



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103261680 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 21

(21) 申请号 201180058242. 0

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22) 申请日 2011. 10. 31

代理人 蔡洪贵

(30) 优先权数据

1018502. 3 2010. 11. 02 GB
61/409, 272 2010. 11. 02 US

(51) Int. Cl.

F03D 7/02(2006. 01)
F03D 11/00(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 06. 03

(86) PCT申请的申请数据

PCT/DK2011/050410 2011. 10. 31

(87) PCT申请的公布数据

W02012/003841 EN 2012. 01. 12

(71) 申请人 维斯塔斯风力系统集团公司

地址 丹麦奥胡斯

(72) 发明人 I·S·奥勒森 L·格拉韦德

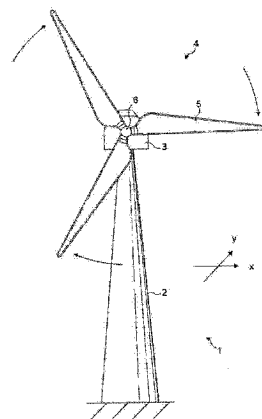
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

用于识别转子叶片撞击风力涡轮机的塔架时塔架撞击可能性的系统和方法

(57) 摘要

一种用于识别风力涡轮机转子叶片撞击风力涡轮机塔架的可能性的系统,该系统包括用于感测风力涡轮机转子叶片弯曲度的装置以及用于感测风力涡轮机塔架弯曲度的装置。在优选实施例中,长周期光栅(LPG)传感器被用于测量塔架的弯曲度。优选地,多个LPG传感器沿着叶片的长度设置。在一个实施例中,至少一个LPG传感器包括两个感测元件,所述元件被设置成在垂直方向上感测。在另一个实施例中,多个LPG传感器被设置成均在风力涡轮机塔架的不同侧面上。处理器使用感测出的叶片和塔架弯曲度来确定出叶片与塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下。如果距离被确定出在预定最小数值以下,那么控制器可被用于调节风力涡轮机变量从而降低叶片上的负载以及由此降低塔架撞击的可能性。



1. 一种风力涡轮机,包括:
至少一个转子叶片和塔架;
用于感测所述转子叶片的弯曲度的装置;
用于感测所述塔架的弯曲度的装置;以及
处理器,所述处理器用于利用感测出的叶片和塔架的弯曲度来确定所述叶片与所述塔架之间的距离是否将会在预定最小数值以下。
2. 根据权利要求1所述的风力涡轮机,其特征在于,用于感测所述转子叶片的弯曲度的装置包括:设置在所述叶片上用于输出指示叶片弯曲度的信号的传感器;以及被配置成基于所述信号来确定叶片弯曲度的测量值的分析器。
3. 根据权利要求2所述的风力涡轮机,其特征在于,所述传感器被设置成测量所述叶片的至少在叶片尖端区域内的弯曲度。
4. 根据任一前述权利要求所述的风力涡轮机,其特征在于,用于感测所述塔架的弯曲度的装置包括:设置在所述塔架上用于输出指示塔架弯曲度的信号的传感器;以及被配置成基于所述信号来确定塔架弯曲度的测量值的分析器。
5. 根据权利要求4所述的风力涡轮机,其特征在于,所述传感器被安装在所述塔架上或者被嵌入到所述塔架内。
6. 根据权利要求4或5所述的风力涡轮机,其特征在于,所述传感器包括具有光栅的光纤。
7. 根据权利要求6所述的风力涡轮机,其特征在于,所述传感器包括长周期光栅传感器。
8. 根据权利要求7所述的风力涡轮机,其特征在于,用于感测所述塔架的弯曲度的装置进一步包括:发光装置以及光收集装置,所述发光装置被设置成将光信号输入到所述长周期光栅传感器的光纤中,而所述光收集装置被设置成接收已经穿过所述长周期光栅传感器的光纤的光信号。
9. 根据权利要求7或8所述的风力涡轮机,其特征在于,所述长周期光栅传感器包括具有多个光栅的光纤。
10. 根据权利要求9所述的风力涡轮机,其特征在于,所述光纤具有两个光栅,所述两个光栅被设置用于测量所述塔架在垂直方向上的弯曲度。
11. 根据权利要求4-10中任一项所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机包括多个传感器,所述传感器均用于输出指示塔架弯曲度的信号;所述分析器被配置成基于所述信号确定塔架弯曲度的测量值。
12. 根据权利要求11所述的风力涡轮机,其特征在于,所述传感器中的至少两个沿着所述塔架间隔开。
13. 根据权利要求11或12所述的风力涡轮机,其特征在于,所述传感器中的至少两个围绕着所述塔架的圆周的至少一部分间隔开。
14. 根据任一前述权利要求所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机包括机舱,并且所述处理器被配置成基于感测出的塔架的弯曲度来确定所述机舱的倾斜度,其中确定出的机舱倾斜度在确定所述叶片与所述塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下时由所述处理器使用。

15. 根据权利要求 10 或 13 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机包括机舱,所述机舱被设置成使所述至少一个转子叶片围绕着所述塔架的纵向轴线旋转,并且所述处理器使用所述塔架在所述转子叶片经过所述塔架时所述转子叶片所处方向上的弯曲度的确定结果来确定所述转子叶片与所述塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下。

