



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0136410
(43) 공개일자 2024년09월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F03D 17/00 (2016.01) G01K 3/00 (2006.01)
G01K 7/42 (2021.01) H02G 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F03D 17/027 (2023.08)
F03D 17/013 (2023.08)
(21) 출원번호 10-2024-7027577
(22) 출원일자(국제) 2023년01월20일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년08월16일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2023/051335
(87) 국제공개번호 WO 2023/139197
국제공개일자 2023년07월27일
(30) 우선권주장
22152784.9 2022년01월21일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
오르스테드 윈드 파워 에이/에스
덴마크 프레데리시아 디케이 7000 크라프트바에크
스베 53
(72) 발명자
츠위코우스키, 올리버 니콜라스
영국 에스더블유1퍼 1더블유지 런던 그레이터 런던
호워 플레이스 5 씨/오 오르스테드
시몬즈, 아담
영국 에스더블유1퍼 1더블유지 런던 그레이터 런던
호워 플레이스 5 씨/오 오르스테드
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김민태

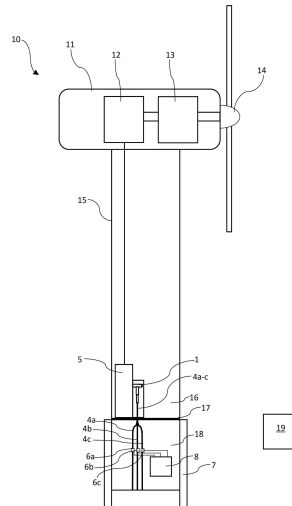
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 방법 및 장치

(57) 요약

풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 방법 및 장치는 케이블(4)에 부착된 커넥터(1)를 모니터링하기 위한 것이다. 커넥터(1)로부터 케이블(4)을 따라 알려진 거리의 위치에서 측정된 온도를 감지하기 위한 온도 센서(6)가 제공된다. 제어기(8,19)는 커넥터(4)가 사용 중인 동안 온도 센서(6)로부터 측정된 온도를 기록하고, 측정된 온도 및 커넥터(1)로부터 케이블(4)을 따르는 알려진 거리에 기초하여 커넥터(4) 내의 잠재적 결함 상태를 식별한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

F03D 17/018 (2023.08)

G01K 3/005 (2013.01)

G01K 7/427 (2013.01)

H02G 1/00 (2013.01)

F05B 2240/85 (2023.08)

F05B 2260/84 (2023.08)

F05B 2270/3032 (2023.08)

Y02E 10/72 (2020.08)

(72) 발명자

카스트루프, 토마스

덴마크 2820 겐토프테 네사 알레 1 씨/오 오르스테드

크리스텐센, 쇠렌 린드가아르드

덴마크 2820 겐토프테 네사 알레 1 씨/오 오르스테드

젠센, 크리스토퍼 담

덴마크 2820 겐토프테 네사 알레 1 씨/오 오르스테드

가롤레라, 안나 칸델라

덴마크 2820 겐토프테 네사 알레 1 씨/오 오르스테드

카라울라니스, 아리스테이디스

네덜란드 2514 에이비 덴 하아그 코닝인네그라흐트 19 씨/오 오르스테드

명세서

청구범위

청구항 1

케이블에 부착된 커넥터를 모니터링하기 위한 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 방법으로서, 상기 방법은, 상기 커넥터가 사용 중인 동안 상기 커넥터로부터 상기 케이블을 따라 알려진 거리만큼 상기 케이블 상의 위치에서 측정된 온도를 감지하는 단계; 및 상기 측정된 온도 및 상기 위치에 기초하여 상기 커넥터 내의 잠재적 결함 상태를 식별하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 잠재적 결함 상태의 식별에 응답하여 경보를 생성하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 잠재적 결함 상태는, 제1 임계값을 초과하는 상기 커넥터의 온도, 및 소정의 지속 시간 동안 제2 임계값을 초과하는 상기 커넥터의 온도 중 하나 이상을 포함하는, 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 잠재적 결함 상태를 식별하는 단계는, 상기 측정된 온도 및 위치를 사용하여 상기 커넥터 온도를 추정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 추정된 커넥터 온도를 추정하는 단계는, 모델을 사용하여 상기 측정된 온도를 상기 추정된 커넥터 온도로 변환하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 모델은 상기 케이블의 열 전과 특성, 상기 케이블 재료의 열 특성, 주변 온도 조건, 및 측정된 온도의 감지된 변화율 중 하나 이상을 설명하는, 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 잠재적 결함 상태를 식별하는 단계는, 다른 커넥터와 연관된 측정 온도의 동시 변화와 비교하여, 상기 측정된 온도의 변화에서의 차이를 식별하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 8

