



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2008년07월30일  
 (11) 등록번호 10-0849114  
 (24) 등록일자 2008년07월23일

(51) Int. Cl.

H02J 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2002-7009553  
 (22) 출원일자 2002년07월25일  
 심사청구일자 2006년11월16일  
 번역문제출일자 2002년07월25일  
 (65) 공개번호 10-2002-0070516  
 (43) 공개일자 2002년09월09일  
 (86) 국제출원번호 PCT/EP2001/013561  
 국제출원일자 2001년11월20일  
 (87) 국제공개번호 WO 2002/44743  
 국제공개일자 2002년06월06일

(30) 우선권주장

00204262.0 2000년11월30일  
 유럽특허청(EPO)(EP)

(56) 선행기술조사문헌

JP12150003 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

코닌클리케 필립스 일렉트로닉스 엔.브이.

네덜란드왕국, 아인트호펜, 그로네보르스베그 1

(72) 발명자

페일, 한스

네덜란드, 아아아인트호벤5656, 프로프. 홀스트란6

베르그벨드, 헨드릭, 에이.

네덜란드, 아아아인트호벤5656, 프로프. 홀스트란6

반빅, 요한, 에르., 헤., 세., 엠.

네덜란드, 아아아인트호벤5656, 프로프. 홀스트란6

(74) 대리인

문경진

전체 청구항 수 : 총 8 항

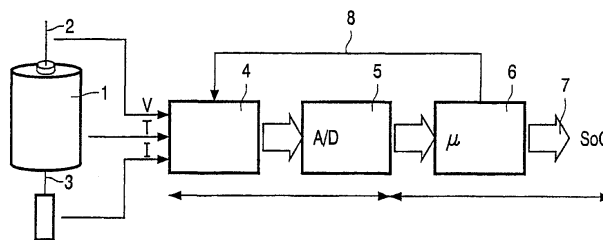
심사관 : 박태식

**(54) 재충전 가능한 배터리의 남은 사용 시간뿐만 아니라 충전상태를 예측하는 방법**

**(57) 요약**

재충전 가능한 리튬 배터리의 충전 상태를 추정하는 방법이 개시된다. 상기 방법의 제 1 단계는 배터리가 평형 상태인지 비-평형 상태인지를 결정하는 것이다. 만약 배터리가 평형 상태인 것으로 결정된다면, 배터리 양단의 전압이 측정되어 평형 충전 상태값으로 변환된다. 만약 배터리가 비-평형 상태라면, 배터리로부터 회수되거나 배터리에 공급된 충전값은 전류 적분에 의해 계산되며, 이 충전값은 앞서 계산된 충전 상태값에서 빼지거나 여기에 더해진다. 미리 결정된 조건 하에서 애플리케이션이 사용될 수 있는 시간을 추정하는 방법이 또한 개시된다.

**대표도 - 도1**



(81) 지정국

국내특허 : 일본, 대한민국

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 리히  
텐슈타인, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국,  
그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코,  
네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

삭제

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

재충전 가능한 리튬 배터리를 위한 충전 상태를 추정하는 방법으로서,

상기 배터리가 평형 상태인지 비-평형 상태인지를 결정하는 단계와;

만약 상기 배터리가 평형 상태라면, 상기 배터리 양단의 전압을 측정하여, 이 측정된 전압을 평형 충전 상태값으로 변환하는 단계와;

만약 상기 배터리가 비-평형 상태라면, 전류 적분(current integration)에 의해 상기 배터리로부터 회수되거나 상기 배터리에 공급된 충전값(전하량 : charge)을 계산하여, 앞에서 계산된 충전 상태값에서 이 충전값을 빼거나 상기 계산된 충전값에 이 충전값을 더하는 단계

를 포함하며,

상기 평형 상태에서, 상기 배터리 양단의 상기 측정된 전압은 저장된 특성 전압 대 충전 상태 곡선을 사용하여 평형 충전 상태값으로 변환되며,

상기 저장된 특성 전압 대 충전 상태 곡선은 EMF(electromotive force : 기전력) 곡선을 포함하는 것을 특징으로 하는, 충전 상태 추정 방법.

**청구항 4**

제 3 항에 있어서, 앞서 계산된 상기 충전 상태값은 초기 충전 상태값이거나 이전의 평형 충전 상태값일 수 있는 것을 특징으로 하는, 충전 상태 추정 방법.