16. 根据任一前述权利要求所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机进一步包括机舱,所述机舱被设置成使所述至少一个转子叶片相对于所述塔架的纵向轴线旋转;并且所述处理器在确定所述转子叶片与所述塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下时使用所述转子叶片的旋转信息。

17. 根据权利要求 16 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机进一步包括用于检测机舱定向的传感器,所述处理器在所述距离确定中使用指示机舱定向的信号。

18. 根据任一前述权利要求所述的风力涡轮机,其特征在于,所述风力涡轮机包括控制器,所述控制器用于在所述处理器确定出所述叶片与所述塔架之间的距离将在预定最小数值以下时调节所述风力涡轮机的变量,从而降低所述转子叶片上的负载。

19. 根据权利要求 18 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述变量是所述转子叶片的桨距。

20. 一种风力涡轮机发电厂,所述风力涡轮机发电厂包括:多个风力涡轮机,所述风力涡轮机具有塔架和至少一个转子叶片,其中所述风力涡轮机中的至少一个是根据任一前述权利要求所述的风力涡轮机;以及控制器,所述控制器用于在所述处理器确定出所述叶片与所述塔架之间的距离将在预定最小数值以下时发送信号,从而调节所述多个风力涡轮机中至少一个的变量,从而降低所述风力涡轮机的转子叶片上的负载。

21. 一种操作根据任一前述权利要求所述的风力涡轮机的方法,包括:

使用所述装置感测所述转子叶片的弯曲度;

使用所述装置感测所述塔架的弯曲度;以及

使用感测出的叶片和塔架的弯曲度来确定所述叶片与所述塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下。

22. 根据权利要求 21 所述的方法,其特征在于,所述风力涡轮机包括机舱,所述机舱被设置成使所述至少一个转子叶片围绕所述塔架的纵向轴线旋转;并且确定所述叶片与所述塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下的步骤包括使用所述塔架在所述转子叶片经过塔架时所述转子叶片所处方向上的弯曲度的确定结果。

23. 根据权利要求 21 或 22 所述的方法,其特征在于,所述风力涡轮机进一步包括机舱,所述机舱被设置成使所述至少一个转子叶片相对于所述塔架的纵向轴线旋转;并且确定所述叶片与所述塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下的步骤包括使用所述转子叶片的旋转信息。

24. 根据权利要求 21 到 223 中任一项所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括当权利要求 20 到 22 所述的方法确定出所述叶片与所述塔架之间的距离将在预定最小数值以下时操作控制器以调节所述风力涡轮机的变量从而降低所述转子叶片上的负载。

25. 根据权利要求 24 所述的方法,其特征在于,所述变量是所述转子叶片的桨距。

26. 一种操作包括多个风力涡轮机的风力涡轮机发电厂的方法,所述风力涡轮机具有塔架和至少一个转子叶片,其中所述风力涡轮机中的至少一个是根据任一前述权利要求所

述的风力涡轮机,所述方法包括当权利要求 21 到 25 所述的方法确定出所述叶片与所述塔架之间的距离将会在预定最小数值以下时操作控制器来发送信号从而调节所述多个风力涡轮机中至少一个的变量,从而降低所述风力涡轮机的转子叶片上的负载。

用于识别转子叶片撞击风力涡轮机的塔架时塔架撞击可能性的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风力涡轮机以及特别涉及一种用于识别塔架撞击可能性的系统和方法。

背景技术

[0002] 风力涡轮机转子叶片撞击风力涡轮机塔架的危险,通常被称为塔架撞击,已经长时间在风力涡轮机工业引起极大关注。由于转子叶片长度增加以及变得更加柔性,因此塔架撞击的风险增加。当前风力涡轮机转子叶片可伸长超过 60 米。塔架撞击会导致风力涡轮机转子的严重损坏甚至会破坏掉。

[0003] 很多已有系统试图识别出塔架撞击的可能性,从而使得如果塔架撞击很有可能出现的话,那么可以采取规避动作从而避免威胁,例如通过调节叶片的桨距来降低叶片上的负载并因此降低叶片偏转或者弯曲度的大小。在极端情况下,风力涡轮机可被关闭直到威胁消除。

[0004] 一种常见的识别塔架撞击可能性的方法是测量转子叶片的弯曲度或者偏转,以及使用这些测量值来估计转子叶片与塔架之间的距离或者间隙。如果确定出转子叶片与塔架之间的距离将会落入预定最小数值以下的话,那么将会采取规避动作来降低叶片上的负载。US2006/0000269 中描述了一种这样的方法。在这个系统中,转子叶片的偏转通过提供杆或者梁来进行测量,所述杆或者梁的一端连接到转子叶片并且向着根部端部。机舱自由端部的偏转通过传感器测量。

[0005] 一种替换性方法是测量叶片与塔架之间的物理距离。例如,如 US2010/084864 中所述,激光系统可被设置在塔架、叶片尖端或者机舱上,其直接地测量叶片与塔架之间的距离。这种光学方案的一个问题是系统受到失效。风力涡轮机通常竖立在恶劣的、难以接近的环境中,在此它们暴露在雨中、灰尘以及结冰情况,由此会损坏系统。

