



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0016470  
(43) 공개일자 2022년02월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02J 7/00 (2006.01) B60L 53/14 (2019.01)  
B60L 53/22 (2019.01) B60L 58/19 (2019.01)  
B60L 58/21 (2019.01) B60L 58/22 (2019.01)  
G06F 1/26 (2006.01) H01M 10/0525 (2010.01)  
H01M 10/42 (2014.01) H01M 10/44 (2006.01)  
H02M 1/00 (2007.01)
- (52) CPC특허분류  
H02J 7/0024 (2013.01)  
B60L 53/14 (2019.02)
- (21) 출원번호 10-2021-7039270
- (22) 출원일자(국제) 2020년05월29일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2021년11월30일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2020/035437
- (87) 국제공개번호 WO 2020/243655  
국제공개일자 2020년12월03일
- (30) 우선권주장  
62/854,861 2019년05월30일 미국(US)

- (71) 출원인  
티에이이 테크놀로지스, 인크.  
미국 캘리포니아 (우편번호 92610) 풋힐 랜치 파  
울링 19631
- (72) 발명자  
파싱 레이너  
미국 캘리포니아주 94941 밀 밸리 베이 로드 729  
네이더리 루즈베  
미국 캘리포니아주 92610 풋힐 랜치 아파트먼트  
1412 타운 센터 드라이브 26322  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
김태홍, 김진희

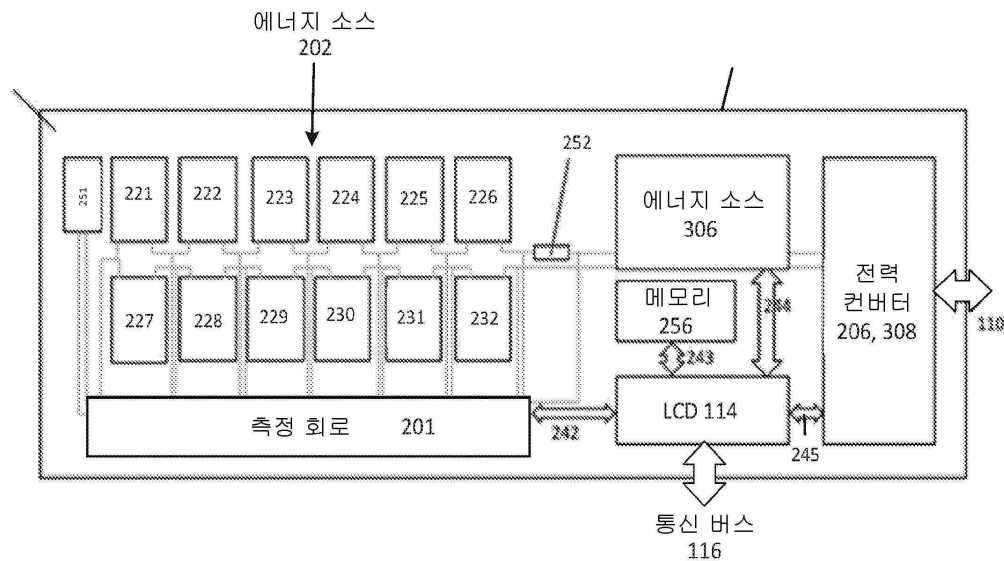
전체 청구항 수 : 총 90 항

(54) 발명의 명칭 에너지 저장 시스템의 모듈 레벨에서의 진보된 배터리 충전

(57) 요약

에너지 저장 응용 분야들을 위한 에너지 소스 장치들의 진보된 충전을 제공하는 실시예들이 개시된다. 실시예들은 컨버터 모듈들의 캐스케이드된 배열을 갖는 에너지 저장 시스템들 내에서 사용될 수 있다. 실시예들은 시스템의 각각의 모듈의 에너지 소스에 펄스들을 인가하는 것을 포함할 수 있다. 펄스들은 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 지속기간 동안 인가될 수 있다. 피드백 기반 펄스 제어 실시예들이 또한 개시된다.

대표도 - 도10a



(52) CPC특허분류

*B60L 53/22* (2019.02)

*B60L 58/19* (2019.02)

*B60L 58/21* (2019.02)

*B60L 58/22* (2019.02)

*G06F 1/263* (2013.01)

*G06F 1/266* (2013.01)

*H01M 10/0525* (2013.01)

*H01M 10/425* (2013.01)

*H01M 10/441* (2013.01)

(72) 발명자

**슬렙첸코프 미카일**

미국 캘리포니아주 92630 레이크 포레스트 체스트  
넷우드 25196

**러브니스 기룬**

미국 캘리포니아주 94041 마운틴 뷰 유닛 9 에르혼  
애비뉴 753

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

모듈식 에너지 저장 시스템으로서,

적어도 하나의 어레이에서 함께 결합되는 복수의 컨버터 모듈들 - 각각의 컨버터 모듈은 배터리 셀 및 스위치 회로를 포함하고, 방전 상태에서 상기 적어도 하나의 어레이는 상기 복수의 컨버터 모듈들로부터의 출력 전압들의 중첩을 포함하는 적어도 하나의 AC 전압 파형을 생성하도록 구성됨 -; 및

상기 복수의 컨버터 모듈들과 연관된 제어 회로 - 충전 상태에서 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성됨 -

를 포함하는, 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 적어도 하나의 펄스가 완전 충전에서의 상기 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가되는, 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 적어도 하나의 펄스가 100% 충전 상태에서의 상기 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가되는, 시스템.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1 전압은 100% 충전 상태에서의 상기 배터리 셀의 상기 예상 전압의 101% 내지 200%인 전압인, 시스템.

#### 청구항 5

제3항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀의 충전 상태가 100% 미만일 때 상기 적어도 하나의 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

#### 청구항 6

제3항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 상기 적어도 하나의 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

#### 청구항 7

제5항에 있어서, 상기 적어도 하나의 펄스는 적어도 하나의 제1 펄스이고, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀의 충전 상태가 상기 적어도 하나의 제1 펄스의 인가 시의 상기 배터리 셀의 상기 충전 상태보다 클 때 적어도 하나의 제2 펄스가 상기 제1 전압보다 작은 제2 전압으로 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되며, 상기 제2 전압은 100% 충전 상태에서의 상기 배터리 셀의 예상 전압보다 큰, 시스템.

#### 청구항 8

제7항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 상기 적어도 하나의 제1 펄스 및 상기 적어도 하나의 제2 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

#### 청구항 9

제1항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀의 충전 상태가 80%를 초과하지 않는 동안 상기 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으

로 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 10**

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되고, 각각의 펄스는 0.1 밀리초 내지 5 초의 지속기간을 갖는, 시스템.

**청구항 11**

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되고, 각각의 펄스는 1 밀리초 내지 100 밀리초의 지속기간을 갖는, 시스템.

**청구항 12**

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되고, 각각의 펄스는 5 밀리초 내지 25 밀리초의 지속기간을 갖는, 시스템.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 배터리 셀은 리튬 이온 배터리 셀인, 시스템.

**청구항 14**

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 각각의 모듈은 복수의 배터리 셀들을 포함하고, 상기 제어 회로는 상기 복수의 배터리 셀들에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 상기 복수의 배터리 셀들에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 15**

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀에서의 부반응을 유도하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 16**

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀에서의 부반응을 개시하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 17**

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 배터리 셀은 전기화학적 활성 이온들을 포함하고, 상기 제어 회로는 상기 전기화학적 활성 이온들의 활성 인터칼레이션(active intercalation)이 실질적으로 시작되는 시간에 펄스의 인가가 종료되게 하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 18**

제17항에 있어서, 상기 배터리 셀은 전해질 및 전극 활물질(active electrode material)을 포함하고, 상기 제어 회로는 상기 전해질과 상기 전극 활물질 사이의 계면 상의 전압이 실질적으로 완화될 때 충전 펄스를 인가하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 19**

제1항 내지 제13항 또는 제15항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 컨버터 모듈들 각각은 상기 제어 회로에 통신 가능하게 결합되는 모니터링 회로를 포함하고, 상기 모니터링 회로는 상기 배터리 셀의 전압 또는 전류 응답을 검출하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 20**

제19항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 모니터링 회로에 의해 검출되는 응답에 기초하여 펄스가 개시 및/또는 종료되게 하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 21**

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는:

적어도 하나의 컨버터 모듈이 각각의 로컬 제어 디바이스와 연관되도록 상기 복수의 컨버터 모듈들과 통신 가능하게 결합되는 복수의 로컬 제어 디바이스들; 및

상기 복수의 로컬 제어 디바이스들과 통신 가능하게 결합되는 마스터 제어 디바이스를 포함하는, 시스템.

**청구항 22**

제21항에 있어서, 컨버터 모듈의 상기 로컬 제어 디바이스는 펄스의 개시 및/또는 종료를 야기할지 여부를 결정하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 23**

제21항에 있어서, 상기 로컬 제어 디바이스는 상기 마스터 제어 디바이스로부터의 지시 없이 상기 펄스의 개시 및/또는 종료를 야기할지 여부를 결정하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 24**

제21항에 있어서, 상기 복수의 컨버터 모듈들 각각은 에너지를 출력 및 수신하기 위한 전력 포트를 갖고, 각각의 컨버터 모듈과 연관된 상기 로컬 제어 디바이스는 상기 전력 포트에 인가되는 전압이 상기 배터리 셀에 인가하기 위한 펄스를 생성하는 데 사용되도록 상기 컨버터 모듈의 상기 스위치 회로를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 25**

제21항에 있어서, 상기 마스터 제어 디바이스는 외부 전압 소스로부터 상기 적어도 하나의 어레이에 인가되는 충전 전압의 활용을 조절하기 위해 상기 복수의 로컬 제어 디바이스를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 26**

제1항 내지 제13항 또는 제15항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 컨버터 모듈들의 각각의 컨버터 모듈은 상기 스위치 회로와 상기 배터리 셀 사이에 전기적으로 결합되는 DC-DC 컨버터를 포함하는, 시스템.

**청구항 27**

제1항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 컨버터 모듈들은 3 개 이상의 어레이에서 함께 결합되고, 상기 3 개 이상의 어레이 각각은 상이한 위상각을 갖는 AC 전압 파형을 생성하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 28**

제27항에 있어서, 상기 복수의 컨버터 모듈들은 상기 3 개 이상의 어레이 중 적어도 2 개에 결합되는 적어도 하나의 상호연결 모듈을 포함하는, 시스템.

**청구항 29**

모듈식 에너지 저장 시스템으로서,

적어도 하나의 어레이에서 함께 결합되는 복수의 컨버터 모듈들 - 각각의 컨버터 모듈은 배터리 셀 및 스위치 회로를 포함하고, 방전 상태에서 상기 적어도 하나의 어레이는 상기 복수의 컨버터 모듈들로부터의 출력 전압들의 중첩을 포함하는 적어도 하나의 AC 전압 파형을 생성하도록 구성됨 -; 및

상기 복수의 컨버터 모듈들과 연관된 제어 회로 - 충전 상태에서 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀에서의 전기

화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성됨 -  
 를 포함하는, 시스템.

**청구항 30**

제29항에 있어서, 적어도 하나의 펄스가 완전 충전에서의 상기 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가되는, 시스템.

**청구항 31**

제29항에 있어서, 적어도 하나의 펄스가 100% 충전 상태에서의 상기 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가되는, 시스템.

**청구항 32**

제31항에 있어서, 상기 제1 전압은 100% 충전 상태에서의 상기 배터리 셀의 상기 예상 전압의 101% 내지 200%인 전압인, 시스템.

**청구항 33**

제31항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀의 충전 상태가 100% 미만일 때 상기 적어도 하나의 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 34**

제31항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 상기 적어도 하나의 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 35**

제34항에 있어서, 상기 적어도 하나의 펄스는 적어도 하나의 제1 펄스이고, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀의 충전 상태가 상기 적어도 하나의 제1 펄스의 인가 시의 상기 배터리 셀의 상기 충전 상태보다 클 때 적어도 하나의 제2 펄스가 상기 제1 전압보다 작은 제2 전압으로 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되며, 상기 제2 전압은 100% 충전 상태에서의 상기 배터리 셀의 예상 전압보다 큰, 시스템.

**청구항 36**

제35항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 상기 적어도 하나의 제1 펄스 및 상기 적어도 하나의 제2 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 37**

제29항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 38**

제29항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 배터리 셀의 충전 상태가 80%를 초과하지 않는 동안 상기 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 39**

제29항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되고, 각각의 펄스는 0.1 밀리초 내지 5 초의 지속기간을 갖는, 시스템.

**청구항 40**

제29항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되고, 각

각의 펄스는 1 밀리초 내지 100 밀리초의 지속기간을 갖는, 시스템.

**청구항 41**

제29항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되고, 각각의 펄스는 5 밀리초 내지 25 밀리초의 지속기간을 갖는, 시스템.

**청구항 42**

제41항에 있어서, 상기 배터리 셀은 리튬 이온 배터리 셀인, 시스템.

**청구항 43**

제29항 내지 제42항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 배터리 셀은 전기화학적 활성 이온들을 포함하고, 상기 제어 회로는 상기 전기화학적 활성 이온들의 활성 인터칼레이션이 실질적으로 시작되는 시간에 펄스의 인가가 종료되게 하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 44**

제43항에 있어서, 상기 배터리 셀은 전해질 및 전극 활물질을 포함하고, 상기 제어 회로는 상기 전해질과 상기 전극 활물질 사이의 계면 상의 전압이 실질적으로 완화될 때 충전 펄스를 인가하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 45**

제29항 내지 제44항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 컨버터 모듈들 각각은 상기 제어 회로에 통신 가능하게 결합되는 모니터링 회로를 포함하고, 상기 모니터링 회로는 상기 배터리 셀의 전압 또는 전류 응답을 검출하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 46**

제45항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 모니터링 회로에 의해 검출되는 응답에 기초하여 펄스가 개시 및/또는 종료되게 하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 47**

제29항 내지 제46항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는:

적어도 하나의 컨버터 모듈이 각각의 로컬 제어 디바이스와 연관되도록 상기 복수의 컨버터 모듈들과 통신 가능하게 결합되는 복수의 로컬 제어 디바이스들; 및

상기 복수의 로컬 제어 디바이스들과 통신 가능하게 결합되는 마스터 제어 디바이스를 포함하는, 시스템.

**청구항 48**

제47항에 있어서, 컨버터 모듈의 상기 로컬 제어 디바이스는 펄스의 개시 및/또는 종료를 야기할지 여부를 결정하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 49**

제47항에 있어서, 상기 로컬 제어 디바이스는 상기 마스터 제어 디바이스로부터의 지시 없이 상기 펄스의 개시 및/또는 종료를 야기할지 여부를 결정하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 50**

제47항에 있어서, 상기 복수의 컨버터 모듈들 각각은 에너지를 출력 및 수신하기 위한 전력 포트를 갖고, 각각의 컨버터 모듈과 연관된 상기 로컬 제어 디바이스는 상기 전력 포트에 인가되는 전압이 상기 배터리 셀에 인가하기 위한 펄스를 생성하는 데 사용되도록 상기 컨버터 모듈의 상기 스위치 회로를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 51**

제47항에 있어서, 상기 마스터 제어 디바이스는 외부 전압 소스로부터 상기 적어도 하나의 어레이에 인가되는

충전 전압의 활용을 조율하기 위해 상기 복수의 로컬 제어 디바이스를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 52**

제29항 내지 제51항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 컨버터 모듈들의 각각의 컨버터 모듈은 상기 스위치 회로와 상기 배터리 셀 사이에 전기적으로 결합되는 DC-DC 컨버터를 포함하고, 상기 DC-DC 컨버터는 상기 배터리 셀에 인가하기 위한 상기 스위치 회로로부터의 신호의 전압을 조정하기 위해 상기 제어 회로에 의해 제어 가능한, 시스템.

**청구항 53**

제29항 내지 제52항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 컨버터 모듈들은 3 개 이상의 어레이에서 함께 결합되고, 상기 3 개 이상의 어레이 각각은 상이한 위상각을 갖는 AC 전압 파형을 생성하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 54**

제53항에 있어서, 상기 복수의 컨버터 모듈들은 상기 3 개 이상의 어레이 중 적어도 2 개에 결합되는 적어도 하나의 상호연결 모듈을 포함하는, 시스템.

**청구항 55**

제29항 내지 제54항 중 어느 한 항에 있어서, 각각의 모듈은 복수의 배터리 셀들을 포함하고, 상기 제어 회로는 상기 복수의 배터리 셀들에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들의 인가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 56**

모듈식 에너지 저장 시스템을 충전하는 방법으로서, 상기 모듈식 에너지 저장 시스템은: 적어도 하나의 어레이에서 함께 결합되는 복수의 컨버터 모듈들 - 각각의 컨버터 모듈은 배터리 셀 및 스위치 회로를 포함함 - 을 포함하며, 상기 방법은:

상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스를 인가하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 57**

제56항에 있어서, 적어도 하나의 펄스를 완전 충전에서의 상기 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가하는 단계

를 더 포함하는, 방법.

**청구항 58**

제56항에 있어서, 적어도 하나의 펄스를 100% 충전 상태에서의 상기 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가하는 단계

를 더 포함하는, 방법.

**청구항 59**

제58항에 있어서, 상기 제1 전압은 100% 충전 상태에서의 상기 배터리 셀의 상기 예상 전압의 101% 내지 200%인 전압인, 방법.

**청구항 60**

제58항에 있어서, 상기 배터리 셀의 충전 상태가 100% 미만일 때 상기 적어도 하나의 펄스를 인가하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 61**



제58항에 있어서, 상기 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 상기 적어도 하나의 펄스를 인가하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 62**

제61항에 있어서, 상기 적어도 하나의 펄스는 적어도 하나의 제1 펄스이고, 상기 방법은 상기 배터리 셀의 충전 상태가 상기 적어도 하나의 제1 펄스의 인가 시의 상기 배터리 셀의 상기 충전 상태보다 클 때 적어도 하나의 제2 펄스를 상기 제1 전압보다 작은 제2 전압으로 인가하는 단계를 더 포함하며, 상기 제2 전압은 100% 충전 상태에서의 상기 배터리 셀의 예상 전압보다 큰, 방법.

**청구항 63**

제62항에 있어서, 상기 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 상기 적어도 하나의 제1 펄스 및 상기 적어도 하나의 제2 펄스가 인가되는, 방법.

**청구항 64**

제56항 내지 제63항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들이 인가되는, 방법.

**청구항 65**

제56항 내지 제63항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 배터리 셀의 충전 상태가 80%를 초과하지 않는 동안 상기 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 상기 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 상기 펄스들이 인가되는, 방법.

**청구항 66**

제56항 내지 제65항 중 어느 한 항에 있어서, 각각이 0.1 밀리초 내지 5 초의 지속기간을 갖는 복수의 펄스들이 인가되는, 방법.

**청구항 67**

제56항 내지 제65항 중 어느 한 항에 있어서, 각각이 1 밀리초 내지 100 밀리초의 지속기간을 갖는 복수의 펄스들이 인가되는, 방법.

**청구항 68**

제56항 내지 제65항 중 어느 한 항에 있어서, 각각이 5 밀리초 내지 25 밀리초의 지속기간을 갖는 복수의 펄스들이 인가되는, 방법.

**청구항 69**

제68항에 있어서, 상기 배터리 셀은 리튬 이온 배터리 셀인, 방법.

**청구항 70**

제56항 내지 제69항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 배터리 셀은 전기화학적 활성 이온들을 포함하고, 상기 전기화학적 활성 이온들의 활성 인터칼레이션이 실질적으로 시작되는 시간에 상기 펄스들의 인가가 종료되는, 방법.

**청구항 71**

제70항에 있어서, 상기 배터리 셀은 전해질 및 전극 활물질을 포함하고, 상기 전해질과 상기 전극 활물질 사이의 계면 상의 전압이 실질적으로 완화될 때 상기 펄스들의 인가가 종료되는, 방법.

**청구항 72**

제56항 내지 제71항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 배터리 셀의 전압 또는 전류 응답을 검출하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 73**

제72항에 있어서, 상기 배터리 셀에서의 검출된 응답에 기초하여 펄스의 인가를 개시 및/또는 종료하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 74**

제56항에 있어서, 상기 시스템은 상기 복수의 컨버터 모듈들과 연관된 제어 회로를 더 포함하는, 방법.

**청구항 75**

모듈식 에너지 저장 시스템을 충전하는 방법으로서, 상기 모듈식 에너지 저장 시스템은: 적어도 하나의 어레이에서 함께 결합되는 복수의 컨버터 모듈들 - 각각의 컨버터 모듈은 전력 연결부와 결합되는 에너지 소스 및 스위치 회로를 포함함 - 을 포함하며, 상기 방법은:

상기 에너지 소스의 파라미터를 측정하는 단계;

상기 스위치 회로로 상기 전력 연결부로부터 제1 펄스를 생성하는 단계;

상기 에너지 소스에 제1 제어된 펄스를 인가하는 단계 - 상기 제1 제어된 펄스는 상기 제1 펄스로부터 생성됨 -; 및

상기 에너지 소스의 응답을 측정하는 단계

를 포함하는, 방법.

**청구항 76**

제75항에 있어서, 상기 측정된 응답에 기초하여 펄스 차단 조건이 충족되는지를 결정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 77**

제76항에 있어서, 상기 펄스 차단 조건의 충족 이후에 상기 제어된 응답의 인가를 종료하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 78**

제77항에 있어서, 상기 펄스 차단 조건은 상기 측정된 응답의 제1 도출 및 제2 도출에 기초하는, 방법.

**청구항 79**

제77항에 있어서, 상기 에너지 소스가 서브 최대 충전 임계치에 있는지를 결정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 80**

제79항에 있어서, 상기 서브 최대 충전 임계치에 도달하는 경우 상이한 충전 방법으로 전환하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 81**

제77항에 있어서, 제2 제어된 펄스의 전압 또는 전류를 조정할지 여부를 결정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 82**

제81항에 있어서, 상기 제2 제어된 펄스의 전압 또는 전류가 상기 제1 제어된 펄스의 전압 또는 전류보다 작도록 상기 제2 제어된 펄스의 상기 전압 또는 전류를 조정하는 단계

를 더 포함하는, 방법.

**청구항 83**

모듈식 에너지 저장 시스템으로서,

적어도 하나의 어레이에서 함께 결합되는 복수의 컨버터 모듈들 - 각각의 컨버터 모듈은 전력 연결부와 결합되는 에너지 소스 및 스위치 회로를 포함하고, 방전 상태에서 상기 적어도 하나의 어레이는 상기 복수의 컨버터 모듈들로부터의 출력 전압들의 중첩을 포함하는 적어도 하나의 AC 전압 파형을 생성하도록 구성됨 -; 및

상기 복수의 컨버터 모듈들과 연관된 제어 회로

를 포함하고,

상기 제어 회로는,

상기 에너지 소스의 파라미터를 측정하게 하고;

상기 스위치 회로로 상기 전력 연결부로부터 제1 펄스를 생성하게 하며;

상기 에너지 소스에 제1 제어된 펄스를 인가하게 하고 - 상기 제1 제어된 펄스는 상기 제1 펄스로부터 생성됨 -;

상기 에너지 소스의 응답을 측정하게 하도록

구성되는, 시스템.

**청구항 84**

제83항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 측정된 응답에 기초하여 펄스 차단 조건이 충족되는지를 결정하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 85**

제84항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 펄스 차단 조건의 충족 이후에 상기 제어된 응답의 인가를 종료하게 하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 86**

제85항에 있어서, 상기 펄스 차단 조건은 상기 측정된 응답의 제1 도출 및 제2 도출에 기초하는, 시스템.

**청구항 87**

제85항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 에너지 소스가 서브 최대 충전 임계치에 있는지를 결정하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 88**

제87항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 서브 최대 충전 임계치에 도달하는 경우 상이한 충전 방법으로 전환하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 89**

제85항에 있어서, 상기 제어 회로는 제2 제어된 펄스의 전압 또는 전류를 조정할지 여부를 결정하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 90**

제89항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 제2 제어된 펄스의 전압 또는 전류가 상기 제1 제어된 펄스의 전압 또는 전류보다 작도록 상기 제2 제어된 펄스의 상기 전압 또는 전류를 조정하게 하도록 구성되는, 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

- [0001] 관련 출원의 상호 참조
- [0002] 이 출원은, 모든 목적들을 위해 그 전체가 참고로 본 명세서에 포함되는, 2019년 5월 30일에 출원된 미국 가출원 제62/854,861호의 이익 및 이에 대한 우선권을 주장한다.
- [0003] 기술 분야
- [0004] 본 명세서에 기술된 주제는 일반적으로 이동식 및 고정식 응용 분야들 둘 모두에서 사용되는 에너지 저장 시스템들에서의 에너지 소스들의 진보된 충전에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0005] 열 손실, 열화, 및 느린 충전 속도와 같은, 기존의 충전 방법들과 연관된 다수의 결점들 및 문제들이 식별되었다. 예를 들어, 전기 차량들의 긴 충전 시간이 이들이 널리 채택되는 것을 제한하는 주요 인자라는 것은 잘 알려져 있다. 이들 및 다른 이유로, 개선된 시스템들, 디바이스들 및 방법들이 필요하다. 투입된 노력, 독창성 및 혁신을 통해, 이러한 식별된 문제들 중 다수는 본 개시의 실시예들에 포함된 해결책들을 개발하는 것에 의해 해결되었으며, 그 중 많은 예들이 본 명세서에 상세히 기술되어 있다.

**발명의 내용**

- [0006] 캐스케이드된 모듈식(cascaded modular) 에너지 저장 시스템들에서 에너지 소스들(예를 들면, 배터리, 커패시터, 연료 전지)의 진보된 충전을 위한 시스템들, 디바이스들 및 방법들의 예시적인 실시예들이 본 명세서에서 기술된다. 캐스케이드된 모듈식 시스템들은 고 대역폭 충전 알고리즘들과 함께 전기화학적 전하 저장 디바이스들의 전기화학 반응들에 대한 개선된 제어를 가능하게 한다. 본 명세서에 기술된 실시예들은, 예를 들면, 자극 충전 신호의 인가에 대한 측정된 응답을 활용하거나 활용하지 않고 적응적 또는 비적응적 방식으로 적용될 수 있다. 본 명세서에 기술된 실시예들은 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 지속기간의 충전 펄스의 인가를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 전기화학 반응이 개시되고, 펄스는 유해한 부반응의 개시 및/또는 유도 이전에 종료된다. 실시예들의 양태들은 불균일한 전하 전달 저항 또는 전해질 저항에서도 전극 영역들에 걸쳐 매우 균일한 전하 전달을 달성할 수 있고, 따라서 전극 영역들의 전류 집중 및 농도 구배들을 피할 수 있다. 본 개시의 실시예들은 현장에서 알려진 충전 방법들과 비교하여 더 적거나 더 낮은 열 손실 및 열화로 가속된 충전을 가능하게 한다. 시스템들, 디바이스들 및 방법들의 다수의 다른 실시예들이 또한 개시된다.
- [0007] 본 명세서에 기술된 주제의 다른 시스템들, 디바이스들, 방법들, 특징들 및 장점들은 이하의 도면들 및 상세한 설명을 검토할 때 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이거나 명백해질 것이다. 모든 그러한 추가적인 시스템들, 방법들, 특징들 및 장점들은 이 설명 내에 포함되고, 본 명세서에 기술된 주제의 범위 내에 있으며, 첨부된 청구항들에 의해 보호되는 것으로 의도된다. 예시적인 실시예들의 특징들은, 첨부된 청구항들에서 그러한 특징들을 명시적으로 언급하지 않는 한, 청구항들을 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0008] 본 명세서에 기재된 주제의 구조 및 동작 둘 모두에 관한 세부 사항들은 첨부 도면들을 살펴보는 것에 의해 명백할 수 있으며, 첨부 도면들에서 유사한 참조 번호들은 유사한 부분들을 나타낸다. 도면들 내의 컴포넌트들인 반드시 일정한 축척으로 되어 있는 것은 아니며, 그 대신에 본 주제의 원리들을 예시하는 것에 중점을 두고 있다. 더욱이, 모든 예시들이 개념들을 전달하도록 의도되어 있으며, 여기서 상대 크기들, 형상들 및 다른 상세 속성들이 충실하게 또는 정확하게 보다는 개략적으로 예시될 수 있다.
- 도 1a 내지 도 1c는 다양한 제어 구성들을 갖는 모듈식 에너지 저장 시스템의 예시적인 실시예들을 묘사하는 블록 다이어그램들이다.
- 도 2는 컨버터 모듈의 예시적인 실시예를 묘사하는 블록 다이어그램이다.
- 도 3 내지 도 5는 에너지 저장 시스템 내의 컨버터 모듈의 추가적인 예시적인 실시예들을 묘사하는 블록 다이어그램들이다.
- 도 6a 및 도 6b는 컨버터 회로의 예시적인 실시예들을 묘사하는 개략 다이어그램들이다.

- 도 7a 내지 도 7c는 에너지 소스들의 예시적인 실시예들을 묘사하는 블록 다이어그램들이다.
- 도 8a 내지 도 8c는 에너지 버퍼들의 예시적인 실시예들을 묘사하는 개략 다이어그램들이다.
- 도 9a 내지 도 9f는 컨버터 모듈 내에 포함될 수 있는 2차 에너지 소스들의 예시적인 실시예들을 묘사하는 블록 다이어그램들이다.
- 도 10a는 에너지 저장 시스템 내의 컨버터 소스 모듈의 추가적인 예시적인 실시예를 묘사하는 개략 다이어그램이다.
- 도 10b는 소스 및/또는 싱크에 결합되는 에너지 저장 시스템 내의 컨버터 소스 모듈의 추가적인 예시적인 실시예를 묘사하는 개략 다이어그램이다.
- 도 11a 및 도 11b는 예시적인 출력 파형들의 그래프들이다.
- 도 11c 내지 도 11f는 펄스 폭 변조에서 사용되는 예시적인 파형들의 그래프들이다.
- 도 12a 내지 도 12h는 에너지 저장 시스템 구성들의 예시적인 실시예들을 묘사하는 블록 다이어그램들이다.
- 도 13a 내지 도 13c는 컨버터 모듈에 대한 예시적인 하우징 구성들을 묘사하는 블록 다이어그램들이다.
- 도 14a 및 도 14b는 컨버터 모듈에 대한 기관 레이아웃들의 예시적인 실시예들을 묘사하는 블록 다이어그램들이다.
- 도 15a 및 도 15b는, 제각기, 자극 신호 및 응답 신호를 묘사하는 그래프들이다.
- 도 16은 고 대역폭 자극 동안 전기화학 계면에서 발생하는 이완 및 확산 메커니즘들을 묘사하는 개략도이다.
- 도 17a 및 도 17b는 충전 레짐들의 상이한 실시예들 하에서의 자극 및 반응을 묘사하는 그래프들이다.
- 도 18a 및 도 18b는 전기화학 반응들을 유도하기 위한 정전류 및 고 대역폭 자극 간의 예시적인 비교의 전류 및 전압 신호들을 묘사하는 그래프들이다.
- 도 18c는 정전류 및 고 대역폭 시뮬레이션 신호들을 받는 시퀀스에서의 상이한 시간들에서의 활성 전기화학 중을 갖는 전기화학 전극의 단면을 개략적으로 예시한다.
- 도 19a 및 도 19b는 모듈식 에너지 저장 시스템을 충전하는 방법들의 예시적인 실시예들을 묘사하는 흐름 다이어그램들이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0009] 본 주제가 상세하게 기술되기 전에, 본 개시가, 그 자체가, 물론, 변할 수 있기 때문에, 기술된 특정 실시예들로 제한되지 않음이 이해되어야 한다. 본 개시의 범위가 첨부된 청구항들에 의해서만 제한될 것이기 때문에, 본 명세서에서 사용되는 전문용어가 특정 실시예들을 설명하기 위한 것에 불과하고 제한하는 것으로 의도되지 않는다는 것이 또한 이해되어야 한다.
- [0010] 본 기술은, EV, 자가 운전 자동차, 카 셰어링(car sharing) 응용 분야와 같은 이동식 응용 분야들은 물론, 그리드 안정화, 마이크로 그리드, 데이터 센터, 클라우드 컴퓨터, 보안 조명과 같은 전력이 중요한 인프라스트럭처에 대한 브리지 에너지 저장소와 같은, 그러나 이러한 응용 분야들로 제한되지 않는 고정식 저장 응용 분야들을 위한 셀 또는 다중 셀 배열들의 진보된 충전에 관한 것이다.
- [0011] 기술된 모듈식 에너지 토폴로지는 전력 버스 시스템 및 통신 버스 시스템과 상호 연결될 수 있는 모듈들을 포함한다. 실시예들에서, 배선을 감소시키기 위해 통신 버스 시스템이 전력 버스 시스템과 결합된다. 실시예들에서, 통신 버스 시스템은 무선이다. 실시예들에서, 본 에너지 모듈들은 에너지 유닛들, 하나 이상의 마이크로컨트롤러, 메모리 시스템, 인버터 회로, 스위치 유닛 및 임베디드 소프트웨어 알고리즘들을 갖는 전압 조정기들을 포함한다. 본 실시예들은 모듈 레벨에 내장된 고장, 열화 및 적응적 충전 및 방전 루틴들과 함께 근본적으로 개선된 배터리 관리를 가능하게 한다.
- [0012] 본 개시의 실시예들은 새로운 능력을 제공할 수 있다. 예를 들어, 현재 시스템 설계는 모듈 레벨에서 에너지 저장 유닛의 고장 또는 열화 모드들에 기초하여 적응적 충전 및 방전 스키마를 확립한다.
- [0013] 모듈 기반 에너지 시스템들의 예시적인 실시예들은, 그러한 시스템들 내의 디바이스들, 회로, 소프트웨어 및 컴

포넌트의 예시적인 실시예들; 그러한 시스템들을 동작시키고 사용하는 방법들의 예시적인 실시예들; 및 그러한 시스템들이 구현 또는 통합될 수 있거나 그러한 시스템들이 활용될 수 있는 응용 분야들(예를 들면, 장치들, 기계들, 그리드들, 로케일들, 구조들, 환경들 등)의 예시적인 실시예들로서, 본 명세서에 기술되어 있다. 많은 경우에, 이러한 응용 분야들은 이동식 응용 분야 또는 고정식 응용 분야로서 분류될 수 있다.

[0014] 응용 분야들의 예들

[0015] 이동식 응용 분야들은 일반적으로 모듈 기반 에너지 시스템이 엔티티 상에 또는 엔티티 내부에 위치하고 해당 엔티티를 이동시키거나 이동시키는 데 도움을 주기 위해 모터에 의해 원동력(motive force)으로 변환하기 위한 전기 에너지를 저장 및 제공하는 응용 분야들이다. 본 명세서에 개시된 실시예들이 사용될 수 있는 이동식 엔티티들의 예들은 육지 위 또는 아래에서, 또는 바다 위 또는 아래에서, 육지 또는 바다 위에서 그와 접촉하지 않고(예를 들면, 공중에서 비행하거나 호버링함), 또는 우주 공간을 통해 이동하는 전기 및/또는 하이브리드 엔티티들을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 본 명세서에 개시된 실시예들이 사용될 수 있는 이동식 엔티티들의 예들은 차량, 기차, 선박, 배, 항공기 및 우주선을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 본 명세서에 개시된 실시예들이 사용될 수 있는 이동식 차량들의 예들은 단지 하나의 바퀴 또는 궤도(track)를 갖는 것, 단지 2 개의 바퀴 또는 궤도를 갖는 것, 단지 3 개의 바퀴 또는 궤도를 갖는 것, 단지 4 개의 바퀴 또는 궤도를 갖는 것, 및 5 개 이상의 바퀴 또는 궤도를 갖는 것을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 본 명세서에 개시된 실시예들이 사용될 수 있는 이동식 엔티티들의 예들은 자동차, 버스, 트럭, 모터사이클, 스쿠터, 산업용 차량, 광산 차량, 비행 차량(예를 들면, 비행기, 헬리콥터, 드론 등), 해상 선박(예를 들면, 상업용 선적 선박, 배, 요트, 보트 또는 다른 선박), 잠수함, 기관차 또는 철도 기반 차량(예를 들면, 기차 등), 군용 차량, 우주선 및 위성을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

[0016] 고정식 응용 분야들은 일반적으로 이동식 응용 분야들 이외의 응용 분야들이다. 일반적으로, 고정식 응용 분야들에서, 모듈 기반 에너지 시스템은 하나 이상의 다른 엔티티가 소비할 전기 에너지를 제공하는 동안 정적 위치에 있다. 본 명세서에 개시된 실시예들이 사용될 수 있는 고정식 응용 분야들의 예들은 하나 이상의 주거용 구조물 또는 장소에 의해 또는 그 내에서 사용하기 위한 에너지 시스템들, 하나 이상의 산업용 구조물 또는 장소에 의해 또는 그 내에서 사용하기 위한 에너지 시스템들, 하나 이상의 상업용 구조물 또는 장소에 의해 또는 그 내에서 사용하기 위한 에너지 시스템들, 하나 이상의 정부 구조물 또는 장소에 의해 또는 그 내에서 사용하기 위한 에너지 시스템들(군사 용도 및 비군사 용도 둘 모두를 포함함), 및 태양열, 풍력, 지열 에너지, 화석 연료, 또는 핵반응을 저장을 위해 전기로 변환하는 시스템들을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 본 명세서에 개시된 실시예들이 사용될 수 있는 고정식 응용 분야들의 예들은 위에서 기술된 이동식 응용 분야들(예를 들면, 충전소)을 충전하기 위한 에너지 시스템들을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 본 명세서에 개시된 실시예들이 사용될 수 있는 고정식 응용 분야들의 다른 예들은 데이터 센터 저장 시스템, 전력 그리드, 또는 마이크로 그리드를 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 고정식 에너지 시스템은 저장 또는 비저장 역할로 사용될 수 있다.

