



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104619983 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 13

(21) 申请号 201380044847. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 07. 26

F03D 7/02(2006. 01)

F03D 11/04(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/675, 886 2012. 07. 26 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 02. 27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/DK2013/050254 2013. 07. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/015882 EN 2014. 01. 30

(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 K·哈默鲁姆 F·卡波内蒂

E·赫布斯勒布 L·F·S·拉森

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 李隆涛

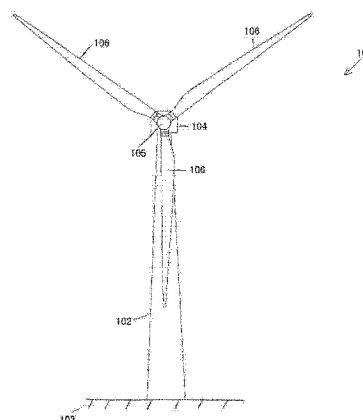
权利要求书3页 说明书13页 附图7页

(54) 发明名称

使风力涡轮机俯仰

(57) 摘要

本发明涉及风力涡轮机, 以及尤其是涉及使风力涡轮机从竖直位置倾斜的方法。风力涡轮机的塔架(102)可以从竖直位置倾斜以便减小塔架(102)上的载荷。



1. 一种风力涡轮机,其包括:
基座;以及
连接到所述基座的塔架,其中所述塔架从竖直位置倾斜以减小所述塔架上的载荷。
2. 如权利要求 1 中所宣称的风力涡轮机,其中所述塔架以被预先确定的俯仰动作角倾斜到主导风向中。
3. 如权利要求 2 中所宣称的风力涡轮机,其中所述被预先确定的俯仰动作角基于分析所述风力涡轮机的场地处的风况而确定。
4. 如在前权利要求中任一项所宣称的风力涡轮机,其中所述基座是固定式基座。
5. 如权利要求 2 至 4 中任一项所宣称的风力涡轮机,其中所述塔架固定地倾斜到所述被预先确定的俯仰动作角,从而使得所述塔架从所述竖直位置永久性地倾斜。
6. 如权利要求 1 至 4 中任一项所宣称的风力涡轮机,所述风力涡轮机还包括:
操作地连接到所述塔架的装置,其中所述装置允许所述塔架围绕一个或多个轴线倾斜,以及所述塔架通过所述装置来连接到所述基座。
7. 如权利要求 6 中所宣称的风力涡轮机,其中所述装置是铰链、平台、柔性构件、关节式接头、以及球窝式接头中的一个或多个。
8. 如权利要求 6 或 7 中所宣称的风力涡轮机,所述风力涡轮机还包括:
一个或多个安全装置,其中所述安全装置防止所述风力涡轮机超过被预先确定的俯仰动作角进一步倾斜。
9. 如权利要求 6 至 8 中任一项所宣称的风力涡轮机,还包括:
控制器,其适于确定用于所述风力涡轮机的俯仰动作角;以及
所述控制器还适于更改所述风力涡轮机的运行参数,从而使得所述风力涡轮机倾斜到所述被确定的俯仰动作角,所述风力涡轮机在所述被确定的俯仰动作角下在作用在所述风力涡轮机上的推动力与作用在所述风力涡轮机上的重力之间取得平衡。
10. 如权利要求 9 中所宣称的风力涡轮机,其中所述控制器还适于确定最优俯仰动作角,其中所述最优俯仰动作角通过所述风力涡轮机来提供最优电能产出。
11. 如权利要求 9 和 10 中任一项所宣称的风力涡轮机其中所述控制器还适于从查询表来识别所述俯仰动作角;或实时地计算所述俯仰动作角。
12. 如权利要求 9 至 11 中任一项所宣称的风力涡轮机,其中所述控制器还适于基于所述被确定的俯仰动作角确定用于所述风力涡轮机的一个或多个涡轮机叶片的桨距角;和/或基于所述被确定的俯仰动作角确定用于所述风力涡轮机的发电机的发电机转矩。
13. 如权利要求 9 至 12 中任一项所宣称的风力涡轮机,其中所述控制器还适于:
识别所述风力涡轮机的当前俯仰动作角;
确定所述当前俯仰动作角与所述被确定的俯仰动作角之间的差值;以及
基于所述被确定差值更改所述风力涡轮机的所述运行参数。
14. 一种方法,其包括:
使风力涡轮机的塔架倾斜,从而使得所述塔架从竖直位置倾斜以减小所述塔架上的载荷。
15. 如权利要求 14 中所宣称的方法,所述方法还包括:
确定主导风向;以及

以被预先确定的俯仰动作角来使所述塔架倾斜到所述主导风向中。

16. 如权利要求 15 中所宣称的方法,所述方法还包括:

基于对所述风力涡轮机的场地处的风况进行分析确定所述被预先确定的俯仰动作角。

17. 如权利要求 15 和 16 中任一项所宣称的方法,其中所述塔架固定地倾斜到所述被预先确定的俯仰动作角,从而使得所述塔架从竖直位置永久性地倾斜。

18. 如权利要求 14 至 16 中任一项所宣称的方法,所述方法还包括:

确定用于所述风力涡轮机的俯仰动作角;以及

更改所述风力涡轮机的运行参数,从而使得所述风力涡轮机倾斜到所述被确定的俯仰动作角,并且使得所述风力涡轮机在作用在所述风力涡轮机上的推动力与作用在所述风力涡轮机上的重力之间取得平衡。

19. 如权利要求 18 中所宣称的方法,其中确定所述俯仰动作角还包括:

确定最优俯仰动作角,其中所述最优俯仰动作角通过所述风力涡轮机来提供最优电能产出。

20. 如权利要求 18 或 19 中所宣称的方法,其中确定所述俯仰动作角包括:

从查询表来识别所述俯仰动作角;或

实时地计算所述俯仰动作角。

21. 如权利要求 18 至 20 中任一项所宣称的方法,其中更改所述风力涡轮机的所述运行参数包括:

基于所述被确定的俯仰动作角确定用于所述风力涡轮机的一个或多个涡轮机叶片的桨距角;和/或

基于所述被确定的俯仰动作角确定用于所述风力涡轮机的发电机的发电机转矩。

22. 如权利要求 18 至 21 中任一项所宣称的方法,所述方法还包括:

识别所述风力涡轮机的当前俯仰动作角;

确定所述当前俯仰动作角与所述被确定的俯仰动作角之间的差值;以及

所述风力涡轮机的所述运行参数的所述更改是基于所述被确定差值。

23. 一种用于控制风力涡轮机的方法,所述方法包括以下步骤:

确定用于所述风力涡轮机的俯仰动作角;以及

更改所述风力涡轮机的运行参数,从而使得所述风力涡轮机倾斜到所述被确定的俯仰动作角,并且使得所述风力涡轮机在作用在所述风力涡轮机上的推动力与作用在所述风力涡轮机上的重力之间取得平衡。

24. 一种控制器,其包括:

第一处理器,其适于确定用于所述风力涡轮机的俯仰动作角;以及

第二处理器,其适于更改所述风力涡轮机的运行参数,从而使得所述风力涡轮机倾斜到所述被确定的俯仰动作角,并且使得所述风力涡轮机在作用在所述风力涡轮机上的推动力与作用在所述风力涡轮机上的重力之间取得平衡。

25. 一种计算机程序制品,其包括计算机可读的可执行代码,所述可执行代码用于:

确定用于所述风力涡轮机的俯仰动作角;以及

更改所述风力涡轮机的运行参数,从而使得所述风力涡轮机倾斜到所述被确定的俯仰动作角,并且使得所述风力涡轮机在作用在所述风力涡轮机上的推动力与作用在所述风力

涡轮机上的重力之间取得平衡。

26. 一种风力涡轮机,其包括:

塔架;

机舱;

依附到转子的一个或多个涡轮机叶片,所述转子依附到所述机舱;以及
操作地连接到所述塔架的装置,其中所述装置允许所述塔架围绕一个或多个轴线倾
斜。

27. 如权利要求 26 中所宣称的风力涡轮机,还包括如权利要求 24 中所宣称的控制器。

使风力涡轮机俯仰

技术领域

[0001] 本发明涉及使风力涡轮机俯仰,以及尤其是涉及使风力涡轮机从竖直位置倾斜。

背景技术

[0002] 风力涡轮机有效地利用风能以产生电能并且作为针对用于产生电能的传统来源的替代能源而变得日益流行。利用风能被认为是用于产生电能的更清洁且更可持续的来源。

[0003] 为了从风能产生电能,风力涡轮机 101 通常包括:基于稳定基体 103 的塔架 102;机舱 104,其定位在塔架 102 上以容置机电设备(诸如发电机);以及具有一个或多个涡轮机叶片 106 的转子 105,所述转子如图 1 中所示连接到机舱。以基本且简单的术语而言,涡轮机叶片通过入射风能来旋转,所述入射风能驱动发电机以生产电能。

[0004] 风力涡轮机制造成本高昂并且因此研发风力涡轮机中的关键驱动力是需要减小风力涡轮机的成本,以使得风力涡轮机成为用于产生电能的经济解决方案。

发明内容

[0005] 本发明设法处理、至少部分地处理此前描述的需求和缺陷。

[0006] 根据本发明的第一方面,提供一种风力涡轮机,其包括:基体;以及连接到基体的塔架,其中塔架从竖直位置倾斜以减小塔架上的载荷。

[0007] 风力涡轮机塔架上的载荷可以通过使塔架从竖直位置倾斜来有利地减小。

[0008] 塔架可以以被预先确定的俯仰动作角俯仰到主导风向中。主导风向可以基于分析风力涡轮机的场地处的风况而确定。被预先确定的俯仰动作角可以基于分析风力涡轮机的场地处的风况而确定。

