



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0069237
(43) 공개일자 2020년06월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/34 (2006.01) G01R 19/165 (2006.01)
G01R 31/50 (2020.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/343 (2013.01)
G01R 19/16528 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0158761
(22) 출원일자 2019년12월03일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
16/212,192 2018년12월06일 미국(US)

(71) 출원인
해밀턴 선드스트랜드 코퍼레이션
미국 28217 노스캐롤라이나주 샬럿 웨스트 터볼라
로드 2730
(72) 발명자
차이 화젠
미국 61011 일리노이주 칼레도니아 레이튼 드라이
브 12125
슈미트 드와이트 디.
미국 61108 일리노이주 록포드 버뮤다 드라이브
7473
(74) 대리인
양영준, 윤정호

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **발전기 모듈에서의 결합 검출 및 분리**

(57) 요약

결합 검출 방법은 발전기, 위상 리드들에 의해 상기 발전기에 연결되는 정류기 및 직류(DC) 링크에 의해 상기 정류기에 연결되는 인버터를 갖는 발전기 모듈에서, 상기 위상 리드들에 의해 상기 정류기에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계 및 상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계를 포함한다. DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들은 상기 위상 리드들에 의해 상기 정류기에 인가되는 전압의 측정치 및 상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 사용하여 계산된다. 상기 발전기 모듈에 결합이 존재하지 않을 때 상기 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 사용하여 결정이 이루어진다. 상기 발전기 모듈에 결합이 존재할 때 상기 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 사용하여 결합 상태가 존재한다는 결정이 이루어진다. 또한 발전기 모듈들이 설명된다.

(52) CPC특허분류

G01R 31/50 (2020.01)

명세서

청구범위

청구항 1

결함 검출 방법으로서,

발전기, 복수의 위상 리드에 의해 상기 발전기에 연결되는 정류기 및 직류(DC) 링크에 의해 상기 정류기에 연결되는 인버터를 갖는 발전기 모듈에서,

상기 위상 리드들에 의해 상기 정류기에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계;

상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계;

상기 위상 리드들에 의해 상기 정류기에 인가되는 전압의 측정치 및 상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 사용하여 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들(phase sequence voltages)을 계산하는 단계;

상기 발전기 모듈에 결함이 존재하지 않을 때 상기 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 사용하여 정상 상태가 존재한다고 결정하는 단계; 및

상기 발전기 모듈에 결함이 존재할 때 상기 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 사용하여 결함 상태가 존재한다고 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 정류기에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계는 A-위상 리드, B-위상 리드 및 C-위상 리드에서 전압을 측정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상분 전압들을 계산하는 단계는 정상분 전압(positive sequence voltage), 역상분 전압(negative sequence voltage) 및 영상분 전압(zero sequence voltage)을 계산하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서, 상분 전압들을 계산하는 단계는 $V_p = (V_a + k^* V_b + k^{2*} V_c)$ (여기서, $k = -1/2 + j \sqrt{3}/2$)에 따라 정상분 전압을 계산하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 5

청구항 2에 있어서, 상분 전압들을 계산하는 단계는 $V_n = (V_a + k^{2*} V_b + k^* V_c)$ (여기서, $k = -1/2 + j \sqrt{3}/2$)에 따라 역상분 전압을 계산하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 6

청구항 2에 있어서, 상분 전압들을 계산하는 단계는 $V_z = V_a + V_b + V_c$ 에 따라 영상분 전압을 계산하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계는 DC 링크 양극 리드 및 DC 링크 음극 리드에서 전압을 측정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 상기 DC 링크 양극 리드 및 상기 DC 링크 음극 리드에서의 전압의 측정치들은 접지 단자에 비례하는, 방법.

청구항 9

청구항 7에 있어서, 상기 DC 링크 전압 불균형은 $V_{dc} = V^+ - V^-$ 에 따라 계산되는, 방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서, 정상 상태가 존재한다고 결정하는 단계는 상기 발전기가 불균형 상태에서 동작하고 있다고 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 11

청구항 1에 있어서, 결함 상태가 존재한다고 결정하는 단계는 상기 결함 상태를 상기 발전기 모듈에 존재하는 (a) L-G 단락, (b) L-L 단락, (c) L-L-G 단락, (d) L-L-L 단락 및 (e) L-L-L-G 단락으로부터 선택되는 결함으로 구분하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 12

청구항 1에 있어서, 결함 상태가 존재한다고 결정하는 단계는 상기 결함 상태를 상기 정류기 내 다이오드 단락으로 구분하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 13

청구항 1에 있어서, 결함 상태가 존재한다고 결정하는 단계는 상기 결함 상태를 상기 정류기 내 다이오드 개방으로 구분하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 14

청구항 1에 있어서, 결함 상태가 존재한다고 결정하는 단계는 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들을 발전기 모듈 상태들과 연관시키는 룩업 테이블과 계산된 상기 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들을 매칭하는 단계를 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전기 시스템들, 보다 구체적으로는 전기 시스템들에 채용되는 발전기 모듈들에서의 결함 검출 및 분리에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이를테면 항공기 전기 시스템들에서, 발전기들은 때때로 동작 중에 개방 및 단락 회로 결함들을 일으킬 수 있다. 그에 따라 전기 시스템들은 일반적으로 그러한 개방 및 단락 회로 발전기 결함들을 검출하기 위한 변류기들을 포함한다.

[0003] 그러한 변류기들을 사용하는 데 따른 한 가지 과제는 그것들과 연관된 크기 및 무게와 관련이 있다. 보다 구체적으로, 변류기의 1차 권선은 통상적으로 보호 회로로 통합되기 때문에, 변류기들의 채용은 일반적으로 전기 시스템에 필요한 공간 및 무게를 증가시킨다. 이는 특히 출력 도체들 중 하나 이상에 변류기들이 필요할 수 있기 때문에 변류기들이 발전기에서의 내부 결함들의 검출을 위해 사용될 때 그러하며, 변류기, 뿐만 아니라 발전기 중립 위상을 접지에 연결시키는 도체를 위한 공간을 제공하기 위해 전력 변환기를 발전기로부터 이격시키는 것을 필요로 한다.

