



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년01월21일  
(11) 등록번호 10-2757504  
(24) 등록일자 2025년01월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01R 31/392 (2019.01) G01R 31/36 (2019.01)  
G01R 31/367 (2019.01) G01R 31/374 (2019.01)  
G01R 31/3842 (2019.01) G01R 31/396 (2019.01)  
H01M 10/48 (2021.01)
- (52) CPC특허분류  
G01R 31/392 (2019.01)  
G01R 31/3648 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-0088965
- (22) 출원일자 2022년07월19일  
심사청구일자 2022년07월20일
- (65) 공개번호 10-2023-0015848
- (43) 공개일자 2023년01월31일
- (30) 우선권주장  
21187495.3 2021년07월23일  
유럽특허청(EPO)(EP)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2017067788 A  
JP2017083474 A  
US20230041064 A1

- (73) 특허권자  
지멘스 악티엔게젤샤프트  
독일 뮌헨 베르너-본-지멘스-슈트라쎈 1 (우:  
80333)
- (72) 발명자  
아르츠베르거, 아르노  
독일 96135 바이에른 스테가우라흐 탄애커슈트라  
쎈 12아  
발다우프, 만프레드  
독일 91056 에를랑엔 암 코른펠트 52  
슐데, 사샤  
독일 91315 회흐슈타트 드로셀슈트라쎈 9
- (74) 대리인  
특허법인(유)남아이피그룹, 특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 15 항

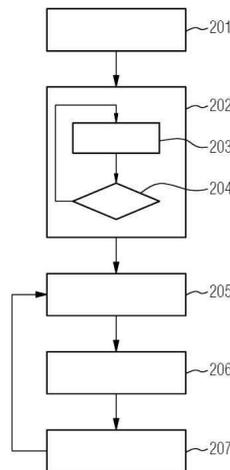
심사관 : 정윤석

(54) 발명의 명칭 배터리 저장 디바이스들의 잔존 가치를 결정하기 위한 방법, 장치 및 컴퓨터 프로그램 제품

(57) 요약

사용된 배터리들에 대해 고정밀 콜로메트리 측정이 사용되는데, 이는 그로부터 잔존 가치에 대한, 특히 정적 에너지 저장 디바이스에서의 세컨드 라이프 적용의 유용성에 대한 추정치를 얻기 위함이다. 여기서, 현재 가능한 에너지 처리량을 추정하기 위한 용량, 필요한 냉각 전력을 추정하기 위한 에너지 효율 및 잔존 유효 라이프를 추정하기 위한 현재 노화율이 결정된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*G01R 31/367* (2019.01)

*G01R 31/374* (2019.01)

*G01R 31/3842* (2019.01)

*G01R 31/396* (2019.01)

*H01M 10/486* (2023.08)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

사용된 배터리(2)의 잔존 가치(residual value)를 확인하기 위한 방법으로,

- 상기 배터리(2)가 테스트 스테이션(1)에 공급되고,
- 상기 테스트 스테이션(1)에서 상기 배터리(2)는 테스트 온도에 이르게 되고, 상기 테스트 온도는 상기 테스트 온도로부터 발생하는 편차들이 2 K 미만이 되도록 테스트 지속 기간 동안 안정화되고,
- 고정밀 쿨로메트리(coulometry) 장치(4)에 의해 상기 배터리(2)의 복수의 로드 사이클들(load cycles)(100)이 측정되고 - 상기 측정의 결과는 복수의 전류 값들을 포함함 -,
- 상기 측정은 종료 기준이 충족될 때까지 수행되고,
- 상기 측정의 결과에 기초하여, 제1 계산 규칙 및 제2 계산 규칙을 통해 상기 배터리(2)의 방전 용량에 대한 제1 값 및 제2 값이 확인되고 - 전류 측정의 교정이 상기 제1 계산 규칙 및 제2 계산 규칙에 상이하게 포함되고, 확인된 제1 방전 용량 및 제2 방전 용량의 가장 큰 매칭이 달성되는 전류 측정의 교정이 확인되는 최적화 프로세스가 수행됨 -,
- 상기 측정의 결과에 기초하여, 상기 배터리(2)의 적어도 하나의 잔존 가치 기준이 결정되고,
- 상기 잔존 가치 기준에 기초하여, 상기 사용된 배터리(2)가 정적 에너지 저장 디바이스에서의 사용을 위해 이용될지 여부가 결정되는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 테스트 온도는 상기 테스트 온도로부터 발생하는 편차들이 0.5 K 미만이 되도록 상기 테스트 지속 기간 동안 안정화되는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 테스트 온도는 상기 배터리(2)의 냉각 시스템을 사용하여 상기 테스트 지속 기간 동안 안정화되는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 배터리(2)의 배터리 관리 시스템에 저장된 데이터 및/또는 상기 배터리(2)의 용량이 추가적인 잔존 가치 기준들로서 사용되는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

잔존 가치 기준으로서, 상기 배터리(2)의 쿨롱 효율, 에너지 효율, 유효 셀 내부 저항 및/또는 사이클당 용량 손실이 결정되는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 잔존 가치 기준들은 상기 배터리(2)에 대한 식별자와 함께 데이터베이스에 저장되는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 방법으로 테스트된 배터리들(2)의 실제 노화 데이터가 정적 배터리 저장 디바이스에서 사용 중에 캡처되고, 상기 실제 노화 데이터 및 상기 저장된 잔존 가치 기준들을 사용하여, 상기 배터리가 정적 에너지 저장 디바이스에서의 동작을 위해 사용될 것인지 여부가 결정되는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 로드 사이클들(100)은 40% 미만의 방전을 포함하고, 0.5 내지 1.5의 C-계수로 기능하는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 잔존 가치 기준들로부터, 상기 배터리(2)가 가장 적합한 정적 에너지 저장 디바이스들의 카테고리가 확인 되는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 로드 사이클(100)은, 제1 충전 상태(21)로부터 제2 충전 상태(22)까지의 제1 충전량이 측정되는 제1 방전, 상기 제2 충전 상태(22)로부터 제3 충전 상태(23)까지의 제2 충전량이 측정되는 후속 제1 충전, 및 상기 제3 충전 상태(23)로부터 제4 충전 상태(24)까지의 제3 충전량이 측정되는 제2 방전을 포함하며, 상기 로드 사이클 (100)의 충전 및 방전은 상기 배터리(2)의 하위 전압과 상위 전압 사이에서 이루어지는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

- 상기 제4 충전 상태(24)와 상기 제2 충전 상태(22) 사이의 차이에 의해 제1 충전 변위가 결정되고, 상기 제3 충전 상태(23)와 상기 제1 충전 상태(21) 사이의 차이에 의해 제2 충전 변위가 결정되고,
- 상기 제1 충전 변위와 상기 제2 충전 변위 사이의 차이로부터 용량 손실이 확인되고,
- 상이한 로드 사이클들(100)의 적어도 2개의 용량 손실들에 기초하여 평균 용량 손실이 확인되는,

사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 종료 기준으로서, 2개 이상의 연속적인 로드 사이클들(100)에서의 용량 손실의 상대적 변화가 사용되는, 사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

**청구항 13**

제1항에 있어서,  
상기 종료 기준은 기존의 측정 결과에 따라 발생하는 분류의 함수로서 선택되는, 사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 방법.

