



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0135399  
(43) 공개일자 2020년12월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B60L 58/12* (2019.01) *B60K 17/356* (2006.01)  
*B60K 7/00* (2006.01) *B60L 15/20* (2006.01)  
*B60L 50/40* (2019.01) *B60L 50/61* (2019.01)  
*B60L 53/20* (2019.01) *B60L 58/18* (2019.01)  
*B60L 7/16* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*B60L 58/12* (2019.02)  
*B60K 17/356* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7029369
- (22) 출원일자(국제) 2019년03월22일  
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2020년10월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2019/023695
- (87) 국제공개번호 WO 2019/183553  
 국제공개일자 2019년09월26일
- (30) 우선권주장  
 62/646,861 2018년03월22일 미국(US)

- (71) 출원인  
 티에이이 테크놀로지스, 인크.  
 미국 캘리포니아 (우편번호 92610) 풋힐 랜치 파울링 19631
- (72) 발명자  
 슬레프첸코프 미하일  
 미국 캘리포니아 92610 풋힐 랜치 파울링 19631  
 나데리 루즈베  
 미국 캘리포니아 92610 풋힐 랜치 파울링 19631
- (74) 대리인  
 김태홍, 김진희

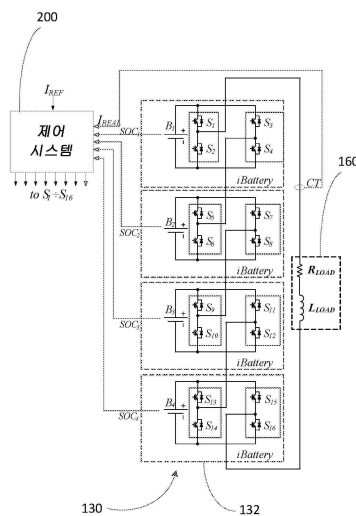
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 전력 관리 및 제어를 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

개선된 배터리 관리, 모터 제어, 에너지 저장 및 배터리 충전에 관한 시스템 및 방법. 이 시스템 및 방법은 차량 전기화를 가능하게 하고 배터리 관리, 충전 및 모터 제어를 회생 제동, 건인 및 핸들링을 관리하는 수단과 통합할 수 있게 하는 패러다임 변경 플랫폼을 제공한다. 실시예에서, 시스템 및 방법은 피어-투-피어 통신 능력을 갖는 네트워크화된 저전압 컨버터/제어기, 임베디드 울트라 커패시터 또는 다른 2차 에너지 저장 요소, 배터리 관리 시스템 및 직렬 연결된 개별 셀 세트의 통합된 조합을 기본 구성 블록으로서 포함하는 캐스케이드형 아키텍처를 갖는 통합형 모듈식 배터리 팩 시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도21



(52) CPC특허분류

*B60K 7/0007* (2013.01)  
*B60L 15/20* (2013.01)  
*B60L 50/40* (2019.02)  
*B60L 50/61* (2019.02)  
*B60L 53/20* (2019.02)  
*B60L 58/18* (2019.02)  
*B60L 7/16* (2013.01)  
*H02J 7/0048* (2020.01)  
*H02J 7/1438* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

전기 차량에 있어서,

새시;

상기 새시에 동작 가능하게 결합된 3개 이상의 바퀴;

상기 3개 이상의 바퀴에 동작 가능하게 결합된 하나 이상의 전기 모터;

상기 하나 이상의 모터에 동작 가능하게 결합된 하나 이상의 지능형 모듈식 배터리 팩; 및

상기 하나 이상의 배터리 팩 및 상기 하나 이상의 모터에 동작 가능하게 결합된 제어 시스템을 포함하는, 전기 차량.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 새시는 구동계가 없는(drivetrain-less) 것인, 전기 차량.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 모터는 인휠 모터(in-wheel motor)인 것인, 전기 차량.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 지능형 모듈식 배터리 팩은 캐스케이드형 아키텍처를 갖는 것인, 전기 차량.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 배터리 팩은 복수의 상호연결된 지능형 배터리 모듈을 포함하는 것인, 전기 차량.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 배터리 모듈은 피어-투-피어 통신 능력을 갖는 네트워크화된 저전압 컨버터/제어기, 임베디드 울트라 커패시터, 배터리 관리 시스템 및 직렬로 연결된 개별 셀 세트의 통합된 조합을 포함하는 것인, 전기 차량.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 배터리 팩은 복수의 상호연결된 지능형 배터리 모듈을 포함하는 신경 네트워크를 포함하는 것인, 전기 차량.

#### 청구항 8

제5항에 있어서,

상기 배터리 모듈은 BMS를 갖는 배터리, 슈퍼커패시터 모듈, 및 출력 컨버터의 통합된 조합을 포함하는 것인,

전기 차량.

**청구항 9**

제8항에 있어서,

상기 슈퍼커패시터 모듈은 양방향 DC-DC 컨버터 및 슈퍼커패시터 뱅크를 포함하는 것인, 전기 차량.

**청구항 10**

제8항에 있어서,

상기 출력 컨버터는 4-사분면 H-브리지를 포함하는 것인, 전기 차량.

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 제어 시스템은 양방향 다중 레벨 제어를 포함하는 것인, 전기 차량.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 양방향 다중 레벨 제어기는 양방향 다중 레벨 히스테리시스 제어기인 것인, 전기 차량.

**청구항 13**

제11항에 있어서,

상기 양방향 다중 레벨 제어기는 온도 센서 및 네트워크 인터페이스 로직과 조합되는 것인, 전기 차량.

**청구항 14**

제11항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 시스템은 모듈 수명, 열 조건 및 성능 특성에 기초한 모듈의 개별 스위칭을 통해 배터리 이용을 밸런싱하도록 구성되는 것인, 전기 차량.

**청구항 15**

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 배터리 팩은 정류기/충전기 동작으로 스위칭 가능한 것인, 전기 차량.

**청구항 16**

복수의 상호연결된 복수의 지능형 배터리 모듈을 포함한 캐스케이드형 아키텍처를 포함하는 지능형 모듈식 배터리 팩.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 배터리 모듈은 피어-투-피어 통신 능력을 갖는 네트워크화된 저전압 컨버터/제어기, 임베디드 울트라 커패시터, 배터리 관리 시스템 및 직렬로 연결된 개별 셀 세트의 통합된 조합을 포함하는 것인, 지능형 모듈식 배터리 팩.

**청구항 18**

제16항에 있어서,

상기 상호연결된 지능형 배터리 모듈은 신경 네트워크를 포함하는 것인, 지능형 모듈식 배터리 팩.

**청구항 19**



제16항에 있어서,

상기 배터리 모듈은 BMS를 갖는 배터리, 슈퍼커패시터 모듈, 및 출력 컨버터의 통합된 조합을 포함하는 것인, 지능형 모듈식 배터리 팩.

**청구항 20**

제19항에 있어서,

상기 슈퍼커패시터 모듈은 양방향 DC-DC 컨버터 및 슈퍼커패시터 बैं크를 포함하는 것인, 지능형 모듈식 배터리 팩.

**청구항 21**

제19항에 있어서,

상기 출력 컨버터는 4-사분면 H-브리지를 포함하는 것인, 지능형 모듈식 배터리 팩.

**청구항 22**

피어-투-피어 통신 능력을 갖는 통합된 저전압 컨버터/제어기, 임베디드 울트라 커패시터, 배터리 관리 시스템, 및 복수의 직렬 연결된 개별 셀 세트를 포함하는 지능형 배터리 모듈.

**청구항 23**

제22항에 있어서,

상기 컨버터/제어기는 4-사분면 H-브리지를 포함하는 것인, 지능형 배터리 모듈.

**청구항 24**

지능형 배터리 모듈에 있어서,

통합된 BMS를 갖는 배터리;

상기 배터리에 동작 가능하게 결합된 슈퍼커패시터 모듈; 및

상기 배터리 및 상기 슈퍼커패시터 모듈에 동작 가능하게 결합된 출력 컨버터를 포함하는, 지능형 배터리 모듈.

**청구항 25**

제24항에 있어서,

상기 슈퍼커패시터 모듈은 양방향 DC-DC 컨버터 및 슈퍼커패시터 बैं크를 포함하는 것인, 지능형 배터리 모듈.

**청구항 26**

제24항에 있어서,

상기 출력 컨버터는 4-사분면 H-브리지를 포함하는 것인, 지능형 배터리 모듈.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 개시는 배터리 시스템의 전력 관리 및 제어에 관한 것으로, 더 상세하게는 전기 차량 및 다른 고정 응용 분야(stationary application)를 위한 개선된 배터리 관리, 모터 제어, 에너지 저장, 및 배터리 충전을 용이하게 하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 지난 세기에 걸쳐 진화된, 오늘날의 자동차 기술은, 무엇보다도, 모터, 기계 요소 및 전자장치의 상호 작용(interplay)을 특징으로 한다. 이들은 차량 성능과 운전자 경험에 영향을 미치는 주요 컴포넌트이다. 모터는 연소형(combustion type) 또는 전기형(electric type)이고, 보통 자동차당 하나의 모터가 있으며, 예외는 연소 기관과 하나 또는 2개의 전기 모터의 조합을 특징으로 하는 하이브리드 구동계(hybrid drivetrain)를 가진 자동차, 또는 2개의 모터가 장착된 성능 지향적 전기 차량이다. 거의 모든 경우에, 모터(들)로부터의 회전 에너지는, 클러치, 변속기, 차동 장치, 구동 샤프트, 토크 튜브, 커플러 등과 같은, 고도로 정교한 기계 요소 세트를 통해 전달된다. 이러한 부품은 토크 변환 및 바퀴로의 동력 분배를 상당 부분 제어하고, 자동차의 성능을 정의하는 주요 요소이다. 이들은 또한 로드 핸들링(road handling)에 영향을 미친다. 수년에 걸쳐, 개별 자동차 제조업체는 더 나은 성능, 더 높은 연비 및 궁극적으로 시장에서의 차별화를 제공하기 위해 이러한 기계 부품을 고도로 최적화하였다. 제어 측면에서, 엔터테인먼트 요소, 내비게이션 요소 및 인간 기계 인터페이스(human machine interface) 요소와 같은 운전자 편의를 제외하고, 전형적으로 모터, 클러치/변속기 작동 및 로드 홀딩(road holding)/로드 핸들링을 제어/최적화하는 특수 전자장치 하드웨어와 임베디드 소프트웨어의 몇 가지 클러스터만이 있다.

[0003] 오늘날의 전기 자동차 또는 차량(EV)은 연소 차량의 100년된 설계 패러다임의 대부분을 대체로 채택하고 있으며, 통상적인 연료 탱크(gas tank), 연료 펌프/인젝터 및 연소 기관이 배터리, 충전 시스템 및 전기 모터로 명백히 대체되었다. 제어 전자장치는 컴포넌트의 차이에 적응되어 있지만, 위에서 설명된 기계식 구동계 부품의 대부분이 여전히 존재한다는 것을 인식하는 것이 중요하다(예를 들어, 도 1 및 도 2 참조). 이것은 현재 EV의 전체적인 설계 철학이 종래의 패러다임을 조금 넘어섰다는 것을 말한다. 이에 따라, 전기화(electrification)의 진정한 잠재력은 실현되고 있지 않다.

[0004] EV는, 그 중에서도, 배터리, 충전기 및 모터 제어를 포함하여 구동계에 관련된 다양한 전기 시스템을 포함한다. 이러한 전기 시스템의 현재 능력 및 단점의 간략한 목록은 다음과 같다:

[0005] **종래의 배터리 설계**

[0006] 현재, 고전압 배터리 팩은 전형적으로 저전압 배터리 모듈의 직렬 체인으로 구성되어 있다. 각각의 그러한 모듈은 직렬로 연결된 개별 셀 세트와, 충전 상태 및 전압과 같은, 기본적인 셀 관련 특성을 조절하는 간단한 임베디드 배터리 관리 시스템으로 추가로 구성된다. 더 정교한 능력을 가진 전자장치 또는 어떤 형태의 스마트한 상호연결성(interconnectedness)이 없다. 결과적으로, 모든 모니터링 또는 제어 기능이 별개의 시스템에 의해 처리되며, 이 별개의 시스템은, 자동차의 다른 곳에 존재한다고 하더라도, 개별 셀 상태(cell health), 충전 상태, 온도 및 다른 성능에 영향을 미치는 메트릭을 모니터링할 수 있는 능력이 없다. 또한 어떤 형태로든 개별 셀당 전력 소모(power draw)를 조정할 수 있는 능력도 없다. 주요 결과 중 일부는: (1) 가장 약한 셀이 전체 배터리 팩의 전체 성능을 제약한다는 것, (2) 임의의 셀 또는 모듈의 고장이 전체 팩의 교체의 필요성을 초래한다는 것, (3) 배터리 신뢰성과 안전성이 상당히 감소된다는 것, (4) 배터리 수명이 제한된다는 것, (5) 열 관리가 어렵다는 것, (6) 배터리 팩이 항상 최대 능력 이하로 동작한다는 것, (7) 회생 제동 유도 전력의 배터리 팩 내로의 갑작스런 돌입(inrush)이 배터리에 쉽게 저장될 수 없으며 덤프 저항기(dump resistor)를 통한 소산을 필요로 할 것이라는 것이다.

[0007] **현재 충전기 설계**

[0008] 충전 회로는 전형적으로 별개의 온보드 시스템에서 실현된다. 충전 회로는 AC 신호 또는 DC 신호 형태로 EV의 부로부터 들어오는 전력을 스테이징하고 이를 DC로 변환하여 배터리 팩에 공급한다. 충전 시스템은 전압과 전류를 모니터링하고 전형적으로 안정적인 일정한 공급을 제공한다. 배터리 팩 및 전형적인 충전 회로의 설계가 주어지면, 셀 상태, 성능 특성, 온도 등에 기초하여 개별 배터리 모듈에 맞게 충전 흐름을 조정할 수 있는 능력이 거의 없다. 충전 사이클이 또한 전형적으로 긴데, 그 이유는 충전 시스템과 배터리 팩이 전하 전송 또는 달성 가능한 총 전하를 최적화하는 펄스 충전(pulsed charging) 또는 다른 기술을 가능하게 하는 회로가 없기 때문이다.

[0009] **현재 모터 제어 설계**

[0010] 종래의 제어는 배터리 팩 전압 레벨을 EV의 전기 시스템의 버스 전압으로 조정하기 위한 DC 대 DC 변환 스테이지를 포함한다. 모터는, 차례로, 요구된 AC 신호(들)를 전기 모터에 제공하는 간단한 2-레벨 다상 컨버터에 의해 구동된다. 각각의 모터는 전통적으로, 3상 설계로 된 모터를 구동하는, 별개의 제어기에 의해 제어된다. 듀얼 모터 EV는 2개의 제어기를 필요로 하는 반면, 4개의 인휠 모터(in-wheel motor)를 사용하는 EV는 4개의 개

별 제어기를 필요로 한다. 종래의 제어기 설계는 또한 더 많은 개수의 자극편(pole piece)을 특징으로 하는, 스위치 릴럭턴스 모터(switch reluctance motor; SRM)와 같은, 차세대 모터를 구동할 수 있는 능력이 없다. 적용하려면 더 높은 상 설계를 필요로 하여, 시스템을 더 복잡하게 만들고 궁극적으로, 높은 토크 리플 및 음향 소음과 같은, 전기 소음 및 주행 성능을 해결하지 못할 것이다.

[0011] 전술한 한계를 고려하여, 개선된 배터리 관리, 모터 제어, 전력 저장 및 배터리 충전을 용이하게 하는 시스템 및 방법은 위에서 언급된 단점을 해결하고 패러다임 변경 플랫폼을 제공하는 데 바람직하다.

**발명의 내용**

[0012] 본 개시의 실시예는 개선된 배터리 관리, 모터 제어, 에너지 저장 및 배터리 충전을 용이하게 하는 시스템 및 방법에 관한 것이다. 이에 따라, 본 명세서에서 제공된 시스템 및 방법은 차량 전기화의 진정한 잠재력의 실현을 가능하게 하고, 배터리 관리, 충전 및 모터 제어를 회생 제동, 견인(traction) 및 핸들링을 관리하는 수단과 기능적으로 통합하는 패러다임 변경 플랫폼을 제공한다.

[0013] 본 개시의 예시적인 실시예는 바람직하게는 피어-투-피어 통신 능력을 갖는 네트워크화된 저전압 컨버터/제어기, 임베디드 울트라 커패시터 또는 다른 2차 에너지 저장 요소, 배터리 관리 시스템 및 직렬 연결된 개별 셀 세트의 통합된 조합을 기본 구성 블록으로서 포함하는 캐스캐이드형 아키텍처를 갖는 통합형 모듈식(unified modular) 배터리 팩 시스템에 관한 것이다. 그러한 지능형 배터리 모듈들의 상호연결된 어셈블리는 사실상 스마트 전기 "신경 네트워크"가 되고, (1) 충전 시스템, (2) 배터리 관리 모듈, (3) DC 대 DC 컨버터, 및 (4) 모터 제어기에 대한 대체물이 된다.

[0014] 이러한 모듈식 스마트 배터리 팩 시스템은 종래의 EV 모터 및 구동계와 조합 가능할뿐만 아니라, 미래의 EV에서 사용하기 위해 개발 중인 새로운 인휠 EV 모터와 조합 가능하다.

[0015] 본 명세서에서 제공되는 예시적인 실시예에서, 각각의 모듈식 스마트 배터리 팩의 전자장치는 온도 센서 및 네트워크 인터페이스 로직과 조합된, 특정 예시적인 실시예에서 바람직하게는 양방향 다중 레벨 히스테리시스 제어기인, 다중 레벨 제어기에 기초한다. 이 설계는 다음과 같은 긴 장점 목록을 제공한다: (1) 그것의 수명, 열 조건 및 성능 특성에 기초한 모듈의 개별적 교체를 통한 개선된 배터리 이용률; (2) 신중한 전력 소비 또는 전력 생성 밸런싱을 통한 셀에서의 감소된 열 손실; (3) 더 나은 개별 열 관리 및 고차 전류 고조파의 필터링을 통한 둔화된 셀 노화; (4) 배터리 상태(battery health)에 대한 세분화된 모니터링 및 정비 필요성에 대한 조기 경고를 할 수 있는 능력; (5) 개별 모듈 고장 시에도, 운전성(drivability)을 유지할 수 있는 고장 안전 및 중복적 설계; (6) 전력 손실 및 비용을 줄이기 위해 더 낮은 컴포넌트 전압에서 동작하는 새로운 반도체 기술의 활용을 통한 더 높은 효율성 및 더 나은 경제성; (7) 상이한 차량 특성에 적응하기 위한 토폴로지 및 제어 방법의 소프트웨어 기반 최적화; (8) 임베디드 울트라 커패시터에 의한 회생 제동으로부터의 거의 완전한 에너지 회복 및 가속에 대한 빠른 반응; (9) 지능형 제어기 회로에 의해 구동되는 초고속 펄스 충전을 포함하여, 개별 셀 로드 밸런싱 및 모니터링으로 인한 통합 온보드 최적화 충전; (10) 회로 토폴로지의 감소된 전자기 간섭 및 민감도; (11) 전체 시스템 성능, 응답 시간, 열 관리 및 집합적 시스템 효율성을 향상시키기 위한 모듈들 간의 적응적 신경 네트 기반 조율; (12) 인휠 모터와 조합될 때 기계적 구동계 컴포넌트 및 연관된 손실의 제거; (13) 전체 구동계 자기 및 전기 손실의 감소; (14) 인휠 모터와 함께 사용될 때 증가된 전력 밀도; (15) 세련된 모터 제어 및 전기 필터링으로부터의 감소된 전기적 및 기계적 소음으로 인한 토크 리플의 감소 및 증가된 승객 편의; (16) 모든 현재 및 차세대 모터 설계에 적용하고 그에 최적화될 수 있는 능력; (17) 승객/화물/부가 배터리를 위한 더 많은 공간(room)(더 많은 거리(range))을 제공하는 공간의 감소; (18) 더 나은 성능, 더 높은 차량 효율성, 더 먼 주행 거리(driving range)를 제공하는 중량의 감소; (19) 인휠 모터와 조합될 때 우수한 핸들링 및 더 나은 견인; (20) 소형 승용차로부터 대형 버스 및 상업용 트럭에까지 사용하도록 적응 가능한, 범용 구성 블록; (21) 전통적인 기계 컴포넌트 설계를 통하지 않고 차량 특성의 소프트웨어 기반 차별화.

