



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102192086 A

(43) 申请公布日 2011.09.21

(21) 申请号 201110051523.5

(22) 申请日 2011.03.04

(30) 优先权数据

12/718414 2010.03.05 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 T. 霍夫曼恩 J. 奎恩特

(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 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F03D 7/04 (2006.01)

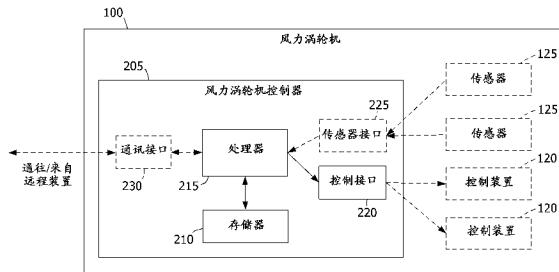
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

(54) 发明名称

寒冷天气环境中降低风力涡轮机载荷的系统、装置和方法

(57) 摘要

本发明涉及寒冷天气环境中降低风力涡轮机载荷的系统、装置和方法。提供了一种用于控制风力涡轮机(100)的运行的系统(400)。该系统包括配置成以便传递指示气象条件的气象条件信号的气象传感器(125)。风力涡轮机控制器(205)配置成以便至少部分地基于连续函数和气象条件来确定计算运行阈值，并且至少部分地基于该计算运行阈值来控制风力涡轮机的运行。



1. 一种用于控制风力涡轮机 (100) 的运行的系统 (400), 所述系统包括:
气象传感器 (125), 配置成以便传递指示气象条件的气象条件信号; 以及,
风力涡轮机控制器 (205), 配置成以便:
至少部分地基于连续函数和所述气象条件来确定计算运行阈值; 以及,
至少部分地基于所述计算运行阈值来控制所述风力涡轮机的运行。
2. 根据权利要求 1 所述的系统 (400), 其特征在于, 所述气象传感器 (125) 是第一传感器, 所述系统进一步包括:
第二传感器, 配置成以便传递表示所述风力涡轮机 (100) 上的结构载荷的风力涡轮机条件的风力涡轮机条件信号,
其中, 所述风力涡轮机控制器 (205) 进一步配置成以便至少部分地基于所述计算运行阈值和所述风力涡轮机条件来控制所述风力涡轮机的运行。
3. 根据权利要求 2 所述的系统 (400), 其特征在于, 所述第二传感器配置成以便传递指示风速的风速信号, 并且所述风力涡轮机控制器 (205) 进一步配置成以便:
至少部分地基于连续函数和所述气象条件信号所指示的气象条件来确定运行风速阈值; 以及,
当所述风速大于所述运行风速阈值时, 停用所述风力涡轮机 (100)。
4. 根据权利要求 1 所述的系统 (400), 其特征在于, 所述气象传感器 (125) 配置成以便传递指示环境空气温度的空气温度信号。
5. 根据权利要求 1 所述的系统 (400), 其特征在于, 所述风力涡轮机控制器 (205) 进一步配置成以便至少部分地通过对所述气象条件应用连续函数来计算所述运行阈值。
6. 根据权利要求 1 所述的系统 (400), 其特征在于, 所述风力涡轮机控制器 (205) 是进一步配置成以便基于所述气象条件信号来产生气象参数的第一风力涡轮机控制器, 所述系统进一步包括:
站点控制器 (410), 联接成与所述第一风力涡轮机控制器 (420) 和第二风力涡轮机控制器 (430) 通讯, 所述站点控制器配置成以便:
接收来自所述第一风力涡轮机控制器的气象参数;
至少部分地通过对所述气象参数应用连续函数来计算运行阈值; 以及,
将计算运行阈值传递给所述第一风力涡轮机控制器和所述第二风力涡轮机控制器,
其中, 所述第一风力涡轮机控制器和所述第二风力涡轮机控制器配置成以便至少部分地基于传递的计算运行阈值来控制对应的风力涡轮机的运行。
7. 根据权利要求 6 所述的系统 (400), 其特征在于, 所述气象参数是第一气象参数, 并且所述站点控制器 (410) 进一步配置成以便:
接收来自所述第二风力涡轮机控制器 (430) 的第二气象参数; 以及,
通过进一步对所述第二气象参数应用所述连续函数来计算所述运行阈值。
8. 根据权利要求 1 所述的系统 (400), 其特征在于, 所述风力涡轮机控制器 (205) 是第一风力涡轮机控制器 (420), 所述第一风力涡轮机控制器 (420) 联接到所述气象传感器 (125) 上, 并且进一步配置成以便基于所述气象条件信号所指示的气象条件来传递第一气象参数, 所述系统进一步包括:
站点控制器 (410), 联接成与所述第一风力涡轮机控制器和第二风力涡轮机控制器

(430) 通讯,所述站点控制器配置成以便:

接收来自所述第一风力涡轮机控制器的所述第一气象参数和来自所述第二风力涡轮机控制器的第二气象参数;

基于所述第一气象参数和所述第二气象参数来产生计算气象参数;以及,

将所述计算气象参数传递给所述第一风力涡轮机控制器和所述第二风力涡轮机控制器,

其中,所述第一风力涡轮机控制器和所述第二风力涡轮机控制器配置成以便通过对所述计算气象参数应用连续函数来计算运行阈值。

9. 一种用于控制风力涡轮机(100)的运行的装置(120),所述装置包括:

存储器区域(210),配置成以便存储表示气象条件的至少一个气象参数;

处理器(215),联接到所述存储器区域上,并且编程成以便至少部分地通过对所述气象参数应用连续函数来计算运行阈值;以及,

风力涡轮机控制接口(220),配置成以便至少部分地基于所述计算运行阈值来控制风力涡轮机的运行。

10. 根据权利要求9所述的装置(120),其特征在于,所述风力涡轮机控制接口(220)包括通讯接口(230),所述通讯接口(230)配置成以便通过将所述计算运行阈值传递给风力涡轮机控制器(205)来控制所述风力涡轮机的运行。

