

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호
WO 2015/056964 A1

(43) 국제공개일
2015년 4월 23일 (23.04.2015)

- (51) 국제특허분류:
G01R 31/36 (2006.01) H01M 10/48 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2014/009647
- (22) 국제출원일: 2014년 10월 14일 (14.10.2014)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2013-0122273 2013년 10월 14일 (14.10.2013) KR
10-2014-0137842 2014년 10월 13일 (13.10.2014) KR
- (71) 출원인: 주식회사 엘지화학 (LG CHEM, LTD.)
[KR/KR]; 150-721 서울시 영등포구 여의대로 128, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 조원태 (JOE, Won-Tae); 305-738 대전시 유성구 문지로 188 LG 화학기술연구원, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 필앤온지 (PHIL & ONZI INT'L PATENT & LAW FIRM); 137-872 서울시 서초구 반포대로 63, 8층, 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

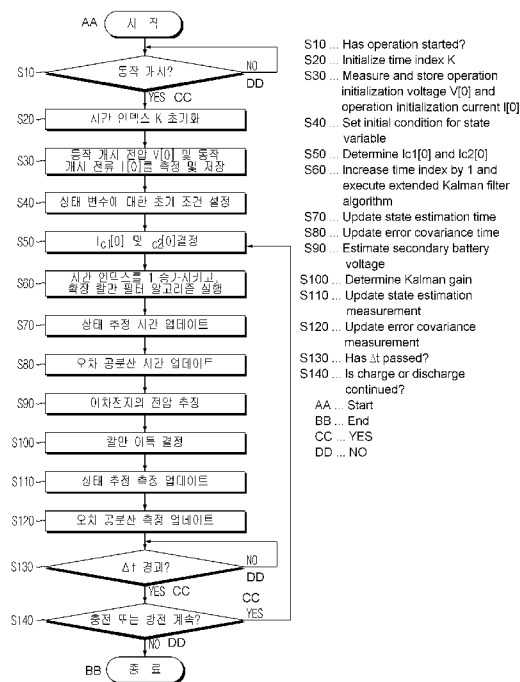
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,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

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: APPARATUS FOR ESTIMATING STATE OF HYBRID SECONDARY BATTERY AND METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치 및 그 방법



(57) Abstract: Disclosed is an apparatus for estimating the state of a hybrid secondary battery including a first secondary battery and a second secondary battery which have different electrochemical characteristics and which are connected in parallel with each other. The state estimation apparatus according to the present invention comprises: a sensor unit for measuring the operation voltage and the operation current of the secondary battery at a time interval; and a control unit for estimating the state of the hybrid secondary battery including at least one of a first charging state of the first secondary battery and a second charging state of the second secondary battery by executing an extended Kalman filter algorithm using a state equation including at least one of the first charging state and the second charging state as a state variable and an output equation including the operation voltage of the hybrid secondary battery as an output variable.

(57) 요약서: 본 발명은, 서로 다른 전기화학적 특성을 가지며 병렬 연결되어 있는 제 1 및 제 2 이차 전지를 포함하는 하이브리드 이차 전지의 상태를 추정하는 장치를 개시한다. 본 발명에 따른 상태 추정 장치는, 시간 간격을 두고 상기 이차 전지의 동작 전압과 동작 전류를 측정하는 센서유닛; 및 상기 제 1 이차 전지의 제 1 충전 상태 및 상기 제 2 이차 전지의 제 2 충전 상태 중에서 적어도 하나를 상태 변수로서 포함하는 상태 방정식과 상기 하이브리드 이차 전지의 동작 전압을 출력 변수로서 포함하는 출력 방정식을 사용하여 확장 칼만 필터 알고리즘을 실행함으로써 상기 제 1 충전 상태 및 상기 제 2 충전 상태 중 적어도 하나를 포함하는 상기 하이브리드 이차 전지의 상태를 추정하는 제어 유닛을 포함한다.

WO 2015/056964 A1

명세서

발명의 명칭: 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치 및 그 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 확장 칼만 필터를 이용하여 하이브리드 이차 전지의 전압을 추정할 수 있는 장치 및 방법에 관한 것이다.
- [2] 본 출원은 2013년 10월 14일에 출원된 한국특허 출원 10-2013-0122273호에 기초한 우선권 주장을 하며, 해당 출원의 명세서 및 도면에 개시된 모든 내용은 본 출원에 원용된다. 또한, 본 출원은 2014년 10월 13일에 출원된 한국특허 출원 10-2014-0137842호에 기초한 우선권 주장을 하며, 해당 출원의 명세서 및 도면에 개시된 모든 내용은 본 출원에 원용된다.

[3]

배경기술

- [4] 전지는 전기화학적인 산화 및 환원 반응을 통해 전기 에너지를 생성하는 것으로, 광범위하게 다양한 용도로 이용된다. 예를 들어, 전지는 휴대 전화, 랩탑 컴퓨터, 디지털 카메라, 비디오 카메라, 태블릿 컴퓨터, 전동 공구 등과 같이 사람의 손에 휴대할 수 있는 장치; 전기 자전거, 전기 오토바이, 전기 자동차, 하이브리드 자동차, 전기 배, 전기 비행기 등과 같은 각종 전기구동 동력 장치; 신재생 에너지를 통해 발전된 전력이나 잉여 발전 전력을 저장하는데 사용되는 전력 저장 장치; 서버 컴퓨터와 통신용 기지국을 비롯한 각종 정보 통신 장치에 전력을 안정적으로 공급하기 위한 무정전 전원 공급 장치 등에 이르기까지 사용 영역이 점차 확대되고 있다.
- [5] 전지는, 3가지의 기본 구성요소를 포함하는데, 이는, 방전되는 동안 전자를 방출하면서 산화되는 물질을 포함하는 음극(anode), 방전되는 동안 전자를 수용하면서 환원되는 물질을 포함하는 양극(cathode), 그리고 음극과 양극 사이에서 작동 이온의 이동이 가능하게 하는 전해질이 바로 그것이다.
- [6] 전지에는 방전된 후에는 재사용이 불가능한 일차 전지와, 전기화학 반응이 적어도 부분적으로는 가역적이어서 반복적인 충전과 방전이 가능한 이차 전지로 분류될 수 있다.
- [7] 이차 전지로는, 납-산 전지, 니켈-카드뮴 전지, 니켈-아연 전지, 니켈-철 전지, 은 산화물 전지, 니켈 금속 수화물(hydride) 전지, 아연-망간 산화물 전지, 아연-브로마이드 전지, 금속-공기 전지, 리튬 이차 전지 등이 공지되어 있다.
- [8] 이들 중에서, 리튬 이차 전지는 다른 이차 전지에 비해 에너지 밀도가 높고 전지 전압이 높으며 보존 수명이 길다는 이유로 상업적으로 가장 큰 관심을 끌고 있다.
- [9] 이차 전지에 있어서는, 양극재와 음극재로 사용되는 물질이 이차 전지의 성능에 중요한 영향을 미친다. 따라서 고온에서 안정성이 있고, 높은 에너지

용량을 제공할 수 있고, 제조 비용이 낮은 양극재와 음극재를 제공하기 위한 다양한 시도가 이루어지고 있다.

[10] 하지만, 모든 측면에서 우수한 성능을 갖는 양극재와 음극재를 개발하는 것은 용이하지 않으므로, 최근에는 서로 다른 종류의 양극재와 음극재를 포함하고 있는 이차 전지들을 병렬로 연결함으로써 각각의 이차 전지가 가지고 있는 단점을 보완하기 위한 시도가 이루어지고 있다.

[11] 이하에서는, 서로 다른 종류의 이차 전지를 병렬 연결시킨 형태의 이차 전지를 '하이브리드 이차 전지'라고 명명한다.

[12] 한편, 하이브리드 이차 전지는, 구성 전지들이 서로 다른 동작 전압 범위를 가질 경우 변곡점을 포함하는 전압 프로파일을 가지는 경우가 많다. 구성 전지들의 동작 전압 범위가 다르면, 하이브리드 이차 전지가 충전 또는 방전되는 동안 지배적인 반응 키네틱스(Reaction kinetics)가 달라지기 때문이다.

[13] 그런데, 하이브리드 이차 전지의 전압 프로파일에 변곡점이 존재하면, 변곡점 근처에서는 전압이 조금만 변화하여도 충전 상태가 크게 변한다. 따라서, 변곡점 근처에서 하이브리드 이차 전지의 충전 상태를 추정할 때 전압을 직접적으로 이용하면, 충전 상태의 추정 오차가 증가하는 문제가 있다.

[14] 참고로, 상기 충전 상태는, 당업계에서 SOC(State Of Charge)라는 파라미터로 알려져 있다. 상기 충전 상태는 SOC와 z 라는 파라미터에 의해 그 값을 정량적으로 표시할 수 있다. 충전 상태를 0-100%의 백분율로서 표시할 때에는 SOC 파라미터를 사용하고, 충전 상태를 0-1의 수로 표시할 때에는 z 파라미터를 사용한다. 통상적으로, 상기 충전 상태는 암페어 카운팅 방법으로 측정할 수 있다.

[15] 따라서, 본 발명이 속한 기술 분야에서는, 하이브리드 이차 전지의 충전 상태를 추정할 수 있는 새로운 방안이 요구되고 있다.

[16]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[17] 본 발명은 확장 칼만 필터를 이용하여 서로 다른 전기화학적 특성을 갖는 이차 전지들을 병렬 연결한 하이브리드 이차 전지의 상태를 추정할 수 있는 장치 및 방법을 제공한다.

[18]

과제 해결 수단

[19] 본 발명에 따른 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치는, 확장 칼만 필터를 이용하여 서로 다른 전기화학적 특성을 가지며 서로 병렬 연결된 제1이차 전지 및 제2이차 전지를 포함하는 하이브리드 이차 전지의 상태를 추정한다.

[20] 본 발명에 있어서, 상기 하이브리드 이차 전지의 상태는, 충전 또는 방전이 진행되는 동안 사이클릭하게 변화되는 파라미터를 일컫는다.

- [21] 일 측면에 따르면, 하이브리드 이차 전지의 전압이나 충전 상태(state of charge)는, 충전과 방전에 따라서 특정한 범위 내에서 증가되었다가 감소하는 사이클릭한 변화 특성을 가진다. 따라서, 상기 전압과 충전 상태는 하이브리드 이차 전지의 상태를 나타내는 상태 변수에 포함된다.
- [22] 다른 측면에 따르면, 상기 하이브리드 이차 전지 내에 포함된 제1이차 전지 및 제2이차 전지의 충전 상태도 상기 하이브리드 이차 전지의 상태를 나타내는 상태 변수에 포함된다.
- [23] 예를 들어, 상기 하이브리드 이차 전지가 충전 또는 방전되면, 상기 제1이차 전지와 상기 제2이차 전지의 충전 상태도 사이클릭하게 변화된다. 따라서, 상기 제1이차 전지의 충전 상태와 상기 제2이차 전지의 충전 상태도 하이브리드 이차 전지의 상태를 나타내는 변수에 포함될 수 있다.
- [24] 본 발명에 따르면, 상기 전기화학적 특성은, 전지의 용량, 전지의 사용 전압 대역, 충전 상태에 따른 전지의 최대/최소 충전을 또는 최대/최소 방전을, 저율 방전 특성, 고율 방전 특성, 온도에 따른 최대/최소 충전을 또는 최대/최소 방전을, 충전 또는 방전 프로파일, 충전 상태 변화에 따른 저항 프로파일, 충전 상태 변화에 따른 개방 전압 프로파일, 및 전압에 대한 전지의 용량 특성을 나타낸 dQ/dV 분포 중에서 선택된 적어도 하나를 의미한다.
- [25] 바람직하게, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지는, 서로 다른 전기화학적 특성을 가지기 위해, 양극재의 종류, 음극재의 종류 및 전해질의 종류에서 선택된 적어도 하나가 다를 수 있다.
- [26] 바람직하게, 상기 제1 및 제2이차 전지는 리튬 이온에 의해 전기화학적 반응이 일어나는 리튬 이차 전지일 수 있다.
- [27] 바람직하게, 상기 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치는, (i) 시간 간격을 두고 상기 하이브리드 이차 전지의 동작 전압과 동작 전류를 측정하는 센서 유닛과, (ii) 상기 센서 유닛과 전기적으로 연결되고; 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지 중 적어도 하나의 충전 상태를 상태 변수로서 포함하는 상태 방정식과 상기 하이브리드 이차 전지의 전압을 출력 변수로서 포함하는 출력 방정식을 사용하여 확장 칼만 필터 알고리즘을 실행함으로써 상기 제1이차 전지 및 제2이차 전지 중 적어도 하나의 충전 상태를 포함하는 하이브리드 이차 전지의 상태를 추정하는 제어 유닛을 포함할 수 있다.
- [28] 바람직하게, 상기 상태 방정식과 상기 출력 방정식은, 회로 모델로부터 유도된 것으로서, 상기 회로 유닛은, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지에 각각 대응되고 서로 병렬로 연결되어 있는 제1 및 제2 회로 유닛을 포함할 수 있다.
- [29] 일 측면에 따르면, 상기 제1회로 유닛은, 제1개방 전압 요소와 선택적으로 제1임피던스 요소를 포함하고, 상기 제1개방 전압 요소와 상기 제1임피던스 요소에 의해 상기 제1이차 전지의 전압 변화를 모사한다.
- [30] 여기서, 상기 제1개방 전압 요소는 상기 제1이차 전지의 충전 상태에 따라서 개방 전압을 형성하고, 상기 제1임피던스 요소는 상기 제1회로 유닛에 흐르는

