



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102536657 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 25

(21) 申请号 201110461575. X

(22) 申请日 2011. 12. 21

(30) 优先权数据

12/974, 525 2010. 12. 21 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 N·W·米勒

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 李强 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F03D 7/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1996745 A, 2007. 07. 11,

CN 101550945 A, 2009. 10. 07,

CN 101555871 A, 2009. 10. 14,

CN 101054951 A, 2007. 10. 17,

CN 101900080 A, 2010. 12. 01,

US 2007/0067067 A1, 2007. 03. 22,

CN 101603502 A, 2009. 12. 16,

CN 101793235 A, 2010. 08. 04,

CN 101440783 A, 2009. 05. 27,

CN 101710710 A, 2010. 05. 19,

审查员 朱旭辉

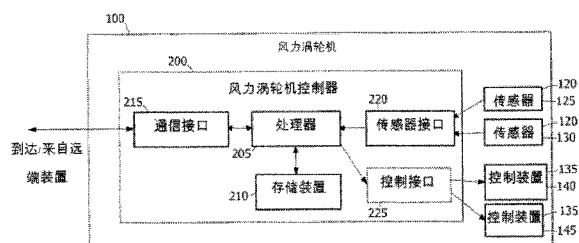
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

用于控制风力涡轮机功率输出的系统和方法

(57) 摘要

本发明提供了一种用于控制风力涡轮机功率输出的系统和方法。该方法包括：确定风力涡轮机的预测风速，确定当前的风力涡轮机功率输出，以及利用所预测的风速确定预测的风力涡轮机功率输出。该方法还包括比较当前的风力涡轮机功率输出与所预测的风力涡轮机功率输出，并根据当前的风力涡轮机功率输出与所预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节风力涡轮机的功率输出。



1. 一种用于通过风力涡轮机控制器控制风力涡轮机的功率输出的方法,所述方法包括:

确定所述风力涡轮机的预测的风速;

确定当前的风力涡轮机功率输出;

利用所述预测的风速确定预测的风力涡轮机功率输出;

比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出;以及

根据所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节所述风力涡轮机的功率输出。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,进一步包括限定目标功率输出范围。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的步骤包括确定所述预测的风力涡轮机功率输出是否在所限定的目标功率输出范围之外。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,进一步包括如果所述预测的功率输出在所限定的目标功率输出范围之外,则计算期望功率输出。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,进一步包括响应于所计算的期望功率输出来确定操作调节。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,调节所述风力涡轮机的功率输出的步骤包括利用存储在风力涡轮机的能量存储装置中的能量。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,调节所述风力涡轮机的功率输出的步骤包括向所述能量存储装置传送能量。

8. 一种用于控制风力涡轮机的功率输出的系统,所述系统包括:

多个风力涡轮机控制器,所述多个风力涡轮机控制器中的每一个风力涡轮机控制器都操作地连接至多个风力涡轮机中的相应的风力涡轮机;以及

一个地点控制器,所述地点控制器与所述多个风力涡轮机控制器通信连接,并被构造成:

确定所述风力涡轮机的预测的风速;

确定当前的风力涡轮机功率输出;

利用所述预测的风速确定预测的风力涡轮机功率输出;

比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出;以及

根据所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节所述风力涡轮机的功率输出。

9. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述地点控制器进一步被构造成限定目标功率输出范围。

10. 根据权利要求9所述的系统,其特征在于,所述地点控制器被构造成:

比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出,以进一步用于确定所述预测的风力涡轮机功率输出是否在所限定的目标功率输出范围之外;以及

如果所述预测的功率输出在所限定的目标功率输出范围之外,则计算期望功率输出。

11. 根据权利要求9所述的系统,其特征在于,所述地点控制器进一步被构造成比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出,以进一步用于确定预测

的风力涡轮机功率输出变动率是否在所限定的目标功率输出范围之外。

12. 根据权利要求 11 所述的系统,其特征在于,被构造成比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的所述地点控制器进一步被构造成响应于所述计算的期望功率输出而确定操作调节。

13. 根据权利要求 12 所述的系统,其特征在于,进一步包括能量存储装置,其中,被构造成根据所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节所述风力涡轮机的功率输出的所述地点控制器进一步被构造成利用存储在所述风力涡轮机的能量存储装置中的能量。

14. 根据权利要求 8 所述的系统,其特征在于,被构造成根据所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节所述风力涡轮机的功率输出的所述地点控制器进一步被构造成向所述能量存储装置传送能量。

用于控制风力涡轮机功率输出的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及风力涡轮机的运行,更具体地,本发明涉及调节一个或多个风力涡轮机的功率输出,以提供相对而言更加均匀的输出,从而改善系统频率和诸如预定功率互换的其他系统控制目标。

背景技术

[0002] 由于风速和风向的变化,风力发电会有很大的变化。该变化可能导致风力涡轮机和风力发电厂传送至电网的能量输出快速增加或下降,这会对电网产生不利影响。由于对电网的不利影响,可能发生各种不利的成本冲击,包括:风电场的操作人员可能因提供了多于或少于常规生产量的功率而受到罚款处分;电网操作人员可能需要运行更加昂贵的备用发电设备,或者可能因违反与邻近系统的预定功率互换而导致罚金。因此,需要一种当连接至电网时保持相对更稳定的功率输出的风力发电系统。

发明内容

[0003] 在一方面,本发明提供了一种用于通过风力涡轮机控制器控制风力涡轮机的功率输出的方法。该方法包括:确定风力涡轮机的预测风速,确定当前的风力涡轮机功率输出,以及利用所预测的风速确定预测的风力涡轮机功率输出。该方法还包括比较当前的风力涡轮机功率输出与所预测的风力涡轮机功率输出,并根据当前的风力涡轮机功率输出与所预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节风力涡轮机的功率输出。