[0004] 그러한 결함 검출 방법들 및 발전기 모듈들은 일반적으로 그것들의 용도에 적합한 것으로 여겨져왔다.

발명의 내용

[0005] 결함 검출 방법이 제공된다. 상기 방법은 발전기, 복수의 위상 리드에 의해 상기 발전기에 연결되는 정류기 및 직류(DC) 링크에 의해 상기 정류기에 연결되는 인버터를 갖는 발전기 모듈에서, 상기 위상 리드들에 의해 상기 정류기에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계 및 상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측

정치를 수신하는 단계를 포함한다. DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들은 상기 위상 리드들에 의해 상기 정류기에 인가되는 전압의 측정치 및 상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 사용하여 계산된다. 상기 발전기 모듈에 결함이 존재하지 않을 때 상기 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 사용하여 정상 상태가 존재한다고 결정되고 상기 발전기 모듈에 결함이 존재할 때 상기 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 사용하여 결함 상태가 존재한다고 결정된다.

- [0006] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 추가 실시 예들은 상기 정류기에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계가 A-위상 리드, B-위상 리드 및 C-위상 리드에서 전압을 측정하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0007] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상분 전압들을 계산하는 단계가 정상분 전압(positive sequence voltage), 역상분 전압(negative sequence voltage) 및 영상분 전압(zero sequence voltage)을 계산하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0008] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상분 전압들을 계산하는 단계가 $V_p = (V_a + k^* V_b + k^{2*} V_c)$ (여기서, $k = -1/2 + j \sqrt{3}/2$)에 따라 정상분 전압을 계산하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0009] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상분 전압들을 계산하는 단계가 $V_n = (V_a + k^{2*} V_b + k^* V_c)$ (여기서, $k = -1/2 + j \sqrt{3}/2$)에 따라 역상분 전압을 계산하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0010] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상분 전압들을 계산하는 단계가 $V_z = V_a + V_b + V_c$ 에 따라 영상분 전압을 계산하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0011] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계가 DC 링크 양극 리드 및 DC 링크 음극 리드에서 전압을 측정하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0012] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상기 DC 링크 양극 리드 및 상기 DC 링크 음극 리드에서의 전압의 측정치들이 접지 단자에 비례하는 것을 포함할 수 있다.
- [0013] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상기 DC 링크 전압 불균형이 $V_{dc} = V^+ - V^-$ 에 따라 계산되는 것을 포함할 수 있다.
- [0014] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 정상 상태가 존재한다고 결정하는 단계가 상기 발전기가 불균형 상태에서 동작하고 있다고 결정하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0015] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 결함 상태가 존재한다고 결정하는 단계가 상기 결함 상태를 상기 발전기 모듈에 존재하는 (a) L-G 단락, (b) L-L 단락, (c) L-L-G 단락, (d) L-L-L 단락 및 (e) L-L-L-G 단락으로부터 선택되는 결함으로 구분하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0016] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시예들은 결함 상태가 존재한다고 결정하는 단계가 상기 결함 상태를 상기 정류기 내 다이오드 단락으로 구분하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0017] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 결함 상태가 존재한다고 결정하는 단계가 상기 결함 상태를 상기 정류기 내 다이오드 개방으로 구분하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0018] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 결함 상태가 존재한다고 결정하는 단계가 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들을 발전기 모듈 상태들과 연관시키는 특업 테이블과 계산된 상기 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들을 매칭하는 단계를 포함하는 것을 포함할 수 있다.
- [0019] 또한 발전기 모듈이 제공된다. 상기 발전기 모듈은 발전기, 복수의 위상 리드에 의해 상기 발전기에 연결되는

정류기, 직류(DC) 링크에 의해 상기 정류기에 연결되는 인버터 및 제어기를 포함한다. 상기 제어기는 상기 복수의 위상 리드 및 DC 링크와 통신하게 배치되고 메모리 상에 레코딩된 명령들에 응답하며, 상기 명령들은 상기 위상 리드들에 의해 상기 정류기에 인가되는 전압의 측정치를 수신하고, 상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 수신하고, 상기 위상 리드들에 의해 상기 정류기에 인가되는 전압의 측정치 및 상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 사용하여 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 계산하고, 상기 발전기 모듈에 결함이 존재하지 않을 때 상기 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 사용하여 정상 상태가 존재한다고 결정하며, 상기 발전기 모듈에 결함이 존재할 때 상기 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 사용하여 결함 상태가 존재한다고 결정하기 위한 것이다.

[0020] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상기 복수의 위상 리드가 A-위상 리드, B-위상 리드 및 C-위상 리드를 포함하고, 상기 발전기 모듈이 추가로 상기 A-위상 리드에 결합되고 상기 제어기와 통신하게 배치되는 A-위상 전압 센서, 상기 B-위상 리드에 결합되고 상기 제어기와 통신하게 배치되는 B-위상 전압 센서 및 상기 C-위상 리드에 결합되고 상기 제어기와 통신하게 배치되는 C-위상 전압 센서를 포함하는 것을 포함할 수 있다.

[0021] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상기 메모리 상에 레코딩된 상기 명령들이 상기 제어기로 하여금 $V_p = (V_a + k^* V_b + k^{2*} V_c)$ (여기서, $k = -1/2 + j \sqrt{3}/2$)에 따라 정상분 전압을 계산하고, $V_n = (V_a + k^{2*} V_b + k^* V_c)$ 에 따라 역상분 전압을 계산하며, $V_z = V_a + V_b + V_c$ (여기서 V_a 는 상기 A-위상 리드에 인가되는 전압, V_b 는 상기 B-위상 리드에 인가되는 전압 그리고 V_c 는 상기 C-위상 리드에 인가되는 전압)에 따라 영상분 전압을 계산하게 하는 것을 포함할 수 있다.

[0022] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상기 DC 링크가 양극 리드 및 음극 리드를 포함하며, 상기 발전기 모듈이 추가로 접지 단자, 상기 양극 리드 및 상기 접지 단자에 결합되는 양극 리드 전압 센서로서, 상기 제어기와 통신하게 배치되는, 상기 양극 리드 전압 센서 및 상기 음극 리드 및 상기 접지 단자에 결합되는 음극 리드 전압 센서로서, 상기 제어기와 통신하게 배치되는, 상기 음극 리드 전압 센서를 포함하는 것을 포함할 수 있다.

