



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0057951
(43) 공개일자 2023년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F03D 80/60 (2016.01) *F03D 80/80* (2016.01)

(71) 출원인
제너럴 일렉트릭 레노바블레스 에스빠냐 에스.엘.유.

(52) CPC특허분류

F03D 80/60 (2016.05)

스페인 바르셀로나 씨.피. 08005 칼레 락 보로나트 78

F03D 80/82 (2016.05)

(21) 출원번호 10-2022-0128991

(72) 발명자

(22) 출원일자 2022년10월07일

페론 베지니

심사청구일자 없음

프랑스 44200 낭트 이머블르 인술라 르 아서 III 11

(30) 우선권주장

피카드 토마스 진

21382955.9 2021년10월22일

스페인 08005 바르셀로나 락 보로나트 78

유럽특허청(EPO)(EP)

(74) 대리인

김태홍, 김진희

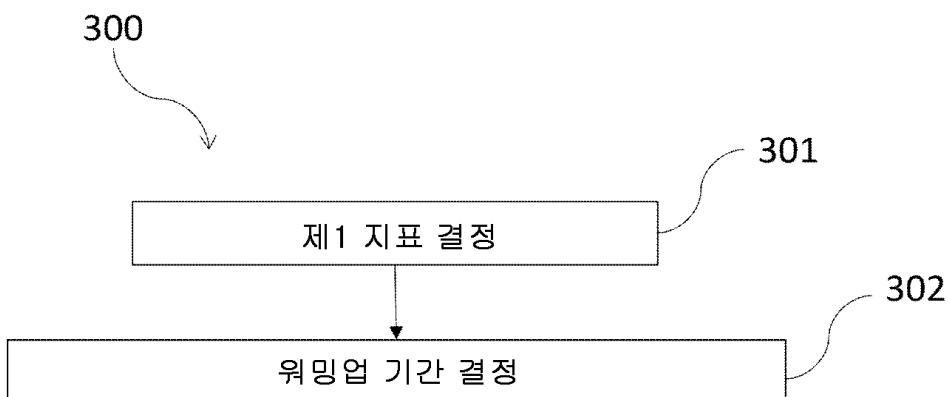
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 전력 변환기의 워밍업 기간을 결정하는 시스템 및 관련 방법

(57) 요 약

본 발명은 풍력 터빈(1)의 전력 변환기(20)의 워밍업 기간의 지속기간을 결정하는 방법(300)에 관한 것이다. 방법(300)은 상기 전력 변환기(20)가 비활성화되었던 시간을 나타내는 제1 지표를 결정하는 단계(301)를 포함한다. 또한, 방법(300)은 적어도 부분적으로 상기 제1 지표를 기반으로 워밍업하기 위한 기간을 결정하는 단계(302)를 포함한다. 전력 변환기 조립체도 개시된다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류

Y02E 10/72 (2020.08)

Y02E 10/76 (2020.08)

명세서

청구범위

청구항 1

풍력 터빈(1)의 전력 변환기(20)를 워밍업하기 위한 기간을 결정하는 방법(300)으로서, 상기 전력 변환기(20)가 비활성화되었던 시간을 나타내는 제1 지표를 결정하는 단계(301); 적어도 부분적으로 상기 제1 지표를 기반으로 워밍업하기 위한 기간을 결정하는 단계(302)를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 지표는, 냉각 시스템이 비활성화되었던 시간을 기반으로 결정되는 것인, 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 풍력 터빈은 그리드 정전 기간(grid outage period) 내에 있고, 상기 제1 지표는 보조 발전기가 켜진 시점과 상기 풍력 터빈(1)이 그리드에 다시 연결되는 시점 사이의 기간을 기반으로 결정되는 것인, 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 풍력 터빈(1)은 그리드 정전 기간 내에 있고, 상기 제1 지표는 그리드 정전 시작의 타임스탬프를 그리드 정전 종료의 타임스탬프와 비교함으로써 결정되는 것인, 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전력 변환기의 냉각수 온도를 결정하는 단계(503); 적어도 부분적으로 상기 냉각수 온도를 기반으로 상기 워밍업 기간을 결정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 워밍업 기간은 미리 정해진 냉각수 온도 임계값보다 높은 냉각수 온도에 대해 제로(zero)인 것인, 방법.