[0004] 所述方法进一步包括限定目标功率输出范围,比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的步骤包括确定所述预测的风力涡轮机功率输出是否在所限定的目标功率输出范围之外。如果所述预测的功率输出在所限定的目标功率输出范围之外,则计算期望功率输出,并进一步包括响应于所计算的期望功率输出来确定操作调节。调节所述风力涡轮机的功率输出的步骤包括利用存储在风力涡轮机的能量存储装置中的能量,及向所述能量存储装置传送能量。

[0005] 在另一方面,本发明提供了一种用于操作多个风力涡轮机以控制风力涡轮机的功率输出的系统。该系统包括:多个风力涡轮机控制器,所述多个风力涡轮机控制器中的每一个风力涡轮机控制器都操作地连接至多个风力涡轮机中的相应的风力涡轮机;以及地点控制器,所述地点控制器与所述多个风力涡轮机控制器通信连接,并被构造成:确定所述风力涡轮机的预测的风速;确定当前的风力涡轮机功率输出;利用所述预测的风速确定预测的风力涡轮机功率输出;比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出;以及根据所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节所述风力涡轮机的功率输出。

[0006] 所述地点控制器进一步被构造成限定目标功率输出范围,并被构造成:比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出,以进一步用于确定所述预测的风力涡轮机功率输出是否在所限定的目标功率输出范围之外;以及如果所述预测的功

率输出在所限定的目标功率输出范围之外,则计算期望功率输出。所述地点控制器进一步被构造成比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出,以进一步用于确定预测的风力涡轮机功率输出变动率是否在所限定的目标功率输出范围之外。

[0007] 被构造成比较所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的所述地点控制器进一步被构造成响应于所述计算的期望功率输出而确定操作调节。所述系统进一步包括能量存储装置,其中,被构造成根据所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节所述风力涡轮机的功率输出的所述地点控制器进一步被构造成利用存储在所述风力涡轮机的能量存储装置中的能量。被构造成根据所述当前的风力涡轮机功率输出与所述预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节所述风力涡轮机的功率输出的所述地点控制器进一步被构造成向所述能量存储装置传送能量。

[0008] 在另一方面,本发明提供了一种用于控制风力涡轮机的功率输出的装置。该装置包括:存储装置,其构造成存储目标功率输出范围;处理器,处理器连接至存储装置,并被编程为:确定风力涡轮机的预测风速、确定当前的风力涡轮机功率输出、利用所预测的风速确定预测的风力涡轮机功率输出、以及比较当前的风力涡轮机功率输出与所预测的风力涡轮机功率输出;以及通信接口,其连接至处理器,并构造成根据当前的风力涡轮机功率输出与多个风力涡轮机控制器中的至少第一风力涡轮机控制器的所预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节风力涡轮机的功率输出。

[0009] 在又一个方面,本发明提供了一个或多个具有计算机可执行指令的计算机可读存储介质。该一个或多个计算机可读存储介质上包括有计算机可执行的指令,其中,当由至少一个处理器执行时,该计算机可执行指令使得处理器确定风力涡轮机的预测风速、确定当前的风力涡轮机功率输出、以及利用所预测的风速确定预测的风力涡轮机功率输出。该一个或多个计算机可读存储介质还包括计算机可执行指令,其可使处理器比较当前的风力涡轮机功率输出与所预测的风力涡轮机功率输出,并根据当前的风力涡轮机功率输出与所预测的风力涡轮机功率输出的比较来调节风力涡轮机的功率输出。

[0010] 所述计算机可执行指令使得所述处理器限定目标功率输出范围,并使得所述处理器确定所述预测的风力涡轮机功率输出是否在所限定的目标功率输出范围之外。如果所述预测的功率输出在所限定的目标功率输出范围之外,则所述计算机可执行指令使得所述处理器计算期望的功率输出。所述计算机可执行指令使得所述处理器响应于所计算的期望功率输出来确定操作调节。所述计算机可执行指令使得所述处理器利用存储在风力涡轮机的能量存储装置中的能量。

附图说明

[0011] 图 1 是示例性风力涡轮机的透视图;

[0012] 图 2 是示出用于与图 1 所示的风力涡轮机一起使用的示例性风力涡轮机控制器的方框示意图;

[0013] 图 3 是示出示例性计算装置的方块示意图;

[0014] 图 4 是示出用于操作如图 1 所示的风力涡轮机的一个或多个风力涡轮机的示例性系统的方块示意图;

[0015] 图 5 是用于利用图 4 所示的系统操作一个或多个风力涡轮机的示例性方法的流程

图；

[0016] 图 6 是示出使用图 5 所示的方法的风力涡轮机 100 的功率输出与时间之间的关系
的示例性图表；以及

[0017] 图 7 是示出使用图 5 所示的方法的风力涡轮机 100 的功率输出与时间之间的关系
的示例性图表。

[0018] 附图标记列表：

[0019]

100	风力涡轮机
102	机舱
104	塔架
106	转子
108	转子叶片
110	旋转毂
120	传感器
125	第一传感器
130	第二传感器

[0020]

135	第一控制装置
140	第一控制装置
145	第二控制装置
200	风力涡轮机控制器
205	处理器
210	存储装置
215	通信接口
220	传感器接口
225	风力涡轮机控制接口
300	计算装置

305	处理器
310	存储装置
315	显示装置
320	用户
325	输入装置
330	通信接口
400	系统
405	网络
410	风力涡轮机地点
415	地点控制器
420	风速传感器
425	第一地理位置
430	第二地理位置
435	第一风力涡轮机
440	第二风力涡轮机
445	第三风力涡轮机
500	方法

[0021]

505	确定预测的风速
510	确定当前的功率输出
515	预测的风速保持功率输出处于目标内？
520	计算期望的输出级别
525	确定操作调节
530	调节功率输出

535	使用所存储的能量
540	保持当前的运行条件
602	实线
604	虚线
606	部分
620	点
622	点
624	点
626	点
630	点
632	点
634	点