[0023] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안 예로서, 상기 방법의 추가 실시 예들은 상기 명령들이 상기 제어기로 하여금 $V_{dc} = V^+ - V^-$ (여기서 V^+ 는 상기 양극 리드 및 상기 접지 단자 양단 전압, V^- 는 상기 음극 리드 및 상기 접지 단자 양단 전압)에 따라 상기 DC 링크에 의해 상기 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 사용하여 DC 링크 전압을 계산하게 하는 것을 포함할 수 있다.

[0024] 위에서 설명된 특징들 중 하나 이상에 덧붙여, 또는 대안예로서, 상기 방법의 추가 실시예들은 상기 발전기를 상기 정류기에 연결시키는 상기 복수의 위상 리드를 통해 전류를 측정하기 위한 전류 센서가 상기 발전기와 상기 정류기 사이에 위치하지 않으며, 상기 발전기의 중립 위상이 접지에 연결되지 않는 것을 포함할 수 있다.

[0025] 본 개시의 실시 예들의 기술적 효과들은 상대적으로 경량인 발전기 모듈들을 포함하고 발전기 모듈들이 변류기들을 통합하는 데 적은 공간을 필요로 한다.

[0026] 앞에서의 특징부들 및 요소들은 명시적으로 다르게 표시되지 않는 한, 배타적이지 않고 다양한 조합으로 조합될 수 있다. 이러한 특징부들 및 요소들 뿐만 아니라 그것들의 동작이 이하의 설명 및 첨부한 도면들을 고려하여 보다 분명하게 될 것이다. 그러나, 다음 설명 및 도면들은 성질상 예시 및 설명하기 위한 것 및 비-제한적인 것으로 의도된다.

도면의 간단한 설명

[0027] 본 개시 내용이 속하는 해당 기술분야의 통상의 기술자들은 과도한 실험 없이 본 개시 내용의 장치들 및 방법들을 제조하고 사용하는 방법을 쉽게 이해할 수 있도록, 바람직한 실시 예들이 특정 도면들을 참조하여 하기에 상세히 설명될 것이며, 여기서:

도 1은 항공기에 의해 수반되는 전기 장치들에 전력을 공급하기 위해 발전기 모듈에 작동 가능하게 연결되는 원동기를 도시하는, 본 개시에 따라 구성된 항공기 전기 시스템의 개략도이다.

도 2는 발전기 모듈에서의 결합들을 검출 및 구분하기 위해 발전기 모듈 내 위상 리드들 및 직류(DC) 링크 리드들에 결합되는 전압 센서들을 도시하는, 도 1에 도시된 발전기 모듈의 개략도이다;

도 3은 일 실시 예에 따른 방법의 단계들을 도시하는, 결합 검출 방법의 블록도이다;

도 4는 일 실시 예에 따라 계산된 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들에 대한 정상 및 결합 상태 연관성을 제시하는, 도 3에 도시된 결합 검출 방법에 사용하기 위한 상태 테이블이다.

