



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104321527 B

(45)授权公告日 2017.07.07

(21)申请号 201380025910.9

(22)申请日 2013.05.13

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104321527 A

(43)申请公布日 2015.01.28

(30)优先权数据
12168478.1 2012.05.18 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.11.18

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2013/059800 2013.05.13

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/171154 EN 2013.11.21

(73)专利权人 罗蒙温德股份公司
地址 瑞士楚格

(72)发明人 J·K·汉森 J·赫吉斯特鲁普

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
代理人 张华卿 郑霞

(51)Int.Cl.
F03D 7/02(2006.01)

(56)对比文件
CN 101389967 A,2009.03.18,全文.
EP 2112373 A2,2009.10.28,全文.
EP 2025929 A2,2009.02.18,全文.
US 2010/0135789 A1,2010.06.03,全文.
GB 2476507 A,2011.06.29,全文.

审查员 黄晶华

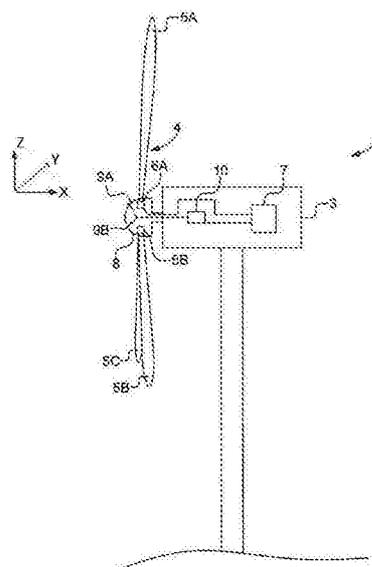
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

用于控制至少一个风力涡轮机叶片的桨距角的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于控制与风力涡轮机上的主轴连接的转子中的至少一个风力涡轮机叶片的桨距角的方法,该方法包括以下步骤,确定:逆风的、水平的并且与主轴的方向成一条直线的风矢量的第一分量,和逆风的、垂直于风矢量的第一分量的风矢量的第二分量,其中风矢量的第一分量和风矢量的第二分量通过使用安装在转子上的至少一个超声波传感器来确定,由此基于风矢量的第一分量和风矢量的第二分量控制桨距角。



1. 用于控制与风力涡轮机(1)上的主轴连接的转子(4)中的至少一个风力涡轮机叶片(5a, 5b, 5c)的桨距角的方法,该方法包括以下步骤,确定:

-逆风的、水平的并且与主轴的方向成一条直线的风矢量的第一分量,和

-逆风的并且垂直于风矢量的第一分量的风矢量的第二分量,

其特征在于,所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量通过使用安装在转子(4)上的至少一个超声波传感器来确定,由此基于所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量控制所述桨距角,其中所述方法还包括以下步骤:确定

-逆风的并垂直于所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量的风矢量的第三分量,

由此,基于所述风矢量的第三分量进一步控制所述桨距角。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中通过使用顺风设置的至少一个超声波传感器来确定所述风矢量的第一分量和风矢量的第二分量。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中基于所述风矢量的第一分量的平均值和/或所述风矢量的第二分量的平均值,控制所述桨距角。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述平均值为超过1、5、10、15或20分钟的时间段内的平均值。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其中基于所述风矢量的第一分量的湍流和/或所述风矢量的第二分量的湍流控制所述桨距角。

6. 根据权利要求1或2所述的方法,其中基于所述风矢量的第一分量的突然变化和/或所述风矢量的第二分量的突然变化控制所述桨距角,其中的突然变化是风矢量在3秒的时间尺度内变化50%以上和/或在一分钟的时间尺度内变化超过7米/秒。

7. 根据权利要求1或2所述的方法,其中基于所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量之间的相关性的频谱分解控制所述桨距角。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量之间的相关性构成了风切变测量。

9. 根据权利要求1或2所述的方法,其中基于所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第三分量之间的相关性的频谱分解控制所述桨距角。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第三分量之间的相关性构成了风切变测量。

11. 根据权利要求1或2所述的方法,其中所述桨距角以这样的方式进行控制,即如果风矢量的所确定的第一分量和/或风矢量的所确定的第二分量超过预定值或低于预定值,则使该转子(4)停止。

12. 根据权利要求1或2所述的方法,其中在转子(4)的逆风的不到40米处,确定所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量。

13. 根据权利要求1或2所述的方法,其中在转子(4)的逆风的小于10米处,确定所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量。

14. 根据权利要求1或2所述的方法,其中在转子(4)的逆风的小于1米处,确定所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量。

15. 根据权利要求1或2所述的方法,其中所述风矢量的第一分量是由一个、两个或三个

超声波传感器确定和/或所述风矢量的第二分量是由一个、两个或三个超声波传感器确定。

16. 用于控制与风力涡轮机(1)上的主轴连接的转子(4)中的至少一个风力涡轮机叶片(5a, 5b, 5c)的桨距角的装置, 包括至少一个超声波传感器, 所述至少一个超声波传感器安装在所述转子(4)上并适合于确定,