[0009] 风力涡轮机可以竖立的场地可以例如通过确定风向玫瑰图来分析。风向玫瑰图可以示出所述场地处的风向和/或风速并且能够从传感器读数中识别以获得所述场地处的风向和风速的指示,所述传感器例如是已在被预先确定的一段时间中存在于所述场地处的气象桅杆,所述一段时间例如是一年或任何其他适当时间段。其他的场地条件也可以在所述场地处测量,例如风湍流、温度、空气密度等。主导风向能够基于至少风向玫瑰图信息而识别出,并且风力涡轮机塔架能够从竖直位置倾斜到主导风向中。用于使塔架倾斜的俯仰动作角可以设定为特定值,例如 1 度至 2 度,或可以基于风速和/或风向而确定,从而使得塔架上的载荷的减小与塔架到主导风向中的倾斜成正比。塔架接下来可以以被预先确定的俯仰动作角而从竖直位置倾斜。

[0010] 基体可以是固定式基体,例如插入地表的坚实基体。基体可以是用于离岸型风力涡轮机的漂浮平台。

[0011] 塔架可以固定地倾斜到被预先确定的俯仰动作角,从而使得塔架可以从竖直位置永久性地倾斜。因此,风力涡轮机可以以从竖直位置到主导风向中的永久性倾斜而竖立以便减小风力涡轮机的塔架上的载荷。

[0012] 风力涡轮机还可以包括操作地连接到塔架的装置,其中所述装置允许塔架围绕一个或多个轴线俯仰,并且塔架通过所述装置来连接到基体。所述装置允许风力涡轮机塔架围绕一个或多个轴线旋转或俯仰以便使塔架从竖直位置倾斜。允许塔架围绕一个或多个轴线旋转或俯仰的优点在于,与风向无关,塔架上的载荷可以通过使塔架从竖直位置倾斜到当前风向中来减小。

[0013] 所述装置可以是铰链、平台、柔性构件、关节式接头、以及球窝式接头中的一个或多个。

[0014] 风力涡轮机还可以包括一个或多个安全装置,其中安全装置可以防止风力涡轮机超过被预先确定的俯仰动作角进一步俯仰。

[0015] 风力涡轮机还可以包括控制器,所述控制器适于确定用于风力涡轮机的俯仰动作角;以及所述控制器还适于更改风力涡轮机的运行参数,从而使得风力涡轮机倾斜到被确定的俯仰动作角,风力涡轮机在所述被确定的俯仰动作角下在作用于风力涡轮机上的推动力与作用于风力涡轮机上的重力之间取得平衡。

[0016] 控制器还可以适于确定最优俯仰动作角,其中最优俯仰动作角通过风力涡轮机来提供最优电能产出。

[0017] 控制器还可以适于从查询表来识别俯仰动作角;或实时地计算俯仰动作角。

[0018] 控制器还可以适于基于被确定的俯仰动作角而确定用于风力涡轮机的一个或多个涡轮机叶片的桨距角;和/或基于被确定的俯仰动作角而确定用于风力涡轮机的发电机的发电机转矩。

[0019] 控制器还可以适于识别风力涡轮机的当前俯仰动作角;确定当前俯仰动作角与被确定的俯仰动作角之间的差值;以及基于被确定的差值而更改风力涡轮机的运行参数。

[0020] 控制器可以是或包括处理器、存储器、输入、输出等中的一个或多个,以使得控制器可以执行本发明的各方面的功能和特征。

[0021] 根据本发明的第二方面,提供一种方法,其包括:使风力涡轮机的塔架倾斜,从而使得塔架从竖直位置倾斜以减小塔架上的载荷。

[0022] 所述方法还可以包括确定主导风向;以及以被预先确定的俯仰动作角使塔架倾斜到主导风向中。

[0023] 所述方法还可以包括基于分析风力涡轮机的场地处的风况而确定被预先确定的俯仰动作角。

[0024] 所述方法还可以包括确定用于风力涡轮机的俯仰动作角;以及更改风力涡轮机的运行参数,从而使得风力涡轮机倾斜到被确定的俯仰动作角并且使得风力涡轮机在作用于风力涡轮机上的推动力与作用于风力涡轮机上的重力之间取得平衡。

[0025] 确定俯仰动作角还可以包括确定最优俯仰动作角,其中最优俯仰动作角通过风力涡轮机来提供最优电能产出。

[0026] 确定俯仰动作角还可以包括从查询表来识别俯仰动作角;或实时地计算俯仰动作角。

[0027] 更改风力涡轮机的运行参数还可以包括基于被确定的俯仰动作角而确定用于风力涡轮机的一个或多个涡轮机叶片的桨距角;和/或基于被确定的俯仰动作角而确定用于风力涡轮机的发电机的发电机转矩。

[0028] 所述方法还可以包括识别风力涡轮机的当前俯仰动作角；确定当前俯仰动作角与被确定的俯仰动作角之间的差值；以及基于被确定的差值而更改风力涡轮机的运行参数。

[0029] 根据本发明的第三方面，提供一种用于控制风力涡轮机的方法，其包括以下步骤：确定用于风力涡轮机的俯仰动作角；以及更改风力涡轮机的运行参数，从而使得风力涡轮机倾斜到被确定的俯仰动作角并且使得风力涡轮机在作用于风力涡轮机上的推动力与作用于风力涡轮机上的重力之间取得平衡。

[0030] 所述方法可以通过控制器来实施，所述控制器可以是已成为风力涡轮机一部分的控制器或可以是独立的控制器。控制器可以包括任意数量的处理器、存储器、输入/输出以便实施所述方法。

[0031] 可以针对风力涡轮机确定俯仰动作角，其中俯仰动作角可以是风力涡轮机能够倾斜到的一个角度，从而使得风力涡轮机能够在作用于风力涡轮机上的重力与由入射风导致的作用于风力涡轮机上的推动力之间取得平衡。风力涡轮机的一个或多个运行参数能够更改以便使风力涡轮机以被确定的俯仰动作角倾斜。

[0032] 更改运行参数的步骤可以包括直接地更改运行参数或发起/指示一个或多个其他控制器或系统更改或改变一个或多个运行参数。

[0033] 确定俯仰动作角的步骤还可以包括确定最优俯仰动作角的步骤，其中最优俯仰动作角通过风力涡轮机来提供最优电能产出。可以存在风力涡轮机能够在作用于风力涡轮机上的推动力与重力之间取得平衡或处于均衡状态的一种以上的俯仰动作角。

[0034] 同样地，通过接下来以不同量更改风力涡轮机的运行参数（例如一个或多个涡轮机叶片的桨距角），可以实现风力涡轮机可以在推动力与重力之间取得平衡的不同俯仰动作角。

[0035] 因此，控制器可以确定用于风力涡轮机的最优俯仰动作角，从而使得最优电能通过风力涡轮机来产生或输出。最优俯仰动作角可以至少基于风速而确定。风速可以被测量或估算。被测量的风速可以在风力涡轮机处或在风力涡轮机上游取得并且可以通过传感器来测量，所述传感器诸如风速表、或光检测和测距（LiDAR）装置。传感器可以定位在风力涡轮机处或与风力涡轮机分开。风速可以例如从风力涡轮机的电能输出、转子速度等中估算或推断。

[0036] 确定俯仰动作角的步骤还可以包括从查询表来识别俯仰动作角；或实时地计算俯仰动作角。

[0037] 更改风力涡轮机的运行参数的步骤还可以包括以下步骤：基于被确定的俯仰动作角而确定用于风力涡轮机的一个或多个涡轮机叶片的桨距角；和/或基于被确定的俯仰动作角而确定用于风力涡轮机发电机的发电机转矩。

[0038] 因此，可以改变的运行参数可以包括涡轮机叶片的桨距角和/或风力涡轮机中的发电机的发电机转矩。

[0039] 所述方法还可以包括以下步骤：识别风力涡轮机的当前俯仰动作角；确定当前俯仰动作角与被确定的俯仰动作角之间的差值；以及基于被确定的差值而更改风力涡轮机的运行参数。

[0040] 因此，风力涡轮机的俯仰动作角可以被测量和/或追踪，从而使得当前俯仰动作角与所需俯仰动作角之间的差值能够被确定。风力涡轮机的当前俯仰动作角可以从接收到

风力涡轮机或定位在风力涡轮机中的传感器（诸如应变计、倾斜计、加速计）来测量、估算或推断。当前俯仰动作角可以从独立于风力涡轮机的传感器或装置（诸如照相系统、红外系统等）来测量、估算或推断。

[0041] 所述方法还可以包括监控装置。监控装置可以限制运行参数方面的更改以进一步增强俯仰的风力涡轮机的稳定性。监控装置可以持续地或在特定操作状态下（例如高风速、低风速等）设定或强制施加限制，以防止风力涡轮机有效地摆动或倾倒。

[0042] 所述方法还可以包括在电动机模式中操作风力涡轮机。电动机模式将风力涡轮机有效地转变为风扇。因此，通过在电动机模式中操作风力涡轮机，风力涡轮机可以被进一步稳定或用作安全机构以防止沿任意一个方向过度俯仰或从沿任意一个方向过度俯仰中复原。运行参数或发电机转矩可以更改以便将风力涡轮机改变到电动机模式中。

[0043] 根据本发明的第四方面，提供一种控制器，其包括：第一处理器，其适于确定用于风力涡轮机的俯仰动作角；以及第二处理器，其适于更改风力涡轮机的运行参数，从而使得风力涡轮机倾斜到被确定的俯仰动作角并且使得风力涡轮机在作用于风力涡轮机上的推动力与作用于风力涡轮机上的重力之间取得平衡。

[0044] 根据本发明的第五方面，提供一种控制器，其适于确定用于风力涡轮机的俯仰动作角；以及更改风力涡轮机的运行参数，从而使得风力涡轮机倾斜到被确定的俯仰动作角并且使得风力涡轮机在作用于风力涡轮机上的推动力与作用于风力涡轮机上的重力之间取得平衡。

[0045] 第一处理器还可以适于确定最优俯仰动作角，其中最优俯仰动作角通过风力涡轮机来提供最优电能产出。

[0046] 第一处理器还可以适于从查询表来识别俯仰动作角；或实时地计算俯仰动作角。

[0047] 第二处理器还可以适于基于被确定的俯仰动作角而确定用于风力涡轮机的一个或多个涡轮机叶片的桨距角；和/或基于被确定的俯仰动作角而确定用于风力涡轮机的发电机的发电机转矩。

