

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2025년 4월 10일 (10.04.2025)

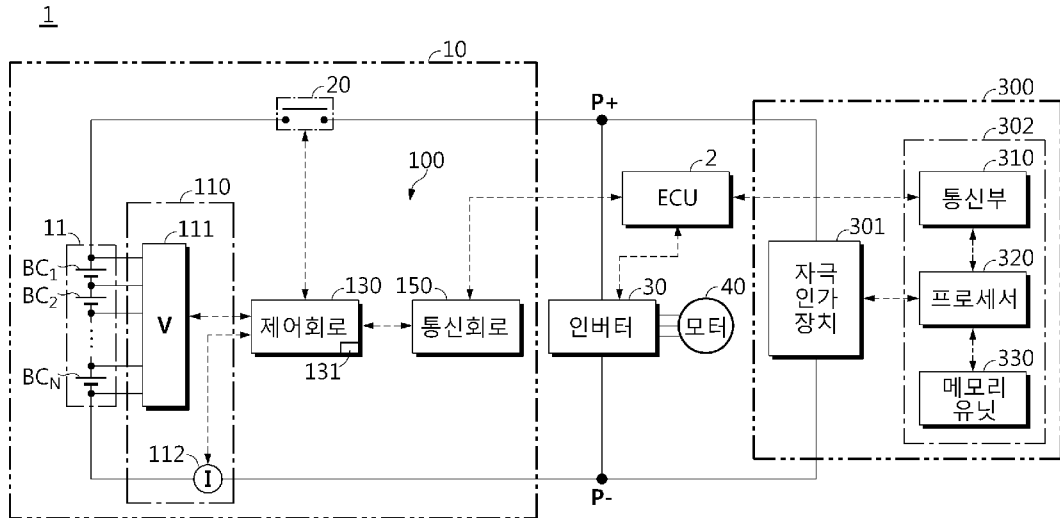


(10) 국제공개번호
WO 2025/075339 A1

- (51) 국제특허분류: *G01R 31/396* (2019.01) *B60L 58/16* (2019.01)
G01R 31/367 (2019.01) *H01M 10/052* (2010.01)
G01R 31/3842 (2019.01) *G01R 31/36* (2006.01)
G01R 31/3828 (2019.01) *G01R 31/385* (2019.01)
G01R 31/392 (2019.01) *H01M 10/48* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2024/014524
- (22) 국제출원일: 2024년 9월 25일 (25.09.2024)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2023-0133644 2023년 10월 6일 (06.10.2023) KR
10-2023-0154881 2023년 11월 9일 (09.11.2023) KR
- (71) 출원인: 주식회사 엘지에너지솔루션 (LG ENERGY SOLUTION, LTD.) [KR/KR]; 07335 서울특별시 영등포구 여의대로 108, 타워1 (KR).
- (72) 발명자: 박준철 (PARK, Jun-Cheol); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188 LG에너지솔루션 기술연구원 (KR). 김영덕 (KIM, Young-Deok); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188 LG에너지솔루션 기술연구원 (KR). 김지연 (KIM, Ji-Yeon); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188 LG에너지솔루션 기술연구원 (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 필앤온지 (PHIL & ONZI INT'L PATENT & LAW FIRM); 06643 서울특별시 서초구 서초중앙로 36, 3층 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: BATTERY DIAGNOSIS APPARATUS AND BATTERY DIAGNOSIS METHOD

(54) 발명의 명칭: 배터리 진단 장치 및 배터리 진단 방법



- 30 ... Inverter
- 40 ... Motor
- 130 ... Control circuit
- 150 ... Communication circuit
- 301 ... Stimulus application device
- 310 ... Communication unit
- 320 ... Processor
- 330 ... Memory unit

(57) Abstract: A battery diagnosis apparatus and a battery diagnosis method are disclosed. The battery diagnosis apparatus according to the present invention comprises: a processor for controlling a stimulus application device to intermittently apply, to a target cell, a second electrical stimulus that is greater than a first electrical stimulus, during a state change period; and a communication unit for acquiring current time-series data during the state change period and voltage time-series data indicating a change history of a full cell voltage of the target cell in resting periods of the second electrical stimulus provided in the state change period. The processor generates a measurement full cell profile on the basis of the current time-series data and the voltage time-series data, and analyzes the measurement full cell profile so as to estimate a negative electrode participation end point.

[다음 쪽 계속]



WO 2025/075339 A1

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

(57) 요약서: 배터리 진단 장치 및 배터리 진단 방법이 개시된다. 본 발명에 따른 상기 배터리 진단 장치는, 상태 변화 기간 동안, 대상 셀에 제1 전기 자극보다 큰 제2 전기 자극을 간헐적으로 인가하도록 자극 인가 장치를 제어하는 프로세서, 및 상기 상태 변화 기간 동안의 전류 시계열 데이터 및 상기 상태 변화 기간에 부여된 상기 제2 전기 자극의 휴지기들에서의 상기 대상 셀의 풀셀 전압의 변화 이력을 나타내는 전압 시계열 데이터를 획득하는 통신부를 포함한다. 상기 프로세서는, 상기 전류 시계열 데이터 및 상기 전압 시계열 데이터를 기초로 측정 풀셀 프로파일을 생성하고, 상기 측정 풀셀 프로파일을 분석하여 음극 참여 종료점을 추정한다.

명세서

발명의 명칭: 배터리 진단 장치 및 배터리 진단 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 비파괴 방식으로 배터리의 상태를 진단하기 위한 기술에 관한 것이다.
- [2] 본 출원은 2023년 11월 09일자로 출원된 한국 특허출원 번호 제 10-2023-0154881호 및 2023년 10월 06일자로 출원된 한국 특허출원 번호 제 10-2023-0133644호에 대한 우선권주장출원으로서, 해당 출원의 명세서 및 도면에 개시된 모든 내용은 인용에 의해 본 출원에 원용된다.

배경기술

- [3] 최근, 노트북, 비디오 카메라, 휴대용 전화기 등과 같은 휴대용 전자 제품의 수요가 급격하게 증대되고, 전기 차량, 에너지 저장용 축전지, 로봇, 위성 등의 개발이 본격화됨에 따라, 반복적인 충방전이 가능한 고성능 배터리에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [4] 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.
- [5] 이러한 배터리는 고용량화 및 고밀도화 측면에서 많은 연구가 진행되고 있지만 수명과 안전성 향상 측면도 중요하다. 배터리의 안전성을 향상하기 위해서는 배터리의 현재 상태가 정확하게 진단되어야 한다.
- [6] 배터리의 내부적 상태를 정확하게 진단하는 것은 배터리를 안전성 및 수명 장기화에 필수적이라고 할 수 있다. 분해없이 배터리의 내부적 상태를 진단하는 데에는, 용량과 전압 간의 대응 관계를 나타내는 관계 데이터(풀셀 프로파일 등)라고 칭할 수 있음이 주로 활용된다.
- [7] 종래에는, 배터리에 일정한 전기 자극(예, 정전류 충전 또는 방전)이 인가되는 중에 배터리의 전압 및 용량을 측정하는 절차를 짧은 시간마다 반복하여 상기 풀셀 프로파일을 취득한다. 다만, 진단 정확도의 저하를 유발하는 분극(또는 과전압)을 최소화하려면 대상 셀에 인가되는 전기 자극의 레벨을 낮춰야만 하고, 이로 인해 상기 풀셀 프로파일을 취득하는 데에 과도한 시간이 소요된다는 제약이 따른다. 반대로, 높은 레벨의 전기 자극은 시간 단축 측면에서는 유리하지만, 심한 분극 현상이 동반되기 때문에, 진단 결과의 정확도를 보장할 수 없다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 높은 레벨의 전기 자극을 대상 셀에 간헐적으로 인가하는 방식을 이용하여, 대상 셀의 용량과

전압 간의 대응 관계를 나타내는 관계 데이터를 취득하고, 취득된 관계 데이터를 기초로 대상 셀의 음극 열화 상태(후술된 음극 참여 종료점 등)를 진단할 수 있는 배터리 진단 장치 및 배터리 진단 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

- [9] 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.

과제 해결 수단

- [10] 본 발명의 일 측면에 따른 배터리 진단 장치는, 진단 대상으로서의 배터리 셀인 대상 셀의 전기 상태가 초기 상태로부터 목표 상태로 변화할 때까지의 상태 변화 기간 동안, 상기 대상 셀에 제1 전기 자극보다 큰 제2 전기 자극을 간헐적으로 인가하도록 자극 인가 장치를 제어하는 프로세서, 및 상기 상태 변화 기간 동안의 상기 대상 셀의 전류의 변화 이력을 나타내는 전류 시계열 데이터 및 상기 상태 변화 기간에 부여된 상기 제2 전기 자극의 휴지기들에서의 상기 대상 셀의 풀셀 전압의 변화 이력을 나타내는 전압 시계열 데이터를 획득하도록 구성되는 통신부를 포함한다. 상기 프로세서는, 상기 전류 시계열 데이터 및 상기 전압 시계열 데이터를 기초로, 상기 대상 셀의 용량과 풀셀 전압 간의 대응 관계를 나타내는 측정 풀셀 프로파일을 생성하도록 구성된다. 상기 프로세서는, 상기 측정 풀셀 프로파일을 분석하여, 상기 대상 셀의 음극 참여 종료점을 추정하도록 구성된다.
- [11] 상기 제1 전기 자극은, 상기 대상 셀에 기준치 이하의 OCV와 CCV 간의 차이를 유발하는 전기 자극일 수 있다. 상기 제2 전기 자극은, 상기 대상 셀에 상기 기준치 초과 OCV와 CCV 간의 차이를 유발하는 전기 자극일 수 있다.
- [12] 상기 제1 전기 자극은 제1 전류 레이트를 이용한 충전일 수 있고, 상기 제2 전기 자극은 상기 제1 전류 레이트보다 큰 제2 전류 레이트를 이용한 충전일 수 있다.
- [13] 상기 제1 전기 자극은 제1 전류 레이트를 이용한 방전일 수 있고, 상기 제2 전기 자극은 상기 제1 전류 레이트보다 큰 제2 전류 레이트를 이용한 방전일 수 있다.
- [14] 상기 전압 시계열 데이터는, 상기 제2 전기 자극의 휴지기들에서의 상기 풀셀 전압의 측정치들이 상기 대상 셀의 OCV로서 시간 순으로 정렬된 것일 수 있다.
- [15] 상기 프로세서는, 상기 전류의 전류 적산값이 임계 적산값만큼 변화 시마다, 상기 제2 전기 자극의 휴지기를 개시하도록 상기 자극 인가 장치를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [16] 상기 프로세서는, 상기 제2 전기 자극의 휴지기의 개시 시점으로부터 기준 시간이 경과 시, 상기 제2 전기 자극의 인가를 재개하도록 상기 자극 인가 장치를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [17] 상기 프로세서는, 상기 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 상기 대상 셀의 음극 용량 손실의 발생 여부를 결정하도록 구성될 수 있다.

- [18] 상기 프로세서는, 상기 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 상기 대상 셀에 대한 허용 전압 범위 및 허용 SOC 범위 중 적어도 하나를 제한하도록 구성될 수 있다.
- [19] 본 발명의 다른 측면에 따른 충전 스테이션은, 상기 배터리 진단 장치를 포함한다.
- [20] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 클라우드 서버는, 상기 배터리 진단 장치를 포함한다.
- [21] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 배터리 진단 방법은, 진단 대상으로서의 배터리 셀인 대상 셀의 전기 상태가 초기 상태로부터 목표 상태로 변화할 때까지의 상태 변화 기간 동안, 상기 대상 셀에 제1 전기 자극보다 큰 제2 전기 자극을 간헐적으로 인가하도록 자극 인가 장치를 제어하는 단계, 상기 상태 변화 기간 동안의 상기 대상 셀의 전류의 변화 이력을 나타내는 전류 시계열 데이터 및 상기 상태 변화 기간에 부여된 상기 제2 전기 자극의 휴지기들에서의 상기 대상 셀의 풀셀 전압의 변화 이력을 나타내는 전압 시계열 데이터를 획득하는 단계, 상기 전류 시계열 데이터 및 상기 전압 시계열 데이터를 기초로, 상기 대상 셀의 용량과 풀셀 전압 간의 대응 관계를 나타내는 측정 풀셀 프로파일을 생성하는 단계, 및 상기 측정 풀셀 프로파일을 분석하여, 상기 대상 셀의 음극 참여 종료점을 추정하는 단계를 포함한다.
- [22] 상기 전압 시계열 데이터는, 상기 제2 전기 자극의 휴지기들에서의 상기 풀셀 전압의 측정치들이 상기 대상 셀의 OCV로서 시간 순으로 정렬된 것일 수 있다.
- [23] 상기 배터리 진단 방법은, 상기 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 상기 대상 셀의 음극 용량 손실의 발생 여부를 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [24] 상기 배터리 진단 방법은, 상기 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 상기 대상 셀에 대한 허용 전압 범위 및 허용 SOC 범위 중 적어도 하나를 제한하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [25] 본 발명의 실시예들 중 적어도 하나에 의하면, 높은 레벨의 전기 자극을 대상 셀에 간헐적으로 인가하는 방식을 이용하여, 대상 셀의 용량과 전압 간의 대응 관계를 나타내는 관계 데이터를 취득하고, 취득된 관계 데이터를 기초로 대상 셀의 음극 열화 상태(후술된 음극 참여 종료점 등)를 진단할 수 있다.
- [26] 즉, 대상 셀의 전기 상태를 변화시키기 위해 높은 레벨의 전기 자극을 이용함으로써, 관계 데이터의 획득에 요구되는 시간의 단축을 도모하면서도, 전기 자극의 간헐적 인가에 의해 과도한 분극으로 인한 진단 정확도의 저하도 방지할 수 있다.
- [27] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [28] 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.
- [29] 도 1은 전기 차량과 본 발명에 따른 배터리 진단 회로를 포함하는 충전 스테이션의 구성을 예시적으로 나타낸 도면이다.
- [30] 도 2는 기준 양극 프로파일 및 기준 음극 프로파일 각각의 일 예를 설명하는 데에 참조되는 그래프이다.
- [31] 도 3a 및 도 3b는 대상 셀의 측정 풀셀 프로파일을 획득하는 과정을 예시적으로 설명하는 데에 참조되는 그래프이다.
- [32] 도 4 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 측정 풀셀 프로파일과의 비교용으로 이용되는 비교 풀셀 프로파일을 생성하는 절차의 일 예를 설명하는 데에 참조되는 도면이다.
- [33] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 측정 풀셀 프로파일과의 비교용으로 이용되는 비교 풀셀 프로파일을 생성하는 절차의 다른 예를 설명하는 데에 참조되는 도면이다.
- [34] 도 10은 본 발명의 제1 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 개략적으로 설명하는 데에 참조되는 순서도이다.
- [35] 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 개략적으로 설명하는 데에 참조되는 순서도이다.
- [36] 도 12는 도 11의 단계 S1122에서 실시되는 전압 시계열 데이터의 보정 절차를 설명하는 데에 참조되는 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [37] 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.
- [38] 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.
- [39] 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.

- [40] 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 <제어부>와 같은 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [41] 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.
- [42] 도 1은 전기 차량과 본 발명에 따른 배터리 진단 회로를 포함하는 충전 스테이션의 구성을 예시적으로 나타낸 도면이다.
- [43] 도 1을 참조하면, 전기 차량(1)은, 차량 컨트롤러(2), 배터리 팩(10), 인버터(30) 및 전기 모터(40)를 포함한다. 배터리 팩(10)의 충전 단자(P+, P-)는, 충전 케이블 등을 통해 충전 스테이션(300)에 전기적으로 결합될 수 있다.
- [44] 차량 컨트롤러(2)(예, ECU: Electronic Control Unit)는, 전기 차량(1)에 마련된 시동 버튼(미도시)이 사용자에게 의해 ON-위치로 전환된 것에 응답하여, 키-온 신호를 배터리 관리 시스템(100)에게 전송하도록 구성된다. 차량 컨트롤러(2)는, 시동 버튼이 사용자에게 의해 OFF-위치로 전환된 것에 응답하여, 키-오프 신호를 배터리 관리 시스템(100)에게 전송하도록 구성된다. 충전 스테이션(300)은, 차량 컨트롤러(2)와 통신하여, 배터리 팩(10)의 충전 단자(P+, P-)를 통해 정전력, 정전류 및 정전압 중에서 선택된 충전 전력을 공급할 수 있다.
- [45] 배터리 팩(10)은, 배터리(11), 릴레이(20) 및 배터리 관리 시스템(100)을 포함한다.
- [46] 배터리(11)는, 적어도 하나의 배터리 셀(BC)을 포함한다. 도 1에서는, 배터리(11)가 직렬 연결된 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$, N은 2 이상의 자연수)을 포함하는 것으로 예시적으로 도시하였다. 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$)은, 서로 동일한 전기화학적 사양을 가지도록 제공된 것일 수 있다. 이하에서는, 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$)에 공통된 내용을 설명함에 있어서, 배터리 셀에 대해 부호 'BC'를 부여하였다. 충전 스테이션(300)은, 방전 기능을 갖는 인버터(30)와의 협업을 통해, 배터리 셀(BC)를 진단하는 데에 필요한 충전 사이클을 실행할 수 있다.
- [47] 반복적인 충전이 가능한 전기화학 소자라면, 배터리 셀(BC)의 종류는 특별히 한정되지 않는다. 배터리 셀(BC)은, 충전 스테이션에 의한 진단의 대상이다.
- [48] 릴레이(20)는, 배터리(11) 및 인버터(30)를 연결하는 전력 경로를 통해, 배터리(11)에 전기적으로 직렬 연결된다. 도 1에서는, 릴레이(20)가 배터리(11)의 양극 단자와 충전 단자(P+) 사이에 연결된 것으로 예시되어 있다. 릴레이(20)는, 배터리 관리 시스템(100)으로부터의 스위칭 신호에 응답하여, 온오프 제어된다. 릴레이(20)는, 코일의 자기력에 의해 온오프되는 기계식 컨택터이거나, MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect transistor)과 같은 반도체 스위칭일 수 있다.