**청구항 14**

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하기 위한 장치(1)로서,  
- 고정밀 쿨로메트리 장치(4),  
- 상기 배터리(2)에 대한 일련의 측정 결과들을 수신하기 위한 저장 디바이스를 구비한 컴퓨팅 유닛(10)을 포함하고,  
상기 컴퓨팅 유닛(10)은 상기 최적화 프로세스를 수행하도록 구성되는,  
장치.

**청구항 15**

컴퓨터 판독가능 저장 매체 상에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,  
상기 컴퓨터 프로그램이 컴퓨팅 유닛(10)에서 실행될 때 제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하기 위한 프로그램 코드 수단을 갖는,  
컴퓨터 프로그램.

**발명의 설명**

**배경 기술**

- [0001] 리튬-이온 축전지들은, 높은 전력 및 에너지 밀도들로 인해, 많은 모바일 및 정적 애플리케이션들에서 에너지 저장 디바이스들로서 사용된다. 여기서 새로운 점은 전기 구동 차량들에서 그리고 건물들에서의 전기 공급을 위한 정적 중간 저장소로서의 사용이 빠르게 증가하고 있다는 점이다. 이하에서는, 축전지들은 이들 사용 기술 분야에서, 일상적인 표현으로, 배터리를 또는 배터리 저장 디바이스들이라고 지칭된다.
- [0002] 대략 2025년부터, 차량들에서 사용되는 최초의 견인 배터리들은 1만개 이상의 비교적 많은 수가 다 써 버려져 있을 텐데, 그 이유는 그것들이 차량들에서 대략 5 내지 8년 동작한 후 잔여 용량이 너무 낮아지거나 차량이 다른 이유들 때문에 폐차되기 때문이다. 이상적인 경우, 이들 배터리는 여전히 공급 그리드 목적을 위한 정적 저장소들로서 여러 해 더 사용될 수 있다. 그 자체의 연령 때문만이 아니라 다른 이유들 때문에, 차량에서 더 이상 사용되어서는 안 되는 이러한 유형의 배터리들도 이러한 목적으로 고려될 수 있다.
- [0003] 그러나 "세컨드 라이프(second life)"로 지정되는 이러한 사용은 최소한의 품질과 잔존 유효 라이프(remaining useful life)를 정의하고 따라서 다 써 버려진 배터리들의 잔존 가치(residual value)에 대한 최소값을 정의하는 원자재 재활용(raw material recycling)과 경쟁 관계에 있으며, 그 값 미만이면 세컨드 라이프에서의 전개가 더 이상 경제적이지 않다.
- [0004] 사용된 배터리들의 배터리 관리 시스템들은 전형적으로 이와 관련하여 정보를 제공한다. 그러나, 이는 너무 부정확하여 대체 부품들로서 세컨드 라이프 배터리들 또는 사용된 배터리들로 만들어진 정적 저장 디바이스들에 대한 비즈니스 모델들이 실행 가능하지 않다.
- [0005] 사용된 배터리들의 가능한 세컨드 라이프 전개에 대한 적합성을 확인하기 위해, 한 번 또는 몇 번의 전체 사이

클을 통해 잔여 용량의 측정이 행해질 수 있으며 충전 상태 지점에서 내부 저항의 측정이 행해질 수 있다. 어떤 상황에서는, 잔여 용량은 또한, 신뢰할 수 있고 충분히 정확한 건강 상태(state of health, SOH) 값이 배터리 관리 시스템에 저장되어 있는 경우 배터리 관리 시스템을 관독함으로써 확인될 수 있다. 이 상태 정보에 기초하여, 사용된 배터리들은 그들의 특성들의 가능한 가장 좁은 분포 곡선으로 특징지어지는 가능한 가장 균일한 그룹들로 세분될 수 있다. 그 후 그룹으로부터의 배터리들이 저장 디바이스 또는 배터리 랙에서 사용되고 함께 연결된다. 이렇게 하면 랙 또는 저장 디바이스의 개별 배터리들이 현재 유사한 거동을 나타내며 따라서 모두 동등하게 로딩되는 것이 보장된다. 후자의 점은 개별 배터리들이 에너지 저장 디바이스에서의 사용에 의해 그들의 현재 상태와 관련하여 과부하가 걸리고 따라서 동일한 랙 또는 저장 디바이스 내의 다른 셀들 또는 모듈들 보다 더 빨리 노화되는 것을 방지한다.

[0006] 그러나, 앞서 언급한 종래의 접근법에서는 앞서 언급한 잔여 용량 및 내부 저항의 변수들이 현재 상태만을 반영하고, 시간 경과에 따른 추세는 반영하지 못한다는 점이 불리하다. 이는 다음 동작 단계들에서 예상되는 배터리의 건강 상태의 시간적 전개가 알려져 있지 않다는 것을 의미한다. 따라서 그것은, 예를 들어, 2개의 배터리가 각각 80%의 잔여 용량을 갖는 경우일 수 있다. 여기서, 하나는 그것의 이전 사용에서 조심스럽게 동작되었으며 여전히 용량 손실이 천천히 그리고 거의 선형 진행으로 계속되는 상태에 있다. 반면에, 다른 하나의 배터리는, 가혹한 동작 모드로 인해, 미래의 충전/방전 사이클들 동안 이미 빠른 용량 손실을 겪을 수 있어, 정적 에너지 저장 디바이스에서의 추가 동작 시, 노화 곡선의 가파른 진행이 예상된다. 이는 노화 곡선의 느린, 종종 선형 진행으로부터 상당히 더 가파른, 그리고 종종 불룩하게(즉, 가속되는) 곡선의 진행으로의 전환을 표시하는 소위 변곡점(knee point)이라고 지칭된다. 추가 동작 동안, 2개의 배터리는 그들의 특성들이 빠르게 멀어질 것이고, 따라서 짧은 동작 기간 후에, 불균일하게 조립된 저장 디바이스 시스템이 전개될 것이다.

