(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월15일
(11) 등록번호 10-1839141
(24) 등록일자 2018년03월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/36 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/3679 (2013.01)
G01R 31/3648 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0142709
(22) 출원일자 2016년10월31일
심사청구일자 2016년10월31일
(56) 선행기술조사문헌
JP2007010370 A*
JP2016038240 A*
KR100766982 B1*
JP2000243459 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기술교육대학교 산학협력단
충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)
(72) 발명자
김광선
충청남도 천안시 병천면 충절로 355 1638, 105-404(신한아파트)
김준영
경기도 화성시 동탄원천로 315-13, 740동 704호
주강우
충청남도 천안시 서북구 성성6로 111, 레이크타운 푸르지오 103동 104호
(74) 대리인
특허법인아주

전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 양찬호

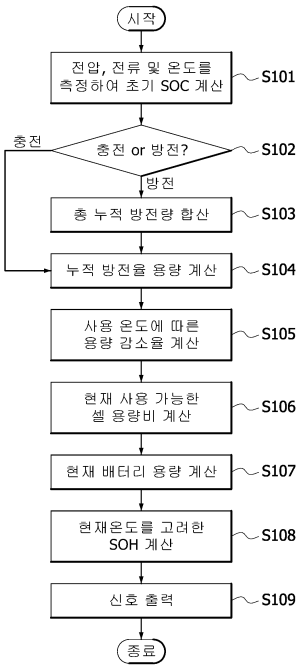
(54) 발명의 명칭 **배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법**

(57) 요 약

본 발명은 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법에 관한 것으로, 배터리 관리 시스템(BMS)의 시동 시 내부 제어부가 배터리의 전압, 전류, 및 온도를 측정하고 초기 배터리 용량(SOC : State of Charge)을 산출하는 단계; 상기 제어부가 상기 배터리가 충전 또는 방전 상태인지를 체크하는 단계; 상기 제어부

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



가 상기 배터리가 방전 상태인 경우 현재의 누적 방전량을 산출하는 단계; 상기 제어부가 상기 배터리가 충전 상태인 경우 및 상기 누적 방전량이 산출될 경우에 누적방전율 용량을 산출하는 단계; 상기 제어부가 상기 배터리의 평균 사용 온도에 따른 배터리의 용량감소율을 산출하는 단계; 상기 제어부가 상기 용량감소율과 누적방전율 용량 값을 이용하여 현재 사용 가능한 배터리 용량비를 산출하는 단계; 및 상기 제어부가 상기 배터리 용량비를 기초로 상기 배터리의 온도 변화에 대응하는 배터리 수명 상태(SOH : State of Health)를 산출하여 출력하는 단계;를 포함한다.

(52) CPC특허분류
G01R 31/3675 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2013R1A2A1A01013835
부처명 교육과학기술부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 중견연구자지원사업(도약)
연구과제명 최적 충.방전을 위한 예측가능 BMS 및 계측 시스템 개발에 관한 연구
기 여 율 1/1
주관기관 한국기술교육대학교
연구기간 2013.06.01 ~ 2016.05.31
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

배터리 관리 시스템(BMS)의 시동 시 내부 제어부가 배터리의 전압, 전류, 및 온도를 측정하고 초기 배터리 용량(SOC : State of Charge)을 산출하는 단계;

상기 제어부가 상기 배터리가 충전 또는 방전 상태인지를 체크하는 단계;

상기 제어부가 상기 배터리가 방전 상태인 경우 현재의 누적 방전량을 산출하는 단계;

상기 제어부가 상기 배터리가 충전 상태인 경우 및 상기 누적 방전량이 산출될 경우에 누적방전율 용량을 산출하는 단계;

상기 제어부가 상기 배터리의 평균 사용 온도에 따른 배터리의 용량감소율을 산출하는 단계;

상기 제어부가 상기 용량감소율과 누적방전율 용량 값을 이용하여 현재 사용 가능한 배터리 용량비를 산출하는 단계; 및

상기 제어부가 상기 배터리 용량비를 기초로 상기 배터리의 온도 변화에 대응하는 배터리 수명 상태(SOH : State of Health)를 산출하여 출력하는 단계;를 포함하되,

상기 배터리 용량비의 초기 값을 배터리 수명 상태(SOH)의 최대값인 100%로 설정하고, 현재의 온도(T)에 대응하는 누적 방전량을 C라고 할 때,

상기 제어부는,

온도에 따른 배터리의 용량감소율에 누적 방전량 C를 곱하여 온도별 용량감소량을 산출(용량감소량=(제2계수*T + 제2상수)*C)하고,

상기 배터리 수명 상태(SOH)의 최대값인 100%에서 상기 온도별 용량감소량을 반영한 누적 방전량을 차감하여 배터리의 남은 수명 상태인 제1 사용 가능 방전량(SOH)을 산출하고, 다시 상기 산출된 제1 사용 가능 방전량(SOH)에서 기 지정된 기준 사용 가능 방전량을 차감하여 제2 사용 가능 방전량(SOH)을 산출하고,

상기 제2 사용 가능 방전량(SOH)을 상기 용량감소량 산출식(용량감소량=(제2계수*T + 제2상수)*C)에 대입하고,

상기 용량감소량 산출식을 연산하여 산출된 C를 배터리의 남은 수명 상태인 최종 사용 가능 방전량(SOH)으로서 산출하는 것을 특징으로 하는 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 초기 배터리 용량(SOC)은,

전압 안정화 시간에 따른 OCV(Open Circuit Voltage)와 SOC(State of Charge)의 관계에 기초하여 산출하는 것으로서, 전압 안정화 시간이 경과된 상태 또는 부하를 작동시키지 않은 초기 상태에서 측정된 전압에 근거하여 산출되는 배터리 용량(SOC)인 것을 특징으로 하는 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 전압 안정화 시간은,

배터리의 방전이 완전히 멈춘 상태에서 전압 변화가 안정되는 시간으로서,

상기 전압 변화 값이 기 설정된 전압 변화 값 이하로 안정되는지 여부로 판정되는 것을 특징으로 하는 배터리

관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 누적방전율 용량은,

초기 배터리 용량에 대한, 누적 방전량에 의한 현재 배터리 용량의 비율을 의미하는 것으로서, 현재의 누적 방전량에 의한 현재 배터리 용량을 초기 배터리 용량으로 나누어 산출하는 것을 특징으로 하는 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 누적방전율 용량에 대한 배터리 용량비(y)는,

온도별 산출된 제1계수에 누적방전율 용량(x)을 곱한 값에 미리 설정된 제1상수를 더하여 산출(y=-제1계수*x + 제1상수)되는 것을 특징으로 하는 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 온도에 따른 배터리의 용량감소율(y)은,

미리 산출된 제2계수에 온도(x)를 곱한 값에 미리 산출된 제2상수를 더하여 산출(y=제2계수*x + 제2상수)하는 것을 특징으로 하는 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법.

