



등록특허 10-2556747



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년07월17일  
(11) 등록번호 10-2556747  
(24) 등록일자 2023년07월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G01R 31/50* (2020.01) *G01R 19/165* (2006.01)  
*G01R 31/28* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*G01R 31/50* (2022.01)  
*G01R 19/16571* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-0072281
- (22) 출원일자 2016년06월10일  
심사청구일자 2021년05월10일
- (65) 공개번호 10-2016-0145511
- (43) 공개일자 2016년12월20일
- (30) 우선권주장  
62/173,673 2015년06월10일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
DE10213732 A1\*  
EP01940000 A2\*  
US20130286521 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
롤스-로이스 코포레이션  
미국 인디애나 46225-1103, 인디애나폴리스,  
에스. 메리디안 스트리트 450
- 롤스-로이스 노쓰 아메리칸 테크놀로지스, 임크.  
미국, 인디애나 46241, 인디애나폴리스, 2059 에  
스. 텁스 애비뉴
- (72) 발명자  
암스트롱 마이클 제임스  
미국 인디애나주 46123 에이번 찰스턴 웨이 8407  
볼만 앤드류 마크  
미국 인디애나주 46168 플레인필드 크릭사이드 코  
트 1632
- (74) 대리인  
김태홍, 김진희

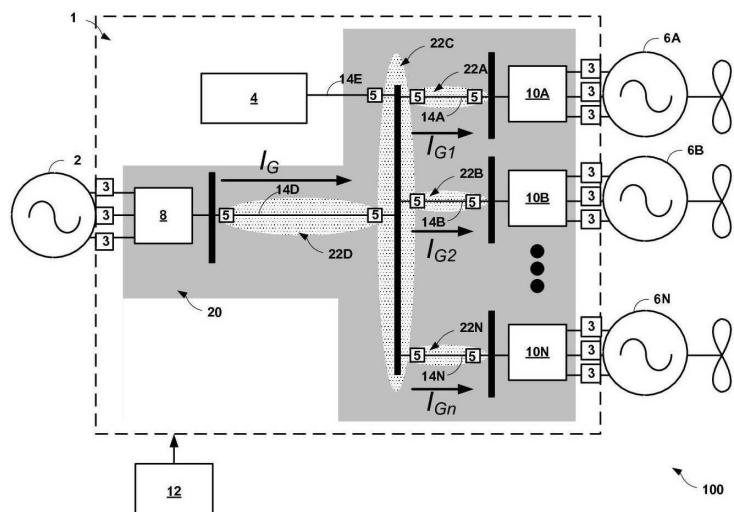
전체 청구항 수 : 총 19 항

심사관 : 공덕현

(54) 발명의 명칭 전기 추진 시스템 내의 고장 식별 및 격리

**(57) 요약**

전원에 의해 제공되는 전력을 하나 이상의 부하로 분배하기 위한 적어도 하나의 지선을 포함하는 전기 추진 시스템이 설명된다. 적어도 하나의 지선은 하나 이상의 구역(zone)으로 구획되고, 적어도 하나의 지선에서의 고장 전류에 응답하여 전원으로부터 적어도 하나의 지선을 격리하도록 구성되는 복수의 지선 격리 디바이스를 포함한다. 또한, 적어도 하나의 지선은 하나 이상의 구역으로부터의 각기 각각의 구역에 대한 구역 격리 디바이스의 각각의 쌍을 포함한다. 각기 각각의 구역에 대한 구역 격리 디바이스의 각각의 쌍은, 하나 이상의 구역 중 어느 것이 고장 전류의 원천인지를 식별하기 위한 적어도 하나의 지선의 테스트 동안, 적어도 하나의 지선으로부터 각각의 구역을 격리하도록 구성된다.

**대 표 도**

(52) CPC특허분류

*G01R 19/16576* (2013.01)

*G01R 19/1659* (2013.01)

*G01R 31/2836* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

전기 추진 시스템(electric propulsion system)으로서,

하나 이상의 부하;

상기 하나 이상의 부하에 전력(electrical power)을 제공하는 적어도 하나의 전원(power source); 및

상기 적어도 하나의 전원에 의해 제공되는 상기 전력을 상기 하나 이상의 부하 각각에 분배하는 적어도 하나의 지선(branch)

을 포함하고, 상기 적어도 하나의 지선은 하나 이상의 구역(zone)으로 구획(partition)되고, 상기 적어도 하나의 지선은,

상기 적어도 하나의 지선에서의 고장 전류(fault current)에 응답하여 상기 적어도 하나의 지선을 상기 적어도 하나의 전원으로부터 격리하도록 구성된 복수의 지선 격리 디바이스들; 및

상기 하나 이상의 구역으로부터의 각기 각각의 구역에 대한 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍 - 상기 각기 각각의 구역에 대한 상기 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍은, 상기 하나 이상의 구역 중 어느 구역이 상기 고장 전류의 원천(source)인지를 식별하기 위한 상기 적어도 하나의 지선의 테스트 동안, 상기 각각의 구역을 상기 적어도 하나의 지선으로부터 격리하도록 구성됨 -

을 포함하고,

상기 복수의 지선 격리 디바이스들은 상기 고장 전류를 차단(interrupt)하고 상기 테스트 동안 상기 적어도 하나의 전원에서의 동작 전압을 저지(block)하기에 충분한 제1 정격(rating)을 갖고, 상기 각기 각각의 구역에 대한 상기 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍은 상기 복수의 지선 격리 디바이스들의 제1 정격 미만인 제2 정격을 갖는 것인, 전기 추진 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍은 또한, 상기 각각의 구역이 상기 고장 전류의 원천이면 상기 테스트 이후 상기 각각의 구역을 격리하는 것을 계속하도록 구성되는 것인, 전기 추진 시스템.

#### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍은 또한, 상기 복수의 지선 격리 디바이스들이, 상기 적어도 하나의 전원으로부터 상기 적어도 하나의 지선으로의 그리고 상기 하나 이상의 부하 중 적어도 하나로의 상기 전력을 복원한 이후, 상기 각각의 구역을 격리하는 것을 계속하도록 구성되는 것인, 전기 추진 시스템.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 각기 각각의 구역에 대한 상기 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍은 또한, 상기 각각의 구역에서의 전압 또는 전류 레벨이, 상기 테스트 동안, 문턱치를 충족하지 않는 것에 응답하여, 상기 테스트 이후 상기 각각의 구역을 격리하는 것을 계속하도록 구성되는 것인, 전기 추진 시스템.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 테스트 동안 상기 적어도 하나의 지선에 테스트 신호를 인가하는 보조 에너지원(secondary energy source)을 더 포함하는, 전기 추진 시스템.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 테스트 신호의 전압 또는 전류 레벨은, 상기 적어도 하나의 전원에 의해 제공되는 상기 전력과 연관된 전압 또는 전류 레벨 미만인 것인, 전기 추진 시스템.

**청구항 7**

제5항에 있어서, 상기 보조 에너지원은, 상기 적어도 하나의 전원과는 별개인 에너지 저장 디바이스를 포함하는 것인, 전기 추진 시스템.

**청구항 8**

제5항에 있어서, 상기 보조 에너지원은, 상기 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍들 중 하나 이상을 포함하는 것인, 전기 추진 시스템.

**청구항 9**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 지선은, 상기 하나 이상의 구역 중 적어도 하나가 상기 적어도 하나의 지선으로부터 격리되는 동안, 상기 적어도 하나의 전원을 상기 하나 이상의 부하 중 적어도 하나에 전기적으로 커플링하도록 구성되는 것인, 전기 추진 시스템.

**청구항 10**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 하나 이상의 구역으로부터의 각기 각각의 구역은, 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍 사이에, 상기 적어도 하나의 전원에 의해 제공되는 상기 전력의 적어도 일부를, 상기 적어도 하나의 지선의 다른 구역들에 또는 상기 하나 이상의 부하에 분배하기 위한 전류 경로를 포함하는 것인, 전기 추진 시스템.

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 제2 정격은, 상기 고장 전류를 차단하거나 상기 테스트 동안 상기 적어도 하나의 전원에서의 동작 전압을 저지하기에 불충분한 것인, 전기 추진 시스템.

**청구항 13**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 하나 이상의 부하는, 상기 적어도 하나의 전원에 의해 제공되는 상기 전력에 기초한 추진력을 제공하기 위한 하나 이상의 전기 추진 유닛을 포함하는 것인, 전기 추진 시스템.

**청구항 14**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 지선 격리 디바이스들은 적어도,

상기 고장 전류에 응답하여 상기 적어도 하나의 지선을 상기 적어도 하나의 전원으로부터 디커플링(de-coupling)하는 것; 또는

상기 고장 전류에 응답하여 상기 적어도 하나의 지선과 연관된 전압을 감소시키기 위해 폴드백 제어(fold-back control)를 수행하는 것

에 의해 상기 고장 전류에 응답하여 상기 적어도 하나의 지선을 상기 적어도 하나의 전원으로부터 격리하도록 구성되는 것인, 전기 추진 시스템.

**청구항 15**

방법으로서,

전기 추진 시스템의 지선에서 고장 전류를 검출하는 단계;

상기 고장 전류를 검출한 것에 응답하여, 복수의 지선 격리 디바이스들을 사용하여 상기 지선을 통해 하나 이상의 부하에 전력을 공급하는 전원으로부터 상기 지선을 격리하는 단계;

상기 지선이 상기 전원으로부터 격리되는 동안, 상기 지선의 하나 이상의 고장 구역을 상기 고장 전류의 원천인

것으로 식별하는 단계;

상기 하나 이상의 고장 격리 구역 각각에 대한 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍을 사용하여 상기 하나 이상의 고장 구역 각각을 상기 지선으로부터 격리하는 단계; 및

상기 하나 이상의 고장 구역 각각을 상기 지선으로부터 격리하는 것을 계속하는 동안, 상기 지선의 하나 이상의 고장이 없는 구역을 통해, 상기 전력을 상기 하나 이상의 부하 중 적어도 하나에 분배하는 단계

를 포함하고,

상기 복수의 지선 격리 디바이스들은, 상기 고장 전류를 차단(interrupt)하고 상기 지선의 하나 이상의 고장 구역을 상기 고장 전류의 원천으로 식별하는 동안 상기 전원에서의 동작 전압을 저지(block)하기에 충분한 제1 정격(rating)을 갖고,

각기 각각의 구역에 대한 상기 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍은 상기 복수의 지선 격리 디바이스들의 제1 정격 미만인 제2 정격을 갖는 것인, 방법.

