



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년03월12일  
(11) 등록번호 10-1242967  
(24) 등록일자 2013년03월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**G01R 31/36** (2006.01)
- (21) 출원번호 **10-2007-7026846**
- (22) 출원일자(국제) **2006년03월24일**  
심사청구일자 **2011년02월18일**
- (85) 번역문제출일자 **2007년11월19일**
- (65) 공개번호 **10-2008-0011291**
- (43) 공개일자 **2008년02월01일**
- (86) 국제출원번호 **PCT/US2006/010970**
- (87) 국제공개번호 **WO 2006/115667**  
국제공개일자 **2006년11월02일**
- (30) 우선권주장  
**11/111,262 2005년04월20일 미국(US)**
- (56) 선행기술조사문헌  
**KR1020000047213 A**  
**KR2019990010659 U**  
**US06114838 A**  
**US20030206021 A1**

- (73) 특허권자  
**싸이언 파워 코포레이션**  
 미국 85756 애리조나주 투싼 이.엘비라 로드 2900
- (72) 발명자  
**켈리 트레이시 이.**  
 미국 85748 아리조나주 투손 이스트 와일드파이어  
 드라이브 10541
- 스코딜리스-켈리 차리클리야**  
 미국 85748 아리조나주 투손 이스트 와일드파이어  
 드라이브 10541
- 퍼글리시 빈센트 제이.**  
 미국 85748 아리조나주 투손 이스트 칼레 린다 비  
 스타 10820
- (74) 대리인  
**제일특허법인**

전체 청구항 수 : 총 9 항

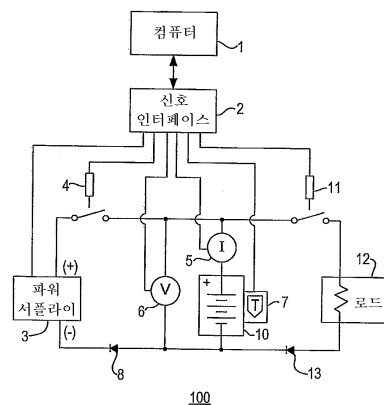
심사관 : 박근용

(54) 발명의 명칭 리튬 황 이차전지 연료 게이지 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 리튬 황 전지의 충전 상태 및 상대적 에이지를 정확히 판정하는 시스템 및 방법을 제공한다. 전지의 충전 상태 및 에이지를 판정하기 위해 특별한 타입의 리튬 황 전지의 셀 저항 및 테이퍼 입력 충전량이 각각 측정된다.

## 대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

특정 타입의 리튬 황 전지에 대한 셀 저항 대비 충전 상태의 록-업 테이블을 이용하여, 상기 특정 타입의 리튬 황 전지의 충전 상태를 판정하는 방법으로서,

- a) 상기 전지의 타입에 관한 정보를 컴퓨터에서 수신하는 단계와,
- b) 상기 전지의 셀 저항을 상기 컴퓨터에서 계산하는 단계와,
- c)        i) 상기 전지의 타입과,
- ii) 상기 전지에 대한 상기 셀 저항

을 포함하는 입력에 기초하여 셀 저항 상관 알고리즘(cell resistance correlation algorithm)을 상기 컴퓨터에서 실행하는 단계와,

- d) 상기 셀 저항 상관 알고리즘에 기초하여 상기 리튬 황 전지의 충전 상태를 상기 컴퓨터에서 판정하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 셀 저항 상관 알고리즘은, 선형 보간법(linear interpolation)이 뒤따르는 테이블 록-업을 포함하는 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 셀 저항 상관 알고리즘으로의 상기 입력은 측정된 전지 온도를 더 포함하는 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

- e) 상기 전지의 에이지(age)를 상기 컴퓨터에서 수신하는 단계를 더 포함하는 방법.

### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 셀 저항 상관 알고리즘으로의 상기 입력은 상기 전지의 에이지를 더 포함하는 방법.

### 청구항 6

특정 타입의 리튬 황 전지에 대한 테이퍼 입력 충전량 대비 에이지의 록-업 테이블을 이용하여, 상기 특정 타입의 리튬 황 전지의 에이지를 판정하는 방법으로서,

- a) 상기 전지의 타입에 관한 정보를 컴퓨터에서 수신하는 단계와,
- b) 상기 전지에 대한 테이퍼 입력 충전량을 상기 컴퓨터에서 계산하는 단계와,
- c)        i) 상기 전지의 타입과,

ii) 상기 전지에 대한 상기 테이퍼 입력 충전량

을 포함하는 입력에 기초하여 테이퍼 입력 충전량 상관 알고리즘을 상기 컴퓨터에서 실행하는 단계와,

d) 상기 테이퍼 입력 충전량 상관 알고리즘에 기초하여 상기 리튬 황 전지의 에이지를 상기 컴퓨터에서 판정하는 단계를 포함하는

방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 테이퍼 입력 충전량 상관 알고리즘으로의 상기 입력은 측정된 전지 온도를 더 포함하는

방법.

#### 청구항 8

특정 타입의 리튬 황 전지에 대한 테이퍼 입력 충전량 대비 에이지의 록-업 테이블을 생성하는 시스템으로서,

a) 상기 전지에 걸치는 전압이 사전 결정된 최대 전압까지 증가될 때까지 상기 전지를 충전하는 수단 - 상기 전지는 특정 수의 완전 충전 및 방전 사이클로 충방전됨 - 과,

b) 상기 전지로의 입력 전류가 사전 결정된 최소 전류까지 감소될 때까지 상기 사전 결정된 최대 전압에서 상기 전지를 테이퍼 충전하는 수단과,

c) 테이퍼 충전 시간 동안 상기 입력 전류를 적분하는 수단 - 상기 적분의 결과는 상기 특정 수의 에이지에서 상기 특정 타입의 리튬 황 전지에 대한 테이퍼 입력 충전량으로 정의됨 - 과,

d) 상기 특정 수의 에이지에서 상기 테이퍼 입력 충전량을 기록하는 수단과,

e) 상기 전지에 대한 상기 특정 수 및 부가적인 알려진 수의 완전 충전 및 방전 사이클을 이용하여, 상기 특정 타입의 리튬 황 전지에 대한 테이퍼 입력 충전량 대비 에이지의 상기 록-업 테이블을 생성하는 수단을 포함하는 시스템.

