

# 특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특허

Patent Number

제 10-2367775 호

출원번호

Application Number

제 10-2021-0108273 호

출원일

Filing Date

2021년 08월 17일

등록일

Registration Date

2022년 02월 22일

발명의 명칭 Title of the Invention

배터리 셀의 임피던스를 실시간으로 측정하기 위한 장치 및 방법

특허권자 Patentee

울산대학교 산학협력단(230171-\*\*\*\*\*)

울산광역시 남구 대학로 93(무거동)

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



특허청

Korean Intellectual  
Property Office

2022년 02월 22일

특허청장

COMMISSIONER,  
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

김용래



QR코드로 현재기준  
등록사항을 확인하세요



# 등 록 사 항

**특 허**                      **등록 제 10-2367775 호**  
Patent Number

발명자 Inventors

**최성진(730204-\*\*\*\*\*)**

**울산광역시 남구 동산로69번길 13, 101동 802호 (신정동, 문수로2차아이파크)**

**라 프영 하**

**울산광역시 남구 대학로37번길 16, 101호 (무거동)**



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년02월24일  
(11) 등록번호 10-2367775  
(24) 등록일자 2022년02월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/389 (2019.01) G01R 21/127 (2006.01)  
G01R 27/08 (2006.01) G01R 31/3842 (2019.01)  
G01R 31/396 (2019.01) H02J 7/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01R 31/389 (2019.01)  
G01R 21/127 (2021.05)

(21) 출원번호 10-2021-0108273

(22) 출원일자 2021년08월17일

심사청구일자 2021년08월17일

(56) 선행기술조사문헌

JP07260904 A\*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 7 항

(73) 특허권자

울산대학교 산학협력단

울산광역시 남구 대학로 93(무거동)

(72) 발명자

최성진

울산광역시 남구 동산로69번길 13, 101동 802호  
(신정동, 문수로2차아이파크)

라 프영 하

울산광역시 남구 대학로37번길 16, 101호 (무거동)

(74) 대리인

김종선, 이형석

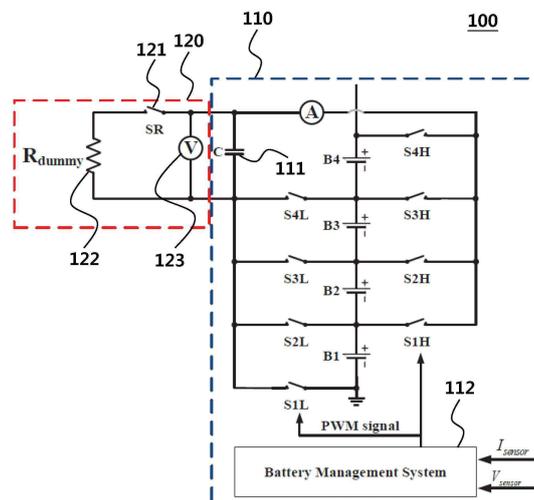
심사관 : 오용균

(54) 발명의 명칭 배터리 셀의 임피던스를 실시간으로 측정하기 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 배터리 셀의 임피던스를 실시간으로 측정하기 위한 장치 및 방법을 제안한다. 본 발명의 배터리 셀의 임피던스를 측정하기 위한 장치는, 직렬 연결된 다수의 배터리 셀; 상기 다수의 배터리 셀의 상태를 균등화하는 밸런싱 회로; 상기 균등화 회로와 연결되는 임피던스 측정 회로; 및 상기 밸런싱 회로 및 상기 임피던스 측정 회로를 제어하는 배터리 관리 시스템을 포함할 수 있다. 상기 밸런싱 회로는 상기 다수의 배터리 셀들 중 하나와 연결되는 부동 캐패시터; 및 상기 부동 캐패시터가 상기 다수의 배터리 셀들 중 하나와 연결되도록 스위칭하는 스위치-매트릭스를 포함할 수 있다. 상기 임피던스 측정 회로는 상기 부동 캐패시터의 전압을 측정하기 위한 전압 센서; 상기 부동 캐패시터와 병렬 연결되는 저항; 및 상기 부동 캐패시터와 상기 저항의 연결을 스위칭하는 스위치를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*G01R 27/08* (2013.01)  
*G01R 31/3842* (2019.01)  
*G01R 31/396* (2019.01)  
*H02J 7/0047* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020160041308 A\*  
 WO2016200319 A1\*  
 KR1020090011497 A  
 KR1020030020122 A  
 KR102225270 B1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711107753
과제번호	2020R1A2C2009303
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야기초연구사업(중견연구자지원사업)
연구과제명	불균일한 특성의 재사용 배터리로 구성된 에너지저장장치를 위한 공생형 배터리관리
시스템 요소기술 연구	
기여율	1/1
과제수행기관명	울산대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2023.02.28
공지예외적용	: 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

배터리 셀의 임피던스를 측정하기 위한 장치에 있어서,  
직렬 연결된 다수의 배터리 셀;  
상기 다수의 배터리 셀의 상태를 균등화하는 밸런싱 회로;  
상기 밸런싱 회로와 연결되는 임피던스 측정 회로; 및  
상기 밸런싱 회로 및 상기 임피던스 측정 회로를 제어하는 배터리 관리 시스템을 포함하고,  
상기 밸런싱 회로는  
상기 다수의 배터리 셀들 중 하나와 연결되는 부동 캐패시터; 및  
상기 부동 캐패시터가 상기 다수의 배터리 셀들 중 하나와 연결되도록 스위칭하는 스위치-매트릭스를 포함하고,  
상기 임피던스 측정 회로는  
상기 부동 캐패시터의 전압을 측정하기 위한 전압 센서;  
상기 부동 캐패시터와 병렬 연결되는 저항; 및  
상기 부동 캐패시터와 상기 저항의 연결을 스위칭하는 스위치를 포함하고,  
상기 임피던스 측정 회로는 상기 밸런싱 회로가 동작하지 않는 휴지기에 활성화되는 것을 특징으로 하는 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
상기 측정 회로는  
상기 다수의 배터리 셀들의 임피던스를 교대로 측정하는 것을 특징으로 하는 장치.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,  
상기 배터리 셀의 임피던스를 측정하기 위한 측정 주파수는  
지정된 주파수 범위 내에서 가변 가능한 것을 특징으로 하는 장치.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,  
상기 저항은

$R_{dummy} \leq \frac{1}{5f_{s,max}C}$ 에 의해 결정되고,

상기 “ $f_{s,max}$ ”는 상기 주파수 범위 중 최대 주파수를 의미하고, 상기 “C”는 상기 부동 캐패시터를 의미하는 것을 특징으로 하는 장치.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 배터리 관리 시스템은

PWM(pulse width modulation) 신호를 이용하여 상기 스위치-매트릭스 및 상기 스위치를 제어하는 것을 특징으로 하는 장치.

### 청구항 7

직렬 연결된 다수의 배터리 셀, 밸런싱 회로, 및 상기 밸런싱 회로에 연결된 측정 회로를 포함하는 배터리 팩의 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 방법에 있어서,

상기 밸런싱 회로가 동작하지 않는 휴지기에 상기 밸런싱 회로에 포함된 스위치-매트릭스를 이용하여 상기 다수의 배터리 셀 중 제1 배터리 셀과 상기 밸런싱 회로에 포함된 부동 캐패시터를 연결하여 상기 부동 캐패시터의 충전을 수행하는 단계;

상기 측정 회로에 포함된 전압 센서를 통해 상기 부동 캐패시터의 전압을 측정하는 단계;

상기 측정된 전압에 기반하여 상기 제1 배터리 셀의 임피던스를 추정하는 단계; 및

상기 측정 회로에 포함된 방전 저항과 상기 부동 캐패시터가 연결되도록 방전 스위치를 제어하여 상기 부동 캐패시터를 방전시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 스위치-매트릭스를 스위칭하여 상기 다수의 배터리 셀 중 제2 배터리 셀과 상기 부동 캐패시터를 연결하여 상기 방전된 부동 캐패시터의 충전을 수행하는 단계;

상기 전압 센서를 통해 상기 부동 캐패시터의 전압을 측정하는 단계;

상기 측정된 전압에 기반하여 상기 제2 배터리 셀의 임피던스를 추정하는 단계; 및

상기 방전 저항과 상기 부동 캐패시터가 연결되도록 상기 방전 스위치를 제어하여 상기 부동 캐패시터를 방전시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 배터리 셀의 임피던스를 실시간으로 측정하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 전기 자동차(electric vehicle), 및 에너지 저장 시스템(energy storage system)과 같은 분야에서, 높은 전압 및/또는 전류를 제공하기 위하여, 다수의 배터리 셀을 직렬 및/또는 병렬로 연결하는 배터리 팩(battery pack) 또는 다수의 배터리 팩을 연결하는 배터리 랙(battery rack)의 이용이 증가하고 있다.