-逆风的、水平的并且与主轴的方向成一条直线的风矢量的第一分量, 和

-逆风的、垂直于所述风矢量的第一分量的风矢量的第二分量; 以及

还包括用于基于所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量控制所述桨距角的设备,

并且其中所述至少一个超声波传感器还适于确定,

-逆风的并垂直于所述风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量的风矢量的第三分量,

其中, 用于控制所述桨距角的设备还基于所述风矢量的第三分量。

17. 根据权利要求16所述的装置, 其中, 所述至少一个超声波传感器逆风设置。

18. 包括根据权利要求16或17所述的装置和/或使用根据权利要求1至15中的任一项所述的方法的风力涡轮机(1)。

用于控制至少一个风力涡轮机叶片的桨距角的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于控制风力涡轮机上的转子中的至少一个风力涡轮机叶片的桨距角的方法和装置。

背景技术

[0002] 在风力涡轮机中,必须控制叶片的桨距角。常规的风力涡轮机具有转子,包括多个叶片,通常是三个叶片,和旋转器。在一些涡轮机模型中,所谓的桨距调整式涡轮机,这些叶片的桨距角可以由桨距机构根据实际风况机械地和动态地调节。在运行中,风力涡轮机的控制系统将调节或控制叶片的桨距角以确保风力涡轮机的最佳性能。这是为了将转子的旋转速度保持在运行限制内并最小化风力涡轮机的磨损。在某些情况下,如高或低风速下,可以通过使转子完全停止或至少确保转子的慢转速使风力涡轮机停止工作。这可以通过调节/控制叶片的桨距角,使得叶片的攻角由风转向而完成。

[0003] 已知的桨距调节的风力涡轮机具有控制系统,其控制叶片的桨距。该系统对桨距角的控制是基于涡轮机风力传感器测得的风速。放置在机舱上、转子后面的风速计是用于测量风速的常见方法的一个例子。但是,风力传感器的这个位置很不理想,因为在风力涡轮机运行时,风向标将在风已通过了转子之后测量风力。该测量因此很大程度上受到由转子产生的紊流以及受到由机舱所造成的其他空气动力效应的影响。此外,建筑物、树木、和相邻的风力涡轮机都将显著影响风速读数。这意味着,风向标会将不正确的信息传送到风力涡轮机控制系统。目前使用的机舱风速计还不能检测潜在的破坏性的风力现象,例如风切变和潜在的破坏性的风倾斜角。这是一个缺点,因为需要尽可能可靠的风速、风切变和转子的风倾斜角的信息。

[0004] 进一步地,如果风力涡轮机具有一个以上的叶片,通常有三个叶片,则叶片的叶片桨距能够彼此独立地控制。

[0005] 此外,已知使用激光雷达(LiDAR)确立风力涡轮机的逆风风速,并使用该信息来控制风力涡轮机。EP 0 970 308公开了一种具有激光风速计系统的风力涡轮机,如激光雷达,它被用于确定在风力涡轮机前部的空气速度。此外,它公开了该确定的风力涡轮机前部的空气速度可以被用来控制风力涡轮机叶片的桨距。

[0006] 激光雷达控制的风力涡轮机的例子在EP 2 025 929 A2中公开。它描述了一种用于基于激光雷达的测量控制叶片的桨距的方法。激光雷达安装在风力涡轮机轮毂上并配置为在轮毂的前部的平面场的预定部分内测量风速的分量。

[0007] 当使用如在上述文件中公开的激光雷达的时候,风速在风力涡轮机前部一个相当大的距离处被测量,至少20米。然而,风的方向和速度将这个距离内改变;因此由激光雷达测量的风速的分量会与实际冲击叶片的风速的分量不同。因此,叶片没有被最佳地倾斜。

[0008] 此外,如果正在下雨或下雪,则激光雷达不能测量风速,因为激光射线被雨滴或雪花通过如下方式妨碍和/或干扰,即没有检索到可靠的信息。当没有检索到信息时,叶片不能被正确地倾斜。

