



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0001233
(43) 공개일자 2013년01월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 7/04 (2006.01) H01M 10/46 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7023263
(22) 출원일자(국제) 2011년02월04일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2012년09월05일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2011/051688
(87) 국제공개번호 WO 2011/095608
국제공개일자 2011년08월11일
(30) 우선권주장
1000478 2010년02월05일 프랑스(FR)

(71) 출원인
폼미사리아 아 레네르지 아토미끄 에프 옥스 에너지스 엘터네이티브즈
프랑스, 파리 75015, 바띠맹 르 포낭트 디, 뒤 레 블랑크 25
(72) 발명자
샤트루, 다니엘
프랑스공화국, 에프-38470 떼슈, 르 빌라쥬
도쉬, 줄리앙
프랑스공화국, 에프-38160 샤뜨, 르 제르뱅
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인오리진

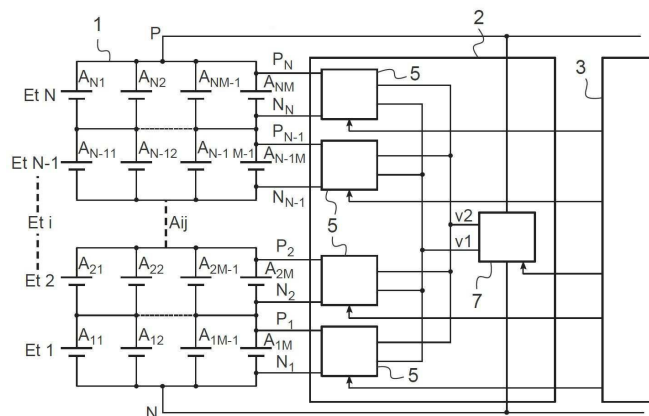
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 배터리용 충전 균일화 시스템

(57) 요약

본 발명은 직렬로 연결된 두 개 이상의 충전 스테이지(Et_i)를 가지는 배터리용 충전 균일화 시스템에 관한 것으로서, 각각의 충전 스테이지(Et_i)는 하나 이상의 충전기(A_{ij})를 포함한다. 본 발명에 따르면, 상기 시스템은 하나 이상의 양극(v_2) 및 하나 이상의 음극(v_1)을 포함하는 하나 이상의 전압 생성기; 상기 하나 이상의 전압 생성기(7)를 통해 전압을 공급받는 각각의 충전 스테이지(Et_i)와 연결된 충전 장치로서, 하나 이상의 인덕터, 제1단이 상기 하나 이상의 전압 생성기(7)의 상기 양극(v_2)에 연결되어 있는 하나 이상의 커패시터, 애노드가 상기 충전 스테이지의 음극에 연결되어 있고 캐소드가 상기 하나 이상의 인덕터의 제1단에 연결되어 있는 하나 이상의 다이오드, 및 일단이 상기 하나 이상의 인덕터의 일단에 연결되어 있는 하나 이상의 스위치를 포함하는, 충전 장치(5); 및 상기 하나 이상의 전압 생성기(7)를 제어하고, 상기 하나 이상의 인덕터가 에너지를 저장하도록 충전 대상이 되는 충전 스테이지와 연결된 충전 장치의 하나 이상의 스위치를 닫고, 상기 에너지를 대응되는 충전 스테이지에 보내는, 제어 장치(3);를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

페르낭데즈, 에릭

프랑스공화국, 에프-38760 썬 뵈 드 바르쑈, 로띠
쓰망 르 물랭 16

메르씨에, 실뱅

프랑스공화국, 에프-38120 썬 에그레브, 뤼 뒤 푸
와이에 21

특허청구의 범위

청구항 1

직렬로 연결된 두 개 이상의 축전 스테이지(Et_i)를 가지는 배터리용 균일화 시스템으로서, 각각의 축전 스테이지(Et_i)는 하나 이상의 축전기(A_{ij})를 포함하는, 배터리용 균일화 시스템에 있어서,

- 하나 이상의 양극($v2$) 및 하나 이상의 음극($v1$)을 포함하는 하나 이상의 전압 생성기;
- 상기 하나 이상의 전압 생성기(7)를 통해 전압을 공급받는, 각각의 축전 스테이지(Et_i)에 사용되는 충전 장치(5)로서,

* 하나 이상의 인덕터($L1_i$),

* 제1단이 상기 하나 이상의 전압 생성기(7)의 상기 양극($v2$)에 연결되어 있는 하나 이상의 커패시터($C1_i$),

* 애노드가 상기 축전 스테이지의 음극에 연결되어 있고 캐소드가 상기 하나 이상의 인덕터의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 다이오드($D1_i$), 및

* 일단이 상기 하나 이상의 인덕터의 일단에 연결되어 있는 하나 이상의 스위치($SW1_i$)를 포함하는, 충전 장치(5); 및

- 상기 하나 이상의 전압 생성기(7)를 제어하고, 상기 하나 이상의 인덕터가 에너지를 저장하도록 충전 대상이 되는 축전 스테이지와 연결되는 충전 장치의 하나 이상의 스위치를 닫고, 상기 에너지를 상기 축전 스테이지에 보내는, 제어 장치(3);를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

- 상기 하나 이상의 커패시터($C1_i$)의 제2단은 상기 인덕터($L1_i$)의 제1단에 연결되어 있고,
- 상기 하나 이상의 다이오드($D1_i$)의 캐소드는 상기 커패시터($C1_i$)의 제2단에 연결되어 있고,
- 상기 하나 이상의 스위치($SW1_i$)는 제1단이 상기 인덕터($L1_i$)의 제2단에 연결되어 있고 제2단이 축전 스테이지의 양극(P_i)에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

- 상기 충전 장치는,

* 제1단이 상기 전압 생성기(7)의 양극($v2$)에 연결되어 있고 제2단이 상기 인덕터($L1_i$)의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 제1 커패시터($C1_i$) 및

* 제1단이 상기 전압 생성기(7)의 음극($v1$)에 연결되어 있고 제2단이 축전 스테이지의 음극(N_i)에 연결되어 있는, 하나 이상의 제2 커패시터($C2_i$)를 포함하고,

- 상기 하나 이상의 다이오드($D1_i$)는 애노드 및 캐소드를 통해 각각 상기 제2 커패시터($C2_i$)의 제2단 및 상기 제1커패시터($C1_i$)의 제2단에 연결되어 있고,

- 상기 하나 이상의 스위치($SW1_i$)는 제1단을 통해 상기 인덕터($L1_i$)의 제2단에 연결되어 있고 제2단을 통해 축전 스테이지의 양극(P_i)에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

- 상기 충전 장치는,

* 제1단이 상기 전압 생성기(7)의 양극(v2)에 연결되어 있는, 하나 이상의 제1 커패시터(C1_i), 및

* 제1단이 상기 전압 생성기(7)의 음극(v1)에 연결되어 있고 제2단이 상기 인덕터(L1_i)의 제2단 및 축전 스테이지의 양극(P_i)에 연결되어 있는, 하나 이상의 제2 커패시터(C2_i)를 포함하고,

- 상기 하나 이상의 스위치(SW1_i)는 제1단을 통해 상기 제1 커패시터(C1_i)의 제2단에 연결되어 있고 제2단을 통해 상기 인덕터(L1_i)의 제1단에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

- 상기 충전 장치는,

* 하나 이상의 제1 인덕터(L1_i) 및 하나 이상의 제2 인덕터(L2_i),

* 제1단이 전압 생성기(7)의 양극(v2)에 연결되어 있고 제2단이 상기 제1 인덕터(L1_i)의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 제1 커패시터(C1_i),

* 제1단이 상기 전압 생성기(7)의 음극(v1)에 연결되어 있고 제2단이 상기 제2인덕터(L2_i)의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 제2커패시터(C2_i),

* 애노드 및 캐소드가 각각 축전 스테이지의 음극(N_i) 및 상기 제1 인덕터(L1_i)의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 제1 다이오드(D1_i), 및

* 애노드 및 캐소드가 각각 축전 스테이지의 음극(N_i) 및 상기 제2 인덕터(L2_i)의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 제2 다이오드(D2_i)를 포함하고,

- 상기 하나 이상의 스위치(SW1_i)는 제1단이 상기 인덕터(L1_i 및 L2_i)의 제2단에 연결되어 있고 제2단이 축전 스테이지의 양극(P_i)에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 6

제2항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 충전 장치(5)에 전압을 공급하는 상기 전압 생성기(7)의 전극(v1, v2)에 전압이 미리 인가 될 때, 상기 제어 장치(3)는 충전 대상이 되는 축전 스테이지(Et_i)와 연결된 충전 장치(5)의 상기 하나 이상의 스위치(SW1_i)를 닫는 속도를 제어하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 충전 장치(5)는 충전 단계 중 축전 스테이지(Et_i) 및 배터리(1)의 전압 레벨과 별개로 비연속적 전도 모드로 동작하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

충전 장치(5) 모두에 전압을 공급하는 단일 전압 생성기(7)를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시

스텝.

청구항 9

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

충전 장치(5)에 전압을 각각 공급하는 전압 생성기(7)를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 10

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

소정의 수의 충전 장치(5)에 전압을 공급하는 두 개 이상의 전압 생성 장치(7)를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 전압 생성기(7)는 상기 제어 장치(3)를 통해 제어되는 하나 이상의 스위치(SW2_i, SW3_i, SW4_i, SW5_i)를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 하나 이상의 전압 생성기(7)는 디커플링 커패시터(C3_i)를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 13

제3항 또는 제4항 중 어느 한 항과 제12항에 있어서,

상기 하나 이상의 전압 생성기(7)는 두 개의 제어되는 스위치(SW2_i, SW3_i) 및 두 개의 인덕터(L3_i, L4_i)를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 14

제3항 또는 제4항 중 어느 한 항과 제12항에 있어서,

상기 하나 이상의 전압 생성기(7)는 스위치(SW2_i) 및 변압기(T1_i)를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 15

제5항 및 제12항에 있어서,

상기 하나 이상의 전압 생성기(7)는 4 개의 스위치(SW2_i, SW3_i, SW4_i, SW5_i) 및 변압기(T1_i)를 포함하는 브리지를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 16

제5항 및 제12항에 있어서,

상기 하나 이상의 전압 생성기(7)는 두 개의 스위치(SW2_i, SW3_i), 변압기(T1_i) 및 두 개의 커패시터(C4_i, C5_i)를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 17

제5항 및 제12항에 있어서,

상기 하나 이상의 전압 생성기(7)는 두 개의 스위치(SW2_i, SW3_i) 및 센터-탭 형 1차 권선을 가지는 변압기(T1_i)

를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 18

제11항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 장치(3)는 충전 단계 중에 일정한 전도 주기 및 개방 시간을 가지는 상기 하나 이상의 전압 생성기(7)의 하나 이상의 제어되는 스위치(SW_{2i}, SW_{3i}, SW_{4i}, SW_{5i})를 각각 열고 닫는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 19

제7항 및 제18항에 있어서,

상기 충전 장치(5)가 불연속 전도 모드로 동작하도록 상기 전도 주기가 산정되는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 20

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 전압 생성기(7)는 배터리(1)의 단자(N, P)에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 21

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 배터리(1)는 하나 이상의 기본 모듈(9)을 포함하고, 상기 각각의 기본 모듈(9)은 직렬로 연결된 복수의 충전 스테이지(Et_i)를 포함하고, 상기 배터리용 균일화 시스템은 상기 각각의 기본 모듈(9)의 단자에 보조 충전 장치(5)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 배터리(1)는 직렬로 배치된 복수의 기본 모듈(9)을 포함하고, 상기 배터리용 균일화 시스템(2)은 소정의 수의 기본 모듈(9)의 단자에 보조 충전 장치(5)를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 23

제21항 또는 제22항에 있어서,

상기 하나 이상의 전압 생성기(7)는 상기 하나 이상의 기본 모듈(9)의 단자에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 24

제1항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서,

전압 정보를 상기 제어 장치(3)에 전송시키도록, 각 충전 스테이지의 전압을 측정하는 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 25

제1항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 충전기(A_{ij})는 리튬-이온 형태의 충전기인 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 26

제1항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 배터리는 슈퍼 커패시터를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템.

청구항 27

제1항 내지 제26항의 배터리용 균일화 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 충전 스테이지에 사용되는 충전 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 특히 전기 또는 하이브리드 자동차 및 온보드 시스템에 사용될 수 있는 전기 화학적 충전 배터리용 충전 균일화 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 특히 리튬-이온(Li-ion) 배터리 형식에 관한 것으로서, 대량의 에너지를 적은 크기에 저장시킬 수 있는 능력을 가지기 때문에 위와 같은 적용예에 적합하다. 본 발명은 또한 슈퍼 커패시터에 적용할 수 있다.

배경 기술

[0002] 전기 화학적 충전기는 약 수 볼트 정도의 보통 전압, 보다 상세하게 인산철에 기초한 리튬-이온 배터리의 경우 3.3V 및 산화코발트에 기초한 리튬-이온 배터리의 경우 4.2V의 전압을 가지고 있다. 만약 상기 전압이 전력이 공급되는 시스템에서 요구되는 전압에 비하여 매우 낮은 경우, 복수의 충전기는 직렬로 연결된다. 이와 동일하게 사용 가능한 전압 용량을 증가시키고 더 높은 전류 및 더 높은 전력을 제공하기 위하여 각각 직렬로 연결된 충전기에 병렬로 하나 또는 그 이상의 충전기들을 배치시키는 것이 가능하다. 상기 병렬로 연결된 충전기들은 여기서 스테이지(stage)라고 기재되는 형태를 형성한다. 스테이지는 최소 한 개의 충전기로 구성된다. 상기 스테이지들은 원하는 전압 레벨에 도달되도록 직렬로 연결된다. 상기 충전기들의 집합을 충전 배터리라고 부른다.

[0003] 상기 충전기를 충전하고 방전시키는 것은 각각 그 단자에 걸리는 전압을 증가 또는 감소시키는 것에 영향을 받는다. 충전기는 전기 화학적 과정에 의하여 정의된 전압 레벨에 도달할 때 충전 또는 방전된다고 가정한다. 복수의 충전 스테이지를 이용하는 회로에 있어서, 상기 스테이지의 전류는 동일하다. 따라서 상기 스테이지의 충전 또는 방전 레벨은 상기 충전기의 고유한 특성, 즉 고유 커패시턴스, 및 전해질 또는 전극과 전해질 사이의 접촉에 의한 직렬 및 병렬적 내부 기생 저항(parasitic internal resistance)에 따라 변한다. 따라서, 상기 스테이지들 사이의 전압 차가 제조 상의 불균형 및 노화 현상 때문에 발생할 수 있다.

[0004] 리튬-이온 기술을 이용한 충전기의 경우, 흔히 임계 전압이라고 불리는 너무 높거나 너무 낮은 전압이 상기 충전기에 손상을 주거나 상기 충전기를 파괴시킬 수 있다. 예를 들어, 산화코발트에 기초한 과충전된 리튬-이온 충전기는 열폭주(thermal runaway)를 일으키고 화재를 발생시킬 수 있다. 인산철에 기초한 리튬-이온 충전기의 경우, 과충전은 수명을 단축시키는 전해질의 분해 현상에 영향을 주거나 충전기에 손상을 입힐 수 있다. 예를 들어 2V 미만으로 너무 많이 방전되면 먼저 음전극이 구리로 되어 있는 경우 음전극의 집전 장치(current collector)의 산화 현상을 일으켜서 충전기에 손상을 준다. 이 때문에, 충전 및 방전 중에 각각의 충전 스테이지의 단자에 걸리는 전압을 검사하는 것이 안전성과 신뢰성을 위하여 반드시 필요하다. 각각의 스테이지와 병렬로 연결된 흔히 검사 장치라 불리는 장치가 이러한 기능을 제공한다.

[0005] 상기 검사 장치는 만약 스테이지가 임계 전압에 도달한다면 배터리의 충전 또는 방전을 정지시키기 위하여 각각의 충전 스테이지의 충전 및 방전 상태를 추적하는 기능 및 충전 및 방전 정보를 제어 회로에 전달하는 기능을 가진다. 하지만, 직렬로 배치된 복수의 충전 스테이지를 가지는 배터리의 경우, 만약 가장 높은 충전 값을 가지는 스테이지가 임계 전압에 도달한 때 충전을 멈추면 나머지 스테이지들은 완전히 충전되지 않을 수 있다. 반대로, 가장 많이 방전된 스테이지가 임계 전압에 도달하였을 때 방전을 멈추면 나머지 스테이지들은 완전히 방전되지 않을 수 있다. 따라서 각각의 충전 스테이지의 충전이 최적화된 방법으로 이루어질 수 없고, 이는 엄격한 자율성 강제 상태를 가지는 운송 및 온보드 형태의 적용 사례에 있어서 중대한 문제점을 발생시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 상기 검사 장치는 일반적으로 균일화 장치와 연결되어 있다.

[0006] 상기 균일화 시스템은 배터리의 충전을 최적화하는 기능을 가지고, 그 결과 직렬로 연결된 충전 스테이지들을 충전 및/또는 방전에 있어 이상적인 상태로 만듦으로써 그 자율성을 최적화하는 기능을 가진다. 상기 균일화 시스템은 두 개의 카테고리를 가지며, 이는 에너지 분산형 균일화 시스템과 에너지 전송형 균일화 시스템이라 불린다.

[0007] 에너지 분산형 균일화 시스템의 경우, 상기 임계 전압에 도달되고 저항 내 에너지를 분산시킬 때 하나 또는 그 이상의 스테이지의 충전 전류를 우회시킴으로써 스테이지의 단자에 걸리는 전압이 균일화되게 된다. 이와는 달리, 임계 전압에 도달한 경우 하나 또는 그 이상의 스테이지를 방전시킴으로써 상기 스테이지의 단자에 걸리는 전압이 균일화되게 될 수도 있다. 하지만, 이러한 에너지 분산형 균일화 장치는 배터리를 충전시키는데 필요한 에너지보다 더 많은 에너지를 소모한다는 중대한 단점을 가진다. 상기 회로는, 약간 낮은 충전량을 가지는 마지막 충전기 또는 충전기들이 충전을 끝내도록 복수의 충전기들을 반드시 방전시키도록 만들거나 복수의 충전기의 충전 전류를 우회시키도록 만든다. 따라서, 낭비되는 에너지가 완료된 충전량보다 훨씬 더 클 수 있다. 더 나아가, 초과 에너지는 열로서 분산되고, 이는 운송 및 온보드 형식의 적용 방식의 내부 제약 조건에 적합하지 않으며, 만약 온도가 상승하게 되는 경우 충전기의 수명이 빠르게 단축될 수 있다.

[0008] 에너지 전송형 균일화 장치는 충전 배터리 또는 보조 전력 네트워크와 상기 충전 스테이지 사이에서 에너지를 교환한다.

[0009] 가령 특허 US5659237에는 저장 소자로서 결합 인덕터를 사용한 복수의 출력부를 가지는 "플라이백(flybak)" 구조를 통해서 에너지를 보조 네트워크로부터 스테이지에 전송하는 장치가 기재되어 있다. 상기 저장 소자는 특수 소자로서 본 특허에만 전용으로 사용되었다. 이러한 소자의 가격은 수행되는 기능에 비하여 매우 비쌌다.

[0010] 특허 CN1905259에는 에너지를 스테이지에서 배터리로 전송시키는 장치로서 일 부분이 저장 소자로서 각각의 충전기용 인덕터를 사용하는 장치가 기재되어 있다. 하지만, 이 장치는 운송 및 온보드 형식의 적용 방식에 있어서 배터리의 균일화를 위한 최적화된 에너지 전송을 채택하고 있지 않다. 임계 전압에 도달한 마지막 스테이지를 통해서 배터리 충전의 종료를 결정한다. 상기 배터리 충전을 종료하기 위하여, 에너지는 하나 또는 그 이상의 스테이지로부터 얻어지고 스테이지 그룹으로 되돌려진다. 만약 하나 또는 그 이상의 충전 스테이지(들)가 약간 덜 충전된다면, 에너지는 에너지를 필요로 하는 스테이지에 우선적으로 전송되지 않는 대신 에너지가 얻어진 스테이지로 보내지게 된다. 이와 같이 상기 스테이지들이 너무 높은 전압으로 충전되는 것을 막기 위하여 상기 균일화 단계는 충전 단계의 마지막에 모든 스테이지로부터 에너지를 얻어야 할 필요가 있다. 그 결과 균일화 단계는 매우 많은 수의 동작 컨버터 때문에 높은 에너지 손실을 초래한다. 더 나아가, 충전이 이미 끝난 충전기들은 상기 충전기를 통과하는 쓸모 없는 교류 또는 직류 소자를 가진다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 따라서, 본 발명의 목적은 상기 선행 기술의 문제점을 가지지 않는 향상된 균일화 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 이를 위하여, 본 발명은 직렬로 연결된 두 개 이상의 충전 스테이지를 가지는 배터리용 균일화 시스템으로서, 각각의 충전 스테이지는 하나 이상의 충전기를 포함하는, 배터리용 균일화 시스템에 있어서,

[0013] - 하나 이상의 양극 및 하나 이상의 음극을 포함하는 하나 이상의 전압 생성기;

[0014] - 상기 하나 이상의 전압 생성기를 통해 전압을 공급받는, 각각의 충전 스테이지에 사용되는 충전 장치로서,

[0015] * 하나 이상의 인덕터,

[0016] * 제1단이 상기 하나 이상의 전압 생성기의 상기 양극에 연결되어 있는 하나 이상의 커패시터,

[0017] * 애노드가 상기 충전 스테이지의 음극에 연결되어 있고 캐소드가 상기 하나 이상의 인덕터의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 다이오드, 및

[0018] * 일단이 상기 하나 이상의 인덕터의 일단에 연결되어 있는 하나 이상의 스위치를 포함하는, 충전 장치; 및

[0019] - 상기 하나 이상의 전압 생성기를 제어하고, 상기 하나 이상의 인덕터가 에너지를 저장하도록 충전 대상이 되는 충전 스테이지와 연결된 충전 장치의 하나 이상의 스위치를 닫고, 상기 에너지를 상기 충전 스테이지에 보내는, 제어 장치;를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리용 균일화 시스템을 제공한다.

[0020] 상기 균일화 시스템은 더 나아가 다음 특징들 중 하나 또는 그 이상을 결합 또는 단독으로 포함한다.

