



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월16일
(11) 등록번호 10-1979536
(24) 등록일자 2019년05월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/36 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/392 (2019.01)
G01R 31/3648 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0008176
(22) 출원일자 2018년01월23일
심사청구일자 2018년01월23일
(56) 선행기술조사문헌
JP2001250590 A*
JP2010078530 A*
JP2011257372 A*
JP2014240807 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
김중훈
대전광역시 유성구 봉명로 94 703동 1903호(도안
에미지백조의호수아파트)
김용재
부산광역시 강서구 명지국제5로 29 108동 901호(
호반베르디움 1차)
장두철
경상남도 창원시 의창구 대원로93번길 24, 1동40
7호
(74) 대리인
김명신, 남완용

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 양찬호

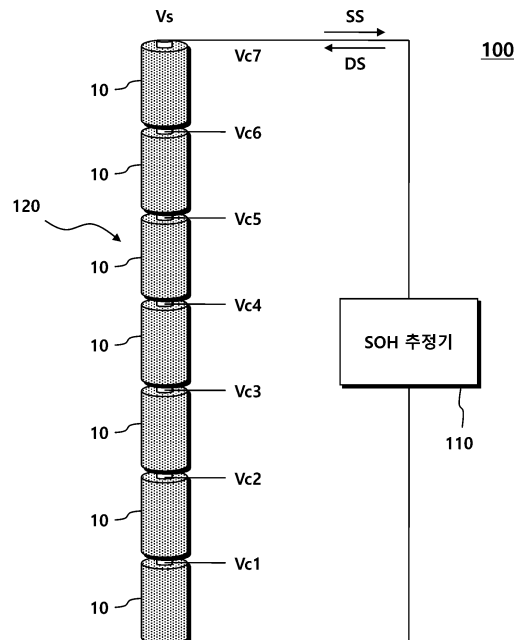
(54) 발명의 명칭 직렬 연결 배터리팩에 대한 저항정보기반 SOH 추정방법

(57) 요약

일 실시예는, N(N은 3 이상의 자연수)개의 배터리셀이 직렬로 연결된 배터리팩을 충방전시키는 충방전전류를 모니터링하는 단계; 상기 충방전전류의 크기가 미리 설정된 전류범위에 해당되고 상기 충방전전류의 변동량이 미리 설정된 제1시간 이상 일정 범위에 해당될 때(제1조건에 해당될 때), 각각의 배터리셀의 전압(배터리셀전압) 및

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



상기 충방전전류를 확인하는 단계; 상기 배터리셀전압 및 상기 충방전전류를 이용하여 각각의 배터리셀에 대한 내부저항을 계산하는 단계; 각각의 배터리셀에 대한 내부저항의 최대값, 최소값 및 평균값을 확인하는 단계; 상기 최소값을 상기 평균값으로 나누어 제1값을 계산하고, 상기 평균값을 상기 최대값으로 나누어 제2값을 계산하는 단계; 및 상기 제1값에 제1계수를 곱한 값에, 상기 제2값에 제2계수를 곱한 값을 더하고, 제3계수를 더 더해 SOH(state-of-health)를 계산하는 단계-상기 제1계수, 상기 제2계수 및 상기 제3계수의 합은 1임-를 포함하는 SOH 추정방법을 제공한다.

(52) CPC특허분류

G01R 31/389 (2019.01)

G01R 31/396 (2019.01)

H01M 2220/20 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017-2162-01

부처명 충청대학교 사회맞춤형 산학협력선도대학 육성산업단

연구관리전문기관 충청대학교 산학협력단

연구사업명 [LINC] 산학공동기술개발사업

연구과제명 항공기용 저온시동 배터리 탑재형 BMS 개발

기 여 율 1/1

주관기관 충청대학교 산학협력단

연구기간 2017.08.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

N(N은 3 이상의 자연수)개의 배터리셀이 직렬로 연결된 배터리팩을 충방전시키는 충방전전류를 모니터링하는 단계;

상기 충방전전류의 크기가 미리 설정된 제1전류범위에 해당되고 상기 충방전전류의 변동량이 미리 설정된 제1시간 이상 일정 범위에 해당될 때(제1조건에 해당될 때), 각각의 배터리셀의 전압(배터리셀전압) 및 상기 충방전전류를 확인하는 단계;

상기 배터리셀전압 및 상기 충방전전류를 이용하여 각각의 배터리셀에 대한 내부저항을 계산하는 단계;

각각의 배터리셀에 대한 내부저항의 최대값, 최소값, 평균값, 최대값변화량, 최소값변화량 및 평균값변화량을 확인하는 단계;

상기 최소값변화량을 상기 평균값으로 나누어 제1변화량을 계산하고, 상기 평균값변화량을 상기 최대값으로 나누어 제2변화량을 계산하는 단계;

상기 제1변화량에 제1계수를 곱한 값에, 상기 제2변화량에 제2계수를 곱한 값을 더해 SOH(state-of-health)변화량을 계산하는 단계-상기 제1계수 및 상기 제2계수의 합은 1보다 작음-; 및

이전에 계산한 SOH 혹은 초기 SOH에 상기 SOH변화량 혹은 상기 SOH변화량에 적어도 하나 이상의 계인을 곱한 값을 더해 SOH를 계산하는 단계

를 포함하는 SOH 추정방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 SOH를 계산하는 단계에서,

상기 배터리팩의 SOC(state-of-charge)의 범위에 따라 상기 적어도 하나 이상의 계인 중 제1계인을 조정하여 상기 SOH를 계산하는 SOH 추정방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 SOH를 계산하는 단계에서,

상기 SOC가 미리 설정된 정상SOC범위에 해당되는 경우, 상기 제1계인을 1로 유지하고, 상기 정상SOC범위를 벗어나는 정도에 따라 상기 제1계인을 감쇄시키는 SOH 추정방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 실시예는 배터리팩의 SOH를 추정하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 복수의 배터리셀이 직렬 혹은 병렬로 연결되어 배터리팩을 형성한다.

[0003] 이러한 배터리팩의 SOH(state-of-health)는 일반적으로 용량의 변화로 정의되고 측정된다. 예를 들어, 배터리팩의 용량이 1Ah일 때를 SOH가 1인 상태로 정의할 수 있는데, 배터리팩의 사용에 따라, 배터리팩의 용량이 0.9Ah가 되면 SOH가 0.9가 된 것으로 인식할 수 있다.

[0004] 그런데, 배터리팩의 SOH를 이렇게 용량으로 정의하고 측정하게 되면, 몇 가지 문제가 발생하여 운행 중인 배터리팩에 적용하기 어렵게 된다.

