(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0075689
(43) 공개일자 2020년06월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 7/00 (2006.01) *G01R 31/387* (2019.01)
H01M 10/48 (2015.01)
(52) CPC특허분류
H02J 7/0091 (2013.01)
G01R 31/387 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2018-0164612
(22) 출원일자 2018년12월18일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
주식회사 엘지화학
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
(72) 발명자
임진형
대전광역시 유성구 문지로 188(문지동, LG화학기술연구원)
남기민
대전광역시 유성구 문지로 188 (문지동, LG화학기술연구원)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인필앤온지

전체 청구항 수 : 총 15 항

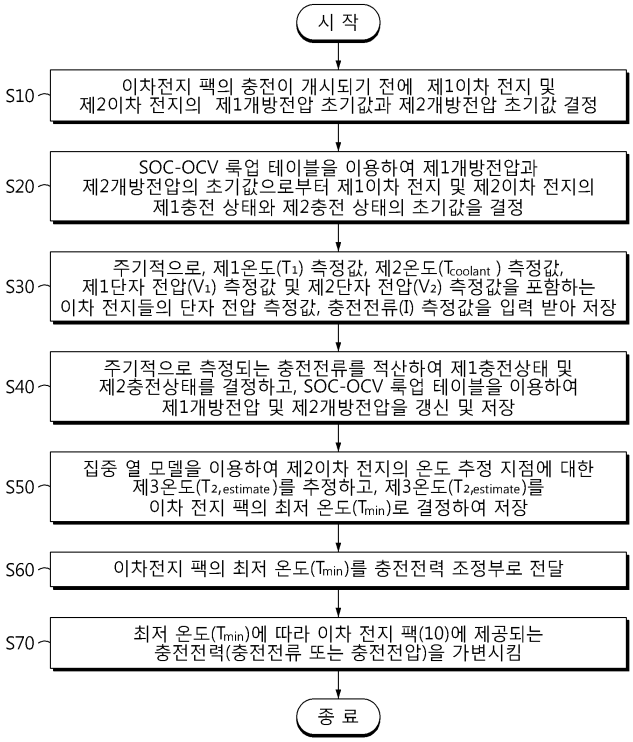
(54) 발명의 명칭 **이차 전지 팩의 충전 제어 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 이차 전지 팩의 충전 제어 장치 및 방법을 개시한다. 본 발명에 따른 충전 제어 장치는, 복수의 이차 전지에서 선택된 제1이차 전지의 제1온도를 측정하는 셀 온도 측정부; 상기 냉각 디바이스로 유입되는 냉매의 제2온도를 측정하는 냉매 온도 측정부; 상기 이차 전지 팩의 충전 전류를 측정하는 전류 측정부; 상기 제1이차 전

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도4



지의 제1단자 전압과 상기 냉각 디바이스에 가장 근접한 제2이차 전지의 제2단자 전압을 측정하는 전압 측정부; 상기 제2이차 전지의 온도 추정 지점, 상기 제1온도 측정점 및 상기 제2온도 측정점들로부터 선택된 2개 지점 사이의 열 저항을 포함하는 집중 열 모델(Lumped Thermal Model)과 상기 셀 온도 측정부, 상기 냉매 온도 측정부, 상기 전류 측정부 및 상기 전압 측정부로부터 입력된 제1온도, 제2온도, 충전 전류, 제1단자 전압 및 제2단자 전압으로부터 상기 온도 추정 지점의 온도를 추정하고, 추정된 온도를 이차 전지 팩의 최저 온도로 결정하는 최저 온도 추정부; 및 상기 결정된 최저 온도에 따라 이차 전지 팩에 제공되는 충전전력을 가변시키는 충전전력 조정부;를 포함한다.

(52) CPC특허분류
H01M 10/443 (2013.01)
H01M 10/486 (2013.01)

(72) 발명자
이규철
대전광역시 유성구 문지로 188 (문지동, LG화학기술연구원)
안형준
대전광역시 유성구 문지로 188(문지동, LG화학기술연구원)
조원태
대한민국 34122 대전광역시 유성구 문지로 188(문지동, LG화학기술연구원)

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 이차 전지를 포함하며 냉각 디바이스와 결합된 이차 전지 팩의 충전 제어 장치에 있어서,

복수의 이차 전지에서 선택된 제1이차 전지의 제1온도를 측정하는 셀 온도 측정부;

상기 냉각 디바이스로 유입되는 냉매의 제2온도를 측정하는 냉매 온도 측정부;

상기 이차 전지 팩의 충전 전류를 측정하는 전류 측정부;

상기 제1이차 전지의 제1단자 전압과 상기 냉각 디바이스에 가장 근접한 제2이차 전지의 제2단자 전압을 측정하는 전압 측정부;

상기 제2이차 전지의 온도 추정 지점, 상기 제1온도 측정점 및 상기 제2온도 측정점들로부터 선택된 2개 지점 사이의 열 저항을 포함하는 집중 열 모델(Lumped Thermal Model)과, 상기 셀 온도 측정부, 상기 냉매 온도 측정부, 상기 전류 측정부 및 상기 전압 측정부로부터 입력된 제1온도, 제2온도, 충전 전류, 제1단자 전압 및 제2단자 전압으로부터 상기 온도 추정 지점의 제3온도를 추정하고, 추정된 제3온도를 이차 전지 팩의 최저 온도로 결정하는 최저 온도 추정부; 및

상기 결정된 최저 온도에 따라 이차 전지 팩에 제공되는 충전전력을 가변시키는 충전전력 조정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 집중 열 모델은 상기 제1온도 측정점과 상기 제2온도 측정점 사이의 제1열 저항, 상기 제1온도 측정점과 상기 온도 추정 지점 사이의 제2열 저항, 및 상기 온도 추정 지점과 상기 제2온도 측정점 사이의 제3열 저항을 포함하고,

상기 제1열 저항, 상기 제2열 저항 및 상기 제3열 저항은 직렬 연결되어 페루프 회로를 구성하는 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 최저 온도 추정부는,

$$mC_p\frac{dT_{2,estimate}}{dt}=|V_2-OCV_2||I_2|+\frac{T_1-T_{2,estimate}}{R_{12}}-\frac{T_{2,estimate}-T_{coolant}}{R_{2,c}}$$

$$mC_p\frac{dT_1}{dt}=|V_1-OCV_1||I_1|-\frac{T_1-T_{2,estimate}}{R_{12}}-\frac{T_1-T_{coolant}}{R_{1,c}}$$

$$\frac{dT_{2,estimate}}{dt}=-\frac{dT_1}{dt}+\frac{|V_1-OCV_1||I_1|+|V_2-OCV_2||I_2|-\frac{T_1-T_{coolant}}{R_{1,c}}-\frac{T_{2,estimate}-T_{coolant}}{R_{2,c}}}{mC_p}$$

(m은 제1 및 제2이차 전지의 질량; C_p는 제1 및 제2이차 전지의 정압 비열; V_1 및 OCV_1은 제1이차 전지의 단자 전압 및 개방 전압; V_2 및 OCV_2는 제2이차 전지의 단자 전압 및 개방 전압; T_1은 제1온도 측정점의 제1온도, $T_{coolant}$는 제2온도 측정점의 제2온도 및 $T_{2,estimate}$은 온도 추정 지정의 제3온도; $R_{1,c}$는 제1온도 측정점과 제2온도 측정점 사이의 제1열 저항, R_{12}는 제1온도 측정점과 온도 추정 지점 사이의 제2열 저항 및 $R_{2,c}$는 온도 추정 지점

과 제2온도 측정점 사이의 제3열 저항임)

상기의 첫 번째 제1식 및 두 번째 제2식으로부터 유도된 세 번째 제3수식 에 기초하여 상기 제3온도($T_{2,estimate}$)를 추정하도록 구성된 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 최저 온도 추정부는,

상기 제1이차 전지의 충전 상태(SOC_1)를 결정하고, 미리 정의된 충전 상태와 OCV 사이의 상관 관계를 참조하여 상기 제1이차 전지의 충전 상태(SOC_1)에 대응되는 개방 전압(OCV_1)를 결정하도록 구성되고,

상기 제2이차 전지의 충전 상태(SOC_2)를 결정하고, 미리 정의된 충전 상태와 OCV 사이의 상관 관계를 참조하여 상기 제2이차 전지의 충전 상태(SOC_2)에 대응되는 개방 전압(OCV_2)를 결정하도록 구성된 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 충전전력 조정부는,

상기 최저 온도 추정부로부터 상기 최저 온도를 입력 받으며, 이차 전지 팩의 충전전류 또는 충전전압과 이차 전지 팩의 최저 온도 사이의 미리 정의된 상관 관계를 참조하여 상기 입력된 최저 온도에 대응되는 충전전류 또는 충전전압을 결정하고, 결정된 충전전류 또는 충전전압에 따라 이차 전지 팩에 충전전력을 제공하도록 구성된 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 충전전력 조정부는, 상기 온도 추정 지점에 대한 복수의 최저 온도와 각 최저 온도에 상응하는 충전전류 또는 충전전압을 정의하고 있는 룩업 테이블을 참조하여 상기 이차 전지 팩의 최저 온도에 따라서 충전전류 또는 충전전압을 가변시키도록 구성된 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 장치.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 최저 온도 추정부는, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지의 퇴화도(SOH)를 결정하고, 결정된 퇴화도에 따라 상기 제1열 저항, 상기 제2열 저항 및 상기 제3열 저항을 가변시키도록 구성된 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 장치.