#### 청구항 9

특정 타입의 리튬 황 전지에 대한 테이퍼 입력 충전량 대비 에이지의 록-업 테이블을 이용하여, 상기 특정 타입의 리튬 황 전지의 에이지를 판정하는 시스템으로서,

a) 상기 전지의 타입에 관한 정보를 수신하는 수단과,

b) 상기 전지에 대한 테이퍼 입력 충전량을 계산하는 수단과,

c) i) 상기 전지의 타입과,

ii) 상기 전지에 대한 상기 테이퍼 입력 충전량

을 포함하는 입력에 기초하여 테이퍼 입력 충전량 상관 알고리즘을 실행하는 수단과,

d) 상기 테이퍼 입력 충전량 상관 알고리즘에 기초하여 상기 리튬 황 전지의 에이지를 판정하는 수단을 포함하는

시스템.

#### 청구항 10

삭제

#### 청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 리튬 황 전지의 충전에 관한 것이며, 보다 구체적으로 리튬 황 전지의 충전 상태 및 상대적 에이지(age)를 정확히 판정하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 휴대 전화기나 랩톱 컴퓨터와 같은 휴대용 소비자 전자 장치의 이차전지에 얼마나 많은 에너지가 저장되어 있는지를 식별할 수 있는 능력은 그 장치의 사용자가 높은 가치를 인정하는 특징이다. 따라서, 리튬 이온, 니켈 금속 할라이드, 또는 니켈-카드뮴 이차 전지를 사용하는 것과 같은 통상적 장치 시스템은 전지 셀에 현재 저장되어 있는 에너지 또는 충전량을 측정하는 몇 가지 기법을 결부시킨다. 통상적인 접근법 중 하나는 록-업 테이블을 사용하여 당해 전지에 대해 측정된 개방 회로 전압(open-circuit voltage)을 토대로 전지의 충전 상태를 판정하는 것이다. 참고 자료의 예로는 미국특허 제6,789,026호(발명자: Barsoukov et al.) 및 제6,774,636호(발명자: Guiheen et al.)가 있으며, 상기 특허 각각은 전체가 인용되어 본 명세서에 포함된다.

[0003] 전지의 충전 상태("SOC")는 전지에 저장될 수 있는 최대 충전량의 분획으로서 표현된 현재 저장된 충전량이다. 전지의 SOC는 전지의 사용자가 현재 진행되는 충방전 사이클 동안 전지의 최대 충전량 또는 용량에 대해 충전된 전지가 어떻게 비례하는가를 알 수 있다는 점에서 매우 유용한 정보이다. 그러나, 전지의 최대 용량은 전지의 "에이지"(즉, 전지가 처리된 충방전 사이클의 수이고, 전지가 존재했던 실제 시간은 아님)에 따라 저하된다. 진술한 종래의 개방 회로 전지 기반 알고리즘은 전지의 충전 상태를 판정하도록 전지의 에이지로서 전지의 특성을 적절히 나타내는 저장된 록-업 테이블을 사용하지 않는다.

[0004] 리튬 황 전지는 가벼운 무게와 높은 에너지 밀도로 인해 최근 수년간 선호되어 왔다. 리튬 애노드(예를 들면, 일체화 집전기 또는 흑연, 코크스, 산화주석 등과 같은 다양한 리튬 삽입 화합물을 포함하거나 포함하지 않고, 순수 리튬 또는 주석이나 알루미늄과 합금을 이룬 리튬의 리튬 포일 또는 진공 증착된 리튬)의 사용은, 리튬 이온, 니켈 금속 할라이드, 또는 니켈-카드뮴 셀과 같은 셀보다 중량이 가볍고 높은 에너지 밀도를 가진 리튬 황 전지 셀을 구성하는 기회를 제공한다. 이러한 특징은 휴대용 전자 장치에서의 전지용으로 매우 바람직하다.

[0005] 리튬 황 전지 설계는, 가벼운 무게 및 고율의 능력과 함께 충전시 감소된 전류 밀도를 가능하게 하는 높은 표면적 때문에 휴대용 전자 장치용으로 특히 적합하다. 리튬 전지의 제조에 사용되는 캐소드 재료에는 여러 가지 타입이 알려져 있는데, 여기에는 황과 황의 결합(sulfur-sulfur bond)을 가진 캐소드 재료가 포함되고, 여기서 황과 황 결합의 전기화학적 분열(cleavage)(환원을 통한) 및 개질(reformation)(산화를 통한)로부터 높은 에너지 용량 및 재충전성(rechargeability)이 얻어진다. 진술한 바와 같은 리튬 애노드를 가진 전기화학적 셀에 사용되는, 황과 황 결합을 가진 황 함유 캐소드 재료로는 원소 상태의 황, 유기 황 화합물, 다양한 폴리설파이드 또는 탄소-황 조성물이 포함된다.

[0006] 따라서, 리튬 황 전지 셀의 충전 상태를 정확하게 판정하고 전지 셀의 에이지를 정확하게 판정하기 위한 시스템 및 방법을 제공하는 것이 바람직하다.