[0005] 먼저, 전술한 내용과 같이 SOH를 측정하기 위해서는, 배터리팩의 용량을 측정해야 하는데, 배터리팩의 용량은 통상적으로 만충 상태에서 일정한 전류-C레이트라고 부르는 전류를 지속적으로 방전하여 측정되기 때문에, 그 조건을 맞추기도 어려울 뿐만 아니라 방전에 따른 필요없는 에너지의 소비가 발생하는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이러한 배경에서, 본 실시예의 목적은, 저항정보에 기반하여 SOH를 추정하는 기술을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 전술한 목적을 달성하기 위하여, 일 실시예는, $N(N \geq 3)$ 개의 배터리셀이 직렬로 연결된 배터리팩을 충방전시키는 충방전전류를 모니터링하는 단계; 상기 충방전전류의 크기가 미리 설정된 전류범위에 해당되고 상기 충방전전류의 변동량이 미리 설정된 제1시간 이상 일정 범위에 해당될 때(제1조건에 해당될 때), 각각의 배터리셀의 전압(배터리셀전압) 및 상기 충방전전류를 확인하는 단계; 상기 배터리셀전압 및 상기 충방전전류를 이용하여 각각의 배터리셀에 대한 내부저항을 계산하는 단계; 각각의 배터리셀에 대한 내부저항의 최대값, 최소값 및 평균값을 확인하는 단계; 상기 최소값을 상기 평균값으로 나누어 제1값을 계산하고, 상기 평균값을 상기 최대값으로 나누어 제2값을 계산하는 단계; 및 상기 제1값에 제1계수를 곱한 값에, 상기 제2값에 제2계수를 곱한 값을 더하고, 제3계수를 더 더해 SOH(state-of-health)를 계산하는 단계-상기 제1계수, 상기 제2계수 및 상기 제3계수의 합은 1임-를 포함하는 SOH 추정방법을 제공한다.

[0008] 다른 실시예는, $N(N \geq 3)$ 개의 배터리셀이 직렬로 연결된 배터리팩을 충방전시키는 충방전전류를 모니터링하는 단계; 상기 충방전전류의 크기가 미리 설정된 제1전류범위에 해당되고 상기 충방전전류의 변동량이 미리 설정된 제1시간 이상 일정 범위에 해당될 때(제1조건에 해당될 때), 각각의 배터리셀의 전압(배터리셀전압) 및 상기 충방전전류를 확인하는 단계; 상기 배터리셀전압 및 상기 충방전전류를 이용하여 각각의 배터리셀에 대한 내부저항을 계산하는 단계; 각각의 배터리셀에 대한 내부저항의 최대값, 최소값, 평균값, 최대값변화량, 최소값변화량 및 평균값변화량을 확인하는 단계; 상기 최소값변화량을 상기 평균값으로 나누어 제1변화량을 계산하고, 상기 평균값변화량을 상기 최대값으로 나누어 제2변화량을 계산하는 단계; 상기 제1변화량에 제1계수를 곱한 값에, 상기 제2변화량에 제2계수를 곱한 값을 더해 SOH(state-of-health)변화량을 계산하는 단계-상기 제1계수 및 상기 제2계수의 합은 1보다 작음-; 및 이전에 계산한 SOH 혹은 초기 SOH에 상기 SOH변화량 혹은 상기 SOH변화량에 적어도 하나 이상의 계수를 곱한 값을 더해 SOH를 계산하는 단계를 포함하는 SOH 추정방법을 제공한다.

발명의 효과

[0009] 이상에서 설명한 바와 같이 본 실시예에 의하면, 저항정보에 기반하여 SOH를 추정할 수 있게 된다. 저항정보는 용량에 비해 상대적으로 용이하게 측정될 수 있고, 운행 중에 실시간으로 측정될 수 있기 때문에 이러한 본 실시예에 의하면 SOH를 실시간으로 쉽게 측정할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 일 실시예에 따른 배터리팩 시스템의 구성도이다.
- 도 2는 SOH에 따른 배터리셀의 내부저항 변화를 나타내는 도면이다.
- 도 3은 SOH에 따른 배터리셀의 내부저항 비율을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 배터리셀의 회로모델을 나타낸다.
- 도 5는 배터리셀의 병렬내부저항의 전류와 전압의 관계를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 충방전전류의 일 프로파일을 나타내는 도면이다.
- 도 7은 일 실시예에 따른 SOH 추정방법의 흐름도이다.
- 도 8은 다른 실시예에 따른 SOH 추정방법의 흐름도이다.
- 도 9는 다른 실시예에 따른 SOH 추정방법에서 계인을 조정하는 방법의 흐름도이다.
- 도 10은 SOC범위에 따라 조정되는 제1계인을 나타내는 도면이다.
- 도 11은 충방전전류의 범위에 따라 조정되는 제2계인을 나타내는 도면이다.
- 도 12는 배터리셀의 온도범위에 따라 조정되는 제3계인을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0012] 또한, 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 또는 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0013] 도 1은 일 실시예에 따른 배터리팩 시스템의 구성도이다.
- [0014] 도 1을 참조하면, 배터리팩 시스템(100)은 배터리팩(120) 및 SOH추정기(110)를 포함할 수 있다.
- [0015] 배터리팩(120)은 복수의 배터리셀(10)을 포함할 수 있다. 그리고, 배터리팩(120) 내에서 복수의 배터리셀(10)은 서로 직렬적으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 복수의 배터리셀(10) 중 몇 개의 배터리셀(10)은 서로 직렬로 연결되어 배터리셀그룹을 형성하고, 둘 이상의 배터리셀그룹이 병렬로 연결될 수 있다. 예를 들어, 복수의 배터리셀(10)은 7개가 직렬로 연결되면서 하나의 배터리셀그룹을 형성하고, 이러한 배터리셀그룹이 둘 이상 병렬로 연결되어 배터리팩을 구성할 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 배터리팩(120)에는 7개의 배터리셀(10)이 직렬로 연결되어 있는 것으로 설명하나, 본 실시예가 이로 제한되는 것은 아니다.
- [0016] SOH추정기(110)는 배터리팩(120)으로 구동신호(DS)를 주입하고, 구동신호(DS)에 대응하여 생성되는 배터리팩(120)의 센싱신호(SS)를 이용하여 배터리팩(120)의 SOH를 추정할 수 있다. 구동신호(DS)는 배터리팩(120)으로 유출입되는 충방전전류일 수 있고, 센싱신호(SS)는 배터리팩(120)의 전압 및 각 배터리셀(10)의 전압일 수 있다.
- [0017] SOH추정기(110)가 단순히 SOH의 추정 기능만 수행하는 경우, 구동신호(DS)는 별도의 장치-예를 들어, 충방전기-에서 주입될 수 있다. 그리고, SOH추정기(110)는 구동신호(DS)에 대한 정보를 별도의 장치로부터 전달받거나 구동신호(DS)를 별도로 센싱하여 확인할 수 있다.
- [0018] SOH추정기(110)는 배터리셀(10)의 내부저항을 측정하여 배터리팩(120)의 SOH를 추정할 수 있다.
- [0019] 도 2는 SOH에 따른 배터리셀의 내부저항 변화를 나타내는 도면이다.
- [0020] 도 2를 참조할 때, SOH가 감소할 수록, 배터리셀의 내부저항(R_i)이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 배터리셀에서의 충방전 횟수가 증가하게 되면, 배터리셀 전극 혹은 내부 물질 중 일부가 화학반응에 참여하지

못하는 상태로 변질될 수 있는데, 이러한 변질에 의해 배터리셀의 내부저항(R_i)이 증가하게 된다.