具体实施方式

[0022] 本说明书所公开的实施例通过响应于气候条件维持相对稳定的功率输出,来便于在现场运行一台或多台风力涡轮机。功率输出可根据风力涡轮机的特性(如风力涡轮机的尺寸,叶片的几何形状,和/或叶片表面粗糙度)和/或运行条件(如风速和/或风向)通过直接测量和/或通过计算风速来确定。当功率输出级别偏离目标功率输出级别时,可向连接至风力涡轮机的一个或多个风力涡轮控制器传送操作调节。

[0023] 目标功率输出级别可包括,但不局限于,由规章(如由自治区或其他政府实体制定的)、功率系统操作人员发出的命令、合同义务或基于财产的义务、或者风力涡轮机场的操作人员的优先选择限定的功率输出级别。

[0024] 在一些实施例中,响应于将与低于目标功率输出级别的预测功率输出级别对应的预测风速,来计算操作调节以逐渐减少功率输出,从而避免大的功率输出变化。在其他实施例中,响应于将与处于或者高于目标功率输出级别的预测功率输出级别对应的预测风速,来计算操作调节以使功率输出逐渐增加,从而避免功率输出的不可接受的快速增长。在其他实施例中,响应于将与预测的功率输出级别(该功率输出级别将对应于处于或高于目标功率输出阈值的变动率(rate-of-change))对应的预测风速,来计算操作调节以使功率输出逐渐变化,从而避免功率输出变动率的不可接受的快速变化。

[0025] 本说明书结合地理位置描述了一些实施例。如本说明书所使用的术语“地理位置”指二维或三维空间中的点。例如,地理位置在二维空间中可表示为宽度和长度,或者在三维

空间中可表示为宽度、长度、以及高度。

[0026] 图 1 是示例性风力涡轮机 100 的立体图。该风力涡轮机 100 包括容置发电机（图 1 中未示出）的机舱 102。机舱 102 安装在塔架 104（图 1 只示出了塔架 104 的一部分）上。塔架 104 可具有便于如本说明书所公开的风力涡轮机 100 的运行的任何适当的高度。在一个示例性实施例中，风力涡轮机 100 还包括转子 106，转子 106 包括三个连接至旋转毂 110 的转子叶片 108。或者，风力涡轮机 100 可包括能够使如本说明书所公开的风力涡轮机 100 运行的任意数量的转子叶片 108。在示例性实施例中，风力涡轮机 100 包括齿轮箱（未图示）和能量存储装置（未图示），齿轮箱可转动地连接至转子 106 和发电机，能量存储装置包括，但不限于电容器、电池、飞轮以及转子 106。在一个实施例中，能量存储装置被构造成允许通过使用诸如但不局限于飞轮和转子 106 的装置而获得风力涡轮机 100 固有的惯性。

[0027] 在一些实施例中，风力涡轮机 100 包括一个或多个传感器 120 和 / 或控制装置 135（在图 2 中示出）。传感器 120 感测或检测风力涡轮机的运行条件。例如，传感器 120 可包括风速传感器和 / 或方向传感器（如风速计）、周围空气温度传感器、气体密度传感器、大气压力传感器、湿度传感器、功率输出传感器、叶片桨距传感器、涡轮机速度传感器、传动比传感器、和 / 或适于与风力涡轮机 100 一起使用的任何传感器。每个传感器 120 根据其功能进行定位。例如，风速计可设置在机舱 102 的外表面上，以使风速计暴露于风力涡轮机 100 周围的空气。每个传感器 120 产生并发送对应于所检测的运行条件的一个或多个信号。例如，风速计发送表示风速和 / 或风向的信号。在示例性实施例中，传感器 120 为光检测和测距（激光雷达，LIDAR）系统传感器，并被构造成预测风速。而且，每个传感器 120 可以连续地、周期性地发送信号，或者例如仅发送一次信号，不过也可在想到其他信号定时。此外，每个传感器 120 可以发送模拟形式或者数字形式的信号。在一个实施例中，使用用于气象数据的预报来代替传感器 120。

[0028] 控制装置 135 被构造成控制风力涡轮机 100 的运行，并可包括但不限于制动器、继电器、马达、线圈和 / 或伺服机构。控制装置 135 可调节风力涡轮机 100 的物理构造，例如，转子叶片 108 的角度或桨距，和 / 或机舱 102 或转子 106 相对于塔架 104 的定向。

[0029] 图 2 是示出与风力涡轮机 100 一起使用的示例性风力涡轮机控制器 200 的方框图。风力涡轮机控制器 200 包括处理器 205 和存储装置 210，处理器 205 用于执行指令，存储装置 210 被构造成存储数据，诸如计算机可执行指令和操作参数。风力涡轮机控制器 200 还包括通信接口 215。通信接口 215 被构造成以信号通信的方式与一个或多个远程装置连接，该远程装置是例如另一个风力涡轮机控制器 200 和 / 或计算装置（在图 3 中示出）。

[0030] 在一些实施例中，风力涡轮机控制器 200 包括一个或多个传感器接口 220。传感器接口 220 被构造成可通信地连接至一个或多个传感器 120，如第一传感器 125 和第二传感器 130，并且可被构造成接收来自每个传感器 120 的一个或多个信号。传感器接口 220 便于监测和 / 或运行风力涡轮机 100。例如，风力涡轮机控制器 200 可根据传感器 120 提供的信号监测风力涡轮机 100 的运行条件（例如，风速、风向、转子速度和 / 或功率输出）。在一个实施例中，风力涡轮机控制器 200 被构造成根据一个或多个风力涡轮机特性（例如，风力涡轮机尺寸和 / 或转子叶片的几何形状）、一个或多个运行参数（例如，风速、风向、转子叶片尖端速度，或者转子叶片桨距角）和 / 或风力涡轮机 100 的运行状态（例如，操作失灵、被缩减，或者正常）计算相应的风力涡轮机 100 产生的功率输出。

