

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국



(10) 국제공개번호

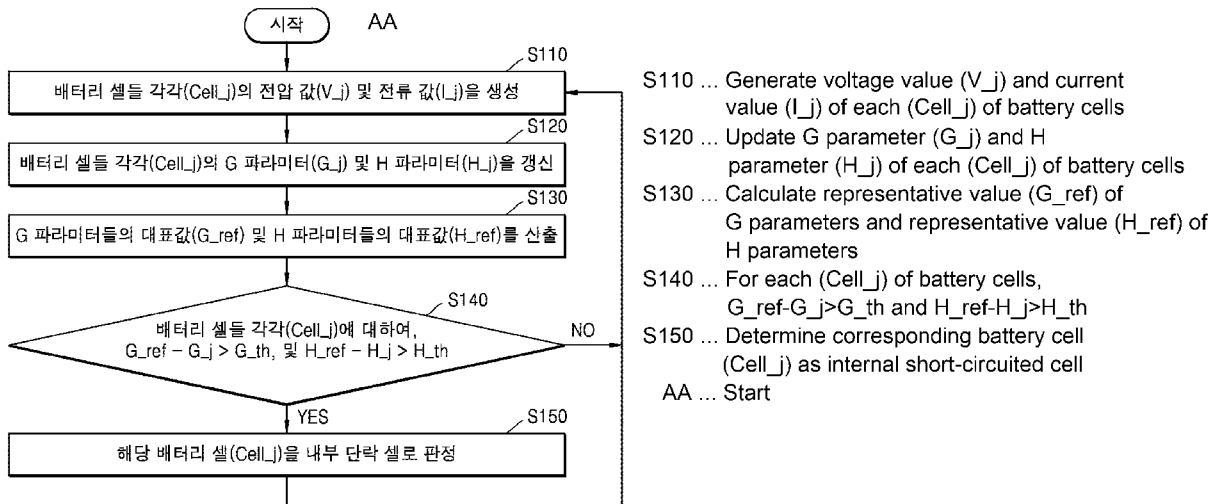
WO 2020/262787 A1

2020년 12월 30일 (30.12.2020) WIPO | PCT

- (51) 국제특허분류: **G01R 31/396** (2019.01) **G01R 31/389** (2019.01)  
**G01R 31/36** (2006.01) **G01R 31/382** (2019.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2020/001647
- (22) 국제출원일: 2020년 2월 5일 (05.02.2020)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2019-0075224 2019년 6월 24일 (24.06.2019) KR
- (71) 출원인: 삼성에스디아이주식회사 (SAMSUNG SDI CO., LTD.) [KR/KR]; 17084 경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20, Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 김제익 (KIM, Jake); 17084 경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20, Gyeonggi-do (KR). 황용준 (HWANG, Yong Jun); 17084 경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20, Gyeonggi-do (KR). 김기현 (KIM, Gi Heon); 17084 경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20, Gyeonggi-do (KR). 라야판크리스토버 (RAYAPPAN, Christofer); 17084 경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20, Gyeonggi-do (KR). 백승욱 (PAEK, Sung Wook); 17084 경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20, Gyeonggi-do (KR). 임병희 (LIM, Byeong Hui); 17084 경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20, Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 리엔목특허법인 (Y.P.LEE, MOCK & PARTNERS); 06292 서울시 강남구 언주로 30길 13 대림아크로텔 12층, 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,

(54) Title: METHOD FOR DETECTING INTERNAL SHORT-CIRCUITED CELL

(54) 발명의 명칭: 내부 단락 셀 검출 방법



(57) Abstract: A method for detecting an internal short-circuited cell according to various embodiments comprises the steps of: periodically generating voltage values and current values of respective multiple battery cells which are electrically connected to each other between a first and a second terminal and being used; updating, in real time, a G parameter value and an H parameter value obtained by digitizing respective G parameter and H parameter which indicate current states of the respective battery cells, from the voltage values and the current values of the respective battery cells by using an adaptive filter; calculating a G parameter representative value and an H parameter representative value which represent the G parameter value and the H parameter value of the battery cells, respectively; and determining whether an internal short circuit has occurred in each of the battery cells, on the basis of the G parameter value, the H parameter value, the G parameter representative value, and the H parameter representative value of each of the battery cells. The G parameter is a parameter indicating a sensitivity of voltage for a change in current of the battery cell, and the H parameter is a parameter indicating an effective potential determined by a resistance distribution and a distribution of a local equilibrium potential within the battery cell.

(57) 요약서: 다양한 실시예들에 따른 내부 단락 셀 검출 방법은 제1 및 제2 단자들 사이에 서로 전기적으로 연결되어 사용



WO 2020/262787 A1

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,  
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

중인 복수의 배터리 셀들 각각의 전압 값과 전류 값을 주기적으로 생성하는 단계, 적응형 필터를 이용하여 상기 배터리 셀들 각각의 전압 값과 전류 값으로부터 상기 배터리 셀들 각각의 현재 상태를 나타내는 G 파라미터와 H 파라미터 각각을 수치화한 G 파라미터 값과 H 파라미터 값을 실시간으로 갱신하는 단계, 상기 배터리 셀들의 G 파라미터 값과 H 파라미터 값을 각각 대표하는 G 파라미터 대표값과 H 파라미터 대표값을 산출하는 단계, 및 상기 배터리 셀들 각각의 G 파라미터 값, H 파라미터 값, G 파라미터 대표값, 및 H 파라미터 대표값에 기초하여, 상기 배터리 셀들 각각에 내부 단락이 발생하였는지의 여부를 판정하는 단계를 포함한다. 상기 G 파라미터는 상기 배터리 셀의 전류 변화에 대한 전압의 민감도를 나타내는 파라미터이고, 상기 H 파라미터는 상기 배터리 셀 내의 국부 평형전위 산포와 저항 분포에 의해 결정되는 유효 전위를 나타내는 파라미터이다.

# 명세서

## 발명의 명칭: 내부 단락 셀 검출 방법

### 기술분야

- [1] 본 발명은 사용 중인 배터리 셀들 중에서 내부 단락이 발생한 배터리 셀을 정확하고 신속하게 검출하는 방법에 관한 것이다.

### 배경기술

- [2] 배터리는 다른 에너지 저장 장치와 비교해서 적용 용이성이 높고, 상대적으로 높은 에너지, 전력 밀도 등의 특성으로 인하여 휴대용 기기뿐만 아니라 전기적 구동원에 의하여 구동하는 전기 차량(EV, Electric Vehicle) 또는 하이브리드 차량(HEV, Hybrid Electric Vehicle) 등에 광범위하게 적용되고 있다. 특히 강한 출력이 필요할 경우에는 복수의 배터리 셀을 직렬 및 병렬로 연결한 배터리 팩이 사용될 수도 있다.
- [3] 배터리 또는 배터리 팩으로 구동되는 전기장치를 에너지 효율적이고 안전하게 이용하려면 배터리 관리가 중요하며, 이를 위해서는 배터리 상태의 정확한 추정과 진단이 필수적이다. 특히 사용이 진행됨에 따라 배터리 셀의 양극과 음극 사이에 내부 단락이 발생할 수 있는데, 이를 신속하고 정확하게 검출하는 것은 배터리의 안정적인 사용을 위해 매우 중요하다.
- [4] 종래에는 주로 측정 가능한 변수(전류(I), 전압(V), 온도(T))와 추정하려는 내부 상태 간의 상관관계를 사전에 실험적으로 찾아낸 후 테이블 형태로 만들고 이를 사용하여 저항, 커패시턴스, 개방 회로 전압(Open Circuit Voltage, OCV)과 같은 배터리 내부 상태를 추정하였다. 내부 상태들은 여러 변수의 영향을 받기 때문에, 정확한 내부 상태 추정을 위해서는 배터리의 충전 상태(State of Charge; SOC), 전류(I), 전압(V), 온도(T) 등에 대해 다양한 조합을 구성하여 데이터를 수집해야 한다. 따라서 높은 정확도를 추구할수록 더 많은 데이터가 필요하고, 그에 따라 시간적, 금전적 비용 또한 상승하는 문제가 발생한다. 또한, 이러한 종래의 방법들은 배터리를 사용 중단해야 한다거나, 특정 조건 또는 환경을 맞추어야 한다거나, 센서 오차 또는 추정 오류가 누적되므로 정확도를 신뢰할 수 없다는 문제들이 존재한다.

### 발명의 상세한 설명

#### 기술적 과제

- [5] 본 발명이 해결하려는 과제는 종래의 방법들의 약점을 극복하여 사용 중인 배터리 셀들의 전압과 전류를 측정한 전압 값과 전류 값을 이용하여 배터리 셀들 각각의 내부 단락 발생 유무를 실시간으로 정확하게 추정하는 방법을 제공하는 것이다. 본 발명은 배터리 셀들의 내부 상태를 나타내는 G 파라미터와 H 파라미터를 이용하여, 배터리 셀들 중에서 내부 단락이 발생한 배터리 셀을 정확하고 신속하게 검출하는 방법을 제공한다. 본 발명은 배터리 관리

시스템(Battery Management System; BMS)에 탑재할 수 있는 내부 단락 셀(internal short-circuit cell) 검출 알고리즘을 제공한다.

### 과제 해결 수단

- [6] 본 발명의 일 측면에 따른 내부 단락 셀 검출 방법은 제1 및 제2 단자들 사이에 서로 전기적으로 연결되어 사용 중인 복수의 배터리 셀들 각각의 전압 및 전류를 감지하여, 상기 배터리 셀들 각각의 전압 값과 전류 값을 주기적으로 생성하는 단계, 적응형 필터를 이용하여 상기 배터리 셀들 각각의 상기 전압 값과 상기 전류 값으로부터 상기 배터리 셀들 각각의 현재 상태를 나타내는 G 파라미터와 H 파라미터 각각을 수치화한 G 파라미터 값과 H 파라미터 값을 실시간으로 갱신하는 단계, 상기 배터리 셀들의 상기 G 파라미터 값을 대표하는 G 파라미터 대표값을 산출하고, 상기 배터리 셀들의 상기 H 파라미터 값을 대표하는 H 파라미터 대표값을 산출하는 단계, 및 상기 배터리 셀들 각각의 상기 G 파라미터 값과 상기 H 파라미터 값, 상기 G 파라미터 대표값, 및 상기 H 파라미터 대표값에 기초하여, 상기 배터리 셀들 각각에 내부 단락이 발생하였는지의 여부를 판정하는 단계를 포함한다. 상기 G 파라미터는 상기 배터리 셀의 전류 변화에 대한 전압의 민감도를 나타내는 파라미터이고, 상기 H 파라미터는 상기 배터리 셀 내의 국부 평형전위 산포와 저항 분포에 의해 결정되는 유효 전위를 나타내는 파라미터이다.

### 발명의 효과

- [7] 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 내부 단락 셀 검출 방법은 비용, 확장성, 및 적응성 측면에서 종래의 방법들에 비해 크게 개선된 것이다. 특히 기존의 실험 모델과 같이 추정치에 기반한 추정 방법이 아니라, 직접 측정이 가능한 값들을 이용한 배터리 내부 상태 추정이므로 정확성 면에서도 종래의 방법들에 비해 우월하다. 뿐만 아니라 본 발명의 내부 단락 셀 검출 방법은 알고리즘의 형태로 배터리 관리 시스템(BMS)에 탑재될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [8] 도 1은 일 실시예에 따른 내부 단락 셀 검출 방법을 수행하기 위한 배터리 시스템의 개략적인 구성도를 도시한다.
- [9] 도 2은 일 실시예에 따른 내부 단락 셀 검출 방법의 순서도를 도시한다.
- [10] 도 3은 도 2의 내부 단락 셀 검출 방법의 일부 단계를 구체화한 순서도를 도시한다.
- [11] 도 4는 정상 배터리 셀들로 구성된 배터리 팩에서 측정 및 추정된 파라미터 값들을 도시한다.
- [12] 도 5는 도 4의 배터리 팩에서 1개의 정상 배터리 셀을 내부 단락 셀로 대체한 후에 측정 또는 추정한 결과를 도시한다.