[0006] 修理或者更换系统可能非常困难以及耗时。如果风力涡轮机必须关闭直到系统被修理,那么失效的代价会很高。

发明内容

[0007] 本发明目标是提供一种用于识别塔架撞击的可能性的改进的系统和方法。

[0008] 根据本发明,提供一种风力涡轮机,其包括至少一个转子叶片和塔架,用于感测转子叶片弯曲度的装置,用于感测塔架弯曲度的装置,以及用于使用感测出的叶片和塔架弯曲度来确定出叶片与塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下的处理器。

[0009] 通过使用感测出的叶片弯曲度和塔架弯曲度来确定出叶片与塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下,相比仅仅考虑叶片弯曲度的系统,本发明使得塔架撞击的可能性能够被更精确地识别。这种已知的系统假定塔架相对刚性以及由此是静止的。然而,发明人预见到并非一直这样。由于本发明使得塔架撞击的可能性能够被更精确地识别,所以预

定最小数值可被选择出来从而相比已知系统而言能够包括更小的安全裕度。由此有利地，风力涡轮机可以在更多时间内更接近最大功率输出地进行操作。

[0010] 此外，风力涡轮机塔架非常大，通常是金属结构，长度常常在 100 米以上。由于风力涡轮机塔架变得更高，因此它们变得更加柔性。长期以来，风力涡轮机工业期望降低塔架中所用金属的数量。降低金属的数量将会使得风力涡轮机更轻，以及由此更易于运输，以及更低廉。然而，降低塔架中金属数量以及由此使得塔架更加柔性是一种制约因素，这会增加塔架撞击的风险。通过使用感测出的塔架以及叶片弯曲度来确定出叶片与塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下，本发明使得塔架能够以更少金属制成，以及由此更加柔性，但是不会危害到安全性。

[0011] 测量叶片与塔架之间物理距离的已知系统本质上考虑塔架弯曲度以及叶片弯曲度。但是，除了上面指出的问题之外，这种系统的一个问题在于它们仅仅获得叶片与塔架之间的瞬时距离以及由此提供塔架撞击的短暂警报。为了更有效，必须提前识别出危险从而为规避动作赢得时间。例如，调节叶片桨距会花费半秒。与此相反，本发明的系统使得塔架撞击的可能性能够充分地提前预测出来，从而能够采取规避动作。

[0012] 在本发明的优选实施例中，用于感测转子叶片和塔架弯曲度的装置包括设置在叶片和塔架处的传感器，用于输出指示叶片和塔架弯曲度的信号；以及分析器，其被配置成基于所述信号来确定出叶片和塔架弯曲度的测量值。

[0013] 优选地，用于输出指示叶片弯曲度信号的传感器被设置成测量叶片尖端区域的弯曲度。这是特别有利的，原因是由于风力涡轮机转子叶片尖端的柔性，叶片尖端通常但是并非一直是叶片中最可能首先撞击塔架的部分。即便在叶片所形成角度远离塔架的风力涡轮机设计中，这也是常见的情形。

[0014] 用于输出指示塔架弯曲度信号的传感器被安装到塔架上或者嵌入到塔架中。在本发明的优选实施例中，设置在塔架处的传感器包括长周期光栅 (LPG) 传感器，该传感器可包括具有光栅的光纤。这种传感器，与短周期光栅传感器 (例如光纤布拉格光栅 (FBG) 传感器) 不同，可使得能够直接地测量弯曲度，而不是测量应变或者变形。由此，塔架的确切形状，以及由此塔架的弯曲度能够以相对更少的感测元件测量出来。在这个实施例中，用于感测塔架弯曲度的装置可进一步包括发光装置以及光收集装置，该发光装置被设置成将光信号输入到长周期光栅传感器的光纤中，该光收集装置被设置成接收穿过长周期传感器的光纤的光信号。

[0015] 在优选实施例中，长周期光栅传感器包括具有多个光栅的光纤。光纤可具有至少两个光栅，所述光栅被设置用于测量塔架垂直方向上的弯曲度。有利地在这个实施例中，一个 LPG 传感器可被设置在塔架的一个侧面上，用于测量塔架在超过一个维度上的弯曲度以及由此能够获得塔架弯曲度的 3D 图片。这在机舱围绕着塔架纵向轴线旋转从而使得叶片和塔架的相对位置发生改变的风力涡轮机中是特别有利的。在替换性实施例中，用于输出指示塔架弯曲度信号的多个传感器可围绕着塔架圆周的至少一部分间隔分开。这个实施例还使得塔架弯曲度能够在超过一个方向上测量出来。

[0016] 优选地，当风力涡轮机包括设置成使至少一个转子叶片围绕着塔架纵向轴线旋转的机舱时，处理器使用当转子叶片经过塔架时塔架在转子叶片所处方向上的弯曲度的确定结果来确定出转子叶片与塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下。