청구항 7

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 현재 충방전 배터리의 사용 환경에서 배터리의 사용 온도를 고려한 배터리의 수명 상태(SOH)를 예측할 수 있도록 하는, 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 다양한 분야에서 배터리 시스템의 사용이 빠르게 늘어나고 있으며, 이러한 배터리의 용량, 수명 및 안전성을 유지하기 위해 세심한 모니터링과 충방전 제어가 필요함에 따라 배터리 관리 시스템(BMS : Battery Management System)에 대한 연구와 개선이 이루어지고 있다.

[0003] 상기 배터리 관리 시스템(BMS)은, 도 1에 도시된 바와 같이, 배터리 셀(또는 배터리 팩)의 노화도(SOH : State of Health, 또는 현재 배터리의 수명 상태) 및 충전 상태(SOC : State of Charge, 또는 현재 배터리의 충방전 상태)의 모니터링과 관리를 위해서 배터리 셀(또는 배터리 팩)의 전압(V), 전류(I), 온도(T) 등을 모니터링 한다.

[0004] 예컨대 충방전 배터리(예 : 리튬이온 배터리)를 사용하는 모든 시스템(예 : 전기자동차, 스마트폰 등)에 대하여, 배터리의 충방전 반복 시(즉, 충방전 사이클 반복 시) 원래 성능(또는 초기의 충전 가능 용량)으로 돌아가지 못하고 충전 및 방전시간이 줄어드는 등 배터리의 수명이 점차 감소하게 된다.

[0005] 따라서 현재 충방전 배터리를 사용하는 각종 관련 산업 현장에서는 배터리 관리 시스템(BMS)을 통해 배터리의 현재 상태를 실시간으로 모니터링 하여 일정 수준 이하로 도달할 시 배터리를 교체하는 방식을 사용하고 있다.

[0006] 하지만 배터리는 극한 주변상황(예 : 온도가 높거나 낮은 상황)에서는 그 성능(예 : 배터리 용량)의 변동 폭이 심하고 배터리 수명에 큰 영향을 받기 때문에 배터리의 교체시기가 부정확하게 됨으로써, 결과적으로 배터리 운용에 불편을 발생시키는 문제점이 있다.

[0007] 따라서 배터리 관리 시스템(BMS)을 이용한 배터리의 모니터링 수준이 아닌, 현재 배터리 사용 환경에서 온도를 고려한 배터리의 노화도(SOH, 또는 수명 상태)를 보다 정확하게 예측할 수 있도록 함으로써, 사용자가 배터리 교체시기를 사전에 알고 적절하게 관리할 수 있도록 하는 개선이 필요한 상황이다.

[0008] 본 발명의 배경기술은 대한민국 공개특허 10-2007-0043150(2007.04.25. 공개, 배터리의 SOC 추정 방법 및 이를 이용한 배터리 관리시스템)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창작된 것으로서, 현재 충방전 배터리의 사용 환경에서 배터리의 사용 온도를 고려한 배터리의 수명 상태(SOH)를 예측할 수 있도록 하는, 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 측면에 따른 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법은, 배터리 관리 시스템(BMS)의 시동 시 내부 제어부가 배터리의 전압, 전류, 및 온도를 측정하고 초기 배터리 용량(SOC : State of Charge)을 산출하는 단계; 상기 제어부가 상기 배터리가 충전 또는 방전 상태인지를 체크하는 단계; 상기 제어부가 상기 배터리가 방전 상태인 경우 현재의 누적 방전량을 산출하는 단계; 상기 제어부가 상기 배터리가 충전 상태인 경우 및 상기 누적 방전량이 산출될 경우에 누적방전율 용량을 산출하는 단계; 상기 제어부가 상기 배터리의 평균 사용 온도에 따른 배터리의 용량감소율을 산출하는 단계; 상기 제어부가 상기 용량감소율과 누적 방전율 용량 값을 이용하여 현재 사용 가능한 배터리 용량비를 산출하는 단계; 및 상기 제어부가 상기 배터리 용량비를 기초로 상기 배터리의 온도 변화에 대응하는 배터리 수명 상태(SOH : State of Health)를 산출하여 출력하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명에 있어서, 제 1항에 있어서, 상기 초기 배터리 용량(SOC)은, 전압 안정화 시간에 따른 OCV(Open Circuit Voltage)와 SOC(State of Charge)의 관계에 기초하여 산출하는 것으로서, 전압 안정화 시간이 경과된 상태 또는 부하를 작동시키지 않은 초기 상태에서 측정된 전압에 근거하여 산출되는 배터리 용량(SOC)인 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명에 있어서, 상기 전압 안정화 시간은, 배터리의 방전이 완전히 멈춘 상태에서 전압 변화가 안정되는 시간으로서, 상기 전압 변화 값이 기 설정된 전압 변화 값 이하로 안정되는지 여부로 판정되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명에 있어서, 상기 누적방전율 용량은, 초기 배터리 용량에 대한, 누적 방전량에 의한 현재 배터리 용량의 비율을 의미하는 것으로서, 현재의 누적 방전량에 의한 현재 배터리 용량을 초기 배터리 용량으로 나누어 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명에 있어서, 상기 누적방전율 용량에 대한 배터리 용량비(y)는, 온도별 산출된 제1계수에 누적방전율 용량(x)을 곱한 값에 미리 설정된 제1상수를 더하여 산출(y=-제1계수*x + 제1상수)되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명에 있어서, 상기 온도에 따른 배터리의 용량감소율(y)은, 미리 산출된 제2계수에 온도(x)를 곱한 값에 미리 산출된 제2상수를 더하여 산출(y=제2계수*x + 제2상수)하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명에 있어서, 상기 배터리 용량비의 초기 값을 배터리 수명 상태(SOH)의 최대값인 100%로 설정하고, 현재의 온도(T)에 대응하는 누적 방전량을 C라고 할 때, 상기 제어부는, 온도에 따른 배터리의 용량감소율에 누적 방전량 C를 곱하여 온도별 용량감소량을 산출(용량감소량=(제2계수*T + 제2상수)*C)하고, 상기 배터리 수명 상태(SOH)의 최대값인 100%에서 상기 온도별 용량감소량을 반영한 누적 방전량을 차감하여 배터리의 남은 수명 상태인 제1 사용 가능 방전량(SOH)을 산출하고, 다시 상기 산출된 제1 사용 가능 방전량(SOH)에서 기 지정된 기준 사용 가능 방전량을 차감하여 제2 사용 가능 방전량(SOH)을 산출하고, 상기 제2 사용 가능 방전량(SOH)을 상기 용량감소량 산출식(용량감소량=(제2계수*T + 제2상수)*C)에 대입하고, 상기 용량감소량 산출식을 연산하여 산출