## 발명의 상세한 설명

[0007] 본 발명의 목적은 리튬 황 전지 셀의 충전 상태를 정확히 판정하는 시스템 및 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 목적은 또한 전지 셀의 에이지를 정확히 판정하는 시스템 및 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 알려져 있는 용량을 가진 특정한 타입의 리튬 황 전지에 대한 충전 상태 대비 셀 저항의 록-업 테이블을 만드는 방법이 제공된다. 상기 방법은, 전지를 가로지르는 전압이 소정의 최대 전압으로 증가될 때까지 전지를 충전하는 단계; 상기 소정의 최대 전압에서 전지로 들어가는 전류가 소정의 최소 전류로 감소될 때까지 상기 전지를 계속해서 충전하는 단계; 전지에 대한 셀 저항을 측정하는 단계(여기서 셀 저항은 특정 타입의 리튬 황 전지에 대한 100% 충전 상태에서의 셀 저항으로 정의됨); 및 상기 100% 충전 상태에서의 셀 저항을 기록하는 단계를 포함한다. 다음으로, 상기 방법은, 현재 전지 충전 상태가 이전의 전지 충전 상태 미만이 되도록 전지를 그 용량의 소정 퍼센트 만큼 방전하는 단계; 상기 전지에 대한 셀 저항을 측정하는 단계(여기서, 셀 저항은 특별한 타입의 리튬 황 전지에 대한 현재 충전 상태에서의 셀 저항으로 정의됨); 현재 충전 상태에서 상기 셀 저항을 기록하는 단계; 및 상기 전지의 현재 충전 상태가 소정의 낮은 컷오프(cutoff) 전압과 동일하게 될 때까지 상기 방전, 측정, 및 기록 단계를 반복하는 단계를 교시한다. 마지막으로, 상기 방법은 셀 저항 대비 0% 내지 100%의 충전 상태값에 대한 충전 상태의 록-업 테이블을 생성하는 방법을 교시한다.

## 실시 예

- [0015] 본 발명은 리튬 황 전지 셀의 충전 상태를 정확히 판정하기 위한 시스템 및 방법을 제공한다. 본 발명의 일 태양에 따르면, 각 타입의 리튬 황 전지에 대한 룩-업 테이블 또는 알고리즘이 만들어지고, 컴퓨터칩 또는 데이터베이스에 저장된다. 본 발명의 다양한 실시예에서, 상기 칩 또는 데이터베이스는 리튬 황 전지/충전기 시스템 자체 또는 로드-드로잉 장치(load-drawing device) 내부에 바람직하게 내장될 수 있다. 이러한 룩-업 테이블은, 예를 들면 다양한 주변 온도 및 전지의 에이지 대비 다양한 타입의 리튬 황 전지에 대한 충전 상태("SOC")에서의 셀 저항("CR")과 상관관계를 가진다.
- [0016] 다른 통상적 전지 시스템과 달리, 리튬 황 전지는 방전시 활성인 화학물질이 점진적으로 산화환원 반응을 하는 캐소드를 포함한다. 이러한 반응은 고급 폴리설파이드(예;  $\text{Li}_2\text{S}_8$ )로부터 저급 폴리설파이드(예;  $\text{Li}_2\text{S}$ )로의 폴리설파이드 환원 반응을 포함한다. 리튬 황 전지 셀의 이러한 전기화학적 특성은, 방전시 다른 통상적 전지 시스템에서는 일어나지 않는 점진적 저항 변화를 야기한다. 셀 저항("CR")의 이러한 변화는 이하에서 설명하는 바와 같이 리튬 황 전지의 충전 상태를 정확히 판정하는 데 활용될 수 있다.
- [0017] 도 1을 참조하면, 알려져 있는 타입의 리튬 황 전지(10)는 전압계(6), 전류계(5) 및 열전대(7)를 포함하는 측정 시스템(100)을 구비한 것으로 나타나 있다. 전지 충전 릴레이(4)가 활성화되면, 파워 서플라이(3)를 사용하여 전지(10)를 충전할 수 있다. 충전시 전류가 파워 서플라이(3)로부터 전지(10) 방향으로만 흐르도록 전류의 방향을 제한하기 위해 블로킹 다이오드(blocking diode)(8)가 사용된다. 전지(10)는 전지 방전 릴레이(11)가 활성화되면, 장치 또는 로드(load)(12) 및 블로킹 다이오드(13)를 통해 방전될 수 있다. 도 1의 회로는 전지에 대한 본 발명의 룩-업 테이블을 만드는 것뿐 아니라 이들 표를 이용하여 전지의 충전 상태 및 에이지를 판정하는 데에 사용될 수 있다.
- [0018] 컴퓨터(1)는 전압계(6)로부터 신호 인터페이스(2)를 거쳐 전압 측정치를 수신한다. 컴퓨터(1)는 또한 열전대(7) 및 전류계로부터의 전류 측정치를 신호 인터페이스(2)를 거쳐 수신한다. 컴퓨터(1)는 또한 신호 인터페이스(2)를 통해 전지 충전 릴레이(4) 및 전지 방전 릴레이(11)의 온-오프 상태를 제어한다. 컴퓨터(1)는 전지(10) 또는 로드(12)에 내장된 독립형 칩일 수 있는, 주문형 반도체(application-specific integrated chip; ASIC chip)인 것이 바람직하다(예; 전지(10)로부터의 파워를 필요로 하는 랩톱 컴퓨터). 신호 인터페이스(2)는 바람직하게 컨트롤 인터페이스인 시스템 관리 버스(SM bus)일 수 있고, 파워 서플라이(3)는 바람직하게 충전기 시스템일 수 있는데, 전류계(5)와 전압계(6)는 독립형 장치가 아니고 전자 회로인 것이 바람직하다.
- [0019] 도 1에 도시된 측정 시스템(100)은 다음과 같이 특정 형태의 리튬 황 전지에 대한 셀 저항("CR") 대비 충전 상태("SOC")의 룩-업 테이블을 생성하는 데 사용될 수 있다. 첫째로, 전지 충전 릴레이(4)를 활성화시키고 전지 방전 릴레이(11)를 해제시킨다. 다음에, 전압계(6)를 이용하여 전지(10)에 인가되는 충전 전압을 모니터링하면서 파워 서플라이(3)의 출력 전류를 증가시킴으로써, 초기의 일정한 전류(" $I_0$ "), 예를 들면 500 밀리암페어로 전지(10)를 충전한다. 전지(10)는 전압계(6)로 측정했을 때, 전지를 가로지르는 전압이 최대 허용 전압(" $V_{\text{Max}}$ ")에 도달할 때까지 이러한 일정한 전류로 충전된다. 전지 제조자는 예를 들면 안전에 대한 고려를 토대로  $V_{\text{Max}}$ 를 결정한다. 리튬 황 전지에 있어서 전형적인  $V_{\text{Max}}$ 의 값은 셀당 2.5 볼트이다. 다중 셀이 직렬로 연결된 다중 셀로 구성되는 전지(10)에 있어서:  $V_{\text{Max}}(\text{전지}) = V_{\text{Max}}(\text{셀}) \times N$ 이고, 여기서 N은 직렬로 연결된 셀의 개수이다.
- [0020]  $V_{\text{Max}}$ 에 도달하면, 충전은 계속되어 상기 일정한 전압,  $V_{\text{Max}}$ 에 고정되고, 이에 따라 충전 전류는 감소된다. 이 단계를 통상적으로 테이퍼 충전이라 칭한다. 입력 전류가 특정점, 예를 들면 초기의 일정한 전류(" $I_0$ ")의 20% 이하까지 감소되었을 때, 충전되고 있는 셀은 완전 충전되어 100% SOC에 있는 것으로 간주될 수 있다. 따라서, 입력 전류가 셀 또는 전지의 C-등급의 1/50 이하(즉, 1시간 내에 셀을 충전하는 데 필요한 충전 전류의 1/50 이하)로 감소되었을 때, 전지는 완전 충전되어 100% SOC에 있는 것으로 간주될 수 있다. 전지(10)는, 본 발명의 사상과 범위를 벗어나지 않고,  $I_0$ 와 상반되게 변동 전류로 충전될 수 있음을 이해해야 한다.
- [0021] 다음으로, 전지 충전 릴레이(4)가 해제되고, 전지(10)는 바람직하게 안정화되며, 여기서 전지 안정화는 전압계(6)로 측정했을 때 전지(10)의 개방 회로 전압("OCV")의 변동에 의해 판정된다. OCV의 변화율이 문턱값 미만일 때, 예를 들면 0.001~0.01 Volt/분일 때, 전지(10)는 안정화되어 있는 것으로 간주될 수 있다. 리튬 황 전지에서의 안정화 시간은 약 2~30분일 수 있다. 안정화는 본 발명의 각 단계에서 필수적이거나 요구되는 것이 아닐 수 있음을 알아야 한다. 이중 펄스가 인가되는 것이 바람직할 수 있고, 전지 저항의 변화는, 두 펄스 사이에서 측정된 전압의 변화를 측정된 전류의 변화로 나눈 값(예를 들어, C-등급으로 충전할 경우, C-등급의 2배인