[0016] 예시적인 실시예의 다른 시스템, 방법, 특징 및 장점은 이하의 도면 및 상세한 설명을 검토하면 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이거나 명백해질 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0017] 구조 및 동작을 포함한, 예시적인 실시예의 세부 사항은, 유사한 참조 번호가 유사한 부분을 나타내는, 첨부 도면을 살펴보는 것에 의해 부분적으로 수집될 수 있다. 도면 내의 컴포넌트가 반드시 일정한 축척으로 되어 있는 것은 아니며, 그 대신에 본 개시의 원리를 예시하는 것에 중점을 두고 있다. 더욱이, 모든 예시가 개념을

전달하도록 의도되어 있으며, 여기서 상대 크기, 형상 및 다른 상세 속성이 충실히(literally) 또는 정확하게 보다는 개략적으로 예시될 수 있다.

도 1은 종래의 배터리 전기 차량의 전력 전자 회로 및 전기 모터의 단순화된 개략도를 예시한다.

도 2는 지능형 저전압 배터리 모듈의 직렬 연결을 포함하는 지능형 모듈식 AC 배터리 팩을 포함하는 캐스케이드형 아키텍처를 갖는 통합형 모듈식 시스템을 갖는 본 개시의 실시예에 따른 배터리 전기 차량을 위한 전력 전자 회로 및 전기 모터의 개략도를 예시한다.

도 3a 내지 도 3i는 본 개시의 실시예에 따른 전력 전자 회로를 도 1에 도시된 배터리 전기 차량을 위한 종래의 고전압 전력 전자 회로의 지능형 모듈식 표현으로서 보여주는 개략도를 예시하고; 도 3a는 저전압 배터리 모듈의 직렬 체인을 포함하는 고전압 배터리 팩을 도시하며; 도 3b는 저전압 배터리 셀의 직렬 연결 및 통합 배터리 관리 또는 제어 시스템을 포함하는 각각의 배터리 모듈을 도시하고; 도 3c는 직렬로 된 다수의 저전압 DC/AC 컨버터로 분할된 고전압 DC/AC 컨버터를 도시하며; 도 3d는 개별 배터리 모듈 내에 통합된 개별 저전압 DC/AC 컨버터를 도시하고; 도 3e는 제동 전력의 돌입을 간헐적으로 저장하기 위한 개별 배터리 모듈 내에 통합된 울트라 커패시터 또는 슈퍼커패시터를 도시하며; 도 3f는 배터리 관리 또는 제어 시스템, 저전압 컨버터 및 울트라 커패시터와 통합된 저전압 지능형 배터리 모듈의 직렬 연결을 포함하는 고전압 지능형 모듈식 AC 배터리 팩을 도시하고; 도 3g 및 도 3h는 전력 전자 회로로부터 제거된 DC/DC 컨버터를 도시하며; 도 3i는 전력 전자 회로로부터 제거된 AC/DC 컨버터/충전기를 도시한다.

도 4는 본 개시의 실시예에 따른 배터리 관리 및 제어 시스템, 저전압 컨버터 및 울트라 커패시터와 통합된 배터리를 포함하는 지능형 배터리 모듈의 개념적 사시도 표현을 예시한다.

도 5는 배터리 모듈 제어 시스템(또는 로컬 전자 제어 유닛(ECU)) 및 마스터 제어 시스템(또는 마스터 ECU)에 결합된 본 개시의 실시예에 따른 지능형 배터리 모듈의 개략도를 예시한다.

도 6은 3상 모터 및 단상 또는 3상 그리드 또는 전원에 결합하기 위한 충전 커플링(charging coupling)에 결합된 본 개시의 실시예에 따른 다수의 지능형 모듈식 AC 배터리 팩의 개략 다이어그램을 예시한다.

도 7a 및 도 7b는 하나의(1개의) 지능형 배터리 모듈(도 7a) 및 각각의 상에서 직렬로 연결된 여섯 개의(6개의) 지능형 배터리 모듈을 갖는 지능형 모듈식 AC 배터리 팩의 하나의(1개의) 상(도 7b)에 대한 출력 전압의 전형적인 파형의 그래프를 예시한다.

도 8a, 도 8b, 도 8c 및 도 8d는 위상 편이 캐리어 기술의 원리를 보여주는 그래프를 예시한다.

도 9는 9-레벨 4-사분면 히스테리시스 제어기의 전압 레벨 선택기의 기능 다이어그램의 개략도를 예시한다.

도 10a, 도 10b 및 도 10c는 9-레벨 4-사분면 히스테리시스 제어기의 동작을 보여주는 그래프를 예시하고; 도 10a는 전류 제어 에러( $I_{ERROR}$ )를  $I_{REAL}$ 과  $I_{REF}$ 의 차이로서 예시하며; 도 10b는 모터 상(motor phase)에서의 기준 전류( $I_{REF}$ ) 및 실제 전류( $I_{REAL}$ )를 예시하고; 도 10c는 컨버터 출력 전압( $V_{OUT}$ )을 예시한다.

도 11은 충전 상태(state of charge; SOC) 밸런싱 및 0 상태 회전을 갖는 9-레벨 4-사분면 히스테리시스 전류 제어기의 기능 다이어그램을 예시한다.

도 12는 지능형 배터리 모듈 회전 제어기의 기능 다이어그램을 예시한다.

도 13은 di/dt 추정기의 기능 다이어그램을 예시한다.

도 14a 및 도 14b는 -0VDC 회전 블록(도 14a) 및 +0VDC 회전(도 14b) 블록의 기능 다이어그램을 예시한다.

도 15a 및 도 15b는 +1VDC 회전 블록(도 15a) 및 -1VDC 회전(도 15b) 블록의 기능 다이어그램을 예시한다.

도 16a, 도 16b, 도 16c 및 도 16d는 0VDC 회전 발전기(도 16a), 1VDC 회전 발전기(도 16b), 2VDC 회전 발전기(도 16c) 및 3VDC 회전 발전기(도 16d)의 기능 다이어그램을 예시한다.

도 17은 충전 상태(SOC) 밸런싱을 위해 모든 지능형 모듈을 마스터 ECU에 중앙집중식으로 연결한 것의 개략 다이어그램을 예시한다.

도 18은 지능형 배터리 모듈에서의 전력 흐름 관리의 구조의 흐름 다이어그램을 예시한다.

도 19는 지능형 배터리 모듈의 토폴로지와 노드 1에서의 전류를 보여주는 회로 다이어그램을 예시한다.

도 20은 슈퍼커패시터 모듈이 능동 필터로서 동작할 때 지능형 배터리 모듈에서의 전류의 그래프를 예시한다.

도 21은 단상 부하에 연결된 단상 지능형 배터리 팩을 예시한다.

도 22는 스위치드 릴럭턴스 모터(Switched Reluctance Motor)에 연결된 3상 지능형 배터리 팩을 예시한다.

유사한 구조 또는 기능의 요소가 일반적으로 도면 전반에 걸쳐 예시 목적으로 유사한 참조 번호에 의해 표현된다는 점에 유의해야 한다. 도면이 바람직한 실시예의 설명을 용이하게 하는 것만으로 의도된다는 점에 또한 유의해야 한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하의 실시예는 본 기술 분야의 통상의 기술자가 본 개시의 다양한 실시예를 제조 및 사용할 수 있게 하기 위해 상세히 설명된다. 다른 실시예가 본 개시에 기초하여 명백할 것이고, 시스템, 프로세스 또는 변경이 본 실시예의 범위를 벗어나지 않고 이루어질 수 있다는 것이 이해된다.
- [0019] 본 개시의 실시예는 개선된 배터리 관리, 모터 제어, 에너지 저장 및 배터리 충전을 용이하게 하는 시스템 및 방법에 관한 것이다. 이에 따라, 본 명세서에서 제공된 시스템 및 방법은 차량 전기화의 진정한 잠재력의 실현을 가능하게 하고, 배터리 관리, 충전 및 모터 제어를 회생 제동, 견인 및 핸들링을 관리하는 수단과 지능적으로 통합하는 패러다임 변경 플랫폼을 제공한다.
- [0020] 본 개시의 예시적인 실시예는 바람직하게는 피어-투-피어 통신 능력을 갖는 네트워크화된 저전압 컨버터/제어기, 임베디드 울트라 커패시터, 배터리 관리 시스템 및 직렬 연결된 개별 셀 세트의 통합된 조합을 기본 구성 블록으로서 포함하는 캐스케이드형 아키텍처를 갖는 통합형 모듈식 배터리 팩 시스템에 관한 것이다. 그러한 지능형 배터리 모듈들의 상호연결된 어셈블리는 사실상 스마트 전기 "신경 네트워크"가 되고, (1) 충전 시스템, (2) 배터리 관리 모듈, (3) DC 대 DC 컨버터, 및 (4) 모터 제어기에 대한 대체물이 된다.
- [0021] 이러한 모듈식 스마트 배터리 팩 시스템은 종래의 EV 모터 및 구동계와 조합 가능할뿐만 아니라, 미래의 EV에서 사용하기 위해 개발 중인 새로운 인휠 EV 모터와 조합 가능하다.
- [0022] 본 명세서에서 제공되는 예시적인 실시예에서, 전자장치는, 온도 센서 및 네트워킹 인터페이스 로직과 조합된, 양방향 다중 레벨 제어기에 기초한다. 특정 예시적인 실시예에서, 양방향 제어기는 양방향 다중 레벨 히스테리시스 제어기이다.
- [0023] 도면을 상세히 살펴보면, 종래의 전력 전자 회로(10) 및 전기 모터(70)의 단순화된 개략도가 도 1에 도시되어 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 전력 전자 회로(10)는 전형적으로 AC-DC 컨버터를 포함하는 충전기(20), 충전기(20)에 전기적으로 결합된 고전압 배터리 팩(30), 고전압 배터리 팩(30)에 전기적으로 결합된 DC-DC 컨버터(40), DC-DC 컨버터(40)에 전기적으로 결합 DC-AC 컨버터(50), 및 DC-AC 컨버터(50)에 전기적으로 결합된 전기 모터(60)를 포함한다.
- [0024] 종래의 고전압 배터리 팩(30)은 전형적으로 저전압 배터리 모듈(32)의 직렬 체인으로 구성된다(예를 들어, 도 3a 및 도 3b 참조). 각각의 그러한 모듈(32)은 직렬로 연결된 개별 저전압 셀(34) 세트와, 충전 상태 및 전압과 같은, 기본적인 셀 관련 특성을 조절하는 간단한 임베디드 배터리 관리 시스템(36)으로 추가로 구성된다(예를 들어, 도 3b 참조). 더 정교한 능력을 가진 전자장치 또는 어떤 형태의 스마트한 상호연결성이 없다. 결과적으로, 또한 어떤 형태로든 개별 셀(34)당 전력 소모를 조절할 수 있는 능력도 없다. 주요 결과 중 일부는: (1) 가장 약한 셀이 전체 배터리 팩의 전체 성능을 제약한다는 것, (2) 임의의 셀/모듈의 고장이 전체 팩의 교체의 필요성을 초래한다는 것, (3) 배터리 신뢰성과 안전성이 상당히 감소된다는 것, (4) 배터리 수명이 제한된다는 것, (5) 열 관리가 어렵다는 것, (6) 팩이 항상 최대 능력 이하로 동작한다는 것, (7) 회생 제동 유도 전력의 갑작스런 돌입이 배터리에 쉽게 저장될 수 없는 것이라는 것이다.
- [0025] 충전기(20)에 의해 표현되는 것과 같은, 종래의 충전 회로 또는 시스템은 보통 별개의 온보드 시스템에서 구현된다. 그러한 충전 시스템은 EV 외부에서 오는 전력(AC 또는 DC 신호)을 스테이징하고 이를 DC로 변환하여 배터리 팩(들)(30)에 공급한다. 충전 시스템은 전압과 전류를 모니터링하고 전형적으로 안정적인 일정한 공급을 제공한다. 배터리 및 전형적인 충전 회로의 설계가 주어지면, 셀 상태, 성능 특성, 온도 등에 기초하여 배터리 팩(30)의 개별 배터리 모듈(32)에 맞게 충전 흐름을 조절할 수 있는 능력이 거의 없다. 충전 사이클이 또한 전형적으로 긴데, 그 이유는 충전 시스템과 배터리 팩(30) 및 개별 모듈(32)이 전하 전송 또는 달성 가능한 충전하를 최적화하는 펄스 충전 또는 다른 기술을 가능하게 하는 회로가 없기 때문이다.



[0026] 종래의 제어는 배터리 팩(30)의 전압 레벨을 EV의 전기 시스템의 버스 전압으로 조정하기 위해 DC 대 DC 변환 스테이지(예를 들어, DC-DC 컨버터(40) 참조)를 포함한다. 모터(60)과 같은, 모터는, 차례로, 요구된 AC 신호(들)를 전기 모터(60)에 제공하는 간단한 2-레벨 다상 컨버터(예를 들어, DC-AC 컨버터(50) 참조)에 의해 구동된다. 각각의 모터는 전통적으로, 3상 설계로 된 모터를 구동하는, 별개의 제어기에 의해 제어된다. 듀얼 모터 EV는 2개의 제어기를 필요로 하는 반면, 4개의 인휠 모터를 사용하는 EV는 4개의 개별 제어기를 필요로 한다. 종래의 제어기 설계는 또한 더 많은 개수의 자극편을 특징으로 하는, 예를 들어, 스위치 릴럭턴스 모터(SRM)와 같은, 차세대 모터를 구동할 수 있는 능력이 없다. 적응하려면 더 높은 상 설계를 필요로 하여, 시스템을 더 복잡하게 만들고 궁극적으로, 높은 토크 리플 및 음향 소음과 같은, 전기 소음 및 주행 성능을 해결하지 못할 것이다.

[0027] 종래의 EV의 복잡한 전력 전자 회로(10)와 달리, 도 2에 예시된 바와 같이 본 명세서에서 제공된 예시적인 실시예는 충전 시스템(20), 배터리 관리 모듈, DC 대 DC 컨버터(40), 및 모터 제어기(들)(50)를 사실상 스마트 전기 "신경 네트워크"를 제공하는 지능형 또는 스마트 배터리 모듈들(132)의 상호연결된 어셈블리를 포함하는 지능형 또는 스마트 모듈식 AC 배터리 팩(130)으로 대체한다.

[0028] 도 3a 내지 도 3i를 살펴보면, 일련의 개략도는 도 1에 도시된 종래의 EV를 위한 복잡한 고전압 전력 전자 회로(10)를 본 개시의 예시적인 실시예에 따른 지능형 배터리 모듈들(132)의 상호연결된 어셈블리를 포함하는, 도 2에 도시된 바와 같은, 지능형 또는 스마트 배터리 팩(130)으로 단순화하는 것을 예시한다. 도 3a에 도시된 바와 같이, 고전압 배터리 팩(30)은 저전압 배터리 모듈(32)의 직렬 체인을 포함하고, 저전압 배터리 모듈(32) 각각은 도 3b에 도시된 바와 같이 저전압 배터리 셀(34)의 직렬 연결과 통합 배터리 관리 및 제어 시스템(36)을 포함한다. 고전압 DC/AC 컨버터(50)는 도 3c에 도시된 바와 같이 직렬로 연결된 다수의 저전압 DC/AC 컨버터(52)로 분할될 수 있다. 개별 저전압 DC/AC 컨버터(52) 각각은 도 3d에 도시된 바와 같이 스마트 또는 지능형 배터리 모듈(132)을 형성하기 위해 개별 배터리 모듈 내에 통합될 수 있다. 제동 전력의 돌입을 간헐적으로 저장하기 위해, 도 3e는 개별 지능형 배터리 모듈(132) 내에 통합된 울트라 커패시터(38)(예를 들어, 도 4 참조)를 도시한다. 도 3f에 도시된 바와 같이, 고전압 지능형 배터리 팩(130)은 지능형 배터리 모듈들(132)의 상호연결된 어셈블리를 포함한다. 도 3g 및 도 3h에 도시된 바와 같이, 고전압 지능형 배터리 팩(130)은 사실상 DC/DC 컨버터(40)에 대한 필요성을 없애준다. 도 3h 및 도 3i에 도시된 바와 같이, 사실상 지능형 모듈식 AC 배터리 팩(130)인 고전압 지능형 배터리 팩(130)은 사실상 AC/DC 컨버터/충전기(20)의 필요성을 없애준다.

[0029] **지능형 배터리 모듈 아키텍처**

[0030] 도 4와 도 5는, 제각기, 슈퍼커패시터(또는 울트라 커패시터)를 사용하는 회생 제동/가속 능력을 갖는 지능형 배터리 모듈(132)의 사시도와 다이어그램을 도시한다. 그것은 3개의 주요 컴포넌트: BMS(36)를 갖는 배터리(32), 슈퍼커패시터 뱅크(CSC) 및 결합 인덕터(LC)를 갖는 MOSFET 트랜지스터(MOSFET)(S1 및 S2)에 기초한 양방향 DC-DC 컨버터를 갖는 슈퍼커패시터 모듈(38), 및 4개의 MOSFET(S<sub>3</sub> 내지 S<sub>6</sub>)을 갖는 4-사분면 H-브리지 토폴로지에 기초한 출력 컨버터(52)를 갖는다. 도 5에 도시된 바와 같이, 지능형 배터리 모듈(132)은 배터리 모듈 제어 시스템(200)(또는 로컬 전자 제어 유닛(ECU)) 및 마스터 제어 시스템(210)(또는 마스터 ECU)에 결합된다.

[0031] **ACi 배터리 팩 동작 원리**

[0032] 도 6은 모터(60)에 연결되고 각각의 상에서 직렬로 연결된 N개의 지능형 배터리 모듈을 포함하는 3상 ACi 배터리 팩(130A, 130B, 130C)의 토폴로지를 묘사한다. 도 5 및 도 6에서의 각각의 지능형 배터리 모듈은 4개의 스위치(S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub>, 및 S<sub>6</sub>)의 상이한 조합에 의해 (배터리의) DC 전압(V<sub>DC</sub>)을 AC 출력에 연결시킴으로써 3개의 상이한 전압 출력(+V<sub>dc</sub>, 0, 및 -V<sub>dc</sub>)을 생성할 수 있다. +V<sub>dc</sub>를 획득하기 위해, 스위치(S<sub>3</sub> 및 S<sub>6</sub>)가 턴온되는 반면, -V<sub>dc</sub>는 스위치(S<sub>4</sub> 및 S<sub>5</sub>)를 턴온시킴으로써 획득될 수 있다. S<sub>3</sub>과 S<sub>5</sub> 또는 S<sub>4</sub>와 S<sub>6</sub>을 턴온시키는 것에 의해, 출력 전압은 0이다. 합성된 전압 파형이 인버터 출력의 합계이도록, 상이한 출력 컨버터 레벨 각각의 AC 출력이 직렬로 연결된다. ACi 배터리 팩에서의 출력 상 전압 레벨의 개수 m은 m = 2s+1로서 정의되고, 여기서 s는 지능형 배터리 모듈의 개수이다. 각각의 상에서 직렬로 연결된 6개의 지능형 배터리 모듈을 갖는 PWM(pulse width modulation) 변조된 13-레벨 ACi 배터리 팩에 대한 예시적인 상 전압 파형이 도 7b에 제시되어 있으며, 지능형 배터리 모듈들(132) 중 하나의 지능형 배터리 모듈(132)의 출력 전압은 도 7a에 도시되어 있다.

[0033] ACi 배터리 팩은 또한 차량이 도 6에 도시된 바와 같이 AC 전원에 연결되어 있는 동안 지능형 배터리 모듈(132)

2)의 배터리에 대한 정류기/충전기로서 역할할 수 있다.

[0034] 각각의 지능형 배터리 모듈(132) 내의 출력 컨버터(52)의 스위치( $S_3$  내지  $S_6$ )에 대한 스위칭 신호( $S_3$  내지  $S_6$ )(도 5 및 도 6 참조)는 채택된 제어 하드웨어의 유연성 및 요구 사항에 따라 상이한 방식으로 생성될 수 있다. 하나의 접근법은 공간 벡터 변조 또는 사인 PWM을 사용하여 지능형 배터리 모듈(132)의 각각의 상에 대한 기준 전압을 생성하는 것이다. 각각의 지능형 배터리 모듈의 출력 컨버터에 대한 스위칭 신호는 그러면 위상 편이 캐리어 기술을 사용하여 생성될 수 있다. 이 기술은 셀이 지속적으로 회전되고 전력이 셀 간에 거의 균등하게 분배되도록 한다.