케이블에 부착된 커넥터를 모니터링하기 위한 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치로서, 상기 장치는, 상기 커넥터로부터 상기 케이블을 따라 알려진 거리의 위치에서 측정된 온도를 감지하기 위한 온도 센서; 상기 커넥터가 사용 중인 동안 상기 온도 센서로부터 상기 측정된 온도를 기록하고, 상기 측정된 온도 및 상기 위치에 기초하여 상기 커넥터에서 잠재적 결함 상태를 식별하기 위한 제어기를 포함하는, 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제어기는 상기 잠재적 결함 상태를 식별하는 것에 응답하여 경보를 발생시키도록 추가로 구성되는, 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 잠재적 결함 상태는, 제1 임계값을 초과하는 상기 커넥터의 온도, 및 소정의 지속 시간

동안 제2 임계값을 초과하는 상기 커넥터의 온도 중 하나 이상을 포함하는, 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치.

청구항 11

제8항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어기는, 상기 측정된 온도 및 상기 위치를 사용하여 상기 커넥터 온도를 추정함으로써, 잠재적 결함 상태를 식별하도록 구성되는, 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제어기는 모델을 사용하여 상기 측정된 온도를 상기 추정된 커넥터 온도로 변환함으로써, 상기 추정된 커넥터 온도를 계산하도록 구성되는, 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치.

청구항 13

제8항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 온도 센서를 상기 케이블의 외부 외피에 장착하기 위한 케이블 장착부를 추가로 포함하는, 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치.

청구항 14

제8항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 장치는, 각각의 커넥터로부터 각각의 케이블을 따라 알려진 거리 위치에서 각각의 복수의 케이블에 장착하기 위한, 그리고 이들 위치에서 각각의 측정된 온도를 감지하기 위한 복수의 온도 센서를 포함하고,

상기 제어기는 상기 커넥터가 사용 중인 동안 상기 복수의 온도 센서로부터 상기 측정된 온도를 기록하기 위한 것이고, 상기 측정된 온도 및 각각의 케이블 상의 상기 각각의 온도 센서의 위치에 기초하여 상기 커넥터 중 하나 이상에서 잠재적 결함 상태를 식별하기 위한 것인, 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 제어기는 상기 복수의 온도 센서 중 두 개 이상에 대해 상기 측정된 온도의 동시 변화의 차이를 식별하는 것에 기초하여 잠재적 결함 상태를 식별하도록 구성되는, 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 방법 및 이를 수행하기 위한 장치에 관한 것이다. 본 개시는 특히, T-커넥터와 같은 풍력 터빈 개폐기 케이블 커넥터, 및 개폐기 조립체의 외부로부터 개폐기 케이블 커넥터의 원격 모니터링을 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 개시는 또한 고전압 또는 중전압 케이블용 커넥터의 모니터링에 특히 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 풍력 터빈은, 결함이 발생할 경우에 풍력 터빈 내부의 전기 장비를 보호하기 위한 회로 차단기/퓨즈/분리기 장치로서 기능하는, 풍력 터빈 타워의 베이스 내부에 위치한 개폐기를 포함한다. 개폐기는 통상적으로, 풍력 터빈의 주 변압기에 연결된 회로 차단기, 및 풍력 터빈을 수집기 그리드에 연결하기 위한 하나 이상의 케이블 포트들을 포함한다.

[0003] 개폐기 내로의 연결은, 고전압 케이블을 개폐기 유닛에 부착하는 데 사용되는, 통상적으로 T-커넥터의 형태로 제공되는, 다수의 커넥터를 통해 용이해진다. 도 1은 예시적인 T-커넥터(1)를 나타낸다. T-커넥터(1)는 개폐기 상의 대응하는 포트에 연결되는 인터페이스 부분(2), 및 인터페이스 부분(2)에 수직으로 연장되고 고전압/중전압 케이블(4)에 연결되는 전도체 커넥터 부분(3)을 포함한다. T-커넥터(1)는 또한 다른 T-커넥터와 적층될 수 있으며, 이에 의해 하나의 T-커넥터(1)의 인터페이스 부분(2)은 개폐기 유닛에 연결되고, T-커넥터의 다른 부분은 다른 T-커넥터에 연결된다. 이러한 적층은 종종 풍력 터빈 사이의 연결을 허용하는 데 사용된다. T-커넥터(1)는, 예를 들어 부품을 단열시키기 위해 두꺼운 EPDM 고무 층으로 형성된 단열 재킷에 덮여 있다. 케이블은

또한 단열 외부 외피로 덮여 있다.