[0048] 控制器还可以包括：第三处理器，其适于识别风力涡轮机的当前俯仰动作角；第四处理器，其适于确定当前俯仰动作角与被确定的俯仰动作角之间的差值；以及第二处理器还适于基于被确定的差值而更改风力涡轮机的运行参数。

[0049] 第一处理器到第四处理器可以是相同的处理器、不同的处理器、或其任意组合。控制器可以包括任意硬件、软件、或其任意组合以实施本发明的任意或全部的特征或功能。

[0050] 根据本发明的第六方面，提供一种计算机程序制品，其包括计算机可读的可执行代码，所述可执行代码用于：确定用于风力涡轮机的俯仰动作角；以及更改风力涡轮机的运行参数，从而使得风力涡轮机倾斜到被确定的俯仰动作角并且使得风力涡轮机在作用于风力涡轮机上的推动力与作用于风力涡轮机上的重力之间取得平衡。

[0051] 计算机程序制品可以包括计算机可读的可执行代码，所述可执行代码用于实施本发明的任意或全部的特征和功能。

[0052] 根据本发明的第七方面，提供一种风力涡轮机，其包括：塔架；机舱；依附到转子的一个或多个涡轮机叶片，所述转子依附到机舱；以及操作地连接到塔架的装置，其中所述装置允许塔架围绕一个或多个轴线俯仰。

[0053] 所述装置可以是铰链、平台、柔性构件、关节式接头、以及球窝式接头中的一个或

多个。

[0054] 风力涡轮机还可以包括一个或多个安全装置,其中安全装置防止风力涡轮机超过被预先被确定的俯仰动作角进一步俯仰。

附图说明

[0055] 本发明的实施方式现在将会通过实施例并且参照附图来描述,其中:

[0056] 图 1 示出风力涡轮机的简化示意图。

[0057] 图 2 示出根据本发明的多个实施方式的俯仰的风力涡轮机的简化示意图。

[0058] 图 3 示出根据本发明的多个实施方式的俯仰的风力涡轮机的简化示意图。

[0059] 图 4 示出根据本发明的多个实施方式的用于铰接型风力涡轮机的一系列安全装置。

[0060] 图 5 示出根据本发明的多个实施方式的俯仰的漂浮型风力涡轮机的简化示意图。

[0061] 图 6 示出根据本发明的多个实施方式的示例性风向玫瑰图。

[0062] 图 7 示出与图 6 的风向玫瑰图相对应的示例性塔架底部力矩载荷包络图。

[0063] 图 8 示出用于根据本发明的多个实施方式的倾斜塔架的示例性塔架底部力矩载荷包络图。

具体实施方式

[0064] 如上所述,风力涡轮机通常包括:基于稳定基体 103 的塔架 102;机舱 104,其定位在于塔架 102 上以容置机电设备(诸如发电机);以及连接到机舱 104 的转子 105,其具有一个或多个涡轮机叶片 106。

[0065] 在运行中,涡轮机叶片 106 上的入射风能的力引起转子旋转并且还引起风力涡轮机 101 上的推动力,所述有效地向后推动风力涡轮机 101。据此,塔架 102 被设计和制造以承受作用在风力涡轮机 101 上的推动力。塔架 102 的成本是风力涡轮机 101 的成本的重要组成部分,并且据此如果塔架 102 的成本能够减小,那么风力涡轮机的成本也将会减小。

[0066] 制造塔架 102 中的主要成本在于使塔架 102 变得足够强以承受作用在塔架 102 上的推动力。有效地向后推动风力涡轮机的推动力在塔架 102 上并且尤其是在塔架 102 基座中形成力矩。因此,如果由塔架 102 经受的力矩能够减小,那么塔架 102 可以被设计以包括较少材料,这继而可以减小塔架的成本,使风力涡轮机 101 更加经济。

[0067] 已认识到的是,由塔架 102 经受的力矩能够通过使塔架 102 有利地偏斜到风向中来减小。塔架 102 能够通过固定式基体、通过允许塔架 102 围绕一个或多个轴线旋转或俯仰的装置、或通过在一时间段中固定或保持允许塔架 102 俯仰或旋转的装置并且释放所述装置以允许塔架 102 在另一时间段中俯仰或旋转来偏斜到风中,所述另一时间段可以取决于风力涡轮机的状况(例如风况)或运行。

[0068] 因此,本发明有利地允许塔架偏斜到至少主要风向或最强风向中以便减小塔架 102 基座上的力矩。

[0069] 风力发电厂(WPP)的一个或多个场地通常在一个或多个风力涡轮机的竖立之前被分析并且调查以在期望的场地处形成风力发电厂。作为分析的一部分,可能有用的是确定场所的所谓风向玫瑰图,所述风向玫瑰图可以经由气象桅杆(Met-Mast)来获得。用于特

定场所的示例性风向玫瑰图在图 6 中示出。将会理解的是,风向玫瑰图是特定于场所的,并且因此针对每个场所将会期望不同的风向玫瑰图图案。风向玫瑰图可以针对整个场所、针对场所的可能取决于地形/场所状况的不同区域、针对所提出的各组风力涡轮机场地、或针对任意其他目的来确定或识别。

[0070] 如能够从图 6 的示例性风向玫瑰图中看出的,风向和风速在所述场所处是非对称的。此外,风速和风向在西南象限中显著较大并且主要来自西南象限,其中峰值风速和风向存在于西南方向。由于在这个实施例中风向和风速偏向西南象限,则塔架基座上的来自沿这个方向的风的力矩将会显著大于来自沿其他方向的风的力矩。

[0071] 图 7 示出示例性塔架底部力矩载荷包络图,塔架可能在受到图 6 中示出的非对称风向玫瑰图影响时经受所述塔架底部力矩载荷。如能够从图 7 中看出的,塔架的底部上的力矩载荷在西南象限中较大,因为所述西南象限是将会在风力涡轮机放置在所述场地处时影响风力涡轮机的主导风向和风速。

[0072] 然而,风力涡轮机塔架通常必须制造成具有足够强度以承受所述风力涡轮机在其服役寿命(通常是 20 年)中可能经受的全部力、力矩载荷和/或疲劳载荷。因此,塔架将会必须以足够的材料和强度制造以承受在这个实施例中所述塔架将会在西南象限中经受的峰值力矩载荷和疲劳载荷,即便塔架底部力矩载荷包络图的其他象限中的力矩载荷和疲劳载荷是显著较小的。

[0073] 因此,已识别出的是,塔架的底部(例如塔架基座)上的力矩载荷和/或疲劳载荷能够通过使风力涡轮机塔架有利地偏斜或倾斜到主导风向和/或风速中来减小。

[0074] 基于用于特定场所的风向玫瑰图(示例性风向玫瑰图在图 7 中示出)而确定或识别出的是,主导风向和风速来自西南。因此,为了有利地减小塔架基座上的力矩载荷和/或疲劳载荷,塔架结构可以基于至少被确定的风向玫瑰图而朝向主导风向和/或风速倾斜或俯仰。由塔架基座经受的力矩载荷和/或疲劳载荷方面的减小可以与塔架倾斜到主导风向和/或风速中的程度成正比。在这个实施例中,用于塔架倾斜的预先确定的俯仰动作角基于被确定的风向玫瑰图而确定为从竖直位置起 1 度。将会理解的是,用于倾斜的被预先确定的俯仰动作角的值可以取决于主导风向和/或风速的值和/或大小,并且塔架将会在风力涡轮机的场所处倾斜或俯仰到主导风的方向中。还将会认识到的是,被预先确定的俯仰动作角可以是设定值,例如 1 度或 1.5 度等,其中塔架倾斜到所述设定值,并且风向玫瑰图分析可以用于确定塔架的倾斜的方向。用于塔架倾斜的被预先确定的俯仰动作角的值的范围可以从 0.5 度到 5 度并且优选地在 1 度与 2 度之间。

[0075] 塔架可以倾斜到所需倾斜程度或俯仰动作角通过安装标准坚实塔架基座并且将法兰结合到塔架基体中,所述法兰以所需倾斜程度设计。这有利地允许固定式基体塔架基于风力涡轮机的一个或多个场地的风向玫瑰图分析而倾斜到主导风中。倾斜法兰还能够用于漂浮型风力涡轮机上以使风力涡轮机俯仰或倾斜到用于离岸型风力涡轮机的主导风向和/或风速中。

[0076] 通过使风力涡轮机的塔架倾斜到主导风中,力矩载荷和/或疲劳载荷在塔架底部上的偏移量能够最小化。如图 8 中所示,当塔架倾斜或俯仰到主导风向中时,塔架底部力矩载荷包络图能够置中,意味着极端力矩载荷和/或疲劳载荷能够减小。这有利地允许塔架结构以较少强度和材料制造,导致塔架成本方面的减小。类似地,通过使塔架倾斜到主导风

中,有效力矩载荷和 / 或疲劳载荷减小并且因此塔架能够应对与先前情况相比更大的力矩载荷和 / 或疲劳载荷,意味着风力涡轮机能够在先前情况中塔架强度不足以处理的风况中竖立。

[0077] 由于塔架朝向一个方向倾斜或俯仰,则如果遭遇来自另一方向的强风,那么风力涡轮机能够被控制以使风力涡轮机减速以保护风力涡轮机不受过度载荷影响。

[0078] 除了将风向玫瑰图分析纳入考虑以确定用于倾斜的被预先确定的俯仰动作角的值和用于塔架的倾斜方向,所述分析还可以将风湍流、气压、温度、或任意其他风状况纳入考虑。

[0079] 在另外的实施方式中,为了减小塔架 102 上的力矩,风力涡轮机可以利用重力以抵消风力涡轮机上的推动力,从而减小塔架上的力矩(例如力矩载荷)和 / 或疲劳载荷。

