



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년05월27일
(11) 등록번호 10-1398465
(24) 등록일자 2014년05월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/36 (2006.01) G01R 19/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0133873
(22) 출원일자 2012년11월23일
심사청구일자 2012년11월23일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020060097581 A*
KR1020080000160 A*
KR1020110081604 A
KR1020080023934 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기술교육대학교 산학협력단
충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)
(72) 발명자
정상만
충남 천안시 서북구 충무로 124-24, 111동 702호 (쌍용동, 현대아이파크홈타운)
유승열
충남 천안시 동남구 일봉로 71, 102동 401호 (용곡동, 동일하이빌1단지아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 양찬호

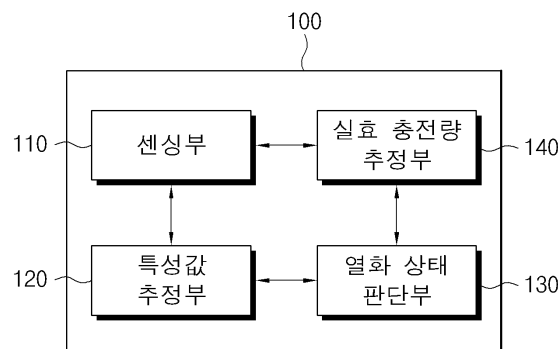
(54) 발명의 명칭 배터리 상태 판단 장치 및 그 판단 방법

(57) 요약

본 발명은 배터리 상태 판단 장치 및 그 판단 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 상태 판단 장치는, 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 상태 판단 장치는, 배터리의 충방전시에 전류 및 전압 신호를 센싱하는 센싱부와, 상기 센싱된 전류 및 전압 신호의 특성을 이용하여 상기 배터리의 등가 회로 모델에 대한 복수의 특성값을 추정하는 특성값 추정부와, 상기 추정된 등가 회로 모델의 복수의 특성값 중 적어도 하나를 이용하여 상기 배터리의 열화 상태를 판단하는 열화 상태 판단부와, 상기 배터리의 개방 전압 정보와 상기 열화 상태 정보를 이용하여 상기 배터리의 실효 충전량을 추정하는 실효 충전량 추정부를 포함한다.

본 발명에 따르면, 배터리의 충방전시에 캐패시턴스를 추정하여 배터리의 열화 상태를 판단할 수 있다. 또한, 배터리의 충방전시에 개방 전압을 추정하고, 열화 상태 정보를 이용하여 보다 신속하고 정확하게 배터리의 실효 충전량을 추정할 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

배터리의 충방전시에 전류 및 전압 신호를 센싱하는 센싱부;

상기 센싱된 전류 및 전압 신호의 특성을 이용하여 상기 배터리의 등가 회로 모델에 대한 복수의 특성값인 두 저항값(R , R_0)과 두 캐패시터값(C_0 , C_e)을 추정하고, 상기 추정된 복수의 특성값을 이용하여 상기 배터리의 개방 전압을 추정하는 특성값 추정부;

상기 추정된 등가 회로 모델의 복수의 특성값 중 상기 배터리의 개방 전압을 발생시키는 캐패시터값(C_e)을 이용하여 상기 배터리의 열화 상태를 판단하는 열화 상태 판단부; 및

상기 배터리의 개방 전압 정보와 상기 열화 상태 정보를 이용하여 상기 배터리의 실효 충전량을 추정하는 실효 충전량 추정부를 포함하며,

상기 특성값 추정부는,

상기 센싱된 스텝 응답 신호와 상기 등가 회로 모델 간의 관계식을 이용하여 ARMAX(Autoregressive model with exogenous inputs) 모델을 생성하고, 상기 생성된 ARMAX 모델에 계수추정법을 적용하여 상기 복수의 특성값을 추정하며,

상기 복수의 특성값 중 상기 R 은 상기 배터리의 저항 모델, 상기 R_0 및 C_0 는 상기 배터리의 알씨(RC) 모델, 상기 C_e 는 상기 배터리의 캐패시터 모델을 나타내는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 특성값 추정부는,

상기 배터리의 충방전시 전압이 즉시 강하되는 저항 모델, 전압이 정상상태 값에 수렴하는 알씨(RC) 모델 및 전압이 기울기를 가지고 강하되는 캐패시터 모델 중 적어도 하나를 포함하는 등가 회로 모델을 생성하는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 특성값 추정부는,