- 전류에 따라서 임피던스 전압을 형성한다.
- [31] 이하, 상기 제1이차 전지의 충전 상태를 제1충전 상태, 상기 제1개방 전압 요소에 의해 형성되는 전압을 제1개방 전압, 상기 제1회로 유닛에 흐르는 전류를 제1전류, 상기 제1임피던스 요소에 포함된 회로 요소에 의해 형성되는 전압을 제1임피던스 전압이라고 명명한다.
- [32] 다른 측면에 따르면, 상기 제2회로 유닛은, 제2개방 전압 요소와 선택적으로 제2임피던스 요소를 포함하고, 상기 제2개방 전압 요소와 상기 제2임피던스 요소에 의해 상기 제2이차 전지의 전압 변화를 모사한다.
- [33] 여기서, 상기 제2개방 전압 요소는 상기 제2이차 전지의 충전 상태에 따라서 개방 전압을 형성하고, 상기 제1임피던스 요소는 상기 제2회로 유닛에 흐르는 전류에 따라서 임피던스 전압을 형성한다.
- [34] 이하, 상기 제2이차 전지의 충전 상태를 제2충전 상태, 상기 제2개방 전압 요소에 의해 형성되는 전압을 제2개방 전압, 상기 제2회로 유닛에 흐르는 전류를 제2전류, 상기 제2임피던스 요소에 포함된 회로 요소에 의해 형성되는 전압을 제2임피던스 전압이라고 명명한다.
- [35] 바람직하게, 상기 제1개방 전압은, 상기 제1충전 상태와 상기 제1개방 전압 사이의 미리 정의된 상관 관계로부터 결정될 수 있다. 또한, 상기 제2개방 전압은, 상기 제2충전 상태와 상기 제2개방 전압 사이의 미리 정의된 상관 관계로부터 결정될 수 있다.
- [36] 본 발명에 있어서, 상기 미리 정의된 상관 관계는, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지의 충전 상태 별로 측정된 개방 전압 프로파일로부터 얻을 수 있다.
- [37] 일 측면에 따르면, 상기 미리 정의된 상관 관계는, 충전 상태 별로 대응되는 개방 전압을 맵핑할 수 있는 룩업 테이블일 수 있다.
- [38] 상기 룩업 테이블은, 제1 및 제2이차 전지에 대하여 충전 상태 별로 측정된 개방 전압 데이터를 활용하여 얻을 수 있다.
- [39] 다른 측면에 따르면, 상기 미리 정의된 상관 관계는, 충전 상태와 개방 전압을 각각 입력 변수 및 출력 변수로서 포함하고 있는 룩업 함수일 수 있다.
- [40] 상기 룩업 함수는, 제1 및 제2이차 전지에 대하여 충전 상태 별로 측정된 개방 전압 프로파일을 구성하는 좌표 데이터를 수치 해석(Numerical Analysis)하여 얻을 수 있다.
- [41] 본 발명에 있어서, 상기 상태 변수는, 상기 제1임피던스 요소에 포함된 회로 요소에 의해 형성된 전압 및 상기 제2임피던스 요소에 포함된 회로 요소에 의해 형성된 전압 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [42] 일 측면에 따르면, 상기 상태 방정식은, 입력 변수로서, 상기 제1전류와 상기 제2전류를 포함할 수 있다.
- [43] 바람직하게, 상기 제어 유닛은, 상기 회로 모델의 전류 해석으로부터 유도된 제1전류 분배 방정식 및 제2전류 분배 방정식과 상기 센서 유닛에 의해 측정된 동작 전류를 이용하여 미리 정해진 시간이 경과할 때마다 상기 제1전류 및 상기

- 제2전류를 시간 업데이트할 수 있다.
- [44] 다른 측면에 따르면, 상기 출력 방정식은, 상기 회로 모델의 전압 해석에 의해 유도된 것으로서, 복수의 입력 변수를 포함할 수 있다.
- [45] 바람직하게, 상기 복수의 입력 변수는, (i) 상기 센서 유닛에 의해 측정된 하이브리드 이차 전지의 동작 전류; (ii) 상기 제1개방 전압; (iii) 상기 제2개방 전압; (iv) 선택적으로, 상기 제1임피던스 전압; 및 (v) 선택적으로, 상기 제2임피던스 전압;을 포함할 수 있다.
- [46] 일 측면에 따르면, 상기 상태 방정식은, 상기 제1회로 유닛에 흐르는 제1전류 및 제2회로 유닛에 흐르는 제2전류를 시간에 따라 적산하여 상기 제1충전 상태와 상기 제2충전 상태를 시간 업데이트할 수 있도록 정의될 수 있다.
- [47] 이러한 경우, 상기 제어 유닛은, 상기 상태 방정식을 이용하여 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 [상태 추정 시간 업데이트 단계(state estimate time update)]를 실행하여 상기 제1충전 상태 및 상기 제2충전 상태를 시간 업데이트할 수 있다.
- [48] 다른 측면에 따르면, 상기 상태 방정식은, 상기 제1임피던스 요소의 회로 해석에 의해 유도된 제1임피던스 전압 계산식에 의해 제1임피던스 전압이 시간에 따라 변화되도록 정의될 수 있다. 또한, 상기 상태 방정식은, 상기 제2임피던스 요소의 회로 해석에 의해 유도된 제2임피던스 전압 계산식에 의해 제2임피던스 전압이 시간에 따라 변화되도록 정의될 수 있다.
- [49] 이러한 경우, 상기 제어 유닛은, 상기 상태 방정식을 이용하여 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 [상태 추정 시간 업데이트 단계(state estimate time update)]를 실행하여 상기 제1임피던스 전압과 상기 제2임피던스 전압을 시간 업데이트할 수 있다.
- [50] 바람직하게, 상기 제1임피던스 전압 계산식과 상기 제2임피던스 전압 계산식은, 직렬로 연결되어 있는 적어도 하나 이상의 RC 회로에 의해 형성되는 전압을 시간 업데이트할 수 있다.
- [51] 바람직하게, 상기 제어 유닛은, 상기 상태 방정식으로부터 유도되는 자코비안(Jacobian) 행렬을 이용하여 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 [오차 공분산 시간 업데이트 단계(error covariance time update)]를 실행할 수 있다.
- [52] 또한, 상기 제어 유닛은, 상기 출력 방정식을 이용하여 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 [출력 추정 단계(output estimation)]를 실행하여 하이브리드 이차 전지의 동작 전압을 출력 변수로서 추정할 수 있다.
- [53] 또한, 상기 제어 유닛은, 상기 출력 방정식으로부터 유도되는 자코비안 행렬과 상기 시간 업데이트된 오차 공분산을 이용하여 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 [칼만 이득 결정 단계(Kalman gain determination)]를 실행할 수 있다.
- [54] 또한, 상기 제어 유닛은, 상기 측정된 하이브리드 이차 전지의 동작 전압과, 상기 출력 방정식을 통해 추정된 하이브리드 이차 전지의 동작 전압의 차이에 상기 결정된 칼만 이득을 반영하여 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 [상태 추정 측정 업데이트 단계(state estimate measurement update)]를 실행할 수 있다.

- [55] 또한, 상기 제어 유닛은, 상기 시간 업데이트된 오차 공분산과 상기 결정된 칼만 이득을 이용하여 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 [오차 공분산 측정 업데이트 단계(error covariance measurement update)]를 실행할 수 있다.
- [56] 바람직하게, 상기 상태 방정식과 상기 출력 방정식은, 각각 프로세스 노이즈와 센서 노이즈를 포함할 수 있다.
- [57] 본 발명에 있어서, 상기 제어 유닛은, 상기 제1충전 상태 및 상기 제2충전 상태를 이용하여 상기 하이브리드 이차 전지의 충전 상태를 추정할 수 있다.
- [58] 일 측면에 따르면, 상기 제1임피던스 요소 및/또는 상기 제2임피던스 요소는, 적어도 하나의 저항, 적어도 하나의 커패시터, 적어도 하나의 인덕터 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [59] 바람직하게, 상기 제1임피던스 요소 및/또는 상기 제2임피던스 요소는, 저항과 커패시터가 병렬 연결된 적어도 하나의 RC 회로 및 선택적으로, 이와 직렬 연결된 저항을 포함할 수 있다.
- [60] 바람직하게, 상기 제1개방 전압 요소 및 상기 제1임피던스 요소, 그리고 상기 제2개방 전압 요소 및 상기 제2임피던스 요소는 직렬로 연결될 수 있다.
- [61] 상기 제어 유닛은, 상기 하이브리드 이차 전지와 전기적으로 결합될 수 있는 전지 관리 시스템(Battery Management System: BMS)이거나 또는 상기 전지 관리 시스템에 포함되는 제어 요소일 수 있다.
- [62] 상기 전지 관리 시스템은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 'BMS'라고 불리는 시스템을 의미할 수도 있지만, 기능적 관점에서 본 발명에서 기술된 적어도 하나의 기능을 수행하는 시스템이라면 그 어떠한 것이라도 상기 전지 관리 시스템의 범주에 포함될 수 있다.
- [63] 상기 전지 관리 시스템은, 상기 회로 모델을 프로세서에 의해 실행 가능한 소프트웨어 알고리즘으로서 포함할 수 있다. 일 예로, 상기 회로 모델은 프로그램 코드로서 작성되어 메모리 디바이스에 저장될 수 있고, 상기 프로세서에 의해 실행될 수 있다.
- [64] 본 발명은 상기 기술적 과제를 달성하기 위해 서로 다른 전기화학적 특성을 가지며 서로 병렬로 연결되어 있는 제1이차 전지와 제2이차 전지를 포함하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 방법을 제공한다.
- [65] 먼저, 시간 간격을 두고 상기 하이브리드 이차 전지의 동작 전압 및 동작 전류를 측정하는 단계를 실행한다.
- [66] 다음으로, 상기 제1충전 상태와 상기 제2충전 상태 중 적어도 하나를 포함하는 상태 방정식과 상기 하이브리드 이차 전지의 동작 전압을 출력 변수로서 포함하는 출력 방정식을 사용하여 확장 칼만 필터 알고리즘을 실행함으로써 상기 제1충전 상태 및 상기 충전 상태 중 적어도 하나의 충전 상태를 포함하는 하이브리드 이차 전지의 상태를 추정한다.
- [67] 상기 상태 방정식과 상기 출력 방정식은, 회로 모델로부터 유도된 것으로서, 상기 회로 모델은, (i) 상기 제1이차 전지에 대응되는 제1개방 전압 요소 및

선택적으로 제1임피던스 요소를 포함하여 상기 제1이차 전지의 전압 변화를 모사하는 제1회로 유닛과, (ii) 상기 제2이차 전지에 대응되는 제1개방 전압 요소 및 선택적으로 제2임피던스 요소를 포함하여 상기 제2이차 전지의 전압 변화를 모사하고 상기 제1회로 유닛과 병렬로 연결된 제2 회로 유닛을 포함할 수 있다.

[68] 본 발명의 기술적 과제는, 본 발명에 따른 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 방법을 프로그램화하여 수록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 의해서도 달성될 수 있다.

[69]

발명의 효과

[70] 본 발명의 일 측면에 따르면, 회로 모델로부터 유도된 확장 칼만 필터의 재귀적 알고리즘을 이용하여 하이브리드 이차 전지의 상태를 간단하게 추정할 수 있다.

[71] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 변곡점이 포함된 전압 프로파일을 갖는 하이브리드 이차 전지의 상태를, 특히 변곡점 근처의 상태 구간에서도 정확하게 추정할 수 있다.

[72] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 하이브리드 이차 전지의 상태를 간단하게 추정할 수 있으므로, 이차 전지의 사용 목적에 맞게 조합이 최적화된 하이브리드 이차 전지를 제공할 수 있다.

[73] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 전기 자동차나 전력 저장 장치와 같이 새로운 응용 분야에서 요구되는 다양한 사양을 충족시킬 수 있는 이차 전지의 제공이 가능하다.

[74]

도면의 간단한 설명

[75] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

[76] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치에 대한 구성을 개략적으로 도시한 블록 다이어그램이다.

[77] 도 2는, 제1이차 전지 및 제2이차 전지가 서로 다른 포장재에 패키징되어 병렬 연결된 경우를 도시한 개념도이다.

[78] 도 3은, 제1이차 전지 및 제2이차 전지가 동일한 포장재 내에 함께 패키징되어 포장재 내부에서 병렬 연결된 경우를 도시한 개념도이다.

[79] 도 4는, 본 발명의 실시예에 따른 회로 모델을 도시한 회로 구성도이다.

[80] 도 5는, 본 발명의 실시예에 따른 확장 칼만 필터를 이용한 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 방법을 순차적으로 도시한 순서도이다.

[81]

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [82] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 출원을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 발명시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [83] 도 1은, 본 발명의 실시 예에 따른 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치(100)에 대한 구성을 개략적으로 도시한 블록 다이어그램이다.
- [84] 도면에 도시된 바와 같이, 상기 상태 추정 장치(100)는, 센서 유닛(120)과 제어 유닛(130)을 포함하고, 하이브리드 이차 전지(110)와 전기적으로 연결되어 하이브리드 이차 전지(110)의 상태를 추정한다.
- [85] 상기 하이브리드 이차 전지(110)는, 적어도, 상호 병렬 연결되어 있고 전기화학적 특성이 서로 다른 제1 및 제2이차 전지를 포함한다.
- [86] 본 발명에 있어서, 상기 전기화학적 특성은, 전지의 용량, 전지의 사용 전압 대역, 충전 상태에 따른 전지의 최대/최소 충전을 또는 최대/최소 방전을, 저율 방전 특성, 고율 방전 특성, 온도에 따른 최대/최소 충전을 또는 최대/최소 방전을, 충전 또는 방전 프로파일, 충전 상태 변화에 따른 저항 프로파일, 충전 상태 변화에 따른 개방 전압 프로파일, 및 전압에 대한 전지의 용량 특성을 나타낸 dQ/dV 분포 중에서 선택된 적어도 하나를 의미한다.
- [87] 바람직하게, 상기 제1 및 제2이차 전지는 리튬 이온에 의해 전기화학적 반응이 일어나는 리튬 이차 전지일 수 있다. 하지만, 본 발명이 이차 전지의 종류에 의해 한정되는 것은 아니며, 2개의 이차 전지가 서로 다른 전기화학적 특성을 가진다면, 본 발명의 범위에 모두 포함될 수 있다.
- [88] 바람직하게, 상기 제1 및 제2이차 전지는, 서로 다른 전기화학적 특성을 가지기 위해, 양극재의 종류, 음극재의 종류 및 전해질의 종류에서 선택된 적어도 하나가 다를 수 있다.
- [89] 일 실시예에서, 상기 제1이차 전지는, 양극재로서, 일반 화학식 $A[A_xM_y]O_{2+z}$ (A는 Li, Na 및 K 중 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M은 Ni, Co, Mn, Ca, Mg, Al, Ti, Si, Fe, Mo, V, Zr, Zn, Cu, Mo, Sc, Zr, Ru, 및 Cr에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함; $x \geq 0$, $1 \leq x+y \leq 2$, $-0.1 \leq z \leq 2$; x, y, z 및 M에 포함된 성분의 화학량론적 계수는 화합물이 전기적 중성을 유지하도록 선택됨)로 표시되는 알칼리 금속 화합물을 포함할 수 있다.
- [90] 대안적으로, 상기 제1이차 전지는, 양극재로서, US6,677,082, US6,680,143 등에 개시된 알칼리 금속 화합물 $xLiM^1O_2-(1-x)Li_2M^2O_3$ (M^1 은 평균 산화 상태 3을 갖는 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M^2 는 평균 산화 상태 4를 갖는 적어도 하나

이상의 원소를 포함; $0 \leq x \leq 1$)을 포함할 수 있다.

