

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2024-0061497
(43) 공개일자 2024년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01M 10/633 (2014.01) G01R 31/36 (2019.01)
H01M 10/42 (2014.01) H01M 10/48 (2021.01)
H01M 10/613 (2014.01) H01M 10/625 (2014.01)
H01M 10/627 (2014.01) H01M 10/635 (2014.01)

(52) CPC특허분류

H01M 10/633 (2015.04)
G01R 31/3648 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0143211

(22) 출원일자 2022년10월31일

심사청구일자 2022년10월31일

(71) 출원인

주식회사 에스앤에스

경기도 여주시 가남읍 경충대로 1473-23

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

이덕영

충청북도 충주시 칠금중앙로 30, 201동 1009호(칠금동 부영아파트)

강덕훈

경기도 안양시 동안구 평촌대로401번길 44-16, 102호

김종훈

대전광역시 유성구 봉명로 94, 703동 1903호 도안신도시7단지예미지백조의호수

(74) 대리인

김영대

전체 청구항 수 : 총 3 항

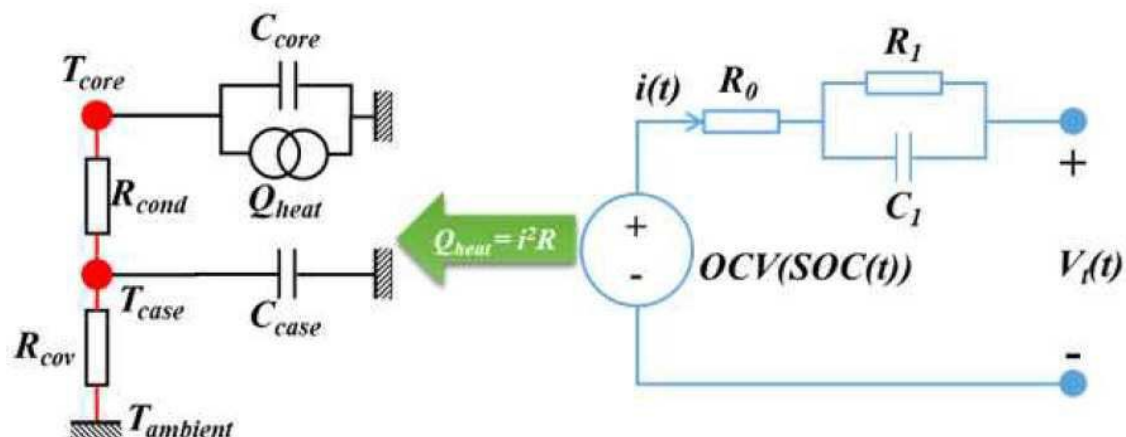
(54) 발명의 명칭 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 다수의 배터리 셀의 구성으로 제작되는 배터리 시스템에서의 제한적인 온도 측정 정보 획득을 개선하여, 개별 셀의 온도 정보를 추정하고, 이를 활용하여 배터리 열관리시스템(BTMS)의 효율적인 제어를 위한 배터리 온도 상태(SOT)를 산출하는 방법과 그 관리 방법에 제안하였다. 본 발명에 따른 배터리 열 관리를 위한 배터리

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법은, BMS에서 측정되는 전압 및 전류 정보를 기반으로 하는 전기-열 등가회로 모델을 개발하고 이를 기반으로 배터리의 온도 정보를 추정하고, 배터리 개별 셀의 온도를 별도의 물리적인 센서를 설치하거나 추가하지 않고 추정하는 것이 가능하다. 또한, 추정된 온도 정보와 외부의 온도 혹은 냉매의 온도 등 배터리 냉각을 위해 활용되는 냉매의 온도 정보를 활용하여 최적의 냉각 제어를 위한 배터리 온도 상태(State-of-temperature, SOT)를 산출하고, 산출된 SOT 정보를 냉각 제어 신호로서 활용하여 배터리의 온도 상승에 따라 필요한 냉각 정도를 능동적으로 제어하여 냉각 효율 향상시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류

H01M 10/482 (2023.08)

H01M 10/486 (2023.08)

H01M 10/613 (2015.04)

H01M 10/625 (2015.04)

H01M 10/627 (2015.04)

H01M 10/635 (2015.04)

H01M 2010/4271 (2013.01)

H01M 2220/10 (2013.01)