청구항 8

복수의 이차 전지를 포함하며 냉각 디바이스와 결합된 이차 전지 팩의 충전 제어 방법에 있어서,

복수의 이차 전지에서 선택된 제1이차 전지의 제1온도를 측정하는 단계;

상기 냉각 디바이스로 유입되는 냉매의 제2온도를 측정하는 단계;

상기 이차 전지 팩의 충전 전류를 측정하는 단계;

상기 제1이차 전지의 제1단자 전압과 상기 냉각 디바이스에 가장 근접한 제2이차 전지의 제2단자 전압을 측정하는 단계;

상기 제2이차 전지의 온도 추정 지점, 상기 제1온도 측정점 및 상기 제2온도 측정점들로부터 선택된 2개 지점 사이의 열 저항을 포함하는 집중 열 모델(Lumped Thermal Model)과, 상기 제1온도, 상기 제2온도, 상기 충전 전류, 상기 제1단자 전압 및 상기 제2단자 전압으로부터 상기 온도 추정 지점의 온도를 추정하고, 추정된 온도를 이차 전지 팩의 최저 온도로 결정하는 단계; 및

상기 결정된 최저 온도에 따라 이차 전지 팩에 제공되는 충전전력을 가변시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으

로 하는 이차 전지의 충전 제어 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 집중 열 모델은 상기 제1온도 측정점과 상기 제2온도 측정점 사이의 제1열 저항, 상기 제1온도 측정점과 상기 온도 추정 지점 사이의 제2열 저항, 및 상기 온도 추정 지점과 상기 제2온도 측정점 사이의 제3열 저항을 포함하고,

상기 제1열 저항, 상기 제2열 저항 및 상기 제3열 저항은 직렬 연결되어 폐루프 회로를 구성하는 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 이차 전지 팩의 최저 온도를 결정하는 단계는,

$$mC_p\frac{dT_{2,estimate}}{dt}=|V_2-OCV_2||I_2|+\frac{T_1-T_{2,estimate}}{R_{12}}-\frac{T_{2,estimate}-T_{coolant}}{R_{2,c}}$$

$$mC_p\frac{dT_1}{dt}=|V_1-OCV_1||I_1|-\frac{T_1-T_{2,estimate}}{R_{12}}-\frac{T_1-T_{coolant}}{R_{1,c}}$$

$$\frac{dT_{2,estimate}}{dt}=-\frac{dT_1}{dt}+\frac{|V_1-OCV_1||I_1|+|V_2-OCV_2||I_2|-\frac{T_1-T_{coolant}}{R_{1,c}}-\frac{T_{2,estimate}-T_{coolant}}{R_{2,c}}}{mC_p}$$

(m은 제1 및 제2이차 전지의 질량; C_p는 제1 및 제2이차 전지의 정압 비열; V_1 및 OCV_1은 제1이차 전지의 단자 전압 및 개방 전압; V_2 및 OCV_2는 제2이차 전지의 단자 전압 및 개방 전압; T_1은 제1온도 측정점의 제1온도, $T_{coolant}$는 제2측정점의 제2온도 및 $T_{2,estimate}$은 온도 추정 지정의 온도; $R_{1,c}$는 제1온도 측정점과 제2온도 측정점 사이의 제1열 저항, R_{12}는 제1온도 측정점과 온도 추정 지점 사이의 제2열 저항 및 $R_{2,c}$는 온도 추정 지점과 제2온도 측정점 사이의 제3열 저항임)

상기 첫 번째 제1식 및 두 번째 제2식으로부터 유도된 세 번째 제3수식에 기초하여 상기 제3온도($T_{2,estimate}$)를 추정하도록 구성된 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 이차 전지 팩의 최저 온도를 결정하는 단계는,

상기 제1이차 전지의 충전 상태(SOC_1)를 결정하고, 미리 정의된 충전 상태와 OCV 사이의 상관 관계를 참조하여 상기 제1이차 전지의 충전 상태(SOC_1)에 대응되는 개방 전압(OCV_1)를 결정하는 단계; 및

상기 제2이차 전지의 충전 상태(SOC_2)를 결정하고, 미리 정의된 충전 상태와 OCV 사이의 상관 관계를 참조하여 상기 제2이차 전지의 충전 상태(SOC_2)에 대응되는 개방 전압(OCV_2)를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 방법.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 이차 전지 팩에 제공되는 충전전력을 가변시키는 단계는,

상기 이차 전지 팩의 충전전류 또는 충전전압과 상기 이차 전지 팩의 최저 온도 사이의 미리 정의된 상관 관계를 참조하여 상기 결정된 최저 온도에 대응되는 충전전류 또는 충전전압을 결정하고, 결정된 충전전류 또는 충전전압에 따라 이차 전지 팩에 충전전력을 제공하는 단계;임을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 이차 전지 팩에 제공되는 충전전력을 가변시키는 단계는,

상기 온도 추정 지점에 대한 복수의 최저 온도와 각 최저 온도에 상응하는 충전전류 또는 충전전압을 정의하고 있는 룩업 테이블을 참조하여 상기 제3온도($T_{2,estimate}$)에 따라서 충전전류 또는 충전전압을 가변시키는 단계임을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 방법.

청구항 14

제9항에 있어서, 상기 이차 전지 팩의 최저 온도를 결정하는 단계는,

상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지의 퇴화도(SOH)를 결정하고, 결정된 퇴화도에 따라서 상기 제1열 저항, 상기 제2열 저항 및 상기 제3열 저항을 가변시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이차 전지 팩의 충전 제어 방법.

청구항 15

제1항에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 장치를 포함하는 전기 구동 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 이차 전지 팩의 전체 영역에 대한 최소 온도를 간단한 하드웨어 구성으로 신뢰성 있게 추정하고 추정된 최소 온도를 기준으로 이차 전지 팩의 충전 조건을 제어하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 반복적인 충전과 재생이 가능한 이차 전지가 화석 에너지의 대체 수단으로 주목 받고 있다.

[0003] 이차 전지는 휴대폰, 비디오 카메라, 전동 공구와 같은 전통적인 핸드 헬드 디바이스에 주로 사용되다가 최근에는 전기로 구동되는 자동차(EV, HEV, PHEV), 대용량의 전력 저장 장치(ESS), 무정전 전원 공급 시스템(UPS) 등으로 그 응용 분야가 점차 증가하는 추세이다.

[0004] 상용화된 이차 전지로는 니켈 카드뮴 전지, 니켈 수소 전지, 니켈 아연 전지, 리튬 이차 전지 등이 있다. 이 중에서 리튬 이차 전지는 니켈 계열의 이차 전지에 비해 메모리 효과가 거의 없고 자가 방전율이 낮으며 에너지 밀도가 높다는 등의 장점으로 인해 각광을 받고 있다.

[0005] 이차 전지는 다양한 분야에서 이용되고 있는데, 최근 주목을 받는 전기 자동차나 전력 저장 장치의 분야에서는 용량이 큰 전지를 필요로 한다. 따라서, 해당 기술분야에서는 복수의 이차 전지를 직렬 및/또는 병렬로 연결한 이차 전지 팩이 사용된다.

[0006] 이차 전지 팩의 충전 과정에서는 복수의 이차 전지로부터 열이 발생된다. 열은 이차 전지의 내부 저항으로부터 기인한다. 각 이차 전지로부터 발생된 열은 인접한 이차 전지나 다른 부품으로 전도되거나 이차 전지 팩과 결합된 공냉식, 수냉식 등의 냉각 디바이스를 통해 외부로 방출된다.

[0007] 이차 전지의 충전 시에는 작동 이온(예컨대, 리튬 이온)이 양극으로부터 음극으로 이동한다. 그리고, 음극으로 이동한 작동 이온은 음극 활물질 내부로 확산하여 삽입(intercalation)된다.

[0008] 충전과정에서 수반되는 전기화학적 반응의 속도는 온도에 비례한다. 즉, 온도가 낮을수록 전기화학적 반응의 속도가 떨어진다. 따라서, 이차 전지 팩의 충전을 진행할 때에는 온도가 가장 낮은 이차 전지를 기준으로 충전을 제어해야 한다. 만약, 온도가 상대적으로 높은 이차 전지를 기준으로 충전을 제어하면, 온도가 상대적으로 낮은 이차 전지에서는 작동 이온이 음극 활물질 내부로 확산하는 속도가 느리므로 음극 활물질 표면에 존재하는 작동 이온의 농도가 리튬 석출(Li plating)을 유발할 정도로 증가할 수 있다.

[0009] 잘 알려진 바와 같이, 음극 활물질의 표면에서 리튬 석출이 생기면, 이차 전지의 수명이 급격하게 단축되는 문제가 있다. 또한, 석출된 리튬은 과충전 조건에서 과도한 부반응을 일으킴으로써 열 폭주(thermal runaway) 현상까지 일으킨다.

[0010] 이차 전지 팩은 전 영역에 걸쳐서 동일한 온도를 가지지 않는다. 각 이차 전지에서 발생되는 열이 동일하지 않고, 인접 영역으로의 열 전달 율이 동일하지 않기 때문이다. 따라서, 이차 전지 팩을 구성하는 이차 전지들 중

에서 어느 것이 가장 온도가 낮은 것인지를 파악하기 위해서는 각 이차 전지에 온도 센서를 부착하고 각 이차 전지의 온도를 실시간으로 모니터 해야 한다. 이는 이차 전지 팩의 제조 비용을 증가시키는 원인이 된다.

[0011] 또한, 이차 전지에 부착된 온도 센서에 의해 측정되는 온도는 온도 센서가 부착된 지점의 표면 온도이다. 따라서, 해당 온도가 이차 전지의 전체 온도를 대변한다고 볼 수 없다. 개별 이차 전지의 경우도 전체 영역의 온도가 균일하지 않기 때문이다.

[0012] 따라서, 종래에는 이차 전지의 영역별 온도 편차가 있음을 고려하여 온도 센서를 통해 측정한 온도로부터 최소 온도 편차를 차감한 보정 온도를 이차 전지의 온도로 추정하였다. 그리고, 복수의 보정 온도 중에서 최소 값을 기준으로 이차 전지 팩의 충전 조건, 즉 충전 전류와 충전 전압의 크기를 조절하였다.

[0013] 이러한 방식은, 각 이차 전지의 영역별 온도 편차가 없거나 매우 낮은 상황에서도 보수적으로 충전조건을 조절하는 원인이 되었다. 즉, 언제나 이차 전지의 온도가 실제 온도보다 낮게 추정되므로 충전 전류와 충전 전압의 크기가 그 만큼 낮게 조절된다. 이는 이차 전지 팩의 충전 시간을 증가시키는 요인이 된다.

[0014] 이차 전지의 응용 분야 중에서 특히 전기 자동차 분야는 충전 시간을 단축시키는 것이 무엇보다 중요하다. 충전 시간이 짧아야만 그 만큼 전기 자동차를 편리하게 이용할 수 있기 때문이다.

