라미터 중에서 상호 간의 다중공선성이 일정 수준 이하인 N 개의 파라미터를 확정한다(S720). 여기서, 상호 간의 다중공선성이 일정 수준 이하인 복수의 파라미터는 상호 간의 상관도가 낮아서 독립변수 간의 영향을 미치지 않는 파라미터이다.

[0064] N 개의 파라미터를 확정한 SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 N 개의 파라미터 각각의 표준편차와 평균을 이용하여 N 개의 파라미터를 표준화할 수 있다(S730). 여기서, N 개의 파라미터를 표준화하는 이유는 N 개의 파라미터, 즉 다중 회귀 분석에 사용되는 변수들의 단위가 달라서 변수들 간의 크기를 비교할 수 없기 때문에 표준화를 통해 변수들의 단위를 상쇄하는 것이다.

[0065] N 개의 파라미터를 표준화하는 상세 구성은 다음과 같다. 여기서, 설명의 편의를 위해 N 개의 파라미터 중 제 1 파라미터를 표준화하는 예시를 통해 N 개의 파라미터를 표준화하는 상세 구성을 설명하도록 한다.

[0066] 우선, 수학식 4를 통해 제 1 파라미터의 평균값을 산출한다.

수학식 4

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

[0067]

[0068] 수학식 4에서 $\overline{x}$ 는 제 1 파라미터의 평균값이고, x 는 제 1 파라미터로 정의한다.

[0069] 위와 같이 제 1 파라미터의 평균값을 산출한 후, 수학식 5를 통해 제 1 파라미터의 표준편차를 산출한다.

수학식 5

$$\sigma_x^2 = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}(x_i - \overline{x})^2}$$

[0070]

[0071] 수학식 5에서 σ_x^2 는 제 1 파라미터의 분산으로 정의한다.

[0072] 제 1 파라미터 표준편차를 이용한 수학식 6을 통해 제 1 파라미터의 표준값을 산출할 수 있다.

수학식 6

$$Z_x = \frac{x_i - \overline{x}}{\sigma_x}$$

[0073]

[0074] 수학식 6에서 Z_x 는 제 1 파라미터의 표준값으로 정의한다.

[0075] 위와 같이 N 개의 파라미터를 표준화한 SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 상기 단계 S700에서 측정한 실험용 배터리(미도시)의 SOH를 종속변수로 하고, 표준화한 N 개의 파라미터를 독립변수로 하는 다중회귀분석을 1차 수행하되, 수학식 7을 통해 표준화 회귀 계수를 산출한다(S740).

수학식 7

[0076] $$SSE = \sum_{i=1}^{n} \epsilon^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{b}_0 - \hat{b}_1 \hat{x}_{i1} - \hat{b}_2 \hat{x}_{i2} - \cdots - \hat{b}_k \hat{x}_{ik})^2$$

[0077] 수학식 7에서 $\hat{b}_0, \hat{b}_1, \hat{b}_2, \hat{b}_k$는 표준화 회귀 계수, ϵ는 종속변수 y_i를 측정할 때 발생하는 오차인 잔차, 독립변수인 $\hat{x}_{i1}, \hat{x}_{i2}, \hat{x}_{ik}$는 N 개의 파라미터의 표준값(제 1 파라미터 표준값 내지 제 k 파라미터 표준값)이다.

[0078] SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 상기 단계 S740을 통해 산출한 표준화 회귀 계수들을 이용하여 실험용 배터리(미도시)의 SOH에 대한 N 개의 파라미터 각각의 영향도를 판단하여 N 개의 파라미터 중에서 영향도가 일정 수준 이상인 복수의 파라미터를 확정한다(S750).

[0079] 이후, SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 상기 단계 S700에서 측정한 실험용 배터리(미도시)의 SOH를 종속변수로 하고, 상기 단계 S750에서 확정한 실험용 배터리(미도시)의 복수의 파라미터를 독립변수로 하는 다중회귀분석을 2차 수행한다(S760).