H01M 2220/20 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

배터리 관리 시스템에서 측정되는 전압 및 전류 정보를 기반으로 전기-열 등가회로 모델을 만드는 단계;

상기 전기-열 등가 회로 모델을 기초로 하여, 배터리의 개별 셀의 온도를 추정하는 단계; 및

추정된 상기 개별 셀의 온도와, 외부의 온도를 기초로 하여, 최적의 냉각 제어를 위한 배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)를 산출하는 단계;를 포함하는,

배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)를 기초로 하여, 냉각 제어하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는,

배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 전기-열 등가회로 모델은, 배터리 전기적 등가회로 모델 및 배터리 열적 등가회로 모델로 구성되며,

상기 배터리 전기적 등가회로 모델, 상기 배터리 열적 등가회로 모델, 및 상기 배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)는 다음의 수식과 같이 정의되며,

배터리 전기적 등가회로모델	$v_t(t) = OCV(SOC(t)) - R_0 \cdot i(t) - R_1 \cdot i_{R_1}(t)$
배터리 열적 등가회로모델	$mC_p \frac{dT_{case}}{dt} = Q_{heat} - Q_{dissipated}$
	$Q_{heat} = i^2 \cdot R$
	$Q_{dissipated} = Q_{cond} + Q_{conv}$
배터리 온도 상태의 산출	$SOT = 1 - \frac{T_{ambient}}{T_{Case}}$

여기서, $OCV(SOC(t))$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 DC 전압원의 개방 회로 전압(OCV , open circuit voltage)이고, 상기 개방 회로 전압인 OCV 는 SOC 에 따라서 달라지는 값이며, $v_t(t)$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 부하에 걸리는 전압으로서 측정되는 값이며, $i(t)$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 확산 저항(R_0)으로 흐르는 전류로서 측정되는 값이고, $i_{R_1}(t)$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 직렬 저항(R_1)로 흐르는 전류로서 측정되는 값이고, R_0 및 R_1 는 각각 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 확산 저항과 직렬 저항이고, 상기 $OCV(SOC(t))$, R_0 , R_1 은 SOC 에 따라서 변하는 변수이며, m 은 상기 배터리 셀의 질량, C_p 는 상기 배터리 셀의 비열을 나타내고, Q_{heat} 는 배터리 셀에서 발생하는 발열량을 말하며, $R = R_0 + R_1$ 이고, $Q_{dissipated}$ 는 전도 및 대류에 의해서 방열되는 열전달로서, 전도에 의한 외부로 전달되어 방열되는 열전달

Q_{cond} 및 대류에 의해 외부로 전달되어 방열되는 Q_{conv} 를 합친 것을 나타내고, T_{ambient} 는 환경 온도 혹은 냉매의 온도이고, T_{case} 는 배터리 팩 내 개별 셀의 온도인 것을 특징으로 하는,

