



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101725471 A

(43) 申请公布日 2010.06.09

(21) 申请号 200910206532.X

(22) 申请日 2009.10.10

(30) 优先权数据

12/248977 2008.10.10 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·J·涅斯 T·霍夫曼

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

代理人 严志军 刘华联

(51) Int. Cl.

F03D 7/04(2006.01)

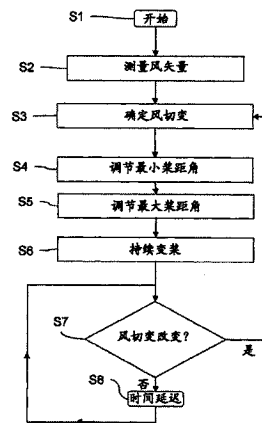
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

用于风力涡轮机的连续变桨的装置和方法

(57) 摘要

本发明涉及用于风力涡轮机连续变桨的装置和方法,更具体地,本发明涉及一种风力涡轮机,其包括机器外罩和具有至少一个转子叶片和轮毂的转子。风速计单元适合测量该转子的第一旋转位置处的第一风速度并且适合测量该转子的至少一个第二旋转位置处的至少一个第二风速度。提供至少一个桨距角调整单元,用于调整作为该转子的所述旋转位置函数的该至少一个转子叶片的第一桨距角和至少一个第二桨距角,其中该至少一个桨距角调整单元适合在该风力涡轮机的转子旋转时在该第一桨距角和该至少一个第二桨距角之间改变该桨距角。



1. 一种用于调整风力涡轮机 (100) 的至少一个转子叶片的桨距角的方法, 所述风力涡轮机 (100) 包括机器外罩 (103) 和具有至少一个转子叶片 (101) 和轮毂 (104) 的转子, 所述方法还包括:

在所述转子的第一旋转位置处测量第一风速度 (201);

在所述转子的至少一个第二旋转位置处测量至少一个第二风速度 (202);

调整作为所述转子的旋转位置的函数的所述至少一个转子叶片 (101) 的第一桨距角 (108), 其中所述第一桨距角 (108) 对应于所述第一风速度;

调整作为所述转子的旋转位置的函数的所述至少一个转子叶片 (101) 的至少一个第二桨距角, 其中所述至少一个第二桨距角对应于所述至少一个第二风速度 (202); 以及

在所述风力涡轮机 (100) 的所述转子正在旋转时, 在所述第一桨距角和所述至少一个第二桨距角之间改变所述桨距角。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 测量在所述风力涡轮机的所述位置处的风切变分布 (209)。

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述第一桨距角是最小桨距角, 并且对应于所述风切变分布 (209) 的最小风速度以及在该处测量所述最小风速度的位置。

4. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述第二桨距角是最大桨距角, 并且对应于所述风切变分布 (209) 的最大风速度 (202) 以及在该处测量所述最大风速度的位置。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在所述转子的一半旋转期间, 在所述第一桨距角和所述第二桨距角之间连续地或者逐步地调整所述至少一个转子叶片 (101) 的桨距角 (108)。

6. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 由在所述风力涡轮机的位置处测量的参考风速度以及根据关系式  $v(h) = v_{ref} \cdot \left(\frac{h}{h_{ref}}\right)^\alpha$  确定垂直风切变分布 ( $v(h)$ ), 其中,  $h$  是地面上的高度,  $v_{ref}$  是在参考高度  $h_{ref}$  处的参考速度, 而  $\alpha$  是可预定的参数。

7. 根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 所述可预定的参数  $\alpha$  在 0.1 到 0.2 的范围内变化, 并且典型地具有 0.16 的值。

8. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述至少一个转子叶片 (101) 的所述桨距角 (108) 的调整与所述转子的旋转速度同步地循环执行。

9. 一种风力涡轮机 (100) 包括机器外罩 (103) 和具有至少一个转子叶片 (101) 和轮毂 (104) 的转子, 所述风力涡轮机还包括:

风速计单元 (111), 其适合在所述转子的第一旋转位置处测量第一风速度 (201), 并适合在所述转子的至少一个第二旋转位置处测量至少一个第二风速度 (202); 以及

至少一个桨距角调整单元 (114), 其适合执行根据前述权利要求的任一项所述的方法。

10. 根据权利要求 9 所述的风力涡轮机, 其特征在于, 提供风切变确定单元 (113), 其适合确定在所述风力涡轮机的位置处的风切变分布 (209)。

## 用于风力涡轮机的连续变桨的装置和方法

### 技术领域

[0001] 本公开一般地涉及包括具有多个转子叶片和轮毂的转子的风力涡轮机,并且更具体地涉及用于风力涡轮机的转子叶片的连续变桨的装置和方法。

### 背景技术

[0002] 使用风力涡轮机来将风能转化为电力输出能量,其中包括塔架、机器外罩以及具有多个转子叶片和轮毂的转子的风力涡轮机能够相对于进入风向进行调整。布置在塔架顶部的机器外罩典型地围绕着例如塔架轴线的垂直轴线能够旋转。