- [0021] - 상기 하나 이상의 커패시터의 제2단은 상기 인덕터의 제1단에 연결되어 있고, 상기 하나 이상의 다이오드의 캐소드는 상기 커패시터의 제2단에 연결되어 있고, 상기 하나 이상의 스위치는 제1단이 상기 인덕터의 제2단에 연결되어 있고 제2단이 충전 스테이지의 양극에 연결되어 있다;
- [0022] - 상기 충전 장치는, 제1단이 상기 전압 생성기의 양극에 연결되어 있고 제2단이 상기 인덕터의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 제1 커패시터, 및 제1단이 상기 전압 생성기의 음극에 연결되어 있고 제2단이 충전 스테이지의 음극에 연결되어 있는, 하나 이상의 제2 커패시터를 포함하고, 상기 하나 이상의 다이오드는 애노드 및 캐소드를 통해 각각 상기 제2 커패시터의 제2단 및 상기 제1커패시터의 제2단에 연결되어 있고, 상기 하나 이상의 스위치는 제1단을 통해 상기 인덕터의 제2단에 연결되어 있고 제2단을 통해 충전 스테이지의 양극에 연결되어 있다;
- [0023] - 상기 충전 장치는, 제1단이 상기 전압 생성기의 양극에 연결되어 있는, 하나 이상의 제1 커패시터, 및 제1단이 상기 전압 생성기의 음극에 연결되어 있고 제2단이 상기 인덕터의 제2단 및 충전 스테이지의 양극에 연결되어 있는, 하나 이상의 제2 커패시터를 포함하고, 상기 하나 이상의 스위치는 제1단을 통해 상기 제1 커패시터의 제2단에 연결되어 있고 제2단을 통해 상기 인덕터의 제1단에 연결되어 있다;
- [0024] - 상기 충전 장치는, 하나 이상의 제1 인덕터 및 하나 이상의 제2 인덕터, 제1단이 전압 생성기의 양극에 연결되어 있고 제2단이 상기 제1 인덕터의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 제1 커패시터, 제1단이 상기 전압 생성기의 음극에 연결되어 있고 제2단이 상기 제2인덕터의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 제2커패시터, 애노드 및 캐소드가 각각 충전 스테이지의 음극 및 상기 제1 인덕터의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 제1 다이오드, 및 애노드 및 캐소드가 각각 충전 스테이지의 음극 및 상기 제2 인덕터의 제1단에 연결되어 있는, 하나 이상의 제2 다이오드를 포함하고, 상기 하나 이상의 스위치는 각각 제1단이 상기 인덕터의 제2단에 연결되어 있고 제2단이 충전 스테이지의 양극에 연결되어 있다;
- [0025] - 상기 충전 장치에 전압을 공급하는 상기 전압 생성기의 전극에 전압이 미리 인가 될 때, 상기 제어 장치는 충전 대상이 되는 충전 스테이지와 연결된 충전 장치의 상기 하나 이상의 스위치를 닫는 속도를 제어한다;
- [0026] - 상기 충전 장치는 충전 단계 중 충전 스테이지 및 배터리의 전압 레벨과 별개로 비연속적 전도 모드로 동작한다;
- [0027] - 충전 장치 모두에 전압을 공급하는 단일 전압 생성기를 포함한다;
- [0028] - 충전 장치에 전압을 각각 공급하는 전압 생성기를 포함한다;
- [0029] - 소정의 수의 충전 장치에 전압을 공급하는 두 개 이상의 전압 생성 장치를 포함한다;
- [0030] - 상기 하나 이상의 전압 생성기는 상기 제어 장치를 통해 제어되는 하나 이상의 스위치를 포함한다;
- [0031] - 상기 하나 이상의 전압 생성기는 디커플링 커패시터를 포함한다;
- [0032] - 상기 하나 이상의 전압 생성기는 두 개의 제어되는 스위치 및 두 개의 인덕터를 포함한다;
- [0033] - 상기 하나 이상의 전압 생성기는 스위치 및 변압기를 포함한다;
- [0034] - 상기 하나 이상의 전압 생성기는 4 개의 스위치 및 변압기를 포함하는 브리지를 포함한다;
- [0035] - 상기 하나 이상의 전압 생성기는 두 개의 스위치, 변압기 및 두 개의 커패시터를 포함한다;
- [0036] - 상기 하나 이상의 전압 생성기는 두 개의 스위치 및 센터-탭형 1차 권선(center-tapped primary)을 가지는 변압기를 포함한다;
- [0037] - 상기 제어 장치는 충전 단계 중에 일정한 전도 주기 및 개방 시간을 가지는, 상기 하나 이상의 전압 생성기의 하나 이상의 제어되는 스위치를 각각 열고 닫는다;
- [0038] - 상기 충전 장치가 불연속 전도 모드로 동작하도록 상기 전도 주기가 산정된다;
- [0039] - 상기 하나 이상의 전압 생성기는 배터리의 단자에 연결되어 있다;
- [0040] - 상기 배터리는 하나 이상의 기본 모듈을 포함하고, 상기 각각의 기본 모듈은 직렬로 연결된 복수의 충전 스테이지를 포함하는 배터리용 균일화 시스템에 있어서, 상기 배터리용 균일화 시스템은 상기 각각의 기본 모듈의 단자에 보조 충전 장치를 더 포함한다;

- [0041] - 상기 배터리는 직렬로 배치된 복수의 기본 모듈을 포함하고, 상기 배터리용 균일화 시스템은 소정의 수의 기본 모듈의 단자에 보조 충전 장치를 포함한다;
- [0042] - 상기 하나 이상의 전압 생성기는 상기 하나 이상의 기본 모듈의 단자에 연결되어 있다;
- [0043] - 전압 정보를 상기 제어 장치에 전송시키도록 구성된, 각 충전 스테이지의 전압을 측정하는 장치를 포함한다;
- [0044] - 상기 충전기는 리튬-이온 형태이다;
- [0045] - 상기 배터리는 슈퍼 커패시터를 포함한다;
- [0046] 본 발명은 또한 상기 설명된 충전 균일화 시스템용 충전 장치를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0047] 본 발명의 그 밖의 특징 및 효과는 이하 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세히 설명될 것이지만 이에 한정되는 것은 아니다.

도 1은 직렬로 연결된 충전 스테이지를 포함하는 배터리, 및 각각의 충전 스테이지에 대한 충전 장치와 전압 생성기를 포함하는 배터리 충전 균일화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 2는 각각의 충전 장치용 전압 생성기를 포함하는 도 1의 배터리 충전 균일화 시스템의 또 다른 변형예를 도시한 블록 다이어그램이다.

도 3은 직렬로 연결된 소정의 수의 충전 스테이지를 포함하는 각각의 기본 모듈용 전압 생성기를 가지는, 도 1의 배터리 충전 균일화 시스템의 또 다른 변형예를 도시한 블록 다이어그램이다.

도 4는 각각의 기본 모듈용 보조 충전 장치를 포함하는, 도 3의 충전 균일화 시스템의 또 다른 변형예를 도시한 블록 다이어그램이다.

도 5는 균일화 시스템의 충전 장치의 제1 실시예의 블록 다이어그램이다.

도 6은 연속 전도 모드로 동작하는 도 5의 충전 장치와 연결된 전압 생성기의 일 실시예의 블록 다이어그램이다.

도 7은 비연속 전도 모드로 동작하는 도 5의 충전 장치와 연결된 전압 생성기의 일 실시예의 블록 다이어그램이다.

도 8a는 전도 주기 동안의 전류의 흐름은 나타내는, 도 5의 충전 장치 및 도 6의 전압 생성기를 포함하는 균일화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 8b는 전도 주기 종료시 상기 충전 장치의 다이오드의 폐쇄까지의 전류의 흐름을 나타내는, 도 5의 충전 장치 및 도 6의 전압 생성기를 포함하는 균일화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 8c는 충전 장치의 다이오드가 폐쇄된 경우의 전류의 흐름을 나타내는, 도 5의 충전 장치 및 도 6의 전압 생성기를 포함하는 균일화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 9는 병렬 충전 스테이지 및 도 5의 충전 장치 내에 흐르는 여러 전류의 변화를 시간 함수로서 나타낸 다이어그램이다.

도 10은 제1 시뮬레이션의 경우 도 5의 충전 장치 및 충전 스테이지의 여러 전류의 변화를 곡선으로 도시한 것이다.

도 11은 제2 시뮬레이션의 경우 도 5의 충전 장치 및 충전 스테이지의 여러 전류의 변화를 곡선으로 도시한 것이다.

도 12는 균일화 시스템의 충전 장치의 제2 실시예를 블록 다이어그램으로 도시한 것이다.

도 13은 도 12의 충전 장치와 연결된 전압 생성기의 일 실시예를 블록 다이어그램으로 도시한 것이다.

도 14는 도 13의 전압 생성기의 여러 실시예를 블록 다이어그램으로 도시한 것이다.

도 15a는 전도 주기 동안의 전류의 흐름은 나타내는, 도 12의 충전 장치 및 도 13의 전압 생성기를 포함하는 균일화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 15b는 전도 주기 종료시 동작 주기까지의 전류의 흐름을 나타내는, 도 12의 충전 장치 및 도 13의 전압 생성기를 포함하는 균일화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 16은 도 12의 충전 장치 및 병렬 충전 스테이지에서의 여러 전류의 변화를 시간 함수로서 나타낸 다이어그램이다.

도 17은 도 12의 충전 장치 및 충전 스테이지에서의 여러 전류의 변화를 시간 함수로서 나타낸 다이어그램이다.

도 18은 균일화 시스템의 충전 장치의 제3 실시예를 블록 다이어그램으로 나타낸 것이다.

도 19a는 전도 주기 동안의 전류의 흐름을 나타내는, 도 18의 충전 장치 및 도 13의 전압 생성기를 포함하는 균일화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 19b는 전도 주기 종료시 동작 주기까지의 전류의 흐름을 나타내는, 도 18의 충전 장치 및 도 13의 전압 생성기를 포함하는 균일화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 20은 도 18의 충전 장치 및 충전 스테이지에서의 여러 전류의 변화를 곡선으로 나타낸 것이다.

도 21은 상기 균일화 시스템의 충전 장치의 제4 실시예를 블록 다이어그램으로 나타낸 것이다.

도 22a는 도 21의 충전 장치의 제1 변형예를 블록 다이어그램으로 나타낸 것이다.

도 22b는 도 21의 충전 장치의 제2 변형예를 블록 다이어그램으로 나타낸 것이다.

도 23은 도 21, 22a 및 22b의 충전 장치와 연결된 전압 생성기의 일 실시예의 블록 다이어그램이다.

도 23a는 도 23의 전압 생성기의 변형예의 블록 다이어그램이다.

도 24a는 도 23의 전압 생성기의 변형예의 블록 다이어그램이다.

도 24b는 도 23의 전압 생성기의 또 다른 변형예의 블록 다이어그램이다.

도 25a는 전도 주기 동안의 전류의 흐름을 나타내는, 도 21의 충전 장치 및 도 24a의 전압 생성기를 포함하는 균일화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 25b는 전도 주기 종료시 동작 주기의 절반까지의 전류의 흐름을 나타내는, 도 21의 충전 장치 및 도 24a의 전압 생성기를 포함하는 균일화 시스템의 블록 다이어그램이다.

도 26은 도 21의 충전 장치에서의 여러 전류의 변화를 시간 함수로서 나타낸 다이어그램이다.

도 27은 제1 시뮬레이션의 경우 도 21의 충전 장치 및 이와 연결된 충전 스테이지에서의 여러 전류의 변화를 곡선으로 나타낸 것이다.

도 28은 제2 시뮬레이션의 경우 도 21의 충전 장치 및 이와 연결된 충전 스테이지에서의 여러 전류의 변화를 곡선으로 나타낸 것이다.

이들 도면에 있어서 실질적으로 동일한 구성 요소는 동일한 도면부호로 표시하였다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0048] 도 1은 충전 배터리(1)를 도시하고 있다. 상기 배터리(1)는 직렬로 연결된 N개의 스테이지(Et_i)로 구성된다. 각각의 스테이지(Et_i)는 하나 또는 병렬로 연결된 복수의 충전기(A_{ij})로 구성된다. 여기서 사용되는 접미사(i)는 상기 스테이지의 수를 나타내고 상기 접미사(j)는 도 1에 도시된 예에 따르면 1 내지 N의 범위를 가지고, 접미사(j)는 주어진 스테이지에 있는 각각의 충전기의 수를 나타내고 상기 접미사(j)는 본 실시예에 따르면 1 내지 M의 범위를 가진다. 동일한 스테이지(Et_i)의 충전기(A_{ij})의 단자는 전기 연결부를 통해서 서로 연결되어 있고, 이와 같이 각각의 스테이지(Et_i) 또한 전기 연결부를 통해서 인접 스테이지(Et_i)에 연결되어 있다.

[0049] 본 발명의 대상은 이와 같이 두 개 이상의 스테이지(Et_i)가 직렬로 연결된 종류의 충전기 배터리(1)에 사용되는 충전 균일화 시스템(2)이다.

[0050] 상기 균일화 시스템(2)은 도 1에 도시된 바와 같이 제어 장치(3), 각각의 충전 스테이지(Et_i)에 사용되는 복수의 동일한 충전 장치(5), 및 하나 이상의 전압 생성기(7)를 더 포함한다. 상기 충전 장치(5) 및 상기 전압 생성

기(들)(7)는 상기 제어 장치(3)를 통해 제어된다.

- [0051] 상기 균일화 시스템(2)은 각각의 스테이지(Et_i)의 전압을 측정하고 전압 정보를 상기 제어 장치(3)에 전송하는 전압 측정 장치(도시되지 않음)를 더 포함할 수 있고, 이러한 전압 정보에 기초하여 만약 충전 스테이지(Et_i)가 반드시 충전되어야 하는지를 결정할 수 있고 이에 따라 상기 충전 스테이지 및 이와 연결된 전압 생성기(7)와 함께 상기 병렬로 연결된 충전 장치(5)를 제어할 수 있다.
- [0052] 각각의 충전 스테이지(Et_i)는 예를 들어 상기 충전 장치(5)들 중 하나 및 단일 전압 생성기(7)와 연결된다.
- [0053] 상기 충전 장치(5)는 각각의 충전 스테이지(Et_i)의 음극(N_i) 및 양극(P_i)에 연결되어 있는 한편, 하나 또는 그 이상의 전압 생성기(7)의 양극($v2$ 로 표시) 및 음극($v1$ 으로 표시)에 연결된다.
- [0054] 단일 전압 생성기(7)의 경우(도1), 상기 전압 생성기는 충전 장치(5)의 그룹에 연결되어 있다.
- [0055] 도 2에서 도시된 실시예에서와 같이 다중 전압 생성기(7)의 경우, 전압 생성기(7)의 수가 스테이지(Et_i)의 수와 동일한 경우 하나의 전압 생성기(7)는 하나의 충전 장치(5)에 연결된다.
- [0056] 도 3에 도시된 또 다른 실시예에서와 같이 전압 생성기(7)의 수가 스테이지(Et_i)의 수보다 적은 경우, 전압 생성기(7)는 복수의 충전 장치(5)에 연결될 수 있다.
- [0057] 예를 들어 직렬로 연결된 100 개의 충전기를 가지는 전기 자동차의 경우에서와 같이 직렬로 연결된 다수의 충전 스테이지(Et_i)가 사용된다면, 상기 배터리(1)는 기본 모듈(9)의 직렬 연결로 구성될 수 있고(도 3), 그 각각은 직렬로 연결된 10 내지 12개의 충전 스테이지(Et_i)를 포함한다. 이와 같이 상기 전압 생성기(7)(들)은 10 내지 12 개의 요소의 단자에 연결된다. 리튬-이온 배터리 기술의 작용으로서 다이오드 및 제어되는 스위치의 내전압(withstand voltage)이 약 45V 내지 60V로 제한되게 되고, 상기 값은 반도체 분야에서 표준화된 내전압 값이다. 전기 자동차의 경우에서와 같이 다수의 기본 모듈(9)의 관리가 용이하게 된다.
- [0058] 더 나아가, 충전 스테이지(Et_i)용 충전 장치(5)에 더하여, 동일한 충전 장치(5)들이 도 4에서 도시된 바와 같이 N개의 스테이지를 직렬로 연결시켜 사용될 수 있다. 이러한 변형에는 N개의 인접 스테이지 사이의 에너지 전송을 가능하게 하여 이와 연결된 직렬 기본 모듈(9) 사이의 에너지 전송을 가능하게 한다. 이 경우, 하나 또는 그 이상의 보조 전압 생성기(7)가 N개의 스테이지의 단자에 연결된 충전 장치(5)에 에너지를 공급한다.
- [0059] 상기 전압 생성기(7)(들)은 예를 들어 구형파(squarewave) 또는 사인파와 같이 변경된 형태를 가지는 양극, 음극, 또는 양극 및 음극의 극성의 전압 펄스를 충전 장치(5)에 공급한다.
- [0060] **제1 실시예**
- [0061] 상기 균일화 시스템(2)의 충전 장치 및 전압 생성기(7)의 제1 실시예를 이하 설명하도록 한다.
- [0062] **충전 장치**
- [0063] 도 5를 참조하여 볼 때, 충전 장치(5)의 제1 실시예는,
- [0064] - 인덕터($L1_i$),
- [0065] - 제1단이 전압 생성기(7)의 전극($v2$)에 연결되고 제2단이 상기 인덕터($L1_i$)의 제1단에 연결되는, 커패시터($C1_i$),
- [0066] - 애노드 및 캐소드가 각각 상기 스테이지의 전극(N_i) 및 상기 커패시터($C1_i$)의 제2단에 연결되는, 다이오드($D1_i$), 및
- [0067] - 제1단이 상기 인덕터($L1_i$)의 제2단에 연결되고 제2단이 상기 스테이지의 전극(P_i)에 연결되는, MOSFET과 같은 스위치($SW1_i$)를 포함한다.
- [0068] 상기 제어 장치(3)는 상기 스위치($SW1_i$)의 열고 닫음을 가능하게 한다.
- [0069] 만약 상기 전압 생성기(7)의 전극($v1$)이 배터리(1)의 음극(N)에 연결되어 있다면(도 1 내지 도 4), 이러한 충전

장치(5)의 제1 실시예는 특히 상기 충전 스테이지(Et_i)를 통해서 상기 전압 생성기(7)의 전극(v1)에 연결되는 특징을 가지게 되고, 상기 충전 장치(5)는 상기 충전 스테이지(Et_i)에 연결되는 한편 상기 충전 스테이지(Et_i) 밑에 있는 스테이지를 통하게 된다.

[0070] 이러한 종류의 충전 장치(5)는 연속 전도 모드 또는 비연속 전도모드로 동작한다.

[0071] 비연속 동작 모드의 동작은 적은 비용과 구현의 용이성 때문에 보다 선호된다.

[0072] 비연속 전도 모드에 있어서, 상기 인덕터(L1_i)를 흐르는 전류는 상기 충전 장치(5)의 각각의 동작 주기(T)에 앞서 데피니션(definition)에 의하여 상쇄된 유도된다. 상기 인덕터(L1_i) 내 전류 값은, 상기 전압 생성기(7)가 에너지를 공급하고 있을 때, 상기 인덕터(L1_i)의 단자에 인가되는 전압, 상기 인덕터(L1_i) 내 에너지 저장 시간, 및 에너지 저장 값으로부터 추정할 수 있다. 그 후, 상기 전압 생성기(7)는 고정된 전도 주기를 가지는 제어 명령을 통해서 제어될 수 있다.

[0073] 한편, 연속 전도 모드에 있어서(도 6), 조정 루프(11) 및 전류 기준 변수(13)와 연결된 전류 센서(10)를 필요로 할 뿐 아니라 예를 들어 스위치 동작용 트랜지스터를 사용하는 스위치 모드의 경우 직렬로 연결된 충전 스테이지 각각에 대한 전류를 모니터링하는 장치(12)를 필요로 할 수 있다. 연속 전도 모드에 있어서, 전류 생성기(7)는 각각의 충전 장치(5)에 필요할 수 있다. 상기 전압 생성기(7)는 그 후 펄스폭 변조 모드로 제어될 수 있다.

[0074] 비연속 전도 모드에 있어서, 본 발명은 커패시터(C1_i)에 의한 직접적인 전류 블록킹을 통해서 전압 생성기(7)의 출력부에 모든 충전 장치(5)를 병렬로 연결되도록 할 수 있다.

[0075] 변형예로서, 커패시터(도시되지 않음)가 각각의 충전 장치(5)의 출력부에 추가될 수 있다. 이러한 커패시터는 단자(N_i)와 상기 스위치(SW1_i)의 제1단 사이에 연결된다. 이러한 종류의 커패시터는 상기 충전 장치(5)로부터 오는 전류 리플(ripple)을 필터링한다. 이와 같이 평활화된 직접 전류는 상기 충전 장치(5)가 동작 중에 있을 때 각각의 충전 스테이지에 공급된다.

[0076] 또한, 상기 스위치(SW1_i)의 위치는 상기 스위치가 커패시터(C1_i)와 직렬로 연결되도록 수정될 수 있다.

[0077] 상기 스위치(SW1_i)의 두 개의 또 다른 위치로서, 상기 스위치(SW1_i)는 상기 전압 생성기(7)의 출력부(v2) 및 상기 커패시터(C1_i)의 제1단에 연결되거나, 또는 상기 커패시터(C1_i)의 제2단 및 상기 다이오드(D1_i)의 캐소드에 연결될 수 있다.

[0078] 또 다른 변형예로서 다이오드 대신에 각각의 충전 장치(5)에 대하여 제어되는 스위치를 사용할 수 있다. 흔히 동기식 정류기로 불리는 장치가 사용될 수 있다. 상기 충전 장치(5)의 효율은 상기 구성이 온-상태에 있는 경우 전압 강하의 감소량을 통해서 증가할 수 있다.

[0079] 전압 생성기

[0080] 상기 전압 생성기(7)는 다양한 구조를 가질 수 있다. 일 실시예로서 양전압 펄스만을 공급하는 전압 생성기(7)가 있을 수 있다.

[0081] 도 6은 상기 제1 실시예의 충전 장치(5)와 연결된 전압 생성기(7)의 실시예를 도시하고 있다.

[0082] 상기 도 6은 배터리(1)의 단자(N, P)에 연결되어 있는 MOSFET과 같은 형태의 두 개의 스위치(SW2_i 및 SW3_i)를 포함한다. 디커플링 커패시터(C3_i)는 상기 두 개의 스위치(SW2_i 및 SW3_i)의 단자에 연결되어 있을 수 있다.

[0083] 상기 전압 생성기(7)는 기본 모듈(9)의 단자에 연결될 수 있지만 동일하게 배터리(1)의 단자에 연결되어 있거나 보조 공급 장치(예를 들어, 차량용 12V 전원 장치)의 단자에 연결되어 있을 수도 있다.

[0084] 동작

[0085] 상기 제1 실시예의 동작이 이하 도 8a 내지 도 8c 및 도 9를 참조하여 설명하도록 한다.

[0086] 상기 충전 장치(5)는 충전되고 있는 특정 스테이지에 대한 충전이 계속 되게 한다. 비연속 전도 모드에서의 동작은 상기 설명된 이유 때문에 보다 선호된다.