[0004] 도 2는, 개폐기 조립체의 커넥터 영역의 커버가 제거된 개폐기 유닛(5)의 전방 부분의 등각도를 나타낸다. 이 예시에서, 네 개의 고전압/중전압 케이블(4a-d)와 연관된 네 개의 T-커넥터(1a-d)가 개폐기 유닛(5)에 연결되었고, T-커넥터(1a 및 1d)는 전술한 바와 같이 적층형 배열로 연결된다. 네 개의 T-커넥터가 예시를 위해 본원에 나타나 있지만, 실제로 개폐기 유닛은 상이한 수의 T-커넥터 및 관련 케이블에 부착될 수 있다. 예를 들어, 많은 배열은 3개, 6개 또는 9개의 T-커넥터가 존재할 수 있으며, 세 개의 세트가 적층 구성으로 부착된다. 나타난 바와 같이, 케이블(4a-d)은 일반적으로 풍력 터빈 타워의 베이스에서 바닥 아래에서 위로 라우팅된다. 이와 같이, 해상 풍력 터빈의 경우, 따라서 다수의 케이블(4a-d)이 전형적으로 풍력 터빈 설치의 전이편을 통해 공급될 것이며, 여기서 이들은 각각의 T-커넥터(1a-d)의 인터페이스 부분(2a-d)을 통해 개폐기에 연결된다.

[0005] 매우 높은 전력 부하가 T-커넥터(1)를 통해 공급되기 때문에, 고장이 나기 쉽다. 예를 들어, 제조 결함 또는 설치 문제와 같은 커넥터 자체의 전력 서지 또는 언더링 문제, 또는 이들 인자의 조합의 경우, 고전압 및 전류는 T-커넥터 내 부분 사이의 아크 및 가열을 초래하여, 예를 들어 인터페이스(2)와 전도체 커넥터(3) 부분 사이의 내부 연결 또는 이들 구성 요소를 둘러싸는 단열 재킷 사이의 기계적 손상을 초래할 수 있다. 또한, 예를 들어 제조, 오염, 또는 도체로부터 발생하는 비교적 경미한 초기 결함은 부분 사이의 저항을 증가시켜, 핫스팟을 초래하고 시간이 지남에 따라 점진적인 추가 손상을 초래할 수 있다. T-커넥터는 일상적인 유지보수 동안 검사되지만, 더 경미하거나 근본적인 손상은, 즉시 식별되지 않을 수 있으므로, 종종 T-커넥터가 완전히 고장날 때까지는 문제가 발견되지 않을 것이다.

[0006] T-커넥터가 고장나는 경우, 풍력 터빈의 작동이 복원될 수 있기 전에 이를 교체해야 할 것이다. 이는, 결합성 T-커넥터가 분리되고 각각의 케이블로부터 분리되고 새로운 커넥터가 장착될 수 있기 전에 영향을 받은 풍력 터빈 발전기를 하향으로 조절하고 오프라인으로 해야 하기 때문에, 문제를 제공한다. 이는 또한, 고장난 풍력 터빈과 동일한 스트링 상의 이웃하는 터빈에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 수리 작업은, 특히 해상 풍력 터빈의 경우에, 일정을 잡는 데 시간이 걸릴 수 있는 현장을 방문하기 위해 고전압 인가 수리 전문 기술자를 필요로 한다. 결과적으로, T-커넥터 결함은, 풍력 터빈이 작동하지 않는 연장된 기간으로 이어질 수 있으며, 이는 비용이 많이 들 수 있다. 이러한 문제점은, 하나의 풍력 터빈에서의 결함이 동일한 배선 스트링에 연결된 다른 풍력 터빈에 잠재적으로 영향을 미칠 수 있기 때문에, 더욱 악화된다.

발명의 내용

[0007] 본 발명은 상기 문제를 해결하고자 한다.

[0008] 본 발명의 제1 양태에 따르면, 케이블에 부착된 커넥터를 모니터링하기 위한 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 방법이 제공되며, 상기 방법은, 커넥터가 사용 중인 동안 커넥터로부터 케이블을 따라 알려진 거리만큼 케이블 상의 위치에서 측정된 온도를 감지하는 단계; 및 측정된 온도 및 위치에 기초하여 커넥터 내의 잠재적 결함 상태를 식별하는 단계를 포함한다.

[0009] 이러한 방식으로, 개폐기 T-커넥터와 같은 커넥터의 잠재적 결함은, 커넥터에 대해 원격으로 부착된 케이블 상에서 취한 온도 측정에 기초하여 선제적으로 식별될 수 있다. 즉, 상기 방법은 케이블 재료의 열 전파 특성을 설명함으로써 케이블을 통해 전도된 열에 기초하여 커넥터에서 발생하는 손상을 식별할 수 있다. 이는, 개폐기 조립체로부터 멀어지는 거리에서, 예컨대 상이한 구획부에서 커넥터의 무결성을 모니터링할 수 있게 한다. 이와 같이, 모니터링용 센서는 고전압 인가 전문 기술자가 필요하지 않고, 개폐기 조립체 자체를 손상시키지 않고 장착될 수 있다. 잠재적 결함 상태가 식별될 때, 그 다음 커넥터를 교체 또는 수리하기 위한 선제적 유지보수 작동이 스케줄링될 수 있다. 이에 따라, 이는 가동 중단 시간을 최소화하고, 다른 터빈 구성 요소에 대한 잠재적 손상 위험을 피하는 데 도움이 될 수 있으며, 이는 그렇지 않으면 제어되지 않은 고장 시나리오가 발생할 수 있다.