[0003] 유사한 성능을 가지는 배터리 셀들을 선별(screened)하여 결합하더라도, 모든 배터리 셀들의 성능이 일치하지는 않는다. 이로 인하여, 배터리 셀들에 대한 과 충전(over-charging) 또는 과 방전(over-discharging) 문제가 발생할 수 있다. 또한, 배터리의 가용 용량(available capacity)를 효율적으로 이용하지 못할 수 있다. 따라서, 배터리 팩을 효율적으로 관리하기 위하여, 각 배터리 셀의 충전 상태(state of charge: SOC) 및 건강 상태(state of health: SOH)(이하, 배터리의 상태)를 주기적으로 확인(예: 모니터링)할 필요가 있다.

[0004] 일반적으로, 배터리 셀의 상태를 개별적으로 신속히 측정(또는 추정)할 수 있다는 장점 때문에, 배터리의 임피던스(impedance) 변화를 통해 배터리의 상태를 평가하고 있다.

[0005] 하지만, 현재까지 알려진 배터리의 임피던스의 실시간 측정 방법들은 주로 배터리 팩 단위나 배터리 팩 단위에 서만 측정을 지원하기 때문에 배터리 셀들의 임피던스를 개별적으로 측정할 수 없거나, 배터리 셀들의 임피던스를 개별적으로 측정하기 위해서는 별도의 복잡한 회로를 추가해야 한다. 배터리 셀단위의 측정이 필요하다면 별도의 장비를 사용할 수는 있지만 임피던스를 시스템에 연결된 채로 실시간으로 측정하기 어렵다는 문제를 가지고 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 따라서, 본 발명의 목적은, 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 배터리 팩에 통합되어, 배터리 셀들의 임피던스를 개별적이면서도 실시간으로 측정할 수 있는 장치 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0007] 또한, 본 발명의 목적은 실시간으로 측정이 가능하고, 저 비용으로 구현이 가능한 배터리 셀의 임피던스 측정 장치 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 배터리 셀의 임피던스를 측정하기 위한 장치는, 직렬 연결된 다수의 배터리 셀; 상기 다수의 배터리 셀의 상태를 균등화하는 밸런싱 회로; 상기 균등화 회로와 연결되는 임피던스 측정 회로; 및 상기 밸런싱 회로 및 상기 임피던스 측정 회로를 제어하는 배터리 관리 시스템을 포함할 수 있다. 상기 밸런싱 회로는 상기 다수의 배터리 셀들 중 하나와 연결되는 부동 캐패시터(flying capacitor); 및 상기 부동 캐패시터가 상기 다수의 배터리 셀들 중 하나와 연결되도록 스위칭하는 스위치-매트릭스를 포함할 수 있다. 상기 임피던스 측정 회로는 상기 부동 캐패시터의 전압을 측정하기 위한 전압 센서; 상기 부동 캐패시터와 병렬 연결되는 저항; 및 상기 부동 캐패시터와 상기 저항의 연결을 스위칭하는 스위치를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 직렬 연결된 다수의 배터리 셀, 밸런싱 회로, 및 상기 밸런싱 회로에 연결된 측정 회로를 포함하는 배터리 팩의 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 방법에 있어서, 상기 밸런싱 회로에 포함된 스위치-매트릭스를 이용하여 상기 다수의 배터리 셀 중 제1 배터리 셀과 상기 밸런싱 회로에 포함된 부동 캐패시터를 연결하여 상기 부동 캐패시터의 충전을 수행하는 단계; 상기 측정 회로에 포함된 전압 센서를 통해 상기 부동 캐패시터의 전압을 측정하는 단계; 상기 측정된 전압에 기반하여 상기 제1 배터리 셀의 임피던스를 추정하는 단계; 및 상기 측정 회로에 포함된 방전 저항과 상기 부동 캐패시터가 연결되도록 방전 스위치를 제어하여 상기 부동 캐패시터를 방전시키는 단계를 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

[0010] 이상과 같은 본 발명의 배터리 임피던스 측정 장치(또는 회로)는 배터리 팩에 통합되어 실시간으로 배터리 셀들의 임피던스를 각각 측정할 수 있다. 또한, 본 발명의 배터리 임피던스 측정 장치는 셀 밸런싱 회로에 간단한 회로만이 추가되어 저 비용으로 구현 가능하다. 또한, 본 발명의 배터리 임피던스 측정장치는 발생하는 전력손실이 적으므로 효율이 높으며, 측정 정확도가 높다.

**도면의 간단한 설명**

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 회로를 포함하는 배터리 팩을 도시한 도면이다.  
 도 2a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 절차 중 캘리브레이션 단계(calibration phase) 시 스위치들을 제어하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.  
 도 2b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 어느 하나의 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 절차 중 전하 전달 단계

(charge transfer phase) 시 스위치들을 제어하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 2c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다른 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 절차 중 전하 전달 단계 시 스위치들을 제어하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 장치의 등가 회로를 도시한 도면이다.

도 3b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 장치의 방전 스위치 및 스위치-매트릭스를 제어하는 제어 신호들을 도시한 도면이다.

도 4a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 절차 중 전하 전달 단계의 등가 회로 이다.

도 4b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀 임피던스를 측정하는 절차 중 전하 전달 단계 시 스위치 제어 신호, 전압 및 전류의 변화를 도시한 도면이다.

도 5a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 절차 중 캘리브레이션 단계의 등가 회로 이다.

도 5b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀 임피던스를 측정하는 절차 중 캘리브레이션 단계 시 스위치 제어 신호, 전압 및 전류의 변화를 도시한 도면이다.

도 6a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 저 주파수 대역에서 배터리 임피던스를 측정할 때의 전류 흐름을 도시하는 도면이다.

도 6b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 고 주파수 대역에서 배터리 임피던스를 측정할 때의 전류 흐름을 도시하는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다양한 주파수 대역에서의 배터리 셀의 임피던스 변화를 도시한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다수의 배터리 셀에 대해 임피던스 측정 장치의 성능을 비교 평가한 결과표이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 회로를 포함하는 배터리 팩을 도시한 도면이다.

도 10은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 회로를 포함하는 배터리 팩을 도시한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0012] 본 발명의 목적 및 효과, 그리고 그것들을 달성하기 위한 기술적 구성들은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0013] 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다.

[0014] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 회로를 포함하는 배터리 팩을 도시한 도면이다.

[0016] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 팩(100)은 직렬 연결된 다수의 배터리 셀들(B1, B2, B3, B4), 다수의 배터리 셀들(B1, B2, B3, B4)의 상태(예: 전압)를 균일(또는 균등)하게 밸런싱하기 위한 밸런싱 회로(balancing circuit)(또는 균등화 회로(equalizer circuit))(110), 및 임피던스 측정 회로(120)(이하, 측정 회로)를 포함할 수 있다.

[0017] 밸런싱 회로(110)는 부동 캐패시터(flying capacitor)(또는 밸런싱 캐패시터로 명칭)(111), 다수의 스위치들

(S1H, S2H, S3H, S4H, S1L, S2L, S3L, S4L)(이하, 스위치-매트릭스(switch-matrix)), 및 배터리 관리 시스템(battery management system)(112)을 포함할 수 있다.