제1 펄스를 인가하고, 이어서 C-등급의 1/2 또는 4배인 제2 펄스를 인가함으로써)으로 측정될 수 있다.

[0022] 이어서, 전지에 대해 이중 펄스를 인가하고 전압을 변화를 전류의 변화로 나누는 계산을 행함으로써, 100% SOC에서의 전지(10)의 셀 저항( $CR_{SOC=100\%}$ )을 측정할 수 있다. 이것은 먼저 전지 충전 릴레이(4)를 활성화하고 전지 방전 릴레이(11)를 해제함으로써 행해질 수 있다. 다음으로, 전류계(5)를 사용하여 전류의 변화를 모니터하고, 전압계(6)를 사용하여 전압의 변화를 모니터하면서, 파워 서플라이(3)의 출력 전압을 증가시킴으로써, 제1 펄스에 이어서 제2 펄스를 전지(10)에 인가할 수 있다. 그런 다음, 100% SOC에서의 전지(10)의 셀 저항( $CR_{SOC=100\%}$ )을, 모니터한 전압의 변화를 모니터한 전류의 변화로 나눈 값으로서 기록한다. 이와는 달리, 표준이 되는(benchmark) 일정한 충전 또는 방전 전류급 전지에 인가할 수 있고, 단일 펄스를 인가함으로써 표준이 되는 정보에 관해 모니터된 전압의 변화를 모니터된 전류의 변화로 나눈 값으로서 전지의 셀 저항의 분극화 측정치를 취하도록 할 수 있다. 바람직한 실시예에서, 인가된 펄스는 전기용량이 2.5 암페어-시("Ah")인 리튬 황 전지에 대해 0.1~1.0초 수준 및 2~4 암페어에서 이루어질 수 있다. 이 펄스의 지속시간은 일반적으로 전지가 방전되는 전류에 의존하므로, 이 진단법은 전지를 불필요하게 소진(drain)시키지 않는다. 전술한 바와 같이, 요구되는 진단을 제공하기 위해, 펄스는 셀이 충전 또는 방전되는 비율보다 2~10배 수준으로 더 높거나 낮은 것이 바람직하다.

