



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0046176
(43) 공개일자 2024년04월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 7/797 (2006.01) B60L 53/22 (2019.01)
B60L 53/24 (2019.01) H02J 3/32 (2006.01)
H02J 7/02 (2016.01) H02M 3/335 (2006.01)
H02M 7/21 (2006.01) H02P 25/028 (2016.01)
H02P 25/22 (2006.01) H02P 27/04 (2016.01)
- (52) CPC특허분류
H02M 7/797 (2013.01)
B60L 53/22 (2019.02)
- (21) 출원번호 10-2024-7004685
- (22) 출원일자(국제) 2022년07월08일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2024년02월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/CA2022/000039
- (87) 국제공개번호 WO 2023/279196
국제공개일자 2023년01월12일
- (30) 우선권주장
63/219,730 2021년07월08일 미국(US)

- (71) 출원인
엑스로 테크놀로지스 아이엔씨.
캐나다 앨버타 티2쥐 5엔6 캘거리 하이필드 서클
에스이 12-21
- (72) 발명자
휴스테트, 에릭
캐나다 티2쥐 5엔6 앨버타주 캘거리 하이필드 서클
사우스이스트 21-12
응우옌 퐁
캐나다 티2쥐 5엔6 앨버타주 캘거리 하이필드 서클
사우스이스트 21-12
소빌, 조슈아 에릭
캐나다 티2쥐 5엔6 앨버타주 캘거리 하이필드 서클
사우스이스트 21-12
- (74) 대리인
특허법인 무한

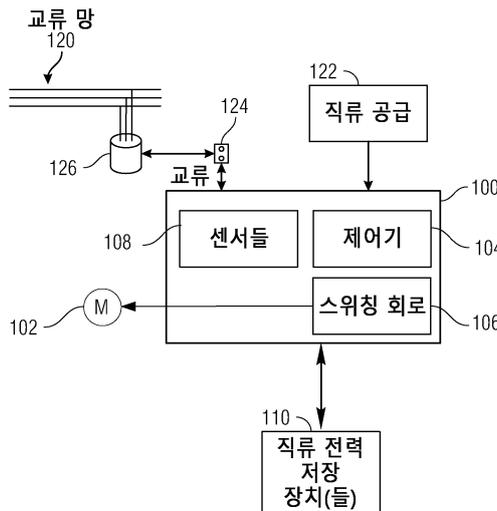
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 전기 기계의 와인딩들을 이용한 동적으로 재구성가능한 전력 변환기

(57) 요약

동적으로 재구성 가능한 전력 변환기는 제어기 회로 및 스위칭 회로를 포함한다. 스위칭 회로는 에너지 저장 장치의 단자들에 전기적으로 연결가능한 제1 노드 세트, 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩에 전기적으로 연결가능한 제2 노드 세트, 및 외부 전력 소스에 전기적으로 연결가능한 제3 노드 세트를 포함한다. 전기적 측정 장치는 제1 노드 세트 및 제3 노드 세트에서 전기적 조건들을 모니터링한다. 스위칭 회로는, 제1 노드 세트로부터 제2 노드 세트로의 전력 전달을 조절하도록, 제1 모드에서 동작하고, 제2 노드 세트를 통한 제1 노드 세트와 제3 노드 세트 사이의 전력 전달을 조절하도록, 제2 모드에서 동작한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B60L 53/24 (2019.02)

H02J 3/322 (2023.08)

H02J 7/02 (2023.08)

H02M 1/007 (2021.05)

H02M 3/335 (2013.01)

H02M 7/21 (2013.01)

H02P 25/028 (2021.08)

H02P 25/22 (2013.01)

H02P 27/04 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

동적으로 재구성가능한 전력 변환기 있어서,

제어기 회로;

상기 제어기 회로에 동작적으로 접속된 복수의 스위치들을 포함하는 스위칭 회로; 및

상기 제어기 회로에 동작적으로 접속되고, 제1 노드 세트 및 제3 노드 세트에서 전기적 조건들을 모니터링하도록 배치된 전기적 측정 회로

를 포함하고,

상기 스위칭 회로는,

에너지 저장 장치의 단자들에 전기적으로 연결가능한 상기 제1 노드 세트;

회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩에 전기적으로 연결가능한 제2 노드 세트; 및

외부 전력 소스에 전기적으로 연결가능한 상기 제3 노드 세트

를 포함하고,

제1 스위치 서브세트를 포함하는, 상기 복수의 스위치들은,

상기 제어기 회로의 제어하에, 상기 제1 노드 세트로부터 상기 제2 노드 세트로의 전력 전달을 조절하도록 제1 모드에서 동작하여, 동작 중에, 상기 회전식 전기 기계를 구동하기 위하여 상기 전력 저장 장치로부터의 전력이 상기 회전식 전기 기계의 상기 적어도 하나의 와인딩에 전달되고,

상기 제1 스위치 서브세트를 포함하는 상기 복수의 스위치들은,

상기 제1 노드 세트와 상기 제3 노드 세트의 상기 전기적 조건에 기초하여, 상기 제어기 회로의 제어하에, 상기 제2 노드 세트를 통한 상기 제1 노드 세트와 상기 제3 노드 세트 사이의 전력 전달을 조절하도록 제2 모드에서 동작하여, 동작 중에, 인덕터로서 채택된 상기 적어도 하나의 와인딩을 통하여 상기 외부 전력 소스와 상기 에너지 저장 장치 사이에서 전력이 변환되고 전달되는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전력 저장 장치는,

배터리를 포함하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 회전식 전기 기계는,

교류 모터를 포함하고,

상기 제1 스위치 서브세트는,

상기 제어기 회로의 제어 하에 상기 스위칭 회로 사이에 설정된 인버터 회로(inverter circuit)의 일부로서 상기 제1 모드에서 동작하고,

상기 인버터 회로는, 상기 제1 모드의 동작 시,

상기 전력 저장 장치로부터의 직류 전력을 상기 교류 모터의 상기 적어도 하나의 와인딩에 인가되는 교류 전력으로 변환하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 회전식 전기 기계는,

각각의 위상에 대한 와인딩들의 쌍을 포함하는 다중 위상 기계이고,

상기 제2 노드 세트는,

각각의 위상의 와인딩들의 각각의 쌍에 전기적으로 연결가능하고,

각각의 쌍의 상기 와인딩들은, 상기 제2 모드의 동작 시,

반대 극성들로 에너지공급을 받아, 상기 회전식 전기 기계의 기계적 움직임에 대한 순 효과가 무효화되는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 모드의 동작 시,

상기 제3 노드 세트로부터 상기 제1 노드 세트로 전력이 전송되어, 상기 에너지 저장 장치를 충전하도록 상기 외부 전력 소스가 전력을 공급하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 외부 전력 소스는,

교류 전력 망이고,

상기 제1 스위치 서브세트는,

상기 제어기 회로의 제어 하에, 직류 전력을 생산하기 위해 상기 교류 전력 망으로부터의 교류 전력을 정류하도록 동작하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제2 모드의 동작 시,

상기 제1 노드 세트로부터 상기 제3 노드 세트로 전력이 전송되어, 상기 에너지 저장 장치로부터 상기 외부 전력 소스에 전력을 공급하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 외부 전력 소스는,

교류 전력 망이고,

상기 제1 스위치 서브세트는,

상기 제어기 회로의 제어 하에, 상기 에너지 저장 장치로부터의 직류 전력을 상기 교류 전력 망으로 전송되기 위한 교류 전력으로 반전하도록 동작하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제어기 회로는, 상기 제2 모드의 동작 시,

상기 회전식 전기 기계의 상기 적어도 하나의 와인딩을 전압 부스팅 인덕터로 이용하는 부스트 컨버터를 구현하도록, 상기 제1 스위치 서브세트를 포함하는 상기 스위칭 회로를 구성하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제어기 회로는, 상기 제2 모드의 동작 시,

상기 회전식 전기 기계의 상기 적어도 하나의 와인딩을 필터링 인덕터로 이용하는 벡 컨버터를 구현하도록, 상기 제1 스위치 서브세트를 포함하는 상기 스위칭 회로를 구성하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 제어기 회로는, 상기 제1 모드의 동작 시,

상기 회전식 전기 기계의 상기 적어도 하나의 와인딩에 에너지공급을 하고 상기 기계에 회전을 부여하는 가변-주파수 모터 드라이브를 구현하도록, 상기 제1 스위치 서브세트를 포함하는 상기 스위칭 회로를 구성하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 12

제1항에 있어서,

제1 인스턴스에서, 상기 제어기 회로는,

상기 제1 모드의 동작 시, 상기 회전식 전기 기계의 상기 적어도 하나의 와인딩에 에너지공급을 하고 상기 기계에 회전을 부여하는 모터 드라이브를 구현하도록, 상기 제1 스위치 서브세트를 포함하는 상기 스위칭 회로를 구성하고,

제2 인스턴스에서, 상기 제어기 회로는,

상기 제2 모드의 동작 시, 상기 외부 전력 소스와 상기 에너지 저장 장치 사이에서 전압을 변환하고 전력을 전송하는, 상기 회전식 전기 기계의 상기 적어도 하나의 와인딩을 전압 부스팅 인덕터로 이용하는 부스트 컨버터를 구현하도록, 상기 제1 스위치 서브세트를 포함하는 상기 스위칭 회로를 재구성하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 13

제1항에 있어서,

제1 인스턴스에서, 상기 제어기 회로는,

상기 제1 모드의 동작 시, 상기 회전식 전기 기계의 상기 적어도 하나의 와인딩에 에너지공급을 하고 상기 기계에 회전을 부여하는 모터 드라이브를 구현하도록, 상기 제1 스위치 서브세트를 포함하는 상기 스위칭 회로를 구성하고,

제2 인스턴스에서, 상기 제어기 회로는,

상기 제2 모드의 동작 시, 상기 외부 전력 소스와 상기 에너지 저장 장치 사이에서 전압을 변환하고 전력을 전송하는, 상기 회전식 전기 기계의 상기 적어도 하나의 와인딩을 필터링 인덕터로 이용하는 벡 컨버터를 구현하도록, 상기 제1 스위치 서브세트를 포함하는 상기 스위칭 회로를 재구성하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 14

제1항에 있어서,

제1 인스턴스에서, 상기 제어기 회로는,

상기 제1 모드의 동작 시, 상기 회전식 전기 기계의 상기 적어도 하나의 와인딩에 에너지공급을 하고 상기 기계에 회전을 부여하는 모터 드라이브를 구현하도록, 상기 제1 스위치 서브세트를 포함하는 상기 스위칭 회로를 구성하고,

제2 인스턴스에서, 상기 제어기 회로는,

상기 제2 모드의 동작 시, 상기 외부 전력 소스와 상기 에너지 저장 장치 사이에서 전압을 변환하고 전력을 전송하는, 상기 회전식 전기 기계의 상기 적어도 하나의 와인딩을 전압 부스팅 인덕터 또는 필터링 인덕터 중 하나로 이용하는 인버터 겸 전압 변환기를 구현하도록, 상기 제1 스위치 서브세트를 포함하는 상기 스위칭 회로를 재구성하는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 회전식 전기 기계는,

전기 자동차의 트랙션 모터이고,

상기 에너지 저장 장치는,

상기 전기 자동차의 트랙션 배터리인,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 외부 전력 소스는,

교류 전력 망인,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 스위칭 회로는,

상기 회전식 전기 기계의 제1 위상에 대응하는 적어도 하나의 와인딩의 상기 제1 세트와 전기적으로 접속된 스위칭 회로의 제1 인스턴스이고,

상기 동적으로 재구성가능한 전력 변환기는,

상기 회전식 전기 기계의 제2 위상에 대응하는 적어도 하나의 와인딩의 제2 세트와 전기적으로 접속된 상기 스위칭 회로의 제2 인스턴스; 및

상기 회전식 전기 기계의 제3 위상에 대응하는 적어도 하나의 와인딩의 제3 세트와 전기적으로 접속된 상기 스위칭 회로의 제3 인스턴스

를 더 포함하고,

상기 스위칭 회로의 상기 제1 인스턴스는,

제1 전기 단자에 전기적으로 접속되고,

상기 스위칭 회로의 상기 제2 인스턴스는,

제2 전기 단자에 전기적으로 접속되고,

상기 스위칭 회로의 상기 제3 인스턴스는,

제3 전기 단자에 전기적으로 접속되는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 제1, 제2, 및 제3 전기 단자들은,

3상 교류 공급의 제1 위상, 제2 위상, 및 제3 위상과 각각 접속되는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 제1, 제2, 및 제3 전기 단자들은,

3상 교류 공급의 제1 위상, 제2 위상, 및 중성선과 각각 접속되는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 제1, 제2, 및 제3 전기 단자들은,

교류 전원 공급의 중성선에 이어져 있는 직류 전원 공급의 음극 직류 공급선, 직류 전원 공급의 양극 직류 공급선, 및 교류 전원 공급의 교류 공급선과 각각 접속되는,

동적으로 재구성가능한 전력 변환기.

청구항 21

전기 자동차를 다양한 모드들에서 전기적으로 구성하는 방법에 있어서,

상기 EV의 제어기에 의하여, 상기 EV의 트랙션 배터리로부터 상기 EV의 트랙션 모터로 전력을 전송하기 위한, 모터 드라이버 모드에서 동작하도록 상기 EV의 스위칭 회로를 구성하는 단계; 및

상기 제어기에 의하여, 외부 전력 소스로부터 상기 EV의 상기 트랙션 배터리로 전력을 전송하기 위한, 충전 모드에서 동작하도록 상기 스위칭 회로를 재구성하는 단계

를 포함하고,

상기 모터 드라이버 모드에서의 상기 스위칭 회로의 동작은,

상기 트랙션 모터의 로터에 회전을 부여하기 위하여, 상기 트랙션 모터의 와인딩들에 교류로 에너지공급을 하는 인버터를 구현하도록 제1 스위치 서브세트를 활성화하는 것

을 포함하고,

상기 충전 모드에서의 상기 스위칭 회로의 동작은,

상기 트랙션 모터의 상기 와인딩들을 인덕터들로 이용하고, 상기 트랙션 배터리의 전력 전송을 조절하기 위하여 상기 외부 전력 소스의 전압을 제어된 크기의 직류 전압으로 변환하는, 스위칭 전력 변환기를 구현하도록 상기 제1 스위치 서브세트를 활성화하는 것

을 포함하고,

상기 트랙션 모터의 각 위상과 연관된 상기 와인딩들의 쌍들은,

상기 트랙션 모터의 상기 로터의 움직임에 대한 상기 와인딩들의 에너지공급의 순 효과를 부정하기 위하여, 반대 극성들로 동시에 에너지공급을 받는,

EV를 다양한 모드들에서 전기적으로 구성하는 방법.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 제어기에 의하여, 상기 트랙션 배터리로부터 상기 외부 전력 소스로 전력을 전송하기 위해, 공급 모드에서 동작하도록 스위칭 회로를 재구성하는 단계

를 더 포함하고,

상기 공급 모드에서의 상기 스위칭 회로의 동작은,

상기 트랙션 모터의 상기 와인딩들을 인덕터들로 이용하고, 상기 외부 전력 소스로의 전력 전송을 조절하기 위하여 상기 트랙션 배터리의 직류 전압을 제어된 전압의 교류파로 변환하는, 스위칭 전력 변환기를 구현하도록 상기 제1 스위치 서브세트를 활성화하는 것

을 포함하고,

상기 트랙션 모터의 각 위상과 연관된 상기 와인딩들의 쌍들은,

상기 트랙션 모터의 상기 로터의 움직임에 대한 상기 와인딩들의 에너지 공급의 순 효과를 부정하기 위하여, 반대 극성들로 동시에 에너지공급을 받는,

방법.

청구항 23

제21항에 있어서,

상기 공급 모드에서 동작하도록 상기 스위칭 회로를 재구성하는 단계는,

상기 제어기에 의하여, 상기 외부 전력 소스의 교류파의 위상을 추적하기 위해 위상 고정 루프를 구현하는 것; 및

상기 제어된 전압의 상기 교류파의 상기 위상을 상기 외부 전력 소스의 상기 교류파에 동기화 하는 것

을 포함하는,

방법.

청구항 24

제21항에 있어서,

상기 스위칭 전력 변환기는,

전압을 증가시키기 위하여, 상기 트랙션 모터의 상기 와인딩들의 쌍들을 스위치드 인덕터들로 사용하는 부스트

컨버터

를 포함하는,
방법.

청구항 25

제21항에 있어서,

상기 스위칭 전력 변환기는,

에너지를 저장하고 전압을 안정시키기 위하여, 상기 트랙션 모터의 상기 와인딩들의 쌍들을 필터링 인덕터들로 사용하는 벡 컨버터

를 포함하는,
방법.

청구항 26

제21항에 있어서,

상기 외부 전력 소스는,

교류 전력 망이고,

상기 충전 모드에서의 상기 스위칭 회로의 동작은,

상기 트랙션 모터의 상기 와인딩들을 인덕터들로 이용하고 상기 교류 전력 망의 전압을 직류 전압으로 변환하는, 스위칭 전력 변환기를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 활성화하는 것

을 포함하는,
방법.

청구항 27

제21항에 있어서,

상기 모터 드라이버 모드에서 동작하도록 상기 EV의 상기 스위칭 회로를 구성하는 단계는,

상기 제어기에 의하여, 자속 기준 제어 스킴을 구현하는 것

을 포함하는,
방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 "그리드 타이 변환기로 채택가능한 가변 코일 구성 시스템, 장치 및 방법(VARIABLE COIL CONFIGURATION SYSTEM, APPARATUS AND METHOD, EMPLOYABLE AS A GRID TIE CONVERTER)"이라는 명칭으로 2021년 7월 8일 출원된, 미국 가출원(U.S. Provisional Application) 제63/219,730호의 이익을 우선권주장하고, 이것의 개시(disclosure)는 여기에 참조로 포함된다.

[0002] 본 출원은 일반적으로 전기적 전력 시스템(electrical power system)들에 관한 것이고, 더 구체적으로는, 전기 기계(electric machine)의 인덕티브 와인딩들을 스위칭 조절기(switching regulator)들의 인덕터(inductor) 들로 이용(utilize)하는 전력 변환기(power converter)들 및 연관된 방법론(methodology)에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 대체 에너지원(alternative energy source)의 생성(generation) 및 이용(utilization)에 대한 투자를 장려(encourage)하는 정부 정책들의 공포(promulgation)와 함께, 배터리와 반도체 제조 기술들의 발전들은, 태양 에

너지를 포집(capture)하는 태양광 어레이(photovoltaic array, PV array), 풍력 터빈 발전기(wind-turbine generators) 등을 포함하는 재생가능한(renewable) 자원들로부터의 전기적(electrical) 전력 생성 및 전기 자동차(electric vehicle, EV)들과 같은 기술들의 광범위한(widespread) 채택(adoptation)으로 이끌었다(lead).