- [0021] 일 실시예에 따른 SOH 추정 기술은 배터리셀의 내부저항(R_i)을 이용하여 SOH를 추정할 수 있다.
- [0022] 한편, 배터리팩이 복수의 배터리셀의 직렬 연결로 구성되는 경우, 직렬 연결된 복수의 배터리셀은 각각 서로 다른 속도로 노화될 수 있다. 그래서, SOH의 감소에 따라, 일 배터리셀의 내부저항(R_i) 증가량이 다른 일 배터리셀의 내부저항(R_i) 증가량보다 높을 수 있다. 배터리셀들이 병렬로 연결되는 경우, 내부저항(R_i)이 높은 배터리셀로 상대적으로 더 작은 충방전 전류가 유입되기 때문에 일정한 정도에서 배터리셀들 간에 내부저항(R_i)의 밸런스가 유지되지만, 배터리셀들이 직렬로 연결되는 경우, 직렬 연결된 배터리셀들이 모두 동일한 충방전 전류에 노출되어야 하기 때문에 전술한 것과 같이 SOH의 감소에 따라, 일 배터리셀의 내부저항(R_i) 증가량이 다른 일 배터리셀의 내부저항(R_i) 증가량보다 높게 될 수 있다.
- [0023] 도 2에서, 일 점 쇄선(R_{wi})은 복수의 배터리셀 중 SOH에 따라 내부저항(R_i)이 빠르게 증가하는 배터리셀을 나타내고, 점선(R_{bi})은 복수의 배터리셀 중 SOH에 따른 내부저항(R_i)의 증가율이 낮은 배터리셀을 나타내고, 실선(R_{ai})은 복수의 배터리셀의 내부저항의 평균값을 나타낸다.
- [0024] 일 실시예에 따른 SOH 추정기술은 SOH에 따라 복수의 배터리셀들 사이의 내부저항(R_i) 격차가 커지는 것을 이용하여 SOH를 추정할 수 있다.
- [0025] 도 3은 SOH에 따른 배터리셀의 내부저항 비율을 나타내는 도면이다.
- [0026] 도 3에서 제1곡선(310)은 직렬로 연결된 복수의 배터리셀 내부저항 중 최소값(R_{bi})을 평균값(R_{ai})으로 나눈 제1값을 나타내는 곡선이다. 그리고, 도 3에서 제2곡선(320)은 직렬로 연결된 복수의 배터리셀 내부저항의 평균값(R_{ai})을 최대값(R_{wi})으로 나눈 제2값을 나타내는 곡선이다.
- [0027] 도 3을 참조하면, 제1값과 제2값은 SOH와 같은 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 예를 들어, SOH가 감소하면 제1값이 감소하고, 제2값이 감소하면 제2값이 감소하는 경향을 나타낸다. 여기서, SOH는 일반적으로 용량으로 정의되는 값으로 이해할 수 있다.
- [0028] 이러한 경향을 고려하여, 일 실시예에 따른 추정기술은 제1값 및 제2값을 기초로 SOH를 추정할 수 있다. 그리고, 제1값 및 제2값으로 계산된 식으로 SOH를 새롭게 정의할 수 있다.
- [0029] [수학식 1]
- [0030] $SOH = \text{제1계수} * \text{제1값} + \text{제2계수} * \text{제2값} + \text{제3계수}$
- [0031] $\text{제1계수} + \text{제2계수} + \text{제3계수} = 1$
- [0032] SOH는 수학식 1과 같이 정의될 수 있다. 복수의 배터리셀에 대한 내부저항의 최대값, 최소값 및 평균값에 대하여, 추정기술은 최소값을 평균값으로 나누어 제1값을 계산하고, 평균값을 최대값으로 나누어 제2값을 계산할 수 있다. 그리고, 추정기술은 제1값에 제1계수를 곱한 값에, 제2값에 제2계수를 곱한 값을 더하고, 제3계수를 더 더해 SOH를 계산할 수 있다. 여기서, 제1계수, 제2계수 및 제3계수의 합은 1일 수 있다.
- [0033] 배터리팩을 사용하는 초기에는 최대값, 최소값 및 평균값에 편차가 거의 없을 수 있다. 이 경우, SOH는 1로 계산될 수 있다. 이후, 시간의 경과에 따라, 제1값 및 제2값이 점점 감쇄하게 되는데, 이러한 제1값 및 제2값에 따라 SOH도 감쇄하는 형태를 나타낼 수 있다.
- [0034] SOH에 따른 최대값의 변동률이 가장 클 수 있는데, 이 경우, 제1계수를 제2계수보다 크게 설정하고, 제2계수를 제3계수보다 크게 설정할 수 있다.
- [0035] 한편, 배터리셀의 내부저항은 충방전전류에 의해 변할 수 있는데, 내부저항의 변화가 높은 시점에서 SOH를 계산하게 되면 오류가 크게 발생할 수 있다. 이에 따라, 일 실시예에 따른 추정기술은 배터리팩의 충방전전류가 일정 조건에 해당될 때, 내부저항을 측정할 수 있다.
- [0036] 도 4는 배터리셀의 회로모델을 나타낸다.
- [0037] 도 4를 참조하면, 배터리셀(10)은 기생인덕턴스(410), 직렬내부저항(420), 병렬내부저항(430), 전기가이중층(440), 확산층(450) 및 오픈회로전압(460)으로 구성되는 것으로 모델될 수 있다.
- [0038] 기생인덕턴스(410)는 배터리셀(10)로 연결되는 도선에 형성되는 인덕턴스를 나타낸다. 기생인덕턴스(410)는 오픈회로전압(460)과 직렬로 연결되는 것으로 모델된다.