- [0018] 부동 캐패시터(111)는 배터리 셀들의 밸런싱에 이용될 수 있다. 예를 들어, 부동 캐패시터(111)는 스위치-매트릭스의 스위칭 동작에 의해 다수의 배터리 셀들(B1, B2, B3, B4) 중 하나와 연결될 수 있다. 예를 들어, 스위치-매트릭스에 포함된 "S4H" 스위치와 "S4L 스위치"가 온되고, 다른 스위치들이 오프되는 경우 부동 캐패시터(111)는 제4 배터리 셀(B4)과 연결될 수 있다.
- [0019] 스위치-매트릭스는 각 배터리 셀의 양 단자와 부동 캐패시터(111)의 양 단자 사이에 위치하는 제1 스위치들(S1H, S2H, S3H, S4H) 및 각 배터리 셀의 음 단자와 부동 캐패시터(111)의 음 단자 사이에 위치하는 제2 스위치들(S1L, S2L, S3L, S4L)을 포함할 수 있다.
- [0020] 배터리 관리 시스템(112)은 배터리 팩(100)의 효율적인 사용을 위한 관리를 수행할 수 있다. 예를 들어, 배터리 관리 시스템(112)은 온도, 전류, 전압 등을 모니터링하고, 배터리 팩(100)의 충방전, 셀 밸런싱, 및 과전압/과전류 보호 기능을 지원할 수 있다. 배터리 관리 시스템(112)은 스위치-매트릭스의 온/오프 및 측정 회로(120)에 포함된 스위치(121)의 온/오프를 제어할 수 있다. 배터리 관리 시스템(112)은 PWM(pulse width modulation) 신호를 이용하여 스위치-매트릭스 및 스위치(121)의 온/오프를 제어할 수 있다.
- [0021] 측정 회로(120)는 배터리 셀들(B1, B2, B3, B4)의 임피던스를 측정할 수 있다. 예를 들어, 측정 회로(120)는 배터리 셀들(B1, B2, B3, B4)의 임피던스를 한번에 하나씩 교대로 측정할 수 있다. 측정 회로(120)는 배터리 셀의 임피던스 측정 시에만 활성화되고, 밸런싱 수행 중에는 비활성화된다.
- [0022] 측정 회로(120)는 밸런싱 회로(110)에 포함된 부동 캐패시터(111)에 연결되어, 부동 캐패시터(111)를 이용하여 배터리 셀들(B1, B2, B3, B4)의 임피던스를 각각 측정할 수 있다. 즉, 본 발명은 밸런싱 회로(110)의 부동 캐패시터(111)를 측정 회로(120)의 일부로 이용할 수 있다.
- [0023] 측정 회로(120)는 부동 캐패시터(111)의 전압을 측정하기 위한 전압 센서(123), 부동 캐패시터(111)를 방전시키기 위한 방전 저항(122) 및 스위치(121)(이하, 방전 스위치)를 포함할 수 있다.
- [0024] 측정 회로(120)를 포함하는 배터리 팩(100)은 스위칭 동작을 통해 다수의 배터리 셀들 중 하나와 연결되는 부동 캐패시터(111)의 전하 이동 메커니즘(charge transfer mechanism)에 기초하여 배터리 셀의 임피던스를 개별적으로 측정할 수 있다. 배터리 셀의 임피던스 측정 절차에 대한 상세한 설명은 후술하기로 한다.
- [0025] 한편, 배터리 팩(100)은 배터리 관리 시스템(112)(또는 별도의 통신 모듈(미도시))을 통해 측정된 배터리 임피던스를 외부 장치로 전송할 수 있다. 이를 통해, 본 발명은 배터리 셀의 상태를 개별적으로 모니터링할 수 있어, 배터리 셀을 효율적으로 관리(예: 노후된 배터리 셀의 교체)할 수 있다.
- [0026] 도 2a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 절차 중 캘리브레이션 단계(calibration phase) 시 스위치들을 제어하는 동작을 설명하기 위한 도면이고, 도 2b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 어느 하나의 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 절차 중 전하 전송 단계(charge transfer phase) 시 스위치들을 제어하는 동작을 설명하기 위한 도면이고, 도 2c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다른 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 절차 중 전하 전송 단계 시 스위치들을 제어하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0027] 도 2a 내지 도 2c를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 장치는 다수의 배터리 셀들의 임피던스를 개별적으로 측정할 수 있다. 각 배터리 셀의 임피던스 측정 절차(measuring process)는 캘리브레이션 단계(calibration phase)(또는 방전 단계) 및 전하 전달 단계(charge transfer phase)(또는 충전 단계)를 포함한다.
- [0028] 먼저, 배터리 팩에 포함된 제1 배터리 셀(B1), 제2 배터리 셀(B2), 제3 배터리 셀(B3), 및 제4 배터리 셀(B4) 중 어느 하나의 임피던스를 측정하며, 캘리브레이션 단계인 경우 배터리 관리 시스템(112)은, 도 2a에 도시된 바와 같이, 스위치-매트릭스의 스위치들을 모두 오프시키고, 방전 스위치(121)을 온하여 부동 캐패시터(111)가 방전 저항(122)과 연결되도록 할 수 있다. 이는 방전 저항(122)를 통해 부동 캐패시터(111)를 방전시키기 위함이다.
- [0029] 한편, 다수의 배터리 셀들 중 제4 배터리 셀(B4)의 임피던스를 측정하며, 전하 전달 단계인 경우 배터리 관리 시스템(112)은, 도 2a에 도시된 바와 같이, 방전 스위치(121)를 오프시키고, 부동 캐패시터(111)가 제4 배터리 셀(B4)와 연결되도록 스위치-매트릭스를 제어할 수 있다. 유사하게, 제3 배터리 셀(B3)의 임피던스를 측정하며, 전하 전달 단계인 경우 배터리 관리 시스템(112)은, 도 2b에 도시된 바와 같이, 방전 스위치(121)를

오프시키고, 부동 캐패시터(111)가 제3 배터리 셀(B3)과 연결되도록 스위치-매트릭스를 제어할 수 있다. 도시하지는 않았지만, 유사한 방식으로, 배터리 관리 시스템(112)은 부동 캐패시터(111)가 제2 배터리 셀(B2) 또는 제1 배터리 셀(B1)와 연결되도록 할 수 있다.

[0030] 상술한 스위칭 동작을 통해 본 발명의 측정 장치는 전하 전달 단계 및 캘리브레이션 단계를 수행하고, 배터리 셀의 임피던스를 개별적으로 측정할 수 있다.

[0031] 도 3a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 장치의 등가 회로를 도시한 도면이고, 도 3b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 장치의 방전 스위치 및 스위치-매트릭스를 제어하는 제어 신호들을 도시한 도면이다. 또한, 도 4a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 절차 중 전하 전송 단계의 등가 회로이고, 도 4b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀 임피던스를 측정하는 절차 중 전하 전달 단계 시 스위치 제어 신호, 전압 및 전류의 변화를 도시한 도면이다. 또한, 도 5a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 절차 중 캘리브레이션 단계의 등가 회로이고, 도 5b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 셀 임피던스를 측정하는 절차 중 캘리브레이션 단계 시 스위치 제어 신호, 전압 및 전류의 변화를 도시한 도면이다.

[0032] 도 3a 내지 도 5b를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 장치는 도 3a에 도시된 등가 회로와 같이 표현될 수 있다.

[0033] 도 3a에 도시된 등가 회로에서,  $V_{bx}$ 는 현재 측정 대상인 배터리 셀의 전압을 의미하고,  $R_x$ 는 등가 회로의 전체 저항으로, 아래의 <식 1>과 같이 표현될 수 있다.

[0034] 
$$R_x = Z_{bx} + R_{a,on} + ESR \dots\dots\dots <식 1>$$

[0035] <식 1>에서,  $Z_{bx}$ 는 배터리 셀의 임피던스를 의미하고,  $R_{a,on}$ 는 스위치들(SnH, SnL)이 온 되었을 때의 저항을 의미하고, ESR은 부동 캐패시터(111)의 내부 저항을 의미한다. 즉, 등가 회로의 전체 저항  $R_x$ 는 배터리 임피던스 ( $Z_{bx}$ )와 스위치-매트릭스의 저항( $R_{a,on}$ ) 및 부동 캐패시터(111)의 내부 저항(ESR)의 합이다.

[0036] 한편, 등가 회로의 스위치-매트릭스(SnH, SnL)는 제1 제어 신호(S1)에 의해 온/오프가 제어되고, 방전 스위치(121)는 제2 제어 신호(S2)에 의해 온/오프가 제어될 수 있다.

[0037] 제1 제어 신호(S1) 및 제2 제어 신호(S2)는, 도 3b에 도시된 바와 같이, 일정 주기(T)를 가질 수 있다. 예를 들어, 제1 제어 신호(S1)의 한 주기(T)는 하이 신호를 가지는 구간("t0 - t1") 및 로우 신호를 가지는 구간("t1 - t4")으로 구분될 수 있다. 이때, t1은 등가 회로의 시상수(time constant)로 결정될 수 있다. 즉, t1은 아래의 <식 2>와 같다.

[0038] 
$$t_1 = R_x C \dots\dots\dots <식 2>$$

[0039] 스위치-매트릭스의 스위치들(SnH, SnL)은 제1 제어 신호(S1)의 하이 신호 구간("t0 - t1")에서 온되고, 로우 신호 구간("t1 - t4")에서 오프될 수 있다.

[0040] 한편, 제2 제어 신호(S2)의 한 주기(T)는 로우 신호를 가지는 구간들("t0 - t2" 및 "t3 - t4") 및 하이 신호를 가지는 구간("t2 - t3")으로 구분될 수 있다. 방전 스위치(121)는 제2 제어 신호(S2)의 하이 신호 구간("t2 - t3")에서 온되고, 로우 신호 구간들("t0 - t2", 및 "t3 - t4")에서 오프될 수 있다.