청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서, 노점을 추정하는 단계; 상기 추정된 노점과 상기 냉각수 온도 사이의 차이를 기반으로 워밍업 기간을 결정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 8

제5항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 워밍업 기간을 나타내는 제2 지표는 상기 냉각수 온도와 상기 추정된 노점 사이의 온도 차이를 기반으로 결정되고, 상기 워밍업 기간은 선택적으로 상기 제1 지표 또는 상기 제2 지표를 기반으로 하는 것인, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 워밍업 기간에 대한 제1 값은 상기 제1 지표를 기반으로 하고 상기 워밍업 기간에 대한 제2 값은 상기 제2 지표를 기반으로 하고, 상기 워밍업 기간은 상기 제1 값 및 상기 제2 값 중 가장 낮은 값으로 선택(506)되는 것인, 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제1 지표가 최소 임계값 미만일 때 상기 워밍업 기간에 대한 제1 값은 제로이고, 상기 온도 차이가 온도 차이 임계값보다 클 때 상기 워밍업 기간에 대한 제2 값은 제로인 것인, 방법.

청구항 11

제9항 또는 제10항에 있어서, 상기 워밍업 기간에 대한 제2 값은 상기 냉각수 온도와 상기 노점 사이의 온도 차이의 함수로서 선형으로 감소하는 것인, 방법.

청구항 12

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전력 변환기(20) 내 복수의 위치에서 온도 및 습도가 측정되고, 상기 워밍업 기간에 대한 제2 값의 결정은 상기 냉각수 온도와 상기 노점 사이의 최소 차이를 기반으로 하는 것인, 방법.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

결정된 워밍업 기간 동안 상기 전력 변환기(20)를 통하여 따뜻한 액체를 통과시킴으로써 상기 풍력 터빈(1)의 상기 전력 변환기(20)를 워밍업하는 단계

를 더 포함하는, 방법.

청구항 14

워밍업 기간의 지속기간을 결정하도록 구성된 전력 변환기 조립체로서,

상기 전력 변환기는,

상기 전력 변환기가 비활성화되었던 시간의 제1 지표를 결정하도록 구성된 프로세서

를 포함하고, 상기 프로세서는 적어도 부분적으로 상기 제1 지표를 기반으로 워밍업 기간을 결정하도록 더 구성된 것인, 전력 변환기 조립체.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 전력 변환기의 냉각수 온도를 측정하도록 구성된 온도 센서;

공기 온도를 측정하도록 구성된 온도 센서;

공기 습도를 측정하도록 구성된 습도 센서

를 더 포함하고,

상기 프로세서는, 측정된 공기 온도 및 공기 습도를 기반으로 노점을 추정하고 또한 상기 냉각수 온도와 상기 노점 사이의 온도 차이를 기반으로 워밍업 기간을 결정하도록 더 구성된 것인, 전력 변환기 조립체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 풍력 터빈의 전력 변환기의 워밍업 기간을 결정하기 위한 시스템 및 관련 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최신 풍력 터빈은 일반적으로 전력 그리드에 전기를 공급하는 데 사용된다. 이런 종류의 풍력 터빈은 일반적으로 타워 및 타워에 배치된 회전자를 포함한다. 전형적으로 허브 및 복수의 블레이드를 포함하는 회전자는 블레이드에 대한 바람의 영향 하에 회전하도록 되어 있다. 상기 회전은 보통 직접 ("직접 구동") 또는 기어박스를 사용하여 회전자 샤프트를 통하여 발전기로 전달되는 토크를 발생시킨다. 이처럼, 발전기는 전력 그리드에 공급될 수 있는 전기를 발생시킨다. 또한, 풍력 터빈은 전력 그리드와 호환되도록 발전기에 의해 발생된 전력을 변환시키는 전력 변환기를 포함한다.
- [0003] 어떤 이유로든 풍력 터빈이 예를 들어 전원 공급부의 오작동으로 인해 또는 그리드 장애로 인해 또는 유지보수를 수행하기 위해서 정지될 때, 풍력 터빈 발전기 및 풍력 터빈 전력 변환기와 같은 풍력 터빈 구성요소에서 습도 양이 제어되지 않을 수 있고, 이러한 구성요소에서 수분 응결이 발생할 수 있다. 이는 특히 풍력 터빈이 해상 풍력 터빈인 경우 관련이 있을 수 있다.
- [0004] 변환기에서의 수분 응결은 접지에 대한 트래킹 면을 생성할 수 있고, 이는 발전기를 재기동하기 전 변환기의 전자 장치가 건조되지 않으면 접지 오류를 유발할 수 있다. 유사하게, 특정 온도 및 습도에서 작동하는 경우 전체 작동 전압 및 전류는 변환기의 전력 반도체를 손상시킬 수 있다. 또한, 절연층 또는 제습 디바이스에 의한 흡수는 정상적으로 작동하는 경우 급격한 증기 팽창으로 인해 흡수재의 박리를 유발할 수 있고, 이는 결국 장기적으로 보아 절연 성능을 저하시킬 수 있다. 또한, 수분 흡수는 절연체의 유전 특성을 크게 감소시킬 수 있다. 이것은 절연체를 건조시키지 않으면서 전력 변환기를 다시 초기화할 때 절연 파괴를 초래할 수 있다.
- [0005] 따라서, 전력 변환기를 안전하게 재기동하기 위해서, 전력 변환기는 먼저 가열 및 건조될 필요가 있다. 예를 들어 전력 변환기가 풍력 터빈을 재기동하기에 적합한지 여부를 체크하기 위해서 수동 검사를 수행하는 것과 같이 변환기의 상태를 확인하는 몇 가지 방법이 있다. 이는 번거로운 작업이며, 더욱이 접근성 제한으로 인해 해상 풍력 터빈에서는 수동 검사가 다소 어려울 수 있다.
- [0006] 이러한 경우에, 변환기가 건조된 상태이고 풍력 터빈이 안전하게 재기동될 수 있도록 보장하는 가능한 방법은 따뜻한 유체를 특정 기간 동안 변환기를 통하여 펌핑시키는 것이다. 이러한 기간은 예를 들어 8 내지 24 시간 일 수 있다. 풍력 터빈 작동은 워밍업 기간이 완료될 때까지 개시되지 않을 것이다. 워밍업 기간이 너무 짧게 선택되면, 변환기의 재기동은 안전하지 않을 수 있다. 워밍업 기간이 너무 길게 선택되면, 풍력 터빈의 연간 에너지 생산량이 과도하게 감소될 수 있다. 본 발명의 실시예는 변환기를 위한 적절한 워밍업 기간을 결정하기 위한 방법 및 시스템을 제공한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