[0023] 둘째로, 전지(10)는 전지 방전 릴레이(11)를 활성화시키고 전지 충전 릴레이(4)를 해제시킴으로써, 로드(load)(12)를 통해 더 낮은 컷오프 전압(" $V_{Min}$ ")으로 소정의 방전물로 방전시킬 수 있다. 상기 소정의 방전물은, 예를 들면 2~10시간 범위의 시간에 100% SOC로부터 0% SOC까지 전지를 완전히 방전시키기 위한 값으로서 선택할 수 있다. 전지 제조자는, 예를 들면 안전에 대한 고려를 토대로  $V_{Min}$ 을 결정할 수 있다. 정상적 조건(즉, 정상 온도 및 정상적 방전물) 하에서 리튬 황 전지에 대한 전형적인  $V_{Min}$ 의 값은 셀당 1.7 볼트이다. 리튬 황 전지가 고갈될 때까지의 전형적인 방전 지속시간은 1~5시간이다(즉, C-등급으로부터 C-등급의 1/5배까지). 그러나, 전지가 전형적으로 그의 에너지를 주기적으로 어두운 곳에서 10~12시간 동안에 방전해야 하는 응용 분야, 예컨대 항공우주 응용이 있다. 대조적으로, 랩톱 컴퓨터 및 탁상 개인용 컴퓨터와 같이, 적어도 전지가 고전류 펄스를 운반해야 하는 다른 응용 분야도 있다. 따라서, 본 발명의 사상과 범위를 벗어나지 않고, 전지(10)는 가변적 방전물로 방전될 수 있다. 직렬로 연결된 다중 셀로 구성되는 전지(10)에 있어서:  $V_{Min}(\text{전지}) = V_{Min}(\text{셀}) \times N$ 이고, 여기서 N은 직렬로 연결된 셀의 개수이다.

[0024]  $V_{Min}$ 에 도달하면, 전지는 완전히 방전되어 0% SOC에 있는 것으로 간주될 수 있다. 그러면, 전지 방전 릴레이(11)는 해제되고, 전지(10)는 바람직하게 안정화될 수 있다.

[0025] 이어서, 0% SOC에서의 전지(10)의 셀 저항( $CR_{SOC=0\%}$ )을, 전지에 펄스를 인가하고, 100% SOC와 관련하여 앞에서 설명한 바와 같이, 전압의 변화를 전류의 변화로 나눈 값을 계산하여 기록한다. 전지(10)의 용량은 방출률(암페어)과 방출 시간(시)의 곱을 적분하여 계산할 수 있다. 전지 용량은 전형적으로 암페어-시(Ah) 단위로 규정되고, 여기서 1 Ah는 3600 쿨롱(Coulomb)이다.

[0026] 셋째로, 전지 용량의 10%와 같은 소정의 쿨롱 수를 전지 충전 릴레이(4)를 활성화하고 전지 방전 릴레이(11)를 해제함으로써 소정의 또는 가변적인 충전물로 파워 서플라이(3)로부터 전지(1)로 충전(입력)할 수 있다. 이어서, 전지 충전 릴레이(4)는 해제되고, 전지(10)는 바람직하게 안정화될 수 있다.

[0027] 이어서, 10% SOC에서의 전지(10)의 셀 저항( $CR_{SOC=10\%}$ )을, 전지에 펄스를 인가하고, 전술한 바와 같이, 전압의 변화를 전류의 변화로 나눈 값을 계산하여 기록한다. 이 과정은 반복되고, 여러 가지 충전 상태(예를 들면, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%)에서 한 세트의 전지(10) 셀 저항이 기록된다. 본 발명의 또 다른 실시예에서, 셀 저항("CR")을 측정하고, 전술한 바와 같이 다양한 충전 상태에서 기록하되, 전지가 완전히 충전된 후 전지를 방전하면서 실행한다(예를 들면, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10% SOC).

[0028] 유리하게는, 앞서 설명한 것과 동일한 과정을 실행함으로써 여러 가지 온도에 대해 셀 저항("CR") 대비 충전 상태("SOC")의 부가적 표를 만든다(예를 들면, -40°C, -30°C, -20°C, -10°C, 0°C, +10°C, +20°C, +30°C, +40°C, +50°C, 및 +60°C에서).

[0029] 여러 가지 온도에서 셀 저항("CR") 대비 충전 상태("SOC")의 부가적 표는 동일한 타입의 다양한 전지에 대해 만들어질 수 있음을 일반적으로 이해해야 한다. 어느 특별한 타입의 특별한 전지를 조사함으로써 얻어지는 임의의 데이터에 지나치게 의존하는 것을 피하기 위해, 해당 타입의 전지에 대해 상기 표의 값들의 평균을 이용하여



마스터 테이블(master table)을 만들 수 있다.