- [0039] 직렬내부저항(420)은 내부저항의 일종으로 오픈회로전압(460)과 직렬로 연결되는 것으로 모델된다. 직렬내부저항(420)은 내부저항의 측정에서 상대적으로 큰 부분을 차지할 수 있다.
- [0040] 전기이중층(440)과 병렬내부저항(430)은 서로 병렬로 연결되고, 두 개가 병렬로 연결된 구조체가 오픈회로전압(460)과 직렬로 연결될 수 있다.
- [0041] 전기이중층(440)으로 직류전류가 흐르게 되면, 전기이중층(440)이 충전되고, 일정 시점 이후에는 전기이중층(440)은 관측되지 않고 병렬내부저항(430)만 오픈회로전압(460)에 직렬 연결된 것으로 관측될 수 있다. 이러한 시점에서, 병렬내부저항(430)은 내부저항의 다른 한 부분을 차지할 수 있다.
- [0042] 확산층(450)은 다수의 RC구조(저항-캐패시터 병렬 연결 구조)가 서로 직렬로 연결된 것과 같이 모델될 수 있는데, 저주파전류에서 관측되고, 배터리셀(10)이 충전전되는 시구간에서는 오픈회로전압(460)과 잘 구별되지 않는 특성이 있다.
- [0043] 오픈회로전압(460)은 전류가 흐르지 않는 시점에서 배터리셀(10)의 입출력단자에서 관측되는 전압이다.
- [0044] 일 실시예에 따른 SOH 추정기술은 배터리셀(10)의 충전전전류(I_c) 및 단자전압(V_c)을 이용하여 내부저항을 측정하고, 측정된 내부저항을 이용하여 SOH를 추정할 수 있다.
- [0045] 도 4에 도시된 회로모델에서, 내부저항은 직렬내부저항(420)과 병렬내부저항(430)을 합친 것으로 볼 수 있다. SOH 추정기술은 이러한 직렬내부저항(420)과 병렬내부저항(430)을 측정하고 이를 이용하여 SOH를 추정할 수 있다.
- [0046] 한편, 내부저항은 충전전전류(I_c)의 크기에 따라 가변될 수 있다. 내부저항 중에서도 병렬내부저항(430)이 충전전전류(I_c)의 크기에 따라 크게 가변될 수 있다. 병렬내부저항(430)은 버틀러볼머 방정식으로 알려진 관계식에 따라 가변될 수 있는데, 일 실시예에 따른 SOH 추정기술은 병렬내부저항(430)의 가변 특성을 보정하기 위해 버틀러볼머 방정식을 이용할 수도 있고, 상대적으로 변동이 적은 충전전전류(I_c)의 범위에서 병렬내부저항(430)을 측정할 수도 있다. 관련된 예시는 도 5를 참조하여 후술한다.
- [0047] 병렬내부저항(430)은 전기이중층(440)과 병렬로 연결되기 때문에 전기이중층(440)의 충전이 완료되기 전까지는 외부 관측-충방전전류 및 단자전압-에서 병렬내부저항(430)과 전기이중층(440)을 분리해서 측정하는 것이 용이하지 않을 수 있다. 일 실시예에 따른 SOH 추정방법은 전기이중층(440)과 병렬내부저항(430)의 RC병렬모델을 이용하여 병렬내부저항(430)을 분리 측정할 수도 있고, 전기이중층(440)의 충전이 완료된 이후에 병렬내부저항(430)을 측정할 수도 있다.
- [0048] 충전전전류(I_c)가 직류로 일정 시간 이상 공급되면 전기이중층(440)의 충전이 완료될 수 있는데, 이러한 원리에 따라, SOH 추정기술은 충전전전류의 변동량이 미리 설정된 제1시간 이상 일정 범위에 해당될 때, 내부저항을 측정할 수 있다.
- [0049] 도 5는 배터리셀의 병렬내부저항의 전류와 전압의 관계를 나타내는 도면이다.
- [0050] 배터리셀에서 병렬내부저항은 도 5에 도시된 것과 같은 버틀러볼머 방정식(butler-volmer equation)을 만족할 수 있다.
- [0051] SOH 추정기술은 미리 설정된 전류범위에서 내부저항을 측정할 수 있다. SOH 추정기술은 전류기준값(IRS)을 설정하고, 충전전전류의 크기가 전류기준값(IRS)보다 작은 구간에서 내부저항을 측정할 수 있다.
- [0052] SOH 추정기술은 특정 조건이 만족될 때, 내부저항을 측정할 수 있는데, 특정 조건은 예를 들어, 충전전전류의 크기가 미리 설정된 전류범위에 해당되고 충전전전류의 변동량이 미리 설정된 제1시간 이상 동안 일정 범위에 해당되는 조건일 수 있다.
- [0053] SOH 추정기술은 이러한 특정 조건이 만족될 때, 각각의 배터리셀의 전압(배터리셀전압) 및 충전전전류를 확인하고, 이러한 배터리셀전압 및 충전전전류를 이용하여 각각의 배터리셀에 대한 내부저항을 계산할 수 있다.
- [0054] 도 6은 충전전전류의 일 프로파일을 나타내는 도면이다.
- [0055] 도 6을 참조하면, 충전전전류는 여러 값으로 변할 수 있는데, SOH 추정기술은 충전전전류를 모니터링하고 있으면서, 충전전전류가 전류기준값(IRS)보다 작고, 변동량이 미리 설정된 제1시간 이상 동안 일정 범위에 해당될 때-일 예로서, 일정 크기의 충전전전류가 제1시간 동안 유지될 때(도 6에서 T에 해당되는 시점)-, 내부저항을 측정할 수 있다.