도 5는 동작들을 도시하는, 도 1에 도시된 발전기 모듈 내 결합들을 구분하기 위한 동작들의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 같은 참조 부호들이 본 개시의 유사한 구조적 특징들 또는 양태들을 나타내는 도면들이 이제 참조될 것이다. 제한이 아닌 설명 및 예시의 목적들을 위해, 도 1에는 본 개시에 따른 발전기 모듈의 대표적인 실시 예의 부분도가 도시되어 있고 개괄적으로 참조 문자 100으로 표기된다. 본 개시에 따른 발전기 모듈들 및 발전기 모듈들에서의 결합들을 검출하는 방법들의 그 외 다른 실시 예들 또는 이의 양태들이 설명될 바와 같이, 도 2 내지 도 5에 제공된다. 이를테면 항공기 전기 시스템들에서 변류기들이 없이 결합 검출 결합 보호 발전기 모듈들을 제공하기 위해 결합 검출 방법들 및 발전기 모듈들이 사용될 수 있지만, 본 개시가 항공기 전기 시스템들에 또는 일반적으로 변류기들이 없는 전기 시스템들에 제한되지는 않는다.
- [0029] 도 1을 참조하면, 항공기(10)가 도시되어 있다. 항공기(10)는 발전기 모듈, 전력 버스(14) 및 복수의 전력 소비 장치(16)를 갖는 전기 시스템(12)을 포함한다. 발전기 모듈은 100(발전기(102) 및 전력 변환기(104))를 포함한다. 원동기(18), 예를 들어, 주 엔진 또는 보조 전력 장치(APU)는 발전기 모듈(100)의 발전기(102)에 제공되는 기계식 회전을 사용하여 가변 주파수 전력(참조 부호 20으로 도시됨)을 발생시키기 위해 발전기(102)에 작동 가능하게 연결된다. 발전기(102)는 전력 변환기(104)에 전기적으로 연결되고 그것에 가변 주파수 전력(20)을 제공한다. 전력 변환기(104)는 가변 주파수 전력(20)을 일정 주파수 전력(22)으로 변환하도록 구성 및 조정되며, 이는 전력 소비 장치들(16)에 적합하다. 전력 소비 장치들(16)은 전력 버스(14)를 통해 전력 변환기(104)에 전기적으로 연결되어 그것을 통해 일정 주파수 전력(22)을 수신한다.
- [0030] 도시된 실시 예에서, 발전기 모듈(100)은 가변 속도 일정 주파수(VSCF, variable-speed constant frequency) 발전기 모듈이다. 이러한 측면에서 원동기(18)에 의해 발전기(102)에 제공되는 회전(R)은 가변 속도 회전이며, 이는 가변 주파수 전력(20)이 발전기(102)에 제공되게 하여 원동기(18)에 의해 발전기(102)에 인가되는 기계식 회전(R)의 속도에 따라 주파수가 달라지게 한다. 전력 변환기(104)는 일정 주파수 출력 전력 변환기이고 일정 주파수 전력(22)을 일정 주파수 AC 전력으로서 전력 소비 장치들(16)에 제공하도록 배열된다. VSCF 발전기들의 예들은 2016년 6월 15일에 출원된 Wagner 외의 미국 특허 출원 공보 번호 2017/0365993 A1에 설명된 것들을 포함하며, 이의 내용은 그 전체가 참고로 본원에 통합된다.
- [0031] 도 2를 참조하면, 일 실시 예에 따른 발전기 모듈(100)이 도시되어 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 발전기(102)는 A-위상 권선(106), B-위상 권선(108) 및 C-위상 권선(110)을 포함하는 3-상 발전기이다. A-위상 권선(106)은 A-위상 리드(112)에 의해 전력 변환기(104)에 연결된다. B-위상 권선(108)은 B-위상 리드(114)에 의해 전력 변환기(104)에 연결된다. C-위상 권선(110)은 C-위상 리드(116)에 의해 전력 변환기(104)에 연결된다. 발전기(102)와 전력 변환기(104) 사이에는 A-위상 리드(112), B-위상 리드(114) 및/또는 C-위상 리드(116)를 통하는 전류를 측정하기 위한 변류기들이 배열되지 않는다. 그에 따라, 도 2에 도시된 실시 예에서 발전기 모듈(100)은 어떠한 변류기도 포함하지 않는다(즉 동반하지 않는다). 발전기의 중립 위상은 접지되지 않고 또한 변류기를 포함하지 않는다. 특정 실시 예들에서, 전력 변환기(104)는 발전기(102)로 통합되며, 발전기 모듈(100)은 통합형 발전기 모듈이다. 해당 기술분야에서의 통상의 기술자들에 의해 이해될 바와 같이, 변류기들을 동반하지 않는, 발전기 모듈(100)은 변류기들을 채용하는 발전기 모듈들에 비해 경량, 컴팩트하고/거나 신뢰성이 높을 수 있다.
- [0032] 전력 변환기(104)는 정류기(118), 직류(DC) 링크(120) 및 인버터(122)를 포함한다. 정류기(118)는 여섯(6) 개의 다이오드(124)를 갖는 다이오드 회로를 갖는 고체 상태 다이오드 트랜스이다. 여섯 개의 다이오드(124)는 A-위상 리드(112), B-위상 리드(114) 및 C-위상 리드(116)에 연결되어 발전기(102)의 위상 권선들로부터의 전류를 DC 전류(24)의 흐름으로 DC 링크(120)에 순차적으로 인가한다. 차례로 DC 링크(120)는 정류기(118)를 인버터(122)에 연결하고, 일정 주파수 AC 전력(22)(도 1에 도시됨)으로의 변환을 위해 DC 전류(24)의 흐름을 인버터(122)에 제공하는 양극 리드(128) 및 음극 리드(130)를 갖는다. 특정 실시 예들에서, 인버터(122)는 복수의 고체 상태 스위치 장치를 갖는 고체 상태 인버터이다.
- [0033] 본 개시 내용을 고려하여 해당 기술분야에서의 통상의 기술자들에 의해 이해될 바와 같이, 정류기(118)에서의 외부 결합들과 발전기(102)에서의 내부 결합들을 검출 및 구별하는 것이 바람직할 수 있다. AC-DC-AC 변환기

VSCF 아키텍처에서 발전기(102)가 직접 전력 변환기(104)에 전력을 공급하고, 전력 변환기(104)가 발전기(102)에 직접 통합되는 발전기 모듈(100)의 경우, 전력 변환기(104)와 발전기(102) 사이에는 결합 검출을 위한 어떠한 변류기도 위치해 있지 않다. 대신, 발전기 모듈(100)은 위상 리드들에 결합되고 제어기(126)와 통신하게 배치되는 복수의 전압 센서를 포함한다. 보다 구체적으로, 각 위상 리드 및 각 DC 링크 리드는 각각의 리드에 존재하는 전압을 측정하기 위한 별개의 전압 센서를 포함한다.

[0034] 도시된 실시 예에서, 발전기 모듈(100)은 다섯(5) 개의 전압 센서를 포함한다. 이러한 측면에서, A-위상 전압 센서(132)는 A-위상 리드(112)에 결합되고, 제어기(126)와 통신하게 배치되며, A-위상 권선(106)에 의해 A-위상 리드(112)에 그리고 그것을 통해 인버터(122)에 인가되는 전압의 측정치들을 획득하도록 배열된다. B-위상 전압 센서(134)는 B-위상 리드(114)에 결합되고, 제어기(126)와 통신하게 배치되며, B-위상 권선(108)에 의해 B-위상 리드(112)에 그리고 그것을 통해 인버터(122)에 인가되는 전압의 측정치들을 획득하도록 배열된다. C-위상 전압 센서(136)는 C-위상 리드(116)에 결합되고, 제어기(126)와 통신하게 배치되며, C-위상 권선(108)에 의해 C-위상 리드(116)에 그리고 그것을 통해 인버터(122)에 인가되는 전압의 측정치들을 획득하도록 배열된다.

[0035] 추가 측면들에서, 발전기 모듈(100)은 또한 DC 링크 양극 리드 전압 센서(138) 및 DC 링크 음극 리드 전압 센서(140)도 포함한다. DC 링크 양극 리드 전압 센서(138)는 DC 링크 양극 리드(128)에 결합되고, 제어기(126)와 통신하게 배치되며, 접지 단자(142)에 관해 DC 링크 양극 리드(128)에 인가되는 전압 측정치들을 획득하도록 구성된다. DC 링크 음극 리드 전압 센서(140)는 DC 링크 음극 리드(130)에 결합되고, 제어기(126)와 통신하게 배치되며, 접지 단자(142)에 관해 DC 링크 음극 리드(130)에 인가되는 전압 측정치들을 획득하도록 구성된다. 3-상 AC 발전기 모듈(100)이 도 2에 도시되고 본원에서 설명되었지만, 두(2) 위상 넷(4) 이상의 위상을 갖는 AC 발전기 모듈들이 또한 본 개시로부터 혜택을 받을 수 있음이 이해될 것이다.