**청구항 5**

제 4 항에 있어서, 상기 초기 충전 상태값은 상기 초기 상태에서 상기 배터리 양단의 전압을 측정하고 이 측정된 전압을 초기 상태 충전 상태값으로 변환함으로써 얻어지는 것을 특징으로 하는, 충전 상태 추정 방법.

**청구항 6**

미리 한정된 용량을 갖는 애플리케이션이 사용될 수 있는 시간을 추정하는 방법으로서,

제 3 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 기재된 배터리의 상기 충전 상태를 결정하는 단계와;

상기 배터리 전압을 평형 상태에 있는 배터리의 전압과 과전위(overpotential)의 합으로 계산하는 단계를 포함하는, 시간 추정 방법.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서, 상기 과전위는 시간에 따라 변화되는 것을 특징으로 하는, 시간 추정 방법.

**청구항 8**

제 6 항에 있어서, 상기 과전위는 온도에 따라 변화되는 것을 특징으로 하는, 시간 추정 방법.

**청구항 9**

제 6 항에 있어서, 상기 과전위는 용량에 따라 변화되는 것을 특징으로 하는, 시간 추정 방법.

**청구항 10**

제 6 항에 있어서, 상기 과전위는, 상기 배터리의 나머지 용량에 따라 변화되는 것을 특징으로 하는, 시간 추정 방법.

**청구항 11**

삭제

**명세서**

**기술분야**

<1> 본 발명은, 재충전 가능한 배터리, 특히 재충전 가능한 리튬 배터리의 충전 상태를 예측하는 방법에 관한 것이다. 게다가, 본 발명은 미리 한정된 조건 하에서 애플리케이션이 사용될 수 있는 시간을 계산하고 지시하는 남은 사용 시간 시스템에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 미국 특허(제 5,631,540 호)는 방전중인 배터리의 남은 용량 및 예비 시간을 예측하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 상기 특허에 따라, 남은 배터리 용량은, 배터리의 내부 레지스턴스로 인한 전압 손실에서 배터리 온도로 나누어진 방전중인 배터리 전압을 뺀 전압과 배터리 최대(full) 충전 개방 회로 전압 사이의 차이로부터 결정되며, 이러한 배터리 온도로 나누어진 배터리 전압은 온도-정정된 배터리 과전압이다. 배터리의 남은 예비 용량은 앞서 계산된 남은 예비 용량과 이론적인 최대 용량의 비에 의해 지수 함수로서 후속적으로 결정된다.

<3> 위의 방법의 중요한 단점은, 계산된 남은 배터리 용량이 특히 측정의 부정확성으로 인해 결국 실제값에서 멀어진다는 점이다. 이점은, 결국 배터리의 남은 용량과 예비 시간의 부정확한 예측을 야기한다.

**발명의 상세한 설명**

<4> 본 발명의 목적은, 배터리의 남은 용량에 대한 정확한 측정을 제공하는, 재충전 가능한 배터리의 충전 상태를 예측하는 방법을 제공하는 것이다.

<5> 이 때문에, 본 발명은 재충전 가능한 배터리, 특히 리튬 배터리의 충전 상태를 예측하는 방법을 제공하며, 이 방법은,

<6> 배터리가 평형 상태인지 비-평형 상태인지를 결정하는 단계와;

<7> 만약 배터리가 평형 상태라면, 배터리 양단의 전압을 측정하여, 이 측정된 전압을 평형 충전 상태값으로 변환하는 단계와;

<8> 만약 배터리가 비-평형 상태라면, 전류 적분을 통해 배터리로부터 회수되거나 배터리에 공급된 충전값을 계산하여, 앞서 계산된 충전 상태값에서 이 충전값을 빼거나 계산된 충전값에 이 충전값을 더하는 단계를 포함한다.

<9> 만약 매우 작은 양의 전류만이 배터리로부터 유도되거나 배터리에 공급된다면, 배터리는 평형상태에 있다고 한다. 상기 전류의 절대값은 한정된 작은 전류( $I_{lim}$ )보다 더 낮다. 이러한 상태는, 예컨대 이동 전화가 대기 모드 일 때 발생한다. 이러한 경우, 배터리로부터 유도된 전류는 겨우 몇 mA이다.

