



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109715939 A

(43)申请公布日 2019.05.03

(21)申请号 201780055705.5

(22)申请日 2017.09.11

(30)优先权数据

102016117191.3 2016.09.13 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.03.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2017/072751 2017.09.11

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2018/050596 DE 2018.03.22

(71)申请人 福斯4X股份有限公司

地址 德国慕尼黑

(72)发明人 马蒂亚斯·穆勒

克里斯汀·西弗斯 托马斯·绍斯

(74)专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事务
所(普通合伙) 11413

代理人 邵凤珠 刘继富

(51)Int.Cl.

F03D 17/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图3页

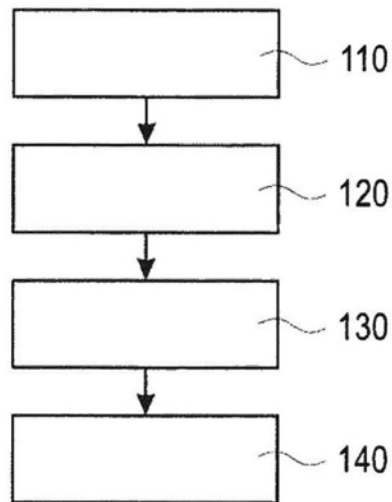
(54)发明名称

用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的方法和
设备

(57)摘要

本发明涉及一种用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的方法(100)。在方法(100)的第一步(110)中,确定风力涡轮机的至少一个转子叶片中的弯矩,以便提供第一变量,该第一变量标识作用于风力涡轮机塔架的机舱的第一力。另外,在方法(100)的第二步(120)中,确定机舱偏转以便提供第二变量,该第二变量标识作用于风力涡轮机塔架的机舱的第二力。另外,方法(100)的第三步(130)包括将第一变量和第二变量输入到反映塔架性能的计算模型中。方法(100)的第四步(140)包括借助计算模型确定风力涡轮机塔架上的载荷。

100



1. 一种用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的方法,包括:
 - 确定风力涡轮机的至少一个转子叶片中的弯矩,以便提供第一变量,所述第一变量标识作用于风力涡轮机塔架的机舱的第一力;
 - 确定机舱偏转以便提供第二变量,所述第二变量标识作用于风力涡轮机塔架的机舱的第二力;
 - 将所述第一变量和所述第二变量输入到反映塔架性能的计算模型中;以及
 - 借助所述计算模型确定风力涡轮机塔架上的载荷。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,当确定所述至少一个转子叶片中的弯矩时,使用至少一个应变传感器测量所述至少一个转子叶片中的应变。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中,当确定所述至少一个转子叶片中的弯矩时,在两个方向上,特别是两个相互正交的方向上测量所述至少一个转子叶片中的应变。
4. 根据权利要求2或3所述的方法,其中,所述至少一个应变传感器布置在所述至少一个转子叶片中,特别地,其中,所述至少一个应变传感器是光纤应变传感器。
5. 根据权利要求1到4之一所述的方法,其中,当确定机舱偏转时,借助位置传感器设备来确定机舱的位置,所述位置传感器设备适于执行选自以下中的至少一种方法:GPS定位方法,特别是按照RTK GPS (实时动态GPS) 的GPS定位方法;差分GPS定位方法;基于摄像机的定位方法;基于雷达的定位方法;和基于激光的定位方法。
6. 根据权利要求1到5之一所述的方法,其中,当确定机舱偏转时,使用静止参考点。
7. 根据权利要求1到6之一所述的方法,还包括根据所确定的塔架上的载荷确定风参数,特别是风速和/或风向。
8. 根据权利要求1到7之一所述的方法,其中,当借助所述计算模型确定塔架上的载荷时,使用卡尔曼滤波器以便提高塔架上载荷的确定精度。
9. 根据权利要求1到8之一所述的方法,其中,当借助所述计算模型确定塔架上的载荷时,使用风力涡轮机参数,特别是塔架厚度和/或塔架材料。
10. 一种适于确定风力涡轮机塔架上的载荷的设备,包括:
 - 至少一个应变传感器,其被布置并适于测量风力涡轮机的至少一个转子叶片上的应变;
 - 至少一个位置传感器设备,其被布置并适于确定风力涡轮机塔架的机舱的位置;以及
 - 评估单元,其连接到所述至少一个应变传感器,以从所述至少一个应变传感器接收第一信号,并且连接到所述至少一个位置传感器设备,以从所述至少一个位置传感器设备接收第二信号,其中,所述评估单元适于根据所述第一信号确定风力涡轮机的至少一个转子叶片中的弯矩,以便提供第一变量,
 - 其中,所述评估单元适于根据所述第二信号确定机舱偏转,以便提供第二变量,以及
 - 其中,所述评估单元适于借助反映塔架性能的计算模型根据第一和第二变量确定风力涡轮机塔架上的载荷。
11. 根据权利要求10的设备,其中,所述位置传感器设备适于执行选自以下中的至少一种方法:GPS定位方法,特别是按照RTK GPS (实时动态GPS) 的GPS定位方法;差分GPS定位方法;基于摄像机的定位方法;基于雷达的定位方法;和基于激光的定位方法。

