



(51) 국제특허분류:

G01R 31/367 (2019.01)

G01R 31/389 (2019.01)

G01R 31/382 (2019.01)

H01M 10/42 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2019/000608

(22) 국제출원일:

2019 년 1 월 15 일 (15.01.2019)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2018-0015139 2018 년 2 월 7 일 (07.02.2018) KR

(71) 출원인: 주식회사 엘지화학 (LG CHEM, LTD.) [KR/KR]; 07336 서울시 영등포구 여의대로 128, Seoul (KR).

(72) 발명자: 안형준 (AHN, Hyoung-Jun); 34122 대전시 유성구 문지로 188 LG화학기술연구원, Daejeon (KR).

(74) 대리인: 특허법인필앤온지 (PHIL & ONZI INT'L PATENT & LAW FIRM); 06643 서울시 서초구 서초중앙로 36, 3층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

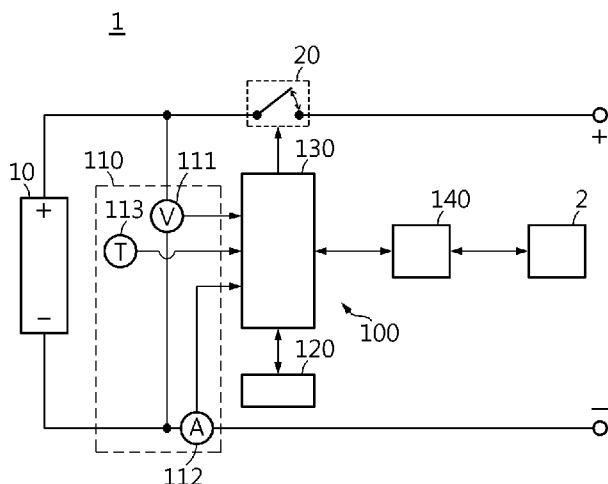
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: METHOD FOR ESTIMATING PARAMETER OF EQUIVALENT CIRCUIT MODEL FOR BATTERY, AND BATTERY MANAGEMENT SYSTEM

(54) 발명의 명칭: 배터리를 위한 등가 회로 모델의 파라미터를 추정하기 위한 방법 및 배터리 관리 시스템



(57) Abstract: Disclosed are: a method for estimating a parameter of an equivalent circuit model for a battery; and a battery management system. The equivalent circuit model comprises: a first resistance; a second resistance connected in series to the first resistance; and a capacitor connected in parallel to the second resistance. The method, according to one embodiment of the present invention, allows for: individually estimating a resistance value of the first resistance, and a resistance value of the second resistance on the basis of a first number of terminal voltages and a first number of currents measured consecutively for each time step in a sliding time window having a predetermined size; and storing, in a memory, data representing the results of the estimation.

(57) 요약서: 배터리를 위한 등가 회로 모델의 파라미터를 추정하기 위한 방법 및 배터리 관리 시스템이 개시된다. 상기 등가 회로 모델은, 제1 저항, 상기 제1 저항에 직렬 연결된 제2 저항 및 상기 제2 저항에 병렬 연결된 커패시터를 포함한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 방법은, 소정의 사이즈를 가지는 슬라이딩 타임 윈도우 내에서 타임 스텝마다 순차적으로 측정된 제1 개수의 단자 전압 및 상기 제1 개수의 전류를 기초로, 상기 제1 저항의 저항값과 상기 제2 저항의 저항값을 개별적으로 추정하고, 추정의 결과를 나타내는 데이터를 상기 메모리에 저장한다.

명세서

발명의 명칭: 배터리를 위한 등가 회로 모델의 파라미터를 추정하기 위한 방법 및 배터리 관리 시스템

기술분야

- [1] 본 발명은 배터리를 위한 등가 회로 모델의 파라미터를 추정하기 위한 방법 및 배터리 관리 시스템에 관한 것이다.
- [2] 본 출원은 2018년 2월 7일자로 출원된 한국 특허출원 번호 제10-2018-0015139호에 대한 우선권주장출원으로서, 해당 출원의 명세서 및 도면에 개시된 모든 내용은 인용에 의해 본 출원에 원용된다.

[3]

배경기술

- [4] 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 배터리에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [5] 현재 상용화된 배터리로는 니켈 카드뮴 전지, 니켈 수소 전지, 니켈 아연 전지, 리튬 배터리 등이 있는데, 이 중에서 리튬 배터리는 니켈 계열의 배터리에 비해 메모리 효과가 거의 일어나지 않아 충방전이 자유롭고, 자가 방전율이 매우 낮으며 에너지 밀도가 높은 장점으로 각광을 받고 있다.
- [6] 배터리의 과충전 및 과방전을 방지하기 위해서는, 배터리의 충전 상태(SOC: state of charge)에 따라 배터리의 충전 전류 및 방전 전류를 조절해야 한다. 그런데, 배터리의 충전 상태는 직접적으로 측정 가능한 것이 아니라, 배터리의 단자 전압과 전류에 기초하여 추정되는 것이다. 따라서, 배터리를 보다 안전하고 효율적으로 제어하기 위해서는, 배터리의 충전 상태(SOC: state of charge)를 정확하게 추정하는 것이 무엇보다도 중요하다.
- [7] 배터리의 충전 상태를 추정하는 종래 기술로서 암페어 카운팅(전류 적산법이라고 칭하기도 함)이 존재한다. 암페어 카운팅은, 전류 센서에 의해 주기적으로 측정되는 배터리 전류를 시간을 따라 순차적으로 누적한 결과로부터 배터리의 충전 상태를 추정한다. 그런데, 전류 센서 자체의 정밀도 또는 외부로부터의 노이즈 등으로 인해, 전류 센서에 의해 측정된 배터리 전류와 실제 배터리 전류 간의 차이가 존재하므로, 시간이 경과할수록 암페어 카운팅에 의해 추정된 충전 상태와 실제 충전 상태 간의 차이도 커질 수 밖에 없다.
- [8] 위와 같은 문제점을 보완하기 위한 다른 종래 기술은, 배터리의 충전 상태를 추정하기 위해 확장 칼만 필터(EKF: extended kalman filter)를 이용한다. 확장 칼만 필터는, 배터리의 전류에 의한 전압의 변화를 예측할 수 있도록 하는 등가 회로 모델과 함께 암페어 카운팅을 이용하기 때문에, 단순히 암페어 카운팅만을

이용하는 방식에 비하여 배터리의 충전 상태를 정확하게 추정할 수 있다.

- [9] 확장 칼만 필터가 실행되는 동안, 주어진 파라미터 맵을 이용하여, 배터리 단자 전압, 배터리 전류 및/또는 배터리 온도를 기초로, 등가 회로 모델의 파라미터가 주기적으로 갱신되어야 한다. 종래의 파라미터 맵에 포함되는 데이터는 다수의 실험용 배터리에 대한 충방전 테스트의 결과로부터 결정된 고정된 값들을 나타내는 것이다. 따라서, 종래의 파라미터 맵을 이용하여 갱신되는 등가 회로 모델의 파라미터는, 배터리의 제조 과정에서의 편차나 반복적인 충방전에 의해 배터리의 전기화학적 특성 변화(예, 내부 저항의 증가)를 충분히 반영하지 못하게 된다.

[10]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [11] 본 발명은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 주기적으로 측정되는 배터리의 단자 전압 및 전류를 기초로, 상기 배터리의 단자 전압의 동적 특성을 모사하는 등가 회로 모델의 파라미터를 주기적으로 업데이트하는 방법 및 배터리 관리 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [12] 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 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

[13]

과제 해결 수단

- [14] 본 발명의 일 측면에 따른 방법은, 배터리를 위한 등가 회로 모델의 파라미터를 추정하기 위한 것으로서, 상기 등가 회로 모델은, 제1 저항, 상기 제1 저항에 직렬 연결된 제2 저항 및 상기 제2 저항에 병렬 연결된 커패시터를 포함한다. 상기 방법은, 소정의 사이즈를 가지는 슬라이딩 타임 윈도우 내에서 타임 스텝마다 순차적으로 측정된 제1 개수의 단자 전압 및 상기 제1 개수의 전류를 나타내는 측정 데이터를 메모리로부터 독출하는 단계; 상기 제1 개수의 단자 전압에 포함된 현 타임 스텝에서 측정된 단자 전압과 이전 타임 스텝에서 측정된 단자 전압을 기초로, 상기 현 타임 스텝의 전압 변화량을 산출하는 단계; 상기 제1 개수의 전류에 포함된 상기 현 타임 스텝에서 측정된 전류와 상기 이전 타임 스텝에서 측정된 전류를 기초로, 상기 현 타임 스텝의 전류 변화량을 산출하는 단계; 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값, 상기 전압 변화량 및 상기 전류 변화량을 기초로, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 저항값을 추정하는 단계; 상기 제1 개수의 단자 전압에 기초하는 측정 전압 벡터 및 상기 제1 개수의 전류에 기초하는 측정 전류 벡터를 생성하는 단계; 및 상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터, 상기 현 타임 스텝에서 추정된 상기 제1

저항의 저항값 및 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제2 저항의 저항값을 기초로, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계를 포함한다.

- [15] 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 저항값을 추정하는 단계는, 제1 데이터 필터링 조건이 만족된 경우에 실행될 수 있다. 상기 제1 데이터 필터링 조건은, 상기 전류 변화량의 절대값이 제1 임계값보다 크면서, 상기 전압 변화량과 상기 전류 변화량의 곱이 양의 값인 경우에 만족될 수 있다.
- [16] 상기 방법은, 상기 제1 데이터 필터링 조건이 만족되지 않는 경우, 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값을 상기 현 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값으로 설정하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [17] 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 저항값을 추정하는 단계는, 회귀적 최소 제곱 알고리즘에 관련된 하기의 수학식 1 및 수학식 2를 포함할 수 있다.
- [18] <수학식 1>
- [19]
- $$P_1(n) = \frac{1}{\lambda} \left\{ P_1(n-1) - \frac{P_1(n-1)^2 \Delta I(n)^2}{\lambda + P_1(n-1) \Delta I(n)^2} \right\}$$
- [20] <수학식 2>
- [21] $R_{1_est}(n) = R_{1_est}(n-1) + P_1(n) \Delta I(n) \{ \Delta V(n) - R_{1_est}(n-1) \Delta I(n) \}$
- [22] $P_1(n)$ 은 상기 현 타임 스텝을 위한 보정 팩터, $P_1(n-1)$ 은 상기 이전 타임 스텝을 위한 보정 팩터, $\Delta I(n)$ 은 상기 전류 변화량, $\Delta V(n)$ 은 상기 전압 변화량, λ 은 소정의 망각 인자, $R_{1_est}(n)$ 은 상기 현 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값, $R_{1_est}(n-1)$ 은 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값이다.
- [23] 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계는, 상기 제1 개수의 전류가 제2 데이터 필터링 조건을 만족하는 경우에 실행될 수 있다. 상기 제2 데이터 필터링 조건은, 상기 제1 개수의 전류 중 최대값과 최소값 간의 차이가 제2 임계값보다 큰 경우에 만족될 수 있다.
- [24] 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계는, 상기 제1 개수의 단자 전압에 기초하는 측정 전압 벡터 및 상기 제1 개수의 전류에 기초하는 측정 전류 벡터를 생성하는 단계; 상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터 및 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 추정된 저항값을 기초로, 기준 전압 벡터를 생성하는 단계; 상기 등가 회로 모델 및 상기 측정 전류 벡터를 기초로, 제1 특성 벡터, 제1 파라미터 벡터 및 제1 모델 전압 벡터를 생성하는 단계; 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제1 특성 벡터를 기초로, 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계; 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제1 특성 벡터를 기초로, 상기 기준 전압 벡터와 상기 제1 모델 전압 벡터 간의 최소 오차 제곱합에 대응하는 제1 에러값을 산출하는 단계; 상기 등가 회로 모델로부터 상기 제2 저항이 제거된 대체 회로 모델 및 상기 측정 전류 벡터를 기초로, 제2 특성 벡터,