[0004] 이러한 기술들은 다양한 방식들로 전기적 전력 망(electrical power grid)과 상호작용할 수 있다. 플러그인 하이브리드(plug-in-hybrid), 완전 전기 승용차 및 트럭(full-electric car and truck)들을 포함하는 전기 자동차들의 경우, 전기차들의 트랙션 배터리(traction battery)들은 일반적으로 전력 망(power grid)으로부터 충전(charge)될 수 있다. 다른 전기자동차들의 트랙션 배터리들은, 일반적으로 350-800V의 범위에서, 다른 전압들을 대응하도록(correspondingly) 가진다. 따라서, 트랙션 배터리들의 충전(charging)은 전력변환 회로(power-converter circuitry)를 사용(use)하여, 교류(alternating-current, AC) 전압으로부터의 전력 망 전압을 트랙션 배터리를 충전하는 것에 적합한(suitable) 직류 전압으로 변환(convert)하는 것을 포함한다.

[0005] 충전을 위해 전력 망으로부터의 전력을 소비(consume)하는 것에서 나아가, 트랙션 배터리들은 망(grid)에 전력을 공급(supply)하는데 쓰일 수 있다. 예를 들어, 재판매(resale) 가격이 전기차 배터리들을 충전하는 원래 비용을 초과할 수 있는 전력 수요 피크 시간대(times of peak electricity demand)와 같은, 일정 시간동안 전기차들이 공회전에 있을(sit idle) 때, 그들의 저장된 에너지들은 망으로 재판매되고 전송(transfer)될 수 있다. 재생가능한 전력 생성의 경우, 그 생성된 전력은 발전기(generator)에 국지적(locally)으로 접속(couple)된 부하(load)에 인가(apply)될 수 있고, 초과 생성(generate)된 전력은 판매되거나 망으로 전송될 수 있다.

[0006] 하나의 시스템으로부터 다른 시스템으로 전력을 전송하려는 목적들을 위해 서로 다른(disparate) 전력 시스템(power system)들을 접속시키는 것은 사소(trivial)하지 않다. 전력의 생성을 둘러싼 조건들에 따라, 전력은 다른 전압들에서 생성될 수 있다. 다른 전력 소스(power source)들은 교류 소스들일 수 있는 반면, 몇몇의 전력 소스들은 직류 소스(direct-current source, DC source)들이다. 전력 망은 특정 표준(standard) 교류 전압들을 사용하며, 망의 전력 발전기들은 교류 파형(AC waveform)에 동기화(synchronize)된다. 따라서, 원하는 양으로 효과적인 전력 전달을 달성(effect)하도록 망과 상호작용되는 전력소스는 망과 관련된 적합한 전압을 가져야 하고, 전력 소스로부터 생산(produce) 또는 제공(provide)된 전력은 위상(phase)이 망의 파형과 일치하는 교류파형을 가져야 한다. 일반적으로, 전력 변환기는 안정적인 전압을 생산하도록, 전력 소스의 변동성을 고려한 제어된 패션(fashion)으로 전력 소스의 제공된 전압을 높이거나 낮추는데 사용될 수 있다. 직류 전력 소스의 경우, 인버터 회로(inverter circuit)는, 망과 주파수 및 위상 각이 일치하는 교류 파형을 생성하는데 사용될 수 있다.

[0007] 전력 변환기 및 인버터 회로(power converter and inverter circuitry)는 종종 하나 이상의 인덕터들을 사용하여 에너지를 저장하고, 스위치 모드 전력 변환(switched-mode power conversion)을 원활하게(smooth out) 하도록 필터링(filter)하고, 외부 전압을 상승시키며, 이는 예를 들어, 부스트 컨버터(boost-converter)의 구성에서 필요할 수 있다. 고전력 인가(application)의 경우, 인덕터(들)은 크고, 무겁고, 값비싼, 일반적으로 와이어 코일, 철 재료와 같은 자성 재료로부터 만들어진 코어, 및 똑같이 철 재료로 만들어진 자기 차폐를 가진 부품들이다. 발전기들과 모터들과 같은 전기 기계들은 인덕티브 와인딩(inductive winding)들을 가지고 있다. 이러한 와인딩(winding)들을 전력 변환기들의 인덕터들로 활용하는 법이 제안되고 있다. 예를 들어, 미국 특허 8,198,845호 크노에드겐(Knoedgen)을 보면, 이것의 공개는 여기에 참조로 통합된다.

[0008] 모터의 와인딩들의 전력 변환기 회로들 내 인덕터들로서의 2차적 사용은 확실한 장점이 있지만, 이것에 이것들의 과제들이 없는 것은 아니다. 예를 들어, 전력 변환 회로로부터의 모터의 고정자 와인딩(stator winding)들로 흐르는 전류들이 로터와 상호작용하여 자기장을 일으키고(cause), 로터 샤프트(rotor shaft)의 비틀림 진동(torsional vibration)을 유발하는 것이 이러한 하나의 과제다.

[0009] 모터 와인딩들을 인덕터들로 2차적으로 사용하는 것의 실용적이고 효율적인 구현들을 달성하도록, 이러한 과제와 다른 과제들을 해결(address)하기 위한 솔루션(solution)들이 필요하다.

발명의 내용

[0010] 본 출원은 전력 변환기들에 관한 것, 예를 들어, 망에서 온 교류 전력으로부터 직접적으로 직류 전력 저장 장치(DC power storage device)(예를 들어, 2차 전지 셀(secondary battery cell)들; 슈퍼 또는 울트라 커패시터 셀(super- or ultra- capacitor cell)들)들을 충전, 및/또는 직류 전력 저장 장치로부터 망으로 교류 전력을 전달(deliver)할 수 있는 그리드 타이 전력 변환기(grid tie power converter)들에 관한 것이다. 전력 변환기들은 전기적 측정 회로(electrical measurement circuitry), 스위칭 회로(switching circuitry), 제어기 회로

(controller circuitry), 및 적어도 하나의 회전식 전기 기계(rotational electric machine)를 포함한다. 회전식 전기 기계는, 예를 들어, 전기 발전기(electric generator) 또는 전기 모터(electric motor)의 형태(form)를 취할 수 있다.

[0011] 예를 들어, 전류를 반전(invert) 또는 정류(rectify) 및/또는 전압들을 조정(adjust)하도록, 본 출원의 양상들에 따른 전력 변환기는 회전식 전기 기계(들)의 와인딩들을 전력 변환기의 인덕터들로 유리하게(advantageously) 채택(employ)한다. 예를 들어, 사용 현장에 시스템의 전개(deployment) 후 및/또는 부하(load)가 걸린 상태에서, 실시간 또는 거의 실시간으로 회로 토폴로지(circuit topology)를 수정(modify)하도록, 제어기 회로는 와인딩들의 전기적 구성을 전환(switch)하기 위해 동작한다. 예를 들어, 전기적 측정 회로는 입력 또는 출력 노드들에서 교류 또는 직류를 감지(sense)하도록 접속된 전압 프로브(voltage probe)들, 입력들 및 출력들로부터 및 입력들 및 출력들로 흐르는 전류 흐름을 감지하도록 접속된 전류 센서(current sensor)들, 또는 이러한 프로브들의 조합을 포함할 수 있다. 시스템들과 방법들은, 예를 들어, 전기 기계의 동작을 제어하기 위해 자속 기준 제어(Field Oriented Control, FOC)를 유리하게 채택할 수 있다.

[0012] 여기에 설명된 실시예들의 하나의 양상은 동적으로 재구성가능한 전력 변환기(dynamically-reconfigurable power converter)이고, 이는 제어기 회로; 제어기 회로에 동작적으로(operatively) 접속된 복수의 스위치들을 포함하는 스위칭 회로를 포함한다. 스위칭 회로는 에너지 저장 장치(energy storage device)의 단자(terminal)들에 전기적으로(electrically) 연결가능(connectable)한 제1 노드 세트(first set of nodes), 및 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩에 전기적으로 연결가능한 제2 노드 세트(second set of nodes)를 더 포함한다. 또한, 제3 노드 세트(third set of nodes)는 외부 전력 소스(external power source)에 전기적으로 연결가능하다.

[0013] 전기적 측정 회로(예를 들어, 전압 또는 전류 프로브(voltage or current probe)들)는 제어기 회로에 동작적으로 접속되고, 제1 노드 세트 및 제3 노드 세트에서 시간에 따라 변하는(time-varying) 전기적 조건(electrical condition)들을 모니터링(monitor)하도록 배치(arranged)됐다. 제1 스위치 서브세트(first subset of switches)를 포함하는, 복수의 스위치들은, 제어기 회로의 제어하에, 제1 노드 세트로부터 제2 노드 세트로의 전력 전달(power delivery)을 조절(regulate)하도록 제1 모드에서 동작하여, 동작 중에, 회전식 전기 기계를 구동(run)하기 위하여 전력 저장 장치(power storage device)로부터의 전력이 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩에 전달된다. 게다가, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 복수의 스위치들은, 제1 노드 세트와 제3 노드 세트의 전기적 조건에 기초하여, 제어기 회로의 제어하에, 제2 노드 세트를 통한 제1 노드 세트와 제3 노드 세트 사이의 전력 전달을 조절하도록 제2 모드에서 동작하여, 동작 중에, 인덕터로서 채택된 적어도 하나의 와인딩을 통하여 외부 전력 소스와 에너지 저장 장치 사이에서 전력이 변환(convert)되고 전달된다.

[0014] 관련 양상에서, 전기 자동차(electrical vehicle, EV)를 다양한 모드들에서 전기적으로 구성하는 방법은, EV의 제어기(controller)에 의하여, EV의 트랙션 배터리로부터 EV의 트랙션 모터(traction motor)로 전력을 전송하기 위한, 모터 드라이버 모드(motor driver mode)에서 동작하도록 EV의 스위칭 회로를 구성하는 단계를 포함한다. 모터 드라이버 모드에서의 스위칭 회로의 동작은, 트랙션 모터의 로터에 회전을 부여(impart)하기 위하여, 트랙션 모터의 와인딩들에 교류로 에너지공급(energize)을 하는 인버터(inverter)를 구현하도록 제1 스위치 서브세트를 활성화(activate)하는 것을 포함한다.

[0015] 나아가 방법은, 제어기에 의하여, 외부 전력 소스로부터 EV의 트랙션 배터리로 전력을 전송하기 위한, 충전 모드(charging mode)에서 동작하도록 스위칭 회로를 재구성(reconfigure)하는 단계를 포함한다. 충전 모드에서의 스위칭 회로의 동작은, 트랙션 모터의 와인딩들을 인덕터들로 이용하고, 트랙션 배터리의 전력 전송을 조절하기 위하여 외부 전력 소스의 전압을 제어된 크기의 직류 전압으로 변환하는, 스위칭 전력 변환기(switching power converter)를 구현하도록 제1 스위치 서브세트를 활성화하는 것을 포함한다. 트랙션 모터의 각 위상과 연관된 와인딩들의 쌍들은, 트랙션 모터의 로터의 움직임에 대한 와인딩들의 에너지공급(energization)의 순 효과(net effect)를 부정(negate)하기 위하여, 반대 극성(opposite polarity)들로 동시에(simultaneously) 에너지공급을 받는다.

[0016] 예를 들어, 전기 기계의 와인딩들이 다양한 전력 변환기 아키텍처 또는 토폴로지(power converter architecture or topology)들의 인덕터들로 채택될 수 있는 전기 자동차의, 회생 제동(regenerative braking) 또는 충전과 같은 어플리케이션(application)들에서, 설명된 기술은 전기 모터 또는 전기 발전기 중 하나, 또는 모두를 동작시키는 전기 기계와 함께 동작한다.

- [0017] 다른 장점은, 다양한 구성가능한(configurable) 전기적 배치(arrangement)들에서, 전기 기계의 와인딩들을 전력 변환기의 인덕터들로 채용할 수 있는 능력이고, 전력 변환기는, 예를 들어, 다양한 전력 소스들(예를 들어, 태양광 어레이로부터의 직류 전력, 교류 망 전력(AC grid power))로부터 직류 전력 저장 장치(예를 들어, 2차 전지 셀들; 울트라 또는 슈퍼 커패시터 셀들)를 충전, 및/또는 직류 전력 저장 장치로부터 다양한 부하들로 전력을 전달(예를 들어, 저장된 전력을 교류 망으로 내보내는(export) 것)할 수 있다. 하나 이상의 직류 전력 저장 장치들(예를 들어, 트랙션 모터 2차 전지(traction motor secondary battery)들, 슈퍼 또는 울트라 커패시터들, 및 수소의 소비를 통한 연료 셀들)에 전력을 저장하거나 직류 전력 저장 장치들로부터 전력을 방출 시키(release)기 위한 전력 변환기의 일부로서 동작하도록, 설명된 기술은 속도 및/또는 토크의 변화(change)들에 응답하여, 또는 대안적으로 측정된 전압들에 응답하여, 전기 기계의 전자기(electromagnetic)들을 변경(alter)함으로써, 근본적(underlying) 패러다임을 변화(change)시킨다.
- [0018] 예를 들어, 전력이 하나 이상의 직류 저장 장치들에 저장되거나(예를 들어, 상대적으로 교류 망에 대한 수요가 적은 시간대 동안) 또는 전력이 하나 이상의 직류 저장 장치들로부터 전달되거나(예를 들어, 상대적으로 교류 망에 대한 수요가 높은 시간대 동안)에 기초하여, 동적으로 구성된 전기 기계는 마치 와인딩들이 다중의(multiple) 다른 전력 변환기 아키텍처(power converter architecture)들(예를 들어, 벡 컨버터(buck converter), 부스트 컨버터(boost converter), 인버터, 정류기(rectifier))로 사용되는 것처럼 기능(function)할 수 있다. 예를 들어, 상대적으로 교류 망 또는 백업(backup) 전력에 대한 수요가 높은 시간대 동안, 전력은 교류 망 또는 다른 부하에 제공될 수 있다.
- [0019] 전기 전력 생성, 전기 모터 드라이브 어플리케이션(electric motor drive application)들, 및 전기 자동차들과 같은 어플리케이션들에 사용되는 완전한 4 사분면 동작(full four quadrant operation)들에 대한 이익(benefit)들을 제공하는 많은 형태들에서, 여기 설명된 장치와 방법들이 이용될 수 있다. 몇몇의 구현들에서, 하나 이상의 전기 자동차들(즉, 완전 전기 자동차들, 하이브리드 전기 자동차들)의 트랙션 모터 2차 전지들(즉, 전기 자동차의 트랙션 모터(들)에 전력을 공급한)은 전력 저장 장치들로 사용될 수 있다. 예를 들어, 전력에 대한 수요가 일반적으로 적을 때, 교류 망으로부터의 전력은 전기 자동차들의 배터리에 저장될 수 있다. 저장된 전력은 차량(vehicle)을 추진(propel)하는데 사용될 수 있고, 또는 그것은 망으로 반환(return)될 수 있으며, 또는 전력 수요가 높거나 피크 수요 시간대(peak demand times)일 때 몇몇의 다른 부하에 직접적으로 제공될 수 있다. 전기 자동차들의 플리트(fleet)들은, 운송 장치(transportation device)로 사용하지 않을 때 수요에 기초하여, 전기 전력(electric power)을 들여오고(import) 내보내는 그리드 타이드 전력 저장 장치(grid tied power storage device)들로 사용될 수 있다.
- [0020] 본 개시에 설명된 것과 같은 동적으로 재구성가능한 멀티 모달 전력 변환기 시스템(dynamically-reconfigurable multi-modal power converter system)은, 예를 들어, 다양한 직류 또는 교류 전력 소스들로부터 하나 이상의 직류 전력 저장 장치들(예를 들어, 2차 전지 셀, 트랙션 모터 2차 전지 셀들, 슈퍼 또는 울트라 커패시터 셀들)을 충전하기 위해, "범용적(universal)" 전력 변환기로서 유리하게 동작할 수 있다.
- [0021] 게다가, 시스템은, 교류 전기적 망(AC electrical grid)으로부터 직접적으로 하나 이상의 직류 전력 저장 장치들을 충전, 및/또는 하나 이상의 직류 전력 저장 장치들로부터 교류 전기적 망으로 교류 전력을 전달하도록, 그리드 타이 변환기(grid tie converter)로 사용될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 시스템은, 직류 전기적 시스템들로 직류 전력을 전송, 및/또는, 예를 들어 태양광 어레이들 또는 태양광 패널들로부터, 직류 전력을 수용(accept)할 수 있다.
- [0022] 시스템은 세(3)개의 교류 노드들(예를 들어, 교류 전기적 망에 접속된 노드들)에서 교류 전압들을 측정하기 위해 접속된 전기적 측정 회로를 포함한다. 제어기(예를 들어, 마이크로 제어기(micro-controller), 마이크로프로세서(microprocessor), 필드 프로그래머블 게이트 어레이(field programmable gate array), 특정 용도용 집적 회로(application specific integrated circuit))는 그리드 타이 양상을 구현하기 위한 로직(logic)을 실행(execute)할 수 있다. 그리드 타이 전류 제어(grid tie current control) 및/또는 출력 전압 제어(output voltage control)를 허용하기 위해, 예를 들어, 제어기는, 망 주파수(grid frequency)를 검출(detect)하고, 대응되는 각도(angle)들을 모터 제어기에서 이미 구현된 자속 기준 제어로 전달하도록, 위상 고정 루프(phased locked loop, PLL)를 구현할 수 있고, 예를 들어 독립형(stand-alone) 교류 전력 소스의 경우가 있다.
- [0023] 태양열(solar) 또는 태양광 패널들, 또는 태양열 또는 태양광 어레이들과 같은 직류 전력 소스들의 경우에는, 태양열 또는 태양광 패널들, 또는 태양열 또는 태양광 어레이들의 전기적 전력 생성을 최대화(maximize)하도록, 제어기는 최대 전력 점 추적(maximum power point tracking, MPPT) 알고리즘을 구현할 수 있다.

[0024] 트랙션 모터 배터리(traction motor battery)를 충전하는 것을 용이하게(facilitate) 하는, 전력 변환기의 에너지 저장 부품으로서의 전기 기계(예를 들어, 전기 모터)의 와인딩들의 사용은, 비동기식(asynchronous) 50/60 헤르츠 교류 고정자 전류(AC stator current)에 대한, 전기 기계의 로터의 반응과 관련된 문제(issue)들을 보여 줄(present) 수 있다. 임의의 전기 자동차는 일반적으로 충전중에는(회생 모드(regenerative mode)에서 충전중은 제외) 비유동적(stationary)이므로, 전기 기계는 충전중에 일반적으로 회전하지 않는다. 그러나, 적어도 영구 자석 전기 기계(permanent-magnet electric machine)들의 경우에는, 자석들은 여전히 에너지공급을 받아서, 고정자에서의 50/60헤르츠 필드(field) 회전에 응답하여, 전기 기계의 샤프트(예를 들어, 모터 샤프트)에 대한 비틀림 진동을 초래(result in)한다. 여기 설명된 시스템들과 방법들은, 샤프트 비틀림 진동을 감소시키거나 또는 심지어 제거하여, 그러한 효과를 유리하게 해결할 수 있다.