[0036] 제어기(126)는 프로세서(146), 장치 인터페이스(148) 및 사용자 인터페이스(150)를 포함한다. 각각의 전압 센서들, 즉 전압 센서들(132-140)은 의도되는 용도에 적합한 것으로서 유선 또는 무선일 수 있는 외부 링크(152)를 통해 장치 인터페이스(148)를 거쳐 제어기(126)와 통신하게 배치된다. 장치 인터페이스(148), 사용자 인터페이스(150) 및 프로세서(146)는 각각 제어기 내부 링크(154), 예를 들어, 통신 버스를 통해 서로 통신하며, 이를 통해 또한 메모리(156)가 프로세서(146)와 통신하게 배치된다. 메모리(156)는 프로세서(146)에 의해 실행될 때, 제어기(126)가 특정 동작들을 착수하게 하는 복수의 프로그램 모듈(158)이 레코딩된 비일시적 기계 판독 가능한 매체를 포함한다. 특히 동작들은 설명될 바와 같이, 발전기 모듈(100)에서의 결합들을 검출하는 방법(200)(도 3에 도시됨)의 동작들이다. 특정 실시 예들에서, 결합 검출 방법(200)이 메모리(156) 상에 레코딩된 상태 테이블(160)의 사용을 포함하는 것으로 고려된다.

[0037] 이제 도 3을 참조하면, 결합 검출 방법(200)이 도시되어 있다. 결합 검출 방법(200)은 발전기, 위상 리드들에 의해 발전기에 연결되는 정류기 및 직류(DC) 링크에 의해 정류기에 연결되는 인버터를 갖는 발전기 모듈, 예를 들어, 발전기 모듈(100)(도 1에 도시됨)에서, 박스(210)에 의해 도시된 바와 같이, 위상 리드들에 의해 정류기에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계를 포함한다. 특정 실시 예들에서, 정류기에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계는 박스들(212-216)로 도시된 바와 같이, A-위상 리드, 예를 들어, A-위상 리드(112)(도 2에 도시됨), B-위상 리드, 예를 들어, B-위상 리드(114)(도 2에 도시됨), C-위상 리드, 예를 들어, C-위상 리드(116)(도 2에 도시됨)에서 전압을 측정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0038] 결합 검출 방법(200)은 또한 박스(220)로 도시된 바와 같이, DC 링크에 의해 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계를 포함한다. 특정 실시 예들에서, DC 링크에 의해 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계는 박스(222)로 도시된 바와 같이, DC 링크 양극 리드, 예를 들어, DC 링크 양극 리드(128)(도 2에 도시됨)에서 전압을 측정하는 단계를 포함할 수 있다. 특정 실시 예들에 따르면, 박스(224)로 도시된 바와 같이, DC 링크 음극 리드, 예를 들어, DC 링크 음극 리드(130)(도 2에 도시됨)에 인가되는 전압의 측정치를 수신하는 단계. DC 링크 전압 측정치(양자의) 어느 하나는 박스(226)로 도시된 바와 같이, 접지 단자, 예를 들어, 접지 단자(142)(도 2에 도시됨)에 비례할 수 있는 것으로 고려된다. 그 다음 박스(230)로 도시된 바와 같이, DC 링크에 의해 인버터에 인가되는 전압의 측정치를 사용하여 DC 링크 전압 평형이 계산된다. 박스(232)로 도시된 바와 같이, $V_{dc} = V^+ - V^-$ 에 따라 DC 링크 전압 불균형이 계산될 수 있는 것으로 고려된다.

[0039] 박스(240)에 의해 도시된 바와 같이, 위상 리드들에 의해 정류기에 인가되는 전압의 측정치들을 사용하여 상분 전압이 계산된다. 상분 전압들을 계산하는 단계는 박스(242-246)로 도시된 바와 같이, 정상분 전압(positive sequence voltage), 역상분 전압(negative sequence voltage) 및 영상분 전압(zero sequence voltage)을 계산하는 단계를 포함할 수 있다. 특정 실시 예들에서, 정상분 전압을 계산하는 단계는 박스(243)로 도시된 바와 같

이, $V_p = (V_a + k^* V_b + k^{2*} V_c)$ (여기서, $k = -1/2 + j \sqrt{3}/2$)에 따를 수 있다. 특정 실시 예들에 따르면, 역상분 전압을 계산하는 단계는 박스(245)로 도시된 바와 같이, $V_n = (V_a + k^{2*} V_b + k^* V_c)$ (여기서, $k = -1/2 + j \sqrt{3}/2$)에 따를 수 있다. 또한 영상분 전압을 계산하는 단계는 박스(247)로 도시된 바와 같이, $V_z = V_a + V_b + V_c$ 에 따를 수 있는 것으로 고려된다.

[0040] 박스(250)로 도시된 바와 같이, 계산된 DC 링크 전압 불균형 및 계산된 상분 전압들은 박스(250)로 도시된 바와 같이, DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들을 발전기 모듈 상태들과 연관시키는 상태 테이블(160)(도 4에 도시됨)과 매칭된다. 매칭에 기초하여, 괄호(260)로 도시된 바와 같이, 발전기 모듈의 동작 상태에 관한 결정이 이루어진다. 이러한 측면에서 박스(270)로 도시된 바와 같이, 발전기 모듈에 결함이 존재하지 않을 때 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 사용하여 결정이 이루어지거나, 또는 박스(280)로 도시된 바와 같이, 발전기 모듈에 결함이 존재할 때 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들을 사용하여 결함 상태가 존재한다는 결정이 이루어진다. 특정 실시 예들에서, 발전기 모듈이 정상 상태에서 동작하고 있다고 결정하는 것은 박스(272)로 도시된 바와 같이, 전압 불균형 레벨이 정상이라고 결정하는 것을 포함할 수 있다.