상기 ARMAX 모델을 다음의 수학적식을 이용하여 구하는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 장치:

$$\begin{aligned} & v_{k+2} + \left(\frac{\Delta t}{R_D C_D} - 2 \right) v_{k+1} + \left(1 - \frac{\Delta t}{R_D C_D} \right) v_k \\ &= -R i_{k+2} + \left\{ 2R - \left(\frac{C_D}{C_O} + 1 + \frac{R}{R_D} \right) \frac{\Delta t}{C_D} \right\} i_{k+1} \\ &+ \left\{ -R + \left(\frac{C_D}{C_O} + 1 + \frac{R}{R_D} \right) \frac{\Delta t}{C_D} - \frac{\Delta t^2}{R_D C_O C_D} \right\} i_k \end{aligned}$$

여기서, v_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전압, i_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전류, R 은 상기 배터리의 저항 모델, R_D 및 C_D 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델, C_O 는 상기 배터리의 캐패시터 모델을 나타낸다.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 특성값 추정부는,

다음의 수학적식 1 및 수학적식 2를 이용하여 상기 배터리의 개방 전압(v_o)을 추정하는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 장치:

[수학적식 1]

$$\begin{bmatrix} v_{O,k+1} \\ v_{D,k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{R_D C_D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{O,k} \\ v_{D,k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{\Delta t}{C_O} \\ \frac{\Delta t}{C_D} \end{bmatrix} i_k$$

[수학적식 2]

$$v_k = [1 \quad -1] \begin{bmatrix} v_{O,k} \\ v_{D,k} \end{bmatrix} - R i_k$$

여기서, v_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전압, i_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전류, R 은 상기 배터리의 저항 모델, R_D 및 C_D 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델, C_O 는 상기 배터리의 캐패시터 모델, v_o 는 상기 배터리의 캐패시터 전압, v_D 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델 전압을 나타낸다.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 열화 상태 판단부는,

상기 추정된 배터리의 캐패시터 모델의 특성값이 기 설정된 범위를 벗어나는 경우, 상기 배터리의 상태를 열화 상태로 판단하는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 실효 충전량 추정부는,

다음의 수학적식을 이용하여 상기 추정된 배터리의 캐패시터 모델의 특성값(C_o)과 개방 전압(v_o)을 이용하여 연산된 현재 시점의 전하량과, 기 설정된 정상 상태에서의 전하량의 비율에 따라 상기 배터리의 실효 충전량을 추정하는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 장치:

$$Z(\%) = \frac{C_{O,e} \times v_{O,e}}{C_{O,1} \times v_{O,1}} \times 100$$

여기서, $C_{o,e}$ 는 현 시점에서 추정된 상기 캐패시터 모델의 특성값, $v_{o,e}$ 는 현 시점에서 추정된 상기 개방 전압의 특성값, $C_{o,1}$ 은 기 설정된 정상 배터리의 캐패시터 모델의 특성값, $v_{o,1}$ 은 기 설정된 정상 배터리의 개방 전압의 특성값을 나타낸다.

청구항 8

배터리 상태 판단 장치의 배터리 상태 판단 방법에 있어서,

배터리의 충방전시에 전류 및 전압 신호를 센싱하는 단계;

상기 센싱된 전류 및 전압 신호의 특성을 이용하여 상기 배터리의 등가 회로 모델에 대한 복수의 특성값인 두 저항값(R , R_0)과 두 캐패시터값(C_0 , C_o)을 추정하고, 상기 추정된 복수의 특성값을 이용하여 상기 배터리의 개방 전압을 추정하는 단계;

상기 추정된 등가 회로 모델의 복수의 특성값 중 상기 배터리의 개방 전압을 발생시키는 캐패시터값(C_o)을 이용하여 상기 배터리의 열화 상태를 판단하는 단계; 및

상기 배터리의 개방 전압 정보와 상기 열화 상태 정보를 이용하여 상기 배터리의 실효 충전량을 추정하는 단계를 포함하며,

상기 특성값을 추정하는 단계는,

상기 센싱된 스텝 응답 신호와 상기 등가 회로 모델 간의 관계식을 이용하여 ARMAX(Autoregressive model with exogenous inputs) 모델을 생성하고, 상기 생성된 ARMAX 모델에 계수추정법을 적용하여 상기 복수의 특성값을 추정하며,

상기 복수의 특성값 중 상기 R 은 상기 배터리의 저항 모델, 상기 R_0 및 C_0 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델, 상기 C_o 는 상기 배터리의 캐패시터 모델을 나타내는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 특성값을 추정하는 단계는,

상기 배터리의 충방전시 전압이 즉시 강하되는 저항 모델, 전압이 정상상태 값에 수렴하는 알짜(RC) 모델 및 전압이 기울기를 가지고 강하되는 캐패시터 모델 중 적어도 하나를 포함하는 등가 회로 모델을 생성하는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 특성값을 추정하는 단계는,