#### **청구항 16**

제15항에 있어서, 상기 지선의 하나 이상의 고장 구역을 상기 고장 전류의 원천인 것으로 식별하는 단계는,

상기 지선에 테스트 신호를 인가한 이후, 상기 하나 이상의 고장 구역 각각에서의 전압 또는 전류 레벨을 결정하는 단계; 및

상기 테스트 동안, 상기 하나 이상의 고장 구역에서의 전압 또는 전류 레벨이 문턱치를 충족하지 않는다고 결정한 것에 응답하여, 상기 지선의 하나 이상의 고장 구역을 상기 고장 전류의 원천인 것으로 식별하는 단계

를 포함하는 것인, 방법.

#### **청구항 17**

제16항에 있어서, 상기 지선에 테스트 신호를 인가하는 것은, 보조 에너지원이 상기 지선에 상기 테스트 신호를 인가하게 하는 것을 포함하는 것인, 방법.

#### **청구항 18**

제17항에 있어서, 상기 보조 에너지원은 상기 전원과는 별개인 에너지 저장 디바이스를 포함하거나, 상기 보조 에너지원은 상기 지선으로부터의 하나 이상의 구역 격리 디바이스를 포함하는 것인, 방법.

#### **청구항 19**

제15항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 하나 이상의 고장 구역 각각을 상기 지선으로부터 격리하는 단계는, 상기 지선의 하나 이상의 고장이 없는 구역 각각을 격리하는 것을 중지(refrain)하는 단계를 포함하는 것인, 방법.

#### **청구항 20**

시스템으로서,

상기 시스템의 지선에서 고장 전류를 검출하기 위한 수단;

상기 고장 전류를 검출한 것에 응답하여, 상기 지선을 통해 하나 이상의 부하에 전력을 공급하는 전원으로부터 상기 지선을 격리하기 위한 수단;

상기 지선이 상기 전원으로부터 격리되는 동안, 상기 지선의 하나 이상의 고장 구역을 상기 고장 전류의 원천인 것으로 식별하기 위한 수단;

상기 하나 이상의 고장 구역 각각을 상기 지선으로부터 격리하기 위한 수단; 및

상기 하나 이상의 고장 구역 각각을 상기 지선으로부터 격리하는 것을 계속하는 동안, 상기 지선의 하나 이상의 고장이 없는 구역을 통해, 상기 전력을 상기 하나 이상의 부하 중 적어도 하나에 분배하기 위한 수단

을 포함하고,

상기 전원으로부터 상기 지선을 격리하기 위한 수단은, 상기 고장 전류를 차단(interrupt)하고 상기 지선의 하나 이상의 고장 구역을 상기 고장 전류의 원천으로 식별하는 동안 상기 전원에서의 동작 전압을 저지(block)하기에 충분한 제1 정격(rating)을 갖는 복수의 지선 격리 디바이스들을 포함하고,

상기 하나 이상의 고장 구역 각각을 상기 지선으로부터 격리하기 위한 수단은, 상기 복수의 지선 격리 디바이스들의 상기 제1 정격 미만인 제2 정격을 가지는 상기 하나 이상의 고장 구역 각각에 대한 구역 격리 디바이스들의 각각의 쌍을 포함하는 것인, 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

#### 배경 기술

[0001] 배경

몇몇 전기 추진 시스템, 예컨대 몇몇 항공기(aircraft) 또는 선박(marine craft)에서 발견되는 터보 전기 분배형 추진(turbo electric distributed propulsion; TeDP) 시스템은, 고장 전류(fault current)가 시스템에 손상을 주는 것을 방지하기 위한 방식으로서, 고장 전류를 차단하기 위해, 그리고 고장 전류를 이송하는 시스템의 개개의 지선(branch)을 격리하기 위해, 대형이며 고가의 고장 차단 및 격리 기기에 의존한다. 여전히 몇몇 전기 추진 시스템은, 고장의 원천(source)을 실제 위치지정하여 격리하지 않으면서 고장 전류를 하나의 특정한 지선으로 제한하기 위해, 폴드백 제어(fold-back control) 기술 또는 다른 기술 사용하는 특수 변환기를 포함할 수도 있다.

[0003] 이들 탑재의 시스템이 고장 전류가 전체 시스템에 손상을 주는 것을 방지하는 데에는 성공할 수도 있지만, 이 보호 기술을 활용하는 전기 추진 시스템은 고장 전류의 원천을, 특정 지선 내의 개개의 세그먼트, 컴포넌트, 또는 다른 특정 위치로까지 추적할 수는 없을 수도 있다. 따라서, 지선의 작은 부분만이 고장난 경우에도, 고장 전류가 시스템에 손상을 주는 것을 방지하기 위해, 몇몇 전기 추진 시스템은 전체 지선을 격리할 것이다. 이 기술을 활용하는 전기 추진 시스템은, 다운된 지선 중 적어도 일부가 여전히 사용 가능하더라도, 다운된 지선을 보상하기 위해 시스템의 다른 지선을 무리하게 사용할 수도 있다.

#### 발명의 내용

[0004] 개요

하나의 예에서, 본 개시는, 하나 이상의 부하, 하나 이상의 부하에 전력(electrical power)을 제공하는 적어도 하나의 전원(power source), 및 적어도 하나의 전원에 의해 제공되는 전력을 하나 이상의 부하의 각각으로 분배하는 적어도 하나의 지선을 포함하는 전기 추진 시스템을 대상으로 한다. 적어도 하나의 지선은 하나 이상의 구역(zone)으로 구획되고, 적어도 하나의 지선은, 적어도 하나의 지선에서의 고장 전류에 응답하여 적어도 하나의 전원으로부터 적어도 하나의 지선을 격리하도록 구성되는 복수의 지선 격리 디바이스를 포함한다. 적어도 하나의 지선은 하나 이상의 구역으로부터의 각기 각각의 구역에 대한 구역 격리 디바이스의 각각의 쌍을 더 포함하는데, 각기 각각의 구역에 대한 구역 격리 디바이스의 각각의 쌍은, 하나 이상의 구역 중 어느 것이 고장 전류의 원천인지를 식별하기 위한 적어도 하나의 지선의 테스트 동안, 적어도 하나의 지선으로부터 각각의 구역을 격리하도록 구성된다.

[0006] 다른 예에서, 본 개시는, 전기 추진 시스템의 지선에서 고장 전류를 검출하는 것, 및 고장 전류를 검출하는 것에 응답하여, 지선을 통해, 하나 이상의 부하에 전력을 공급하는 전원으로부터 지선을 격리하는 것을 포함하는 방법을 대상으로 한다. 그 방법은, 지선이 전원으로부터 격리되어 있는 동안, 지선 중 하나 이상의 고장 구역을 고장 전류의 원천인 것으로 식별하는 것, 및 하나 이상의 고장 구역의 각각을 지선으로부터 격리하는 것을 더 포함한다. 그 방법은, 하나 이상의 고장 구역의 각각을 지선으로부터 계속 격리하는 동안, 지선의 하나 이상의 고장이 없는 구역을 통해, 하나 이상의 부하 중 적어도 하나로 전력을 분배하는 것을 더 포함한다.

[0007] 하나의 예에서, 본 개시는, 시스템의 지선에서 고장 전류를 검출하기 위한 수단, 고장 전류를 검출하는 것에 응답하여, 지선을 통해 하나 이상의 부하로 전력을 공급하는 전원으로부터 지선을 격리하기 위한 수단뿐만 아니라, 지선이 전원으로부터 격리되어 있는 동안, 지선의 하나 이상의 고장 구역을 고장 전류의 원천인 것으로

식별하기 위한 수단을 포함하는 시스템을 대상으로 한다. 그 시스템은, 하나 이상의 고장 구역의 각각을 지선으로부터 격리하기 위한 수단, 및 하나 이상의 고장 구역의 각각을 지선으로부터 계속 격리하는 동안, 지선의 하나 이상의 고장이 없는 구역을 통해, 하나 이상의 부하 중 적어도 하나로 전력을 분배하기 위한 수단을 더 포함한다.

- [0008] 하나 이상의 예의 상세는 첨부된 도면 및 하기의 설명에서 개시된다. 본 개시의 다른 피쳐, 목적 및 이점은 하기의 설명과 도면으로부터, 그리고 특허청구범위로부터 명확해질 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1은, 본 개시의 하나 이상의 양태에 따른, 소스로부터 하나 이상의 부하로 전력을 분배하도록 구성되는 예시적인 전기 추진 시스템의 지선을 예시하는 개념도이다.

도 2는, 본 개시의 하나 이상의 양태에 따른, 예시적인 전기 추진 시스템이 지선의 고장 테스트를 수행하는 동안, 도 1의 예시적인 전기 추진 시스템의 지선을 예시하는 개념도이다.

도 3은, 본 개시의 하나 이상의 양태에 따른, 예시적인 전기 추진 시스템이 지선의 고장 테스트를 수행한 이후의, 도 1의 예시적인 전기 추진 시스템의 지선을 예시하는 개념도이다.