- [0087] 예를 들어, 만약 상기 제어 장치(3)가 스테이지(Et_i), 예를 들어 스테이지(Et_1)에 에너지 전송을 지시하면, 대응 스테이지(Et_i)와 병렬로 연결된 상기 충전 장치(5)의 스위치(SW_{1i})가 상기 제어 장치(3)에 의하여 닫히게 된다.
- [0088] 상기 충전 장치(5)에 전력을 공급하는 상기 전압 생성기(7) 또한 상기 제어 장치(3)에 의하여 활성화 된다.
- [0089] 상기 스테이지(Et_i)와 직렬로 연결된 스테이지들은, 각각의 스테이지의 병렬-연결 충전 장치(5)가 열린 상태에 있는 동안에 충전되지 않는다.
- [0090] 만약 충전 장치(5)가 동작을 시작하고 상기 전압 생성기(7)가 그 전에 이미 동작하고 있었다면, 상기 스위치(SW_{1i})를 닫는 속도는 상기 스테이지에 너무 높은 전류가 공급되는 것을 막도록 제어되어야만 한다.
- [0091] 상기 스위치들은 폐쇄된 상태일 때 완벽하게 작동하고 그 결과 상기 스위치들이 블록된 상태일 때 전류를 흐르게 하지 않는다고 가정한다.
- [0092] **제1 변형예: 디커플링 커패시터를 가지지 않는 전압 생성기**
- [0093] 도 6에서 스위치(SW_{3i} 및 SW_{2i})의 단자에 위치한 디커플링 커패시터(C_{3i})를 가지지 않는 전압 생성기(7)를 가정보보자.
- [0094] 도 8a 내지 도 8c 및 도 9를 참조하면, 전도 주기(t_1) 동안에 양전압이 상기 전압 생성기(7)의 단자(v_2)와 단자(v_1) 사이에 인가된다. 상기 스위치(SW_{2i})는 닫히고 스위치(SW_{3i})는 열린다. 그 결과 상기 전압 생성기(7)는 상기 스위치(SW_{2i})가 닫히고 스위치(SW_{3i})가 열려있는 동안에 양전압 펄스를 공급한다.
- [0095] 상기 주기(t_1) 동안에 전류의 흐름이 도 8a에서 점선 화살표로 도표로 도시되어 있다.
- [0096] 에너지는 인덕터(L_{1i})에 저장된다. 충분한 전류를 전달하고 상기 인덕터(L_{1i})의 단자에 준정전압(quasi-constant voltage)를 유도시키기 위해서는 충분히 높은 값의 커패시터(C_{1i})가 필요하다. 인덕터(L_{1i}) 내 전압은 그 단자에 걸리는 전압에 비례하여 증가하고, 이와 같이 걸리는 전압은 배터리(1)의 전압에서 충전 중인 스테이지(Et_i)의 전압을 뺀 값과 동일하다. 상기 전류는 스테이지(Et_i)의 위쪽에 위치한 스테이지들을 통과하여 흐른다. 다이오드(D_{1i})는 이러한 단계 동안에 폐쇄된다. 상기 다이오드(D_{1i})의 단자에 걸리는 전압은 배터리(1)의 전압을 마이너스 값으로 한 값과 동일하다.
- [0097] 주기(t_1)가 끝날 때, 상기 전압 생성기(7)의 출력 전압은 0이 된다. 상기 전압 생성기(7)의 스위치(SW_{2i})는 열린다. 상기 스위치(SW_{3i})는 상기 스위치(SW_{2i})가 완전히 열렸을 때 닫힌다.
- [0098] 상기 인덕터(L_{1i}) 내 전류는 이 때 피크값(I_{pic})에 도달하고(도9), 이 값은 상기 전압 생성기(7)가 에너지를 공급하고 있을 때 인덕터의 단자에 걸리는 전압 값에 주기(t_1)를 곱하고 상기 인덕터의 값만큼 나눈 값과 거의 동일하다. 이 공식은 상기 충전 장치(5)의 동작의 각각의 주기 직전에 상기 인덕터 내 전류가 0이라는 것을 가정하였다는 점에 있어서 대략적인 공식이다.
- [0099] 상기 충전 장치(5)는 상기 인덕터(L_{1i}) 내 전류가 음의 값이 되고 그 후 충전 장치(5)의 각각의 동작 주기(T) 전에 상기 다이오드(D_{1i})가 폐쇄된 때 양의 값과 음의 값 사이에서 진동한다는 특별한 특징을 가지고 있다. 이러한 특별한 특징은 상기 커패시터(C_{1i})를 통과하는 평균 전류가 상기 충전 장치(5)의 각각의 동작 주기(T)가 무한히 지속되는 경우 반드시 0이 된다는 점에 있어서 필수적인 조건이다.
- [0100] 상기 주기(t_1)가 끝나고 상기 다이오드(D_{1i})가 폐쇄될 때까지, 상기 전압 생성기(7)는 단자(v_2 및 v_1)에 0전압을 인가한다. 스위치(SW_{3i})는 닫히고 스위치(SW_{2i})는 열린다. 이러한 단계 동안에 전류의 흐름이 도 8b에서 1점 쇄선 화살표로 도시되어 있다.
- [0101] 상기 인덕터(L_{1i}) 내 전류는 그 단자에 걸리는 전압에 비례하여 감소하고, 이와 같이 걸리는 전압은 상기 충전 스테이지(Et_i)의 전압의 마이너스 값에서 다이오드(D_{1i})의 온 상태일 때의 전압 강하 값을 뺀 값과 동일하다. 상기 다이오드(D_{1i})는 이러한 상태에서 상기 다이오드 내 전류가 상쇄될 때까지 온 상태에 있게 된다. 상기 다이오

드(D1₁)가 폐쇄된 경우의 전류 흐름이 도 8c에서 점선 화살표로 표시되어 있다.

[0102] 상기 설명한 바와 같이, 상기 인덕터(L1₁) 내 전류는 상기 다이오드(D1₁)의 전도가 끝난 후 음의 값이 되고 그 후 음의 값과 양의 값 사이에서 진동한다. 이러한 단계 동안에 전류의 진동 주파수는 대체적으로 상기 커패시터(C1₁) 및 인덕터(L1₁)의 고유 공진 주파수에 의하여 결정된다. 이러한 전류는 충전중인 스테이지(Et₁), 상기 스테이지(Et₁) 밑에 위치한 스테이지들, 커패시터(C1₁), 인덕터(L1₁) 및 스위치(SW3₁)를 통과하여 흐른다.

[0103] 주기(T)의 끝에서, 상기 스위치(SW1₁)가 여전히 닫힌 상태에 있다면 새로운 동작 스퀀스가 시작된다. 상기 전압 생성기(7)는 배터리의 회로 단락 현상을 막기 위하여 두 개의 스위치(SW2₁ 및 SW3₁)가 동시에 온 상태에 있지 않게 하는 방법으로 제어된다. 열려있는 스위치(SW3₁)와 닫혀 있는 스위치(SW2₁) 사이에서, 상기 다이오드(D1₁)에서 전류가 연속적으로 흐르도록 하기 위하여 상기 인덕터(L1₁) 내 전류가 0 또는 양의 값을 가져야만 한다. 상기 커패시터(C1₁) 및 인덕터(L1₁)의 고유 공진 주파수는 상기 장치를 설계(dimensioning)할 때 고려되어야만 한다.

[0104] 만약 상기 인덕터(L1₁) 내 전류가 음의 값을 가져야만 한다면, 예를 들어 상기 스위치(SW2₁)와 역 평행으로 연결된 다이오드를 사용함으로써 상기 스위치(SW2₁)에 대한 전류의 흐름이 양방향이 되게 할 필요가 있다.

[0105] 제2 변형예: 디커플링 커패시터를 가지는 전압 생성기

[0106] 상기 스위치(SW3_i 및 SW2_i)의 단자에 디커플링 커패시터(C3_i)를 사용하는 경우(도 6), 상기 스위치(SW2_i)가 닫힐 때 전류의 순환이 변화된다. 또한 상기 커패시터(C3_i)는 인덕터(L1_i)를 통해서 흐르는 전류의 일부분을 공급한다. 이러한 전류는 충전중인 스테이지(Et_i) 및 상기 충전중인 스테이지(Et_i)의 밑에 위치한 스테이지들까지 순환한다. 공급되는 전류의 값은 N개의 스테이지에 대한 상기 충전중인 스테이지(Et_i)의 위치에 의존한다. 스테이지(Et_i)가 배터리의 단자(N)에 가까울수록, 충전중인 상기 스테이지(Et_i)의 위쪽에 위치한 스테이지를 통해 흐르는 전류에 비하여 상기 커패시터(C3_i)에 의해 공급되는 전류의 값이 커지게 된다.

[0107] 설계(Dimensioning)

[0108] 방정식

[0109] 상기 충전 장치(5)의 설계는 상기 설명된 충전 장치의 동작을 나타내는 방정식을 사용하여 결정된다. 상기 방정식은 전압 생성기(7)에 유효한 것이다(도 6).

[0110] 이하 기재되는 방정식들의 사용은 일반화된 것이다. 이 때문에, 입력 전압 및 출력 전압은 각각 Ve 및 Vs로 표시되었다. 상기 전압(V2)는 배터리(1)의 단자(N)와 단자(P) 사이의 전압이다. 상기 전압(Vs)는 충전 스테이지(Et_i)의 단자(N_i) 및 (P_i) 사이의 전압이다.

[0111] 설계를 단순화시키기 위하여, 상기 커패시터(C1₁)의 단자에 걸리는 전압은, 만약 존재한다면, 상기 충전 장치(5)의 동작 주기(T) 중에 일정하다고 가정한다.

[0112] 주기(t1) 동안에, 상기 인덕터(L1₁) 내 전류(iL1₁)는 증가한다. 상기 전류는 각각의 동작 주기(T)에서 0이라고 가정한다. 스위치(SW2_i 및 SW3_i)가 온 상태일 때 떨어지는 전압을 무시하고 다이오드(D1_i)에 대한 전압 강하 값을 고려하면, 상기 전류 iL1_i(t)는,

$$iL1_i(t) = \frac{Ve - Vs - Vd}{L1_i} \times t$$

[0113] (방정식 1)이다.

[0114] 상기 주기(t1)의 종료 시, 상기 스위치(SW2_i)가 열린다. 상기 인덕터 내 전류는 다음과 같은 피크 값에 도달한다.

$$iL1_i(t1) = I_{pic} = \frac{V_e - V_s - V_d}{L1_i} \times t1$$

(방정식 2)

[0115] 상기 주기(t1)가 종료되고 상기 인덕터(L1_i) 내 전류가 상쇄될 때까지, 상기 다이오드(D1_i)는 전도 상태에 있다. [0116] 상기 인덕터(L1_i) 내 전류는 다음과 같은 방정식에 따라서 감소하게 된다.

$$iL1_i(t) = -\frac{V_s + V_d}{L1_i} \times t + I_{pic}$$

(방정식 3)

[0117] 비연속 전도 모드로 기능하기 위한 전도 주기(t1)를 초과하지 않는 상기 충전 장치(5)의 값(t1_(max))이 상기 방정식 3으로부터 결정될 수 있다. 인덕터 내 전류는 반드시 0이되거나 각각의 동작 주기(T)에 대하여 양의 값이 되어야만 한다. 상기 커패시터(C1_i) 및 인덕터(L1_i)에 대한 고유 진동 주기는 방정식 4의 정의를 고려한다. 상기 주기(t1_(max))는 두 개의 값(A 및 B)에 따라 변한다. 상기 값(A)이 최대 입력 전압(V_e) 및 최소 출력 전압(V_s)에 대하여 측정되는 경우가 최악의 경우라 할 수 있다. 상기 값(B)은 입력 및 출력 전압과 평균 출력 전류(I_{si(moy)})에 따라 변한다. 상기 값(B)은 일정하고 그 결과 최대 입력 전압, 최대 출력 전압 및 최대 출력 평균 전류의 경우 평가되거나, 또는 반대로 최소 입력 전압, 최소 출력 전압 및 최소 출력 평균 전압의 경우 평가된다.

$$t1_{(max)} = T \times \frac{1}{\frac{1}{A} + B}$$

$$\text{Avec } A = \frac{V_s + V_d}{V_e}$$

$$B = \pi \times \sqrt{\frac{1}{2 \times T} \times \frac{C}{(V_s + V_d) \times I_{si(moy)}}} \times (V_e - V_s - V_d)$$

(방정식 4)

[0119] 충전 장치의 출력 전류는 인덕터(L1_i) 내 전류와 동일하다. 충전 장치(5)의 평균 출력 전류는 방정식 5로부터 계산된다. 영구 방식(permanent regime)에 있어서 커패시터(C1_i) 내 평균 전류가 0으로 주어졌을 때, 상기 평균 출력 전류(I_{si(moy)})는 다이오드(D1_i) 내 평균 전류와 동일하다. 상기 전류(I_{si(moy)})는 입력 전압(V_e)의 제곱에 비례하고 출력 전압(V_s)에 반비례한다. 충전 스테이지의 전압과 관계없이 원하는 희망 전류를 주어진 시간(t1) 동안에 공급하기 위하여, 상기 최대 출력 전압 및 최소 입력 전압이 반드시 고려되어야 한다.

$$I_{si(moy)} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{T} \times \frac{L1_i}{(V_s + V_d)} \times I_{pic}^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{T} \times \frac{(V_e - V_s - V_d)^2 \times t1^2}{(V_s + V_d) \times L1_i}$$

(방정식 5)

[0121] 충전되는 스테이지(Et_i) 내 전류(iEt_i(t))는 동작하는 충전 장치(5)의 수와 상기 스테이지(Et_i)에 대한 상대적 위치에 따라서 변한다.

[0122] 만약 상기 스테이지(Et_i)에 병렬로 연결된 충전 장치(5)만이 동작하고 있다면, 상기 스테이지(Et_i) 내 전류는 시

간(t_1)과 시간(T) 사이에서 인덕터(L_{1i}) 내 전류와 동일하게 되고 그 나머지 시간에는 0이된다. 이와 같은 변형예는 도 9에서 실선으로 표시된다.

[0124] 상기 스테이지(Et_i) 위에 위치하여 동작하는 충전 장치(5)의 수(L)를 고려할 때, 보조 전류는 대응 충전 장치의 다이오드($D1_i$)가 폐쇄될 때 상기 스테이지(Et_i)를 통해서 흐른다. 이 단계 동안에, 상기 충전 장치들이 동일하다고 가정하면, 상기 전류($iEt_i(t)$)는 커패시터($C1_i$)의 전류 값에 상기 동작하는 충전 장치의 수(L) + 1을 곱한 값과 동일하다. 이와 같은 변형예가 $L=1$ 일 때, 도 9에서 점선으로 표시된다.

[0125] 상기 스테이지(Et_i) 밑에 위치하여 동작하는 충전 장치의 수(M)를 고려할 때, 시간(t_1) 동안에 보조 전류가 상기 스테이지(Et_i)를 통하여 흐른다. 이 단계 동안에, 충전 장치가 동일하다고 가정하면, 상기 전류($iEt_i(t)$)는 인덕터(L_{1i})의 전류 값에 동작하는 충전 장치의 수(M)만큼을 곱한 값의 +/- 값을 가진다. 이러한 변형예가 $M=1$ 일 때, 도 9에서 쇄선으로 표시된다.

[0126] 충전되는 스테이지 내 전류의 평균 값($IEt_{(moy)}$)는 방정식 6으로부터 얻어진다.

$$IEt_{i(moy)} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{T} \times I_{pic} \times \left[\frac{I_{pic} \times L_{1i}}{V_s + V_d} - t_1 \times (1 + L + M) \right] \quad (\text{방정식 6})$$

[0127] 예

[0129] 예를 들어, 각각의 충전 장치(5)는 충전 스테이지(Et_i)의 충전을 추적하게 할 수 있고 10 개의 스테이지의 단자에 연결되어 있을 수 있다. 모든 충전 장치에 전압을 공급하는 단일 전압 생성기(7)가 고려될 수 있다. 이러한 전압 생성기는 10개의 직렬식 조합 스테이지의 단자에 연결되어 있을 수 있다.

[0130] 설계 처리는 두 단계로 나뉜다. 첫째, 상기 충전 장치가 비연속 전도 모드로 동작하는 동안에 상기 전압 생성기(7)의 스위치($SW2_i$)의 최대 전도 주기(t_1)가 계산된다. 둘째, 상기 충전 장치의 출력에 원하는 평균 전류를 공급하는 인덕터(L_{1i})의 최대 값을 결정한다.

[0131] 다음과 같은 조건이 적용된다.

[0132] - 평균 출력 전류(최소값, $I_{Si(moy)}$): 1A

[0133] - 일반적인 동작 주파수(F): 50 kHz, 즉 $T = 1/F = 20 \mu s$

[0134] - 하나의 충전기(인산철에 기초한 리튬-이온)의 전압:

[0135] * 최소 전압: 2.5V

[0136] * 최대 전압: 3.6V

[0137] - 다이오드가 온 상태일 때의 전압 강하 값(V_d): 0.3V - 0.7V.

[0138] 커패시터($C1_i$)는 충분한 전류를 전송하고 상기 충전 장치(5)의 인덕터(L_{1i})의 단자에 준정전압을 인가하기 위하여 설계된다. 상기 전압 강하 값이 약 3V이고 피크 전류가 약 6A이고 시간(t_1)이 $2.0 \mu s$ 일 때, 상기 커패시터의 값은 약 $2 \mu F$ 이 된다. 상기 커패시터의 값은 일반적으로 약 $1 \mu F$ 내지 $10 \mu F$ 이다.

[0139] 상기 시간(t_1)의 최대 값과 상기 인덕터(L_{1i})의 인덕턴스가 이하 계산된다. 상기 시간 $t_{1(max)}$ 은 값 A 및 값 B를 사용하여 계산되고, 상기 값 A는 다이오드($D1_i$)의 최소 전압 강하 값, 상기 충전 장치의 최대 입력 전압 및 최소 출력 전압을 통해 계산되고, 상기 값 B는 최소 평균 출력 전류, 최소 입력 전압 및 최대 출력 전압을 통해 계산되고, 폐쇄 커패시터 값은 $2 \mu F$ 으로 설정된다. 상기 최대 인덕턴스(L_{1i})는 상기 값 B를 계산한 것과 같이 동일한 조건으로 $t_{1(max)}$ 로부터 계산된다. 상기 시간($t_{1(max)}$)은 인덕터, 스위치 및 다이오드 내 피크 전류 및 rms(제곱 평균) 전류를 최소화 시키는 인덕터(L_{1i})의 인덕턴스를 계산하기 위하여 사용된다. 하지만, 견고한 설계를 위하여 보다 낮은 값이 사용될 수 있다. 상기 충전 장치의 출력부에 위치한 필터 커패시터의 사용은 상기 시간

($t_{1(max)}$) 및 인덕터(L_{1i})의 인덕턴스를 결정하는 과정을 변경하지 않는다.

$$t_{1(max)} = T \times \frac{1}{\frac{1}{A} + B} = T \times \frac{1}{\frac{1}{\frac{V_s + V_d}{V_e} + \pi \times \sqrt{\frac{1}{2 \times T} \times \frac{C}{(V_s + V_d) \times I_{s(i moy)}}} \times (V_e - V_s - V_d)}}$$

$$= \frac{1}{50 \times 10^3} \times \frac{1}{\frac{1}{\frac{2.5 + 0.3}{9 \times 3.6 + 2.5}} + \pi \times \sqrt{\frac{50 \times 10^3}{2} \times \frac{2 \times 10^{-6}}{(3.6 + 0.7) \times 1} \times (9 \times 2.5 - 0.7)}}$$

[0140]

(방정식 4)

$$t_{1(max)} = 1.0 \text{ } \mu s$$

$$L_{1i(max)} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{T} \times \frac{(V_e - V_s - V_d)^2 \times t_1^2}{(V_s + V_d) \times I_{s(i moy)}}$$

$$= \frac{1}{2} \times 50 \times 10^3 \times \frac{(2.5 \times 9 - 0.7)^2 \times (1.0 \times 10^{-6})^2}{(3.6 + 0.7) \times 1}$$

$$L_{1i(max)} = 2.8 \text{ } \mu H$$

[0141]

(방정식 5)

[0142] 시뮬레이션

[0143] 이와 같은 경우에 있어서, 두 개의 시뮬레이션 결과값이 도 10 및 도 11에 도시되어 있다.

[0144] 제1 시뮬레이션(도 10)

[0145] 제1 시뮬레이션의 경우, 상기 축전기(A_{ij})는 대부분이 2.5V의 임계 전압으로 충전되고 스테이지(7) 내 단일 축전기는 예를 들어 3.6V의 전압으로 충전된다. 상기 충전 장치(5)는, 가장 높은 충전 전압인 3.6V를 가지는 상기 축전기와 병렬로 연결되어 있다.

[0146] 시뮬레이션 대상인 상기 전압 생성기(7)는 디커플링 커패시터(C_{3i})를 가지지 않는 도 6에 도시된 전압 생성기이다.

[0147] 상기 제1 결과는 평균 출력 전압이 적어도 반드시 1A인 극도로 제한된 동작 상태를 나타낸다.

[0148] 도 10은 이러한 제1 시뮬레이션의 결과로서 곡선(C1)에서 인덕터(L_{17})의 전류, 곡선(C2)에서 커패시터(C_{17})의 전류, 곡선(C3)에서 다이오드(D_{17})의 전류, 및 곡선(C4)에서 최대 충전 전압을 가지는 축전기의 전류를 보여주고 있다.

[0149] 이전 동작에서 설명한 바와 같이, 인덕터(L_{17}) 내 전류는 시간(t_1) 동안 증가한다. 상기 시간(t_1) 동안에, 전류는 충전 중에 있는 축전기를 통해서 흐르지 않지만 상기 충전 중인 축전기 위에 위치한 축전기들을 통해서 흐른다. 상기 다이오드(D_{17})는 이러한 단계 동안에 폐쇄된다.

[0150] 시간(t_1)의 종료 시, 전류값은 피크 값에 도달하고, 상기 피크값은 이 경우 약 10.7A로서, 인덕터 내 전류는 감소하고 축전기로 공급되게 된다. 시간(t_1)부터, 인덕터의 전류는 감소하고 상기 축전기에 공급되게 된다. 상기 다이오드(D_{17})는 전도 상태에 놓이고 인덕터의 소자(demagnetization)를 가능하게 한다. 인덕터(L_{17}) 내 전류가 상기 장치의 각각의 동작 주기 전에 상쇄되기 때문에 상기 회로는 비연속 전도 모드로 동작한다. 상기 인덕터(L_{17}) 내 전류, 및 그 결과 충전되는 축전기를 통과하는 전류는 상기 다이오드(D_{17})가 폐쇄되는 때, 즉 상기 전류(i_{D17})가 상쇄되는 때에 음의 값이 된다. 상기 전류(i_{L17})는 상기 커패시터(C_{17}) 및 인덕터(L_{17})의 고유 진동

주파수와 가까운 주파수로 진동한다. 이러한 전류(iL_1)는 인덕터(L_1), 충전 중인 축전기 및 상기 충전 중인 축전기 밑에 위치한 축전기들, 커패시터(C_1) 및 스위치(SW_1)를 통과하여 흐른다. 그 결과, 영구 방식에 있어서 상기 커패시터(C_1)의 평균 전류는 동작 주기 동안에 0이 된다.

[0151] 상기 평균 출력 전류 $IS_{7(moy)}$ 는 약 1.9A와 동일하다. 1A의 최소 평균 전류는 충전된 축전기의 전압 및 축전기 배터리의 전압이 어떤 것이든지 간에 만족한다. 상기 전류는 각 주기(T)에서의 전류가 주로 상기 장치의 파라미터의 설계시 가정된 0이 아니기 때문에 원하는 값보다 더 크다. 상기 인덕터의 피크 전류는 그 결과 1A의 평균 출력 전류를 제공하는데 필요한 값보다 더 크다. 따라서 높은 인덕턴스를 가지는 피크 전류의 제공에 비례하는 상기 평균 전류는 중대한 영향을 준다(방정식 5).

[0152] 제2 시뮬레이션(도 11)

[0153] 제2 시뮬레이션의 경우, 상기 축전기는 대부분이 3.6V의 임계 전압으로 충전되고 단일 축전기의 경우 예를 들어 일곱번째 축전기의 경우 2.5V로 충전된다. 상기 충전 회로(5)는 이와 같이 가장 낮은 충전 전압, 즉 2.5V를 가지는 축전기와 병렬로 연결되어 있다. 상기 충전 장치는 그 결과 일곱번째 스테이지(Et_7)의 단자에 연결되어 있다.

[0154] 상기 제2 시뮬레이션의 결과는 상기 충전 장치가 비연속 전도 모드로 동작하고 인덕터(L_1)의 전류가 반드시 0이거나 각각의 동작 주기(T) 전에 양의 값을 가지는 극도로 제한된 동작 상황을 나타내고 있다.

