



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월26일  
(11) 등록번호 10-2220996  
(24) 등록일자 2021년02월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F03D 11/00 (2006.01) F42D 5/045 (2006.01)  
G01P 5/26 (2006.01) G01S 17/58 (2006.01)  
G01S 17/95 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
F03D 17/00 (2016.05)  
F42D 5/045 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7002753
- (22) 출원일자(국제) 2014년06월09일  
심사청구일자 2019년06월05일
- (85) 번역문제출일자 2016년01월29일
- (65) 공개번호 10-2016-0027144
- (43) 공개일자 2016년03월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/GB2014/051770
- (87) 국제공개번호 WO 2015/001301  
국제공개일자 2015년01월08일
- (30) 우선권주장  
1311711.4 2013년06월30일 영국(GB)
- (56) 선행기술조사문헌  
US20120274937 A1\*  
JP2009300425 A  
JP2006518839 A  
US20120056426 A1  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
윈드 팜 애널리틱스 엘티디  
영국 스코틀랜드 글래스고 지42 8비엑스, 3 퀸즈  
파크 애비뉴, 2/1
- (72) 발명자  
홀튼, 시어도어  
영국 스코틀랜드 글래스고 지42 8비엑스, 3 퀸즈  
파크 애비뉴, 2/1
- (74) 대리인  
특허법인에이아이피

전체 청구항 수 : 총 22 항

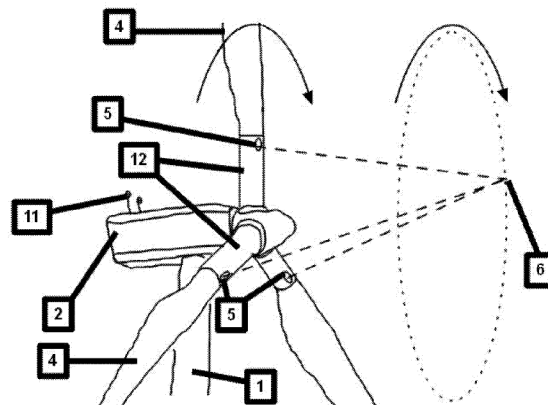
심사관 : 박종오

(54) 발명의 명칭 터빈 유체 속도 장 측정

(57) 요약

윈드 터빈과 같은 터빈에 적용가능한 3차원 도플러 유속측정 방법은 다양한 가능한 수렴성 빔 배열의 사용 및 윈드 터빈 나셀, 로터 허브 또는 로터 블레이드와 같은 터빈 상에 장착된 빔을 채용하는 것에 의해서 향상된 유속 측정을 달성한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

*G01P 5/26* (2013.01)  
*G01S 17/58* (2013.01)  
*G01S 17/95* (2013.01)  
*F05B 2270/32* (2013.01)  
*F05B 2270/804* (2013.01)  
*Y02E 10/72* (2020.08)  
*Y02P 70/50* (2020.08)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

측정 시스템에 있어서,

터빈 상에 장착되는 복수의 빔 소스로서, 상기 빔 소스로부터의 빔이 측정 지점에서 교차하도록 배열되는 상기 복수의 빔 소스;

반사된 또는 산란된 빔의 도플러 시프트(Doppler shift)를 측정하기 위한 하나 이상의 리시버;

상기 측정된 도플러 시프트에 근거해서 상기 측정 지점에서의 유체 속도를 결정하기 위한 프로세서를 포함하는 시스템.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 터빈은 수평 축선 윈드 터빈, 수직 축선 윈드 터빈, 윈드-구동식 펌프, 또는 윈드-구동식 압축기인 시스템.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

하나 이상의 빔 소스는:

(i) 나셀 하우징 상에 또는 나셀 하우징에 장착되거나, 상기 나셀 하우징으로부터 연장되는 고정된 프레임 상에 또는 프레임에 장착되고; 및/또는

(ii) 로터 허브 상에 또는 로터 허브에 장착되거나, 상기 로터 허브로부터 연장되는 고정된 프레임 상에 또는 프레임에 장착되고; 및/또는

(iii) 하나 이상의 로터 블레이드 상에 또는 로터 블레이드에 장착되거나, 하나 이상의 로터 블레이드로부터 연장되는 고정된 프레임 상에 또는 프레임에 장착되는 시스템.

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

(i) 나셀 요(yaw) 각도;

(ii) 타워 굽힘(bending);

(iii) 나셀 굽힘;

(iv) 로터 회전 각도;

(v) 블레이드 굽힘;

(vi) 블레이드 피치 각도; 및

(vii) 로터 경사 각도

는, 빔 조향 정확성 목적을 위해서 그리고/또는 상기 리시버에 의해서 취해진 측정값을 캘리브레이션하기 위해서 고려되는 시스템.

#### 청구항 5

청구항 2 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 윈드 터빈은, 제2 비-피칭 블레이드 연장부 상에 장착되는 제1 피칭부를 포함하는 로터 블레이드를 채용하고, 하나 이상의 빔 소스는 상기 로터 허브의 방사방향 크기보다 더 큰 메인 로터 축선으로부터의 반경에서 상기 제2 비-피칭 블레이드 연장부 상에 장착되며;

상기 로터 블레이드는 복수의 독립적으로 피칭되는 섹션을 포함하며;

상기 로터 블레이드는 복수의 독립적으로 피칭되는 섹션을 선택적으로 포함하며;

블레이드 피치 변화는 빔 조향 정확성 목적을 위해서 고려되는 시스템.

**청구항 6**

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

복수의 공동-위치된 빔 소스 및 리시버 쌍이 제공되는 시스템.

**청구항 7**

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

빔 소스는 복수의 터빈에 제공되고, 이들의 빔은 상기 측정 지점에서 수렴되거나 교차되도록 독립적으로 지향되는 시스템.

**청구항 8**

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서,

상기 시스템은 빔 소스 제어 시스템을 포함하며, 상기 빔 소스 제어 시스템은 상기 로터 블레이드, 나셀 또는 타워의 통과에 의해서 교차되지 않는 특정 위치에서 가장 잘 샘플을 제공하도록 하는 특정 빔을 선택하도록 구성되어, 중단되지 않은 측정을 허용하며, 대안적인 측정 위치를 향해서 동시에 채용될 수도 있도록 임의의 대안적 빔을 사용가능하게 하는 시스템.

**청구항 9**

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정 지점을 변경하도록 제어될 수 있는 빔 조향 수단을 포함하며,

상기 개별 빔 조향 또는 편향 시스템에 필요한 신호를 제공하는 제어 시스템을 포함하며,

상기 신호는 소스의 상대 위치의 계산 및 센서 입력 지식, 구성요소 배향 및 정렬 정보, 지리적 상대 위치 및 속도, 로터 및 블레이드 피치 기준 프레임, 요(yaw) 각도, 로터 각도, 블레이드 피치 각도, 로터 속도, 풍속 및 /또는 풍향 중 하나 이상에 근거하는 시스템.

**청구항 10**

청구항 9에 있어서,

상기 빔 조향 수단은 상기 터빈의 작동 상태에 따라서 조절 가능하며, 상기 로터가 회전될 때 빔 스캐닝을 위해서 상기 로터 블레이드 회전의 채용 가능성을 허용하나, 상기 로터가 회전을 멈추었을 때 대안적인 측정 모드로 전환되는 것을 허용하는 시스템.

**청구항 11**

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 빔 소스는 유체 속도 장의 공간적 변화 또는 특성을 나타내는 데이터 샘플을 제공하기 위해서 연속된 샘플링 또는 측정 지점에서 유체 속도 장을 측정하도록 구성되는 시스템.

**청구항 12**

청구항 11에 있어서,

교차하는 빔을 채용하는 연속된 도플러 속도 측정은 공간적으로 그리고/또는 일시적으로 분리되고, 그리고 난류

강도 장, 수평 또는 수직 유체 경로변경(veer) 장, 수평 또는 수직 유체 전단(shear) 장, 기울기 각도 장, 수평, 측방향 또는 수직 유체 성분 장, 돌풍 또는 임의의 다른 유체 속도 장의 관점에서 유체 속도의 특징을 설명하기 위해서 결합되는 시스템.

**청구항 13**

청구항 12에 있어서,  
 측정값은 유체 밀도 값을 유도하도록 분석되는 시스템.

**청구항 14**

청구항 2 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,  
 제어 시스템은, 윈드 터빈 작동 데이터, 파워 성능 데이터, 윈드 조건 데이터, 노이즈 데이터, 조건 모니터링 데이터, 진동 데이터, 블레이드 굽힘 모멘트 데이터 또는 타워 굽힘 모멘트 데이터 중 하나 이상을 수집하는 추가적인 센서로부터의 입력과 유속계 데이터를 결합하도록 구성되며,  
 상기 제어 시스템은 변경된 터빈 제어 파라미터를 계산하고 작동시키기 위해서 이용가능한 데이터를 채용하는 시스템.

**청구항 15**

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,  
 유속계 데이터는 윈드 장 맵핑을 제공하기 위해서 채용되고, 상기 윈드 장 맵핑은 그리드 관리 목적으로, 또는 에너지 저장 제어 목적으로 윈드 팜의 출력을 예측하기 위해서, 또는 열병합발전 관리를 위해서 사용될 수 있어, 윈드 팜 출력이 다른 발전기의 출력과 결합되며, 하나의 가능한 목적은 전기 그리드 관리 또는 에너지 거래 목적을 위해서 정확한 전력 예측/예상을 제공하는 것인 시스템.

**청구항 16**

청구항 2 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,  
 로터 평균 풍속은 상기 로터 영역 주위에서 수집된 풍속 샘플의 조합에 따라서 측정되는 시스템.

**청구항 17**

청구항 16에 있어서,  
 상기 풍속 측정값은 상기 윈드 터빈 경사 또는 틸트(tilt) 제어를 변경하기 위해서 사용되며;  
 상기 윈드 터빈 축선 배향은 타워에 대한 블레이드의 충돌 위험을 피하기 위해서 바람직하게는 안전 마진 내에서 비-수평 풍속의 변경을 초래하도록 조정될 수 있으며;  
 로터 허브는 윈드 조건에 맞추기 위해서 더 큰 로터 축선 틸트 변화를 허용하도록 실질적으로 수평인 축선 윈드 터빈 타워로부터 앞으로 이동될 수 있는 시스템.

**청구항 18**

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 빔 소스 및 리시버는, LIDAR 빔 소스 및 리시버; RADAR 빔 소스 및 리시버; SODAR 빔 소스 및 리시버; 또는 SONAR 빔 소스 및 리시버를 포함하는 시스템.