- [49] 인버터(30)는, 배터리 관리 시스템(100) 또는 차량 컨트롤러(2)로부터의 명령에 응답하여, 배터리 팩(10)에 포함된 배터리(11)로부터의 직류 전류를 교류 전류로 변환하도록 제공된다. 전기 모터(40)는, 인버터(30)로부터의 교류 전력을 이용하여 구동한다. 전기 모터(40)로는, 예컨대 3상 교류 모터를 이용할 수 있다. 인버터(30) 및 전기 모터(40)를 비롯하여, 배터리(11)의 방전 전력을 공급받는 전기 차량(1) 내의 구성들을 전기 부하라고 통칭할 수 있다.
- [50] 배터리 관리 시스템(100)은, 센싱부(110) 및 제어 회로(130)를 포함한다. 배터리 관리 시스템(100)은, 통신 회로(150)를 더 포함할 수 있다.
- [51] 센싱부(110)는, 전압 센서(111)를 포함한다. 센싱부(110)는, 전류 센서(112)를 더 포함할 수 있다.
- [52] 전압 센서(111)는, 배터리 셀(BC)의 양극 단자 및 음극 단자에 연결되어, 배터리 셀(BC)의 양단에 걸친 전압('폴 셀 전압'이라고 칭할 수도 있음)을 검출하고, 검출된 전압의 검출값을 나타내는 전압 신호를 생성하도록 구성된다. 전압 센서(111)는, 전압 측정 IC 등과 같은 공지의 전압 검출 소자들 중 하나 또는 둘 이상의 조합으로 구현될 수 있다.
- [53] 전류 센서(112)는, 배터리(11)와 인버터(30) 간의 전류 경로를 통해 배터리(11)에 직렬로 연결된다. 전류 센서(112)는, 배터리(11)를 통해 흐르는 전류('충방전 전류'라고 칭할 수도 있음)를 검출하고, 검출된 전류를 검출값을 나타내는 전류 신호를 생성하도록 구성된다. 복수의 배터리 셀($BC_1 \sim BC_N$)은 직렬 연결되어 있으므로, 배터리(11)에 흐르는 전류는 배터리 셀(BC)에 흐르는 전류와 동일하다. 전류 센서(112)는, 션트 저항, 홀 효과 소자 등과 같은 공지의 전류 검출 소자들 중 하나 또는 둘 이상의 조합으로 구현될 수 있다.
- [54] 통신 회로(150)는, 제어 회로(130)와 차량 컨트롤러(2) 간의 유선 통신 또는 무선 통신을 지원하도록 구성된다. 유선 통신은 예컨대 캔(CAN: controller area network) 통신일 수 있고, 무선 통신은 예컨대 지그비나 블루투스 통신일 수 있다. 물론, 제어 회로(130)와 차량 컨트롤러(2) 간의 유무선 통신을 지원하는 것이라면, 통신 프로토콜의 종류는 특별히 한정되는 것은 아니다. 통신 회로(150)는, 제어 회로(130) 및/또는 차량 컨트롤러(2)로부터 수신된 정보를 사용자(운전자)가 인식 가능한 형태로 제공하는 출력 디바이스(예, 디스플레이, 스피커)를 포함할 수 있다.
- [55] 제어 회로(130)는, 릴레이(20), 전압 센서(111) 및 통신 회로(150)에 동작 가능하게 결합된다. 두 구성이 동작 가능하게 결합된다는 것은, 단방향 또는 양방향으로 신호를 송수신 가능하도록 두 구성이 직간접적으로 연결되어 있음을 의미한다.
- [56] 제어 회로(130)는, 전압 센서(111)로부터의 전압 신호 및 전류 센서(112)로부터의 전류 신호를 수집할 수 있다. 본 명세서에 있어서, 검출 신호는, 전압 신호만을 칭하거나, 전압 신호와 전류 신호를 통칭하는 용어일 수 있다. 즉, 제어 회로(130)는, 내부에 마련된 ADC(Analog to Digital Converter)를 이용하여, 센서들(111, 112)

로부터 수집된 각각의 아날로그 신호를 디지털 값으로 변환 및 기록할 수 있다. 대안적으로, 전압 센서(111) 및 전류 센서(112) 각각은 그 내부에 ADC를 포함하고, 디지털 값을 제어 회로(130)에 전송할 수 있다.

- [57] 제어 회로(130)는, '배터리 컨트롤러'라고 칭할 수 있으며, 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.
- [58] 메모리(131)는, 예컨대 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), SSD 타입(Solid State Disk type), SDD 타입(Silicon 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. 메모리(131)는, 제어 회로(130)에 의한 연산 동작에 요구되는 데이터 및 프로그램을 저장할 수 있다. 메모리(131)는, 제어 회로(130)에 의한 연산 동작의 결과를 나타내는 데이터를 저장할 수 있다.
- [59] 릴레이(20)가 턴 온되는 경우, 배터리(11)는 충전 모드 또는 방전 모드가 된다. 배터리(11)가 충전 모드 또는 방전 모드에서 사용 중에 릴레이(20)가 턴 오프되는 경우, 배터리(11)는 휴지 모드로 전환된다.
- [60] 제어 회로(130)는, 키-온 신호에 응답하여, 릴레이(20)를 턴 온시킬 수 있다. 제어 회로(130)는, 키-오프 신호에 응답하여, 릴레이(20)를 턴 오프시킬 수 있다. 키-온 신호는, 휴지로부터 충전 또는 방전으로의 전환을 요청하는 신호이다. 키-오프 신호는, 충전 또는 방전으로부터 휴지로의 전환을 요청하는 신호이다. 대안적으로, 릴레이(20)의 온오프 제어는, 제어 회로(130) 대신 차량 컨트롤러(2)가 담당할 수 있다.
- [61] 본 명세서에 있어서, 어떠한 파라미터의 시계열 데이터는, 그 파라미터의 경시적인 변화 이력을 나타낸다. 또한, 동 기간에서 동일 타이밍마다 얻어진 어떠한 두 파라미터의 대응 관계를 나타내는 프로파일(또는 커브)란, 2차원 그래프의 형태로 표현 가능하도록 두 파라미터의 시계열 데이터를 매핑한 것이거나, 매핑된 두 시계열 데이터의 세트에 소정의 커브 피팅 로직을 적용하여 얻어지는 다차식(polynomial equation)일 수 있다. 여기서, 다차식의 최고차항의 차수는 미리 정해져 있을 수 있다.
- [62] 배터리 진단 장치(302)는, 통신부(310), 메모리 유닛(330) 및 프로세서(320)를 포함한다.
- [63] 충전 스테이션(300)은, 자극 인가 장치(301) 및 배터리 진단 장치(302)를 포함할 수 있다. 대안적으로, 배터리 진단 장치(302)는, 충전 스테이션(300)과는 독립되는 구성일 수 있다. 예컨대, 배터리 진단 장치(302)는, 클라우드 서버(미도시)에

포함되는 형태로 제공될 수도 있다. 클라우드 서버는, 충전 스테이션(300)으로부터 원격지에 배치될 수 있다. 이 경우, 배터리 진단 장치(302)의 통신부(310)는 자극 인가 장치(301) 및/또는 전기 차량(1)과 원격 통신을 통해 대상 셀에 대한 진단 절차들을 실시할 수 있다.

- [64] 배터리 진단 장치(302)는, 배터리 팩(10)에 포함될 수 있으며, 이 경우 배터리 관리 시스템(100)은 배터리 팩(10)으로부터 생략될 수 있다. 즉, 프로세서(320)는 배터리 관리 시스템(100)의 제어 회로(130)의 모든 기능을 담당할 수 있다. 예컨대, 통신부(310)는 프로세서(320)의 하위 구성으로 포함될 수 있고, 배터리 관리 시스템(100)의 통신 회로(150)의 모든 기능을 담당할 수 있다. 또한, 통신부(310)는 센싱부(110)로부터 전압 측정 정보 및 전류 측정 정보를 수집할 수 있다.
- [65] 자극 인가 장치(301)는, 배터리 팩(10)의 통상적인 충전을 위한 충전 전력을 제공하는 충전기를 포함할 수 있다. 자극 인가 장치(301)는, 단독으로 또는 인버터(30)와의 협업을 통해, 배터리 셀(BC)의 진단을 위한 다양한 전기 자극을 배터리 셀(BC)에 인가할 수 있다.
- [66] 통신부(310)는, 프로세서(320)와 차량 컨트롤러(2) 간의 유선 통신 또는 무선 통신을 지원하도록 구성된다. 통신부(310)는, 프로세서(320)에 의해 실시된 배터리 셀(BC)에 대한 진단의 결과를 전기 차량(1)에 전송할 수 있다.
- [67] 프로세서(320)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.
- [68] 메모리 유닛(330)은, 예컨대 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), SSD 타입(Solid State Disk type), SDD 타입(Silicon 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. 메모리 유닛(330)은, 프로세서(320)에서 실시하는 진단 절차들에 요구되는 데이터 및 프로그램을 저장할 수 있다. 메모리 유닛(330)은, 프로세서(330)에 의한 연산 동작의 결과를 나타내는 데이터를 저장할 수 있다. 메모리 유닛(330)은, 배터리 셀(BC)의 열화 상태를 진단하는 데에 이용되는, 데이터 세트들 및 소프트웨어들을 저장할 수 있다.
- [69] 도 2는 기준 양극 프로파일 및 기준 음극 프로파일 각각의 일 예를 설명하는 데에 참조되는 그래프이다. 도 2의 그래프에 있어서, 가로축(X축)은 용량(capacity, Ah)을 나타내고 세로축(Y축)은 전압을 나타낸다.
- [70] 도 2를 참조하면, 메모리 유닛(330)은, 기준 양극 프로파일(Rp) 및 기준 음극 프로파일(Rn)을 저장할 수 있다. 기준 셀은, 양극 하프셀과 음극 하프셀을 포함하는

코인 타입의 셀이거나, 3전극 셀일 수 있다. 이하에서는, 기준 셀의 양극과 양극 하프 셀은 서로 등가적인 용어로 기재하고, 기준 셀의 음극과 음극 하프 셀은 서로 등가적인 용어로 기재하겠다.

- [71] 기준 양극 프로파일(R_p)은, 기준 셀의 양극 전압과 용량 간의 대응 관계를 나타내는 프로파일일 수 있다. 기준 셀의 양극 전압은, 기준 전극(미도시)의 전위와 기준 셀의 양극의 전위 간의 전위차를 지칭한다. 양극 프로파일은, 양극 하프셀 프로파일이라고 칭할 수도 있다.
- [72] 기준 음극 프로파일(R_n)은, 기준 셀의 음극 전압과 용량 간의 대응 관계를 나타내는 프로파일일 수 있다. 기준 셀의 음극 전압은, 기준 전극의 전위와 기준 셀의 음극의 전위 간의 전위차를 지칭한다. 음극 프로파일은, 음극 하프셀 프로파일이라고 칭할 수도 있다.
- [73] 기준 전극의 전위는, 예컨대 리튬의 산화환원 전위일 수 있다. 양극 전압을 단순히 양극 전위로, 음극 전압을 단순히 음극 전위로 지칭할 수 있다.
- [74] 양극 전압 및 음극 전압 각각은, 개로 전압(OCV: Open Circuit Voltage) 또는 폐로 전압(CCV: Closed Circuit Voltage)일 수 있다.
- [75] 기준 셀의 양극과 음극 각각의 개로 전압을 획득하는 데에는 제1 충전 프로토콜 또는 제1 방전 프로토콜이 활용될 수 있다. 제1 충전 프로토콜은, 제1 전류 레이트를 이용한 정전류 충전과 휴지가 번갈아 실시되는 간헐적 충전 방식일 수 있다. 제1 방전 프로토콜은, 제1 전류 레이트를 이용한 정전류 방전과 휴지가 번갈아 실시되는 간헐적 충전 방식일 수 있다. 제1 전류 레이트(예, 0.05 C)는, 후술될 제2 전류 레이트(예, 3.0 C)보다 크게 미리 정해져 있을 수 있다.
- [76] 일 예로, 제1 충전 프로토콜의 정전류 충전에 의한 충전 시간이 설정 시간만큼 경과되거나 기준 셀의 충전 용량이 설정 용량만큼 증가 시마다, 기준 셀의 충전이 소정의 휴지 시간 동안 정지된 다음 정전류 충전이 재개될 수 있다. 충전 용량은, 충전 전류의 샘플값을 주기적 또는 비주기적으로 적산함으로써 연산될 수 있다.
- [77] 다른 예로, 제1 방전 프로토콜의 정전류 방전에 의한 방전 시간이 설정 시간만큼 경과되거나 기준 셀의 방전 용량이 설정 용량만큼 감소 시마다, 기준 셀의 방전이 소정의 휴지 시간 동안 정지된 다음 정전류 방전이 재개될 수 있다. 방전 용량은, 방전 전류의 샘플값(즉, 셀 전류의 측정치)을 주기적 또는 비주기적으로 적산함으로써 연산될 수 있다.
- [78] 이때, 제1 충전 프로토콜 또는 제1 방전 프로토콜이 진행 중에는 다수의 휴지기가 부여될 수 있고, 각 휴지기 내의 특정 타이밍에서 측정되는 기준 셀의 양극과 음극 각각의 개로 전압이 기준 셀의 양극 전압 및 음극 전압으로 기록될 수 있다.
- [79] 개로 전압과 비교할 때, 기준 셀의 양극과 음극 각각의 폐로 전압을 획득하는 데에는 제2 충전 프로토콜 또는 제2 방전 프로토콜이 활용될 수 있다. 제2 충전 프로토콜은, 제2 전류 레이트를 이용한 정전류 충전 방식일 수 있다. 제2 방전 프로토콜은, 제2 전류 레이트를 이용한 정전류 방전 방식일 수 있다. 일 예로, 제2 충

전 프로토콜에 의해 기준 셀이 연속적으로 충전되는 중 또는 제2 방전 프로토콜에 의해 기준 셀이 연속적으로 방전되는 중에, 주기적 또는 비주기적으로 측정되는 기준 셀의 양극과 음극 각각의 폐로 전압이 기준 셀의 양극 전압 및 음극 전압으로 기록될 수 있다.

- [80] 본 명세서에 있어서, 제1 전기 자극은 배터리 셀에 기준치 이하의 OCV와 CCV 간의 차이를 유발하는 전기 자극을 칭하고, 제2 전기 자극은 배터리 셀에 기준치 초과 OCV와 CCV 간의 차이를 유발하는 전기 자극을 칭한다.
- [81] 일 예로, 제1 전기 자극은 제1 전류 레이트를 이용한 충전이고, 제2 전기 자극은 제1 전류 레이트보다 큰 제2 전류 레이트를 이용한 충전일 수 있다.
- [82] 다른 예로, 제1 전기 자극은 제1 전류 레이트를 이용한 방전이고, 제2 전기 자극은 제1 전류 레이트보다 큰 제2 전류 레이트를 이용한 방전일 수 있다.
- [83] 제1 충전 프로토콜 또는 제1 방전 프로토콜의 실시는, 배터리 셀에 대한 제1 전기 자극의 인가를 의미할 수 있다. 제2 충전 프로토콜 또는 제2 방전 프로토콜의 실시는, 배터리 셀에 대한 제2 전기 자극의 인가를 의미할 수 있다.
- [84]
- [85] 설명의 편의를 위해, 도 2 내지 도 9에서는 가로축이 충전 용량을 나타내는 것으로 가정하기로 한다.
- [86] 두 프로파일(R_p , R_n)의 공통된 용량 범위의 일 부분(도 2에서는 5~50 Ah)의 합성 결과가 기준 풀셀 프로파일(R)에 일치되도록, 기준 양극 프로파일(R_p) 및 기준 음극 프로파일(R_n) 중 적어도 하나는 가로축을 따라 정렬될 수 있다. 도 2에는, 기준 양극 프로파일(R_p)의 시작점(용량 0에 대응하는 지점)을 기준점으로 하여, 기준 음극 프로파일(R_n)이 우측으로 쉬프트되어 정렬된 케이스를 예시하였다.
- [87] 기준 양극 프로파일(R_p) 및 기준 음극 프로파일(R_n)의 양쪽 단부는 서로 어긋나 있음을 도 2로부터 확인할 수 있다. 즉, 기준 양극 프로파일(R_p)의 용량 범위와 기준 음극 프로파일(R_n)의 용량 범위는 일치하지 않으며 부분적으로만 중복된다. 따라서, 기준 풀셀 프로파일(R)은, 기준 양극 프로파일(R_p) 및 기준 음극 프로파일(R_n)에 공통된 용량 범위의 일 부분에서의 기준 셀의 풀셀 전압을 나타낸다. 즉, 기준 풀셀 프로파일(R)은, 기준 양극 프로파일(R_p)의 일부분으로부터 기준 음극 프로파일(R_n)의 일부분을 직접 차감하여 얻어진, 풀셀 전압 프로파일의 일 예이다.
- [88] 기준 풀셀 프로파일(R)은, 양품으로 검증된 신품 배터리 셀의 용량과 풀셀 전압 간의 대응 관계를 나타낼 수 있다. 즉, 기준 셀은, 양품으로 검증된 신품 배터리 셀과 동일 수준의 양극 성능 및 음극 성능을 갖는다. 임의의 배터리 셀의 양극 성능 및 음극 성능을, '충방전 성능'이라고 통칭할 수 있다.
- [89] 신품 배터리 셀이란, 신품 상태에 있는 배터리 셀을 지칭한다. 신품 상태는 BOL(Beginning Of Life)와 동일한 개념이다. 예컨대, 제조 완료 시로부터의 누적 충방전 용량이 소정의 설정 용량에 도달하기 전까지는 BOL이라고 할 수 있고,

누적 충방전 용량이 설정 용량에 도달한 때부터는 MOL(Middel Of Life)이라고 할 수 있다.

- [90] 기준 풀셀 프로파일(R)은 적어도 관심 전압 범위(예, 3.0~4.0V)에 걸친 기준 셀의 전압과 용량 간의 대응 관계를 나타낼 수 있다. 관심 전압 범위의 하한 및 상한은 제1 설정 전압(도 2에서는 3.0V) 및 제2 설정 전압(도 2에서는 4.0V)일 수 있다.
- [91] 기준 셀을 비롯한 임의의 배터리 셀의 풀셀 전압이 제1 설정 전압과 동일한 경우의 SOC는 0%로 설정될 수 있다. 기준 셀을 비롯한 임의의 배터리 셀의 풀셀 전압이 제2 설정 전압과 동일한 경우의 SOC는 100%로 설정될 수 있다. 도 2에 따르면, 기준 셀은 완방 상태(SOC 0%)로부터 45Ah의 충전 용량에 의해 완충 상태(SOC 100%)에 이를 수 있다.
- [92] 본 명세서에 있어서, 임의의 배터리 셀의 양극 프로파일 상의 양극 참여 개시점은, 해당 배터리 셀의 풀셀 전압이 제1 설정 전압에 일치 시의 양극 전압 및 양극 용량(또는 양극 SOC)을 나타낸다. 또한, 해당 배터리 셀의 음극 프로파일 상의 음극 참여 개시점은, 해당 배터리 셀의 풀셀 전압이 제1 설정 전압에 일치 시의 음극 전압 및 음극 용량(또는 음극 SOC)을 나타낸다. 따라서, 양극 참여 개시점과 음극 참여 개시점 간의 전압차는 제1 설정 전압과 동일할 수 있다.
- [93] 또한, 임의의 배터리 셀의 양극 프로파일 상의 양극 참여 종료점은, 해당 배터리 셀의 풀셀 전압이 제2 설정 전압에 일치 시의 양극 전압 및 양극 용량(또는 양극 SOC)을 나타낸다. 또한, 해당 배터리 셀의 음극 프로파일 상의 음극 참여 종료점은, 해당 배터리 셀의 풀셀 전압이 제2 설정 전압에 일치 시의 음극 전압 및 음극 용량(또는 음극 SOC)을 나타낸다. 따라서, 양극 참여 종료점과 음극 참여 종료점 간의 전압차는 제2 설정 전압과 동일할 수 있다.
- [94] 본 명세서에 있어서, 임의의 배터리 셀의 양극 프로파일 상의 특정 포인트의 양극 용량(용량값)은, 양극 프로파일의 양쪽 끝 포인트 중 어느 하나와 상기 특정 포인트 간의 용량차를 의미할 수 있다. 임의의 배터리 셀의 양극 프로파일 상의 특정 포인트의 양극 SOC는, 양극 프로파일의 양쪽 끝 포인트 간의 용량차에 대한, 양극 프로파일의 양쪽 끝 포인트 중 어느 하나(예, 저용량의 포인트)와 상기 특정 포인트 간의 용량차의 비율을 의미할 수 있다. 양극 프로파일의 양쪽 끝 포인트 간의 용량차를 총 양극 용량이라고 칭할 수 있다.
- [95] 마찬가지로, 임의의 배터리 셀의 음극 프로파일 상의 특정 포인트의 음극 용량(용량값)은, 음극 프로파일(또는 양극 프로파일)의 양쪽 끝 포인트 중 어느 하나와 상기 특정 포인트 간의 용량차를 의미할 수 있다. 임의의 배터리 셀의 음극 프로파일 상의 특정 포인트의 음극 SOC는, 음극 프로파일(또는 양극 프로파일)의 양쪽 끝 포인트 간의 용량차에 대한, 음극 프로파일의 양쪽 끝 포인트 중 어느 하나(예, 저용량의 포인트)와 상기 특정 포인트 간의 용량차의 비율을 의미할 수 있다. 음극 프로파일의 양쪽 끝 포인트 간의 용량차를 총 음극 용량이라고 칭할 수 있다.

