



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 105452899 B

(45) 授权公告日 2021.03.16

(21) 申请号 201480035758.7

(22) 申请日 2014.06.09

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105452899 A

(43) 申请公布日 2016.03.30

(30) 优先权数据
1311711.4 2013.06.30 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2015.12.23

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/GB2014/051770 2014.06.09

(87) PCT国际申请的公布数据
W02015/001301 EN 2015.01.08

(73) 专利权人 风电场分析有限公司
地址 英国格拉斯哥

(72) 发明人 T·霍尔特姆

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
代理人 徐东升 赵蓉民

(51) Int.Cl.
G01P 5/26 (2006.01)
F03D 17/00 (2016.01)
F42D 5/045 (2006.01)
G01S 17/58 (2006.01)
G01S 17/95 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2012/0274937 A1, 2012.11.01
GB 1341841 A, 1973.12.25
CN 102301132 A, 2011.12.28

审查员 陈翔

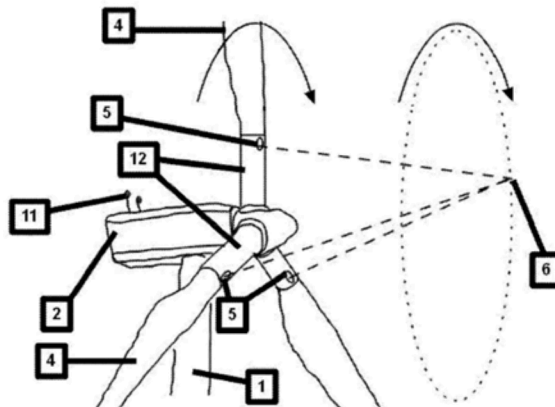
权利要求书4页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

涡轮机流体速度场测量

(57) 摘要

一种适用于涡轮机(诸如风力涡轮机)的三维多普勒测速方法,所述方法通过使用各种可能的会聚光束几何形状并且采用安装在所述涡轮机上(诸如安装在风力涡轮机吊舱、转子轮毂或转子叶片上)的光束源来实现改进的测速。



1. 一种测量系统,所述测量系统包括:
多个光束源,所述多个光束源安装在同一涡轮机上并且被布置成使得来自所述光束源的光束在测量点处相交;
一个或多个接收器,所述一个或多个接收器用于测量反射光束或散射光束的多普勒偏移;以及
处理器,所述处理器用于基于经测量多普勒偏移来确定所述测量点处的三维流体速度。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述测量点相对于驱动所述涡轮机的流体的流动方向位于所述涡轮机上游。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述涡轮机为风力涡轮机。
4. 根据权利要求3所述的系统,其中所述风力涡轮机为水平轴线风力涡轮机。
5. 根据权利要求4所述的系统,其中一个或多个光束源安装在吊舱壳体上或中。
6. 根据权利要求5所述的系统,其中一个或多个光束源安装在从所述吊舱壳体延伸的固定框架上或中。
7. 根据权利要求4到6中任一项所述的系统,其中出于光束导向准确度目的和/或为了校准由所述接收器采取的所述测量而考虑吊舱偏航角和塔/吊舱弯曲。
8. 根据权利要求4所述的系统,其中一个或多个光束源安装在转子轮毂上或中。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中一个或多个光束源安装在从所述转子轮毂延伸的固定框架上或中。
10. 根据权利要求9所述的系统,其中所述固定框架包括从所述轮毂延伸并且环绕叶片杆的护罩。
11. 根据权利要求4所述的系统,其中出于光束导向准确度目的而考虑转子旋转角。
12. 根据权利要求4所述的系统,其中一个或多个光束源安装在一个或多个转子叶片上或中。
13. 根据权利要求12所述的系统,其中所述光束源借助于条带、螺栓、锁定接头、磁性夹具或粘合剂而安装到所述叶片。
14. 根据权利要求12或权利要求13所述的系统,其中一个或多个光束源安装在从一个或多个转子叶片延伸的固定框架上或中。
15. 根据权利要求4所述的系统,其中所述风力涡轮机采用包括安装在第二非俯仰叶片延伸部分上的第一俯仰部分的转子叶片,并且一个或多个光束源安装在所述第二非俯仰叶片延伸部分上的从主转子轴线起的半径处,所述半径大于所述转子轮毂的径向伸长。
16. 根据权利要求15所述的系统,其中所述转子叶片包括多个独立俯仰区段。
17. 根据权利要求15或16所述的系统,其中所述转子叶片包括并不俯仰的内部区段。
18. 根据权利要求4所述的系统,其中出于光束导向准确度目的而考虑叶片间距变化。
19. 根据权利要求1所述的系统,其中提供多个协同定位的光束源和接收器对。
20. 根据权利要求1所述的系统,所述系统进一步包括与所述涡轮机隔开的一个或多个固定位置光束源。
21. 根据权利要求1所述的系统,所述系统进一步包括定位在遥控飞行器上的一个或多个光束源。

22. 根据权利要求15所述的系统,其中所述系统包括用于所述光束源的控制系统,所述控制系统被布置成选择特定光束,所述特定光束最适合在特定位置处提供样本而不会在通过所述转子叶片、吊舱或塔时相交,由此允许不间断的测量并且释放任何替代光束以使它们同时用于替代测量位置。

23. 根据权利要求22所述的系统,其中光束扫描方法根据所述涡轮机的操作状态而改变,从而允许在转子旋转时采用所述转子叶片的旋转用于光束扫描,但在所述转子停止旋转时切换到替代测量模式。

24. 根据权利要求1所述的系统,所述系统包括光束导向构件,所述光束导向构件受控制以使所述测量点变化。

25. 根据权利要求24所述的系统,所述系统包括控制系统,所述控制系统基于以下各项中的一者或多者来为个别光束导向或偏转系统提供必要信号:源的相对位置的传感器输入知识和计算、组件取向和对准信息、地理的相对位置和速度、转子与叶片间距参考系、偏航角、转子角度、叶片间距角度、转子速度、风速和/或风向。

26. 根据权利要求3所述的系统,其中光束源或光束源窗口从所述风力涡轮机吊舱、转子轮毂、叶片或其它组件最低程度地突出,模塑在所述风力涡轮机吊舱、转子轮毂、叶片或其它组件内,或包含在所述风力涡轮机吊舱、转子轮毂、叶片或其它组件内。

27. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光束源被布置成在一连串取样点或测量点处测量流体速度场,以便提供指示所述流体速度场或其特性的空间变化的数据样本。

28. 根据权利要求27所述的系统,其中使采用相交光束的一连串多普勒速度测量在空间上和/或在时间上分离并且组合以便使所述流体速度场在以下方面特性化:湍流强度场;水平或垂直流体转向场;水平或垂直流体切变场;倾角场;水平、横向或垂直流体分量场;阵风;或所述流体速度场的任何其它特征。

29. 根据权利要求28所述的系统,其中分析所述一连串多普勒速度测量以导出流体密度值。

30. 根据权利要求27到29中任一项所述的系统,其中采用连续速度测量以便产生流体加速度测量,或矢量位移的较高时间导数,从而允许由在流体内操作的涡轮机的控制系统采用流体加速度场的测量。

31. 根据权利要求1所述的系统,其中所述测量点与涡轮机转子平面隔开至少最小距离,所述最小距离是基于涡轮机致动系统使涡轮机组件移动给定量所花费的时间量而确定;并且其中所述最小距离是基于经测量流体速度进行动态地调整。

32. 根据权利要求1所述的系统,其中所搜集的信息用于对在流体内或上操作的设备进行诊断分析,以便识别改进的或恶化的性能的状况。

33. 根据权利要求1所述的系统,其中流体测速是结合其它器械而使用,以便协助识别涡轮机组件的状况改变或区分由于异常流体状况而引起的状况监测信号与由于更改的组件状况而引起的状况监测信号。

34. 根据权利要求1所述的系统,其中为涡轮机控制系统提供测速数据以便提供替代流体速度或流体方向测量,以取代、交替或扩增由安装在所述涡轮机上的器械进行的局部流体速度或局部流体方向测量。

35. 根据权利要求3所述的系统,其中所述风力涡轮机包括适合于提供测速数据的测速

测量系统,并且其中控制系统被布置成将所述测速数据与来自额外传感器的输入组合,所述额外传感器收集以下各项中的一者或多者:风力涡轮机操作数据、功率性能数据、风况数据、噪声数据、状况监测数据、振动数据、叶片弯矩数据或塔弯矩数据。

36. 根据权利要求35所述的系统,其中所述控制系统采用可用数据以便计算并激活更改的涡轮机控制参数。

37. 根据权利要求1所述的系统,其中多个光束源以不同的频率、脉冲重复频率或不同的偏振特性传输,以便区分在空间或时间上分离的多普勒分量测量。

38. 根据权利要求1所述的系统,其中给定光束频率或脉冲重复频率在时间上线性调频或以其它方式变化,或其中脉冲分离和/或脉冲长度受到控制,使得区分所检测的多普勒返回。