[0041] 도 4를 참조하면, 상태 테이블(160)이 도시되어 있다. 상태 테이블(160)은 발전기 동작 상태들과 상관되는 상태 연관 세트를 포함한다. 이러한 측면에서, 상태 테이블은 정상 동작 상태 연관 세트, 위상 리드가 시스템 또는 새시 접지에 대해 그리고/또는 다른 위상 리드에 대해 단락됨을 나타내는 단락 상태 연관 세트 및 정류기 내부 결함 상태 연관 세트를 포함한다. 도시된 실시 예에서, 상태 테이블(160)은 정상 발전기 온 평형 상태 연관(162), 정상 발전기 오프 상태 연관(164) 및 정상 불균형 상태 연관(166)을 포함한다. 각각의 연관들(162-166)은 기대값의 퍼센테이지로 표현되는 계산된 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들의 조합들의 별개의 연관들이다. 본 개시를 고려하여 해당 기술분야에서의 통상의 기술자들이 이해할 바와 같이, 이는 결함 검출 방법(200)(도 3에 도시됨)이 발전기 모듈(100)이 정상 상태에서 동작하고 있다는 결정과 함께 발전기 모듈(100)(도 1에 도시됨)의 가동 상태의 표시를 제공할 수 있게 한다.

[0042] 상태 테이블(160)은 또한 복수의 발전기 내부 결함 상태 연관도 포함한다. 이러한 측면에서, 상태 테이블(160)은 리드-접지 단락(L-G 단락) 상태 연관(168), 리드-리드 단락(L-L 단락) 상태 연관(170), 리드-리드-접지(L-L-G 단락) 상태 연관(172), 리드-리드-리드(L-L-L 단락) 상태 연관(174) 및 리드-리드-리드-접지(L-L-L-G 단락) 상태 연관(176)을 포함한다. 각각의 연관들(168-176)은 또한 계산된 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들의 조합들의 별개의 연관들이다. 본 개시를 고려하여 해당 기술분야에서의 통상의 기술자들이 이해할 바와 같이, 이는 결함 검출 방법(200)(도 3에 도시됨)이 발전기(102)(도 1에 도시됨)에서의 내부 결함 상태들 뿐만 아니라 결함 상태를 발전기 모듈(100)(도 1에 도시됨)에서의 특정 위상 리드들로 구분의 표시를 제공할 수 있게 한다.

[0043] 상태 테이블(160)은 추가로 복수의 발전기 외부 결함 상태 연관을 포함한다. 이러한 측면에서, 상태 테이블(160)은 1 내지 5 다이오드 단락 상태 연관(178), 1 내지 5 다이오드 개방 상태 연관(180), 모든 6 다이오드 단락 상태 연관(182) 및 모든 6 다이오드 개방 상태 연관(184)을 포함한다. 각각의 연관들(178-184)은 추가로 계산된 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들의 조합들의 별개의 연관들이다. 본 개시를 고려하여 해당 기술분야에서의 통상의 기술자들이 이해할 바와 같이, 이는 결함 검출 방법(200)(도 3에 도시됨)이 발전기(102)(도 1에 도시됨)에서의 외부 결함 상태들, 결함 상태의 정류기(118)(도 2에 도시됨) 내에서의 구분, 그리고 정류기(118) 내 다이오드들이 단락인지 개방인지에 대한 표시, 그리고 특정 실시 예들에서, 정류기(118) 내 개방 또는 단락 다이오드들의 구체적인 수의 표시를 제공할 수 있게 한다.

[0044] 도 5를 참조하면, 결함 검출 방법(200)(도 3에 도시됨)의 동작들(270 및 280)이 도시되어 있다. 박스(274)로 도시된 바와 같이, 계산된 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들을 상태 테이블(160)(도 4에 도시됨)의 연관들(162-166)(도 4에 도시됨)과 매칭함으로써 계산된 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들을 사용하여 정상 상태가 존재한다는 결정이 이루어진다. 박스(276)로 도시된 바와 같이, 매치가 찾아지면, 정상 상태 또한 결정되고, 계속해서 모니터링한다. 계산된 DC 링크 전압 불균형 및 상분 전압들에 대한 정상 상태들 중에 매치가 찾아지지 않으면, 결함 상태가 존재하는지 여부 결정이 이루어진다. 특정 실시 예들에서, 시스템은 구분된 결함 상태에 따라 그러한 로드 shedding 또는 시스템 전원 공급 중단 대책이 취해질 수 있다.

[0045] 결함 상태가 존재하는지 여부 결정은 박스(284)로 도시된 바와 같이, 내부 결함이 존재하는지 여부 결정을 포함한다. 계산된 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들의 매칭에 기초하여 내부 결함이 존재한다면, 박스(286)로 도시된 바와 같이, 결함은 특정 리드 또는 리드 세트로 구분되고, 계속해서 모니터링한다. 내부 결함 연관들(170-

176) 중에 어떠한 매치도 확인되지 않으면, 박스(285)로 도시된 바와 같이, 발전기 모듈(100)(도 1에 도시됨)에 외부 결함이 존재하는지 여부에 대한 결정이 이루어진다. 계산된 DC 링크 전압 평형 및 상분 전압들의 매칭에 기초하여 외부 결함이 존재한다면, 박스(287)로 도시된 바와 같이, 결함은 특정 개방 다이오드 또는 단락 다이오드 세트에 구분되고, 계속해서 모니터링한다.

[0046] 본 개시의 발전기 결함 검출 방법들 및 발전기 모듈들은 상술되고 도면들에 도시된 바와 같이, 전력 변환기를 VSCF 발전기 모듈들에서의 발전기에 연결하는 위상 리드들을 통해 전류 흐름을 측정할 필요 없이 결함 검출을 제공한다. 특정 실시 예들에서, 본 개시의 발전기 결함 검출 방법들 및 발전기 모듈들은 VSCF 발전기 모듈들에서의 발전기와 전력 변환기 사이에 전류 센서들 없이 발전기 모듈들을 제공함으로써, 전류 센서들을 채용하는 발전기 모듈들에 비해 경량, 컴팩트하고/거나, 상대적으로 높은 신뢰성을 보이는 VSCF 발전기 모듈들을 제공한다. 본 개시의 장치 및 방법들이 바람직한 실시 예들을 참조하여 제시 및 설명되었지만, 해당 기술분야의 통상의 기술자들은 본 개시의 사상 및 범위에서 벗어나지 않고 다양한 변화 및/또는 변형이 이루어질 수 있음을 쉽게 이해할 것이다.