用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及监测风力涡轮机的运行,特别是监测风力涡轮机塔架的状态。本发明尤其涉及一种具有用于确定风力涡轮机塔架上载荷的光纤传感器的装置。

背景技术

[0002] 用于监测风力涡轮机并评估状况的系统越来越重要。风力涡轮机塔架的状况,例如磨损、材料疲劳以及由于老化或使用而可能出现的其他变化,是风力涡轮机状况监测的主题。了解这种状况后,能够安排维护工作,估计安装的现值,并且满足立法者和客户的安全要求。

[0003] 在现有系统中,在预期载荷方面对风力涡轮机塔架进行设计,该预期载荷例如是在风力涡轮机的使用寿命期间所预期的、由转子转动次数引起的周期性重力载荷或由阵风引起的载荷。安装风力涡轮机后,例如借助于定期检测来检查风力涡轮机塔架的状况。然而对塔架的这种状况监测充满了一定程度的不确定性,这是因为在短期的重载下,例如雷雨期间的强阵风,可能会出现临界材料载荷,这可能会在此后不久导致材料失效。

[0004] 因此,需要改进对风力涡轮机塔架状况的监测。

发明内容

[0005] 本公开的实施例提供了根据权利要求1的用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的方法。另外,本公开的实施例提供了根据权利要求10的适于确定风力涡轮机塔架上的载荷的设备。

[0006] 根据一个实施例,提供了一种用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的方法。该方法包括:确定风力涡轮机的至少一个转子叶片中的弯矩,以便提供第一变量,该第一变量标识作用于风力涡轮机塔架机舱的第一力;确定机舱偏转以便提供第二变量,该第二变量标识作用于风力涡轮机塔架机舱的第二力;将第一变量和第二变量输入到反映塔架性能的计算模型中;以及借助计算模型确定风力涡轮机塔架上的载荷。

[0007] 根据另一个实施例,提供了适于确定风力涡轮机塔架上的载荷的设备。该设备包括:至少一个应变传感器,其被布置并适于测量风力涡轮机的至少一个转子叶片上的应变;至少一个位置传感器设备,其被布置并适于确定风力涡轮机塔架的机舱的位置;和评估单元,其连接到至少一个应变传感器以接收来自至少一个应变传感器的第一信号,并且连接到至少一个位置传感器设备,以接收来自至少一个位置传感器设备的第二信号,其中评估单元适于根据第一信号确定风力涡轮机的至少一个转子叶片中的弯矩,以便提供第一变量,其中评估单元适于根据第二信号确定机舱偏转,以便提供第二变量,并且其中评估单元适于借助反映塔架性能的计算模型根据第一变量和第二变量确定风力涡轮机塔架上的载荷。