- [91] 또한, 상기 제2이차 전지는, 양극재로서, 일반 화학식 $\text{Li}_a\text{M}^1_x\text{Fe}_{1-x}\text{M}^2_y\text{P}_{1-y}\text{M}^3_z\text{O}_{4+z}$ (M^1 은 Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Mg 및 Al에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M^2 는 Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Mg, Al, As, Sb, Si, Ge, V 및 S에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M^3 는 F를 포함하는 할로젠족 원소에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함; $0 < a \leq 2$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y < 1$, $0 \leq z < 1$; a, x, y, z, M^1 , M^2 , 및 M^3 에 포함된 성분의 화학량론적 계수는 화합물이 전기적 중성을 유지하도록 선택됨), 또는 $\text{Li}_3\text{M}_2(\text{PO}_4)_3$ [M 은 Ti, Si, Mn, Fe, Co, V, Cr, Mo, Ni, Mg 및 Al에서 선택된 적어도 하나의 원소를 포함] 로 표시되는 리튬 금속 포스페이트를 포함할 수 있다.
- [92] 선택적으로, 상기 제1 및/또는 제2이차 전지에 포함되는 양극재는, 코팅층을 포함할 수 있다. 상기 코팅층은 탄소층을 포함하거나, Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Al, Mg, As, Sb, Si, Ge, V 및 S로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함하는 산화물층 또는 불화물층을 포함할 수 있다.
- [93] 또한, 상기 제1 및 제2이차 전지는, 서로 다른 전기화학적 특성을 가지기 위해, 음극에 서로 다른 종류의 음극재를 포함할 수 있다. 음극재는, 탄소재, 리튬금속, 규소 또는 주석 등을 포함하거나, 전위가 2V 미만인 TiO_2 , SnO_2 와 같은 금속 산화물도 포함할 수 있다. 상기 탄소재로는 저결정 탄소, 고결정성 탄소 등이 모두 사용될 수 있다. 저결정성 탄소로는 연화탄소(soft carbon) 및 경화탄소(hard carbon)가 대표적이며, 고결정성 탄소로는 천연 흑연, 인조 흑연, 키시흑연(Kish graphite), 열분해 탄소(pyrolytic carbon), 액정 피치계 탄소섬유(mesophase pitch based carbon fiber), 탄소 미소구체(meso-carbon microbeads), 액정피치(Mesophase pitches), 석유계 코크스(petroleum derived cokes), 및 석탄계 코크스(tar pitch derived cokes) 등의 고온 소성탄소가 대표적이다.
- [94] 또한, 상기 제1 및/또는 제2이차 전지는, 서로 다른 전기화학적 특성을 가지기 위해, 서로 다른 종류의 전해질을 포함할 수 있고, 상기 전해질은, A^+B^- 와 같은 구조를 갖는 염을 포함할 수 있다. 여기서, 상기 A^+ 는 Li^+ , Na^+ , K^+ 와 같은 알칼리 금속 양이온이나 이들의 조합으로 이루어진 이온을 포함한다. 그리고 B^- 는 F^- , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , $\text{N}(\text{CN})_2^-$, BF_4^- , ClO_4^- , AlO_4^- , AlCl_4^- , PF_6^- , SbF_6^- , AsF_6^- , $\text{BF}_2\text{C}_2\text{O}_4^-$, BC_4O_8^- , $(\text{CF}_3)_2\text{PF}_4^-$, $(\text{CF}_3)_3\text{PF}_3^-$, $(\text{CF}_3)_4\text{PF}_2^-$, $(\text{CF}_3)_5\text{PF}^-$, $(\text{CF}_3)_6\text{P}^-$, CF_3SO_3^- , $\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_3^-$, $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_3^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}^-$, $(\text{FSO}_2)_2\text{N}^-$, $\text{CF}_3\text{CF}_2(\text{CF}_3)_2\text{CO}^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{CH}^-$, $(\text{SF}_5)_3\text{C}^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3\text{C}^-$, $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{SO}_3^-$, CF_3CO_2^- , CH_3CO_2^- , SCN^- 및 $(\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_2)_2\text{N}^-$ 로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 음이온을 포함한다.
- [95] 또한, 상기 전해질은, 유기용매를 포함할 수 있다. 상기 유기용매로는, 프로필렌 카보네이트(propylene carbonate, PC), 에틸렌 카보네이트(ethylenecarbonate, EC), 디에틸카보네이트(diethyl carbonate, DEC), 디메틸카보네이트(dimethyl carbonate, DMC), 디프로필카보네이트(dipropyl carbonate, DPC), 디메틸설폭사이드(dimethyl sulfoxide), 아세토니트릴(acetonitrile), 디메톡시에탄(dimethoxyethane),

디에톡시에탄 (diethoxyethane), 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran), N-메틸-2-피롤리돈 (N-methyl-2-pyrrolidone, NMP), 에틸메틸카보네이트(ethyl methyl carbonate, EMC), 감마 부티로락톤(γ -butyrolactone) 또는 이들의 혼합물이 사용될 수 있다.

- [96] 본 발명에 있어서, 상기 제1이차 전지와 상기 제2이차 전지는 전기화학적 특성이 다르고 서로 병렬로 연결되어 있다면, 각 이차 전지의 포장 형태와 각 이차 전지를 구성하는 단위 셀의 수에 의해 구성이 제한되지 않는다.
- [97] 또한, 상기 제1이차 전지와 상기 제2이차 전지는, 단위 셀, 복수의 단위 셀을 포함하는 모듈, 복수의 모듈을 포함하는 팩 등과 같이 다수의 전지 요소가 어셈블링된 것도 포함하는 개념으로 이해하여야 한다.
- [98] 일 측면에 따르면, 상기 제1이차 전지와 상기 제2이차 전지는, 도 2에 도시된 것과 같이 독립적인 전지로서 서로 다른 포장재에 포장된 것일 수 있고, 도 3에 도시된 것과 같이 하나의 포장재 내에 함께 포장된 것일 수 있다.
- [99] 일 예로서, 상기 제1 및 제2이차 전지는, 연성이 있는 파우치 포장재 내에 개별적으로 포장된 서로 다른 종류의 리튬 이차 전지일 수 있다. 또는, 상기 제1 및 제2이차 전지는, 하나의 파우치 포장재 내에 함께 포장된 서로 다른 종류의 리튬 이차 전지일 수 있다. 또한, 하나의 포장재 내에 서로 다른 종류의 제1 및 제2단위 셀이 교호로 적층되어 병렬 연결될 경우, 교호 적층된 제1단위 셀의 그룹과 제2단위 셀의 그룹도 각각 제1이차 전지 및 제2이차 전지에 해당한다고 볼 수 있다.
- [100] 상기 제1단위 셀과 상기 제2단위 셀은 적어도 양극판 및 음극판과 그 사이에 개지된 분리막을 포함한다. 상기 제1단위 셀과 상기 제2단위 셀은 전기화학적 특성이 다르다. 이를 위해, 상기 제1단위 셀과 상기 제2단위 셀의 양극판 및/음극판은 서로 다른 활물질 코팅층을 포함할 수 있다.
- [101] 다른 측면에 따르면, 상기 제1이차 전지와 상기 제2이차 전지는, 음극/분리막/양극을 최소 단위로 하는 적어도 하나의 단위 셀을 포함하거나, 적어도 2개 이상의 단위 셀이 직렬 및/또는 병렬 연결되어 적층된 단위 셀의 조립체를 포함할 수 있다.
- [102] 또 다른 측면에 따르면, 상기 제1이차 전지는 개별적으로 포장된 제1전기화학적 특성을 가지는 복수의 이차 전지를 직렬 및/또는 병렬로 연결한 이차 전지 모듈을 포함할 수 있다. 유사하게, 상기 제2이차 전지는, 개별적으로 포장된 제2전기화학적 특성을 가지는 복수의 이차 전지를 직렬 및/또는 병렬로 연결한 이차 전지 모듈을 포함할 수 있다.
- [103] 상기 하이브리드 이차 전지(110)는 부하(140)와 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 부하(140)는 다양한 전기 구동 장치에 포함된 것으로서, 상기 이차 전지(110)가 방전될 때 공급되는 전기 에너지에 의해 작동되는 상기 전기 구동 장치 내에 포함된 에너지 소모 장치를 의미한다.
- [104] 상기 전기 구동 장치는, 비제한적인 예시로서, 전기 자동차(EV), 하이브리드

자동차(HEV), 플러그인 하이브리드 자동차(PHEV) 또는 전기 자전거(E-bike)와 같은 전기 구동 이동 장치; 휴대폰, 스마트 폰 또는 스마트 패드와 같은 핸드 헬드 디바이스; 랩탑 컴퓨터와 같은 이동 컴퓨터; 캠코더 또는 디지털 카메라와 같은 이동 영상 촬영 디바이스; 전력 그리드나 무정전 전원 장치에서 사용되는 대용량의 전력 저장 장치(ESS) 등일 수 있다.

- [105] 상기 부하(140)는 비제한적인 예시로서, 모터와 같은 회전 동력 장치, 인버터와 같은 전력 변환 장치 등이 될 수 있는데, 본 발명이 부하의 종류에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [106] 상기 상태 추정 장치(100)는, 저장 유닛(160)을 선택적으로 더 포함할 수 있다. 상기 저장 유닛(160)은 정보를 기록하고 소거할 수 있는 저장 매체라면 그 종류에 특별한 제한이 없다. 일 예시로서, 상기 저장 유닛(160)은 RAM, ROM, 레지스터, 하드디스크, 광기록 매체 또는 자기기록 매체일 수 있다. 상기 저장 유닛(160)은 또한 상기 제어 유닛(130)에 의해 접근이 가능하도록 예컨대 데이터 버스 등을 통해 상기 제어 유닛(130)과 연결될 수 있다. 상기 저장 유닛(160)은 또한 상기 제어 유닛(130)이 수행하는 각종 제어 로직을 포함하는 프로그램, 및/또는 상기 제어 로직이 실행될 때 발생하는 데이터를 저장 및/또는 갱신 및/또는 소거 및/또는 전송한다. 상기 저장 유닛(160)은 논리적으로 2개 이상으로 분할 가능하고, 상기 제어 유닛(130) 내에 포함되는 것을 제한하지 않는다.
- [107] 상기 상태 추정 장치(100)는, 또한 표시 유닛(150)을 선택적으로 더 포함할 수 있다. 상기 표시 유닛(150)은 상기 제어 유닛(130)이 생성한 정보를 그래픽 인터페이스로 표시할 수 있는 것이라면 그 종류에 특별한 제한이 없다. 일 예시로서, 상기 표시 유닛(150)은 액정 디스플레이, LED 디스플레이, OLED 디스플레이, E-INK 디스플레이, 플렉서블 디스플레이 등일 수 있다. 상기 표시 유닛(150)은 상기 제어 유닛(130)과 직접 또는 간접적으로 연결될 수 있다. 후자의 방식이 채택될 때, 상기 표시 유닛(150)은 상기 제어 유닛(130)이 위치하는 영역과 물리적으로 분리된 영역에 위치할 수 있다. 그리고 상기 표시 유닛(150)과 상기 제어 유닛(130) 사이에 제3의 제어 유닛(미도시)이 개재되어 상기 제3의 제어 유닛이 상기 제어 유닛(130)으로부터 표시 유닛(150)에 표출할 정보를 제공 받아 표시 유닛(150)에 표출할 수 있다. 이를 위해, 상기 제3의 제어 유닛과 상기 제어 유닛(130)이 통신 인터페이스를 통해 연결될 수 있다.
- [108] 상기 센서 유닛(120)은, 상기 제어 유닛(130)의 통제 하에, 시간 간격을 두고 하이브리드 이차 전지(110)의 음극과 양극에 인가되는 동작 전압(V)과 동작 전류(I)를 반복적으로 측정하고 상기 측정된 동작 전압(V) 및 상기 측정된 동작 전류(I)를 제어 유닛(130)으로 출력할 수 있다. 여기서, 상기 동작 전압(V)과 상기 동작 전류(I)는 동일한 시점 또는 다른 시점에 측정될 수 있다.
- [109] 상기 센서 유닛(120)은 전압 측정부와 전류 측정부를 포함할 수 있다. 상기 전압 측정부는 기준 전위를 기준으로 하이브리드 이차 전지(110)의 전압을 측정하는 회로로 구성될 수 있다. 상기 전류 측정부는 충전 전류 또는 방전 전류가 흐르는

- 선로에 설치된 센스 저항으로 이루어질 수 있다. 하지만 본 발명이 전압 측정부와 전류 측정부의 구체적인 구성에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [110] 상기 전압 측정부와 상기 전류 측정부는 하나의 센서 유닛(120) 내에 포함될 수 있지만, 물리적으로 서로 분리될 수 있다. 이러한 경우, 상기 센서 유닛(120)은 서로 분리되어 있는 전압 측정부와 전류 측정부를 포함하는 개념으로 이해되어야 한다.
- [111] 상기 제어 유닛(130)은, 확장 칼만 필터를 이용하여 하이브리드 이차 전지(110)의 상태를 추정하는데 필요한 적어도 하나 이상의 제어 로직을 실행할 수 있는 구성요소로서, 비제한적인 예시로서, 소프트웨어로서 미리 정의된 확장 칼만 필터 알고리즘을 이용하여 하이브리드 이차 전지(110)의 상태를 추정할 수 있다.
- [112] 상기 하이브리드 이차 전지(110)의 상태 추정 시에 확장 칼만 필터를 적용하기 위해서는, 상기 하이브리드 이차 전지(110)를 하나의 시스템으로 간주하여 상태 방정식(state equation)과 출력 방정식(output equation)을 정의할 필요가 있다.
- [113] 바람직한 실시예에서, 상기 상태 방정식과 상기 출력 방정식은 회로 모델로부터 유도될 수 있다. 상기 회로 모델은, 하이브리드 이차 전지(110)의 전압 변화를 모사(simulation)하기 위해, 직렬 및/또는 병렬로 연결된 적어도 하나 이상의 회로 유닛을 포함할 수 있다.
- [114] 도 4는 확장 칼만 필터의 상태 방정식과 출력 방정식이 유도될 수 있는 본 발명의 일 실시예에 따른 회로 모델(200)을 도시한다.
- [115] 도 4를 참조하면, 상기 회로 모델(200)은, 하이브리드 이차 전지(110)의 전압 변화를 모델링하기 위해, 병렬로 연결된 제1회로 유닛(210)과 제2회로 유닛(220)을 포함한다.
- [116] 상기 제1회로 유닛(210)은, 상기 제1이차 전지의 전압 변화를 모사하기 위한 것으로서, 직렬로 연결된 제1개방 전압 요소(210a)와 선택적인 요소로서 제1임피던스 요소(210b)를 포함한다.
- [117] 유사하게, 상기 제2회로 유닛(220)은, 상기 제2이차 전지의 전압 변화를 모사하기 위한 것으로서, 직렬로 연결된 제2개방 전압 요소(220a)와 선택적인 요소로서 제2임피던스 요소(220b)를 포함한다.
- [118] 상기 하이브리드 이차 전지(110)가 충전 또는 방전될 때, 상기 제1개방 전압 요소(210a)의 양단에는, 상기 제1이차 전지의 제1충전 상태(z_{c1})에 의해 크기가 변하는 제1개방 전압($OCV_{c1}(z_{c1})$)이 형성되고, 상기 제2개방 전압 요소(220a)의 양단에는 상기 제2이차 전지의 제2충전 상태(z_{c2})에 의해 크기가 변하는 제2개방 전압($OCV_{c2}(z_{c2})$)이 형성된다.
- [119] 상기 제1충전 상태(z_{c1})와 상기 제2충전 상태(z_{c2})는 0에서 1 사이의 값을 가지며, 상기 하이브리드 이차 전지(110)가 충전될 때에는 0부터 1까지 서서히 증가하고 상기 하이브리드 이차 전지(110)가 방전될 때에는 1부터 0까지 서서히 감소한다.

