

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02809032.2

[45] 授权公告日 2006年8月16日

[11] 授权公告号 CN 1270080C

[22] 申请日 2002.3.14 [21] 申请号 02809032.2

[30] 优先权

[32] 2001.3.17 [33] DE [31] 10113038.4

[86] 国际申请 PCT/EP2002/002847 2002.3.14

[87] 国际公布 WO2002/075153 德 2002.9.26

[85] 进入国家阶段日期 2003.10.28

[71] 专利权人 阿洛伊斯·沃本

地址 德国奥里希

[72] 发明人 阿洛伊斯·沃本

审查员 杨永红

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 葛青 李晓舒

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

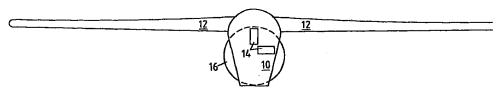
[54] 发明名称

风力发电设备和控制其的方法

[57] 摘要

一种控制风力发电设备的方法，其中的风力发电设备具有对风力发电设备的操作进行管理的控制装置，在这种方法中，对塔架的加速度进行监测。本发明还涉及一种风力发电设备，这种风力发电设备包括：塔架；控制装置，用于对风力发电设备的操作进行管理；监测装置，用于监测塔架加速度。因此，本发明的目的是研发这样一种方法和一种在本摘要开头部分所描述的那种类型的风力发电设备，即使这种方法和设备能可靠有效地对振动进行监测，以便扩展上面所提到风力发电设备的运行的频率范围。一种控制风力发电设备的方法，其中的风力发电设备包括塔架和用于对风力发电设备或风力发电设备的一些部分进行操作管理的控制装置，其中，提供了可以用于监测风力发电设备的塔架的振动的装置，所述的用于监测塔架振动的装置

对振动行程和/或在塔架上部塔架偏离其静止位置的绝对偏离量进行监测，并且在所述的控制装置中对那些利用所述的用于监测塔架振动的装置所确定出的数值进行处理，具体以这样一种方式，即，如果振动和/或塔架的绝对偏离量超过一可预定的第一极限值，那么就改变风力发电设备或风力发电设备的一些部分的操作管理。



1、一种控制风力发电设备的方法，该风力发电设备包括转子、塔架和用于风力发电设备操作管理的控制装置，所述方法包括以下步骤：

5 监测塔架的运动，所监测到的运动包括塔架的振动和塔架上部偏离其静止位置的绝对偏离量中的至少一个，

 由所述控制装置对监测到的塔架运动进行处理，

 如果监测到的运动超过预定的阈值，调整风力发电设备的操作管理，从而减少塔架的振动，

10 其中，在相对于风力发电设备的塔架水平的平面内的至少两个不同方向上监测振动的大小。

 2、根据权利要求1所述的方法，包括通过加速度监测对塔架的振动进行监测的步骤。

15 3、根据权利要求1所述的方法，其中塔架的第一固有频率被用于监测塔架的振动。

 4、根据权利要求1所述的方法，其中如果振动的大小超过所述预定的第一阈值，则改变转子的设定。

 5、根据权利要求1所述的方法，其中如果振动的大小在预定时间周期内超过所述预定的阈值，则改变转子的设定。

20 6、根据权利要求5所述的方法，其中根据振动的大小来改变所述时间周期。

 7、根据权利要求4至6中任一项所述的方法，其中使转子停止。

25 8、根据权利要求1所述的方法，其中首先确定用于监测塔架振动的至少一个数值，并且根据实际监测到的测量值，在正在进行的操作中进行修正该至少一个数值。

 9、根据权利要求1所述的方法，其中在预定的时间周期内监测塔架的振动。

30 10、一种风力发电设备，包括转子、塔架和用于风力发电设备操作管理的控制装置，以及在上水平于塔架的平面内以至少两个不同方向监测塔架振动大小的装置，其中所述控制装置适于对监测到的所述塔架的振动进行处理，并且如果所述塔架的振动超过预定的阈值，就对风力发电设备的