[0031] 在示例性实施例中,处理器 205 执行一个或多个监测软件应用和 / 或控制软件应用。软件应用可产生一个或多个表示运行条件的操作参数,并且存储装置 210 可被构造成存储这些操作参数。例如,操作参数的历史记录可存储在存储装置 210 中。

[0032] 在一些实施例中,风力涡轮机控制器 200 还包括控制接口 225,控制接口 225 被构造成可通信地连接至一个或多个控制装置 135,如第一控制装置 140 和第二控制装置 145。在一个实施例中,风力涡轮机控制接口 225 被构造成操作 / 运行包括制动器的控制装置 135,以防止转子 106(在图 1 中示出)转动。此外,或者替代地,风力涡轮机控制接口 225 可操作包括叶片桨距伺服机构的控制装置 135,以将一个或多个转子叶片 108(在图 1 中示出)调节至期望的和 / 或预定的桨距。在一个替代实施例中,电源和转矩由控制装置 135 操作。制动器、叶片桨距伺服机构以及电源可由同一控制装置 135、或者第一控制装置 135 和第二控制装置 135 操作。在示例性实施例中,风力涡轮机控制器 200 被构造成操作控制装置 135 以实现期望的功率输出。

[0033] 图 3 是示出示例性计算装置 300 的方框图。计算装置 300 包括用于执行指令的处理器 305。在一些实施例中,可执行指令都存储在存储装置 310 中。存储装置 310 为允许存储和取回信息(如可执行指令和 / 或其他数据)的任意装置。

[0034] 在一些实施例中,计算装置 300 包括用于向用户 320 显示信息的至少一个显示装置 315。显示装置 315 为能够向用户 320 传送信息的任意部件。显示装置 315 可包括,但不限于,显示器装置(例如,液晶显示器(LCD)、有机发光二极管(OLED)显示器,或者“电子墨水”显示器)和 / 或音频输出装置(例如,扬声器或耳机)。在一些实施例中,显示装置 315 包括输出适配器,如视频适配器和 / 或音频适配器。输出适配器操作地连接至处理器 305 并被构造成操作地连接至诸如显示器装置或者音频输出装置的输出装置。

[0035] 在一些实施例中,计算装置 300 包括用于接收来自用户 320 的输入的输入装置 325。输入装置 325 可包括,例如,键盘、点击装置、鼠标、触控笔、触摸感应面板(例如,触摸垫或触摸屏)、陀螺仪、加速计、位置检测器和 / 或音频输入装置。诸如触摸屏的单个部件可作为输入装置 325 和显示装置 315 的输出装置。计算装置 300 还包括通信接口 330,通信接口 330 被构造成可通信地连接至一个或多个风力涡轮机控制器 200 和 / 或一个或多个其他计算装置 300。

[0036] 存储装置 310 中存储有,例如,计算机可读指令,用于确定和响应功率输出级别、通过显示装置 315 向用户 320 提供用户界面、和 / 或接收和处理来自输入装置 325 的输入(例如,目标功率输出级别)。此外,或者替代地,存储装置 310 可被构造成存储目标功率输出级别、测量到的功率输出级别、计算得到的功率输出级别、和 / 或适于与本说明书所公开的方法一起使用的任何其他数据。

[0037] 图 4 是示出用于操作一个或多个风力涡轮机 100 的示例性系统 400 的方框图。系统 400 包括网络 405。例如,网络 405 可包括但不限于因特网、局域网(LAN)、广域网(WAN)、无线 LAN(WLAN)、网状网络(mesh network)和 / 或虚拟专用网络(VPN)。

[0038] 在示例性实施例中,风力涡轮机地点 410 包括多个风力涡轮机 100,每个风力涡轮机 100 都包括风力涡轮机控制器 200。一个或多个计算装置 300(在图 3 中示出),如地点控制器 415,被构造成通过网络 405 以信号通信的方式与风力涡轮机控制器 200 连接。

[0039] 在示例性实施例中,地点控制器 415 设置在风力涡轮机地点 410 处。或者,地点控

制器 415 可设置在风力涡轮机地点 410 外部。例如,地点控制器 415 可以可通信地连接至多个风力涡轮机地点 410 处的风力涡轮机控制器 200。

[0040] 地点控制器 415 和风力涡轮机控制器 200 中的每一个都包括处理器(在图 2 和 3 中示出)。处理器可包括处理单元,例如,但不限于,集成电路(IC)、特定用途集成电路(ASIC)、微型计算机、可编程逻辑控制器(PLC)和/或任何其他可编程电路。处理器可包括多处理单元(例如,为多核/芯构造)。地点控制器 415 和风力涡轮机控制器 200 中的每一个都构造成通过给相应的处理器编程而执行本说明书所公开的操作。例如,可通过将操作编码为一个或多个可执行的指令,并在与该处理器连接的存储装置(也在图 2 和 3 中示出)中将这些可执行的指令提供至处理器来给处理器编程。存储装置可包括,但不限于,一个或多个随机存取存储器(RAM)装置、一个或多个存储装置和/或一个或多个计算机可读介质。

[0041] 在一些实施例中,一个或多个风速传感器 420 与地点控制器 415 通信连接。风速传感器 420 被构造成提供用于表示与一个地理位置相对应的风速的预测风速。在一个实施例中,一个或多个风力涡轮机 100 的传感器 120 包括风速传感器 420。风速传感器 420 可进一步被构造成提供与预测的风速测量相关的方向。例如,风速传感器 420 可提供在一个单个地理位置处与多个方向相关的风力级别测量。

[0042] 在示例性实施例中,系统 400 能够操作风力涡轮机 100 以保持相对平衡的系统功率输出。系统 400 可进一步操作风力涡轮机 100 以使地点 410 的功率输出最优化在目标功率输出级别的范围内。