[0041] 본 발명의 일 실시 예에 따른 등가 회로는, 배터리 셀의 임피던스 측정 절차 중 전하 전달 단계인 경우, 부동 캐패시터(111)가 배터리 셀과 연결되고, 방전 저항(122)과 미연결된 형태를 가질 수 있다. 예를 들어, 등가 회로는, 도 4a에 도시된 바와 같이, 스위치-매트릭스(SnH 및 SnL)가 온되고, 방전 스위치(121)가 오프될 수 있다. 이때, 부동 캐패시터(111)는 연결된 배터리 셀에 의해 충전될 수 있다. 전하 전달 단계 동안 부동 캐패시터(111)의 전압( $V_c$ ) 및 전류( $I_c$ )는, 도 4b에 도시된 바와 같이, 변화된다.

[0042] 부동 캐패시터(111)에 흐르는 전류  $I_1(s)$ 는 
$$I_1(s) = \frac{\Delta V}{R_x} \frac{1}{s + 1/\tau_1}$$
와 같이 계산된다. 여기서,  $\Delta V$ 는 셀의 오픈 회로 전압( $V_{bx}$ )과 캐패시터의 초기 전압( $V_c(t_0)$ )의 차이이다. 즉,  $\Delta V = V_{bx} - V_c(t_0)$ 이다.

[0043] 한편, 부동 캐패시터(111)의 충전 전류를 시간 도메인에서 표현하면, 아래 <식 3>과 같고, 전하 전달 단계 동안

부동 캐패시터(111)에서 증가된 전하는 <식 4>와 같다.

[0044]

$$i_1(t) = \frac{\Delta V}{R_x} e^{-\frac{t}{\tau_1}} \dots\dots\dots <식 3>$$

[0045]

$$Q_{in}(t_1) = \int_{t_0}^{t_1} i_1(t) dt = \Delta V \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau_1}}\right) C \dots\dots\dots <식 4>$$

[0046]

결과적으로, t1에서 부동 캐패시터 전압은 아래 <식 5>과 같다.

[0047]

$$V_c(t_1) = \frac{Q_{in}}{C} = \Delta V \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau_1}}\right) + V_c(t_0) = \Delta V \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau_1}}\right) \dots\dots <식 5>$$

[0048]

상기 <식 5>에서  $V_c(t_0)$ 는 "0"이다. 이는 캘리브레이션 단계를 통해 부동 캐패시터가 완전히 방전되기 때문이다.

[0049]

$\Delta V$ 를 제거하기 위해, <식 3>을 <식 5>으로 나누면, 컨덕턴스(conductance) 함수는 아래 <식 6>과 같다.

[0050]

$$\frac{i(t_1)}{v_c(t_1)} = \frac{1}{R_x} \frac{e^{-\frac{t_1}{R_x C}}}{\left(1 - e^{-\frac{t_1}{R_x C}}\right)} \dots\dots\dots <식 6>$$

[0051]

상기 <식 6>에서,  $\frac{1}{R_x}$ 를  $G_x$ 로 정의하면, 아래의 <식 7>과 같은 비선형 방정식을 얻을 수 있다.

[0052]

$$f(G_x) = G_x \frac{e^{-\frac{G_x t_1}{C}}}{1 - e^{-\frac{G_x t_1}{C}}} - \frac{i(t_1)}{v_c(t_1)} \dots\dots\dots <식 7>$$

[0053]

<식 7>의 두 번째 항은 전하 전달 단계의 끝(예: t1)에서의 전류  $I_c(t)$  및 전압  $V_c(t)$ 를 측정하여 그 비를 통해 얻을 수 있다. 상기 <식 7>은 "0"이 되어야하므로 <식 7>의 첫번째 항에 있는  $G_x$ 를 구할 수 있게 된다. 비선형 방정식인 <식 7>을 풀기 위해서, 일 실시예로 다양한 수치 알고리즘들 중 Newton-Raphson method를 <식 7>에 적용하면, 아래의 <식 8>이 획득된다.

[0054]

$$G_x(i+1) = G_x(i) - \frac{f(G_x(i))}{f'(G_x(i))} \dots\dots\dots <식 8>$$

[0055]

<식 8>에서,  $f'(G_x(i))$ 는  $G_x$ 에 대한  $f(G_x(i))$ 의 1차 도함수(derivative)이고,  $G_x(i)$ 는 i번째 반복 단계(iteration step)의 해이다.

[0056]

<식 8>을 통해  $G_x$ 가 계산된 후, 배터리 셀의 임피던스( $Z_{bx}$ )는 아래 <식 9>에 의해 구해진다.

[0057]

$$Z_{bx} = \frac{1}{G_x(i+1)} - R_{d.on} - ESR \dots\dots\dots <식 9>$$

[0058]

한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 등가 회로는, 배터리 셀의 임피던스 측정 절차 중 캘리브레이션 단계인 경우, 부동 캐패시터(111)가 배터리 셀과 미연결되고, 방전 스위치(121)를 통해 방전 저항(122)과 연결된 형태를 가질 수 있다. 예를 들어, 등가 회로는, 도 5a에 도시된 바와 같이, 스위치-매트릭스(SnH 및 SnL)가 오픈되고, 방전 스위치(121)가 온될 수 있다. 이때, 부동 캐패시터(111)는 방전 저항(122)에 의해 방전될 수 있다. 캘리브레이션 단계 동안 부동 캐패시터(111)의 전압( $V_c$ ) 및 전류( $I_c$ )는, 도 5b에 도시된 바와 같이, 변화된다.

[0059]

방전 저항(122)은 부동 캐패시터(111)를 충분히 방전시킬 수 있도록 디자인된다. 예를 들어, 방전 저항(122)은 시정수에 의한 저항-캐패시터 시스템의 방전 특성을 이용하여 아래의 <식 10>과 같이 디자인될 수 있다.

[0060]

$$R_{dummy} \leq \frac{1}{5f_s_{max} C} \dots\dots\dots <식 10>$$

- [0061] <식 10>의  $f_{s\_max}$ 는 임피던스를 측정하고자 하는 주파수 범위 중 최대 주파수를 의미한다.
- [0062] 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 장치는 캘리브레이션 단계 동안, 방전 저항(122)을 이용하여 부동 캐패시터(111)를 완전히 방전한 후, 다음 배터리 셀의 임피던스를 측정할 수 있다.
- [0063] 어떤 실시 예에 따르면, 배터리 임피던스 측정 장치는, 노이즈 영향에 따른 측정 오류를 감소(또는 완화)하기 위하여, 하나의 배터리 셀의 임피던스 측정 절차를 다수 번 반복하고, 평균값을 계산할 수 있다.
- [0064] 도 6a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 저 주파수 대역에서 배터리 임피던스를 측정할 때의 전류 흐름을 도시하는 도면이고, 도 6b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 고 주파수 대역에서 배터리 임피던스를 측정할 때의 전류 흐름을 도시하는 도면이다.
- [0065] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 장치는 측정 주파수를 가변하면서, 배터리 셀의 임피던스를 측정할 수 있다.
- [0066] 일반적으로, 배터리 셀의 등가 회로는 직렬 저항( $R_s$ ), 병렬 저항( $R_p$ ), 및 등가 캐패시터(C)로 표현된다.
- [0067] 낮은 주파수를 이용하여 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 경우, 도 6a에 도시된 바와 같이, 대부분의 전류가 직렬 저항( $R_s$ ) 및 병렬 저항( $R_p$ )을 통해 흐르고, 직류내부저항(direct current internal resistance: DCIR)이 배터리 셀의 내부 임피던스로 측정된다. 즉, 직류내부저항(DCIR)은 직렬 저항( $R_s$ ) 및 병렬 저항( $R_p$ )의 합일 수 있다.
- [0068] 한편, 높은 주파수를 이용하여 배터리 셀의 임피던스를 측정하는 경우, 도 6b에 도시된 바와 같이, 대부분의 전류가 직렬 저항( $R_s$ ) 및 등가 캐패시터(C)를 통해 흐르고, 교류내부저항(alternating current internal resistance: ACIR)이 배터리 셀의 내부 임피던스로 측정된다. 즉, 교류내부저항(ACIR)은 직렬 저항( $R_s$ ) 및 등가 캐패시터(C)의 임피던스의 합일 수 있다.
- [0069] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다양한 주파수 대역에서의 배터리 셀의 임피던스 변화를 도시한 그래프이고, 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다수의 배터리 셀에 대해 임피던스 측정 장치의 성능을 비교 평가한 결과 표이다.
- [0070] 도 7 및 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 장치는 4개의 배터리 셀이 직렬 연결된 배터리 팩에 대하여 각 배터리 셀의 임피던스를 5회씩 측정하였다. 또한, 배터리 셀의 임피던스는 100 Hz 에서 10KHz 범위에서 주파수를 변경(sweep)하면서 다양한 주파수 범위에서 측정되었다.
- [0071] 배터리 셀의 임피던스는, 도 7의 주파수와 임피던스 관계를 도시한 그래프를 참조하면, 주파수에 따라 달라짐을 알 수 있다.
- [0072] 한편, 배터리 임피던스 측정 장치의 성능은 5회 측정 결과의 평균 값과 실제 값(actual value)을 비교하여 측정 오차를 산출하여 평가되었다. 본 발명의 배터리 임피던스 측정 장치는, 도 8의 표에 도시된 바와 같이, 약 1 % 에서 5% 범위의 측정 오차를 가진다. 다시 말해, 본 발명의 배터리 임피던스 측정 장치는 최대 약 5% 내의 측정 오차를 가진다. 즉, 본 발명의 배터리 임피던스 측정 장치는 매우 정확하게 배터리 셀의 임피던스를 측정할 수 있다. 이와 같이, 임피던스를 정확하게 측정할 수 있는 바, 본 발명의 배터리 임피던스 측정 장치를 통해 측정된 배터리 셀의 임피던스는 배터리의 SOC를 추정하는데 이용할 수 있다. 또한, 시간 경과에 따른 SOC의 열화는 SOH를 추정하는데 유용하다.
- [0073] 도 9는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 회로를 포함하는 배터리 팩을 도시한 도면이다.
- [0074] 도 9를 참조하면, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 회로(920)는 도 1 내지 도 8에서 설명한 밸런싱 회로(110)와 상이한 밸런싱 회로(910)에 적용될 수 있다. 밸런싱 회로(910)가 상이할 뿐, 배터리 임피던스 측정 회로(920)는 도 1 내지 도 8의 배터리 임피던스 측정 회로(120)와 동일하다. 즉, 배터리 셀의 임피던스는 유사하게 측정될 수 있다. 따라서, 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0075] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 회로를 포함하는 배터리 팩을 도시한 도면이다.
- [0076] 도 10을 참조하면, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 배터리 팩의 밸런싱 회로(1010)는 각 배터리 셀 사이에 배치되는 다수의 캐패시터(C1, C2, C3)를 포함할 수 있다. 또한, 임피던스 측정 회로부(1020)는 임피던스 측정 회로

