(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월09일
(11) 등록번호 10-1835377
(24) 등록일자 2018년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/36 (2006.01) *G01R 19/165* (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/3655 (2013.01)
G01R 19/16542 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0110922
(22) 출원일자 2016년08월30일
심사청구일자 2016년08월30일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020140099372 A*
EEG Signal Enhancement Using Multivariate Wavelet Transform, Digital Signal Processing (DSP), 2015 IEEE*
KR1020140111920 A*
US20090326754 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
김종훈
광주광역시 남구 봉선1로 85 109동 1105호
나운기
9669 North Paula Ave. Fresno, CA 93720, USA
(74) 대리인
특허법인(유한)유일하이스트, 남완용, 김은구, 송해모

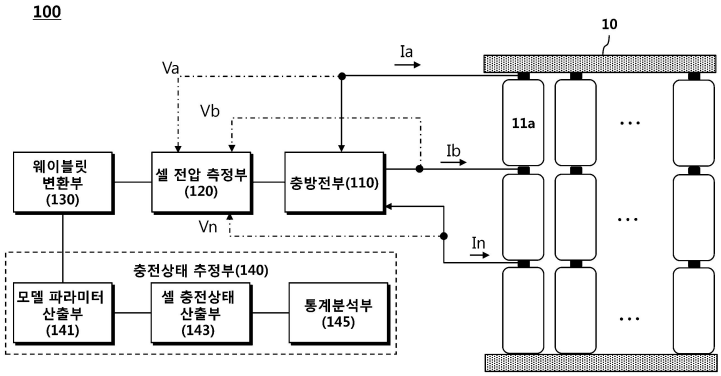
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 양찬호

(54) 발명의 명칭 **다변량 웨이블릿 변환 기반의 배터리팩 충전상태 추정 방법 및 그 장치**

(57) 요 약

본 발명은, 하나 또는 그 이상의 셀들을 포함하는 배터리팩에 대한 충전상태 추정 방법에 있어서, 상기 셀에 대한 셀 전압을 측정하는 단계; 복수의 셀 전압 측정값들을 입력변수로 하여 다변량(Multivariate) 웨이블릿(Wavelet) 변환을 수행하는 단계; 상기 하나 또는 그 이상의 셀들의 웨이블릿 성분값들로부터 상기 배터리팩에 대한 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 단계를 포함하는 배터리팩 충전상태 추정 방법을 제공한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G01R 31/361 (2013.01)
G01R 31/3651 (2013.01)
G01R 31/3658 (2013.01)
G01R 31/3662 (2013.01)
H01M 10/441 (2013.01)
H01M 10/482 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2016-C-0025-010105
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 산학협력선도대학(LINC)육성 기술개발과제
연구과제명 다변량 웨이블릿 변환을 이용한 배터리팩 충전상태 추정 기법 연구
기 여 율 1/1
주관기관 조선대학교 산학협력단
연구기간 2016.06.01 ~ 2016.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

하나 또는 그 이상의 셀들을 포함하는 배터리팩에 대한 충전상태 추정 방법에 있어서,

상기 셀에 대한 셀 전압을 측정하는 단계;

복수의 셀 전압 측정값들을 입력변수로 하여 다변량(Multivariate) 웨이블릿(Wavelet) 변환을 수행하는 단계;

상기 하나 또는 그 이상의 셀들의 웨이블릿 성분값들로부터 상기 배터리팩에 대한 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 단계를 포함하고,

상기 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 단계는,

상기 셀에 대한 웨이블릿 성분값들로부터 상기 셀에 대한 모델파라미터 값을 산출하는 단계,

상기 모델파라미터 값으로부터 상기 셀에 대한 충전상태 추정값을 산출하는 단계, 및

배터리팩 충전상태 추정값을 산출하기 위하여 상기 셀에 대한 셀 충전상태 추정값을 통계분석하는 단계를 포함하고,

상기 통계분석하는 단계에서,

상기 셀 충전상태 추정값으로부터 표준편차값을 구하고 상기 표준편차값을 상기 배터리팩 충전상태 추정값으로 산출하는 배터리팩 충전상태 추정 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 다변량 웨이블릿 변환을 수행하는 단계에서,

MRA(Multi-Resolution Analysis) 기법으로 다단계의 웨이블릿 성분값을 생성하는 배터리팩 충전상태 추정 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 모델파라미터 값을 산출하는 단계에서,

고주파 웨이블릿 성분값을 선택하여 모델파라미터 값을 산출하는 배터리팩 충전상태 추정 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 모델파라미터 값을 산출하는 단계에서,

저주파 웨이블릿 성분값을 선택하여 모델파라미터 값을 산출하는 배터리팩 충전상태 추정 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

하나 또는 그 이상의 셀들을 포함하는 배터리팩에 대한 충전상태 추정 방법에 있어서,

상기 셀에 대한 셀 전압을 측정하는 단계;

복수의 셀 전압 측정값들을 입력변수로 하여 다변량(Multivariate) 웨이블릿(Wavelet) 변환을 수행하는 단계;

상기 하나 또는 그 이상의 셀들의 웨이블릿 성분값들로부터 상기 배터리팩에 대한 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 단계를 포함하고,

상기 셀 전압을 측정하는 단계에서,

상기 셀을 미리 설정된 전류프로파일로 충방전하면서 셀 전압을 측정하고,

상기 전류프로파일에서,

충방전 전류값은 복수의 레벨로 변하는 배터리팩 충전상태 추정 방법.