寒冷天气环境中降低风力涡轮机载荷的系统、装置和方法

技术领域

[0001] 本文描述的主题大体涉及运行风力涡轮机，并且更具体而言，涉及在寒冷天气环境中减小风力涡轮机上的结构载荷。

背景技术

[0002] 风力涡轮机站点包括一个或多个风力涡轮机，该一个或多个风力涡轮机利用风能来产生或生产电功率。已知的风力涡轮机包括控制系统，以用于以安全和高效的方式来运行风力涡轮机。诸如运行阈值的控制参数用来限定风力涡轮机的行为。例如，如果当前风速超过最大风速阈值，则风力涡轮机的控制器可停用风力涡轮机。

[0003] 停用风力涡轮机消除了来自风力涡轮机的所有功率生产量，直到风力涡轮机重新启用为止。风场的高效运行需要最大程度地提高风力涡轮机在安全条件下运行的时间量，同时避免在可能有害的条件（例如极端风速）下运行风力涡轮机，可能有害的条件可引起危险的结构载荷。但是，由于影响结构载荷的因素（例如环境空气密度）在温暖的运行环境和寒冷的运行环境之间的变化的原因，可能难以限定适于所有运行条件的单个运行阈值。

发明内容

[0004] 在一方面，提供了一种用于控制风力涡轮机的运行的系统。该系统包括气象传感器和风力涡轮机控制器。气象传感器配置成以便传递指示气象条件的气象条件信号。风力涡轮机控制器配置成以便确定计算运行阈值，其至少部分地基于连续函数和气象条件。风力涡轮机控制器还配置成以便至少部分地基于计算运行阈值来控制风力涡轮机的运行。

[0005] 在另一方面，提供了一种用于控制风力涡轮机的运行的装置。该装置包括配置成以便存储表示气象条件的至少一个气象参数的存储器区域。该装置还包括处理器，该处理器联接到存储器区域上，并且编程成以便至少部分地通过对气象参数应用连续函数来计算运行阈值。该装置进一步包括风力涡轮机控制接口，该风力涡轮机控制接口配置成以便至少部分地基于计算运行阈值来控制风力涡轮机的运行。

[0006] 在又一方面，提供了一种用于控制风力涡轮机的方法。该方法包括从第一传感器接收指示气象条件的气象条件信号。处理器至少部分地通过对气象条件应用连续函数来计算运行阈值。基于接收自第二传感器的风力涡轮机条件信号所指示的风力涡轮机条件来产生运行参数。风力涡轮机条件表示风力涡轮机上的结构载荷。当运行参数超过计算运行阈值时，调节风力涡轮机的运行。

附图说明

[0007] 图 1 是示例性风力涡轮机的透视图。

[0008] 图 2 是显示了示例性风力涡轮机控制器的简图。

[0009] 图 3 是描绘了用于基于环境空气温度来确定最大运行风速的示例性连续函数的曲线图。

- [0010] 图 4 是显示了用于运行图 1 所示的一个或多个风力涡轮机的示例性系统的简图。
- [0011] 图 5 是用于控制图 1 所示的风力涡轮机的示例性方法的流程图。
- [0012] 部件列表
- 100 风力涡轮机
 - 102 机舱
 - 104 塔架
 - 106 转子
 - 108 转子叶片
 - 110 旋转轮毂
 - 120 风力涡轮机控制装置
 - 125 传感器
 - 205 风力涡轮机控制器
 - 210 存储器区域
 - 215 处理器
 - 220 风力涡轮机控制接口
 - 225 传感器接口
 - 230 通讯接口
 - 300 曲线图
 - 305 第一线条
 - 310 第二线条
 - 400 系统
 - 405 风力涡轮机站点
 - 410 站点控制器
 - 415 通讯接口
 - 420 第一风力涡轮机控制器
 - 425 第一风力涡轮机
 - 430 第二风力涡轮机控制器
 - 435 第二风力涡轮机
 - 440 存储器区域
 - 445 处理器
 - 450 传感器接口
 - 500 方法
 - 505 接收第一气象条件信号
 - 510 使用第一连续函数来计算第一运行阈值
 - 515 使用第二连续函数来计算第二运行阈值
 - 520 基于表示结构载荷的风力涡轮机条件来产生运行参数
 - 525 调节风力涡轮机的运行。

具体实施方式

[0013] 本文描述的实施例有利于使用随气象条件（例如空气温度、空气压力和 / 或空气密度）不断变化的运行阈值来运行一个或多个风力涡轮机（例如在风力涡轮机站点中）。运行阈值可包括但不限于运行风速阈值（也已知为最大运行风速）。在一个实施例中，通过对环境空气温度和 / 或环境空气密度应用连续函数来计算最大运行风速。在当前风速超过计算最大运行风速时，停用风力涡轮机。这种实施例有利于最大程度地提高风力涡轮机的功率生产，同时避免使风力涡轮机暴露于可能有害的结构载荷。

[0014] 如本文所述，可基于一个或多个运行参数来控制风力涡轮机。运行参数指示和 / 或表示风力涡轮机的条件。风力涡轮机条件包括但不限于运行条件（例如转子速度和 / 或功率输出）和气象条件。气象条件可包括，例如，环境空气温度、环境空气密度、湿度水平、空气压力、风速和 / 或风向。一些风力涡轮机条件可直接或间接地指示和 / 或表示风力涡轮机上的结构载荷。例如，结构载荷可间接地由风速、转子速度和 / 或功率输出表示，但是构想了使用任何风力涡轮机条件来表示环境因素和 / 或结构载荷。

[0015] 风力涡轮机条件可编码在电子信号中，或者可以以别的方式由电子信号传送。在一些实施例中，传感器传递传达风力涡轮机条件的信号。接收来自传感器的信号的装置可配置成以便从该信号中获得或提取风力涡轮机条件。

[0016] 在一些实施例中，诸如运行阈值的控制参数用来控制风力涡轮机。运行阈值可包括但不限于最大运行风速或最大转子速度。例如，如果限定了最大运行风速，则可不断地或定期地监测当前风速。如果当前风速超过最大运行风速，则停用风力涡轮机，以防止或限制对风力涡轮机的损害。

[0017] 本文描述的方法、系统和设备的示例性技术效果包括下者中的至少一个：(a) 从第一传感器接收指示气象条件的气象条件信号；(b) 处理器至少部分地通过对气象条件应用连续函数来计算运行阈值；(c) 基于接收自第二传感器的风力涡轮机条件信号所指示的且表示风力涡轮机上的结构载荷的风力涡轮机条件来产生运行参数；以及，(d) 当运行参数超过计算运行阈值时，调节风力涡轮机的运行。