**청구항 19**

측정 방법에 있어서,  
 터빈 상의 복수의 빔 소스로부터 빔을 방출하여 측정 지점에서 상기 빔 소스로부터의 빔이 교차하도록 하는 단계;  
 반사된 또는 산란된 빔의 도플러 시프트를 수신하는 단계; 및

상기 측정된 도플러 시프트에 근거해서 상기 측정 지점에서의 유체 속도를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 20**

컴퓨터 프로그램 제품으로서,

(i) 반사된 또는 산란된 빔의 도플러 시프트를 측정하기 위해서, 그리고 측정된 도플러 시프트에 근거해서 유체 속도를 결정하기 위해서, 하나 이상의 리시버로부터 데이터를 수신하기 위한 지시; 및

(ii) 터빈 상에 장착되는 복수의 빔 소스로서, 상기 빔 소스로부터의 빔이 측정 지점에서 교차하도록 배열되는 상기 복수의 빔 소스를 조향하기 위한 제어 시스템에 대한 지시;

중 하나 이상을 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

**청구항 21**

청구항 20에 있어서,

유체 속도 측정을 수용하고, 터빈 구성요소를 제어하기 위한 계산을 실시하고 명령 신호를 제공하는 터빈 제어 시스템에 대한 지시

를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

**청구항 22**

청구항 20에 있어서,

예상값 및 측정값을 만들기 위한 계산을 행하고 유체 속도 측정 시스템의 출력을 분석하기 위한 지시

를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

**청구항 23**

삭제

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

삭제

**청구항 26**

삭제

**청구항 27**

삭제

**청구항 28**

삭제

**청구항 29**

삭제

**청구항 30**

삭제

**청구항 31**

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63



삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 개시는 터빈 유체 속도 장 측정에 관한 것으로, 구체적으로 유체 속도 장의 도플러 유속계 측정을 위한 새로운 시스템 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 터빈은 일반적으로 전기 발전인 유용한 일을 생성하기 위해서 유체 유동의 압력 하에서 이동하는 회전 요소를 포함한다. 유체는 가스 또는 액체 또는 다른 비-고체 상일 수도 있다. 터빈의 일 실시예는 윈드 터빈이다. 윈드 터빈이 본 개시에서 언급될 때, 관련된 유체는 공기이고, 그리고 윈드는 공기의 유동이다. 윈드 터빈은, 비록 다른 타입의 구성이 제안되었지만, 공통적으로 수평 축선 또는 수직 축선이다. 본 개시는 임의의 타입의 터빈에 적용될 수 있다.

[0003] 수평 축선 윈드 터빈은 당업자에게 잘 알려져 있다. 도플러 풍속측정 방법은 또한 당업자에게 잘 알려져 있다. LIDAR(라이더; Light Detection and Ranging) 도플러 풍속측정 시스템은 범위 게이트식(range gated), 펄스식 레이저 빔 또는 대안적으로 초점식(focused) 연속파(CW) 레이저 빔을 채용할 수도 있으며, 실질적으로 공동-위치되는 이미터 및 리시버 광학계를 전형적으로 채용하여 레이저 빔 방향을 따른 반경방향 속도 성분의 크기를 측정할 수도 있다.

[0004] 이미터 및 리시버가 반드시 실질적으로 공동-위치될 필요는 없고, 바이-스태틱(bi-static) 구성이 서로 실질적으로 변위된 이미터 및 리시버 광학계를 채용할 수도 있다는 점이 이해될 것이다.

[0005] 당업자는 수직 타워 위에 장착된 나셀 하우징을 포함하고, 허브에서 이 나셀에 부착된 로터 시스템에 의해서 구동되는 거의-수평인 축선 회전 샤프트를 수용하며, 허브로부터 공기역학적으로 구성된 복수의 블레이드가 돌출되는 수평 축선 윈드 터빈의 구성에 익숙할 것이다. 당업자는 거의-수평인 구동 트레인 축선으로부터 측방향으

로 방사되는 블레이드의 종방향 축 둘레로 상이한 각도를 통해서 블레이드를 피치(pitch) 또는 회전할 수도 있는 피치 제어 시스템에 대해서 또한 익숙할 것이다. 이러한 시스템이 저속 샤프트, 기어박스, 및 발전기를 구동하는 하나 이상의 고속 샤프트를 포함할 수도 있다는 점, 또는 대안적으로 이 시스템이 기어박스 및 고속 샤프트에 대한 필요성이 없는 직접 구동 타입의 것일 수도 있다는 점이 알려졌다. 대안적으로, 유압 구동 트레인 구성이 윈드 터빈 내에서 실시될 수도 있다는 점이 또한 알려졌다. 당업자는 나셀 하우징이 구동되어 수직 축선 둘레로 회전 또는 요잉(yawing)되어 로터 축선이 윈드 방향과 실질적으로 정렬될 수도 있고, 터빈이 윈드 안으로 대향하거나 또는 멀어지도록 구동될 수도 있는 구성과 익숙할 것이다. 상술된 모든 구동 트레인 타입이 풍속 및 풍향 측정값에 의존하는 제어 시스템을 사용하고, 현재 채용되고 있는 일반적 측정 방법이 윈드 터빈 나셀 상에 장착된 풍속계 기구 또는 윈드 베인(vane)을 사용하는 점이 이해될 것이다.

[0006] 수평 축선 윈드 터빈을 위한 현재의 나셀 장착식 도플러 풍속계 또는 LIDAR 시스템은 주어진 지점에서 단지 시선 풍속(radial line of sight wind velocity)을 샘플링한다. 그러나, 3차원 풍속 장 변화는 윈드 터빈의 작동에 대해 중요하다. 현재의 기술은 복수의 발산하는 빔의 사용에 의한 풍속 성분의 정보를 수집하나, 이는 입사하는 윈드 장에서 넓게 분리된 지점에서 상이한 속도 성분의 수집으로 귀결된다. 현재의 기술은 풍속 장이 실질적으로 평행하고 균일하다는 가정을 할 수도 있다. 윈드 장의 실질적 변화는 윈드 터빈 로터가 휩쓸고 간 영역을 가로질러 가능하다는 점이 잘 알려져 있기 때문에, 윈드 장의 균일성 또는 평균화의 이 가정은 정보 분해능의 악화로 이어지고, 가변 풍속 벡터 장의 상세한 측정의 가능성을 배제한다.

[0007] 시간-평균 기간 내 풍속 샘플의 평균에 의해서 나누어진 풍속 샘플의 표준 편차로 정의되는, 주어진 시간-평균 기간 내에 공간의 지점에서 난류 강도의 측정은 속도 성분이 의도된 측정 지점에서가 아니라 의도된 측정 지점에서 실질적으로 변위된 곳에서 샘플링 될 때 증가된 측정 에러가 발생될 것이다. 다음으로 표준 편차는 시간-평균 기간에 걸쳐서 뿐만 아니라 공간에서 연장되는 데이터 파퓰레이션(population)에 걸쳐서 계산된다. 전통적인 회전 컵 또는 초음파 풍속계가 실질적으로 공간의 일 지점에서의 데이터 수집을 관여시킨다는 점이 주의된다.

[0008] 다양한 측정 시스템은 US2012/0051907 (ROGERS); GB2477529 (VESTAS); EP1460266 (MITSUBISHI); WO2011/096928 (CATCH THE WIND); US2012/0274937 (HAYS); 및 US2013/0162974 (DAKIN)에서 제안되나; 이들은 모두 하나 이상의 단점으로부터 어려움을 겪는다.

[0009] 따라서, 신규한 유체 속도 측정 시스템은 유리할 것이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

**과제의 해결 수단**

[0010] 본 개의 제1 양태에 따르면, 측정 시스템에 있어서, 터빈 상에 장착되는 복수의 빔 소스로서, 상기 빔 소스로부터의 빔이 측정 지점에서 교차하도록 배열되는 상기 복수의 빔 소스; 반사된 또는 산란된 빔의 도플러 시프트(Doppler shift)를 측정하기 위한 하나 이상의 리시버; 상기 측정된 도플러 시프트에 근거해서 상기 측정 지점에서의 유체 속도를 결정하기 위한 프로세서를 포함하는 시스템이 제공된다.

[0011] 본 개의 제2 양태에 따르면, 측정 방법에 있어서, 터빈 상의 복수의 빔 소스로부터 빔을 방출하여 측정 지점에서 상기 빔 소스로부터의 빔이 교차하도록 하는 단계; 반사된 또는 산란된 빔의 도플러 시프트를 수신하는 단계; 및

[0012] 상기 측정된 도플러 시프트에 근거해서 상기 측정 지점에서의 유체 속도를 결정하는 단계를 포함하는 방법이 제공된다.

[0013] 다음 특징은 일반적으로 상기 시스템 또는 상기 방법 모두에 적용될 수도 있다. 장치 단위(integer)가 언급된다면, 이러한 특징을 제공하는 그리고/또는 사용하는 방법이 고려된다는 점이 이해된다. 같은 방식으로, 방법 단계가 언급되면, 이 방법 단계를 행할 수 있는 장치 단위 또는 이 방법 단계를 사용 중에 행하는 장치 단위가 고려된다는 점이 이해된다.

[0014] "지점"은 실제로는 연속파(CW) 레이저 빔의 경우 빔의 초점의 종방향 크기(extent), 또는 펄스식 범위 게이트

(pulsed, range gated) 레이저 시스템의 경우에 빔의 펄스 길이 및 범위 게이트 크기의 종방향 크기뿐만 아니라 빔의 측방향 사이즈 또는 확산에 의해서 정의되는 사이즈를 갖는 교차 영역일 것이다.

- [0015] 빔 소스는 전자기 방사, 입자 또는 에너지의 좁은 일방향 유동을 방출하는 임의의 것일 수도 있다.
- [0016] 속도는 3차원 양이고, 수평 및 수직 평면 모두에서 풍속은 측정될 수 있으며, 또는 실제로 3차원인 임의의 다른 기준 프레임에서 측정될 수 있다.
- [0017] 선택적으로, 상기 측정 지점은 상기 터빈을 구동하는 유체의 유동 방향에 대해서 상기 터빈의 상류이다.
- [0018] 선택적으로, 상기 유체에서 운반되는 입자의 속도와 유체 속도의 차이를 나타내는 임의의 알려진 통계적 관계를 고려하도록 측정된 도플러 속도에 보정 인자가 적용된다.
- [0019] 선택적으로, 상기 터빈은 윈드 터빈이다.
- [0020] 선택적으로, 상기 윈드 터빈은 수평 축선 윈드 터빈이다.
- [0021] 선택적으로, 하나 이상의 빔 소스는 나셀 하우징 상에 또는 나셀 하우징에 장착된다.
- [0022] 선택적으로, 하나 이상의 빔 소스는 상기 나셀 하우징으로부터 연장되는 고정된 프레임 상에 또는 프레임에 장착된다.
- [0023] 선택적으로, 나셀 요(yaw) 각도 및 타워/나셀의 굽힘(bending)이 빔 조향 정확성 목적을 위해서 그리고/또는 상기 리시버에 의해서 취해진 측정값을 캘리브레이션하기 위해서 고려된다.
- [0024] 선택적으로, 하나 이상의 빔 소스는 로터 허브 상에 또는 로터 허브에 장착된다.
- [0025] 선택적으로, 하나 이상의 빔 소스는 상기 로터 허브로부터 연장되는 고정된 프레임 상에 또는 프레임에 장착된다.
- [0026] 선택적으로, 상기 고정된 프레임은 상기 허브로부터 연장되고, 상기 블레이드 스템을 둘러싸는 슈라우드(shroud)를 포함한다.
- [0027] 상기 슈라우드는 원통형일 수도 있고, 내측 블레이드 스템에 대해서 제 위치에 슈라우드를 유지하는 하나 이상의 베어링을 포함하거나 하지 않을 수도 있으며, 상기 내측 블레이드 스템은 슈라우드 및/또는 베어링(들) 내에서 자유롭게 회전(피치(pitch))될 수도 있다.
- [0028] 선택적으로, 로터 회전 각이 빔 조향 정확성 목적을 위해서 고려된다.
- [0029] 선택적으로, 하나 이상의 빔 소스는 하나 이상의 로터 블레이드 상에 또는 로터 블레이드에 장착된다.
- [0030] 선택적으로, 상기 빔 소스는 스트랩, 볼트, 잠금 조인트, 자성 고정구 또는 결합체에 의해서 상기 블레이드에 장착된다.
- [0031] 다른 장착 방법이 바람직하다면 채용될 수도 있다는 점이 이해될 것이다.
- [0032] 선택적으로, 하나 이상의 빔 소스는 상기 하나 이상의 로터 블레이드로부터 연장되는 고정된 프레임 상에 또는 프레임에 장착된다.
- [0033] 선택적으로, 상기 윈드 터빈은, 제2 비-피칭 블레이드 연장부 상에 장착되는 제1 피칭부를 포함하는 로터 블레이드를 채용하고, 하나 이상의 빔 소스는 상기 로터 허브의 방사방향 크기보다 더 큰 메인 로터 축선으로부터의 반경에서 상기 제2 비-피칭 블레이드 연장부 상에 장착된다.
- [0034] 이것은 따라서 블레이드 피치에 의해서 영향을 받지 않는 로터 기반의 빔 소스의 베이스라인 분리를 증가시키는 반면, 블레이드는 고정된 연장 섹션을 넘어서 요구되는 바와 같이 피칭될 수도 있다.
- [0035] 선택적으로, 상기 로터 블레이드는 복수의 독립적으로 피칭되는 섹션을 포함한다.
- [0036] 선택적으로, 상기 로터 블레이드는 피칭되지 않는 내측 섹션을 포함한다.
- [0037] 선택적으로, 블레이드 피치 변화는 빔 조향 정확성 목적을 위해서 고려된다.
- [0038] 선택적으로, 복수의 공동-위치된 빔 소스 및 리시버 쌍이 제공된다.
- [0039] 선택적으로, 상기 시스템은 상기 터빈으로부터 이격된 하나 이상의 고정된 위치 빔 소스를 더 포함한다.