(120 또는 920)와 동일한 다수의 임피던스 측정 회로들을 포함할 수 있고, 각 임피던스 측정 회로는 다수의 캐패시터(C1, C2, C3)들에 각각 연결될 수 있다. 밸런싱 회로(1010)에 대응하여 다수의 임피던스 측정 회로를 포함하지만, 배터리 셀의 임피던스 측정 방법은 유사하다. 이에 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0077] 이상에서 상술한 배터리 임피던스 측정 장치는 밸런싱 회로와 결합되고, 단지 몇 개의 컴포넌트만을 추가하여 간단하게 구현될 수 있다. 또한, 배터리 임피던스 측정 장치는 밸런싱 회로가 동작하지 않는 휴지기 (idle time)에 측정을 수행하므로, 밸런싱 동작에 영향을 주지 않는다. 또한, 배터리 임피던스 측정 장치는 높은 정확도로 배터리 셀의 임피던스를 개별적으로 측정할 수 있다. 또한, 배터리 임피던스 측정 장치는 측정 주파수를 임의로 변경할 수 있어 배터리 셀 임피던스의 주파수 특성을 평가할 수 있다.

[0078] 또한, 본 발명의 일 실시 예에 따른 배터리 임피던스 측정 장치는 밸런싱 회로에 포함된 스위치-매트릭스를 이용하여 상기 다수의 배터리 셀 중 제1 배터리 셀과 상기 밸런싱 회로에 포함된 부동 캐패시터를 연결하여 상기 제1 배터리 셀을 통해 상기 부동 캐패시터를 충전하고, 상기 밸런싱 회로에 연결된 측정 회로에 포함된 전압 센서를 통해 상기 부동 캐패시터의 전압을 측정하고, 상기 측정된 전압에 기반하여 상기 제1 배터리 셀의 임피던스를 추정하며, 상기 측정 회로에 포함된 방전 저항과 상기 부동 캐패시터가 연결되도록 상기 측정 회로에 포함된 방전 스위치를 제어하여 상기 부동 캐패시터를 방전시킬 수 있다. 또한, 배터리 임피던스 측정 장치는 상기 스위치-매트릭스를 스위칭하여 상기 다수의 배터리 셀 중 제2 배터리 셀과 상기 부동 캐패시터를 연결하여 상기 방전된 부동 캐패시터의 충전을 수행하고, 상기 전압 센서를 통해 상기 부동 캐패시터의 전압을 측정하고, 상기 측정된 전압에 기반하여 상기 제2 배터리 셀의 임피던스를 추정하며, 상기 방전 저항과 상기 부동 캐패시터가 연결되도록 상기 방전 스위치를 제어하여 상기 부동 캐패시터를 방전시킬 수 있다. 이와 같이, 배터리 임피던스 측정 장치는 다수의 배터리 셀의 임피던스를 개별적으로 측정(추정)할 수 있다.

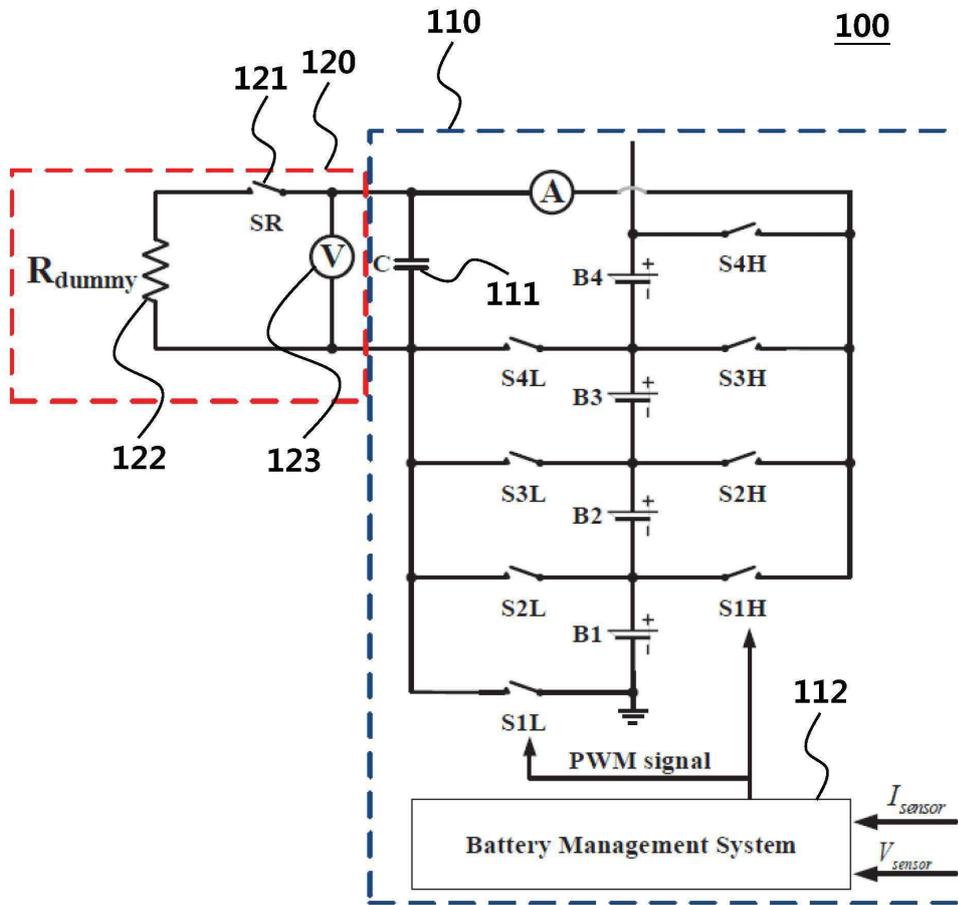
[0079] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