操作管理进行调整。

11、根据权利要求10所述的风力发电设备，其中，用于监测塔架加速度的装置被设置用作对所述振动大小进行监测的装置，并且塔架的振动从监测到的加速度来确定。

- 5 12、根据权利要求11所述的风力发电设备，还包括对所述用于监测塔架加速度的装置进行监视的装置。

风力发电设备和控制其的方法

技术领域

- 5 本发明涉及一种控制风力发电设备的方法，其中的风力发电设备具有对风力发电设备的操作进行管理的一控制装置，在这种方法中，对塔架的加速度进行监测。本发明还涉及一种风力发电设备，这种风力发电设备包括：一塔架；一控制装置，用于对风力发电设备的操作进行管理；及一监测塔架加速度的装置。

10

背景技术

在水平轴线式的风力发电设备的塔架顶部安装有发电机、整个驱动链和转子，也就是说在所述的塔架顶部安装有风力发电设备的全部可移动部件，这些部件从风中获取能量，并把这种能量转换成电能。

- 15 利用风来使转子转动，并把这种转动传递给一个或多个发电机，从而实现所述的能量转换。因此，转动速度一方面取决于风，另一方面取决于风力发电设备的空气动力学特性。

从前面的描述可以看出，塔架不仅必须携带着转子、驱动链和发电机（和短舱，pod），而且还必须安全可靠地经受住在操作期间作用在它上面的一些荷载。此外，即使风力发电设备已经不工作，塔架也必须经受得住

20 高风速。

在DE3308566和对应的美国申请US - A - 4435647中公开了一种风力透平机，其中，在塔架上设置了一运动测量装置，该运动测量装置根据在工作期间塔架顶部的移动方式产生一运动信号。

- 25 在DE10011393中公开了一种用于对风力发电设备的调节系统，该调节系统具有：用于对测量参数进行监测的装置，这些测量参数可以对当时的透平机荷载和 / 或应力进行直接或间接的量化，这取决于位置和天气，一个下游连接的电信号处理装置，该处理装置可以减小优化的风力发电设备所要求的动力，以便在通常风速范围内和在高风速下，把动力限制到与当时
- 30 工况相对应的经济最优状态。

在DE10016912中公开了海上风力发电设备的操作管理，这种操作管理取决于塔架的固有频率，其中，首先确定出风力发电设备和/或风力发电设备一些部件的各临界固有频率，然后，确定出转子的转动速度范围，在这个转动速度范围内，整个风力发电设备和/或风力发电设备的单独的部件在所述的临界固有频率范围内发生激励，从而使风力发电设备只在低于或高于所述的临界转动速度范围内工作，并且迅速通过所述的临界转动速度范围。

因此，塔架必须根据给定荷载状况设计，从那些荷载可以得出给定的荷载状况。这种荷载被称作尺寸荷载，并由此确定出塔架的尺寸。反过来，这些尺寸设计过程也提供了塔架的一些振动特性、塔架的固有频率（塔架的基本频率和谐波）等等。

对于风力发电设备，有一系列的规则必须被遵守。这种规则包括在柏林由“德国建筑技术学院”出版的“风力发电设备指南”。在该指南中，描述了其中的关于塔架操作振动监测的规则。因此，在转子的激励频率位于塔架固有频率 $\pm 5\%$ 的一个带宽内的这样一个操作范围内，如果没有操作振动监测的话，不能进行持久的操作。

发明内容

因此，本发明的目的是研发这样一种方法和一种在本说明书开头部分所描述的那种类型的风力发电设备，即，使这种方法和设备能可靠有效地对振动进行监测，以便扩展上面所提到风力发电设备的运行的频率范围。