[0018] 图 1 是示例性风力涡轮机 100 的透视图。风力涡轮机 100 包括机舱 102，机舱 102 容纳发电机（在图 1 中未显示）。机舱 102 安装在塔架 104（在图 1 中显示了塔架 104 的仅一部分）上。塔架 104 可具有有利于如本文所述来运行风力涡轮机 100 的任何适当的高度。在该示例性实施例中，风力涡轮机 100 还包括转子 106，转子 106 包括联接到旋转轮毂 110 上的三个转子叶片 108。备选地，风力涡轮机 100 可包括使得能够如本文所述来运行风力涡轮机 100 的任何数量的转子叶片 108。在该示例性实施例中，风力涡轮机 100 包括齿轮箱（未显示），齿轮箱可旋转地联接到转子 106 和发电机上。风力涡轮机 100 可包括一个或多个控制装置 120 和 / 或传感器 125（在图 2 中显示）。

[0019] 图 2 是显示了用于控制风力涡轮机 100（在图 1 中显示）的运行的示例性风力涡轮机控制器 205 的简图。风力涡轮机控制器 205 定位在风力涡轮机 100 内。例如，风力涡轮机控制器 205 可定位在机舱 102 上或内，或者定位在塔架 104 上或内。

[0020] 风力涡轮机控制器 205 包括存储器区域 210，存储器区域 210 配置成以便存储可执行指令和 / 或表示和 / 或指示气象条件的一个或多个气象参数。气象参数可表示和 / 或指示（并不限于）环境空气温度、环境空气密度、湿度水平、空气压力、风速和 / 或风向。存储器区域 210 可进一步配置成以便存储基于一个或多个气象条件来限定运行阈值的、可选地

成一个或多个可执行指令的形式的连续函数。

[0021] 风力涡轮机控制器 205 还包括处理器 215，处理器 215 联接到存储器区域 210 上，并且编程成以便至少部分地通过对该一个或多个气象参数应用连续函数来计算运行阈值。例如，处理器 215 可编程成以便计算运行风速阈值，运行风速阈值也可称为最大运行风速。在一个实施例中，处理器 215 编程成以便至少部分地通过对指示环境空气温度和 / 或环境空气密度的一个或多个运行参数应用连续函数来计算运行风速阈值。在一个备选实施例中，代替对运行风速阈值进行计算，风力涡轮机控制器 205 配置成以便接收来自远程装置的计算运行风速阈值（如下面参照图 4 所述）。

[0022] 图 3 是描绘了用于基于环境空气温度 T 来确定最大运行风速 v_{\max} 的示例性连续函数的曲线图 300。曲线图 300 包括根据等式 1 而与 T 相关地描绘 v_{\max} 的第一线条 305。等式 1 是用于基于 T （单位为摄氏度， $^{\circ}\text{C}$ ）来确定 v_{\max} （单位为米每秒， m/s ）的示例性连续函数。

[0023]

$$v_{\max} = \max\left(0, \min\left(25, \frac{1}{3}T + 30\right)\right) \quad (\text{等式 1})$$

等式 1 将 v_{\max} 限定为最小 0m/s （下限）和最大 25m/s （上限）。在下限和上限之间， v_{\max} 定义为 $(1/3)T+30$ 。

[0024] 曲线图 300 还包括根据等式 2 而与 T 相关地描绘 v_{\max} 的第二线条 310。等式 2 是用于基于 T 来确定 v_{\max} 的另一个示例性连续函数。

$$[0025] \quad v_{\max} = \max\left(0, \min\left(26, \frac{2}{15}T + 28\right)\right) \quad (\text{等式 2})$$

在 0m/s 的下限和 26m/s 的上限之间，等式 2 将 v_{\max} 定义为 $(2/15)T+28$ 。虽然第一线条 305 和第二线条 310 描绘了特殊的线性连续函数，但是适于运行风力涡轮机 100 的任何线性或非线性的连续函数均可用来计算运行阈值。

[0026] 再次参照图 2，风力涡轮机控制器 205 还包括风力涡轮机控制接口 220，风力涡轮机控制接口 220 配置成以便至少部分地基于计算运行阈值来控制风力涡轮机的运行。在一些实施例中，风力涡轮机控制接口 220 配置成以便操作性地联接到一个或多个风力涡轮机控制装置 120 上。风力涡轮机控制装置 120 包括但不限于叶片桨距调节设备和 / 或转子制动器。

[0027] 在一些实施例中，风力涡轮机 100 包括一个或多个传感器 125。传感器 125 感测或探测一个或多个风力涡轮机条件。例如，传感器 125 可为加速计、振动传感器（例如指示风力涡轮机 100 的一个或多个构件的机械振动）、功率输出传感器、叶片桨距传感器、转子速度传感器、齿轮速比传感器、扭矩传感器、涡轮温度传感器、齿轮箱温度传感器、电压传感器、电流传感器和 / 或气象传感器。气象传感器包括但不限于环境空气温度传感器、风速和 / 或风向传感器（例如风速计）、环境空气密度传感器、大气压力传感器、湿度传感器和 / 或适于提供指示气象条件的信号的任何传感器。

[0028] 各个传感器 125 根据其功能相对于风力涡轮机 100 来定位。例如，空气温度传感器可定位在机舱 102 或塔架 104 的外表面上，使得该空气温度传感器暴露于围绕风力涡轮

机 100 的环境空气。各个传感器 125 产生和传递对应于一个或多个探测到的条件的信号。此外,各个传感器 125 可(例如)不断地、定期地传递信号,或者仅传递信号一次,但是还构想到其它信号定时。另外,各个传感器 125 可以模拟形式或者以数字形式传递信号。

[0029] 在一个实施例中,风力涡轮机控制器 205 通过传感器接口 225 接收来自传感器 125 的一个或多个信号,传感器接口 225 配置成以便联接成与传感器 125 通讯。风力涡轮机控制器 205 通过处理器 215 来处理信号(一个或多个),以产生一个或多个运行参数,包括但不限于气象参数。在一些实施例中,处理器 215 编程成(例如利用存储器区域 210 中的可执行指令)以便对传感器 125 所产生的信号进行取样。例如,处理器 215 可接收来自传感器 125 的连续信号,而且作为响应,定期地(例如每五秒一次)基于连续信号产生运行条件值。在一些实施例中,处理器 215 使接收自传感器 125 的信号标准化。例如,温度传感器可产生具有与测得温度成正比的参数(例如电压)的模拟信号。处理器 215 可编程成以便将模拟信号转换成温度值。