[0025] 여기에 설명된 시스템들과 방법들은, 전기자동차가 이동(mobile)하는 동안(수송 중(in transit)에) 완전한 4 사분면 트랙션 모터 제어(full 4 quadrant traction motor control)를 제공하도록, 모터 드라이브(motor drive)로서 동작하는 그 동작과 스위칭 회로를 유리하게 제공하고, 전기 자동차가 비유동적일 때, 같은 전력 전자공학 패키지(power electronics package)는 다양한 교류 전력 소스들 및/또는 직류 전력 소스들로부터 직류 전력 저장 장치(예를 들어, 트랙션 모터 배터리)를 충전하는데 유리하게 사용될 수 있고, 추가적으로 변환기의 양방향적 특성(bi directional nature)으로 인해, 그것은 또한 전력을 교류 망 또는 직류 전력 시스템들에 전달하는데 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도면들에서, 동일한 참조 번호들은 유사한 요소들 또는 작동(act)들을 식별(identify)한다. 도면들 내 요소들의 사이즈들과 상대적 위치들은 반드시 스케일에 맞게 그려(draw to scale)진 것은 아니다. 게다가, 그려진 요소들의 특정한 모양들은, 특정한 요소들의 실제 모양에 대한 어떠한 정보를 전하(convey)고자 의도된 것이 아니고, 오로지 도면들 내에서 인식의 용이(ease of recognition)를 위해 선택되었다. 첨부된 도면 내 다양한 실시예들은 예시의 방식으로 도시된 것이지, 제한의 방식으로 도시된 것이 아니다.

도 1은 일부 실시예들(some embodiments)에 따른 동적으로 재구성가능한 멀티 모달 전력 변환기 시스템을 도시하는 개략도(schematic diagram)다.

도 2는 일부 실시예들에 따라, 도 1의 시스템과 같은 동적으로 재구성가능한 전력 변환기 시스템에 의하여 용이하게 되는 전자기계 시스템(electromechanical system)의 동작의 다양한 모드들을 도시하는 블록도(block diagram)다.

도 3은, 하나, 또는 그룹의 전기적 저장 장치들이 교류 전력 망(AC power grid)으로부터 충전되고, 별도로(separately), 교류 전력 망에 전력을 공급할 수 있는, 실시예의 유형에 따른 그리드 타이 배치(grid-tie arrangement)를 도시하는 개략도다.

도 4a는 일부 실시예들에 따라, 도 1 또는 도 3의 시스템들의 스위칭 회로의 일부의 예시인 스위칭 회로를 도시하는 회로도(circuit diagram)다.

도 4b는 일부 실시예들에 따라, 단상(single phase), 분상(split phase), 및 3상(3-phase) 교류 망 전압 또는 부하와 같은 교류 구성들과 함께 사용되는, 도 4a의 스위칭 회로의 특정한 구성을 도시하는 회로도다.

도 4c는 다른 예시에 따라, 부스트 컨버터를 구현하는 구성에서의 도 4a의 스위칭 회로를 도시하는 회로도다.

도 4d는 다른 예시에 따라, 벡 컨버터를 구현하는 구성에서의 도 4a의 스위칭 회로를 도시하는 회로도다.

도 4e는 다른 예시에 따라, 비 반전 벡 부스트 컨버터(non-inverting buck-boost converter)를 구현하는 구성에서의 도 4a의 스위칭 회로를 도시하는 회로도다.

도 5는 일부 실시예들에 따라, 교류/직류 단자들의 패널에 관한, 도 4a의 스위칭 회로와 같은, 스위칭 회로의 복수의 인스턴스(instance)들의 다중 위상 배치(multi-phase arrangement)를 도시하는 블록도다.

도 6은 일부 실시예들에 따라, 시스템 제어기에 의하여 실행가능한(executable) 제어기 프로그램(controller program)을 도시하는 흐름도(flow diagram)다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하의 설명에서는, 개시된 다양한 실시예들에 대한 완전한 이해를 제공하기 위하여, 구체적인 특정 세부사항이

기재되어 있다. 그러나, 관련 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 실시예들이 하나 이상의 이러한 구체적인 세부사항 없이 실시될 수 있다고, 또는 다른 방법들, 부품들, 재료들, 등과 함께 실시될 수 있다고 인식(recognize)할 것이다. 다른 예들에서, 전기 기계들(예를 들어, 발전기들, 모터들), 제어 시스템들, 및/또는 전력 변환(conversion) 시스템들(예를 들어, 변환기(converter)들, 인버터들, 정류기들)과 연관된 잘 알려진 구조들은, 불필요하게 실시예들의 서술(description)을 모호하게 하는 것을 피하도록, 도시되거나 설명되지 않았다.

[0028] 문맥에서 달리 요구하지 않는 한, 이어지는 명세서 및 청구항 전체에서, 단어 “포함하다(comprise)” 및 “포함하다(comprises)” 와 “포함하는(comprising)” 과 같은 그것의 변형들은 개방적이고, 포괄적인 의미로, 즉 “포함하는, 하지만 제한되지 않는” 으로 해석되어야 한다.

[0029] 본 명세서 전체에서 “일 실시예” 또는 “실시예” 에 대한 참조는, 실시예와 관련하여 설명된 특정한 특징, 구조 또는 특성이 적어도 하나의 실시예에 포함된다는 것을 의미한다. 따라서, 본 명세서 전체의 여러 곳에서 “일 실시예에서” 또는 “실시예에서” 라는 문구들이 나타나는 것은 반드시 모두 동일한 실시예를 참조하는 것이 아니다. 또한, 특정한 특징들, 구조들 또는 특성들은 하나 이상의 실시예들에서 어떠한 적합한 방식(manner)으로든지 결합될 수 있다.

[0030] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 사용된 바와 같이, 단수 형태인 “a”, “an”, 및 “the” 는 내용이 명확하게 달리 지시하지 않는 한, 복수의 지시대상을 포함한다. 또한, 용어 “또는(or)” 은 일반적으로 이것의 의미가, 그 내용이 명확하게 달리 지시하지 않는 한, “및/또는(and/or)” 을 포함하는 것으로 채택된다는 것을 유의해야 한다.

[0031] 여기에 제공된 본 개시의 제목과 요약은 오직 편의를 위한 것이고, 실시예들의 범위나 의미를 해석하지 않는다.

[0032] 도 1은 일부 실시예들에 따른 동적으로 재구성가능한 멀티 모달 전력 변환기 시스템(100)을 도시하는 개략도(schematic diagram)다. 시스템(100)은, 시스템(100)의 구성에 기초하여, 전기 기계 M(102)을 다양한 방식으로 이용한다. 구성의 하나의 유형에서, 시스템(100)은 전기 기계(102)의 드라이버(driver)로 동작한다. 다른 구성들에서, 시스템(100)은 전기 기계(102)의 와인딩들을 전력 변환기 회로의 인덕터들로 이용한다.

[0033] 전기 기계(102)는, 전력 변환기 회로의 동작에 요구될 수 있는 동작전압들 및 전류들을 견딜 수 있도록 충분히 구축(construct)된 와인딩들을 가지는, 다상 전기 기계(poly-phase electrical machine), 예를 들어, 전기적 발전기 또는 인덕션 모터(induction motor), 동기 모터(synchronous motor)(예를 들어, 영구 자석 또는 필드 익사이티드 로터(field excited rotor)) 또는 브러시리스 직류 모터(brushless DC motor)등과 같은 비정류(교류) 기계(non-commutated (AC) machine)일 수 있다.

[0034] 시스템(100)은 제어기(104), 스위칭 회로(106), 전기적 프로브들(108)을 포함한다. 아래에서 보다 세부적으로 설명하는 바와 같이, 다양한 어플리케이션들에서, 시스템(100)은 직류 전력 저장 장치(들)(110)에 전기적으로 접속될 수 있다. 하나 이상의 직류 저장 장치(들)(110)은 다양한 형태들을, 예를 들어 전기 자동차의 트랙션 모터 2차 전지 셀들, 다른 2차 전지 셀들, 슈퍼 또는 울트라 커패시터 셀들, 심지어 수소가 생성되고 저장될 수 있는 재생 연료 셀(regenerative fuel cell)들의 형태들을 취할 수 있다. 전기 기계(102)가 회생 제동을 포함하는 4사분면 동작 내에서 모터로 사용될 때, 직류 전력 저장 장치(들)(110)은 전기 기계(102)에 전력을 공급하는데, 및 전기 기계(102)로부터 전력을 회복(recover)하는데 사용될 수 있다.

[0035] 제어기(104)의 제어 하에 동작하는 스위칭 회로(106)는, 전기 기계(102)에 가변 주파수 드라이브 전력(variable-frequency drive power)을 생산할 수 있고, 또한 직류 전력 저장 장치(들)(110)을 재충전하도록 전기 기계(102)에서 생성된 전력을 정류 및 변환할 수 있다. 스위칭 회로(106)는, 모터 드라이브 기능(functionality), 정류(rectification) 기능, 반전(inversion) 기능, 전압 부스트 기능(voltage boost-functionality), 전압 감소 기능을 제공하도록, 제어기(104)에 의하여 전자적으로(electronically) 배치될 수 있는 복수의 제어된 스위치들(예를 들어 반도체들)을 포함한다. 특히, 특정 개별 스위치들은, 다른 시간에 이러한 기능들 중 다른 것들을 수행(perform)하도록 구성될 수 있다. 스위칭 회로(106)는 또한 게이트 구동 회로(gate-driving circuit)들, 스너빙 회로(snubbing circuit)들, 필터들, 보호 부품들, 제어기 인터페이스 회로(controller-interface circuitry), 등과 같은 지원 회로(supporting circuitry)를 포함할 수 있다.

[0036] 게다가, 시스템(100)은 교류 전력 망(120), 직류 공급(DC supply)(122)(예를 들어, 태양광 어레이, 연료 셀, 또는 다른 직류 소스)와 같은 하나 이상의 추가적인 전력의 소스들에 동작적으로 접속될 수 있다. 제어기(104)의 제어 하에 동작하는 스위칭 회로(106)는, 추가적으로 직류 전력 저장 장치(들)(110)을 재충전하도록, 교류 전력

망(120) 또는 직류 공급(122) 중 하나로부터 전력을 변환할 수 있다. 또한, 제어기(104)의 제어 하에 동작하는 스위칭 회로(106)는, 교류 망(120) 또는 직류 공급(122)중 하나에 공급하도록, 직류 저장 장치(들)(110)로부터 전력을 더 변환할 수 있다. 이러한 전력 변환들은 정류, 반전, 전압 부스팅(voltage boosting), 또는 전압 감소가 포함될 수 있다.

[0037] 예를 들어, 전기 기계(102)는, 전기 자동차의 동작 중에 트랙션 모터, 및/또는 전기 자동차의 트랙션 모터를 충전하기 위한 회생 제동 발전기로서 작용하는, 전기 자동차(예를 들어, 플러그인 완전 전기 자동차 또는 플러그인 하이브리드 전기 자동차(plug-in fully electric vehicle or plug-in hybrid electric vehicle))의 전기 기계의 형태를 취할 수 있다.

[0038] 교류 전력 망(120)은, 임의의 종래의(conventional) 교류 전력 망의 형태를 취할 수 있고, 적합한 전압들(예를 들어, 단상의 120V, 220V, 240V, 또는 277V, 또는 3상의 208V, 380V, 400V, 또는 480V)에서 하나 이상의 변압기(transformer)들(126)을 통해, 가정, 충전소(recharge station), 또는 상업시설의 리셉터클(receptacle)(124) 또는 전기 전력 노드(electrical power node)에 전력을 공급할 수 있다.

[0039] 제어기(104)는 다양한 실시예들에 따라 다양한 형태들을 취할 수 있다. 예를 들어, 제어기(104)는 마이크로 제어기, 마이크로프로세서, 특정 용도용 집적 회로 또는 프로그래머블 게이트 어레이의 형태를 취할 수 있다. 제어기(104)는, 데이터 통신(data communication)들에 더하여 메모리, 명령어 프로세서(instruction processor), 아날로그-디지털 변환(analog-to-digital conversion, A/D conversion), 디지털 입출력(digital input and output, digital I/O), 타이밍 기능(timing function)을 제공하는 시스템(100)의 동작을 조직화(coordinate) 및 조정하기 위해 동작한다. 제어기(104)에 의해 실행가능한 명령어(instruction)들은, 플래시 전기적 지우기 가능 읽기 전용 메모리(flash EEPROM) 또는 다른 적어도 하나의 적합한 비일시적 저장 매체(non-transitory storage medium)와 같은 비휘발성 데이터 스토어(non-volatile data store)에 저장된 펌웨어(firmware)로서 제공될 수 있다.

[0040] 일부 실시예들에서, 제어기(104)는 사용자 인터페이스(user interface, UI)(미도시)와 인터페이스(interface)될 수 있다. UI는 디스플레이 또는 전자 계기(electronic indicator)들, 및 하나 이상의 누름버튼(pushbutton), 노브(knob), 휠, 터치스크린, 등과 같은 적어도 하나의 입력 장치를 포함하는, 전용의 로컬 오퍼레이터 인터페이스(dedicated local operator interface, dedicated LOI)를 통해 구현될 수 있다. 다른 실시예들에서, 제어기(104)의 UI는 전기 자동차의 UI를 사용하여 구현될 수 있다. 이 예시에서, 전기 자동차의 UI는, 아이스퀘어드시 버스(inter-integrated circuit bus, I²C bus), 제어기 영역 네트워크 버스(controller area network bus, CAN bus)등과 같은 전기 자동차의 통신 버스(communication bus)를 통해, 제어기(104)의 시리얼 통신 인터페이스(serial communication interface)에 통신적으로(communicatively) 접속될 수 있다. 다른 예시들에서, UI는 스마트폰, 태블릿, 개인 컴퓨터(personal computer, PC), 등과 같은 통신적으로 접속된(communicatively-coupled) 컴퓨팅 장치(computing device)를 통해 구현될 수 있으며, 통신적으로 접속된 컴퓨팅 장치는 블루투스 또는 저전력 블루투스(Bluetooth low energy, BLE)로 일반적으로 지칭되는 IEEE 802.15.1 네트워크와 같은 개인 영역 네트워크(personal-area network, PAN)를 통해 직접적으로, 또는 웹 기반 서버 또는 클라우드 기반 사물 인터넷(internet-of-things, IOT) 서비스를 거쳐 인터넷을 통해 간접적으로, 제어기(104)와 통신할 수 있다.

[0041] 전기적 프로브들(108)은 전기 전력 노드(124) 또는 직류 공급(122)의 입력에 배치된다. 전기적 프로브들(108)은, 각 노드에 걸친 고안정 전압 분배기 회로(high-stability voltage divider circuit)와 같은 전압 프로브 회로(voltage-probe circuit), 또는 측정될 전류 경로에 직렬로(in series) 연결된 고안정 션트 저항(high-stability shunt resistor)과 같은 전류 프로브 회로(current-probe circuit)를 사용하여, 구현될 수 있다. 프로브 회로들은 샘플링(sample) 및 양자화(quantize)되도록 A/D 변환기(A/D converter)에 접속되고, 최종적으로, 샘플링 기준(sampling basis)에서, 각 전압 프로브 회로 또는 전류 프로브 회로의 전압 출력을 주기적으로 판독(read)하도록 프로그래밍(program)될 수 있는 제어기(104)와 인터페이스된다. 제어기(104)는 각각의 측정된 노드의 전압을 계산(compute)할 수 있고, 교류 전압의 경우에 제어기(104)는, 제로 크로싱(zero crossing)또는 PLL 또는 유사한 것에 기초하여, 교류파(AC wave)의 주파수와 위상 정보를 계산적으로(computationally) 결정할 수 있다.

[0042] 필요시(call for)되는 전력 전송 기능(power-transfer functionality)을 달성하기 위해, 스위칭 회로(106)를 구성하고 제어하도록, 제어기(104)는 측정된 전기적 정보, 및 일부 실시예들에서의 사용자 입력(user input)을 사용할 수 있다. 도 2는 일부 실시예들에 따라, 시스템(100)과 같은 동적으로 재구성가능한 전력 변환기 시스템

템에 의하여 용이하게 되는 전자기계 시스템(200)의 동작의 다양한 모드들을 도시하는 블록도다. 전자기계 시스템(200)은 기계 와인딩들을 가지는 전기 기계(202), 및 하나 이상의 배터리들(210)을 포함한다. 전자 기계 시스템(200)은, 시스템(100)의 예시인 멀티 모달 전력 변환기 시스템(multi-modal power converter)(250)을 더 포함하고, 명료성을 위해 별도로 도시되지 않은 제어기(제어기(104)와 같은), 전기적 측정 회로(프로브들(108)과 같은), 및 스위칭 회로(스위칭 회로(106)와 같은)를 포함한다.

[0043] 전자기계 시스템(200)은 EV의 일부일 수 있고, 또는 모터/발전기 및 에너지 스토어(energy store)를 사용하는 시스템의 다른 유형일 수 있다. 후자의 예시는, 상업용 또는 산업용 난방, 환기 및 공기 조절 시스템(heating, ventilation and air-conditioning system, HVAC system), 엘리베이터 또는 에스컬레이터 시스템, 배출 펌프(sump pump)와 같은 양수장(pumping station), 상수도(water system)의 리프팅 스테이션(lifting station), 양수 저장 수력발전소(pumped-storage hydropower station), 등과 같은 배터리 백업 전동식 시스템(battery-backed motorized system)을 포함한다.

[0044] 도시된 바와 같이, 시스템(250)은, 제어기(104)와 같은 제어기의 하드웨어 상에서 실행되는 펌웨어 명령어들을 통해 실현(realize)될 수 있는, 제어기 프로그램을 구현한다. 제어기 프로그램은 모터 드라이버 모드(252), 배터리 충전 모드(254), 및 공급 모드(supply mode)(256)를 포함한다. 모터 드라이버 모드(252)는 배터리(들)(210)로부터 전기 기계(202)를 구동하기위해 동작한다. 비유동적 시스템 실시예들(예를 들어, 양수장들)에서, 전기 기계(202)는 우선적으로(primarily) 교류 전력 망(120)으로부터 또는 직류 공급(122)으로부터 동력을 공급(power)받을 수 있고, 2차적으로(secondary) 백업으로의 배터리(들)(210)로부터 동력을 공급받을 수 있다. 모터 드라이버 모드(252)는, 에이치브리지 회로(H-bridge circuit), 가변 주파수 드라이브(variable frequency drive), 자속 기준 제어(FOC), 또는 다른 적합한 모터 드라이빙 기술과 같은, 인버터를 구현할 수 있다. 회생 제동을 구현하는 실시예들에서, 모터 드라이버 모드(252)는 전기 기계(202)로부터의 전력을 배터리(들)(210)로 피드 백(feed back)위해 동작하고, 이는 회전식 기계(202)에 의하여 생성된 전력을, 배터리(들)(210)을 충전하는 것을 위한 적합한 직류 전압으로 변환하는 것을 포함할 수 있다.