[0017] 在另一个优选实施例中,用于输出指示塔架弯曲度信号的多个传感器沿着塔架间隔分开。这使得能够测量出塔架整个长度上的塔架弯曲度,这对于更柔性的塔架而言是尤其有利的。特别在极端风力情况下,塔架沿着塔架长度的弯曲度是不均匀的。

[0018] 优选地,当风力涡轮机包括设置成使至少一个转子叶片相对于塔架纵向轴线旋转的机舱时,处理器在确定转子叶片与塔架之间的距离是否在预定最小数值以下的时候将会使用转子叶片的旋转信息。

[0019] 优选地,风力涡轮机进一步包括控制器,该控制器用于当处理器确定出叶片与塔架之间的距离将在预定最小数值以下的时候,调节风力涡轮机的变量以降低转子叶片上的负载。该变量可以是转子叶片的桨距。

[0020] 本发明还涉及一种风力涡轮机发电厂,包括:多个具有塔架和至少一个转子叶片的风力涡轮机,其中至少一个风力涡轮机是如上所述的风力涡轮机;以及控制器,该控制器用于当处理器确定出叶片与塔架之间的距离在预定最小数值以下的时候,发送信号从而调节多个风力涡轮机中至少一个的变量,从而降低风力涡轮机转子叶片上的负载。

[0021] 本发明还涉及一种操作如上所述风力涡轮机的方法,包括使用上述装置感测风力涡轮机转子叶片的弯曲度,使用上述装置感测风力涡轮机塔架的弯曲度,以及使用感测出的叶片和塔架弯曲度来确定出叶片与塔架之间的距离是否在预定最小数值以下。

附图说明

[0022] 现在仅通过示例以及参考附图描述本发明的实施例,其中:

[0023] 图 1 是风力涡轮机的示意性图示;以及

[0024] 图 2 是本发明实施例的示意性框图。

具体实施方式

[0025] 图 1 的风力涡轮机基本上包括机舱 3,该机舱被安装用于在塔架 2 上旋转。包括多个转子叶片 5 以及机舱 6 的转子 4 被安装到机舱。发电机(未示出)被容纳在机舱 3 中并且具有从机舱延伸到前方的转子轴,该转子轴通过转子叶片 5 的旋转而转动从而产生电能。

[0026] 图 2 显示了实施本发明的系统的示意性视图,该系统用于识别出风力涡轮机转子叶片 5 撞击塔架 2 的可能性。该系统包括用于感测风力涡轮机转子叶片 5 的弯曲度的装置 7 以及用于感测塔架 2 的弯曲度的装置 8。该示例中,风力涡轮机 1 包括多个转子叶片 5,优选地设置多个装置 7,所述装置每一个均感测一个转子叶片 5 的弯曲度。

[0027] 感测风力涡轮机转子叶片 5 和塔架 2 的弯曲度的多种方式都是公知的以及能够被本领域技术人员想到。特别地,用于感测风力涡轮机转子叶片 5 的弯曲度的多种装置是公知的。这些装置包括用于测量应变或者偏转的传感器(例如应变仪以及光学传感器),以及机械装置(例如上面所提到的 US2006/0000269 中所述的)和更多的装置。作为另一个示例,在一个公知系统中,摄像头可被安装到风力涡轮机转子叶片 5 或者安装到靠近叶片 5 的其它结构,从而捕捉到叶片 5 的运动。存在更多方式来感测风力涡轮机转子叶片 5 以及塔架 2 的弯曲度。

[0028] 在这个实施例中,装置 7、8 均包括传感器和分析器,该传感器用于输出指示叶片 5 或者塔架 2 弯曲度的信号,该分析器被配置成基于该信号来确定出叶片 5 或者塔架 2 弯曲

度的测量值。传感器可被安装到叶片 5 或者塔架 2 的内部或者外部上,嵌入或者集成到叶片 5 或者塔架 2 中,或者设置在在叶片 5 或者塔架 2 内或者靠近叶片 5 或者塔架 2。传感器被嵌入到或者集成到叶片 5 或者塔架 2 内通常是在部件的制造期间完成。分析器可被设置在传感器附近或者远离传感器。在一个实施例中,分析器可被设置在风力涡轮机 1 的机轂 6 中。传感器和分析器可通过电线、光纤或者电缆连接。可选择地,传感器和分析器可以无线地连接。

[0029] 优选地,用于输出指示叶片弯曲度的信号的传感器被设置成测量至少叶片尖端区域内的弯曲度。这是特别有利的,原因是由于风力涡轮机转子叶片 5 尖端的柔性,叶片 5 的尖端通常是叶片 5 中最有可能先撞击塔架的部分。在替换性优选实施例中,传感器被设置成测量至少叶片根部区域内的弯曲度。叶片根部通常经受最大的弯曲作用力,以及由此叶片根部区域的弯曲度测量值可被用于提供沿着叶片 5 剩余部分的弯曲度大小的相对良好指示。叶片根部区域的弯曲度测量值可由此被用于确定叶片 5 尖端以及其它区域的弯曲度。然而,更优选地,传感器被设置成测量沿着叶片 5 长度的叶片 5 弯曲度。传感器可包括多个传感器。目前,光纤传感器优选用于测量叶片的弯曲度,理由是光纤由玻璃制成,它们不导电并且由此不会引起雷击。然而,如上所述,可以使用许多其它传感器类型。

