



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년12월26일
(11) 등록번호 10-1689715
(24) 등록일자 2016년12월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02P 5/00 (2016.01) F03D 5/00 (2006.01)
F03D 9/00 (2016.01) H02P 5/685 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H02P 5/00 (2013.01)
F03D 5/00 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7016115
- (22) 출원일자(국제) 2014년12월16일
심사청구일자 2016년06월16일
- (85) 번역문제출일자 2016년06월16일
- (65) 공개번호 10-2016-0079892
- (43) 공개일자 2016년07월06일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/070542
- (87) 국제공개번호 WO 2015/095160
국제공개일자 2015년06월25일
- (30) 우선권주장
14/133,838 2013년12월19일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
US20110031344 A1
US20040027105 A1
US20020113167 A1
US20090167231 A1

- (73) 특허권자
엑스 디벨롭먼트 엘엘씨
미국 94043 캘리포니아주 마운틴 뷰 엠피씨어터
파크웨이 1600
- (72) 발명자
고슬링, 앤드류, 데이비드
미국 94043 캘리포니아주 마운틴 뷰 엠피씨어터
파크웨이 1600
케이지, 레오, 프란시스
미국 94043 캘리포니아주 마운틴 뷰 엠피씨어터
파크웨이 1600
- (74) 대리인
양영준, 윤선근

전체 청구항 수 : 총 23 항

심사관 : 광태근

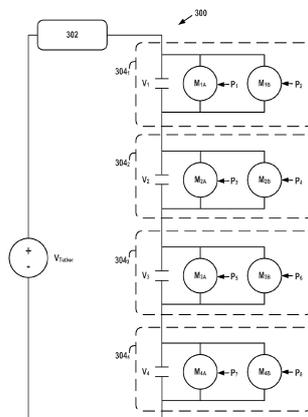
(54) 발명의 명칭 적층 구성에서 동작하는 모터들 및 발전기들에 대한 제어 방법들 및 시스템들

(57) 요약

직렬로 적층된 모터들 또는 발전기들은 더 높은 동작 전압들을 가능하게 할 수 있지만, 그러한 모터들 또는 발전기들은 불안정성을 나타낼 수도 있다. 불안정성을 최소화하기 위해, 모터들 또는 발전기들은 대략 동일한 전류를 갖도록 제어될 수 있다. 예시적인 모터 시스템은 직렬로 접속된 모터 스택들을 포함할 수 있고, 각각의 모터

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



스택은 각각의 스택 전압 및 (모터 스택 내의 모터들 간의 전력 차이에 기초하는) 각각의 차동 전력을 나타낸다. 제어 시스템은 스택 전압들을 평균하여 평균 스택 전압을 생성하고, 각각의 스택 전압에 대응하는 명목 스택 전력을 생성할 수 있다. 제어 시스템은 차동 전력들을 수신하고, 각각의 차동 전력과 각각의 모터 스택에 대한 명목 스택 전력을 결합하여 제1 및 제2 모터 전력들을 생성하고, 제1 및 제2 모터 전력들을 이용하여 각각의 모터 스택을 제어할 수 있다.

(52) CPC특허분류

F03D 9/002 (2013.01)

H02P 5/685 (2013.01)

Y02E 10/70 (2013.01)

Y02E 10/725 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

시스템으로서,

직렬로 접속된 복수의 모터 스택을 포함하는 모터 시스템 - 각각의 모터 스택은 제1 모터 및 제2 모터를 포함하고, 상기 모터 시스템은 (i) 복수의 스택 전압을 나타내고, 각각의 스택 전압은 상기 복수의 모터 스택 내의 각각의 모터 스택에 대응하고, (ii) 복수의 차동 전력을 나타내도록 구성되며, 각각의 차동 전력은 상기 복수의 모터 스택 내의 각각의 모터 스택에 대응하고, 각각의 차동 전력은 상기 각각의 모터 스택에서의 상기 제1 모터와 상기 제2 모터 간의 전력 차이의 절반에 의해 주어짐 -; 및

(i) 상기 스택 전압들을 평균하여 평균 스택 전압을 생성하도록 구성되는 평균기,

(ii) 상기 평균 스택 전압에 적어도 부분적으로 기초하여, 각각의 스택 전압에 대응하는 명목 스택 전력을 생성하도록 구성되는 제1 회로, 및

(iii) 각각의 모터 스택에 대해, 상기 대응하는 차동 전력과 상기 대응하는 명목 스택 전력을 결합하여, (a) 상기 모터 스택 내의 상기 제1 모터에 대응하는 제1 모터 전력 및 (b) 상기 모터 스택 내의 상기 제2 모터에 대응하는 제2 모터 전력 둘 다를 생성하도록 구성되는 제2 회로

를 포함하는 제어 시스템

을 포함하고,

각각의 모터 스택에 대해, 상기 제어 시스템은 상기 모터 스택에 대한 상기 제1 및 제2 모터 전력들에 기초하여 상기 모터 스택 내의 상기 제1 및 제2 모터들을 제어하도록 구성되는 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 회로는

각각의 스택 전압에 대해, 상기 스택 전압으로부터 상기 평균 스택 전압을 감하여 에러 항을 생성하도록 구성되는 감산기;

각각의 스택 전압에 대해, 상기 에러 항에 기초하여 양의 항을 결정하도록 구성되는 보상 네트워크; 및

각각의 스택 전압에 대해, 상기 양의 항을 상기 모터에 대한 명목 전력과 합하여 상기 명목 스택 전력을 생성하도록 구성되는 합산기

를 포함하는 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

각각의 스택 전압에 대해, 상기 보상 네트워크는 상기 에러 항을 입력으로서 취하는 이득 함수에 따라 상기 양의 항을 결정하도록 구성되는 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 회로는

각각의 차동 전력에 대해, 상기 차동 전력으로부터 양의 차동 전력 및 음의 차동 전력 둘 다를 생성하도록 구성되는 차동 전력 회로; 및

각각의 차동 전력에 대해:

상기 양의 차동 전력을 상기 각각의 모터 스택에 대해 생성된 상기 명목 스택 전력과 합하여 상기 제1 모터 전력을 생성하고,

상기 음의 차동 전력을 상기 각각의 모터 스택에 대해 생성된 상기 명목 스택 전력과 합하여 상기 제2 모터 전력을 생성하도록 구성되는 합산기를 포함하는 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 시스템은 풍력으로부터 전기 에너지를 생성하도록 구성되는 공중 풍력 터빈 시스템을 포함하는 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

지상국;

비행체; 및

상기 비행체를 상기 지상국에 접속하는 테더(tether)

를 더 포함하는 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 비행체는 상기 테더를 통해 전기 에너지를 상기 지상국으로 전송하도록 구성되는 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 지상국은 상기 테더를 통해 전기 에너지를 상기 비행체로 전송하도록 구성되는 시스템.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 모터 시스템은 상기 지상국 내에 포함되는 시스템.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 모터 시스템은 상기 비행체 내에 포함되는 시스템.

청구항 11

직렬로 접속된 복수의 모터 스택을 포함하는 모터 시스템으로부터 스택 전압들의 세트를 수신하는 단계 - 각각의 모터 스택은 제1 모터 및 제2 모터를 포함하고, 각각의 스택 전압은 상기 복수의 모터 스택 내의 각각의 모터 스택에 대응함 -;

상기 스택 전압들을 평균하여 평균 스택 전압을 생성하는 단계;

각각의 스택 전압에 대응하는 명목 스택 전력을 생성하는 단계 - 각각의 명목 스택 전력은 적어도 상기 평균 스택 전압에 기초함 -;

차동 전력들의 세트를 수신하는 단계 - 각각의 차동 전력은 상기 복수의 모터 스택 내의 각각의 모터 스택에 대응하고, 각각의 차동 전력은 상기 각각의 모터 스택에서의 상기 제1 모터와 상기 제2 모터 간의 전력 차이의 절

반에 의해 주어짐 -;

각각의 모터 스택에 대해, 상기 대응하는 차동 전력과 상기 대응하는 명목 스택 전력을 결합하여, 상기 모터 스택 내의 상기 제1 모터에 대응하는 제1 모터 전력 및 상기 모터 스택 내의 상기 제2 모터에 대응하는 제2 모터 전력 둘 다를 생성하는 단계; 및

각각의 모터 스택에 대해, (i) 상기 모터 스택에 대응하는 상기 제1 모터 전력에 기초하여 상기 제1 모터를 제어하고, (ii) 상기 모터 스택에 대응하는 상기 제2 모터 전력에 기초하여 상기 제2 모터를 제어하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

각각의 스택 전압에 대응하는 상기 명목 스택 전력을 생성하는 단계는 각각의 스택 전압에 대해:

상기 스택 전압으로부터 상기 평균 스택 전압을 감하여 에러 항을 생성하는 단계;

상기 에러 항에 기초하여 양의 항을 결정하는 단계; 및

상기 양의 항을 상기 모터에 대한 명목 전력과 합하여 상기 명목 스택 전력을 생성하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 에러 항에 기초하여 상기 양의 항을 결정하는 단계는 상기 에러 항을 입력으로서 취하는 보상 함수에 기초하여 상기 양의 항을 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 보상 함수는 이득 함수를 포함하는 방법.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 제1 모터 전력 및 상기 제2 모터 전력 둘 다를 생성하는 단계는 각각의 차동 전력에 대해:

상기 차동 전력으로부터 양의 차동 전력 및 음의 차동 전력 둘 다를 생성하는 단계;

상기 양의 차동 전력을 상기 각각의 모터 스택에 대해 생성된 상기 명목 스택 전력과 합하여 상기 제1 모터 전력을 생성하는 단계; 및

상기 음의 차동 전력을 상기 각각의 모터 스택에 대해 생성된 상기 명목 스택 전력과 합하여 상기 제2 모터 전력을 생성하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 16

컴퓨팅 장치에 의해 실행 가능하여 상기 컴퓨팅 장치로 하여금,

직렬로 접속된 복수의 모터 스택을 포함하는 모터 시스템으로부터 스택 전압들의 세트를 수신하는 기능 - 각각의 모터 스택은 제1 모터 및 제2 모터를 포함하고, 각각의 스택 전압은 상기 복수의 모터 스택 내의 각각의 모터 스택에 대응함 -;

상기 스택 전압들을 평균하여 평균 스택 전압을 생성하는 기능;

각각의 스택 전압에 대응하는 명목 스택 전력을 생성하는 기능 - 각각의 명목 스택 전력은 적어도 상기 평균 스

택 전압에 기초함 -;

차동 전력들의 세트를 수신하는 기능 - 각각의 차동 전력은 상기 복수의 모터 스택 내의 각각의 모터 스택에 대응하고, 각각의 차동 전력은 상기 각각의 모터 스택에서의 상기 제1 모터와 상기 제2 모터 간의 전력 차이의 절반에 의해 주어짐 -;

각각의 차동 전력에 대해, 상기 차동 전력과 상기 각각의 모터 스택에 대해 생성된 상기 명목 스택 전력을 결합하여, 제1 모터 전력 및 제2 모터 전력 둘 다를 생성하는 기능; 및

각각의 모터 스택에 대해, (i) 상기 제1 모터 전력에 기초하여 상기 제1 모터를 제어하고, (ii) 상기 제2 모터 전력에 기초하여 상기 제2 모터를 제어하는 기능

을 포함하는 기능들을 수행하게 하는 명령어들을 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 17

제16항에 있어서,

각각의 스택 전압에 대응하는 상기 명목 스택 전력을 생성하는 기능은 각각의 스택 전압에 대해:

상기 스택 전압으로부터 상기 평균 스택 전압을 감하여 에러 항을 생성하는 기능;

상기 에러 항에 기초하여 양의 항을 결정하는 기능; 및

상기 양의 항을 상기 모터에 대한 명목 전력과 합하여 상기 명목 스택 전력을 생성하는 기능

을 포함하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 에러 항에 기초하여 상기 양의 항을 결정하는 기능은 상기 에러 항을 입력으로서 취하는 보상 함수에 기초하여 상기 양의 항을 결정하는 기능을 포함하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 보상 함수는 이득 함수를 포함하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 20

제16항에 있어서,

상기 제1 모터 전력 및 상기 제2 모터 전력 둘 다를 생성하는 기능은 각각의 차동 전력에 대해:

상기 차동 전력으로부터 양의 차동 전력 및 음의 차동 전력 둘 다를 생성하는 기능;

상기 양의 차동 전력을 상기 각각의 모터 스택에 대해 생성된 상기 명목 스택 전력과 합하여 상기 제1 모터 전력을 생성하는 기능; 및

상기 음의 차동 전력을 상기 각각의 모터 스택에 대해 생성된 상기 명목 스택 전력과 합하여 상기 제2 모터 전력을 생성하는 기능

을 포함하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 21

제1항에 있어서,

각각의 모터 스택에 대하여, 상기 제어 시스템은 상기 모터 스택에 대한 상기 제1 및 제2 모터 전력들에 기초하여 상기 모터 스택 내의 상기 제1 및 상기 제2 모터들을 제어하도록 구성되어 상기 모터 시스템은 복수의 전류를 나타내고, 각각의 전류는 상기 복수의 모터 스택의 각각의 모터 스택에 대응하고 상기 모터 시스템을 안정화

하도록 상기 복수의 전류 중 다른 전류들과 동일한 시스템.