[0155] 도 11은 이러한 제2 시뮬레이션의 결과를 도시하고 있으며 곡선(C5)에서 인덕터(L_1)의 전류, 곡선(C6)에서 커패시터(C_1)의 전류, 곡선(C7)에서 다이오드(D_1)의 전류, 및 곡선(C8)에서 가장 낮은 충전 전압을 가지는 축전기의 전류를 나타내고 있다.

[0156] 상기 인덕터(L_1)의 전류가 상기 장치의 각각의 동작 주기(T) 전에 상쇄되기 때문에 상기 회로는 비연속 전도 모드로 작동한다. 양의 값 또는 0의 인덕터(L_1) 전류를 가지는 비연속 전도 동작은 충전되는 축전기의 전압 및 상기 축전기 배터리의 전압이 어떤 것이든지 간에 만족한다.

[0157] 상기 평균 출력 전류($IS_{7(moy)}$)는 약 3.4A이다. 이는 1A인 최소값보다 더 큰 값이다. 충전 중인 스테이지의 위와 아래에 위치한 스테이지들을 통해서, 상기 rms 전류값은 약 1.7A까지 상승하고 평균 전류값은 약 330mA이다.

[0158] 제2 실시예

[0159] 균일화 시스템(2)의 제2 실시예는 다음과 같다.

[0160] 충전 장치

[0161] 도 12에서 도시된 바와 같이, 상기 제2 실시예의 충전 장치(5)는 제1단이 제1 커패시터(C_1)와 연결되어 있는 상기 전원 생성기(7)의 전극(v_1)에 연결되어 있고 제2단이 상기 스테이지(Et_i)의 전극(N_i)에 연결되어 있는 제2 커패시터(C_2)를 포함한다는 점에 있어서 도 5에 도시된 제1 실시예와 다르다.

[0162] 이러한 커패시터(C_2)는 상기 전압 생성기(7)에 의해 공급되는 전류 중 일부 또는 모든 전류에 대한 회귀 통로를 제공한다.

[0163] 전압 생성기

[0164] 이러한 제2 실시예는 한편으로 예를 들어 양의 전압 펄스만을 공급하는 전압 생성기(7)에 적합하다.

[0165] 이러한 제2 실시예의 충전 장치(5)의 경우, 도 13 및 도 14에 각각 도시된 바와 같이 전압 생성기(7)의 두 개의 변형예가 제공될 수 있다.

[0166] 제1 변형예(도 13)

[0167] 상기 전압 생성기(7)는 두 개의 인덕터(L_3 및 L_4)가 배터리(1)의 단자(N 및 P)와 직렬로 연결되어 수행되기 때문에 도 6에 도시된 제1 실시예의 전압 생성기(7)와 다르다.

[0168] 따라서 이와 같은 변형예는 상기 전압 생성기(7)의 스위치(SW_3 또는 SW_4)가 닫힐 때 전류가 충전 장치(5)의 제

2 커패시터(C_{2i})를 통해 흐르도록 한다. 상기 디커플링 커패시터(C_{3i})는 두 스위치의 단자에 연결되어야만 한다.

[0169] 제2 변형예(도 14)

[0170] 도 14에 부분으로 도시된 전압 생성기(7)는 디커플링 커패시터(C_{3i}), 스위치(SW_{2i}) 및 변압기(T_{1i})를 포함한다. 이러한 전압 생성기(7)는 제1 변형예의 전압 생성기(7)(도 13)와 비교할 때 구성 요소의 수를 최소화 시키는 이점을 가진다.

[0171] 동작

[0172] 도 13에 도시된 전압 생성기(7)와 관련된 제2 실시예의 동작이 이하 설명된다. 이는 도 15a 및 15b에서 스테이지(Et_i)의 충전을 나타내고, 도 16에서 이를 보다 일반화시킨 스테이지(Et_i)의 충전을 나타낸다.

[0173] 스테이지(Et_i , Et_i) 및 인덕터(L_{3i} , L_{3i} , 및 L_{4i} , L_{4i})의 전류는 인덕터의 전류가 커패시터(C_{3i} , C_{3i})의 평균 전류에 대하여 동작 주기 동안에 0이 될 필요가 있다는 점에 있어서, 도면에서 이점 쇄선으로 표시되어 있다. 상기 전류는 동작 주기(T) 동안에 직류로서 일정한 값을 가진다고 가정한다. 도 16에 있어서, 이러한 전류는 스테이지(Et_i)의 전류($iEt_i(t)$) 표현함에 있어서 무시되게 된다.

[0174] 제2 실시예의 동작은 제1 실시예의 동작과 실질적으로 동일하다. 제1 실시예에 추가된 것은 시간(t_1) 동안에 도 15a에서 점선 화살표로 표현된 전류가 스테이지(N) 외에 상기 스테이지(Et_i , Et_i)의 위와 아래에 위치한 모든 스테이지를 통과한다는 것이다. 상기 전류는 충전 장치(5)의 모든 커패시터(C_{2j})($j=1$ 내지 N)를 통과하여 흐른다. 이상적인 경우에 있어서, 상기 전류는 모든 커패시터에 균일하게 분배된다. 시간(t_1)이 종료하고 동작 주기(T)가 끝날 때까지(도 15b), 전류는 스테이지(Et_i), 충전중인 스테이지(Et_i)의 위와 아래에 위치한 상기 충전 장치(5)의 제2 커패시터(C_{2j})의 세트, 인덕터(L_{1i} , L_{1i}), 커패시터(C_{1i} , C_{1i}), 및 스위치(SW_{3i} , SW_{3i})를 통과하여 흐른다(점선으로 표현됨).

[0175] 제1 실시예와 비교하여 볼 때, 상기 제2 실시예는 비충전 스테이지의 rms 전류를 감소시키는 이점을 가진다.

[0176] 시간(t_1) 동안에, 상기 다이오드(D_{1i} , D_{1i})가 폐쇄되는 순간에서 주기(T)가 종료할 때까지, 커패시터(C_{1i} , C_{1i})의 전류는 상기 충전 장치(5)의 커패시터(C_{2j})들 사이에서 나뉘어 지게 된다. 상기 스테이지가 충전중인 스테이지에 가까우면 가까울수록, 상기 스테이지를 흐르는 rms전류 값은 더 커지게 된다.

[0177] 더 나아가, 상기 스테이지(Et_i , Et_i)의 단자(N_i , N_i)와 상기 다이오드(D_{1i} , D_{1i})의 애노드 사이에 직렬로 연결된 각각의 충전 장치에 사용되는 보조 스위치(도시되지 않음)를 사용함으로써, 비충전 스테이지의 rms전류가 최소화 되게 할 수 있다. 이러한 스위치는 동작하지 않는 충전 장치(5)(들)의 커패시터(C_{2j})가 그 외의 동작하는 하나 또는 그 이상의 충전 장치(5)의 전류의 일부분을 전도하지 않도록 방지한다. 상기 비충전 스테이지를 통과하는 rms전류는 이 경우 이론상 배터리에 의하여 공급되는 직류 전류의 값과 동일하다.

[0178] 설계

[0179] 상기 충전 장치(5)의 설계(도 12)는 상기 설명된 충전 장치의 동작을 정의하는 방정식들에 기초한다. 상기 방정식들은 전압 생성기(7)에 있어 유효하다(도 13). 단순한 설계를 위하여, 커패시터(C_{1i}) 및 커패시터(C_{2i})의 단자에 걸리는 전압은, 만약 존재한다면, 상기 충전 장치(5)의 동작 주기(T) 동안에 일정하다고 가정한다.

[0180] 인덕터(L_{1i})의 전류(iL_{1i})에 대한 방정식 1, 2 및 3은 제2 실시예 및 제1 실시예에 있어 동일하고, 동일한 방정식이 초과하지 않도록 상기 전도 주기(t_1)의 최대 값($t_{1(max)}$)을 정의하는 방정식 4, 및 평균 출력 전류를 정의하는 방정식 5에 적용된다.

[0181] $iEt_i(t)$ 로 표시된 충전되는 스테이지(Et_i)의 전류는 동작하는 충전 장치의 수, 상기 스테이지(Et_i)에 대한 상기 충전 장치의 위치, 및 복수의 스테이지에 대한 스테이지(Et_i)의 위치에 따라 변한다. 스테이지(Et_i)의 밑에 위치하여 동작하는 충전 장치(5)의 수가 M개라고 가정할 때(도 16), 시간(t_1) 동안의 상기 스테이지(Et_i)의 전류는 방정식 7에 의하여 대략적으로 결정된다. 상기 다이오드(D_{1i})가 폐쇄되는 순간부터 상기 주기(T)가 끝날 때

까지의 상기 스테이지(E_{t_i})의 전류 또한 동일한 방정식에 의하여 대략적으로 결정된다.

$$iE_{t_i}(t) = iC_{1_i}(t) \times \left[\frac{i}{N} \times (1 + L + M) - M \right] \quad (\text{방정식 7})$$

커패시터(C_{1_i})의 평균 전류가 영구 방식에 있어서 동작 주기 동안에 0이라고 할 때, 시간(t_1) 중 상기 다이오드(D_{1_i})가 폐쇄되는 순간부터 상기 주기(T)가 끝날 때까지의 상기 스테이지(E_{t_i})의 평균 전류는 0이된다. 인덕터(L_{3_i} 및 L_{4_i})의 전류를 고려할 때, 충전된 스테이지의 평균 전류($IE_{t_i(\text{moy})}$)는 방정식 6에 의하여 결정된다.

디커플링 커패시터(C_{3_i})는 상기 제2 실시예에서 전압 생성기(7)를 구현시키는데 사용된다. 이러한 커패시터(C_{3_i})는 단자에서 소정의 전압 강하값을 가지는 충전 장치(5)에 필요한 전류를 공급하기 위하여 결정된다. 상기 커패시터(C_{3_i})의 단자에 걸리는 전압 강하값은 출력 전류의 함수로서 방정식 9를 통해서 주어지고, 여기서 K 는 동작 중인 충전 장치(5)의 수이다.

$$\Delta V = \frac{1}{2} \times K \times \frac{I_{pic}}{C_{1_i}} \times t_1 = \frac{1}{2} \times K \times \frac{V_e - V_s - V_d}{L_{1_i} \times C_{1_i}} \times t_1^2 \quad (\text{방정식 9})$$

시뮬레이션

상기 커패시터(C_{2_i})는 커패시터(C_{1_i})와 동일한 2 μF 으로 고정된 값을 가진다.

시뮬레이션된 전압 생성기는 도 13에 도시된 전압 생성기이다.

두 개의 인덕터(L_{3_i} 및 L_{4_i})의 값은 100 μH 로 고정되어 있고, 이 값은 파워 일렉트로닉 변환기 분야에서 일반적으로 사용되는 값이다.

10 μF 의 값을 가지는 디커플링 커패시터(C_{3_i})가 사용된다. 이러한 커패시터는 단자에서 특정 전압 강하 값이 걸리는 충전 장치(5)에 필요한 전류를 공급하기 위하여 결정된다. 상기 커패시터의 단자에 걸리는 전압 강하 값은 출력 전류의 함수로서 방정식 9에 의하여 주어진다.

제2 실시예의 충전 장치(5)의 설계는 제1 실시예의 충전 장치의 설계와 동일하다. 이 때문에, 수동 소자(L_{1_i} 및 C_{1_i})의 값이 동일한 경우 제1 및 제2 실시예의 충전 장치(5)의 평균 출력 전류가 동일하다는 것을 확인하기 위하여 여기서 하나의 시뮬레이션 결과만을 표시하였다.

시뮬레이션 결과는 장치가 비연속 전도 모드로 동작하여야만 하고 인덕터(L_{1_i})의 전류가 반드시 0이거나 각각의 동작 주기 전에 양의 값을 가지는 극도로 제한된 동작 상황을 나타내고 있다.

도 17은 상기 시뮬레이션의 결과를 도시하는 것으로서, 곡선(C9)에서 인덕터(L_{1_7})의 전류, 곡선(C10)에서 커패시터(C_{1_7})의 전류, 곡선(C11)에서 다이오드(D_{1_7})의 전류, 및 곡선(C12)에서 가장 낮은 충전 전압을 가지는 충전기의 전류를 나타내고 있다.

상기 평균 출력 전류($IS_{7(\text{moy})}$)는 약 3.3A으로 동일하다. 이는 제1 실시예에서 얻은 평균 전류 값(약 3.4A)와 거의 같다. 따라서 제1 실시예 및 제2 실시예의 설계 형태는 유사하다.

인덕터(L_{4_i} 및 L_{3_i})의 평균 전류는 약 330mA로 동일하다. 충전 중인 스테이지(E_{t_i})의 위와 아래에 위치한 스테이지들의 평균 전류는 330mA으로 동일하다. 이는 제1 실시예의 비충전 스테이지들의 평균 전류 값과 동일하다.

스테이지(8)의 rms 전류는 610mA이다. 충전 중인 스테이지(E_{t_i}) 위에 위치한 스테이지들의 rms 전류는 상기 스테이지(E_{t_i})로부터 스테이지 거리가 증가함에 따라 감소한다. 상기 스테이지(10)의 rms 전류는 인덕터(L_{3_i} 및

L_{41})를 통과하여 흐르는 직류와 동일한 값, 즉 330mA이다. 상기 스테이지(6)의 rms 전류는 약 915mA이다. 충전 중인 스테이지(Et_i)의 아래에 위치한 스테이지들의 rms 전류는 상기 스테이지(Et_i)로부터 스테이지 거리가 증가함에 따라서 감소한다. 상기 스테이지(1)의 rms 전류는 약 360mA이다. 상기 스테이지들의 rms 전류는 제1 실시예와 비교할 때 최악의 경우에 있어서 적어도 1.8의 비율만큼 감소한다.

[0197] 제3 실시예

[0198] 균일화 시스템(2)의 제3 실시예를 이하 설명하도록 한다.

[0199] 충전 장치

[0200] 도 18은 충전 장치(5)의 제3 실시예를 나타내고 있다. 상기 제3 실시예는,

[0201] - 제2 커패시터(C_{2i})의 제2단이 인덕터(L_{1i})의 제2단과 스테이지의 전극(P_i)에 연결되어 있고,

[0202] - 다이오드(D_{1i})의 캐소드가 인덕터(L_{1i})의 제1단에 연결되어 있고,

[0203] - 스위치(SW_{1i})는 커패시터(C_{1i})의 제2단과 인덕터(L_{1i})의 제1단에 연결되어 있다는 점에 있어서 제2 실시예와 다르다.

[0204] 변형예로서, 충전 장치(5)로부터 오는 전류의 리플(ripple)을 필터링하는 커패시터(도시되지 않음)가 추가될 수 있으며, 제1 및 제2 실시예에서와 같이 단자(N_i)와 스위치(SW_{1i})의 제1단 사이에 연결되어 있지 않고 제3 실시예에서의 상기 추가 커패시터는 단자(P_i)와 다이오드(D_{1i})의 애노드 사이에 연결되어 있다.

[0205] 제3 실시예에 있어서, 상기 스위치는 전압 생성기(7)의 출력(v_2)과 커패시터(C_{1i})의 제1단에도 연결되어 있다.

[0206] 전압 생성기

[0207] 제1 및 제2 실시예에서와 같이, 상기 제3 실시예는 양전압 펄스만을 공급하는 전압 생성기에 적합하다.

[0208] 상기 제3 실시예의 경우 상기 전압 생성기는 제2 실시예에서 설명된 도 13 및 도 14에 도시된 전압 생성기들 중 하나이다.

[0209] 동작(도 16, 19a, 19b)

[0210] 전압 생성기와 관련하여 도 13에 도시된 제3 실시예의 동작을 이하 설명하도록 한다. 이는 도 19a 및 19b에서 충전 스테이지(Et_i)의 충전을 나타내고 도 16에서 보다 일반화시킨 스테이지(Et_i)의 충전을 나타내고 있다.

[0211] 제2 실시예에 나타난 것과 같이 시간(t_1) 동안에 인덕터(L_{1i})의 전류가 스테이지(1) 및 스테이지(N)를 제외하고 스테이지(Et_i)의 위와 아래에 위치한 모든 스테이지를 통과하여 흐르는 동작은, 단일 차이점을 가지는 제2 실시예의 동작과 유사하다.

[0212] 인덕터(L_{1i}), 두 개의 커패시터(C_{1i} 및 C_{2i}) 및 다이오드(D_{1i}) 및 병렬로 연결된 스테이지(Et_i)에서의 전류의 발생 형태는 제2 실시예(도 16)와 동일하다.

[0213] 상기 스테이지(Et_i)를 충전하는 특별한 경우가 관여하고 있을 때, 상기 스테이지(Et_i)의 전류의 발생 형태는 상기 전류가 시간(t_1)에서 상기 다이오드가 폐쇄되는 때에 상쇄되기 때문에 일반적인 경우와는 다르다.

[0214] 설계

[0215] 위에서 설명한 바와 같이, 충전 장치(5)를 파라미터화 시키는 것은 상기 충전 장치의 동작을 정의하는 방정식들에 기초한 것으로서 전압 생성기(7)에 유효한 것이다.

[0216] 방정식 1 내지 5는 제1 및 제2 실시예와 동일하게 적용된다.

[0217] 충전된 스테이지의 전류($iEt_i(t)$)는 동작하는 충전 장치의 수, 상기 스테이지(Et_i)에 대한 충전 장치의 위치, 복수의 스테이지에 대한 상기 스테이지(Et_i)의 위치에 따라 변한다. 스테이지(Et_i)의 아래에 위치하여 동작하는 충전 장치의 수를 M개라고 가정하고 상기 스테이지(Et_i)의 위에 위치하여 동작하는 충전 장치의 수를 L개라고 가정

할 때, 시간(t1) 동안의 스테이지(Et_i)의 전류는 방정식 10을 통해서 대략적으로 구할 수 있다. 다이오드(D1_i)가 폐쇄되는 순간부터 주기(T)가 끝날 때까지의 스테이지(Et_i)의 전류 또한 동일한 방정식으로 구할 수 있다.

$$iEt_i(t) = \frac{iC1_i(t)}{N} \times [(i-1) \times (L+1) - (N-i+1) \times M] \quad (\text{방정식 10})$$

영구 방식에 있어서 상기 커패시터(C1_i)를 통과하는 평균 전류는 동작 주기 동안에 0이라 할 때, 시간(t1) 중 다이오드(D1_i)가 폐쇄되는 순간부터 주기(T)가 끝날 때까지의 스테이지(Et_i)의 평균 전류는 0이된다. 인덕터(L3_i 및 L4_i)의 전류를 고려한다면, 충전되는 스테이지의 평균 전류(IEt_{i(moy)})는 방정식 6을 통해서 결정된다.

시뮬레이션

시뮬레이션의 조건은 제2 실시예와 동일하다.

제3 실시예의 충전 장치(5)의 설계는 제1 및 제2 실시예의 충전 장치(5)의 설계와 동일하다. 이 때문에, 수동 소자(L1_i 및 C1_i)의 값이 동일한 경우 이들 세 개의 실시예의 충전 장치의 평균 출력 전류가 동일하다는 것을 확인하기 위하여 하나의 시뮬레이션 결과만을 표시하였다.

시뮬레이션 결과는 장치가 비연속 전도 모드로 동작하여야만 하고 인덕터(L1_i)의 전류가 반드시 0이거나 각각의 동작 주기 전에 양의 값을 가지는 극도로 제한된 동작 상황을 나타내고 있다.

도 20은 상기 시뮬레이션의 결과를 도시하는 것으로서, 곡선(C13)에서 인덕터(L1₇)의 전류, 곡선(C14)에서 커패시터(C1₇)의 전류, 곡선(C15)에서 다이오드(D1₇)의 전류, 및 곡선(C16)에서 가장 낮은 충전 전압을 가지는 축전기의 전류를 나타내고 있다.

상기 평균 출력 전류(Is_{7(moy)})는 약 3.3A으로 동일하다. 이는 제1 및 제2 실시예에서 얻은 평균 전류 값(약 3.4A - 3.3A)과 거의 같다. 따라서 이들 세 개의 실시예의 설계 형태는 유사하다.

인덕터(L4₁ 및 L3₁)의 평균 전류는 약 330mA로 동일하다. 충전 중인 스테이지(Et_i)의 위와 아래에 위치한 스테이지들의 평균 전류는 330mA로 동일하다. 이는 제1 및 제2 실시예의 비충전 스테이지들의 평균 전류 값과 동일하다.

스테이지(8)의 rms 전류는 670mA이다. 충전 중인 스테이지(Et_i) 위에 위치한 스테이지들의 rms 전류는 상기 스테이지(Et_i)로부터 스테이지 거리가 증가함에 따라 감소한다. 상기 스테이지(10)의 rms 전류는 380mA이다. 상기 스테이지(6)의 rms 전류는 약 890mA이다. 충전중인 스테이지(Et_i)의 아래에 위치한 스테이지들의 rms 전류는 상기 스테이지(Et_i)로부터 스테이지 거리가 증가함에 따라서 감소한다. 상기 스테이지(1)의 rms 전류는 인덕터(L3₁ 및 L4₁)의 직류와 동일한, 약 330mA이다. 비 충전 스테이지의 rms 전류는 제1 실시예와 비교할 때 최악의 경우에 있어서 적어도 1.9의 비율만큼 감소한다. 상기 비충전 스테이지의 rms 전류는 제3 및 제2 실시예와 거의 동일하다.

제4 실시예

균일화 시스템(2)의 제4 실시예를 이하 설명하도록 한다.

