



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자	2024년 04월 04일
(11) 등록번호	10-2654635
(24) 등록일자	2024년 04월 01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/36 (2019.01) *G01R 19/165* (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01) *H01M 10/48* (2021.01)
- (52) CPC특허분류
G01R 31/3842 (2019.01)
G01R 19/16542 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-0106300
- (22) 출원일자 2016년08월22일
 심사청구일자 2021년06월07일
- (65) 공개번호 10-2018-0021570
- (43) 공개일자 2018년03월05일
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2014526781 A*
 (뒷면에 계속)

- (73) 특허권자
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
- (72) 발명자
이상국
대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원
기욤 테네시
대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원
- (74) 대리인
이수열

전체 청구항 수 : 총 5 항

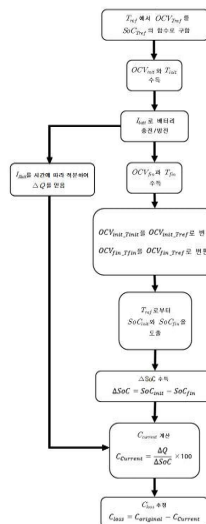
심사관 : 정윤석

(54) 발명의 명칭 배터리 용량상태 결정방법 및 그를 이용한 용량감소 측정방법

(57) 요약

본 발명은 배터리에서, 열역학적 방법으로 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (1); 및 상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선을 사용하고 열역학 제2 법칙에 따라, 목표 온도(T_{target})에서 용량상태(SoC)의 함수로 개방전압(OCV)을 계산하여 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선을 얻는 단계(2);를 포함하는 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법을 제시한다. 본 발명에 의하면 임의의 온도에서 배터리의 정확한 개방전압-용량상태(OCV-SoC) 곡선을 구할 수 있고, 임의의 온도에서 측정된 개방전압(OCV) 값에 대한 용량상태(SoC) 값을 도출할 수 있고, 또한 용량감소 측정 시 간단하고 정확하게 용량감소를 측정할 수 있다.

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

G01R 31/388 (2019.01)

G01R 31/392 (2019.01)

H01M 10/443 (2013.01)

H01M 10/486 (2023.08)

Y02E 60/10 (2020.08)

(56) 선행기술조사문헌

US20160146895 A1*

KR1020140070790 A

US20150377977 A1

JP2009506483 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

배터리에서, 열역학적 방법으로 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (1); 및

상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선을 사용하고 열역학 제2 법칙에 따라, 목표 온도(T_{target})에서 용량상태(SoC)의 함수로 개방전압(OCV)을 계산하여 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선을 얻는 단계(2);를 포함하고,

단계(1)이 정확성을 유지하기 위하여 규칙적으로 또는 정해진 시간에 다시 수행되어 상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선이 업데이트되고,

상기 단계(2)에서 상기 개방전압(OCV)의 계산이 하기 식 1을 사용하여 수행되는 것인, 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법.

[식 1]

$$OCV_{SoC} = \frac{T_{target} \Delta S_{SoC} - \Delta H_{SoC}}{nF}$$

식 1에서

T_{target} 은 목표 온도이고

ΔS_{SoC} 는 소정의 용량상태 SoC에서의 엔트로피 값이고,

ΔH_{SoC} 는 소정의 용량상태 SoC에서의 엔탈피 값이고,

OCV_{SoC} 는 소정의 용량상태 SoC에서의 개방전압이고,

n 은 전자의 몰수이고,

F 는 패러데이 상수이다.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

배터리에서, 열역학적 방법으로 상기 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (a);

임의 측정 온도(T_{arb})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tarb})을 측정하는 단계 (b);

측정된 상기 임의 측정 온도(T_{arb})와 상기 개방전압(OCV_{Tarb})에 대해 단계 (a)의 상기 엔트로피(ΔS) 곡선 및 상기 엔탈피(ΔH) 곡선으로부터 열역학 제2법칙을 만족하는 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍을 구하는 단계 (c); 및

상기 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍에 대해 상기 엔트로피(ΔS) 곡선 및 상기 엔탈피(ΔH) 곡선으로부터

터 측정된 개방전압(OCV_{Tarb})에 상응하는 용량상태(SoC_{Tarb})를 구하는 단계(d);를 포함하고,

단계(a)가 정확성을 유지하기 위하여 규칙적으로 또는 정해진 시간에 다시 수행되어 상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선이 업데이트되고,

단계(c) 또는 (d)에서 상기 엔트로피(ΔS)와 상기 엔탈피(ΔH) 값을 정함에 보간법(interpolation)에 의해 수행되고,

단계(c) 또는 (d)가 엘링함 접근 영역(Ellingham approximation region)에서 수행되는 것인, 용량상태(SoC) 산출방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 단계(c)에서 상기 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})를 구하는 것이 하기 식 2를 사용하여 수행되는 것을 특징으로 하는 하는 용량상태(SoC) 산출방법.

[식 2]

$$-nFOCV_{Tarb} = \Delta H_{Tarb} - T_{arb} \Delta S_{Tarb}$$

식 2에서,

T_{arb} 은 임의 측정 온도이고,

ΔS_{Tarb} 는 해당 개방전압(OCV_{Tarb})에 상응하는 용량상태(SoC_{Tarb}) 값에서의 엔트로피이고,

ΔH_{Tarb} 는 해당 개방전압(OCV)에 상응하는 용량상태(SoC) 값에서의 엔탈피이고,

OCV_{Tarb} 는 임의 측정 온도(T_{arb})에서 측정된 개방전압이고,

n 은 전자의 몰수이고,

F 는 패러데이 상수이다.

청구항 8

기준온도(T_{ref})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tref})을 용량상태(SoC_{Tref})의 함수로 구하는 단계 (가);

배터리에서, 임의의 용량상태(SoC)에서, 상기 배터리의 초기개방전압(OCV_{init})과 초기온도(T_{init})를 측정하는 단계 (나);

상기 배터리를 전류(I_{Batt})로 일정시간(Δt) 동안 충전 또는 방전하고, I_{Batt} 으로 충전 또는 방전한 전류를 적분하여 전하량 변화(ΔQ)를 계산하는 단계(다);

상기 일정시간 (Δt) 후에, 말기개방전압(OCV_{fin})과 말기온도(T_{fin})를 측정하는 단계(라);

배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법 및/또는 용량상태(SoC) 산출방법을 사용하여, 상기 초기 개방전압(OCV_{init})과 상기 말기개방전압(OCV_{fin})에 각각 상응하는 기준 온도(T_{ref})에서의 초기개방전압(OCV_{init_Tref})과 말기개방전압(OCV_{fin_Tref})을 결정하는 단계(마);

상기 초기개방전압(OCV_{init_Tref})과 상기 말기개방전압(OCV_{fin_Tref})으로부터 기준 온도(T_{ref})에서의 초기용량상태(SoC_{init_Tref})와 말기용량상태(SoC_{fin_Tref})를 구하는 단계(바);

상기 초기용량상태(SoC_{init_Tref})와 상기 말기용량상태(SoC_{fin_Tref})의 차이를 계산하여 기준 온도(T_{ref})에서의 용량상태변화(ΔSoC_{Tref})를 수득하는 단계(사); 및

상기 전하량변화(ΔQ)를 상기 용량상태변화(ΔSoC_{Tref})로 나눈값에 100을 곱하여 현재용량($C_{current}$)을 구하는 단계(아);를 포함하고,