39. 根据权利要求1所述的系统,其中采用测速数据以提供风场映射,所述风场映射用于出于电网管理目的或出于能量存储控制目的或为了共同发电管理而预测风电场的输出,借此使风电场输出与另一个发电机的输出组合,一个可能目的是递送准确功率预测/预报以用于电网管理或能量交易目的。

40. 根据权利要求1所述的系统,其中采用测速数据以提供对风力泵的风场映射,其中风力涡轮机转子轴驱动液压泵或压缩机。

41. 根据权利要求1所述的系统,其中所述涡轮机包含在环形、圆柱形、圆锥形或漏斗形壳体内。

42. 根据权利要求41所述的系统,其中所述壳体或其安装结构包括一个或多个光束源。

43. 根据权利要求1所述的系统,所述系统包含安装在所述涡轮机上的校准传感器,并且所述光束源被布置成经选择性地指向或导向以出于测试目的而瞄准所述校准传感器,以便确认所述光束成功地指向所述传感器的位置,由此提供所述光束导向总体上正确地起作用的证明。

44. 根据权利要求1所述的系统,所述系统包括并非所述流体速度测量所需的另一个冗余光束源,所述冗余光束源被定向成使得其光束与从至少三个其它光束源发出的所述光束相交;通过计算在所述另一个冗余光束的方向上测量的速度矢量分量来使用来自所述至少三个其它光束源的速度测量以供校准,其中具有其另一个冗余多普勒测量。

45. 根据权利要求3所述的系统,所述系统包括用于基于所确定的相对风速矢量来预测或估计沿个别风力涡轮机叶片的不同点处的物理量的构件。

46. 根据权利要求45所述的系统,其中所述物理量包括以下各项中的一者或多者:随沿叶片的长度而变的气动攻角、随沿叶片的长度而变的升力系数或阻力系数、沿所述叶片的不同位置处的每单位长度的转矩。

47. 根据权利要求45或权利要求46所述的系统,其中所述用于预测或估计物理量的构件执行考虑叶片形状轮廓和叶片传感器数据或叶片组件数据的预测或估计。

48. 根据权利要求47所述的系统,其中所述叶片传感器数据包括叶片形状变形传感器数据。

49. 根据权利要求47所述的系统,其中所述叶片组件数据包括叶片襟翼致动器数据。

50. 根据权利要求45所述的系统,其中有效叶片表面、叶片襟翼或叶片间距控制装置是根据所预测的或所估计的物理量进行调整。

51. 根据权利要求45所述的系统,其中所预测的或所估计的物理量与状况监测系统组合或与其结合而使用。

52. 根据权利要求3所述的系统,其中转子平均风速是根据在转子区域周围收集的风速样本的组合进行测量。

53. 根据权利要求52所述的系统,其中所述风速样本用于更改风力涡轮机倾角。

54. 根据权利要求3所述的系统,其中调整风力涡轮机轴线取向以便对变化的非水平风速进行说明。

55. 根据权利要求4所述的系统,其中,使转子轮毂从实质上水平轴线风力涡轮机塔向前移动,以便为了匹配风况而允许更大的转子轴线倾斜变化。

56. 根据权利要求55所述的系统,其中所述涡轮机包括吊舱,并且其中在所述吊舱的后部处提供平衡重体以平衡移动的转子轮毂。

57. 根据权利要求3所述的系统,其中所述风力涡轮机为垂直轴线风力涡轮机。

58. 根据权利要求1所述的系统,其中所述涡轮机为液压涡轮机、潮汐涡轮机或气体涡轮机。

59. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光束源和接收器包括LIDAR光束源和接收器。

60. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光束源和接收器包括RADAR光束源和接收器。

61. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光束源和接收器包括SODAR光束源和接收器。

62. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光束源和接收器包括SONAR光束源和接收器。

63. 根据权利要求1所述的系统,所述系统包括机器学习组件,所述机器学习组件根据历史操作数据来使涡轮机或涡轮机控制系统的操作适应。

64. 一种测量方法,所述测量方法包括:

从同一涡轮机上的多个光束源发射光束,使得来自所述光束源的光束在测量点处相交;

接收反射光束或散射光束的多普勒偏移;以及

基于接收的多普勒偏移来确定所述测量点处的三维流体速度。

涡轮机流体速度场测量

技术领域

[0001] 本公开涉及涡轮机流体速度场测量,并且尤其涉及用于流体速度场的多普勒测速测量的新系统和方法。

背景技术

[0002] 涡轮机是包括在流体流动压力下移动以产生有用功的旋转元件的机器,有用功通常是发电。流体可为气体或液体或其它非固相。涡轮机的一个实例为风力涡轮机。当本公开中提及风力涡轮机时,所涉及流体为空气,并且风是空气流。风力涡轮机通常是水平轴线或垂直轴线,但已提出了其它类型的设计。本公开可以适用于任何类型的涡轮机。

[0003] 水平轴线风力涡轮机是本领域技术人员众所周知的。多普勒风速测定方法也是本领域技术人员众所周知的。应了解,LIDAR(光检测和测距)多普勒风速测定系统可以采用范围选通脉冲激光束或替代地采用聚焦连续波(CW)激光束,通常采用实质上协同定位的发射器和接收器光学器件,以便测量沿激光束方向的径向伸长的速度分量。

[0004] 应了解,发射器和接收器光学器件不一定需要实质上协同定位,并且双静态配置可以采用彼此实质上位移的发射器和接收器光学器件。

[0005] 本领域技术人员将熟悉水平轴线风力涡轮机的设计,所述水平轴线风力涡轮机包含安装在垂直塔顶上的吊舱壳体并且含有由在轮毂处附接到吊舱的转子系统驱动的近水平轴线旋转轴,多个气动设计叶片从所述轮毂突出。本领域技术人员还将熟悉间距控制系统,所述间距控制系统可以使叶片围绕它们的纵向轴线旋转或俯仰不同的角度,所述纵向轴线从近水平驱动系轴线横向地辐射。已知的是,此类系统可以包含低速轴、齿轮箱和一个或多个高速轴驱动发电机,或替代地,所述系统可以属于直接驱动类型,而无需齿轮箱和高速轴。替代地,还已知的是,在风力涡轮机中可以实施液压驱动系设计。本领域技术人员将熟悉其中吊舱壳体可以被驱动以围绕垂直轴线旋转或偏航以使得转子轴线与风向实质上对准并且涡轮机可被驱动以面向或背对风的设计。应了解,所有上述驱动系类型都可以取决于风速和风向测量来利用控制系统,并且当前采用的常见测量方法利用安装在风力涡轮机吊舱上的风向标或风速测定器械。

[0006] 本发明的用于水平轴线风力涡轮机的吊舱安装多普勒风速测定设备或LIDAR系统仅对给定点处的径向视线风速取样。然而,三维风速场变化对于风力涡轮机的操作是显著的。本发明的技术通过使用多个发散光束来收集风速分量信息,但这会导致在入射风场中的广泛分离的点处收集不同的速度分量。本发明的技术可以进行以下假设:风速场是实质上平行且均一的。由于众所周知的是风场的实质变化跨越风力涡轮机转子扫掠区域是可能的,因此风场的均一性或平均化的这一假设引起信息分辨率的降级并且排除了详细地测量可变风速矢量场的可能性。

[0007] 当并不在预期测量点处,而是在从预期测量点实质上位移之处对速度分量取样时,给定时间平均化周期内某个空间点处的湍流强度的测量(被定义为风速样本的标准偏差除以所述时间平均化周期内风速样本的平均值)也会经受测量误差增加。随后遍及在空

间上延伸的数据群体以及遍及时间平均化周期计算标准偏差。应注意,传统自旋杯或超声波风速测定设备涉及实质上在单个空间点处的数据的收集。

[0008] 已在以下各项中提出了各种测量系统:US2012/0051907 (ROGERS);GB2477529 (VESTAS);EP1460266 (MITSUBISHI);WO2011/096928 (CATCH THE WIND);US2012/0274937 (HAYS);和US2013/0162974 (DAKIN);但这些测量系统都遭受一个或多个缺点。

[0009] 因此,新的流体速度测量系统将是有益的。

发明内容

[0010] 根据本公开的第一方面,提供一种测量系统,测量系统包括:

[0011] 多个光束源,多个光束源安装在涡轮机上并且被布置成使得来自光束源的光束在测量点处相交;

[0012] 一个或多个接收器,一个或多个接收器用于测量反射光束或散射光束的多普勒偏移;

[0013] 处理器,处理器用于基于经测量多普勒偏移来确定测量点处的流体速度。

[0014] 根据本公开的第二方面,提供一种测量方法,测量方法包括:

[0015] 从涡轮机上的多个光束源发射光束,使得来自光束源的光束在测量点处相交;

[0016] 接收反射光束或散射光束的多普勒偏移;以及

[0017] 基于经测量多普勒偏移来确定测量点处的流体速度。

[0018] 以下特征一般可适用于所述系统或所述方法。在叙述设备整体的情况下,应理解,涵盖提供和/或采用那些特征的方法。同样地,在叙述方法步骤的情况下,应理解,涵盖能够执行方法步骤或在使用中执行方法步骤的设备整体。