충전 장치

도 21은 충전 장치(5)의 제4 실시예를 나타내고 있다. 상기 제4 실시예는,

상기 충전 장치(5)가 제2 인덕터(L2_i) 및 제2 다이오드(D2_i)를 더 포함하고,

- 상기 제2 커패시터(C2_i)의 제2단이 제2 인덕터(L2_i)의 제1단에 연결되어 있고,

- 상기 제2 다이오드(D2_i)의 애노드 및 캐소드가 각각 스테이지의 전극(N_i) 및 상기 제2 인덕터(L2_i)의 제1단에 연결되어 있고,

- [0235] - 상기 스위치(SW1_i)가 두 개의 인덕터(L1_i 및 L2_i)의 제2단에 연결되어 있다는 점에 있어서 상기 제2 실시예와 다르다.
- [0236] 또한, 상기 제4 실시예는 예를 들어 양전압 펄스 및 음전압 펄스를 공급하는 전압 생성기로 사용된다는 점에 있어서 차이점이 있다.
- [0237] 상기 충전 장치의 제4 실시예에 사용되는 스위치(SW1_i)의 위치의 변형예가 도 22a 및 22b에 도시되어 있다.
- [0238] 도 22a에서, 상기 스위치(SW1_i)는 제 1단이 전압 생성기(7)의 양극(v2)에 연결되어 있고 제2단이 제1 커패시터(C1_i)의 제1단에 연결되어 있다.
- [0239] 도 22b에서, 상기 스위치(SW1_i)의 제1단은 제1 커패시터(C1_i)의 제2단에 연결되어 있고 제2단은 상기 제1 인덕터(L1_i)의 제1단에 연결되어 있다.
- [0240] 더 나아가, 이들 도면에서 도시되는 바와 같이, 보조 스위치(SW11_i)가 반드시 추가적으로 상기 전압 생성기(7)의 출력(v1) 및 커패시터(C2_i)의 제1단에 연결(도 22a)되어 있거나, 또는 커패시터(C2_i)의 제2단 및 제2 다이오드(D2_i)의 캐소드에 연결(도 22b)되어 있어야만 한다.
- [0241] **전압 생성기**
- [0242] 이러한 종류의 충전 장치(5)의 경우, 전압 생성기의 제1 실시예는 4 개의 스위치(SW2_i 내지 SW5_i)를 가지는 완전형 브리지(complete bridge) 및 도 23a에 도시된 변형예를 가지는 변압기(T1_i)(도 23)를 사용한다. 이러한 변형예에 따르면, 전압 생성기(7)가 배터리의 단자에 연결되어 있다면, 상기 전압 생성기(7)는 1차(primary) 권선 및 복수의 2차(secondary) 권선으로 구성된 변압기(T1_i)를 사용할 수 있다. 이러한 경우에 있어서, 상기 변압기(T1_i)의 1차 권선의 단자에서 4 개의 스위치(SW2_i 내지 SW5_i)를 가지는 완전형 브리지를 볼 수 있다. 상기 복수의 2차 권선을 사용함으로써 상기 충전 장치(5)의 커패시터의 내전압이 감소되게 할 수 있다. 또한, 10 내지 12 개의 스테이지의 직렬 연결에 사용되는 하나의 2차 권선이 있을 수 있다.
- [0243] 상기 전압 생성기(7)의 제2 실시예는 두 개의 스위치(SW2_i 및 SW3_i)를 가지는 하프-브리지(half-bridge), 및 1차 권선이 상기 두 스위치(SW2_i 및 SW3_i)의 중간점과 상기 두 커패시터(C4_i 및 C5_i)의 중간점 사이에 연결되어 있는 변압기(T1_i)를 사용한다(도 24a). 상기 제2 실시예는 제1 실시예보다 적은 수의 스위치를 가진다는 이점과 함께, 상기 변압기(T1_i)의 1차 권선과 직렬로 연결된 커패시터(C4_i 및 C5_i)에 의한, 스위치의 제어 시퀀스의 불균형에 기인하는 변압기의 포화(saturation) 위험을 온전히 방지한다는 이점을 가진다.
- [0244] 상기 전압 생성기의 제3 실시예는 센터-탭 형 1차 권선을 가지는 변압기(T1_i) 및 두 개의 스위치(SW2_i 및 SW3_i)를 사용한다(도 24b). 상기 제3 실시예는 두 개의 스위치(SW2_i 및 SW3_i)를 제어하는 공통의 기준점을 가진다는 이점이 있다.
- [0245] 어떤 전압 생성기(7)가 사용되던지 간에, 상기 스위치(SW2_i 및 SW3_i)의 전도 주기는 각각의 충전 장치(5)가 비연속 전도 모드로 동작하도록 결정된다.
- [0246] 이들 3 개의 실시예들은 출력부에서 양전압 펄스 및 음전압 펄스를 생성한다.
- [0247] **동작(도 25a, 25b 및 26)**
- [0248] 도 24a에서 도시된 전압 생성기(7)와 관련된, 제4 실시예의 동작을 이하 설명하도록 한다.
- [0249] 도 25a 및 도 25b에 있어서, 동작은 오직 양전압 펄스에 대해서만 도시되어 있다.
- [0250] 배터리 내 전류는 쇄선 화살표로 표현되어 있고, 상기 배터리 내 전류는 영구 방식에 있어서 커패시터(C3₁, C4₁ 및 C5₁)의 평균 전류가 동작 주기 동안에 0이 될 필요가 있다고 가정한다. 상기 전류는 직류로서 동작 주기 동안에 일정한 값을 가진다.

- [0251] 충전중인 스테이지(Et_1)를 가지는 제2 실시예와 비교한 동작의 차이점을 이하 설명하도록 한다.
- [0252] 시간(t_1) 동안에, 인덕터(L_1)의 전류는 단자에 인가되는 전압에 비례하여 증가하고, 상기 전압은 상기 변압기(T_1)의 2차 권선에 걸리는 전압에서 충전중인 스테이지(Et_1)의 전압을 뺀 값과 거의 동일하다. 상기 전류는 스테이지(Et_1)만을 통과하여 흐른다. 동작 중인 충전 장치(5)의 커패시터(C_1 및 C_2)의 전류는 인덕터(L_1)의 전류와 동일하다. 이러한 단계 동안에, 상기 충전 장치(5)의 제2 다이오드(D_2)는 전도 상태에 있다. 상기 다이오드(D_1)는 그 단자에서 적어도 배터리 전압과 동일한 전압으로 폐쇄된다. 상기 제2 인덕터(L_2)는 에너지를 저장한다. 상기 제2 인덕터(L_2)의 단자에 걸리는 전압은 충전중인 스테이지(Et_1) 전압의 마이너스 값에서 온 상태에 있는 다이오드(D_2)에서의 전압 강하 값을 뺀 값과 같다.
- [0253] 상기 시간(t_1)의 종료 시, 상기 스위치(SW_2)는 열린다. 상기 인덕터(L_1)의 전류는 이 때 피크 값에 도달하고, 상기 피크 값은 상기 전압 생성기가 에너지를 공급하고 있을 때 상기 인덕터의 단자에 인가되는 전압 값을 시간(t_1)만큼 곱하고 인덕턴스 값만큼 나눈 값과 거의 동일하다.
- [0254] 상기 시간(t_1)이 종료하고 동작 주기의 절반($T/2$)에 이르기까지, 상기 전압 생성기는 상기 스테이지(Et_1)의 충전 장치의 단자(v_2 및 v_1)에 전압을 인가하지 않는다. 상기 스위치(SW_3 및 SW_2)는 열리게 된다(도 25b 및 26). 인덕터(L_1)의 전류는 그 단자에 인가되는 전압에 비례하여 감소되고, 상기 전압은 적어도 충전 스테이지(Et_1)의 전압에서 온 상태에 있는 다이오드(D_1)의 전압 강하 값을 뺀 값과 같다. 상기 다이오드(D_1)는 상기 충전 중인 스테이지(Et_1)가 상쇄될 때까지 온 상태에 있다. 상기 다이오드(D_1)는 인덕터(L_1)에 전류를 전도하고 인덕터(L_2)에도 전류를 전도한다. 상기 변압기의 2차 권선측 임피던스가 인덕터(L_1 및 L_2)의 임피던스 보다 현저히 크다고 가정된다는 점에 있어서, 상기 인덕터(L_2)의 전류는 이 단계 동안에 일정하다고 가정한다. 상기 인덕터(L_2)의 전류는 상기 변압기의 자화 전류(magnetization current)와 동일하다. 이는 도 25에서 I_m 으로 표시된다. 상기 다이오드(D_1)가 폐쇄된 때, 인덕터(L_2)를 흐르는 전류는 더 이상 상기 스테이지를 흐르지 않지만 상기 인덕터(L_1)를 흐르는 전류 값의 $+/-$ 값을 가진다. 이러한 단계 동안에, 상기 다이오드(D_2)는 그 단자에서 적어도 상기 스테이지(Et_1)의 전압과 동일한 값으로 폐쇄된다.
- [0255] 상기 동작 주기의 절반($T/2$)의 종료 시 및 상기 동작 주기의 절반($T/2$) + 시간(t_1)의 종료까지, 음전압이 상기 전압 생성기의 단자(v_2 및 v_1) 사이에 인가된다. 상기 스위치(SW_3)는 닫히게 되고 스위치(SW_2)가 열리게 된다. 에너지는 인덕터(L_2)에 저장된다. 상기 인덕터(L_2)의 전류는 그 단자에 인가되는 전압에 비례하여 증가하고, 상기 전압은 변압기(T_1)의 2차 권선측 전압에서 충전 중인 스테이지의 전압을 뺀 값과 거의 같다. 전류는 충전 중인 스테이지(Et_1)만을 통과하여 흐른다. 동작 중인 충전 장치의 커패시터(C_1 및 C_2)의 전류는 인덕터(L_2)의 전류와 동일하다. 이러한 단계 동안에, 상기 다이오드(D_1)는 전도 상태에 있다. 상기 다이오드(D_2)는 그 단자에서 적어도 배터리의 전압과 동일한 전압으로 폐쇄된다. 상기 인덕터(L_1)는 에너지를 저장한다. 상기 인덕터(L_1)의 단자에 걸리는 전압은 적어도 충전 중인 스테이지(Et_1)의 전압에서 온 상태에 있는 다이오드(D_1)의 전압 강하 값을 뺀 값과 같다.
- [0256] 상기 동작 주기의 절반($T/2$) + 시간(t_1)의 종료 시 스위치(SW_3)가 열린다. 상기 인덕터의 전류는 이 때 피크 값에 도달하고, 상기 피크 값은 상기 전압 생성기가 에너지를 공급하고 있을 때 인덕터의 단자에 인가되는 전압 값을 시간(t_1)만큼 곱하고 인덕턴스 값만큼 나눈 값과 거의 동일하다.
- [0257] 상기 동작 주기의 절반($T/2$) + 시간(t_1)이 종료할 때부터 주기(T)의 종료 시까지, 상기 전압 생성기(7)는 상기 스테이지(Et_1)의 충전 장치(5)의 단자(v_2 및 v_1)에 전압을 인가하지 않는다. 상기 스위치(SW_3 및 SW_2)는 열린다. 상기 인덕터(L_2)의 전류는 그 단자에 인가되는 전압에 비례하여 감소하고, 상기 전압은 적어도 충전 스테이지(Et_1)의 전압에서 온 상태에 있는 다이오드(D_2)의 전압 강하 값을 뺀 값과 같다. 상기 다이오드(D_2)는 충전 중인 스테이지(Et_1)의 전류가 상쇄될 때까지 온 상태에 있다. 상기 다이오드(D_2)는 인덕터(L_2)에 전류를 전도

하고 인덕터(L_{1i})에도 전류를 전도한다. 상기 인덕터(L_{1i})의 전류는 변압기의 자화 전류(I_m)와 동일하다. 상기 다이오드(D_{2i})가 폐쇄된 때 인덕터(L_{1i})의 전류는 더 이상 스테이지를 흐르지 않지만 상기 인덕터(L_{2i})의 전류 값의 +/- 값을 가진다. 이 단계 동안에, 상기 다이오드(D_{1i})는 그 단자에서 적어도 스테이지(E_{t1})의 전압과 동일한 전압으로 폐쇄된다.

[0258] 이러한 제4 실시예는 커패시터(C_{1i} 및 C_{2i})의 순간 전류(instantaneous current)가 동일하다는 사실을 통해 충전되지 않는 스테이지에 최소의 rms 전류가 인가되게 하는 이점을 가진다. 따라서 상기 rms 전류는 전류가 직류인 경우 배터리(1)에 의해서 공급되는 전류와 동일하다.

[0259] 상기 설명한 바와 같이, 충전 장치의 설계 형태(도 2_i)는 상기 충전 장치의 동작을 정의하는 방정식들에 기초하며 이는 전압 생성기(7)에 유효한 것이다.

[0260] 시간(t₁) 동안에 인덕터(L_{1i})의 전류(iL_{1i})는 증가한다. 상기 전류는 각각의 동작 주기에 있어서 0으로 가정한다. 상기 변압기의 2차 권선에 걸리는 전압은 V_{sT1i}라 표현한다. 상기 커패시터(C_{1i} 및 C_{2i})의 단자에 걸리는 전압의 순간 합계는 0으로 가정한다. 온 상태에 있는 스위치(SW_{2i} 및 SW_{1i})의 전압 강하 값을 무시하고 온 상태에 있는 다이오드의 전압 강하 값(V_d)를 고려하면, 상기 전류(iL_{1i}(t))는 다음과 같다.

$$iL_{1i}(t) = \frac{VsT1_i - Vs - Vd}{L1_i} \times t \quad (\text{방정식 11})$$

[0262] 시간(t₁)의 종료 시, 스위치(SW_{2i})는 열린다. 상기 인덕터(L_{1i})의 전류는 다음과 같이 피크 값에 도달한다.

$$iL_{1i}(t1) = I_{pic} = \frac{VsT1_i - Vs - Vd}{L1_i} \times t1 \quad (\text{방정식 12})$$

[0264] 시간(t₁)이 종료하고 상기 인덕터(L_{1i})의 전류가 상쇄될 때까지, 상기 다이오드(D_{1i})는 전도 상태에 있다. 상기 인덕터(L_{1i})의 전류는 다음의 방정식에 따라서 감소한다.

$$iL_{1i}(t) = -\frac{Vs + Vd}{L1_i} \times t + I_{pic} \quad (\text{방정식 13})$$

[0266] 상기 인덕터(L_{2i})의 전류는, 시간(0)과 동작 주기의 절반(T/2) 사이에서 인덕터(L_{1i})에 흐르는 전류를 결정하는 동일한 방정식을 통해서 시간(T/2)과 시간(T) 사이에서 결정된다.

[0267] 방정식 13으로부터, 비연속 전도 모드로 동작하는 장치에 사용되는 전도 주기(t₁)를 초과하지 않는 값(t_{1(max)})이 정의될 수 있다. 인덕터(L_{1i} 및 L_{2i})의 전류는 장치의 각 동작 주기의 절반이 흐르기 전에 상쇄된다. 출력 전류의 리플을 제한하기 위하여, 각 동작 주기 부근에서 인덕터의 전류를 상쇄시킬 수 있다. 도 26에 나타난 현재 상태를 보면, 시간(t_{1(max)})이 시간(T/2)일 때 상쇄되는 인덕터(L_{1i} 및 L_{2i})의 전류를 고려하여 결정된다. 최악의 경우라 하면, 상기 시간(t_{1(max)})이 최대 입력 전압(V_{sT1i}) 및 외소 출력 전압(V_s)일 때 측정되는 것이다. 더 나아가, 상기 다이오드들의 전압 강하 값은 상기 최악의 경우를 참작하기 위하여 무시될 수 있다.

$$t_{1(max)} = \frac{T}{2} \times \frac{1}{\frac{VsT_{1_i} - Vs - Vd}{Vs + Vd} + 1}$$

[0268] (방정식 14)

[0269] 상기 충전 장치의 출력 전류($i_{s_i}(t)$)는 인덕터(L_{1_i} 및 L_{2_i})의 전류의 합과 동일하다. 평균 출력 전류($I_{s_i(moy)}$)는 다이오드(D_{1_i} 및 D_{2_i})가 각각 전도 상태에 있을 때의 주기 동안에 I_m 과 전류(i_{L_1} 및 i_{L_2})를 무시한 방정식 15로부터 계산된다. 더 나아가 상기 인덕터(L_{1_i} 및 L_{2_i})는 동일하다고 가정한다.

$$I_{s_i(moy)} = \frac{I_{pic}}{T} \times \left[t_1 + \frac{I_{pic} \times L_{1_i}}{(Vs + Vd)} \right] = \frac{t_1^2}{T \times L_{1_i}} \times \frac{VsT_{1_i} \times (VsT_{1_i} - Vs - Vd)}{Vs + Vd}$$

[0270] (방정식 15)

[0271] $iEt_i(t)$ 로 표현된 상기 충전된 스테이지(i)의 전류는 본 실시예의 경우 오직 작동 중인 충전 장치의 수에 따라 서 변한다. 작동 중인 충전 장치의 수를 K 로 가정하고 변압기(T_{1_i})의 변압 비율을 $m(m=v_2/v_1)$ 이라 가정할 때, 상기 충전되는 스테이지의 전류의 평균 값($IET_{i(moy)}$)은 방정식 16으로부터 얻어진다. 인덕터(L_{1_i} 및 L_{2_i})의 전류는 상기 다이오드(D_{1_i} 및 D_{2_i})가 각각 전도 상태에 있을 때 고려되지 않는다.

$$IET_{i(moy)} = \frac{1}{T} \times I_{pic} \times \left[t_1 \times \left(1 - \frac{K \times m}{2} \right) + \frac{I_{pic} \times L_{1_i}}{(Vs + Vd)} \right]$$

[0272] (방정식 16)

[0273] 예

[0274] 도 21에 도시된 전압 생성기(7)와 연결된 충전 장치(5)의 제4 실시예의 경우, 상기 변압기(T_{1_i})의 변압 비율(m)은 변압기(T_{1_i})의 2차 권선에서 배터리 전압과 동일한 전압을 유지하기 위하여 2로 고정된다.

[0275] 이는 제1 실시예와 동일한 것이지만 주파수는 25 kHz이다.

[0276] 상기 시간($t_{1(max)}$)은 다이오드의 최소 전압 강하 값과 충전 장치의 최대 입력 전압 및 최소 출력 전압을 사용하여 산정된다. 상기 인덕터($L_{1_i(max)}$ 및 $L_{2_i(max)}$)의 최대 값은 이들 인덕터 각각에 대하여 다이오드의 최대 전압 강하 값과 상기 충전 장치의 최소 입력 전압 및 최대 출력 전압을 사용하여 계산된다. 상기 시간($t_{1(max)}$)은 상기 인덕터, 스위치 및 다이오드의 피크 전류 및 rms 전류를 최소화 시키도록 상기 인덕터(L_{1_i})의 값을 계산하는데 사용된다. 견고한 설계를 위하여, 보다 낮은 값이 사용될 수 있다.

$$t1_{(max)} = \frac{T}{2} \times \frac{1}{\frac{VsT1_i - Vs - Vd}{Vs + Vd} + 1}$$

$$= \frac{1}{2 \times 25 \times 10^3} \times \frac{1}{\frac{3.6 \times 9 - 0.3}{2.5 + 0.3} + 1}$$

$$t1_{(max)} = 1.60 \mu s$$

[0277]

(방정식 14)

$$L1_{i(max)} = L2_{i(max)} = \frac{t1^2}{T \times Is_{i(moy)}} \times \frac{VsT1_i \times (VsT1_i - Vs - Vd)}{Vs + Vd}$$

$$= 25 \times 10^3 \times (1.60 \times 10^{-6})^2 \times \frac{(2.5 \times 9 + 3.6) \times (2.5 \times 9 - 0.7)}{3.6 + 0.7}$$

$$L1_{i(max)} = L2_{i(max)} = 8.5 \mu H$$

[0278]

(방정식 15)

[0279]

시뮬레이션

[0280]

인덕터(L1_i 및 L2_i)의 값은 8.5 μH로 고정되어 있다. 상기 패쇄 커패시터(C1_i 및 C2_i)의 값은 2 μF으로 고정되어 있다.

[0281]

본 제4 실시예의 경우, 25 kHz의 일반적인 동작 주파수(F)로 가정하며, T = 1/F = 40 μs다.

[0282]

시뮬레이션되는 전압 생성기(7)는 도 24a에 도시된 전압 생성기이다. 이는 상기 스위치(SW2_i)가 닫혀있고 스위치(SW3_i)가 열려있을 때 양전압 펄스를 공급한다. 또한 상기 스위치(SW3_i)가 닫혀있고 스위치(SW2_i)가 열려있는 동안에는 음전압 펄스를 공급한다.

[0283]

상기 스위치(SW2_i 및 SW3_i)가 열려있는 상태에 있을 때, 변압기(T1_i)의 1차 권선측 단자에 걸리는 전압은 고정되지 않는다. 상기 스위치(SW2_i 및 SW3_i)의 전도 주기는 1.6 μs로 고정되어 있다. 다이오드는 변압기의 1차 권선측 자기 소거(demagnetization)를 위하여 각각의 스위치와 병렬로 연결되어 수행된다. 상기 커패시터(C3_i, C4_i 및 C5_i)들은 이 경우 10 μF으로 고정된다. 제3 실시예에서와 같이, 이들 커패시터들은 단자에 특정 전압 강하 값이 걸리는 변압기(T1_i)의 1차 권선에 필요한 전류를 공급하기 위하여 결정된다. 커패시터의 단자에 걸리는 전압 강하 값은 방정식 9에 의하여 출력 전류의 함수로서 주어진다.

[0284]

배터리 및 전압 생성기의 입력부와 직렬로 연결된 인덕터(L5)는 배터리로부터 오는 전류의 리플을 필터링하기 위하여 사용된다.

[0285]

제1 시뮬레이션(도 27)

[0286]

제1 결과 값은 평균 출력 전류가 적어도 1A이어야 하는 극도로 제한된 동작 상태를 나타낸다.

[0287]

도 27은 곡선(C17 및 C18)에서 인덕터(L1₇ 및 L2₇)의 전류, 곡선(C19)에서 커패시터(C1₇)의 전류, 곡선(C20)에서 다이오드(D1₇)의 전류, 곡선(C21)에서 충전 장치의 출력 전류, 및 곡선(C22)에서 가장 높은 충전 전압을 가지는

축전기의 전류를 나타내는 시뮬레이션 결과를 도시하고 있다.

[0288] 여기서 관찰되는 동작은 제4 실시예와 관련하여 상기 설명한 동작과 유사하다.

[0289] 평균 출력 전류($I_{S7(moy)}$)는 약 1.1A이다. 1A의 최소 평균 전류는 충전되는 축전기의 전압 및 축전기 배터리의 전압이 어떤 것이든 관계없이 만족한다.

[0290] 상기 회로는 상기 장치의 각각의 동작 주기의 절반에 이르기 전에 상쇄되는 인덕터($L1_i$ 및 $L2_i$)의 전류를 통해서 비연속 전도 모드로 동작한다.

[0291] 제2 시뮬레이션(도 28)

[0292] 제2 결과 값은 상기 장치가 비연속 전도 모드로 동작하여야만 하는 극도로 제한된 상태의 동작 상태를 도시한 것으로서, 인덕터($L1_i$ 및 $L2_i$)에 흐르는 전류는 상기 장치의 각각의 동작 주기의 절반($T/2$)에 이르기 전에 상쇄되어야만 한다.

[0293] 도 28은 곡선(C23 및 C24)에서 인덕터($L1_7$ 및 $L2_7$)의 전류, 곡선(C25)에서 커패시터($C1_7$)의 전류, 곡선(C26)에서 다이오드($D1_7$)의 전류, 곡선(C27)에서 충전 장치의 출력 전류, 및 곡선(C28)에서 가장 낮은 충전 전압을 가지는 축전기의 전류를 나타내는 시뮬레이션 결과를 도시하고 있다.

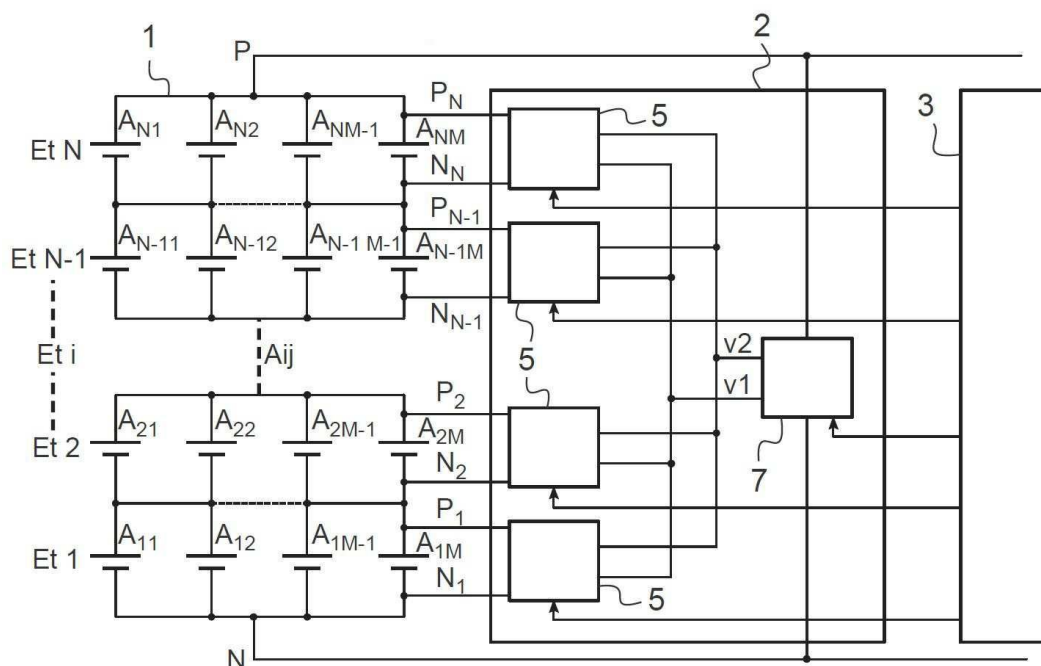
[0294] 상기 회로는 비연속 전도 모드로 동작하고 인덕터($L1_i$ 및 $L2_i$)에 흐르는 전류는 상기 장치의 각각의 동작 주기의 절반에 이르기 전에 필요에 따라서 상쇄된다. 비연속 전도 모드로의 동작은 충전되는 축전기의 전압 및 축전기 배터리의 전압이 어떤 것이든 관계없이 만족한다.