**발명의 내용**

[0007] 본 발명의 목적은 사용된 배터리들에 대한 개선된 잔존 가치 결정이 가능하게 하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0008] 이 목적은 청구항 1의 특징들을 갖는 방법 및 청구항 14의 특징들을 갖는 장치로 달성된다.

[0009] 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 본 발명에 따른 방법에서, 배터리는 테스트 스테이션에 공급되고 테스트 스테이션에서 테스트 온도에 이르게 된다. 테스트 온도는 테스트 온도로부터 발생하는 편차들이 2 K 미만이 되도록 테스트 지속 기간 동안 안정화된다.

[0010] 더욱이, 고정밀 쿨로메트리(coulometry) 장치에 의해 배터리의 복수의 로드 사이클(load cycle)들이 측정되며, 여기서 측정의 결과는 복수의 전류 값들을 포함한다. 여기서, 로드 사이클들에 대해 가능한 한 유익하지만, 동시에 또한 특히 50% 미만의 충전 상태로 지나치지 않은 동작점이 선택된다.

[0011] 측정은 종료 기준이 충족될 때까지 수행되고, 측정의 결과에 기초하여, 제1 계산 규칙 및 제2 계산 규칙을 통해 배터리의 방전 용량에 대한 제1 값 및 제2 값이 확인되고, 전류 측정의 교정이 제1 계산 규칙 및 제2 계산 규칙에 상이하게 포함되고, 확인된 제1 방전 용량 및 제2 방전 용량의 가장 큰 매칭이 달성되는 전류 측정의 교정이 확인되는 최적화 프로세스가 수행된다.

[0012] 마지막으로, 측정의 결과들에 기초하여, 배터리의 적어도 하나의 잔존 가치 기준이 결정되고, 잔존 가치 기준에 기초하여, 배터리가 정적 에너지 저장 디바이스에서의 전개를 위해 사용되어야 할지가 결정된다.

[0013] 본 발명에 따른 장치는 본 발명에 따른 방법을 수행하도록 설계되고 고정밀 쿨로메트리 장치 및 배터리에 대한 일련의 측정 결과들을 수신하기 위한 저장 디바이스를 구비한 컴퓨팅 유닛을 포함하며, 컴퓨팅 유닛은 최적화 프로세스 및 배터리가 정적 배터리 저장 디바이스에서 사용될 것인지에 대한 결정을 수행하도록 구성된다.

[0014] 잔존 가치 결정은 반드시 순수하게 화폐 잔존 가치의 결정으로 이해되어야 하는 것은 아니며, 오히려 정적 에너지 저장 디바이스에서의 전개가 유용한지에 대한 기술적 및 경제적 결정이다. 그것은 또한 적어도 부분적으로 잔존 유효 라이프(RUL)의 결정을 포함한다.

[0015] 본 발명에 의하면, 배터리의 잔존 가치의 매우 정밀한 추정을 얻기 위한 가능성이 유리하게 생성된다. 이러한 추정에 의해, 사용된 배터리들을 이용한 정적 에너지 저장 디바이스가 생성될 수 있으며, 후속 서비스 비용, 정전 또는 배터리의 조기 무능력화의 위험이 상당히 저감될 수 있다. 따라서, 그러한 리튬-이온 배터리들의 사용에 대한 상당히 개선된 가능성이 제공되며, 차량들에서의 그것의 전개는 더 이상 유용하지 않거나 바람직하지 않다. 이는 환경적인 관점들에서도 유리한데, 그 이유는 따라서 원자재들의 후속 재활용이 추가 사용에 선행되

기 때문이다.

- [0016] 여기서 현재 잔여 용량뿐만 아니라, 노화율도 확인된다는 점이 특히 유리하다. 따라서, 용량 손실의 미래 비율이 제공되기 때문에, 유사한 노화 거동을 갖는 배터리들의 그룹에 배터리의 상당히 개선된 할당이 가능하게 된다. 따라서 동작 중에, 정적 에너지 저장 디바이스의 배터리들이 더 오랜 시간 동안 유사한 특성들을 유지하고 다르게 전개되지 않는 것이 보장된다. 변곡점이 여전히 상당히 앞서 있거나 그것에 도달했는지 또는 그것을 이미 지나 노화 곡선의 가파른 부분에 도달했는지가 확립될 수 있다.
- [0017] 본 발명에 따른 측정에서는, 시간 이득과는 별도로, 전체 사이클들로 인해 추가적인 노화가 발생하지 않는다는 제안된 방법의 추가 이점이 제공되도록 상세한 열화율을 특성화하기 위해 서브사이클들이 이미 사용될 수 있다는 점도 유리하다.
- [0018] 방법의 유리한 실시예들이 청구항 1에 종속하는 청구항들에 개시되어 있다. 여기서, 청구항 1 또는 청구항 14에 따른 실시예는 종속항들 중 하나의 특징들과 또는 바람직하게는 복수의 종속항의 특징과도 조합될 수 있다. 따라서, 다음과 같은 특징들이 또한 제공될 수 있다.
- [0019] 테스트 온도는 테스트 온도로부터 발생하는 편차들이 0.5 K 미만, 특히 심지어 0.05 K 미만이 되도록 테스트 지속 기간 동안 안정화될 수 있다. HPC 측정 중에 정확하게 확립되는 온도는 특히 유익한 측정 결과들을 제공한다. 사용된 배터리들을 이용한 정적 에너지 저장 디바이스들의 성공을 위해서는, 이용되는 사용된 배터리들의 거동이 예측된 거동과 가능한 한 오래 그리고 정확하게 대응하는 것이 매우 중요하다. 이 거동은 순간적인 측정으로부터 확인되기 때문에, 측정이 가능한 한 정확한 것이 중요하다.
- [0020] 테스트 온도는 배터리의 냉각 시스템을 사용하여 테스트 지속 기간 동안 안정화될 수 있다. 이러한 수단에 의해, 측정 중 배터리의 온도 조절에 필요한 구축 노력이 저감된다.
- [0021] 배터리의 배터리 관리 시스템에서는, 저장된 데이터가 또한 추가적인 잔존 가치 기준들로서 사용될 수 있다. 배터리 관리 시스템에 저장된 데이터의 사용은 잔존 가치의 결정을 가능한 한 정확하게 수행하기 위해 추가 데이터가 이용 가능하다는 이점을 제공한다. 이 추가 데이터는 고정밀 쿨로메트리 측정의 일부로서 얻어지지 않으며 따라서 정확도가 더 낮지만, 그것은 배터리의 실제 동작 중에, 즉 그것의 이전 사용의 조건들에서 얻어진 데이터를 제공한다. 따라서 이들 조건은 아마도 HPC 측정에서 사용되지 않는 동작점들에서 배터리의 거동에 대한 통찰력을 제공한다. 배터리 관리 시스템으로부터의 데이터는 사전 선택의 가능성도 제공한다. 여기서, 예를 들어, 배터리 관리 시스템으로부터의 데이터에 기초하여, 그것이 예상대로 세컨드 라이프 전개에 적합하지 않다면 배터리가 더 이상 측정될 수 없다. 대안적으로, 측정을 위한 종료 기준이 조정될 수 있으며 따라서 귀중한 측정 시간이 절약될 수 있다.
- [0022] 잔존 가치 기준으로서, 배터리의 쿨롱 효율, 에너지 효율, 유효 셀 내부 저항 및/또는 사이클당 용량 손실이 결정될 수 있다.
- [0023] 따라서 잔존 가치 기준들은 모두 HPC 측정으로부터 추출될 필요는 없고, 다른 소스들로부터 또한 비롯될 수 있다. 그러한 소스들은, 특히, 사용된 배터리들에 대해, 특히 쉽게 이용 가능하다. 추가 잔존 가치 기준은 용량이다. 이는 배터리 관리 시스템으로부터 추출되거나 별도의 자격 측정에서 확인될 수 있다.
- [0024] 앞서 언급한 변수들 중 2개 이상이 사용된다면, 배터리의 잔존 가치에 관한 결정은 단일 측정에서 결정된 복수의 독립적인 핵심 성과 지표(key performance indicator, KPI)들에 기초하여 유리하게 이루어진다. 이러한 방식으로, 선택 프로세스의 견고성이 증가되고, 유익성이 증가하며 생산된 배터리들의 현장 사용으로부터의 데이터 피드백의 통합을 위한 새로운 가능성들이 발생한다.
- [0025] 용량으로부터, 유리하게, 현재 가능한 에너지 처리량의 추정치가 얻어질 수 있다. 배터리의 전기 내부 저항으로부터, 필요한 냉각 전력의 추정치가 유리하게 얻어질 수 있다.
- [0026] 확인되는 잔존 가치 기준들이 많을수록, 비용 효율적인 정적 배터리 시스템의 설계를 더 잘 수행할 수 있으며 시스템에 그룹화된 배터리들이 가능한 가장 동일한 전기적, 열적 및 노화 거동을 갖게 된다.
- [0027] 잔존 가치 기준들은 배터리에 대한 식별자와 함께 데이터베이스에 저장할 수 있다. 이러한 유형의 저장은 이러한 방식으로 수집된 데이터를 나중에 평가하여, 예를 들어, 사용된 배터리들의 상이한 이전 라이프들에 관한 차이점들을 인식하는 것을 가능하게 한다. 더욱이, 이 저장은 나중에 배터리들을 정적 에너지 저장 디바이스들로서 사용할 때 얻어지는 노화 데이터와 비교가 이루어지는 것을 가능하게 한다. 따라서 배터리 저장 디바이스에서 배터리들의 실제 노화 데이터가 사용 중에 캡처되고, 실제 노화 데이터 및 저장된 잔존 가치 기준들을 사용