상기 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법은,

배터리에서, 열역학적 방법으로 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (1); 및

상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선을 사용하고 열역학 제2 법칙에 따라, 목표 온도(T_{target})에서 용량상태(SoC)의 함수로 개방전압(OCV)을 계산하여 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선을 얻는 단계(2);를 포함하고,

상기 용량상태(SoC) 산출방법은,

배터리에서, 열역학적 방법으로 상기 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (a);

임의 측정 온도(T_{arb})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tarb})을 측정하는 단계(b);

측정된 상기 임의 측정 온도(T_{arb})와 상기 개방전압(OCV_{Tarb})에 대해 단계 (a)의 상기 엔트로피(ΔS) 곡선 및 상기 엔탈피(ΔH) 곡선으로부터 열역학 제2법칙을 만족하는 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍을 구하는 단계 (c); 및

상기 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍에 대해 상기 엔트로피(ΔS) 곡선 및 상기 엔탈피(ΔH) 곡선으로부터 측정된 개방전압(OCV_{Tarb})에 상응하는 용량상태(SoC_{Tarb})를 구하는 단계(d); 를 포함하는 것인, 배터리의 현재 용량 측정방법.

청구항 9

제8항에 따른 현재용량 측정방법; 및

당초용량($C_{original}$)과 상기 현재용량($C_{current}$)으로부터 용량감소(C_{loss})를 구하는 단계(자);를

포함하는 배터리의 용량감소 측정방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 배터리 용량상태 결정방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 배터리의 용량상태 결정방법 및 그를 이용한 용량감소 측정방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전기 장치들에서 전기를 공급하는 주요 수단은 배터리이다. 사용되는 배터리의 대다수는 리튬-기반 배터리인데, 이는 더 높은 전력밀도와 고속 충전능력을 제공하기 때문이다. 또한, 리튬-기반 배터리들은 자체방전(self-discharge)이 낮고 접화가 쉽지 않다. 따라서 리튬 배터리들은 오늘날 모바일 폰에서 어린이 장난감, 전기자전거, 승객 운송수단 등에 이르기까지 넓은 범위의 소비자 상품에 전력을 제공하기 위해 사용되고 있다. 리튬-기반 배터리는 이미 배터리 시장에서 제일 큰 부분을 차지하고 있으며, 그에 대한 요구는 여전히 계속 증가하고

있어, 앞으로 2020년까지 시장이 거의 4배 정도 성장할 것으로 예상되고 있다.

[0003] 리튬-기반 배터리가 여전히 시장에서의 지배적 지위를 차지하고 있으며, 이런 상황은 상당히 오랫동안 계속될 것이다. 하지만, 리튬-기반 배터리들은 몇 가지 도전에 직면해 있다. 리튬-기반 배터리들은 과충전 되는 것과 과방전 되는 것을 막을 필요가 있다. 또한, 그 리튬-기반 배터리들은 온도와, 전압 및 전류의 잘못된 사용에도 민감하다. 만약 이에 관한 걱정한 조건들이 만족되지 않으면, 그 배터리들의 수명은 쉽게 저하되고 심한 경우 화재 또는 폭발로 이어진다.

[0004] 또한 리튬 배터리에서는 일어나는 노화 과정(aging process)은 또 다른 문제로 되고 있다. 이것은 시간의 경과에 달려있을 뿐만 아니라, 배터리가 경험한 충방전 사이클의 회수에도 달려있다.

[0005] 그러나 종래의 배터리 관리시스템(BMS)에 있어서, 개방전압(OCV)의 비선형적 특성으로 인하여 임의의 온도에서 정확한 개방전압-용량상태(OCV-SoC) 곡선을 구하기 어렵고, 측정된 개방전압(OCV) 값에 대한 정확한 용량상태(SoC) 값을 도출하기 어렵고, 또한 용량감소 측정 시 정확한 용량감소를 측정하기 어려운 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 하나의 목적은 배터리에 관한 물질적 이해에 기반한 열역학적 이론을 기반으로 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법을 제공하는 것이다.

[0007] 또한, 본 발명의 다른 하나의 목적은 용량상태(SoC) 산출방법을 제공하는 것이다.

[0008] 또한 본 발명의 다른 하나의 목적은 배터리의 현재용량 측정방법을 제공하는 것이다.

[0009] 또한 본 발명의 다른 하나의 목적은 배터리의 용량감소 측정방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은

[0011] 배터리에서, 열역학적 방법으로 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (1); 및

[0012] 상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선을 사용하고 열역학 제2 법칙에 따라, 목표 온도(T_{target})에서 용량상태(SoC)의 함수로 개방전압(OCV)을 계산하여 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선을 얻는 단계(2);를

[0013] 포함하는 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법을 제공한다.

[0014] 또한 상기 단계(1)의 정확성을 유지하기 위하여 규칙적으로 또는 정해진 시간에 다시 수행되어 상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선이 업데이트될 수 있다.

[0015] 또한 상기 단계(2)에서 상기 개방전압(OCV)의 계산이 하기 식 1을 사용하여 수행될 수 있다.

[0016] [식 1]

$$OCV_{SoC} = \frac{T_{target} \Delta S_{SoC} - \Delta H_{SoC}}{nF}$$

[0017]

[0018] 식 1에서 T_{target} 은 목표 온도이고,

[0019] ΔS_{SoC} 는 소정의 용량상태 SoC에서의 엔트로피 값이고,

[0020] ΔH_{SoC} 는 소정의 용량상태 SoC에서의 엔탈피 값이고,

[0021] OCV_{SoC} 는 소정의 용량상태 SoC에서의 개방전압이고,

[0022] n 은 전자의 몰수이고,

[0023] F 는 패러데이 상수이다.