- [0007] 제1 양태에서, 풍력 터빈의 전력 변환기의 워밍업 기간을 결정하기 위한 방법이 개시된다. 상기 방법은, 전력 변환기가 비활성화되었던 시간을 나타내는 제1 지표를 결정하는 단계를 포함한다. 또한, 상기 방법은 적어도 부분적으로 제1 지표를 기반으로 워밍업 기간을 결정하는 단계도 포함한다.
- [0008] 상기 제1 양태에 따르면, 상기 방법은 추가 측정을 수행할 필요 없이 전력 변환기가 비활성화되었던 기간에 따라 적절한 워밍업 기간을 결정할 수 있다. 이것은 온도 또는 습도 센서에 의존하지 않는 상당히 간단하고 견고한 방법을 유발한다. 게다가, 이 방법은 복잡하고 시간이 많이 소요될 수 있는 육안 검사를 수행하지 않고 워밍업 기간을 설정할 수 있다.
- [0009] 다른 양태에서, 전력 변환기 조립체가 개시된다. 전력 변환기 조립체는 워밍업 기간의 지속기간을 결정하도록 구성된다. 전력 변환기는, 전력 변환기가 비활성화되었던 시간의 제1 지표를 결정하도록 구성된 프로세서를 포함한다. 프로세서는 또한 적어도 부분적으로 제1 지표를 기반으로 워밍업 기간을 결정하도록 구성된다.
- [0010] 이런 부가적인 양태에 따르면, 전력 변환기 조립체는 결정하기 용이하고 견고하며, 주변 하드웨어에 의존하지 않는 파라미터로부터 워밍업 기간을 결정할 수 있다. 이것은 또한 전력 변환기 조립체의 조립 시간을 단순화시

키고 잠재적 오작동 위험을 감소시킨다.

[0011] 본 개시 전체에 걸쳐, “전력 변환기”와 “변환기”라는 용어는 교환하여 사용된다. 또한, 워밍업 기간은 일련의 가열 및/또는 건조 공정일 수 있음을 이해할 수 있다. 따라서, 워밍업 기간은 주어진 가열 공정의 고유한 기간 또는 상이한 가열 및 건조 공정의 다중 기간을 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 발명의 비체한적인 실시예는 첨부된 도면을 참조하여 이하에서 설명될 것이다.

도 1은 일 실시예에 따른 풍력 터빈의 사시도를 도시한다.

도 2는 일 실시예에 따른 풍력 터빈의 나셀의 상세 내부도를 도시한다.

도 3은 전력 변환기의 워밍업 기간의 지속기간을 결정하기 위한 예시적 방법의 흐름도이다.

도 4는 일 실시예에 따른 냉각수 온도 대 노점 온도 차이의 함수로서 워밍업 기간의 제2 값을 보여준다.

도 5는 전력 변환기의 워밍업 기간의 지속기간을 결정하기 위한 다른 예시적 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이 도면들에서 동일한 도면 부호가 일치하는 요소를 지정하는 데 사용되었다.