된 C를 배터리의 남은 수명 상태인 최종 사용 가능 방전량(SOH)으로서 산출하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 현재 충방전 배터리의 사용 환경에서 배터리의 사용 온도를 고려한 배터리의 수명 상태(SOH)를 예측할 수 있도록 하여 사용자가 배터리의 교체시기를 사전에 알고 대처할 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 일반적인 배터리 관리 시스템의 동작을 설명하기 위한 예시도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법을 설명하기 위한 흐름도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 셀(또는 배터리 팩)이 방전을 멈추고 난 후 분극이 해소되면서 나타나는 전압변화 그래프를 보인 예시도.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 용량(SOC)의 변화에 따른 전압 안정화 시간을 테스트한 결과를 보인 예시도.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 용량(SOC)의 변화에 따른 전압 안정화 시간을 회귀 분석한 그래프를 보인 예시도.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 관련된 배터리의 충방전 사이클의 증가에 따른 배터리 용량의 변화를 보인 예시도.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 관련된 배터리의 누적 방전량에 따른 배터리 용량의 변화를 보인 예시도.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 사용 온도별 누적방전율 용량에 대한 셀 용량비(%)의 변화를 시험한 결과를 그래프로 보인 예시도.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 온도 변화에 따른 배터리의 용량 감소율을 그래프로 보인 예시도.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 SOC 계산 결과를 검증하는 시험 결과를 보인 예시도.

도 11은 상기 도 10의 시험 결과에 따른 배터리 팩의 SOC와 OCV 전압과의 관계를 보인 예시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법의 일 실시예를 설명한다.

[0020] 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0021] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 관리 시스템의 온도를 고려한 배터리의 수명 상태 예측 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0022] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 관련된 배터리 관리 시스템(BMS)의 제어부(미도시)는 배터리 셀(또는 배터리 팩)의 전압, 전류, 및 온도를 측정하여 초기 SOC(State of Charge)를 계산(산출)한다(S101).

[0023] 참고로 상기 배터리 관리 시스템(BMS)의 제어부(이하 제어부로 기재함)는 배터리 관리 시스템(BMS)의 시동(즉, 초기화) 후 배터리 셀(또는 배터리 팩)의 전압, 전류, 및 온도를 측정하고, 이전에 시동을 오프했던 시간으로부터 전압 안정화 시간에 따른 OCV(Open Circuit Voltage)와 SOC(State of Charge)의 관계에 기초하여 초기 SOC를 계산한다.

[0024] 통상적으로 실제 배터리의 용량(SOC)을 정확히 계산(산출)하기 위해서는 배터리에 연결된 부하가 완전히 제거된 이후의 전압(OCV, Open Circuit Voltage : 개방회로전압)을 이용하여 계산(산출)하여야 한다. 그런데 실제 부하가 연결되어 동작중인 장치나 시스템(예 : 전기자동차, 스마트폰 등)에서는 개방회로전압(OCV)에 의한 배터리의

용량(SOC)을 계산(산출)하기가 어렵다.

[0025] 상기와 같이 실제 부하가 연결되어 동작중인 장치나 시스템에서는 개방회로전압(OCV)에 의한 배터리의 용량(SOC)을 계산(산출)하기가 어렵기 때문에 배터리의 방전이 완전히 멈춘 상태(예 : 장치나 시스템의 동작을 정지한 상태)에서 전압 안정화 시간(예 : 약 11분)이 경과된 후의 전압을 측정하여 배터리의 용량(SOC)을 계산(산출)할 수 있게 된다.

[0026] 여기서 전압 안정화 시간(예 : 약 11분)은, 도 3에 도시된 그래프와 같이, 배터리의 방전이 완전히 멈춘 상태에서 전압 변화가 안정되었을 때(예 : 전압 변화가 0.02V 이하일 때 전압 변화가 안정된 것으로 판정)를 의미하는 것으로, 반복적인 테스트 결과, 배터리의 방전이 멈춘 후 약 11분이 경과되었을 때 전압 변화가 안정되는 것을 알 수 있다.

[0027] 따라서 상기 전압 안정화 시간에 따른 OCV(개방회로전압)와 SOC(배터리 용량)의 관계에 기초한 초기 SOC란, 개방회로전압(OCV)과 같은 전압을 측정할 수 있는 상태(즉, 전압 안정화 시간이 경과된 상태, 또는 부하를 작동시키기 않은 초기 상태)에서 측정된 전압에 근거하여 계산(산출)되는 SOC를 의미한다.

[0028] 여기서 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 셀(또는 배터리 팩)이 방전을 멈추고 난 후 분극이 해소되면서 나타나는 전압변화 그래프를 보인 예시도이다. 도 3을 참조하면 전압 안정화 시간(예 : 약 11분)이 경과된 후 전압 변화가 0.02V 이하가 됨으로써 전압 안정화 상태가 된 것을 알 수 있다.

[0029] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 용량(SOC)의 변화에 따른 전압 안정화 시간을 테스트한 결과를 보인 예시도로서, 배터리 용량(SOC)을 다르게 설정하여 전압 안정화 상태가 되기까지 걸리는 시간을 테스트한 결과, 목적하는 배터리 용량(Target SOC)까지 이르는 시간은 오차 범위 내에서 11분으로 동일하게 측정됨을 알 수 있었다.