附图说明

[0008] 在附图中示出并在下面的描述中更详细地解释示例性实施例。在附图中示出：

[0009] 图1根据本文描述的实施例的用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的方法的流程图；

[0010] 图2根据本文描述的另外的实施例的用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的方法的流程图；

[0011] 图3根据本文描述的实施例的用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的设备的简化示意图；

[0012] 图4风力涡轮机，以便解释本文描述的用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的设备的实施例；以及

[0013] 图5在本文描述的实施例中用于确定风力涡轮机的至少一个转子叶片中的弯矩的光纤传感器。

具体实施方式

[0014] 下面更详细地解释本公开的实施例。这些图用于示出实施例的一个或多个示例。在图中，相同的附图标记表示各个实施例的相同或相似的特征。

[0015] 图1是根据本文描述的实施例的用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的方法100的流程图。在第一步110中，方法100包括确定风力涡轮机的至少一个转子叶片中的弯矩以便提供第一变量。通常，第一变量标识作用于风力涡轮机塔架机舱的第一力。另外，在第二步120中，方法100包括确定机舱偏转以便提供第二变量。通常，第二变量标识作用于风力涡轮机塔架机舱的第二力。另外，在第三步130中，方法100包括将第一和第二变量输入到反映塔架性能的计算模型中。方法的第四步140包括借助计算模型确定风力涡轮机塔架上的载荷。

[0016] 因此，借助本文描述的方法能够提供改进的风力涡轮机塔架状况监测系统，以确定风力涡轮机塔架上的载荷。

[0017] 根据可能与本文描述的其他实施例相结合的实施例，计算模型是风力涡轮机的物理模型，尤其是风力涡轮机塔架的物理模型。这种物理计算模型通常包括模型参数，该模型参数考虑例如风力涡轮机（特别是风力涡轮机塔架）的尺寸以及风力涡轮机（特别是风力涡轮机塔架）的材料特性。另外，该物理计算模型能够包括动态模型参数，该动态模型参数考虑例如材料老化过程、载荷变化、天气状况等。

[0018] 根据能够与本文描述的其他实施例相结合的另外的实施例，在方法100的第一步110中，在确定至少一个转子叶片中的弯矩期间，能够借助至少一个应变传感器测量至少一个转子叶片中的应变，从而确定至少一个方向上的弯矩。根据其他典型实施例，至少两个应变传感器，特别是三个应变传感器或至少四个应变传感器能够用于确定在风力涡轮机的至少一个转子叶片的翼型中的弯矩。利用两个应变传感器的适当布置，例如，在转子叶片根部的不同角坐标处，甚至使用两个应变传感器，能够在两个方向上，通常在两个正交方向上测量作用于转子叶片的弯矩。为达到此目的，这两个应变传感器应该通常安装成角坐标转动 90° ，或者角坐标不转动 180° 。

[0019] 因此，根据本文描述的方法的实施例，在确定至少一个转子叶片中的弯矩期间，能够在两个方向上，特别是两个相互正交的方向上测量至少一个转子叶片中的应变。

[0020] 根据可以与本文描述的其他实施例相结合的另外的实施例,至少一个应变传感器布置在至少一个转子叶片中。例如,至少一个应变传感器可以是例如参考图5所描述的光纤应变传感器。

[0021] 根据可以与本文描述的其他实施例相结合的另外的实施例,在确定机舱偏转期间,可以借助位置传感器设备来确定机舱的位置。通常,位置传感器设备适于执行选自以下中的至少一种方法:GPS定位方法,特别是按照RTK GPS(实时动态GPS)的GPS定位方法;差分GPS定位方法;基于摄像机的定位方法;基于雷达的定位方法;和基于激光的定位方法。位置传感器设备能够被设计成使用静止参考点来定位。在方法100的第二步120中,因此在确定机舱偏转时能够使用静止参考点。