[0017] 본 명세서에서 실시예들을 기술함에 있어서, 특정 이동식 응용 분야(예를 들면, 전기 차량(EV)) 또는 고정식 응용 분야(예를 들면, 그리드)에 대해 언급될 수 있다. 그러한 언급들은 설명의 편의를 위해 이루어지며, 특정 실시예가 해당 특정 이동식 또는 고정식 응용 분야에만 사용하도록 제한된다는 것을 의미하지 않는다. 모터에 전력을 제공하는 시스템들의 실시예들은 이동식 및 고정식 응용 분야들 둘 모두에서 사용될 수 있다. 특정 구성들이 다른 구성들보다 일부 응용 분야들에 더 적합할 수 있지만, 본 명세서에 개시된 모든 예시적인 실시예들은, 달리 언급되지 않는 한, 이동식 및 고정식 응용 분야들 둘 모두에서 사용할 수 있다.

[0018] 모듈 기반 에너지 시스템들의 예시적인 실시예들

[0019] 도 1a는 모듈 기반 에너지 시스템(100)의 예시적인 실시예를 묘사한다. 여기서, 시스템(100)은, 제각기, 통신 경로들 또는 링크들(106-1 내지 106-N)을 통해 N 개의 컨버터 소스 모듈(108-1 내지 108-N)과 통신 가능하게 결합되는 제어 회로(102)를 포함한다. 이러한 실시예들에서, 임의의 수의 2 개 이상의 컨버터 소스 모듈이 사용될 수 있다(예를 들면, N은 2보다 크거나 같음). 컨버터 소스 모듈들(108)은 도 12a 내지 도 12h와 관련하여 보다 상세히 기술될 것인 바와 같이 다양한 방식들로 서로 연결될 수 있다. 예시의 편의를 위해, 도 1a 내지 도 1c에서, 모듈들(108)은 직렬로 또는 1차원 어레이로서 연결된 것으로 도시되어 있으며, 여기서 제N 모듈은 부하(101)에 결합된다. 부하(101)는 전력을 제공하기 위해 사용될 때 시스템(100)이 전력을 출력하는 전기 부하이다. 부하(101)는 모터 또는 그리드를 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 유형의 부하일 수 있다. 충전을 위해, 모듈들은 부하(101)에 추가적으로 또는 부하(101) 대신에 충전 소스(도시되지 않음)와 결합될 수 있

다. 본 명세서에서 보다 상세히 기술될 것인 바와 같이, 시스템(100)은, 1차 및 보조 부하들 둘 모두를 포함한, 다수의 부하들(101)에 공급하도록 구성될 수 있다.

[0020] 도 1a의 실시예에서, 제어 회로(102)는 모듈들 중 동일하거나 상이한 하나 이상의 모듈로부터 수신되는 상태 정보에 기초하여 하나 이상의 모듈(108)을 제어하도록 구성된다. 제어는 또한, 부하(101)의 요구사항들과 같은, 하나 이상의 다른 인자에 기초할 수 있다. 많은 실시예들에서, 제어되는 측면은 시간 경과에 따른 각각의 모듈의 출력 전력이지만; 출력 전력에 대한 대안으로서 또는 출력 전력에 추가적으로 다른 측면들이 제어될 수 있다.

[0021] 많은 실시예들에서, 시스템(100) 내의 모든 모듈의 상태 정보는 제어 회로(102)로 통신될 것이며, 이로부터 제어 회로(102)는 모든 모듈(108-1...108-N)을 독립적으로 제어할 것이다. 다른 변형들이 가능하다. 예를 들어, 특정 모듈(또는 모듈들의 서브세트)의 제어는 해당 특정 모듈(또는 모듈들의 서브세트)의 상태 정보에 기초하거나, 해당 특정 모듈(또는 모듈들의 서브세트)이 아닌 상이한 모듈의 상태 정보에 기초하거나, 해당 특정 모듈(또는 모듈들의 서브세트) 이외의 모든 모듈들의 상태 정보에 기초하거나, 해당 특정 모듈(또는 모듈들의 서브세트)의 상태 정보 및 해당 특정 모듈(또는 모듈들의 서브세트)이 아닌 적어도 하나의 다른 모듈의 상태 정보에 기초하거나, 또는 시스템(100) 내의 모든 모듈들의 상태 정보에 기초할 수 있다.

[0022] 본 명세서에서 기술될 것인 바와 같이, 상태 정보는 각각의 모듈의 하나 이상의 측면에 관한 정보일 수 있다. 상태 정보는 동작 특성 또는 다른 파라미터일 수 있다. 상태 정보의 유형들은 모듈 또는 그의 컴포넌트들의 이하의 측면들, 즉, 충전 상태(State of Charge, SOC)(예를 들면, 에너지 소스의 용량에 대한 에너지 소스의 충전 레벨, 예컨대, 분수 또는 백분율), 건강 상태(State of Health, SOH)(예를 들면, 에너지 소스의 이상적인 조건들과 비교된 에너지 소스의 조건의 성능 지수(figure of merit)), 용량, 온도, 전압, 전류 또는 결합의 존재 여부를 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 각각의 모듈(108-1...108-N)은 상태 정보를 구성하거나 상태 정보로 변환될 수 있는 감지된 또는 측정된 신호들 또는 데이터를 수집하기 위한 하나 이상의 센서 또는 다른 측정 요소를 포함한다. 두 가지 이상의 유형의 상태 정보가 단일 센서로 감지 또는 측정되거나, 또는 다른 방식으로 추가적인 센서들을 필요로 하지 않고 알고리즘적으로 결정될 수 있기 때문에, 각각의 유형의 상태 정보를 수집하기 위해 별도의 센서가 필요하지 않다.

[0023] 도 1b는 시스템(100)의 다른 예시적인 실시예를 묘사한다. 여기서, 제어 회로(102)는, 제각기, 통신 경로들 또는 링크들(115-1 내지 115-N)을 통해 N 개의 상이한 로컬 제어 디바이스들(114-1 내지 114-N)과 통신 가능하게 결합되는 마스터 제어 디바이스(112)로서 구현된다. 로컬 제어 디바이스들(114)과 컨버터 소스 모듈들(108) 간에 1:1 관계가 있도록, 각각의 로컬 제어 디바이스(114-1 내지 114-N)는, 제각기, 통신 경로들 또는 링크들(116-1 내지 116-N)을 통해 하나의 컨버터 소스 모듈(108-1)과 통신 가능하게 결합된다.

[0024] 도 1c는 시스템(100)의 다른 예시적인 실시예를 묘사한다. 여기서, 마스터 제어 디바이스(112)는, 제각기, 통신 경로들 또는 링크들(115-1 내지 115-M)을 통해 M 개의 상이한 로컬 제어 디바이스들(114-1 내지 114-M)과 통신 가능하게 결합된다. 로컬 제어 디바이스들(114)은 2 개 이상의 컨버터 소스 모듈들(108)과 결합되어 이를 제어할 수 있다. 여기에 도시된 예에서, M 개의 로컬 제어 디바이스들(114-1 내지 114-M)이, 제각기, 통신 경로들 또는 링크들(116-1 내지 116-2M)을 통해 2M 개의 컨버터 소스 모듈들(108-1 내지 108-2M)과 결합되도록, 각각의 로컬 제어 디바이스(114)는 2 개의 컨버터 소스 모듈들(108)과 통신 가능하게 결합된다.

[0025] 통신 경로들 또는 링크들(106, 115, 및 116)은 각각 데이터 또는 정보를, 병렬 또는 직렬 방식으로, 양방향으로 통신하는 유선 또는 무선 통신 경로들 또는 링크들일 수 있다. 데이터는 표준 또는 커스텀 포맷으로 통신될 수 있다. 자동차 응용 분야들에서, 통신 경로들 또는 링크들(115)은 FlexRay 또는 CAN 프로토콜들에 따라 데이터를 통신하도록 구성될 수 있다.

[0026] 도 1b 및 도 1c와 관련하여 기술된 실시예들에서, 로컬 제어 디바이스들(114)은 각각의 모듈로부터 상태 정보를 수신하거나, 감지된 또는 측정된 신호들 또는 각각의 모듈로부터 수신된 데이터로부터 상태 정보를 결정하고, 해당 정보를 마스터 제어 디바이스(112)로 통신한다. 일부 실시예들에서, 로컬 제어 디바이스들(114)은 측정된 또는 감지된 데이터를 마스터 제어 디바이스(112)로 통신하고, 마스터 제어 디바이스(112)는 이어서 해당 원시 데이터에 기초하여 상태 정보를 알고리즘적으로 결정한다. 마스터 제어 디바이스(112)는 이어서 모듈들(108)의 상태 정보를 사용하여 그에 따라 제어 결정들을 내릴 수 있다. 제어 결정들은 모듈의 동작 또는 기여를 유지하거나 조정하기 위해 로컬 제어 디바이스들(114)에 의해 해석되거나 활용될 수 있는 명령어들, 커맨드들 또는 다른 정보(예컨대, 아래에서 기술되는 변조 지수)의 형태를 취할 수 있다.

- [0027] 예를 들어, 마스터 제어 디바이스(112)는 특정 모듈(또는 그의 컴포넌트)이 시스템(100) 내의 하나 이상의 다른 모듈과 관련하여 동작하고 있는 이하의 조건들, 즉 상대적으로 보다 낮은 SOC를 갖는 것, 상대적으로 보다 낮은 SOH를 갖는 것, 상대적으로 보다 낮은 용량을 갖는 것, 상대적으로 보다 낮은 전압을 갖는 것, 상대적으로 보다 낮은 전류를 갖는 것, 상대적으로 보다 높은 온도를 갖는 것, 또는 결합을 갖는 것 중 하나 이상을 나타내는 상태 정보를 수신할 수 있다. 그러한 예에서, 마스터 제어 디바이스(112)는 해당 특정 모듈의 전력 출력이 감소되게 하는(또는 일부 경우에, 조건에 따라 상승되게 하는) 제어 정보를 출력할 수 있다. 이러한 방식으로, 예를 들면, 보다 높은 온도에서 동작하는 모듈의 전력 출력이 감소되어 해당 모듈의 온도가 하나 이상의 다른 모듈의 온도를 향해 수렴하도록 할 수 있다.
- [0028] 다른 실시예들에서, 특정 모듈의 동작을 조정할지 여부에 대한 결정은 상태 정보를 미리 결정된 임계치들, 한계들 또는 조건들과 비교하는 것에 의해 행해질 수 있으며, 반드시 다른 모듈들의 상태들과 비교하는 것에 의해 행해지는 것은 아닐 수 있다. 미리 결정된 임계치들, 한계들 또는 조건들은, 사용 동안 변경되지 않는 제조업체에 의해 설정된 것들과 같은, 정적 임계치들, 한계들 또는 조건들일 수 있다. 미리 결정된 임계치들, 한계들 또는 조건들은 사용 동안 변경되도록 허용되거나 변경되는 동적 임계치들, 한계들 또는 조건들일 수 있다. 예를 들어, 마스터 제어 디바이스(112)는 모듈에 대한 상태 정보가 해당 모듈이 미리 결정된 임계치 또는 한계를 위반하여(예를 들면, 그를 초과하여 또는 그 미만으로) 또는 용인 가능한 동작 조건들의 미리 결정된 범위를 벗어나 동작함을 나타내는 경우 해당 모듈의 동작을 조정할 수 있다. 유사하게, 마스터 제어 디바이스(112)는 해당 모듈에 대한 상태 정보가 실제 또는 잠재적 결합(예를 들면, 경고 또는 경고)의 존재를 나타내거나 실제 또는 잠재적 결합의 부재 또는 제거를 나타내는 경우 모듈의 동작을 조정할 수 있다. 결합의 예들은 컴포넌트의 실제 고장, 컴포넌트의 잠재적 고장, 단락 회로 또는 다른 과도한 전류 조건, 개방 회로, 과도한 전압 조건, 통신 수신 실패, 손상된 데이터의 수신 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는다.
- [0029] 로컬 제어 디바이스(114)는 컨버터 소스 모듈의 다양한 센서들(예를 들면, 온도, 전압 및 전류 센서들)로부터의 신호들; 반도체 스위치들로 및 반도체 스위치들로부터의 스위칭(예를 들면, 트리거링) 및 결합 신호들; 에너지 저장 및 버퍼링 요소들의 기본 셀들의 전압들; 및 다른 신호들을 수신, 프로세싱 및 전송할 수 있다. 로컬 제어 디바이스는 마스터 제어 디바이스(112)와 통신하는 것을 수행할 수 있고 대응하는 제어 신호들을 마스터 제어 디바이스(112)로 및 마스터 제어 디바이스(112)로부터 전송하는 것을 수행할 수 있다.
- [0030] 이러한 방식으로, 마스터 제어 디바이스(112)는 원하는 목표를 달성하거나 이를 향해 수렴하기 위해 시스템(100) 내의 모듈들(108)을 제어할 수 있다. 목표는, 예를 들어, 서로에 대해 동일하거나 유사한 레벨들에서 또는 미리 결정된 임계치들, 한계들 또는 조건들 내에서 모든 모듈들을 동작시키는 것일 수 있다. 이 프로세스는 모듈들의 동작 또는 동작 특성들의 균형을 이루는 것 또는 균형을 달성하려고 추구하는 것이라고도 지칭된다. "균형"이라는 용어는, 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 모듈들(108) 또는 그의 컴포넌트들 사이의 절대적 동일성을 요구하지 않으며, 오히려 시스템(100)의 동작이 그렇지 않았으면 존재했을 모듈들 사이의 동작의 차이들을 능동적으로 감소시키기 위해 사용될 수 있음을 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 전달하기 위해 넓은 의미로 사용된다.
- [0031] 다시 도 1a를 참조하면, 제어 회로(102)는 소프트웨어(프로세싱 회로에 의해 실행 가능한 메모리에 저장된 명령어들), 하드웨어, 또는 이들의 조합을 사용하여 동작하고 제어를 실행하도록 구성될 수 있다. 제어 회로(102)는 여기에 도시된 바와 같이 프로세싱 회로 및 메모리를 포함할 수 있다. 프로세싱 회로 및 메모리의 예시적인 구현들이 아래에서 더 기술된다. 통신 경로들 또는 링크들(106)은 하나 이상의 컨버터 소스 모듈(108)로부터 제어 회로(102)에 대한 동작 전력을 직접 공급하기 위해 유선 전력을 또한 포함할 수 있다. 특정 실시예들에서, 제어 회로(102)를 위한 전력은 하나 이상의 컨버터 소스 모듈(108)로부터만 공급된다.
- [0032] 도 1b 및 도 1c를 참조하면, 마스터 제어 디바이스(112) 및 로컬 제어 디바이스들(114)은 유사하게 소프트웨어(프로세싱 회로에 의해 실행 가능한 메모리에 저장된 명령어들), 하드웨어, 또는 이들의 조합을 사용하여 동작하고 제어를 실행하도록 구성될 수 있으며, 각각은 여기에 도시된 바와 같이 프로세싱 회로 및 메모리를 포함한다. 프로세싱 회로(120) 및 메모리(122)의 예시적인 구현들이 아래에서 더 기술된다. 통신 경로들 또는 링크들(116)은 하나 이상의 컨버터 소스 모듈(108)로부터 로컬 제어 디바이스들(114)에 대한 동작 전력을 직접 공급하기 위해 유선 전력을 또한 포함할 수 있다. 특정 실시예들에서, 각각의 로컬 제어 디바이스(114)를 위한 동작 전력은 해당 로컬 제어 디바이스(114)가 경로(116)에 의해 연결되는 하나 이상의 컨버터 소스 모듈(108)에 의해서만 공급된다. 마스터 제어 디바이스(112)를 위한 동작 전력은 (예를 들면, 자동차의 전력 네트워크를 통해서와 같이) 컨버터 소스 모듈들(108) 중 하나 이상으로부터 간접적으로 공급될 수 있다.



- [0033] 일부 실시예들에서, 제어 회로(102)는 전체 시스템(100)에 대한 단일 제어 디바이스를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 별도의 마스터 제어 디바이스(112)가 필요하지 않고 시스템(100)으로부터 생략될 수 있도록, 제어 회로가 모듈들(108)과 연관된 로컬 제어 디바이스들(114) 사이에 분산될 수 있다.
- [0034] 일부 실시예들에서, 시스템(100)의 제어는 시스템(100)에 전용되거나 로컬인 제어 회로(102)와 응용 분야의 다른 부분들과 공유되는 제어 회로 사이에 분산될 수 있다. 예를 들어, 자동차 응용 분야에서, 마스터 제어 디바이스(112)는 하나 이상의 다른 자동차 기능(예를 들면, 모터 제어, 운전자 인터페이스 제어, 트래クション(traction) 제어 등)을 담당하는 차량의 다른 제어 디바이스(예를 들면, 전자 제어 유닛(ECU))의 일부로서 구현될 수 있다.
- [0035] 제어 회로(102)는 응용 분야의 다른 제어 디바이스와 통신하기 위한 통신 인터페이스를 가질 수 있다. 예를 들어, 자동차 응용 분야에서, 제어 회로(102)(예를 들면, 마스터 제어 디바이스(112))는 시스템(100)에 관한 데이터 또는 정보를 차량의 다른 제어 디바이스(예를 들면, ECU)에 출력할 수 있다.
- [0036] 캐스케이드된 에너지 저장 시스템들 내의 모듈들의 예시적인 실시예들
- [0037] 모듈(108)의 예시적인 실시예의 블록 다이어그램이 도 2에 도시되어 있다. 모듈(108)은 임의의 수의 하나 이상의 에너지 소스(202)를 포함할 수 있다. 이 예에서, 모듈(108)은, 본 명세서에 기술된 유형들 또는 이들의 조합들 중 임의의 것일 수 있는, 하나의 에너지 소스(202)를 포함한다. 모듈(108)은 전력 전자 컨버터 회로(206 또는 308)(예를 들면, 제어 가능한 스위치 회로), 전압, 전류 및/또는 온도 측정 회로(201), 및 로컬 제어 디바이스(LCD)(114) 또는 적응적 제어 알고리즘 또는 실행 가능한 소프트웨어 단계들을 저장할 수 있는 메모리와 통신 가능하게 결합되는(또는 메모리를 포함하는) 다른 제어 회로를 또한 포함할 수 있다. 컨버터 회로(206, 308)는 전력 연결부(110)를 통해 전력을 수신 및/또는 출력할 수 있다. 로컬 제어 디바이스는 통신 버스(116)를 통해 다른 로컬 제어 디바이스들(114) 및/또는 마스터 제어 디바이스(112)에 통신 가능하게 결합될 수 있다.
- [0038] 전력 연결부(110)는 모듈(108)로, 모듈(108)로부터, 그리고 모듈(108)을 통해 에너지 또는 전력을 전달하기 위한 연결부이다. 모듈(108)은 에너지 소스(202)로부터 전력 연결부(110)로 에너지 또는 전력을 출력할 수 있으며, 여기서 에너지 또는 전력은 시스템의 다른 모듈들에 또는 부하에 전달될 수 있다. 모듈(108)은 또한 다른 모듈들(108) 또는 충전 소스(DC 충전기, 단상 충전기, 다상 충전기)로부터 에너지 또는 전력을 수신할 수 있다. 신호들은 또한 에너지 소스(202)를 바이패스하는 모듈(108)을 통해 전달될 수 있다. 모듈(108) 안으로의 그리고 그 밖으로의 에너지 또는 전력의 라우팅은 LCD(114)와 같은 제어 회로의 제어 하에서 전력 전자 컨버터(206, 308)에 의해 수행된다.
- [0039] 모듈(108), 특히 LCD(114)는 통신 버스(116)를 통해 정보를 통신(수신 및/또는 송신)할 수 있다. 정보는 LCD(114)에 의해, 마스터 제어 디바이스(MCD)(112)와 같은, 다른 제어 회로로 송신되는 모듈 및 그의 컴포넌트들의 동작 특성들에 관한 측정들 또는 데이터일 수 있다. 정보는 또한 LCD(114)에 의해 수신되고 전력 전자 컨버터(206, 308)에 대한 하나 이상의 제어 신호를 생성하는 데 사용되는 제어 정보, 예를 들면, 전압 기준 신호 및/또는 변조 지수일 수 있다. 통신 버스(116)는 LCD(114)를 다른 모듈들(108)의 다른 제어 회로, MCD와 같은 마스터 제어 회로, 또는 다른 디바이스들과 통신 가능하게 연결시킬 수 있다.
- [0040] 측정 회로(201)는 모듈(108)의, 에너지 소스들과 같은, 하나 이상의 컴포넌트의 하나 이상의 전압, 온도, 및/또는 전류를 측정하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 측정 회로(201)는 충전 상태, 온도, 전류 및 전압과 같은 에너지 소스(202)의 측면들을 측정할 수 있다. 이 정보는 모듈(108)을 모니터링하는 데 그리고 시스템의 하나 이상의 다른 모듈과 관련하여 모듈(108)로부터의 에너지 출력 및/또는 모듈(108)로의 에너지 입력을 제어하는 데 제어 회로에 의해 사용하기 위해 모듈(108) 내에서 LCD(114)로 전송될 수 있다. 이것은 시스템 내의 모듈들의 상대적인 측정된 측면들이 서로에 대해 균형을 이룰 수 있도록 한다.
- [0041] 도 3 내지 도 5는 모듈당 하나의 로컬 제어 디바이스(114)를 갖는, 도 1b에 묘사된 바와 같은 시스템(100) 내의 컨버터 소스 모듈들(108)의 예시적인 실시예들을 묘사한다. 도 2 내지 도 5의 실시예들 및 본 명세서에 기술된 임의의 및 모든 다른 실시예들은, 달리 언급되지 않는 한, 도 1a 내지 도 1c의 구성들에 따라 구현될 수 있다.
- [0042] 모듈들(108)은 전압 컨버터들 또는 전류 컨버터들로서 구현될 수 있다. 설명의 편의를 위해, 본 명세서에 기술된 실시예들은 전압 컨버터들을 참조하여 그렇게 행해지지만, 실시예들이 그러한 것으로 제한되지 않는다.
- [0043] 도 3은 시스템(100) 내의 모듈(108A)의 예시적인 실시예를 묘사하는 블록 다이어그램이다. 모듈(108A)의 이 실시예는 본 명세서에서 예시적인 모듈의 버전 1(V1)이라고 지칭될 수 있고, 컨버터 소스 모듈(108)의 한 유형의 예이다. 또한 로컬 제어 디바이스(114)(LCD) 및 마스터 제어 디바이스(112)(MCD)가 도시되어 있다. 모듈

(108A)은 LCD(114)와 통신 가능하게 결합되고, LCD(114)는 차례로 MCD(112)와 통신 가능하게 결합된다.

- [0044] 모듈(108A)은 하나 이상의 에너지 저장 요소를 포함할 수 있는 에너지 소스(202)를 포함한다. 에너지 소스(202)는, 예를 들어, 울트라 커패시터(600)(도 7a), 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 적어도 하나의 셀 또는 다수의 배터리 셀들을 포함하는 배터리 모듈(601)(도 7b), 또는 연료, 연료 전지, 또는 연료 전지 모듈(602)(도 7c)중 하나일 수 있지만 이에 제한되지는 않는다.
- [0045] 에너지 소스(202)의 출력들(out1 및 out2)은, 제각기, 에너지 버퍼(204)의 입력 단자들(in1 및 in2)에 연결될 수 있으며, 에너지 버퍼(204)는, 예를 들어, 전해 및/또는 필름 커패시터(CEB)(700)(도 8a), 2 개의 인덕터(LEB1 및 LEB2) 및 2 개의 전해 및/또는 필름 커패시터(CEB1 및 CEB2)에 의해 형성된 Z-소스 네트워크(Z-source network)(710)(도 8b), 2 개의 인덕터(LEB1 및 LEB2), 2 개의 전해 및/또는 필름 커패시터(CEB1 및 CEB2) 및 다이오드(DEB)에 의해 형성된 준 Z-소스 네트워크(Quasi Z-source network)(720)(도 8c)에 기초한 요소들 및 토폴로지들 중 하나를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 에너지 버퍼(204)의 특정 토폴로지 및 컴포넌트들의 선택은 에너지 버퍼(204)의 출력 단자들(out1 및 out2)에 대한 고주파 전압 맥동들의 최대 허용 진폭에 의존한다. 이러한 맥동들은 모듈(108)의 성능을 저하시킬 수 있으며, 따라서 이들은 적합한 요소들 및 토폴로지들을 그의 기초로서 설계하는 것에 의해 효율적으로 버퍼링될 수 있다.
- [0046] 에너지 버퍼(204)의 출력들(out1 및 out2)은 컨버터(206)의 입력들(in1 및 in2)에 제각기 연결된다. 컨버터(206)의 예시적인 실시예의 개략적인 표현이 도 6a에 도시되어 있다. 많은 실시예들에서, 컨버터(206)는, (도 6a 및 도 6b에 도시된 바와 같은) 금속 산화물 반도체 전계 효과 트랜지스터들 또는 MOSFET들과 같은, 반도체 스위치들로서 구성될 수 있는 적어도 4 개의 스위치(S3, S4, S5, S6)를 포함할 수 있다. 다른 스위치 예는 절연 게이트 바이폴라 트랜지스터 또는 IGBT이다. 반도체 스위치들은 상대적으로 높은 스위칭 주파수들에서 동작될 수 있으며, 이에 의해 컨버터(206)가 원하는 경우 펄스 폭 변조 모드에서 동작될 수 있게 하고 상대적으로 짧은 시간 간격 내에 제어 커맨드들에 응답할 수 있게 한다. 이는 과도 모드들에서 높은 출력 전압 조정 허용 오차 및 빠른 동적 거동을 제공할 수 있다.
- [0047] 이 실시예에서, 컨버터(206)는 그의 단자들(in1과 in2) 사이의 DC 라인 전압(VDCL)을 스위치들(S3, S4, S5, S6)의 상이한 조합들에 의해 그의 출력 단자들(out1 및 out2)에 연결시키는 것에 의해 3 개의 상이한 전압 출력(+VDCL, 0 및 -VDCL)을 생성한다. +VDCL을 획득하기 위해, 스위치들(S3과 S6)이 턴 온되는 반면, -VDCL은 스위치들(S4 및 S5)을 턴 온시키는 것에 의해 획득될 수 있다. S3 및 S5 또는 S4 및 S6을 턴 온시키는 것에 의해, 출력 전압이 0 또는 기준 전압으로 설정된다.
- [0048] 반도체 스위치들(S3, S4, S5, S6)에 대한 제어 스위칭 신호들은 LCD 및 MCD에서의 채택된 제어 기술의 유연성 및 요구사항들에 따라 상이한 방식들로 생성될 수 있다. 하나의 접근법은 컨버터(206)의 출력 전압을 생성하기 위해 SVPWM(space vector pulse-width modulation) 또는 SPWM(sinusoidal pulse-width modulation) 또는 이들의 변형들을 사용하는 것이다. 컨버터(206)의 출력 전압 파형(900)의 예는 도 11a에 도시되어 있다. 변조 방법은 또한 그것이 어느 버전의 시스템(100)에 적용되는지에 의존하고, 하나의 가능한 변조 해결책이 본 명세서에서 예로서 더 제시될 것이다.
- [0049] 펄스 폭 변조를 사용하는 일부 실시예들에서, (MCD가 아니라) LCD가 모듈 내의 스위치들에 대한 스위칭 신호들을 생성한다. 히스테리시스를 사용하는 것과 같은, 일부 실시예들에서, 스위칭 신호들의 생성은 MCD에 의해 수행될 수 있다. 도 3에 도시된 LCD(114)는 진단, 측정, 보호 및 제어 신호 라인들의 세트를 통해 모듈(108A)에 연결될 수 있고, 세 가지 주요 기능 중 하나 이상을 수행할 수 있다. 첫 번째 기능은 에너지 소스(202)의 관리이다. 두 번째 기능은 에너지 버퍼(204)의 보호, 보다 구체적으로는 과전류, 과전압 및 고온 조건들로부터 그의 컴포넌트들을 보호하는 것이다. 세 번째 기능은 컨버터(206)의 제어 및 보호이다.
- [0050] 일 예시적인 실시예에서, 모듈(108A)에 대한 에너지 소스(202)의, LCD(114)에 의한, 관리의 기능은 다음과 같다. LCD(114)는 측정 신호들(VES1, TES1, IES1)을 수용하며, VES1은 에너지 소스(202)의, 바람직하게는 모든, 기본 컴포넌트들 중 적어도 하나의 기본 컴포넌트의 전압들 또는, 예를 들어, (개별 또는 직렬로 및/또는 병렬로 연결된) 배터리 셀들, (개별 또는 직렬로 및/또는 병렬로 연결된) 울트라 커패시터 셀들과 같은 그러나 이에 제한되지 않는, 기본 컴포넌트들의 그룹들의 전압들이고; TES1은 에너지 소스(202)의, 바람직하게는 모든, 기본 컴포넌트들 중 적어도 하나의 기본 컴포넌트의 온도들 또는 기본 컴포넌트들의 그룹들의 온도들이며; IES1은 에너지 소스(202)의 출력 전류이다. 이러한 측정 신호들에 기초하여, LCD(114)는 기본 컴포넌트들 또는 기본 컴포넌트들의 그룹들의 실제 용량, 실제 충전 상태(SOC) 및 건강 상태(SOH)의 계산 또는 결정; 측정된 및/또는 계산된 데이터에 기초하여 경고 또는 경보 신호를 설정하는 것; 및/또는 대응하는 신호들을 MCD(112)로 전송

하는 것 중 하나 이상을 수행할 수 있다.

- [0051] 일 예시적인 실시예에서, 에너지 버퍼(204)의, LCD(114)에 의한, 보호의 기능은 다음과 같다. LCD(114)는 측정 신호들(VEB, TEB, IEB)을 수용하며, VEB는, 예를 들어, 커패시터(CEB) 또는 커패시터들(CEB1, CEB2)(도 8a 내지 도 8c 참조)과 같은 그러나 이에 제한되지 않는, 에너지 버퍼의 적어도 하나의 주요 컴포넌트의 전압들이고; TEB는 에너지 버퍼의 적어도 하나의 컴포넌트의 온도이고/이거나; IEB는 에너지 버퍼(204)의 적어도 하나의 컴포넌트를 통한 전류이다. 이러한 측정 신호들에 기초하여, LCD(114)는 측정된 데이터에 기초하여 경고 또는 경보 신호를 설정하는 것; 및/또는 대응하는 경고 또는 경보 신호들을 MCD(112)로 전송하는 것을 수행할 수 있다.
- [0052] 일 예시적인 실시예에서, 모듈(108A)에 대한 컨버터(206)의, LCD(114)에 의한, 제어 및 보호의 기능은 다음과 같다. LCD(114)는 (예를 들면, 예를 들면, FlexRay 또는 CAN일 수 있는 링크(115)를 통해) MCD로부터 커맨드 신호들을 수신할 수 있으며, 커맨드 신호들은 일부 실시예들에서, 반도체 스위치들(S3, S4, S5, S6)에 대한 제어 신호들을 생성하기 위해 LCD(114)에서 펄스 폭 변조 기술과 함께 사용될 수 있는, 변조 기준 신호 및 인에이블 신호 또는 기준 신호 및 변조 지수일 수 있다. 컨버터(206)의 통합된 전류 센서로부터 오는 전류 피드백 신호(IOUT)(도 3에 도시되지 않음)는, 컨버터(206)에서의 모든 스위치들의 고장 상태들(예를 들면, 단락 회로 또는 개방 회로 고장 모드들)에 관한 정보를 전달할 수 있는, 컨버터(206)의 스위치들의 구동기 회로들(도 3에 도시되지 않음)로부터 오는 하나 이상의 신호(F)와 함께 과전류 보호를 위해 사용될 수 있다. 이 데이터에 기초하여, LCD(114)는 컨버터(206) 및 전체 모듈(108A)을 바이패스하거나 시스템(100)으로부터 연결해제시키기 위해 스위칭 신호들의 어느 조합이 대응하는 반도체 스위치들(S3, S4, S5, S6)에 인가되어야 하는지에 대해 결정할 수 있다. (특정 스위치에 대한 스위칭 신호는 해당 스위치를 턴 온 또는 턴 오프시킬 수 있다.)
- [0053] 도 4는 본 명세서에서 버전 2라고 지칭될 수 있는 모듈(108B)의 다른 예시적인 실시예를 묘사하는 블록 다이어그램이며, 한 유형의 컨버터 소스 모듈(108)의 예이다. 모듈(108B)은 LCD(114)와 통신 가능하게 결합되고, LCD(114)는 차례로 MCD(112)와 통신 가능하게 결합된다.
- [0054] 이 실시예에서, 모듈(108B)은 1차 에너지 소스(202) 및 2차 에너지 소스(304)를 갖는 이중 에너지 소스 구성으로 되어 있다. 에너지 소스(202)는, 예를 들어, 울트라 커패시터 또는 슈퍼 커패시터와 같은 고에너지 밀도 커패시터(600)(도 7a), 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 적어도 하나의 셀 또는 복수의 배터리 셀들을 포함하는 배터리 모듈(601)(도 7b), 및 연료, 연료 전지 또는 연료 전지 모듈(602)(도 7c) 중 하나를 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다.
- [0055] 에너지 소스(202)의 출력들(out1 및 out2)은 에너지 버퍼(204)의 입력 단자들(in1 및 in2)에 연결될 수 있으며, 그의 변형들은 위에 기술되어 있다. 에너지 버퍼(204)의 출력들(out1 및 out2)은 컨버터(308)의 입력들(in1 및 in3)에 제각기 연결된다.
- [0056] 에너지 버퍼(204)의 출력(out2)은 에너지 소스(304)의 출력(out2)에도 연결될 수 있다. 에너지 소스(304)의 다른 출력(out1)은 컨버터(308)의 입력(in2)에 연결된다. 에너지 소스(304)는, 예를 들어, 전해 및/또는 필름 커패시터(CEB)(800)(도 9a); HED 커패시터(810)(도 9b); 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 적어도 하나의 셀 또는 복수의 배터리 셀들을 포함하는 배터리 모듈(820)(도 9c); HED 커패시터(810)와 병렬로 연결된 전해 및/또는 필름 커패시터(CEB)(800)(도 9d); 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 적어도 하나의 셀 또는 복수의 배터리 셀들을 포함하는, 배터리 모듈(820)과 병렬로 연결된 전해 및/또는 필름 커패시터 CEB(800)(도 9e); 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 적어도 하나의 셀 또는 복수의 배터리 셀들을 포함하는, HED 커패시터(810) 및 배터리 모듈(820)과 병렬로 연결된 전해 및/또는 필름 커패시터 CEB(800)(도 9f)와 같은 저장 요소들 중 하나를 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다.
- [0057] 컨버터(308)의 예시적인 실시예의 단순화된 개략적인 표현이 도 6b에 도시되어 있다. 여기서, 컨버터(308)는, 예를 들면, (도 6b에 도시된 바와 같은) MOSFET들 또는 IGBT들과 같은, 반도체 스위치들로서 구성될 수 있는, 6개의 스위치(S1, S2, S3, S4, S5, S6)를 포함한다. 반도체 스위치들은 높은 스위칭 주파수에서 동작될 수 있으며, 이에 의해 필요한 경우 컨버터(308)가 펄스 폭 변조 모드에서 동작될 수 있게 하고, 짧은 시간 간격 내에 제어 커맨드들에 응답하여 출력 전압 조정의 높은 허용오차 및 과도 모드들에서의 빠른 동적 거동을 제공할 수 있게 한다.
- [0058] 컨버터(308)의 좌측은 2개의 스위치(S1 및 S2)를 포함하고, +VDCL 및 가상 제로 전위에 있을 수 있는 입력(In3)을 기준으로 하는 0인 2개의 상이한 전압을 노드 1에서 생성할 수 있다. 결합 인덕터(Lc)는 입력(In3)과 노드 1 사이에 연결된다. 에너지 소스(304)의 출력(out1)은 컨버터(308)의 입력(In3)에서 결합 인덕터(Lc)에

연결된다. 에너지 소스(304)로부터 소비되거나 에너지 소스(304)에 생성되는 전류는, 예를 들어, 정류 스위치들(S1 및 S2)을 위한 히스테리시스 제어 방법 또는 펄스 폭 변조 기술을 사용하여, 결합 인덕터(L<sub>c</sub>) 상의 전압을 조절하는 것에 의해 제어될 수 있다. 다른 기술들도 사용될 수 있다.