[0019] “点”实际上将是具有由以下各项界定的尺寸的相交区:光束的横向尺寸或横向发散度;以及在连续波(CW)激光束的情况下,它们的聚焦的纵向伸长;或在脉冲范围选通激光束的情况下,它们的脉冲长度和范围选通伸长的纵向伸长。

[0020] 光束源可为发射窄的单向电磁辐射流的任何东西(颗粒或能量)。

[0021] 速度为三维量,可以在水平平面以及垂直平面上或实际上在任何其它参照系上在三个维度中测量风速。

[0022] 任选地,测量点相对于驱动涡轮机的流体的流动方向位于涡轮机上游。

[0023] 任选地,对经测量多普勒速度应用校正因子以考虑指示流体速度与流体中夹带的颗粒的速度的差的任何已知统计关系。

[0024] 任选地,涡轮机为风力涡轮机。

[0025] 任选地,风力涡轮机为水平轴线风力涡轮机。

[0026] 任选地,一个或多个光束源安装在吊舱壳体上或中。

[0027] 任选地,一个或多个光束源安装在从吊舱壳体延伸的固定框架上或中。

[0028] 任选地,出于光束导向准确度目的和/或为了校准由接收器采取的测量而考虑吊舱偏航角和塔/吊舱弯曲。

[0029] 任选地,一个或多个光束源安装在转子轮毂上或中。

[0030] 任选地,使一个或多个光束源安装在从转子轮毂延伸的固定框架上或中。

[0031] 任选地,固定框架包括从轮毂延伸并且环绕叶片杆的护罩。

- [0032] 护罩可以是圆柱形并且可以包括或可以不包括使护罩相对于内部叶片杆保持在适当位置的一个或多个轴承,内部叶片杆可以在护罩和/或轴承内自由地旋转(俯仰)。
- [0033] 任选地,出于光束导向准确度目的而考虑转子旋转角。
- [0034] 任选地,一个或多个光束源安装在一个或多个转子叶片上或中。
- [0035] 任选地,光束源借助于条带、螺栓、锁定接头、磁性夹具或粘合剂而安装到叶片。
- [0036] 应了解,在需要时可以采用其它安装方法。
- [0037] 任选地,一个或多个光束源安装在从一个或多个转子叶片延伸的固定框架上或中。
- [0038] 任选地,风力涡轮机采用包括安装在第二非俯仰叶片延伸部分上的第一俯仰部分的转子叶片,并且一个或多个光束源安装在所述第二非俯仰叶片延伸部分上的从主转子轴线起的半径处,所述半径大于转子轮毂的径向伸长。
- [0039] 这增加由此不受叶片间距影响的基于转子的光束源的基线分离,而叶片可以在需要时俯仰超出固定延伸区段。
- [0040] 任选地,转子叶片包括多个独立俯仰区段。
- [0041] 任选地,转子叶片包括并不俯仰的内部区段。
- [0042] 任选地,出于光束导向准确度目的而考虑叶片间距变化。
- [0043] 任选地,提供多个协同定位的光束源和接收器对。
- [0044] 任选地,所述系统进一步包括与涡轮机隔开的一个或多个固定位置光束源。
- [0045] 任选地,光束源被提供在多个涡轮机处并且使它们的光束独立地定向以使得它们在测量点处会聚或相交。
- [0046] 任选地,所述系统进一步包括定位在诸如无人驾驶飞行器的遥控飞行器上的一个或多个光束源。
- [0047] 任选地,所述系统包括用于光束源的控制系统,控制系统被布置成选择特定光束,特定光束最适合在特定位置处提供样本而不会在通过转子叶片、吊舱或塔时相交,由此允许不间断的测量并且释放任何替代光束以使它们可以同时用于替代测量位置。
- [0048] 任选地,光束扫描方法可以根据涡轮机的操作状态而改变,从而允许有可能在转子旋转时采用转子叶片的旋转用于光束扫描,但在转子停止旋转时切换到替代测量模式。
- [0049] 转子可以在风非常小时或在涡轮机处于维护或关机状态时停止旋转。
- [0050] 任选地,所述系统包括光束导向构件,光束导向构件可以受控制以使测量点变化。
- [0051] 任选地,所述系统包括控制系统,控制系统基于以下各项中的一者或多者来为个别光束导向或偏转系统提供必要信号:源的相对位置的传感器输入知识和计算、组件取向和对准信息、地理的相对位置和速度、转子与叶片间距参考系、偏航角、转子角度、叶片间距角度、转子速度、风速和/或风向。
- [0052] 任选地,光束源或光束源窗口从风力涡轮机吊舱、转子轮毂、叶片或其它组件最低程度地突出,模塑在风力涡轮机吊舱、转子轮毂、叶片或其它组件内,或包含在风力涡轮机吊舱、转子轮毂、叶片或其它组件内。
- [0053] 这意味着光束源对风力涡轮机组件的气动性具有最小影响。
- [0054] 任选地,光束源被布置成在一连串取样点或测量点处测量流体速度场,以便提供指示流体速度场或其特性的空间变化的数据样本。

[0055] 任选地,使采用相交光束的一连串多普勒速度测量在空间上和/或在时间上分离并且组合以便使流体速度场在以下方面特性化:湍流强度场;水平或垂直流体转向场;水平或垂直流体切变场;倾角场;水平、横向或垂直流体分量场;阵风;或流体速度场的任何其它特征。

[0056] 任选地,分析测量以导出流体密度值。

[0057] 对流体密度的测量和计算具有多个可能应用:流体密度控管每秒通过涡轮机转子的流体的质量,这涉及每秒通过涡轮机的总动能,即,流体中的总可用功率;多普勒测量系统测量流体速度,但也可能能够根据从流体分子或其它颗粒中反射出的信号的强度来测量流体密度。随后,此信息(流体速度场、密度场以及从涡轮机的电流和电压变换器测量的功率)可以提供涡轮机功率效率,并且尤其是对于风力涡轮机提供转子平均功率曲线、气动升力/阻力/转矩预测。密度测量可以用于测量湍流强度场、流倾斜场和其它参数。

[0058] 任选地,采用连续速度测量以便产生流体加速度测量,或矢量位移的较高时间导数,从而允许由在流体内操作的涡轮机的控制系统采用流体加速度场的测量。

[0059] 任选地,使测量点与涡轮机转子平面隔开至少最小距离,所述最小距离是基于涡轮机致动系统使涡轮机组件移动给定量所花费的时间量而确定;并且其中所述最小距离是基于经测量流体速度进行动态地调整。

[0060] 任选地,所搜集的信息用于对在流体内或上操作的涡轮机或设备进行诊断分析,以便识别改进的或恶化的性能的状况。

[0061] 任选地,流体测速是结合诸如状况监测装备的其它器械而使用,以便协助识别涡轮机组件的状况改变或区分由于异常流体状况而引起的状况监测信号与由于更改的组件状况而引起的状况监测信号。

[0062] 任选地,为涡轮机控制系统提供测速数据以便提供替代流体速度或流体方向测量,以取代、交替或扩增由安装在涡轮机上的器械进行的局部流体速度或局部流体方向测量。

[0063] 局部流体速度或流体方向测量可以例如包括安装在风力涡轮机吊舱上的风速计、风向标或其它组件。

[0064] 任选地,涡轮机为风力涡轮机,并且控制系统被布置成将测速数据与来自额外传感器的输入组合,额外传感器收集以下各项中的一者或多者:风力涡轮机操作数据、功率性能数据、风况数据、噪声数据、状况监测数据、振动数据、叶片弯矩数据或塔弯矩数据。

[0065] 这可以改进风力涡轮机控制,或出于增强安全性、功率性能、能量产出、输出、噪声控制、组件完整性、系统完整性、组件寿命或系统寿命的原因而提供并告知改进的风力涡轮机设计。

[0066] 任选地,控制系统采用可用数据以便计算并激活更改的涡轮机控制参数。

[0067] 这些涡轮机控制参数可以包括例如集体或独立叶片间距设置或吊舱偏航角。可以更改成百上千个可能的涡轮机控制参数和控制设置。

[0068] 任选地,多个光束源以不同的频率、脉冲重复频率或不同的偏振特性传输,以便区分在空间或时间上分离的多普勒分量测量。

[0069] 任选地,给定光束频率或脉冲重复频率在时间上线性调频或以其它方式变化,使得可以区分所检测的多普勒返回。

[0070] 任选地,采用测速数据以提供风场映射,风场映射可以用于出于电网管理目的或出于能量存储控制目的或为了共同发电管理而预测风电场的输出,借此使风电场输出与另一个发电机的输出组合,一个可能目的是递送准确的功率预测/预报以用于电网管理或能量交易目的。