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [13] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과

함께 상세하게 설명되는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 아래에서 제시되는 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있고, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 아래에 제시되는 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

- [14] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [15] 이하, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [16] 도 1은 일 실시예에 따른 내부 단락 셀 검출 방법을 수행하기 위한 배터리 시스템의 개략적인 구성도를 도시한다.
- [17] 도 1을 참조하면, 배터리 시스템(100)은 배터리(110), 전압 측정부(120), 전류 측정부(130), 마이크로프로세서(140) 및 저장부(150)를 포함할 수 있다.
- [18] 배터리(110)는 전력을 저장하는 부분으로서, 제1 단자(101)와 제2 단자(102) 사이에 서로 전기적으로 연결되는 복수의 배터리 셀(111)을 포함한다. 배터리 셀들(111)은 직렬로 연결되거나, 병렬로 연결되거나, 또는 직렬과 병렬의 조합으로 연결될 수 있다. 배터리 셀들(111) 각각은 동일한 크기의 용량을 갖고 동일한 크기의 전류를 방전 및 충전할 수 있다. 그러나, 실제로 배터리 셀들(111)의 내부 상태는 각각 다를 수 있다. 예를 들면, 배터리 셀들(111) 각각은 서로 다른 내부 저항과 기전력을 가질 수 있다. 배터리 셀들(111) 각각은 서로 다른 G 파라미터 값과 H 파라미터 값을 가질 수 있다.
- [19] 배터리 셀(111)은 충전가능한 이차 전지를 포함할 수 있다. 예컨대, 배터리 셀(111)은 니켈-카드뮴 전지(nickel-cadmium battery), 납 축전지, 니켈-수소 전지(NiMH: nickel metal hydride battery), 리튬-이온 전지(lithium ion battery), 리튬 폴리머 전지(lithium polymer battery) 등을 포함할 수 있다. 배터리(110)를 구성하는 배터리 셀들(111)의 개수는 배터리(110)에 요구되는 용량, 출력 전압 및

출력 전류에 따라서 결정될 수 있다.

- [20] 도 1에는 하나의 배터리(110)가 도시되지만, 복수의 배터리(110)가 병렬 및/또는 직렬로 접속될 수 있고, 제1 및 제2 단자(101, 102)를 통해 부하 및/또는 충전 장치에 연결될 수 있다. 도 1에 도시되지는 않았지만, 배터리(110)는 부하 및/또는 충전 장치에 연결되어 사용 중이다. 즉, 배터리(110)는 부하에 전류를 방전하고 있거나, 충전 장치로부터 전력을 충전하고 있을 수 있다.
- [21] 전압 측정부(120)는 사용 중인 배터리 셀들(111) 각각의 양 단자에 연결되어 배터리 셀들(111) 각각의 전압을 측정하여 배터리 셀들(111) 각각의 전압 값을 주기적으로 생성할 수 있다. 배터리 셀들(111)이 병렬로 연결되는 경우, 병렬로 연결된 배터리 셀들(111)은 동일한 전압을 가지므로, 전압 측정부(120)는 하나의 배터리 셀(111)의 전압만을 측정할 수 있다.
- [22] 전압 측정부(120)는 미리 설정된 시간 주기( $\Delta t$ )로 배터리 셀들(111) 각각의 전압을 측정할 수 있다. 시간 주기( $\Delta t$ )는 예컨대 1초일 수 있다. 시간 주기( $\Delta t$ )는 다른 시간, 예컨대, 0.1초, 0.5초, 2초, 5초, 또는 10초 등으로 설정될 수 있다. 시간 주기( $\Delta t$ )는 배터리 시스템(100)에 연결되는 전기 시스템에 따라 적절하게 설정될 수 있다.
- [23] 현재 또는 최근에 측정된 전압 값은 현재 전압 값으로 지칭되고,  $V(t)$ 로 표시한다. 시간 주기( $\Delta t$ ) 전에 측정된 전압 값은 직전 전압 값으로 지칭되고,  $V(t-1)$ 로 표시한다.
- [24] 배터리 셀들(111) 각각의 내부 상태에 따라 배터리 셀들(111) 각각의 전압 값은 서로 다를 수 있다. 제  $j$  배터리 셀(111)의 현재 전압 값과 직전 전압 값은 각각  $V_{-j}(t)$ 와  $V_{-j}(t-1)$ 로 표시한다. 여기서,  $j$ 는 배터리 셀(111)의 번호를 의미하며, 1 이상이고, 배터리(110)에 포함되는 배터리 셀(111)의 총 개수 이하일 수 있다.
- [25] 전류 측정부(130)는 사용 중인 배터리 셀들(111) 각각의 전류를 측정하여 배터리 셀들(111) 각각의 전류 값을 주기적으로 생성할 수 있다. 배터리 셀들(111)이 직렬로 연결되는 경우, 직렬로 연결된 배터리 셀들(111)은 모두 동일한 전류를 가지므로, 전류 측정부(130)는 하나의 배터리 셀(111)의 전류만을 측정할 수 있다.
- [26] 전압 측정부(120)와 전류 측정부(130)는 서로 동기화되어 동일한 시간에 배터리 셀들(111) 각각의 전압과 전류를 각각 측정할 수 있다. 전류 측정부(130)도 시간 주기( $\Delta t$ )로 배터리 셀(111) 각각의 전류를 측정할 수 있다. 전류 측정부(130)가 측정한 전류 값은 충전 전류일 때 양(+)으로 표시되고 방전 전류일 때 음(-)으로 표시될 수 있다. 현재 또는 최근에 측정된 전류 값을 현재 전류 값이라고 지칭하고  $I(t)$ 로 표시하며, 시간 주기( $\Delta t$ ) 전에 측정된 전류 값을 직전 전류 값이라고 지칭하고  $I(t-1)$ 로 표시한다.
- [27] 배터리 셀들(111) 각각의 내부 상태에 따라 배터리 셀들(111) 각각의 전류 값은 서로 다를 수 있다. 제  $j$  배터리 셀(111)의 현재 전류 값과 직전 전류 값은 각각  $I_{-j}(t)$ 와  $I_{-j}(t-1)$ 로 표시한다.

- [28] 마이크로프로세서(140)는 전압 측정부(120)가 제공하는 배터리 셀들(111) 각각의 전압 값, 및 전류 측정부(130)가 제공하는 배터리 셀들(111) 각각의 전류 값으로부터 배터리 셀들(111) 각각의 현재 상태를 나타내는 G 파라미터와 H 파라미터 각각을 수치화한 G 파라미터 값과 H 파라미터 값을 실시간으로 갱신할 수 있다. G 파라미터는 사용 중인 배터리 셀(111)의 전류 변화에 대한 전압의 민감도를 나타내는 파라미터이고, H 파라미터는 사용 중인 배터리 셀(110) 내의 국부 평형전위 산포와 저항 분포에 의해 결정되는 유효 전위를 나타내는 파라미터이다. 제j 배터리 셀(111)의 G 파라미터와 H 파라미터는 각각  $G_j$ 와  $H_j$ 로 표시한다.
- [29] 배터리 셀들(111) 각각의 G 파라미터 값과 H 파라미터 값은 적응형 필터를 이용하여 배터리 셀들(111) 각각의 전압 값과 전류 값으로부터 실시간으로 생성될 수 있다. 제j 배터리 셀(111)의 G 파라미터 값과 H 파라미터 값은 각각  $G_j(t)$ 와  $H_j(t)$ 로 표시한다.
- [30] 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111) 각각의 G 파라미터 값 및 H 파라미터 값을 생성하기 위해 적응형 필터를 이용할 수 있다. 적응형 필터는 재귀적 최소 자승법(recursive least squares; RLS)을 이용한 필터 또는 가중 최소 자승법(weighted least squares; WLS)을 이용한 필터일 수 있다. 아래에서 마이크로프로세서(140)가 재귀적 최소 자승법 필터(RLS filter)를 이용하는 실시예에 대하여 자세히 설명한다.
- [31] 마이크로프로세서(140)는 실시간으로 갱신되는 배터리 셀들(111) 각각의 G 파라미터 값 및 H 파라미터 값을 이용하여, 배터리 셀들(111) 중에서 내부 단락이 발생한 내부 단락 셀을 판별할 수 있다. 내부 단락 셀은 양극과 음극 간에 물리적인 직접 접촉이 발생한 배터리 셀을 의미한다. 고온 환경에 장시간 사용했다거나, 외부 충격이 발생한 경우에 배터리 셀에 내부 단락이 발생할 수 있다. 내부 단락은 진행형으로 발생할 수도 있고, 외부 환경에 따라 배터리 셀에 내부 단락이 발생하였다가 사라질 수도 있다. 본 명세서에서 내부 단락이 발생한 배터리 셀을 내부 단락 셀 또는 내부 단락 배터리 셀로 지칭한다.
- [32] 일 실시예에 따르면, 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111) 각각의 G 파라미터 값으로부터 G 파라미터 대표값을 산출할 수 있다. G 파라미터 대표값은 G 파라미터들을 대표할 수 있는 값으로 결정될 수 있다. 예를 들면, G 파라미터 대표값은 G 파라미터 값들의 평균값이거나 중간값일 수 있다.
- [33] 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111) 각각의 H 파라미터 값으로부터 H 파라미터 대표값을 산출할 수 있다. H 파라미터 대표값은 H 파라미터들을 대표할 수 있는 값으로 결정될 수 있다. 예를 들면, H 파라미터 대표값은 H 파라미터 값들의 평균값이거나 중간값일 수 있다.
- [34] 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111) 각각의 G 파라미터 값, 배터리 셀들(111) 각각의 H 파라미터 값, G 파라미터 대표값 및 H 파라미터 대표값을 이용하여, 배터리 셀들(111) 각각에 내부 단락이 발생하였는지의 여부를 판정할

수 있다.

- [35] 마이크로프로세서(140)는 내부 단락 셀을 검출하는데 사칙 연산 정도의 간단한 연산만을 사용하기 때문에, 배터리 팩의 배터리 관리 시스템(BMS) 내에 포함될 수 있다. 다른 예에 따르면, 본 실시예에 따른 내부 단락 셀 검출 방법은 전기 자동차의 배터리 관리 시스템(BMS) 내의 마이크로컨트롤러 또는 ECU(Electronic Control Unit)에 의해 수행될 수 있다. 또 다른 예에 따르면, 본 실시예에 따른 내부 단락 셀 검출 방법은 에너지 저장 시스템의 통합 컨트롤러에 의해 수행될 수 있다. 또 다른 예에 따르면, 본 실시예에 따른 내부 단락 셀 검출 방법은 배터리 시스템 또는 에너지 저장 시스템과 통신으로 연결되는 서버의 프로세서에 의해 수행될 수 있다.
- [36] 저장부(150)는 마이크로프로세서(140)가 본 실시예에 따른 내부 단락 셀 검출 방법을 수행하기 위해 필요한 명령어 및 데이터를 저장할 수 있다. 본 실시예에 따르면, 시간 주기( $\Delta t$ )마다 생성되는 배터리 셀들(111) 각각의 전압 값과 전류 값을 기초로 배터리 셀들(111) 각각의 G 파라미터 값 및 H 파라미터 값을 생성하고, 배터리 셀들(111) 각각의 G 파라미터 값 및 H 파라미터 값을 기초로 내부 단락 셀이 검출되므로, 저장부(150)에는 배터리 셀들(111) 각각의 현재 전압 값, 현재 전류 값, 및 직전 전류 값이 저장되고, 그 외에 다른 전압 및 전류 데이터를 저장부(150)에 저장하지 않을 수 있다. 즉, 저장부(150)에 많은 양의 전압 및 전류 데이터가 저장될 필요가 없다.
- [37] 본 실시예의 내부 단락 셀 검출 방법에 따르면, 저장부(150)에는 배터리 셀들(111) 각각의 G 파라미터와 H 파라미터로 이루어진 상태벡터의 직전 값과 현재 값, 및 재귀적 최소 자승법의 연산에 필요한 공분산행렬의 직전 값과 현재 값이 저장될 수 있다. 저장부(150)에는 G 파라미터 대표값과 H 파라미터 대표값이 저장될 수 있다. 저장부(150)에는 많은 양의 명령어 및 데이터가 저장될 필요가 없기 때문에, 작은 크기의 메모리로 구현될 수 있다. 예를 들면, 저장부(150)는 마이크로프로세서(140) 내의 메모리로 구현될 수 있다.
- [38] 현재 배터리의 상태를 나타내는 중요 추정 값으로는 배터리 충전 상태(SOC), 배터리 건강 상태(State of Health; SOH), 배터리 출력 능력 상태(State of Power capability; SOP) 등이 있다. 종래의 배터리 내부 상태 추정 방법은 주로 측정 가능한 변수(전류(I), 전압(V), 온도(T))와 추정하려는 내부 상태 간의 상관관계를 사전에 실험적으로 찾아낸 후 테이블 형태로 만들고, 이를 사용하여 배터리 셀의 내부 저항, 내부 커패시턴스, 개방 회로 전압(OCV)와 같은 배터리 내부 상태를 추정한다. 이러한 배터리 상태 추정 방법들은 크게 비용, 확장성(scalability), 적응성(adaptability) 측면에서 약점을 가지고 있다.
- [39] 종래의 배터리 내부 상태 추정 방법에 따르면, 사전에 실험을 통해 데이터를 수집해야 하고, 수집한 데이터를 기초로 배터리 내부 상태들이 추정된다. 내부 상태들은 여러 가지 변수의 영향을 받기 때문에 정확한 내부 상태 추정을 위해서는 배터리의 충전 상태(SOC), 전류(I), 전압(V), 온도(T) 등에 대해 다양한

