

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2022 년 5 월 27 일 (27.05.2022) WIPO | PCT



(10) 국제공개번호
WO 2022/108111 A1

- (51) 국제특허분류:
G01R 31/389 (2019.01) G01R 23/02 (2006.01)
G01R 31/367 (2019.01) G01R 23/16 (2006.01)
G01R 31/36 (2006.01) H01M 10/48 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2021/013829
- (22) 국제출원일: 2021 년 10 월 7 일 (07.10.2021)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2020-0156002 2020 년 11 월 19 일 (19.11.2020) KR
- (71) 출원인: 주식회사 엘지에너지솔루션 (LG ENERGY SOLUTION, LTD.) [KR/KR]; 07335 서울시 영등포구 여의대로 108, 타워1, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 박준철 (PARK, Jun-Chol); 34122 대전시 유성구 문지로 188 LG화학기술연구원, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 필앤온지 (PHIL & ONZI INT'L PATENT & LAW FIRM); 06643 서울시 서초구 서초중앙로 36, 3층, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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.

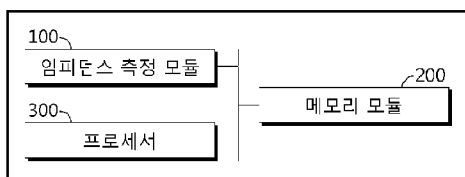
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,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

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: BATTERY DIAGNOSTIC APPARATUS AND METHOD

(54) 발명의 명칭: 배터리 진단 장치 및 방법



100 ... Impedance measurement module
200 ... Memory module
300 ... Processor

(57) Abstract: Disclosed in the present invention is a technology capable of diagnosing a battery with high accuracy by using a Nyquist plot. A battery diagnosis apparatus according to one aspect of the present invention comprises: an impedance measuring module configured to measure an impedance according to a change in frequency while applying an AC voltage to a target battery; a memory module that stores a frequency-specific impedance reference value; and a processor configured to generate a Nyquist plot for an impedance measurement value of the target battery measured by the impedance measurement module, extract an inflection point from the generated Nyquist plot, and diagnose the target battery by comparing a value within a predetermined frequency range on the basis of the extracted inflection point with the frequency-specific impedance reference value stored in the memory module.

(57) 요약서: 본 발명은 나이퀴스트 선도를 이용하되 높은 정확도로 배터리를 진단할 수 있는 기술을 개시한다. 본 발명의 일 측면에 따른 배터리 진단 장치는, 대상 배터리에 대하여 교류 전압을 인가하면서 주파수의 변화에 따른 임피던스를 측정하도록 구성된 임피던스 측정 모듈; 주파수 별 임피던스 참조값을 저장하는 메모리 모듈; 및 상기 임피던스 측정 모듈에 의해 측정된 상기 대상 배터리의 임피던스 측정값에 대한 나이퀴스트 선도를 생성하고, 생성된 나이퀴스트 선도에서 변곡점을 추출하며, 추출된 변곡점을 중심으로 소정 주파수 범위 내의 값을 상기 메모리 모듈에 저장된 상기 주파수 별 임피던스 참조값과 비교하여 상기 대상 배터리를 진단하도록 구성된 프로세서를 포함한다.



WO 2022/108111 A1

명세서

발명의 명칭: 배터리 진단 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 출원은 2020년 11월 19일자로 출원된 한국 특허출원 번호 제10-2020-0156002호에 대한 우선권주장출원으로서, 해당 출원의 명세서 및 도면에 개시된 모든 내용은 인용에 의해 본 출원에 원용된다.
- [2] 본 발명은 배터리 진단 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는 임피던스 측정값을 통해 배터리의 상태를 효과적으로 진단할 수 있는 배터리 진단 기술에 관한 것이다.

배경기술

- [3] 현재 상용화된 이차 전지로는 니켈 카드뮴 전지, 니켈 수소 전지, 니켈 아연 전지, 리튬 이차 전지 등이 있는데, 이 중에서 리튬 이차 전지는 니켈 계열의 이차 전지에 비해 메모리 효과가 거의 일어나지 않아 충방전이 자유롭고, 자가 방전율이 매우 낮으며 에너지 밀도가 높은 장점으로 각광을 받고 있다.
- [4] 더욱이, 최근에는 전기 자동차나 전력저장장치(Energy Storage System; ESS)와 같은 중대형 장치에도 구동용이나 에너지 저장용으로 이차 전지가 널리 이용되고 있다. 그리고, 이로 인해, 이차 전지에 대한 관심이 더욱 증대되고, 관련 연구 개발이 보다 활발하게 이루어지고 있다.
- [5] 리튬 이차 전지는, 주로 리튬계 산화물과 탄소재를 각각 양극 활물질과 음극 활물질로 사용한다. 그리고, 리튬 이차 전지는, 이러한 양극 활물질과 음극 활물질이 각각 도포된 양극판과 음극판이 세퍼레이터를 사이에 두고 배치된 전극 조립체와, 전극 조립체를 전해액과 함께 밀봉 수납하는 외장재, 즉 전지 케이스를 구비한다.
- [6] 배터리는 전기 화학적인 산화 및 환원 반응을 통해 전기 에너지를 생성한다. 그런데, 배터리는, 충방전 사이클이 반복되면서, 최초 제조되었을 때의 용량, 즉 BOL(Beginning Of Life) 상태의 성능이 계속 유지되지 않고, 시간이 경과할수록 퇴화될 수 있다. 이러한 배터리의 퇴화 상태가 제대로 파악되지 못하면, 배터리의 충전 상태(State Of Charge; SOC), 사용 가능 시간, 수명, 교체 타이밍 등에 대한 정확한 예측이 곤란해질 수 있다. 그리고, 이러한 측면에서 예측이 정확하게 이루어지지 않으면, 배터리의 사용자나 관리자에게 불측의 피해를 입힐 수 있다.
- [7] 더욱이, 최근에는 배터리를 재활용하는 경우가 증가하고 있다. 특히, 전기 자동차에 장착된 배터리 팩이 일정 기간 사용으로 성능이 저하된 경우, 사용된 배터리 팩을 다른 어플리케이션, 이를테면 에너지 저장 시스템(ESS; Energy Storage System)에 장착하여 재이용될 수 있도록 하는 연구 및 사업 등이 활발하게 이루어지고 있다.

- [8] 이와 같이 이미 사용된 배터리(폐 배터리)를 다른 분야 또는 동일 분야에서 재활용하고자 하는 경우, 배터리에 대한 보다 정확한 상태 진단이 필요하다. 예를 들어, 자동차용 배터리 팩을 에너지 저장 시스템에 채용하기 위해서는, 해당 배터리 팩이 재활용 가능한 수준인지 판별되어야 한다. 지금까지, 배터리 셀이나 배터리 모듈, 배터리 팩 등을 진단하는 다양한 기술이 제안되고 있기는 하나, 아직까지 정확성이나 신속성 등 여러 측면에서 충분한 정도의 성능을 발휘하고 있다고 보기는 어렵다.
- [9] 특히, 종래 이러한 배터리를 진단하는 대표적인 기술 중 하나로서, 전기화학 임피던스 스펙트로스코피(Electrochemical Impedance Spectroscopy; EIS)를 이용하는 방식을 들 수 있다. 이러한 방식의 경우, EIS 측정 데이터에 대한 나이퀴스트 선도(Nyquist plot)를 이용하며, 이 과정에서 배터리의 등가 회로 모델에 대한 각 소자 상수가 추출될 필요가 있다.
- [10] 하지만, 이러한 등가 회로 모델을 이용한 종래 기술의 경우, 완벽한 등가 회로 모델을 구현할 수 없다는 데에 한계가 있다. 특히, EIS 측정 시, 측정 프로브가 가지는 인덕턴스와 저항 성분, 그리고 측정 포인트에서 가지는 점접 저항 등은, 배터리 자체의 인덕턴스 및 저항 성분과 구별이 어렵다. 또한, 측정 프로브의 인덕턴스 성분은, 매 측정 시마다 편차가 커서, 고주파 대역, 특히 SEI(Solid Electrolyte Interphase)에 의해 나타내어지는 저항 성분에 크게 영향을 미칠 수 있다.
- [11] 그러므로, 이러한 종래 기술에 의하면, 나이퀴스트 선도를 이용하여 배터리를 진단함에 있어서, 충분한 정확도가 확보되기 어려운 문제가 있다. 만일, 배터리를 재사용하기 이전에, 배터리에 대하여 상태 진단이 정확하게 이루어지지 못할 경우, 배터리를 재사용하는 사용자는 물론이고, 배터리가 재사용되는 장치나 시스템에 악영향을 미칠 수 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [12] 따라서, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 나이퀴스트 선도를 이용하되 높은 정확도로 배터리를 진단할 수 있는 장치 및 방법 등을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [13] 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 특허 청구 범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [14] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 배터리 진단 장치는, 대상 배터리에 대하여 교류 전압을 인가하면서 주파수의 변화에 따른 임피던스를 측정하도록 구성된 임피던스 측정 모듈; 주파수 별 임피던스

참조값을 저장하는 메모리 모듈; 및 상기 임피던스 측정 모듈에 의해 측정된 상기 대상 배터리의 임피던스 측정값에 대한 나이퀴스트 선도를 생성하고, 생성된 나이퀴스트 선도에서 변곡점을 추출하며, 추출된 변곡점을 중심으로 소정 주파수 범위 내의 값을 상기 메모리 모듈에 저장된 상기 주파수 별 임피던스 참조값과 비교하여 상기 대상 배터리를 진단하도록 구성된 프로세서를 포함한다.

- [15] 여기서, 상기 프로세서는, 상기 추출된 변곡점이 원점이 되도록 상기 생성된 나이퀴스트 선도를 쉬프트시키고, 쉬프트된 상태에서 상기 주파수 별 임피던스 참조값과 비교하도록 구성될 수 있다.
- [16] 또한, 상기 프로세서는, 상기 대상 배터리에 대한 임피던스 측정값의 크기 및 각도를 이용하여 상기 대상 배터리를 진단하도록 구성될 수 있다.
- [17] 또한, 상기 메모리 모듈은, 상기 주파수 별 임피던스 참조값을 복수의 배터리 등급 각각마다 구분하여 저장하고, 상기 프로세서는, 상기 대상 배터리의 임피던스 측정값을 상기 메모리 모듈에 저장된 배터리 등급에 매칭시켜, 상기 대상 배터리의 등급을 분류하도록 구성될 수 있다.
- [18] 또한, 상기 프로세서는, 상기 생성된 나이퀴스트 선도에서 전하 전달 저항 영역이 확산 저항 영역에 의해 변곡이 되는 지점을 상기 변곡점으로 추출하도록 구성될 수 있다.
- [19] 또한, 상기 프로세서는, 상기 생성된 나이퀴스트 선도에 대하여, 낮은 주파수 영역부터 주파수가 높아지는 방향으로 탐색하여 상기 변곡점을 추출하도록 구성될 수 있다.
- [20] 또한, 상기 메모리 모듈은, 상기 변곡점에 대한 예비 주파수 정보를 미리 저장할 수 있다.
- [21] 또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 측면에 따른 배터리 팩은, 본 발명에 따른 배터리 진단 장치를 포함한다.
- [22] 또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따른 전력 저장 시스템은, 본 발명에 따른 배터리 진단 장치를 포함한다.
- [23] 또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따른 배터리 진단 방법은, 주파수 별 임피던스 참조값을 저장하는 단계; 대상 배터리에 대하여 교류 전압을 인가하면서 주파수의 변화에 따른 임피던스를 측정하는 단계; 상기 측정 단계에서 측정된 상기 대상 배터리의 임피던스 측정값에 대한 나이퀴스트 선도를 생성하는 단계; 상기 생성 단계에서 생성된 나이퀴스트 선도에서 변곡점을 추출하는 단계; 상기 추출 단계에서 추출된 변곡점을 중심으로 소정 주파수 범위 내의 임피던스 측정값을 상기 저장 단계에서 저장된 상기 주파수 별 임피던스 참조값과 비교하는 단계; 및 상기 비교 단계에서 비교된 결과를 기초로 상기 대상 배터리를 진단하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [24] 본 발명에 의하면, 효과적인 배터리 진단 장치가 제공된다.
- [25] 특히, 본 발명의 일 측면에 의하면, 나이퀴스트 플롯을 이용하여 배터리를 진단하되, 등가 회로 모델을 이용하지 않으므로, 등가 회로 모델과 관련된 다양한 소자 상수값 등을 추출할 필요가 없다.
- [26] 그러므로, 본 발명의 이러한 측면에 의하면, 배터리 진단의 정확성 및/또는 신속성이 향상될 수 있다.
- [27] 더욱이, 본 발명의 일 측면에 의하면, EIS 측정 데이터를 분석함에 있어서, 상대적으로 고주파 영역을 활용하지 않고 저주파 영역을 활용함으로써, 측정 프로브의 인덕턴스 및 저항 성분의 영향이 최소화될 수 있다.
- [28] 그러므로, 본 발명의 이러한 측면에 의하면, 배터리 진단의 정확도가 더욱 향상될 수 있다.
- [29] 또한, 본 발명의 경우, 배터리 모듈이나 배터리 팩을 재사용함에 있어서 배터리 모듈이나 배터리 팩에 대한 등급을 분류하는데 용이하게 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [30] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.
- [31] 도 1은, 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치의 구성을 개략적으로 나타내는 블록도이다.
- [32] 도 2는, 본 발명의 일 실시예에 따른 메모리 모듈에 저장된 임피던스 참조값을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [33] 도 3은, 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세서에 의해 생성된 나이퀴스트 선도의 일례를 나타내는 도면이다.
- [34] 도 4는, 도 3의 나이퀴스트 선도에 대하여, 추출된 변곡점이 원점이 되도록 쉬프트된 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [35] 도 5는, 본 발명의 일 실시예에 따른 임피던스 측정값의 크기 및 각도를 도식화하여 나타내는 도면이다.
- [36] 도 6은, 본 발명의 일 실시예에 따른 메모리 모듈에 저장된 임피던스 참조값 데이터의 일부를 나타내는 도면이다.
- [37] 도 7은, 본 발명의 다른 실시예에 따른 메모리 모듈에 저장된 임피던스 참조값 데이터의 일부를 나타내는 도면이다.
- [38] 도 8은, 본 발명의 일 실시예에 따라 생성된 나이퀴스트 선도에 대하여, 임피던스에 영향을 미치는 인자의 종류에 따라 각 영역을 구분하여 나타낸 도면이다.
- [39] 도 9는, 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세서에 의해 변곡점이 추출되는 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