[0015] 충전 시간의 단축을 위해서는 다양한 기술적 이슈가 해결되어야 한다. 그 중에서 이차 전지 팩의 전체 영역 중에서 가장 온도가 낮은 영역의 실제 온도를 신뢰성 있게 추정하는 것도 해결해야 할 과제 중 하나로 인식되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명은 위와 같은 종래 기술의 배경하에 창안된 것으로서, 이차 전지 팩의 전체 영역에 대한 최소 온도를 실제 온도에 근접하게 추정하고, 추정된 최소 온도를 기준으로 이차 전지 팩의 충전 조건을 조절함으로써 충전 시간을 단축시킬 수 있는 충전 제어 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0017] 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 장치는, 복수의 이차 전지를 포함하며 냉각 디바이스와 결합된 이차 전지 팩의 충전을 제어하는 장치로서, 복수의 이차 전지에서 선택된 제1이차 전지의 제1온도를 측정하는 셀 온도 측정부; 상기 냉각 디바이스로 유입되는 냉매의 제2온도를 측정하는 냉매 온도 측정부; 상기 이차 전지 팩의 충전 전류를 측정하는 전류 측정부; 상기 제1이차 전지의 제1단자 전압과 상기 냉각 디바이스에 가장 근접한 제2이차 전지의 제2단자 전압을 측정하는 전압 측정부; 상기 제2이차 전지의 온도 추정 지점, 상기 제1온도 측정점 및 상기 제2온도 측정점들로부터 선택된 2개 지점 사이의 열저항을 포함하는 집중 열 모델(Lumped Thermal Model)과, 상기 셀 온도 측정부, 상기 냉매 온도 측정부, 상기 전류 측정부 및 상기 전압 측정부로부터 입력된 제1온도, 제2온도, 충전 전류, 제1단자 전압 및 제2단자 전압으로부터 상기 온도 추정 지점의 제3온도를 추정하고, 추정된 제3온도를 이차 전지 팩의 최저 온도로 결정하는 최저 온도 추정부; 및 상기 결정된 최저 온도에 따라 이차 전지 팩에 제공되는 충전전력을 가변시키는 충전전력 조정부;를 포함할 수 있다.

[0019] 일 측면에 따르면, 상기 집중 열 모델은 상기 제1온도 측정점과 상기 제2온도 측정점 사이의 제1열 저항, 상기 제1온도 측정점과 상기 온도 추정 지점 사이의 제2열 저항, 및 상기 온도 추정 지점과 상기 제2온도 측정점 사이의 제3열 저항을 포함하고, 상기 제1열 저항, 상기 제2열 저항 및 상기 제3열 저항은 직렬 연결되어 폐루프 회로를 구성할 수 있다.

[0020] 다른 측면에 따르면, 상기 최저 온도 추정부는,

[0021] $$mC_p\frac{dT_{2,estimate}}{dt}=|V_2-OCV_2||I_2|+\frac{T_1-T_{2,estimate}}{R_{12}}-\frac{T_{2,estimate}-T_{coolant}}{R_{2,c}}$$

[0022] $$mC_p\frac{dT_1}{dt}=|V_1-OCV_1||I_1|-\frac{T_1-T_{2,estimate}}{R_{12}}-\frac{T_1-T_{coolant}}{R_{1,c}}$$

[0023] $$\frac{dT_{2,estimate}}{dt}=-\frac{dT_1}{dt}+\frac{|V_1-OCV_1||I_1|+|V_2-OCV_2||I_2|-\frac{T_1-T_{coolant}}{R_{1,c}}-\frac{T_{2,estimate}-T_{coolant}}{R_{2,c}}}{mC_p}$$

[0024] (m은 제1 및 제2이차 전지의 질량; C_p는 제1 및 제2이차 전지의 정압 비열; V_1 및 OCV_1은 제1이차 전지의 단자 전압 및 개방 전압; V_2 및 OCV_2는 제2이차 전지의 단자 전압 및 개방 전압; T_1은 제1온도 측정점의 제1온도, $T_{coolant}$는 제2온도 측정점의 제2온도 및 $T_{2,estimate}$은 온도 추정 지정의 제3온도; $R_{1,c}$는 제1온도 측정점과 제2온도 측정점 사이의 제1열 저항, R_{12}는 제1온도 측정점과 온도 추정 지점 사이의 제2열 저항 및 $R_{2,c}$는 온도 추정 지점과 제2온도 측정점 사이의 제3열 저항임)

[0025] 상기의 첫 번째 제1식 및 두 번째 제2식으로부터 유도된 세 번째 제3수식 에 기초하여 상기 제3온도($T_{2,estimate}$)를 추정하도록 구성될 수 있다.

[0026] 바람직하게, 상기 최저 온도 추정부는, 상기 제1이차 전지의 충전 상태(SOC_1)를 결정하고, 미리 정의된 충전 상태와 OCV 사이의 상관 관계를 참조하여 상기 제1이차 전지의 충전 상태(SOC_1)에 대응되는 개방 전압(OCV_1)를 결정하도록 구성되고, 상기 제2이차 전지의 충전 상태(SOC_2)를 결정하고, 미리 정의된 충전 상태와 OCV 사이의 상관 관계를 참조하여 상기 제2이차 전지의 충전 상태(SOC_2)에 대응되는 개방 전압(OCV_2)를 결정하도록 구성될 수 있다.

[0027] 바람직하게, 상기 충전전력 조정부는, 상기 최저 온도 추정부로부터 상기 최저 온도를 입력 받으며, 이차 전지 팩의 충전전류 또는 충전전압과 이차 전지 팩의 최저 온도 사이의 미리 정의된 상관 관계를 참조하여 상기 입력된 최저 온도에 대응되는 충전전류 또는 충전전압을 결정하고, 결정된 충전전류 또는 충전전압에 따라 이차 전지 팩에 충전전력을 제공하도록 구성될 수 있다.

[0028] 일 예에서, 상기 충전전력 조정부는, 상기 온도 추정 지점에 대한 복수의 최저 온도와 각 최저 온도에 상응하는 충전전류 또는 충전전압을 정의하고 있는 룩업 테이블을 참조하여 상기 이차 전지 팩의 최저 온도에 따라서 충전전류 또는 충전전압을 가변시키도록 구성될 수 있다.

[0029] 바람직하게, 상기 최저 온도 추정부는, 상기 제1이차 전지 및 상기 제2이차 전지의 퇴화도(SOH)를 결정하고, 결정된 퇴화도에 따라 상기 제1열 저항, 상기 제2열 저항 및 상기 제3열 저항을 가변시키도록 구성될 수 있다.

[0030] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 측면에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 방법은, 복수의 이차 전지를 포함하며 냉각 디바이스와 결합된 이차 전지 팩의 충전을 제어하는 방법으로서, 복수의 이차 전지에서 선택된 제1이차 전지의 제1온도를 측정하는 단계; 상기 냉각 디바이스로 유입되는 냉매의 제2온도를 측정하는 단계; 상기 이차 전지 팩의 충전 전류를 측정하는 단계; 상기 제1이차 전지의 제1단자 전압과 상기 냉각 디바이스에 가장 근접한 제2이차 전지의 제2단자 전압을 측정하는 단계; 상기 제2이차 전지의 온도 추정 지점, 상기 제1온도 측정점 및 상기 제2온도 측정점들로부터 선택된 2개 지점 사이의 열 저항을 포함하는 집중 열 모델(Lumped Thermal Model)과, 상기 제1온도, 상기 제2온도, 상기 충전 전류, 상기 제1단자 전압 및 상기 제2단자 전압으로부터 상기 온도 추정 지점의 온도를 추정하고, 추정된 온도를 이차 전지 팩의 최저 온도로 결정하는 단계; 및 상기 결정된 최저 온도에 따라 이차 전지 팩에 제공되는 충전전력을 가변시키는 단계;를 포함할 수 있다.

[0031] 또 다른 측면에 따르면, 본 발명에 따른 기술적 과제는, 이차 전지 팩의 충전 제어 장치를 포함하는 전기 구동 장치에 의해서도 달성될 수 있다.

발명의 효과

[0032] 본 발명의 일 측면에 따르면, 집중 열 모델을 이용하여 온도가 가장 낮을 것으로 예상되는 위치에 있는 이차 전지의 온도를 최소화된 수량의 온도 센서만을 이용하여 신뢰성 있게 추정할 수 있다.

[0033] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 가장 온도가 낮을 것으로 추정되는 이차 전지에 맞추어 충전전력을 조절할 수 있으므로 충전, 특히 급속충전을 진행하는 과정에서 음극에 리튬이 석출되는 현상을 방지할 수 있다.

[0034] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 이차 전지 팩들의 이차 전지 중에서 최저 온도가 나타날 것으로 예상되는 이차 전지의 온도를 집중 열 모델을 이용하여 신뢰성 있게 추정하여 충전전력을 조절함으로써 이차 전지 팩이 받아들일 수 있는 최대한으로 충전전력을 증가시킬 수 있다. 따라서, 종래와 같이 보수적으로 충전전력을 조절할 필요가 없으므로 충전시간을 단축시킬 수 있다.

[0035] 이외에도 본 발명은 다른 다양한 효과를 가질 수 있으며, 이러한 본 발명의 다른 효과들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0036] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 충전 제어 장치에 결합되는 이차 전지 팩에 있어서 온도가 측정되는 지점을 모식적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 집중 열 모델(Lumped Thermal Model)의 일 예를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 장치에 관한 블록 다이어그램이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 방법에 대한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 안 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.

[0038] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상에 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0039] 또한, 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판정되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0040] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 '프로세서'와 같은 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0041] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

[0042] 본 명세서에서, 이차 전지는, 음극 단자와 양극 단자를 구비하며, 물리적으로 분리 가능한 하나의 독립된 셀을 의미한다. 일 예로, 파우치형 리튬 폴리머 셀 하나가 이차 전지로 간주될 수 있다.

[0043] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 충전 제어 장치가 결합되는 이차 전지 팩에 있어서 온도가 측정되는 위치를 모식적으로 나타낸 도면이다.

[0044] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 충전 제어 장치가 결합되는 이차 전지 팩(10)은 소정의 방향으로 적층된 복수의 이차 전지(11)를 포함한다. 적층 방향은 상하 방향 또는 좌우 방향일 수 있다.