- [0040] 선택적으로, 빔 소스는 복수의 터빈에 제공되고, 이들의 빔은 상기 측정 지점에서 수렴되거나 교차되게끔 독립적으로 지향되도록 한다.
- [0041] 선택적으로, 상기 시스템은 무인 항공기(unmanned aerial vehicle)와 같은 원격 비이클(vehicle) 상에 위치한 하나 이상의 빔 소스를 더 포함한다.
- [0042] 선택적으로, 상기 시스템은 빔 소스를 위한 제어 시스템을 포함하며, 상기 제어 시스템은 상기 로터 블레이드, 나셀 또는 타워의 통과에 의해서 교차되지 않는 특정 위치에서 가장 잘 샘플을 제공하도록 하는 특정 빔을 선택하도록 구성되어, 중단되지 않은 측정을 허용하며, 대안적인 측정 위치를 향해서 동시에 채용될 수도 있도록 임의의 대안적 빔을 사용가능하게 한다.
- [0043] 선택적으로, 상기 빔 스캐닝 방법은 상기 터빈의 작동 상태에 따라서 변경될 수도 있으며, 상기 로터가 회전될 때 빔 스캐닝을 위해서 상기 로터 블레이드 회전의 채용 가능성을 허용하나, 상기 로터가 회전을 멈추었을 때 대안적인 측정 모드로 전환된다.
- [0044] 상기 로터는 매우 낮은 윈드에서 또는 상기 터빈이 관리보수 또는 셋다운 상태일 때 회전을 멈출 수도 있다.
- [0045] 선택적으로, 상기 시스템은 상기 측정 지점을 변경하도록 제어될 수 있는 빔 조향 수단을 포함한다.
- [0046] 선택적으로, 상기 시스템은 상기 개별 빔 조향 또는 편향 시스템에 필요한 신호를 제공하는 제어 시스템을 포함하며, 상기 신호는 소스의 상대 위치의 계산 및 센서 입력 지식, 구성요소 배향 및 정렬 정보, 지리적 상대 위치 및 속도, 로터 및 블레이드 피치 기준 프레임, 요(yaw) 각도, 로터 각도, 블레이드 피치 각도, 로터 속력, 풍속 및/또는 풍향 중 하나 이상에 근거한다.
- [0047] 선택적으로, 빔 소스 또는 빔 소스 윈도우는 윈드 터빈 나셀, 로터 허브, 블레이드 또는 다른 구성요소로부터 최소한으로 돌출되거나, 내에 볼딩되거나 내에 포함된다.
- [0048] 이것은 빔 소스가 윈드 터빈 구성요소의 공기역학에 최소한의 영향을 준다는 점을 의미한다.
- [0049] 선택적으로, 상기 빔 소스는 유체 속도 장의 공간적 변화 또는 특성을 나타내는 데이터 샘플을 제공하기 위해서 연속된 샘플링 또는 측정 지점에서 유체 속도 장을 측정하도록 구성된다.
- [0050] 선택적으로, 교차하는 빔을 채용하는 연속된 도플러 속도 측정은 공간적으로 그리고/또는 일시적으로 분리되고, 그리고 난류 강도 장, 수평 또는 수직 유체 경로변경(veer) 장, 수평 또는 수직 유체 전단(shear) 장, 기울기 각도 장, 수평, 측방향 또는 수직 유체 성분 장, 돌풍 또는 임의 다른 유체 속도 장의 관점에서 유체 속도의 특징을 설명하기 위해서 결합된다.
- [0051] 선택적으로, 상기 측정값은 유체 밀도 값을 유도하기 위해서 분석된다.
- [0052] 유체 밀도에 대한 측정 및 설명은 많은 가능한 적용을 가질 수 있다 - 유체 밀도는 초당 터빈 로터를 통과하는 유체의 질량을 지배하며, 이것은 초당 터빈을 통과하는 전체 운동 에너지, 즉 유체의 이용가능한 전체 파워와 관련된다; 도플러 측정 시스템은 유체 속도를 측정하나, 또한 유체 분자 또는 다른 입자로부터 반사되는 신호의 강도에 따른 유체 밀도를 측정할 수도 있다. 다음으로, 이 정보(유체 속도 장, 터빈의 전류 및 전압 변압기로부터의 측정된 파워와 결합된 밀도 장)는 터빈 파워 효율, 그리고 특히 윈드 터빈에 대해서는 공기역학적 양력/항력/토크 예측을 제공할 수도 있다. 밀도 측정은 난류 강도 장, 유동 경사 장 및 다른 파라미터를 측정하기 위해서 유용할 수 있다.
- [0053] 선택적으로, 연속적인 속도 측정값은 유체 가속도 측정값, 또는 유체 내에서 작동하는 터빈의 제어 시스템에 의해서 채용될 유체 가속도 장의 측정을 허용하는 벡터 변위의 더 높은 차수의 시간 도함수를 생성하기 위해서 채용된다.
- [0054] 선택적으로, 상기 측정 지점은 상기 터빈 로터 평면으로부터 적어도 최소 거리만큼 이격되며, 상기 최소 거리는 터빈 작동 시스템이 터빈 구성요소를 주어진 양만큼 이동하는 데 걸리는 시간의 양에 기초하여 결정되고; 상기 최소 거리는 상기 측정된 유체 속도에 기초하여 동적으로 조정된다.
- [0055] 선택적으로, 수집된 정보는 향상된 또는 악화된 성능의 조건을 식별하기 위해서 유체 내 또는 유체 상에서 작동하는 터빈 또는 장치에 대한 진단적 분석을 위해 사용된다.
- [0056] 선택적으로, 터빈 구성요소의 조건에서의 변화를 식별하는 것을 돕기 위해서 또는 비정상 유체 조건 때문에 발생하는 조건 모니터링 신호와 변경된 구성요소 조건 때문에 발생하는 조건 모니터링 신호 사이를 구별하기 위해

서 유체 유속계가 조건 모니터링 장치와 같은 다른 기구와 조합되어 사용된다.

- [0057] 선택적으로, 대안적인 유체 속력 또는 유체 방향 측정을 제공하여 상기 터빈 상에 장착된 기구에 의해 만들어진 국부적 유체 속력 또는 국부적 유체 방향 측정값을 대체하거나, 대신하거나 또는 증가시키기 위해서 유속계 데이터가 터빈 제어 시스템에 제공된다.
- [0058] 국부적 유체 속력 또는 유체 방향 측정은 예를 들어 풍속계, 윈드 베인 또는 윈드 터빈의 나셀 상에 장착된 다른 구성요소를 포함할 수도 있다.
- [0059] 선택적으로, 상기 터빈은 윈드 터빈이고, 그리고 제어 시스템은 윈드 터빈 작동 데이터, 파워 성능 데이터, 윈드 조건 데이터, 노이즈 데이터, 조건 모니터링 데이터, 진동 데이터, 블레이드 굽힘 모멘트 데이터 또는 타워 굽힘 모멘트 데이터 중 하나 이상을 수집하는 추가적인 센서로부터의 입력과 유속계 데이터를 결합하도록 구성된다.
- [0060] 이것은 윈드 터빈의 제어를 향상시킬 수 있고, 또는 향상된 안전, 파워 성능, 에너지 산출, 출력, 노이즈 제어, 구성요소 일체성, 시스템 일체성, 구성요소 수명 또는 시스템 수명 때문에 향상된 윈드 터빈 구성에 제공되고 알려질 수 있다.
- [0061] 선택적으로, 상기 제어 시스템은 변경된 터빈 제어 파라미터를 계산하고 작동시키기 위해서 이용가능한 데이터를 채용한다.
- [0062] 이 터빈 제어 파라미터는 예를 들어 집합적 또는 독립적 블레이드 피치 세팅 또는 나셀 요 각도를 포함할 수도 있다. 수백 개의 가능한 터빈 제어 파라미터 및 변경될 수도 있는 제어 세팅이 있다.
- [0063] 선택적으로, 공간 또는 시간적으로 분리된 도플러 구성요소 측정 사이를 구별하기 위해서 복수의 빔 소스는 변경되는 주파수, 펄스 반복 주파수로 또는 상이한 편광 특성으로 송신한다.
- [0064] 선택적으로, 주어진 빔 주파수 또는 펄스 반복 주파수는 시간적으로 처프(chirp)되거나 또는 달리 변경되어 검출된 도플러 복귀신호가 차별화될 수도 있다.
- [0065] 선택적으로, 유속계 데이터는 윈드 장 맵핑을 제공하기 위해서 채용되고, 상기 윈드 장 맵핑은 그리드 관리 목적으로, 또는 에너지 저장 제어 목적으로 윈드 팜의 출력을 예측하기 위해서, 또는 열병합발전(co-generation) 관리를 위해서 사용될 수 있어, 윈드 팜 출력이 다른 발전기의 출력과 결합되며, 하나의 가능한 목적은 전기 그리드 관리 또는 에너지 거래 목적을 위해서 정확한 전력 예측/예상을 제공하는 것이다.
- [0066] 선택적으로, 윈드 터빈 로터 샤프트가 유압 펌프 또는 압축기를 구동하는 경우에, 윈드 펌프를 위해서 윈드 장 맵핑을 제공하도록 유속계 데이터가 채용된다.
- [0067] 선택적으로, 상기 터빈은 환형, 원통형, 원뿔형 또는 깔때기 형상 하우징 내에 수용된다.
- [0068] 선택적으로, 상기 하우징 또는 그 장착 구조체는 하나 이상의 빔 소스를 포함한다.
- [0069] 선택적으로, 상기 시스템은 상기 터빈 상에 장착된 캘리브레이션 센서를 포함하며, 상기 빔 소스는 테스트 목적으로 상기 캘리브레이션 센서에 조준되게끔 선택적으로 지향되거나 조향되도록 구성되어, 상기 빔이 상기 센서의 위치를 향해서 성공적으로 지향되는 것을 확인하도록 하여, 상기 빔 조향 기능이 일반적으로 정확하게 기능하는 증거를 제공한다.
- [0070] 선택적으로, 상기 시스템은 추가적인 예비적 빔 소스를 포함하며, 이 빔 소스는 상기 유체 속도 측정을 위해서 필요하지 않고, 이 빔 소스의 빔이 적어도 3 개의 다른 빔 소스로부터 발산되는 빔들과 교차하도록 지향되고; 상기 적어도 3 개의 다른 빔 소스로부터의 속도 측정값이 추가적인 (예비적) 도플러 측정값으로 상기 추가적인 예비적 빔의 방향으로 측정된 속도 벡터 성분을 계산함으로써 캘리브레이션을 위해서 사용된다.
- [0071] 선택적으로, 상기 결정된 상대 풍속 벡터에 근거하여 개별 윈드 터빈 블레이드를 따른 상이한 지점에서 물리적 양을 예상 또는 예측하는 수단을 포함한다.
- [0072] 선택적으로, 상기 물리적 양은 블레이드를 따른 길이의 함수로서 공기역학적 받음각, 블레이드를 따른 길이의 함수로서 양력 또는 항력 계수, 상기 블레이드를 따른 상이한 위치에서의 단위 길이당 토크 중 하나 이상을 포함한다.
- [0073] 선택적으로, 상기 물리적 양을 예측 또는 예상하는 수단은 상기 블레이드 형상 프로파일 및 블레이드 센서 데이



