



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106968896 A

(43)申请公布日 2017.07.21

(21)申请号 201610896799.6

(22)申请日 2016.10.14

(30)优先权数据

15189797.2 2015.10.14 EP

(71)申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72)发明人 P.B.埃内沃尔德森 A.G.冈萨莱斯

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 李晨 安文森

(51)Int.Cl.

F03D 17/00(2016.01)

F03D 7/04(2006.01)

F03D 80/00(2016.01)

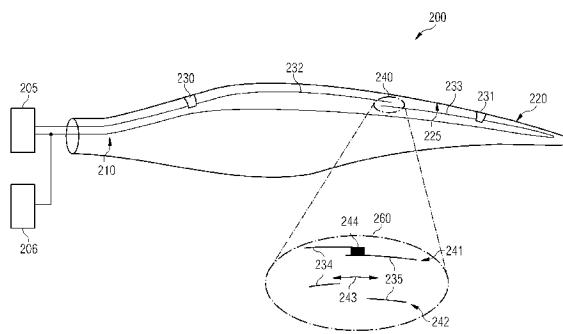
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

风力涡轮机转子叶片的偏转的确定

(57)摘要

本发明提出一种用于确定风力涡轮机的转子叶片(200)的偏转的方法,包括以下步骤:-将至少一个导电体环(210)经由固定点(230,231)固定到转子叶片(200)的至少一个表面(225),其中至少一个导电体环(210)布置成使得-由于所述转子叶片(200)的偏转,在至少两个所述固定点(230、231)之间推动至少一个导电体环(210)的延伸(243);-如果所述转子叶片(200)的偏转低于确定的阈值,那么延伸的导电体环保持闭合;-如果所述转子叶片(200)的偏转超过所述确定的阈值,那么延伸的导电体环打开。提出了一种装置、传感器、转子叶片和风力涡轮机。



1. 一种用于确定风力涡轮机的转子叶片(200)的偏转的方法,包括以下步骤:
 - 将至少一个导电体环(210)经由固定点(230、231)固定到所述转子叶片(200)的至少一个表面(225),其中所述至少一个导电体环(210)布置成使得
 - 由于所述转子叶片(200)的偏转,在至少两个所述固定点(230、231)之间推动所述至少一个导电体环(210)的延伸(243);
 - 如果所述转子叶片(200)的偏转低于确定的阈值,所述延伸的导电体环保持闭合;
 - 如果所述转子叶片(200)的偏转超过所述确定的阈值,所述延伸的导电体环打开。
2. 根据权利要求1所述的方法,包括
 - 对所述至少一个导电体环(210)的至少一个电学特性进行监测;
 - 基于所述至少一个所监测的电学特性来确定所述转子叶片(200)的偏转。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中,对所述至少一个电学特性的测量包括对与所述导电体环(210)有关的以下电学参数中的至少一个参数的测量:
 - 电阻,
 - 经过所述导电体环的电流,
 - 电压。
4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,对所述转子叶片的极端偏转进行确定
 - 所述至少一个导电体环的所测量电阻是否超过预定的阈值,或者
 - 经过所述至少一个导电体环的电流是否下降低于预定的阈值。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述至少一个导电体环(210)固定在所述转子叶片(200)的压力侧(220)的内表面(225)处。
6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,控制信号提供用于基于所述至少一个转子叶片的确定的偏转来控制所述风力涡轮机的运行。
7. 一种用于确定风力涡轮机的转子叶片(200)的偏转的装置,包括:
 - 经由固定点(230、231)而固定到所述转子叶片(200)的至少一个表面(225)的至少一个导电体环(210),其中所述至少一个导电体环(210)布置成使得
 - 由于所述转子叶片(200)的偏转,因而在至少两个的所述固定点(230、231)之间推动所述至少一个导电体环(210)的延伸;
 - 如果所述转子叶片偏转低于确定的阈值,那么所述延伸的导电体环(210)保持闭合,
 - 如果所述转子叶片的偏转超过所述确定的阈值,那么所述延伸的导电体环(210)打开。
8. 根据权利要求7所述的装置,包括
 - 处理单元(206),所述处理单元布置用于
 - 对所述至少一个导电体环(210)的至少一个电学特性进行监测,以及
 - 基于所述至少一个所监测的电学特性来确定所述转子叶片(200)的偏转。
9. 根据权利要求8所述的装置,其中,
 - 所述处理单元(206)布置用于提供控制信号以基于所述至少一个转子叶片的确定的偏转来控制所述风力涡轮机的运行。
10. 根据前述权利要求7至9中任一项所述的装置,其中,