[0014] 도 1은 풍력 터빈(1)의 일 실시예의 사시도를 도시한다. 도시된 대로, 풍력 터빈(1)은 지지면(3)으로부터 연장되는 타워(2), 타워(2)에 장착된 나셀(4), 및 나셀(4)에 결합된 회전자(5)를 포함한다. 회전자(5)는 회전가능한 허브(6) 및 허브(6)에 결합되고 허브로부터 바깥쪽으로 연장되는 적어도 하나의 회전자 블레이드(7)를 포함한다. 예를 들어, 도시된 실시예에서, 회전자(5)는 3개의 회전자 블레이드(7)를 포함한다. 하지만, 대안적 실시형태에서, 회전자(5)는 3개 초과 또는 미만의 회전자 블레이드(7)를 포함할 수 있다. 각각의 회전자 블레이드(7)는 운동 에너지가 바람으로부터 사용가능한 기계 에너지로, 그 후, 전기 에너지로 전달될 수 있도록 회전자(5) 회전을 용이하게 하도록 허브(6)로부터 이격될 수 있다. 예를 들면, 허브(6)는 전기 에너지를 발생시킬 수 있도록 나셀(4) 내에 위치결정되거나 나셀의 일부를 형성하는 발전기(10; 도 2)에 회전가능하게 결합될 수 있다. 이 실시예에서, 풍력 터빈은 육상 풍력 터빈이고, 다른 실시예에서 풍력 터빈은 해상 풍력 터빈일 수 있다.

[0015] 도 2는 직접 구동 풍력 터빈(1)의 나셀(4)의 일 실시예의 단순화된 내부도를 도시한다. 도시된 대로, 발전기(10)는 나셀(4) 내부에 또는 나셀(4)과 회전자(5) 사이에 배치될 수 있다. 일반적으로, 발전기(10)는 회전자(5)에 의해 발생된 회전 에너지로부터 전력을 발생시키기 위해 풍력 터빈(1)의 회전자(5)에 결합될 수 있다. 예를 들어, 풍력 터빈의 회전자(5)는 함께 회전하도록 발전기(10)의 회전자(12)에 결합된 허브(6)를 포함할 수 있다. 따라서, 허브(6)의 회전은 발전기(10)의 회전자(12)를 구동할 수 있다.

[0016] 도 2에서, 풍력 터빈 회전자(5)는 2개의 회전자 베어링(8)을 통하여 지지 프레임(9)에 회전가능하게 장착될 수 있다. 다른 실시예에서, 지지 프레임(9)은 허브(6)를 통하여 연장될 수 없고, 따라서 회전자는 일반적으로 주 베어링으로 불리는 단일 회전자 베어링(8)에 의해 지지될 수 있다.

[0017] 발전기(10)는 회전자(12) 및 고정자(13)를 포함할 수 있다. 고정자는 지지 프레임(9)에 견고하게 장착될 수 있다. 회전자가 축을 중심으로 고정자에 대해 회전할 수 있도록 회전자는 발전기 베어링(14)을 통하여 고정자에 회전가능하게 장착될 수 있다.

[0018] 발전기(10)는 변환기(20)에 전기적으로 결합될 수 있다. 풍력 터빈 변환기(20)는 발전기의 출력 전력을 전력 그리드의 요구사항에 맞게 조정할 수 있다. 이 실시예에서, 변환기(20)는 나셀(4) 내부에 배치되지만, 다른 실시예에서 풍력 터빈의 다른 위치에, 예컨대, 상단 타워 부분에 또는 바닥 타워 부분에 배치될 수 있다. 대형 해상 풍력 터빈에서, 변환기는 전기 손실과 고가의 케이블을 줄이기 위해 예컨대 공칭 전압이 2kV와 5kV 사이인 중간 전압 변환기일 수 있다.

[0019] 도 3은 풍력 터빈의 전력 변환기의 워밍업 기간을 결정하기 위한 예시적 방법의 흐름도이다. 방법(300)은, 블록(301)에서, 전력 변환기가 비활성화되었던 시간을 나타내는 제1 지표를 결정하는 단계를 포함한다. 또한, 방법(300)은, 블록(302)에서, 적어도 부분적으로 제1 지표를 기반으로 워밍업 기간을 결정하는 단계를 포함한다. 풍력 터빈의 전력 변환기를 워밍업하는 것은 결정된 워밍업 기간 동안 전력 변환기를 통하여 따뜻한 액체를 통

과시킴으로써 수행될 수 있다.

[0020] 일부 실시예에서, 제1 지표를 결정하는 단계는 냉각 펌프가 비활성화되었던 시간을 기반으로 할 수 있다. 따라서, 전력 변환기가 비활성화될 수 있지만 전력 변환기의 온도 (및 습도) 제어를 담당하는 냉각 펌프 또는 냉각 시스템이 연속 작동하는 상황에서, 워밍업 기간이 감소되거나 소거될 수 있다. 냉각 펌프는 보조 전원 공급부에 연결될 수 있어서 전력 변환기 차단은 반드시 냉각 펌프가 비활성화되었음을 의미하지는 않는다. 특정 그리드 손실 상황에서, 냉각 펌프는 전력 변환기와 함께 차단될 수 있지만, 보조 전원 공급부가 연결되면 전원이 복구될 수 있다. 따라서, 추가적인 실시예에서, 제1 지표는 보조 발전기가 켜진 시점과 풍력 터빈이 그리드에 다시 연결된 시점간 기간에 기초하여 결정될 수 있다. 추가 실시예에서, 제1 지표는 그리드 정전 시작의 타임스탬프와 그리드 정전 종료의 타임스탬프를 비교함으로써 결정될 수 있다. 전술한 비교는 네트워크 장애 검출기와 같은 전용 디바이스에 의해 제공되거나 전력 변환기 조립체 프로세서와 같은 기타 전자 부품 등에 의해 수행될 수 있다.