[0022] 在这种情况下,应当注意到,差分GPS定位方法被理解为使用风力涡轮机附近的单独GPS参考站或GPS参考无线电信号的方法。

[0023] 如图2中所示的流程图中举例说明的,在第五步150中,方法100还可以包括根据所确定的塔架上的载荷确定风参数,特别是风速和/或风向。这里,当确定风参数时,例如能够使用反映塔架性能的物理计算模型。特别地,借助于确定的风力涡轮机塔架上的载荷,基于物理计算模型,能够得出关于风参数(例如风速或风向)的结论。

[0024] 在可与本文描述的其它实施例相结合的另外的实施例中,在方法100的第四步140中,当借助计算模型确定塔架上的载荷时,可使用风力涡轮机参数,特别是塔架厚度和/或塔架材料,从而可能进行适合于风力涡轮机的精确载荷确定。

[0025] 根据可与本文描述的其它实施例相结合的另外的实施例,在方法100的第四步140中,当借助计算模型确定塔架上的载荷时,可以使用卡尔曼滤波器以便提高塔架上载荷的确定精度。

[0026] 在此,应该提到的是,与信号和时间序列分析的经典FIR和IIR滤波器相比,卡尔曼滤波器基于状态空间建模,在状态空间建模中,系统状态的动态性和其测量过程之间进行明确的区分。因此,在本文描述的方法中,使用卡尔曼滤波器是特别有利的,因为它的特殊数学构造允许在实时系统中使用,例如在用于跟踪运动物体的位置的信号评估中使用。由于滤波器的实时性能,当借助计算模型确定塔架上的载荷时,尤其是考虑机舱偏转时,卡尔曼滤波器的使用使得可以提高塔架上载荷的确定精度。

[0027] 根据可以与本文描述的其它实施例相结合的另外的实施例,本文描述的方法可被应用于确定风力涡轮机塔架上的载荷,特别是使用如本文描述的设备来确定。图3示出了根据本文描述的实施例的用于确定风力涡轮机200的塔架202上的载荷的设备300的简化示意图,如通过图4中的示例所示。

[0028] 根据本文描述的实施例,用于确定风力涡轮机200的塔架202上的载荷的设备300包括至少一个应变传感器310,该至少一个应变传感器布置在风力涡轮机200的至少一个转子叶片210上,并且适于测量风力涡轮机的至少一个转子叶片上的应变。另外,本文描述的设备300包括至少一个位置传感器设备320,该至少一个位置传感器设备布置在风力涡轮机200上并适于确定风力涡轮机200的塔架202的机舱203的位置。另外,本文描述的设备300包括评估单元330,该评估单元连接到至少一个应变传感器310以从至少一个应变传感器310接收第一信号S1,并且连接到至少一个位置传感器设备320以从至少一个位置传感器设备320接收第二信号S2。

[0029] 通常,评估单元330适于根据第一信号S1确定风力涡轮机的至少一个转子叶片中的弯矩,以便提供第一变量G1。另外,评估单元330通常适于根据第二信号S2确定机舱偏转,以便提供第二变量G2。如图3中示意性示出的,根据本文描述的实施例,评估单元330适于基于反映塔架性能的计算模型M,根据第一变量G1和第二变量G2确定风力涡轮机200的塔架202上的载荷B。

[0030] 以这种方式,借助本文描述的用于确定风力涡轮机塔架上的载荷的设备的实施例,能够提供对风力涡轮机塔架的改进的状况监测。

[0031] 根据可以与本文描述的其它实施例相结合的另外的实施例,本文描述的设备的位置传感器设备能够适于执行选自以下中的至少一种方法:GPS定位方法,特别是按照RTK GPS(实时动态GPS)的GPS定位方法;差分GPS定位方法;基于摄像机的定位方法;基于雷达的定位方法;和基于激光的定位方法。另外,位置传感器设备也能够被设计成使用静止参考点来定位。