**부호의 설명**

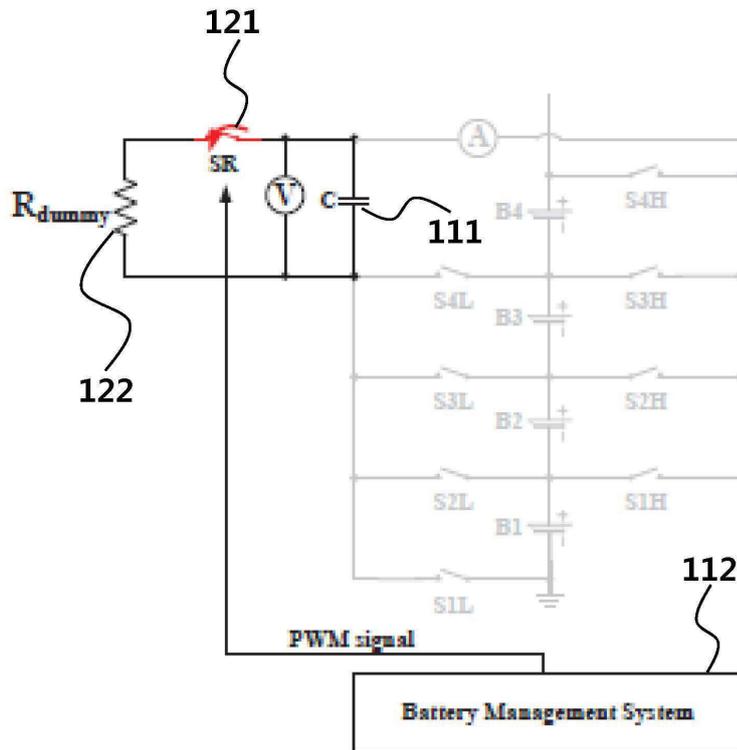
- |        |                 |                 |
|--------|-----------------|-----------------|
| [0080] | 100: 배터리 팩      | 110: 밸런싱 회로     |
|        | 111: 부동 캐패시터    | 112: 배터리 관리 시스템 |
|        | 120: 임피던스 측정 회로 | 121: 방전 스위치     |
|        | 122: 방전 저항      | 123: 전압 센서      |