[0030] 在本发明的优选实施例中,长周期光栅(LPG)传感器被用于测量塔架 2 的弯曲度。在这个实施例中,LPG 传感器还可被用于测量转子叶片 5 的弯曲度,或者可以使用不同的装置来测量叶片 5 的弯曲度。

[0031] LPG 传感器是已知的技术,其相对其它已知的光纤传感器(例如光纤布拉格光栅(FBG)传感器)提供了不同的可能性。LPG 传感器能够直接地测量弯曲度,而其它光纤传感器测量应变或者变形。由此,通过使用 LPG 传感器,塔架 20 的确切形状以及由此塔架 2 的弯曲度能够通过相对较少的感测元件而被测量出来。

[0032] 一般地,光纤传感器包括光纤中形成的光栅。许多光纤传感器具有短周期光栅,例如 FBG 传感器。当传感器变形的时候,光栅的间距改变,这导致由光栅反射回来的光线波长的能够检测到的改变。

[0033] LPG 传感器通常具有光栅,其周期相比工作的光源的波长而言要大得多。由此,与 FBG 传感器相反,通常地 LPG 传感器不会产生反射光线而是充当光谱选择性吸收器。通常地,光栅使得以导引模式行进的光线与以非导引或者包层模式行进的光线相耦合。在这些非引导模式下耦合的光线与光纤上的表面缺陷相互作用以及快速地衰减,从而导致透射光谱的谐振损耗,由此计算出弯曲度。

[0034] 在这个实施例中,一个或多个 LPG 传感器可被安装到塔架 2 上或者嵌入到塔架 2 中。光纤中具有光栅的部分附接到塔架 2 上测量弯曲度的部分。以此方式进行附接,从而使得塔架 2 经历的弯曲度被传递到光纤以及光栅。

[0035] 在一种配置中,发光装置(例如 LED,激光器,卤素或金属卤素传感器)被设置用于将光信号从适当的光源输入到 LPG 传感器的光纤中,以及光收集测量装置(例如光传感器)被设置用于接收已经沿着光纤行进并且穿过光栅的光线。发光装置连接到 LPG 传感器的光纤的一端以及光收集测量装置连接到 LPG 传感器的光纤的另一端。发光装置以及光收集测量装置可被设置在风力涡轮机的机轂 6 中以及通过光纤连接到 LPG 传感器,该光纤沿着塔架 2 延伸。光纤可被嵌入到塔架 2 中。可选择地,发光装置以及光收集装置可被设置在在

同位置,但是优选地它们被定位在塔架 2 的附近,从而使得所需光纤的长度达到最低。

[0036] 分析器检测收集到的光信号的透射光谱中的谐振损失以及输出信号,塔架 2 的弯曲度的测量值能够通过该信号而被确定出来。分析器包括用于存储塔架 2 的弯曲度的测量值的存储器。光收集测量装置以及分析器可以是一个单元的一部分或者是单独的单元。分析器还可包括单独的单元,例如一个单元用于检测透射光谱中的谐振损失以及输出信号,以及第二个单元用于通过所述信号确定出塔架 2 的弯曲度。在单独单元的情况下,单元可以通过电缆或者电线连接。替换性地,单元可以无线地彼此联接。

[0037] 在优选实施例中,多个 LPG 传感器沿着塔架 2 间隔分开,这意味着塔架 2 的弯曲度可以在塔架的不同高度测量出来。在这个情况下,每根光纤中具有光栅的部分都附接到沿着塔架 2 间隔分开的多个区域中的相应区域。这是期望的,原因是尤其在极端风力情况下,不能假定在整个塔架 2 上塔架 2 的弯曲度都是相同的。

[0038] 优选地,至少一个传感器被设置在塔架 2 上、位于在极端叶片弯曲情况下叶片尖端将会预料撞击塔架 2 的区域上。然而,更优选地,传感器还设置在塔架进一步向上、位于在极端塔架弯曲情况下叶片可能撞击塔架的位置上。

[0039] 在本发明特别优选的实施例中,一个或多个 LPG 传感器被设置在塔架 2 处,从而能够获得塔架的 3D 图片。当风力涡轮机塔架具有“S”状弯曲形状的话这是重要的。风力涡轮机塔架转子 4 的顶端通常相比转子 4 的底部而言要经受更大的负载,原因是在转子 4 的顶部风施加的作用力大于底部。这样形成了弯曲作用力。如果是狂风的话,那么塔架 2 会在塔架 2 的底部而不是顶部而被迫使向后。由于在很多风力涡轮机中,机舱 3 可以围绕着塔架 2 的纵向轴线旋转,从而使叶片 5 转动到风中或者转动到风外,所以可以使叶片 5 与塔架 2 的相对位置发生改变。由此,在这种风力涡轮机 1 中,获得塔架弯曲度的至少部分 3D 图片是特别期望的,原因是这样能够确保塔架在相关方向(叶片 5 的方向)上的弯曲度总是能够被确定出来。