청구항 11

하나 또는 그 이상의 셀들을 포함하는 배터리팩에 대한 충전상태 추정 방법에 있어서,

상기 셀에 대한 셀 전압을 측정하는 단계;

복수의 셀 전압 측정값들을 입력변수로 하여 다변량(Multivariate) 웨이블릿(Wavelet) 변환을 수행하는 단계;

상기 하나 또는 그 이상의 셀들의 웨이블릿 성분값들로부터 상기 배터리팩에 대한 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 단계를 포함하고,

상기 셀 전압을 측정하는 단계에서,

상기 셀을 미리 설정된 전류프로파일로 충방전하면서 셀 전압을 측정하고,

상기 전류프로파일에서,

충방전 시간은 만충상태의 셀을 만방(full discharge)시키는데 소요되는 시간보다 짧은 배터리팩 충전상태 추정 방법.

청구항 12

하나 또는 그 이상의 셀들을 포함하는 배터리팩에 대한 충전상태 추정 장치에 있어서,

상기 셀에 대한 셀 전압을 측정하는 셀 전압 측정부;

복수의 셀 전압 측정값들을 입력변수로 하여 다변량(Multivariate) 웨이블릿(Wavelet) 변환을 수행하는 웨이블릿 변환부;

상기 하나 또는 그 이상의 셀들의 웨이블릿 성분값들로부터 상기 배터리팩에 대한 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 충전상태 추정부를 포함하고,

상기 충전상태 추정부는,

상기 셀에 대한 웨이블릿 성분값들로부터 상기 셀에 대한 모델파라미터 값을 산출하는 모델파라미터 산출부,

상기 모델파라미터 값으로부터 상기 셀에 대한 충전상태 추정값을 산출하는 셀충전상태 산출부, 및

배터리팩 충전상태 추정값을 산출하기 위하여 상기 셀에 대한 셀 충전상태 추정값을 통계분석하는 통계분석부를

포함하고,

상기 통계분석부는,

상기 셀 충전상태 추정값으로부터 표준편차값을 구하고 상기 표준편차값을 상기 배터리팩 충전상태 추정값으로 산출하는 배터리팩 충전상태 추정 장치.

청구항 13

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 배터리팩 충전상태를 추정하는 기술에 관한 것으로, 상세하게는, 다변량 웨이블릿 변환을 이용한 배터리팩 충전상태를 추정하는 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전기자동차(EV: Electric Vehicle) 및 에너지저장장치(ESS: Energy Storage System)등 고전압 및 고용량 어플리케이션 구축을 위해서는 리튬계열 배터리셀(이하, “셀”이라 한다.)의 직렬, 병렬 및 직병렬조합 구성이 반드시 요구된다. 이를 배터리팩이라 한다.

[0003] 단위 셀과 마찬가지로 배터리팩의 안정적 운용을 위해서, 배터리 관리시스템(BMS: Battery Management System)이 반드시 필요하다. 이러한 배터리 관리시스템에서는, 배터리팩의 충전상태(SOC: State Of Charge)의 정밀한 측정과 배터리팩 내부의 셀들의 전압 및 충전상태 균형이 요구된다.

[0004] 배터리팩 충전상태 정밀한 측정의 측면에서, 배터리팩의 충전상태(SOC: State Of Charge)를 추정하는 알고리즘은 필수적이다. 배터리팩의 충전상태가 추정 알고리즘을 통해 정확히 체크된다면, 과충전(Over-charge) 및 과방전(Over-discharge)으로 인한 수명저하는 피할 수 있게 된다.

[0005] 배터리팩 내부의 셀들의 전압 및 충전상태 균형의 측면에서, 현재, 전기화학적 특성이 균일한 셀을 사전에 선별하여 배터리팩을 구축하는 스크리닝 기술이나 단위 셀 판별 기술 및 밸런싱 기술이 적용된다. 그러나, 단위 셀 판별 기술은 비용 및 시간이 소요되고, 밸런싱 기술은 회로설계에 따른 추가 비용이 소요되는 단점을 각각 가지고 있다. 이러한 단점들 때문에, 대부분의 배터리팩 제조사는 실제로 단위 셀 판별법 기술을 간단하게 적용하고 밸런싱 기술도 최소화로 구현한다.

[0006] 이러한 상황에서, 배터리팩 충전상태 추정 알고리즘은 단지 배터리팩의 전류를 이용한 전류적산법으로 구축되고 있는데, 전류적산법은 에러누적 및 초기값 오차의 문제점을 가지고 있다. 배터리팩 내부 셀들의 전압 및 충전상태 불균형이 심화되는 상황에서 배터리팩의 충전상태 추정 알고리즘이 제대로 구축되어 있지 않는다면, 과충전 및 과방전으로 인한 수명저하도 더해져 배터리팩의 효율적 운용은 더욱 어려워질 것이다. 그러므로, 배터리팩 충전상태 추정의 정확성을 확보하기 위한 새로운 배터리팩의 SOC 추정알고리즘 기술이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은, 다변량 웨이블릿 변환을 이용한 배터리팩 충전상태 추정 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은, 배터리팩 내부의 셀들에 대한 셀충전상태 추정값들을 통계분석하여 전체 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 배터리팩 충전상태 추정 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 전술한 목적을 달성하기 위하여, 일 측면에서, 본 발명은, 하나 또는 그 이상의 셀들을 포함하는 배터리팩에 대한 충전상태 추정 방법에 있어서, 상기 셀에 대한 셀 전압을 측정하는 단계; 복수의 셀 전압 측정값들을 입력변수로 하여 다변량(Multivariate) 웨이블릿(Wavelet) 변환을 수행하는 단계; 상기 하나 또는 그 이상의 셀들의

웨이블릿 성분값들로부터 상기 배터리팩에 대한 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 단계를 포함하는 배터리팩 충전상태 추정 방법을 제공한다.

[0010] 또한, 이러한 방법을 사용하는 장치는, 상기 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 단계에서, 상기 셀에 대한 웨이블릿 성분값들로부터 상기 셀에 대한 모델파라미터 값을 산출하는 단계; 상기 모델파라미터 값으로부터 상기 셀에 대한 충전상태 추정값을 산출하는 단계; 및 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하기 위하여 상기 셀에 대한 셀 충전상태 추정값을 통계분석하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 이러한 방법을 사용하는 장치는, 상기 통계분석하는 단계에서, 상기 셀 충전상태 추정값으로부터 평균값을 구하고 상기 평균값을 상기 배터리팩 충전상태 추정값으로 산출할 수 있다.