- [120] 하지만, 상기 제1이차 전지와 상기 제2이차 전지가 서로 다른 전기화학적 특성을 가지고 있기 때문에, 상기 제1충전 상태(z_{c1})와 상기 제2충전 상태(z_{c2})는 하이브리드 이차 전지(110)의 충전 상태에 따라서 다른 변화 속도를 보인다.
- [121] 예를 들어, 상기 하이브리드 이차 전지(110)가 특정한 충전 상태 구간에 있을 경우에는 상기 제1충전 상태(z_{c1})가 상기 제2충전 상태(z_{c2})보다 빠르게 변하다가 다른 충전 상태 구간에 있게 되면 그 반대가 될 수 있다.
- [122] 바람직하게, 상기 제1개방 전압($OCV_{c1}(z_{c1})$)은, 상기 제1충전 상태(z_{c1})와 이에 대응되는 상기 제1이차 전지의 개방 전압 사이의 미리 정의된 상관 관계로부터 결정될 수 있다.
- [123] 유사하게, 상기 제2개방 전압($OCV_{c2}(z_{c2})$)은, 상기 제2충전 상태(z_{c2})와 이에 대응되는 상기 제2이차 전지의 개방 전압 사이의 미리 정의된 상관 관계로부터 결정될 수 있다.
- [124] 바람직하게, 상기 미리 정의된 상관 관계는, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지에 대해 충전 상태 별로 측정된 개방 전압 프로파일로부터 얻을 수 있다.
- [125] 일 실시예에서, 상기 미리 정의된 상관 관계는, 충전 상태 별로 대응되는 개방 전압을 맵핑할 수 있는 룩업 테이블일 수 있다. 이러한 룩업 테이블은, 제1 및 제2이차 전지에 대해 충전 상태 별로 측정된 개방 전압 데이터를 활용하여 얻을 수 있다.
- [126] 다른 실시예에서, 상기 미리 정의된 상관 관계는, 충전 상태와 개방 전압을 각각 입력 변수 및 출력 변수로서 포함하고 있는 룩업 함수일 수 있다. 이러한 룩업 함수는, 제1 및 제2이차 전지에 대해 충전 상태 별로 측정하여 얻은 개방 전압 프로파일에 포함된 좌표 데이터를 수치 해석하여 얻을 수 있다.
- [127] 바람직하게, 상기 제1임피던스 요소(210b)와 상기 제2임피던스 요소(220b)는, 각각, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지가 동작할 때 생기는 IR 전압 및/또는 분극 전압 등을 모사하기 위해 적어도 하나의 회로 요소를 포함할 수 있다.
- [128] 여기서, IR 전압은 이차 전지가 충전 또는 방전될 때 이차 전지의 내부 저항에 의해 생기는 전압을 의미한다.
- [129] IR 전압 때문에 이차 전지가 충전되는 동안에는 이차 전지의 전압이 개방 전압보다 높고, 이차 전지가 방전되는 동안에는 그 반대이다.
- [130] 상기 제1임피던스 요소(210b) 및 상기 제2임피던스 요소(220b)에 포함되는 회로 요소의 숫자와 종류, 회로 요소 상호 간의 연결 관계는, 상기 제1이차 전지 및 제2이차 전지의 전기화학적 물성에 따라 결정될 수 있는데, 바람직하게는 교류 임피던스 측정 실험을 통한 시행 착오(trial & error)를 거쳐 결정될 수 있다. 또한, 각 회로 요소의 전기적 특성값은, 교류 임피던스 측정 실험을 통해 근사값을 정한 후, 본 발명에 의해 추정되는 하이브리드 이차 전지의 상태와 정밀한 실험 조건에서 측정된 상태의 오차가 최소화되도록 튜닝하는 것에 의해 최적 값으로 조정될 수 있다.

- [131] 일 측면에 따르면, 상기 제1 임피던스 요소(210b) 및/또는 상기 제2임피던스 요소(220b)는, 적어도 하나의 저항, 적어도 하나의 커패시터, 적어도 하나의 인덕터 및 이들의 조합을 포함할 수 있다. 상기 제1 임피던스 요소(210b) 및/또는 상기 제2임피던스 요소(220b)가 복수의 회로 요소들을 포함할 때, 각 회로 요소는 다른 회로 요소와 직렬 및/또는 병렬로 연결될 수 있다.
- [132] 구체적인 실시예에서, 상기 제1임피던스 요소(210b)는 저항과 커패시터가 병렬 연결된 적어도 하나의 RC 회로($RC_{n,c1}$)와 이와 직렬 연결된 저항($R_{0,c1}$)을 포함할 수 있다. 여기서, 상기 n은 n번째 RC 회로를 나타내는 인덱스이다. 상기 n은 1 내지 p의 범위에서 선택되는 자연수로서, p의 최소값은 1이다.
- [133] 유사하게, 상기 제2임피던스 요소(220b)는, 저항과 커패시터가 병렬 연결된 적어도 하나의 RC 회로($RC_{m,c2}$)와 이와 직렬 연결된 저항($R_{0,c2}$)을 포함할 수 있다. 여기서, 상기 m은 m번째 RC 회로를 나타내는 인덱스이다. 상기 m은 1 내지 q의 범위에서 선택되는 자연수로서, q의 최소값은 1이다.
- [134] 상기 RC 회로($RC_{n,c1}$, $RC_{m,c2}$)는, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지가 동작할 때 생기는 분극 전압(Polarization voltage)을 모사하기 위한 회로 요소에 해당한다. 상기 RC 회로($RC_{n,c1}$, $RC_{m,c2}$)에 포함된 저항과 커패시터의 전기적 특성값과 소자의 수, 그리고 상기 RC 회로($RC_{n,c1}$, $RC_{m,c2}$)의 수는 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지의 분극 전압 특성에 따라서 가변될 수 있다. 또한, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지의 분극 전압이 무시할만한 수준으로 작다면, 상기 RC 회로($RC_{n,c1}$, $RC_{m,c2}$)는 생략이 가능하다.
- [135] 상기 직렬 저항($R_{0,c1}$, $R_{0,c2}$)은, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지가 동작할 때 생기는 IR 전압을 모사하기 위한 회로 요소에 해당한다. 상기 직렬 저항($R_{0,c1}$, $R_{0,c2}$)의 전기적 특성값은 IR 전압 특성에 따라서 가변될 수 있다. 또한, 상기 직렬 저항($R_{0,c1}$, $R_{0,c2}$)의 수는 필요에 따라서 2개 이상이 될 수 있다. 만약, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지의 IR 전압이 무시할만한 수준으로 작다면, 상기 직렬 저항($R_{0,c1}$, $R_{0,c2}$)은 생략이 가능하다.
- [136] 바람직하게, 상기 제어 유닛(130)은, 상기 제1임피던스 요소(210b)에 포함된 회로 요소의 연결 관계와 전기적 특성값으로부터 유도된 제1임피던스 전압 계산식을 사용하여 상기 제1임피던스 요소에 의해 형성되는 제1임피던스 전압($V_{i,c1}$)을 결정할 수 있다. 유사하게, 상기 제어 유닛(130)은, 상기 제2임피던스 요소(220b)에 포함된 회로 요소의 연결 관계와 전기적 특성값으로부터 유도된 제2임피던스 전압 계산식을 사용하여 상기 제2임피던스 요소(220b)에 의해 형성되는 제2임피던스 전압($V_{i,c2}$)을 결정할 수 있다. 여기서, 각 회로 요소의 전기적 특성값은, 해당 회로 요소의 종류에 의해 결정되는데, 저항 값, 커패시턴스 값 또는 인덕턴스 값 중 어느 하나일 수 있다.
- [137] 상기 제1임피던스 전압($V_{i,c1}$)은, 제1임피던스 요소(210b)에 포함되어 있는 직렬 회로 요소들에 의해 형성되는 전압의 합으로 결정 가능하고, 상기 제2임피던스 전압($V_{i,c2}$)은, 제2임피던스 요소(220b)에 포함되어 있는 직렬 회로 요소들에 의해

형성되는 전압의 합으로 결정 가능하다.

[138] 바람직하게, 상기 제1임피던스 요소(210b) 및 상기 제2임피던스 요소(220b)가 직렬 저항을 포함하는 경우, 상기 제1임피던스 전압($V_{i,c1}$)과 상기 제2임피던스 전압($V_{i,c2}$)의 결정 시 상기 직렬 저항에 의해 형성된 전압을 고려하지 않을 수 있다.

[139] 상기 제1임피던스 요소(210b) 및/또는 상기 제2임피던스 요소(220b)가 적어도 하나 이상의 RC 회로를 포함할 때, 각각의 RC 회로에 의해 형성되는 전압은 하기 수식 (1)과 같은 이산 시간 방정식에 의해 결정할 수 있다. 하기 이산 시간 방정식은, 당업계에 공지되어 있으므로, 구체적인 유도 과정은 생략한다.

$$[140] \quad V_{RC}[k+1] = \exp\left(-\frac{\Delta t}{RC}\right)V_{RC}[k] + R\left(1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{RC}\right)\right)I_{RC}[k] \quad (1)$$

[141] 상기 수식 (1)에서, k 는 시간 인덱스를 나타내고, Δt 는 시간 인덱스 k 와 시간 인덱스 $k+1$ 사이의 시간 간격을 나타내고, R 와 C 는 각각 RC 회로에 포함된 회로 요소의 저항값과 커패시턴스 값을 나타내고, $I_{RC}[k]$ 는 RC 회로에 흐르는 전류를 나타내고, $V_{RC}[k]$ 는 상기 전류 $I_{RC}[k]$ 에 의해 RC 회로에 형성되는 전압을 나타낸다.

[142] 한편, 상기 동작 전류(I)는 상기 제1회로 유닛(210)에 흐르는 제1전류(I_{c1})와 상기 제2회로 유닛(220)에 흐르는 제2전류(I_{c2})의 합과 같다. 따라서, 임의의 시간에서, 상기 동작 전류(I), 상기 제1전류(I_{c1}) 및 상기 제2전류(I_{c2})의 관계는 하기 수식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$[143] \quad I[k] = I_{c1}[k] + I_{c2}[k] \quad (2)$$

[144] 상기 수식 (2)에서, 하이브리드 이차 전지(110)가 충전 중일 때, $I[k]$, $I_{c1}[k]$ 및 $I_{c2}[k]$ 는 양의 값을 가진다. 반대로, 하이브리드 이차 전지(110)가 방전 중일 때, $I[k]$, $I_{c1}[k]$ 및 $I_{c2}[k]$ 는 음의 값을 가진다.

[145] 상기 제어 유닛(130)은, 상기 회로 모델(200)로부터 유도되는 제1전류 분배 방정식과 제2전류 분배 방정식을 이용하여 상기 제1전류($I_{c1}[k]$) 및 상기 제2전류($I_{c2}[k]$)를 각각 결정할 수 있다.

[146] 상기 제1전류 분배 방정식과 상기 제2전류 분배 방정식을 이산 시간 방정식의 형태로 유도하는 과정은 다음과 같다.

[147] 먼저, 시간 인덱스 k 에서, 상기 제1전류와 상기 제2전류는 다음 수식 (3) 및 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$[148] \quad I_{c1}[k] = \frac{V[k] - (OCV_{c1}(z_{c1}[k]) + \sum_n V_{RC,c1}^n[k])}{R_{0,c1}} \quad (3)$$

$$I_{c2}[k] = \frac{V[k] - (OCV_{c2}(z_{c2}[k]) + \sum_m V_{RC,c2}^m[k])}{R_{0,c2}} \quad (4)$$

[149] 상기 수식에서, $V[k]$ 는 하이브리드 이차 전지의 전압을 나타낸다. $\sum_n V_{RC,c1}^n[k]$

은, 제1회로 유닛(210)에 포함된 적어도 하나 이상의 RC 회로($RC_{n,c1}$)에 의해 형성되는 전압의 합으로서, $V_{RC,c1}^n$ 은 n 번째 RC 회로에 형성되는 전압을 나타낸다. 유사하게, $\sum_m V_{RC,c2}^m[k]$ 은, 제2회로 유닛(220)에 포함된 적어도 하나

이상의 RC 회로($RC_{m,c2}$)에 의해 형성되는 전압의 합으로서, $V_{RC,c2}^m$ 은 m 번째 RC 회로에 형성되는 전압을 나타낸다. $z_{c1}[k]$ 와 $z_{c2}[k]$ 는 각각 제1이차 전지와 제2이차 전지의 충전 상태를 나타낸다. $R_{0,c1}$ 및 $R_{0,c2}$ 는 제1회로 유닛(210)과 제2회로 유닛(220)에 각각 포함된 직렬 저항의 저항 값을 나타낸다.

[150] 상기 수식 (3) 및 (4)를 상기 수식 (2)에 대입하고, 하이브리드 이차 전지의 전압 $V[k]$ 에 대하여 정리하면 다음 수식 (5)와 같은 전압 방정식을 얻을 수 있다.

$$[151] \quad V[k] = \frac{(OCV_{c1}(z_{c1}[k]) + \sum_n V_{RC,c1}^n[k])R_{0,c2} - (OCV_{c2}(z_{c2}[k]) + \sum_m V_{RC,c2}^m[k])R_{0,c1} + I[k]R_{0,c1}R_{0,c2}}{R_{0,c1} + R_{0,c2}} \quad (5)$$

[152] 그 다음, 상기 수식 (5)를 상기 수식 (3) 및 (4)에 각각 대입하면, 다음과 같이 제1전류 분배 방정식 (6)과 제2전류 분배 방정식 (7)을 얻을 수 있다.

$$[153] \quad I_{c1}[k] = \frac{(OCV_{c2}(z_{c2}[k]) + \sum_m V_{RC,c2}^m[k]) - (OCV_{c1}(z_{c1}[k]) + \sum_n V_{RC,c1}^n[k]) + I[k]R_{0,c2}}{R_{0,c1}} \quad (6)$$

$$[154] \quad I_{c2}[k] = \frac{(OCV_{c1}(z_{c1}[k]) + \sum_n V_{RC,c1}^n[k]) - (OCV_{c2}(z_{c2}[k]) + \sum_m V_{RC,c2}^m[k]) + I[k]R_{0,c1}}{R_{0,c1}} \quad (7)$$

[155] 상기 수식 (6)과 (7)은, 하이브리드 이차 전지의 동작 전류 I 가 제1이차 전지 및 제2이차 전지 측으로 나뉘어서 흐를 때, 각 전류의 크기를 정량적으로 결정하는데 사용될 수 있다.