[0030] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 용량(SOC)의 변화에 따른 전압 안정화 시간을 회귀 분석한 그래프를 보인 예시도로서, 즉, 도 5는 상기 도 4에 도시된 예시도가 산출되는 실험 결과를 바탕으로 배터리 용량(SOC)의 변화에 따른 전압 안정화 시간(Stabilization Time)을 회귀 분석한 결과를 보인 예시도로서, 도 5를 참조하면, 배터리의 방전이 정지된 후 경과되는 시간에 따른 전압의 변화 정도(또는 패턴)가 점차로 작아지면서 안정화되는 것을 알 수 있다.

[0031] 예컨대 도 5를 참조하면, 배터리의 방전이 정지된 후 초기 약 2분 동안에 전압의 변화가 가장 크고, 이후 약 3분 동안에 전압의 변화가 서서히 작아지기 시작하며, 상기 배터리의 방전이 정지된 후 5분 후부터 11분 까지는 거의 전압 변화가 없는 안정화 상태가 유지되고 있음을 알 수 있다.

[0032] 따라서 상기 도 5에 도시된 예시도의 시간에 따른 전압의 변화 정도(또는 패턴)에 기초하여 전압 안정화 상태가 되기(또는 전압 안정화 시간이 경과되기)를 기다리지 않고도 배터리 용량(SOC)의 계산(산출)이 가능할 수 있음을 알게 된다.

[0033] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 관련된 배터리의 충방전 사이클의 증가에 따른 배터리 용량의 변화를 보인 예시도이고, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 관련된 배터리의 누적 방전량에 따른 배터리 용량의 변화를 보인 예시도이다.

[0034] 도 6을 참조하면, 배터리의 충방전 사이클(횟수)이 증가함에 따라 배터리 용량이 감소하며, 약 1500 싸이클(횟수) 정도의 충방전을 수행할 경우 50% 가까이 배터리 용량이 감소하는 것을 알 수 있다.

[0035] 한편 도 7을 참조하면, 배터리의 누적 방전량이 증가함에 따라 배터리 용량이 감소하며, 누적 방전량이 9000(Ah)가 되었을 경우 약 50% 가까이 배터리 용량이 감소한 것을 알 수 있다.

[0036] 여기서 상기 1싸이클이란, 배터리의 방전 상태에 관계없이 단지 충방전 횟수만을 체크한 값이고, 상기 누적 방전량이란, 배터리의 충전을 시작하기 직전의 방전량을 누적한 값이다. 즉, 1싸이클은 배터리가 완전히 방전되지 않은 상태에서도 충전을 시작하면 증가되는 카운트 값이지만, 누적 방전량은 충전 시작 전까지의 방전량을 누적한 값으로 그 의미에 차이가 있다.

[0037] 다시 도 2를 참조하면, 상기 초기 SOC를 계산(산출)한 후(S101), 제어부는 배터리가 충전 상태인지 방전 상태인지를 체크한다(S102).

[0038] 상기 체크(S102) 결과, 배터리가 방전 상태인 경우에는 현재 방전량을 누적 방전량에 합산한다(S103). 즉, 현재 방전량을 포함한 누적 방전량(즉, 배터리 출시 때부터 수명이 다할 때까지 누적하여 저장하는 누적 방전량)을

산출한다.

[0039] 상기 체크(S102) 결과, 배터리가 충전 상태인 경우 및 상기 누적 방전량이 산출될 경우에는 누적방전율 용량을 계산한다(S104).

[0040] 여기서 누적방전율 용량이란, 상기 누적 방전량에 의한 현재 배터리 용량의 초기 배터리 용량에 대한 비율을 의미하는 것으로, 배터리 용량의 크고 작음에 관계없이 노화가 진행되더라도 배터리 용량(SOC)을 정확히 산출할 수 있도록 하는 인자이다. 이때 상기 누적방전율 용량은 현재의 누적 방전량에 의한 현재 배터리 용량을 초기 배터리 용량으로 나누어 산출할 수 있다.

[0041] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 사용 온도별 누적방전율 용량에 대한 배터리 용량비(또는 셀 용량비)(%)의 변화를 시험한 결과를 그래프로 보인 예시도이고, 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 온도 변화에 따른 배터리의 용량 감소율을 그래프로 보인 예시도이다.

[0042] 도 8을 참조하면, 상기 사용 온도별 누적방전율 용량에 대한 배터리 용량비(또는 셀 용량비)(%)의 변화를 시험한 결과 그래프를 수학식으로 변환하면 아래의 수학식1,2가 된다.

수학식 1

[0043] $$20℃ : y = -0.015x + 100$$

수학식 2

[0044] $$40℃ : y = -0.026x + 100$$

[0045] 여기서, 0.015 및 0.026은 온도별 산출된 계수, y는 배터리 용량비(또는 셀 용량비), x는 누적방전율 용량

[0046] 상기 수학식 1,2에 기초하여 배터리 노화도(SOH)의 평가 지표가 될 수 있는 온도 변화에 따른 배터리의 용량감소율의 변화(즉, 온도 변화에 따라 얼마나 빨리 배터리 용량이 감소되는지)를 산출할 수 있다(도 9 참조).

[0047] 도 9를 참조하면, 사용 온도가 증가할수록 용량감소율이 증가함을 알 수 있으며, 상기 사용 온도의 변화에 따른 배터리의 용량감소율을 나타낸 그래프를 수학식으로 변환하면 아래의 수학식 3과 같다.

수학식 3

[0048] $$y = 0.0006x + 0.0036$$

[0049] 여기서 y는 용량감소율, x는 온도이고, 상기 계수(0.0006)와 상수(0.0036)은 반복 실험에 의한 회귀분석을 통해 산출할 수 있다.

[0050] 상기와 같이 온도 변화에 따른 용량감소율에 기초하여 배터리 교체시기(즉, 미리 설정된 배터리 용량에 따른 배터리 교체시기)를 예측할 수 있다(예 : 수학식 4를 이용한 SOH를 산출하여 배터리 교체시기를 예측할 수 있음).

[0051] 다시 도 2를 참조하면, 상기 제어부는 배터리의 누적방전율 용량을 계산(S104)한 후, 배터리의 사용 온도(예 : 평균 사용 온도)에 따른 배터리의 용량감소율을 계산(산출)한다(S105).