<10> 비-평형 상태는 충전 상태, 방전 상태 및 과도 상태를 포함한다. 충전 상태에서, 한정된  $I_{lim}$ 보다 더 큰 양 전류가 배터리로 흘러 들어간다. 방전 상태에서, 한정된  $I_{lim}$ 보다 그 절대값이 큰 음 전류가 배터리로부터 흘러나온다. 과도 상태는 충전 상태 또는 방전 상태중 어느 한 상태가 평형 상태로 변화하고 있는 상태이다.

<11> 충전 상태의 좀더 정확한 측정은, 배터리의 평형 상태와 비-평형 상태에서의 충전 상태 계산 사이의 차이가 결정됨으로써 달성된다.

<12> 평형 상태에서 배터리 양단의 측정된 전압은, 특히 저장된 특성 전압 대 충전 상태의 곡선, 바람직하게는 EMF(electromotive force : 기전력) 곡선을 사용하여 평형 충전 상태값으로 변환된다.

<13> 평형 상태에서 작은 양의 전류만이 배터리로부터 흘러나옴에 따라, 측정된 전압은 배터리의 EMF에 접근한다. 이

러한 EMF는 배터리 전극의 평형 전위의 합과 같다. 본 발명에 따른 방법은, 평형 상태에 측정된 전압값을 최대 용량 비율로 표현된 충전 상태값으로 변환하기 위해 저장된 EMF 대 충전 상태의 곡선을 사용하는 알고리즘에 기초하고 있다.

- <14> EMF 대 충전 상태 곡선은 심지어 배터리가 노후하더라도(ages) 동일하게 유지된다. 게다가, 이러한 곡선의 온도 의존성은 상대적으로 낮다. 따라서, 배터리의 사용연수 및 온도에 상관없이 동일한 충전 상태가 특정한 측정된 EMF 값에 대해서 발견되기 때문에, EMF 곡선은 충전 상태 시스템의 교정(calibration)에 사용하기에 적합하다. 비-평형 상태에서 계산된 충전 상태가 결국, 예컨대 전류 측정의 부정확성 및 상기 부정확성의 시간적인 누적(integration in time)으로 인해 실제 값에서 멀어질 것이기 때문에, 이러한 교정은 중요하다.
- <15> 충전 상태를 추정하는 방법은 평형 상태에서 교정하는 단계를 포함하므로, 상기 상태에서, 전압이 배터리의 EMF에 실제로 접근한다는 점이 중요하다. 그러므로, 알고리즘은, 배터리 전압이 거의 EMF에 근접하거나 대체로 이와 같게 되는 정상 상태 상황에 도달되었을 때 단지 평형 상태에 들어가게 된다.
- <16> 비-평형 상태에서, 배터리로부터 회수되거나 배터리에 공급되는 충전값은 전류 적분에 의해 계산되며, 이러한 충전값은 앞서 계산된 충전 상태값에서 빼지거나 이 값에 더해진다. 이러한 방법은 또한 쿨롱 계산법(Coulomb counting)으로 불린다.
- <17> 특히, 앞서 계산된 충전 상태값은 초기 충전 상태값 또는 이전의 평형 충전 상태값일 수 있다.
- <18> 본 발명의 방법에 따른 알고리즘은 다섯 개의 상태로 동작하며, 이러한 상태는 초기 상태, 평형 상태, 충전 상태, 방전 상태 및 과도 상태이고, 마지막 세 개의 상태는 비-평형 상태이다. 이 알고리즘은 초기 상태에서 시작해서 충전의 초기 상태를 결정한다.
- <19> 유리하게, 초기 충전 상태값은 초기 상태에서 배터리 양단의 전압을 측정하여, 이러한 측정된 전압을 초기 상태의 충전 상태값으로 변환함으로써 얻게 된다.
- <20> 배터리가 충전되거나, 방전되거나 평형상태에 있는지에 따라, 이때 알고리즘은 적절한 상태로 이동하며, 전압 측정 또는 쿨롱 계산법에 의해 충전 상태를 결정한다.
- <21> 본 발명은, 또한 미리 한정된 조건 하에서 애플리케이션이 사용될 수 있는 시간, 소위 남은 시간을 예측하는 방법에 관한 것이다. 상기 방법은,
- <22> 위에서 개시된 본 발명의 방법에 따라 배터리의 충전 상태를 결정하는 단계와;
- <23> 평형 전압과 과전위의 합으로 배터리 전압을 계산하는 단계를 포함한다.
- <24> 방전하는 동안의 배터리 전압은 평형 전압보다는 낮다. 이것은 과전위 때문이다. 특정한 조건 하에서 배터리의 이용 가능한 충전값과 배터리로부터 회수될 수 있는 충전값 사이의 차이가 결정되어야 한다. 특히, 낮은 온도와 낮은 충전 상태에서, 남은 충전값은 높은 과전위로 인해 배터리로부터 회수될 수 없으며, 이는 배터리 전압이 휴대용 디바이스에서 한정되는 소위 방전 종료 전압( $V_{min}$ ) 이하로 강하할 것이기 때문이다.
- <25> 전압이 특정한 레벨( $V_{min}$ ) 이하로 강하할 때, 배터리는 비어있는 것으로 간주된다. 예컨대, 이동 전화 용어로, "남은 통화 시간"은 전화가 계속 통화 모드이면서 전압이  $V_{min}$  이하로 강하할 때까지 걸리는 시간을 지칭한다. "남은 대기 시간"은 전화가 계속 대기 모드이면서 전압이  $V_{min}$  이하로 강하할 때까지 걸리는 시간을 지칭한다.
- <26> 유리하게, 과전위는 적어도 시간 의존 부분을 갖는 함수로부터 계산된다. 바람직하게, 과전위는 적어도 용량 의존 부분을 포함하는 함수로부터 계산된다.
- <27> 배터리 전압을 예측하기 위해, 배터리의 충전 상태를 알고, 시간과 충전 상태의 함수인 과전위를 계산하는 것이 필요하다.
- <28> 특히, 과전위는 적어도 온도 의존 부분을 갖는 함수로부터 계산된다.
- <29> 이러한 온도 의존성은, 예컨대 섭씨 0도에서 남은 사용 시간뿐만 아니라 실내온도에서 남은 사용 시간과 같은 서로 다른 온도 조건 하에서 남은 사용 시간을 결정하게 한다. 계산에서, 남은 대기 시간 및 남은 통화 시간이 또한 고려될 수 있어서, 결국 남은 대기 시간은, 예컨대 실내 온도 및 섭씨 0도에서와 같은 두 개의 서로 다른 온도에서 지시될 수 있으며, 남은 통화 시간도 두 개의 서로 다른 온도에서 지시될 수 있다.
- <30> 비-평형 상태에서, 배터리의 충전 상태는 쿨롱 계산법에 의해 계산된다. 과전위는 이하에서 제시된 수학적 식 7 내