[0047] 위에서 설명된 바와 같이, 실시 예들은 그러한 프로세스들을 실시하기 위해 프로세서-구현 프로세스들 및 디바이스들, 이를테면 프로세서의 형태로 될 수 있다. 실시 예들은 또한 유형의 매체들, 이를테면 네트워크 클라우드로 저장 장치, SD 카드들, 플래시 드라이브들, 플로피 디스켓들, CD ROM들, 하드 드라이브들, 또는 임의의 다른 컴퓨터-관독 가능한 저장 매체에 구현되는 명령들을 포함하는 컴퓨터 프로그램 코드의 형태로 될 수도 있으며, 여기서, 컴퓨터 프로그램 코드가 컴퓨터로 로딩되고 그것에 의해 실행될 때에는, 컴퓨터가 실시 예들을 실시하기 위한 장치가 된다. 실시 예들은 또한 예를 들어, 저장 매체에 저장, 컴퓨터로 로딩 그리고/또는 그것에 의해 실행되든, 또는 어떤 전달 매체를 통해 전달, 컴퓨터로 로딩 그리고/또는 그것에 의해 실행되든, 또는 어떤 전달 매체를 통해, 이를테면 전선 또는 전기 케이블을 통해, 광섬유를 통해, 또는 전자기 방사를 통해 전달되든지에 관계 없이, 컴퓨터 프로그램 코드의 형태로 될 수 있으며, 여기서, 컴퓨터 프로그램 코드가 컴퓨터로 로딩되고 그것에 의해 실행될 때에는, 컴퓨터가 실시 예들을 실시하기 위한 장치가 된다. 범용 마이크로프로세서 상에 구현될 때, 컴퓨터 프로그램 코드 세그먼트들은 마이크로프로세서를 특정 로직 회로들을 생성하도록 구성한다.

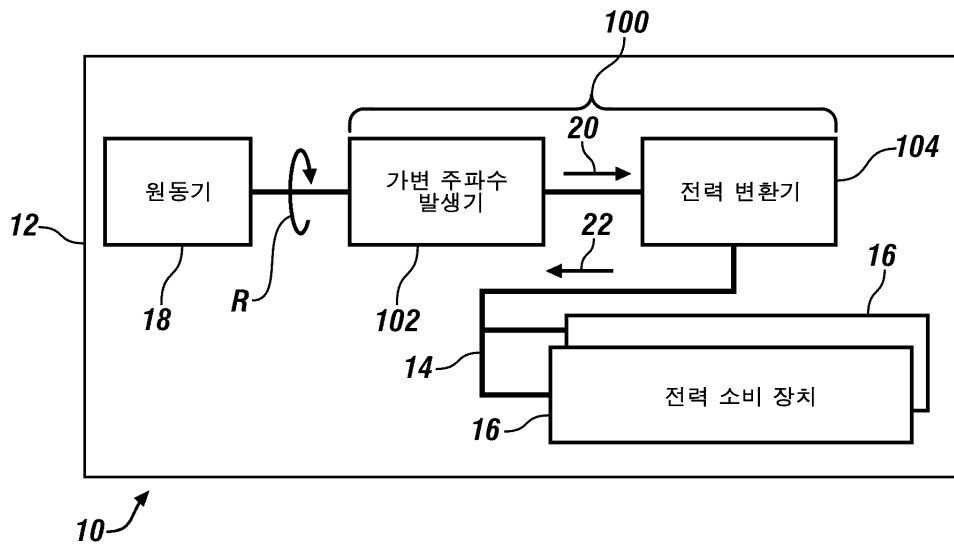
[0048] 용어 "약"은 출원 시 이용 가능한 장비에 기초하여 특정한 분량의 측정과 연관된 오차의 정도를 포함하도록 의도된다. 예를 들어, "약"은 주어진 값의 $\pm 8\%$ 또는 5% , 또는 2% 의 범위를 포함할 수 있다.

[0049] 본원에서 사용된 용어는 단지 특정 실시 예들을 설명하기 위함이고 본 개시를 제한하는 것으로 의도되지 않는다. 본원에서 사용될 때, 단수 형태들("하나의", "한" 그리고 "본")은 문맥이 명백히 다르게 표시하지 않는 한, 복수의 형태도 포함하는 것으로 의도된다. 또한 용어들 "포함하다" 및/또는 "포함하는"은 본 명세서에서 사용될 때, 언급된 특징부들, 정수들, 단계들, 동작들, 요소들 및/또는 구성요소들의 존재를 명시하지만, 하나 이상의 그 외 다른 특징부, 정수, 단계, 동작, 요소 구성요소 및/또는 그것들의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다는 것이 이해될 것이다.