根据本发明，本发明的目的是这样实现的。根据本发明的一个方面，提供一种控制风力发电设备的方法，该风力发电设备包括转子、塔架和用于风力发电设备操作管理的控制装置，所述方法包括以下步骤：监测塔架的运动，所监测到的运动包括塔架的振动和塔架上部偏离其静止位置的绝对偏离量中的至少一个，其中，在相对于风力发电设备的塔架基本水平的平面内的至少两个不同方向上监测振动的大小，由所述控制装置对监测到的塔架运动进行处理，如果监测到的运动超过预定的阈值，调整风力发电设备的操作管理，从而减少塔架的振动。

其中，所述的方法包括通过加速度监测对塔架的振动进行监测的步骤。所述的方法中，塔架的第一固有频率被用于监测塔架的振动。

所述的方法中，如果振动的大小超过所述预定的第一阈值，则改变转子的设定。

所述的方法中，如果振动的大小在预定时间周期内超过所述预定的阈值，则改变转子的设定。

5 所述的方法中，根据振动的大小来改变所述时间周期。

所述的方法中，使转子停止。

所述的方法中，首先确定用于监测塔架振动的至少一个数值，并且根据实际监测到的测量值，在正在进行的操作中进行修正该至少一个数值。

所述的方法中，在预定的时间周期内监测塔架的振动。

10 根据本发明的另一方面，提供一种风力发电设备，包括转子、塔架和用于风力发电设备操作管理的控制装置，以及在基本上水平于塔架的平面内以至少两个不同方向监测塔架振动大小的装置，其中所述控制装置适于对监测到的所述塔架的振动进行处理，并且如果所述塔架的振动超过预定的阈值，就对风力发电设备的操作管理进行调整。

15 风力发电设备中，用于监测塔架加速度的装置被设置用作对所述振动大小进行监测的装置，并且塔架的振动从监测到的加速度来确定。

风力发电设备还包括对所述用于监测塔架加速度的装置进行监视的装置。

20 本发明是基于这样一种方式而作出的，即，不仅象现有技术中那样对振动频率进行监测，而且尤其要对振动幅度进行监测，也就是说，要确定出振动行程。最后，只要振动幅度不超过给定的极限值，就能在临界频率范围内来运行风力发电设备。

25 本发明是基于这样一种认识来作出的，即，对于塔架的全部非受迫振动来说，以塔架的第一固有频率进行的振动具有最大的幅度，因此，也就代表了塔架的最大荷载。带有第一固有频率的谐波的振动总是具有较小的幅度。带有塔架的第一固有频率的谐波的加速度分量（components of accelerations）在确定振动行程方面具有影响，但是公认地具有较小的幅度，然而，所述的加速度分量基于第一固有频率被引入到计算中，因此，这些加速度分量被高估了。

这意味着振动行程基本上与所述的这些荷载成比例，而且从振动行程得出的这些荷载要比实际作用的荷载高得多。因此，对荷载进行监测可以提高安全可靠的程度。

5 在振动平行于转子的平面，由此这种振动是受迫的情况下，振动频率能显著低于塔架的第一固有频率。在这种情况下，根据塔架的第一固有频率来确定荷载，就一定会导致低估振动行程。为了避免这种低估，在操作进行中对振动频率进行监测，而且，如果需要的话，利用修正值来确定振动行程。

10 当对超过第一极限值从而超过第一荷载的振动行程进行确定时，会认识到危险情况，从而控制装置对这种危险情况作出反应。如果在可预定的时间内超过在振动行程方面的第二极限值，那么，同样会认识到危险情况。为了可靠地消除这种危险情况，风力发电设备可以被停止。

15 此外，本发明的目的可以由权利要求10中所描述的风力发电设备来实现，这种风力发电设备的特征在于具有根据监测到的加速度水平来确定出振动行程的装置。然后根据本发明的方法对所确定出的振动行程进行处理或评估。