청구항 22

제11항에 있어서,

각각의 모터 스택에 대해, 상기 모터 스택의 상기 제1 모터는 상기 모터 스택에 대응하는 상기 제1 모터 전력에 기초하여 제어되고, 상기 모터 스택의 상기 제2 모터는 상기 모터 스택에 대응하는 상기 제2 모터 전력에 기초하여 제어되어, 상기 모터 시스템은 복수의 전류를 나타내고, 각각의 전류는 상기 복수의 모터 스택의 각각의 모터 스택에 대응하고 상기 모터 시스템을 안정화하도록 상기 복수의 전류 중 다른 전류들과 동일한 방법.

청구항 23

제16항에 있어서,

각각의 모터 스택에 대해, 상기 모터 스택의 상기 제1 모터는 상기 모터 스택에 대응하는 상기 제1 모터 전력에 기초하여 제어되고, 상기 모터 스택의 상기 제2 모터는 상기 모터 스택에 대응하는 상기 제2 모터 전력에 기초하여 제어되어, 상기 모터 시스템은 복수의 전류를 나타내고, 각각의 전류는 상기 복수의 모터 스택의 각각의 모터 스택에 대응하고 상기 모터 시스템을 안정화하도록 상기 복수의 전류 중 다른 전류들과 동일한 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체.

발명의 설명

배경 기술

[0001] 본 명세서에서 달리 표시되지 않는 한, 본 섹션에서 설명되는 내용들은 본 명세서의 청구항들에 대한 종래 기술이 아니며, 본 섹션의 포함에 의해 종래 기술인 것으로 인정되지 않는다.

[0002] 동력 생성 시스템들은 화학 및/또는 기계적 에너지(예를 들어, 운동 에너지)를 유틸리티 시스템들과 같은 다양한 애플리케이션들을 위한 전기 에너지로 변환할 수 있다. 일례로서, 풍력 에너지 시스템은 풍력 운동 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있다. 배경기술에 관하여 이하의 문서들을 참고한다:

미국 공개특허공보 제2011-0031344호 (ALBERT J. GRENIER, 공개일: 2011년 2월 10일);

일본 특허공보 제5299519호 (TOYOTA JIDOSHA K.K., 공개일: 2013년 9월 25일);

미국 공개특허공보 제2004-0027105호 (KOJI NAKAMURA 외, 공개일: 2004년 2월 12일);

미국 공개특허공보 제2002-0113167호 (JOSE ALBERO 외, 공개일: 2002년 8월 22일); 및

미국 공개특허공보 제2009-0167231호 (JOHN W. SUSSMEIER 외, 공개일: 2009년 7월 2일)

발명의 내용

[0003] 발명의 요약

[0004] 풍력 에너지 시스템은 공중 풍력 터빈(AWT) 시스템의 형태를 취할 수 있다. AWT 시스템들은 예로서 전기 생성, 물체 또는 차량 들어올리기 또는 끌기 등과 같은 다양한 목적을 위해 풍력으로부터 유용한 전력을 추출할 수 있다.

[0005] AWT 시스템에서는, 예로서 AWT 시스템에서의 움 손실을 줄이기 위해 높은 동작 전압을 달성하는 것이 바람직할 수 있다. 그러한 응용에서의 단일 모터 또는 발전기의 동작 전압은 실제의 전자회로에 의해 제한될 수 있지만, 모터들 또는 발전기들을 직렬로 적층함으로써 더 높은 동작 전압이 달성될 수 있다.

[0006] 그러나, 직렬로 적층된 모터들 또는 발전기들은 불안정성을 나타낼 수 있다. 구체적으로, 직렬로 적층된 모터들(또는 발전기들)이 대략 동일한 전력들을 갖도록 제어될 때, 모터들(또는 발전기들) 각각을 통해 흐르는 전류들이 대략 동일하지 않을 경우, 모터들(또는 발전기들)의 전압들은 발산할 수 있고, 따라서 모터들(또는 발전기들)은 전압 불안정성을 나타낸다. AWT에서 직렬로 적층된 모터들 또는 발전기들을 제어하기 위한 방법들 및 시스템들이 개시된다. 유리하게, 여기서 설명되는 일부 예들은 불안정성의 위험 없이 높은 동작 전압들을 가능하

게 할 수 있다.

[0007] 일 양태에서, 모터 시스템 및 제어 시스템을 포함하는 시스템이 개시된다. 모터 시스템은 직렬로 접속된 다수의 모터 스택을 포함할 수 있고, 이들 각각은 제1 모터 및 제2 모터를 포함한다. 모터 시스템은 다수의 스택 전압을 나타낼 수 있으며, 각각의 스택 전압은 각각의 모터 스택에 대응한다. 또한, 모터 시스템은 다수의 차동 전력을 나타낼 수 있으며, 각각의 차동 전력은 각각의 모터 스택에 대응한다. 각각의 차동 전력은 각각의 모터 스택에서의 제1 모터와 제2 모터 간의 전력 차이의 절반에 의해 주어질 수 있다. 제어 시스템은 평균기, 제1 회로 및 제2 회로를 포함할 수 있다. 평균기는 스택 전압들을 수신하고, 스택 전압들을 평균하여 평균 스택 전압을 생성하도록 구성될 수 있다. 제1 회로는 평균 스택 전압을 수신하고, 평균 스택 전압에 기초하여, 각각의 스택 전압에 대응하는 명목 스택 전력을 생성하도록 구성될 수 있다. 제2 회로는 차동 전력들을 수신하고, 각각의 차동 전력에 대해, 각각의 모터 스택에 대해 생성된 차동 전력과 명목 스택 전력을 결합하여 제1 모터 전력 및 제2 모터 전력 양자를 생성하도록 구성될 수 있다. 각각의 모터 스택에 대해, 제어 시스템은 제1 모터 전력에 기초하여 제1 모터를 제어하고, 제2 모터 전력에 기초하여 제2 모터를 제어하도록 구성될 수 있다.

[0008] 다른 양태에서, 방법이 제공된다. 방법은 직렬로 접속된 다수의 모터 스택을 포함하는 모터 시스템으로부터 스택 전압들의 세트를 수신하는 단계를 포함할 수 있다. 각각의 모터 스택은 제1 모터 및 제2 모터를 포함할 수 있고, 각각의 스택 전압은 각각의 모터 스택에 대응한다. 방법은 스택 전압들을 평균하여 평균 스택 전압을 생성하는 단계, 및 각각의 스택 전압에 대응하는 명목 스택 전력을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있고, 각각의 명목 스택 전력은 적어도 평균 스택 전압에 기초한다. 방법은 차동 전력들의 세트를 수신하는 단계를 더 포함할 수 있고, 이들 각각은 다수의 모터 스택 내의 각각의 모터 스택에 대응한다. 각각의 차동 전력은 각각의 모터 스택에서의 제1 모터와 제2 모터 간의 전력 차이의 절반에 의해 주어질 수 있다. 방법은 각각의 차동 전력에 대해, 각각의 모터 스택에 대해 생성되는 차동 전력과 명목 스택 전력을 결합하여 제1 모터 전력 및 제2 모터 전력 양자를 생성하는 단계, 및 각각의 모터 스택에 대해, 제1 모터 전력에 기초하여 제1 모터를 제어하고, 제2 모터 전력에 기초하여 제2 모터를 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0009] 추가 양태에서, 컴퓨팅 장치에 의해 실행 가능하여 컴퓨팅 장치로 하여금 직렬로 접속되는 다수의 모터 스택을 포함하는 모터 시스템으로부터 스택 전압들의 세트를 수신하는 기능을 포함하는 기능들을 수행하게 하는 명령어들을 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체가 제공된다. 각각의 모터 스택은 제1 모터 및 제2 모터를 포함할 수 있고, 각각의 스택 전압은 각각의 모터 스택에 대응한다. 기능들은 스택 전압들을 평균하여 평균 스택 전압을 생성하는 기능, 및 각각의 스택 전압에 대응하는 명목 스택 전력을 생성하는 기능을 더 포함할 수 있고, 각각의 명목 스택 전력은 적어도 평균 스택 전압에 기초한다. 기능들은 차동 전력들의 세트를 수신하는 기능을 더 포함할 수 있고, 이들 각각은 다수의 모터 스택 내의 각각의 모터 스택에 대응한다. 각각의 차동 전력은 각각의 모터 스택에서의 제1 모터와 제2 모터 간의 전력 차이에 의해 주어질 수 있다. 기능들은 각각의 차동 전력에 대해, 각각의 모터 스택에 대해 생성되는 차동 전력과 명목 스택 전력을 결합하여 제1 모터 전력 및 제2 모터 전력 양자를 생성하는 기능, 및 각각의 모터 스택에 대해, 제1 모터 전력에 기초하여 제1 모터를 제어하고, 제2 모터 전력에 기초하여 제2 모터를 제어하는 기능을 더 포함할 수 있다.

[0010] 또 다른 양태에서, 직렬로 접속되는 다수의 모터 스택을 포함하는 모터 시스템으로부터 스택 전압들의 세트를 수신하기 위한 수단을 포함하는 시스템이 개시된다. 각각의 모터 스택은 제1 모터 및 제2 모터를 포함할 수 있고, 각각의 스택 전압은 각각의 모터 스택에 대응한다. 시스템은 스택 전압들을 평균하여 평균 스택 전압을 생성하기 위한 수단, 및 각각의 스택 전압에 대응하는 명목 스택 전력을 생성하기 위한 수단을 더 포함할 수 있고, 각각의 명목 스택 전력은 적어도 평균 스택 전압에 기초한다. 시스템은 차동 전력들의 세트를 수신하기 위한 수단을 더 포함할 수 있고, 이들 각각은 다수의 모터 스택 내의 각각의 모터 스택에 대응한다. 각각의 차동 전력은 각각의 모터 스택에서의 제1 모터와 제2 모터 간의 전력 차이에 의해 주어질 수 있다. 시스템은 각각의 차동 전력에 대해, 각각의 모터 스택에 대해 생성되는 차동 전력과 명목 스택 전력을 결합하여 제1 모터 전력 및 제2 모터 전력 양자를 생성하기 위한 수단, 및 각각의 모터 스택에 대해, 제1 모터 전력에 기초하여 제1 모터를 제어하고, 제2 모터 전력에 기초하여 제2 모터를 제어하기 위한 수단을 더 포함할 수 있다.

[0011] 이들 양태뿐만 아니라 다른 양태들, 장점들, 및 대안들은 적절한 경우에 첨부 도면들을 참조하여 아래의 상세한 설명을 읽음으로써 통상의 기술자들에게 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 일 실시예에 따른 공중 풍력 터빈(AWT)을 도시한다.

도 2는 일 실시예에 따른 AWT의 컴포넌트들을 예시하는 간이 블록도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 모터 시스템을 나타낸다.

도 4는 일 실시예에 따른 제어 시스템을 나타낸다.

도 5는 일 실시예에 따른 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 예시적 방법들과 시스템들이 본 명세서에 설명된다. 단어 "예시적"은 본 명세서에서 "예, 사례 또는 예시의 역할을 하는"을 의미하도록 사용됨을 이해해야 한다. "전형적" 또는 "예시적"으로서 본 명세서에 설명되는 임의의 실시예 또는 특징은 반드시 다른 실시예들 또는 특징들에 비해 선호되거나 또는 유리한 것으로 해석될 필요는 없다. 보다 일반적으로, 본 명세서에 설명되는 실시예들은 제한적인 것을 의미하지 않는다. 개시된 방법들 및 시스템들의 소정 양태들은 매우 다양한 상이한 구성들로 배열되고 조합될 수 있으며, 그 모두가 본 명세서에서 고려됨을 쉽게 이해할 것이다.

[0014] **I. 개요**

[0015] 실시예들은 공중 풍력 터빈(AWT) 시스템과 같은 풍력 에너지 시스템에서 사용될 수 있는 모터 시스템 및 제어 시스템과 관련된다. 구체적으로, 실시예들은 AWT 시스템에서 직렬로 적층되는 모터들 또는 발전기들을 제어하기 위한 방법들 및 시스템들과 관련되거나 그들의 형태를 취할 수 있다.