[0045] 배터리 충전 모드(254)는 배터리(들)(210)을 충전하기 위한 직류 전력을 생산하기 위해 스위칭 회로를 전력 변환기로서 동작시킨다. 스위칭 회로는 교류 전력 망(120)(또는 망에 독립적인 교류 소스), 또는 직류 공급(122)으로부터 입력 전력을 수신(receive)할 수 있다. 따라서, 입력 전압은, 상당히 달라질 수 있고, 스위칭 회로(250)가 동적으로 구성될 수 있는, 다른 전압 조절 기술들(voltage-regulation techniques)(예를 들어, 부스트, 벅, 등.)을 필요시한다. 특히 배터리 충전 모드에서, 시스템(250)은, (264)에 표시된 바와 같이, 기계(202)의 와인딩들을 하나 이상의 인덕터들로 이용한다.

[0046] 공급 모드(256)는 배터리(들)(210)로부터 교류 전력 망(120) 또는 직류 공급(122)(예를 들어, 직류 공급(122)이 다른 장비에 동력을 공급할 수 있는 직류 버스(DC bus)를 포함하는 경우)에 전력을 전송하도록 동작한다. 공급 모드(256)에서, 시스템(250)의 스위칭 회로는, 교류 파를 생성하는 반전, 및 전압 변환(부스트 또는 감소)을 수행하고, (266)에 표시된 바와 같이 기계(202)의 와인딩들을 하나 이상의 인덕터로 이용한다. 교류 전력 망(120)에 전력을 공급하도록, 시스템(250)의 제어기에 의하여, 망 전압의 전압 측정은, 인버터 출력의 생성된 파형을 교류 전력 망(120)의 위상과 동기화하는데 사용된다. 예를 들어, 제어기는 교류 파형의 위상을 추적(track)하는 위상 고정 루프(PLL)에 기초한 제어 스킴(control scheme)을 구현할 수 있다. 전압 또는 전류 측정은 전력 전송의 양을 제어하기 위해 사용될 수 있다.

[0047] 특히, 일부 실시예들에서, 동작 모드(mode of operation)들의 각각은 다른 시간에 수행(carry out)되지만, 같은 스위칭 회로(106)를 사용하여, 특정한 스위치들은 다른 회로 토폴로지들에 대응하여 다른 시간에 다른 동작 모드들을 구현할 수 있다. 예를 들어, 모터 드라이버 모드(252)에서는, 스위칭 회로(106)의 주어진 스위치는 에이치브리지 모터 드라이빙 토폴로지(H-bridge motor-driving topology)의 레그(leg)가 될 수 있는 반면에, 배터리 충전 모드(254)에서는, 같은 스위치는 부스트 컨버터의 스위칭 조절기로 동작할 수 있다.

[0048] 도 3은, 하나, 또는 그룹의 전기적 저장 장치들이, 교류 전력 망으로부터 충전될 수 있고, 별도로, 교류 전력 망에 전력을 공급하는데 사용될 수 있는, 실시예의 유형에 따른 그리드 타이 배치를 도시하는 개략도다. 도시된 바와 같이, 시스템(300)은 와인딩들의 세 쌍들(304a, 304b, 304c, 304d, 304e, 304f), 및 로터(305)를 갖는 3상 전기 기계(302)를 포함한다. 전기 기계(302)는 EV의 트랙션 모터, 또는 모터나 발전기의 다른 유형일 수 있다.

[0049] 시스템(300)은, 적어도 배터리 충전 모드(254) 및 공급모드(256)(도 2)에 따라 스위칭 로직을 실행하는 제어기(104)(도 1)와 유사한 제어기(310), 및 스위칭 회로(106)(도 1)와 유사한 스위칭 회로(306)를 더 포함한다. 시

시스템(300)은 또한 복수의 전기 프로브들을, 예를 들어, 측정된 전압을 나타내는 신호들을 표출(representative)하도록 제어기(310)에 통신적으로 접속되는 제1 교류 전압 프로브 세트(P_{AC1} , P_{AC2} , P_{AC3}) 및 제1 직류 전압 프로브 세트(P_{DC1} , P_{DC2})(오직 두 개만 도시됨)와 같은 복수의 전기 프로브들을 포함한다. 도 3에 도시되지 않았지만, 시스템(300)은, 다른 센서들을, 예를 들어 전기 기계(302) 또는 그것의 부품들의 동작 양상(예를 들어, 회전 속도, 로터의 회전 위치, 온도)을 감지하도록 위치(position)되거나 접속된 센서들을 채택할 수 있다.

[0050] 도시된 바와 같이, 시스템(300)은, 단상 주 전원 탭(single-phase mains power tap) 또는 3상 공급을 통해 이용 가능할(available) 수 있는, 교류 전력 망(320)에 전기적으로 접속되어 있다. 시스템(300)은 또한 하나 이상의 직류 전력 저장 장치들에, 예를 들어, 전기 자동차들(316a, 316n)의 플리트의 일부일 수 있는 하나 이상의 EV들(316a, 316n)(오직 두 개만 도시됨)의 다수의 트랙션 모터 2차 전지들(314a, 314n)(오직 두 개만 도시됨)에, 전기적으로 접속가능(couplable)하다. 다른 어플리케이션들에서, 직류 전력 저장 장치(들)은, 예를 들어, "배터리 제어 시스템들 및 방법들"이라는 명칭의 미국 특허 출원 13/842,213호에서, 설명된 바와 같이 배터리 제어 시스템(battery control system, BCS)일 수 있으며, 그 개시는 여기에 참조로 통합되어 있다.

[0051] 특히, 시스템(300)은 EV들(316)중 하나에 통합될 수 있다. 따라서, 주어진 EV에 탑재된(onboard) 2차 전지(314)만이 시스템(300)을 사용하여 충전 가능하도록, 시스템(300)이 일 실시예에서 배치될 수 있다. 다른 실시예들에서, 그룹의 EV들중 하나에 통합된 시스템(300)을 사용하여, 시스템(300)은, 다른 EV들의 배터리들을 포함하는 복수의 2차전지들(314)을, 충전할 수 있다. 다른 실시예들에서, 시스템(300)은 EV들(316)에 통합되지 않는다; 대신에, 시스템(300)은, 임의의 EV(316)의 모터가 아닌 전기 기계(302)와 연관된, 독립형 시스템(300)이다.

[0052] 시스템(300)의 제어기(310)는, 적어도 제1 기간(a first period) 동안에는, 교류 전력 망(320)으로부터 교류 전력을 수신하고, 직류 전력 저장 장치들(예를 들어, 트랙션 모터 2차 전지(314a, 314n)) 또는 BCS에 적절한(appropriate) 전압의 직류 전력을 출력(output)하는, 전력 변환기로서 동작하게 하는 스위치들(306)을, 배터리 충전 모드(254)에 따라, 제어하도록 동작할 수 있다. 시스템(300)의 제어기(310)는, 적어도 제2 기간(a second period) 동안에는, 직류 전력 저장 장치들(예컨대, 트랙션 모터 2차 전지(314a, 314n) 또는 BCS)로부터 직류 전력을 수신하고, 교류 전력 망과 동상(in-phase)에서 및 적절한 전압에서 교류 전력 망(320)에 교류 전력(단상 또는 삼상)을 출력하는, 전력 변환기로서 동작하게 하는 스위치들(306)을, 공급 모드(256)에 따라, 제어하도록 동작할 수 있다. 특히, 제어기(310)는, 하나 이상의 전력 변환기 아키텍처들의 인덱터들로 선택된, 전기 기계(302)의 와인딩들(304a-304f)을, 접속시키는 다양한 스위치들을 열고 닫을 수(켜고 끌 수(turn on and off)) 있다.

[0053] 대부분의 전기 기계 유형에는 채택될 수 있는 다양한 제어 방법들이 있고, 대부분은, 주파수/전압 - f/V 비율 제어 시스템(frequency/voltage - f/V ratio control system)들, 6단계 인버터(6 step inverter)들, 펄스 폭 변조 인버터(pulse width modulated (PWM) inverters), 스페이스 벡터(space vector), 자속 기준 제어(FOC), 등을 포함하는 개시된 스위칭 제어 시스템에 적절하다. 이러한 설계(design)들 중 다수는, 특정 상황들과 원하는 결과들을 고려할 때, 기술을 통합(integrate)하는 가장 좋은 방식을 결정하는 역할을 할 수 있는 옵션들이 있다. 예를 들어, FOC 시스템들은, 시스템 제어를 지원하도록, 센서리스(sensorless)일 수 있고, 피드백 루프(feedback loop)들을 가지는 엔코더(encoder)들, 홀 효과 센서(Hall effect sensor)들 또는 다른 부품들을 사용할 수 있다. 반면에 기술은 많은 전기 기계 설계들에, 적어도 교류 전압 프로브들의 세트로부터의 입력에 기초한 위상 고정 루프를 갖는, 자속 기준 제어 토폴로지를 사용하는 영구 자석 동기 기계(Permanent Magnet Synchronous Machine, PMSM)에 대한 기술의 하나의 구현에, 적용될 수 있다.

[0054] 도 4a는 예시 실시예(example embodiment)들에 따라, 스위칭 회로(104 or 306)의 일부의 예시인 스위칭 회로(400A)를 도시하는 회로도다. 도시된 바와 같이, 스위칭 회로(400A)는 다중 위상 전기 기계(multi-phase electric machine)의 일 위상에 대응한다. 스위치들(S1-S9) 및 필터 커패시터(filter capacitor)(C1)를 포함하는 스위칭 회로(400A)는, 전기 기계의 각 위상에 대해 중복(duplicate)될 수 있다.

[0055] 예를 들어, 도 5는, 교류/직류 단자들의 패널에 관한, 스위칭 회로(400A)의 복수의 인스턴스들의, 위상 A, 위상 B, 및 위상 C로 표시된, 다중 위상 배치를 도시하는 블록도다. 도시된 바와 같이, 각 위상(A, B, 및 C)은, 다 음과 같은 전력 변환기의 복수의 구성들을 용이하게 하고자 복수의 연결(connection)들이 구성되는, 교류/직류 단자들의 패널에 연결되어 있다. 예를 들어,

[0056] - 3상 교류 망 또는 부하의 경우, 라인들(L1, L2, 및 L3)은 그에 따른 3상 A, B, C의 아웃풋(OUTPUT) 노드에 연결된다.

- [0057] - 교류 분상의 경우, 라인들(L1, L2, 및 N)은 3상 A, B, C의 아웃풋(OUTPUT) 노드에 마찬가지로(in the same manner) 연결된다.
- [0058] - 직류 소스 또는 부하는, 다른 입력(교류 또는 직류)이 (L1) 및 (DC-)에 연결된 동안, (B-)에 연결되거나 (DC-) 및 (DC+)에 연결된다.
- [0059] 도 4a를 다시 참조하면, 각 스위치들(S1-S9)은, (하나 또는 복수의 반도체 장치들을 포함할 수 있는) 적절한 반도체 유형 스위치(semiconductor type switch)이고, 적절한 반도체 유형 스위치는, 어플리케이션의 전압들 및 전류들을 지원할 수 있도록, 및 트랜지언트 스파이크(transient spike)들을 견딜 수 있도록 충분히 견고(robust)한, 교류용 트라이오드(트라이악)(triode for alternating current, triac), 절연 게이트 양극성 트랜지스터(insulated gate bipolar transistor, IGBT), 전계 효과 트랜지스터(field effect transistor, FET), 솔리드 스테이트 릴레이(solid state relay, SSR), 또는 다른 적절한 기술과 같은 적절한 반도체 유형 스위치다. 더 큰 전력 트랜지스터 기반 스위치(larger power-transistor-based switch)들에는 게이트 구동 회로, 스너빙 회로, 등과 같은, 명료성을 위해 도시되지 않은, 지원 일렉트로닉스(supporting electronics)가 포함될 수 있다.
- [0060] 단자들(B+ 및 B-)은 각각(respectively) EV의 트랙션 배터리와 같은 에너지 저장 장치의 양극(positive) 및 음극(negative) 단자들에 대응한다. 인덕터들(Lc1 및 Lc2)은 전기 기계의 일 위상의 한 와인딩들의 쌍(pair of windings)으로 실현된다.
- [0061] 스위치(S5A-S5B)는 (S1-S4) 및 (S6-S9)에 의하여 구축된 에이치브리지 회로에 아웃풋(OUTPUT) 노드를 연결 및 분리(disconnect)하기 위해 동작한다. 아웃풋(OUTPUT) 도시된 바와 같이, 분리 스위치(disconnect switch)(S10)와 교류/직류 단자들을 통해 스위칭 회로(400A)를 교류 전력 망(120) 또는 직류 공급(122)에 연결한다. 교류/직류 단자들은 교류/직류 단자 패널의 일부로서 제공될 수 있다.
- [0062] 관련 실시예에서, 스위치들(S5A 및 S5B)은, 점선으로 도시된 바와 같이, 교류 또는 직류 단자들에 관한 각 와인딩(Lc1 및 Lc2)의 극성 반전(polarity reversal)을 용이하게 한다.
- [0063] 외부 커넥터(external connector)들을 차량에 꽂지 않은, 모터 드라이버 모드(252)(도 2)에서, 스위치들(S5A 및 S5B)은 직렬 또는 병렬(in parallel) 모드로 동작한다. 관련 실시예들에서, 계전기(relay) 또는 접촉기(contactor)로 구현될 수 있는 스위치(S10)는, 스위치(S5A/B)의 중심으로부터 전자기 인터페이스(electromagnetic interface, EMI) 방출 등을 최소화하도록, 단자 연결 케이블(terminal-connection cable)들을 분리하기 위해 사용된다.
- [0064] 스위치의 그룹들(S1-S4, 및 S6-S9)은, 그들의 각각의 모터 와인딩을 통해 전류를 번갈아 나오게(alternate)하는 에이치브리지 회로로서 각각 동작한다. 이 동작은, 모터로서 전기 기계의 속도 및 방향 제어를 달성하기 위해, 다른 위상(들)의 대응하는 회로와 조직화된다. 마찬가지로, 전기 기계가 발전기 및 교류 전류를 소싱(source)하는 와인딩들로 작동할 때, 스위치들의 그룹들은, 회생 제동하는 동안 에너지 저장 장치로 전력을 전송하도록 동작할 수 있다.
- [0065] 배터리 충전 모드(254) 및 공급 모드(256)에서 전기 기계는 일반적으로 비유동적이고, 와인딩들(Lc1 및 Lc2)이 인덕터들로 회로에서 사용된다. 요구되는 전압 변환 또는 반전 기능을 달성하기 위해, 필요하다면, 다양한 회로 토폴로지들 또는 스위칭 시퀀스(sequencing)들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 그것들은 입력 전압의 2 그룹들로 나누어질 수 있다: 교류 및 직류 소스 또는 부하. 스위치 상태(switch state)들을 변경함으로써, 다른 구성들을 달성할 수 있다.
- [0066] 단상, 분상, 및 3상 교류 망 전압 또는 부하와 같은 교류 구성들의 경우에서, 스위칭 회로(400A)의 구성인 스위칭 회로(400B)는, 도 4b에 도시된 바와 같이, 스위치들(S5A 및 S5B)이 단한 채로 실현될 수 있다. 이 예시에서, 스위치들(S1, S2, S8 및 S9)의 제어에 의하여, 전류는 와인딩들(Lc1 및 Lc2)을 통해 병렬 분기(parallel branch)들로 공유(share)된다. 전력 흐름 방향((power flow direction)을 변경함으로써 동작의 다른 모드들이 얻어진다, 예를 들어, 공급 모드(256)에서는 반대되는 전력 흐름 방향이 사용되는 반면, 충전 모드(254)에서는 교류 망으로부터 에너지 저장 장치로 전력이 제어된다.
- [0067] 도 5를 다시 참조하면, 태양광 발전(solar PV)과 같은 직류 공급(122)을 사용할 때, 음극(negative) 단자가 (B-)에 연결되어 있는 동안, 양극(positive) 직류 공급 단자는 (L1, L2, 또는 L3)에 연결될 수 있다. 이것은 벽, 부스트, 벽 부스트를 가지는 3개의 독립적인 직류/직류 변환기들이 될 수 있다.