[0043] 图 5 是用于利用系统 400(在图 4 中示出)操作一个或多个风力涡轮机 100(在图 1 中示出)的示例性方法 500 的流程图。方法 500 的全部或一部分可通过一个或多个计算装置 300(在图 3 中示出)来执行,例如,但不限于,风力涡轮机控制器 200 和/或地点控制器 415(在图 2 和 4 中示出)。在示例性实施例中,地点控制器 415 利用传感器 120 和/或风速传感器 420 确定 505 与风力涡轮机 100 相关的预测风速。该预测风速可预先在从 1 秒到 10 分钟的时帧(time frame)内确定 505。在该示例性实施例中,该预测风速至少预先一秒钟确定 505。

[0044] 在示例性实施例中,风力涡轮机 100 当前的功率输出由风力涡轮机控制器 200 和地点控制器 415 中的至少一个确定 510。在一个实施例中,风力涡轮机控制器 200 计算风力涡轮机 100 的功率输出级别,并将所计算的功率输出级别发送至地点控制器 415。在替代实施例中,风力涡轮机控制器 200 将风力涡轮机特性、操作参数和/或运行状态发送至地点控制器 415,地点控制器 415 计算风力涡轮机 100 产生的功率输出级别。

[0045] 不管是由风力涡轮机控制器 200 还是地点控制器 415 执行,确定 510 风力涡轮机 100 产生的当前功率输出级别的步骤以某些操作参数提供了与相应地理位置相关的当前的功率输出级别。

[0046] 此外,或者替代地,风速传感器 420 可提供表示与地理位置以及可选地与多个方向相关的风速级别的风速级别测量。在一些实施例中,风速传感器 420 包括在一个或多个风力涡轮机 100 的传感器 120 中。地点控制器 415 根据所计算的和/或所测量的风速确定 510 一个或多个地理位置处当前的功率输出。当使用所测量的风速时,也可确定 510 当前的功率输出。

[0047] 在示例性实施例中,地点控制器 415 使用所确定的 505 预测风速,确定 515 所预测的风速是否允许风力涡轮机 100 产生目标功率输出范围内的功率。在一个实施例中,目标功率输出范围表示为风力涡轮机额定值 (rating) 的 0 至 100% 范围内的特定功率级别,其规定所要求的精确度的死区 (deadband) 要求在涡轮机额定值的 0 至 100% 的范围内。或者,目标功率输出范围可以是能够使公开内容如本说明书所公开的内容那样起作用的任意范围。在替代实施例中,地点控制器 415 确定 515 预测的风速是否允许风力涡轮机 100 产生阈值 (threshold) 范围内的功率输出。该阈值可以绝对项 (例如,2KW、3KW 或 5KW) 或相对项 (例如,3%、5% 或 10%) 进行限定。

[0048] 在替代实施例中,地点控制器 415 确定 515 预测的风速是否会使风力涡轮机 100 产生阈值之外的功率输出变动率 (rate-of-change)。在一个实施例中,阈值可以绝对项 (例如,2MW/min、-2MW/Min、-5MW/Min) 或相对项 (例如,+3% /min、-4% /min、-5% /10 分钟) 来限定。

[0049] 如果预测的风速不允许风力涡轮机 100 产生目标功率输出范围或阈值范围内的功率,则地点控制器 415 计算 520 一个或多个风力涡轮机 100 的期望功率输出级别。所计算 520 的期望输出级别为可由所确定 505 的预测风速支持的功率输出级别。

[0050] 基于所计算 520 的与风力涡轮机 100 相关的期望功率输出级别,地点控制器 415 确定 525 一个操作调节。在一个实施例中,确定 525 一个操作调节的步骤包括将与风力涡轮机 100 相关的期望最大功率输出级别发送至相应的风力涡轮机控制器 200。在这样的实施例中,风力涡轮机控制器 200 被构造成调节风力涡轮机 100 的操作参数以实现期望的功率输出。在替代实施例中,地点控制器 415 被构造成确定风力涡轮机 100 的一个或多个操作参数 (例如,转子叶片桨距角、最大转子叶片速度以及 / 或最大转矩),并向风力涡轮机控制器 200 发送一个包括所确定的操作参数的操作调节。

[0051] 可将操作调节确定 525 成,当应用该操作调节时,与预测风速相对应的预测功率输出与目标功率输出级别之间的差距 / 区别减小。在一个实施例中,当与预测风速相对应的预测功率输出将低于目标功率输出级别或阈值时,确定 525 一个操作调节,以减少功率输出,从而防止功率的严重损失。在替代实施例中,当预测风速将使风力涡轮机 100 产生高于目标功率输出范围或阈值的预测功率输出时,可确定 525 一个操作调节以减少功率输出,从而将功率输出保持在目标功率输出范围或阈值之内。在另一可替代实施例中,如果当前的功率输出低于目标功率输出范围或阈值,并且预测功率输出将产生一个处于目标功率输出范围或阈值之内的预测功率输出,则可将操作调节确定 525 为增加功率输出。

[0052] 在示例性实施例中,当确定 525 减少风力涡轮机 100 的功率输出时,地点控制器 415 将功率输出逐渐减少 530 至所计算 520 的期望输出级别。在替代实施例中,如果确定 525 增加功率输出,则地点控制器 415 将功率输出逐渐增加 530 至所计算 520 的期望输出级别。在示例性实施例中,为防止功率输出级别急剧变化,如果在功率输出逐渐增加 / 减少过程中的任何时候,当前的风力不能维持功率输出的这种逐渐增加 / 减少,则地点控制器 415 利用 535 存储在能量储存装置 (未图示) 中的能量。当完成该逐渐的调节 530 时,风力涡轮机 100 保持 540 在当前的运行条件。

[0053] 图 6 和图 7 是示出使用图 5 所示的方法的风力涡轮机 100 的功率输出与时间之间的关系示例性图表。实线 602 表示因风速变化而产生的功率输出。虚线 604 表示因实施