[0030] 在一个示例性实施例中,传感器接口 225 配置成以便接收来自传感器 125 的风力涡轮机条件信号。该风力涡轮机条件信号直接或间接地指示风力涡轮机上的结构载荷。例如,风力涡轮机条件信号可为指示当前风速的风速信号。风力涡轮机控制接口 220 可配置成以便基于风力涡轮机条件信号和计算运行阈值来控制风力涡轮机 100 的运行。在一个实施例中,风力涡轮机控制接口 220 配置成以便在当前风速超过运行风速阈值时停用风力涡轮机 100。例如,风力涡轮机控制接口 220 可通过对转子 106 施加制动、通过调节转子叶片 108 的桨距角和 / 或通过适用于减小施加到风力涡轮机 100 上的结构载荷的任何其它方式来停用风力涡轮机 100。

[0031] 处理器 215 可编程成以便基于接收自多个传感器 125 的信号来产生运行参数。例如,风力涡轮机 100 可包括多个空气温度传感器,而且处理器 215 可基于来自各个空气温度传感器的温度值来计算平均空气温度。在一些实施例中,控制器 205 将一个或多个信号和 / 或运行条件值存储到存储器区域 210 中。

[0032] 在一些实施例中,风力涡轮机控制器 205 包括通讯接口 230。通讯接口 230 配置成以便联接成与一个或多个远程装置(例如另一个风力涡轮机控制器 205 和 / 或站点控制器 410(在图 4 中显示))通讯。通讯接口 230 可配置成以便将风力涡轮机条件、运行参数和 / 或控制参数(例如计算运行阈值)传递给远程装置。例如,通讯接口 230 可配置成以便将风力涡轮机条件、运行参数和 / 或控制参数编码在信号中。另外或备选地,通讯接口 230 可配置成以便接收来自远程装置的运行参数(例如环境空气温度)和 / 或控制参数(例如计算运行阈值),并且至少部分地基于接收到的运行参数和 / 或控制参数来控制风力涡轮机 100 的运行。

[0033] 各种连接可用于风力涡轮机控制接口 220 和风力涡轮机控制装置 120 之间以及传感器接口 225 和传感器 125 之间。这样的连接可包括但不限于导电体、低电平串行数据连接(例如建议标准(RS)232 或 RS-458)、高电平串行数据连接(例如通用串行总线(USB)或电气和电子工程师协会(IEEE)1394(a/k/a 火线))、并行数据连接(例如 IEEE 1284 或 IEEE 488)、小范围无线通讯信道(例如蓝牙)和 / 或私人(例如在风力涡轮机 100 外不可接近的)网络连接,无论是有线的还是无线的。

[0034] 图 4 是显示了用于控制风力涡轮机站点 405 中的一个或多个风力涡轮机 100 的运

行的示例性系统 400 的简图。系统 400 包括站点控制器 410，站点控制器 410 通过通讯接口 415 联接成与一个或多个风力涡轮机控制器 205 通讯。例如，通讯接口 415 可配置成以便传递和 / 或接收其中编码有风力涡轮机条件、运行参数和 / 或控制参数的信号。

[0035] 如图 4 所示，站点控制器 410 位于风力涡轮机站点 405 内。但是，站点控制器 410 可定位在远离风力涡轮机站点 405 的位置处—例如（定位在）集中式监测和 / 或控制设施处。另外，站点控制器 410 可联接成与多个风力涡轮机站点 405 处的风力涡轮机控制器 205 通讯。

[0036] 站点控制器 410 通过通讯接口 415 联接成与第一风力涡轮机 425 的第一风力涡轮机控制器 420 和第二风力涡轮机 435 的第二风力涡轮机控制器 430 通讯。第一风力涡轮机控制器 420 和第二风力涡轮机控制器 430 是风力涡轮机控制器 205 的实例。第一风力涡轮机 425 和第二风力涡轮机 435 是风力涡轮机 100 的实例。站点控制器 410 可联接成与任何数量的风力涡轮机控制器 205 通讯。

[0037] 站点控制器 410 包括存储器区域 440，存储器区域 440 配置成以便存储运行数据和 / 或用于由处理器 445 执行的可执行指令。例如，运行数据可包括描述风力涡轮机 100、风力涡轮机控制器 205 和 / 或风力涡轮机条件（例如气象条件）的数据。存储器区域 440 可进一步配置成以便存储基于一个或多个气象条件来限定运行阈值的、可选地成一个或多个可执行指令的形式的连续函数。

[0038] 站点控制器 410 配置成以便通过通讯接口 415 接收来自第一风力涡轮机控制器 420 和 / 或第二风力涡轮机控制器 430 的气象参数，例如环境空气温度和 / 或环境空气密度。另外或备选地，站点控制器 410 可包括配置成以便联接成与一个或多个传感器 125 通讯的传感器接口 450。在这种实施例中，站点控制器 410 可配置成以便接收来自传感器 125 的气象条件信号，并且根据气象条件信号所指示的气象条件来产生气象参数。

[0039] 站点控制器 410 还配置成以便将气象参数和 / 或计算运行阈值传递给第一风力涡轮机控制器 420 和 / 或第二风力涡轮机控制器 430。在一个实施例中，站点控制器 410 配置成以便接收来自第一风力涡轮机控制器 420 或第二风力涡轮机控制器 430 的单个气象参数，或者基于来自传感器 125 的气象条件信号所指示的气象条件来产生单个气象参数。站点控制器 410 进一步配置成以便将单个气象参数传递给第一风力涡轮机控制器 420 和 / 或第二风力涡轮机控制器 430，第一风力涡轮机控制器 420 和 / 或第二风力涡轮机控制器 430 配置成以便基于该单个气象参数来计算运行阈值。这种实施例有利于对风力涡轮机 100 进行基于气象的控制，即使是在风力涡轮机 100 中的一个或多个不包括可操作的气象传感器时。另外，这种实施例有利于计算对风力涡轮机 100 而言具体的运行阈值。例如，在给定的环境空气温度和 / 或给定的环境空气密度处，与适于第二风力涡轮机 435 相比较，不同的最大运行风速可适于第一风力涡轮机 425。