하여, 현재 검사 중인 배터리가 정적 에너지 저장 디바이스에서의 전개를 위해 사용될 것인지가 결정된다면 특히 유리하다.

- [0028] 로드 사이클들은 40% 미만, 특히 25% 미만의 충전을 포함할 수 있다. 더욱이, 로드 사이클들은 0.5 내지 1.5, 특히 0.8 내지 1.2의 C-계수로 기능할 수 있다. 이러한 수단에 의해, 충전과 함께, 배터리의 측정을 위한 유리한 동작점이 제공되며 방전(DOD)과 함께 충전 상태(SOC)는, 발생하는 전력 비용을 저감시키기 위해, 너무 높지 않고, 둘째로, 방전은 유익한 측정을 위해 충분하다. 그러한 유리한 동작점은 30% SOC 및 20% DOD 및 1C이다.
- [0029] 로드 사이클들의 적어도 일부에 대해, 앞서 언급한 동작점과 상이한 하나 이상의 추가 동작점이 사용될 수 있다. 이러한 수단에 의해, 측정은 배터리의 실제 동작에서 발생하는 상이한 동작 상황들과 관련하여 더 유익하다. 예를 들어, 50% SOC, 10% DOD 및 0.5C에서의 제2 동작점 및 특히 75% SOC, 20% DOD 및 0.2C에서의 제3 동작점이 측정될 수 있다.
- [0030] 잔존 가치 기준들로부터, 배터리가 가장 적합한 정적 에너지 저장 디바이스들의 카테고리라 확인될 수 있다. 따라서, 예를 들어, 상이한 동작점들에 기초하여, 배터리가 동작 예비력, 피크 셰이빙을 위한 에너지 저장 디바이스에서 또는 재생 가능한 에너지 소스들에 대한 중간 저장소로서 사용하기에 가장 적합한지가 확인될 수 있다. 이들 상이한 전개 형태는 사용된 배터리들에 대한 상이한 요구들을 형성하여, 그들의 노화가 상이하게 발생함을 의미한다.
- [0031] 이러한 방식으로, 사용된 배터리들을 그들의 노화 특성들과 관련하여 보다 균일한 그룹들로 나누는 것이 가능할 뿐만 아니라, 그들의 새로운 전개 상황에 대한 특정 추천도 유리하게 이루어질 수 있다.
- [0032] 여기서 로드 사이클은 바람직하게는 제1 충전 상태에서부터 제2 충전 상태까지의 제1 충전량이 측정되는 제1 방전, 제2 충전 상태에서부터 제3 충전 상태까지의 제2 충전량이 측정되는 후속 제1 충전, 및 제3 충전 상태에서부터 제4 충전 상태까지의 제3 충전량이 측정되는 제2 방전을 포함하며, 로드 사이클의 충전 및 방전은 상기 배터리 저장 디바이스의 하위 전압과 상위 전압 사이에서 이루어진다.
- [0033] 여기서, 제4 충전 상태와 제2 충전 상태 사이의 차이에 의해 제1 충전 변위가 결정될 수 있고, 제3 충전 상태와 제1 충전 상태 사이의 차이에 의해 제2 충전 변위가 결정될 수 있다. 더욱이, 제1 충전 변위와 제2 충전 변위 사이의 차이로부터 용량 손실이 확인될 수 있고 상이한 로드 사이클들의 적어도 2개의 용량 손실들에 기초하여 평균 용량 손실이 확인될 수 있다.
- [0034] 그에 의해 확인된 용량 손실은 종료 기준으로서 사용될 수 있다. 특히, 2개 이상의 연속적인 로드 사이클들에서 용량 손실의 상대적 변화가 관찰될 수 있다. 이것이 충분히 낮으면, 배터리는 이미 정상 상태 조건에 있는 것으로 간주될 수 있고 측정이 종료될 수 있다.
- [0035] 그에 의해 확인된 용량 손실은 배터리의 잔존 가치 기준으로서 사용될 수 있다. 따라서 앞서 언급한 잔존 가치 기준들과는 별도로, 측정의 유익성을 개선하는 그러한 추가 기준이 이용 가능하다.
- [0036] 이미 존재하는 측정 결과에 따라 배터리의 분류의 함수로서 종료 기준을 선택하는 것이 가능하다. 따라서, 예를 들어, 배터리에 대해 그것이 불량으로 간주되어야 한다는 것, 즉 그것이 정적 에너지 저장 디바이스에서의 사용에 고려될 수 없다는 것이 명백해지면 측정이 종료될 수 있다.
- [0037] 사용되는 종료 기준들은 서로 조합될 수 있다. 따라서, 예를 들어, 이미 측정된 로드 사이클들의 최소 수가 초과되고 용량 손실의 편차가 임계 값을 초과하면 측정의 종료가 일어날 수 있다.
- [0038] 프로그램 가능한 컴퓨팅 유닛의 저장 디바이스 내로 직접 로딩될 수 있는 컴퓨터 프로그램 제품이 제공될 수 있다. 이는, 컴퓨터 프로그램 제품이 컴퓨팅 유닛에서 실행될 때 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위한 프로그램 코드 수단을 포함한다.

