



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0070254
(43) 공개일자 2023년05월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01M 10/615 (2014.01) G05D 23/20 (2006.01)
H01G 11/08 (2013.01) H01G 11/18 (2013.01)
H01M 10/625 (2014.01) H01M 10/63 (2014.01)
H01M 10/637 (2021.01) H01M 10/6571 (2014.01)
H02J 7/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01M 10/615 (2015.04)
G05D 23/20 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-7012863

(22) 출원일자(국제) 2021년09월13일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2023년04월14일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2021/075112

(87) 국제공개번호 WO 2022/053681

국제공개일자 2022년03월17일

(30) 우선권주장

63/078,251 2020년09월14일 미국(US)

17/468,310 2021년09월07일 미국(US)

(71) 출원인

옵니텍 파트너스 엘엘씨

미국, 뉴욕 11779, 롱콘코마, 유닛 3, 에어 파크
드라이브 85

(72) 발명자

다드왈, 할번스

미국, 뉴욕 11733, 세타우켓, 벤 플레이스 6

라스테갈, 자한걸, 에스.

미국, 뉴욕 11790, 스토니 브룩, 윌더니스 패스
11

(74) 대리인

특허법인성암

전체 청구항 수 : 총 22 항

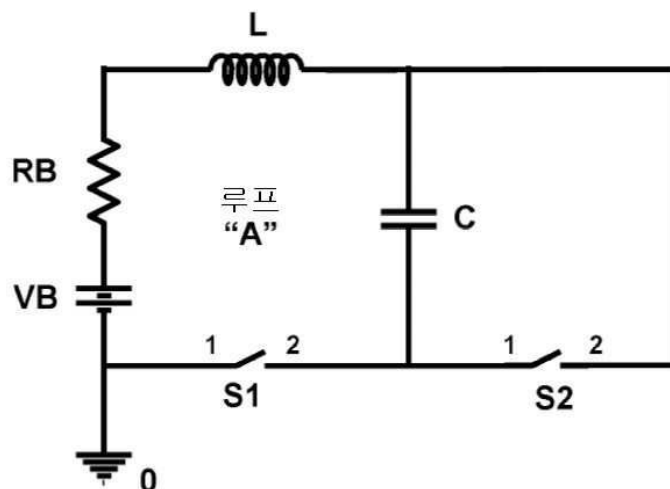
(54) 발명의 명칭 저온에서 배터리의 가열 및 자체 가열을 위한 방법 및 장치

(57) 요약

입력에 결합되는 내부 전극들 사이에 전기장 에너지를 저장하는 입력들 사이에 내부 표면 커패시턴스를 갖는 에너지 저장 장치를 위한 가열 회로로서, 입력들 중 하나에 연결되는 내부 전극들 중 하나는 전압원에 직렬 결합된 저항기 및 인덕터의 특성을 갖는다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도50



상기 가열 회로는,

하나의 입력에 결합될 수 있는 적어도 하나의 전원으로서, 상기 전원은 입력에 양의 입력 전류 및 음의 입력 전류를 제공하고, 양의 입력 전류는 입력들 중 하나로 흐르고 음의 입력 전류는 입력들 중 하나에서 흘러나오는, 전원; 및

열을 발생시키고 전해질의 온도를 높이기 위하여, 에너지 저장 장치의 내부 표면 커패시턴스를 효과적으로 단락 시키기에 충분한 주파수로 상기 입력들 중 하나에 양 및 음의 입력 전류 사이에 교류 전류를 제공하도록 전원을 제어하기 위한 제어기;

를 포함한다.

(52) CPC특허분류

H01G 11/08 (2021.01)

H01G 11/18 (2013.01)

H01M 10/625 (2015.04)

H01M 10/63 (2022.01)

H01M 10/637 (2021.01)

H01M 10/6571 (2015.04)

H02J 7/0069 (2020.01)

H01M 2220/20 (2013.01)

Y02E 60/10 (2020.08)

명세서

청구범위

청구항 1

입력에 결합되는 에너지 저장 장치의 내부 전극들 사이에 전기장 에너지를 저장할 수 있는 입력들 사이에 전해질 및 내부 표면 커패시턴스가 있는 코어를 갖는 에너지 저장 장치로 열을 발생시키기 위한 가열 회로로서, 입력들 중 하나에 연결되는 내부 전극들 중 하나는 전압원에 직렬 결합된 저항기 및 인덕터의 특성을 갖고,

상기 가열 회로는,

에너지 저장 장치의 입력들 중 하나의 입력에 결합될 수 있는 적어도 하나의 전원으로로서, 상기 적어도 하나의 전원은 상기 입력들 중 하나에 결합될 때 상기 입력들 중 하나에 양의 입력 전류 및 음의 입력 전류를 제공하도록 구성되고, 양의 입력 전류는 상기 입력들 중 하나로 흐르고 상기 음의 입력 전류는 상기 입력들 중 하나에서 흘러나오는, 전원; 및

하드웨어를 포함하는 제어기로서, 상기 제어기는, 에너지 저장 장치의 내부 표면 커패시턴스를 효과적으로 단락 시키기에 충분한 주파수로 상기 입력들 중 하나의 양의 입력 전류와 음의 입력 전류 사이에 교류 전류를 제공하도록 적어도 하나의 전원을 제어하도록 구성되어 열을 발생시키고 전해질의 온도를 높이는 것인, 제어기;

를 포함하는, 가열 회로.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제어기는 상기 전해질 및/또는 에너지 저장 장치의 온도가 상기 에너지 저장 장치의 동작 온도 범위 내에 있을 때, 상기 적어도 하나의 전원이 상기 교번하는 양 및 음의 입력 전류들을 단절하도록 제어하는, 가열 회로.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제어기는 상기 전해질 및/또는 에너지 저장 장치의 온도가 상기 에너지 저장 장치의 동작 온도보다 낮을 때 상기 적어도 하나의 전원을 시작시켜 상기 교번하는 양 및 음의 입력 전류를 상기 입력들 중 하나로 공급하는, 가열 회로.

청구항 4

제1항에 있어서, 에너지 저장 장치를 포함하고, 적어도 하나의 전원은 에너지 저장 장치의 하나의 입력에 결합되는, 가열 회로.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제어기에 신호를 제공하도록 구성된 온도 센서를 포함하되, 상기 신호는 상기 전해질 및/또는 상기 에너지 저장 장치 표면의 검출된 온도에 기반하고, 상기 제어기는 상기 적어도 하나의 전원을 시작 및 중단하여 상기 신호에 응답하여 상기 교번하는 양 및 음의 입력 전류를 상기 입력들 중 하나에 공급하는, 가열 회로.

청구항 6

제1항에 있어서, 스위치를 포함하되, 상기 적어도 하나의 전원은 상기 에너지 저장 장치의 저항기 및 인덕터를 통해 상기 에너지 저장 장치에 의해 충전되도록 구성된 컴포넌트를 포함하고, 상기 스위치는, 상기 인덕터 및 상기 컴포넌트는 상기 스위치의 동작을 통해 전압원과 직렬 공진 회로로서 동작하도록 구성되며, 상기 제어기는 상기 스위치가 상기 전해질의 가열을 시작 및 단절시키도록 제어하는, 가열 회로.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 스위치는 제1 스위치이고, 상기 가열 회로는 상기 컴포넌트와 결합된 제2 스위치를 포함하고, 상기 제2 스위치는 상기 컴포넌트의 방전을 시작하도록 구성되며, 상기 제어기는 상기 제2 스위치를 제어

하여 상기 컴포넌트의 방전을 시작 및 단절시키도록 구성되는, 가열 회로.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 제1 및 제2 스위치 중 적어도 하나는 복수의 트랜지스터를 포함하고, 상기 복수의 트랜지스터는 서로 병렬 구성으로 배열되는, 가열 회로.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 제어기는 상기 컴포넌트가 상기 전압원의 전위로 충전된 이후에 상기 제1 스위치를 제어하여 상기 컴포넌트의 충전을 단절시키고, 이후 상기 제2 스위치를 제어하여 상기 컴포넌트의 방전 시작을 제어하도록 구성되는, 가열 회로.

청구항 10

제7항에 있어서, 상기 에너지 저장 장치의 저항기는 제1 저항기를 포함하고, 상기 가열 회로는 상기 제2 스위치 및 상기 컴포넌트 사이에 결합된 제2 저항기를 포함하되, 상기 가열 회로는 제2 스위치가 상기 컴포넌트의 방전의 시작을 제어하도록 구성되고, 상기 방전은 제2 저항기를 통해 일어나는, 가열 회로.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 제2 저항기는 상기 제2 저항기를 통한 컴포넌트의 방전 동안 상기 제2 저항기에 의해 생성된 열이 상기 에너지 저장 장치를 가열하도록 상기 에너지 저장 장치에 근접하게 위치하도록 구성되는, 가열 회로.

청구항 12

제7항에 있어서, 상기 에너지 저장 장치의 인덕터는 제1 인덕터이고, 가열 회로는 제2 스위치와 컴포넌트 사이에 결합된 제2 인덕터를 포함하며, 가열 회로는 제2 스위치가 상기 컴포넌트의 방전을 시작하도록 제어될 때 방전이 전하를 제2 인덕터로 전송하도록 구성되는, 가열 회로.

청구항 13

제12항에 있어서, 제1 및 제2 스위치 중 적어도 하나는 복수의 트랜지스터를 포함하고, 상기 복수의 트랜지스터는 서로 평행한 구성으로 배열되는, 가열 회로.

청구항 14

제12항에 있어서, 상기 제어기는, 상기 컴포넌트의 방전을 제어하기 위해 상기 제 2 스위치를 닫도록 구성되고, 상기 컴포넌트로부터의 전하가 상기 제 2 인덕터로 전달되고 상기 제2 인덕터로부터의 전하가 공진 전달 장치에 의해 상기 컴포넌트로 다시 전달된 후에, 상기 제2 스위치를 개방하도록 구성되는, 가열 회로.

청구항 15

제7항에 있어서, 상기 제어기는 제1 스위치를 닫아 상기 에너지 저장 장치의 전압 및 전류 파형을 나타내는 정보를 캡처하도록 구성되고, 상기 제어기는 캡처된 정보로부터 상기 저항기의 저항 및 상기 인덕터의 인덕턴스 중 적어도 하나를 결정하도록 구성되는, 가열 회로.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제어기는 상기 저항 및 상기 인덕턴스 중 결정된 적어도 하나에 기초하여 상기 컴포넌트의 캐패시턴스를 조절하는, 가열 회로.

청구항 17

제15항에 있어서, 에너지 저장 장치의 인덕터는 제1 인덕터이고, 상기 가열 회로는 제2 스위치와 상기 컴포넌트 사이에 결합된 제2 인덕터를 포함하며, 상기 제2 스위치가 상기 컴포넌트의 방전을 제어하도록 결합된 경우, 상기 제2 인덕터에 전하를 전달하고, 상기 제어기는 제1 인덕터의 저항 및 인덕턴스 중 적어도 하나에 기초하여 제2 인덕터의 인덕턴스를 조절하도록 구성되는, 가열 회로.

청구항 18

제1항에 있어서, 에너지 저장 장치의 용량 표시를 제공하도록 구성된 용량 센서를 포함하고, 상기 제어기는 상기 용량의 표시에 기초하여 가열을 활성화 및 비활성화하도록 구성된, 가열 회로.

청구항 19

제18항에 있어서, 가열이 활성화되었을 때, 상기 제어기는 상기 적어도 하나의 전원을 가동하여 교번하는 양 및 음의 입력 전류가 에너지 저장 장치의 작동 온도 범위보다 낮은 미리 결정된 온도에 응답하여 적어도 하나의 입력에 제공하도록 구성되는, 가열 회로.

청구항 20

입력에 결합되는 에너지 저장 장치의 내부 전극들 사이에 전기장 에너지를 저장할 수 있는 입력들 사이에 전해질 및 내부 표면 커패시턴스가 있는 코어를 갖는 에너지 저장 장치로 열을 발생시키기 위한 가열 회로로서, 입력들 중 하나에 연결되는 내부 전극들 중 하나는 전압원에 직렬 결합된 저항기 및 인덕터의 특성을 갖고, 상기 가열 회로는 제어기를 포함하고,

상기 제어기는,

전해질의 온도와 관련된 측정값을 주기적으로 얻고,

상기 측정값이 전해질의 온도가 상기 에너지 저장 장치의 작동 온도보다 낮은 것을 가리키는 경우, 열을 발생시키고 전해질의 온도를 높이기 위하여, 상기 에너지 저장 장치의 내부 표면 커패시턴스를 효과적으로 단락시키는 것에 충분한 주파수로 상기 입력들 중 하나에 제공되는 양 및 음의 입력 전류를 교번하여 제어하고, 양의 입력 전류는 상기 입력들 중 하나로 흐르고 음의 입력 전류는 상기 입력들 중 하나에서 나오도록 구성되는, 것인,

가열 회로.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 제어기는, 상기 전해질 및/또는 상기 에너지 저장 장치의 온도가 상기 에너지 저장 장치의 작동 온도 범위 내에 있는 경우, 상기 교번하는 양 및 음의 입력 전류를 중단하도록 구성되는, 가열 회로.

청구항 22

제20항에 있어서, 상기 양 및 음의 입력 전류의 교번 결과로 상기 충전 가능한 컴포넌트가 전압원의 전압으로 충전되었을 때, 상기 제어기는 충전 가능한 컴포넌트를 방전하는 것을 제어하도록 구성되는, 가열 회로.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이 출원은 2020년 9월 14일에 출원된 이전 미국 가출원 번호 63/078,251의 이익을 주장하며, 그 전체 내용은 참조로 여기에 포함된다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 극저온에서 고속의 빠른 충전 및 동작을 위한, 슈퍼커패시터(supercapacitor) 및 리튬 이온 배터리와 같은 에너지 저장 장치에 관한 것으로, 특히 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은 에너지 저장장치의 빠른 충전을 위한 방법 및 기기, 및 극저온에서 고속 방전 속도의 동작을 위한 것뿐만 아니라 고속으로 충전되도록 설계된 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리에 관한 것이다. 여기에서, 극저온은, 전해질이 슈퍼커패시터 내에서 거의 고체가 되는 온도, 보통 약 섭씨 -45도지만 섭씨 -54도 이하만큼 낮은 온도에서와 같이 에너지 저장 장치의 내부에 있는 전해질이 적어도 충전을 방해하는 온도를 의미한다.

배경 기술

[0003] 때로 울트라 커패시터라고 하고, 이전에는 EDLC(electric double-layer capacitor)라고 하던 슈퍼커패시터(SC)는, 전해질 커패시터와 충전식(rechargeable) 배터리(각각은 여기에서 집합적으로 “슈퍼커패시터”라고 지칭된다) 사이의 갭을 잇는 1.2 볼트에서 커패시턴스 값이 10,000 패럿(Farads)까지 되는 고용량 전기화학 커패시

터이다. 그러한 슈퍼커패시터는 전해질 커패시터보다 보통 단위 부피 또는 질량 당 10 내지 100 배 더 많은 에너지를 저장하고, 배터리보다 더 빨리 전하를 수용 및 전달할 수 있고, 충전식 배터리보다 훨씬 많은 충방전 사이클을 허용한다. 그러나 그 사이클은 주어진 충전에 대해 종래 배터리보다 약 10배 더 크다. 슈퍼커패시터의 여러 상이한 타입들의 구성 및 성질은 당업계에 잘 알려져 있다.

[0004] 군수품에서와 같은 일부 애플리케이션에서, 슈퍼커패시터는 극저온에서, 때로 화씨 -40 내지 -65도와 같이 낮은, 혹은 더 낮은 극저온에서 충방전될 필요가 있을 수 있다. 유사한 매우 낮은 충전 및 동작 온도는 또한 직접 전원 공급 또는 제동시 재생 회로를 위한 차량에 사용된 슈퍼커패시터에서와 같은 많은 상업적인 애플리케이션들에서도 만날 수 있다. 그러한 극저온에서, 슈퍼커패시터 전해질은 고체가 되고, 그에 따라 전해질 내 이온 수송을 방해 혹은 차단한다. 그 결과, 슈퍼커패시터의 충방전 속도는 대단히 감소된다. 그 결과, 사용자는 충전을 할 수 없거나, 온도 레벨이 매우 낮지 않고 슈퍼커패시터가 충분한 단열 보호를 받지 못하는 경우 슈퍼커패시터가 충전될 때까지 비교적 긴 시간을 기다려야 한다. 이것이 모든 현재 사용가능한 슈퍼커패시터에 해당됨이 당업자에게 이해된다.

[0005] 유사하게, 리튬 이온 배터리와 같은 현재 사용가능한 충전식 배터리에 대한 충전 방법 및 장치는 저온에서 이러한 배터리들의 충전에 사용될 수 없다. 내부에 전해질을 갖는 충전식 배터리에 적용가능하더라도, 리튬 이온 배터리에 대한 이하 내용이 예로서 참조될 것이다. 그러나, 리튬 이온 배터리에 대해 섭씨 0도에 가까운 저온은 슈퍼커패시터에 대해서는 상술한 것보다 훨씬 더 높을 수 있고, 여전히 충전을 방해하고, 배터리를 손상시키며, 리튬 이온 배터리가 온도에 훨씬 민감하기 때문에 화재 위험을 일으킬 수도 있다. 저온에서, 리튬 이온들의 이동에 대한 전해질의 “점성이 있는” 저항은 증가한다. 이 저항 증가는 리튬 이온 배터리의 충방전시 보다 높은 손실을 일으킨다. 저온 충전은 (비교적 높은) 전류를 배터리의 전기-화학 반응을 보이는 컴포넌트를 통과시키고, 이는 근본적으로 비가역적이고 배터리가 충전되는 것을 차단하며, 배터리를 영구 손상시키는 소위 백금 도금이라고 하는 결과를 일으키는 것으로 잘 알려져 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서, 군수품과 같은 군용 제품들 및 충전 속도가 요구되는 시스템의 성능 달성에 매우 중요한 전기 하이브리드 차량, 차량 재생 회로 및 전력 도구(power tool)에서와 같은 상업 제품들에서 전기 에너지 저장에 사용가능한 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은 에너지 저장 장치의 빠른 충전을 위한 방법 및 기기는 매우 바람직하다.

[0007] 또한 상술한 극저온에서 상당히 빠른 속도로 충방전되는 능력을 갖는 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은 에너지 저장 장치는 매우 바람직하다.

[0008] 또한, 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은 에너지 저장 장치가 현재 사용가능한 거의 모든 설계에서 구현되어, 생산을 위한 현재의 제조 공정에 대해 변경과 변형이 최소한으로 이뤄지게 할 수 있는 것이 매우 바람직하다.

[0009] 따라서, 때로 화씨 -65 내지 -45도 또는 그 미만의 낮은 온도에서 상이한 타입들 및 설계들을 갖는 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은 에너지 저장 장치를 빠르게 충방전하는 방법 및 기기를 개발할 필요가 있다.

[0010] 또한 현재 극저온에서 가능한 것보다 훨씬 빠르게 충방전할 수 있는 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은 에너지 저장 장치를 설계 및 구성하는 방법이 필요하다.

과제의 해결 수단

[0011] 화씨 -65 내지 -45도 또는 그 미만의 낮은 온도에서 상이한 타입들 및 설계들을 갖는, 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은, 현재 사용가능한 에너지 저장 장치를 위한 방법 및 기기는 군수품 및 차량 또는 다른 장치들이 훨씬 빠르게 충방전되고 동작이 준비되게 한다. 슈퍼커패시터 및/또는 리튬 이온 배터리가 사용되는 차량과 같은 상업적인 애플리케이션에서, 화씨 -65 내지 -45도 또는 그 미만의 낮은 온도에서 이들을 빠르게 충전하는 방법 및 기기는 차량 등이 그러한 극저온에서 동작하게 할 것이다.

[0012] 가능한 것보다 훨씬 빠르게 충방전될 수 있는 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은 에너지 저장 장치를 설계 및 구성하는 방법은 이들을 사용하는 군수품 및/또는 차량이 화씨 -65 내지 -45도 또는 그 미만의 낮은 온도

에서 훨씬 빠르게 충전되어 동작 준비되게 할 것이다.

- [0013] 여기에서는, 때로 화씨 -65 내지 -45도 또는 그 미만의 낮은 온도에서 상이한 타입들 및 설계들을 갖는 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은 현재 사용가능한 에너지 저장 장치의 빠른 충방전을 위한 새로운 방법 및 기기를 기술한다.
- [0014] 여기에서는 또한, 때로 화씨 -65 내지 -45도 또는 그 미만의 낮은 온도에서 매우 빠르게 충방전하는 능력을 갖도록 설계된 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은 에너지 저장 장치의 설계 및 구성을 위한 새로운 방법 및 기기를 기술한다.
- [0015] 여기에서는 또한, 때로 화씨 -65 내지 -45도 또는 그 미만의 낮은 온도에서 매우 빠르게 충방전되는 능력을 갖는 슈퍼커패시터 및 리튬 이온 배터리와 같은 에너지 저장 장치의 빠른 충전 및/또는 방전을 위한 방법 및 기기를 기술한다.
- [0016] 신규 방법 및 장치가 -65도와 같이 극저온에 대해 기술되었지만, 그러한 방법 및 기기는 섭씨 0도보다 약간 낮은 온도를 포함하여 모든 낮은 온도에서 적용가능하며 증가된 충방전 성능을 제공한다.
- [0017] 따라서 전해질이 있는 코어를 갖는 에너지 저장 장치를 가열하는 방법이 제공된다. 그 방법은: 입력과, 전해질 및 코어에 걸친 커패시턴스의 특성과, 입력들 사이의 내면 커패시턴스를 갖는 에너지 저장 장치를 제공하고, 내면 커패시턴스는 입력들에 결합된 에너지 저장 장치의 내부 전극들 사이에 전기장 에너지를 저장할 수 있는 단계; 에너지 저장 장치의 내부면 커패시턴스를 효과적으로 단락시키기에 충분한 주파수에서 입력들 중 하나에게 제공된 접지 입력과 입력 전압을 절환하여 열을 발생시키고 전해질의 온도를 상승시키는 단계; 및 전해질의 온도가 에너지 저장 장치의 충전 효율을 증가시키기에 충분하다고 간주되는 사전 정해진 온도보다 높은 경우 절환을 단절하는 단계를 포함한다.
- [0018] 그 방법은 제1 스위치를 통해 입력 전압을 제공하는 단계 및 제2 스위치에 접지 입력을 제공하는 단계를 포함할 수 있고, 절환은 제1 스위치의 동작을 통해 하나의 입력에 입력 전압을 결합하고 제1 시간 구간 동안 제2 스위치의 동작을 통해 상기 하나의 입력으로부터 접지 입력을 분리하는 것을 동시에 수행하며, 이후, 제1 스위치의 동작을 통해 하나의 입력으로부터 제1 전압을 분리하고, 제2 스위치의 동작을 통해 제2 시간 구간 동안 상기 하나의 입력에 접지 입력을 결합하는 것을 동시에 수행하되, 제1 구간 및 제2 구간은 에너지 저장 장치의 내부면 커패시턴스를 효과적으로 단락시키기에 충분한 주파수에서 후속하여 반복된다. 제1 스위치는 제1 절환 전압이 사전 정해진 제1 전압보다 낮은 경우 상기 하나의 입력에 입력 전압을 결합하는 보통은 닫혀있는 스위치일 수 있고, 및/또는 제2 스위치는 제2 절환 전압이 사전 정해진 제2 전압보다 낮은 경우 상기 하나의 입력으로부터 접지 전압을 분리하는 보통은 개방된 스위치일 수 있다. 접지 입력을 제공하는 단계는 상기 하나의 입력을 제2 스위치 및 싱크 저항기(sink resistor)를 통해 회로 접지에 결합하는 단계를 포함할 수 있다. 그 방법은 제2 시간 구간 동안 에너지 저장 장치의 방전과 거의 동일한 에너지 저장 장치의 충전이 제1 시간 구간 동안 일어나도록 입력 전압과 싱크 저항기의 저항을 선택하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 사전 결정된 온도는 제1 사전 결정된 온도일 수 있고, 그 방법은 전해질 온도가 에너지 저장 장치의 충전 효율을 적어도 감소시킨다고 간주되는 제2 사전 결정된 온도보다 낮은 경우, 절환을 시작하는 단계를 포함하고, 제2 사전 결정된 온도는 제1 사전 결정된 온도보다 낮다.
- [0020] 그 방법은 전해질 온도의 측정 및 근사 중 적어도 하나를 획득하는 단계를 포함할 수 있다. 획득하는 단계는 전해질과 에너지 저장 장치의 표면 중 적어도 하나 이상에 위치한 온도 센서로 전해질의 온도를 직접 측정하는 단계를 포함할 수 있다. 획득하는 단계는: 최초 충전 입력을 에너지 저장 장치에 인가하는 단계, 최초 충전 입력을 사용하여 충전 속도를 측정하는 단계, 및 최초 충전 입력에서 충전 속도를 결정하는 단계를 포함하고, 충전 속도가 사전 결정된 충전 속도보다 낮으면, 전해질 온도는 사전 결정된 온도보다 낮은 것으로 근사된다.
- [0021] 그 방법은 절환 및 단절을 제어하기 위한 제어기를 제공하는 단계를 포함할 수 있다. 그 방법은 제어기로 전해질 온도의 측정치 및 근사치 중 적어도 하나를 획득하는 단계를 포함할 수 있다. 획득하는 단계는 제어기와 결합되고, 전해질과 에너지 저장 장치의 표면 중 적어도 하나 이상에 위치한 온도 센서로 전해질의 온도를 직접 측정하는 단계를 포함할 수 있다. 획득하는 단계는 주기적으로 수행될 수 있다.
- [0022] 그 방법은 AC/DC 컨버터를 통해 제공된 AC 소스로부터 입력 전압을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 그 방법은: 에너지 저장 장치를 위한 에너지 저장 타입을 획득하는 단계; 및 룩업 테이블로부터, 획득된 에너지 저장 타입에 해당하는 사전 결정된 온도를 검색하는 단계를 포함하고, 룩업 테이블은 상이한 에너지 저장 타입

을 해당 사전 결정된 온도와 상관시킨다(correlate)

- [0024] 그 방법은 입력 전압을 상기 하나의 입력에 결합하여, 전해질 온도가 사전 결정된 온도보다 높은 동안 에너지 저장 장치를 충전하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 에너지 저장 장치는 리튬 이온 배터리 또는 슈퍼커패시터일 수 있다.
- [0026] 또한 전해질이 있는 코어를 갖는 에너지 저장 장치를 충전하는 방법이 제공된다. 그 방법은: 입력과, 전해질 및 코어에 걸친 커패시턴스의 특성과, 입력들 사이의 내부면 커패시턴스를 갖는 에너지 저장 장치를 제공하고, 내부면 커패시턴스는 입력들에 결합된 에너지 저장 장치의 내부 전극들 사이에 전기장 에너지를 저장할 수 있는 단계; 에너지 저장 장치의 내부면 커패시턴스를 효과적으로 단락시키시기에 충분한 주파수에서 입력들 중 하나에게 제공된 접지 입력과 입력 전압을 절환하여 열을 발생시키고 전해질의 온도를 상승시키는 단계; 전해질의 온도와 상관되는 측정치를 주기적으로 획득하되, 측정치가 전해질의 온도가 에너지 저장 장치의 충전 효율을 적어도 감소시키는 것으로 간주되는 저온 임계치보다 낮다고 표시하는 경우 절환이 개시되고, 측정값이 전해질의 온도가 에너지 저장장치의 충전 효율을 증가시키기에 충분하다고 간주되는 고온 임계치보다 높다고 표시하는 경우 절환이 단절되며, 저온 임계치는 고온 임계치보다 낮은 단계; 및 측정치가 전해질의 온도가 높은 온도 임계치보다 높다고 표시하는 동안 입력 전압을 상기 하나의 입력에 제공하여 에너지 저장 장치를 충전하는 단계를 포함한다.
- [0027] 배터리 코어, 주로 전해질을 직접 가열하는 고주파 전류를 인가하는 것은 슈퍼커패시터뿐만 아니라 현재의 거의 모든 사용가능한 배터리 타입도 섭씨 -60도 만큼 낮은 그리고 더 낮은 온도에서 사용하게 한다. 배터리를 통해 흐르는 고주파 전류는 전해질 내 이온들의 해당 고주파 진동 운동을 일으켜서 열을 생성하고, 그에 따라 전해질과 배터리 코어 온도를 증가시킨다. 보통 인가된 전류 주파수는 배터리 타입과 화학 반응에 따라 몇 백 Hz 내지 수 MHz의 범위를 가질 수 있다. 배터리 또는 슈퍼커패시터의 손상을 방지하기 위해, 배터리 및 슈퍼커패시터를 통과한 고주파 전류는 대칭, 즉, 순(net) DC 성분이 없거나 무시할 정도여야 한다.
- [0028] 따라서, 자동으로 고주파 전류를 DC 성분이 없거나 무시할 정도인 대칭으로 유지하는 동안 원하는 고주파 전류를 배터리 또는 슈퍼커패시터를 통과시키는, 상술한 저온용 직접 배터리 및 슈퍼 커패시터 가열 장치를 구축하는 회로 구현 방법 및 예가 기술된다.
- [0029] 또한 주변 온도가, 배터리와 슈퍼커패시터가 피크 성능 레벨에서 동작할 수 있는 온도보다 낮은 동안, 배터리와 슈퍼커패시터를 그 온도에서 유지할 수 있는 간단하고 매우 효율적인 장치를 갖는 것이 매우 바람직하다. 예를 들어, 매우 추운 환경에서, 차량의 배터리는 차량이 충전될 수 있도록 또는 차량이 동작하게 될 수 있도록 최초로 외부에서 제공된 전력으로 가열될 수 있다. 그러나, 차량이 주행하기 시작하는 경우, 외부 전력은 더 이상 사용가능하지 않고, 배터리는 완전한 동작 성능 레벨보다 낮게 냉각되고 거의 동작하지 않게 될 수 있다. 그러한 조건에서, 피크 성능 레벨에서 또는 그 가까이에서 동작을 유지하도록, 자신의 전력으로 (자체-가열하여) 필요한 만큼 차량 배터리를 가열할 수 있는 매우 효율적인 디바이스를 제공하는 것이 매우 바람직하다.
- [0030] 또한 트럭이나 승용차, 트랙터, 제설 및 눈 블로워 트럭(snow removal and snow blower trucks) 등과 같은 차량이 특히 겨울철에 일정 시간 동안 일상적으로 주차되거나 또는 심지어 온도가 매우 낮은 야외에서 하룻밤 동안 주차된다는 사실도 잘 알고 있다. 이러한 경우 일반적으로 외부 전원을 사용할 수 없으며 배터리가 매우 차가우면 몇 시간 또는 야간 주차 후 엔진을 시동하기에 충분한 전력을 제공하지 못할 수 있다. 이러한 경우, 운전자는 상당한 양의 연료를 낭비하고 불필요한 환경 오염을 야기하는 비용으로 주차 중에 엔진을 계속 작동시키거나 또는 배터리 위에 난방 블랭킷을 사용하고 배터리 전원을 사용하여 난방 블랭킷에 전력을 공급할 수 있다. 전자의 루트는 비용이 많이 들고 환경적으로 불건전하며 많은 주에서 엔진을 공회전시키는 것이 금지되어 있다. 후자의 솔루션은 생성된 열의 대부분이 환경으로 손실되기 때문에 매우 비효율적이며 따라서 상대적으로 짧은 시간 동안만 사용할 수 있고 배터리의 밤새 가열에는 확실히 사용할 수 없다.
- [0031] 트럭과 같은 대부분의 중장비는 -10° C 이하로 냉각될 때 전체 실내 온도 전력의 일부만 제공할 수 있는 대형 납산 배터리(lead-acid batteries)를 사용한다. 이러한 이유로 그러한 장비는 -20~-30° C 또는 그 아래에 도달할 수 있는 온도에서 작동해야 하는 경우, 그들은 그들의 엔진을 시동하기에 충분한 전력을 집합적으로 제공할 수 있도록 더 많은 배터리를 휴대해야 할 수 있다. 따라서, 이러한 차량에는 배터리 전원을 효율적으로 최소한으로 사용하면서 차량 배터리를 특정 온도 이상으로 유지하여 야간 주차와 같은 오랜 기간 주차 이후에 차량 엔진을 시동할 수 있는 충분한 전력을 제공할 수 있는 수단이 제공되는 것이 매우 바람직하다.
- [0032] 이러한 배터리 자체 가열 방법 및 장치는 배터리 온도가 사전 결정된 임계값 아래로 떨어지지 않도록 차량 엔진

이 작동하는 동안 작동할 수 있어 배터리가 최대 성능 수준에 또는 근접하게 유지되는 것이 매우 바람직하다.