제2 파라미터 벡터 및 제2 모델 전압 벡터를 생성하는 단계; 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제2 특성 벡터를 기초로, 상기 기준 전압 벡터와 상기 제2 모델 전압 벡터 간의 최소 오차 제곱합에 대응하는 제2 에러값을 산출하는 단계; 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항의 저항값, 상기 제1 에러값 및 상기 제2 에러값을 기초로, 제3 데이터 필터링 조건의 만족 여부를 판정하는 단계; 및 상기 제3 데이터 필터링 조건이 만족된 경우, 상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 추정된 저항값 및 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제2 저항의 저항값을 기초로, 초기 타임 스텝부터 상기 현 타임 스텝까지의 현 관측 기간 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

- [25] 상기 제3 데이터 필터링 조건은, 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항의 저항값이 0옴보다 크고, 상기 제2 에러값이 미리 정해진 스케일링 팩터를 상기 제1 에러값에 곱한 값보다 큰 경우에 만족될 수 있다.
- [26] 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계는, 회귀적 최소 제곱 알고리즘을 이용할 수 있다.
- [27] 본 발명의 다른 측면에 따른 배터리 관리 시스템은, 배터리를 위한 등가 회로 모델의 파라미터를 추정하기 위한 것으로서, 상기 등가 회로 모델은, 제1 저항, 상기 제1 저항에 직렬 연결된 제2 저항 및 상기 제2 저항에 병렬 연결된 커패시터를 포함한다. 상기 배터리 관리 시스템은, 타임 스텝마다, 상기 배터리의 단자 전압 및 전류를 측정하도록 구성된 센싱부; 및 상기 센싱부와 동작 가능하게 결합되고, 상기 타임 스텝마다 상기 센싱부에 의해 측정되는 단자 전압과 전류를 메모리에 기록하도록 구성된 제어부를 포함한다. 상기 제어부는, 소정의 사이즈를 가지는 슬라이딩 타임 윈도우 내에서 상기 타임 스텝마다 순차적으로 측정된 제1 개수의 단자 전압 및 상기 제1 개수의 전류를 나타내는 측정 데이터를 메모리로부터 독출한다. 상기 제어부는, 상기 제1 개수의 단자 전압에 포함된 현 타임 스텝에서 측정된 단자 전압과 이전 타임 스텝에서 측정된 단자 전압을 기초로, 상기 현 타임 스텝의 전압 변화량을 산출하도록 구성된다. 상기 제어부는, 상기 제1 개수의 전류에 포함된 상기 현 타임 스텝에서 측정된 전류와 상기 이전 타임 스텝에서 측정된 전류를 기초로, 상기 현 타임 스텝의 전류 변화량을 산출하도록 구성된다. 상기 제어부는, 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값, 상기 전압 변화량 및 상기 전류 변화량을 기초로, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 저항값을 추정하도록 구성된다. 상기 제어부는, 상기 제1 개수의 단자 전압에 기초하는 측정 전압 벡터 및 상기 제1 개수의 전류에 기초하는 측정 전류 벡터를 생성하도록 구성된다. 상기 제어부는, 상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터, 상기 현 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값 및 상기 이전 타임 스텝에서 추정된

상기 제2 저항의 저항값을 기초로, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항의 저항값을 추정하도록 구성된다.

- [28] 상기 제어부는, 상기 제1 개수의 단자 전압에 기초하는 측정 전압 벡터 및 상기 제1 개수의 전류에 기초하는 측정 전류 벡터를 생성하도록 구성될 수 있다. 상기 제어부는, 상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터 및 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 추정된 저항값을 기초로, 기준 전압 벡터를 생성하도록 구성될 수 있다. 상기 제어부는, 상기 등가 회로 모델 및 상기 측정 전류 벡터를 기초로, 제1 특성 벡터, 제1 파라미터 벡터 및 제1 모델 전압 벡터를 생성하도록 구성될 수 있다. 상기 제어부는, 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제1 특성 벡터를 기초로, 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2 저항의 저항값을 추정하도록 구성될 수 있다. 상기 제어부는, 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제1 모델 전압 벡터 간의 최소 오차 제곱합에 대응하는 제1 에러값을 산출하도록 구성될 수 있다. 상기 제어부는, 상기 등가 회로 모델로부터 상기 제2 저항이 제거된 대체 회로 모델 및 상기 측정 전류 벡터를 기초로, 제2 특성 벡터, 제2 파라미터 벡터 및 제2 모델 전압 벡터를 생성하도록 구성될 수 있다. 상기 제어부는, 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제2 특성 벡터를 기초로, 상기 기준 전압 벡터와 상기 제2 모델 전압 벡터 간의 최소 오차 제곱합에 대응하는 제2 에러값을 산출하도록 구성될 수 있다. 상기 제어부는, 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항의 저항값, 상기 제1 에러값 및 상기 제2 에러값을 기초로, 제3 데이터 필터링 조건의 만족 여부를 판정하도록 구성될 수 있다. 상기 제어부는, 상기 제3 데이터 필터링 조건이 만족된 경우, 상기 측정 전압 벡터 및 상기 측정 전류 벡터를 기초로, 초기 타임 스텝부터 상기 현 타임 스텝까지의 현 관측 기간 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2 저항의 저항값을 추정하도록 구성될 수 있다.

- [29] 상기 제3 데이터 필터링 조건은, 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항의 저항값이 0옴보다 크고, 상기 제2 에러값이 미리 정해진 스케일링 팩터를 상기 제1 에러값에 곱한 값보다 큰 경우에 만족될 수 있다.

[30]

발명의 효과

- [31] 본 발명의 실시예들 중 적어도 하나에 의하면, 주기적으로 측정되는 배터리의 단자 전압 및 전류를 기초로, 상기 배터리의 단자 전압의 동적 특성을 모사하는 등가 회로 모델의 파라미터를 주기적으로 업데이트할 수 있다.

- [32] 주기적으로 업데이트되는 등가 회로 모델의 파라미터는, 상기 배터리의 퇴화에 따라 변화하는 상기 배터리의 동작 특성이 반영된 것이다. 따라서, 본 발명에

따르면, 상기 배터리가 퇴화에 따라 상기 등가 회로 모델의 파라미터가 적응적으로 조절되므로, 상기 배터리의 단자 전압을 보다 정확하게 예측할 수 있다. 또한, 예측된 단자 전압은, 상기 배터리에 전기적으로 결합된 부품(예, 개폐기)의 제어에 활용됨으로써, 상기 배터리의 과전압, 저전압, 과충전 및/또는 과방전을 방지할 수 있다.

[33] 본 발명의 실시예들 중 적어도 하나에 의하면, 슬라이딩 타임 윈도우 내에서 측정된 소정 개수의 단자 전압 및 전류를 나타내는 측정 데이터가 상기 등가 회로 모델의 파라미터를 추정하기 위한 학습용 데이터로서 적합한 것인지 검증하고, 검증을 통과한 경우에만 상기 측정 데이터를 상기 등가 회로 모델의 파라미터를 추정하는 데에 활용할 수 있다. 이에 따라, 상기 등가 회로 모델의 파라미터에 기초하여 예측된 단자 전압과 실제 단자 전압 간의 차이를 줄일 수 있다.

[34] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

[35]

도면의 간단한 설명

[36] 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 아니 된다.

[37] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리팩의 기능적 구성을 나타낸 도면이다.

[38] 도 2는 배터리의 예시적인 등가 회로 모델을 보여주는 도면이다.

[39] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 등가 회로 모델의 파라미터 중 하나인 제1 저항의 저항값을 추정하는 방법을 보여주는 플로우 차트이다.

[40] 도 4는 도 3의 방법을 설명하는 데에 참조되는 그래프들을 보여준다

[41] 도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 등가 회로 모델의 파라미터 중 하나인 제2 저항의 저항값을 추정하는 방법을 보여주는 플로우 차트이다.

[42] 도 7은 도 5의 방법을 설명하는 데에 참조되는 그래프를 보여준다

[43]

발명의 실시를 위한 형태

[44] 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.

- [45] 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.
- [46] 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.
- [47] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어들은, 다양한 구성요소들 중 어느 하나를 나머지와 구별하는 목적으로 사용되는 것이고, 그러한 용어들에 의해 구성요소들을 한정하기 위해 사용되는 것은 아니다.
- [48] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 <제어 유닛>과 같은 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [49] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [50] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리팩(1)의 기능적 구성을 나타낸 도면이다.
- [51] 도 1을 참조하면, 배터리팩(1)은, 배터리(10), 개폐기(20) 및 배터리 관리 시스템(100)을 포함한다. 상기 개폐기(20)는, 상기 배터리 관리 시스템(100)으로부터의 스위칭 신호(예, 펄스 폭 변조 신호)에 응답하여, 상기 배터리(10)의 충전 전류 및/또는 방전 전류의 크기를 조절하도록 구성된다.
- [52] 상기 배터리 관리 시스템(100)은, 상기 배터리(10)에 전기적으로 결합되어, 상기 배터리(10)의 상태를 모니터링 및 제어하도록 구성된다. 상기 배터리 관리 시스템(100)은, 센싱부(110), 메모리(120), 제어부(130) 및 통신 인터페이스(140)를 포함한다.
- [53] 센싱부(110)는, 전류 측정부(111)를 포함한다. 전류 측정부(111)는, 소정 길이의 시간에 의해 정의되는 타임 스텝마다 상기 배터리(10)의 전류를 측정하고, 측정된 전류를 나타내는 전류 신호를 제어부(130)에게 전송한다. 상기 배터리(10)의 방전 시의 전류를 '방전 전류'라고 칭하고, 상기 배터리(10)의 충전 시의 전류를 '충전 전류'라고 칭할 수 있다. 제어부(130)는, 전류 측정부(111)로부터 전송된 아날로그 형태의 전류 신호를 디지털 형태의 전류 데이터로 변환할 수 있다. 이하에서는, 충전 시의 전류가 양의 값으로 측정되고, 방전 시의 전류는 음의 값으로 측정되는 것으로 가정한다.