所述至少一个导电体环(210)包括或者分配到至少一个滑动接触件(240),所述至少一个滑动接触件(240)能够根据所述转子叶片(200)的偏转而在开环电路(242)中或者闭环电路(241)中切换。

11. 一种适合于根据前述权利要求1至6中任一项所述的步骤而确定风力涡轮机的转子叶片(200)的偏转的传感器,所述传感器包括

- 适合于经由固定点(230、231)固定到所述转子叶片(200)的至少一个表面(225)的至少一个导电体环(210),使得

- 由于所述转子叶片(200)的偏转,在所述至少两个固定点(230、231)之间推动所述至少一个导电体环(210)的延伸;

- 如果所述转子叶片(200)的偏转低于所述确定的阈值,那么所述延伸的导电体环(210)保持闭合,

- 如果所述转子叶片的偏转超过所述确定的阈值,那么所述延伸的导电体环(210)打开。

12. 根据权利要求11所述的传感器,包括

- 处理单元(206),所述处理单元布置用于

- 对所述至少一个导电体环(210)的至少一个电学特性进行监测,以及

- 基于所述至少一个所监测的电学特性来确定所述至少一个转子叶片的偏转。

13. 一种用于风力涡轮机的转子叶片,包括根据权利要求11或12所述的至少一个传感器。

14. 一种风力涡轮机,包括根据前述权利要求7至10中任一项所述的装置。

风力涡轮机转子叶片的偏转的确定

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于确定转子叶片偏转的方法和装置。此外，提出了一种传感器和一种转子叶片以及一种风力涡轮机。

背景技术

[0002] 由于由风力涡轮机所提供电力的增加，代表这种风力涡轮机的基本驱动部件的转子叶片在例如重量、空气动力特性和最可能的发电方面得到优化。

[0003] 因此，转子叶片的设计和形状是由若干因素来表征或限制。作为一个示例，特别地对于长的细长和柔性转子叶片，在风力涡轮机运行期间的一个关键特征是在极端状况期间转子叶片尖端与风力涡轮机塔架表面之间的间隙，用以避免碰撞。塔架与叶片顶端之间的距离也称为“叶尖/塔架间隙”。

[0004] 叶尖偏转对于转子叶片的结构具有限制性结果，同样具有限制性经济结果。因此，叶片可以承载的载荷水平常常受到这个因素和因此汲取能量的量以及能源成本的限制。

[0005] 维持叶尖/塔架间隙的问题可从结构设计的观点出发通过例如增加叶片主梁的刚度而得到解决。这完全是与较大叶片质量和因此较高叶片成本以及在叶片和毂部件两者中的较高疲劳载荷有关的结构解决方案。

[0006] 从空气动力学设计的观点来看，高叶尖偏转的问题可根据以下示例性选项中的一个选项而得以解决：

- 增大叶片的长细比：

该解决方案的缺点可以是对正常运行期间的风力涡轮机的空气动力性能的负面影响。在一些情况下，作为另一个缺点，结构尺寸（如“建筑高度”）会变得非常小；

- 减小叶片朝向叶尖的空气动力扭转：

该解决方案的一个缺点将会是在正常运行期间的性能损失；

- 主动襟翼（flap）的使用：

这里的缺点是在叶片中必须采用有源元件。

[0007] - 增加翼型的相对厚度从而提高结构刚度：

这里的缺点是与较厚翼型相比，较薄翼型的性能低下。

[0008] 在临界载荷状态中叶片的桨距角的减小，这对于年发电量（AEP）具有负面影响。

发明内容

[0009] 因此，本发明的目的是克服这种缺点，并且特别地提供一种用于检测并避免转子叶片的极端偏转的改进方法。

[0010] 该问题是由独立权利要求的特征而得以解决。其它实施例是由从属权利要求得出。

[0011] 为了克服这个问题，提供一种用于确定风力涡轮机转子叶片的偏转的方法，该方法包括以下步骤：

- 将至少一个导电体环经由固定点固定到转子叶片的至少一个表面,其中该至少一个导电体环布置成使得:

- 由于转子叶片的偏转,推动至少一个导电体环在至少两个的固定点之间延伸;
- 如果转子叶片的偏转低于确定的阈值,那么延伸的导电体环保持闭合;
- 如果转子叶片的偏转超过确定的阈值,那么延伸的导电体环打开。

[0012] 所提出的解决方案使对转子叶片的极端偏转的检测成为可能,这主要是基于以下事实:在极端条件下并且由于叶片的弹性变形,叶片的吸力侧将处于压缩状态而叶片的压力侧将处于延伸状态。因此,分配或固定到转子叶片的表面(该表面可以是内表面或外表面)的任何元件(例如导电体环)将经历相同或相似的弹性变形。