상기 ARMAX 모델을 다음의 수학적식을 이용하여 구하는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 방법:

$$\begin{aligned} & v_{k+2} + \left(\frac{\Delta t}{R_D C_D} - 2 \right) v_{k+1} + \left(1 - \frac{\Delta t}{R_D C_D} \right) v_k \\ &= -R i_{k+2} + \left\{ 2R - \left(\frac{C_D}{C_O} + 1 + \frac{R}{R_D} \right) \frac{\Delta t}{C_D} \right\} i_{k+1} \\ &+ \left\{ -R + \left(\frac{C_D}{C_O} + 1 + \frac{R}{R_D} \right) \frac{\Delta t}{C_D} - \frac{\Delta t^2}{R_D C_O C_D} \right\} i_k \end{aligned}$$

여기서, v_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전압, i_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전류, R 은 상기 배터리의 저항 모델, R_D 및 C_D 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델, C_O 는 상기 배터리의 캐패시터 모델을 나타낸다.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 특성값을 추정하는 단계는,

다음의 수학적식 1 및 수학적식 2를 이용하여 상기 배터리의 개방 전압(v_o)을 추정하는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 방법:

[수학적식 1]

$$\begin{bmatrix} v_{O,k+1} \\ v_{D,k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{R_D C_D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{O,k} \\ v_{D,k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{\Delta t}{C_O} \\ \frac{\Delta t}{C_D} \end{bmatrix} i_k$$

[수학적식 2]

$$v_k = [1 \quad -1] \begin{bmatrix} v_{O,k} \\ v_{D,k} \end{bmatrix} - R i_k$$

여기서, v_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전압, i_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전류, R 은 상기 배터리의 저항 모델, R_0 및 C_0 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델, C_0 는 상기 배터리의 캐패시터 모델, v_0 는 상기 배터리의 캐패시터 전압, v_0 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델 전압을 나타낸다.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 열화 상태를 판단하는 단계는,

상기 추정된 배터리의 캐패시터 모델의 특성값이 기 설정된 범위를 벗어나는 경우, 상기 배터리의 상태를 열화 상태로 판단하는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 배터리의 실효 충전량을 추정하는 단계는,

다음의 수학적식을 이용하여 상기 추정된 배터리의 캐패시터 모델의 특성값(C_0)과 개방 전압(v_0)을 이용하여 연산된 현재 시점의 전하량과, 기 설정된 정상 상태에서의 전하량의 비율에 따라 상기 배터리의 실효 충전량을 추정하는 것을 특징으로 하는 배터리 상태 판단 방법:

$$Z(\%) = \frac{C_{O,e} \times v_{O,e}}{C_{O,1} \times v_{O,1}} \times 100$$

여기서, $C_{0,e}$ 는 현 시점에서 추정된 상기 캐패시터 모델의 특성값, $v_{0,e}$ 는 현 시점에서 추정된 상기 개방 전압의 특성값, $C_{0,1}$ 은 기 설정된 정상 배터리의 캐패시터 모델의 특성값, $v_{0,1}$ 은 기 설정된 정상 배터리의 개방 전압의 특성값을 나타낸다.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 배터리 상태 판단 장치 및 그 판단 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 배터리의 등가 회로 모델의 특성값을 이용하여 배터리 상태를 판단하는 기술이 개시된다.

배경기술

[0002] 종래의 배터리의 방전상태, 즉 충전 잔량을 측정하는 방법에는 직접측정법, SG 측정법, 전압기반 충전량 추정방법, 전류기반 충전량 추정 방법이 구현되어 왔다. 다양한 방법을 통해 구현이 되고 있으나, 그 정확도면에서 신뢰할 수 없는 수준의 것들이 일반적이었다.

[0003] 예를 들어, 전압기반 충전량 추정방법은 배터리 셀의 전압을 사용하여 충전량 혹은 잔존량을 계산하는 방법이다. 그 계산 결과는 전압뿐만 아니라 온도, 방전 속도, 그리고 셀의 노화 정도에 따라 다양하게 변하므로 만족할 만한 수준의 정확도를 얻기 위해서는 이러한 요소들에 대한 보상이 필요하다. 그러나 다른 종류의 배터리에서는 문제가 될 수 있는데 특별히 Li-ion 셀에서는 대부분의 충방전 사이클에서 전압의 변화가 매우 적은 문제가 있다.

