



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년08월11일
(11) 등록번호 10-0911315
(24) 등록일자 2009년07월31일

(51) Int. Cl.

G01R 27/08 (2006.01) G01R 31/36 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0082085

(22) 출원일자 2008년08월21일

심사청구일자 2008년08월21일

(56) 선행기술조사문헌

US6832171 B2

JP2002189066 A

JP2007024673 A

JP2006215001 A

(73) 특허권자

주식회사 엘지화학

서울특별시 영등포구 여의도동 20

(72) 발명자

강정수

대전광역시 서구 탄방동 개나리아파트 106동 606호

김주영

대전광역시 유성구 전민동 세종아파트 111동 1006호

(74) 대리인

특허법인필앤은지

전체 청구항 수 : 총 28 항

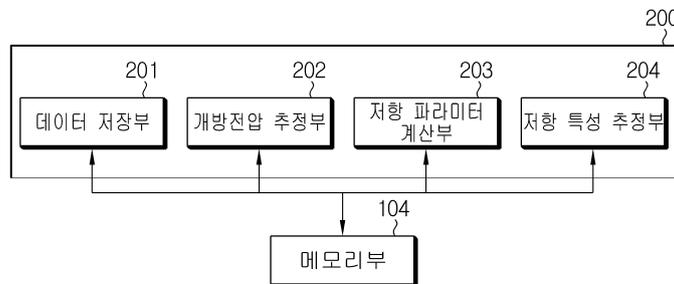
심사관 : 오응기

(54) 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치 및 방법을 개시한다. 본 발명에 따른 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치는, 배터리와 결합된 전압 센싱부, 전류 센싱부 및 온도 센싱부로부터 주기적으로 측정된 배터리 전압, 전류 및 온도 데이터를 획득하여 저장하는 데이터 저장부; 상기 저장된 배터리 전압의 최근 변화 거동으로부터 배터리 개방전압을 추정하여 저장하는 개방전압 추정부; 저항 특성 추정 시점부터 저항 파라미터 계산 시간 동안 상기 배터리 전류의 절대값과 상기 배터리 개방전압과 상기 배터리 전압의 절대 차이를 누산하고, 전류 누산 값에 대한 전압 차 누산 값의 상대적 비율을 계산하여 저항 파라미터로 할당하는 저항 파라미터 계산부; 및 상기 저항 파라미터로부터 배터리 저항을 추정하는 저항 특성 추정부;를 포함한다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

배터리와 결합된 전압 센싱부, 전류 센싱부 및 온도 센싱부로부터 주기적으로 측정된 배터리 전압, 전류 및 온도 데이터를 획득하여 저장하는 데이터 저장부;

상기 저장된 배터리 전압의 최근 변화 거동으로부터 배터리 개방전압을 추정하여 저장하는 개방전압 추정부;

저항 특성 추정 시점부터 저항 파라미터 계산 시간 동안, 상기 배터리 전류의 절대값을 누산하고, 상기 추정된 배터리 개방전압과 상기 측정된 배터리 전압의 절대 차이를 누산하며, 상기 배터리 전류의 절대값에 대한 누산 값과 상기 전압의 절대 차이에 대한 누산 값의 상대적 비율을 계산하여 저항 파라미터로 할당하는 저항 파라미터 계산부; 및

상기 저항 파라미터로부터 배터리 저항을 추정하는 저항 특성 추정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 저항 특성 추정부는 상기 저항 파라미터를 배터리 저항으로 추정하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 저항 특성 추정부는 저항 파라미터 별로 배터리 저항을 정의한 룩업 테이블로부터 상기 계산된 저항 파라미터에 대응하는 배터리 저항을 맵핑하여 배터리 저항을 추정하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 저항 특성 추정부는 저항 파라미터를 입력 파라미터로 하고 배터리 저항을 출력 파라미터로 하는 함수에 상기 계산된 저항 파라미터를 대입하여 배터리 저항을 추정하되,

상기 함수는 중방진 실험을 통하여 얻은 저항 파라미터와 배터리 저항을 수치 해석하여 구하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 저항 특성 추정부는 배터리 출하 저항에 대응하는 저항 파라미터와 상기 계산된 저항 파라미터를 상대적으로 대비하여 저항 파라미터의 변화 정도를 배터리 출하 저항에 반영함으로써 배터리 저항을 추정하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 저항 파라미터 계산부는,

$$R^n = \left(\sum_{k=1}^{n+1} |V^k - OCV^k| \right) \div \left(\sum_{k=1}^{n+1} |I^k| \right)$$

(여기서, Rⁿ은 n번째 저항 특성 추정 시점에서 산출한 저항 파라미터이고,

V^k 는 k번째로 측정된 배터리 전압이고,

I^k 는 k번째로 측정된 배터리 전류이고,

OCV^k 는 k번째로 산출한 배터리 개방전압이고,

a는 'a >> n'의 조건을 만족한다)

에 의해 저항 파라미터를 계산하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 저항 특성 추정부는, 배터리가 사용될 수 있는 허용 가능 최대 저항을 기준으로 배터리 출하 저항에 대한 상기 추정된 배터리 저항의 상대적 비율을 배터리 저항 퇴화를 나타내는 파라미터로 추정하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 개방전압 추정부는,

상기 배터리 전압 거동을 개방전압 변화량으로 맵핑하는 개방전압 변화량 연산함수를 적용하여 상기 저장된 현재 및 이전 단계에 측정된 배터리 전압들의 변화 패턴으로부터 개방전압 변화량을 계산하고,

배터리 온도에 대응하는 보정 팩터를 상기 계산된 개방전압 변화량에 반영하여 개방전압 변화량을 보정하고,

직전에 추정된 배터리 개방전압에 상기 보정된 개방전압 변화량을 반영하여 현재의 배터리 개방전압을 추정하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 개방전압 추정부는, 현재(n차)의 배터리 전압과 이전 단계(n-1차 이하)에서 측정된 배터리 전압 사이의 가중평균(측정 시점이 빠른 배터리 전압일 수록 큰 가중치를 부여함)과 직전 단계(n-1차)의 개방전압 차분을 상기 추정된 현재의 개방전압에 가산하여 개방전압을 보정하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 이전 단계(n-1차 이하)에서 측정된 배터리 전압은 직전 단계(n-1차)에서 측정된 배터리 전압인 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 개방전압 추정부는, 상기 계산된 개방전압 변화량에 상기 온도에 따른 보정 팩터를 곱셈 연산하여 개방전압 변화량을 보정하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 배터리 전압 거동을 구성하는 배터리전압은 가장 최근에 측정된 배터리 전압을 V^n 이라 할 때, 적어도 V^n ,

V^{n-1} 및 V^{n-2} 을 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 개방전압 변화량 연산함수는 ' $V^n - V^{n-1}$ '과 배터리 전압 거동을 구성하는 각 전압에 의해 정의되는 패턴 함수의 수학적 연산에 의해 정의되고,

상기 패턴 함수는 배터리 전압 거동을 정의하는 함수로서, 실험적으로 얻은 다수의 배터리 전압 변화량과 배터리 개방전압 변화량 사이의 상관 관계를 분석하여 정의되는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 개방전압 추정부는, 배터리 온도에 따른 개방전압 변동 효과를 반영하여 배터리 온도에 따라 개방전압 변화량을 보정하는 개방전압 보정 함수에 배터리 온도를 대입하여 보정 팩터를 산출하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치.