20 在本发明的一个优选的方案中，风力发电设备包括一个用于对监测塔架加速度水平的装置进行监视的装置。这样，就可以对振动监视方面的故障进行监测，并且可以起动一些措施，以便消除这些故障，也可以使风力发电设备停下来，不致于发生不可控制的振动。

在从属权利要求中描述了一些进一步优选的实施例。

附图说明

下面将参照附图来详细地描述本发明的实施例。

25 图1表示出了具有两个加速度传感器的短舱的平面示意图；
图2表示出了本发明第一实施例中的控制方法的流程图。

具体实施方式

30 图1中的平面示意图表示出了一个短舱10，从这个短舱10沿侧向延伸出叶片12。该短舱被设置在塔架16的顶部。在短舱10的内部设置有测量装置14，该测量装置14具有两个加速度传感器。这些加速度传感器被定向在水

平面内，并且相互垂直。通过这种布局，就可以监测塔架在相应方向上的振动，也就是说，一方面监测基本上平行于转子叶片平面方向上的振动，另一方面监测垂直于转子叶片平面方向上的振动。

例如由风力载荷激发的以塔架16的固有频率进行的振动总是为垂直于转子平面的振动，这些振动由适当朝向的加速度传感器14来监测。例如由于在转子处的不平衡所引起的受迫振动基本上平行于转子的平面发生。这些振动由第二加速度传感器14来监测。在这个种情况中，这种受迫振动不会以塔架16的第一固有频率的形式发生，也不会以塔架16的谐波的形式发生。这些振动强有力地作用在塔架16上，从而会形成很大的幅度，以致于需要立即关闭。

在这个方面，对垂直于转子平面的振动行程的监视还允许对转子叶片的倾角的控制进行监视，因为当转子叶片倾角的控制操作良好时塔架的振动特性与当所述的控制操作不正常时的振动特性有很大的不同。于是，当对转子叶片的倾角的控制操作不良时，也会产生振动，这样就导致关闭。

确定出的振动数据还能与风向数据相联系，从而也可以确定出当发生给定风向时是否产生了比发生其它风向时更大的振动行程。最后，在某些情况下，在风速保持相同时，风力发电设备周围的地理环境也有影响，这取决于风吹来的方向。

图2表示出了一个流程图，该流程图说明了根据本发明的控制风力发电设备的方法。这个过程从步骤20开始。后继步骤22包括利用加速度传感器10，14来监测塔架的振动。振动监测被持续20秒的时间。在这种情况下，在所述的20秒内对全部的加速度进行累积。当这个持续时间到期时，就根据公式 $S(\text{eff}) = a(\text{eff})/\Omega^2$ ，从全部加速度的总和与塔架的第一固有频率来计算出在轂的高度处振动行程的有效值。其中， $S(\text{eff})$ 是塔架振动行程的有效值， $a(\text{eff})$ 是在一个20秒的时间间隔上全部加速度的有效值， Ω^2 是 $2\pi f$ 的平方，其中的 f 代表塔架的第一固有频率。然后， $S(\text{eff})$ 乘以 $\sqrt{2}$ ，以便获得振动幅度，也就是说，获得塔架偏离静止位置的平均偏离距离。

通过测量或计算基本上相当精确地获知塔架的第一固有频率，从而，当风力发电设备新近被投入工作时，这个值首先被用来计算振动行程。然而，由于塔架的实际固有频率可能偏离理论值，这取决于在塔架的刚度方面的制造产生容差或地基的不同种类，因此，当塔架发生振动时，从加速

度传感器来评估信号的持续时间，利用控制装置来逐渐修正计算中所用的塔架的固有频率。这样，振动行程的测量就适合于风力发电设备的各种状况。

至于这种方法的进一步进展，还建立一系列极限值，在评估监测到的振动行程时要考虑这些极限值。第一极限值 S_{\max} 确定了最大允许振动行程。在本例中，这个最大允许振动行程为500毫米。第二极限值限定了最小允许振动行程 S_{\min} 。在本例中，这个最小允许振动行程为220毫米。第三极限值限定了关闭极限，并且当第一极限值 S_{\max} 未被超过，但第二极限值 S_{\min} 被超过时，该第三极限值常被用作关闭标准。第三极限值表示为 S_{grenz} ，它的数字单位较小值（numerical unit-less value）例如为1612800。