[0013] 作为一个示例,叶片的延伸将与该段的原长度乘以应变水平的乘积成比例。例如,对于具有10米长度的叶片段为有效的3000 微应变 [10^{-6} 毫米/毫米] 的应变水平将会导致 $3000 \times 10^{-6} \times 10000 = 30$ 毫米的总变形(即,延伸)。

[0014] 换句话说,就例如数米的叶片长度而言,总变形将为数厘米。该长度中的变化可以以不同的方式用于监测,假设该元件具有独立于叶片发生变形的自由度(即,未牢固地附接到叶片表面)。

[0015] 图1示例性地示出了转子叶片的变形的一个可能实施例。根据图1,机舱110可旋转的安装在风力涡轮机100的塔架120的顶部上。转子130附接到机舱110的上风侧。转子130包括中心转子毂和多个转子叶片140,这些转子叶片安装到限定转子平面的转子毂并且从该转子毂径向地延伸。

[0016] 因此,假设45米叶片140中有5米的示例性叶尖偏转,叶片140的压力侧的内表面将会延伸大约40毫米,这将会足以实施所提出的解决方案。在图1中,将示出前述偏转的在压力作用下的相应转子叶片示例性地表示为转子叶片140a,其中在图1中叶片140a的压力侧是由箭头150所表示,并且其中叶片140a的吸力侧是由箭头151所表示。此外,由于例如转子叶片的偏转所导致的压力侧150的延伸是示例性地由箭头160所表示,其中转子叶片吸力侧的相应收缩是由箭头161所表示。

[0017] 基于如图1中所示的示例性情况,分配或固定到例如叶片140的压力侧150的内表面的导电体环(在图1中未示出)的延伸160的一个可能尺寸或程度可以是大约40毫米,这是对于实施所提出解决方案为足够的范围。

[0018] 导电体环可以是任何导电元件,该导电元件可以经由沿转子叶片表面的纵向段的若干个固定点而附接、安装或固定。

[0019] 固定点可以是允许将至少一部分的导电体环附接、紧固、固定或锚固到转子叶片表面的任何元件或装置。作为一个示例,可将一部分的导电体环粘合到转子叶片的表面,从而提供适当的固定。

[0020] 有利地,固定点将跟随转子叶片表面的动态界定,并且也将跟随转子叶片表面的形状或形式的动态变化。

[0021] 表面可以是转子叶片的吸力侧或压力侧的外表面的内部。

[0022] 导电体环的延伸意为由转子叶片的动态偏转推动的将导电体环沿其纵向方向(例如沿转子叶片的纵向方向)引拔、拉开或延伸。

[0023] 闭合的导电体环意为在没有电断开的情况下维持导电性的导电体环。

[0024] 开式导体环意为由于例如位于至少两个固定点之间的电断开而没有导电性或具有显著较小的导电性的导体环。

[0025] 可将若干个导体环固定到转子叶片的吸力侧和/或压力侧的内表面和/或外表面。因此,所述导体环可具有不同的、即单独的尺寸。这种尺寸(例如导体环的不同长度)可与转子叶片的不同类型的可能偏转(还称为“不同水平或程度的偏转”)相一致。作为一个示例,转子叶片的根部可包括与示出较大程度偏转的转子叶片的叶尖部相比较小程度的偏转。根据所提出的解决方案,使用多于一个的导体环允许更准确地确定任何类型的转子叶片的偏转。

[0026] 确定的阈值可代表在风力涡轮机运行期间转子叶片的某种程度的偏转,例如极端偏转或者弯曲状态/状况。作为一个示例,在转子叶片的极端偏转期间,在风力涡轮机运行期间转子叶片的顶端部段可与塔架发生碰撞。

[0027] 根据所提出解决方案来确定转子叶片的偏转允许确认和防止转子叶片的极端偏转。特别地,通过使用在不同水平下打开或闭合的若干个导体环,可以更准确地估计当前的叶片偏转。

[0028] 作为一个优点,所提出的解决方案将转子叶片的偏转用作触动力,从而激活用于检测转子叶片的极端偏转的机构。

[0029] 用于防止极端转子叶片偏转的方法能够使现有风力涡轮机的转子增大规模或升级以及设计出较大的将来的转子,从而允许能源成本的显著降低。

[0030] 在一个实施例中,所述方法包括:

- 对至少一个导体环的至少一种电学特性进行监测,
- 基于至少一个所监测的电学特性来确定转子叶片的偏转。

[0031] 在另一个实施例中,对至少一个电学特性的监测包括对与导体环有关的以下电学参数中的至少一个参数的测量:

- 电阻,
- 经过导体环的电流,
- 电压。

[0032] 在另一个实施例中,对转子叶片的极端偏转进行确定:

- 至少一个导体环的所测量的电阻是否超过预定的阈值,或者
- 经过至少一个导体环的电流是否降低于预定的阈值。

[0033] 在下一个实施例中,所述至少一个导体环固定在转子叶片的压力侧的内表面处。

[0034] 在另一个实施例中,控制信号提供用于基于所述至少一个转子叶片的确定的偏转来控制风力涡轮机的运行。

[0035] 上述问题也是通过用于确定风力涡轮机的转子叶片偏转的装置而得以解决,该装置包括:

- 经由固定点固定到转子叶片的至少一个表面的至少一个导体环,其中所述至少一个导体环布置成使得:

- 由于转子叶片的偏转,因而在至少两个固定点之间推动至少一个导体环的延伸;
- 如果转子叶片的偏转低于确定的阈值,那么延伸的导体环保持闭合;

- 如果转子叶片的偏转超过确定的阈值,那么延伸的导电体环打开。

[0036] 根据另一个实施例,处理单元布置用于:

- 对所述至少一个导电体环的至少一个电学特性进行监测,以及
- 基于至少一个所监测的电学特性而确定转子叶片的偏转。

[0037] 根据一个实施例,处理单元布置用于提供控制信号,该控制信号用于基于至少一个转子叶片的确定的偏转来控制风力涡轮机的运行。

[0038] 根据另一个实施例,至少一个导电体环包括或者分配到至少一个滑动接触件,该滑动接触件能够基于转子叶片的偏转而在开环电路中或闭环电路中进行切换。作为一个示例,导电体环的第一部分可代表滑动接触件的第一滑动元件,并且导电体环的第二部分可代表滑动接触件的第二滑动元件。由于经由固定点而作用于导电体环的两个部分上的力,可根据转子叶片的当前偏转将两个滑动元件拉开(“打开的滑动接触件”)或者保持接触(“闭合的滑动接触件”)。

[0039] 上述问题也可由适合于根据本文中所描述方法的步骤而确定风力涡轮机的转子叶片偏转的传感器而得以解决,该传感器包括:

- 适合于经由固定点固定到转子叶片的至少一个表面的至少一个导电体环,使得
- 由于转子叶片的偏转,推动至少一个导电体环在至少两个固定点之间延伸;
- 如果转子叶片的偏转低于确定的阈值,那么延伸的导电体环保持闭合;
- 如果转子叶片的偏转超过确定的阈值,那么延伸的导电体环大开。

[0040] 在另一个实施例中,传感器包括处理单元,该处理单元布置用于:

- 对至少一个导电体环的至少一种电学特性进行监测,以及
- 基于至少一个所监测的电学特性来确定至少一个转子叶片的偏转。

[0041] 本文中所提供的解决方案还包括用于风力涡轮机的转子叶片,该转子叶片包括至少一个如本文中所描述的传感器。

[0042] 上述问题也是通过包括如本文中所描述装置的风力涡轮机而得以解决。

附图说明

[0043] 将参照以下附图更详细地描述部分的实施例:

图1示意性地示出了当叶尖发生偏转时风力涡轮机叶片的压力侧的延伸;

图2示出了根据所提出解决方案的使用导电体环的转子叶片的示意图;

图3示出了根据所提出解决方案的一个示例性实施例的滑动接触件的一个可能实施例的示意图;

图4示出了根据所提出解决方案的滑动接触件的一个替代示例性实施例的示意图。

具体实施方式

[0044] 图2示出了根据所提出解决方案的具有所分配的导电体环210的转子叶片200的示意图。其中,将导电体环210分配到转子叶片200的压力侧(由箭头220所表示)的内表面(由箭头225所表示)。根据如图2中所示的示例性实施例,导电体环210经由两个固定点230、231固定到内表面225。根据一个替代实施例,导电体环可经由多于两个的固定点(在图2中未示出)固定到内表面225。

[0045] 导体环210包括两个部分232、233,其中第一部分232经由固定点230固定到转子叶片的根端部段的内表面,并且第二部分233经由固定点231固定到转子叶片的顶端部段的内表面。导体环210的两个部分232、233分配到滑动接触件240,从而根据转子叶片的当前变形(即,根据叶片200的表面的实际收缩或延伸)而提供导体环210的两个部分232、233的电连接或电断开,从而导致在固定点230、231之间和因此在导体环的两个部分232、233之间的收缩力或引拔力。

[0046] 应当指出的是,根据所提出解决方案的另一个实施例,可将若干个导体环固定到转子叶片,从而在不同水平或程度的转子叶片的偏转或变形下打开或闭合。

[0047] 导体环210的两个部分232、233可与电源205连接,从而将电压和/或电流提供给导体环210。电源205可位于转子叶片200的根部或者位于转子毂中。导体环210还可与对导体环210的电学特性进行监测的监测装置206相连接。