[0004] 이 경우, 셀이 방전됨에 따라 셀 전압이 심하게 낮아지지 않는다는 점은 배터리의 응용에 있어서는 매우 좋은 일이나, 한편으로 그러한 이유 때문에 셀 전압을 충전량의 척도로 삼는 것은 문제가 있다. 방전 사이클의 끝부분에 급격한 전압 강하는 배터리의 완전 방전을 표시하는데 이용할 수 있지만 많은 응용 시스템에서는 이러한 경고가 좀 더 일찍 발생해야 하는 문제가 있다. 즉, Li-ion 셀의 셀 전압은 완전 방전을 나타내는 지표로는 사용할 수 있지만 실제 적용을 위해서는 좀 더 정확한 충전량의 계산이 필요하다는 한계가 있게 된다.

[0005] 한편, 전류기반 충전량의 추정방법은 셀에 입력되는 전류와 나가는 전류를 이용하여 충전량을 결정하는 방법이다. 즉 셀에 입출력되는 전류는 시간에 따라 전류의 흐름을 적분함으로써 얻을 수 있다. Coulomb counting으로 알려진 이 방법은 좀 더 높은 정확도를 보여주고 있지만 아직도 전압기반 방법에서와 같이 동작 조건에 대한 보상이 필요하다는 한계가 있다. 또한, Coulomb counting 방법은 모니터링 회로가 정기적으로 리셋 혹은 보상되지 않으면 전류 측정 오차를 계속 누적시키는 문제점이 있다.

[0006] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2008-0068659호(2008. 07. 23 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적인 과제는, 배터리의 충방전시에 캐패시턴스 또는 개방 전압을 추정하여 보다 신속하고 정확하게 배터리의 열화 상태 또는 충전량을 추정할 수 있는 배터리 상태 판단 장치 및 그 판단 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 상태 판단 장치는, 배터리의 충전시에 전류 및 전압 신호를 센싱하는 센싱부와, 상기 센싱된 전류 및 전압 신호의 특성을 이용하여 상기 배터리의 등가 회로 모델에 대한 복수의 특성값을 추정하는 특성값 추정부와, 상기 추정된 등가 회로 모델의 복수의 특성값 중 적어도 하나를 이용하여 상기 배터리의 열화 상태를 판단하는 열화 상태 판단부와, 상기 배터리의 개방 전압 정보와 상기 열화 상태 정보를 이용하여 상기 배터리의 실효 충전량을 추정하는 실효 충전량 추정부를 포함한다.

[0009] 또한, 상기 특성값 추정부는, 상기 배터리의 충방전시 전압이 즉시 강하되는 저항 모델, 전압이 정상상태 값에 수렴하는 알짜(RC) 모델 및 전압이 기울기를 가지고 강하되는 캐패시터 모델 중 적어도 하나를 포함하는 등가 회로 모델을 생성할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 특성값 추정부는, 상기 센싱된 스텝 응답 신호와 상기 등가 회로 모델 간의 관계식을 이용하여 ARMAX(Autoregressive model with exogenous inputs) 모델을 생성하고, 상기 생성된 ARMAX 모델에 계수추정법을 적용하여 상기 복수의 특성값을 추정할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 특성값 추정부는, 상기 ARMAX 모델을 다음의 수학적식을 이용하여 구할 수 있다:

$$\begin{aligned} & v_{k+2} + \left(\frac{\Delta t}{R_D C_D} - 2 \right) v_{k+1} + \left(1 - \frac{\Delta t}{R_D C_D} \right) v_k \\ &= -R i_{k+2} + \left\{ 2R - \left(\frac{C_D}{C_O} + 1 + \frac{R}{R_D} \right) \frac{\Delta t}{C_D} \right\} i_{k+1} \\ &+ \left\{ -R + \left(\frac{C_D}{C_O} + 1 + \frac{R}{R_D} \right) \frac{\Delta t}{C_D} - \frac{\Delta t^2}{R_D C_O C_D} \right\} i_k \end{aligned}$$

[0012]

[0013] 여기서, v_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전압, i_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전류, R 은 상기 배터리의 저항 모델, R_D 및 C_D 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델, C_O 는 상기 배터리의 캐패시터 모델을 나타낸다.

[0014] 또한, 상기 특성값 추정부는, 다음의 수학적식 1 및 수학적식 2를 이용하여 상기 배터리의 개방 전압(v_o)을 추정할 수 있다:

[0015] [수학식 1]

$$\begin{bmatrix} v_{O,k+1} \\ v_{D,k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{R_D C_D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{O,k} \\ v_{D,k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{\Delta t}{C_O} \\ \frac{\Delta t}{C_D} \end{bmatrix} i_k$$

[0016]

[0017] [수학식 2]

$$v_k = \begin{bmatrix} 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{O,k} \\ v_{D,k} \end{bmatrix} - R i_k$$

[0018]

[0019] 여기서, v_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전압, i_k 는 시간 k 에서 센싱된 상기 배터리의 전류, R 은 상기 배터리의 저항 모델, R_D 및 C_D 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델, C_O 는 상기 배터리의 캐패시터 모델, v_O 는 상기 배터리의 캐패시터 전압, v_D 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델 전압을 나타낸다.