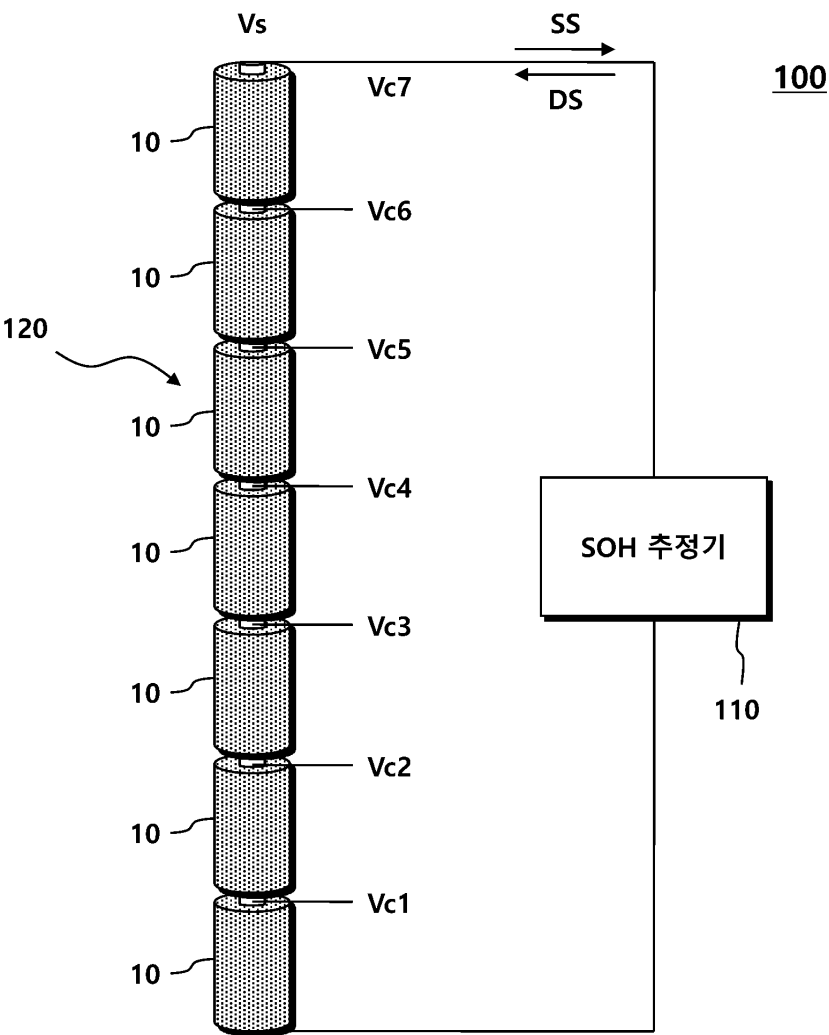
- [0056] 도 7은 일 실시예에 따른 SOH 추정방법의 흐름도이다.
- [0057] 이하에서 설명하는 SOH 추정방법은 도 1을 참조하여 설명한 SOH 추정기에 의해 수행될 수 있다.
- [0058] 배터리팩을 포함하는 장치-예를 들어, 항공기-가 운행을 개시할 때, 배터리팩에도 충방전전류가 흐르기 시작하고, SOH 추정기도 구동을 시작할 수 있다(S700).
- [0059] SOH 추정기는 N (N 은 3 이상의 자연수)개의 배터리셀이 직렬로 연결된 배터리팩을 충방전시키는 충방전전류를 모니터링할 수 있다. 그리고, SOH 추정기는 충방전전류의 크기가 미리 설정된 전류범위에 해당되고 충방전전류의 변동량이 미리 설정된 제1시간 이상 일정 범위에 해당될 때(제1조건에 해당될 때), 각각의 배터리셀의 전압(배터리셀전압) 및 충방전전류를 확인할 수 있다(S702).
- [0060] 배터리팩이 항공기에 적용되는 경우, 항공기의 기동시에 이러한 제1조건이 발생할 수 있다. SOH 추정기는 항공기가 기동할 때, 배터리셀전압과 충방전전류를 확인하여 각 기동에서 1회적으로 내부저항을 측정할 수 있다.
- [0061] SOH 추정기는 배터리셀전압과 충방전전류를 이용하여 각각의 배터리셀에 대한 내부저항을 계산할 수 있다(S704).
- [0062] 그리고, SOH 추정기는 계산된 내부저항을 이용하여 SOH를 계산할 수 있다(S706).
- [0063] SOH 추정기는, SOH를 계산할 때, 먼저, 각각의 배터리셀에 대한 내부저항의 최대값, 최소값 및 평균값을 확인할 수 있다. 그리고, SOH 추정기는 최소값을 평균값으로 나누어 제1값을 계산하고, 평균값을 최대값으로 나누어 제2값을 계산할 수 있다. 그리고, SOH 추정기는 제1값에 제1계수를 곱한 값에, 제2값에 제2계수를 곱한 값을 더하고, 제3계수를 더 더해 SOH를 계산할 수 있다.
- [0064] 여기서, 제1계수, 제2계수 및 제3계수의 합은 1이고, 제1계수 및 제2계수는 제3계수보다 클 수 있다.
- [0065] 도 8은 다른 실시예에 따른 SOH 추정방법의 흐름도이다.
- [0066] 도 8을 참조하면, SOH 추정기는 N 개의 배터리셀이 직렬로 연결된 배터리팩을 충방전시키는 충방전전류를 모니터링할 수 있다(S800).
- [0067] 그리고, SOH 추정기는 충방전전류의 크기가 미리 설정된 제1전류범위에 해당되고 충방전전류의 변동량이 미리 설정된 제1시간 이상 일정 범위에 해당될 때(제1조건에 해당될 때), 각각의 배터리셀의 전압(배터리셀전압) 및 충방전전류를 확인할 수 있다(S802).
- [0068] 그리고, SOH 추정기는 배터리셀별로 배터리셀전압 및 충방전전류를 이용하여 각각의 배터리셀에 대한 내부저항을 계산할 수 있다(S804).
- [0069] 그리고, SOH 추정기는 각각의 배터리셀에 대한 내부저항의 최대값, 최소값, 평균값, 최대값변화량, 최소값변화량 및 평균값변화량을 확인할 수 있다(S806).
- [0070] 그리고, SOH 추정기는 최소값변화량을 평균값으로 나누어 제1변화량을 계산하고, 평균값변화량을 최대값으로 나누어 제2변화량을 계산하며, 제1변화량에 제1계수를 곱한 값에, 제2변화량에 제2계수를 곱한 값을 더해 SOH 변화량을 계산할 수 있다(S808). 여기서, 제1계수 및 제2계수의 합은 1보다 작을 수 있다.
- [0071] SOH 추정기는 정기적으로 혹은 비정기적으로 SOH를 계산할 수 있다. 이때, SOH 추정기는 이전에 계산한 SOH 혹은 초기 SOH에 SOH 변화량 혹은 SOH 변화량에 적어도 하나 이상의 계인을 곱한 값을 더해 SOH를 계산할 수 있다(S810).
- [0072] SOH 추정기는 내부저항의 측정값의 정확도가 낮은 구간에서는 전술한 계인을 낮게 설정하는 방법으로 SOH에 대한 노이즈의 영향을 줄일 수 있다.
- [0073] 도 9는 다른 실시예에 따른 SOH 추정방법에서 계인을 조정하는 방법의 흐름도이고, 도 10은 SOC범위에 따라 조정되는 제1계인을 나타내는 도면이고, 도 11은 충방전전류의 범위에 따라 조정되는 제2계인을 나타내는 도면이고, 도 12는 배터리셀의 온도범위에 따라 조정되는 제3계인을 나타내는 도면이다.
- [0074] SOH 추정기는 배터리셀의 충전 정도를 나타내는 SOC(state-of-charge)의 범위에 따라 계인을 조정할 수 있고, 충방전전류의 크기에 따라 계인을 조정할 수 있으며, 배터리팩의 온도에 따라 계인을 조정할 수 있다.
- [0075] 도 9를 참조하면, SOH 추정기는 배터리팩의 양단 SOC 영역에서 SOH 변화량을 감쇄시켜 SOH를 계산할 수 있다

(S900).