- [0025] 본 발명의 다른 하나의 측면에 따르면,
- [0026] 배터리에서, 열역학적 방법으로 상기 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (a);
- [0027] 임의 측정 온도(T_{arb})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tarb})을 측정하는 단계 (b);
- [0028] 측정된 상기 임의 측정 온도(T_{arb})와 상기 개방전압(OCV_{Tarb})에 대해, 단계(a)의 상기 엔트로피(ΔS) 곡선 및 상기 엔탈피(ΔH) 곡선으로부터 열역학 제2법칙을 만족하는 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍을 구하는 단계 (c);
- [0029] 상기 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍에 대해 상기 엔트로피(ΔS) 곡선 및 상기 엔탈피(ΔH) 곡선으로부터 측정된 개방전압(OCV_{Tarb})에 상응하는 용량상태(SoC_{Tarb})를 구하는 단계 (d); 를
- [0030] 포함하는 용량상태(SoC) 산출방법이 제공된다.
- [0031] 또한 단계(c) 또는 (d)가 보간법(interpolation)분석방법에 의해 수행될 수 있다.
- [0032] 또한 단계(c) 또는 (d)가 엘링엄 접근 영역(Ellingham approximation region)에서 수행될 수 있다.
- [0033] 또한 단계(c)에서 상기 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 상기 엔탈피(ΔH_{Tarb})는 특정 온도범위에서 측정된 임의 측정 온도(T_{arb})와 무관할 수 있다.
- [0034] 또한 단계(c)에서 상기 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 상기 엔탈피(ΔH_{Tarb})를 구하는 것이 하기 식 2를 사용하여 수행될 수 있다.
- [0035] [식 2]
- [0036]
$$-nFOCV_{Tarb} = \Delta H_{Tarb} - T_{arb} \Delta S_{Tarb}$$
- [0037] 식 2에서,
- [0038] T_{arb} 은 임의 측정 온도이고,
- [0039] ΔS_{Tarb} 는 해당 개방전압(OCV_{Tarb})에 상응하는 용량상태(SoC_{Tarb}) 값에서의 엔트로피이고,
- [0040] ΔH_{Tarb} 는 해당 개방전압(OCV_{Tarb})에 상응하는 용량상태(SoC_{Tarb}) 값에서의 엔탈피이고,
- [0041] OCV_{Tarb} 는 임의 측정 온도(T_{arb})에서 측정된 개방전압이고,
- [0042] n 은 전자의 몰수이고,
- [0043] F 는 패러데이 상수이다.
- [0045] 본 발명의 다른 하나의 측면에 따르면,
- [0046] 기준온도(T_{ref})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tref})을 용량상태(SoC_{Tref})의 함수로 구하는 단계 (가);
- [0047] 배터리에서, 임의의 용량상태(SoC)에서, 상기 배터리의 초기개방전압(OCV_{init})과 초기온도(T_{init})를 측정하는 단계 (나);
- [0048] 상기 배터리를 전류(I_{Batt})로 일정시간(Δt) 동안 충전 또는 방전하고, I_{Batt} 으로 충전 또는 방전한 전류를 적분하여 전하량 변화(ΔQ)를 계산하는 단계(다);
- [0049] 상기 일정시간 (Δt) 후에, 말기개방전압(OCV_{fin})과 말기온도(T_{fin})를 측정하는 단계(라);
- [0050] 상기 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법 및/또는 용량상태(SoC) 산출방법을 사용하여, 상기 초기개방전압(OCV_{init})과 상기 말기개방전압(OCV_{fin})에 각각 상응하는 기준 온도(T_{ref})에서의 초기개방전압

(OCV_{init_Tref})과 말기개방전압(OCV_{fin_Tref})을 결정하는 단계(마);

[0051] 상기 초기개방전압(OCV_{init_Tref})과 상기 말기개방전압(OCV_{fin_Tref})으로부터 기준 온도(T_{ref})에서의 초기용량상태(SoC_{init_Tref})와 말기용량상태(SoC_{fin_Tref})를 구하는 단계(바);

[0052] 상기 초기용량상태(SoC_{init_Tref})와 상기 말기용량상태(SoC_{fin})의 차이를 계산하여 기준 온도(T_{ref})에서의 용량상태변화(ΔSoC_{Tref})를 수득하는 단계(사); 및

[0053] 상기 전하량변화(ΔQ)를 상기 용량상태변화(ΔSoC_{Tref})로 나눈값에 100을 곱하여 현재용량($C_{current}$)을 구하는 단계(아);를 포함하는 배터리의 현재용량 측정방법이 제공된다.

[0055] 또한 본 발명의 또 하나의 다른 측면에 따르면

[0056] 상기 현재용량 측정방법; 및

[0057] 당초용량($C_{original}$)과 상기 현재용량($C_{current}$)으로부터 용량감소(C_{loss})를 구하는 단계(자);를

[0058] 포함하는 배터리의 용량감소 측정방법이 제공된다.

발명의 효과

[0060] 본 발명에 따르면, 임의의 온도에서 배터리의 정확한 개방전압-용량상태($OCV-SoC$) 곡선을 구할 수 있고, 임의의 온도에서 측정된 개방전압(OCV) 값에 대한 용량상태(SoC) 값을 도출할 수 있고, 또한 용량감소 측정 시 간단하고 정확하게 용량감소를 측정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0062] 도 1은 본 발명에 따른 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선을 구하는 방법을 간략하게 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 다수의 용량상태에서 온도변화에 따른 개방전압의 변화를 모니터링하여 배터리의 엔트로피를 구하는 방법을 간략하게 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 용량상태에 따른 엔트로피 변화곡선을 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 용량상태에 따른 엔탈피 변화곡선을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명에 따른 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법의 개략적인 방법을 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명에 따른 배터리의 임의의 온도에서의 용량상태(SoC) 산출방법의 개략적인 방법을 도시한 도면이다.

도 7은 본 발명에 따른 배터리의 현재 용량 및 용량감소 측정방법의 개략적인 방법을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0063] 본문에 개시되어 있는 본 발명의 실시예들에 대해서, 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본문에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 된다.

[0064] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0065] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0066] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에

직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

- [0067] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0068] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미이다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미인 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0069] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하면서 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 구체적으로 설명한다.
- [0070] 우선 본 발명의 구체적인 설명에 앞서, 본 발명에서 사용하는 주요 용어들의 의미를 간략하게 설명한다.
- [0071] - 개방전압(open circuit voltage: OCV): 전지에 부하가 걸려 있지 않을 때, 즉 외부에 전류를 방출하고 있지 않는 열평형 상태에서 양과 음의 두 전극간의 전압. 개방 전압의 최대값은 이론상 그 전지의 기전력의 값과 동등해진다.
- [0072] - (전기) 셀: 전기 에너지로 전환될 수 있는 화학 에너지를 저장하는 장치.
- [0073] - 배터리: 셀 하나 또는 셀 집단을 내포하는 전기에너지 저장 장치.
- [0074] - 배터리 충전 상태(State of Charge: SoC): 충전 상태를 의미하며, 배터리의 연료 게이지와 등가적이다. 이것의 단위는 퍼센티지 포인트이다. 0%는 완전 고갈(empty)을 의미하고, 100%는 만충(full)을 의미한다. SoC는 주로 사용 중인 배터리의 현재 충전 상태를 나타낼 때 사용된다.
- [0075] - 배터리 건강 상태(State of health: SoH): 배터리의 이상적인 조건에 비해 배터리, 셀, 또는 배터리 팩의 건강상태를 나타낸다. 흔히 배터리의 내부저항이나 용량손실 정도를 척도로 삼는다. 예를들어, 배터리 제조시에 용량을 100%라고 가정하고, 용량이 당초대비 80% 정도로 줄어들었을 때, 용량손실이 20% 포인트라고 평가하며, 일반적으로 20% 포인트 정도 용량이 손실된 배터리는 폐기 대상으로 간주한다.
- [0076] - 배터리 안전 상태 (State of Safety: SoS): 주어진 SoC에서 배터리가 위험하게 행동할 즉, 갑자기 연소하거나 폭발하는 등의 행동을 할 확률을 나타낸다.
- [0077] - 배터리 관리 시스템(Battery Management System: BMS): 재충전 가능 배터리, 셀 또는 배터리 팩을 관리하는 전자 시스템으로서, 배터리가 안전 운영 영역 밖에서 운영되지 않도록 보호하고, 배터리의 상태를 모니터링하며, 2차 데이터를 계산하고, 그 데이터를 보고하며, 그것의 환경을 제어하며, 배터리를 인증 및/또는 밸런싱하는 등의 관리 작업들을 수행하나, 이런 작업에만 국한되는 것은 아니다.
- [0078] - 엔탈피(Enthalpy): 시스템의 전체 열량과 등가적인 양으로서, 그 시스템의 내부 에너지와, 압력과 부피의 곱을 합한 값과 같다. 시스템의 엔탈피 변화는 특정 화학적 프로세스와 연관되어 있다.
- [0079] - 엔트로피: 기계적인 일로 전환하는 데 유용하지 않은 시스템의 열에너지를 나타내는 열역학적 양(상태 함수)으로서, 종종 그 시스템의 무질서도 또는 임의성의 정도로 해석된다.
- [0080] - 배터리 사이클: 방전과 충전으로 이루어지는 배터리 동작의 일부분
- [0081] - 리튬-기반 배터리(Li-based battery): 두 개의 산화 환원 커플(RedOx couples) 중 하나가 리튬-기반 배터리로 여겨지므로, 모든 화학적 특성이 리튬에 의존하는 모든 종류의 배터리. 예로는 Li-Ion, Li-Po, Li-Mn, Li-Al 등의 배터리를 생각해볼 수 있을 것이다.
- [0082] - (물질) 페이즈((Material) Phase): 물리학에서, 페이즈는 공간(열역학계)의 한 영역으로서, 그 공간의 도처에