[0040] 在另一个实施例中，站点控制器 410 配置成以便接收来自第一风力涡轮机控制器 420、第二风力涡轮机控制器 430 和 / 或传感器 125 的多个气象参数和 / 或产生这些气象参数。站点控制器 410 还配置成以便基于该多个气象参数来产生计算气象参数。例如，处理器 445 可编程成以便根据该多个气象参数来计算平均（例如中间或中值）气象参数。站点控制器 410 进一步配置成以便将计算气象参数传递给第一风力涡轮机控制器 420 和 / 或第二风力涡轮机控制器 430，第一风力涡轮机控制器 420 和 / 或第二风力涡轮机控制器 430 配

置成以便基于该计算气象参数来计算运行阈值。

[0041] 在又一个实施例中,站点控制器 410 配置成以便接收来自第一风力涡轮机控制器 420、第二风力涡轮机控制器 430 和 / 或传感器 125 的一个或多个气象参数和 / 或产生这些气象参数。站点控制器 410 还配置成以便至少部分地通过对气象参数(一个或多个)应用连续函数来计算运行阈值(例如最大运行风速)。如果多个气象参数是可用的,则站点控制器 410 可配置成以便计算平均(例如中间或中值)气象参数,并且对该平均气象参数应用连续函数。备选地,站点控制器 410 可配置成以便对各个气象参数应用连续函数,以产生多个运行阈值,然后计算平均(例如中间或中值)运行阈值。站点控制器 410 进一步配置成以便将计算运行阈值传递给第一风力涡轮机控制器 420 和 / 或第二风力涡轮机控制器 430。第一风力涡轮机控制器 420 和 / 或第二风力涡轮机控制器 430 配置成以便至少部分地基于计算运行阈值来控制对应的风力涡轮机 100 的运行。在这种实施例中,通讯接口 415 可认为是风力涡轮机控制接口。

[0042] 一些实施例有利于计算运行参数的移动平均值。在一个实施例中,站点控制器 410 和 / 或风力涡轮机控制器 205 配置成以便接收多个运行参数和 / 或基于近期的风力涡轮机条件信号所指示的多个风力涡轮机条件来产生多个运行参数。例如,运行参数可对应于一定量的近期产生的风力涡轮机条件信号(例如五个最近的风力涡轮机条件信号),以及 / 或者可对应于在近期的持续时间内接收到的风力涡轮机条件信号(例如在前五分钟里接收到的风力涡轮机条件信号)。站点控制器 410 和 / 或风力涡轮机控制器 205 配置成以便基于该多个运行参数来计算平均(例如中间或中值)运行参数。可基于平均运行参数来计算运行阈值。

[0043] 诸如风力涡轮机控制器 205 和站点控制器 410 的装置之间的通讯可按各种形式进行。例如,通讯接口 230、415 可使用有线网络连接(例如以太网或光纤)、无线连接,例如无线电频率(RF)、蓝牙、IEEE 802.11 标准(例如 802.11(g) 或 802.11(n))、微波存取全球互通(WIMAX),或者蜂窝电话技术(例如移动通讯全球标准(GSM))和 / 或任何其它适当的通讯方式。风力涡轮机控制器 205 和 / 或站点控制器 410 可包括多个通讯接口,以支持另外的通讯形式,或者多种通讯形式可由单个通讯接口支持。诸如风力涡轮机控制器 205 和站点控制器 410 的装置可以以通讯的方式直接或间接地联接。例如,站点控制器 410 可通过网络(例如局域网(LAN)、广域网(WAN)、互联网或适于与风力涡轮机控制器 205 通讯的任何其它网络)与风力涡轮机控制器 205 通讯。

[0044] 图 5 是用于控制图 1 所示的风力涡轮机(例如风力涡轮机 100)的示例性方法 500 的流程图。方法 500 包括从第一传感器接收 505 指示气象条件(例如环境空气温度和 / 或环境空气密度)的第一气象条件信号。处理器至少部分地通过对气象条件应用连续函数来计算 510 第一运行阈值。例如,可对气象条件应用连续函数,例如等式 1 或等式 2。运行阈值可包括但不限于最大运行风速、最大功率输出、最大扭矩和 / 或最大振动水平。

[0045] 第一运行阈值可由第一风力涡轮机控制器的第一处理器计算 510。第二运行阈值可由第二风力涡轮机控制器的第二处理器至少部分地通过对气象条件应用第二连续函数来计算 515。

[0046] 基于接收自第二传感器的风力涡轮机条件信号所指示的风力涡轮机条件来产生 520 运行参数。风力涡轮机条件直接或间接地表示风力涡轮机上的结构载荷。例如,风力涡

轮机条件信号可指示当前风速、当前功率输出、当前扭矩和 / 或当前振动水平。可使用如上所述的移动平均值来产生 520 运行参数。

[0047] 当运行参数超过计算运行阈值时, 调节 525 风力涡轮机的运行。例如, 调节 525 风力涡轮机的运行可包括停用风力涡轮机, 减少风力涡轮机的功率输出, 对风力涡轮机的转子施加制动, 以及 / 或者调节风力涡轮机的叶片桨距。如图 5 所示, 可重复 (例如不断地或定期地) 执行方法 500。

[0048] 在一些实施例中, 至少部分地基于计算运行阈值和 / 或产生的运行参数来调节 525 多个风力涡轮机的运行。例如, 可基于对应于第一风力涡轮机的风力涡轮机条件来产生 520 运行参数, 而且当该运行参数超过计算运行阈值时, 可调节 525 第二风力涡轮机的运行。这种实施例有利于减小第二风力涡轮机上的结构载荷, 不管第二风力涡轮机是否包括可操作的传感器。

[0049] 本文描述的方法可编码成包含在计算机可读介质 (包括诸如风力涡轮机控制器 205 和 / 或站点控制器 410 的计算装置的存储器区域) 中的可执行指令。当由处理器执行时, 这种指令促使处理器执行本文描述的方法的至少一部分。

[0050] 以上对风力涡轮机控制系统的示例性实施例进行了详细描述。系统、风力涡轮机和包括的组件不限于本文描述的具体实施例, 而是相反, 各个构件均可独立地以及与本文描述的其它构件分开来使用。