**도면의 간단한 설명**

[0039] 본 발명의 추가 특징들, 특성들 및 이점들은, 첨부 도면들을 참조하여, 다음의 설명에서 개시된다. 개략적으로 도시된, 도면들에서:

- 도 1은 사용된 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 장치를 도시하고,
- 도 2는 장치에 의해 배터리의 잔존 가치를 확인하기 위한 프로세스 다이어그램을 도시하고,

도 3은 로드 사이클의 전압-시간 그래프를 도시하고,  
 도 4는 로드 사이클의 전압-충전 그래프를 도시하고,  
 도 5는 로드 사이클들의 진행에 따른 용량 손실의 그래프를 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0040] 도 1은 사용된 배터리(2)의 잔존 가치를 확인하기 위한 장치(1)를 도시한다. 장치(1)는 고정밀 쿨로메트리 장치(4)와 온도 제어 챔버(3)를 포함한다. 사용된 배터리(2)는 온도 제어 챔버(3)에 도입되고 전력 케이블(11)에 의해 고정밀 쿨로메트리 장치(4)에 연결된다. 더욱이, 배터리(2)의 냉각 시스템(도 1에 도시되지 않음)을 온도 제어 챔버(3)에 연결하여, 냉각 시스템이 배터리(2)의 온도의 안정화를 위해서도 사용될 수 있도록 한다. 안정화는 측정의 기간 동안 매우 일정한 온도가 유지되도록 이루어진다. 이 예시적인 실시예에서 온도는, 예를 들어, 25°C일 수 있고 측정의 기간의 편차들은 0.1 K 미만이다.
- [0041] 차례로 고정밀 쿨로메트리 장치(4)가 데이터 케이블(12)을 통해 컴퓨팅 유닛(10)에 연결된다. 고정밀 쿨로메트리 장치(4)는 배터리(2)의 충전-시간 그래프를 매우 높은 정확도로 기록한다. 배터리(2)는 여기서 주기적인 로드 사이클(100)로 동작된다.
- [0042] 컴퓨팅 유닛(10)은 고정밀 쿨로메트리 장치(4)로부터 전송된 데이터의 처리를 수행하는 컴퓨터 프로그램(13)을 포함한다. 컴퓨터 프로그램은 값들을 적어도 일시적으로 저장한다.
- [0043] 도 2는 도 1에 도시된 장치(1)로 수행되는 배터리(2)에 대한 잔존 가치 확인을 위한 방법에 대한 프로세스 다이어그램을 도시한다. 방법의 계산 단계들은 컴퓨팅 유닛(10) 상의 컴퓨터 프로그램(13)에 의해 수행된다.
- [0044] 제1 단계(201)에서는, 사용된 배터리(2)가 온도 제어 챔버(3)에 도입되고 온도 제어된다. 따라서, 후속하여 측정된 로드 사이클들(100) 동안 일정 온도에 도달한다. 제1 단계(201)는 배터리(2)를 온도 제어 챔버(3)에 공급하는 방식에 따라 일부 실시예들에서 생략될 수 있고, 다른 실시예에서 이 단계(201)는 몇 시간 지속될 수 있다.
- [0045] 제1 단계(201) 다음에 제2 단계(202)가 이어지고 여기서는 고정밀 쿨로메트리 장치(4)에 의해 배터리(2)의 측정이 수행된다. 여기서, 앞서 언급한 로드 사이클들(100)이 수행되고 적어도 전류 측정들이 수행되며, 이는 충전량들의 결정을 허용한다.
- [0046] 제2 단계(202)는 제3 단계(203)를 또한 포함하고 여기서는 확인된 데이터로 전류 교정이 수행된다. 더욱이, 제2 단계(202)는 제4 단계(204)를 또한 포함하고 여기서는 종료 기준이 존재하는지에 관한 결정이 내려진다. 만약 그렇지 않다면, 추가 로드 사이클(100)로 배터리(2)의 측정이 계속된다.
- [0047] 제3 및 제4 단계들(203, 204)은 여기서 각 로드 사이클 후에 또는 항상 설정 가능한 수의 추가 측정된 로드 사이클들 후에 수행될 수 있다. 여기서, 제3 및 제4 단계들(203, 204)은 원칙적으로 서로 의존적이지만, 공통 시간들에서 수행될 수 있다. 본 예에서, 제3 및 제4 단계들(203, 204)은 각각 10번의 로드 사이클(100) 후에 수행된다.
- [0048] 종료 기준으로서, 이 예시적인 실시예에서, 상이한 인자들의 조합이 사용된다. 제1 인자는 로드 사이클들(100)의 최소 수, 이 경우 100이다. 경험에 따르면, 이 로드 사이클들의 수가 100에 도달하기 전에는 배터리의 거동의 정상 상태에 도달하지 않는다. 추가 인자로서, 연속적인 로드 사이클들(100) 사이의 용량 손실의 편차가 사용된다. 이는 아래에 설명된다. 이 편차가 5% 아래로 떨어지면, 배터리(2)의 정상 상태 조건이 가정될 수 있다.
- [0049] 종료 기준들에 추가로 포함되는 것은 로드 사이클들(100)의 최소 수에 이는 이전 데이터가 고려되는 경우 배터리(2)에 대해 어떤 결과가 뒤따를 지이다. 결과가 이미 배터리가 정적 에너지 저장 디바이스에서의 전개에 더 이상 적합하지 않은 것이라면, 추가 측정이 종료된다. 그러나, 전지(2)가 노화에 대하여 높은 예상 품질을 가지고 있다면, 측정이 계속된다.
- [0050] 종료 기준이 충족되면, 배터리(2)의 측정이 종료된다. 제5 단계(205)에서는 최종 잔존 가치 기준들의 결정이 이루어진다. 이 예에서, 제5 단계(205)에서는, 쿨롱 효율 및 에너지 효율이 결정된다. 그 후 이들 잔존 가치 기준은, 예를 들어, 설정 가능한 임계 값들과 개별적으로 비교된다는 점에서 평가된다. 이 평가는, 적어도 부분적으로는, 정적 에너지 저장 디바이스에서의 배터리(2)의 사용이, 그것의 장래의 노화 특성들을 고려할 때,