도 4는, 본 개시의 하나 이상의 양태에 따른, 도 1 내지 도 3의 예시적인 전기 추진 시스템의 컨트롤러에 의해 수행되는 예시적인 동작을 예시하는 플로우차트이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 상세한 설명

- [0011] 일반적으로, 본 개시의 기술 및 회로는, 항공기 또는 선박 상의 터보 전기 분배형 전력(TeDP) 시스템과 같은 전기 추진 시스템이, 시스템의 지선 내에서 고장 전류의 위치를 식별하는 것, 및 지선의 그 위치를 격리하거나 또는 다르게는 디스에이블하는 것을 가능하게 할 수도 있고, 그 결과 전기 추진 시스템은 지선의 나머지 건전한 또는 고장이 없는 부분을 사용하여 동작을 재개할 수도 있다. 예시적인 전기 추진 시스템은, 지선을 격리하고 고장 전류가 시스템에 손상을 주는 것을 방지하기 위해, 전원 및 부하에서 광범위하고 비차별적인 고장 격리 기기(본원에서 "지선 격리 디바이스"로 칭해짐)를 사용할 수도 있다. 몇몇 예에서, 이러한 광범위하고 비차별적인 고장 격리 디바이스의 사용에 의존하는 대신, 예시적인 전기 추진 시스템은, 고장 전류가 시스템에 손상을 주는 것을 방지하기 위해, 폴드백 기술을 사용하여 지선에서 전압을 떨어뜨리고, 그에 의해 전류를 감소시킬 수도 있다.

- [0012] 임의의 경우에서, 다른 전기 추진 시스템과는 달리, 지선 격리 디바이스 또는 폴드백 제어 기술을 사용하여 고장 전류를 차단하고 전체 지선을 격리한 이후, 예시적인 전기 추진 시스템은, 지선을 테스트하고 지선 내의 하나 이상의 "구역"(예를 들면, 세그먼트 또는 위치)에 대한 고장을 격리하기 위해, 본원에서 "구역 격리 디바이스"로 칭해지는 휠씬 더 작은 단속기(interrupter)를 사용한다.

- [0013] 예를 들면, 지선의 고장 구역(들)을 식별하기 위해, 예시적인 시스템은, 지선이 전원 및 부하로부터 격리되어 있는 동안, 낮은 레벨의 전압 또는 전류와 같은 테스트 신호를, 저장된 에너지원으로부터 지선의 구역의 각각에 인가할 수도 있다. 테스트 신호는, 시스템이, 구역이 지선 내의 고장 전류의 원천인지의 여부를 나타낼 수도 있는 이상(anomaly)에 대해 구역의 각각을 개별적으로 테스트하는 것을 가능하게 할 수도 있다. 테스트에 실패한 하나 이상의 구역, 소위 "고장 구역"을 식별하는 것에 응답하여, 전기 추진 시스템은, 고장에 의해 영향을 받지 않는 지선의 나머지(즉, 고장이 없는 구역)를 다시 온라인으로 가져가는 동안, 고장 구역을 계속 격리하도록 구역 격리 디바이스를 구성할 수도 있다.

- [0014] 도 1은, 본 개시의 하나 이상의 양태에 따른, 소스(2)로부터 하나 이상의 부하(6A-6N)(총칭하여 "부하(6)")로 전력을 분배하도록 구성되는 전기 추진 시스템(100)의 지선(1)을 예시하는 개념도이다. 하나의 예에서, 시스템(100)은 항공기 또는 선박에 내장된 터보 전기 분배형 추진(TeDP) 시스템의 일부 또는 전체를 포함한다.

- [0015] 일반적으로, 시스템(100)은, 시스템(100)이 고장 전류의 원천인 지선(1) 내의 위치(들)를 식별하기 위해 지선(1)을 테스트하는 동안, (예를 들면, 항공 애플리케이션의 경우 1 내지 3초까지의 시간 동안 또는 선박 애플리케이션의 경우에는 더욱 더 긴 기간 동안) 가끔 다운됨에도 불구하고 소스로부터 하나 이상의 부하로 전력을 분배하기 위한 자신의 동작 요건을 달성할 수 있는, 본 개시의 하나 이상의 양태에 따른, 임의의 다른 전력 시스템일 수 있다. 다시 말하면, 몇몇 시스템이 시스템 부하에 대한 끊임없는 무손실 전력을 필요로 하지만, 시스템

(100)은 시스템 부하에 대한 지원의 일시적 손실을 견딜 여유가 있을 수 있는 임의의 예시적인 시스템일 수 있다.

[0016] 예를 들면, 시스템(100)이 추진형 애플리케이션에 적합할 수도 있지만, 시스템(100)은, 고장을 테스트하기 위해 짧은 다운 시간을 필요로 하는 다른 애플리케이션에 대해서는 그만큼 적합하지 않을 수도 있다. 항공기의 TeDP 애플리케이션의 경우, 추력 동력(thrust power)의 순간적인 손실은, 그 손실의 지속시간이 추력의 지속적인 손실로 나타나지 않는 한, 허용가능하다. 비행 상태 및 프로펠러의 관성이 허용가능한 동력 상실 지속시간을 지배할 것이다(예를 들면, 일반적으로 항공 애플리케이션의 경우 약 수 초 또는 10분의 몇 초 또는 선박 애플리케이션의 경우 더욱 더 긴 기간이지만, 통상적으로는 마이크로초 또는 밀리초는 아님). 흔히 있는 일이지만, 예를 들면, 통신 시스템과는 달리, 몇몇 TeDP 시스템은 재구성가능하며 지선이 일시적으로 서비스에서 제외되고 나머지 전력 네트워크를 사용하여 부하에 대한 전력의 경로가 재지정될 여유를 가질 수 있다.

[0017] 시스템(100)은 전원(2), 부하(6), 제어 유닛(12), 및 지선(1)을 포함한다. 전원(2)은 전력을, 지선(1)을 통해, 부하(6)로 제공한다. 전원(2)은, 시스템(100)과 같은 전기 추진 시스템에서 사용하기 위한 임의의 고전압 또는 고전류 전원을 나타낸다. AC 전원인 것으로 도시되지만, 전원(2)은 또한 DC 전원일 수 있을 것이다.

[0018] 부하(6)는, 전기 추진 시스템에 의해 제공되는 전력을 수용하기 위한 임의의 타입의 부하를 나타낸다. 부하(6)는 도 1에서 항공기 또는 선박용 추진 모터인 것으로 도시된다. 다시 말하면, TeDP 애플리케이션에서, 부하(6)는, 지선(1)을 통해 전원(2)에 의해 제공되는 전력에 기초하여, 호스트 항공기 또는 선박으로 추진력을 제공하는 하나 이상의 전기 추진 유닛을 나타낸다.

[0019] 간략화 및 명확화를 위해, 제어 유닛(12)은, 일반적으로, 지선(1)의 컴포넌트 전체에 동작적으로 커플링되는 것으로 도시된다. 도 1에서 구체적으로 도시되지는 않지만, 제어 유닛(12)은 전원(2) 및 부하(6)에도 또한 동작적으로 커플링될 수도 있다. 다시 말하면, 제어 유닛(12)은, 소스(2)로부터 부하(6)로 전력을 분배하고, 그리고 전력의 분배를 중지하도록 지선(1)을 구성하기 위해, 지선(1), 소스(2), 및 부하(6)를 포함해서, 시스템(100)의 상이한 컴포넌트의 각각으로 및/또는 각각으로부터, 신호 및 정보를, 제공 및/또는 수신할 수도 있다. 또한, 제어 유닛(12)이, 간략화를 위해, 본원에서 설명되는 기술을 수행하기 위한 시스템(100) 및 지선(1)의 컴포넌트를 주로 제어하는 것으로 하기에서 설명되지만, 몇몇 예에서, 변환기(8 및 10)는 제어 유닛(12)에 대하여 하기에서 설명되는 동작 중 일부 또는 전체를 수행하기 위한 추가적인 기능성을 포함할 수도 있다. 예를 들면, 변환기(8 및 10) 중 하나 이상은, 전기 추진 시스템의 지선에서 고장 전류를 검출하기 위한 수단, 지선을 통해 하나 이상의 부하로 전력을 공급하는 전원으로부터 지선을 격리하기 위한 수단, 지선의 하나 이상의 고장 구역을 고장 전류의 원천인 것으로 식별하기 위한 수단, 하나 이상의 고장 구역의 각각을 지선으로부터 격리하기 위한 수단, 및 지선의 하나 이상의 고장이 없는 구역을 통해, 하나 이상의 부하 중 적어도 하나로 전력을 분배하기 위한 수단을 포함할 수도 있다.

[0020] 제어 유닛(12)은, 본원의 제어 유닛(12)에 기인하는 기술을 수행하기 위해, 하드웨어, 소프트웨어, 또는 이들의 임의의 조합의 임의의 적절한 배치를 포함할 수도 있다. 제어 유닛(12)의 예는, 임의의 하나 이상의 마이크로프로세서, 디지털 신호 프로세서(digital signal processor; DSP), 주문형 반도체(application specific integrated circuit; ASIC), 필드 프로그래머블 게이트 어레이(field programmable gate array; FPGA), 또는 임의의 다른 집적 또는 이산 로직 회로부뿐만 아니라 이러한 컴포넌트의 임의의 조합을 포함한다. 제어 유닛(12)이 소프트웨어 또는 펌웨어를 포함하면, 제어 유닛(12)은 소프트웨어 또는 펌웨어를 저장하고 실행하기 위한 임의의 필요한 하드웨어, 예컨대 하나 이상의 프로세서 또는 프로세싱 유닛을 더 포함한다.