所确定 525 的操作调节而产生的功率输出逐渐调节 530。实线 602 的部分 606 表示所确定 510 的当前功率输出,实线 602 的部分 608 表示所计算 520 的风力涡轮机 100 的期望输出级别。

[0054] 在一个实施例中,如图 6 所示,如果地点控制器 415 响应于低的预测功率输出而确定 525 减少功率输出,则在点 620 处开始操作调节,以将功率输出逐渐减少 530 至所计算 520 的期望输出级别。功率输出逐渐地减少 530,直至功率输出低于所计算 520 的期望输出级别,如点 608。从点 622 至点 624,功率输出高于仅由当前风力所能够产生的功率输出。当功率输出到达点 622(在该点处,当前的风力无法维持功率输出)时,地点控制器 415 利用存储在能量存储装置中的能量,直至当前的风力能够维持该功率输出,如点 624。

[0055] 在点 624 处,功率输出下降至低于所计算 520 的期望输出级别直至点 626。从点 624 直至点 626,风力涡轮机 100 将在点 622 至 624 之间所使用的等量的能量返回至能量存储装置。在点 626 处,功率输出保持与所计算 520 的期望输出级别一致,并且风力涡轮机 100 保持 540 处于当前的运行条件。

[0056] 在替代实施例中,如图 7 所示,如果地点控制器 415 响应于高的预测功率输出而确定 525 增加功率输出,则在点 630 处开始操作调节,以将功率输出逐渐增加 530 至所计算 520 的期望功率输出级别。功率输出逐渐地增加 530 到所计算 520 的期望输出级别。从点 630 至点 632,功率输出高于仅由当前风力所能够产生的功率输出。当在点 630(在该点处,当前的风力无法维持该功率输出)处开始功率输出的逐渐增加 530 时,地点控制器 415 利用存储在能量存储装置中的能量,直至当前的风力能够维持该功率输出,如点 632。

[0057] 从点 632 开始,功率输出继续朝着所计算 520 的期望输出级别逐渐地增加。在一个实施例中,当功率输出能够保持所计算 520 的期望输出级别时,在点 634 处,地点控制器 415 保持功率输出低于所计算 520 的期望输出级别,并将能量返回至能量存储装置,直至点 630 至 632 之间所使用的等量的能量返回至能量存储装置。然后,在当前的运行条件下,功率输出保持 540 处于所计算 520 的期望输出级别。

[0058] 方法 500 可重复(例如,连续地、周期性地,或者根据需要)实施,以便能够对地点 410 中的风力涡轮机 100 的运行进行连续的调节。例如,当风向变化时,第二地理位置 430 处的功率输出级别可能增加,而第一地理位置 425 处的功率输出级别降低。因此,可确定 525 并发送操作调节,以确保不超过第二地理位置 430 处的目标功率输出范围或阈值。

[0059] 类似地,如果风力涡轮机(如第一风力涡轮机 435)无法维护或维修,或者因任何原因以降低的运行级别运行,则功率输出级别降低,地点控制器 415 可自动增加与第二风力涡轮机 440 和第三风力涡轮机 445 相关的期望最大功率输出级别,以便增加第二风力涡轮机 440 和第三风力涡轮机 445 的功率输出。当再次启动第一风力涡轮机 435 时,第一风力涡轮机 435 产生的功率输出反映在总的功率输出级别中,并且地点控制器 415 可下调第二风力涡轮机 440 和第三风力涡轮机 445 的期望最大功率输出级别,以确保符合目标功率输出范围或阈值。

[0060] 本说明书所提供的实施例便于根据与目标功率输出范围或阈值相关的一个或多个地理位置处的功率输出级别自动且连续地调节风力涡轮机的运行。如本说明书所公开的调节风力涡轮机的运行使风力涡轮机地点的操作人员在面对易变的计量条件时,能够提供相对稳定的功率输出和/或相对低的功率输出变率。

[0061] 本说明书所公开的方法可编码为包含在计算机可读存储介质中的可执行指令,该计算机可读存储介质包括但不限于计算装置的存储装置。当这些指令由处理器执行时,其使得处理器执行本说明书所公开的方法的至少一部分。

[0062] 上面详细公开了风力涡轮机控制系统的示例性实施例,该系统、装置、风力涡轮机、以及所包括的组件均不限于本说明书所公开的具体实施例,相反,每个部件都可以独立地且与本说明书所公开的其它部分分开地使用。

[0063] 本说明书利用多个实例以公开本发明(包括最佳方式),并且还使本领域的技术人员能够实施本发明,包括制造和使用任何装置或系统、以及实施所包含的任何方法。本发明的专利范围由各权利要求限定,并且可包括本领域技术人员能想到的其他实例。如果这种其它实例具有与各权利要求的字面语言相同的结构构件,或者如果他们包括与各权利要求的字面语言不存在实质差别的等同结构构件,则这种其他实例旨在包含在各权利要求的范围内。