[0295] 평균 출력 전류($I_{S7(moy)}$)는 약 2.8A이다. 이는 1A의 최소 평균 전류보다 더 크다. 배터리의 직류 전류는 약 260mA이다. 비충전 스테이지의 rms 전류는 배터리에 의하여 공급되는 직류와 동일하다.

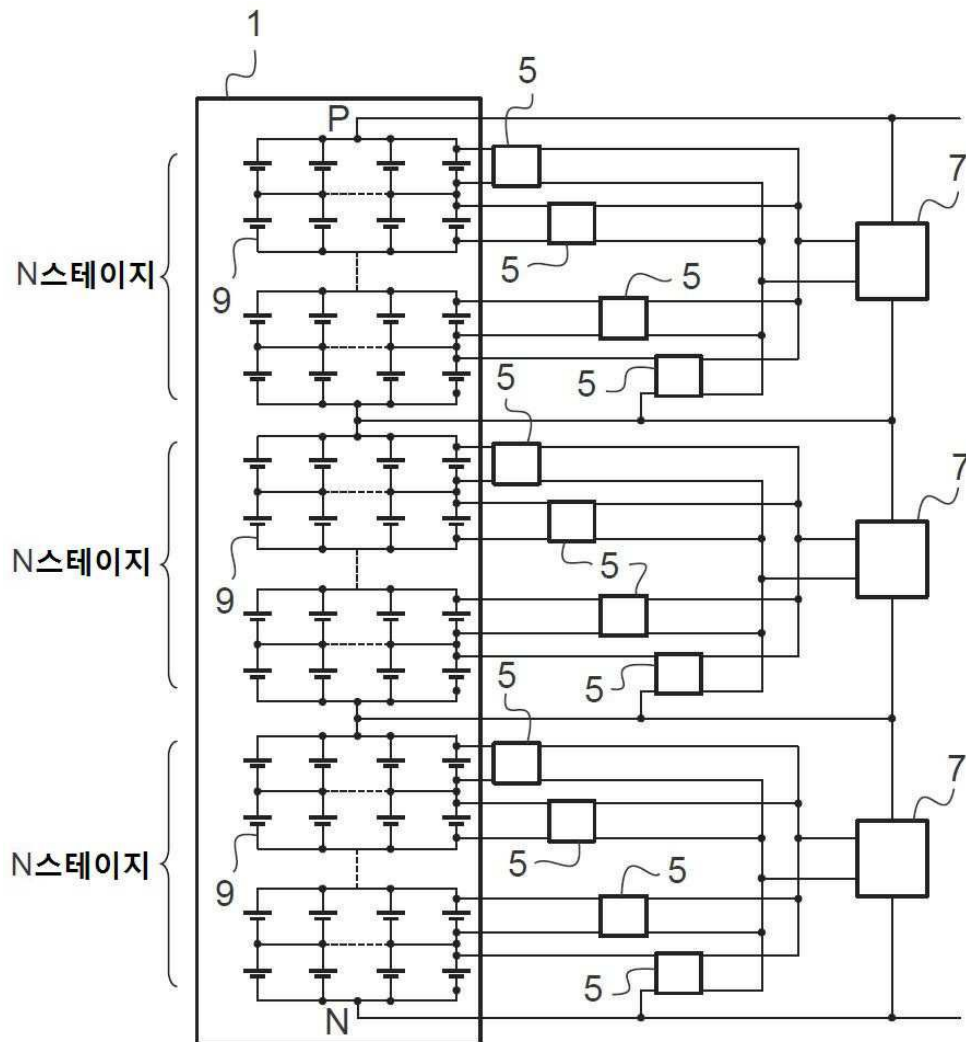
[0296] 따라서, 어떤 실시예를 사용하여도, 효율적인 충전 배터리(1)를 균일하게 충전시킬 수 있다.