지 수학적 12에서 나타낸 미분 형태로 계산된다. 과전위와 쿨롱 계산법 모두는 평형 상태에서 리셋된다.

- <31> 특히, 과전위는 배터리의 남은 용량에 반비례하는 적어도 하나의 항을 갖는 함수로부터 계산된다.
- <32> 결국, 본 발명은, 레지스터와 커패시터의 값이 배터리의 과전위의 시간 의존 부분에 관련되는 적어도 하나의 RC 회로와, 하나의 레지스터 값이 과전위에 대응하는 배터리의 남은 용량에 관련되는 적어도 두 개의 레지스터와, 평형 전압에 대응하는 배터리의 남은 용량에 관련되는 값을 갖는 전압 소스를 포함하는 재충전 가능한 배터리의 전자 네트워크 모델에 관한 것이다.
- <33> 특히, 전자 네트워크의 소자중 하나 이상의 값은 온도 의존성을 갖는다.
- <34> 최대의 정확성을 달성하기 위해, 전자 네트워크의 모든 소자 값은 배터리의 남은 용량에 의존한다.
- <35> 특히, 레지스터중 하나의 값은 전류의 방향에 의존한다. 만약 이러한 특정한 프로세스의 시간 의존성을 시뮬레이션하기 위해 또한 이러한 레지스터가 커패시터에 병렬로 연결된다면, 더 높은 정확성을 얻을 수 있을 것이다.
- <36> 본 발명은 수반하는 도면에 의해 더 설명될 것이다.