[0010] 구현예에서, 상기 방법은 잠재적 결함 상태의 식별에 응답하여 경보를 생성하는 단계를 추가로 포함한다. 이러한 방식으로, 작동자 또는 수리 기술자는 커넥터의 상태를 조사할 필요성을 자동으로 경고받을 수 있다. 예를 들어, 구현예에서, 경보는 커넥터 상태의 원격 모니터링을 위한 원격 경보일 수 있다.

[0011] 구현예에서, 잠재적 결함 상태는, 제1 임계값을 초과하는 커넥터의 온도, 및 소정의 지속 시간 동안 제2 임계값을 초과하는 커넥터의 온도 중 하나 이상을 포함한다. 이러한 방식으로, 측정된 온도는 커넥터에서의 온도에 대한 프록시로서 사용되어, 손상을 초래할 수 있거나 손상으로 인해 발생할 수 있는 온도 상태를 커넥터가 겪는 경우를 식별할 수 있다. 구현예에서, 잠재적 결함 상태를 식별하는 단계는, 다른 커넥터와 연관된 측정 온도의

동시 변화와 비교하여, 측정된 온도의 변화에서의 차이를 식별하는 단계를 포함한다. 이와 같이, 하나의 커넥터의 온도와 다른 연관된 커넥터의 온도 사이의 상대 온도 차이, 예컨대 동일한 개폐기에 연결된 것이 잠재적 결함 상태를 식별하는 데 사용될 수 있다. 이러한 방식으로, 공통 유닛에 연결된 커넥터 사이의 상대 온도 차이는, 커넥터 중 하나가 손상을 초래할 수 있거나 손상으로 인해 발생한 온도 상태를 겪는 경우를 식별하는 데 사용될 수 있다.

- [0012] 구현예에서, 잠재적 결함 상태를 식별하는 단계는 측정된 온도 및 위치를 사용하여 커넥터 온도를 추정하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 측정된 온도는, 안전한 작동 온도를 초과하는지 여부를 모니터링하기 위해 커넥터에서의 온도의 추정치를 결정하는 데 사용된다. 구현예에서, 잠재적 결함 상태는, 제1 임계값을 초과하는 추정 커넥터 온도, 및 소정의 지속 시간 동안 제2 임계값을 초과하는 추정 커넥터의 온도 중 하나 이상을 포함한다.
- [0013] 구현예에서, 추정된 커넥터 온도를 추정하는 단계는, 모델을 사용하여 측정된 온도를 추정된 커넥터 온도로 변환하는 단계를 포함한다.
- [0014] 구현예에서, 모델은 테스트 데이터에 기초하여 계산된 특업 테이블을 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 처리요건을 최소화하기 위한 간단한 모델이 제공된다. 구현예에서, 모델은 케이블의 열 전과 특성, 케이블 재료의 열 특성, 주변 온도 조건, 측정된 온도의 감지된 변화율, 및 케이블에 의해 운반되는 전력, 전류 또는 전압 중 하나 이상을 설명한다. 이러한 방식으로, 추정된 커넥터 온도와 커넥터의 실제 우세한 작동 온도 사이의 상관관계를 개선하기 위해 보다 진보된 모델이 제공될 수 있다.
- [0015] 구현예에서, 모델은 테스트 데이터에 기초하여 학습된 머신 러닝 모델이다. 테스트 데이터는, 샘플 커넥터 및 케이블을 사용하여 유도될 수 있으며, 케이블 온도 측정은 커넥터가 알려진 온도 상태를 겪는 동안 취해진다. 그런 다음, 머신 러닝 알고리즘은 적용된 커넥터 온도와 케이블에서 측정된 온도 사이의 열 반응에 기초하여 모델을 개발하는 데 사용될 수 있다.
- [0016] 본 발명의 제2 양태에 따르면, 케이블에 부착된 커넥터를 모니터링하기 위한 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치가 제공되고, 상기 장치는, 커넥터로부터 케이블을 따라 알려진 거리의 위치에서 측정된 온도를 감지하기 위한 온도 센서; 커넥터가 사용 중인 동안 온도 센서로부터 측정된 온도를 기록하고 측정된 온도 및 위치에 기초하여 커넥터 내의 잠재적 결함 상태를 식별하기 위한 제어기를 포함한다. 이러한 방식으로, 상기 방법을 구현하기 위한 장치가 제공된다. 구현예에서, 장치는 커넥터로부터 케이블을 따라 알려진 거리의 위치에서 온도 센서를 케이블에 장착하기 위한 마운트를 추가로 포함할 수 있다.
- [0017] 구현예에서, 제어기는 잠재적 결함 상태를 식별하는 것에 응답하여 경고를 생성하도록 추가로 구성된다. 예를 들어, 구현예에서, 온도 데이터는, 커넥터 상태의 원격 모니터링을 위해 로컬 제어기로부터 원격 제어기로 송신될 수 있다. 구현예에서, 로컬 제어기는 인터넷을 통해 데이터를 송신하기 위한 라우터를 포함할 수 있다. 공유기는 위성 또는 셀룰러 라우터일 수 있다. 이러한 배열에서, 상태 경보는 원격 서버에서 생성되어, 예를 들어 결함의 경우에 육상 수리 팀에 경고할 수 있다.
- [0018] 구현예에서, 잠재적 결함 상태는, 제1 임계값을 초과하는 커넥터의 온도, 및 소정의 지속 시간 동안 제2 임계값을 초과하는 커넥터의 온도 중 하나 이상을 포함한다.
- [0019] 구현예에서, 제어기는 측정된 온도 및 위치를 사용하여 커넥터 온도를 추정함으로써 잠재적 결함 상태를 식별하도록 구성된다.
- [0020] 구현예에서, 제어기는 모델을 사용하여 측정된 온도를 추정된 커넥터 온도로 변환함으로써, 추정된 커넥터 온도를 계산하도록 구성된다.
- [0021] 구현예에서, 장치는 온도 센서를 케이블의 바깥 외피에 장착하기 위한 케이블 장착부를 추가로 포함한다. 이러한 방식으로, 센서는, 임의의 내부 층을 노출시킴으로써, 스톱 케이블의 무결성을 손상시킬 필요 없이, 케이블의 바깥 표면에 장착될 수 있다. 이와 같이, 센서는 전문 기술자 없이 쉽게 장착되거나 조절될 수 있다.
- [0022] 구현예에서, 장치는, 각각의 커넥터로부터 각각의 케이블을 따라 알려진 거리에서 각각의 복수의 케이블에 장착하고 이들 위치에서 각각의 측정된 온도를 감지하기 위한 복수의 온도 센서를 포함하고, 제어기는, 커넥터가 사용 중인 동안 복수의 온도 센서로부터 측정된 온도를 기록하기 위한 것이고, 각각의 케이블 상의 각각의 온도 센서의 측정된 온도 및 위치에 기초하여 하나 이상의 커넥터에서 잠재적 결함 상태를 식별하기 위한 것이다. 이러한 방식으로, 개폐기에 연결된 복수의 커넥터는 공통 제어기를 사용하여 동시에 모니터링될 수 있다.