[0035] **ACi 배터리 팩에서의 출력 전압의 변조 - 다중 레벨 PWM 변조**

[0036] 위상 편이 기술의 원리는 점증적으로 시프트된 2-레벨 파형을 사용하여 다중 레벨 출력 PWM 파형을 생성하는 것이다. 따라서, N-레벨 PWM 파형은 N-1개의 2-레벨 PWM 파형의 합산에 의해 생성된다. 이러한 2-레벨 파형은 기준 파형을  $360^\circ / (N-1)$ 씩 증분적으로 시프트되는 삼각파 캐리어(triangular carrier)와 비교하는 것에 의해 생성된다. 9-레벨 예가 도 8a에 도시되어 있다. 캐리어가  $360^\circ / (9-1) = 45^\circ$ 씩 증분적으로 시프트되고 기준 파형과 비교된다. 결과적인 2-레벨 PWM 파형이 도 8c에 도시되어 있다. 이러한 2-레벨 파형은 각각의 지능형 배터리 모듈 내의 출력 컨버터(H-브리지) MOSFET에 대한 게이트 신호로서 사용될 수 있다. 4개의 H-브리지를 포함하는 우리의 9-레벨 예의 경우,  $0^\circ$  신호는 제1 모듈의  $S_3$ 에 대해 사용되고  $180^\circ$  신호는 제1 모듈의  $S_6$ 에 대해 사용되며,  $45^\circ$  신호는 제2 모듈의  $S_3$ 에 대해 사용되고  $225^\circ$  신호는 제2 모듈의  $S_6$ 에 대해 사용되며, 기타 등등이다. 모든 H-브리지에서, 각각의 레그(leg)의 슈트 스루(shoot through)를 방지하기 위해 특정 데드 타임(dead-time)과 함께  $S_4$ 에 대한 신호는  $S_3$ 에 상보적이고,  $S_5$ 에 대한 신호는  $S_6$ 에 상보적이다.

[0037] 변조를 구현하는 데 사용되는 하드웨어의 자원 및 한계에 따라, 대안은 처음  $(N-1)/2$ 개의 반송파와 함께 네거티브 기준 신호(negative reference signal)를 생성하는 것이다. 9-레벨 예가 도 8b에 도시되어 있다. 이 경우에,  $0^\circ$  내지  $135^\circ$  PWM 신호는  $V_{ref}$ 를 대응하는 캐리어와 비교함으로써 생성되고,  $180^\circ$  내지  $315^\circ$  PWM 신호는  $-V_{ref}$ 를  $0^\circ$  내지  $135^\circ$ 의 캐리어와 비교함으로써 생성된다. 그렇지만, 후자의 경우에서의 비교의 로직은 반전되어야 한다.

[0038] H-브리지에 대한 게이트 신호를 생성하기 위해 상태 머신 디코더와 같은 다른 기술이 또한 사용될 수 있다.

[0039] **ACi 배터리 팩에서의 출력 전압의 변조 - 다중 레벨 히스테리시스 제어**

[0040] 각각의 지능형 배터리 모듈에서의 출력 컨버터의 스위치에 대한 스위칭 신호( $S_3$  내지  $S_6$ )(도 5 및 도 6 참조)를 생성하는 다른 접근법은 다중 레벨 히스테리시스 제어 기술이다. 이 제어 방법은 임의의 유형의 모터에 사용될 수 있고 특히 스위치드 릴럭턴스 모터(SRM) 구동에 매우 효율적이다.

[0041] 3상 ACi 배터리 팩의 3개의 상 중 단지 하나에 대한 다중 레벨 히스테리시스 제어가 여기서 설명된다. PMSM 모터의 경우에, 부가의 순환 전류 감소 블록(여기서 설명되지 않음)과 함께 3개의 제어기가 사용되어야 한다. SRM 모터의 경우에, 제어기의 개수는 3개 초과일 수 있고, 순환 전류 감소 블록이 필요하지 않다.

[0042] 각각의 상에서 직렬로 연결된 4개의 지능형 배터리 모듈(132)을 포함하는 9-레벨 ACi 배터리 팩(도 6 참조)의 경우, 대응하는 출력 전압 레벨을 갖는 출력 컨버터의 스위치에 대한 모든 가능한 스위칭 상태가 표 1에 제시되어 있다. 홀수 스위칭 요소에 대한 스위칭 상태(MOSFET  $S_3^N$  및 MOSFET  $S_5^N$ , 여기서  $N = 1, 2, 3, 4$ 는 지능형 배터리 모듈의 개수임)만이 이 표에 제시되어 있다. 사실, 필터링 커패시터( $C_f^N$ )의 단락(short circuit)을 피하기 위해, 출력 H-브리지 컨버터의 하프 브리지에서의 하나의 스위치만이 언제든지 ON(도통 모드(conducting mode)에 있음)일 수 있다. 따라서, 짝수 스위칭 요소에 대한 제어 신호(MOSFET  $S_4^N$  및 MOSFET  $S_6^N$ , 여기서  $N = 1, 2, 3, 4$ 는 지능형 배터리 모듈의 개수임)는 동일한 하프 브리지의 홀수 스위칭 요소의 상태를 반전시킴으로써 쉽게 획득될 수 있다. 예를 들어,  $S_3^N=1$ 이고  $S_5^N=0$ 이면,  $S_4^N=0$ 이고  $S_6^N=1$ 이다.

표 1

출력 전압	스위칭 상태							
	S <sub>3</sub> <sup>1</sup>	S <sub>5</sub> <sup>1</sup>	S <sub>3</sub> <sup>2</sup>	S <sub>5</sub> <sup>2</sup>	S <sub>3</sub> <sup>3</sup>	S <sub>5</sub> <sup>3</sup>	S <sub>3</sub> <sup>4</sup>	S <sub>5</sub> <sup>4</sup>
<b>-4VDC</b>	0	1	0	1	0	1	0	1
<b>-3VDC</b>								
<b>-3VDC1</b>	1	1	0	1	0	1	0	1
	0	0	0	1	0	1	0	1
<b>-3VDC2</b>	0	1	1	1	0	1	0	1
	0	1	0	0	0	1	0	1
<b>-3VDC3</b>	0	1	0	1	1	1	0	1
	0	1	0	1	0	0	0	1
<b>-3VDC4</b>	0	1	0	1	0	1	1	1
	0	1	0	1	0	1	0	0
<b>-2VDC</b>								
<b>-2VDC12</b>	1	1	1	1	0	1	0	1
	0	0	0	0	0	1	0	1
<b>-2VDC13</b>	1	1	0	1	1	1	0	1
	0	0	0	1	0	0	0	1
<b>-2VDC14</b>	1	1	0	1	0	1	1	1
	0	0	0	1	0	1	0	0
<b>-2VDC23</b>	0	1	1	1	1	1	0	1
	0	1	0	0	0	0	0	1
<b>-2VDC24</b>	0	1	1	1	0	1	1	1
	0	1	0	0	0	1	0	0
<b>-1VDC</b>								
<b>-1VDC1</b>	0	1	1	1	1	1	1	1
	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>-1VDC2</b>	1	1	0	1	1	1	1	1
	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>-1VDC3</b>	1	1	1	1	0	1	1	1
	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>-1VDC4</b>	1	1	1	1	1	1	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>0</b>	1	1	1	1	1	1	1	1
	0	0	0	0	0	0	0	0

[0043]



<b>+1VDC</b>								
<b>+1VDC1</b>	1	0	1	1	1	1	1	1
	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>+1VDC2</b>	1	1	1	0	1	1	1	1
	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>+1VDC3</b>	1	1	1	1	1	0	1	1
	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>+1VDC4</b>	1	1	1	1	1	1	1	0
	0	0	0	0	0	0	1	0
<b>+2VDC</b>								
<b>+2VDC12</b>	1	1	1	1	1	0	1	0
	0	0	0	0	1	0	1	0
<b>+2VDC13</b>	1	1	1	0	1	1	1	0
	0	0	1	0	0	0	1	0
<b>+2VDC14</b>	1	1	1	0	1	0	1	1
	0	0	1	0	1	0	0	0
<b>+2VDC23</b>	1	0	1	1	1	1	1	0
	1	0	0	0	0	0	1	0
<b>+2VDC24</b>	1	0	1	1	1	0	1	1
	1	0	0	0	1	0	0	0
<b>+3VDC</b>								
<b>+3VDC1</b>	1	1	1	0	1	0	1	0
	0	0	1	0	1	0	1	0
<b>+3VDC2</b>	1	0	1	1	1	0	1	0
	1	0	0	0	1	0	1	0
<b>+3VDC3</b>	1	0	1	0	1	1	1	0
	1	0	1	0	0	0	1	0
<b>+3VDC4</b>	1	0	1	0	1	0	1	1
	1	0	1	0	1	0	0	0
<b>+4VDC</b>	1	0	1	0	1	0	1	0

[0044]

[0045]

표 1: 9-레벨 4-사분면 다중 레벨 캐스케이드형 컨버터의 스위칭 상태

[0046]

모든 셀이 동시에 0 상태에서 동작하는 경우 0 출력 전압 0VDC가 보장될 수 있다. 이것은 상부 스위치 둘 모두 또는 하부 스위치 둘 모두 중 어느 하나를 ON으로 스위칭하여 배터리를 바이패싱하는 것에 의해 획득될 수 있다. 예를 들어, 지능형 배터리 모듈 1에 대해:  $S_3^1=1$ ,  $S_5^1=1$ ,  $S_4^1=0$ ,  $S_6^1=0$  또는  $S_3^1=0$ ,  $S_5^1=0$ ,  $S_4^1=1$ ,  $S_6^1=1$ 이다.

[0047]

전압 레벨 -3VDC 및 +3VDC 둘 모두는 4개의 다양한 조합  $\pm 3VDC1$ ,  $\pm 3VDC2$ ,  $\pm 3VDC3$ ,  $\pm 3VDC4$ 를 사용하여 획득될 수 있고, 여기서 마지막 인덱스는 0 상태에서 동작하여, 출력 0 전압을 제공하는 지능형 배터리 모듈의 개수에 대응한다. 차례로, 각각의 0 상태는 위에서 언급된 2개의 스위칭 조합을 사용하여 코딩될 수 있다. 따라서,  $\pm 3VDC$  출력 전압 레벨을 설정하는 8개의 가능한 조합이 있다.

[0048]

유사하게, 전압 레벨 -2VDC 및 +2VDC 둘 모두는 어느 2개의 지능형 배터리 모듈이 0 상태 전압에서 동작하는지에 따라 5개의 상이한 조합  $\pm 2VDC12$ ,  $\pm 2VDC13$ ,  $\pm 2VDC14$ ,  $\pm 2VDC23$ ,  $\pm 2VDC24$ 에 의해 설정될 수 있다. 0 상태를 제공하는 이중 가능성(dual possibility)을 고려하면,  $\pm 2VDC$ 에 대한 가능한 조합의 총수는 10개이다.

[0049]

전압 레벨 -1VDC 및 +1VDC 둘 모두는 4개의 다양한 조합  $\pm 1VDC1$ ,  $\pm 1VDC2$ ,  $\pm 1VDC3$ ,  $\pm 1VDC4$ 를 사용하여 획득될 수 있다. 마지막 인덱스는  $\pm 1VDC$  레벨에서 동작하는 지능형 배터리 모듈의 개수에 대응한다. 다시 말하지만, 각각의 0 상태가 이중으로 획득된다. 따라서,  $\pm 3VDC$  레벨에 대해서와 마찬가지로,  $\pm 1VDC$  출력 전압 레벨을 제공하는 8개의 가능한 조합이 있다.

[0050] 마지막으로, 동상에(in phase) 있는 모든 지능형 배터리 모듈이 동시에 동작하고 있을 때, 컨버터 출력의 상에서 최대 전압 레벨 -4VDC 및 +4VDC가 제공될 수 있다. 따라서, 이러한 경우 각각에 대해 단지 하나의 이용 가능한 스위칭 상태 조합이 있다.

[0051] **히스테리시스 제어에서의 전압 레벨의 선택**

[0052] 4개의 지능형 배터리 모듈(132)의 출력 컨버터의 상이한 스위칭 조합에 의해 9-레벨 ACi 배터리 팩의 모든 전압 레벨이 어떻게 획득될 수 있는지에 대해서는 이전에 설명되었다. 그러나 다중 레벨 히스테리시스 제어기의 가장 중요한 과제는 전류 피드백(모터 상) 신호( $I_{REAL}$ )에 기초하여 컨버터 동작의 임의의 순간에서의 적절한 출력 전압 레벨을 식별하는 것이다.

[0053] 전압 레벨 선택기(300)의 블록 다이어그램이 도 9에 제시되어 있다. 전압 레벨 선택기는 2개의 합계 블록(Sum1(301) 및 Sum2(307)), 5개의 히스테리시스 블록(302, 303, 304, 305 및 306), 및 전압 레벨 결정을 위한 하나의 룩업 테이블을 포함한다. 실제 피드백 전류 신호( $I_{REAL}$ )가 기준 전류( $I_{REF}$ )로부터 차감되고, 이들의 차이인 전류 에러 신호( $I_{ERROR}$ )가 5개의 히스테리시스 블록 모두의 입력에 들어간다. 이러한 블록 각각은 표 2에 제시된 바와 같이 상한 경계(HB) 및 하한 경계(LB) 임계치의 상이한 설정을 가지며, 여기서  $\Delta I$ 는 최대 허용 전류 에러의 미리 설정된 값이다.  $I_{ERROR}$ 가 히스테리시스 블록의 대응하는 상한 경계(HB)에 도달할 때, 그의 출력 값은 "1"로 설정되고  $I_{ERROR}$ 가 그의 하한 경계(LB)와 교차할 때까지 이 레벨에서 유지된다. 이것은 히스테리시스 블록의 출력에 "0"을 설정할 것이고  $I_{ERROR}$ 가 또다시 HB에 도달할 때까지 출력은 이 레벨에서 유지된다. 따라서, 5개의 히스테리시스 블록의 하한 경계 및 상한 경계가 (표 2에 나타낸 바와 같이)  $-\Delta I$ 와  $+\Delta I$  사이의 범위 내에 분포되면, Sum2의 출력은,  $I_{ERROR}$  값에 따라, 1부터 6까지 다양할 것이다. 도 9에 제시된 룩업 테이블(308)은 히스테리시스 블록의 총계 상태 값(total state value)(Sum2의 출력)에 기초하여 그리고 실제(또는 기준) 전류 미분  $di/dt$ 의 부호를 고려하여 요구된 출력 전압 레벨을 결정하는 데 사용된다. 아래에서 논의되는 바와 같이,  $di/dt$ 의 부호는, Sum2가 6의 값에 도달하는 바로 그 때에, 포지티브로서 결정될 수 있고, Sum2가 1이 될 때, 네거티브 값으로 변경될 것이다.

**표 2**

히스테리시스 경계	전류 임계치
HB1	$\Delta I/5$
LB1	$-\Delta I/5$
HB2	$2\Delta I/5$
LB2	$-2\Delta I/5$
HB3	$3\Delta I/5$
LB3	$-3\Delta I/5$
HB4	$4\Delta I/5$
LB4	$-4\Delta I/5$
HB5	$\Delta I$
LB5	$-\Delta I$

[0054]

- [0055] 표 2: 히스테리시스 블록에 대한 전류 임계 레벨
- [0056] **9-레벨 4-사분면 히스테리시스 제어에서의 전압 레벨 간의 스위칭**
- [0057] 9-레벨 ACi 배터리 팩 동작의 하나의 상에 대한 9-레벨 4-사분면 히스테리시스 제어 기술에서의 전압 레벨 간의 스위칭의 주요 원리에 대한 상세한 설명이 아래에서 제시된다.
- [0058] 도 10b에서, 모터 상에서의 기준 전류( $I_{REF}$ )(적색 트레이스) 및 실제 전류( $I_{REAL}$ )(청색 트레이스)가,  $I_{REF} - \Delta I$ 와  $I_{REF} + \Delta I$  사이에 균등하게 분포되고 서로로부터  $\Delta I/5$ 만큼 분리되는, 5개의 포지티브 히스테리시스 경계(HB1 ÷ HB5) 및 5개의 네거티브 히스테리시스 경계(LB1 ÷ LB5)(녹색 트레이스)(표 2 및 도 10A를 또한 참조)와 함께 제시된다.  $I_{REAL}$ 과  $I_{REF}$  사이의 차이인, 전류 제어 에러( $I_{ERROR}$ ) 및 컨버터 출력 전압( $V_{OUT}$ )은, 제각기, 도 10a 및 도 10c에 제시되어 있다.
- [0059] 고려된 시간 창(23.06ms부터)에서의  $V_{OUT}$ 의 초기 상태는 제어 시스템에 의해 +4VDC(여기서 VDC = 80V)로 이전에 설정되었다. 이 전압 레벨에서, 전류( $I_{REAL}$ )는 상승하고 있고,  $I_{ERROR}$ 가 지점 A(도 10a에서의 레벨  $-\Delta I/5$ )에서 제1 히스테리시스 경계(LB1)에 도달할 때, 첫 번째 히스테리시스 블록의 출력 상태는 "1"로부터 "0"으로 변경되며, 따라서 Sum2 블록의 출력에서의 합계는 "6"에서 "5"로 1만큼 감소된다(도 9).  $di/dt > 0$ 에 대한 도 9에서의 테이블에 따라, 전압( $V_{OUT}$ )은 +3VDC가 된다.
- [0060] 고려된 시간 창의 시작부터 시간  $t_1$ (도 10c)까지, 전류( $I_{REF}$ )는 포지티브  $di/dt$  값을 가지며, 히스테리시스 제어기는 도 9에서의 록업 테이블의 두 번째 열( $di/dt > 0$ )에 제시된 전압 레벨로 동작해야 한다.  $t_1$ 부터 시작하여, 전류( $I_{REF}$ )의  $di/dt$  부호는 네거티브이지만, 히스테리시스 제어기는,  $I_{ERROR}$ 가 다섯 번째 히스테리시스 경계(LB5)에 도달하고 Sum2 = 1인, 시간  $t_2$ 까지 포지티브  $di/dt$ 에 대해서와 같이 여전히 동작한다. 이 이벤트는 히스테리시스 제어기의 동작을  $di/dt < 0$ 에 대한 테이블의 첫 번째 열로 스위칭한다. 환언하면,  $di/dt$ 의 부호는, Sum2가 "1"의 값에 도달하는 순간( $t_2$ )에, 네거티브로서 결정될 수 있다(그리고 Sum2가 "6"이 될 때, 포지티브로 변경될 것이다). 이 로직은  $di/dt$  추정기 블록에서 구현되며,  $di/dt$  추정기 블록은 이 문서의 다음 섹션에서 설명되는 바와 같이 제시될 것이다.
- [0061]  $V_{OUT}$ 이 그의 최대 네거티브 레벨(-4VDC)에 있는 동안, 전류( $I_{REAL}$ )는 하강하고(도 10b), 도 10a에서의 첫 번째 히스테리시스 경계(HB1)에 대응하는 지점 F에 도달할 때, 첫 번째 히스테리시스 블록의 출력 상태는 "0"으로부터 "1"로 변경되고, 따라서 Sum2의 출력에서의 합계는 "1"로부터 "2"로 1만큼 증가된다(도 9).  $di/dt < 0$ 에 대한 도 9에서의 록업 테이블에 따라, 전압( $V_{OUT}$ )은 -3VDC가 된다. 지점 G에서,  $I_{REAL}$  및  $I_{ERROR}$ 가 HB2에 도달할 때, Sum2가 또다시 증분되고  $V_{OUT}$ 은 -2VDC가 된다.
- [0062] 본 명세서에서 제공된 히스테리시스 제어 방법에서, 최대 전류 에러( $\Delta I$ )는 기준 전류( $I_{REF}$ )의  $di/dt$  값이 부호를 변경하는 지점에서만 발생한다. 이러한 임계점을 넘어서, 이 방법은 부하의 주어진 파라미터에서 가능한 한 빨리  $\Delta I/5$ 에서의 전류 에러( $I_{ERROR}$ )를 최소화하는 방식으로 작동한다.
- [0063] **전체 방법 설명**
- [0064] 충전 상태 밸런싱 및 0 상태 회전을 갖는 9-레벨 4-사분면 히스테리시스 전류 제어기(500)의 일반화된 기능 다이어그램이 도 11에서 제시된다. 이는 앞서 설명된 바와 같이 기능하는 스위치 스테이지 선택기(300)를 포함한다. 도 9에서의 Sum2의 출력 신호는 도 11에서 "Level"로 명명된다. 이 신호는 9-레벨 히스테리시스 제어기의 일반 레벨(1 내지 6)에 대한 숫자 값을 나타내며, 이는 지능형 배터리 모듈의 출력 컨버터의 적절한 출력 전압 레벨을 선택하기 위해 이 방법에서 추가로 사용된다.
- [0065] 도 9에서의 록업 테이블에 따라, 적절한 출력 전압 레벨을 선택하기 위해서는  $di/dt$  부호에 대한 지식이 필요하다. 앞서 언급된 바와 같이,  $di/dt$ 의 부호는, "Level"이 "1"의 값에 도달하는 바로 그 때에, 네거티브로서 결정될 수 있고, "Level"이 "6"으로 될 때, 포지티브로 변경될 것이다. 이 로직은, 도 13에 도시된,  $di/dt$  추정기 블록에서 구현된다. 추정기 블록은 2개의 디지털 비교기(Comp 1 및 Comp 2)와 RS 플립플롭 요소를 포함한다. 2개의 비교기는 "Level" 신호가 "6"(Comp 1) 및 "1"(Comp 2)과 동일한 순간에 "false"로부터 "true"로의 전이 펄스를 제공한다. 이러한 상승 에지는 RS 플립플롭에 의해 검출되고, 이는 그의 출력 상태를 그에 따라 변경하여, 그의 비반전 출력(Q)에서  $di/dt > 0$ 일 때는 "true" 신호를 제공하고  $di/dt < 0$ 일 때는

"false" 신호를 제공한다.