[0021] 일반적으로, 프로세싱 유닛은 하나 이상의 마이크로프로세서, DSP, ASIC, FPGA, 또는 임의의 다른 등가의 집적 또는 이산 로직 회로부뿐만 아니라 이러한 컴포넌트의 임의의 조합을 포함할 수도 있다. 도 1에서 도시되지는 않지만, 제어 유닛(12)은 데이터를 저장하도록 구성된 메모리를 포함할 수도 있다. 메모리는 임의의 휘발성 또는 불휘발성 매체, 예컨대 랜덤 액세스 메모리(random access memory; RAM), 리드 온리 메모리(read only memory; ROM), 불휘발성 RAM(non-volatile RAM; NVRAM), 전기적으로 소거가능한 프로그래머블 ROM(electrically erasable programmable ROM; EEPROM), 플래시 메모리 등을 포함할 수도 있다. 몇몇 예에서, 메모리는 제어 유닛(12) 외부에 있을 수도 있다(예를 들면, 제어 유닛(12)이 하우징되는 패키지 외부에 있을 수도 있다).

[0022] 몇몇 예에서, 지선(1)은 DC 분배 시스템의 일부이고, 지선(1)은, 전력이 지선(1)을 통해 부하(6)로 이동하기 이전에 또는 이동한 이후에, 전원(2)에 의해 제공되는 전력과 관련되는 전압 또는 전류 레벨을 변경하는 전력 변환기의 예로서, 변환기(8) 및 변환기(10A-10N)(총칭하여, "변환기(10)")를 포함한다. 예를 들면, 변환기(8)는,

지선(1)을 통한 분배를 위해, 전원(2)에 의해 제공되는 전력의 전압 또는 전류 레벨을, 제1 레벨로부터, 더 관리하기 쉬운 제2 레벨로 하강시키는 AC 대 DC 변환기 또는 DC 대 DC 변환기일 수도 있다. 역으로, 변환기(10) 각각은, 부하(6)를 구동시키기 위해, 전원(2)에 의해 제공되는 전력의 전압 또는 전류 레벨을, 제2 레벨로부터, 다시 제1 레벨로 상승시키는 DC 대 DC 또는 DC 대 AC 변환기일 수도 있다. 몇몇 예에서, 지선(1)은 AC 분배 시스템의 일부이고, 따라서, 변환기(8 및 10) 전체를 지선(1)으로부터 생략한다. AC 분배 시스템의 경우, 지선(1)은 격리를 위해 지선 격리 디바이스(3)에 의존할 수도 있다.

[0023] 지선(1)은, 지선(1)에서 고장 전류를 차단하도록 그리고 지선(1)에서의 고장 전류에 응답하여 지선(1)을 전원(2)으로부터 격리하도록 구성되는 지선 격리 디바이스(3)의 다수의 쌍을 포함한다. 지선 격리 디바이스(3)의 예는, 추가적인 변환기, 차단기(breaker), 또는 전원(2)과 같은 전기 추진 시스템 전원과 관련되는 더 높은 동작 전압에서, 큰 고장 전류를 차단하고 저지하도록 정격되는(rated) 다른 일반적으로 대형이고 무거우며 고가인 격리 기기를 포함한다. 몇몇 예에서, 지선 격리 디바이스(3)를 포함하는 대신, 변환기(8 및 10)는, 지선(1)에서의 고장 전류의 경우에 전원(2)으로부터 지선(1)을 격리하기 위해, 폴드백 제어 기술을 수행할 수도 있다. 즉, 변환기(8 및 10)는 고장 전류에 응답하여 지선(1)과 관련되는 전압을 감소시키기 위한 폴드백 제어를 수행할 수도 있다. 폴드백 제어를 사용하는 경우, 고장 동안, 변환기(8 및 10)에서의 전압이, 사실상, 제로 볼트에 있을 수도 있도록, 그로 인해 지선으로부터 전력을 제거할 수도 있도록, 지선(1)에서의 전류가 증가함에 따라 변환기(8 및 10)는 지선(1)에서 전압을 강하시킬 수도 있다.

[0024] 폴드백 제어가 손상을 주는 전류를 방지할 수도 있지만, 이제 지선 상의 전압이 제로에 있을 수도 있기 때문에, 폴드백 제어는 통상적으로 다른 시스템에서의 고장의 위치를 위치결정하는 작업을 더 어렵게 만든다. 하기에서 설명되는 바와 같이, 본 개시의 기술은 지선(1)에서 제로 볼트를 가짐에도 불구하고, 고장의 위치 결정을 가능하게 한다.

[0025] 지선(1)은 또한, 지선(1)의 고장 부분에 대한 테스트, 및 그 고장 부분의 후속하는 격리 동안, 지선(1)을 하나 이상의 구역(22A-22N)(총칭하여 "구역(22)")으로 구획하도록 구성되는 구역 격리 디바이스(5)의 다수의 쌍을 포함한다. 다르게 말하면, 시스템(100)은 고장 격리에 대해 계층적인 구역적 보호 전략을 사용한다. 지선(1)이 "보호 구역"을 나타내는 반면, 구역(22)의 각각은, 보호 구역에 대한 에너지를 먼저 차단한 이후 시스템(100)이 활성화할 수도 있는 개개의 "진단" 또는 "격리" 구역을 나타낸다. 구역 격리 디바이스(5)의 예는, 차단기, 스위치 또는 지선(1)과 관련되는 더 적은 동작 전압 또는 전류를 핸들링하기 위한, 지선 격리 디바이스(3)보다 훨씬 더 낮은 정격을 갖는 다른 일반적으로 소형이고 경량이며 저가의 격리 기기를 포함한다. 지선(1)이 AC 분배 시스템의 일부인 예에서, 구역 격리 디바이스(5)는, 지선(1)이 DC 분배 시스템의 일부인 경우의 격리 디바이스(5)의 사이즈와 비교하여, 감소된 사이즈를 가질 수도 있다.

[0026] 지선 격리 디바이스(3)는, 지선(1)을 차단하여 지선(1)을 차단 전류로부터 격리하기 위해, (예를 들면, 변환기(8) 이전의 그리고 변환기(10) 이후의) 지선(1)의 경계 위치에서 관측되는 일반적으로 더 높은 전압 및 전류를 핸들링하도록 정격되지만, 구역 격리 디바이스(5)는 (예를 들면, 변환기(8) 이후에 그리고 변환기(10) 이전에) 지선(1) 내부에서 관측되는 통상적으로 더 낮은 전압 및 전류만을 핸들링하도록 정격된다. 이와 같이, 구역 격리 디바이스(5)는, 지선 격리 디바이스(3)보다, 일반적으로 사이즈가 더 소형이고 무게가 더 경량이며, 덜 고가이고, 덜 복잡하다.

[0027] 예를 들면, 지선 격리 디바이스(3)는, 고장 구역에 대한 지선(1)의 테스트 동안, 지선(1)에서 발생하는 고장 전류를 차단하고 후속하여 전원(2)에서의 동작 전압을 저지하기에 충분한 제1 정격(예를 들면, 전압 또는 전류 정격)을 가질 수도 있다. 역으로, 각각 각각의 구역(22)에 대한 구역 격리 디바이스(5)는, 지선 격리 디바이스(3)의 제1 정격보다 더 적은 제2 정격을 가질 수도 있다. 제2 정격은 고장 구역에 대한 지선(1)의 테스트 동안 고장 전류를 차단하거나 또는 후속하여 전원(2)에서의 동작 전압을 저지하기에 충분하지 않을 수도 있다.

[0028] 추가적인 도면과 관련하여 명백하게 되는 바와 같이, 구역 격리 디바이스(5)는, 각각의 구역이 고장 전류의 원천이면 고장 테스트 이후 각각의 구역을 계속 격리하도록 구성될 수도 있다. 또한, 구역 격리 디바이스(5)는 또한, 지선 격리 디바이스(3)가 전력을, 전원(2)으로부터, 지선(1)으로 그리고 부하(6) 중 적어도 하나로 회복시킨 이후에, 각각의 구역을 계속 격리하도록 구성될 수도 있다. 게다가, 구역 격리 디바이스(5)는, 고장 테스트 이후에 그리고, 테스트 동안, 각각의 구역에서의 전압 또는 전류 레벨이 고장을 나타내는 임계 전압 또는 임계 전류를 충족하지 않는 것에 응답하여, 각각의 구역을 계속 격리하도록 구성될 수도 있다. 즉, 특정 구역의 테스트 동안 특정 구역에서의 전압 또는 전류 레벨이 너무 높거나 또는 너무 낮으면, 구역 격리 디바이스(5)는 그 특정 구역을 계속 격리할 수도 있다.