[0012] 또한, 이러한 방법을 사용하는 장치는, 상기 통계분석하는 단계에서, 상기 셀 충전상태 추정값으로부터 표준편차값을 구하고 상기 표준편차값을 상기 배터리팩 충전상태 추정값으로 산출할 수 있다.

[0013] 또한, 이러한 방법을 사용하는 장치는, 상기 웨이블릿 변환을 수행하는 단계에서, MRA(Multi-Resolution Analysis) 기법으로 다단계의 웨이블릿 성분값을 생성할 수 있다.

[0014] 또한, 이러한 방법을 사용하는 장치는, 상기 모델파라미터 값을 산출하는 단계에서, 고주파 웨이블릿 성분값을 선택하여 모델파라미터 값을 산출할 수 있다.

[0015] 또한, 이러한 방법을 사용하는 장치는, 상기 모델파라미터 값을 산출하는 단계에서, 저주파 웨이블릿 성분값을 선택하여 모델파라미터 값을 산출할 수 있다.

[0016] 또한, 이러한 방법을 사용하는 장치는, 상기 셀 전압을 측정하는 단계에서, 상기 셀을 미리 설정된 전류프로파일로 충방전하면서 셀 전압을 측정할 수 있다.

[0017] 또한, 이러한 방법을 사용하는 장치는, 상기 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 단계에서, 상기 배터리팩 충전상태 추정값은 적응제어(Adaptive Control)에 기반하여 산출될 수 있다.

[0018] 또한, 이러한 방법을 사용하는 장치는, 상기 전류프로파일에서, 충방전 전류값은 복수의 레벨로 변할 수 있다.

[0019] 또한, 이러한 방법을 사용하는 장치는, 상기 전류프로파일에서, 충방전 시간은 만충상태의 셀을 만방(full discharge)시키는데 소요되는 시간보다 짧을 수 있다.

[0020] 다른 측면에서, 본 발명은, 하나 또는 그 이상의 셀들을 포함하는 배터리팩에 대한 충전상태 추정 장치에 있어서, 상기 셀에 대한 셀 전압을 측정하는 셀 전압 측정부; 복수의 셀 전압 측정값들을 입력변수로 하여 다변량(Multivariate) 웨이블릿(Wavelet) 변환을 수행하는 웨이블릿 변환부; 상기 하나 또는 그 이상의 셀들의 웨이블릿 성분값들로부터 상기 배터리팩에 대한 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하는 충전상태 추정부를 포함하는 배터리팩 충전상태 추정 장치를 제공한다.

[0021] 이러한 장치에서, 상기 충전상태 추정부는, 상기 셀에 대한 웨이블릿 성분값들로부터 상기 셀에 대한 모델파라미터 값을 산출하는 모델파라미터 산출부; 상기 모델파라미터 값으로부터 상기 셀에 대한 충전상태 추정값을 산출하는 셀충전상태 산출부; 및 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하기 위하여 상기 셀에 대한 셀 충전상태 추정값을 통계분석하는 통계분석부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명은 동시에 복수의 셀 전압들을 입력받는 다변량 웨이블릿 변환을 이용하여 빠른 속도로 배터리팩 충전상태 추정값을 제공하는 효과가 있다.

[0023] 또한, 본 발명은 셀들의 충전상태 추정값을 통계분석하여 신뢰성 높은 배터리팩 충전상태 추정값을 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 일 실시예에 따른 배터리팩 충전상태 추정 시스템의 구성도이다.

도 2는 충방전전류에 대한 전류프로파일의 일 예시 파형도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 웨이블릿 변환 과정을 도식화한 도면이다.

도 4는 웨이블릿 성분값들의 주파수 대역을 나타내는 도면이다.

도 5는 배터리팩의 단위 셀의 등가회로 모델을 나타내는 도면이다.

도 6은 일 실시예에 따른 배터리팩 충전상태 추정 장치의 내부 흐름도이다.

도 7은 일 실시예에 따른 배터리팩 충전상태 추정 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 본 발명은 배터리팩 내부의 단위 셀의 전압 센싱에 따른 충방전 전압데이터를 확보하여 웨이블릿 변환을 이용하여 저주파 및 고주파 전압성분으로 분해하고, 분해된 전압성분으로부터 전기적 등가회로 모델의 파라미터 값을 산출하고, 모델의 파라미터 값을 기반으로 적응 제어 방법을 적용하여 단위 셀의 충전상태를 추정하며, 단위 셀 충전상태를 통계처리하여 전체 배터리팩의 충전상태를 추정한다. 여기서 배터리팩은 직렬 또는 병렬조합의 셀들로 구성되고 각 셀의 불균형 정도는 고려되지 않는다.

[0028] 배터리팩 충전상태(SOC: State-of-Charge) 추정값을 산출하기 위한 전제로서, 단위 셀의 충전상태 추정값이 산출되어야 한다. 본 발명은 단위 셀 충전상태 추정값을 산출하기 위하여 다변량 웨이블릿 변환(MWT: Multivariate Wavelet Transform)을 이용한다.

[0029] 웨이블릿 변환은 원 신호(original signal)가 있을 경우, 이를 저주파(approximation, Am) 및 고주파(detail, Dm)성분으로 분해하는 방법이다.

[0030] 단위 셀 전압을 원 신호라 가정하고 이를 웨이블릿 변환의 다해상도 분석(multi-resolution analysis; MRA) 방법을 이용하여 저주파 전압성분과 고주파 전압성분으로 분해할 수 있다. 그리고, 분해된 성분들로부터 각 단위 셀의 모델 파라미터 값이 구해지면, 단위 셀 충전상태 추정값이 산출될 수 있다.

