



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0061500
(43) 공개일자 2024년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/382 (2019.01) G01N 27/02 (2006.01)
G01R 19/00 (2021.01) G01R 23/16 (2006.01)
G01R 31/367 (2019.01) H01M 10/052 (2010.01)
H01M 10/48 (2021.01)

(52) CPC특허분류

G01R 31/382 (2019.01)
G01N 27/026 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0143218

(22) 출원일자 2022년10월31일

심사청구일자 2022년10월31일

(71) 출원인

주식회사 에스앤에스

경기도 여주시 가남읍 경충대로 1473-23

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

이덕영

충청북도 충주시 칠금중앙로 30, 201동 1009호(칠금동 부영아파트)

로랜드 코블라 타가이

대전광역시 유성구 궁동로72번길 18, 102호

김중훈

대전광역시 유성구 봉명로 94, 703동 1903호 도안신도시7단지예미지백조의호수

(74) 대리인

김영대

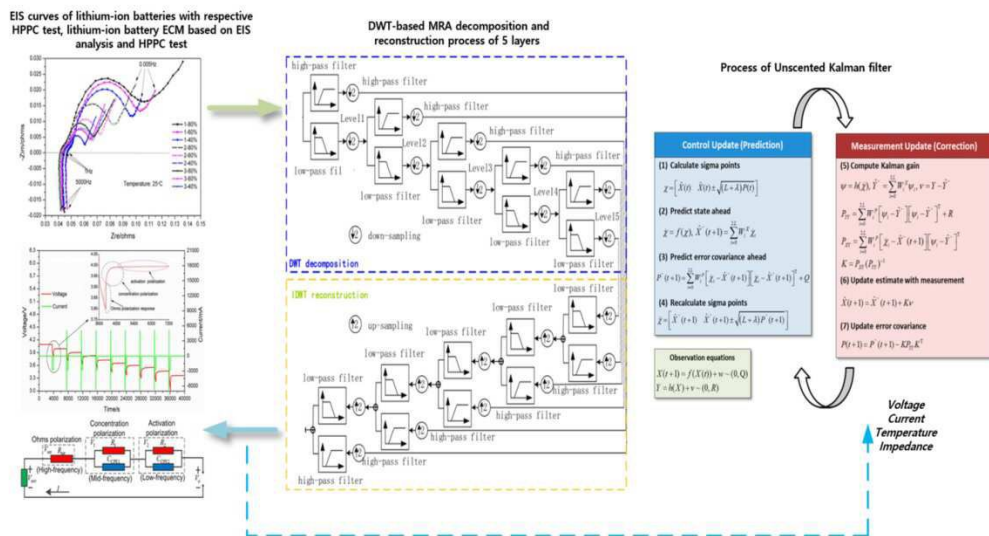
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 이산 웨이블릿 변환을 이용하여 리튬이온배터리의 개선된 SOC 추정을 위한 EIS 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 이산 웨이블릿 변환을 이용하여 배터리의 개선된 SOC 추정을 위한 EIS 방법은, 리튬이온 배터리를 포함하는 배터리에 전압 및 전류의 정현파를 인가하여 출력되는 전압 및 전류를 통해 나이퀴스트 선도(Nyquist plot) 및 보드 선도(Bode plot)를 추출할 수 있으며, 배터리의 내부 특성을 확인할 수 있는, 교류를 활용한 전기화학적 임피던스 분광법(Electrochemical impedance spectroscopy; EIS)을 수행하는 단계; 상기 전기화학적 임피던스 분광법에 의해, EIS 스펙트럼 데이터(EIS spectra data)를 기록하고 추출하는 단계; 이산 웨이블릿 변환(DWT, Discrete Wavelet Transform) 기반의 다중 분해능 분석(MRA, Multi-Resolution Analysis) 기술을 사용하여, 상기 EIS 스펙트럼 데이터에 포함되어 있는 노이즈를 제거하는 단계; 및 칼만 필터를 사용하여 SOC를 추정하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01R 19/0053 (2013.01)

G01R 23/16 (2021.05)

G01R 31/367 (2019.01)

H01M 10/052 (2013.01)

H01M 10/48 (2023.08)

명세서

청구범위

청구항 1

리튬이온배터리를 포함하는 배터리에 전압 및 전류의 정현파를 인가하여 출력되는 전압 및 전류를 통해 나이퀴스트 선도(Nyquist plot) 및 보드 선도(Bode plot)를 추출할 수 있으며, 배터리의 내부 특성을 확인할 수 있는, 교류를 활용한 전기화학적 임피던스 분광법(Electrochemical impedance spectroscopy; EIS)을 수행하는 단계;