도면

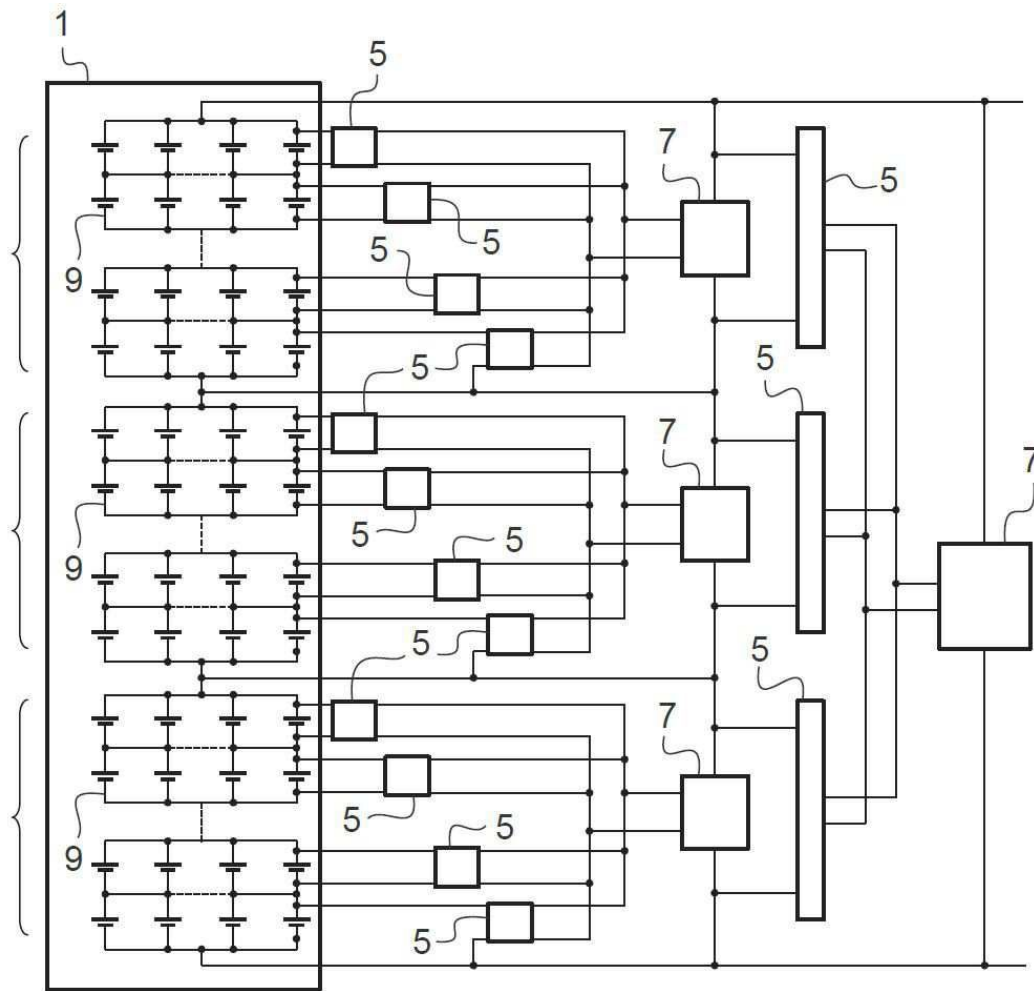
도면1



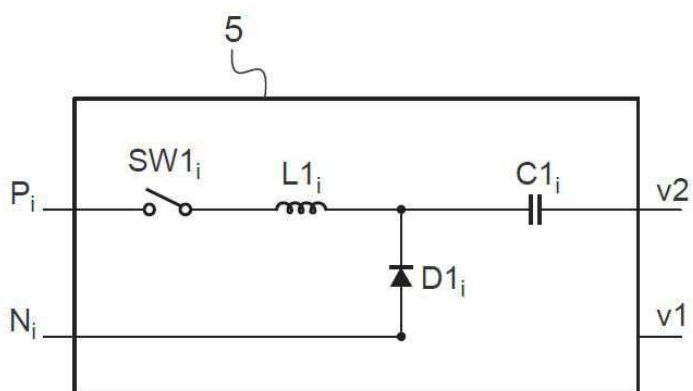
도면3



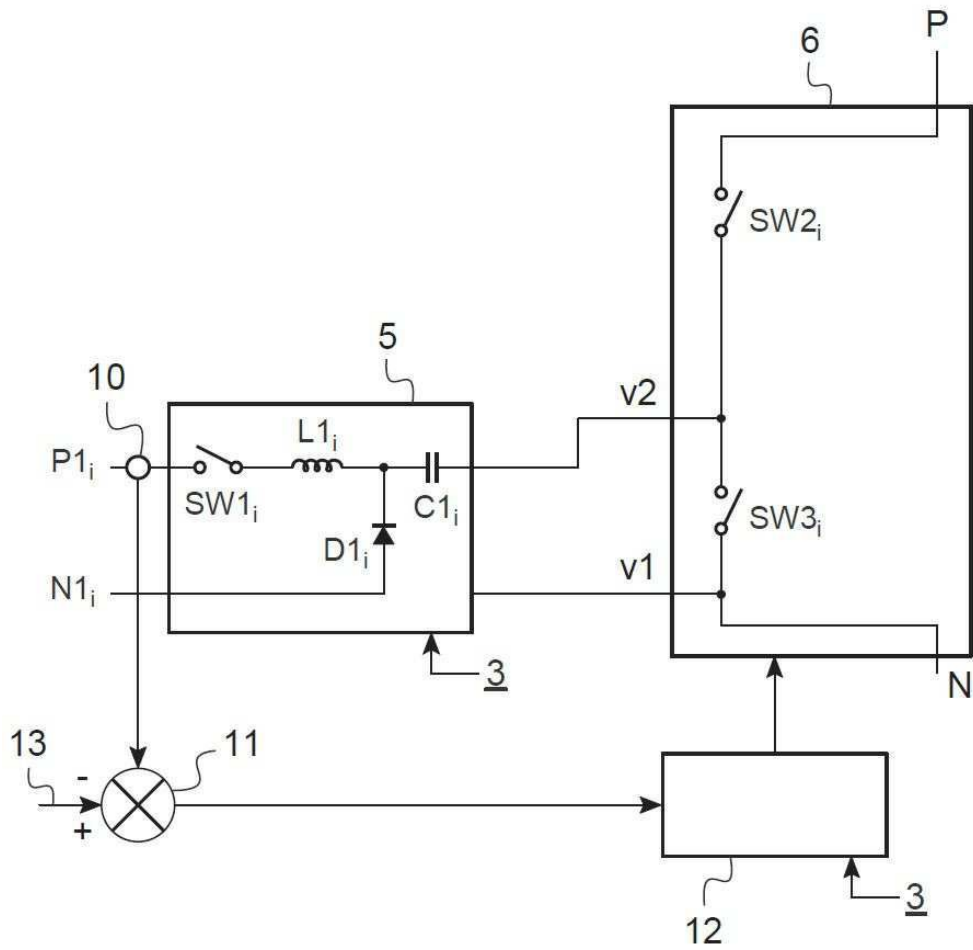
도면4



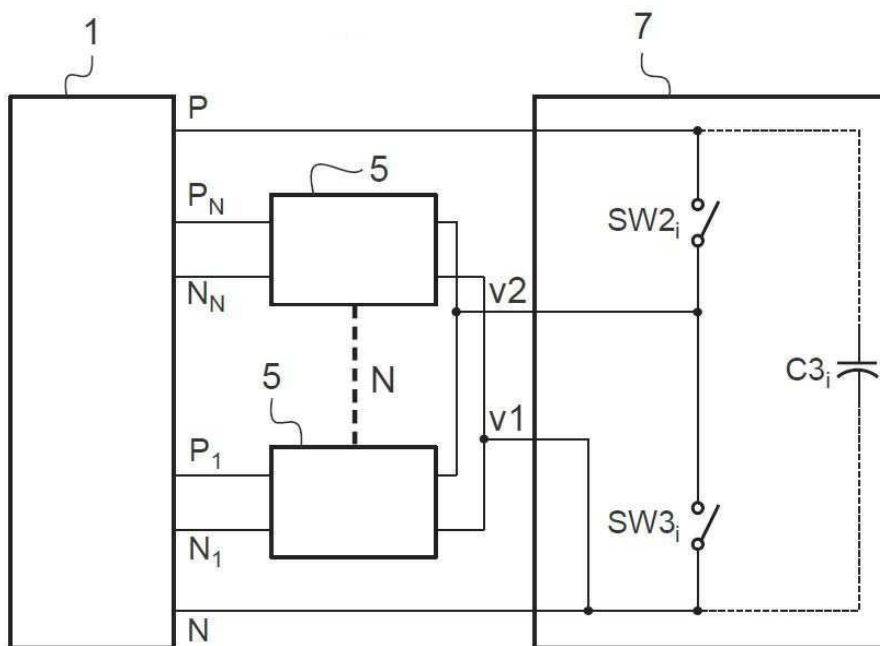
도면5



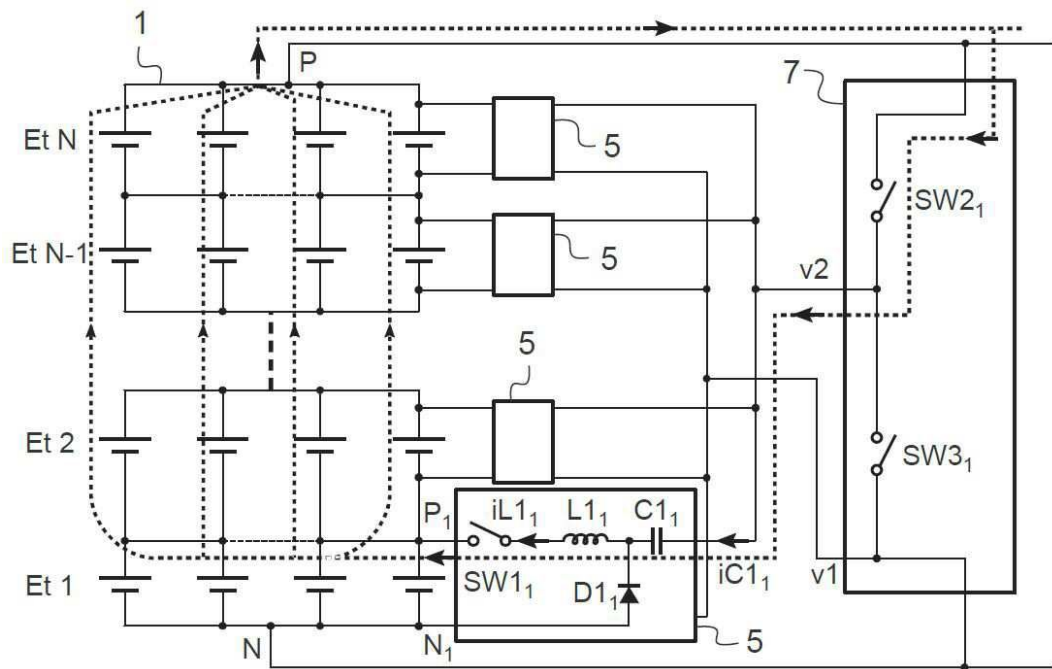
도면6



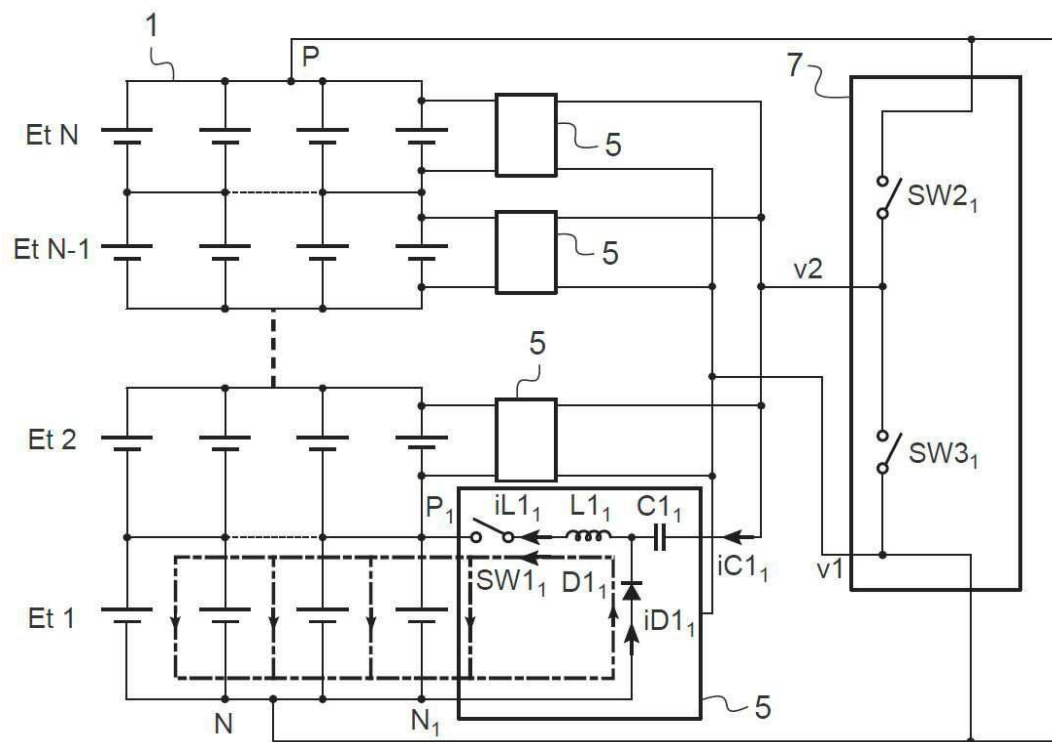
도면7



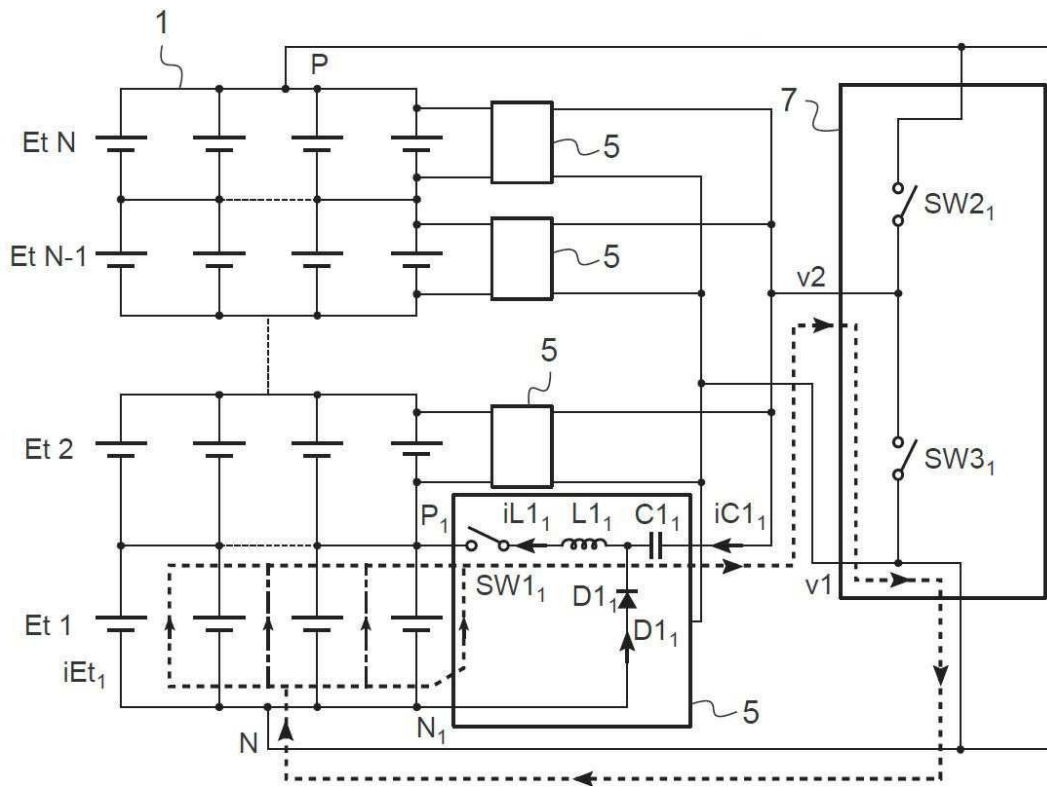
도면8a



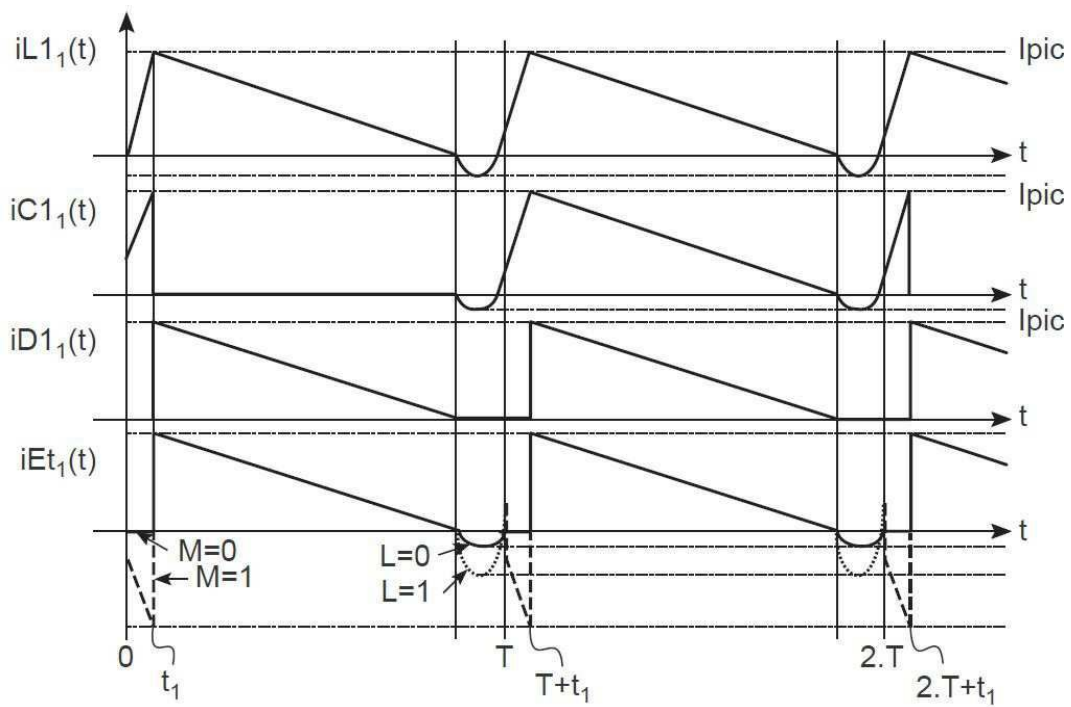
도면8b



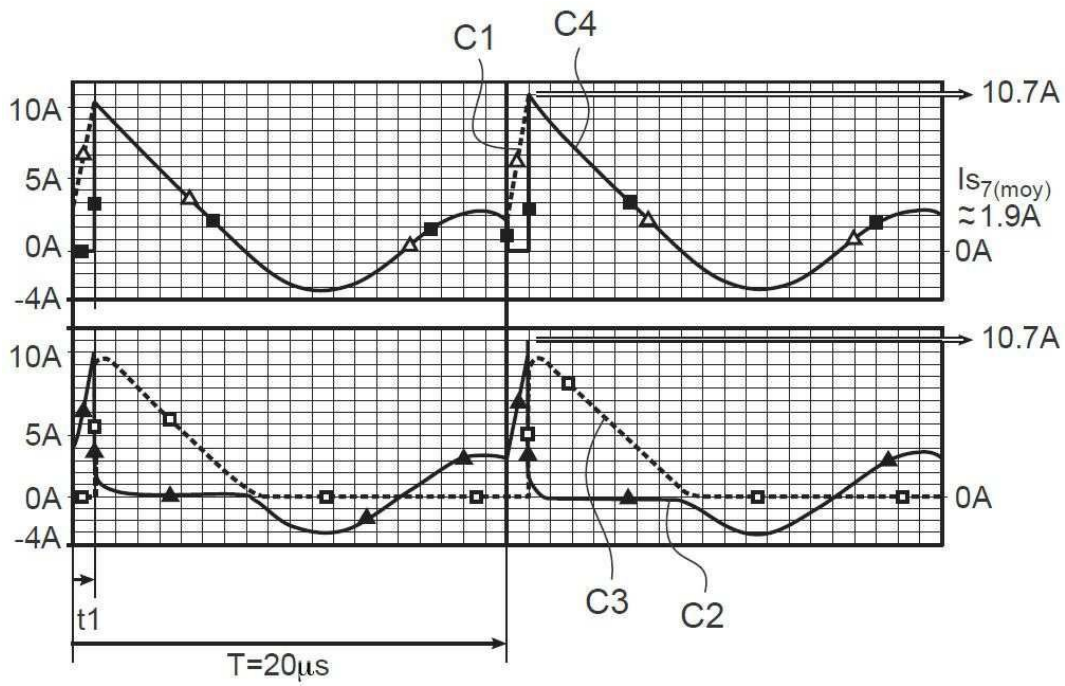
도면8c



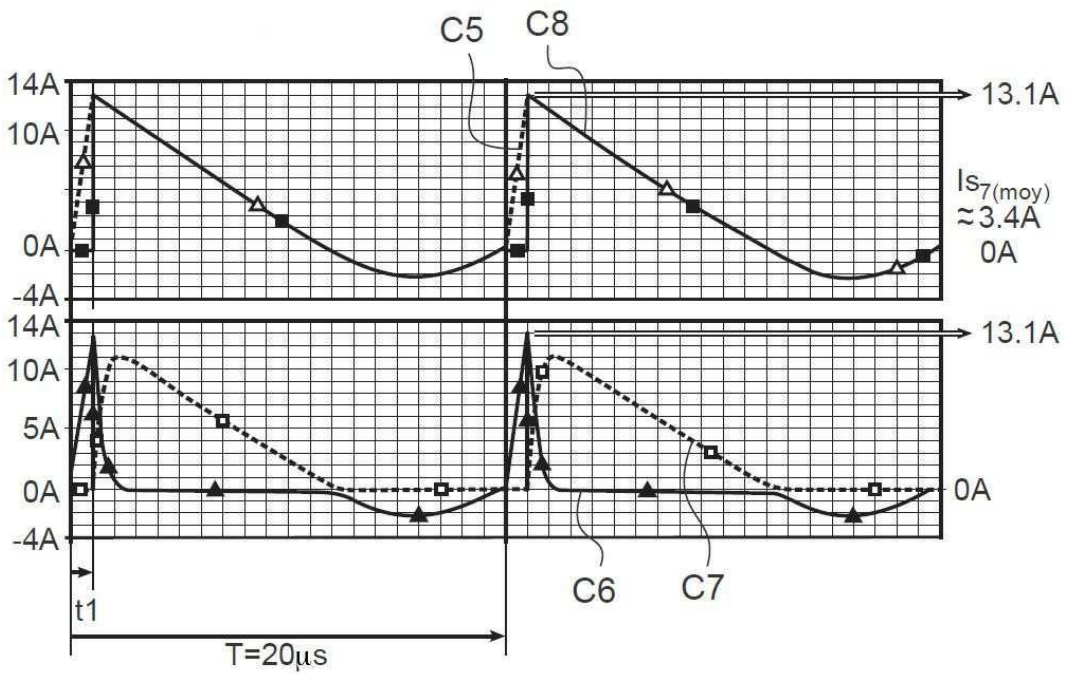
도면9



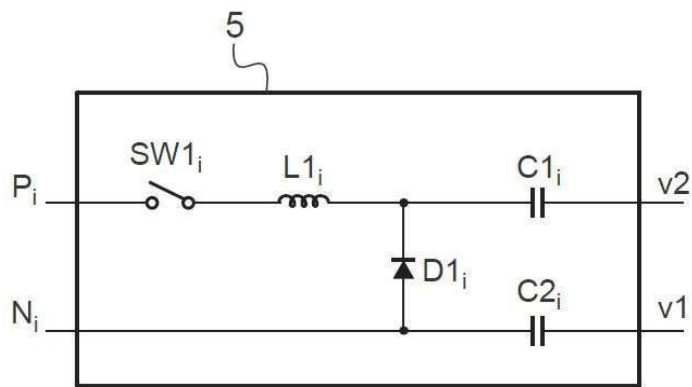
도면10



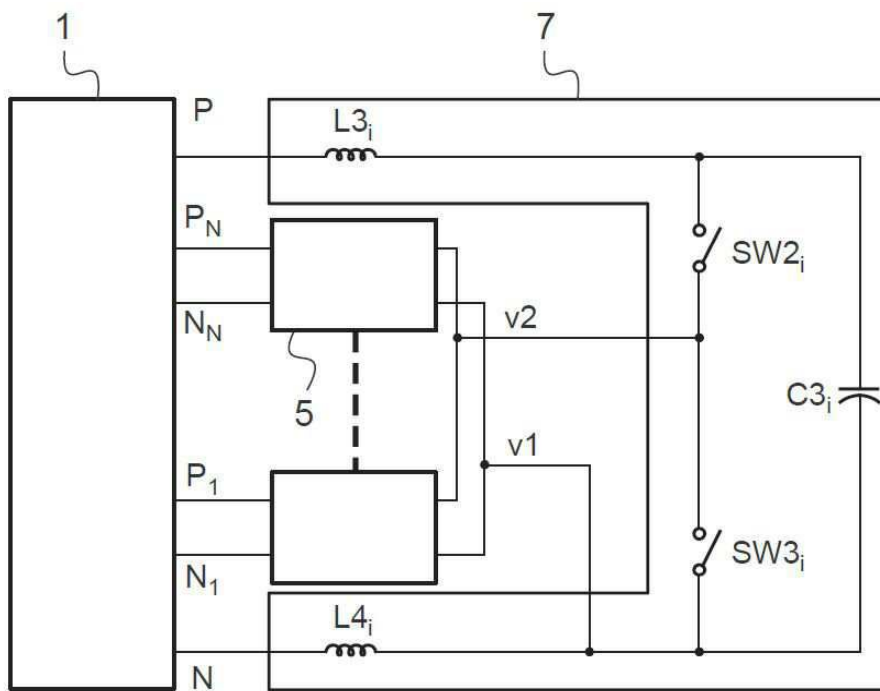
도면11



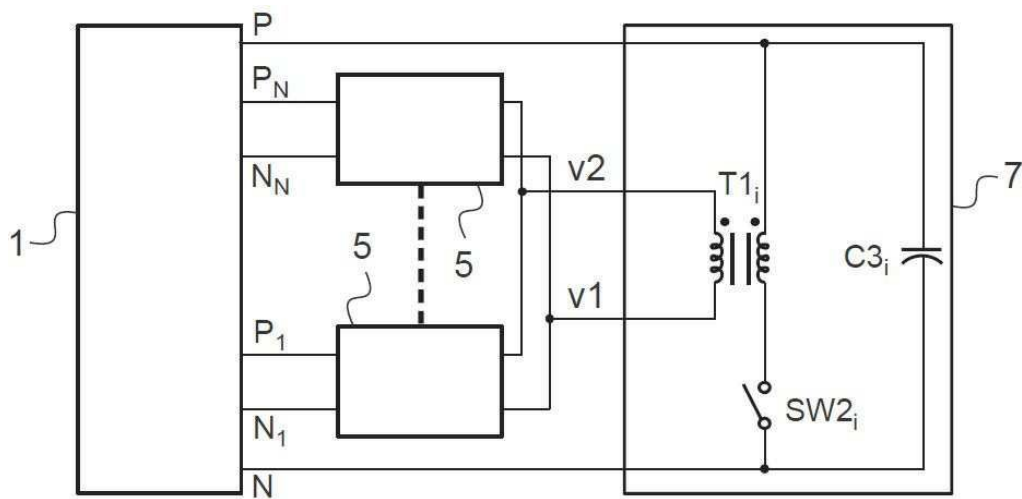
도면12



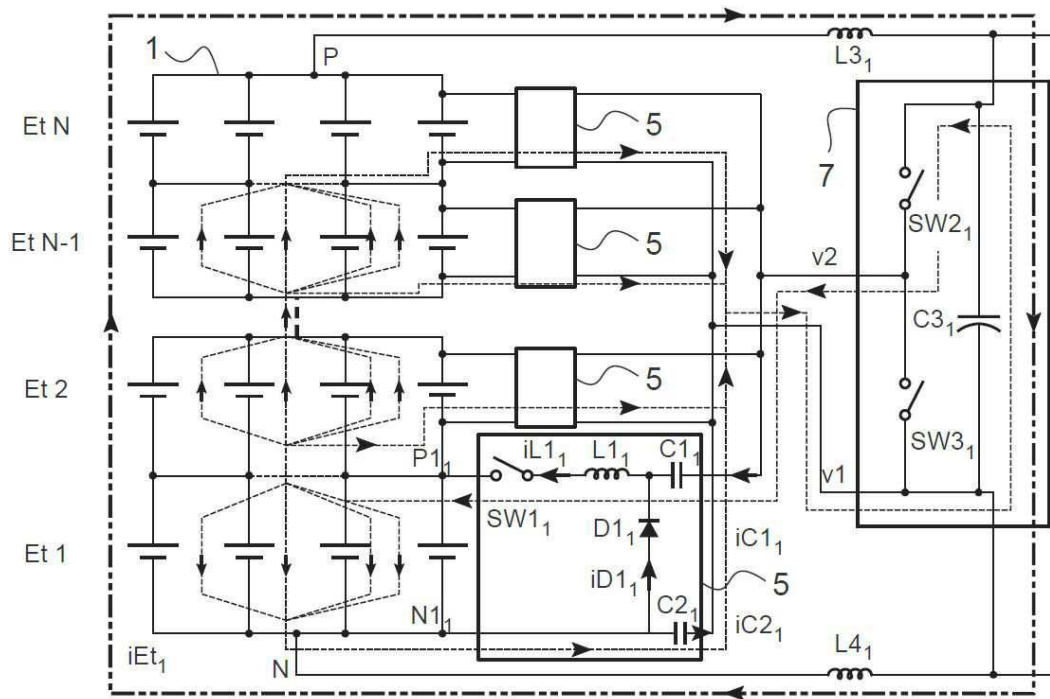
도면13



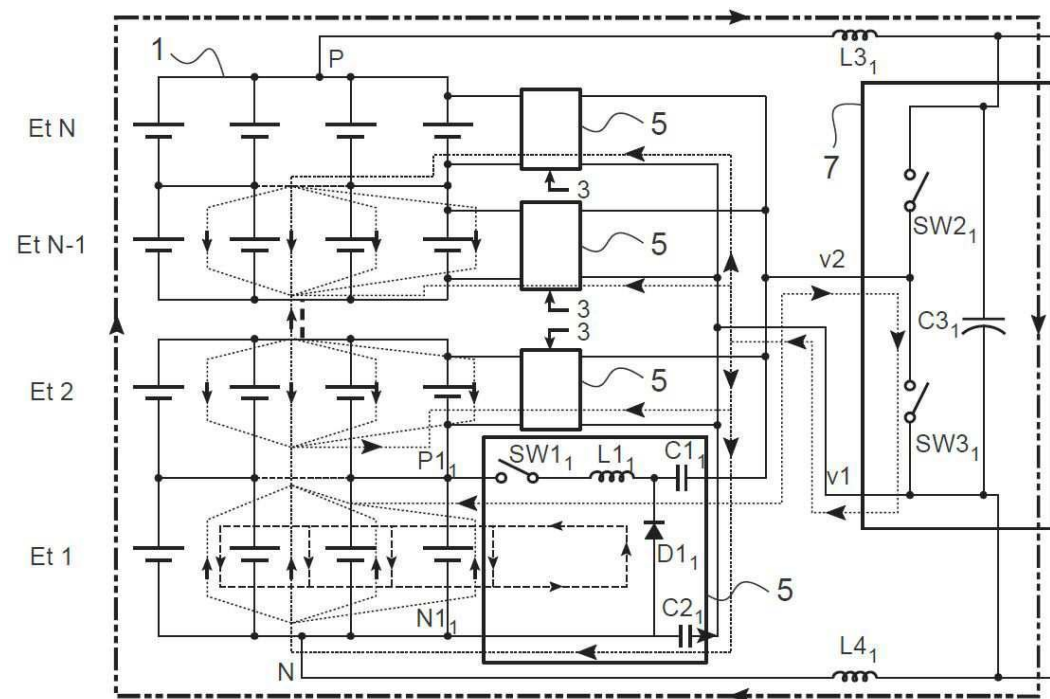
도면14



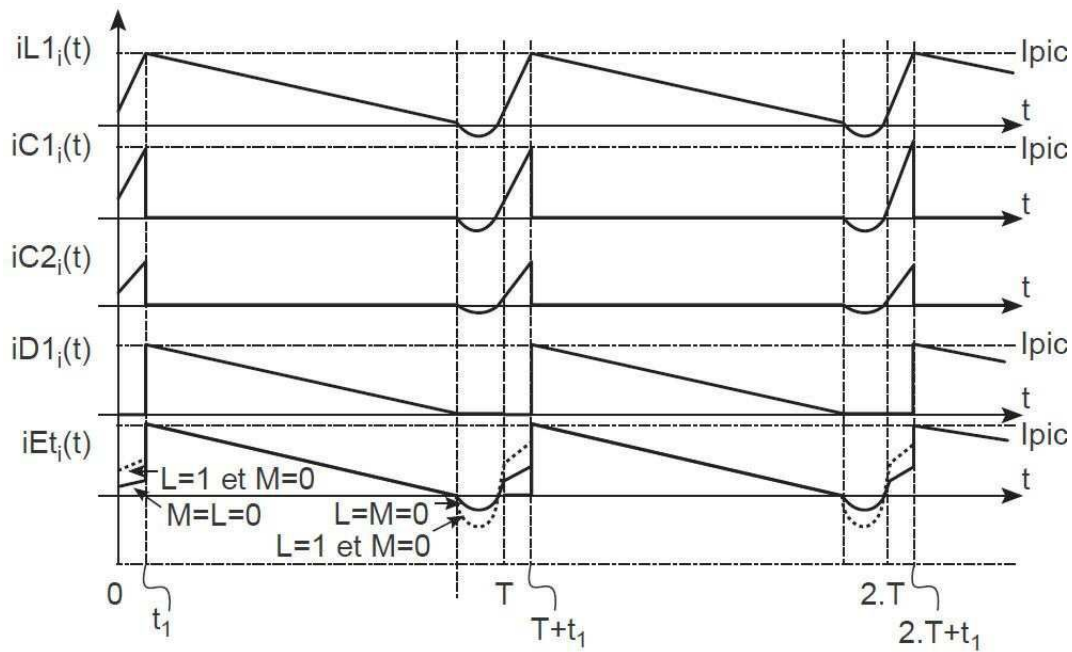
도면15a