[0033] 여러 다른 시스템도 그러한 자체 가열 능력을 사용하여 저온에서 완전히 동작가능하게 유지할 수 있음이 당업자에게 이해된다.

[0034] 따라서 배터리 및 슈퍼커패시터를 위한 매우 효율적이고 간단한 자체 가열 장치를 구축하는 회로 구현 방법 및 예가 기술된다.

도면의 간단한 설명

[0035] 본 발명의 기기의 특징들 및 다른 특징들, 측면 및 장점은 다음의 설명, 첨부된 청구항 및 도면을 통해서 더 명확하게 이해가 될 것이다:

도 1은 등가 집중(lumped) 내부 저항 및 인덕턴스 소자들을 갖는 집중 코어로 도시된 단순화된 슈퍼커패시터의 개략도이다.

도 2는 매우 낮은 온도에서 충전하는 빠른 슈퍼커패시터 충전 시스템 및 매우 낮은 온도에서 충전되는 슈퍼커패시터의 실시예에 대한 개략도를 도시한 것이다.

도 3 내지 7은 매우 낮은 온도에서 슈퍼커패시터를 충전하는 방법 흐름도의 실시예를 도시한 것이다.

도 8은 매우 낮은 온도에서 충전될 슈퍼커패시터의 실시예를 도시한 것이다.

도 9는 슈퍼커패시터 충전부의 개략도를 도시한 것이다.

도 10은 2 내지 3 MHz RF 전력 증폭기 회로도를 도시한 것이다.

도 11은 리튬 이온 배터리의 등가 회로를 도시한 것이다.

도 12는 저온에서 리튬 이온 배터리를 충전하는 방법의 구조에 대한 블록도를 도시한 것이다.

도 13은 저온에서 프로세서로 제어된 리튬 이온 배터리 충전전부 실시예의 메인 컴포넌트의 블록도를 도시한 것이다.

도 14는 저온을 포함한 모든 온도에 대해 리튬 이온 배터리 충전부만으로 사용하기 위한, 도 13의 저온용 프로세서 제어 리튬 이온 배터리 충전전부의 대안적인 실시예의 블록도를 도시한 것이다.

도 15는 충전 과정 동안 배터리 코어 온도를 유지하기 위해 도 13의 저온용 프로세서 제어 리튬 이온 배터리 충전전부의 대안적인 실시예의 블록도를 도시한 것이다.

도 16은 저온을 포함한 모든 온도에 대해 리튬 이온 배터리 충전부만으로 사용하기 위한, 도 15의 저온용 프로세서 제어 리튬 이온 배터리 충전전부의 대안적인 실시예의 블록도를 도시한 것이다.

도 17은 저온을 포함한 모든 온도에서 효율적인 방전을 위해 배터리의 코어 온도를 소정 온도보다 높게 유지하기 위한, 도 15의 저온용 프로세서 제어 리튬 이온 배터리 충전전부의 다른 대안적인 실시예의 블록도를 도시한 것이다.

도 18은 저온을 포함한 모든 온도에서 효율적인 방전을 위해 소정 온도보다 높게 리튬 이온 배터리의 온도를 유지하기 위한, 도 17의 저온용 프로세서 제어 리튬 이온 배터리 충전전부의 대안적인 실시예의 블록도를 도시한 것이다.

도 19는 저온을 포함한 모든 온도에서 효율적인 방전을 위해 소정 온도보다 높게 리튬 이온 배터리의 온도를 유지하기 위한, 도 18의 저온용 프로세서 제어 리튬 이온 배터리 충전전부의 대안적인 실시예의 블록도를 도시한 것이다.

도 20은 저온을 포함한 모든 온도에서 효율적인 충전을 위해 소정 온도보다 높게 리튬 이온 배터리의 온도를 유지하여 저온에서 리튬 이온 배터리를 충전하기 위한 흐름도를 도시한 것이다.

도 21은 저온을 포함한 모든 온도에서 효율적인 방전을 위해 소정 온도보다 높게 리튬 이온 배터리의 온도를 유지하여 저온에서 리튬 이온 배터리를 방전하기 위한 흐름도를 도시한 것이다.

도 22는 배터리 또는 에너지 저장 장치용 가열 회로 실시예에 대한 회로도를 도시한 것이다.

도 23은 도 1의 모델에 비해 추가 세부사항을 갖는 슈퍼커패시터의 개략적인 모델이다.

도 24는 도 22의 배터리 가열 회로 실시예의 회로도 구현을 도시한 것이다.

도 25는 소정 저온 임계치가 검출된 경우 배터리 가열 회로를 활성화하는 제어기, 및 배터리 온도 센서 를 갖는 도 22의 배터리 가열 회로의 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 26은 도 25의 배터리 가열 회로 실시예의 대안적인 회로도를 도시한 것이다.

도 27은 배터리 가열 회로의 대안적인 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 28은 배터리 온도 센서 및, 소정 저온 임계치가 검출된 경우 배터리 가열 회로를 활성화하는 제어기를 갖는 도 27의 배터리 가열 회로 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 29는 배터리 가열 회로의 다른 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 30은 소정 저온 임계치가 검출된 경우 배터리 가열 회로를 활성화하는 제어기, 및 배터리 온도 센서를 갖는 도 29의 배터리 가열 회로 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 31은 27의 실시예의 가열회로를 사용하여 섭씨 -30도에서 섭씨 20도까지 시간 함수로 Li-이온 배터리 가열 그래프를 도시한 것이다.

도 32는 55° C. 내지 45° C의 온도 범위에서 표준 18650 셀 Li-이온 배터리(배터리부 번호는 LGABB418650이다)의 내부 저항 그래프를 도시한 것이다.

도 33은 55° C 내지 45° C의 온도 범위에서 표준 18650 셀 Li-이온 배터리(배터리부 번호는 LGABB418650이다)의 내부 저항 그래프를 도시한 것이다.

도 34는 배터리 가열 회로의 다른 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 35는 정현(sinusoidal) 고주파 가열 AC 전압을 제공하도록 변형된 도 34의 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 36은 배터리 가열 회로의 다른 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 37은 정현 고주파 가열 AC 전압을 제공하도록 변형된 도 36의 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 38은 도 37의 실시예의 대안적인 변형된 회로도를 도시한 것이다.

도 39는 정격 전압에서 사용가능한 배터리 전류를 몇 개 배터리 타입에 대한 온도 함수로 도시한 그래프이다.

도 40은 배터리 가열 회로의 다른 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 41은 도 40의 배터리 가열 회로 실시예의 변형된 회로도를 도시한 것이다.

도 42는 배터리 가열 회로의 다른 실시예의 회로도를 도시한 것이다.

도 43은 도 42의 배터리 가열 회로 실시예의 변형된 회로도를 도시한 것이다.

도 44는 배터리 가열 장치의 다른 실시예의 블록도를 도시한 것이다.

도 45는 배터리 가열 장치의 도 44의 실시예의 블록도에서 “가열 엔진”의 동작을 도시한 것이다.

도 46은 배터리 가열 장치의 도 44의 실시예에 사용된 전형적인 절환 파형 및 배터리 전류 파형을 도시한 것이다.

도 47은 배터리 가열 장치의 도 44의 실시예에 대한 하드웨어 셧다운(shutdown) 회로의 하나의 가능한 구현을 도시한 것이다.

도 48은 배터리 가열 장치의 도 44의 실시예에 대한 하나의 가열 사이클에서 전류 파형의 예를 도시한 것이다.

도 49는 트럭들에 공통으로 사용된 12 V Type 31 납축전지(lead-acid battery)를 가열하는 동안 실제 측정된 전류 응답을 도시한 것이다.

도 50은 본 발명의 제1 고효율 자체 가열 장치의 기본 회로도를 도시한 것이다.

도 51은 본 발명의 제1 고효율 자체 가열 장치의 블록도를 도시한 것이다.

도 52는 도 50의 본 발명의 제1 고효율 자체 가열 장치의 기본 회로도를 도시한 것이다.

도 53은 도 52의 자체 가열 장치 실시예를 갖는 배터리가 자체가열하는 동안 배터리 및 주변 온도 예의 그래프를 도시한 것이다.

도 54는 자체 가열 시스템의 전체 가열 효율을 증가시키기 위해 추가 가열 저항기를 갖는 도 52의 고효율 자체 가열 장치의 회로도를 도시한 것이다.

도 55는 본 발명의 또 다른 고효율 자체 가열 장치의 실시예에 대한 회로도를 도시한다.

도 56은 자체 가열의 한 주기 동안 도 55의 자체 가열 회로의 직렬 공진 회로에서 일반적인 전류 및 전압 파형의 플롯을 도시한다.

도 57은 도 55의 실시예의 수정으로 인한 본 발명의 고효율 자체 가열 장치 실시예에 대한 회로도 및 그 동작 과정을 도시한다.

도 58은 도 57의 자체 가열 회로의 공진 회로에서 일반적인 전류 및 전압 파형의 플롯을 도시한다.

도 59는 회로 커패시터에 저장된 에너지로부터 도 57의 자체 가열 회로의 공진 회로에서 일반적인 전류 및 전압 파형의 플롯을 도시한다.

도 60은 고효율 배터리 가열의 전체 주기에 대한 도 57의 자체 가열 회로의 공진 회로에서 일반적인 전류 및 전압 파형의 플롯을 도시한다.

도 61은 자동 회로 매개변수 조정 기능이 있는 도 55 및 도 57의 자체 가열 실시예에 대한 작동 흐름도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 현재 사용가능한 모든 슈퍼커패시터 타입 및 설계는 내부 저항 및 인덕턴스를 갖고 있고, 이들은 직렬로 모델링될 수 있다. 슈퍼커패시터의 내부 저항 및 인덕턴스는 비교적 낮다. 슈퍼커패시터의 인덕턴스는 구성에서 납작하고 적층된 것들에 비해 권선된 것들에서 상당히 높다. 누설 전류는 커패시터와 병렬인 별도의 저항기로 나타낼 수 있다. 대체로, 슈퍼커패시터의 저항은 단기간 동작에서는 무시될 수 있다. 슈퍼커패시터 인덕턴스 또한 저주파 동작에서 무시될 수 있다.

[0037] 도 1의 개략도에서, 슈퍼커패시터(20)의 단순화된 모델이 집중 커패시터 코어(21)과 함께 도시되었고, 모델 내에서 상술한 등가 내부 저항 및 인덕턴스가 두 쌍의 직렬로 된 저항기 및 인덕터들로 도시되어 있고, 이들은 슈퍼커패시터의 커패시턴스 C에 연결되어 있다. 도 1에서, 직렬 저항기 및 인덕터 쌍은 저항 R1과 R2, 및 인덕턴스 L1과 L2로 표시되었다. 대부분의 슈퍼커패시터에서, 저항기 R1과 R2의 저항은 매우 낮다. 현재 모델에서, 집중 직렬 저항기 및 인덕터 쌍은 하나의 단부에서 슈퍼커패시터 커패시턴스 C에 연결되고, 타 단부에서 슈퍼커패시터 단자(22)에 연결되어 있다. 도 1에서, 누설 원인인 슈퍼커패시터의 내부 저항은 집중 저항기 R3로 모델링되었다. 도 1에서, 단순화하기 위해, 그리고 단순화가 슈퍼커패시터의 충방전 방법 및 기기에 영향을 주지 않기 때문에, 도 1에 도시된 것과 같은 슈퍼커패시터의 전기 모델이 고려된다.

[0038] 도 2, 3 및 5에서 개략적으로 도시된 제1 실시예에서, 내부 프로세서(11a)를 갖는 슈퍼커패시터 충전기부(11)는 먼저 S1a 또는 S1b 단계에서 슈퍼커패시터 코어의 내부 온도를 획득할 것이다. 그러한 프로세서는 하드웨어, PLC 또는 CPU와 같은 컴포넌트를 포함하고, 소프트웨어 및 그 소프트웨어를 저장하고, 후술되는 방법에 사용되는 사전 결정된 값들과 같은 데이터를 저장하는 메모리를 가질 수 있다. 상온에서 보관되는 군수품과 같은 애플리케이션에서, 슈퍼커패시터 코어 온도는 S1a 단계에서 주변온도를 측정하여 획득될 수 있고, 슈퍼커패시터의 내부 온도는, 주변 온도를 슈퍼커패시터 코어 온도와 동일하게 하는 것과 같이 일부 주변온도의 함수를 사용하여 근사될 수 있다. 또는, 슈퍼커패시터 코어 온도는 (당업계에 공지된 열전대(thermocouple) 기반 센서 또는 다른 온도 측정 센서들과 같은) 내부 센서(12)로 직접 측정될 수 있고, 측정된 온도 신호가 센서 커패시터 단자(14)에 연결된 배선(13)을 통해 프로세서(11a)에 제공된다. 센서(12)는 프로세서(11a)에 의해 사용되어 슈퍼커패시터가 정규 속도로 충전될 수 있는지, 또는 코어 온도가 너무 낮아 슈퍼커패시터 전해질이 고체가 되거나 그에 매우 가깝게 되어 전해질 내 이온 수송을 방해 또는 차단하고, 슈퍼커패시터가 정규(액체 전해질 상태) 속도로 빨리 충전되는 것을 차단하는지를 판단한다. 또 다른 대안으로, 온도 센서는 슈퍼커패시터의 외부면에 위치할 수 있고, 획득된 온도는 외부면 온도를 슈퍼커패시터 코어 온도와 동일하게 하는 것처럼 외부면 온도의 일부 기능을 사용하여 슈퍼커패시터 코어의 내부 온도를 개산한다(approximate).

- [0039] 또는, 도 5에 도시된 바와 같이, 슈퍼커패시터 코어 온도는, S1b 단계에서 정규 충전 전압 (또는 임의의 적당한 최초 전압 레벨)을 충전부(11)를 통해 슈퍼커패시터에 인가하는 것과 같은 가정에 기반하여 획득될 수 있다. S2b 단계에서 슈퍼커패시터가 정규 속도로 충전되지 않는 것으로, 즉, 예를 들어, 측정된 충전 전류 속도가 공지된 정규 충전 전류 속도보다 상당히 낮은 것으로 판단된다면, 프로세서(11a)는 슈퍼커패시터 코어 온도가 매우 낮고 정규(액체 전해질 상태) 속도로 충전될 수 있는 것보다 낮다고 가정할 수 있다.
- [0040] 이하에서, 상술한 바와 같이, 슈퍼커패시터 전해질이 고체라고 간주되거나 이온의 비교적 자유로운 수송이 효과적으로 허용될 수 없는 온도 레벨을 표시하기 위해 매우 낮은 온도가 사용된다.
- [0041] 안전성때문에, 충전부(11)의 프로세서(11a)는 또한 충전 사이클의 시작 이전에 슈퍼커패시터의 충전 레벨을 결정할 수 있음이 당업자에게 이해될 수 있다. 또한, 온도 센서(12)가 채용되어, 이전에 기술한 바와 같이 낮은 충전 속도는 사실상 낮은 커패시터 코어 전해질 온도 레벨에 의한 것임을 보증할 수 있다.
- [0042] 도 2의 개략도에서, 충전부(11)는 배터리에 의한 것처럼 내부적으로 전력이 공급되는 것을 보여준다. 그러나, 많은 애플리케이션에서, 충전부(11)는 외부 소스(미도시)에 의해 전력이 공급될 수 있다. 충전부(11)는 충전부(11) 전력과 관계없이 유사하게 기능한다.
- [0043] 그런 다음, 프로세서(11a)가 슈퍼커패시터의 코어 온도가 매우 낮고, 매우 낮은 온도 레벨로 인해 (완전히 충전되지 않았다고 판단될 수 있는) 슈퍼커패시터가 S2a 또는 S2b 단계에서 빠르게 충전될 수 없다고 판단한다면, 충전부(11)는 S5a 단계에서 슈퍼커패시터 충전을 시작할 수 있다. 도 2의 개략도에서, 충전부(11)는 슈퍼커패시터(20)의 단자(22)를 충전부(11)의 해당 단자(16)에 연결하는 배선(15)을 통해 슈퍼커패시터(20)에 연결되는 것으로 도시되었다.
- [0044] 그러나, S2a 단계 또는 S2b 단계에서, 프로세서(11a)가, 슈퍼커패시터의 코어 온도가 사전 결정된 온도(예를 들어, 코어가 정상적인 충전이 이뤄질 수 있는 것보다 높은 온도)라면(S2a 단계 또는 S2b 단계에서 결정이 '아니오'라면), S3 단계에서 충전부는 슈퍼커패시터를 종래대로 충전할 것이고, S4 단계에서 충전은 슈퍼커패시터가 완전히 충전되었다고 결정될 때까지 계속되고, 아니면 충전은 종료된다.
- [0045] 한편, S2a 단계 또는 S2b 단계에서 결정이 '예'라면, 충전부(11)는 하나 이상의 사전 결정된 전압 및 전류를 슈퍼커패시터의 단자(22)로 입력할 수 있고, 에너지 저장 장치의 내부 컴포넌트는 열을 발생할 것이다. 예시적인 제1 입력으로서, s5a 단계에서 충전부(11)는 상대적으로 고주파 전압을 슈퍼커패시터에 인가할 수 있다. 고주파 전압은 최대 허용가능 충전 슈퍼커패시터 전압 근처의 피크 전압 또는 그보다 훨씬 높은 전압일 수 있다. 여기서, 고주파는 슈퍼커패시터가 효과적으로 단락되어 인덕턴스(L1 및 L2) 및 저항(R1 및 R2)이 열을 발생하게 하는 주파수이다. 그런 다음, 프로세서(11a)는 (도 3 및 5의 라인(S6)으로 도시된) 사전 결정된 간격 등으로, 상술한 방법들 중 어느 것을 통해 슈퍼커패시터 코어의 온도를 주기적으로 계속 획득한다. 슈퍼커패시터 코어 온도의 주기적인 획득은, S1a 단계에서 온도 센서(12)로 내부 온도를 측정하거나, S1b 단계에서 정규 충전 전압에서 커패시터의 충전을 시도하고 충전 전류로부터 충전 속도를 측정하는 것과 같이 직접 측정하거나 상술한 것과 같은 가정으로 얻을 수 있다. 또는, 코어(슈퍼커패시터 전해질) 온도가 슈퍼커패시터의 적절한 충전을 위해 원하는 레벨까지 도달했거나 슈퍼커패시터 공칭(nominal) 충전 속도가 도달했을 때까지, 코어 온도를 측정하기 위해 두 방법(Sa1 및 S1b)과 같은 둘 이상의 방법이 사용될 수 있다. 어느 시간에서든, 인가된 고주파 전압 신호는 S2a 및/또는 S2b 단계에서 종료되고, 프로세서(11a)는 종래대로 원하는 레벨까지 슈퍼커패시터를 충전하도록 충전부(11)에 지시한다(S3 및 S4 단계). 충전 과정이 슈퍼커패시터 전해질의 “재 냉동(re-freezing)” 때문에 중단되지 않는 것을 보장하기 위해, 온도 레벨 및/또는 충전 속도 측정은 정규 간격처럼, 특히 매우 낮은 주변 온도 조건에서 필요한 만큼 반복될 수 있다.
- [0046] 대안적인 실시예가 도 2의 개략도 및 도 4 및 6의 흐름도로 도시되어 있고, 흐름도에서 도 3 및 5의 흐름도와 유사한 단계들은 각각 유사하게 참조번호가 부여되어 있다. 대안적인 실시예에서, (완전히 충전되지 않은) 슈퍼커패시터(20)의 코어(12)가 상술한 기법 중 하나 또는 그 결합을 사용하여 극저온에 있다고 판단되면(S2a 또는 S2b 단계), 프로세서(11a)는 내부 저항(R3)을 통해 정전류(constant current)를 슈퍼커패시터 단자(22) 및 상술한 두 쌍의 직렬 연결된 저항기 및 인덕터를 통과시켜 충전부(11)가 코어(12)를 가열하도록 지시한다(S5b 단계). 전류는 배선(15)을 통해 충전부(11)에 의해 생성된다. 대체로, 슈퍼커패시터(20)의 타입 및 설계에 따라, 및 충전 상태와 전해질 온도에 따라, 전류는 슈퍼커패시터의 정격전압(voltage rating)보다 상당히 높은 전압에서 인가된다. 이는 보통 낮은 충전 레벨을 갖는 커패시터의 냉동된 전해질이 상당히 높은 전압을 견딜 수 있기 때문에 가능하다. 슈퍼커패시터의 정격전압보다 높은 가열 전압을 사용하는 경우, 프로세서(11a)는 주기적으로 코어 온도 및 슈퍼커패시터의 충전 상태를 모니터링하고(s6 단계), 슈퍼커패시터가 공칭 속도에서 또는 그 가까

이에서 충전되기 시작할 때 적절하게 가열 전압을 낮춘다.

[0047] 대체로, 대부분의 슈퍼커패시터들의 매우 높은 내부 저항 레벨(R3)때문에, 슈퍼커패시터의 등가 인덕턴스(L1 및 L2)를 통해 슈퍼커패시터 코어에 열을 공급하는 도 3 및 5의 방법은 보다 효과적이다. 도 3 및 5에 도시된 방법은 또한, 고주파 전류가 슈퍼커패시터의 정격 전압에서 또는 그보다 높은 전압에서 인가될 수 있기 때문에 보다 안전하다. 그러나, 이 경우, 인덕터 코어는 사실상 도전성 슈퍼커패시터 전해질이기에 때문에, 많은 슈퍼커패시터에서 생성될 수 있는 열의 양은 비교적 낮을 수 있음이 당업자에게 이해될 것이다.

[0048] 도 1에 도시된 집중 모델에서, 정전압을 슈퍼커패시터 단자에 인가하여 초당(P) 생성된 상술한 열은 다음 식으로 주어진다.

수학식 1

$$P = \frac{V^2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

[0050] 상술한 수학식에서 볼 수 있듯이, 누설 저항(R3)가 매우 크기 때문에, (예를 들어, 2.7 Volt의 정격 전압을 갖는) 슈퍼커패시터에 인가될 수 있는 비교적 낮은 전압에 대해 초당 생성될 수 있는 열의 양은 매우 작다. 예를 들어, 2.7 V의 정격 전압을 갖고, 직렬저항 R1+R2=50 mΩ 및 누설 저항 R3=10 kΩ을 갖는 전형적인 100 F 슈퍼커패시터는, 상술한 수학식 (1)에 따라 수학식 (2)의 속도로 열을 생성한다.

수학식 2

$$P = \frac{(2.7V)^2}{(10k\Omega + 50m\Omega)} = 0.73 mW$$

[0052] 다른 대안적인 실시예에서, 이전에 설명된 정전압 애플리케이션 대신에 다음의 방법이 사용되어, 도 1에 개략적으로 도시된 전형적인 슈퍼커패시터(20)의 코어(21) 내에서 상술한 속도로 열 생성을 증가시킬 수 있다. 도 7에 도시된 이 방법에서, 배터리가 완전히 충전되지 않았고 S1c 및 S2c 단계에서 배터리 코어가 극저온에 있다고 충전부(11)가 결정하면, 이전에 기술된 것처럼, 충전부(11)는 고주파 f에서 피크 전압 V_p의 교류 전류를 단자에 인가할 것이다(S5c 단계). (도 1 및 2에 도시된 것처럼 저항기(R1, R2 및 R3)와 인덕터(L1 및 L2)로 구성된) 집중 회로의 거동은 위 수학식(1)로 표시된 것과는 매우 다를 것이다. 고주파 f에서, 커패시터 C는 매우 낮은 임피던스를 제공하고, 이는 자신과 병렬로 위치한 누설 저항기 R3를 효과적으로 단락시킨다. 그 결과, 저항 R1 및 R2가 매우 작기 때문에 인가된 전류에 대한 전체 저항은 매우 작다. 그 결과, 초당 발생된 전체 열은 매우 크게 되고, 따라서 상당히 냉각된 슈퍼커패시터 코어 전해질이 공칭 충전속도에서 또는 그 가까이에서 충전될 수 있는 온도까지 매우 빨리 가열될 수 있다. 그러한 매우 높은 주파수에서, 인덕터 L1 및 L2 또한 높은 임피던스를 제공하지만, 보통 슈퍼커패시터 환경에서는 낮은 저항 R1 및 R2로 생성된 것보다 열에 훨씬 덜 기여할 것이다. 초당 생성된 열(전력 P)은 아래 수학식 (2)에 의해 근사적으로 주어진다.

수학식 3

$$P = \frac{1}{2} \frac{V_p^2}{R_1 + R_2 + 2\pi f(L_1 + L_2) + \frac{R_3}{1 + 2\pi f C R_3}}$$

[0054] L1+L2=0.06 pH 및 R1+R2=50 mΩ의 전형적인 전체 인덕턴스 및 누설 저항 R3=10Ω을 갖고, 주파수 f=1,000 Hz에서 인가된 AC 전압 V_p=1 V를 갖는 상술한 100 F의 슈퍼커패시터의 경우, 초당 생성된 열은 9.3 W에 도달할 수 있다. 상술한 계산은 근사된 것으로, 극저온에서 인가된 고주파 전압을 갖는 슈퍼커패시터의 커패시턴스 변화를

고려하지 않은 것이다.

- [0055] 충전부(11)는 코어 온도 측정을 위해, 그리고 슈퍼커패시터의 안전한 충전뿐만 아니라 상술한 슈퍼커패시터 가열 과정을 위해 표시된 전류 및 전압 입력을 제공하기 위해, 프로세서(11a) 뿐만 아니라 전자부품들 및 로직 회로가 필요함을 당업자는 이해할 것이다. 이 기술은 광범위하게 실시되고 당업계에 공지된 것으로 고려된다.
- [0056] 상술한 실시예들에서, 슈퍼커패시터의 인덕턴스 또는 내부 저항은 기술된 충전부에 의해 슈퍼커패시터 코어(주로 전해질)를, 전해질 이온에 충분한 이동도가 제공되어 슈퍼커패시터의 빠른 충전이 이뤄지는 온도까지 가열한다. 그것은 직렬 저항 및 인덕턴스로 구성되고, 누설 전류는 도 1의 커패시터와 병렬인 저항기로 표현된다. 직렬 저항(도 1에서 R1 및 R2)은 수 내지 수십 밀리오옴을 갖는다. 인덕턴스(도 1에서 L1 및 L2)는 구성에 따라 달라지고, 저주파 동작의 경우 무시될 수 있다. 누설 저항 또한 단기간 동작의 경우 무시될 수 있다. 슈퍼커패시터의 전해질은 두 전극들 사이의 도전성 연결을 형성하고, 도전성 연결은 슈퍼커패시터를 전해질이 제2 전극(캐소드)인 전해질 커패시터와 구별한다. 슈퍼커패시터 전극은 일반적으로 도전성이 있는 금속 전류 콜렉터(current collector)에 도포되어 전기적으로 연결되는 얇은 코팅이다. 전극은 양호한 도전성, 높은 온도 안정성, 장기간 화학 안정성, 높은 침식 저항 및 단위 부피 및 질량 당 높은 표면적을 가져야 한다. 다른 필요 사항은 환경 친화성 및 낮은 비용을 포함한다.
- [0057] 도 8을 참조하면, 슈퍼 컨덴터 및 전극의 타입과 설계에 관계없이, 다른 실시예는 슈퍼커패시터 전극 표면에 추가된 추가 저항 및/또는 유도성 요소, 아니면 슈퍼커패시터 코어를 통틀어 저항성 및/또는 유도성 요소를 분배하는 것에 관한 것이다. 유사하게, 그러한 추가 저항성 및/또는 유도성 요소는 또한 리튬 이온 배터리와 같은 충전식 배터리에 추가될 수 있다. 이 추가 저항성 및/또는 유도성 요소는 전기적으로 유전체 물질과 절연되어 에너지 저장 장치 동작과의 간섭을 방지한다. 추가 저항성 요소 R4 및/또는 유도성 요소 L3는 코어 전체에 분배되어 있고, 전해질 물질에 가능한 한 가까이 있다. 다음으로, 코어 온도가 이전에 기술된 것만큼 낮다고 판단되면, 추가 저항을 통한 전류 전달로 열을 생성하여 전해질의 온도를 높이고, 그에 따라 코어 온도가 사전 결정된 온도보다 높게 올라간 공칭 속도의 충전을 또는 충전 능력을 허용한다. 유도 요소가 추가되는 경우, 충분한 고주파의 교류 전류가 전해질을 가열하여 극저온에서 빠른 충전 과정을 용이하게 한다. 그러한 슈퍼커패시터(20a)에서, 코어를 가열하기 위해 한 세트의 단자들(22)만을 사용하여 슈퍼커패시터(20a)를 충전하고 추가 인덕터(들)(L3) 및 저항기(들)(R4)에 입력하도록 전자 로직의 충전부에 독립적인 배선(13a)이 제공될 수 있더라도, 코어를 가열하기 위해 필요한 전기적 입력을 입력하기 위해 추가 단자들(14a)이 제공될 수 있다.
- [0058] 슈퍼커패시터 테스트부(100)의 블록도가 도 9에 도시되어 있다. 25 MHz의 임의의 파형 생성기와 같은 기능 생성기(102)가 제공된다. 또한 전력 증폭기(104)가 제공되고, 슈퍼커패시터 임피던스와 후술되는 필요한 전력 범위를 매칭함으로써 사용가능한 2 내지 30 MHz의 RF 전력 증폭기를 변형하여 구성될 수 있다. DC 전원(106)은 출력 전압 및 전류 제한 설정을 갖는 안정화 소스(regulated source)로 제공된다. 테스트 부하 또는 사용자 장치(108)는, 슈퍼커패시터에 저장된 사용가능한 에너지를 측정하는 높은 전력 저항기일 수 있다.
- [0059] 기능 생성기 주파수 및 전력 증폭기 전압 진폭은 수작업으로 설정될 수 있다. DAQ 및 DSP 보드를 구비한 호스트 컴퓨터(110)는 그 과정을 제어하고 데이터 수집 및 온라인 분석 및 피드백을 위한 수단을 제공할 수 있다. DSP 보드 클럭은 빠른 입/출력 동작 및 샘플링 시간을 제공할 수 있다. 제공된 시스템으로 부하를 통한 연속적인 전압 및 전류 측정 및 소비 전력 측정이 가능하고, 그에 따라 부하 임피던스도 측정가능하다. DC 전원(106)은 또한 DCP 기반 제어기(110)로 제어가능하여 원하는 충전 프로파일을 달성할 수 있다. 테스트 부하는 충전된 슈퍼커패시터가 추종 충전을 제공할 수 있는 에너지 양의 측정에 사용될 수 있다. DSP 제어기(110)로 제어되는 스위치(112)는 슈퍼커패시터(114)를 원하는 회로에 연결할 수 있다. 한 세트의 전압 및 전류 센서들(116, 118)은 자신의 값들을 DAQ를 통해 DSP A/D 컨버터로 보고한다. 제어기(110)는 호스트 컴퓨터와 통신하여 명령 및 각 장치의 상태를 교환할 수 있다. DSP 제어기(110)는 또한 충전 펄스를 생성할 수 있다.
- [0060] 슈퍼커패시터 테스트부는 DC 바이어스가 있거나 없는 고주파 정현 AC 전압 신호를 슈퍼커패시터 부하에 인가하도록 설계될 수 있다. AC 신호의 전압 및 주파수는 수작업으로 또는 자동으로 제어될 수 있다. 부하의 전압 및 슈퍼커패시터 부하를 통과하는 전류 및 이들의 위상이 측정된다. 그런 다음, 부하 및 부하의 임피던스에 인가되는 전력이 계산된다.
- [0061] 고주파 25 MHz의 기능 생성기(102)는 전력 증폭기(104)의 입력에 사용될 수 있다. 전력 증폭기(104)는 기존 RF 전력 증폭기의 입출력 임피던스를 변형하여 구축될 수 있다. 기존 2 내지 30 MHz RF 전력 증폭기 설계의 회로도도 도 10에 도시되어 있다. 이 장치의 공칭 전력 출력은 30 Watt 일 수 있고, 이는 슈퍼커패시터 충전에 적당하다.