조합을 구성하여 데이터를 수집해야 한다. 따라서 높은 정확도를 추구할수록 더 많은 데이터가 필요하게 되고 이에 따라 시간적, 금전적 비용 또한 상승하는 문제가 발생한다. 뿐만 아니라 실험에서 측정된 변수들의 범위를 초과하는 값에 대해 외삽(extrapolation)하여 내부 상태를 추정해야 하는데, 이 경우 추정치의 신뢰성이 문제가 될 수 있다. 또한 실험을 통해 추정한 내부 상태가 정확하지 않으면, 추정한 내부 상태의 활용도가 떨어진다. 상관관계를 사전에 실험적으로 찾아내어 상태 변수 추정에 이용하는 방법도 이와 유사한 문제점을 가진다.

[40] 배터리 팩의 상태 정보를 추출하기 위해서는 배터리 팩에 대한 실험 데이터가 필요하다. 그러나 배터리 팩 데이터를 수집하는 데에 높은 비용이 들기 때문에, 일반적으로 배터리 셀에서 측정된 데이터를 대신 사용하여 배터리 팩의 상태 정보를 추정한다. 그러나 이러한 방식은 배터리 셀에서 측정된 변수들 간의 관계가 배터리 팩과 같은 더 큰 시스템으로 확장가능한 메커니즘(*scalable mechanism*)이라는 전제에 기초한다. 따라서 추가적인 검증을 진행하여 시스템 간 메커니즘의 확장성을 미리 입증하지 않는다면 이러한 방법으로 추정한 배터리 팩의 상태 정보는 신뢰도가 의심을 받을 수 있을 뿐만 아니라 정확도에도 문제가 있을 수 있다.

[41] 종래의 내부 상태 추정은 적응성(*adaptability*)도 떨어진다. 배터리는 시간이 지남에 따라 그 특성이 달라진다. 이를 시효(*aging*) 효과라고 하는데, 배터리의 전압(V), 전류(I), 온도(T)와 같은 측정 가능한 변수와 내부 상태 간의 상관관계도 시간에 따라 변화하게 된다. 그러나 사전에 실험을 통해 측정 가능한 변수와 추정하려는 내부 상태 간의 상관관계를 나타내는 테이블을 완성하면, 시효 효과를 반영하기 힘들다. 시효 효과를 반영하기 위해서는 사전에 시효 효과에 대한 수많은 실험을 진행하거나 해당 시효 효과를 예측하여 실험 모델에 미리 반영해 두어야 한다. 그러나 전자는 비용 상승의 문제가 있고, 후자는 시효 효과를 사전에 정확하게 예측해 내지 못하면 상태 추정치의 신뢰도가 떨어지는 위험성을 갖고 있다. 시간뿐만 아니라 배터리 셀의 설계 변경 또한 배터리 셀 특성에 변화를 초래할 수 있다. 그러나 실험 모델에 이러한 변화를 미리 예측하여 반영해 두지 않으면, 사후에 배터리 셀 제작에 사용된 활물질이나 형상 등 설계 변경이 생길 경우 기존 실험 모델을 사용할 수가 없게 된다.

[42] 실험 모델 외에도 배터리 내의 전기화학적 현상과 열적 거동을 고려한 전기화학 모델(e.g., Newman's model)을 사용하여 배터리 내부 상태를 추정할 수도 있다. 이러한 모델을 사용하게 되면 직접 측정이 힘든 물리적인 상태(*physical states*)를 배터리 관리 시스템의 제어 인자(*control parameter*)로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이러한 모델은 개발하는 시간 및 비용이 과도하게 필요할 뿐만 아니라, 계산에 필요한 자원이 지나치게 크다는 단점이 있어 배터리 관리 시스템에서는 크게 활용되지 않는다.

[43] 본 발명은 종래 방법의 문제점을 극복하기 위하여 배터리 셀의 현재 상태를 나타내는 파라미터들인 G 파라미터와 H 파라미터를 이용하여 정상 배터리 셀과

내부 단락 셀을 구분하는 방법을 제시한다. 본 발명에 따른 내부 단락 셀 검출 방법은 배터리 관리 시스템(BMS)에서 실행될 수 있을 정도로 비교적 간단하게 구현될 수 있으며 부가적인 운전 조건 없이도 높은 정확도를 가질 수 있다.

- [44] G 파라미터는 사용 중인 배터리 셀에 인가되는 전류 변화에 대한 배터리 셀의 단자 전압의 민감도를 나타내는 상태량이며, 저항의 단위를 갖는다. H 파라미터는 사용 중 배터리 셀 내의 국부 평형전위 산포와 저항 분포에 의해 결정되는 유효 전위이다. 배터리 셀의 G 파라미터와 H 파라미터는 이론 모델을 이용하여 배터리 소재 물성과 설계 변수들의 명시적 상관식으로 정량화할 수 있다. 아래에서 배터리 셀의 G 파라미터와 H 파라미터에 대하여 설명한다.
- [45] 배터리 셀에서 전압(V)과 전류(i)가  $V=f(i; x, p)$ 와 같은 관계를 갖는다고 가정할 수 있다. 여기서, x는 배터리 셀의 내부 상태를 나타내는 물리량이고, p는 파라미터이다.
- [46] 함수(f)는 비선형 음함수(nonlinear implicit function)로서, 만약 함수(f)를 빠르게 변화하는 양(g)와 천천히 변화하는 양(h)으로 분리할 수 있다면, 위의 관계식은  $V=g(i; x, p) + h(i; x, p)$ 와 같이 표현할 수 있다.
- [47] 만약 전류(i)에 대하여 천천히 변하는  $G(i; x, p) = dg/di$  라는 함수가 존재한다고 가정하면, 위의 관계식은  $V=G(i; x, p)i + H(i; x, p)$ 와 같이 표현될 수 있다.
- [48] 위의 관계식에서  $dG/di$ 와  $dH/di$ 는 매우 작은 값을 갖는다. 다시 말해, 전술한 가정들이 만족되면, G와 H가 전류(i)에 대하여 느리게 변하는 함수이므로, 전압(V)과 전류(i)의 비선형적 관계를 나타내는 함수(f)는 위의 관계식과 같이 준선형 관계로 표현될 수 있다.
- [49] 여기서, G는 G 파라미터로 지칭되며, H는 H 파라미터로 지칭된다. 전류(i)가 충전 전류이고,  $U_{eq}$ 가 배터리 셀의 평형 전위라 하면, 방전 과전압은 G 파라미터(G)와 H 파라미터(H)를 이용하여  $U_{eq} - V = -G \cdot i + (U_{eq} - H)$ 와 같이 표현될 수 있다.
- [50] 여기서,  $-G \cdot i$ 는 배터리 셀이 단자를 통해 전류를 흘리기 위해 발생하는 과전압이며, 반응 동역학적 분극량과 전자 및 이온 저항 분극량을 포함한다.  $(U_{eq} - H)$ 는 배터리 셀의 국부적인 열역학적 평형 상태가 전체 시스템의 평형 상태로부터 벗어나 있음으로 인해 발생하는 과전압이다. 즉,  $(U_{eq} - H)$ 는 배터리 셀 내부의 열역학적 불균일로 인해 발생하는 비효율을 나타내며, 배터리 셀의 내부 시스템이 열역학적인 평형 상태에 다다르게 되면 H 파라미터(H)는 평형 전위( $U_{eq}$ )와 같게 된다.
- [51] 본 발명의 실시예들에 따른 내부 단락 셀 검출 방법은 예컨대 재귀적 최소 자승법을 이용하여 배터리 셀들 각각으로부터 측정된 전압 값과 전류 값으로부터 직접적으로 배터리 셀들 각각의 G 파라미터(G)와 H 파라미터(H)를 추출하고, 배터리 셀들 각각의 G 파라미터(G)와 H 파라미터(H)를 이용하여 내부 단락 셀을 검출하는 것이다.
- [52] 도 2은 일 실시예에 따른 내부 단락 셀 검출 방법의 순서도를 도시한다.

- [53] 도 1과 함께 도 2를 참조하면, 마이크로프로세서(140)는 적응형 필터를 이용하여 도 2에 도시된 내부 단락 셀 검출 방법을 수행할 수 있다.
- [54] 마이크로프로세서(140)는 전압 측정부(120)와 전류 측정부(130)를 이용하여 제1 및 제2 단자들(101, 102) 사이에 서로 전기적으로 연결되어 사용 중인 복수의 배터리 셀들(111) 각각의 전압 및 전류를 감지할 수 있다. 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111) 각각의 전압 값(V)과 전류 값(I)을 주기적으로 생성할 수 있다(S110). 제j 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 전압 값(V\_j)와 전류 값(I\_j)이 생성될 수 있다. 제j 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)은 배터리(110) 내에 포함되는 배터리 셀들(111) 중 어느 하나의 배터리 셀을 지칭하며, j는 1 이상이고 배터리(110) 내에 포함되는 배터리 셀들(111)의 개수 이하일 수 있다.
- [55] 마이크로프로세서(140)는 메모리(150)에 저장된 적응형 필터를 이용하여 배터리 셀들 각각(예컨대, Cell\_j)의 전압 값(V\_j)과 전류 값(I\_j)으로부터 배터리 셀들 각각(예컨대, Cell\_j)의 현재 상태를 나타내는 G 파라미터와 H 파라미터 각각을 수치화한 G 파라미터 값(G\_j(t))과 H 파라미터 값(H\_j(t))을 실시간으로 갱신할 수 있다(S120). G 파라미터 값(G\_j(t))과 H 파라미터 값(H\_j(t))을 실시간으로 갱신하는 단계(S120)는 아래에서 더욱 자세하게 설명한다.
- [56] 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111)의 G 파라미터 값(G(t))을 대표하는 G 파라미터 대표값(G\_ref)을 산출하고, 배터리 셀들(111)의 H 파라미터 값(H(t))을 대표하는 H 파라미터 대표값(H\_ref)을 산출할 수 있다(S130). 일 예에 따르면, G 파라미터 대표값(G\_ref)은 G 파라미터 값들(G(t))의 평균값이고, H 파라미터 대표값(H\_ref)은 H 파라미터 값들(H(t))의 평균값일 수 있다. 다른 예에 따르면, G 파라미터 대표값(G\_ref)은 G 파라미터 값들(G(t))의 중간값이고, H 파라미터 대표값(H\_ref)은 H 파라미터 값들(H(t))의 중간값일 수 있다.
- [57] 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들 각각(예컨대, Cell\_j)의 G 파라미터 값(G\_j(t))과 H 파라미터 값(H\_j(t)), G 파라미터 대표값(G\_ref), 및 H 파라미터 대표값(H\_ref)에 기초하여, 배터리 셀들 각각(예컨대, Cell\_j)이 내부 단락 셀인지의 여부를 판정할 수 있다. 예를 들면, 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들 각각(예컨대, Cell\_j)에 대하여, G 파라미터 대표값(G\_ref)에서 각 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 G 파라미터 값(G\_j(t))을 감산하여 각 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 G 파라미터 편차값(G\_ref-G\_j(t))을 산출하고, H 파라미터 대표값(H\_ref)에서 각 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 H 파라미터 값(H\_j(t))을 감산하여 각 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 H 파라미터 편차값(H\_ref-H\_j(t))을 산출할 수 있다. 마이크로프로세서(140)는 각 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 G 파라미터 편차값(G\_ref-G\_j(t))이 미리 설정된 G 파라미터 설정값(G\_th)보다 크고, 각 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 H 파라미터 편차값(H\_ref-H\_j(t))이 미리 설정된 H 파라미터 설정값(H\_th)보다 큰 지의 여부를 판단할 수 있다(S140).
- [58] 마이크로프로세서(140)는 각 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 G 파라미터