- [0059] 컨버터(308)의 우측은 4 개의 스위치(S3, S4, S5, S6)를 포함하고, 스위치들(S3, S4, S5, S6)의 상이한 조합들에 의해 단자들(in1과 in2) 사이의 DCL 전압(V<sub>DCL</sub>)을 출력 단자들(out1 및 out2)에 연결시키는 것에 의해 3 개의 상이한 전압 출력(+V<sub>DCL</sub>, 0, 및 -V<sub>DCL</sub>)을 생성할 수 있다. out1과 out2 사이의 +V<sub>DCL</sub>을 획득하기 위해, 스위치들(S3과 S6)이 턴 온되는 반면, out1과 out2 사이의 -V<sub>DCL</sub> 전압은 스위치들(S4 및 S5)을 턴 온시키는 것에 의해 획득될 수 있다. S3 및 S5 또는 S4 및 S6을 턴 온시키는 것에 의해, 출력 전압이 0 또는 기준 전위로 설정된다.
- [0060] 반도체 스위치들(S3, S4, S5, S6)에 대한 제어 스위칭 신호들은 LCD(114) 및 MCD(112)에서의 채택된 제어 기술의 유연성 및 요구사항들에 따라 상이한 방식으로 생성될 수 있다. 하나의 접근법은 컨버터(308)의 출력 전압을 생성하기 위해, SVPWM(space vector pulse-width modulation) 또는 SPWM(sinusoidal pulse-width modulation) - 이들의 추가적인 변형들을 포함함 - 과 같은, 펄스 폭 변조를 사용하는 것이다. 컨버터(308)의 전형적인 출력 전압 파형(900)은 도 11a에 도시되어 있다. 변조 방법은 응용 분야의 요구들에 기초하여 달라질 수 있다.
- [0061] 모듈(108B)의 이 예시적인 실시예에서, 에너지 소스(202)는 1차 에너지 소스로서 역할하고, 따라서 부하가 필요로 하는 평균 전력을 공급한다. 에너지 소스(304)는 부하 전력 피크들에서 추가적인 전력을 제공하는 것 또는 초과 전력을 흡수하는 것에 의해 에너지 소스(202)를 보조하는 기능을 갖는 2차 에너지 소스일 수 있다.
- [0062] 도 11b는 6 개의 예시적인 컨버터 소스 모듈을 갖는 예시적인 모듈 기반 에너지 저장 시스템으로부터의 출력 전압 파형(1000)을 도시한다.
- [0063] 컨버터 V2에 의해 수행되고 위에서 기술된 1차 기능 및 2차 기능 둘 모두는 개별적으로 또는 동시에 수행될 수 있다. 동시에 수행되는 경우, 에너지 소스(304)는 도 9a, 도 9b 및 도 9d 내지 도 9f에 도시된 바와 같이 다른 에너지 저장 요소들과 병렬로 연결된 전해 커패시터 또는 울트라 커패시터(810)를 포함할 수 있다.
- [0064] LCD(114)는 도 4에서 진단, 측정, 보호 및 제어 신호 라인들의 세트를 통해 모듈(108B)에 연결되는 것으로 도시되어 있고, 네 가지 주요 기능 중 적어도 하나, 바람직하게는 그 모두를 수행할 수 있다. 첫 번째 기능은 에너지 소스(202)의 관리이다. 두 번째 기능은 에너지 소스(304)의 관리이다. 세 번째 기능은 에너지 버퍼(204)의 보호, 보다 구체적으로는 과전류, 과전압 및 고온으로부터 그의 컴포넌트들을 보호하는 것이다. 네 번째 기능은 컨버터(308)의 제어 및 보호이다.
- [0065] 에너지 소스(202)의 관리의 기능은 다음과 같을 수 있다. LCD(114)는 측정 신호들(VES1, TES1, IES1)을 수용하며, VES1은 에너지 소스(202)의 모든 기본 컴포넌트들/셀들의 전압들 또는, 예를 들어, 개별 또는 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 배터리 셀들, 개별 또는 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 울트라 커패시터 셀들과 같은 그러나 이에 제한되지 않는, 기본 컴포넌트들/셀들의 그룹들의 전압들이고; TES1은 에너지 소스 1의 모든 기본 컴포넌트들의 온도들 또는 기본 컴포넌트들의 그룹들의 온도들이며; IES1은 에너지 소스(202)의 출력 전류이다. 이러한 측정 신호들에 기초하여, LCD는 기본 컴포넌트들 또는 기본 컴포넌트들의 그룹들의 실제 용량, 실제 충전 상태(SOC) 및 건강 상태(SOH)를 계산하는 것; 측정되고 계산된 데이터에 기초하여 경고 또는 경보 신호를 설정하는 것; 대응하는 신호들을 MCD(112)로 전송하는 것을 수행할 수 있다.
- [0066] 모듈(108B)에 대한 에너지 소스(304)의 관리의 기능은 다음과 같을 수 있다. LCD(114)는 측정 신호들(VES2, TES2, IES2)을 수신할 수 있으며, VES2는 에너지 소스(304)의 모든 기본 컴포넌트들 또는 셀들의 전압들 또는, 예를 들어, 개별 또는 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 배터리 셀들, 개별 또는 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 울트라 커패시터 셀들과 같은 그러나 이에 제한되지 않는, 기본 컴포넌트들 또는 셀들의 그룹들의 전압들이고; TES2는 에너지 소스(304)의 모든 기본 컴포넌트들의 온도들 또는 기본 컴포넌트들의 그룹들의 온도들이며; IES2는 에너지 소스(304)의 출력 전류이다. 이러한 측정 신호들에 기초하여, LCD는 기본 컴포넌트들 또는 기본 컴포넌트들의 그룹들의 실제 용량, 실제 충전 상태(SOC) 및 건강 상태(SOH)를 계산하는 것; 측정되고 계산된 데이터에 기초하여 경고 또는 경보 신호를 설정하는 것; 및/또는 대응하는 신호들을 MCD(112)로 통신하는 것을 수행할 수 있다.
- [0067] 모듈(108B)에 대한 에너지 버퍼(204)의 보호의 기능은 다음과 같을 수 있다. LCD(114)는 측정 신호들(VEB, TEB, IEB)을 수신하며, VEB는, 예를 들어, 커패시터(CEB) 또는 커패시터들(CEB1, CEB2)(도 8a 내지 도 8c

참조)과 같은 그러나 이에 제한되지 않는, 에너지 버퍼(204)의 적어도 하나의 주요 컴포넌트의 전압들이고; TEB는 에너지 버퍼(204)의 적어도 하나의 주요 컴포넌트의 온도이고/이거나; IEB는 에너지 버퍼(204)의 적어도 하나의 주요 컴포넌트를 통한 전류이다. 이러한 측정 신호들에 기초하여, LCD(114)는 측정된 데이터에 기초하여 결합(예를 들면, 경고 또는 경보) 신호를 설정하는 것; 및/또는 대응하는 결합 신호들을 MCD(112)로 전송하는 것을 수행할 수 있다.

[0068] 모듈(108B)에 대한 컨버터(308)의 제어 및 보호의 기능은 다음과 같을 수 있다. LCD(114)는 위에서 기술된 전력 관리 및/또는 2차 고조파 감소 기술들에 따라 반도체 스위치들(S1, S2, S3, S4, S5, S6)에 대한 제어 신호들을 생성하기 위해 LCD에서의 PWM 및/또는 히스테리시스 기능에서 사용될 수 있는, 변조 기준 신호 및 인에이블 신호 또는 기준 신호 및 변조 지수일 수 있는, 커맨드 신호들을 MCD(112)로부터 수신한다. 컨버터(308)의 통합된 전류 센서들(도 4에 도시되지 않음)로부터 오는 전류 피드백 신호들(IES2, IOUT)은, 예를 들어, 반도체 스위치들 중 하나 이상, 바람직하게는 그 모두의 고장 상태들(예를 들면, 단락 회로 또는 개방 회로 고장 모드)에 관한 정보를 전달하는, 컨버터(308)의 반도체 디바이스들의 구동기 회로들(도 4에 도시되지 않음)로부터 오는, 신호들(F)과 함께 과전류 보호를 위해 사용될 수 있다. 이 특정 데이터에 기초하여, LCD(114)는 컨버터(308) 및 전체 모듈(108B)을 바이패스하거나 시스템(100)(예를 들면, 배터리 팩 등)으로부터 연결해제시키기 위해 스위칭 신호들(S1, S2, S3, S4, S5, S6)의 어느 조합이 대응하는 반도체 스위치들에 인가되어야 하는지에 대해 결정할 수 있다.

[0069] 도 5는 버전 3이라고 지칭되는 모듈(108C)의 예시적인 실시예를 묘사하는 블록 다이어그램이며, 한 유형의 컨버터 소스 모듈(108)의 예이다. 이 예에서, 모듈(108C)은 LCD(114)와 통신 가능하게 결합되고, LCD(114)는 차례로 MCD(114)와 통신 가능하게 결합된다.

[0070] 모듈(108C)은, 도 5에 도시된 바와 같이, 원하는 경우, 보조 부하(410)의 연결을 위한 추가적인 입력을 갖는 컨버터(308) 및 에너지 소스(202)를 포함할 수 있다. 모듈(108C)은 예시적인 시스템(100) 내의 다른 모듈들(108)(예를 들면, V1, V2, 및/또는 V3)과의 연결을 위한 출력 포트들(1 및 2)을 갖는다. 도 5에 도시된 바와 같이, 모듈(108C)의 예시된 출력 포트들(3 및 4)은, 필요한 경우, 예시적인 모듈(108C)을 예시적인 시스템(100)의 다른 모듈들(108C)의 동일한 출력 포트들에 연결시키기 위해 그리고/또는, 원하는 경우, 보조 부하 1(408)에 연결하기 위해 사용될 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 모듈(108C)의 예시된 출력 포트들(5 및 6)은, 필요한 경우, 예시적인 모듈(108C)을 예시적인 시스템(100)의 다른 모듈들(108C)의 동일한 출력 포트들에 연결시키기 위해 그리고/또는, 원하는 경우, 보조 부하(410)에 연결하기 위해 사용될 수 있다.

[0071] 모듈들(108A 및 108B)에서와 같이, 에너지 소스(202)의 출력들(out1 및 out2)은 에너지 버퍼(204)의 입력 단자들(in1 및 in2)에 연결될 수 있다. 에너지 버퍼(204)의 출력들(out1 및 out2)은 컨버터(308)의 입력들(in1 및 in3)에 제각기 연결될 수 있다.

[0072] 또다시 도 6b를 참조하면, 결합 인덕터(L<sub>c</sub>)는 입력(In3)과 노드 1 사이에 연결될 수 있다. 결합 인덕터(L<sub>c</sub>)의 출력은 컨버터(308)의 입력(In2)을 통해 모듈(108C)의 포트(5)에 그리고 도 5에 도시된 바와 같은 선택적인 보조 부하(410)에 연결될 수 있다. 보조 부하(410)가 입력 캐패시터를 가지며, 따라서 컨버터(308)가 결합 인덕터(L<sub>c</sub>) 상의 전압 및 결합 인덕터(L<sub>c</sub>)를 통한 전류를 조절하는 것에 의해 부하 상에 요구된 정전압을 조절하고 안정화시킬 수 있는 것으로 가정된다.

[0073] 반도체 스위치들(S3, S4, S5, S6)에 대한 제어 스위칭 신호들은 LCD(114) 및 MCD(112)에서의 채택된 제어 기술의 유연성 및 요구사항들에 따라 상이한 방식들로 생성될 수 있다.

[0074] 에너지 소스(202)는, 연결된 경우, 시스템(100)의 부하, 보조 부하(408) 및/또는 보조 부하(410)가 필요로 하는 전력의 대응하는 부분을 공급할 수 있다. 에너지 소스(202), 보조 부하 1 및 보조 부하 2 사이의 전력 흐름은 원하는 대로 조정될 수 있다. 보조 부하들의 예들은, 예를 들어, 전기 차량의 온보드 전기 네트워크, 전기 차량의 HVAC 시스템일 수 있다. 시스템(100)의 부하는, 예를 들어, 전기 차량 모터 또는 전기 그리드의 위상들 중 하나일 수 있다. 이 실시예는 에너지 소스의 전기적 특성들(단자 전압 및 전류)과 부하들의 전기적 특성들 간의 완전한 분리를 가능하게 할 수 있다.

[0075] 모듈(180C)에 대한 LCD(114)는 도 5에 도시되어 있다. 이는 진단, 측정, 보호 및 제어 신호 라인들의 세트들 통해 모듈(108B)에 연결될 수 있고, 네 가지 주요 기능 중 적어도 하나, 바람직하게는 그 모두를 수행할 수 있다. 첫 번째 기능은 에너지 소스(202)의 관리일 수 있다. 두 번째 기능은 보조 부하(410)의 관리일 수 있다. 세 번째 기능은 에너지 버퍼(204)의 보호, 보다 구체적으로는 과전류, 과전압 및 고온으로부터 그의 컴포넌트들

을 보호하는 것일 수 있다. 네 번째 기능은 컨버터(308)의 제어 및 보호일 수 있다.

- [0076] 일부 예시적인 실시예들에서, 모듈(108C)에 대한 에너지 소스(202)의 관리의 기능은 다음과 같을 수 있다. LCD(114)는 측정 신호들(VES1, TES1, IES1)을 수용하며, VES1은 에너지 소스(202)의 모든 기본 컴포넌트들/셀들의 전압들 또는, 예를 들어, 개별 또는 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 배터리 셀들, 개별 또는 직렬로 및/또는 병렬로 연결된 울트라 커패시터 셀들과 같은 그러나 이에 제한되지 않는, 기본 컴포넌트들/셀들의 그룹들의 전압들이고; TES1은 에너지 소스 1의 모든 기본 컴포넌트들의 온도들 또는 기본 컴포넌트들의 그룹들의 온도들이며; IES1은 에너지 소스 1의 출력 전류이다. 이러한 측정 신호들에 기초하여, LCD(114)는 기본 컴포넌트들 또는 기본 컴포넌트들의 그룹들의 실제 용량, 실제 충전 상태(SOC) 및 건강 상태(SOH)를 계산하는 것; 측정되고 계산된 데이터에 기초하여 경고 또는 경보 신호를 설정하는 것; 대응하는 신호들을 MCD(112)로 전송하는 것을 수행할 수 있다.
- [0077] 모듈(108C)에 대한 보조 부하 2(410)의 관리의 기능은 다음과 같을 수 있다. LCD(114)는 측정 신호들(VAL2, IAL2)을 수신하며, VAL2는 모듈(108C)의 포트들(5와 6) 사이의 전압이고, IAL2는 보조 부하 2의 전류인 컨버터(308)의 결합 인덕터(L<sub>c</sub>)에서의 전류이다. 이러한 신호들에 기초하여 LCD(114)는 보조 부하(410) 상의 전압을 안정화시키고/시키거나 제어하기 위해 LCD에서의 펄스 폭 변조를 위한 기준 신호의 보정을 수행할 수 있다.
- [0078] 모듈(108C)에 대한 에너지 버퍼(204)의 보호의 기능은 다음과 같을 수 있다. LCD(114)는 측정 신호들(VEB, TEB, IEB)을 수신할 수 있으며, VEB는, 예를 들어, 커패시터(CEB) 또는 커패시터들(CEB1, CEB2)(도 8a 내지 도 8c 참조)과 같은 그러나 이에 제한되지 않는, 에너지 버퍼(204)의 적어도 하나의 주요 컴포넌트의 전압들이고; TEB는 에너지 버퍼의 적어도 하나의 주요 컴포넌트의 온도이며; IEB는 에너지 버퍼(204)의 적어도 하나의 주요 컴포넌트를 통한 전류이다. 이러한 측정 신호들에 기초하여, LCD(114)는 측정된 데이터에 기초하여 결합(예를 들면, 경고 또는 경보) 신호를 설정하는 것; 및/또는 대응하는 결합 신호들을 MCD(112)로 전송하는 것을 수행할 수 있다.
- [0079] 모듈(108C)에 대한 컨버터(308)의 제어 및 보호의 기능은 다음과 같을 수 있다. LCD(114)는 위에서 기술된 전력 관리 및/또는 2차 고조파 감소 기술들에 따라 반도체 스위치들(S1, S2, S3, S4, S5, S6)에 대한 제어 신호들을 생성하기 위해 LCD에서의 PWM 및/또는 히스테리시스 기능에서 사용될 수 있는, 변조 기준 신호 및 인에이블 신호 또는 기준 신호 및 변조 지수일 수 있는, 커맨드 신호들을 MCD(112)로부터 수신한다. 컨버터(308)의 통합된 전류 센서들(도 5에 도시되지 않음)로부터 오는 전류 피드백 신호들(IES2, IOUT)은, 반도체 스위치들 중 하나 이상, 바람직하게는 그 모두의 고장 상태들(예를 들면, 단락 회로 또는 개방 회로 고장 모드)에 관한 정보를 전달하는, 컨버터(308)의 반도체 디바이스들의 구동기 회로들(도 5에 도시되지 않음)로부터 오는, 하나 이상의 신호(F)와 함께 과전류 보호를 위해 사용될 수 있다. 이 특정 데이터에 기초하여, LCD(114)는 컨버터(308) 및 전체 모듈(108C)을 바이패스하거나 시스템(100)(예를 들면, 배터리 팩 등)으로부터 연결해제시키기 위해 스위칭 신호들(S1, S2, S3, S4, S5, S6)의 어느 조합이 대응하는 반도체 스위치들에 인가되어야 하는지에 대해 결정할 수 있다.
- [0080] 다른 예시적인 실시예들에서, 모듈들(108)은, 광기전 패널들 및/또는 무선 충전 수신기와 같은, 추가적인 전력 소스들과 연결할 수 있다. 다른 예시적인 실시예들에서, 시스템(100)은, 예를 들면, EV의 온보드 전기 네트워크 시스템 및 에어컨과 같은, 상이한 전압 레벨들의 다른 보조 부하들과 결합되는 다른 시스템(100)(예를 들면, 다른 배터리 팩)에 연결할 수 있다.
- [0081] 컨버터 모듈(108)의 다른 예시적인 실시예가 도 10a에 도시되어 있다. 모듈(108)의 예시적인 실시예는 양방향 전력 연결부(110), 통신 버스(116), 제1 에너지 소스(202) - 이 예에서, 직렬로 연결된 12 개의 에너지 저장 유닛 또는 셀(예를 들면, 배터리 셀)(221 내지 232)을 포함함 -, 임의의 대응하는 전력 전자 장치를 갖는 제2 에너지 소스(304)(예를 들어, HED 커패시터), 예를 들면, 에너지 소스들(202 및 304)의 개방 회로 전압들을 측정하도록 구성된 측정 회로(201), 온도 센서(251), 전류 센서(분로)(252), LCD(114), 측정 회로(201)를 LCD(114)와 통신 가능하게 결합시키는 측정 버스(242), 제2 에너지 소스 연결부(244), 메모리(256)(예를 들면, 제어 및 적응적 알고리즘/소프트웨어를 저장할 수 있음), 메모리(256)를 LCD(114)와 통신 가능하게 결합시키는 메모리 버스(243), 전력 컨버터 회로(206 또는 308), 및 LCD(105)를 전력 컨버터 회로(206, 308)와 통신 가능하게 결합시키는 제어 버스(245)를 포함한다. 여기에 묘사된 컴포넌트들은 원하는 기능성을 달성하기 위해 다양한 상이한 구성들로 상호연결될 수 있다.
- [0082] 단지 예로서, 그리고 일 실시예에서, 1차 에너지 소스(202)는 리튬 이온 배터리, 예를 들면, NMC/그래파이트 유형일 수 있으며, 33V의 하위 차단 전압 및 51V의 상위 차단 전압을 갖는 약 43 볼트(V)의 공칭 전압을 나타낼

수 있다. 유사하게, 일 실시예에서, 측정 회로(201)는 고 대역폭 회로일 수 있다. 예를 들어, 회로(201)는 전압 및/또는 전류에 대해 1 밀리초(ms) 이하의 측정 샘플 레이트 능력을 가질 수 있으며, 1 밀리볼트(mV) 이하의 전압 분해능을 가질 수 있다. 측정 회로(104)는 C/100000 이상의 전류 분해능을 가질 수 있으며, 여기서 C는 에너지 소스(202 및/또는 306)의 C-레이트(C-rate)이다. 이것은 또한 증분적 충전(Incremental charging)을 용이하게 한다. 일부 실시예들에서, LCD(114)는 충전 목적으로 2 ms 이하의 펄스 길이를 갖는 펄스들을 생성하기 위해 1 킬로헤르츠(kHz) 이상의 예시적인 스위칭 능력을 가질 수 있다.

[0083] 도 10b는 시스템(100) 내의 모듈(108)의 다른 예시적인 실시예를 예시한다. 여기서, 모듈(108)은 직렬로 연결된 다수의 배터리 셀들(900 내지 912), 측정 회로(201), 및 LCD 프로세싱 회로 및 메모리(114)를 포함한다. 측정 회로(201)는 측정된 정보(전류, 전압, 온도)를 LCD(114)에 통신할 수 있다. 유사하게, LCD(114)는 언제 측정을 수행하고 어떤 유형의 측정을 수집할지를 측정 회로(201)에 지시할 수 있다. 도 10b의 예는 kHz 내지 10kHz(및 그 이상) 범위의 스위칭 능력을 갖는 하프 브리지 구성의 스위치들(941 내지 944)을 갖는 컨버터(예를 들면, 스위칭 회로)(206) 및 DC/DC 컨버터(930)를 또한 포함한다. 컨버터(206)는 공통 기판(940) 상에 구현될 수 있다. 컨버터(206)는 부하 및/또는 충전 디바이스일 수 있는 소스/싱크(950)에 결합될 수 있다. 측정 회로(201)는 충전 펄스를 셀들에 인가하기 전에, 인가하는 동안 또는 인가한 후에 각각의 셀의 전압 응답 및/또는 전류 응답을 측정할 수 있다. 측정 배선(960)은 각각의 배터리 셀을, 예를 들면, 각각의 셀의 전압 측정을 행하기 위한 측정 회로(201)에 결합시킨다. 측정 배선(961)은 측정 정보(예를 들면, 전류 또는 전압 신호)를 측정 회로(201)에 전달할 수 있고, 측정 회로(201)는 차례로 측정된 정보를 LCD(114)로 통신할 수 있다. 예를 들어, 여기에 도시된 바와 같이, 측정 배선(961)은 전류 분로(970)로부터의 측정된 전류 응답을 측정 회로(201)로 전달할 수 있으며, 측정된 전류 응답은 이어서 LCD(114)로 통신될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 셀의 전류 응답들을 측정하기 위해 다수의 분로들(970)이 배치될 수 있다. 컨버터(206)는 (예를 들면, DC 또는 AC 충전 소스(950)로부터의 전하를 전달하는) 전력 연결부(110)로부터의 전압을 DC-DC 컨버터(930)에 인가할 수 있고, DC-DC 컨버터(930)는 이어서 전압 또는 전류를 셀들(900 내지 912)의 고속 충전을 위해 요망되는 레벨로 조정할 수 있다. 컨버터(930)는 DC-DC 컨버터, AC-DC 컨버터, 또는 유사한 기능을 달성하는 다른 회로로서 구성될 수 있다.

[0084] 모듈 기반 시스템들에 대한 모듈 배열들의 예시적인 실시예들

[0085] 도 12a 내지 도 12g는 다양한 아키텍처들 또는 구성들에 따라 배열된 시스템(100)의 예시적인 실시예들을 묘사한다. 이러한 실시예들에서, 시스템(100)은, 컴포넌트들이 물리적으로 서로 고정되고 공통 하우징에 위치할 수 있는 경우와 같이, 팩으로서 구성되는 것으로 지칭된다. 이러한 실시예들은 팩으로서의 구현으로 제한되지 않는다. 또한, 예시의 편의를 위해, 각각의 실시예에서의 MCD 및 LCD들은 도시되지 않는다. 알 수 있는 바와 같이, 모듈들은 각각의 모듈에 의해 기여되는 전력이 합산되어, 예를 들면, 단상 AC 출력, 다상 AC 출력들, 및 DC 출력 중 하나 이상을 형성할 수 있도록 다양한 방식들로 배열될 수 있다.

[0086] 도 12a는 본 개시에 따른 N 개의 캐스케이드된 모듈들(108-1, 108-2...108-N)의 1차원 어레이를 포함하는 팩(1500)의 예시적인 실시예를 도시한다. 어레이 내의 모듈들 각각은 본 명세서에 기술된 모듈 실시예들 중 임의의 것에 따라 구성될 수 있다. 복수의 모듈들은 동일한 모듈 버전(예를 들면, V1, V2, V3 등)에 따라 구성된 모듈들 또는 둘 이상의 모듈 버전(예를 들면, V1, V2, V3 등)에 따라 구성된 모듈들의 혼합을 포함할 수 있다. 1차원 어레이의 제1 행의 모듈(108-1)의 제1 포트(1)는 모듈들의 1차원 어레이의 제1 출력 단자(out1)에 연결된다. 제1 모듈(108-1)의 제2 포트(2)는 제2 행에 있는 모듈(108-2)의 제1 포트(1)에 연결된다. 제2 모듈(108-2)의 제2 포트(2)는 제3 행(도시되지 않음)에 있는 모듈(108-3)의 제1 포트에 연결되고, 마찬가지로 제N 행 또는 마지막 행에 있는 제N 모듈(108-N)에 이르기까지 아래로 내려가면서 동일한 순서로 연결된다. 제N 모듈(108-N)의 제2 포트(2)는 1차원 어레이(1500)의 제2 출력 단자(out2)에 연결된다. N 개의 상호연결된 모듈들의 이러한 1차원 어레이는 DC 또는 AC 단상 부하들을 위한 고정식 에너지 저장 응용 분야들을 위한, 예를 들면, 배터리 팩과 같은, DC 또는 단상 AC 에너지 소스로서 사용될 수 있다. DC 또는 AC 단상 부하는 제1 및 제2 출력 단자들(out1과 out2) 사이에 연결될 수 있다.

[0087] N 개의 모듈들(108)의 1차원 어레이의 출력 전압은, 예를 들어, 위상 시프트 캐리어(Phase Shifted Carrier) 기술과 함께 공간 벡터 변조 또는 사인 펄스 폭 변조("PWM")를 사용하여 생성될 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 모듈들 각각의 컨버터에 대한 스위칭 신호들은 이어서 위상 시프트 캐리어 기술을 사용하여 생성될 수 있다. 이 기술은 모듈들이 지속적으로 회전되고 전력이 셀들 간에 거의 균등하게 분배되도록 보장한다.

[0088] 위상 시프트 기술의 측면은 점증적으로 시프트된 2-레벨 파형들을 사용하여 다중 레벨 출력 PWM 파형을 생성하

는 것이다. 따라서, N-레벨 PWM 파형은 N-1 개의 2-레벨 PWM 파형들의 합산에 의해 생성된다. 이러한 2-레벨 파형들은 기준 파형을  $360^\circ/(N-1)$ 씩 증분적으로 시프트되는 삼각파 캐리어들(triangular carrier)(1400, 1410)(도 11c, 도 11d)과 비교하는 것에 의해 생성된다. 9-레벨 예(1400)가 도 11c에 도시되어 있다. 캐리어들이  $360^\circ/(9-1) = 45^\circ$ 씩 증분적으로 시프트되고 기준 파형과 비교된다. 결과적인 2-레벨 PWM 파형들(1420)이 도 11e에 도시되어 있다. 이러한 2-레벨 파형들은 각각의 모듈(108)에 있는 컨버터들의 반도체 스위치들에 대한 스위칭 신호들로서 사용될 수 있다. 예로서, 각각이 컨버터(206)를 포함하는, 4 개의 상호연결된 모듈을 포함하는 1차원 어레이의 경우,  $0^\circ$  신호는 제1 모듈의 S3에 대해 사용되고  $180^\circ$  신호는 제1 모듈의 S6에 대해 사용되며,  $45^\circ$  신호는 제2 모듈의 S3에 대해 사용되고  $225^\circ$  신호는 제2 모듈의 S6에 대해 사용되며, 이하 마찬가지이다. 모든 컨버터들(206)에서, 각각의 레그(leg)의 슈트 스루(shoot through)를 피하기 위해 특정 데드 타임(dead-time)과 함께 S3에 대한 신호는 S4에 상보적이고, S5에 대한 신호는 S6에 상보적이라는 점에 유의한다. 도 11f는 4 개의 모듈(108)로부터의 출력 전압들의 중첩에 의해 생성되는 예시적인 AC 파형(1430)을 묘사한다.

[0089] 도 12a에 도시된 시스템(100)의 이러한 1차원 어레이(1500) 실시예는 모듈들에서의 상당히 감소된 스위칭 및 전도 손실을 갖는 저전압 및/또는 중간 전압 정격 에너지 소스 요소들 및 스위칭 컴포넌트들(MOSFET들, JFET들, IGBT들 등)을 사용하여 제1 단자(out1)와 제2 단자(out2) 사이의 매우 낮은 총 고조파 왜곡을 갖는 임의의 형상의 고전압을 획득하는 것을 가능하게 한다.

[0090] 도 12b는 본 개시에 따른 N 개의 캐스케이드된 모듈들(108-1, 108-2...108-N)의 2차원 어레이(1600) 또는 2 개의 1차원 어레이(1500)를 포함하는 팩의 다른 예시적인 실시예를 도시한다. 이러한 2차원 어레이(1600)를 형성하는 2 개의 1차원 어레이(1500) 각각의 DC 또는 AC 전압 생성의 구성 및 출력의 측면은 도 12a와 관련하여 위에 기술되어 있다. 1차원 어레이들 둘 모두의 제N 또는 마지막 행들에 있는 제N 모듈 각각의 제2 포트(2)는 함께 연결되고 2차원 어레이의 공통 출력 단자(Out3)에 연결된다. 제1 및 제2 출력 단자들(Out1 및 Out2)과 공통 출력 단자(Out3) 사이에서 출력 전압들이 제공된다.

[0091] 2N 개의 모듈들(108)의 이러한 2차원 어레이는 DC 또는 AC 단상 부하들을 위한 고정식 에너지 저장 응용 분야들을 위한 2상 AC 에너지 소스로서 사용될 수 있다. 부하는 제1 출력 단자(Out1)와 제2 출력 단자(Out2) 사이에 연결될 수 있는 반면, 공통 단자(Out3)는, 필요한 경우, 부하의 중성점(neutral)에 연결될 수 있다.

[0092] 예시적인 2차원 어레이 기반 팩의 제1 및 제2 출력 단자들(out1 및 out2)은 결합 인덕터들을 통해 함께 연결될 수 있고, 공통 출력 단자(out3)가 AC 또는 DC 부하의 제2 단자에 연결될 때, AC 또는 DC 부하의 동일한 제1 단자에 연결될 수 있다. 이 경우에, N 개의 행들을 갖는 그러한 2차원 어레이 기반 팩의 출력 전력 능력은 동일한 수(N 개)의 행들을 갖는 하나의 단일 차원 어레이 기반 팩보다 2배 더 높다.

[0093] 도 12b에 도시된 시스템(100)의 이러한 2차원 어레이 실시예는 90도 위상 변위를 갖는 고전압들의 2상 시스템을 획득하는 것을 가능하게 한다. 예를 들어, 그러한 시스템들은 전기로(electrical furnace)에서 사용될 수 있다. 일반적으로, 매우 낮은 총 고조파 왜곡을 갖는 임의의 형상의 고전압들이 모듈들에서의 상당히 감소된 스위칭 및 전도 손실을 갖는 저전압 및/또는 중간 전압 정격 에너지 소스 요소들 및 스위칭 컴포넌트들(MOSFET들, JFET들, IGBT들 등)을 사용하여 단자들(out1, out2)과 중성점으로서 역할할 수 있는 공통 단자(out3) 사이에서 획득될 수 있다.

[0094] 도 12c는 본 개시에 따른 N 개의 캐스케이드된 모듈들(108-1, 108-2...108-N) 및 N+1 개의 캐스케이드된 모듈들(108-1, 108-2...108-N+1)의 2차원 어레이(1700) 또는 2 개의 1차원 어레이를 포함하는 팩의 다른 예시적인 실시예를 도시한다. 이러한 2차원 어레이를 형성하는 N 개의 캐스케이드된 모듈들 및 N+1 개의 캐스케이드된 모듈들을 갖는 2 개의 1차원 어레이(1500) 각각의 DC 또는 AC 전압 생성의 구성 및 출력의 측면은 도 12a와 관련하여 위에 기술되어 있다. 1차원 어레이들 둘 모두의 제N 또는 마지막 행들에 있는 제N 모듈 각각의 제2 포트(2)는 추가적인 또는 제N+1 모듈의 제1 및 제2 포트들(1 및 2)에 연결된다.

[0095] 2N+1 개의 캐스케이드된 모듈들의 이러한 2차원 어레이는 DC 또는 AC 단상 부하들에 대한 고정식 에너지 저장 응용 분야들을 위한 단상 AC 에너지 소스로서 사용될 수 있다. 부하는 1차원 어레이들 각각의 제1 행에 있는 제1 모듈의 제1 출력 단자(Out1)와 제2 출력 단자(Out2) 사이에 연결될 수 있다.

[0096] 도 12d는 본 개시에 따른, 3차원 어레이(1800)로 캐스케이드된 복수의 모듈들(108-1, 108-2...108-N)을 포함하는 팩의 다른 예시적인 실시예를 도시한다. 팩의 제1, 제2 및 제3 출력 단자들(out1, out2 및 out3)은 이러한 3차원 어레이(1800) 기반 팩을 형성하는 3 개의 1차원 어레이(1500) 각각의 제1 행의 제1 모듈의 제1 포트(1)에



연결된다. 이러한 3차원 어레이(1800) 기반 팩을 형성하는 3 개의 1차원 어레이(1500) 각각의 DC 또는 AC 전압 생성의 구성 및 출력의 측면은 도 12a와 관련하여 위에 기술되어 있다. 3 개의 1차원 어레이 각각의 제N 또는 마지막 행에 있는 제N 모듈의 제2 포트(2)는 함께 연결되고 3차원 어레이의 공통 출력 단자(out4)에 연결된다. 제1, 제2 및 제3 출력 단자들(out1, out2, out3)과 공통 출력 단자(out4) 사이에서 출력 전압들이 제공된다.

[0097] 3N 개의 캐스케이드된 모듈들(108-1, 108-2... 108-N)의 이러한 3차원 어레이(1800)는 DC 또는 AC 단일 부하, 3상 부하들, 3상 전력 그리드들 또는 3상 전기 모터들을 위한 고정식 에너지 저장 또는 전기 차량 응용 분야들을 위한 3상 AC 에너지 소스로서 사용될 수 있다. 3상 부하는 제1 출력 단자(out1), 제2 출력 단자(out2) 및 제3 출력 단자(out3) 사이에 연결될 수 있는 반면, 공통 출력 단자(out4)는, 필요한 경우, 부하의 중성점에 연결될 수 있다.

[0098] 3차원 어레이 기반 팩의 제1, 제2 및 제3 출력 단자들(out1, out2 및 out3)은 결합 인덕터들을 통해 함께 연결될 수 있고, 공통 출력 단자(out4)가 DC 또는 단상 AC 부하의 제2 단자에 연결될 때, DC 또는 단상 AC 부하의 동일한 제1 단자에 연결될 수 있다. 이 경우에, N 개의 행들을 갖는 그러한 3차원 어레이 기반 팩의 출력 전력 능력은 동일한 수(N 개)의 행들을 갖는 하나의 단일 차원 어레이 기반 팩보다 3배 더 높다.

[0099] 도 12e에 도시된 시스템(100)의 이러한 3차원 어레이(1900) 실시예는 모듈들에서의 상당히 감소된 스위칭 및 전도 손실을 갖는 저전압 및/또는 중간 전압 정격 에너지 소스 요소들 및 스위칭 컴포넌트들(MOSFET들, JFET들, IGBT들 등)을 사용하여 단자들(out1, out2, out3)과 중성점으로서 역할할 수 있는 공통 단자(out3) 사이의 매우 낮은 총 고조파 왜곡을 갖는 임의의 형상의 고전압들의 3상 시스템을 제공한다. 그러한 시스템은 전력 분배 그리드에 연결될 수 있으며, 유효 전력 소스 또는 버퍼, 무효 전력 보상기 및 역률 보정기, 매우 높은 동적 응답을 갖는 능동 고조파 필터 및 out1, out2, out3과 전력 그리드의 위상들 사이의 상당히 감소된 크기의 수동 필터로서 사용될 수 있다. 이러한 시스템은 또한 3상 부하에 연결되어 배터리들, HED 커패시터들, 연료 전지들 등과 같은 에너지 소스 요소들로부터의 에너지를 제공할 수 있다.

[0100] 도 12e는 본 개시에 따른 3차원 어레이(1900)로 캐스케이드된 복수의 모듈들(108)을 포함하는 팩의 다른 예시적인 실시예를 도시한다. 3 개의 1차원 어레이(1500) 각각의 제1 행의 모듈(108-1)의 제1 포트(1)는, 이러한 3차원 어레이 기반 팩을 형성하는, 3 개의 1차원 어레이 각각의 제1, 제2 및 제3 출력 단자들(out1, out2 및 out3)에 연결된다. 이러한 3차원 어레이를 형성하는, N 개의 캐스케이드된 모듈들(108)을 갖는 3 개의 1차원 어레이 각각의 DC 또는 AC 전압 생성의 구성 및 출력의 측면은 도 12a와 관련하여 위에 기술되어 있다. 제1 모듈들(108-1)의 제2 포트들(2)은 3 개의 1차원 어레이의 제2 행들에 있는 모듈들(108-2)의 제1 포트들(1)에 연결된다. 제2 모듈들의 제2 포트들(2)은 3 개의 1차원 어레이의 제3 행들(도시되지 않음)에 있는 모듈들의 제1 포트들(1)에 연결되고, 마찬가지로 M 개의 모듈들의 행들에 대해 아래로 내려가면서 동일한 순서로 연결되며, 여기서 M은 2 이상이다.

[0101] 제M+1 열들의 모듈들의 제1 포트들(1)은 제M 열들(도시되지 않음)의 모듈들의 제2 포트들(2)에 연결된다. 제M+1 행들에 있는 모듈들의 제2 포트들(2)은 제M+2 행들(도시되지 않음)에 있는 모듈들의 제1 포트들(1)에 연결된다. 제M+2 행들에 있는 모듈들의 제2 출력 포트들(2)은 제M+3 행들(도시되지 않음)에 있는 모듈들의 제1 포트들(1)에 연결되고, 마찬가지로 M+N 개의 모듈들의 행들에 대해 아래로 내려가면서 동일한 순서로 연결된다.