- [0062] 기존 호스트 컴퓨터는 이 목적을 위해 DAQ 및 DSP 보드를 구비할 것이다. 적당한 데이터 통신, 센서 데이터 획득, 및 요구된 제어 신호들의 처리 및 생성을 위한 시스템을 실행하기 위해 필요한 소프트웨어가, 제어기(110)가 액세스가능한 메모리(미도시)에 저장될 수 있다.
- [0063] 충전부(100)는 상이한 AC 주파수, 온도 및 전압에서 슈퍼커패시터(114)의 임피던스를 측정할 수 있다. 기능 생성기(102)는, 예를 들어, 최대 25 MHz의 조정가능한 전압 신호를 갖는 정현파를 생성할 수 있다. 그런 다음, 전력 증폭기(104)는 슈퍼커패시터의 사전 결정된 (사전설정된) 전압 레벨에서 AC 전압을 생성 및 인가할 것이다. 펄스 생성기에 의해 제어되는 스위치(11)는, AC 전압 주파수에 따라 조정가능한 10 내지 100 마이크로초의 짧은 듀레이션(duration)처럼 사전 결정된 시간 구간동안 AC 전압을 인가할 것이다. 짧은 듀레이션의 입력 전력은 전체 입력 에너지가 무시가능한 것을 보장한다. 그런 다음, 입력 전압 및 전류 파형이 측정되어 슈퍼커패시터 임피던스가 계산된다.
- [0064] 슈퍼커패시터 충전 테스트는 20° C, 25° C, 35° C, 45° C, 48° C, 54° C, 및 65° C와 같은 다양한 온도에서 수행될 수 있다. 테스트는 또한 2.7 V, 3.2 V, 4.5 V, 6 V, 8 V 및 10 V와 같은 다양한 AC 전압 진폭을 사용할 수 있다. AC 전압 주파수 범위는 2 MHz 내지 25 MHz일 수 있고, 테스트는 0.5 MHz 단위로 수행될 수 있다.
- [0065] 이전에 기술된 대로, 고주파 AC 전압을 슈퍼커패시터에 인가하는 것은 인가된 DC 전압으로 슈퍼커패시터를 충전하기 전에 낮은 온도에서 슈퍼커패시터, 특히, 전해질을 가열하기 위한 것이다.
- [0066] 테스트 장치의 목적은 상술한 방법들에서 사용하기 위한 데이터베이스를 구축하기 위해 어느 점에서 AC 전압을 중단해야 하고 DC 충전을 시작해야 하는지를 결정하기 위한 것이다. 약 45° C 내지 48° C 보다 낮은 극저온에서, 전해질은 거의 고체로 냉동되고 슈퍼커패시터의 임피던스는 매우 높다. 그러나 전해질이 활성화 되면서(녹으면서), 슈퍼커패시터의 유효 캐패시턴스가 빠르게 증가하여 임피던스가 빠르게 떨어지고, 그에 따라 통과 전류 레벨이 증가하게 된다. 이 테스트에서, AC 전류 레벨이 측정되고, 10, 25, 50, 75 및 100 배씩 증가한 후에, AC 전압이 DC 충전 전압으로 전환되어 슈퍼커패시터에 인가된다. 이 테스트에서, 예를 들어, 슈퍼커패시터는 충전 전류가, 슈퍼커패시터가 완전히 충전될 것으로 간주되는 지점인 20 mA로 떨어질 때까지 3.2 V에서 충전될 수 있다. 그런 다음, 테스트 부하(108)를 통해 슈퍼커패시터에 저장된 에너지를 방전하여 저장된 사용가능한 에너지가 측정된다.
- [0067] AC 전류 및 전압 프로파일 및 DC 충전 시간이 기록된다. 테스트는 슈퍼커패시터가 온도 챔버(120) 안에 있는 동안 수행될 수 있다. 테스트는 전형적인 단일 자켓 안에 포장된 커패시터로, 및 단일없이 수행되어, 열 손실에 대한 일정 레벨의 단열을 제공하는 하우스징 안 및 임의의 하우스징 밖에 설치된 슈퍼커패시터를 각각 모방할 수 있다.
- [0068] 테스트하는 동안, 저장된 에너지가 기대되는 저장된 사용가능한 에너지의 95%보다 적다면, 슈퍼커패시터(114)가 손상된 것으로 간주될 것이다.
- [0069] 그러한 테스트는 상술한 저온에서 슈퍼커패시터를 충전하는 방법을 최적화하여 최소 시간으로 완전한 충전을 달성할 수 있고, 저온에서 슈퍼커패시터를 충전하기 위한 일반적인 시간 최적화 전략을 만들 수 있다. 슈퍼커패시터의 예열을 위한 AC 전압 및 주파수 범위, 그것의 후속 DC 충전, 및 최적의 기대 AC-DC 전환점이 상이한 저온 레벨에 대해 결정될 수 있고, 상이한 저온 레벨들은 테스트되고 미세 조정되어 구현에 바람직한 시간 최적화 전략을 얻을 수 있다.
- [0070] 따라서, 상술한 테스트 장치 및 방법으로, 다양한 크기 및 구성의 슈퍼커패시터들을 충전하여 다양한 저온에서 완전하게 충전하는데 필요한 시간에 대한 통계 정보를 얻을 수 있다. 생성된 통계 정보는 주어진 온도에서 커패시터의 충전에 필요한 평균 시간 및 95%와 같은 일정 신뢰 레벨에서의 표준 편차를 포함할 수 있다.
- [0071] 저온에서 슈퍼커패시터를 충전하기 위한 개시된 테스트 장치 및 방법은 (도 3 내지 6에서와 같은) 상술한 다른 방법들 및/또는 리튬 이온 배터리와 같은 충전식 배터리뿐만 아니라 공지된 다른 타입의 슈퍼커패시터들, 울트라커패시터들 및 소위 하이브리드 커패시터들 등에도 적용될 수 있음이 당업자에게 이해될 것이다.
- [0072] 저온에서 슈퍼커패시터의 빠른 충전을 위한 상술한 방법 및 장치는 또한 저온에서 리튬 이온 및 다른 유사 충전식 배터리의 충전 속도를 유사하게 가능하게 하고 및/또는 상당히 증가시킬 수 있다. 상술한 바와 같이, 저온 충전은 대체로 리튬 이온 및 다른 유사 충전식 배터리에 대해 보다 많은 문제가 있다. 왜냐하면 그 충전 속도가, 매우 높은 온도에서, 보통 섭씨 영하 몇 도에서도 슈퍼커패시터보다 낮기 때문이다.
- [0073] 리튬 이온 및 다른 유사 충전식 배터리의 경우, 슈퍼커패시터에 대해 이전에 설명된 것과 유사하게, 충전 과정

은 비슷한 단계를 포함한다. 리튬 이온 배터리가 충전이 필요하고 그것의 코어가 충전을 방해/최소화시키는 낮은 온도에 있다고 판단한 후, 배터리 전해질과 전극은 도 3 내지 7에 대해 상술한 것과 유사한 방법으로, 사전 결정된 전압 및 전류 입력을 배터리 단자로 입력하고, 보통 1 내지 10 MHz 정도 및 배터리 크기 및 구성에 따라 때로 그보다 높게 AC 고주파 전압을 인가하여 내부 컴포넌트들이 열을 생성하게 하여 가열된다... 그런 다음, 배터리 코어, 특히 전해질, 상술한, 또는 가정한 온도 센서로 직접 검출되거나 또는 마찬가지로 상술한 AC 및/또는 DC 전압으로 충전 속도를 검출함으로써 검출되는, 사전 결정된 원하는 온도 또는 충전 능력에 도달하면, 배터리는 종래대로 공지된 전자 및 로직 회로에 따라 DC 전압을 사용하여 충전됨으로써 안전하고 빠른 충전을 보장할 수 있다.

[0074] 많은 경우에, 리튬 이온에서 및 다른 유사 (수퍼커패시터 충전을 포함한) 충전식 배터리 충전에서, 최적 충전 시간은 보통 AC 전압을 DC 전압으로 전환하기 전에 AC 전압과 DC 전압을 그 충전 시간의 일부분 동안 중첩하여 달성될 수 있다.

[0075] 리튬 이온 배터리의 기본 동작은 도 11에 도시된 등가 (집중) 회로로 대략 모델링될 수 있다. 이 모델에서, 저항기 R_e 는 전극과 배선이 제작되는 도전성 물질에서 자유롭게 이동하는 전자에 대한 전기 저항인 것으로 고려된다. 등가 저항기 R_i 은 배터리 전해질에 의해 리튬 이온들의 자유로운 운동에 대한 ("필수적으로 점성의") 저항을 나타낸다. 등가 인덕터 L_i 은 운동 상태에서 변화에 대한 ("필수적으로 관성의") 저항을 나타내고, 이는 필요한 운동의 주파수가 극히 높아질 때까지는 중요하지 않다. 커패시터 C_e 는 전극들 사이의 전기장 에너지를 저장할 수 있는 표면 커패시턴스이고, 커패시터의 병렬 플레이트들(plates)과 유사하게 동작한다. 저항 R_e 및 커패시터 C_e 는 C_e 가 배터리가 충전되는 동안 화학 에너지로 저장되는 전기 에너지를 표시하도록 의도되고 배터리가 방전되는 동안 전기 에너지로 방전될 수 있는 배터리의 전기-화학 매커니즘을 나타내며, R_e 는 방전된 전기 에너지의 일부가 소비(손실)되고 필수적으로 열로 변환되는 등가 저항기를 표시한다. 단자 A 및 B는 리튬 이온 배터리의 단자를 나타내고, C 및 D는 회로에서 다른 내부 점이다.

[0076] 많은 상이한 리튬 이온 타입과 설계 및 상이한 화학 조성들을 현재 사용할 수 있음이 당업자에게 이해될 것이다. 또한 다른 리튬 이온 모델도 개발되었음이 이해될 것이다. 그러나 저온에서 그러한 배터리를 충전하기 위해 개시된 방법 및 기기가 관련되어 있는 한, 도 11의 개략도에 제시된 모델은 리튬 이온 배터리의 기본 컴포넌트를 나타낸다. 따라서 여기에서 기술된 방법 및 기기는 도 11에 도시된 구성을 갖는 것들만이 아니라, 모든 상이한 설계 구조 및 화학반응을 갖는 리튬 이온 배터리의 상이한 타입 및 설계에 적용된다. 현재 사용가능한 리튬 이온 배터리 충전 방법이 섭씨 0도에 가까운 낮은 온도에서 이 배터리들의 충전에 사용될 수 없는 이유는 간단하게 상술되었고, 공개된 자료에 잘 기술되어 있으며, 배터리를 손상시키고, 사용된다면 화재위험을 일으키기도 한다는 것이 알려져 있다.

[0077] 도 11에 도시된 근사화된 등가 (집중) 회로 모델에서, 배터리의 세 컴포넌트, 즉 R_i , R_e 및 C_e 는 온도에 상당히 민감하다. 저온에서, 저항기 R_i 의 저항은 리튬 이온의 이동에 대한 전해질의 "점성" 저항 증가에 의해 증가한다. 이 저항 증가는 리튬 이온 배터리의 충방전시 보다 높은 손실을 일으킨다. 저온 충전은 (비교적 높은) 전류를 배터리의 전기-화학 반응을 나타내는 컴포넌트 R_e 및 C_e 에 통과시키고, 이는 근본적으로 비가역적이고 배터리 충전을 차단하며, 배터리를 영구 손상시키는 소위 백금 도금이라고 하는 결과를 일으키는 것으로 잘 알려져 있다.

[0078] 저온에서 리튬 이온 배터리를 충전하는 방법의 실시예는 다음과 같다. 도 11의 회로 모델을 고려한다. 충분히 높은 주파수의 AC 전류가 배터리에 인가된다면, 커패시터 C_e 의 낮은 임피던스로 인해, 커패시터에 대해, 즉, 연결점 C 및 D 사이에서 상당한 전압 강하는 없을 것이고, 회로는 효과적으로 커패시터 C_e 가 단락된 것처럼 거동한다. 그 결과, 인가된 고주파 AC 전류는 기본적으로 저항기 R_e 및 R_i 를 통과하고, R_e 및 C_e 브랜치를 통과하지 않아 배터리의 전기-화학 컴포넌트들에게 손상을 준다. R_e 및 C_e 브랜치를 통과한 잔류 전류는 또한 높은 주파수 및 인가된 전류의 0 DC 성분으로 인해 배터리를 손상시키지 않을 것이다. 저항기 R_e 및 R_i 를 통과한 고주파 AC 전류는 배터리 코어를 가열하여 온도를 증가시킨다. 고주파 AC 전류가 충분히 오랜 시간 동안 인가된다면, 배터리 코어 온도는 공통으로 사용된 DC 충전 방법을 사용하여 충전에 충분히 안전하도록 상승할 것이다.

[0079] 또한, 요구된 AC 전류 주파수가 높게 되는 경우, 인덕턴스 L_i 는 충전 장치로부터 높은 AC 전압 전위 필요조건을 표시한다. 즉, 충전 장치에 AC 전압 제한이 있는 동안, 인덕턴스 L_i 는 모든 전압 전위 강하가 일어나도록 주파

수가 충분히 높은 경우 가장 커진다. 이 인덕터로부터 열로 전달된 에너지가 아직 일부 남아 있어도, R로부터의 에너지보다는 훨씬 적다. 따라서, 고주파 AC 전류는 인덕턴스 L_1 를 고려하여 선택될 수 있다.

- [0080] 상술한 고주파 AC 전류를 제공하여 배터리 코어 온도를 안전한 충전 온도까지 상승시키도록 설계된 장치에서, 배터리 코어의 온도 상태를 주기적으로 측정하고 안전한 충전 온도 레벨이 도달되었는지를 판단하도록 공급이 이뤄질 수 있다.
- [0081] 온도 센서가 사용되더라도, 도 12의 슈퍼커패시터에 대해 상술한 것과 유사하게, 저온에서 리튬 이온 배터리를 충전하는 방법 및 기기에서, 온도 센서 필요없이 배터리 코어 온도를 측정하는 두 방법이 사용될 수 있다(따라서 그러한 방법에서 또는 그러한 기기에서 사용하기 위한 리튬 이온 배터리의 특별한 구성이 필요하지 않다). 한 가지 방법에서, 상술한 고주파 AC 전류가 배터리에 인가되면서, 배터리 임피던스가 주기적으로 측정된다. 저항기 R_1 의 저항이 저온에서 높기 때문에, 배터리 임피던스 레벨은 배터리 코어 온도가 낮는지 혹은 충전을 위한 안전한 온도 근처인지를 표시한다. 이 방법을 사용하는 경우, 사용할 충전기를 위해 배터리 임피던스가 사전에 측정되어서 배터리 코어의 안전한 충전 온도가 도달했을 때를 판단할 수 있다.
- [0082] 상술한 고주파 AC 전류를 인가하는 동안 배터리 코어 온도가 안전한 충전 온도 레벨에 도달했는지 여부를 판단하는 두 번째 방법은 다음과 같다. 이 방법에서, 고주파 AC 전류는 주기적으로 턴오프되고, 전류는 매우 짧은 듀레이션 동안 저항 부하를 통해 방전된다. 배터리 코어가 아직 차다면, 부하의 전압은 낮을 것이다.
- [0083] 상술한 두 방법이 배터리 충전부에서 쉽게 통합될 수 있음이 당업자에게 이해될 것이다. 사실, 상술한 것 및/또는 안전한 충전을 위해 리튬 이온 배터리 코어 온도를 측정하는 두 방법뿐만 아니라 상술한 고주파 AC 전류 인가에 필요한 전기 및 전자 회로도 쉽게 단일 충전부에 통합될 수 있다. 배터리 코어 온도가 안전한 충전 레벨로 상승되었다면, 그러한 유닛은 또한 공통으로 사용된 방법에 사용하여 배터리를 충전할 수 있다.
- [0084] 또한, DC 충전이 시작되면, 충전부는 주기적으로 배터리 코어 온도를 측정하도록 프로그래밍되고, 온도가 안전하지 않은 (낮은) 온도에 접근한다고 판단되면, 고주파 AC 전류가 턴온되어 DC 충전 전류가 턴오프된다. 또는, 고주파 AC 전류가 충전 DC 전류에 중첩될 수 있다.
- [0085] 리튬 이온 배터리는 또한 일부 현재 사용가능한 리튬 이온 배터리에 사용되는 것들과 같은 온도 센서를 구비하여 온도를 측정할 수 있다. 상술한 하나 또는 두 방법 외에, 온도 센서 입력은 배터리의 안전한 충전 온도를 결정할 수 있다.
- [0086] 상술한 고주파 AC 전류는 또한 저온에서 리튬 이온 배터리 코어 전류를 증가시킬 수 있어 보다 높은 방전 속도를 달성할 수 있다. 그와 같이, 본 방법은 리튬 이온 배터리의 성능을 증가시키는, 즉, 저온에서 방전 속도를 증가시키는 수단의 제공뿐만 아니라 저온에서 리튬 이온 배터리를 충전하는 수단을 제공한다.
- [0087] 저온에서 전해질 배터리 코어(208)를 갖는 리튬 이온 배터리(206)를 충전 및/또는 방전하는 본 신규 방법을 사용하는 기기의 블록도가 도 12에 도시되어 있다. (여기에서는 집합적으로 “충전부”로 지칭되는) 충/방전부(200)는 전기 및 전자 회로를 구비하여 전압 제어와 함께 상술한 고주파 AC 전류 및 충전 DC 전류를 제공하고, 이전에 기술된 것처럼 배터리 코어 온도 측정 과정을 제어하고, 배터리 코어 온도가 배터리 안전 충전 온도보다 낮다면 코어 온도를 증가시키고, 안전 충전 온도보다 높으면 충전하는 마이크로프로세서 또는 CPU와 같은 프로세서(202)를 포함할 수 있다. 충전부(200)는 배터리(206)의 단자(210)에 연결되는 배선을 갖는다. 그런 방법을 실행하는 단계는 프로세서(202)에 의해 액세스가능한 메모리 장치에 소프트웨어로 저장될 수 있다. 충전부(200)는 배터리 임피던스에 기반한 상술한 방법들 중 하나 또는 둘 다를 사용하여 및/또는 대안적으로 외부 또는 내부 배터리 온도 센서 소스(204)로부터 온도를 주기적으로 확인하여 충전 과정을 적절하게 제어한다.
- [0088] 또는, 도 12의 충전부는 충방전 제어부로 기능하고, 배터리 코어 온도가 충전을 위한 상술한 안전 충전 온도보다 낮으면 적절한 고주파 AC 전류 및 DC 충전 전류를 차례로 배터리에 인가하여 증가시킬 수 있다. 또한 배터리 온도가 충분히 낮아서 성능, 즉 원하는 방전 속도를 심각하게 저하시키면, 충전부(200)는 또한 고주파 AC 전류를 배터리(206)에 인가하여 코어 온도를 증가시켜 방전 속도를 증가시킬 수 있다.
- [0089] 리튬 이온 충방전부의 실시예(300)가 도 13의 블록도로 도시되어 있다. 충방전부(300)가 단독으로 저온에서 리튬 이온 배터리의 충전에 사용된다면, 충방전부(300)는 저온을 포함한 모든 온도에서 리튬 이온 배터리용 충방전부로 사용하려는 것이다.
- [0090] 리튬 이온 배터리 충전의 경우, 저온은 (연속, 또는 펄스로 된, 또는 업계에 공지된 다른 변형 등의)DC 전류가 배터리에 손상을 일으키거나 배터리가 효과적으로 충전될 수 없는 배터리 코어 온도를 표시하도록 의도된다는

것이 이해될 수 있다. 리튬 이온 배터리의 방전 과정에서, 저온은 리튬 이온 배터리 방전 속도가 정상 속도보다 상당히 낮은 온도를 표시하도록 의도된다. 리튬 이온 배터리에서, 이 표시 온도는 일반적으로 배터리의 안전 충전을 위한 것보다 낮다.

[0091] 충방전부(300)는 개략적으로 화살표(302)로 보여진 외부 전원에 의해 전력이 공급되고, 예를 들어, 전기차의 리튬 이온 배터리를 충전하기 위해 야외에 제공된 유출구일 수 있다. 마이크로프로세서-기반 제어부(304)(또는 도 13에서 “제어부”로 지칭)는 상술한 바와 같은 충전되는 동안 배터리(301)의 상태 판단에 사용되고, 배터리는 내부 혹은 외부 온도 센서(303)을 가질 수 있거나 갖지 않을 수 있고, 배터리 코어가 안전한 충전 온도보다 낮다고 판단되는 경우, AC 및 DC 전류 생성기(306)에게 화살표 AC(307)로 개략적으로 도시된 고주파 AC 전류를 출력하도록 지시하며, 충전에 안전한 경우, 표시된 절환 요소(310)를 사용하여 화살표 DC(308)로 개략적으로 도시된 AC 및 DC 전류 생성기(306)에 DC 전류를 출력하도록 지시할 것이다. 제어부(304)는 (충방전부(300)에 제공되고 제어부(304)에 의해 액세스가능한 메모리에 저장될 수 있는 명령어들로) 프로그래밍되어 배터리(301)의 내부 온도를 안전한 양만큼 증가시켜 배터리(301)가 보다 빠른 속도로 충전되게 한다. 고주파 AC 및 DC 전류는, 유닛(unit) 입력 전력(302)으로부터 전력이 제공되고 화살표(312)로 표시된 것처럼 제어부(306)와 직접 통신하는, 표시된 AC 및 DC 전류 생성기(306)에 의해 생성된다. 제어부(304)는 또한 AC 및 DC 전류 절환 요소(310)와 상시 통신하고, AC 또는 DC 전류 중 하나 또는 나머지가 턴온 또는 턴오프될 필요가 있는지 여부를 판단할 수 있다. 이 실시예에서, AC 또는 DC 전류 중 하나만 동시에 턴온될 수 있다.

[0092] 도 13의 실시예(300)에서, AC 또는 DC 전류가 턴온된 경우, 전류는 화살표(316a)로 표시된 것과 같은 충전 전압, 전류 및 임피던스 측정 및 충방전 조정부(314)를 통과하고, 조정부는 제어부(304)가 상술한 충전 과정을 제어하는데 필요한 상술한 전류, 전압 및 임피던스 측정을 결정한다. 충전 전압, 전류 및 임피던스 측정 및 충방전 조정부(314)는 또한 제어부(304)에 의해 총괄되는 충전 사이클 동안 충전 전류를, 및 방전 사이클 동안 방전 전류를 조정하여 적절하고 안전한 배터리(301) 및 충방전부(300)의 동작을 보장한다. 상술한, 충전 전압, 전류 및 임피던스 측정 및 충방전 조정부(314)와 리튬 이온 배터리(301) 사이의 충방전 연결은 개략적으로 화살표(316b)로 표시되었다. 배터리 방전은 화살표(318)로 개략적으로 표시된 것처럼 AC 및 DC 전류 절환 요소(310)를 통과하는 경로를 갖는다. 제어부(304)는 또한 제공된다면, 배터리 온도 센서(303)뿐만 아니라 도 13에 도시된 모든 시스템 유닛들과 통신한다. 별도로 도시되었으나, 충전 전압, 전류 및 임피던스 측정 및 충방전 조정부(314)는 제어부(304)로 통합될 수 있다.

[0093] 배터리 코어 온도가 안전 충전 레벨에 도달했다면, 배터리는 DC 전류를 사용하여 또는, 예를 들어, 충전 펄스를 갖거나 갖지 않는, 당업계에 공지되고 리튬 이온 배터리의 효율적이고 안전한 충전에 사용되는 어떤 다른 현재 사용가능한 기법을 사용하여 충전될 수 있다. 방전 과정을 보호하는 공지된 방법 중 하나가 채용될 수도 있다. 유사하게, 배터리 충전을 위해 (직접 또는 상술한 임피던스 관련 기법을 통해 측정된) 상술한 안전한 코어 온도 레벨에 도달된 후 그리고 (보통 빠른 방전 속도 및 보다 낮은 (저온에서는 보다 높은) 내부 손실 면에서) 효율적인 방전을 위해 (직접 또는 상술한 임피던스 관련 기법을 통해 측정된) 원하는 코어 온도에 도달되었을 때, 상이한 하드웨어 설계들 역시 당업계에 공지되어 있어 이 충방전 회로와 다음의 실시예들의 설계에 사용될 수 있다.

[0094] 저온인 동안 마이크로프로세서-제어 리튬 이온 배터리 충방전부(320)의 대안적인 실시예의 블록도가 도 14에 도시되어 있다. 실시예(320)는 배터리 코어 온도가 안전한 충전 온도 레벨보다 낮을 때, 저온을 포함한 모든 온도에서 단지 리튬 이온 배터리를 충전하는 수단으로 사용하려는 것이다. 실시예(320)의 모든 컴포넌트는, 실시예(320)에서 충전 전압, 전류 및 임피던스 측정 및 충방전 조정부(314a)가 방전 정규 기능을 제거하도록 변경된 것을 제외하고 도 13의 실시예(300)의 컴포넌트들과 동일하다. 리튬 이온 충전부(320)는, 배터리 코어 온도가 이전에 기술된 방법 중 하나 이상을 사용하여 측정된 안전 충전 온도보다 높은 동안, 이전에 기술된 대로 (연속, 또는 펄스로 된 또는 당업계에 공지된 다른 변형 등의) DC 전류를 사용하여 배터리를 충전하도록 기능한다. 배터리 코어 온도가 배터리 안전 충전 온도보다 낮거나 그에 접근한다고 판단되면, 충전 DC 전류는 단절되고 고주파 AC 전류가 이전에 도 13의 실시예 대해 기술된 것처럼 인가되어 배터리 코어 온도를 안전 충전 온도보다 높게 상승시킨다. 코어 온도 측정은, 충전하는 동안 배터리 코어 온도가 안전 충전 온도보다 낮게 강하지 않는 것을 보장하도록 연속으로 또는 충분히 짧은 시간 구간 동안 이뤄진다.

[0095] 저온인 동안 마이크로프로세서-제어 리튬 이온 배터리 충방전부(340)의 다른 대안적인 실시예의 블록도가 도 15에 도시되어 있다. 실시예(340)의 모든 컴포넌트는, 실시예(340)에서 도 12의 AC 및 DC 전류 절환 요소(310)가 AC 및 DC 전류 믹싱 요소(342)로 대체된 것을 제외하고 도 13의 실시예(300)의 컴포넌트들과 동일하다. 충전 전압, 전류 및 임피던스 측정 및 충방전 조정부(314b)의 상세한 설계에 따라, 설계에서 일부 루틴이 변경되어 믹

싱된 AC 및 DC 전류 신호들을 수용한다.

[0096] 도 5의 마이크로프로세서-제어 리튬 이온 배터리 충방전부(340)의 동작은 다음을 제외한 도 13의 실시예(300)의 동작과 동일하다. 도 13의 실시예(300) 및 배터리 충전 사이클 동안, 유닛(300)은 고주파 AC 전류 또는 DC 전류를 배터리에 인가할 수 있다. 저온 충전하는 동안, 유닛(300)은 안전한 배터리 코어 온도가 도달될 때까지 고주파 AC 전류를 인가한다. 그런 다음, (연속 또는 펄스로 된, 또는 당업계에 공지된 다른 변형 등의) 충전 DC 전류가 인가되어 배터리(301)를 충전한다. 도 15의 실시예(340)에서, 배터리 코어 온도가 안전 충전 전류보다 낮은 경우, 유닛은 유사하게 고주파 전압을 배터리에 인가하여 코어 온도를 안전 충전 레벨까지 상승시킬 것이다. 그러나, AC 및 DC 전류 믹싱 요소를 제공함으로써, 배터리 코어 온도가 안전 충전 온도 가까이로 강화되고 있는 것이 검출된 경우, 실시예(340)는 배터리 코어 온도를 안전 충전 온도 레벨로 유지한다. 그러한 조건이 검출될 때마다, 고주파 AC 전류를 충전 DC 전류에 추가함으로써 코어 온도는 안전 충전 온도보다 높게 상승된다. 배터리 코어 온도를 연속 또는 빈번하게 측정함으로써, 온도는 배터리 안전 충전 온도보다 높게 유지될 수 있고, 계속해서 충전될 수 있다. 리튬 이온 배터리가 매우 추운 환경에 노출되고, 특히, 넓은 표면적을 갖고 상대적으로 얇은 배터리에서처럼, 배터리가 상대적으로 작고 표면적 대 부피 비가 상대적으로 높은 기하학적 형상을 갖는다면, 이 상황은 주기적으로 접하게 된다.

[0097] 고주파 AC 전류는 또한, (보통 달성가능한 방전 속도 및 보다 낮은 (저온에서는 보다 높은) 내부 손실 면에서) 효율적인 방전을 위해, 배터리 코어 온도가 낮거나 사전 결정된 최적의 레벨 가까이로 강화될 때 방전 사이클 동안 배터리(301)에 인가될 수 있다. 이 실시예에서, 상술한 임피던스 관련 측정 기법이 제공되고 및/또는 사용된다면, 배터리 코어 온도는 온도 센서(들)을 통해 적어도 주기적으로 측정될 수 있다.