[0045] 이차 전지(11)는 당업계에 알려진 것이라면 어떠한 종류의 것이라도 무방하다. 일 예로, 이차 전지(11)는 파우

치 타입의 리튬 폴리머 이차 전지일 수 있다.

[0046] 이차 전지(11)가 적층될 수 있는 방식은 다양하다. 본 발명은 이차 전지 팩의 충전을 제어하는데 특징이 있으므로 이차 전지(11)의 적층 구조는 상세하게 도시하지 않았다.

[0047] 바람직하게, 이차 전지 팩(10)은 냉각 디바이스(20)와 결합된다. 냉각 디바이스(20)는 복수의 이차 전지(11)가 충전되는 과정에서 발생되는 열을 흡수하여 외부로 방출하는 기능을 한다.

[0048] 일 실시예에서, 냉각 디바이스(20)는 공냉식 또는 수냉식일 수 있다. 이 경우, 냉각 디바이스(20)는 냉매가 유입되는 유입구(21)와 냉매가 배출되는 유출구(22)를 구비한다.

[0049] 다른 실시예에서, 냉각 디바이스(20)는 공기나 액상 냉매를 순환하는 유로를 구비하지 않는 냉각 핀일 수 있다.

[0050] 바람직하게, 이차 전지 팩(10)와 냉각 디바이스(20)에는 각각 셀 온도 측정부(30)와 냉매 온도 측정부(40)가 설치된다.

[0051] 셀 온도 측정부(30)는 복수의 이차 전지(10) 중에서 임의로 선택된 이차 전지에 설치되고, 냉매 온도 측정부(40)는 냉각 디바이스(20)의 유입구(21) 근처에 설치된다.

[0052] 바람직하게, 셀 온도 측정부(30)는 이차 전지 팩(10)의 과열 상태를 검출하기 위해서, 열 퇴적 현상에 의해 온도가 가장 많이 상승하는 곳, 예컨대 이차 전지 팩(10)의 중앙에 위치한 이차 전지(11)에 부착한다.

[0053] 이하, 설명의 편의를 위해, 셀 온도 측정부(30)가 부착된 이차 전지(11)는 제1이차 전지(11a)라고 명명한다. 또한, 냉각 디바이스(20)의 유입구(21)와 가장 가까운 곳에 위치한 이차 전지(11)를 제2이차 전지(11b)로 명명한다.

[0054] 한편, 이차 전지 팩(10)이 충전될 때 각 이차 전지(11)에서는 열이 발생한다. 이 때, 중심부에 위치한 제1이차 전지(11a)가 사이드 측에 위치한 제2이차 전지(11b)보다 온도가 상대적으로 높다. 또한, 냉각 디바이스(20)의 유입구(21) 측에 위치한 제2이차 전지(11b)의 온도가 가장 낮다. 왜냐하면, 제2이차 전지(11b)는 온도가 낮은 냉매가 유입되는 유입구(21) 근처에 위치하고 있고 인접하는 이차 전지(11)가 우측에 하나만 있으므로 열 방출이 원활하게 이루어지기 때문이다. 따라서, 이차 전지 팩(10)에 공급되는 충전전력을 제어할 때에는 제2이차 전지(11b)의 온도를 기준으로 하는 것이 바람직하다.

[0055] 본 발명은, 제2이차 전지(11b)의 전체 영역 중에서 온도가 가장 낮을 것으로 예상되는 위치를 온도 추정 지점으로 선택하고, 해당 지점의 온도를 집중 열 모델(Lumped Thermal Model)을 이용하여 추정한다.

[0056] 바람직하게, 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점은 하단부(50)일 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 대안적인 예로, 온도 추정 지점은 제2이차 전지(11b)의 바깥쪽 표면의 정 중앙일 수 있다.

[0057] 도 1에 도시된 바와 같이, 이차 전지 팩(10)과 냉각 디바이스(20)가 결합된 경우, 제2이차 전지(11b)의 하단부(50)는 냉각 디바이스(20)의 유입구(21) 측과 가장 가깝게 위치하고 있으므로 냉각 디바이스(20) 측으로의 열 전달이 원활하여 하단부(50)의 온도가 다른 부위에 비해 상대적으로 더 낮을 수 있다.

[0058] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 집중 열 모델(Lumped Thermal Model)의 일 예를 나타낸 도면이다.

[0059] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 집중 열 모델은, 페루프 회로 상에서 직렬 연결된 3개의 제1 내지 제3열 저항($R_{1,2}$, $R_{1,c}$, $R_{2,c}$)과, 인접하는 열 저항 사이에 구비되는 3개의 제1 내지 제3온도 노드(T_1, $T_{2,estimate}$, $T_{coolant}$)를 포함한다.

[0060] 여기서, 제1열 저항($R_{1,c}$)는 제1이차 전지(11a)에 부착된 셀 온도 측정부(30)의 제1온도 측정점과 냉각 디바이스(20)의 유입구(21) 측에 부착된 냉매 온도 측정부(40)의 제2온도 측정점 사이에 존재하는 열 저항이다.

[0061] 또한, 제2열 저항($R_{1,2}$)은 상기 제1온도 측정점과 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점 사이에 존재하는 열 저항이다.

[0062] 또한, 제3열 저항($R_{2,c}$)는 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점과 상기 제2온도 측정점 사이에 존재하는 열 저항이다.

[0063] 또한, 제1온도 노드(T_1)은 셀 온도 측정부(30)에 의해 측정된 온도이다.

[0064] 또한, 제2온도 노드($T_{coolant}$)는 냉매 온도 측정부(40)에 의해 측정된 온도이다.

[0065] 또한, 제3온도 노드($T_{2,estimate}$)는 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점에 대한 추정 온도이다.

[0066] 집중 열 모델에 따르면, 질량 m을 가지며 정압 비열이 C_p인 객체의 발열량을 $Q_{dissipation}$이라 하고 외부의 객체로 전달되거나 외부의 객체로부터 흡수되는 열량을 $Q_{convection}$이라고 정의하면 다음과 같은 수식 (1)이 성립된다.

[0067] 만약, 대상 객체가 외부의 객체로부터 열을 흡수하면, $Q_{convection}$의 부호는 플러스로 변경된다.

[0069] $$mC_p\frac{dT}{dt}=Q_{dissipation}-Q_{convection} \quad \text{-----} \ (1)$$

[0071] 이차 전지 팩(10)이 충전될 때, 각 이차 전지(11)의 단자 전압 V는 하기 수식 (2)와 같이 개방 전압(OCV)과 내부저항(R)에 따른 IR 전압의 합으로 나타낼 수 있다. I는 이차 전지(11)에 흐르는 충전전류이다.

[0073] $$V=OCV+IR \quad \text{-----} \ (2)$$

[0075] 또한, 각 이차 전지(11)에 충전 전류 I가 흐를 때, 이차 전지(11)의 발열량 $Q_{dissipation}$은 하기 수식 (3)으로 나타낼 수 있다.

[0077] $$Q_{dissipation}=I^2R=|V\text{-}OCV|\,|I| \quad \text{-----} \ (3)$$

[0079] 또한, 열 집중 모델에 따르면, 온도가 높은 객체에서 온도가 낮은 객체로 전달되는 열량은 하기 수식 (4)로 나타낼 수 있다.

[0081] $$Q_{convection}=\frac{T_{high}-T_{low}}{R_{h,l}} \quad \text{-----} \ (4)$$

[0083] 수식 4에 있어서, T_{high}는 온도가 높은 객체의 온도를, T_{low}는 온도가 낮은 객체의 온도를 나타낸다. 그리고, $R_{h,l}$은 온도가 높은 객체와 온도가 낮은 객체 사이에 존재하는 열 저항을 나타낸다.

[0084] 상기 수식 (3) 및 (4)를 본 발명의 실시예에 따른 열 집중 모델의 제1온도 노드(T_1)에 적용하면, 다음과 같은 수식 (5)가 유도될 수 있다.

[0086] $$mC_p\frac{dT_1}{dt}=|V_1\text{-}OCV_1||I_1|-\frac{T_1-T_{2,estimate}}{R_{12}}-\frac{T_1-T_{coolant}}{R_{1,c}} \quad \text{-----(5)}$$

[0088] 상기 수식 (5)에 있어서, 우측의 첫 번째 수식은 소정 시간(dt) 동안 발생되는 제1이차 전지(11a)의 발열량이고, 두 번째 수식은 소정 시간(dt) 동안 온도가 높은 제1이차 전지(11a)로부터 온도가 낮은 제2이차 전

지(11b) 측으로 전달되는 열량이고, 세 번째 수식은 소정 시간(dt) 동안 온도가 높은 제1이차 전지(11a)로부터 온도가 낮은 냉각 디바이스(20)의 냉매로 전달되는 열량이다. V_1와 OCV_1은 제1이차 전지(11a)의 단자 전압과 개방 전압이고, I_1은 제1이차 전지(11a)의 충전 전류이다. R_{12}는 제1이차 전지(11a)의 온도 측정 지점과 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점 사이의 열 저항이고, $R_{1,c}$는 제1이차 전지(11a)의 온도 측정 지점과 냉매 온도 측정 지점 사이의 열 저항이다. 또한, T_1은 셀 온도 측정부(30)에서 측정한 온도, $T_{coolant}$는 냉매 온도 측정부(40)에서 측정한 온도 및 $T_{2,\ estimate}$은 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점의 추정 온도이다.

[0089] 또한, 상기 수식 (3) 및 (4)를 본 발명의 실시예에 따른 열 집중 모델의 제3온도 노드($T_{2,\ estimate}$)에 적용하면, 다음과 같은 수식 (6)이 유도될 수 있다.