[0071] 任选地,采用测速数据以提供对风力泵的风场映射,其中风力涡轮机转子轴驱动液压泵或压缩机。

[0072] 任选地,涡轮机包含在环形、圆柱形、圆锥形或漏斗形壳体内。

[0073] 任选地,所述壳体或其安装结构包括一个或多个光束源。

[0074] 任选地,所述系统包含安装在涡轮机上的校准传感器,并且光束源被布置成选择性地指向或导向以出于测试目的而瞄准校准传感器,以便确认光束成功地指向传感器的位置,由此提供光束导向总体上正确地起作用的证明。

[0075] 任选地,所述系统包括并非流体速度测量所需的另一个冗余光束源,所述冗余光束源被定向成使得其光束与从至少三个其它光束源发出的光束相交;通过计算在另一个(冗余)光束的方向上测量的速度矢量分量来使用来自所述至少三个其它光束源的速度测量以供校准,其中具有其另一个(冗余)多普勒测量。

[0076] 任选地,涡轮机为风力涡轮机,并且所述系统包括用于基于所确定的相对风速矢量来预测或估计沿个别风力涡轮机叶片的不同点处的物理量的构件。

[0077] 任选地,物理量包括以下各项中的一者或多者:随沿叶片的长度而变的气动攻角、随沿叶片的长度而变的升力系数或阻力系数、沿叶片的不同位置处的每单位长度的转矩。

[0078] 任选地,用于预测或估计物理量的构件执行考虑叶片形状轮廓和叶片传感器数据或叶片组件数据的预测或估计。

[0079] 任选地,叶片传感器数据包括叶片形状变形传感器数据。

[0080] 任选地,叶片组件数据包括叶片襟翼致动器数据。

[0081] 襟翼致动器数据可以包含襟翼角度需求(传输给襟翼控制系统或由襟翼控制系统采用的信号或值)或其它数据。

[0082] 这些所预测的或所估计的物理应力可以用于包含改进功率性能的目的,或用于减小负载,或用于增加系统寿命,或用于减少维护成本,或用于告知未来改进的系统设计。

[0083] 任选地,有效叶片表面、叶片襟翼或叶片间距控制装置是根据所预测的物理应力进行调整。

[0084] 任选地,所预测的物理应力与状况监测系统组合或与其结合而使用。

[0085] 任选地,涡轮机为风力涡轮机,并且转子平均风速是根据在转子区域周围收集的风速样本的组合进行测量。

[0086] 可以根据需要而为样本提供不同的权重。这种转子平均化技术出于性能监测、性能保证约定设计或索赔的目的或其它目的而允许更有意义的风力涡轮机功率曲线测量。

[0087] 任选地,涡轮机为风力涡轮机,并且风速测量用于更改风力涡轮机倾角或倾斜控制。

[0088] 任选地,可以调整风力涡轮机轴线取向以便对变化的非水平风速进行说明,优选地在安全裕度内,以避免叶片碰撞塔的风险。

[0089] 任选地,可以使转子轮毂从实质上水平轴线风力涡轮机塔向前移动,以便为了匹

配风况而允许更大的转子轴线倾斜变化。

[0090] 任选地,在吊舱的后部处提供衡重体以平衡移动的转子轮毂。

[0091] 任选地,风力涡轮机为垂直轴线风力涡轮机。

[0092] 垂直轴线风力涡轮机还可以具有各种类型的叶片,包含螺旋形设计或垂直安装的翼面,但不限于那些。光束源可以安装在此类叶片上或中和/或安装在转子的顶部和/或安装在固定基座上或安装在其它任何位置。此类光束可以被布置成根据旋转角而有时彼此相交,或所述光束中的一者或多者可以是可导向的以相交。

[0093] 任选地,涡轮机为液压涡轮机、潮汐涡轮机或气体涡轮机。

[0094] 任选地,光束源和接收器包括LIDAR光束源和接收器。

[0095] 任选地,光束源和接收器包括RADAR光束源和接收器。

[0096] 任选地,光束源和接收器包括SODAR光束源和接收器。

[0097] 任选地,光束源和接收器包括SONAR光束源和接收器。

[0098] 任选地,所述系统包括机器学习组件,机器学习组件可以根据历史操作数据来使涡轮机或涡轮机控制系统的操作适应。

[0099] 在用这个机器学习组件的情况下,涡轮机可以记录其操作参数并且从历史数据中学习。涡轮机可以从其自身的操作历史中和从其自身的效率测量中学习,以提供专用的功率输出预测,或更好地告知应当如何响应于给定风场来调整其自身以维持所需功率分布或输出。

[0100] 根据本公开的第三方面,提供一种用于实施第一方面和第二方面的计算机程序产品。计算机程序产品可以包括以下各项中的一者或多者:

[0101] 包括用于控制系统的指令的产品,控制系统用于导向光束源;

[0102] 包括用于涡轮机控制系统的指令的产品,根据本公开的教示来提供或修改涡轮机控制系统以从测速测量接收输入、进行计算并且提供用于控制涡轮机组件的命令信号;或

[0103] 包括用于分析测速测量系统并且执行各种计算以用于如本文所教示的预测和测量的指令的产品。

[0104] 计算机程序产品可以存储在计算机可读媒体上或作为一个或多个指令或代码在计算机可读媒体上传输。计算机可读媒体包含计算机存储媒体和通信媒体两者,通信媒体包含促进计算机程序从一个地方传送到另一个地方的任何媒体。存储媒体可为可由计算机存取的任何可用媒体。作为实例,此类计算机可读媒体可以包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其它光盘存储装置、磁盘存储装置或其它磁存储装置,或可用于以指令或数据结构形式携带或存储所需程序代码并且可由计算机存取的任何其它媒体。任何连接也被适当地称为计算机可读媒体。例如,如果使用同轴电缆、光纤电缆、双绞线、数字用户线(DSL)或诸如红外线、无线电和微波的无线技术来从网站、服务器或其它远程源传输软件,那么同轴电缆、光纤电缆、双绞线、DSL或诸如红外线、无线电和微波的无线技术包含在媒体的定义中。如本文所使用,磁盘和光盘包括压缩盘(CD)、激光盘、光学盘、数字多功能光盘(DVD)、软盘和蓝光光盘,其中磁盘通常磁性地再现数据,而光盘利用激光光学地再现数据。上述各者的组合也应包含在计算机可读媒体的范围内。与计算机程序产品的计算机可读媒体相关联的指令或代码可以由计算机执行,例如,由一个或多个处理器执行,诸如一个或多个数字信号处理器(DSP)、通用微处理器、ASIC、FPGA或其它等效集成或离散逻辑电路。

[0105] 附图简述

[0106] 图1展示典型的水平轴线风力涡轮机。

[0107] 图2展示其中会聚光束源安装在吊舱上的前视图。

[0108] 图3展示其中会聚光束源安装在轮毂上的前视图。

[0109] 图4展示安装在轮毂与叶片之间的非俯仰延伸件上的会聚光束源。

[0110] 图5展示俯仰叶片自身内的会聚光束源以及对入射风场取样的一系列测量点。

[0111] 图6展示用来用会聚光束源扫描圆形轨迹的转子的旋转。

[0112] 图7展示正交风速分量的直接多普勒测速测量,以及为了在不同位置处同时测量快速撞击转子叶片的风速而对多个会聚多普勒光束集合的使用。

具体实施方式

[0113] 新的传感器设计将是有益的,其中所述设计使得能够在空间中的一个或多个点处进行三维风速取样,并且这可以通过来自空间分离源的光束的相交或会聚而实现。

[0114] 接收器测量反射光束或散射光束的多普勒偏移,并且处理器基于经测量多普勒偏移来确定其中光束会聚的测量点处的流体速度。可以在光束源用作多普勒测量系统的部分的情况下将它们称为“多普勒光束源”。

[0115] 流体速度测量可以由安装在涡轮机上的光束源进行。优选地,光束源安装在涡轮机的组件部分上,这可以调整它们的位置以考虑改变的流体流动方向。这是有利的,因为光束源随后自然倾向于沿流体流动轴线指向(涡轮机上游或下游)。

[0116] 在水平轴线风力涡轮机(HAWT)的实例中,光束源可以例如安装在吊舱、转子轮毂或涡轮机叶片上;或安装在如其它地方所描述的关联框架或延伸组件上。

[0117] 例如,HAWT吊舱或转子轮毂通常受控制(由一组偏航马达)以实质上指向风中,因此,如果所有光源都安装在这些组件上,那么可以很方便地避免其中HAWT(支撑物)塔使潜在测量点与光束源、接收器或收发器混淆的情况。

[0118] 在地面上的转子参考系中采用光束源和接收器可能还具有另一优点:地面上的转子参考系为叶片参考系,这意味着在此参考系中进行的测量给出风速相对于任何给定叶片区段的“直接测量”。这个相对速度确定攻角和相对风速,相对风速控管叶片元件的升力系数和阻力系数。

[0119] 通过在转子轮毂的旋转参考系之内或之外使用扫描技术,有可能顺序地采用同时会聚光束以对一个或多个点处的三维风速取样,其中光束源均基于风力涡轮机吊舱、转子轮毂或叶片,但其中光束源彼此实质上分离。