[0080] SOH 추정식 생성 장치(미도시)는 위와 같이 다중 회귀 분석을 통해 결정되는 회귀 계수들과 복수의 파라미터를 이용하여 수학식 1과 같은 SOH 추정식을 생성한다(S770).

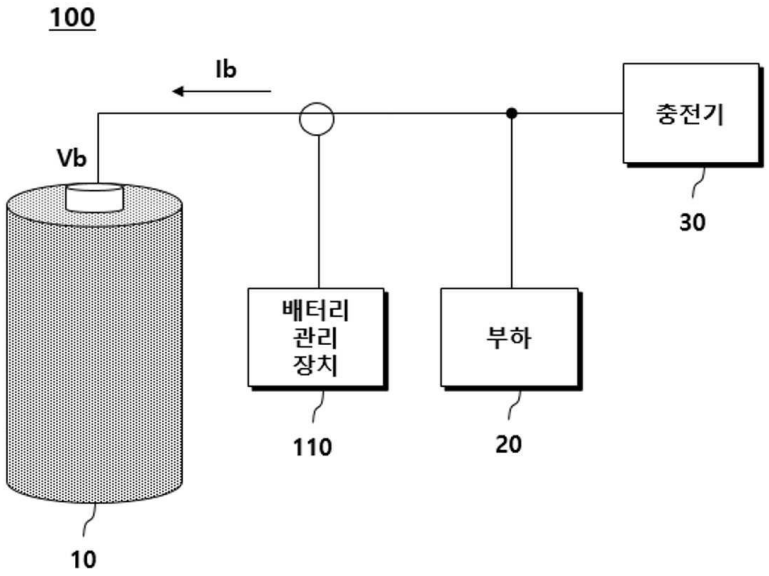
[0081] 이상에서 설명한 바와 같이 본 실시예에 의하면, 복수의 파라미터에 대한 다중 회귀 분석을 통해 획득한 SOH 추정식을 통해 배터리 관리 장치(110)가 배터리(10)의 SOH를 추정하기 때문에 종래에 비해 보다 정확한 SOH를 추정할 수 있다.

[0082] 이상에서 기재된 "포함하다", "구성하다" 또는 "가지다" 등의 용어는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 해당 구성 요소가 내재될 수 있음을 의미하는 것이므로, 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함한 모든 용어들은, 다르게 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어와 같이 일반적으로 사용되는 용어들은 관련 기술의 문맥 상의 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 발명에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0083] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