- [96] 메모리 유닛(330)에는, 기준 양극 참여 개시점(pi0), 기준 양극 참여 종료점(pf0), 기준 음극 참여 개시점(ni0), 기준 음극 참여 종료점(nf0) 각각의 전압을 나타내는 정보가 미리 기록되어 있을 수 있다. 기준 양극 참여 개시점(pi0) 및 기준 양극 참여 종료점(pf0) 각각은, 기준 양극 프로파일(Rp) 상의 양극 참여 개시점 및 양극 참여 종료점이다. 기준 음극 참여 개시점(ni0) 및 기준 음극 참여 종료점(nf0) 각각은, 기준 음극 프로파일(Rn) 상의 음극 참여 개시점 및 음극 참여 종료점이다.
- [97] 기준 양극 참여 개시점(pi0)과 기준 음극 참여 개시점(ni0) 간의 전압차는 제1 설정 전압(예, 3.0V)과 동일할 수 있다. 기준 양극 참여 종료점(pf0) 및 기준 음극 참여 종료점(nf0) 간의 전압차는 제2 설정 전압(예, 4.0V)과 동일할 수 있다.
- [98] 도 3a 및 도 3b는 대상 셀의 측정 풀셀 프로파일을 획득하는 과정을 예시적으로 설명하는 데에 참조되는 그래프이다.
- [99] 도 3a에 도시된 그래프는, 제2 전기 자극의 간헐적 인가에 의한 대상 셀의 시간에 따른 풀셀 전압의 변화의 일 예를 보여주고 있다. 대상 셀은, 배터리 진단 장치에 의한 진단 대상이 되는 배터리 셀이다. 대상 셀은, 양품인지 여부에 대한 검증이 필요한 신품 배터리 셀 또는 양품으로 검증된 후 퇴화가 진행되어 더 이상 신품이 아닌 배터리 셀일 수 있다. 이하에서는, 대상 셀에 대해서도 부호 BC를 부여하기로 한다.
- [100] 도 3a를 참조하면, 프로세서(320)는, 대상 셀(BC)에 제1 전기 자극보다 큰 제2 전기 자극을 간헐적으로 인가하도록 자극 인가 장치(301)를 제어할 수 있다.
- [101] 대상 셀(BC)의 진단을 위해 자극 인가 장치(301)를 제어하는 절차는, 대상 셀(BC)의 전기 상태(예, 풀셀 전압)가 초기 상태(예, 제1 설정 전압)로부터 목표 상태(예, 제2 설정 전압)로 변화할 때까지의 상태 변화 기간 동안 실시될 수 있다.
- [102] 도 3a의 그래프를 참조하면, 대상 셀(BC)의 풀셀 전압은 톱니 형상의 개형이 반복되면서 상승 추세를 띄고 있다. 각 톱니 형상의 전압 상승 세그먼트는 제2 전기 자극의 인가에 의해 발생하고, 전압 하강 세그먼트는 제2 전기 자극의 중단에 의해 발생한다. 즉, 전압 하강 세그먼트는, 휴지기에 걸친 대상 셀(BC)의 풀셀 전압의 변화를 나타낸다.
- [103] 상태 변화 기간 동안, 프로세서(320)는 대상 셀(BC)의 전류의 측정치를 반복 기록하여, 전류 시계열 데이터를 생성할 수 있다.
- [104] 프로세서(320)는, 상태 변화 기간 내에서 소정의 휴지 조건이 만족될 때마다, 제2 전기 자극의 휴지기를 개시하도록 자극 인가 장치(301)를 제어할 수 있다. 즉, 제2 전기 자극의 인가 절차는 휴지 조건이 만족 시에 일시적으로 중단될 수 있다. 일 예로, (i)전류 적산값이 임계 적산값만큼 변화하는 것, (ii)SOC가 임계 SOC만큼 변화하는 것 및 (iii)제2 전기 자극의 인가가 유지된 시간이 임계 시간에 도달하는 것 중 적어도 하나가 휴지 조건으로 미리 설정되어 있을 수 있다. 가령, 상태 변화 기간 동안의 총 전류 적산값이 40Ah이고, 임계 적산값이 2Ah라면, 상태 변화 기간에 총 20회의 휴지기가 부여될 수 있다.

- [105] 프로세서(320)는, 대상 셀(BC)의 완충 용량, SOH 또는 전회의 진단 결과(예, 음극 참여 종료점의 전위 및/또는 용량값)를 기초로, 임계 적산값, 임계 SOC 및 임계 시간 중 적어도 하나를 결정할 수 있다. 임계 적산값, 임계 SOC 및 임계 시간 중 적어도 하나는 완충 용량, SOH 또는 전회의 진단 결과에 소정의 음의 대응 관계를 가질 수 있고, 이러한 대응 관계가 정의된 관계 데이터(휴지기 제어용 데이터 테이블)는 메모리 유닛(310)에 미리 저장되어 있을 수 있다. 상기 소정의 음의 대응 관계에 의해, 완충 용량, SOH 또는 전회의 진단 결과가 감소할수록, 임계 적산값, 임계 SOC 및 임계 시간 중 적어도 하나도 감소한다. 결과적으로, 대상 셀(BC)의 경시적으로 열화되어 갈수록, 상태 변화 기간 내에서 휴지기가 짧은 시간 간격으로 부여됨으로써, 상태 변화 기간의 휴지기들에서의 풀셀 전압의 경시적 변화 이력을 나타내는 전압 시계열 데이터에 포함되는 데이터 포인트들의 개수의 감소가 방지될 수 있다.
- [106] 프로세서(320)는, 휴지기 제어용 데이터 테이블로부터, 완충 용량, SOH 또는 전회의 진단 결과에 매핑된 임계 적산값, 임계 SOC 및 임계 시간 중 적어도 하나를 취득할 수 있다. 프로세서(320)는, 휴지기 제어용 데이터 테이블로부터 취득된 임계 적산값, 임계 SOC 및 임계 시간 중 적어도 하나를 이용하여, 상태 변화 기간에 걸친 제2 전기 자극의 간헐적 인가 절차를 제어할 수 있다.
- [107] 프로세서(320)는, 제2 전기 자극의 휴지기의 개시 시점으로부터 기준 시간이 경과 시, 제2 전기 자극의 인가를 재개하도록 자극 인가 장치(301)를 제어할 수 있다. 기준 시간은, 제2 전기 자극에 의해 초래된 분극이 충분히 해소될 수 있을 정도로 미리 정해져 있을 수 있다. 일 예로, 휴지기의 시간 길이인 기준 시간은, 휴지기의 개시 시점에서의 분극의 10% 이하가 되는 데에 필요한 시간일 수 있다.
- [108] 제2 전기 자극의 각 휴지기에서, 대상 셀(BC)의 풀셀 전압은 적어도 1회 측정된다. 일 예로, 프로세서(320)는, 제2 전기 자극의 각 휴지기의 종료 시점에서의 풀셀 전압의 측정치를 대상 셀(BC)의 OCV로서 기록할 수 있다. 다른 예로, 제2 전기 자극의 각 휴지기에서 풀셀 전압은 적어도 3회 측정될 수 있고, 프로세서(320)는 휴지기별 3개의 풀셀 전압의 측정치를 기초로 휴지기별 대상 셀(BC)의 OCV를 추정할 수 있다.
- [109] 이에 따라, 상태 변화 기간 동안에 시간차를 두고 OCV가 다수 회 기록됨으로써, 전압 시계열 데이터가 생성될 수 있다. 도 3a에 마킹된 각 OCV 포인트(D_{ocv})는, 전압 시계열 데이터의 데이터 포인트이다.
- [110] 본 발명의 발명자는, 제2 전기 자극을 이용하여 전술한 방식으로 생성된 전압 시계열 데이터는, 대상 셀(BC)에 실제로 제1 전기 자극을 인가 시에 생성되는 전압 시계열 데이터에 높은 정합성을 가진다는 사실을 다수의 실험을 통해 인식하게 되었다.
- [111] 지금부터, 제1 전기 자극의 지속 인가 대신 제2 전기 자극의 간헐적 인가에 의한 진단 방식의 장점을 설명한다.
- [112] 대상 셀(BC)의 진단과 관련된 조건들이 다음과 같다고 가정해보자.

- [113] (i) 제1 전기 자극 = 0.05 C의 충전
- [114] (ii) 제2 전기 자극 = 3.0 C의 충전
- [115] (iii) 제2 전기 자극의 휴지기의 길이 = 12분
- [116] (iv) 상태 변경 기간 동안의 총 용량 변화량 = 대상 셀(BC)의 완충 용량(FCC: Full Charge Capacity)의 80%
- [117] (v) 임계 적산값 = 대상 셀(BC)의 완충 용량의 3%
- [118] 그러면, 제1 전기 자극의 지속 인가에 의해 대상 셀(BC)이 초기 상태에서부터 목표 상태로 변화하는 데에 소요되는 시간은 $1/0.05*80\% = 16$ 시간이다.
- [119] 이와 비교할 때, 제2 전기 자극에 의해 대상 셀(BC)이 충전 용량이 임계 적산값 만큼 증가하는 데에 소요되는 시간은 $0.03/3*80\% = 0.008$ 시간이다. 또한, 충전 용량이 3% 증가 시마다 휴지기가 부여되므로, 상태 변경 기간 동안에는 총 26회의 휴지기가 부여된다. 따라서, 제2 전기 자극의 간헐적 인가에 의해 대상 셀(BC)이 초기 상태에서부터 목표 상태로 변화하는 데에 소요되는 시간은 $(0.008\text{시간}+0.2\text{시간})*26 = 5.4$ 시간이다.
- [120] 즉, 제1 전기 자극의 지속 인가 방식에 비해, 제2 전기 자극의 간헐적 인가 방식이 풀셀 프로파일의 취득 시간을 단축하는 데에 유리하다.
- [121] 도 3b의 그래프에 있어서, 가로축(X축)은 용량(capacity, Ah)을 나타내고 세로축(Y축)은 전압을 나타낸다.
- [122] 도 3b를 참조하면, 프로세서(320)는, 대상 셀(BC)의 용량과 풀셀 전압('풀셀 전압'이라고 칭할 수도 있음) 간의 대응 관계를 나타내는 측정 풀셀 프로파일(M)을 생성할 수 있다. 측정 풀셀 프로파일은, Q-V 프로파일 또는 Q-OCV 프로파일이라고 칭할 수도 있다.
- [123] 여기서, 풀셀 전압은, 대상 셀(BC)의 양단에 걸친 전압으로서, 전술된 양극 전압 및 음극 전압과는 구별된다. 즉, 대상 셀(BC)의 풀셀 전압은, 대상 셀(BC)의 양극 전압과 음극 전압 간의 차분이라고 할 수 있다.
- [124] 측정 풀셀 프로파일(M)을 생성하는 데에는, 상태 변화 기간에 매핑된 상기 전류 시계열 데이터 및 상기 전압 시계열 데이터가 이용될 수 있다.
- [125] 상세하게는, 전류 시계열 데이터 및 전압 시계열 데이터의 각 데이터 포인트는 시간 순으로 인덱스되어 있다. 따라서, 프로세서(320)는, 전류 시계열 데이터의 데이터 포인트들을 순차 적산하여 용량 시계열 데이터를 생성할 수 있다. 또한, 프로세서(320)는, 용량 시계열 데이터와 전압 시계열 데이터 간의 매핑에 의한 다수의 Q-OCV 쌍의 집합에 커브 피팅 알고리즘을 적용하여, 측정 풀셀 프로파일(M)을 생성할 수 있다. 기준 풀셀 프로파일(R), 기준 양극 프로파일(Rp), 기준 음극 프로파일(Rn) 및 측정 풀셀 프로파일(M)은, 최고차항의 차수가 미리 정해진 다차식일 수 있다.
- [126] 기준 풀셀 프로파일(R)과 마찬가지로, 측정 풀셀 프로파일(M)은 적어도 관심 전압 범위(예, 3.0~4.0V)에 걸친 대상 셀(BC)의 용량 및 OCV 간의 대응 관계를 나타낼 수 있다.

- [127] 기준 셀과 대상 셀(BC)은 충방전 성능에 있어서 어느 정도가 차이가 존재할 수 밖에 없으므로, 도 3b에 도시된 바와 같이, 측정 풀셀 프로파일(M)과 기준 풀셀 프로파일(R) 간에도 어느 정도의 차이가 존재한다.
- [128] 일 예로, 동일 용량값에서 측정 풀셀 프로파일(M)의 전압이 기준 풀셀 프로파일(R)의 전압보다 높으며, 이는 대상 셀(BC)의 제조 결함, 양극 용량 손실, 음극 용량 손실 및/또는 가용 리튬 손실 등에 기인한다. 대상 셀(BC)이 충방전이 반복되면서 퇴화되어 갈수록, 측정 풀셀 프로파일(M)과 기준 풀셀 프로파일(R) 간의 차이는 점차 커지게 될 것임을 자명하다. 도 3b에 따르면, 도 2를 참조하여 설명된 기준 셀과는 달리, 대상 셀(BC)의 풀셀 전압이 제1 설정 전압으로부터 제2 설정 전압까지 도달하는 데에는 40Ah의 충전 용량이 필요하며, 이는 동일 조건에서 기준 셀의 충전 용량인 50Ah보다 5Ah만큼 작다.
- [129] 한편, 도 2 및 도 3b의 그래프에서, 가로축의 단위로는 Ah가 채용되었으나, 이러한 단위는 다른 형태로 표현될 수도 있다. 예를 들어, 가로축의 단위로는 Ah 대신 SOC(State Of Charge)를 나타내는 백분율 %가 이용될 수 있다.
- [130] 측정 풀셀 프로파일(M)이 생성되면, 프로세서(320)는, 측정 풀셀 프로파일(M)과 적어도 하나의 비교 풀셀 프로파일을 비교하도록 구성될 수 있다. 여기서, 비교 풀셀 프로파일이란, 메모리 유닛(330)에 저장된 기준 양극 프로파일(Rp) 및 기준 음극 프로파일(Rn) 각각을 조정하여 조정된 양극 프로파일 및 조정된 음극 프로파일을 생성한 다음, 상기 조정된 양극 프로파일 및 상기 조정된 음극 프로파일을 합성(조합)한 결과일 수 있다.
- [131] 즉, 기준 풀셀 프로파일(R)이 기준 양극 프로파일(Rp)의 일부분으로부터 기준 음극 프로파일(Rn)의 일부분을 차감한 결과라고 할 때, 비교 풀셀 프로파일은 상기 조정된 양극 프로파일의 일부분으로부터 상기 조정된 음극 프로파일의 일부분을 차감한 결과라고 할 수 있다.
- [132] 프로세서(320)는, 기준 양극 프로파일(Rp) 및 기준 음극 프로파일(Rn)을 직접 조정하여 적어도 하나의 비교 풀셀 프로파일을 생성할 수 있다. 대안적으로, 적어도 하나의 비교 풀셀 프로파일은, 기준 양극 프로파일(Rp) 및 기준 음극 프로파일(Rn)을 기초로 미리 확보되어 메모리 유닛(330)에 저장될 수 있다. 이 경우, 프로세서(320)는 메모리 유닛(330)에 액세스하여 비교 풀셀 프로파일을 읽어오는 형태로 획득할 수도 있다.
- [133]
- [134] 프로세서(320)는, 기준 양극 프로파일(Rp)과 기준 음극 프로파일(Rp) 각각을 여러 레벨로 조정한 다음 합성하는 조정 절차를 반복함으로써, 기준 양극 프로파일(Rp)과 기준 음극 프로파일(Rp)로부터 복수의 비교 풀셀 프로파일을 생성할 수 있다. 비교 풀셀 프로파일을 '조정된 기준 풀셀 프로파일'이라고 칭할 수도 있다.
- [135] 프로세서(320)는, 복수의 비교 풀셀 프로파일 중에서 측정 풀셀 프로파일(M)과의 오차가 최소가 되는 어느 한 비교 풀셀 프로파일을 특정할 수 있다. 그 다음, 프로세서(320)는, 특정된 비교 풀셀 프로파일에 매핑된 조정된 양극 프로파일 및

조정된 음극 프로파일이, 대상 셀(BC)의 양극 프로파일 및 음극 프로파일인 것으로 결정할 수 있다.

- [136] 관련하여, 각각 2차원 좌표계로 표현 가능한 두 프로파일 간의 오차를 결정하는 데에는 본 발명의 출원 시점에 공지된 다양한 방식이 채용될 수 있다. 이를테면, 두 프로파일 사이의 영역에 대한 절대값의 적분값 또는 RMSE(Root Mean Square Error) 등이 두 프로파일 간의 오차로서 이용될 수 있다.
- [137] 본 발명의 이러한 구성에 의하면, 최종적으로 결정된 조정된 양극 프로파일 및 조정된 음극 프로파일을 기초로, 대상 셀(BC)에 대한 다양한 상태 정보가 획득될 수 있다. 최종적으로 결정된 조정된 양극 프로파일 및 조정된 음극 프로파일은, 최소 오차에 매핑된 비교 풀셀 프로파일에 매핑된 것일 수 있다. 특히, 최종적으로 결정된 조정된 양극 프로파일 및 조정된 음극 프로파일에 의한 비교 풀셀 프로파일은, 측정 풀셀 프로파일(M)과 개형 등이 거의 일치한다고 할 수 있다.
- [138] 그러므로, 본 발명에 의할 경우, 대상 셀(BC)을 분해하지 않더라도, 또는 3전극 전지 형태로 제조하지 않더라도, 대상 셀(BC)에 대한 양극 프로파일 및 음극 프로파일이 획득될 수 있다.
- [139] 대상 셀(BC)이 신폼 배터리 셀인 경우, 조정된 양극 프로파일과 조정된 음극 프로파일을 분석하여, 대상 셀(BC)에 불량 발생하였는지, 불량 발생하였다면 어떠한 종류의 불량인지 등에 대하여 진단하는데 보다 용이하게 활용될 수 있다.
- [140] 대상 셀(BC)이 양품인 것으로 검증된 후 사용 중인 배터리 셀인 경우, 조정된 양극 프로파일과 조정된 음극 프로파일을 통해, 퇴화 항목별로 대상 셀(BC)이 어느 정도로 퇴화되었는지 등을 파악할 수 있다.
- [141] 더욱이, 본 발명의 일 실시예성에 의하면, 대상 셀(BC)의 양극 프로파일과 음극 프로파일이 간단한 방식으로 얻어질 수 있다. 메모리 유닛(330)에 기준 양극 프로파일(Rp)과 기준 음극 프로파일(Rn)이 1개씩만이 저장되더라도 본 발명의 구현이 가능할 수 있다. 즉, 메모리 유닛(330)에 다수의 기준 양극 프로파일(Rp) 및/또는 다수의 기준 음극 프로파일(Rn)이 저장될 필요가 없다. 따라서, 메모리 유닛(330)의 저장 용량이 높을 필요가 없으며, 다수의 기준 양극 프로파일(Rp) 및/또는 다수의 기준 음극 프로파일(Rn)을 확보하는 데에 요구되는 수많은 사전 테스트의 진행 필요성도 없다.
- [142] 이하에서는, 도 4 내지 도 9를 참조하여, 대상 셀(BC)의 현 충전 성능에 관여된 파라미터들 중 하나(예, 음극 참여 종료점)를 추정하기 위한, 측정 풀셀 프로파일(M)의 분석 프로세스에 대해 설명한다.
- [143] 도 4 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 측정 풀셀 프로파일과의 비교용으로 이용되는 비교 풀셀 프로파일을 생성하는 절차의 일 예를 설명하는 데에 참조되는 도면이다.
- [144] 도 4 내지 도 6을 참조하여 설명될 비교 풀셀 프로파일의 생성 절차는, 관심 전압 범위에 대응하도록 4개의 지점(양극 참여 개시점, 양극 참여 종료점, 음극 참여 개시점, 음극 참여 종료점)을 설정하는 제1 루틴(도 4 참조), 프로파일 쉬프트

를 실시하는 제2 루틴(도 5 참조), 및 용량 스케일링을 실시하는 제3 루틴(도 6 참조)의 순서로 진행된다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 비교 풀셀 프로파일의 생성 절차는 제1 내지 제3 루틴을 포함한다.