图2中的流程图中的步骤23包括检查确定出的振动行程是否超过第一极限值 S_{\max} 。如果超过了，那么就在步骤29中立即使风力发电设备停止，然后这个过程就中断了。

如果在步骤23中的检查操作表明振动行程未超过第一极限值 S_{\max} ，那么，就执行流程图中的步骤24，该步骤24包括计算出总的振动行程的平方的和。为了这个目的，在所述的时间间隔中监测到的振动行程 S 被平方，然后减去第二极限值 S_{\min} 的平方，即 S_{\min}^2 。所得的差被加到在前面的时间间隔中已经确定出的总和上。

如果在8个测量间隔上所测得的振动行程等于最大允许振动行程 S_{\max} ，那么，就最早地把风力发电设备关闭掉。位于最小振动行程和最大振动行程之间的振动行程由于平方和形式和对振动行程的幅度的依赖而导致过比例地缩减关闭次数。如果这个数值低于最小振动行程（第二极限值 S_{\min} ），那么，振动行程平方的总和就下降。如果所述的平方和达到或超过第三极限值 S_{grenz} ，那么，风力发电设备再被停止。

也可以不立即停止风力发电设备，而是以这样一种方式来操作，即，第一极限值 S_{\max} 随后立即下降。为了这个目的，例如可以对转子叶片进行调节或转动短舱使其离开风（存储）。可以采用这样一种措施，即增大转子叶片的速度，从而使风力发电设备离开它的固有频率的临界范围。

特别是这里的应用是采用加速度传感器来确定振动行程（振动幅度）。但是也可以采用其它装置来确定出振动行程（幅度）。如果需要的话，本领域普通技术人员会利用地相应用途的装置。尽管采用光学测量通常非常

昂贵，但是可以用光学测量来作为一个可选择的方案来代替加速度传感器，以及作为一个可选的方案来代替利用加速度传感器来确定振动行程。

5 作为加速度测量装置的一种替代方案，在某些情况下在风力发电设备的塔架底部利用电阻应变计来测量塔架的振动。为了这个目的，在塔架底部区域安装至少两个相互成近似90度的电阻应变计。这种电阻应变计不仅能监测材料的伸长，而且能监测材料的压缩。在这个方面，塔架的振动幅度越大，电阻应变计区域的对应的伸长/压缩也就越大，其中的电阻应变计最好被定向在风力发电设备的主风向上。这些电阻应变计不仅被用于测量塔架底部区域中作用在塔架上的荷载，而且还被用来得出塔架顶部或短舱

10 区域中的塔架的偏离量，这是因为塔架底部区域中的荷载也会增大，这种增大取决于塔架顶部的偏移幅度。应当知道，上面所描述的电阻应变计（或监测塔架上的荷载的另外的传感器）也可以被设置在塔架的其它区域中，例如可以设置在塔架的中高位置。