- [40] 도 10은, 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 방법을 개략적으로 나타내는 흐름도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [41] 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 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [42] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상에 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [43]
- [44] 도 1은, 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치의 구성을 개략적으로 나타내는 블록도이다.
- [45] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 배터리 진단 장치는, 임피던스 측정 모듈(100), 메모리 모듈(200) 및 프로세서(300)를 포함한다.
- [46] 상기 임피던스 측정 모듈(100)은, 대상 배터리에 대하여 임피던스를 측정하도록 구성될 수 있다. 특히, 상기 임피던스 측정 모듈(100)은, 전기화학 임피던스 스펙트로스코피(Electrochemical Impedance Spectroscopy; EIS)를 이용하여, 대상 배터리의 임피던스를 측정할 수 있다. 여기서, 대상 배터리란, 진단 대상이 되는 배터리를 의미한다. 예를 들어, 대상 배터리란, 다수의 배터리 셀이 포함된 배터리 모듈이나 배터리 팩일 수 있다. 또는, 대상 배터리는, 배터리 셀, 즉 하나의 이차 전지를 의미할 수 있다.
- [47] 상기 임피던스 측정 모듈(100)은, 대상 배터리의 임피던스를 측정하기 위해, 대상 배터리에 대하여 교류 전압을 인가하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 상기 임피던스 측정 모듈(100)은, 교류 전압을 인가시키면서 대상 배터리를 충전시키고, 그러한 충전 과정에서 대상 배터리의 내부 임피던스를 측정하도록 구성될 수 있다. 특히, 상기 임피던스 측정 모듈(100)은, 주파수를 변화시키면서 교류 전압을 인가하도록 구성될 수 있다.
- [48] 상기 임피던스 측정 모듈(100)은, 본 발명의 출원 시점에 공지된 다양한 임피던스 측정 구성 및 기술을 채용할 수 있다. 예를 들어, 상기 임피던스 측정 모듈(100)은, 4단자쌍(4-terminal pair) 방식을 이용하여 배터리의 내부 임피던스를 측정하도록 구성될 수 있다.
- [49] 또한, 상기 임피던스 측정 모듈(100)은, 배터리의 내부 임피던스를 측정하기 위한 여러 구성요소를 구비할 수 있다. 예를 들어, 상기 임피던스 측정

모듈(100)은, 배터리의 단자와 접촉하기 위한 접촉 프로브, 교류 전원을 생성하여 공급하는 전원 공급부, 전원 공급부와 접촉 프로브 사이의 전원 케이블 및 전압 센서 등을 구비할 수 있다. 이와 같이, 본 발명의 임피던스 측정 모듈(100)은 종래 공지된 임피던스 측정 구성을 채용할 수 있으므로, 이에 대한 상세한 설명을 생략한다.

- [50] 상기 메모리 모듈(200)은, 임피던스 참조값을 저장한다. 여기서, 임피던스 참조값은, 임피던스 측정 모듈(100)에 의해 측정되는 대상 배터리의 임피던스 측정값과 비교되기 위한 값으로서, 미리 저장될 수 있다. 특히, 임피던스 참조값은, 대상 배터리와 동일 또는 유사한 스펙, 종류, 특성 등을 갖는 참조 배터리에 대하여, 복수 회의 사전 실험을 통해 미리 얻어진 값일 수 있다.
- [51] 또한, 임피던스 참조값은, 임피던스 측정 모듈(100)에 의한 임피던스 측정 방식과 동일 또는 유사한 방식으로 측정되어 저장될 수 있다. 예를 들어, 메모리 모듈(200)에 저장된 임피던스 참조값은, 임피던스 측정 모듈(100)이 대상 배터리의 임피던스를 측정할 때의 전압 크기 및 주파수와 동일 또는 유사한 전압 크기 및 주파수로 교류 전압을 인가하여 얻어질 수 있다.
- [52] 도 2는, 본 발명의 일 실시예에 따른 메모리 모듈(200)에 저장된 임피던스 참조값을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [53] 도 2를 참조하면, 상기 메모리 모듈(200)은, 임피던스 참조값을 주파수 별로 저장할 수 있다. 즉, 상기 메모리 모듈(200)은, 일정 주파수 범위 내에서 복수의 주파수($f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, \dots$)로 구분하고, 구분된 각 주파수마다 그에 대응되는 임피던스 참조값($Z_{re1}, Z_{re2}, Z_{re3}, Z_{re4}, Z_{re5}, Z_{re6}, Z_{re7}, \dots$)이 미리 설정된 형태로 구성될 수 있다. 예를 들어, 상기 메모리 모듈(200)은, 0.1 Hz 내지 10 Hz 사이에 포함되는 복수의 주파수 별로, 각각 대응되는 임피던스 참조값을 미리 저장할 수 있다.
- [54] 상기 메모리 모듈(200)은, 이 밖에도, 본 발명에 따른 배터리 진단 장치의 다른 구성요소, 이를테면 임피던스 측정 모듈(100)이나 프로세서(300)가 동작 또는 그 기능을 수행하는데 필요한 데이터나 프로그램 등을 더 저장할 수 있다.
- [55] 상기 메모리 모듈(200)은, 플래시 메모리 타입, 하드 디스크 타입, SSD(Solid State Disk) 타입, HDD(Solid Disk Drive) 타입, 멀티미디어 카드 마이크로 타입, 램(RAM, Random Access Memory), SRAM(Static RAM), ROM(Read Only Memory), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), PROM(Programmable Read Only Memory) 중 적어도 하나로 구현될 수 있으나, 본 발명이 반드시 이러한 메모리 모듈(200)의 구체적인 형태로 제한되는 것은 아니다.
- [56] 상기 프로세서(300)는, 임피던스 측정 모듈(100)과 연결되어, 임피던스 측정 모듈(100)로부터 임피던스 측정값을 전송받도록 구성될 수 있다. 즉, 임피던스 측정 모듈(100)이 대상 배터리에 대하여 임피던스를 측정하면, 측정된 결과는 프로세서(300)로 전송될 수 있다. 그리고, 프로세서(300)는, 이와 같이 임피던스

측정 모듈(100)로부터 전송된 임피던스 측정 결과를 기초로, 대상 배터리의 임피던스 측정값에 대한 나이퀴스트 선도(나이퀴스트 플롯)를 생성하도록 구성될 수 있다. 특히, 임피던스 측정 모듈(100)은, EIS 분석 방식으로 임피던스를 측정할 수 있다. 그리고, 이러한 EIS 분석 데이터는, 나이퀴스트 플롯으로 보여질 수 있다.

- [57] 도 3은, 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세서(300)에 의해 생성된 나이퀴스트 선도의 일례를 나타내는 도면이다.
- [58] 도 3을 참조하면, 대상 배터리의 EIS 측정 결과를 통해 나이퀴스트 선도가 생성될 수 있다. 이러한 나이퀴스트 선도에서, 가로축은 임피던스의 실수 성분(Zreal)이고, 세로축은 임피던스의 허수 성분(Zimag)이라 할 수 있다. 그리고, 가로축과 세로축의 단위는, $m\Omega$ 또는 Ω 일 수 있다. 그리고, 각 점들은 각각의 주파수에 따른 임피던스 측정값, 즉 임피던스 포인트라 할 수 있다. 더욱이, 각 임피던스 포인트들은, 화살표 a1로 표시된 방향으로 갈수록, 주파수의 크기가 점점 커진다고 할 수 있다. 나이퀴스트 선도에서는, 주파수의 변화에 따라, 대상 배터리에 대한 임피던스의 실수값과 허수값이 달라지게 되어, 그 교점이 좌표상의 점, 즉 임피던스 포인트로 표시될 수 있다.
- [59] 상기 프로세서(300)는, 임피던스 측정 모듈(100)로부터 전송된 임피던스 측정값을 기초로, 이러한 나이퀴스트 선도를 생성할 수 있다. 이때, 상기 프로세서(300)는, 본 발명의 출원 시점에 공지된 나이퀴스트 선도 생성 기술을 채용할 수 있으므로, 본 발명에서는 이에 대한 상세한 설명을 생략한다.
- [60] 이와 같이 EIS 측정 데이터에 대한 나이퀴스트 선도가 생성되면, 상기 프로세서(300)는, 생성된 나이퀴스트 선도에서 변곡점을 추출하도록 구성될 수 있다. 여기서, 변곡점은, EIS 나이퀴스트 선도에서 굴곡의 방향이 바뀌는 지점을 의미할 수 있다. 이러한 변곡점은, 미적분학 관점에서는, 두 번 미분 가능한 함수에 대하여, 함수의 그래프가 위로 볼록한 상태에서 아래로 볼록한 상태로 변하거나, 아래로 볼록한 상태에서 위로 볼록한 상태로 변하는 지점을 의미한다고 할 수 있다. 즉, 변곡점은, 평면 곡선에서 곡률의 음양(-, +)이 바뀌는 점을 의미한다고 할 수 있다. 상기 프로세서(300)는, EIS 나이퀴스트 선도에서 이러한 변곡점을 추출하도록 구성될 수 있다.
- [61] 이와 같이 EIS 나이퀴스트 선도에서 변곡점이 추출되면, 상기 프로세서(300)는, 추출된 변곡점을 중심으로, 소정 주파수 범위 내에 속하는 하나 이상의 값을 선별할 수 있다. 그리고, 상기 프로세서(300)는, 이와 같이 변곡점을 중심으로 선별된 값을, 메모리 모듈(200)에 저장된 주파수 별 임피던스 참조값과 비교하도록 구성될 수 있다.
- [62] 예를 들어, 도 3의 구성에서, 변곡점이 나이퀴스트 선도 상에서 f13으로 표시된 임피던스 포인트로 추출된 경우, 상기 프로세서(300)는, 변곡점 f13을 중심으로 소정 주파수 범위 이내인 b로 표시된 부분에 속하는 임피던스 포인트들을 선별할 수 있다. 이때, 프로세서(300)는, b로 표시된 부분 이내의 임피던스

포인트들에 대하여, 주파수와 각 주파수 별 임피던스 측정값을 각각 확인할 수 있다.