[0016] 배경으로서, AWT는 풍력 운동 에너지를 전기 에너지로 변환하기 위해, 예를 들어 실질적인 원형 경로와 같은 경로에서 비행하는 비행체를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 비행체는 테더(tether)를 통해 지상국에 연결될 수 있다. 테더링되는 동안, 비행체는, (i) 고도의 범위에서 실질적으로 경로에 따라 비행하고, 지상으로 복귀하며, (ii) 전기 에너지를 테더를 통해 지상국에 전송한다. (일부 실시예들에서는, 지상국이 이륙 및/또는 착륙을 위해 전기를 비행체에 전송할 수 있다.)

[0017] AWT 시스템에서는 테더에서의 옴 손실을 최소화하기 위해 높은 동작 전압을 달성하는 것이 바람직할 수 있다. 바람직한 동작 전압은 모터 또는 발전기 내의 전자회로의 실제 제한들로 인해 단일 모터 또는 발전기로는 가능하지 못할 수 있다. 그러나, 바람직한 동작 전압은 모터들 또는 발전기들을 직렬로 적층함으로써 달성될 수 있다. 구체적으로, 다수의 모터 스택(또는 발전기 스택)이 직렬로 적층될 수 있다. 각각의 모터 스택(또는 발전기 스택)은 하나 이상의 모터(또는 발전기)를 포함할 수 있다.

[0018] 적층된 모터들 또는 발전기들이 원하는 동작 전압을 달성할 수 있지만, 적층된 모터들 또는 발전기들은 불안정할 수 있다. 직렬로 적층된 모터들 또는 발전기들을 안정화하기 위해, 각각의 모터 스택(또는 발전기 스택)을 통과하는 평균 전류가 각각의 모터 또는 발전기에서 대략 동일하도록 제어될 수 있다. 개시되는 방법들 및 시스템들은 각각의 모터를 통과하는 전류가 실질적으로 동일하도록 적층된 모터들 또는 발전기들을 제어하는 것을 도울 수 있고, 따라서 위험한 불안정성의 방지를 도우면서도 AWT 시스템의 동작 전압을 증가시키는 것을 도울 수 있다.

[0019] **II. 예시적 시스템들**

[0020] **A. 예시적인 공중 풍력 터빈(AWT)**

[0021] 도 1은 일 실시예에 따르는 AWT(100)를 도시한다. 특히, AWT(100)는 지상국(110), 테더(120) 및 비행체(130)를 포함한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 비행체(130)는 테더(120)에 연결될 수 있고, 테더(120)는 지상국(110)에 연결될 수 있다. 본 예에서, 테더(120)는 지상국(110) 상의 하나의 위치에서 지상국(110)에 부착될 수 있고, 비행체(130) 상의 2개의 위치에서 비행체(130)에 부착될 수 있다. 그러나 다른 예들에서, 테더(120)는 다수의 위치에서 지상국(110) 및/또는 비행체(130)의 임의의 부분에 부착될 수 있다.

[0022] 지상국(110)은 비행체(130)가 조작 모드에 있을 때까지 이를 유지하고/유지하거나 지지하는데 사용될 수 있다. 지상국(110)은 또한 장치의 전개가 가능하도록 비행체(130)의 재배치를 허용하기 위해 구성될 수 있다. 더욱이, 지상국(110)은 또한, 착륙 동안 비행체(130)를 수용하도록 구성될 수 있다. 지상국(110)은 선회 비행, 전방 비행 또는 측풍 비행 동안 비행체(130)를 적절히 지상국에 부착되고/부착되거나 고정되게 유지할 수 있는 임의의 재료로 형성될 수 있다.

[0023] 게다가, 지상국(110)은 테더(120)의 길이를 변하게 할 수 있는, 윈치(winch)와 같은 하나 이상의 컴포넌트(도시

생략)를 포함할 수 있다. 그러한 컴포넌트들은 본 명세서에서 나중에 더 상세히 설명된다. 예를 들어, 비행체(130)가 전개될 때, 하나 이상의 컴포넌트는 테더(120)를 풀어주고(payload)/풀어주거나 폴도록(reel out) 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 하나 이상의 컴포넌트는 미리 결정된 길이로 테더(120)를 풀어주고/풀어주거나 폴도록 구성될 수 있다. 예들로서, 미리 결정된 길이는 테더(120)의 최대 길이 이하일 수 있다. 또한, 비행체(130)가 지상국(110)에 착륙할 때, 하나 이상의 컴포넌트는 테더(120)를 감도록 구성될 수 있다.

[0024] 테더(120)는 비행체(130)에 의해 생성된 전기 에너지를 지상국(110)에 전송할 수 있다. 게다가, 테더(120)는 이륙, 착륙, 선회 비행 및/또는 전방 비행을 위해 비행체(130)에 전력을 공급하기 위해서 전기를 비행체(130)에 전송할 수 있다. 테더(120)는 비행체(130)에 의해 생성되는 전기 에너지의 전송, 전달 및/또는 활용, 및/또는 비행체(130)로의 전기의 전송을 허용할 수 있는 임의의 재료를 이용하여 임의의 형태로 구성될 수 있다. 테더(120)는 또한 비행체(130)가 조작 모드에 있을 때 비행체(130)의 하나 이상의 힘을 견디도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 테더(120)는 비행체(130)가 선회 비행, 전방 비행 및/또는 측풍 비행에 있을 때 비행체(130)의 하나 이상의 힘을 견디도록 구성되는 코어를 포함할 수 있다. 코어는 임의의 높은 강도 파이버들로 구성될 수 있다. 일부 예들에서, 테더(120)는 고정 길이 및/또는 가변 길이를 가질 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 그런 예에서, 테더(120)는 140미터의 길이를 가질 수 있다.

[0025] 비행체(130)는 전기 에너지를 생성하기 위해 실질적으로 경로(150)를 따라 비행하도록 구성될 수 있다. 본 개시 내용에 사용되는 "실질적으로 따르는" 용어는 본 명세서에 설명된 전기 에너지의 생성, 및/또는 본 명세서에 설명된 소정 비행 모드들 사이에서 비행체의 천이에 크게 영향을 미치지 않는 것을 따르는 것을 정확히 지칭하고/지칭하거나 이로부터의 하나 이상의 편차를 지칭한다.

[0026] 비행체(130)는 다른 가능성들 중에서 특히, 연(kite), 헬리콥터, 날개 및/또는 비행기와 같은, 여러 유형의 장치들의 형태를 포함하거나 취할 수 있다. 비행체(130)는 금속, 플라스틱 및/또는 다른 폴리머들의 고체 구조들로 형성될 수 있다. 비행체(130)는 유틸리티 애플리케이션들에 사용될 수 있는, 전기 에너지의 생성과 높은 추력-대-중량 비를 허용하는 임의의 재료로 형성될 수 있다. 또한, 재료들은 풍속 및 풍향에서 크고/크거나 급격한 시프트들을 다룰 수 있는, 번개와 같은 경화, 중복 및/또는 고장 허용 설계를 허용하도록 선택될 수 있다. 다른 재료들도 비행체의 형성에 사용될 수 있다.

[0027] 경로(150)는 다양한 상이한 실시예들에서 다양한 상이한 형상들일 수 있다. 예를 들어, 경로(150)는 실질적으로 원형일 수 있다. 적어도 하나의 그런 예에서, 경로(150)는 최대 265미터의 반경을 가질 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같은 "실질적으로 원형"이라는 용어는 본 명세서에 설명된 전기 에너지의 생성에 크게 영향을 미치지 않는 원형을 정확히 지칭하고/지칭하거나 이로부터의 하나 이상의 편차를 지칭한다. 경로(150)에 대한 다른 형상들은 타원, 켈리 빈의 형상, 8의 수의 형상 등과 같은 타원형일 수 있다.

[0028] 도 1에 도시된 바와 같이, 비행체(130)는 주 날개(131), 전면부(132), 로터 커넥터들(133A-B), 로터들(134A-D), 테일 붐(tail boom)(135), 꼬리 날개(136) 및 수직 안정판(vertical stabilizer)(137)을 포함할 수 있다. 이들 컴포넌트는 어느 것이나 양력의 성분들을 사용하여 중력에 견디고/견디거나 비행체(130)를 전방으로 이동시키는 것을 허용하는 임의의 형태로 형성될 수 있다.

[0029] 주 날개(131)는 기본 양력을 비행체(130)에 제공할 수 있다. 주 날개(131)는 하나 이상의 경질 또는 연성 에어 포일(flexible air foil)들일 수 있고, 윙릿(winglet)들, 플랩(flap)들, 러더(rudder)들, 엘리베이터들 등과 같은 다양한 제어 표면들을 포함할 수 있다. 제어 표면들은 비행체(130)를 안정화시키고/안정화시키거나 선회 비행, 전방 비행 및/또는 측풍 비행 동안 비행체(130)에 대한 항력을 감소시키는데 사용될 수 있다.

[0030] 주 날개(131)는 비행체(130)가 선회 비행, 전방 비행 및/또는 측풍 비행에 관여하기 위한 임의의 적절한 재료일 수 있다. 예를 들어, 주 날개(131)는 탄소 섬유 및/또는 e-글라스를 포함할 수 있다. 더욱이, 주 날개(131)는 다양한 치수를 가질 수 있다. 예를 들어, 주 날개(131)는 종래의 풍력 터빈 블레이드에 대응하는 하나 이상의 치수를 가질 수 있다. 또 다른 예로서, 주 날개(131)는 8미터의 스패, 4 제곱미터의 넓이, 및 15의 중형비를 가질 수 있다. 전면부(132)는 비행 동안 비행체(130)에 대한 항력을 감소시키기 위해, 노즈(nose)와 같은 하나 이상의 컴포넌트를 포함할 수 있다.

[0031] 로터 커넥터들(133A-B)은 로터들(134A-D)을 주 날개(131)에 연결할 수 있다. 일부 예들에서, 로터 커넥터들(133A-B)은 하나 이상의 파일론(pylon)의 형태를 취하거나 이와 형태가 유사할 수 있다. 본 예에서, 로터 커넥터들(133A-B)은 로터들(134A-D)이 주 날개(131) 사이에서 이격되도록 배열된다. 일부 예들에서, 대응하는 로터들 사이(예를 들어, 로터(134A)와 로터(134B) 사이, 또는 로터(134C)와 로터(134D) 사이)의 수직 간격은 0.9미

터일 수 있다.

[0032] 로터들(134A-D)은 전기 에너지를 생성할 목적으로 하나 이상의 발전기를 구동하도록 구성된다. 본 예에서, 로터들(134A-D)은 각각 하나 이상의 블레이드, 예를 들어 3개의 블레이드를 포함할 수 있다. 하나 이상의 로터 블레이드는 바람과 상호작용을 통해 회전할 수 있으며, 이는 하나 이상의 발전기를 구동하는데 사용될 수 있다. 게다가, 로터들(134A-D)은 또한 비행 동안 추력을 비행체(130)에 제공하기 위해 구성될 수 있다. 이 배열로 인해, 로터들(134A-D)은 프로펠러와 같은 하나 이상의 추진 유닛으로서 작용할 수 있다. 로터들(134A-D)이 본 예에서 4개의 로터로 도시되어 있지만, 다른 예들에서 비행체(130)는 4개 미만의 로터들 또는 4개보다 많은 로터들과 같은, 임의의 수의 로터들을 포함할 수 있다.

[0033] 테일 붐(135)은 주 날개(131)를 꼬리 날개(136)에 연결할 수 있다. 테일 붐(135)은 다양한 치수들을 가질 수 있다. 예를 들어, 테일 붐(135)은 2 미터의 길이를 가질 수 있다. 더욱이, 일부 구현들에서, 테일 붐(135)은 비행체(130)의 바디 및/또는 동체의 형태를 취할 수 있다. 그런 구현들에서, 테일 붐(135)은 페이로드를 운반할 수 있다.

[0034] 꼬리 날개(136) 및/또는 수직 안정판(137)은 선회 비행, 전방 비행 및/또는 측풍 비행 동안 비행체를 안정화시키고/안정화시키거나 비행체(130)에 대한 항력을 감소시키는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 꼬리 날개(136) 및/또는 수직 안정판(137)은 선회 비행, 전방 비행 및/또는 측풍 비행 동안 비행체(130)의 피치를 유지하는데 사용될 수 있다. 본 예에서, 수직 안정판(137)은 테일 붐(135)에 부착될 수 있고, 꼬리 날개(136)는 수직 안정판(137)의 상부에 위치한다. 꼬리 날개(136)는 다양한 치수들을 가질 수 있다. 예를 들어, 꼬리 날개(136)는 2 미터의 길이를 가질 수 있다. 더욱이, 일부 예들에서, 꼬리 날개(136)는 0.45 제곱미터의 표면 넓이를 가질 수 있다. 또한, 일부 예들에서, 꼬리 날개(136)는 비행체(130)의 무게 중심 1미터 위에 위치할 수 있다.