배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법에 관한 것으로, 좀 더 구체적으로는, BMS에서 측정되는 전압 및 전류 정보를 기반으로 하는 전기-열 등가회로 모델을 개발하고, 이를 기반으로 배터리의 온도 정보를 추정, 배터리 개별 셀의 온도를 추정하고, 추정된 개별 셀의 온도 정보와 외부의 온도 혹은 냉매의 온도 등 배터리 냉각을 위해 활용되는 냉매의 온도 정보를 활용하여 최적의 냉각 제어를 위한 배터리 온도 상태(State-of-temperature, SOT)를 산출하고, 이 SOT 정보를 냉각 제어 신호로 활용하여 배터리의 온도 상승에 따라 필요한 냉각 정도를 능동적으로 제어하여 냉각 효율 향상시키는, 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 리튬이온 배터리는 동작 환경에 따라 성능 및 안전성에 영향을 받기 때문에 배터리 관리 시스템(Battery management system, BMS)이 필수적으로 요구된다. 특히, 배터리가 동작하는 환경 온도와 배터리 온도는, 배터리 수명, 안전성에 영향을 주기 때문에 적절한 온도 유지를 위한 배터리 열관리 시스템(Battery thermal management system, BTMS)이 요구된다.
- [0004] 이와 같은 배터리 열관리 시스템(BTMS)은 일반적으로 배터리 셀의 동작 온도가 20-40℃, 배터리 팩 온도 편차가 5℃ 이내로 유지하는 것을 목표로 한다. 하지만, 배터리 시스템에서 실제로는 개별 배터리의 셀 온도는 측정되지 않고 있으며, 배터리 셀의 주변 공간의 환경 온도를 기반으로 제어를 수행한다. 또한, 단순 냉매 온도만을 고려한 냉각 제어는 효율적이지 못하다는 문제가 있었다.
- [0005] 관련하여 종래의 공개특허 문헌으로는, 대한민국 공개특허 제10-2022-0140006호 (2022.10.17, 발명의 명칭 : 배터리 전압 및 온도를 센싱하기 위한 플렉스 포일 (flex foil) 기판 커넥터(FLEX FOIL SUBSTRATE CONNECTOR FOR SENSING BATTERY VOLTAGE AND TEMPERATURE))를 들 수 있다.
- [0006] 해당 종래의 공개특허 문헌에서는, "배터리를 위한 센싱 시스템은 제 1 커버 층을 포함하는 플렉스 포일 기판을 포함한다. 도전성 층은 트레이스들을 포함하는 트레이스 패턴을 규정한다. 제 2 커버 층은 제 1 개구부를 규정한다. 도전성 층은 제 1 커버 층과 제 2 커버 층 사이에 샌드위치된다. 제 1 개구부는 트레이스 패턴의 제 1 트레이스 및 제 2 트레이스를 노출한다. 버스 바는 플렉스 포일 기판의 제 1 커버 층에 부착된다. 온도 센서는 제 1 커버 층의 제 1 개구부의 트레이스 패턴의 제 1 트레이스 및 제 2 트레이스에 연결된다"에 관한 기술이 개시되어 있다.
- [0007] 하지만, 해당 종래의 특허문헌에서는, 본원 발명과 달리 직접적으로 온도를 센싱하는 기술에 대한 것으로, 물리적인 별도의 온도 센싱 구조를 가져야 하는 문제를 가지고 있었다. 이와 달리, 본 출원인은, 개별 배터리 셀의 온도 정보를 모두 측정할 수 없지만, 배터리의 최적 온도 제어 및 배터리의 안전성 확보를 위해서는 온도 정보가 필요하며, 또한 효율적인 냉각 제어를 위해서 주변 환경 온도와 배터리 셀의 온도 정보를 반영하는 상태 정보가 필요하다는 문제 의식에서 본 발명을 도출 하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2022-0140006호 (2022.10.17, 발명의 명칭 : 배터리 전압 및 온도를 센싱하기 위한 플렉스 포일 (flex foil) 기판 커넥터(FLEX FOIL SUBSTRATE CONNECTOR FOR SENSING BATTERY VOLTAGE AND TEMPERATURE))

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로, 본 발명의 목적은, BMS에서 측정되는 전압, 전류 정보를 기반으로 하는 전기-열 등가회로 모델을 개발하고, 이를 기반으로 배터리의 온도 정보를 추정, 배터리 개별 셀의 온도를 추정하고, 추정된 개별 셀의 온도 정보와 외부의 온도 혹은 냉매의 온도 등 배터리 냉각을 위해 활용되는 냉매의 온도 정보를 활용하여 최적의 냉각 제어를 위한 배터리 온도 상태(State-of-temperature, SOT)를 산출하고, 이 SOT 정보를 냉각 제어 신호로 활용하여 배터리의 온도 상승에 따라 필요한 냉각 정도를 능동적으로 제어하여 냉각 효율 향상시키는, 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법은, 배터리 관리 시스템에서 측정되는 전압 및 전류 정보를 기반으로 전기-열 등가회로 모델을 만드는 단계; 상기 전기-열 등가 회로 모델을 기초로 하여, 배터리의 개별 셀의 온도를 추정하는 단계; 및 추정된 상기 개별 셀의 온도와, 외부의 온도를 기초로 하여, 최적의 냉각 제어를 위한 배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)를 산출하는 단계;를 포함한다.