[0021] 또한, 워밍업 기간에 대한 제1 값(V_1)은 제1 지표를 기반으로 할 수 있다. 부가적으로, 제1 값(V_1)은 제1 지표를 기반으로 복수의 이산 값으로부터 선택될 수 있다. 보다 정확하게, 제1 지표가 최소 임계값 미만일 때, 즉 전력 변환기가 비활성화되었던 시간의 제1 지표가 60 분 미만일 때 워밍업 기간에 대한 제1 값(V_1)은 제로(zero)일 수 있다. 45 분, 75 분 또는 더 짧거나, 더 길고 중간 시간과 같은 최소 임계값에 대한 다른 크기도 구현될 수 있다. 또한, 제1 지표는 예를 들어 냉각 펌프가 비활성화되는 시간과 같은 임의의 전술한 예를 기반으로 할 수 있다.

표 1

제1 지표	제1 값(V_1)
≤ 1 시간	0
>1 시간 그리고 ≤ 4 시간	2 시간
>4 시간 그리고 ≤ 8 시간	4 시간
>8 시간 그리고 ≤ 16 시간	8 시간
>16 시간 그리고 ≤ 24 시간	16 시간
>24 시간	24 시간

[표 1: 워밍업 기간에 대한 제1 지표 및 연관된 제1 값(V_1)의 예시적 범위]

[0024] 유사하게, 워밍업 기간에 대한 제1 비제로 이산 값은 제1 지표가 최소 임계값을 초과할 때 결정된다. 예에서, 표 1에 나타낸 바와 같이, 전력 변환기가 비활성화되었던 시간을 나타내는 제1 지표가 60 분(1 시간)보다 큰 경우 제1 비제로 이산 값은 2 시간일 수 있다. 게다가, 제1 지표와 연관된 워밍업 기간에 대한 복수의 비제로 이산 값은 제1 지표가 증가함에 따라 변할 수 있다. 따라서, 워밍업 기간에 대한 제1 값(V_1)은 1 내지 4 시간의 지표 값에 대해 2 시간일 수 있고, 4 내지 8 시간의 지표 값에 대해 4 시간일 수 있고, 8 내지 16 시간의 지표 값에 대해 8 시간일 수 있다. 또한, 제1 지표와 연관된 워밍업 기간에 대한 복수의 이산 값은 24 시간의 최대 제1 값을 포함할 수 있다. 최대 워밍업 기간은 24 시간보다 큰 제1 지표 크기, 즉 냉각 펌프가 비활성화되었던 기간이 24 시간보다 큰 기간 등과 연관될 수 있다. 다른 예에서, 워밍업 기간의 지속기간은 제1 지표가 일정하게 증가함에 따라, 즉 제1 지표가 3 시간 증가할 때마다 두 배로 될 수 있다.

[0025] 부가적으로, 방법(300)은 전력 변환기의 냉각수의 온도(T_c)를 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 냉각수의 온도(T_c)는 냉각수 자체의 온도를 측정함으로써 또는 예를 들어 냉각수 도관의 온도와 같은 다른 파라미터를 기반으로 온도를 추정함으로써 결정될 수 있다. 상기 방법(300)은 또한 적어도 부분적으로 냉각수 온도를 기반으로 워밍업 기간을 결정하는 단계를 포함할 수도 있다. 따라서, 워밍업 기간에 대한 값은 결정된 냉각수 온도(T_c)의 절대값을 기반으로 할 수 있다. 또한, 상기 방법(300)은 노점(D_p)을 추정하고 적어도 부분적으로 냉각수 온도(T_c)와 추정된 노점(D_p) 사이의 차이를 기반으로 한 워밍업 기간을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0026] 일부 실시예에서, 노점(D_p)은 전력 변환기에서 공기 온도 및 습도를 측정하여 결정될 수 있다. 이것은 전력 변환기 내부 또는 주변에서 수행될 수 있다. 추가 실시예에서, 워밍업 기간은 미리 정해진 냉각수 온도 임계값(T_{th})보다 높은 냉각수 온도(T_c)에 대해 제로일 수 있다. 미리 정해진 냉각수 온도 임계값(T_{th})은 대략 25 °C일

수 있지만, 대기 조건 또는 전력 변환기 내부 전자 부품의 특성 및 배열에 따라 다른 온도가 선택될 수 있다.