[0035] 비행체(130)가 위에 설명되었다 할지라도, 본 명세서에 설명된 방법들과 시스템들이 테더(120)와 같은 테더에 연결되는 임의의 적절한 비행체를 포함할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0036] **B. AWT의 예시적 컴포넌트들**

[0037] 도 2는 AWT(200)의 컴포넌트들을 예시하는 단순 블록도이다. AWT(200)는 AWT(100)의 형태를 취하거나 이와 형태가 유사할 수 있다. 특히, AWT(200)는 지상국(210), 테더(220) 및 비행체(230)를 포함한다. 지상국(210)은 지상국(110)의 형태를 취하거나 이와 형태가 유사할 수 있고, 테더(220)는 테더(120)의 형태를 취하거나 이와 형태가 유사할 수 있고, 비행체(230)는 비행체(130)의 형태를 취하거나 이와 형태가 유사할 수 있다.

[0038] 도 2에 도시된 바와 같이, 지상국(210)은 하나 이상의 프로세서(212), 데이터 저장소(214) 및 프로그램 명령어들(216)을 포함할 수 있다. 프로세서(212)는 범용 프로세서 또는 특수 목적 프로세서(예를 들어, 디지털 신호 프로세서들, 주문형 집적 회로들 등)일 수 있다. 하나 이상의 프로세서(212)는 데이터 저장소(214)에 저장되고 본 명세서에 설명된 기능 중 적어도 일부를 제공하도록 실행 가능한 컴퓨터 판독 가능 프로그램 명령어들(216)을 실행하도록 구성될 수 있다.

[0039] 데이터 저장소(214)는 적어도 하나의 프로세서(212)에 의해 판독되거나 액세스될 수 있는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 저장 매체를 포함하거나 그 형태를 취할 수 있다. 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 저장 매체는 휘발성 및/또는 비휘발성 저장 컴포넌트들, 예를 들어 하나 이상의 프로세서(212) 중 적어도 하나와 전체적으로 또는 부분적으로 일체화될 수 있는 광, 자기, 유기, 또는 다른 메모리 또는 디스크 저장소를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서 데이터 저장소(214)는 단일 물리적 장치(예를 들어, 하나의 광, 자기, 유기, 또는 다른 메모리 또는 디스크 저장 유닛)를 이용하여 구현될 수 있는 반면, 다른 실시예에서 데이터 저장소(214)는 2개 이상의 물리적 장치를 이용하여 구현될 수 있다.

[0040] 언급한 바와 같이, 데이터 저장소(214)는 컴퓨터 판독 가능 프로그램 명령어들(216)과, 지상국(210)의 진단 데이터와 같은 아마도 추가 데이터를 포함할 수 있다. 이와 같이, 데이터 저장소(214)는 본 명세서에 설명되는 일부 또는 모든 기능을 수행하거나 용이하게 하기 위한 프로그램 명령어들을 포함할 수 있다.

[0041] 추가 양상에서, 지상국(210)은 통신 시스템(218)을 포함할 수 있다. 통신 시스템(218)은 하나 이상의 무선 인터페이스 및/또는 하나 이상의 유선 인터페이스를 포함할 수 있고, 이들은 지상국(210)이 하나 이상의 네트워크를 통해 통신하게 한다. 이런 무선 인터페이스들은 블루투스, WiFi(예를 들어, IEEE 802.11 프로토콜), 롱-텀 에볼루션(LTE)(Long-Term Evolution), WiMAX(예를 들어, IEEE 802.16 표준), 무선 주파수 ID(RFID)(Radio Frequency ID) 프로토콜, 근거리 통신(NFC)(Near Field Communication) 및/또는 다른 무선 통신 프로토콜들과 같은, 하나 이상의 무선 통신 프로토콜 하에서 통신을 제공할 수 있다. 이런 유선 인터페이스들은 이더넷 인터

페이스, 범용 직렬 버스(USB)(Universal Serial Bus) 인터페이스, 또는 와이어, 연선(twisted pair of wires), 동축 케이블, 광 링크, 광섬유 링크, 또는 유선 네트워크와의 다른 물리적 연결을 포함할 수 있다. 지상국(210)은 통신 시스템(218)을 통해 비행체(230), 다른 지상국들 및/또는 다른 엔티티들(예를 들어, 명령 센터)과 통신할 수 있다.

[0042] 일 실시예에서, 지상국(210)은 단거리 통신 및 장거리 통신 양자를 허용할 수 있는 통신 시스템들(218)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 지상국(210)은 블루투스를 이용하는 단거리 통신을 위해 구성될 수 있고, CDMA 프로토콜 하의 장거리 통신을 위해 구성될 수 있다. 그러한 실시예에서, 지상국(210)은 "핫 스팟"으로서: 환언하면, 원격 지지 장치(예를 들어, 테더(220), 비행체(230), 및 다른 지상국들)과, 셀룰러 네트워크 및/또는 인터넷과 같은 하나 이상의 데이터 네트워크 사이의 게이트웨이 또는 프록시로서 작용하도록 구성될 수 있다. 이와 같이 구성되어, 지상국(210)은 원격 지지 장치가 그렇지 않으면 그 자신에 의해 수행될 수 없을 데이터 통신을 용이하게 할 수 있다.

[0043] 예를 들어, 지상국(210)은 WiFi 연결을 원격 장치에 제공하고 셀룰러 서비스 제공자의 데이터 네트워크에 대한 프록시 또는 게이트웨이로서 작용할 수 있으며, 지상국(210)은 예를 들어, LTE 또는 3G 프로토콜 하에서 이런 셀룰러 서비스 제공자의 데이터 네트워크에 연결할 수 있다. 지상국(210)은 또한 다른 지상국들 또는 명령국에 대한 프록시 또는 게이트웨이로서 작용할 수 있으며, 그렇지 않으면 원격 장치는 이들에게 액세스할 수 없을 수 있다.

[0044] 더욱이, 도 2에 도시된 바와 같이, 테더(220)는 전송 컴포넌트들(222)과 통신 링크(224)를 포함할 수 있다. 전송 컴포넌트들(222)은 비행체(230)로부터의 전기 에너지를 지상국(210)에 전송하고/하거나 지상국(210)으로부터의 전기 에너지를 비행체(230)에 전송하도록 구성될 수 있다. 전송 컴포넌트들(222)은 다양한 상이한 실시예들에서 다양한 상이한 형태들을 취할 수 있다. 예를 들어, 전송 컴포넌트들(222)은 전기를 전송하도록 구성되는 하나 이상의 도전체를 포함할 수 있다. 적어도 하나의 그런 예에서, 하나 이상의 도전체는 알루미늄, 및/또는 전류의 전도를 허용할 수 있는 임의의 재료를 포함할 수 있다. 더욱이, 일부 구현들에서, 전송 컴포넌트들(222)은 테더(220)의 코어(도시 생략)를 둘러쌀 수 있다.

[0045] 지상국(210)은 통신 링크(224)를 통해 비행체(230)와 통신할 수 있다. 통신 링크(224)는 양방향일 수 있고, 하나 이상의 유선 및/또는 무선 인터페이스를 포함할 수 있다. 또한, 하나 이상의 라우터, 스위치, 및/또는 통신 링크(224)의 적어도 일부를 구성하는 다른 장치들 또는 네트워크들이 있을 수 있다.

[0046] 또한, 도 2에 도시된 바와 같이, 비행체(230)는 하나 이상의 센서(232), 전력 시스템(234), 전력 생성/변환 컴포넌트들(236), 통신 시스템(238), 하나 이상의 프로세서(242), 데이터 저장소(244), 프로그램 명령어들(246), 및 제어 시스템(248)을 포함할 수 있다.

[0047] 센서들(232)은 다양한 상이한 실시예들에서 다양한 상이한 센서들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 센서들(232)은 GPS(Global Positioning System) 수신기를 포함할 수 있다. GPS 수신기는 비행체(230)의 GPS 좌표들과 같은, 잘 알려진 GPS 시스템들(GNSS(Global Navigation Satellite System)로서 지칭될 수 있음)에 전형적인 데이터를 제공하도록 구성될 수 있다. 그런 GPS 데이터는 본 명세서에 설명되는 다양한 기능들을 제공하기 위해 AWT(200)에 의해 이용될 수 있다.

[0048] 다른 예로서, 센서들(232)은 하나 이상의 피토 튜브(pitot tube)와 같은 하나 이상의 풍속 센서를 포함할 수 있다. 하나 이상의 풍속 센서는 겉보기 바람(apparent wind) 및/또는 상대 바람(relative wind)을 검출하도록 구성될 수 있다. 이런 바람 데이터는 본 명세서에 설명되는 다양한 기능들을 제공하기 위해 AWT(200)에 의해 이용될 수 있다.

[0049] 또 다른 예로서, 센서들(232)은 관성 측정 유닛(IMU)(Inertial Measurement Unit)을 포함할 수 있다. IMU는 비행체(230)의 방향을 결정하기 위해 함께 이용될 수 있는, 가속도계 및 자이로스코프 양자를 포함할 수 있다. 특히, 가속도계는 지상에 대한 비행체(230)의 방향을 측정할 수 있고, 반면에 자이로스코프는 비행체(230)의 중심선과 같은 축 주위의 회전을 측정한다. IMU들은 저비용, 저전력 패키지들로 상업적으로 구입 가능하다. 예를 들어, IMU는 초소형 미세전자기계시스템(MEMS)(MicroElectroMechanical System) 또는 나노전자기계시스템(NEMS)(NanoElectroMechanical System)의 형태를 취하거나 이를 포함할 수 있다. 다른 유형의 IMU들도 이용될 수 있다. IMU는 가속도계들 및 자이로스코프들뿐만 아니라, 위치를 더 잘 결정하는데 도움이 될 수 있는 다른 센서들을 포함할 수 있다. 이런 센서들의 2가지 예들은 자력계들과 압력 센서들이다. 다른 예들도 가능하다.

[0050] 가속도계와 자이로스코프가 비행체(230)의 방향을 결정하는데 효과적일 수 있지만, 측정의 경미한 오차들이 시

간의 경과에 따라 섞여서 더 큰 오차를 야기할 수 있다. 그러나 예시적 비행체(230)는 방향을 측정하기 위해 자력계를 이용하여 그런 오차들을 완화하거나 감소시킬 수 있다. 자력계의 한 예는 저전력, 디지털 3축 자력계이고, 이것은 정확한 기수 방위(heading) 정보를 위한 방향 독립 전자식 나침반을 구현하는데 사용될 수 있다. 그러나 다른 유형의 자력계들도 물론 이용될 수 있다.