[0009] 从EP2112373可知一种用于基于风的两个风向分量的探测控制风力涡轮机的转子的旋转速度的系统,所述转子暴露于所述风。

[0010] 从EP2025929可知一种用于主动机构的基础系统,其基于转子前的紊流风测量,通过将叶片独自地或非对称的放置来控制风力涡轮机的叶片倾斜。

[0011] 从US2010/0135789可知一种用于控制风力涡轮机的系统和方法,包括利用逆风条件测量设备测量从转子逆风的风力情况。

[0012] 从GB2476507可知一种用于感测包括风速、方向和紊流的多个上风情况的风速计。

发明内容

[0013] 考虑到上述的现有技术,本发明的一个目的是提供一种用于根据通过测量风力得到的可靠数据控制桨距角的方法和装置。

[0014] 所述目的可通过用于控制与风力涡轮机上的主轴连接的转子中的至少一个风力涡轮机叶片的桨距角的方法来实现,该方法包括以下步骤,确定:逆风的、水平的并且与主轴的方向成一条直线的风矢量的第一分量,和逆风并且垂直于风矢量的第一分量的风矢量的第二分量,其中风矢量的第一分量和风矢量的第二分量通过使用安装在转子上的至少一个超声波传感器来确定,由此基于风矢量的第一分量和风矢量的第二分量控制桨距角,该方法还包括确定风矢量的第三分量的步骤,其是逆风的并垂直于风矢量的第一分量和风矢量的第二分量,由此基于风矢量的第三分量进一步控制桨距角。

[0015] 通过使用该方法叶片可以在各种天气条件下并为实际冲击叶片的风最佳地倾斜。

[0016] 超声波传感器可以包括两个传感器,其中在两个传感器之间发送超声波信号,通过测量超声波信号的传播时间和已知的传感器之间的距离,能够确定风速。

[0017] 逆风应被理解为风力涡轮机前部的风,相对于风力涡轮机的逆风的风流动基本上没有被风力涡轮机改变。通过使用逆风/在风力涡轮机前部的风,能够确保该叶片可以被最佳地控制。

[0018] 本领域技术人员将认识到风力涡轮机的主轴可倾斜,以确保叶片不碰撞风力涡轮机塔架。因此,水平的和与主轴的方向成一条直线,应被理解为基本上水平的和基本与主轴的方向成一条直线。也可以被解释为由转子叶片限定的垂直于平面的方向。

[0019] 风矢量应理解为风速矢量,其是描述风速的矢量。在一个实例中,风矢量的第一分量被理解为x分量,风矢量的第二分量是在平面中的分量,由y分量和z分量限定。

[0020] 利用第三分量,当控制桨距角时能够将完整的三维风矢量考虑在内。

[0021] 风矢量的第一和第二分量可通过如公开在EP 1733241 B1中的旋转式风速计来确定,其通过引用被整体并入。旋转式风速计可以具有至少一个固定到风力涡轮机的转子的传感器和能够确定转子的角位置的角度传感器。随后电路能够将所述至少一个传感器的输出和角度传感器的输出之间的关系转换成风力涡轮机所经历的风的速度和方向。换句话说,旋转式风速计能够直接在转子平面前三维空间中确定风速。

[0022] 但是,确定可以是测量,可以被理解为当测量来自所述至少一个传感器的输出时,输出需要被处理以确定风矢量的分量。

[0023] 旋转式风速计有几个优点优于使用激光雷达,如激光雷达不能确定风切变和风倾斜角,而旋转式风速计可确定两者。此外,激光雷达有多个其它的缺点。激光雷达是精密的

仪器,对振动无抵抗性。它们使用激光并且它们不能在雨、雨夹雪和雪或任何其它降水中进行操作,因为会阻碍激光束。另外,如果在空气中没有颗粒悬浮,则激光不能够起作用,因为无后向散射产生。这些缺点通过使用旋转式风速计被克服。另外,与旋转式风速计相比激光雷达价格是比较高的,并且与旋转式风速计相比操作激光雷达所需要的附带的软件和随之而来的硬件是相当大的。

[0024] 在一个实施例中,通过使用逆风设置的至少一个超声波传感器来确定风矢量的所述第一和第二分量。这种传感器可以是如上所述的旋转式风速计的一部分的传感器。逆风应当如上述的被理解,例如逆风设置的传感器可定位在旋转器或叶片的面向逆风的一侧上。换言之,逆风可以被理解为在由叶片所定义的平面的前面。

[0025] 在一个实施例中,基于风矢量的第一分量的平均值和/或风矢量的第二分量的平均值控制桨距角,优选超过1分钟、5分钟、10分钟、15分钟或20分钟的时间段内的平均值。取决于风矢量的第二分量;第一和第二分量的平均值可以给出风力涡轮机的偏航误差或风倾斜角。如果风力涡轮机转子没有正确对准,风力涡轮机具有偏航误差-风向一侧倾斜。风倾斜角度会表明风是否以在水平线以上或以下的角度吹来并与主轴方向基本上成一条直线。换句话说,例如通过旋转式风速计测量的风倾斜角和/或偏航误差可以随后被用作为风力涡轮机叶片的桨距控制的控制参数。