타 또는 블레이드 구성요소 데이터를 고려하여 예상 또는 예측을 행한다.

- [0074] 선택적으로, 상기 블레이드 센서 데이터는 블레이드 형상 변형 센서 데이터를 포함한다.
- [0075] 선택적으로, 상기 블레이드 구성요소 데이터는 블레이드 플랩 액추에터 데이터를 포함한다.
- [0076] 플랩 액추에터 데이터는 플랩 각도 요구 (프랩 제어 시스템에 의해서 채용되는 또는 이 시스템에 전송되는 신호 또는 값) 또는 다른 데이터를 포함할 수도 있다.
- [0077] 이 예측된 또는 예상된 물리적 스트레스는 파워 성능을 향상시키는 것을 포함하는 목적을 위해서, 또는 부하를 감소시키기 위해서, 또는 시스템 수명을 증가시키기 위해서, 또는 관리보수 비용을 감소시키기 위해서, 또는 더욱 향상된 시스템 구성을 알리기 위해서 사용될 수도 있다.
- [0078] 선택적으로, 활성 블레이드 표면, 블레이드 플랩 또는 블레이드 피치 제어 장치는 예측된 물리적 스트레스에 따라서 조절된다.
- [0079] 선택적으로, 상기 예측된 물리적 스트레스는 조건 모니터링 시스템과 결합되거나 또는 함께 사용된다.
- [0080] 선택적으로, 상기 터빈은 윈드 터빈이고, 로터 평균 풍속은 상기 로터 영역 주위에서 수집된 풍속 샘플의 조합에 따라서 측정된다.
- [0081] 상기 샘플은 원하는 바에 따라 상이한 가중치를 부여받을 수도 있다. 이 로터 평균 기술은 성능 모니터링, 성능 보장 계약 구성 또는 청구, 또는 다른 목적을 위해서 더욱 의미있는 터빈 파워 곡선 측정을 허용한다.
- [0082] 선택적으로, 상기 터빈은 윈드 터빈이고, 상기 풍속 측정값은 상기 윈드 터빈 경사 또는 틸트(tilt) 제어를 변경하기 위해서 사용된다.
- [0083] 선택적으로, 상기 윈드 터빈 축선 배향은 타워에 대한 블레이드의 충돌 위험을 피하기 위해서 바람직하게는 안전 마진 내에서 비-수평 풍속의 변경을 초래하도록 조정될 수도 있다.
- [0084] 선택적으로, 로터 허브는 윈드 조건에 맞추기 위해서 더 큰 로터 축선 틸트 변화를 허용하도록 실질적으로 수평인 축선 윈드 터빈 타워로부터 앞으로 이동될 수도 있다.
- [0085] 선택적으로, 균형추가 상기 이동하는 로터 허브의 균형을 잡기 위해서 상기 나셀의 후방에 제공된다.
- [0086] 선택적으로, 상기 윈드 터빈은 수직 축선 윈드 터빈이다.
- [0087] 수직 축선 윈드 터빈은 또한 나선형 구조 또는 수직방향으로 장착된 에어포일을 포함하는 다양한 타입의 블레이드를 가질 수 있으나 이에 한정되지 않는다. 빔 소스는 이러한 블레이드 상에 또는 블레이드에 그리고/또는 로터의 상부 그리고/또는 고정된 베이스 또는 그밖의 다른 위치 상에 장착될 수도 있다. 이러한 빔은 회전 각도에 따라서 종종 서로 교차하도록 구성될 수도 있거나, 하나 이상의 빔이 교차하도록 조향가능할 수도 있다.
- [0088] 선택적으로, 상기 터빈은 유압 터빈, 조수(tidal) 터빈 또는 가스 터빈이다.
- [0089] 선택적으로, 상기 빔 소스 및 리시버는 LIDAR 빔 소스 및 리시버를 포함한다.
- [0090] 선택적으로, 상기 빔 소스 및 리시버는 RADAR 빔 소스 및 리시버를 포함한다.
- [0091] 선택적으로, 상기 빔 소스 및 리시버는 SODAR 빔 소스 및 리시버를 포함한다.
- [0092] 선택적으로, 상기 빔 소스 및 리시버는 SONAR 빔 소스 및 리시버를 포함한다.
- [0093] 선택적으로, 과거 작동 데이터에 따라 터빈 제어 시스템의 작동 또는 터빈을 조절할 수 있는 머신 러닝(machine learning) 구성요소를 포함한다.
- [0094] 이 머신 러닝 구성요소에 의하면, 터빈은 그 작동 파라미터를 입력(log)하고 과거(historical) 데이터로부터 배울 수 있다. 터빈은 터빈 자신의 작동 이력으로부터 그리고 터빈 자신의 효율 측정으로부터 배워 적합하게 된 파워 출력 예측을 제공할 수 있거나, 또는 바람직한 파워 프로파일 또는 출력을 유지하도록 주어진 윈드 장에 대응해서 터빈이 자신을 어떻게 조절하여야 하는지 알려 줄 수 있다.
- [0095] 본 개시의 제3 양태에 따르면, 제1 양태 및 제2 양태를 실시하기 위한 컴퓨터 프로그램 제품이 제공된다. 상기 컴퓨터 프로그램 제품은 다음 중 하나 이상을 포함할 수도 있다:
- [0096] 상기 빔 소스를 조향하기 위한 제어 시스템에 대한 지시를 포함하는 제품;

- [0097] 상기 유속계 측정으로부터의 입력을 수용하고, 터빈 구성요소를 제어하기 위한 계산을 실시하고 명령 신호를 제공하도록 본 개시의 교시에 따라 제공되거나 또는 변경된 터빈 제어 시스템에 대한 지시를 포함하는 제품; 또는
- [0098] 여기서 교시되는 바와 같이 유속계 측정 시스템의 출력을 분석하고 예상값 및 측정값을 만들기 위한 다양한 계산을 행하기 위한 지시를 포함하는 제품.
- [0099] 컴퓨터 프로그램 제품은 컴퓨터-판독가능한 미디어 상에 하나 이상의 지시 또는 코드로서 저장되거나 송신될 수도 있다. 컴퓨터-판독가능한 미디어는 컴퓨터 프로그램의 일 개소로부터 다른 개소로의 전송을 용이하게 하는 임의의 미디어를 포함하는 컴퓨터 저장 미디어 및 통신 미디어 모두를 포함한다. 저장 미디어는 컴퓨터에 의해서 액세스될 수 있는 임의의 이용가능한 미디어일 수도 있다. 예로서, 이러한 컴퓨터-판독가능한 미디어는 RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM 또는 다른 광학 디스크 스토리지, 자성 디스크 스토리지 또는 자성 스토리지 장치, 또는 지시 또는 데이터 스트럭처의 형태로 원하는 프로그램 코드를 운반 또는 저장하기 위해서 사용될 수 있는 그리고 컴퓨터에 의해서 액세스될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다. 또한, 임의의 커넥션은 엄밀한 의미에서 컴퓨터-판독가능한 미디어로 불린다. 예를 들어, 만약 소프트웨어가 동축 케이블, 광섬유 케이블, 트위스트 페어, 디지털 가입자 선(DSL), 또는 적외선, 라디오, 및 마이크로웨이브와 같은 무선 기술을 이용하여 웹 사이트, 서버, 또는 다른 원거리 소스로부터 송신된다면, 동축 케이블, 광섬유 케이블, 트위스트 페어, 디지털 가입자 선(DSL), 또는 적외선, 라디오, 및 마이크로웨이브와 같은 무선 기술은 미디어의 정의에 포함된다. 디스크(disk 및 disc)는 여기서 사용될 때, 콤팩트 디스크(CD), 레이저 디스크, 광학 디스크, 디지털 다기능 디스크(DVD), 플로피 디스크 및 블루레이 디스크를 포함하며, 여기서, 디스크(disk)는 일반적으로 자기적으로 데이터를 재생하는 한편, 디스크(disc)는 레이저로 광학적으로 데이터를 재생한다. 상기의 조합은 또한 컴퓨터-판독가능한 미디어의 범위 내에 포함되어야 한다. 컴퓨터 프로그램 제품의 컴퓨터-판독가능한 미디어와 관련된 지시 또는 코드는 컴퓨터에 의해서, 예를 들어, 하나 이상의 디지털 신호 프로세서(DSPs), 일반적 목적(general processor) 마이크로프로세서, ASICs, FPGAs, 또는 다른 균등한 집적 또는 이산(discrete) 로직 회로와 같은 하나 이상의 프로세서에 의해서 실행될 수도 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0100] 도 1은 전형적인 수평 축선 윈드 터빈을 도시한다.
- 도 2는 수렴성 빔 소스가 나셀 상에 장착된 상태의 전면도를 도시한다.
- 도 3은 수렴성 빔 소스가 허브에 장착된 상태의 전면도를 도시한다.
- 도 4는 허브와 블레이드 사이의 비-피칭 연장 편 상에 장착된 수렴성 빔 소스를 도시한다.
- 도 5는 입사 윈드 장을 샘플링하는 일련의 측정 지점과 함께, 피칭하는 블레이드 자체 내의 수렴성 빔 소스를 도시한다.
- 도 6은 수렴성 빔 소스로 원형 궤적을 스캔하도록 채용된 로터의 회전을 도시한다.
- 도 7은 로터 블레이드에 곧 부딪히는 풍속을 포함하는 상이한 위치에서 동시에 측정하는 복수의 수렴성 도플러 빔 세트의 사용뿐만 아니라 직교하는 풍속 성분의 직접 도플러 유속계 측정을 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0101] 신규한 센서 구성은 그 구성이 공간의 하나 이상의 지점에서 3차원 풍속 샘플링을 가능하게 하는 경우 유리할 것이며, 이것은 공간적으로 분리된 소스로부터의 빔의 교차 또는 수렴을 통해서 달성될 수 있다.
- [0102] 리시버는 반사된 또는 산란된 빔의 도플러 시프트를 측정하고, 프로세서는 빔이 수렴하는 측정 지점에서의 유체 속도를 측정된 도플러 시프트에 근거하여 결정한다. 빔 소스는 도플러 측정 시스템의 부분으로서 사용되는 경우 "도플러 빔 소스"로 지칭될 수도 있다.
- [0103] 유체 속도 측정은 터빈 상에 장착되는 빔 소스에 의해서 행해질 수 있다. 바람직하게는, 빔 소스는 유체 유동의 변경되는 방향을 고려하여 빔 소스의 위치를 조정할 수 있는 터빈의 구성요소 부분에 장착된다. 이것은 빔 소스가 자연스럽게 유체 유동 축선을 따라서 지향하려(터빈의 상류 또는 하류 중 어느 하나) 하기 때문에 유리하다.
- [0104] 수평 축선 윈드 터빈(HAWT)의 예시에서, 빔 소스는, 예를 들어 나셀, 로터 허브 또는 터빈 블레이드(들) 상에; 또는 다른 곳에서 설명되는 바와 같이 관련된 프레임 또는 연장 구성요소 상에 장착될 수도 있다.