[0102] 3차원 어레이의 제1 열(1500)의 마지막 행 또는 제M+N 행에 있는 모듈의 제2 포트(2)는 3차원 어레이의 제2 열(1500')의 제M+1 행의 모듈의 제1 포트(1)에 연결된다. 3차원 어레이의 제2 열의 마지막 행 또는 제M+N 행에 있는 모듈의 제2 포트(2)는 3차원 어레이의 제3 열(1500'')의 제M+1 행의 모듈의 제1 포트(1)에 연결된다. 3차원 어레이의 제3 열의 마지막 행 또는 제M+N 행에 있는 모듈의 제2 포트(2)는 3차원 어레이의 제1 열의 제M+1 행의 모듈의 제1 포트(1)에 연결된다.

[0103] 캐스케이드된 모듈들의 이러한 3차원 어레이는 DC 또는 AC 단일 부하, 3상 부하들, 3상 전력 그리드들 또는 3상 전기 모터들을 위한 고정식 에너지 저장 또는 전기 차량 응용 분야들을 위한 3상 에너지 소스로서 사용될 수 있다.

[0104] 도 12d와 관련하여 언급된 장점들 외에도, 도 12e에 도시된 시스템(100)의 이러한 3상(3차원 어레이) 구성된 실시예는, 직렬 연결된 모듈들과 델타 연결된 모듈들의 조합과 함께, 시스템의 모든 모듈들과 전력 그리드 또는 부하의 위상들 간의 효과적인 에너지 교환(상간 균형(inter-phase balancing))을 가능하게 한다. 델타 연결된 모듈들과 직렬 연결된 모듈들의 조합은 원하는 출력 전압들을 획득하기 위해 어레이 내의 모듈들의 총수를 감소시키는 것을 가능하게 한다.

- [0105] 도 12f는 본 개시에 따른 3차원 어레이(2000)로 캐스케이드된 복수의 모듈들을 포함하는 팩의 다른 예시적인 실시예를 도시한다. 팩의 제1, 제2 및 제3 출력 단자들(out1, out2 및 out3)은 이러한 3차원 어레이(2000) 기반 팩을 형성하는 3 개의 1차원 어레이(1500)의 제1 행들의 모듈들(108-1)의 제1 포트들(1)에 연결된다. 이러한 3차원 어레이를 형성하는, N 개의 상호연결된 모듈들(108-1, 108-2...108-N)을 갖는 3 개의 1차원 어레이 각각의 DC 또는 AC 전압 생성의 구성 및 출력의 측면은 도 12a와 관련하여 위에 기술되어 있다. 3차원 어레이의 제1 열의 제N 행의 모듈의 제2 포트(2)는 제N+1 행의 제1 추가적인 모듈(108C)의 제1 포트(1)에 연결된다. 3차원 어레이의 제2 열의 제N 행의 모듈의 제2 포트(2)는 제N+1 행의 제1 추가적인 모듈(108C)의 제2 포트(2)에 연결된다. 3차원 어레이의 제3 열의 제N 행의 모듈의 제2 포트(2)는 제N+1 행의 제2 추가적인 모듈(108C)의 제1 포트(1)에 연결된다. 제2 추가적인 모듈의 제2 포트(2)는 팩의 제4 출력 단자(Out4)에 연결된다. 제N+1 행들의 제1 및 제2 추가적인 모듈들의 제3 및 제4 포트들(3 및 4)은 도 12f에 도시된 바와 같이 상호연결된다.
- [0106] 캐스케이드된 모듈들의 이러한 3차원 어레이는 DC 또는 AC 단일 부하, 3상 부하들, 3상 전력 그리드들 또는 3상 전기 모터들을 위한 고정식 에너지 저장 또는 전기 차량 응용 분야들을 위한 3상 에너지 소스로서 사용될 수 있다. 3상 부하는 제1 출력 단자(out1), 제2 출력 단자(out2) 및 제3 출력 단자(out3) 사이에 연결될 수 있는 반면, 제4 출력 단자(out4)는 하나의 충전 단자로서 역할할 수 있다.
- [0107] 도 12d와 관련하여 언급된 장점들 외에도, 도 12f에 도시된 시스템(100)의 이러한 3상(3차원 어레이) 구성된 실시예는, 2 개의 추가적인 상호연결 모듈들(108C)과 함께, 시스템의 모든 모듈들과 전력 그리드 또는 부하의 위상들 간의 효과적이고 빠른 에너지 교환(상간 균형)을 가능하게 한다.
- [0108] 도 12g는 임의의 유형의 3상 전기 모터(2200)에 연결된 팩의 다른 예시적인 실시예(2500)를 도시한다. 팩은 도 12f에서 제시된 바와 같이 제N+1 행들의 2 개의 추가적인 모듈(108-C)의 제3 및 제4 출력 포트들(3 및 4)이 함께 연결되고 제2 보조 부하(410)에 연결되어 있다. 제N+1 행들의 2 개의 추가적인 모듈은, 함께 연결되고 제1 보조 부하(408)에 연결된, 제5 및 제6 출력 포트들(5 및 6)을 더 포함한다. 제1 보조 부하(410) 및 제2 보조 부하(410)는 상이한 전압들을 가지며, 예를 들어, 제각기, 전기 차량의 온보드 네트워크 시스템 및 에어컨 전력 공급 시스템을 나타내지만 이에 제한되지 않는다.
- [0109] 언급된 장점들 외에도, 2 개의 추가적인 상호연결 모듈(108C)을 갖는 도 12g에 도시된 시스템(100)(3차원 어레이)의 이러한 3상 모터 구동 실시예는 시스템의 모든 모듈들 및 전기 모터의 위상들 간의 효과적이고 빠른 에너지 교환(상간 균형)을 가능하게 한다. 상호연결 모듈들(108C)의 추가적인 출력 단자들(3, 4, 5, 6)은 상이한 레벨들의 저전압들을 제공하며, 이 저전압들은 보조 부하들을 위한 전력을 제공하는 데 사용될 수 있으며, 보조 부하들은 차례로, 예를 들어, 전기 차량의 전기 온보드 네트워크 및 HVAC 전력 라인을 나타낸다. 이 경우에, 추가 저전압 배터리가 필요하지 않으며; 위에서 언급된 시스템들에 대한 에너지는 모듈들(108)의 전체 어레이에 의해 전달된다.
- [0110] 도 12h는 3상 모터(420)와 결합하여 이에 전력을 공급하도록 그리고 또한 제어 가능한 스위치들(410) 및, 원하는 경우, 충전 연결부(430)(예를 들면, 플러그)를 통해 충전 소스(440)(도시되지 않음)와 교호적으로 결합하게 스위칭하도록 구성된 시스템(100)의 예시적인 실시예를 예시한다. 모듈 통신을 위한 버스 시스템은 도 12h에 도시되어 있지 않다.
- [0111] 예시적인 모듈식 시스템(100)은 모터(420)에 3상 전력을 공급하기 위해 3 개의 어레이로 배열된 N 개의 캐스케이드된 모듈(108)을 포함하고, 모터(420)는 차례로 기계적 연결부(421)를 통해 전기 차량의 바퀴(422)에 결합된다. 스위치들(410)은 모듈들(108)을 모터(420)에 전기적으로 연결시키는 제1 위치에 들어갈 수 있다. 스위치들(410)은 모듈들(108)을 모터(420)로부터 전기적으로 연결해제시키고 그 대신에 연결부(430)를 통해 모듈들(108)을 충전 소스(440)에 전기적으로 연결시키는 제2 위치에 들어갈 수 있다. 이 제2 위치에서, 모듈들(108)은 DC 충전기, 단상 AC 충전기 또는 다상 AC 충전기일 수 있는 충전 소스(440)로부터 에너지를 수신할 수 있다. 모듈들(108)과 충전 싱크(예를 들면, 모터(420)) 및 소스(440) 사이에 스위치들(410)이 개재되어 있는 여기에 도시된 구성은 본 명세서에 기술된 시스템 구성들(예를 들면, 도 12a 내지 도 12g와 관련하여 기술된 시스템들) 중 임의의 것에 적용될 수 있다.
- [0112] 실시예들에서, 예시적인 모듈식 에너지 토폴로지는 다수의 싱크들 및 다수의 소스들에 결합될 수 있다. 실시예들에서, 예시적인 모듈식 에너지 토폴로지는 차량(예를 들면, 4륜 차량)에 전력을 공급하기 위해 다수의(예를 들면, 2 개의) 모터에 연결될 수 있고 모듈들의 충전을 위해 DC 및/또는 AC 소스들에 연결 가능할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 예시적인 모듈식 에너지 토폴로지는 비행 차량에 전력을 공급하기 위해 다수의(예를 들면, 4 개 이상의) 모터에 연결될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 예시적인 모듈식 에너지 토폴로지는 싱크들로서 연결

된 다수의 주택(예를 들면, 주거용) 부하들 및 소스들로서의 태양열 또는 풍력 에너지 발전기들에 연결될 수 있다. 그러한 실시예들에서, 시스템은 주거용 에너지 저장을 위해 사용될 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 연결된 그리드는 (예를 들면, 그리드 안정화를 위해) 싱크는 물론 소스로서 역할할 수 있다.

[0113] 레이아웃 및 하우징들에 관련된 예시적인 실시예들

[0114] 본 명세서에서의 실시예들 중 다수에서, 모듈(108)은 LCD(114)와 별개인 것으로 도시되거나 기술된다. 그렇지만, 본 명세서에 기술된 임의의 및 모든 실시예들에서, 모듈(108)은 LCD(114)가 그의 컴포넌트이도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 13a는 모듈(108)의 예시적인 실시예를 묘사하는 블록 다이어그램이다. 이 실시예에서, 모듈(108)이 모듈(108)은 물론 컨버터(206, 308), 에너지 버퍼(204) 및 에너지 소스(202)(및 선택적으로 존재하는 경우 에너지 소스(304))를 위한 LCD(114)를 보유하는 공통 하우징 또는 물리적 케이스(4302)를 갖는다. 따라서, 이 실시예에서, 모듈(108)은 통합된 또는 일체형 디바이스 또는 서브시스템으로서 제공되거나 제조된다.

[0115] 도 13b는 모듈(108)의 다른 예시적인 실시예를 묘사하는 블록 다이어그램이다. 이 실시예에서, 모듈(108)이 모듈(108)은 물론 컨버터(206, 308) 및 에너지 버퍼(204)를 위한 LCD(114)를 보유하는 하우징 또는 물리적 케이스(4303)를 갖는다. 에너지 소스(202)(및 선택적으로 존재하는 경우 에너지 소스(304))는 별도의 하우징(4304) 내에 제공된다. 하우징들(4303 및 4304)은 시스템(100)에 설치하기 전에 함께 물리적으로 결합, 고정 또는 연결될 수 있거나, 또는 함께 전기적으로 연결된 별개의 엔티티들일 수 있다. 하우징들(4303, 4304)은 다양한 디바이스들(114, 206, 308, 202 등) 사이의 전기적 연결부들을 수용하기 위해 포트들 또는 다른 진입로(access)를 가질 수 있다.

[0116] 도 13c는 모듈(108)의 다른 예시적인 실시예를 묘사하는 블록 다이어그램이다. 이 실시예에서, 모듈(108)은 모듈(108)을 위한 LCD(114)를 보유하는 제1 하우징 또는 물리적 케이스(4306) 및 컨버터(206, 308) 및 에너지 버퍼(204)를 보유하는 제2 하우징 또는 물리적 케이스(4308)를 갖는다. 에너지 소스(202)(및 선택적으로 존재하는 경우 에너지 소스(304))는 별도의 하우징(4304) 내에 제공된다. 하우징들(4306, 4308 및 4304)은 시스템(100)에 설치하기 전에 함께 물리적으로 결합, 고정 또는 연결될 수 있거나, 또는 함께 전기적으로 연결된 별개의 엔티티들일 수 있다. 하우징들(4306, 4308 및 4304) 모두는 다양한 디바이스들(114, 206, 308, 202 등) 사이의 전기적 연결부들을 수용하기 위해 포트들 또는 다른 진입로를 가질 수 있다.

[0117] 본 명세서에 기술된 임의의 및 모든 실시예들에서, 다양한 회로 컴포넌트들이 폼 팩터를 감소시키기 위해 하나 이상의 기관 상에 통합될 수 있다. 예를 들어, LCD는 도 13a 내지 도 13c와 관련하여 기술된 바와 같이 모듈(108)의 일부일 수 있다. 도 14a는 LCD(114), 컨버터(206, 308) 및 에너지 버퍼(204)가 각각 단일 인쇄 회로 기관(PCB)일 수 있는 단일 공통 기관(4402)에 장착되거나 고정되는 예시적인 실시예를 묘사하는 개략도이다. 이러한 컴포넌트들은 이들 간에 신호들 또는 데이터를 교환하는 것을 가능하게 하기 위해 기관(4402)과 전기적으로 결합되고 서로 전기적으로 결합될 수 있다. 다른 수동 또는 능동 컴포넌트도 마찬가지로 기관(4402)에 장착되거나 고정될 수 있다.

[0118] 도 14b는 컨버터(206, 308) 및 에너지 버퍼(204)가 각각 단일 인쇄 회로 기관(PCB)일 수 있는 단일 공통 기관(4404)에 장착되거나 고정되는 예시적인 실시예를 묘사하는 개략도이다. 이러한 컴포넌트들은 이들 간에 신호들 또는 데이터를 교환하는 것을 가능하게 하기 위해 기관(4404)과 전기적으로 결합되고 서로 전기적으로 결합될 수 있다. LCD(114)는, 단일 PCB일 수도 있는, 상이한 기관(4406)에 장착되거나 고정된다. 다른 수동 또는 능동 컴포넌트도 마찬가지로 기관들(4404 및 4406)에 장착되거나 고정될 수 있다. LCD(114)와 기관(4404) 상의 컴포넌트들 사이의 통신은 하나 이상의 버스, 와이어 또는 광섬유를 통해 발생할 수 있다.

[0119] 시스템(100)은 다양한 고정식 및 이동식 응용 분야들에서 요구될 수 있는 바와 같은 광범위한 주파수들에 걸쳐 동작할 수 있다. 예를 들어, 고정식 응용 분야들에서의 시스템 AC 출력 주파수는 종종 60Hz일 것이다. 컨버터(206, 308)(도 6a 및 도 6b)에서의 각각의 스위치에 대해 MOSFET이 사용되는 실시예에서, 각각의 MOSFET의 스위칭 주파수(F<sub>sw</sub>)는 1kHz 내지 2kHz 또는 그 이상의 범위에 있을 수 있다. 각각의 위상 어레이에 8 개의 모듈이 있는 예에서, AC 출력 전압에서의 결과적인 맥동 주파수는 2F<sub>sw</sub>\*N = 16kHz 내지 32kHz 또는 그 이상일 것이다. IGBT 기반 고전력 인버터들과 같은, 종래의 시스템들의 스위칭 주파수는 종종 5kHz 미만이다. 이동식 응용 분야들에서, 시스템 주파수는 모터(들)의 요구들에 의존할 것이며, 사인파 출력 파형에 대해 통상적으로 0Hz 내지 2000Hz 또는 그 이상의 범위이다. 회로(207)의 스위치들의 F<sub>sw</sub>가 5kHz인 예시적인 실시예에서, 직렬로 연결된 5 개의 모듈을 갖는 예시적인 시스템(100)의 스위칭 주파수(등가 출력 맥동)는 2\*5kHz\*5=50kHz일 것이다. 이는 20kHz 미만의 스위칭 주파수를 갖는 종래의 전력 인버터와 비교된다. 컨버터(206, 308)가 갈륨 질화물(GaN) 스위치들을 포함하는 실시예들에서, 동작 주파수는 MOSFET들 또는 IGBT들의 동작 주파수보다 높을 수 있다. 이들

예는 단지 종래의 시스템들에 비해 향상된 시스템(100)의 성능을 예시하며, 결코 제한하는 것으로 의도되지 않는다.

[0120] 펄스 충전에 관련된 예시적인 실시예들

[0121] 시스템(100)의 펄스 충전(pulsed charging) - 때때로 고속 충전이라고 지칭됨 - 에 관련된 실시예들이 본 명세서에서 제공된다. 이러한 실시예들은, (하나 이상의 셀을 갖는) 배터리 형태의 적어도 하나의 에너지 소스(202)를 갖는 모듈(108)과 관련하여, 주로 전기화학 배터리들의 충전의 맥락에서 기술될 것이다. 배터리는 임의의 원하는 전기화학물(예를 들면, 리튬 이온, 납산, 알칼리, 니켈 금속 수소화물 등)을 가질 수 있다. 그렇지만, 실시예들은 또한 고에너지 밀도 커패시터들 및 연료 전지들은 물론, 하나 이상의 배터리, 하나 이상의 HED 커패시터, 및 하나 이상의 연료 전지의 조합들에 혜택을 줄 수 있다. 따라서, 본 명세서에 기술된 실시예들은 전술한 에너지 소스들 모두에 대해 사용될 수 있다.

[0122] 시스템(100)의 캐스케이드된 토폴로지는 다양한 복잡도의 충전 방식들을 구현하기 위해 필요에 따라 충전 소스로부터의 충전 전압 또는 충전 전류가 모듈들(108)의 에너지 소스들(202, 304) 간에 분배될 수 있게 한다. 예를 들어, 에너지 소스들(및 시스템의 다른 충전 싱크들)에 인가되는 총 전압이 그 순간에 충전 소스에 의해 시스템에 공급되는 DC 또는 AC 전압과 동일하다면 일부 소스들은 특정 시간들에 충전되고 다른 소스들은 일반적으로 그렇지 않는 펄스 방식으로 전압(또는 전류)이 인가될 수 있다. 인가된 펄스의 전압 및 지속기간(은 물론 펄스들 사이의 휴지 시간(rest time)의 지속기간)은 모듈(예를 들면, 측정 회로(201) 및 LCD(114))에 의해 모니터링되는 바와 같은 해당 소스들의 상태에 기초하여 변화되고 타이밍 조정될 수 있다. 따라서 모듈들 간의 전압들의 분배는 필요에 따라 모듈들의 소스들을 충전하는 것 및 필요에 따라 모듈들의 소스들을 휴지시키는 것 둘 모두를 가능하게 한다.

[0123] 모듈의 각각의 소스에 충전 펄스를 인가하는 것은 제어 회로(102)의 제어 하에서 컨버터(206, 308)의 스위치 회로에 의해 달성된다. 따라서, 다수의 셀들을 갖는 배터리 형태의 에너지 소스(202)의 경우, 컨버터(206, 308)로부터의 충전 펄스는 많은 실시예들에서 모든 셀들에 인가될 것이다.

[0124] 도 15a는 고 대역폭 자극 신호로서 인가될 수 있는 전류 자극 펄스를 예시한다. 도 15b는 도 15a의 고 대역폭 자극 신호의 인가 동안 전기화학 시스템의 시간 응답을 예시한다. 도 15a에서, 시뮬레이션은 전류 계단 함수이고, 도 15b에서, 전압 신호는 상이한 이완 레짐들을 갖는 시스템의 응답을 전달한다. 자극 신호가 전압 신호인 반대의 경우에, 전류 신호는 시스템 응답을 나타낼 것이다.

[0125] 도 15b를 참조하면, 전기화학 활성 계면(electrochemical active interface)에서 상이한 이완 메커니즘들이 발생한다. 전형적으로, 응답들이 구별될 수 있는데 그 이유는 이들이 네 가지 상이한 이완 메커니즘에 의해 정의되기 때문이다. 전자들의 이완은 몇 아토(atto) 초 내지 몇 서브 펨토(sub femto) 초 내에서 발생하고, 이온들의 이완은 전형적으로 몇 밀리초의 시상수를 가지며, 전해질에서 화학종의 확산 이완은 몇 초 내지 몇 시간 내에서 발생하며, 활물질(active material)에서의 확산 이완은 몇 분 내지 몇 시간의 범위에 있다. 도 15b에 도시된 상이한 시스템 응답들 및 자극 신호들은 610: 응답 A(몇 아토 초 내지 몇 펨토 초 내에서의 전자들의 이완); 620: 응답 B(몇 밀리초 내지 몇 서브 초 내에서의 이온들의 이완); 630: 응답 C(전극 재료 내의 전자들 및/또는 이온들의 전기화학적 이온 전달의 활성화); 640: 응답 D(몇 초 내지 몇 시간 내에서의 고체 및/또는 액체 이온 전도 재료에서의 확산); 650: 고 대역폭 전류 계단 자극이다. 아래의 표 1은 본 명세서에서 언급된 응답들을 요약한 것이다.

[0126] [표 1]

응답 라벨	이완 메커니즘
응답 A	전자들
응답 B	이온들
응답 C	전극 재료 내의 전자들 또는 이온들의 전기화학적 이온 전달
응답 D	고체 및/또는 액체 이온 전도 재료에서의 확산

[0127]

[0128]

도 16은 고 대역폭 자극 동안 전기화학 계면에서 발생하는 전형적인 이완/확산 메커니즘들을 개략적으로 예시한다. 도 16을 참조하면, 활성 전기화학 종을 함유하는 전해질에 침지되어 있는 활성 전극의 개략적으로 예시된 단면이 도시되어 있다. 도 16은 전기화학적 활성 전극(741)을 예시하며, 여기서 인가된 고 대역폭 자극 신호는 연료 전지 장치의 제2 전극으로 음극화(negative polarize)된다. 도 16은 전극(741)과 전해질(743) 사이의 전기화학 계면(742)을 더 예시하며, 여기서 전해질은 전기화학적 활성 물질들을 포함한다. 도 16은 고 대역폭 자극 신호 이전에 활물질에 위치하는 하나의 전자(751)를 더 도시한다. 응답 A(752)는 고 대역폭 자극 신호로 인한 전극 계면 표면에서 가까운 - 디바이 길이(Debye length)의 범위에 있는 - 위치에서의 전자(751)의 움직임을 예시한다. 응답 A는 전극 계면에 보다 가까운 전자(751)의 새로운 위치(753)를 결과한다.

[0129]

도 16은 음전하로 대전된 이온(761)을 더 도시한다. 이 예시적인 실시예에서, 화학종은 - 고 대역폭 신호 자극 이전에 - 활성 전기화학 반응에 관여하지 않는다. 응답 B(762)는 고 대역폭 자극 신호의 전기장으로 인해 음전하로 대전된 상대 이온(counter ion)(761)의 이동을 결과한다. 응답 D(763)는 농도 구배들로 인한 상대 이온(764)의 이동 - 확산 - 을 결과한다(예를 들면, 764는 반응 B의 이동으로 인한 상대 이온의 위치를 예시함). 또한 도 16에는 고 대역폭 신호 시뮬레이션 이전의 양전하로 대전된 이온(771)이 도시되어 있다 - 이 실시예에서, 화학종은 전기화학적으로 활성이다 -. 응답 D(772)는 농도 구배들로 인한 활성 이온(771)의 이동 - 확산 - 을 결과한다. 응답 B(773)는 고 대역폭 자극 신호의 전기장으로 인한 활성 이온(771)의 이동 - 마이그레이션(migration) - 을 결과한다. 또한 도 16에 도시된 바와 같이, 활성 이온(774)은 전극 계면 표면에 가깝게 위치된다. 도 16은 활성화를 위해 증가된 에너지 레벨을 필요로 하는 활성 전기화학 종의 전해질로부터 활성 전극으로의 이송(782) 및 전기화학 반응을 더 예시한다. 응답 D(792)는 활성 전극에서의 농도 구배들로 인한 활성 이온(783)의 이동 - 활성 전극 재료에서의 활성 화학종의 확산 - 을 결과하며, 여기서 793은 응답 D 이후의 활성 이온의 위치를 예시한다.

[0130]

실시예들에서, 본 명세서에 기술된 충전 알고리즘들 및 구체적으로는 고속 충전 알고리즘들은 모듈 레벨에서 자율적으로 동작하고 각각의 모듈(108) 내에 통합될 수 있다. 예를 들어, 도 10b를 참조하면, 모듈들(108)은 단

상 캐스케이드 배열로 연결되고 서로 간에 통신할 수 있으며 통신 버스를 통해 MCD(112)(존재하는 경우)와 통신할 수 있다. 모듈들 및 소스 또는 싱크들의 에너지는 이 실시예에서 2극 전력 버스(two-pole power bus)를 통해 교환될 수 있다.

[0131] 일부 또는 모든 제어 기능들(전류, 전압, 온도)은 물론 측정 기능들(전류, 전압 및 온도)은 모듈 레벨에서 수행될 수 있다. 프로세싱은 충전 알고리즘들이 통합되거나 저장될 수 있는 LCD(114)를 갖는 각각의 모듈(108)에서 직접 발생할 수 있다. 그러한 배열은 모듈식 에너지 토폴로지의 크기 및 복잡도에 관계없이 고 대역폭 데이터 프로세싱 및 피드백 제어 루프를 가능하게 한다. 각각의 모듈(108)은 모듈(108)의 각각의 에너지 소스의 고 대역폭 데이터를 통신 버스를 통해 다시 MCD(112)로 전송할 필요가 없고, MCD(112)도, 서브 밀리초 범위(1 mS 미만)와 같은, 짧은 시간 프레임 내에서 각각의 에너지 소스를 제어하기 위해 고 대역폭 제어 신호를 다시 전송할 필요가 없다. 통신 버스는 각각의 모듈의 동작 방식(예를 들면, 변조 지수, 동작 상태(예를 들면, 유희, 충전, 방전) 등)의 저 대역폭 제어 및 동기화 신호들과 같은 시스템 정보를 전송하기만 하면 되며, 이는 버스 대역폭이 낮고 강건한 레벨로 유지되게 할 수 있다.

[0132] 예를 들어, 도 10a 및 도 10b의 실시예들은 각각 본 명세서에 기술된 바와 같이 1차 저장을 위한 12 개의 저장 유닛(예를 들면, 배터리의 배터리 셀들)을 갖는다. 실시예들은 12개 미만 또는 초과인 저장 유닛을 가질 수 있으며, 이는 단지 예일 뿐이다. 모든 배터리 모듈의 모든 셀이 중앙집중식 칩 또는 칩세트에 의해 관독 및 프로세싱될 필요가 있는 종래의 배터리 팩 기술들과 비교하여, 12 개의 저장 유닛의 신호들만이 모듈(108)의 LCD(114)에 의해 관독 및 프로세싱되지만 하면 된다. 이러한 종래의 배터리 팩들은 시스템 메인 제어기 레벨에서 각각의 저장 유닛의 신호들을 프로세싱한다. 예를 들어, 216 개의 에너지 저장 유닛을 갖는 배터리 팩은, 예를 들면, 각각이 12 개의 저장 유닛 및 개별 LCD(114)를 갖는 18 개의 모듈이 모듈 레벨에서 통합될 수 있는 본 명세서에 기술된 시스템(100)의 실시예들에 비해 12 배 더 요구하는 통신 및 프로세싱 요구사항을 갖는다. 신호 프로세싱 및 피드백 제어가 스케일링에 민감하지 않고 따라서 본 개시에 기술된 모듈식 에너지 토폴로지의 전체 시스템의 크기에 의존하지 않는다는 것이 이해될 것이다.

[0133] 따라서 본 명세서에 기술된 모듈식 배열은 고 대역폭 신호 레벨에서의 각각의 개별 저장 유닛의 동작이 전체 시스템의 크기와 무관하게 서브 밀리초의 시간 레벨에서 자극 응답을 제어할 수 있다. 전기화학 시스템들이 사용되는 실시예의 경우, 이러한 제어 레벨은 충전은 물론 방전에 대한 제어 알고리즘들과 결합하여 높은 정밀도로 (예를 들면, 응답 B, C 또는 D의 레짐에서의 배터리들 또는 연료 전지들과 같은) 각각의 개별 저장 유닛의 동작을 가능하게 한다.

[0134] 그에 따라, 본 실시예들의 특징들은 전체 시스템 레벨에서 요구되는 에너지 유닛들의 크기 및 양에 대한 지식이 없더라도 모듈들의 설계는 물론 제조를 가능하게 한다. 또한, 모듈 레벨에서의 컴포넌트들은 모듈 레벨에서의 요구된 프로세싱 속도의 감소로 인해 각각의 에너지 저장 유닛들에서 동일한 레벨의 대역폭 신호 제어에 대해 동작하는 종래의 시스템들의 컴포넌트들의 요구사항에 비해 더 간단하다. 이러한 특징들은 종래의 팩 아키텍처들에 비해 보다 간단한 시스템 설계를 가능하게 하는 것은 물론 전체 시스템의 비용을 감소시킨다.

[0135] 실시예들에서, 이온들이 이동되지만 하고 재료에 아직 인터칼레이트되지는 않도록 전류 또는 전압이 배터리들에 인가될 수 있다. 전류 응답 또는 전압 응답의 형상은 리튬 이온이 활물질 - 예를 들면, 캐소드 재료 또는 애노드 재료 - 에서 언제 이동을 시작하는지를 결정하는 데 사용될 수 있다. 전형적으로 충전 펄스 길이는 몇 서브 밀리초(예를 들면, (0.1 ms)) 내지 몇 초(1000 ms 이상) 정도일 것이다. 캐소드와 애노드에서의 Li 이온의 활성 인터칼레이션이 언제 시작되는지를 결정하기 위해 전류 및 전압 응답이 1kHz 이상으로 샘플링될 것이다. 활성 인터칼레이션 반응의 시작은 충전 펄스의 끝을 결정하고 충전 펄스의 끝에 이어 휴지 단계가 뒤따른다. 활물질에서의 추가 인터칼레이션 및 확산으로 인해 전기화학 계면에서의 이온 구배가 완화된 후에, 다음 펄스가 인가된다. 휴지 시간은 전해질과 활물질 사이의 계면 상의 전압들의 완화에 의해 결정된다.

[0136] 도 17a는 진보되고 가속된 충전을 위한 본 명세서에 기술된 특정 응답 레짐들을 활용하는 고속 충전 알고리즘의 예시적인 실시예의 전류 및 전압 신호들을 묘사한다. 도 17a는 종래의 정전류 충전 전략들과 비교하여 진보되고 가속된 충전에 대한 중요한 레짐들을 예시한다. 중요한 동작 레짐은 응답 B로부터 응답 C로의 전환에서, 응답 C 동안, 및 응답 C로부터 응답 D로의 전환에서 발생한다. 그렇지만, 선호된 동작은 도 17a에 도시된 바와 같이 저장 관련 전기화학 반응들이 활성화될 때 응답 C에 있을 수 있다. 이 실시예에서, 전류가 제어되고 각각의 셀의 전압 응답이 제어 피드백 신호로서 사용된다. 전압이 또한 제어될 수 있고, 전류는 자극 동안 동작 종료 지점을 응답 C에 유지하기 위한 제어 피드백 신호로서 사용될 수 있다. 도 17a의 컴포넌트들 및 세부 사항들은 전류 자극(10010), 전압 자극(10020), 전류 온(10011), 전류 오프(10012), 전압 응답 A(10030); 10040,

전압 응답 B(10040), 스위치 오프 조건  $dE_2/dt_2 < 0$  및  $dE/dt <$  특정 임계치 a를 갖는 전압 응답 C(10050), 전압 응답 A(10031), 스위치 온 조건  $E < E_{max}$ ,  $dE/dt <$  특정 임계치 b를 갖는 전기화학 계면에서의 전하 교환으로 인한 이온 구배들 및 전압들의 완화(10041)이다.

- [0137] 도 18a 및 도 18b는, 제각기, 정전류와 고 대역폭 자극 유도 전기화학 반응 간의 예시적인 비교의 전류 및 전압 신호들을 예시한다. 도 18c는 정전류 및 고 대역폭 시뮬레이션 신호들에 따른 상이한 시간 시퀀스들에서의 활성 전기화학 종을 갖는 전기화학 전극의 단면을 개략적으로 예시한다.
- [0138] 도 18a에는 정전류 자극 - 전류 신호(11010) -, 정전류 자극 - 전압 신호(11015) - 가 도시되어 있고, 도 18b에는 고 대역폭 충전 - 전류 신호(11020) -, 및 고 대역폭 충전 - 전압 신호(11025) - 가 도시되어 있다.
- [0139] 도 18c에는 전해질(11030), 전기화학적 활성 이온(11031), 전기화학 계면(11040), 전기화학적 활성 전극 재료 (예를 들면, 인터칼레이션 재료)(11050), 활성 전극 재료 내의 비위치된(non-located) 전자(11051), 전기화학적 활성 이온들의 전기화학적 전하 이동 반응(11041), 및 전이 금속 사이트에 위치한 하나의 연관된 전자를 갖는 활물질에 인터칼레이트된 전기화학적 활성 이온(11052)이 도시되어 있다.
- [0140] 종래의 충전은 셀의 최대 전압이 정전압 단계에 도달할 때까지 정전류 단계에 기초한다. 정전압 단계 동안, 셀 전압은 전류가 보다 낮은 임계치에 도달할 때까지 셀의 최대 전압으로 유지된다. 계단 전류 함수들 또는 펄스 전류 패턴들이 사용되는 문헌에 기술된 다른 충전 전략들이 또한 있다. 그렇지만, 알려진 전략들은 공통적으로 외부 소스로부터 인가된 전압 및 전류에 의해 직접적으로 계면에서 전기화학 반응을 유도할 필요가 있다. 인가된 전류 또는 전압의 시간은 응답 A, 응답 B 및 응답 C보다 길며, (도 18c에 도시된 바와 같이) 전극 활물질이 인터칼레이션 재료인 시나리오들에서, 전해질은 물론 활물질 내에서 전극 표면에서의 활성 화학종의 분포의 균일성을 초래한다. 활성 이온 화학종과 반응하는 재료들 또는 인터칼레이션 재료들은 전형적으로 배터리들에서 사용된다. 전해질 및 전극 활물질에서의 활성 이온 화학종의 이러한 불균일한 분포는 주로 전해질의 국부적 저항들 및 전극 표면 상에서의 국부적 전하 전달 저항들의 불균일성으로 인해 야기된다. 이러한 저항들의 불균일성은 배터리 설계 및 구성으로 인해 회피 가능하지 않다. 이것은 핫스팟들로 인한 국부적 과열을 초래할 수 있고, 농도 구배들을 초래할 수 있으며, 이 농도 구배들은 배터리들의 애노드 또는 다른 부분들에서의 Li 퇴적은 물론 캐소드 상에서의 상 변환(phase transformation)을 야기할 수 있다. 국부적 과열은 전극 표면에서의 증가된 전해질 부반응을 초래할 수 있다. 이러한 효과들 모두는 배터리의 가속된 열화를 초래하고, 충전 전류, 따라서 충전 레이트 및 속도를 제한한다.
- [0141] 본 개시에 따른 고 대역폭 충전의 경우에, 전기화학 반응들이 외부에서 인가된 전압 또는 전류에 의해 직접적으로 유도되지 않는다. 전기화학 반응은 오히려 인가된 전압 및 전류에 의해 (유도되지 않고) 활성화되지만 한다. 전기화학 반응들의 활성화 이후에, 외부 소스가 연결해제되고, 반응은 응답 A, 응답 B 및 응답 C 동안 증가되는 농도 구배들에 의해 추가로 유도된다. 농도 구배들은 전하 전달 저항들의 국부적 저항 변동과 거의 무관하게 전기화학 계면의 영역에 걸쳐 매우 균일하게 증가된다. 이것은 고 대역폭 충전 응용 분야들에 대해 도 18c에 개략적으로 도시된 바와 같이 핫스팟들의 축적을 완화시킨다.
- [0142] 진술한 실시예들은 전해질 및 보다 중요하게는 활물질들 내의 활성 화학종의 개선된 농도 균일성을 초래하고, 이들은 국부적 과열을 완화시킨다. 이는 충전 동안 배터리들의 보다 낮은 열화 및 보다 적은 손상은 물론 가속된 충전을 위해 보다 높은 전류 밀도로 배터리를 충전하는 능력에 직접 관련이 있다.
- [0143] 도 19a 및 도 19b는, 제각기, 전류 제어 및 전압 제어 고 대역폭 자극에 기초하여 하나 이상의 배터리를 충전하는 방법들(1900 및 1950)의 예시적인 실시예들을 묘사한 흐름 다이어그램들이다. 이들 방법은 제어 회로(102), 바람직하게는 모듈에 로컬인 제어 회로(102)(예를 들면, LCD(114))의 제어 하에서 모듈 회로에 의해 실행될 수 있다. 임계 값들은 각각의 배터리 화학물 및 유형마다 다를 것이다. 방법들은 배터리의 노후화 및 사용 동안 임계 값들을 최적화하고 그에 맞춰 적응하기 위해 자가 학습 알고리즘들을 활용할 수 있으며 제어 회로(102)(예를 들면, LCD(114))에서 수행되는 진보된 충전 알고리즘에 통합될 수 있다. 방법들(1900 및 1950)은 시스템(100)의 개별 모듈(108)에 의해 실행되는 것으로 기술될 것이지만, 방법들의 특징들은 또한 시스템 전체 레벨에서 적용될 수 있다.
- [0144] 먼저 도 19a를 참조하면, 단계(1902)에서, 모듈(108)의 배터리(202)의 하나 이상의 파라미터가 측정될 수 있다. 하나 이상의 파라미터는 배터리 전체에 대해 또는 배터리의 각각의 셀에 대해 개별적으로 측정될 수 있다. 이러한 파라미터들은, 예를 들어, 배터리 또는 배터리 셀들의 충전 상태, 및 또한 선택적으로 배터리 또는 배터리 셀들의 온도를 포함할 수 있다. 단계(1902)는 시스템(100)의 정상 방전 동작 동안 수행될 수 있고, 따라서 시

시스템(100)이 충전 상태에 놓인(예를 들면, 충전 소스로의 시스템(100)의 연결 및 스위칭) 후에 수행될 필요가 없을 수 있다. 단계(1902)는 현재 파라미터 값들을 획득하기 위해 방법(1900) 전체에 걸쳐 필요에 따라 반복될 수 있다.