- [54] 센싱부(110)는, 전압 측정부(112)를 더 포함할 수 있다. 전압 측정부(112)는, 상기 타임 스텝마다 상기 배터리(10)의 단자 전압을 측정하고, 측정된 단자 전압을 나타내는 전압 신호를 제어부(130)에게 전송한다. 제어부(130)는, 전압 측정부(112)로부터 전송된 아날로그 형태의 전압 신호를 디지털 형태의 전압 데이터로 변환할 수 있다.
- [55] 센싱부(110)는, 온도 측정부(113)를 더 포함할 수 있다. 온도 측정부(113)는, 상기 타임 스텝마다 상기 배터리(10)의 온도를 측정하고, 측정된 온도를 나타내는 온도 신호를 제어부(130)에게 전송한다. 제어부(130)는, 온도 측정부(113)로부터 전송된 아날로그 형태의 온도 신호를 디지털 형태의 온도 데이터로 변환할 수 있다. 전류 측정부(111), 전압 측정부(112) 및 온도 측정부(113)는, 서로 시간 동기화되어 동작할 수 있다. 이하에서는, k 번째 타임 스텝을 '타임 스텝 k '라고 표현하기로 한다. 또한, 타임 스텝 k 에서 센싱부(110)에 의해 측정된 전압과 전류를 각각 $V(k)$ 와 $I(k)$ 로 표현하기로 한다.
- [56] 메모리(120)는, 상기 배터리 관리 시스템(100)의 전반적인 동작에 요구되는 데이터들, 명령어 및 소프트웨어를 추가적으로 저장할 수 있다. 메모리(120)는, 제어부(130)에 의해 실행된 동작의 결과를 나타내는 데이터를 저장할 수 있다. 센싱부(110)에 의해 타임 스텝마다 측정되는 배터리(10)의 단자 전압, 전류 및/또는 온도는 메모리(120)에 순차적으로 기록될 수 있다. 메모리(120)는 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), SSD 타입(Solid State Disk type), HDD 타입(Hard Disk Drive type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(multimedia card micro type), 램(random access memory; RAM), SRAM(static random access memory), 롬(read-only memory; ROM), EEPROM(electrically erasable programmable read-only memory), PROM(programmable read-only memory) 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다.
- [57] 제어부(130)는, 센싱부(110), 메모리(120) 및 통신 인터페이스(140)에 동작 가능하게 결합된다. 제어부(130)는, 센싱부(110)에 의해 타임 스텝마다 측정되는 배터리(10)의 단자 전압, 전류 및/또는 온도는 메모리(120)에 순차적으로 기록한다. 제어부(130)는, 상기 타임 스텝마다, 소정의 사이즈를 가지는 슬라이딩 타임 윈도우(sliding time window)를 상기 타임 스텝의 시간 간격 Δt 만큼씩 이동시킴으로써, 메모리(120)로부터 메모리(120)에 기록된 모든 단자 전압 및 전류 중에서 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서 측정된 복수의 단자 전압 및 복수의 전류를 독출할 수 있다. 예컨대, 상기 타임 스텝의 시간 간격이 0.01초이고, 상기 슬라이딩 타임 윈도우의 사이즈가 10초인 경우, 상기 타임 스텝마다 1000개의 단자 전압과 1000개의 전류가 메모리(120)로부터 독출될 수 있다.
- [58] 제어부(130)는, 하드웨어적으로, ASICs(application specific integrated circuits), DSPs(digital signal processors), DSPDs(digital signal processing devices), PLDs(programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays),

마이크로 프로세서(microprocessors), 기타 기능 수행을 위한 전기적 유닛 중 적어도 하나를 이용하여 구현될 수 있다.

- [59] 통신 인터페이스(140)는, 전기차의 ECU와 같은 외부 디바이스(2)와 통신 가능하게 결합될 수 있다. 통신 인터페이스(140)는, 외부 디바이스(2)로부터의 명령 메시지를 수신하고, 수신된 명령 메시지를 제어부(130)에게 제공할 수 있다. 상기 명령 메시지는, 상기 장치의 특정 기능의 활성화를 요구하는 메시지일 수 있다. 통신 인터페이스(140)는, 제어부(130)로부터의 통지 메시지를 외부 디바이스(2)에게 전달할 수 있다. 상기 통지 메시지는, 제어부(130)에 의해 실행된 기능의 결과(예, 상기 배터리의 충전 상태)를 외부 디바이스(2)에게 알리기 위한 메시지일 수 있다.
- [60] 도 2는 배터리의 예시적인 등가 회로 모델(200)을 보여주는 도면이다.
- [61] 도 2를 참조하면, 상기 등가 회로 모델(200)은, 전압원(205), 제1 저항(210), 제2 저항(220) 및 커패시터(230)를 포함할 수 있다. 상기 등가 회로 모델(200)의 파라미터는, 상기 제1 저항(210)의 저항값, 상기 제2 저항(220)의 저항값 및 상기 커패시터(230)의 커패시턴스를 포함할 수 있다.
- [62] 전압원(205)은, 배터리의 충전 상태(SOC: State Of Charge) 및 온도로부터 결정되는 배터리의 개방 전압 V_{ocv} 을 나타낸다. 즉, 개방 전압 V_{ocv} 은, 충전 상태와 온도가 정해지면 고유하게 정해질 수 있다. 상기 개방 전압 V_{ocv} 은, 충전 상태와 온도 별로 미리 정의될 수 있다. 즉, 배터리의 충전 상태, 온도 및 개방 전압 사이의 상관 관계를 정의하는 OCV-SOC 맵이 메모리(110)에 미리 저장될 수 있다. k 번째 타임 스텝에서의 상기 개방 전압은 $V_{ocv}(k)$ 로 표현될 수 있다.
- [63] 상기 제1 저항(210)은, 상기 배터리에 흐르는 전류에 의한 단기간의 전압 변동을 모사한다. 상기 내부 저항에 의해 상기 배터리의 충전 시에 측정되는 단자 전압은 개방 전압보다 크다. 반대로, 상기 배터리의 방전 시에 측정되는 단자 전압은 개방 전압보다 작다.
- [64] 상기 제2 저항(220) 및 상기 커패시터(230)는 서로 병렬 연결된다. 도시된 바와 같이, 제2 저항(220)은 제1 저항(210)에 직렬 연결될 수 있다. 상기 제2 저항(220) 및 상기 커패시터(230)의 병렬 연결 회로를 'RC 페어'라고 칭할 수 있다. 상기 제1 저항(210)과는 달리, 상기 제2 저항(220)은, 상기 커패시터(230)에 병렬 연결되어 있다. 따라서, 상기 RC 페어는, 상기 배터리의 충방전 시에 발생하는 분극 전압을 모사할 수 있다. 즉, 상기 제2 저항(220)과 상기 커패시터(230)의 병렬 조합은, 상기 배터리의 과도 응답을 모사하기 위한 것이다.
- [65] 상기 제1 저항(210)의 저항값 및 상기 제2 저항(220)의 저항값이 각각 R_1 , R_2 로 일정하다고 해보자. 만약, Δt 이 매우 작다면, 임의의 타임 스텝 사이에서 각각 측정된 상기 배터리(10)의 단자 전압과 전류는 다음 타임 스텝이 되기 전까지는 일정하다고 볼 수 있으므로, 상기 전압원(205)의 개방 전압 역시 서로 인접한 두 타임 스텝 사이에서 일정한 것으로 취급할 수 있다.
- [66] 타임 스텝 k 가 시작되는 임의의 시점에서 상기 RC 페어에 의한 분극 전압이 V

p_{ola} 이고, 타임 스텝 k 부터 타임 스텝 q 까지 제1 저항(210)의 저항값 및 제2 저항(220)의 저항값이 각각 R_1 및 R_2 로 일정하다고 해보자. 그러면, 타임 스텝 q 에서의 상기 등가 회로 모델(200)의 전압 $V_{model}(q)$ 은 아래의 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

[67] <수학식 1>

[68]

$$V_{model}(q) = V_{ocv}(q) + R_1 I(q) + V_{pola} \exp \frac{(q-k)\Delta t}{\tau} + \sum_{i=1}^{q-k} R_2 I(i+k) \left\{ \exp \frac{((q-k)-i)\Delta t}{\tau} - \exp \frac{((q-k)-i+1)\Delta t}{\tau} \right\}$$

[69] τ 는 상기 RC 페어의 미리 정해진 시상수이다.

[70] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 등가 회로 모델(200)의 파라미터 중 하나인 제1 저항(210)의 저항값을 추정하는 방법을 보여주는 플로우 차트이고, 도 4는 도 3의 방법을 설명하는 데에 참조되는 그래프들을 보여준다.

[71] 단계 S310에서, 제어부(130)는, 소정의 사이즈를 가지는 슬라이딩 타임 윈도우 내에서 상기 센싱부(110)에 의해 상기 타임 스텝마다 순차적으로 측정된 제1 개수의 단자 전압 및 상기 제1 개수의 전류를 나타내는 측정 데이터를 메모리(120)로부터 독출한다. 즉, 제어부(130)는, 종료 시점이 현 타임 스텝으로 이동된 상기 슬라이딩 타임 윈도우를 이용하여, 상기 현 타임 스텝으로부터 과거의 소정 시간에 걸쳐 상기 메모리(120)에 기록된 제1 개수의 단자 전압 및 상기 제1 개수의 전류를 상기 메모리(120)로부터 독출한다. 상기 소정 시간은, 상기 슬라이딩 타임 윈도우의 사이즈와 동일하다. 상기 제1 개수는, 상기 소정 시간과 각 타임 스텝 간의 시간 간격 Δt 에 의해 정해진다. 일 예로, 상기 소정 시간=10초이고 $\Delta t=0.01$ 초인 경우, 상기 제1 개수=10초/0.01초=1000이다. 상기 슬라이딩 타임 윈도우가 Δt 만큼씩 이동할 때마다, 상기 제1 개수의 단자 전압 중에서 가장 오래 전에 측정된 값은 버려지고, 새롭게 측정된 단자 전압이 추가된다. 이와 유사하게, 상기 슬라이딩 타임 윈도우가 Δt 만큼씩 이동할 때마다, 상기 제1 개수의 전류 중에서 가장 오래 전에 측정된 값은 버려지고, 새롭게 측정된 전류가 추가된다.

[72] 상기 제1 개수의 단자 전압은, 상기 현 타임 스텝에서 측정된 단자 전압 $V(n)$ 및 이전 타임 스텝에서 측정된 단자 전압 $V(n-1)$ 을 포함한다. 상기 제1 개수의 전류는, 상기 현 타임 스텝에서 측정된 전류 $I(n)$ 및 상기 이전 타임 스텝에서 측정된 전류 $I(n-1)$ 을 포함한다.

[73] 단계 S320에서, 제어부(130)는, 상기 현 타임 스텝에서 측정된 단자 전압 $V(n)$ 과 상기 이전 타임 스텝에서 측정된 단자 전압 $V(n-1)$ 을 기초로, 상기 현 타임 스텝의 전압 변화량 $\Delta V(n)$ 을 산출한다. 이때, 제어부(130)는 상기 현 타임 스텝에서 측정된 단자 전압 $V(n)$ 에서 상기 이전 타임 스텝에서 측정된 단자 전압

$V(n-1)$ 을 차감하여, 상기 전압 변화량 $\Delta V(n)$ 을 산출할 수 있다. 즉, $\Delta V(n) = V(n) - V(n-1)$ 일 수 있다.

[74] 단계 S330에서, 제어부(130)는, 상기 현 타임 스텝에서 측정된 전류 $I(n)$ 와 상기 이전 타임 스텝에서 측정된 전류 $I(n-1)$ 를 기초로, 상기 현 타임 스텝의 전류 변화량 $\Delta I(n)$ 을 산출한다. 이때, 제어부(130)는 상기 현 타임 스텝에서 측정된 $I(n)$ 에서 상기 이전 타임 스텝에서 측정된 $I(n-1)$ 를 차감하여, 상기 전류 변화량 $\Delta I(n)$ 을 산출할 수 있다. 즉, $\Delta I(n) = I(n) - I(n-1)$ 일 수 있다.