- [0029] 구역(22)의 각각은 지선(1)의 일부(예를 들면, 하나 이상의 세그먼트 또는 컴포넌트)만을 나타낸다. 구역(22)의 각각은, 전원(2)에 의해 제공되는 전력의 적어도 일부를, 지선(1)의 다른 구역(22)으로 및/또는 부하(6)로 분배하기 위한 전류 경로를 구역 격리 디바이스(5)의 각각의 쌍 사이에 포함할 수도 있다. 지선(1)은, 구역(22) 중 적어도 하나가 지선(1)으로부터 격리되는 동안, 전원(2)을 부하(6) 중 적어도 하나에 전기적으로 커플링하도록 구성된다. 즉, 구역(22) 중 하나 이상이 고장이고 고장 전류의 원천이다는 것을 시스템(100)이 결정하는 경우, 시스템(100)은, 지선(1)의 나머지가 격리됨에도 불구하고 지선(1)이 적어도 약간의 기능성을 여전히 제공할 수 있도록, 지선(1)의 나머지(즉, 고장이 없는 구역(22))를 인에이블하는 동안 하나 이상의 고장 구역(22)을 디스에이블할 수 있다.
- [0030] 지선(1)은, 구역(22) 중 임의의 것이 고장 전류의 원천인지의 여부를 테스트하기 위해, 지선(1)에 테스트 신호를 제공하도록 구성되는 보조 에너지원(secondary energy source; 4)을 더 포함한다. 몇몇 예에서, 소스(4)는, 전원(2)이 고장나서 지선(1)과 격리되는 경우에, 부하(6)를 지원하도록 구성될 수도 있다. 또한, 보조 에너지원(4)은 안정화하기 위해 지선(1)에 의해 사용될 수도 있다. 고장 동안 지선(1)의 테스트를 수행하기 위한 에너지에 대해 보조 에너지원(4)에 의존함으로써, 시스템(100)은, 소형의 중간 전압(medium-voltage; MV) DC 시스템 또는 초전도 시스템에 대해 너무 느릴 수도 있는 전통적인 보호 방법 대신, 낮은 전력을 사용하여 고장 위치를 검출할 수도 있다.
- [0031] 몇몇 예에서, 보조 에너지원(4)은 전원(2) 및 지선(1)의 다른 컴포넌트와는 별개의 에너지 저장 디바이스이다. 예를 들면, 보조 에너지원(4)은, 커패시터, 배터리, 또는 구역(22)의 고장 격리 테스트를 수행하는 데 필요한 최소 에너지를 제공하는 다른 저장 디바이스일 수도 있다. 몇몇 예에서, 보조 에너지원(4)은 시스템(100)의, 지선(1) 이외의, 지선의 일부이다. 몇몇 예에서, 시스템(100)의 지선의 각각은 그 자신의 공유 에너지원(4), 또는 각 구역에 하나씩의 다수의 에너지원(4)을 포함한다.
- [0032] 다른 예에서, 보조 에너지원(4)은, 시스템(100)이 지선(1)을 전원(2)으로부터 격리한 이후 그리고 테스트 동안, 지선(1)에서 유지되는 전력의 적어도 일부를 유지하는 구역 격리 디바이스(5) 중 하나 이상이다. 다시 말하면, 몇몇 예에서, 구역 격리 디바이스(5)는 이중 목적을 제공한다: 구역 격리 디바이스는 테스트 동안 그리고 테스트 이후 구역(22)의 각각을 격리하고, 그리고 테스트 동안 구역(22)에 인가되는 테스트 신호와 관련되는 에너지를 제공한다.
- [0033] 보조 에너지원(4)은, 전원(2)에 의해 제공되는 전력과 관련되는 전압 또는 전류 레벨보다 낮은 전압 또는 전류 레벨을 갖는 테스트 신호를 제공할 수도 있다. 예를 들면, 전원(2)이 약 수십, 수백 또는 심지어 수천 볼트의 크기를 갖는 전압을 제공하지만, 에너지원(4)은, 전원(2)에 의해 제공되는 전압의 단지 수 분의 1, 예를 들면, 약 1볼트 또는 수 분의 1볼트를 제공할 수도 있다.
- [0034] 정상 동작(즉, 지선(1)에 현재 고장 전류가 존재하지 않는 경우)에서, 전원(2)은 전력을, 지선(1)을 통해, 부하(6)로 제공할 수도 있다. 도 1은, 전원(2)이 전력을 부하(6)로 제공할 때, 변환기(8)에 의해 하향 변환된 이후, 전류( $I_G$ )가 세그먼트(14D)를 통해 그리고 구역(22D)을 지나 이동함에 따라, 전원(2)에 의해 제공되는 전력에 기인하는 전류( $I_G$ )를 도시한다. 전류( $I_G$ )가 구역(22C)을 통과한 이후, 전류( $I_G$ )는, 키르히호프의 법칙에 따라, 전류( $I_{G1}$ ,  $I_{G2}$ , 및  $I_{GN}$ )로 분할된다. 전류( $I_{G1}$ ,  $I_{G2}$ , 및  $I_{GN}$ )는, 각각, 링크(14A, 14B, 및 14N)를 통해, 구역(22A, 22B, 및 22N)을 지나 이동한다.
- [0035] 결국에는, 전류( $I_{G1}$ ,  $I_{G2}$ , 및  $I_{GN}$ )는 변환기(10)에 도달하는데, 여기서 전류( $I_{G1}$ ,  $I_{G2}$ , 및  $I_{GN}$ )는 부하(6)에 전력을 인가하기 위해 상승된다. 결국에는, 고장 전류가 지선(1)에서 나타날 것이다. 제어 유닛(12)은 고장 전류를 검출할 수도 있고, 지선(1) 내에서, 고장 전류의 위치(예를 들면, 구역(22) 중 하나)를 식별하기 위한 그리고, 지선 내에서, 그 위치를 지선의 나머지와 격리하기 위한 동작을 개시할 수도 있고, 그 결과 전기 추진 시스템(100)은 지선의 건전하고 고장이 없는 부분을 사용하여 동작을 재개할 수도 있다. 예를 들면, 제어 유닛(12)은, 지선 격리 디바이스(3)가 고장 전류에 의해 트리거된 때를 나타내는 정보를 지선 격리 디바이스(3)로부터 수신 할 수도 있다. 다른 예에서, 제어 유닛(12)은, 지선(1)의 다양한 부분에서의 전류 레벨 또는 레벨들에 관한 정보를 제어 유닛(12)으로부터 제공하는 전압 및 전류 모니터링 피쳐를 포함할 수도 있다. 지선(1)에서의 전류 레벨이 고장 전류를 나타내는 최대 전류 임계치를 초과한다는 것을 제어 유닛(12)이 결정하는 것에 응답하여, 제어 유닛(12)은 지선(1)에 고장 전류가 존재한다는 것을 결정한다.
- [0036] 고장 전류를 검출하는 것에 응답하여, 지선 격리 디바이스(3)는, 전원(2)이 지선(1)을 통해 부하(6)에 전력을 공급하는 동안, 자동적으로, 또는 제어 유닛(12)으로부터의 커맨드에 기초하여, 지선(1)을 전원(2)으로부터 격

리할 수도 있다. 예를 들면, 지선 격리 디바이스(3)는, 전류( $I_G$ )가 트리거 임계치를 초과하면, 지선(1)과 전원(2)과 부하(6) 사이에 개방 회로를 자동적으로 야기하는 차단기일 수도 있다. 이 방식에서는, 지선(1)과 관련되는 고장 전류가 시스템(100)의 다른 지선 또는 컴포넌트에 손상을 주는 것을 방지하도록, 지선(1)은 시스템(100)의 다른 지선 또는 컴포넌트와는 즉시 격리된다.

[0037] 도 2는, 본 개시의 하나 이상의 양태에 따른, 시스템(100)이 지선(1)의 고장 테스트를 수행하는 동안, 도 1의 시스템(100)의 지선(1)을 예시하는 개념도이다. 다시 말하면, 도 2는, 고장 전류에 응답하여 지선(1)이 지선 격리 디바이스(3)에 의해 격리된 이후, 지선 레벨 이하에서, 고장 전류의 원천을 시스템(100)이 위치결정하는 예를 예시하기 위해 사용된다.

[0038] 도 2에서 도시되는 바와 같이, 지선(1)은 전원(2) 및 부하(6)로부터 격리된다. 몇몇 예에서, 전원(2) 및 부하(6)로부터 지선(1)을 격리하는 것은, 변환기(8 및 10)로부터 지선(1)을 격리하는 것을 더 포함할 수도 있다. 몇몇 예에서, "전원(2) 및 부하(6)로부터 지선(1)을 격리하는 것"은, 지선(1)이 (예를 들면, 지선(1)과는 별개의) 대안적인 전원으로부터 전력을 계속 수신한다는 것을 의미할 수도 있다. 이러한 대안적인 전원은 구역(22) 사이에 분포될 수도 있거나 또는 전원(2) 또는 보조 에너지원(4)에 의해 제공될 수도 있다. 예를 들면, 몇몇 예에서, "전원(2) 및 부하(6)로부터 지선(1)을 격리하는 것"은, "격리된 동안" 전원(2)으로부터 수신되는 전력이, 지선(1)이 전원(2)으로부터 격리되지 않은 경우보다 더 낮은 동작 전압 및/또는 전류에 있을 수도 있지만, 지선(1)이 전원(2)으로부터 여전히 전력을 수신할 것이다는 것을 의미할 수도 있다. 임의의 경우에서, 지선(1)이 전원(2)으로부터 격리되는 동안, 제어 유닛(12)은 지선(1)의 하나 이상의 고장 구역(22)을 도 1에서 검출된 고장 전류의 원천인 것으로 식별할 수도 있다.

[0039] 제어 유닛(12)은, 지선(1)에 테스트 신호를 먼저 인가하고, 지선에 테스트 신호를 인가한 후, 하나 이상의 구역(22)의 각각에서의 전압 또는 전류 레벨을 결정하는 것에 의해, 지선(1)의 하나 이상의 고장 구역(22)을 고장 전류의 원천인 것으로 식별할 수도 있다. 예를 들면, 제어 유닛(12)은 보조 에너지원(4)이 테스트 신호를 (예를 들면, 링크(14E)를 통해) 지선(1)으로 인가하는 것을 가능하게 할 수도 있다.

[0040] 도 2에서 도시되는 바와 같이, 지선(1)의 테스트 동안, 전류( $I_G$ )는 지선(1)을 통해 그리고 부하(6) 상으로 더 이상 분배되지 않는다. 대신, 테스트 신호와 관련되는 전류( $I_E$ )는, 링크(14E)를 통해 지선(1)으로 이동하고 전류( $I_{E1}-I_{En}$ )로서 구역(22)으로 분배되어 나간다.