- [63] 그리고, 프로세서(300)는, 선별된 임피던스 포인트들의 임피던스 측정값과 그에 대응되는 임피던스 참조값을 메모리 모듈(200)에서 확인할 수 있다. 즉, 상기 프로세서(300)는, 선별된 임피던스 포인트와 동일 또는 유사한 주파수에 해당하는 임피던스 참조값을 메모리 모듈(200)에서 독출할 수 있다. 그리고, 이와 같이 독출된 임피던스 참조값과 선별된 임피던스 포인트의 임피던스 측정값을 서로 비교할 수 있다.
- [64] 예를 들어, 도 3의 실시예에서 변곡점 f13을 중심으로 설정된 b 영역 이내의 임피던스 포인트들의 주파수가, 도 2의 실시예에서 f2 내지 f6에 대응하는 경우, 상기 프로세서(300)는, b 영역 이내의 임피던스 포인트들의 임피던스 측정값들과, 메모리 모듈의 f2 내지 f6에 해당하는 임피던스 참조값, 즉 Zre2 내지 Zre6을 비교할 수 있다.
- [65] 그리고, 프로세서(300)는, 이러한 임피던스 측정값과 임피던스 참조값의 비교 결과를 바탕으로, 대상 배터리를 진단하도록 구성될 수 있다.
- [66] 예를 들어, 상기 프로세서(300)는, 임피던스 측정값이 임피던스 참조값과 오차 범위를 벗어나는 경우, 대상 배터리에 이상이 있는 것으로 진단할 수 있다. 이 경우, 임피던스 참조값은, 대상 배터리에 대하여 이상 유무를 판별하는 기준값으로 설정될 수 있다. 다른 예로, 상기 프로세서(300)는, 임피던스 측정값과 동일하거나 오차 범위 이내인 임피던스 참조값을 탐색하도록 구성될 수 있다. 이 경우, 메모리 모듈(200)은, 각 임피던스 참조값에 대하여, 대상 배터리의 상태를 진단할 수 있는 다양한 정보를 매칭시켜 저장할 수 있다. 예를 들어, 메모리 모듈(200)은, 각 임피던스 참조값에 대하여, 배터리의 SOH(State Of Health) 정보를 매칭시켜 저장할 수 있다. 그리고, 프로세서(300)는, 탐색된 임피던스 참조값에 매칭된 정보를 통해, 대상 배터리의 상태를 진단할 수 있다.
- [67] 본 발명의 이러한 구성에 의하면, 간단하면서도 정확하게 배터리가 진단될 수 있다. 특히, 본 발명의 상기 구성에 의하면, EIS 데이터를 이용하여 배터리가 진단될 때, 배터리에 대한 등가 회로 모델이 불필요하다. 따라서, 배터리와 관련하여 EIS 나이퀴스트 선도의 등가 회로 모델에 대한 다양한 상수값을 추출할 필요가 없다. 그러므로, 본 발명의 이러한 측면에 의하면, 진단 과정이 간단할 뿐 아니라, 상수값 추출 과정에서 발생하는 오차 등이 배제될 수 있다. 그러므로, 이 경우, EIS 나이퀴스트 선도를 이용한 효율적인 배터리 진단이 가능해질 수 있다.
- [68] 한편, 상기 프로세서(300)는, 본 발명에서 수행되는 다양한 제어 로직들을 실행하기 위해 당업계에 알려진 것으로서, 중앙 처리 장치(CPU), ASIC(application-specific integrated circuit), 칩셋, 논리 회로, 레지스터, 통신 모듈, 데이터 처리 장치 등을 선택적으로 포함하거나 이들 용어로 표현될 수 있다. 또한, 제어 로직이 소프트웨어로 구현될 때, 상기 프로세서(300)는 프로그램

모듈의 집합으로 구현될 수 있다. 이때, 프로그램 모듈은 내장 메모리 또는 외부의 메모리 모듈(200) 등에 저장되고, 프로세서(300)에 의해 실행될 수 있다. 상기 메모리 모듈(200)은, 프로세서(300)의 내부 또는 외부에 있을 수 있고, 잘 알려진 다양한 수단으로 프로세서(300)와 연결될 수 있다.

[69] 특히, 본 발명에 따른 이차 전지 진단 장치가, 배터리 팩에 포함되는 형태로 구현되는 경우, 배터리 팩에는 MCU(Micro Controller Unit) 내지 BMS(Battery Management System)와 같은 용어로 지칭되는 제어 장치가 포함될 수 있다. 이때, 상기 프로세서(300)는, 이러한 일반적인 배터리 팩에 구비된 MCU나 BMS 등의 구성요소에 의해 구현될 수도 있다.

[70] 한편, 본 명세서에서, 상기 프로세서(300) 등의 동작이나 기능에 대한 '~한다' 또는 '~되도록 구성된다'는 등의 용어들은, '~되도록 프로그래밍된다'는 의미를 포함할 수 있다.

[71] 또한, 상기 프로세서(300)는, EIS 측정에 따른 나이퀴스트 선도를 생성하여 변곡점을 추출한 경우, 추출된 변곡점이 원점이 되도록 나이퀴스트 선도를 쉬프트(shift)시킬 수 있다. 그리고, 이와 같이 쉬프트된 상태의 나이퀴스트 선도에 대하여, 상기 프로세서(300)는, 주파수 별 임피던스 참조값과 비교 분석하도록 구성될 수 있다. 이에 대해서는, 도 4를 참조하여 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[72] 도 4는, 도 3의 나이퀴스트 선도에 대하여, 추출된 변곡점이 원점이 되도록 쉬프트된 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다. 다만, 도 4에서는, 도시의 편의를 위해, 도 3의 나이퀴스트 선도 중 일부 고주파 영역은 제외되도록 하였다.

[73] 도 4를 참조하면, 도 3의 실시예에서 추출된 변곡점 f_{13} 이 원점이 되도록 나이퀴스트 선도가 쉬프트되어 있다. 즉, 도 4의 나이퀴스트 선도는, 도 3의 나이퀴스트 선도에 대하여, 좌표축은 유지한 채, 좌측 방향 및 하부 방향으로 이동시켜, 변곡점 f_{13} 을 원점에 위치시킨 형태라 할 수 있다.

[74] 그리고, 프로세서(300)는, 이러한 나이퀴스트 선도의 원점, 즉 변곡점 f_{13} 을 중심으로, 소정 주파수 이내의 임피던스 측정값을 해당 주파수에 대응되는 임피던스 참조값과 비교하도록 구성될 수 있다.

[75] 본 발명의 이러한 구성에 의하면, 변곡점을 원점에 위치시킴으로써, 임피던스 측정값과 임피던스 참조값의 보다 명확한 비교가 가능해질 수 있다. 더욱이, 이러한 실시 구성에 의하면, 메모리 모듈(200)에 저장된 임피던스 참조값이 나이퀴스트 선도 형태로 저장된 경우, 변곡점을 중심으로 임피던스 측정값과 임피던스 참조값 사이의 비교가 보다 용이해질 수 있다. 또한, 이러한 실시 구성에 의하면, 동일한 배터리로부터 시간을 달리하여 측정 및 생성된 나이퀴스트 선도와 비교, 또는 다른 배터리로부터 측정 및 생성된 나이퀴스트 선도와 비교 시 보다 명확하고 용이한 대비가 가능할 수 있다. 더욱이, 상기 실시 구성에 의하면, 나이퀴스트 선도에 대하여 변곡점 주변의 개형이 보다 명확하게 비교 분석될 수 있다.

- [76] 또한, 상기 프로세서(300)는, 추출된 변곡점을 중심으로, 제1 소정 주파수만큼 큰 주파수와 제2 소정 주파수만큼 작은 주파수 사이의 주파수 영역에 대한 임피던스 측정값을 임피던스 참조값과 비교하도록 구성될 수 있다. 특히, 나이퀴스트 선도에서, 각 주파수에 대한 임피던스 측정값은, 임피던스 포인트들로 표시되어 있다. 따라서, 상기 프로세서(300)는, 변곡점으로부터 고주파 방향 및/또는 저주파 방향으로 미리 정해진 개수만큼의 임피던스 포인트들을 탐색하고, 탐색된 임피던스 포인트들의 임피던스 측정값을 임피던스 참조값과 비교하도록 구성될 수 있다.
- [77] 여기서, 제1 소정 주파수와 제2 소정 주파수는 서로 동일하게 구성될 수 있다. 즉, 상기 프로세서(300)는, 추출된 변곡점을 중심으로, 고주파 방향 및 저주파 방향으로 동일한 개수만큼의 임피던스 포인트들을 탐색하도록 구성될 수 있다.
- [78] 예를 들어, 도 4의 실시예에서, 상기 프로세서(300)는, 변곡점 f13을 중심으로 저주파수 방향 및 고주파수 방향으로 각각 2개의 임피던스 포인트들을 탐색하고, 탐색된 임피던스 포인트들의 임피던스 측정값을 임피던스 참조값과 비교하도록 구성될 수 있다. 즉, 상기 프로세서(300)는, 변곡점 f13으로부터 저주파 방향(우측 방향)으로 2개의 포인트인 f14 및 f15 포인트와, 변곡점 f13으로부터 고주파 방향(좌측 방향)으로 2개의 포인트인 f11 및 f12 포인트들에 대한 임피던스 측정값들을, 각 임피던스 포인트들의 주파수와 동일한 주파수에 해당하는 임피던스 참조값들과 비교할 수 있다.
- [79] 본 발명의 이러한 구성에 의하면, 원점의 주파수 정보와 함께, 원점으로부터 떨어진 다른 측정 포인트의 주파수 정보 및 임피던스 측정값을 분석함으로써, 변곡점을 중심으로 한 대상 배터리의 임피던스 특성이 보다 명확하게 파악될 수 있다.
- [80] 또한, 상기 프로세서(300)는, 대상 배터리에 대한 임피던스 측정값의 크기 및 각도를 이용하여, 대상 배터리를 진단하도록 구성될 수 있다. 이에 대해서는, 도 5를 참조하여, 보다 구체적으로 설명한다.
- [81] 도 5는, 본 발명의 일 실시예에 따른 임피던스 측정값의 크기 및 각도를 도식화하여 나타내는 도면이다.
- [82] 보다 구체적으로, 도 5는, 임피던스의 양의 허수부(+ Zimag)가 상부에 위치하도록, 도 4의 나이퀴스트 선도에서 수평축(Z real)을 기준으로 상하 반전시킨 것으로 볼 수 있다. 즉, 도 4에서는 임피던스의 음의 허수부(- Zimag)가 1사분면 및 2사분면에 위치하도록 도시되어 있으나, 도 5에서는 임피던스의 음의 허수부(- Zimag)가 3사분면 및 4사분면에 위치하도록 도시되어 있다. 그리고, 도 5는, 원점을 중심으로 소정 주파수 이내의 저주파 영역, 즉 1사분면의 일부 영역만 확대하여 나타내었다. 따라서, 도 5에서는, 복수의 임피던스 포인트들 중, f14 포인트 및 f15 포인트에 대해서만 도시되어 있다.
- [83] 이러한 도 5의 도면에서, 원점 f13으로부터 저주파수 방향(우측 방향)으로 첫 번째 포인트인 f14 지점을 살펴보면, 그 크기는 r14로 표시되고, 각도는 θ_{14} 로

표시되어 있다. 이때, 크기 r_{14} 및 각도 θ_{14} 는, 다음과 같이 연산될 수 있다.

[84] $r_{14} = (x_{14}^2 + y_{14}^2)^{1/2}$

[85] $\theta_{14} = \tan^{-1}(y_{14}/x_{14})$

[86] 여기서, x_{14} 와 y_{14} 는 각각, f_{14} 지점의 x축 성분(임피던스의 실수 성분) 및 y축 성분(임피던스의 허수 성분)이라 할 수 있다. 그리고, 상기 프로세서(300)는, 이와 같은 방식으로, 원점 f_{13} 으로부터 저주파 방향으로 두 번째 포인트인 f_{15} 지점에 대해서도, 그 크기(r_{15}) 및 각도(θ_{15})를 연산할 수 있다.

[87] 또한, 도면에는 도시되지 않았지만, 상기 프로세서(300)는, 이와 유사한 방식으로, 원점 f_{13} 으로부터 고주파 방향(좌측 방향)으로 첫 번째 포인트 및 두 번째 포인트에 대해서도, 그 크기 및 각도를 연산할 수 있다.

[88] 이와 같은 실시예에서, 상기 메모리 모듈(200)은, 복수의 주파수에 대응되는 임피던스 참조값으로서, 임피던스의 크기 및 각도를 저장할 수 있다. 즉, 프로세서(300)에 의해 임피던스 측정값의 크기 및 각도와 비교될 수 있도록, 임피던스 참조값 또한 각각의 크기 및 각도가 저장될 수 있다.

[89] 도 6은, 본 발명의 일 실시예에 따른 메모리 모듈(200)에 저장된 임피던스 참조값 데이터의 일부를 나타내는 도면이다.