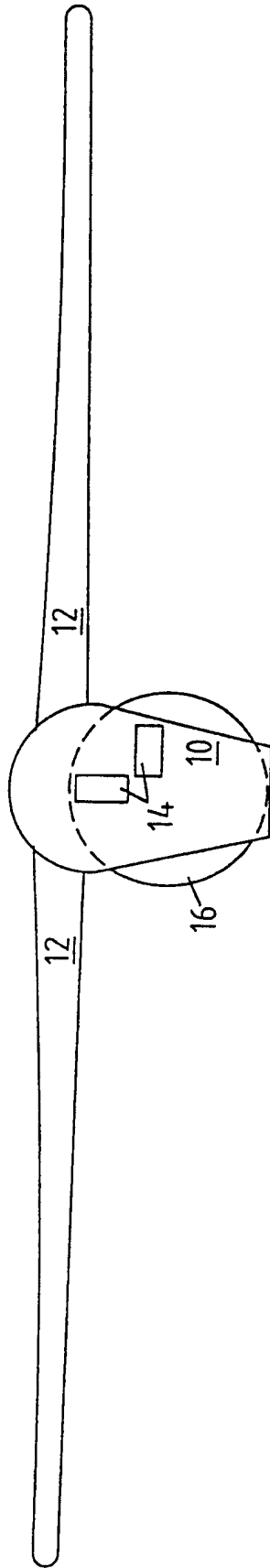


图 1

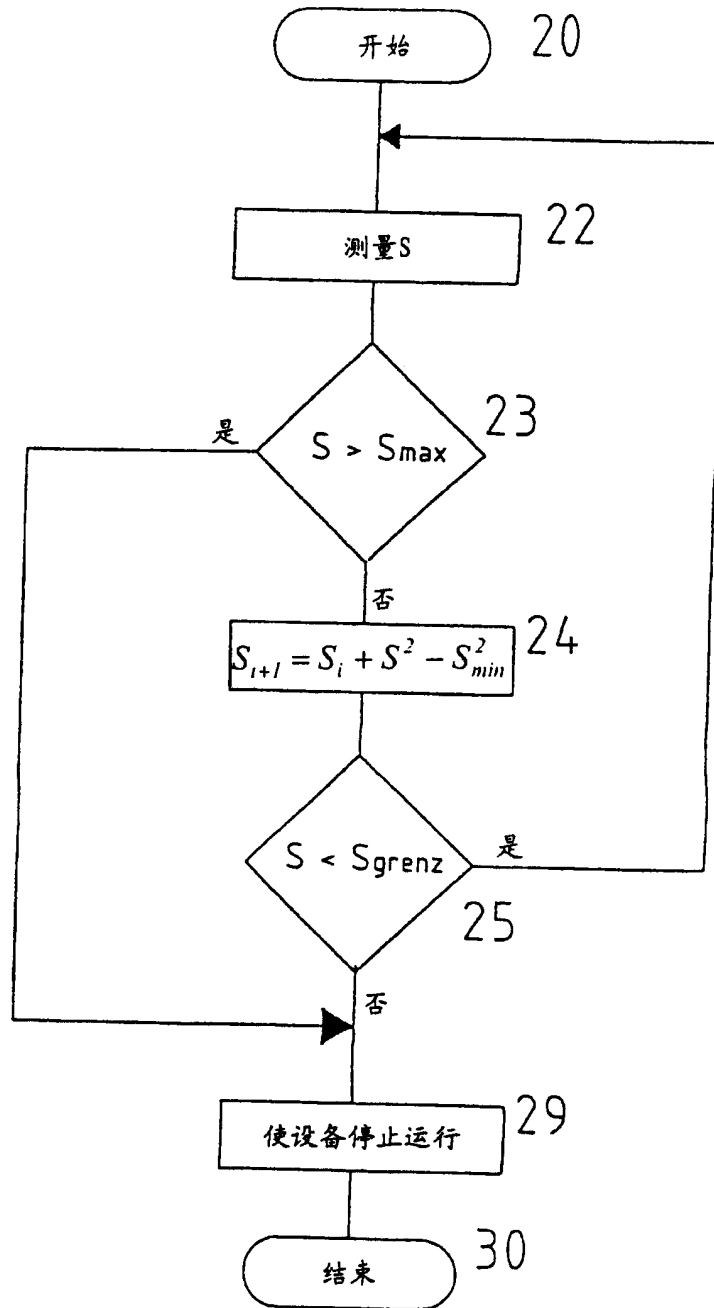


图 2