[0145] 배터리의 충전 상태가 고속 충전 기술이 적용될 수 있을 만큼 충분히 낮은(예를 들면, 용량의 60 내지 80%와 같은 임계치 미만인) 경우, 상대적으로 빠른 방식으로 배터리 셀들을 충전하기 위해 고전류 펄스들이 인가될 수 있다. 단계(1904)에서, 전력 연결부로부터의 분할된 전압이 제어된 전류 펄스로 변환될 수 있다. 예를 들어, 컨버터(206, 308)의 스위칭 회로는 전력 연결부(110)로부터의 전압 펄스를 제어 가능한 DC-DC 컨버터(예를 들면, 도 10b의 컨버터(930)) 또는 원하는 전류 레벨의 펄스를 생성하도록 제어될 수 있는 다른 회로에 공급할 수 있다. 1906에서, 전류 제어 펄스가 배터리에 인가될 수 있다(예를 들면, 직렬로 연결된 경우 모든 셀들에 함께 인가되거나, 병렬로 연결된 경우 동일한 펄스가 분할되어 각각의 셀에 개별적으로 인가됨). 일부 실시예들에서, 전류는 배터리에 인가되는 전압이, 100% SOC일 때의 배터리의 예상 전압과 같은, 최대 임계치(예를 들면, 소스에 대한 정격 최대값)를 초과하지 않게 보장하도록 조절된다. 다른 실시예들에서, 본 명세서에서 더 기술되는 바와 같이, 이 최대값을 초과하는 전압이 배터리 셀들에서의 부반응을 개시하거나 유도하지 않는 짧은 시간 동안 인가될 수 있다(예를 들면, 도 17b 참조).

[0146] 1907에서, 모듈(108) 내의 각각의 셀에 대한 전압 응답이 (예를 들면, 측정 회로(201)로) 측정된다. 1908에서, 측정된 응답은 차단 조건이 충족되었는지 여부를 평가하는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전압 응답의 제2 유도가 음(negative)이고 전압 응답의 제1 유도가 임계치보다 낮은 것으로 결정되는 경우 차단 조건이 충족될 수 있다. 차단 조건을 결정하는 모듈의 배터리 또는 셀은 차단 조건을 충족시키는 제1 그러한 배터리 또는 셀일 수 있거나, 또는 가중 알고리즘에 기초할 수 있다. 적어도 하나의 셀을 제외하고 차단 조건이 충족된 후에, 전류 펄스는 스위칭 회로(예를 들면, 컨버터(206, 308))에 의해 종료될 수 있다.

[0147] 단계(1910)에서, 배터리 셀들은 휴지 기간 동안 어떠한 펄스도 인가되지 않고 휴지될 수 있다. 1911에서, 서브 최대 SOC 임계치(예를 들면, 60 내지 80% 또는 다른 레벨)에 도달했는지 여부가 결정될 수 있으며, 이는 다른 SOC 측정의 수행을 수반할 수 있다. 선택된 임계치는 배터리 화학물에 의존할 수 있다. 임계치에 도달하는 경우, 단계(1912)에서, 시스템은 시스템의 요구들에 의해 좌우되는 바와 같은 완전 SOC 레벨(예를 들면, 100%)에 도달하기 위해, 보다 긴 지속기간의 보다 낮은 정전류를 사용하는 것과 같이, 상대적으로 보다 느린 방법을 사용하는 다른 충전 기술로 전환할 수 있다. 방법이 계속되는 경우, 단계(1914)에서, 다음 펄스의 전류를 조정할지 여부가 결정된다. 이러한 결정은 펄스 온 단계 동안 측정되는 전압에 기초하여, 예를 들어, 셀의 미리 결정된 최대 전압과 펄스를 인가하는 동안 측정되는 셀의 전압 피크의 차이를 평가하는 것에 의해, 이루어질 수 있다. 차이가 감소함에 따라, 각각의 연속적인 펄스 동안 인가되는 전류는 셀이 미리 결정된 최대 전압을 초과하지 않도록 돕기 위해 감소될 수 있다. 조정이 이루어지지 않는 경우, 방법은 단계(1902 또는 1904)로 되돌아가 반복할 수 있다. 전류가 조정되어야 하는 경우, 되돌아가기 전에, 이것이 1916에서 발생할 수 있다. 다음 펄스의 인가는 재시작 조건의 충족을 조건으로 하고/하거나 최소 또는 미리 결정된 시간 기간의 경과 이후일 수 있다. 재시작 조건의 충족의 예는 전압 응답의 제2 유도가 양(positive)이고 전압 응답의 제1 유도가, 동일하거나 상이한 임계치일 수 있는, 임계치보다 크다는 결정 이후일 수 있다.

[0148] 도 19b는 방법(1900)과 유사하지만 전류 제어 펄스와는 대조적으로 전압 제어 펄스로 수행되는 방법(1950)을 묘사한다. 단계(1952)에서, 모듈(108)의 배터리(202)의 하나 이상의 파라미터가 측정될 수 있다. 하나 이상의 파라미터는 배터리 전체에 대해 또는 배터리의 각각의 셀에 대해 개별적으로 측정될 수 있다. 이러한 파라미터들은, 예를 들어, 배터리 또는 배터리 셀들의 충전 상태, 및 또한 선택적으로 배터리 또는 배터리 셀들의 온도를 포함할 수 있다. 단계(1952)는 시스템(100)의 정상 방전 동작 동안 수행될 수 있고, 따라서 시스템(100)이 충전 상태에 놓인(예를 들면, 충전 소스로의 시스템(100)의 연결 및 스위칭) 후에 수행될 필요가 없을 수 있다. 단계(1952)는 현재 파라미터 값들을 획득하기 위해 방법(1950) 전체에 걸쳐 필요에 따라 반복될 수 있다.

[0149] 배터리의 충전 상태가 고속 충전 기술이 적용될 수 있을 만큼 충분히 낮은(예를 들면, 용량의 60 내지 80%와 같은 임계치 미만인) 경우, 상대적으로 빠른 방식으로 배터리 셀들을 충전하기 위해 고전압 펄스들이 인가될 수 있다. 단계(1954)에서, 전력 연결부로부터의 분할된 전압이 제어된 전압 펄스로 변환될 수 있다. 예를 들어, 컨버터(206, 308)의 스위칭 회로는 전력 연결부(110)로부터의 전압 펄스를 제어 가능한 DC-DC 컨버터(예를 들면, 도 10b의 컨버터(930)) 또는 원하는 전압 레벨의 펄스를 생성하도록 제어될 수 있는 다른 회로에 공급할 수 있다. 1956에서, 전압 제어 펄스가 배터리 전체에 인가될 수 있다(예를 들면, 직렬로 연결된 경우 모든 셀들에 함께 인가되거나, 병렬로 연결된 경우 동일한 펄스가 각각의 셀에 개별적으로 인가됨). 일부 실시예들에서, 전류는 배터리에 인가되는 전압이, 100% SOC일 때의 배터리의 예상 전압과 같은, 최대 임계치(예를 들면,



소스에 대한 정격 최댓값)를 초과하지 않게 보장하도록 조절된다. 다른 실시예들에서, 본 명세서에서 더 기술되는 바와 같이, 이 최댓값을 초과하는 전압이 배터리 셀들에서의 부반응을 개시하거나 유도하지 않는 짧은 시간 동안 인가될 수 있다(예를 들면, 도 17b 참조).

[0150] 1957에서, 모듈(108) 내의 각각의 셀에 대한 전류 응답이 (예를 들면, 측정 회로(201)로) 측정된다. 1958에서, 측정된 응답은 차단 조건이 충족되었는지 여부를 평가하는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전류 응답의 제2 유도가 음이고 전류 응답의 제1 유도가 임계치보다 낮은 것으로 결정되는 경우 차단 조건이 충족될 수 있다. 차단 조건을 결정하는 모듈의 배터리 또는 셀은 차단 조건을 충족시키는 제1 그러한 배터리 또는 셀일 수 있거나, 또는 가장 알고리즘에 기초할 수 있다. 적어도 하나의 셀을 제외하고 차단 조건이 충족된 후에, 전압 펄스는 스위칭 회로(예를 들면, 컨버터(206, 308))에 의해 종료될 수 있다.

[0151] 단계(1960)에서, 배터리 셀들은 휴지 기간 동안 어떠한 펄스도 인가되지 않고 휴지될 수 있다. 1911에서, 서브 최대 SOC 임계치(예를 들면, 60 내지 80% 또는 다른 레벨)에 도달했는지 여부가 결정될 수 있으며, 이는 다른 SOC 측정의 수행을 수반할 수 있다. 선택된 임계치는 배터리 화학물에 의존할 수 있다. 임계치에 도달하는 경우, 단계(1962)에서, 시스템은 시스템의 요구들에 의해 좌우되는 바와 같은 완전 SOC 레벨(예를 들면, 100%)에 도달하기 위해, 보다 긴 지속기간의 보다 낮은 정전압(완전 충전에서의 예상 전압 미만)을 사용하는 것과 같이, 상대적으로 보다 느린 방법을 사용하는 다른 충전 기술로 전환할 수 있다. 방법이 계속되는 경우, 단계(1964)에서, 다음 펄스의 전압을 조정할지 여부가 결정된다. 이러한 결정은 셀의 미리 결정된 최대 전압과 펄스를 인가하는 동안 측정되는 셀의 전압 피크의 차이를 평가하는 것에 의해 이루어질 수 있다. 차이가 감소함에 따라, 각각의 연속적인 펄스 동안 인가되는 전압은 셀이 미리 결정된 최대 전압을 초과하지 않도록 돕기 위해 감소될 수 있다. 조정이 이루어지지 않는 경우, 방법은 단계(1952 또는 1954)로 되돌아가 반복할 수 있다. 전류가 조정되어야 하는 경우, 되돌아가기 전에, 이것이 1966에서 발생할 수 있다. 다음 펄스의 인가는 재시작 조건의 충족을 조건으로 하고/하거나 최소 또는 미리 결정된 시간 기간의 경과 이후일 수 있다. 재시작 조건의 충족의 예는 전류 응답의 제2 유도가 양이고 전류 응답의 제1 유도가, 동일하거나 상이한 임계치일 수 있는, 임계치보다 크다는 결정 이후일 수 있다.

[0152] 전기화학 저장 디바이스들에서, 1차 반응 및 부반응이 발생할 수 있다. 전기화학 반응들은 에너지 저장을 위한 1차 프로세스이며, 저장 반응 또는 반응들이라고도 지칭될 수 있다. 리튬 이온 배터리 화학물들의 경우, 이는 Li 이온들과 활물질들의 반응이다. Li 이온 배터리의 음극에서의 그러한 반응의 예들은 그래파이트와의 인터칼레이션 반응들, 실리콘과의 합금화 반응, 산화물들과의 치환 반응들 또는 심지어 Li 금속의 도금 반응이다. Li 이온 배터리들의 양극에서, 1차 저장 반응의 전형적인 예들은 산화물 또는 인산염 유형들의 재료들과의 인터칼레이션 반응들, 산화물들 또는 플루오르화물들과의 치환 반응, 또는 심지어 리튬 공기 배터리에서 활용되는 산소와의 형성 반응들이다. 전형적으로 이러한 반응들은 다소 단순하며 하나의 전자만이 전달되는 단일 전자 전기화학 반응들이다. 다른 배터리 화학물들의 경우, 또한 전기화학 반응이 몇 개 이하의 전자(예를 들면, 2개)가 전달되는 전기화학 프로세스들에 기초하는 것이 전형적이다. 예를 들어, 납산 및 알칼리 화학물들의 경우에만 단 2 개의 전자가 전달되고 니켈 금속 수소화물 화학물들의 경우 단 2 개의 전자가 전달된다.

[0153] 부반응들은 에너지 저장에 기여하지 않거나 소스의 에너지 저장 능력을 향상시키지 않는 바람직하지 않은 반응들이다. 부반응들은, 예컨대, 충전 또는 방전 프로세스들 동안 차단 전압들을 제한하는 것 및/또는 에너지 소스의 동작 수명의 감소에 의해, 소스에 대해 열화적이거나 퇴화적일 수 있다. 본 명세서에 제공된 실시예들은 소스에서 적어도 하나의 부반응, 바람직하게는 모든 부반응들을 개시 및/또는 유도하지 않고 전기화학 반응을 개시하기 위해 펄스들이 인가되는 기술들을 포괄한다.

[0154] 그러한 반응들의 예들의 비-충망라적인 리스트는 양극에서의 전해질의 산화 반응, 음극에서의 환원 반응, 활물질들의 분해 반응(예를 들면, 환원 또는 상변화 반응), 활물질들의 금속 화합물의 용해 반응, 덴드라이트들의 형성을 결과하는 반응들(예를 들면, 리튬 이온 배터리들에 대한 리튬 덴드라이트들의 도금), 애노드에서의 SEI(solid electrolyte interphase)의 용해 또는 원하지 않는 성장을 결과하는 반응, 및 어느 한 전극에서의 전류 컬렉터들의 용해 또는 산화를 결과하는 반응들을 포함한다.

[0155] 이러한 부반응들은 전형적으로 전기화학 반응보다 복잡하고, 종종 느린 화학적, 전달 또는 재배열 프로세스들과 결합되는, 다중 전자 전달을 수반한다. 예를 들어, Li 이온 배터리들의 전해질의 전형적인 성분인 에틸렌 카보네이트는 다수의 반응 경로들을 따라 분해된다. 이러한 분해 반응 경로들은 5 가지 전자 전달에 기초하여 에틸렌, 일련의 친핵성 반응들로 결합되는 폴리카보네이트, 리튬 에틸렌 디알콕사이드, 이산화탄소 및 리튬 에틸렌 디카보네이트를 형성한다.

- [0156] 단일 또는 적은 수의 전자 전달을 갖는 반응들은 전형적으로 다중 전자 전달 반응들에 비해 훨씬 더 짧은 반응 시상수로 동역학적으로 훨씬 더 빠르다. 이러한 거동은 전자 터널링 프로세스들의 제1 주요 고려 사항과 함께 마커스 이론(Marcus theory)으로 기술되고 이해될 수 있다.
- [0157] 배터리들, 연료 전지들 및 HED 커패시터들과 같은 전기화학 저장 디바이스들에 대한 결과는 원하는 1차 저장 반응의 개시가 원하지 않는 부반응들의 개시보다 훨씬 더 빠르다는 것이다. 이러한 거동은 본 명세서에서 기술되고 제안된 바와 같이 부반응들을 억제하거나 심지어 완전히 피할 수 있는 신규의 충전 또는 방전 전략들을 가능하게 한다. 소스에서 부반응을 개시, 유도 또는 실질적으로 유도하지 않고 소스에서 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들이 인가되도록, 각각의 모듈(108)이 에너지 소스(202)를 충전하도록 구성되는 실시예들이 본 명세서에서 제공된다.
- [0158] 펄스들 각각이 1차 전기화학 반응의 반응 시상수보다는 길지만 부반응들의 시상수보다는 짧은 지속기간을 가지는 펄스 패턴의 인가는 충전 프로세스 동안 상승된 전압 레벨들에서 하나 이상의 펄스의 인가를 가능하게 하며, 이는 종래의 정전류 및 정전압 충전 방법들에 비해 더 빠른 충전에 이르게 할 수 있다. 게다가, 부반응의 효과적인 억제는 노후화 및 열화를 늦추며, 따라서 에너지 소스의 수명을 연장시킬 것이다.
- [0159] 전기화학 반응의 반응 시상수는 반응의 교환 전류 밀도들 또는 전하 전달 저항들에 직접 연결될 수 있다. 반응의 복잡도에 따라, 전하 전달 저항 및 교환 전류는 몇 자릿수에 걸친 범위에 있을 수 있다. 이온 또는 코발트(전형적으로 리튬 이온 화합물들의 1차 저장 반응에서 활용됨)와 같은 전이 금속들의 환원은 몇 서브 밀리초(예를 들면, 0.1 ms)의 반응 시상수를 갖는 매우 낮은 교환 저항들에 대응하는 최대 1A/cm<sup>2</sup>(암페어/제곱센티미터)의 높은 교환 전류 밀도를 갖는다. 다른 한편으로, 배터리들에서의 수성 전해질과의 주요 부반응인 물의 분해 반응은 높은 교환 저항률 및 최대 1초 이상의 반응 시상수를 갖는 10<sup>-6</sup> 내지 10<sup>-10</sup> A/cm<sup>2</sup>의 범위에서 매우 낮은 교환 전류 밀도들을 나타낸다. 그러한 예에서, 모듈의 제어 회로(예를 들면, LCD(114))는 각각의 펄스의 길이 또는 지속기간이 1차 전기화학 반응을 개시(및 선택적으로 유도)하기 위해 서브 밀리초 지속기간보다 길지만, 물 분해 부반응의 개시를 피하기 위해 1초 또는 몇 초보다는 짧은 펄스들의 패턴을 사용하여 소스에 펄스들을 인가하는 것을 제어할 수 있다.
- [0160] 소스의 화학물에 의존하지만, 특정 실시예들에서 펄스 길이는 0.1 밀리초(ms) 내지 5초, 보다 바람직하게는 1 mS 내지 100 mS, 그리고 더욱 더 바람직하게는 (예를 들면, 리튬 이온 화합물들에서와 같이) 5 mS 내지 25 mS의 범위에 있을 수 있다. 이들 범위는 상이한 예시적인 실시예들에 대응하며, 구현들이 소스들의 구조, 화학물, 및/또는 구성에 따라 달라질 수 있고 달라질 것이기 때문에, 본 명세서에 개시된 주제가 이들 범위 중 임의의 것으로 제한되지 않는다는 것이 강조된다.
- [0161] 부반응들의 개시를 피하는 이들 및 다른 펄스 패턴들은 완전 충전 상태 조건(예를 들면, 100% SOC)에서의 예상 소스 전압보다 높을 수 있는 전압들로 펄스들을 인가하는 것을 가능하게 한다. 이 예상 전압의 예는 (예를 들면, 제조업체에 의해 제공되는) 소스에 대한 정격 최대 전압이다. 일부 실시예들에서, 이러한 증가된 전압 레벨은 100% SOC에서의 예상 전압의 101% 내지 200%이다. 일부 실시예들에서, 범위는, 101% 내지 180%, 또는 105% 내지 150%와 같이, 보다 좁을 수 있다. 표 2는 통상적인 화합물들의 배터리들에 대한 100% SOC(최대 전압들)에서의 예시적인 예상 전압들의 리스트를 제공한다. 이는 예들일 뿐이며 최대 전압들은 배터리 화학물, 조성, 크기 및 구조에 기초하여 달라질 것이다.

[0162] [표 2]

화학 반응	전형적인 최대 전압	유형
NMC 8:1:1/Li	4.3-4.5 V	Li 이온
NMC 8:1:1/Si	4.2-4.5 V	Li 이온
NMC 8:1:1/C+Si	4.3-4.6 V	Li 이온
NMC 6:2:2/C+Si	4.2-4.4 V	Li 이온
NMC 6:2:2/C	4.2-4.4 V	Li 이온
NCA/C+Si	4.2-4.3 V	Li 이온
NCA/C	4.2-4.3 V	Li 이온
NMC 6:2:2/LTO	2.7-2.8 V	Li 이온
FePO4/C	3.2-3.5 V	Li 이온
납산	2.2-2.4V	수성 전해질
알칼리성	1.5-1.65 V	수성 전해질
Ni 금속 수소화물	1.4-1.6 V	수성 전해질
니켈 금속 카드뮴	1.4-1.6V	수성 전해질
아연 산화물	1.5-1.8 V	수성 전해질
Li 공기	3-4.2V	비수성 전해질

[0163]

[0164]

예를 들어, NMC/그래파이트 리튬 이온 화학물들의 경우, 배터리 셀은 약 4.2V(100% SOC에서의 예상 전압)의 전압의 인가로 제한될 수 있으며 전압 값은 표준 충전 및 방전 프로토콜들에 대한 임의의 동작점 동안 초과되지 않는다. 본 명세서에 기술된 바와 같이 부반응들을 피하는 펄스 패턴의 경우, 인가된 전압은 완전 충전 상태에서의 예상 전압의 0% 내지 80%의 전압 범위에서 4.2V보다 높을 수 있다. 소스가 완전 SOC(예를 들면, 60 내지 80%)보다 낮은 충전 레벨에 있을 때 이러한 상승된 전압 레벨들에서 펄스들이 인가될 수 있다. 소스가 높은 SOC 레벨들에 있을 때보다 소스가 낮은 SOC 레벨들에 있을 때 펄스 전압 레벨들이 더 클 수 있다. 예를 들어, 인가된 펄스의 전압은 소스가 완전 SOC보다 작은 제1 SOC에 있을 때 제1 레벨에 있을 수 있고, 충전 이후에 소스가 제1 SOC보다 큰 제2 SOC에 있을 때, 후속적으로 인가되는 펄스는 제1 전압 레벨보다 낮은 제2 레벨에 있다. 예를 들어, 상승된 레벨은 보다 높은 충전 상태에 있을 때의 상승된 레벨에 비해 낮은 충전 상태에서 50% 더 높을 수 있다. 따라서 상승된 전압 레벨들은 소스 SOC가 증가함에 따라 감소할 수 있으며, 상승된 레벨들에서의 펄스들의 인가는 바람직하게는 소스가 완전 SOC(예를 들면, 100%)보다 낮은 목표 SOC 레벨(예를 들면, 60 내지 80%)에 도달할 때 중지된다. 목표 레벨은 소스 화학물에 기초하여 선택될 수 있다.

- [0165] 도 17b는 진보되고 가속된 충전을 위해 상승된 전압 레벨들을 생성하는 펄스 방식을 활용하는 고속 충전 알고리즘의 다른 예시적인 실시예의 전류 및 전압 신호들을 묘사한다. 이 실시예에서, 기술된 바와 같이 상승된 전압 응답을 생성하도록 전류가 제어된다. 도 17b의 특징들은 전류 자극(17010), 전압 자극(17020), 전류 온(17011), 전류 오프(17012), 전압 응답 A(10030); 전압 응답 B(10040), 스위치 오프 조건  $dE/dt^2 < 0$  및  $dE/dt <$  특정 임계치  $a$ 를 갖는 전압 응답 C(10050), 및 스위치 온 조건  $E < E_{max}$ ,  $dE/dt <$  특정 임계치  $b$ 를 갖는 전기화학 계면에서의 전하 교환으로 인한 이온 구배들 및 전압들의 완화(10041)이다. 100% SOC의 E는 완전 충전에서의 예상 전압에 대응한다. 여기서, 처음 2 개의 펄스는 일반적으로 E를 초과하는 동일한 전압으로 인가되고, 세 번째 펄스는 조정되고 감소된 전압으로 인가되며, 네 번째 펄스는 E보다 작은 전압으로 인가된다. 실제로는, 필요한 만큼의 펄스들이 E 초과 전압들에서 연속적으로 인가될 수 있다. 펄스들 사이의 휴지 시간이 달라질 수 있으며 일정할 필요가 없고, 펄스들 자체의 지속기간도 일정할 필요가 없다.
- [0166] 본 명세서에서 제공되는 실시예들은 열화적 또는 퇴화적 부반응들(예컨대, 위에 열거된 것들 및 SEI를 용해할 수 있는 것들)을 개시 및/또는 유도하지 않고 전기화학 반응을 개시하기 위해 펄스들이 인가되지만, 성능(예를 들면, 수명)을 업그레이드하기 위해 셀의 구조적 수정을 결과하는 비열화적 또는 생성성 부반응들과 같은, 유익한 해당 부반응들을 허용하는 기술들을 더 포괄한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 배터리의 제1 사이클 또는 처음 몇 사이클에서의 SEI(solid electrolyte interphase)의 형성은 셀의 기능 수명을 개선시킬 수 있는 안정적인 보호 코팅의 형성을 용이하게 한다. 따라서 SEI를 형성하는 데 사용되는 부반응들은 배터리 셀에 유익한 효과를 가질 수 있다. 그러한 실시예들에서, 펄스 지속기간은 이러한 부반응들이 발생하도록 제어될 수 있다. SEI 코팅의 형성 이후에, 이들 및 다른 부반응들의 개시 및/또는 유도 없이 전기화학 반응이 개시되도록 펄스 지속기간이 수정(단축)될 수 있다. 본 명세서에 기술된 실시예들은 또한 유용한 것으로 입증된 다른 부반응들이 소스의 수명에 걸쳐 허용되도록 활용되고 맞춤화될 수 있다.
- [0167] 펄스 충전에 관한 전술한 실시예들 모두는 도 11c 내지 도 11f와 관련하여 기술된 바와 같은 펄스 폭 변조 방식에 따라 구현될 수 있으며, 부반응의 개시 없이 전기화학 반응의 개시에 관한 것과 같은, 본 명세서에 기술된 특정 실시예들의 펄스 지속기간 조건들을 위반하지 않기 위해 적용 가능한 경우 펄스 길이에 대한 추가적인 제약들이 구현된다.
- [0168] 위에서 논의된 예시적인 실시예들은, 예를 들면, 기관차 및 철도 차량, 버스, 트럭, 페리, 항공기 등과 같은 대량 수송 차량들 및 시스템들의 전기화를 가능하게 하기 위해 시스템 레벨에서 적용될 수 있다. 기관차 또는 철도 차량, 버스, 트럭, 페리, 항공기 또는 다른 차량을 활용하는 대량 수송 시스템에서, 예시적인 실시예들은 모든 웨이포인트들에서 배터리 충전 또는 배터리 교체 장비를 포함하는 3 개 이상의 웨이포인트를 갖는 제1 환경에 또는 모두보다 적은 웨이포인트들에서 배터리 충전 또는 배터리 교체 장비를 포함하는 3 개 이상의 웨이포인트를 갖는 제2 환경에 적용될 수 있다. 웨이포인트들은 정류소, 역, 도크, 항구, 비고정식 충전을 할 수 있는 위치, 및 차량이 정지하고/하거나 전기 또는 다른 에너지 소스를 수용할 수 있는 다른 위치를 포함하지만 이에 제한되지 않는다.
- [0169] 제1 환경 내에서 작동하는 차량들은 제2 환경 내에서 작동하는 차량들보다 작은 배터리 팩(들)[및/또는 다른 에너지 저장 유닛(들)]을 장착할 수 있다. 게다가, 각각의 충전소에서 요구되는 전력은 제1 환경과 관련하여 충전들 사이의 보다 짧은 거리로 인해 제2 환경에서보다 작을 수 있다. 다른 경우에, 차량이 그의 루트를 따라 짧은 정차를 하는 제1 환경의 구현은, 제2 환경의 구현이 충전을 위해 더 긴 정차를 허용하는 경우(예를 들어, 루트의 맨 끝에서), 제2 환경과 관련하여 작동하는 동일한 차량보다 높은 충전 전력을 요구할 수 있다.
- [0170] 본 명세서에 기술된 진보된 배터리 충전 방법들, 모달식 에너지 토폴로지, 배터리 시스템들, 및/또는 컨버터-배터리 유닛들 중 임의의 하나 이상은 대량 수송 시스템의 에너지 관리 및 다른 측면들을 개선시키기 위해 그러한 예들과 관련하여 적용될 수 있다. 임의의 수의 웨이포인트들을 포함하는 다른 예시적인 시스템들이 가능하며, 여기서 개별 웨이포인트들은 차량 정차 시간, 충전 장비 및 그의 이용 가능한 충전 전력, 배터리 또는 에너지 저장 유닛 교체 장비, 및/또는 주어진 루트를 따라 인접한 정류소(들)로부터의 거리를 포함하지만 이에 제한되지 않는 고유한 속성들을 갖는다.
- [0171] 그러한 시스템들에서, 전형적으로 전체 운행 교대(full operation shift)에 걸쳐 차량의 작동을 지원하는 에너지 저장 유닛을 설치하기에는 에너지 소비 또는 요구사항이 너무 높다. 예를 들어, 철도 차량, 버스, 항공기 등에 대한 운행 교대는 12 내지 19 시간일 수 있다. 고속 철도 예의 경우에, 19 시간 운행 교대에 걸친 에너지 소비량이 25MWh보다 높다. 충분한 양의 에너지를 갖는 배터리는 너무 무겁고 너무 비쌀 것이다. 그 결과, 꼭 그렇지는 않지만, 교대 동작 동안 충전하는 것이 바람직하다.

- [0172] 본 실시예가 적용될 수 있는 제1 예시적인 시나리오는 종착역 및 중간 역/정류소에서의 고속 충전을 포함한다. 본 명세서에서 제공되는 실시예들은 고 대역폭 펄스 충전이 셀의 손상 없이 충전을 가속화할 수 있게 한다(예를 들면, 70 내지 80% 충전 상태까지 40분 대신에 20분). 그러한 시나리오에서, 역, 중간 역, 정류소에 특수한 충전기가 필요하지 않다. 본 명세서에서 제공되는 실시예들은 임의의 AC 또는 DC 전력 시스템으로부터 충전하는 것을 가능하게 하고, 실시예들이 모터들에 전력을 공급하는 것은 물론 배터리들을 충전하는 데 사용될 수 있도록 양방향성이다. 실시예들은 또한 그리드 인프라스트럭처의 전력 정격을 최소화하기 위해 진보된 에너지 피크 셰이빙(energy peak shaving)을 가능하게 한다.
- [0173] 본 실시예들이 적용될 수 있는 제2 예시적인 시나리오는, 예컨대, 종착역에서 그리고/또는 중간 역 또는 정류소에서의, 교체 가능한 에너지 소스들의 사용을 포함한다. 이러한 실시예들은 모듈들 또는 팩들이 이미 제자리에 있는 다른 모듈들 또는 팩들과 매칭할 필요 없이 배터리 모듈들 또는 팩들을 제거하고 제거된 모듈 또는 팩을 다른 배터리 모듈들 또는 팩들로 교체할 수 있는 모듈식 시스템을 포함할 수 있다. 따라서, 실시예들은 필요에 따라 단지 몇 개의 모듈들 또는 팩들의 부분적 교체 또는, 원하는 경우, 컨버터-배터리 시스템 전체의 교체 둘 모두를 가능하게 한다. 배터리 용량은 원하는 에너지 및 전력 요구사항에 따라 작동 동안 모듈들을 추가하는 것에 의해 조정될 수 있다 - 부하가 보다 낮은 경우, 보다 작은 배터리 모듈들을 사용하는 것이 가능하다 -.
- [0174] 본 실시예들이 적용될 수 있는 제3 예시적인 시나리오는 에너지 소스가 제공되어 있는 철도, 예를 들면, 제3 철도 또는 회랑 또는 루트의 일부에 있는 어떤 충전 커터너리(catenary) 인프라스트럭처를 통한 배터리들의 고속 충전을 포함한다. 위의 실시예들은 특수 충전기 없이 셀의 손상 없이 충전을 가속화(예를 들면, 40 내지 70% 충전 상태 대신에 20분)하기 위해 고 대역폭 펄스 충전을 가능하게 하고, 임의의 AC 또는 DC 전력 시스템으로부터의 충전을 가능하게 한다. 실시예들은 진보된 온도 제어를 가능하게 하고 종래의 시스템과 비교하여 시스템 레벨에서 보다 높은 충전 C 레이트를 가능하게 한다.
- [0175] 차량 배터리 팩 구성들은 필요에 따라 동작 수명 동안 적용될 수 있다. 상이한 전력 또는 에너지가 요구되는 상이한 루트를 위해 차량을 사용할 필요가 있는 경우에, 배터리 팩 모듈들이 필요에 따라 변경되고 적용될 수 있다. 배터리 모듈은 상이한 셀 화학물, 상이한 C 레이트 능력은 물론 상이한 용량을 가질 수 있으며, 시스템은 그에 따라 적용할 것이다.
- [0176] 추가적으로, 차량 모듈들은 모듈들의 건강 상태에 따라 부분적으로 갱신될 수 있다. 게다가, 본 명세서에 논의된 실시예들을 적용하는 것에 의해 노후화하는 배터리들의 개선된 에너지 활용이 종래의 기술과 비교하여 원하는 수명을 위한 실질적인 대형화를 피할 수 있기 때문에 차량 배터리 팩들이 원하는 수명을 위해 대형화될 필요가 없으며, 이는 보다 적은 배터리 모듈들 또는 팩들, 감소된 비용에 이르게 할 수 있다.
- [0177] 대량 수송 응용 분야들의 높은 사이클 수명으로 인해, 배터리들의 수명이 실질적으로 제한될 수 있다. 250Wh/kg 및 4000 사이클 수명(그의 초기 용량/에너지의 70 내지 80%)의 고 에너지 셀들을 갖는 2 개의 고속 철도 예에서 논의된 바와 같이, 셀들은 1 또는 2년마다 교체될 필요가 있다. 본 명세서에 기술된 실시예들은 임의의 고정식 저장 응용 분야에 대해 어떠한 개장도 없이 곧바로 모듈들을 사용할 수 있게 한다. 이는 대량 수송 응용 이후의 모듈들의 높은 잔존 가치로 인해 비용 절감을 가능하게 한다. 이는 재활용을 위한 추가 비용 또는 수수료를 피할 것이다.
- [0178] 본 명세서에 기술된 실시예들 모두에서, 특정 시스템의 각각의 모듈의 1차 에너지 소스는 동일한 전압(표준 동작 전압 또는 공칭 전압)을 가질 수 있다. 그러한 구성은 시스템의 관리 및 구성을 단순화한다. 1차 및 2차 에너지 소스들은 또한 동일한 전압(표준 또는 공칭)을 가질 수 있다. 동일한 시스템의 상이한 모듈들의 1차 에너지 소스들이 상이한 전압들(표준 또는 공칭)을 갖는 것 및 모듈의 1차 및 2차 에너지 소스들이 상이한 전압들(표준 또는 공칭)을 갖는 것과 같은, 다른 구성들이 구현될 수 있다. 시스템의 모듈들의 1차 에너지 소스들이 상이한 화학물들인 1차 에너지 소스 배터리들을 갖거나, 시스템의 모듈들이 제1 화학물의 1차 에너지 소스 배터리 및 제2 화학물의 2차 에너지 소스 배터리를 갖는 또 다른 구성들이 구현될 수 있다. 서로 상이한 모듈들은 시스템에서의 배치에 기초할 수 있다(예를 들면, 위상 어레이 내의 모듈들은 IC 모듈(들)과 상이함).
- [0179] 도면들의 다양한 구성요소들(예를 들면, 요소들, 컴포넌트들, 디바이스들, 시스템들 및/또는 기능 블록들)은 하나 이상의 다른 구성요소(예를 들면, 요소, 컴포넌트, 디바이스, 시스템 및/또는 기능 블록)와 결합되거나 그에 연결되는 것으로 묘사되어 있다. 이러한 구성요소들은 개재 엔티티가 존재하지 않고, 예컨대, 직접 결합 또는 연결로, 결합되거나 연결된 것으로 종종 도시된다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는, 본 설명에 비추어, 이러한 결합들 또는 연결들이 직접적(하나 이상의 개재 컴포넌트를 사용하지 않음) 또는 간접적(도시되지 않은 하나 이상의 개재 컴포넌트를 사용함)일 수 있음을 쉽게 인식할 것이다. 따라서, 이 단락은 모든 결합들 또는 연결

들이 직접 결합들 또는 연결들 또는 간접 결합들 또는 연결들이라는 것에 대한 선행적 지원(antecedent support)으로서 역할한다.