편차값( $G_{ref}-G_j(t)$ )이  $G$  파라미터 설정값( $G_{th}$ )보다 크고, 각 배터리 셀(예컨대,  $Cell_j$ )의  $H$  파라미터 편차값( $H_{ref}-H_j(t)$ )이  $H$  파라미터 설정값( $H_{th}$ )보다 큰 경우, 해당 배터리 셀(예컨대,  $Cell_j$ )을 내부 단락 셀로 판정할 수 있다(S150). 예를 들면,  $G$  파라미터 설정값( $G_{th}$ )은 약 0.1로 미리 설정될 수 있고,  $H$  파라미터 설정값( $H_{th}$ )은 약 0.01로 미리 설정될 수 있다. 그러나, 이러한 수치들은 예시적이며,  $G$  파라미터 설정값( $G_{th}$ )과  $H$  파라미터 설정값( $H_{th}$ )은 배터리 셀들(111)의 특성에 따라 다른 값들로 설정될 수 있다.

- [59] 만약 배터리 셀(예컨대,  $Cell_j$ )의  $G$  파라미터 값( $G_j(t)$ )과  $H$  파라미터 값( $H_j(t)$ )이 단계(S140)의 조건을 만족하지 않는 경우, 마이크로프로세서(140)는 다른 배터리 셀(예컨대,  $Cell_k$ )에 대해서도 단계(S140)의 조건을 만족하는지의 여부를 판단하여 배터리 셀( $Cell_k$ )이 내부 단락 셀인지의 여부를 판정할 수 있다. 이러한 방식으로 마이크로프로세서(140)는 배터리(110) 내의 모든 배터리 셀들(111) 각각에 내부 단락이 발생하였는지의 여부를 판정할 수 있다.
- [60] 만약 모든 배터리 셀(111)이 단계(S140)의 조건을 만족하지 않는 경우, 마이크로프로세서(140)는 단계(S110)로 진행할 수 있다. 마이크로프로세서(140)는 미리 설정된 시간 주기( $\Delta t$ ) 후에 단계들(S110-S140)을 반복함으로써, 배터리 셀들(111) 각각에 내부 단락이 발생하였는지의 여부를 신속하고 정확하게 판단할 수 있다.
- [61] 일 실시예에 따르면, 마이크로프로세서(140)는 메모리(150)에 저장된 재귀적 최소 자승법 필터(RLS filter)를 이용하여 도 2의 단계들을 수행할 수 있다.
- [62] 도 3은 도 2의 내부 단락 셀 검출 방법의 단계들(S110-S120)를 구체화한 순서도를 도시한다.
- [63] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 마이크로프로세서(140)가 재귀적 최소 자승법 필터를 이용하는 경우, 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111) 각각의 상태벡터( $\Theta=[G; H]$ )와 공분산행렬( $P$ )을 초기화할 수 있다(S101). 본 실시예에 따르면, 제  $j$  배터리 셀( $Cell_j$ )에 대응하는 상태벡터( $\Theta_j=[G_j; H_j]$ )와 공분산행렬( $P_j$ )이 존재할 수 있다. 단계(S101)에서 마이크로프로세서(140)는 제  $j$  배터리 셀(예컨대,  $Cell_j$ )의 상태벡터( $\Theta_j=[G_j; H_j]$ )와 공분산행렬( $P_j$ )을 초기화할 수 있다.
- [64] 도 2의 단계(S110)는 도 3의 단계들(S111, S112, S113)을 포함할 수 있다. 단계(S111)에서 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111) 각각의 현재 전압 값( $V(t)$ )과 현재 전류 값( $I(t)$ )을 생성할 수 있다. 시간 주기( $\Delta t$ ) 전에 생성된 배터리 셀들(111) 각각의 현재 전압 값( $V(t)$ )과 현재 전류 값( $I(t)$ )은 배터리 셀들(111) 각각의 직전 전압 값( $V(t-1)$ )과 직전 전류 값( $I(t-1)$ )이다. 예를 들면, 마이크로프로세서(140)는 제  $j$  배터리 셀(예컨대,  $Cell_j$ )의 직전 전압 값( $V_j(t-1)$ )과 직전 전류 값( $I_j(t-1)$ )을 생성하고, 시간 주기( $\Delta t$ ) 후에 제  $j$  배터리 셀(예컨대,  $Cell_j$ )의 현재 전압 값( $V_j(t)$ )과 현재 전류 값( $I_j(t)$ )을 생성한다.
- [65] 단계(S112)에서 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111) 각각에 대하여

현재 전류 값(I(t))과 직전 전류 값(I(t-1))의 전류차( $\Delta I$ )를 산출할 수 있다. 예를 들면, 제j 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)에 대하여, 현재 전류 값(I\_j(t))과 직전 전류 값(I\_j(t-1))의 전류차( $\Delta I_j$ )를 산출할 수 있다.

- [66] 단계(S113)에서 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111) 각각의 전류차( $\Delta I$ )를 미리 설정된 범위와 비교할 수 있다. 미리 설정된 범위는 하한값( $\Delta I_{min}$ )과 상한값( $\Delta I_{max}$ )을 이용하여 정의될 수 있다. 예를 들면, 마이크로프로세서(140)는 제j 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 전류차( $\Delta I_j$ )가 하한값( $\Delta I_{min}$ )과 상한값( $\Delta I_{max}$ ) 사이에 존재하는지의 여부를 판단할 수 있다.
- [67] 제j 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 전류차( $\Delta I_j$ )가 하한값( $\Delta I_{min}$ )과 상한값( $\Delta I_{max}$ ) 사이에 존재하는 경우, 단계(S121)에서 제j 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 상태벡터( $\Theta_j$ )와 공분산행렬( $P_j$ )이 갱신될 수 있다. 제j 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 상태벡터( $\Theta_j$ )는 제j 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 G 파라미터 값( $G_j(t)$ )과 H 파라미터 값( $H_j(t)$ )으로 이루어지며, 단계(S121)에서 상태벡터( $\Theta_j$ )가 갱신될 때, G 파라미터 값( $G_j(t)$ )과 H 파라미터 값( $H_j(t)$ )도 갱신된다(S120).
- [68] 이후, 마이크로프로세서(140)는 도 2의 단계(S130)를 수행할 수 있다.
- [69] 본 실시예에 따르면, 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ ) 및 공분산행렬( $P(t)$ )이 사용된다. 아래에서는 배터리 셀들(111) 중 어느 하나의 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)의 G 파라미터 값( $G_j(t)$ )과 H 파라미터 값( $H_j(t)$ )을 실시간으로 갱신하는 방법을 설명한다. 다른 배터리 셀(예컨대, Cell\_j)에 대해서도 동일한 방법으로 G 파라미터 값( $G_k(t)$ )과 H 파라미터 값( $H_k(t)$ )이 계산되므로, 배터리 셀들(111)을 각각 식별하기 번호(예컨대, j 또는 k)를 생략한다.
- [70] 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )는 G 파라미터( $\hat{G}(t)$ ) 및 H 파라미터( $\hat{H}(t)$ )로 이루어지며,  

$$\hat{\Theta}(t) = \begin{bmatrix} \hat{G}(t) \\ \hat{H}(t) \end{bmatrix}$$
와 같이 정의될 수 있다.
- [71] 공분산행렬( $P(t)$ )은 제1 값( $P_1(t)$ )과 제2 값( $P_2(t)$ )로 이루어지며,  

$$P(t) = \begin{bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \end{bmatrix}$$
와 같이 정의될 수 있다.
- [72] 배터리 셀(111)의 전압 값(V(t)) 및 전류 값(I(t))이 시간 주기( $\Delta t$ )마다 생성되며, 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ ) 및 공분산행렬( $P(t)$ )도 재귀적 방법에 의하여 시간 주기( $\Delta t$ )마다 갱신된다. G 파라미터( $\hat{G}(t)$ ) 및 H 파라미터( $\hat{H}(t)$ )도 역시 시간 주기( $\Delta t$ )마다 갱신된다.
- [73] 마이크로프로세서(140)는 단계(S101)에서 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ ) 및 공분산행렬( $P(t)$ )를 초기화할 수 있다. 예를 들면, 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )는  

$$\hat{\Theta}(0) = \begin{bmatrix} \hat{G}(0) \\ \hat{H}(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$
와 같이 초기화되고, 공분산행렬( $P(t)$ )은

$P(0) = \begin{bmatrix} P_1(0) \\ P_2(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ 와 같이 초기화될 수 있다. 본 예에서, 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )의

원소들과 공분산행렬( $P(t)$ )의 원소들이 모두 1로 초기화되었지만, 이는 예시적이며 다른 값으로 초기화될 수 있다.

[74] 마이크로프로세서(140)는 전압 측정부(120) 및 전류 측정부(130)를 이용하여 배터리 셀들(111) 각각의 전압 및 전류를 측정하여, 배터리 셀들(111) 각각의 전압 값 및 전류 값을 주기적으로 예컨대 시간 주기( $\Delta t$ )마다 생성할 수 있다(S120). 마이크로프로세서(140)는 배터리 셀들(111) 각각의 직전 전압 값( $V(t-1)$ )과 직전 전류 값( $I(t-1)$ )을 생성하고, 시간 주기( $\Delta t$ ) 후에 배터리 셀들(111) 각각의 현재 전압 값( $V(t)$ )과 현재 전류 값( $I(t)$ )을 생성할 수 있다.

[75] 마이크로프로세서(140)는 재귀적 최소 자승법을 이용하여 시간 주기( $\Delta t$ )마다 생성되는 현재 전압 값( $V(t)$ )과 현재 전류 값( $I(t)$ )을 이용하여 G 파라미터( $\hat{G}(t)$ ) 및 H 파라미터( $\hat{H}(t)$ )를 시간 주기( $\Delta t$ )마다 갱신할 수 있다.