수익성이 있을 것으로 예상되는지가 분명해지는 비용 효율성 평가이다. 다른 부분들에서는, 그것은 또한 배터리의 사용이 정당하다고 인정되는지, 예를 들어, 그것이 어떠한 화재 위험도 수반하지 않는지가 분명해지는 안전 관찰이기도 한다. 이 시점에서, 새로운 배터리들을 사용하는 에너지 저장의 경우와 같이 비용 효율성 고려가 수행될 수 있으며, 여기서 측정된 데이터는 배터리에 관한 제조업체 데이터를 대신한다.

[0051] 이 평가에서 정적 에너지 저장 디바이스에서의 전개, 즉 배터리(2)의 세컨드 라이프 전개가 가치가 없다는 것이 밝혀지면, 그것은, 예를 들어, 원자재 재활용 시설로 이동된다. 얻어진 데이터 및 잔존 가치 기준들을 폐기하는 것이 가능하다.

[0052] 그러나, 잔존 가치 기준들의 평가에서 배터리(2)가 정적 에너지 저장 디바이스에서 사용하기에 적합하다는 것이 밝혀지면, 제6 단계(206)에서, 얻어진 잔존 가치 기준들이 저장된다. 확인된 값들의 저장은 배터리(2)의 식별자, 예를 들어, 일련 번호와 함께 데이터베이스에서 일어난다. 더욱이, 배터리(2)의 배터리 관리 시스템으로부터 추출되는 특성 값들도 거기에 저장된다. 이러한 목적으로, 컴퓨팅 유닛(10)은 또한 데이터 교환을 수행할 수 있도록 배터리 관리 시스템에 연결된다. 전형적으로, 추정된 잔여 용량 및 오류 메모리 저장소에 저장된 정보와 같은 데이터는 전형적으로 배터리 관리 시스템으로부터 추출될 수 있다. 추정된 잔여 용량에 관한 데이터는 배터리(2)의 데이터시트 또는 대체 테스트 프로토콜에 따라 별도의 용량 측정에 의해 향상될 수 있다.

[0053] 제5 단계(205)에서 결정된 잔존 가치 기준들이 식별자와 함께 저장되기 때문에, 제7 단계(207)에서는 그에 의해 확인된 예측 값과 배터리들(2)에 대한 실제 노화 데이터의 비교가 수행될 수 있다. 이러한 목적으로, 그러한 실제 노화 데이터는 배터리들(2)이 정적 에너지 저장 디바이스에서 세컨드 라이프 전개되는 동안 배터리들(2)에 기록된다. 이 데이터는 순간 측정 값들에 대응하는 저장된 잔존 가치 기준들과 그리고 이전 라이프로부터의 데이터에 대응하는 배터리 관리 시스템으로부터 추출된 데이터와 비교된다. 예상 잔존 가치의 계통적인 편차들, 즉 잔존 가치 기준들 중 하나 이상과 상관되는 정적 에너지 저장 디바이스의 동작 특성들이 발견되면, 제5 단계(205)에서 수행된 평가의 정정, 예를 들어, 임계 값들의 변경이 수행된다. 이들 변경된 임계 값은 미래에 테스트되는 사용된 배터리들(2)에 대한 개선된 잔존 가치 결정으로 이어진다.

[0054] 배터리들(2)의 실제 측정은 고정밀 콜로메트리 장치(4)에 의해 행해진다. 도 3은 고정밀 콜로메트리 장치(4)가 배터리(2)의 주기적인 로드 사이클(100) 동안 기록한 전압-시간 그래프를 도시한다. 로드 사이클(100)은 제1 충전 상태(21)에서 제2 충전 상태(22)로의 방전을 포함하며, 여기서 제1 충전 상태(21)는 상위 전압(25)에 있고 제2 충전 상태(22)는 하위 전압(26)에 있다. 후속하여, 로드 사이클(100)에서, 배터리 저장 디바이스(2)는 제2 충전 상태(22)에서 제3 충전 상태(23)로 충전된다. 로드 사이클(100)에서의 다음 단계로서, 제3 충전 상태(23)에서 제4 충전 상태(24)로 방전이 이루어진다. 각 개별 충전/방전 단계에서는, 상위 전압(25) 및 하위 전압(26)이 전압 한계들로서 고수된다. 충전은 충전 기간  $t_c$  동안 지속된다. 방전은 방전 기간  $t_b$  동안 지속된다.

[0055] 도 3에 도시된 측정에 기초하여, 도 4에 도시된 바와 같이, 이제 개별 충전 및 방전 단계에서 얼마만큼의 누적 충전량이 흘렀는지가 확인될 수 있다. 도 4는 누적 충전량 Q에 대해 배터리 저장 디바이스의 전압이 플롯된 그래프를 도시한다. 로드 사이클(100)은 제1 충전 상태(21)에서 다시 시작된다. 배터리 저장 디바이스(2)는 제1 방전(31) 동안 제2 충전 상태(22)까지 방전된다. 여기서, 배터리 저장 디바이스(2)로부터 제1 충전량 Q1이 추출된다. 제1 충전량 Q1은 수학적 식 1로 계산될 수 있으며, 여기서 I는 전류 흐름(current flow)이고  $t_b$ 는 방전 기간이다:

[0056] 
$$Q1 = \int^{t_b} I(t) dt$$
 수학적 식 1

[0057] 후속하여 로드 사이클(100) 내에서, 배터리 저장 디바이스(2)는 제1 충전(32)에 의해 제2 충전 상태(22)에서 제3 충전 상태(23)로 충전된다. 제2 충전량 Q2가 배터리 저장 디바이스(2) 내로 로딩된다. Q2는 수학적 식 2에 의해 계산될 수 있다:

[0058] 
$$Q2 = \int^{t_c} I(t) dt$$
 수학적 식 2

[0059] 후속하여 로드 사이클(100) 내에서, 배터리 저장 디바이스(2)는 제2 방전(33)에 의해 제3 충전 상태(23)에서 제4 충전 상태(24)로 방전된다. 차례로 수학적 식 1과 유사하게 방전의 기간 및 연관된 전류 흐름으로부터 제거된 충전량(Q3)이 계산될 수 있다.