[0013] 또한, 배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)를 기초로 하여, 냉각 제어하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0014] 여기서, 상기 전기-열 등가회로 모델은, 배터리 전기적 등가회로 모델 및 배터리 열적 등가회로 모델로 구성되며, 상기 배터리 전기적 등가회로 모델, 상기 배터리 열적 등가회로 모델, 및 상기 배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)는 다음의 수식과 같이 정의되며,

배터리 전기적 등가회로모델	$v_t(t) = OCV(SOC(t)) - R_0 \cdot i(t) - R_1 \cdot i_{R_1}(t)$
배터리 열적 등가회로모델	$mC_p \frac{dT_{case}}{dt} = Q_{heat} - Q_{dissipated}$
	$Q_{heat} = i^2 \cdot R$
	$Q_{dissipated} = Q_{cond} + Q_{conv}$
배터리 온도 상태의 산출	$SOT = 1 - \frac{T_{ambient}}{T_{Case}}$

[0015] 여기서, $OCV(SOC(t))$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 DC 전압원의 개방 회로 전압(OCV, open circuit voltage)이고, 상기 개방 회로 전압인 OCV는 SOC에 따라서 달라지는 값이며, $v_t(t)$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 부하에 걸리는 전압으로서 측정되는 값이며, $i(t)$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 확산 저항(R_0)으로 흐르는 전류로서 측정되는 값이고, $i_{R_1}(t)$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 직렬 저항(R_1)로 흐르는 전류로서 측정되는 값이고, R_0 및 R_1 는 각각 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 확산 저항과 직렬 저항이고, 상기 $OCV(SOC(t))$, R_0 , R_1 은 SOC에 따라서 변하는 변수이며, m 은 상기 배터리 셀의 질량, C_p 는 상기 배터리 셀의 비열을 나타내고, Q_{heat} 는 배터리 셀에서 발생하는 발열량을 말하며, $R = R_0 + R_1$ 이고, $Q_{dissipated}$ 는 전도 및 대류에 의해서 방열되는 열전달로서, 전도에 의한 외부로 전달되어 방열되는 열전달 Q_{cond} 및 대류에 의해 외부로 전달되어 방열되는 Q_{conv} 를 합친 것을 나타내고, $T_{ambient}$ 는 환경 온도 혹은 냉매의 온

도이고, T_{case} 는 배터리 팩 내 개별 셀의 온도이다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따른 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법은, BMS에서 측정되는 전압 및 전류 정보를 기반으로 하는 전기-열 등가회로 모델을 개발하고 이를 기반으로 배터리의 온도 정보를 추정하고, 배터리 개별 셀의 온도를 별도의 물리적인 센서를 설치하거나 추가하지 않고 추정하는 것이 가능하다. 또한, 추정된 온도 정보와 외부의 온도 혹은 냉매의 온도 등 배터리 냉각을 위해 활용되는 냉매의 온도 정보를 활용하여 최적의 냉각 제어를 위한 배터리 온도 상태(State-of-temperature, SOT)를 산출하고, 산출된 SOT 정보를 냉각 제어 신호로서 활용하여 배터리의 온도 상승에 따라 필요한 냉각 정도를 능동적으로 제어하여 냉각 효율 향상시킬 수 있다.
- [0019] 본 발명의 실시예로 개별 배터리 셀의 전기-열 등가 회로 모델을 구성하고 이를 기반으로 파라미터가 적용된 배터리 셀의 온도 정보 추정 및 이를 활용한 SOT를 산출하는 방법은 추정된 온도 정보를 기반으로 배터리의 출력, 불균형 상태와도 관련이 있기 때문에 냉각 제어뿐 아니라 복합적인 배터리의 상태 정보를 모니터링하고 관리하는 신호로 활용 가능하다.
- [0020] 또한, 본 발명에서 활용되는 전기-열 등가 회로 모델과 SOT 산출 방법은 이론적인 배터리 등가 회로 모델과 열 모델이 결합되어 동작되는 방법으로 측정 전압의 비교와 전기 등가 회로 모델의 추정 전압 비교, 측정 위치의 온도와 해당 위치에 대한 열 등가 회로 모델의 추정 온도 비교를 통해 배터리 시스템의 상태 변화 관리에 대한 방법으로 활용 가능하다.
- [0021] 본 발명은 배터리의 전기-열 등가 회로 모델을 기반으로 배터리 시스템에서 제한적인 온도 측정 정보를, 기존 측정이 되고있는 전압, 전류를 활용하여 추정하는 방법이며, 추정된 온도 정보를 활용하여 배터리관리시스템 혹은 배터리 열관리 시스템에서 활용할 수 있는 온도 상태(SOT)를 산출하는 실시 예를 제시하여 그 활용 방법이 제시되었다. 추정된 온도 정보를 이용하여 배터리의 상태는 물론 효율적인 냉각 제어 전략 수립에도 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명에 따른 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법에서 사용하는, 리튬이온 배터리의 전기-열 등가회로 모델을 나타낸 것이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법에 따른, 온도 추정 및 SOT 추정 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0025] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0027] 종래 기술에서 살펴본 바와 같이, 전기차(xEV) 및 에너지저장장치(ESS)는 배터리 셀의 직병렬 조합으로 구성된다. xEV 및 ESS의 지속적인 성장 및 고용량화가 요구되고 있어서, 리튬이온 배터리의 수요는 계속적으로 증가하고 있다.
- [0028] 리튬이온 배터리는 동작 환경에 따라 성능 및 안전성에 영향을 받기 때문에, 전기차 및 에너지저장장치에서는, 배터리의 상태 모니터링과 제어를 위해 배터리 관리 시스템(Battery managenet system, BMS)이 필수적으로 요구