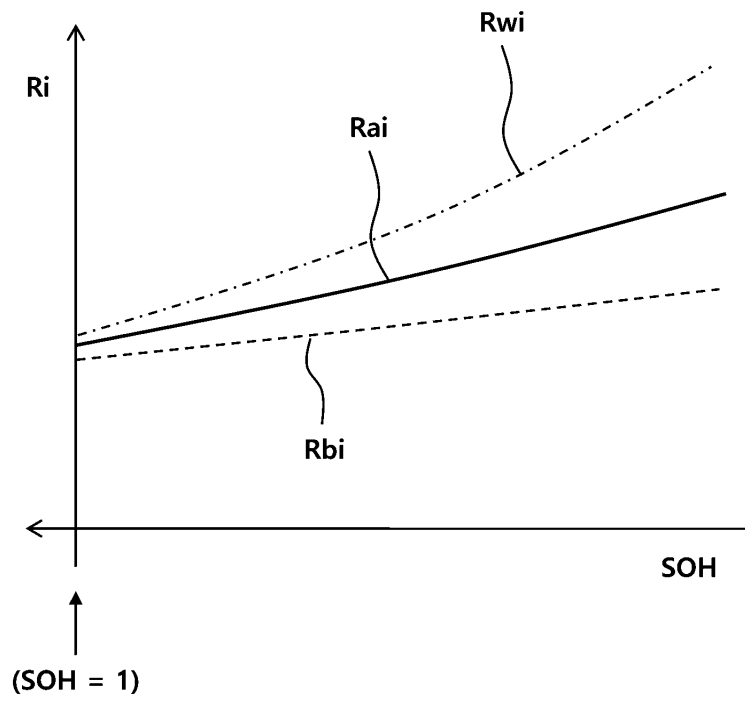
- [0076] SOH 추정기는, 배터리팩의 SOC의 범위에 따라 SOH 변화량에 곱해지는 적어도 하나 이상의 계인 중 제1계인을 조정할 수 있다. 도 10에 도시된 예시와 같이, SOH 추정기는 SOC가 미리 설정된 정상SOC범위-도 10에서 30%에서 80% 구간-에 해당되는 경우, 제1계인(G1)을 1로 유지하고, 정상SOC범위를 벗어나는 정도에 따라 제1계인(G1)을 감쇄시켜, SOC가 0%이거나 100%일 때, 제1계인(G1)이 0이 되도록 제어할 수 있다.
- [0077] 도 9를 다시 참조하면, SOH 추정기는 충방전전류가 큰 영역에서 SOH 변화량을 감쇄시켜 SOH를 계산할 수 있다 (S902).
- [0078] SOH 추정기는, 배터리팩의 충방전전류의 범위에 따라 SOH 변화량에 곱해지는 적어도 하나 이상의 계인 중 제2계인을 조정할 수 있다. 도 11에 도시된 예시와 같이, SOH 추정기는 충방전전류가 제1전류범위-도 11에서 제1전류 기준값(IRS1)보다 작은 범위-에서 내부저항을 측정할 수 있는데, 충방전전류가 제2전류범위-도 11에서 제2전류 기준값(IRS2)보다 작은 범위-에 해당되는 경우, 적어도 하나 이상의 계인 중 제2계인(G2)을 1로 유지하고, 제2전류범위를 벗어나는 정도에 따라 제2계인(G2)을 감쇄시켜 제1전류기준값(IRS1)에서는 제2계인(G2)이 0이 되도록 제어할 수 있다.
- [0079] 도 9를 다시 참조하면, SOH 추정기는 배터리팩의 온도가 너무 높거나 낮은 영역에서 SOH 변화량을 감쇄시켜 SOH를 계산할 수 있다(S904).
- [0080] SOH 추정기는, 배터리팩의 온도가 정상온도범위에 해당되는 경우, SOH 변화량에 곱해지는 적어도 하나 이상의 계인 중 제3계인을 조정할 수 있다. 도 12에 도시된 예시와 같이, SOH 추정기는 온도가 정상범위-도 12에서 0도에서 40도 사이의 범위-에 해당되는 경우, 제3계인(G3)을 1로 유지하고, 정상온도범위를 벗어나는 정도에 따라 제3계인(G3)을 감쇄시킬 수 있다.
- [0081] 이상에서 설명한 실시예에 의하면, 저항정보에 기반하여 SOH를 추정할 수 있게 된다. 저항정보는 용량에 비해 상대적으로 용이하게 측정될 수 있고, 운행 중에 실시간으로 측정될 수 있기 때문에 이러한 본 실시예에 의하면 SOH를 실시간으로 쉽게 측정할 수 있게 된다.
- [0082] 이상에서 기재된 "포함하다", "구성하다" 또는 "가지다" 등의 용어는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 해당 구성 요소가 내재될 수 있음을 의미하는 것이므로, 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함한 모든 용어들은, 다르게 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어와 같이 일반적으로 사용되는 용어들은 관련 기술의 문맥 상의 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 발명에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0083] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