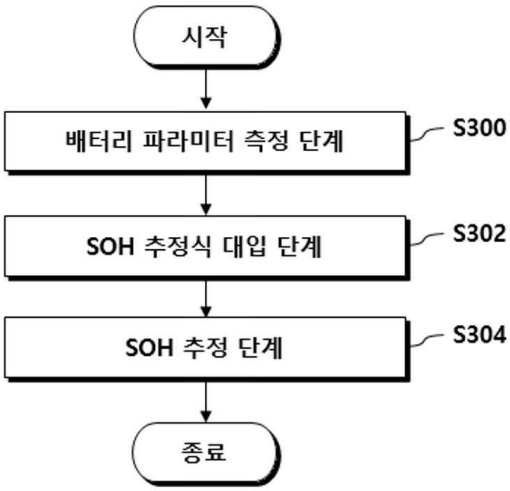
도면1



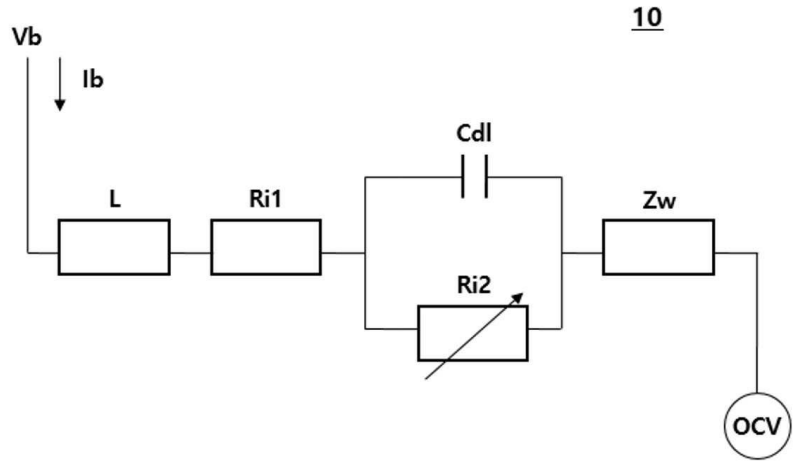
도면2



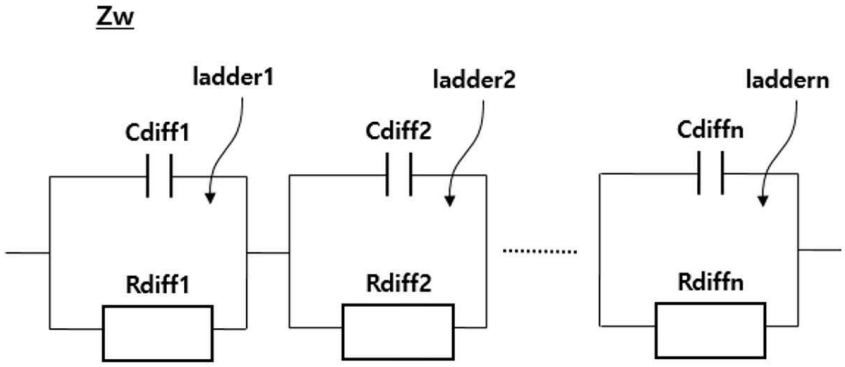
도면3



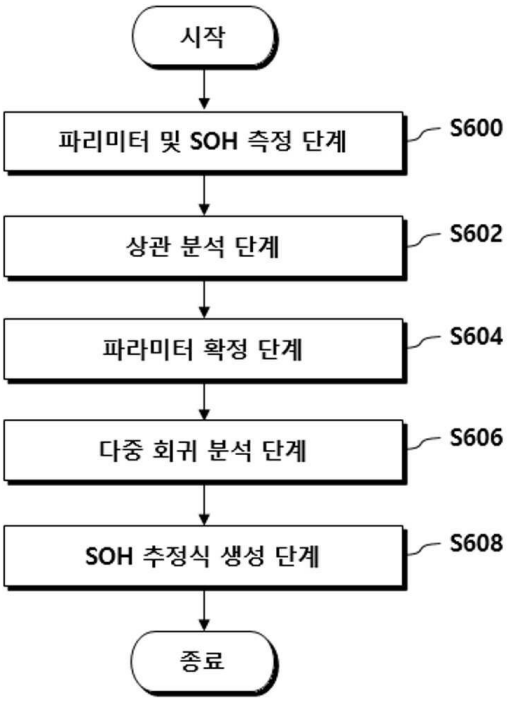
도면4


10
Vb
Ib
Cdl
L
Ri1
Zw
Ri2
OCV

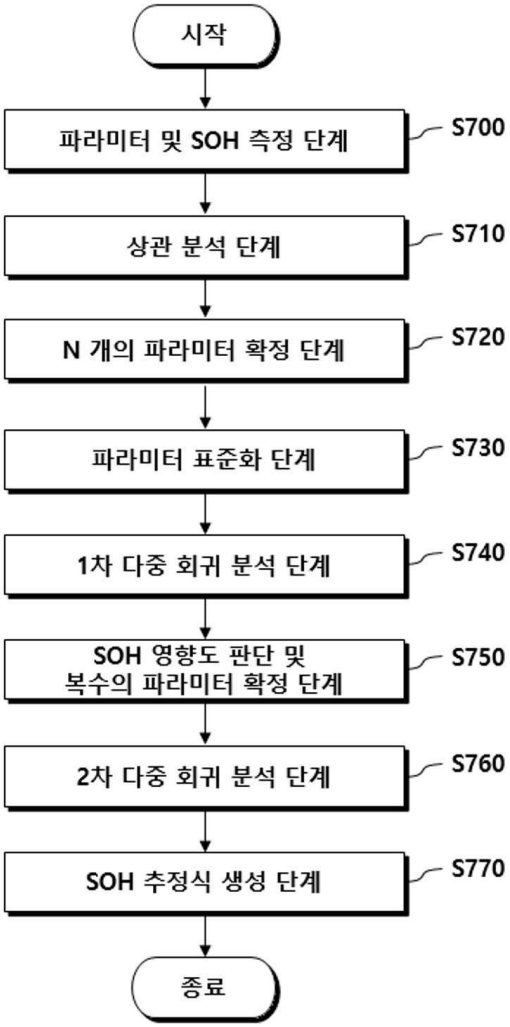
도면5


Zw
ladder1
ladder2
laddern
Cdiff1
Cdiff2
Cdiffn
Rdiff1
Rdiff2
Rdiffn

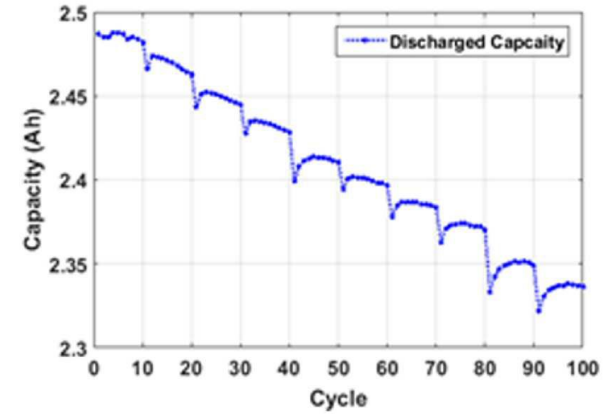
도면6


시작
파리미터 및 SOH 측정 단계
S600
상관 분석 단계
S602
파라미터 확정 단계
S604
다중 회귀 분석 단계
S606
SOH 추정식 생성 단계
S608
종료