[0020] 또한, 상기 열화 상태 판단부는, 상기 추정된 배터리의 캐패시터 모델의 특성값이 기 설정된 범위를 벗어나는 경우, 상기 배터리의 상태를 열화 상태로 판단할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 실효 충전량 추정부는, 다음의 수학식을 이용하여 상기 추정된 배터리의 캐패시터 모델의 특성값($C_{O,e}$)과 개방 전압(v_O)을 이용하여 연산된 현재 시점의 전하량과, 기 설정된 정상 상태에서의 전하량의 비율에 따라 상기 배터리의 열화 상태를 판단할 수 있다:

$$Z(\%) = \frac{C_{O,e} \times v_{O,e}}{C_{O,1} \times v_{O,1}} \times 100$$

[0022]

[0023] 여기서, $C_{O,e}$ 는 현 시점에서 추정된 상기 캐패시터 모델의 특성값, $v_{O,e}$ 는 현 시점에서 추정된 상기 개방 전압의 특성값, $C_{O,1}$ 은 기 설정된 정상 배터리의 캐패시터 모델의 특성값, $v_{O,1}$ 은 기 설정된 정상 배터리의 개방 전압의 특성값을 나타낸다.

[0024] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 배터리 상태 판단 방법은, 배터리의 충방전시에 전류 및 전압 신호를 센싱하는 단계와, 상기 센싱된 전류 및 전압 신호의 특성을 이용하여 상기 배터리의 등가 회로 모델에 대한 복수의 특성값을 추정하는 단계와, 상기 추정된 등가 회로 모델의 복수의 특성값 중 적어도 하나를 이용하여 상기 배터리의 열화 상태를 판단하는 단계와, 상기 배터리의 개방 전압 정보와 상기 열화 상태 정보를 이용하여 상기 배터리의 실효 충전량을 추정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0025] 이에 따라, 배터리의 충방전시에 캐패시턴스를 추정하여 배터리의 열화 상태를 판단할 수 있다. 또한, 배터리의 충방전시에 개방 전압을 추정하고, 열화 상태 정보를 이용하여 보다 신속하고 정확하게 배터리의 실효 충전량을 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 상태 판단 장치의 구성도이다.

도 2는 도 1에 따른 배터리 상태 판단 장치의 배터리 상태 방법의 흐름도이다.

도 3은 도 2에 따른 배터리 상태 판단 방법에 이용되는 배터리 등가 회로 모델의 예시도이다.