- [0180] 본 명세서에 기술된 시스템들, 디바이스들 및 방법들과 함께 사용될 수 있는 시스템들(예를 들면, ACi 배터리 팩), 디바이스들 및 방법들에 관한 상세한 논의는 2019년 3월 22일에 출원되고 발명의 명칭이 "Systems And Methods For Power Management And Control"인 국제 공개 제W02019/183553호, 2020년 3월 27일에 출원되고 발명의 명칭이 "Module-based Energy Storage Systems Having Converter-Source Modules and Methods Related Thereto"인 국제 출원 제PCT/US20/25202호, 및 2020년 3월 27일에 출원되고 발명의 명칭이 "Module-based Energy Storage Systems Capable of Cascaded and Interconnected Configurations, and Methods Related Thereto"인 국제 출원 제PCT/US20/25366호에서 제공되며, 이들 모두는 마치 전체가 기재된 것처럼 모든 목적들을 위해 본 명세서에 참고로 포함된다.
- [0181] 본 명세서에 기술된 실시예들은, 예를 들면, 자동차 산업에서 배터리 팩으로서 사용될 때, 각각의 배터리 모듈을 수반하는 서브시스템으로서의 종래의 배터리 관리 시스템의 제거를 가능하게 한다. 배터리 관리 시스템에 의해 전형적으로 수행되는 기능성은 본 명세서에 기술된 시스템 실시예들의 상이하고 많은 점들에서 보다 큰 기능성에 포함되거나 그에 의해 대체된다.
- [0182] 본 기술 분야의 통상의 기술자는 "모듈"이, 해당 용어가 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 시스템(100) 내의 디바이스, 어셈블리 또는 서브시스템을 지칭한다는 것과, 시스템(100)이 각각의 개별 모듈이 다른 모듈들과 관련하여 물리적으로 제거 가능하고 교체 가능할 수 있게 하도록 구성될 필요가 없다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 시스템(100)은, 시스템 전체를 분해하지 않고, 임의의 하나의 모듈의 제거 및 교체를 가능하게 하지 않는 공통 하우징에 패키징될 수 있다. 그렇지만, 본 명세서에서의 임의의 및 모든 실시예들은, 예컨대, 시스템의 분해 없이, 각각의 모듈이 편리한 방식으로 다른 모듈들과 관련하여 제거 가능하고 교체 가능하도록 구성될 수 있다.
- [0183] "마스터 제어 디바이스"라는 용어는 본 명세서에서 넓은 의미로 사용되며, 로컬 제어 디바이스와 같은, 임의의 다른 디바이스와 마스터 및 슬레이브 관계와 같은 임의의 특정 프로토콜의 구현을 요구하지 않는다.
- [0184] "출력"이라는 용어는 본 명세서에서 넓은 의미로 사용되며, 출력 및 입력 둘 모두로서 양방향 방식으로 기능하는 것을 배제하지 않는다. 유사하게, "입력"이라는 용어는 본 명세서에서 넓은 의미로 사용되며, 입력 및 출력 둘 모두로서 양방향 방식으로 기능하는 것을 배제하지 않는다.
- [0185] "단자" 및 "포트"라는 용어들은 본 명세서에서 넓은 의미로 사용되고, 단방향 또는 양방향일 수 있으며, 입력 또는 출력일 수 있고, 암(female) 또는 수(male) 구성과 같은, 특정 물리적 또는 기계적 구조를 요구하지 않는다.
- [0186] 본 명세서에서 기술된 예시적인 실시예들은 시스템의 임의의 및 모든 컴포넌트들(예를 들면, 스위치 회로, 에너지 소스, 에너지 버퍼, 제어 회로 등)로부터 열을 소산시키기 위해 하나 이상의 냉각 시스템에 대해 사용될 수 있다. 냉각 시스템들은 기체, 액체 또는 고체와 같은 냉각 매체를 활용할 수 있다. 냉각 시스템들은 하나 이상의 압전 냉각 요소를 활용할 수 있다.
- [0187] 본 주제의 다양한 양태들이 지금까지 기술된 실시예들의 검토에서 및/또는 그에 대한 보완으로 아래에 기재되며, 여기서는 이하의 실시예들의 상호관계 및 상호교환가능성에 중점을 둔다. 환언하면, 달리 명시적으로 언급되거나 논리적으로 타당하지 않은 경우가 아니면, 실시예들의 각각의 특징이 각각의 모든 다른 특징과 결합될 수 있다는 사실에 중점을 둔다.
- [0188] 많은 실시예들에서, 모듈식 에너지 저장 시스템이 제공되며, 이 시스템은: 적어도 하나의 어레이에서 함께 결합되는 복수의 컨버터 모듈들 - 각각의 컨버터 모듈은 배터리 셀 및 스위치 회로를 포함하고, 방전 상태에서 적어도 하나의 어레이는 복수의 컨버터 모듈들로부터의 출력 전압들의 중첩을 포함하는 적어도 하나의 AC 전압 파형을 생성하도록 구성됨 -; 및 복수의 컨버터 모듈들과 연관된 제어 회로 - 충전 상태에서 제어 회로는 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성됨 - 를 포함한다.
- [0189] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 펄스가 완전 충전에서의 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가된다.
- [0190] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 펄스가 100% 충전 상태에서의 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로

인가된다. 제1 전압은 100% 충전 상태에서의 배터리 셀의 예상 전압의 101% 내지 200%인 전압일 수 있다. 제어 회로는 배터리 셀의 충전 상태가 100% 미만일 때 적어도 하나의 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있다. 제어 회로는 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 적어도 하나의 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성된다. 적어도 하나의 펄스는 적어도 하나의 제1 펄스일 수 있고, 제어 회로는 배터리 셀의 충전 상태가 적어도 하나의 제1 펄스의 인가 시의 배터리 셀의 충전 상태보다 클 때 적어도 하나의 제2 펄스가 제1 전압보다 작은 제2 전압으로 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있으며, 여기서 제2 전압은 100% 충전 상태에서의 배터리 셀의 예상 전압보다 크다. 제어 회로는 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 적어도 하나의 제1 펄스 및 적어도 하나의 제2 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있다.

- [0191] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 배터리 셀의 충전 상태가 80%를 초과하지 않는 동안 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0192] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있으며, 여기서 각각의 펄스는 0.1 밀리초 내지 5 초의 지속기간을 갖는다.
- [0193] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있으며, 여기서 각각의 펄스는 1 밀리초 내지 100 밀리초의 지속기간을 갖는다.
- [0194] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있으며, 여기서 각각의 펄스는 5 밀리초 내지 25 밀리초의 지속기간을 갖는다. 배터리 셀은 리튬 이온 배터리 셀일 수 있다.
- [0195] 일부 실시예들에서, 각각의 모듈은 복수의 배터리 셀들을 포함하고, 제어 회로는 복수의 배터리 셀들에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 복수의 배터리 셀들에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성된다.
- [0196] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 배터리 셀에서의 부반응을 유도하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0197] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 배터리 셀에서의 부반응을 개시하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0198] 일부 실시예들에서, 배터리 셀은 전기화학적 활성 이온들을 포함하고, 제어 회로는 전기화학적 활성 이온들의 활성 인터칼레이션이 실질적으로 시작되는 시간에 펄스의 인가가 종료되게 하도록 구성될 수 있다. 배터리 셀은 전해질 및 전극 활물질을 포함할 수 있고, 제어 회로는 전해질과 전극 활물질 사이의 계면 상의 전압이 실질적으로 완화될 때 충전 펄스를 인가하도록 구성될 수 있다.
- [0199] 일부 실시예들에서, 복수의 컨버터 모듈들 각각은 제어 회로에 통신 가능하게 결합되는 모니터링 회로를 포함하고, 여기서 모니터링 회로는 배터리 셀의 전압 또는 전류 응답을 검출하도록 구성된다.
- [0200] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 모니터링 회로에 의해 검출되는 응답에 기초하여 펄스가 개시 및/또는 종료되게 하도록 구성될 수 있다.
- [0201] 일부 실시예들에서, 제어 회로는: 적어도 하나의 컨버터 모듈이 각각의 로컬 제어 디바이스와 연관되도록 복수의 컨버터 모듈들과 통신 가능하게 결합되는 복수의 로컬 제어 디바이스들; 및 복수의 로컬 제어 디바이스들과 통신 가능하게 결합되는 마스터 제어 디바이스를 포함한다. 컨버터 모듈의 로컬 제어 디바이스는 펄스의 개시 및/또는 종료를 야기할지 여부를 결정하도록 구성될 수 있다. 로컬 제어 디바이스는 마스터 제어 디바이스로부터의 지시 없이 펄스의 개시 및/또는 종료를 야기할지 여부를 결정하도록 구성될 수 있다. 복수의 컨버터 모듈들 각각은 에너지를 출력 및 수신하기 위한 전력 포트를 가질 수 있고, 각각의 컨버터 모듈과 연관된 로컬 제어 디바이스는 전력 포트에 인가되는 전압이 배터리 셀에 인가하기 위한 펄스를 생성하는 데 사용되도록 컨버터 모듈의 스위치 회로를 제어하도록 구성될 수 있다. 마스터 제어 디바이스는 외부 전압 소스로부터 적어도 하나의 어레이에 인가되는 충전 전압의 활용을 조율하기 위해 복수의 로컬 제어 디바이스들을 제어하도록 구성될 수 있다.

- [0202] 일부 실시예들에서, 복수의 컨버터 모듈들의 각각의 컨버터 모듈은 스위치 회로와 배터리 셀 사이에 전기적으로 결합되는 DC-DC 컨버터를 포함한다.
- [0203] 일부 실시예들에서, 복수의 컨버터 모듈들은 3 개 이상의 어레이에서 함께 결합되고, 여기서 3 개 이상의 어레이 각각은 상이한 위상각을 갖는 AC 전압 파형을 생성하도록 구성된다.
- [0204] 일부 실시예들에서, 복수의 컨버터 모듈들은 3 개 이상의 어레이 중 적어도 2 개에 결합되는 적어도 하나의 상호연결 모듈을 포함한다.
- [0205] 많은 실시예들에서, 모듈식 에너지 저장 시스템이 제공되며, 여기서 이 시스템은: 적어도 하나의 어레이에서 함께 결합되는 복수의 컨버터 모듈들 - 각각의 컨버터 모듈은 배터리 셀 및 스위치 회로를 포함하고, 방전 상태에서 적어도 하나의 어레이는 복수의 컨버터 모듈들로부터의 출력 전압들의 중첩을 포함하는 적어도 하나의 AC 전압 파형을 생성하도록 구성됨 -; 및 복수의 컨버터 모듈들과 연관된 제어 회로 - 충전 상태에서 제어 회로는 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성됨 - 를 포함한다.
- [0206] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 펄스가 완전 충전에서의 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가된다.
- [0207] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 펄스가 100% 충전 상태에서의 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가된다.
- [0208] 일부 실시예들에서, 제1 전압은 100% 충전 상태에서의 배터리 셀의 예상 전압의 101% 내지 200%인 전압이다.
- [0209] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 배터리 셀의 충전 상태가 100% 미만일 때 적어도 하나의 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성된다.
- [0210] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 적어도 하나의 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성된다. 적어도 하나의 펄스는 적어도 하나의 제1 펄스일 수 있고, 제어 회로는 배터리 셀의 충전 상태가 적어도 하나의 제1 펄스의 인가 시의 배터리 셀의 충전 상태보다 클 때 적어도 하나의 제2 펄스가 제1 전압보다 작은 제2 전압으로 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있으며, 여기서 제2 전압은 100% 충전 상태에서의 배터리 셀의 예상 전압보다 크다. 제어 회로는 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 적어도 하나의 제1 펄스 및 적어도 하나의 제2 펄스가 인가되도록 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0211] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0212] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 배터리 셀의 충전 상태가 80%를 초과하지 않는 동안 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0213] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있고, 여기서 각각의 펄스는 0.1 밀리초 내지 5 초의 지속기간을 갖는다.
- [0214] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있고, 여기서 각각의 펄스는 1 밀리초 내지 100 밀리초의 지속기간을 갖는다.
- [0215] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 펄스들의 인가를 제어하도록 구성될 수 있고, 여기서 각각의 펄스는 5 밀리초 내지 25 밀리초의 지속기간을 갖는다. 배터리 셀은 리튬 이온 배터리 셀일 수 있다.
- [0216] 일부 실시예들에서, 배터리 셀은 전기화학적 활성 이온들을 포함하고, 제어 회로는 전기화학적 활성 이온들의 활성 인터칼레이션이 실질적으로 시작되는 시간에 펄스의 인가가 종료되게 하도록 구성될 수 있다. 배터리 셀은 전해질 및 전극 활물질을 포함할 수 있고, 제어 회로는 전해질과 전극 활물질 사이의 계면 상의 전압이 실질적으로 완화될 때 충전 펄스를 인가하도록 구성될 수 있다.
- [0217] 일부 실시예들에서, 복수의 컨버터 모듈들 각각은 제어 회로에 통신 가능하게 결합되는 모니터링 회로를 포함하고, 여기서 모니터링 회로는 배터리 셀의 전압 또는 전류 응답을 검출하도록 구성된다.
- [0218] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 모니터링 회로에 의해 검출되는 응답에 기초하여 펄스가 개시 및/또는 종료되



게 하도록 구성될 수 있다.

- [0219] 일부 실시예들에서, 제어 회로는: 적어도 하나의 컨버터 모듈이 각각의 로컬 제어 디바이스와 연관되도록 복수의 컨버터 모듈들과 통신 가능하게 결합되는 복수의 로컬 제어 디바이스들; 및 복수의 로컬 제어 디바이스들과 통신 가능하게 결합되는 마스터 제어 디바이스를 포함한다. 컨버터 모듈의 로컬 제어 디바이스는 펄스의 개시 및/또는 종료를 야기할지 여부를 결정하도록 구성된다. 로컬 제어 디바이스는 마스터 제어 디바이스로부터의 지시 없이 펄스의 개시 및/또는 종료를 야기할지 여부를 결정하도록 구성될 수 있다. 복수의 컨버터 모듈들 각각은 에너지를 출력 및 수신하기 위한 전력 포트를 가질 수 있고, 각각의 컨버터 모듈과 연관된 로컬 제어 디바이스는 전력 포트에 인가되는 전압이 배터리 셀에 인가하기 위한 펄스를 생성하는 데 사용되도록 컨버터 모듈의 스위치 회로를 제어하도록 구성될 수 있다. 마스터 제어 디바이스는 외부 전압 소스로부터 적어도 하나의 어레이에 인가되는 충전 전압의 활용을 조절하기 위해 복수의 로컬 제어 디바이스들을 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0220] 일부 실시예들에서, 복수의 컨버터 모듈들의 각각의 컨버터 모듈은 스위치 회로와 배터리 셀 사이에 전기적으로 결합되는 DC-DC 컨버터를 포함할 수 있고, 여기서 DC-DC 컨버터는 배터리 셀에 인가하기 위한 스위치 회로로부터의 신호의 전압을 조정하기 위해 제어 회로에 의해 제어 가능하다.
- [0221] 일부 실시예들에서, 복수의 컨버터 모듈들은 3 개 이상의 어레이에서 함께 결합될 수 있고, 여기서 3 개 이상의 어레이 각각은 상이한 위상각을 갖는 AC 전압 파형을 생성하도록 구성된다. 복수의 컨버터 모듈들은 3 개 이상의 어레이 중 적어도 2 개에 결합되는 적어도 하나의 상호연결 모듈을 포함할 수 있다.
- [0222] 일부 실시예들에서, 각각의 모듈은 복수의 배터리 셀들을 포함하고, 제어 회로는 복수의 배터리 셀들에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들의 인가를 제어하도록 구성된다.
- [0223] 많은 실시예들에서, 모듈식 에너지 저장 시스템을 충전하는 방법이 제공되며, 이 시스템은: 적어도 하나의 어레이에서 함께 결합되는 복수의 컨버터 모듈들 - 각각의 컨버터 모듈은 배터리 셀 및 스위치 회로를 포함함 - 을 포함하며, 여기서 이 방법은: 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스를 인가하는 단계를 포함한다.
- [0224] 일부 실시예들에서, 이 방법은 적어도 하나의 펄스를 완전 충전에서의 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가하는 단계를 더 포함한다.
- [0225] 일부 실시예들에서, 이 방법은 적어도 하나의 펄스를 100% 충전 상태에서의 배터리 셀의 예상 전압보다 큰 제1 전압으로 인가하는 단계를 더 포함한다.
- [0226] 일부 실시예들에서, 제1 전압은 100% 충전 상태에서의 배터리 셀의 예상 전압의 101% 내지 200%인 전압이다.
- [0227] 일부 실시예들에서, 이 방법은 배터리 셀의 충전 상태가 100% 미만일 때 적어도 하나의 펄스를 인가하는 단계를 더 포함한다.
- [0228] 일부 실시예들에서, 이 방법은 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 적어도 하나의 펄스를 인가하는 단계를 더 포함한다. 적어도 하나의 펄스는 적어도 하나의 제1 펄스일 수 있고, 이 방법은 배터리 셀의 충전 상태가 적어도 하나의 제1 펄스의 인가 시의 배터리 셀의 충전 상태보다 클 때 적어도 하나의 제2 펄스를 제1 전압보다 작은 제2 전압으로 인가하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 여기서 제2 전압은 100% 충전 상태에서의 배터리 셀의 예상 전압보다 크다. 배터리 셀의 충전 상태가 80% 미만일 때 적어도 하나의 제1 펄스 및 적어도 하나의 제2 펄스가 인가될 수 있다.
- [0229] 일부 실시예들에서, 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들이 인가된다.
- [0230] 일부 실시예들에서, 배터리 셀의 충전 상태가 80%를 초과하지 않는 동안 배터리 셀에서의 부반응을 실질적으로 유도하지 않으면서 배터리 셀에서의 전기화학 반응을 개시하기에 충분한 방식으로 펄스들이 인가된다.
- [0231] 일부 실시예들에서, 각각이 0.1 밀리초 내지 5 초의 지속기간을 갖는 복수의 펄스들이 인가된다.
- [0232] 일부 실시예들에서, 각각이 1 밀리초 내지 100 밀리초의 지속기간을 갖는 복수의 펄스들이 인가된다.
- [0233] 일부 실시예들에서, 각각이 5 밀리초 내지 25 밀리초의 지속기간을 갖는 복수의 펄스들이 인가된다. 배터리 셀은 리튬 이온 배터리 셀일 수 있다.
- [0234] 일부 실시예들에서, 배터리 셀은 전기화학적 활성 이온들을 포함하고, 전기화학적 활성 이온들의 활성 인터칼레

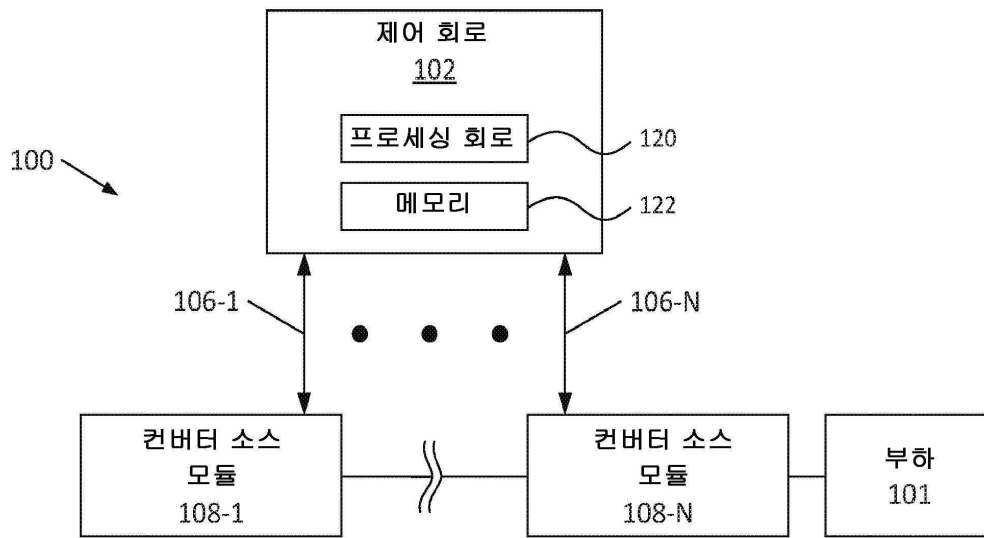
이션이 실질적으로 시작되는 시간에 펄스들의 인가가 종료된다. 배터리 셀은 전해질 및 전극 활물질을 포함할 수 있고, 전해질과 전극 활물질 사이의 계면 상의 전압이 실질적으로 완화될 때 펄스들의 인가가 종료된다.

- [0235] 일부 실시예들에서, 이 방법은 배터리 셀의 전압 또는 전류 응답을 검출하는 단계를 더 포함한다. 이 방법은 배터리 셀에서의 검출된 응답에 기초하여 펄스의 인가를 개시 및/또는 종료하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0236] 일부 실시예들에서, 이 시스템은 복수의 컨버터 모듈들과 연관된 제어 회로를 더 포함한다.
- [0237] 많은 실시예들에서, 모듈식 에너지 저장 시스템을 충전하기 위한 방법이 제공되며, 모듈식 에너지 저장 시스템은: 적어도 하나의 어레이에서 함께 결합되는 복수의 컨버터 모듈들 - 각각의 컨버터 모듈은 전력 연결부와 결합되는 에너지 소스 및 스위치 회로를 포함함 - 을 포함하며, 여기서 이 방법은: 에너지 소스의 파라미터를 측정하는 단계; 스위치 회로로 전력 연결부로부터 제1 펄스를 생성하는 단계; 에너지 소스에 제1 제어된 펄스를 인가하는 단계 - 제1 제어된 펄스는 제1 펄스로부터 생성됨 -; 및 에너지 소스의 응답을 측정하는 단계를 포함한다.
- [0238] 일부 실시예들에서, 이 방법은 측정된 응답에 기초하여 펄스 차단 조건이 충족되는지를 결정하는 단계를 더 포함한다. 이 방법은 펄스 차단 조건의 충족 이후에 제어된 응답의 인가를 종료하는 단계를 더 포함할 수 있다. 펄스 차단 조건은 측정된 응답의 제1 도출 및 제2 도출에 기초할 수 있다. 이 방법은 에너지 소스가 서브 최대 충전 임계치에 있는지를 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이 방법은 서브 최대 충전 임계치에 도달하는 경우 상이한 충전 방법으로 전환하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0239] 일부 실시예들에서, 이 방법은 제2 제어된 펄스의 전압 또는 전류를 조정할지 여부를 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이 방법은 제2 제어된 펄스의 전압 또는 전류가 제1 제어된 펄스의 전압 또는 전류보다 작도록 제2 제어된 펄스의 전압 또는 전류를 조정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0240] 많은 실시예들에서, 모듈식 에너지 저장 시스템이 제공되며, 이 시스템은: 적어도 하나의 어레이에서 함께 결합되는 복수의 컨버터 모듈들 - 각각의 컨버터 모듈은 전력 연결부와 결합되는 에너지 소스 및 스위치 회로를 포함하고, 방전 상태에서 적어도 하나의 어레이는 복수의 컨버터 모듈들로부터의 출력 전압들의 중첩을 포함하는 적어도 하나의 AC 전압 파형을 생성하도록 구성됨 -; 및 복수의 컨버터 모듈들과 연관된 제어 회로 - 제어 회로는: 에너지 소스의 파라미터를 측정하게 하고; 스위치 회로로 전력 연결부로부터 제1 펄스를 생성하게 하며; 에너지 소스에 제1 제어된 펄스를 인가하게 하고 - 제1 제어된 펄스는 제1 펄스로부터 생성됨 -; 에너지 소스의 응답을 측정하게 하도록 구성됨 - 를 포함한다.
- [0241] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 측정된 응답에 기초하여 펄스 차단 조건이 충족되는지를 결정하도록 구성될 수 있다. 제어 회로는 펄스 차단 조건의 충족 이후에 제어된 응답의 인가를 종료하게 하도록 구성될 수 있다. 펄스 차단 조건은 측정된 응답의 제1 도출 및 제2 도출에 기초한다.
- [0242] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 에너지 소스가 서브 최대 충전 임계치에 있는지를 결정하도록 구성된다. 제어 회로는 서브 최대 충전 임계치에 도달하는 경우 상이한 충전 방법으로 전환하도록 구성될 수 있다.
- [0243] 일부 실시예들에서, 제어 회로는 제2 제어된 펄스의 전압 또는 전류를 조정할지 여부를 결정하도록 구성될 수 있다. 제어 회로는 제2 제어된 펄스의 전압 또는 전류가 제1 제어된 펄스의 전압 또는 전류보다 작도록 제2 제어된 펄스의 전압 또는 전류를 조정하게 하도록 구성될 수 있다.
- [0244] 프로세싱 회로는 하나 이상의 프로세서, 마이크로프로세서, 제어기, 및/또는 마이크로컨트롤러를 포함할 수 있으며, 이들 각각은 개별 칩일 수 있거나 다수의 상이한 칩들 사이에 분산될 수 있다(그리고 다수의 상이한 칩들의 일 부분일 수 있음). 프로세싱 회로는 하드웨어 및/또는 소프트웨어로 구현될 수 있는 디지털 신호 프로세서를 포함할 수 있다. 프로세싱 회로는 프로세싱 회로로 하여금 다수의 상이한 조치들을 취하고 다른 컴포넌트들을 제어하게 하는 메모리에 저장된 소프트웨어 명령어들을 실행할 수 있다.
- [0245] 프로세싱 회로는 또한 운영 체제 및 임의의 소프트웨어 애플리케이션들을 실행하도록 그리고 전송 및 수신되는 통신의 프로세싱에 관련되지 않은 그 다른 기능들을 수행하도록 적응될 수 있다.
- [0246] 메모리는 존재하는 다양한 기능 유닛들 중 하나 이상에 의해 공유될 수 있거나, 또는 이들 중 둘 이상 사이에 (예를 들면, 상이한 칩들 내에 존재하는 개별 메모리들로서) 분산될 수 있다. 메모리는 또한 그 자신의 개별 칩일 수 있다. 메모리는 비일시적이며, 휘발성(예를 들면, RAM 등) 및/또는 비휘발성 메모리(예를 들면, ROM, 플래시 메모리, F-RAM 등)일 수 있다.

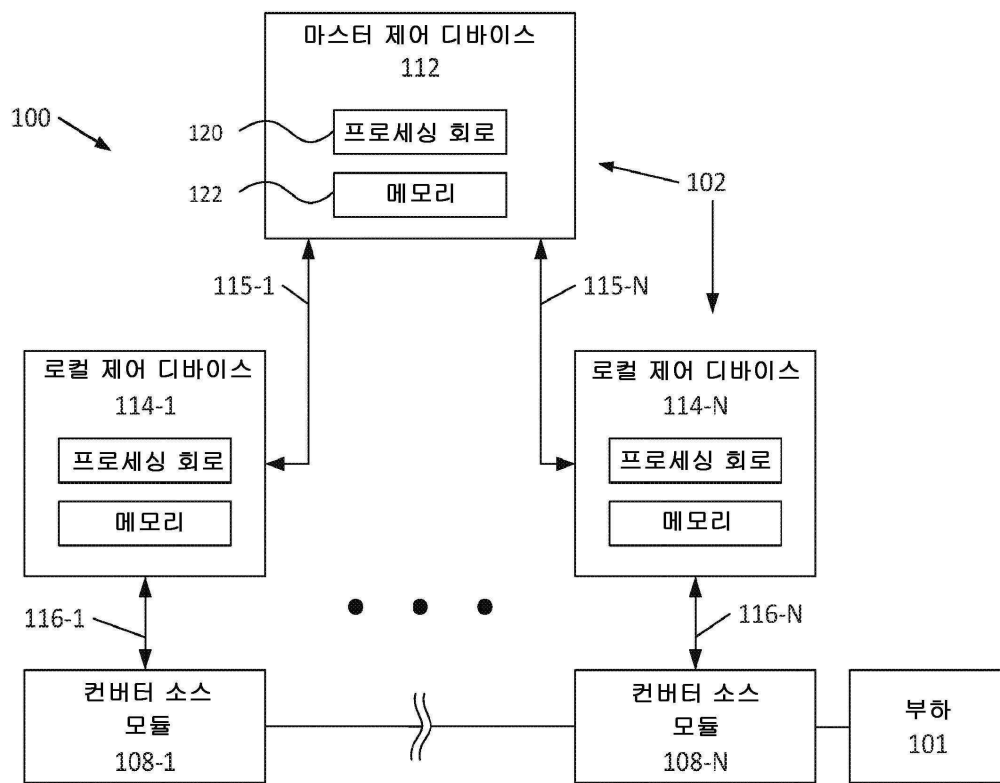
- [0247] 기술된 주제에 따른 동작들을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램 명령어들은, Java, JavaScript, Smalltalk, C++, C#, Transact-SQL, XML, PHP 등과 같은 객체 지향 프로그래밍 언어 및, “C” 프로그래밍 언어 또는 유사한 프로그래밍 언어들과 같은, 종래의 절차형 프로그래밍 언어들을 포함한, 하나 이상의 프로그래밍 언어의 임의의 조합으로 작성될 수 있다. 프로그램 명령어들은 전적으로 사용자의 컴퓨팅 디바이스(예를 들면, 판독기) 상에서 또는 부분적으로 사용자의 컴퓨팅 디바이스 상에서 실행될 수 있다. 프로그램 명령어들은 부분적으로 사용자의 컴퓨팅 디바이스 상에 그리고, 예를 들면, 식별된 주파수가 프로세싱을 위해 원격 위치에 업로드되는 경우에, 부분적으로 원격 컴퓨팅 디바이스 상에 또는 전적으로 원격 컴퓨팅 디바이스 또는 서버 상에 존재할 수 있다. 후자의 시나리오에서, 원격 컴퓨팅 디바이스는 임의의 유형의 네트워크를 통해 사용자의 컴퓨팅 디바이스에 연결될 수 있거나, 또는 외부 컴퓨터에 대한 연결이 이루어질 수 있다.
- [0248] 본 명세서에서 제공된 임의의 실시예와 관련하여 기술된 모든 특징들, 요소들, 컴포넌트들, 기능들, 및 단계들이 임의의 다른 실시예로부터의 것과 자유롭게 조합 가능하고 대체 가능하도록 의도된다는 점에 유의해야 한다. 특정 특징, 요소, 컴포넌트, 기능 또는 단계가 단지 하나의 실시예와 관련하여 기술되는 경우, 명시적으로 달리 언급되지 않는 한, 해당 특징, 요소, 컴포넌트, 기능, 또는 단계가 본 명세서에 기술된 모든 다른 실시예에서 사용될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서 이 단락은, 언제라도, 이하의 설명이, 특정의 경우에, 그러한 조합들 또는 대체들이 가능하다는 것을 명시적으로 언급하지 않더라도, 상이한 실시예들로부터 특징들, 요소들, 컴포넌트들, 기능들, 및 단계들을 조합하거나 일 실시예로부터의 특징들, 요소들, 컴포넌트들, 기능들, 및 단계들을 다른 실시예의 것들로 치환하는 청구항들의 도입에 대한 선행 근거 및 서면 지원으로서 역할한다. 모든 가능한 조합 및 대체의 명시적 언급이 과도하게 부담이 되는데, 각각의 모든 그러한 조합 및 대체의 허용이 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 용이하게 인식될 것인 경우 특히 그렇다는 것이 명확히 인식된다.
- [0249] 본 명세서에 개시된 실시예들이 메모리, 스토리지, 및/또는 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함하거나 이와 관련하여 동작하는 한, 해당 메모리, 스토리지 및/또는 컴퓨터 판독 가능 매체는 비일시적이다. 그에 따라, 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. "비일시적" 및 "유형적"이라는 용어들은, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 전과하는 전자기 신호들을 제외한 메모리, 스토리지 및/또는 컴퓨터 판독 가능 매체를 기술하는 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 조합들(예를 들어, 하이브리드 RAM 및 ROM, NVRAM 등) 및 이들의 이후에 개발된 변형들과 같은 휘발성 및 비휘발성 매체를 포괄한다.
- [0250] 본 명세서에서 그리고 첨부된 청구항들에서 사용되는 바와 같이, 단수 형태들("a", "an" 및 "the")은, 문맥이 명확히 달리 지시하지 않는 한, 복수의 지시대상들을 포함한다.
- [0251] 실시예들이 다양한 수정들 및 대안의 형태들로 가능하지만, 이들의 특정 예들이 도면들에 도시되어 있으며 본 명세서에서 상세히 기술된다. 그렇지만, 이러한 실시예들이 개시된 특정 형태로 제한되어서는 안되며, 그와 반대로, 이러한 실시예들이 본 개시의 사상 내에 속하는 모든 수정들, 등가물들, 및 대안들을 커버하는 것으로 이해되어야 한다. 게다가, 실시예들의 임의의 특징들, 기능들, 단계들, 또는 요소들은 물론, 청구항들의 발명 범위를 그 범위 내에 있지 않은 특징들, 기능들, 단계들, 또는 요소들에 의해 한정하는 부정적 제한들이 청구항들에 열거되거나 추가될 수 있다.