- [0068] 다른 구성에서는, 직류 공급은 세 개의 입력들, 선들(L1, L2, L3)중 두 개 사이에 연결될 수 있다. 이 경우(도 4a 참조) 한 입력의 스위치들(S4, S7 및 S5)는 닫혀 있고 다른 모든 스위치들은 열려 있다. 예를 들어, 선 L2 (도 5)의 스위치가 이러한 방식으로 구성된 경우, 그것은 입력(L2)를 (B-)에 연결하여, 두 개의 직류/직류 변환 채널들을 제공한다. 이 경우에, 선들(L1 및 L3)은 두 개의 양극 단자가 되는 반면, 선(L2)은 공통 음극 단자로 사용된다.
- [0069] 도 4c는 다른 예시에 따라, 부스트 컨버터를 구현하는 회로 배치(400A)의 구성인 스위칭 회로(400C)를 도시하는 회로도다. 여기서, 스위치들(S5A 및 S5B)은 켜져 있고, 스위치들(S1 및 S8)은 꺼져 있고, 스위치들(S2 및 S9)이, 에너지 저장 전압 레벨(B+/B-)과 원하는 전압 대화율(conversation ratio)을 달성하도록, 조절된 듀티 사이클(duty cycle)들로 제어되는 동안, 오직 전력 트랜지스터 바디 다이오드(power-transistor body diode)들(예를 들어, 전력MOSFET에 내장된)이 사용된다.
- [0070] 도 4d는 벡 컨버터를 구현하는 회로 배치(400A)의 구성으로서의 회로 배치(400D)을 도시하는 회로도다. 따라서, 스위치들(S3 및 S6)은 열려 있고, 도시되지 않았다. 스위치들(S2 및 S9)은 꺼져 있는 반면(예를 들어, MOSFET 구현에서, 전류 프리휠링(freewheeling)을 위해 역방향 바디 다이오드(reversed body diode)를 사용하는 것), 스위치들(S1 및 S8)은 켜져 있다. 스위치들(S5A 및 S5B)은, 원하는 변환율(conversion ratio)들을 얻도록, 조절된 듀티 사이클로 제어된다.
- [0071] 도 4e는 다른 예시에 따라, 비 반전 벡 부스트 컨버터(non-inverting buck-boost converter)를 구현하는 회로 배치(400A)의 구성으로서의 회로 배치(400E)를 도시하는 회로도다. 이 동작 예시에서, 스위치들(S1, S4, S7 및 S8)은 꺼져 있는 반면(MOSFET 구성들에서 그들의 역방향 바디 다이오드들을 사용하는 것), 스위치들(S3 및 S6)은 열려 있고 도시되지 않았다. 그들의 꺼짐 주기(off period)동안 에너지 저장 장치(B+/B-에 있는)로 방출되는 에너지를, 인덕터(Lc1)에 저장하도록, 스위치들(S5A 및 S2)은 같은 시간에 켜진다. 부스트 모드는 스위치들(S5A 및 S2)의 듀티 사이클이 50%보다 높을 때 동작하며, 그렇지 않으면 벡 모드가 사용된다. 스위치들(S5B 및 S9)를 사용하여 유사한 작동이 처리(conduct)된다.
- [0072] 관련 실시예들에서, 적절한 경우, 직류 출력 전류에서의 전류 리플(current ripple)을 감소시키기 위해, (Lc1) 및 (Lc2)를 통과하는 병렬 전류 경로들은 인터리빙 패션(interleaving fashion)으로 제어될 수 있다.
- [0073] 게다가 또는 대안적으로, 도 4a에 도시된 바와 같이, 직류 공급 입력의 음극 단자는 다른 위상의 OUTPUT 노드에, 즉 (DC-)에, 연결될 수 있다. 이 경우, 직류 구성 또는 교류 구성중 하나에서의 병렬 위상의 스위칭 패턴(switching pattern)들은 상관적으로(correlatively) 제어될 수 있다.
- [0074] 관련 실시예에서, 배터리 충전 모드(254) 또는 공급 모드(256)를 위한 이러한 회로 구성들에서, 전기 기계의 같은 위상의 인덕터들(Lc1, Lc2)의 쌍은 반대 극성으로 연결되고 에너지를 공급받는다. 유리하게, 이러한 배치는, 전기 기계의 로터 샤프트의 임의의 원치 않는 비틀림 진동을 완화(mitigate)함으로써, 기계의 로터에 있는 각 와인딩(Lc1, Lc2)에서의 전류의 자기 효과(magnetic effect)가 다른 와인딩(Lc2, Lc1)에 의하여 상쇄(cancel out)되도록 허용한다.
- [0075] 도 6은, 일부 실시예들에 따라, 제어기(104)(도 1) 또는 제어기(310)(도 3)과 같은 시스템 제어기에 의하여 실행가능한, 제어기 프로그램(600)을 도시하는 흐름도이고, 도 6은, 시스템(100)(도 1), 시스템(250)(도 2), 또는 시스템(300)(도 3)과 같은 동적으로 재구성가능한 멀티 모달 전력 변환기 시스템의, 동작 모드를 선택하기 위한, 프로세스(process)의 예시를 포함한다.
- [0076] (602)에서, 시스템이 교류 또는 직류 공급과 같은 외부 전원 공급(external power supply), 또는 외부 부하에 연결되어 있는지 확인하도록, 컨트롤러는 전압 또는 전류 프로브들, 또는 GPIO와 같은 전기 측정값(electrical measurement)들을 관측한다. 만약, 결정(604)에서, 제어기가 그러한 연결은 존재하지 않는다고 결정한다면, 시스템은 (606)에서 모터드라이버 모드로 디폴트(default) 된다. 상술하였듯이, 모드(252)와 같은 모터 드라이버 모드는, 전기기계를 구동하기 위해 온보드 전력 저장 장치(on-board power storage device)로부터 전력을 전송하도록, 스위칭 회로를 사용한다. 스위칭 회로는, 인덕션 모터, 동기 모터 또는 브러시리스 직류 모터와 같은 교류 모터(AC motor)에 전력공급(power)하기 위한 가변 주파수 드라이브, 또는 직류 모터에 전력을 공급하기 위한 가변 직류 전압 드라이브(variable-DC-voltage drive)를 구현할 수 있다. 더 기본적인 어플리케이션에서, 스위칭 회로는 고정 전압, 고정 주파수 전원 공급(fixed-voltage, fixed frequency power supply)을 구현할 수 있다.
- [0077] 만약 결정(604)이 외부 전력 소스 또는 부하로의 연결을 인지하지 못한다면, 프로세스는, 사용된 커넥터

(connector)들 및 감지된 전압에 기초하여 스위칭 회로 토폴로지를 구성하는, 동작(608)으로 진전(advance)한다. 예를 들어, 만약 3상 교류 커넥터가 사용되었다면, 스위칭 회로는 3상 인버터에 구성될 수 있다; 또는, 만약 직류 커넥터가 사용되었다면, 스위칭 회로는, 배터리 전압과 비교된 입력 직류 전압 레벨(voltage level of input DC voltage)에 기초하여, 벽 또는 부스트 구성으로 구성된다. 단상 또는 분상 교류 입력 전압에 대해서도 유사한 구성 동작들이 채택된다. 만약 교류 커넥터가 꽂혀 있지만 전압이 감지되지 않았다면, 교류 공급 보다는, 교류 부하가 연결되었다는 것을 암시(imply)할 수 있다. 통신 및 감지의 다른 방법들은 스위칭 회로 구성들을 결정하는데 사용될 수 있다.

[0078] (610)에서 시스템의 배터리를 충전할 명확한 필요가 있는지를 결정하기 위해, 배터리 충전 상태(battery state of charge)가 추정(estimate)되고, 결정(612)은 측정된 배터리 충전상태 레벨을, 예를 들어 10% 또는 15%의 저충전에 대응하는 값과 같은, 참조 임계값(reference threshold)과 비교한다. 만약 측정된 배터리 충전이 정의된 임계값보다 낮다면, 프로세스(600)는, 외부 공급으로의 연결을 만든 사용자의 의도가 그 공급을 사용해 시스템의 배터(batter)를 충전하는 것임을 추론(infer)할 수 있다. 따라서, 결정(612)은 프로세스를 충전 모드(614)로 진전시킬 수 있다.

[0079] 충전 모드(614)는, 공급이 교류 또는 직류 공급인지 결정하도록, 및 교류 공급의 경우, 라인 주파수(line frequency)를 결정하도록, 및 만약 스위칭 회로에 의하여 액티브 정류(active rectification)가 실행되면, 교류 공급의 위상을 결정하도록, (616)에서 공급 전압과 파형을 측정하는 것을 포함한다. 스위칭 변환기(switching converter)는 (618)에서 동작한다. 추가적인 동작은 교류 전력의 정류, 및 배터리를 충전하기 위한 적절한 전압에서의 직류 충전 전류를 보장하기 위한, 피드백 제어(feedback control)를 포함한다. 관련 실시예에서, 충전하는 동안, 전극(electrode)들의 원하지 않는 결정화를 억제(inhibit)하여 배터리들의 전극들을 보존(preserve)하려는 스위칭 회로의 동작에 의해, 충전 전류는 주기적으로 잠시동안 역전(reverse)될 수 있다.

[0080] 만약, 결정(622)에서, 측정된 배터리 충전 상태가 정의된 임계점보다 낮지 않으면, 프로세스는, 제어기가 사용자의 목적(objective)을 결정하는, 동작(620)으로 갈라진다(branch). 연결된 전원 또는 부하와 함께, 사용자는, 외부적으로 공급된(externally-supplied) 전력을 사용하여 배터리를 충전하는 것, 또는 연결된 부하에 전력을 공급하거나 전력 버스 또는 전력 망에 전력을 공급하도록 배터리에 저장된 에너지를 사용하는 것 중 하나를 의도할 수 있다. 따라서, 동작(620)은, UI를 통하여 동작의 의도된 모드를 나타내(indicate)도록, 사용자를 프롬프트(prompt)하거나, 또는 사용자의 제공된 입력을 단순히 기다릴 수 있다. 상술한 바와 같이, 예를 들어, 로컬 네트워크(local network)를 통한 무선 네트워킹(wireless networking)을 통하거나 클라우드 기반(cloud-based) 서비스를 통해, 사용자의 컴퓨팅 장치와 함께하는 통신들에 의하여, 또는 전용 로컬 하드웨어 장치(dedicated local hardware device)를 통하는 것을 포함하는 다양한 방식들에서, UI가 구현될 수 있다.

[0081] 결정(622)에서, 만약 사용자가 시스템의 배터리를 연결된 전력 망, 전력 버스, 또는 부하에 대한 전력 소스로서 사용하고자 의도했다면, 프로세스는 공급 모드(624)를 구현하고자 진전한다. 공급 모드(624)는 감지된 신호들에 대조한 사용자 구성의 검증(verification)을 포함한다(626). 만약 그것들이 일치한다면, 프로세스는 진전하고, 그렇지 않으면, 경고 알림(warning notification)이 발령(issue)된다. 동작(628)에서, 적용할 수 있다면(applicable), 부하(전력이 전송될 교류 망 또는 직류 공급 버스일 수 있음)에서, 전압과 파형이 측정된다.

[0082] (628)에서, 구성된 전력 변환기는 스위칭 회로 및 모터의 인덕티브 와인딩들을 사용하여 구현되고 동작된다. 스위칭 동작은, 생성된 교류 파형이 위상에서 전력 망의 교류파와 부합하고자, 전력이 공급될 교류 망에서 측정된 전력 파형에 기초하여 동작한다. 이것을 위해, 동기화를 유지하고자, 제어기에 의해 PLL 서브루틴(PLL subroutine)이 실행될 수 있다. 전력이 직류 버스에 제공되고 있는 경우, 반전 동작은 생략(omit)될 수 있다. 전압은 PWM 기술, 또는 부스팅 기술 등을 통해 절절히 조절되어, 원하는 양으로 전력을 공급한다. 따라서, 전기적 측정(출력에서 전압 또는 전류), 및 적절한 전압 또는 전류 공급을 유지하기 위한, 피드백 제어는, 제어기에 의하여 수행될 수 있다.

[0083] 모터와 인덕티브 와인딩 조합으로부터의 추가적 기능은 다수의 가능한 혜택들을 제공한다. 예를 들어, EV 실시예에서는, 대부분의 전기 자동차들에서 일반적인, 온보드 Lc1/2 충전기에 대한 필요는, 배제(obviate)되었다. 그것들은 일반적으로 1.7-5kw 충전 전력을 전달하는 120/240V 단상 입력 충전기다. 모터 드라이브 회로의 일부로 이미 제공되는, EV의 배터리의 충전을 제어하는, 스위칭 회로를 사용하여, 사용자들의 전기 자동차를 충전하도록, 그들은 자동차를 임의의 표준 교류 리셉터클에 꽂을 수 있다. 이것은, 예를 들어, 대부분의 전기 자동차들에 일반적으로 채택되는, 값비싼 직류 충전 공공시설(infrastructure)을 제거할 수 있다. 여기에 설명된 모터 드라이브 회로를 갖춘 자동차들을 충전하는 것은, 오직 표준 교류 연결만을 요구한다, 예를 들어, 일반적인

산업용 208V, 200A, 3상 서비스는 약 70kW의 충전 전력을 제공한다. 오직 표준 교류 전력만 필요하므로, 값비싼 직류 고속 충전기들에 대한 필요를 제거할 수 있어, 이것은 산업용 어플리케이션들에 대한 플리트 충전을 크게 간소화할 수 있다.

- [0084] 추가적으로 또는 대안적으로, 전기 자동차들은 특정 어플리케이션에 따라, 특히 연료 셀들, 등과 같은 주된 에너지 소스와 함께 사용되는 때, 백업 전력 또는 현장 전력 저장 장치들이 될 수 있다. 사용자들은, 전기 자동차들이 수송 중이 아니거나 자동차로서 동작하지 않을 때, 피크 전력(peak power)을 제공함으로써 추가적 수입원(revenue stream)을 제공하도록, 자동차 플리트들을 그리드 에너지 저장(grid energy storage)으로 사용할 수 있다.
- [0085] 추가적으로 또는 대안적으로, 전기 기계(예를 들어, 전기 모터) 및 와인딩 스위칭(즉, 모터 드라이브) 조합은, 단상 모드 및 3상 모드 모두에서 전류 소비(current draw)의 각과 모양이 완벽하게 제어될 수 있으므로, 역률 개선(power factor correction) 또는 라인 필터링(line filtering)을 유리하게 제공할 수 있다. 충전 또는 방전(discharge)중에, 역률(power factor)은 임의의 0이 아닌 값으로 제어될 수 있고, 일반적으로 원하는 역률은 PF=1이다.
- [0086] 반면에, 설명된 기술은 많은 전기 기계 설계들에, 적어도, 교류 전압 측정들의 세트에 기초한, 위상 고정 루프가 있는, 자속 기준 제어 토폴로지를 사용하는 PMSM으로의 기술 중, 하나의 구현에, 적용될 수 있다.
- [0087] 추가적으로 또는 대안적으로, 전기 기계(예를 들어, 전기 모터) 및 스위칭(즉, 모터 드라이브) 조합은, 또한, 예를 들어 PV 시스템들로부터, 직류 전력을 수신할 수 있다. 이러한 구현들에서, 추가적으로 또는 대안적으로, PV 시스템의 최대 효율 동작(maximum efficiency operation)을 제공하기 위해, MPPT 역량(capability)을 구현하도록 PV 시스템들로부터의 전력 소비(power draw)를 달리할 수 있다.
- [0088] 추가적인 노트들 및 예시들
- [0089] 예시 1은 동적으로 재구성가능한 전력 변환기 있어서, 제어기 회로; 제어기 회로에 동작적으로 접속된 복수의 스위치들을 포함하는 스위칭 회로; 및 제어기 회로에 동작적으로 접속되고, 제1 노드 세트 및 제3 노드 세트에서 전기적 조건들을 모니터링하도록 배치된 전기적 측정 회로를 포함하고, 스위칭 회로는, 에너지 저장 장치의 단자들에 전기적으로 연결가능한 제1 노드 세트; 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩에 전기적으로 연결가능한 제2 노드 세트; 및 외부 전력 소스에 전기적으로 연결가능한 제3 노드 세트를 포함하고, 제1 스위치 서브세트를 포함하는, 복수의 스위치들은, 제어기 회로의 제어하에, 제1 노드 세트로부터 제2 노드 세트로의 전력 전달을 조절하도록 제1 모드에서 동작하여, 동작 중에, 회전식 전기 기계를 구동하기 위하여 전력 저장 장치로부터의 전력이 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩에 전달되고, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 복수의 스위치들은, 제1 노드 세트와 제3 노드 세트의 전기적 조건에 기초하여, 제어기 회로의 제어하에, 제2 노드 세트를 통한 제1 노드 세트와 제3 노드 세트 사이의 전력 전달을 조절하도록 제2 모드에서 동작하여, 동작 중에, 인덕터로서 채택된 적어도 하나의 와인딩을 통하여 외부 전력 소스와 에너지 저장 장치 사이에서 전력이 변환되고 전달되는, 동적으로 재구성가능한 전력 변환기다.
- [0090] 예시 2에서, 예시 1의 기술사상은, 전력 저장 장치가, 배터리를 포함하는 것을 포함한다.
- [0091] 예시 3에서, 예시들 1-2의 기술사상은, 회전식 전기 기계가 교류 모터(AC motor)를 포함하는 것, 제1 스위치 서브세트가, 제어기 회로의 제어 하에 스위칭 회로 사이에 설정(establish)된 인버터 회로의 일부로서 제1 모드에서 동작하는 것, 인버터 회로가, 제1 모드의 동작 시, 전력 저장 장치로부터의 직류 전력을 교류 모터의 적어도 하나의 와인딩에 인가되는 교류 전력으로 변환하는 것을 포함한다.
- [0092] 예시 4에서, 예시들 1-3의 기술사상은, 회전식 전기 기계가, 각각의 위상에 대한 와인딩들의 쌍을 포함하는 다중 위상 기계(multi-phasic machine)인 것, 제2 노드 세트가, 각각의 위상의 와인딩들의 각각의 쌍에 전기적으로 연결가능한 것, 각각의 쌍의 와인딩들이, 제2 모드의 동작 시, 반대 극성들로 에너지공급을 받아, 회전식 전기 기계의 기계적 움직임(mechanical movement)에 대한 순 효과가 무효화(nullify)되는 것을 포함한다.
- [0093] 예시 5에서, 예시들 1-4의 기술사상은, 제2 모드의 동작 시, 제3 노드 세트로부터 제1 노드 세트로 전력이 전송되어, 에너지 저장 장치를 충전하도록 외부 전력 소스가 전력을 공급하는 것을 포함한다.
- [0094] 예시 6에서, 예시 5의 기술사상은, 외부 전력 소스가, 교류 전력 망인 것, 제1 스위치 서브세트가, 제어기 회로의 제어 하에, 직류 전력을 생산하기 위해 교류 전력 망으로부터의 교류 전력을 정류하도록 동작하는 것을 포함한다.