[0052] 상기와 같이 배터리의 용량감소율이 계산(산출)되면, 상기 제어부는 상기 산출한 용량감소율과 누적방전율 용량 값을 이용하여 현재 사용 가능한 배터리 용량비(또는 셀 용량비)(%)를 계산(산출)한다(S106)(도 8 참조).

[0053] 상기와 같이 현재 사용 가능한 배터리 용량비(또는 셀 용량비)(%)가 계산(산출)되면, 상기 제어부는 상기 사용 가능한 배터리 용량비(또는 셀 용량비)(%)에 기초하여 현재 사용 가능한 배터리 용량(또는 셀 용량)을 계산(산출)한다(S107)(도 10, 11 참조).

[0054] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 SOC 계산 결과를 검증하는 시험 결과를 보인 예시도이고, 도 11은 상기 도

10의 시험 결과에 따른 배터리 팩의 SOC와 OCV 전압과의 관계를 보인 예시도이다.

[0055] 도 10은 4.2V 배터리 셀 13개를 1팩으로 하는 배터리 팩의 충방전 시험을 진행할 결과를 보인 예시도로서, 충방전 조건을 실제 배터리 사용 조건과 유사하게 설정하였으며, 충방전 시 본 실시예에 따른 방법으로 계산(산출)한 SOC와 측정 전압이, 도 11에서 OCV 전압에 의한 SOC를 계산(산출)한 결과와 오차범위 내에서 일치하고 있음을 알 수 있다(여기서 그래프의 실선은 볼츠만 식에 의한 회귀분석의 경향을 따른다). 즉, 도 11의 그래프에 도시된 실선이 OCV 값(부하가 없을 때 측정한 전압)을 알 때 산출된 SOC이고, 도 11의 그래프에 찍힌 점(도 10의 충방전 피크 점에 대응)은 도 10에서의 시험(실제 부하 조건에서의 시험)에서 계산(산출)한 SOC로서, 본 실시예에 따른 방법으로 실제 부하가 연결된 상태에서 SOC를 계산(산출)하면 OCV 값(부하가 없을 때 측정한 전압)을 알 때 산출된 SOC가 오차범위 내에서 같음을 알 수 있다.

[0056] 따라서 상기 제어부는 실제 부하가 연결된 상태(즉, 방전 상태)에서 측정된 배터리 전압을 이용하여 안정된 배터리 전압(즉, 전압 안정화 시간이 경과된 안정된 배터리 전압)을 예측할 수 있으며, 상기 예측한 안정된 배터리 전압을 이용하여 SOC를 계산하여 출력할 수 있다.

[0057] 다만 본 실시예에서 상기 현재 사용 가능한 배터리 용량(또는 셀 용량)은 계산(산출)하지 않을 수도 있다.

[0058] 다시 도 2를 참조하면, 상기 제어부는 현재의 SOH(배터리 수명 상태, 또는 사용 가능 방전량)를 계산(산출)하여(S108), 지정된 정보 출력부(미도시)를 통해 출력한다(S109).

[0059] 이하 현재의 SOH(배터리 수명 상태, 또는 사용 가능 방전량) 계산 방법에 대해서 설명한다.

[0060] 예컨대 초기 배터리의 배터리 용량비(또는 셀 용량비)를 100%라고 할 때, 이 값을 곧 SOH의 최대값으로 설정하고, 현재의 온도(T)가 20~40(℃)라고 하고, 누적 방전량(즉, 누적된 방전량)을 C라고 하면, 도 9를 참조하여 배터리의 용량감소량을 아래의 수학식 4를 이용하여 계산(산출)할 수 있다. 즉, 용량감소량은 온도에 따른 용량감소율에 누적 방전량(C)을 곱하여 산출될 수 있다.

수학식 4

[0061] $$\text{용량감소량} = (0.0006 * T + 0.0036) * C$$

[0062] 가령, 20℃ 환경에서 사용한 배터리의 누적 방전량이 600이면, 전체 배터리의 노화도(SOH)가 100%일 때 9.36%의 배터리 용량 감소가 발생한다는 의미가 된다.

[0063] 다시 말해, 실제 운전 환경에서는 온도가 변하기 때문에 해당 온도에서 사용한 누적 방전량을 대입하여 총 배터리 용량감소량을 계산하고, 이를 바탕으로 일정 온도에서 사용 시 누적 방전량에 대응하여 배터리의 노화도(SOH)가 도달하는 값을 예측할 수 있게 된다.

[0064] 좀 더 구체적으로, 상기와 같이 초기 배터리의 배터리 용량비(또는 셀 용량비)가 100%라고 가정한 상태에서 사용 온도가 20(℃)에서 방전량(또는 누적 방전량)이 600일 때 9.36%의 배터리 용량 감소가 발생할 경우 현재 사용 가능 방전량(SOH)은 90.64%가 된다. 이로부터 온도가 변화되어 40(℃)에서 방전량(또는 누적 방전량)이 400일 때 추가로 11.04%가 감소되면 현재 사용 가능 방전량(SOH)는 79.6%가 된다. 다시 이로부터 온도가 변화되어 30(℃)에서 방전량(누적 방전량)이 200일 때 추가로 4.32%가 감소되면 현재 배터리의 사용 가능 방전량(SOH)은 75.28%가 된다.

[0065] 이 상태에서 앞으로 30(℃) 환경에서 계속 배터리를 사용한다면 배터리의 노화도(SOH, 또는 사용 가능 방전량)가 기지정된 값(예 : 50%)에 도달할 때까지 추가로 사용할 수 있는 SOH(사용 가능 방전량)는 25.28%이고, 사용 가능 방전량(또는 SOH)은 상기 수학식 4를 이용하여 아래와 같이 산출할 수 있다.

[0066] (1) $$25.28 = (0.0006*30 + 0.0036) * C$$

[0067] (2) $$C = \frac{25.28}{0.0006*30 + 0.0036} \approx 1170.37$$

[0068] 즉, 1170에 해당하는 사용 가능 방전량(또는 SOH)의 예측이 가능하다.