[90] 도 6을 참조하면, 상기 메모리 모듈(200)은, 복수의 주파수(2.154 Hz, 1.468 Hz, 1 Hz, 0.681 Hz, 0.464 Hz)마다, 그에 대응하는 임피던스 참조값을 저장하고 있다. 특히, 메모리 모듈(200)에 저장된 임피던스 참조값은, 각 주파수 별로 임피던스의 크기 및 각도를 구비하고 있다. 예를 들어, 도 6에서, 1.468 Hz의 주파수에 대응되는 임피던스 참조값의 크기와 각도는, 각각 $0.39\text{m}\Omega$ 과 -141.7° 이라 할 수 있다. 그리고, 0.681 Hz의 주파수에 대응되는 임피던스 참조값의 크기와 각도는, 각각 $0.29\text{m}\Omega$ 과 -38.3° 이라 할 수 있다.

[91] 특히, 상기 메모리 모듈(200)은, 특정 주파수가 원점인 경우를 기준으로, 그 주변의 소정 주파수에 대한 임피던스 참조값의 크기 및 각도를 저장할 수 있다. 예를 들어, 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 메모리 모듈(200)은, 1 Hz인 주파수 지점이 원점인 상태일 때, 그 주변의 주파수(0.681 Hz, 0.464 Hz, 1.468 Hz, 2.154 Hz) 각각에 대한 임피던스 참조값의 크기 및 각도를 저장할 수 있다.

[92] 이러한 실시 구성에서, 상기 프로세서(300)는, 대상 배터리에 대한 임피던스 측정값의 크기 및 각도와 상기 메모리 모듈(200)에 저장된 임피던스 참조값의 크기 및 각도를 동일한 주파수끼리 서로 비교할 수 있다. 그리고, 상기 프로세서(300)는, 이러한 크기 및 각도의 비교 결과에 따라, 배터리를 진단할 수 있다.

[93] 특히, 상기 프로세서(300)는, 임피던스 측정값에 대하여, 원점이 동일한 주파수를 갖는 임피던스 참조값을 비교하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 6에 도시된 임피던스 참조값은 원점이 1 Hz의 주파수를 갖는 경우로서 설정되어 있다. 이때, 도 4의 실시예에서 변곡점인 f_{13} 으로 표시된 지점이 1 Hz의 주파수에 대응되는 지점인 경우, 상기 프로세서(300)는, 도 4의 실시예에 대한 임피던스

측정값과 도 6의 실시예에 대한 임피던스 참조값을 서로 비교하여, 대상 배터리를 진단할 수 있다.

- [94] 보다 구체적으로는, 도 4의 실시예에서, f11, f12, f14 및 f15로 표시된 지점들이, 각각 2.154 Hz, 1.468 Hz, 0.681 Hz 및 0.464 Hz의 주파수에 대응되는 지점일 수 있다. 이 경우, 상기 프로세서(300)는, f11, f12, f14 및 f15의 각 지점들에 대하여 임피던스 측정값의 크기 및 각도를 획득하고, 획득된 각 지점들의 크기 및 각도를 도 6에 도시된 바와 같은 임피던스 참조값의 크기 및 각도와 비교할 수 있다. 여기서, 각 지점들에서의 임피던스 측정값의 크기 및 각도는, 도 5의 실시예에서 설명한 바와 같이 획득될 수 있다.
- [95] 한편, 상기 메모리 모듈(200)은, 임피던스 측정 모듈(100)에 의해 인가되는 교류 전압의 다양한 주파수에 대응되는 주파수마다 그에 대응되는 임피던스 참조값으로서, 임피던스 크기 및 임피던스 각도를 저장할 수 있다. 특히, 메모리 모듈(200)은, 임피던스 측정 모듈(100)이 대상 배터리의 임피던스를 측정할 때 사용 가능한 주파수 전체에 대하여, 각각에 대응되는 임피던스 참조값을 미리 저장할 수 있다. 예를 들어, 임피던스 측정 모듈(100)이 2.154 Hz, 1.468 Hz, 1 Hz, 0.681 Hz, 0.464 Hz, ...와 같이 주파수를 변화시켜가면서 교류 전압을 인가함으로써 임피던스를 측정하도록 설정되어 있을 때, 상기 메모리 모듈(200)은, 임피던스 측정 모듈(100)의 이러한 설정 주파수와 동일한 주파수들(2.154 Hz, 1.468 Hz, 1 Hz, 0.681 Hz, 0.464 Hz, ...) 각각에 대응하는 임피던스 참조값들을 미리 저장할 수 있다.
- [96] 또는, 상기 임피던스 측정 모듈(100)은, 메모리 모듈(200)에 미리 저장된 주파수에 맞추어, 교류 전압 인가 시 주파수를 변화시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 6에 도시된 바와 같은 형태로 임피던스 참조값이 메모리 모듈(200)에 미리 저장되어 있다면, 상기 임피던스 측정 모듈(100)은, 2.154 Hz, 1.468 Hz, 1 Hz, 0.681 Hz 및 0.464 Hz와 같이 주파수를 변경시켜가면서, 교류 전압을 인가하고, 각각의 주파수에 대한 임피던스 측정값을 획득하도록 구성될 수 있다.
- [97] 또한, 도 6의 실시예에서는, 원점이 1 Hz인 경우를 중심으로 한 임피던스 참조값의 형태가 도시되어 있으나, 원점은 1 Hz가 아닐 수도 있다. 따라서, 상기 메모리 모듈(200)은, 도 6에 도시된 바와 같은 형태로 임피던스 참조값을 저장하되, 원점이 1 Hz가 아닌 다른 여러 경우에 대한 데이터도 구비할 수 있다. 예를 들어, 상기 메모리 모듈(200)은, 원점이 0.681 Hz 또는 1.468 Hz인 경우에 대한 주변 주파수 지점들의 임피던스 참조값의 크기 및 각도에 대한 데이터들을 저장할 수 있다. 이 경우, 상기 프로세서(300)는, 추출된 변곡점이 어떠한 주파수를 갖는지에 따라 그에 적합한 임피던스 참조값 데이터를 메모리 모듈(200)로부터 획득하고, 획득된 임피던스 참조값 데이터와 임피던스 측정값들을 서로 비교할 수 있다.
- [98] 상기 메모리 모듈(200)은, 주파수 별 임피던스 참조값을 복수의 배터리 등급

각각마다 구분하여 저장할 수 있다. 이에 대해서는, 도 7을 참조하여 보다 구체적으로 설명한다.

- [99] 도 7은, 본 발명의 다른 실시예에 따른 메모리 모듈(200)에 저장된 임피던스 참조값 데이터의 일부를 나타내는 도면이다. 도 7에 대해서는, 앞선 도 6의 실시예와 차이점이 있는 부분을 위주로 설명한다.
- [100] 도 7을 참조하면, 상기 메모리 모듈(200)은, 테이블 형태로 주파수 별 임피던스 참조값을 저장하되, 테이블을 복수로 저장할 수 있다. 이때, 각각의 테이블은, 서로 다른 배터리 등급에 대응되는 주파수 별 임피던스 참조값 그룹이라 할 수 있다.
- [101] 보다 구체적으로, 상기 메모리 모듈(200)은, 배터리의 등급으로서 Level 1, Level 2 및 Level 3의 3개로 분류하고, 각 배터리 등급에 대한 주파수 별 임피던스 참조값 그룹을 저장할 수 있다. 여기서, 각 배터리 등급마다 주파수는 서로 동일하게 설정될 수 있으며, 임피던스 참조값의 크기 및 각도는 서로 달라질 수 있다.
- [102] 이러한 구성에서, 상기 프로세서(300)는, 대상 배터리의 임피던스 측정값을 메모리 모듈(200)에 저장된 배터리 등급에 매칭시키도록 구성될 수 있다. 그리고, 상기 프로세서(300)는, 이러한 매칭 결과에 따라, 대상 배터리의 등급을 분류하도록 구성될 수 있다.
- [103] 특히, 상기 프로세서(300)는, 메모리 모듈(200)에 저장된 여러 배터리 등급의 임피던스 참조값 그룹 중, 대상 배터리의 임피던스 측정값과 동일하거나 가장 유사한 임피던스 참조값 그룹을 찾고, 그에 상응하는 배터리 등급을 확인할 수 있다. 그리고, 이와 같이 확인된 배터리 등급을 이용하여 대상 배터리의 등급을 분류할 수 있다. 예를 들어, 대상 배터리에 대한 임피던스 측정값의 크기 및 각도가 도 7의 Level 1으로 설정된 임피던스 참조값 그룹의 크기 및 각도와 가장 유사하다고 판단된 경우, 상기 프로세서(300)는 대상 배터리의 등급을 Level 1로 분류할 수 있다. 반면, 대상 배터리에 대한 임피던스 측정값의 크기 및 각도가 도 7의 Level 2 또는 Level 3으로 설정된 임피던스 참조값 그룹의 크기 및 각도와 가장 유사하다고 판단된 경우, 상기 프로세서(300)는 대상 배터리의 등급을 Level 2 또는 Level 3으로 분류할 수 있다.
- [104] 본 발명의 이러한 구성에 의하면, 대상 배터리에 대한 등급이 효과적으로 분류될 수 있다. 특히, 본 발명의 이러한 구성에 의하면, 배터리를 재사용하고자 하는 경우, 비교적 간단하면서도 명확하게 배터리를 등급 별로 분류하여, 배터리의 재사용 가능성이나 용도, 판매 가격 등을 판별하는데 유용할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 이러한 측면에 의하면, 전기 자동차용으로는 그 수명을 다한 리튬 이온 배터리 팩에 대하여, 어떠한 용도로 사용할지, 남은 수명은 어떠한지, 성능은 어느 정도 발휘될 수 있는지 등에 대하여 판단하는데 이용될 수 있다.
- [105] 이러한 실시예에서, 임피던스 측정값과 임피던스 참조값의 동일 또는 유사

여부를 판단하는 구성은, 본 발명의 출원 시점에 공지된 다양한 데이터 일치 여부 판단 기술이 채용될 수 있다. 그리고, 본 발명은 이러한 임피던스 측정값과 임피던스 참조값의 일치성 여부를 판단하는 구성으로 다양한 방식을 이용할 수 있으며, 특정 판단 방식에 의해 제한되지 않는다.

- [106] 특히, 상기 프로세서(300)는, 배터리의 등급에 따라 대상 배터리의 SOH(State Of Health)를 판단하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 7의 실시예에서, Level 1에 대응되는 SOH는 80%이고, Level 2에 대응되는 SOH는 75%이며, Level 3에 대응되는 SOH는 70%일 수 있다. 이 경우, 상기 프로세서(300)는, 임피던스 측정값이 어느 등급의 임피던스 참조값과 가장 유사한지 여부를 판별함으로써, 대상 배터리의 SOH를 추정할 수 있다. 만일, 대상 배터리의 임피던스 측정값이 Level 2의 임피던스 참조값 그룹과 가장 유사하다고 판단된 경우, 상기 프로세서(300)는, 대상 배터리의 SOH를 Level 2에 대응하는 75%로서 추정할 수 있다. 이러한 실시예에 의하면, 상기 프로세서(300)는, 대상 배터리의 SOH를 쉽게 파악할 수 있다.
- [107] 한편, 도 7의 실시예에서는, 3개의 배터리 등급만이 도시되어 있으나, 이는 설명의 편의를 위한 것일 뿐, 메모리 모듈(200)은 4개 이상의 배터리 등급 각각에 대하여, 주파수 별 임피던스 참조값을 저장할 수 있다. 특히, 배터리 등급이 매우 많은 수로 세분화될 수록, 대상 배터리의 진단 및 등급 분류가 보다 정확하게 이루어질 수 있다. 예를 들어, 상기 메모리 모듈(200)은, SOH를 100%부터 0%에 이르기까지, 2.5% 간격으로 분류하고, 각 분류된 SOH에 대한 주파수 별 임피던스 참조값 그룹을 각각 저장할 수 있다.
- [108] 또한, 상기 도 6 및 도 7의 실시예에서는, 1Hz의 주파수에 대한 임피던스 포인트를 기준으로, 고주파 방향 및 저주파 방향으로 각각 2개의 임피던스 포인트를 탐색 및 비교하는 형태를 기준으로 설명되어 있다. 다만, 이러한 원점을 기준으로 한 임피던스 포인트의 비교 개수는, 일례에 의한 것일 뿐, 본 발명이 이러한 개수의 구체적인 예로 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 원점을 기준으로, 고주파 및 저주파 방향으로 각각 3개 또는 4개의 임피던스 포인트들을 비교하도록 구성될 수도 있다.
- [109] 상기 프로세서(300)는, 대상 배터리의 임피던스 측정값에 대한 나이퀴스트 선도가 생성되면, 생성된 나이퀴스트 선도에서 전하 전달 저항 영역이 확산 저항 영역에 의해 변곡이 되는 지점을 변곡점으로 추출하도록 구성될 수 있다. 이에 대해서는, 도 8을 참조하여 보다 구체적으로 설명한다.
- [110] 도 8은, 본 발명의 일 실시예에 따라 생성된 나이퀴스트 선도에 대하여, 임피던스에 영향을 미치는 인자의 종류에 따라 각 영역을 구분하여 나타낸 도면이다. 도 8의 경우, 도 3과 기본적인 내용은 동일하므로, 차이점이 있는 부분을 위주로 설명한다.
- [111] 도 8을 참조하면, EIS 나이퀴스트 선도에 대해서는, 배터리의 임피던스에 영향을 미치는 인자 별로 4개의 영역(E1, E2, E3, E4)으로 구분될 수 있다. 먼저,