[0041] 몇몇 예에서, 테스트 신호는 구역 격리 디바이스(5) 및/또는 변환기(8) 중 하나 이상과 관련되는 저장된 에너지로부터 유도될 수도 있다. 예를 들면, 지선 격리 디바이스(3)에 의한 격리시, 제어 유닛(12)은 구역 격리 디바이스(5)의 각각으로 하여금 그들 각각의 구역(22)을 격리하게 할 수도 있다. 그 다음, 제어 유닛(12)은 각각의 구역(22)에 걸쳐 테스트 신호를 순차적으로 인가하도록 구역 격리 디바이스(5)의 각기 각각의 쌍을 구성할 수도 있다. 예를 들면, 제어 유닛(12)은 구역(22D)에 관한 구역 격리 디바이스(5)의 쌍을, 그들 각각의 저장된 에너지를 방출하여 링크(14D)를 거쳐 전류( $I_{E3}$ )를 인가하도록 구성할 수도 있다. 몇몇 예에서, 제어 유닛(12)은, 각각의 구역(22)에 걸쳐 유사한 테스트 신호를 순차적으로 인가하도록 변환기(8)를 구성할 수도 있다.

[0042] 몇몇 예에서, 제어 유닛(12)의 기능성 중 적어도 일부는 보조 에너지원(4)과 함께 (예를 들면, 각각의 구역(22)에 대한) 단일의 모듈로서 패키지화될 수도 있다. 그 다음, 보조 에너지원(4)과 함께 제어 유닛(12)의 기능성 중 일부를 포함하는 이러한 모듈은, 각각의 구역(22)의 각각에 걸쳐 유사한 테스트 신호를 순차적으로 인가할 수도 있다.

[0043] 제어 유닛(12)은, 지선(1)의 하나 이상의 고장 구역(22)을 고장 전류의 원천인 것으로 식별하기 위해, 구역(22)의 각각의 양단의 전압 및/또는 구역(22)의 각각을 통과하는 전류를 측정할 수도 있다. 전압 또는 전류 레벨이 임계치를 충족한다는 것을 결정하는 것에 응답하여, 제어 유닛(12)은, 특정 구역이 고장의 원천이 아니라는 것을 결정할 수도 있고, 한편 전압 또는 전류 레벨이 임계치를 충족하지 않는다는 것을 결정하는 것에 응답하여, 제어 유닛(12)은 특정 구역이 고장의 원인이라는 것을 결정할 수도 있다.

[0044] 예를 들면, 구역(22D)이 송신 라인이고, 고장 전류의 원천이 아니면, 제어 유닛(12)은, 구역(22D) 양단의 전압이 제로 볼트이거나 또는 제로 근처의 어떤 다른 임계값이다는 것을 결정할 수도 있다. 그러나, 구역(22) 양단의 전압이 제로가 아니라는 것(즉, 제로보다 더 크거나 더 작다는 것) 또는 다르게는 임계치를 충족하지 않는다는 것을 결정하는 것에 응답하여, 제어 유닛(12)은 구역(22D)을 고장의 원천인 것으로 식별할 수도 있다.

[0045] 도 2의 예에서, 제어 유닛(12)은, 구역(22B)과 관련되는 전압이 임계치를 충족하지 않는다는 것을 결정할 수도

있고 구역(22B)이 지선(1)의 격리를 트리거한 고장 전류의 원천이다는 것 및 그런 만큼, 고장 구역이다는 것을 결정할 수도 있다. 제어 유닛(12)은, 하나 이상의 고장 구역(22)의 각각을 지선(1)으로부터 격리할 수도 있고 지선(1)의 하나 이상의 고장이 없는 구역(22)의 각각을 격리하는 것을 억제할 수도 있다.

[0046] 도 3은, 본 개시의 하나 이상의 양태에 따른, 시스템(100)이 지선(1)의 고장 테스트를 수행한 이후의, 도 1의 전기 추진 시스템(100)의 지선(1)을 예시하는 개념도이다. 예를 들면, 도 3은, 지선 레벨 이하에서, 고장 전류의 원천을 시스템(100)이 격리했고, 지선(1) 내에서, 고장의 원천을 격리한 이후, 지선(1)의 나머지 "건전한" 또는 다르게는 고장이 없는 부분을 사용하여, 시스템(100)이 소스(2)로부터 부하(6)로 전력을 제공하는 동작을 재개하는 예를 도시한다.

[0047] 예를 들면, 구역(22B)만이 고장이다는 것을 결정하는 것에 응답하여, 제어 유닛(12)은, 전류가 링크(14B)를 통해 구역(22B)을 지나 이동하는 것을 방지하도록 구역 격리 디바이스(5)를 구성할 수도 있고 전류가 구역(22A 및 22C-22N)과 관련되는 다른 링크(14A, 14C, 및 14D-14N)를 통해 이동하는 것을 가능하게 하도록 구역 격리 디바이스(5)를 구성할 수도 있다. 하나 이상의 고장 구역(22)의 각각(예를 들면, 구역(22B))을 지선(1)으로부터 계속 격리하는 동안, 제어 유닛(12)은, 지선의 하나 이상의 고장이 없는 구역(예를 들면, 구역(22A 및 22C-22N))을 통해, 전력을 부하(6) 중 적어도 하나로 분배하는 것을 재개하도록, 시스템(100)을 구성할 수도 있다. 이 방식에서, 부하(6B)만이 지선(1)을 통해 전력을 수신하는 것이 방지되고, 한편 소스(2)는 전력을 부하(6A 및 6N)로 제공하기 위해 지선(1)에 계속 의존할 수 있다.

[0048] 따라서, 본원에서 설명되는 기술에 따른 시스템은, 시스템의 상이한 지선 사이의 부하 요구의 밸런스를 맞출 수도 있다. 예시적인 시스템은(예를 들면, 항속 기간 동안) 고장의 위치를 재빨리 결정할 수 있고, 전체 지선을 제거하는 대신, 고장 지선의 건전한 부분을 복원할 수 있다.

[0049] 도 4는, 본 개시의 하나 이상의 양태에 따른, 도 1 내지 도 3의 전기 추진 시스템(100)의 제어 유닛(12)에 의해 수행되고 있는 예시적인 동작(200-240)을 예시하는 플로우차트이다. 도 4는 도 1 내지 도 3의 시스템(100) 및 제어 유닛(12)의 맥락 내에서 하기에서 설명된다.

[0050] 예를 들면, 제어 유닛(12)은 컨트롤러, 프로세서, 또는 동작(200-240)을 수행하기 위한 명령어를 실행하도록 구성되는 다른 타입의 모듈일 수도 있다. 몇몇 예에서, 제어 유닛(12)은, 제어 유닛(12)에 의한 실행시, 동작(200-240)을 수행하도록 제어 유닛(12)을 구성하는 비일시적 컴퓨터 관독가능 저장 매체를 포함할 수도 있다. 그리고 몇몇 예에서, 제어 유닛(12)은, 데이터 획득 컴퓨터 및 지선(1)에 고장이 있는지의 여부를 결정하기 위한, 지선(1)에서의 전압 및 전류를 측정하도록 구성되는 다른 기계류(instrumentation)를 포함한다.

[0051] 시스템(100)은 전기 추진 시스템의 지선에서 고장 전류를 검출할 수도 있다(200). 예를 들면, 제어 유닛(12) 및 /또는 지선 격리 디바이스(3)는, 지선(1)을 지나 이동하는 전류( $I_6$ )가, 시스템(100)이 손상될 위험에 처해 있다는 것을 나타내는 전류 임계치를 초과한다는 것을 결정할 수도 있다.

[0052] 시스템(100)은, 지선을 통해 하나 이상의 부하로 전력을 공급하는 전원으로부터 지선을 격리할 수도 있다(210). 예를 들면, 제어 유닛(12)은, 고장 전류에 응답하여, 지선(1)이 전원(2) 및/또는 부하(6)로부터 전기적으로 격리되게 하는 것을 지선 격리 디바이스(3)가 트리거하도록, 지선 격리 디바이스(3)를 구성할 수도 있다.

[0053] 지선이 격리되는 동안, 시스템(100)은 지선의 하나 이상의 고장 구역을 고장 전류의 원천인 것으로 식별할 수도 있다(220). 예를 들면, 지선(1)이 지선 격리 디바이스(3)에 의해 격리되는 동안, 제어 유닛(12)은 보조 에너지원(4)이 구역(22)의 각각을 통해 전력을 조금씩 흘리게 하는 것을 가능하게 할 수도 있다. 몇몇 예에서, 제어 유닛(12)은 구역 격리 디바이스(5)로 하여금, 보조 에너지원(4)으로부터의 적은 전류( $I_6$ )가 구역(22)의 각각으로 순차적으로, 한 번에 하나씩, 및/또는 한번에 모두, 인가되도록, 동작하게 할 수도 있다.

[0054] 별개의 에너지 저장 디바이스를 보조 에너지원(4)으로서, 다른 지선으로부터의 에너지를 보조 에너지원(4)으로서, 또는 구역 격리 디바이스(5)에서의 저장된 에너지를 보조 에너지원(4)으로서 사용하여, 시스템(100)은 고장 또는 장애에 대해 각각의 구역(22)을 테스트할 수 있다. 구역이 건전하다는 것(예를 들면, 구역 양단의 전압 강하가 제로이다는 것)을 시스템(100)이 결정하면, 시스템(100)은 지선(1)의 그 구역(22)에 대한 전력을 복원할 수 있다. 몇몇 예에서, 구역 격리 디바이스(5)가 보조 에너지원(4)으로서 사용되면, 시스템(100)은 구역(22)의 각각에서의 고장을 동시에 검사할 수도 있다. 몇몇 예에서, 보조 에너지원(4)으로서의 별개의 에너지 저장 디바이스 또는 다른 지선으로부터의 에너지가 보조 에너지원(4)으로서 사용되면, 시스템(100)은 구역(22)의 각각의 검사를 동시에 수행할 수도 있다.