[0026] 优选地,根据风矢量的第一分量的湍流和/或风矢量的第二分量的湍流控制桨距角。在一个维度上的湍流是在该维度中的速度的波动。风矢量的分量(风速),例如x分量,可以通过使用一个平均值和速度波动以下列方式进行说明: $v_x = \bar{v}_x + v'_x$ 。其中 \bar{v}_x 是在x方向的风速的平均值, v'_x 是在x方向上的风速的波动。湍流等于风速的波动。因此,风矢量的第一分量的湍流可以理解为 v'_x 。通过利用湍流的实时测量,优选由旋转式风速计测量,该风力涡轮机可在湍流超过预定值时进入负载减小模式。负载减小模式可倾斜叶片以减少负载。当基于湍流进行调节时,就可以保证只在需要时减少风力涡轮机的功率输出,从而增加平均能量输出并省去了单独编程风力涡轮机的控制器以照顾临界扇区的需要,也省去了精确测量机舱的位置的需要,这对于许多叶轮机模型都是个问题。

[0027] 在一个实施例中,基于风矢量的第一分量的突然变化和/或风矢量的第二分量的突然变化控制桨距角,其中突然变化是风矢量在3秒的时间尺度内变化50%以上和/或在一分钟的时间尺度内变化超过7米/秒。风的突然变化往往与非常高的阵风水平相关。基于风的突然变化控制桨距能使得风力涡轮机控制器采取适当的行动,以避免破坏风力涡轮机的载荷。这可倾斜叶片,在某些情况下可以使转子停止。

[0028] 优选地,基于风矢量的第一分量和风矢量的第二分量之间的相关性的频谱分解控制桨距角,优选地风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量之间的相关性构成了风切变测量。通过风矢量的第一分量和风矢量的第二分量的相关性的频谱分解和优选地风矢量的第一分量和风矢量的第三分量的相关性,可获得与不同的分离有关的风切变的可靠信息。因此,叶片桨距的控制得以改善,例如通过负载降低和/或功率输出的优化改善。这可以通过将风矢量分解成三个分量来实现, $v_x = \bar{v}_x + v'_x$, $v_y = \bar{v}_y + v'_y$, $v_z = \bar{v}_z + v'_z$, 其中 \bar{v}_x , \bar{v}_y , \bar{v}_z 分别是x,y,z方向上风速速度的平均值, v'_x , v'_y , v'_z 分别是x,y,z方向上的风速的波动。风矢量的第一分量可以是 v_x ,风矢量的第二分量可以为 v_z ,风矢量的第三分量可以为

v_y 。现在选择坐标系,其中 $\overline{v_x}$ 和 $\overline{v_z}$ 是零和仅 $\overline{v_x}$ 具有非零值。如果这样做了则可以确定 v'_x 和 v'_z 之间的相关性。如果相关性大,则在xz平面内有大的风梯度,如果相关性小,则在xz平面上的风梯度小。如果 v_x 是水平的并对准主轴方向的风速并且 v_z 是垂直风速;然后 v'_x 和 v'_z 的相关性给出了风切变的大小的量度。然后能够根据 v'_x 和 v'_z 的相关性的频谱分解按以下方式来确定风切变:标度 l 可以被选择为等于转子的直径,例如100米。这个标度可以通过以下列方式利用泰勒的冻结湍流假设被转换为一个频率 $f: f = \overline{v_x}/l$ 。围绕 f 为中心的带通滤波器然后可用于过滤 v'_x 和 v'_z 的相关性,从而能够确定信号的方差 $\text{var}(BP)$ 。最后,在整个高度距离 l 的风切变可以被确定为 $(dv_z)/dt = C\sqrt{\text{var}(BP)}/l$ 。常数 C 取决于滤波器的带宽,并可以通过实验确定。可以在任何希望的平面中以类似的方式确定风梯度。

[0029] 优选地,桨距角以这样的方式进行控制,即如果风矢量的所确定的第一分量和/或风矢量的所确定的第二分量超过预定值或低于预定值,则使该转子停止。风力涡轮机可以倾斜叶片以在预定的风力条件下停止转子的转动,例如在风速超过或低于预定的操作值时,例如风速、风的倾斜角、湍流、风的突然变化和/或风切变。这样做是为了减少磨损,阻止损坏风力涡轮机,并与优化风力涡轮机的功率输出相结合。

[0030] 优选地,在转子的逆风的不到40米处,优选小于10米处,优选小于1米处,确定风矢量的第一分量和风矢量的第二分量。优选确定,优选地测量,尽可能接近该转子的风矢量;确定越远离转子的风,在所述风到达在转子上的叶片之前已经发生重大变化的概率越大。测量湍流、风倾斜角度与风切变时,这一点尤其重要,因为它们根据地面状况或风的其它障碍物是很警觉的。例如,如果风力涡轮机紧随另一个风力涡轮机,则湍流、风的倾斜角度与风切变可以在小于10米的间隔内显著变化。对风矢量的第一分量和风矢量的第二分量的测量可以通过使用如上所述的旋转式风速计来完成。