[0120] 多普勒光束源的分离是重要的,以便充分得求解三个正交速度分量。应了解,三个相互非平行光束足以形成用于指定三维矢量的基础。

[0121] 因此,可以将对象的径向速度的三个非平行多普勒测量组合以指定对象的三维速度。因此,光束相交点处的三个非平行多普勒测量提供可以被用来指示所述测量点处的风速的气溶胶或另一个颗粒速度的三维速度测量,气溶胶或另一颗粒均由风以当地风速或接近当地风速而携带。

[0122] 在风力涡轮机吊舱、转子轮毂或转子叶片上采用光束源意味着光束源如同风力涡轮机吊舱和转子组合件一样围绕垂直轴线偏航或旋转,使得它大体上面向风中。这使得能

够在涡轮机及其叶片之前对入射风速矢量场进行三维测量或取样。

[0123] 类似地,可以采用光束源以在风力涡轮机之后的一个或多个点处、在其尾流内的各点处或实际上在相对于风力涡轮机的任一所选择位置处进行测量。

[0124] 有可能采用从在转子轮毂上、在轮毂或叶片的径向延伸部上、在叶片自身上或在关联框架上的点中发出的三个正交光束,使得相交点位于转子旋转轴线上的在涡轮机前面某个固定范围处的某一点。这种布置使得能够直接测量正交风速矢量分量并且可以通过盯着光束予以实现而无需光束导向。此类光束可以正交地相交的范围将受到转子直径程度的限制。还可以通过盯着相交光束来获得较大范围处的测量,这些相交光束在转子参考系内具有固定位置,其中光束以小于90度的锐角会聚。

[0125] 风力涡轮机控制系统和控制原理需求准确的入射风速和入射风向测量输入。然而,风速和风向测量通常由吊舱安装风向标、转杯风速计或超声波风速计提供。校正因子或转移函数参数用于将吊舱测量变换为逆风测量估计。

[0126] 位于吊舱上、转子后并且在吊舱周围经受风流动流线型(包括弓形波和尾流效应)的此类器械的位置导致在估计逆风量时出现误差。因此,采用会聚光束用于改进测量准确度的吊舱LIDAR系统的额外优点是提供逆风量的直接更准确测量,因而使得能够更准确地依从风力涡轮机控制原理。

[0127] 由于不准确的风向测量所引起的风力涡轮机偏航未对准可以引起显著的功率损耗。因此,由采用会聚光束的更准确的吊舱安装LIDAR所提供的改进的风向数据可以通过提供与风向的改进的偏航对准来增加风力涡轮机输出。

[0128] 吊舱安装LIDAR使得能够通过涡轮机逆风时进行的测量而使入射在风力涡轮机和转子处的未来风况特性化。通过使用会聚光束,更准确的吊舱LIDAR测量可以使得更有效地评估未来风况,由此改进可能的控制系统响应的有效性。

[0129] 提前知道极端风况(诸如阵风或极端风切变事件)会允许风力涡轮机控制系统调整控制参数,以便避免风力涡轮机组件上的关联增加负载。因此,采用会聚光束的更准确的吊舱安装LIDAR实现更有效的风力涡轮机负载控制。

[0130] 提前知道入射风况可以通过预测性的集体或独立间距控制予以采用。因此,采用会聚光束的更准确的吊舱安装LIDAR实现更有效的间距控制。

[0131] 为了求解风场内的特定点处的三维风速分量,有必要使至少三个光束相交。可以提供超过三个光束以便允许同时多重测量。换句话说,可以在任一时间测量多个测量点。

[0132] 如果光束几乎平行,那么它们基本上测量相同径向视线速度分量,并且几乎没有获得关于横向速度分量的信息。因此,优选的是,光束将在它们之间具有大角度,并且它们应在空间中的给定测量点处会聚或相交,这可以通过它们的相应光束源之间的大空间位移以及合适光束方向控制而实现。

[0133] 本公开包括从位于那些水平轴线风力涡轮机组件内或安装在它们上的光束源中发射的多个光束,当风力涡轮机受控制以面向风中时,所述光束源围绕垂直轴线偏航或旋转。

[0134] 此类组件包含风力涡轮机吊舱、转子轮毂或转子叶片。光束源彼此实质上位移,并且光束瞄准测量点,使得它们在测量点处相交或会聚,由此实现沿至少三个非平行轴线的径向多普勒测速,以便在测量点处重新构建三维风速。通过使用聚焦光学器件或通过使用

范围选通计时,每个光束测量范围都可独立受控制。

[0135] 优选地,光束源为激光器。每个光束源都可与接收器-检测器系统实质上协同定位,从而允许沿光轴和在测量点处的径向速度测量。

[0136] 光束源可以属于多种不同类型。在一个实施方案中,可以采用掺杂光纤激光器。这些可以被选择来以被认为对人眼是安全的波长和功率而操作。然而,应了解,可以采用其它类型的激光器和光学器件,包括半导体激光器、泵浦光学腔激光器、反射镜、透镜等等。

[0137] 应了解,激光源可以或可以不与一个或多个激光束望远镜协同定位。例如,有可能使激光束经由反射镜或光纤系统从风力涡轮机基座或吊舱传输和/或放大,一直到风力涡轮机转子轮毂并且也进入风力涡轮机叶片。在需要时,在所述系统中可以采用诸如光学滑环等组件。因此,可以使激光束定向或从位于风力涡轮机子组件(诸如,基座/过渡件、塔、吊舱、转子轮毂、转子叶片等等)上或内的任何所需位置处的望远镜或光学窗口传输。

[0138] 可以使来自激光源的辐射复制或分裂以便提供已知频率的光学参考,所述频率可以与反射光束混合或干涉反射光束。使反射光束从空气内的颗粒、气溶胶或分子中反射,这些颗粒、气溶胶或分子被认为以与风相同的速度行进。反射光束频率与参考频率的混合或干涉使得能够测量频率的多普勒偏移。参考频率或反射频率在混合之前还可以偏移已知量。频率的多普勒偏移指示反射颗粒、气溶胶或分子的相对速度。这一原则用来推断沿给定多普勒光束测量视线的风速分量。

[0139] 如果存在指示风速与风中所负担的此类颗粒、气溶胶或分子的速度的差的经测量或已知统计关系,那么可以向经测量多普勒速度应用对应校正因子以便将测量朝向真实风速进行校正。对于在液体或其它流体中操作的涡轮机来说,可以采用类似的技术。

[0140] 本公开的新颖性在于以下事实:使得吊舱或转子安装光束源在测量点处会聚,从而允许风速矢量的独立分量的协同定位测量,而现有的吊舱安装LIDAR多普勒测速方法采用发散光束,这些发散光束感测空间中的不同位置处的独立风速分量,或仅仅使用单个光束来收集关于仅径向风速分量的数据。

[0141] 在吊舱或转子上采用来自光束源的会聚光束的优点在于,可以在风力涡轮机逆风时测量准确的三维风速样本,而不管涡轮机偏航位置如何。

[0142] “点”实际上将是具有由光束的尺寸或聚焦界定的尺寸的相交区。对于连续波(CW)激光系统来说,通常将采用可调整式聚焦系统,以便在给定聚焦范围处进行多普勒测量;或在使用脉冲激光系统的情况下,脉冲长度和计时选通分辨率将确定可以在一系列不同范围处进行多普勒测量的范围分辨率(对于一系列计时选通,根据从测量范围起来回行进的光速)。

[0143] 在空气中,通常将在长范围(例如,50m到几千米)内采用脉冲系统,而在短范围(例如,小于100m)内可以更好地采用CW系统,因为CW系统的范围分辨率可在低范围(约1米或更少)处非常好,而典型的脉冲系统将具有可能约10米的范围分辨率。

[0144] 这意味着,在将用于快速间距调整或用于提供有效表面控制(诸如可控制叶片襟翼)的接近准确测量来说,CW系统可能是非常好的。

[0145] 这些考虑取决于激光波长和/或脉冲或范围选通波长。我们通常谈论1.5到2微米的波长,这是“人眼安全的”。

[0146] 在本公开的一个实施方案中,可以使多普勒光束有目的地导向以使得它们在各个

所选择的测量点处相交。这可以伴随着或不伴随着光束扫描系统/导向系统每测量点的有目的的停留时间。通过连续测量,这允许在与风力涡轮机转子轮毂中心不同的相对逆风范围、高度和横向位移处对变化的风速场取样。此测量信息可以用于出于以下原因而送入风力涡轮机控制系统中,这些原因包含:改进对风力涡轮机控制原理的依从性;改进风力涡轮机性能监测;改进偏航控制、预期或预测性控制;以及在入射风速场内的负载管理或对极端事件的防护。