[0098] 저온인 동안 마이크로프로세서-제어 리튬 이온 배터리 충방전부(360)의 대안적인 실시예의 블록도가 도 16에 도시되어 있다. 실시예(360)는 배터리 코어 온도가 안전한 충전 온도 레벨보다 낮을 때 저온을 포함한 모든 온도에서 단지 리튬 이온 배터리를 충전하는 수단으로 사용되도록 의도된다. 실시예(360)의 모든 컴포넌트는, 실시예(360)에서 충전 전압, 전류 및 임피던스 측정 및 충방전 조정부(314c)가 방전 정규 기능을 제거하도록 변경된 것을 제외하고 도 15의 실시예(340)의 컴포넌트들과 동일하다. 배터리 코어 온도가 이전에 기술된 방법 중 하나 이상을 사용하여 측정된 대로 안전 충전 온도보다 높은 동안, 리튬 이온 충전부(360)는 도 15의 실시예(340)에 대해 기술된 것처럼 기능하여 배터리 코어 온도를 안전 충전 온도 레벨까지 상승시키고, 이어서 (연속, 또는 펄스로 된 또는 당업계에 공지된 다른 변형 등의) DC 전류를 사용하여 배터리를 충전한다. 그런 다음, 배터리 코어 온도가 안전 충전 온도 가까이까지 강화되었다고 검출될 때마다, 제어부(304)는 AC 및 DC 전류 생성기에게 고주파 AC 전류를 충전 DC 전류에 추가할 것을 지시하고, 그에 따라 배터리 코어 온도는 안전 충전 온도보다 높게 상승한다. 배터리 코어 온도를 연속 또는 빈번하게 측정함으로써, 코어 온도는 배터리가 계속 충전되는 동안 배터리 안전 충전 온도보다 높게 유지될 수 있다.

[0099] 저온인 동안 마이크로프로세서-제어 리튬 이온 배터리 충방전부(380)의 다른 대안적인 실시예의 블록도가 도 17에 도시되어 있다. 실시예(380)는 저온을 포함한 모든 온도에서 리튬 이온 배터리의 코어 온도를 효율적으로 방전하기 위한 소정 레벨보다 높게 유지하는 수단으로 사용하려는 것이다. 실시예(380)의 모든 컴포넌트는, 실시예(380)에서 충전 전압, 전류 및 임피던스 측정 및 충방전 조정부(314d)가 방전 조정과 전압, 전류 및 배터리 임피던스 측정 기능만을 제공하도록 변경된 것을 제외하고 도 15의 실시예(360)의 컴포넌트들과 동일하다. 배터리(310)가 어떤 부하에 전력을 공급하는 동안, 즉, 전기 에너지가 배터리에서 방전되는 동안, 고주파 AC 전류도 배터리에 인가된다. 배터리 코어 온도가 (보통 저온에서 보다 높은, 달성가능한 방전 속도 및 보다 낮은 (저온에서는 보다 높은) 내부 손실 면에서 보통 결정되는) 효율적인 배터리 방전을 위해 최적의 되도록 사전 결정된 레벨보다 낮게 측정될 때마다, 또는 그 가까이로 강화된다면, 고주파 AC 전류 또한 배터리에 인가될 수 있다. 이 실시예에서, 상술한 임피던스 관련 측정 기법이 제공되거나 사용된다면, 배터리 코어 온도는 온도 센서(들)(303)을 통해 적어도 주기적으로 측정될 수 있다.

[0100] 도 17의 실시예(380)에서, 고주파 AC 전류 생성기 요소(306a)는 외부 소스(302)로부터 전력이 공급된다. AC 전류 생성기(306a)의 외부 전력공급은 일부 상황에서 필요할 수 있다. 예를 들어, 그 상황은 충전된 배터리 코어가 충분한 전력을 AC 전류 생성기(306a)에 공급할 수 없는 낮은 온도에 있는 경우 또는 충분히 짧은 기간에 코어 온도를 필요한 동작 온도까지 상승시키도록 충분한 전력이 공급될 수 없는 경우이다. 그런 상황을 접하지 않으려면, AC 전류 생성기(306a)는 직접 리튬 이온 배터리(301) 자체에 의해 직접, 또는 최초 외부 전력 공급 구간 후에 전력이 공급될 수 있다. 도 18의 실시예는 방전 제어부의 AC 전류 생성기(306a)가 배터리(301) 자체에 의해 전력이 공급되는 방전 제어부(400)를 도시한 것이다.

- [0101] 도 18에 도시된 실시예(400)는, AC 전류 생성기 전력공급 소스를 제외하고 도 17의 실시예(380)와 기능 및 설계에서 유사하다. 실시예(400)에서, AC 전류 생성기(306a)는 화살표(404)로 도시된 것처럼, 장치 방전 전력으로부터 및 AC 생성기 전력공급 제어부(402)로부터 전력공급을 받는다. AC 전류 생성기(306a)는 도 18에 도시된 대로 시스템 제어부(304)와 직접 통신한다. 방전 전력 및 AC 생성기 전력공급 제어부(402)는 화살표(406)로 표시된 것처럼, 전압, 전류 및 임피던스 측정 및 방전 조정부(314a)를 통해 배터리로부터 전력을 얻는다. 배터리(301)로의 입출력 전류는 양방향 화살표(316a)로 표시된 연결을 경유한다. 배터리 방전은 방전 전력 화살표(318)로 도시된 것처럼 방전 전력 및 AC 생성기 전력공급 제어부(402)를 경유한다. 생성된 AC 전류는, 시스템 제어부(304)와 통신하는 전압, 전류 및 임피던스 측정 및 방전 조정부(314a)에 공급되어 배터리 코어 온도가 소정 온도 레벨보다 낮거나 강하되려 할 때 배터리 코어 온도를 증가시킨다.
- [0102] 도 18의 실시예(400)는 또한 도 17의 실시예(380)와 유사한 고주파 AC 전류 생성기에 전력을 공급하는 외부 전원을 구비할 수 있다. 그런 다음, 장치는 외부전원을, 특히 도 18에 도시된 대로 내부 전력 공급 모드로 전환되기 전에 배터리 코어 온도를 소정 레벨이 되게 하는 내부 전원으로 사용하는 능력을 가질 것이다. 그러한 구성은, 도 19에 도시된 실시예(420)에 도시되어 있고, 이는 전원이 AC 전류 생성기(306a)에 전력을 공급하는 것을 제외하고, 도 18의 실시예(400)와 기능 및 설계에서 유사하다. 도 18의 실시예(400)에서, AC 전류 생성기(306a)는 화살표(404)에 의해서만 전력공급을 받는다. 그러나, 도 19의 실시예(420)에서, AC 전류 생성기(306a) 또한 외부 입력 전력(302)으로부터 에너지를 얻을 수 있고, 상황에 따라, 배터리(301)를 가열하기 위해 전원들 중 하나 또는 모두를 선택할 수 있다.
- [0103] 도 20 및 21은 임의의 온도에서 리튬 이온 배터리를 충방전하는 흐름도를 도시한 것이다. 상술한 바와 같이, 배터리가 충전될 필요가 있다고 결정되면, 리튬 이온 배터리의 내부 온도가 측정된다(S10 단계). 그런 다음, S12 단계에서 측정된 온도가 사전 결정된 임계 온도보다 낮은지 여부가 판단되고, 여기서 임계온도는 배터리가 충전되거나 효율적으로 충전될 수 없는 온도이다. S12 단계에서 그 결정이 '아니오'라면, 방법은 S14 및 S16 단계로 진행하여 종래대로 배터리를 충전한다. 그러나 S12 단계의 결정이 '예'라면, 방법은 S18단계로 진행해 고주파 AC 전압 전류가 리튬 이온 배터리에 입력되어 그 내부를 가열한다. 그러한 과정은 S10단계로 돌아가서 S20 경로를 따라 주기적으로 또는 규칙적인 간격으로 S12 단계의 결정이 '아니오'가 될 때까지 진행되고, 이 때 배터리는 완전히 충전될 때까지 종래와 같이 충전되고(S14 및 S16 단계), 아니면 과정이 종료된다. 따라서, 도 20에서, 배터리의 코어 온도가 사전 결정된 온도보다 낮다고 검출되는 동안, 배터리의 손상을 피하기 위해 코어 온도가 충분히 높게 상승할 때까지 가열 과정이 실행된다.
- [0104] 도 21에서, 측정이 진행되어 배터리 내부 온도 측정치를 얻는다(S10 단계). 도 20과 유사하게, 코어 온도가 사전 결정된 온도보다 낮다고 판단되면(S12 단계), 배터리에 고주파 AC 전압 전류가 입력되어(S18 단계), 배터리 내부를 가열한다. 그러한 과정은 도 20을 참조하여 상술한 대로 코어 온도가 S12 단계에서 사전 결정된 임계 온도보다 높다고 판단될 때까지 S20단계를 거쳐 S10단계로 되돌아가고, 이 때 과정은 S22 단계로 진행하여 리튬 이온 배터리가 종래대로 부하로 방전된다. 따라서, S24 루프에서 알 수 있는 것처럼, 배터리의 코어 온도가 방전 효율이 강하하도록 낮아지는 동안, 코어 온도가 사전 결정된 온도보다 높게 상승할 때까지 가열 과정도 실행된다. 따라서, S22단계의 방전은 S18 단계의 가열 과정 동안 중단되지 않는다.
- [0105] 도 20 및 21에서, (온도 센서를 사용하지 않고) 배터리 코어가 너무 낮은 온도를 갖는지 여부 및 종래대로 충전될 수 없다고 판단하기 위한 상술한 대안적인 단계들도 사용될 수 있고, 이 경우 S12 단계는 직접 온도 측정이 아닌, 그러한 판단에 기반하여 코어 온도가 너무 냉각되었는지 여부를 판단한다. 물론, 두 판단이 모두 사용될 수 있고, 방법은 다수의 입력들(예를 들어, 온도 측정, 제1 방법에 관해 상술한 것과 같은 배터리 임피던스, 및/또는 상술한 제2 방법에 관해 작은 부하에 걸린 전압)에 기반하여 S12 단계에서 판단하는 로직을 포함할 수 있다.
- [0106] 표시된 기능을 수행하기 위해 도 13 내지 19의 블록도로 도시된 상술한 설계의 다양한 변형 또한 가능하다는 것은 당업자들에게 이해될 것이다. 표시된 실시예의 개시는 그 구현을 기술된 방식만으로 제한하려는 것이 아니라, 주어진 설계와 목적으로 통합될 수 있는 다양한 기능들의 결합을 보이려는 것이다.
- [0107] 또한 개시된 실시예의 동작을 제어하는 수단은 마이크로프로세서 기반 제어부를 사용할 수 있는 것도 이해된다. 그러나, 마이크로프로세서로 수행된 일반 기능들도 적절한 전자 및 로직 회로들에 의해 수행될 수 있다는 것도 이해된다. 산업 및 상업적으로 다양한 과정의 제어를 위해 유사한 회로 설계가 개발되었고, 저온 동작을 포함한 모든 온도의 동작을 위해 개시된 리튬 이온 배터리 충방전 장치의 제어를 위해 유사회로가 설계될 수 있다.
- [0108] 마지막으로, 상술한 방법들 중 어느 것도 에너지 저장 장치의 코어 온도에 대한 최초 판단 없이 실시될 수

있다. 즉, 종래 충전 입력은 에너지 저장 장치의 코어 온도와 무관하게 사용될 있고, 그러한 판단은 충전 입력이 인가되는 동안에 이뤄질 수 있다. 이 경우, 코어 온도 판단은 주기적으로 이뤄질 수 있고, 획득된(직접 측정 또는 가정된) 코어 온도가 추가 충전 또는 사전 임계치의 일부 제한 내로 접근을 방해할 사전 결정된 임계치보다 낮다면, 에너지 저장 장치의 내부 컴포넌트를 가열하기 위해 사전 결정된 대안적인 입력이 충전 입력에 부가되거나, 사전 결정된 임계치에 도달할 때와 같이 충전 입력이 재개될 수 있을 때까지 충전 입력이 중단되고 대안적인 입력이 인가될 수 있다.. 상술한 방전 방법에 대해서도 동일할 수 있다.

[0109] 도 22는, 리튬 이온 배터리, 니켈 금속 하이브리드 배터리, 납축전지 또는 다른 충전식 또는 비충전식 배터리와 같은 배터리 또는 에너지 저장 장치(450), 및 다양한 타입의 슈퍼커패시터에 대한 가열 회로 실시예의 도면이다. 도 22의 도면에서, 장치(450)는 단일 배터리로 도시되었지만, 슈퍼커패시터 또는 둘 이상의 직렬 또는 병렬 연결 배터리들 또는 슈퍼커패시터들일 수 있다.

[0110] 도 22에서 알 수 있는 것처럼, 외부 전원이 사용되어 스위치 “SW1”을 통해 배터리(450)에 (양전압 V_+ 로 표시된) 양전류 흐름을 인가한다. 저항기 “R SINK”가 사용되어 스위치 “SW2”를 통해 배터리로부터 전류를 이끌어 낸다. 스위치들(SW1 및 SW2)을 개폐하는 신호가 제어기에 의해 제공된다.

[0111] 이 실시예에서, 이전에 기술된, 전해질을 가열하기 위해 배터리(450)에 인가된 고주파 AC 전압은 스위치들(SW1 및 SW2)의 적절한 온/오프 절환에 의해 다음과 같이 제공된다. 그 과정은 원하는 (충분히 높은) 주파수에서 전류를 배터리로 인가하고 배터리로부터 이끌어내어, 도 11의 모델로 기술된 리튬 이온 배터리들의 경우, 등가 커패시터 C_s (도 11), 및 다른 타입의 배터리들 및 슈퍼커패시터의 경우 전극들 사이의 등가 커패시턴스를 효과적으로 단락시키는 단계를 포함한다. 슈퍼커패시터의 경우, 도 1의 모델은 도 1의 전체 커패시턴스 C 를, 기본적으로 화학 에너지로 저장된 전기 에너지를 기술하는 커패시터 C , 및 기본적으로 장치 전극들 사이의 커패시턴스를 나타내는 C_s 로 분리함으로써 보다 상세해질 수 있다.

[0112] 고주파 AC 전류를 배터리(450)에 통과시키는 도 21의 상술한 과정에서, 스위치 SW1이 닫히면, 스위치 SW2가 개방되고, 그 반대로도 된다. 스위치들(SW1 및 SW2)을 인에이블 또는 디스에이블하는 절환 신호는 제어기에 의해 전송된다. 제어기는 마이크로제어기, 결합 로직 회로, FPGA 등에 기반한 회로일 수 있다. 양의 사이클 동안 배터리로의 전류 흐름은 전압원의 전압 레벨 “ V_+ ”를 변화시켜 제어된다. 전압 레벨 “ V_+ ”의 증가는 배터리(450)로의 전류 흐름을 증가시킬 것이다. 전압 양은 강아지고 배터리로부터의 전류 흐름은 “R SINK”의 저항 값을 변화시켜 제어된다. 즉, 저항기 “R SINK”의 저항을 감소시킴으로써 배터리(450)로부터의 전류 흐름이 증가된다. 따라서, 그 결과에 따른 유효 고주파 AC 전압은 구형파(square wave)에 가깝게 되는 것이 당업자에게 이해된다. 대체로 전압 레벨 “ V_+ ”는 AC 전압 인가의 각 사이클 동안 배터리로부터 거의 동일한 충방전을 얻도록 균형을 맞추는 필요가 있다. 또한, 후술되는 바와 같이, 배터리 특성은 온도에 따라 변하기 때문에, 제공된 제어기는 배터리의 최적 가열 속도를 위한 AC 전압의 인가 특성을 변화시키는 것이 바람직하다.

[0113] 도 24는 도 22의 배터리 가열 회로 실시예의 회로도 구현을 도시한 것이다. 도 22의 회로에서, 스위치 SW1은 P-채널 MOSFET “M1”으로 구현되고 스위치 SW2는 N-채널 MOSFET “M2”로 구현된다. 저항기(R1 및 R2)는 MOSFET의 게이트 입력을 적절하게 바이어스할 필요가 있는 풀업 및 풀다운 저항기이다. 제어 신호 VG1 및 VG2의 전압 레벨이 둘 다 0 V인 경우, MOSFET M1은 M2가 개방 스위치로 동작하는 동안 닫힌 스위치로 동작한다. 제어 신호 VG1의 전압 레벨이 M1의 게이트-소스 임계 전압보다 높고, VG2가 M2의 게이트-소스 임계 전압보다 높은 경우, M2가 닫힌 스위치로 동작하는 동안 MOSFET M1은 개방 스위치로 동작한다. 가열 회로가 사용되지 않는 경우 두 스위치를 디스에이블하기 위해, VG1은 M1의 게이트-소스 임계 전압보다 높게 설정되고, VGS는 0 V로 설정된다. 또한, 회로를 전압원 V_+ 와 단절시키는 것도 스위치들을 디스에이블할 수 있다.

[0114] 도 24에 도시된 것과 같이 도 22의 회로도 구현은 고유하지 않으며, 동일한 기능을 갖는 많은 다른 회로가 설계될 수 있고, 도 24에 도시된 바와 같이, 도 22의 회로 예는 동일한 기능을 제공할 수 있는 임의의 다른 회로들을 배제하려는 것이 아님이 당업자들에게 이해된다.

[0115] 도 25는 소정 저온 임계치가 검출될 때 온도 센서 입력을 사용하여 배터리 가열 회로를 활성화하는, 제공된 제어기를 갖는 도 24의 실시예의 회로도도 도시한다. 장치는 온도 센서를 구비한 것으로 도시되었고, 배터리 온도를 검출한다. 제어기는 마이크로제어기로 구성된다. 온도 센서의 출력 전압 레벨은 보통 측정되는 배터리에 비례하도록 설계된다. 마이크로제어기는 도 25의 내부 ADC 채널들 중 하나 “A1”를 사용하여 온도 센서의 출력 전압을 모니터링한다. 온도 전압 출력이 사전 설정된 임계치보다 낮다면, 마이크로제어기는 도 24의 실시예에 대해 이전에 기술된 것과 같이 M1 및 M2에게 구동 신호들을 제공하고, 그에 따라 배터리 가열 과정을 시작한다.

구동 신호들은, 두 디지털 출력 핀들 D1 및 D2를 통해 M1 및 M2의 게이트 단자들에게 전송된다. 마이크로제어기는, 후술되는 것과 같이 측정된 배터리 온도에 따라, M1 및 M2의 절환 주파수, 즉 가열 전류의 주파수를 변경하도록 프로그래밍될 수 있다.

[0116] 온도 센서는 TMP35, 열전대 모듈, RTD(Resistance Temperature Detector), 또는 써미스터와 같은 저전압 온도 센서 IC일 수 있다. 배터리 온도는 대체로 배터리 표면에서 측정되고, 이 경우 기술된 가열 과정 동안, 배터리 코어 온도는 대체로 측정된 표면 온도보다 높다. 상대적으로 작은 배터리들, 예를 들어, 직경이 최대 1인치인 배터리들의 경우, 그 차이가 단지 섭씨 몇 도에 불과하고 저온의 온도 임계치는 이 차이를 설명하기 위해 원하는 임계치보다 몇 도 낮게 설정될 수 있기 때문에 어떤 문제도 일으키지 않을 수 있다. 또는, 특히 큰 배터리들 및 슈퍼커패시터의 경우, 배터리의 열 모델(thermal model)은 배터리로의 가열 에너지 입력의 시간 이력과 함께 사용되어 배터리 코어의 평균(또는 피크 하이 또는 피크 로우) 내부 온도를 추정하고, 가열 회로의 온 및 오프 절환을 위해 제어기를 낮은 임계치로 설정하기 위해 추정된 내부 온도를 사용할 수 있다. 배터리와 슈퍼커패시터의 열 모델링은 당업계에 공지되어 있고, 본 실시예의 경우, 매우 단순화된 모델만으로 충분할 것이다. 리튬이온 배터리 및 다른 유사 배터리, 및 슈퍼커패시터에서 사용하기 위해 상세하게 재단된 모델링 기법이 후술된다.

[0117] 온도 임계치 설정은 온도 범위를 설정하는 것으로 그보다 낮으면 가열 과정이 턴온되고, 그보다 높으면 가열 과정이 턴 오프되는 것이 당업자에게 이해된다.

[0118] 외부 AC 전원이 도 24 또는 25의 회로에 전력을 공급하는 경우, 도 25에서 점선 박스 안에 도시된 AC/DC 컨버터 및 전압 조정기(voltage regulator)는 도 25의 마이크로제어기 및 온도 센서뿐만 아니라 도 24의 회로에 전압 V+를 공급하는 데 사용될 수 있다. AC/DC 컨버터 및 전압 조정기는 나머지 회로 컴포넌트들과 동일 회로보드로 통합되거나 외부 컴포넌트로 설계될 수 있다.

[0119] 도 26은 써미스터 또는 RTD를 사용하여 구현된 온도 센서와 함께 도 25에 도시된 회로도를 도시한 것이다. 써미스터는 NTC 또는 PTC 타입 써미스터일 수 있다. 써미스터 및 RTD 저항은 온도에 비례한다. 따라서, 써미스터 또는 RTD와 직렬로 연결된 저항기(R3)는 전압 분할기를 형성한다. 따라서 마이크로제어기의 ADC 채널(A1)에 의해 측정된 전압은 측정된 온도와 비례한다. R3의 저항값은 상이한 민감도에 맞춰 조정될 수 있다.

[0120] 도 27은 이중 극성 전원장치들 V+ 및 V-을 사용하여 양 및 음의 전류 흐름을 배터리에 인가하는 배터리 가열 회로의 다른 실시예를 도시한 것이다. N-채널 MOSFET(M2)이 디스에이블된 동안 P-채널 MOSFET(M1)이 인에이블되는 경우, 양전압원 V+가 배터리의 양의 단자에 연결되고, 소스로부터 배터리로 전류가 흐른다. V+의 전압 레벨은 배터리 전압보다 커야 한다. M1이 디스에이블된 동안 M2가 인에이블되는 경우, 음전압원 V-가 배터리의 양의 단자에 연결되고, 배터리로 소스로 전류가 흐른다. V-의 전압 레벨은 전류 흐름의 균형을 맞추기 위해 배터리 전압보다 낮은 것이 바람직하다. 저항기들(R1 및 R4)은 제어 신호 전압이 0 V일 때 M1 및 M2 둘 다 디스에이블되는 것을 보장한다. 저항기들(R2 및 R3)은 출력 DC 오프셋 전압값을 조정할 수 있다. 제어기로부터의 제어 신호는 커패시터(C1)를 통해 AC 결합된다. 제어신호 전압이 양이면, M2는 인에이블되고, M1은 디스에이블된다. 제어신호 전압이 음이면, M1은 인에이블되고, M2는 디스에이블된다.

[0121] 도 28은 도 27에 도시된 회로도를 갖는 제어기의 회로도를 도시한 것이다. 제어기는 온도 센서 및 마이크로제어기로 구성되어 있다. 온도 센서는, 소정 온도 임계치보다 낮으면 가열되는, 배터리(450)의 온도를 모니터링한다. 온도 센서의 출력 전압 레벨은 배터리 온도에 비례한다. 온도 센서는 TMP35, 열전대 모듈, RTD, 또는 써미스터와 같은 저전압 온도 센서 IC일 수 있다. 마이크로제어기는 내부 ADC 채널들중 하나 “A1”를 사용하여 온도 센서의 출력 전압을 모니터링한다. 온도 전압 출력이 사전 설정된 임계치보다 낮다면, 마이크로제어기는 이전에 기술된 것과 같이 M1 및 M2에 구동 신호들을 제공하여 가열 과정을 시작한다. 제어 신호들은, 두 디지털 출력 핀 D1을 통해 M1 및 M2의 게이트 단자들에게 전송된다. 디지털 핀 D1이 0 V와 양의 사전 설정값 사이의 전압값을 출력하는 동안, AC 결합 커패시터(C1)를 통해 M1 및 M2의 게이트 단자에서 제어 신호 전압 레벨은 양과 음 둘 다이다. 마이크로제어기는 후술되는 것처럼, 상이한 배터리 온도에서, 특히 배터리가 극저온, 예를 들어, 섭씨 -40도 미만에서 동작하도록 의도된 경우, M1과 M2의 절환 주파수를 변화시킬 수 있다. AC/DC 컨버터(1 및 2)는 마이크로제어기 및 전압 조정기를 통한 온도 센서에 전력 공급을 위해서뿐만 아니라 가열 과정을 위해 양과 음 전압원을 제공할 수 있다. AC/DC 컨버터 및 전압 조정기는 나머지 회로 컴포넌트들과 동일 회로보드로 통합되거나 외부 컴포넌트로 설계될 수 있다.

[0122] 도 29는 단일 전원장치를 사용하여 양과 음 전류 흐름을 배터리(450)에 인가한 배터리(450) 가열 회로의 다른 실시예에 대한 블록도를 도시한 것이다. 이 목적을 위해 4 개의 스위치들(SW1A, SW1B, SW2A 및 SW2B)이 사용된

다. 스위치들은 중계기, 반도체 스위치 IC들 또는 MOSFET들로 구현될 수 있다. SW2A 및 SW2B가 개방된 동안, 1A 및 SW1B가 닫힌 경우, 양전압원 V+가 배터리(450)의 양의 단자에 연결되는 반면, 회로 접지는 배터리의 음의 단자에 연결된다. 그런 다음, 전류는 전압원으로 부터 배터리(450)로 흐른다. SW1A 및 SW1B가 개방된 동안 SW2A 및 SW2B가 닫힌 경우, 양전압원 V+가 배터리(450)의 음의 단자에 연결되는 반면, 회로 접지는 배터리의 양의 단자에 연결된다. 그런 다음, 전류는 배터리(450)로부터 전압원으로 흐른다. 전압 레벨 V+는 배터리(450)의 전압보다 큰 것이 바람직하다. 제어기는 4 개의 모든 스위치들을 적절한 순서 및 주파수로 구동한다.

[0123] 도 30은 도 29에 도시된 실시예의 회로도를 갖는 배터리 가열 제어기의 회로도를 도시한 것이다. 스위치들은 SW1A, SW1B, SW2A 및 SW2를 각각 나타내는 MOSFET들(M1A, M1B, M2A 및 M2B)로 구현된다. 제어기는 마이크로제어기이고 온도 센서를 구비한다. 온도 센서는 배터리(450)의 온도를 모니터링한다. 온도 센서의 출력 전압 레벨은 배터리 온도에 비례한다. 온도 센서는 TMP35, 열전대 모듈, RTD, 또는 써미스터와 같은 저전압 온도 센서 IC일 수 있다. 마이크로제어기는 내부 ADC 채널들중 하나 “A1”를 사용하여 온도 센서의 출력 전압을 모니터링한다. 온도 전압 출력이 소정 임계치보다 낮으면, 마이크로제어기는 디지털 핀(D1 및 D2)으로부터 저항기(R1 내지 R4), MOSFET(M3 및 M4)로 구성된 구동 회로를 통해 MOSFET들로 제어신호를 인가하여 배터리 가열 과정을 시작한다. 구동 회로는, 제어 신호 전압 및 V+의 소스 전압 사이의 전압 차 레벨과 무관하게, M1A, M1B, M2A 및 M2B가 완전히 컷오프(cut-off) 모드(개방) 또는 포화 모드(단함)로 구동될 수 있음을 보장한다. 디지털 핀(D1)이 로직 하이인 반면, D1이 로직 로우인 경우, M1A 및 M1B는 닫힌 스위치처럼 동작하는 반면, M2A 및 M2B는 개방 스위치로 동작한다. 그런 다음, 전류는 소스로부터 배터리(450)로 흐른다. 디지털 핀(D1)이 로직 로우인 반면 D2가 로직 하이인 경우, M1A 및 M1B는 개방 스위치처럼 동작하는 반면, M2A 및 M2B는 닫힌 스위치로 동작한다. 그런 다음 전류는 배터리(450)로부터 소스로 흐른다. 따라서 절환 주파수, 즉, 인가된 전류(AC 가열 전류)의 주파수는 제어기에 의해 설정 및 제어되고, 후술되는 것처럼 배터리 온도의 함수로서 변화될 수 있다. AC/DC 컨버터는 마이크로제어기 및 전압 조정기를 통한 온도 센서에 전력 공급을 위한 것뿐만 아니라 가열 과정을 위해 전압원을 제공한다. AC/DC 컨버터 및 전압 조정기는 나머지 회로 컴포넌트들과 동일 회로보드로 통합되거나 외부 컴포넌트로 설계될 수 있다.

[0124] 도 31은 배터리 외부면에서 측정된 대로, 배터리가 도 27에 도시된 설계에 기반하여 섭씨 -30도부터 20도까지 가열되는 동안, 표준 모델 18650 셀 Li-이온 배터리의 온도 증가 예를 보인 것이다. 배터리부 번호는 LGABB418650이다.

[0125] 이전에 기술된 대로, Li-이온 기반 배터리 및 사실상 모든 충전식 및 1차 배터리, 및 슈퍼커패시터의 내부 저항 및 인덕턴스는 온도에 따라, 보다 저온에서 매우 중요해지는 변화에 따라 변한다. 예를 들어, 도 32 및 33은 55 ° C 내지 45 ° C의 온도 범위에서 표준 18650 셀 Li-이온 배터리(배터리부 번호는 LGABB418650이다)의 측정된 내부 저항 및 인덕턴스 그래프를 도시한 것이다.

[0126] 도 32 및 33의 그래프에 도시된 대로, 기술된 고주파 전압(전류)의 인가로 가열될 배터리들 및 슈퍼커패시터의 내부 저항 및 인덕턴스는 온도의 함수로서 상당히 변하기 때문에, 특히 극저온에서 보다 높은 가열 속도 달성이 매우 바람직함이 이해된다. 따라서, 인가된 고주파 전압(전류)의 진폭 및 주파수는 온도가 변화에 따라 최적의 가열 속도를 위해 조정되어야 한다. 본 발명의 다양한 실시예에서, 이는 도 22, 및 24 내지 30의 제어기 및 마이크로제어기에서, 예를 들어, 표 형식으로 저장된 데이터를, 제공하여 쉽게 달성된다. 도 32 및 33의 전형적인 그래프 검사는, 도시된 곡선의 단순한 형상으로 인해 그러한 룩업테이블이 단지 매우 제한된 크기만을 필요로 함을 보여준다는 것이 당업자에게 이해된다. 보다 보편적인 장치에서, 그러한 룩업테이블은 또한 흔히 사용되는 광범위한 배터리 및 슈퍼커패시터를 위해 제어기 또는 마이크로제어기의 메모리에 저장될 수 있다. 또는, 사용자는 당업계에 공지된 많은 데이터 통신 수단을 사용하여 관련 룩업테이블을 입력하는 옵션을 갖는다.

[0127] 도 34는 PNP 타입 바이폴라 정션 트랜지스터(Q1) 및 PNP 타입 바이폴라 정션 트랜지스터(Q2)를 포함하는 푸시-풀 증폭기를 사용하는 배터리 가열 회로의 다른 실시예를 도시한 것이다. 두 트랜지스터의 베이스 단자는 동일 제어신호 전압에 의해 구동된다. 신호 전압이 양이면, Q1은 활성화되는 반면, Q2는 컷오프 모드이고 개방 스위치로 동작한다. 전류는 양의 전압원 V+에서 배터리로 흐른다. 신호 전압이 음이면, Q2가 활성화되는 반면, Q1은 컷오프 모드이고 개방 스위치로 동작한다. 전류는 배터리에서 음의 전압원 V-로 흐른다. 제어 신호는 도 28의 제어 회로와 유사한 제어기로부터 전송된다. 제어기는 AC 결합 커패시터(C1)를 통해 디지털 펄스를 출력한다. 그런 다음, AC 결합 제어 신호는 연산 증폭기(U1)와 같은 장치에 의해 증폭된다. 저항기들(R1 및 R2)의 비로 U1의 출력신호의 전압 레벨을 설정한다. 그런 다음, AC 결합 및 증폭 제어 신호가 전송되어 트랜지스터(Q1 및 Q2)를 구동한다.