서 물질의 모든 물리적 특성들은 본질적으로 균일하다. 물리적 특성의 예로는 밀도, 굴절률, 자화 및 화학 성분을 들 수 있다. 그렇지만, 용어 '페이즈'는 본 발명에서는 페이즈 다이어그램상의 페이즈 경계에 의해 압력 및 온도와 같은 상태 변수들의 경계가 나뉘어지는 평형 상태 집합을 가리킨다. 페이즈 경계들은, 액체에서 고체로의 변화 또는 하나의 결정 구조에서 다른 결정 구조로의 더 미묘한 변화와 같이, 물질의 조직(organization of matter)의 변화에 관련된 것이기 때문에, 이런 의미로서의 사용은 "페이즈"를 물질의 상태에 관한 동의어로써 사용하는 것과 비슷하다.

[0083] - 배터리 용량: 배터리 용량은 배터리 셀 또는 팩이 만충 상태에서 완전 방전 상태까지 가는 동안에 그 배터리 셀 또는 팩으로부터 얻어낼 수 있는 에너지 량이다. 배터리 용량은 보통 밀리-암페어-아우어(milli-ampere-hour (mA.h), 암페어-아우어(ampere-hour (A.h) 또는 킬로-와트-아우어(kilo-watt-hour) 등으로 표시된다

[0084] - 배터리 수명: 배터리 수명을 논의하기 위해서는, 배터리 용량 손실을 먼저 정의할 필요가 있다. 모든 배터리는 계속된 사용에 따라 그리고 시간 경과에 따라 그것의 성능이 떨어지는 것을 경험하게 된다. 이 성능 저하는 대개 배터리의 만충 용량에 영향을 주어, 시간이 지남에 따라 만충 용량은 감소한다. 그 성능 저하는 여러 가지 다른 방식으로 표현될 수 있는데, 그 중 한 가지는 내부저항이고, 다른 한 가지는 예를 들면 용량손실 정도이다. 용량손실의 경우에 있어서 성능 저하의 정도는 원래의 최대 용량과 실제의 최대 용량 간의 비교로 표현된다. 그와 같은 접근법에 따르면, 그 비교를 위해 원래의 용량에서 손실이 발생된 양 내지 비율, 또는 남은 양 내지 비율, 또는 그들 간의 차이의 크기를 계산할 수도 있다.

[0085] 한편 전기화학적 열역학적 측정에 기반하여, 리튬-이온 배터리의 내부 상태를 비파괴적인 방식으로 파악할 수 있다. 또한, 배터리의 충전 상태(SoC), 건강 상태(SoH), 그리고 안전 상태(SoS)와 같은 파라미터들을 계산하여, 배터리의 양극과 음극 물질을 분석할 수 있다. 이를 위한 방법은, SoC의 여러 가지 다른 값에서, 배터리의 개방전압(OCV, E_0)의 점진적 변화(evolution)를 배터리 셀 온도(T)와 함께 모니터링 하는 방식이다. OCV는 Li_xC_6 와 $Li_{1-x}CoO_2$ 각각에서 배터리의 양극과 음극에서의 리튬의 화학량론(stoichiometry)(x)에 대응한다.

[0086] 엔트로피[$\Delta S(x)$]와 엔탈피[$\Delta H(x)$] 상태 함수들은 다음과 같은 일반적인 열역학 법칙들로부터 계산될 수 있다.

[0087] [식 (a)]

[0088]
$$\Delta G(x) = -nFE_0(x)$$

[0089] [식 (b)]

[0090]
$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

[0091] [식 (c)]

[0092]
$$\Delta H(x) = -F \left(E_0 + T \frac{\partial E_0(x)}{\partial T} \right)$$

[0093] 위 식들에서, G는 깁스 자유 에너지(Gibbs free energy)를 나타내며, n은 통상적인 기본 반응에서 전자들의 교환량을 나타내며, F는 패러데이 상수이다.

[0094] 이하에서 설명하는 본 발명의 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법, 임의의 온도에서 측정된 OCV 값으로부터 용량상태(SoC) 산출방법, 및 배터리의 현재용량 측정방법에서 각각 사용된 목표 온도(T_{target}), 임의 측정 온도(T_{arb}), 및 기준 온도(T_{ref})는 상이하거나 또는 동일한 의미의 온도일 수 있다.

[0096] 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법

[0097] 본 발명에 따른 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법의 개략적인 방법이 도 5에 도시되어 있다.

[0098] 단계(1); 먼저 열역학적 방법으로 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구할 수 있다.

[0099] 단계(2): 그리고 상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선을 사용하고 열역학 제2 법칙에 따라, 목표 온도(T_{target})에서 용량상태(SoC)의 함수로 개방전압(OCV)을 계산하여 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선을 얻을 수 있다.