[75] 도 3에 도시된 바와는 달리, 단계 S330은 단계 S320에 선행하거나, 단계 S320와 동시에 수행될 수 있다.

[76] 단계 S340에서, 제어부(130)는, 상기 전압 변화량 $\Delta V(n)$ 및 상기 전류 변화량 $\Delta I(n)$ 이 제1 데이터 필터링 조건을 만족하는지 여부를 판정한다. 상기 제1 데이터 필터링 조건은, $\Delta V(n)$ 와 $\Delta I(n)$ 가 상기 제1 저항(210)의 저항값의 추정을 위한 학습용 데이터로 적합한 것인지 판정하는 기준이 된다.

[77] 제어부(130)는, (i)상기 전류 변화량 $\Delta I(n)$ 의 절대값이 제1 임계값보다 크면서, (ii)상기 전압 변화량 $\Delta V(n)$ 과 상기 전류 변화량 $\Delta I(n)$ 의 곱이 0보다 큰 경우, 상기 제1 데이터 필터링 조건이 만족된 것으로 판정할 수 있다.

[78] 상기 제1 임계값은, 상기 전류 측정 회로의 측정 오차를 기준으로 미리 정해진 0보다 큰 실수이다. 상기 제1 저항(210)은 상기 배터리(10)의 내부 저항에 형성되는 순간적인 전압 변동을 모사하기 위한 것이므로, $\Delta I(n)$ 의 절대값이 상기 제1 임계값보다 큰 경우, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항(210)의 저항값을 추정하기 위해 $\Delta I(n)$ 을 이용하는 것은 적합하다고 할 수 있다. 반면, $\Delta I(n)$ 의 절대값이 상기 제1 임계값 이하인 경우, $\Delta I(n)$ 은 상기 전류 측정부(111)의 측정 오차로 인한 것일 가능성이 크기 때문에, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항(210)의 저항값을 추정하기 위해 $\Delta I(n)$ 을 이용하는 것은 부적합하다고 할 수 있다.

[79] 또한, 옴의 법칙(ohm's law)에 따르면, 상기 제1 저항(210)의 전압은 상기 제1 저항(210)에 흐르는 전류에 비례한다. 따라서, $\Delta V(n)$ 와 $\Delta I(n)$ 의 부호가 동일해야만, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항(210)의 저항값을 추정하기 위해 $\Delta V(n)$ 와 $\Delta I(n)$ 를 이용하는 것이 적합하다고 할 수 있다. 반면, $\Delta V(n)$ 가 양의 값을 가지고 $\Delta I(n)$ 은 음의 값을 가지거나, $V(n)$ 가 음의 값을 가지고 $\Delta I(n)$ 은 양의 값을 가진다는 것은, 상기 제1 저항(210)의 전압 변화가 옴의 법칙에 어긋난 것을 의미하므로, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항(210)의 저항값을 추정하기 위해 $\Delta I(n)$ 을 이용하는 것은 부적합하다고 할 수 있다. 도 4에 도시된 2개의 그래프는 각각 동일한 시간 범위에서 상기 배터리(10)의 전압과 전류의 변화를 보여준다. 도 4에서, 상기 제1 데이터 필터링 조건을 만족하는 전압과 전류 각각을 붉은 점으로 마킹하였다.

[80] 단계 S340의 값이 "YES"인 경우, 방법은 단계 S350으로 진행한다. 반면, 단계 S340의 값이 "NO"인 경우, 방법은 단계 S360으로 진행한다.

- [81] 단계 S350에서, 제어부(130)는, 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항(210)의 저항값 $R_{1_est}(n-1)$, 상기 전압 변화량 $\Delta V(n)$ 및 상기 전류 변화량 $\Delta I(n)$ 을 기초로, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항(210)의 저항값을 추정한다.
- [82] 제어부(130)는, 회귀적 최소 제곱(RLS: recursive least square) 알고리즘을 이용하여, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항(210)의 저항값을 추정할 수 있는바, 지금부터 상세히 설명하기로 한다.
- [83] 먼저, 상기 제1 저항(210)의 저항값의 추정에 관련된 가중 오차 제곱합(weighted sum of squared error) S1은 아래의 수학식 2로 표현될 수 있다.
- [84] <수학식 2>
- [85]
- $$S1 = \sum_{k=1}^n \lambda^{n-k} \{ \Delta V(k) - R_{1_est}(n) \Delta I(k) \}^2$$
- [86] 수학식 2에서, $R_{1_est}(n)$ 은, 추정의 대상인 상기 제1 저항(210)의 저항값이다. 또한, 수학식 2에서, λ 은 0보다 크고 1보다 작게 미리 정해진 제1 망각 인자(forgetting factor)이다. λ 은, 현 타임 스텝으로부터 과거에 측정된 단자 전압과 전류일수록 상기 제1 저항(210)의 저항값을 추정하는 데에 미치는 영향을 줄여주기 위한 것이다.
- [87] 상기 가중 오차 제곱합 S1의 해 즉, S1가 최소가 되도록 하는 $R_{1_est}(n)$ 은 아래의 수학식 3 및 수학식 4에 의해 산출될 수 있다.
- [88] <수학식 3>
- [89]
- $$P_1(n) = \frac{1}{\lambda} \left\{ P_1(n-1) - \frac{P_1(n-1)^2 \Delta I(n)^2}{\lambda + P_1(n-1) \Delta I(n)^2} \right\}$$
- [90] <수학식 4>
- [91] $R_{1_est}(n) = R_{1_est}(n-1) + P_1(n) \Delta I(n) \{ \Delta V(n) - R_{1_est}(n-1) \Delta I(n) \}$
- [92] $P_1(n)$ 과 $P_1(n-1)$ 는 각각 상기 현 타임 스텝의 보정 팩터와 상기 이전 타임 스텝의 보정 팩터이다. 즉, 수학식 4에 의해 $P_1(n-1)$ 는 $P_1(n)$ 로 업데이트된다.
- [93] 수학식 4의 $R_{1_est}(n-1)$ 는, 상기 이전 타임 스텝에서 기 추정된 상기 제1 저항(210)의 저항값이다. 제어부(130)는, 수학식 3 및 수학식 4를 이용하여, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항(210)의 추정된 저항값 $R_{1_est}(n)$ 을 산출할 수 있다.
- [94] 상기 배터리 관리 시스템(100)의 초기화 등으로 인해, 현 타임 스텝을 나타내는 기호 n의 값이 1으로 된 경우를 위해, $P_1(0)$ 과 $R_{1_est}(0)$ 이 서로 다른 초기값으로서 메모리(120)에 미리 저장될 수 있다. 예컨대, $P_1(0) = (1-\lambda)/(TH_1)^2$ 으로 표현될 수 있는데, TH_1 은 상기 제1 임계값과 동일할 수 있다. 또한, $R_{1_est}(0)$ 은 초기 타임 스텝에서 측정된 상기 배터리(10)의 온도에 대응하는 것으로 미리 정해진 값일 수 있다. 제어부(130)는, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항(210)의 추정된

저항값인 $R_{l_est}(n)$ 을 메모리(120)에 저장한다.

- [95] 단계 S360에서, 제어부(130)는, 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항(210)의 저항값 $R_{l_est}(n-1)$ 을 상기 현 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항(210)의 저항값 $R_{l_est}(n)$ 으로 설정한다. 즉, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 저항값이 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항(210)의 저항값 $R_{l_est}(n-1)$ 과 동일한 것으로 처리된다. 이에 따라, 단계 S350와는 달리, $R_{l_est}(n) = R_{l_est}(n-1)$ 이 된다.
- [96] 도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 등가 회로 모델(200)의 파라미터 중 다른 하나인 제2 저항(220)의 저항값을 추정하는 방법을 보여주는 플로우 차트이고, 도 7은 도 5의 방법을 설명하는 데에 참조되는 그래프를 보여준다.
- [97] 단계 S510에서, 제어부(130)는, 상기 제1 개수의 전류가 제2 데이터 필터링 조건을 만족하는지 판정한다. 상기 제2 데이터 필터링 조건은, 상기 제1 개수의 단자 전압 및 상기 제1 개수의 전류가 상기 제2 저항(220)의 저항값의 추정을 위한 학습용 데이터로 적합한 것인지 판정하는 기준이 된다.
- [98] 제어부(130)는, 상기 제1 개수의 전류 중 최대값과 최소값 간의 차이가 제2 임계값보다 큰 경우, 상기 제2 데이터 필터링 조건이 만족된 것으로 판정할 수 있다. 도 7에 도시된 그래프는 상기 슬라이딩 타임 윈도우의 사이즈보다 긴 시간 동안에 측정된 상기 배터리(10)의 전류의 변화를 보여준다. 상기 슬라이딩 타임 윈도우의 사이즈가 10초이고, 상기 제2 임계값이 10A라고 해보자. 도 7을 살펴보면, 330초에서 340초까지 측정된 전류의 최대값과 최소값 간의 차이는 100A 이상이다. 따라서, 330초에서 340초까지 측정된 전류는 상기 제2 데이터 필터링 조건을 만족한다. 반면, 390초에서 400초까지 측정된 전류는 일정하므로, 상기 제2 데이터 필터링 조건을 만족하지 못한다.
- [99] 상기 커패시터(230)로 인해 상기 제2 저항(220)의 전압은 상기 제1 저항(210)의 전압보다 느리게 변화한다. 따라서, 상기 제2 임계값은, 상기 제1 임계값보다 큰 것이 좋다.
- [100] 단계 S510의 값이 "YES"인 경우, 단계 S520이 진행된다. 만약, 단계 S510의 값이 "NO"인 경우, 단계 S630이 진행된다.
- [101] 단계 S520에서, 제어부(130)는, 상기 제1 개수의 단자 전압에 기초하는 측정 전압 벡터 및 상기 제1 개수의 전류에 기초하는 측정 전류 벡터를 생성한다. 이하에서는, 상기 제1 개수가 2 이상의 m 이라고 가정한다. 당업자라면, 현 타임 스텝의 순서를 나타내는 n 이 m 보다 크다는 것을 쉽게 이해할 수 있을 것이다.
- [102] 상기 측정 전압 벡터는, 아래와 같은 $m \times 1$ 행렬로 표현될 수 있다.
- [103] $V_{vec} = [V(n-m+1) \ V(n-m+2) \ V(n-m+3) \ \dots \ V(n)]^T$
- [104] 상기 측정 전류 벡터는, 아래와 같은 $m \times 1$ 행렬로 표현될 수 있다.
- [105] $I_{vec} = [I(n-m+1) \ I(n-m+2) \ I(n-m+3) \ \dots \ I(n)]^T$
- [106] 위에서 기호 T 는 전치 행렬을 나타낸다.
- [107] 단계 S530에서, 제어부(130)는, 상기 측정 전압 벡터 V_{vec} , 상기 측정 전류 벡터 I

$_{vec}$ 및 상기 현 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항(210)의 저항값 $R_{1_est}(n)$ 을 기초로, 기준 전압 벡터를 생성한다. $R_{1_est}(n)$ 은 상기 배터리(10)의 내부 저항을 나타내는 것으로서, 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서 일정하다고 해보자. 그러면, 상기 기준 전압 벡터는 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$[108] \quad Y_{w_vec} = V_{vec} - R_{1_est}(n)V_{vec}$$

[109] 상기 기준 전압 벡터 Y_{w_vec} 는, 상기 제1 개수의 단자 전압 각각으로부터 상기 제1 개수의 전류 각각에 의한 상기 내부 저항의 전압을 뺀 결과를 나타낸다.