- [0128] 도 22, 및 24 내지 30에 도시된 절환 회로는 배터리 및 슈퍼커패시터 가열을 위해 거의 구형과 형상의 전압 입력력을 생성하는 것이 당업자에게 이해된다. 그러한 구형과 형상의 고주파 전압은, 이전에 표시된 것처럼 이 전압들이 충분히 높은 주파수에서 생성된다면, Li-이온, 납축전지 및 슈퍼커패시터를 포함해 다양한 표시가 된 배터리의 가열에 효과적이다. 그러한 애플리케이션에서, 특히, 가열될 배터리 또는 슈퍼커패시터가 높은 인덕턴스를 갖는 경우, 순수 정현파에 가까운 가열 AC 전압을 채용하는 것이 바람직할 수 있다. 이 목적을 위해, 예로서, 도 34의 실시예에 가열회로가 도 35에 도시된 것처럼 변형될 수 있다. 이 회로에서, 저항기(R3) 및 커패시터(C3 및 C1)는 함께 필터를 형성하고, 이는 제어기로 생성된 구형파 신호를 기본적으로 정현파 신호로 바꾼다.
- [0129] 도 36은 전력 연산 증폭기 IC(Integrated Circuit)(U1)를 사용하는 배터리 가열 회로의 다른 실시예를 도시한 것이다. 전력 연산 증폭기 IC(U1)는 반전 또는 비반전 증폭기로 설정될 수 있다. 도 36은 반전 증폭기로 설정된 U1의 예를 도시한 것이다. 이 실시예에서, 제어 신호는 도 28의 실시예에 도시된 제어 회로와 유사할 수 있는 제어기로부터 전송된다. 제어 신호는 AC 결합 커패시터(C1)를 통해 U1의 입력으로 전송된다. 저항기들(R1 및 R2)의 비는 U1의 출력신호의 전압 레벨을 설정한다. 그런 다음, U1의 출력 전력은 AC 결합 커패시터(C2)를 통해 배터리 가열에 인가된다. 커패시터(C2)는 U1의 출력 단자의 손상 방지에 필요하다.
- [0130] 도 37은 도 36에 도시된 실시예의 배터리 가열 회로도의 변경된 대안을 도시한 것이다. 이 회로에서, 저항기(R3) 및 커패시터(C3 및 C1)는 함께 필터를 형성하고, 이는 제어기로 생성된 구형파를 기본적으로 정현파 신호로 바꾼다.
- [0131] 도 38은 도 37에 도시된 실시예의 배터리 가열 회로도의 변경된 대안을 도시한 것이다. 이 회로에서, 트랜스포머(T1)는 배터리와 전력 연산 증폭기 IC(U1) 사이의 임피던스 매칭을 제공한다. 트랜스포머(T1)는 배터리 임피던스가 전력 연산 증폭기 IC(U1)의 출력 임피던스보다 훨씬 작을 때 필요하다. T1 내 N1의 코일 저항은 U1 내 전력 소모(power dissipation)를 감소시키기 위한 것뿐만 아니라 U1의 출력 효율을 유지하기 위해 충분히 높아야 한다. AC 결합 커패시터C2는 또한 N2의 코일 내부 저항이 배터리에 부하가 되는 것을 방지하기 위해 필요하다.
- [0132] 도 22, 24 내지 30, 및 34 내지 38의 배터리 가열 회로 실시예가 동작을 위해 외부 전원을 사용하는 것이 이해된다. 일부 애플리케이션에서, 배터리 가열 회로는 배터리 자체에 의해 제공된 전력을 사용하여 동작하는 것이 바람직하다. Li-이온, NiNM 및 납축전지와 같은 배터리 타입들의 경우, 정격 전압에 사용가능한 최대 출력 전류는 보다 낮은 배터리 온도에서 더 낮다. 도 39는 Li-이온 및 VRLA(Valve-Regulated Lead-Acid) 배터리의 최대 출력 전류 레벨을 함수 온도로 보여주는 전형적인 그래프이다. 도 39에서 알 수 있는 것처럼, 사용가능한 전류는 보다 낮은 온도에서 훨씬 강화된다. 이런 이유로, 본 발명의 다음 배터리 가열 회로는 배터리가 아직 가열 회로에 직접 전력을 공급하기에 충분한 전류를 제공할 수 있는 애플리케이션을 위한 것과 사용가능한 전류 레벨이 충분하지 않아서 중간 스토리지가 필요한 애플리케이션으로 나뉜다. 두 회로 타입은 최적의 성능을 위해 함께 동작하는 것이 바람직하다. 즉, 배터리가 필요한 전류 레벨을 제공할 수 있도록 충분히 가열되면, 가열 회로는 직접 전력공급 모드로 절환된다.
- [0133] 도 40은 배터리(450) 가열 회로의 다른 실시예를 도시한 것으로, 회로는 직접 가열되고 있는 배터리로부터의 전력을 사용하고, 따라서 실시예는 외부 전원장치가 필요하지 않다. 도 40의 회로 실시예는 도 22의 기본 가열 회로의 변형이다. 도 40의 회로에서, 전압원 V+는, 인덕터(L1) 및 커패시터(C1)를 포함한 LC 필터를 통해 배터리(450) 단자로부터 입력 전압을 획득하는 승압 조정기에 의해 제공된다. 승압 조정기는 입력 전압의 증가된 전압 레벨인 전압 레벨을 출력한다. LC 필터는 전류가 배터리로 입출력될 때 전압 조정기의 입력 전압 레벨이 가열 과정에서 안정하게 유지되게 한다. 전압 조정기는 출력 전압 레벨을 유지하고, 가열 과정에서 충분한 전류를 공급기 위해 최소량의 입력 전류를 필요로 한다. 전형적인 Li-이온, NiNM 및 납축전지의 정격 전압에서 사용가능한 전류가 도 39에 도시되어 있다. 도 40의 회로는 V+의 전압 레벨을 유지하는 동안 가열과정에서 충분한 전류가 흐르게 하는, 일정 값보다 높은 배터리 온도에서 동작하는데 이상적이다. 예를 들어, Li-이온 28 V 배터리 팩은 도 40의 회로와 함께 사용되고, 도 40의 회로가 적절하게 동작하기 위한 최소 필요 전류는 약 5 A이다. 따라서 이 예의 최소 동작 온도는 도 39에 도시된 것처럼 섭씨 -20도이다.
- [0134] 배터리(450) 자체에 의해 전력이 공급되는 도 40의 가열 회로 실시예도 외부 전력공급부를 구비할 수 있음이 이해된다. 그 결과, 사용자는 그러한 외부 전원이 사용가능할 경우, 배터리(450)를 가열하는 외부 전력을 사용할 수 있고, 그에 따라 배터리 전하들을 절약하고 배터리 가열과정을 가속한다. 이 경우, V+의 선택적인 단자 및 회로 단자는 외부 전원에 배선연결될 수 있다. 배터리 온도가 적절한 값까지 증가된다면, 외부 전원장치가 단절될 수 있고, 후속 가열 과정은 배터리 자체에 의해 전력이 공급될 수 있음이 이해된다. 그러한 많은 애플리케이션

선에서, 외부 전원은 배터리 온도를 실온 또는 배터리 성능이 최적 또는 원하는 레벨에 가까운 온도까지 또는 그에 가깝게 하는데 사용되고, 그런 다음, 외부 전력공급이 종료되고, 배터리 전력은 원하는 레벨에서 배터리 온도를 유지한다.

[0135] 그러한 애플리케이션의 예가 차량 또는 전력 도구 배터리이고, 차량 또는 전력 도구는 외부 전력을 사용할 수 있는, 가열되지 않은 차고 또는 창고에 수용되어 있다. 그런 다음 사용자는 먼저 냉각 온도에서 배터리를 가열하고, 배터리가 원하는 온도 레벨에 있는 경우, 외부 전원을 단절하고, 배터리 온도는 배터리 전력을 사용하여 원하는 레벨로 유지된다. 그런 다음, 사용자는 매우 찬 날씨에도 배터리 성능을 잃지 않고 차량 및 전력 도구를 사용할 수 있다. 그러한 애플리케이션은 많고, 저온 환경에서 한번쯤 사용되는 많은 장치 및 시스템이 포함된다. 는 것이 당업자에게 이해된다.

[0136] 도 41은 배터리가 배터리 자체에서 직접 회로 동작을 위해 충분히 높은 전류를 제공할 수 없는 극저온에서 동작 하도록 변경된 도 40의 배터리 가열 회로 실시예를 도시한 것이다. 도 41의 배터리 가열 회로 실시예는 외부 전력이 없이 동작한다. 전압 소스 V_+ 는, 인덕터(L1) 및 커패시터(C1)를 포함한 LC 필터를 통해 커패시터(C2)로부터 입력 전압을 획득하는 승압 조정기에 의해 제공된다. 커패시터(C2)는, 스위치(SW3)가 위치 A로 전환될 때 충전된다. 커패시터가 완전히 충전되면, 제어기는 위치 B로 전환되고 전압 조정기는 C2로부터 에너지를 끌어내어 가열 과정에서 에너지를 공급한다. C2의 전압이 일정 레벨까지 강해지고, 더 이상 전압 조정기의 동작을 유지할 수 없다면, SW3는 위치 A로 전환되어 다시 완전히 충전된다. 이 과정은, 제어기가, 직접적인 자체 전력공급 (self-powering)을 위한 소정 임계치보다 배터리 온도가 높은 것을 검출할 때까지 반복된다. 그런 다음, 배터리는 도 40의 실시예에 대해 이전에 기술된 것처럼 직접 가열 회로에 전력을 공급할 수 있다.

[0137] 도 42는 배터리(450) 가열 회로의 다른 실시예를 도시한 것으로, 회로는 직접 가열되고 있는 배터리로부터의 전력을 사용하고, 따라서 실시예는 외부 전원장치가 필요하지 않다. 도 42의 회로 실시예는 도 29의 기본 가열 회로의 변형이다. 전압원 V_+ 는, 인덕터(L1) 및 커패시터(C1)를 포함한 LC 필터를 통해 배터리(450) 단자로부터 입력 전압을 획득하는 승압 조정기에 의해 제공된다. 승압 조정기는 입력 전압 레벨보다 높은 전압 레벨을 출력한다. LC 필터는 전류가 배터리(450)로 입출력될 때 전압 조정기의 입력 전압 레벨이 가열 과정에서 안정하게 유지되게 한다. 전압 조정기는 출력 전압 레벨을 유지하고, 가열 과정에서 충분한 전류를 공급기 위한 최소량의 입력 전류 필요를 필요로한다. 전형적인 Li-이온, NiMH 및 납축전지의 정격 전압에서 사용가능한 전류가 도 39에 도시되어 있다. 도 42의 회로는 필요한 V_+ 의 전압 레벨을 유지하는 동안 가열과정에서 배터리가 충분한 전류를 공급하는 레벨보다 높은 배터리(450) 온도에서 동작하는 것이 이상적이다. 예를 들어, Li-이온 28 V 배터리 팩은 도 42의 회로와 함께 사용되고, 도 42의 회로가 적절하게 동작하기 위한 최소 필요 전류는 약 5 A 이다. 따라서 이 예의 최소 동작 온도는 도 39에 도시된 것처럼 섭씨 -20도이다.

[0138] 배터리(450) 자체에 의해 전력이 공급되는 도 42의 가열 회로 실시예 또한 외부 전력공급부를 구비할 수 있음이 이해된다. 그 결과, 사용자는 그러한 외부 전원이 사용가능할 경우, 배터리(450)를 가열하는 외부 전력을 사용할 수 있고, 그에 따라 배터리 전하들을 절약하고 배터리 가열과정을 가속한다. 이 경우, V_+ 의 선택적인 단자 및 회로 단자는 외부 전원에 배선연결될 수 있다. 배터리 온도가 적절한 값까지 증가된다면, 외부 전원장치가 단절될 수 있고, 후속 가열 과정은 배터리 자체에 의해 전력이 공급될 수 있다. 그러한 많은 애플리케이션에서, 외부 전력 소스는 배터리 온도를 실온 또는 배터리 성능이 최적 또는 원하는 레벨에 가까운 온도까지 또는 그에 가깝게 하는데 사용되고, 그런 다음, 외부 전력공급이 종료되고, 배터리 전력은 원하는 레벨에서 배터리 온도를 유지한다. 차량 또는 전력 도구 배터리와 같은 그러한 애플리케이션의 예 및 다른 유사 애플리케이션이 이전에 논의되었다.

[0139] 도 43은 배터리가 배터리 자체에서 직접 회로 동작을 위해 충분히 높은 전류를 제공할 수 없는 극저온에서 동작 하도록 변경된 도 42의 배터리 가열 회로 실시예를 도시한 것이다. 도 43의 배터리 가열 회로 실시예는 외부 전력없이 동작한다. 전압원 V_+ 는, 인덕터(L1) 및 커패시터(C1)를 포함한 LC 필터를 통해 커패시터(C2)로부터 입력 전압을 획득하는 승압 조정기에 의해 제공된다. 커패시터(C2)는, 스위치(SW3)가 위치 A로 전환될 때 충전된다. 커패시터가 완전히 충전되면, 제어기는 스위치(SW3)를 위치 B로 전환하고, 전압 조정기는 C2로부터 에너지를 끌어내어 가열 과정에서 에너지를 공급한다. C2의 전압이 일정 레벨까지 강해지고, 더 이상 전압 조정기의 동작을 유지할 수 없다면, SW3는 위치 A로 전환되어 다시 완전히 충전된다. 이 과정은, 제어기가, 직접적인 자체 전력공급을 위한 소정 임계치보다 배터리 온도가 높은 것을 검출할 때까지 반복된다. 그런 다음, 배터리는 도 42의 실시예에 대해 이전에 기술된 것처럼 직접 가열 회로에 전력을 공급할 수 있다.

[0140] 대부분의 애플리케이션에서, 배터리 및 슈퍼커패시터는 배터리 팩과 같은 닫힌 환경에서 하우징되는 것이 당업

자에게 이해된다. 납축전지의 경우에서처럼, 일부 애플리케이션에서, 배터리는 상대적으로 닫힌 하우징에 위치하지 않을 수 있다. 모든 이러한 애플리케이션에서, 배터리 또는 슈퍼커패시터가 본 발명의 상술된 실시예들 중 하나를 사용해 가열되는 경우, 배터리 또는 슈퍼커패시터의 외부면에 부착된 센서에 의해 측정된 온도는 일반적으로 배터리 및 슈퍼커패시터 코어의 온도보다 낮을 것이다. 이러한 모든 애플리케이션에서, 배터리 또는 슈퍼커패시터의 열 모델, (절연층 및/또는 페인트를 포함한) 그것의 하우징, 및 다른 커버층은 배터리 및 슈퍼커패시터 외부면의 온도를 측정하여 코어 온도를 예측한다. 이 모델에서, 입력 가열 에너지 양, 및 (보통 배터리 표면에서 측정된 온도와 동일한) 배터리의 최초 온도와 함께 시간의 함수로서 측정된 외부면 온도는 배터리 또는 슈퍼커패시터 코어 온도를 예측한다. 그러한 모델은 본 발명의 다양한 실시예의 제어기의 프로세서로 쉽게 프로그래밍될 수 있음이 당업자에게 이해된다.

[0141] 배터리 및 슈퍼커패시터 코어의 직접적인 가열을 위해 고주파 전류를 생성하는 일부 방법 및 관련 회로들은 이전에 설명되었다. 그러나, 배터리를 통해 고주파 전류를 통과시키는 장치가 자동으로 고주파 전류를 DC 성분 없이 또는 무시할 수 있는 DC 성분을 갖게 대칭으로 유지할 수 있는 것이 매우 바람직하다. 배터리 및 슈퍼커패시터에 대한 저온 직접 가열은 임의의 전압 및 내부 임피던스에 대해 사용되고, 두 가지 모두 온도에 따라 변하며, 배터리 또는 슈퍼커패시터를 통과한 고주파 가열 전류에게 필요한 무시가능한 DC 성분을 달성하기 위해 사용자 또는 센서 장치를 구비한 별도의 회로가 필요한 조정을 하는 작업을 수행할 필요없이 온도가 변한다.

[0142] 개시된 방법은 여기에서 가능한 회로 설계들 중 하나의 예들로 설명되어 있다. 설명된 방법은 다른 유사 회로 설계를 사용하여 구현될 수 있음이 당업자에게 이해된다.

[0143] 도 44는 직접 배터리 가열 장치의 다른 실시예의 블록도를 도시한 것이다. 도 44의 가열 시스템은 진동 전류(502)가 배터리(503)를 흐르게 하는 “가열 엔진”(501)으로 구성된다. “가열 엔진”은, 예를 들어, 50 내지 150 A를 공급하는 이중 극성의 높은 전류원에 의해 전력이 공급된다. “슬레이브” 마이크로제어기(505)는 “가열 엔진”(501)의 푸시풀 MOSFET 스위치 등의 교번 동작을 위한 전압 펄스를 제공하도록 프로그래밍되고, 그 예가 도 45에 도시되어 있고, 그에 대한 설명은 후술된다. “슬레이브” 마이크로제어기(505)는 “마스터” 마이크로제어기(506)에 의해 인에이블되고, 마스터 마이크로제어기는 배터리로부터의 감지 입력(507)을 사용하여 “가열 엔진”(501)을 디지털 제어한다. “마스터” 및 “슬레이브” 마이크로제어기의 기능은 단일 마이크로제어기로 수행될 수 있다.

[0144] 보통, 하나 이상의 온도 센서들(508), 예를 들어, NTC 써미스터 등은 배터리 온도를 모니터링한다. 전류 센서(509) 또한 가열 전류의 RMS 값을 측정하기 위해 제공된다. 가열 사이클은 배터리 온도가 원하는 동작 온도보다 낮게 떨어질 때마다 시작되고, 배터리 온도가 상한 설정을 초과할 때마다 디스에이블된다. 가열 시스템의 정상적인 동작은 배터리 온도를 원하는 제한 내에서 유지한다.

[0145] 예측불가능한 이벤트로 인해, 사전설정된 임계치를 통과한 배터리 온도와 같은 잠재적으로 위험한 상태가 검출되는 것이 이해된다. “가열 엔진”의 정상적인 제어 외에, 측정된 온도가 정상 동작 범위 밖으로 떨어지거나 명령이 일부 외부 소스(미도시)로부터 수신될 때마다 소프트웨어로 생성된 신호가 “가열 엔진”을 디스에이블하기 위해 제공될 수도 있다. 시스템은 온도가 위험한 상태보다 낮게 강하할 때 자동으로 회복하도록 프로그래밍될 수 있다. 그러한, 소프트웨어가 절충된다면, 하드웨어 컷다운 회로(510)는 사전설정된 임계치를 통과한 온도를 검출하고 고전류 전원장치를 디스에이블하도록 제공될 수 있다. “가열 엔진”은 시스템이 재활성화될 때까지 OFF 위치에 있다.

[0146] 도 45는 “가열 엔진”(501)의 동작을 도시한 것으로, 게이트 드라이버 모듈(511), 예를 들어, 고체상태 중계기 등의 전압 제어 토글 스위치(512), 병렬 구성으로 배열된 복수의 N-타입 MOSFET들(513), 병렬 구성으로 배열된 복수의 P-타입 MOSFET들(514), 및 병렬 구성으로 배열된 복수의 커패시터들(515)을 포함한다. 회로 동작은 배터리 전압과 화학반응에 독립적이다. 도 44의 슬레이브 마이크로제어기(505)는 N-MOSFET들(513)을 위한 제어 파형(516) 및 P-MOSFET들(514)을 위한 제어 파형(517)을 생성한다. 제어 파형들(516 및 517)은 N- 및 P-타입 MOSFET들(513 및 514)의 양(518) 및 음(519)의 게이트-소스 전압의 필수조건들로 각각 변환된다. 이 절환 펄스들은 각 게이트 단자들(520 및 521)로 전달된다. N-타입 MOSFET들(513)은 배터리의 양의 단자로 전류 흐름을 제공한다. P-타입 MOSFET들(514)이 도전(ON)되는 동안, 전류는 양의 단지로부터 흘러나온다. 전형적인 절환 파형들(516 및 517) 및 배터리 전류 파형(521)이 도 46에 도시되어 있다. 또한, 가열 사이클의 중요하고 새로운 특징은 두 채널 MOSFET들이 OFF 모드일 때 OFF 구간(523)이 되는 것이다. 이 추가된 특징은 P 및 N-타입 MOSFET들을 동시에 ON 상태가 되게 하는 잠재적으로 위험한 상태를 제거한다.

[0147] 도 45를 참조하면, 병렬 커패시터 뱅크(516)는 가열 시스템에 명백한 기능적 이점을 제공한다. 커패시터 뱅크가

없다면, 양 또는 음의 공급 전압은 배터리를 통과하는 대칭적인 가열 전류 흐름을 얻기 위해 독립적으로 조정될 필요가 있다. 이어서, 전원장치 전압 필요조건은 배터리의 개방회로 전압에 좌우되고, 가열 시스템을 상당히 복잡하게 한다. 그러나, 도 48에 도시되고 수학적식(4)로 후술되는 것처럼, 이하에서 설명되는 본 신규 설계에서, 커패시터 뱅크(515)를 포함한다면, 설계에 의해 배터리를 통과하는 대칭적 전류 흐름이 보장된다. 이 신규 설계로, 개시된 “가열 엔진”은 납산(lead-acid), Li-이온, Li-폴리머 등과 같은 단일 셀들 또는 셀 팩을 가열할 수 있다.

[0148] 배터리 또는 슈퍼커패시터에 대한 개시된 고주파 직접 가열을 위한 다른 중요 고려사항은 가열 회로의 효율이다. 낮은 효율은 전자 컴포넌트들에 의해 생성된 초과 열로 나타나고, 이로 인해 회로 컴포넌트들로부터 제거된 상당한 양의 열을 수송할 수단이 필요하다.

[0149] 회로의 가열 효율은 동작 주파수에서 유효 배터리 저항 대 전체 회로 저항의 비로 주어지고, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학적식 4

$$\eta_{\text{heating}} = \frac{R_{\text{bat}}}{R_{\text{bat}} + R_{\text{cir}}} = 1 - \frac{R_{\text{cir}}}{R_{\text{tot}}}$$

[0150]

[0151] 여기서 R_{bat} , R_{cir} , 및 R_{tot} 는 각각 배터리 저항, 회로 저항, 및 전체 저항이다. 회로 저항은 MOSFET(N 또는 P) ON 저항, 커패시터의 등가 직렬 저항, 및 모든 다른 기생저항의 합이다. 복수의 MOSFET들 및 커패시터들은 비례하는 방식으로 회로 저항을 감소시키는 것이 이해될 수 있다. 따라서, 주어진 배터리 저항의 경우, 특히, 수 밀리옴 범위의 저항을 갖는 Li-폴리머 또는 납축전지의 경우, 1(unity)에 가까운 열 효율을 얻을 수 있다. 예를 들어, 7 mΩ의 저항을 갖는 단일 커패시터 및 10 mΩ의 ON 저항을 갖는 단일 N-MOSFET으로 된 회로는 주어진 온도에서 30 mΩ의 내부 저항을 갖는 배터리에 대해 약 64%의 가열 효율을 낸다. 그러나, 상술한 커패시터들의 5개 병렬 뱅크 및 MOSFET들을 사용하면 가열 효율은 90%로 증가한다.

[0152] 상술한 효율 계산이 도전성 손실에 근거한 반면, (MHz 정도의) 보다 높은 동작 주파수에서 절환 손실은 보다 높을 것이 명백하다.

[0153] 도 47은 도 44의 하드웨어 셋다운 회로(510)의 한 가지 가능한 구현에 대한 개략도이고, 이는 사전 설정된 온도 임계치보다 높은 온도가 검출되었을 때 도 44에서 “가열 엔진”에 컷오프 전력을 공급하도록 설계된 것이다. 배터리 온도 센서(524)의 출력은 이 조건에서 셋 포인트(set-point, 525)와 비교된다. 비교기(526)의 출력은 사전설정된 온도 조건보다 높은 온도가 검출되었음을 나타내는 높은 레벨로 절환된다. 두 AND 게이트(527 및 528)는 진리표(531)에 따라 출력(529 및 530)을 생성한다. 두 출력(529 및 530)은 배타적 OR 게이트(532)를 구동하여 정상 동작을 위해 출력(533)에서 로직 LOW를 생성한다. 하드웨어 셋다운 회로는 “가열 엔진”이 사전설정 온도 신호보다 높은 것이 FALSE일 때만 전력이 공급된다. 하드웨어 셋다운 회로(510) 또한 프로그램가능한 마이크로프로세서가 있거나 없이 대안적으로 설계된 회로로 구현될 수 있음이 이해된다.

[0154] “가열 엔진”(501, 도 44)의 동작은 세 가지 명백한 시간 영역에서 분석될 수 있다: 1) N-타입 MOSFET ON 및 P-타입 MOSFET OFF(양의 전류); 2) 두 MOSFET이 OFF; 및 3) N-타입 MOSFET가 OFF 및 P-타입 MOSFET이 ON(음의 전류). 영역 (1) 및 (3)에서 동작은 전류 극성이 반대인 것을 제외하면 유사하다. 따라서 분석은 영역 (1) 또는 (3)에 대해서만 수행될 필요가 있다. 양의 사이클 동안, N-타입 MOSFET은 등가저항 R_{on} 을 갖는 ON 이다. 도 45를 참조하면, 도전 시간(conduction time) T동안, 배터리를 흐르는 전류 $i(t)$ 는 다음으로 주어진다.

수학식 5

$$i(t) = \begin{cases} \frac{V_s}{R} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) & , \quad 0 \leq t \leq T \\ \frac{V_s}{R} \left(1 - \exp\left(-\frac{T}{\tau}\right)\right) \exp\left(-\frac{t-T}{\tau}\right) & , \quad t \geq T \end{cases}$$

[0155]

[0156]

도 48은 $R=50 \text{ m}\Omega$, $C=2 \text{ mF}$ 및 $V_s=\pm 3.3 \text{ V}$ 일 때 하나의 사이클에 대한 완전한 전류 파형을 보여준다. T 는 도 MOSFET들에 대한 ON 시간이고, $\tau=RC$ 는 가열 회로의 시간 상수이다. 양과 음의 전류 흐름간의 천이는 두 MOSFET들의 OFF 상태(535)로 분리된다. 도 48은 세 가지 조건에 대한 전류 파형을 보여준다: 1) 점선(536)은 $\tau=0.1T$ ($R=50 \text{ m}\Omega$, $C=0.2 \text{ mF}$)일 때 응답; 2) 실선(534)은 $\tau=T$ ($R=50 \text{ m}\Omega$, $C=2 \text{ mF}$)일 때 응답; 및 3) 일점쇄선(dash-dot line, 537)은 $\tau=10T$ ($R=50 \text{ m}\Omega$, $C=20 \text{ mF}$)일 때 응답. 응답 형상은 세 조건에 대해 다르지만, 배터리를 통한 평균 전류는 0이다. 실시 관점에서, $\tau=10T$ 인 조건에 가깝게 가열 엔진을 동작시키는 것이 바람직하다.

[0157]

도 49는 트럭들에 보통 사용되는 12 V Type 31 납축전지(538)를 가열하는 동안 실제 측정된 전류 응답을 보여준다. 이 회로에서, 70 A 의 피크 전류가 측정되었다.

[0158]

가열 시스템에 대한 상술한 설명은 단지 편의를 위해 충전식 배터리에 초점을 맞춘 것이다. 동일한 가열 시스템이 저온에서 액보존형(liquid reserve) 배터리 및 열보존형(thermal reserve) 배터리를 포함한 충전된 또는 비충전된 슈퍼커패시터 및 모든 1차 전지를 가열할 수 있음이 이해된다.

[0159]

도 50은 본 발명의 제1 고효율 자체 가열 장치의 회로도도를 도시한 것이다. 이 장치는 주위 온도가 원하는 동작 온도보다 소정량 강하되었을 때 원하는 동작 온도에서 배터리를 유지하도록 설계되었다.

[0160]

도 50에서 알 수 있는 것처럼, (전압 V_B 를 제공하는) 배터리는 외부 커패시터(C) 및 인덕터(L)와 직렬로 위치하여 직렬 공진 회로인 루프 “A”를 형성한다. 도 50의 회로에서, 저항기(R_B)는 배터리 및 슈퍼커패시터의 고주파 가열에 대해 이전에 기술된 것처럼 배터리의 내부 저항이 고주파 전류임을 표시한다. 스위치 S_2 가 개방된 상태에서, 스위치 S_1 이 갑자기 닫힌다. 그런 다음 루프 “A”의 공진 회로는 회로의 공진 주파수에서 진동 전류를 배터리 저항기에 통과시키고, 그에 따라 이전의 고주파 배터리 가열 실시예에 대해 기술된 것처럼 1차로 전해질을 가열하여 배터리 코어를 가열한다. 진동 전류의 진폭은 진동 에너지가 열로 변환되면서 줄어들고, 커패시터가 배터리 전위까지 충전되면서 0으로 되는 가열 회로와 함께 진동 회로는 정상상태(steady state) 조건에 도달한다. 이 때, 스위치 S_1 이 개방되고, 스위치 S_2 가 닫힌다. 커패시터(C)에 저장된 전기 에너지는 집지되어 방전된다. 그런 다음, 스위치 S_2 가 개방되고, 가열 사이클은 소정 배터리 온도에 도달될 때까지 필요한 만큼 반복된다.

[0161]

회로의 정상상태 시간 상수는 배터리와 모든 다른 저항의 유효 직렬 저항(이하 R_{tot})의 함수이고, 리액티브(reactive) 컴포넌트의 모든 다른 저항 및 (적절하게 설계된 회로의 경우 R_B 보다 훨씬 낮은 것으로 기대되는) 다른 기생 저항(미도시)의 함수이다. 루프 “A” 회로의 피크 전류 및 공진 주파수는 스위치 S_1 의 ON 전환 시간 및 C , L 및 R_{tot} 의 값들로 결정된다.

[0162]

도 51은 배터리 및 슈퍼커패시터를 위한 고효율 자체 가열 장치의 블록도를 도시한 것이다. 점선(539)으로 표시된 박스 안의 요소들은 고주파 전류에 대한 배터리와 그 직렬 내부 저항을 나타낸다. 배터리는 온도 센서(도 51에 도시된 써미스터)를 구비하고, 그 출력에는 배터리 온도가 사전 설정된 온도 레벨보다 강해질 때 마이크로제어기가 상술한 대로 가열 사이클을 시작하고, 사전 설정된 상부 배터리 온도에 도달할 때 가열 과정을 중단하게 하는 수단이 제공된다. 도 51의 절환 네트워크 블록은 도 50의 스위치들(S_1 및 S_2)의 컴포넌트들이 장치 마이크로제어기에 의해 동작되는 것으로 나타낸다.