[0032] 图4示出了根据本文描述的实施例的风力涡轮机200,其具有本文描述的用于检测载荷的设备。风力涡轮机200包括塔架202和机舱203。转子204安装在机舱203上。转子包括轮毂205,转子叶片206附接到该轮毂。根据典型实施例,转子204具有至少两个转子叶片,特别是三个转子叶片。在风力涡轮机运行期间,转子204,即轮毂205,与转子叶片206一起绕轴线转动。由此驱动用于发电的发电机。

[0033] 根据可与本文描述的其它实施例结合的实施例,在风力涡轮机中使用应变传感器310,例如如图5中所示的光纤应变传感器310。通常,应变传感器310被提供在一个或更多个转子叶片206上,特别是在外部径向区域中。如图4中所示,在转子叶片上提供至少一个应变传感器310。应变传感器310经由信号线212,例如光导,连接到本文描述的评估单元330。在这种情况下,应当注意,当在垂直于光导纵轴的方向上测量应变和/或压缩时,在风力涡轮机的转子叶片中使用光纤应变传感器以及用于监测风力涡轮机的方法是特别有利的。

[0034] 根据能够与本文描述的其它实施例结合的另外的实施例,在每个转子叶片上提供至少一个应变传感器,从而能够在每个转子叶片中单独测量各自的应变或压缩分布,并能够确定相应的弯矩。特别地,根据本文描述的实施例,在每个转子叶片中提供至少一个光纤应变传感器。

[0035] 根据能够与本文描述的其他实施例结合的一些实施例,由于借助光导或光纤的传输涉及降低的雷击损坏风险,因此,经由光导光学地传输信号的光纤应变传感器允许沿着转子叶片纵向的径向安装位置,该径向安装位置在实践中迄今被认为是不利的。因此,在不增加雷击损坏的风险的情况下,可以提供光纤应变传感器,以允许安装在转子叶片的径向外部区域中。

[0036] 图5示出了根据本文描述的实施例的用于测量应变和/或压缩的光纤应变传感器310的简化示意图。应变传感器310包括具有传感器元件111(例如光纤布拉格光栅)的光导112,其中光导112被夹持在夹持设备305中。夹持设备305又包括支撑结构,该支撑结构具有用于将光导112固定在第一位置401的第一固定件301和与第一固定件301间隔开并用于将光导112固定在第二位置402的第二固定件302,其中第一和第二位置401、402在光导112的纵向上具有第一间隔。另外,光纤应变传感器能够具有中间载体400,应变传感器能够经由该中间载体附接到测量对象,例如风力涡轮机的转子叶片。传感器元件111通常对光纤应变

或光纤压缩(见图5中的箭头 Δx)敏感,使得以改变的波长分布的方式进入光导112的光辐射从传感器元件111被反射,例如,使用相应的评估和分析单元,能够根据传感器元件111确定应变。

[0037] 在这一点上应当注意,本文描述的方面和实施例能够适当地彼此结合,并且在专业能力范围内合理且可能的情况下,可以省略个别方面。对本文描述的方面的修改和添加对本领域技术人员来说将是显而易见的。