[0040] 在超过一个方向上测量塔架 2 的弯曲度的方法是在塔架 2 的一个侧面上设置单个 LPG 传感器,该传感器包括多个光栅或者感测元件,其被设置用于测量塔架 2 在垂直方向上的弯曲度。例如,一个感测元件可感测图 1 中所示 X 方向的弯曲度以及一个感测 Y 方向的弯曲度。X 和 Y 方向在基本水平平面内。X 方向基本上平行于塔架 2 的与传感器相附接的表面以及 Y 方向延伸穿过塔架。当然,随着塔架 2 弯曲,传感器的定向会发生改变,从而使得 X 和 Y 方向不会绝对地水平。通过塔架在这两个方向上的弯曲度的测量值,塔架 2 横穿大致水平平面的弯曲度可被确定出来。一种替换性方法是在塔架 2 的不同侧面上设置多个 LPG 传感器或者其它传感器,用于测量塔架 2 在不同方向上的弯曲度。在这种情况下,至少两个塔架弯曲度传感器围绕着塔架 2 圆周的至少一部分而间隔分开。在优选实施例中,围绕着至少一部分塔架设置三个或更多(例如五个)传感器。这些传感器的测量值可以一起处理,从而确定出塔架弯曲度的平均值,整个塔架弯曲度的方向和幅值可以通过该平均值而推导出来。

[0041] 获得塔架的 3D 图片能够揭示出由于塔架 2 的弯曲度所导致的机舱 3 不期望的或者不想要的倾斜。换句话说,机舱 3 的任何不想要的倾斜都能够基于塔架弯曲度的测量而被确定出来或者计算出来,该测量通过设置在塔架 2 的传感器进行。这个确定结果可以在确定塔架 2 与叶片 5 之间距离的时候使用。替换性地或者附加地,传感器(例如陀螺仪)可

被设置在机舱 3 上或者机舱 3 中,从而直接地检测机舱的任何不想要的倾斜以及由此检测塔架 2 的弯曲度。

[0042] 返回到图 2,用于识别出风力涡轮机转子叶片 5 撞击塔架 2 的可能性的系统进一步包括处理器 9,用于使用感测到的叶片和塔架弯曲度来确定出叶片 5 与塔架 2 之间的距离是否将在预定最小数值以下。该处理器 9 可被定位在风力涡轮机 1 的机舱 6 的中央控制器内或者替换性地可以远离风力涡轮机 1,例如在中央风场控制器。处理器 9 可以通过电线或者电缆连接到用于测量叶片和塔架的弯曲度的装置 7、8。替换性地,处理器 9 可以无线地连接到装置 7、8。处理器可包括用于存储塔架弯曲度的测量值的存储器。

[0043] 在所述的实施例中,通过计算出当叶片经过塔架时叶片 5 与塔架 2 之间的距离以及将该距离与预定最小数值进行对比,处理器 9 可以确定出叶片 5 与塔架 2 之间的距离是否将在预定最小数值以下。这可以直接地完成,或者通过使用叶片和塔架弯曲度的测量值来计算出叶片 5 与塔架 2 之间距离的改变,以及减去或者加上这个改变,从而精确地确定出叶片 5 与塔架 2 之间的距离来完成。替换性地,处理器可以通过将感测到的叶片和塔架弯曲度与查找表进行对比从而确定出叶片与塔架之间的距离是否将在预定最小数值以下。

[0044] 优选地,当确定叶片与塔架之间的距离是否落入预定最小数值以下的时候,塔架弯曲度的倾向也会被纳入考虑。塔架弯曲度的测量值可被存储在处理器中并且可被用于预测塔架运动。例如,在一个实施例中,当确定叶片与塔架之间的距离是否在预定最小数值以下的时候,塔架弯曲度的多个预测测量值可被处理器使用。

[0045] 在许多风力涡轮机中,机舱 3 可以通过主轴倾斜至叶片 5 远离塔架的角度,从而降低塔架撞击的可能性,以及在优选实施例中,当确定转子叶片 5 与塔架 2 之间的距离是否在预定最小数值以下的时候,处理器 9 可以使用转子叶片 5 相对于塔架 2 纵向轴线的旋转的信息或者换句话说使用机舱 3 的倾斜的信息。

[0046] 在机舱 3 被设置成使得至少一个转子叶片 5 围绕着塔架 2 纵向轴线旋转的优选实施例中,处理器使用塔架弯曲度的测量值来确定出塔架在转子叶片 5 的方向上的弯曲度以及使用这个确定结果来确定出转子叶片 5 与塔架 2 之间的距离是否将在预定最小数值以下。处理器还可使用叶片弯曲度的测量值来确定出叶片在塔架 2 方向上的弯曲度以及使用该确定结果来确定出转子叶片 5 与塔架 2 之间的距离是否将在预定最小数值以下。叶片相对于塔架的方向可以基于指示机舱定向的传感器的测量值而被确定出来。这个传感器可以采用多种形式。最常见的,这种传感器通过检测机舱相对于预定偏航位置的偏航运动而检测出机舱的偏航位置。替换性地,这个传感器可通过 GPS 或者其它无线电定位技术而检测出机舱定向。