[0163]

도 52는 점선 박스(540)으로 표시된 배터리를 자체 가열하는 도 51의 배터리 및 슈퍼커패시터를 위한 고효율 자체 가열 장치의 블록도의 구현 예를 도시한 것이다. 박스(540)에서, V_B 는 배터리를 고주파 전류에 대한 내부 저항 R_B 를 갖는 전압원으로 표시한다. 자체 가열 장치는 냉각 환경에서 배터리를 가열하여 상한 온도 및 하한 온도로 정의된 소정 범위 내 온도로 유지하도록 의도된다. 도 51의 회로에 대해 기술된 것처럼, 배터리는 “온도 센서 회로”를 사용하여 배터리 온도를 측정하는 온도 센서(541)를 구비하고, 회로는 측정된 온도 신호(542)를

장치 마이크로제어기로 공급한다. 직렬 공진회로는 고주파 전류(RB)에 대한 배터리 내부 저항, 외부 인덕터(L) 및 커패시터(C)에 의해 형성된다. 배터리(540)는 마이크로제어기 및 온도 센서 회로에 전력을 공급한다.

[0164] 도 52의 배터리 자체 가열 회로 실시예에서, 온도 센서 회로는 제어기 신호(542)를 생성하여, 측정된 온도와 원하는 동작 온도 범위를 비교함으로써 자체 가열 사이클을 시작 및 중단한다. 배터리가 가열될 때, 마이크로제어기는 스위치들(S1 및 S2)에 대한 제어 신호들(V_{s1} 및 V_{s2})을 각각 생성하여 토글 가열 사이클을 시작한다. 절환 기능은 N-MOSFET들(S1 및 S2) 등을 사용하여 달성된다. 저항기들(R1 및 R2)은 N-MOSFET 스위치들의 적절한 동작에 사용된다. 온도 센서 회로로부터 가열 요구를 받을 때, 즉, 측정된 온도가 설정된 임계치보다 낮게 떨어진 경우, 마이크로제어기는 제어신호 V_{s1} 를 전송하여 스위치S1을 턴온하고(닫고), 제어신호 V_{s2} 를 전송하여 스위치 SW2를 턴오프한다(개방한다). 이러한 스위치 구성으로, 배터리(540) 및 RB, L과 C 부재들의 직렬 결합은 강제 응답하의 직렬 공진 회로를 형성하고 저감식(under-damped) 방식으로 동작한다. 직렬 RB, L 및 C 공진 회로를 통한, 특히, 내부 저항(RB)을 통한 고주파 정현 전류의 흐름으로 고주파 배터리 가열 실시예에 대해 기술된 바와 같이 배터리 코어 내에서 열이 생성되고, 그에 따라 배터리 코어 전류가 상승한다. 커패시터(C)가 배터리 전압(VB)에 가깝게 충전된다면, 스위치 S2는 닫히고, 스위치 S1은 개방된다. 커패시터(C1)에 모인 전하들은 접지로 방전되고 가열 사이클이 반복된다. 그런 다음, 배터리 코어 온도가 배터리에 설정된 상한 온도까지 증가하면서, 온도 센서 회로는 제어 신호(542)를 송신하여 마이크로제어기가 가열 사이클을 중단시킨다. 요컨대, 자체 가열 사이클은 일련의 제어된 절환(토글) 사이클을 포함하고, 사이클은 스위치 S2가 잠깐 닫히고 스위치 S1이 개방되어 커패시터(C)가 공진 충전하고(resonant charging) 커패시터(C)가 빨리 방전되는 동안 스위치 S1이 닫히고, 스위치 S2가 개방된다. 절환 시퀀스는 배터리 코어가 소정 온도, 보통 소정 상한 온도 또는 그 가까이에 도달할 때까지 반복된다.

[0165] 도 52의 자체 가열 장치 회로의 가열 효율 η 는 (고주파) 공진 주파수에서 회로(도 50 내지 52에 미도시)의 전체 저항에 대한 유효 배터리 저항(RB)(도 50의 루프 “A”)의 비로 주어진다. 즉,

수학식 6

$$\eta = \frac{RB}{RB + R_L + R_C + R_W} = 1 - \frac{R_{cir}}{R_{tot}}$$

[0166] 여기서 R_{bat} , R_L , R_C 및 R_W 는 공진 주파수에서 각각 배터리, 인덕터, 커패시터 및 모든 연결 배선들의 직렬 저항이고, 그 전체는 회로 저항 R_{cir} 이다. 전체 회로 저항 R_{cir} 은 컴포넌트 데이터 시트로부터 평가될 수 있고, 전체 저항($R_{tot}=R_{cir}+R_{bat}$)은 배터리를 통과하는 전류와 배터리의 전압을 측정한 값들로부터 결정될 수 있다. 리액티브 컴포넌트의 신중한 선택을 통해, 회로 가열 효율은 $R_{cir} \ll R_{tot}$ 를 보장하도록 무작위로 높게 만들어질 수 있다. 커패시터(C)의 방전에 의한 추가 손실은 대체로 낮고 전체 에너지의 약 5 내지 10%이다.

[0168] 일례로, 도 52의 자체 가열 장치 실시예의 가열 효율은 리튬 이온 셀(모델 LGAB418650)에 사용되었고, 온도를 20° C에서 40° C까지 낮추도록 설정된 환경 챔버(environmental chamber)에 위치한다. 배터리는 1 mm 두께의 열 배터리 절연층에 싸여 있다. 배터리 온도는 20° C와 25° C 사이에서 유지되도록 설정된다.

[0169] 도 52의 배터리 자체 가열 회로 실시예에서, 2 KHz의 절환 주파수가 스위치 S2에 사용되고, 100 μ s의 방전 펄스 폭을 갖는다. 순간 전압 및 전류 측정치는 가열 사이클 동안 회로의 전체 저항 평가에 사용된다. 이 예에서, 저항들은 $R_L=7$ m Ω , 및 $R_C=4$ m Ω 이고, 저항 $R_{tot}=169$ m Ω 의 피크치는 전압 및 전류 파형의 RMS 값들을 사용하여 계산된다. 이 파라미터들은 93%의 가열 효율을 제공하고, 이는 커패시터 방전 손실을 포함한다.

[0170] 각 500 μ s(2 KHz)의 공진 가열 사이클 끝에서, 커패시터에 저장된 에너지는 100 μ s동안 단락 회로를 통해 소모된다. 상술한 테스트 예에서, 400 μ s 동안 가열 후 커패시터에 저장된 에너지는 0.68 mJ이었다. 가열 시간동안 배터리는 전체 34.8 mJ을 공급했다. 이는 공급된 에너지의 2%가 가열 펄스 끝에서 커패시터에 저장되는 것을 의미한다.

[0171] 도 53은 이 예의 배터리가 놓인 환경 챔버(545)의 온도 그래프를 보여준다. 설정된 배터리 온도 T_{set} 는 일점쇄선으로 도시되어 있다. 자체 가열 부분(543) 및 (자체 가열 장치가 턴 오프되었을 때) 냉각 부분(544)의 배터리

측정 온도가 도시되어 있다. 그래프(546)는 배터리를 통과한 실제 측정된 고주파 전류, 즉, 배터리 코어를 가열하는 전류에 대한 배터리 고주파 저항(RB)의 오실로스코프 화면이다.

[0172] 도 50 내지 52의 배터리 자체 가열 회로 실시예에서, 커패시터(C)에 저장된 에너지는 손실되고, 그에 따라 상술한 회로 가열 효율은 93%에서 약 91%로 감소한다. 그러나 커패시터(C)에 저장된 전기 에너지는, 대부분이 직렬로 또는 병렬로 또는 이들의 결합으로 연결된 몇 개 셀들로 패키징되어 원하는 배터리 전압 또는 동작 전류를 얻는 배터리들, 특히, 대부분의 Li-이온 또는 Li-폴리머 등 배터리들의 가열을 보충한다. 그러한 배터리에서, 온도 센서는 배터리 팩들 사이에 위치하여 열 제어 목적을 위해 또는 도 50 내지 52의 자체 가열 장치 실시예를 포함하는, 본 발명의 개시된 실시예들 중 하나를 사용하여 배터리를 가열하기 위해 배터리 온도를 측정하도록 위치하는 것이 당업자에게 이해된다.

[0173] 배터리 팩의 배터리 셀들이 정확하게 동일하지 않기 때문에, 셀들은 도 50 내지 52의 자체 가열 장치를 포함하는 본 발명의 개시된 실시예들을 사용하여 가열하기 위한 것뿐만 아니라 열 제어 목적을 위해 개별적으로 (또는 쌍으로 또는 일정 구성으로) 모니터링되어야 한다. 이 때문에, 커패시터(C)에 저장된 전하는, 스위치(S2)가 닫힌다면 도 54에 도시된 것처럼 제공된 저항기(R_B)에서 소모될 수 있다. 도 54의 회로는 저항기(R_B)가 추가되고 이전에 설명된 도 52의 실시예와 동일하게 동작하는 것을 제외하고, 도 52의 회로와 동일하다 유일한 차이는 각 배터리 가열 사이클 동안 커패시터(C)에 저장된 전기 에너지가 소모되는 대신에, 회로가 배터리 팩의 배터리 셀들 사이에 위치한 저항기(R_B)의 가열에 사용된다는 것이다. 따라서, 생성된 열은 (외부 셀(shell)로부터 나온 것이어도) 배터리 가열에 사용된다. 전체 배터리 팩 부피가 증가되지 않도록, 대체로 얇고 (사용된 온도 센서와 유사한 두께의) 납작한 저항기가 저항기(R_B)로 사용되는 것이 바람직하다.

[0174] 본 발명의 상기 자체 가열 장치 실시예에서, 배터리에 인가되는 고주파 가열 전류는 배터리 전원에 의해 구동되는 설명된 스위칭 회로에 의해 생성된다. 본 발명의 하기 실시예에서, 리튬-이온, 리튬-폴리머, 납산, NiMH 및 기타 1차 및 재충전 배터리와 같은 거의 모든 배터리를 위한 자체 가열 장치를 설계하는 데 사용될 수 있는 새로운 방법이 설명된다. 그 결과 자체 가열 장치는 설계가 더 간단하고 구성 요소가 훨씬 적으며 전기 에너지 손실을 최소화하면서 배터리 코어 가열을 수행하는 데 매우 효율적이다.

[0175] 도 55는 설계가 훨씬 간단하고 구성 요소 수가 적은 그러한 자체 가열 장치의 회로 개략도를 도시한다. 자체 가열 장치는 배터리 전원을 사용하는 추운 온도 환경에서 미리 정의된 온도에 가깝게 배터리 코어 작동 온도를 유지하도록 설계되었다. 도 54의 회로 개략도에서, 배터리(601)(점선으로 된 직사각형 내부에 도시됨)는 개방 회로 전압 VB, 내부 저항(603)(RB) 및 내부 인덕턴스(604) LB를 갖는 이상적인 전압 소스(602)로 모델링된다. 자체 가열 회로는 온도 센서(607)의 판독값이 설정된 작동 온도 미만일 때 온도 센서 회로(606)에 의해 생성되는 제어 신호(605)에 의해 개시된다.

[0176] 측정된 온도가 설정된 작동 온도보다 높으면 가열 회로가 비활성화된다. 예시된 자체 가열 회로는 도 55 내지 59를 참조하여 설명된 3개의 동작 단계를 갖는다. 신호(605)는 전자 스위치608(S1) 및 609(S2)의 동작을 제어하는 프로그래밍된 타이밍 파형 시퀀스의 실행을 개시한다. 신호(610)는 전자 스위치(608)의 개방 및 폐쇄를 제어하고 신호(611)는 전자 스위치(609)의 개방을 제어한다. 이러한 제어 신호의 정확한 타이밍은 배터리 자체 가열 시스템의 적절한 작동에 필수적이다. 마이크로 컨트롤러(612)는 열 ON/OFF 신호(605)를 처리하여 전자 스위치(608 및 609)에 대한 타이밍 파형을 생성한다. 자체 가열 시스템은 외부 전원이나 외부 제어 신호 없이도 자율적으로 작동하도록 설계되었다. 또한, 자체 가열 시스템은 배터리가 차량에 장착되어 있는 동안 및 차량 엔진 및/또는 다른 전기 및 전자 장치가 켜져 있을 때 배터리에 가열을 제공할 수 있다.

[0177] 도 54의 자체 가열 회로는 배터리 전압원(602), 내부 저항(603)(RB), 내부 인덕턴스(604)(LB) 및 외부 커패시터(613)(C)로 형성된 강제 직렬 공진 회로(forced series resonance circuit)를 따라 고주파 진동 전류를 통해 배터리 코어에 열을 발생시킨다. 가열 사이클의 시작에서 스위치(608)는 개방되고 스위치(609)는 일시적으로 폐쇄되어 커패시터(613)를 방전시킨다. 가열 단계는 스위치(609)를 열고 스위치(608)를 닫음으로써 개시된다. 후술하는 공진 가열은 커패시터(613)가 배터리 개방 회로 전압으로 충전될 때까지 계속되고, 이 시점에서 전류(i1)는 0이 되고 가열이 중지된다.

[0178] 가열 시간의 지속 시간은 컴포넌트 값에 의해 결정된다. 예를 들어, 도 56의 플롯(a)은 직렬 공진 회로를 통해 흐르는 예상 전류 파형(614)을 나타내고, 도 56의 플롯(b)은 전압 파형(615)을 나타낸다. 이들 플롯은 RB=2mΩ, LB=7mH 및 C=226 μF인 12V 납산 배터리에 대해 생성된다. 몇 번의 진동 후, 전류(i1)는 커패시터가 배터리의 개방 회로 전압에 해당하는 전압 레벨(616)까지 완전히 충전되었음을 나타내는 제로(0)가 된다.

- [0179] 도 55를 참조하면, 배터리의 지속적인 가열은 커패시터(613)의 방전을 필요로 하며, 이는 저항 션트(resistive shunt)(617)(Rd)를 통해 스위치(608)를 개방하고 스위치(609)를 폐쇄함으로써 달성될 수 있다. 그러나, 커패시터(613)로부터 저장된 에너지를 제거하는 이 방법은 낭비적이며 배터리 에너지의 약 50%가 열로서 환경으로 소멸되는 것을 차지한다. 커패시터(613)에 저장된 전기 에너지의 비교적 작은 부분은 케이스를 통해 코어 영역으로 열을 전달하기 위해 션트 저항기(617)를 배터리 본체에 장착함으로써 회수될 수 있다. 그러나 커패시터(613)에 저장된 전기 에너지의 상당 부분은 도 57에 도시된 본 발명의 다음 실시예에 대해 설명된 방법 및 회로 설계를 사용하여 위의 각각의 가열 사이클 후에 또 다른 배터리 가열 사이클을 생성하는 데 사용될 수 있다.
- [0180] 도 57의 배터리 자체 가열 회로 실시예는 저항기(617)(Rd)가 인덕터(640)(L)로 대체된 것을 제외하고는 도 55의 배터리 자체 가열 회로 실시예와 동일하다. 도 57의 배터리 자체 가열 회로 실시예는 또한 상당히 높은 효율, 즉 배터리 전력의 상당 부분이 아래 설명된 바와 같이 배터리 코어를 가열하기 위해 자체 가열 회로에 의해 사용되는 것과 같이 상당히 높은 효율로 작동한다.
- [0181] 도 57을 참조하면, 배터리 자체 가열 회로는, 스위치(609)(S2)가 닫힌 동안 스위치(608)(S1)가 닫힘 후 커패시터(613)가 배터리 전압 레벨(VB)로 본질적으로 충전되는 시점까지, 도 55의 실시예에 설명된 바와 같이 동작한다. 도 57의 실시예에서, 커패시터(613)(C)에 저장된 전기 에너지는 폐쇄 스위치(609)와 개방 스위치(608)에 의해 인덕터(640)(L)와 커패시터(613)(C)에 의해 형성된 탱크 회로에 의해 회수된다.
- [0182] 이상적인 커패시터와 인덕터의 경우, 일단 스위치(609)(S2)가 닫히면 커패시터(613)(C)에 저장된 에너지가 상기 커패시터와 인덕터 사이에서 진동한다(도 57). 도 58(a)는 LC 탱크 회로를 통해 흐르는 전류 파형(618)(i2))의 플롯을 나타내고, 도 58(b)는 인덕터 전압 파형(619)(v2))의 플롯을 나타낸다. 도 58(a)를 참조하면, 시간 위치(620)(P))는 도 58(b)의 지점(621)(P)에서 전류 $i_2=0$ 이고 전압(v2)의 최대값을 갖는 커패시터(613)(C)의 완전 충전 상태를 나타낸다. 전류(618)(i2))는 전압(619)이 그 최대값인 621(P)에서 강하함에 따라 증가한다(도 58(b)). 최대 전류 지점(622)(Q))은 커패시터(613)(C))로부터의 모든 에너지가 인덕터(640)(L))로 전달되었음을 나타낸다. 이 지점(622)(Q))에서 인덕터 전압(623)은 0이다. 이러한 시간 마크(도 58(a) 및 (b)에서 각각 622 및 623)에서, 커패시터 에너지는 인덕터(640)(L)로 전달되었다(도 57). 이어서, 인덕터의 에너지는 지점(R)(도 58(a) 및 (b)에서 각각 시간 마크(625 및 624))까지 커패시터로 다시 펌핑된다. 그러나, 커패시터 양단의 전압이 극성 반전을 거쳤다는 점에 유의해야 한다. 주기의 시작 시 전압 지점(621)(P)은 양수이고 지점(624)(R)에서 극성은 음수이다. 저장된 전기 에너지는 공진 전송에 의해 커패시터로 반환되었다. 이 극성 반전을 통해 커패시터에 저장된 전기 에너지가 다음 가열 주기에서 사용하기 위해 배터리로 반환될 수 있다.
- [0183] 도 58을 참조하면, 시간 마크(R)에서, 스위치(609)가 열리고 스위치(608)가 닫힘(도 57), 도 59에 도시된 바와 같이 제2 가열 사이클을 개시한다. 이러한 전류(626) 및 전압(627) 파형은 전류 및 전압 피크가 상당히 증가한 것을 제외하고는 도 56의 파형과 유사하다. 지점(628)(S)은 커패시터 양단 전압의 극성 반전을 나타낸다. 도 56의 배터리 가열 사이클은 온도 센서 제어 회로(606)로부터 가열을 중지하라는 제어 신호가 수신될 때까지 도 59의 배터리 가열 사이클이 이어진다(도 57).
- [0184] 도 60은 배터리 가열의 전체 사이클의 두 단계 동안, 즉 커패시터(613)(C)가 충전된 후 커패시터에 저장된 전기 에너지가 앞에서 설명한 것처럼 배터리를 가열하기 위해 사용되는 가열의 초기 사이클 동안의 복합 전류 및 전압 파형을 도시한다. 제1 단계(629 및 630) 동안(각각 도 60(a) 및 (b)) 도중에, 커패시터(613)(C))는 초기 에너지를 갖지 않으며 전압 및 전류 파형은 더 낮은 피크 값을 갖는다. 에너지 전달 단계(631 및 632)(각각 도 60(a) 및 (b))는 지점(633 및 634)(각각 도 60(a) 및 (b)) 및 지점(635 및 636)(각각 도 60(a) 및 (b))에서 정확한 타이밍 요청을 필요로 한다. 제2 가열 공명 단계(637 및 638)(각각 도 60(a) 및 (b))는 더 높은 피크 전류 및 전압을 갖는다. 그러나 이후의 모든 가열 주기는 동일하다.
- [0185] 당업자는 도 55 및 57의 스위치(608 및 609)가 예를 들어 N-MOSFET와 같은 전자식 전압 제어 단일 스로우 스위치(electronic, voltage controlled single throw switch)라는 것을 알 것이다. 가열 효율을 높이는 실질적인 문제로서 직렬 저항이 낮은 부품, 일반적으로 1mW 미만을 선택하는 것이 중요하다. 더 낮은 저항값은 병렬 구성에서 여러 스위치를 사용하여 달성할 수 있다.
- [0186] 당업자는 배터리의 내부 저항 및 인덕턴스가 일반적으로 온도에 따라 변하고 심지어 동일한 배터리 세트의 하나의 배터리에서 집단 내 다른 배터리에서도 달라진다는 것을 알고 있다. 이러한 이유로 자체 가열은, 도 55 및 도 57의 실시예에 대해 전술한 바와 같이 마이크로프로세서가 배터리에 연결되어 장치 설정을 변화시키거나 적절한 자체 가열 프로세스를 보장하기 때문에, 다양한 배터리 파라미터와 이 배터리 파라미터를 측정하는 수단들을 갖는 마이크로프로세서가 제공될 수 있다. 예로서, 위의 자체 가열 방법에 추가한 블록 다이어그램과 그 장치

실시예의 예시가 도 61에 제공되어 있다.

[0187] 도 61은 도 57의 자체 가열 실시예에 대한 작동 흐름도를 도시한다(이는 도 55의 실시예에도 유사하게 적용됨). 제1 단계(700)는 자체 가열 회로를 가능하게 한다. 인에이블 기능(enable function)은 마이크로컨트롤러(701)에 직접 인가되는 물리적 토글 스위치 또는 디지털 신호일 수 있다. 마이크로컨트롤러(701)는 이전에 설명된 배터리 가열을 구동하는 전압 및 전류 파형을 포착하기에 충분한 짧은 순간 동안 자체 가열 회로(702)(도 57의 실시예)를 시작한다. 도 55(또는 57) 및 도 56을 참조하면, 전류(614) 및 전압(615) 파형이 포착되고 마이크로컨트롤러 메모리에 보유된 데이터와 비교되어 배터리의 직렬 저항(603) 및 인덕턴스(604)와 같은 배터리 파라미터를 결정한다. 이들은 커패시터(113)와 함께 효율적인 자체 가열을 위한 최적의 전류 파형(114)을 결정한다. 커패시터(613)는 일반적으로 다수의 병렬 커패시터를 포함하며, 결합될 때 원하는 커패시터 값을 제공하기 위해 추가된다. 서로 다른 배터리 간의 차이를 수용하기 위해, 그들이 예를 들어 유형 31 트럭 배터리와 같이 동일한 제품군에 속하는 경우에도, 다양한 병렬 커패시터의 각 섀트 커패시터(shunting capacitors)에는 마이크로컨트롤러(701)로부터의 제어 신호에 의해 활성화할 수 있는 자체 전자 토글 스위치가 제공된다. 이 스위칭 기능을 통해, 측정된 배터리 파라미터(703)는 올바른 수의 커패시터가 커패시터(613)에 원하는 순 커패시턴스 값을 제공할 수 있도록 하는데 사용된다.

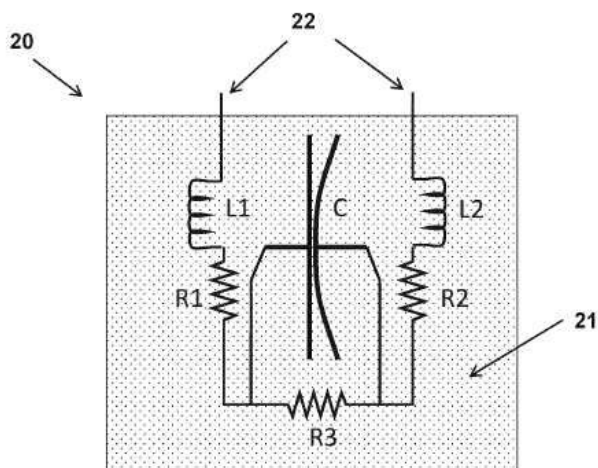
[0188] 유사한 방식으로, 전술한 바와 같이, 커패시터(C)에 저장된 에너지의 회복에 중요한 인덕터(640, 도 57)도 약간의 조정을 필요로 할 수 있다. 이러한 이유로 인덕터(640)는 전자적으로 활성화된 섀트 인덕터의 뱅크로 구성될 수 있으며, 이는 수행된 전압 파형 측정으로부터 결정된 원하는 값을 제공할 수 있다. 인덕터의 올바른 선택은 도 58에 정의된 임계 스위칭 지점(624)과 일치한다. 이러한 회로 조정이 완료되면, 자체 가열 회로는 온디맨드 방식으로 작동할 준비가 된다.

[0189] 자체 가열 회로를 활성화하기 전에 배터리 용량 센서(704)에 의해 잔여 배터리 용량도 측정될 수 있다. 배터리 용량은 컨덕턴스에 기초한 확립된 방법을 사용하여 측정된다. 측정된 배터리 용량(705)이 미리 설정된 최소값 미만인 경우, 회로는 작동을 중지하고 경고(706)를 발행한다. 그렇지 않으면, 회로 가열 플래그(707)가 높게 설정되어 정상 발열 기능이 가능하며, 이는 마이크로컨트롤러(701)를 통해 처리되는 온도 센서(708)의 출력에 의해 구동된다. 가열 ON 신호(609)를 발행하기 전에, 마이크로컨트롤러는 배터리 용량 테스트를 수행한다. 회로는 측정된 온도가 설정점을 초과할 때까지 계속 가열된다. 가열 오프 신호(710)는 가열 동작을 중단한다. 위에서 설명한 자체 가열 회로는, 배터리 용량이 설정값 아래로 떨어지거나 배터리 가열 작동 시작 시 활성화 기능이 OFF 위치로 전환되는 경우 배터리 코어 온도를 원하는 온도로 유지하고 기능을 중단한다.

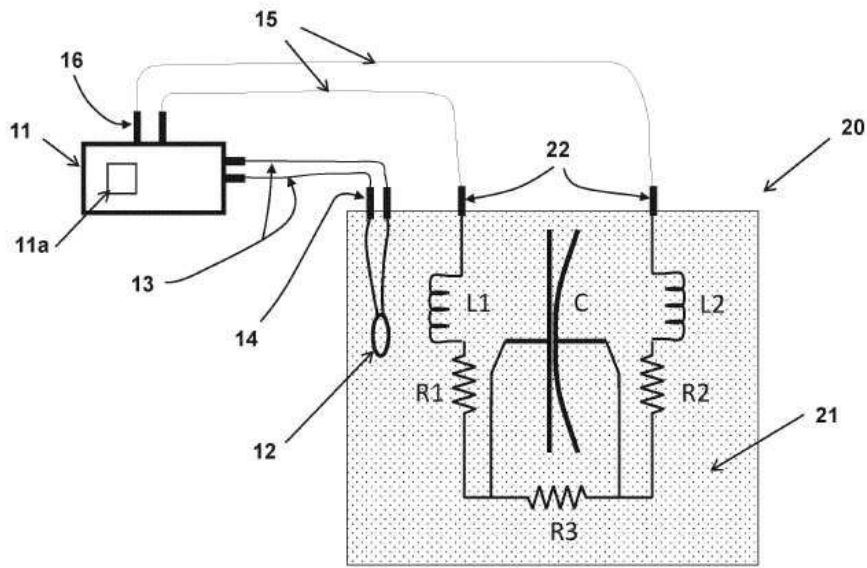
[0190] 본 발명의 바람직한 실시예가 도시되고 설명되었지만, 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않고 다양한 형태 또는 상세내용으로 수정 및 변경이 이뤄질 수 있음이 이해될 것이다. 따라서 본 발명은 도시되고 설명된 정확한 형태로 제한되지 않고 첨부된 특허청구범위들의 범위 내에 포함될 수 있는 모든 변경을 커버하도록 의도된다.