[0066] 앞서 언급되고 표 1에서 제시된 바와 같이, 모든 지능형 배터리 모듈이 최대 포지티브 또는 네거티브 출력 전압을 제공하는 데 관여되어 있을 때,  $\pm 4VDC$ 를 제외하고, 9-레벨 ACi 배터리 팩의 각각의 전압 레벨에 대해 이용 가능한 많은 스위칭 상태가 있다. 따라서, 히스테리시스 "Level" 및 di/dt의 부호가 이미 알려진 파라미터라는 것을 고려하여, 모터의 전류를 제어하여 해결되어야 하는 다음과 같은 주요 과제가 있다:

[0067] 1) 각각의 지능형 배터리 모듈의 충전 상태(SOC)에 기초하여, 요구된 출력 전압 레벨 및 출력 전류의 조절을 제공하기 위해 일정 시간 기간 동안 반복적으로 스위칭되어야 하는 지능형 배터리 모듈을 식별하는 것. 이러한 식별 방법론은 ACi 배터리 팩의 동작 동안 충전 상태의 밸런싱을 보장해야 한다. 이것이 제공될 때, 배터리에 저장되거나 모터로부터 또는 모터로 전달되는 에너지가 모든 지능형 배터리 모듈 간에 균등하게 분배된다. 이것은 ACi 배터리 팩의 올바른 동작의 필요 조건이며, 여기서 각각의 셀은 그의 동작 체제(operational regime)에 기초하여 반도체 스위치의 특정 온도 프로파일에 맞게 설계되어야 한다. 이 과제는 본 명세서에서 제공된 방법에서 SOC 밸런싱 블록(도 11 참조)에 의해 수행되며, 이 블록의 주요 컴포넌트인 지능형 배터리 모듈 회전 제어기(600)의 기능 다이어그램이 도 12에 제시되어 있다.

[0068] 2) SOC 밸런싱 블록에 의해 식별되는 지능형 배터리 모듈의 경우, 0 스위칭 상태의 회전. 이 회전은 동작 중인 특정 모듈 내의 스위치들 간의 에너지 분배를 제공한다. 표 1에 나타낸 것처럼, 지능형 배터리 모듈의 출력에서 0 전압을 제공하기 위한 2개의 가능한 스위칭 조합이 있다. 회전 방법론은 셀의 하나 걸러 하나씩의 포지티브 또는 네거티브 동작 레벨에서 0 전압을 제공하기 위해 사용되는 스위치를 교호시킨다. 실제로, 본 문서의 다음 섹션에서 제시될 것인 바와 같이, 이 회전은 지능형 배터리 모듈 및 전체 ACi 배터리 팩의 출력 전압 주파수와 비교하여 스위치의 스위칭 주파수를 두 배 감소시킨다. 도 16a, 도 16b, 도 16c 및 도 16d에 제시된, 0VDC부터 3VDC까지의 상이한 출력 전압 레벨에 대한 본 명세서에서 제공된 방법에서의 4개의 회전 발전기 블록(1001, 1002, 1003 및 1004)이 있다.

[0069] 도 16a, 도 16b, 도 16c 및 도 16d에서의 4개의 회전 발전기 각각은: 4개의 디지털 비교기, 하나의 반전 요소, 4개의 로직 요소(AND), 2개의 SR 플립플롭(Latch 1 및 Latch 2), 그리고 2개의 분주비 2의 주파수 분주기(frequency divider by 2)를 포함한다. 모든 회전 발전기 블록의 구조 및 동작 원리는 동일하고; 디지털 비교기의 미리 설정된 값에서만 차이가 있다. 0VDC 회전 발전기에서, di/dt 추정기 출력으로부터의 "di/dt" 신호가 "true"일 때, 비교기(Comp1)는 "Level" 신호가 +1VDC의 출력 전압 레벨에 대응하는 "3" 과 동일할 때 SR 플립플롭(Latch 1) 출력을 "true"로 설정할 것이다. 다른 비교기(Comp2)는, 포지티브 di/dt에서, "Level" 신호가 +0VDC의 출력 전압 레벨에 대응하는 "2"와 동일할 때 Latch 2를 리셋시킬 것이다. 환언하면, Latch 1의 출력에서의 펄스 트레인의 하이 레벨은 9-레벨 컨버터의 출력에서의 +1VDC 전압에 대응할 것인 반면, 그의 0 레벨은 +0VDC 전압 레벨을 나타낼 것이다(+0은 +VDC 레벨 이후 및/또는 이전에 0VDC 레벨이 뒤따를 것임을 나타냄). 마지막으로, 주파수 분주기 블록 및 로직 요소(AND)를 포함한 회로는 +1VDC 출력 전압 레벨로 발생하는 Latch 1 출력의 하이 레벨에 따라 출력 신호(Rot +0VDC)를 "true"로 설정하고, +0VDC로부터 +1VDC로의 제2 전이가 발생할 때까지 이 "true" 신호를 유지한다. 그러한 출력 신호(Rot +0VDC)는 +1VDC 전압 레벨을 제공하는 동작에서 지능형 배터리 모듈에 대한 2개의 가능한 0 상태 스위칭 조합을 교호하는 데 사용된다. -1VDC 전압 레벨을 제공하는 동작에서 지능형 배터리 모듈에 대한 2개의 0 상태 스위칭 조합을 교호하기 위해 동일한 0VDC 회전 발전기에 의해 생성되는 Rot -0VDC 신호 뒤에 동일한 동작 로직이 있다.

[0070] 다중 레벨 히스테리시스 제어를 위한 본 명세서에서 제공된 지능형 배터리 모듈 회전 제어기(600) 및 SOC 밸런싱 블록이 추가로 설명된다. 지능형 배터리 모듈 회전 제어기의 상세 기능 다이어그램은 도 12에 제시되어 있다. 이 블록의 입력은 하나의 상에서의 4개의 지능형 배터리 모듈 전부의 배터리 관리 시스템(BMS)으로부터의 측정된 충전 상태(SOC1, SOC2, SOC3, 및 SOC4)이다. 출력 신호는 최대 충전 상태(SOCmax), 최소 충전 상태(SOCmin), 및 이어서  $SOCmin < SOCrot4 < SOCrot3 < SOCmax$ 와 같이 분포된 SOCrot3과 SOCrot4를 갖는 지능형 배터리 모듈의 번호(1 내지 4)이다. 처음에는, SOC1과 SOC2가 서로 비교되고, 이들의 차이( $\Delta SOC_{12}$ )가 히스테리시스 블록(Hyst 1)의 포지티브 또는 네거티브 임계치보다 높거나 낮으면, 이 블록의 출력은, 제각기, "1" 또는 "0"으로 설정되고, 그렇지 않으면 이는 이전에 설정된 값을 출력에 유지한다. 이 임계치는 피드백 신호에서 특정 레벨의 잡음을 무시하는 데 도움이 되며, 지능형 배터리 모듈의 회전이 얼마나 종종 발생해야 하는지를 조절한다. Hyst 1 출력 신호에 기초하여, Switch 1은 더 높은 SOC를 갖는 지능형 배터리 모듈의 번호(1 또는 2)를 선택하고 Switch 5는 그의 대응하는 SCO 값을 Sum 3에 전달하며, Sum 3은 이를 SOC3 및 SOC4의 최저 충전 상태와 비교하며, 이는 동일한 비교 기술을 거친다. 따라서, 지능형 배터리 모듈 회전 제어기의 출력에서, 지능형 배터



리 모듈 번호는 그들의 SOC에 따라  $SOC_{min} < SOC_{rot4} < SOC_{rot3} < SOC_{max}$ 로서 분포된다. 회전 블록으로 가기 전에, 신호  $SOC_{max}$  및  $SOC_{min}$ 은 기준 전류( $I_{REF}$ )의 부호를 고려하여 SOC 밸런싱 블록(도 11 참조)에서의  $SOC_{rot1}$  및  $SOC_{rot2}$ 에 재할당된다. 전류( $I_{REF}$ )가 포지티브 - 포지티브는 에너지가 지능형 배터리 모듈로부터 모터에 전달되는 것에 대응함 - 이면, 최대 SOC를 가진 지능형 배터리 모듈이 모든 포지티브 출력 전압 레벨의 회전에 참여한다(그러나 동시에 참여하는 것은 아님). 이것은 최대 SOC를 갖는 이 지능형 배터리 모듈의 더 빠른 방전을 야기할 것인데, 그 이유는, 포지티브 출력 전압과 포지티브 부하 전류에서, 지능형 배터리 모듈로부터 모터로와 같이, 에너지가 전달되는 단지 하나의 방법이 있기 때문이다. 동시에, 포지티브 출력 전류(또는  $I_{REF}$ )에서, 최소 SOC를 가진 지능형 배터리 모듈은 가능한 한 빨리 그의 배터리의 전압을 충전시키기 위해, 네거티브 출력 전압 레벨만을 제공하는 데 참여해야 한다. 그러한 이유는, 출력 컨버터의 포지티브 부하 전류 그러나 네거티브 출력 전압에서, 모터로부터 배터리로와 같이, 단지 하나의 에너지 전달 방향이 있기 때문이다.

[0071] 0VDC 회전 블록 및 1VDC 회전 블록은, 제각기, 도 14a, 도 14b, 도 15a 및 도 15b에 제시되어 있다. 먼저 +0VDC 회전을 설명하기로 한다. 이 블록은 지능형 배터리 모듈 밸런싱 블록으로부터의 하나의 제어 신호( $SOC_{rot1}$ )는 물론 0VDC 회전 발전기로부터의 하나의 신호( $Rot +0VDC$ )를 수신하고, +0VDC 출력 전압에 대한 9-레벨 ACi 배터리 팩의 스위칭 요소에 대한 제어 신호를 제공하며, 여기서 +0은 +VDC 레벨 이후 및/또는 이전에 0VDC 레벨이 뒤따를 것임을 의미한다. 멀티플렉서(Switch 1)는, +VDC 출력 레벨을 제공할 때 어느 지능형 배터리 모듈이 동시에 동작하는지를 나타내는 입력 신호( $SOC_{rot1}$ )에 기초하여, 4개의 상이한 스위칭 신호 조합 중 하나를 선택한다. 이것은 ( $SOC_{rot1}$  번호를 가진) 이 특정 지능형 배터리 모듈에 대해 0 스위칭 상태의 회전이 수행되어야 함을 의미한다. 입력 신호( $Rot +0VDC$ )는 동일한 지능형 배터리 모듈에 대해 2개의 가능한 0 상태 [1 1]과 [0 0] 사이의 스위칭 시퀀스를 제어한다.

[0072] +1VDC 회전 블록은 더 복잡한 구조를 갖는다. 1VDC 회전 발전기 블록으로부터 오는 제어 신호( $Rot +1VDC$ ) 외에도, 이는 SOC 밸런싱 블록으로부터의 2개의 제어 신호( $SOC_{rot1}$  및  $SOC_{rot3}$ )를 수신한다. 제1 신호( $SOC_{rot1}$ )는, 이 신호에 의해 지정되는 번호를 가진, 지능형 배터리 모듈의 출력에 포지티브 전압을 설정하기 위해 멀티플렉서(Switch 1)에 의해 사용된다. 이것은 해당 지능형 배터리 모듈에 대한 스위칭 조합 [1 0]을 제공함으로써 수행될 수 있다. 다른 3개의 지능형 배터리 모듈 전부는 0 스위칭 상태를 제공해야 한다. 컨버터의 출력에서, 전압이 +0VDC와 +1VDC 사이에서 변하는 경우, 신호( $Rot +1VDC$ )는 항상 "true"이고 다른 3개의 셀에 대한 0 스위칭 상태의 회전은 없다. 출력 전압이 +1VDC와 +2VDC 사이에서 변하는 경우, +2VDC 레벨의 생성에 관여되는 단지 하나의 특정 지능형 배터리 모듈에 대해서만 0 상태의 회전이 수행되어야 한다. 입력 신호( $Rot +1VDC$ )는 해당 지능형 배터리 모듈에 대해 2개의 가능한 0 상태 [1 1]과 [0 0] 사이의 스위칭 시퀀스를 제어한다.

[0073] 동일한 동작 원리가 -0VDC 회전 및 -1VDC 회전에 대해 유효하며, 입력 신호가  $SOC_{rot1}$  대신에  $SOC_{rot2}$ 이고  $Rot+1VDC$  대신에  $Rot-1VDC$ 인 것에만 차이가 있다. +2VDC 레벨 및 -2VDC 레벨 둘 모두에서 동작하는 셀의 번호를 나타내는  $SOC_{rot3}$  신호는 포지티브 회전 블록에 대해서와 동일하게 유지된다.

[0074] +2VDC 회전 블록 및 +3VDC 회전 블록은 4개의 입력 신호를 갖는 복잡한 구조를 가지며, 여기서 그 중 3개 ( $SOC_{rot1}$ ,  $SOC_{rot2}$  및  $SOC_{rot3}$ )는 SOC 밸런싱 블록으로부터 오고, 하나의 신호는 2VDC 회전 발전기 또는 3VDC 회전 발전기 중 어느 하나로부터 오며 특정 지능형 배터리 모듈에 대한 0 스위칭 상태 간의 변경 시퀀스를 제어하도록 의도되어 있다.

[0075] 다중 레벨 히스테리시스 제어에 관한 상세한 논의는 2017년 6월 12일자로 출원된 미국 가출원 제62/518331호 및 2017년 6월 16일자로 출원된 미국 가출원 제62/521227호에서 제공되며, 이들 출원은 참조에 의해 마치 전체가 기재된 것처럼 포함된다.

[0076] 로컬 ECU 기능 및 마스터 ECU 기능

[0077] 지능형 배터리 모듈(132) 동작(도 5 참조)을 관리하는, 전력 전자 컨버터 및 로컬 ECU(200)는 배터리의 초기 SOC를 측정하기 위해 충전 상태(SOC) 추정기를 이용하여 작동한다. 마스터 제어 시스템(ECU)(210)은, 도 17(도 5를 또한 참조)에 묘사된 바와 같이, 모든 지능형 배터리 모듈의 이러한 초기 SOC 데이터를 수신하고 이를 분류한다.

[0078] 다중 레벨 히스테리시스 제어를 위한 SOC 밸런싱 기술은 위에서 설명되었다. 다중 레벨 PWM의 경우, 이 밸런싱 방법론은 다음과 같다: 방전 이전에 모든 배터리가 밸런싱되어 있다고 가정하면, ACi 배터리 팩이 완전히 충전되었을 때 가장 강한 배터리는 가장 높은 초기 SOC를 가진 배터리이고 가장 약한 배터리는 가장 낮은 초기

SOC를 가진 배터리이다.

[0079] 이 데이터에 따라, 마스터 ECU(210)는 각각의 개별 지능형 배터리 모듈의 적절한 동작에 필요한 대응하는 스위칭 신호 어레이를 그의 배터리 용량에 기초하여 계산한다. 환언하면, 모듈의 충전 상태를 밸런싱하기 위해, 각각의 모듈의 SOC가 총 SOC와 비교되어야 하며, 총 SOC는 다음과 같이 계산될 수 있다:

$$SOC_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^n SOC_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

[0081] 여기서  $SOC_i$ 와  $Q_i$  - 제  $i$  지능형 배터리 모듈의 배터리의 개별 SOC와 용량 - 및 차이가 PI 제어기와 함께 각각의 모듈의 변조 지수(M)를 제어하는 데 사용될 수 있다. 모듈이 충전될 때 SOC 차이의 효과의 방향이 반대로 되어야 하는데, 그 이유는 이 경우에 더 높은 SOC를 갖는 모듈이 다른 모듈에 비해 더 적은 에너지를 받을 것으로 예상되기 때문이라는 점에 유의한다.

[0082] 지능형 배터리 모듈(132)의 로컬 제어 시스템은 이 정보를 획득하고, 따라서 이 시스템의 개별 DC 전류( $I_{DC1}$ ,  $I_{DC2} \dots I_{DCN}$ ) 및 DC 버스 전압(배터리 전압  $V_{B1}$ ,  $V_{B2} \dots V_{BN}$ )을 결정하는 각각의 지능형 배터리 모듈에 대한 상이한 스위칭 신호 어레이( $S_{1..N}$ )가 존재한다. 이러한 방식으로, 전력 관리가 동작하며, 내장형 전력 전자 유닛이 각각의 지능형 배터리 모듈의 출력 전력을 자율적으로 관리한다. 특정 시간에서 모든 배터리의 SOC가 수렴하도록, 가장 강한 배터리는 가장 높은 전류를 전달하고 가장 약한 배터리는 가장 적은 전류를 전달한다.

[0083] **슈퍼커패시터 모듈**

[0084] 지능형 배터리 모듈(132)(도 5)의 슈퍼커패시터 모듈(38)은 주 배터리(32) 및 출력 컨버터(52)에 병렬로 연결된다. 가속 동안, 커패시터 전압은 완전 충전(50Vdc)으로부터 그의 공칭 전압(17Vdc)의 대략 1/3로 방전될 수 있어, 커패시터 전압이 11kW의 유효 에너지(useful energy)를 전달할 수 있게 한다. 이 에너지 양은 5초 동안 하나의 지능형 배터리 모듈로부터 2.2kW의 전력을 취하고 ACi 배터리 팩에 30개의 지능형 배터리 모듈이 배치되어 있다면 총 66kW를 취할 수 있게 하며, 이는 배터리 수명에 대한 손상 없이 양호한 가속을 위한 충분한 전력과 시간이다. 감속(회생 제동) 동안, 에너지가 유사한 방식으로 회수되어, 슈퍼커패시터를 다시 충전시킨다.

[0085] 차량이 가속할 때, 배터리는 모터가 필요로 하는 양의 전류를 전달한다. 이 전류가 배터리에 대한 전류 한계를 초과하면, 슈퍼커패시터가 차이분(difference)을 제공한다. 회생 제동 동작도 유사하다. 이 경우에, 모터는 회수된 에너지를 배터리로 전달하는 발전기로서 작동하지만, 주입된 전류가 한계를 초과하면, DC-DC 컨버터가 초과분(excess)을 슈퍼커패시터에 주입한다.

[0086] DC-DC 컨버터는 두 가지 방식으로 작동한다: 슈퍼커패시터를 방전시키는 가속을 위해 사용되는 부스트(Boost) 동작; 및 슈퍼커패시터를 충전시키는, 감속(회생 제동)을 위해 사용되는 벅(Buck) 동작. 부스트 동작(가속) 동안, 커패시터로부터 배터리 팩으로 요구된 양의 에너지를 전달하기 위해 MOSFET( $S_2$ )는 제어된 듀티 사이클(D)로 스위칭 온 및 오프된다.  $S_2$ 가 ON일 때, 에너지가 슈퍼커패시터로부터 빼내어져 인덕터( $L_c$ )에 저장된다.  $S_2$ 가 OFF로 스위칭될 때,  $L_c$ 에 저장된 에너지는  $C_f$  내로,  $S_1$ 을 통해, 이어서 모터 및/또는 배터리 내로 전달된다. 벅 동작 동안, 컨버터는 배터리로부터의 에너지를 슈퍼커패시터로 유입시킨다. 해당 동작은  $S_1$ 에 대한 제어된 동작으로 달성된다.  $S_1$ 이 ON으로 스위칭될 때, 에너지가 배터리로부터 슈퍼커패시터로 가고,  $L_c$ 는 이 에너지의 일부를 저장한다.  $S_1$ 이 OFF로 스위칭될 때,  $L_c$ 에 저장된 남아 있는 에너지는  $S_2$ 의 다이오드를 통해 슈퍼커패시터 내로 전달된다.