[0031] 다변량 웨이블릿 변환은 이산 웨이블릿 변환(DWT: Discrete Wavelet Transform)의 병렬 결합 형태이다. 이산 웨이블릿 변환은 하나의 입력을 사용한다. 즉, 단위 셀 하나의 전압을 원 신호로 보고 다해상도 분석을 통해 저주파 및 고주파 전압성분으로 분해한다. 그런데, 하나의 입력을 적용하고 그 다음 입력을 적용하는 방식을 반복할 경우 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하기 위한 단위 셀 충전상태 추정하는 시간이 과다 소요되는 단점을 가진다. 따라서, 빠른 속도로 배터리팩 충전상태 추정값을 산출하기 위해서는 이산 웨이블릿 변환에 여러 입력, 즉 여러 단위 셀들의 전압을 동시에 입력으로 적용하고 저주파 및 고주파 전압성분으로 분해하는 기술이 반드시 필요하다.

[0032] 이에 따라, 아래의 실시예와 같이 다변량 웨이블릿 변환을 적용하여 배터리팩의 충전상태의 추정을 빠르게 수행할 수 있다. 이하에서는 다변량 웨이블릿을 기반으로 하는 배터리팩 충전상태 추정 방법 및 장치에 대한 일 실시예를 설명한다.

[0033] 도 1은 일 실시예에 따른 배터리팩 충전상태 추정 시스템의 구성도이다.

[0034] 도 1을 참조하면, 배터리팩 충전상태 추정 시스템에는 배터리팩(10) 및 배터리팩 충전상태 추정 장치(100)가 포함될 수 있다. 배터리팩(10)은 복수의 셀(11a, 11b, ..., 11n)들의 직렬 및 병렬형태로 구성된다.

[0035] 배터리팩 충전상태 추정 장치(100)는 내부적으로 충방전부(110), 셀 전압 측정부(120), 웨이블릿 변환부(130) 및 충전상태 추정부(140) 등을 포함할 수 있다.

[0036] 충방전부(110)는 복수의 셀(11a, 11b, ..., 11n) 각각으로 충전전류 혹은 방전전류를 공급할 수 있다. 이 때, 각각의 셀(11a, 11b, ..., 11n)로 흘러가는 전류(Ia, Ib, ..., In)는 미리 설정된 전류프로파일에 따라 결정될

수 있다. 전류프로파일은 충전/방전방식, 정격방전전류(C-rate) 및 펄스적용시간 등으로 특징될 수 있다.

[0037] 도 2는 충방전전류에 대한 전류프로파일의 일 예시 파형도이다.

[0038] 충방전부(110)는 도 2에 도시된 것과 같이 충방전 전류값이 복수의 레벨로 변하는 전류프로파일을 이용하여 각 셀(11a, 11b, ..., 11n)을 충방전시킬 수 있다.

[0039] 전류프로파일에서, 충방전 시간은 만충상태의 셀을 만방(full discharge)시키는데 소요되는 시간보다 짧을 수 있다. 배터리의 방전용량은 정격방전전류로 만방시키는데 소요되는 시간으로 표시될 수 있다. 예를 들어, 1A의 정격방전전류로 1시간 방전할 때, 만방 상태가 되는 배터리의 방전용량은 1C로 표시될 수 있다. 다른 예로서, 0.5A의 정격방전전류로 2시간 방전할 때, 만방 상태가 되는 배터리의 방전용량은 2C로 표시될 수 있다.

[0040] 전류프로파일에서, 충방전 시간은 만충상태의 셀을 이러한 정격방전전류로 방전하여 셀을 만방시키는데 소요되는 시간보다 짧을 수 있다.

[0041] 통상적으로 배터리의 방전용량을 확인하기 위해서는 배터리를 만충시킨 후에 다시 만방시키면서 그 시간을 측정해야 한다. 이러한 방식은 배터리 셀의 방전용량을 확인하는데, 많은 시간-예를 들어, 1시간, 2시간-을 소비하기 때문에 대량 생산 체계에서는 적합하지 않은 방식이다.

[0042] 일 실시예에 따른 배터리팩 충전상태 추정 장치(100)는 종래의 방전용량을 확인하는데 소요되는 시간보다 짧은 충방전시간을 가지는 전류프로파일을 이용하여 각 셀(11a, 11b, ..., 11n)의 파라미터 특성을 파악하고 전체 배터리팩의 충전상태를 추정해 낼 수 있다.

[0043] 다시 도 1을 참조하면, 충방전부(110)가 각 셀(11a, 11b, ..., 11n)을 충방전하는 동안, 셀 전압 측정부(120)는 복수의 셀(11a, 11b, ..., 11n)에 대한 셀 전압(Va, Vb, ..., Vn)을 측정하고 측정된 셀 전압(Va, Vb, ..., Vn)을 디지털데이터로 변환할 수 있다.

[0044] 그리고, 웨이블릿 변환부(130)는 복수의 셀 전압(Va, Vb, ..., Vn) 측정값(디지털데이터)을 입력변수로 하여 다변량(Multivariate) 웨이블릿(Wavelet) 변환을 수행하여 복수의 웨이블릿 성분값을 생성할 수 있다. 이와 같이 복수의 셀(11a, 11b, ..., 11n)이 동시에 충방전되고 측정값이 다변량 웨이블릿 변환에 의해 동시에 웨이블릿 변환되기 때문에 배터리팩 충전상태 추정값의 산출 시간이 1/N배만큼 단축될 수 있게 된다.

[0045] 도 3은 일 실시예에 따른 웨이블릿 변환 과정을 도식화한 도면이다.