도면

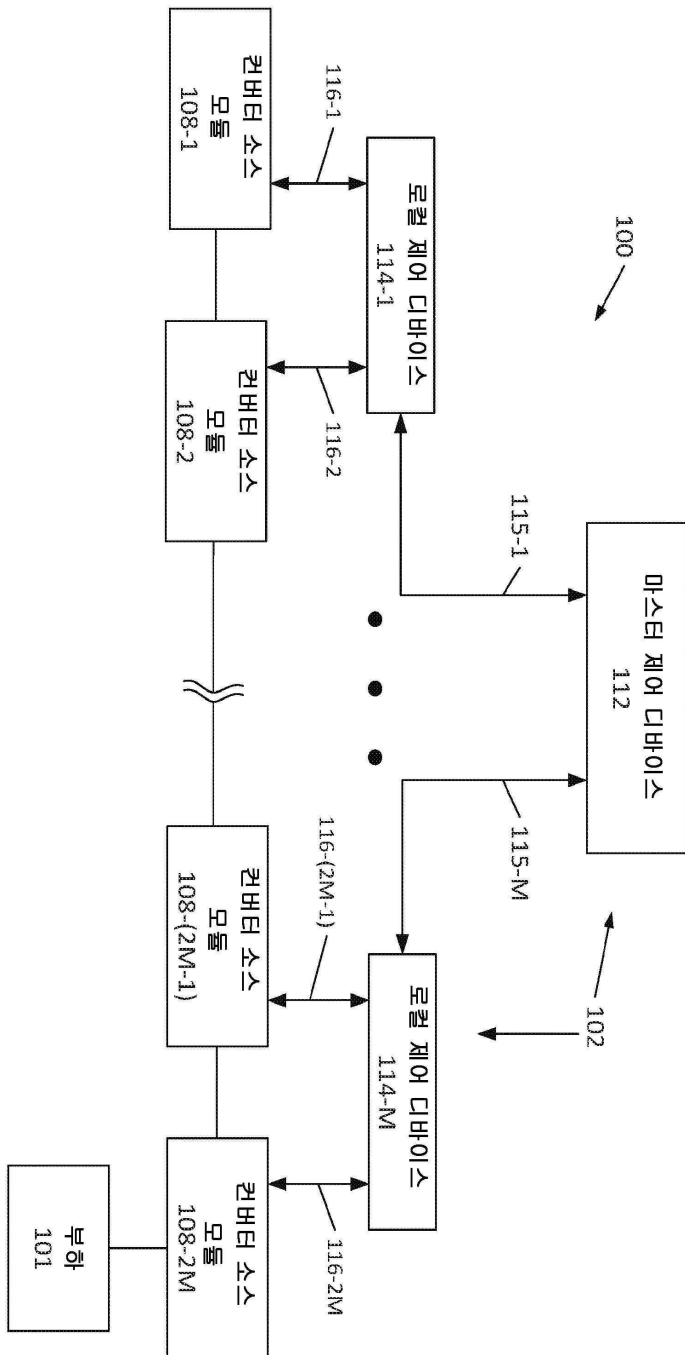
도면1a



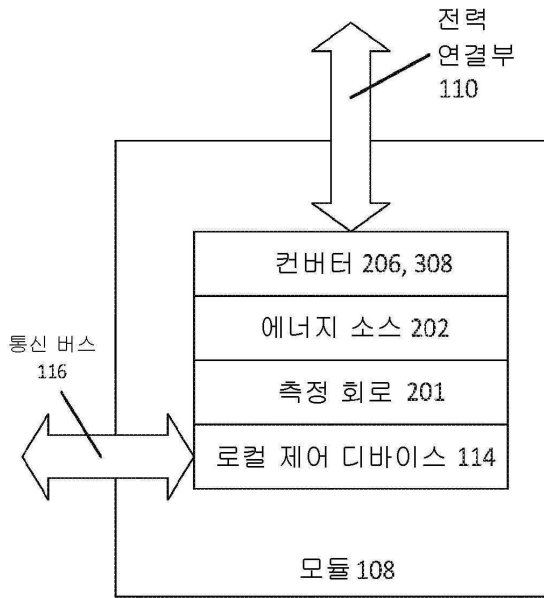
도면1b



도면1c

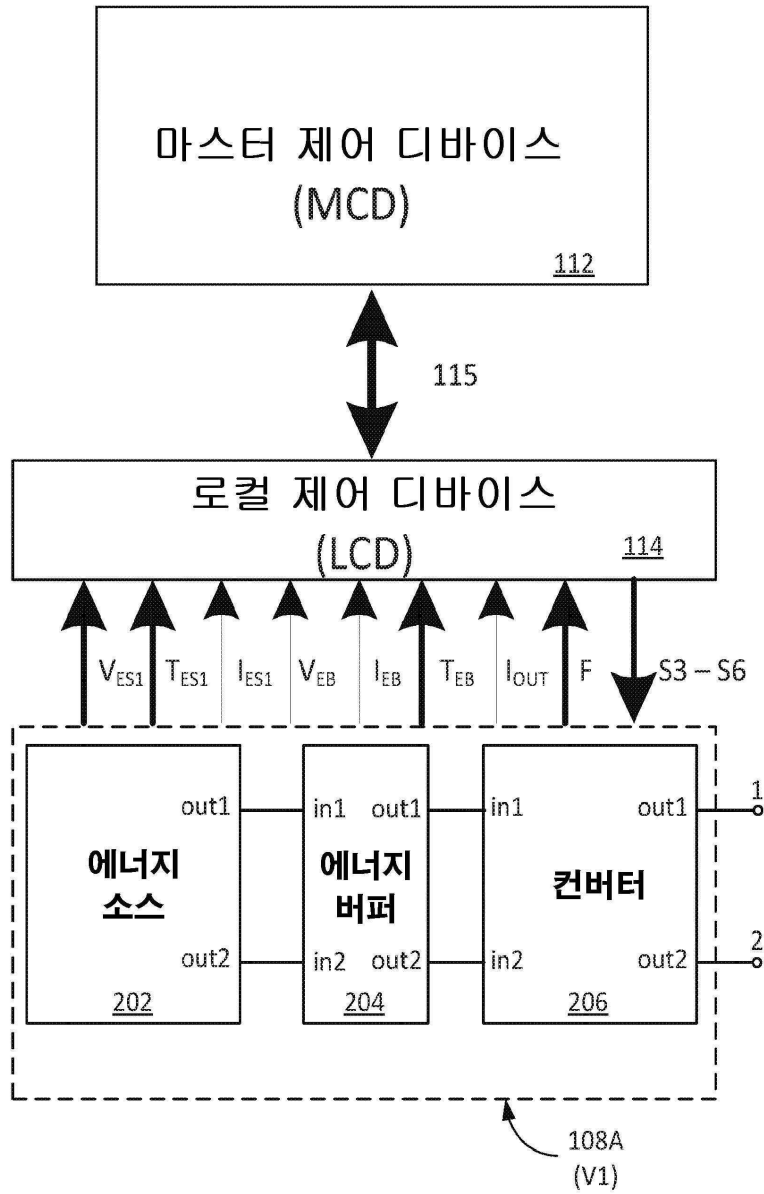


도면2

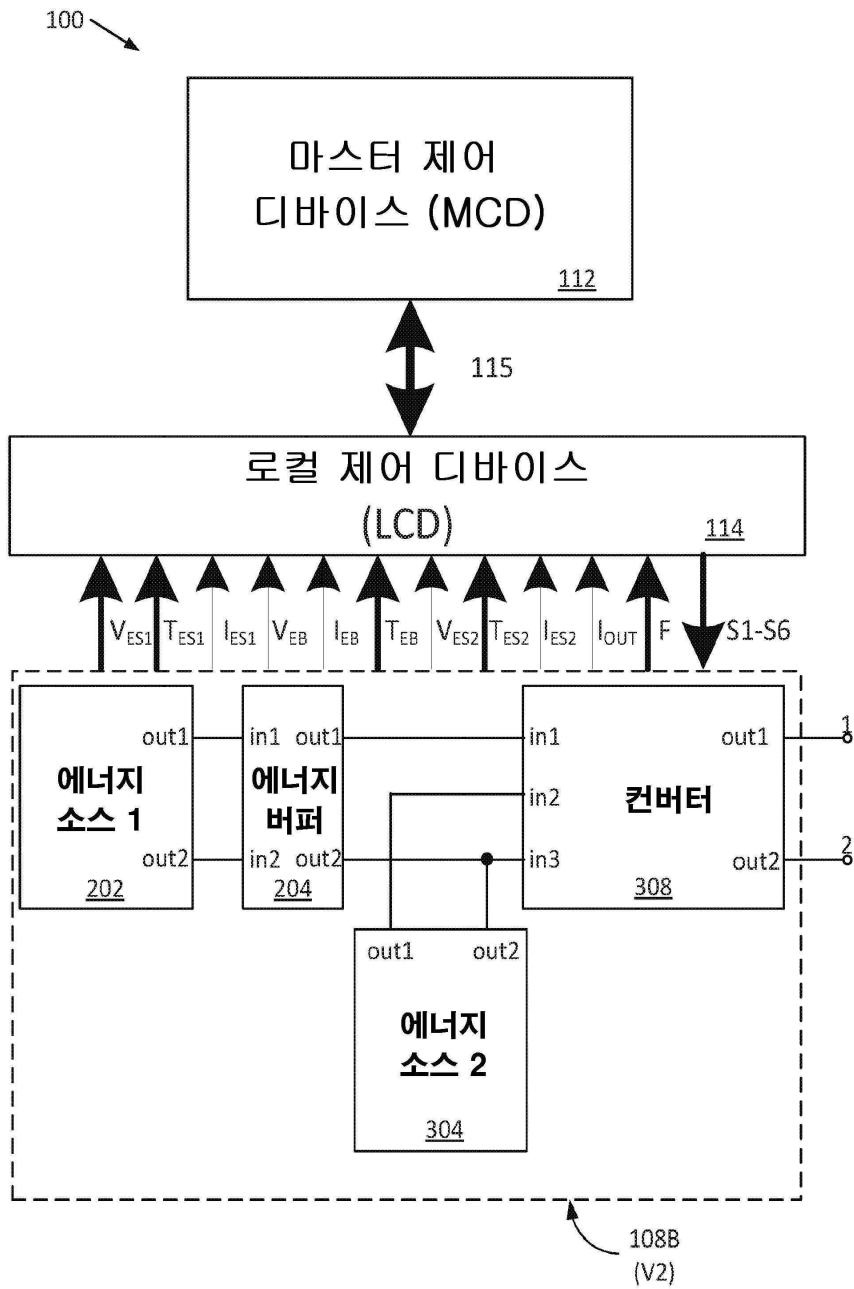


도면3

100

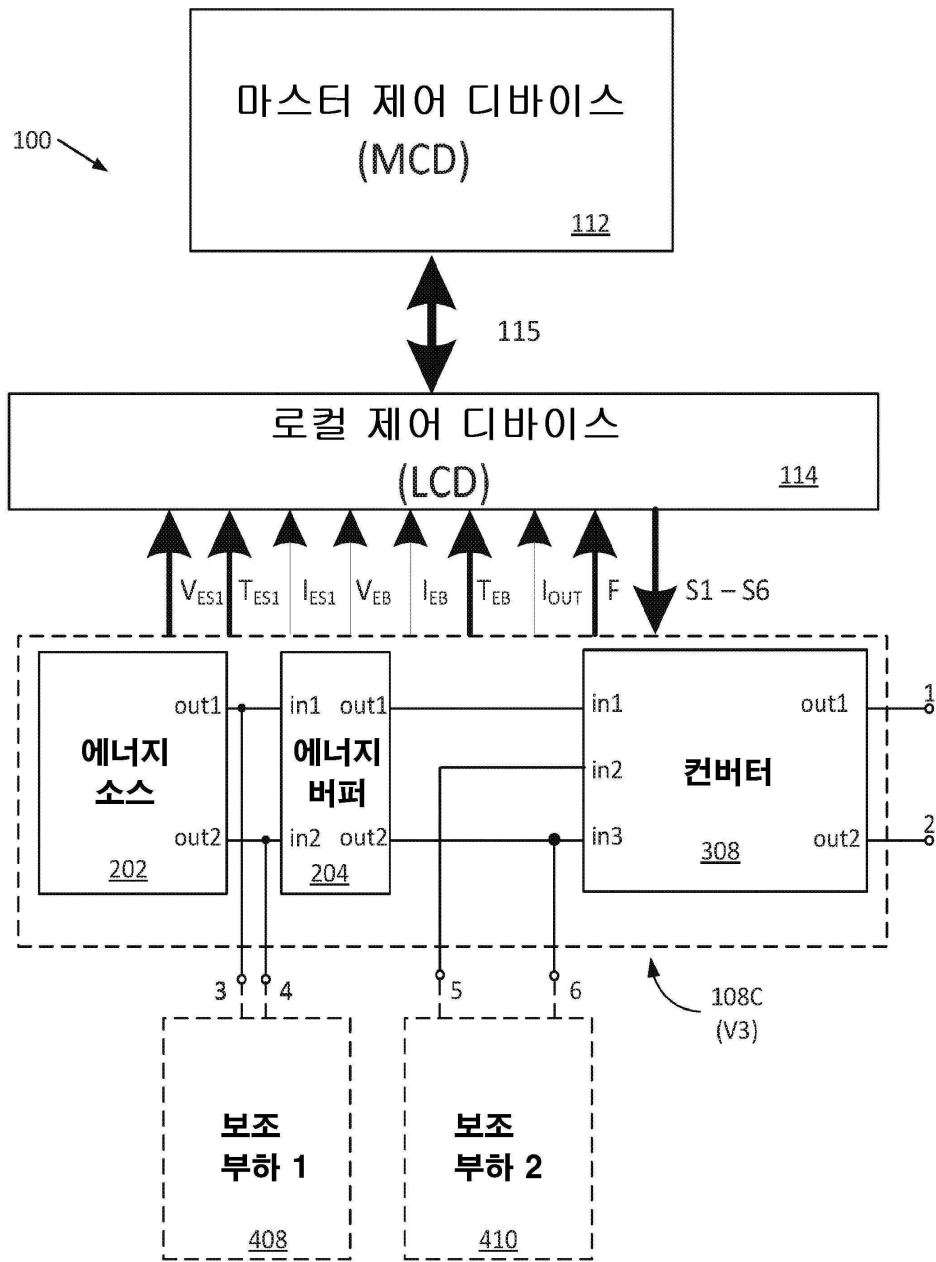


도면4

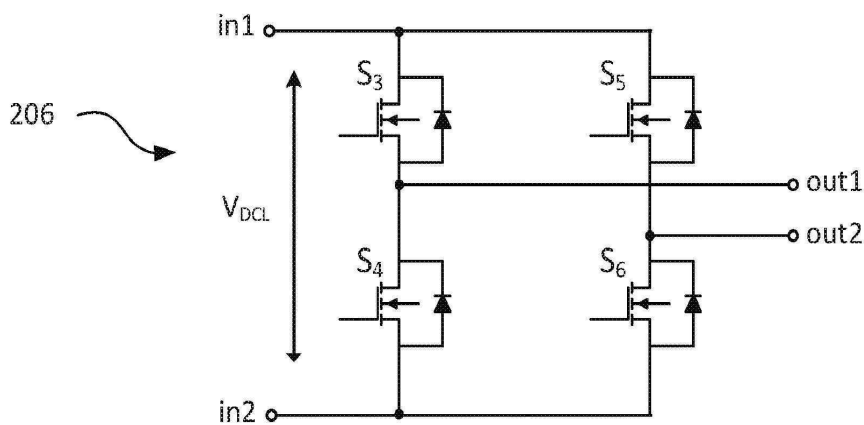




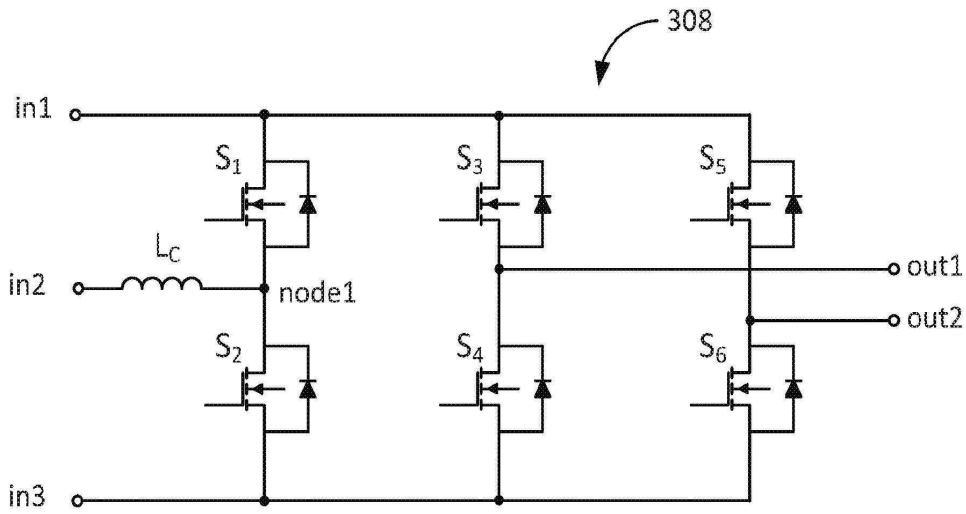
도면5



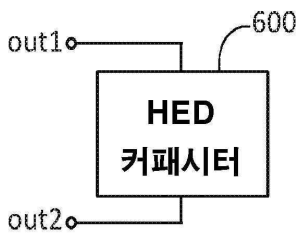
도면6a



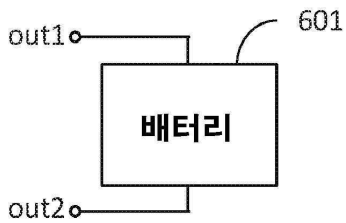
도면6b



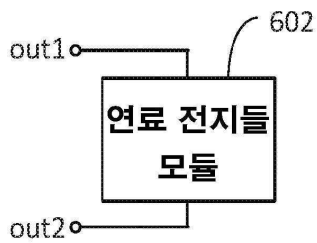
도면7a



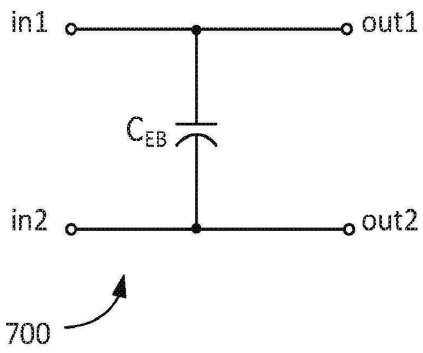
도면7b



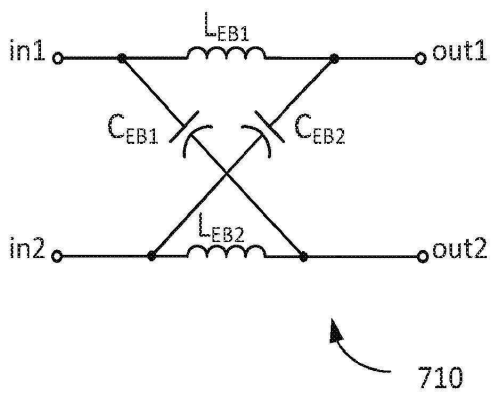
도면7c



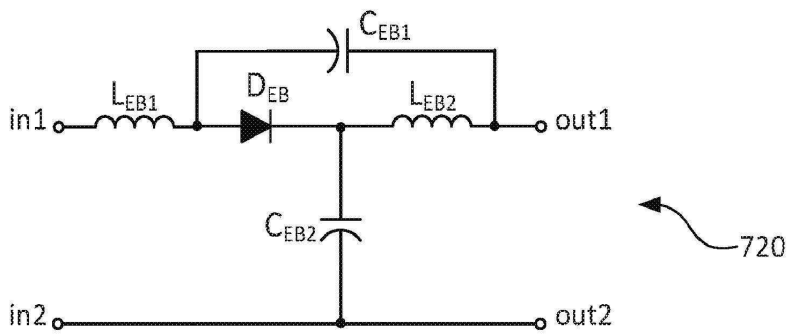
도면8a



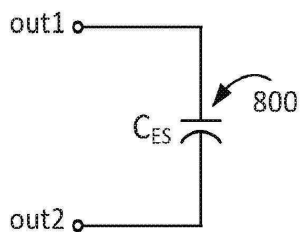
도면8b



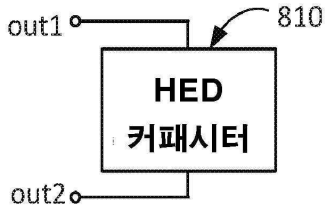
도면8c



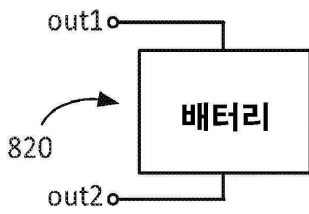
도면9a



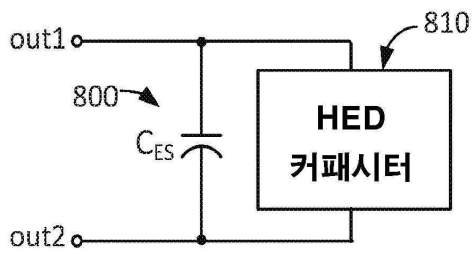
도면9b



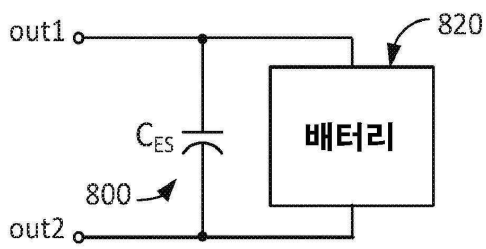
도면9c



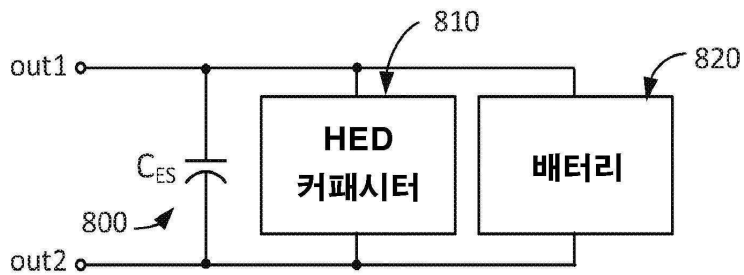
도면9d



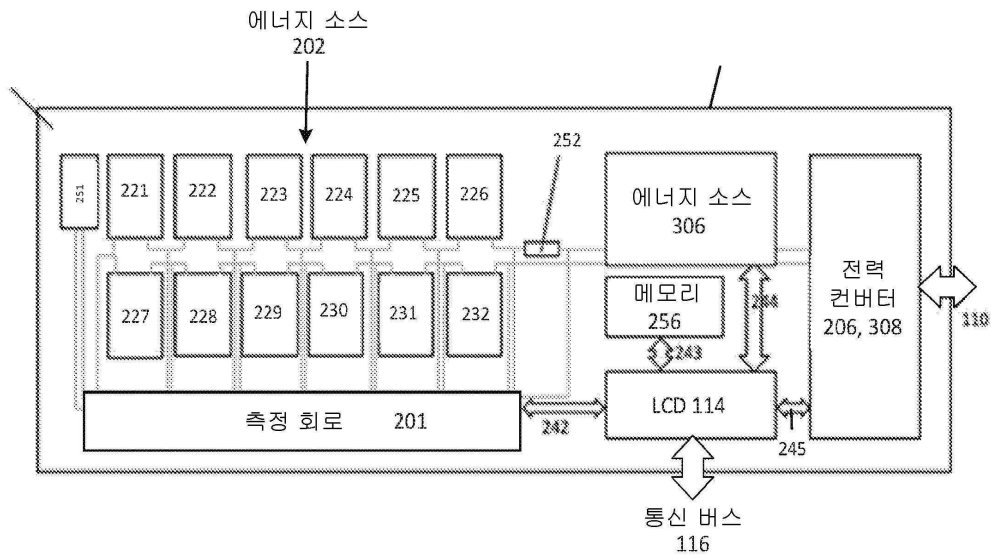
도면9e



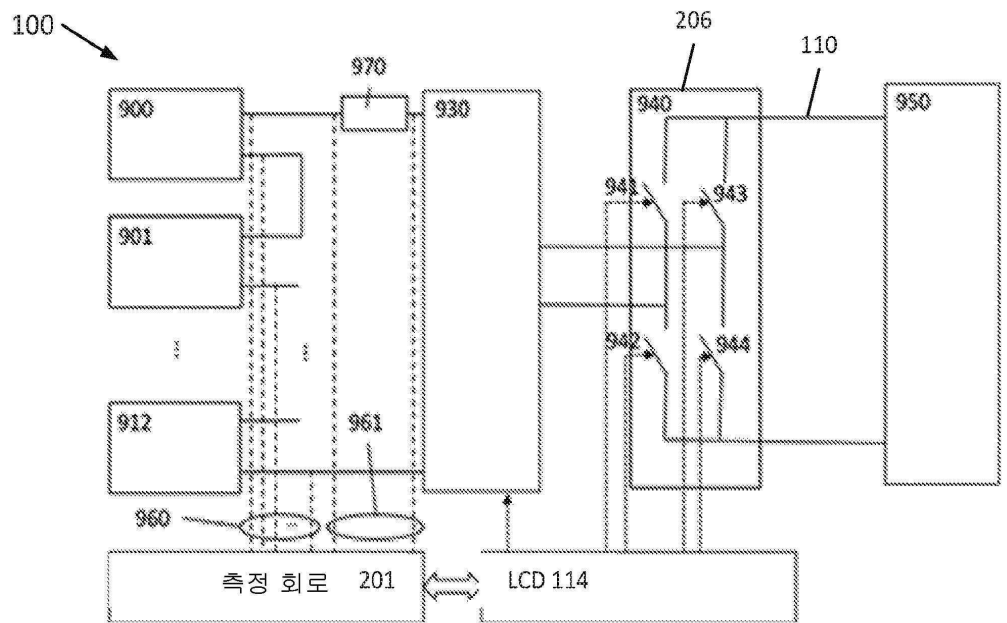
도면9f



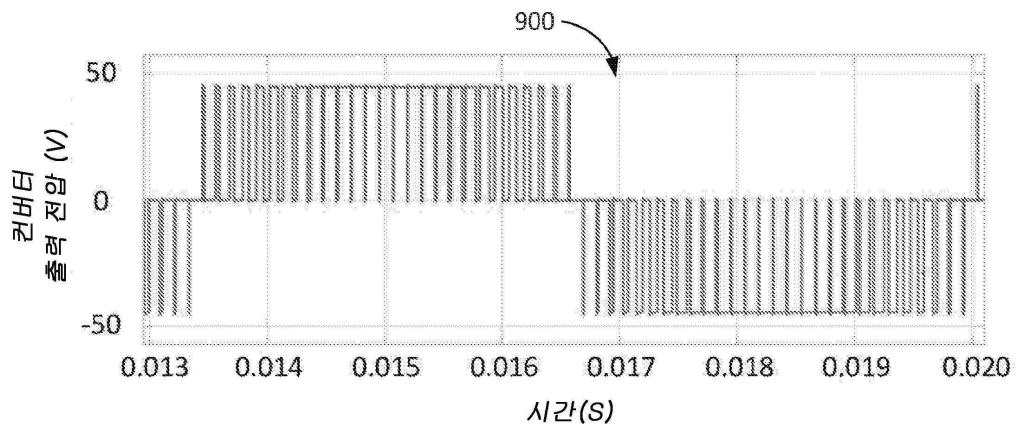
도면10a



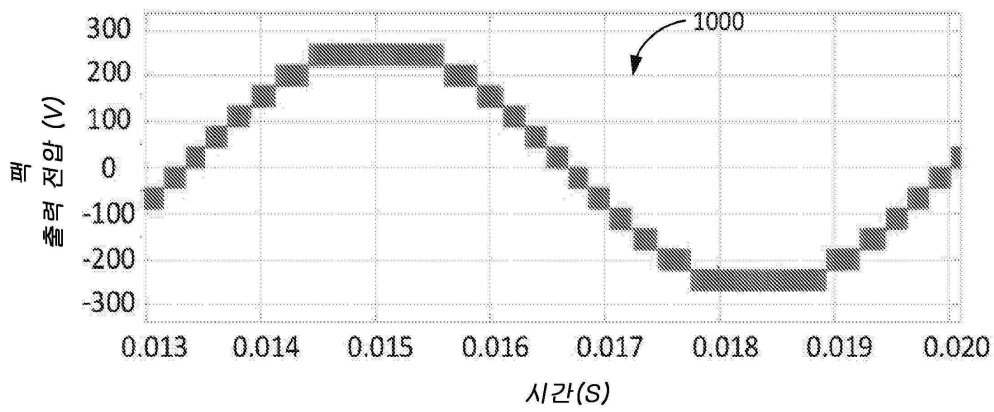
도면10b



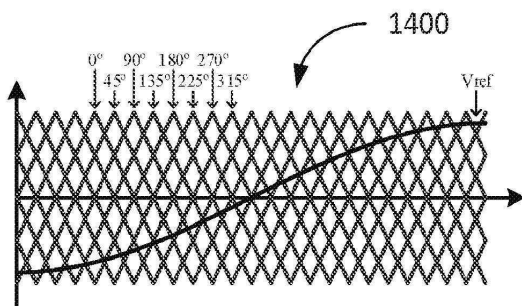
도면11a



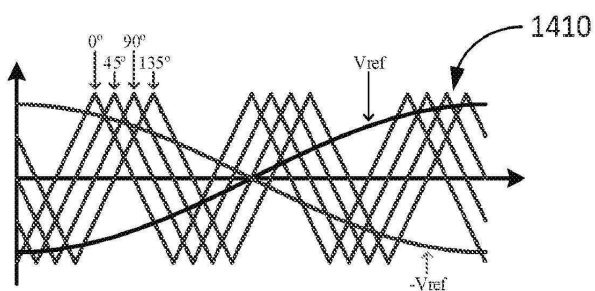
도면11b