- [0023] 구현예에서, 제어기는 복수의 온도 센서 중 두 개 이상에 대해 측정된 온도의 동시 변화의 차이를 식별하는 것에 기초하여 잠재적 결함 상태를 식별하도록 구성된다.
- [0024] 구현예에서, 제어기는 풍력 터빈에 대해 원격일 수 있다.
- [0025] 구현예에서, 온도 센서는 열전대, 저항 온도 감지기, 서미스터, 반도체 기반 집적 회로 온도 센서, 및 적외선 카메라 중 하나를 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 이제 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 예시적인 구현예가 설명될 것이다.
- 도 1은 예시적인 T-커넥터를 나타낸다.
- 도 2는 세 개의 T-커넥터가 연결된 예시적인 개폐기 유닛의 전방 부분의 등각도를 나타낸다.
- 도 3은 본 발명의 예시적인 구현예에 따른 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치를 포함하는 해상 풍력 터빈의 개략도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 도 3은 예시적인 구현예에 따라, 풍력 터빈 케이블 커넥터 모니터링 장치로 끼워맞춤된 풍력 터빈(10)의 단순화된 도면을 나타낸다. 이 예시에서, 풍력 터빈(10)은 해상 풍력 터빈이다. 풍력 터빈(10)은 전이편(7)에 장착된 타워(15)를 포함하고, 이는 차례로 모노파일(미도시)에 부착된다. 타워(15)는 회전자(14)에 의해 구동되는 기어 박스(13)에 연결된 발전기(12)를 포함하는 나셀(11)을 지지한다. 회전자(14)가 바람에서 회전함에 따라, 발전기(12)는 타워(15)의 베이스 또는 전이편(7)에 있는 내부 플랫폼(17)에 위치한 개폐기(5)에 공급되는 전류를 발생시킨다.
- [0028] 복수의 전기 케이블(4a-c)은 터빈을 수집기 그리드에 연결하며, 이는 풍력 터빈 필드에 다수의 다른 풍력 터빈을 포함할 수 있다. 케이블(4a-c)은 타워(15)의 내부(16) 내의 각각의 T-커넥터(1)를 사용하여 개폐기(4)에 연결된다. 케이블(4a-c)은 플랫폼(17) 아래의 전이편(7)에 위치한 케이블 라우팅 영역(18)으로부터 개폐기(5)로 라우팅된다.
- [0029] T-커넥터 모니터링 장치는 케이블 라우팅 영역(18) 내에 제공되고, 로컬 제어기(8) 및 케이블(4a-c)의 개별 센서와 연관된 복수의 온도 센서(6a-c)를 포함한다. 각각의 온도 센서(6a-c)는 케이블 라우팅 영역(18) 내의 케이블 상의 소정의 측정 위치에서 각각의 케이블(4a-c)의 온도를 측정하기 위한 것이다. 이러한 케이블 온도 데이터는 로컬 제어기(8)에 공급된다. 로컬 제어기(8)는 원격 제어기(19)와 통신하고, 로컬 제어기(8)의 라우터를 사용하여 처리를 위해 인터넷을 통해 원격 제어기(19)로 로그인된 데이터를 송신한다.
- [0030] 원격 제어기(19)는 케이블 상의 소정의 측정 위치에서 각각의 케이블(4a-c)의 온도를 표시하는 케이블 온도 데이터를 수신하고 이를 처리하여 각각의 T-커넥터(1a-c)의 온도의 추정치를 생성한다. 즉, 각각의 소정의 측정 위치는 각각의 T-커넥터(1)로부터 알려진 거리이다. 예를 들어, 구현예에서, 온도 센서(6a-c)의 각각은 각각의 T-커넥터(4a-c)로부터 0.3 내지 3 m이다. 원격 제어기(19)는 모델을 적용하여 이렇게 측정된 온도를 T-커넥터 자체에서 추정 온도로 변환한다. 모델의 복잡성은 상이한 구현예에서 달라질 수 있다. 보다 기본적인 구현예에서, 모델은, 알려진 테스트 데이터에 기초하여, 추정된 T-커넥터 온도와 상관된 측정된 온도를 갖는 룩업 테이블을 포함할 수 있다. 역으로, 다른 구현예는, 케이블 재료의 열 전과 특성, 주변 온도 조건, 및 감지된 온도 변화 속도 중 하나 이상을 고려하는, 더 진보된 모델을 포함할 수 있다. 예를 들어, 측정된 온도의 변화 속도는 잠재적 결함 상태를 식별하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 다른 케이블의 덜 신속한 증가에 비교하면, 케이블 중 하나에서의 급속한 온도 증가의 감지에 응답하여 잠재적 결함 상태가 식별될 수 있다.
- [0031] 원격 제어기(19)는 추정 T-커넥터 온도를 분석하여 잠재적 결함 상태를 식별한다. 이 구현예에서, 예를 들어 T-커넥터(1)의 추정 온도가 최대 온도 임계값을 초과하는 경우, 원격 제어기(19)는, 이를 커넥터에 손상이 발생했을 수 있음을 표시하는 잠재적 결함 상태로 즉시 플래그할 수 있다. 유사하게, 원격 제어기(19)는 또한, T-커넥터 온도가 연장된 기간 동안 작동 온도 임계값 위로 유지되는 경우 잠재적 결함 상태를 식별할 수 있다. 예를 들어, T-커넥터(1)의 온도가 기록될 수 있고, T-커넥터가 소정의 임계 온도를 초과하는 누적 시간 동안 작동하면, 잠재적 결함 상태가 식별될 수 있다. 이와 같이, 원격 제어기(19)는 T-커넥터(1) 각각에 대한 추정 온도 데이터를 기록하고, 케이블(4a-c)에서의 결함의 발생을 평가하기 위해 시간 경과에 따라 이를 모델링할 수