[76] 마이크로프로세서(140)는 현재 전류 값( $I(t)$ )과 상태벡터의 직전 값( $\hat{\Theta}(t-1)$ )에 기초하여 배터리 셀(111)의 현재 전압 추정치( $\hat{V}(t)$ )를 산출할 수 있다. 상태벡터의 직전 값( $\hat{\Theta}(t-1)$ )은 시간 주기( $\Delta t$ ) 전에 직전 전압 값( $V(t-1)$ ) 및 직전 전류 값( $I(t-1)$ )을 기초로 산출되며, G 파라미터의 직전 값( $\hat{G}(t-1)$ )과 H 파라미터의 직전 값( $\hat{H}(t-1)$ )으로 이루어진다. 배터리 셀(111)의 현재 전압 추정치( $\hat{V}(t)$ )는 현재 전류 값( $I(t)$ )과 G 파라미터의 직전 값( $\hat{G}(t-1)$ )의 곱에 H 파라미터의 직전 값( $\hat{H}(t-1)$ )을 가산한 값으로,

$\hat{V}(t) = I(t)\hat{G}(t-1) + \hat{H}(t-1)$ 와 같이 산출될 수 있다.

[77] 마이크로프로세서(140)는 현재 전류 값( $I(t)$ )과 공분산행렬의 직전 값( $P(t-1)$ )에 기초하여 이득행렬( $L(t)$ )을 갱신할 수 있다. 공분산행렬의 직전 값( $P(t-1)$ )은 시간 주기( $\Delta t$ ) 전에 직전 전압 값( $V(t-1)$ ) 및 직전 전류 값( $I(t-1)$ )을 기초로 산출되며, 공분산행렬( $P(t)$ )의 정의에 따라 공분산행렬의 제1 직전 값( $P_1(t-1)$ )과 공분산행렬의 제2 직전 값( $P_2(t-1)$ )으로 이루어진다. 이득행렬( $L(t)$ )은 배터리 셀들(111)에 각각 대응하여 존재한다.

[78] 이득행렬( $L(t)$ )은 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )와 공분산행렬( $P(t)$ )을 갱신할 때 사용된다. 이득행렬( $L(t)$ )은 이득행렬의 제1 값( $L_1(t)$ )과 이득행렬의 제2 값( $L_2(t)$ )으로 이루어지며, 다음과 같이 산출될 수 있다.

$$[79] \quad L(t) = \begin{bmatrix} L_1(t) \\ L_2(t) \end{bmatrix} \\ = \frac{1}{1 + P_1(t-1)I(t)^2/\lambda_1 + P_2(t-1)/\lambda_2} \begin{bmatrix} P_1(t-1)I(t)/\lambda_1 \\ P_2(t-1)/\lambda_2 \end{bmatrix}$$

[80] 여기서,  $\lambda_1$ 는 제1 망각 팩터(forgetting factor)로서, G 파라미터와 관련된다.  $\lambda_2$ 는 제2 망각 팩터로서, H 파라미터와 관련된다. 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )와 제2 망각

팩터( $\lambda_2$ )는 각각 G 파라미터( $\hat{G}(t)$ ) 및 H 파라미터( $\hat{H}(t)$ )를 산출함에 있어서, 과거의 전압 값 및 전류 값이 G 파라미터의 현재 값( $\hat{G}(t)$ )과 H 파라미터의 현재 값( $\hat{H}(t)$ )에 끼치는 영향을 표시한 값들이다. 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )와 제2 망각 팩터( $\lambda_2$ )는 1에 가까울수록 오랜 시간 동안 G 파라미터의 현재 값( $\hat{G}(t)$ )과 H 파라미터의 현재 값( $\hat{H}(t)$ )에 끼치는 영향을 주고, 0에 가까울수록 짧은 시간 동안만 영향을 준다.

- [81] 일 예에 따르면, 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )와 제2 망각 팩터( $\lambda_2$ )는 0.9 이상 1 이하일 수 있다. 다른 예에 따르면, 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )는 제2 망각 팩터( $\lambda_2$ )보다 크거나 같은 값으로 설정될 수 있다. 예컨대, 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )는 0.99999로 설정되고, 제2 망각 팩터( $\lambda_2$ )는 0.95로 설정될 수 있다. 이러한 설정 값은 배터리 셀(111)의 특성에 따라 달라질 수 있다.
- [82] 본 발명의 발명자들은 특정 배터리 셀에 대해 수행한 실험에서 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )와 제2 망각 팩터( $\lambda_2$ )가 각각 0.99999와 0.95일 때 높은 신뢰도의 결과가 도출되었음을 발견하였다. 그러나, 위의 수치는 예시적이며, 배터리 셀(111)의 특성에 따라 다른 값들로 설정될 수도 있다. 예를 들면, 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )는 0.9999로 설정되고, 제2 망각 팩터( $\lambda_2$ )는 0.98로 설정될 수도 있다.
- [83] 다른 예에서, 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )와 제2 망각 팩터( $\lambda_2$ )는 모두 1로 설정될 수도 있다. 이 경우, 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )와 제2 망각 팩터( $\lambda_2$ )가 적용되지 않은 것으로 볼 수 있다.
- [84] 마이크로프로세서(140)는 현재 전류 값( $I(t)$ ), 이득행렬( $L(t)$ ) 및 공분산행렬의 직전 값( $P(t-1)$ )에 기초하여 공분산행렬( $P(t)$ )을 갱신할 수 있다. 공분산행렬( $P(t)$ )은 다음과 같이 산출될 수 있다.
- [85] 
$$P(t) = \begin{bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{1 - L_1(t)\} P_1(t-1) / \lambda_1 \\ \{1 - L_2(t)\} P_2(t-1) / \lambda_2 \end{bmatrix}$$
- [86] 마이크로프로세서(140)는 현재 전압 값( $V(t)$ )과 앞에서 산출한 현재 전압 추정치( $\hat{V}(t)$ ) 사이의 전압 오차( $e(t)$ )를  $e(t) = V(t) - \hat{V}(t)$  같이 산출할 수 있다.
- [87] 마이크로프로세서(140)는 상태벡터의 직전 값( $\hat{\Theta}(t-1)$ ), 이득행렬의 현재 값( $L(t)$ ) 및 전압 오차( $e(t)$ )에 기초하여 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )를 갱신할 수 있다. 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )가 갱신됨으로써, G 파라미터의 현재 값( $\hat{G}(t)$ ) 및 H 파라미터의 현재 값( $\hat{H}(t)$ )이 생성된다.
- [88] 상태벡터의 현재 값( $\hat{\Theta}(t)$ )은 상태벡터의 직전 값( $\hat{\Theta}(t-1)$ )에 이득행렬의 현재 값( $L(t)$ )과 전압 오차( $e(t)$ )의 곱을 가산한 값으로 아래와 같이 산출될 수 있다.
- [89] 
$$\hat{\Theta}(t) = \begin{bmatrix} \hat{G}(t) \\ \hat{H}(t) \end{bmatrix} = \hat{\Theta}(t-1) + L(t) \times e(t)$$
- [90] 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )를 재귀적으로 표현하는 위의 수식은 다음과 같이 도출될 수

있다.

[91] 우선, 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )와 제2 망각 팩터( $\lambda_2$ )가 적용된 손실 함수(loss-function,  $\epsilon$ )는 다음과 같이 정의된다.

$$[92] \quad \begin{aligned} & \epsilon(\hat{G}(t), \hat{H}(t), t) \\ &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^t \lambda_1^{t-i} \{V(i) - I(i) \hat{G}(t) - H(i)\}^2 \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^t \lambda_2^{t-i} \{V(i) - I(i) G(i) - \hat{H}(t)\}^2 \end{aligned}$$

[93] 여기서,  $V(i)$ 는  $i$ 번째 전압 값이고,  $I(i)$ 는  $i$ 번째 전류 값이다.  $V(t)$ 와  $I(t)$ 는 각각 현재 전압 값과 현재 전류 값이고,  $V(t-1)$ 와  $I(t-1)$ 는 각각 직전 전압 값과 직전 전류 값이다.

[94]  $G(i)$ 와  $H(i)$ 는 각각  $i$ 번째  $G$  파라미터와  $H$  파라미터의 실제 값이고,  $\hat{G}(t)$ 와  $\hat{H}(t)$ 는 각각  $G$  파라미터의 현재 값 추정치와  $H$  파라미터의 현재 값 추정치를 의미한다.

[95] 손실 함수( $\epsilon$ )를  $\hat{G}(t)$ 와  $\hat{H}(t)$ 에 대하여 각각 미분한 결과가 0이 될 때,  $\hat{G}(t)$ 와  $\hat{H}(t)$ 에 대하여 손실 함수( $\epsilon$ )가 최소가 된다.

[96] 손실 함수( $\epsilon$ )를  $\hat{G}(t)$ 에 대하여 각각 미분한 결과가 0이 되는  $\hat{G}(t)$ 를 구해보면 다음과 같다.

$$[97] \quad \begin{aligned} & \frac{\partial \epsilon}{\partial \hat{G}(t)} = 0 \\ & \sum_{i=1}^t \lambda_1^{t-i} (-I(i)) \{V(i) - I(i) \hat{G}(t) - H(i)\} = 0 \end{aligned}$$

[98] 위 수식을 정리하면,  $\hat{G}(t)$ 는 다음과 같다.

$$[99] \quad \hat{G}(t) = \frac{\sum_{i=1}^t \lambda_1^{t-i} \{V(i) - H(i)\}}{\sum_{i=1}^t \lambda_1^{t-i} I(i)^2}$$

[100] 손실 함수( $\epsilon$ )를  $\hat{H}(t)$ 에 대하여 각각 미분한 결과가 0이 되는  $\hat{H}(t)$ 를 구해보면 다음과 같다.

$$[101] \quad \begin{aligned} & \frac{\partial \epsilon}{\partial \hat{H}(t)} = 0 \\ & \sum_{i=1}^t \lambda_2^{t-i} (-1) \{V(i) - I(i) G(i) - \hat{H}(t)\} = 0 \end{aligned}$$

[102] 위 수식을 정리하면,  $\hat{H}(t)$ 는 다음과 같다.

[103]

$$\hat{H}(t) = \frac{\sum_{i=1}^t \lambda_2^{t-i} \{V(i) - I(i)G(i)\}}{\sum_{i=1}^t \lambda_2^{t-i}}$$

[104] 실시시간 추정을 위하여, 위에서 구한  $\hat{G}(t)$ 와  $\hat{H}(t)$ 를 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )를 이용하여 재귀적인 형태로 정리하면 다음과 같다.

$$[105] \quad \hat{\Theta}(t) = \begin{bmatrix} \hat{G}(t) \\ \hat{H}(t) \end{bmatrix} = \hat{\Theta}(t-1) + L(t) \times (V(t) - I(t)\hat{G}(t-1) - \hat{H}(t-1))$$

[106] 현재 전압 추정치( $\hat{V}(t)$ )는  $\hat{V}(t) = I(t)\hat{G}(t-1) + \hat{H}(t-1)$ 로 정의되고, 전압 오차( $e(t)$ )는  $e(t) = V(t) - \hat{V}(t)$ 로 정의되므로, 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )는 전술한 바와 같이 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$[107] \quad \hat{\Theta}(t) = \begin{bmatrix} \hat{G}(t) \\ \hat{H}(t) \end{bmatrix} = \hat{\Theta}(t-1) + L(t) \times e(t)$$

[108] 여기서, 이득행렬( $L(t)$ )와 공분산행렬( $P(t)$ )은 각각 전술한 바와 같이 아래와 같이 산출된다.

$$[109] \quad L(t) = \begin{bmatrix} L_1(t) \\ L_2(t) \end{bmatrix} = \frac{1}{1 + P_1(t-1)I(t)^2/\lambda_1 + P_2(t-1)/\lambda_2} \begin{bmatrix} P_1(t-1)I(t)/\lambda_1 \\ P_2(t-1)/\lambda_2 \end{bmatrix}$$

$$[110] \quad P(t) = \begin{bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{1 - L_1(t)I(t)\}P_1(t-1)/\lambda_1 \\ \{1 - L_2(t)\}P_2(t-1)/\lambda_2 \end{bmatrix}$$

[111] 본 실시예의 내부 단락 셀 검출 방법은 재귀적 방법을 이용하므로, 저장부(150)에는 현재 전압 값( $V(t)$ ), 현재 전류 값( $I(t)$ ), 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ ), 및 공분산행렬( $P(t)$ ) 정도만 저장될 수 있다. 다른 예에 따르면, 저장부(150)에는 제1 망각 팩터( $\lambda_1$ )와 제2 망각 팩터( $\lambda_2$ )가 더 저장될 수 있다. 게다가, 연산이 매우 간단할 뿐만 아니라, 수 kB 수준의 작은 크기의 저장부(150)로도 연산이 가능하다. 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )와 공분산행렬( $P(t)$ )이 주기적으로 갱신되므로, 배터리 셀들(111) 각각의 전압 및 전류 변동이 실시시간으로 G 파라미터( $\hat{G}(t)$ )와 H 파라미터( $\hat{H}(t)$ )에 반영될 수 있다.