[0087] 1차 에너지 소스인 배터리는 가장 높은 에너지 함량(energy content)을 갖는 것이며, 따라서 모터가 필요로 하는 평균 전력을 공급해야 한다. 슈퍼커패시터는 2차 에너지 소스이며 순간 부하 전력 피크를 제공/흡수함으로써 배터리를 보조한다.

[0088] 2개의 소스와 모터 사이의 전력 흐름 관리의 중복적 구조는 도 18에 제시되어 있다. 이는 각각의 소스의 전기적 특성(단자 전압 및 전류)과 부하의 전기적 특성 간의 완전한 분리를 가능하게 하기 때문에 전력 제어 방법 중에서도 장점이 있다. 전력 흐름 제어기 1은 지능형 배터리 모듈의 로컬 ECU로부터 기준 배터리 전력 흐름( $P_{BATT\_REF}$ )의 신호를 수신한다. 이 신호는 모터 전력( $P_{IBATTERY}$ ) 요구사항 및 개별 지능형 배터리 모듈의 배터리의 SOC에 기초하여 마스터 ECU에 위치한 주 전력 관리 제어기에 의해 결정된다. 전력 흐름 제어기 1은 최대 허용

배터리 충전/방전 전류를 추정하고 실제 허용 배터리 전력 흐름( $P_{BATT}$ )을 계산한다. 이 신호는  $P_{iBATTERY}$ 와 비교되고, 이들의 차이가 신호( $P_{SC, REF}$ )로서 전력 흐름 제어기 2에 인가된다. 이 제어기는 슈퍼커패시터 전압( $V_{SC}$ )에 기초하여  $I_{SCM}$  전류를 계산하고, 슈퍼커패시터 모듈의 벅/부스트 컨버터에 대한 스위칭 신호( $S_1$  및  $S_2$ )를 결정하며, 이에 대한 기본적인 동작 원리는 위에서 설명되었다. 따라서,  $P_{iBATTERY}$  흐름은 출력 컨버터에 의해 제공되고,  $P_{BATT}$ 는 최대 배터리 전류 및 실제 SOC에 기초하여 추정되며  $P_{iBATTERY}$ 와  $P_{SC}$  사이의 차이로서 확보되고, 여기서 마지막 것은 슈퍼커패시터 모듈의 컨버터에 의해 관리된다.

[0089] 슈퍼커패시터 모듈에 의해 수행되는 다른 중요한 기능은 단상 시스템의 고유 맥동 전력 속성의 결과로서 출력 컨버터의 DC 전류( $I_{DC}$ )에 나타나는 2차 전류 고조파의 능동 필터링이다.  $V(t)_{OUT}$  및  $I(t)_{OUT}$ 을 지능형 배터리 모듈의 출력 전압 및 전류라고 간주하면:

$$V(t)_{OUT} = Vm_{OUT} \cos(\omega t)$$

$$I(t)_{OUT} = Im_{OUT} \cos(\omega t + \varphi);$$

[0091] 지능형 배터리 모듈의 순간 입력-출력 전력 밸런스는 다음과 같이 주어진다:

$$P(t)_{OUT} = V(t)_{OUT}I(t)_{OUT} = \frac{1}{2}Vm_{OUT}Im_{OUT} \cos(\varphi) + \frac{1}{2}Vm_{OUT}Im_{OUT}\cos(2\omega t + \varphi)$$

[0093] 첫 번째 상수 항(constant term)은 배터리를 충전/방전시키는 데 사용되는 평균 전력을 지칭한다. 그렇지만, 두 번째 진동 항(oscillating term)은 평균 배터리 SOC에 기여하지 않는다. 이 성분은, 1(unity)의 변조 지수에서 그리드 전류 진폭의 2배에까지 도달할 수 있는, 상당한 피크 대 피크 값을 갖는다. 2차 전류 성분은 몇 가지 단점, 예를 들어, 결과적인 전류 RMS 값은 물론 배터리 거동의 주기적인 변화에 관련된 내부 배터리 저장 손실의 증가를 나타낸다.

[0094] 능동 필터링 경우에 대한 주 파형은 도 20a 및 도 20b에 도시되어 있다. 슈퍼커패시터는 배터리 전류( $I_B$ )에서의 2차 고조파를 제거하는 것을 목표로 하는 능동 필터로서 작용한다. 보상이 시작되기 전에(시각(time moment)  $t_1$  이전에), 배터리의 전류( $I_B$ )는 DC 성분( $I_B=130A$ ) 및 진폭( $I_{2AC} = 60A$ )을 갖는 2차 성분을 포함한다. 시각  $t_1$ 부터 시작하여, 슈퍼커패시터 모듈은 슈퍼커패시터 전류( $I_{SC}$ )를 생성하여, 전류( $I_B$ )의 2차 고조파를 슈퍼커패시터로 리디렉션하기 시작한다(도 20b 참조). 도 20a에 도시된 바와 같이, 배터리에서의 결과적인 전류( $I_B$ )가 DC 성분만 또는 일부 크게 감소된 AC 리플을 갖는 대체로 DC 성분 중 어느 하나를 포함하도록, 이 전류( $I_{SC}$ )는  $I_{DC}$  전류(도 19 참조)의 2차 고조파의 진폭과 동일한 주 고조파의 진폭을 갖지만 거의 반대 위상 각(phase angle)을 갖는다.

[0095] 높은 RPM에서, 2차 전류 고조파는 필터링 커패시터( $C_F$ )에 의해 크게 억제되고, 슈퍼커패시터 모듈의 동작이 요구되지 않는다.

[0096] 도 21은 RL 부하로서 제시되는 단상 부하에 연결된 단상 9-레벨 4-사분면 지능형 배터리 팩을 도시한다. 이 시스템은 주거용 또는 상업용 건물의 에너지 저장 및 차단 가능한 전력 공급 시스템에 사용될 수 있다.

[0097] 도 22는 3상 스위치드 릴럭턴스 모터(SRM)에 연결된 3개의 9-레벨 2-사분면 단상 지능형 배터리 팩을 포함하는 3상 지능형 배터리 팩을 도시한다. 다중 레벨 히스테리시스 전류 제어기 및 지능형 배터리 팩의 사용은 SRM의 효율성 및 전체적인 성능을 향상시키는 것은 물론 토크 리플 및 음향 소음의 상당한 감소를 가능하게 한다.

[0098] 전술한 설명에서, 다수의 특정 세부사항은 본 실시예의 완전한 이해를 제공하기 위해 주어진다. 그렇지만, 본 실시예가 이러한 특정 세부 사항 없이 실시될 수 있다는 것이 명백할 것이다. 명확성을 향상시키기 위해, 일부 잘 알려진 회로, 시스템 구성, 및 프로세스 단계는 상세히 설명되지 않을 수 있다. 다른 경우에, 본 발명을 모호하게 하는 것을 피하기 위해, 구조체 및 디바이스가 블록 다이어그램 형태로 도시되어 있다.

[0099] 본 개시의 실시예를 도시한 도면은 반-도식적(semi-diagrammatic)이고 일정한 축척으로 되어 있지 않으며, 특히 치수 중 일부는 표현의 명확성을 위한 것이고 도면에 과장되어 도시되어 있다.

[0100] "일 실시예" 또는 "실시예" 또는 "특정 실시예"에 대한 전술한 설명에서의 언급은 그 실시예와 관련하여 설명된 특정 특징, 구조, 또는 특성이 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함된다는 것을 의미한다. 명세서의 여러

곳에서 나오는 문구 "일 실시예에서"는 모두가 반드시 동일한 실시예를 지칭하는 것은 아니다.

[0101] 상세한 설명의 일부 부분이 컴퓨터 메모리 내에서의 데이터 비트에 대한 연산의 알고리즘 및 심벌 표현으로 제시되어 있다. 이러한 알고리즘적 설명 및 표현은 데이터 프로세싱 분야의 통상의 기술자에 의해 본 기술 분야의 다른 통상의 기술자에게 자신의 연구의 내용을 가장 효과적으로 전달하는 데 사용되는 방법이다. 알고리즘은 여기서 일반적으로 원하는 결과에 이르게 하는 자체 일관성 있는 단계 시퀀스인 것으로 생각된다. 단계는 물리적 양의 물리적 조작을 요구하는 하는 것이다. 반드시 그럴 필요는 없지만, 보통 이러한 양은 저장, 전송, 결합, 비교, 그리고 다른 방식으로 조작될 수 있는 전기 또는 자기 신호의 형태를 취한다. 원칙적으로 통상적인 사용의 이유로 이러한 신호를 비트, 값, 요소, 심벌, 문자, 용어, 숫자 등으로서 지칭하는 것이 때때로 편리하다는 것이 입증되었다.

[0102] 그렇지만, 이들 및 유사한 용어 모두가 적절한 물리적 양과 연관되어 있고 이 양에 적용되는 편리한 라벨에 불과하다는 것을 염두에 두어야 한다. 달리 구체적으로 언급되지 않는 한, 이하의 개시로부터 명백한 바와 같이, 본 개시 전반에 걸쳐, "프로세싱", "계산", "산출", "결정", "디스플레이" 등과 같은 용어가, 컴퓨터 시스템의 레지스터 및 메모리 내의 물리적(전자적) 양으로 표현된 데이터를 조작하여, 컴퓨터 시스템의 메모리 또는 레지스터 또는 다른 그러한 정보 저장, 전송 또는 디스플레이 디바이스 내의 물리적 양으로 유사하게 표현되는 다른 데이터로 변환하는 컴퓨터 시스템 또는 유사한 전자 컴퓨팅 디바이스의 액션 및 프로세스를 지칭한다는 것이 이해된다.

[0103] 본 실시예는 또한 본 명세서에서의 동작을 수행하기 위한 장치에 관한 것이다. 이 장치는 요구된 목적을 위해 특별히 구성될 수 있거나, 또는 컴퓨터에 저장된 컴퓨터 프로그램에 의해 선택적으로 활성화되거나 재구성되는 범용 컴퓨터일 수 있다. 본 실시예는 전적으로 하드웨어인 실시예, 전적으로 소프트웨어인 실시예, 또는 하드웨어 요소와 소프트웨어 요소 둘 모두를 포함하는 실시예의 형태를 취할 수 있다. 일 실시예에서, 본 실시예는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장된 명령어 또는 데이터를 포함하는 소프트웨어로 구현되며, 소프트웨어는 펌웨어, 상주 소프트웨어, 마이크로코드 또는 프로세서에 의한 실행을 위한 명령어를 저장하는 다른 방법을 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

[0104] 게다가, 본 실시예는 컴퓨터 또는 임의의 명령어 실행 시스템에 의해 또는 이와 관련하여 사용하기 위한 프로그램 코드를 제공하는 컴퓨터 사용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체로부터 액세스 가능한 컴퓨터 프로그램 제품의 형태를 취할 수 있다. 이 설명의 목적을 위해, 컴퓨터 사용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체는 명령어 실행 시스템, 장치 또는 디바이스에 의해 또는 이와 관련하여 사용하기 위한 프로그램을 포함하거나, 저장하거나 또는 전송할 수 있는 임의의 장치이다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체는 전자, 자기, 광학, 전자기, 적외선, 또는 반도체 시스템(또는 장치 또는 디바이스) 또는 전파 매체일 수 있다. 유형적(tangible) 컴퓨터 판독 가능 저장 매체의 예는, 전자 명령어를 저장하기에 적합하고 컴퓨터 시스템 버스에 각각 결합되는, 반도체 또는 솔리드 스테이트 메모리, 자기 테이프, 이동식 컴퓨터 디스켓, RAM(random access memory), ROM(read-only memory), 강성 자기 디스크, 광학 디스크, EPROM, EEPROM, 자기 카드 또는 광학 카드, 또는 임의의 유형의 컴퓨터 판독 가능 저장 매체를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 광학 디스크의 예는 CD-ROM(compact disk-read only memory), CD-R/W(compact disk-read/write) 및 DVD(digital video disc)를 포함한다.

[0105] 본 명세서에서 개시된 실시예가 메모리, 스토리지, 및/또는 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함하거나 이와 관련하여 동작하는 한, 해당 메모리, 스토리지 및/또는 컴퓨터 판독 가능 매체는 비일시적이다. 따라서, 메모리, 스토리지 및/또는 컴퓨터 판독 가능 매체가 하나 이상의 청구항에 의해 커버되는 한, 해당 메모리, 스토리지 및/또는 컴퓨터 판독 가능 매체는 단지 비일시적이다. 용어 "비일시적" 및 "유형적"은, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 전과하는 전자기 신호를 제외한 메모리, 스토리지 및/또는 컴퓨터 판독 가능 매체를 설명하는 것으로 의도되고, 메모리, 스토리지 및/또는 컴퓨터 판독 가능 매체의 유형을 저장의 지속성 또는 다른 측면에서 제한하는 것으로 의도되지 않는다. 예를 들어, "비일시적" 및/또는 "유형적" 메모리, 스토리지 및/또는 컴퓨터 판독 가능 매체는 랜덤 액세스 매체(예를 들어, RAM, SRAM, DRAM, FRAM 등), 판독 전용 매체(예를 들어, ROM, PROM, EPROM, EEPROM, 플래시 등) 및 이들의 조합(예를 들어, 하이브리드 RAM 및 ROM, NVRAM 등) 및 이들의 이후에 개발된 변형과 같은 휘발성 및 비휘발성 매체를 포함한다.

[0106] 프로그램 코드를 저장 및/또는 실행하는 데 적합한 데이터 프로세싱 시스템은 시스템 버스를 통해 메모리 요소에 직접적으로 또는 간접적으로 결합되는 적어도 하나의 프로세서를 포함한다. 메모리 요소는 프로그램 코드의 실제 실행 동안 이용되는 로컬 메모리, 벌크 스토리지(bulk storage), 및 코드가 실행 동안 벌크 스토리지로부터 검색되어야만 하는 횡수를 감소시키기 위해 적어도 일부 프로그램 코드의 일시적 저장을 제공하는 캐시 메모



리를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 입/출력(I/O) 디바이스(예컨대, 키보드, 디스플레이, 포인팅 디바이스 또는 데이터를 수신하거나 데이터를 제시하도록 구성된 다른 디바이스)는 직접적으로 또는 개재하는 I/O 제어기를 통해서 중 어느 하나로 시스템에 결합된다.

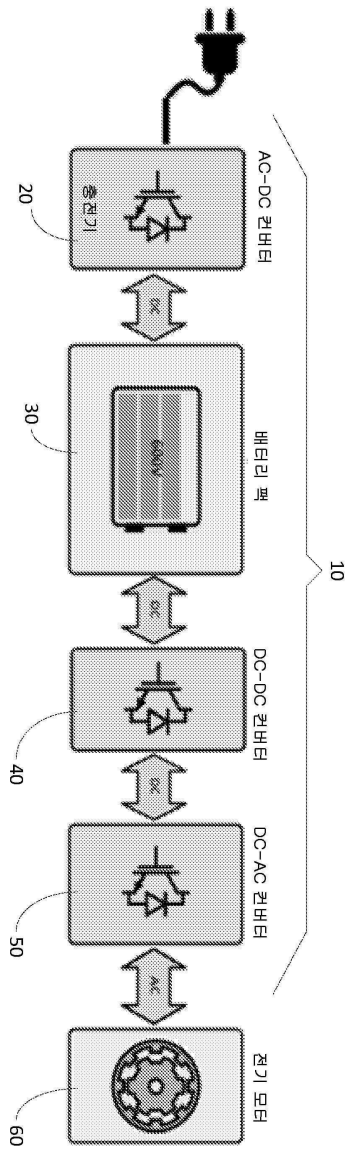
- [0107] 데이터 프로세싱 시스템이 개재하는 사설 또는 공중 네트워크를 통해 다른 데이터 프로세싱 시스템 또는 원격 프린터 또는 저장 디바이스에 결합할 수 있게 하기 위해 네트워크 어댑터가 또한 데이터 프로세싱 시스템에 결합될 수 있다. 모뎀, 케이블 모뎀 및 이더넷 카드는 현재 이용 가능한 유형의 네트워크 어댑터의 예에 불과하다.
- [0108] 마지막으로, 본 명세서에서 제시되는 방법 및 디스플레이는 임의의 특정 컴퓨터 또는 다른 장치에 본질적으로 관련되어 있지 않다. 다양한 범용 시스템이 본 명세서에서의 교시에 따라 프로그램과 함께 사용될 수 있거나, 더 특수화된 장치를 요구된 방법 단계를 수행하도록 구성하는 것이 편리한 것으로 판명될 수 있다. 각종의 이러한 시스템에 대한 요구된 구조가 아래의 설명으로부터 나타날 것이다. 각종의 프로그래밍 언어가 본 명세서에서 설명된 바와 같이 본 발명의 교시를 구현하는 데 사용될 수 있다는 것이 이해될 것이다.
- [0109] 도면 및 상세한 설명은 특정 실시예를 단지 예시로서 설명한다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는, 본 명세서에서 설명된 원리를 벗어나지 않으면서, 본 명세서에서 예시된 구조 및 방법의 대안의 실시예가 이용될 수 있다는 것을 전술한 설명으로부터 즉각 인식할 것이다. 그 예가 첨부 도면에 예시되어 있는 몇몇 실시예에 대해 이제 상세하게 언급될 것이다. 실시 가능한 경우, 유사하거나 비슷한 기능을 나타내기 위해 유사하거나 비슷한 참조 번호가 도면에서 사용될 수 있다는 점에 유의한다.
- [0110] 본 개시의 실시예는 지능형 배터리 팩 또는 지능형 배터리 팩 시스템의 구성 유닛으로서 사용되는 지능형 배터리(iBattery) 모듈을 위한 컨버터-배터리 모듈 아키텍처에 관한 것이다. 실시예에서, iBattery 모듈은 배터리 유닛, 슈퍼커패시터 또는 울트라 커패시터 모듈 유닛 및 출력 컨버터 유닛을 포함한다. 실시예에서, iBattery 모듈의 로컬 제어 유닛은 iBattery 모듈의, 온도, 전압 및 전류 센서 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 것으로부터의 신호; 반도체 스위치로 및 반도체 스위치로부터의 트리거링 및 장애 신호; 배터리 유닛 및 슈퍼커패시터 모듈의 기본 셀의 전압을 수신, 프로세싱 및 전송하도록 구성된다. 실시예에서, 로컬 제어 시스템은 복수의 iBattery 모듈을 포함하는 지능형 교류 배터리 팩(ACi-배터리 팩)의 마스터 제어 유닛과의 통신 및 이로부터의 대응하는 제어 신호의 전송을 수행한다.
- [0111] 본 개시의 실시예는 각각의 상에서 함께 상호연결된 2개 이상의 iBattery 모듈을 포함하는 지능형 교류 배터리 팩(ACi-배터리 팩)에 관한 것이다. 실시예에서, 임의의 형상 및 주파수의 출력 전압은 ACi-배터리 팩의 출력에서 개별 iBattery 모듈의 출력 전압의 중첩으로서 생성될 수 있다.
- [0112] 본 개시의 실시예는 ACi-배터리 팩에서의 SOC 및 iBattery 간의 밸런싱을 제공하기 위해 ACi-배터리 팩을 제어하는 다중 레벨 전류 히스테리시스 제어 방법에 관한 것이다. 실시예에서, 이 방법은 ACi-배터리 팩 내의 모든 iBattery 모듈 간의 전력 공유를 가능하게 한다. 실시예에서, 모든 iBattery 모듈 간의 전력 공유는 iBattery의 배터리 모듈의 SOC가 동작 동안 언제나 밸런싱되도록 유지하기 위해 사용될 수 있으며, 이는 용량의 가능한 차이에 관계없이 각각의 모듈의 전체 용량이 이용되도록 보장한다.
- [0113] 본 개시의 실시예는 자동차 및 고정 에너지 저장 시스템에 관련된 본 명세서에서 설명된 프로세스, 방법론 및 시스템에 관한 것이다.
- [0114] 본 개시의 실시예는 새시, 새시에 동작 가능하게 결합된 3개 이상의 바퀴, 3개 이상의 바퀴에 동작 가능하게 결합된 하나 이상의 전기 모터, 하나 이상의 모터에 동작 가능하게 결합된 하나 이상의 지능형 모듈식 배터리 팩, 및 하나 이상의 배터리 팩 및 하나 이상의 모터에 동작 가능하게 결합된 제어 시스템을 갖는 전기 차량에 관한 것이다.
- [0115] 실시예에서, 새시는 구동계가 없다(drivetrain-less). 실시예에서, 하나 이상의 모터는 인휠 모터이다.
- [0116] 실시예에서, 하나 이상의 지능형 모듈식 배터리 팩은 캐스케이드형 상호연결된 아키텍처를 갖는다.
- [0117] 실시예에서, 배터리 팩은 복수의 상호연결된 지능형 배터리 모듈을 포함한다.
- [0118] 실시예에서, 배터리 모듈은 피어-투-피어 통신 능력을 갖는 네트워크화된 저전압 컨버터/제어기, 임베디드 울트라 커패시터 또는 슈퍼커패시터, 배터리 관리 시스템 및 직렬로 연결된 개별 셀 세트의 통합된 조합을 포함한다.