청구항 15

(a) 배터리와 결합된 전압 센싱부, 전류 센싱부 및 온도 센싱부로부터 주기적으로 측정된 배터리 전압, 전류 및 온도 데이터를 획득하여 저장하는 단계;

(b) 상기 저장된 배터리 전압의 최근 변화 거동으로부터 배터리 개방전압을 추정하여 저장하는 단계;

(c) 저항 특성 추정 시점부터 저항 파라미터 계산 시간 동안, 상기 배터리 전류의 절대값을 누산하고, 상기 추정된 배터리 개방전압과 상기 측정된 배터리 전압의 절대 차이를 누산하며, 상기 배터리 전류의 절대값에 대한 누산 값과 상기 전압의 절대 차이에 대한 누산 값의 상대적 비율을 계산하여 저항 파라미터로 할당하는 단계; 및

(d) 상기 저항 파라미터로부터 배터리 저항을 추정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 (d) 단계는, 상기 저항 파라미터를 배터리 저항으로 추정하는 단계임을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 (d) 단계는, 저항 파라미터 별로 배터리 저항을 정의한 룩업 테이블로부터 상기 계산된 저항 파라미터에 대응하는 배터리 저항을 맵핑하여 배터리 저항을 추정하는 단계임을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 (d) 단계는, 저항 파라미터를 입력 파라미터로 하고 배터리 저항을 출력 파라미터로 하는 함수에 상기 계산된 저항 파라미터를 대입하여 배터리 저항을 추정하되,

상기 함수는 충방전 실험을 통하여 얻은 저항 파라미터와 배터리 저항을 수치 해석하여 구하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 19

제15항에 있어서,

상기 (d) 단계는, 배터리 출하 저항에 대응하는 저항 파라미터와 상기 계산된 저항 파라미터를 상대적으로 대비하여 저항 파라미터의 변화 정도를 배터리 출하 저항에 반영함으로써 배터리 저항을 추정하는 단계임을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 20

제15항에 있어서,

상기 (c) 단계는, 하기 수학적식,

$$R^n = \left(\sum_{k=n}^{n+a} |V^k - OCV^k| \right) \div \left(\sum_{k=n}^{n+a} |I^k| \right)$$

(여기서, Rⁿ은 n번째 저항 특성 추정 시점에서 산출한 저항 파라미터이고,

V^k는 k번째로 측정된 배터리 전압이고,

I^k는 k번째로 측정된 배터리 전류이고,

OCV^k는 k번째로 산출한 배터리 개방전압이고,

a는 'a >> n'의 조건을 만족한다)

에 의해 저항 파라미터를 계산하는 단계임을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 21

제15항에 있어서,

배터리가 사용될 수 있는 허용 가능 최대 저항을 기준으로 배터리 출하 저항에 대한 상기 추정된 배터리 저항의 상대적 비율을 배터리 저항 퇴화를 나타내는 파라미터로 추정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 22

제15항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

상기 배터리 전압 거동을 개방전압 변화량으로 맵핑하는 개방전압 변화량 연산 함수를 적용하여 상기 저장된 현재 및 이전 단계에 측정된 배터리 전압들의 변화 패턴으로부터 개방전압 변화량을 계산하는 단계;

배터리 온도에 대응하는 보정 팩터를 상기 계산된 개방전압 변화량에 반영하여 개방전압 변화량을 보정하는 단계; 및

직전에 추정된 배터리 개방전압에 상기 보정된 개방전압 변화량을 반영하여 현재의 배터리 개방전압을 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 23

제22항에 있어서,

현재(n차)의 배터리 전압과 이전 단계(n-1차 이하)에서 측정된 배터리 전압 사이의 가중평균(측정 시점이 빠른 배터리 전압일 수록 큰 가중치를 부여함)과 직전 단계(n-1차)의 개방전압 차분을 상기 추정된 현재의 개방전압에 가산하여 개방전압을 보정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리

저항 특성 추정 방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 이전 단계(n-1차 이하)에서 측정된 배터리 전압은 직전 단계(n-1차)에서 측정된 배터리 전압인 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 25

제22항에 있어서,

상기 개방전압 변화량 보정 단계는, 상기 계산된 개방전압 변화량에 상기 온도에 따른 보정 팩터를 곱셈 연산하여 개방전압 변화량을 보정하는 단계임을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 26

제22항에 있어서,

상기 배터리 전압 거동을 구성하는 배터리 전압은 가장 최근에 측정된 배터리 전압을 V^n 이라 할 때, 적어도 V^n , V^{n-1} 및 V^{n-2} 을 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 개방전압 변화량 연산 함수는 ' $V^n - V^{n-1}$ '과 배터리 전압 거동을 구성하는 각 전압에 의해 정의되는 패턴 함수의 수학적 연산에 의해 정의되고,

상기 패턴 함수는 배터리 전압 거동을 정의하는 함수로서, 실험적으로 얻은 다수의 배터리 전압 변화량과 배터리 개방전압 변화량 사이의 상관 관계를 분석하여 정의되는 것을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

청구항 28

제22항에 있어서,

상기 개방전압 변화량 보정 단계는, 배터리 온도에 따른 개방전압 변동 효과를 반영하여 배터리 온도에 따라 개방전압 변화량을 보정하는 개방전압 보정 함수에 배터리 온도를 대입하여 보정 팩터를 산출하고, 산출된 보정 팩터를 상기 계산된 개방전압 변화량에 반영하여 개방전압을 보정하는 단계임을 특징으로 하는 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 배터리의 저항 특성을 추정하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 배터리의 개방전압을 이용하여 배터리의 저항 특성을 추정하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 최근 들어, 대기 오염이 심화되고 화석연료가 고갈되면서 배터리를 사용하여 구동이 가능한 전기 자동차(예컨대, 하이브리드 자동차)가 주목 받고 있다. 배터리는 사용 시간이 증가할수록 용량이 서서히 감소한다. 그 이유는 배터리의 전기화학적 반응이 비가역성을 갖기 때문이다. 휴대폰과 같은 포터블 장치에 사용되는 배터리는 용량이 감소하더라도 기기의 동작 시간이 감소된다는 점 이외에는 특별한 문제가 없다. 하지만 전기 자동차에 사용되는 배터리는 용량이 한계 이하로 떨어지면 배터리의 수명이 다해 자동차가 갑자기 정지할 수 있

다. 또한 배터리 용량이 한계 이하로 떨어진 상태에서 용량을 초과한 과충전 또는 과방전이 반복되면 배터리의 안정성에 심각한 문제(예컨대, 폭발)를 초래할 수 있다.

- <3> 이에 따라, 배터리 관련 업계에서는 배터리 사용에 따른 시효(aging) 효과를 정량적으로 평가하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 배터리의 시효 효과를 정량적으로 평가하기 위해서는 배터리의 사용 시간에 따라 물성이 변화되는 전기화학적 파라미터가 필요한데, 그 중 하나로 배터리의 저항을 들 수 있다. 배터리의 저항은 배터리의 사용 시간에 따라 증가하는 경향이 있으므로 배터리의 저항을 측정하여 배터리 출하 시의 초기 저항과 비교하면 배터리의 시효 효과를 정량적으로 평가하는 것이 가능하다.
- <4> 그런데 배터리 저항은 충방전이 이루어지고 있는 동안에는 직접적인 측정이 불가능하다. 따라서 종래에는 배터리의 전압과 충방전 전류를 측정하여 오옴의 법칙에 의해 배터리 저항을 간접적으로 계산하였다. 그런데 배터리 전압은 IR 드롭 효과에 의해 실제 전압과 오차를 보이고 배터리의 전류 또한 측정 오차를 가지므로 단순히 오옴의 법칙에 의해 계산된 저항은 실제 저항과 상당한 오차를 보이게 된다.
- <5> 참고로, IR 드롭 현상은 배터리가 부하에 연결되어 방전이 시작되거나 외부전원으로부터 배터리의 충전이 시작될 때 전압이 급격하게 변하는 현상을 말한다. 즉, 방전이 시작될 때에는 배터리 전압이 급격하게 떨어지고, 충전이 시작될 때에는 전압이 급격하게 올라간다.
- <6> 따라서 본 발명이 속한 기술분야에서는 배터리 저항을 보다 정확하게 측정할 수 있는 방법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <7> 본발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 정확도가 높은 배터리 저항 특성 추정 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