[0046] 도 3을 참조하면, 웨이블릿 변환부(130)는 셀 전압 측정값을 다운샘플링하여 입력변수(X)를 생성한다. 이때, 웨이블릿 변환부(130)는 다변량 웨이블릿 변환을 수행하기 위해 복수의 셀(11a, 11b, ..., 11n)에 대하여 다운샘플링된 입력변수(Xa, Xb, ..., Xn)를 생성하게 된다.

[0047] 웨이블릿 변환부(130)는 MRA(Multi-Resolution Analysis) 기법으로 다단계의 웨이블릿 성분값을 생성한다. 도 3에서는 웨이블릿 변환이 5단계로 진행되는 것이 예시적으로 도시되어 있다.

[0048] 도 3을 참조하면, 웨이블릿 변환부(130)는 1단계에서 입력변수(X)를 웨이블릿 변환을 통해 저주파 웨이블릿 성분값인 A1 및 고주파 웨이블릿 성분값인 D1을 생성한다. 그리고, 웨이블릿 변환부(130)는 2단계에서 A1을 웨이블릿 변환을 통해 다시 저주파 웨이블릿 성분값인 A2 및 고주파 웨이블릿 성분값인 D2를 생성한다. 이러한 방법으로 웨이블릿 변환부(130)는 순차적으로 3단계, 4단계 및 5단계 웨이블릿 변환을 수행하여 저주파 웨이블릿 성분값인 A1 내지 A5, 그리고 고주파 웨이블릿 성분값인 D1 내지 D5를 생성한다. 이때, 2단계 이상의 각 단계에서는 전단계의 저주파 웨이블릿 성분값을 이용하여 웨이블릿 변환을 수행하기 때문에 최종적으로는 마지막 단계의 저주파 웨이블릿 성분값(예를 들어, A5)과 각 단계의 고주파 웨이블릿 성분값(예를 들어, D1 내지 D5)만 남게 된다.

[0049] 도 4는 웨이블릿 성분값들의 주파수 대역을 나타내는 도면이다.

[0050] 도 4를 참조하면, 웨이블릿 변환부(130)는 M(M은 2이상의 자연수)개의 웨이블릿 변환 단계를 통해 저주파 웨이블릿 성분값인 Am 및 고주파 웨이블릿 성분값인 D1 내지 Dm을 생성한다. 이때, M번째 단계에서 생성된 저주파 웨이블릿 성분값인 Am이 가장 낮은 주파수 대역에 위치하고 M번째 단계에서 생성된 고주파 웨이블릿 성분값인 Dm이 그 다음으로 낮은 주파수 대역에 위치하게 된다.

[0051] 셀은 커패시터 및 저항으로 모델될 수 있다. 커패시터는 주파수대역에서 저주파 대역에 해당되기 때문에 웨이블릿 성분값 중 저주파 웨이블릿 성분값에 그 특성이 잘 나타나게 된다. 모델 파라미터 산출부(141)는 웨이블릿

성분값들 중에서 배터리의 방전용량 즉, 커패시터의 특성을 잘 나타내는 웨이블릿 성분값을 선택하기 위해 저주파 웨이블릿 성분값-특히, 마지막 단계(M번째 단계)에서 생성된 저주파 웨이블릿 성분값-을 선택할 수 있다.

[0052] 저항은 방전용량보다 높은 주파수대역에서 그 특성이 잘 나타나게 된다. 이에 따라, 모델 파라미터 산출부(141)는 웨이블릿 성분값들 중에서 고주파 웨이블릿 성분값-특히, 마지막 단계(M번째 단계)에서 생성된 고주파 웨이블릿 성분값-을 통계분석할 수 있다.

[0053] 다시 도 1을 참조하면, 이렇게 웨이블릿 변환부(130)에 의해 생성된 웨이블릿 성분값들(예를 들어, A5 및 D1 내지 D5)은 충전상태 추정부(140)로 전달되고, 충전상태 추정부(140)는 각각의 셀(11a, 11b, ..., 11n)에 대하여 웨이블릿 성분값을 선택하여 배터리팩 충전상태 추정값을 산출한다.

[0054] 충전상태 추정부(140)는 각 셀의 웨이블릿 성분값을 기반으로 적응 제어(adaptive control) 방법 또는 전류적산법 등을 적용하여 각 셀의 충전상태를 추정하고, 셀 충전상태 추정값을 통계처리하여 전체 배터리팩의 충전상태를 추정한다.

[0055] 적응 제어는 입력을 가지고 내부 상태를 추정하는 프로세싱(processing)을 먼저 수행하고, 프로세싱된 값을 보정 알고리즘으로 보정하는 것을 의미한다. 확장 칼만 필터(EKF: Extended Kalman Filter)가 대표적인 예이다. 이외에 슬라이딩 모드 제어(SMO: Sliding Mode Observer)도 셀의 충전상태를 추정하는데 사용될 수 있다.

[0056] 이하에서는, 충전상태 추정부(140)가 확장 칼만 필터를 이용하여 각 셀의 충전상태를 추정하는 방법에 대하여 설명한다.

[0057] 충전상태 추정부(140)는 모델 파라미터 산출부(141), 셀충전상태 산출부(143) 및 통계분석부(145)를 포함한다.

[0058] 모델 파라미터 산출부(141)는 웨이블릿 변환부(130)로부터 셀의 웨이블릿 성분값들을 입력받아 셀의 등가회로 모델에 대한 파라미터 값을 산출한다.

[0059] 도 5는 배터리팩의 단위 셀의 등가회로 모델을 나타내는 도면이다.