상기 전기화학적 임피던스 분광법에 의해, EIS 스펙트럼 데이터(EIS spectra data)를 기록하고 추출하는 단계;

이산 웨이블릿 변환(DWT, Discrete Wavelet Transform) 기반의 다중 분해능 분석(MRA, Multi-Resolution Analysis) 기술을 사용하여, 상기 EIS 스펙트럼 데이터에 포함되어 있는 노이즈를 제거하는 단계; 및

칼만 필터를 사용하여 상기 배터리에 대한 SOC를 추정하는 단계;를 포함하는,

이산 웨이블릿 변환을 이용하여 배터리의 개선된 SOC 추정을 위한 EIS 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 이산 웨이블릿 변환 기반의 다중 분해능 분석 기술에서는,

상기 EIS 스펙트럼 신호를 저주파 및 고주파 성분으로 분해(decomposition)하여, 근사 신호(approximation signal) 및 상세 신호(detailed signal)를 얻되, 5층(5 layers) 프로세스로 분해하고, 잡음을 제거하여 다시 재구성(reconstruction)하여, SOC 추정 알고리즘인 상기 칼만 필터의 입력 매개변수가 출력되도록 설정한 것을 특징으로 하는,

이산 웨이블릿 변환을 이용하여 배터리의 개선된 SOC 추정을 위한 EIS 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 칼만 필터는, 언센티드 칼만 필터(UKF, Unscented Kalman filter)이며,

상기 언센티드 칼만 필터에서는, 배터리의 각 모델 방정식과 함께 EIS 분석을 기반으로 하는 개선된 전기 회로 모델(ECM)을 개발하여, 실제 BMS 배터리 데이터에 대한 배터리 SOC 추정을 수행하는 것을 특징으로 하는,

이산 웨이블릿 변환을 이용하여 배터리의 개선된 SOC 추정을 위한 EIS 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 리튬이온배터리의 개선된 SOC 추정을 위한 EIS 방법에 관한 것으로, 좀 더 구체적으로는, 배터리의 내부 임피던스, 전압, 전류 및 SOC와 같이 실험적으로 측정된 신호량, 즉 EIS 스펙트럼 데이터(EIS spectra data)에 포함될 수 있는 노이즈 성분을 제거할 수 있도록, 이산 웨이블릿 변환(DWT, Discrete Wavelet Transform) 기반의 다중 분해능 분석(MRA, Multi-Resolution Analysis) 기술을 사용하여, 불필요한 노이즈를 제거하고, 이것을 칼만 필터의 입력 매개변수로 하여, 리튬이온배터리에서 개선된 SOC 추정을 할 수 있는 EIS 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 배터리의 충전 상태(SOC) 추정을 수행하는 배터리 관리 시스템(BMS) 기능은 다양한 애플리케이션에서 사용되는 배터리의 가장 잘 알려진 성능 지표로 사용된다. 배터리 SOC의 잘못된 추정은 지속적인 과충전 및 방전을 초래할 수 있으며, 이는 차례로 시스템 중단(system disruptions)과 함께 배터리 셀의 내부 구조에 영구적인 손상을 일으킨다.
- [0004] 따라서 본 출원인은, 배터리의 내부 임피던스, 전압, 전류 및 SOC와 같이 실험적으로 측정된 신호량에 포함될 수 있는 노이즈 성분을 제거하는 것이 매우 필요한 상황이라고 보고, EIS 기술을 사용하는 기존의 충전 상태(SOC) 추정 방법은 SOC 추정의 효율성에 영향을 미치는 실험 측정에 통합된 노이즈의 효과 및 감소를 고려하지 않았던 문제를 가지고 있었다고 생각하여, 본 발명을 도출하였다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1344775호(2013.12.18. 등록, 발명의 명칭 : 고전압 배터리의 셀 노이즈 제거 장치(Apparatus for Eliminating Noise from Battery Cell of High Voltage Battery))