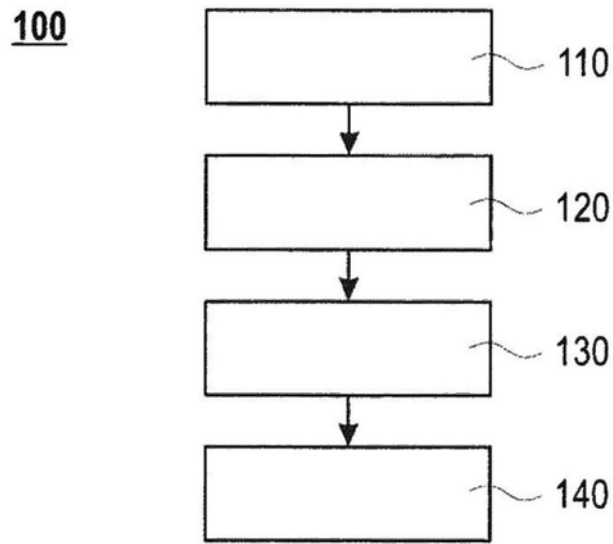


图1

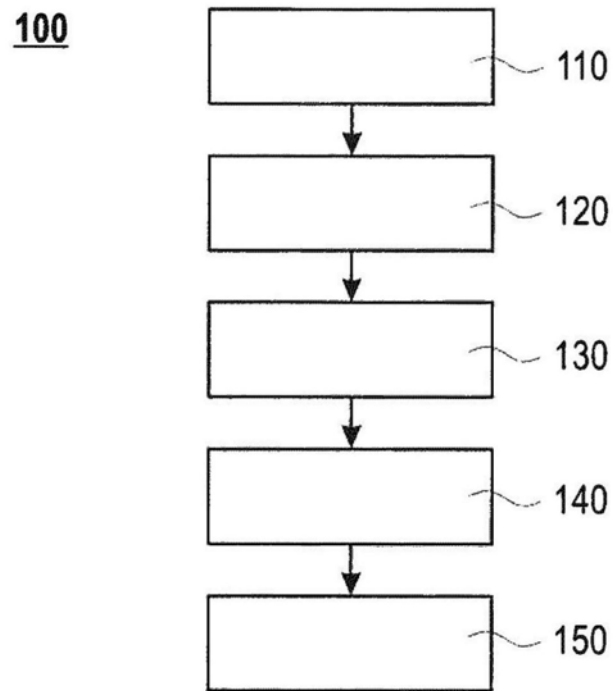


图2

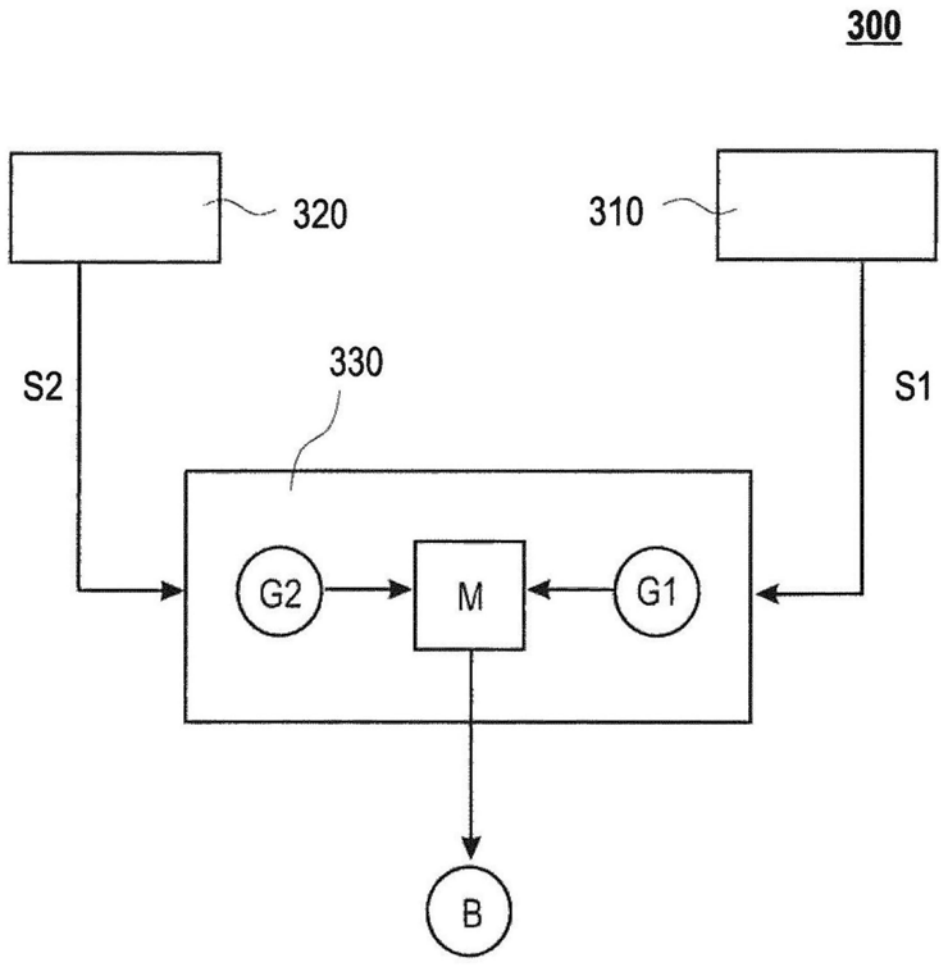