[0091]
$$mC_p\frac{dT_{2,estimate}}{dt}=|V_2-OCV_2||I_2|+\frac{T_1-T_{2,estimate}}{R_{12}}-\frac{T_{2,estimate}-T_{coolant}}{R_{2,c}} \quad \text{-----(6)}$$

[0093] 상기 수식 (6)에 있어서, 우측의 첫 번째 수식은 소정 시간(dt) 동안 발생되는 제2이차 전지(11b)의 발열량이고, 두 번째 수식은 소정 시간(dt) 동안 온도가 높은 제1이차 전지(11a)로부터 온도가 낮은 제2이차 전지(11b) 측으로 전달되는 열량이고, 세 번째 수식은 소정 시간(dt) 동안 온도가 높은 제2이차 전지(11b)로부터 온도가 낮은 냉각 디바이스(20)의 냉매로 전달되는 열량이다. V_2와 OCV_2는 제2이차 전지(11b)의 단자 전압과 개방 전압이고, I_2는 제2이차 전지(11b)의 충전 전류이다. R_{12}는 제1이차 전지(11a)의 온도 측정 지점과 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점 사이의 열 저항이고, $R_{2,c}$는 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점과 냉매 온도 측정 지점 사이의 열 저항이다. 또한, T_1은 셀 온도 측정부(30)에서 측정한 온도, $T_{coolant}$는 냉매 온도 측정부(40)에서 측정한 온도 및 $T_{2,\ estimate}$은 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점의 추정 온도이다.

[0094] 상기 수식 (5) 및 (6)에 있어서, 우측의 두 번째 수식은 동일하고 부호가 반대이다. 따라서, 상기 수식 (5) 및 (6)을 더하면, 하기 수식 (7)이 유도될 수 있다.

[0096]
$$\frac{dT_{2,estimate}}{dt}=-\frac{dT_1}{dt}+\frac{|V_1-OCV_1||I_1|+|V_2-OCV_2||I_2|-\frac{T_1-T_{coolant}}{R_{1,c}}-\frac{T_{2,estimate}-T_{coolant}}{R_{2,c}}}{mC_p} \quad \text{-----(7)}$$

[0098] 상기 수식 (7)에 있어서, T_1 및 $T_{coolant}$는 각각 셀 온도 측정부(30) 및 냉매 온도 측정부(40)에 의해 측정되는 온도이고, $R_{1,c}$ 및 $R_{2,c}$는 미리 정의되는 열 저항이고, m과 C_p는 이차 전지 팩(10)을 구성하는 이차 전지(11)의 질량과 정압 비열 값으로 근사할 수 있다. 즉, 제1 및 제2 이차 전지(11a, 11b)를 포함하여 이차 전지 팩(10)을 구성하는 모든 이차 전지(11)가 동일한 질량과 정압 비열을 가진다고 근사할 수 있다. 또한, 제1이차 전지(11a)와 제2이차 전지(11b)의 충전 전류는 서로 동일하므로, I_1 및 I_2는 이차 전지 팩(10)의 충전 전류(I)로 대체 가능하다.

[0099] 상기 수식 (7)은 이산 시간 모델(time-discrete model)에 따라 다음 수식 (8)로 변환 가능하다.

[0101]
$$T_{2,estimate}(k)=T_{2,estimate}(k\text{-}1)-[T_1(k)-T_1(k\text{-}1)]$$

[0102]
$$+\frac{|V_1(k\text{-}1)-OCV_1(k\text{-}1)||I_1(k\text{-}1)|+|V_2(k\text{-}1)-OCV_2(k\text{-}1)||I_2(k\text{-}1)|}{mC_p}$$

[0103] $$-\frac{\frac{T_1(k\text{-}1)-T_{coolant}(k\text{-}1)}{R_{1,c}}-\frac{T_{2,estimate}(k\text{-}1)-T_{coolant}(k\text{-}1)}{R_{2,c}}}{mC_p} \quad \text{-----(8)}$$

[0104] 상기 수식 (8)에 있어서, k로 인덱싱된 변수들은 현재 시점에서 측정되거나 추정되는 값들이고, k-1로 인덱싱된 변수들은 직전 시점에 측정되거나 추정된 값들이다. I_1과 I_2는 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 충전 전류로서, 이차 전지 팩(10)의 충전 전류(I)와 동일하다.

[0105] 상기 수식 (8)에 있어서, $T_{2,estimate}$의 초기 조건은 셀 온도 측정부(30)에 의해 처음으로 측정된 제1이차 전지(11a)의 온도와 동일하게 설정하거나 미리 설정된 소정 % 만큼 낮게 설정할 수 있다.

[0106] 바람직하게, 본 발명은 상기 수식 (8)을 이용하여 일정한 시간 간격으로 V_1, V_2, OCV_1, OCV_2, I, T_1, 및 $T_{coolant}$를 결정하고, 미리 설정된 파라미터 값들($R_{1,c}$, $R_{2,c}$, m, C_p)을 이용하여 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점에 대한 온도($T_{2,estimate}$)를 추정하고, 추정한 온도를 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})로 결정할 수 있다. 그리고, 본 발명은 최저 온도(T_{min})에 따라 이차 전지 팩(10)에 대한 충전전류 및/또는 충전전압을 조절하여 이차 전지 팩(10)에 공급되는 충전전력을 조절할 수 있다. 이에 대해서는 후술하기로 한다

[0107] 본 발명에 있어서, 열 저항은 2개의 지점 사이에 존재하는 구조를 통해 단위 열량(예를 들어, 1J)이 1초당 전달될 때 2개 지점 사이의 온도 차이에 해당하며, 단위는 K(kelvin)/W(watt)이다.

[0108] 바람직하게, 열 저항은 ASTM D5470에서 규정한 표준 측정 방법에 따라서 측정될 수 있다.

[0109] 일 예시로서, 두 지점 A 및 B에 대한 열 저항 $R_{A,B}$는 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다.

[0110] 먼저, 지점 A에는 히터를 부착하고 지점 B에는 쿨러를 부착해서 지점 A는 T_A의 온도로, 지점 B는 T_B의 온도로 유지하여 지점 A와 지점 B 사이에 온도 구배 △T를 형성한다.

[0111] 온도 구배 △T가 형성되면, 지점 A에서 열원을 제거하고 지점 B에서는 쿨러를 이용하여 온도를 T_B로 계속 유지시킨다. 그러면, A 지점의 온도는 T_A에서 지수 함수적으로(exponentially) 점점 감소하여 T_B로 수렴한다. 이 과정에서, A 지점에서의 시간 t에 대한 온도 변화 곡선 $T_{A,measure}(t)$를 얻는다.

[0112] 한편, 지점 A에서의 온도 변화는 집중 열 모델을 이용하여 다음과 같이 근사적으로 해석할 수 있다.

[0114] $mCp*dT_A(t)/dt = -1/R_{A,B}\ (T_A(t)-T_B)$ ----- (9)

[0115] $dT_A(t)/dt = -1/(R_{A,B}*mC_p)*(T_A(t)-T_B)$ ----- (10)

[0116] $d(T_A(t)-T_B)/dt = -1/(R_{A,B}*mC_p)*(T_A(t)-T_B)$ ----- (11)

[0118] 상기 수식 (11)의 미분 방정식을 풀면, 다음 수식 (12)이 얻어진다.

[0119]

[0120] $T_A(t) = \exp[-1/(R_{A,B}*mC_p)*(T_A(t)-T_B)] + T_B$ ----- (12)

[0122] 상기 수식 (12)에 있어서, m은 지점 A와 지점 B 사이의 존재하는 구조물의 질량이고 C_p는 정압 비열이므로 미리 알 수 있는 값이다. 따라서, 상기 수식 (12)의 $T_A(t)$가 실험을 통해 얻은 온도 변화 곡선 $T_{A,measure}(t)$를 추종하도록 $R_{A,B}$를 튜닝할 수 있으며, 튜닝된 $R_{A,B}$ 값이 바로 지점 A와 지점 B 사이의 열 저항이다.

[0123] 이하에서는, 상술한 내용을 바탕으로, 본 발명에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 장치 및 방법에 대해서 상세히

설명하기로 한다.

[0124] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 장치에 관한 블록 다이어그램이다.

[0125] 도 1 및 도 3을 함께 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 장치(100)는, 냉각 디바이스(20)와 결합된 이차 전지 팩(10)의 충전전력을 조절하기 위한 것으로서, 셀 온도 측정부(30), 냉매 온도 측정부(40), 전압 측정부(50), 전류 측정부(60), 최저 온도 추정부(70), 충전전력 조정부(80) 및 저장부(90)를 포함한다.

[0126] 셀 온도 측정부(20)는 최저 온도 추정부(70)의 요청에 따라 주기적으로 복수의 이차 전지(10)에서 선택된 제1이차 전지(11a)의 제1온도(T_1)를 측정하고 제1온도(T_1) 측정값을 최저 온도 추정부(70)로 출력한다.

[0127] 냉매 온도 측정부(30)는 최저 온도 추정부(70)의 요청에 따라 주기적으로 냉각 디바이스(20)로 유입되는 냉매의 제2온도($T_{coolant}$)를 측정하고 제2온도($T_{coolant}$) 측정값을 최저 온도 추정부(70)로 출력한다.

[0128] 셀 온도 측정부(30)와 냉매 온도 측정부(40)는 열전대(thermocouple)와 같이 당업계에 공지된 온도 센서일 수 있으며, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0129] 전압 측정부(50)는 최저 온도 추정부(70)의 요청에 따라 주기적으로 이차 전지 팩(10)을 구성하는 이차 전지(1)들의 단자 전압을 측정하고, 단자 전압 측정값을 최저 온도 추정부(70)로 출력한다.

[0130] 설명의 편의를 위해, 전압 측정부(50)가 측정한 단자 전압들 중에서 제1이차 전지(11a)의 단자 전압을 제1단자 전압(V_1), 그리고 제2이차 전지(11b)의 단자 전압을 제2단자 전압(V_{-2})이라고 명명한다.

[0131] 전압 측정부(50)는 각 이차 전지(10)의 단자 전압을 시분할 방식으로 측정하기 위해 전압 센싱 라인을 스위칭하는 멀티플렉서, 각 이차 전지(10)의 전압을 충전 및 홀드하는 부동 캐패시터, 부동 캐패시터에 충전 및 홀드된 이차 전지(10)의 전압을 측정하는 전압 센싱 회로 등을 포함할 수 있는데, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0132] 전류 측정부(60)는 최저 온도 추정부(70)의 요청에 따라 주기적으로 이차 전지 팩(10)으로 흐르는 충전 전류(I)를 측정하고 전류 측정값을 최저 온도 추정부(70)로 출력한다.