E1 영역의 경우, 가장 고주파 대역으로서, 주로 대상 배터리 내부의 전해질 저항 등에 의해 결정될 수 있다. 다음으로, E2 영역의 경우, E1 영역보다는 낮은 주파수 영역이기는 하나, E3 영역보다는 높은 주파수 영역으로서, 대상 배터리의 전극 입자 표면에 형성되는 SEI(Solid Electrolyte Interphase) 등에 주로 영향을 받는 영역이라 할 수 있다. 그리고, E3 영역의 경우, E2 영역보다 낮은 주파수 영역으로서, 주로 대상 배터리의 전하 전달(charge transfer)에 의해 영향을 받는 영역이라 할 수 있다. 특히, E3 영역의 경우, 대상 배터리의 전극 물질 계면에서의 Li 이온 산화 및 환원 반응 등에 의해 결정될 수 있다. 이러한 E3 영역의 경우, 전하 전달 저항 영역이라 할 수 있다. 마지막으로, E4 영역의 경우, 가장 낮은 주파수 대역으로서, 주로 확산(diffusion)에 영향을 받는 영역이라 할 수 있다. 특히, E4 영역의 경우, 대상 배터리에서 입자 결정 구조 내부로의 층간 삽입 등에 의한 화학적 확산에 의해 결정될 수 있다. 이러한 E4 영역의 경우, 확산 저항 영역이라 할 수 있다. 상기 메모리 모듈(200)은, 이러한 4개의 영역에 대한 정보, 이를테면 주파수 정보 범위 등을 미리 저장할 수 있다.

- [112] 상기 프로세서(300)는, 이러한 4개의 영역 중, 전하 전달 저항 영역(E3)에서 변곡점을 찾도록 구성될 수 있다. 특히, EIS 나이퀴스트 선도에서 이러한 전하 전달 저항 영역(E3)은, 확산 저항 영역(E4)에 의해 변곡될 수 있다. 상기 프로세서(300)는, 이와 같이 전하 전달 저항 영역(E3)이 확산 저항 영역(E4)에 의해 변곡되는 지점을 앞서 설명한 변곡점으로 추출할 수 있다. 더욱이, 나이퀴스트 선도에서는, 변곡점이 둘 이상 존재할 수 있다. 이 경우, 상기 프로세서(300)는, 둘 이상의 변곡점들 중, 전하 전달 저항 영역(E3)이 확산 저항 영역(E4)에 의해 변곡되는 지점을 추출하고, 이와 같이 추출된 변곡점을 이용하여, 앞서 설명된 배터리 진단 내지 등급 분류 과정을 수행할 수 있다.
- [113] 예를 들어, 앞선 도 4의 나이퀴스트 선도에서, 프로세서(300)는 전하 전달 저항 영역(E3)이 확산 저항 영역(E4)에 의해 변곡되는 지점으로서 f13 지점을 추출할 수 있다. 그리고, 프로세서(300)는 이러한 f13 지점을 최종 변곡점으로서 이용하여, 대상 배터리를 진단할 수 있다.
- [114] 본 발명의 이러한 구성에 의하면, EIS 데이터를 이용하여 대상 배터리를 진단할 때, 고주파 영역을 이용하지 않고 저주파 영역을 이용함으로써 배터리 진단의 정확도가 향상될 수 있다. 특히, 도 8의 E1 영역과 같은 고주파 영역은 측정 프로브의 인덕턴스나 저항 성분 등에 의해 영향을 많이 받는 영역이라 할 수 있다. 따라서, 이러한 E1 영역에 의해 영향을 많이 받는 부분이나 E1 영역 내의 변곡점을 이용할 경우, 편차가 심하고 정확도가 떨어질 수 있다. 하지만, 상기 실시 구성에 의하면, E1 영역에 의해 별다른 영향을 받지 않는 저주파 영역인 E3 및 E4 영역의 데이터를 분석하고, 이를 통해 배터리를 진단할 수 있다. 그러므로, 이 경우, 측정 프로브의 인덕턴스 및 저항 성분 등의 영향을 최소화할 수 있어, 배터리 진단의 정확도가 보다 개선될 수 있다.
- [115] 또한, 상기 프로세서(300)는, 생성된 나이퀴스트 선도에 대하여, 낮은 주파수

영역부터 주파수가 높아지는 방향으로 탐색하여 변곡점을 추출하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 상기 프로세서(300)는, 도 8의 실시예에서, 화살표 a2로 표시된 바와 같이, 나이퀴스트 선도의 우측 부분의 소정 포인트부터 좌측을 향하는 방향으로 이동하면서, 변곡점을 탐색하도록 구성될 수 있다. 즉, 상기 프로세서(300)는, EIS 나이퀴스트 선도에서, 저주파 영역부터 고주파 영역으로 이동하면서 변곡점을 추출하도록 구성될 수 있다.

[116] 특히, 상기 프로세서(300)는, 이와 같이 저주파 영역에서부터 고주파 영역으로 이동하면서 변곡점을 탐색하고, 그 중 첫 번째로 탐색된 변곡점을 추출할 수 있다. 그리고, 프로세서(300)는, 이와 같이 탐색된 첫 번째 변곡점을 이용하여, 앞서 설명된 배터리 진단 과정을 수행할 수 있다. 나이퀴스트 선도의 경우, 저주파 영역에는 도 8의 E3 및 E4로 표시된 바와 같은 전하 전달 저항 영역 및 확산 저항 영역이 존재할 수 있다. 그러므로, 이러한 저주파 영역에서 첫 번째로 탐색되는 변곡점은, 전달 전달 저항 영역이 확산 저항 영역에 의해 변곡이 되는 지점으로 볼 수 있다.

[117] 그러므로, 이러한 실시 구성에 의하면, 전하 전달 저항 영역이 확산 저항 영역에 의해 변곡이 되는 지점을 쉽게 파악할 수 있다.

[118] 이러한 변곡점 추출 구성에 대해서는, 도 9를 참조하여 보다 구체적으로 설명한다.

[119] 도 9는, 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세서(300)에 의해 변곡점이 추출되는 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 특히, 도 9는, 도 8의 E3 영역을 확대하여 나타낸 그래프라 할 수 있다.

[120] 도 9를 참조하면, 상기 프로세서(300)는, EIS 나이퀴스트 선도에 대하여, 화살표로 표시된 바와 같이, 주파수가 점차 증가하는 방향으로 기울기를 비교 분석함으로써, 변곡점을 탐색할 수 있다.

[121] 보다 구체적으로 살펴보면, 각각의 주파수에서 측정된 임피던스 포인트들에 대한 기울기는 다음과 같이 계산될 수 있다.

[122] $\text{기울기} = (\text{EISi}[i+1] - \text{EISi}[i]) / (\text{EISr}[i+1] - \text{EISr}[i])$

[123] 여기서, $\text{EISi}[i]$ 는 임피던스 포인트 i 의 허수 성분을 의미하고, $\text{EISr}[i]$ 는 임피던스 포인트 i 의 실수 성분을 의미한다고 볼 수 있다.

[124] 예를 들어, 도 9의 실시예에서, 프로세서(300)는, 임피던스 포인트 f24와 임피던스 포인트 f25 사이의 기울기 C는, 다음과 같이 계산할 수 있다.

[125] $\text{기울기 C} = (\text{EISi}[f25] - \text{EISi}[f24]) / (\text{EISr}[f25] - \text{EISr}[f24])$

[126] 그리고, 프로세서(300)는, 이러한 방식으로, 각 포인트 사이, 이를테면, f23과 f24 사이, f22와 f23 사이, f21과 f22 사이, ... 각각에 대한 기울기를 구할 수 있다. 그리고, 프로세서(300)는, 이러한 각 임피던스 포인트 사이의 기울기의 크기(절대값)가, 화살표 방향(고주파 방향)으로 갈수록 점차 증가하다가 다시 줄어드는 지점을 변곡점으로 추출할 수 있다.

[127] 예를 들어, 도 9의 실시예에서, f28 포인트부터 f23 포인트까지는 나이퀴스트

선도의 기울기의 크기(절대값)가 점차 증가하다가, f23 포인트부터는 기울기가 감소된다고 할 때, 상기 프로세서(300)는, f23 포인트를 변곡점으로 추출할 수 있다. 즉, 상기 프로세서(300)는, 기울기의 절대값이 증가하다가 감소하는 지점을 변곡점으로 추출할 수 있다. 또는, 상기 프로세서(300)는, 나이퀴스트 선도를 따라 고주파 방향으로 이동하면서 기울기의 변화를 비교하되, 기울기의 변화가 양(+)에서 음(-)으로 변하는 첫 번째 지점을 변곡점으로 추출할 수 있다. 특히, 이러한 변곡점은, 나이퀴스트 선도에서, 전하 전달 저항 영역이 확산 저항 영역에 의해 변곡이 되는 지점이라 볼 수 있다. 이 경우, 배터리를 진단하거나 분류하는데 이용되는 변곡점이 용이하게 추출될 수 있다.

- [128] 이러한 실시예에서, 상기 프로세서(300)는, 나이퀴스트 선도에서 변곡점을 탐색하기 시작하는 지점에 대한 정보를 미리 획득할 수 있다. 예를 들어, 메모리 모듈(200)은, 변곡점 탐색 시작 지점에 해당하는 임피던스 포인트 정보를 미리 저장하고, 프로세서(300)는 변곡점을 추출하기 전에 메모리 모듈(200)에 액세스하여 이러한 임피던스 포인트 정보를 확인할 수 있다. 그리고, 프로세서(300)는, 이와 같이 메모리 모듈(200)을 통해 확인된 임피던스 포인트 정보를 바탕으로, 해당 포인트부터 변곡점을 탐색하도록 구성될 수 있다.
- [129] 예를 들어 도 9의 실시예에서, 메모리 모듈(200)은, 변곡점 탐색을 시작하는 임피던스 포인트로서, f27 포인트를 미리 저장할 수 있다. 그러면, 상기 프로세서(300)는, 이러한 정보를 메모리 모듈(200)로부터 확인하여, f27 포인트부터 f26, f25, f24, ...와 같은 방향으로 변곡점 탐색을 수행할 수 있다.
- [130] 여기서, 변곡점 탐색 시작 지점에 대한 임피던스 포인트 정보는, 주파수 정보일 수 있다. 예를 들어, 메모리 모듈(200)은, 도 9의 실시예에서, f27 포인트에 해당하는 주파수 정보를 미리 저장할 수 있다. 이 경우, 프로세서(300)는, f27 포인트에 해당하는 주파수부터 점차 높은 주파수 방향으로 임피던스 선도의 기울기를 파악하고, 변곡점을 추출할 수 있다.
- [131] 또는, 변곡점 탐색 시작 지점에 대한 임피던스 포인트 정보는, 임피던스의 실수부 성분에 해당하는 정보일 수 있다. 예를 들어, 메모리 모듈(200)은, f27 포인트에 대한 임피던스의 실수부 성분 정보를 미리 저장할 수도 있다.
- [132] 또는, 상기 프로세서(300)는, 변곡점 탐색 시작 지점에 대한 정보를 메모리 모듈(200)로부터 획득하지 않고, 자체적으로 결정할 수도 있다. 특히, 상기 프로세서(300)는, 나이퀴스트 선도에서, 저주파 부분에서 고주파 방향으로 향하면서 극소점과 극대점을 확인할 수 있다. 그리고, 프로세서(300)는, 이와 같이 확인된 극소점과 극대점 사이에서 변곡점을 추출하도록 구성될 수 있다.
- [133] 예를 들어, 도 8의 실시예에 도시된 바를 참조하면, 상기 프로세서(300)는, 나이퀴스트 선도에서 극소점인 d1 부분과 극대점인 d2 부분을 확인할 수 있다. 그리고, 상기 프로세서(300)는, 이와 같이 확인된 극소점 d1과 극대점 d2 사이의 영역에서 변곡점을 추출하도록 구성될 수 있다.
- [134] 이 경우, 나이퀴스트 선도에서 전하 전달 저항 영역이 확산 저항 영역에 의해

변곡이 되는 지점이 쉽게 확인될 수 있다.