- [0101] 상기 개방전압(OCV) 곡선은 배터리 관리의 기초이며, 임의의 목표온도에서 용량상태(SoC)의 각 값에서의 개방전압(OCV)의 값을 나타낸다.
- [0102] 목표온도(T_{target})에서 측정된 개방전압(OCV)에 대해, 그와 관련된 용량상태(SoC) 값을 추정할 수 있다.
- [0103] 따라서, 매우 정확한 참고적 OCV-SOC 곡선을 가지는 것이 배터리 관리에서 매우 중요하다. 리튬 전지의 경우에, 정확성이 더욱 중요하다. 왜냐하면 리튬 전지의 OCV 곡선이 SoC에 대해 극히 평탄하고, 따라서 잘못된 추정온 전지의 파괴로 이끌고, 결국 화재 또는 폭발을 야기할 것이기 때문이다.
- [0104] 도 1을 참조하면, 배터리를 용량상태(SoC)를 100%로 충전하면서 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선이 측정된다.
- [0105] 먼저 배터리에 공급되는 전류를 모니터하고, 일정 시간에 걸쳐 적분하여 용량상태를 측정한다. 다음으로 전류의 공급을 중지하고 일정한 완화시간 동안 완화(Relaxation)한다. 상기 완화시간은 3, 5 또는 24시간일 수 있고, 이에 제한되는 것은 아니다. 그 다음으로 완화시간이 종료되면 개방전압(OCV)를 측정한 다음, 전류를 다시 공급하고 모니터하면서 일정 시간 동안 충전하여 배터리의 용량상태를 측정한다. 상기 단계를 반복하여 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선을 완성할 수 있다.
- [0106] 도 2를 참조하여 엔트로피 곡선을 구하는 방법을 설명한다. 엔트로피는 다수의 용량상태 값에서 배터리 온도 T 에 따라 개방전압을 모니터링하여 결정할 수 있다. 엔탈피는 열역학 제2법칙에 따라 구할 수 있다. 정의된 온도에서 용량상태와 개방전압을 결정한다. 그 후 배터리 온도가 결정된 값까지 감소하거나 증가하고, 열적 평형에 도달하면 개방전압을 측정한다. 이러한 단계는 N 번 반복될 수 있다. N 은 다양한 온도에서 측정된 개방전압의 개수와 동일하다. 상기 단계는 적어도 2회 반복될 수 있으며 3회, 또는 4회 반복하여 측정하여 우수한 정확도를 갖는 엔트로피를 결정할 수 있다. 상기 측정값은 배터리의 조성물질의 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다.
- [0107] 도 3을 참고하면, 엔트로피 곡선이 배터리의 노화에 따라 그 절대값이 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0108] 한편 도 4에 나타난 엔탈피는 주어진 Gibbs 에너지, 엔트로피, 온도에 대해, 열역학 제2법칙 [식 2]을 이용하여 용량상태(SOC)의 함수로 구할 수 있다. 도 4에 보면, 배터리의 노화에도 엔탈피 값의 변화는 미미한 것을 알 수 있다.
- [0109] 또한 상기 단계(1)이 정확성을 유지하기 위하여 규칙적으로 또는 정해진 시간에 엔트로피 및 엔탈피 값의 측정이 다시 수행되어 상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선이 실시간으로 업데이트 될수록 더 정확한 개방전압(OCV)-용량상태(SOC) 곡선을 구할 수 있다.
- [0110] 또한 상기 단계(2)에서 상기 개방전압(OCV)의 계산이 하기 식 1을 사용하여 수행될 수 있다.
- [0111] [식 1]
- $$OCV_{SoC} = \frac{T_{target} \Delta S_{SoC} - \Delta H_{SoC}}{nF}$$
- [0112]
- [0113] 식 1에서 T_{target} 은 목표 온도이고,
- [0114] ΔS_{SoC} 는 소정의 용량상태 SoC에서의 엔트로피 값이고,
- [0115] ΔH_{SoC} 는 소정의 용량상태 SoC에서의 엔탈피 값이고,
- [0116] OCV_{SoC} 는 소정의 용량상태 SoC에서의 개방전압이고,
- [0117] n 은 전자의 몰수이고,
- [0118] F 는 패러데이 상수이다.
- [0120] 임의의 온도에서의 측정된 개방전압(OCV)에 대한 용량상태(SoC) 산출방법
- [0121] 본 발명에 따른 배터리의 임의의 온도에서의 용량상태(SoC) 산출방법의 개략적인 설명이 도 6에 도시되어 있다.
- [0122] 단계 (a): 용량상태를 산출하기 위해서, 우선 배터리에서, 열역학적 방법으로 상기 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구한다.
- [0123] 단계 (a)는 상기 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법의 단계(1)과 동일하므로 그 설명으로 대

신한다.

[0124] 단계(b): 다음으로, 임의의 온도(T_{arb})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tarb})을 측정할 수 있다.

[0125] 단계(c): 상기 측정된 온도(T_{arb})와 개방전압(OCV_{Tarb})에서 대해 단계 (a)의 엔트로피(ΔS) 및 엔탈피(ΔH) 곡선 으로부터 열역학 제2법칙을 만족하는 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍을 구할 수 있다.

[0126] 단계(d): 상기 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍에 대해, 단계 (a)의 엔트로피(ΔS) 및 엔탈피(ΔH) 곡선 으로부터 측정된 개방전압(OCV_{Tarb})에 상응하는 용량상태(SoC_{Tarb})를 구할 수 있다.

[0128] 여기서, 단계(c) 또는 (d)가 보간법(interpolation)에 의해 수행될 수 있다.

[0129] 또한 단계(c) 또는 (d)가 엘링엄 접근 영역(Ellingham approximation region)에서 수행될 수 있다.

[0130] 또한 단계(c)에서 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})는 특정 온도범위에서 임의 측정 온도(T_{arb})와 무관할 수 있다.

[0131] 또한 단계(c)에서 주어진 OCV 값에 대해, 상기 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})를 구하는 것이 하기 식 2를 사용하여 수행될 수 있다.

[0133] [식 2]

$$-nFOCV_{Tarb} = \Delta H_{Tarb} - T_{arb}\Delta S_{Tarb}$$

[0136] 식 2에서,

[0137] T_{arb} 은 임의 측정 온도이고,

[0138] ΔS_{Tarb} 는 해당 개방전압(OCV_{Tarb})에 상응하는 용량상태(SoC_{Tarb}) 값에서의 엔트로피이고,

[0139] ΔH_{Tarb} 는 해당 개방전압(OCV)에 상응하는 용량상태(SoC) 값에서의 엔탈피이고,

[0140] OCV_{Tarb} 는 임의 측정 온도(T_{arb})에서 측정된 개방전압이고,

[0141] n 은 전자의 몰수이고,

[0142] F 는 패러데이 상수이다.

[0144] 배터리의 현재용량 측정방법

[0145] 본 발명에 따른 배터리의 현재 용량 및 용량감소 측정방법의 개략적인 방법이 도 7에 도시되어 있다.

[0146] 단계(가): 기준온도(T_{ref})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tref})을 용량상태(SoC_{Tref})의 함수로 구할 수 있다.

[0147] 단계(나): 배터리에서, 임의의 용량상태(SoC)에서, 상기 배터리의 초기개방전압(OCV_{init})과 초기온도(T_{init})를 측정할 수 있다.

[0148] 단계(다): 여기서 배터리를 (I_{Batt})의 전류로 일정 시간 (t) 충전 또는 방전시킬 수 있고, 일정시간(t) 동안 충전 또는 방전된 전류(I_{Batt})를 적분하여 전하량 변화(Q)를 계산할 수 있다.

[0149] 단계(라): 상기 일정시간 (t) 후에, 말기개방전압(OCV_{fin})과 말기온도(T_{fin})를 측정할 수 있다.

[0150] 단계(마): 상기 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법 및/또는 용량상태(SoC) 산출방법을 사용하여, 상기 초기개방전압(OCV_{init})과 상기 말기개방전압(OCV_{fin})에 각각 상응하는 기준 온도(T_{ref})에서의 초기개방전압(OCV_{init_Tref})과 말기개방전압(OCV_{fin_Tref})을 결정할 수 있다.

[0151] 단계(바): 상기 초기개방전압(OCV_{init_Tref})과 상기 말기개방전압(OCV_{fin_Tref})으로부터 기준 온도(T_{ref})에서의 초기용량상태(SoC_{init_Tref})와 말기용량상태(SoC_{fin_Tref})를 구할 수 있다.