- [0030] 다시 도 1을 참조하면, 알려져 있는 타입이되 충전 상태("SOC")는 미지인 리튬 황 전지(10)를, 전지 충전 릴레이(4)는 활성화되고 전지 방전 릴레이(11)는 해제된 상태에서 파워 서플라이(3), 전류계(5) 및 전압계(6)로 구성되는 측정 시스템(100) 내에 넣거나, 바람직하게는 일체를 이루도록 설치할 수 있다. 파워 서플라이(3), 전류계(5) 및 전압계(6)는 신호 인터페이스(2)를 통해 컴퓨터(1)에 연결된다. 상기 시스템(100)을 조작하는 기술자는 전지(10)의 전지 타입을 컴퓨터(1)에 삽입할 수 있다. 그러면, 컴퓨터(1)는 알려져 있는 상관 알고리즘(correlation algorithm), 예를 들면 룩-업 테이블을 실행하고, 이어서 테스트 대상인 타입의 전지(10)에 대해 측정된 셀 저항("CR")과 충전 상태("SOC")를 관련시키도록 선형 보간법(linear interpolation)을 실행할 수 있다. 도 2는 전형적인 리튬 황 전지에 대한 셀 저항(측정 단위; Ohm) 대비 충전 상태의 샘플 플롯을 나타낸다.
- [0031] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 도 1에 도시된 바와 같이, 신호 인터페이스(2)를 거쳐 컴퓨터(1)로의 입력으로서 전지 온도를 제공하기 위해 열전대(7)가 전지에 결합되어 있다. 따라서, 이제 CR 상관 알고리즘은 세 가지 입력(즉, 리튬 황 전지 타입, 셀 저항 및 전지 온도)을 사용하게 된다. 예를 들어, 선형 보간법 또는 그와 유사한 계산법은 저장된 표와 관련된 온도 값에 대해 중간 온도에서 전지(10)에 대한 충전 상태("SOC")를 계산할 수 있다. 전술한 바와 같이, 인터페이스(2), 컴퓨터(1) 및 열전대(7)는 바람직하게 앞서서 저장시킨 적절한 순람표 및 전지 타입 정보를 구비한 집적 소자로서 전지(10)와 함께 제공될 수 있다.
- [0032] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 당해 전지에 대한 테이퍼 입력 전하의 현재 용량을 토대로 리튬 황 전지의 에이지를 판정하기 위한 시스템 및 방법이 제공된다. 도 3은 전형적인 리튬 황 셀의 방전 용량 및 테이퍼 입력 충전 용량 각각 대비 셀의 에이지(사이클 수명)를 비교하는 것으로, 이들 사이에 관계가 두드러짐을 명백히 나타내고 있다.
- [0033] 도 1에 나타난 측정 시스템(100)은 또한 이하와 같이, 테이퍼 입력 충전량("TIC") 대비 에이지(즉, 전지가 이제까지 거처온 충방전 사이클의 수)가 알려져 있는 특별한 타입의 전지(1)에 대한 에이지의 룩-업 테이블을 생성하는 데 사용될 수 있다. 첫째로, 셀 저항 대비 충전 상태의 룩-업 테이블을 생성할 때 초기에 전지를 충전하는 단계와 관련하여 앞에서 설명한 바와 같이, 전지 충전 릴레이(4)를 활성화하고, 전지 방전 릴레이(11)를 해제한다. 다음으로, 전압계(6)를 이용하여 전지(10)로의 충전 전압을 모니터링하면서 파워 서플라이(3)의 출력 전류를 증가시킴으로써, 초기의 일정한 전류("I<sub>0</sub>") (예컨대, 500 밀리암페어)로 전지(10)를 충전할 수 있다. 전지(10)는, 전지를 가로지르는 전압이 전류계(6)로 측정했을 때 최대 허용 전압("V<sub>Max</sub>")에 도달할 때까지 충전된다.
- [0034] V<sub>Max</sub>에 도달하면, 충전은 계속되어 상기 일정한 전압, V<sub>Max</sub>에 고정되고, 이에 따라 충전 전류는 감소된다. 이러한 테이퍼 충전 단계에서, 입력 전류가 특정한 최소 문턱값, 예를 들면 초기 일정량 전류의 20% 이하까지 감소되었을 때, 충전되는 셀은 완전 충전되어 있다고 간주될 수 있다. 전지(10)의 테이퍼 입력 충전량(TIC)은 바람직하게, 테이퍼 충전률(암페어)과, V<sub>Max</sub>에 도달할 때와 입력 전류가 최소 문턱값(예컨대, 초기 일정한 전류의 10%)까지 감소될 때 사이에 걸리는 시간(시)을 적분함으로써 계산된다. 다시 말하면, 테이퍼 입력 충전량은 테이퍼 충전 단계 동안 전지에 입력되는 총 전하로서 계산된다.
- [0035] 전지(10)의 테이퍼 입력 충전량이 계산되면, 알려져 있는 에이지 "X"(TIC<sub>AGE=X</sub>)의 전지(10)의 TIC를 기록한다. 이 과정을 반복하고, 전지(10)의 수명 중 다양한 에이지(예컨대, 전지(10)를 충방전 사이클 회수 1, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 및 1000회로 처리한 후)에서 테이퍼 입력 충전량을 기록한다. 전지의 TIC를 측정하기 위해 완전히 소진된 전지를 완전히 충전할 필요는 없다. 이전에 전지의 총 용량의 소정 퍼센트까지 충전된 전지는 완전 충전되어 그의 TIC가 측정될 수 있다.
- [0036] 유리하게는, 앞서 설명한 완전 충전 과정을 실행함으로써, 여러 가지 온도에 있어서 테이퍼 입력 충전량("TIC") 대비 에이지의 부가적 표가 만들어진다(예를 들면, -40℃, -30℃, -20℃, -10℃, 0℃, +10℃, +20℃, +30℃, +40℃, +50℃, 및 +60℃에서). 또한, 테이퍼 입력 충전량("TIC") 대비 에이지와 아울러, 셀 저항("CR") 대비 충전 상태("SOC")의 부가적 표도, 예를 들면 사용되는 다양한 충방전률, 상이한 사용 사이클, 및 심하게 규격을 벗어나는 조건(예컨대, 전지가 장기간 초고온에 노출된 극심한 온도 시나리오)에 대해 바람직하게 만들어질 수 있다. 또한, 셀 저항("CR")과 관련하여 앞에서 설명한 바와 같이, 동일한 타입의 다양한 전지에 대해, 여러 가지 온도에서 테이퍼 입력 충전량("TIC") 대비 에이지의 부가적 표를 생성할 수 있다. 어느 특별한 타입의 특별한 전지를 조사함으로써 인해 불일치될 수 있는 임의의 데이터에 지나치게 의존하는 것을 피하기 위해, 해당 타입의 전지에 대해 이들 표의 값들의 평균을 이용하여 마스터 테이블을 만들 수 있다.