[0047] 由此,在所述实施例中,风力涡轮机转子叶片 5 撞击塔架 2 的可能性能够通过首先感测一个或多个风力涡轮机转子叶片 5 的弯曲度以及感测塔架 2 的弯曲度而被识别出来。优选地,叶片 5 和塔架 2 的弯曲度可以同时地感测。然而,可以理解的是这并非必要的,特别是在塔架弯曲度的倾向被纳入考虑的情况下。以及随后使用感测到的叶片 5 和塔架 2 弯曲度来确定叶片 5 与塔架 2 之间的距离是否在预定最小数值以下。

[0048] 如果距离被确定出在预定最小数值以下,那么可以认为可能发生塔架撞击以及可以采取行动来避免撞击。控制器可被用于调节风力涡轮机 1 的变量从而降低转子叶片 5 上的负载。在一个示例中,控制器调节转子叶片 5 的桨距。替换性地或者附加地,控制器可被

用于改变转子速度,或者调节能够改变叶片 5 上负载的任何其它风力涡轮机变量。在极端情况下,控制器可以关闭风力涡轮机。

[0049] 这种控制可通过板载控制器来完成或者通过可以控制多个风力涡轮机 1 的风力发电厂控制器来完成。这种控制器从它所控制的风力涡轮机 1 接收输入以及输出指令,该指令例如指示使参数改变从而降低叶片负载。由此,当一个风力涡轮机 1 检测到塔架撞击可能性的时候,它向控制器发送信号,控制器继而发送出指令,仅发送到该控制器或者发送到它控制的部分风力涡轮机或者全部风力涡轮机,从而改变参数(例如叶片桨距角度或者转子速度),从而降低叶片 5 上的负载以及增加叶片 5 与塔架 2 之间的距离。风力发电厂控制器可以在中央风场计算机处。替换性地,板载控制器可被配置成当它检测到塔架撞击可能性的时候能够直接地将信号发送到电厂中的部分或者全部风力涡轮机,从而降低叶片 5 上的负载。

[0050] 由此,通过利用对叶片 5 的弯曲度以及塔架 2 的弯曲度的感测,本发明使得塔架撞击的风险能够被更精确地评估。由此,最小数值(在该数值以下信号发送到控制器),换句话说,风力涡轮机 1 进行操作的安全裕度能够被设置成更小并且由此风力涡轮机 1 能够在更长时间里以更接近最优功率的方式进行操作。最小数值可以根据随着时间感测到的塔架 2 弯曲度的运动而被设定。此外,系统可以与更轻、更柔性的塔架共同使用,而不会损害安全性。

[0051] 尽管具体地长周期(LPG)传感器是用于测量塔架 2 弯曲度的优选传感器,但是可以理解的是,可以使用其它传感器。存在许多传感器适用于测量风力涡轮机转子叶片 5 和塔架 2 的弯曲度并且能够被本领域技术人员想到。本发明没有局限于 LPG 传感器以及仅仅被随附的权利要求所限定。