- [135] 한편, EIS 나이퀴스트 선도에서 극대점 및/또는 극소점은 둘 이상 존재할 수 있다. 이 경우, 프로세서(300)는, 복수의 극대점 및/또는 복수의 극소점 중 가장 낮은 주파수를 갖는 극대점 및/또는 극소점을 이용하여, 그 사이에 존재하는 변곡점을 추출할 수 있다. 즉, 프로세서(300)는, 도 8의 실시예에서 화살표 a2로 표시된 방향으로 이동하면서 나이퀴스트 선도의 극소점과 극대점을 확인하되, 가장 먼저 확인되는 극소점과 극대점을 이용하여, 그 사이에 존재하는 변곡점을 추출하고, 추출된 변곡점을 이용하여 배터리를 진단할 수 있다.
- [136] 또한, 상기 메모리 모듈(200)은, 변곡점에 대한 예비 주파수 정보를 미리 저장할 수 있다. 여기서, 변곡점에 대한 예비 주파수 정보란, 변곡점이 존재할 만한 것으로 추정되는 주파수에 대한 정보라 할 수 있다. 특히, 상기 메모리 모듈(200)은, 이러한 예비 주파수 정보로서, 변곡점이 존재할 만한 주파수 범위에 대한 정보를 미리 저장할 수 있다.
- [137] 예를 들어, 상기 메모리 모듈(200)은, 변곡점이 존재할 만한 주파수 정보로서, 0.4 Hz ~ 2.2 Hz의 예비 주파수 범위를 미리 저장할 수 있다. 이 경우, 프로세서(300)는, 이러한 0.4 Hz ~ 2.2 Hz의 예비 주파수 범위 내에서 변곡점을 먼저 탐색하도록 구성될 수 있다.
- [138] 본 발명의 이러한 구성에 의하면, 프로세서(300)가 변곡점을 추출함에 있어서 탐색하는 범위를 감소시킬 수 있다. 따라서, 이 경우, 프로세서(300)의 변곡점 추출 속도가 향상되고, 추출 과정에서의 연산 부하를 감소시킬 수 있다.
- [139] 더욱이, 상기 메모리 모듈(200)은, 예비 주파수 정보를 다단으로 저장할 수 있다. 이 경우, 프로세서(300)는, 다단으로 저장된 예비 주파수 정보를 순차적으로 이용할 수 있다. 이때, 다단으로 저장된 예비 주파수 정보 사이에는 순위가 미리 정해질 수 있다. 그리고, 프로세서(300)는, 다단으로 저장된 예비 주파수 정보에서, 선순위 주파수 정보를 먼저 탐색한 후, 탐색된 선순위 예비 주파수 정보에서 변곡점이 추출되지 않으면, 다음 순위의 예비 주파수 정보를 탐색하도록 구성될 수 있다.
- [140] 예를 들어, 상기 메모리 모듈(200)은, 1차 예비 주파수 정보, 2차 예비 주파수 정보 및 3차 예비 주파수 정보를 저장할 수 있다. 이때, 1차 예비 주파수 정보가 가장 선순위이고, 3차 예비 주파수 정보가 가장 후순위일 수 있다. 이 경우, 상기 프로세서(300)는, 먼저 1차 예비 주파수 정보를 참조하여 해당 범위 내에서 변곡점을 추출할 수 있다. 그리고, 1차 예비 주파수 정보에서 변곡점이 추출되지 않으면, 2차 예비 주파수 정보를 참조하여 해당 범위 내에서 변곡점을 추출하고, 이 때에도 추출되지 않으면, 3차 예비 주파수 정보를 참조하여 변곡점을 추출할 수 있다.
- [141] 본 발명의 이러한 구성에 의하면, 변곡점 추출 속도 및 효율이 보다 향상될 수 있다.
- [142] 상기 메모리 모듈(200)은, 변곡점에 대한 예비 주파수 정보를 배터리에 대하여

인가되는 교류 전압의 크기에 따라 구분하여 저장할 수 있다. 즉, 임피던스 측정 모듈(100)이 대상 배터리에 대하여 교류 전압을 인가하면서 주파수의 변화에 따른 임피던스를 측정할 때, 인가되는 교류 전압의 크기에 따라 예비 주파수 정보가 달라지도록 구성될 수 있다.

[143] 예를 들어, 메모리 모듈(200)은, 임피던스 측정 모듈(100)이 0.5V의 교류 전압을 인가하면서 대상 배터리의 임피던스를 측정하는 경우에 대한 예비 주파수 정보를 fp1으로 저장할 수 있다. 그리고, 메모리 모듈(200)은, 임피던스 측정 모듈(100)이 0.7V의 교류 전압을 인가하면서 대상 배터리의 임피던스를 측정하는 경우에 대한 예비 주파수 정보를 fp2로 저장할 수 있다. 이때, fp1과 fp2는 서로 다른 주파수값 또는 서로 다른 주파수 범위로 설정될 수 있다.

[144] 본 발명의 이러한 구성에 의하면, 프로세서(300)가 메모리 모듈(200)에 저장된 예비 주파수 정보를 이용하여 변곡점을 추출할 때, 보다 효과적인 변곡점 추출이 가능할 수 있다. 특히, EIS 나이퀴스트 선도는, 인가 전압의 크기에 따라 형태가 달라질 수 있다. 따라서, 상기 실시 구성에 의할 경우, 이러한 인가 전압의 크기에 따른 형태 변화를 고려하여, 적합한 예비 주파수 정보를 제공함으로써, 효율적인 변곡점 추출이 가능하도록 할 수 있다.

[145] 본 발명에 따른 배터리 진단 장치는, 배터리 팩에 적용될 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 배터리 팩은, 상술한 본 발명에 따른 배터리 진단 장치를 포함할 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 배터리 팩은, 본 발명에 따른 배터리 진단 장치 이외에, 배터리 팩에 통상적으로 포함되는 구성요소, 이를테면 하나 이상의 이차 전지, BMS(Battery Management System), 전류센서, 릴레이, 퓨즈, 팩 케이스 등을 더 포함할 수 있다. 이 경우, 배터리 팩에 포함된 이차 전지가, 본 발명에 따른 배터리 진단 장치가 진단하는 대상, 즉 대상 전지가 될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 배터리 진단 장치의 적어도 일부 구성요소는, 배터리 팩에 포함되어 있는 종래 구성요소로 구현될 수도 있다. 예를 들어, 본 발명에 따른 배터리 진단 장치의 프로세서(300)의 적어도 일부 기능 내지 동작은, 배터리 팩에 포함된 BMS에 의해 구현될 수 있다.

[146] 또한, 본 발명에 따른 배터리 진단 장치는, 전력 저장 시스템(ESS)에 적용될 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 전력 저장 시스템은, 상술한 본 발명에 따른 배터리 진단 장치를 포함할 수 있다. 특히, 전력 저장 시스템의 경우, 전기 자동차만큼의 높은 출력은 필요로 하지 않으므로, 전기 자동차에 사용되다가 수명이 다한 배터리 팩(폐 배터리) 등을 재활용하는 대표적인 어플리케이션이 될 수 있다. 상기 전력 저장 시스템은, 이러한 폐 배터리를 탑재하기 전에, 상기 본 발명에 따른 배터리 진단 기술을 이용하여 배터리를 진단 또는 등급 분류 후 탑재 여부 내지 활용 정도 등을 결정할 수 있다.

[147] 도 10은, 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 방법을 개략적으로 나타내는 흐름도이다. 도 10에서 각 단계의 수행 주체는, 앞서 설명된 본 발명에 따른 배터리 진단 장치의 각 구성요소라 할 수 있다.

- [148] 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 배터리 진단 방법은, 임피던스 참조값 저장 단계(S110), 임피던스 측정 단계(S120), 나이퀴스트 선도 생성 단계(S130), 변곡점 추출 단계(S140), 비교 단계(S150) 및 진단 단계(S160)를 포함할 수 있다.
- [149] 상기 S110 단계는, 주파수 별로 임피던스 참조값을 저장하는 단계이다. 예를 들어, 상기 S110 단계는, 사전 테스트를 통해 도 6 또는 도 7과 같은 임피던스 참조값 정보를 저장할 수 있다.
- [150] 상기 S120 단계는, 대상 배터리에 대하여 교류 전압을 인가하면서 주파수의 변화에 따른 임피던스를 측정하는 단계이다. 상기 S130 단계는, S120 단계에서 측정된 대상 배터리의 임피던스 측정값에 대한 나이퀴스트 선도를 생성하는 단계이다. 예를 들어, S130 단계에 의해, 도 3과 같은 나이퀴스트 선도가 생성될 수 있다.
- [151] 상기 S140 단계는, S130 단계에서 생성된 나이퀴스트 선도에서 변곡점을 추출하는 단계이다. 예를 들어, 상기 S140 단계는, 도 9의 실시예에서 설명된 바와 같이, 나이퀴스트 선도의 변곡점을 추출할 수 있다.
- [152] 상기 S150 단계는, S140 단계에서 추출된 변곡점을 중심으로, 소정 주파수 범위 내의 값을 S110 단계에서 저장된 주파수 별 임피던스 참조값과 비교하는 단계이다.
- [153] 그리고, 상기 S160 단계는, S150 단계에서 비교된 결과를 기초로, 대상 배터리를 진단하는 단계이다. 예를 들어, 상기 S160 단계에 의해, 대상 배터리의 등급이 분류될 수 있다.
- [154] 이러한 본 발명에 따른 배터리 진단 방법에 대해서는, 앞서 배터리 진단 장치에 대하여 설명된 내용들이 동일 또는 유사하게 적용될 수 있으므로, 이에 대한 상세한 설명을 생략한다.
- [155]
- [156] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.
- [157]
- [158] [부호의 설명]
- [159] 100: 임피던스 측정 모듈
- [160] 200: 메모리 모듈
- [161] 300: 프로세서

청구범위

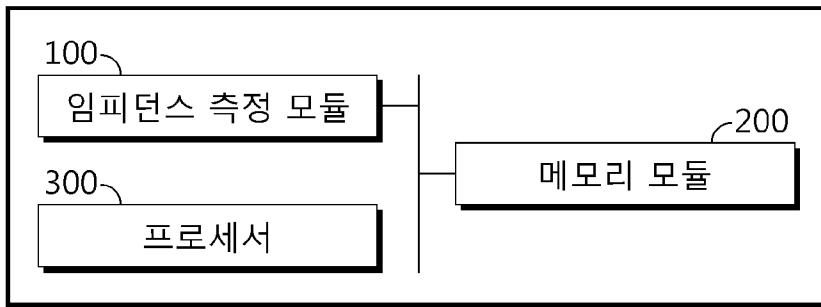
- [청구항 1] 대상 배터리에 대하여 교류 전압을 인가하면서 주파수의 변화에 따른 임피던스를 측정하도록 구성된 임피던스 측정 모듈;
주파수 별 임피던스 참조값을 저장하는 메모리 모듈; 및
상기 임피던스 측정 모듈에 의해 측정된 상기 대상 배터리의 임피던스 측정값에 대한 나이퀴스트 선도를 생성하고, 생성된 나이퀴스트 선도에서 변곡점을 추출하며, 추출된 변곡점을 중심으로 소정 주파수 범위 내의 값을 상기 메모리 모듈에 저장된 상기 주파수 별 임피던스 참조값과 비교하여 상기 대상 배터리를 진단하도록 구성된 프로세서를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 프로세서는, 상기 추출된 변곡점이 원점이 되도록 상기 생성된 나이퀴스트 선도를 쉬프트시키고, 쉬프트된 상태에서 상기 주파수 별 임피던스 참조값과 비교하도록 구성된 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 프로세서는, 상기 대상 배터리에 대한 임피던스 측정값의 크기 및 각도를 이용하여 상기 대상 배터리를 진단하도록 구성된 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 메모리 모듈은, 상기 주파수 별 임피던스 참조값을 복수의 배터리 등급 각각마다 구분하여 저장하고,
상기 프로세서는, 상기 대상 배터리의 임피던스 측정값을 상기 메모리 모듈에 저장된 배터리 등급에 매칭시켜, 상기 대상 배터리의 등급을 분류하도록 구성된 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 프로세서는, 상기 생성된 나이퀴스트 선도에서 전하 전달 저항 영역이 확산 저항 영역에 의해 변곡이 되는 지점을 상기 변곡점으로 추출하도록 구성된 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.
- [청구항 6] 제5항에 있어서,
상기 프로세서는, 상기 생성된 나이퀴스트 선도에 대하여, 낮은 주파수 영역부터 주파수가 높아지는 방향으로 탐색하여 상기 변곡점을 추출하도록 구성된 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 메모리 모듈은, 상기 변곡점에 대한 예비 주파수 정보를 미리 저장하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.
- [청구항 8] 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 따른 배터리 진단 장치를 포함하는

배터리 팩.