- [145] 먼저, 도 4를 참조하면, 기준 양극 프로파일(R_p)과 기준 음극 프로파일(R_p)은 도 2에 도시된 것과 동일하다.
- [146] 프로세서(320)는, 기준 양극 프로파일(R_p)과 기준 음극 프로파일(R_p) 상에서 양극 참여 개시점(p_i), 양극 참여 종료점(p_f), 음극 참여 개시점(n_i) 및 음극 참여 종료점(n_f)을 결정한다.
- [147] 양극 참여 개시점(p_i) 및 음극 참여 개시점(n_i) 중 어느 하나는 다른 하나에 의존한다.
- [148] 일 예로, 프로세서(320)는, 기준 양극 프로파일(R_p)의 시작점부터 종료점(또는, 제2 설정 전압)까지의 양극 전압 범위를 복수의 미소 전압 구간으로 구획한 다음, 복수의 미소 전압 구간 중 인접한 두 미소 전압 구간의 경계 지점을, 양극 참여 개시점(p_i)으로 설정할 수 있다. 각 미소 전압 구간은, 소정 사이즈(예, 0.01V)를 가질 수 있다. 그 다음, 프로세서(320)는, 양극 참여 개시점(p_i)보다 제1 설정 전압(예, 3V)만큼 작은 기준 음극 프로파일(R_n) 상의 지점을 음극 참여 개시점(n_i)으로 설정할 수 있다.
- [149] 다른 예로, 프로세서(320)는, 기준 음극 프로파일(R_n)의 시작점부터 종료점까지의 음극 전압 범위를 소정 사이즈의 복수의 미소 전압 구간으로 구획한 다음, 복수의 미소 전압 구간 중 인접한 두 미소 전압 구간의 경계 지점을, 음극 참여 개시점(n_i)으로 설정할 수 있다. 그 다음, 프로세서(320)는, 기준 양극 프로파일(R_p)로부터 음극 참여 개시점(n_i)보다 제1 설정 전압만큼 큰 지점을 탐색하고, 탐색된 지점을 양극 참여 개시점(p_i)으로 설정할 수 있다.
- [150] 양극 참여 종료점(p_f) 및 음극 참여 종료점(n_f) 중 어느 하나는 다른 하나에 의존한다.
- [151] 일 예로, 프로세서(320)는, 제2 설정 전압부터 기준 양극 프로파일(R_p)의 종료점까지의 전압 범위를 소정 사이즈의 복수의 미소 전압 구간으로 구획한 다음, 복수의 미소 전압 구간 중 인접한 두 미소 전압 구간의 경계 지점을, 양극 참여 종료점(p_f)으로 설정할 수 있다. 그 다음, 프로세서(320)는, 양극 참여 종료점(p_f)보다 제2 설정 전압(예, 4V)만큼 작은 기준 음극 프로파일(R_n) 상의 지점을 음극 참여 종료점(n_f)으로 설정할 수 있다.
- [152] 다른 예로, 프로세서(320)는, 기준 음극 프로파일(R_n)의 시작점부터 종료점까지의 음극 전압 범위를 소정 사이즈의 복수의 미소 전압 구간으로 구획한 다음, 복수의 미소 전압 구간 중 인접한 두 미소 전압 구간의 경계 지점을, 음극 참여 종료점(n_f)으로 설정할 수 있다. 그 다음, 프로세서(320)는, 음극 참여 종료점(n_f)보다 제2 설정 전압만큼 큰 지점을 기준 양극 프로파일(R_p)으로부터 탐색하여, 탐색된 지점을 양극 참여 종료점(p_f)으로 설정할 수 있다.

- [153] 양극 참여 개시점(pi), 양극 참여 종료점(pf), 음극 참여 개시점(ni) 및 음극 참여 종료점(nf)의 결정이 완료되면, 프로세서(320)는 기준 양극 프로파일(Rp) 및 기준 음극 프로파일(Rp) 중 적어도 하나를 가로축을 따라 좌측 또는 우측으로 쉬프트한다.
- [154] 도 5를 참조하면, 프로세서(320)는, 양극 참여 개시점(pi) 및 음극 참여 개시점(ni)의 용량값이 일치하도록, 기준 양극 프로파일(Rp)을 좌측(저용량측)으로 쉬프트시키거나, 기준 음극 프로파일(Rp)을 우측(고용량측)으로 쉬프트시키거나, 둘 다 실시할 수 있다.
- [155] 대안적으로, 프로세서(320)는, 양극 참여 종료점(pf) 및 음극 참여 종료점(nf)의 용량값이 일치하도록, 기준 양극 프로파일(Rp)을 좌측으로 쉬프트시키거나, 기준 음극 프로파일(Rp)을 우측으로 쉬프트시키거나, 둘 다 실시할 수 있다.
- [156] 도 5는, 기준 양극 프로파일(Rp)만이 좌측으로 쉬프트되어 조정된 기준 양극 프로파일(Rp')이 생성되었으며, 그 결과로 양극 참여 개시점(pi')의 용량값이 음극 참여 개시점(ni)의 용량값에 일치된 상황을 예시하고 있다. 조정된 기준 양극 프로파일(Rp')은, 양극 참여 개시점(pi)과 음극 참여개시점(ni)의 전압차만큼 좌측으로 쉬프트하는 조정 절차를, 기준 양극 프로파일(Rp)에 적용한 결과이다. 따라서, 두 지점(pi, pi')은 단지 용량값만이 상이하고, 전압이 동일하다. 두 지점(pf, pf') 역시 단지 용량값만이 상이하고, 전압이 동일하다.
- [157] 기준 양극 프로파일(Rp) 및 기준 음극 프로파일(Rp) 중 적어도 하나가 쉬프트된 조정 결과 프로파일들(Rp', Rn)이 확보되면, 프로세서(320)는 조정 결과 프로파일들(Rp', Rn) 중 적어도 하나의 용량 범위를 스케일링한다.
- [158] 도 5에 도시된 예에 따르면, 프로세서(320)는 조정된 기준 양극 프로파일(Rp') 및 기준 음극 프로파일(Rp) 중 적어도 하나를, 가로축을 따라 수축 또는 확장시키는 추가적인 조정 절차를 실시한다.
- [159] 도 6을 참조하면, 프로세서(320)는, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp')의 두 지점(pi', pf') 간의 용량 범위의 사이즈가 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈에 일치하도록, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp')을 수축 또는 확대하여, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp'')을 생성할 수 있다. 이때, 두 지점(pi', pf') 중 어느 한 지점(pi')은 고정될 수 있다. 이에 따라, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp'')의 두 지점(pi', pf'') 간의 용량차는 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위에 일치하게 될 수 있다.
- [160] 또한, 프로세서(320)는, 기준 양극 프로파일(Rn)의 두 지점(ni, nf) 간의 용량 범위의 사이즈도 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈에 일치하도록, 기준 음극 프로파일(Rn)을 수축 또는 확대하여, 조정된 기준 음극 프로파일(Rn')을 생성할 수 있다. 이때, 두 지점(ni, nf) 중 어느 한 지점(ni)은 고정될 수 있다. 이에 따라, 조정된 기준 음극 프로파일(Rn')의 두 지점(ni, nf') 간의 용량차는 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위에 일치하게 될 수 있다.

- [161] 도 6에 있어서, 조정된 기준 양극 프로파일(R_p'')은 도 5에 도시된 조정된 기준 양극 프로파일(R_p')이 수축된 결과이고, 조정된 기준 음극 프로파일(R_n')은 도 5에 도시된 기준 음극 프로파일(R_n)이 확대된 결과이다.
- [162] 조정된 기준 양극 프로파일(R_p'') 상의 양극 참여 종료점(pf'')은 조정된 기준 양극 프로파일(R_p') 상의 양극 참여 종료점(pf')에 대응한다. 조정된 기준 음극 프로파일(R_n') 상의 음극 참여 종료점(nf')은 기준 음극 프로파일(R_n) 상의 음극 참여 종료점(nf)에 대응한다.
- [163] 조정된 기준 양극 프로파일(R_p'')의 양극 참여 개시점(pi')과 양극 참여 종료점(pf'') 간의 용량차는, 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈에 일치한다. 마찬가지로, 조정된 기준 음극 프로파일(R_n')의 음극 참여 개시점(ni)과 음극 참여 종료점(nf') 간의 용량차는, 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈에 일치한다.
- [164] 또한, 조정된 기준 양극 프로파일(R_p'')의 두 지점(pi' , pf'')에 의한 용량 범위는 조정된 기준 음극 프로파일(R_n')의 두 지점(ni , nf')에 의한 용량 범위에 일치하고 있다. 프로세서(320)는, 조정된 기준 양극 프로파일(R_p'')의 두 지점(pi' , pf'') 사이의 프로파일을 조정된 기준 음극 프로파일(R_n')의 두 지점(ni , nf') 사이의 프로파일로부터 차감하여, 비교 풀셀 프로파일(S)을 생성할 수 있다.
- [165] 프로세서(320)는, 비교 풀셀 프로파일(S)과 기준 풀셀 프로파일(R) 간의 오차(프로파일 오차)를 연산할 수 있다.
- [166] 프로세서(320)는, 조정된 기준 양극 프로파일(R_p''), 조정된 기준 음극 프로파일(R_n'), 양극 참여 개시점(pi'), 양극 참여 종료점(pf''), 음극 참여 개시점(ni), 음극 참여 종료점(nf'), 양극 스케일 팩터, 음극 스케일 팩터, 비교 풀셀 프로파일(S) 및 프로파일 오차 중 적어도 둘을 상호 매핑하여, 메모리 유닛(330)에 기록할 수 있다.
- [167] 양극 스케일 팩터는, 기준 양극 프로파일(R_p)의 양 끝단 간의 용량차에 대한 조정된 기준 양극 프로파일(R_p'')의 양 끝단 간의 용량차의 비율을 나타낼 수 있다. 또는, 양극 스케일 팩터는, 두 지점(pi_0 , pf_0) 간의 용량차에 대한 두 지점(pi' , pf'') 간의 용량차의 비율을 나타낼 수 있다. 또는, 양극 스케일 팩터는, 두 지점(pi_0 , pf_0) 간의 양극 용량차에 대한 두 지점(pi' , pf'') 간의 양극 용량차의 비율을 나타낼 수 있다. 또는, 양극 스케일 팩터는, 두 지점(pi_0 , pf_0) 간의 양극 SOC 차에 대한 두 지점(pi' , pf'') 간의 양극 SOC 차의 비율을 나타낼 수 있다.
- [168] 음극 스케일 팩터는, 기준 음극 프로파일(R_n)의 양 끝단 간의 용량차에 대한 조정된 기준 음극 프로파일(R_n')의 양 끝단 간의 용량차의 비율을 나타낼 수 있다. 또는, 음극 스케일 팩터는, 두 지점(ni_0 , nf_0) 간의 용량차에 대한 두 지점(ni , nf') 간의 용량차의 비율을 나타낼 수 있다. 또는, 음극 스케일 팩터는, 두 지점(ni_0 , nf_0) 간의 음극 용량차에 대한 두 지점(ni , nf') 간의 음극 용량차의 비율을 나타낼 수 있다. 또는, 음극 스케일 팩터는, 두 지점(ni_0 , nf_0) 간의 음극 SOC 차에 대한 두 지점(ni , nf') 간의 음극 SOC 차의 비율을 나타낼 수 있다.

- [169] 한편, 전술된 바와 같이, 기준 양극 프로파일(Rp)의 양극 전압 범위가 복수의 미소 전압 구간으로 구획 시, 복수의 미소 전압 구간 중 인접한 두 미소 전압 구간의 경계 지점이, 양극 참여 개시점(pi)으로 설정될 수 있다.
- [170] 가령, 기준 양극 프로파일(Rp)의 양극 전압 범위를 100개의 미소 전압 범위로 구획한다면, 양극 참여 개시점(pi)으로 설정 가능한 경계 지점은 100개일 수 있다. 또한, 기준 양극 프로파일(Rp)에서 제2 설정 전압 이상인 전압 범위를 40개의 미소 전압 범위로 구획한다면, 양극 참여 종료점(pf)으로 설정 가능한 경계 지점은 40개일 수 있다. 이 경우, 최대 4000개의 서로 다른 비교 풀셀 프로파일이 생성될 수 있다.
- [171] 물론, 미소 전압 구간의 사이즈가 감소할수록 최대 생성 가능한 비교 풀셀 프로파일의 개수는 증가하고, 반대로 미소 전압 구간의 사이즈가 증가할수록 최대 생성 가능한 비교 풀셀 프로파일의 개수는 감소할 것임을 당업자라면 쉽게 이해할 수 있을 것이다.
- [172] 프로세서(320)는, 전술된 바와 같이 생성되는 복수의 비교 풀셀 프로파일의 프로파일 오차들 중에서 최소치를 식별한 다음, 최소 프로파일 오차에 매핑된 정보(예, 양극 참여 개시점, 양극 참여 종료점, 음극 참여 개시점, 음극 참여 종료점, 양극 스케일 팩터, 음극 스케일 팩터 중 적어도 하나)를 메모리 유닛(330)으로부터 획득할 수 있다.
- [173] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 측정 풀셀 프로파일과의 비교용으로 이용되는 비교 풀셀 프로파일을 생성하는 절차의 다른 예를 설명하는 데에 참조되는 도면이다. 참고로, 도 7 내지 도 9에 따른 실시예는 도 4 내지 도 6에 따른 실시예와는 독립적이다. 따라서, 도 4 내지 도 6에 따른 실시예와 도 7 내지 도 9에 따른 실시예를 설명하는 데에 공통적으로 기재된 용어나 부호는, 각 실시예에 한정되는 것으로 이해되어야 한다.
- [174] 도 7 내지 도 9를 참조하여 설명될 비교 풀셀 프로파일의 생성 절차는, 용량 스케일링을 실시하는 제4 루틴(도 7 참조), 4개의 지점(양극 참여 개시점, 양극 참여 종료점, 음극 참여 개시점, 음극 참여 종료점)을 설정하는 제5 루틴(도 8 참조), 및 프로파일 쉬프트를 실시하는 제6 루틴(도 9 참조)의 순서로 진행된다. 즉, 본 발명의 다른 실시예에 따른 비교 풀셀 프로파일의 생성 절차는 제4 내지 제6 루틴을 포함한다.
- [175] 도 7을 참조하면, 프로세서(320)는, 스케일링 수치 범위로부터 선택된 양극 스케일 팩터 및 음극 스케일 팩터를, 기준 양극 프로파일(Rp)과 기준 음극 프로파일(Rp)에 각각 적용하여, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp') 및 조정된 기준 음극 프로파일(Rn')을 생성한다.
- [176] 스케일링 수치 범위는 미리 정해진 것이거나, 기준 풀셀 프로파일(R)의 용량 범위의 사이즈에 대한 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈의 비율에 따라 가변될 수 있다. 일 예로, 스케일링 수치 범위(예, 90~99%)의 0.1%씩 간격을 둔 값들(즉, 90%, 90.1%, 90.2%, ... 98.9%, 99%) 중에서 양극 스케일 팩터 및 음극 스

케일 팩터로 선택 가능하다고 할 때, 91개의 값이 각각 양극 스케일 팩터 및 음극 스케일 팩터로 선택될 수 있다. 이 경우, $91 \times 91 = 8,281$ 개의 조정 레벨(양극 스케일 팩터 및 음극 스케일 팩터의 조합)에 따라 최대 8,281개의 조정된 프로파일 쌍이 생성될 수 있다. 조정된 프로파일 쌍은, 조정된 양극 프로파일 및 조정된 음극 프로파일의 조합을 의미한다.

- [177] 도 7에 도시된 조정된 기준 양극 프로파일(Rp') 및 조정된 기준 음극 프로파일(Rn')은, 각각 100% 미만인 양극 스케일 팩터 및 음극 스케일 팩터를 기준 양극 프로파일(Rp)과 기준 음극 프로파일(Rp)에 적용한 결과를 예시하고 있다.
- [178] 양극 스케일 팩터 및 음극 스케일 팩터가 100% 미만이므로, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp')은 기준 양극 프로파일(Rp)이 가로축을 따라 수축된 것이고, 조정된 기준 음극 프로파일(Rn') 역시 기준 음극 프로파일(Rp)이 가로축을 따라 수축되어 있다. 이해를 돕기 위해, 기준 양극 프로파일(Rp)과 기준 음극 프로파일(Rp) 각각의 시작점은 고정시킨 채로 나머지 부분만을 가로축을 따라 좌측으로 축소시킨 개형으로 예시하였다.
- [179] 도 8을 참조하면, 프로세서(320)는, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp')과 조정된 기준 음극 프로파일(Rp') 상에서 양극 참여 개시점(pi'), 양극 참여 종료점(pf'), 음극 참여 개시점(ni') 및 음극 참여 종료점(nf')을 결정한다.
- [180] 양극 참여 개시점(pi') 및 음극 참여 개시점(ni') 중 어느 하나는 다른 하나에 의존할 수 있다. 또한, 양극 참여 종료점(pf') 및 음극 참여 종료점(nf') 중 어느 하나는 다른 하나에 의존할 수 있다. 또한, 양극 참여 개시점(pi') 및 양극 참여 종료점(pf') 중 어느 하나는, 다른 하나를 기초로 설정될 수 있다.
- [181] 즉, 양극 참여 개시점(pi'), 양극 참여 종료점(pf'), 음극 참여 개시점(ni') 및 음극 참여 종료점(nf') 중 어느 하나가 설정되면, 나머지 3개의 지점들은 제1 설정 전압, 제2 설정 전압 및/또는 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈(예, SOC 0~100%의 충전 용량)에 의해 자동적으로 설정될 수 있다.
- [182] 일 예로, 프로세서(320)는, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp')의 시작점부터 종료점(또는, 제2 설정 전압)까지의 양극 전압 범위를 복수의 미소 전압 구간으로 구획한 다음, 복수의 미소 전압 구간 중 인접한 두 미소 전압 구간의 경계 지점을, 양극 참여 개시점(pi')으로 설정할 수 있다. 그 다음, 프로세서(320)는, 양극 참여 개시점(pi')보다 제1 설정 전압(예, 3V)만큼 작은 조정된 기준 음극 프로파일(Rn) 상의 지점을 음극 참여 개시점(ni')으로 설정할 수 있다.
- [183] 다른 예로, 프로세서(320)는, 조정된 기준 음극 프로파일(Rn')의 시작점부터 종료점까지의 음극 전압 범위를 소정 사이즈의 복수의 미소 전압 구간으로 구획한 다음, 복수의 미소 전압 구간 중 인접한 두 미소 전압 구간의 경계 지점을, 음극 참여 개시점(ni')으로 설정할 수 있다. 그 다음, 프로세서(320)는, 음극 참여 개시점(ni')보다 제1 설정 전압만큼 큰 지점을 기준 양극 프로파일(Rp)로부터 탐색하고, 탐색된 지점을 양극 참여 개시점(pi')으로 설정할 수 있다.