[0060] 이제, 제1 충전 상태(21)와 제3 충전 상태(23) 사이에서, 제1 충전 변위  $d1$ 을 결정하는 것이 가능하다.

더욱이, 제2 충전 상태(22)와 제4 충전 상태(24) 사이의 제2 충전 변위 d2가 확인될 수 있다. 제1 충전 변위 d1과 제2 충전 변위 d2 사이의 차이로부터, 이제 수학적 식 3에 의해 로드 사이클(100)에 대해 용량 손실 dKap가 확인될 수 있다.

$$dKap = d2 - d1 \quad \text{수학적 식 3}$$

[0061]

[0062] 도 5는 250개의 로드 사이클에 대한 로드 사이클당 용량 손실을 도시한다. 여기서, x축에는 로드 사이클 수 Z가 표시되고, y축에는 각각의 로드 사이클(100)의 증분 수와 로드 사이클(100)당 용량 손실 dKap가 표시된다. 도 5는 초기에 안정화 단계(settling phase) P1이 연속적인 로드 사이클들(100) 동안 발생한다는 것을 분명히 한다. 안정화 단계 P1의 길이는 동작점과 배터리(2)의 이전 이력에 의존한다.

[0063] 방법의 측정 값으로서 평균 용량 손실 dKap<sub>mean</sub>의 결정은 용량 손실 dKap의 값들에 대한 슬라이딩 선형 피팅과 그렇게 생성된 직선 방정식들에서의 가장 작은 기울기들의 결정에 의해 이루어진다. 용량 손실 dKap의 모든 값, 즉, 값 1 내지 값 250에 걸친 피팅에서 시작하여, 데이터세트는 계속해서 단축되고 새로운(피팅된) 직선(2 내지 250, 3 내지 250 등)을 생성한다. 피팅은 데이터세트의 특정 최소 잔여 길이, 예를 들어, 총 길이의 10%까지 수행된다. 그 후, 직선 방정식들은, 특히, 그것들의 기울기들의 값에 따라 크기에 의해 오름차순으로 소팅된다. 그 후 기울기들 중 적어도 2개의 기울기가 용량 손실들 dKap의 마지막 10%의 평균 값의 10% 미만의 정량적 값을 가진다면 측정이 유효한 것으로 간주될 수 있다. 예를 들어, 특히 적어도 200개의 용량 손실이 측정되는 경우, 마지막 20개의 용량 손실의 평균 값이 5mAh/load cycle이면, 2개의 최상의 접선(피팅)의 기울기는 0.5mAh/load cycle 미만에 달해야 한다.

[0064] 오히려, 시스템의 충분히 정적 상태에 도달하지 않았기 때문에 특히 더 많은 수의 지지점들을 사용하여 측정이 반복되어야 한다. 소팅으로부터, 예를 들어 데이터세트의 총 길이의 3% 잘라 버려진 특정 수가 확인되고/되거나 2개의 측정 값 중 최소수가 선택되고 피팅된 직선의 대응하는 시작 인덱스가 확인된다. 그렇게 확인된 부분들 각각에 대해, 포함된 용량 손실들 dKap에 대한 산술 평균 값으로서 평균된 용량 손실이 주어진다. 후속하여 평균된 개별 용량 손실들에 대한 평균 값으로서 평균 용량 손실 dKap<sub>mean</sub>의 값이 결정된다.

[0065] 충분히 정적이 아닌, 즉 실질적으로 일정하지 않은 용량 손실이 아직 달성되지 않았다면, 로드 사이클의 측정이 반복된다. 소팅으로부터, 예를 들어 데이터세트의 총 길이의 3% 잘라 버려진 특정 수가 다시 확인되고/되거나 2개 중 최소수가 선택되고 피팅된 직선의 대응하는 시작 인덱스가 확인된다. 그렇게 확인된 부분들 각각에 대해, 포함된 용량 손실들에 대한 산술 평균 값으로서 평균 용량 손실 dKap<sub>mean</sub>이 주어진다. 그러나, 평균 용량 손실 dKap<sub>mean</sub>의 값은 또한, 산술 평균된 용량 손실들을 통해 확인될 수 있다.

[0066] 도 5는 또한 확인 단계 P2가 안정화 단계 P1에 인접해 있다는 것을 분명히 한다. 이들 단계는 용량 손실들 dKap의 평가 동안 변위될 수 있다.

[0067] 용량 손실과는 별도로, 쿨롱 효율도 잔존 가치 기준으로서 사용된다. 이는 다음과 같이 계산된다

$$CE = Q^3 / Q_2 \quad \text{수학적 식 4}$$

[0068]

[0069] 제3 단계에서 수행되는 전류 교정을 위해, 방전 상태, 예를 들어 제2 충전 상태에 기인할 수 있는, 방전 용량 Q0이 두 가지 상이한 방식으로 계산될 수 있는 그것의 사용이 이루어질 수 있고, 고정밀 쿨로메트리 장치(4)의 전류 교정은 2개의 계산에서 상이하게 포함된다. 따라서, Q0은 제1 규칙에 따른다.

$$Q_0 = \frac{d2}{1-CE} \quad \text{수학적 식 5}$$

[0070]

[0071] 더욱이, Q0은 이전 로드 사이클(100)에 할당된 초기 방전 용량(Q0A)과 이전 로드 사이클(100)과 현재 로드 사이클 사이의 용량 손실로부터 계산될 수 있다:

$$Q_{0m} = Q_{0A} + \sum dKap \quad \text{수학적 식 7}$$

[0072]

[0073] 오류가 없는 이상적인 전류 측정의 경우, 그 2개의 값이 동일하다. 즉,

[0074]  $Q_0 = Q_{0m}$  수학식 8

[0075] 그러나, 실제로는 전류 측정에 존재하는 전류 교정이 완전히 정확하지 않음으로 인해, 2개의 값은 서로 다르다. 값들의 차이가 클수록, 전류 교정에는 더 많은 오류가 발생한다.