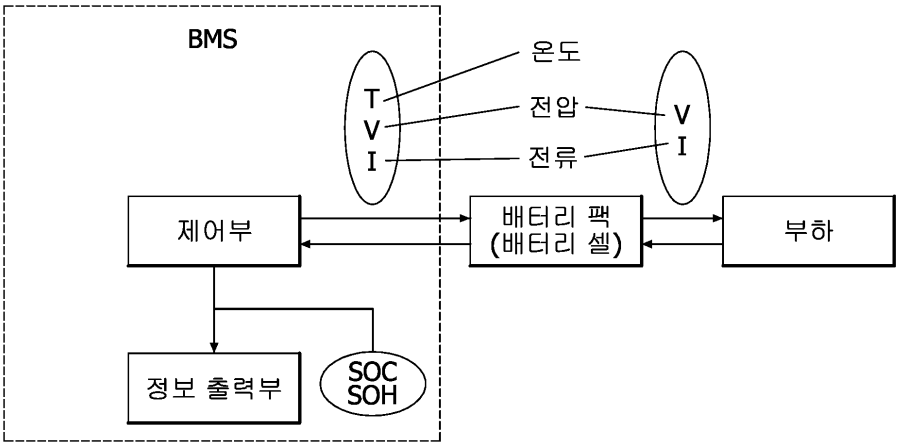
[0069] 상기와 같이 본 실시예는 현재 충방전 배터리의 사용 환경에서 배터리의 사용 온도를 고려한 배터리의 수명 상

태(SOH)를 예측할 수 있도록 하여 사용자가 배터리의 교체시기를 사전에 알고 대처할 수 있도록 하는 효과가 있다.

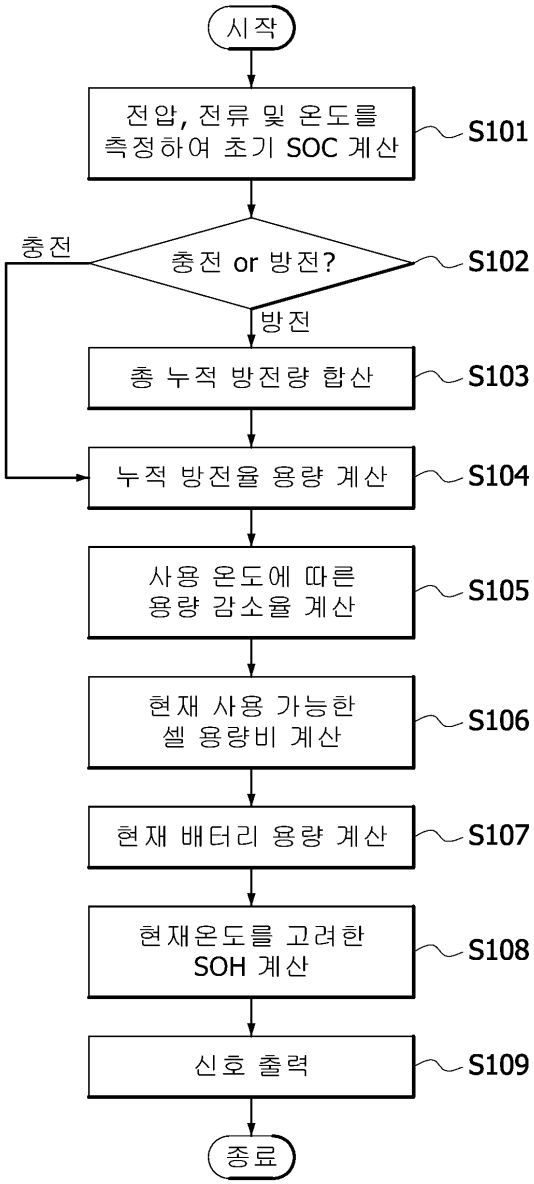
[0070] 이상으로 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의해서 정하여져야 할 것이다.

도면

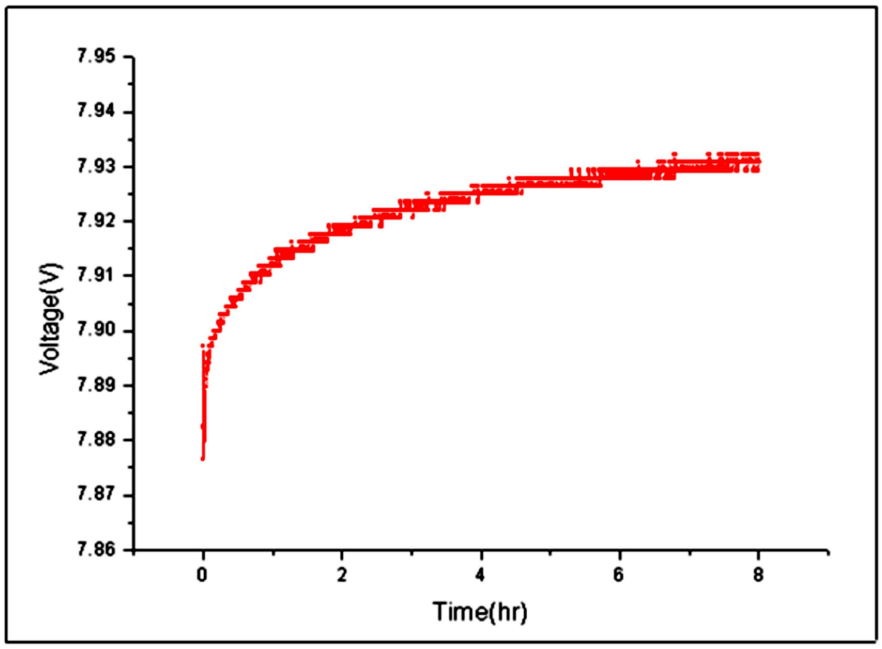
도면1



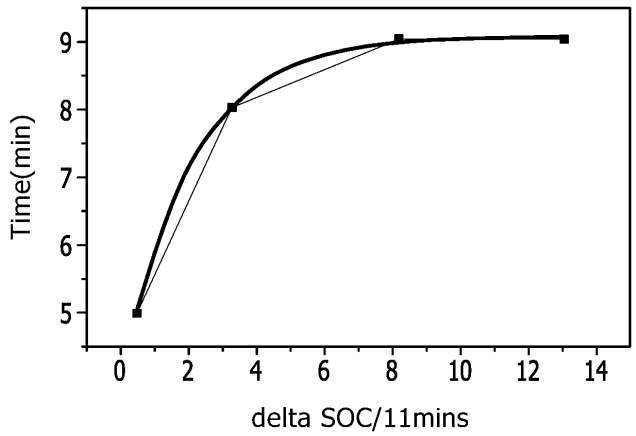
도면2


시작
전압, 전류 및 온도를 측정하여 초기 SOC 계산
S101
충전
충전 or 방전?
S102
방전
총 누적 방전량 합산
S103
누적 방전율 용량 계산
S104
사용 온도에 따른 용량 감소율 계산
S105
현재 사용 가능한 셀 용량비 계산
S106
현재 배터리 용량 계산
S107
현재온도를 고려한 SOH 계산
S108
신호 출력
S109
종료