- <8> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치는, ., 배터리와 결합된 전압 센상부, 전류 센상부 및 온도 센상부로부터 주기적으로 측정된 배터리 전압, 전류 및 온도 데이터를 획득하여 저장하는 데이터 저장부; 상기 저장된 배터리 전압의 최근 변화 거동으로부터 배터리 개방전압을 추정하여 저장하는 개방전압 추정부; 저항 특성 추정 시점부터 저항 파라미터 계산 시간 동안 상기 배터리 전류의 절대값과 상기 배터리 개방전압과 상기 배터리 전압의 절대 차이를 누산하고, 전류 누산 값에 대한 전압 차 누산 값의 상대적 비율을 계산하여 저항 파라미터로 할당하는 저항 파라미터 계산부; 및 상기 저항 파라미터로부터 배터리 저항을 추정하는 저항 특성 추정부;를 포함한다.
- <9> 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 저항 특성 추정부는 상기 저항 파라미터를 배터리 저항으로 추정한다.
- <10> 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 저항 특성 추정부는 저항 파라미터 별로 배터리 저항을 정의한 룩업 테이블로부터 상기 계산된 저항 파라미터에 대응하는 배터리 저항을 맵핑하여 배터리 저항을 추정한다.
- <11> 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 저항 특성 추정부는 저항 파라미터와 배터리 저항을 각각 입력 파라미터 및 출력 파라미터로 하는 함수에 상기 계산된 저항 파라미터를 대입하여 배터리 저항을 추정한다.
- <12> 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 저항 특성 추정부는 배터리 출하 저항에 대응하는 저항 파라미터와 상기 계산된 저항 파라미터를 상대적으로 대비하여 배터리 저항을 추정한다.
- <13> 바람직하게, 상기 저항 특성 추정부는, 허용 가능 최대 저항을 기준으로 배터리 출하 저항에 대한 상기 추정된 배터리 저항의 상대적 비율을 배터리 저항 퇴화를 나타내는 파라미터로 추정한다.
- <14> 본 발명에 있어서, 상기 개방전압 추정부는, 상기 배터리 전압 거동과 개방전압 변화량사이의 상관 관계를 정의한 수학적 모델을 적용하여 상기 저장된 현재 및 과거에 측정된 배터리 전압들의 변화 패턴으로부터 개방전압 변화량을 계산하고, 배터리 온도에 대응하는 보정 팩터를 상기 계산된 개방전압 변화량에 반영하여 개방전압 변화량을 보정하고, 직전에 추정된 배터리 개방전압에 상기 보정된 개방전압 변화량을 반영하여 현재의 배터리 개방전압을 추정한다.
- <15> 바람직하게, 상기 개방전압 추정부는, 현재 및 과거의 배터리 전압에 대한 가중평균(측정 시점이 빠른 배터리

전압일 수록 큰 가중치를 부여함)과 직전의 개방전압 차분을 상기 추정된 현재의 개방전압에 가산하여 개방전압을 보정한다. 이 때, 상기 과거의 배터리 전압은 직전의 배터리 전압이다.

- <16> 본 발명에서, 상기 개방전압 추정부는, 상기 계산된 개방전압 변화량에 상기 온도에 따른 보정 팩터를 곱셈 연산하여 개방전압 변화량을 보정한다.
- <17> 바람직하게, 상기 배터리 전압 거동을 구성하는 배터리전압은 가장 최근에 측정된 배터리 전압을 V^n 이라 할 때, 적어도 V^n , V^{n-1} 및 V^{n-2} 을 포함한다.
- <18> 바람직하게, 상기 수학적 모델은 ' $V^n - V^{n-1}$ '과 배터리 전압 거동을 구성하는 각 전압에 의해 정의되는 패턴 함수의 수학적 연산에 의해 정의된다.
- <19> 바람직하게, 상기 개방전압 추정부는, 배터리 온도 T를 입력 변수로 하고 배터리 개방전압 변화량의 보정 팩터를 출력 변수로 하는 수학적 모델에 배터리 온도를 대입하여 보정 팩터를 산출한다.
- <20> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법은, 배터리와 결합된 전압 센싱부, 전류 센싱부 및 온도 센싱부로부터 주기적으로 측정된 배터리 전압, 전류 및 온도 데이터를 획득하여 저장하는 단계; 상기 저장된 배터리 전압의 최근 변화 거동으로부터 배터리 개방전압을 추정하여 저장하는 단계; 저항 특성 추정 시점부터 저항 파라미터 계산 시간 동안 상기 배터리 전류의 절대값과 상기 배터리 개방전압과 상기 배터리 전압의 절대 차이를 누산하고, 전류 누산 값에 대한 전압 차 누산 값의 상대적 비율을 계산하여 저항 파라미터로 할당하는 단계; 및 상기 저항 파라미터로부터 배터리 저항을 추정하는 단계;를 포함한다.

효 과

- <21> 본 발명에 따르면, 복잡한 계산을 거치지 않고도 배터리의 저항 특성을 정확하게 추정할 수 있다. 또한 정확한 배터리 저항의 추정으로 배터리 교체 시기 추정 등 다양한 응용이 가능하다. 나아가 저항의 퇴화를 정확하게 추정하여 배터리의 충방전 용량을 조절함으로써 과충전과 과방전을 방지하여 배터리의 안전성을 보다 향상시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <22> 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. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- <23> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치의 구성을 도시한 블록 구성도이다.
- <24> 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치는, 배터리(100)와 부하(107) 사이에 연결되며, 전압 센싱부(101), 온도 센싱부(102), 전류 센싱부(103), 메모리부(104) 및 마이크로컨트롤러(105)를 포함한다.
- <25> 상기 전압 센싱부(101)는 마이크로컨트롤러(105)의 제어에 의해 주기적으로 배터리 전압을 측정하여 마이크로컨트롤러(105)로 출력한다. 상기 측정된 배터리 전압은 IR 드롭 효과에 의해 배터리의 실제 전압과 차이를 가진다.
- <26> 상기 온도 센싱부(102)는 마이크로컨트롤러(105)의 제어에 의해 주기적으로 배터리 온도를 측정하여 마이크로컨트롤러(105)로 출력한다.
- <27> 상기 전류 센싱부(103)는 마이크로컨트롤러(105)의 제어에 의해 전류 센싱 저항(108)을 통해 흐르는 배터리 전류를 주기적으로 측정하여 마이크로컨트롤러(105)로 출력한다.
- <28> 상기 메모리부(104)는 배터리의 저항 특성을 추정하는 배터리 저항 특성 추정 프로그램, 상기 배터리 저항 특성

추정 프로그램이 배터리 저항과 저항 퇴화 추정을 위해 사전에 필요한 각종 데이터, 상기 전압 센싱부(101), 온도 센싱부(102) 및 전류 센싱부(103)에 의해 측정된 배터리 전압, 온도 및 전류 데이터, 및 상기 배터리 저항 특성 추정 프로그램이 배터리 저항과 저항 퇴화를 추정하는 과정에서 발생하는 각종 계산 값을 저장한다.