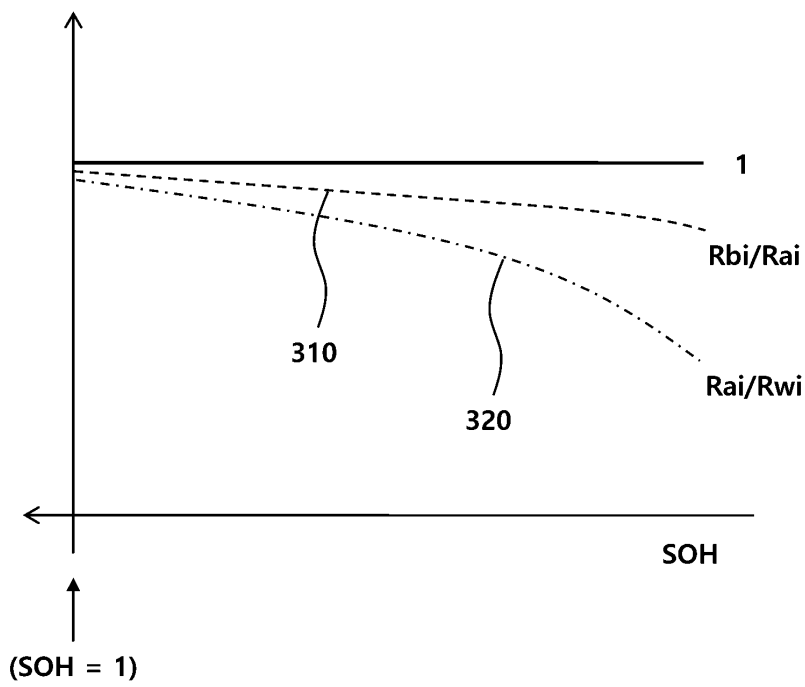
도면1



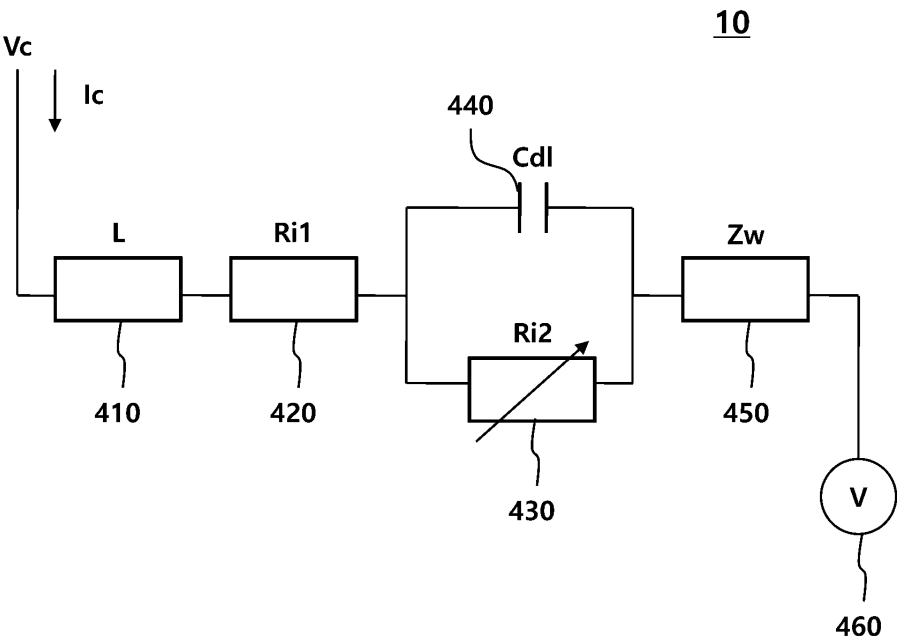
도면2



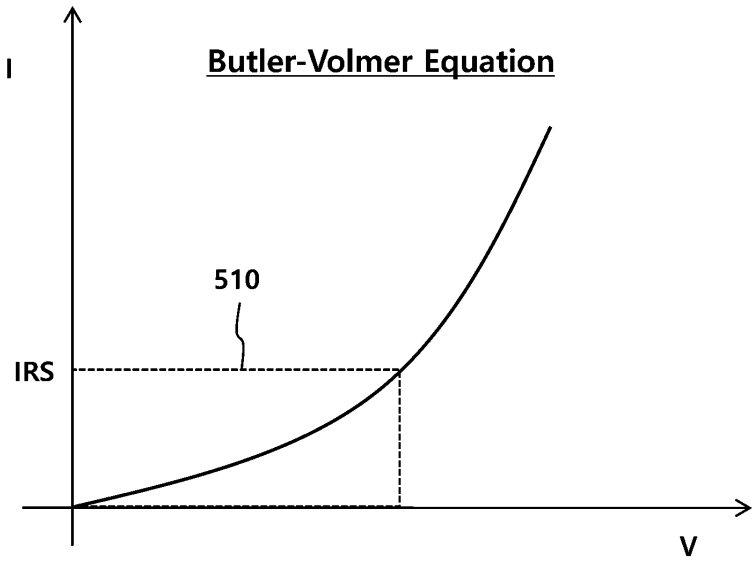
도면3



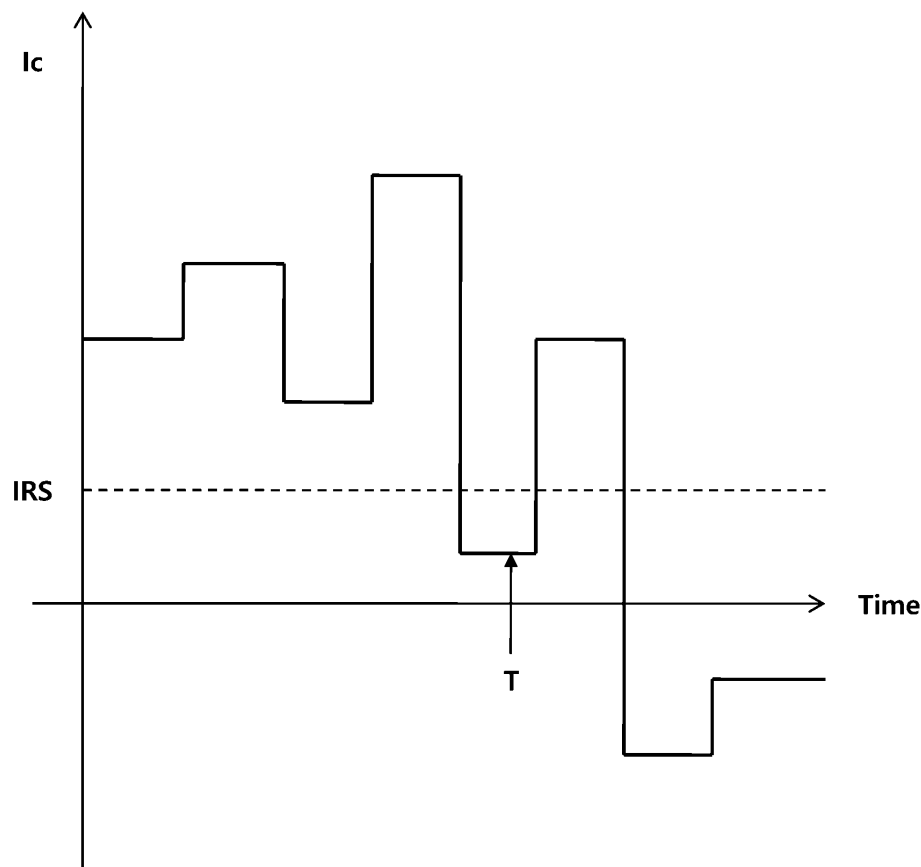
도면4



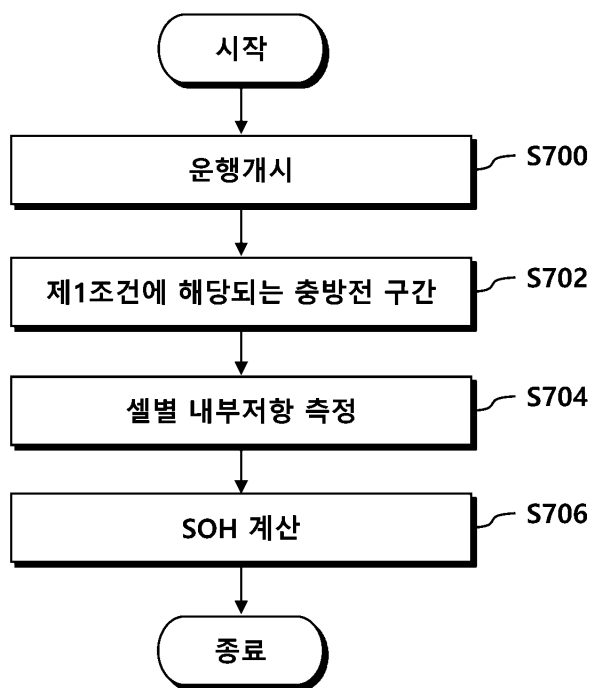