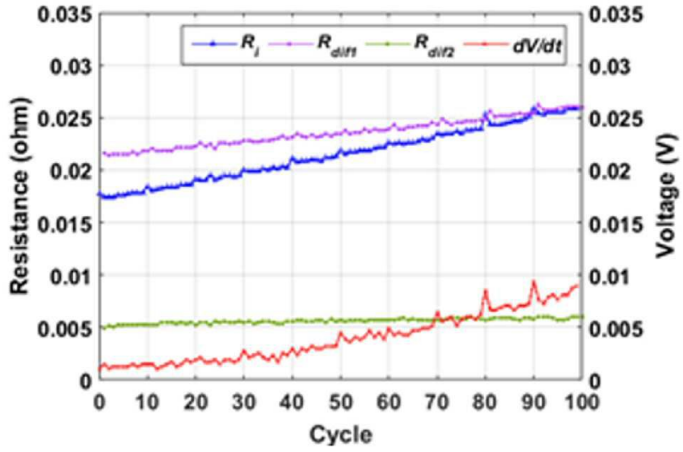
도면7


시작
파라미터 및 SOH 측정 단계
S700
상관 분석 단계
S710
N 개의 파라미터 확정 단계
S720
파라미터 표준화 단계
S730
1차 다중 회귀 분석 단계
S740
SOH 영향도 판단 및
복수의 파라미터 확정 단계
S750
2차 다중 회귀 분석 단계
S760
SOH 추정식 생성 단계
S770
종료

도면8


Discharged Capcaity
Capacity (Ah)
Cycle
2.5
2.45
2.4
2.35
2.3
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

(a)


R_i
R_{diff}
R_{diff2}
dV/dt
Resistance (ohm)
Voltage (V)
Cycle
0.035
0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

(b)

도면9