- [0105] 예를 들어, HAWT 나셀 또는 로터 허브는 실질적으로 윈드 안으로 지향되도록 전형적으로 (한 세트의 요(yaw) 모터에 의해서) 제어되고, 그래서 만약 모든 빔 소스가 이 구성요소 상에 있다면, HAWT (지지) 타워가 빔 소스, 리시버 또는 트랜시버로부터 가능한 측정 지점을 가리는 상황이 용이하게 방지될 수 있다.
- [0106] 로터의 기준 프레임에 빔 소스 및 리시버를 채용하는 다른 장점이 있을 수 있으며, 그 근거는, 이것이 블레이드의 기준 프레임이고, 로터의 기준 프레임 안에서 행해지는 측정이 주어진 임의의 블레이드 섹션에 대한 풍속의 "직접적 측정"을 제공한다는 점을 의미한다는 것이다. 이 상대 속도는 블레이드 요소의 양력 계수 및 항력 계수를 지배하는 받음각 및 상대 풍속(relative wind speed)을 결정한다.
- [0107] 스캐닝 기술을 이용함으로써, 로터 허브의 회전하는 기준 프레임 내에서 또는 이것 없이, 동시에 수렴하는 빔을 순차적으로 채용하여 하나 이상의 지점에서 3 차원 풍속을 샘플링하는 것이 가능하며, 여기서 빔 소스는 모두 윈드 터빈 나셀, 로터 허브 또는 블레이드 상에 기반되나, 이 빔 소스가 서로 실질적으로 분리되어 있다.
- [0108] 도플러 빔 소스의 분리는 3 개의 수직 속도 성분으로 적절하게 분해하기 위해서 중요하다. 3 개의 상호 비평행인 빔이 3차원 벡터를 특정하기 위한 단위(basis)를 형성하기에 충분하다는 점이 이해될 것이다.
- [0109] 따라서, 물체의 방사방향 속도의 3 개의 비-평행 도플러 측정이 물체의 3차원 속도를 특정하기 위해서 결합될 수도 있다. 따라서 빔 교차 지점에서 3개의 비-평행 도플러 측정은, 이 측정 지점에서 풍속을 표시하기 위해서 취해질 수도 있는 에어로졸(aerosol) 또는 다른 입자 속도의 3-차원 속도 측정을 제공하며, 에어로졸 또는 다른 입자는 윈드에 의해서 국부적 풍속으로 또는 이에 가깝게 운반된다.
- [0110] 윈드 터빈 나셀, 로터 허브 또는 로터 블레이드 상에 빔 소스를 채용하는 것은 윈드 터빈 나셀 및 로터 조립체가 그러는 것처럼 빔 소스가 수직 축선 둘레로 요잉 또는 회전하여 일반적으로 윈드 안으로 대향한다는 것을 의미한다. 이것은 터빈 및 이것의 블레이드 앞의 입사 풍속 벡터장의 3차원 측정 또는 샘플링을 가능하게 한다.
- [0111] 유사하게 빔 소스는 윈드 터빈의 뒤 하나 이상의 지점에서, 이것의 웨이크(wake) 내 지점에서, 또는 실제로 윈드 터빈에 대해 상대적으로 선택된 임의의 위치에서 측정하도록 채용될 수 있다.
- [0112] 로터 허브, 허브 또는 블레이드의 방사방향 연장부, 블레이드 자체, 또는 관련된 프레임 상의 지점으로부터 원하는 3 개의 직교 빔을 채용하여 교차 지점이 터빈 앞의 어떤 고정된 범위의 로터 회전 축선 상의 지점에 놓이도록 하는 것이 가능할 수도 있다. 이 배열은 직교 풍속 벡터의 직접적 측정을 가능하게 하고, 주시 빔(staring beam)으로 달성될 수 있으며, 빔의 조향(steering)에 대한 필요가 없다. 이러한 빔이 직교하게끔 교차 되도록 하는 범위는 로터 직경의 정도에 의해서 한정될 수도 있다. 더 큰 범위에서의 측정은 또한 로터의 기준 프레임 내의 고정된 위치에 있는 주시 교차 빔으로 얻어질 수도 있으며, 여기서 빔은 90도 미만의 예각으로 수렴된다.
- [0113] 윈드 터빈 제어 시스템 및 제어 원리는 정확한 입사 풍속 및 입사 풍향 측정 입력을 요구한다. 그러나, 풍속 및 풍향 측정은 전형적으로 나셀에 장착된 윈드 베인(wind vane), 컵 풍속계 또는 초음파 풍속계에 의해서 제공된다. 보정 인자 또는 전달 함수 파라미터가 나셀 측정값을 맞바람(upwind) 측정 근사값으로 변환하기 위해서 사용된다.
- [0114] 나셀 상의, 로터 뒤, 그리고 두부파(bow wave) 및 웨이크 효과를 포함하는 나셀 주위의 윈드 유동 스트림라인을 받는 이러한 기구의 위치는 맞바람 양의 예측에 오류를 유발한다. 따라서, 측정 정확성을 향상시키기 위해 수렴하는 빔을 채용하는 나셀 LIDAR 시스템의 추가적 장점은 맞바람 양의 더욱 정확한 직접적 측정을 제공하여, 윈드 터빈 제어 원리에 대한 더욱 정확한 고수(adherence) 를 가능하게 한다.
- [0115] 부정확한 풍향 측정에 의한 윈드 터빈 요(yaw) 정렬불량은 상당한 전력 손실을 유발할 수 있다. 따라서, 수렴 빔을 채용하는 더욱 정확한 나셀 장착식 LIDAR에 의해서 제공되는 향상된 풍향 데이터는 풍향과의 향상된 요 정렬을 제공함으로써 윈드 터빈 출력을 향상시킬 수 있다.
- [0116] 나셀 장착식 LIDAR는 터빈의 맞바람 쪽으로 행해진 측정을 통해서 윈드 터빈 및 로터에 입사하는 미래 윈드 조건의 설명을 가능하게 한다. 수렴 빔의 사용에 의한 더욱 정확한 나셀 LIDAR 측정값은 미래 윈드 조건의 더욱 효과적인 평가를 가능하게 할 수 있어, 가능성 있는 제어 시스템의 반응의 효과를 향상시킬 수 있다.
- [0117] 돌풍 또는 극한 윈드 쉬어(wind shear) 이벤트와 같은 극한 윈드 조건에 대한 선(advance) 지식은 윈드 터빈 제어 시스템이 윈드 터빈 구성요소에 대해 높아진 관련된 부하를 피하기 위해서 제어 파라미터를 조정하도록 한다. 따라서, 수렴하는 빔을 채용하는 더욱 정확한 나셀 장착식 LIDAR는 더욱 효과적인 윈드 터빈 부하 제어를



가능하게 한다.