[0048] 在图2中,虚线260示出了根据转子叶片200的各种变形情况的滑动接触件240的更详细的视图。由此,导体环210的第一部分232的一个端部代表滑动接触件240的第一滑动元件234,并且导体环210的第二部分233的一个端部代表滑动接触件240的第二滑动元件235。

[0049] 根据第一变形情况(由箭头241所表示),示出了在正常(即,较小的)叶片偏转期间的滑动接触件240,滑动接触件240闭合(“闭环电路”)从而提供在两个滑动元件234、235之间的电连接(由第一变形情况241中的黑暗区244所表示),即在导体环210的两个部分232、233之间的电连接,结果是电流可流动经过导体环210。该经过导体环210的电流流动可由监测装置206确认,由此确定闭合的滑动接触件240。因此,闭合的滑动接触件241表明转子叶片200的较小偏转。

[0050] 根据第二情况(由箭头242所表示),示出在极端叶片偏转期间的滑动接触件240,由于作用于导体环210的两个部分232、233的引拔力(由箭头243所表示)因而滑动接触件240处于延伸状态(“开环电路”),由此将导体环210的两个部分232、233断开,即将两个滑动元件234、235断开,因此防止电流流动经过导体环210。该经过导体环210的电流的“非流动”是由监测装置206确认的,由此确定打开的滑动接触件240。因此,打开的滑动接触件241表明了转子叶片200的较大或极端偏转。

[0051] 对打开或闭合的滑动接触件或导体环的检测可以基于对导体环210的至少一个电学特性的监测,例如对电阻的监测。作为一个示例,在短时间段内导体环210的电阻增加若干数量级表明了开环电路,从而表明叶片偏转超过容许的(即确定的)阈值。

[0052] 替代对电阻进行监测或除了对电阻进行监测外,可通过监测装置206对导体环210的其它电学特性进行监测,从而允许对打开或闭合的滑动接触件240进行确认,即确定连接或断开的导体环210。

[0053] 用于对导体环的电学特性进行监测的替代方法可以是例如对经过导体环的电流的测量或者对导体环起作用的实际电压的测量。

[0054] 基于测量的成果或结果,即对打开或闭合的滑动接触件240的检测和因此对转子叶片的极端偏转的检测,将相应地对风力涡轮机的运行进行控制,由此避免转子叶片的高偏转。

[0055] 作为一个示例,在确定转子叶片的极端偏转的情况下,特别地在确定转子叶片尖

部的极端偏转的情况下,用于风力涡轮机正常运行的若干个示例性控制选项可能是可行的:

- 切换到风力涡轮机的强度较低的运行模式;
- 增加至少一个转子叶片的叶片桨距角(“桨距向外”)从而降低叶片的载荷。这可以是例如在相应的高叶片载荷下的猛吹期间;
- 触发紧急停机;
- 可采用叶尖偏转的经过滤测量,从而在例如转子叶片的偏转水平低于为特定风速范围所预期的水平情况下施加更强的倾角控制。

[0056] 图3示出了根据所提出解决方案可以使用的滑动接触件300的一个示例性可能的实施例的示意图。由此,可埋入叶片内的条形元件340包括空腔330,该空腔330可例如用介电流体所填充。条形元件340的第一部分(代表滑动接触件300的第一部分)包括导电体环的第一部分310的端部311(如图2中示例性地示出)。条形元件340的第二部分(代表滑动接触件300的第二部分)包括导电体环的第二部分320的端部321。两个端部311、321彼此相关联,由此提供在导电体环的两个部分310、320之间的“打开”或“闭合”状态。

[0057] 可将一个或数个条形元件340分配、固定或附接到转子叶片的表面,该表面可以是例如转子叶片压力侧的内表面。根据以上描述,在转子叶片的极端偏转的情况下,转子叶片压力侧的表面将被延伸或者引拔,因此附接到内表面的固定点将在纵向方向上拉开。因此,位于条形元件300的空腔330中的导电体环的两个部分310、320将拉开,从而将滑动接触件300切换到“开路”,由此提供导电体环中的电断开。该断开表明了转子叶片的极端偏转。

[0058] 图4示出了根据所提出解决方案可以使用的滑动接触件400的一个替代示例性实施例的示意图。由此,滑动接触件400的第一部分410代表或者是导电体环的第一部分的一部分(如图2中示意性地示出)。该第一部分410包括包含导电材料的第一部段411。第一部分410的第二部段412是由介电材料所构成。相应地,滑动接触件400的第二部分420代表导电体环的第二部分或者是导电体环的一部分。该第二部分420具有“Y”的形状,包括两个端部420a、420b,这两个端部均是由导电材料制成。第二部分420的形式或形状对应于滑动接触件400的第一部分410的形式或形状。