[110] 단계 S540에서, 제어부(130)는, 상기 등가 회로 모델(200) 및 상기 측정 전류 벡터를 기초로, 제1 특성 벡터(feature vector), 제1 파라미터 벡터(parameter vector) 및 제1 모델 전압 벡터를 생성할 수 있다. 제1 모델 전압 벡터는, 제1 특성 벡터와 제1 파라미터 벡터의 곱이다.

[111] r , K_{vec} , H_{ind_vec} , 1_{vec} 각각을 아래와 같이 정의해보자.

$$[112] \quad r = \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau}\right)$$

$$K_{vec} = [r \quad r^2 \quad r^3 \quad \dots \quad r^m]^T$$

$$H_{ind_vec} = (1-r) \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ r & 1 & 0 & \dots & 0 \\ r^2 & r & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r^{m-1} & r^{m-2} & r^{m-3} & \dots & 1 \end{bmatrix} I_{vec}$$

$$1_{vec} = [1 \quad 1 \quad 1 \quad \dots \quad 1]^T$$

[113] 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서 상기 전압원(205)의 개방 전압이 V_{ocv} 로 일정하다고 할 때, 위의 정의를 수학적 식 1에 적용하면, 아래의 수학적 식 5로 표현되는 상기 제1 모델 전압 벡터를 도출할 수 있다.

[114] <수학적 식 5>

$$[115] \quad V_{model1_vec} = V_{ocv}1_{vec} + R_2 H_{ind_vec} + V_{pola} K_{vec} = [1_{vec} \quad H_{ind_vec} \quad K_{vec}] [V_{ocv} \quad R_2 \quad V_{pola}]^T$$

[116] 수학적 식 5에서 $X_{1_vec} = [1_{vec} \quad H_{ind_vec} \quad K_{vec}]$, $\beta_{1_vec} = [V_{ocv} \quad R_2 \quad V_{pola}]^T$ 라고 하면, 수학적 식 5는 아래의 수학적 식 6과 같이 간소화될 수 있다. 상기 제1 모델 전압 벡터는, 상기 기준 전압 벡터를 모델링한 것이라고 할 수 있다.

[117] <수학적 식 6>

$$[118] \quad V_{model1_vec} = X_{1_vec} \beta_{1_vec}$$

[119] X_{1_vec} 가 바로 $m \times 3$ 행렬로 표현되는 상기 제1 특성 벡터다. β_{1_vec} 는 3×1 행렬로 표현되는 상기 제1 파라미터 벡터로서, 상기 제1 특성 벡터를 상기 제1 모델 전압 벡터로 변환한다. 상기 제1 파라미터 벡터에 포함된 3개의 성분은 모두 미지수이다.

[120] 단계 S550에서, 제어부(130)는, 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제1 특성 벡터를 기초로, 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을

나타내는 상기 제2 저항(220)의 저항값을 추정한다.

[121] 상기 기준 전압 벡터와 상기 제1 모델 전압 벡터 간의 오차 제곱합 S2은 아래의 수학적식 7과 같이 표현될 수 있다.

[122] <수학적식 7>

$$[123] \quad S2 = \|Y_{w_vec} - V_{model1_vec}\|^2 = \|Y_{w_vec} - X_{1_vec} \beta_{1_vec}\|^2$$

[124] 제어부(130)는, 아래의 수학적식 8을 이용하여, 상기 오차 제곱합 S2을 최소화하는 상기 제1 파라미터 벡터를 추정할 수 있다.

[125] <수학적식 8>

$$[126] \quad \beta_{1_win} = [V_{ocv_win} \quad R_{2_win} \quad V_{pola_win}]^T = (X_{1_vec}^T X_{1_vec})^{-1} X_{1_vec}^T Y_{w_vec}$$

[127] 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에 발생하는 상기 배터리의 과도 응답 이력은, 상기 제1 개수의 단자 전압과 상기 제1 개수의 전류에 의해 정의된다. 따라서, 상기 수학적식 8을 이용하여 추정된 상기 제1 파라미터 벡터의 성분 R_{2_win} 이 바로 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2 저항(220)의 추정된 저항값이다.

[128] 단계 S560에서, 제어부(130)는, 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제1 특성 벡터를 기초로, 상기 기준 전압 벡터와 상기 제1 모델 전압 벡터 간의 최소 오차 제곱합 S3에 대응하는 제1 에러값을 산출할 수 있다.

[129] 제어부(130)는, 최소 제곱법과 관련된 아래의 수학적식 9를 이용하여, 상기 최소 오차 제곱합 S3을 산출할 수 있다.

[130] <수학적식 9>

$$[131] \quad S3 = Y_{w_vec}^T \{E - X_{1_vec} (X_{1_vec}^T X_{1_vec})^{-1} X_{1_vec}^T\} Y_{w_vec}$$

[132] 수학적식 9에서, E는 단위 행렬이다.

[133] 상기 제1 에러값은, (i)S3, (ii)S3의 평균 즉, S3/m 및 (iii)S3/m의 제곱근 중 어느 하나일 수 있다.

[134] 단계 S570에서, 제어부(130)는, 상기 등가 회로 모델(200)로부터 상기 제2 저항(220)이 제거된 대체 회로 모델 및 상기 측정 전류 벡터를 기초로, 제2 특성 벡터, 제2 파라미터 벡터 및 제2 모델 전압 벡터를 생성할 수 있다. 제2 모델 전압 벡터는, 제2 특성 벡터와 제2 파라미터 벡터의 곱이다.

[135] 상기 대체 회로 모델은, 상기 등가 회로 모델(200)의 상기 제2 저항(220)이 제거된 것이므로, 상기 제2 파라미터 벡터는 상기 제1 파라미터 벡터에서 R_2 를 제거한 $\beta_{2_v} = [V_{ocv} \quad V_{pola}]^T$ 로 표현되고, 상기 제2 특성 벡터는 상기 제1 특성 벡터에서 H_{ind_v} 를 제거한 $X_{2_vec} = [1_v \quad k_v]$ 로 표현된다. 따라서, 상기 제2 모델 전압 벡터는, 아래의 수학적식 10과 같이 표현될 수 있다.

[136] <수학적식 10>

$$[137] \quad V_{model2_vec} = X_{2_vec} \beta_{2_vec}$$

- [138] 단계 S580에서, 제어부(130)는, 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제2 특성 벡터를 기초로, 상기 기준 전압 벡터와 상기 제2 모델 전압 벡터 간의 최소 오차 제곱합 S4에 대응하는 제2 에러값을 산출할 수 있다.
- [139] 제어부(130)는, 최소 제곱법과 관련된 아래의 수학식 11을 이용하여, 상기 최소 오차 제곱합 S4를 산출할 수 있다.
- [140] <수학식 11>
- [141]
$$S4 = Y_{w_vec}^T \{E - X_{2_vec} (X_{2_vec}^T X_{2_vec})^{-1} X_{2_vec}^T\} Y_{w_vec}$$
- [142] 상기 제2 에러값은, (i)S4, (ii)S4의 평균 즉, S4/m 및 (iii)S4/m의 제곱근 중 어느 하나일 수 있다.
- [143] 단계 S610에서, 제어부(130)는, 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항(220)의 저항값 R_{2_win} , 상기 제1 에러값 및 상기 제2 에러값을 기초로, 제3 데이터 필터링 조건의 만족 여부를 판정한다.
- [144] 구체적으로, 단계 S610에서, 제어부(130)는, (i) R_{2_win} 이 0옴(ohm)보다 큰지 여부와 (ii)상기 제2 에러값이 1보다 큰 값으로 미리 정해진 스케일링 팩터(예, 1.1)를 상기 제1 에러값에 곱한 값보다 큰지 여부를 각각 판정한다. 즉, 상기 제3 데이터 필터링 조건은, R_{2_win} 이 0ohm보다 크면서 상기 제2 에러값이 상기 스케일링 팩터를 상기 제1 에러값에 곱한 값보다 큰 경우에 만족될 수 있다.
- [145] 상기 제2 저항(220)의 저항값은 물리적인 측면에서 실제로는 0ohm 이하일 수 없다. 따라서, R_{2_win} 이 0ohm 이하라는 것은, 상기 제1 개수의 단자 전압 및 상기 제1 개수의 전류가 상기 제2 저항(220)의 저항값을 추정하는 데에 부적합하는 것을 의미한다. 또한, 전술한 바와 같이, 상기 제2 에러값은, 상기 RC 페어에 의한 분극 전압을 고려하지 않은 결과를 나타내는 것이다. 따라서, 상기 스케일링 팩터를 상기 제1 에러값에 곱한 값이 상기 제2 에러값보다 크다는 것은, 상기 제1 개수의 단자 전압 및 상기 제1 개수의 전류가 상기 제2 저항(220)에 의해 발생하는 전압의 동적 특성을 제대로 반영하지 못하는 것을 뜻한다.
- [146] 상기 제3 데이터 필터링 조건이 만족된 경우 단계 S620이 진행되고, 그렇지 않은 경우에는 단계 S630이 진행된다.
- [147] 단계 S620에서, 제어부(130)는, 상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터, 상기 현 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항(210)의 저항값 $R_{1_est}(n)$ 및 이전 관측 기간 내에서의 상기 배터리(10)의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항(220)의 저항값 $R_{2_est}(n-1)$ 을 기초로, 현 관측 기간 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2 저항(220)의 저항값을 추정한다. 상기 이전 관측 기간은, 상기 초기 타임 스텝부터 상기 이전 타임 스텝까지의 기간이다. 상기 현 관측 기간은, 상기 초기 타임 스텝부터 상기 현 타임 스텝까지의 기간이다.

- [148] 제어부(130)는, 회귀적 최소 제곱 알고리즘에 기반한 함수를 나타내는 다음의 수학적 식 12를 이용하여, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항(220)의 저항값을 추정할 수 있다.
- [149] <수학적 식 12>
- [150]
$$R_{2_est}(n) = f(R_{1_est}(n), R_{2_est}(n-1), V_{vec}, I_{vec})$$
- [151] 수학적 식 12의 함수 $f()$ 은, $R_{1_est}(n)$, $R_{2_est}(n-1)$, V_{vec} 및 I_{vec} 이 입력 시에 $R_{2_est}(n)$ 을 출력한다. $R_{2_est}(n-1)$ 은, 이전 관측 기간 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2 저항(220)의 추정된 저항값이다. 이와 유사하게, $R_{2_est}(n)$ 은, 상기 현 관측 기간 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2 저항(220)의 추정된 저항값이다.
- [152] 단계 S630에서, 제어부(130)는, 상기 이전 관측 기간 내에서의 상기 배터리(10)의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항(220)의 저항값 $R_{2_est}(n-1)$ 을 상기 현 관측 기간 내에서의 상기 배터리(10)의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항(220)의 저항값 $R_{2_est}(n)$ 으로 설정한다. 즉, 상기 이전 관측 기간 내에서의 상기 배터리(10)의 과도 응답 이력이 상기 현 관측 기간 내에서의 상기 배터리(10)의 과도 응답 이력과 동일한 것으로 처리된다. 이에 따라, 단계 S620과는 달리, $R_{2_est}(n) = R_{2_est}(n-1)$ 이 된다.
- [153] 제어부(130)는, 상기 제1 저항(210)의 추정된 저항값 $R_{1_est}(n)$ 및 상기 제2 저항(220)의 추정된 저항값 $R_{1_est}(n)$ 을 활용하여, 상기 배터리(10)의 단자 전압을 예측하고, 예측된 단자 전압에 기초하여 개폐기(20)에게 출력되는 상기 스위칭 신호의 듀티 사이클을 조절할 수 있다.
- [154] 제어부(130)는, 상기 제1 저항(210)의 추정된 저항값 $R_{1_est}(n)$ 및 상기 제2 저항(220)의 추정된 저항값 $R_{1_est}(n)$ 을 활용하여, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 배터리(10)의 충전 상태를 추정한 다음, 추정된 충전 상태에 기초하여 개폐기(20)에게 출력되는 상기 스위칭 신호의 듀티 사이클을 조절할 수 있다.
- [155] 도 3, 도 5 및 도 6에 도시된 각 단계의 실행 결과를 나타내는 데이터는, 각 단계가 완료될 때마다 제어부(130)에 의해 메모리(120)에 저장될 수 있다.
- [156] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.
- [157] 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.
- [158] 또한, 이상에서 설명한 본 발명은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의

지식을 가진 자에 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니라, 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수 있다.