[0133] 전류 측정부(60)는 이차 전지 팩(10)으로 충전 전류(I)가 흐를 때 센스 저항(65)의 양단에 인가되는 전압을 측정하여 최저 온도 추정부(70)로 출력할 수 있다. 센스 저항(65)의 양단 전압은 전류 측정값에 해당한다. 최저 온도 추정부(70)는 오옴의 법칙(V=IR)을 이용하여 센스 저항(65)의 양단 전압을 충전전류로 변환할 수 있다. 전류 측정부(60)는 홀 센서와 같은 다른 공지된 전류 센서로 대체 가능함은 물론이다.

[0134] 최저 온도 추정부(70)는 셀 온도 측정부(30), 냉매 온도 측정부(40), 전압 측정부(50) 및 전류 측정부(60)와 동작 가능하게 결합된다. 또한, 최저 온도 추정부(70)는 주기적으로 셀 온도 측정부(30), 냉매 온도 측정부(40), 전압 측정부(50) 및 전류 측정부(60)로부터 제1이차 전지(11a)의 제1온도(T_1) 측정값, 냉매의 제2온도($T_{coolant}$) 측정 값, 제1 및 제2이차 전지(11a, 11b)의 제1단자 전압(V_1) 측정값 및 제2단자 전압(V_2) 측정값을 포함하는 전체 이차 전지(11)의 단자 전압 측정값, 이차 전지 팩(10)으로 흐르는 충전전류(I) 측정값을 입력 받아 디지털 데이터로 전환한 후 저장부(90)에 기록한다.

[0135] 저장부(90)는, 전기적, 자기적, 광학적 또는 양자역학적으로 데이터를 기록하고 소거할 수 있는 저장매체이다. 저장부(90)는 비제한적인 예시로서, RAM, ROM, 레지스터, 하드디스크, 광기록 매체 또는 자기기록 매체일 수 있다. 저장부(90)는 최저 온도 추정부(70)에 의해 접근이 가능하도록 예컨대 데이터 버스 등을 통해 최저 온도 추정부(70)와 전기적으로 결합될 수 있다.

[0136] 저장부(90)는 최저 온도 추정부(70)에 의해 실행되는 각종 제어 로직을 포함하는 프로그램, 및/또는 제어 로직이 실행될 때 발생되는 데이터를 저장 및/또는 갱신 및/또는 소거할 수 있다. 저장부(90)은 논리적으로 2개 이상으로 분할 가능하고, 최저 온도 추정부(70) 내에 포함되는 것을 제한하지 않는다.

[0137] 최저 온도 추정부(70)는 주기적으로 제1이차 전지(11a)와 제2이차 전지(11b)의 제1충전 상태(SOC_1) 및 제2충전 상태(SOC_2)를 추정하고, 각 충전 상태에 대응되는 제1개방 전압(OCV_1) 및 제2개방 전압(OCV_2)을 결정할 수 있다.

[0138] 일 예로, 최저 온도 추정부(70)는, 전류 적산법으로 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 제1 및 제2충전

상태(SOC_1, SOC_2)를 추정하고, 제1 및 제2충전 상태(SOC_1, SOC_2)에 대응되는 제1 및 제2개방 전압(OCV_1, OCV_2)을 결정할 수 있다.

[0139] 구체적으로, 최저 온도 추정부(70)는 이차 전지 팩(10)의 충전이 시작되기 직전에 전압 측정부(50)를 제어하여 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 제1단자 전압(V_1) 및 제2단자 전압(V_2)을 측정하고 제1단자 전압(V_1)과 제2단자 전압(V_2)을 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 제1개방 전압(OCV_1) 초기값 및 제2개방 전압(OCV_2) 초기값으로 결정한다.

[0140] 그런 다음, 최저 온도 추정부(70)는 저장부(90)에 미리 기록된 SOC-OCV 룩업 테이블로부터 제1 및 제2개방 전압(OCV_1, OCV_2)의 초기값에 해당하는 제1 및 제2충전 상태(SOC_1, SOC_2)를 읽음으로써 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 제1충전 상태(SOC_1) 초기값 및 제2충전 상태(SOC_2) 초기값을 결정한다.

[0141] 그 이후, 이차 전지 팩(10)의 충전이 시작되면, 최저 온도 추정부(70)는 주기적으로 측정되는 충전전류(I)를 적산하여 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 제1충전 상태(SOC_1) 및 제2충전 상태(SOC_2)를 결정하고, SOC-OCV 룩업 테이블을 참조하여 제1충전 상태(SOC_1) 및 제2충전 상태(SOC_2)에 대응되는 제1개방 전압(OCV_1) 및 제2개방 전압(OCV_2)을 읽음으로써 제1 및 제2이차 전지(11a, 11b)의 제1개방 전압(OCV_1) 및 제2개방 전압(OCV_2)을 갱신하고 저장부(90)에 기록한다.

[0142] 대안으로, 최저 온도 추정부(70)는, 주기적으로 측정되는 전류 및 전압 데이터를 이용하여 당업계에 공지된 확장 칼만 필터와 같은 적응적 알고리즘을 활용하여 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 제1 및 제2충전 상태(SOC_1, SOC_2)를 결정하고, SOC-OCV 룩업 테이블을 참조하여 제1충전 상태(SOC_1) 및 제2충전 상태(SOC_2)에 대응되는 제1개방 전압(OCV_1) 및 제2개방 전압(OCV_2)을 읽음으로써 제1 및 제2이차 전지(11a, 11b)의 제1개방 전압(OCV_1) 및 제2개방 전압(OCV_2)을 갱신하여 저장부(90)에 기록할 수 있다.

[0143] 본 발명에 있어서, 최저 온도 추정부(70)는 전류 적산법, 확장 칼만 필터 알고리즘 이외에도 당업계에 공지된 다른 방법을 이용하여 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 충전 상태(SOC_1, SOC_2)를 결정할 수 있음은 자명하다.

[0144] 바람직하게, 최저 온도 추정부(70)는 주기적으로, 예를 들어 1sec 단위로 전압, 전류 및 온도 데이터가 취합될 때마다 집중 열 모델(도 2 참조)로부터 유도된 상술한 수식 (8)을 이용하여 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점에 대한 제3온도($T_{2,estimate}$)를 추정하고, 제3온도($T_{2,estimate}$)를 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})로 결정할 수 있다. 최저 온도 추정부(70)는 결정된 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})을 저장부(90)에 기록한다.

[0145] 최저 온도 추정부(70)는 수식 (8)를 적용하여 제3온도($T_{2,estimate}$)를 결정함에 있어서 제3온도($T_{2,estimate}$)의 초기값을 제1온도(T_1)의 초기값($T_1(1)$)과 동일하게 설정하거나 제1온도(T_1)의 초기값보다 소정 % 낮게 설정할 수 있다. 또한, 열 저항($R_{1,c}$, $R_{2,c}$), 이차 전지(11)의 질량(m) 및 정압 비열(C_p)은 저장부(90)에 미리 기록된 파라미터 데이터를 참조할 수 있다.

[0146] 충전전력 조정부(80)는 최저 온도 추정부(70)와 동작 가능하게 결합되며, 최저 온도 추정부(70)로부터 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})를 입력 받아 최저 온도(T_{min})에 따라 이차 전지 팩(10)에 제공되는 충전전력을 적응적으로 가변시킬 수 있다.

[0147] 일 예로, 충전전력 조정부(80)는 이차 전지 팩(10)의 충전전류와 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min}) 사이의 미리 정의된 상관 관계, 예를 들어 최저 온도-충전 전류 룩업 테이블을 참조하여 최저 온도(T_{min})에 대응되는 충전전류를 결정하고, 충전장치(110)를 제어함으로써 결정된 충전전류를 이차 전지 팩(10)에 제공할 수 있다.

[0148] 여기서, 충전모드는 이차 전지(10)의 단자 전압이 컷오프 전압에 도달될 때까지 충전전류의 크기가 일정하게 유지되는 정전류 충전모드일 수 있는데, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0149] 다른 예로, 충전전력 조정부(80)는 이차 전지 팩(10)의 충전전압과 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min}) 사이의 미리 정의된 상관 관계, 예를 들어 최저 온도-충전전압 룩업 테이블을 참조하여 최저 온도(T_{min})에 대응되는 충

전전압을 결정하고, 충전장치(110)를 제어함으로써 결정된 충전전압을 이차 전지 팩(10)에 제공할 수 있다.

[0150] 여기서, 충전모드는 이차 전지(10)의 단자 전압이 만충 전압에 도달될 때까지 충전전압의 크기가 일정하게 유지되는 정전압 충전모드일 수 있는데, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0151] 충전전력 조정부(80)는 정전류 충전모드와 정전압 충전모드 이외에도 펄스 충전 모드에 따라 충전전력을 이차 전지 팩(10)에 공급할 수 있다. 이 경우, 충전전력 조정부(80)는 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})에 따라 충전 펄스의 진폭, 유지시간, 듀티비 등을 적응적으로 가변시킬 수 있다.

[0152] 한편, 최저 온도 추정부(70)는, 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 퇴화도(SOH)를 결정하고, 결정된 퇴화도에 따라서 제1열 저항($R_{1,2}$), 제2열 저항($R_{1,c}$) 및 제3열 저항($R_{2,c}$)을 가변시킬 수 있다.

[0153] 구체적으로, 최저 온도 추정부(70)는 저장부(90)에 누적된 복수의 전압 데이터 및 전류 데이터를 이용하여 최소 자승법(least square method)에 의해 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11) 각각에 대한 V-I 직선 방정식을 산출하고, 각각의 V-I 직선 방정식의 기울기를 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 내부저항으로 결정할 수 있다. 그리고, 최저 온도 추정부(70)는 저장부(90)에 미리 기록되어 있는 제1이차 전지(11a)의 초기 내부저항과 제2이차 전지(11b)의 초기 내부저항을 기준으로 한 내부저항의 증가율 %를 결정하고, (100%-증가율)을 퇴화도 값으로 결정할 수 있다. 그런 다음, 최저 온도 추정부(70)는 이차 전지(10)의 퇴화도에 따라서 제1열 저항($R_{1,2}$), 제2열 저항($R_{1,c}$) 및 제3열 저항($R_{2,c}$)의 상관 관계를 정의하고 있는 룩업 테이블을 참조하여 퇴화도에 대응되는 제1열 저항($R_{1,2}$), 제2열 저항($R_{1,c}$) 및 제3열 저항($R_{2,c}$)을 읽어냄으로써 제1열 저항($R_{1,2}$), 제2열 저항($R_{1,c}$) 및 제3열 저항($R_{2,c}$)을 현재의 퇴화도에 따라서 가변시킬 수 있다.