[0147] 在本公开的另一个实施方案中,相对于转子轮毂的一个或多个固定光束在转子旋转时扫掠一个或多个圆锥体,并且使此类光束与从安装在吊舱/塔/基座上/中或其它地方的望远镜中发出的固定光束或扫描光束相交。例如,如果转子以仅仅6rpm缓慢地旋转(每10秒旋转一次),那么相对于转子轮毂固定的十个独立光束之一可以被布置成在它们每秒扫掠一次的圆锥体上的任一给定点处相交,从而得到1Hz的测量频率。在与同一点相交的额外固定光束或扫描光束的情况下,有可能在所述测量点处重新构建三维风速矢量。

[0148] 光束扫描构件可以例如采用具有光学窗口的转塔,其中光束是借助于一个或多个旋转和/或固定反射镜的系统 and/或借助于一个或多个旋转和/或固定棱镜/透镜进行扫描。然而,应了解,可以采用其它光束导向方法。

[0149] 有可能通过将所选择的点集合处所收集的一系列测量样本布置在测量场内来测量风场的三维图。在优选实施方案中,使从吊舱和/或轮毂和/或转子叶片发出的三个扫描光束个别地导向,使得它们在时间和空间上在同一点处(在测量点处)相交,并且在跨越所选择的测量场所取样的连续测量点处重复此过程。

[0150] 在一个实施方案中,选择测量点集合以使得它们尽可能接近转子平面但以一定距离分离,所述距离被计算以允许间距系统或其它致动器(例如,有效表面/襟翼致动器)为将要撞击在叶片上的即将到来的风场做准备。

[0151] 在一个实施方案中,选择测量点集合以对位于风力涡轮机前面显著距离处的风场取样,诸如位于2.5个转子直径的距离处,这是根据可将转子前面这一距离处的距离被视为“自由流”测量的概念。

[0152] 在一个实施方案中,将扫描点布置成对跨越整个转子的风场密集地取样以便提供测量,这些测量有助于出于转子平均功率曲线评估或其它目的而进行的转子平均风速测量。

[0153] 在一个实施方案中,可以在多个范围处收集测量点集合以便检查以下各项的持久性:潜在有损坏性的风力特征,诸如极端湍流、局部涡流、阵风;或有可能在损坏性的特征持续并且接近风力涡轮机的情况下启用越来越严重的警告标志的其它特征;以及最终用于起始关机的警告或诸如通过间距控制的替代保护措施。

[0154] 一般来说,本公开允许在整个入射流体场上的多个范围和点处进行测量,以便出于多个不同目的而同时使所述流体场特性化。

[0155] 可以构建风力图,这些风力图是通过整个风场的平面区段,诸如在转子前面一个或多个距离处平行于转子平面的平面。一般来说,风速图可以包含贯穿入射风场或周围风场的多个样本。

[0156] 一般来说,控制光束源的扫描系统是可编程的,使得任何测量点集合都可以出于一个或多个特定目的而被连续地和/或同时地取样。

[0157] 本公开的原则并不限于在涡轮机上游进行的测量并且可以同样地应用于在涡轮机后面/下游进行测量,以便使尾流状况特性化,尾流状况可以撞击另一个涡轮机。

[0158] 通过这种方式所收集的尾流信息可以允许尾流的偏转、转向或有目的的更改(或诸如湍流的尾流状况),使得尾流可以偏离或离开其它涡轮机。

[0159] 非常准确的毫弧度激光束导向在现有装备的情况下是可能的,现有装备采用电流计、MEMS光栅、微反射镜、非同心透镜阵列、旋转光楔或其它光束导向系统。

[0160] 当将LIDAR导向系统安装在风力涡轮机吊舱上/中时,那么需要例如使用MEMS加速度计或其它等效方法来测量吊舱运动并对其进行说明。类似地,当安装在转子上/中时,那么还需要测量转子旋转角并对其进行说明;并且当安装在俯仰叶片区段上时,那么还需要对叶片间距进行说明。如果叶片区段也是挠曲的,那么可能需要进行进一步感测或光束导向校正。

[0161] 可以应用多个变换/校正来对所有可能的运动程度进行说明,并且组合到用于光束导向致动器的所得命令信号中,而不管它们是什么。

[0162] 在一个实施方案中,轮毂和叶片连接的设计本身被修改,并且固定的非俯仰延伸件插入在轮毂与准许叶片俯仰超出的叶片安装点之间。这一设计使得光束源能够安装在转子上的离转子旋转轴线实质上更大的半径处,同时避免经受叶片间距运动,这可能会影响光束导向能力。

[0163] 从转子旋转轴线起的大半径使得此类源的对能够以大的基线分离,由此促进通过正交风速分量的分辨率来改进三维速度测量。这一设计还可以从提供给定转矩所需的较短叶片的可能使用中受益。

[0164] 在另一个实例实施方案中,风力涡轮机具有三个叶片,并且每个俯仰叶片均安装在固定的非俯仰延伸件上,其中三个光束各自盯着相对于转子参考系的固定方向,使得它们在转子轴线上实质上正交地相交。这一设计在转子参考系内的固定位置处实现单个三维速度测量。可以使额外光束在转子参考系内的不同固定位置处相交,既位于转子轴线本身上又从转子轴线位移。这种布置可以很方便地在风力涡轮机转子之前搜集延伸风速场的三维测量,其中通过利用转子旋转来进行被动式扫描。

[0165] 在一个实施方案中,测量位置可以是固定的或可以是导向的,使得它们瞄准风场中被预期为与风力涡轮机叶片快速接合的点,因而有助于叶片尖端速度控制或预测性叶片间距控制。在这种情况下,可能有益的是,在吊舱壳体顶部、底部或侧面上或内采用安装在风力涡轮机吊舱后部处的额外多普勒光束源,以及会聚在测量点处的转子轮毂或叶片安装光束。

[0166] 图1展示典型的水平轴线风力涡轮机的组件,包括塔1、吊舱2、转子轮毂3、叶片4和吊舱安装风速测定设备11。

[0167] 图2说明呈现在风中的风力涡轮机的前视图,并且展示可如何将多个多普勒光束源5布置成安装在吊舱2的顶部、底部和侧面上以及有可能将它们的光束布置成在给定测量点6处相交的实例。

[0168] 图3再次展示风力涡轮机的前视图,但其中多个多普勒光束源安装在旋转的转子轮毂3上以当光束被布置成在给定测量点6处相交时避免在通过转子叶片4时出现光束阻塞。

[0169] 图4展示涉及叶片安装的新方法的实例,其中叶片安装点并不位于转子轮毂本身处,而是位于圆柱形或替代形状的管道12的末端,管道12从转子轮毂3向外径向延伸并且使得多普勒光束源5能够定位在转子上,但其中基线分离大于转子轮毂直径。采用固定的非俯仰延伸管区段12确保了多普勒光束源不会另外围绕俯仰轴线旋转,这可能会阻碍或使它们的光束在测量点处的相交复杂。

[0170] 图5说明扫描光束的可能性,以使这些光束连续地和同时地会聚在一系列测量点处,这些测量点可以规则网格的方式或以其它方式布置并且可以在风力涡轮机的前面位于不同的范围内。在此图中,光束源被展示为安装在俯仰叶片自身上或内,这意味着在扫描中需要考虑叶片间距以及转子旋转。

[0171] 图6说明利用转子旋转的扫描方法,在这种情况下有可能使光束在转子轮毂的参考系中位于固定点相对物处,但这允许在圆形轨迹上的众多点处进行连续数据收集。

[0172] 图7说明在转子轮毂或其延伸部上采用来自源5的多个固定光束的可能性,这些光束可以在转子轴线上的点14处正交地相交,或在也位于转子轴线上的点15处以锐角进一步逆风会聚,或可以使得固定光束或扫描光束在从旋转轴线位移的点16处相交,这些点可以是或可以不是入射风场中的点,与叶片快速接合。在其中测量点16接近转子叶片平面的情况中,那么可能有益的是,在吊舱壳体的顶部、下面或侧面上采用来自朝向吊舱后部安装的源的另外光束,以便充分地求解平行于旋转轴线的风速的分量。可在不脱离本公开的范围的情况下作出各种改进和修改。例如,应了解,许多不同的光束源安装点、框架或包容点在本公开的权利要求书内是可能的。所展示的诸图仅仅是几个实例。