- [159] <부호의 설명>
- [160] 1: 배터리 팩
- [161] 10: 배터리
- [162] 20: 개폐기
- [163] 100: 배터리 관리 시스템
- [164] 110: 센싱부
- [165] 120: 메모리
- [166] 130: 제어부
- [167] 140: 통신 인터페이스
- [168] 200: 등가 회로 모델
- [169] 210: 제1 저항
- [170] 220: 제2 저항
- [171] 230: 커패시터

청구범위

- [청구항 1] 배터리를 위한 등가 회로 모델-상기 등가 회로 모델은, 제1 저항, 상기 제1 저항에 직렬 연결된 제2 저항 및 상기 제2 저항에 병렬 연결된 커패시터를 포함-의 파라미터를 추정하기 위한 방법에 있어서,
 소정의 사이즈를 가지는 슬라이딩 타임 윈도우 내에서 타임 스텝마다 순차적으로 측정된 제1 개수의 단자 전압 및 상기 제1 개수의 전류를 나타내는 측정 데이터를 메모리로부터 독출하는 단계;
 상기 제1 개수의 단자 전압에 포함된 현 타임 스텝에서 측정된 단자 전압과 이전 타임 스텝에서 측정된 단자 전압을 기초로, 상기 현 타임 스텝의 전압 변화량을 산출하는 단계;
 상기 제1 개수의 전류에 포함된 상기 현 타임 스텝에서 측정된 전류와 상기 이전 타임 스텝에서 측정된 전류를 기초로, 상기 현 타임 스텝의 전류 변화량을 산출하는 단계;
 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값, 상기 전압 변화량 및 상기 전류 변화량을 기초로, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 저항값을 추정하는 단계;
 상기 제1 개수의 단자 전압에 기초하는 측정 전압 벡터 및 상기 제1 개수의 전류에 기초하는 측정 전류 벡터를 생성하는 단계; 및
 상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터, 상기 현 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값 및 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제2 저항의 저항값을 기초로, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계;
 를 포함하는, 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 저항값을 추정하는 단계는, 제1 데이터 필터링 조건이 만족된 경우에 실행되되,
 상기 제1 데이터 필터링 조건은, 상기 전류 변화량의 절대값이 제1 임계값보다 크면서, 상기 전압 변화량과 상기 전류 변화량의 곱이 양의 값인 경우에 만족되는, 방법.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
 상기 제1 데이터 필터링 조건이 만족되지 않는 경우, 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값을 상기 현 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값으로 설정하는 단계;
 를 더 포함하는, 방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 저항값을 추정하는 단계는, 회귀적 최소 제곱 알고리즘에 관련된 하기의 수학식 1 및 수학식 2를

포함하되,
<수학식 1>

$$P_1(n) = \frac{1}{\lambda} \left\{ P_1(n-1) - \frac{P_1(n-1)^2 \Delta I(n)^2}{\lambda + P_1(n-1) \Delta I(n)^2} \right\}$$

<수학식 2>

$$R_{1_est}(n) = R_{1_est}(n-1) + P_1(n) \Delta I(n) \{ \Delta V(n) - R_{1_est}(n-1) \Delta I(n) \}$$

$P_1(n)$ 은 상기 현 타임 스텝을 위한 보정 팩터, $P_1(n-1)$ 은 상기 이전 타임 스텝을 위한 보정 팩터, $\Delta I(n)$ 은 상기 전류 변화량, $\Delta V(n)$ 은 상기 전압 변화량, λ 은 소정의 망각 인자, $R_{1_est}(n)$ 은 상기 현 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값, $R_{1_est}(n-1)$ 은 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값인, 방법.

[청구항 5]

제1항에 있어서,
상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계는,
상기 제1 개수의 전류가 제2 데이터 필터링 조건을 만족하는 경우에
실행되되,
상기 제2 데이터 필터링 조건은, 상기 제1 개수의 전류 중 최대값과
최소값 간의 차이가 제2 임계값보다 큰 경우에 만족되는, 방법.

[청구항 6]

제1항에 있어서,
상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계는,
상기 제1 개수의 단자 전압에 기초하는 측정 전압 벡터 및 상기 제1
개수의 전류에 기초하는 측정 전류 벡터를 생성하는 단계;
상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터 및 상기 현 타임 스텝에서의
상기 제1 저항의 추정된 저항값을 기초로, 기준 전압 벡터를 생성하는
단계;
상기 등가 회로 모델 및 상기 측정 전류 벡터를 기초로, 제1 특성 벡터, 제1
파라미터 벡터 및 제1 모델 전압 벡터를 생성하는 단계;
상기 기준 전압 벡터 및 상기 제1 특성 벡터를 기초로, 상기 슬라이딩 타임
윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2
저항의 저항값을 추정하는 단계;
상기 기준 전압 벡터 및 상기 제1 특성 벡터를 기초로, 상기 기준 전압
벡터와 상기 제1 모델 전압 벡터 간의 최소 오차 제곱합에 대응하는 제1
에러값을 산출하는 단계;
상기 등가 회로 모델로부터 상기 제2 저항이 제거된 대체 회로 모델 및
상기 측정 전류 벡터를 기초로, 제2 특성 벡터, 제2 파라미터 벡터 및 제2
모델 전압 벡터를 생성하는 단계;
상기 기준 전압 벡터 및 상기 제2 특성 벡터를 기초로, 상기 기준 전압
벡터와 상기 제2 모델 전압 벡터 간의 최소 오차 제곱합에 대응하는 제2

에러값을 산출하는 단계;

상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항의 저항값, 상기 제1 에러값 및 상기 제2 에러값을 기초로, 제3 데이터 필터링 조건의 만족 여부를 판정하는 단계; 및

상기 제3 데이터 필터링 조건이 만족된 경우, 상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1 저항의 추정된 저항값 및 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제2 저항의 저항값을 기초로, 초기 타임 스텝부터 상기 현 타임 스텝까지의 현 관측 기간 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계;

를 포함하는, 방법.

[청구항 7]

제6항에 있어서,

상기 제3 데이터 필터링 조건은,

상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항의 저항값이 0보다 크고, 상기 제2 에러값이 미리 정해진 스케일링 팩터를 상기 제1 에러값에 곱한 값보다 큰 경우에 만족되는, 방법.

[청구항 8]

제1항에 있어서,

상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항의 저항값을 추정하는 단계는, 회귀적 최소 제곱 알고리즘을 이용하는, 방법.

[청구항 9]

배터리를 위한 등가 회로 모델-상기 등가 회로 모델은, 제1 저항, 상기 제1 저항에 직렬 연결된 제2 저항 및 상기 제2 저항에 병렬 연결된 커패시터를 포함-의 파라미터를 추정하기 위한 배터리 관리 시스템에 있어서, 타임 스텝마다, 상기 배터리의 단자 전압 및 전류를 측정하도록 구성된 센싱부; 및

상기 센싱부와 동작 가능하게 결합되고, 상기 타임 스텝마다 상기 센싱부에 의해 측정되는 단자 전압과 전류를 메모리에 기록하도록 구성되는 제어부를 포함하되,

상기 제어부는,

소정의 사이즈를 가지는 슬라이딩 타임 윈도우 내에서 상기 타임 스텝마다 순차적으로 측정된 제1 개수의 단자 전압 및 상기 제1 개수의 전류를 나타내는 측정 데이터를 메모리로부터 독출하고,

상기 제1 개수의 단자 전압에 포함된 현 타임 스텝에서 측정된 단자 전압과 이전 타임 스텝에서 측정된 단자 전압을 기초로, 상기 현 타임 스텝의 전압 변화량을 산출하고,

상기 제1 개수의 전류에 포함된 상기 현 타임 스텝에서 측정된 전류와 상기 이전 타임 스텝에서 측정된 전류를 기초로, 상기 현 타임 스텝의

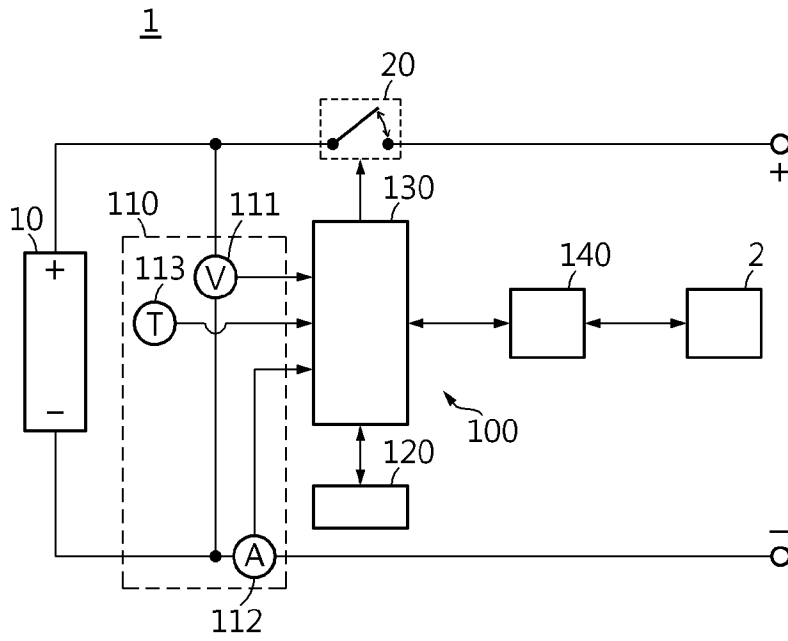
전류 변화량을 산출하고,
 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제1 저항의 저항값, 상기 전압
 변화량 및 상기 전류 변화량을 기초로, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제1
 저항의 저항값을 추정하고,
 상기 제1 개수의 단자 전압에 기초하는 측정 전압 벡터 및 상기 제1
 개수의 전류에 기초하는 측정 전류 벡터를 생성하고,
 상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터, 상기 현 타임 스텝에서 추정된
 상기 제1 저항의 저항값 및 상기 이전 타임 스텝에서 추정된 상기 제2
 저항의 저항값을 기초로, 상기 현 타임 스텝에서의 상기 제2 저항의
 저항값을 추정하도록 구성되는, 배터리 관리 시스템.