[0154] 본 발명은 퇴화도를 산출하는 방법에 의해 한정되지 않으므로 내부저항을 이용한 퇴화도의 산출법 이외에도 본 발명이 속한 기술분야에 공지된 다른 방법에 의해서도 퇴화도가 산출될 수 있음은 자명하다.

[0155] 일 측면에 따르면, 최저 온도 추정부(70)는 마이크로프로세서를 포함하는 MCU(micro control unit) 유닛으로 구현될 수 있다. 이러한 실시예에서, 최저 온도 추정부(70)는 상술한 제어 로직들을 실행하기 위해 당업계에 알려진 프로세서, ASIC(application-specific integrated circuit), 다른 칩셋, 논리 회로, 레지스터, 통신 모뎀, 메모리 소자, 데이터 처리 장치 등을 선택적으로 포함할 수 있다.

[0156] 또한, 상술한 제어 로직은 MCU 유닛에서 실행 가능한 프로그램으로 코딩되어 MCU 유닛의 프로세서가 접근 가능한 저장매체에 저장되고 실행될 수 있다. 저장부(90)가 MCU 유닛 내에 통합될 경우 상기 프로그램은 저장부(90)에 기록되는 것을 제한하지 않는다.

[0157] 기록매체는 컴퓨터에 포함된 프로세서에 의해 접근이 가능한 것이라면 그 종류에 특별한 제한이 없다. 일 예시로서, 상기 기록매체는 ROM, RAM, 레지스터, CD-ROM, 자기 테이프, 하드 디스크, 플로피디스크 및 광 데이터 기록장치를 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나 이상을 포함한다.

[0158] 코드 체계는 캐리어 신호로 변조되어 특정한 시점에 통신 캐리어에 포함될 수 있고, 네트워크로 연결된 컴퓨터에 분산되어 저장되고 실행될 수 있다. 또한, 상기 조합된 제어 로직들을 구현하기 위한 기능적인 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.

[0159] 다른 측면에 따르면, 충전전력 조정부(80)는 충전장치(110)를 제어하는 것으로서, 충전장치(110) 내에 구비된 제어 유닛일 수 있다. 이러한 경우, 최저 온도 추정부(70)와 충전전력 조정부(80)는 통신 인터페이스를 통해 연결될 수 있으며, 최저온도 추정부(70)는 통신 인터페이스를 통해 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})를 충전전력 조정부(80)로 전송할 수 있다.

[0160] 바람직하게, 통신 인터페이스는 CANN 통신 인터페이스, RS232 통신 인터페이스 등의 유선 통신 인터페이스와, 지그비, 블루투스, 와이파이 등의 근거리 무선 통신 인터페이스일 수 있다.

[0161] 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 장치는 전기 구동 장치에 포함될 수 있다.

[0162] 전기 구동 장치는, 스마트 폰, 태블릿 PC, 랩탑 컴퓨터, 전기 자동차, 하이브리드 자동차, 플러그 하이브리드 자동차, 전기 자전거, 무인 비행기(드론), 전력 저장 장치, 무정전 전원 공급 장치 등과 같이 이차 전지 팩으로부터 전력을 공급 받는 다양한 장치를 말한다.

[0163] 또한, 본 발명에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 장치는 이차 전지 팩의 충전과 방전을 제어하는 배터리 관리

시스템(Battery Management System)에 포함될 수 있다.

[0165] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 방법에 대한 순서도이다.

[0166] 이하, 도 4를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지 팩의 충전 제어 방법을 상술한다.

[0167] 먼저, 단계 S10에서, 최저 온도 추정부(70)는 이차 전지 팩(10)의 충전이 개시되기 전에 전압 측정부(50)를 제어하여 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 제1단자 전압(V_1) 및 제2단자 전압(V_2)을 측정하고 제1단자 전압(V_1)과 제2단자 전압(V_2)을 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 제1개방 전압(OCV_1) 초기값 및 제2개방 전압(OCV_2) 초기값으로 결정한다.

[0168] 이어서, 단계 S20에서, 최저 온도 추정부(70)는 저장부(90)에 미리 기록된 SOC-OCV 룩업 테이블로부터 제1 및 제2개방 전압(OCV_1, OCV_2)의 초기값에 해당하는 제1 및 제2충전 상태(SOC_1, SOC_2)를 읽음으로써 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 제1충전 상태(SOC_1) 및 제2충전 상태(SOC_2)의 초기값을 결정한다.

[0169] 그 이후, 단계 S30에서, 최저 온도 추정부(70)는 이차 전지 팩(10)의 충전이 시작되면, 셀 온도 측정부(30), 냉매 온도 측정부(40), 전압 측정부(50) 및 전류 측정부(60)를 제어하여 주기적으로 제1이차 전지(11a)의 제1온도(T_1) 측정값, 냉각 디바이스(20) 유입구(21) 측의 제2온도($T_{coolant}$) 측정값, 제1이차 전지(11a)의 제1단자 전압(V_1)의 측정값과 제2이차 전지(11b)의 제2단자 전압(V_2)의 측정값을 포함하는 이차 전지(10)들의 단자 전압 측정값, 및 제1 및 제2이차 전지(11a, 11b)에 흐르는 충전전류에 해당하는 이차 전지 팩(10)의 충전전류(I) 측정값을 입력 받은 후 저장부(90)에 기록한다.

[0170] 단계 S40에서, 최저 온도 추정부(70)는, S10 단계에서 결정된 제1충전 상태(SOC_1)의 초기값과 제2충전 상태(SOC_2)의 초기값을 기준으로 주기적으로 측정되는 충전전류(I)를 적산하여 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 제1충전 상태(SOC_1) 및 제2충전 상태(SOC_2)를 결정하고, SOC-OCV 룩업 테이블을 참조하여 제1충전 상태(SOC_1) 및 제2충전 상태(SOC_2)에 대응되는 제1개방 전압(OCV_1) 및 제2개방 전압(OCV_2)을 읽음으로써 제1 및 제2이차 전지(11a, 11b)의 제1개방 전압(OCV_1) 및 제2개방 전압(OCV_2)을 갱신하고 저장부(90)에 저장한다.

[0171] 여기서, 최저 온도 추정부(70)는 전류 적산법 이외에도 확장 칼만 필터 알고리즘이나 당업계에 공지된 다른 방법을 이용하여 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 충전 상태(SOC_1, SOC_2)를 결정할 수 있음은 자명하다.

[0172] 다음으로, 단계 S50에서, 최저 온도 추정부(70)는 주기적으로, 예를 들어 1sec 단위로, 전압, 전류 및 온도 데이터가 취합될 때마다 집중 열 모델(도 2 참조)로부터 유도된 상술한 수식 (8)을 이용하여 제2이차 전지(11b)의 온도 추정 지점에 대한 제3온도($T_{2,estimate}$)를 추정하고, 제3온도($T_{2,estimate}$)를 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})로 결정할 수 있다. 최저 온도 추정부(70)는 결정된 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})를 저장부(90)에 기록한다.

[0173] 최저 온도 추정부(7)는 수식 (8)을 적용하여 제3온도($T_{2,estimate}$)를 결정함에 있어서 제3온도($T_{2,estimate}$)의 초기값을 제1온도(T_1)의 초기값과 동일하게 설정하거나 제1온도(T_1)의 초기값보다 소정 % 낮게 설정할 수 있다. 또한, 열 저항($R_{1,c}$, $R_{2,c}$), 이차 전지(11)의 질량(m) 및 정압 비열(C_p)은 저장부(90)에 미리 기록된 파라미터 데이터를 참조할 수 있다.

[0174] 다음으로, 단계 S60에서, 최저 온도 추정부(70)는 S50 단계에서 결정한 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})를 충전전력 조정부(80) 측으로 전달한다.

[0175] 그러면, 단계 S70에서, 충전전력 조정부(80)는 최저 온도 추정부(70)로부터 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})를 입력 받아 최저 온도(T_{min})에 따라 이차 전지 팩(10)에 제공되는 충전전력을 적응적으로 가변시킬 수 있다.

[0176] 일 예로, 충전전력 조정부(80)는 이차 전지 팩(10)의 충전전류와 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min}) 사이의 미

리 정의된 상관 관계, 예를 들어 최저 온도-충전 전류 룩업 테이블을 참조하여 최저 온도(T_{min})에 대응되는 충전 전류를 결정하고, 충전장치(110)를 제어함으로써 결정된 충전전류를 이차 전지 팩(10)에 제공할 수 있다.

[0177] 여기서, 충전모드는 이차 전지(10)의 단자 전압이 컷오프 전압에 도달될 때까지 충전전류의 크기가 일정하게 유지되는 정전류 충전모드일 수 있는데, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0178] 다른 예로, 충전전력 조정부(80)는 이차 전지 팩(10)의 충전전압과 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min}) 사이의 미리 정의된 상관 관계, 예를 들어 최저 온도-충전전압 룩업 테이블을 참조하여 최저 온도(T_{min})에 대응되는 충전전압을 결정하고, 충전장치(110)를 제어함으로써 결정된 충전전압을 이차 전지 팩(10)에 제공할 수 있다.

[0179] 여기서, 충전모드는 이차 전지(10)의 단자 전압이 만충 전압에 도달될 때까지 충전전압의 크기가 일정하게 유지되는 정전압 충전모드일 수 있는데, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0180] 충전전력 조정부(80)는 정전류 충전모드와 정전압 충전모드 이외에도 펄스 충전 모드에 따라 충전전력을 이차 전지 팩(10)에 공급할 수 있다. 이 경우, 충전전력 조정부(80)는 이차 전지 팩(10)의 최저 온도(T_{min})에 따라 충전 펄스의 진폭, 유지시간, 듀티비 등을 적응적으로 가변시킬 수 있다.