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로, 본 발명의 목적은, 배터리의 내부 임피던스, 전압, 전류 및 SOC와 같이 실험적으로 측정된 신호량, 즉 EIS 스펙트럼 데이터(EIS spectra data)에 포함될 수 있는 노이즈 성분을 제거할 수 있도록, 이산 웨이블릿 변환(DWT, Discrete Wavelet Transform) 기반의 다중 분해능 분석(MRA, Multi-Resolution Analysis) 기술을 사용하여, 불필요한 노이즈를 제거하고, 이것을 칼만 필터의 입력 매개변수로 하여, 리튬이온배터리에서 개선된 SOC 추정을 할 수 있는 EIS 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이산 웨이블릿 변환을 이용하여 배터리의 개선된 SOC 추정을 위한 EIS 방법은, 리튬이온배터리를 포함하는 배터리에 전압 및 전류의 정현파를 인가하여 출력되는 전압 및 전류를 통해 나이퀴스트 선도(Nyquist plot) 및 보드 선도(Bode plot)를 추출할 수 있으며, 배터리의 내부 특성을 확인할 수 있는, 교류를 활용한 전기화학적 임피던스 분광법(Electrochemical impedance spectroscopy; EIS)을 수행하는 단계; 상기 전기화학적 임피던스 분광법에 의해, EIS 스펙트럼 데이터(EIS spectra data)를 기록하고 추출하는 단계; 이산 웨이블릿 변환(DWT, Discrete Wavelet Transform) 기반의 다중 분해능 분석(MRA, Multi-Resolution Analysis) 기술을 사용하여, 상기 EIS 스펙트럼 데이터에 포함되어 있는 노이즈를 제거하는 단계; 및 칼만 필터를 사용하여 SOC를 추정하는 단계;를 포함한다.
- [0010] 여기서, 상기 이산 웨이블릿 변환 기반의 다중 분해능 분석 기술에서는, 상기 EIS 스펙트럼 신호를 저주파 및 고주파 성분으로 분해(decomposition)하여, 근사 신호(approximation signal) 및 상세 신호(detailed signal)를 얻되, 5층(5 layers) 프로세스로 분해하고, 잡음을 제거하여 다시 재구성(reconstruction)하여, SOC 추정 알고리즘인 상기 칼만 필터의 입력 매개변수가 출력되도록 설정한다.
- [0011] 또한, 상기 칼만 필터는, 언센티드 칼만 필터(UKF, Unscented Kalman filter)이며, 상기 언센티드 칼만 필터에서는, 배터리의 각 모델 방정식과 함께 EIS 분석을 기반으로 하는 개선된 전기 회로 모델(ECM)을 개발하여, 실제 BMS 배터리 데이터에 대한 배터리 SOC 추정을 수행한다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면,
- [0014] 배터리의 내부 임피던스, 전압, 전류 및 SOC와 같이 실험적으로 측정된 신호량, 즉 EIS 스펙트럼 데이터(EIS spectra data)에 포함될 수 있는 노이즈 성분을 제거할 수 있도록, 이산 웨이블릿 변환(DWT, Discrete Wavelet Transform) 기반의 다중 분해능 분석(MRA, Multi-Resolution Analysis) 기술을 사용하여, 불필요한 노이즈를 제거하고, 이것을 칼만 필터의 입력 매개변수로 하여, 리튬이온배터리에서 개선된 SOC 추정을 할 수 있는 EIS 방법을 제공할 수 있다.
- [0015] 본 발명에 따라 제안된 접근 방식은 배터리의 정확한 충전 상태 추정을 달성하는 노이즈 없는 BMS를 달성하려는 고유한 기술로서, 사용된 잡음 제거 기술은 고유한 분해 및 재구성 방법과 배터리 데이터 신호 웨이블릿 계수에 대한 임계값 기술을 사용하고, EIS 응용 프로그램은 배터리 내부에서 발생하는 직관적인 내부 동적 행동 프로세스에 대한 아이디어를 얻는 데 도움을 준다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 이산 웨이블릿 변환을 이용하여 리튬이온배터리의 개선된 SOC 추정을 위한 EIS 방법을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 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 해석되어야만 한다.
- [0019] 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.
- [0021] 도 1은 이산 웨이블릿 변환을 이용하여 리튬이온배터리의 개선된 SOC 추정을 위한 EIS 방법을 설명하는 도면이다.
- [0022] 도 1에 도시된 바와 같이, 제안된 본 발명의 접근 방식은 배터리 내부에서 발생하는 동적 프로세스의 현장 분석에 대한 비파괴적 경로, 즉 전기화학적 임피던스 분광법(EIS) 접근 방식을 제공하는 직관적인 기술을 사용한다. 먼저 배터리에 대한 EIS 실험을 수행한 다음 DWT(Discrete Wavelet Transform) 기반 MRA(Multi-Resolution Analysis) 노이즈 제거 기술을 사용하여 측정된 데이터 구성 요소 내에서 측정 신호에 포함되는 노이즈(noise riding measurement signals)를 제거한다. 또한 BMS의 낮은 오류 비율을 달성하기 위해 SOC 추정을 수행하기 위해 고급 칼만 필터 기술이 구현된다.
- [0023] 본 발명에서 적용하는, 교류를 활용한 전기화학적 임피던스 분광법(Electrochemical impedance spectroscopy; EIS)은 전압 및 전류에 정현파를 인가하여 출력되는 전압 및 전류를 통해 나이퀴스트 선도(Nyquist plot) 및 보드 선도(Bode plot)를 추출할 수 있으며, 배터리의 내부 특성을 확인할 수 있다.
- [0024] 본 발명에서 전기화학적 임피던스 분광법(EIS) 실험은, 관련 OCV(개방 회로 전압)-SOC로 수행된다. 특정 온도 및 동적 온도에서 배터리 내부 임피던스, 전압, 전류 및 SOC를 기록하고 데이터를 분석한다. 또한, 각각의 배터리 매개변수로서, SOC, 저항, 커패시턴스에 대한 OCV 값을 추출한다.
- [0025] 그런 다음, 이산 웨이블릿 변환 기반 접근 방식을 적용하여 리튬 이온 배터리 EIS 스펙트럼 데이터에 존재하는 노이즈를 제거한다.
- [0026] 즉, 도 1에 도시된 바와 같이, 이산 웨이블릿 변환 기반 다중 분해능 분석(MRA, Multi resolution analysis) 기술을 적용하여, EIS 스펙트럼 신호를 저주파 및 고주파 성분으로 분해(decomposition)하여, 근사 신호(approximation signal) 및 상세 신호(detailed signal)를 얻되, 5층(5 layers) 프로세스로 분해하고, 잡음을