[0051] 本书面描述使用实例来公开本发明, 包括最佳模式, 并且还使本领域任何技术人员能够实践本发明, 包括制造和使用任何装置或系统, 以及执行任何结合的方法。本发明的可授予专利的范围由权利要求书限定, 并且可包括本领域技术人员想到的其它实例。如果这样的其它实例具有不异于权利要求书的字面语言的结构元素, 或者如果这样的其它实例包括与权利要求书的字面语言无实质性差异的等效结构元素, 则这样的其它实例意图处于权利要求书的范围之内。

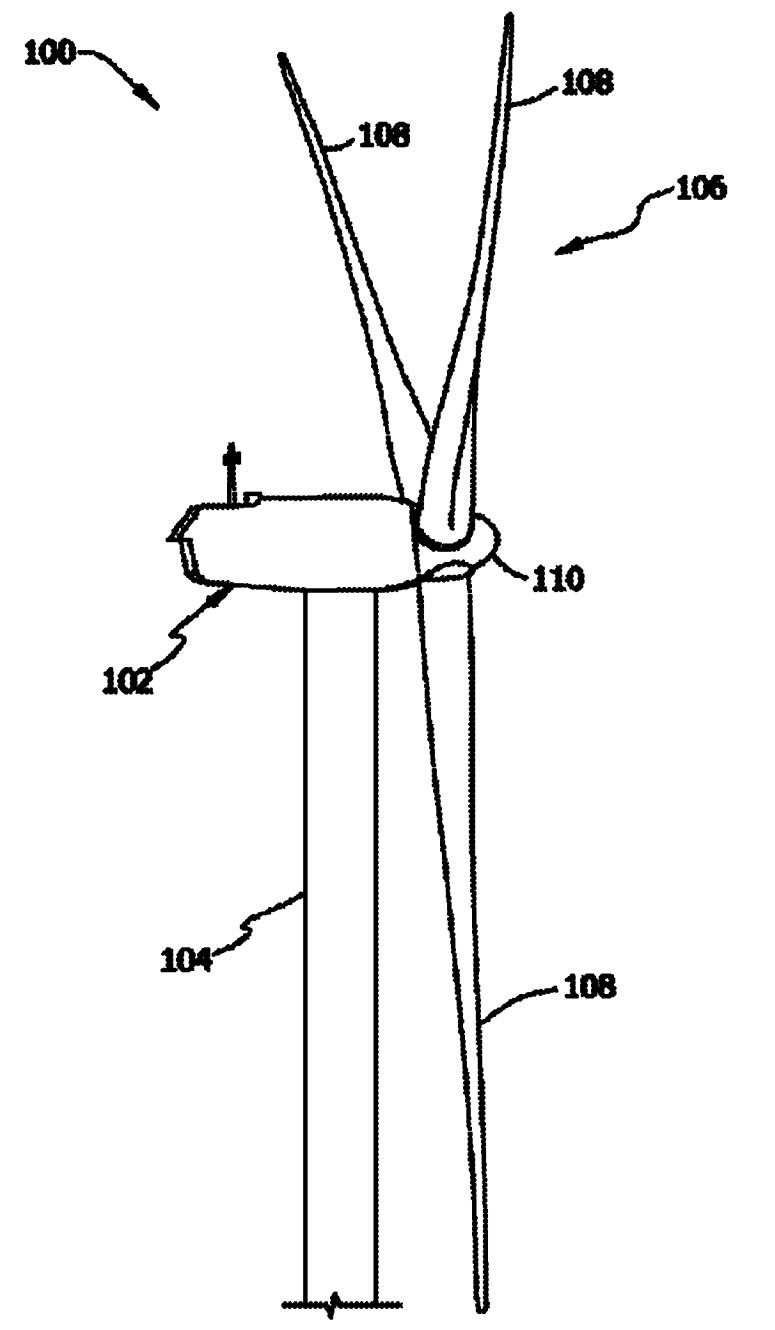


图 1

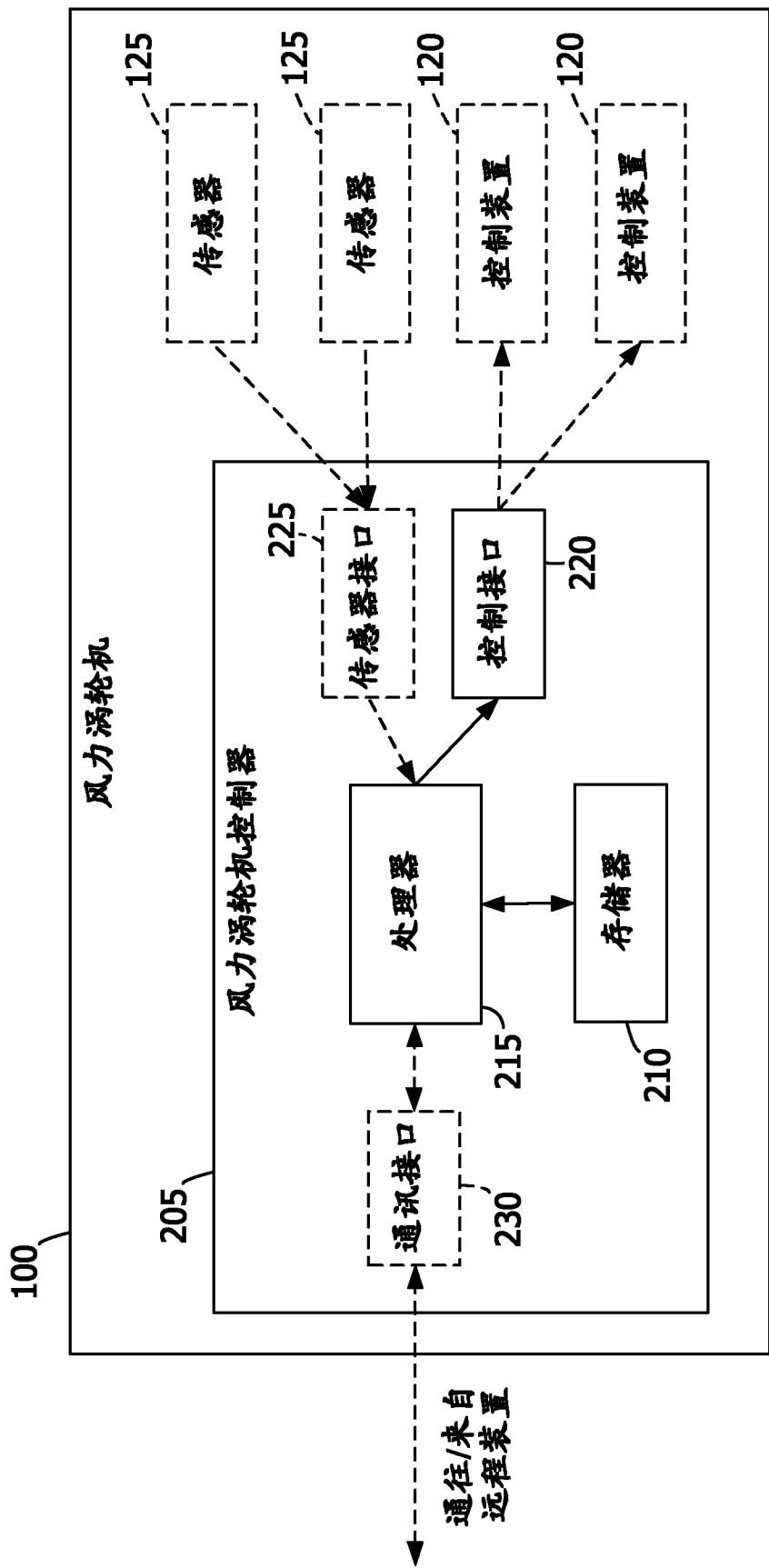