된다. 배터리의 개별 셀 상태는 시스템의 수명, 성능, 안전에 영향을 미칠 수 있다. 나아가, 시스템 대형화에 따른 개별 셀의 상태 모니터링 및 관리를 위하여 BMS가 점점 고도화되고 있는 실정이다.

[0029] 앞서 언급한 대로, 배터리가 동작하는 환경 온도와 배터리 온도는 배터리 수명, 안전성에 영향을 주기 때문에 적절한 온도 유지를 위한 배터리 열관리 시스템(Battery thermal management system, BTMS) 요구되며, BTMS는 일반적으로 배터리 셀 동작 온도가 20-40℃, 배터리 팩 온도 편차가 5℃ 이내로 유지하는 것을 목표로 한다.

[0030] 하지만, 배터리 시스템에서 개별 배터리 셀 온도는 측정되지 않고 있으며 배터리 셀 주변 공간의 환경 온도를 기반으로 제어를 수행할 뿐이어서, 단순 냉매 온도만을 고려한 냉각 제어는 효율적이지 못한 실정이었다.

[0031] 본 발명에서는, 개별 배터리 셀의 온도 정보를 모두 측정할 수 없지만, 배터리의 최적 온도 제어 및 배터리의 안전성 확보를 위해서는 온도 정보가 필요하며, 또한 효율적인 냉각 제어를 위해서 주변 환경 온도와 배터리 셀의 온도 정보를 반영하는 상태 정보가 필요하다는 문제의식에서 출발하여, 새로운 물리적 장치 없이도 개별 셀의 온도를 추정할 수 있고, 주변 환경 온도 대비한 배터리 셀의 온도 정보를 반영한 배터리 온도 상태를 나타내는 SOT를 정의하여, 단순히 배터리 셀의 온도만이 아니라, 주변 환경 온도 대비한 배터리 셀의 온도 정도를 바탕으로 배터리 냉각을 능동적으로 제어하는 것이 가능하여, 냉각 효율을 향상시키는 것이 가능하다.

[0032] 도 1은 본 발명에 따른 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법에서 사용하는, 리튬이온 배터리의 전기-열 등가회로 모델을 나타낸 것이다.

[0033] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법은, 배터리 관리 시스템에서 측정되는 전압 및 전류 정보를 기반으로 전기-열 등가회로 모델을 만드는 단계(S100 단계), 상기 전기-열 등가 회로 모델을 기초로 하여, 배터리의 개별 셀의 온도를 추정하는 단계(S200 단계), 추정된 상기 개별 셀의 온도와, 외부의 온도를 기초로 하여, 최적의 냉각 제어를 위한 배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)를 산출하는 단계(S300 단계), 및 배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)를 기초로 하여, 냉각을 능동적으로 제어하는 단계(S400 단계)를 포함한다.

[0034] 여기서, S100 단계 및 S200 단계에서는, 실험을 통해서 확보한 배터리 등가모델 파라미터를 검증한다. 방전 용량 실험에서 측정된 단자 전압과 전류를 활용하여, 배터리 전기 등가 회로 모델에 적용된 파라미터(내부저항)에 대한 검증을 수행한다. 배터리 전기적 등가회로 모델의 파라미터(내부 저항)를 이용한 발열 정보를 반영하고, 배터리 물성 정보 및 전도, 대류 등 가정한 열 모델 정보에 대한 검증이 이뤄진다.

[0035] 여기서, 전기-열 등가회로 모델은, 배터리 전기적 등가회로 모델 및 배터리 열적 등가회로 모델로 구성되며, 배터리 전기적 등가회로 모델, 배터리 열적 등가회로 모델, 및 배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)는 다음의 수식과 같이 정의된다.