[청구항 10]

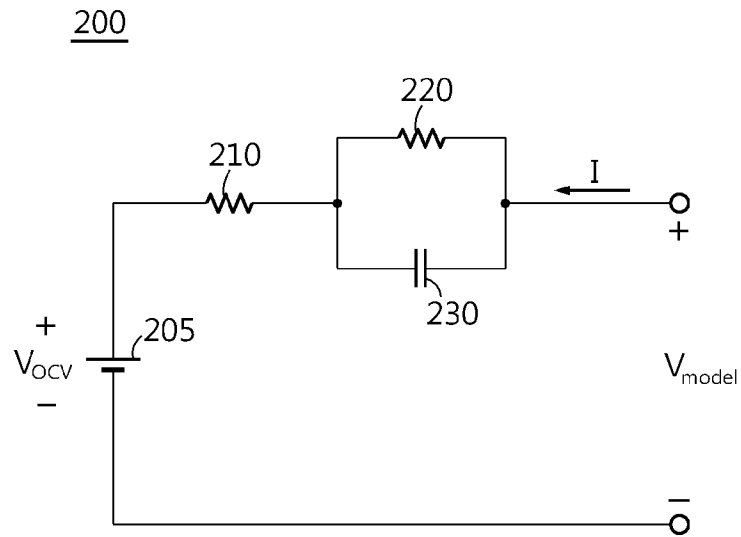
제9항에 있어서,
 상기 제어부는,
 상기 제1 개수의 단자 전압에 기초하는 측정 전압 벡터 및 상기 제1
 개수의 전류에 기초하는 측정 전류 벡터를 생성하고,
 상기 측정 전압 벡터, 상기 측정 전류 벡터 및 상기 현 타임 스텝에서의
 상기 제1 저항의 추정된 저항값을 기초로, 기준 전압 벡터를 생성하고,
 상기 등가 회로 모델 및 상기 측정 전류 벡터를 기초로, 제1 특성 벡터, 제1
 파라미터 벡터 및 제1 모델 전압 벡터를 생성하고,
 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제1 특성 벡터를 기초로, 상기 슬라이딩 타임
 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기 제2
 저항의 저항값을 추정하고,
 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제1 특성 벡터를 기초로, 상기 기준 전압
 벡터와 상기 제1 모델 전압 벡터 간의 최소 오차 제곱합에 대응하는 제1
 에러값을 산출하고,
 상기 등가 회로 모델로부터 상기 제2 저항이 제거된 대체 회로 모델 및
 상기 측정 전류 벡터를 기초로, 제2 특성 벡터, 제2 파라미터 벡터 및 제2
 모델 전압 벡터를 생성하고,
 상기 기준 전압 벡터 및 상기 제2 특성 벡터를 기초로, 상기 기준 전압
 벡터와 상기 제2 모델 전압 벡터 간의 최소 오차 제곱합에 대응하는 제2
 에러값을 산출하고,
 상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을
 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항의 저항값, 상기 제1 에러값 및
 상기 제2 에러값을 기초로, 제3 데이터 필터링 조건의 만족 여부를
 판정하고,
 상기 제3 데이터 필터링 조건이 만족된 경우, 상기 측정 전압 벡터 및 상기
 측정 전류 벡터를 기초로, 초기 타임 스텝부터 상기 현 타임 스텝까지의
 현 관측 기간 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 상기
 제2 저항의 저항값을 추정하도록 구성되는, 배터리 관리 시스템.

- [청구항 11] 제9항에 있어서,
상기 제3 데이터 필터링 조건은,
상기 슬라이딩 타임 윈도우 내에서의 상기 배터리의 과도 응답 이력을 나타내는 것으로 추정된 상기 제2 저항의 저항값이 0옴보다 크고, 상기 제2 에러값이 미리 정해진 스케일링 팩터를 상기 제1 에러값에 곱한 값보다 큰 경우에 만족되는, 배터리 관리 시스템.

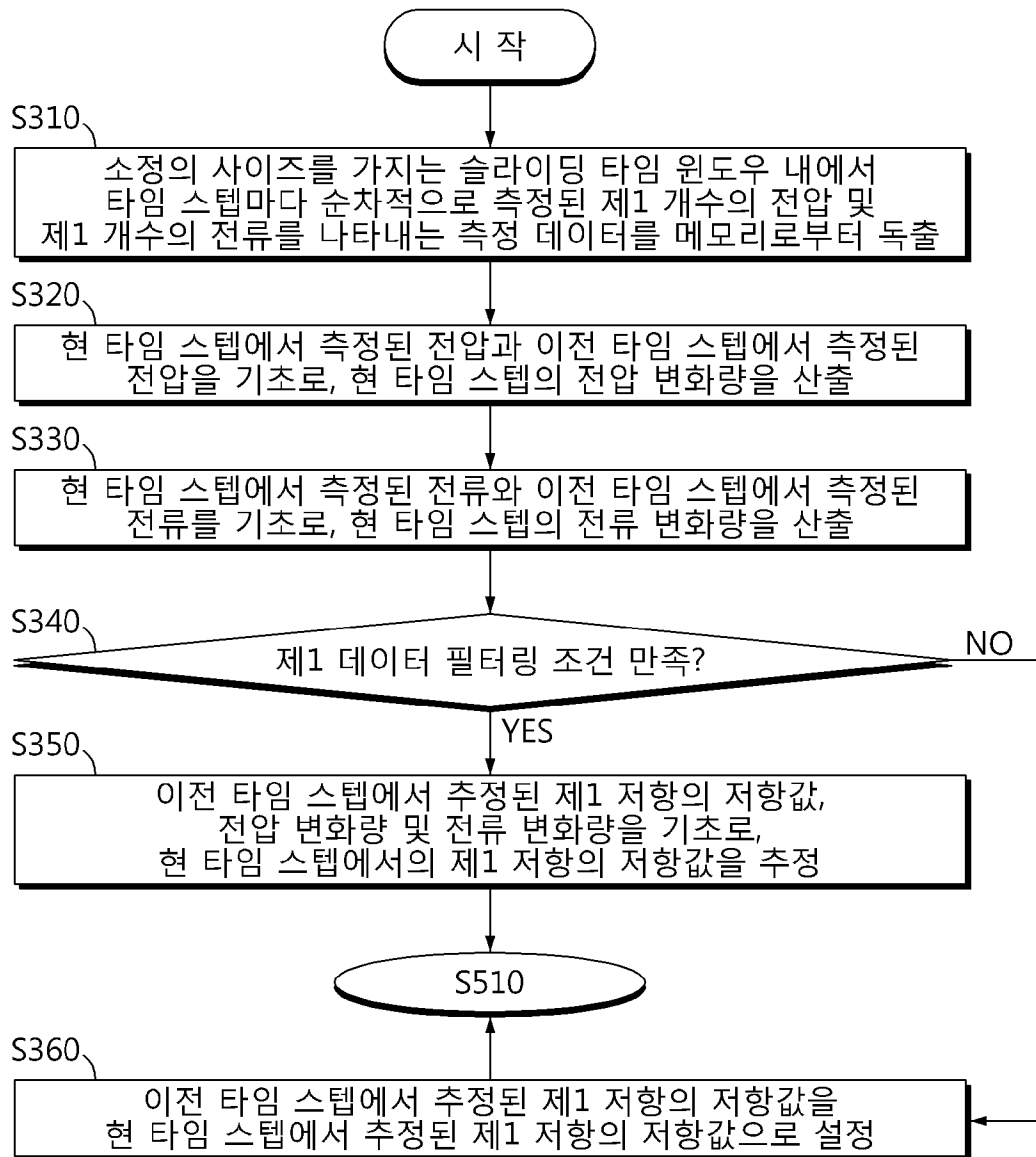
[도1]



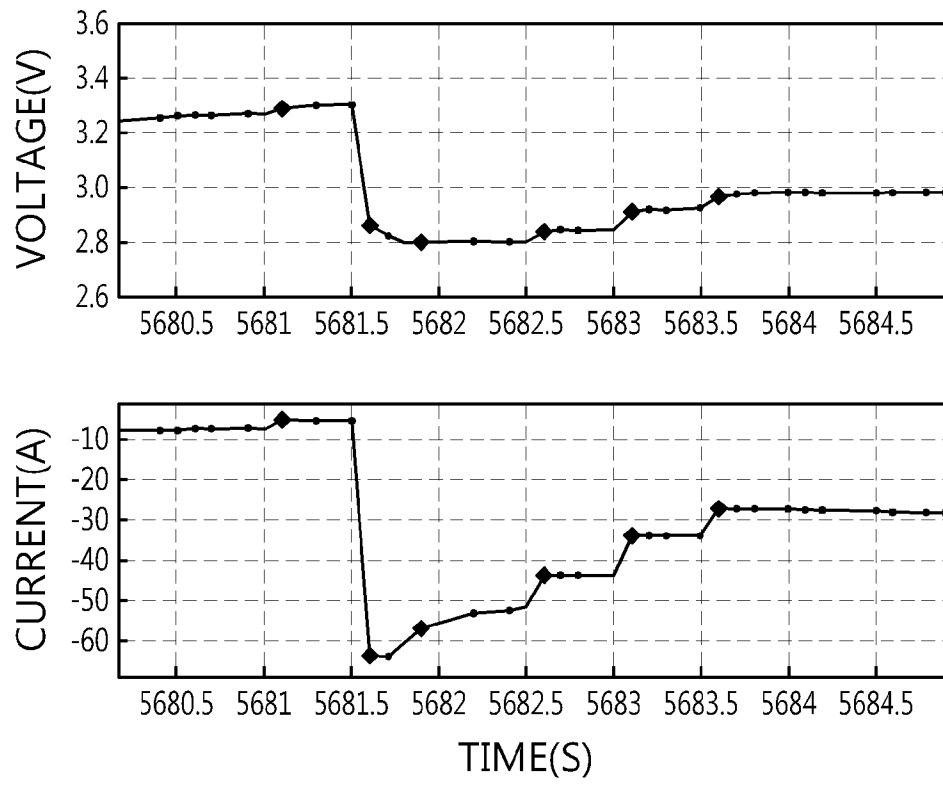
[도2]