[156] 상기 수식 (6)과 (7)에 있어서, $OCV_{c1}(z_{c1}[k])$ 와 $OCV_{c2}(z_{c2}[k])$ 는 제1이차 전지와 제2이차 전지에 대해 실험을 통해 미리 결정한 개방 전압 프로파일을 이용하여 결정할 수 있고, $\sum_n V_{RC,c1}^n[k]$ 과 $\sum_m V_{RC,c2}^m[k]$ 은 상기 수식 (1)과 제1전류($I_{c1}[k]$) 및 제2전류($I_{c2}[k]$)를 활용하여 결정할 수 있다.

[157] 또한, 제1이차 전지의 충전 상태($z_{c1}[k]$)와 제2이차 전지의 충전 상태($z_{c2}[k]$)는, 압페어 카운팅 법에 따라 다음 수식 (8) 및 (9)에 의해 시간 업데이트될 수 있다.

[158]

$$z_{c1}[k+1] = z_{c1}[k] + \frac{I_{c1}[k]}{Q_{c1}} \Delta t \quad (8)$$

$$z_{c2}[k+1] = z_{c2}[k] + \frac{I_{c2}[k]}{Q_{c2}} \Delta t \quad (9)$$

[159] 상기 수식에 있어서, $I_{c1}[k]$ 와 $I_{c2}[k]$ 는 각각 제1회로 유닛(210)과 제2회로 유닛(220)에 흐르는 전류로서, 상기 수식 (6) 및 (7)에 의해 결정될 수 있다. 또한, Q_{c1} 및 Q_{c2} 는, 각각, 제1이차 전지 및 제2이차 전지의 용량을 나타낸다. Δt 는 시간 인덱스 k 와 $k+1$ 사이의 시간 간격으로서, 제1충전 상태($z_{c1}[k]$) 및 제2충전 상태($z_{c2}[k]$)의 시간 업데이트 주기에 해당한다. 하이브리드 이차 전지가 충전 중일 때, I_{c1} 및 I_{c2} 는 양의 값을 가진다. 반대로, 이차 전지가 방전 중일 때, $I_{c1}[k]$ 및 $I_{c2}[k]$ 는 음의 값을 가진다.

[160] 본 발명에 있어서, 상기 회로 모델(200)으로부터 유도된 복수의 수식들은, 확장 칼만 필터의 상태 방정식(state equation)과 출력 방정식(output equation)의 유도에 사용된다.

[161] 상기 확장 칼만 필터는, 동적인 시스템에 대해서 외부에서 측정 가능한 변수와 시스템의 외란(disturbance)을 고려하여 시스템의 상태를 통계적으로 추정할 수 있는 소프트웨어 알고리즘이다.

[162] 본 발명에 있어서, 상기 시스템의 상태는, 시간에 따라서 변화되는 특성을 갖는 전기화학적 변수를 지칭하는 것으로서, 하이브리드 이차 전지(110)를 하나의 시스템으로 보았을 때, 제1충전 상태($z_{c1}[k]$), 제2충전 상태($z_{c2}[k]$), 제1임피던스 요소(210b)에 포함된 적어도 하나의 회로 요소에 의해 형성되는 전압 및 제2임피던스 요소(220b)에 포함된 적어도 하나의 회로 요소에 의해 형성되는 전압을 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나의 변수를 포함할 수 있다.

[163] 상기 확장 칼만 필터의 기본 원리는 본 발명이 속한 기술 분야에 잘 알려져 있으며, 일 예로서 그레고리 엘 플레트(Gregory L. Plett)씨의 논문 "Extended Kalman filtering for battery management systems of LiPB-based HEV battery packs Part 1. Background"(Journal of Power Source 134, 2004, 252-261)를 참조 가능하고, 본 명세서의 일부로서 위 논문이 합체될 수 있다.

[164]

$$\cdot \textit{state equation} : x_{k+1} = f(x_k, u_k, w_k)$$

$$\cdot \textit{out equation} : y_{k+1} = g(x_k, u_k, v_k)$$

[165] $-x_k$ 는 확장 칼만 필터를 이용하여 추정하고자 하는 시스템의 상태

- [166] $-u_k$ 는 시스템에 대한 측정 가능한 변수로서 확장 칼만 필터의 입력
 [167] $-w_k$ 는 시스템 상태에 영향을 미치는, 측정되지 못한 입력을 모델링한 프로세스 노이즈
 [168] $-y_k$ 는 외부에서 측정이 가능한 시스템의 출력
 [169] $-v_k$ 는 시스템의 출력 측정에 영향을 미치는 센서의 부정확성을 모델링한 센서 노이즈

[170]

- [171] 상기 확장 칼만 필터는, 잘 알려진 바와 같이, 상기 상태 방정식과 상기 출력 방정식을 이용하여 업데이트 시간(Δt)이 경과할 때마다 k 를 1부터 1씩 증가시키면서 다음의 ① 내지 ⑥ 단계들을 반복 실행함으로써 시스템의 상태(\hat{x}_k^+)를 추정할 수 있다. 이하에서는, ① 내지 ⑥ 단계들을 확장 칼만 필터 알고리즘이라고 명명한다.

[172]

- [173] ① 상태 추정 시간 업데이트: $\hat{x}_k^- = f(\hat{x}_{k-1}^+, u_{k-1}, \bar{w}_{k-1})$

- [174] ② 오차 공분산 시간 업데이트: $\sum_{\tilde{x},k}^- = \hat{A}_{k-1} \sum_{\tilde{x},k-1}^+ \hat{A}_{k-1}^T + \hat{B}_{k-1} \sum_{\tilde{w}} \hat{B}_{k-1}^T$

- [175] ③ 출력 업데이트: $\hat{y}_k = g(\hat{x}_k^-, u_k, \bar{v}_k)$

- [176] ④ 칼만 이득 결정: $L_k = \sum_{\tilde{x},k}^- \hat{C}_k^T [\hat{C}_k \sum_{\tilde{x},k}^- \hat{C}_k^T + \hat{D}_k \sum_{\tilde{v}} \hat{D}_k^T]^{-1}$

- [177] ⑤ 상태 추정 측정 업데이트: $\hat{x}_k^+ = \hat{x}_k^- + L_k [y_k - \hat{y}_k]$

- [178] ⑥ 오차 공분산 측정 업데이트: $\sum_{\tilde{x},k}^+ = (I - L_k \hat{C}_k) \sum_{\tilde{x},k}^-$

- [179] 여기서, \bar{w}_k 와 \bar{v}_k 는, 각각, 프로세스 노이즈와 센서 노이즈의 공분산 $\sum_{\tilde{w}}$ 및 $\sum_{\tilde{v}}$ 의 제로 평균(zero-mean)을 나타낸다.

- [180] 또한, \hat{A}_k , \hat{B}_k , \hat{C}_k 및 \hat{D}_k 는, 각각의 시간 인덱스 k 에서, 상태 방정식 f 와 출력 방정식 g 를 1차 테일러 시리즈 붕개(first-order Taylor-series expansion)에 의해 선형화시켰을 때, 다음의 편미분 수식들을 사용하여 결정할 수 있고, 상태 x 와 입력 u 가 복수의 변수를 포함하는 행렬일 때, 자코비안 행렬(Jacobian Matrix)로 나타낼 수 있다.

[181]

$$\hat{A}_k = \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_k^+}, \hat{B}_k = \left. \frac{\partial f}{\partial u} \right|_{u=u_k}, \hat{C}_k = \left. \frac{\partial g}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_k^-}, \hat{D}_k = \left. \frac{\partial g}{\partial u} \right|_{u=u_k}$$

[182] 본 발명에 있어서, 상기 확장 칼만 필터의 상태 방정식과 출력 방정식은 상기 회로 모델(200)로부터 유도된 복수의 수식들을 이용하여 하기와 같이 이산 시간 방정식(time-discrete equation)의 형태로 정의할 수 있다. 하지만 본 발명이 하기와 같이 기술되는 상태 방정식과 출력 방정식에 의해서 한정되는 것은 아니다.

[183]

[184] 상태 방정식

[185]

[186]

$$z_{c1}[k+1] = z_{c1}[k] + \frac{(I_{c1}[k] + w_{c1}[k]) \Delta t}{Q_{c1}}$$

$$z_{c2}[k+1] = z_{c2}[k] + \frac{(I_{c2}[k] + w_{c2}[k]) \Delta t}{Q_{c2}}$$

[187]

$$V_{RC,c1}^n[k+1] = \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{n,c1}C_{n,c1}}\right) V_{RC,c1}^n[k] + R_{n,c1} \left(1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{n,c1}C_{n,c1}}\right)\right) (I_{c1}[k] + w_{c1}[k])$$

(n=1, 2, ..., p)

[188]

$$V_{RC,c2}^m[k+1] = \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{m,c2}C_{m,c2}}\right) V_{RC,c2}^m[k] + R_{m,c2} \left(1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{m,c2}C_{m,c2}}\right)\right) (I_{c2}[k] + w_{c2}[k])$$

(m=1,2,...,q)

[189]

[190] 상기 수식들을 상태 방정식 $x_{k+1} = f(x_k, u_k, w_k)$ 와 대응시키면, 상태 x_k 는 $z_{c1}[k]$, $z_{c2}[k]$, $V_{RC,c1}^n[k]$ (n=1,2,...,p) 및 $V_{RC,c2}^m[k]$ (m=1,2,...,q)를 상태 변수로 포함하는 열 벡터로 정의할 수 있고, 입력 u_k 는 $I_{c1}[k]$ 와 $I_{c2}[k]$ 를 입력 변수로 포함하는 열 벡터로 정의할 수 있고, 프로세스 노이즈 w_k 는 $w_{c1}[k]$ 및 $w_{c2}[k]$ 를 노이즈 변수로 포함하는 열 벡터로 정의할 수 있다. 상기 $I_{c1}[k]$ 와 상기 $I_{c2}[k]$ 는 각각 수식 (6) 및 (7)에 의해서 시간 업데이트될 수 있다.

[191]

상기 $w_{c1}[k]$ 및 $w_{c2}[k]$ 는 프로세스 노이즈에 해당하는 것으로서, 시스템의 상태에 영향을 미치는 다른 요인들을 고려하지 않은 것에서 비롯된 오차와 관련된 변수이다. 상기 프로세스 노이즈는 확장 칼만 필터의 정확도와 민감도를 고려하여 튜닝되는 값으로서, 일정한 값이거나 하이브리드 이차 전지의 충전 상태, 퇴화도, 온도 등에 따라서 가변되는 값이다.

[192]

한편, 상기 상태 변수들 중에서 적어도 하나 이상의 상태 변수는 생략이 가능하다. 예를 들어, 상기 제1회로 유닛 또는 제2회로 유닛에 포함된 임피던스 요소를 무시할 수 있다면, 해당 임피던스 요소와 관련된 변수들은, 상태 변수에서 배제시킬 수 있다. 또한, 어떤 변수가 다른 변수들에 의존하는

변수라면, 그 변수도 상태 변수에서 제외시킬 수 있다. 또한, 어떤 변수를 다른 변수의 일부로서 통합할 수 있다면 그 변수도 상태 변수에서 제외시킬 수 있다. 이처럼, 상태 변수의 수가 줄면, 상태 방정식의 차원이 감소하기 때문에, 확장 칼만 필터 알고리즘의 계산이 단순해져 필터의 튜닝이 보다 용이해진다. 상기 상태 변수는 상기와 달리 다른 변수를 더 포함할 수 있음은 자명하다.

[193]

[194] 출력 방정식

$$[195] \quad V[k] = \frac{(OCV_{c1}(z_{c1}[k]) + \sum_n V_{RC,c1}^n[k])R_{0,c2} + (OCV_{c2}(z_{c2}[k]) + \sum_m V_{RC,c2}^m[k])R_{0,c1} + I[k]R_{0,c1}R_{0,c2}}{R_{0,c1} + R_{0,c2}} + v[k]$$

[196] 상기 출력 방정식을 $y_{k+1} = g(x_k, u_k, v_k)$ 에 대응시키면, 출력은 하이브리드

이차 전지의 동작 전압 $V[k]$ 이다. 또한, $I[k]$ 는 하이브리드 이차 전지의 동작 전류로서 측정 가능한 값이다. 수식 (2)를 참조하면, $I[k]$ 는 $I_{c1}[k]$ 및 $I_{c2}[k]$ 에 의해 나타낼 수 있다. 따라서, 상기 $I[k]$ 는 실질적으로 확장 칼만 필터의 입력 u_k 에 해당한다. $v[k]$ 는 이차 전지의 전류 및/또는 전압을 측정하는 과정에서 수반되는 센서 노이즈에 해당한다. $v[k]$ 는 확장 칼만 필터의 정확성과 민감도를 고려하여 고정된 값으로 튜닝되거나, 하이브리드 이차 전지의 충전 상태, 퇴화도, 온도 등에 따라서 가변될 수 있는 값으로 튜닝된다. 상기 출력 방정식을 이용하여 $V[k]$ 를 결정할 때 임피던스 요소에 포함된 회로 요소들의 전기적 특성값들은 실험에 의해 직접 측정되거나 확장 칼만 필터의 정확도와 민감도를 고려하여 시행 착오법에 의해 튜닝될 수 있다. 또한, 개방 전압 $OCV_{c1}(z_{c1}[k])$ 와 $OCV_{c2}(z_{c2}[k])$ 은 실험을 통하여 미리 결정한 개방 전압 프로파일을 이용하여 결정할 수 있다. 또한, RC 회로에 의해 형성되는 전압 $V_{RC,c1}^n[k](n=1,2,\dots,p)$ 및 $V_{RC,c2}^m[k](m=1,2,\dots,q)$ 은 상술한 수식 (1), (3), 및 (4)와, 제1 및 제2회로 유닛(210, 220)에 포함된 임피던스 요소를 구성하는 회로 요소들의 전기적 특성값들을 이용하여 결정할 수 있다.

[197] 한편, 상기 확장 칼만 필터 알고리즘을 실행하기 위해서는, 상태에 포함된 각 상태 변수의 초기 조건 설정이 필요하다. 상기 상태 변수의 초기 조건은, 확장 칼만 필터가 실제 시스템의 상태를 잘 추종하도록 설정되는 것이 바람직하다.