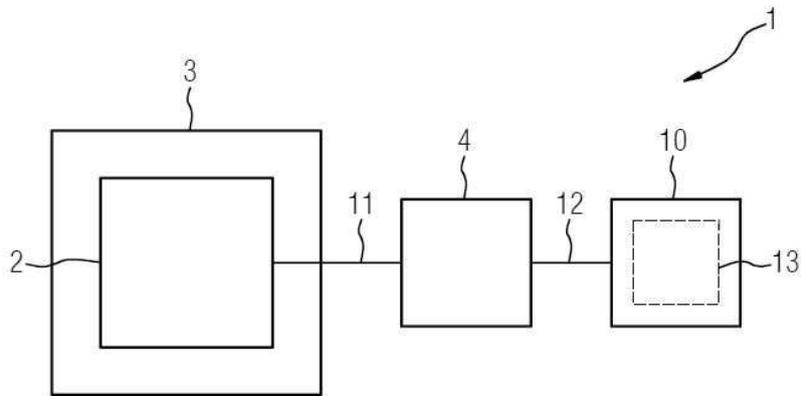
[0076] 수학식 8은  $f = Q_0 - Q_{0m}$  형식으로 함수 값  $f$ 가 최소화되는 최적화의 기초로서 사용된다. 최적화를 위해 변경될 변수들이 전류 교정을 형성한다. 전류 교정은 측정된 전류 값을 정정된 측정 값에 매핑하는 것이다. 최적화를 통해, 값들 간의 광범위한 매칭이 달성되면, 정정된 측정 값들이 실제 전류 흐름을 매우 정확하게 나타낸다. 최적화는 컴퓨팅 유닛(10)에서 컴퓨터 프로그램(13)에 의해 수행된다.

**부호의 설명**

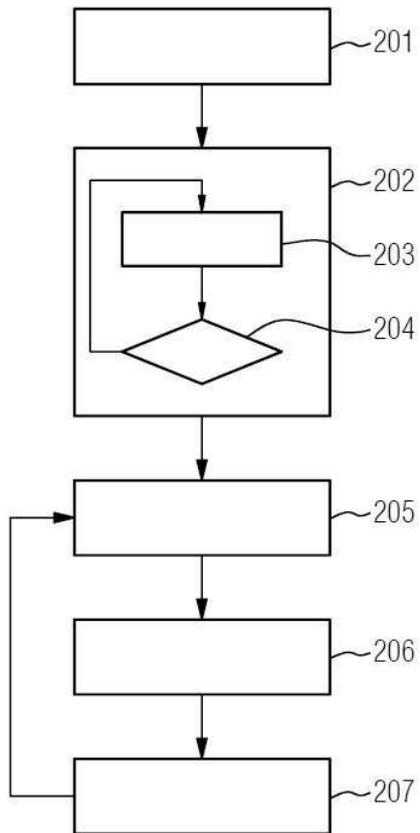
- [0077]
- 1: 장치
  - 2: 배터리
  - 3: 온도 제어 챔버
  - 4: 고정밀 콜로메트리 장치
  - 10: 컴퓨팅 유닛
  - 11: 전력 케이블
  - 12: 데이터 케이블
  - 13: 컴퓨터 프로그램 제품
  - 21: 제1 충전 상태
  - 22: 제2 충전 상태
  - 23: 제3 충전 상태
  - 24: 제4 충전 상태
  - 25: 상위 전압
  - 26: 하위 전압
  - 100: 로드 사이클
  - $t_c$ : 충전 기간
  - $t_D$ : 방전 기간
  - 201...207: 제1 단계...제7 단계

도면

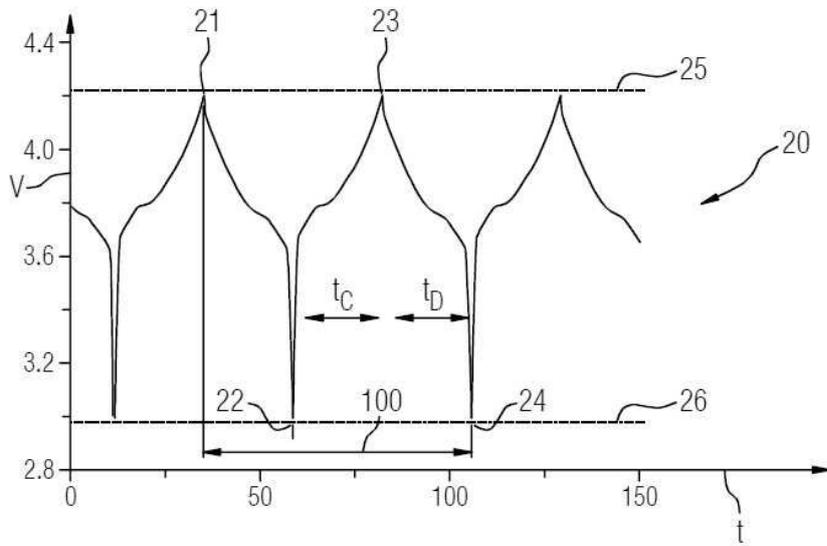
도면1



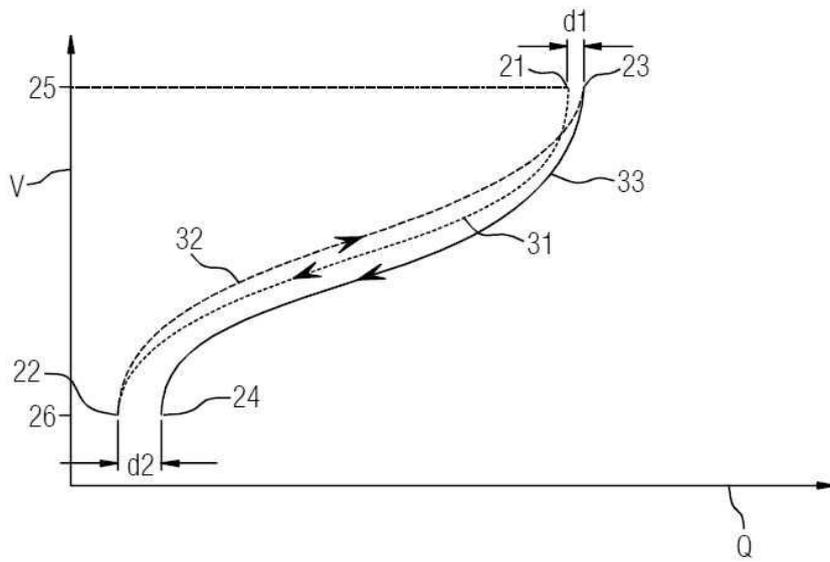
도면2



도면3



도면4



도면5