- [184] 또 다른 예로, 프로세서(320)는, 제2 설정 전압부터 조정된 기준 양극 프로파일(R_p')의 종료점까지의 전압 범위를 소정 사이즈의 복수의 미소 전압 구간으로 구획한 다음, 복수의 미소 전압 구간 중 인접한 두 미소 전압 구간의 경계 지점을, 양극 참여 종료점(pf')으로 설정할 수 있다. 그 다음, 프로세서(320)는, 양극 참여 종료점(pf')보다 제2 설정 전압(예, 4V)만큼 작은 지점을 조정된 기준 음극 프로파일(R_n')에서 탐색하고, 탐색된 지점을 음극 참여 종료점(nf')으로 설정할 수 있다.
- [185] 또 다른 예로, 프로세서(320)는, 조정된 기준 음극 프로파일(R_n')의 시작점부터 종료점까지의 음극 전압 범위를 소정 사이즈의 복수의 미소 전압 구간으로 구획한 다음, 복수의 미소 전압 구간 중 인접한 두 미소 전압 구간의 경계 지점을, 음극 참여 종료점(nf')으로 설정할 수 있다. 그 다음, 프로세서(320)는, 음극 참여 종료점(nf')보다 제2 설정 전압만큼 큰 지점을 조정된 기준 양극 프로파일(R_p')으로부터 탐색하여, 탐색된 지점을 양극 참여 종료점(pf')으로 설정할 수 있다.
- [186] 프로세서(320)는, 양극 참여 개시점(pi'), 양극 참여 종료점(pf'), 음극 참여 개시점(ni') 및 음극 참여 종료점(nf') 중 어느 하나가 결정되면, 결정된 지점을 기초로 나머지 3개 지점을 추가적으로 결정할 수 있다.
- [187] 일 예로, 프로세서(320)는, 양극 참여 개시점(pi')이 가장 먼저 결정되면, 양극 참여 개시점(pi')의 용량값보다 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈만큼 큰 용량값을 갖는 조정된 기준 양극 프로파일(R_p') 상의 지점을 양극 참여 종료점(pf')으로 설정할 수 있다. 또한, 프로세서(320)는, 양극 참여 개시점(pi')보다 제1 설정 전압만큼 낮은 지점을 조정된 기준 음극 프로파일(R_n')으로부터 탐색하여, 탐색된 지점을 음극 참여 개시점(ni')으로 설정할 수 있다. 또한, 프로세서(320)는, 음극 참여 개시점(ni')의 용량값보다 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈만큼 큰 용량값을 갖는 조정된 기준 음극 프로파일(R_n') 상의 지점을 음극 참여 종료점(nf')으로 설정할 수 있다.
- [188] 다른 예로, 프로세서(320)는, 양극 참여 종료점(pf')이 가장 먼저 결정되면, 양극 참여 종료점(pf')의 용량값보다 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈만큼 작은 용량값을 갖는 조정된 기준 양극 프로파일(R_p') 상의 지점을 양극 참여 개시점(pi')으로 설정할 수 있다. 또한, 프로세서(320)는, 양극 참여 종료점(pf')보다 제2 설정 전압만큼 낮은 지점을 조정된 기준 음극 프로파일(R_n')으로부터 탐색하여, 탐색된 지점을 음극 참여 종료점(nf')으로 설정할 수 있다. 또한, 프로세서(320)는, 음극 참여 종료점(nf')의 용량값보다 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈만큼 작은 용량값을 갖는 조정된 기준 음극 프로파일(R_n') 상의 지점을 음극 참여 개시점(ni')으로 설정할 수 있다.
- [189] 또 다른 예로, 프로세서(320)는, 음극 참여 개시점(ni')이 결정되면, 음극 참여 개시점(ni')의 용량값보다 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈만큼 큰 용량값을 갖는 조정된 기준 음극 프로파일(R_n') 상의 지점을 음극 참여 종료점(nf')으로 설정할 수 있다. 또한, 프로세서(320)는, 음극 참여 개시점(ni')보다 제1 설정 전압만큼 높은 지점을 조정된 기준 양극 프로파일(R_p')으로부터 탐색하여, 탐색

된 지점을 양극 참여 개시점(pi')으로 설정할 수 있다. 또한, 프로세서(320)는, 양극 참여 개시점(pi')의 용량값보다 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈만큼 큰 용량값을 갖는 조정된 기준 양극 프로파일(Rp') 상의 지점을 양극 참여 종료점(pf')으로 설정할 수 있다.

- [190] 또 다른 예로, 프로세서(320)는, 음극 참여 종료점(nf')이 결정되면, 음극 참여 종료점(nf')의 용량값보다 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈만큼 작은 용량값을 갖는 조정된 기준 음극 프로파일(Rn') 상의 지점을 음극 참여 개시점(ni')으로 설정할 수 있다. 또한, 프로세서(320)는, 음극 참여 종료점(nf')보다 제2 설정 전압만큼 높은 지점을 조정된 기준 양극 프로파일(Rp')으로부터 탐색하여, 탐색된 지점을 양극 참여 종료점(pf')으로 설정할 수 있다. 또한, 프로세서(320)는, 양극 참여 종료점(pf')의 용량값보다 측정 풀셀 프로파일(M)의 용량 범위의 사이즈만큼 작은 용량값을 갖는 조정된 기준 양극 프로파일(Rp') 상의 지점을 양극 참여 개시점(pi')으로 설정할 수 있다.
- [191] 양극 스케일 팩터 및 음극 스케일 팩터의 쌍을 기초로 양극 참여 개시점(pi'), 양극 참여 종료점(pf'), 음극 참여 개시점(ni') 및 음극 참여 종료점(nf')의 결정이 완료되면, 프로세서(320)는, 양극 참여 개시점(pi') 및 음극 참여 개시점(ni')의 용량값이 일치하도록 또는 양극 참여 개시점(pf') 및 음극 참여 개시점(nf')의 용량값이 일치하도록, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp') 및 조정된 기준 음극 프로파일(Rn') 중 적어도 하나를 가로축을 따라 좌측 또는 우측으로 쉬프트시킬 수 있다.
- [192] 도 9에 도시된 조정된 기준 음극 프로파일(Rn'')은, 도 8에 도시된 조정된 기준 음극 프로파일(Rn')만을 우측으로 쉬프트시킨 것이다. 이에 따라, 양극 참여 개시점(pi') 및 음극 참여 개시점(ni'')의 용량값이 가로축에서 서로 일치되어 있다. 관련하여, 양극 참여 개시점(pi')과 양극 참여 종료점(pf') 간의 용량차는 음극 참여 개시점(ni') 및 음극 참여 종료점(nf') 간의 용량차와 동일하므로, 양극 참여 개시점(pi') 및 음극 참여 개시점(ni'')의 용량값이 서로 일치하게 되면, 양극 참여 종료점(pf')과 음극 참여 종료점(nf')의 용량값도 가로축에서 서로 일치하게 된다.
- [193] 도 9를 참조하면, 프로세서(320)는, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp')의 두 지점(pi', pf') 사이의 부분 프로파일을 조정된 기준 음극 프로파일(Rn'')의 두 지점(ni'', nf'') 사이의 부분 프로파일로부터 차감하여, 비교 풀셀 프로파일(U)을 생성할 수 있다.
- [194] 프로세서(320)는, 비교 풀셀 프로파일(U)와 기준 풀셀 프로파일(R) 간의 오차(프로파일 오차)를 연산할 수 있다.
- [195] 프로세서(320)는, 조정된 기준 양극 프로파일(Rp'), 조정된 기준 음극 프로파일(Rn''), 양극 참여 개시점(pi'), 양극 참여 종료점(pf'), 음극 참여 개시점(ni''), 음극 참여 종료점(nf''), 양극 스케일 팩터, 음극 스케일 팩터, 비교 풀셀 프로파일(U) 및 프로파일 오차 중 적어도 둘을 상호 매핑하여, 메모리 유닛(330)에 기록할 수 있다.

- [196] 전술된 바와 같이, 프로세서(320)는, 스케일링 수치 범위로부터 선택된 양극 스케일 팩터 및 음극 스케일 팩터의 쌍별로그에 대응되는 비교 풀셀 프로파일을 생성할 수 있다. 양극 스케일 팩터 및 음극 스케일 팩터의 쌍은 복수이므로, 비교 풀셀 프로파일 또한 복수로 생성될 것임은 자명하다. 프로세서(320)는, 복수의 비교 풀셀 프로파일의 프로파일 오차들 중에서 최소치를 식별한 다음, 최소 프로파일 오차에 매핑된 정보를 메모리 유닛(330)으로부터 획득할 수 있다.
- [197] 프로세서(320)는, 최소 프로파일 오차에 매핑된 정보로부터 적어도 음극 참여 종료점(예, 도 6의 부호 n^r 또는 도 9의 부호 n^r)을 추출할 수 있다. 참고로, 대상 셀(BC)이 신폴 상태였을 때의 양극 참여 개시점, 양극 참여 종료점, 음극 참여 개시점, 음극 참여 종료점, 양극 스케일 팩터 및 음극 스케일 팩터 중 적어도 하나는, 대상 셀(BC)이 신폴 상태였을 때 전술된 분석 프로세스가 실행됨에 의해 이미 메모리 유닛(330)에 기록되어 있을 수 있다.
- [198] 프로세서(320)는, 최소 프로파일 오차에 매핑된 정보(예, 음극 참여 종료점)를 기초로 적어도 하나의 열화 파라미터를 결정할 수 있다. 아래의 표 1은 열화 파라미터들과 각 열화 파라미터의 결정에 활용될 수 있는 수식들이 정리된 것이다.
- [199] <표 1>

[200]

열화 파라미터	수식
P_{SOH}	$1 - \frac{pf_{BOL} - pf_{MOL}}{pf_{BOL} - pi_{BOL}}, \frac{pf_{MOL} - pi_{BOL}}{pf_{BOL} - pi_{BOL}}, 1 - \frac{pf_{BOL} - pf_{MOL}}{nf_{BOL} - ni_{BOL}}, \frac{ps_{MOL}}{ps_{BOL}}$
N_{SOH}	$\frac{ns_{MOL}}{ns_{BOL}}$
L_{SOH}	$1 - \frac{pi_{MOL} - pi_{BOL}}{pf_{BOL} - pi_{BOL}}, \frac{pf_{BOL} - pi_{MOL}}{pf_{BOL} - pi_{BOL}}, 1 - \frac{pi_{MOL} - pi_{BOL}}{nf_{BOL} - ni_{BOL}}$
F_{SOH}	$\frac{pf_{MOL} - pi_{MOL}}{pf_{BOL} - pi_{BOL}}, \frac{nf_{MOL} - ni_{MOL}}{nf_{BOL} - ni_{BOL}}$
P_{LOSS}	$\frac{pf_{BOL} - pf_{MOL}}{pf_{BOL} - pi_{BOL}}, \frac{pf_{BOL} - pf_{MOL}}{nf_{BOL} - ni_{BOL}}, 1 - \frac{ps_{MOL}}{ps_{BOL}}$
N_{LOSS}	$1 - \frac{ns_{MOL}}{ns_{BOL}}$
L_{LOSS}	$\frac{pi_{MOL} - pi_{BOL}}{pf_{BOL} - pi_{BOL}}, \frac{pi_{MOL} - pi_{BOL}}{nf_{BOL} - ni_{BOL}}$
F_{LOSS}	$1 - \frac{pf_{MOL} - pi_{MOL}}{pf_{BOL} - pi_{BOL}}, 1 - \frac{nf_{MOL} - ni_{MOL}}{nf_{BOL} - ni_{BOL}}, \frac{(pf_{BOL} - pi_{BOL}) - (pf_{MOL} - pi_{MOL})}{nf_{BOL} - ni_{BOL}}$
$P_{loading_MOL}$	$ps_{MOL} \times P_{loading_ref}$
$N_{loading_MOL}$	$ns_{MOL} \times N_{loading_ref}$

[201] 표 1에 기재된 변수들 각각은 전술된 분석 프로세스에 의해 결정 가능한 진단 인자이다. 표 1의 열화 파라미터들과 변수들의 정의는 다음과 같을 수 있다.<열화 파라미터들>

[202] P_{SOH} : 대상 셀(BC)의 양극 SOH(State Of Health)

[203] N_{SOH} : 대상 셀(BC)의 음극 SOH

[204] L_{SOH} : 대상 셀(BC)의 가용리튬 SOH

[205] F_{SOH} : 대상 셀(BC)의 풀셀 SOH

[206] P_{LOSS} : 대상 셀(BC)의 양극 손실률

[207] N_{LOSS} : 대상 셀(BC)의 음극 손실률

[208] L_{LOSS} : 대상 셀(BC)의 가용리튬 손실률

[209] F_{LOSS} : 대상 셀(BC)의 풀셀 손실률

- [210] $P_{\text{loading_MOL}}$: 대상 셀(BC)의 양극 로딩량
- [211] $N_{\text{loading_MOL}}$: 대상 셀(BC)의 음극 로딩량
- [212]
- [213] 임의의 배터리 셀이 열화되어 갈수록, 해당 배터리 셀의 총 양극 용량, 총 음극 용량, 가용 리튬량 및 총 풀셀 용량 중 적어도 하나는 BOL 상태였을 때의 값으로부터 점차 줄어들 수 있다. 총 풀셀 용량은, 풀셀 프로파일의 양쪽 끝 포인트들 간의 용량차를 나타낼 수 있다. 예컨대, 총 풀셀 용량은, 완충 용량(FCC: full charge capacity)을 의미할 수 있다. 가용 리튬량은, 배터리 셀의 충전 및 방전에 기여 가능한 리튬의 총량을 나타낼 수 있다. P_{SOH} 는 총 양극 용량의 유지율을 나타낼 수 있다. N_{SOH} 는 총 음극 용량의 유지율을 나타낼 수 있다. L_{SOH} 는 가용 리튬량의 유지율을 나타낼 수 있다. F_{SOH} 는 총 풀셀 용량의 유지율을 나타낼 수 있다.
- [214] P_{SOH} 과 P_{LOSS} 의 합, N_{SOH} 과 N_{LOSS} 의 합, L_{SOH} 과 L_{LOSS} 의 합, F_{SOH} 과 F_{LOSS} 의 합 각각은 1과 동일할 수 있다. F_{LOSS} 는 P_{LOSS} 과 L_{LOSS} 의 합과 동일할 수 있다.
- [215] 임의의 배터리 셀의 양극 로딩량이란, 그 배터리 셀의 양극의 단위 면적 당 양극 활물질 양(또는 가용 용량)을 나타낸다. 임의의 배터리 셀의 음극 로딩량이란, 그 배터리 셀의 음극의 단위 면적 당 음극 활물질 양(또는 가용 용량)을 나타낸다. 로딩량의 단위는 mAh/cm² 또는 mg/cm²일 수 있다. 표 1에서, $P_{\text{loading_ref}}$ 는 기준 양극 로딩량을 나타내고, $N_{\text{loading_ref}}$ 는 기준 음극 로딩량을 나타낸다. 기준 양극 로딩량이란, 기준 셀의 양극의 단위 면적 당 양극 활물질 양(또는 가용 용량)을 나타내는 미리 정해진 값이다. 기준 양극 로딩량은, 기준 양극 용량을 기준 양극 면적으로 나눈 값일 수 있다. 여기서, 기준 양극 용량은, 기준 셀의 총 양극 용량으로 미리 설정된 값일 수 있다. 기준 양극 면적은, 기준 셀의 양극의 면적으로 미리 설정된 값일 수 있다. 기준 음극 로딩량이란, 기준 셀의 음극의 단위 면적 당 음극 활물질 양(또는 가용 용량)을 나타내는 미리 정해진 값이다. 기준 음극 로딩량은, 기준 음극 용량을 기준 음극 면적으로 나눈 값일 수 있다. 여기서, 기준 음극 용량은, 기준 셀의 총 음극 용량으로 미리 설정된 값일 수 있다. 기준 음극 면적은, 기준 셀의 음극의 면적으로 미리 설정된 값일 수 있다.
- [216]
- [217] <변수들>
- [218] pi_{BOL} : 대상 셀(BC)이 BOL 상태였을 때의 양극 참여 개시점의 양극 용량(양극 SOC)
- [219] pi_{MOL} : 대상 셀(BC)의 현 양극 참여 개시점(예, 도 6에 도시된 pi')의 양극 용량(양극 SOC)
- [220] pf_{BOL} : 대상 셀(BC)이 BOL 상태였을 때의 양극 참여 종료점의 양극 용량(양극 SOC)
- [221] pf_{MOL} : 대상 셀(BC)의 현 양극 참여 종료점(예, 도 6에 도시된 pf'')의 양극 용량(양극 SOC)

- [222] ni_{BOL} : 대상 셀(BC)이 BOL 상태였을 때의 음극 참여 개시점의 음극 용량(음극 SOC)
- [223] ni_{MOL} : 대상 셀(BC)의 현 음극 참여 개시점(예, 도 6에 도시된 ni)의 음극 용량(음극 SOC)
- [224] nf_{BOL} : 대상 셀(BC)이 BOL 상태였을 때의 음극 참여 종료점의 음극 용량(음극 SOC)
- [225] nf_{MOL} : 대상 셀(BC)의 현 음극 참여 종료점(예, 도 6에 도시된 nf)의 음극 용량(음극 SOC)
- [226] ps_{BOL} : 대상 셀(BC)이 BOL 상태였을 때의 양극 스케일 팩터
- [227] ps_{MOL} : 대상 셀(BC)의 현 양극 스케일 팩터
- [228] ns_{BOL} : 대상 셀(BC)이 BOL 상태였을 때의 음극 스케일 팩터
- [229] ns_{MOL} : 대상 셀(BC)의 현 음극 스케일 팩터
- [230]
- [231] 대상 셀(BC)에 대한 진단 인자의 결정 과정은, 대상 셀(BC)의 전 생애 동안 주기적 또는 비주기적으로 반복될 수 있다.
- [232] 프로세서(320)는, 음극 참여 종료점의 음극 용량(또는 음극 SOC)이 신폴 상태에서에서의 값으로부터 감소한 것에 응답하여, 대상 셀(BC)의 음극에 용량 손실이 발생한 것으로 진단할 수 있다.
- [233] 프로세서(320)는, 대상 셀(BC)에 대해 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 대상 셀(BC)에 대한 허용 전압 범위 및 허용 SOC 범위 중 적어도 하나를 제한할 수 있다. 음극 참여 종료점의 음극 용량(또는 음극 SOC)의 신폴 상태에서부터의 변화량(예, 저하량)과 제한 레벨 간의 소정의 양의 상관 관계를 나타내는 관계 데이터가 메모리 유닛(330)에 미리 저장될 수 있다. 즉, 관계 데이터에 따르면, 음극 참여 종료점의 용량값(음극 용량, 음극 SOC)의 감소는 허용 전압 범위 및 허용 SOC 범위 중 적어도 하나의 축소를 초래할 수 있다. 어떠한 범위를 축소한다는 것은, 그 범위의 하한을 높이는 것 및 상한을 낮추는 것 중 적어도 하나를 의미한다.
- [234] 가령, 허용 전압 범위 및 허용 SOC 범위 각각 2.5~4.5V와 5~95%라고 해보자. 만약, 음극 참여 종료점이 BOL 상태였을 때의 값의 90%로 추정되는 경우, 허용 전압 범위는 2.75~4.05V로 축소되고, 허용 SOC 범위는 5.5~85.5%로 축소될 수 있다.
- [235] 도 10은 본 발명의 제1 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 개략적으로 설명하는 데에 참조되는 순서도이다. 도 10에 따른 방법은 배터리 진단 장치에 의해 실행 가능할 수 있다.
- [236] 단계 S1010에서, 프로세서(320)는, 대상 셀(BC)의 전기 상태가 초기 상태로부터 목표 상태로 변화할 때까지의 상태 변화 기간 동안, 대상 셀(BC)에 제1 전기 자극보다 큰 제2 전기 자극을 간헐적으로 인가하도록 자극 인가 장치(301)를 제어한다.