[0027] 부가적으로, 방법(300)에서 워밍업 기간을 나타내는 제2 지표는 냉각수 온도(T_c)와 추정된 노점(D_p) 사이의 차이를 기반으로 결정된다. 게다가, 워밍업 기간은 선택적으로 제1 지표 또는 제2 지표를 기반으로 할 수 있다.

[0028] 또한, 워밍업 기간에 대한 제1 값(V_1)은 제1 지표를 기반으로 할 수 있고 워밍업 기간에 대한 제2 값(V_2)은 제2 지표를 기반으로 할 수 있다. 따라서, 워밍업 기간은 제1 및 제2 값(V_1, V_2) 중 가장 낮은 값으로 선택될 수 있다.

[0029] 또한, 워밍업 기간에 대한 제2 값(V_2)은 냉각수 온도(T_c)와 노점(D_p) 사이의 온도 차이의 함수로서 선형으로 감소할 수 있다.

[0030] 도 4는 제2 값(V_2)과 전술한 온도 차이 사이에 존재할 수 있는 선형 관계의 예를 보여준다. 따라서, 냉각수 온도(T_c)와 노점(D_p) 사이의 차이가 6 도보다 클 때 워밍업 기간에 대한 제2 값(V_2)은 제로일 수 있다. 6 도 차이는 예시적 온도 임계값을 나타내지만, 더 크거나 더 적은 온도 차이가 온도 임계값으로 선택될 수 있다. 한편, 냉각수 온도(T_c)와 노점(D_p) 사이의 차이가 거의 제로일 때, 워밍업 기간에 대한 제2 값(V_2)이 6 시간일 수 있다. 미리 정해진 냉각수 온도 임계값(T_{th})에 대해 논의한 대로, 전력 변환기 구성요소의 특정 사양은 온도 차이와 워밍업 기간 사이에 다른 관계를 요구할 수 있다. 따라서, 도 4에 나타낸 관계는 위로 또는 아래로 이동될 수 있거나, 다른 기울기를 가질 수 있거나 1차 다항식과 다른 함수에 의해 정의될 수 있다.

[0031] 또한, 일부 실시예에서, 전력 변환기 내부 또는 주변의 복수의 위치에서 온도 및 습도가 측정될 수 있다. 이 경우에, 워밍업 기간에 대한 제2 값(V_2)을 결정하는 단계는 냉각수 온도(T_c)와 노점(D_p) 사이의 최소 차이를 기반으로 할 수 있다.

[0032] 도 5는 그리드 정전 기간 후 풍력 터빈의 전력 변환기의 워밍업 기간을 결정하는 방법(500)의 다른 실시예의 흐름도이다. 특히, 도 5는 방법(500)이 블록(501)에서 전력 변환기가 비활성화되었던 시간을 나타내는 제1 지표를 결정하는 단계를 포함하는 것을 보여준다. 또한, 방법(500)은 블록(502)에서 적어도 부분적으로 제1 지표를 기반으로 한 워밍업 기간에 대한 제1 값(V_1)을 결정하는 단계도 포함한다. 부가적으로, 방법은 또한 블록(503)에서 전력 변환기의 냉각수 온도(T_c)를 결정하는 단계를 포함한다. 또한, 방법(500)은 블록(504)에서 노점(D_p)을 추정하는 단계 및 블록(505)에서 냉각수 온도(T_c)와 노점(D_p) 사이의 차이를 기반으로 워밍업 기간에 대한 제2 값(V_2)을 결정하는 단계를 포함한다. 그 후, 블록(506)에서, 워밍업 기간의 지속기간은 워밍업 기간에 대한 제1 값(V_1) 및 제2 값(V_2) 중 최소 값으로서 선택된다.

[0033] 일부 실시예에서, 방법(500)은 냉각수 온도(T_c)가 미리 정해진 냉각수 온도 임계값(T_{th})보다 큰 경우 워밍업 기간에 대한 제2 값(V_2)에 제로 값을 할당하는 단계를 포함할 수 있다.

[0034] 다른 양태에서, 워밍업 기간의 지속기간을 결정하도록 구성된 전력 변환기 조립체가 개시된다. 전력 변환기 조립체는 전력 변환기가 비활성화되었던 시간을 나타내는 제1 지표를 결정(301)하도록 구성된 프로세서를 포함한다. 또한, 프로세서는 적어도 부분적으로 제1 지표를 기반으로 워밍업 기간을 결정하도록 구성된다.