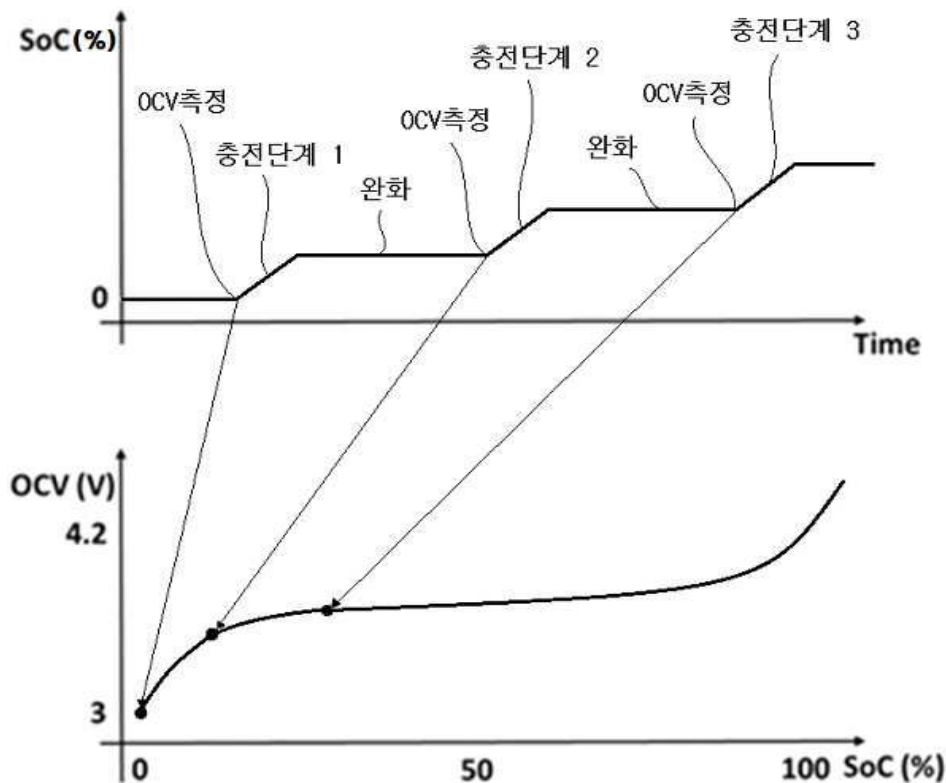
- [0152] 단계(사): 상기 초기용량상태(SoC_{init_Tref})와 상기 말기용량상태(SoC_{fin})의 차이를 계산하여 기준 온도(T_{ref})에서의 용량상태변화(ΔSoC_{Tref})를 획득할 수 있다.
- [0153] 단계(아): 상기 전하량변화(ΔQ)를 상기 용량상태변화(ΔSoC_{Tref})로 나눈값에 100을 곱하면 현재용량($C_{current}$)을 구할 수 있다.
- [0155] 배터리의 용량감소 측정방법
- [0156] 상기 현재용량 측정방법으로 현재용량을 측정할 수 있다.
- [0157] 단계(자):, 당초용량($C_{original}$)과 상기 현재용량($C_{current}$)으로부터 용량감소(C_{loss})를 구할 수 있다.
- [0159] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

산업상 이용가능성

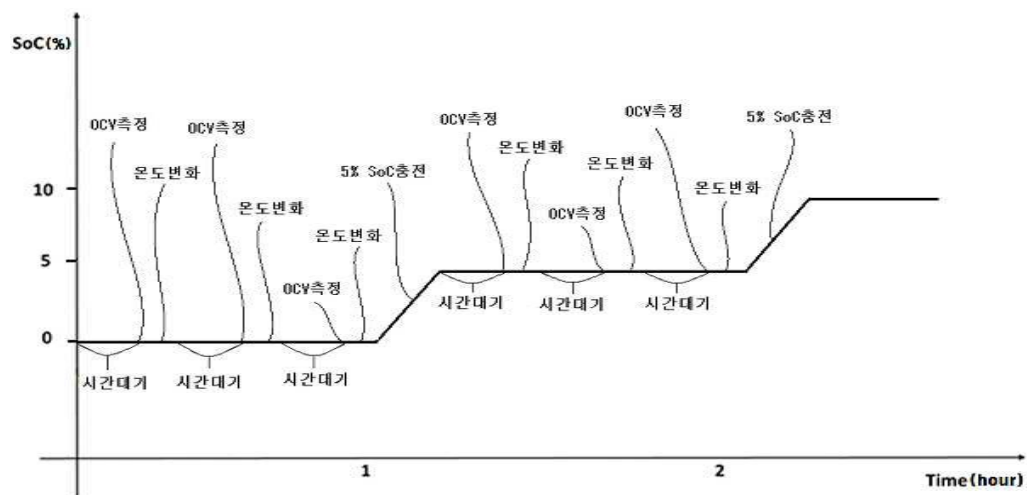
- [0161] 본 발명은 이차 전지의 용량 측정방법으로 이용될 수 있다. 리튬-기반 배터리의 용량측정에 초점을 맞춰 설명하였지만, 다른 종류의 이차 전지의 용량측정에도 그것의 특성에 적응적으로 수정하여 적용될 수 있음은 물론이다. 이차 전지의 충전기, BMS (Battery Management System) 등에 적용 가능하다. 웨어러블, 전기 자동차, 포터블디바이스 모두 적용 가능하다.