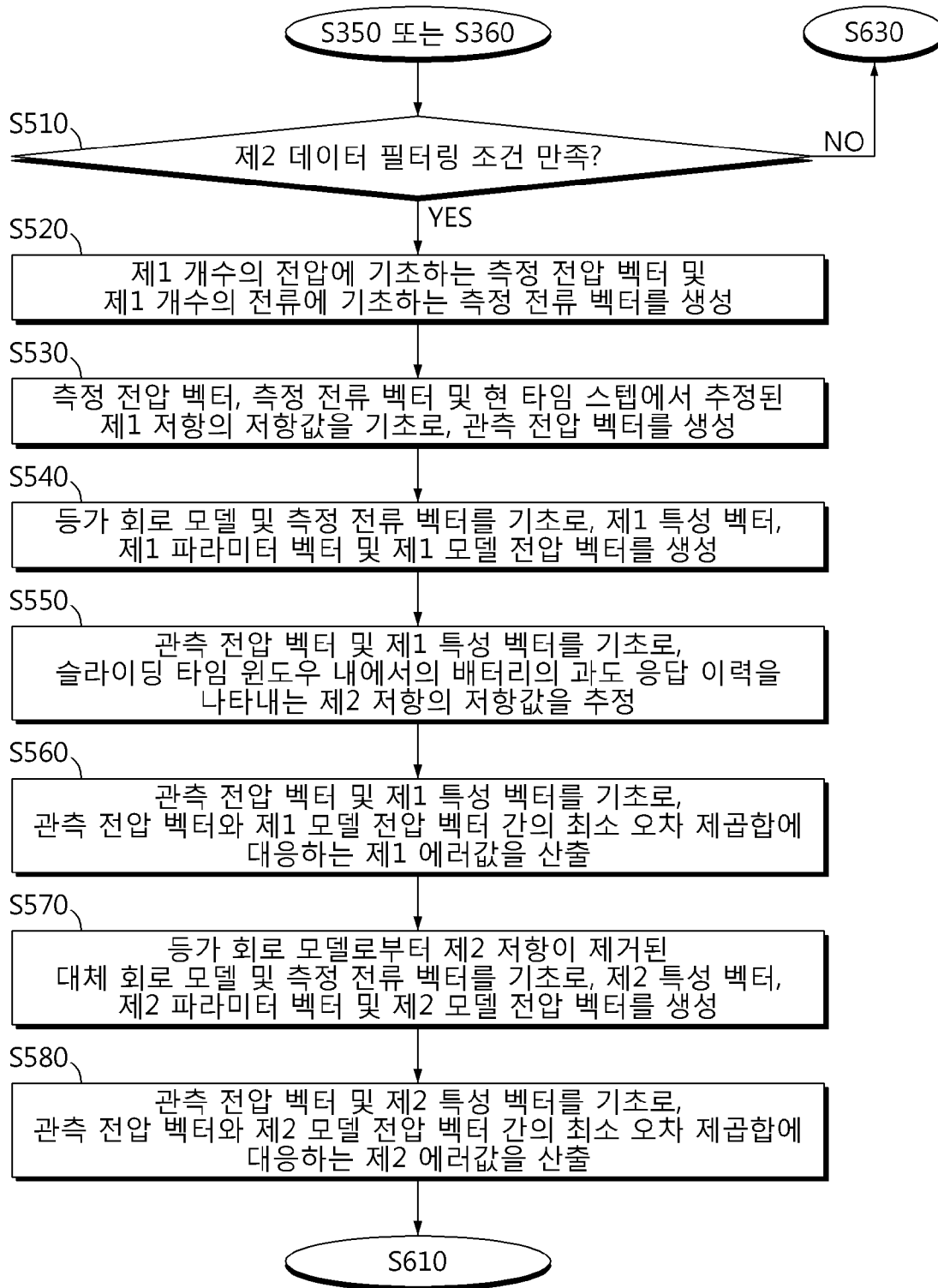
[도3]



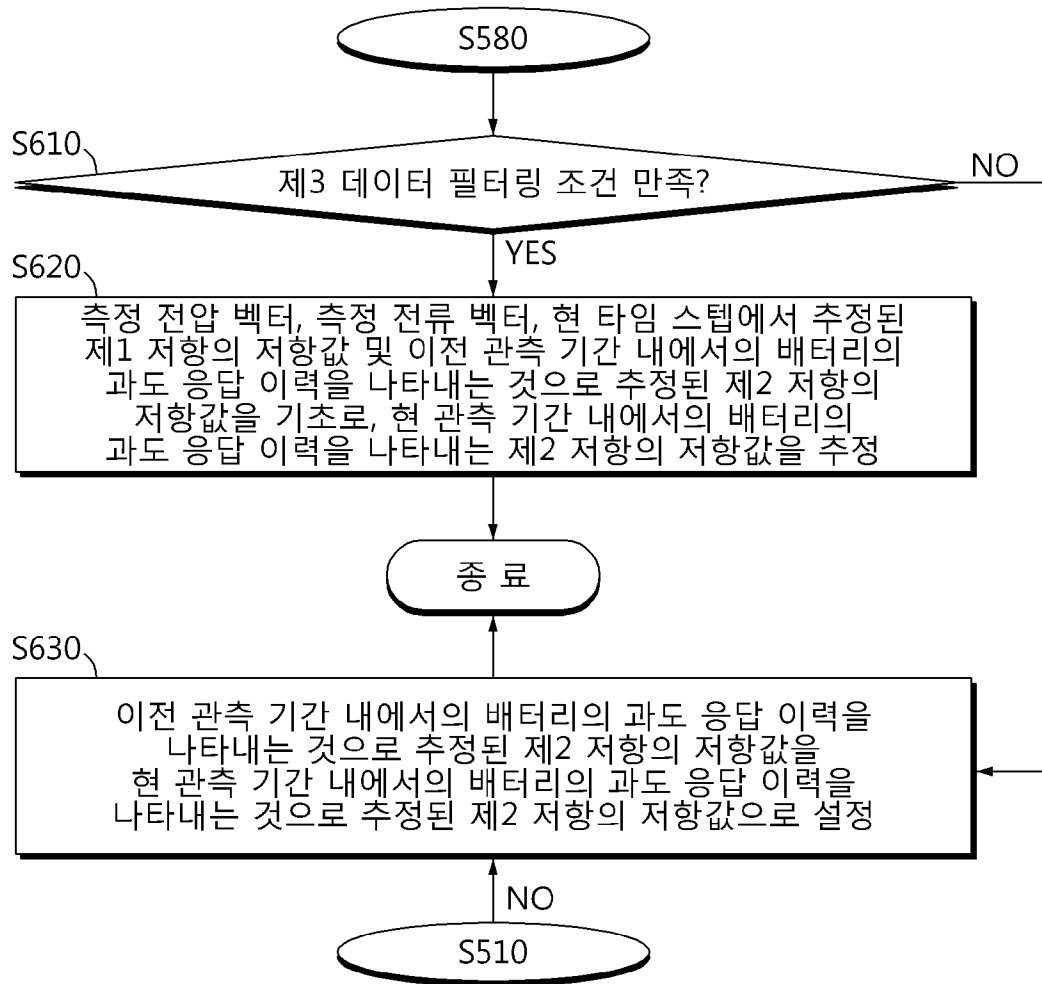
[도4]



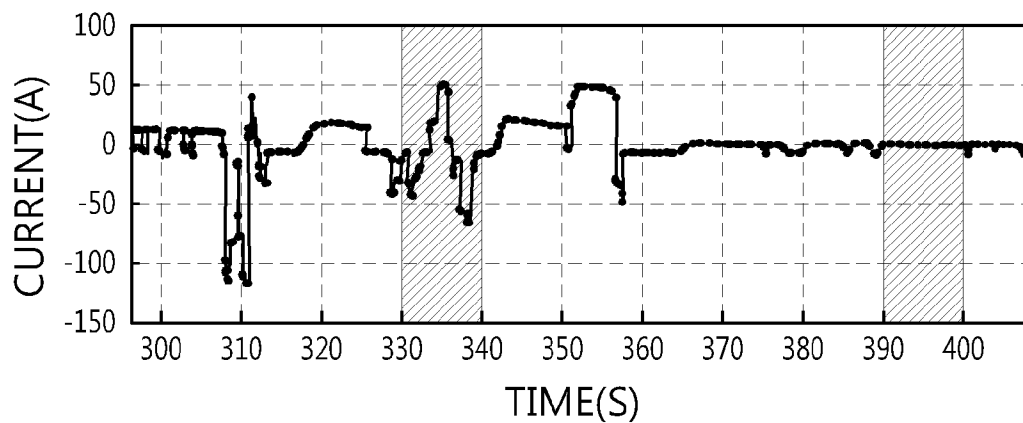
[도5]



[도6]



[도7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/000608

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/367(2019.01)i, G01R 31/382(2019.01)i, G01R 31/389(2019.01)i, H01M 10/42(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R 31/367; G01R 19/165; G01R 31/36; H01M 10/48; H02J 7/00; G01R 31/382; G01R 31/389; H01M 10/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: battery, equivalent circuit model, voltage, electric current, parameter, vector

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-122951 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 23 June 2011 See paragraphs [16], [28]-[31], [43], claim 2 and figures 1, 4.	1-11
A	JP 2017-090282 A (DENSO CORP.) 25 May 2017 See claims 1, 2 and figures 1-10.	1-11
A	JP 2015-224919 A (DENSO CORP.) 14 December 2015 See claims 1-7 and figures 1-3.	1-11
A	KR 10-2013-0060623 A (SILICON WORKS CO., LTD.) 10 June 2013 See the entire document.	1-11
A	US 2015-0377978 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD. et al.) 31 December 2015 See the entire document.	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 APRIL 2019 (26.04.2019)

Date of mailing of the international search report

26 APRIL 2019 (26.04.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/000608

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2011-122951 A	23/06/2011	None	
JP 2017-090282 A	25/05/2017	JP 6459914 B2	30/01/2019
JP 2015-224919 A	14/12/2015	JP 6287582 B2	07/03/2018
KR 10-2013-0060623 A	10/06/2013	JP 2013-113853 A	10/06/2013
		JP 6317541 B2	25/04/2018
		KR 10-1852322 B1	27/04/2018
		US 2013-0166235 A1	27/06/2013
		US 9316697 B2	19/04/2016
US 2015-0377978 A1	31/12/2015	CN 105026944 A	04/11/2015
		EP 2952921 A1	09/12/2015
		EP 2952921 A4	22/06/2016
		JP 6479650 B2	06/03/2019
		JP W02014-136593 A1	09/02/2017
		WO 2014-136593 A1	12/09/2014

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01R 31/367(2019.01)i, G01R 31/382(2019.01)i, G01R 31/389(2019.01)i, H01M 10/42(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01R 31/367; G01R 19/165; G01R 31/36; H01M 10/48; H02J 7/00; G01R 31/382; G01R 31/389; H01M 10/42

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 배터리, 등가회로모델, 전압, 전류, 파라미터, 벡터

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2011-122951 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 2011.06.23 단락 [16],[28]-[31],[43], 청구항 2 및 도면 1,4 참조.	1-11
A	JP 2017-090282 A (DENSO CORP.) 2017.05.25 청구항 1,2 및 도면 1-10 참조.	1-11
A	JP 2015-224919 A (DENSO CORP.) 2015.12.14 청구항 1-7 및 도면 1-3 참조.	1-11
A	KR 10-2013-0060623 A (주식회사 실리콘웍스) 2013.06.10 전체 문헌 참조.	1-11
A	US 2015-0377978 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD. 등) 2015.12.31 전체 문헌 참조.	1-11

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 04월 26일 (26.04.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 04월 26일 (26.04.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김연정

전화번호 +82-42-481-3325



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2011-122951 A	2011/06/23	없음	
JP 2017-090282 A	2017/05/25	JP 6459914 B2	2019/01/30
JP 2015-224919 A	2015/12/14	JP 6287582 B2	2018/03/07
KR 10-2013-0060623 A	2013/06/10	JP 2013-113853 A	2013/06/10
		JP 6317541 B2	2018/04/25
		KR 10-1852322 B1	2018/04/27
		US 2013-0166235 A1	2013/06/27
		US 9316697 B2	2016/04/19
US 2015-0377978 A1	2015/12/31	CN 105026944 A	2015/11/04
		EP 2952921 A1	2015/12/09
		EP 2952921 A4	2016/06/22
		JP 6479650 B2	2019/03/06
		JP W02014-136593 A1	2017/02/09
		WO 2014-136593 A1	2014/09/12