- [237] 단계 S1020에서, 프로세서(320)는, 통신부(310)를 이용하여, 상태 변화 기간 동안의 대상 셀(BC)의 전류의 변화 이력을 나타내는 전류 시계열 데이터 및 상태 변화 기간에 부여된 제2 전기 자극의 휴지기들에서의 대상 셀(BC)의 풀셀 전압의 변화 이력을 나타내는 전압 시계열 데이터를 획득한다. 전압 시계열 데이터는, 각 휴지기의 종료 시점에서의 풀셀 전압의 측정치(도 3a의 D_{ocv} 참조)를 포함할 수 있다. 예를 들어,
- [238] 통신부(310)는, 상태 변화 기간의 종료 후에, 전기 차량(1)에 의해 생성된 전류 시계열 데이터 및 전압 시계열 데이터를 전기 차량(1)으로부터 수집할 수 있다.
- [239] 또는, 통신부(310)는, 상태 변화 기간 동안 대상 셀(BC)의 전류 및 풀셀 전압 중 적어도 하나의 측정치를 나타내는 측정 데이터를 전기 차량(1)으로부터 주기적으로 수집할 수 있다. 이 경우, 상태 변화 기간에 걸쳐 다수 회 수집된 각 측정치는 메모리 유닛(330)에 시간 순으로 기록될 수 있다. 프로세서(320)는, 상태 변화 기간에 걸쳐 수집된 측정치들의 세트로부터 전류 시계열 데이터 및 전압 시계열 데이터를 생성할 수 있다.
- [240] 단계 S1030에서, 프로세서(320)는, 전류 시계열 데이터 및 전압 시계열 데이터를 기초로, 대상 셀(BC)의 용량과 풀셀 전압 간의 대응 관계를 나타내는 측정 풀셀 프로파일(도 3b의 부호 M 참조)을 생성한다.
- [241] 단계 S1040에서, 프로세서(320)는, 측정 풀셀 프로파일을 분석하여, 대상 셀(BC)의 음극 참여 종료점을 추정한다.
- [242] 단계 S1050에서, 프로세서(320)는, 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 대상 셀(BC)의 음극 용량 손실의 발생 여부를 결정한다.
- [243] 단계 S1060에서, 프로세서(320)는, 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 대상 셀(BC)에 대한 허용 전압 범위 및 허용 SOC 범위 중 적어도 하나를 제한한다. 이와 함께 또는 대신하여, 대상 셀(BC)에 대한 허용 전류가 제한(하향 조정)될 수도 있다.
- [244] 도 10에 따른 방법에 있어서, 단계 S1050와 단계 S1060 중 적어도 하나는 생략될 수도 있다.
- [245] 단계 S1070에서, 프로세서(320)는, 통신부(310)를 이용하여, 대상 셀(BC)의 진단 결과를 전기 차량(1)에 전송할 수 있다. 진단 결과는, 음극 참여 종료점, 음극 용량 손실 여부, 제한된 허용 전압 범위 및 제한된 허용 SOC 범위 중 적어도 하나를 포함한다.
- [246] 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 배터리 관리 방법을 개략적으로 설명하는 데에 참조되는 순서도이다. 도 11에 따른 방법은, 배터리 진단 장치에 의해 실행 가능할 수 있다.
- [247] 단계 S1110에서, 프로세서(320)는, 대상 셀(BC)의 전기 상태가 초기 상태로부터 목표 상태로 변화할 때까지의 상태 변화 기간 동안, 대상 셀(BC)에 제1 전기 자극보다 큰 제2 전기 자극을 간헐적으로 인가하도록 자극 인가 장치(301)를 제어한다.

- [248] 단계 S1120에서, 프로세서(320)는, 통신부(310)를 이용하여, 상태 변화 기간 동안의 대상 셀(BC)의 전류의 변화 이력을 나타내는 전류 시계열 데이터 및 상태 변화 기간에 부여된 제2 전기 자극의 휴지기들에서의 대상 셀(BC)의 풀셀 전압의 변화 이력을 나타내는 전압 시계열 데이터를 획득한다.
- [249] 전술된 제1 실시예와는 달리, 단계 S1120에서 획득되는 전압 시계열 데이터는, 휴지기별로 3회 이상 측정된 풀셀 전압의 측정치들을 포함한다.
- [250] 단계 S1122에서, 프로세서(320)는, 단계 S1120에서 획득된 전압 시계열 데이터에 OCV 추정 로직을 적용하여, 보정된 전압 시계열 데이터를 생성한다. OCV 추정 로직은, 단계 S1120에서 획득된 전압 시계열 데이터에 포함된 휴지기별 3개의 풀셀 전압의 측정치의 세트를 단일의 OCV 값으로 치환하도록 제공된 것일 수 있다. 따라서, 만약 상태 변화 기간 동안 총 X회의 휴지기가 부여되고, 휴지기별로 풀셀 전압이 3회 측정되었다면, 단계 S1120에서 획득된 전압 시계열 데이터는 3X개의 풀셀 전압 측정치를 포함하고, 보정된 전압 시계열 데이터는 X개의 OCV 값을 포함할 것임을 당업자라면 쉽게 이해할 수 있을 것이다.
- [251] 단계 S1130에서, 프로세서(320)는, 전류 시계열 데이터 및 상기 보정된 전압 시계열 데이터를 기초로, 대상 셀(BC)의 용량과 풀셀 전압 간의 대응 관계를 나타내는 측정 풀셀 프로파일(도 3b의 부호 M 참조)을 생성한다.
- [252] 단계 S1140에서, 프로세서(320)는, 측정 풀셀 프로파일(M)을 분석하여, 대상 셀(BC)의 음극 참여 종료점을 추정한다.
- [253] 단계 S1150에서, 프로세서(320)는, 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 대상 셀(BC)의 음극 용량 손실의 발생 여부를 결정한다.
- [254] 단계 S1160에서, 프로세서(320)는, 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 대상 셀(BC)에 대한 허용 전압 범위 및 허용 SOC 범위 중 적어도 하나를 제한한다. 이와 함께 또는 대신하여, 대상 셀(BC)에 대한 허용 전류가 제한(하향 조정)될 수도 있다.
- [255] 도 11에 따른 방법에 있어서, 단계 S1150와 단계 S1160 중 적어도 하나는 생략될 수도 있다.
- [256] 단계 S1170에서, 프로세서(320)는, 대상 셀(BC)의 진단 결과를 통신부(310)를 통해 전기 차량(1)에 전송할 수 있다. 진단 결과는, 음극 참여 종료점, 음극 용량 손실 여부, 제한된 허용 전압 범위 및 제한된 허용 SOC 범위 중 적어도 하나를 포함한다.
- [257] 도 12는 도 11의 단계 S1122에서 실시되는 전압 시계열 데이터의 보정 절차를 설명하는 데에 참조되는 도면이다.
- [258] 도 12의 부호 1200은 도 3a에 도시된 전압 하강 세그먼트들 중 어느 하나를 지시한다. t_R 은 휴지기의 개시 시점으로부터 기준 시간이 경과된 시점을 지시한다. t_R 까지의 부분은 실선으로, t_R 이후의 부분은 점선으로 구분 도시하였다.
- [259] 도 12를 참조하면, 각 휴지기 동안, 대상 셀(BC)은 충전도 방전도 없는 무부하 상태에 놓이게 된다.

- [260] 무부하 상태에서는, 대상 셀(BC)의 풀셀 전압은 대상 셀(BC)의 SOC에 대응하는 OCV를 향하여 서서히 수렴해간다. 특정 휴지기에서의 대상 셀(BC)의 풀셀 전압의 거동은, 하기의 수식 1과 같은 1차 RC 회로의 전압 응답으로 증가화될 수 있다.
- [261] <수식 1>
- [262]
$$V_{full}(t) = V_{OCV} + (V_S - V_{OCV}) \times e^{-\frac{t}{\tau}}$$
- [263] 수식 1에서, t는 특정 휴지기의 개시 시점으로부터의 경과 시간, $V_{full}(t)$ 는 t에서의 풀셀 전압, V_{OCV} 는 실제 OCV, V_S 는 특정 휴지기의 개시 시점에서의 풀셀 전압, τ 는 대상 셀(BC)의 내부저항과 커패시턴스에 의해 정해지는 시상수이다.
- [264] 수식 1에서, $V_{full}(t)$ 는 측정 가능하므로, V_{OCV} , V_S 및 τ 는 미지수이다. 미지수가 3개이므로, 특정 휴지기의 OCV는 서로 다른 3개의 타이밍에서 측정된 $V_{full}(t)$ 를 기초로 추정될 수 있다. 휴지기별 OCV의 추정에는 하기의 수식 2가 이용될 수 있다.
- [265] <수식 2>
- [266]
$$\frac{V_{full}(t_1) - V_{OCV}}{V_{full}(t_2) - V_{OCV}} = \frac{V_{full}(t_2) - V_{OCV}}{V_{full}(t_3) - V_{OCV}}$$
- [267] 수식 2에서, t_1 , t_2 및 t_3 는 풀셀 전압의 순차적인 측정 타이밍들이다. t_1 와 t_2 간의 시간차는 t_2 과 t_3 간의 시간차와 동일할 수 있다. 한편, 도 12에서는, t_R 과 t_3 이 다른 것으로 예시되어 있으나, $t_R = t_3$ 일 수 있다. 이 경우, $V_{full}(t_3) = D_{OCV}$.
- [268] 프로세서(320)는, 수식 2를 통해 연산된 V_{OCV} 와 동일하게 D_{OCV_C} 를 결정할 수 있다.
- [269] 프로세서(320)는, 휴지기별 3개의 풀셀 전압 측정치($V_{full}(t_1)$, $V_{full}(t_2)$, $V_{full}(t_3)$)를 단일의 OCV 값(D_{OCV_C})으로 치환하는 과정을 모든 휴지기들에 대해 반복함으로써, 단계 S1120에서 획득된 전압 이력 데이터를 단계 S1130을 위한 보정된 전압 이력 데이터로 변환할 수 있다. 보정된 전압 이력 데이터는, X개의 OCV 값을 포함한다. 프로세서(320)는, 보정된 전압 이력 데이터에 커브 피팅 로직을 적용하여 측정 풀셀 프로파일(M)을 생성할 수 있다.
- [270] 참고로, D_{OCV} 는 휴지기의 종료 시점(분극이 완전히 해소되기 전임)에서의 풀셀 전압의 측정치인 반면, D_{OCV_C} 는 분극이 완전히 해소된 상태에서의 풀셀 전압(즉, V_{OCV})의 추정치이다. 따라서, D_{OCV_C} 가 D_{OCV} 보다 대상 셀(BC)의 실제 OCV에 근접하다고 할 수 있다.
- [271] 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.

[272] 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.

[273] 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.

청구범위

- [청구항 1] 진단 대상으로서의 배터리 셀인 대상 셀의 전기 상태가 초기 상태에서부터 목표 상태로 변화할 때까지의 상태 변화 기간 동안, 상기 대상 셀에 제1 전기 자극보다 큰 제2 전기 자극을 간헐적으로 인가하도록 자극 인가 장치를 제어하는 프로세서; 및
상기 상태 변화 기간 동안의 상기 대상 셀의 전류의 변화 이력을 나타내는 전류 시계열 데이터 및 상기 상태 변화 기간에 부여된 상기 제2 전기 자극의 휴지기들에서의 상기 대상 셀의 풀셀 전압의 변화 이력을 나타내는 전압 시계열 데이터를 획득하도록 구성되는 통신부를 포함하되,
상기 프로세서는,
상기 전류 시계열 데이터 및 상기 전압 시계열 데이터를 기초로, 상기 대상 셀의 용량과 풀셀 전압 간의 대응 관계를 나타내는 측정 풀셀 프로파일을 생성하고,
상기 측정 풀셀 프로파일을 분석하여, 상기 대상 셀의 음극 참여 종료점을 추정하도록 구성되는, 배터리 진단 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 제1 전기 자극은, 상기 대상 셀에 기준치 이하의 OCV와 CCV 간의 차이를 유발하는 전기 자극이고,
상기 제2 전기 자극은, 상기 대상 셀에 상기 기준치 초과 OCV와 CCV 간의 차이를 유발하는 전기 자극인, 배터리 진단 장치.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 제1 전기 자극은, 제1 전류 레이트를 이용한 충전이고,
상기 제2 전기 자극은, 상기 제1 전류 레이트보다 큰 제2 전류 레이트를 이용한 충전인, 배터리 진단 장치.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 제1 전기 자극은, 제1 전류 레이트를 이용한 방전이고,
상기 제2 전기 자극은, 상기 제1 전류 레이트보다 큰 제2 전류 레이트를 이용한 방전인, 배터리 진단 장치.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 전압 시계열 데이터는,
상기 제2 전기 자극의 휴지기들에서의 상기 풀셀 전압의 측정치들이 상기 대상 셀의 OCV로서 시간 순으로 정렬된 것인, 배터리 진단 장치.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 전류의 전류 적산값이 임계 적산값만큼 변화 시마다, 상기 제2 전기 자극의 휴지기를 개시하도록 상기 자극 인가 장치를 제어하도록 구성되는, 배터리 진단 장치.

- [청구항 7] 제6항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 제2 전기 자극의 휴지기의 개시 시점으로부터 기준 시간이 경과 시,
상기 제2 전기 자극의 인가를 재개하도록 상기 자극 인가 장치를 제어하
도록 구성되는, 배터리 진단 장치.
- [청구항 8] 제1항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 상기 대상 셀의 음극 용량 손실
의 발생 여부를 결정하도록 구성되는, 배터리 진단 장치.
- [청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 상기 대상 셀에 대한 허용 전압
범위 및 허용 SOC 범위 중 적어도 하나를 제한하도록 구성되는, 배터리
진단 장치.
- [청구항 10] 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 배터리 진단 장치를 포함하는 충
전 스테이션.
- [청구항 11] 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 배터리 진단 장치를 포함하는 클
라우드 서버.
- [청구항 12] 진단 대상으로서의 배터리 셀인 대상 셀의 전기 상태가 초기 상태에서부터
목표 상태로 변화할 때까지의 상태 변화 기간 동안, 상기 대상 셀에 제1 전
기 자극보다 큰 제2 전기 자극을 간헐적으로 인가하도록 자극 인가 장치
를 제어하는 단계;
상기 상태 변화 기간 동안의 상기 대상 셀의 전류의 변화 이력을 나타내는
전류 시계열 데이터 및 상기 상태 변화 기간에 부여된 상기 제2 전기 자극
의 휴지기들에서의 상기 대상 셀의 풀셀 전압의 변화 이력을 나타내는 전
압 시계열 데이터를 획득하는 단계;
상기 전류 시계열 데이터 및 상기 전압 시계열 데이터를 기초로, 상기 대
상 셀의 용량과 풀셀 전압 간의 대응 관계를 나타내는 측정 풀셀 프로파일을
생성하는 단계; 및
상기 측정 풀셀 프로파일을 분석하여, 상기 대상 셀의 음극 참여 종료점을
추정하는 단계;
를 포함하는, 배터리 진단 방법.
- [청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 전압 시계열 데이터는,
상기 제2 전기 자극의 휴지기들에서의 상기 풀셀 전압의 측정치들이 상기
대상 셀의 OCV로서 시간 순으로 정렬된 것인, 배터리 진단 방법.
- [청구항 14] 제12항에 있어서,

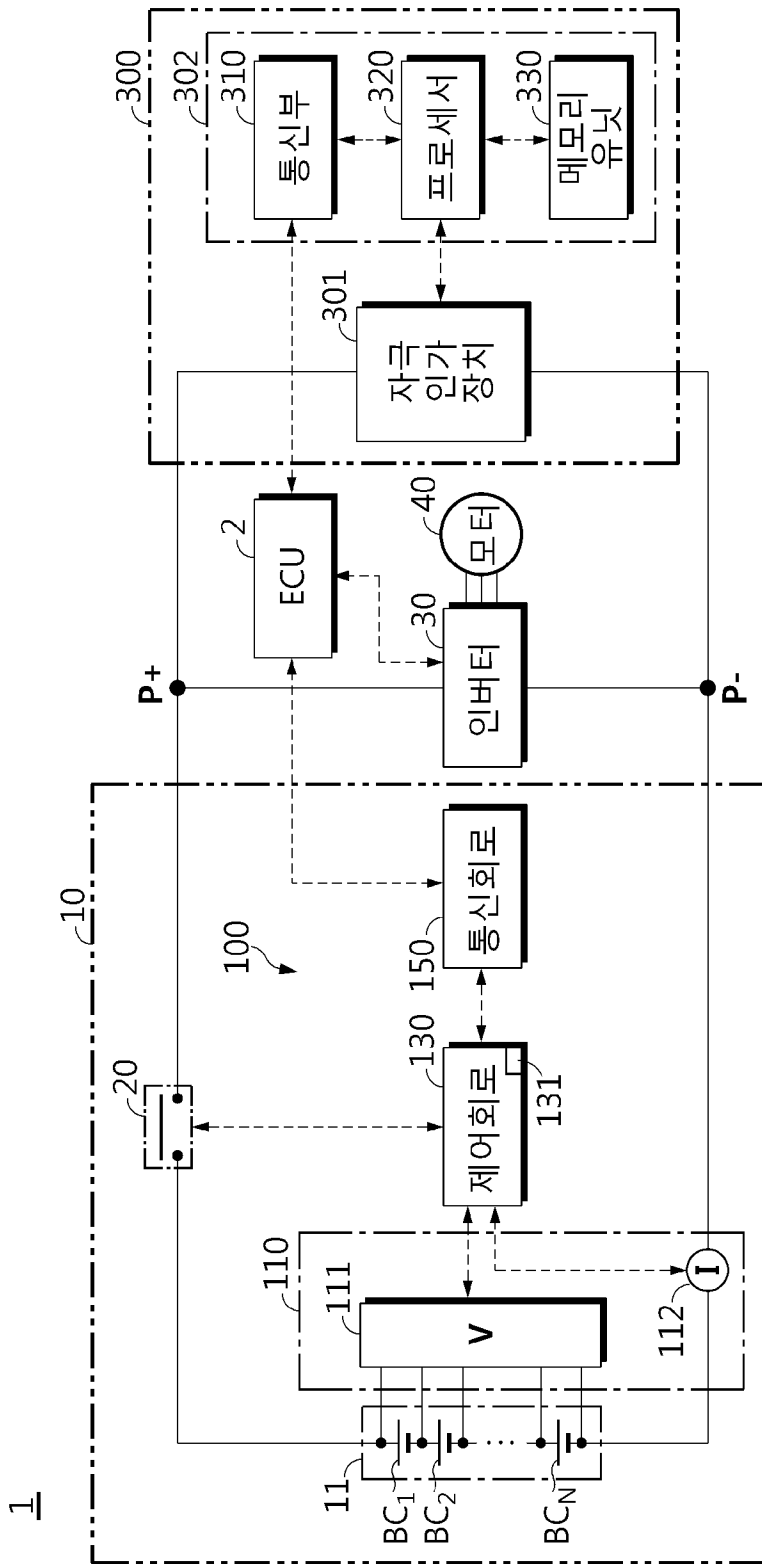
상기 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 상기 대상 셀의 음극 용량 손실의 발생 여부를 결정하는 단계;
를 더 포함하는, 배터리 진단 방법.