[0003] 典型地相对于进入风强度和 / 或风向调整转子的转子叶片。被调整的角度(即,围绕转子叶片轴线的旋转)被称为桨距角,而用于改变桨距角的方法被称为变桨。

[0004] 在运行期间,包括转子叶片的转子围绕着典型地水平的轴线(例如主轴轴线)旋转。

[0005] 典型地,相对于进入风速调整多个转子叶片的桨距角。由于单个转子叶片的长度,转子叶片横贯大圈,该大圈从接近地面的较低区域延伸到高于风力涡轮机的机器外罩的较高区域。

[0006] 旋转的转子叶片跨越垂直定向并垂直于主轴轴线的圆形区域。在典型的运行条件下,风速度和 / 或风向作为地面以上的高度的函数而改变。作为高度的函数的风速度的变化被称为风切变。

### 发明内容

[0007] 考虑到上述事实,提供包括机器外罩和具有至少一个转子叶片和轮毂的转子;所述风力涡轮机还包括风速计单元,该风速计单元适于在转子的第一旋转位置处测量第一风速度,并适于在该转子的至少一个第二旋转位置处测量至少一个第二风速度;以及至少一个桨距角调整单元,其适于调整作为该转子的旋转位置的函数的至少一个转子叶片的第一桨距角,其中该第一桨距角对应于第一风速度,并适于调整作为该转子的旋转位置的函数的至少一个转子叶片的至少一个第二桨距角,其中该至少一个第二桨距角对应于至少一个第二风速度,其中当该风力涡轮机的转子旋转时,该至少一个桨距角调整单元适于在该第一桨距角和该至少一个第二桨距角之间改变桨距角。

[0008] 根据另一方面,提供一种用于调整风力涡轮机的至少一个转子叶片的桨距角的方法,该风力涡轮机包括机器外罩和具有至少一个转子叶片和轮毂的转子。所述方法还包括以下步骤:在该转子的第一旋转位置处测量第一风速度;在该转子的至少一个第二旋转位置处测量至少一个第二风速度;调整作为该转子的旋转位置的函数的该至少一个转子叶片的第一桨距角,其中该第一桨距角对应于该第一风速度;调整作为该转子的旋转位置的函数的该至少一个转子叶片的至少一个第二桨距角,其中该至少一个第二桨距角对应于该至少一个第二风速度;以及当该风力涡轮机的转子旋转时,在该第一桨距角和该至少一个第二桨距角之间改变桨距角。

[0009] 根据又一方面,提供一种用于调整风力涡轮机的至少一个转子叶片的桨距角的方法,该风力涡轮机包括机器外罩和具有至少一个转子叶片和轮毂的转子。所述方法还包括以下步骤:测量该风力涡轮机的转子的弯曲力矩;由测量的弯曲力矩确定在该风力涡轮机的该位置处的风切变分布;调整该至少一个转子叶片的第一桨距角,其中该第一桨距角对应于该风切变分布的第一风速度;调整该至少一个转子叶片的至少一个第二桨距角,其中该至少一个第二桨距角对应于该风切变分布的第二风速度;以及当该风力涡轮机的转子旋转时,在该第一桨距角和该至少一个第二桨距角之间改变桨距角。

[0010] 其他的示范性实施例根据从属权利要求、说明书和附图。

#### 附图说明

[0011] 在包括参考附图的本说明书的剩余部分中对本领域技术人员更具体地阐述了本发明的完整和使能的公开(包括其最佳模式),其中:

[0012] 图 1 显示了包括塔架、机器外罩以及具有多个叶片和轮毂的转子的风力涡轮机;

[0013] 图 2 是根据一个典型的实施例的方框图,示出了用于控制作为转子的旋转位置的函数的至少一个转子叶片的桨距角的部件;

[0014] 图 3 示出了在该处呈现风切变的环境条件中的风力涡轮机;

[0015] 图 4 是显示了对于三个单个转子叶片而言作为转子的旋转位置的函数的桨距角偏置的图解;

[0016] 图 5 是用于示出根据一个典型实施例的一种方法的流程图,该方法用于当呈现风切变时调整风力涡轮机的至少一个转子叶片的桨距角;以及

[0017] 图 6 是根据另一个典型实施例的另一方法的方框图,该方法依据在风力涡轮机的位置处呈现的风切变而连续变桨。

[0018] 部件列表

[0019] 100 风力涡轮机

[0020] 101 转子叶片

[0021] 102 塔架

[0022] 103 机器外罩

[0023] 104 轮毂

[0024] 105 风向

[0025] 106 偏航角

[0026] 107 垂直轴线

[0027] 108 桨距角

[0028] 109 弯曲力矩

[0029] 110 旋转位置探测器

[0030] 111 风速计单元

[0031] 112 主轴轴线

[0032] 113 风切变确定单元

[0033] 114 桨距角调整单元

[0034] 115 弯曲力矩探测器

- [0035] 200 风切变
- [0036] 201 末端速度
- [0037] 202 水平风速度
- [0038] 203 增加变桨的区域
- [0039] 204 减少变桨的区域
- [0040] 205 速度矢量和
- [0041] 206 地平面
- [0042] 207 地面之上的高度
- [0043] 208 转子直径
- [0044] 209 风切变包络
- [0045] 210 上末端
- [0046] 211 下末端
- [0047] 300 桨距角控制图解
- [0048] 301 旋转位置
- [0049] 302 变桨偏置