[0059] 在“闭合电路”状态中,如图4中的情况401中示例性地示出,滑动接触件的第二部分420的两个端部420a、420b包围滑动接触件400的第一部分410的第二部段412,由此提供在第一部段411与滑动接触件400的第二部分420的两个端部420a、420b之间的电连接。因此,在图4的闭合电路情况401中,滑动接触件400的电阻几乎为零,从而表明转子叶片的较小偏转。

[0060] 在如图4中的情况402中示例性示出的“打开电路”状态中,通过叶片表面的弹性变形推动滑动接触件400的两个部分410、420被拉长或引拔(由箭头403所表示),其中滑动接触件400的第二部分420的两个端部420a、420b由介电材料构成的第一部分410的第二部段412来电气分离或隔离。通过将导电体环断开,滑动接触件400的电阻例如具有显著的高值或者几乎是无尽的,这表明转子叶片的极端偏转。

[0061] 尽管通过上文实施例详细描述了本发明,但应注意的是本发明完全不局限于这种实施例。具体地,在不超出本发明范围的前提下,基从示例性实施例和例述,本领域技术人员可以得出替代方案。

[0062] 作为一个优点,所提出的解决方案被动地对转子叶片的偏转作出反应。在由弯曲激活的情况下,所提出的解决方案在高弯曲程度下工作,因此在风力涡轮机正常运行期间仅影响各个转子叶片的极端载荷状况同时不影响发电。作为另一个优点,结合涡轮控制器的不同设置,可以增加涡轮正常运行期间的年发电量(AEP)。