[청구항 15]

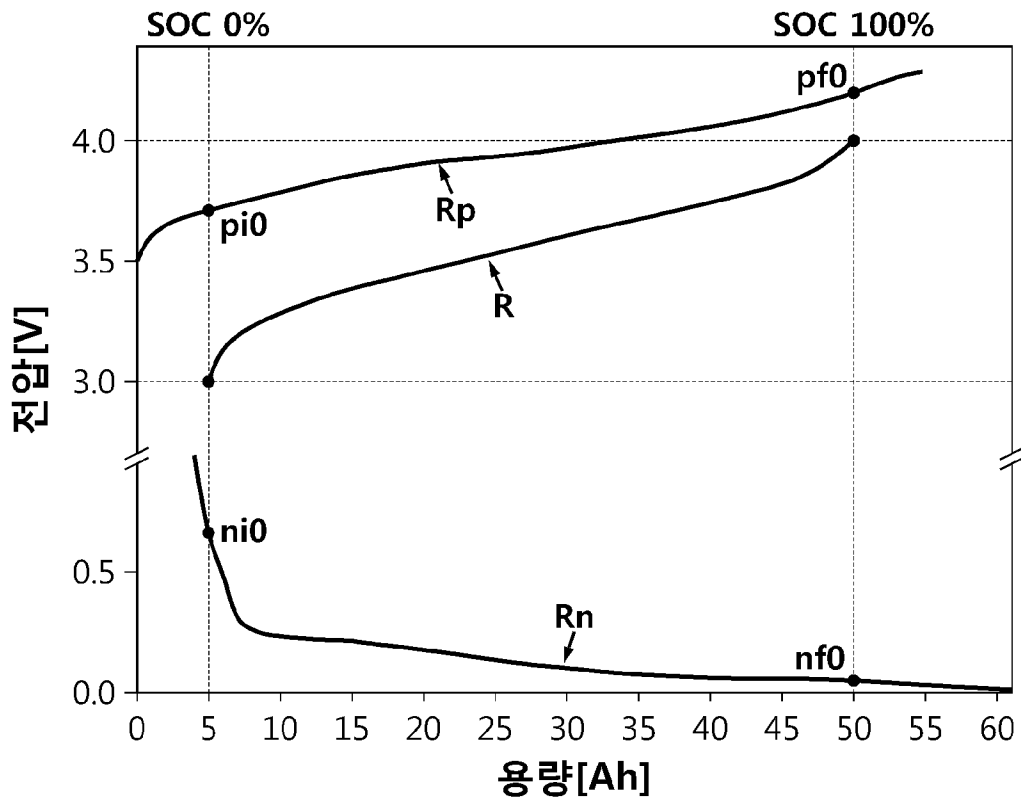
제12항에 있어서,

상기 추정된 음극 참여 종료점을 기초로, 상기 대상 셀에 대한 허용 전압 범위 및 허용 SOC 범위 중 적어도 하나를 제한하는 단계;
를 더 포함하는, 배터리 진단 방법.

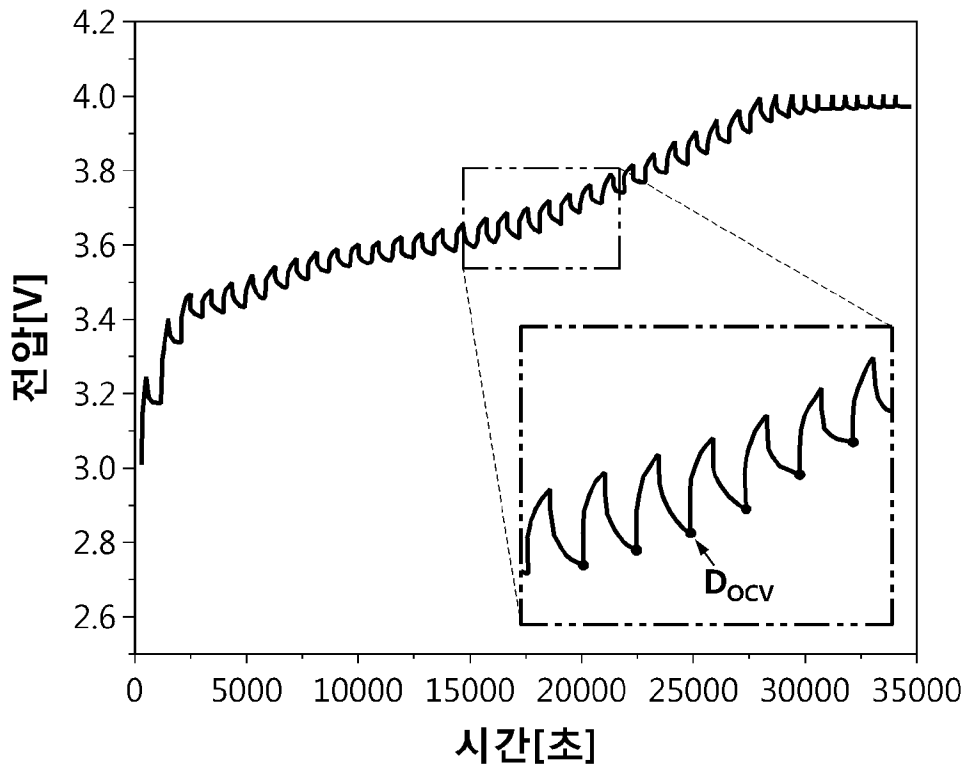
[도1]



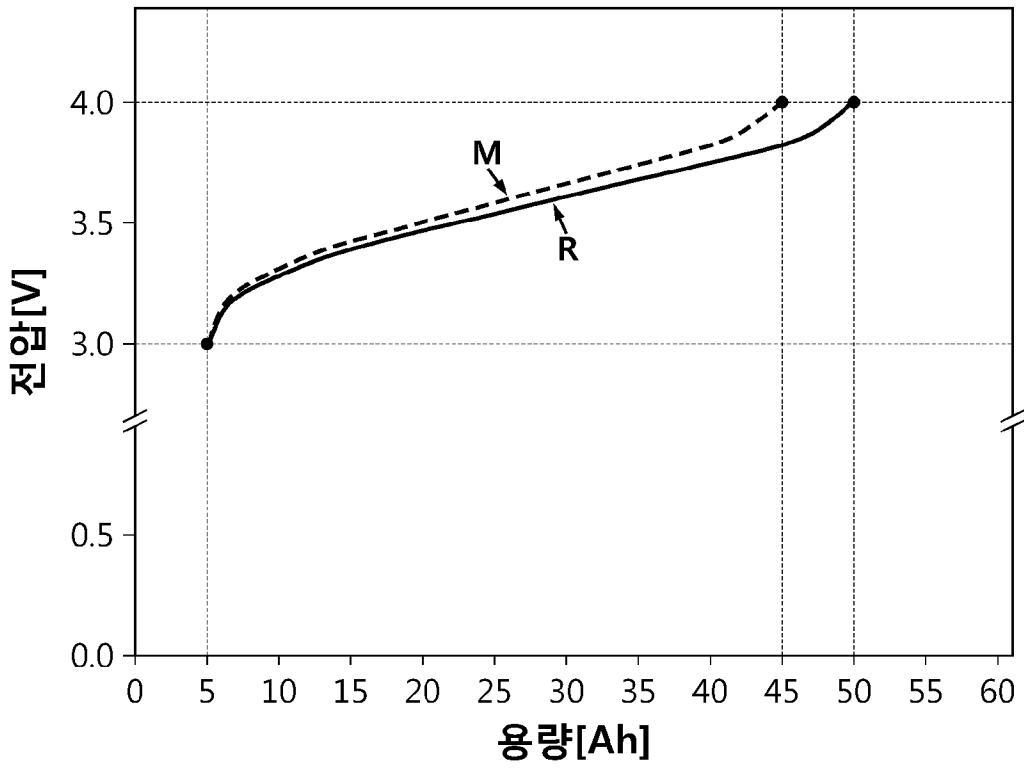
[도2]



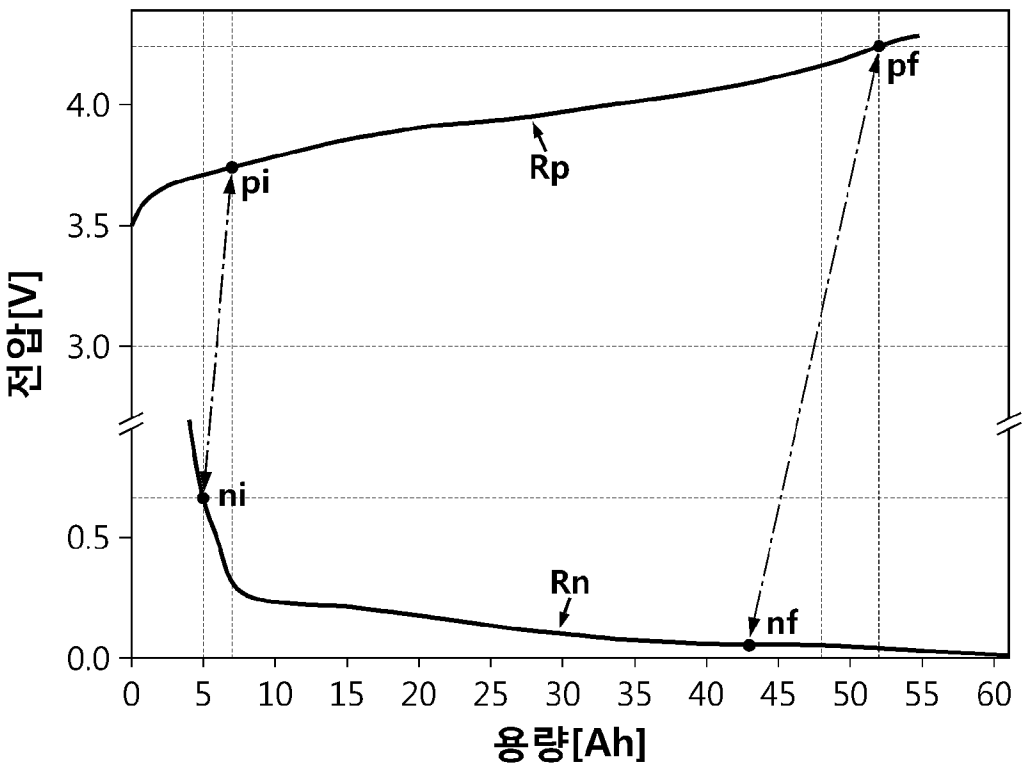
[도3a]



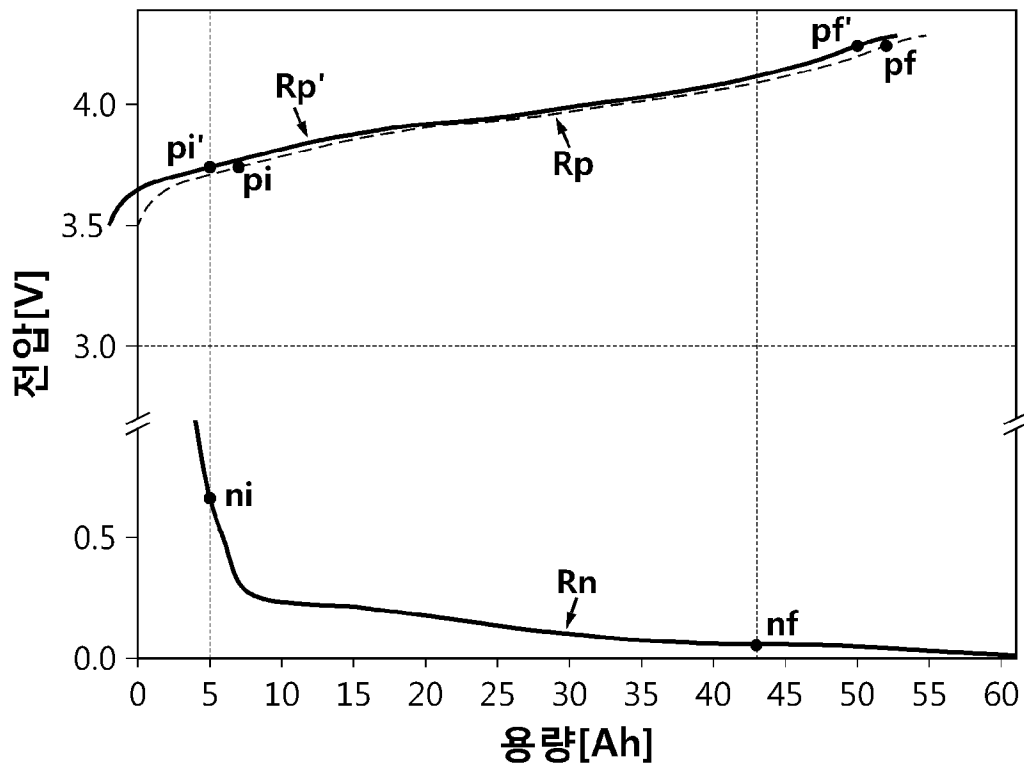
[도3b]



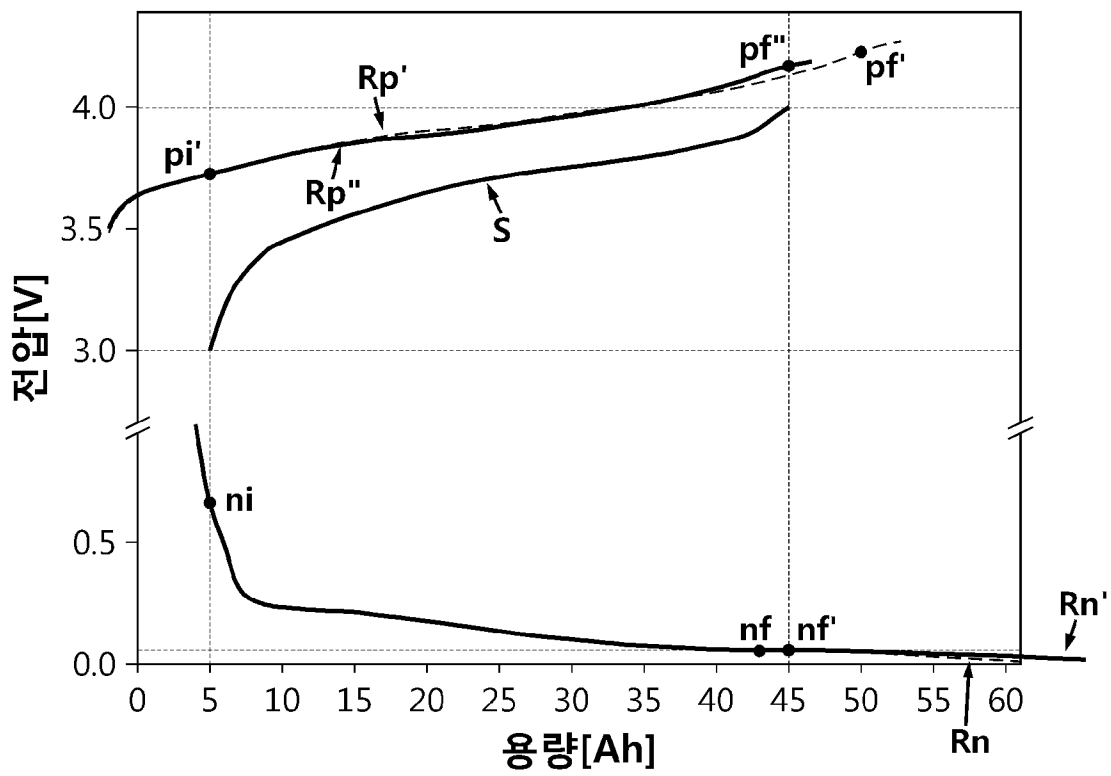
[도4]



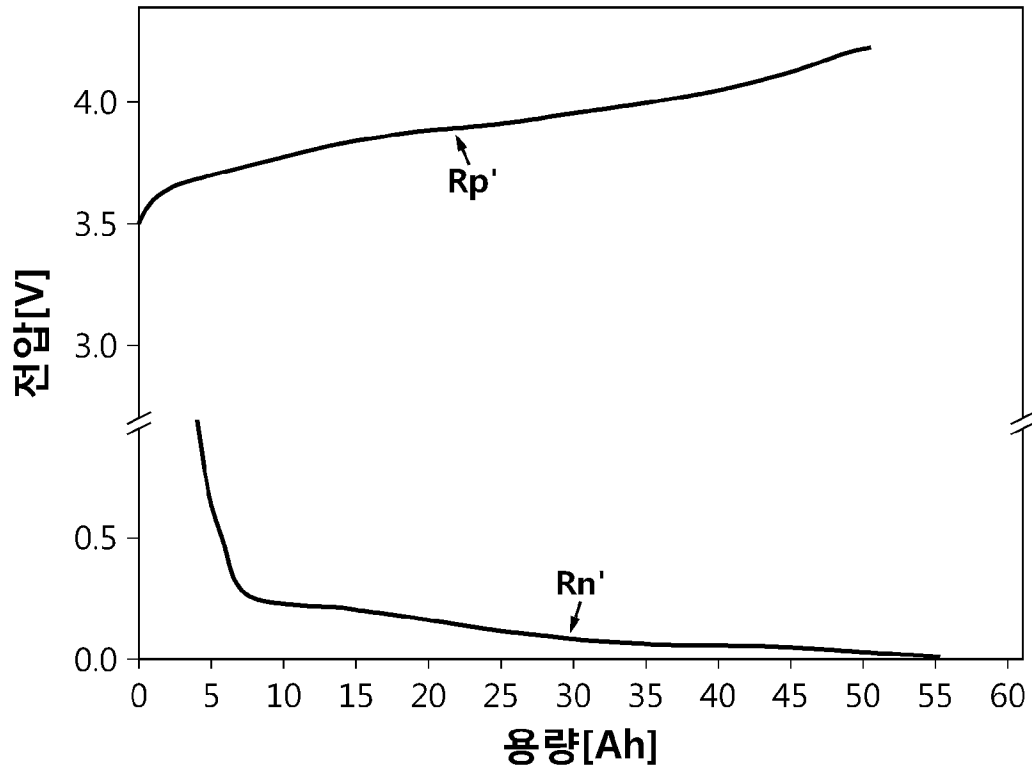
[도5]