- [0118] 입사 윈드 조건의 선 지식은 예측적 집합 또는 독립 피치 제어에 의해서 채용될 수도 있다. 따라서, 수렴하는 빔을 채용하는 더욱 정확한 나셀 장착식 LIDAR는 더욱 효과적인 피치 제어를 가능하게 한다.
- [0119] 윈드 필드 내의 특정 지점에서 3차원 풍속 성분으로 분해하기 위해서 적어도 3개의 빔을 교차시키는 것이 필요하다. 3개를 초과하는 빔은 동시적인 다중 측정을 허용하기 위해서 제공될 수도 있다. 달리 말하면, 복수의 측정 지점이 임의의 한 순간에 측정될 수도 있다.
- [0120] 만약 빔이 거의 평행하다면, 이는 본질적으로 동일한 시선 속도(radial line of sight velocity) 성분을 측정하고, 측정방향 속도 성분에 대한 지식은 거의 또는 전혀 얻어지지 않는다. 따라서, 빔이 빔들 사이에서 큰 각도를 갖고, 공간의 주어진 측정 지점에서 수렴 또는 교차하는 것이 바람직하며, 이는 적절한 빔 방향 제어와 함께 이들 각각의 빔 소스 사이의 큰 공간적 변위에 의해서 달성될 수 있다.
- [0121] 본 개시는 윈드 터빈이 윈드 안으로 대향하도록 제어될 때 수직 축선 둘레로 요잉 또는 회전되는 이러한 수평 축선 윈드 터빈 구성요소 내에 또는 상에 장착되는 빔 소스로부터 방출되는 복수의 빔을 포함한다.
- [0122] 이러한 구성요소는 윈드 터빈 나셀, 로터 허브 또는 로터 블레이드를 포함한다. 빔 소스는 다른 하나로부터 실질적으로 변위되어 있고, 그리고 빔은 측정 지점에서 교차하거나 또는 수렴하도록 측정 지점을 향해서 조준되어, 측정 지점에서 3차원 풍속을 재구성하기 위해서 적어도 3개의 비-평행 축선을 따른 방사방향 도플러 유속측정(radial Doppler velocimetry)을 가능하게 한다. 각각의 빔 측정 범위는 포커싱 광학의 사용에 의해서 또는 범위 게이트 타이밍(range gate timing)의 사용에 의해서 독립적으로 제어될 수도 있다.
- [0123] 바람직하게는 빔 소스는 레이저이다. 각각의 빔 소스는 측정 지점에서 빔 축선을 따른 방사방향 속도 측정을 허용하는 수신기-검출기 시스템과 공동-위치될 수도 있다.
- [0124] 빔 소스는 복수의 상이한 타입의 것일 수도 있다. 일 실시형태에서, 도핑된 광 섬유 레이저가 채용될 수도 있다. 이것은 인간 눈에 대해서 안전한 것으로 고려되는 파장과 파워로 작동되도록 선택될 수도 있다. 그러나, 반도체 레이저, 펌핑식 광학 공동(pumped optical cavity) 레이저, 미러, 렌즈 등을 포함하는 다른 타입의 레이저 및 광학기구가 채용될 수도 있다는 점이 이해된다.
- [0125] 레이저 소스는 하나 이상의 레이저 빔 망원경과 공동-위치될 수도 있다는 점이 이해될 것이다. 예를 들어, 윈드 터빈 베이스로부터 또는 나셀을 통해서 윈드 터빈 로터 허브까지 그리고 또한 윈드 터빈 블레이드 안으로 광섬유 또는 미러 시스템을 거쳐서 레이저 빔을 송신하고 그리고/또는 증폭하는 것이 가능할 것이다. 구성요소, 예를 들어 광학 슬립 링(optical slip ring) 또는 다른 것이 만약 필요하다면 시스템에 채용될 수도 있다. 따라서, 레이저 빔은 베이스/전이부, 타워, 나셀, 로터 허브, 로터 블레이드, 등과 같은 윈드 터빈 서브구성요소(subcomponent) 상의 또는 내의 임의의 요구되는 위치에서 망원경 또는 광학 윈도우로부터 지향되거나 송신될 수도 있다.
- [0126] 레이저 소스로부터의 복사(radiation)는 반사된 빔과 혼합될 수 있거나 간섭될 수 있는 알려진 주파수의 광학적 기준을 제공하기 위해서 복제되거나 또는 분리될 수도 있다. 반사된 빔은 윈드와 동일한 속도로 이동하는 것으로 여겨지는 공기 내의 입자, 에어로졸 또는 분자로부터 반사된다. 기준 주파수와 반사된 빔 주파수의 혼합 또는 간섭은 주파수의 도플러 시프트가 측정될 수 있도록 한다. 또한, 기준 주파수 또는 반사된 주파수는 혼합 전에 알려진 양 만큼 시프트될 수도 있다. 주파수에서 도플러 시프트는 반사하는 입자, 에어로졸 또는 분자의 상대적 속도를 나타낸다. 이 원리는 주어진 도플러 빔 측정 시선을 따른 풍속 성분을 유도하기 위해서 사용된다.
- [0127] 윈드 상에서 운반되는 이러한 입자, 에어로졸 또는 분자의 속도와 풍속의 차이를 나타내는 측정된 또는 알려진 통계적 관계가 있다면, 대응하는 보정 인자가 측정값을 실제 풍속을 향하도록 보정하기 위해서 측정된 도플러 속도에 적용될 수도 있다. 유사한 기술이 액체 또는 다른 유체에서 작동되는 터빈에 대해서 채용될 수도 있다.
- [0128] 이 개시의 신규성은 나셀 또는 로터 장착식 빔 소스가 측정 지점에서 수렴하도록 하면서 풍속 벡터의 독립적 구성요소의 공동-위치된 측정을 허용하는 반면, 기존의 나셀 장착식 LIDAR 도플러 유속계 방식은 공간의 상이한 지점에서 독립적인 풍속 성분을 센싱하거나, 또는 단순히 단일 빔을 이용하여 방사방향 풍속 성분만에 대해서 데이터를 수집하는 발산 빔을 채용한다는 사실에 놓여있다.
- [0129] 나셀 또는 로터 상의 빔 소스로부터의 수렴성 빔을 채용하는 장점은 정확한 3차원 풍속 샘플이 윈드 터빈 로터의 맞바람에서 터빈의 요 위치에 관계없이 측정될 수 있다는 것이다.

- [0130] "지점"은 실제로는 빔의 사이즈 또는 초점에 의해서 획정된 사이즈를 갖는 교차 영역일 것이다. 연속파(CW) 레이저 시스템에 대해서, 조절가능한 포커스 시스템이 주어진 포커스 범위에서 도플러 측정을 행하기 위해서 주로 채용될 수도 있거나; 또는 펄스 레이저 시스템이 사용되는 경우에, 펄스 길이 및 타이밍 게이트 분해능(timing gate resolution)은 도플러 측정이 연속된 상이한 범위에서 (측정 범위로 그리고 이로부터 되돌아 오는 빛의 속도에 따른 연속된 타이밍 게이트에 대해서) 행해질 수 있는 범위-분해능을 결정할 것이다.
- [0131] 공기에서, 주로 펄스 시스템은 긴 범위(예를 들어 50m 내지 몇 킬로미터)에 대해서 채용될 수도 있는 반면, CW 시스템은 CW 시스템의 범위 분해능이 1 미터 이하 정도의 낮은 범위에 매우 우수할 수 있기 때문에 짧은 범위(예를 들어 100m 미만)에 대해서 더욱 우수하게 채용될 수도 있고, 한편 전형적인 펄스 시스템은 아마도 대략 10 미터의 범위 분해능을 가질 것이다.
- [0132] 이것은 CW 시스템이 신속한 피치 조정을 위해서 또는 제어가능한 블레이드 플랩과 같은 활성 표면 제어에 제공되기 위해서 사용될 정확한 측정값에 있어서 근거리에 대해서 매우 양호할 수 있다는 점을 의미한다.
- [0133] 이 고려는 레이저 파장 및/또는 펄스 또는 범위 게이트 파장에 의존된다. 우리는 "눈이 안전한" 주로 약 1.5 내지 2 마이크로미터 파장에 관해서 이야기하고 있다.
- [0134] 본 개시의 일 실시형태에서 도플러 빔은 주의깊게 조향되어 다양한 선택된 측정 지점에서 교차되도록 될 수도 있다. 이것은 매 측정 지점마다 조향 시스템/빔 스캐닝 시스템의 주의 깊은 체류 시간(dwell time)을 가지거나 없을 수도 있다. 연속적인 측정을 통해서, 이것은 윈드 터빈 로터 허브 센터로부터 상이한 상대적 맞바람 범위, 높이 및 측방향 변위에서 변하는 풍속 장의 샘플링을 허용한다. 이 측정 정보는 윈드 터빈 제어 원리에 대한 향상된 고수, 향상된 윈드 터빈 성능 모니터링, 향상된 요 제어, 선행 또는 예측 제어 뿐만 아니라 입사하는 풍속 장 내에서 극한 이벤트에 대항하는 로드 관리 또는 보호를 포함하는 이유 때문에 윈드 터빈 제어 시스템에 제공되기 위해서 사용될 수도 있다.
- [0135] 본 개시의 다른 실시예에서, 로터 허브에 대해서 하나 이상의 고정된 빔은 로터가 회전하고 그리고 이러한 빔이 나셀/타워/베이스, 또는 다른 곳에 또는 상에 장착된 망원경으로부터 발산되는 고정된 또는 스캐닝하는 빔에 의해서 교차될 때 하나 이상의 콘을 스위프 아웃(sweep out)한다. 예를 들어, 만약 로터가 단지 6 rpm (매 10 초당 1 회전)으로 천천히 회전하고 있으면, 로터 허브에 대해서 고정된 10 개의 독립적 빔 중 하나는 매 2 초에 한번씩 훑쓸고 가는 콘 상의 임의의 주어진 지점과 교차하도록 구성되어 1Hz의 측정 주파수를 줄 수도 있다. 추가적인 고정된 또는 스캐닝하는 빔이 동일한 지점과 교차하는 경우에, 그 측정 지점에서 3차원 풍속 벡터를 재구성하는 것이 가능할 것이다.
- [0136] 빔 스캐닝 수단은 예를 들어 광학 윈도우를 갖는 회전하는 터릿(turret)을 채용할 수도 있으며, 여기서 빔이 하나 이상의 회전하는 그리고/또는 고정된 거울 시스템에 의해서 그리고/또는 하나 이상의 회전하는 그리고/또는 고정된 프리즘/렌즈에 의해서 스캐닝된다. 그러나, 다른 빔 조향 방법이 채용될 수도 있다는 점이 이해될 것이다.
- [0137] 측정 장을 가로질러 선택된 일 세트의 지점에서 수집될 일련의 측정 샘플을 위해서 배열함으로써 윈드 장의 3차원 맵을 측정할 수 있다. 바람직한 실시형태에 있어서, 나셀 및/또는 허브 및/또는 로터 블레이드로부터 발산되는 3 개의 스캐닝 빔은 이들이 시간 및 공간적으로 동일한 지점에서 교차하도록 그리고 이 프로세스가 선택된 측정 장을 가로질러 샘플링되는 연속적인 측정 지점에서 반복되도록 개별적으로 조향된다.
- [0138] 일 실시형태에서 일 세트의 측정 지점은 이들이 가능한 로터 평면에 근접하나, 피치 시스템 또는 다른 액츄에이터 (예를 들어, 활성 표면/플랩 액츄에이터)가 블레이드에 곧 부딪힐 임박한 윈드 장을 위해 준비하는 것을 허용하도록 계산되는 거리 만큼 분리된다.
- [0139] 일 실시형태에서, 일 세트의 측정 지점은 로터 앞의 이러한 거리에서의 측정이 "자유 스트림" 측정으로 간주될 수도 있는 개념에 따라 윈드 터빈 로터 전방의 상당한 거리, 예를 들어 2.5 로터 직경 거리에서 윈드 장을 샘플링하도록 선택된다.
- [0140] 일 실시형태에서, 스캐닝 지점은 로터 평균 파워 곡선 평가 또는 다른 목적을 위해 로터 평균 풍속 측정에 기여하는 측정값을 제공하기 위해서 전체 로터를 가로질러 윈드 장을 조밀하게 샘플링하도록 구성된다.
- [0141] 일 실시형태에서, 측정 지점 세트는 극심한 난류, 국부화된 에디(eddy), 돌풍 또는 다른 특징과 같은 잠재적으로 피해를 주는 윈드 특징의 지속에 대해서, 피해를 주는 특징이 지속되고 윈드 터빈으로 접근하는 경우 증가하는 심각성의 경고 플래그, 및 결과적으로 섣다운 또는 피치 제어를 통해서와 같은 대안적인 보호 수단을 시작하

는 경고를 가능하게 하는 잠재성을 가지고, 체크하기 위해서 다중 범위에서 수집될 수도 있다.