- <29> 상기마이크로컨트롤러(105)는 전압 센싱부(101), 온도 센싱부(102) 및 전류 센싱부(103)로부터 배터리 전압, 온도 및 전류 데이터를 주기적으로 입력 받아 상기 메모리부(104)에 저장하고, 상기 배터리 저항 특성 추정 프로그램을 메모리부(104)로부터 리드하여 실행하고, 저항 특성 추정 요청이 있으면 배터리 저항과 저항 퇴화를 추정하여 메모리부(104)에 저장하고, 필요에 따라 추정된 저항과 저항 퇴화를 표시부(106)를 통해 외부로 출력한다.
- <30> 상기 배터리(100)의 종류는 특별히 한정되지 않으며, 재충전이 가능하고 충전상태를 고려해야 하는 리튬 이온 전지, 리튬 폴리머 전지, 니켈 카드뮴 전지, 니켈 수소 전지, 니켈 아연 전지 등으로 구성할 수 있다.
- <31> 상기 부하(107)의 종류는 특별히 한정되지 않으며, 비디오 카메라, 휴대용 전화기, 휴대용 PC, PMP, MP3플레이어 등과 같은 휴대용 전자기기, 전기 자동차나 하이브리드 자동차의 모터, DC to DC 컨버터 등으로 구성할 수 있다.
- <32> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 배터리 저항 특성 추정 프로그램의 구성을 도시한 블록 구성도이다.
- <33> 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 배터리 저항 특성 추정 프로그램(200)은 마이크로컨트롤러(105)에 의해 실행되는 것으로서, 데이터 저장부(201), 개방전압 추정부(202), 저항 파라미터 계산부(203) 및 저항 특성 추정부(204)를 포함한다.
- <34> 상기 데이터저장부(201)는 도 1에 도시된 전압 센싱부(101), 온도 센싱부(102) 및 전류 센싱부(103)로부터 주기적으로 배터리 전압 V^n , 온도 T^n 및 전류 I^n 을 입력 받아 메모리부(104)에 저장한다. 여기서, n은 배터리 전압, 온도 및 전류의 측정 회차를 나타낸다.
- <35> 상기 개방전압 추정부(202)는 최근의 배터리 전압 거동을 이용하여 배터리의 개방전압 변화량 ΔOCV^n 을 계산하고, 온도에 따른 보정 팩터를 적용하여 상기 계산된 배터리 개방전압 변화량을 보정하고, 보정된 배터리 개방전압 변화량을 이전에 추정된 개방전압 OCV^{n-1} 에 반영하여 현재의 배터리 개방전압 OCV^n 을 추정하고, 추정된 개방전압 OCV^n 을 메모리부(104)에 저장한다.
- <36> 보다 구체적으로, 상기 개방전압 추정부(202)는 현재의 배터리 개방전압을 계산하기 위해 배터리 전압 거동을 이용하여 직전에 추정된 개방전압을 기준으로 개방전압 변화량을 계산한다. 즉 직전에 추정된 개방전압을 기준으로 현재의 배터리 개방전압이 어느 정도 변화되었을 것인지를 계산한다.
- <37> 이를 위해, 상기 개방전압 추정부(202)는 최근에 측정된 배터리 전압이 V^n 이라고 할 때, 상기 메모리부(104)로부터 배터리 전압 V^n 및 V^{n-1} 과 배터리 온도 T^n 을 메모리부(104)로부터 리드한다. 그런 다음, 다음 수학식1에 의해 개방전압 변화량 ΔOCV^n 을 계산한다.
- <38> [수학식 1]
- <39>
$$\Delta OCV^n = OCV^n - OCV^{n-1} = G(V) \times F(T)$$
- <40> 상기 수학식에서, G(V)는 배터리 전압 변화량 ' $V^n - V^{n-1}$ '을 개방전압 변화량 ΔOCV^n 로 맵핑하는 개방전압 변화량 연산 함수이고, F(T)는 온도에 따른 개방전압 변동 효과를 반영하여 배터리 온도에 따라 개방전압 변화량 ΔOCV^n 을 보정하는 개방전압 보정 함수이다.
- <41> 상기 G(V)는 배터리 전압의 변화량을 개방전압 변화량으로 그대로 환산하지 않고 IR 드롭 현상에 의한 배터리 전압의 오차(측정 전압과 실제 전압의 차이)를 보정하여 환산하는 함수이다. 즉 G(V)는 배터리 전압 변화량이 이전 보다 커지는 경향이 있으면 배터리 전압의 변화량을 감쇄시켜 배터리 개방전압 변화량으로 출력하고, 배터리 전압 변화량이 이전과 동일하게 유지되는 경향이 있으면 배터리 전압의 변화량을 그대로 배터리 개방전압 변화량으로 출력하고, 배터리 전압의 변화량이 이전보다 감소하는 경향이 있으면 배터리 전압 변화량을 조금 증폭시켜 배터리 개방전압 변화량으로 출력한다.

- <42> G(V)는 특정한 온도 조건에서 배터리 전압 거동과 이에 대응되는 개방전압 변화량 사이의 상관관계를 수학적으로 모델링하여 얻을 수 있다. 일 실시예로, 상기 수학적 모델링 함수는 배터리 전압과 배터리 개방전압이 측정 가능한 실험실 조건에서 배터리 전압 V^n , V^{n-1} 및 V^{n-2} 의 변화 패턴과 이에 대응하는 개방전압 변화량 ΔOCV^n 사이에 존재하는 상관 관계를 분석하여 산출할 수 있다. 물론, 배터리 전압의 변화 패턴을 구성하는 배터리 전압의 수는 4개 이상으로 확장 가능하다.
- <43> 상기 G(V)는 다음 수학적 식 2와 같이 일반화하여 정의할 수 있다.
- <44> [수학적 식 2]
- <45> $G(V) = (V^n - V^{n-1}) \times g(V^n, V^{n-1}, V^{n-2}, \dots)$
- <46> 여기서, $g(V^n, V^{n-1}, V^{n-2}, \dots)$ 는 배터리 전압의 거동을 정의하는 패턴 함수이다. 상기 '...' 기호는 현재 시점에서 측정된 배터리 전압 V^n 을 포함하여 3개 이상의 배터리 전압에 의해 패턴 함수가 정의될 수 있다는 것을 의미한다. 상기 패턴 함수는 실험적으로 얻은 다수의 배터리 전압 변화량과 배터리 개방전압 변화량 사이의 상관 관계를 분석하여 정의한다. 일 예로, 함수 g는 현재 단계의 전압 변화량을 기준으로 전 단계의 전압 변화량의 상대적 비율로 정의할 수 있다. 물론, 본 발명은 패턴 함수의 구체적인 수식에 의해 한정되지 않음은 물론이다.
- <47> 한편 배터리 저항은 온도에 따라 변화한다. 배터리의 저항이 변하면 충전 또는 방전조건이 동일하여도 배터리 전압 거동과 배터리 개방전압 변화량이 달라지게 된다. 이러한 점을 감안하여, 상기 F(T)는 G(V)에 의해 계산된 개방전압 변화량을 온도 조건에 따라 보정한다. 다시 말해, F(T)는 배터리의 온도가 G(V)의 산출 조건으로 설정한 온도와 차이가 있는 경우 G(V)에 의해 계산된 개방전압 변화량을 보정하는 함수이다. 상기 F(T)는 온도를 일정한 간격으로 변화시키면서 배터리 전압의 거동 변화와 배터리 개방전압 변화량의 상관 관계를 분석하여 산출할 수 있다. 즉 F(T)는 일정한 간격, 예컨대 1°C 간격으로 설정한 각각의 측정 온도에서 배터리 전압의 거동 변화가 동일하게 되도록 실험 조건을 설정한 상태에서 표준 온도를 기준으로 배터리의 개방전압 변화량 ΔOCV^n 의 변화폭을 정량적으로 측정하고 온도 T와 ΔOCV^n 의 변화폭을 각각 입력 변수와 출력 변수로 하는 수학적 모델링을 통해 구할 수 있다. 이렇게 얻어진 F(T)는 배터리의 온도 T를 입력 변수로 하여 배터리 개방전압 변화량의 보정 팩터를 출력하는 함수가 된다. 계산의 단순화를 위해 각 T 값에 따른 보정 팩터는 룩업 테이블로 구성하여 메모리부(104)에 수록하고 배터리 개방전압 변화량을 계산할 때 상기 룩업 테이블에 수록된 온도 별 보정 팩터를 참조할 수 있다.
- <48> 상기 개방전압 추정부(202)는 보정 팩터에 의한 개방전압 변화량의 보정이 완료되면, 상기 메모리부(104)로부터 이전 단계에서 추정된 개방전압 OCV^{n-1} 을 리드한 후, OCV^{n-1} 에 개방전압 변화량 ΔOCV^n 을 가산하여 개방전압 OCV^n 을 계산하고 메모리부(104)에 저장한다.
- <49> 바람직하게, 상기 개방전압 추정부(202)는 배터리 전압 V_n 과 이전 단계에서 측정된 배터리 전압 사이의 가중평균 $V^n_{(meanvalue)}$ 을 하기 수학적 식 3을 통해서 산출한다.
- <50> [수학적 식 3]
- <51> $V^n_{(meanvalue)} = (A_1 * V_1 + A_2 * V_2 + \dots + A_{n-1} * V_{n-1} + A_n * V_n) / A_{total}$
- <52> $A_{total} = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$
- <53> 상기 수학적 식에서, A_k 는 k 값이 증가할수록 감소한다. 예를 들어 n=100인 경우, A_k 값은 100으로부터 시작하여 1씩 감소하는 값을 가질 수 있다. 대안적인 예에서, 상기 수학적 식 3에서 $A_1 * V_1 + A_2 * V_2 + \dots + A_{k-2} * V_{k-2}$ ($3 \leq k \leq n$)는 생략하여도 무방하다. 이런 경우도 A_k 값의 경향성은 상기한 바와 동일하게 유지된다. 예를 들어 k = n인 경우 $A_1 * V_1 + A_2 * V_2 + \dots + A_{n-2} * V_{n-2}$ 은 0으로 간주하고 A_n 보다 A_{n-1} 에 상대적으로 큰 값을 부여할 수 있다. 예를 들어 A_{n-1} 과 A_n 에 각각 90 및 10의 값을 부여할 수 있다.