图3

200

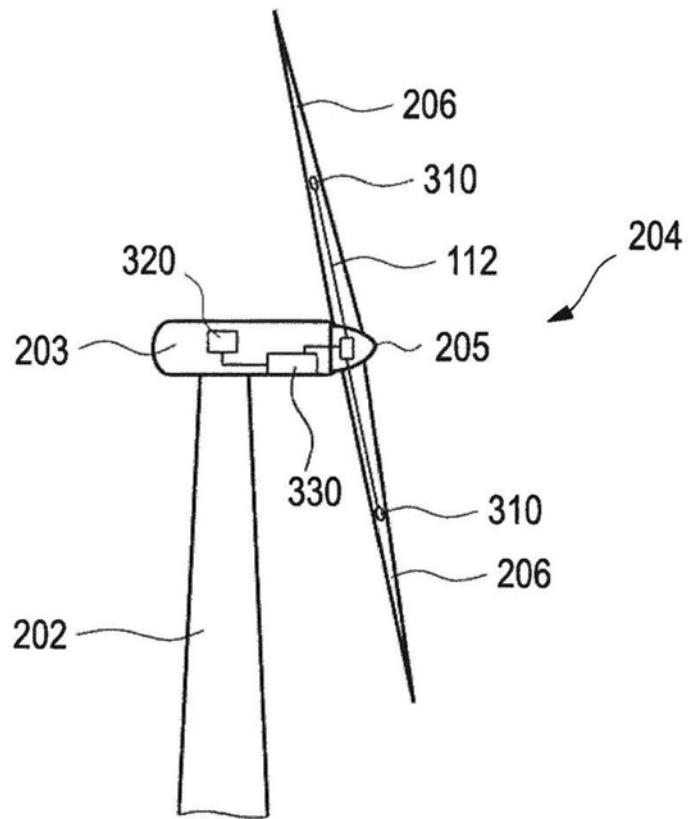


图4

310

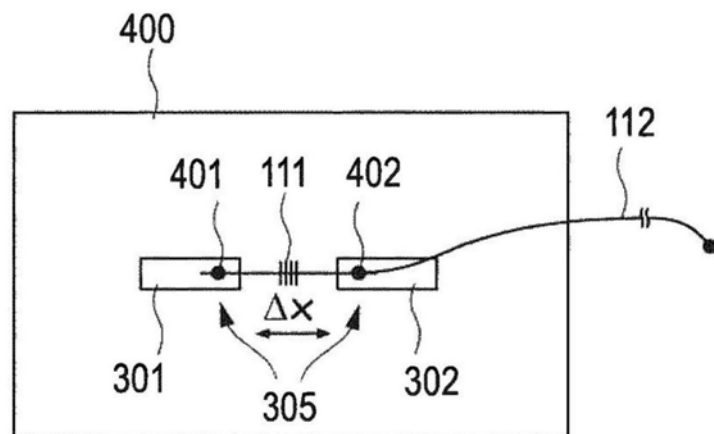


图5