[청구항 9] 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 따른 배터리 진단 장치를 포함하는 전력 저장 시스템.

[청구항 10] 주파수 별 임피던스 참조값을 저장하는 단계;
 대상 배터리에 대하여 교류 전압을 인가하면서 주파수의 변화에 따른 임피던스를 측정하는 단계;
 상기 측정 단계에서 측정된 상기 대상 배터리의 임피던스 측정값에 대한 나이퀴스트 선도를 생성하는 단계;
 상기 생성 단계에서 생성된 나이퀴스트 선도에서 변곡점을 추출하는 단계;
 상기 추출 단계에서 추출된 변곡점을 중심으로 소정 주파수 범위 내의 임피던스 측정값을 상기 저장 단계에서 저장된 상기 주파수 별 임피던스 참조값과 비교하는 단계; 및
 상기 비교 단계에서 비교된 결과를 기초로 상기 대상 배터리를 진단하는 단계
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 방법.

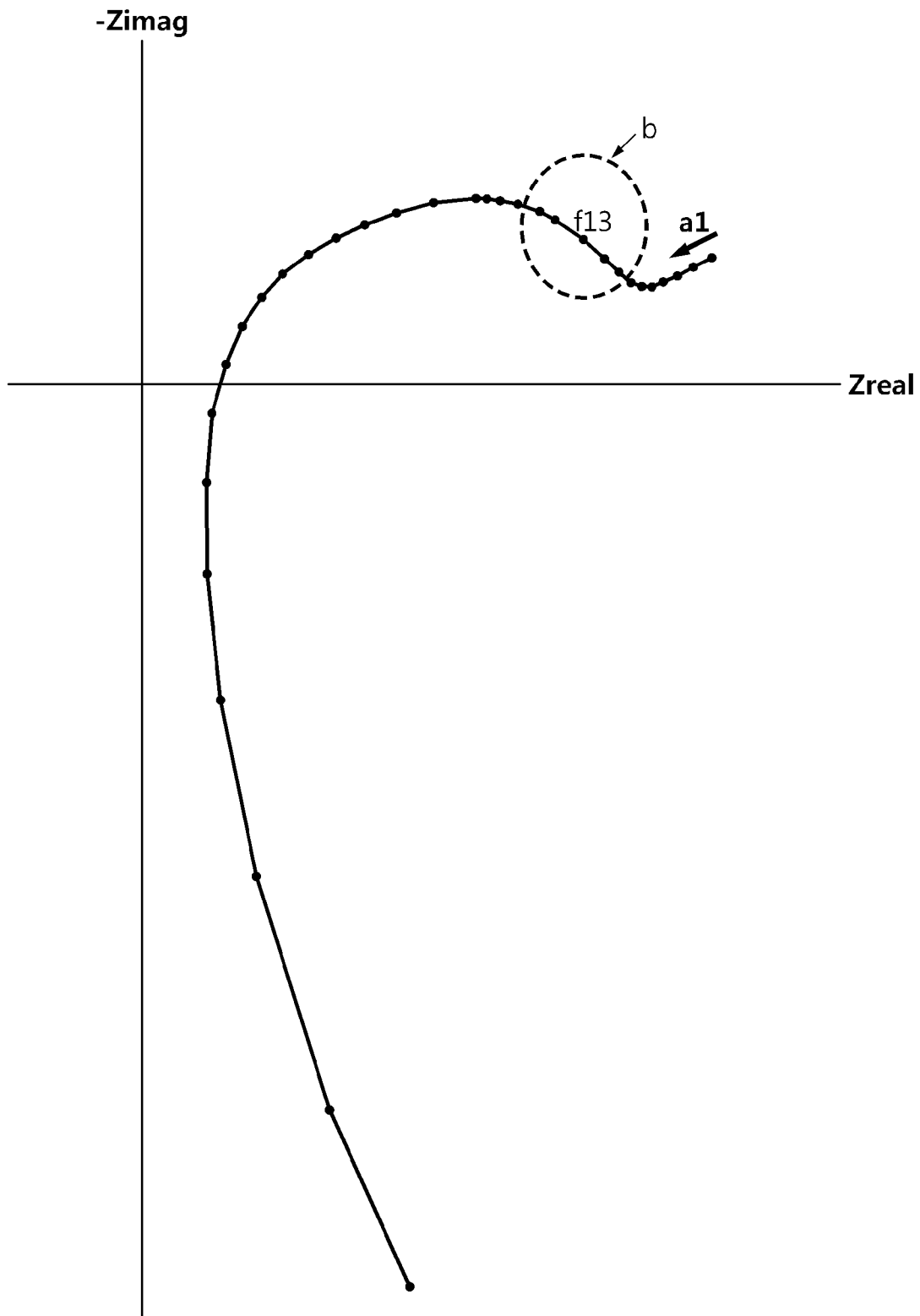
[도1]



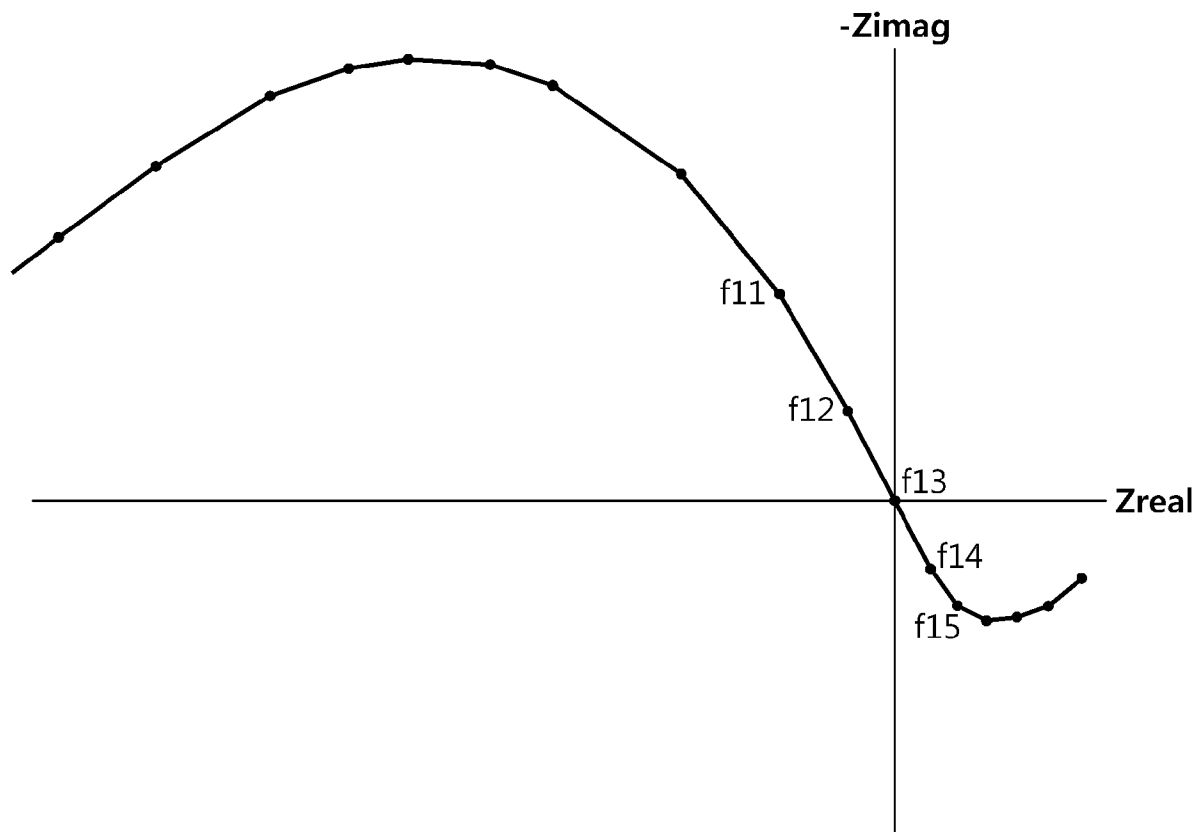
[도2]

주파수	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	...
임피던스	Zre1	Zre2	Zre3	Zre4	Zre5	Zre6	Zre7	...

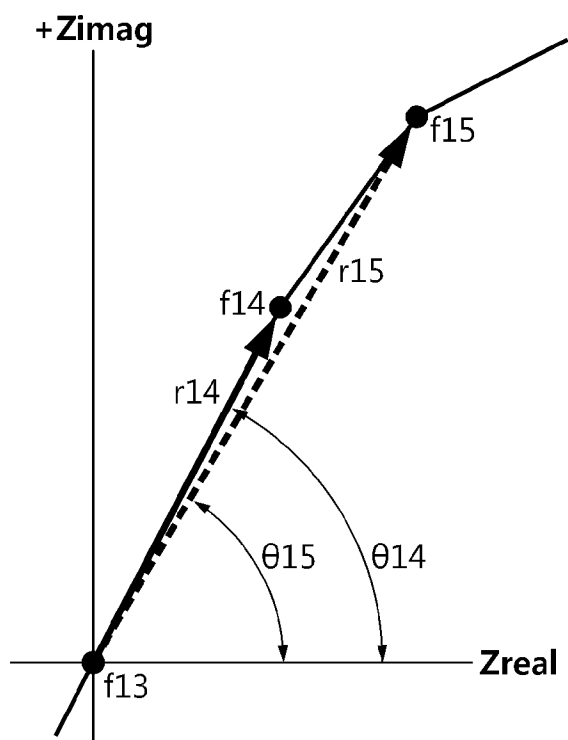
[도3]



[도4]



[도5]



[도6]

주파수 [Hz]	2.154	1.468	1	0.681	0.464
임피던스 크기 [$m\Omega$]	0.89	0.39	0	0.29	0.50
임피던스 각도 [$^{\circ}$]	-146.0	-141.7	0	38.3	38.0

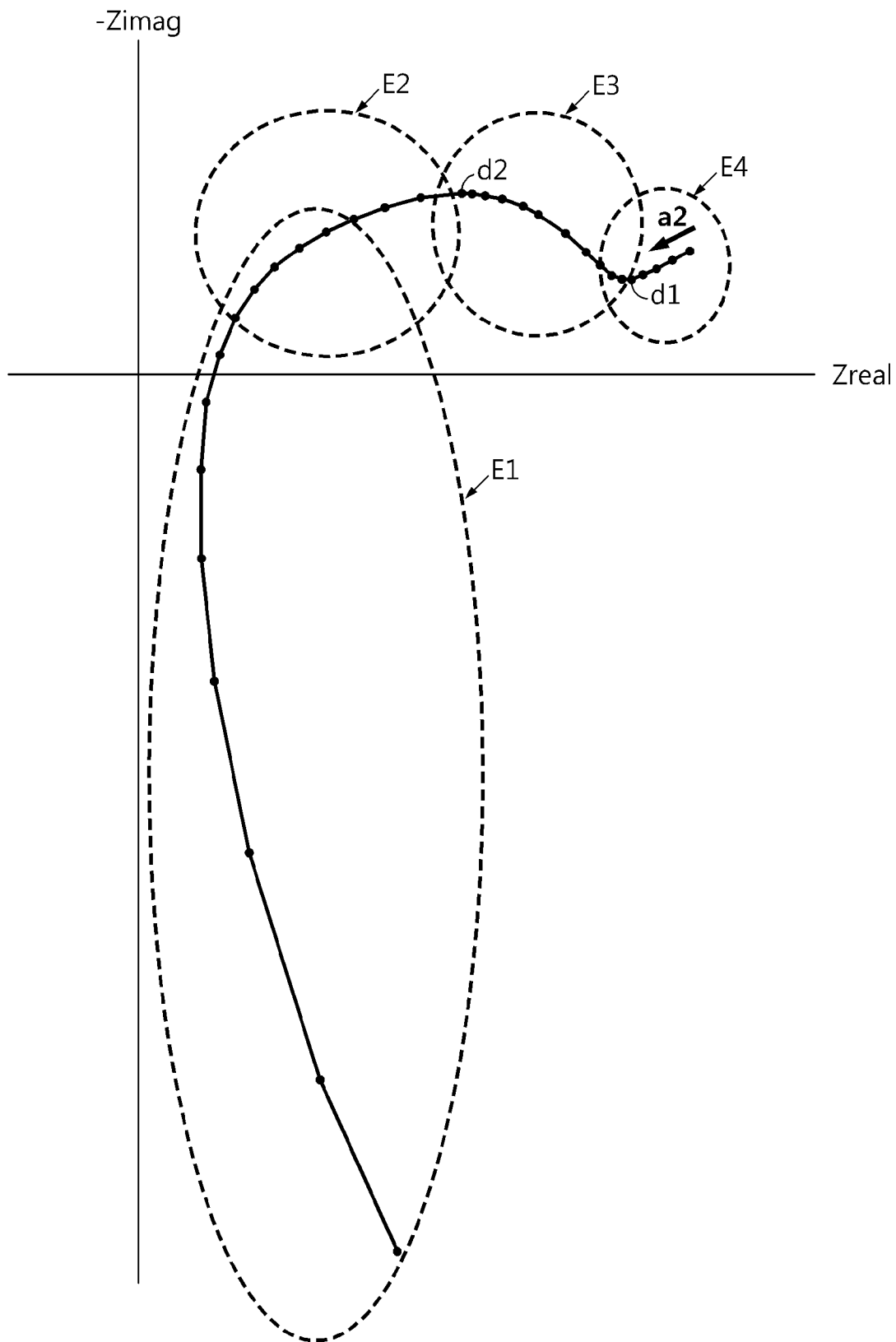
[도7]