[198] 상기 확장 칼만 필터는 초기 조건에 대해서 강인성(robustness)을 가지므로, 상기 상태 변수의 초기 조건이 반드시 특정한 조건으로 제한될 필요는 없다. 따라서, 상기 상태 변수의 초기 조건은 확장 칼만 필터에 의해 추정되는 시스템의 상태가 발산되지 않아야 한다는 조건을 만족하도록 임의로 설정될 수 있다.

[199] 바람직하게, 상기 상태 변수의 초기 조건은 다음 수식 (10)과 같이 설정될 수 있다.

$$[200] \quad z_{c1}[0] = OCV_{c1}^{-1}(V[0])$$

$$[201] \quad z_{c2}[0] = OCV_{c2}^{-1}(V[0]) \quad (10)$$

- [202] $V_{RC,c1}^n[0]=0$ (n 은 RC 회로의 순서 인덱스)
- [203] $V_{RC,c2}^m[0]=0$ (m 은 RC 회로의 순서 인덱스)
- [204] 상기 상태 변수에 대한 초기 조건에 있어서, $V[0]$ 은 하이브리드 이차 전지의 충전 또는 방전이 시작될 때 처음으로 측정된 동작 전압으로서, 근사적으로는 하이브리드 이차 전지의 충전 또는 방전이 개시될 때의 개방 전압에 해당한다. 연산자 OCV_{c1}^{-1} 은 제1이차 전지의 제1충전 상태(z_{c1})를 제1개방 전압으로 변환하는 연산자인 $OCV_{c1}(z_{c1}[k])$ 의 역변환 연산자로서 실험을 통해 미리 결정된 제1이차 전지의 개방 전압 프로파일로부터 결정할 수 있다. 유사하게, 연산자 OCV_{c2}^{-1} 은 제2이차 전지의 제2충전 상태(z_{c2})를 제2개방 전압으로 변환하는 연산자인 $OCV_{c2}(z_{c2}[k])$ 의 역변환 연산자로서 실험을 통해 미리 결정한 제2이차 전지의 개방 전압 프로파일로부터 결정할 수 있다. 바람직하게, 상기 개방 전압 프로파일들은, 룩업 테이블 또는 룩업 함수의 형태로 미리 정의될 수 있는데, 본 발명이 이에 한하는 것은 아니다.
- [205] 이하에서는, 도 5를 참조하여 상기 제어 유닛(130)이 상기 상태 방정식과 상기 출력 방정식을 이용하여 확장 칼만 필터 알고리즘을 반복 실행함으로써 이차 전지의 충전 또는 방전이 개시된 직후부터 업데이트 주기(Δt)가 경과될 때마다 하이브리드 이차 전지의 상태를 추정하는 방법을 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [206] 먼저, 단계 S10에서, 상기 제어 유닛(130)은, 센서 유닛(120)을 이용하여 하이브리드 이차 전지(110)를 통해 흐르는 전류의 방향과 크기를 모니터링하여 하이브리드 이차 전지의 동작(충전 또는 방전)이 개시되었는지 판단한다.
- [207] 상기 제어 유닛(130)은, 하이브리드 이차 전지(110)의 동작이 개시되었다고 판단되면, 단계 S20에서 시간 인덱스 k 를 0으로 초기화한다.
- [208] 그런 다음, 상기 제어 유닛(130)은, 단계 S30에서, 상기 센서 유닛(120)을 통해 하이브리드 이차 전지(110)의 동작 개시 전압에 해당하는 $V[0]$ 과 동작 개시 전류에 해당하는 $I[0]$ 을 측정하여 저장 유닛(160)에 저장한다(S30).
- [209] 상기 제어 유닛(130)은, $V[0]$ 및 $I[0]$ 의 측정 및 저장 이후에, 시스템의 상태 변수에 대한 초기 조건을 다음과 같이 설정한다(S40).
- [210]
- [211]
$$\hat{z}_{c1}^+[0] = OCV_{c1}^{-1}(V[0])$$

$$\hat{z}_{c2}^+[0] = OCV_{c2}^{-1}(V[0])$$
- [212]
$$\hat{V}_{RC,c1}^{+n}[0] = 0 \text{ (} n \text{은 RC 회로의 순서 인덱스, } n = 1, 2, \dots, p \text{)}$$

$$V_{RC,c2}^{+m}[0] = 0 \text{ (} m \text{은 RC 회로의 순서 인덱스, } m = 1, 2, \dots, q \text{)}$$
- [213]

[214] 이어서, 상기 제어 유닛(130)은, 단계 S50에서 수식 (6) 및 (7)과 동작 개시 전류 $I_{c1}[0]$ 및 $I_{c2}[0]$ 을 이용하여 $I_{c1}[0]$ 및 $I_{c2}[0]$ 을 결정한다.

[215] 상기 제어 유닛(130)은, 상기 초기 조건의 설정 시, 상기 제1회로 유닛(210)과 상기 제2회로 유닛(210)에 포함된 각종 회로 요소의 전기적 특성값들을 참조할 수 있다. 이를 위해, 상기 전기적 특성값들은 저장 유닛(160)에 미리 저장되는 것이 바람직하다. 각 회로 요소의 전기적 특성값은, 고정된 값으로, 또는 가변될 수 있는 값으로 저장될 수 있다. 상기 전기적 특성값이 가변될 수 있는 값으로 저장될 경우, 상기 전기적 특성값은 하이브리드 이차 전지의 충전 상태, 온도, 용량 퇴화도 등에 따라 가변될 수 있다.

[216] 상기 제어 유닛(130)은, 상기 $I_{c1}[0]$ 및 $I_{c2}[0]$ 의 결정이 완료되면, 단계 S60에서 시간 인덱스 k 를 1 증가시킨 후, 확장 칼만 필터 알고리즘을 구성하는 6단계를 순차적으로 실행한다.

[217] 첫 번째로, 상기 제어 유닛(130)은, 단계 S70에서, 상기 상태 변수의 초기 조건과 상기 $I_{c1}[0]$ 및 $I_{c2}[0]$ 를 이용하여 아래와 같이 상태 추정에 대한 시간 업데이트를 실행한다.

$$[218] \quad \hat{z}_{c1}^{-}[1] = \hat{z}_{c1}^{+}[0] + \frac{(I_{c1}[0] + w_{c1}[0])}{Q_{c1}} \Delta t$$

$$\hat{z}_{c2}^{-}[1] = \hat{z}_{c2}^{+}[0] + \frac{(I_{c2}[0] + w_{c2}[0])}{Q_{c2}} \Delta t$$

$$[219] \quad \hat{V}_{RC,c1}^{-n}[1] = \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{n,c1} C_{n,c1}}\right) \hat{V}_{RC,c1}^{+n}[0] + R_{n,c1} \left(1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{n,c1} C_{n,c1}}\right)\right) (I_{c1}[0] + w_{c1}[0])$$

[220] ($n=1,2,\dots,p$)

$$[221] \quad \hat{V}_{RC,c2}^{-m}[1] = \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{m,c2} C_{m,c2}}\right) \hat{V}_{RC,c2}^{+m}[0] + R_{m,c2} \left(1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{R_{m,c2} C_{m,c2}}\right)\right) (I_{c2}[0] + w_{c2}[0])$$

($m=1,2,\dots,q$)

[222] 물론, 상태 변수가 조정될 경우, 상태 추정 시간 업데이트를 위해 사용되는 수식 또한 변형될 수 있는 것은 자명하다.

[223]

[224] 두 번째로, 상기 제어 유닛(130)은, 단계 S80에서, 아래 수식을 이용하여 상태의 오차 공분산에 대한 시간 업데이트를 실행한다.

$$[225] \quad \Sigma_{\tilde{x},1}^{-} = \hat{A}_0 \Sigma_{\tilde{x},0}^{+} \hat{A}_0^T + \hat{B}_0 \Sigma_{\tilde{w}} \hat{B}_0^T$$

[226] 상기 수식에서, 자코비언 행렬 \hat{A}_0 및 \hat{B}_0 은 시간 업데이트된 상태 변수 \hat{x}_0^{+} 와

입력 변수의 초기 조건 u_0 , 미리 결정된 전기적 특성값들, 개방 전압 프로파일들을 이용하여 하기 편미분 수식에 의해 결정할 수 있다.

[227]

$$\hat{A}_0 = \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_0^+} \quad \hat{B}_0 = \left. \frac{\partial f}{\partial u} \right|_{u=u_0}$$

[228] 상기 상태 방정식이 변경될 경우, 자코비언 행렬도 달라짐은 자명하다. 상태의 오차 공분산에 대한 초기 조건 $\sum_{\bar{x},0}^+$ 와 프로세스 노이즈의 오차 공분산 $\sum_{\bar{w}}$ 은,

시행 착오법에 의해 튜닝될 수 있다.

[229] 일 실시예에서, 상기 $\sum_{\bar{w}}$ 은, 아래의 수식으로 나타낼 수 있고, 대각선 성분은

시행 착오법을 통해 적정한 값으로 튜닝할 수 있다.

[230]

$$\sum_{\bar{w}} = \begin{bmatrix} \sigma_{I_{c1}}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{I_{c2}}^2 \end{bmatrix}$$

[231] 세 번째로, 상기 제어 유닛(130)은, 단계 S90에서, 센서 유닛(120)을 통해 이차 전지의 전류 I[1]을 측정하고, 상기 전류 I[1]을 이용하여 제1전류 및 제2전류를 각각 $I_{c1}[1]$ 및 $I_{c2}[1]$ 로 업데이트하여 입력을 u_1 으로 갱신하고, 상기 출력 방정식, 상기 시간 업데이트된 상태 변수 및 상기 측정된 이차 전지의 전류 I[1]를 이용하여 시스템 출력에 해당하는 하이브리드 이차 전지의 동작 전압 V 를 추정한다.

[232]

$$\hat{V}^+[1] = \frac{(OCV_{c1}(\hat{z}_{c1}^-[1]) + \sum_n \hat{V}_{RC,c1}^{-n}[1])R_{0,c2} + (OCV_{c2}(\hat{z}_{c2}^-[1]) + \sum_m \hat{V}_{RC,c2}^{-m}[1])R_{0,c1} + I[1]R_{0,c1}R_{0,c2}}{R_{0,c1} + R_{0,c2}} + v[1]$$

[233]

상기 수식에서, $OCV_{c1}(\hat{z}_{c1}^-[1])$ 및 $OCV_{c2}(\hat{z}_{c2}^-[1])$ 은 제1이차 전지와 제2이차 전지에 대해 실험을 통해 미리 결정한 개방 전압 프로파일을 이용하여 결정할 수 있다. 또한, $\sum_n \hat{V}_{RC,c1}^{-n}[1]$ 와 $\sum_m \hat{V}_{RC,c1}^{-m}[1]$ 은 첫 번째 단계에서 시간

업데이트된 RC 회로 전압을 이용하여 결정할 수 있다. I[1]은 센서 유닛(120)에 의해 측정된 동작 전류이다. 제1 및 제2회로 유닛의 직렬 저항 값($R_{0,c1}$, $R_{0,c2}$)은, 실험을 통해 미리 결정되는 것으로서, 고정된 값이거나 하이브리드 이차 전지의 충전 상태, 퇴화도, 온도 등에 따라서 가변되는 값이다.

[234]

상기 수식에서, $v[1]$ 은 시행 착오법을 통해 튜닝되는 센서 노이즈로서, 고정된 값 또는 가변되는 값으로서 설정될 수 있다.

[235]

네 번째로, 상기 제어 유닛(130)은, 단계 S100에서, 하기 수식을 이용하여 칼만

이득을 계산한다.

$$[236] \quad L_1 = \sum_{\tilde{x}_1}^- \hat{C}_1^T [\hat{C}_1 \sum_{\tilde{x}_1}^- \hat{C}_1^T + \hat{D}_1 \sum_{\tilde{v}} \hat{D}_1^T]^{-1}$$

[237] 상기 수식에서, 자코비언 행렬 \hat{C}_1 및 \hat{D}_1 은 상기 첫 번째 단계에서 시간

업데이트된 상태 \hat{x}_1^- 및 갱신된 입력 u_1 , 미리 결정된 전기적 특성값들, 실험을 통해 미리 결정한 개방전압 프로파일들을 이용하여 하기의 편미분 수식에 의해 결정할 수 있다.

[238]

$$\hat{C}_1 = \left. \frac{\partial g}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_1^-} \quad \hat{D}_1 = \left. \frac{\partial g}{\partial u} \right|_{u=u_1}$$

[239] 상기 출력 방정식이 변경될 경우, 자코비언 행렬도 달라짐은 자명하다. 또한, $\sum_{\tilde{x}_1}^-$ 은 두 번째 단계에서 결정된 시간 업데이트된 오차 공분산이다. 센서

노이즈의 오차 공분산 $\sum_{\tilde{v}}$ 은, 시행 착오법에 의해 튜닝될 수 있다.

[240] 일 실시예에서, 상기 $\sum_{\tilde{v}}$ 은, 아래의 수식으로 나타낼 수 있고, $\sigma_{\tilde{v}}^2$ 는 시행

착오법을 통해 적정한 값으로 튜닝될 수 있다.

[241]

$$\sum_{\tilde{v}} = (\sigma_{\tilde{v}}^2)$$

[242] 다섯 번째로, 상기 제어 유닛(130)은, 단계 S110에서, 하기 수식을 이용하여 상태 추정의 측정 업데이트를 실행한다. 이를 위해, 상기 제어 유닛(130)은 센서 유닛(120)을 통해 하이브리드 이차 전지의 전압 $V[1]$ 을 측정한다. 다음, 측정된 전압과 세 번째 단계에서 시스템의 출력으로서 측정된 전압 $\hat{V}^+[1]$ 의 차이와 네

번째 단계에서 결정한 칼만 이득 L_1 을 곱셈 연산하고 그 결과를 첫 번째 단계에서 결정한 상태 추정의 시간 업데이트에 가산함으로써 상태 추정의 측정 업데이트를 실행한다.

[243]

$$\begin{bmatrix} \hat{z}_{c1}^+ [1] \\ \hat{z}_{c2}^+ [1] \\ \hat{V}_{RC,c1}^{+n} [1] \\ \hat{V}_{RC,c2}^{+m} [1] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{z}_{c1}^- [1] \\ \hat{z}_{c2}^- [1] \\ \hat{V}_{RC,c1}^{-n} [1] \\ \hat{V}_{RC,c2}^{-m} [1] \end{bmatrix} + L_1 (V[1] - \hat{V}^+ [1])$$

[244] 상기 수식에서, 좌변과 우변에 있는 행렬은 $(2+p+q)*1$ 의 차원을 갖는 열 벡터 행렬이다. 여기서, p는 제1회로 유닛에 포함된 RC 회로의 수를 나타내고, q는 제2회로 유닛에 포함된 RC 회로의 수를 나타낸다.