도면

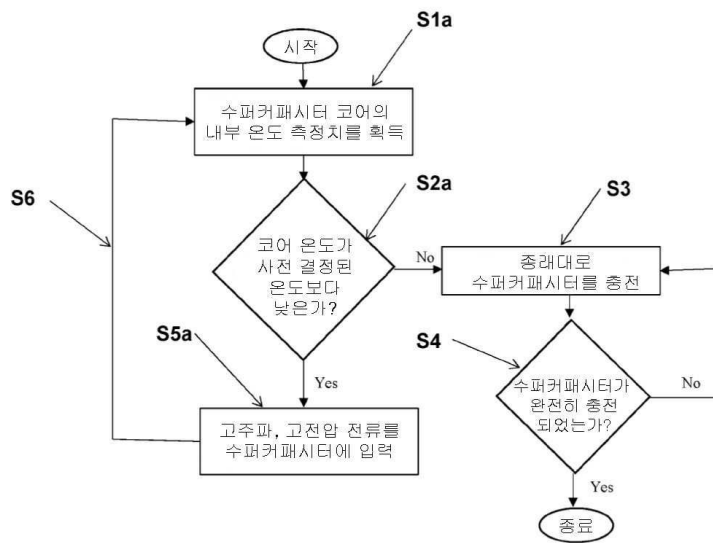
도면1



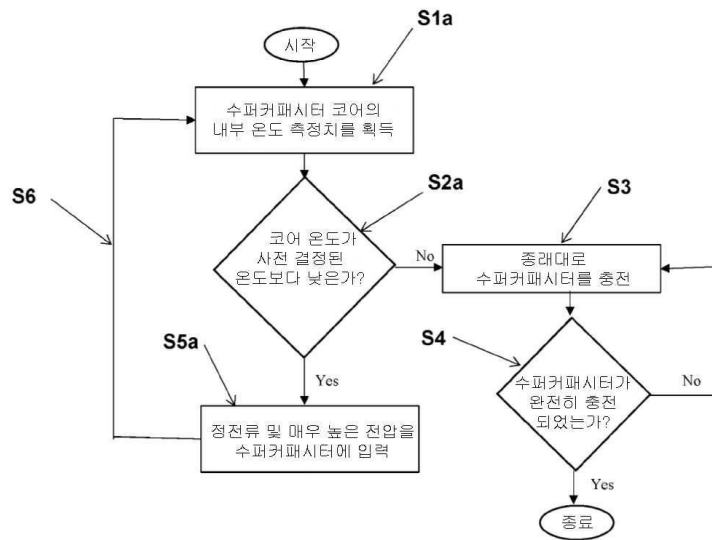
도면2



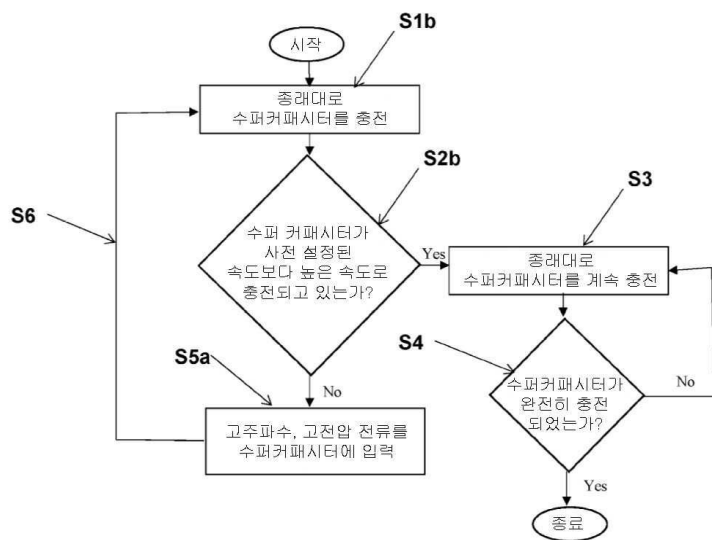
도면3



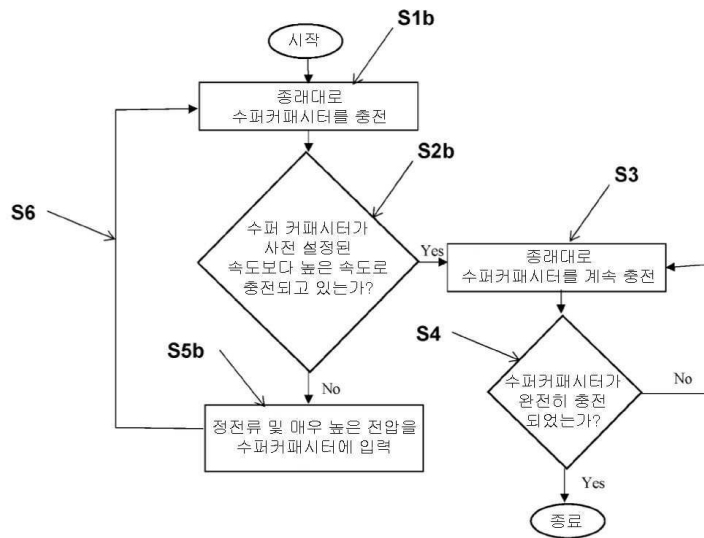
도면4



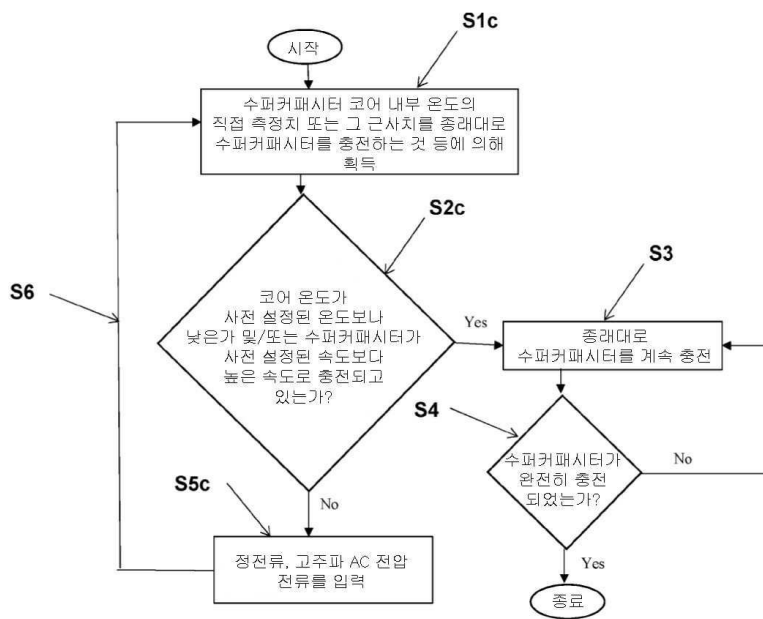
도면5



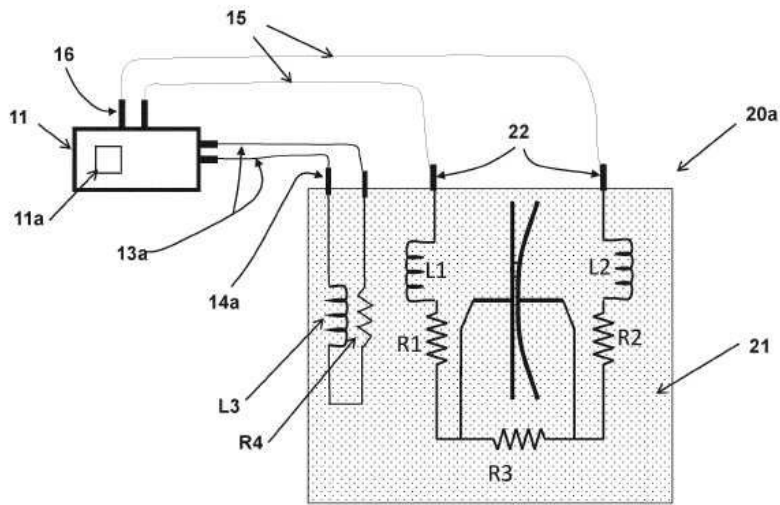
도면6



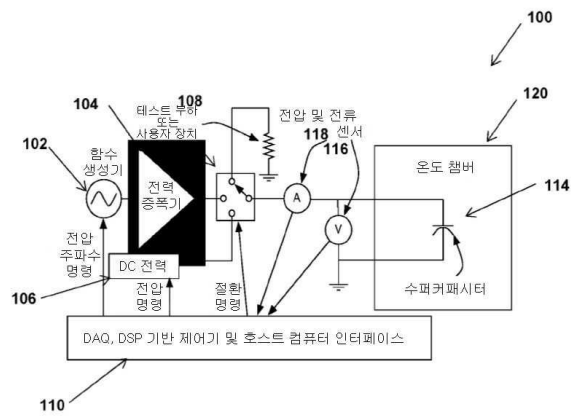
도면7



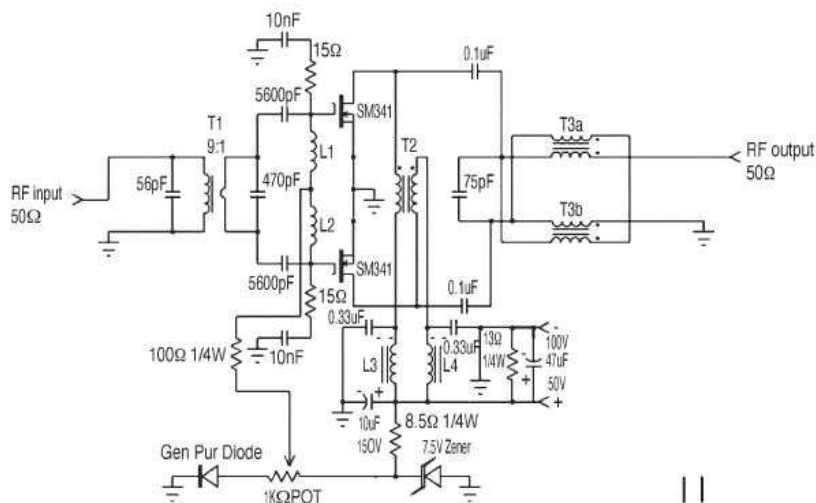
도면8



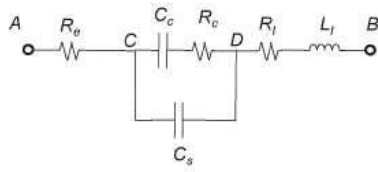
도면9



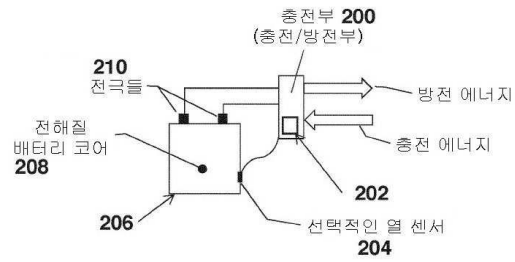
도면10



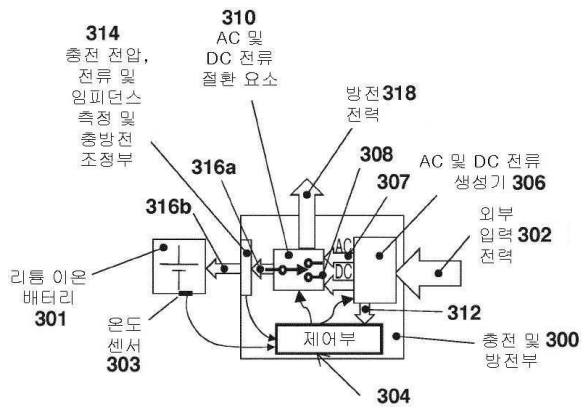
도면11



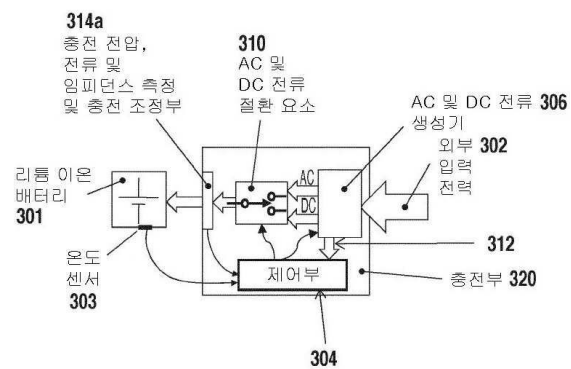
도면12



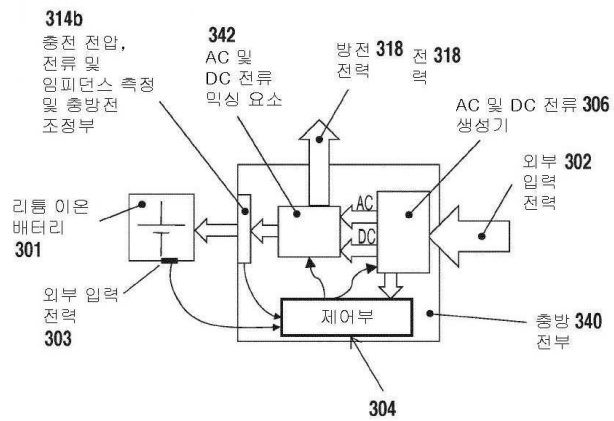
도면13



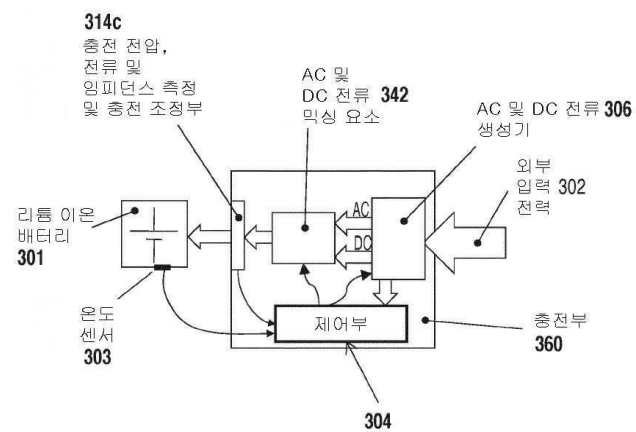
도면14



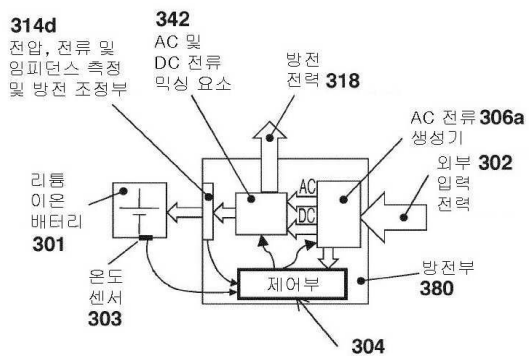
도면 15



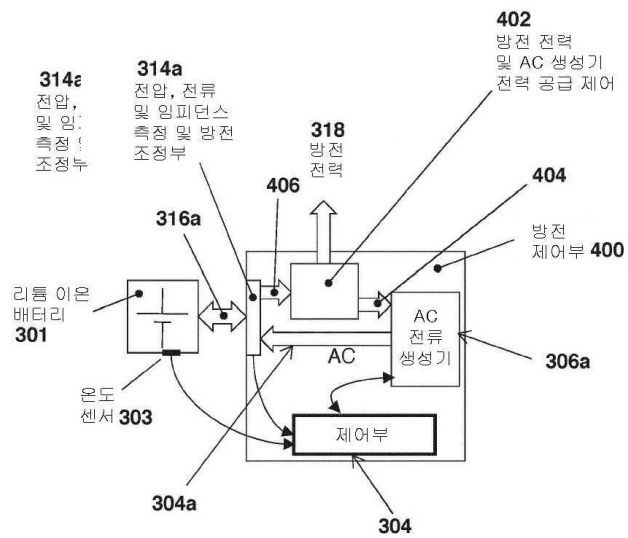
도면 16



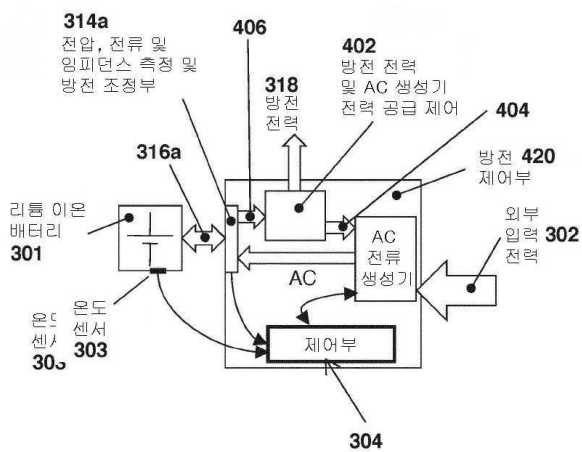
도면17



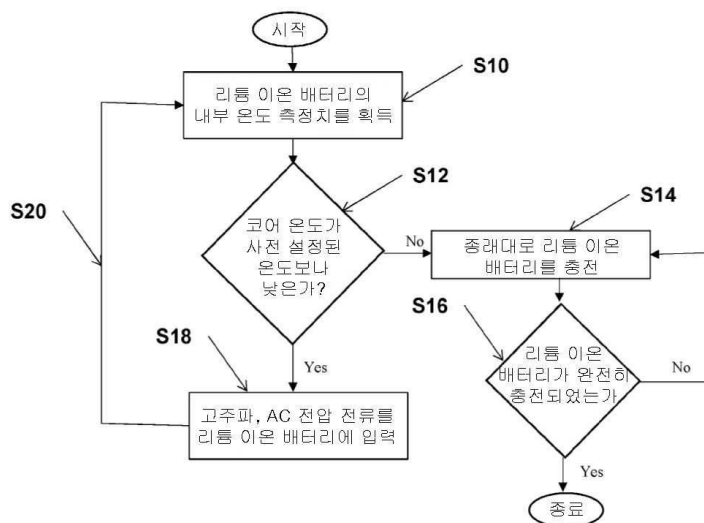
도면 18



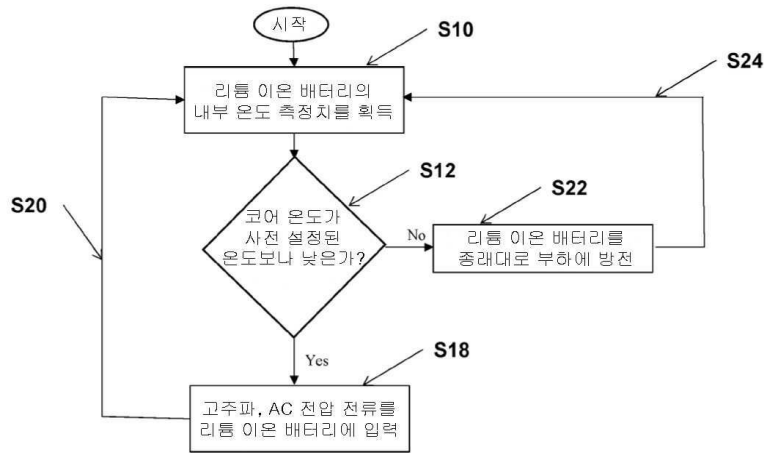
도면 19



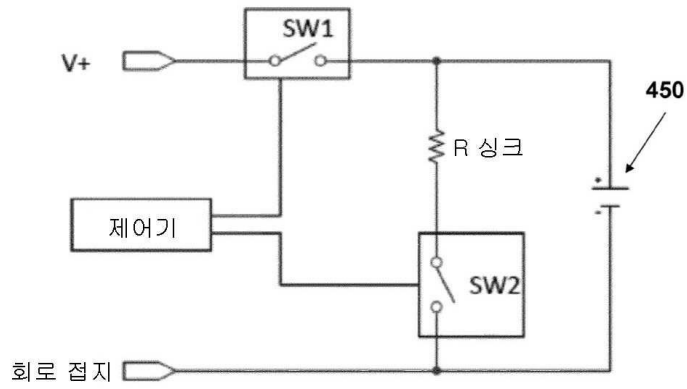
도면 20



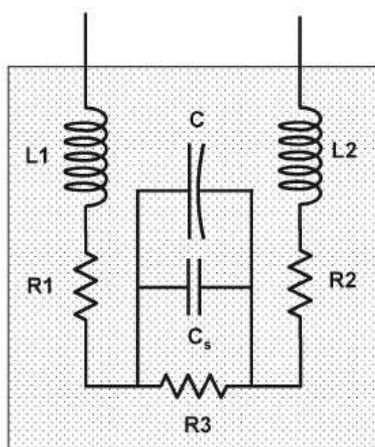
도면21



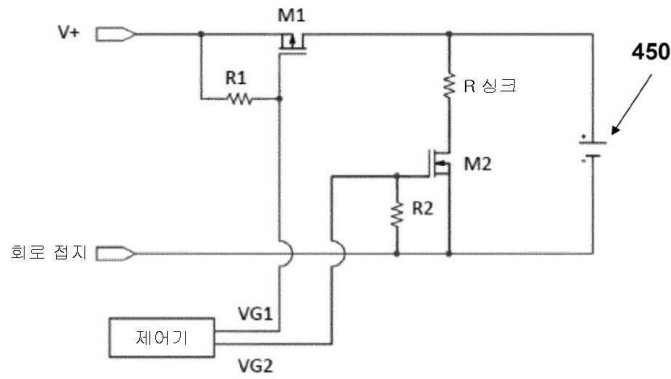
도면22



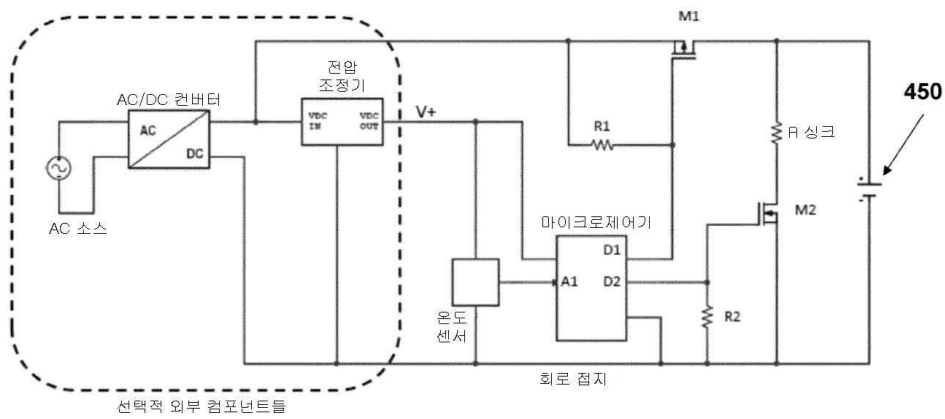
도면23



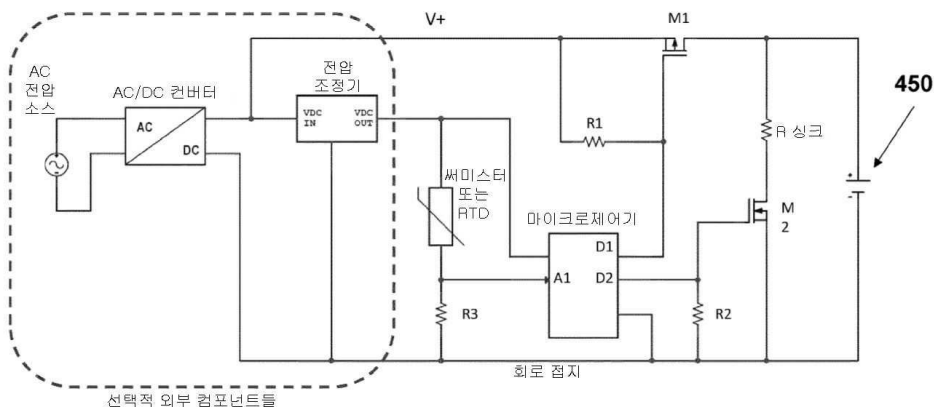
도면24



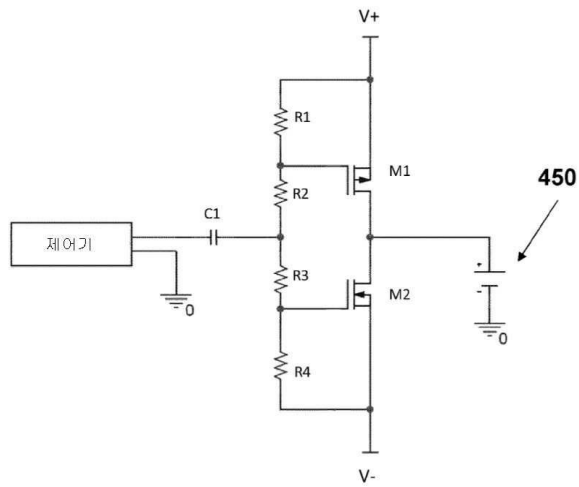
도면25



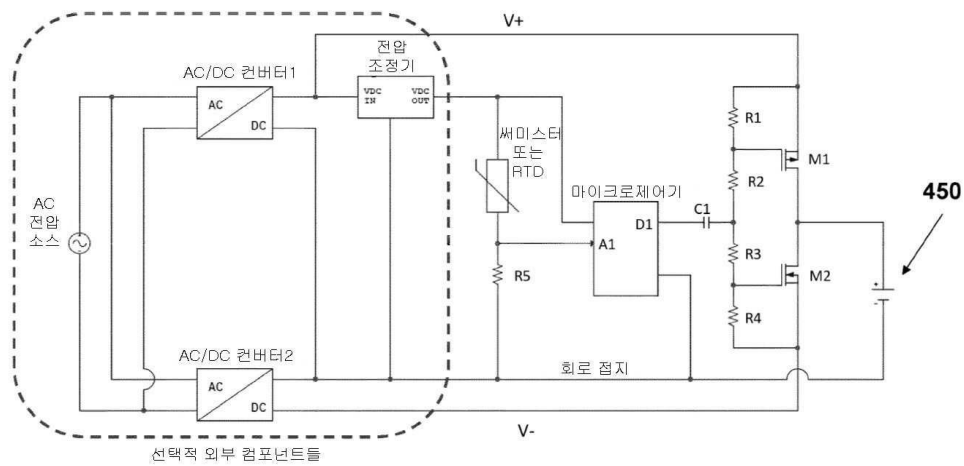
도면26



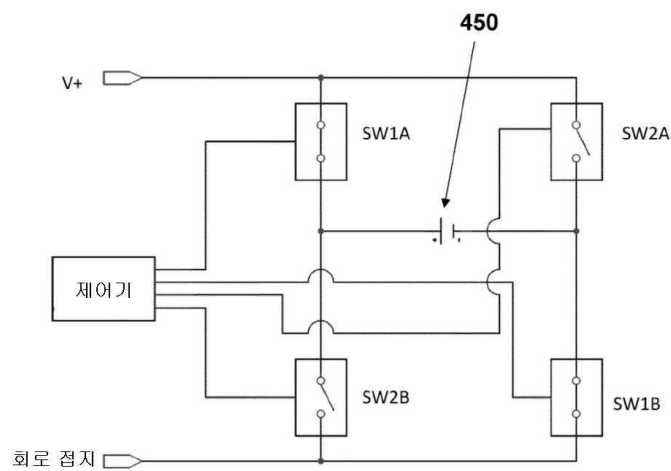
도면27



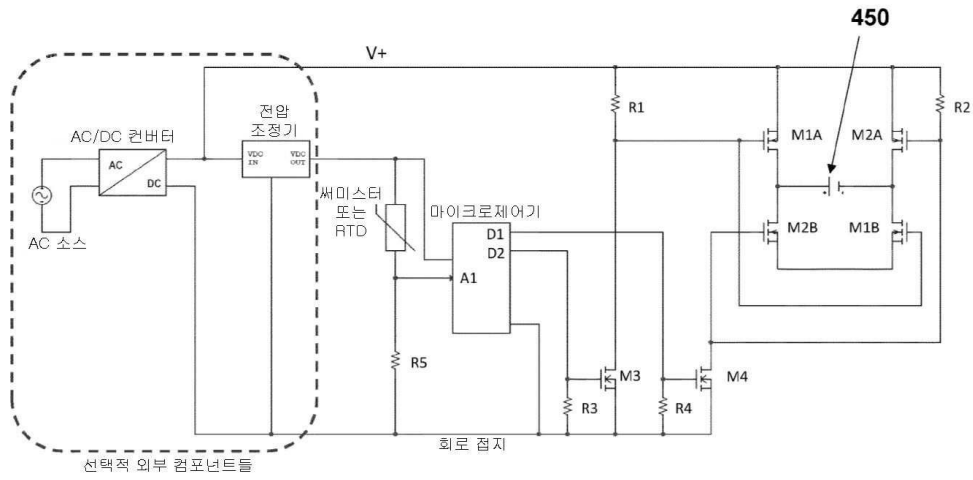
도면28



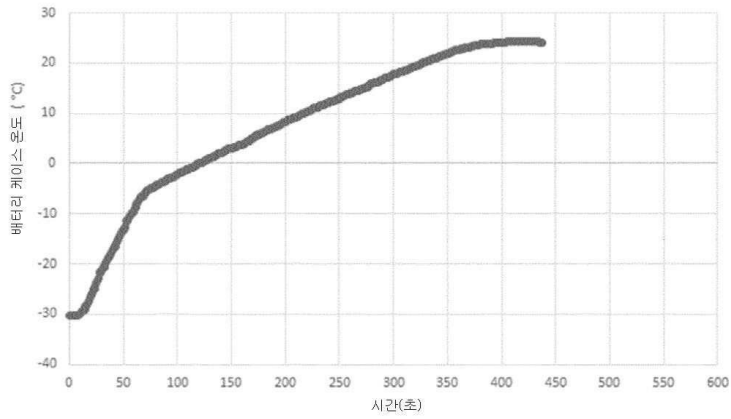
도면29



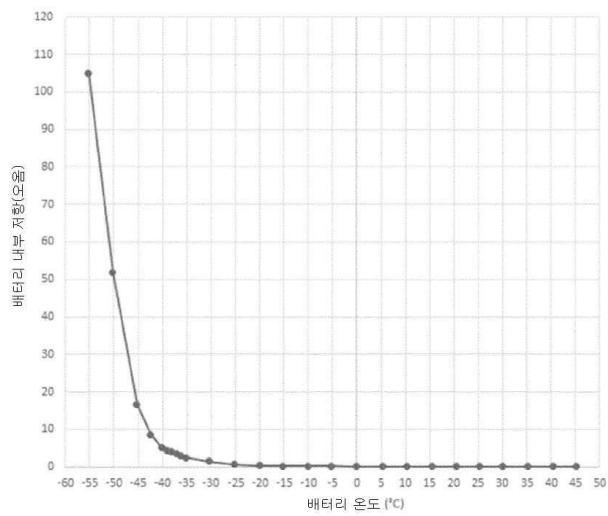
도면30