**실시예**

- <39> 도 1에서, 충전 상태(SoC) 시스템이 재충전 가능한 배터리(1)를 위해 개략적으로 예시되어 있다. 배터리(1)의 단자(2 및 3) 사이의 전압(V)이 배터리로 흘러 들어가거나 배터리로부터 흘러나오는 전류(I) 및 인접한 주위의 온도(T)와 함께 측정된다. 이들 측정 데이터(V, I, T)는 순차적으로 멀티플렉서(4)와 아날로그-디지털(A/D) 컨버터(5)에 의해 처리되어 마이크로프로세서(6)에 공급된다. 마이크로프로세서는 본 발명에 따른 적절한 알고리즘을 적용하며, 추정된 SoC 신호를 출력(7)에서 생성한다. 마이크로프로세서(6)는 또한 피드백 루프(8)에 의해 멀티플렉서(4)를 제어하며, 그에 따라 전압(V), 전류(I) 또는 온도(T)가 배터리의 결정된 상태 및 다른 인자에 따라 특정한 시간에서 샘플링되는지를 결정한다.
- <40> 도 2는 재충전 가능한 배터리(1)의 상태를 평가하기 위한 도 1의 마이크로프로세서(6)에 의해 사용되는 충전 상태 알고리즘의 상태도이다. 가능한 상태가 박스(10 내지 14)로 표시된다:
- <41> 10: 초기 상태 - 배터리가 처음 연결될 때.
- <42> 11: 평형 상태 - 매우 작은 전류가 배터리로부터 유도되거나 배터리에 공급됨.
- <43> 12: 충전 상태 - 큰 전류가 배터리로 흐름.
- <44> 13: 방전 상태 - 큰 전류가 배터리로부터 흘러나옴.
- <45> 14: 과도 상태 - 알고리즘이 충전 또는 방전에서 평형으로 변화하고 있을 때.
- <46> 배터리가 처음에 SoC 시스템에 연결될 때, 알고리즘은 초기 상태에서 시작하여, 초기 SoC를 결정할 것이다. 알고리즘은 후속적으로 충전, 방전 또는 평형 상태로 적절하게 이동할 것이다. 이것은 전류(I)를 측정하여, 이것을 사전에 결정된 상대적으로 낮은 전류값( $I_{lim}$ )과 비교함으로써 수행된다. 만약 I가 양 전류, 즉 배터리로 흘러 들어가고,  $I_{lim}$ 보다 더 크다면, 배터리는 충전 상태인 것으로 결정되어, 알고리즘은 박스(12)로 이동한다. 만약 I가 음 전류, 즉 배터리로부터 흘러나오고,  $I_{lim}$ 보다 더 크다면, 배터리는 방전 상태인 것으로 결정되며, 알고리즘은 박스(13)로 이동한다.
- <47> 만약 I가  $I_{lim}$ 보다 더 작거나 같다면, 배터리는 평형 상태 또는 거의 평형 상태 인 것으로 생각된다. 그러나, 전류가  $I_{lim}$ 보다 더 작은 값으로 변화할 때 재충전 가능한 배터리에서 완화(relaxation) 프로세스가 발생하며, 이러한 완화 프로세스는 배터리 전압에 영향을 끼친다. 그리하여, 본 발명에 따라, 마이크로프로세서(6)는 알고리즘을 평형 상태(11)로 옮기기 이전에 I가  $I_{lim}$ 보다 더 작을 때 정상 전압 상태를 추가적으로 기다린다.
- <48> 평형 상태에서, SoC는 추정되어, 시스템을 교정(calibrating)하는데 사용된다, 즉 마이크로프로세서(6)에 대한 기준으로 사용된다. 교정은, 비-평형 상태에서 계산된 SoC가 전류 측정의 부정확성 및 이들 부정확성의 시간적인 누적으로 인해 실제 값으로부터 멀어지려고 하기 때문에 중요하다. 정확한 교정을 보장하기 위해, 본 발명에 있어서, 정상 상태 평형이 달성되어짐, 즉 완화 프로세스가 수행되어짐을 보장하는 것이 중요하며, 이는 이 경우에 측정된 전압이 배터리의 진정한 EMF에 훨씬 더 근접하기 때문이다. 마이크로프로세서 알고리즘은 전압이 거의 EMF에 근접하다고 가정하며, 디스플레이하기 위한 최대 용량의 비율로 표현된 SoC 값으로 측정된 전압을

변환하기 위해 저장된 EMF-대-SoC 데이터 표와 함께 이 전압을 사용한다.