배터리 전기적 등가회로모델	$v_t(t) = OCV(SOC(t)) - R_0 \cdot i(t) - R_1 \cdot i_{R_1}(t)$
배터리 열적 등가회로모델	$mC_p \frac{dT_{case}}{dt} = Q_{heat} - Q_{dissipated}$
	$Q_{heat} = i^2 \cdot R_{\Delta}$
	$Q_{dissipated} = Q_{cond} + Q_{conv}$
배터리 온도 상태의 산출	$SOT = 1 - \frac{T_{ambient}}{T_{Case}}$

[0036]

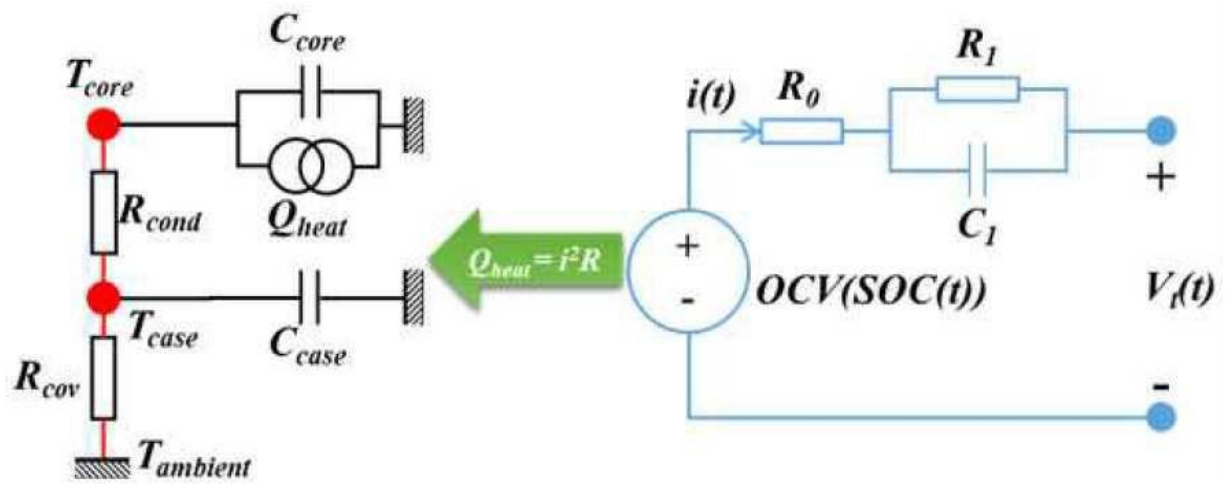
[0037] 여기서, $OCV(SOC(t))$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 DC 전압원의 개방 회로 전압(OCV, open circuit voltage)이다. 개방 회로 전압인 OCV는 SOC에 따라서 달라지는 값이다. 여기서 필요한 모델링 파라미터는 특성 시험을 통해서 결정할 수 있다.

[0038] $v_t(t)$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 부하에 걸리는 전압으로서 측정되는 값이며, $i(t)$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 확산 저항(R_0)으로 흐르는 전류로서 측정되는 값이고, $i_{R_1}(t)$ 는 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 직렬 저항(R_1)로 흐르는 전류로서 측정되는 값이고, R_0 및 R_1 는 각각 상기 배터리 전기적 등가회로 모델에서의 확산 저항과 직렬 저항이다.