- [0119] 실시예에서, 배터리 팩은 복수의 상호연결된 지능형 배터리 모듈을 포함하는 신경 네트워크를 포함한다.
- [0120] 실시예에서, 배터리 모듈은 BMS를 갖는 배터리, 슈퍼커패시터 모듈, 및 출력 컨버터의 통합된 조합을 포함한다.
- [0121] 실시예에서, 슈퍼커패시터 모듈은 양방향 DC-DC 컨버터 및 슈퍼커패시터 बैं크를 포함한다.
- [0122] 실시예에서, 출력 컨버터는 4-사분면 H-브리지를 포함한다.
- [0123] 실시예에서, 제어 시스템은 양방향 다중 레벨 제어를 포함한다.
- [0124] 실시예에서, 양방향 다중 레벨 제어기는 양방향 다중 레벨 히스테리시스 제어기이다.
- [0125] 실시예에서, 양방향 다중 레벨 제어기는 온도 센서 및 네트워킹 인터페이스 로직과 조합된다.
- [0126] 실시예에서, 제어 시스템은 모듈 수명, 열 조건 및 성능 특성에 기초한 모듈의 개별 스위칭을 통해 배터리 이용을 밸런싱하도록 구성된다.
- [0127] 실시예에서, 배터리 팩은 정류기/충전기 동작으로 스위칭 가능하다.
- [0128] 본 개시의 실시예는 복수의 상호연결된 지능형 배터리 모듈을 포함하는 캐스케이드형 아키텍처를 포함하는 지능형 모듈식 배터리 팩에 관한 것이다.
- [0129] 실시예에서, 배터리 모듈은 피어-투-피어 통신 능력을 갖는 네트워크화된 저전압 컨버터/제어기, 임베디드 울트라 커패시터, 배터리 관리 시스템 및 직렬로 연결된 개별 셀 세트의 통합된 조합을 포함한다.
- [0130] 실시예에서, 상호연결된 지능형 배터리 모듈은 신경 네트워크를 포함한다.
- [0131] 실시예에서, 배터리 모듈은 BMS를 갖는 배터리, 슈퍼커패시터 모듈, 및 출력 컨버터의 통합된 조합을 포함한다.
- [0132] 실시예에서, 슈퍼커패시터 모듈은 양방향 DC-DC 컨버터 및 슈퍼커패시터 बैं크를 포함한다.
- [0133] 실시예에서, 출력 컨버터는 4-사분면 H-브리지를 포함한다.
- [0134] 본 개시의 실시예는 피어-투-피어 통신 능력을 갖는 통합된 저전압 컨버터/제어기, 임베디드 울트라 커패시터, 배터리 관리 시스템, 및 복수의 직렬 연결된 개별 셀 세트를 포함하는 지능형 배터리 모듈에 관한 것이다.
- [0135] 본 개시의 실시예는 통합된 BMS를 갖는 배터리, 배터리에 동작 가능하게 결합된 슈퍼커패시터 모듈, 및 배터리 및 슈퍼커패시터 모듈에 동작 가능하게 결합된 출력 컨버터를 포함하는 지능형 배터리 모듈에 관한 것이다.
- [0136] 실시예에서, 슈퍼커패시터 모듈은 양방향 DC-DC 컨버터 및 슈퍼커패시터 बैं크를 포함한다.
- [0137] 실시예에서, 출력 컨버터는 4-사분면 H-브리지를 포함한다.
- [0138] 본 명세서에서 제공된 임의의 실시예와 관련하여 설명된 모든 특징, 요소, 컴포넌트, 기능, 및 단계는 임의의 다른 실시예로부터의 것과 자유롭게 조합 가능하고 대체 가능하도록 의도된다. 특정 특징, 요소, 컴포넌트, 기능 또는 단계가 단지 하나의 실시예와 관련하여 설명되는 경우, 명시적으로 달리 언급되지 않는 한, 그 특징, 요소, 컴포넌트, 기능, 또는 단계가 본 명세서에 설명된 모든 다른 실시예와 함께 사용될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서 이 단락은, 언제라도, 이하의 설명이, 특정의 경우에, 그러한 조합 또는 대체가 가능하다는 것을 명시적으로 언급하지 않더라도, 상이한 실시예로부터의 특징, 요소, 컴포넌트, 기능, 및 단계를 조합하거나 일 실시예로부터의 특징, 요소, 컴포넌트, 기능, 및 단계를 다른 실시예의 것으로 대체하는 청구항의 도입에 대한 선행 근거 및 서면 지원으로서 역할한다. 모든 가능한 조합 및 대체의 명시적 인용은 과도하게 부담이 되는데, 각각의 모든 그러한 조합 및 대체의 허용이 이 설명을 읽을 때 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 용이하게 인식될 것인 경우 특히 그렇다.
- [0139] 많은 경우에, 엔티티는 본 명세서에서 다른 엔티티에 결합되는 것으로 설명된다. 용어 "결합된" 및 "연결된" 또는 이들의 형태 중 임의의 것이 본 명세서에서 상호 교환 가능하게 사용되고, 이들 경우 둘 모두에서, 임의의 무시할 수 없는, 예를 들어, 기생적인 개재 엔티티 없이 2개의 엔티티의 직접적인 결합(direct coupling) 및 하나 이상의 무시할 수 없는 개재 엔티티에 의한 2개의 엔티티의 간접적인 결합(indirect coupling)에 대해 통칭적(generic)인 것임이 이해되어야 한다. 엔티티들이 함께 직접적으로 결합된 것으로 도시되거나 임의의 개재 엔티티의 설명 없이 함께 결합된 것으로 설명된 경우, 문맥이 달리 명백히 언급하지 않는 한, 그 엔티티들이 함께 간접적으로도 결합될 수 있음이 이해되어야 한다.
- [0140] 실시예가 다양한 수정 및 대안의 형태로 가능하지만, 이들의 특정 예가 도면에 도시되어 있으며 본 명세서에서

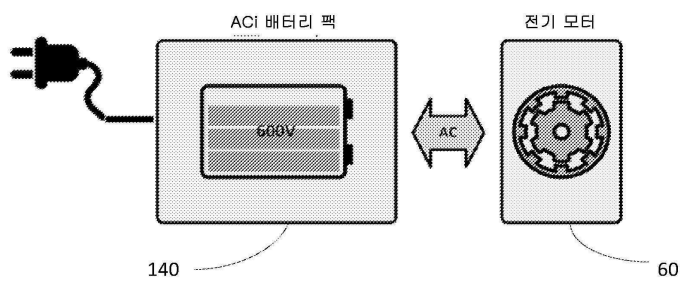
상세히 설명된다. 그렇지만, 이러한 실시예가 개시된 특정 형태로 제한되지 않으며, 그와 반대로, 이러한 실시예가 본 개시의 사상 내에 속하는 모든 수정, 등가물, 및 대안을 커버하는 것으로 이해되어야 한다. 게다가, 실시예의 임의의 특징, 기능, 단계, 또는 요소는 물론, 청구항의 발명 범위를 그 범위 내에 있지 않은 특징, 기능, 단계, 또는 요소에 의해 한정하는 부정적 제한이 청구항에 열거되거나 추가될 수 있다.