[0031] 激光雷达确定风力涡轮机前部相当大的距离处的风况,至少10米。这被认为是有利的,因为它给出了一个时间延迟以为即将到来的风力条件配置风力涡轮机。然而,超过50多米时风力条件基本上会改变,从而导致风力涡轮机远不是被最佳地控制;叶片也不以最佳角度倾斜。

[0032] 为了克服这种缺点可以使用旋转式风速计。这里风矢量的分量在转子的前面小于1米处被确定。除其他事项外,可以由此根据实际冲击叶片的风矢量调节桨距角。与激光雷达相比,缺点是不存在可以为即将到来的风而调整桨距的时间延迟。然而,通过使用旋转式风速计,风力涡轮机可以被调整为冲击风力涡轮机的实际负荷,这与至少部分由激光雷达控制的风力涡轮机相比是一个优点。

[0033] 有利的是,风矢量的第一分量是由一个、两个或三个传感器确定的和/或风矢量的第二分量是由一个,两个或三个传感器来确定的。这可以更容易地确定风矢量的第一分量和所述风矢量的第二分量。此外,如果一个传感器出现故障,可使用剩余的传感器继续风力涡轮机的操作。

[0034] 本发明还涉及一种用于控制与风力涡轮机上的主轴连接的转子中的至少一个风力涡轮机叶片的桨距角的装置,包括:至少一个超声波传感器,该至少一个超声波传感器安装在转子上并适合于确定,逆风的、水平的并与主轴的方向成一条直线的风矢量的第一分量,和逆风的并垂直于风矢量的第一分量的风矢量的第二分量,以及还包括用于根据风矢

量的第一分量和风矢量的第二分量控制桨距角的装置,所述至少一个超声传感器还适于确定风矢量的第三分量,该风矢量的第三分量是逆风的并垂直于风矢量的第一分量和风矢量的第二分量,其中用于控制桨距角的装置还是以风矢量的第三分量为基础的。

[0035] 在一个优选实施例中,旋转器装置包括如上所述的旋转式风速计。旋转式风速计可以适于确定风矢量的第一分量和风矢量的第二分量。

[0036] 应当理解的是,该装置可适于执行上面公开的任何方法。

[0037] 本发明也可以被看作是一种风力涡轮机,包括如上所述的装置,和/或执行任何上述的方法。

附图说明

[0038] 本发明将在下文中更详细地描述,参照附图:

[0039] 图1具有被本发明的一个实施例控制的叶片的风力涡轮机的示意图。

[0040] 图2具有被本发明的一个实施例控制的叶片的风力涡轮机的示意图。

[0041] 图3示出了风切变的曲线图。

[0042] 本发明的详细描述

[0043] 图1示出具有塔架2和机舱3的风力涡轮机1。在机舱3上安装有转子4。转子4具有三个连接到轮毂的叶片5A、5B、5C,旋转器8被安装在该轮毂上以使绕轮毂的流动成流线型。轮毂位于旋转器内并未在图中示出。轮毂被连接到主轴(未示出)。主轴相对于水平面成几度的角度向上倾斜,以确保叶片5A、5B、5C不要接触塔架2。

[0044] 叶片5A、5B、5C的桨距分别由桨距驱动器6A、6B、6C控制。该桨距驱动器6A、6B、6C位于旋转器的内部,并将叶片连接到轮毂,该轮毂以使叶片5A、5B、5C可旋转的方式连接到主轴。桨距驱动器6A、6B、6C与风力涡轮机控制器7连接,该控制器7从风力涡轮机1上的传感器收集数据。风力涡轮机控制器7确定操作风力涡轮机叶片5A、5B、5C的叶片桨距的控制参数。在一个实施例中,所述风力涡轮机控制器7还控制用于风力涡轮机1的控制的其它参数。在另一个实施方案中,风力涡轮机1具有多个控制单元,该多个控制单元控制风力涡轮机操作的不同部分。

[0045] 旋转式风速计被连接到风力涡轮机1上,旋转式风速计的例子在EP 1 722 241B1中公开。下面是旋转式风速计的简短说明。

[0046] 在旋转器8上安装有三个超声波空气速度传感器9A、9B、9C。它们以这样一种方式被安装,即在旋转器的边界层上进行风测量。应当注意,在本实施例中使用三个传感器,但是也可能使用一个或两个或任何数量的传感器。当通过使用超声波传感器9A、9B、9C来确定风矢量的分量时,必须通过旋转器的旋转补偿测量。