[Level 1]					
주파수 [Hz]	2.154	1.468	1	0.681	0.464
임피던스 크기 [$m\Omega$]	0.81	0.33	0	0.25	0.42
임피던스 각도 [$^{\circ}$]	-137	-135.7	0	45.2	40.8

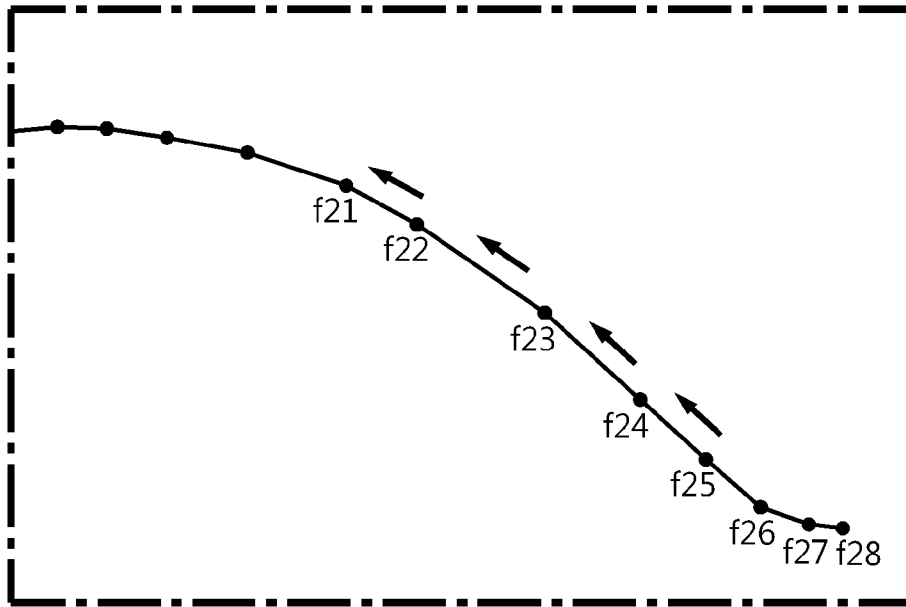
[Level 2]					
주파수 [Hz]	2.154	1.468	1	0.681	0.464
임피던스 크기 [$m\Omega$]	0.89	0.39	0	0.29	0.50
임피던스 각도 [$^{\circ}$]	-146.0	-141.7	0	38.3	38.0

[Level 3]					
주파수 [Hz]	2.154	1.468	1	0.681	0.464
임피던스 크기 [$m\Omega$]	0.94	0.43	0	0.35	0.59
임피던스 각도 [$^{\circ}$]	-139.0	-138.7	0	36.7	37.3

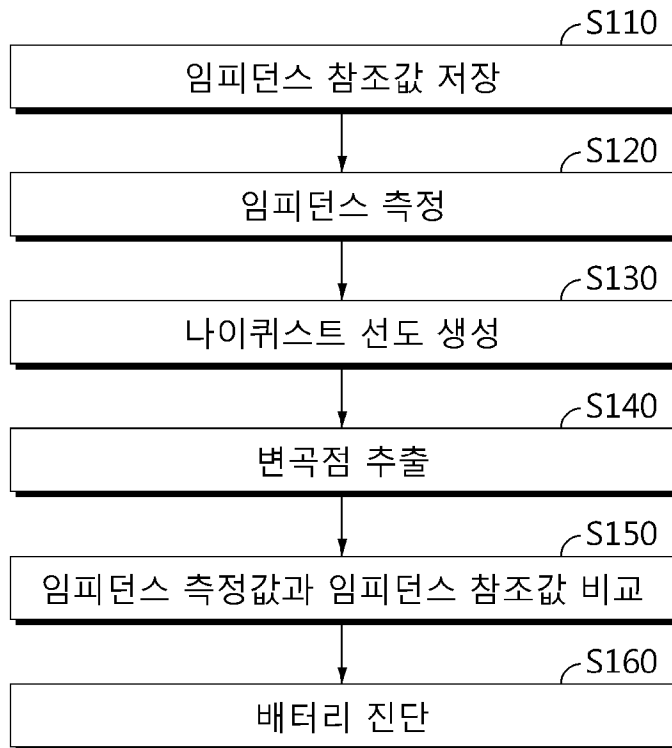
[도8]



[도9]



[도10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/013829

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/389(2019.01)i; **G01R 31/367**(2019.01)i; **G01R 31/36**(2006.01)i; **G01R 23/02**(2006.01)i; **G01R 23/16**(2006.01)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 31/389(2019.01); G01R 27/00(2006.01); G01R 27/02(2006.01); G01R 31/36(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), 주파수(frequency), 임피던스(impedance), 나이퀴스트 선도(nyquist plot)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-160055 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 22 July 2010 (2010-07-22) See paragraphs [0002] and [0010]-[0014] and figures 3-4.	1-10
Y	KR 10-2018-0062814 A (MCSCIENCE INC.) 11 June 2018 (2018-06-11) See paragraphs [0045], [0052] and [0065]-[0066] and figures 4 and 9.	1-10
A	JP 2016-166880 A (PRIMEARTH EV ENERGY CO., LTD.) 15 September 2016 (2016-09-15) See claims 1-3 and figures 1-4.	1-10
A	KR 10-2011-0105047 A (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY et al.) 26 September 2011 (2011-09-26) See claims 1-3.	1-10
A	KR 10-1288647 B1 (YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION) 22 July 2013 (2013-07-22) See paragraphs [0024]-[0072] and figures 1-3.	1-10



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
“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

24 January 2022

Date of mailing of the international search report

24 January 2022

Name and mailing address of the ISA/KR

**Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208**

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/013829

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
JP	2010-160055	A	22 July 2010	None			
KR	10-2018-0062814	A	11 June 2018	KR	10-1888125	B1	14 August 2018
				KR	10-1952406	B1	26 February 2019
				KR	10-2018-0062815	A	11 June 2018
				WO	2018-101620	A1	07 June 2018
JP	2016-166880	A	15 September 2016	EP	2811310	A1	10 December 2014
				EP	2811310	A4	22 April 2015
				EP	2811310	B1	15 May 2019
				JP	6027030	B2	16 November 2016
				JP	6114433	B2	12 April 2017
				US	10429444	B2	01 October 2019
				US	2014-0229130	A1	14 August 2014
				WO	2013-114669	A1	08 August 2013
KR	10-2011-0105047	A	26 September 2011	None			
KR	10-1288647	B1	22 July 2013	CN	102590623	A	18 July 2012
				CN	102590623	B	17 December 2014
				JP	2011-252930	A	15 December 2011
				JP	5071747	B2	14 November 2012
				KR	10-2012-0082330	A	23 July 2012
				US	2012-0182020	A1	19 July 2012
				US	9128166	B2	08 September 2015

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G01R 31/389(2019.01)i; G01R 31/367(2019.01)i; G01R 31/36(2006.01)i; G01R 23/02(2006.01)i; G01R 23/16(2006.01)i; H01M 10/48(2006.01)i																				
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G01R 31/389(2019.01); G01R 27/00(2006.01); G01R 27/02(2006.01); G01R 31/36(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), 주파수(frequency), 임피던스(impedance), 나이퀴스트 선도(nyquist plot)																				
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2010-160055 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 2010.07.22 단락 [0002], [0010]-[0014] 및 도면 3-4 참조.</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>KR 10-2018-0062814 A (주식회사 맥사이언스) 2018.06.11 단락 [0045], [0052], [0065]-[0066] 및 도면 4, 9 참조.</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2016-166880 A (PRIMEARTH EV ENERGY CO., LTD.) 2016.09.15 청구항 1-3 및 도면 1-4 참조.</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-2011-0105047 A (한국화학연구원 등) 2011.09.26 청구항 1-3 참조.</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-1288647 B1 (요코가와 덴키 가부시키키가이샤) 2013.07.22 단락 [0024]-[0072] 및 도면 1-3 참조.</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	Y	JP 2010-160055 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 2010.07.22 단락 [0002], [0010]-[0014] 및 도면 3-4 참조.	1-10	Y	KR 10-2018-0062814 A (주식회사 맥사이언스) 2018.06.11 단락 [0045], [0052], [0065]-[0066] 및 도면 4, 9 참조.	1-10	A	JP 2016-166880 A (PRIMEARTH EV ENERGY CO., LTD.) 2016.09.15 청구항 1-3 및 도면 1-4 참조.	1-10	A	KR 10-2011-0105047 A (한국화학연구원 등) 2011.09.26 청구항 1-3 참조.	1-10	A	KR 10-1288647 B1 (요코가와 덴키 가부시키키가이샤) 2013.07.22 단락 [0024]-[0072] 및 도면 1-3 참조.	1-10
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																		
Y	JP 2010-160055 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 2010.07.22 단락 [0002], [0010]-[0014] 및 도면 3-4 참조.	1-10																		
Y	KR 10-2018-0062814 A (주식회사 맥사이언스) 2018.06.11 단락 [0045], [0052], [0065]-[0066] 및 도면 4, 9 참조.	1-10																		
A	JP 2016-166880 A (PRIMEARTH EV ENERGY CO., LTD.) 2016.09.15 청구항 1-3 및 도면 1-4 참조.	1-10																		
A	KR 10-2011-0105047 A (한국화학연구원 등) 2011.09.26 청구항 1-3 참조.	1-10																		
A	KR 10-1288647 B1 (요코가와 덴키 가부시키키가이샤) 2013.07.22 단락 [0024]-[0072] 및 도면 1-3 참조.	1-10																		
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.																				
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “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 2022년01월24일(24.01.2022)		국제조사보고서 발송일 2022년01월24일(24.01.2022)																		
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 박혜련 전화번호 +82-42-481-3463																		

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2010-160055 A	2010/07/22	없음	
KR 10-2018-0062814 A	2018/06/11	KR 10-1888125 B1	2018/08/14
		KR 10-1952406 B1	2019/02/26
		KR 10-2018-0062815 A	2018/06/11
		WO 2018-101620 A1	2018/06/07
JP 2016-166880 A	2016/09/15	EP 2811310 A1	2014/12/10
		EP 2811310 A4	2015/04/22
		EP 2811310 B1	2019/05/15
		JP 6027030 B2	2016/11/16
		JP 6114433 B2	2017/04/12
		US 10429444 B2	2019/10/01
		US 2014-0229130 A1	2014/08/14
		WO 2013-114669 A1	2013/08/08
KR 10-2011-0105047 A	2011/09/26	없음	
KR 10-1288647 B1	2013/07/22	CN 102590623 A	2012/07/18
		CN 102590623 B	2014/12/17
		JP 2011-252930 A	2011/12/15
		JP 5071747 B2	2012/11/14
		KR 10-2012-0082330 A	2012/07/23
		US 2012-0182020 A1	2012/07/19
		US 9128166 B2	2015/09/08