도 4는 도 2에 따른 배터리 상태 판단 방법 중 캐패시터 모델의 특성값을 추정하여 배터리의 상태를 판단하는 것을 설명하기 위한 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 구성 및 작용을 구체적으로 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성요소는 동일한 참조부여를 부여하고, 이에 대한 중복설명은 생략하기로 한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 상태 판단 장치의 구성도이고, 도 2는 도 1에 따른 배터리 상태 판단 장치의 배터리 상태 방법의 흐름도이다.
- [0029] 여기서, 배터리라는 용어는 건전지, 연료 전지를 포함하는 화학 전지로 사용자의 설정에 의해 복수의 연료 전지가 스택 구조로 형성될 수도 있으나, 반드시 이에 한정하는 것은 아니다.
- [0030] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 상태 판단 장치(100)는 센싱부(110), 특성값 추정부(120), 열화 상태 판단부(130) 및 실효 충전량 추정부(140)를 포함한다.
- [0031] 센싱부(110)는 먼저 배터리로부터 충전 또는 방전에 따른 전류 및 전압 신호를 센싱한다(S210). 예를 들어, 센싱부(110)는 전압계 또는 전류계를 이용하여 구성할 수 있다.
- [0032] 다음으로, 특성값 추정부(120)는 배터리의 전류 및 전압 신호의 특성을 이용하여 배터리의 등가 회로 모델에 대한 복수의 특성값을 추정한다(S230). 여기서, 특성값은 등가 회로 모델의 계수값 또는 등가 회로 모델에 대한 전류값 또는 전압값을 포함하는 의미로 사용된다.
- [0033] 또한, 특성값 추정부(120)는 배터리의 충방전시 전압이 즉시 강하되는 저항 모델, 전압이 정상상태 값에 수렴하는 알짜(RC) 모델 및 전압이 기울기를 가지고 강하되는 캐패시터 모델 중 적어도 하나를 포함하는 등가 회로 모델을 이용할 수 있다.
- [0034] 또한, 특성값 추정부(120)는 센싱된 스텝 응답 신호와 등가 회로 모델 간의 관계식을 이용하여 ARMAX(Autoregressive model with exogenous inputs) 모델을 생성하고, ARMAX 모델에 계수추정법을 적용하여 등가 회로 모델에 대한 복수의 특성값을 추정한다.
- [0035] 이하, 도 3에 도시된 배터리의 등가 회로 모델을 이용하여 ARMAX 모델을 생성하는 것을 설명하도록 한다.
- [0036] 도 3을 참조하면, 분석 대상인 배터리의 등가 회로 모델은 3가지 부분 모델로 구성되며, 응답 특성에 따라 R은 배터리의 저항 모델, 병렬로 연결된 R_D 및 C_D 는 배터리의 알짜(RC) 모델, C_0 는 배터리의 캐패시터 모델로 설정된다. 또한, 저항 모델, 알짜 모델 및 캐패시터 모델이 서로 직렬로 연결되며, 모델 간의 배열 순서는 사용자의 설정에 의해 달라질 수 있다.
- [0037] 또한, 특성값 추정부(120)는 배터리 외부 단자에서 센싱되는 전류(i), 전압(v)에 대하여 도 3의 등가 회로 모델을 이용하여 $i = -C_0(dv_0/dt)$, $v = v_0 - (v_D + i \cdot R)$, $i = v_D/R_D + C_D(dv_D/dt)$ 와 같은 관계식을 생성할 수 있다. 여기서, v_0 는 캐패시터 모델(C_0)의 양단 전압으로, 등가 회로 모델의 개방 전압을 나타내고, v_D 는 알짜(RC) 모델의 양단 전압을 나타낸다.
- [0038] 그러나, v_0 와 v_D 는 배터리로부터 직접 측정할 수 없으므로, 배터리 외부 단자에서 센싱되는 전류(i), 전압(v)에 대한 ARMAX 모델을 이용하여, 이산 시간 영역의 ARMAX 모델로 근사화하면, 다음의 수학식 1을 구할 수 있다.

수학식 1

$$\begin{aligned}
 & v_{k+2} + \left(\frac{\Delta t}{R_D C_D} - 2 \right) v_{k+1} + \left(1 - \frac{\Delta t}{R_D C_D} \right) v_k \\
 &= -R i_{k+2} + \left\{ 2R - \left(\frac{C_D}{C_O} + 1 + \frac{R}{R_D} \right) \frac{\Delta t}{C_D} \right\} i_{k+1} \\
 &+ \left\{ -R + \left(\frac{C_D}{C_O} + 1 + \frac{R}{R_D} \right) \frac{\Delta t}{C_D} - \frac{\Delta t^2}{R_D C_O C_D} \right\} i_k
 \end{aligned}$$

[0039]

[0040]

수학식 1에서, v_k 는 시간 k 에서 센싱된 배터리의 전압, i_k 는 시간 k 에서 센싱된 배터리의 전류, R 은 기 배터리의 저항 모델, R_D 및 C_D 는 상기 배터리의 알짜(RC) 모델, C_O 는 상기 배터리의 캐패시터 모델을 나타낸다. 수학식 1은 배터리 등가 회로 모델에 대한 연속 시간 영역에서의 ARMAX 모델을 오일러 근사법을 이용하여 이산 시간 영역으로 근사화한 식이다.

[0041]

또한, 수학식 1의 ARMAX 모델을 계수추정법을 이용하여 특성값을 추정하게 된다. 수학식 1을 지연 연산자(delay operator)인 z^{-1} 을 이용하여 표현하면, $(1+a_1z^{-1}+a_2z^{-2})v_k=(b_0+b_1z^{-1}+b_2z^{-2})i_k$ 이며, a_i 와 b_i 는 등가 회로 모델의 특성값으로 표현이 가능하며, 노이즈를 감안하면 $(1+a_1z^{-1}+a_2z^{-2})v_k=(b_0+b_1z^{-1}+b_2z^{-2})i_k+(1+c_1z^{-1}+\dots+c_lz^{-l})e_k$ 로 변형할 수 있다. e_k 는 백색잡음으로 가정할 수 있으며 c_i 는 유색(colored) 노이즈를 반영하기 위한 부분이다. 계수추정법은 여러가지 방법이 있으며 대표적인 방법으로 예측 오차법이 있다. 여기서는 예측 오차법을 기준으로 설명한다. 예측 오차법은 예측 오차(ϵ)의 제곱 형태의 가격 함수($V_N(\theta)$)를 최소화하도록 계수 a_i 와 b_i 및 c_i 를 추정하는 방법으로, 다음의 수학식 2를 이용하게 된다.