[0035] 또한, 전력 변환기 조립체는 전력 변환기의 냉각수 온도(T_c)를 측정하도록 구성된 온도 센서, 전력 변환기 내부 또는 주변 공기 온도를 측정하도록 구성된 온도 센서, 및 전력 변환기 내부 또는 주변 공기 습도를 측정하도록 구성된 습도 센서를 포함할 수 있다. 전술한 센서로부터 선택은 대안적으로 포함될 수 있다. 부가적으로, 프로세서는 적어도 부분적으로 또한 냉각수 온도(T_c)와 노점(D_p) 사이의 차이를 기반으로 워밍업 기간을 결정하도록 측정된 공기 온도 및 습도를 기반으로 노점(D_p)을 추정하도록 구성될 수 있다.

[0036] 부가적 실시예에서, 워밍업 기간은 또한 냉각수 온도(T_c)의 절대 크기를 기반으로 할 수 있다. 또한, 프로세서는 워밍업 기간에 대한 제1 값(V_1)과 제2 값 사이의 최소값으로서 워밍업 지속 기간을 선택하도록 구성될 수 있다.

[0037] 전력 변환기 조립체는 개시된 방법의 임의의 실시예에 포함된 임의의 단계를 수행하도록 구성될 수 있고, 필요

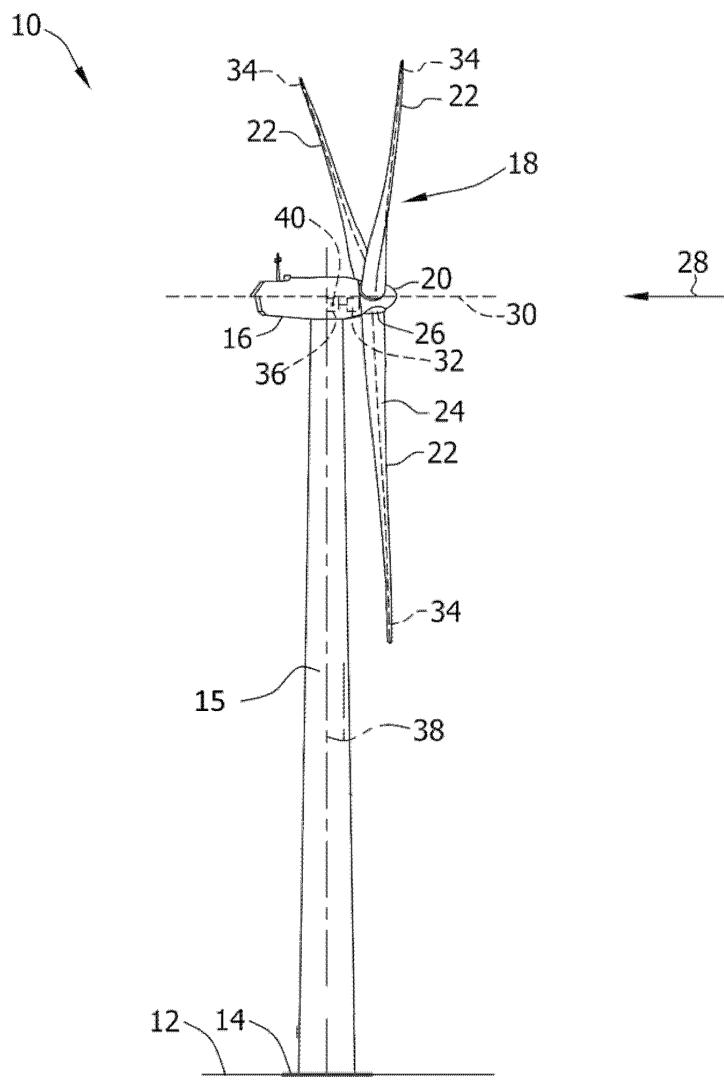
시 이를 수행하는 부가적 디바이스를 포함할 수 있다.

[0038]