[0060] 도 5를 참조하면, 셀의 등가회로 모델은 내부저항(510, Internal Resistance), 전하전달(520, Charge Transfer), 전기이중층(530, Double layer), 확산(540, Diffusion) 및 기생인덕턴스(550, Parasitic Inductance)를 파라미터로서 포함한다. 내부저항(510)은 배터리 양단을 포함하여 배터리 내부에 전하가 이동할 때, 이에 대한 방해요소를 의미하며, 전극에서의 저항과 전해질에서의 이온의 이동을 방해하는 저항을 모두 포함하는 값이다. 전하전달(520)은 배터리에서 일어나는 전극과 전해질 사이의 상태 변화로부터 기인하는 화학적 에너지 손실을 의미한다. 전기이중층(530)은 계면 사이의 전하가 일정한 배열을 이루면서 마치 커패시터와 같은 효과를 만들어 내는 것에 해당한다. 확산(540)은 전극 부근에서의 화학반응으로 전해질 내부에 농도 구배를 형성하거나 농도 구배를 해소하기 위해 물질 이동이 이루어지는 현상을 의미한다. 기생인덕턴스(550, Parasitic Inductance)는 고주파 성분에서 나타나는 값으로 배터리가 고유하게 가지고 있는 성분에 의한 것보다는 배터리 단자를 잇는 전선에 의한 것이다.

[0061] 모델 파라미터 산출부(141)는 웨이블릿 성분값들로부터 셀 등가회로 모델 파라미터인 내부저항(510), 전하전달(520), 전기이중층(530) 및 확산(540)의 값을 산출한다. 상세하게, 모델 파라미터 산출부(141)는 EIS(Electrochemical Impedance Spectroscopy) 장비 또는 스텝 전류에 대한 반응을 이용하여 모델 파라미터 값들을 산출할 수 있다.

[0062] 예를 들어, EIS를 이용한 모델 파라미터 값들의 산출은 다음과 같다. EIS는 특정 주파수의 교류 입력에 대한 반응으로 임피던스를 측정하는 장치이다. 셀의 모델 파라미터(내부저항, 전하이동, 전기이중층, 확산 등) 값들은 보통 서로 다른 주파수 대역에서 나타난다. 그러한 이유로, 주파수를 변화시키면서 임피던스를 측정하면 각각의 파라미터들은 용이하게 구해질 수 있다.

[0063] 특히, 모델 파라미터 산출부(141)는 산출하고자 하는 모델 파라미터에 따라서 웨이블릿 성분값들 중에서 고주파 웨이블릿 성분값 또는 저주파 웨이블릿 성분값을 적절히 선택할 수 있다. 기생인덕턴스는 큰 고주파에서 잘 보이므로, 모델 파라미터 산출부(141)는 기생인덕턴스 값을 구하는 경우 고주파 웨이블릿 성분값을 이용한다. 내부저항은 전 주파수 영역에서 다 나타나지만 다른 성분들이 저주파 영역에서 나타나기 때문에 고주파 영역에서 기생인덕턴스와 함께 측정되는 것이 바람직하다. 따라서 내부저항 값을 구하는 경우 모델 파라미터 산출부(141)는 고주파 웨이블릿 성분값을 이용한다. 반면에, 확산은 저주파 영역에서 잘 보이므로 확산 값을 구하는 경우 모델 파라미터 산출부(141)는 저주파 웨이블릿 성분값을 이용한다.

[0064] 셀충전상태 산출부(143)는 모델 파라미터 산출부(141)로부터 셀의 등가모델에 대한 파라미터 값들을 입력받아 셀에 대한 충전상태 값을 추정하여 산출한다.

[0065] 셀충전상태 산출부(143)는 적응제어 방법에 기반하여 셀충전상태 추정값을 산출할 수 있다. 셀충전상태 산출부(143)는 모델 파라미터 값들을 칼만 필터에 적용하여 단위 셀의 충전상태 값을 추정하여 산출한다. 상술한 적응제어 방법 중 확장 칼만 필터(EKF: Extended Kalman Filter) 즉, 칼만 필터가 적용될 수 있다. 칼만 필터는 모델에 기반한 내부 상태 추정방법이다. 따라서 모델의 정확성은 추정된 값의 정확성을 좌우한다. 또한 칼만 필터는 본래 계산 시간이 많이 소요되는 방법인데, 계산 시간을 단축시키기 위하여 단순화된 모델이 요구된다. 이 경우, 모델 파라미터 산출부(141)는 단순화 모델에 대한 파라미터 값들을 산출하고, 셀충전상태 산출부(143)는 단순화된 파라미터 값들을 이용하여 셀충전상태 추정값을 산출할 수 있다.

[0066] 통계분석부(145)는 추정된 셀에 대한 셀 충전상태 추정값을 통계분석하여 전체 배터팩의 충전상태 추정값을 산출한다.

[0067] 상세하게, 통계분석부(145)는 각 단위 셀들의 셀 충전상태 추정값들에 대한 확률분포로부터 배터리팩의 대표 충전상태 값을 최종적으로 산출할 수 있다. 통계분석부(145)는 각 단위 셀들의 셀 충전상태 추정값들로 평균값을 구하고 상기 평균값을 전체 배터리팩 충전상태 추정값으로 산출할 수 있다. 또한, 통계분석부(145)는 각 단위 셀들의 셀 충전상태 추정값들로 표준편차값을 구하고 상기 표준편차값을 전체 배터리팩 충전상태 추정값으로 산출할 수 있다.

[0068] 도 6은 일 실시예에 따른 배터리팩 충전상태 추정 장치의 내부 흐름도이고, 도 7은 일 실시예에 따른 배터리팩 충전상태 추정 방법의 흐름도이다.

[0069] 도 6 및 7을 참조하면, 충방전부(110)가 복수의 셀을 미리 설정된 전류프로파일로 충방전하면 셀 전압 측정부(120)는 각각의 셀에 대한 셀 전압을 측정한다(S702). 웨이블릿 변환부(130)는 복수의 셀 전압 측정값을 입력변수로 하여 다변량(Multivariate) 웨이블릿(Wavelet) 변환을 수행할 수 있다(S704). 웨이블릿 변환부(130)는 복수의 이산 웨이블릿 변환부들의 결합형태로 되어 있어 동시에 여러 입력을 받아 이산 웨이블릿 변환을 수행할 수 있다.