도면5



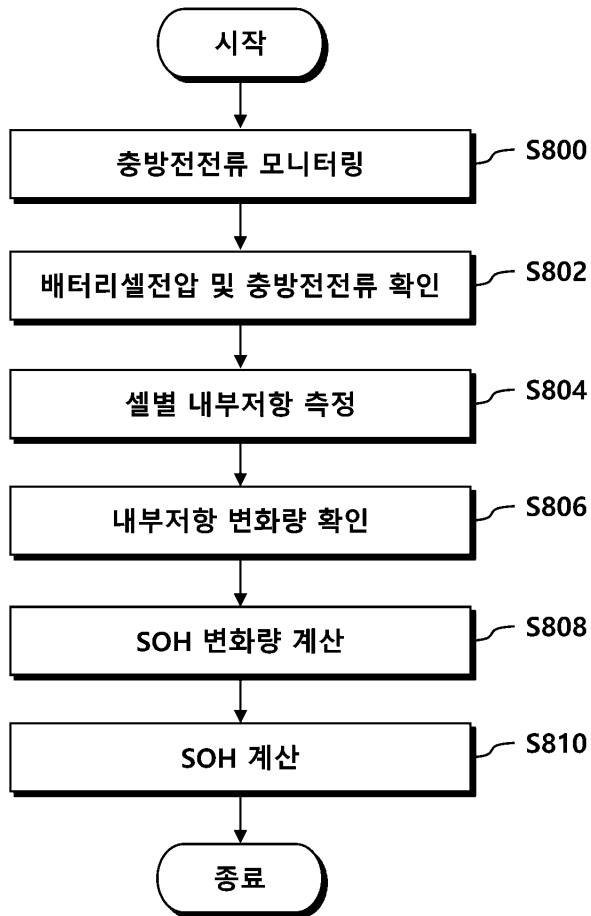
도면6



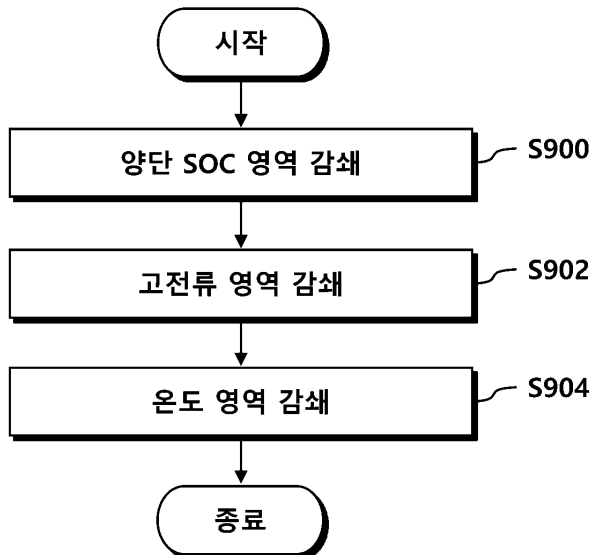
도면7



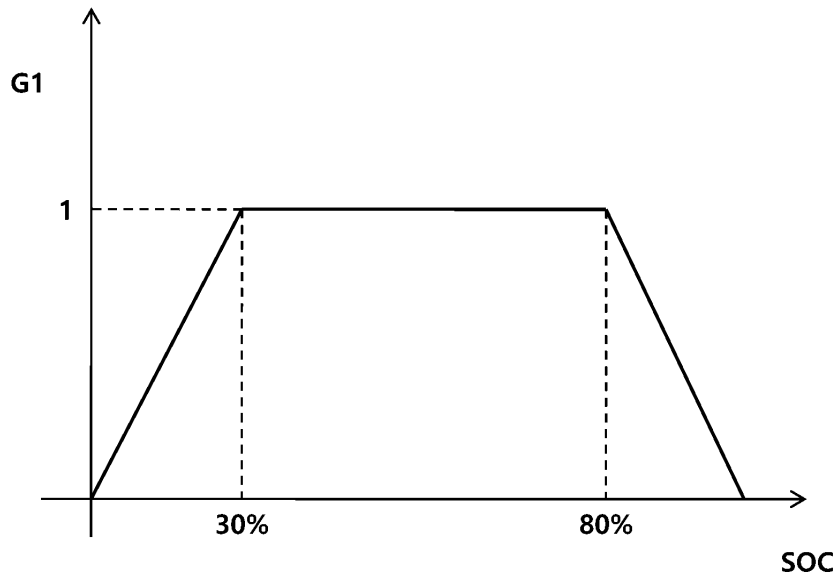
도면8



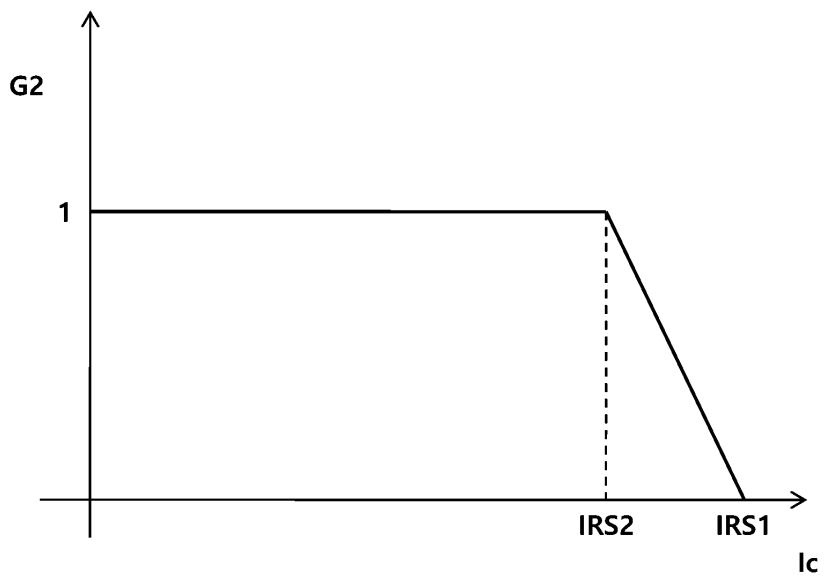
도면9



도면10



도면11



도면12