[112] 마이크로프로세서(140)는 시간 주기( $\Delta t$ )마다 단계들(S120-S150)을 반복적으로 수행할 수 있다. 배터리 셀들(111) 중에서 내부 단락 셀이 발생하면, 마이크로프로세서(140)는 실시시간으로 이를 검출할 수 있다.

[113] 도 3의 실시예에 따르면, G 파라미터( $\hat{G}(t)$ )와 H 파라미터( $\hat{H}(t)$ )가 시간 주기( $\Delta t$ )마다 갱신되지 않을 수 있다.

[114] 전술한 바와 같이, 마이크로프로세서(140)는 전류차( $\Delta I$ )를 하한값( $\Delta I_{min}$ )과 상한값( $\Delta I_{max}$ )으로 정의되는 소정 범위와 비교하여, 전류차( $\Delta I$ )가 소정 범위에 포함되는지의 여부를 판단할 수 있다(S113). 하한값( $\Delta I_{min}$ )과 상한값( $\Delta I_{max}$ )은

배터리 시스템(100)의 충방전 전류 패턴에 따라 설정될 수 있다. 하한값( $\Delta I_{min}$ )과 상한값( $\Delta I_{max}$ )은 배터리 시스템(100)의 충방전율을 기준으로 설정될 수 있다. 예컨대, 하한값( $\Delta I_{min}$ )은  $0.2C$ 로 설정되고 상한값( $\Delta I_{max}$ )은  $1C$ 로 설정될 수 있다.

- [115] 전류차( $\Delta I$ )가 너무 작거나 너무 클 경우, 재귀적 방법으로 인하여 전압 값과 전류 값의 센싱 오차가  $G$  파라미터( $\hat{G}(t)$ )와  $H$  파라미터( $\hat{H}(t)$ )에 큰 편차를 야기한다. 전류차( $\Delta I$ )가 소정 범위 내에 포함되는 경우, 단계(S121)으로 진행하여 현재 전압 값( $V(t)$ )과 현재 전류 값( $I(t)$ )을 기초로 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )와 공분산행렬( $P(t)$ )이 갱신될 수 있다. 그러나, 전류차( $\Delta I$ )가 소정 범위를 벗어나는 경우, 단계(S111)으로 진행하여 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )와 공분산행렬( $P(t)$ )이 갱신되지 않을 수 있다. 즉, 전류차( $\Delta I$ )가 소정 범위를 벗어나는 경우, 현재 전압 값( $V(t)$ )과 현재 전류 값( $I(t)$ )은 상태벡터( $\hat{\Theta}(t)$ )와 공분산행렬( $P(t)$ )에 영향을 끼치지 않는다.
- [116] 전류차( $\Delta I$ )가 소정 범위 내에 포함되는 경우에만  $G$  파라미터( $\hat{G}(t)$ )와  $H$  파라미터( $\hat{H}(t)$ )를 갱신함으로써,  $G$  파라미터( $\hat{G}(t)$ )와  $H$  파라미터( $\hat{H}(t)$ )의 신뢰도가 높게 유지될 수 있다.
- [117] 정상 배터리 셀과 내부 단락 셀의 파라미터들을 측정 또는 추정된 결과를 도 4 및 도 5를 참조로 아래에서 설명한다.
- [118] 도 4는 정상 배터리 셀들로 구성된 배터리 팩에서 측정한 배터리 팩 전류(a)와 배터리 팩 전압(b), 그리고 이 배터리 팩에 대해 추정된  $G$  파라미터 값(c)과  $H$  파라미터 값(d)을 도시한다.
- [119] 도 4의 그래프들(a-d)은 20Ah의 에너지 저장 장치(Energy Storage System; ESS)의 전류/전압 실사용 운전 패턴 데이터를 이용한 것이다. 4개 배터리 셀이 직렬로 연결된 구조이며, 시간 주기( $\Delta t$ )는 1초이었다. 정상 배터리 셀에 흐르는 전류는 배터리 팩 전류와 동일하다. 도 4의 그래프들(a-d)은 시간(초)에 따른 특정 파라미터 값의 변화를 나타낸다.
- [120] 도 5는 도 4의 배터리 팩에서 1개의 정상 배터리 셀을 내부 단락 셀로 대체한 후에 측정 또는 추정된 결과를 도시한다.
- [121] 그래프(e)는 정상 배터리 셀과 내부 단락 셀의 배터리 셀 전압을 나타내고, 그래프(f)는 배터리 셀의 충전 상태(SOC)를 나타낸다. 그래프(g)는 정상 배터리 셀과 내부 단락 셀의  $G$  파라미터 값을 나타내고, 그래프(h)는 정상 배터리 셀과 내부 단락 셀의  $H$  파라미터 값을 나타낸다.
- [122] 그래프(g)에 도시된 바와 같이, 내부 단락 셀의  $G$  파라미터 값은 정상 배터리 셀의  $G$  파라미터 값보다 작다. 또한, 그래프(h)에 도시된 바와 같이, 내부 단락 셀의  $H$  파라미터 값은 정상 배터리 셀의  $H$  파라미터 값보다 작다. 즉, 내부 단락 셀의 경우,  $G$  파라미터 값과  $H$  파라미터 값이 모두 정상 배터리 셀의 값들에 비해 작게 추정된다. 따라서,  $G$  파라미터 값과  $H$  파라미터 값을 기초로 내부 단락 셀의

여부를 판정하는 본 실시예의 방법은 신뢰성을 가질 수 있다.

[123] 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 또는 이로부터 등가적으로 변경된 모든 범위는 본 발명의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

[124]

## 청구범위

- [청구항 1] 제1 및 제2 단자들 사이에 서로 전기적으로 연결되어 사용 중인 복수의 배터리 셀들 각각의 전압 및 전류를 감지하여, 상기 배터리 셀들 각각의 전압 값과 전류 값을 주기적으로 생성하는 단계;  
적응형 필터를 이용하여 상기 배터리 셀들 각각의 상기 전압 값과 상기 전류 값으로부터 상기 배터리 셀들 각각의 현재 상태를 나타내는 G 파라미터와 H 파라미터 각각을 수치화한 G 파라미터 값과 H 파라미터 값을 실시간으로 갱신하는 단계;  
상기 배터리 셀들의 상기 G 파라미터 값을 대표하는 G 파라미터 대표값을 산출하고, 상기 배터리 셀들의 상기 H 파라미터 값을 대표하는 H 파라미터 대표값을 산출하는 단계; 및  
상기 배터리 셀들 각각의 상기 G 파라미터 값과 상기 H 파라미터 값, 상기 G 파라미터 대표값, 및 상기 H 파라미터 대표값에 기초하여, 상기 배터리 셀들 각각에 내부 단락이 발생하였는지의 여부를 판정하는 단계를 포함하고,  
상기 G 파라미터는 상기 배터리 셀의 전류 변화에 대한 전압의 민감도를 나타내는 파라미터이고,  
상기 H 파라미터는 상기 배터리 셀 내의 국부 평형전위 산포와 저항 분포에 의해 결정되는 유효 전위를 나타내는 파라미터인 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,  
상기 배터리 셀들 각각에 내부 단락이 발생하였는지의 여부를 판정하는 단계는,  
상기 배터리 셀들 중 하나인 제1 배터리 셀을 선택하는 단계;  
상기 G 파라미터 대표값에서 상기 제1 배터리 셀의 G 파라미터 값을 감산하여 상기 제1 배터리 셀의 G 파라미터 편차값을 산출하는 단계;  
상기 H 파라미터 대표값에서 상기 제1 배터리 셀의 H 파라미터 값을 감산하여 상기 제1 배터리 셀의 H 파라미터 편차값을 산출하는 단계;  
상기 제1 배터리 셀의 상기 G 파라미터 편차값이 미리 설정된 G 파라미터 설정값보다 크고, 상기 제1 배터리 셀의 상기 H 파라미터 편차값이 미리 설정된 H 파라미터 설정값보다 큰 경우, 상기 제1 배터리 셀을 내부 단락 셀로 판정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.
- [청구항 3] 제1 항에 있어서,  
상기 G 파라미터 대표값은 상기 배터리 셀들의 상기 G 파라미터 값들의 평균값이고, 상기 H 파라미터 대표값은 상기 배터리 셀들의 상기 H 파라미터 값들의 평균값인 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.

- [청구항 4] 제1 항에 있어서,  
상기 G 파라미터 대표값은 상기 배터리 셀들의 상기 G 파라미터 값들의 중간값이고, 상기 H 파라미터 대표값은 상기 배터리 셀들의 상기 H 파라미터 값들의 중간값인 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.
- [청구항 5] 제1 항에 있어서,  
상기 적응형 필터는 재귀적 최소 자승법(recursive least squares; RLS)을 이용한 필터인 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.
- [청구항 6] 제5 항에 있어서,  
상기 배터리 셀들에 각각 대응하는 복수의 상태벡터와 복수의 공분산행렬을 초기화하는 단계를 더 포함하고,  
상기 복수의 상태벡터 각각은 상기 배터리 셀들 중에서 대응하는 배터리 셀의 상기 G 파라미터 값과 상기 H 파라미터 값으로 이루어지는 것을 특징으로 내부 단락 셀 검출 방법.
- [청구항 7] 제6 항에 있어서,  
상기 배터리 셀들 각각의 전압 값과 전류 값을 주기적으로 생성하는 단계는,  
상기 배터리 셀들 중 하나인 제1 배터리 셀을 선택하는 단계;  
상기 제1 배터리 셀의 직전 전압 값과 직전 전류 값을 생성하는 단계; 및  
미리 설정된 시간 주기(time period) 후에 상기 제1 배터리 셀의 현재 전압 값과 현재 전류 값을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.
- [청구항 8] 제7 항에 있어서,  
상기 제1 배터리 셀의 상기 현재 전류 값과 상기 제1 배터리 셀의 상기 직전 전류 값 간에 상기 제1 배터리 셀의 전류차를 산출하는 단계; 및  
상기 제1 배터리 셀의 상기 전류차를 미리 설정된 범위와 비교하는 단계를 더 포함하고,  
상기 제1 배터리 셀의 상기 전류차가 상기 미리 설정된 범위 내에 포함되는 경우에만, 상기 제1 배터리 셀의 상기 현재 전압 값과 상기 현재 전류 값을 이용하여 상기 제1 배터리 셀의 상기 G 파라미터 값과 상기 H 파라미터 값을 갱신하는 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.
- [청구항 9] 제7 항에 있어서,  
상기 배터리 셀들 각각의 상기 G 파라미터 값과 상기 H 파라미터 값을 실시간으로 갱신하는 단계는,  
상기 제1 배터리 셀의 상기 현재 전류 값과 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 상태벡터의 직전 값에 기초하여, 상기 제1 배터리 셀의 현재 전압 추정치를 산출하는 단계;  
상기 제1 배터리 셀의 상기 현재 전류 값과 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 공분산행렬의 직전 값에 기초하여, 상기 제1 배터리 셀에

대응하는 이득행렬과 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 공분산행렬을 갱신하는 단계;

상기 제1 배터리 셀의 상기 현재 전압 값과 상기 제1 배터리 셀의 상기 현재 전압 추정치 간에 상기 제1 배터리 셀의 전압 오차를 산출하는 단계; 및

상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 상태벡터의 직전 값, 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 이득행렬의 현재 값, 및 상기 제1 배터리 셀의 상기 전압 오차에 기초하여, 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 상태벡터를 갱신함으로써, 상기 제1 배터리 셀의 상기 G 파라미터의 현재 값 및 상기 제1 배터리 셀의 상기 H 파라미터의 현재 값을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.