도면

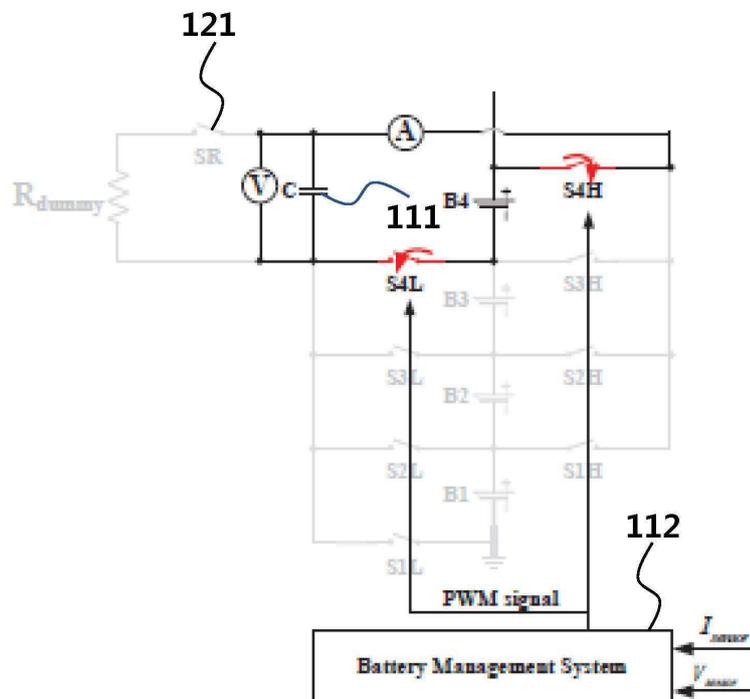
도면1



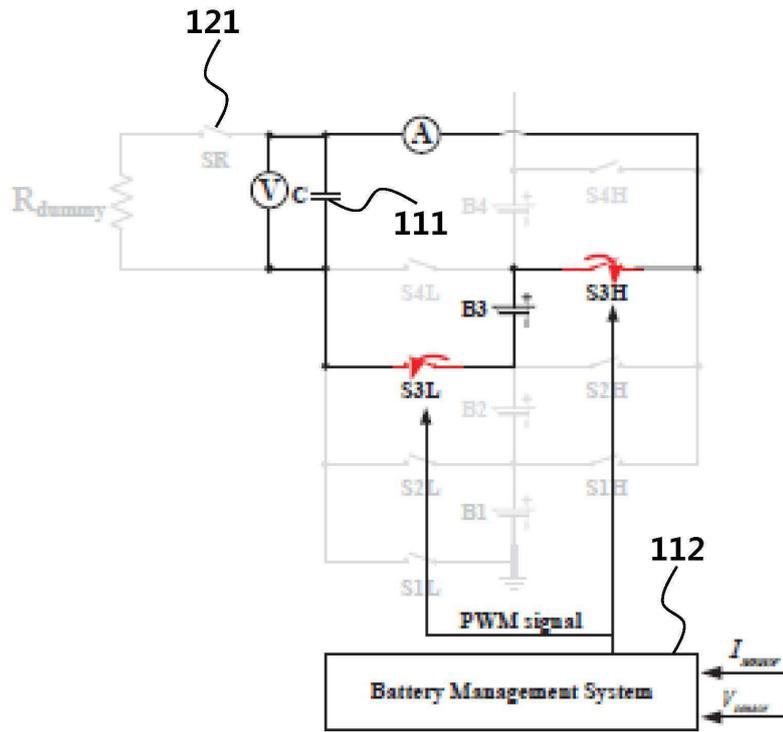
도면2a



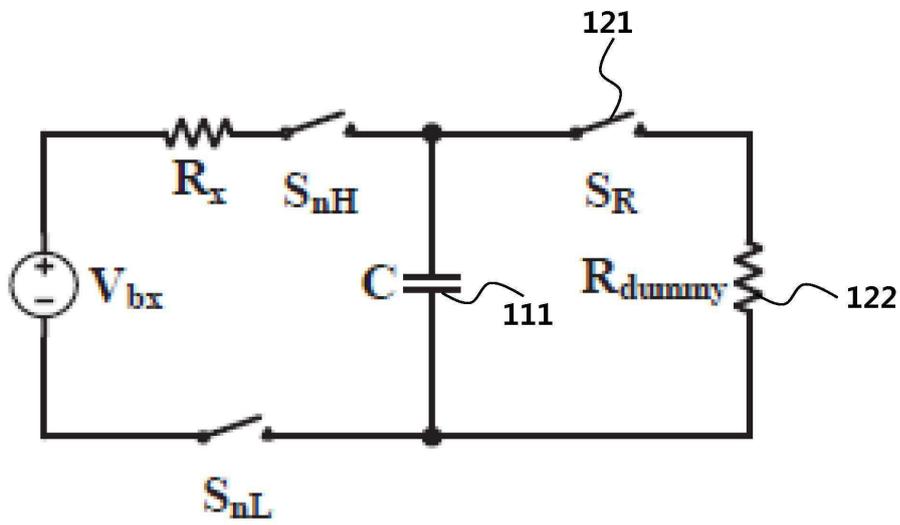
도면2b



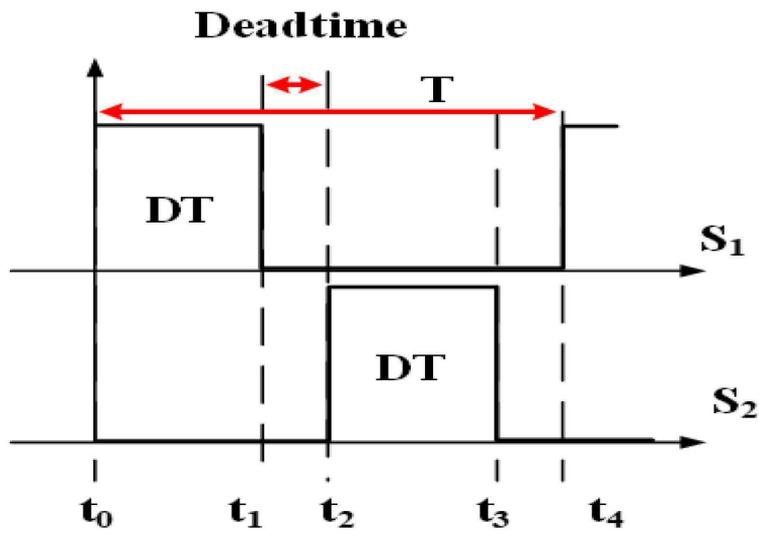
도면2c



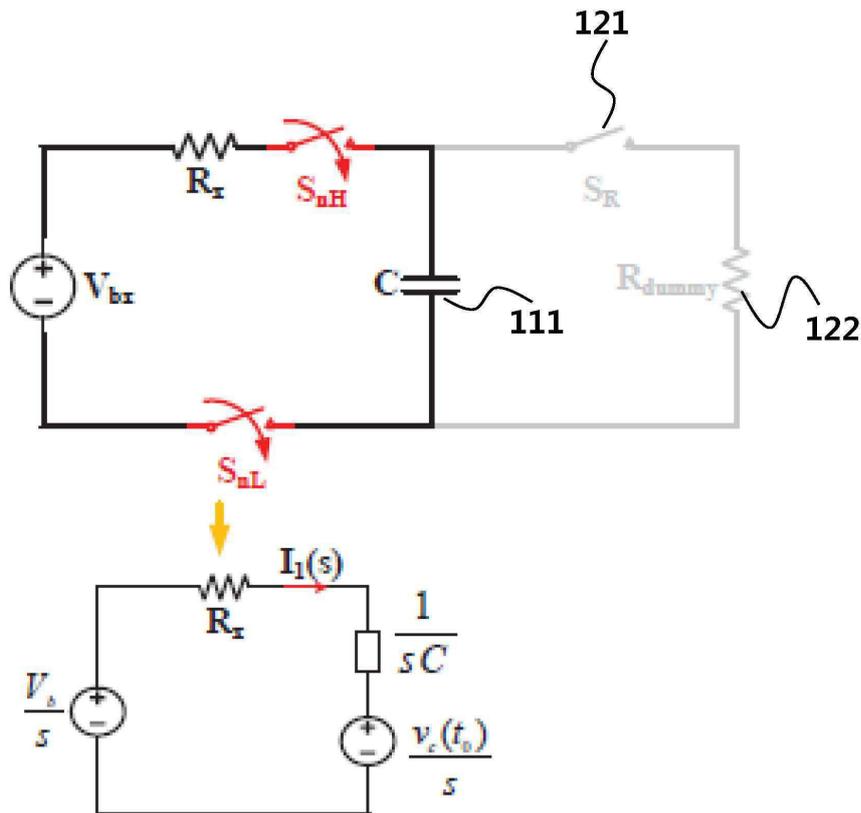
도면3a



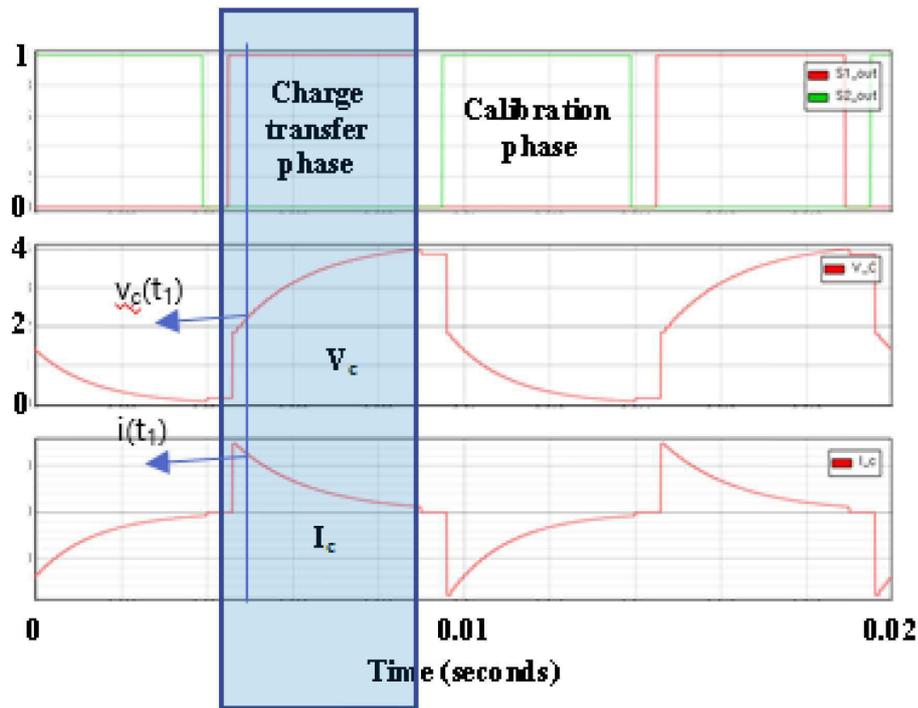
도면3b



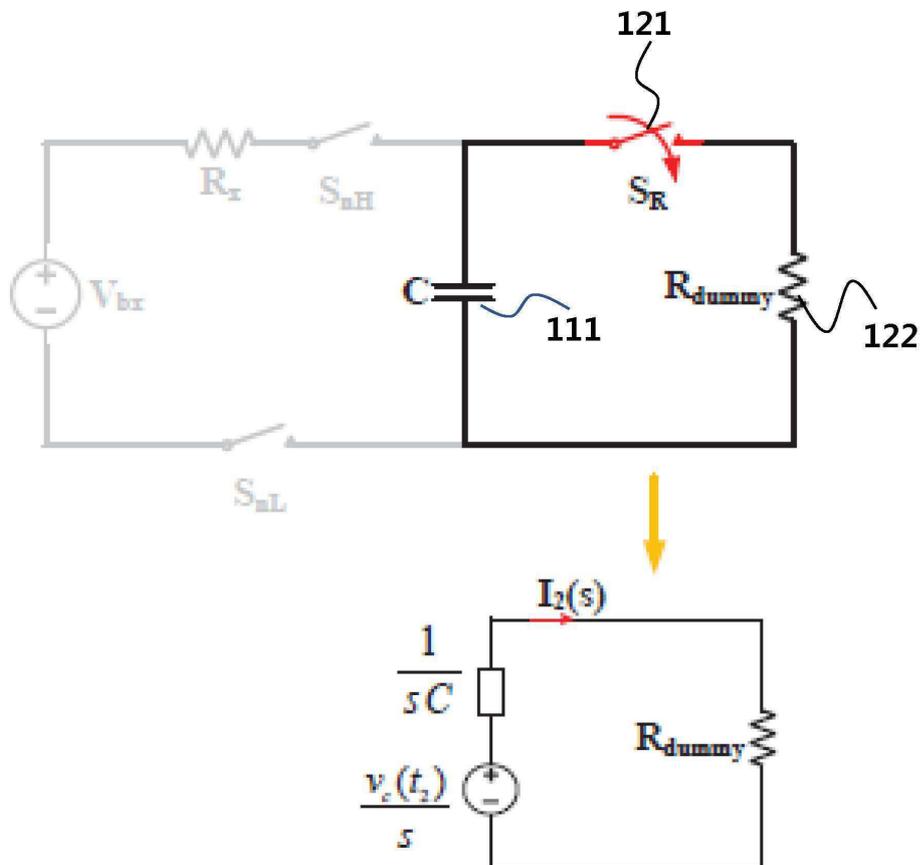
도면4a



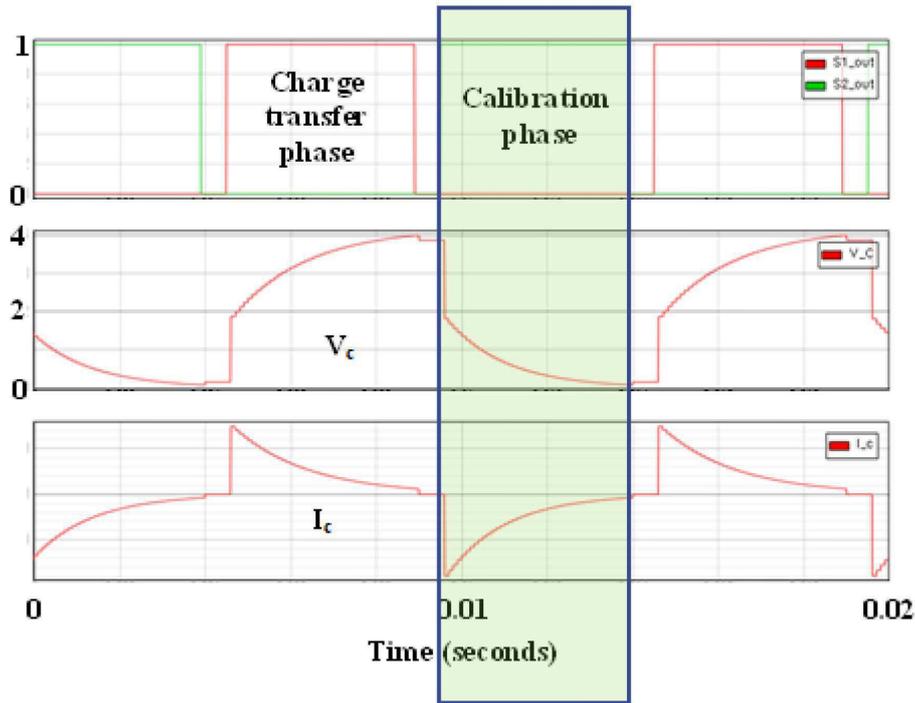
도면4b



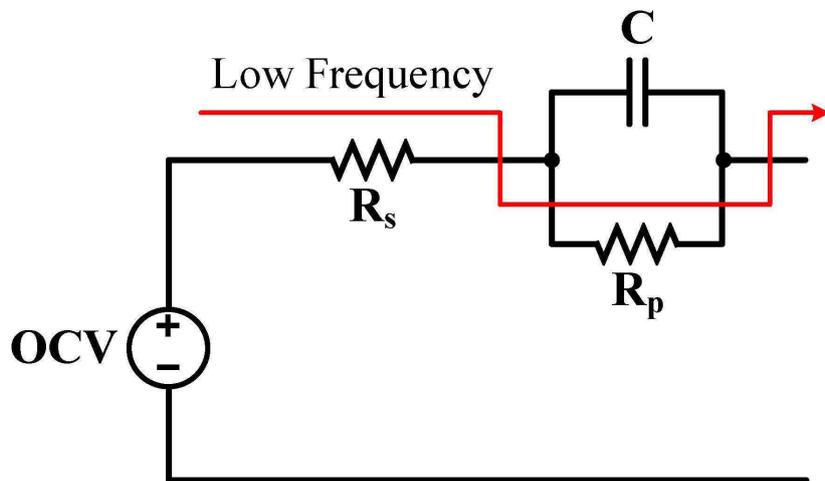
도면5a



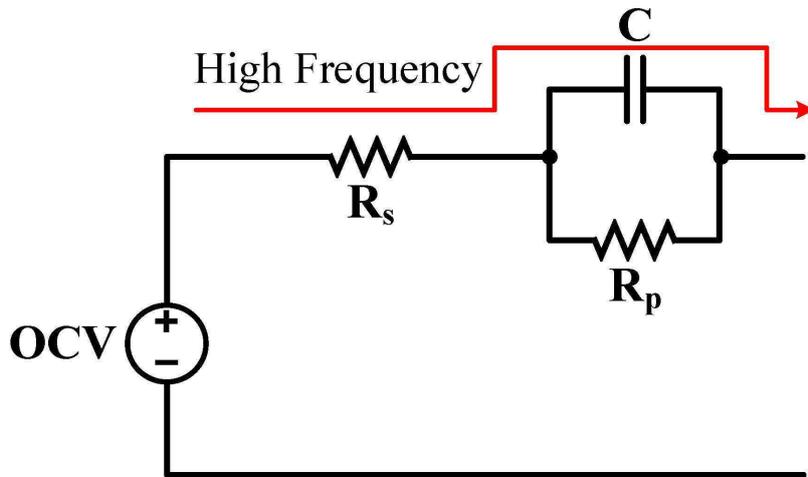
도면5b