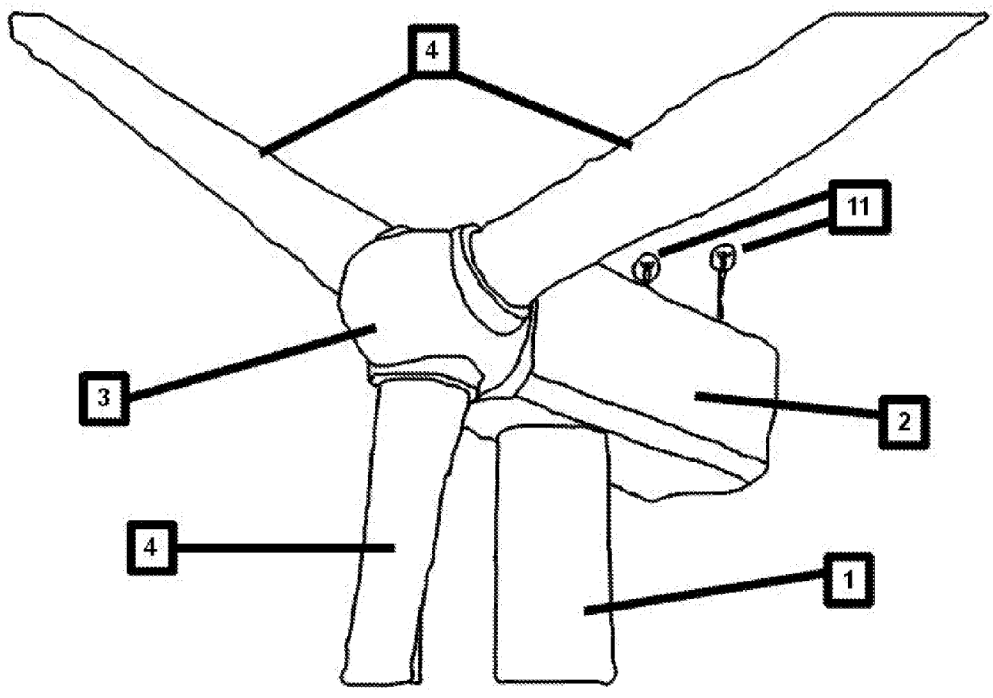
- [0142] 일반적으로 본 개시는 다수의 상이한 목적을 위한 유체 장의 특징을 설명하기 위해서 다수의 범위 및 입사하는 유체 장 전체의 지점에서 측정을 허용한다.
- [0143] 로터 앞의 하나 이상의 거리에서 로터 평면에 평행한 평면과 같이 전체 윈드 장을 통하는 평면 단면인 윈드 맵이 구성될 수도 있다. 일반적으로 풍속 맵은 입사하는 또는 둘러싸는 윈드 장 전체에 걸쳐진 복수의 샘플을 포함할 수도 있다.
- [0144] 일반적으로, 빔 소스를 제어하는 스캐닝 시스템은 임의의 세트의 측정 지점이 하나 이상의 구체적 목적을 위해서 연속적으로 그리고/또는 동시에 샘플링될 수도 있도록 프로그램될 수 있다.
- [0145] 본 개시의 원리는 터빈 상류의 측정에 한정되지 않고, 다른 터빈에 부딪히는 웨이크(wake) 조건의 특징을 설명하기 위해서 터빈의 뒤/하류를 측정하는데 동등하게 적용될 수도 있다.
- [0146] 이 수단에 의해서 수집된 웨이크 정보는 웨이크가 편향되거나 또는 다른 터빈으로부터 멀리 지향되도록 웨이크(또는 난류와 같은 웨이크 조건)의 편향, 이탈 또는 의도된 변경을 허용할 수도 있다.
- [0147] 기존의 기구를 가지고, 검류계, MEMS 격자회로(grating), 마이크로-미러, 분산된(decentred) 렌즈 어레이, 회전 웨지(wedge) 또는 다른 빔 조향 시스템을 채용하여 레이저의 매우 정확한 밀리라디안(milliradian) 빔 조향이 가능하다.
- [0148] LIDAR 조향 시스템을 윈드 터빈 나셀 상/내에 장착하면, 나셀 모션이 측정되고, 예를 들어 MEMS 가속도계 또는 다른 균등한 방법을 이용하는 것이 고려될 것이다. 유사하게, 로터 허브 상/내에 장착되면, 로터 회전 각도가 또한 측정되고 고려될 필요가 있고; 피칭 블레이드 섹션 상에 장착되면, 블레이드 피치가 또한 고려될 필요가 있다. 만약 블레이드 섹션이 또한 굽혀진다면, 또한 검출 또는 빔 조향 보정이 요구될 수도 있다.
- [0149] 다중 변형/보정은 모든 가능한 정도의 모션을 초래하도록 적용될 수 있고, 빔 조향 액츄에이터가 무엇인가에 이를 위한 결과적인 명령 신호에 결합된다.
- [0150] 일 실시형태에서, 허브와 블레이드 연결의 구성은 그 자체가 변경되고, 그리고 고정식 비-피칭 연장 편이 허브와 블레이드 장착 지점 사이에 삽입되며, 이를 넘어서는 블레이드는 피칭이 허용된다. 이 구성은 빔 소스가 로터 회전 축선으로부터 실질적으로 더 큰 반경에서 로터 상에 장착되는 것을 가능하게 하는 한편, 빔 조향 능력에 영향을 줄 수도 있는 블레이드 피치 모션을 받는 것을 방지한다.
- [0151] 로터 회전 축선으로부터 큰 반경은 복수의 이러한 소스가 큰 베이스라인을 가지고 분리되는 것을 가능하게 하여, 직교하는 풍속 성분의 분해를 통해서 향상된 3차원 속도 측정을 용이하게 한다. 이 구성은 또한 주어진 토크를 제공하기 위해서 요구되는 더 짧은 블레이드의 가능한 사용으로부터 장점을 유도할 수도 있다.
- [0152] 다른 예시 실시형태에서, 윈드 터빈은 3개의 블레이드를 갖고, 각각의 피칭 블레이드는 고정식 비-피칭 연장 편 상에 장착되며, 3 개의 빔이 로터 축선 상에서 실질적으로 직교하게끔 교차되도록 빔 각각은 로터 기준 프레임에 대해서 고정된 방향으로 조준된다. 이 구성은 로터 기준 프레임 내 고정된 위치에서 단일의 3차원 속도 측정을 가능하게 한다.
- [0153] 추가적인 빔은 로터 축선으로부터 변위된, 그리고 로터 축선 자체 상에 있는 모든, 로터의 기준 프레임 내 상이한 고정된 위치에서 교차될 수 있다. 이 배열체는 로터 회전을 이용함으로써 수동 스캐닝으로 윈드 터빈 로터의 앞에서 연장된 풍속 장의 3차원 측정값을 용이하게 수집할 수 있다.
- [0154] 일 실시형태에서, 측정 위치는 고정되거나, 또는 그들이 윈드 터빈 블레이드와 곧 접촉되는 것이 예상되는 윈드 장 내 지점에 조준되도록 조향될 수 있어, 예측적인 블레이드 피치 제어 또는 블레이드 팁 속도 제어에 기여할 수 있다. 이 경우에, 측정 지점에서 수렴하는 로터 허브 또는 블레이드 장착식 빔뿐만 아니라 윈드 터빈 나셀의 후방에, 나셀 하우징의 상부, 바닥부 또는 측부 내에 장착되는 추가적인 도플러 빔 소스를 채용하는 것이 유리할 수도 있다.
- [0155] 도 1은 타워(1), 나셀(2), 로터 허브(3), 블레이드(4) 및 나셀 장착식 풍속계(11)를 포함하는 전형적인 수평 축선 윈드 터빈의 구성요소를 도시한다.
- [0156] 도 2는 윈드에 제공된 윈드 터빈의 전면도를 도시하고, 그리고 복수의 도플러 빔 소스(5)가 어떻게 나셀(2)의 상부, 하부 및 측부 상에 장착되도록 배열될 수 있는지의 예시 및 이들의 빔을 주어진 측정 지점(6)에서 교차하

는 것이 가능하다는 것을 도시한다.

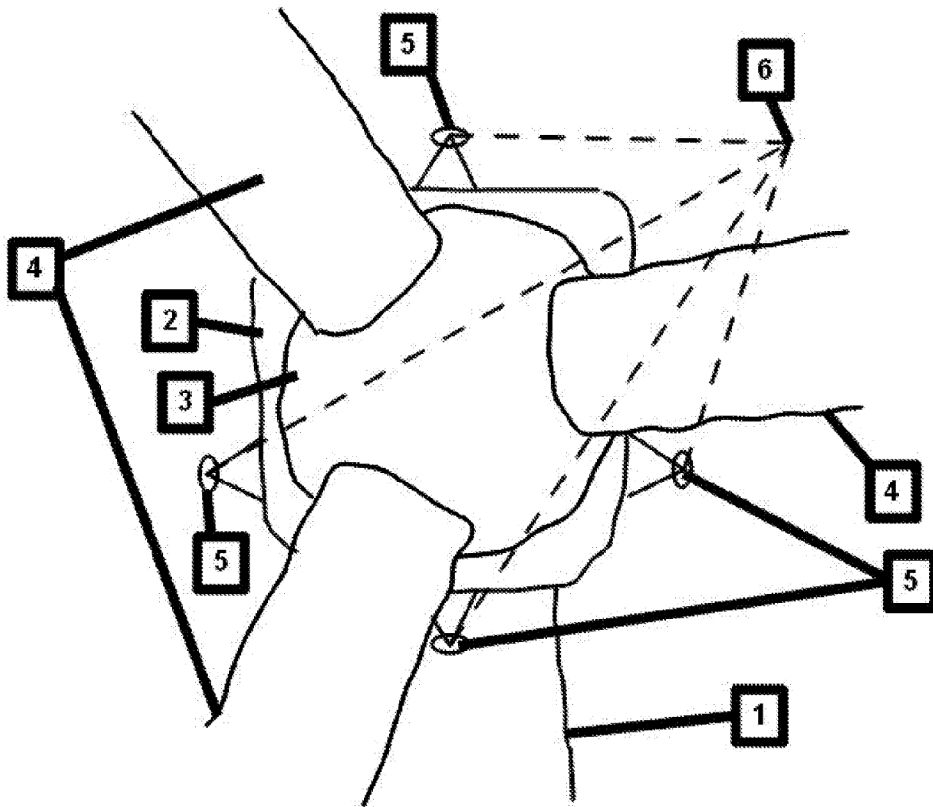
- [0157] 도 3은 다시 윈드 터빈의 전면도를 도시하나, 여기서 복수의 도플러 빔 소스는, 빔이 주어진 측정 지점(6)에서 교차하도록 배열될 때 지나가는 로터 블레이드(4)에 의한 빔의 가려짐을 방지하기 위해서 회전하는 로터 허브(3) 상에 장착된다.
- [0158] 도 4는 새로운 블레이드 장착 방법을 포함하는 예시를 도시하며, 여기서 블레이드 장착 지점은 로터 허브 자체가 아니고, 로터 허브(3)로부터 방사방향 외측으로 연장되고, 로터 상의 도플러 빔 소스(5)의 위치결정을 가능하게 하나, 로터 허브 직경보다 더 큰 베이스 라인 분리를 갖는 원통형 또는 대안적으로 형성된 튜브(12)의 단부이다. 고정식, 피칭되지 않는 연장 튜브 섹션(12)을 채용하는 것은 도플러 빔 소스가, 측정 지점에서 이들 빔의 교차를 방해하거나 복잡하게 할 수도 있는 피치 축선 둘레로 추가적으로 회전되지 않는 것을 보장한다.
- [0159] 도 5는 빔이 연속적으로 그리고 동시에 일련의 측정 지점에서 수렴하도록 빔을 스캔하는 가능성을 도시하며, 이 측정 지점은 규칙적인 그리드로 또는 달리 배열될 수 있고, 윈드 터빈의 전방에서 상이한 범위에 있을 수도 있다. 이 도면에서, 빔 소스는 피칭하는 블레이드 자체 상에 또는 내에 장착되는 것으로 도시되며, 이는 로터 회전뿐만 아니라 블레이드 피치가 스캐닝에서 고려되어야 한다는 점을 암시한다.
- [0160] 도 6은 로터 회전을 사용하는 스캐닝 방법을 도시하며, 이 경우에 로터 허브의 기준 프레임에 대해서 고정된 지점에 빔을 수렴하는 것이 가능하나, 이것은 원형 위치 상의 수많은 지점에서의 연속적인 데이터 수집을 허용한다.
- [0161] 도 7은 로터 허브 또는 이의 연장부 상의 소스(5)로부터의 복수의 고정식 빔을 채용하는 가능성을 도시하며, 이 빔은 로터 축선 상의 지점(14)에서 수직하게 차단되거나, 또한 예각으로 더욱 상류인 또한 로터 축선 상의 지점(15)에서 수렴할 수도 있으며, 또는 고정식 또는 스캐닝하는 빔이 로터 축선으로부터 변위된 지점(16)에서 교차하도록 될 수도 있으며, 이 지점은 블레이드에 의해서 곧바로 부딪힐 수도 있는 입사 윈드 장에 있거나 있지 않을 수도 있다. 측정 지점(16)이 로터 블레이드 평면에 근접하면, 로터 축선에 평행한 풍속 성분으로 적절하게 분해하기 위해서 나셀의 후방쪽으로 나셀 하우징의 상부, 하부 또는 측부 중 어느 하나 상에 장착된 소스로부터의 빔을 더 채용하는 것이 유리할 수도 있다.
- [0162] 다양한 개선 및 변경이 본 개시의 범위를 벗어나지 않으면서 만들어질 수 있다. 예를 들어, 많은 상이한 빔 소스 장착 지점, 프레임 또는 포함물 지점이 본 개시의 청구항 내에서 가능하다. 도면은 단지 몇가지 예시이다.