도면

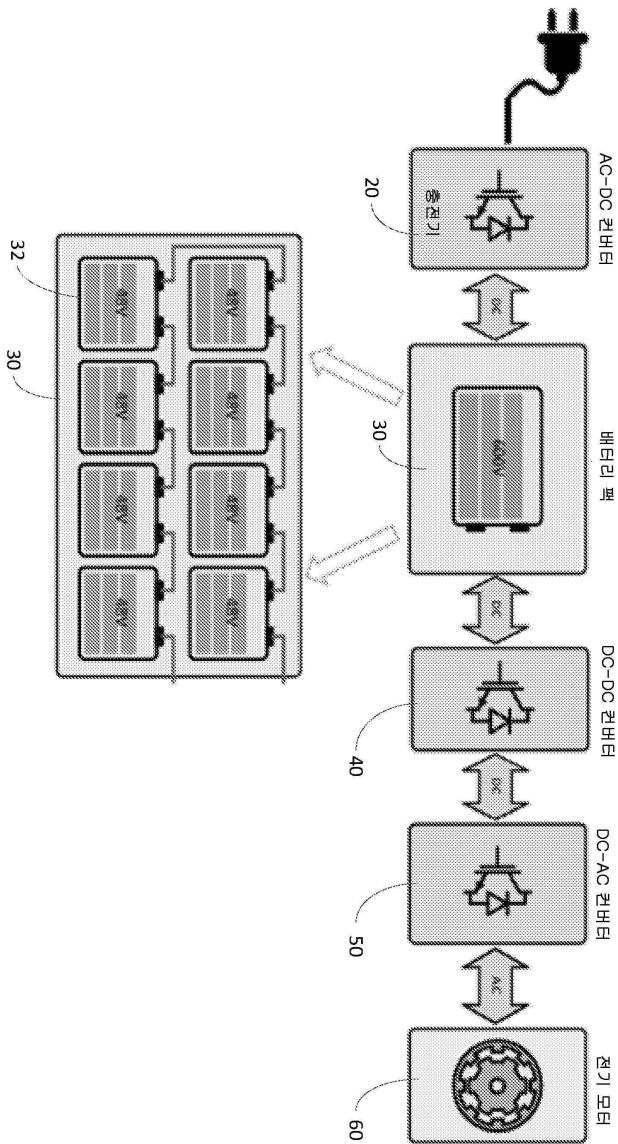
도면1



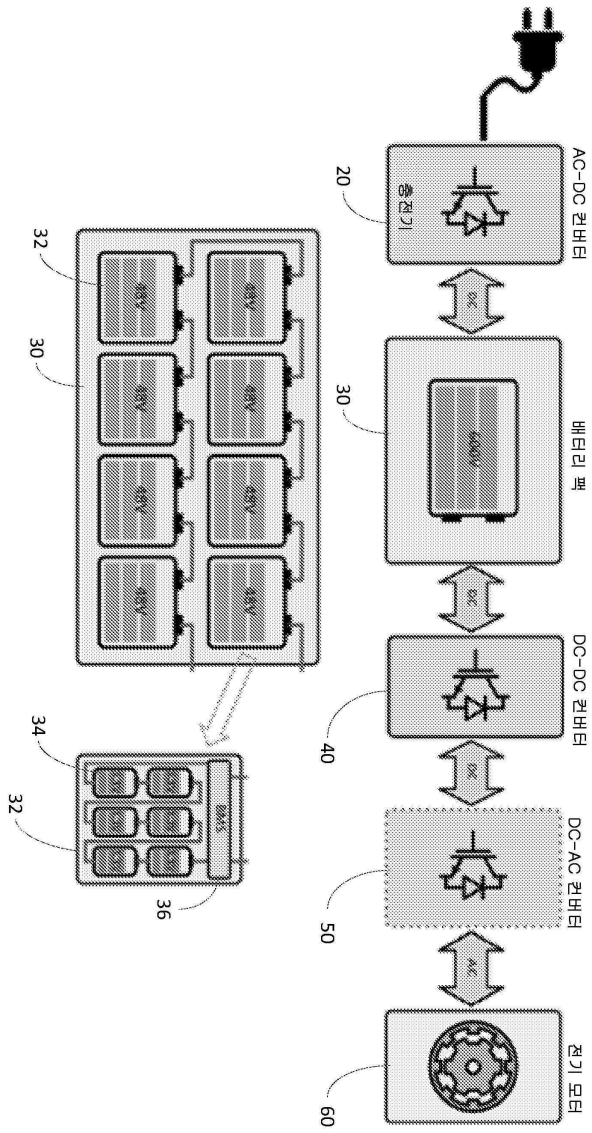
도면2



도면3a

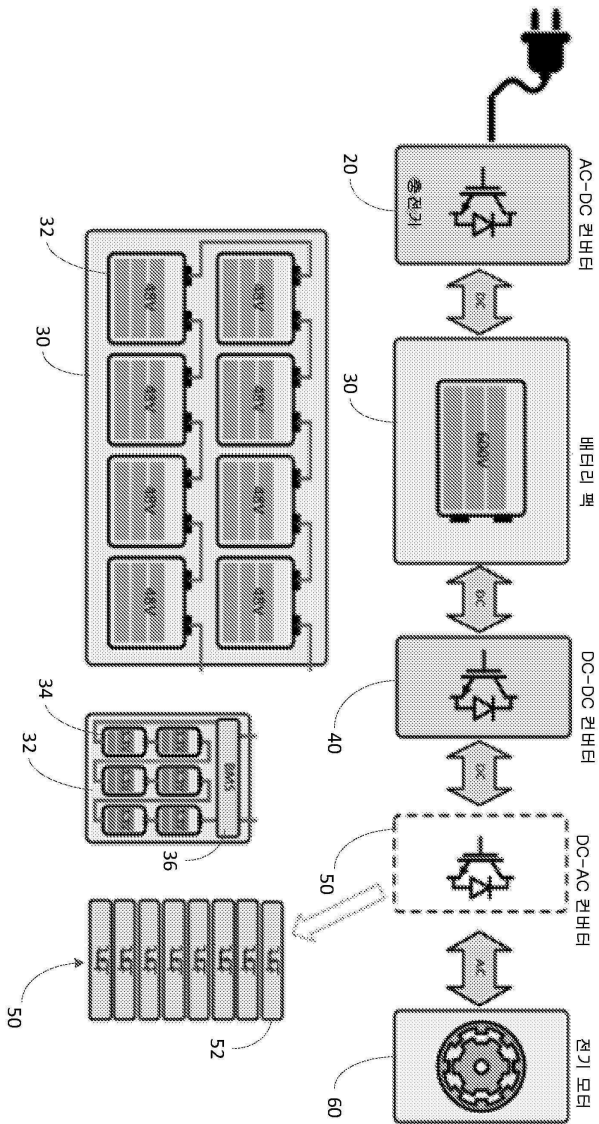


도면3b

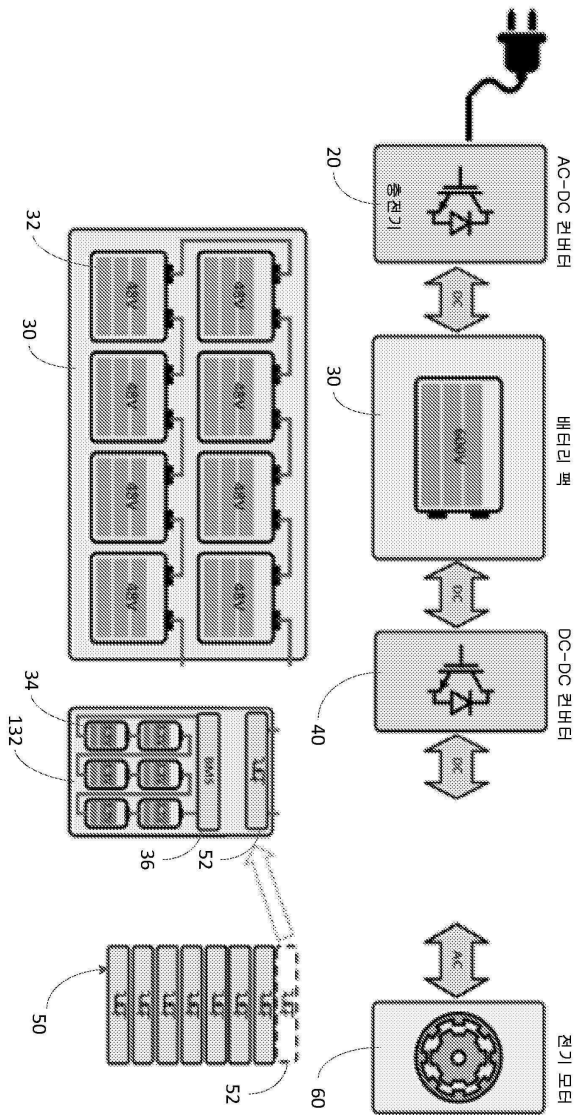




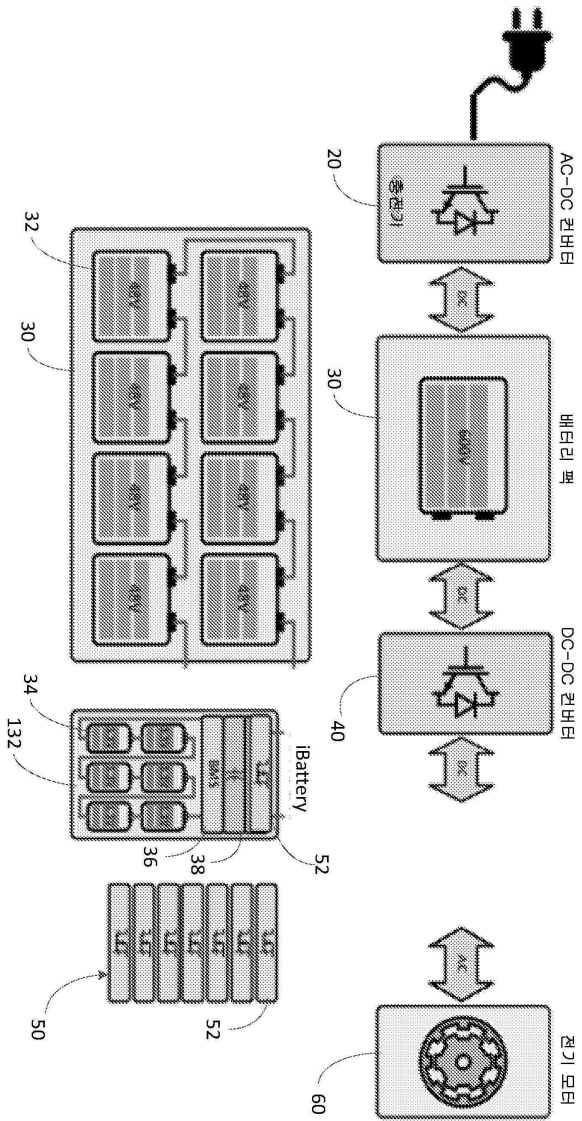
도면3c



도면3d

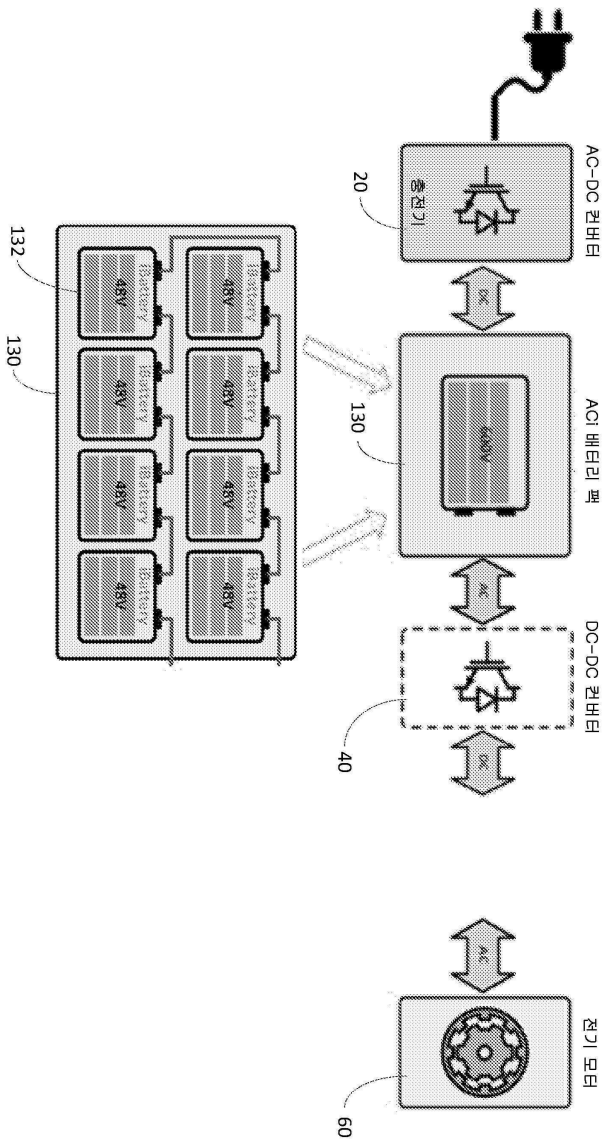


도면3e

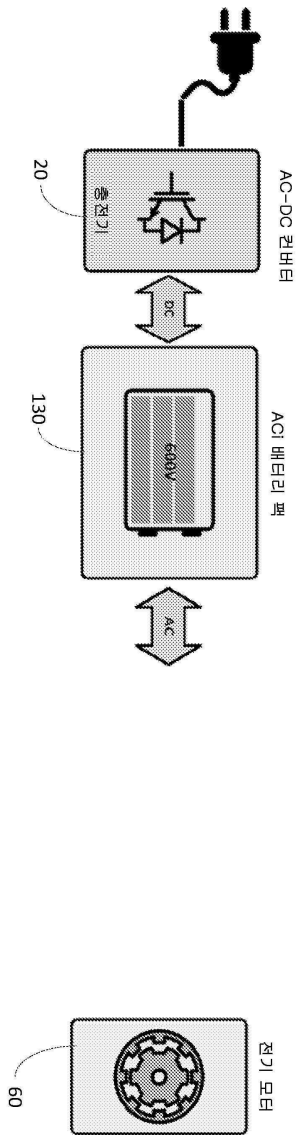




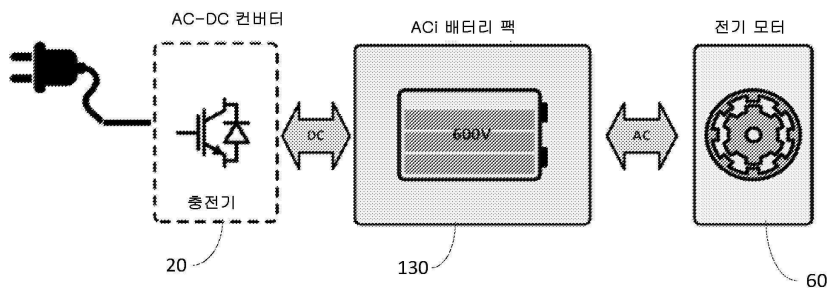
도면3f



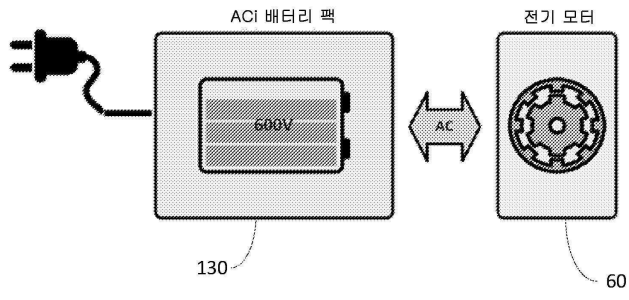
도면3g



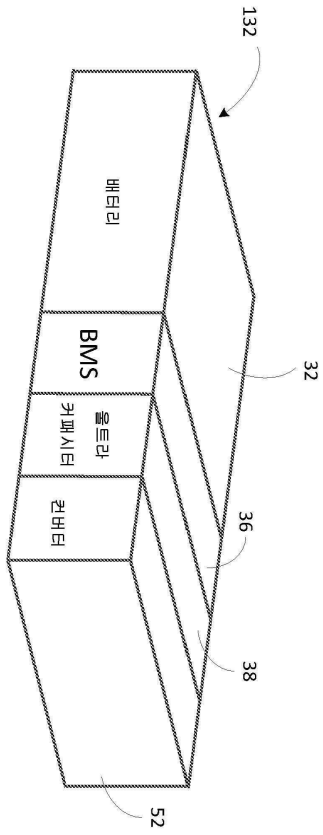
도면3h



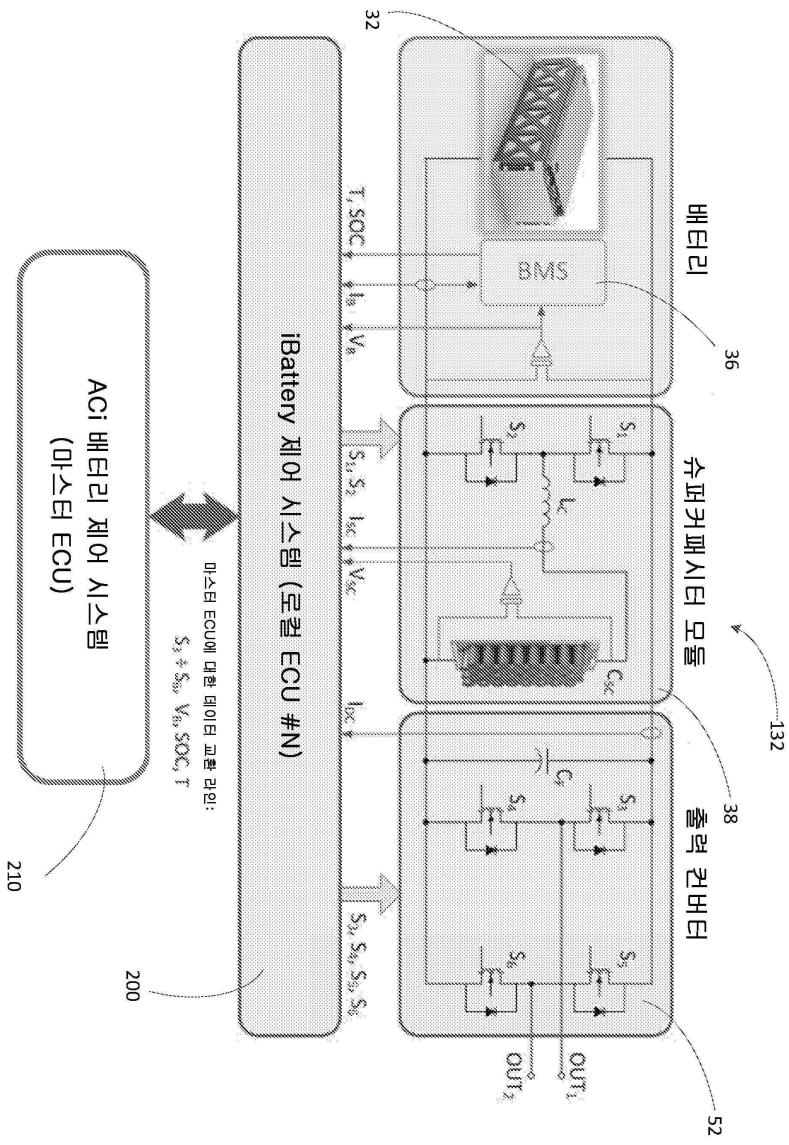
도면3i



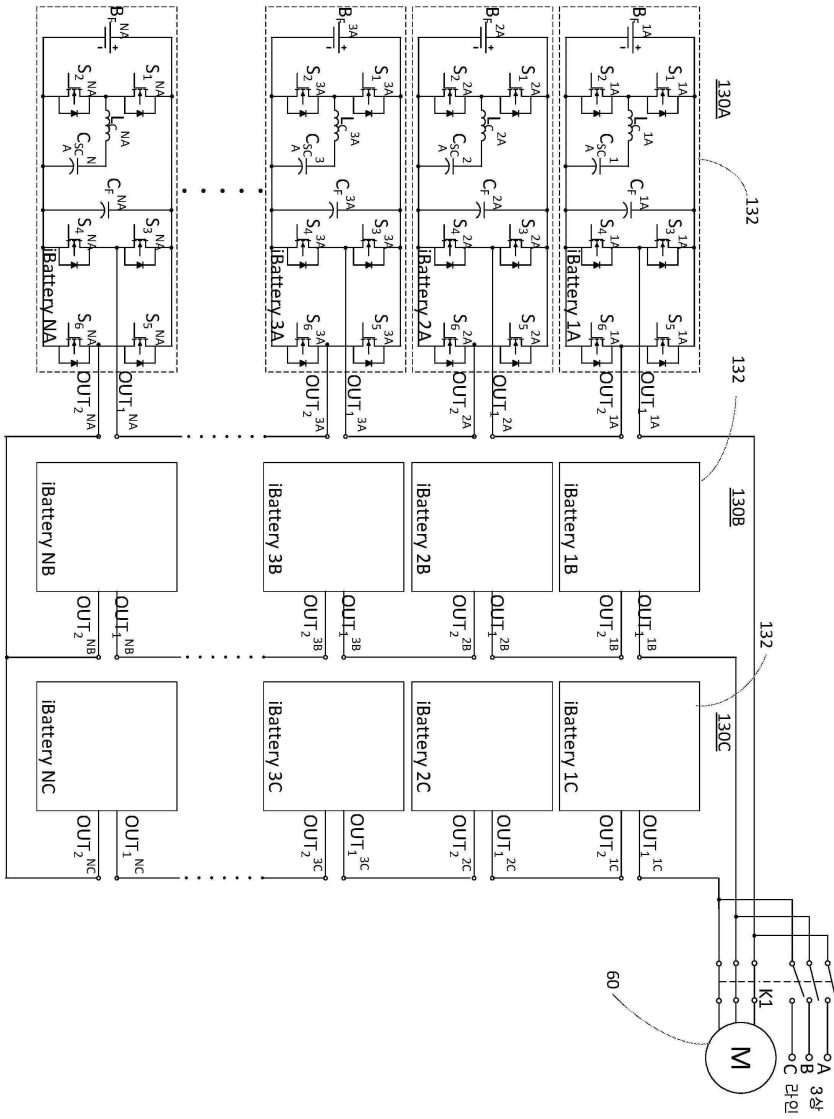
도면4



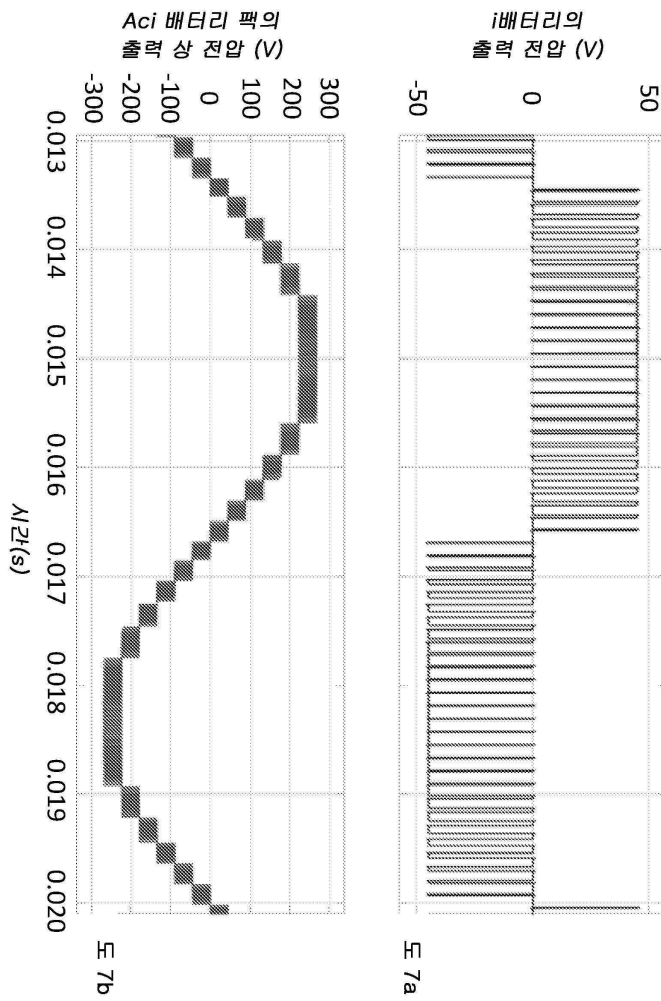
도면5



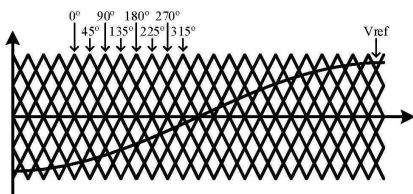
도면6



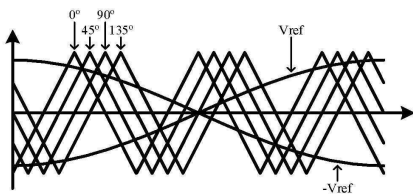
도면7



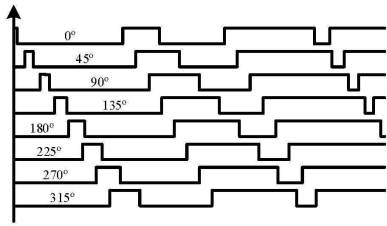
도면8a



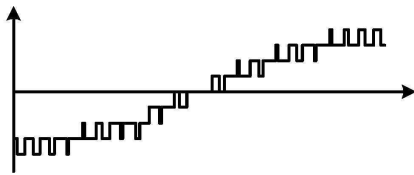
도면8b



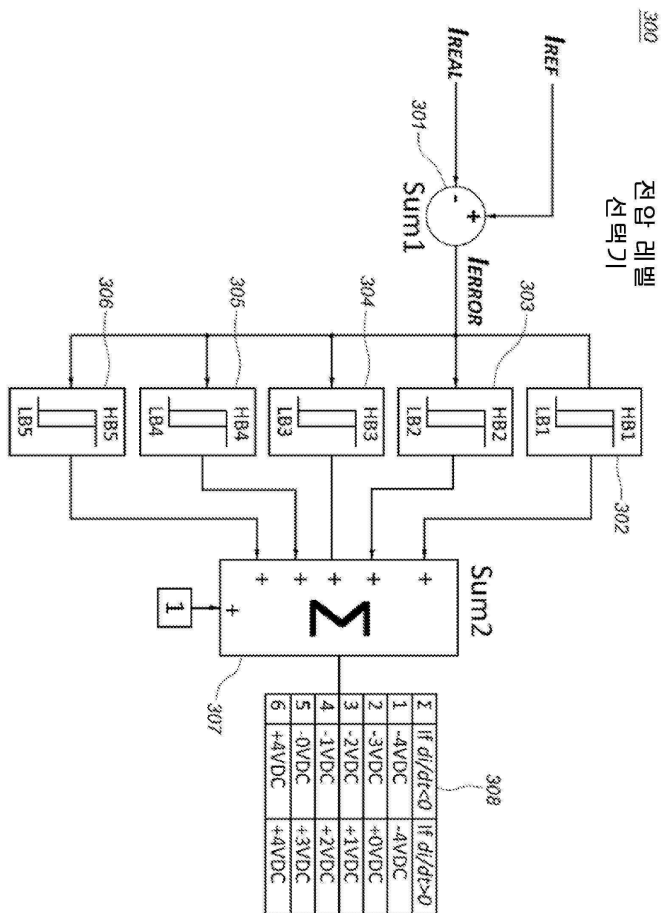
도면8c



도면8d