<54> 상기 개방전압 추정부(202)는 상기 산출된 가중평균 $V^{n(\text{meanvalue})}$ 과 개방전압 OCV^{n-1} 의 차분을 상기 계산된 개방전압 OCV^n 에 가산하여 추가적인 보정을 수행하여 개방전압 값을 다시 한번 보정할 수 있다. 가중평균을 산출하여 개방전압에 추가적인 보정을 행하면, 배터리(100)로부터 출력되는 전압이 급격하게 변화되더라도 개방전압의 계산 오차를 줄일 수 있다. 상기 개방전압 추정부(202)는 가중평균에 의한 개방전압의 보정이 완료되면 보정된 개방전압 OCV^n 을 메모리부(104)에 저장한다.

<55> 상기 저항 파라미터 계산부(203)는 저항 특성 추정이 시작되면 다음 수학적 식 4를 이용하여 저항 파라미터 계산 시간 동안 배터리 전류의 절대치와, 배터리 전압과 배터리 개방전압의 절대 차이를 충분히 큰 회수 a 만큼 누산한다. 이하, 설명의 편의를 위해 a는 누산 회수라 한다.

<56> [수학적 식 4]

<57>
$$\sum |I| = \sum_{k=n}^{n+a} |I^k|$$

<58>
$$\sum |\Delta V| = \sum_{k=n}^{n+a} |V^k - OCV^k|$$

<59> 상기 수학적 식 4에서,

<60> V^k 는 k번째로 측정된 배터리 전압이고,

<61> I^k 는 k번째로 측정된 배터리 전류이고,

<62> OCV^k 는 k번째로 측정된 배터리 개방전압이고,

<63> a는 'a >> n'의 조건을 만족한다.

<64> 구체적으로, 상기 저항 파라미터 계산부(203)는 저항 특성 추정이 시작된 시점을 기준으로 V^n 과 I^n 이 측정되고 OCV^n 이 추정되었다면, 저항 특성 추정이 시작된 시점을 기준으로 저항 파라미터 계산 시간 동안 측정 또는 추정되는 배터리 전압 $V^n \sim V^{n+a}$, 배터리 전류 $I^n \sim I^{n+a}$, 및 배터리 개방전압 $OCV^n \sim OCV^{n+a}$ 에 대하여 전류 누산 값 $\sum |I|$ 와 전압 차 누산 값 $\sum |\Delta V|$ 을 계산한다.

<65> 그런 다음, 상기 저항 파라미터 계산부(203)는 다음 수학적 식 5를 이용하여 전류 누산 값 $\sum |I|$ 에 대한 전압 차 누산 값 $\sum |\Delta V|$ 의 상대적 비율을 저항 파라미터 R^n 에 할당하여 메모리부(104)에 저장한다.

<66> [수학적 식 5]

<67>
$$R^n = (\sum |\Delta V|) \div (\sum |I|) = \left(\sum_{k=n}^{n+a} |V^k - OCV^k| \right) \div \left(\sum_{k=n}^{n+a} |I^k| \right)$$

<68> 한편, 상기 저항 파라미터 R^n 은 누산 회수 a를 충분히 크게 할 경우 배터리저항 값으로 수렴하는 특성이 있다. 이하에서는 이에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

<69> 도 5는 배터리를 일정한 패턴으로 충방전시키면서 주기적으로 측정된 V^n 과 배터리 전압 거동을 이용하여 주기적으로 추정된 OCV^n 의 변화 모습을 나타낸 그래프이다.

<70> 도면을 참조하면, 측정된 배터리 전압 V^n 은 추정된 OCV^n 에 비해 급격한 변화를 보임을 알 수 있다. 이는 배터리 전압 측정 시 발생하는 IR 드롭 현상에서 비롯된 것이므로, 측정 전압 V^n 과 추정 전압 OCV^n 의 절대 차이는 배터리 전류 I^n 과 배터리 저항 R^n 의 곱에 해당한다. 따라서 측정 전압과 추정 개방전압의 차이를 배터리 전류로 나누면 배터리 전압의 측정 시점에서 배터리의 저항을 근사적으로 추정할 수 있다. 다만 배터리 전압과 전류를 측정하는 시점이 정확하게 동기화되지 않으면 상기한 계산 방식에 의해 추정되는 배터리 저항은 실제 저항과 오차를

보일 수 있다.