**도면**

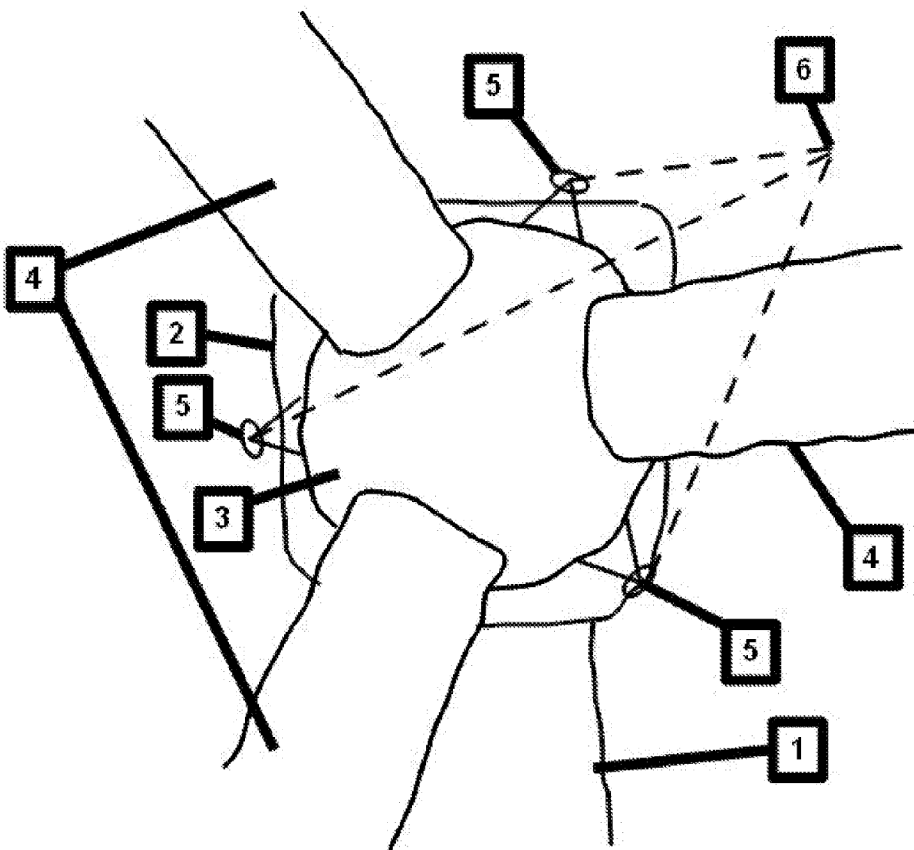
**도면1**



도면2

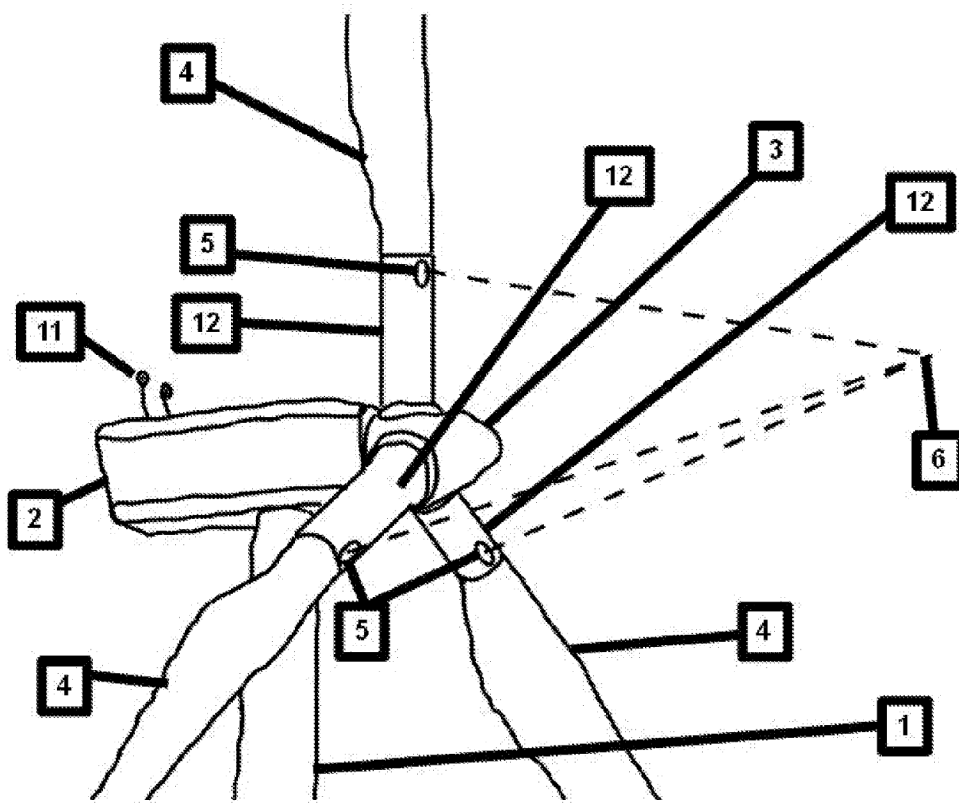


도면3

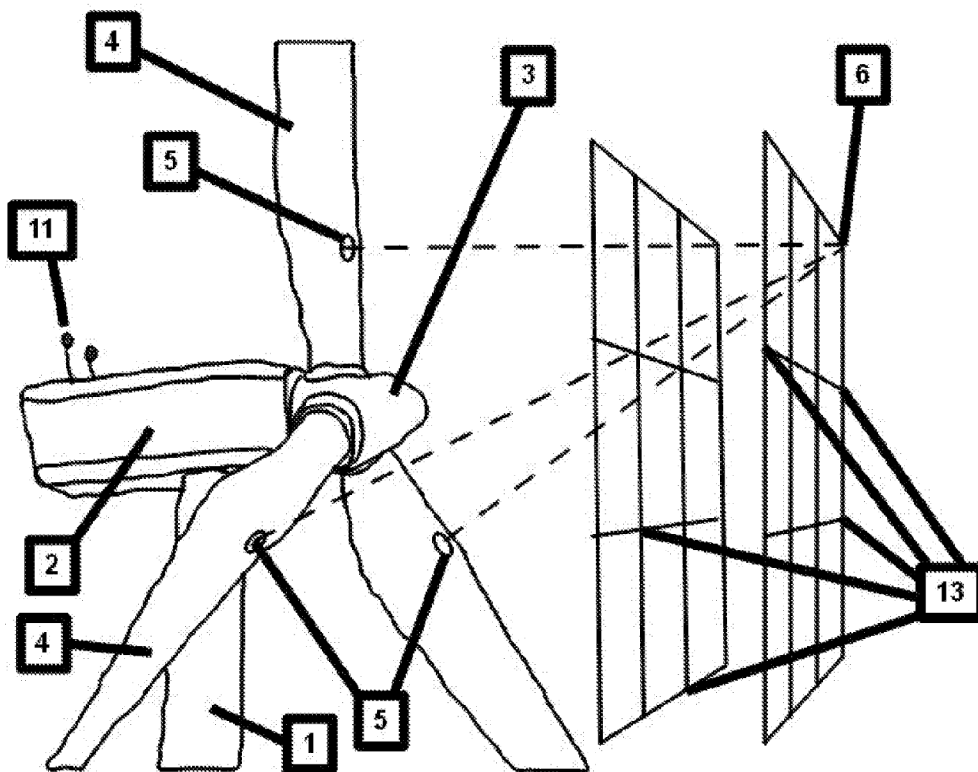




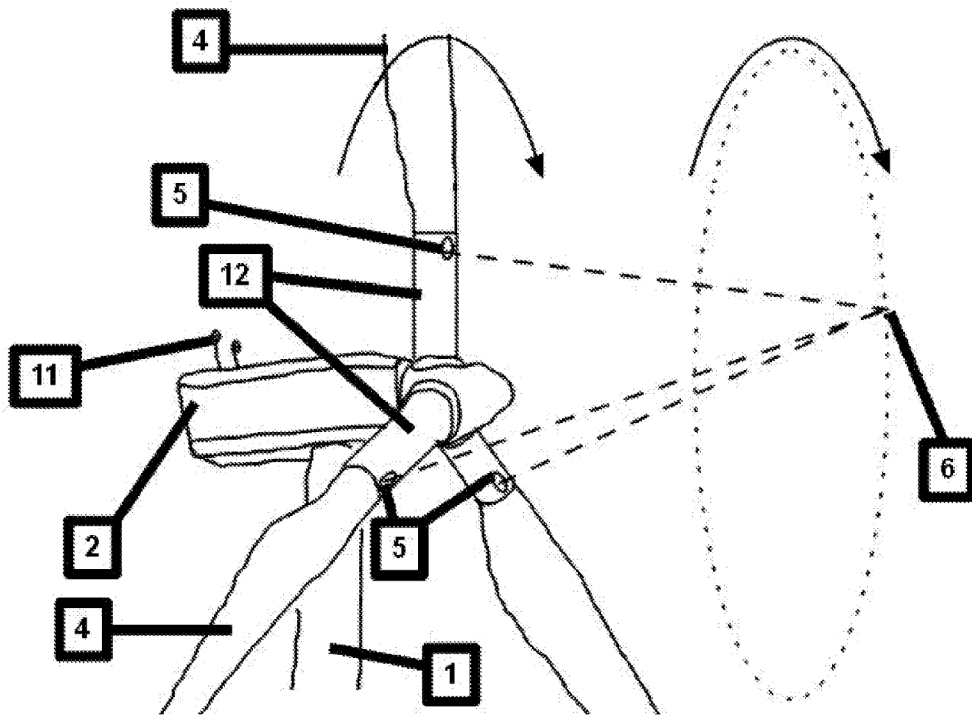
도면4



도면5



도면6



도면7