제거하여 다시 재구성(reconstruction)하여, SOC 추정 알고리즘인 상기 칼만 필터의 입력 매개변수가 출력되도록 설정한다.

[0027] 구체적으로, 멀티레벨의 웨이블릿 분해를 수행하는데, 저역 통과 필터를 거쳐서 근사 신호를 얻고, 고역 통과 필터를 거쳐서 상세 신호를 얻게 된다(level 1). 다시 근사 신호를 다음 레벨에서 마찬가지로, 저역 통과 필터를 거쳐서 근사 신호를 얻고, 고역 통과 필터를 거쳐서 상세 신호를 얻게 되는 것을 반복하되(level 2, down-sampling by factor of two(2)), 5개층(5 layers) 프로세스를 구현된다. 이렇게 분해 후, 임계값(threshold)에 따라서 재구성(reconstruction)이 이루어진다.

[0028] 재구성된 데이터 신호는 잡음 제거가 이루어지고, SOC 추정 알고리즘인 칼만 필터에 대한 입력 매개변수로 설정된다. 이는 측정된 실험 신호와 모델 출력이 그들 사이의 오차를 줄일 수 있도록 하기 위해 수행된다.

[0029] 각 모델 방정식과 함께 EIS 분석을 기반으로 하는 개선된 전기 회로 모델(ECM)은 시스템에 대한 모델을 생성하기 위해 개발 및 구현되어 SOC 추정을 위한 알고리즘에 적용된다. 배터리의 전기 회로 모델에서, 도 1에 도시된 것처럼, 고주파수 대역(high frequency), 중 주파수(mid-frequency) 대역, 및 저 주파수(low-frequency) 대역에 따라, ohms polarization, concentraion polarization, activation polarization으로 모델링될 수 있다. 그런 다음 고급 UKF(Unscented Kalman filter) 알고리즘을 사용하여 실제 BMS(배터리 관리 시스템)의 배터리 데이터에 대한 배터리 SOC 추정을 수행한다.

[0030] 종래 EIS 기술을 사용하는 충전 상태(SOC) 추정은 SOC 추정의 효율성에 영향을 미치는 실험 측정에 통합된 노이즈의 효과 및 감소를 고려하지 않았었다. 본 발명에 따른 방법은 더 나은 추정을 위해 이산 웨이블릿 변환 기반 잡음 제거 EIS 접근 방식으로, 좋은 효율성으로 낮은 오류로 좋은 모델 성능을 향상시킬 수 있다.

[0032] 이상과 같이, 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 기술 사상과 아래에 기재될 청구 범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

도면

도면1