- <49> 이 시스템은, 비록 배터리가 노후하고 또한 대체로 온도에 의존적이지 않을지라도 EMF-대-SoC 관계가 대체로 동일하게 유지되는 장점을 갖는다.
- <50> 만약 정상 상태 전압이 검출되지 않는다면, 알고리즘은 평형 상태에 들어가지 않으며, 정확한 교정이 보호된다.
- <51> 알고리즘이 충전 상태(12) 또는 방전 상태(13)중 어느 한 상태에서부터 평형 상태(11)로 움직이기 전에 정상 상태 전압은 또한 검사된다. 그에 따라, 알고리즘은 과도 상태(14)를 제공하며, 이 상태에서 전압은 안정성을 위해 모니터링된다. 따라서, 만약 충전 상태(12) 또는 방전 상태(13)에서의 전류가 0보다 더 작거나 0이 되도록 변한다면, 도 2에서 각각 라인(1214) 및 라인(1314)으로 표시된 바와 같이, 알고리즘은 과도 상태(14)로 움직일 것이며, 안정한 전압을 검사할 것이다. 전압이 안정할 때, 알고리즘은 라인(1411)에 의해 지시된 바와 같이 평형 상태(11)로 간다.
- <52> 과도 상태(14)에서, 전류(I)는 또한 측정된다. 만약 I가  $I_{lim}$ 보다 더 크게 되도록 다시 변한다면, 알고리즘은 다시 충전 상태(12)로 이동한다. 만약 한편 I가 음이 되도록 그리고 그 절대값이  $I_{lim}$ 보다 더 크게 되도록 변한다면, 알고리즘은 방전 상태(13)로 이동한다. 이것이 각각 라인(1412 및 1413)으로 지시되어 있다.
- <53> 유사하게, 평형 상태(11)에서, 전류(I)는 계속 모니터링되며, 알고리즘은 그에 따라 라인(1112){충전 상태(12)로 돌아감} 및 라인(1113){방전 상태(13)로 돌아감}으로 도시된 바와 같이 적절한 상태로 이동하게 된다.
- <54> 요약하면, SoC는 충전, 방전 및 과도 상태에서의 전류 측정에 의해 결정되며, 교정 SoC는 평형 상태에서의 정상 상태 전압 측정에 의해 결정된다. 충전, 방전 및 과도 상태에서의 전류 측정치는 시간에 걸쳐서 적분되며, 평형 상태(11)에서 계산된 교정 SoC에서 빼지거나 이 SoC에 더해지며 또는 초기 SoC에 더해진다.
- <55> 추가적인 보상이 방전 상태(13)에서 적용되며, 이는 과전위 효과가 고려되어야 하기 때문이다: 배터리 전압은 방전하는 동안에 EMF보다 더 낮다. 과전위는 온도 의존적이며, 마이크로프로세서(6)는 그에 따라 적절할 때 멀티플렉서(4)를 통해 온도 판독값에 액세스할 것이다.
- <56> 본 발명은 추가적으로 예컨대 특정한 조건 하에서 배터리에 남은 대화 시간 또는 대기 시간과 같은 사용자 시간의 정확한 추정 양을 얻는데 사용될 수 있다. 이를 수행하는 도 2에 제시된 방법은 수학적식 1 내지 수학적식 12를 특히 참조하여 이하에서 설명될 것이다.
- <57> 남은 사용 시간은 배터리 전압으로부터 추정되지만, 특정한 최소전압( $V_{min}$ ) 이하에서, 배터리는 어쨌든지 비어있는 것으로 간주된다. 이 최소 전압은 전형적으로는 현재의 이동 전화의 경우 3V이다. 따라서, 사용 시간은, 전압이  $V_{min}$ 으로 강하하는데 필요한 시간이다. 배터리 전압은 SoC로부터 추정되지만, 시간 및 SoC의 함수로 변화하는 과전위도 정확한 값이 계산되도록 고려되어야 하며, 이는 방전하는 동안 배터리 전압이 상기 과전위로 인해 평형 전압보다 더 낮게 되기 때문이다.
- <58> 수학적식 1은 EMF와 과전위의 합으로 배터리 전압을 제공한다.