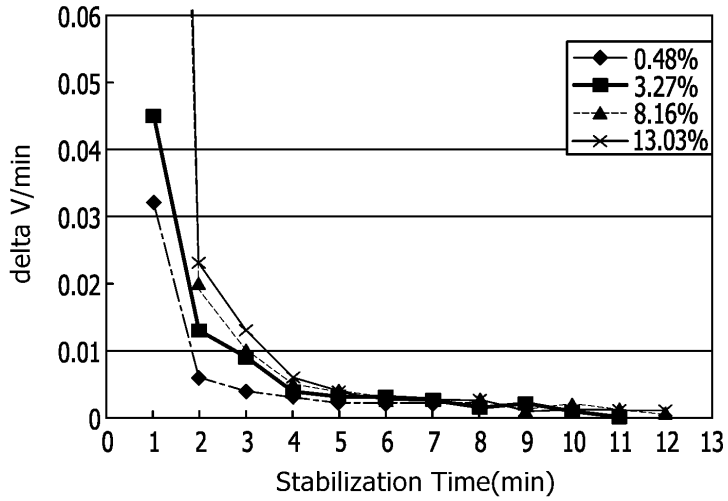
도면3


7.95
7.94
7.93
7.92
7.91
7.90
7.89
7.88
7.87
7.86
Voltage(V)
0
2
4
6
8
Time(hr)

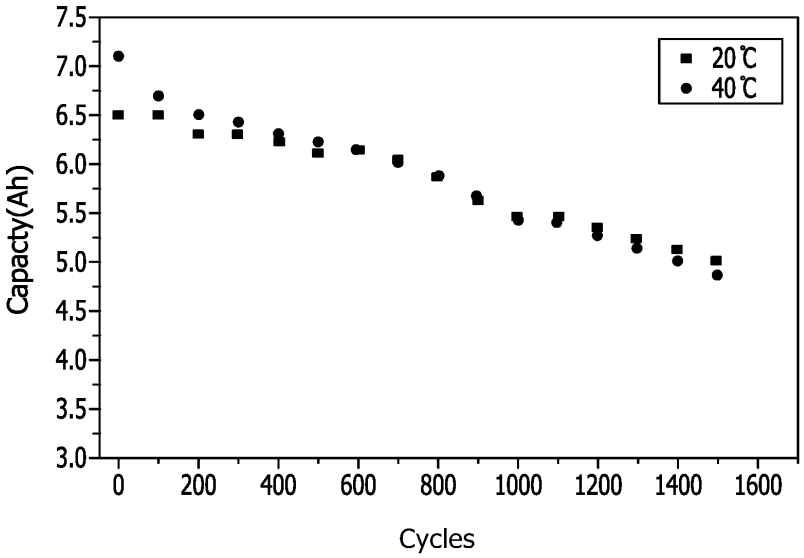
도면4


9
8
7
6
5
Time(min)
0
2
4
6
8
10
12
14
delta SOC/11mins

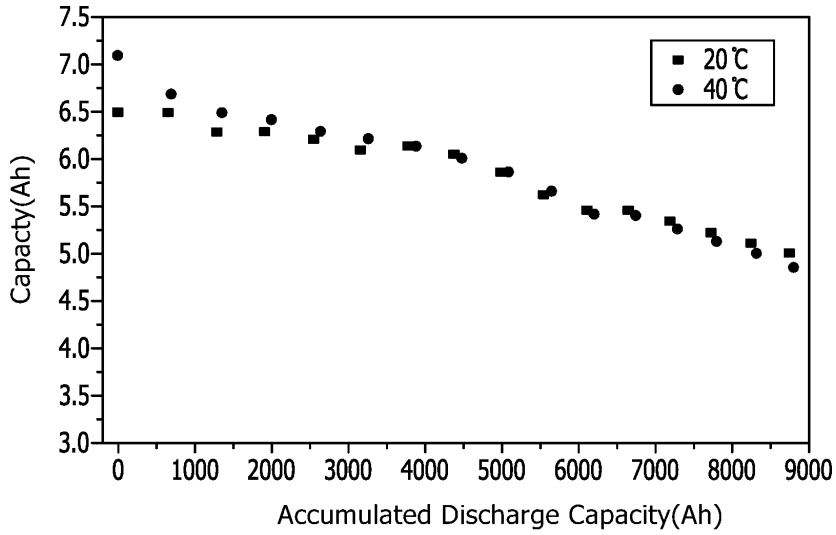
도면5


0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
delta V/min
0.48%
3.27%
8.16%
13.03%
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
Stabilization Time(min)

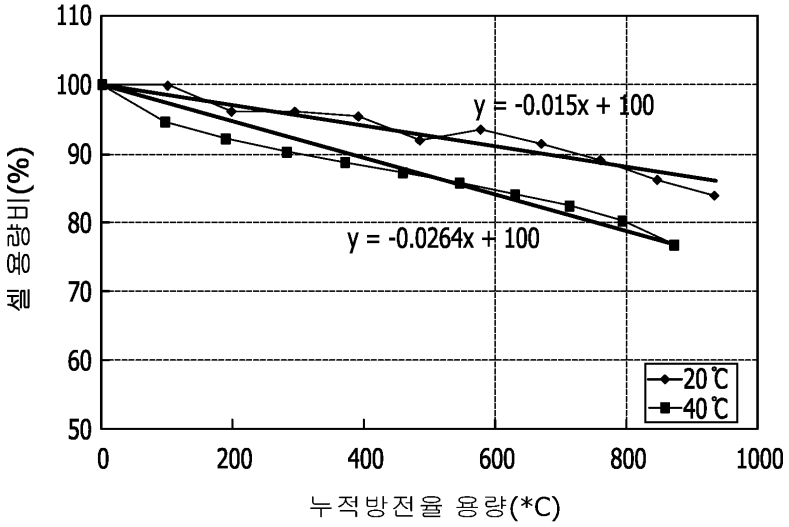
도면6


20℃
40℃
Capacty(Ah)
Cycles
7.5
7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600