도면

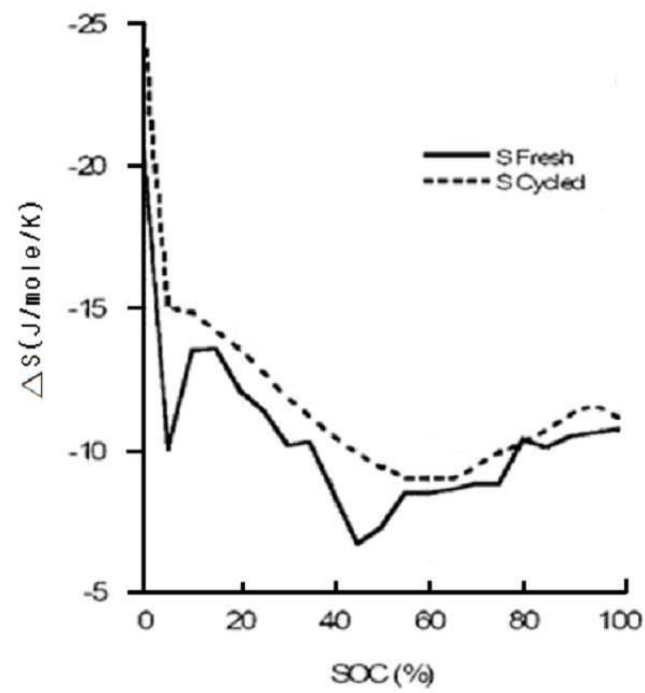
도면1



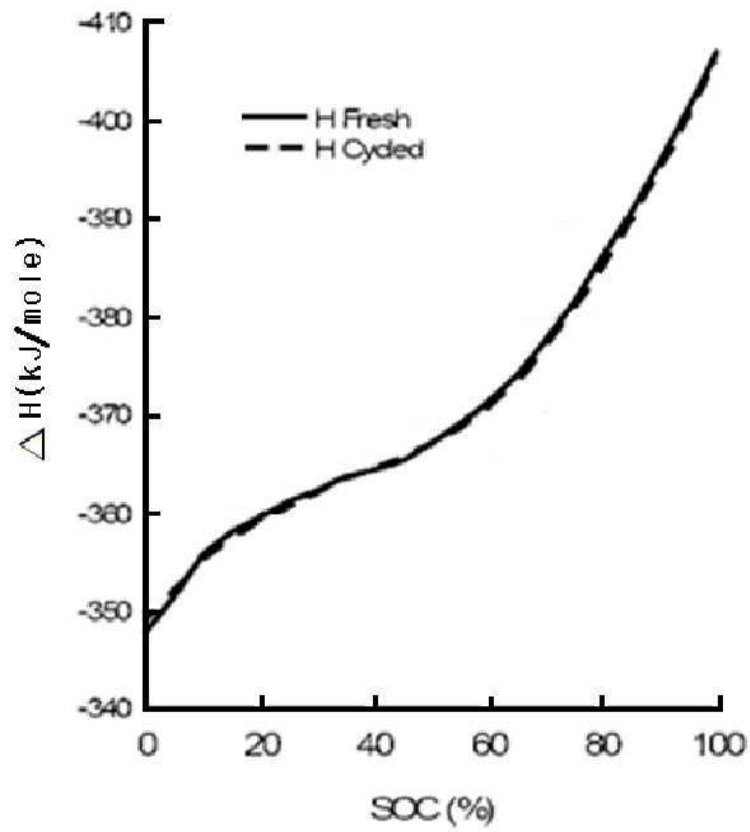
도면2



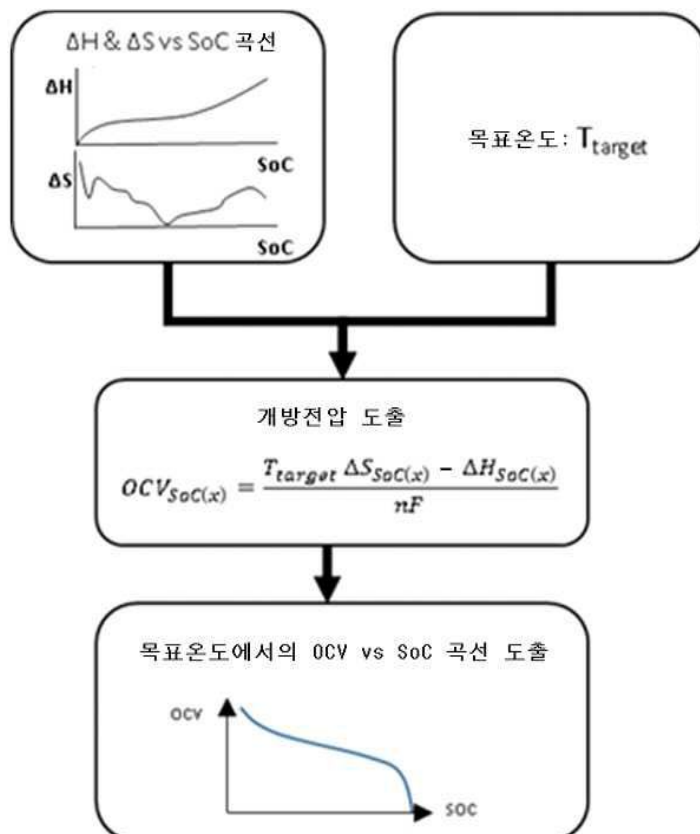
도면3



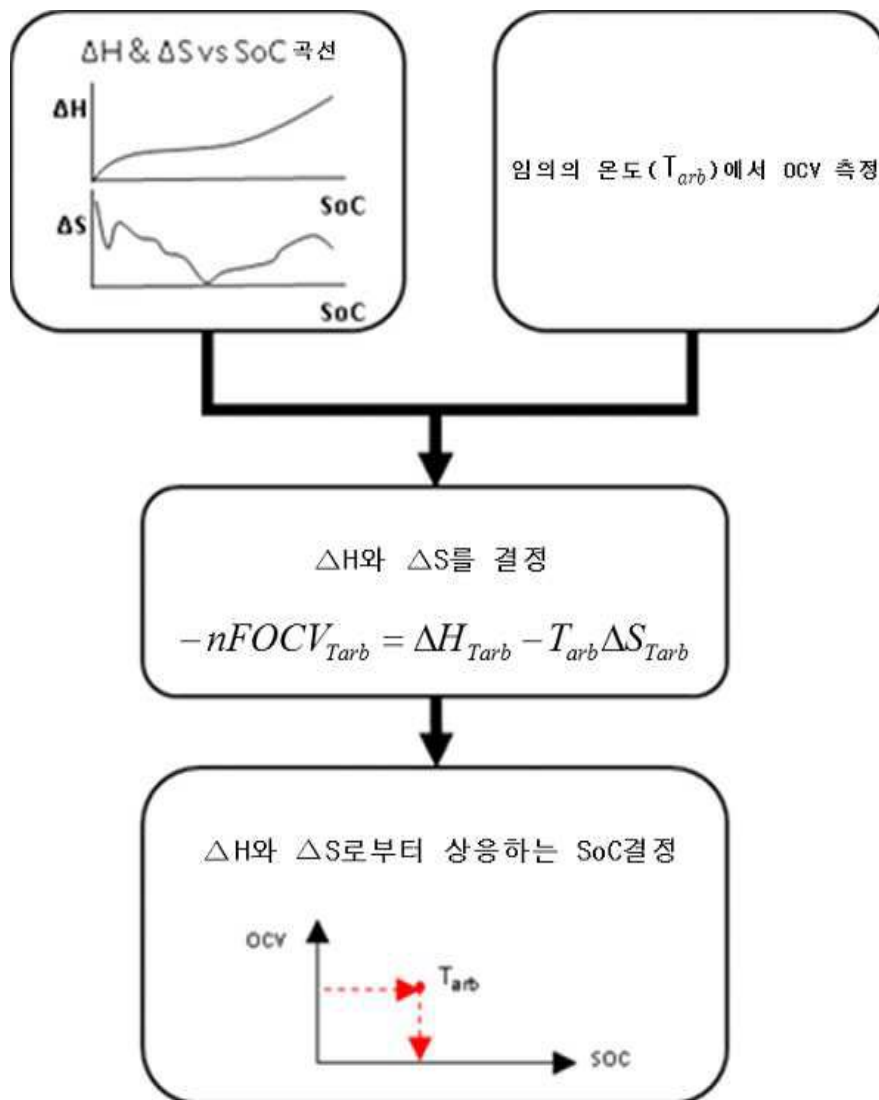
도면4



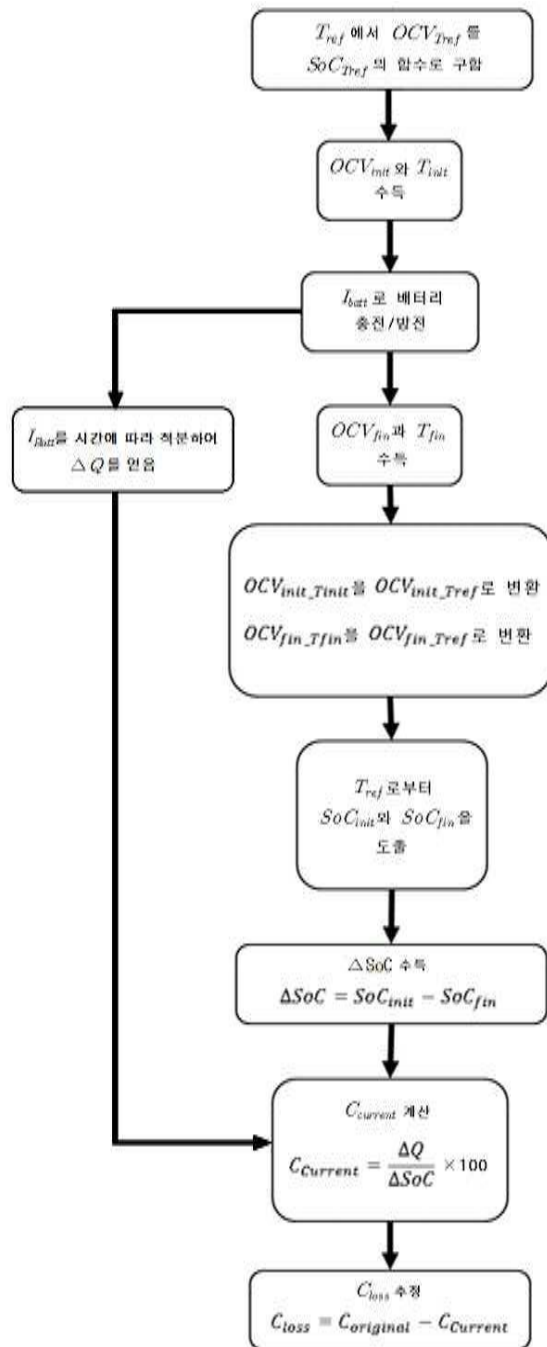
도면5



도면6



도면7



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 8

【변경전】

기준온도(T_{ref})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tref})을 용량상태(SoC_{Tref})의 함수로 구하는 단계 (가);