### 具体实施方式

[0050] 现在将详细地参考各种示范性的实施例、示出在附图中的一个或者多个示例。各示例以解释的方式提供,并且不意味着限制。例如,作为一个实施例的一部分被示出或者描述的特征能够用在其他的实施例上,或者结合其他实施例使用,以生成又一实施例。本公开旨在包括此类修改和变化。

[0051] 下面将解释多个实施例。在此情况下,在附图中同样的结构特征由同样的参考标号识别。显示在附图中的结构并未按真实比例描绘,而是仅为了更好地理解这些实施例。

[0052] 图 1 显示了风力涡轮机 100,包括:塔架 102、机器外罩 103 以及具有多个转子叶片 101 和轮毂 104 的转子。外罩 103 可根据进入风向 105 围绕竖轴线 107 旋转。具有多个转子叶片 101 的转子围绕主轴轴线 112 旋转。将旋转位置探测器 110 连接到主轴轴线 112 上,使得能够确定转子的旋转位置,例如单个转子叶片的旋转位置或者周向位置。

[0053] 此外,机器外罩 103 包括风速计单元 111,该风速计单元 111 用来测量进入风 105 的强度(速度矢量(velocity vector))。将风速计单元 111 的输出信号提供给风切变确定单元 113。除了风速计单元 111,风力涡轮机 100 还包括弯曲力矩探测器 115,该弯曲力矩探测器 115 用来确定围绕垂直于竖轴线 107 和主轴轴线 112 的轴线的风力涡轮机的弯曲力矩。弯曲力矩探测器适于探测转子叶片、叶片延伸部、轮毂、主轴承、主轴、机器外罩、偏航轴承和塔架中的至少一个的弯曲力矩。

[0054] 该弯曲力矩是用于风切变的指示器(参考图 3 参见下面的描述)。弯曲力矩探测器 115 确定弯曲力矩 109,弯曲力矩 109 由相对于转子叶片 101 的进入风 105 引起的风载荷而导致。可以相对于特定的桨距角 108 调整转子叶片 101,使得能够调整机械(风)能转换成主轴轴线 112 的转动能的能量转换效率。

[0055] 显而易见的是:仅能对特定的高度和特定的风速度调整最佳的桨距角。在至少一个转子叶片的一个旋转期间,当风速度改变且桨距角能够改变时,可以将桨距角连续或者

逐步地调整到风力涡轮机的能量转化效率高的值。

[0056] 在这里应当指出的是：可以以直接或者间接的方式测量风速。一种测量风速的方式是通过使用攻角 (angle of attack) 传感器。测量风速的另一种方式是在转子平面中在一个或者多个圆周上测量风速，转子中每个圆周均由一个传感器覆盖。

[0057] 弯曲力矩探测器 115 提供用于风切变确定单元 113 的输出信号。风切变确定单元 113 能够确定由风速计单元 111 提供的风速计信号和由弯曲力矩探测器 115 提供的弯曲力矩信号的垂直风切变独立性。

[0058] 可以调整偏航角 106 以改变进入风向 105，使得机器外罩 103 可以依据进入风向 105 而围绕着竖轴线 107 旋转。通过使用桨距角调整单元 114 可以调整桨距角 108，这将在下面的本文中相对于图 2 进行描述。

[0059] 图 2 是用于调整风力涡轮机 100 的转子叶片 101 的桨距角 108 (图 1) 的典型部件的方框图，桨距角 108 作为呈现在风力涡轮机 100 的位置处的风速度和风切变的函数。借助旋转位置探测器 110 确定具有多个转子叶片 101 和轮毂 104 的转子的旋转位置。

[0060] 例如，旋转位置探测器 110 提供输出信号，该输出信号是转子的旋转位置的指示器，并且因此是各单个转子叶片的特定旋转位置的指示器。将该输出信号传送给风切变确定单元 113。此外，风切变确定单元 113 接受来自风速计单元 111 的信号，该信号是对于风速度的指示器。

[0061] 在这里应当指出的是：即使主风切变方向是垂直的，但是可以呈现水平风切变并且可以由该系统进行探测。因而，可以单独地探测垂直风切变、单独地探测水平风切变以及探测二者的结合。此外，在这里应当指出的是：由于速度场在两个方向上典型地是不同的，因而变桨表 (pitching schedule) 对于垂直和水平风切变可能不同。

[0062] 此外，风切变确定单元 113 接受来自弯曲力矩探测器 115 的作为弯曲力矩的指示器的信号。从这些信号可以计算风力涡轮机的位置处的风切变。根据一个典型的实施例，借助示意性地显示在图 2 中的桨距角调整单元 114 可以控制各单个转子叶片 101。

[0063] 在这里应当指出的是：桨距角调整单元 114 包括在轮毂 104 中，尽管这没有显示在图 2 的示意性附图中。桨距角调整单元 114 能够调整单个转子叶片 101 的桨距角，该桨距角作为由旋转位置探测器 110 确定的旋转位置和由风速计单元 111 以及弯曲力矩探测器 115 二者共同确定的风切变的函数。

[0064] 在这里应当指出的是：根据另一优选的实施例，可以调整单个转子叶片的桨距角 108 (图 1)，该桨距角 108 作为弯曲力矩探测器 115 的输出信号和旋转位置探测器 110 的输出信号的函数。