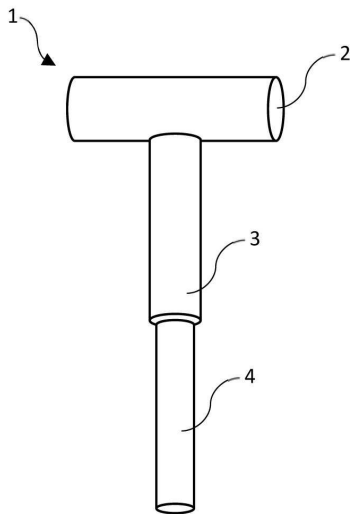
있다.

- [0032] 결함이 원격 제어기(19)에 의해 식별되는 경우, 수리 기술자에 의한 조치에 대한 통지 경고를 생성함으로써 수리를 위해 각각의 T-커넥터(1)에 플래그 표시할 수 있다. 예를 들어, 원격 제어기(19)는 커넥터의 작동 상태 및 이와 연관된 임의의 경고를 디스플레이하기 위한 디스플레이를 포함할 수 있다. 기술자는 디스플레이를 모니터링하고, 잠재적 결함 상태가 식별되는 경우에 T-커넥터(1)를 검사하도록 유도될 수 있다. 예를 들어, 디스플레이는 결함이 연관된 T-커넥터뿐만 아니라 결함의 성질에 대한 진단 정보를 식별할 수 있다. 이는, 그 다음 기술자가 현장을 방문하여 고장이 발생하기 전에 식별된 T-커넥터(1)에서 선제적 수리 작업을 수행할 수 있게 한다. 이는, 제어되지 않은 고장 시나리오에서 달리 발생할 수 있는 다른 부분 및 전기 부품에 대한 잠재적 손상의 위험을 완화할 뿐만 아니라, 수리 작업을 미리 선제적으로 스케줄링할 수 있게 하여, 수리가 필요할 때의 전체 가동 중단 시간을 최소화한다.
- [0033] 유리하게는, 온도 센서(6a-c)가 개폐기 유닛 외부의 케이블 라우팅 영역(18)에 위치하기 때문에, 이들은 풍력 터빈을 정지시키거나 고전압 인가 수리 전문 기술자가 개폐기 조립체 자체에 접근할 필요 없이 장착되고 유지될 수 있다. 또한, 케이블 라우팅 영역(18) 내의 공간은 개폐기 조립체에서 이용 가능한 공간 또는 풍력 터빈 타워(15)의 내부(16)의 인접 영역과 동일한 방식으로 제한되지 않는다. 결과적으로, 커넥터 모니터링 시스템은 쉽게 수용될 수 있다.
- [0034] 위에 나타난 구현에는 단지 예시의 목적을 위해 본 발명의 적용예를 나타냄을 이해할 것이다. 실제로, 본 발명은 많은 상이한 구성에 적용될 수 있으며, 상세한 구현에는 당업자가 구현하기에 간단하다.
- [0035] 예를 들어, 상기 구현예에서, 측정된 온도 데이터는 로컬 제어기에 의해 수집되고 처리를 위해 원격 제어기에 송신된다. 이와 같이, 분산 제어가 제공되며, 데이터 로깅 기능은 로컬로 수행되고 분석 기능은 원격 위치에서 수행된다. 예를 들어, 원격 제어기는, 다수의 풍력 터빈으로부터의 데이터를 분석하는, 육상 모니터링 단말기로서 제공될 수 있다. 그러나, 또한, 다른 구현예가 제공될 수 있으며, 여기서 풍력 터빈 구조물 내의 로컬 제어기는 또한 데이터 분석을 수행한다는 것을 이해할 것이다. 즉, 풍력 터빈 내에 위치한 로컬 제어기는, 로그된 데이터를 분석하고 잠재적 결함 상태를 식별하기 위한 컴퓨터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터는 로그된 데이터에 결함 감지 모델을 적용하는 것에 기초하여 잠재적 결함을 식별할 수 있다. 로컬 처리를 수행함으로써, 풍력 터빈을 방문하는 기술자는 상태 점검을 수행할 뿐만 아니라, 현장에서 이력 데이터를 검토하여 커넥터의 관찰된 상태를 검증할 수 있다. 이러한 구현예에서, 처리된 데이터 또는 분석 결과는 또한 추가 분석 및/또는 범준수 기록을 위해 원격 서버에 송신될 수 있음을 이해할 것이다.