[0063] 所提出的解决方案可以用较小的努力而实施,具体地通过使用廉价的材料。

[0064] 应用所提出的解决方案,可以减小转子叶片的偏转,特别地转子叶片的顶端部段的偏转。这有利地允许

- 转子叶片的更强的运行,
- 转子叶片的增大规模或升级,
- 限制性结构限制的最小化或去除。

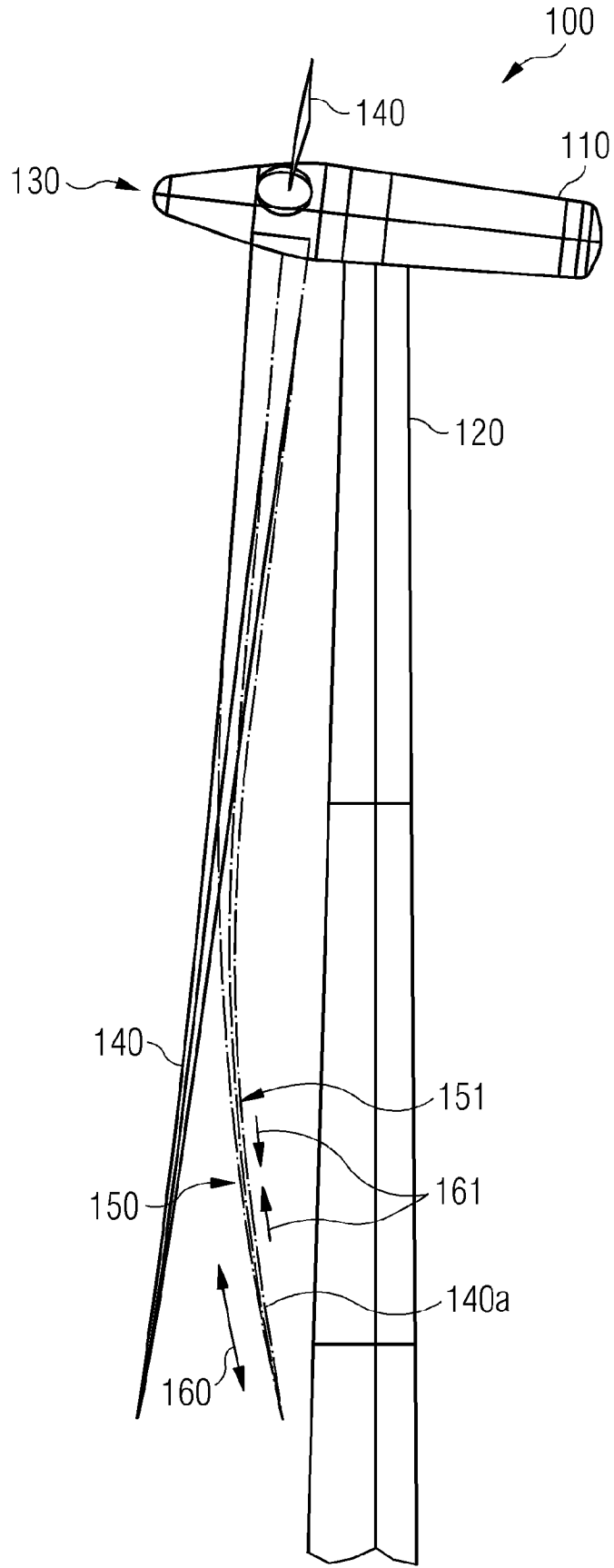