[245] 상기 상태 추정의 측정 업데이트에 사용되는 수식은, 상태 변수의 변화에 따라서 변형될 수 있다. 예를 들어, 상태 변수에서 제1회로 유닛에 포함된 제1임피던스 요소와 관련된 상태 변수가 배제될 경우, 상기 수식에 포함된 행렬에서 관련된 인자가 제외되어 행렬의 차원이 조정될 수 있다. 하지만, 본 발명이 이에 한하는 것은 아니다.

[246] 마지막으로, 상기 제어 유닛(130)은, 단계 S120에서, 하기 수식을 이용하여 오차 공분산에 대한 측정 업데이트를 실행한다. 하기 수식의 우변에 있는 항목들은, 모두 전술한 단계에서 결정한 것들이고, I는 단위 행렬(unit matrix)에 해당한다.

[247]

$$\sum_{\tilde{x},1}^+ = (I - L_1 \hat{C}_1) \sum_{\tilde{x},1}^-$$

[248] 상기와 같은 일련의 단계들이 실행되면, 하이브리드 이차 전지의 상태에 대한 첫 번째 추정이 완료된다.

[249] 상기 제어 유닛(130)은, 시스템의 상태 추정이 완료되면, 단계 S130에서 시간을 계수하여 시스템 상태의 업데이트 주기(Δt)가 경과되었는지 판단한다.

[250] 상기 제어 유닛(130)은, 상기 업데이트 주기가 경과된 것으로 판단되면, 단계 S140에서 센서 유닛(120)을 통해 이차 전지에 흐르는 전류의 방향과 크기를 모니터링하여 이차 전지의 충전 또는 방전이 계속되는지 판단한다.

[251] 상기 제어 유닛(130)은, 이차 전지의 충전 또는 방전이 계속되고 있다고 판단되면, 프로세스를 단계 S60으로 이행함으로써 시간 인덱스 k를 1 증가시키고 확장 칼만 필터 알고리즘의 실행을 다시 반복한다.

[252] 위와 같은 재귀적 알고리즘은 이차 전지의 충전 또는 방전이 유지되는 조건 하에서 일정한 시간(Δt)이 경과될 때마다 반복된다. 또한, 확장 칼만 필터에 의해 추정되는 시스템의 상태는, 상기 재귀적 알고리즘이 반복됨에 따라서 하이브리드 이차 전지의 실제 상태를 근접하게 추종하게 된다.

[253] 한편, 상기 제어 유닛(130)은, 단계 S140에서, 충전 또는 방전이 실질적으로 종료되었다고 판단되면, 확장 칼만 필터를 이용한 이차 전지의 상태 추정을 종료한다. 여기서, 실질적 종료라 함은, 충전 또는 방전이 종료된 이후, 충분한 시간이 경과하여 하이브리드 이차 전지의 전압이 안정화된 상태를 의미한다.

- [254] 상기 제어 유닛(130)은, 각 단계에서 결정한 결과를 저장 유닛(160)에 저장하거나, 외부의 다른 제어 유닛으로 전송하거나, 표시 유닛(150)을 통해 그래픽 인터페이스로 표시할 수 있다. 여기서, 그래픽 인터페이스는, 문자, 그림, 그래픽 또는 이들의 조합을 포함한다.
- [255] 또한, 상기 제어 유닛(130)은, 확장 칼만 필터 알고리즘의 세 번째 단계에서 추정된 하이브리드 이차 전지의 동작 전압을 하이브리드 이차 전지의 충전 또는 방전을 제어하는데 이용할 수 있다.
- [256] 또한, 상기 제어 유닛(130)은, 상기 추정된 동작 전압을 이용하여 하이브리드 이차 전지의 충전 상태나 용량 퇴화 등을 결정할 때 참조할 수 있다. 이러한 경우, 상기 제어 유닛(130)은 하이브리드 이차 전지의 동작을 전반적으로 제어하는 전지 관리 시스템(Battery Management System)의 일부로서 포함될 수 있다.
- [257] 대안적으로, 상기 제어 유닛(130)은 확장 칼만 필터 알고리즘의 세 번째 단계에서 추정된 동작 전압을 하이브리드 이차 전지의 충전 또는 방전의 제어를 담당하는 제어 유닛으로 전송할 수 있다. 예를 들어, 하이브리드 이차 전지가 전기 자동차나 하이브리드 자동차에 탑재된 경우, 상기 제어 유닛(130)은 상기 추정된 동작 전압을 자동차의 중앙 제어 장치로 전송할 수 있다.
- [258] 또한, 상기 제어 유닛(130)은, 확장 칼만 필터를 이용하여 시스템의 상태를 추정할 때마다, 하기 수식에 의해 하이브리드 이차 전지의 충전 상태 $\hat{z}_{cell}[k]$ ($k=1, 2, 3, \dots$)를 추정할 수 있다.
- [259]
$$\hat{z}_{cell}[k] = \alpha \hat{z}_{c1}^+[k] + \beta \hat{z}_{c2}^+[k]$$
- [260] 상기 수식에 있어서, α 와 β 는 하이브리드 이차 전지의 총 용량에서 제1이차 전지 및 제2이차 전지 용량이 각각 차지하는 비율을 나타낸다. 예를 들어, 제1이차 전지 및 제2이차 전지의 용량이 전체 용량의 20% 및 80%이면, 상기 α 와 β 는 각각 0.2 및 0.8이다.
- [261] 또한, 상기 제어 유닛(130)은, 하이브리드 이차 전지의 충전 상태 $\hat{z}_{cell}[k]$ 을 저장 유닛(160)에 저장하거나, 표시 유닛(150)을 통해 그래픽 인터페이스로서 출력하거나, 통신 인터페이스 또는 데이터 전송 인터페이스를 통해 외부의 제어 유닛으로 전송할 수 있다.
- [262] 상기 제어 유닛(130)은, 상술한 다양한 제어 로직들을 실행하기 위해 당업계에 알려진 프로세서, ASIC(application-specific integrated circuit), 다른 칩셋, 논리 회로, 레지스터, 통신 모듈, 데이터 처리 장치 등을 선택적으로 포함할 수 있다. 또한, 상기 제어 로직이 소프트웨어로 구현될 때, 상기 제어 유닛(130)은 프로그램 모듈의 집합으로 구현될 수 있다. 이 때, 프로그램 모듈은 메모리에 저장되고, 프로세서에 의해 실행될 수 있다. 상기 메모리는 프로세서 내부 또는 외부에 있을 수 있고, 잘 알려진 다양한 컴퓨터 부품으로 프로세서와 연결될 수

있다. 또한, 상기 메모리는 본 발명의 저장 유닛(160)에 포함될 수 있다. 또한, 상기 메모리는 디바이스의 종류에 상관 없이 정보가 저장되는 디바이스를 총칭하는 것으로서 특정 메모리 디바이스를 지칭하는 것은 아니다.

[263] 또한, 상기 제어 유닛(130)의 제어 로직들은, 본 발명의 실시 예에 따른 하이브리드 이차 전지의 전압 추정 방법의 프로세스를 구성할 수 있음은 자명하다.

[264] 또한, 상기 제어 유닛(130)의 다양한 제어 로직들은 적어도 하나 이상이 조합되고, 조합된 제어 로직들은 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드 체계로 작성되어 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체에 수록될 수 있다. 상기 기록매체는 컴퓨터에 포함된 프로세서에 의해 접근이 가능한 것이라면 그 종류에 특별한 제한이 없다. 일 예시로서, 상기 기록매체는 ROM, RAM, 레지스터, CD-ROM, 자기 테이프, 하드 디스크, 플로피디스크 및 광 데이터 기록장치를 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나 이상을 포함한다. 또한, 상기 코드 체계는 캐리어 신호로 변조되어 특정한 시점에 통신 캐리어에 포함될 수 있고, 네트워크로 연결된 컴퓨터에 분산되어 저장되고 실행될 수 있다. 또한, 상기 조합된 제어 로직들을 구현하기 위한 기능적인 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.

[265]

[266] 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.

[267]

[268] 부호의 설명

[269] 100: 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치

[270] 110: 하이브리드 이차 전지 120: 센서 유닛

[271] 130: 제어 유닛 140: 부하

[272] 150: 표시 유닛 160: 저장 유닛

청구범위

- [청구항 1] 서로 다른 전기화학적 특성을 가지며 병렬 연결되어 있는 제1 및 제2이차 전지를 포함하는 하이브리드 이차 전지의 상태를 추정하는 장치에 있어서,
 시간 간격을 두고 상기 이차 전지의 동작 전압과 동작 전류를 측정하는 센서 유닛; 및
 상기 센서유닛과 전기적으로 연결되고, 상기 제1이차 전지의 제1충전 상태 및 상기 제2이차 전지의 제2충전 상태 중에서 적어도 하나를 상태 변수로서 포함하는 상태 방정식과 상기 하이브리드 이차 전지의 동작 전압을 출력 변수로서 포함하는 출력 방정식을 사용하여 확장 칼만 필터 알고리즘을 실행함으로써 상기 제1충전 상태 및 상기 제2충전 상태 중 적어도 하나를 포함하는 상기 하이브리드 이차 전지의 상태를 추정하는 제어 유닛을 포함하고,
 상기 상태 방정식과 상기 출력 방정식은, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지에 각각 대응되고 서로 병렬 연결된 제1 및 제2회로 유닛으로부터 유도된 것이고,
 상기 제1회로 유닛과 상기 제2회로 유닛 중 적어도 하나는, 대응되는 이차 전지의 충전 상태에 따라 전압이 변화되는 개방 전압 요소 및, 선택적으로 대응되는 회로 유닛에 흐르는 전류에 의해 전압이 변화되는 임피던스 요소를 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 상태 변수는,
 상기 제1회로 유닛에 포함된 임피던스 요소에 의해 형성되는 전압; 및
 상기 제2회로 유닛에 포함된 임피던스 요소에 의해 형성되는 전압 중에서 적어도 하나를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 상태 방정식은, 입력 변수로서, 상기 제1회로 유닛을 통해 흐르는 제1전류와 상기 제2회로 유닛을 통해 흐르는 제2전류를 포함하고,
 상기 제어 유닛은, 상기 회로 모델로부터 유도된 전류 분배 방정식과 상기 센서 유닛에 의해 측정된 전류를 이용하여 상기 제1전류 및 상기 제2전류를 결정하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 상기 출력 방정식은, 상기 회로 모델의 전압 해석에 의해 유도된

것으로서, 복수의 입력 변수를 포함하고,
 상기 복수의 입력 변수는,
 상기 센서 유닛에 의해 측정된 전류;
 상기 제1회로 유닛의 개방 전압;
 상기 제2회로 유닛의 개방 전압;
 선택적으로, 상기 제1회로 유닛의 임피던스 전압; 및
 선택적으로, 상기 제2회로 유닛의 임피던스 전압;을 포함하는 것을
 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.

[청구항 5]

제1항에 있어서,
 상기 상태 방정식은, 상기 제1회로 유닛 및 제2회로 유닛에 흐르는
 전류를 각각 시간에 따라 적산하여 상기 제1충전 상태 및 상기
 제2충전 상태를 결정하도록 정의되고,
 상기 제어 유닛은, 상기 상태 방정식을 이용하여 상기 확장 칼만
 필터 알고리즘의 [상태 추정 시간 업데이트 단계]를 실행하여 상기
 제1충전 상태 및 상기 제2충전 상태를 시간 업데이트하는 것을
 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.

[청구항 6]

제2항에 있어서,
 상기 상태 방정식은, 상기 제1회로 유닛 및 상기 제2회로 유닛에
 포함되어 있는 임피던스 요소의 회로 해석에 의해 유도된
 임피던스 전압 계산식에 의해 임피던스 요소에 의해 형성되는
 전압이 시간에 따라 변화되도록 정의되고,
 상기 제어 유닛은, 상기 상태 방정식을 이용하여 상기 확장 칼만
 필터 알고리즘의 [상태 추정 시간 업데이트 단계]를 실행하여 각
 임피던스 요소에 의해 형성된 전압을 시간 업데이트하는 것을
 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.

[청구항 7]

제1항에 있어서,
 상기 제어 유닛은, 상기 상태 방정식으로부터 유도되는 자코비안
 행렬을 이용하여 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 [오차 공분산
 시간 업데이트 단계]를 실행하는 것을 특징으로 하는 하이브리드
 이차 전지의 상태 추정 장치.

[청구항 8]

제7항에 있어서,
 상기 제어 유닛은, 상기 출력 방정식을 이용하여 상기 확장 칼만
 필터 알고리즘의 [출력 추정 단계]를 실행하여 하이브리드 이차
 전지의 동작 전압을 추정하는 것을 특징으로 하는 하이브리드
 이차 전지의 상태 추정 장치.

[청구항 9]

제8항에 있어서,
 상기 제어 유닛은, 상기 출력 방정식으로부터 유도되는 자코비안
 행렬과 상기 시간 업데이트된 오차 공분산을 이용하여 상기 확장

- 칼만 필터 알고리즘의 [칼만 이득 결정 단계]를 실행하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 10] 제9항에 있어서,
상기 제어 유닛은, 상기 측정된 동작 전압과, 상기 추정된 동작 전압의 차이에 상기 결정된 칼만 이득을 반영하여 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 [상태 추정 측정 업데이트 단계]를 실행하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 11] 제10항에 있어서,
상기 제어 유닛은, 상기 시간 업데이트된 오차 공분산과 상기 결정된 칼만 이득을 이용하여 상기 확장 칼만 필터 알고리즘의 [오차 공분산 측정 업데이트 단계]를 실행하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 12] 제1항에 있어서,
상기 상태 방정식은 프로세스 노이즈를 포함하고,
상기 출력 방정식은 센서 노이즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 13] 제1항에 있어서,
상기 제어 유닛은, 상기 제1충전 상태 및 상기 제2충전 상태를 이용하여 하이브리드 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 14] 제1항에 있어서,
상기 제1회로 유닛 또는 상기 제2회로 유닛에 포함되는 임피던스 요소는, 적어도 하나의 저항, 적어도 하나의 커패시터, 적어도 하나의 인덕터 또는 이들의 조합을 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 15] 제14항에 있어서,
상기 임피던스 요소는 저항과 커패시터가 병렬 연결된 적어도 하나의 RC 회로 및 선택적으로, 이와 직렬 연결된 저항을 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 16] 제1항에 있어서,
상기 개방 전압 요소와 상기 임피던스 요소는 직렬로 연결된 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치.
- [청구항 17] 서로 다른 전기화학적 특성을 가지며 병렬 연결된 제1이차 전지 및 제2이차 전지를 포함하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 방법에 있어서,
시간 간격을 두고 상기 하이브리드 이차 전지의 동작 전압과 동작 전류를 측정하는 단계;

상기 제1이차 전지의 제1충전 상태 및 상기 제2이차 전지의 제2충전 상태 중에서 선택된 적어도 하나를 상태 변수로서 포함하는 상태 방정식과 상기 하이브리드 이차 전지의 동작 전압을 출력 변수로서 포함하는 출력 방정식을 사용하여 확장 칼만 필터 알고리즘을 실행함으로써 상기 제1충전 상태 및 제2충전 상태 중에서 적어도 하나를 포함하는 상기 하이브리드 이차 전지의 상태를 추정하는 단계;를 포함하고, 상기 상태 방정식과 상기 출력 방정식은, 회로 모델로부터 유도된 것으로서, 상기 회로 모델은, 상기 제1이차 전지에 대응되는 개방 전압 요소 및 선택적으로 임피던스 요소를 포함하는 제1회로 유닛과, 상기 제2이차 전지에 대응되는 개방 전압 요소 및 선택적으로 임피던스 요소를 포함하고 상기 제1 회로 유닛과 병렬로 연결된 제2회로 유닛을 포함하는 것임을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 방법.