[0065] 图 3 示出了风力涡轮机 100 附近的环境条件。在这里应当指出的是：虽然在某些情形下会发生水平风切变，但是典型的实施例与大多数情况下发生的垂直风切变相关。如图 3 中所显示的，风速度 (箭头的长度) 是从左引向右的 ( $v_{\text{风}}$ ) 202，即水平风速度是地平面 206 上的高度的函数。

[0066] 参考标号 207 指示地平面上的高度  $h$ 。由转子包围的直径由参考标号 208 指示。如从图 3 可看到的，风速度矢量的长度 (即沿着风力涡轮机的主轴轴线 112 的方向的水平风速度) 作为地平面上的高度 207 的函数而改变。因而，在地面上不同的高度处，风速度可以不同，使得为了风能到转动机的有效能量转换，对于不同的地面上的高度，适当的桨距角

108 可以不同。

[0067] 在显示在图 3 中的情形中,和转子叶片接近地平面 206 时的情况一样,当转子叶片 101 经过地面上的位置时,桨距角 108 被调整得更大。为了调整桨距角 108,考虑了地平面上的高度 207 (h) 处平行于主轴轴线 112 的风速矢量。

[0068] 对于高度  $h_0$  调整了特定的桨距角作为参考桨距角 108。相对于该参考桨距角 108,依据转子的旋转位置和呈现在风力涡轮机 100 的位置处的风切变而调整变桨偏置 (pitch offset)。从主轴轴线 112 的截面垂直地绘出的线与风切变的包络 209 导致速度矢量和 205,其中特定的参考桨距角 108 被调整。

[0069] 作为末端速度 201 ( $v_{\text{末端}}$ ) 的函数,能够相对于速度矢量和 205 调整不同的偏置。针对发生在转子叶片在其中旋转的范围的下半周内的风速度调整减小变桨的区域 204。增加变桨的区域 203 是由单个转子叶片在主轴轴线 112 的高度和上末端 210 之间经过的区域。

[0070] 下末端 211 对应于较低的风速度,使得可以相对于旋转位置调整桨距角。桨距角调整单元 114 (参见图 2) 适合调整至少一个转子叶片 101 的第一桨距角 108,其中第一桨距角 108 对应于风切变分布 209 的第一风速度;并且适合调整至少一个转子叶片 101 的至少一个第二桨距角 108,其中至少一个第二桨距角对应于风切变分布 209 的第二水平风速度 202。

[0071] 此外,当风力涡轮机 100 的转子正在旋转时,至少一个桨距角调整单元 104 适合改变第一桨距角和第二桨距角之间的桨距角。

[0072] 根据一个典型的实施例,至少一个桨距角调整单元 114 适合将第一桨距角调整到对应于风切变分布 (风切变包络) 209 的最小水平风速度 202 的最小桨距角。此外,至少一个桨距角调整单元 114 适合将至少一个第二桨距角调整到对应于风切变分布 209 的最大水平风切变 202 的最大桨距角 108。

[0073] 在转子的一半旋转期间,可以用桨距角调整单元来在第一桨距角和第二桨距角之间连续地或者逐步地调整至少一个转子叶片 101 的桨距角 108。在一个典型的实施例中,当转子叶片 101 具有其末端定向在由参考标号 211 指示的位置的定向时,调整最小桨距角,其中当至少一个转子叶片 101 定向成其末端位于由图 3 中的参考标号 210 指示的位置处时,调整最大桨距角。

[0074] 风切变的包络 (即风切变分布 209) 可以从由弯曲力矩探测器 115 (图 2) 探测到的弯曲力矩进行计算。在速度矢量和 205 处 (其是末端速度 201 和实际水平风速度 202 的矢量和),将桨距角偏置调整为零。风切变确定单元 113 适合根据关系式确定风力涡轮机的位置处的垂直风切变分布  $v(h)$  :

$$[0075] \quad v(h) = v_{\text{ref}} \cdot \left( \frac{h}{h_{\text{ref}}} \right)^\alpha$$

[0076] 其中,  $h$  是地面上的高度,  $v_{\text{ref}}$  是在参考高度  $h_{\text{ref}}$  处的参考速度,而  $\alpha$  是可预定的参数。在这里应当指出的是:上面的等式仅是确定风切变分布的示范性关系式,且可以应用不同的关系式。参数  $\alpha$  是依赖于地点的参数,并且典型地在 0.1 和 0.2 之间变化,更典型地,参数  $\alpha$  为 0.16。

[0077] 当包括转子叶片 101 的风力涡轮机 100 的转子正在旋转时,在一个旋转期间,在最小桨距角 (末端位置 211) 到最大桨距角 (末端位置 210) 之间进行循环变桨。

[0078] 图 4 更详细地示出了三个单个转子叶片 101a, 101b 以及 101c 的循环变桨。示出在图 4 中的图解显示了作为各单个转子叶片的旋转位置 301 的函数的变桨偏置 302。对于转子叶片 101a, 当该特定的转子叶片 101a 处在水平位置 (旋转位置 301 = 0) 时, 变桨偏置调整为零。