[0080] 在这个实施例中,塔架可以接附或操作地连接到允许风力涡轮机围绕一个或多个轴线旋转或俯仰的装置。通过允许塔架围绕一个或多个轴线旋转或俯仰,风力涡轮机能够俯仰或偏斜到风中,从而使得风力涡轮机上的重力和推动力处于均衡状态或取得平衡。换言之,风力涡轮机利用重力俯仰或偏斜到风中并且通过作用于风力涡轮机上的推动力来保持或防止倾倒。据此,塔架上的应力和 / 或载荷可以通过使风力涡轮机的重心相对于风的力保持平衡来减小。如上文所讨论的,通过减小塔架上的应力或载荷,接下来塔架可以以较少材料和强度设计和制造从而减小塔架的成本并且从而减少风力涡轮机的成本。

[0081] 所述装置可以是允许风力涡轮机俯仰的任意装置,例如,所述装置可以是铰链、球窝、平台、柔性材料、弹簧、或任意其他适当装置。

[0082] 在图 2 中示出的实施例中,风力涡轮机 201 包括经由铰链 204 连接到基体 203 的塔架 202。在这个实施例中,铰链 204 允许风力涡轮机 201 沿前后方向向前和向后俯仰。因此,在这个实施例中,塔架能够围绕一个轴线旋转或俯仰。

[0083] 为了能够利用铰接型风力涡轮机,风力涡轮机的控制是实施例和实施方式的富有挑战并且重要的方面。风力涡轮机能够围绕一个或多个轴线旋转或俯仰并且因此至关重要的是能够控制风力涡轮机,从而使得所述风力涡轮机不旋转或俯仰过度并且有效地倾倒。风力涡轮机需要被控制,从而使得重力和作用于风力涡轮机上的推动力基本上取得平衡或处于均衡状态。将会理解的是,风会发生改变并且不是一致的,并且据此风力涡轮机需要被控制以稳定风力涡轮机并且维持平衡或均衡状态,因为作用于风力涡轮机上的推动力可以改变。

[0084] 风力涡轮机通常包括更改或改变风力涡轮机的运行参数的机构。例如,风力涡轮机能够经由桨距控制系统更改涡轮机叶片的桨距,发电机转矩能够通过发电机转矩控制器来更改或改变,并且机舱能够经由偏航控制系统来偏航。风力涡轮机可以包括用于更改风力涡轮机的运行参数的其他机构。

[0085] 风力涡轮机的控制可以至少基于风力涡轮机处和 / 或风力涡轮机上游的风速。风速可以从定位在风力涡轮机处或独立于风力涡轮机的传感器来确定或估算,所述传感器诸如光检测和测距(LiDAR)装置、风速表传感器等。风速可以替代地基于例如所产生的电能、涡轮机叶片的桨距角等来推断或估算。

[0086] 为了控制本发明的实施方式中的风力涡轮机,控制器更改风力涡轮机的一个或多个运行参数以便维持风力涡轮机的稳定性并且保持风力涡轮机处于推动力与重力之间的

均衡状态或在推动力与重力之间取得平衡。控制器可以确定用于风力涡轮机的俯仰动作角并且基于被确定的俯仰动作角来更改（或开始更改）风力涡轮机的运行参数。俯仰动作角可以基于例如风速而从查询表来确定，或控制器可以基于例如风速而实时地计算俯仰动作角。

[0087] 一旦所需俯仰动作角已被确定，则控制器可以开始运行参数方面的改变，以使得风力涡轮机倾斜到所需俯仰动作角或维持在所期望的俯仰动作角。例如，控制器可以单独地或共同地确定用于涡轮机叶片的桨距角，并且经由桨距控制系统来开始涡轮机叶片的桨距角方面的改变。控制器可以确定发电机转矩和 / 或转子转矩并且开始更改相应转矩。

[0088] 控制器可以确定或识别风力涡轮机的当前俯仰动作角。控制器可以追踪风力涡轮机的俯仰动作角并且保留风力涡轮机的俯仰动作角的记录。控制器可以基于例如风力涡轮机中的传感器、尤其是机舱中的传感器而确定风力涡轮机的当前俯仰动作角。传感器可以包括倾斜仪、加速度计或适于确定风力涡轮机的俯仰动作角的任意其他传感器。替代地或附加地，可以存在独立于风力涡轮机的传感器，所述传感器能够识别风力涡轮机的当前俯仰动作角并且将风力涡轮机的当前俯仰动作角提供给控制器。

[0089] 如果当前俯仰动作角已知，则控制器还可以确定当前俯仰动作角与所需俯仰动作角之间的差值。运行参数接下来能够更改以确保风力涡轮机从当前俯仰动作角移动到所需俯仰动作角和 / 或维持在所需俯仰动作角处。

[0090] 还可能必要的是在风力涡轮机的运行期间考虑风力涡轮机的控制。尤其是，能够考虑到的是风力涡轮机在运行中遍历三个运行区域，风力涡轮机的控制在所述三个运行区域中可以改变。

[0091] 第一区域是风力涡轮机受到低于用于风力涡轮机设计的所谓额定风速的低风速影响的区域。在所述低风速区域中，由风力涡轮机输出或产生的功率应当最大化，同时维持铰接型风力涡轮机的稳定性。

[0092] 第二区域是低风速区域与额定风速区域之间的过渡区域。在过渡区域中，风速从低于额定风速增加到额定风速或高于额定风速。

[0093] 第三区域是高于额定风速区域，其中所输出或产生的功率应当被限制到用于风力涡轮机设计的额定功率。

[0094] 在第一区域中，风力涡轮机被控制以最大化所产生的功率输出并且保持风力涡轮机稳定，换言之维持推动力与重力之间的平衡或均衡状态。在第一区域中，风速从切入速度增加到用于给定风力涡轮机的大致额定风速。为了最大化所产生的电能，叶片的桨距角可以基本上保持在 0 度处。转子速度与风速成正比，并且因此随着风速增加，风力涡轮机的转子速度增加。因此，发电机转矩增加与转子速度的平方成正比。

[0095] 因此，随着风速在所述第一区域中增加并且因此转子速度也增加，作用于风力涡轮机上的推动力也增加。所需俯仰动作角通过控制器（例如从查询表、实时地计算等）来确定，并且风力涡轮机通过更改运行参数来控制以获得或维持风力涡轮机处于所需角度。在所述第一区域中，控制器可以更改发电机转矩和 / 或涡轮机叶片的桨距角以便获得或维持所需俯仰动作角。

[0096] 在第二区域中，风速接近并且基本上靠近用于给定风力涡轮机的额定风速。所述区域被认为是低于额定风速与额定风速（和高于额定风速）之间的过渡。在所述区域中，

风力涡轮机的运行和运行点从专注于产生最大可能电能输出改变为维持用于给定风力涡轮机的最大可能电能输出。

[0097] 在第二区域中,控制器再次确定风力涡轮机的所需俯仰动作角并且更改或开始改变风力涡轮机的运行参数。例如,控制器可以使涡轮机叶片的桨距角增加以便获得或维持所需俯仰动作角,从而使得风力涡轮机能够稳定地维持在作用于风力涡轮机上的推动力与重力之间均衡状态。然而,桨距角方面的增加意味着风力涡轮机不再产生最大允许电能输出,并且因此第二区域的大小应当最小化。控制器还可以更改发电机转矩和 / 或机舱的偏航或更改风力涡轮机的任意其他运行参数以便获得或维持所需或被确定的俯仰动作角。

[0098] 在第三区域中,其中风速处于或高于额定风速,风力涡轮机被控制以将电能输出维持在最大允许电能输出。通常,控制器随着风速增加而增加涡轮机叶片的桨距角以保持转子速度恒定在最大允许转子速度,所述最大允许转子速度保持发电机转矩恒定,以使得恒定电能输出被维持。在所述区域中,所需俯仰动作角被确定,并且风力涡轮机的运行参数被更改以便通过例如增加涡轮机叶片的桨距角来获得或维持所需被确定的俯仰动作角。

[0099] 因此,此前描述的实施例示出的是,铰接型涡轮机能够被控制以维持风力涡轮机的稳定性并且允许作用于风力涡轮机上的推动力与同样作用在风力涡轮机上的重力取得平衡。控制器可以利用发电机转矩控制器和 / 或桨距控制系统以调节风力涡轮机的俯仰动作角。

[0100] 在以上实施例中,风力涡轮机包括塔架与基体之间的铰链以允许风力涡轮机沿前后方向俯仰或偏斜,换言之围绕一个轴线旋转。然而,塔架基座可以受到沿其他方向的力矩、力、载荷或应力影响并且围绕另外的轴线(诸如侧向轴线)旋转。据此,可能更有利的是,允许风力涡轮机围绕一个以上轴线旋转或俯仰以便减小塔架上的力矩,意味着塔架的成本能够进一步减小。

[0101] 在参照图 3 解释的以下实施例中,风力涡轮机 301 包括塔架 302、将塔架连接到基体 304 的球形关节式接头 303。机舱 305 依附到塔架 302,并且转子 306 依附到机舱 305,其中一个或多个涡轮机叶片 307 依附到转子 306。

[0102] 球形关节式接头 303 允许风力涡轮机能够围绕多个轴线旋转。替代球形关节式接头 303 的是,可以利用允许涡轮机围绕一个以上轴线旋转的任意其他装置,例如弹簧、两个或更多铰链、能够围绕一个以上轴线运行铰链等。

[0103] 因此,除第一实施例(其中控制器更改风力涡轮机的运行参数以使风力涡轮机俯仰以在作用于风力涡轮机上的推动力与重力之间沿前后方向维持平衡或处于均衡状态)之外,控制器还可以通过更改转子转矩和 / 或发电机转矩来控制侧向俯仰或旋转。发电机转矩可以经由机舱框架转换为能够用于侧向平衡塔架的塔架侧向运动。此外,与桨距角的控制相结合,控制器可以用于相对于推动力沿多个方向平衡风力涡轮机。替代地或附加地,控制器还可以经由偏航控制系统来改变或更改机舱的偏航以便获得沿围绕铰链装置的旋转轴线的多个方向的所需俯仰。