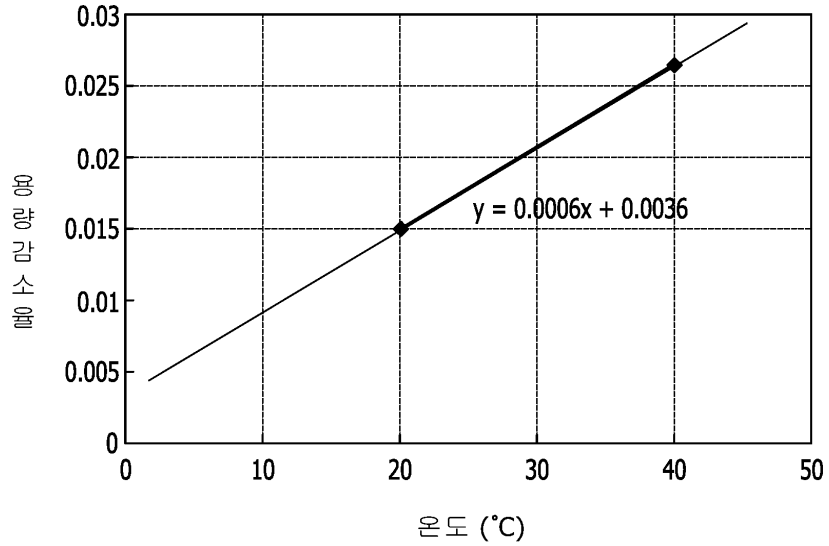
도면7


20℃
40℃
Capacty(Ah)
Accumulated Discharge Capacity(Ah)
7.5
7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000

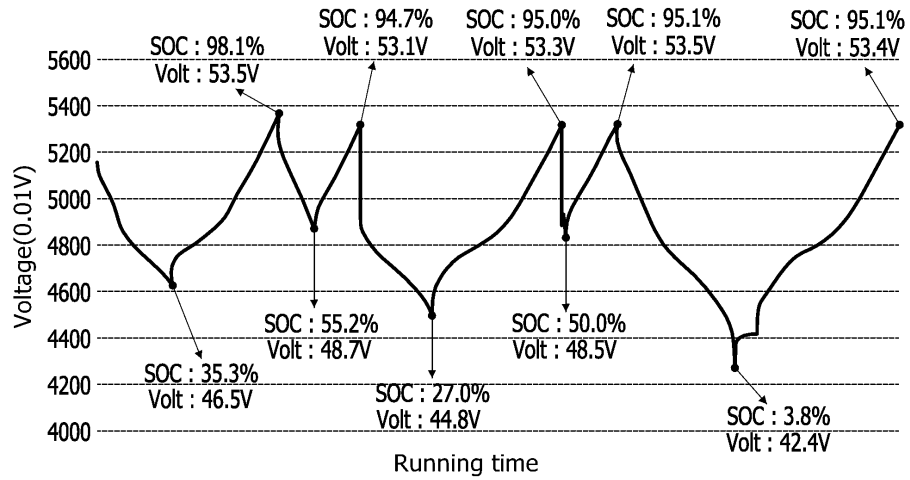
도면8


110
100
90
80
70
60
50
0
200
400
600
800
1000
y = -0.015x + 100
y = -0.0264x + 100
20℃
40℃
셀 용량비(%)
누적방전율 용량(*C)

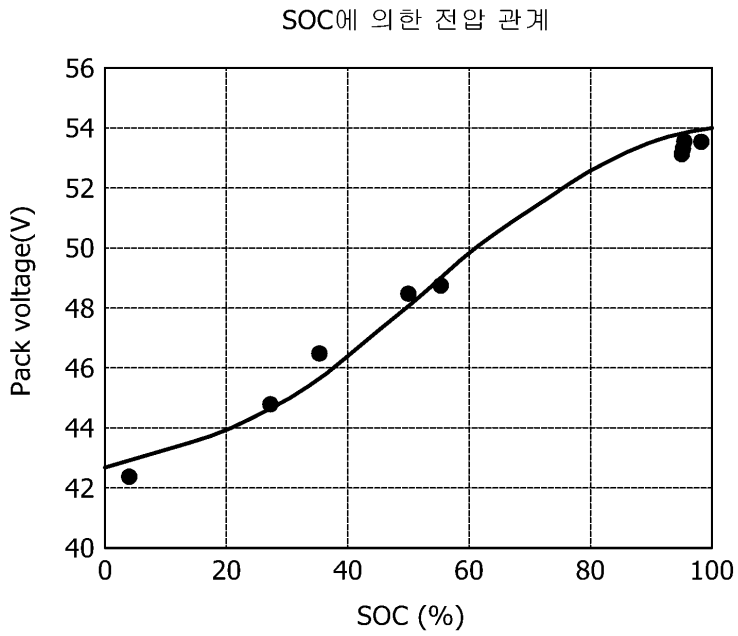
도면9


0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
0
10
20
30
40
50
y = 0.0006x + 0.0036
용량감소율
온도 (˚C)

도면10


SOC : 98.1%
Volt : 53.5V
SOC : 94.7%
Volt : 53.1V
SOC : 95.0%
Volt : 53.3V
SOC : 95.1%
Volt : 53.5V
SOC : 95.1%
Volt : 53.4V
SOC : 55.2%
Volt : 48.7V
SOC : 50.0%
Volt : 48.5V
SOC : 35.3%
Volt : 46.5V
SOC : 27.0%
Volt : 44.8V
SOC : 3.8%
Volt : 42.4V
5600
5400
5200
5000
4800
4600
4400
4200
4000
Voltage(0.01V)
Running time

도면11


SOC에 의한 전압 관계
Pack voltage(V)
56
54
52
50
48
46
44
42
40
0
20
40
60
80
100
SOC (%)