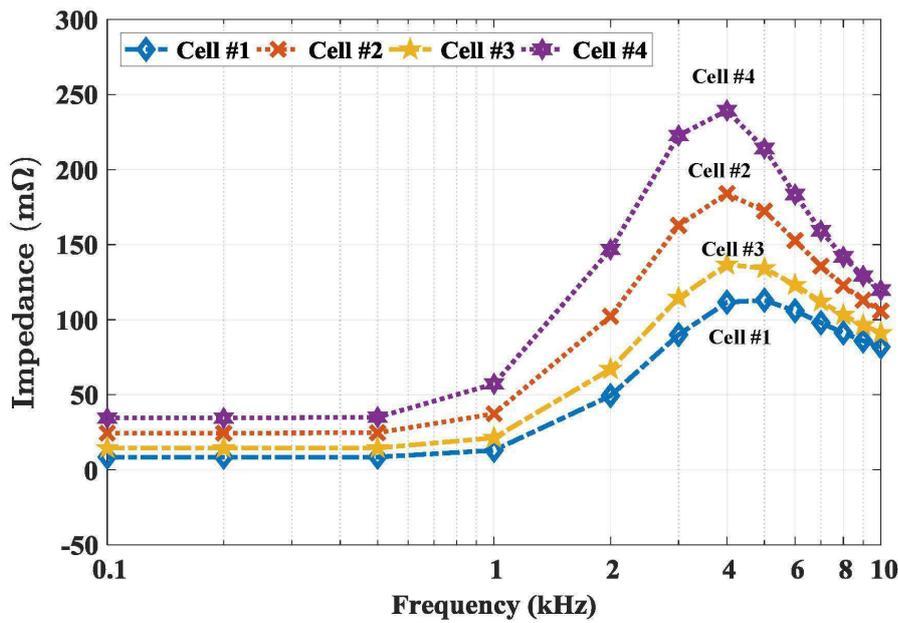
도면6a



도면6b



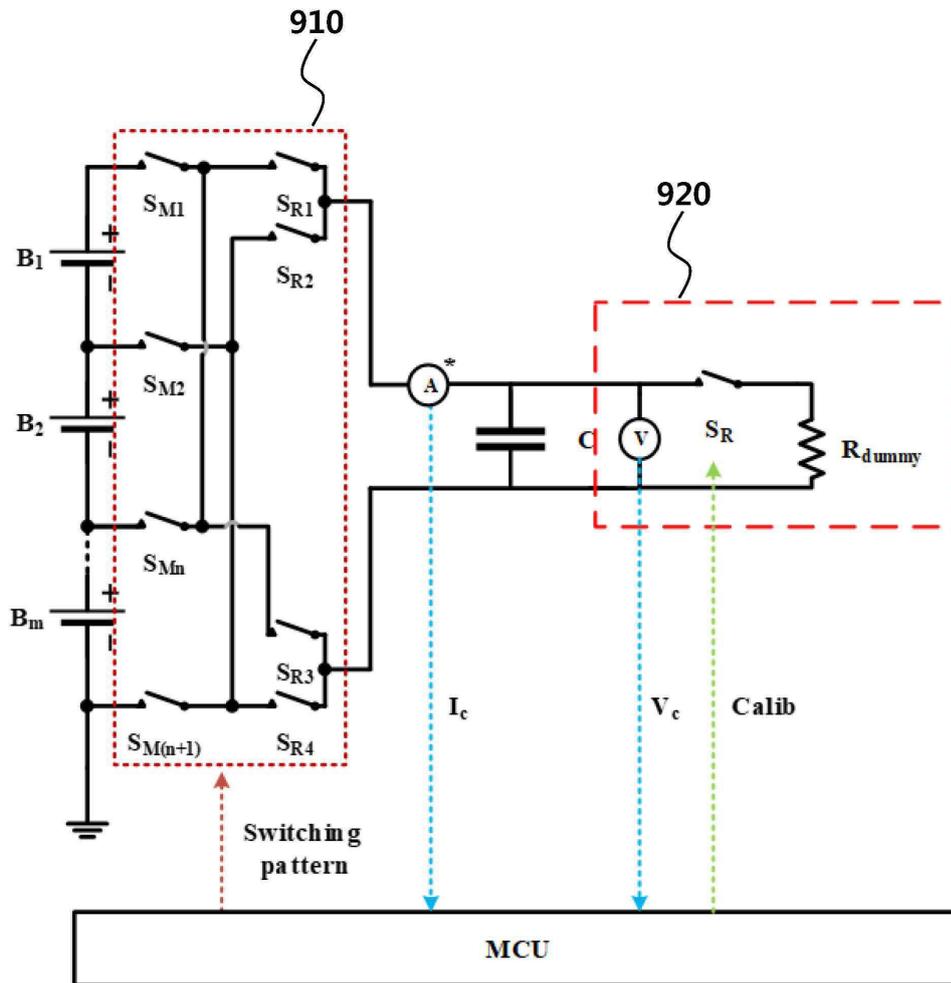
도면7



도면8

	Actual value (mΩ)	Estimation Results					Measurement	
		Sampling #1(mΩ)	Sampling #2(mΩ)	Sampling #3(mΩ)	Sampling #4(mΩ)	Sampling #5(mΩ)	Average (mΩ)	Error (%)
Cell #1	24	25.95	25.87	25.95	25.88	20.18	24.77	3.2
Cell #2	40	38.62	40.25	39.88	41.12	42.30	40.44	1.1
Cell #3	30	32.74	29.25	33.12	30.51	31.69	31.46	4.87
Cell #4	50	48.36	51.72	49.67	50.29	52.32	50.47	0.94

도면9



도면10