- [0051] 비행체(230)는 또한 압력 센서 또는 기압계를 포함할 수 있고, 이것은 비행체(230)의 고도를 결정하는데 사용될 수 있다. 대안적으로, 음향 고도계들 또는 레이더 고도계들과 같은 다른 센서들은 고도의 표시를 제공하는데 사용될 수 있고, 이것은 IMU의 정확도를 향상하고/향상하거나 드리프트를 방지하는데 도움이 될 수 있다.
- [0052] 언급된 바와 같이, 비행체(230)는 전력 시스템(234)을 포함할 수 있다. 전력 시스템(234)은 다양한 상이한 실시예들에서 다양한 상이한 형태들을 취할 수 있다. 예를 들어, 전력 시스템(234)은 전력을 비행체(230)에 제공하기 위해 하나 이상의 배터리를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 하나 이상의 배터리는 재충전 가능하고, 각각의 배터리는 배터리와 전원 사이의 유선 연결들, 및/또는 무선 충전 시스템, 예를 들어 외부 시변 자계를 내부 배터리에 인가하는 유도성 충전 시스템 및/또는 하나 이상의 태양 전지판에서 수집되는 에너지를 이용하는 충전 시스템을 통해 재충전될 수 있다.
- [0053] 또 다른 예로서, 전력 시스템(234)은 전력을 비행체(230)에 제공하기 위한 하나 이상의 모터 또는 엔진을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 하나 이상의 모터 또는 엔진은 탄화수소계 연료와 같은 연료에 의해 전력이 공급될 수 있다. 그런 구현들에서, 연료는 비행체(230)에 저장되고 파이프(piping)과 같은 하나 이상의 유체 도관을 통해 하나 이상의 모터 또는 엔진에 전달될 수 있다. 일부 구현들에서, 전력 시스템(234)은 지상국(210)의 전체 또는 일부에 구현될 수 있다.
- [0054] 언급된 바와 같이, 비행체(230)는 전력 생성/변환 컴포넌트들(236)을 포함할 수 있다. 전력 생성/변환 컴포넌트들(236)은 다양한 상이한 실시예들에서 다양한 상이한 형태들을 취할 수 있다. 예를 들어, 전력 생성/변환 컴포넌트들(236)은 고속 직접 구동 발전기와 같은 하나 이상의 발전기를 포함할 수 있다. 이런 배열로 인해, 하나 이상의 발전기는 로터들(134A-D)과 같은 하나 이상의 로터에 의해 구동될 수 있다. 적어도 하나의 이런 예에서, 하나 이상의 발전기는 60퍼센트를 초과할 수 있는 커패시티 팩터(capacity factor)에서 초당 11.5미터의 정격 풍력 속도로 동작할 수 있고, 하나 이상의 발전기는 40킬로와트와 600메가와트 사이의 전력을 생성할 수 있다.
- [0055] 더욱이, 언급된 바와 같이, 비행체(230)는 통신 시스템(238)을 포함할 수 있다. 통신 시스템(238)은 통신 시스템(218)의 형태를 취하거나 이와 형태가 유사할 수 있다. 비행체(230)는 통신 시스템(238)을 통해 지상국(210), 다른 비행체들 및/또는 다른 엔티티들(예를 들어, 명령 센터)과 통신할 수 있다.
- [0056] 일부 구현들에서, 비행체(230)는 "핫 스폿"으로서: 환언하면, 원격 지지 장치(예를 들어, 지상국(210), 태더(220), 및 다른 비행체들)과, 셀룰러 네트워크 및/또는 인터넷과 같은 하나 이상의 데이터 네트워크 사이의 게이트웨이 또는 프록시로서 작용하도록 구성될 수 있다. 이와 같이 구성되어, 비행체(230)는 원격 지지 장치가 그렇지 않으면 그 자신에 의해 수행될 수 없을 데이터 통신을 용이하게 할 수 있다.
- [0057] 예를 들어, 비행체(230)는 WiFi 연결을 원격 장치에 제공하고 셀룰러 서비스 제공자의 데이터 네트워크에 대한 프록시 또는 게이트웨이로서 작용할 수 있으며, 비행체(230)는 예를 들어, LTE 또는 3G 프로토콜 하에서 이런 셀룰러 서비스 제공자의 데이터 네트워크에 연결할 수 있다. 비행체(230)는 또한 다른 비행체들 또는 명령국에 대한 프록시 또는 게이트웨이로서 작용할 수 있으며, 그렇지 않으면 원격 장치는 이들에게 액세스할 수 없을 수 있다.
- [0058] 언급된 바와 같이, 비행체(230)는 하나 이상의 프로세서(242), 프로그램 명령어들(244), 및 데이터 저장소(246)를 포함할 수 있다. 하나 이상의 프로세서(242)는 데이터 저장소(244)에 저장되고 본 명세서에 설명된 기능 중 적어도 일부를 제공하도록 실행 가능한 컴퓨터 판독 가능 프로그램 명령어들(246)을 실행하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 프로세서(242)는 하나 이상의 프로세서(212)의 형태를 취하거나 이와 형태가 유사할 수 있으며, 데이터 저장소(244)는 데이터 저장소(214)의 형태를 취하거나 이와 형태가 유사할 수 있으며, 프로그램 명령어들(246)은 프로그램 명령어들(216)의 형태를 취하거나 이와 형태가 유사할 수 있다.
- [0059] 더욱이, 언급된 바와 같이, 비행체(230)는 제어 시스템(248)을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 제어 시스템(248)은 본 명세서에 설명되는 하나 이상의 기능을 수행하도록 구성될 수 있다. 제어 시스템(248)은 기계적 시스템들, 및/또는 하드웨어, 펌웨어 및/또는 소프트웨어로 구현될 수도 있다. 일례로서, 제어 시스템(248)은 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체상에 저장되는 프로그램 명령어들과 명령어들을 실행하는 프로세서의 형태를 취할

수 있다. 제어 시스템(248)은 비행체(230), 및/또는 지상국(210)과 같은, 비행체(230)로부터 원격에 위치하는 적어도 하나의 엔티티 상에 전체 또는 일부로 구현될 수 있다. 일반적으로, 제어 시스템(248)이 구현되는 방식은 특정한 애플리케이션에 따라 변할 수 있다.

[0060] 비행체(230)가 위에 설명되었지만, 본 명세서에 설명되는 방법들과 시스템들이 테더(230) 및/또는 테더(110)와 같은 테더에 연결되는 임의의 적절한 비행체를 포함할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0061] **C. 예시적인 모터 시스템**

[0062] 도 3은 일 실시예에 따른 모터 시스템(300)을 나타낸다. 모터 시스템(300)은 AWT의 비행체, 예로서 도 1에 도시된 비행체(130)에서 사용되도록 설계될 수 있다. 구체적으로, 모터 시스템(300)은 비행체 내의 전력 시스템, 예로서 도 2와 관련하여 기술한 전력 시스템(234)과 통합될 수 있다. 대안으로서 또는 추가로, 모터 시스템(300)은 AWT의 지상국, 예로서 도 1에 도시된 지상국(110)에서 사용되도록 설계될 수 있다. 구체적으로, 모터 시스템(300)은 지상국 내의 전력 시스템과 통합될 수 있다. 전력 시스템은 도 2와 관련하여 기술한 전력 시스템(234)과 유사할 수 있다.

[0063] 도시된 바와 같이, 모터 시스템(300)은 직렬로 적층되고 테더(302)에 접속된 4개의 모터 스택(304₁ 내지 304₄)을 포함한다. 각각의 모터 스택(304₁ 내지 304₄)은 2개의 모터를 포함한다. 예로서, 도시된 바와 같이, 제1 모터 스택(304₁)은 제1 모터(M_{1A}) 및 제2 모터(M_{1B})를 포함한다. 유사하게, 도시된 바와 같이, 제2 모터 스택(304₂)은 제1 모터(M_{2A}) 및 제2 모터(M_{2B})를 포함한다. 모터 스택들(304₁ 내지 304₄) 내에 포함된 모터들(M_{1A} 내지 M_{4B}) 각각은 예로서 경량 하이 플럭스 전기 모터들, 예로서 유도, 영구 자석 동기 및 영구 자석 브러시리스 기계들일 수 있다. 다른 모터들도 가능하다.

[0064] 모터 스택들(304₁ 내지 304₄) 각각은 스택 전압을 나타낸다. 구체적으로, 도시된 바와 같이, 모터 스택(304₁)은 스택 전압(V₁)을 나타내고, 모터 스택(304₂)은 스택 전압(V₂)을 나타내고, 모터 스택(304₃)은 스택 전압(V₃)을 나타내고, 모터 스택(304₄)은 스택 전압(V₄)을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 스택 전압은 각각의 모터 스택 양단의 전압이다.

[0065] 기술한 바와 같이, 모터 시스템(300)에서와 같이 직렬로 적층된 모터들은 불안정성을 나타낼 수 있다. 모터 시스템(300)을 안정화하기 위한 한 가지 가능성은 각각의 모터 스택(304₁ 내지 304₄)을 통과하는 평균 전류를 대략 동일하도록 제어하는 것이다. 이를 위해, 스택 전압들(V₁ 내지 V₄)은 대략 동일하도록 제어될 수 있다. 일 실시예에서는, 제어 시스템이 스택 전압들(V₁ 내지 V₄)을 제어하여 스택 전압들을 등화할 수 있다.

[0066] **D. 예시적인 제어 시스템**

[0067] 도 4는 일 실시예에 따른 제어 시스템(400)을 나타낸다. 모터 시스템이 비행체 내에 포함되는 실시예들에서, 제어 시스템(400)은 유사하게 비행체 내에 포함될 수 있다. 예로서, 제어 시스템(400)은 도 2와 관련하여 기술한 제어 시스템(248)과 유사할 수 있다. 대안으로서 또는 추가로, 모터 시스템이 지상국 내에 포함되는 실시예들에서, 제어 시스템(400)은 지상국 내에 포함될 수 있다. 제어 시스템(400)은 또한 도 2와 관련하여 기술한 제어 시스템(248)과 유사할 수 있다. 또한, 대안으로서 또는 추가로, 모터 시스템이 비행체 내에 포함되는 실시예들에서, 제어 시스템(400)은 지상국 내에 포함될 수 있거나, 그 반대도 가능하다. 또한, 대안으로서 또는 추가로, 모터 시스템이 비행체 및 지상국 각각 내에 포함되는 실시예들에서, 제어 시스템(400)은 비행체 및 지상국 중 어느 하나 내에 포함될 수 있다.

[0068] 도시된 바와 같이, 제어 시스템(400)은 평균기(402), 한 세트의 감산기들(404₁ 내지 404₄), 한 세트의 보상 네트워크들(406₁ 내지 406₄), 제1 합산기(408) 및 제2 합산기(410)를 포함한다. 감산기들(404₁ 내지 404₄), 보상 네트워크들(406₁ 내지 406₄) 및 제1 합산기(408)는 공동으로 제1 회로로서 지칭될 수 있고, 제2 합산기(410)는 제2 회로로서 지칭될 수 있다. 제어 시스템(400)이 개략적으로 도시되지만, 제어 시스템(400)은 기계 시스템들, 하드웨어, 펌웨어 및/또는 소프트웨어의 임의 조합을 이용하여 구현될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0069] 평균기(402)는 도시된 바와 같이 스택 전압들(V₁ 내지 V₄)을 수신하도록 구성될 수 있다. 스택 전압들(V₁ 내지 V₄)의 수신 시에, 평균기(402)는 스택 전압들(V₁ 내지 V₄)로부터 평균 스택 전압을 생성할 수 있다. 구체적으로, 스택 전압들(V₁ 내지 V₄)을 평균하기 위해, 평균기(402)는 도 4에 도시된 바와 같이 스택 전압들(V₁

내지 V_4)을 합산한 후에 합을 4로 나눌 수 있다. 이어서, 평균기(402)는 평균 스택 전압을 감산기들(4041 내지 4044)에 제공할 수 있다.

[0070] 각각의 감산기(4041 내지 4044)는 평균 스택 전압을 수신할 수 있다. 또한, 각각의 감산기(4041 내지 4044)는 각각의 스택 전압(V_1 내지 V_4)을 수신할 수 있다. 구체적으로, 도시된 바와 같이, 감산기(4041)는 스택 전압(V_1)을 수신할 수 있고, 감산기(4042)는 스택 전압(V_2)을 수신할 수 있고, 감산기(4043)는 스택 전압(V_3)을 수신할 수 있고, 감산기(4044)는 스택 전압(V_4)을 수신할 수 있다.

[0071] 각각의 감산기(4041 내지 4044)는 그의 각각의 스택 전압(V_1 내지 V_4)으로부터 평균 스택 전압을 감하여 각각의 에러 항(E_1 내지 E_4)을 출력할 수 있다. 구체적으로, 도시된 바와 같이, 감산기(4041)는 도시된 바와 같이 스택 전압(V_1)으로부터 평균 스택 전압을 감하여 에러 항(E_1)을 출력할 수 있다. 또한, 도시된 바와 같이, 감산기(4042)는 스택 전압(V_2)으로부터 평균 스택 전압을 감하여 에러 항(E_2)을 출력할 수 있고, 감산기(4043)는 스택 전압(V_3)으로부터 평균 스택 전압을 감하여 에러 항(E_3)을 출력할 수 있고, 감산기(4044)는 스택 전압(V_4)으로부터 평균 스택 전압을 감하여 에러 항(E_4)을 출력할 수 있다. 에러 항들(E_1 내지 E_4)은 볼트 단위일 수 있다.

[0072] 각각의 감산기(4041 내지 4044)는 그의 각각의 에러 항(E_1 내지 E_4)을 각각의 보상 네트워크(4061 내지 4064)에 제공할 수 있다. 구체적으로, 도시된 바와 같이, 감산기(4041)는 에러 항(E_1)을 보상 네트워크(4061)에 제공할 수 있고, 감산기(4042)는 에러 항(E_2)을 보상 네트워크(4062)에 제공할 수 있고, 감산기(4043)는 에러 항(E_3)을 보상 네트워크(4063)에 제공할 수 있고, 감산기(4044)는 에러 항(E_4)을 보상 네트워크(4064)에 제공할 수 있다.