수학식 2

$$\begin{aligned}
 V_N(\theta) &= \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \epsilon_k^2(\theta) \\
 &= \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_k - \hat{y}_{k/k-1, \theta})^2(\theta)
 \end{aligned}$$

[0042]

[0043]

수학식 2에서, ϵ_k 는 시간 k 에서의 예측 오차를, θ 는 계수 a_i 와 b_i 및 c_i 로 이루어진 벡터, $(\hat{y}_k)_{k-1, \theta}$ 는 시간 $k-1$ 까지의 출력과 계수 벡터 θ 가 주어진 경우의 시간 k 에서의 출력 y_k 의 예측값을 나타낸다. 수학식 2의 가격 함수($V_N(\theta)$)를 수치적으로 최소화하는 계수 벡터(θ)는 Newton-Rapson 알고리즘을 이용하여 구할 수 있다. 이 경우, a_i 와 b_i 및 c_i 가 추정되면 연립방정식으로부터 R , R_D , C_D 및 C_O 를 계산할 수 있다.

[0044]

또한, 특성값 추정부(120)는 다음의 수학식 3 및 수학식 4를 이용하여 배터리의 개방 전압(v_o)의 특성값을 추정

할 수 있다. 여기서, 개방 전압(v_o)은 캐패시터 모델(C_o)의 양 단 전압과 동일한 의미이다.

수학식 3

$$\begin{bmatrix} v_{O,k+1} \\ v_{D,k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\Delta t}{R_D C_D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{O,k} \\ v_{D,k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{\Delta t}{C_O} \\ \frac{\Delta t}{C_D} \end{bmatrix} i_k$$

[0045]

수학식 4

$$v_k = [1 \quad -1] \begin{bmatrix} v_{O,k} \\ v_{D,k} \end{bmatrix} - R i_k$$

[0046]

[0047] 수학식 3 및 수학식 4에서, v_k 는 시간 k 에서 센싱된 배터리의 전압, i_k 는 시간 k 에서 센싱된 배터리의 전류, R 은 배터리의 저항 모델, R_D 및 C_D 는 배터리의 알짜(RC) 모델, C_o 는 배터리의 캐패시터 모델, v_o 는 배터리의 캐패시터 모델의 전압, v_D 는 배터리의 알짜(RC) 모델 전압을 나타낸다. 이 경우, R , R_D , C_D 및 C_o 는 상기 ARMAX 모델 계수 추정에 의해 구한 값을 사용한다.

[0048] 수학식 3은 선형 칼만 필터를 이용한 배터리의 시스템식이며, 수학식 4는 배터리의 측정식이다.

[0049] 다시 도 1 및 도 2를 참조하면, 열화 상태 판단부(130)는 추정된 등가 회로 모델의 복수의 특성값 중 적어도 하나를 이용하여 배터리의 열화 상태를 판단한다(S240).

[0050] 또한, 열화 상태 판단부(130)는 추정된 배터리의 캐패시터 모델의 특성값이 기 설정된 범위를 벗어나는 경우, 배터리의 상태를 열화 상태로 판단할 수 있다. 즉, 배터리의 등가 회로 모델 중 캐패시터 모델에 대한 특성값이 추정되면 이를 이용하여 배터리의 열화 상태를 판단할 수 있다. 이는 배터리 등가 회로 모델 중 캐패시터 모델의 추정된 특성값이 배터리의 정상 상태와 비정상 상태 간에 가장 큰 차이를 보이기 때문이다.

[0051] 도 4는 도 2에 따른 배터리 상태 판단 방법 중 캐패시터 모델의 특성값을 추정하여 배터리의 상태를 판단하는 것을 설명하기 위한 예시도이다.

[0052] 도 4를 참조하면, 시간을 x 축으로 하고, 캐패시터 모델(C_o)의 추정값을 y 축으로 하는 캐패시터 모델의 특성 곡선을 이용하여 배터리의 교체 시점을 판단할 수 있다. 여기서, 캐패시터 모델의 특성 곡선은 사용자에게 의해 기 설정된 것이라 가정한다. 예를 들어, c_1 은 배터리 정상 상태에서의 추정된 캐패시터 모델의 특성값, c_2 는 배터리 비정상 상태에서의 추정된 캐패시터 모델의 특성값, c_e 는 추정 시점(t_1)에서 추정된 캐패시터 모델의 특성값을 나타낸다.