[0079] 在这里应当指出的是: 旋转位置 301 以弧度测量值 (radianmeasure) 的方式给出, 其中分别以在 0 和 1 以及 0 和 -1 之间的相对单位给出变桨偏置 302。作为一个示例, 为了获得期望的桨距角, 变桨偏置可以乘以 15 度的值。在这里应当指出的是: 这些单位仅是示范性的, 并且可以应用若干其他的单位。假定转子叶片 101a 首先到达上末端位置 210, 使得发生最大变桨, 并且然后在最小变桨和最大变桨之间连续地或者逐步地改变。应当指出的是: 参考图 4 解释了三个单独的叶片的连续变桨。然而, 可能具有更多或者更少的转子叶片、非正弦运动以及最小桨距角和最大桨距角, 而它们在图 3 中描绘的上末端位置 210 或者下末端位置 220 中不发生。

[0080] 在  $2\pi$  (6.28) 的旋转位置 301 处, 转子叶片 101a 已经完成了一个完整的旋转。根据第一转子叶片 101a 进行其余两个转子叶片的变桨, 且不同在于引入了相位差。因而, 第二转子叶片 101b 相对于第一转子叶片 101a 相对于其桨距角具有 120 度 ( $2\pi/3$ ) 的相变 (以弧度测量值)。同样地, 第三转子叶片 101c 相对于第二转子叶片 101b 相对于变桨具有 120 度 ( $2\pi/3$ ) 的相位差。因而, 可连续地或者逐步地对全部三个转子叶片 101a, 101b 以及 101c 进行变桨。

[0081] 在这里应当指出的是: 根据一个示范性的实施例, 当转子叶片处在水平位置 (分别在 0 度和 180 度) 时, 各单个转子叶片 101a, 101c 处在零变桨偏置。根据该典型的实施例的连续变桨方法确保能获得从风能到转动能的高能量转换效率。

[0082] 显示在图 4 中的图解给出了一种情形, 在该情形下, 在图 4 中所显示的变桨期间维持恒定的转动速度。

[0083] 图 5 是根据另一典型实施例的一种方法的流程图。在步骤 S1, 开始过程。然后例如通过使用风速计单元 111 (参见图 1) 来测量风力涡轮机的位置处的风速度。然后从单个风速计或者风切变传感器确定风切变 (步骤 S3)。根据测量的风切变分布 (风切变包络) 209, 调整最小桨距角 (步骤 S4) 以及调整最大桨距角 (步骤 S5)。除了桨距角在其中改变的范围, 还建立了最大桨距角和最小桨距角的点与旋转位置之间的相位角以及最佳的变桨循环, 该最佳变桨循环不需要为正弦曲线。然后, 在步骤 S6 在最小桨距角和最大桨距角之间进行连续变桨。

[0084] 在步骤 S7, 确定风切变分布 209 是否已经改变。如果风切变分布 209 已经改变 (在步骤 S7: 是), 则过程返回到步骤 S3, 在该步骤 S3 确定新的风切变, 并且执行步骤 S4, S5, S6 以及 S7。当风切变未改变时 (在步骤 S7: 否), 过程在步骤 S8 经受时间延迟, 然后返回步骤 S7。

[0085] 在步骤 S3 进行的风切变的确定能够基于布置在不同高度的不同的风速度传感器或者风速计单元。除此之外, 可以将风速计单元设置在转子平面内的位置处, 例如设置在一个或者多个单个转子叶片处。此外, 可以由数字模型确定风切变。

[0086] 图 6 示出了根据另一典型实施例的一种用于调整风力涡轮机 100 的至少一个转子叶片的桨距角的方法的流程图。

[0087] 在步骤 S1,开始过程。由至少一个弯曲力矩探测器 115 确定风力涡轮机 100 的弯曲力矩 109(参见图 1)。此外,通过使用至少一个桨距角调整单元,可能在转子正在旋转时在第一桨距角和至少两个第二桨距角之间改变桨距角。

[0088] 弯曲力矩探测器 115 可适合探测单独转子叶片 101a、101b、101c;主轴轴线 112;机器外罩 103 以及塔架 102 中至少一个的弯曲力矩。

[0089] 此外,在转子的一半旋转期间,至少一个桨距角调整单元 114 适合在第一桨距角和第二桨距角之间连续地或者逐步地调整至少一个转子叶片 101 的桨距角 108。第一桨距角可以为对应于风切变分布 209 的最小风速度的最小桨距角,而第二桨距角可以为对应于风切变分布 209 的最大风速度的最大桨距角。通过桨距角调整单元 114 的桨距角调整可以与转子的旋转速度同步地循环执行。

[0090] 然后,在步骤 S4 和 S5,分别调整最小桨距角(步骤 S4)和最大桨距角(步骤 S5)。然后在步骤 S6,执行连续变桨。在步骤 S6 后,过程前进至步骤 S7,在该步骤确定风切变分布 209 是否已经改变。如果风切变 209 已经改变(在步骤 S7:“是”),过程返回到步骤 S3,其中重复步骤 S3 到 S7。如果确定风切变没有改变(在步骤 S7:“否”),过程在步骤 S8 经受时间延迟,然后返回到步骤 S7。

[0091] 已经基于显示在附图中所示的实施例描述了本发明,并且由此显现出了更多的益处和修改。但是,本发明不受以具体用词描述的实施例的限制,而是能够以适当的方式进行修改和改变。以适当的方式将一个实施例的单个的特征以及这些特征的组合与另一个的实施例的特征以及这些特征的组合结合以达成另外的实施例将位于本发明的范围内。