- [0055] 어느 경우든, 제어 유닛(12)은, 전압이 전압 임계치(예를 들면, 제로 볼트)를 충족하는지의 여부를 결정하기 위해, 구역(22)의 각각의 양단의 전압을, 전류(I<sub>G</sub>)의 적어도 일부가 그 구역에 도달할 때, 측정할 수도 있다. 구역(22) 중 임의의 것의 양단의 전압이 전압 임계치를 충족하지 않으면, 제어 유닛(12)은 그 구역을 고장 구역인 것으로, 그리고 잠재적으로는 고장 전류의 원천인 것으로 플래그를 달 수도 있다.
- [0056] 시스템(100)은 하나 이상의 고장 구역의 각각을 지선으로부터 격리할 수도 있다(230). 예를 들면, 제어 유닛(12)은, 테스트 동안 식별되는 하나 이상의 고장 구역(22)의 각각을 전기적으로 격리하도록 구역 격리 디바이스(5)를 구성할 수도 있고, 역으로, 테스트 동안 식별된 하나 이상의 고장이 없는 구역(22)(예를 들면, 고장 구역 이외의 모든 구역)의 각각과 지선(1) 사이의 전기적 연결을 유지하도록 구역 격리 디바이스(5)를 구성할 수도 있다.
- [0057] 하나 이상의 고장 구역의 각각을 계속 격리하는 동안, 시스템(100)은, 지선의 하나 이상의 고장이 없는 구역을 통해, 하나 이상의 부하 중 적어도 하나로 전력을 분배할 수도 있다(240). 예를 들면, 제어 유닛(12)은, 지선(1)의 격리를 중지하도록 그리고 지선(1)을 전원(2) 및 부하(6)와 다시 커플링하도록 지선 격리 디바이스(3)를 구성할 수도 있다. 지선(1)이 다시 온라인 상태가 되고 부하(6)로의 분배를 위해 전원(2)으로부터 전력을 수신할 때, 지선 격리 디바이스(5)는, 테스트 동안 식별된 하나 이상의 고장이 없는 구역(22)(예를 들면, 고장 구역 이외의 모든 구역)의 각각이 부하(6)에 대한 전력을 도통시키는 것을 가능하게 하는 동안, 지선(1)의 고장 구역(22)의 전기적 격리를 유지할 수도 있다.
- [0058] 이와 같이, 지선(1)의 일부가 고장이 났고 따라서 전력을 부하(6)로 분배하는 것이 방지된다는 것을 시스템(100)이 결정할 수도 있지만, 시스템(100)은 적어도 약간의 전력 분배 성능을 부하(6)에 제공하기 위해 지선(1)의 건전한 고장이 없는 부분에 여전히 의존할 수 있다. 다른 전기 추진 시스템과는 달리, 시스템(100)은 고장 전류에 응답하여 고장 부분을 격리하도록 지선을 재구성할 수 있고, 지선의 나머지 건전한 부분에 계속 의존할 수 있다. 결과적으로, 고장난 지선에 의해 상실된 성능을 보상하기 위해 시스템(100)이 여분의 지선에 여전히 의존해야 할 수도 있지만, 시스템(100)은, 시스템에서의 고장을 보상하기 위해, 다른 전기 추진 시스템처럼 힘들게 혹사되지 않을 수도 있다. 따라서, 상기 설명된 기술에 따라 동작하는 전기 추진 시스템은, 지선이 고장 나는 경우 부하를 지원하는 것을 담당하는 다른(여분의) 지선에 시스템이 부과할 수도 있는 전력 생성 부담을 감소시키도록, 시스템의 건전한 부분으로 전력을 복원할 수 있을 수도 있다.
- [0059] 하나 이상의 예에서, 설명된 동작은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현될 수도 있다. 소프트웨어로 구현되면, 동작은, 하나 이상의 명령어 또는 코드로서, 컴퓨터 판독가능 매체 상에 저장되거나 또는 컴퓨터 판독가능 매체를 통해 전송될 수도 있고 하드웨어 기반의 프로세싱 유닛에 의해 실행될 수도 있다. 컴퓨터 판독가능 매체는, 데이터 저장 매체와 같은 유형의 매체, 또는 예를 들어, 통신 프로토콜에 따라, 한 장소에서 다른 장소로 컴퓨터 프로그램의 전송을 용이하게 하는 임의의 매체를 포함하는 통신 매체에 대응하는 컴퓨터 판독가능 저장 매체를 포함할 수도 있다. 이러한 방식에서, 컴퓨터 판독 가능한 매체는, 일반적으로, (1) 유형의 컴퓨터 판독가능 저장 매체 또는 (2) 신호 또는 반송파와 같은 통신 매체에 대응할 수도 있다. 데이터 저장 매체는 본 개시에서 설명된 기술의 구현을 위한 명령어, 코드, 및/또는 데이터 구조를 취출하기 위해 하나 이상의 컴퓨터 또는 하나 이상의 프로세서에 의해 액세스될 수 있는 임의의 이용가능한 매체일 수도 있다. 컴퓨터 프로그램 제품이 컴퓨터 판독가능 매체를 포함할 수도 있다.
- [0060] 비제한적인 예로서, 이러한 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM 또는 다른 광학 디스크 스토리지, 자기 디스크 스토리지, 또는 다른 자기 스토리지 디바이스, 플래시 메모리, 또는 소망의 프로그램 코드를 명령어 또는 데이터 구조의 형태로 저장하기 위해 사용될 수 있으며 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다. 또한, 임의의 접속이 컴퓨터 판독 가능한 매체로서 적절히 칭해진다. 예를 들면, 동축 케이블, 광섬유 케이블, 연선(twisted pair), 디지털 가입자 회선 (digital subscriber line; DSL), 또는 적외선, 무선, 및 마이크로파와 같은 무선 기술을 이용하여 웹사이트, 서버, 또는 다른 원격 소스로부터 명령어가 송신되면, 동축 케이블, 광섬유 케이블, 연선, DSL, 또는 적외선, 무선, 및 마이크로파와 같은 무선 기술은 매체의 정의 내에 포함된다. 그러나, 컴퓨터 판독가능 저장 매체 및 데이터 저장 매체는 접속, 반송파, 신호, 또는 다른 일시적 매체를 포함하지 않으며, 대신 비일시적인 유형의 저장 매체를 대상으로 한다는 것이 이해되어어야 한다. 본원에서 이용되는 바와 같은, 디스크(disk) 및 디스크(disc)는, 컴팩트 디스크(compact disc; CD), 레이저 디스크, 광학 디스크, 디지털 다기능 디스크(digital versatile disc; DVD), 플로피 디스크, 및 블루레이 디스크를 포함하는데, 여기서 디스크(disk)는 통상 자기적으로 데이터를 재생하는 반면, 디스크(disc)는 레이저를 이용하여 광학적으로 데이터를 재생한다. 상기한 것의 조합도 컴퓨터 판독가능 매체의 범위 내에 또한

포함되어야 한다.

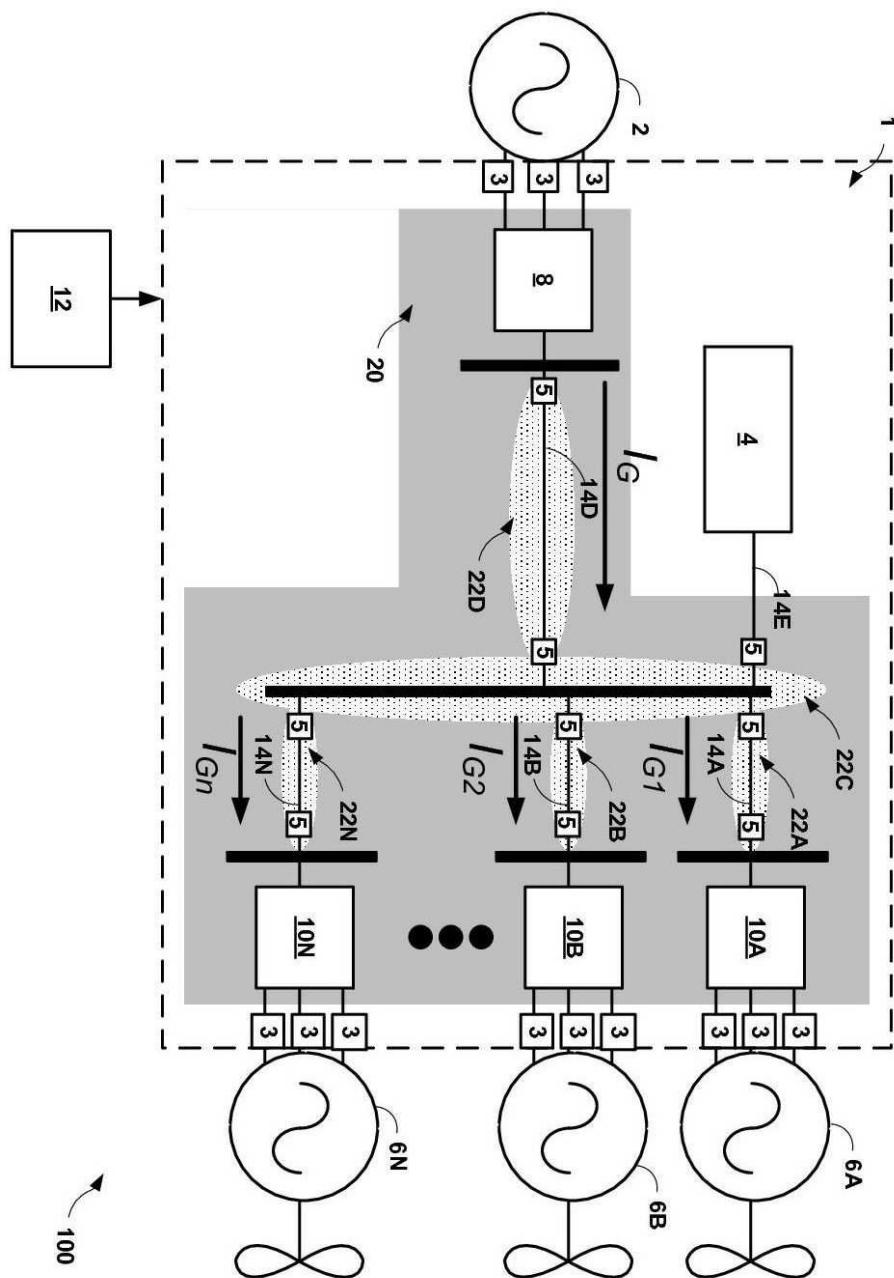
[0061] 하나 이상의 DSP, 범용 마이크로프로세서, ASIC, FPGA, 또는 다른 등가의 집적 또는 이산 로직 회로부와 같은 하나 이상의 프로세서에 의해 명령어가 실행될 수도 있다. 따라서, 본원에서 사용되는 바와 같은 용어 "프로세서"는 상기 구조체 중 임의의 것 또는 본원에서 설명된 기술의 구현에 적합한 임의의 다른 구조체를 지칭할 수도 있다. 또한, 몇몇 양태에서, 본원에서 설명된 기능성은 전용 하드웨어 및/또는 소프트웨어 모듈 내에서 제공될 수도 있다. 또한, 기술은 하나 이상의 회로 또는 논리 소자에서 완전히 구현될 수 있을 것이다.