- <71> 도 6은 배터리에 대해 충방전 시험을 수행하면서 주기적으로 배터리 전류 및 전압을 측정하고 각 측정 시점에서 배터리 전압 거동을 이용하여 배터리 개방전압을 추정하고 각 측정 시점마다 저항 파라미터 R^n 을 상기 수학적 식 5에 따라 계산하여 나타낸 그래프이다.
- <72> 도 6에서, 그래프 A는 배터리 전류의 변화 양상이고, 그래프 B는 배터리 전압의 변화 양상이고, 그래프 C는 추정된 개방전압의 변화 양상이고, 그래프 D는 각 측정 시점을 기준으로 계산한 저항 파라미터 R^n 의 변화 양상을 나타낸다.
- <73> 도면을 참조하면, 저항 파라미터 R^n 은 배터리 전압과 전류가 급격한 변화 양상을 보이는 것과 대비하여 안정된 변화 양상을 보임을 알 수 있다. 또한 저항 파라미터 R^n 은 저항 파라미터 계산 시간 동안의 전류 누산 값과 전압 차 누산 값의 상대적 비율이므로, 이는 수학적 해석 상 배터리 저항의 평균 값으로 볼 수 있다. 따라서 저항 파라미터 R^n 은 배터리의 저항 특성을 잘 나타내는 파라미터로 사용할 수 있음을 알 수 있다.
- <74> 한편 저항 파라미터 계산 시간은 시행 착오법(trial and error)에 의해 결정한다. 즉 저항 파라미터가 배터리의 저항 특성을 잘 반영하기 위해서는 누산 회수 a 를 충분히 크게 설정하는 것이 바람직하다. 하지만 누산 회수 a 가 너무 크면 그 만큼 누산 데이터의 양이 증가하여 저항 파라미터를 산출하는데 시간이 많이 소요된다. 따라서 배터리의 저항 특성이 저항 파라미터에 잘 반영될 수 있는 누산 회수 a 를 시행 착오법에 의해 결정하고, 결정된 누산 회수 a 에 배터리 전압, 전류 및 온도의 측정 주기를 곱하면 저항 파라미터 계산 시간을 결정할 수 있다.
- <75> 또한, 저항 파라미터 R^n 을 산출할 때에는 배터리 전압, 개방전압 및 전류에 일정한 조건을 부과할 수 있다. 즉 일정한 크기 조건을 만족하는 배터리 전압, 개방전압 및 전류 데이터만을 저항 파라미터 계산에 반영할 수 있다. 예를 들어, 배터리 정상 동작 범위 내의 전압, 개방전압 및 전류 데이터만을 저항 파라미터 계산에 반영할 수 있다. 이런 경우 과충전이나 과방전 상황에서 수집되는 배터리 전압, 개방전압 및 전류 데이터를 배제할 수 있어 비정상 동작 시 수집되는 데이터에 의해 저항 파라미터 R^n 가 왜곡되는 것을 방지할 수 있다.
- <76> 상기 저항 특성 추정부(204)는 메모리부(104)로부터 저항 파라미터 R^n 을 리드한 후 배터리 저항 \bar{R}^n 을 추정하여 메모리부(104)에 저장한다. 여기서, \bar{R}^n 은 n 번째 저항 추정 시점에서 추정된 배터리 저항을 의미한다.
- <77> 일 예로, 상기 저항 특성 추정부(204)는 저항 파라미터 R^n 을 배터리 저항 \bar{R}^n 으로 그대로 추정할 수 있다.
- <78> 다른 예로, 상기 저항 특성 추정부(204)는 저항 파라미터 R^n 과 배터리 저항 간의 상관 관계를 사용하여 저항 파라미터 R^n 에 대응하는 배터리 저항 \bar{R}^n 을 추정할 수 있다.
- <79> 상기 상관 관계는 저항 파라미터 별로 배터리 저항을 정의한 룩업 테이블일 수 있다. 대안적으로, 상기 상관 관계는 저항 파라미터와 배터리 저항을 각각 입력 파라미터 및 출력 파라미터로 하는 함수일 수 있다.
- <80> 상기 상관 관계는 배터리에 대한 충방전 시험을 통하여 얻는다. 즉 다양한 범위에서 실제 저항을 알고 있는 충분히 많은 수의 배터리에 대해 장시간 동안 동일한 조건의 충방전 실험을 수행하면서 충방전 실험 수행 후 일정 시간이 경과된 후 저항 파라미터를 계산한다. 이 때 누산 회수 a 를 충분히 크게 설정하면 저항 파라미터를 산출하는 시점과 상관 없이 저항 파라미터는 실질적으로 동일한 값을 가진다. 그런 다음, 실험 결과로 얻은 저항 파라미터에 대응하는 배터리 저항을 룩업 테이블로 구성할 수 있다. 또는 실험 결과로 얻은 저항 파라미터와 배터리 저항을 각각 입력 파라미터 및 출력 파라미터로 하는 수치 해석을 통해 저항 파라미터와 배터리 저항 간의 함수 관계를 구할 수 있다.
- <81> 또 다른 대안으로, 상기 저항 특성 추정부(204)는 메모리부(104)에 저장된 배터리 출하 시의 저항과 저항 파라미터를 기준으로 상기 저항 파라미터 계산부(203)가 산출한 저항 파라미터 R^n 을 상대적으로 비교하여 배터리 저항 \bar{R}^n 을 추정할 수도 있다.

- <82> 상기 저항 특성 추정부(204)는 배터리 저항 \tilde{R}^n 을 추정된 후 하기 수학식 6 에 의해 배터리의 출하 저항 $R^{initial}$ 을 기준으로 상기 추정된 배터리 저항 \tilde{R}^n 의 상대적 비율을 계산하고, 계산된 결과를 배터리의 저항 퇴화를 나타내는 파라미터인 SOH_R^n 로서 메모리부(104)에 저장할 수 있다.
- <83> [수학식 6]
- <84> $SOH_R^n = [(R^{limit} - \tilde{R}^n) \div (R^{limit} - R^{initial})] \times 100$
- <85> 상기 수학식 3에서,
- <86> SOH_R^n : n번째로 추정된 배터리의 저항 퇴화이고,
- <87> \tilde{R}^n : n번째로 추정된 배터리 저항이고,
- <88> $R^{initial}$: 배터리의 출하 저항이고,
- <89> R^{limit} : 배터리가 사용될 수 있는 허용 가능 최대 저항이다.
- <90> 상기 SOH_R^n 은 배터리의 출하 저항을 기준으로 현재의 배터리 저항을 상대적인 비율로 나타내 준다. 배터리 저항은 배터리의 사용 시간이 증가할수록 증가하는 경향이 있으므로, SOH_R^n 은 배터리의 초기 사용 시를 기준으로 배터리의 수명이 어느 정도 남아 있는지를 판단할 수 있는 파라미터가 된다. 즉 배터리 저항이 증가한 비율만큼 배터리 수명이 감소된 것으로 볼 수 있다. 또한 상기 SOH_R^n 은 배터리의 충전 용량을 조절하는데 활용 가능하다. 예를 들어, 상기 SOH_R^n 이 증가하면 이와 연동하여 배터리의 충전 용량과 방전 용량을 감소시킬 수 있다. 이런 경우, 배터리의 용량에 맞게 충전과 방전을 수행함으로써 배터리가 과충전되거나 과방전되는 현상을 효과적으로 방지할 수 있다.
- <91> 상기 저항 특성 추정부(204)는 추정된 SOH_R^n 을 표시부(106)에 출력할 수 있다. 이런 경우, 상기 표시부(106)는 인터페이스를 통해 마이크로컨트롤러(105)와 결합된다. 그리고 상기 저항 특성 추정부(204)는 인터페이스를 통해 표시부(106)로 SOH_R^n 을 출력한다. 그러면 표시부(106)는 배터리 사용자가 인식 가능하도록 SOH_R^n 을 시각적으로 표출한다. SOH_R^n 은 문자로 직접 표시될 수도 있고, 그래프 형태로 표시될 수도 있다.
- <92> 그러면 이하에서는 전술한 구성을 바탕으로 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법을 구체적으로 설명한다.
- <93> 도 3은 본 발명에 따른 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법의 흐름을 도시한 순서도이다. 도 3에서, 각 단계의 수행 주체는 도 1에 도시된 마이크로컨트롤러(105)이다.
- <94> 단계 S10에서, 배터리의 저항 특성 추정 요청이 있는지 판단한다. 저항 특성추정 요청은 외부로부터 입력될 수도 있고 배터리 저항 특성 추정 프로그램에 의해 자동 발생될 수도 있다.
- <95> 단계 S10의 판단 결과, 배터리의 저항 특성 추정 요청이 있으면 배터리 저항 특성을 추정하기 위한 루틴을 시작한다. 반대로, 단계 S10의 판단 결과, 배터리의 저항 특성 추정 요청이 없으면 프로세스를 종료한다.
- <96> 단계 S20에서, 저항 파라미터 계산 시간 동안 배터리 전압 $V^n \sim V^{n+1}$ 및 전류 $I^n \sim I^{n+1}$ 을 측정하고 개방전압 $OCV^n \sim OCV^{n+1}$ 을 추정하여 메모리부(104)에 저장한다.
- <97> 이어서, 단계 S30에서, 배터리 전류 누산 값 $\sum |I|$ 와 전압 차 누산 값 $\sum |\Delta V|$ 을 계산한다.
- <98> 다음으로, 단계 S40에서, 배터리 전류 누산 값 $\sum |I|$ 에 대한 전압 차 누산 값 $\sum |\Delta V|$ 의 상대적 비율을 계산하

고 계산된 값을 저항 파라미터 R^n 로 할당한다.