[0104] 在此前描述的实施例和实施方式中,风力涡轮机运行参数更改或改变以便使风力涡轮机俯仰,从而使得作用于风力涡轮机上的推动力和重力取得平衡。风力涡轮机所需俯仰动作角可以基于作用于风力涡轮机上的被确定的推动力、转子速度、涡轮机叶片的桨距角、发电机转矩、风速(实际或估算)、风剪切(实际或估算)以及风向中的一个或多个而从

查询表来确定。所需俯仰动作角可以替代地或附加地被实时地计算或确定。

[0105] 控制器可以取决于需要被更改或改变的运行参数来启动相应或对应系统以维持推动力与重力之间的平衡。例如,启动桨距控制系统以更改涡轮机叶片的桨距角。

[0106] 风力涡轮机的俯仰动作角可以被追踪或识别,以使得当前俯仰动作角与所需俯仰动作角之间的差值可以被确定。风力涡轮机的运行参数接下来可以从当前俯仰动作角达到期望的俯仰动作角所必要的量来更改。类似地,当前俯仰动作角与所需俯仰动作角之间的差值可以被转化或确定为运行参数方面的差值,例如涡轮机叶片的当前桨距角与所需桨距角之间的差值。例如,如果被确定的俯仰动作角是从竖直方向起沿向前方向4度,则当前俯仰动作角可以被监控、追踪或测量,以使得运行参数可以更改以便在这个实施例中将风力涡轮机维持在4度。

[0107] 因此,控制器可以追踪并且维持俯仰动作角的记录。控制器还可以追踪或记录推动力、桨距角、发电机转矩、转子转矩、风速、风剪切等以便能够将风力涡轮机维持在被确定的俯仰动作角或所需俯仰动作角。

[0108] 控制器还可以在确定改变运行参数以使风力涡轮机俯仰到适当俯仰动作角时将风力涡轮机的性能纳入考虑。因此,控制器还可以使确定俯仰动作角和/或更改运行参数基于影响风力涡轮机的状况和/或基于风力涡轮机的运行状况和/或基于所需电能输出。换言之,一个以上俯仰动作角可以适于使风力涡轮机在推动力与重力之间取得平衡,并且因此控制器可以确定为风力涡轮机提供最佳或最优电能产出或其他因素的俯仰动作角。据此,在确定俯仰动作角和/或风力涡轮机的运行参数方面的改变期间,控制器可以将用于风力涡轮机的最优状况纳入考虑。

[0109] 此前描述的实施方式和实施例还可以包括监控装置以增加风力涡轮机的稳定性。风力涡轮机在其失去推动力与重力之间的平衡的情况下可能倾倒。风速方面的突然降低意味着作用于风力涡轮机上的推动力方面的降低。控制器试图通过使涡轮机叶片的桨距角减小以增加作用于风力涡轮机上的推动力来补偿风速方面的降低。然而,可能有利的是确保风力涡轮机的控制不使风力涡轮机前后(或沿围绕旋转轴线的任意其他方向)振荡。因此,监控装置可以实施以便管理风力涡轮机的控制以防止风力涡轮机沿任意一个方向振荡或俯仰以增加风力涡轮机的稳定性。监控装置可以例如限制涡轮机叶片的桨距角、可以限制转子转矩和/或发电机转矩。

[0110] 因此,在以上实施例中,风力涡轮机能够被控制以沿前/后方向和/或沿侧向方向俯仰或旋转。风力涡轮机可以沿那些方向被单独地控制,或风力涡轮机的各控制可以结合以便能够不仅沿前/后方向和/或侧向方向控制风力涡轮机,而且沿更多方向,诸如对角线方向。

[0111] 控制器可以不断地确定所需俯仰动作角并且因此更改运行参数。替代地,控制器可以以用于本发明的目的的适当频率或时间段确定所需俯仰动作角以便保持风力涡轮机取得平衡。

[0112] 在所需俯仰动作角的后续各次确定之间的时间段中,控制器可以控制或操作风力涡轮机,从而使得所述风力涡轮机维持最后被确定的俯仰动作角。因此,控制器可以监控或追踪风力涡轮机的当前俯仰动作角并且可以在当前俯仰动作角从最后被确定的俯仰动作角改变的情况下并且在新的俯仰动作角被确定之前更改风力涡轮机的运行参数以便将风

力涡轮机维持在最后被确定的俯仰动作角处。

[0113] 在以上实施例和实施方式中,控制器还可以更改风力涡轮机的运行参数以有效地将风力涡轮机作为风扇来运转或运行。尤其是,风力涡轮机可以被控制到电动机模式中,从而使得所述风力涡轮机能够被利用以进一步增加风力涡轮机的稳定性。发电机转矩能够是双方向的并且具有正向转矩和反向转矩两者。在电动机模式中,风力涡轮机可以消耗电能而并非产生电能,但是电动机模式可以用于操纵风力涡轮机到所需俯仰动作角或用于协助防止风力涡轮机倾倒或用于协助稳定风力涡轮机。

[0114] 控制器可以经由各种构件和传感器来确定或计算作用于风力涡轮机上的推动力。例如,推动力可以基于涡轮机叶片的桨距角、转子速度以及风速而确定。由于风速改变,则作用于风力涡轮机上的推动力的效果也可以改变。同样地,桨距角的改变可以影响或更改推动力在风力涡轮机上的效果。

[0115] 因此,以上实施例和实施方式示出的是,风力涡轮机能够被控制以便俯仰或旋转,从而使得风力涡轮机能够在作用于风力涡轮机上的推动力与重力之间稳定地保持平衡。

[0116] 为了允许风力涡轮机以这种方式被控制,风力涡轮机需要能够围绕一个或多个轴线旋转或俯仰。风力涡轮机的塔架操作地连接到允许风力涡轮机围绕一个或多个轴线旋转或俯仰的装置。例如,所述装置可以是单轴线铰链、两轴线或更多轴线铰链、球形关节式接头、弹簧、平台、柔性塔架、缆索和滑轮系统、或允许风力涡轮机围绕一个或多个轴线旋转或俯仰的任意其他装置。

[0117] 如果所述装置是平台(例如漂浮平台或岸上平台),则控制器还可以将平台作为风力涡轮机的运行参数之一单独地或与此前描述的其他运行参数相结合地更改或开始更改。例如,如果平台包括液压活塞,则控制器可以控制或开始控制液压平台以使风力涡轮机俯仰。

[0118] 如图 5 中所示,旋转或俯仰的自由度可以由漂浮平台提供。

[0119] 图 5a 示出安装在单浮标类型漂浮平台 502 上的风力涡轮机 501。在这个实施例中,浮标漂浮平台包括两个推进器 503,所述两个推进器能够用于使风力涡轮机 501 移动和俯仰。

[0120] 图 5b 示出安装在单浮标漂浮平台 505 上的风力涡轮机 504,其中压载物(在这个实施例中是水)可以被泵入或排出以便改变风力涡轮机 504 的俯仰动作角。将会理解的是,主动式压载系统可以结合有具有不同腔室的封闭式系统以便控制风力涡轮机的俯仰。压载系统可以是开放压载系统,所述开放式压载系统使用来自浮标平台所定位的水体中的水。

[0121] 同样地,在图 5 中,漂浮平台示出为单浮标类型平台,然而将会理解的是,可以存在任意数量的浮标,或风力涡轮机可以安装在由两个或更多压载罐支撑的平台上,其中压载物可以在各压载罐之间主动地移动以便使风力涡轮机俯仰。

[0122] 风力涡轮机可以将各装置结合以便控制风力涡轮机的旋转或俯仰并且在作用于风力涡轮机上的推动力与重力之间稳定地维持平衡。例如,风力涡轮机可以包括将风力涡轮机的塔架操作地连接到平台的铰链。

[0123] 风力涡轮机还可以包括如图 4 中所示的一个或多个安全装置。

[0124] 例如,图 4a 示出包括机械式裙摆 402 的铰接型风力涡轮机 401。在图 4a 中,机械式裙摆 402 是三角形或金字塔形,然而将会理解的是,机械式裙摆 402 可以是任意适当形

状。机械式裙摆 402 可以是框架或实心裙摆或框架和实心裙摆的结合。在这个实施例中，机械式裙摆 402 能够围绕到风力涡轮机 401 塔架的连接旋转或可以固定到风力涡轮机 401，从而使得风力涡轮机在其俯仰或偏斜到小于预先限定限度的角度时不受妨碍。如果风力涡轮机 401 试图偏斜或俯仰超过预先限定限度，则机械式裙摆 402 与底面接触以防止风力涡轮机偏斜或俯仰超过预先限定限度，从而防止风力涡轮机倾倒。

[0125] 另一实施例在图 4b 中示出，其中铰接型风力涡轮机 401 依附到滑动平台 403。滑动平台 403 可以操作地连接到滑轮系统 404 或使滑动平台 403 向后和向前或沿任意其他方向滑动的类似装置。因此，如果风力涡轮机 401 偏斜或俯仰超过预先限定限度，则滑动平台 403 可以经由滑轮系统 404 来启动以防止风力涡轮机倾倒。

[0126] 图 4c 示出另外的实施例，其中铰接型风力涡轮机 401 连接到滑轮系统 405，从而使得如果风力涡轮机偏斜或俯仰超过预先限定限度，则滑轮系统 405 可以启动以沿一个或多个方向拉动或推动，以防止风力涡轮机倾倒或越过预先限定俯仰动作角。滑轮系统 405 可以是液压系统、缆索系统或适于用作安全系统的任意其他滑轮系统。

[0127] 在图 4d 中，铰接型风力涡轮机 401 连接到平台 406，所述平台由液压活塞或阵列的三脚架支撑。因此，如果风力涡轮机 401 偏斜或俯仰超过预先限定限度，则三脚架 406 能够启动，从而使得防止风力涡轮机 401 倾倒或俯仰超过预先限定限度。