[0073] 각각의 보상 네트워크(4061 내지 4064)는 그의 각각의 에러 항(E_1 내지 E_4)을 각각의 함수($C(E_1)$ 내지 $C(E_4)$)에 제공할 수 있다. 일부 실시예들에서, 함수들($C(E_1)$ 내지 $C(E_4)$)은 예로서 이득 함수들, 비례 적분 미분 제어 법칙 함수들, 라플라스 함수들(예로서, $1/(\tau^5 + 1)$), 비선형 함수들 또는 보상 함수들일 수 있다. 다른 함수들도 가능하다. 그의 각각의 에러 항(E_1 내지 E_4)을 그의 각각의 함수($C(E_1)$ 내지 $C(E_4)$)에 공급한 때, 각각의 보상 네트워크(4061 내지 4064)는 각각의 에러 항(E_1 내지 E_4)에 기초하는 각각의 양의 항(x_1 내지 x_4)을 출력할 수 있다. 구체적으로, 도시된 바와 같이, 보상 네트워크(4061)는 에러 항(E_1)을 함수($C(E_1)$)에 제공하여 양의 항(x_1)을 출력할 수 있고, 보상 네트워크(4062)는 에러 항(E_2)을 함수($C(E_2)$)에 제공하여 양의 항(x_2)을 출력할 수 있고, 보상 네트워크(4063)는 에러 항(E_3)을 함수($C(E_3)$)에 제공하여 양의 항(x_3)을 출력할 수 있고, 보상 네트워크(4064)는 에러 항(E_4)을 함수($C(E_4)$)에 제공하여 양의 항(x_4)을 출력할 수 있다. 양의 항들(x_1 내지 x_4)은 와트 단위일 수 있다.

[0074] 도시된 바와 같이, 각각의 보상 네트워크(4061 내지 4064)는 그의 각각의 양의 항(x_1 - x_4)을 제1 합산기(408)로 출력한다. 제1 합산기(408)는 모터 시스템(예로서, 모터 시스템(300))으로부터 명목 전력(P_{nom})도 수신한다. 명목 전력(P_{nom})은 더 높은 레벨의 제어기에 의해 제어 시스템(300)으로 명령될 수 있다. 제1 합산기(408)는 양의 항들(x_1 내지 x_4) 각각과 명목 전력(P_{nom})을 합산하여 명목 스택 전력들(P_{nom1} 내지 P_{nom4})을 출력한다. 구체적으로, 제1 합산기(408)는 양의 항(x_1)과 명목 전력(P_{nom})을 합산하여 명목 스택 전력(P_{nom1})을 출력하고, 제1 합산기(408)는 양의 항(x_2)과 명목 전력(P_{nom})을 합산하여 명목 스택 전력(P_{nom2})을 출력하고, 제1 합산기(408)는 양의 항(x_3)과 명목 전력(P_{nom})을 합산하여 명목 스택 전력(P_{nom3})을 출력하고, 제1 합산기(408)는 양의 항(x_4)과 명목 전력(P_{nom})을 합산하여 명목 스택 전력(P_{nom4})을 출력한다. 도시된 바와 같이, 제1 합산기(408)는 출력된 명목 스택 전력들(P_{nom1} 내지 P_{nom4})을 제2 합산기(410)에 제공할 수 있다.

[0075] 따라서, (감산기들(4041 내지 4044), 보상 네트워크들(4061 내지 4064) 및 제1 합산기(408)를 포함하는) 제1 회로는 평균 스택 전압을 수신하고, 평균 스택 전압에 기초하여, 각각의 스택 전압에 대응하는 명목 스택 전력(P_{nom1} 내지 P_{nom4})을 생성하도록 구성될 수 있다.

[0076] 제2 합산기(410)는 제1 합산기(408)로부터 명목 스택 전력들(P_{nom1} 내지 P_{nom4})을 수신할 수 있다. 제2 합산기는

모터 시스템(예로서, 모터 시스템(300))으로부터 차동 전력들(P_{diff1} 내지 P_{diff4})을 더 수신할 수 있다.

[0077] 차동 전력들(P_{diff1} 내지 P_{diff4})은 각각 모터 시스템 내의 각각의 모터 스택에서의 2개의 모터 간의 전력 차이에 기초할 수 있다. 예로서, 모터 시스템(300) 내의 모터 스택들(304₁ 내지 304₄)을 참조하면, 차동 전력(P_{diff1})은 제1 모터 스택(304₁)에서의 제1 모터(M_{1A})와 제2 모터(M_{1B}) 간의 전력 차이의 절반에 의해 주어질 수 있고, 차동 전력(P_{diff2})은 제2 모터 스택(304₂)에서의 제1 모터(M_{2A})와 제2 모터(M_{2B}) 간의 전력 차이의 절반에 의해 주어질 수 있고, 차동 전력(P_{diff3})은 제3 모터 스택(304₃)에서의 제1 모터(M_{3A})와 제2 모터(M_{3B}) 간의 전력 차이의 절반에 의해 주어질 수 있고, 차동 전력(P_{diff4})은 제4 모터 스택(304₄)에서의 제1 모터(M_{4A})와 제2 모터(M_{4B}) 간의 전력 차이의 절반에 의해 주어질 수 있다.

[0078] 각각의 차동 전력(P_{diff1} 내지 P_{diff4})은 도시된 바와 같이 양의 차동 전력($P_{diff1}^+ - P_{diff4}^+$) 및 음의 차동 전력($P_{diff1}^- - P_{diff4}^-$) 각각을 생성하는 데 사용될 수 있다. 양의 차동 전력들($P_{diff1}^+ - P_{diff4}^+$) 및 음의 차동 전력들($P_{diff1}^- - P_{diff4}^-$)은 도시된 바와 같이 제2 합산기(410)에 제공될 수 있다.

[0079] 제2 합산기(410)는 도시된 바와 같이 각각의 명목 스택 전력(P_{nom1} 내지 P_{nom4})을 양의 차동 전력($P_{diff1}^+ - P_{diff4}^+$) 및 음의 차동 전력($P_{diff1}^- - P_{diff4}^-$) 각각과 합산하여, 모터 전력들(P_1 내지 P_8)을 출력할 수 있다. 구체적으로, 제2 합산기(410)는 명목 스택 전력(P_{nom1})을 양의 차동 전력(P_{diff1}^+)과 합산하여, P_1 을 출력할 수 있고, 제2 합산기(410)는 명목 스택 전력(P_{nom1})을 음의 차동 전력(P_{diff1}^-)과 합산하여, P_2 를 출력할 수 있고, 제2 합산기(410)는 명목 스택 전력(P_{nom2})을 양의 차동 전력(P_{diff2}^+)과 합산하여, P_3 을 출력할 수 있고, 기타 등등일 수 있다.

[0080] 모터 전력들(P_1 내지 P_8)은 모터 시스템을 제어하는 데 사용될 수 있다. 예로서, 모터 시스템(300)을 참조하면, 모터들(M_{1A} 내지 M_{4B})은 각각 모터 전력들(P_1 내지 P_8)로 동작하도록 제어될 수 있다. 모터들(M_{1A} 내지 M_{4B})이 각각 모터 전력들(P_1 내지 P_8)로 동작하도록 제어될 때, 각각의 모터 스택(304₁ 내지 304₄)은 명목 전력(P_{nom})의 2배와 대략 동일한 결합 전력을 나타낼 수 있다. 결과적으로, 각각의 모터 스택(304₁ 내지 304₄)은 대략 동일한 전류를 나타낼 수 있다. 모터 스택들(304₁ 내지 304₄)이 대략 동일한 전류를 나타내게 함으로써, 제어 시스템(400)은 모터 시스템(300)을 안정화할 수 있다.

[0081] 따라서, 제어 시스템(400)은 스택 전압들(V_1 내지 V_4)의 변화들에 응답하여 동작한다. 구체적으로, 너무 높은 스택 전압, 예로서 V_1 은 더 높은 명목 스택 전력(P_{nom1})을 유발할 것이다. 더 높은 명목 스택 전력(P_{nom1})은 모터 스택 내의 모터들에 대한 더 높은 모터 전력들(P_1, P_2)을 유발할 것이고, 이는 모터 스택이 다른 모터 스택들에 비해 더 많은 전류를 소비하게 할 것이다. 모터 스택들 간의 전류 차이의 결과로서, 더 높은 명목 스택 전력(P_{nom1})을 갖는 모터 스택의 스택 전압은 감소된 스택 전압을 나타낼 것이고, 따라서 모터 스택에 대한 에러 항은 양이 된다. 또한, 모터 스택들 간의 전류 차이의 결과로서, 나머지 모터 스택들의 스택 전압들은 증가된 스택 전압들을 나타낼 것이고, 따라서 나머지 모터 스택들에 대한 에러 항들은 음이 된다. 구체적으로, 너무 높은 스택 전압, 예로서 V_1 은 양의 에러 항(E_1), 따라서 더 높은 명목 스택 전력(P_{nom1})을 유발할 것이다. 더 높은 명목 스택 전력(P_{nom1})은 모터 스택 내의 모터들(M_1, M_2) 각각에 대한 더 높은 모터 전력들(P_1, P_2)을 유발할 것이고, 이는 모터 스택이 다른 모터 스택들에 비해 더 많은 전류를 소비하게 할 것이다. 모터 스택들 간의 전류 차이의 결과로서, 더 높은 명목 스택 전력(P_{nom1})을 갖는 모터 스택은 감소된 스택 전압을 나타낼 것이다. 또한, 나머지 모터 스택들은 너무 낮은 스택 전압들(V_2, V_3, V_4)을 나타낼 것이고, 따라서 음의 에러 항들(E_2, E_3, E_4)을 각각 유발하고, 게다가 나머지 모터 스택들에서 감소된 모터 전력들을 유발할 것이다. 감소된 모터 전력들은 나머지 모터 스택들이 더 적은 전류를 소비하게 하여, 그들의 스택 전압들의 증가를 유발할 것이다. 위의 설명은 특정 모터들 및 모터 스택들을 지시하였지만, 모터들 및 모터 스택들의 다른 변경들도 가능하다는 것을 이해할 것이다. 이러한 방식으로, 제어 시스템은 스택 전압들을 대략 동일하도록 계속 제어할 것이다.

[0082] **III. 예시적인 방법들**

[0083] 도 5는 일 실시예에 따른 방법(500)을 나타내는 흐름도이다. 방법(500)은 블록 502-512 중 하나 이상에 의해 예시된 바와 같은 하나 이상의 동작, 기능 또는 액션을 포함할 수 있다. 블록들이 일련의 순서로 도시되지만, 이러한 블록들은 병렬로 그리고/또는 여기서 설명되는 것들과 다른 순서로 수행될 수도 있다. 또한, 다양한 블록들은 더 적은 블록들로 결합되고, 추가 블록들로 분할되고/되거나, 원하는 구현에 기초하여 제거될 수 있다.

[0084] 게다가, 방법(500) 및 본 명세서에서 개시되는 다른 프로세스들 및 방법들에 대해, 흐름도는 본 실시예들의 하나의 가능한 구현의 기능 및 동작을 나타낸다. 이와 관련하여, 각각의 블록은 프로세스 내의 특정 논리 기능들 또는 단계들을 구현하기 위해 프로세서에 의해 실행 가능한 하나 이상의 명령어를 포함하는 프로그램 코드의 모듈, 세그먼트 또는 일부를 나타낼 수 있다. 프로그램 코드는 예로서 디스크 또는 하드 드라이브를 포함하는 저장 장치와 같은 임의의 타입의 컴퓨터 판독 가능 매체 상에 저장될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 예로서 레지스터 메모리, 프로세서 캐시 및 랜덤 액세스 메모리(RAM)를 포함하여, 짧은 기간 동안 데이터를 저장하는 컴퓨터 판독 가능 매체와 같은 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 예로서 판독 전용 메모리(ROM), 광 또는 자기 디스크 및 콤팩트 디스크 판독 전용 메모리(CD-ROM)과 같은 보조 또는 영구 장기 저장소와 같은 비일시적 매체도 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 임의의 다른 휘발성 또는 비휘발성 저장 시스템들일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 예로서 컴퓨터 판독 가능 저장 매체, 유형의 저장 장치 또는 다른 제조물로 간주될 수 있다.

[0085] 방법(500) 및 본 명세서에서 개시되는 다른 프로세스들 및 방법들에 대해, 각각의 블록은 프로세스 내의 특정 논리 기능들을 수행하도록 배선된 회로를 나타낼 수 있다.

[0086] 방법(500)은 도 3과 관련하여 전술한 모터 시스템(300)과 같은 모터 시스템에서 안정성을 유지하는 데 사용될 수 있다. 이를 위해, 방법(500)은 예로서 도 4와 관련하여 전술한 제어 시스템(400)과 같은 제어 시스템에 의해 수행될 수 있다. 모터 시스템 및 제어 시스템은 비행체의 컴포넌트 또는 컴포넌트들에 의해, 예로서 도 1에 도시된 비행체(130) 또는 도 2에 도시된 비행체(230)의 하나 이상의 컴포넌트에 의해 완전히 또는 부분적으로 형성될 수 있다. 대안으로서 또는 추가로, 모터 시스템 및 제어 시스템은 지상국의 컴포넌트 또는 컴포넌트들에 의해, 예로서 도 1에 도시된 지상국(110) 또는 도 2에 도시된 지상국(210)의 하나 이상의 컴포넌트에 의해 완전히 또는 부분적으로 형성될 수 있다. 다른 모터 시스템들 및 제어 시스템들도 가능하다.