- <99> 그 다음, 단계 S50에서, 저항 파라미터 R^n 으로부터 배터리 저항 \tilde{R}^n 을 추정한다. 일 예로, 배터리 저항 \tilde{R}^n 은 저항 파라미터 R^n 와 동일한 값으로 추정할 수 있다. 다른 예로, 저항 파라미터와 배터리 저항 간의 상관 관계를 이용하여 저항 파라미터 R^n 에 대응하는 배터리 저항 \tilde{R}^n 을 추정할 수 있다. 상기 상관 관계는 저항 파라미터 별로 배터리 저항을 정의한 룩업 테이블 또는 저항 파라미터와 배터리 저항을 각각 입력 파라미터와 출력 파라미터로 하는 함수일 수 있다. 또 다른 예로, 배터리 출하 저항에 대응하는 저항 파라미터와 저항 파라미터 R^n 를 상대적으로 비교함으로써 배터리 출하 저항을 기준으로 배터리 저항을 추정할 수 있다. 즉 저항 파라미터의 증가 비율만큼 배터리 출하 저항을 증가시키고 증가된 값을 배터리 저항으로 추정할 수 있다.
- <100> 그런 다음, 단계 S60에서, 배터리 출하 저항 $R^{initial}$ 을 기준으로 상기 추정된 배터리 저항 \tilde{R}^n 의 상대적 비율을 계산하고 계산된 상대적 비율을 SOH_r^n 로 추정하여 메모리부(104)에 저장하거나 표시부(106)로 출력한다. 이 때, 수학적 식 6에 따라 허용 가능한 최대 저항 R^{limit} 을 기준으로 상대적 비율을 산출하는 것이 바람직하다.
- <101> 상기와 같은 각 단계의 진행이 완료되면, 배터리의 저항 특성을 추정하기 위한 절차가 모두 완료된다.
- <102> 도 4는 배터리 전압 거동을 이용하여 개방전압 OCV^n 을 추정하는 과정을 도시한 순서도이다. 도 4에서, 각 단계의 수행 주체는 도 1에 도시된 마이크로컨트롤러(105)이다.
- <103> 도 4를 참조하면, 먼저, 단계 P10에서, 배터리 개방전압 OCV^n 에 대한 추정 요청이 있는지 판단한다. 상기 추정 요청은 외부로부터 입력될 수도 있고, 프로그램 알고리즘에 따라 자동 발생될 수도 있다.
- <104> 만약, 단계 P10에서, OCV^n 에 대한 추정 요청이 있으면 개방전압 추정 단계로 이행하고, OCV^n 에 대한 추정 요청이 없으면 프로세스를 종료한다.
- <105> 단계 P20에서, 메모리부(104)에 저장된 배터리 전압 거동을 리드한다. 배터리 전압 거동은 적어도 V^n , V^{n-1} 및 V^{n-2} 를 포함한다. 그런 후, 단계 P30에서, 배터리 전압 거동과 배터리 온도에 의해 개방전압 변화량 ΔOCV^n 을 계산한다. 여기서, 개방전압 변화량 ΔOCV^n 의 계산 방법은 상술한 바 있다.
- <106> 한편, 본 발명에서, V^1 및 V^2 와 OCV^1 및 OCV^2 는 배터리가 부하에 연결되기 직전에 측정된 무부하 상태의 배터리 전압으로 초기화시킨다. 예를 들어, 배터리가 전기 구동 자동차에 사용될 경우 자동차 시동 키의 턴 온 시 측정된 배터리 전압 값으로 V^1 및 V^2 와 OCV^1 및 OCV^2 를 설정한다.
- <107> 다음으로, 단계 P40에서, 이전 개방전압 OCV^{n-1} 에 개방전압 변화량 ΔOCV^n 을 가산하여 현재의 개방전압 OCV^n 을 계산한다.
- <108> 이어서, 단계 P50은 선택적으로 진행할 수 있는 단계로서, 현재 배터리 전압 V^n 과 이전 배터리 전압 V^{n-1} 의 가중 평균을 산출하고, 산출된 가중평균과 이전 개방전압 OCV^{n-1} 의 차분을 현재 개방전압 OCV^n 에 가산하여 개방전압 OCV^n 을 추가적으로 보정한다. 가중평균의 계산 방법은 이미 상술한 바 있다.
- <109> 마지막으로, 단계 P60에서, 추정된 개방전압 OCV^n 을 메모리부(104)에 저장한다.
- <110> <실험예>
- <111> 이하에서는 실험예에 의하여 본 발명의 효과를 설명한다. 그러나, 하기 실험예는 일 예시에 불과할 뿐, 본 발명의 범위가 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- <112> 본 실험에서는 먼저 실제 저항을 알고 있는 12개의 배터리를 준비하였다. 12개의 배터리 중 5번 배터리는 초기 출하 시의 저항을 가지고 있다. 그런 다음 각 배터리를 동일한 충방전 조건에서 충방전 시험을 수행하면서 충방전 시험이 시작된 후 1시간이 경과된 시점에서 본 발명에 따라 저항 파라미터를 구하고, 저항 파라미터를 배터

리 저항으로 추정하였다.

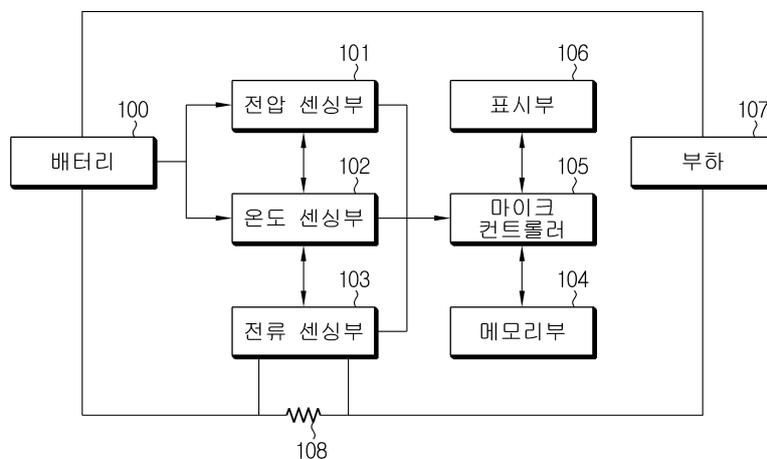
- <113> 도 7은 12개의 배터리 각각에 대한 실제 저항, 저항 파라미터에 의해 추정된 배터리 저항, 실제 저항과 추정 저항의 오차를 표로 나타낸 도면이다.
- <114> 도 7을 참조하면, 본 발명에 따라 추정된 배터리 저항은 실제 저항과 대비하여 3% 이내의 오차를 보였다. 따라서 본 발명은 높은 정확도로 배터리 저항을 추정할 수 있으며, 배터리 저항으로부터 계산되는 파라미터인 배터리 저항 퇴화 또한 정확하게 추정할 수 있음을 알 수 있다.
- <115> 이상에서 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 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.

도면의 간단한 설명

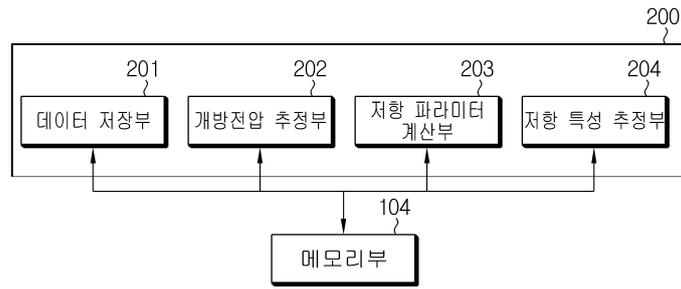
- <116> 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되지 않아야 한다.
- <117> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 장치의 구성도이다.
- <118> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 배터리 저항 특성 추정 프로그램의 블록 구성도이다.
- <119> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 배터리 전압 거동을 이용한 배터리 저항 특성 추정 방법의 순서도이다.
- <120> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 배터리 전압 거동을 이용한 개방전압 추정 방법의 순서도이다.
- <121> 도 5는 충방전 시험을 수행하는 과정에서 직접 측정한 배터리 전압과 본 발명에 따라 추정된 개방 전압이 IR 드롭 현상에 의해 차이를 보이는 양상을 도시한 그래프이다.
- <122> 도 6은 배터리에 대해 충방전 시험을 수행하면서 주기적으로 배터리 전류 및 전압을 측정하고 각 측정 시점에서 배터리 전압 거동을 이용하여 배터리 개방전압을 추정하고 각 측정 시점마다 저항 파라미터를 계산한 결과를 그래프로 나타낸 도면이다.
- <123> 도 7은 12개의 실험 대상 배터리 각각에 대한 실제 저항, 추정 저항, 그리고 실제 저항을 기준으로 한 추정 저항의 오차를 계산하여 표로 나타낸 도면이다.