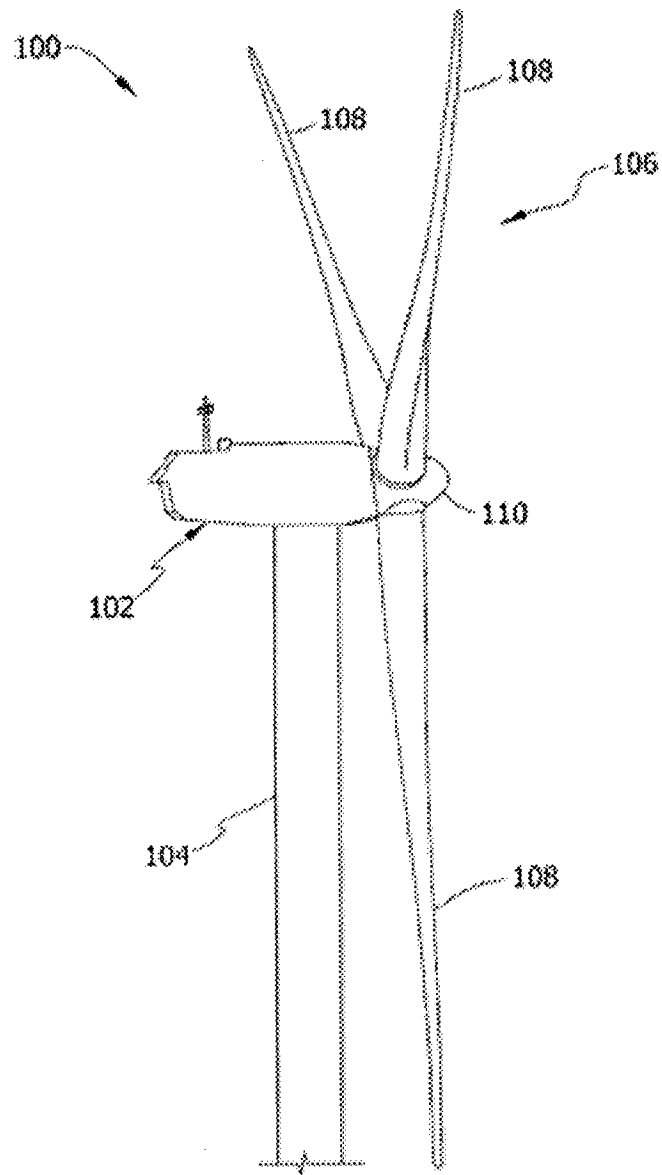


图 1

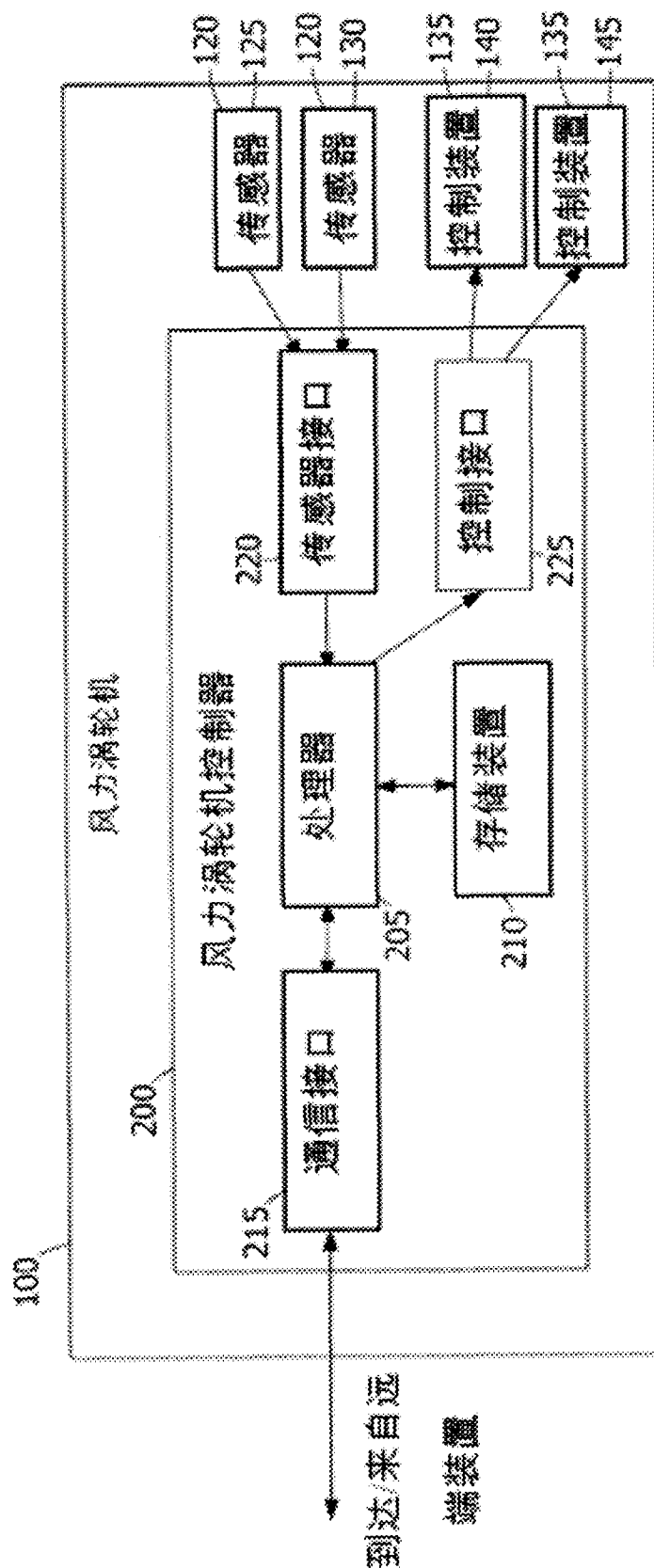


图 2