[청구항 10]

제9 항에 있어서,

상기 제1 배터리 셀의 상기 현재 전압 추정치는 상기 제1 배터리 셀의 상기 현재 전류 값과 상기 제1 배터리 셀의 상기 G 파라미터의 직전 값의 곱에 상기 제1 배터리 셀의 상기 H 파라미터의 직전 값을 가산한 값으로 산출되는 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.

[청구항 11]

제9 항에 있어서,

상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 상태벡터의 현재 값은 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 상태벡터의 직전 값에 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 이득행렬의 현재 값과 상기 제1 배터리 셀의 상기 전압 오차의 곱을 가산한 값으로 산출되는 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.

[청구항 12]

제9 항에 있어서,

상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 이득행렬과 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 공분산행렬을 갱신할 때, 상기 제1 배터리 셀의 상기 G 파라미터와 관련되는 제1 망각 팩터(forgetting factor), 및 상기 제1 배터리 셀의 상기 H 파라미터와 관련되는 제2 망각 팩터가 적용되는 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.

[청구항 13]

제12 항에 있어서,

상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 이득행렬은 아래의 수식에 따라 산출되고,

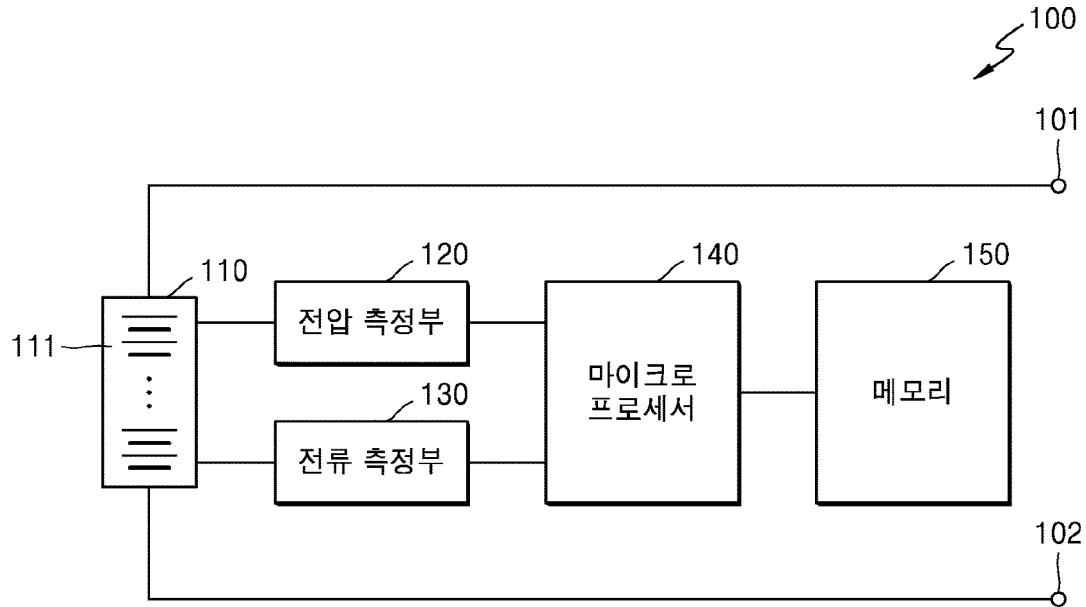
$$L(t) = \begin{bmatrix} L_1(t) \\ L_2(t) \end{bmatrix} \\ = \frac{1}{1 + P_1(t-1)I(t)^2/\lambda_1 + P_2(t-1)/\lambda_2} \begin{bmatrix} P_1(t-1)I(t)/\lambda_1 \\ P_2(t-1)/\lambda_2 \end{bmatrix}$$

상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 공분산행렬은 아래의 수식에 따라 산출되고,

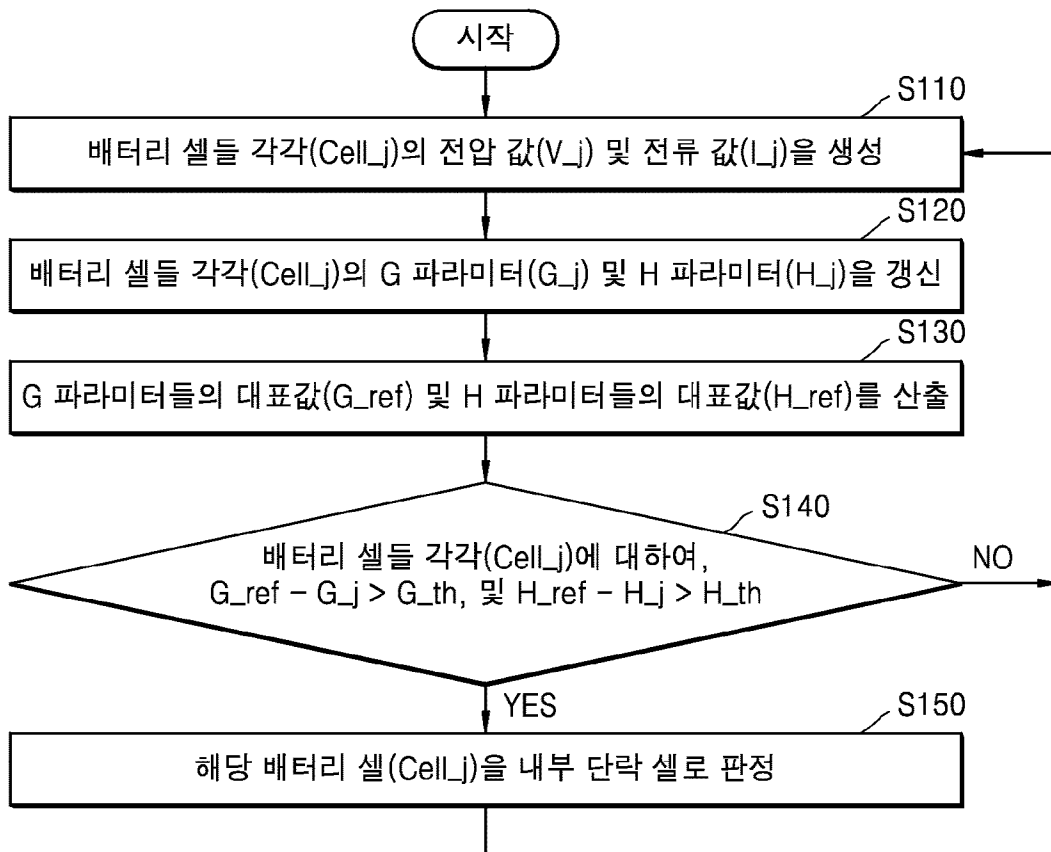
$$P(t) = \begin{bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{1 - L_1(t)I(t)\}P_1(t-1)/\lambda_1 \\ \{1 - L_2(t)\}P_2(t-1)/\lambda_2 \end{bmatrix}$$

여기서,  $L(t)$ 는 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 이득행렬의 현재 값이고,  $L(t-1)$ 는 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 이득행렬의 직전 값이고,  $P(t)$ 는 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 공분산행렬의 현재 값이고,  $P(t-1)$ 는 상기 제1 배터리 셀에 대응하는 상기 공분산행렬의 직전 값이고,  $I(t)$ 는 상기 제1 배터리 셀의 상기 현재 전류값이고,  $\lambda_1$ 은 상기 제1 망각 팩터이고,  $\lambda_2$ 는 상기 제2 망각 팩터인 것을 특징으로 하는 내부 단락 셀 검출 방법.

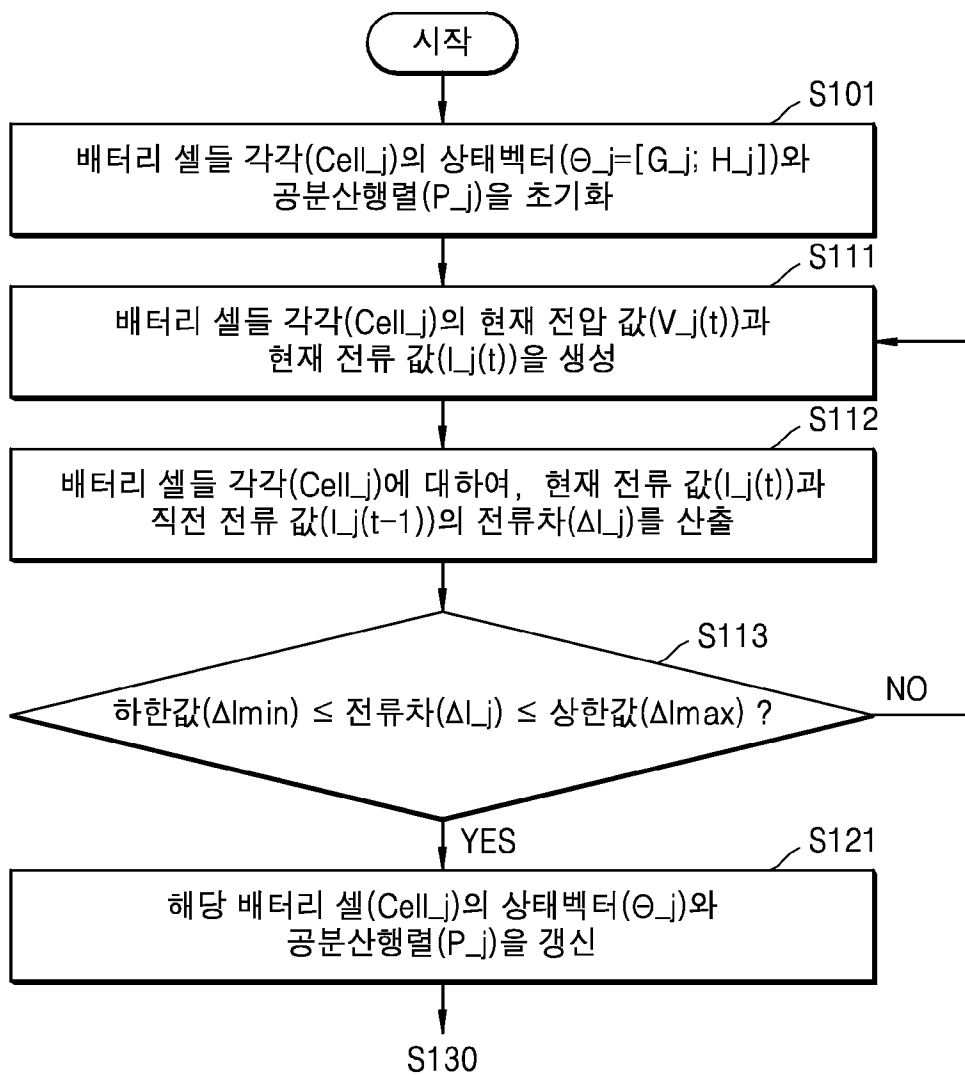
[도1]