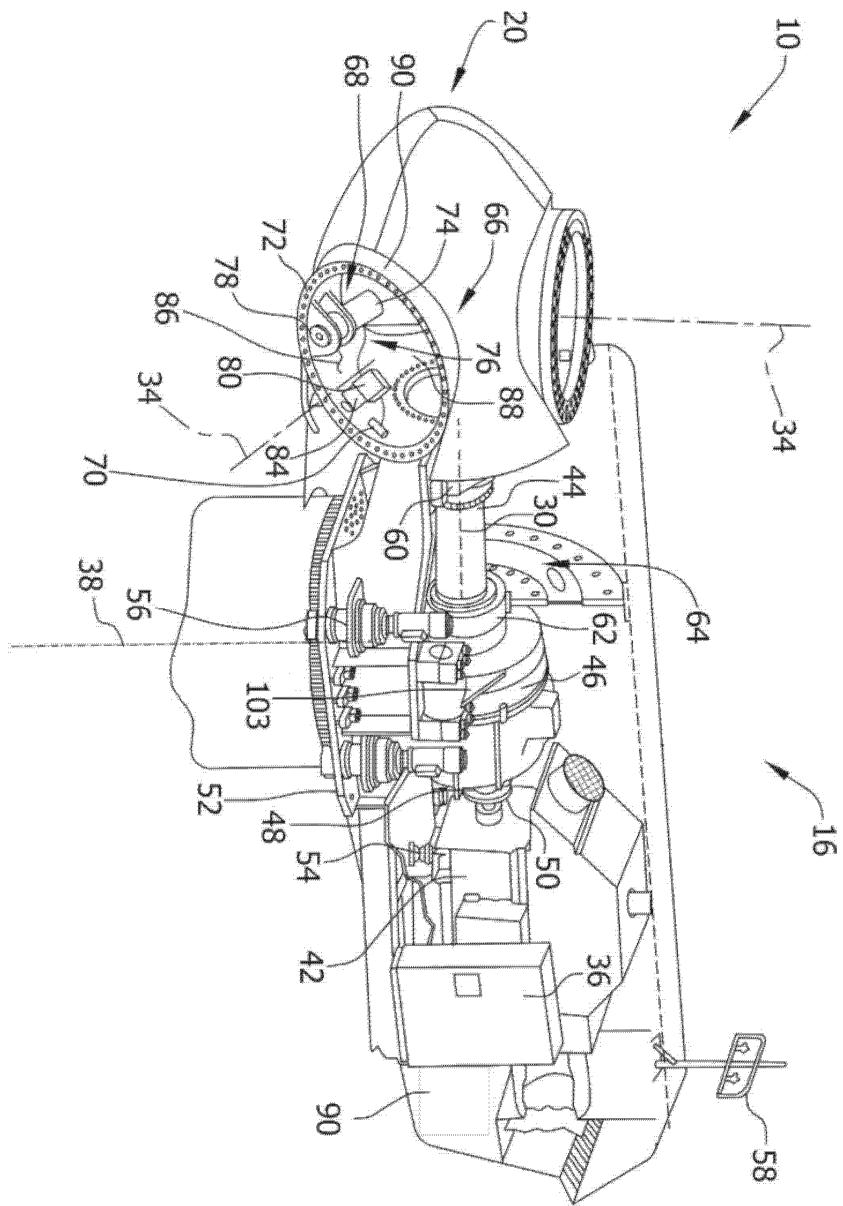
이 기재된 설명은 바람직한 실시형태를 포함하는 본 교시를 개시하고 또한 본 기술분야의 당업자가 임의의 디바이스 또는 시스템의 제조 및 사용과 임의의 통합된 방법의 수행 등을 실시할 수 있도록 예를 사용한다. 특히 가능한 범위는 청구항에 의해 정의되며, 본 기술분야의 당업자가 생각할 수 있는 다른 예를 포함할 수 있다. 이러한 다른 예는 청구항의 문자 그대로의 언어와 다르지 않은 구조적 요소를 갖고 있거나 청구항의 문자 그대로의 언어와 실질적으로 차이가 없는 등가의 구조적 요소를 포함하는 경우 청구항의 범위 내에 있는 것으로 의도된다. 설명된 다양한 실시예로부터의 양태 및 이러한 각각의 양태에 대한 다른 공지된 등가물은 본 출원의 원리에 따라 부가적 실시형태 및 기술을 구성하기 위해 본 기술분야의 당업자에 의해 혼용 및 매칭될 수 있다. 도면과 관련된 참조 부호가 청구항에서 팔호 안에 있는 경우, 이는 오로지 청구항의 명료성을 높이기 위한 것이며 청구항의 범위를 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

도면

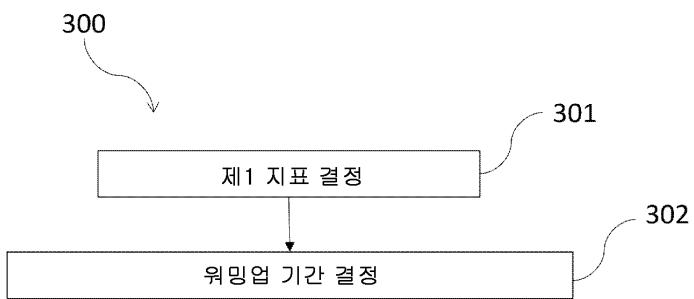
도면1



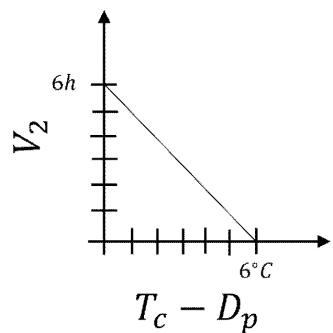
도면2



도면3



도면4



도면5