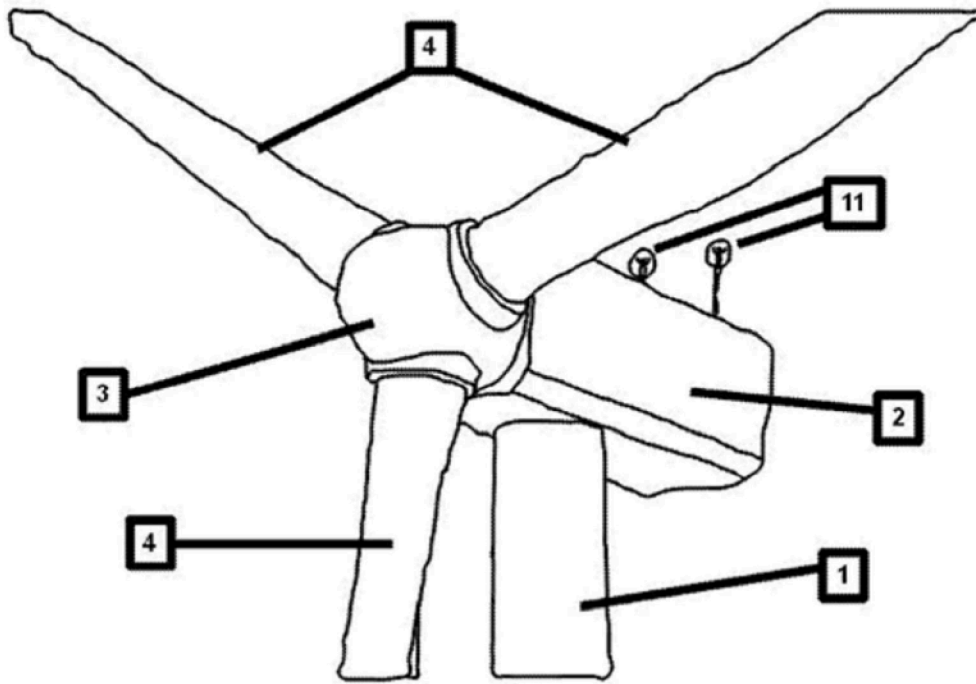


图1

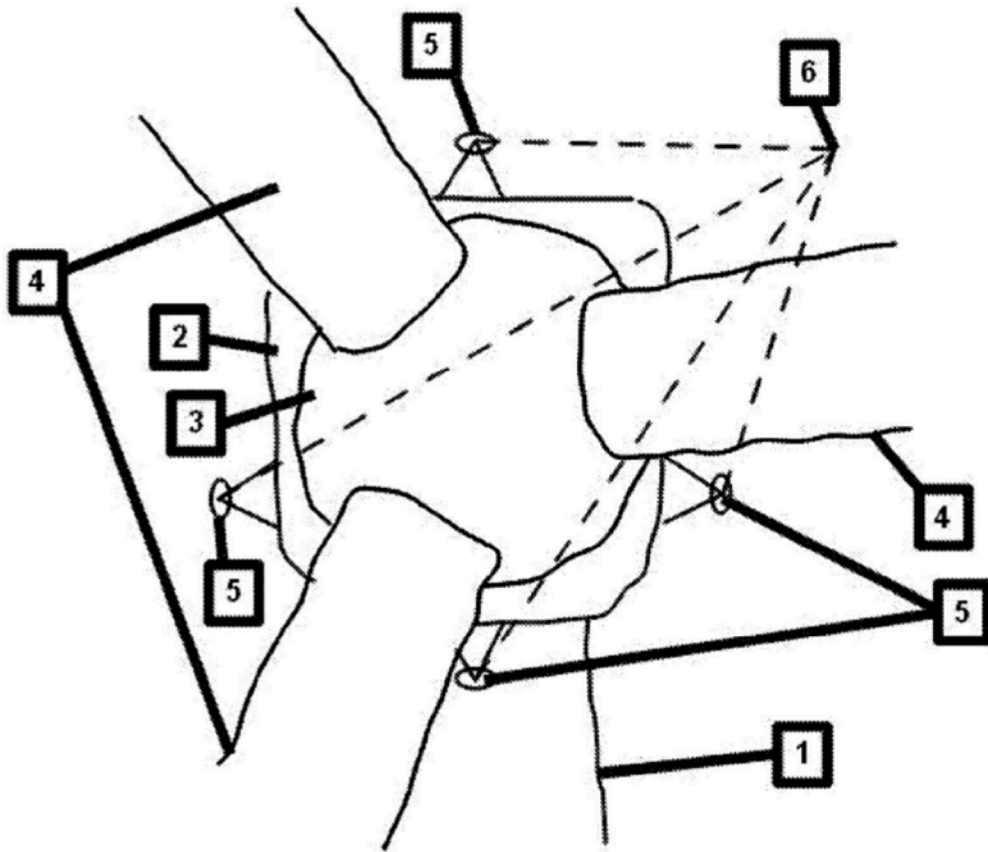


图2

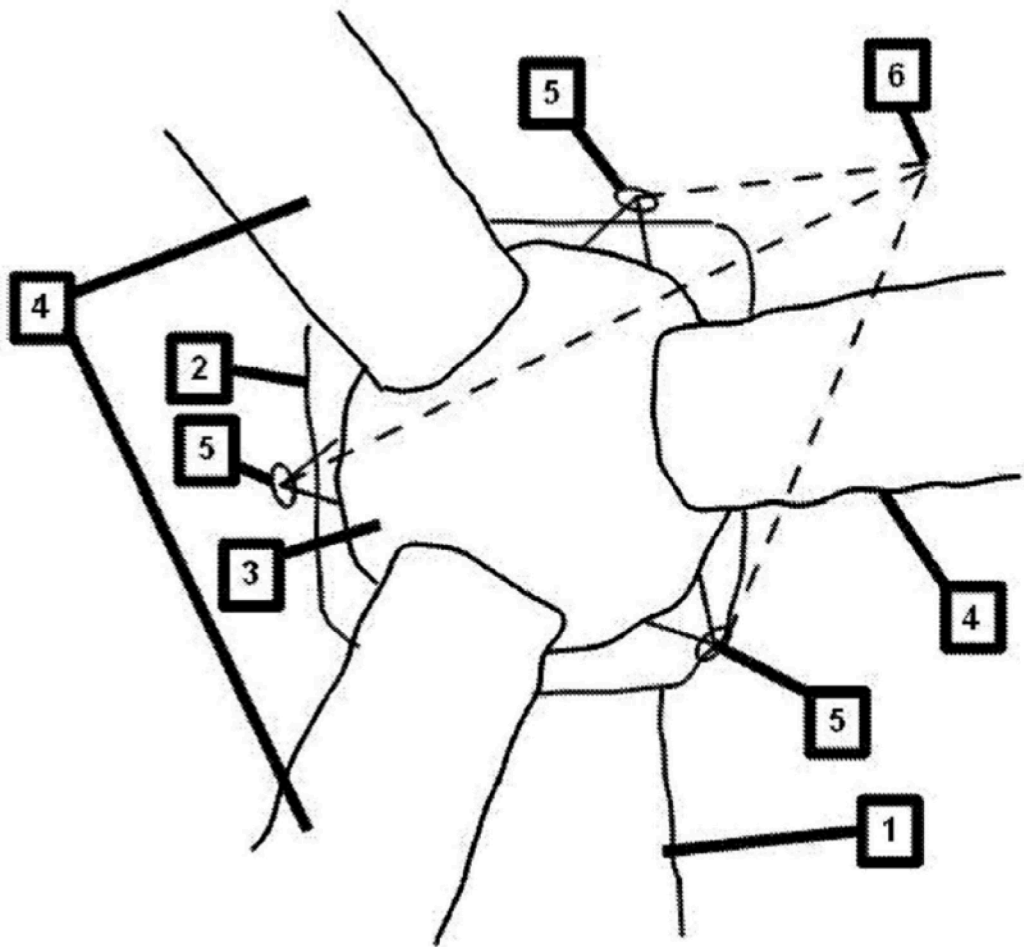


图3

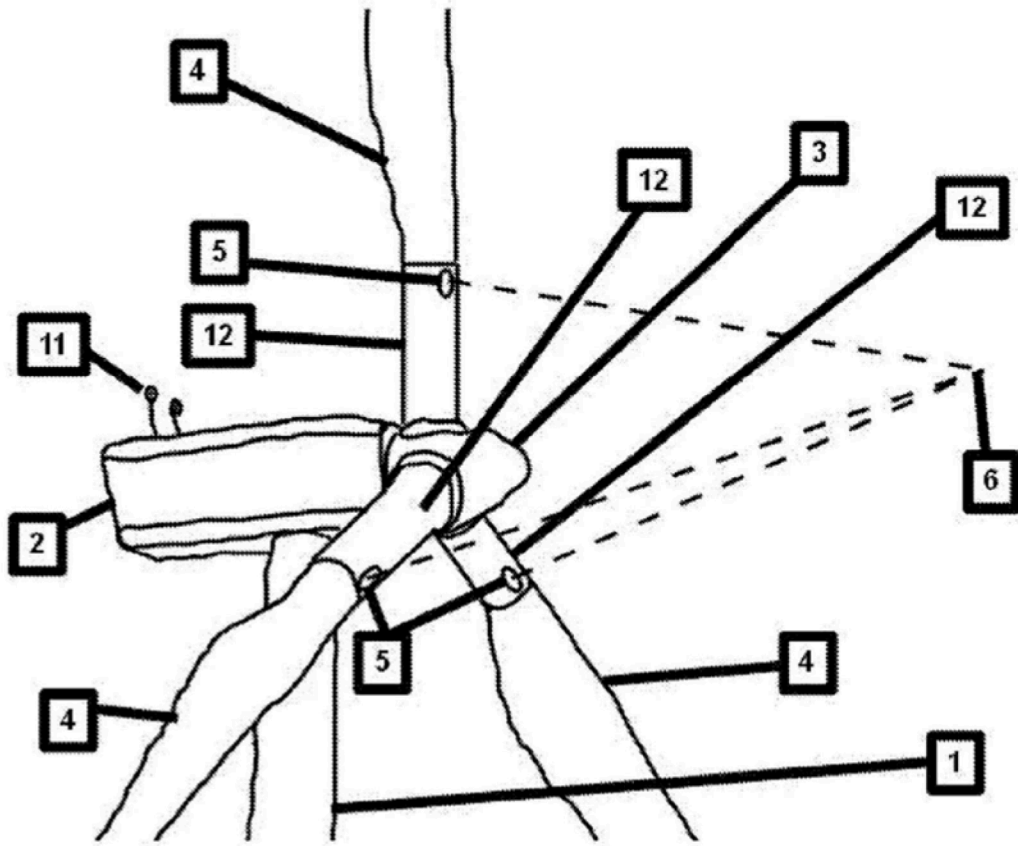