도면

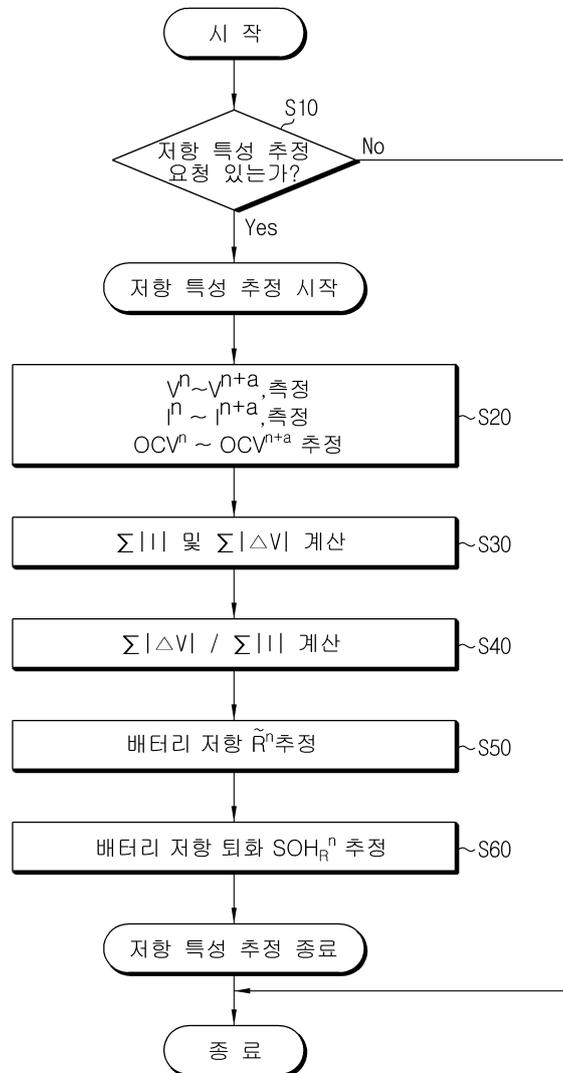
도면1



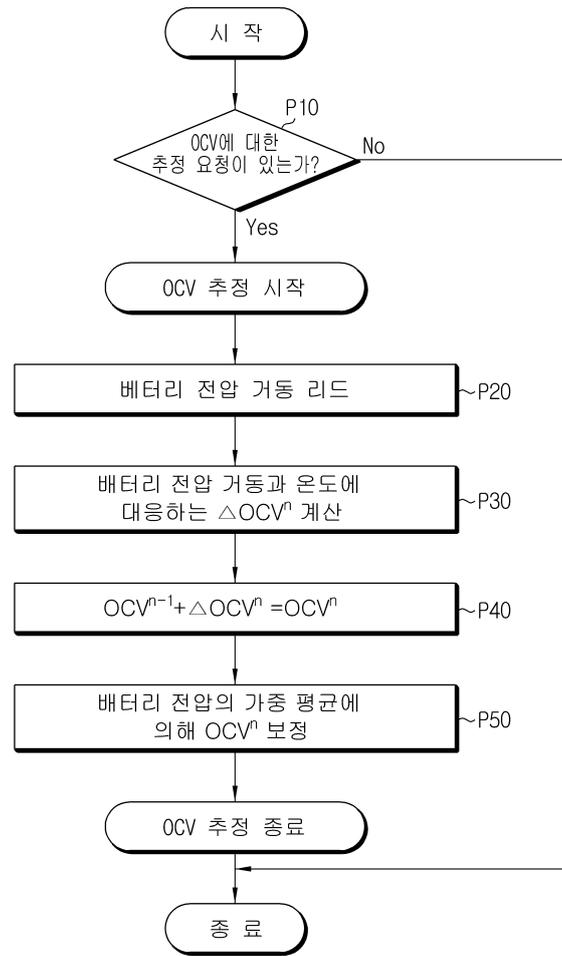
도면2



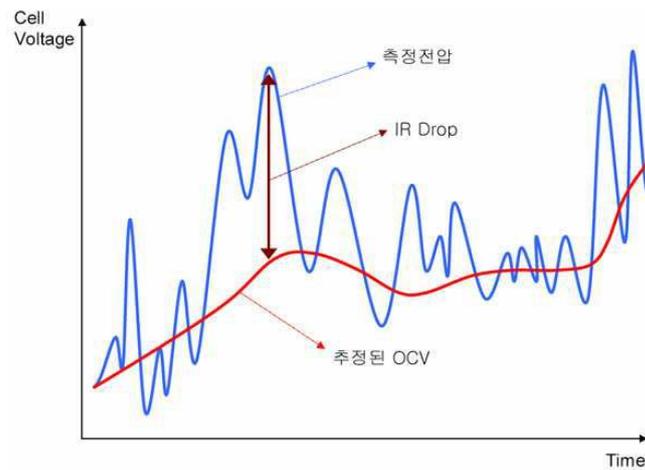
도면3



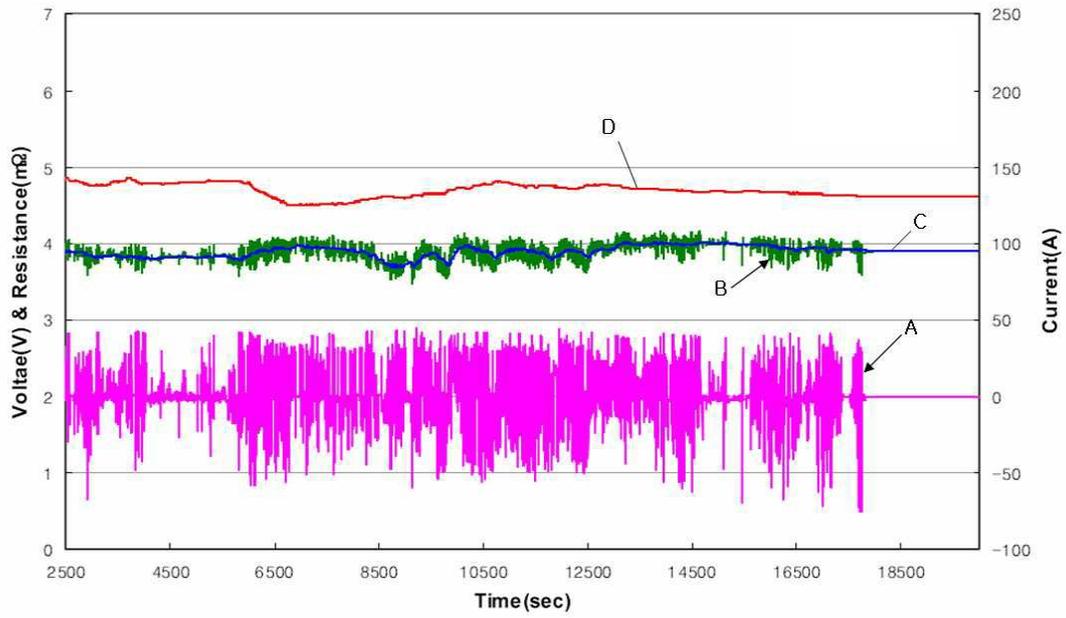
도면4



도면5



도면6



도면7

채널	실제저항(mΩ)	추정저항(mΩ)	추정 저항오차
1	7.0	7.3	0.3
2	4.9	5.0	0.1
3	4.8	4.9	0.1
4	3.4	3.5	0.1
5	3.5	3.5	0.0
6	3.4	3.5	0.1
7	3.7	3.7	0.0
8	3.7	3.7	0.0
9	3.7	3.7	0.0
10	4.5	4.6	0.1
11	4.5	4.6	0.1
12	4.5	4.6	0.1