[0128] 另一实施例在图 4e 中示出，其中铰接型风力涡轮机 401 被颠倒悬挂。铰接型风力涡轮机 401 可以连接到框架并且通过被颠倒悬挂来防止倾倒。

[0129] 在图 4f 中，铰接型风力涡轮机 401 包括可移动机舱 407，从而使得如果风力涡轮机试图俯仰超过预先限定限度，则机舱 407 可以移动以抵消俯仰并且防止风力涡轮机 401 倾倒。

[0130] 在图 4g 中，铰接型风力涡轮机 401 连接到能够经由例如滑轮系统 409 来伸出或缩回两个或更多缆索 408。因此，尽管风力涡轮机处于预先限定俯仰动作角限度内，风力涡轮机还是能够俯仰，然而能够利用缆索 408 和滑轮系统 409 以防止风力涡轮机 401 进一步倾斜超过预先限定限度。

[0131] 在图 4h 中，风力涡轮机的机舱安装在能够弯曲或移动的柔性塔架 410 上。柔性或弹性的量意味着风力涡轮机不能倾倒但是提供足够自由度以俯仰或旋转。柔性塔架可以是允许风力涡轮机俯仰的装置。

[0132] 在图 4 中，示出风力涡轮机的允许风力涡轮机围绕一个或多个轴线俯仰或旋转的多个设计，并且还示出可以防止风力涡轮机倾倒的一个或多个安全装置。一个或多个安全装置可以与此前示出或描述的一个或多个风力涡轮机设计结合。

[0133] 在常规的固定式风力涡轮机中，最大应力来自由于来自风的作用在塔架上的推动力而产生的塔架基座处的力矩。有利地，由于风力涡轮机能够围绕一个或多个轴线旋转或俯仰，因此由塔架基座处的力矩引起的应力被有效地并且基本上抵消。因此，实施铰链（或类似装置）提供塔架上的力矩应力方面的显著减小，这允许塔架被设计成具有较小直径，因为作用在塔架上的载荷和应力减小。

[0134] 如在此描述的，风以转子平面上的力起作用，所述力能够被分成两个垂直分量。力的一个分量引起转子扭转，称作转子转矩，另一个分量向后推动风力涡轮机，称作推动力。推动力在风力涡轮机的结构上添加载荷。所述结构必须能够承受所述力，这提高对于结构

强度的需求并且因此提高对于成本的需求。通过在塔架的底部（将塔架与基体操作地连接）处具有铰链或关节式接头来允许涡轮机相对于风偏斜。使涡轮机偏斜允许重力反向于推动力起作用，由此涡轮机塔架能够从推力引起的机械应力中解除并且减小塔架基座和/或基体中的力矩。在此描述的控制策略示出的是，通过操纵风力涡轮机的运行参数，塔架能够相对于风取得平衡，同时维持最优功率产出。

[0135] 在另一实施例中，此前描述的固定式倾斜实施例可以与涉及塔架的实施例结合，所述塔架依附到允许塔架围绕一个或多个轴线旋转或俯仰倾斜的装置。例如，所述装置可以被固定（例如借助于销、制动器、或其他固定设备）以允许塔架俯仰或倾斜到从风向玫瑰图和对于场所的分析来确定或识别出的主导风中。

[0136] 风力涡轮机塔架可以在一段时间中、或在特定风况和/或运行状况下保持固定倾斜度。在其他时间中或在其他风况和/或运行状况下，固定设备可以被释放以允许塔架围绕一个或多个轴线旋转或俯仰。通过结合实施方式可以实现风力涡轮机的柔性控制。

[0137] 尽管本发明的实施方式已被示出和描述，但是将会理解的是，所述实施方式仅以实施例的方式描述。多种改型，改变和替换将会对于本领域技术人员而言显然而无需脱离本发明的如由所附权利要求限定的范围。因此，主旨是以下权利要求覆盖全部这些落入本发明的精神和范围内的改型或等同方案。