[0092] 基于本文中的教导,对于本领域技术人员将显而易见的是:可以进行改变和修改而不脱离公开的本发明和其更宽的方面。即,在上文中所阐述的所有示例都意图为示范性的而非限制性的。

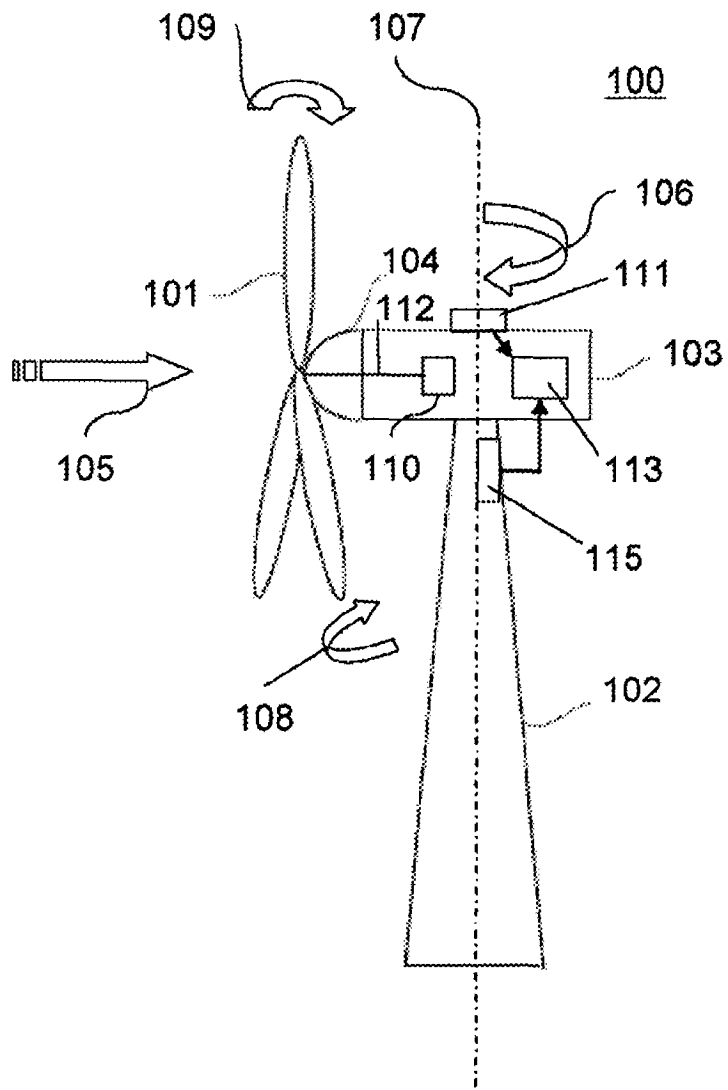