图 2

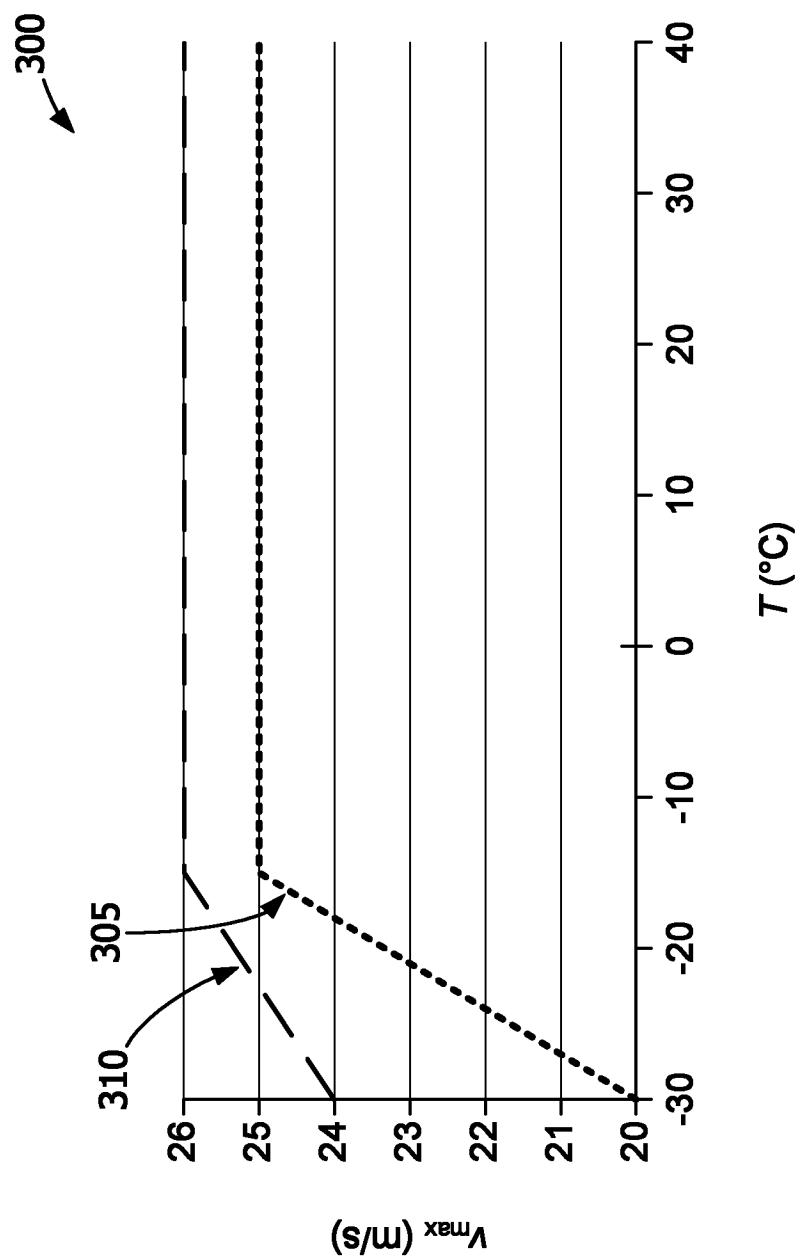


图 3

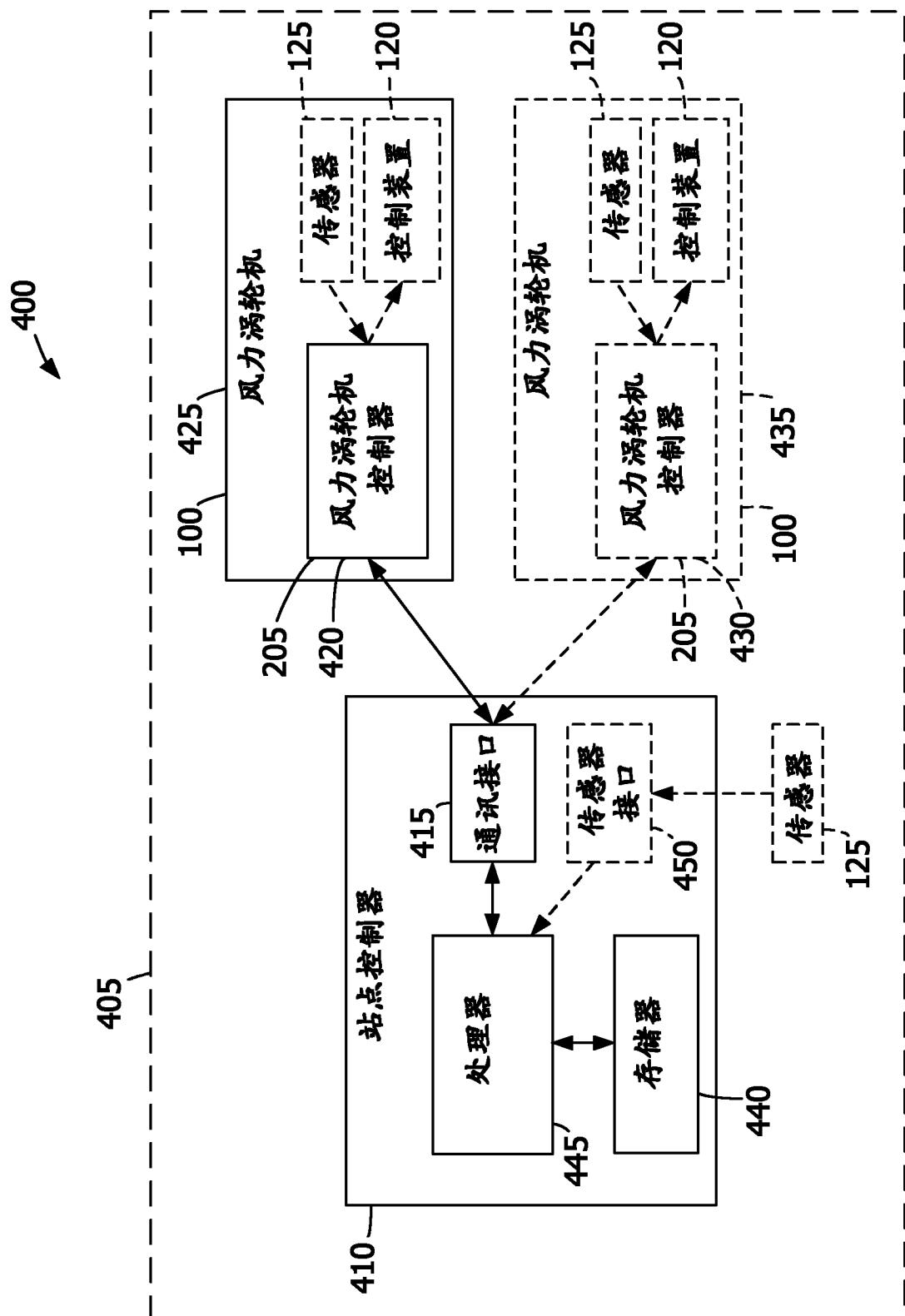


图 4

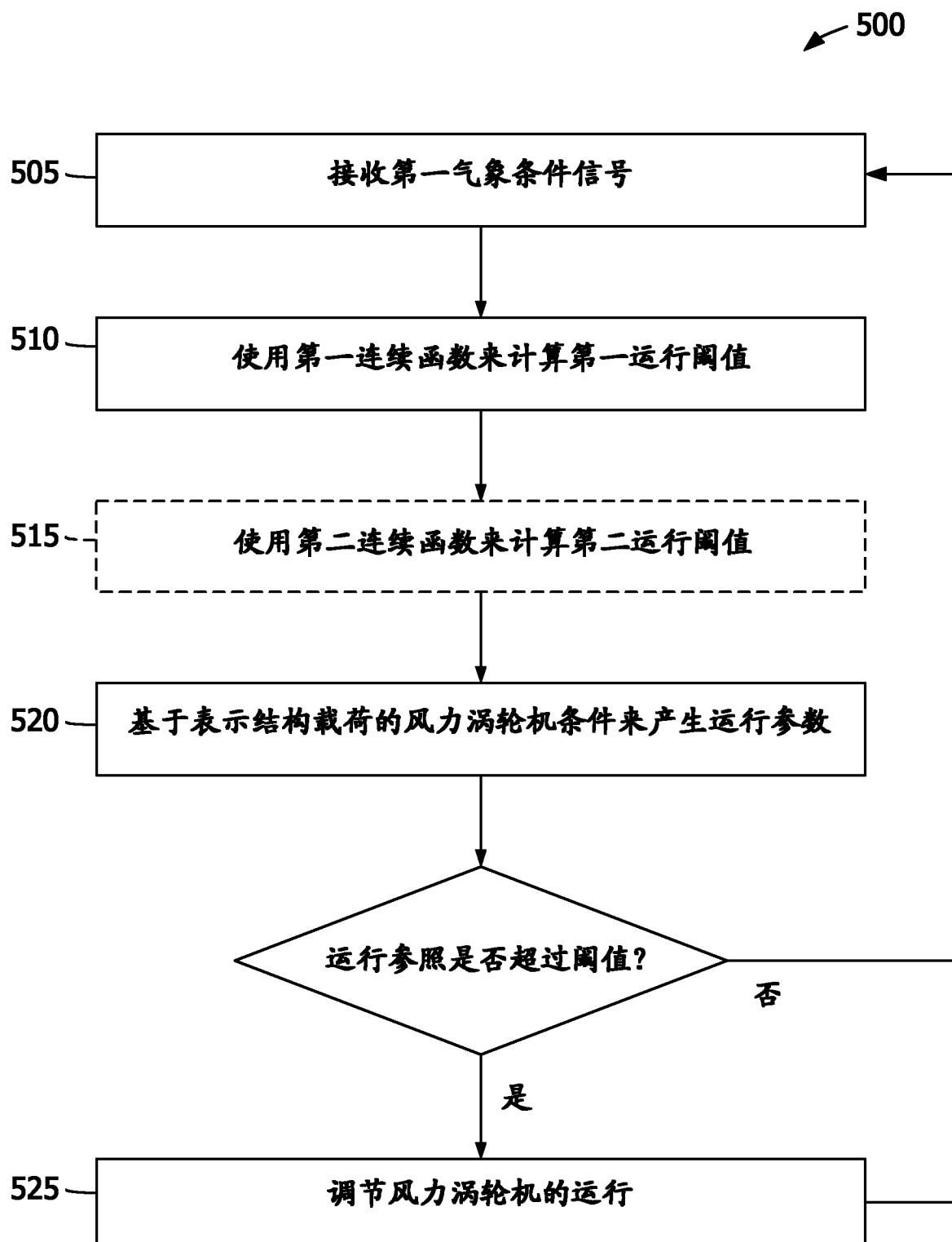


图 5