- [0039] 여기서 $OCV(SOC(t))$, R_0 , R_1 은 SOC에 따라서, 즉 배터리 셀의 충전 정도에 따라서 변하는 정보이다. 이러한 값들은 실험을 통해서 확보가 가능하며, 이를 테이블 파라미터로 모델에 적용하였다.
- [0040] 또한, 배터리 열적 증가회로 모델에서는, 좌변 항은 배터리 셀의 온도 변화를 나타내는 것이고, 우변 항은 배터리 셀에서의 발열에서 방열을 뺀 값으로, 그 값이 배터리 셀의 온도 변화를 일으키는 것이다.
- [0041] 여기서, m 은 배터리 셀의 질량, C_p 는 배터리 셀의 비열을 나타내고, Q_{heat} 는 배터리 셀에서 발생하는 발열량을 말하며, $R = R_0 + R_1$ 이고, $Q_{dissipated}$ 는 전도 및 대류에 의해서 방열되는 열전달로서, 전도에 의한 외부로 전달되어 방열되는 열전달 Q_{cond} 및 대류에 의해 외부로 전달되어 방열되는 Q_{conv} 를 합친 것을 나타내고, $T_{ambient}$ 는 환경 온도 혹은 냉매의 온도이고, T_{case} 는 배터리 팩 내 개별 셀의 온도이다.
- [0042] 리튬 이온 배터리 셀의 전기-열 모델은 전기적 증가회로 모델에서 확보할 수 있는 EECM의 모델링 파라미터를 이용하여 배터리 열적 증가 모델의 발열을 산출한다. 즉, BMS에서 측정되는 전류, 전압 정보를 이용하여, 전기적 증가회로 모델에서는 EECM 모델링 파라미터가 추정되고, 추정된 내부 저항 정보(직렬 저항 및 확산 저항)를 이용하여, 배터리 열적 증가 모델에서 배터리 셀에서의 발열량을 계산하고, 계산된 발열량을 이용하여 배터리 셀의 온도 정보가 산출되도록 모델링한 것이다.
- [0043] 다음으로, 배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)를 설명하기로 한다. 리튬이온 배터리의 SOT를 추정하는 방법을 살펴보면, 리튬이온 배터리의 온도 상태 모니터링을 위해, 상술한 전기-열 모델을 통해 추정되는 온도 정보를 사용한다. 다수 셀의 추정된 온도 정보를 기반으로 배터리 시스템의 내부 온도 분포를 추정할 수 있으며, 이 분포를 지표화하면 내부의 온도 상태를 추정하고 관리할 수 있다. 본 발명에서 SOT를 정의하였다. $SOT = 1 - (T_{ambient}/T_{case})$ 를 기초로, 외부의 온도와 배터리 셀의 최대 온도가 동일하면 0, 온도 차이가 커질수록 1에 가까운 값으로 지표를 설정하였다. 본 발명에서는 이와 같은 배터리 온도 상태 지표인 SOT를 출력한다.
- [0044] 전기-열 모델의 온도 추정 성능은 방전 마지막 구간에서 최대 오차 약 섭씨 2.5도로 확인되었다. 추정된 온도 정보를 기반으로 산출된 SOT는 방전이 진행되고 배터리 셀의 온도가 증가하면서 SOT가 증가함을 확인할 수 있었다. 추정된 SOT가 0(zero)에 가까운 경우에는 외부 온도와 유사한 온도 상태이기 때문에 냉각/가열이 필요없음을 의미하며, SOT가 0(zero)보다 큰 경우에는 외기와 온도차가 크기 때문에 냉각이 필요한 상태를 의미하는 것이다.
- [0045] 참고로, 도 2는 본 발명에 따른 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법에 따른, 온도 추정 및 SOT 추정 결과를 나타낸 것이다.
- [0046] 이와 같은 본 발명에서는, S300 단계에서, 추정된 상기 개별 셀의 온도와, 외부의 온도를 기초로 하여, 최적의 냉각 제어를 위한 배터리 온도 상태(State-of-Temperature, SOT)를 산출하하고, 산출된 SOT를 기초로 하여, 냉각을 능동적으로 제어한다(S400 단계).
- [0047] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 배터리 열 관리를 위한 배터리 온도 상태 추정 및 추정된 온도 상태를 기초로 한 배터리의 능동 냉각 제어 방법은, BMS에서 측정되는 전압 및 전류 정보를 기반으로 하는 전기-열 증가회로 모델을 개발하고 이를 기반으로 배터리의 온도 정보를 추정하고, 배터리 개별 셀의 온도를 별도의 물리적인 센서를 설치하거나 추가하지 않고 추정하는 것이 가능하다. 또한, 추정된 온도 정보와 외부의 온도 혹은 냉매의 온도 등 배터리 냉각을 위해 활용되는 냉매의 온도 정보를 활용하여 최적의 냉각 제어를 위한 배터리 온도 상태(State-of-temperature, SOT)를 산출하고, 산출된 SOT 정보를 냉각 제어 신호로서 활용하여 배터리의 온도 상승에 따라 필요한 냉각 정도를 능동적으로 제어하여 냉각 효율 향상시킬 수 있게 된다.
- [0049] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 청구 범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

도면

도면1



도면2