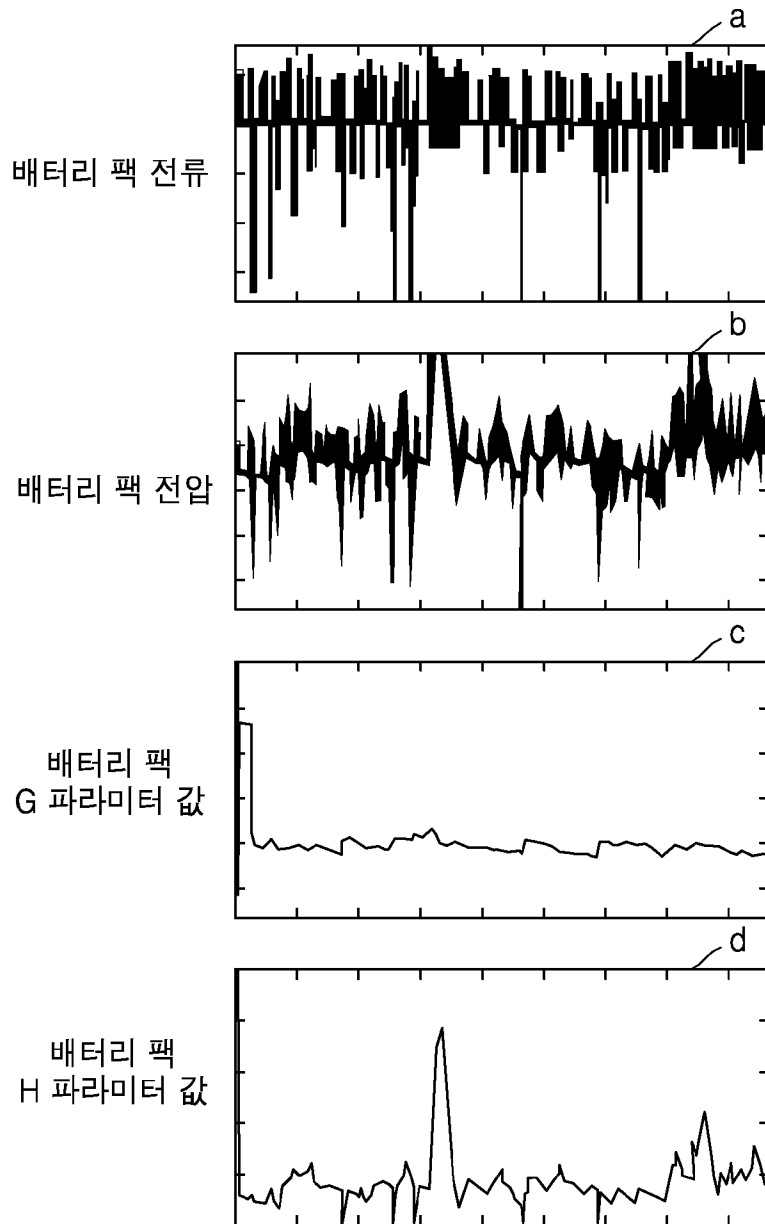
[도2]



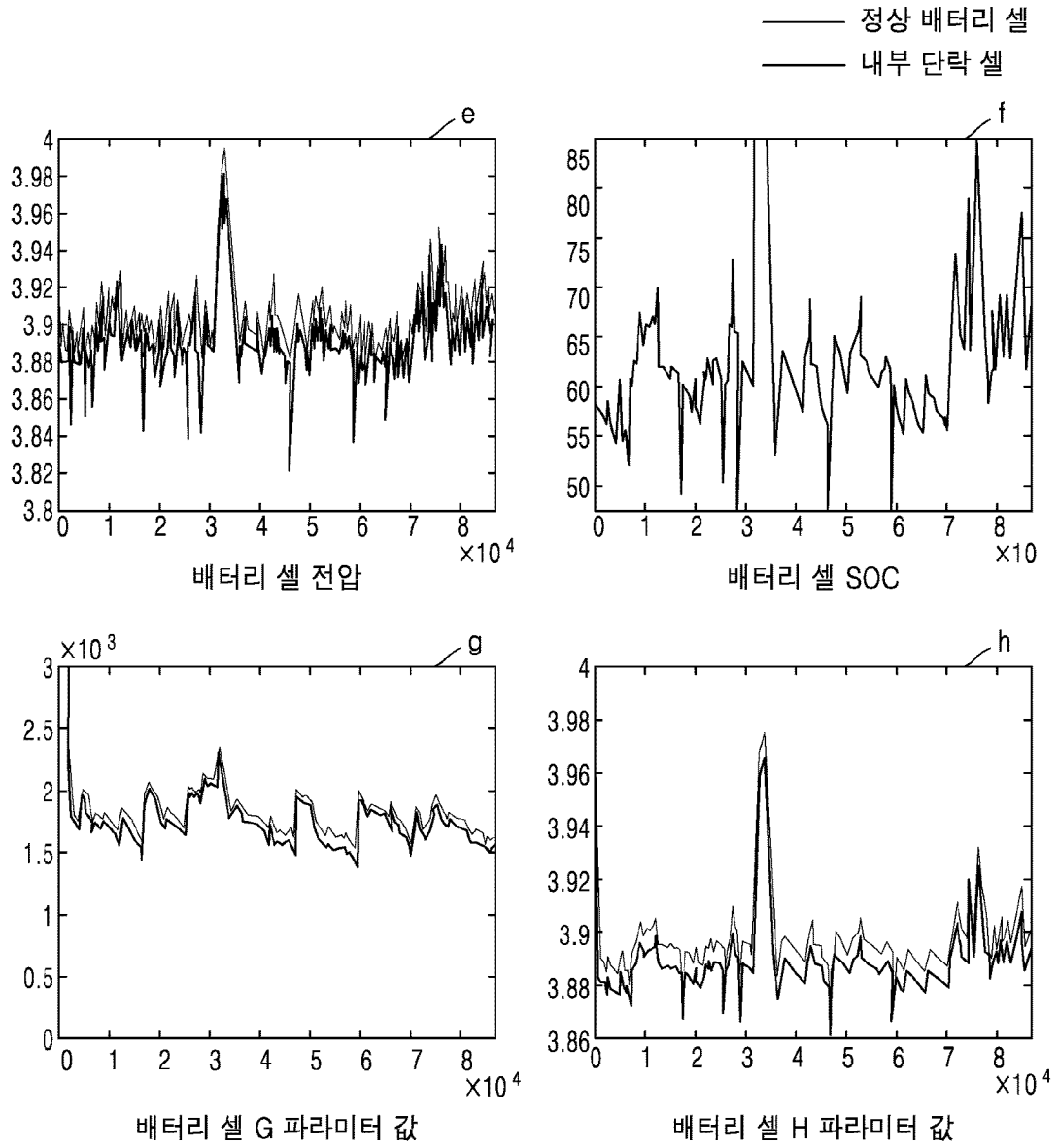
[도3]



[도4]



[도5]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/001647

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*G01R 31/396(2019.01)i, G01R 31/36(2006.01)i, G01R 31/389(2019.01)i, G01R 31/382(2019.01)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 31/396; G01R 31/36; H01M 10/44; H01M 10/48; H02H 7/20; H02J 7/00; H02J 7/04; G01R 31/389; G01R 31/382

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) &amp; Keywords: battery, parameter, short, representative value, real time

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-153436 A (FUJITSU ACCESS LTD.) 23 May 2003 See paragraphs [0054]-[0055], [0061]-[0062]; claim 1; and figure 1.	1-13
A	KR 10-2018-0095703 A (ROBERT BOSCH GMBH.) 27 August 2018 See claims 1-2; and figures 1-3.	1-13
A	US 2011-0199054 A1 (BURCHARDT, Trygve et al.) 18 August 2011 See paragraphs [0089]-[0096]; and figures 4A-4B.	1-13
A	KR 10-2014-0106436 A (FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION) 03 September 2014 See claims 1-7; and figure 1.	1-13
A	KR 10-2017-0022758 A (LG CHEM, LTD.) 02 March 2017 See paragraphs [0058]-[0088]; and figure 2.	1-13



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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 MAY 2020 (19.05.2020)

Date of mailing of the international search report

19 MAY 2020 (19.05.2020)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office  
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsa-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/KR2020/001647**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2003-153436 A	23/05/2003	None	
KR 10-2018-0095703 A	27/08/2018	CN 108701879 A	23/10/2018
		DE 112017000274 T5	28/02/2019
		US 10243385 B2	26/03/2019
		US 10491022 B2	26/11/2019
		US 2017-0222448 A1	03/08/2017
		US 2019-109465 A1	11/04/2019
		WO 2017-129527 A1	03/08/2017
US 2011-0199054 A1	18/08/2011	US 2011-0199055 A1	18/08/2011
		WO 2011-098916 A2	18/08/2011
		WO 2011-098916 A3	07/09/2012
KR 10-2014-0106436 A	03/09/2014	CN 104007390 A	27/08/2014
		CN 104007390 B	20/03/2018
		CN 204269785 U	15/04/2015
		US 2014-0244193 A1	28/08/2014
		US 2014-0244225 A1	28/08/2014
KR 10-2017-0022758 A	02/03/2017	CN 107408827 A	28/11/2017
		EP 3252918 A1	06/12/2017
		EP 3252918 A4	13/06/2018
		EP 3252918 B1	02/10/2019
		JP 2018-523891 A	23/08/2018
		JP 6454817 B2	16/01/2019
		KR 10-1925002 B1	04/12/2018
		US 10333180 B2	25/06/2019
		US 2018-0069272 A1	08/03/2018
		WO 2017-034275 A1	02/03/2017

<b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b> <b>G01R 31/396(2019.01)i, G01R 31/36(2006.01)i, G01R 31/389(2019.01)i, G01R 31/382(2019.01)i</b>		
<b>B. 조사된 분야</b> 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G01R 31/396; G01R 31/36; H01M 10/44; H01M 10/48; H02H 7/20; H02J 7/00; H02J 7/04; G01R 31/389; G01R 31/382 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(Battery), 파라미터(parameter), 단락(short), 대표값(representative value), 실시간(real time)		
<b>C. 관련 문헌</b>		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2003-153436 A (FUJITSU ACCESS LTD.) 2003.05.23 단락 [0054]-[0055], [0061]-[0062]; 청구항 1; 및 도면 1 참조.	1-13
A	KR 10-2018-0095703 A (로베르트 보쉬 게엠베하) 2018.08.27 청구항 1-2; 및 도면 1-3 참조.	1-13
A	US 2011-0199054 A1 (TRYGVE BURCHARDT 등) 2011.08.18 단락 [0089]-[0096]; 및 도면 4A-4B 참조.	1-13
A	KR 10-2014-0106436 A (페어차일드 세미컨덕터 코퍼레이션) 2014.09.03 청구항 1-7; 및 도면 1 참조.	1-13
A	KR 10-2017-0022758 A (주식회사 엘지화학) 2017.03.02 단락 [0058]-[0088]; 및 도면 2 참조.	1-13
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후 “X”에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2020년 05월 19일 (19.05.2020)	국제조사보고서 발송일 2020년 05월 19일 (19.05.2020)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 김연경 전화번호 +82-42-481-3325	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2003-153436 A	2003/05/23	없음	
KR 10-2018-0095703 A	2018/08/27	CN 108701879 A DE 112017000274 T5 US 10243385 B2 US 10491022 B2 US 2017-0222448 A1 US 2019-109465 A1 WO 2017-129527 A1	2018/10/23 2019/02/28 2019/03/26 2019/11/26 2017/08/03 2019/04/11 2017/08/03
US 2011-0199054 A1	2011/08/18	US 2011-0199055 A1 WO 2011-098916 A2 WO 2011-098916 A3	2011/08/18 2011/08/18 2012/09/07
KR 10-2014-0106436 A	2014/09/03	CN 104007390 A CN 104007390 B CN 204269785 U US 2014-0244193 A1 US 2014-0244225 A1	2014/08/27 2018/03/20 2015/04/15 2014/08/28 2014/08/28
KR 10-2017-0022758 A	2017/03/02	CN 107408827 A EP 3252918 A1 EP 3252918 A4 EP 3252918 B1 JP 2018-523891 A JP 6454817 B2 KR 10-1925002 B1 US 10333180 B2 US 2018-0069272 A1 WO 2017-034275 A1	2017/11/28 2017/12/06 2018/06/13 2019/10/02 2018/08/23 2019/01/16 2018/12/04 2019/06/25 2018/03/08 2017/03/02