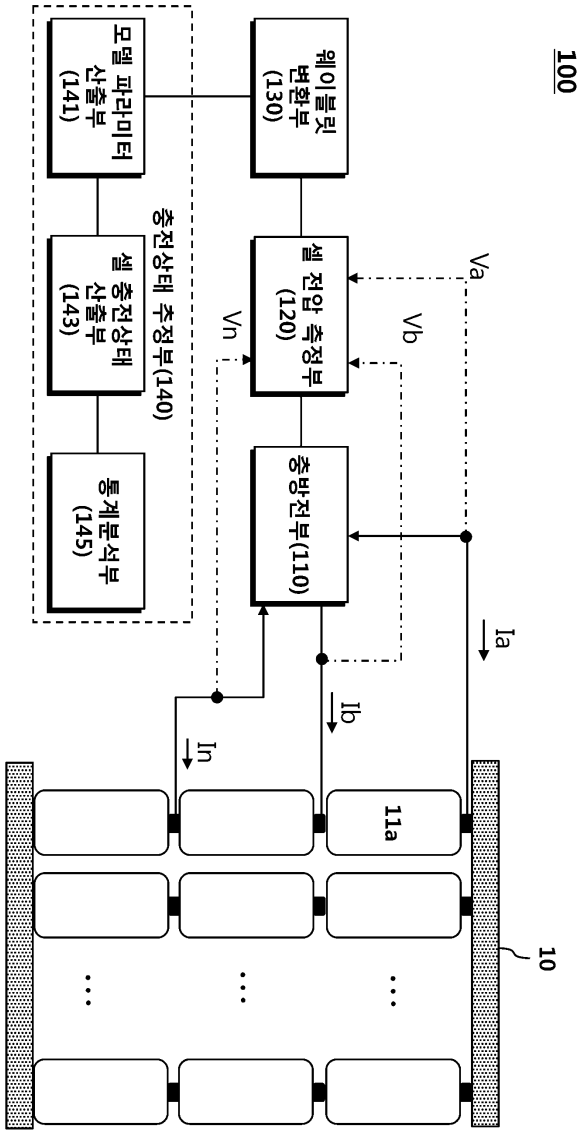
[0070] 그리고, 충전상태 추정부(140)는 각각의 셀에 대한 웨이블릿 성분값들로부터 모델 파라미터 값들을 산출하고(S706), 산출된 모델 파라미터 값들을 기반으로 셀 충전상태 추정값을 산출한다(S708). 마지막으로, 배터리팩 충전상태 추정 장치(100)는 각각의 셀 충전상태 추정값들을 통계분석하여 최종적인 배터리팩 충전상태 추정값을 산출한다(S710).

[0071] 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.

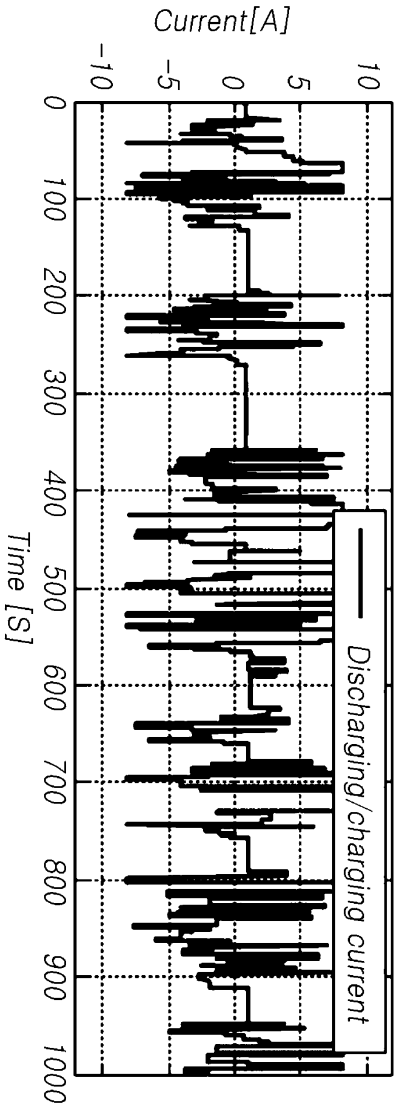
[0072] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

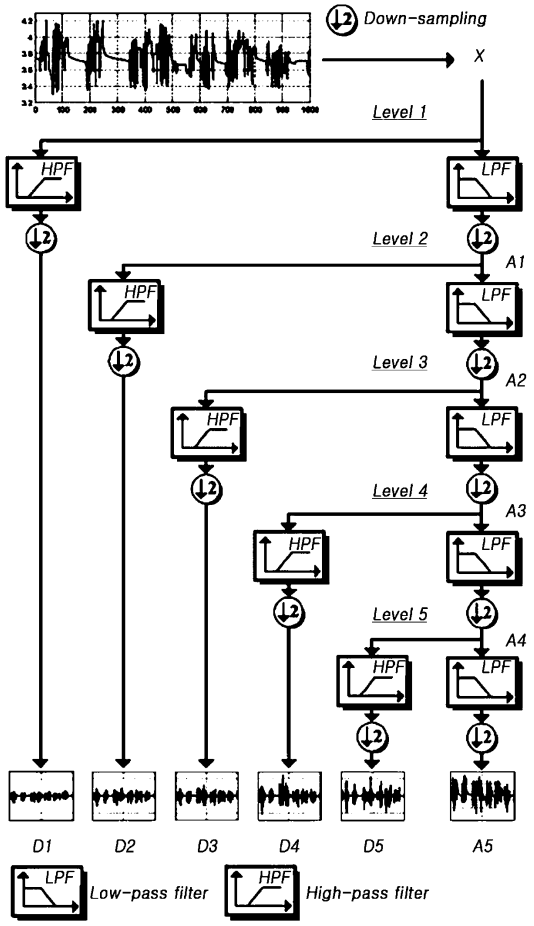
도면1


100
웨이블릿 변환부 (130)
모델 파라미터 산출부 (141)
충전상태 추정부(140)
셀 충전상태 산출부 (143)
통계분석부 (145)
셀 전압 측정부 (120)
충방전부(110)
Va
Vb
Vn
Ia
Ib
In
11a
10