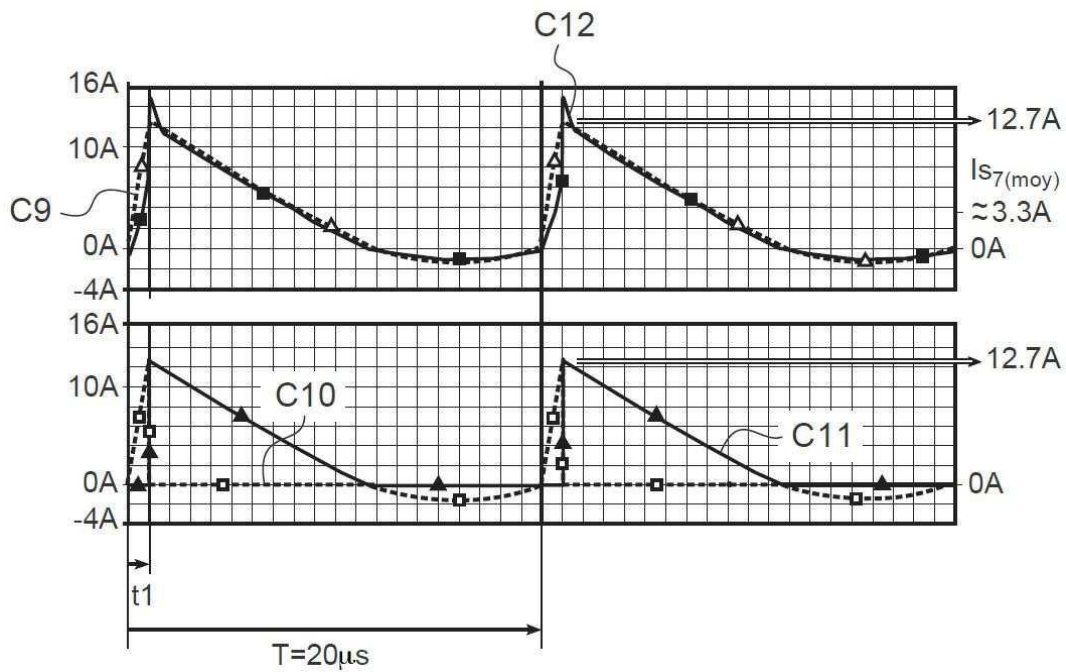
도면15b



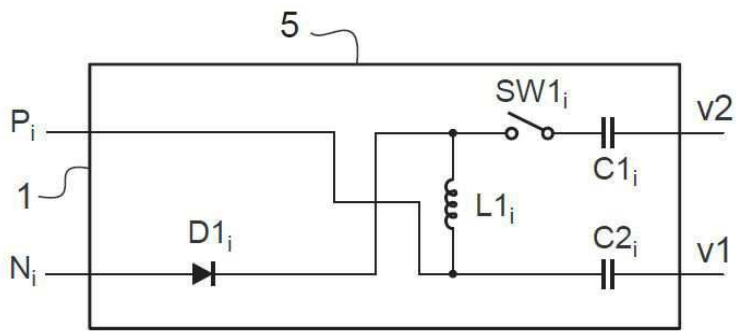
도면16



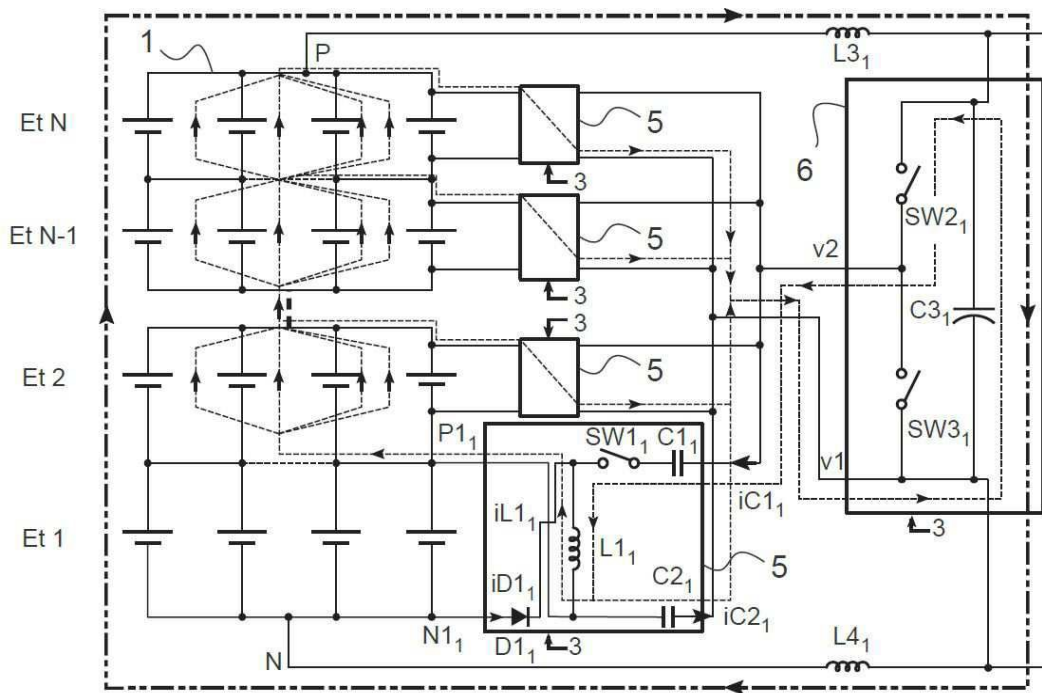
도면17



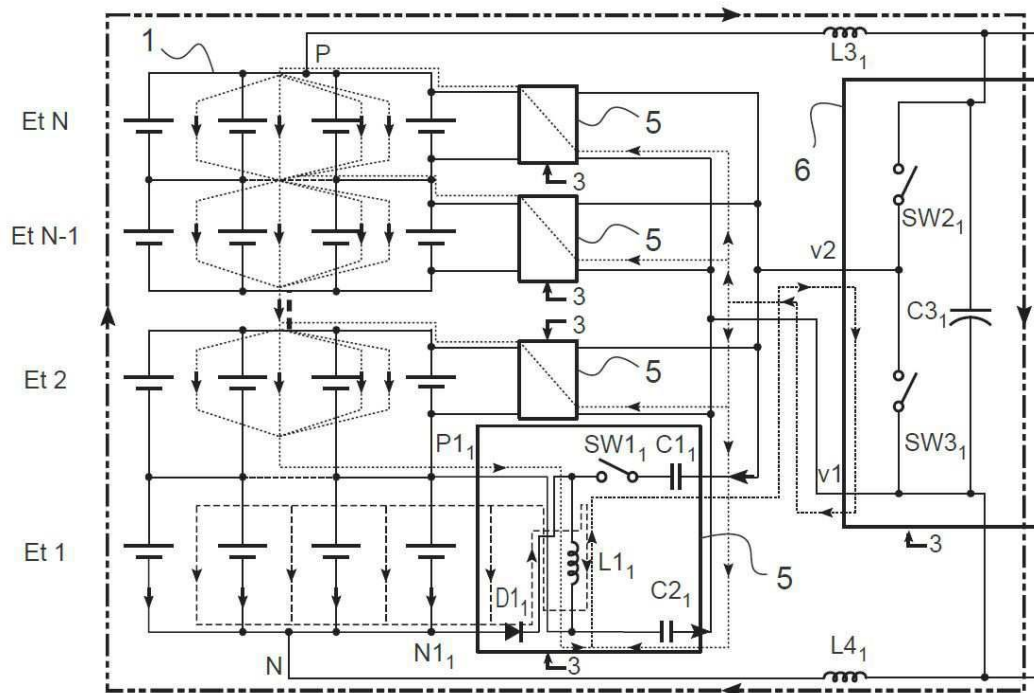
도면18



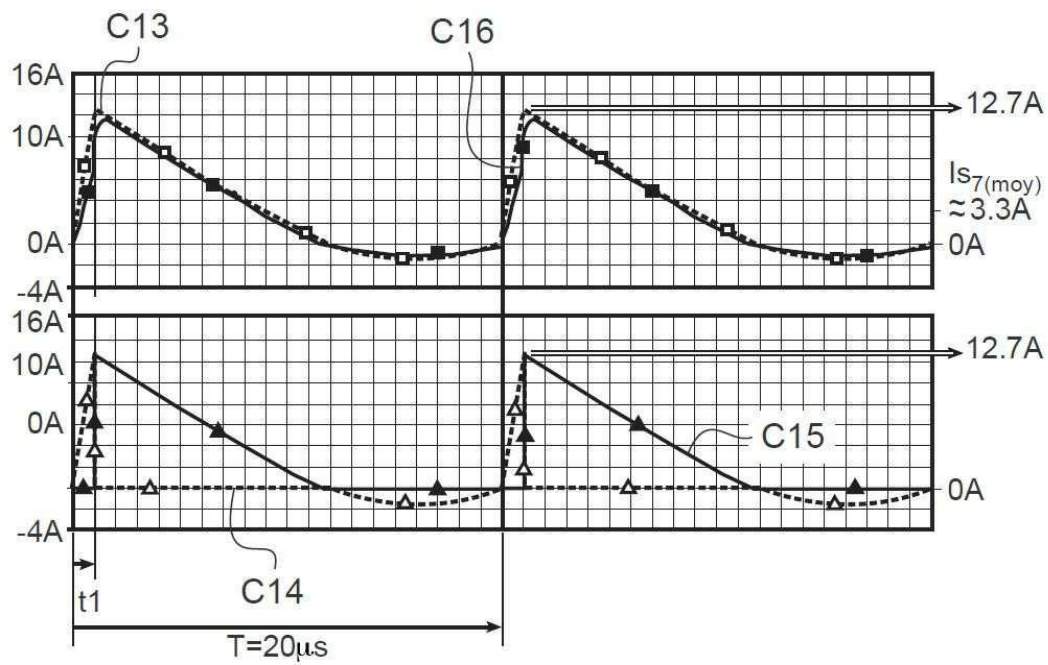
도면19a



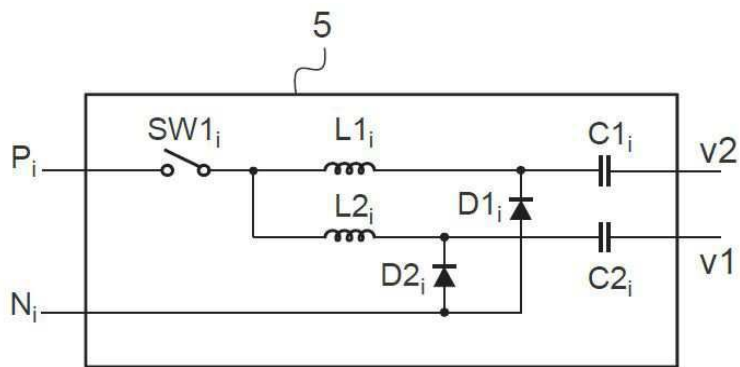
도면 19b



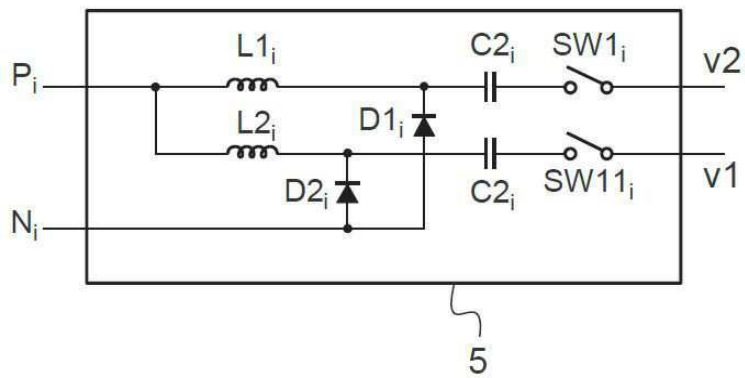
도면20



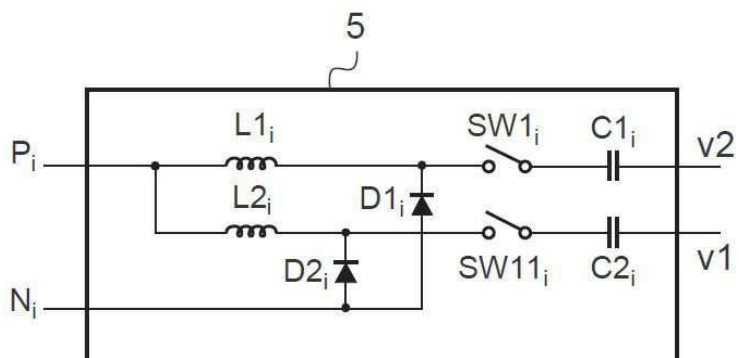
도면21



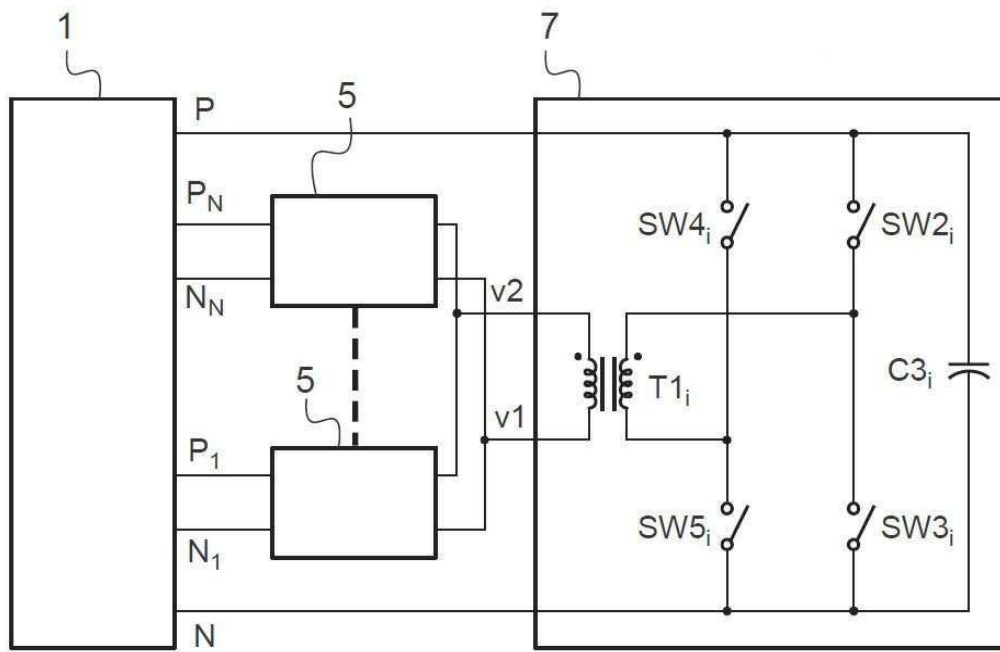
도면22a



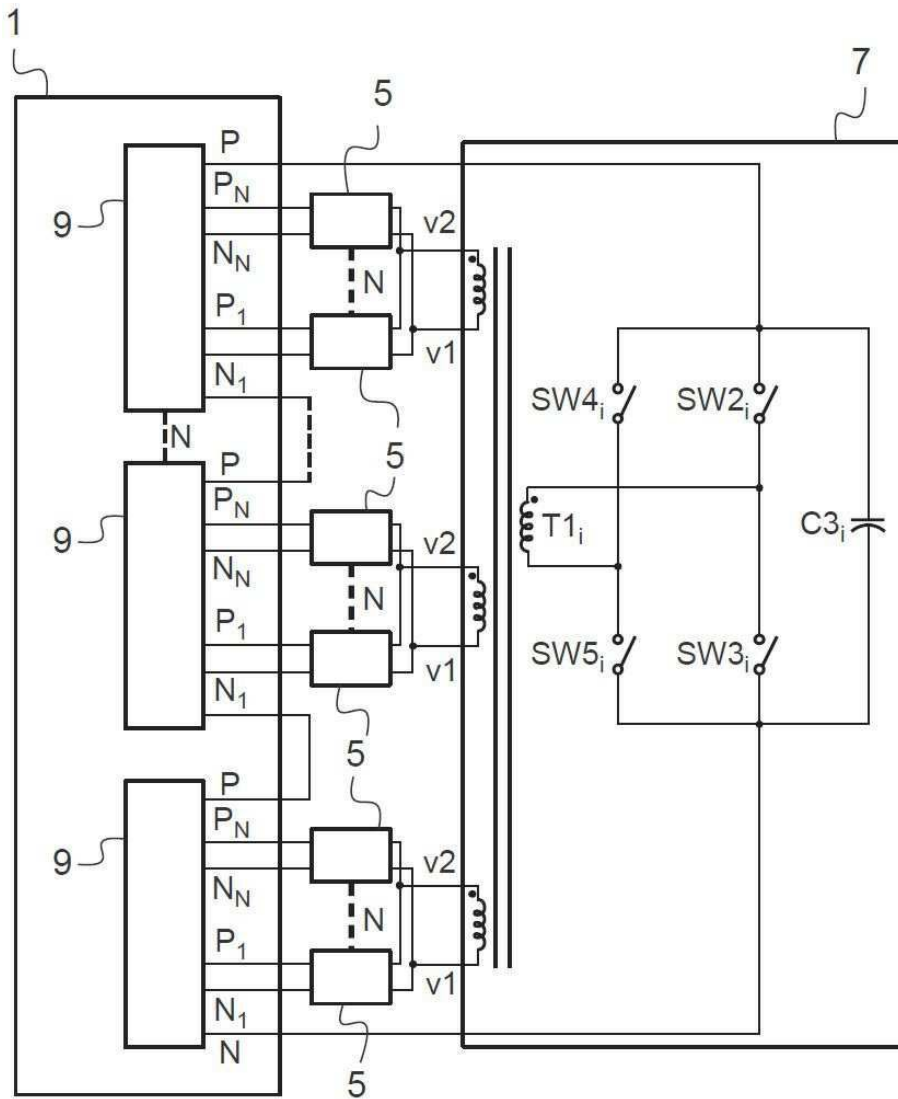
도면22b



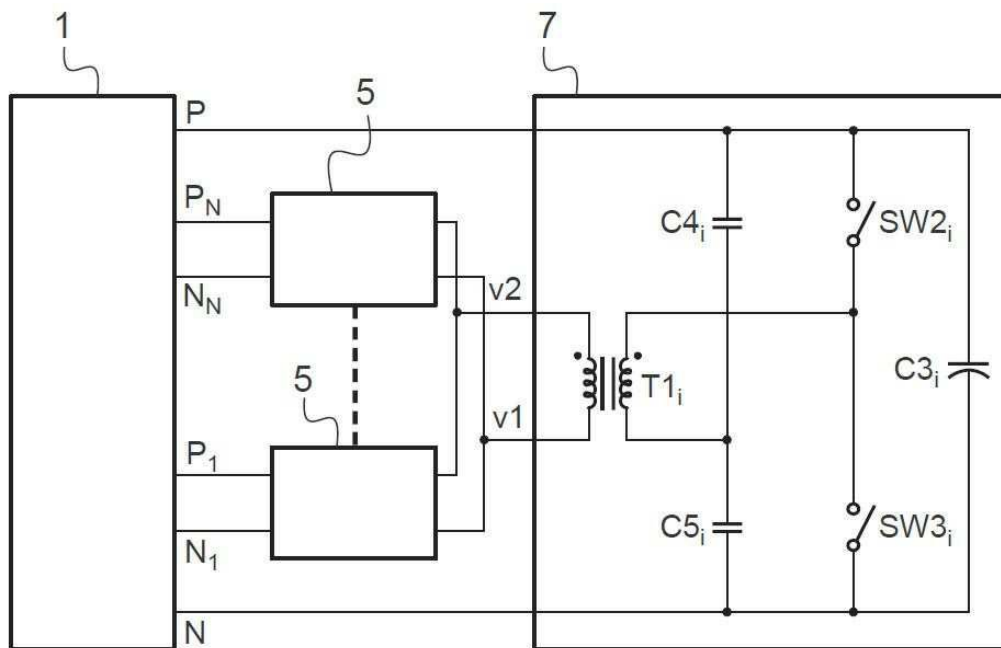
도면23



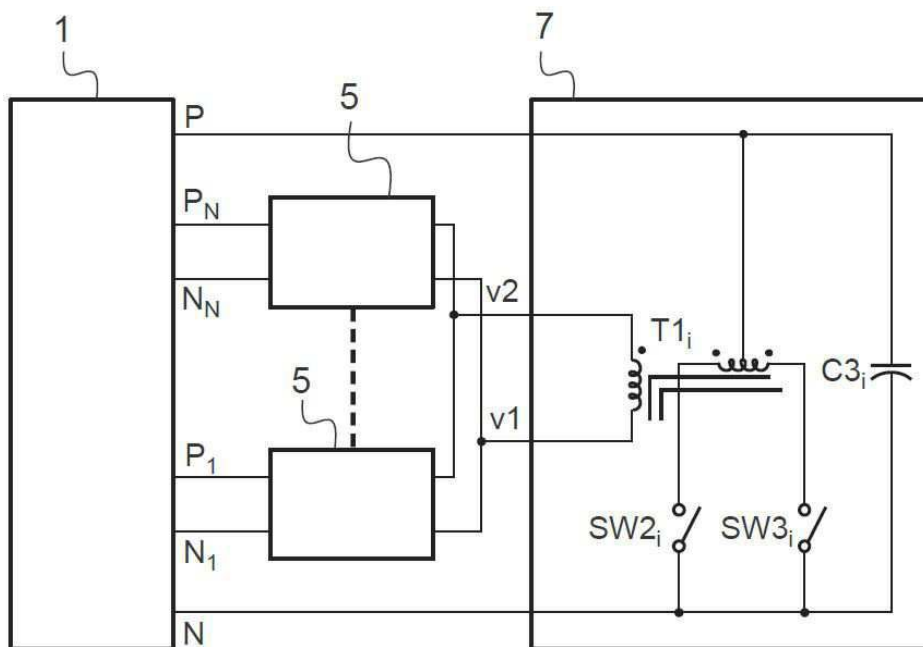
도면23a



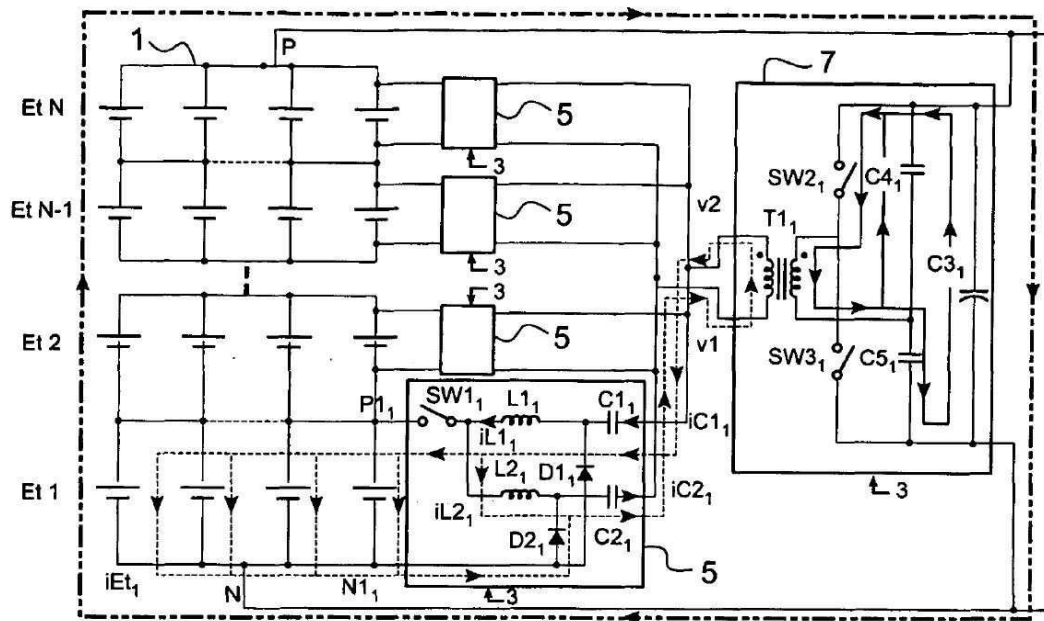
도면24a



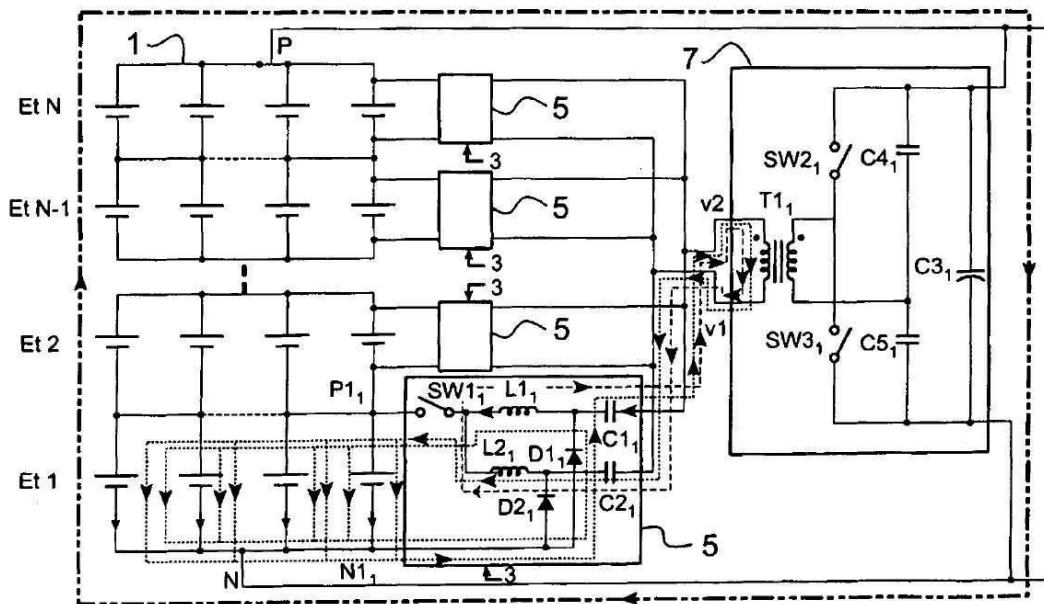
도면24b



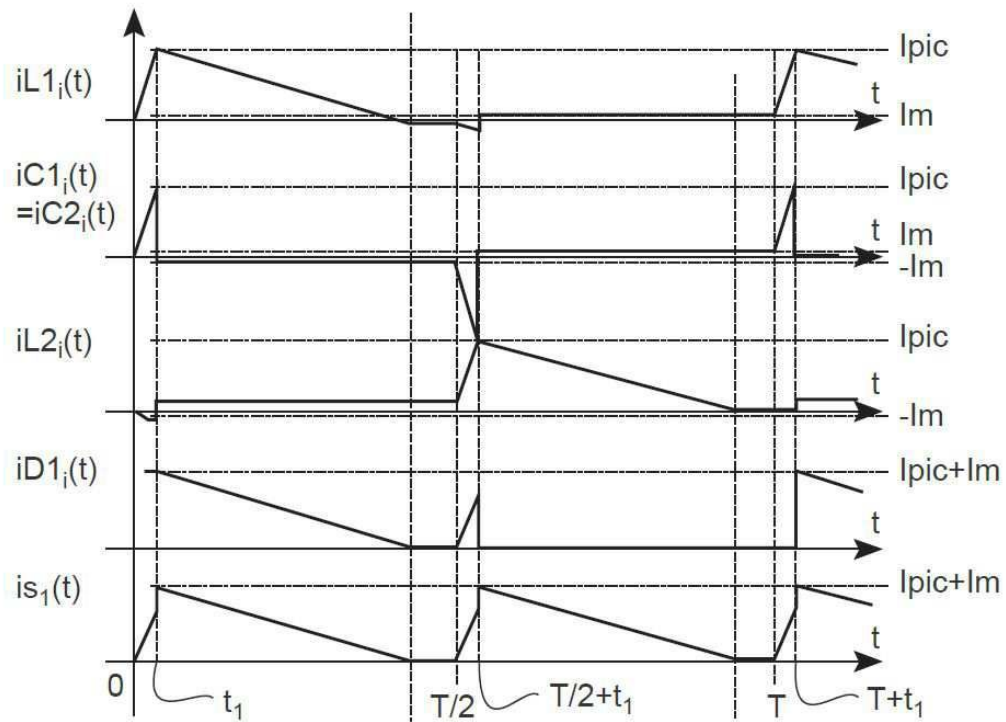
도면25a



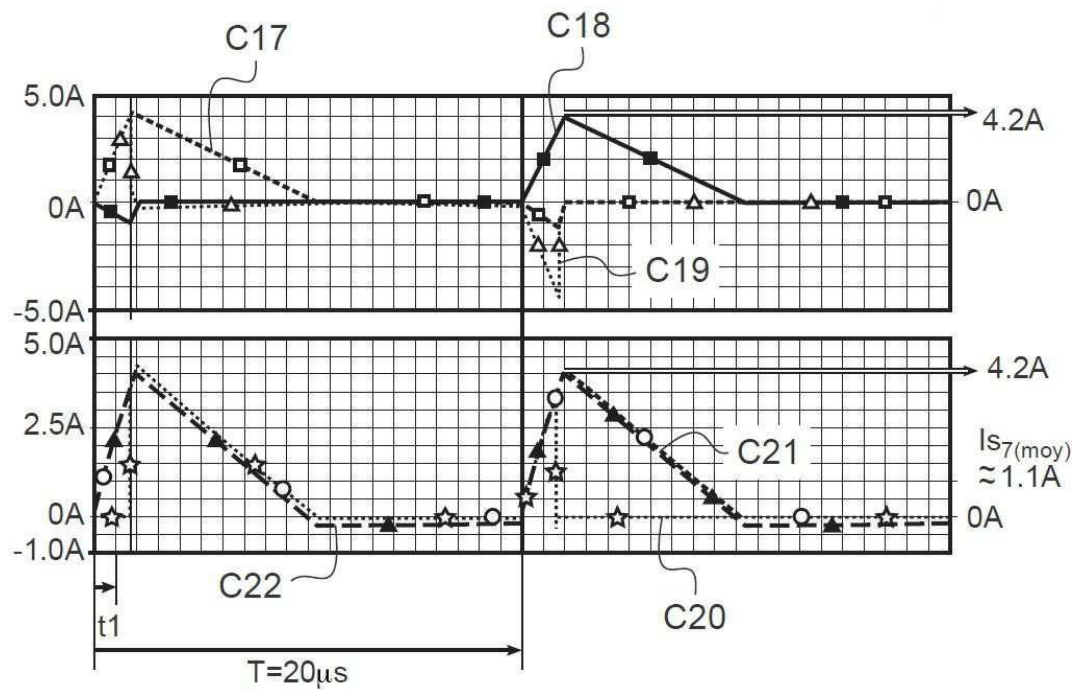
도면25b



도면26



도면27



도면28