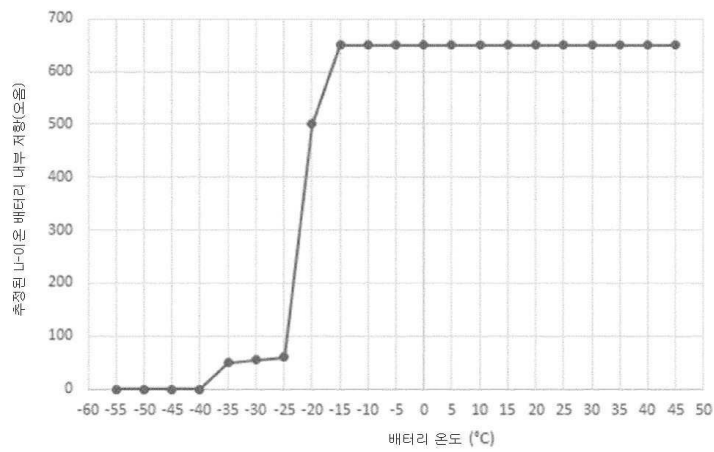
도면31



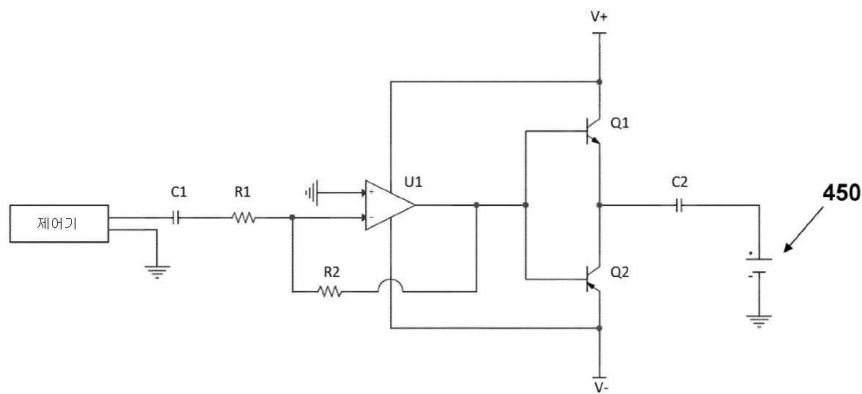
도면32



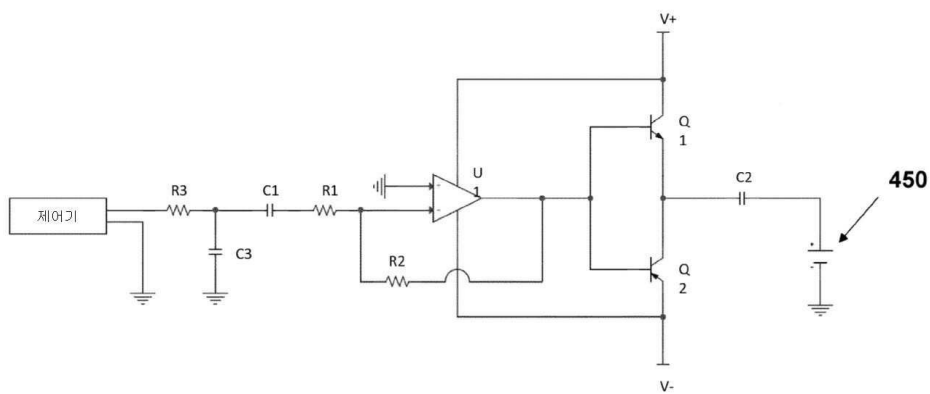
도면33



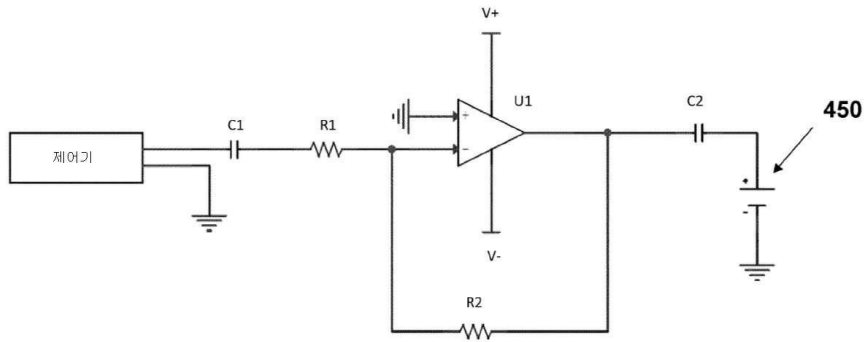
도면34



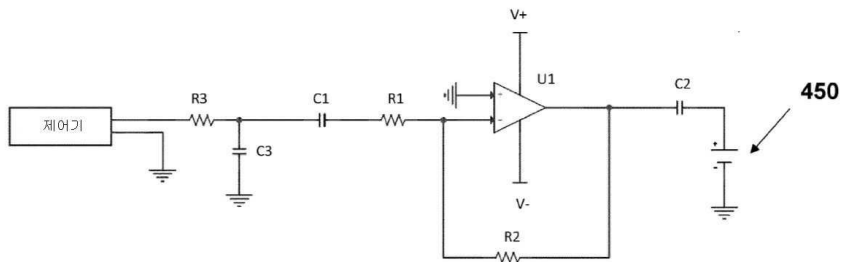
도면35



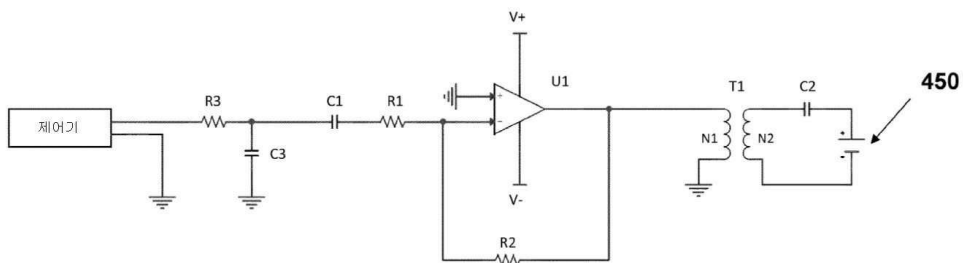
도면36



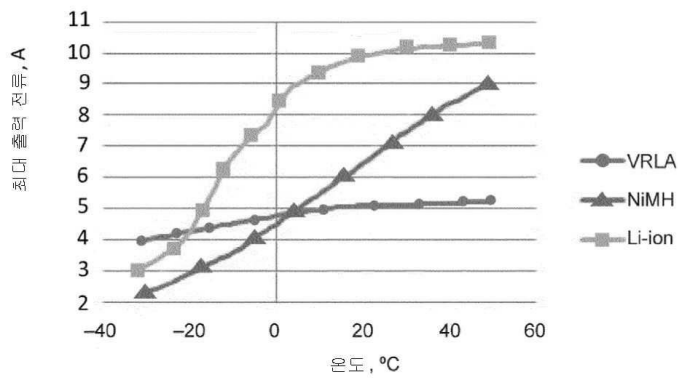
도면37



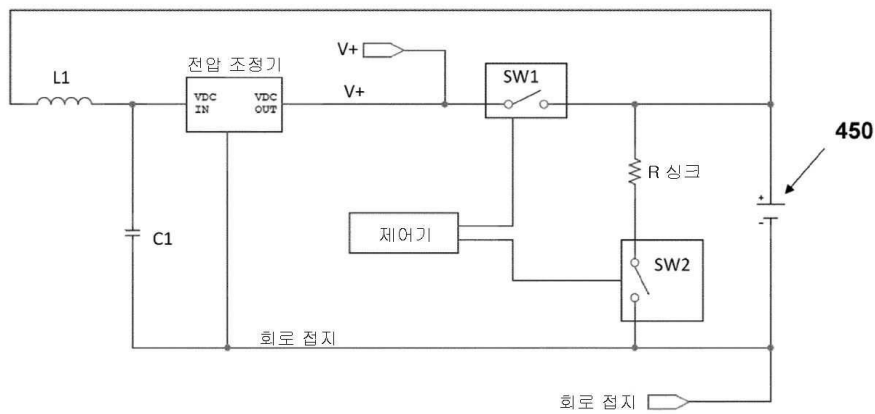
도면38



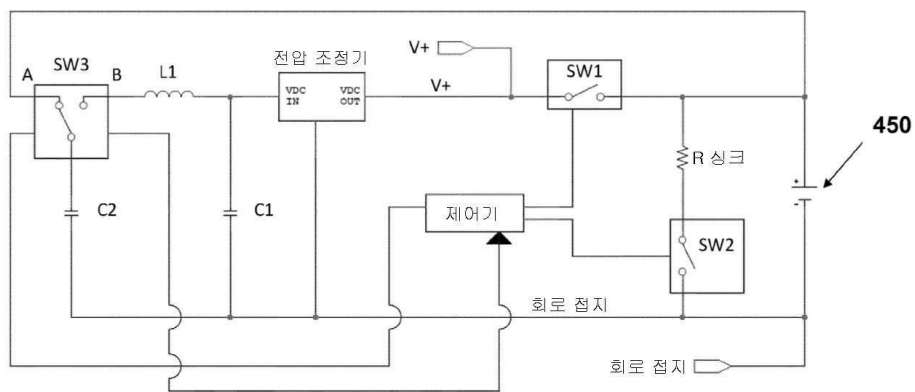
도면39



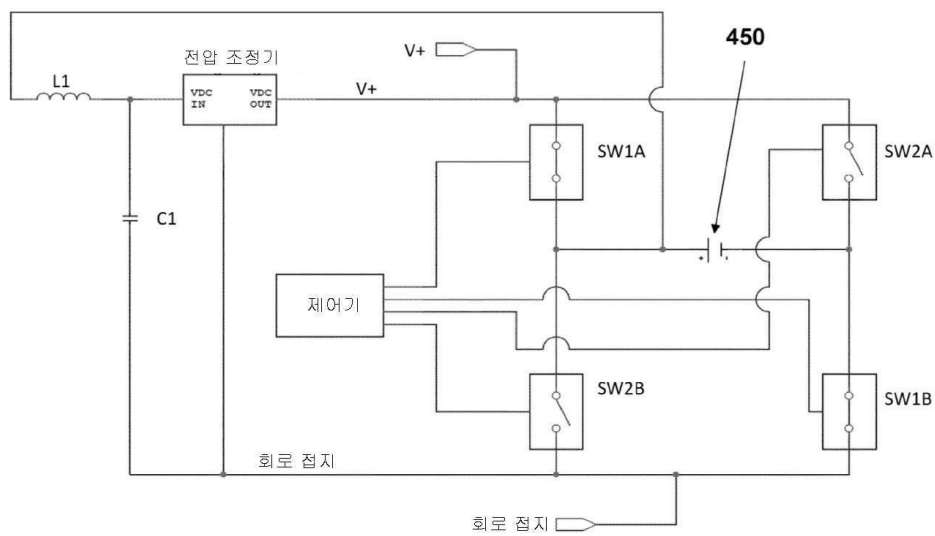
도면40



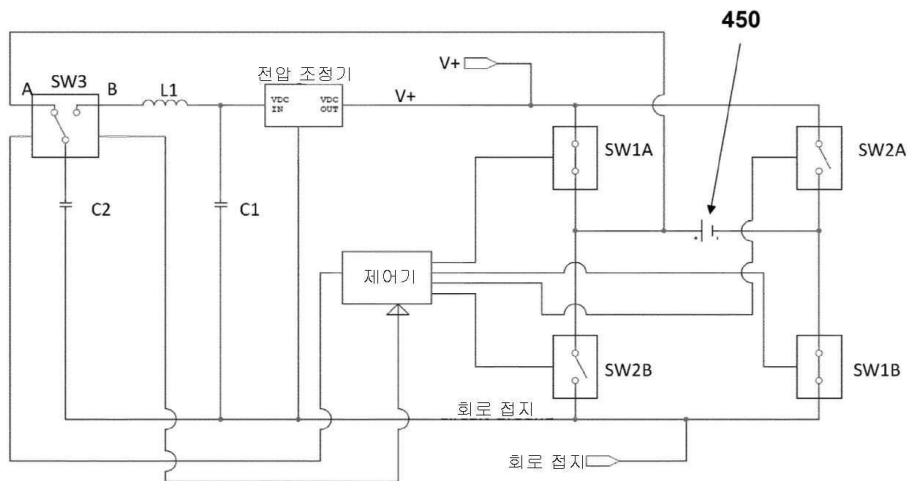
도면41



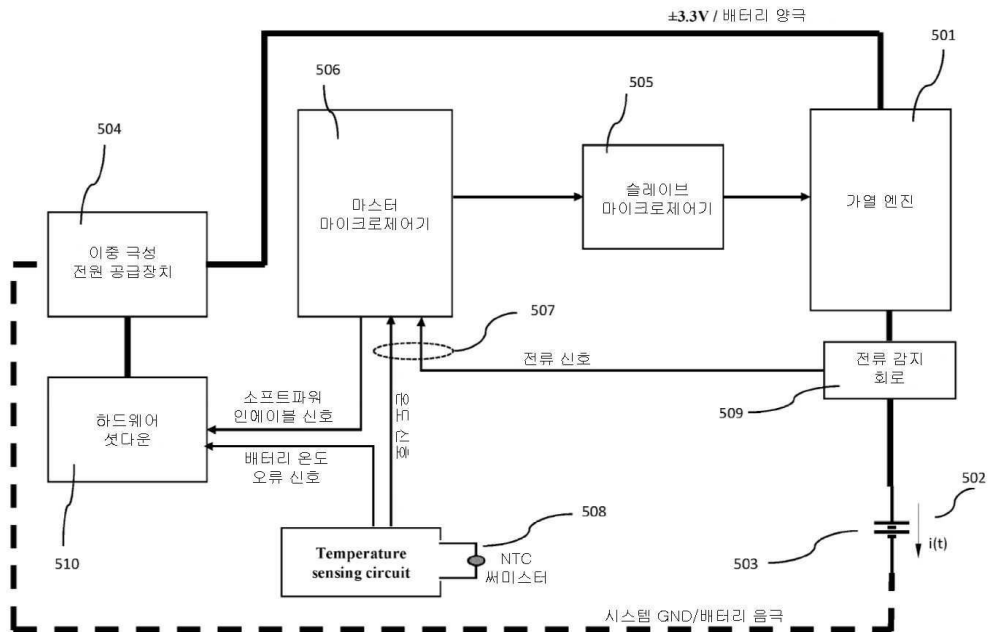
도면42



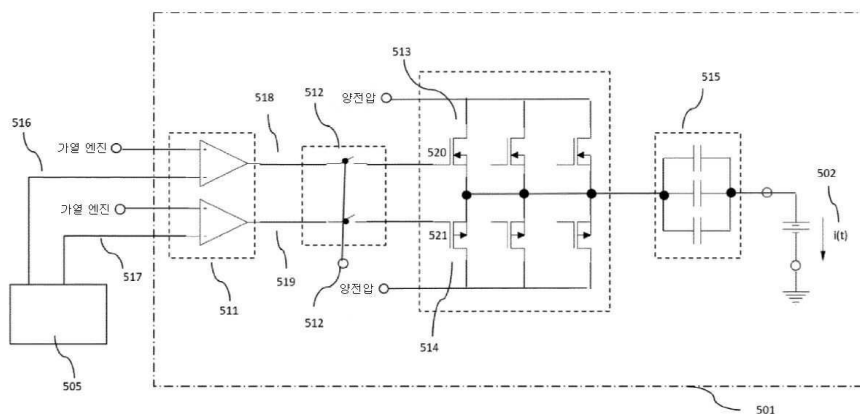
도면43



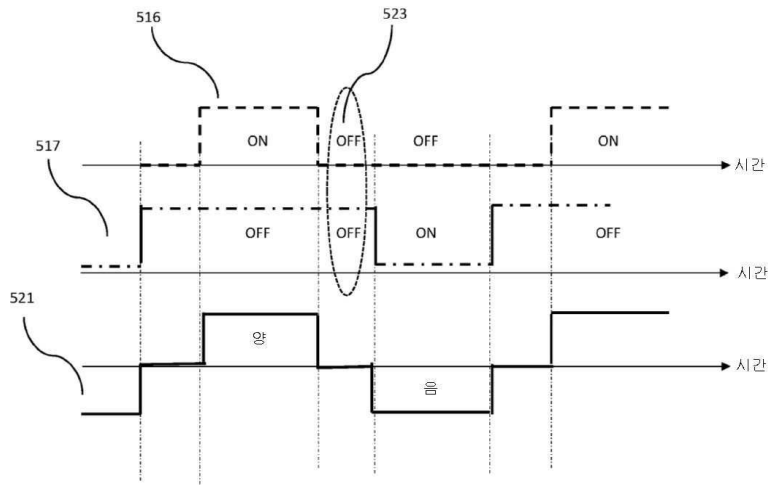
도면44



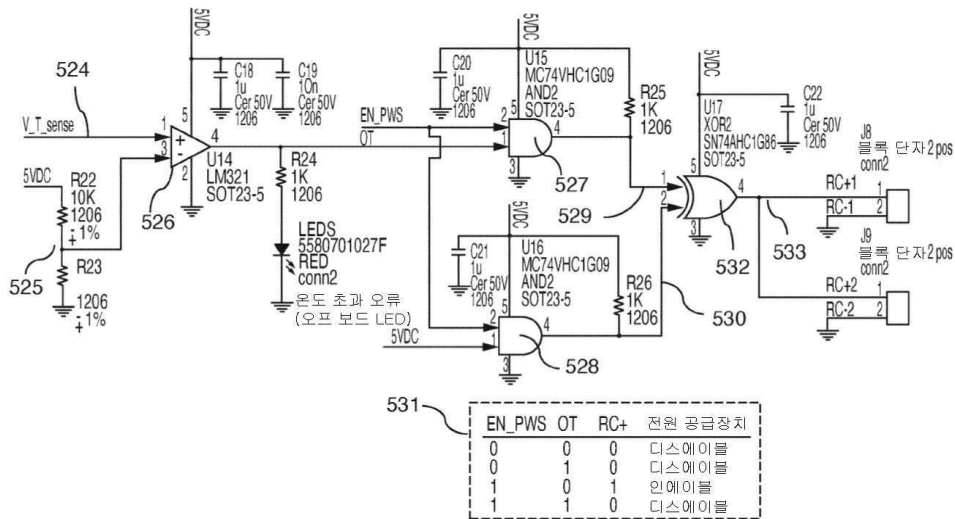
도면45



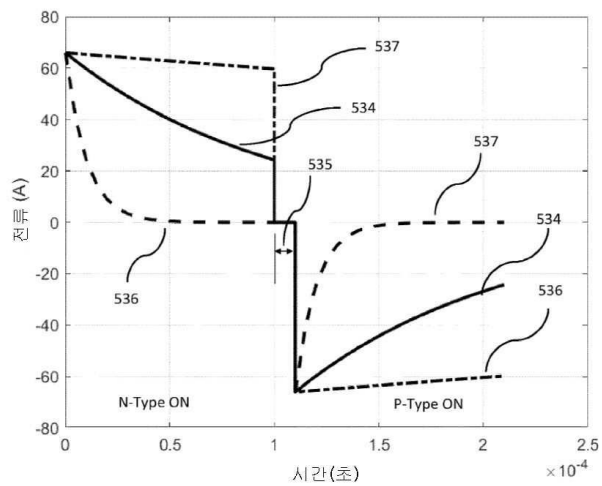
도면46



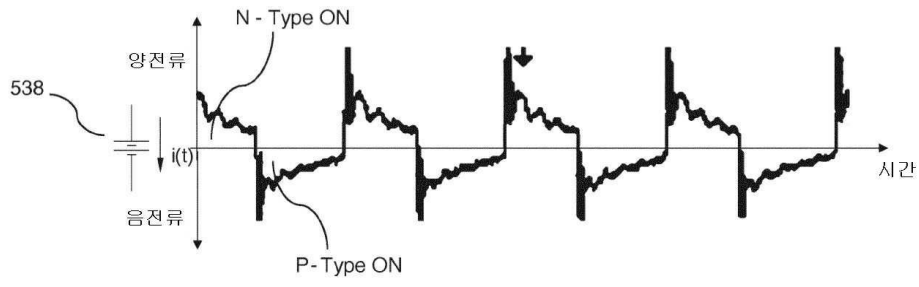
도면47



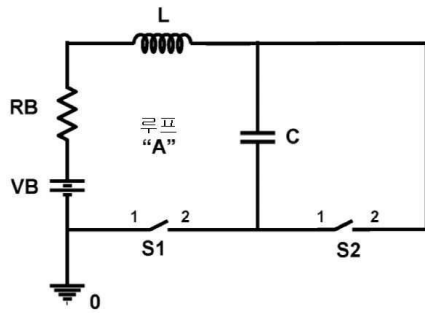
도면48



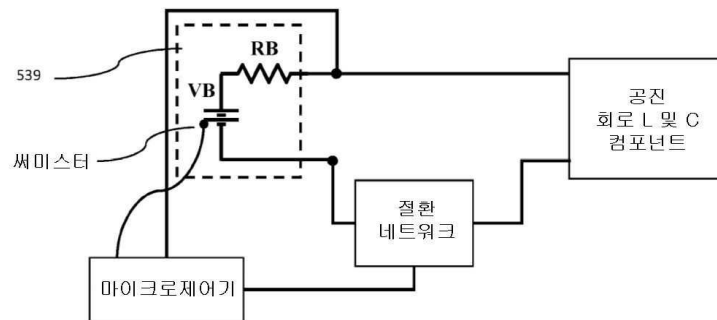
도면49



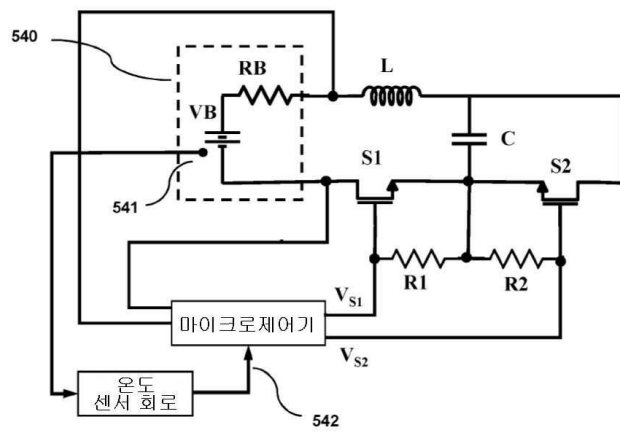
도면50



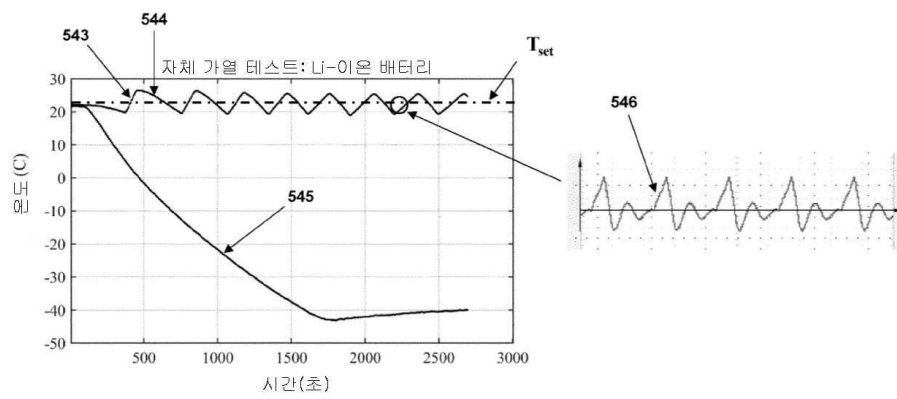
도면51



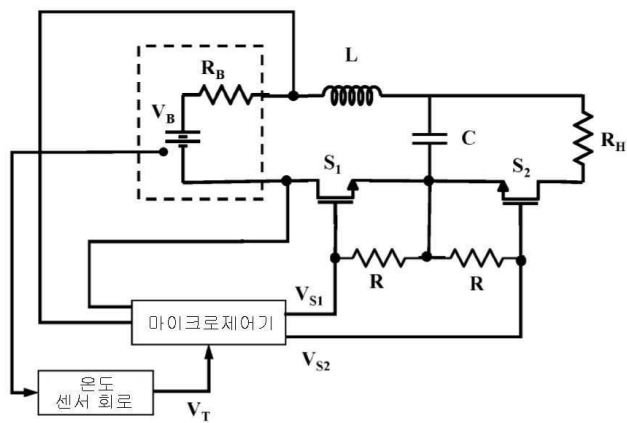
도면52



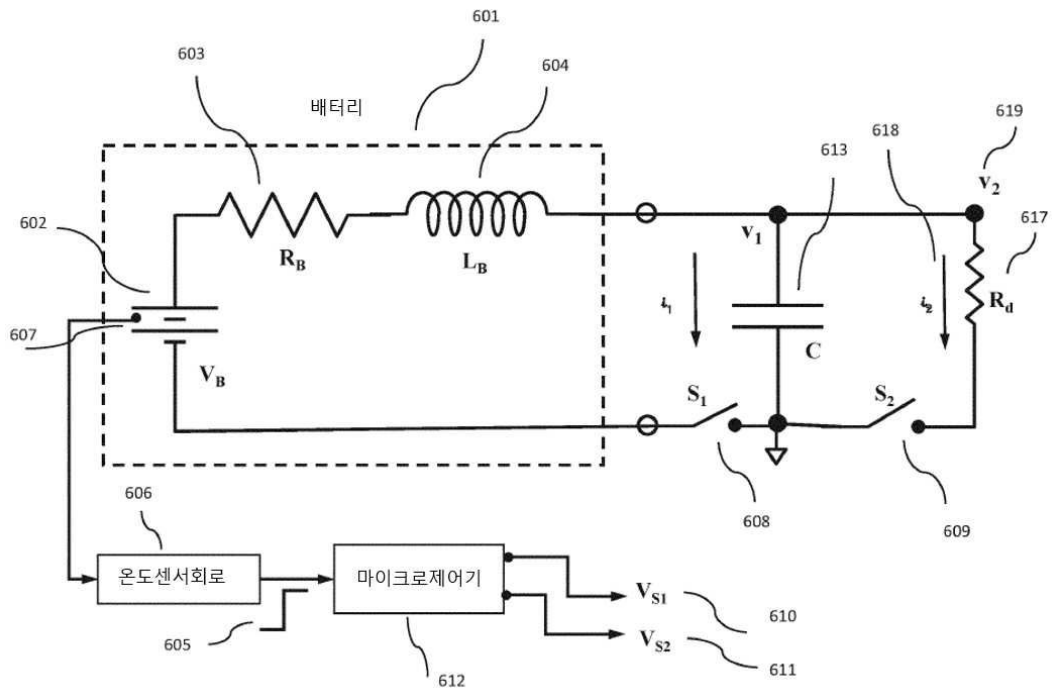
도면53



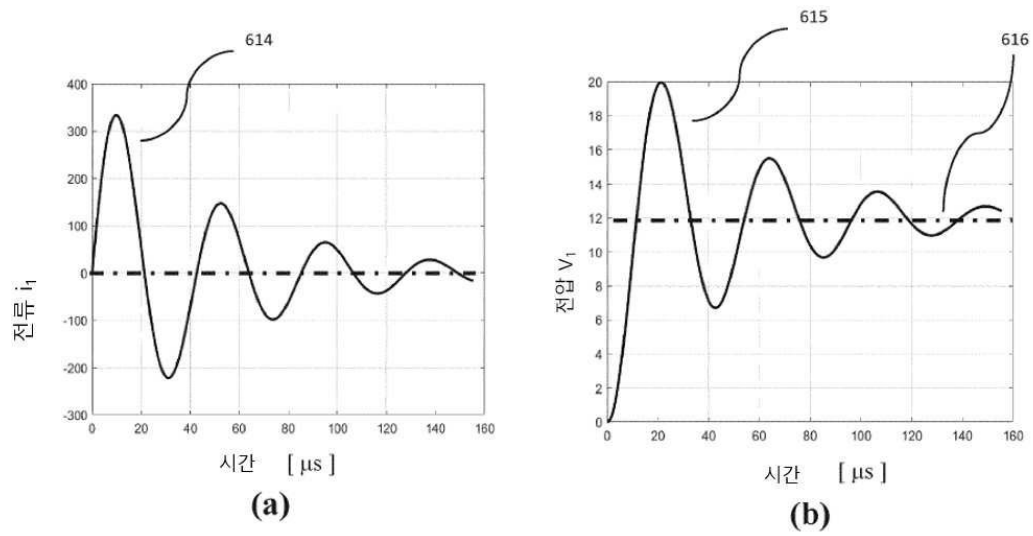
도면54



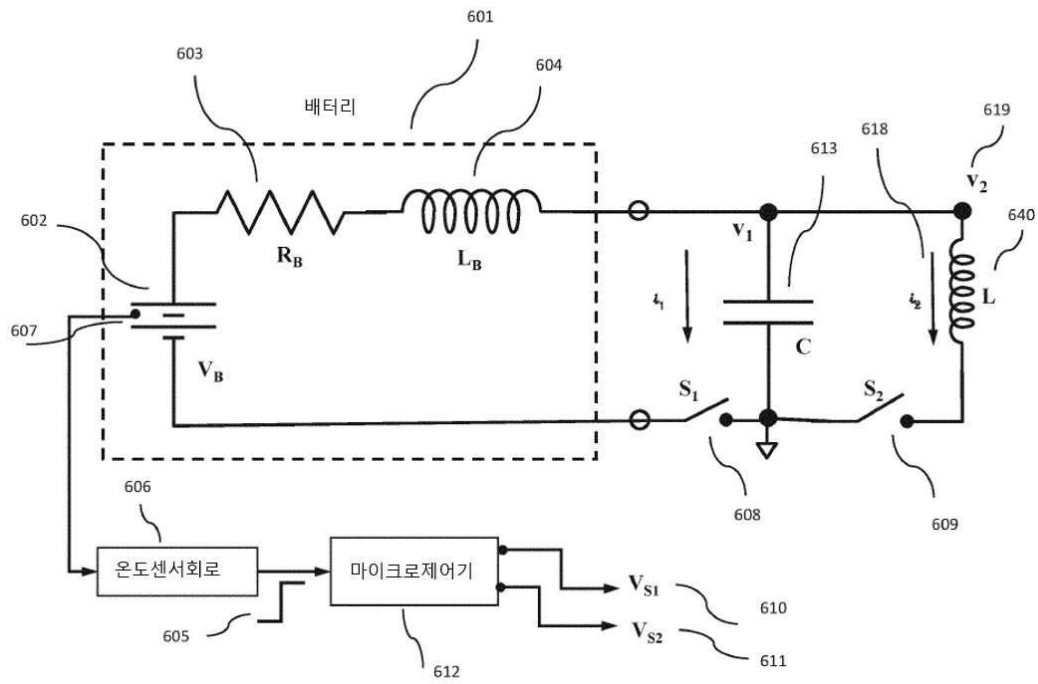
도면55



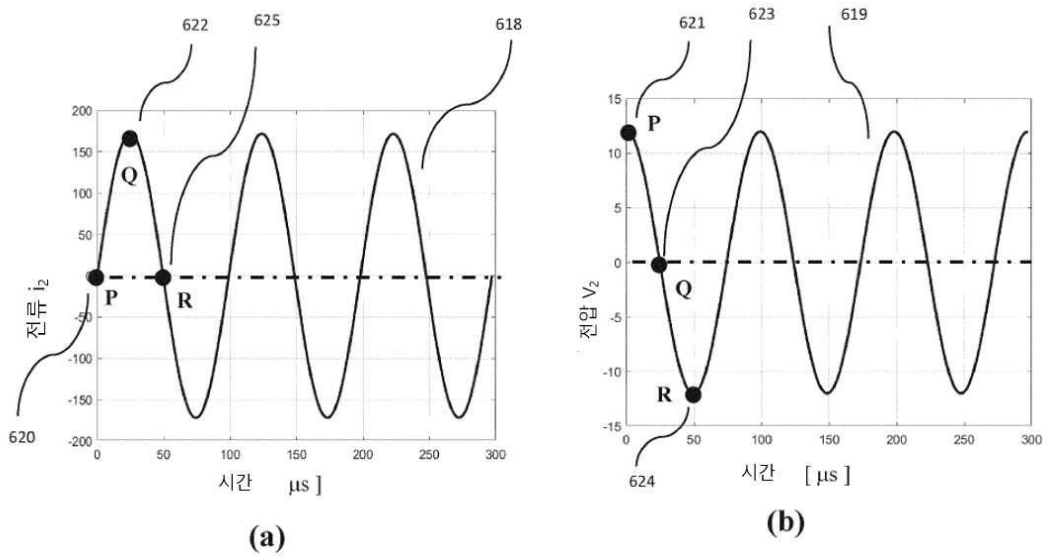
도면56



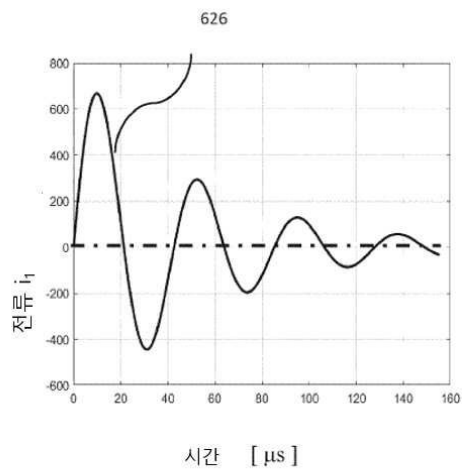
도면57



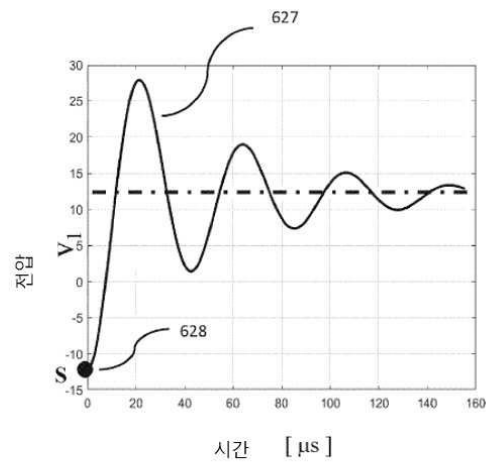
도면58



도면59

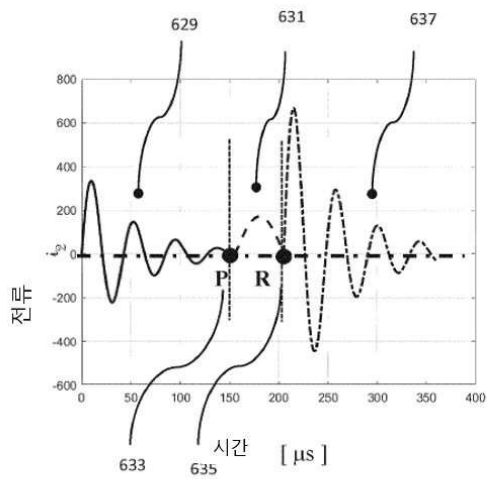


(a)

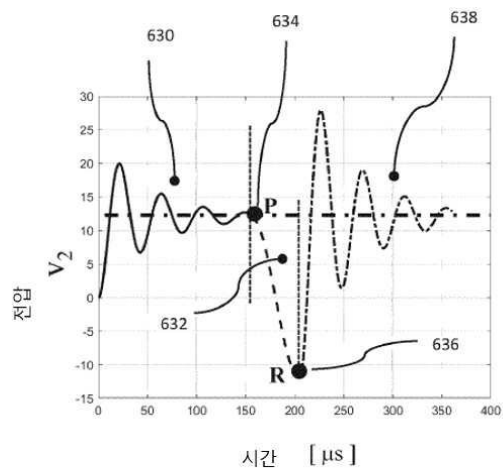


(b)

도면60



(a)



(b)

도면61