[0181] 한편, 최저 온도 추정부(70)는, 이미 상술한 바에 따라 제1이차 전지(11a) 및 제2이차 전지(11b)의 퇴화도(SOH)를 결정하고, 결정된 퇴화도에 따라서 제1열 저항($R_{1,2}$), 제2열 저항($R_{1,c}$) 및 제3열 저항($R_{2,c}$)을 가변시킬 수 있다.

[0183] 본 발명의 다양한 실시 양태를 설명함에 있어서, '~부'라고 명명된 구성 요소들은 물리적으로 구분되는 요소들이라고 하기 보다 기능적으로 구분되는 요소들로 이해되어야 한다. 따라서 각각의 구성요소는 다른 구성요소와 선택적으로 통합되거나 각각의 구성요소가 제어 로직(들)의 효율적인 실행을 위해 서브 구성요소들로 분할될 수 있다. 하지만 구성요소들이 통합 또는 분할되더라도 기능의 동일성이 인정될 수 있다면 통합 또는 분할된 구성요소들도 본 발명의 범위 내에 있다고 해석되어야 함은 당업자에게 자명하다.

[0185] 이상에서 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 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

부호의 설명

[0186] 10: 이차 전지 팩 11: 이차 전지

11a: 제1이차 전지 11b: 제2차 전지

20: 냉각 디바이스 30: 셀 온도 측정부

40: 냉매 온도 측정부 50: 전압 측정부

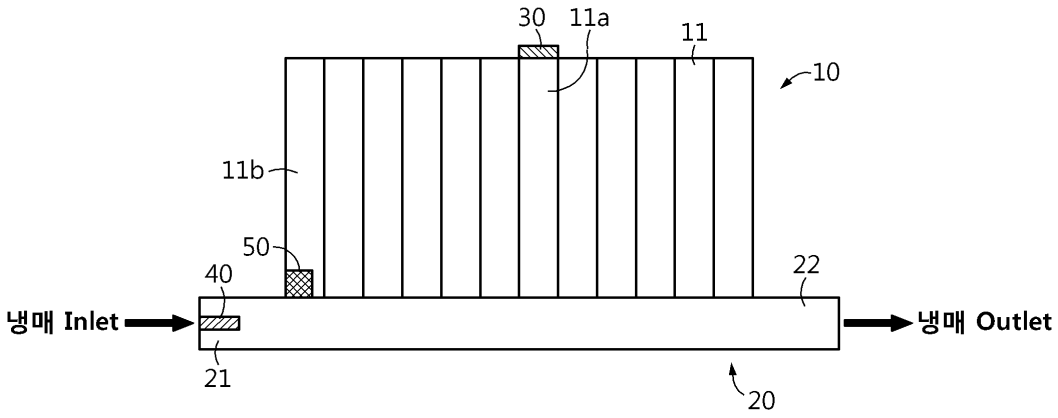
60: 전류 측정부 70: 최저 온도 추정부

80: 충전전력 조정부 90: 저장부

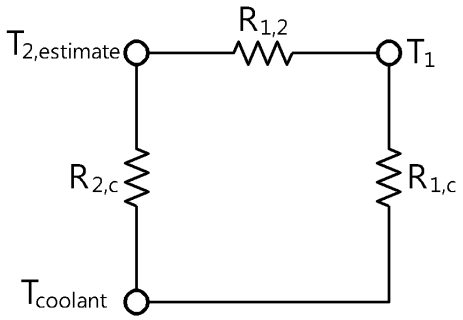
110: 충전 장치

도면

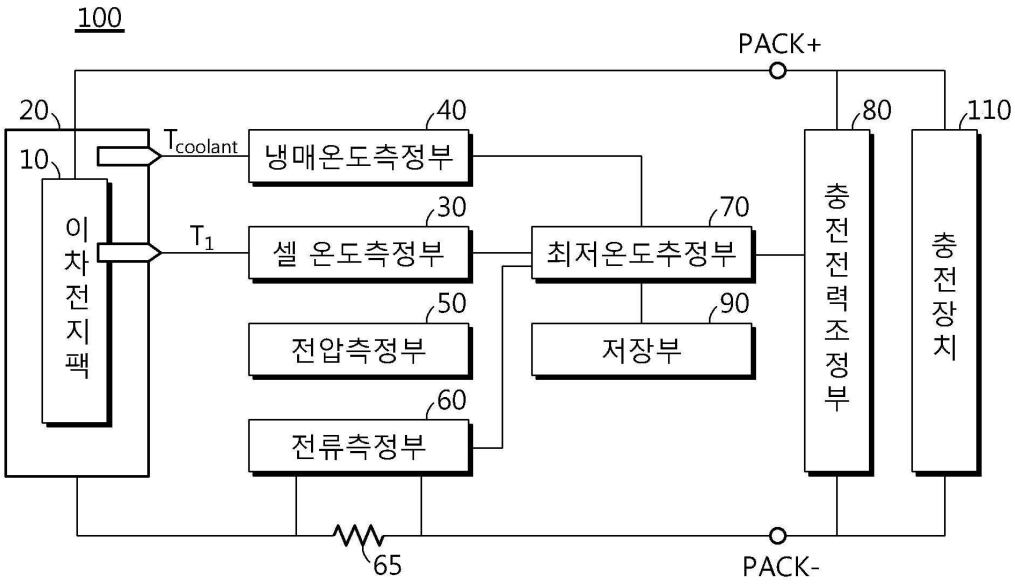
도면1



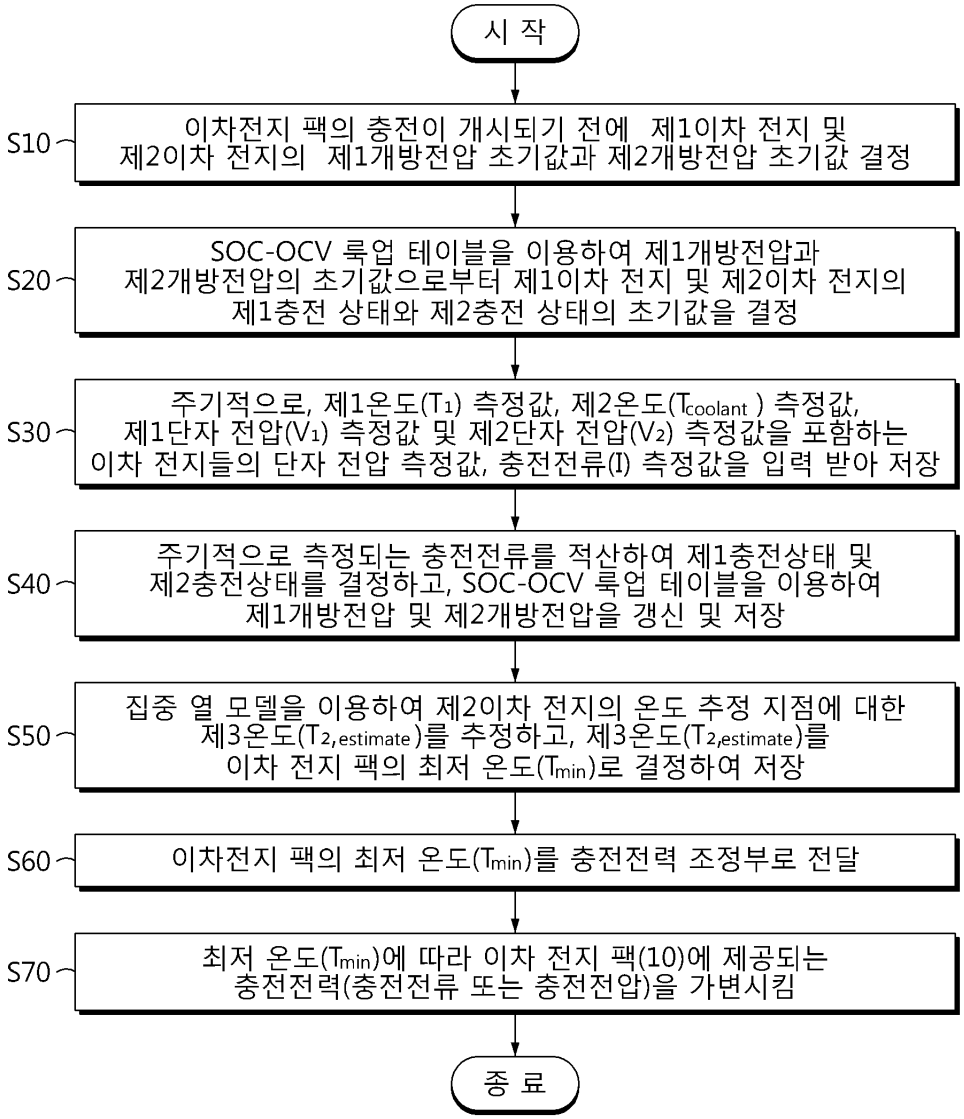
도면2



도면3



도면4


시 작
S10
이차전지 팩의 충전이 개시되기 전에 제1이차 전지 및 제2이차 전지의 제1개방전압 초기값과 제2개방전압 초기값 결정
S20
SOC-OCV 룩업 테이블을 이용하여 제1개방전압과 제2개방전압의 초기값으로부터 제1이차 전지 및 제2이차 전지의 제1충전 상태와 제2충전 상태의 초기값을 결정
S30
주기적으로, 제1온도(T_1) 측정값, 제2온도($T_{coolant}$) 측정값, 제1단자 전압(V_1) 측정값 및 제2단자 전압(V_2) 측정값을 포함하는 이차 전지들의 단자 전압 측정값, 충전전류(I) 측정값을 입력 받아 저장
S40
주기적으로 측정되는 충전전류를 적산하여 제1충전상태 및 제2충전상태를 결정하고, SOC-OCV 룩업 테이블을 이용하여 제1개방전압 및 제2개방전압을 갱신 및 저장
S50
집중 열 모델을 이용하여 제2이차 전지의 온도 추정 지점에 대한 제3온도($T_{2,estimate}$)를 추정하고, 제3온도($T_{2,estimate}$)를 이차 전지 팩의 최저 온도(T_{min})로 결정하여 저장
S60
이차전지 팩의 최저 온도(T_{min})를 충전전력 조정부로 전달
S70
최저 온도(T_{min})에 따라 이차 전지 팩(10)에 제공되는 충전전력(충전전류 또는 충전전압)을 가변시킴
종 료