图4

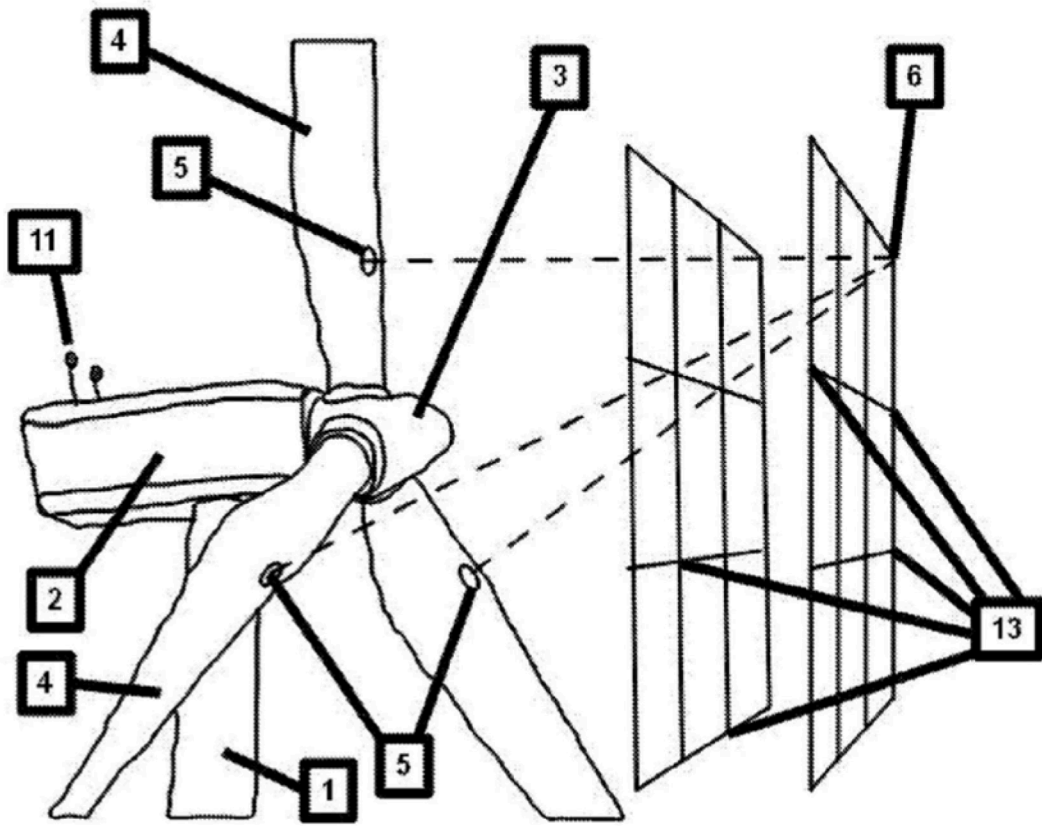


图5

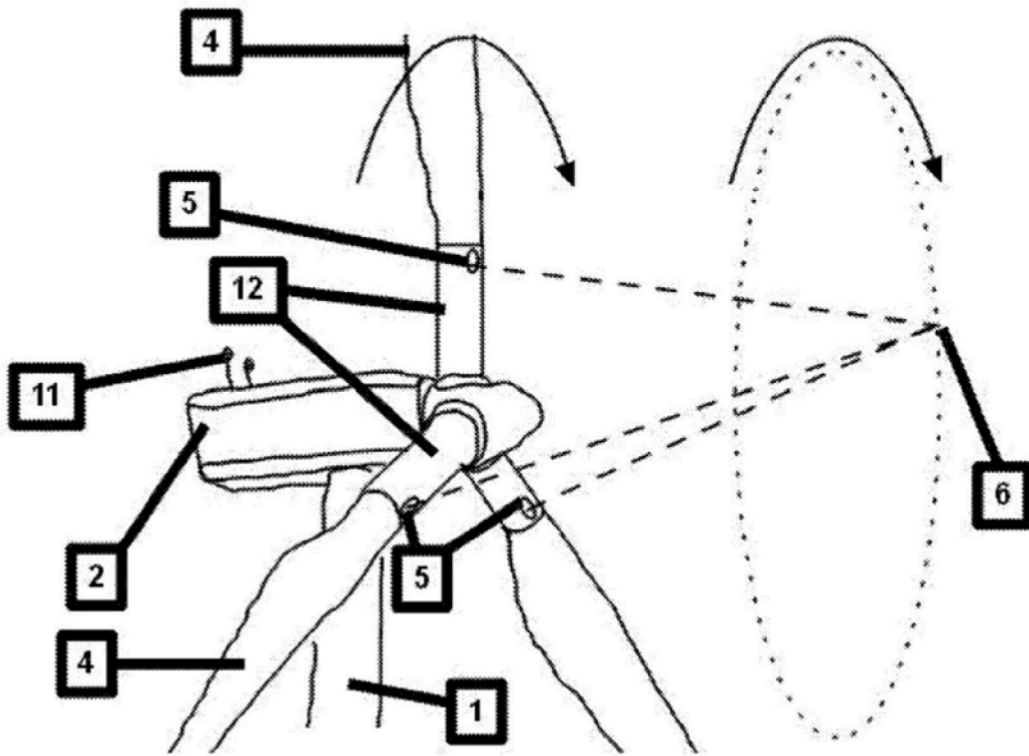


图6

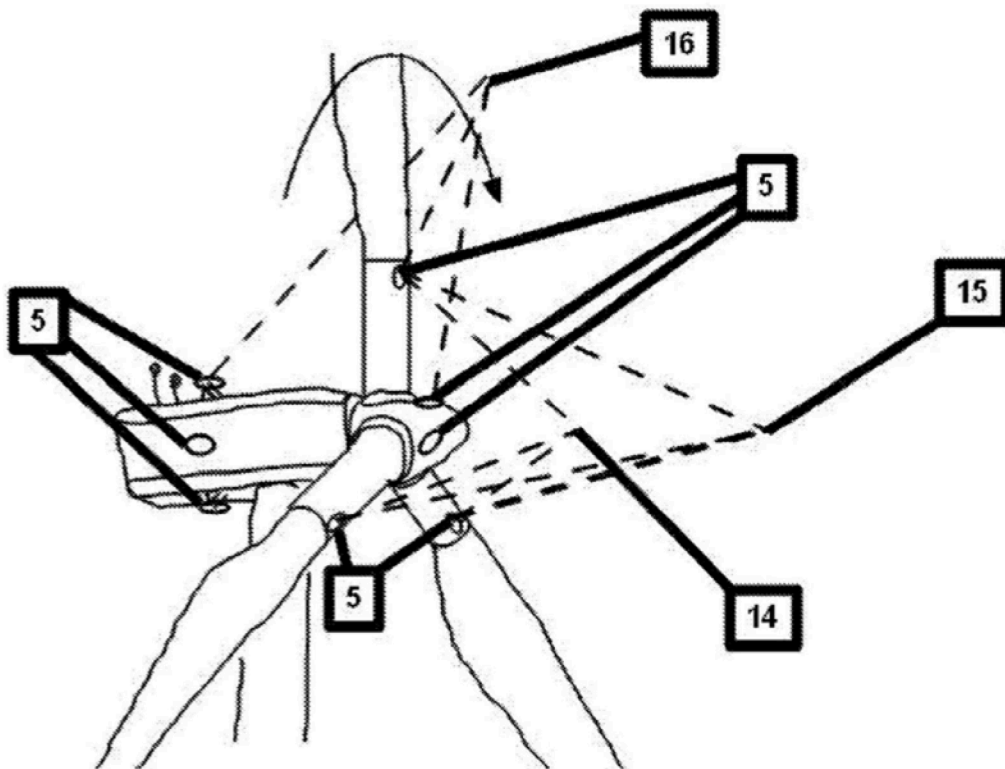


图7