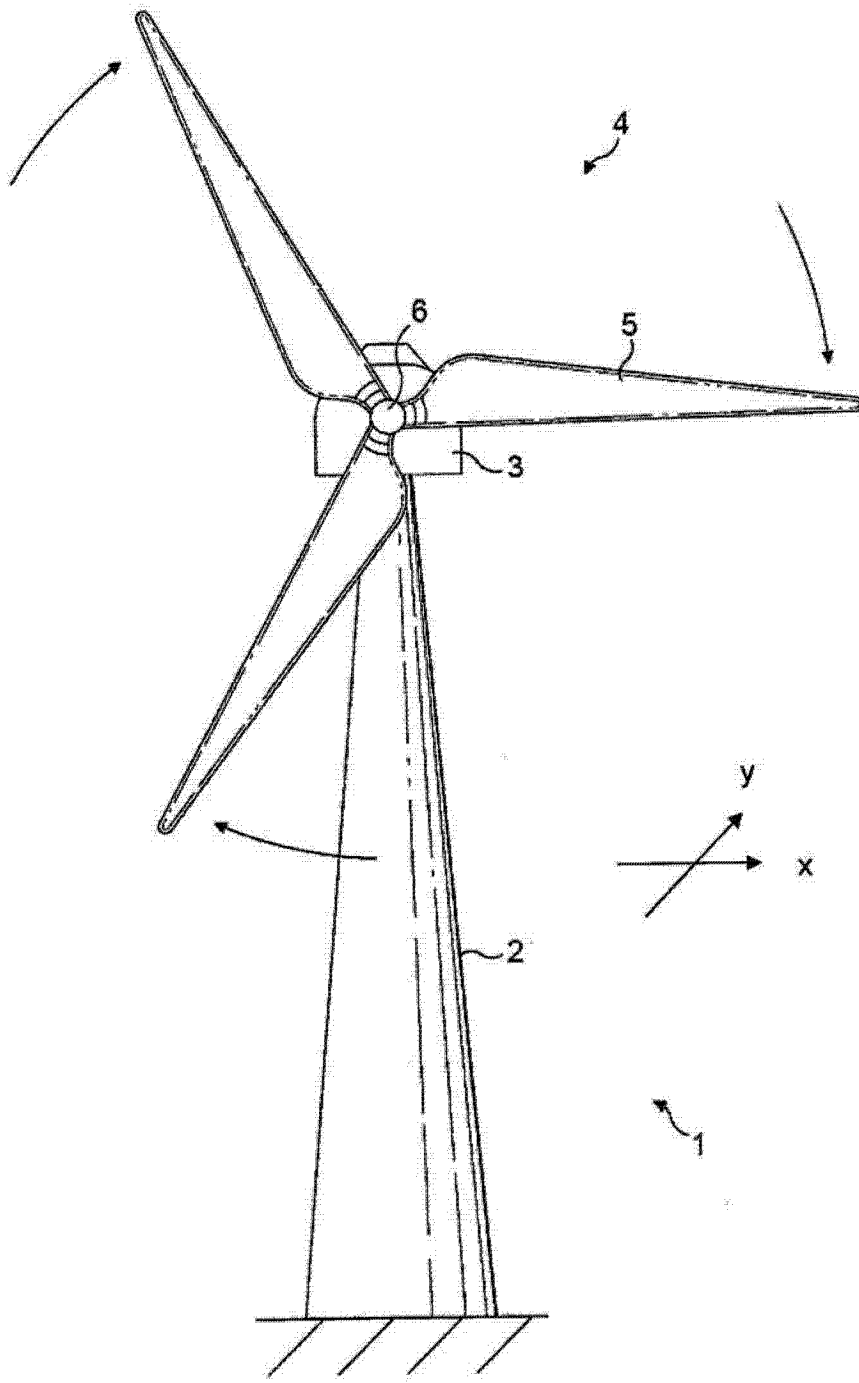


图 1

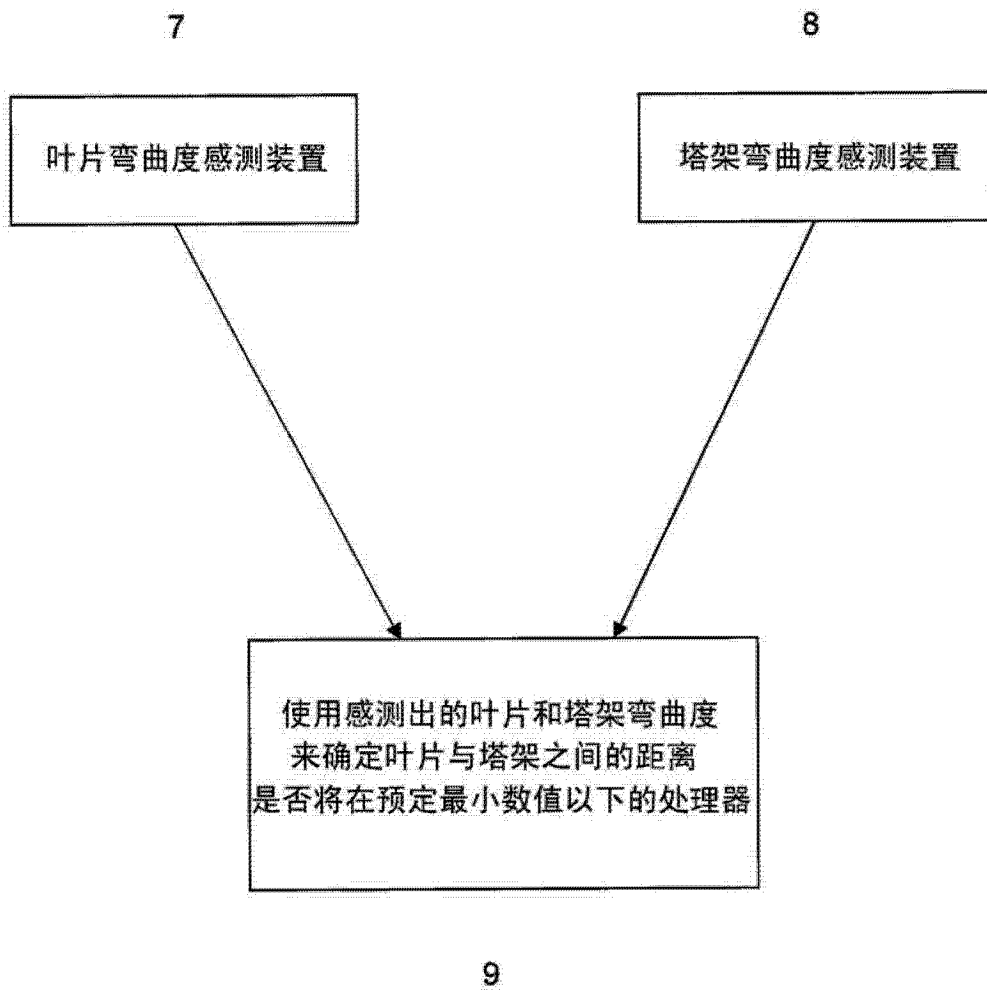


图 2