[청구항 18]

제17항에 있어서, 상기 제1충전 상태 및 상기 제2충전 상태를 이용하여 하이브리드 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 방법.

[청구항 19]

제18항에 있어서, 상기 추정된 하이브리드 이차 전지의 충전 상태를 저장하거나, 전송하거나, 표시하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 방법.

[청구항 20]

제18항에 있어서, 상기 확장 칼만 필터 알고리즘은, 상태 추정 시간 업데이트 단계; 오차 공분산 시간 업데이트 단계; 출력 추정 단계; 칼만 이득 결정 단계; 상태 추정 측정 업데이트 단계; 및 오차 공분산 측정 업데이트 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 방법.

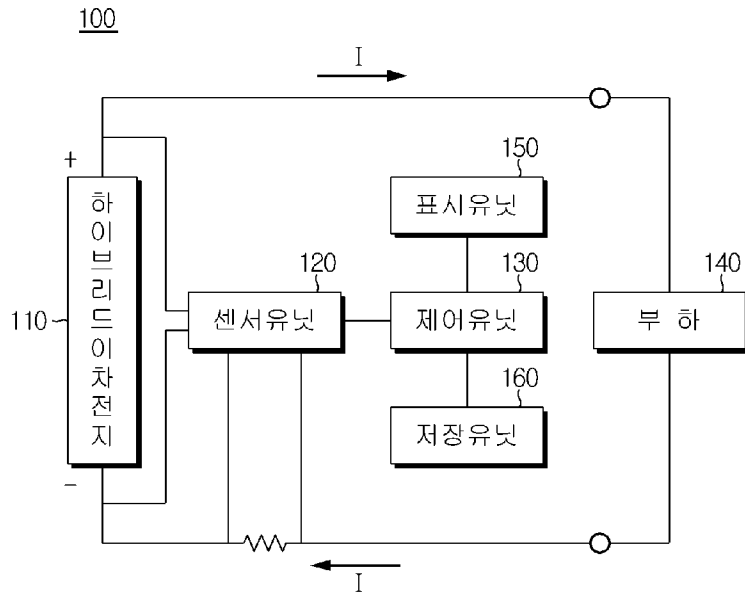
[청구항 21]

제1항에 따른 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 전기 구동 장치.

[청구항 22]

제17항에 따른 하이브리드 이차 전지의 상태 추정 방법을 프로그래밍하여 수록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

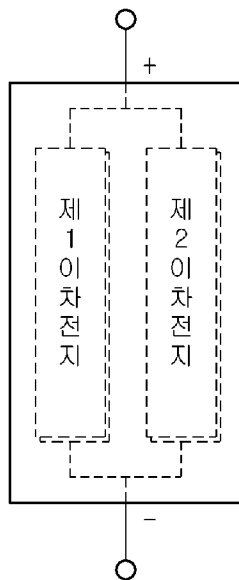
[Fig. 1]



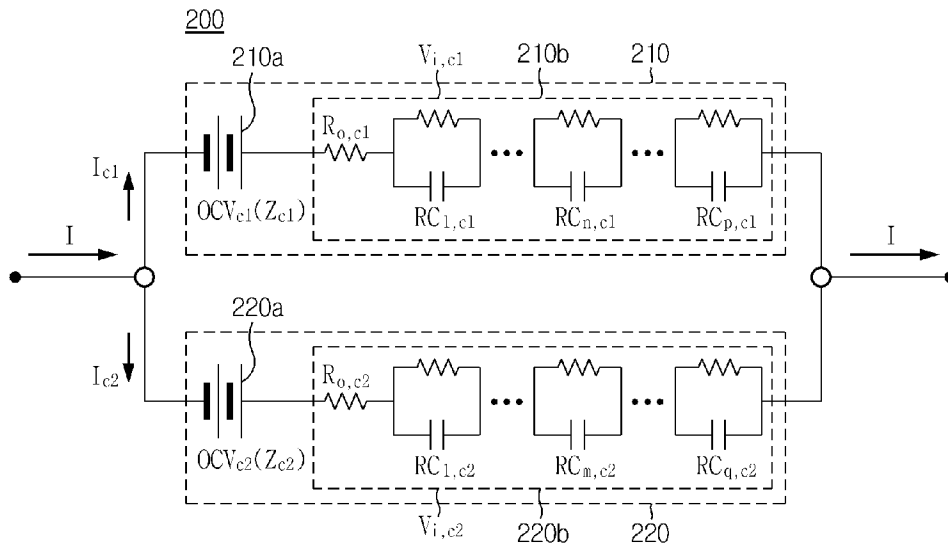
[Fig. 2]



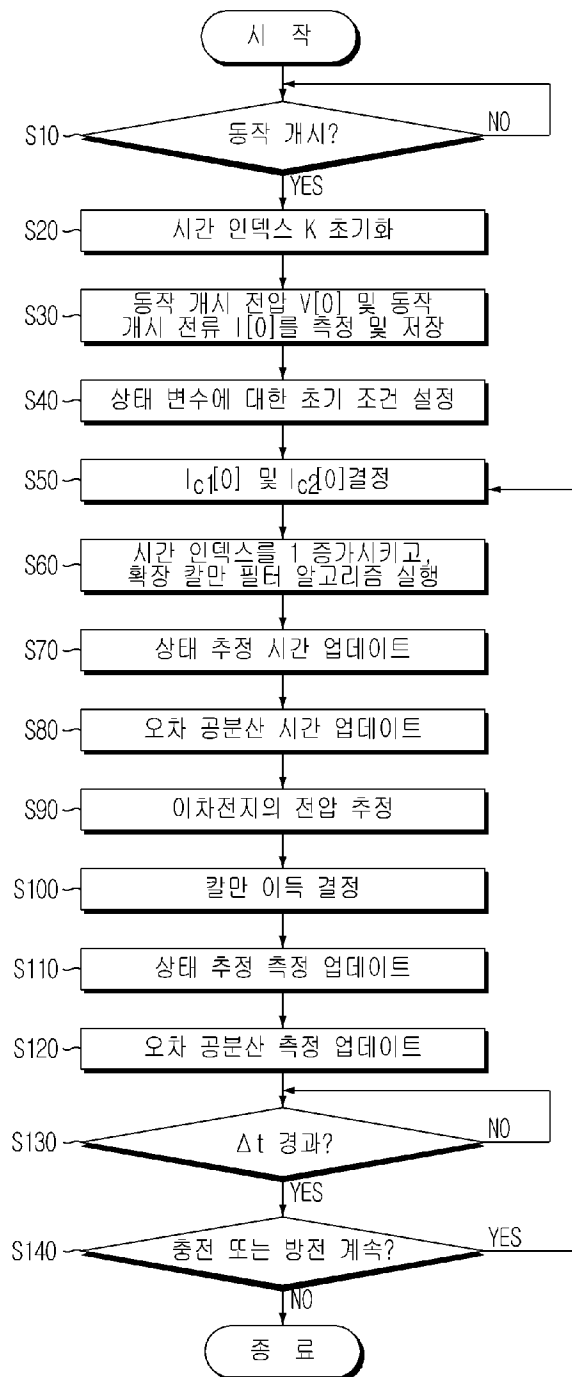
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/009647

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/36(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 31/36; H01M 10/48; G06F 17/00; H01M 10/44

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 aboveElectronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: battery, Kalman filter, sensor, circuit, equation

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-0996693 B1 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 25 November 2010 See abstract, paragraphs [0062]-[0063], [0080]-[0099] and figures 1, 8-9.	1-22
Y	KR 10-2008-0041702 A (LG CHEM, LTD.) 13 May 2008 See abstract, paragraphs [0018]-[0042], claims 1, 5-6 and figures 1-3.	1-22
A	JP 2012-057998 A (CALSONIC KANSEI CORP.) 22 March 2012 See paragraphs [0008]-[0012], claims 1-5 and figures 1-5.	1-22
A	KR 10-2004-0003336 A (KOREA KUMHO PETROCHEMICAL CO., LTD.) 13 January 2004 See abstract, claims 1-6 and figure 7.	1-22
A	US 2013-0110429 A1 (MITSUYAMA et al.) 02 May 2013 See abstract, claims 1-5 and figures 1-6.	1-22

 Further documents are listed in the continuation of Box C.
 See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search

16 JANUARY 2015 (16.01.2015)

Date of mailing of the international search report

21 JANUARY 2015 (21.01.2015)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2014/009647

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date		
KR 10-0996693 B1	25/11/2010	CN 101346636 A	14/01/2009		
		CN 101346636 B	13/03/2013		
		CN 103163474 A	19/06/2013		
		CN 103163474 B	16/07/2014		
		EP 1972955 A1	24/09/2008		
		JP 2007-178215 A	12/07/2007		
		JP 4984527 B2	25/07/2012		
		KR 10-2008-0088617 A	02/10/2008		
		US 2009-0001992 A1	01/01/2009		
		US 2011-0257914 A1	20/10/2011		
		US 8274291 B2	25/09/2012		
		US 8664960 B2	04/03/2014		
		WO 2007-074614 A1	05/07/2007		
		KR 10-2008-0041702 A	13/05/2008	CN 101248365 A	20/08/2008
				CN 101248365 B	10/11/2010
EP 1917536 A1	07/05/2008				
JP 2009-506317 A	12/02/2009				
JP 4772871 B2	14/09/2011				
KR 10-0952049 B1	07/04/2010				
TW 1320610 B	11/02/2010				
US 2007-0046292 A1	01/03/2007				
US 2009-0261837 A1	22/10/2009				
US 7589532 B2	15/09/2009				
US 7800375 B2	21/09/2010				
WO 2007-024093 A1	01/03/2007				
JP 2012-057998 A	22/03/2012			NONE	
KR 10-2004-0003336 A	13/01/2004	JP 2004-053598 A	19/02/2004		
		JP 4090397 B2	28/05/2008		
		KR 10-0462661 B1	20/12/2004		
		US 2004-0006440 A1	08/01/2004		
		US 7062390 B2	13/06/2006		
US 2013-0110429 A1	02/05/2013	EP 2551687 A1	30/01/2013		
		JP 2011-196906 A	06/10/2011		
		JP 2011-214843 A	27/10/2011		
		JP 4689755 B1	25/05/2011		
		JP 4689756 B1	25/05/2011		
		WO 2011-118080 A1	29/09/2011		

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))
G01R 31/36(2006.01)i, H01M 10/48(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
G01R 31/36; H01M 10/48; G06F 17/00; H01M 10/44

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: 전지, 칼만 필터, 센서, 회로, 방정식

C. 관련 문헌

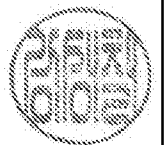
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-0996693 B1 (도요타 지도샤 株式会社) 2010.11.25 요약, 단락 [0062]-[0063], [0080]-[0099] 및 도면 1, 8-9 참조.	1-22
Y	KR 10-2008-0041702 A (주식회사 엘지화학) 2008.05.13 요약, 단락 [0018]-[0042], 청구항 1, 5-6 및 도면 1-3 참조.	1-22
A	JP 2012-057998 A (CALSONIC KANSEI CORP.) 2012.03.22 단락 [0008]-[0012], 청구항 1-5 및 도면 1-5 참조.	1-22
A	KR 10-2004-0003336 A (금호석유화학 주식회사) 2004.01.13 요약, 청구항 1-6 및 도면 7 참조.	1-22
A	US 2013-0110429 A1 (MITSUYAMA et al.) 2013.05.02 요약, 청구항 1-5 및 도면 1-6 참조.	1-22

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
 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허문헌
 “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 2015년 01월 16일 (16.01.2015)	국제조사보고서 발송일 2015년 01월 21일 (21.01.2015)
--	---

ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 ++82 42 472 3473	심사관 강성철 전화번호 ++82-42-481-8405
--	-------------------------------------



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-0996693 B1	2010/11/25	CN 101346636 A	2009/01/14
		CN 101346636 B	2013/03/13
		CN 103163474 A	2013/06/19
		CN 103163474 B	2014/07/16
		EP 1972955 A1	2008/09/24
		JP 2007-178215 A	2007/07/12
		JP 4984527 B2	2012/07/25
		KR 10-2008-0088617 A	2008/10/02
		US 2009-0001992 A1	2009/01/01
		US 2011-0257914 A1	2011/10/20
		US 8274291 B2	2012/09/25
		US 8664960 B2	2014/03/04
		WO 2007-074614 A1	2007/07/05
		KR 10-2008-0041702 A	2008/05/13
CN 101248365 B	2010/11/10		
EP 1917536 A1	2008/05/07		
JP 2009-506317 A	2009/02/12		
JP 4772871 B2	2011/09/14		
KR 10-0952049 B1	2010/04/07		
TW I320610 B	2010/02/11		
US 2007-0046292 A1	2007/03/01		
US 2009-0261837 A1	2009/10/22		
US 7589532 B2	2009/09/15		
US 7800375 B2	2010/09/21		
WO 2007-024093 A1	2007/03/01		
JP 2012-057998 A	2012/03/22	없음	
KR 10-2004-0003336 A	2004/01/13	JP 2004-053598 A	2004/02/19
		JP 4090397 B2	2008/05/28
		KR 10-0462661 B1	2004/12/20
		US 2004-0006440 A1	2004/01/08
		US 7062390 B2	2006/06/13
US 2013-0110429 A1	2013/05/02	EP 2551687 A1	2013/01/30
		JP 2011-196906 A	2011/10/06
		JP 2011-214843 A	2011/10/27
		JP 4689755 B1	2011/05/25
		JP 4689756 B1	2011/05/25
		WO 2011-118080 A1	2011/09/29