[0053] 현 시점에서 추정된 배터리의 캐패시터 모델의 특성값(c_e)이 c_1 과 c_2 사이에 위치하는 경우, 현재 배터리의 상태

는 정상으로 판단하게 되고, c_2 보다 작은 경우에는 배터리의 상태를 비정상으로 판단하게 된다. 또한, 배터리의 상태가 정상이라고 판단한 경우에는 배터리 비정상 상태에서의 캐패시터 모델의 특성값(c_2)까지의 잔여 시간($t_2 - t_1$)을 연산함으로써 배터리 교체 시점을 파악할 수 있다.

[0054] 한편, 실효 충전량 추정부(140)는 추정된 배터리의 캐패시터 모델의 특성값(C_o)과 개방 전압(v_o)을 이용하여 얻어진 현재 시점의 전하량과, 기 설정된 정상 상태에서의 전하량의 비율에 따라 배터리의 실효 충전량을 추정할 수 있다. 현 시점에서의 배터리의 실효 충전 잔존량($Z(\%)$)은 다음의 수학식 5를 이용하여 구할 수 있다.

수학식 5

$$Z(\%) = \frac{C_{O,e} \times v_{O,e}}{C_{O,1} \times v_{O,1}} \times 100$$

[0055]

[0056] 수학식 5에서, $C_{o,e}$ 는 현 시점에서 추정된 캐패시터 모델의 특성값, $v_{o,e}$ 는 현 시점에서 추정된 개방전압의 특성값, $C_{o,1}$ 은 기 설정된 정상 배터리의 캐패시터 모델의 특성값, $v_{o,1}$ 은 기 설정된 정상 배터리의 개방 전압의 특성값을 나타낸다.

[0057] 이와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면 배터리의 충방전시에 캐패시턴스를 추정하여 배터리의 열화 상태를 판단할 수 있다. 또한, 배터리의 충방전시에 개방 전압을 추정하고, 열화 상태 정보를 이용하여 보다 신속하고 정확하게 배터리의 실효 충전량을 추정할 수 있다.

[0058] 전술한 바와 같은 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였다. 그러나 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 변형이 가능하다. 본 발명의 기술적 사상은 본 발명의 기술한 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0059]

100 : 배터리 상태 판단 장치

110 : 센싱부

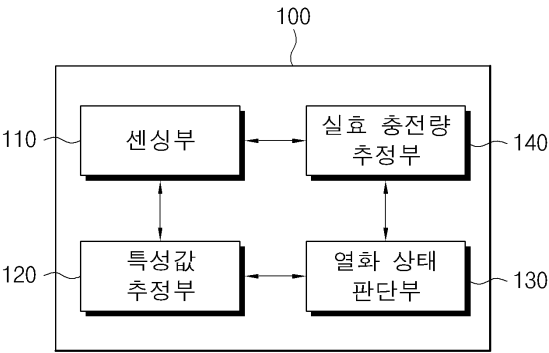
120 : 특성값 추정부

130 : 열화 상태 판단부

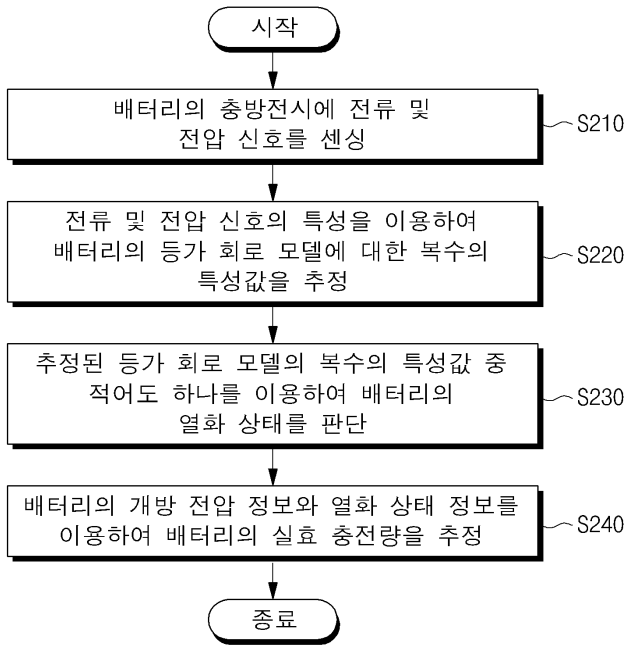
140 : 실효 충전량 추정부

도면

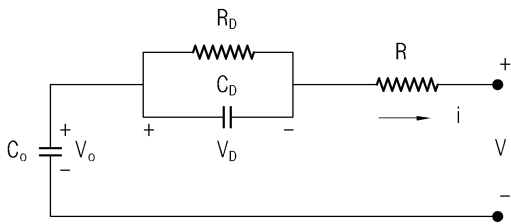
도면1



도면2



도면3



도면4