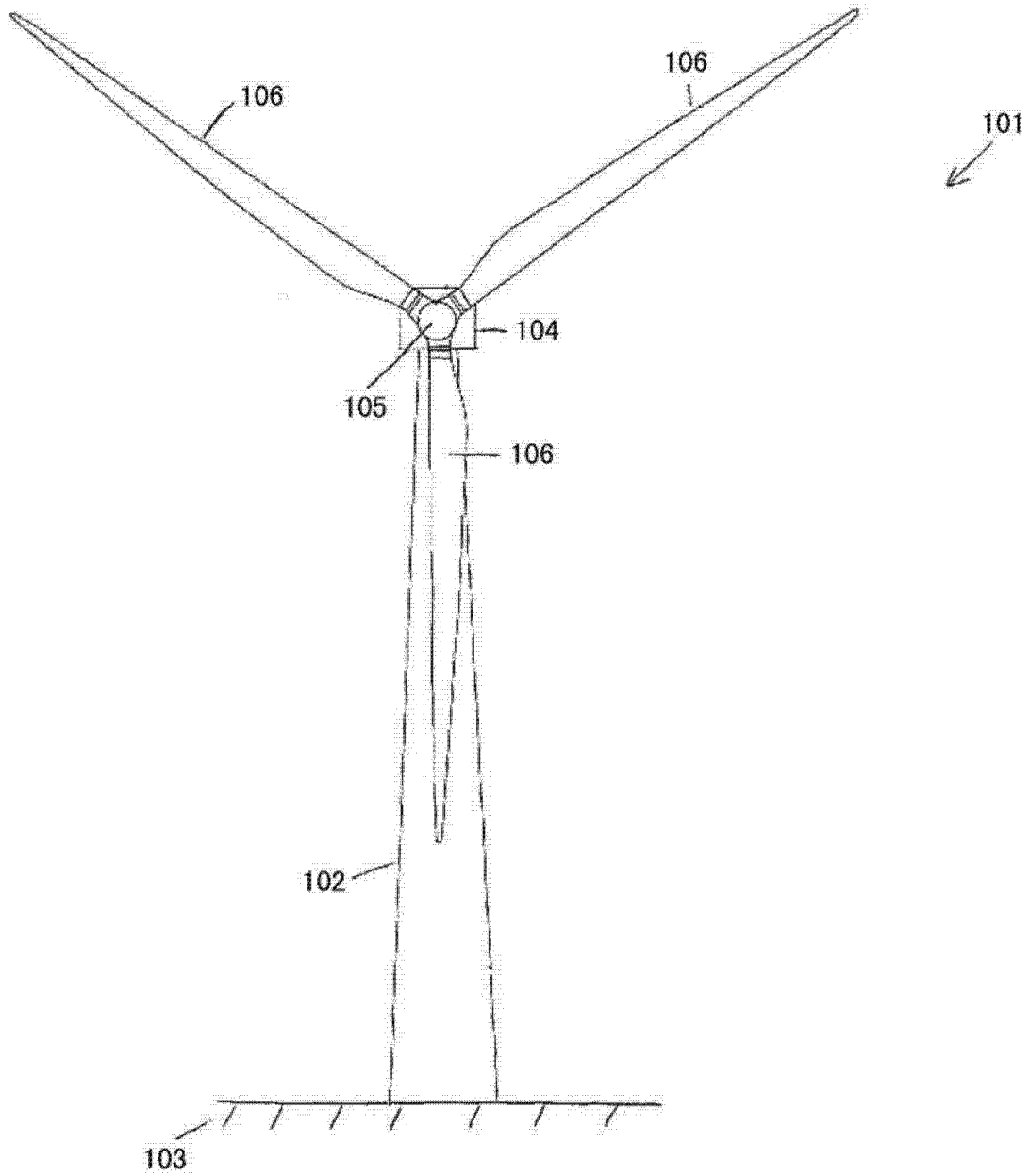


图 1

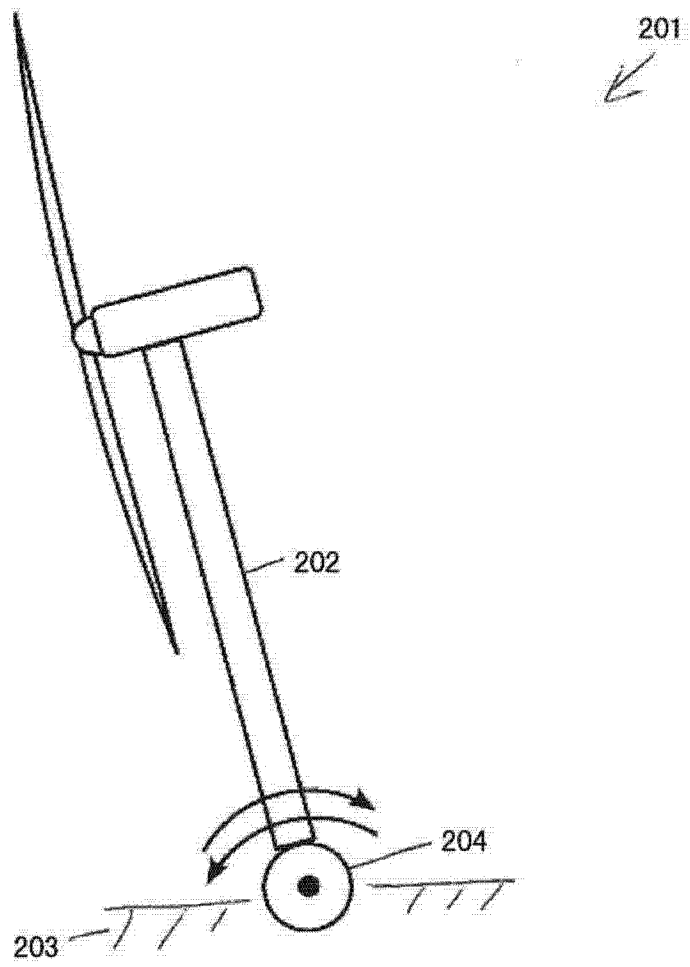


图 2

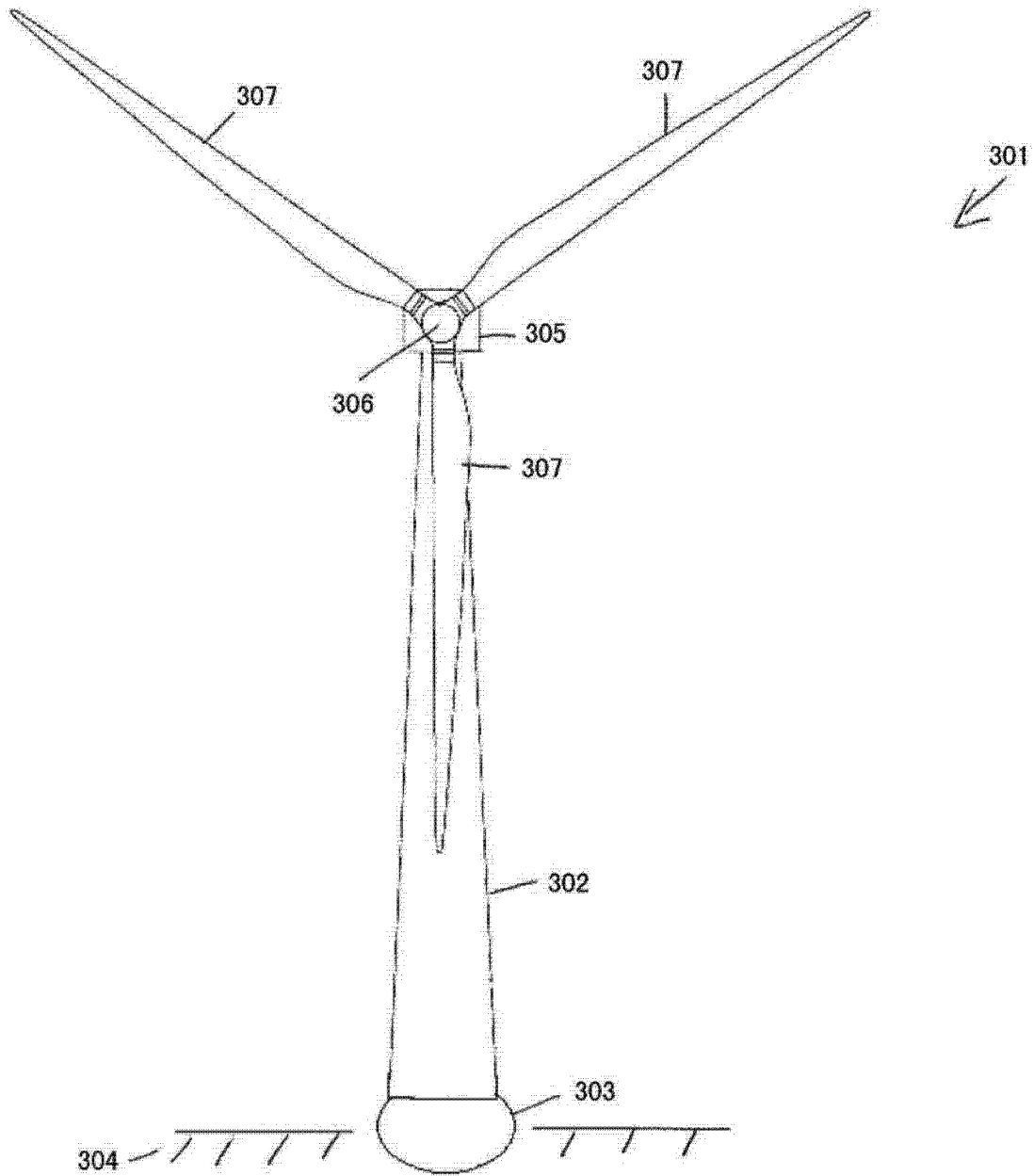


图 3

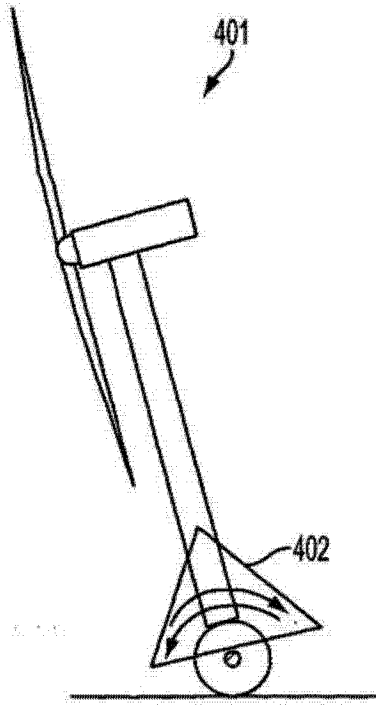


图 4a

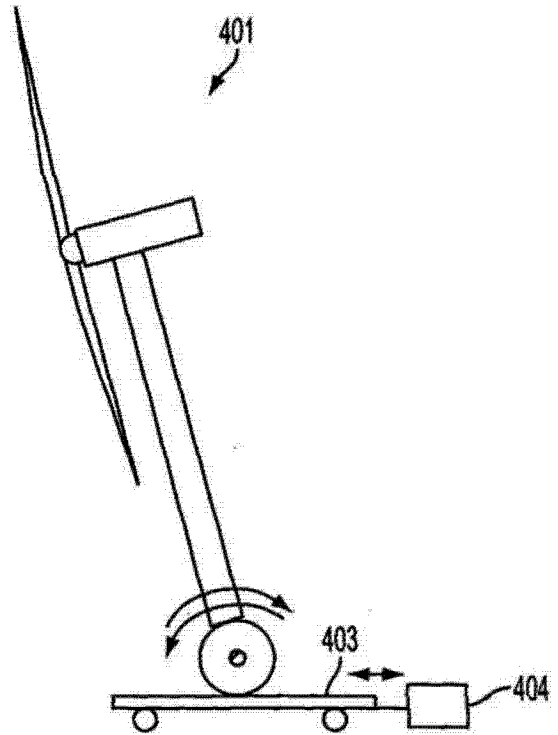


图 4b

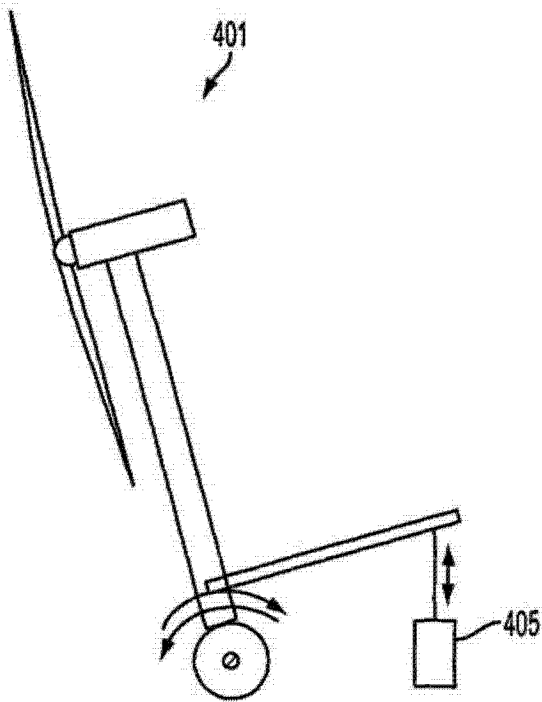


图 4c

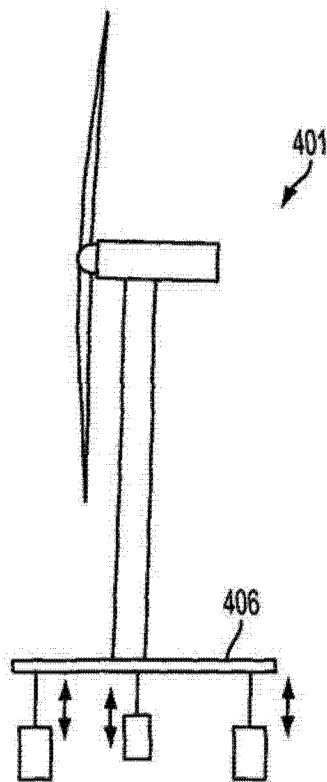


图 4d

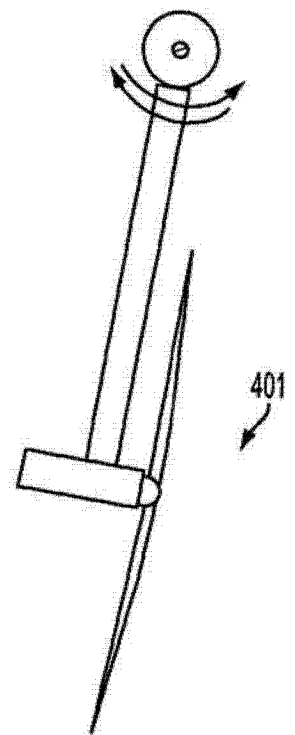


图 4e