[0062] 본 개시의 기술은, 프로세서, 집적 회로(integrated circuit; IC) 또는 IC의 세트(예를 들면, 칩 세트)를 포함하는 아주 다양한 디바이스 또는 장치에서 구현될 수도 있다. 다양한 컴포넌트, 모듈, 또는 유닛은, 개시된 기술을 수행하도록 구성되는 디바이스의 기능적 양태를 강조하도록 본 개시에서 설명되지만, 반드시 상이한 하드웨어 유닛에 의해 실현될 필요는 없다. 대신, 상술한 바와 같이, 다양한 유닛은, 적절한 소프트웨어 및/또는 펌웨어와 연계하여, 하드웨어 유닛에 통합되거나 또는 상술한 하나 이상의 프로세서를 포함해서, 상호운용 가능한 하드웨어 유닛의 집합체에 의해 제공될 수도 있다.

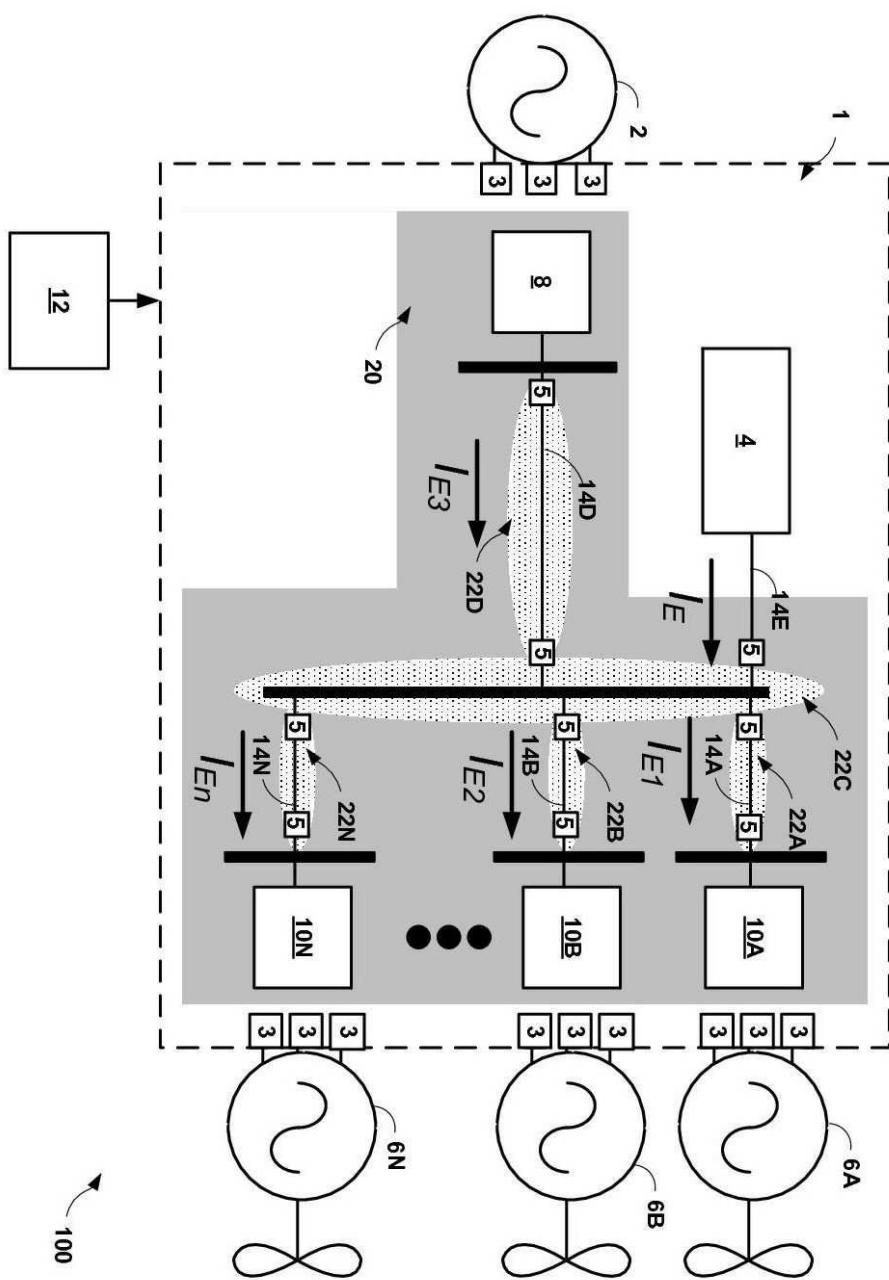
[0063] 다양한 예가 설명되었다. 이들 및 다른 예는 하기의 특허청구범위의 범위 내에 있다.

도면

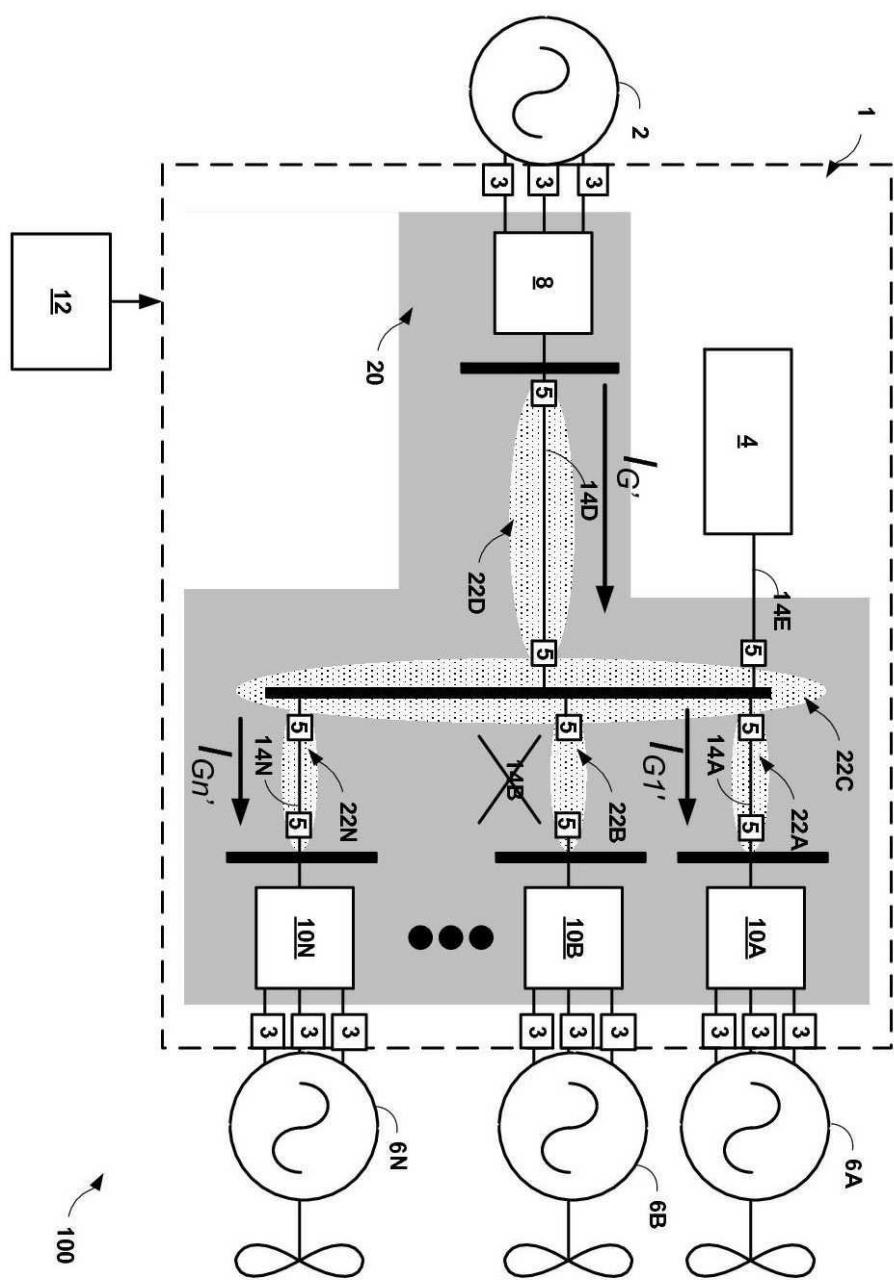
도면1



도면2



도면3



**도면4**