图 1

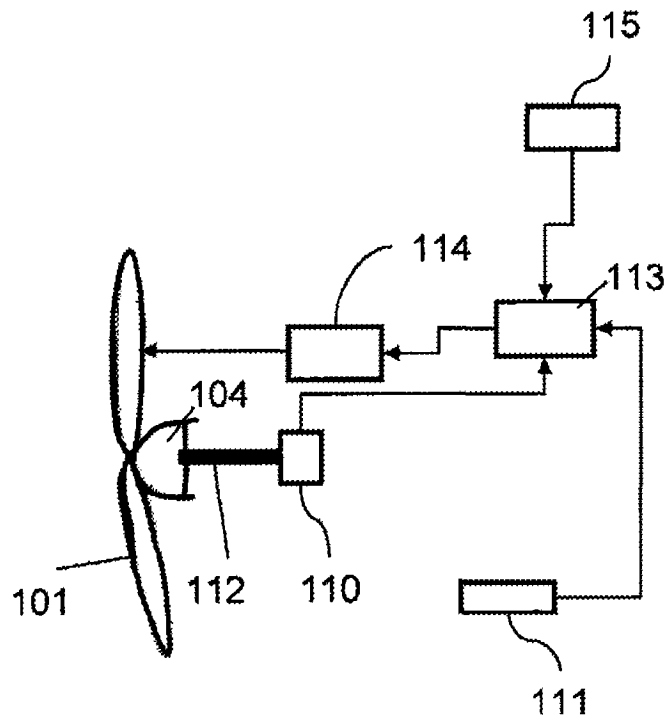


图 2

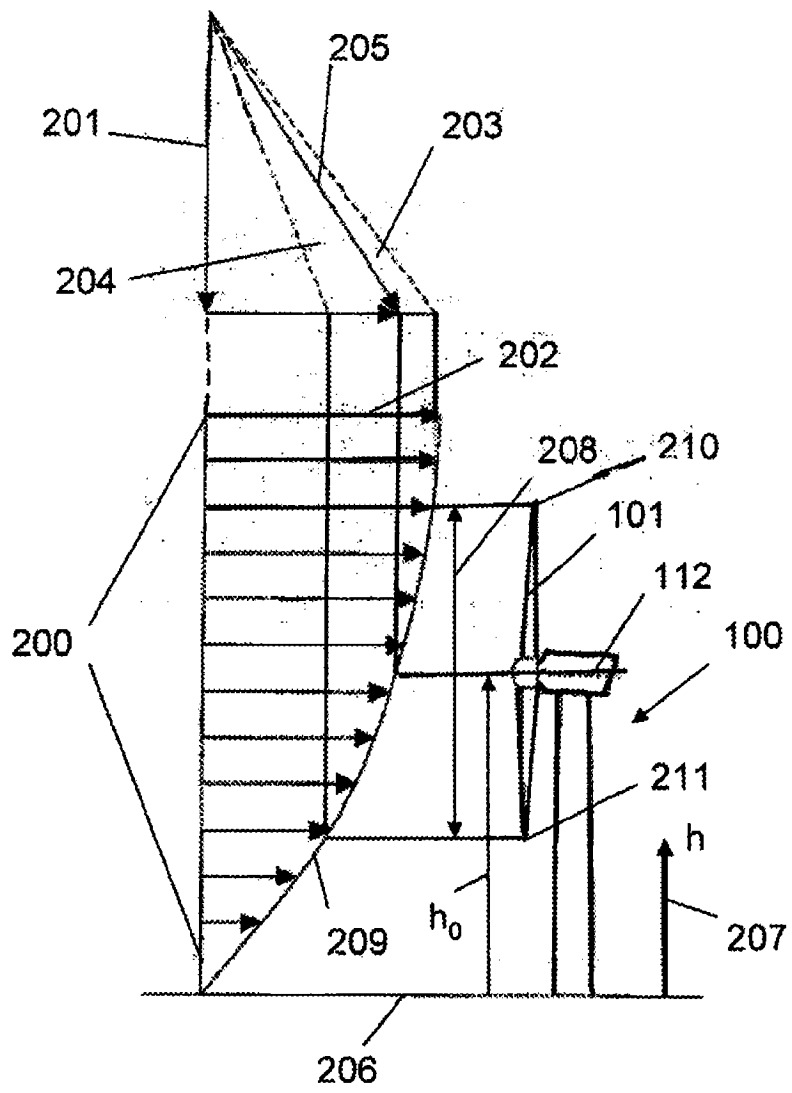


图 3

300