[0087] 도시된 바와 같이, 방법(500)은 블록 502에서 제어 시스템이 직렬로 접속된 다수의 모터 스택을 포함하는 모터 시스템으로부터 스택 전압들의 세트를 수신하는 것으로부터 시작된다. 모터 시스템은 예로서 도 3과 관련하여 전술한 모터 시스템(300)과 유사할 수 있다. 모터 시스템은 예로서 4개의 모터 스택을 포함할 수 있다. 대안으로서, 모터는 더 많거나 적은 모터 스택을 포함할 수 있다. 어느 경우에도, 각각의 모터 스택은 하나 이상의 모터를 포함할 수 있고, 각각의 스택 전압은 각각의 모터 스택에 대응할 수 있다. 일반적으로, N개의 모터 스택 및 스택당 M개의 모터를 갖는 모터 시스템에 대해, 제어 시스템은 N개의 차동 전력(P_{diff})을 수신하도록 구성될 수 있다. 제어 시스템은 각각의 차동 전력(P_{diff})에 (도 4에 도시된 [1, -1] 벡터 대신에) 길이 M을 갖는 벡터를 곱할 수 있으며, 여기서 벡터의 요소들은 합이 0이다. 벡터의 요소들은 일부 실시예들에서 요소들의 합이 계속 0이 되는 한은 실시간으로 변경될 수 있다.

[0088] 방법(500)은 블록 504에서 계속되어, 제어 시스템은 스택 전압들을 평균하여 평균 스택 전압을 생성한다. 이를 위해, 제어 시스템은 예로서 스택 전압들을 합산하고, 합을 모터 시스템 내의 모터 스택들의 수로 나눈다. 예로서, 모터 시스템이 4개의 모터 스택을 포함하는 경우(따라서, 모터 시스템으로부터 4개의 스택 전압이 수신되는 경우), 스택 전압들을 평균하는 것은 스택 전압들을 합산하여 4로 나누는 것을 포함할 수 있다. 다른 예들도 가능하다. 이를 위해, 제어 시스템은 도 4와 관련하여 전술한 평균기(402)와 같은 평균기를 포함할 수 있다.

[0089] 방법(500)은 블록 506에서 계속되어, 제어 시스템은 각각의 스택 전압에 대응하는 명목 스택 전력을 생성한다. 각각의 명목 스택 전력은 평균 스택 전압에 기초할 수 있다. 이를 위해, 각각의 명목 스택 전력을 생성하기 위해, 제어 시스템은 스택 전압으로부터 평균 스택 전압을 감하여 에러 항을 생성하고, 에러 항에 기초하여 양의 항을 결정하고, 양의 항과 모터에 대한 명목 전력을 합산하여 명목 스택 전력을 생성할 수 있다. 양의 항을 결정하기 위해, 에러 항은 보상 네트워크 내로 제공될 수 있다. 보상 네트워크는 예로서 도 4와 관련하여 전술한 임의의 보상 함수와 같은 보상 함수에 따라 에러 항에 기초하여 양의 항을 생성할 수 있다.

[0090] 방법(500)은 블록 508에서 계속되어, 제어 시스템은 차동 전력들의 세트를 수신한다. 각각의 차동 전력은 모터

시스템 내의 다수의 모터 스택 내의 각각의 모터 스택에 대응할 수 있다. 예로서, 모터 시스템이 4개의 모터 스택을 포함하는 경우, 제어 시스템은 4개의 차동 전력(각각의 모터 스택에 대해 하나씩)을 수신할 수 있다. 전술한 바와 같이, 각각의 모터 스택은 제1 모터 및 제2 모터를 포함할 수 있다. 따라서, 각각의 모터 스택에 대해, 각각의 차동 전력은 모터 스택에서의 제1 모터와 제2 모터 간의 전력 차이의 절반에 의해 주어질 수 있다.

[0091] 블록 510에서, 제어 시스템은 각각의 차동 전력에 대해, 각각의 모터 스택에 대해 생성되는 차동 전력과 명목 스택 전력을 결합하여 제1 모터 전력 및 제2 모터 전력 양자를 생성할 수 있다. 주어진 모터 스택에 대한 차동 전력에 대한 제1 모터 전력을 생성하기 위해, 제어 시스템은 차동 전력으로부터 양의 차동 전력을 생성할 수 있다. 양의 차동 전력은 차동 전력의 절대값을 갖는 양의 값일 수 있다. 이어서, 제어 시스템은 양의 차동 전력을 주어진 모터 스택에 대해 생성된 명목 스택 전력과 합산하여 제1 모터 전력을 생성할 수 있다. 유사하게, 차동 전력에 대한 제2 모터 전력을 생성하기 위해, 제어 시스템은 차동 전력으로부터 음의 차동 전력을 생성할 수 있다. 음의 차동 전력은 차동 전력의 절대값을 갖는 음의 값일 수 있다. 이어서, 제어 시스템은 음의 차동 전력을 주어진 모터 스택에 대해 생성된 명목 스택 전력과 합하여 제2 모터 전력을 생성할 수 있다.

[0092] 이어서, 블록 510에서, 제어 시스템은 각각의 모터 스택을 제어할 수 있다. 구체적으로, 각각의 모터 스택에 대해, 제어 시스템은 대략 제1 모터 전력으로 동작하도록 제1 모터를 제어할 수 있다. 또한, 제어 시스템은 제2 모터 전력으로 동작하도록 제2 모터를 제어할 수 있다.

[0093] 방법(500)은 연속적으로 또는 주기적으로 수행될 수 있다. 모터 시스템 내의 모터들의 모터 전력들을 연속적으로 또는 주기적으로 조정함으로써, 제어 시스템은 모터 스택들 각각 내의 전류를 대략 동일하도록 제어하여, 모터 시스템을 안정시킬 수 있다.

[0094] **IV. 대안 실시예들**

[0095] 위의 설명은 모터 스택들의 스택 전압들의 편차들에 기초하여 모터 시스템 내의 모터 스택들을 안정화하는 것에 초점을 맞추었다. 이를 위해, 전술한 제어 시스템은 스택 전압들을 입력들로서 취하였다. 다른 실시예들에서는, 스택 전압들을 입력들로서 취하는 대신에, 제어 시스템은 스택 전류들을 입력들로서 취할 수 있다. 각각의 스택 전압이 모터 스택 양단의 전압인 것과 같이, 각각의 스택 전류는 모터 스택을 통과하는 전류일 수 있다.

[0096] 이러한 실시예들에서, 제어 시스템은 도 4와 관련하여 전술한 것과 유사한 형태를 취할 수 있다. 구체적으로, 제어 시스템은 평균기, 한 세트의 감산기들, 한 세트의 보상 네트워크들, 제1 합산기 및 제2 합산기를 포함할 수 있다. 제어 시스템은 기계 시스템들, 하드웨어, 펌웨어 및/또는 소프트웨어의 임의 조합을 이용하여 구현될 수 있다.

[0097] 그러나, 스택 전압들을 입력들로서 취하는 대신에, 제어 시스템은 스택 전류들을 입력들로서 취할 수 있다. 따라서, 평균기는 스택 전류들(예로서, I_1 내지 I_4)을 수신하고, 스택 전류들(I_1 내지 I_4)을 수신한 때 스택 전류들로부터 평균 스택 전류를 생성하도록 구성될 수 있다. 이어서, 평균기는 평균 스택 전류를 감산기들에 제공할 수 있다.

[0098] 각각의 감산기는 평균 스택 전류는 물론, 스택 전류들(I_1 내지 I_4) 중 하나도 수신할 수 있다. 각각의 감산기는 그의 각각의 스택 전류(I_1 내지 I_4)로부터 평균 스택 전류를 감하여, 각각의 에러 항(E_1 내지 E_4)을 출력할 수 있으며, 각각의 에러 항(E_1 내지 E_4)을 각각의 보상 네트워크에 제공할 수 있다. 에러 항들(E_1 내지 E_4)은 암페어 단위일 수 있다. 각각의 보상 네트워크는 그의 각각의 에러 항(E_1 내지 E_4)을 각각의 함수($C(E_1)$ 내지 $C(E_4)$)에 제공할 수 있으며, 각각의 함수는 각각의 에러 항(E_1 내지 E_4)에 기초하는 각각의 양의 항(x_1 내지 x_4)을 출력할 수 있다. 함수들($C(E_1)$ 내지 $C(E_4)$)은 도 4와 관련하여 전술한 임의의 형태를 취할 수 있다. 양의 항들(x_1 내지 x_4)은 와트 단위일 수 있다.

[0099] 각각의 보상 네트워크는 그의 각각의 양의 항(x_1 - x_4)을 제1 합산기로 출력할 수 있다. 이어서, 제어 시스템은 도 4와 관련하여 전술한 바와 같이 동작할 수 있다.

[0100] 위의 설명은 또한 모터 시스템에 초점을 맞추었다. 그러나, 설명은 발전기 시스템에 유사하게 적용될 수 있다. 그러한 발전기 시스템은 모터 시스템과 같이 직렬로 접속된 다수의 발전기 스택을 포함할 수 있다. 각각의 발전기 스택은 하나 이상의 발전기를 포함할 수 있다. 전술한 임의의 제어 시스템이 전술한 바와 같이 안정성을

유지하도록 발전기 시스템을 제어하는 데 사용될 수 있다. 또한, 설명은 전력 전자 시스템에 유사하게 적용될 수 있다. 그러한 전력 전자 시스템은 직렬로 적층된 전력 전자회로들을 포함할 수 있다. 전력 전자회로는 예로서 AWT 시스템 내의 테더를 전력 그리드에 접속하는 데 사용될 수 있다. 전력 전자회로의 다른 응용들도 가능하다. 전술한 임의의 제어 시스템은 전술한 바와 같이 안정성을 유지하도록 전력 전자회로를 제어하는 데 사용될 수 있다.

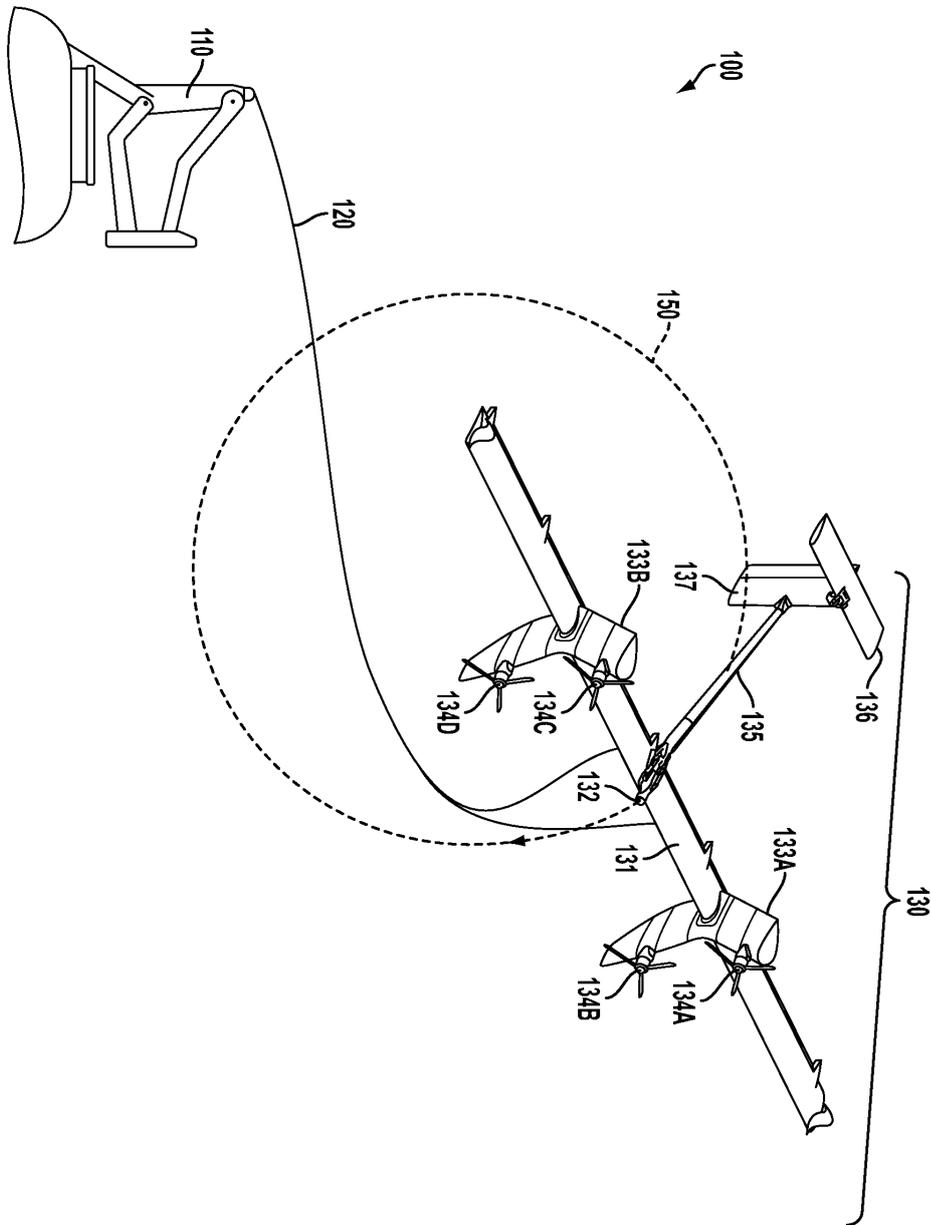
[0101] **V. 결론**

[0102] 도면에 도시되는 특정 배열들은 제한하기 위한 것으로 보지 말아야 한다. 다른 실시예들이 주어진 도면에 도시되는 각각의 요소의 대부분을 포함할 수 있음을 이해해야 한다. 더욱이, 예시된 요소들 중 일부는 결합되거나 생략될 수 있다. 또 다른 일 실시예는 도면에 예시되지 않는 요소들을 포함할 수 있다.