- [0095] 예시 7에서, 예시들 1-6의 기술사상은, 제2 모드의 동작 시, 제1 노드 세트로부터 제3 노드 세트로 전력이 전송되어, 에너지 저장 장치로부터 외부 전력 소스에 전력을 공급하는 것을 포함한다.
- [0096] 예시 8에서, 예시 7의 기술사상은, 외부 전력 소스가, 교류 전력 망인 것, 제1 스위치 서브세트가, 제어기 회로의 제어 하에, 에너지 저장 장치로부터의 직류 전력을 교류 전력 망으로 전송되기 위한 교류 전력으로 반전하도록 동작하는 것을 포함한다.
- [0097] 예시 9에서, 예시들 1-8의 기술사상은, 제어기 회로가, 제2 모드의 동작 시, 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩을 전압 부스팅 인덕터(voltage-boosting inductor)로 이용하는 부스트 컨버터를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 스위칭 회로를 구성하는 것을 포함한다.
- [0098] 예시 10에서, 예시들 1-9의 기술사상은, 제어기 회로가, 제2 모드의 동작 시, 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩을 필터링 인덕터(filtering inductor)로 이용하는 벡 컨버터를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 스위칭 회로를 구성하는 것을 포함한다.
- [0099] 예시 11에서, 예시들 1-10의 기술사상은, 제어기 회로가, 제1 모드의 동작 시, 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩에 에너지공급을 하고 기계에 회전을 부여하는 가변-주파수 모터 드라이브(variable-frequency motor drive)를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 스위칭 회로를 구성하는 것을 포함한다.
- [0100] 예시 12에서, 예시들 1-11의 기술사상은, 제1 인스턴스에서, 제어기 회로가, 제1 모드의 동작 시, 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩에 에너지공급을 하고 기계에 회전을 부여하는 모터 드라이브를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 스위칭 회로를 구성하는 것, 제2 인스턴스에서, 제어기 회로가, 제2 모드의 동작 시, 외부 전력 소스와 에너지 저장 장치 사이에서 전압을 변환하고 전력을 전송하는, 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩을 전압 부스팅 인덕터로 이용하는 부스트 컨버터를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 스위칭 회로를 재구성하는 것을 포함한다.
- [0101] 예시 13에서, 예시들 1-12의 기술사상은, 제1 인스턴스에서, 제어기 회로가, 제1 모드의 동작 시, 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩에 에너지공급을 하고 기계에 회전을 부여하는 모터 드라이브를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 스위칭 회로를 구성하는 것, 제2 인스턴스에서, 제어기 회로가, 제2 모드의 동작 시, 외부 전력 소스와 에너지 저장 장치 사이에서 전압을 변환하고 전력을 전송하는, 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩을 필터링 인덕터로 이용하는 벡 컨버터를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 스위칭 회로를 재구성하는 것을 포함한다.
- [0102] 예시 14에서, 예시들 1-13의 기술사상은, 제1 인스턴스에서, 제어기 회로가, 제1 모드의 동작 시, 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩에 에너지공급을 하고 기계에 회전을 부여하는 모터 드라이브를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 스위칭 회로를 구성하는 것, 제2 인스턴스에서, 제어기 회로가, 제2 모드의 동작 시, 외부 전력 소스와 에너지 저장 장치 사이에서 전압을 변환하고 전력을 전송하는, 회전식 전기 기계의 적어도 하나의 와인딩을 전압 부스팅 인덕터 또는 필터링 인덕터 중 하나로 이용하는 인버터 겸 전압 변환기(inverter and voltage converter)를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 포함하는 스위칭 회로를 재구성하는 것을 포함한다.
- [0103] 예시 15에서, 예시들 1-14의 기술사상은, 회전식 전기 기계가, 전기 자동차의 트랙션 모터인 것, 에너지 저장 장치가, 전기 자동차의 트랙션 배터리인 것을 포함한다.
- [0104] 예시 16에서, 예시 15의 기술사상은, 외부 전력 소스가, 교류 전력 망인 것을 포함한다.
- [0105] 예시 17에서, 예시들 1-16의 기술사상은, 스위칭 회로가, 회전식 전기 기계의 제1 위상(first phase)에 대응하는 적어도 하나의 와인딩의 제1 세트와 전기적으로 접속된 스위칭 회로의 제1 인스턴스인 것, 동적으로 재구성 가능한 전력 변환기가, 회전식 전기 기계의 제2 위상(second phase)에 대응하는 적어도 하나의 와인딩의 제2 세트와 전기적으로 접속된 스위칭 회로의 제2 인스턴스; 및 회전식 전기 기계의 제3 위상(third phase)에 대응하는 적어도 하나의 와인딩의 제3 세트와 전기적으로 접속된 스위칭 회로의 제3 인스턴스를 더 포함하는 것, 스위칭 회로의 제1 인스턴스가, 제1 전기 단자(electric terminal)에 전기적으로 접속되는 것, 스위칭 회로의 제2 인스턴스가, 제2 전기 단자에 전기적으로 접속되는 것, 스위칭 회로의 제3 인스턴스가, 제3 전기 단자에 전기적으로 접속되는 것을 포함한다.
- [0106] 예시 18에서, 예시 17의 기술사상은, 제1, 제2, 및 제3 전기 단자들이, 3상 교류 공급(three-phase AC Supply)의 제1 위상, 제2 위상, 및 제3 위상과 각각 접속되는 것을 포함한다.

- [0107] 예시 19에서, 예시들 17-18의 기술사상은, 제1, 제2, 및 제3 전기 단자들이, 3상 교류 공급의 제1 위상, 제2 위상, 및 중성선(neutral line)과 각각(respectively) 접속되는 것을 포함한다.
- [0108] 예시 20에서, 예시들 17-19의 기술사상은, 제1, 제2, 및 제3 전기 단자들이, 교류 전원 공급의 중성선에 이어져 있는 직류 전원 공급의 음극 직류 공급선, 직류 전원 공급의 양극 직류 공급선, 및 교류 전원 공급의 교류 공급선과 각각 접속되는 것을 포함한다.
- [0109] 예시 21은 전기 자동차를 다양한 모드들에서 전기적으로 구성하는 방법이고, 방법은 EV의 제어기에 의하여, EV의 트랙션 배터리로부터 EV의 트랙션 모터로 전력을 전송하기 위한, 모터 드라이버 모드에서 동작하도록 EV의 스위칭 회로를 구성하는 단계; 및 제어기에 의하여, 외부 전력 소스로부터 EV의 트랙션 배터리로 전력을 전송하기 위한, 충전 모드에서 동작하도록 스위칭 회로를 재구성하는 단계를 포함하고, 모터 드라이버 모드에서의 스위칭 회로의 동작은, 트랙션 모터의 로터에 회전을 부여하기 위하여, 트랙션 모터의 와인딩들에 교류로 에너지 공급을 하는 인버터를 구현하도록 제1 스위치 서브세트를 활성화하는 것을 포함하고, 충전 모드에서의 스위칭 회로의 동작은, 트랙션 모터의 와인딩들을 인덕터들로 이용하고, 트랙션 배터리의 전력 전송을 조절하기 위하여 외부 전력 소스의 전압을 제어된 크기의 직류 전압으로 변환하는, 스위칭 전력 변환기를 구현하도록 제1 스위치 서브세트를 활성화하는 것을 포함하고, 트랙션 모터의 각 위상과 연관된 와인딩들의 쌍들은, 트랙션 모터의 로터의 움직임에 대한 와인딩들의 에너지공급의 순 효과를 부정하기 위하여, 반대 극성들로 동시에 에너지공급을 받는다.
- [0110] 예시 22에서, 예시 21의 기술사상은, 제어기에 의하여, 트랙션 배터리로부터 외부 전력 소스로 전력을 전송하기 위해, 공급 모드에서 동작하도록 스위칭 회로를 재구성하는 단계를 더 포함하는 것, 공급 모드에서의 스위칭 회로의 동작이, 트랙션 모터의 와인딩들을 인덕터들로 이용하고, 외부 전력 소스로의 전력 전송을 조절하기 위하여 트랙션 배터리의 직류 전압을 제어된 전압의 교류파로 변환하는, 스위칭 전력 변환기를 구현하도록 제1 스위치 서브세트를 활성화하는 것을 포함하는 것, 트랙션 모터의 각 위상과 연관된 와인딩들의 쌍들이, 트랙션 모터의 로터의 움직임에 대한 와인딩들의 에너지 공급의 순 효과를 부정하기 위하여, 반대 극성들로 동시에 에너지공급을 받는 것을 포함한다.
- [0111] 예시 23에서, 예시들 21-22의 기술사상은, 공급 모드에서 동작하도록 스위칭 회로를 재구성하는 단계가, 제어기에 의하여, 외부 전력 소스의 교류파의 위상을 추적하기 위해 위상 고정 루프를 구현하는 것; 및 제어된 전압의 교류파의 위상을 외부 전력 소스의 교류파에 동기화 하는 것을 포함하는 것을 포함한다.
- [0112] 예시 24에서, 예시들 21-23의 기술사상은, 스위칭 전력 변환기가, 전압을 증가시키기 위하여, 트랙션 모터의 와인딩들의 쌍들을 스위치드 인덕터(switched inductor)들로 사용하는 부스트 컨버터를 포함하는 것을 포함한다.
- [0113] 예시 25에서, 예시들 21-24의 기술사상은, 스위칭 전력 변환기가, 에너지를 저장하고 전압을 안정(stabilize)시키기 위하여, 트랙션 모터의 와인딩들의 쌍들을 필터링 인덕터들로 사용하는 벡 컨버터를 포함하는 것을 포함한다.
- [0114] 예시 26에서, 예시들 21-25의 기술사상은, 외부 전력 소스가, 교류 전력 망인 것, 충전 모드에서의 스위칭 회로의 동작이, 트랙션 모터의 와인딩들을 인덕터들로 이용하고 교류 전력 망의 전압을 직류 전압으로 변환하는, 스위칭 전력 변환기를 구현하도록, 제1 스위치 서브세트를 활성화하는 것을 포함하는 것을 포함한다.
- [0115] 예시 27에서, 예시들 21-26의 기술사상은, 모터 드라이버 모드에서 동작하도록 EV의 스위칭 회로를 구성하는 단계가, 제어기에 의하여, 자속 기준 제어 스킴을 구현하는 것을 포함하는 것을 포함한다.
- [0116] 예시 28은 시스템이고, 시스템은 적어도 하나의 교류 소스 및/또는 교류 부하에 전기적으로 접속가능한(coupleable) 제1 교류 노드 세트(first set of alternating current (AC) nodes); 하나 이상의 직류 저장 장치들에 전기적으로 접속가능한 제1 직류 노드 세트(first set of direct current (DC) nodes); 제1 교류 노드 세트를 통하여 교류 전압 입력을 감지하도록 접속된 제1 교류 전압 센서 세트(first set of AC voltage sensors); 복수의 스위치들 및 복수의 노드들을 포함하는 스위칭 어셈블리(switching assembly)-노드들은 회전식 전기 기계의 각 와인딩들에 전기적으로 접속가능하고, 각 스위치들은 적어도 둘의 동작 상태(operational state)들을 가지고, 스위칭 어셈블리의 스위치들은 적어도 둘의 다른 구성들(configurations)에서 회전식 전기 기계의 와인딩들에 선택적으로(selectively) 전기적으로 접속하도록 동작함-; 및 교류 전압 센서들에 통신적으로 접속되고, 제1 교류 노드 세트와 적어도 제1 직류 노드 세트 사이의 둘 이상의 전력 변환기 토폴로지들에서 하나 이상의 와인딩들을 인덕터들로 구성하고, 전력 반전(invert power), 전력 정류(rectify power) 및/또는 전압 조정(adjust voltages)의 적어도 하나로 동작하도록, 스위칭 어셈블리의 스위치들의 동작을 제어하는, 제어

시스템을 포함한다.

- [0117] 예시 29에서, 예시 28의 기술사상은, 스위칭 어셈블리의 스위치들이, 적어도 와인딩들의 직렬 조합(series combination) 및 와인딩들의 병렬 조합(parallel combination)에서, 회전식 전기 기계의 와인딩들에 전기적으로 선택적으로 접속하도록 동작하는 것을 포함한다.
- [0118] 예시 30에서, 예시29의 기술사상은, 스위칭 어셈블리의 스위치들이, 제1 와이 구성(first Wye configuration) 및 제1 델타 구성(first Delta configuration)에서 회전식 전기 기계의 와인딩들에 전기적으로 선택적으로 접속하도록 동작하는 것, 제1 와이 구성에서, 세 와인딩들 중 하나의 세트는 단일한 와이 구성에 접속된 것, 및 제1 델타 구성에서, 세 와인딩들 중 하나의 세트는 단일한 델타 구성에 접속된 것을 포함한다.
- [0119] 예시 31에서, 예시 30의 기술사상은, 스위칭 어셈블리의 스위치들이, 제2 와이 구성 및 제2 델타 구성에서 회전식 전기 기계의 와인딩들에 전기적으로 선택적으로 접속하도록 동작하는 것, 제2 와이 구성에서, 와인딩의 세 쌍들 중 하나의 세트는 단일한 와이 구성에 접속되고, 와인딩들의 각각의 쌍의 와인딩들은 각 쌍의 다른 와인딩들에 직렬로 접속되어 있는 것, 및 제2 델타 구성에서, 와인딩들의 세 쌍들 중 하나의 세트는 단일한 델타 구성에 접속되고, 와인딩들의 각각의 쌍의 와인딩들은 각 쌍의 다른 와인딩들에 직렬로 접속되어 있는 것을 포함한다.
- [0120] 예시 32에서, 예시들 30-31의 기술사상은, 스위칭 어셈블리의 스위치들이, 제2 와이 구성 및 제2 델타 구성에서 회전식 전기 기계의 와인딩들에 전기적으로 선택적으로 접속하도록 동작하는 것, 제2 와이 구성에서, 와인딩의 세 서브세트들 중 하나의 세트는 단일한 와이 구성에 접속되고, 와인딩들의 각각의 서브세트의 와인딩들은 각 쌍의 다른 와인딩들에 직렬로 접속되어 있는 것, 및 제2 델타 구성에서, 와인딩들의 세 서브세트들 중 하나의 세트는 단일한 델타 구성에 접속되고, 와인딩들의 각각의 쌍의 와인딩들은 각 서브세트의 다른 와인딩들에 직렬로 접속되어 있는 것, 각 서브세트에서 와인딩들의 수는 둘보다 크거나 같은 것을 포함한다.
- [0121] 예시 33에서, 예시들 30-32의 기술사상은, 스위칭 어셈블리의 스위치들이, 병렬의 두개의 와이 구성 및 병렬의 두개의 델타 구성에서 회전식 전기 기계의 와인딩들에 전기적으로 선택적으로 접속하도록 동작하는 것, 병렬의 두개의 와이 구성에서, 세 와인딩들 중 두 세트는 단일한 와이 구성에 접속되고, 두 세트의 와이가 접속된 와인딩들은 다른 하나와 병렬로 접속되어 있는 것, 및 병렬의 두개의 델타 구성에서, 세 와인딩들 중 두 세트는 단일한 델타 구성에 접속되고, 두 세트의 델타가 접속된 와인딩들은 다른 하나와 병렬로 접속되어 있는 것을 포함한다.
- [0122] 예시 34에서, 예시들 28-32의 기술사상은, 제어 시스템이, 닫힌 트랜지션(closed transition)을 통해 회전식 전기 기계의 와인딩들의 구성을 전환하도록, 스위칭 어셈블리의 스위치들을 제어하는 것을 포함한다.
- [0123] 예시 35에서, 예시들 28-34의 기술사상은, 제어 시스템이, 열린 트랜지션(open transition)을 통해 회전식 전기 기계의 와인딩들의 구성을 전환하도록, 스위칭 어셈블리의 스위치들을 제어하는 것을 포함한다.
- [0124] 예시 36에서, 예시들 28-35의 기술사상은, 제어 시스템이, 로직을 실행하는 적어도 하나의 하드웨어 프로세서(hardware processor)를 포함하는 것을 포함한다.
- [0125] 예시 37에서, 예시들 28-36의 기술사상은, 제어 시스템이, 제1 교류 전압 센서에 의해 감지된 적어도 부분적인 교류 전압 입력에 기초하여, 회전식 전기 기계의 와인딩들의 구성을 전환하도록, 스위칭 어셈블리의 스위치들을 제어하는 것을 포함한다.
- [0126] 예시 38에서, 예시 37의 기술사상은, 제어 시스템이, 직류 전력 저장 장치의 최소 전압이, 적어도 하나의 입력(: 태양광 어레이로부터의 직류 입력 전압 및 교류 전기 망(AC electric grid)으로부터의 선간 피크 전압(line-to-line peak voltage)으로부터 선택된)보다 큰지 결정하는 것, 및 전환이, 적어도 결정의 부분에 기초하는 것을 포함한다.
- [0127] 예시 39에서, 예시들 37-38의 기술사상은, 제어 시스템이, 교류 전기 망의 주파수를 검출하기 위한, 및 교류 전기 망의 검출된 주파수에 기초하여 모터 제어기의 FOC 제어에 각들을 제공하기 위한, 위상 고정 루프를 포함하는 것을 포함한다.
- [0128] 예시 40에서, 예시들 28-39의 기술사상은, 적어도 회전식 전기 기계의 다수의 동작 파라미터(operational parameter)들을 감지하도록 두어진 다수의 회전식 전기 기계 센서들(rotational electric machine sensors)이, 신호들을 제공하여 감지된 동작 파라미터들을 표출하도록, 제어 시스템에 통신적으로 접속되는 것, 제어 시스템이, 적어도 감지된 동작 파라미터들의 부분에 기초하여 실시간으로 스위칭 어셈블리의 스위치들의 동작을 제어

하는 것을 포함한다.

- [0129] 예시 41에서, 예시 40의 기술사상은, 감지된 동작 파라미터들은, 출력 전압; 출력 전류; 회전식 전기 기계의 로터의 회전 속도; 및 회전식 전기 기계의 로터의 상대 각(relative angle)중 적어도 하나를 포함하는 것을 포함한다.
- [0130] 예시 42에서, 예시들 28-41의 기술사상은, 하나 이상의 직류 저장 장치들이, 하나 이상의 전기 자동차들의 하나 이상의 트랙션 모터 2차 전지들인 것을 포함한다.
- [0131] 예시 43에서, 예시들 28-42의 기술사상은, 하나 이상의 태양광 어레이들에 전기적으로 접속가능한 제2 직류 노드 세트(second set of direct current (DC) nodes), 제어 시스템이, 제1 교류 노드 세트 및 적어도 제2 직류 노드 세트 사이의 둘 이상의 전력 변환기 토폴로지들에서, 하나 이상의 와인딩들을 인덕터들로 대안적으로 구성하도록, 스위칭 어셈블리의 스위치들의 구성을 더 제어하는 것을 포함한다.
- [0132] 예시 44에서, 예시 43의 기술사상은, 제어 시스템이, 태양광 어레이들을 통해 생성된 전력에 관한 최대 전력 점 추적 알고리즘을 구현하도록, 더 동작하는 것을 포함한다.
- [0133] 예시 45에서, 예시들 28-44의 기술사상은, 스위칭 어셈블리의 스위치들이, 스위치들, 계전기들, 솔리드 스테이트 스위치(solid state switch)들, 또는 기계적 스위치(mechanical switch)들 및 솔리드 스테이트 스위치들의 조합 중 적어도 하나를 포함하는 것을 포함한다.
- [0134] 예시 46에서, 예시들 28-45의 기술사상은, 둘 이상의 전력 변환기 토폴로지들이, 부스트 전력 컨버터(boost power converter) 또는 벡 전력 컨버터(buck power converter)중 적어도 하나를 포함하는 것을 포함한다.
- [0135] 예시 47에서, 예시들 28-46의 기술사상은, 회전식 전기 기계가, 다수의 위상, 및 각 위상에서 각각 복수의 와인딩들의 세트를 가지고, 와인딩들은 직렬로 전기적으로 감아지는 것(wind), 및 각 위상에서의 각 복수의 와인딩들의 세트에서 와인딩들의 두 서브세트들 사이에 스위칭 경로(switching path)가 있고, 스위칭 경로는 적어도 하나의 스위치들을 포함하고, 그 스위치들의 동작은 직렬로 감긴 와인딩들을, 직렬로 감긴 와인딩들의 두 서브세트들과 병렬로 접속된 두 세트들로 선택적으로 나누는 것을 포함한다.
- [0136] 예시 48에서, 예시 47의 기술사상은, 와인딩들의 두 서브세트들 사이의 각 스위칭 경로가, 둘 이상의 스위치들을, 다른 하나와 병렬로, 포함하는 것을 포함한다.
- [0137] 예시 49에서, 예시들 47-48의 기술사상은, 세 위상들이 있는 것, 및 적어도 하나의 스위치들이, 와이 구성 및 델타 구성 사이에서 세 위상들을 선택적으로 전환하도록 동작하는 것을 포함한다.
- [0138] 예시 50에서, 예시들 47-49의 기술사상은, 세 위상들이 있는 것, 및 적어도 하나의 스위치들이, 와이 구성 및 델타 구성 외에 구성들 사이에서 세 위상들을 선택적으로 전환하도록 동작하는 것을 포함한다.
- [0139] 예시 51에서, 예시들 28-50의 기술사상은, 복수의 브리지 정류기(bridge rectifier)들을 포함하고, 복수의 브리지 정류기들 각각은 각 브리지 정류기의 교류 사이트의 교류 노드들의 쌍, 및 각 브리지 정류기의 직류 사이트의 직류 노드들의 쌍을 가지고, 스위칭 어셈블리의 스위치들은 제1 수의 스위치들(first number of switches)를 포함하고, 제1 수의 스위치들의 각 스위치들은, 브리지 정류기들의 각 하나의 교류 사이트에 있고, 브리지 정류기들의 각각은, 제1 수의 스위치들의 각 스위치가 열려 있고, 적어도 둘의 와인딩들이 개방 회로 조건(open circuit condition), 저전압 조건(low voltage condition) 또는 단락 조건(short circuit condition)의 대상이 아닐 때, 적어도 둘의 와인딩들을 다른 하나에 병렬로 전기적으로 접속시키고, 제1 수의 스위치들의 스위치들의 각각은, 스위치가 닫혔을 때, 적어도 둘의 와인딩들을 다른 하나에 전기적으로 직렬로 선택적으로 전기적으로 접속시키도록 동작한다.
- [0140] 예시 52에서, 예시 51의 기술사상은, 브리지 정류기들이, 와인딩들 중 각각의 하나가 단락 조건, 저전압 조건, 또는 개방 회로 조건 중 하나를 경험할 때, 전기 기계의 와인딩들 중 적어도 하나와 다른 하나와의 병렬 조합으로부터의 전기 기계의 와인딩들 중 각각의 하나를 자동적으로(automatically) 전기적으로 고립(isolate)시키는 것을 포함한다.
- [0141] 예시 53에서, 예시52의 기술사상은, 브리지 정류기들이, 와인딩들 중 각각의 하나가 단락 조건, 저전압 조건, 또는 개방 회로 조건 중 하나를 경험할 때, 전기 기계의 와인딩들 중 적어도 하나와 다른 하나와의 직렬로 전기 기계의 와인딩들 중 각각의 하나를 자동적으로 전기적으로 고립시키는 것을 포함한다.
- [0142] 예시 54에서, 예시들 52-53의 기술사상은, 제2 수의 스위치들이, 반도체에 기초한 스위치들인 것을 포함한다.