[0037] 다시 도 1을 참조하면, 타입은 알려져 있지만 충전 상태("SOC") 및 에이지는 알려져 있지 않은 리튬 황 전지(10)를, 전지 충전 릴레이(4)는 활성화되고 전지 방전 릴레이(11)는 해제된 상태에서 파워 서플라이(3), 전류계(5) 및 전압계(6)로 구성되는 측정 시스템(100) 내에 넣거나, 바람직하게는 일체를 이루도록 설치할 수 있다. 파워 서플라이(3), 전류계(5) 및 전압계(6)는 신호 인터페이스(2)를 통해 컴퓨터(1)에 연결된다. 컴퓨터(1)를 조작하는 기술자는 전지(10)의 전지 타입을 컴퓨터(1)에 삽입할 수 있다. 그러면, 컴퓨터(1)는 알려져 있는 상관 알고리즘, 예를 들면 룩-업 테이블을 실행하고, 이어서 테스트 대상인 타입의 전지(10)에 대해 상기 측정 시스템에 의해 측정된 테이퍼 입력 충전량("TIC")과 에이지를 관련시키도록 선형 보간법을 실행할 것이다. 도 4는 전형적인 리튬 황 전지에 대한 테이퍼 충전 입력(측정 단위; mAh) 대비 셀의 현재 용량(단 5회의 충방전 사이클을 거친 후 셀의 용량의 퍼센트로서 측정됨)의 샘플 플롯을 나타낸다.

[0038] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 도 1에 도시된 바와 같이, 신호 인터페이스(2)를 거쳐 컴퓨터(1)로의 입력으로서 전지 온도를 제공하기 위해 열전대(7)가 전지에 결합되어 있다. CR 상관 알고리즘의 경우와 마찬가지로, 전지의 에이지를 판정하기 위해 TIC 상관 알고리즘은 이제 세 가지 입력(즉, 전지 타입, 테이퍼 입력 충전량, 및 전지 온도)을 이용할 수 있다. 예를 들면, 선형 보간법 또는 그와 유사한 계산법은 저장된 표와 관련된 온도 값에 대해 중간 온도에서 전지(10)의 에이지를 계산할 수 있다. 전술한 바와 같이, 인터페이스(2), 컴퓨터(1) 및 열전대(7)는 바람직하게 앞서서 저장시킨 적절한 룩-업 테이블 및 전지 타입 정보를 구비한 집적 소자로서 전지(10)와 함께 제공될 수 있다.

[0039] 앞에서 언급한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예에서, 전지의 에이지는 전지의 충전 상태를 판정할 때 고려에 넣을 수 있다. 따라서, 셀 저항("CR") 대비 충전 상태("SOC")의 부가적 표가 바람직하게 만들어지고, 전지(10)의 수명 중 여러 가지 기지의 에이지(예컨대, 전지(10)를 충방전 사이클 회수 1, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 및 1000회로 처리한 후)에서 전지에 대해 기록된다. 바람직하게는, 매번 전지(10)를 완전 충전시키고, 전지의 현재 TIC를 기록함으로써(예컨대, 컴퓨터(1)에 의해), 다음번 전지의 충전 상태를 판정하고자 할 때, 이 현시점 TIC 정보를 활용할 수 있고, 앞에서 설명한 CR 상관 알고리즘을 적어도 네 가지 입력(즉, 전지 타입, 현시점 TIC(즉, TIC 상관 알고리즘을 통한 에이지), 셀 저항, 및 전지 온도)를 이용하게 된다.

[0040] 본 발명에 따라 이상과 같이 설명한 측정 시스템을 구현하기 위해 다양한 형태의 회로 및 장치를 사용할 수 있다.

[0041] 따라서, 이상과 같은 설명은 본 발명의 원리를 예시하기 위한 것일 뿐이며, 당업자는 본 발명의 범위 및 사상을 벗어나지 않고 다양한 변형을 실현할 수 있으며, 본 발명은 뒤따르는 청구의 범위에 의해서만 제한된다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 본 발명의 전술한 이점 및 그 밖의 이점은 첨부하는 도면과 함께 이하의 상세한 설명을 고찰하면 더욱 명백해질 것이며, 도면 전체를 통해 동일한 참조 부호는 동일한 부분을 의미한다.

[0011] 도 1은 본 발명에 따른 예시적인 전지 측정 시스템을 간략화한 개략적 블록도이다.

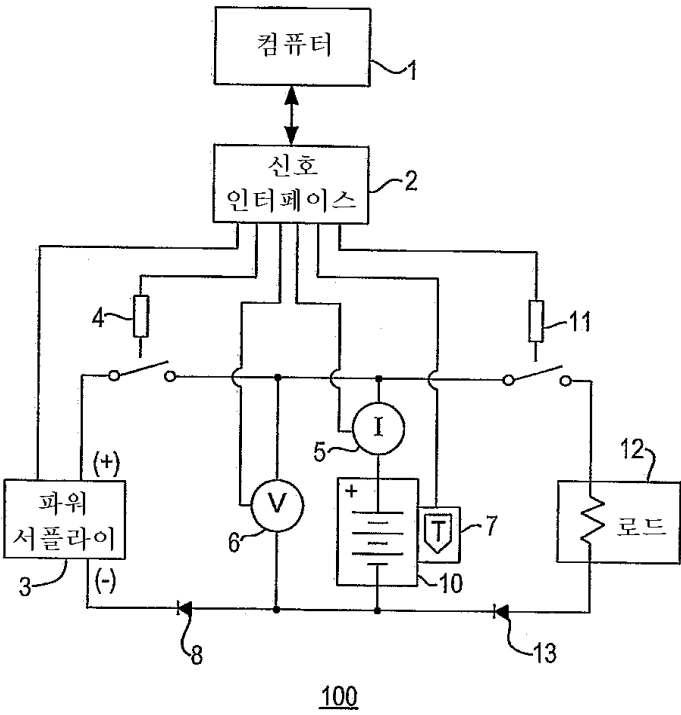
[0012] 도 2는 전형적인 리튬 황 전지에 대한 셀 저항 대비 충전 상태의 샘플 플롯을 나타낸다.