- [0036] 원격 송신된 데이터는 더 긴 기간에 걸쳐 중앙 서버에서 추세를 기록하는 데 사용될 수 있다. 또한, 이렇게 로그된 데이터는 다수의 풍력 터빈으로부터 수집될 수 있고, 또한 동일한 스트링 또는 파크 내의 풍력 터빈에 기초하여 그룹화될 수 있음을 이해할 것이다. 이는 장기적인 온도 응답 및 커넥터 성능을 평가할 수 있게 한다. 기술자에 의한 커넥터의 물리적 검사 후에 감지된 문제점은 또한, 결함 패턴을 식별하기 위해 로그된 온도 데이터와 함께 기록되고 분석될 수 있다. 구현예에서, 미래 결함을 예측하기 위한 결함 예측 모델은, 식별된 결함 패턴에 기초하여 생성될 수 있다. 예를 들어, 구현예에서, 서버는, 측정된 온도 패턴을 미래 결함의 식별과 연관시키는 모델을 개발하기 위한 머신 러닝 알고리즘을 포함할 수 있다.
- [0037] 예시적인 구현예에서, 복수의 온도 센서가 제공되지만, 다수의 개별 케이블 온도를 측정할 수 있는 하나 이상의 센서를 갖는 더 적은 수의 센서를 사용하여 구현예가 구현될 수도 있음을 또한 이해할 것이다. 예를 들어, 단일 열화상 카메라는, 케이블을 향하는 시야와 함께 사용될 수 있고, 제어기에서의 이미지 처리는, 이미지에서의 위치에 기초하여 각 케이블에 대한 소정의 측정 위치에서 개별 케이블 온도를 결정하는 데 사용될 수 있다. 역으로, 다른 구현예에서, 하나 초과 온도 센서가 각각의 케이블과 연관될 수 있고, 상이한 센서는 케이블 상의 상이한 소정의 측정 위치와 연관된다. 이러한 구현예에서, 로컬 및/또는 원격 제어기에서의 처리는, 다수의 센서로부터의 측정이 추정된 커넥터 온도에 대한 개선된 신뢰성을 제공할 수 있게 한다.
- [0038] 또한, 구현예에서, 동일한 사이트에서 상이한 케이블에 걸친 온도 센서가 이들 사이의 상대 편차에 기초하여 잠재적 결함을 식별하기 위해 조합하여 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 즉, 동일한 개폐기에 부착된 케이블은, 동일한 작동 조건 하에서 유사한 온도 반응을 나타낼 것으로 예상된다. 따라서, 케이블 중 하나에서 현저한 온도 증가가 감지되는 시나리오에서, 이는 이 케이블과 연관된 커넥터 결함을 나타낼 수 있다. 이에 따라, 이는 정확한 온도 측정이 없는 경우에도 결함 감지를 허용하고, 따라서 온도 센서가 교정되지 않더라도 결함 감지를 허용한다.