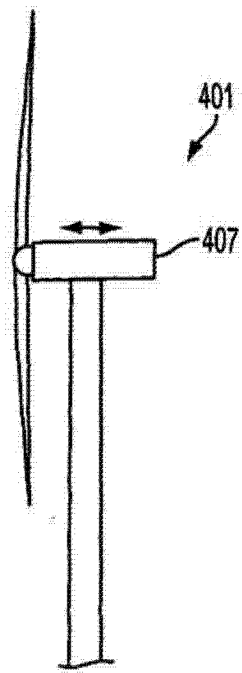


图 4f

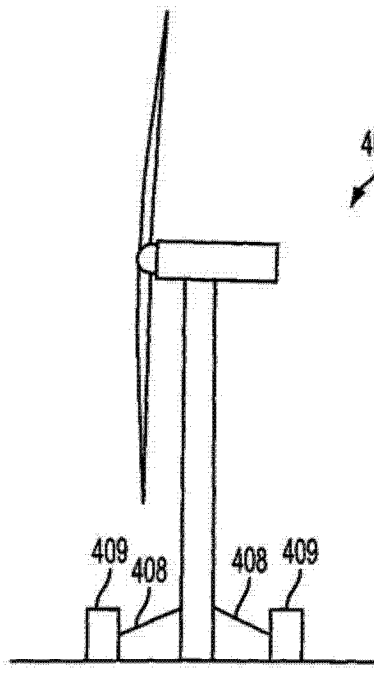


图 4g

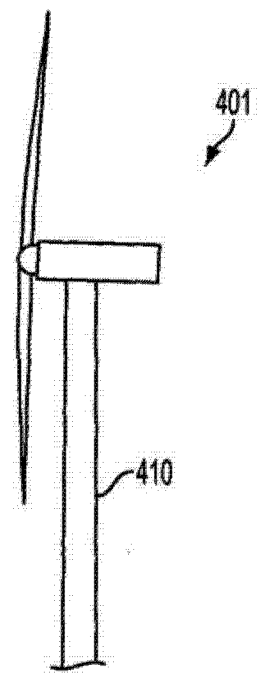


图 4h

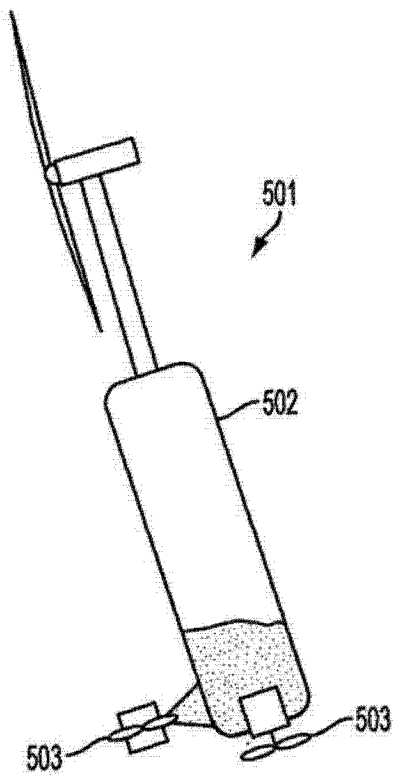


图 5a

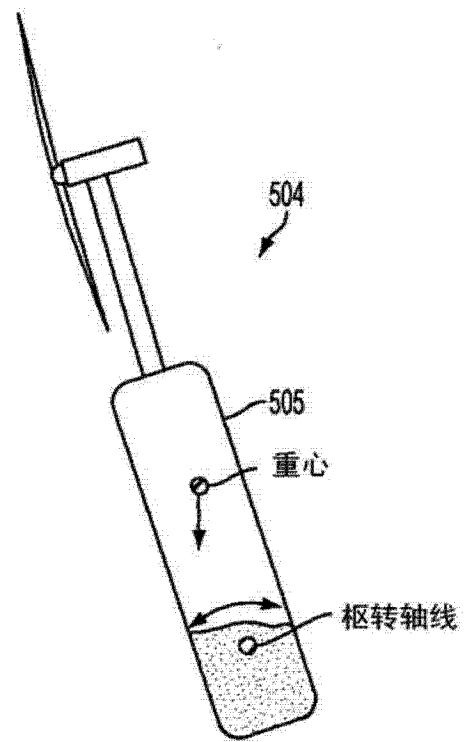


图 5b

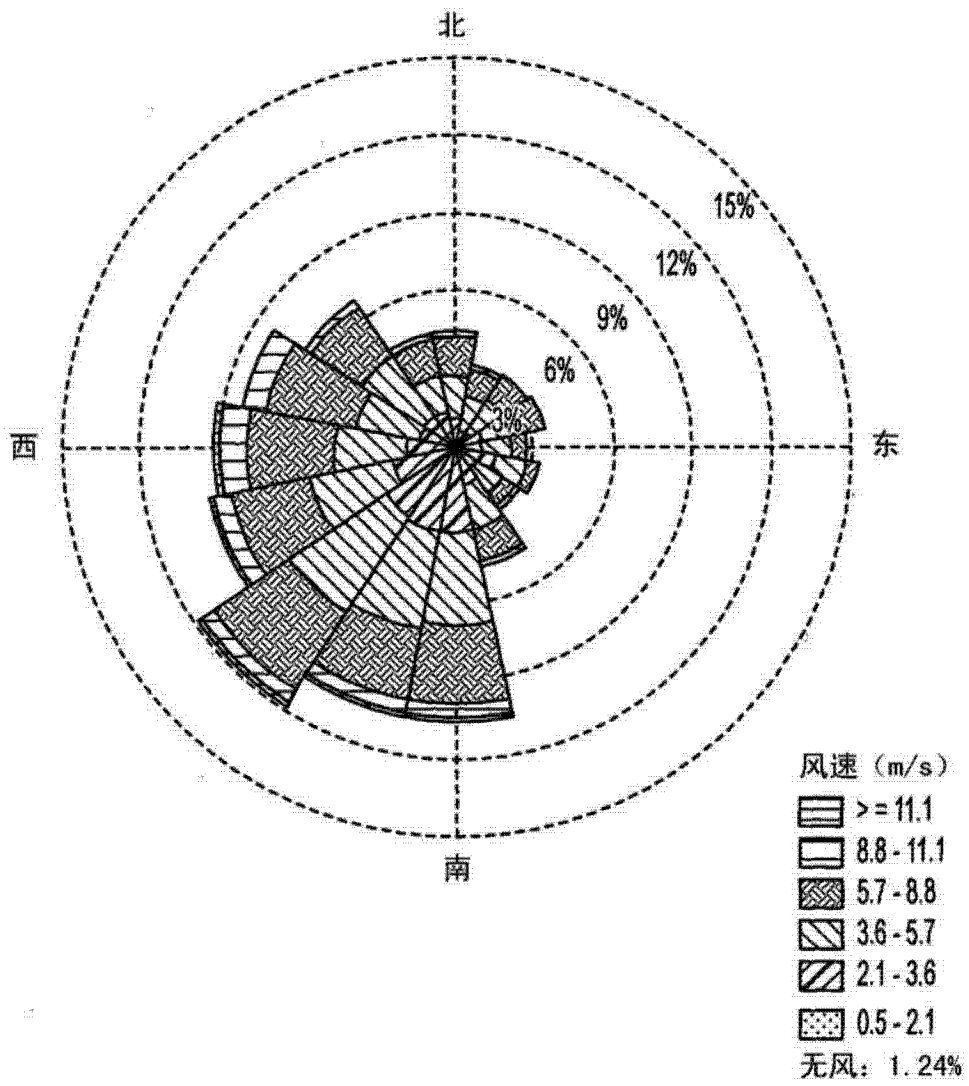


图 6

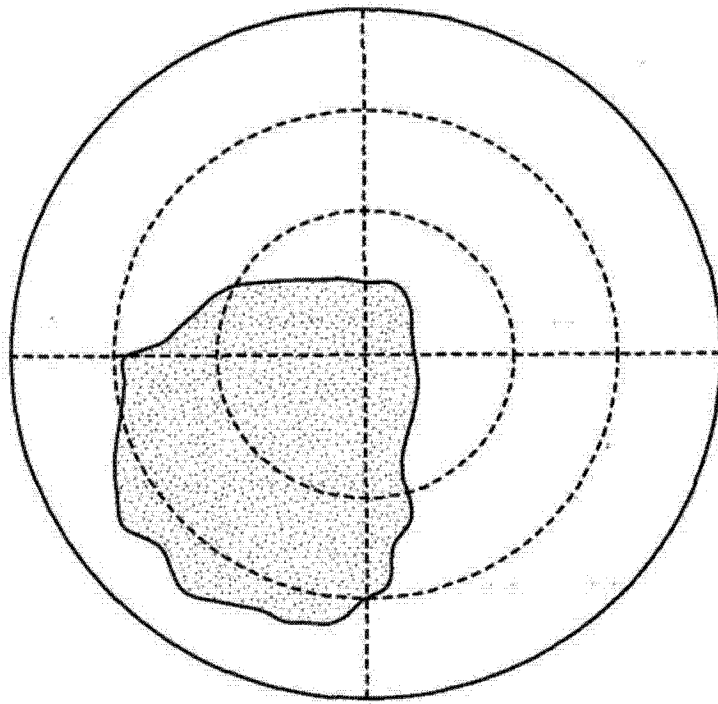


图 7

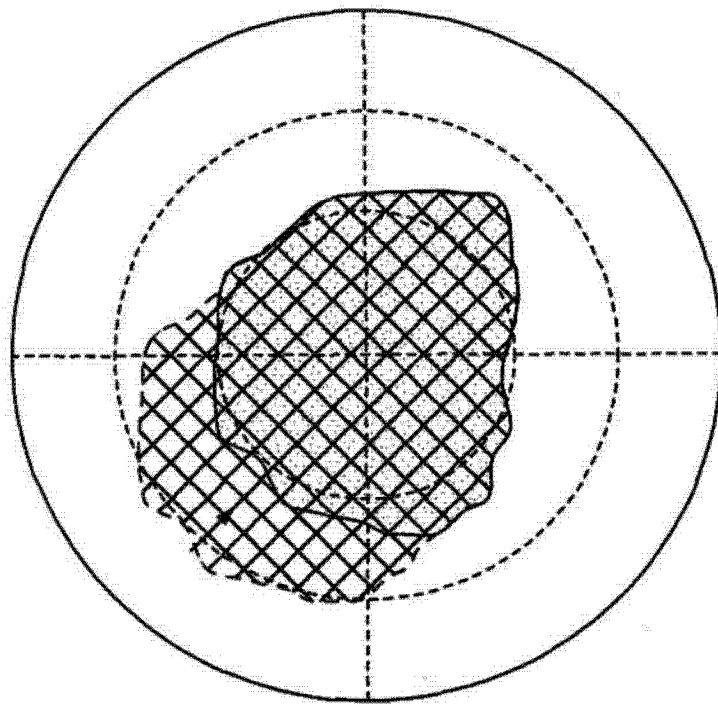


图 8