[0013] 도 3은 전형적인 리튬 황 전지에 대한 방전 용량 및 테이퍼(taper) 입력 충전 용량 각각 대비 에이지의 샘플 플롯을 비교하여 나타낸다.

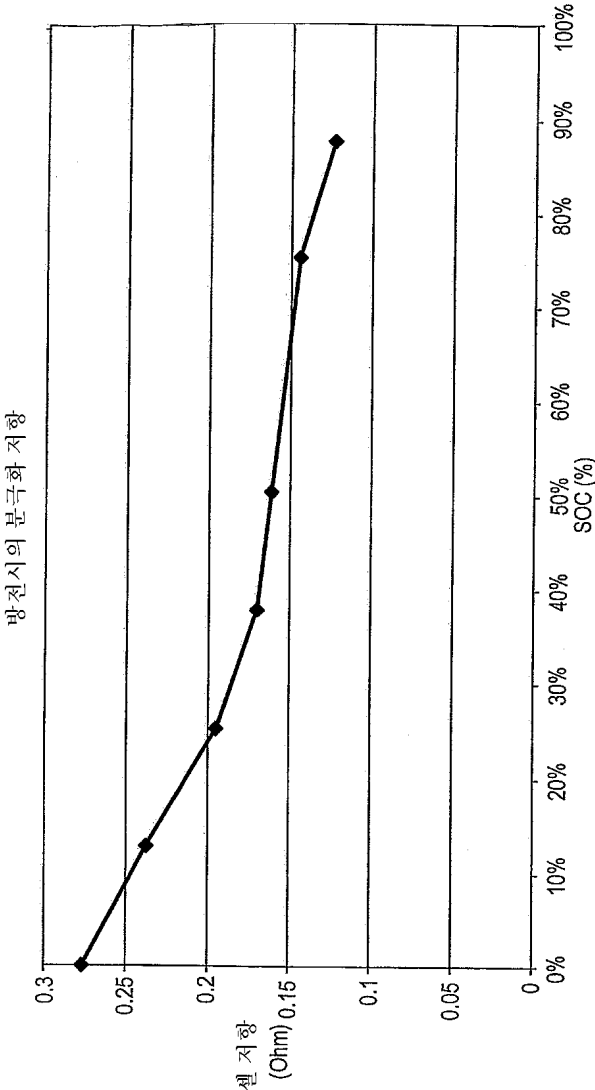
[0014] 도 4는 전형적인 리튬 황 전지에 대한 테이퍼 충전 입력 대비, 최초 용량의 퍼센트로서 측정된 현재 용량의 샘플 플롯을 나타낸다.

도면

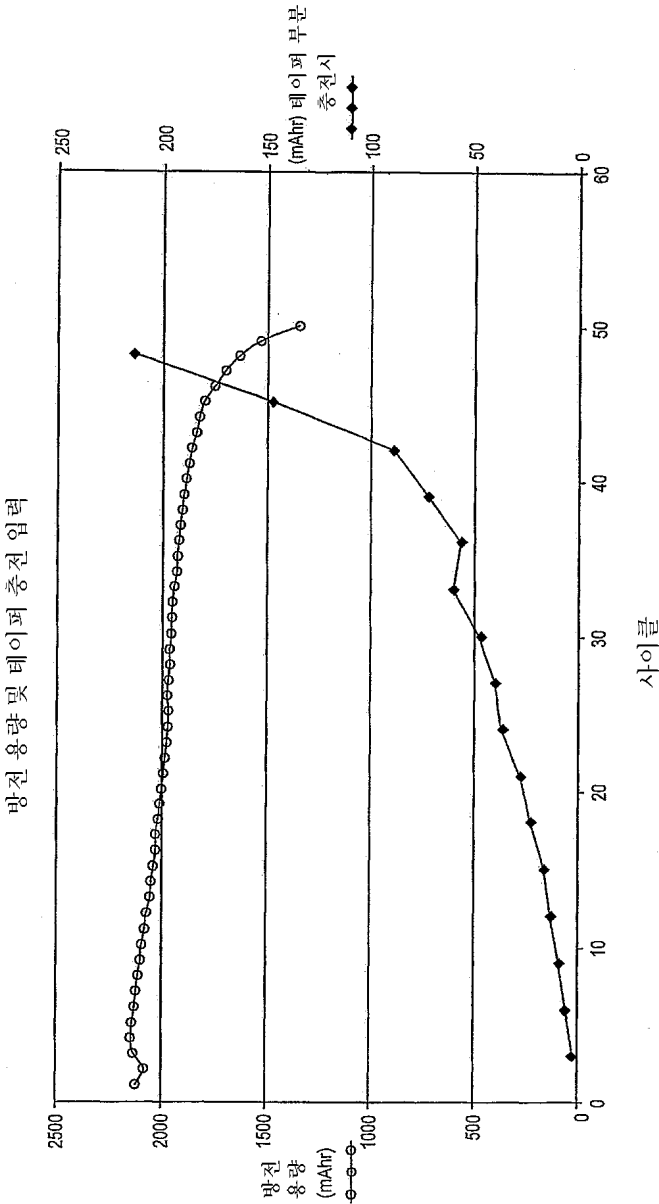
도면1



도면2



도면3



도면4