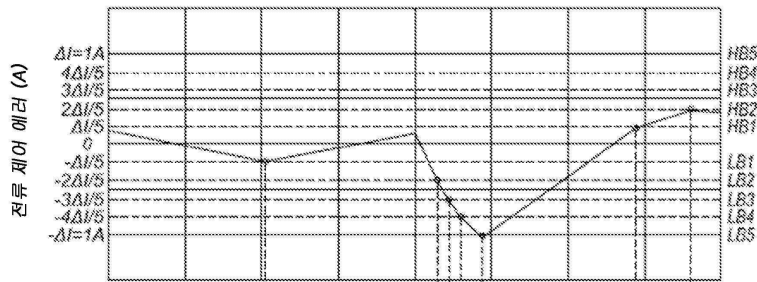


도면9

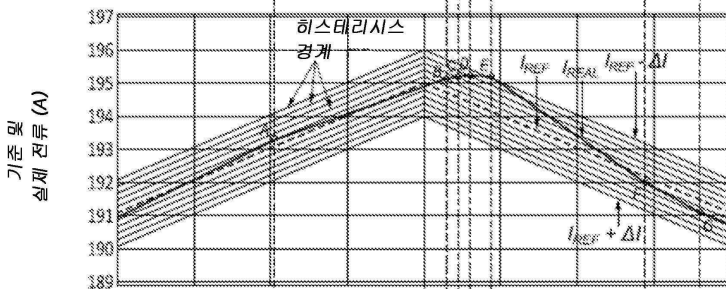




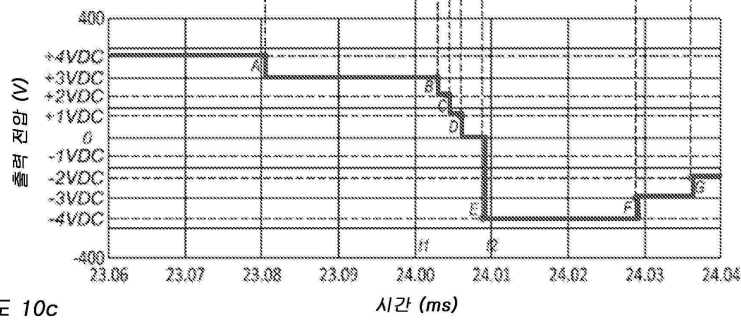
도면10



도 10a



도 10b

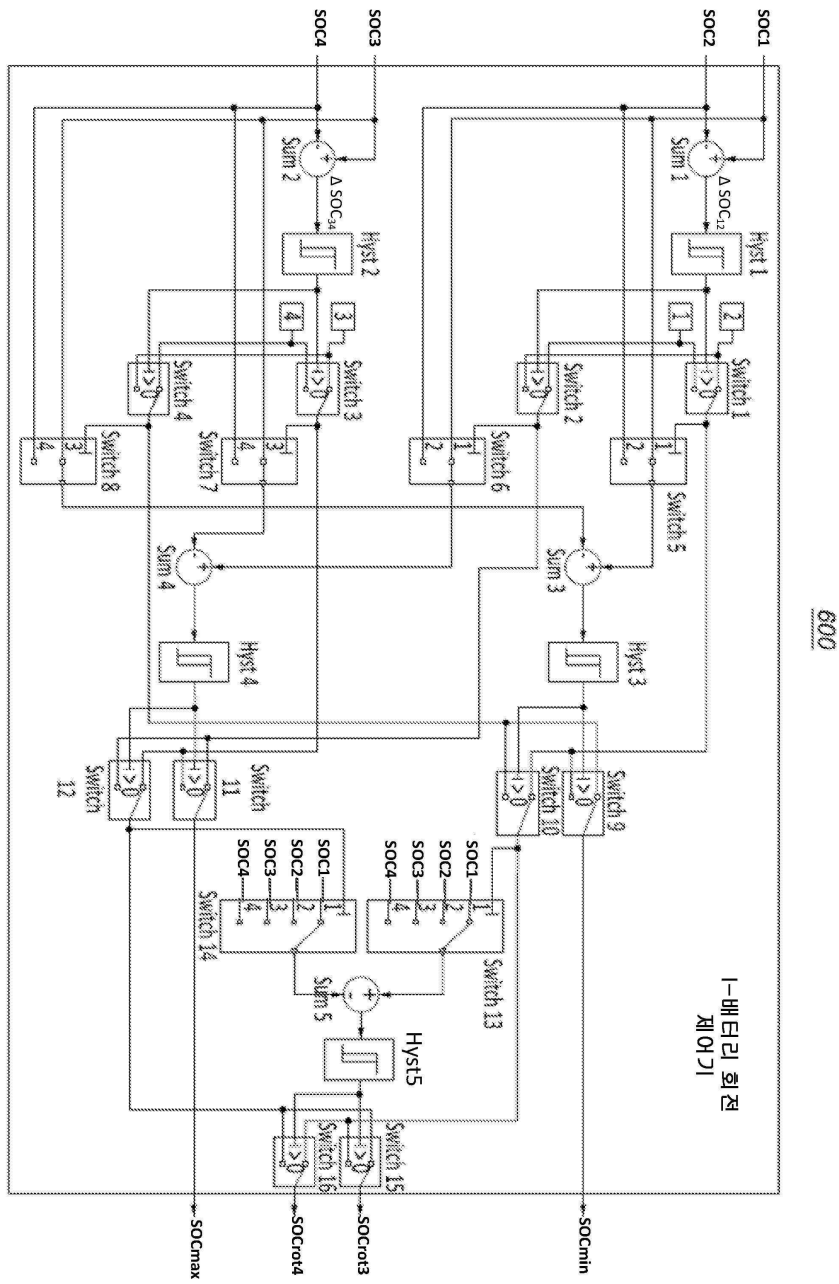


도 10c

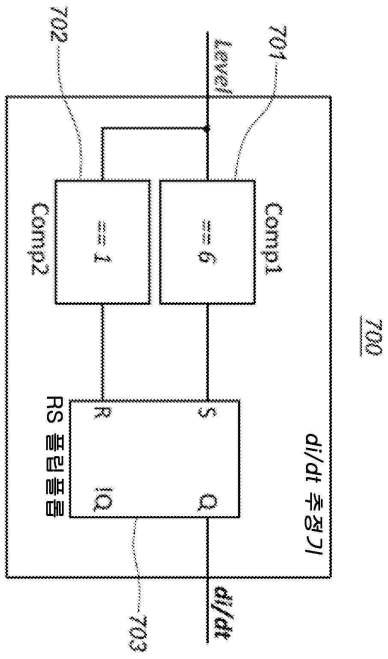




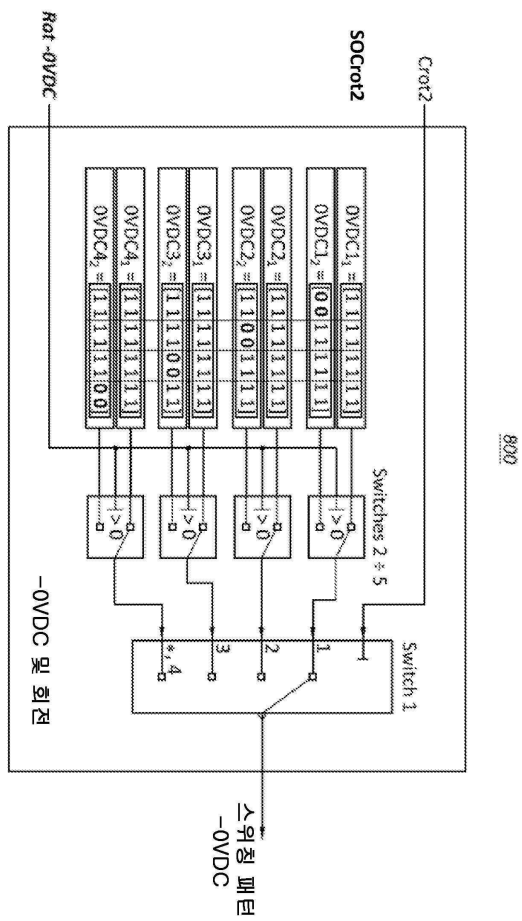
도면12



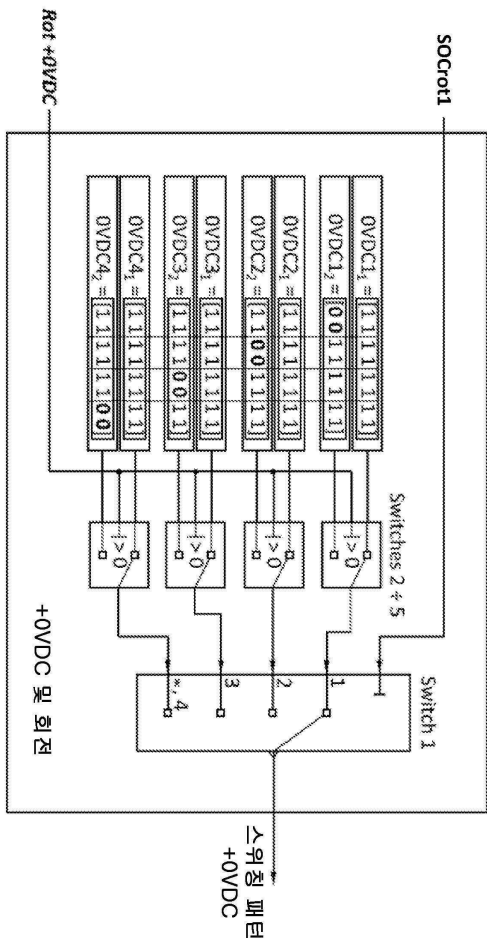
도면13



도면14a

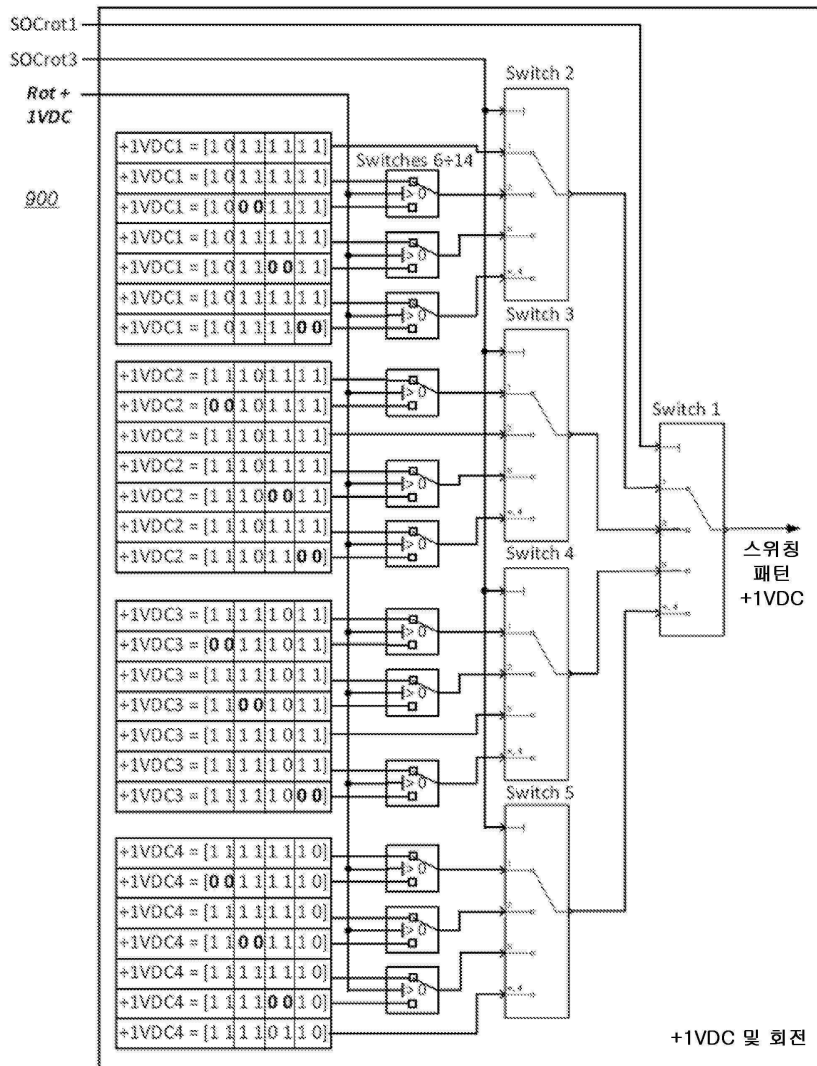


도면14b

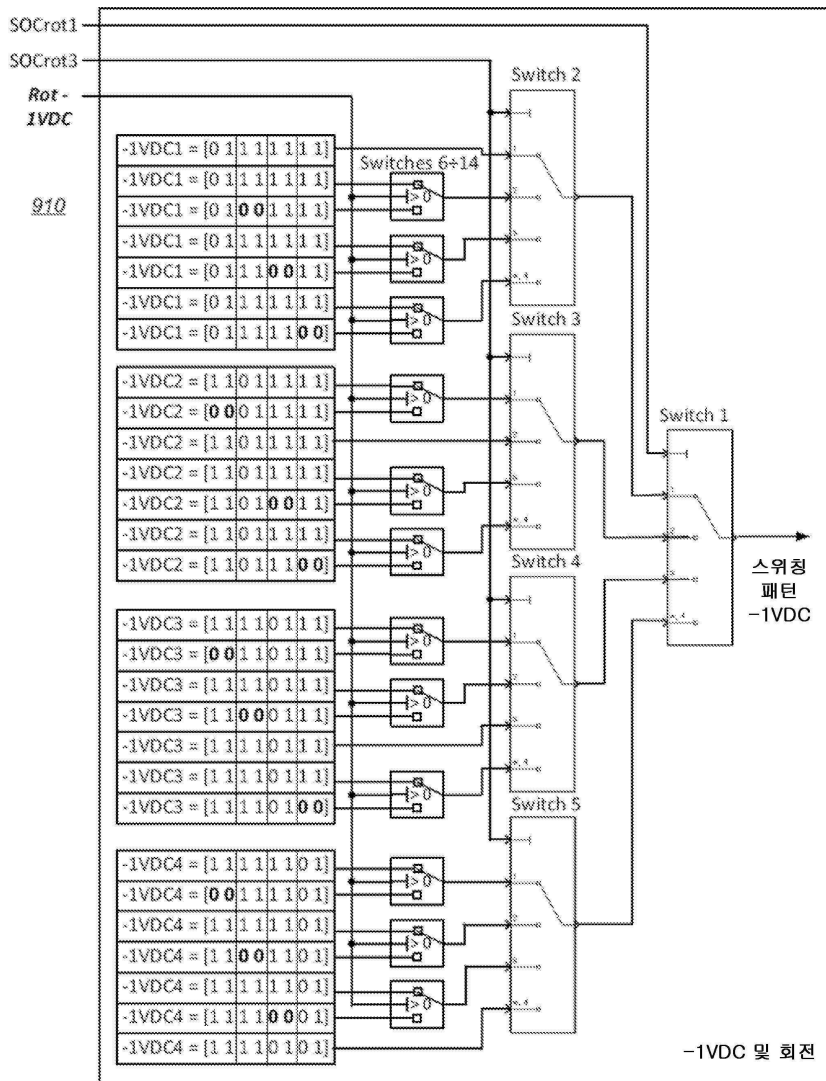


810

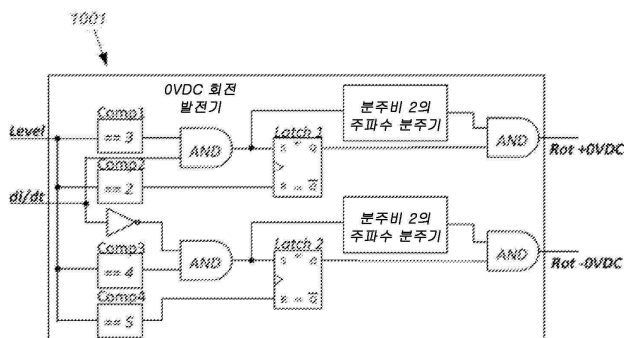
도면15a



도면15b

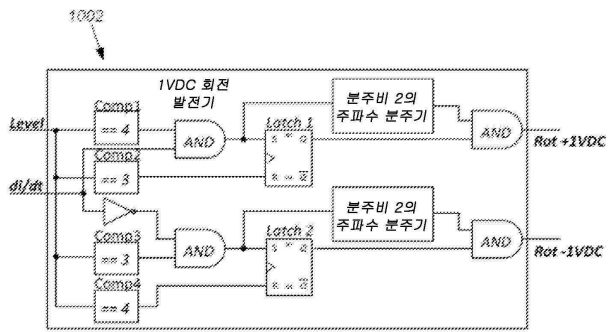


도면16a

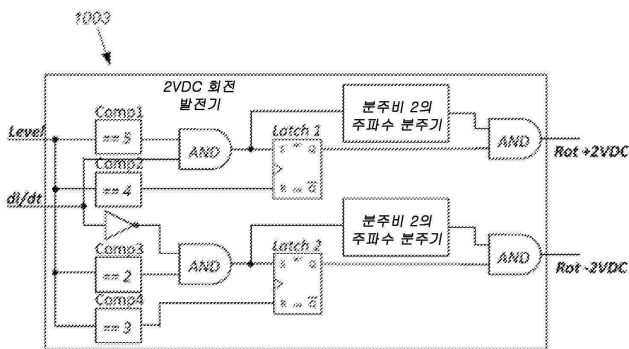




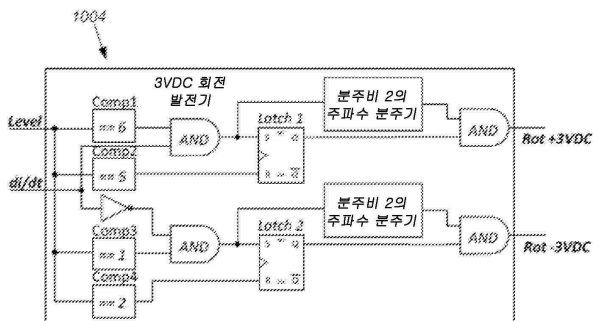
도면16b



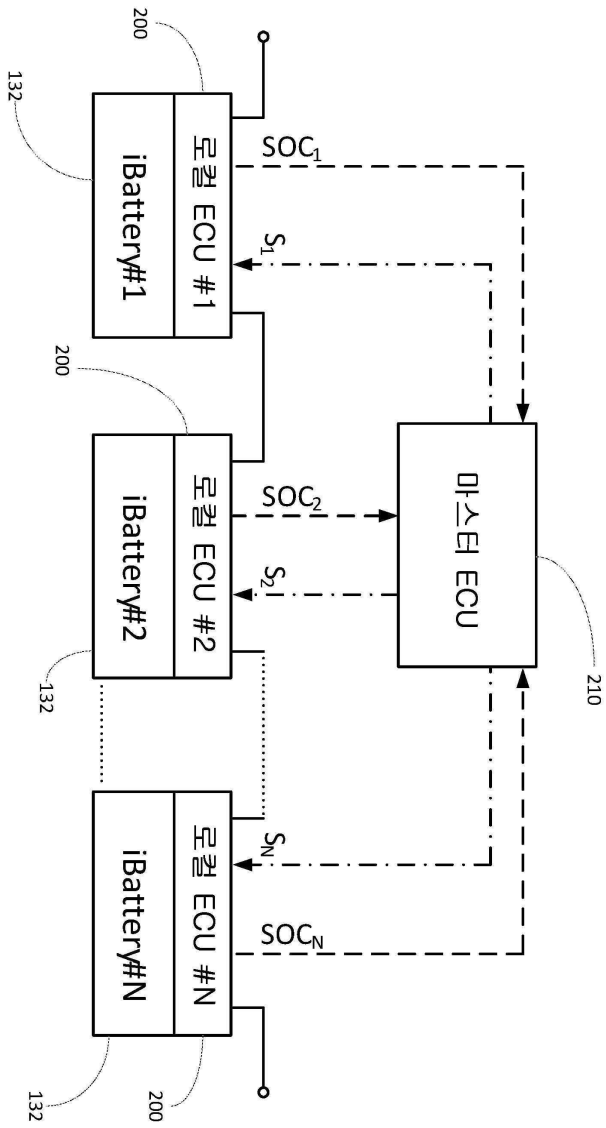
도면16c



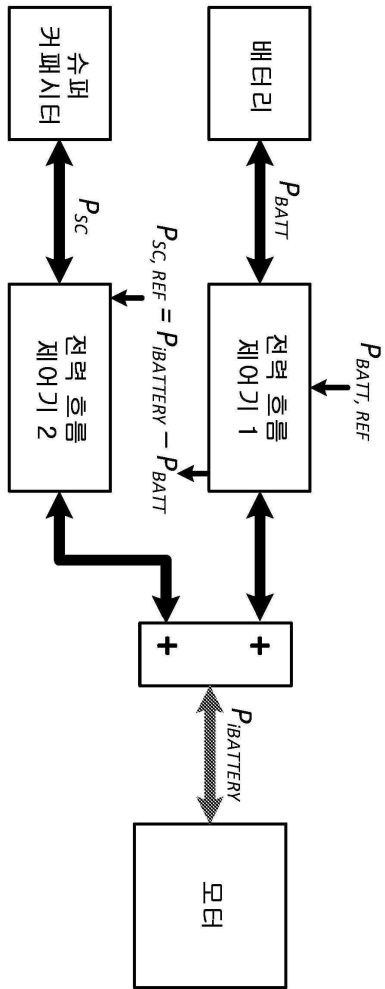
도면16d



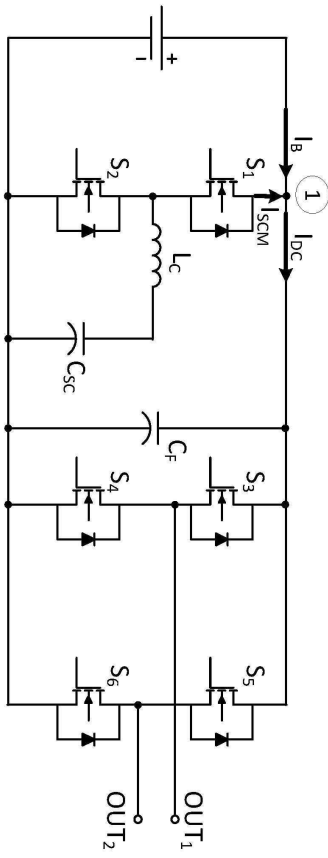
도면17



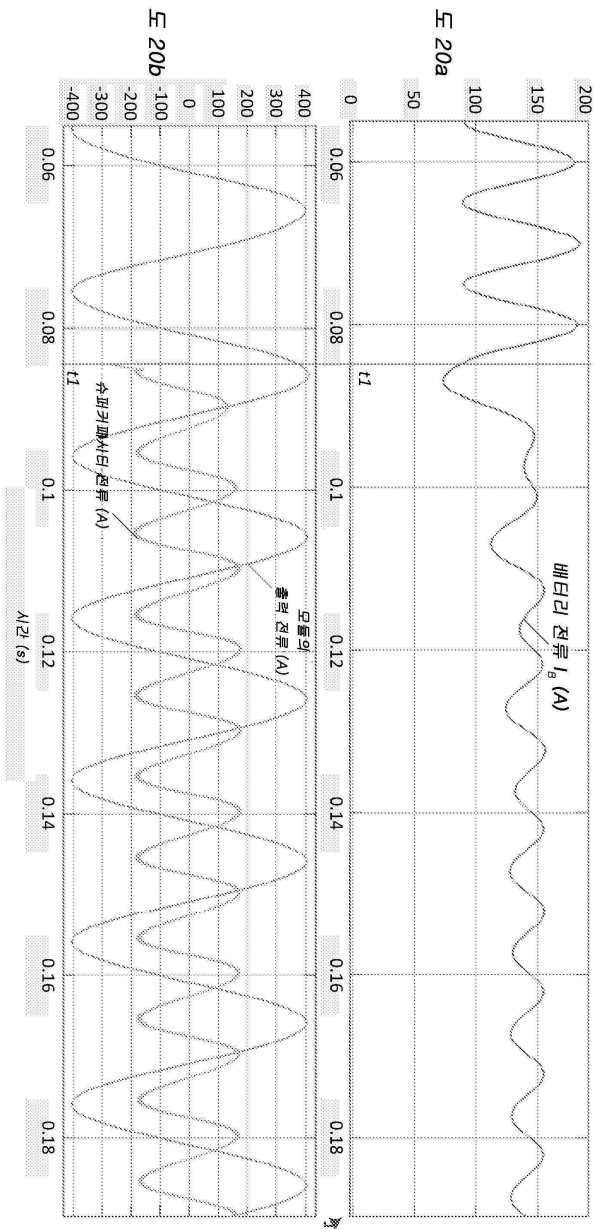
도면18



도면19

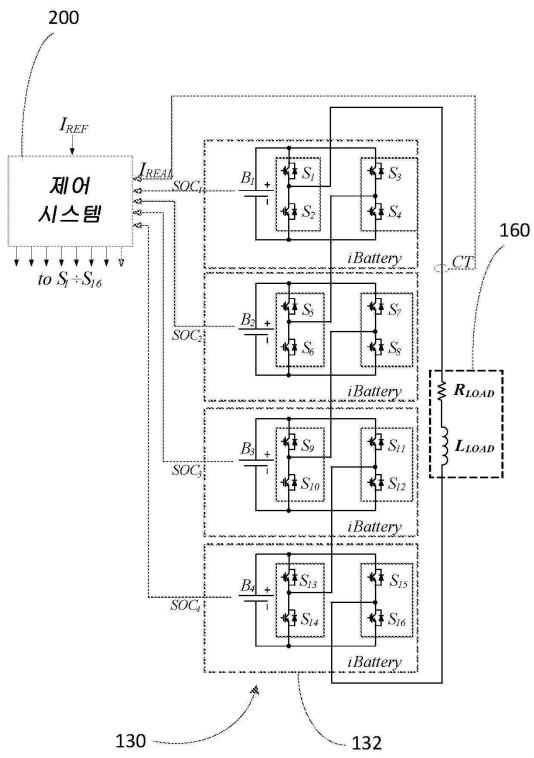


도면20





도면21



도면22