배터리에서, 임의의 용량상태(SoC)에서, 상기 배터리의 초기개방전압(OCV_{init})과 초기온도(T_{init})를 측정하는 단계 (나);

상기 배터리를 전류(I_{Batt})로 일정시간(Δt) 동안 충전 또는 방전하고, I_{Batt} 으로 충전 또는 방전한 전류를 적분하여 전하량 변화(ΔQ)를 계산하는 단계(다);

상기 일정시간 (Δt) 후에, 말기개방전압(OCV_{fin})과 말기온도(T_{fin})를 측정하는 단계(라);

배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법 및/또는 용량상태(SoC) 산출방법을 사용하여, 상기 초기개방전압(OCV_{init})과 상기 말기개방전압(OCV_{fin})에 각각 상응하는 기준 온도(T_{ref})에서의 초기개방전압(OCV_{init_Tref})과 말기개방전압(OCV_{fin_Tref})을 결정하는 단계(마);

상기 초기개방전압(OCV_{init_Tref})과 상기 말기개방전압(OCV_{fin_Tref})으로부터 기준 온도(T_{ref})에서의 초기용량상태(SoC_{init_Tref})와 말기용량상태(SoC_{fin_Tref})를 구하는 단계(바);

상기 초기용량상태(SoC_{init_Tref})와 상기 말기용량상태(SoC_{fin})의 차이를 계산하여 기준 온도(T_{ref})에서의 용량상태 변화(ΔSoC_{Tref})를 획득하는 단계(사); 및

상기 전하량변화(ΔQ)를 상기 용량상태변화(SoC_{Tref})로 나눈값에 100을 곱하여 현재용량($C_{current}$)을 구하는 단계(아);를 포함하고,

상기 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법은,

배터리에서, 열역학적 방법으로 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (1); 및

상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선을 사용하고 열역학 제2 법칙에 따라, 목표 온도(T_{target})에서 용량상태(SoC)의 함수로 개방전압(OCV)을 계산하여 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선을 얻는 단계(2);를 포함하고,

상기 용량상태(SoC) 산출방법은,

배터리에서, 열역학적 방법으로 상기 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (a);

임의 측정 온도(T_{arb})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tarb})을 측정하는 단계(b);

측정된 상기 임의 측정 온도(T_{arb})와 상기 개방전압(OCV_{Tarb})에 대해 단계 (a)의 상기 엔트로피(ΔS) 곡선 및 상기 엔탈피(ΔH) 곡선으로부터 열역학 제2법칙을 만족하는 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍을 구하는 단계 (c); 및

상기 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍에 대해 상기 엔트로피(ΔS) 곡선 및 상기 엔탈피(ΔH) 곡선으로부터 측정된 개방전압(OCV_{Tarb})에 상응하는 용량상태(SoC_{Tarb})를 구하는 단계(d); 를 포함하는 것인, 배터리의 현재용량 측정방법.

【변경후】

기준온도(T_{ref})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tref})을 용량상태(SoC_{Tref})의 함수로 구하는 단계 (가);

배터리에서, 임의의 용량상태(SoC)에서, 상기 배터리의 초기개방전압(OCV_{init})과 초기온도(T_{init})를 측정하는 단계(나);

상기 배터리를 전류(I_{Batt})로 일정시간(Δt) 동안 충전 또는 방전하고, I_{Batt} 으로 충전 또는 방전한 전류를 적분하여 전하량 변화(ΔQ)를 계산하는 단계(다);

상기 일정시간 (Δt) 후에, 말기개방전압(OCV_{fin})과 말기온도(T_{fin})를 측정하는 단계(라);

배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법 및/또는 용량상태(SoC) 산출방법을 사용하여, 상기 초기개방전압(OCV_{init})과 상기 말기개방전압(OCV_{fin})에 각각 상응하는 기준 온도(T_{ref})에서의 초기개방전압(OCV_{init_Tref})과 말기개방전압(OCV_{fin_Tref})을 결정하는 단계(마);

상기 초기개방전압(OCV_{init_Tref})과 상기 말기개방전압(OCV_{fin_Tref})으로부터 기준 온도(T_{ref})에서의 초기용량상태(SoC_{init_Tref})와 말기용량상태(SoC_{fin_Tref})를 구하는 단계(바);

상기 초기용량상태(SoC_{init_Tref})와 상기 말기용량상태(SoC_{fin_Tref})의 차이를 계산하여 기준 온도(T_{ref})에서의 용량상태변화(ΔSoC_{Tref})를 수득하는 단계(사); 및

상기 전하량변화(ΔQ)를 상기 용량상태변화(ΔSoC_{Tref})로 나눈값에 100을 곱하여 현재용량($C_{current}$)을 구하는 단계(아);를 포함하고,

상기 배터리의 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선 산출방법은,

배터리에서, 열역학적 방법으로 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (1); 및

상기 엔트로피(ΔS) 곡선과 상기 엔탈피(ΔH) 곡선을 사용하고 열역학 제2 법칙에 따라, 목표 온도(T_{target})에서 용량상태(SoC)의 함수로 개방전압(OCV)을 계산하여 개방전압(OCV)-용량상태(SoC) 곡선을 얻는 단계(2);를 포함하고,

상기 용량상태(SoC) 산출방법은,

배터리에서, 열역학적 방법으로 상기 배터리의 엔트로피(ΔS) 곡선 및 엔탈피(ΔH) 곡선을 각각 용량상태(SoC)의 함수로 구하는 단계 (a);

임의 측정 온도(T_{arb})에서 배터리의 개방전압(OCV_{Tarb})을 측정하는 단계(b);

측정된 상기 임의 측정 온도(T_{arb})와 상기 개방전압(OCV_{Tarb})에 대해 단계 (a)의 상기 엔트로피(ΔS) 곡선 및 상기 엔탈피(ΔH) 곡선으로부터 열역학 제2법칙을 만족하는 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍을 구하는 단계 (c); 및

상기 엔트로피(ΔS_{Tarb})와 엔탈피(ΔH_{Tarb})의 쌍에 대해 상기 엔트로피(ΔS) 곡선 및 상기 엔탈피(ΔH) 곡선으로부터 측정된 개방전압(OCV_{Tarb})에 상응하는 용량상태(SoC_{Tarb})를 구하는 단계(d); 를 포함하는 것인, 배터리의 현재용량 측정방법.