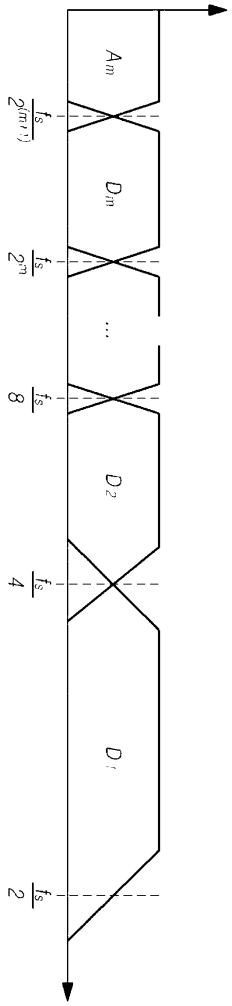
도면2


Current[A]
-10
-5
0
5
10
Time [S]
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Discharging/charging current

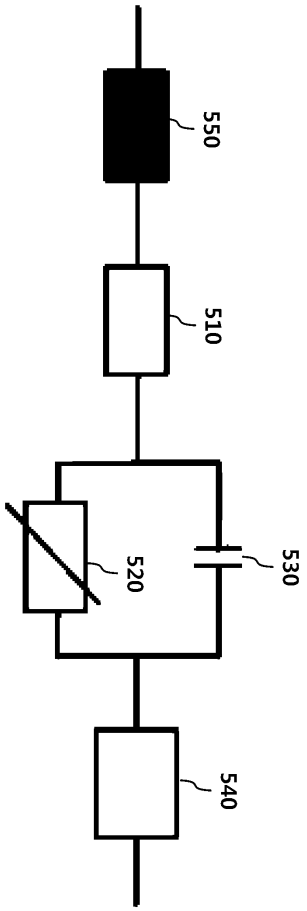
도면3


Down-sampling
X
Level 1
HPF
LPF
Level 2
A1
Level 3
A2
Level 4
A3
Level 5
A4
D1
D2
D3
D4
D5
A5
Low-pass filter
High-pass filter

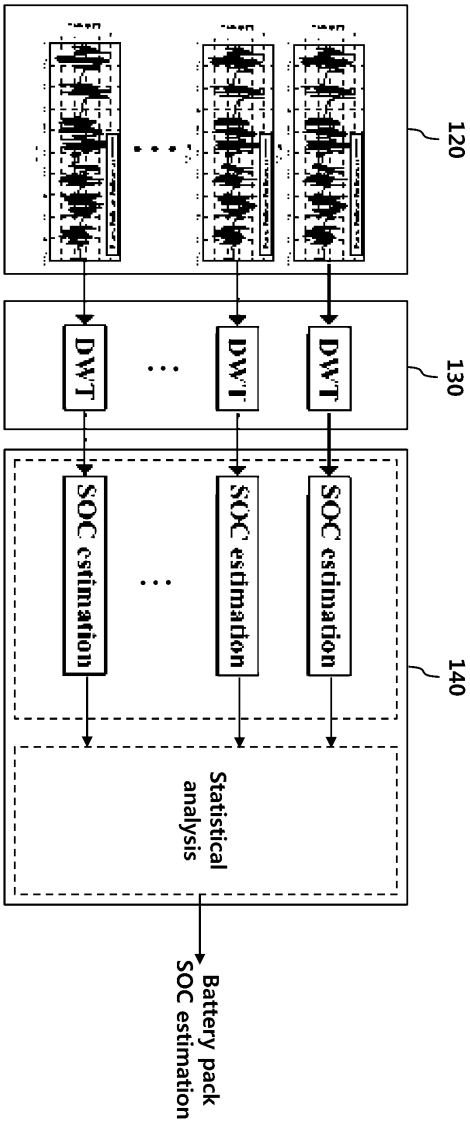
도면4



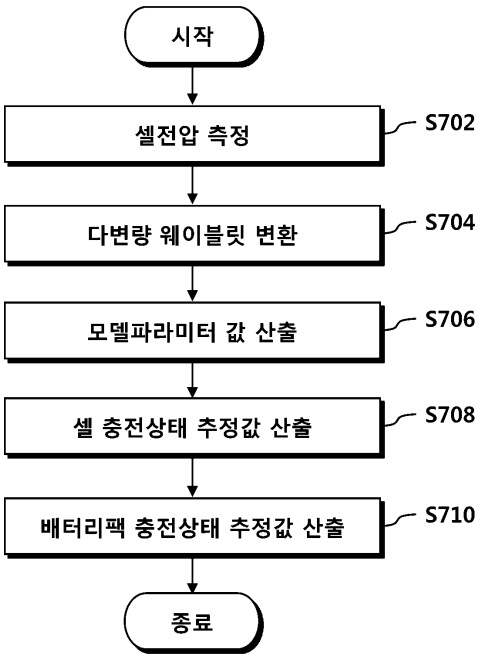
도면5



도면6


120
130
140
DWT
DWT
DWT
SOC estimation
SOC estimation
SOC estimation
Statistical analysis
Battery pack SOC estimation

도면7


시작
셀전압 측정
S702
다변량 웨이블릿 변환
S704
모델파라미터 값 산출
S706
셀 충전상태 추정값 산출
S708
배터리팩 충전상태 추정값 산출
S710
종료