- [0143] 예시 55에서, 예시 54의 기술사상은, 제2 수의 스위치들이 트라이악들인 것을 포함한다.
- [0144] 예시 56에서, 예시들 54-55의 기술사상은, 제어 시스템이, 각각의 전류의 각각의 제로 크로싱들에서 트라이악들을 전환하도록 구성된 제어기를 동작하는 것을 포함한다.
- [0145] 예시 57에서, 예시들 54-56의 기술사상은, 전기 기계의 와인딩들의 각각에 대한 스위치에 기초한 하나의 반도체가 있는 것, 및 스위칭 어셈블리의 복수의 스위치들이, 스위치들의 각각이, 스위치가 열려 있을 때 전기적으로 또다른 하나와 병렬로, 및 스위치가 닫혀 있을 때 전기적으로 또다른 하나와 직렬로 사이에서, 적어도 둘의 와인딩들을 선택적으로 접속시키도록 동작하는, 제2 수의 스위치들(second number of switches)을 더 포함하고, 제2 수의 스위치들의 스위치들은 각각의 브리지 정류기의 교류 사이트에 있고, 제2 수의 스위치들의 각각의 하나들에 전기적으로 병렬인 것, 제2 수의 스위치들의 스위치들은 제2 수의 스위치들의 스위치들보다 빠르게 작동하고, 제2 수의 스위치들의 스위치들은 제2 수의 스위치들의 스위치들과 연관된 전기적 손실(electrical loss)보다 낮은 연관된 전기적 손실을 가지는 것을 포함한다.
- [0146] 예시 58에서, 예시 57의 기술사상은, 제2 수의 스위치들이 기계적 스위치들인 것을 포함한다.
- [0147] 예시 59에서, 예시 58의 기술사상은, 전기 기계의 와인딩들의 각각에 대해 하나의 기계적 스위치가 있는 것을 포함한다.
- [0148] 예시 60에서, 예시들 54-59의 기술사상은, 제2 수의 스위치들이 기계적 스위치들인 것, 및 전기 기계의 와인딩들의 각각에 대해 하나의 기계적 스위치가 있는 것을 포함한다.
- [0149] 예시 61에서, 예시들 54-60의 기술사상은, 복수의 브리지 정류기들의 브리지 정류기들의 전부는, 공통의 방열판(heat sink)에 접속되는 것을 포함한다.
- [0150] 예시 62에서, 예시들 54-61의 기술사상은, 가변 와인딩 구성 시스템(variable winding configuration system)의 직류 출력에서 역률 개선을 지원하는 역률 지원 회로를 포함한다.
- [0151] 예시 63에서, 예시들 54-62의 기술사상은, 다수의 액티브 스위치(active switch)들이, 전기 기계를 모터로서 동작하게 하고자, 직류 버스로부터 와인딩들로의 전류 흐름을 반전시키도록 선택적으로 동작하는 것을 포함한다.
- [0152] 예시 64에서, 예시들 54-63의 기술사상은, 가변 와인딩 구성(variable winding configuration)을 두번째 가변 와인딩 구성 시스템과 전기적으로 병렬로 접속시키도록, 제1 브리지 정류기(first number of bridge rectifiers)의 브리지 정류기들로부터 형성(form)된 스트링(string)의 끝에 접속된, 추가적 브리지 정류기; 가변 와인딩 구성을 두번째 가변 와인딩 구성 시스템과 전기적으로 직렬로 선택적으로 접속시키도록 동작하는 적어도 하나의 추가적 스위치; 및 두번째 가변 와인딩 구성 시스템을 가변 와인딩 구성 시스템에 탈착가능하게(detachably) 전기적으로 접속시키도록 구성된 접속기(coupler)를 포함한다.
- [0153] 예시 65에서, 예시들 54-64는, 전기 기계의 와인딩들의 각 쌍에 대해 적어도 하나의 브리지 정류기가 있는 것을 포함한다.
- [0154] 예시 66은, 프로세싱 회로에 의해 실행되었을 때(processing circuitry), 예시들 1-65중 어느 것을 구현하는 동작들을 수행하는 프로세싱 회로를 일으키는 명령어들을 포함하는 적어도 하나의 머신 리더블 미디어(machine-readable medium)이다.
- [0155] 예시 67은 예시들 1-65중 어느 것을 구현하는 수단들을 포함하는 장치이다.
- [0156] 예시 68은 예시들 1-65 중 어느 것을 구현하는 방법이다.
- [0157] 요약에 설명된 것을 포함하여, 도시된 실시예들의 위의 설명은, 철저하고자 또는 실시예들을 정확한 개시된 형태들로 제한하고자 의도된 것이 아니다. 비록 특정 실시예들 및 예시들은 분명히 보여주려는(illustrative) 목적들로 여기에 설명되었지만, 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자들에 의해 인지되면, 본 개시의 정신 및 범위를 벗어나지(depart from) 않고 다양한 동등한(equivalent) 수정들이 이루어질 수 있다. 여기에 제공된 다양한 실시예들의 시사들은, 전기 기계들에 대한 제어 시스템들에 적용될 수 있으며, 반드시 위에서 일반적으로 설명되었던 예시적인 시스템들, 방법들, 및 장치들에 적용되어야 하는 것은 아니다.
- [0158] 위에서 설명된 다양한 실시예들은 추가적인 실시예들을 제공하기 위해 결합될 수 있다. 본 명세서에 참조된 및/또는 출원 데이터 시트(Application Data Sheet)에 실린, 2012년 5월 15일 출원된 미국 특허 출원 제 13/393,749호; 미국 특허 제7,081,696호; 미국 특허 출원 간행물 번호 제2008088200호; 2008년 9월 3일 출원된

미국 특허 가출원 제60/094,007호, 2009년 9월 3일 출원된 미국 특허 가출원 일련 번호 제61/239,769호; 미국 특허 간행물 번호 제2012-0229060호; 미국 특허 간행물 번호 제2011-0241630호; 미국 특허 제8106563호; 미국 특허 간행물 번호 제2010-0090553호; 특허 간행물 번호 제2014-0252922호; 국제 특허 출원 제 PCT/CA2018/050222호(WO 2018/213919로 공개됨); 국제 특허 출원 제 PCT/CA2019/051238호(WO 2020/047663로 공개됨); 및 미국 특허 출원 제13/842,213호를 포함하지만, 여기에 제한되지 않는, 모든 미국 특허들, 미국 특허 출원 간행물들, 미국 특허 출원들, 외국 특허들, 외국 특허 출원들 및 비특허 간행물들은 그들의 전체로서 여기에 참조로 통합된다. 아직 추가적인 실시예들을 제공하는데, 다양한 특허들, 출원들 및 간행물들의 시스템들, 회로들 및 개념들 채택하는데, 필요하다면, 실시예들의 양상들은 수정될 수 있다.

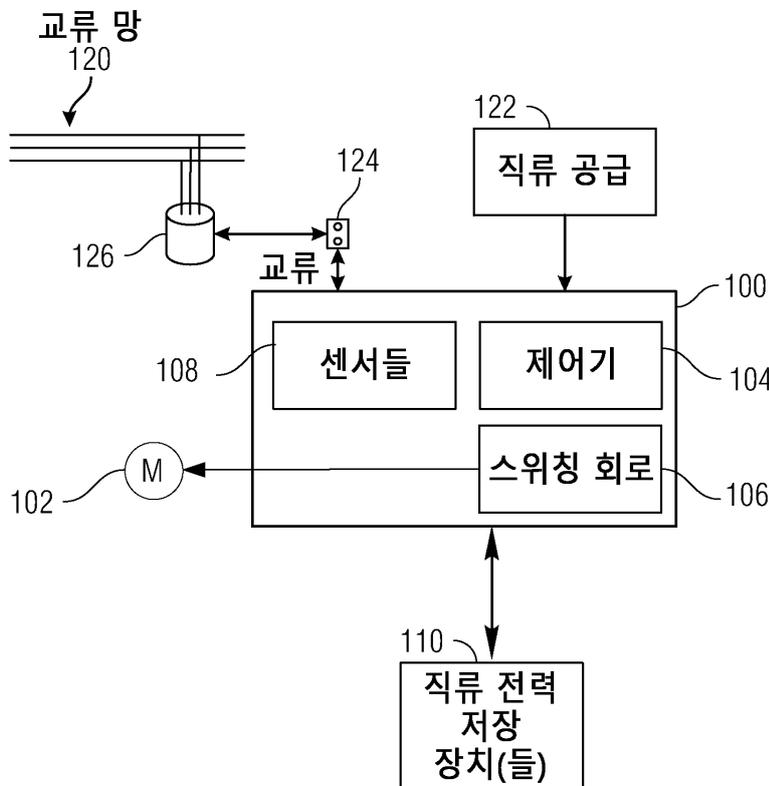
[0159] 위의 상세한 설명에 비추어 실시예들에 이러한 변경들 및 다른 변경들이 이루어질 수 있다. 일반적으로, 다음 후술할 청구항들에서, 사용된 용어들은 본 명세서 및 청구항들에 개시된 특정 실시예들을 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다, 그러나 그러한 청구항이 명칭 될 수 있는 등가물(equivalent)들의 전체 범위와 함께 가능한 모든 실시예들을 포함하는 것으로 해석되어야 한다. 따라서, 청구항들은 본 개시에 제한되지 않는다.

[0160] 위의 문서들의 참조로서의 모든 통합은 제한되어, 본 개시에 명백히 반대되게 통합되는 주제들은 통합되지 않는다. 위의 문서들의 참조로서의 모든 통합은 더 제한되어, 문서들에 포함된 청구항들은 본출원의 청구항들에 참조로서 통합되지 않는다. 그러나, 특별히 제외되지 않는 한, 문서들 중의 어느 것의 청구항들이라도 여기에 본 개시의 일부로서 통합된다. 위의 문서들의 참조로서의 모든 통합은 아직 더 제한되어, 문서들에서 제공되는 모든 정의들은, 특별히 제외되지 않는 한, 여기에 참조로서 통합되지 않는다.

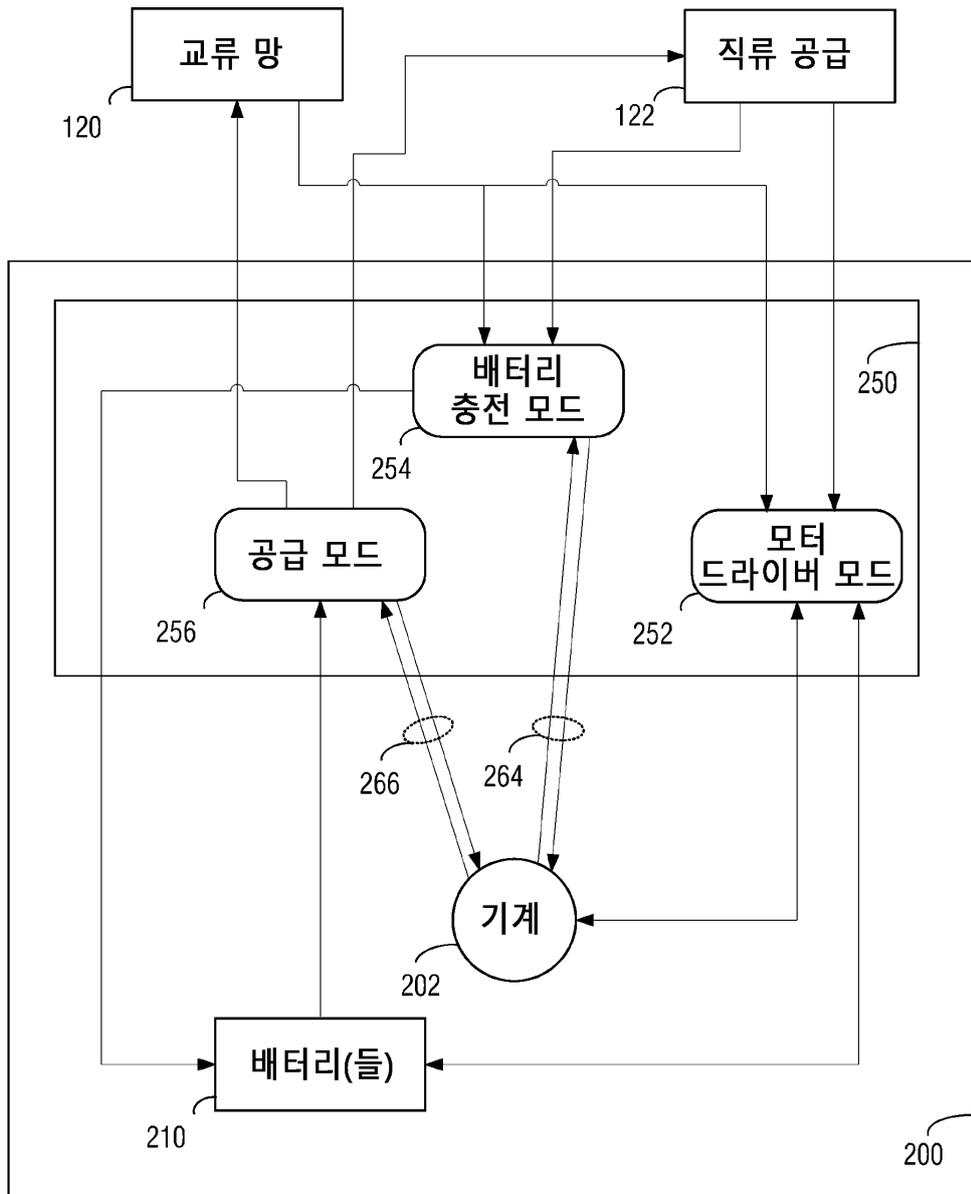
[0161] 본 발명의 청구항들을 해석하는 목적들로, “위한 수단들” 또는 “위한 단계들” 이라는 특정한 용어들이 청구항에 인용되지 않는 한, 35 U.S.C. § 114(f)의 조항을 원용해서는 안 된다는 것이 명시적으로 의도되어 있다.