[0047] 风力涡轮机1还包括角度传感器(未示出)和电路10,该角度传感器可以测量转子的角位置,该电路可以将超声波传感器9A、9B、9C和角度传感器的输出之间的关系转换成风力涡轮机1经历的风的速度和方向。换言之,可以确定风矢量的分量,例如风矢量的第一分量,其是逆风的、水平的并与主轴的方向成一条直线,风矢量的第二分量,其是逆风的、垂直于所述风矢量的第一分量,以及风矢量的第三分量,其是逆风的并垂直于风矢量的第一分量和风矢量的第二分量。

[0048] 旋转器8在相关区域中为球形,因此,电路10可以使用该认知来确定空气如何围绕

其流动。该认知结合超声波传感器9A、9B、9C在旋转时的位置,使得确定在任何期望的方向上的风成为可能。

[0049] 通过使用所描述的旋转式风速计,有可能确定在所有三个维度的风。因此,可确定完整的风矢量,从而可确定风切变、湍流、在风中的突然变化、偏航误差和风倾斜角。

[0050] 应当指出的是,本发明在一定程度上与以前的桨距控制相反,本发明部分地基于测量,该测量给出风力条件的不准确值或者由一个数学模型修正,以补偿已知的误差。在这两个例子中所确定的风力条件是不准确的,至少并非在所有的操作条件下都准确。

[0051] 还应当注意,如果例如风力涡轮机1定位为靠近小山或在小山上,则转子的逆风风况超过几米就可以改变,或转子的逆风风况在地貌中改变,转子的逆风风况也会受到其它附近的风力涡轮机或树木的影响。因此,优选尽可能靠近转子来确定风况,使得风在冲击叶片5A、5B、5C前不被改变。

[0052] 在图2中示出了一个直角坐标系统,x轴是水平的并与涡轮机主轴方向成一条直线,因此可以将x轴理解为风矢量的第一分量的方向。z轴是垂直的并垂直于x轴。y轴是水平的并垂直于x轴和z轴。风矢量的第二分量可被采取为位于y轴和z轴定义的平面中。在一个实例中,风矢量的第二分量是在z轴的方向。风矢量的第三分量垂直于风矢量的第一和第二分量,因此可以被理解为位于由y轴和z轴定义的平面中。在一个例子中,风矢量的第三分量在y轴的方向。

[0053] 风切变可以由风矢量的x分量和风矢量的z分量的测量之间的相关性的频谱分解来确定。风矢量被分解(雷诺分解(Reynolds decomposition))成三个分量。

$v_x = \bar{v}_x + v'_x, v_y = v'_y, v_z = v'_z$,其中 v'_x, v'_y, v'_z 的平均值为零。图3示出的风切变的曲线图。为了确定标度1上的风切变,要考虑空气粒子11的垂直波动。当垂直波动是正的时,并且空气粒子从A移动到B,这对 v'_x 的贡献为负。在相反的方式中,当垂直波动是负的并且空气粒子从A移动到C时,对 v'_z 有了正的贡献。因此,相关性 $\text{corr}(v'_x, v'_z)$ 将是负,并且如果风梯度大则该相关性很大,,如果风梯度小则该相关性很小。通过利用泰勒的冷冻湍流假说将标度1转换成频率来确定标度1对 $\text{corr}(v'_x, v'_z)$ 的贡献,以下列方式, $f = \bar{v}_x/l$ 。带通滤波器然后可以适于过滤以频率f为中心的 $\text{corr}(v'_x, v'_z)$ 信号。然后可确定该信号的方差 var (BP)。跨越整个高度1的风切变可以通过使用公式 $(dv_z)/dt = C\sqrt{\text{var}(BP)}/l$ 来确定。常数C可以通过实验来确定。

[0054] 参考列表:

[0055] 1 风力涡轮机

[0056] 2 塔架

[0057] 3 机舱

[0058] 4 转子

[0059] 5 叶片

[0060] 6 桨距驱动器

[0061] 7 风力涡轮机控制器

[0062] 8 旋转器

[0063] 9 超声波空气速度传感器

[0064] 10 电路

[0065] 11 空气颗粒

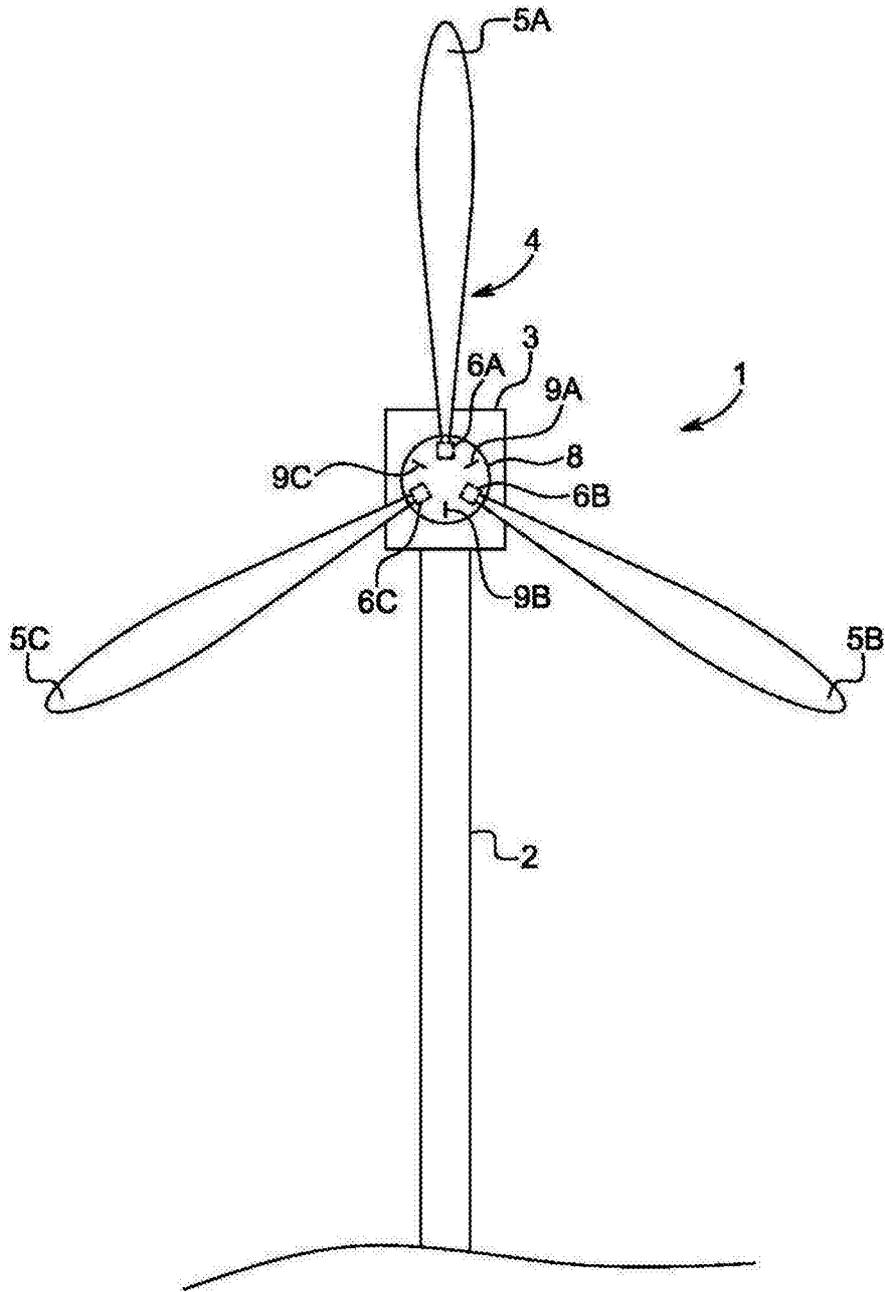


图1

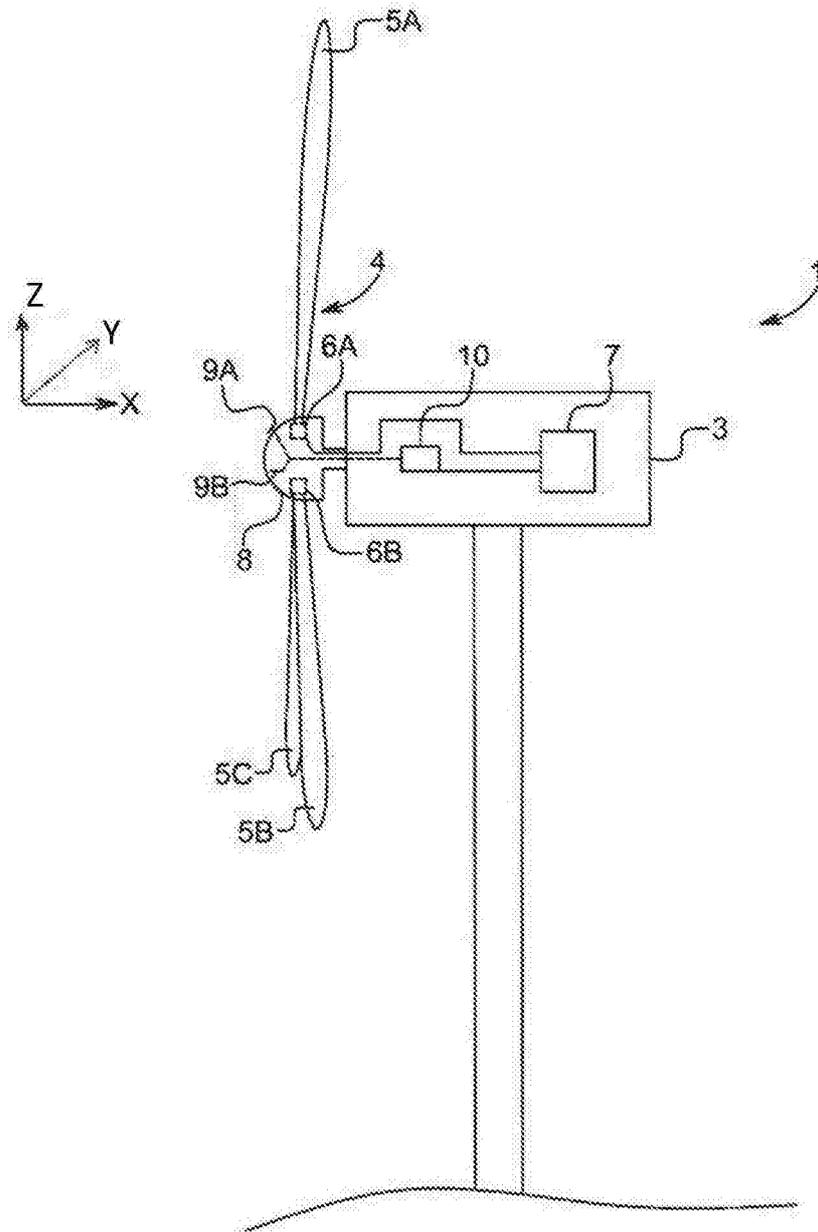


图2

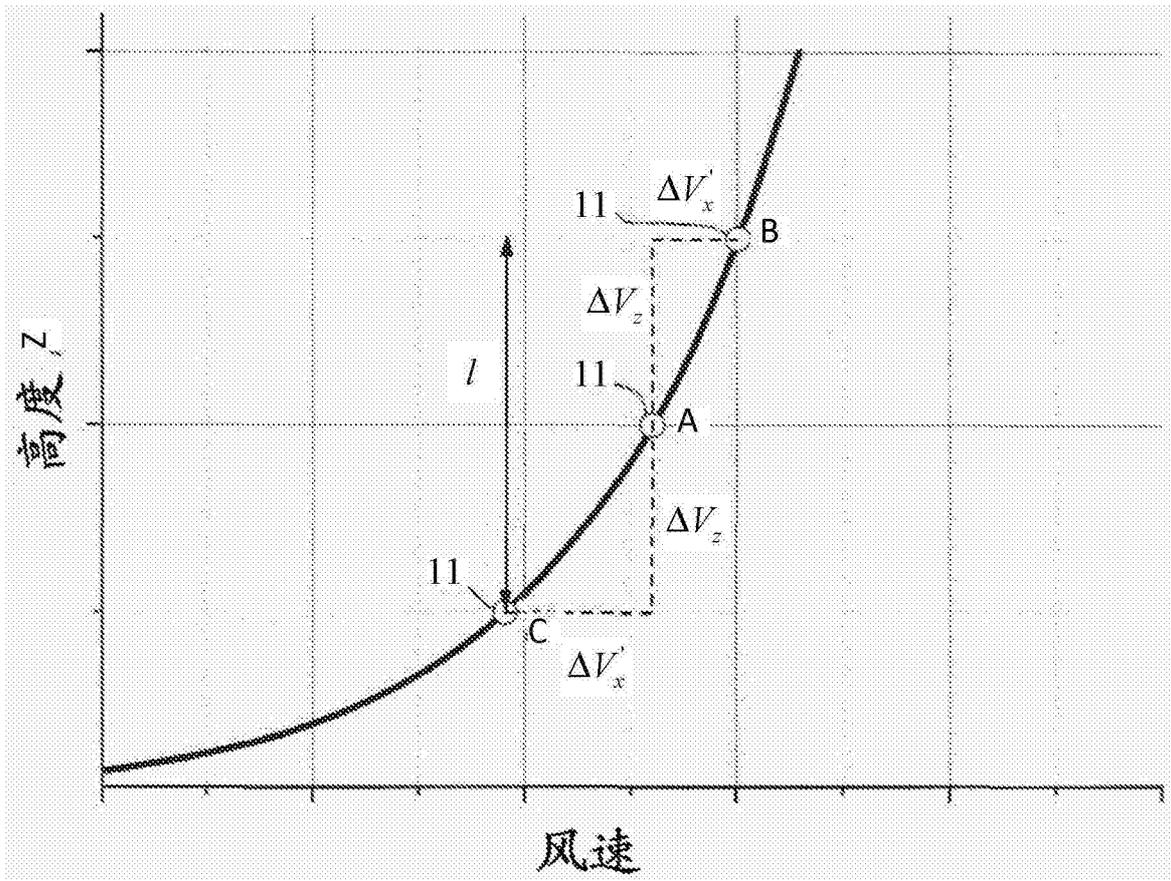


图3