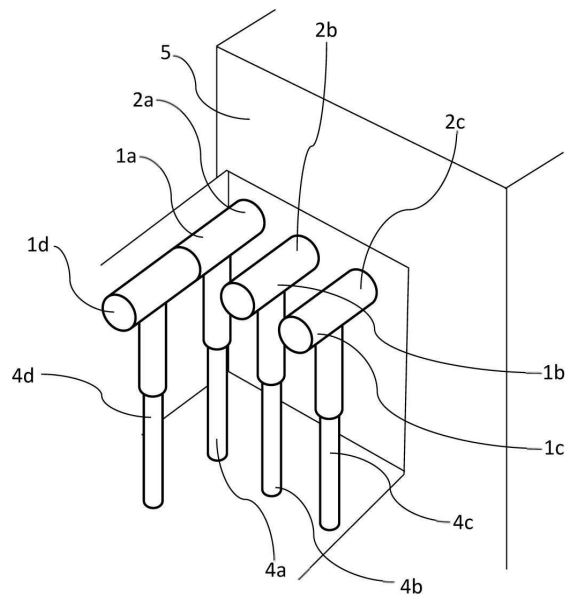
- [0039] 또한, 모니터링되는 케이블은 단일 케이블로서, 또는 3상 케이블과 같은 다중 케이블 패키지 내의 단일 코어로서 제공될 수 있음을 이해할 것이다. 이러한 3상 케이블은 세 개의 단일 코어를 포함하고, 이들 코어는 통상적으로 해저에 놓이기 위한 보호 패키지에 함께 묶이지만, 풍력 터빈에서 3개의 단일 케이블로 분할된다.
- [0040] 측정된 온도 데이터는, 각각의 케이블을 통해 전도되는 전력, 전압 및/또는 전류를 포함하는, 다른 측정과 조합하여 기록될 수 있음을 또한 이해할 것이다. 이와 같이, 이러한 데이터는, 예를 들어 잠재적 결함 상태를 식별하기 위해 측정된 온도 증가와 상관 관계를 갖는 전류의 감소를 식별함으로써, 보다 진보된 결함 감지 식별을 위해 조합하여 사용될 수 있다. 동시에, 데이터의 조합은, 온도 센서의 잠재적 결함을 식별하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 케이블 상의 부하 변화가 온도 변화와 상관 관계를 갖지 않는 경우, 제어기는 이를 잠재적 센서 결함으로 플래그 표시할 수 있다. 이와 같이, 전력, 전압 및/또는 전류는 결함 예측 모델에서 입력 인자로서 사용될 수 있다. 마찬가지로, 일부 구현예에서, 결함 예측 모델은 전력, 전압 및/또는 전류 측정을 사용하는 것에 기초하여 학습될 수 있지만, 이들을 적용된 모델에서 입력 인자로서 요구하지 않는다. 이와 같이, 사용 시 더 적은 데이터 입력이 필요할 수 있고, 단순화된 처리를 사용하여 보다 강력한 결함 예측이 달성될 수 있다.
- [0041] 마지막으로, 또한, 풍력 터빈 케이블의 조인트에서 잠재적 결함 상태를 모니터링하는 것이 가능하다는 것을 이해할 것이다. 즉, 원래 케이블의 섹션이 교체되는 경우, 인라인 조인트가 부착되어 새로운 케이블의 길이를 연결할 수 있다. 따라서, 모니터링 장치는 케이블 커넥터로서 인라인 조인트 내의 결함 상태를 식별하는 데 사용될 수 있다.

도면

도면1



도면2



도면3