도면

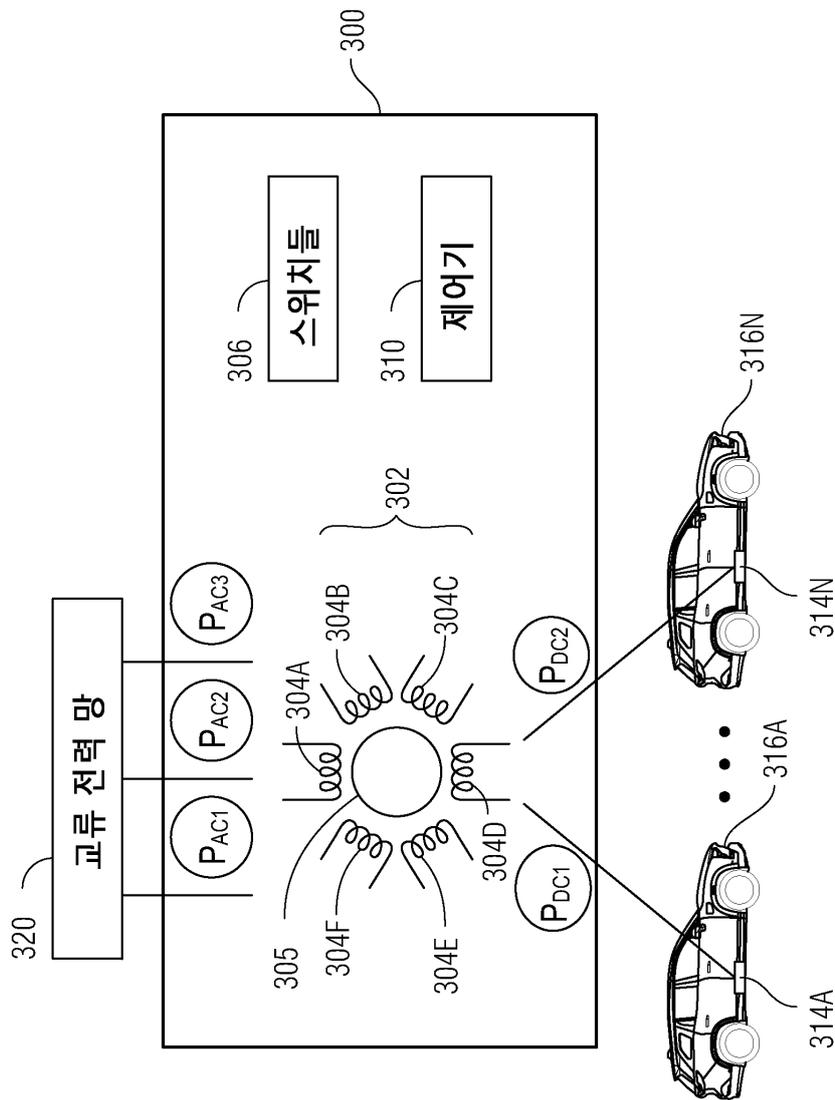
도면1



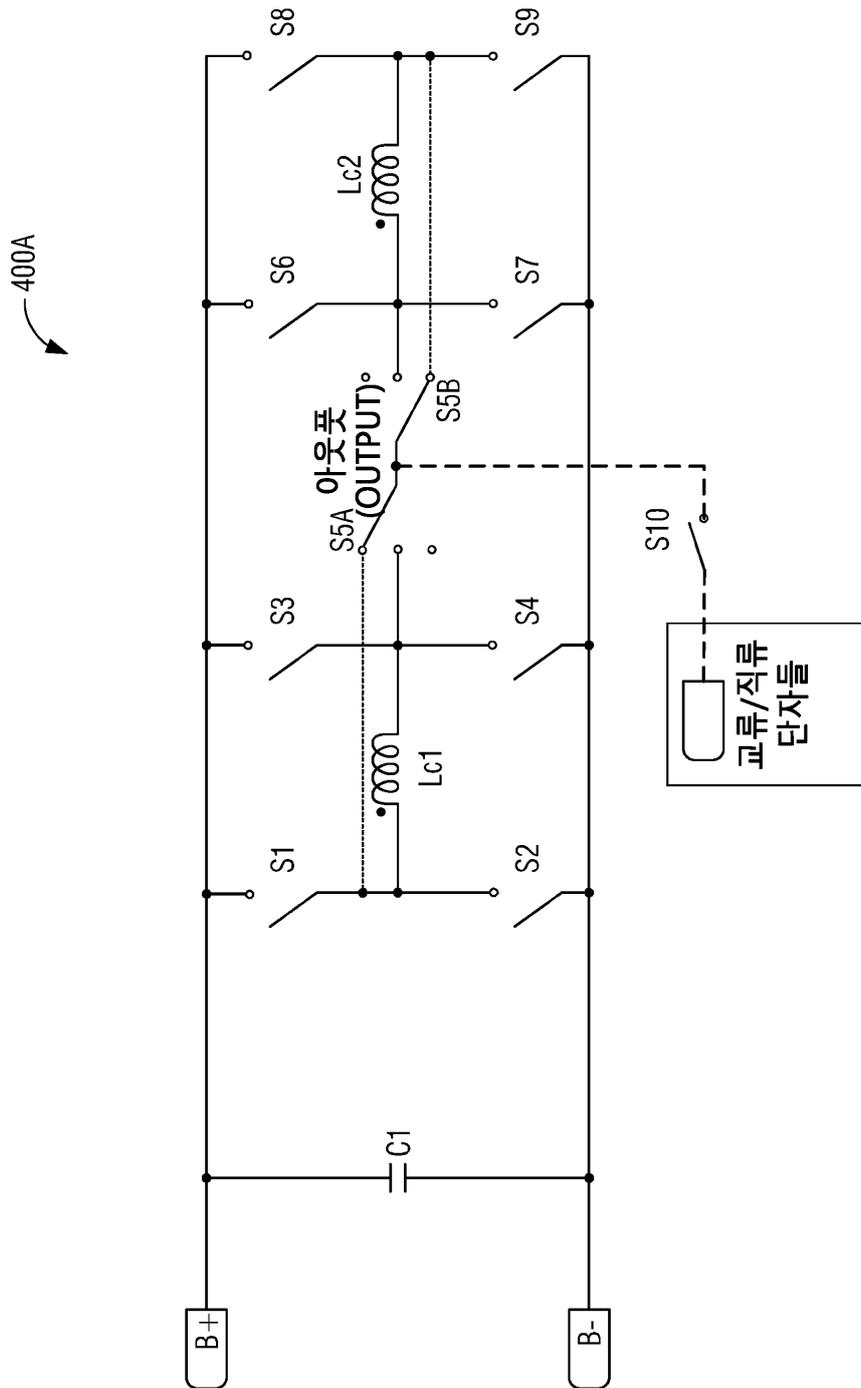
도면2



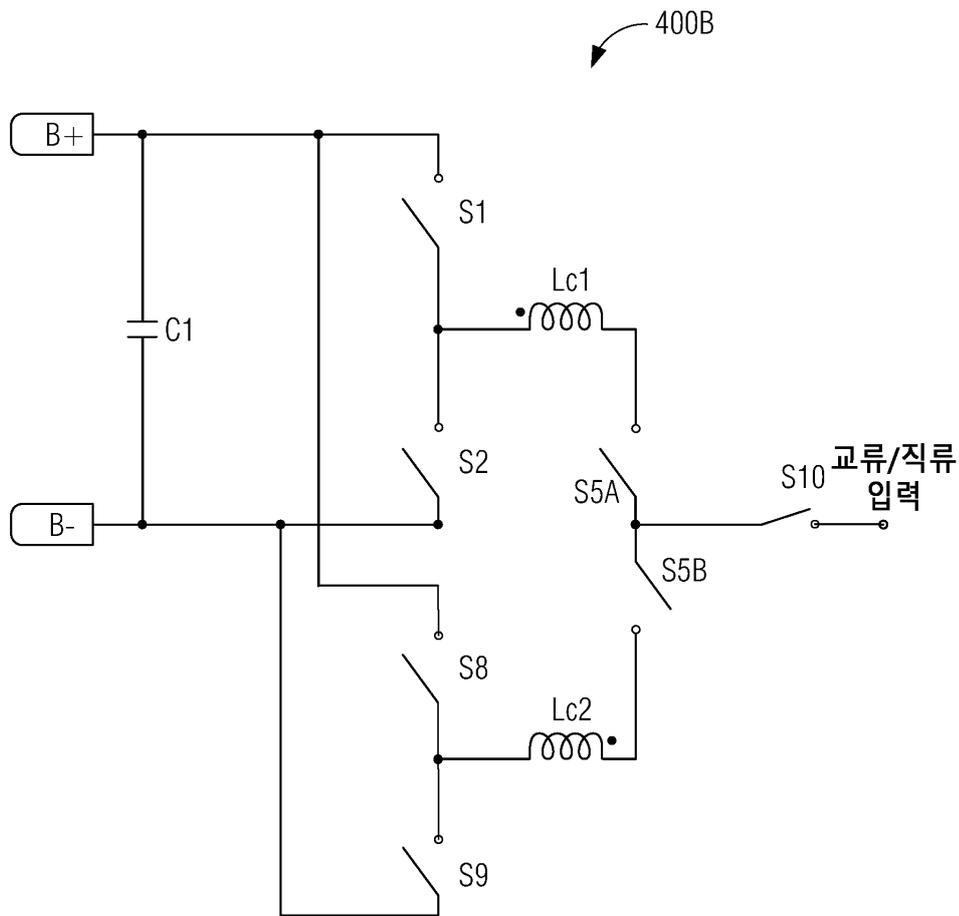
도면3



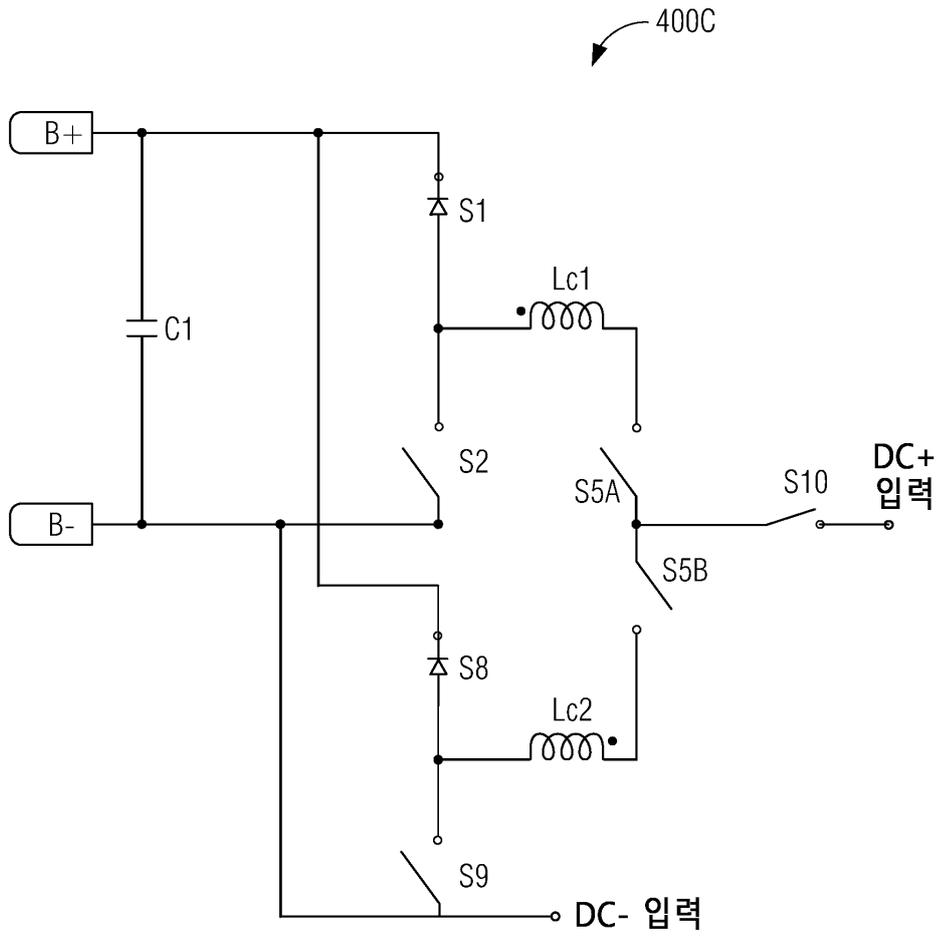
도면4a



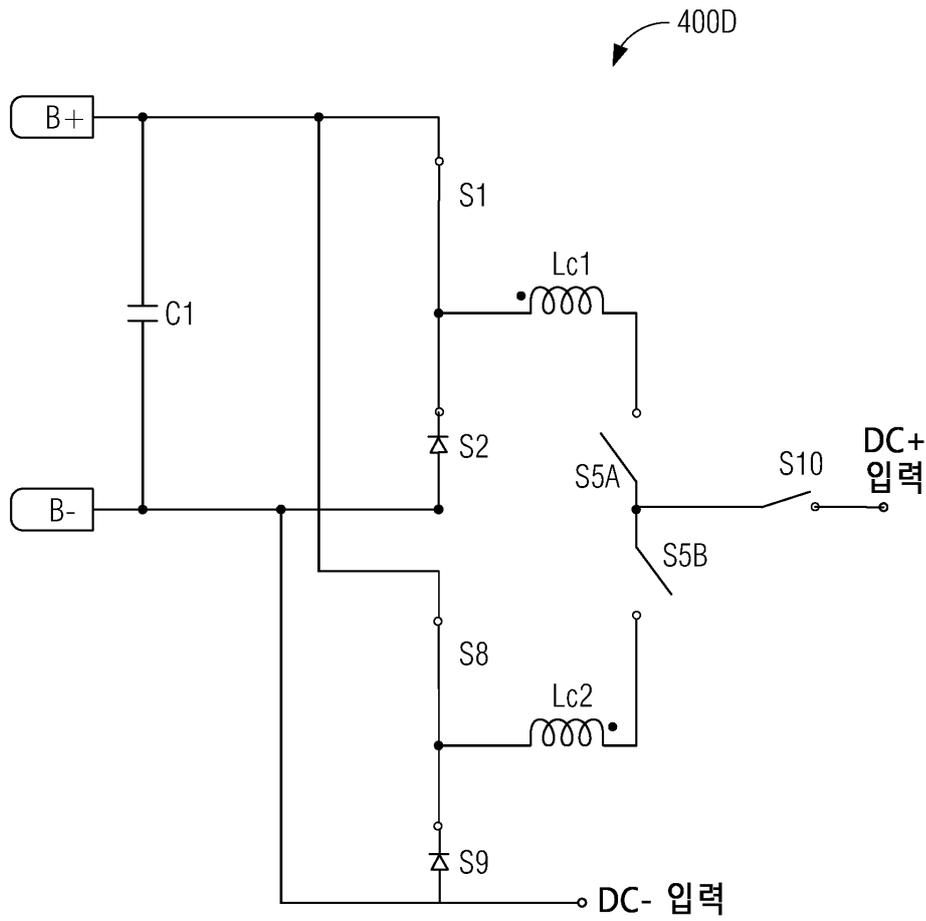
도면4b



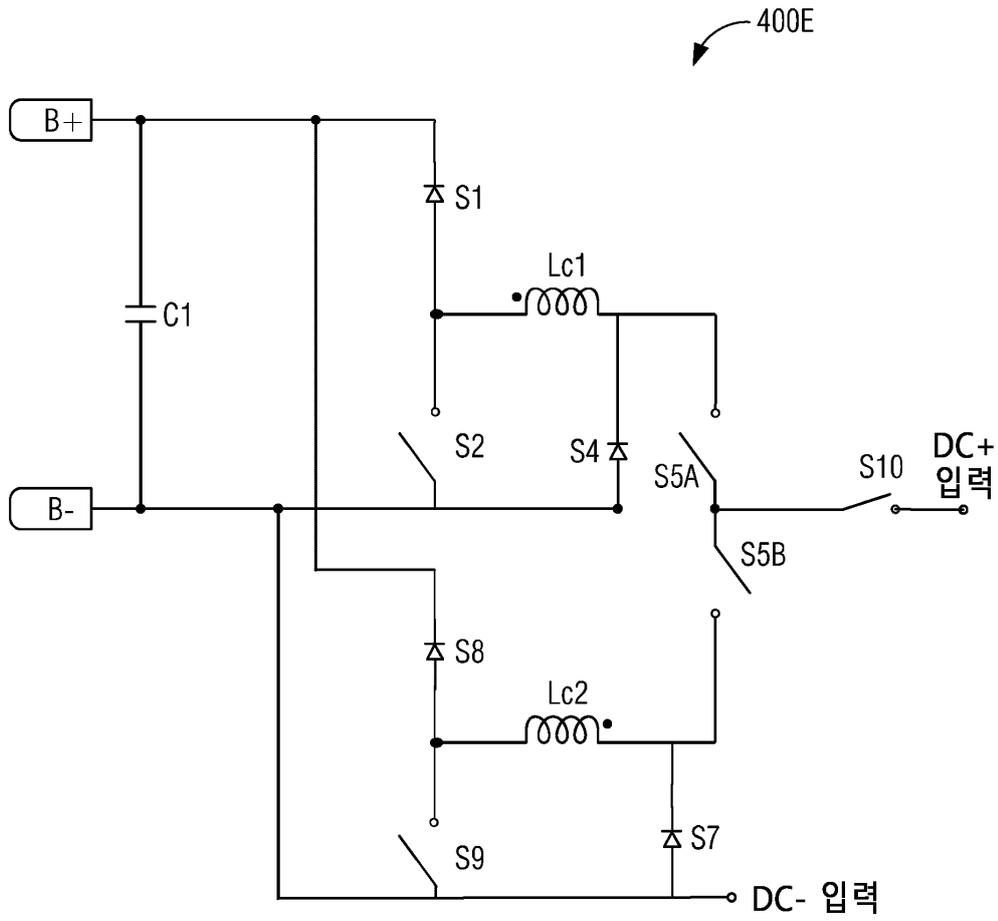
도면4c



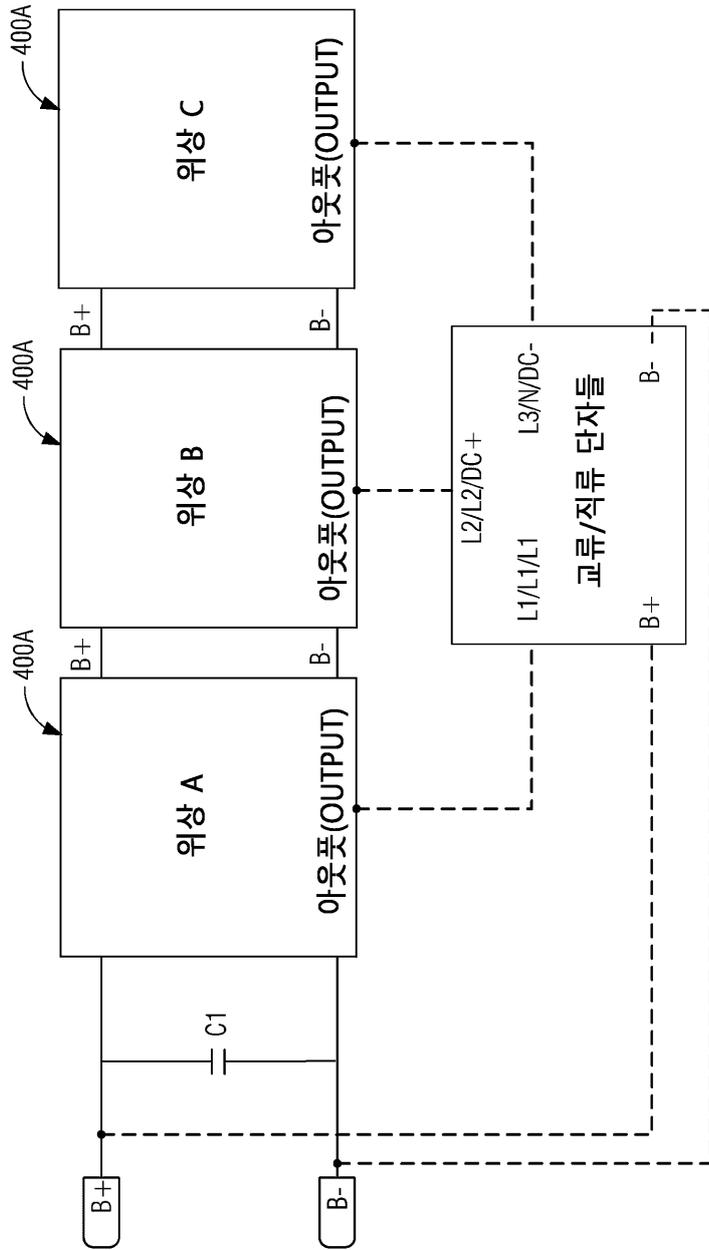
도면4d



도면4e



도면5



도면6