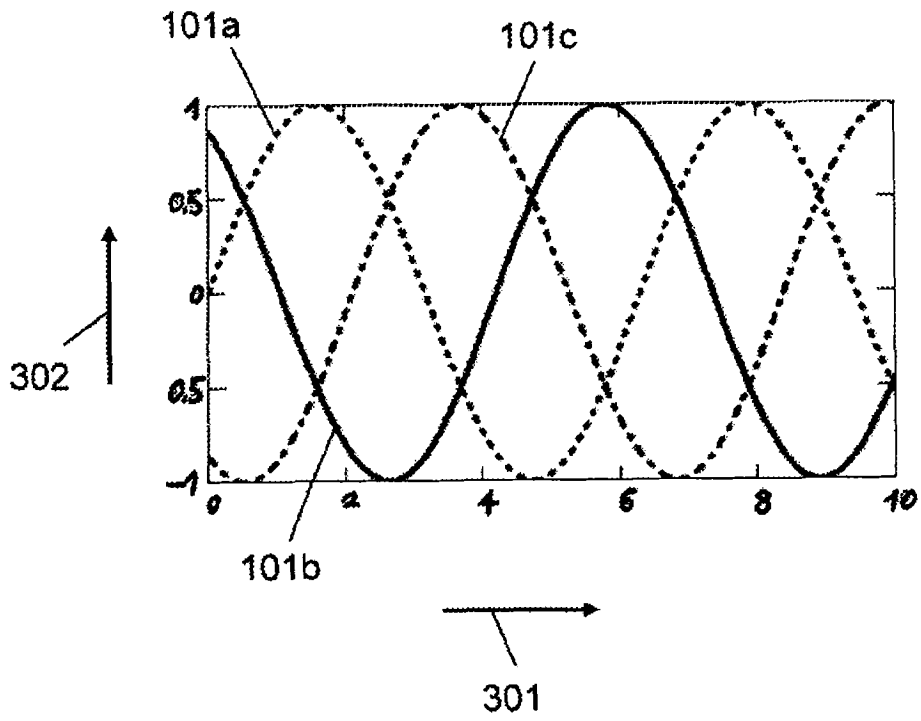


图 4

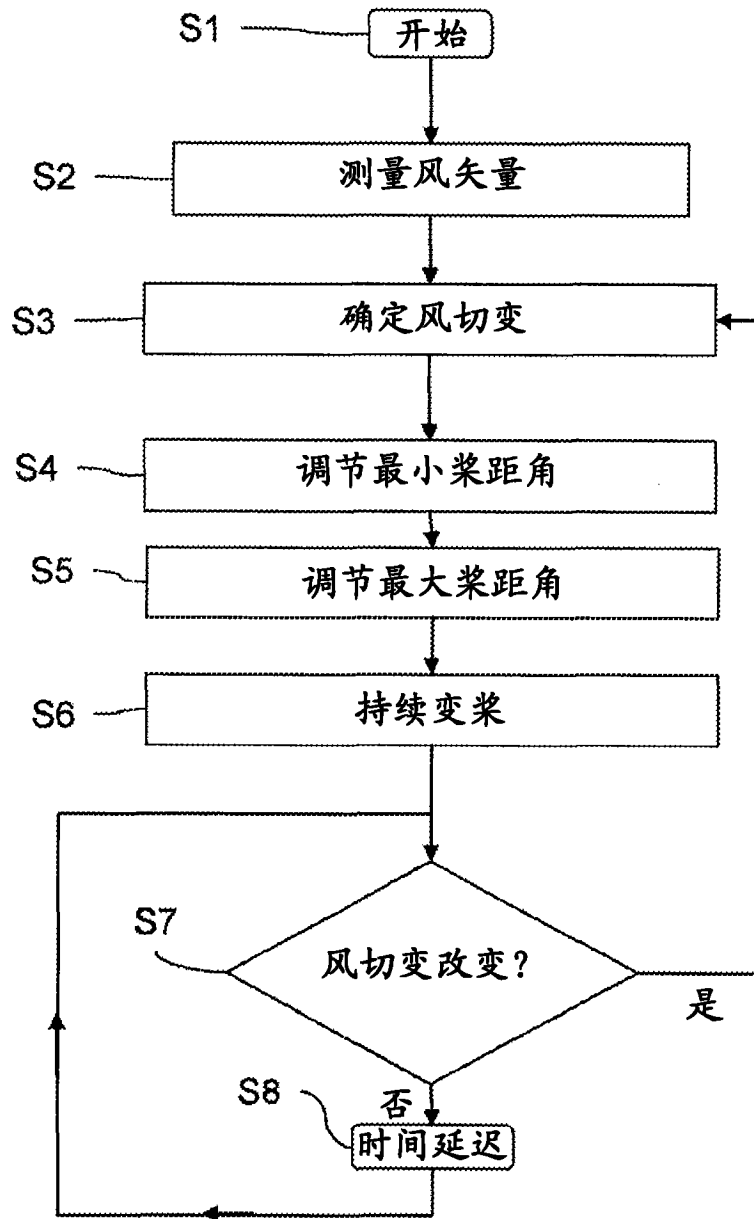


图 5

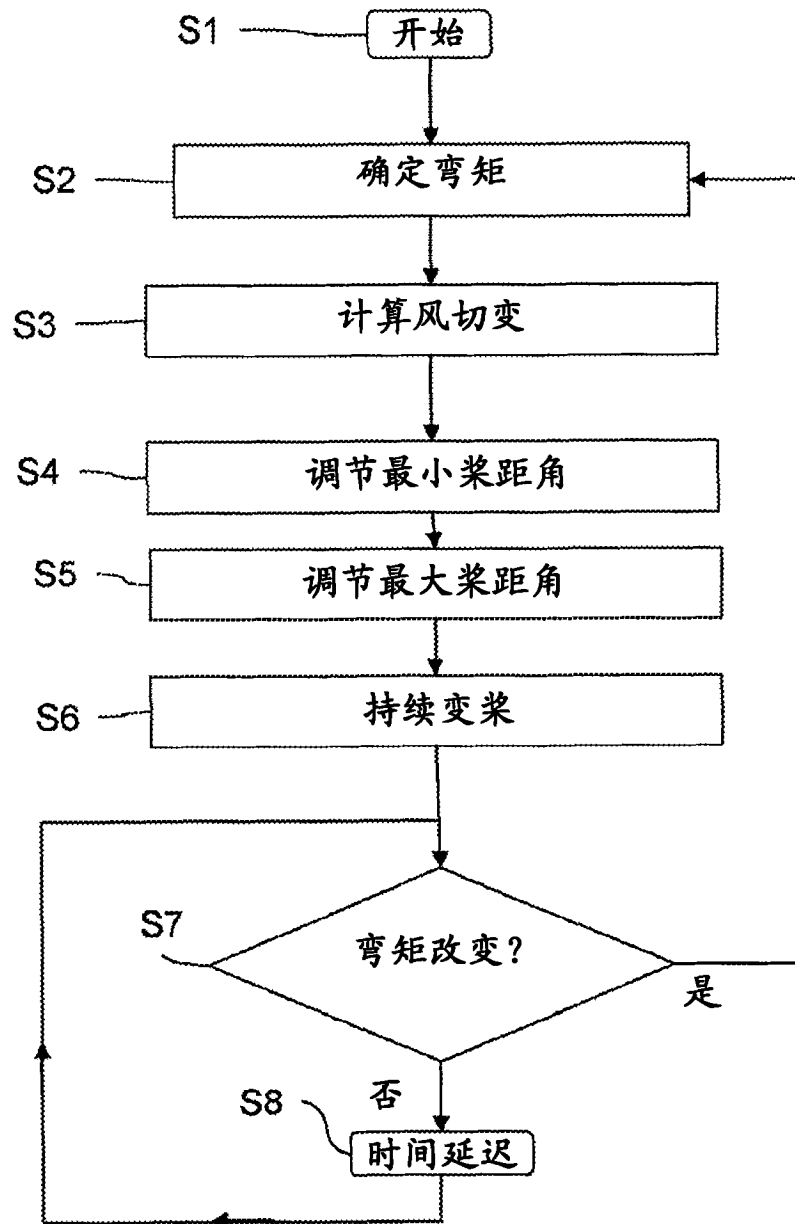


图 6