图 1

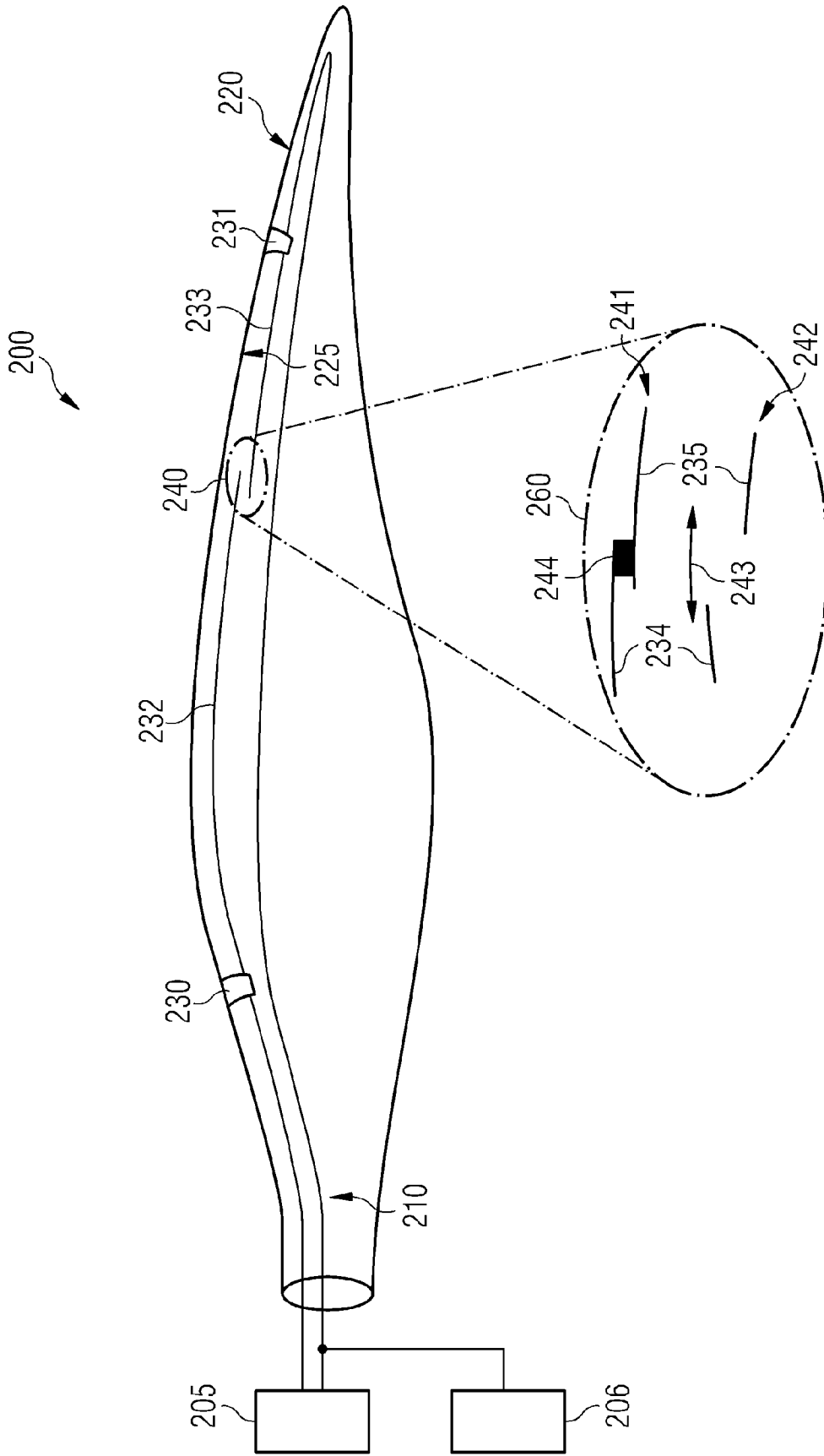


图 2

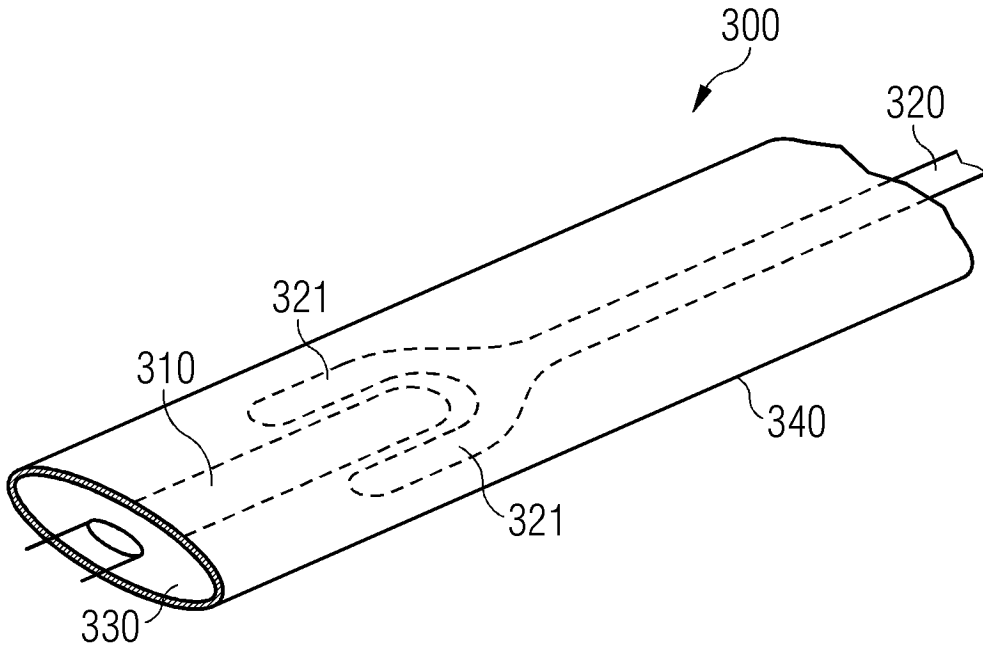


图 3

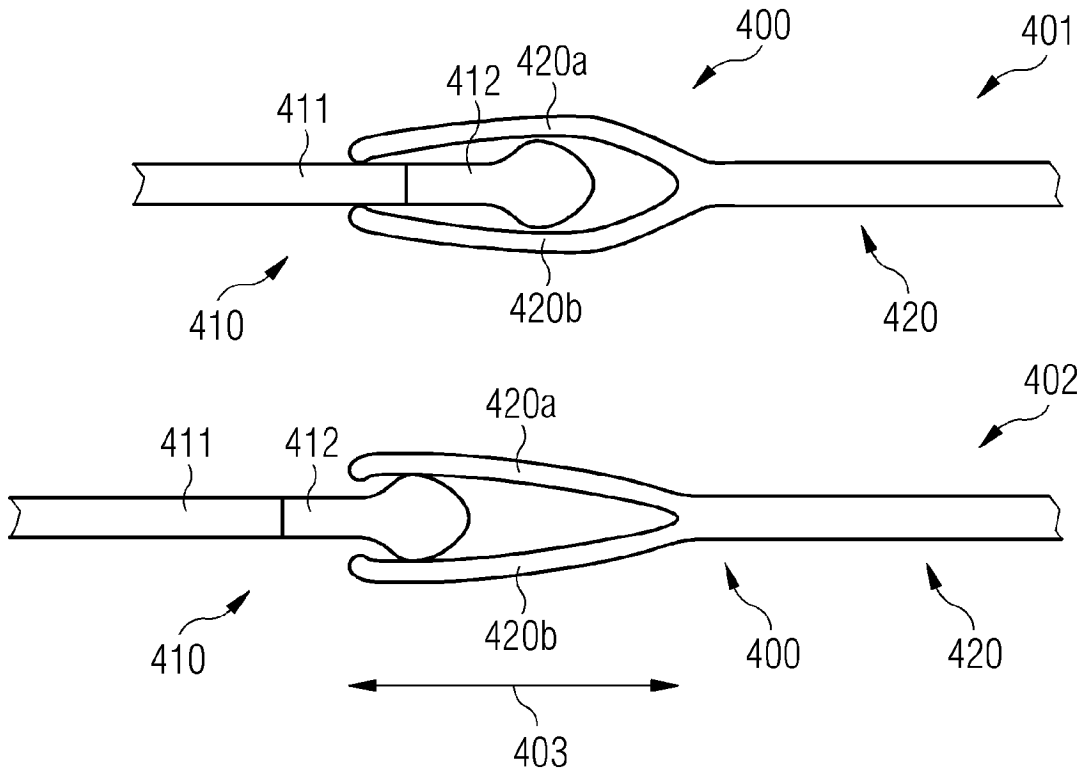


图 4