**수학적식 1**

<59> 
$$V_{batt}(q, T, I, t) = V_{EMF}(q) + \eta(q, T, I, t)$$

<60> 과전위는 저항성 레지스턴스(ohmic resistance), 전하 전달 및 이중 층 레지스턴스, 전해질 확산/이동 및 고체-상태 확산으로 인한 과전위의 합으로서 수학적식 2에 의해 근사치가 구해질 수 있다. 이들 인자(contributions) 각각을 위한 수학적식이 수학적식 3, 4, 5 및 6으로 제공된다.

**수학적식 2**

<61> 
$$\eta(q, T, I, t) = \eta_{ohm}(T, I, t) + \eta_{ct}(T, I, t) + \eta_{diff}(T, I, t) + \eta_q(q, T, I, t)$$

**수학적식 3**

<62> 
$$\eta_{ohm}(T, I, t) = I(t)R_{ohm}(T)$$

**수학식 4**

<63> 
$$\eta_{ct}(T, I, t) = I(t)R_{ct}(T) \left[ 1 - \exp\left(\frac{-t}{R_{ct}(T)C_{dl}(T)}\right) \right]$$

**수학식 5**

<64> 
$$\eta_{diff}(T, I, t) = I(t)R_{diff}(T) \left[ 1 - \exp\left(\frac{-t}{R_{diff}(T)C_{diff}(T)}\right) \right]$$

**수학식 6**

<65> 
$$\eta_q(q, T, I, t) = I(t)R_q(T) \left[ \frac{1}{(q_{max} - q)} \right]$$

<66> 수학식 7 내지 수학식 12에서, 과전위는 미분 형식으로 기재되며, 이러한 형식에서, 과전위는 배터리가 비-평형 상태일 때 계산될 수 있다.

**수학식 7**

<67> 
$$\eta(q, T, I, t+dt) = \eta(q, T, I, t) + d\eta(q, T, I, t)$$

**수학식 8**

<68> 
$$d\eta(q, T, I, t) = d\eta_{ohm}(T, I, t) + d\eta_{ct}(T, I, t) + d\eta_{diff}(T, I, t) + d\eta_q(q, T, I, t)$$

**수학식 9**

<69> 
$$d\eta_{ohm}(T, I, t) = (I(t+dt) - I(t))R_{ohm}$$

**수학식 10**

<70> 
$$d\eta_{ct}(T, I, t) = (I(t+dt)R_{ct} - \eta_{ct}) \left[ 1 - \exp\left(\frac{-t}{R_{ct}C_{dl}}\right) \right]$$

**수학식 11**

<71> 
$$d\eta_{diff}(T, I, t) = (I(t+dt)R_{diff} - \eta_{diff}) \left[ 1 - \exp\left(\frac{-t}{R_{diff}C_{diff}}\right) \right]$$

**수학식 12**

<72> 
$$d\eta_q(q, T, I, t) = \frac{R_q}{q} (I(t+dt) - I(t)) - dt \left( \frac{\eta_q^2}{R_q} \right)$$

<73> 일단 과전위가 발견되면, 사용 시간은 임의의 주어진 온도(T)와 전류(I) 조건에 대해 계산될 수 있다. 비-평형 상태에서, 배터리의 SoC는 쿨롱 계산법에 의해 계산된다. 과전위는 위에서 도시된 바와 같은 미분 형태로 계산된다. 과전위와 쿨롱 계산법은 모두 평형 상태에서 리셋된다.

**산업상 이용 가능성**

<74> 상술한 바와 같이, 본 발명은, 배터리의 남은 용량에 대한 정확한 측정을 제공하는, 충전 가능한 배터리의 충전 상태를 예측하는 방법을 제공하는데 이용된다.

**도면의 간단한 설명**

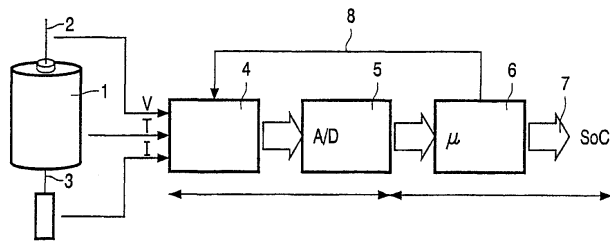
<37> 도 1은 충전 상태 지시 시스템의 예를 도시한 블록도.

<38> 도 2는 각 상태 사이의 상대적인 전류 레벨을 지시하는 재충전 가능한 배터리를 위한 상태도.



도면

도면1



도면2