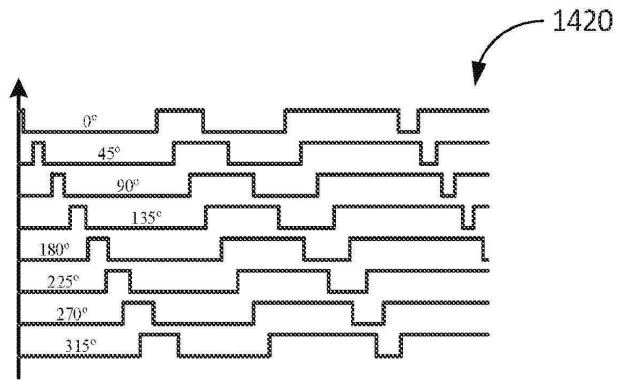
도면11c



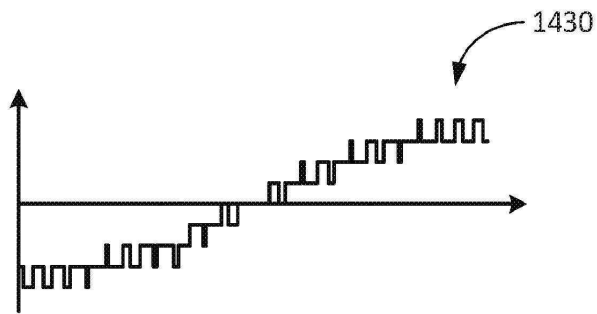
도면11d



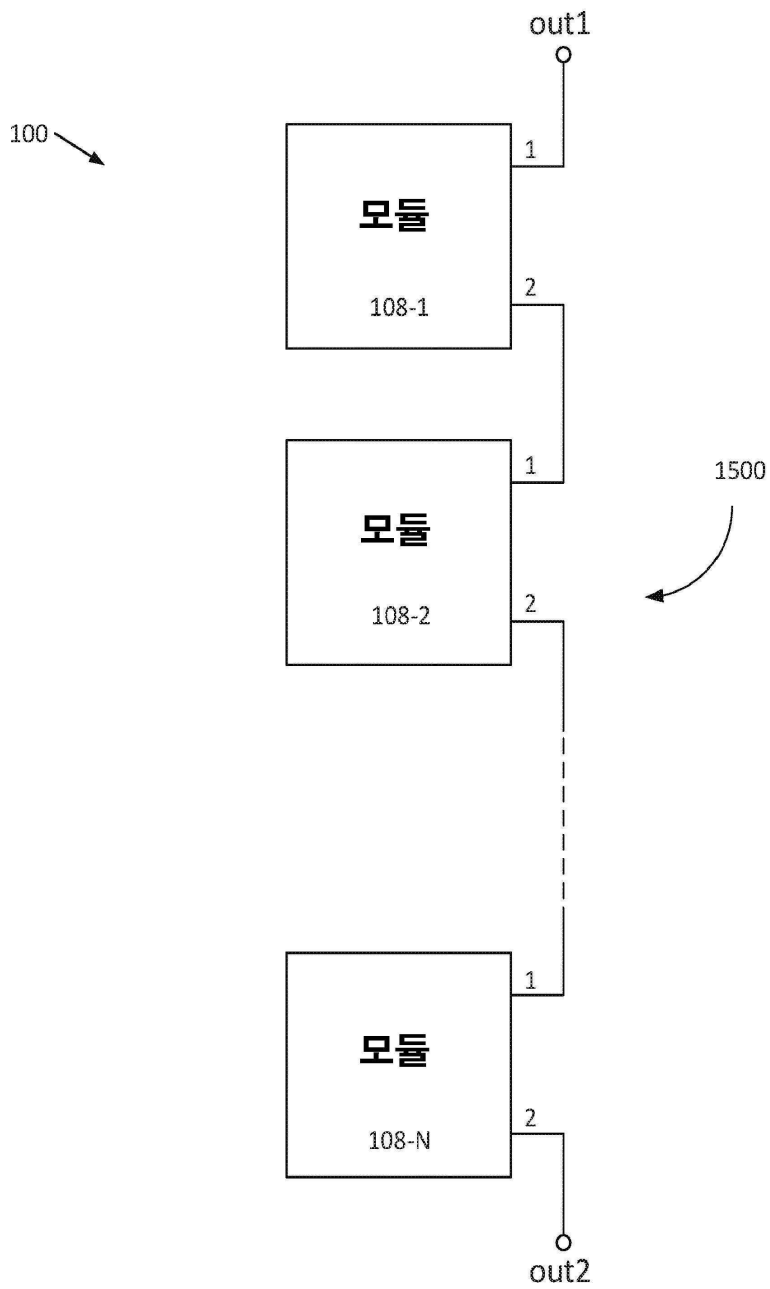
도면11e



도면11f

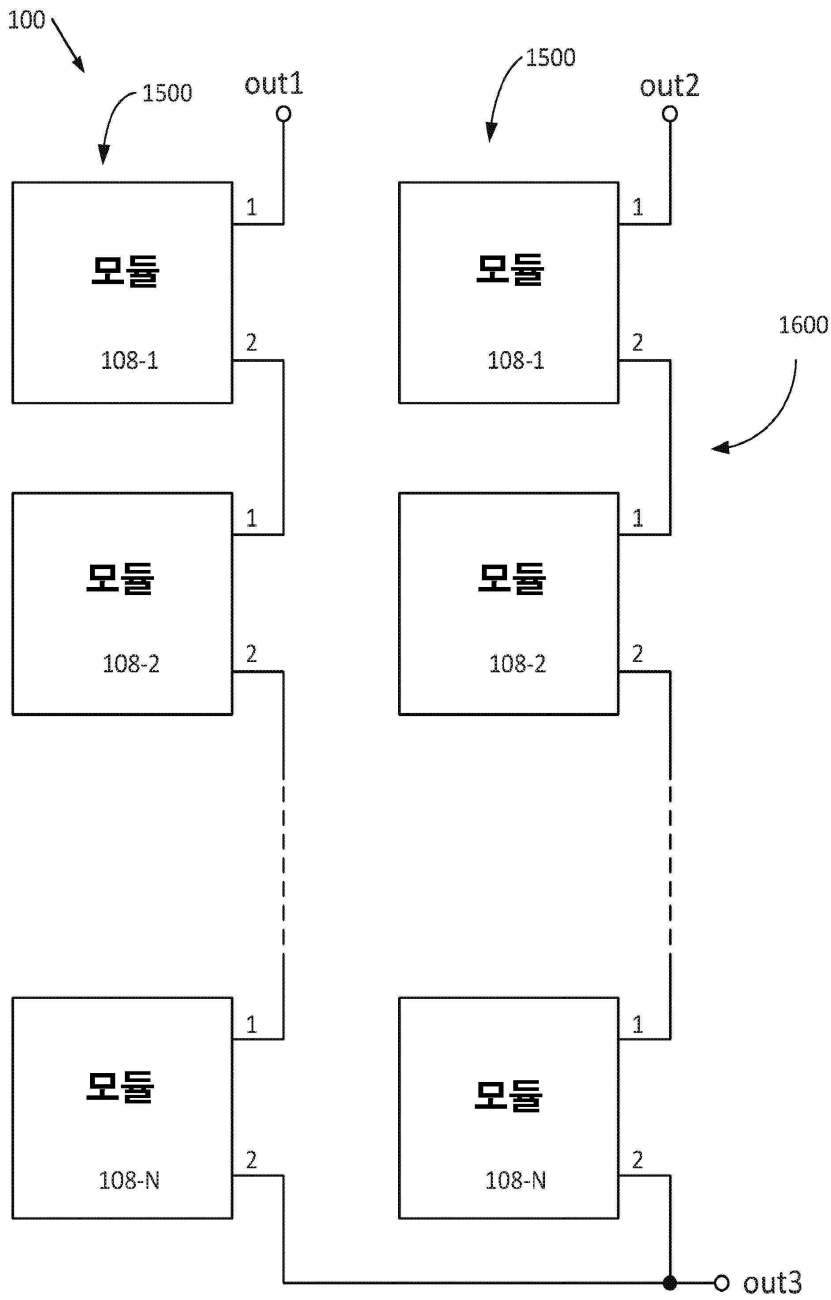


도면 12a

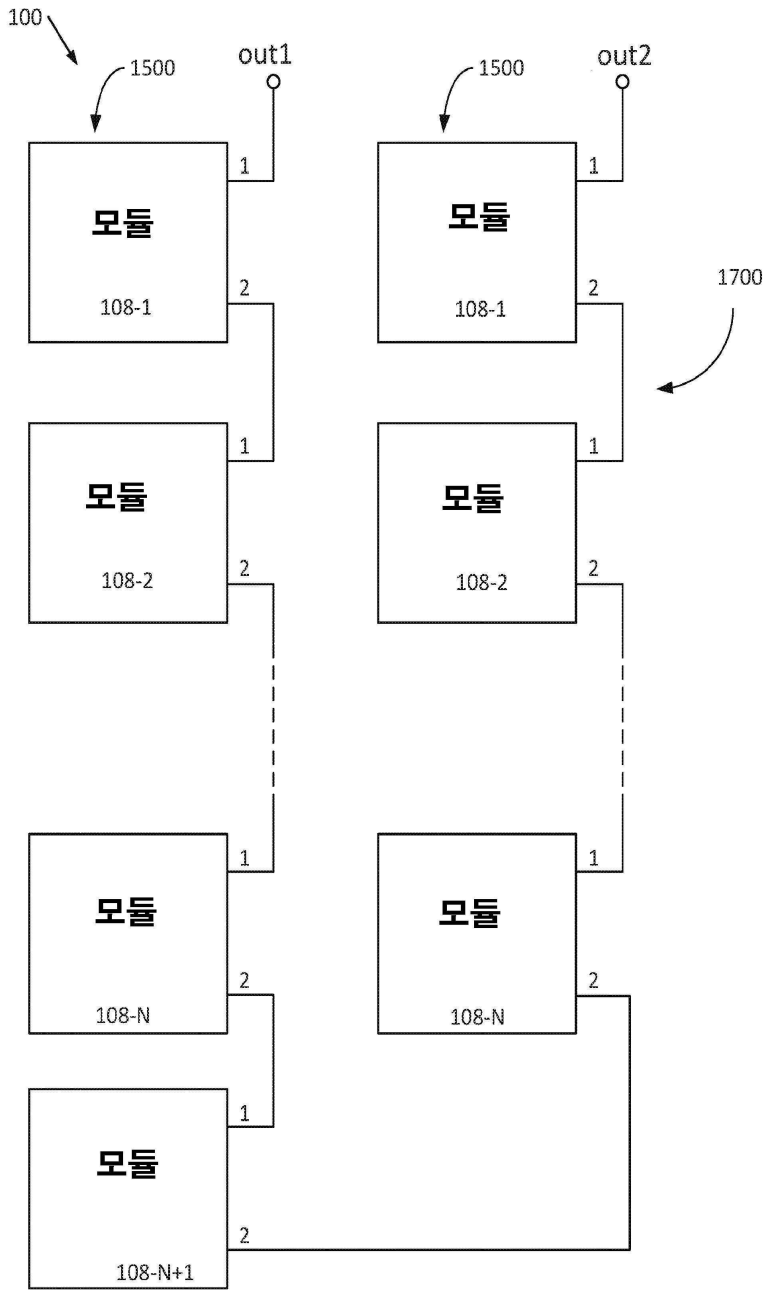




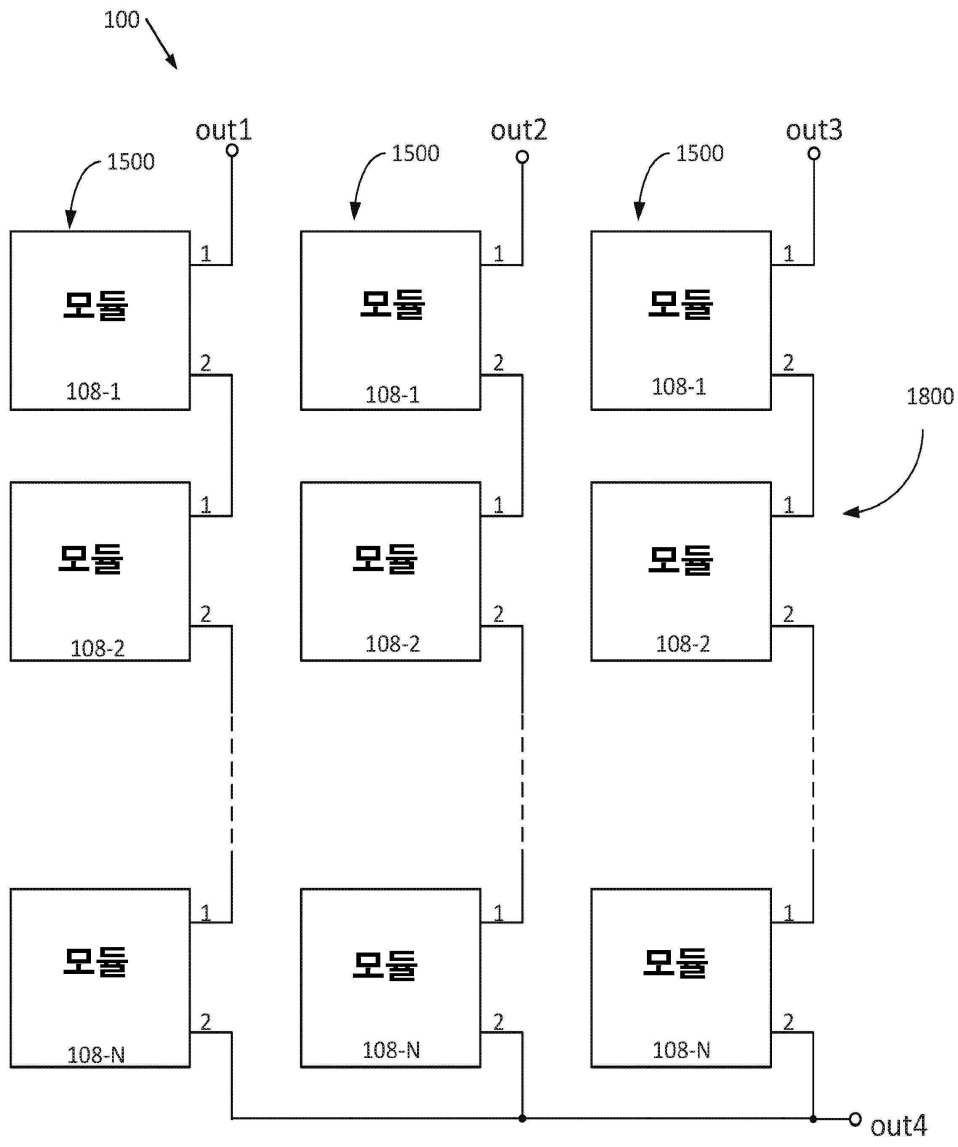
도면 12b



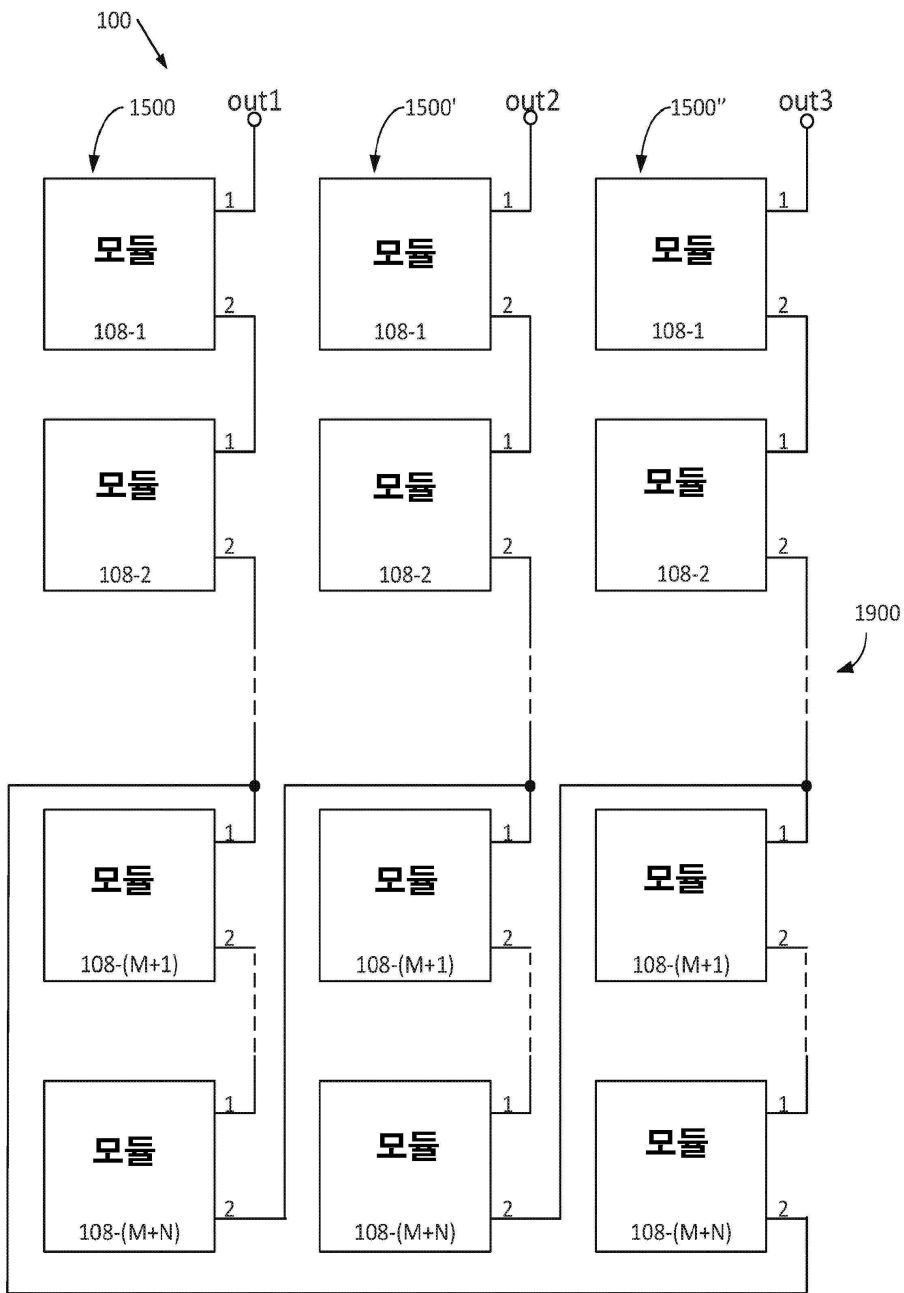
도면12c



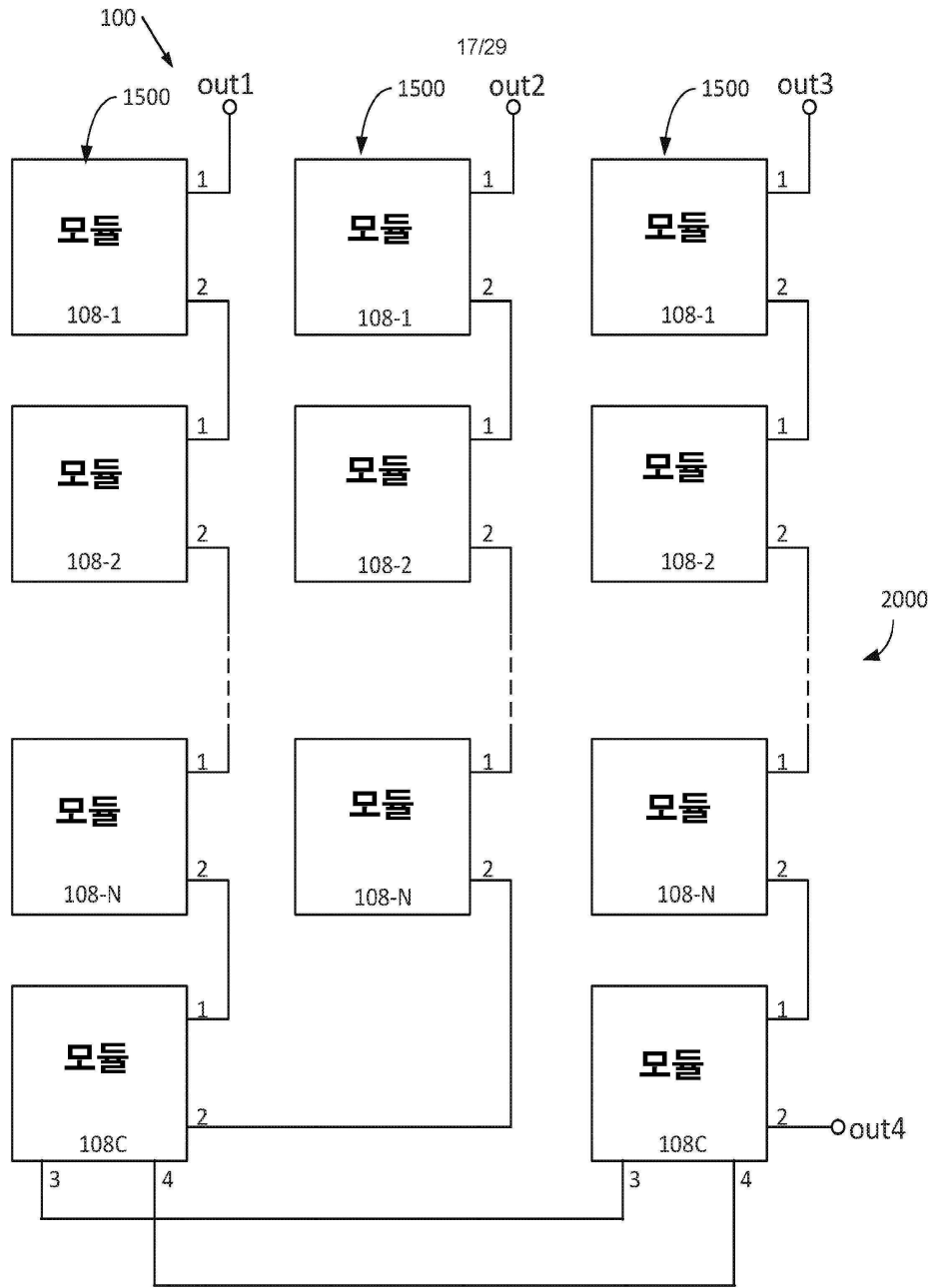
도면12d



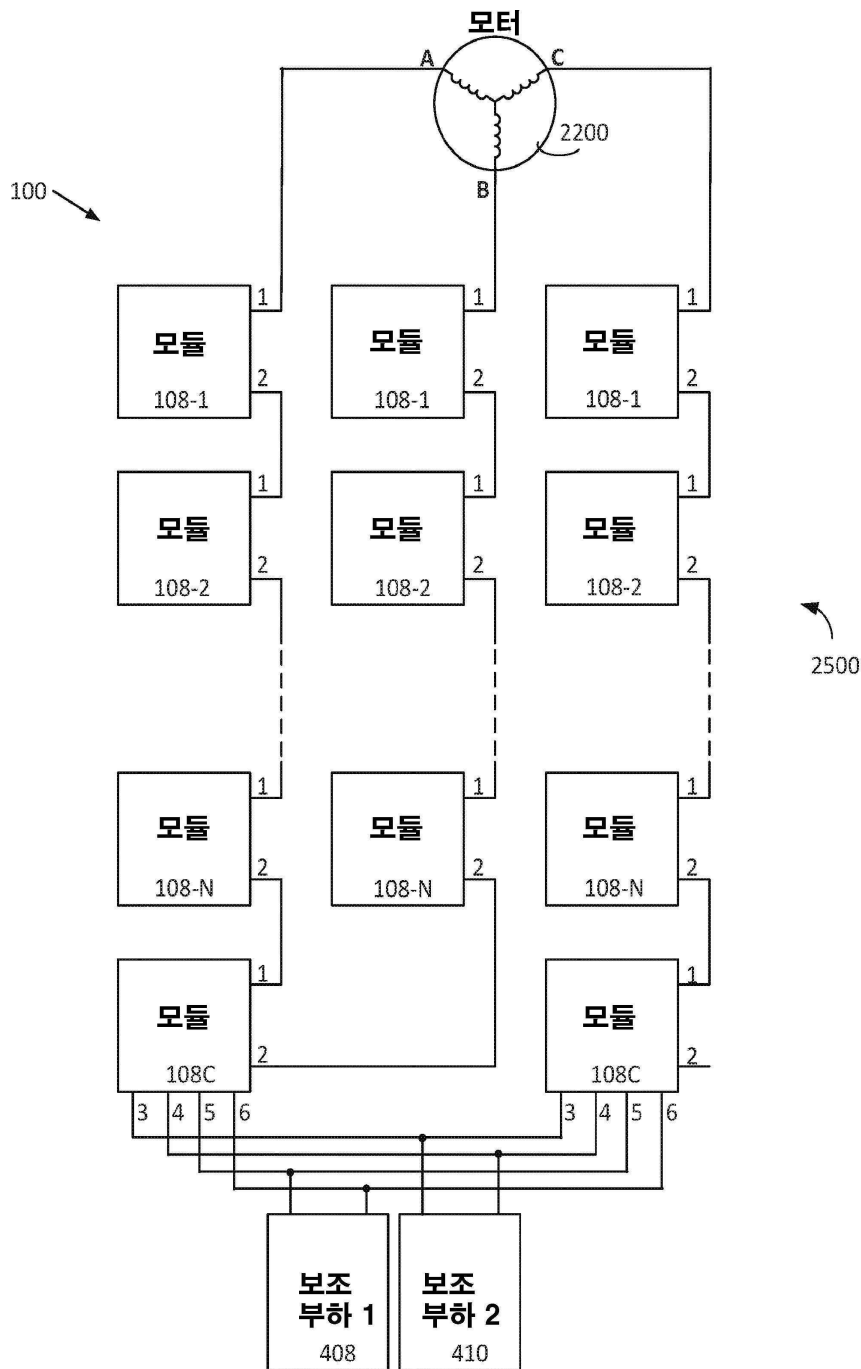
도면12e



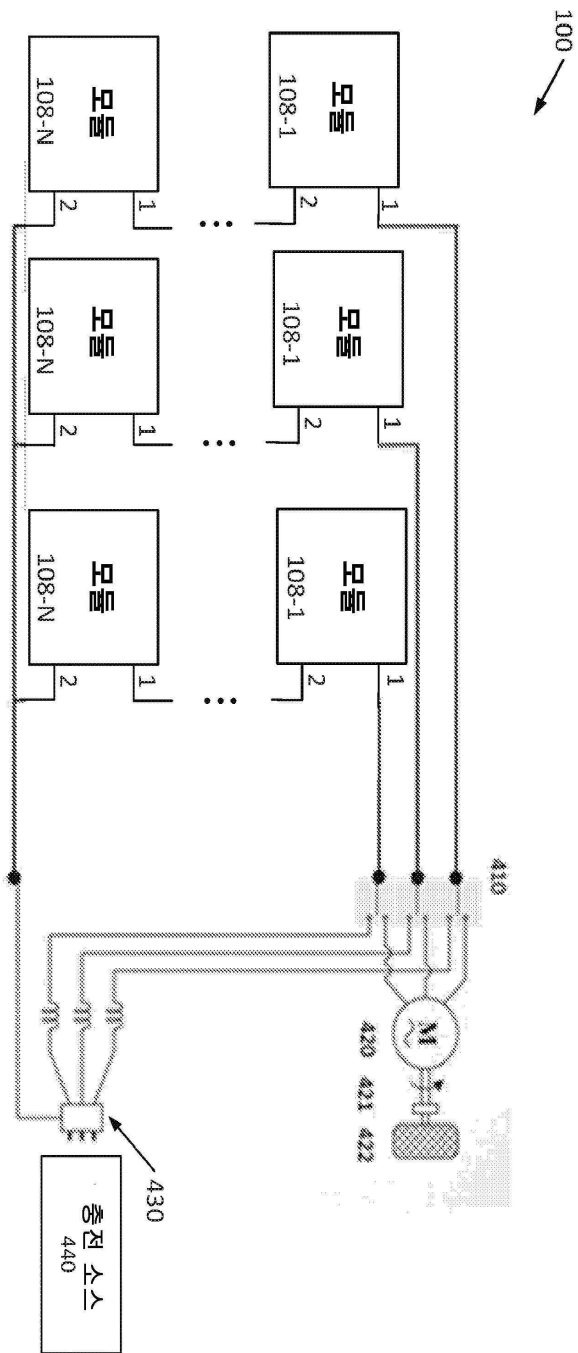
도면12f



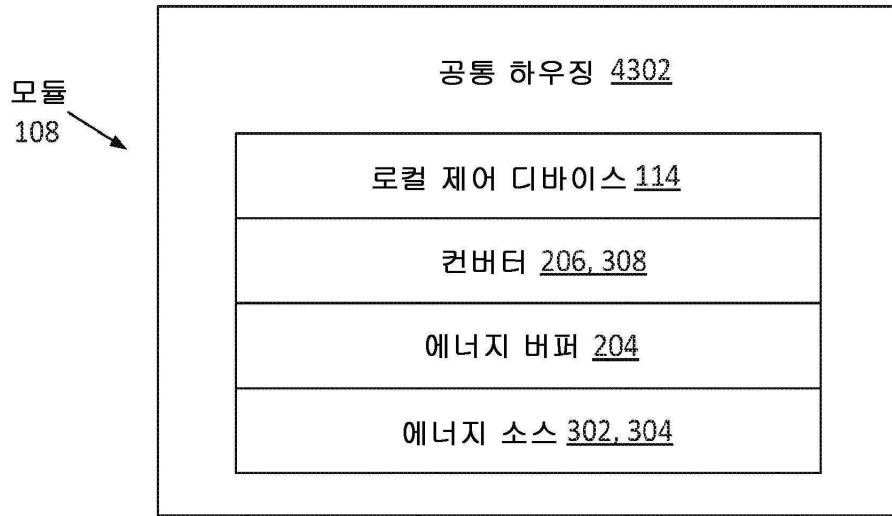
도면 12g



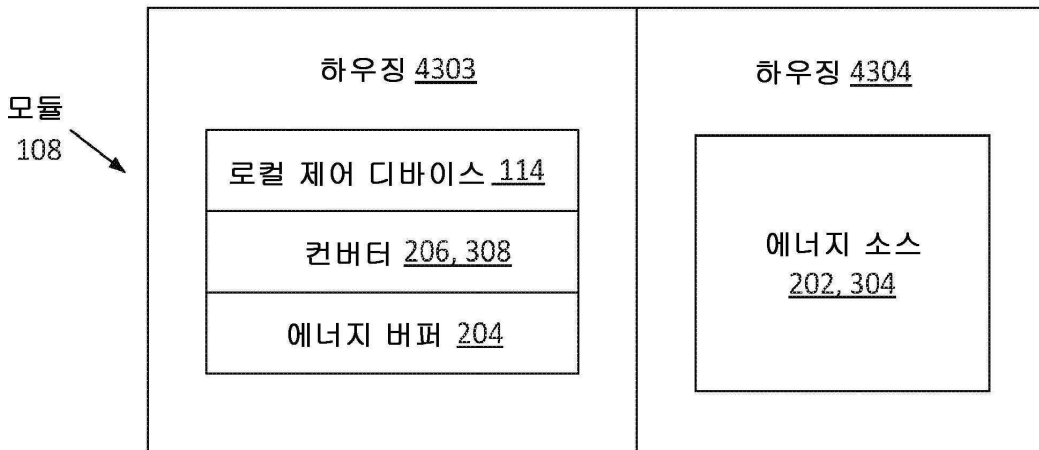
도면12h



도면13a



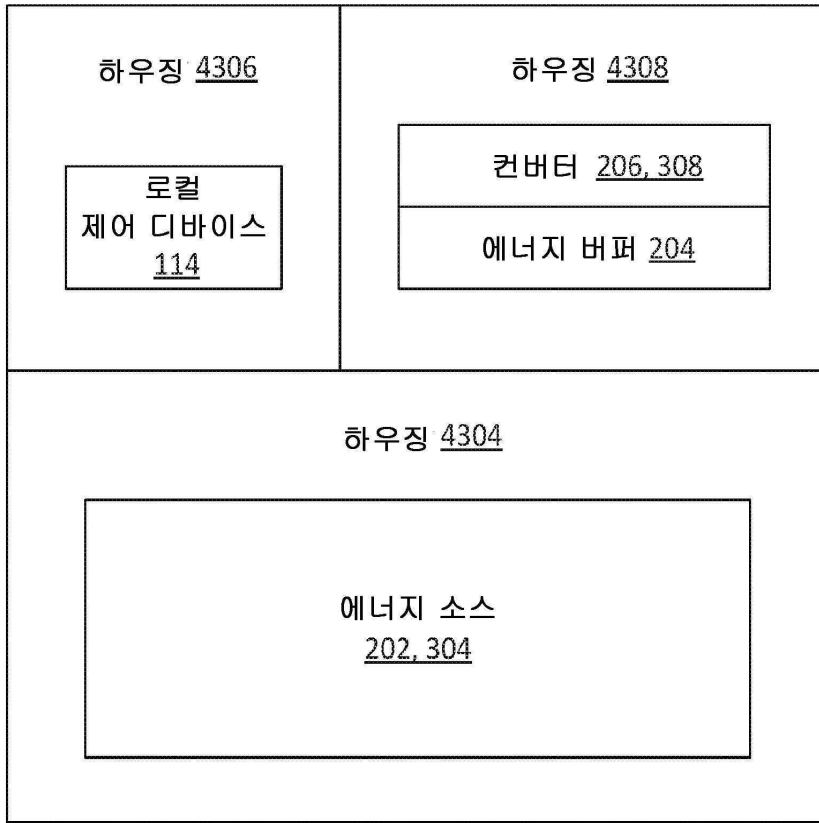
도면13b



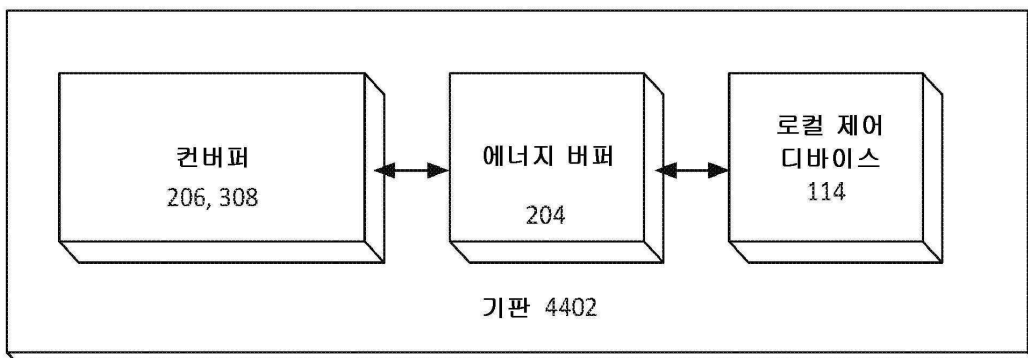


도면13c

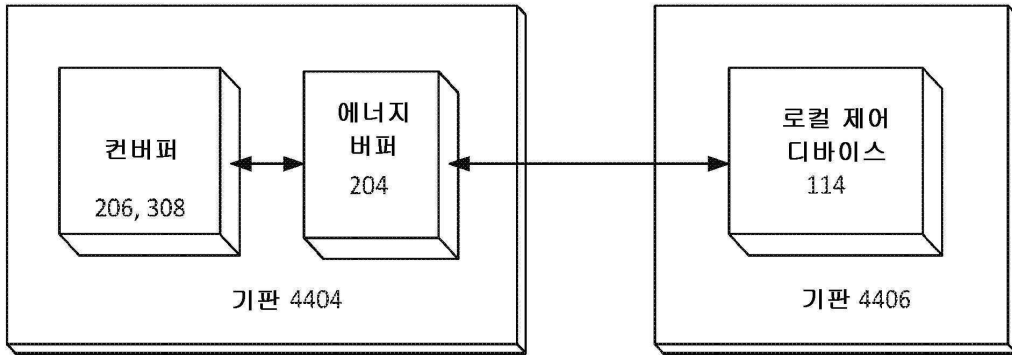
모듈  
108



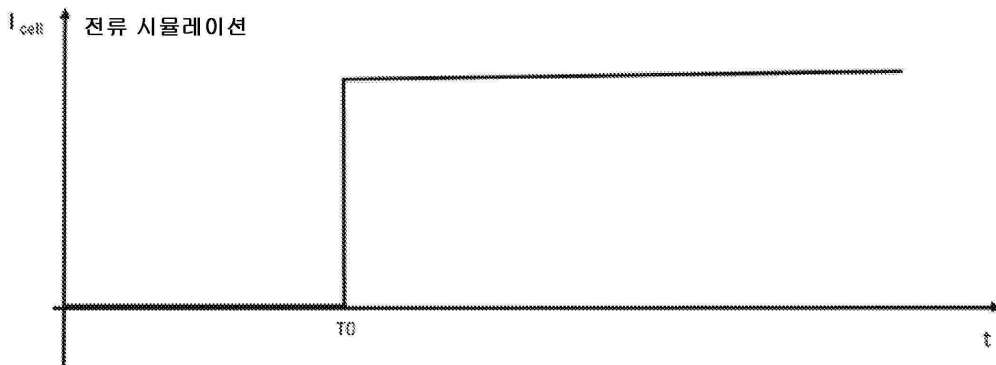
도면14a



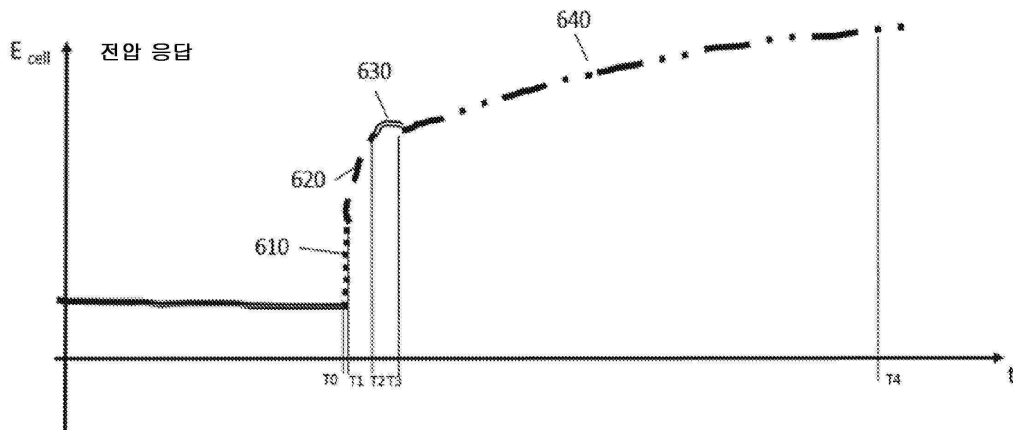
도면14b



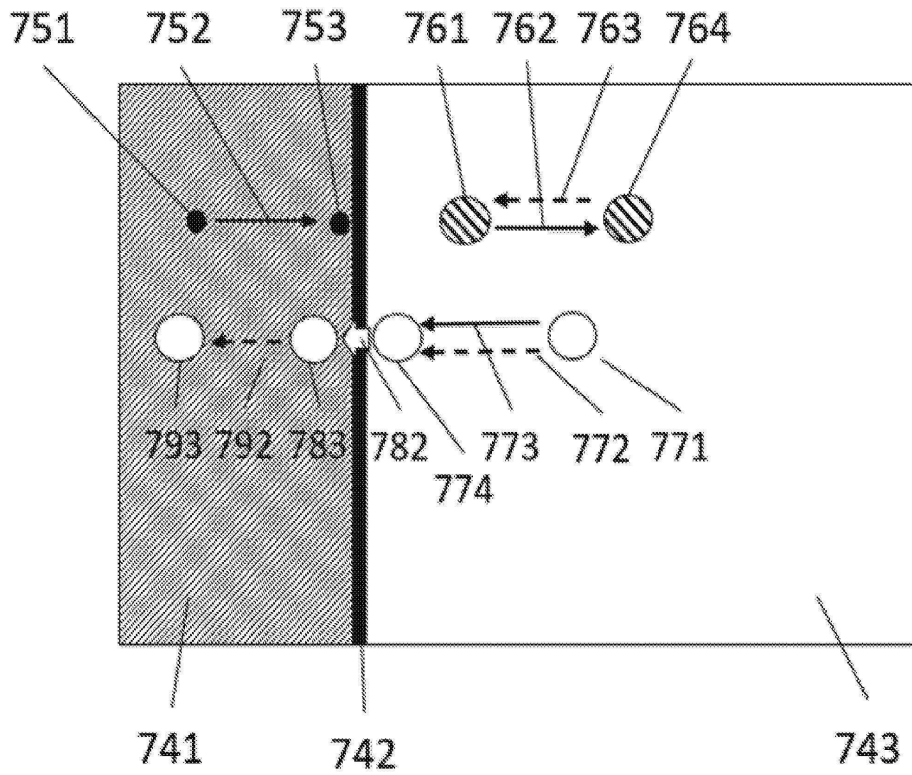
도면15a



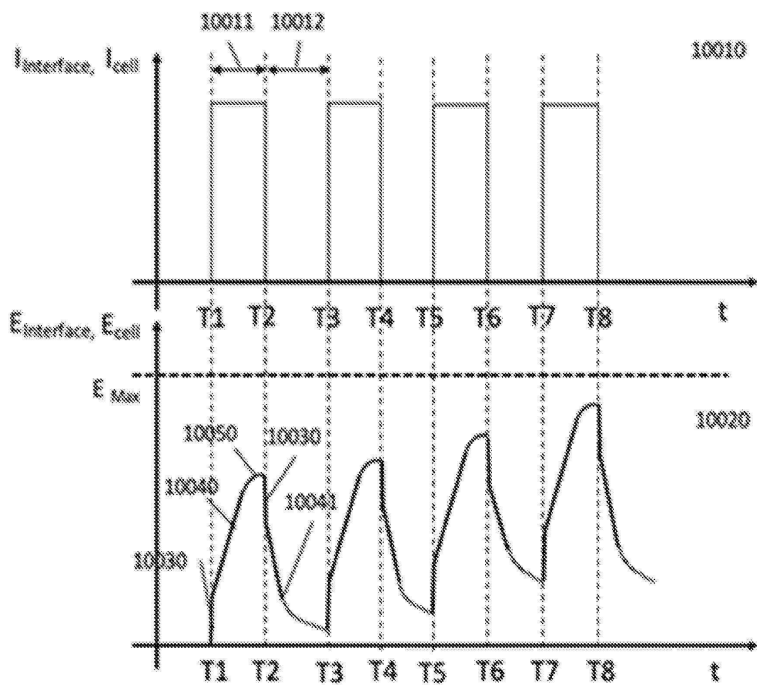
도면15b



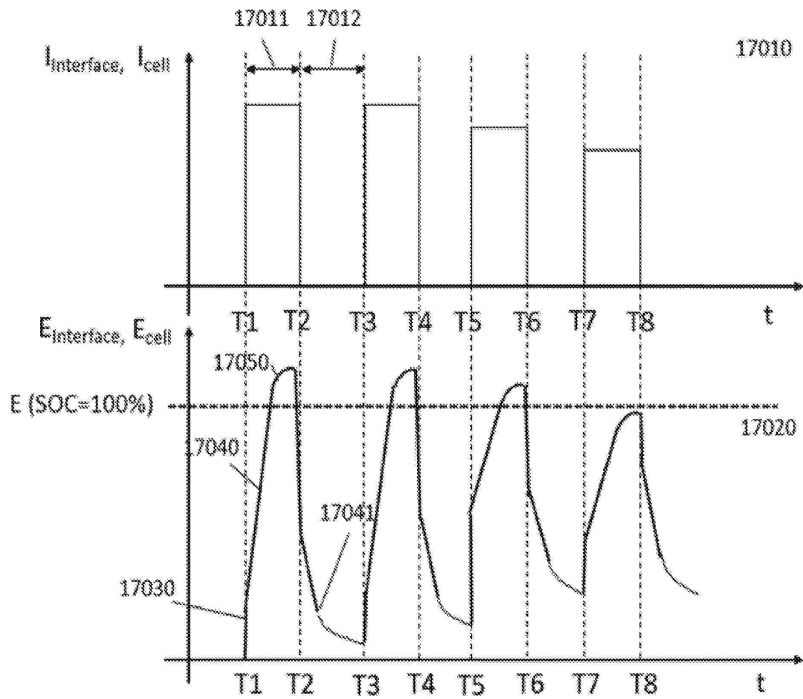
도면16



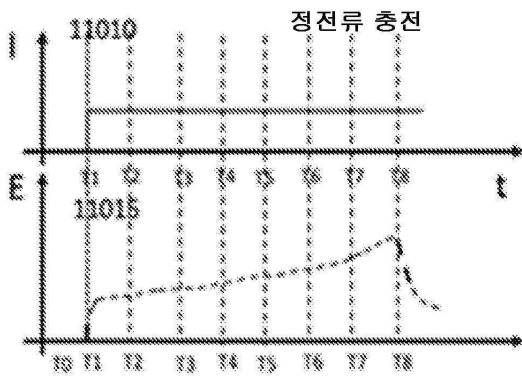
도면17a



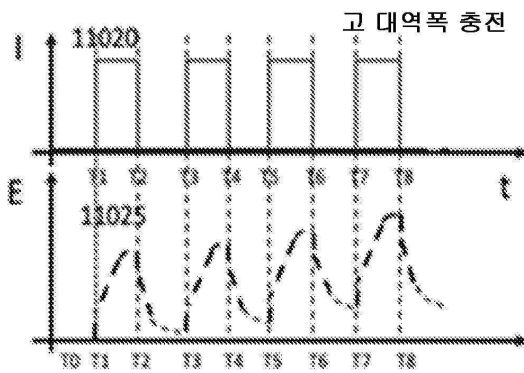
도면17b



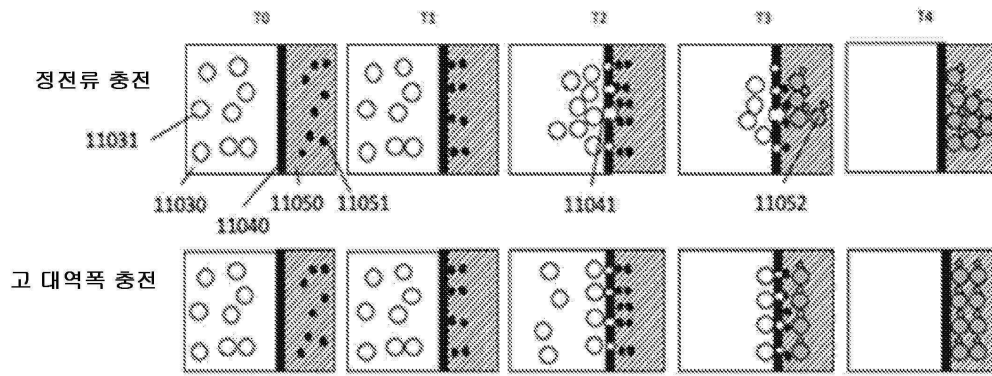
도면18a



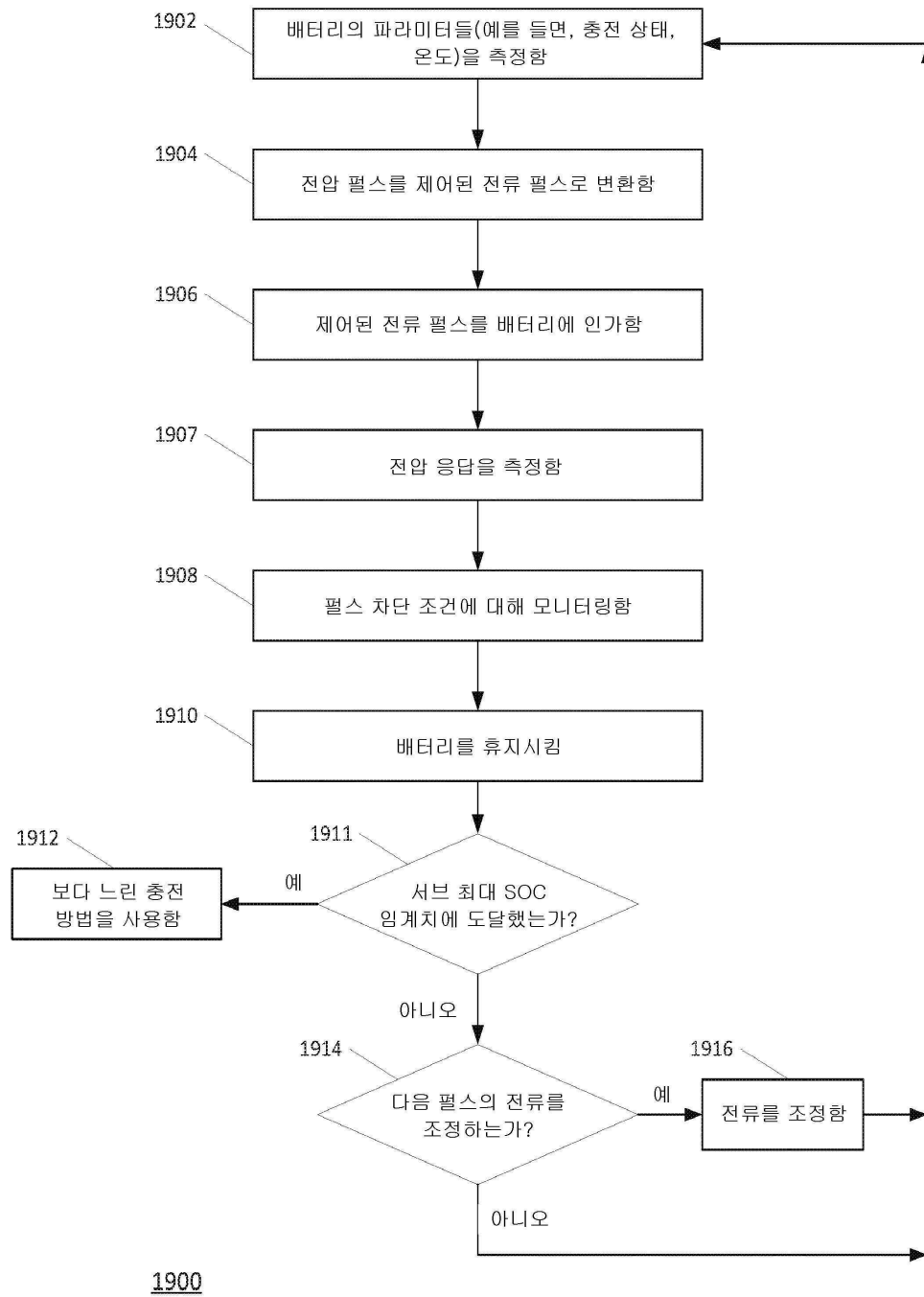
도면18b



도면18c



도면19a



도면 19b