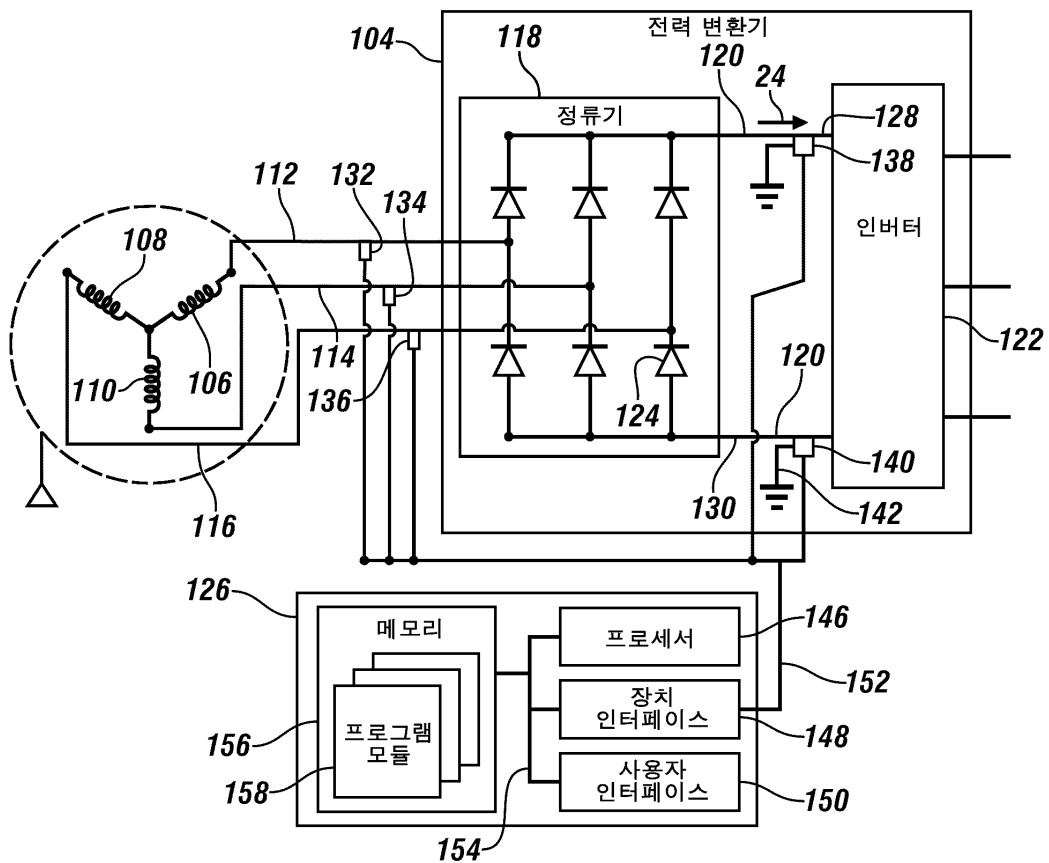
[0050] 본 개시 내용이 대표적인 실시 예 또는 실시 예들을 참조하여 설명되었지만, 해당 기술분야의 통상의 기술자들에게 본 개시 내용의 범위에서 벗어나지 않고 다양한 변형이 이루어질 수 있고 등가물들이 그것들의 요소들을 치환할 수 있다는 것이 이해될 것이다. 또한, 특정 상황 또는 물질을 본 개시 내용의 기본 범위에서 벗어나지 않고 그것의 교시 내용에 맞추기 위한 많은 변형이 이루어질 수도 있다. 따라서, 본 개시 내용은 본 개시 내용을 수행하기 위해 고려되는 최적의 모드로서 개시되는 특정 실시 예로 제한되는 것이 아니라, 본 개시 내용의 청구범위의 범위 내에 속하는 모든 실시 예를 포함할 것이 의도된다.

도면

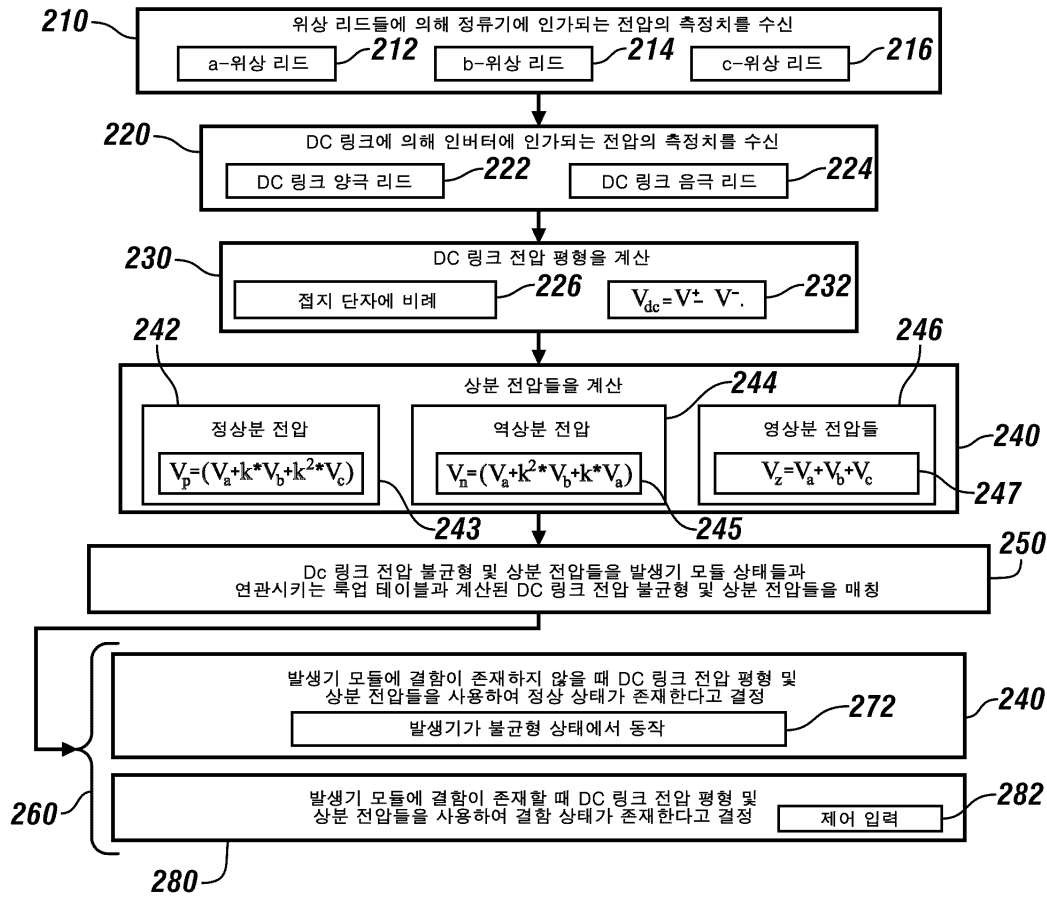
도면1



도면2



도면3



도면4

		V _p	V _n	V _z	V _{dc}
168	1 정상 발생기 오프	0	0	0	0
170	2 정상 작동	100%	0	0	100%
172	3 정상 불균형	100%	5%	0	100%
174	4 L - G - 단락	100%	0	>50%	100%
176	5 L - L - 단락	95%	>50%	0	95%
178	6 L - L - G 단락	95%	>50%	>50%	95%
180	7 L - L - L 단락	0	0	0	0
182	8 L - L - L - G 단락	0	0	0	0
184	9 1 내지 5 다이오드 단락	95%	>50%	0	0
	10 1 내지 5 다이오드 개방	100%	>25%	>25%	0
	11 모든 6 다이오드 단락	0	0	0	0
	12 모든 6 다이오드 개방	100%	0	0	0

도면5