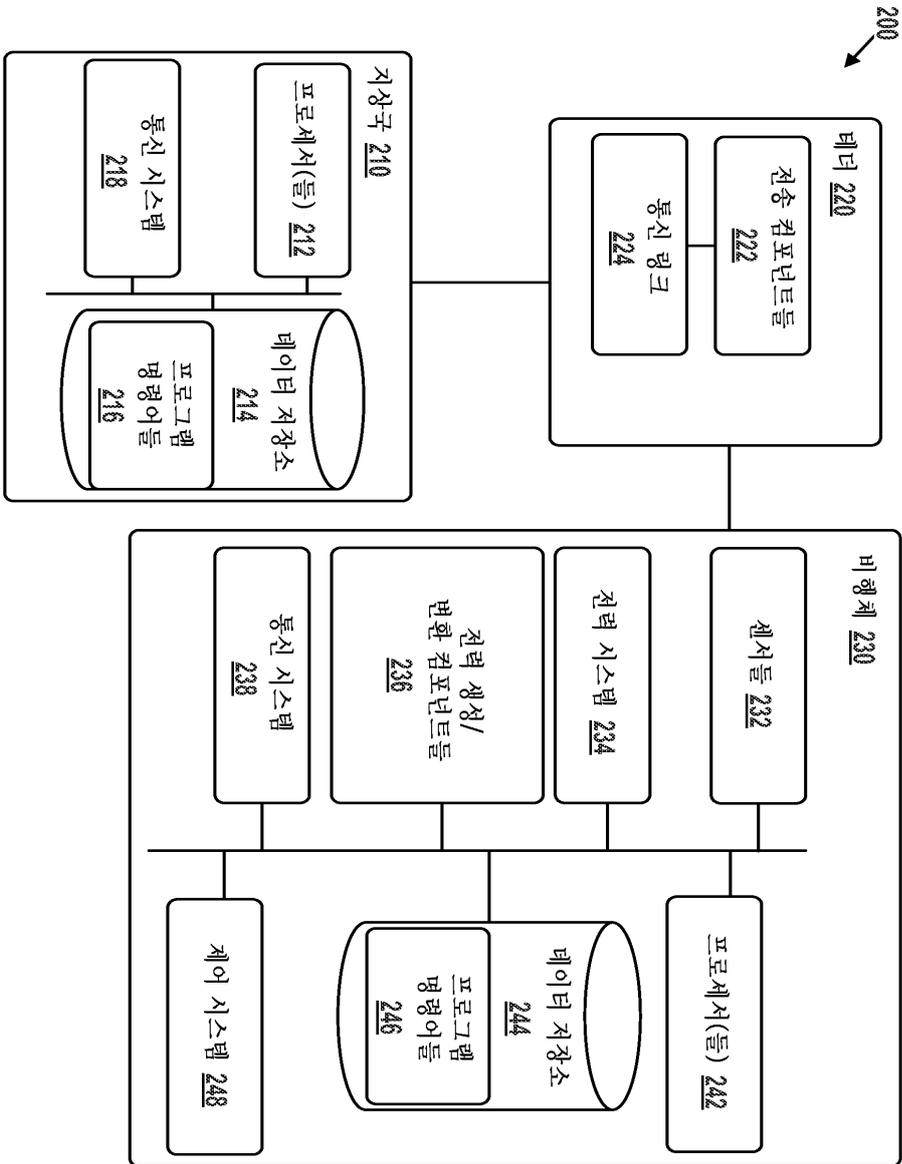
[0103] 게다가, 본 명세서에 다양한 양태들 및 실시예들이 개시되었지만, 본 기술의 통상의 기술자에게는 다른 양태들 및 실시예들이 자명할 것이다. 본 명세서에 개시된 다양한 양태들 및 실시예들은 예시를 목적으로 한 것이고 제한적인 것으로 의도된 것이 아니며, 그 진정한 범주 및 사상은 하기 청구범위에 의해 나타나 있다. 본 명세서에 제시된 발명 대상의 사상 또는 범주로부터 벗어나지 않는 한, 다른 실시예들이 활용될 수도 있고 다른 변경들이 이루어질 수도 있다. 본 명세서에 일반적으로 설명되고 도면들에 예시된 바와 같은 본 개시 내용의 양태들은 매우 다양한 상이한 구성들로 배열되고, 치환되고, 조합되고, 분리되고, 설계될 수 있으며, 그 모두가 본 명세서에서 고려됨을 쉽게 이해할 것이다.

도면

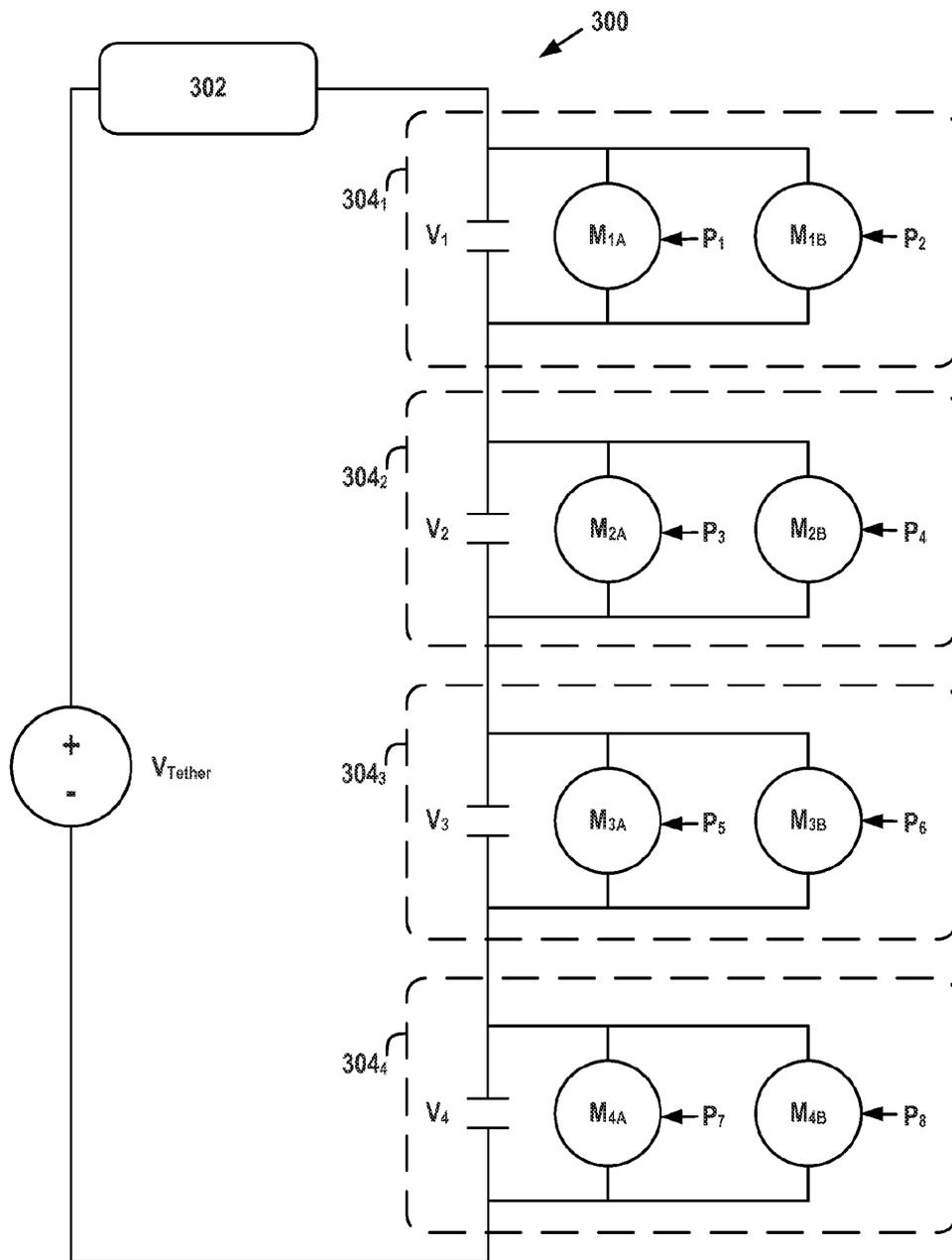
도면1



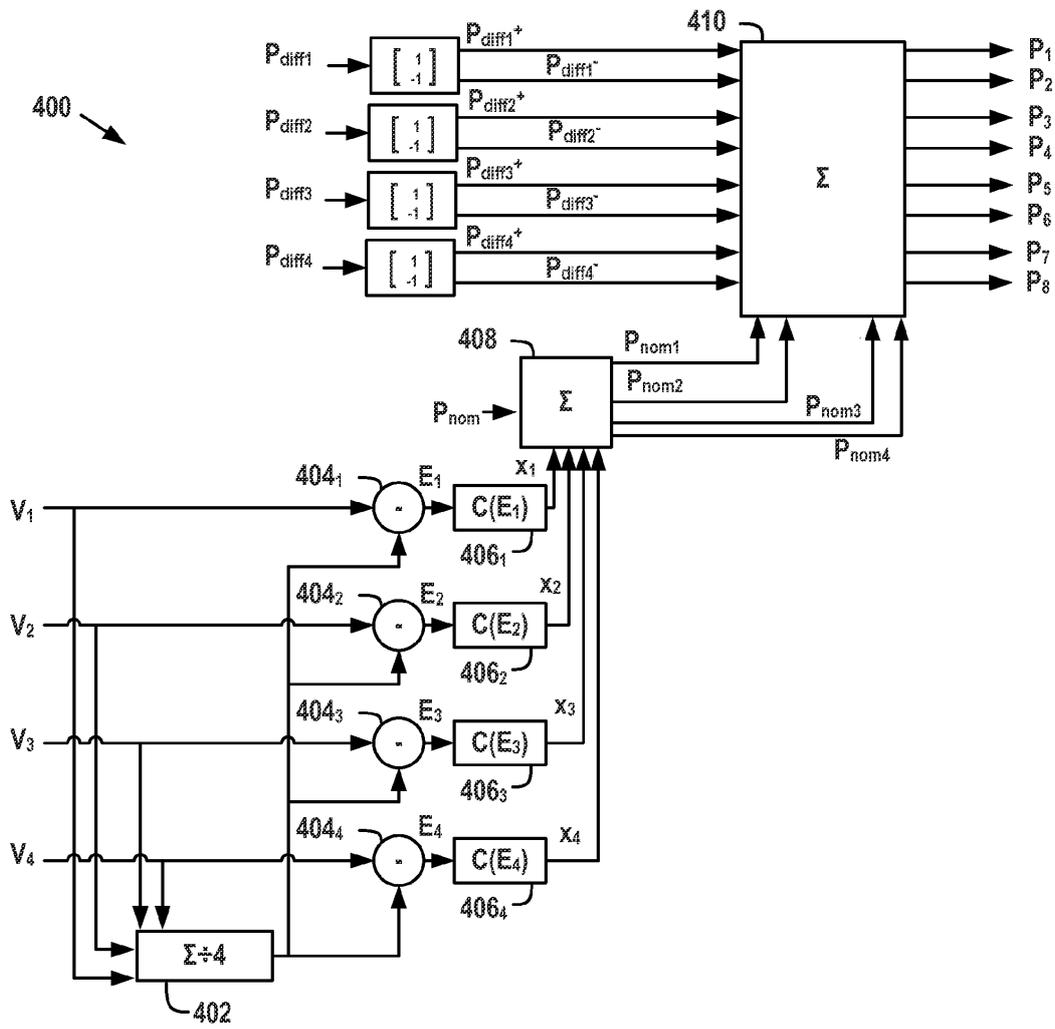
도면2



도면3



도면4



도면5