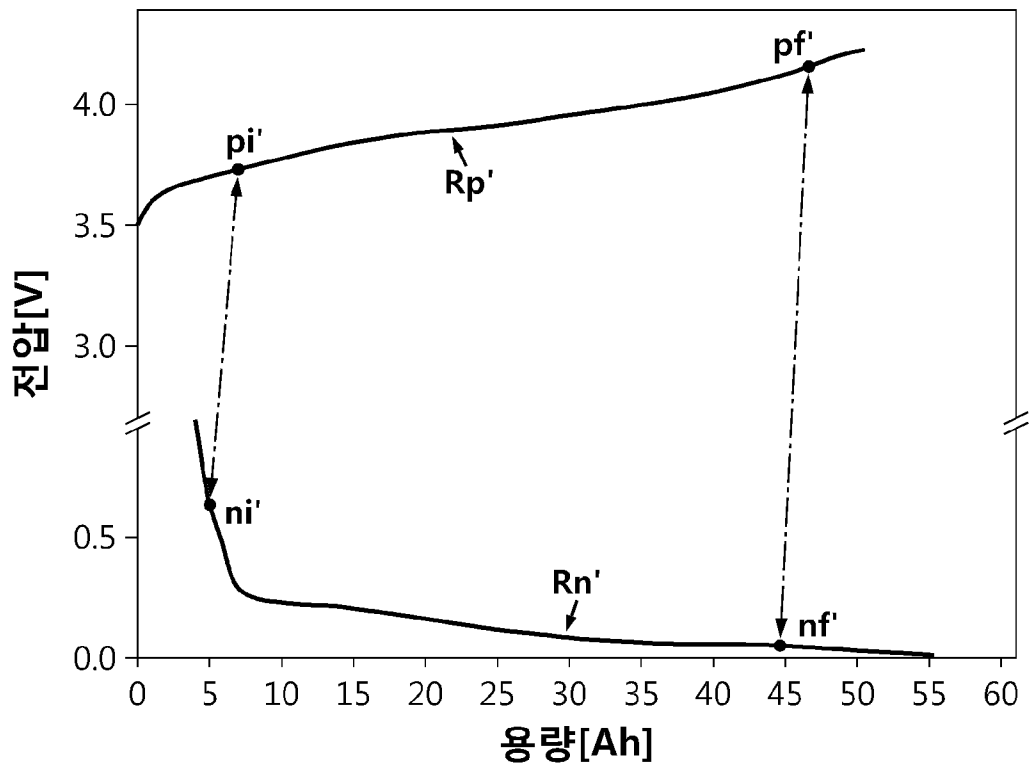
[도6]



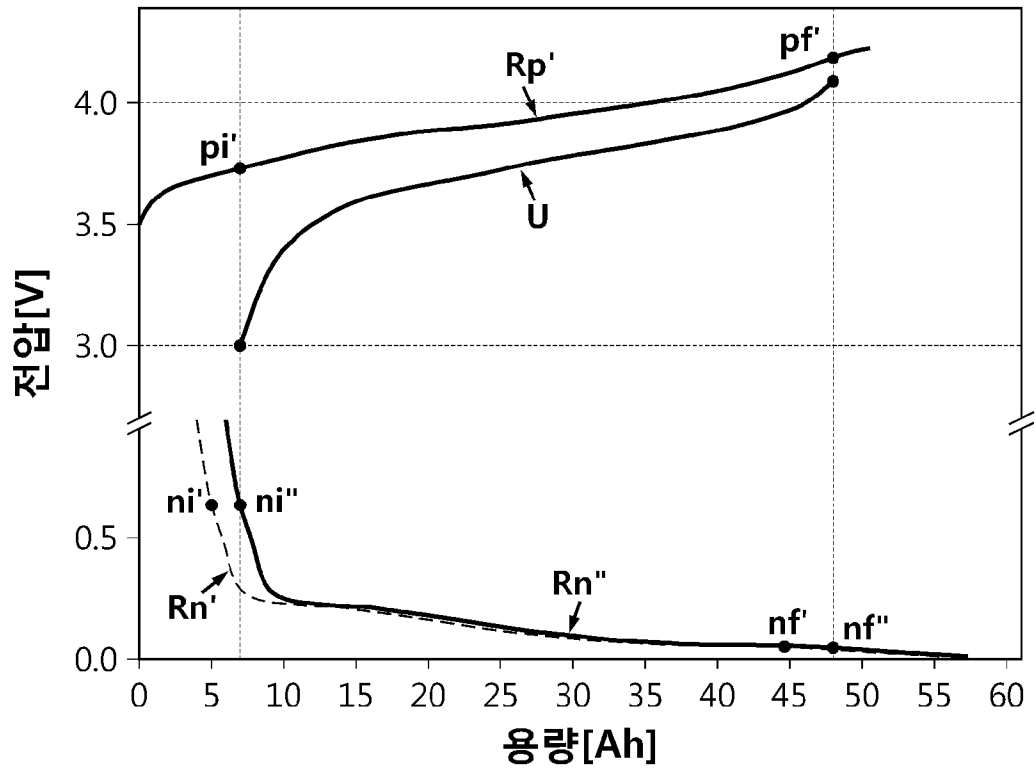
[도7]



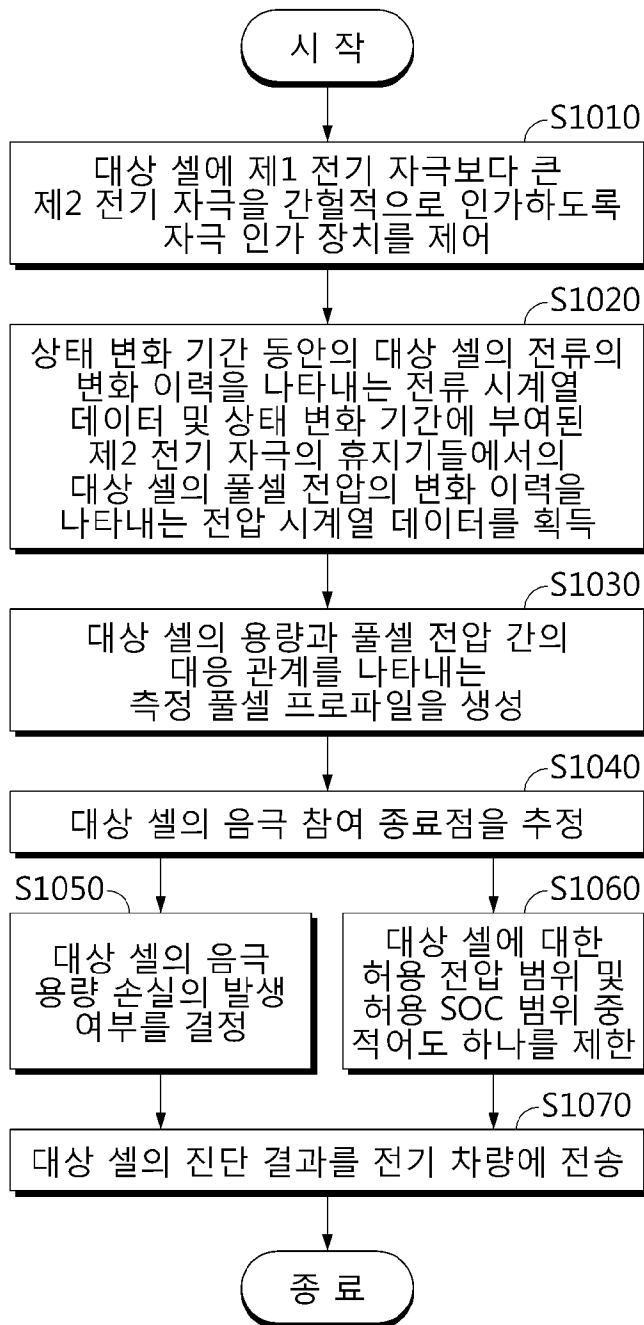
[도8]



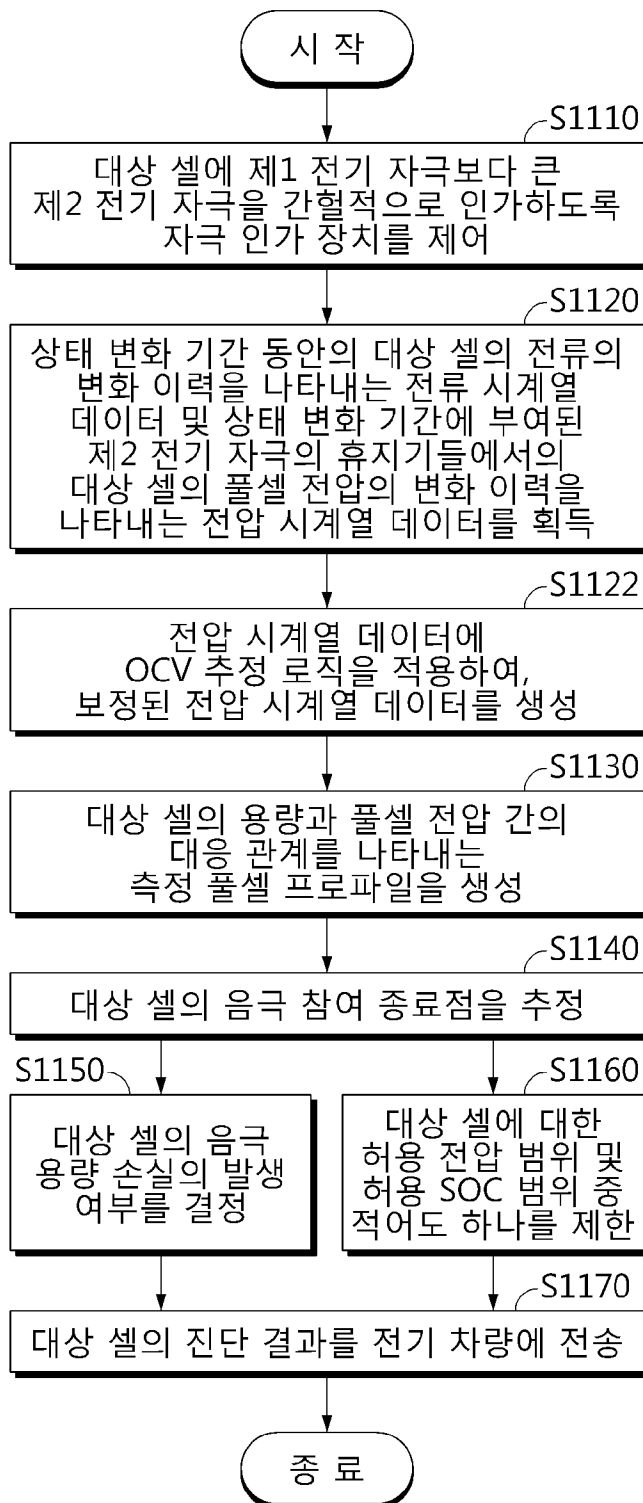
[도9]



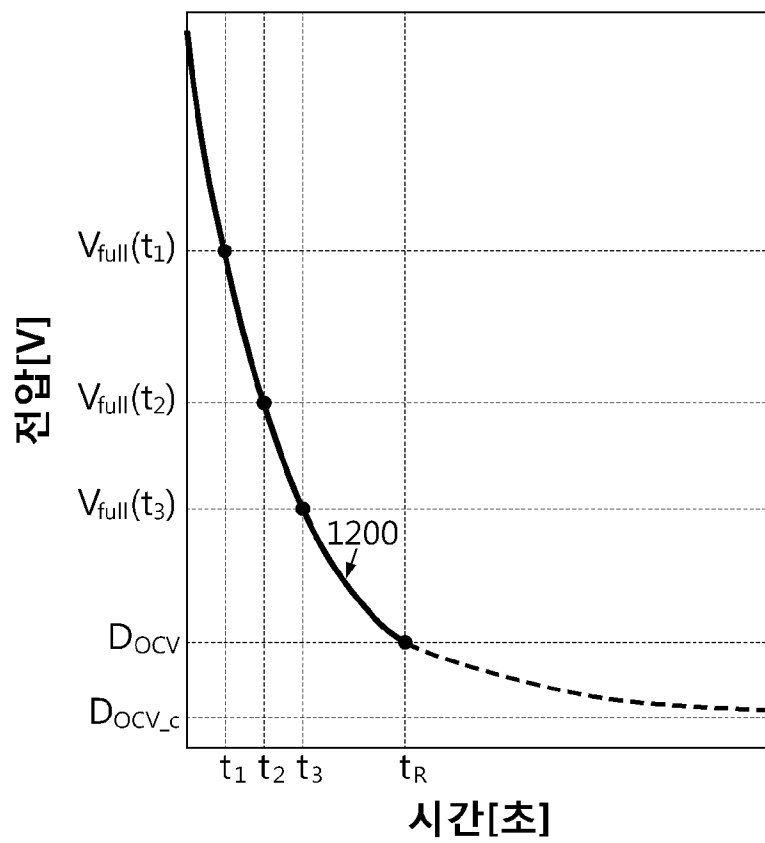
[도10]



[도11]



[도12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2024/014524

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01R 31/396(2019.01)i; G01R 31/367(2019.01)i; G01R 31/3842(2019.01)i; G01R 31/3828(2019.01)i; G01R 31/392(2019.01)i; B60L 58/16(2019.01)i; H01M 10/052(2010.01)i; G01R 31/36(2006.01)i; G01R 31/385(2019.01)i; H01M 10/48(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 31/396(2019.01); G01R 19/00(2006.01); G01R 31/36(2006.01); G01R 31/367(2019.01); H01M 10/44(2006.01); H01M 10/48(2006.01)		
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: 배터리 (battery), 진단 (diagnosis), 음극 (negative electrode), 풀셀 프로파일 (full cell profile), 전기 자극 (electrical stimulation)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7040601 B2 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 23 March 2022 (2022-03-23) See paragraphs [0019]-[0087], claim 2 and figures 1-11.	1-15
Y	KR 10-2022-0093840 A (LG ENERGY SOLUTION, LTD.) 05 July 2022 (2022-07-05) See paragraphs [0046]-[0128], claims 1-5 and figures 1 and 3.	1-15
A	KR 10-2022-0094042 A (LG ENERGY SOLUTION, LTD.) 05 July 2022 (2022-07-05) See paragraphs [0032]-[0203] and figures 1-16.	1-15
A	KR 10-2023-0057894 A (LG ENERGY SOLUTION, LTD.) 02 May 2023 (2023-05-02) See claims 1-17 and figures 1-10.	1-15
A	JP 6034954 B2 (HITACHI, LTD.) 30 November 2016 (2016-11-30) See claims 1-5 and figures 1-13.	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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		Date of mailing of the international search report
17 January 2025		19 January 2025
Name and mailing address of the ISA/KR		Authorized officer
Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208		
Facsimile No. +82-42-481-8578		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2024/014524

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	7040601	B2	23 March 2022	CN	111886752	A	03 November 2020
				CN	111886752	B	06 August 2024
				EP	3771020	A1	27 January 2021
				EP	3771020	A4	15 December 2021
				US	12071037	B2	27 August 2024
				US	2021-0001747	A1	07 January 2021
				WO	2019-181764	A1	26 September 2019

KR	10-2022-0093840	A	05 July 2022	CN	115380221	A	22 November 2022
				EP	4119962	A1	18 January 2023
				EP	4119962	A4	29 November 2023
				JP	2023-515838	A	14 April 2023
				JP	7395809	B2	12 December 2023
				US	12066496	B2	20 August 2024
				US	2023-0236262	A1	27 July 2023
				US	2024-0377472	A1	14 November 2024
				WO	2022-145776	A1	07 July 2022

KR	10-2022-0094042	A	05 July 2022	CN	115398256	A	25 November 2022
				EP	4119963	A1	18 January 2023
				EP	4119963	A4	22 November 2023
				JP	2023-515831	A	14 April 2023
				JP	7395808	B2	12 December 2023
				US	12085623	B2	10 September 2024
				US	2023-0160970	A1	25 May 2023
				US	2024-0402259	A1	05 December 2024
				WO	2022-145777	A1	07 July 2022

KR	10-2023-0057894	A	02 May 2023	CN	116829966	A	29 September 2023
				EP	4321884	A1	14 February 2024
				EP	4321884	A4	23 October 2024
				JP	2024-500893	A	10 January 2024
				JP	7605416	B2	24 December 2024
				US	2024-0410959	A1	12 December 2024

JP	6034954	B2	30 November 2016	WO	2014-147753	A1	25 September 2014

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G01R 31/396(2019.01)i; G01R 31/367(2019.01)i; G01R 31/3842(2019.01)i; G01R 31/3828(2019.01)i; G01R 31/392(2019.01)i; B60L 58/16(2019.01)i; H01M 10/052(2010.01)i; G01R 31/36(2006.01)i; G01R 31/385(2019.01)i; H01M 10/48(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G01R 31/396(2019.01); G01R 19/00(2006.01); G01R 31/36(2006.01); G01R 31/367(2019.01); H01M 10/44(2006.01); H01M 10/48(2006.01) 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), 진단(diagnosis), 음극(negative electrode), 풀셀 프로파일 (full cell profile), 전기 자극(electrical stimulation)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	JP 7040601 B2 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 2022.03.23 단락 [0019]-[0087], 청구항 2 및 도면 1-11	1-15
Y	KR 10-2022-0093840 A (주식회사 엔지에너지솔루션) 2022.07.05 단락 [0046]-[0128], 청구항 1-5 및 도면 1, 3	1-15
A	KR 10-2022-0094042 A (주식회사 엔지에너지솔루션) 2022.07.05 단락 [0032]-[0203] 및 도면 1-16	1-15
A	KR 10-2023-0057894 A (주식회사 엔지에너지솔루션) 2023.05.02 청구항 1-17 및 도면 1-10	1-15
A	JP 6034954 B2 (HITACHI, LTD.) 2016.11.30 청구항 1-5 및 도면 1-13	1-15
<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 이후에 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	국제조사보고서 발송일	
2025년01월17일 (17.01.2025)	2025년01월19일 (19.01.2025)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관	
대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)	이강하	
팩스 번호 +82-42-481-8578	전화번호 +82-42-481-5687	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 7040601 B2	2022/03/23	CN 111886752 A	2020/11/03
		CN 111886752 B	2024/08/06
		EP 3771020 A1	2021/01/27
		EP 3771020 A4	2021/12/15
		US 12071037 B2	2024/08/27
		US 2021-0001747 A1	2021/01/07
		WO 2019-181764 A1	2019/09/26
KR 10-2022-0093840 A	2022/07/05	CN 115380221 A	2022/11/22
		EP 4119962 A1	2023/01/18
		EP 4119962 A4	2023/11/29
		JP 2023-515838 A	2023/04/14
		JP 7395809 B2	2023/12/12
		US 12066496 B2	2024/08/20
		US 2023-0236262 A1	2023/07/27
		US 2024-0377472 A1	2024/11/14
		WO 2022-145776 A1	2022/07/07
KR 10-2022-0094042 A	2022/07/05	CN 115398256 A	2022/11/25
		EP 4119963 A1	2023/01/18
		EP 4119963 A4	2023/11/22
		JP 2023-515831 A	2023/04/14
		JP 7395808 B2	2023/12/12
		US 12085623 B2	2024/09/10
		US 2023-0160970 A1	2023/05/25
		US 2024-0402259 A1	2024/12/05
		WO 2022-145777 A1	2022/07/07
KR 10-2023-0057894 A	2023/05/02	CN 116829966 A	2023/09/29
		EP 4321884 A1	2024/02/14
		EP 4321884 A4	2024/10/23
		JP 2024-500893 A	2024/01/10
		JP 7605416 B2	2024/12/24
		US 2024-0410959 A1	2024/12/12
		WO 2023-068899 A1	2023/04/27
JP 6034954 B2	2016/11/30	WO 2014-147753 A1	2014/09/25