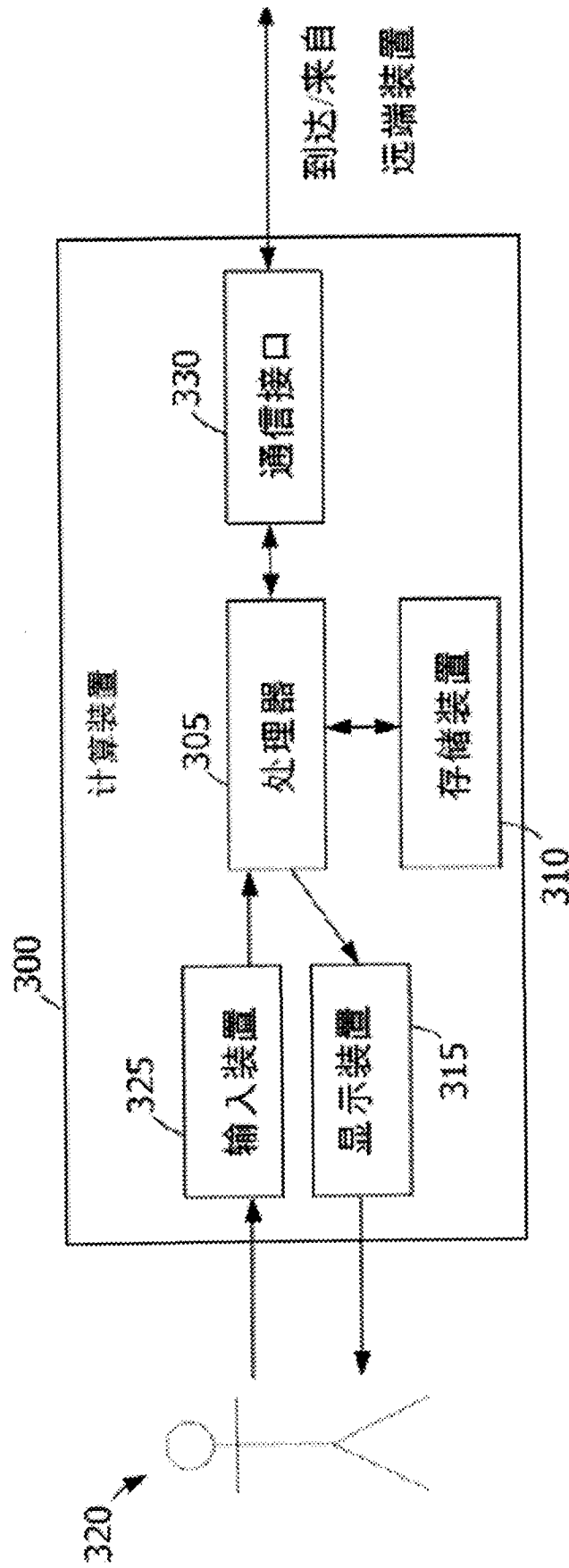


图 3

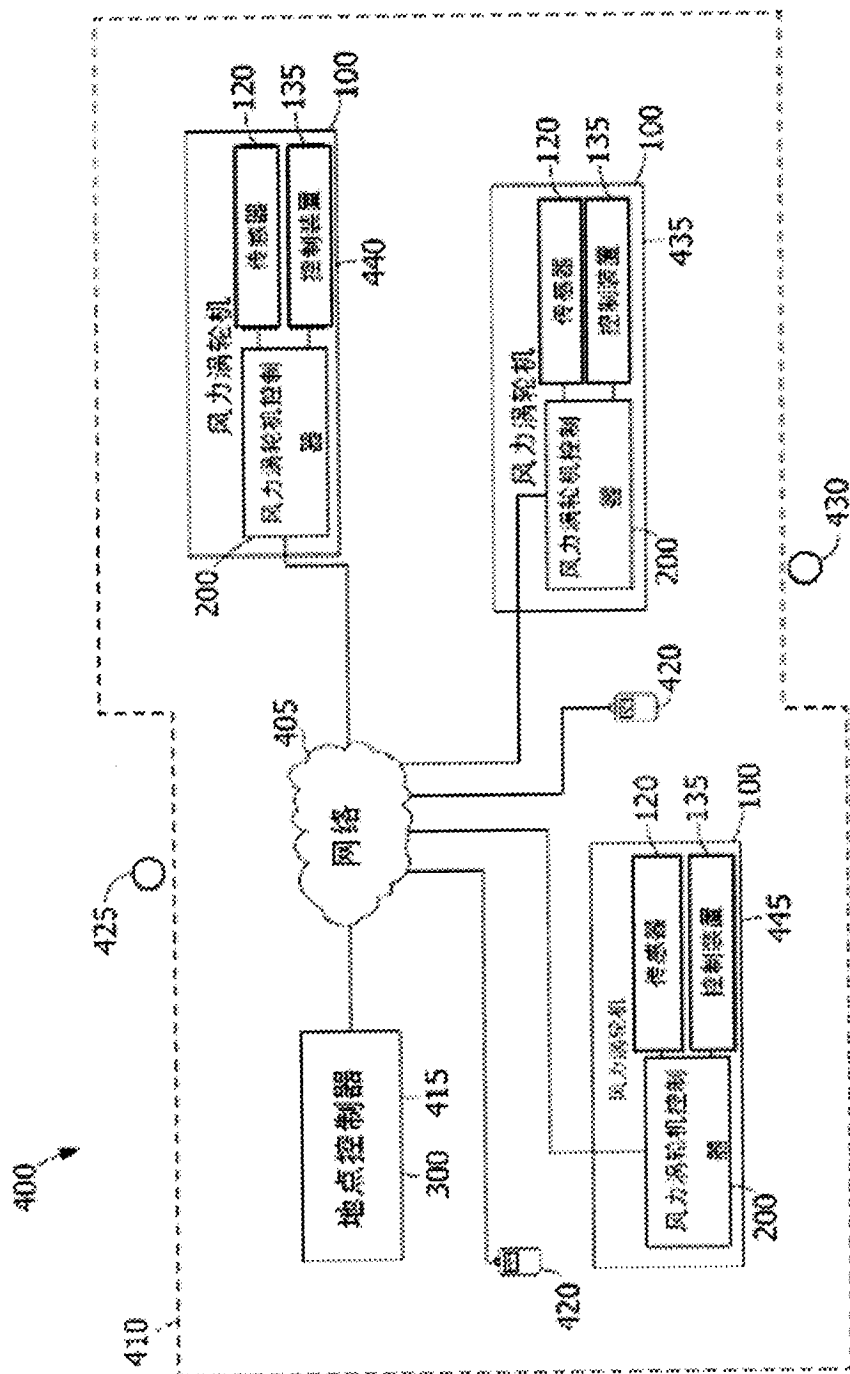


图 4

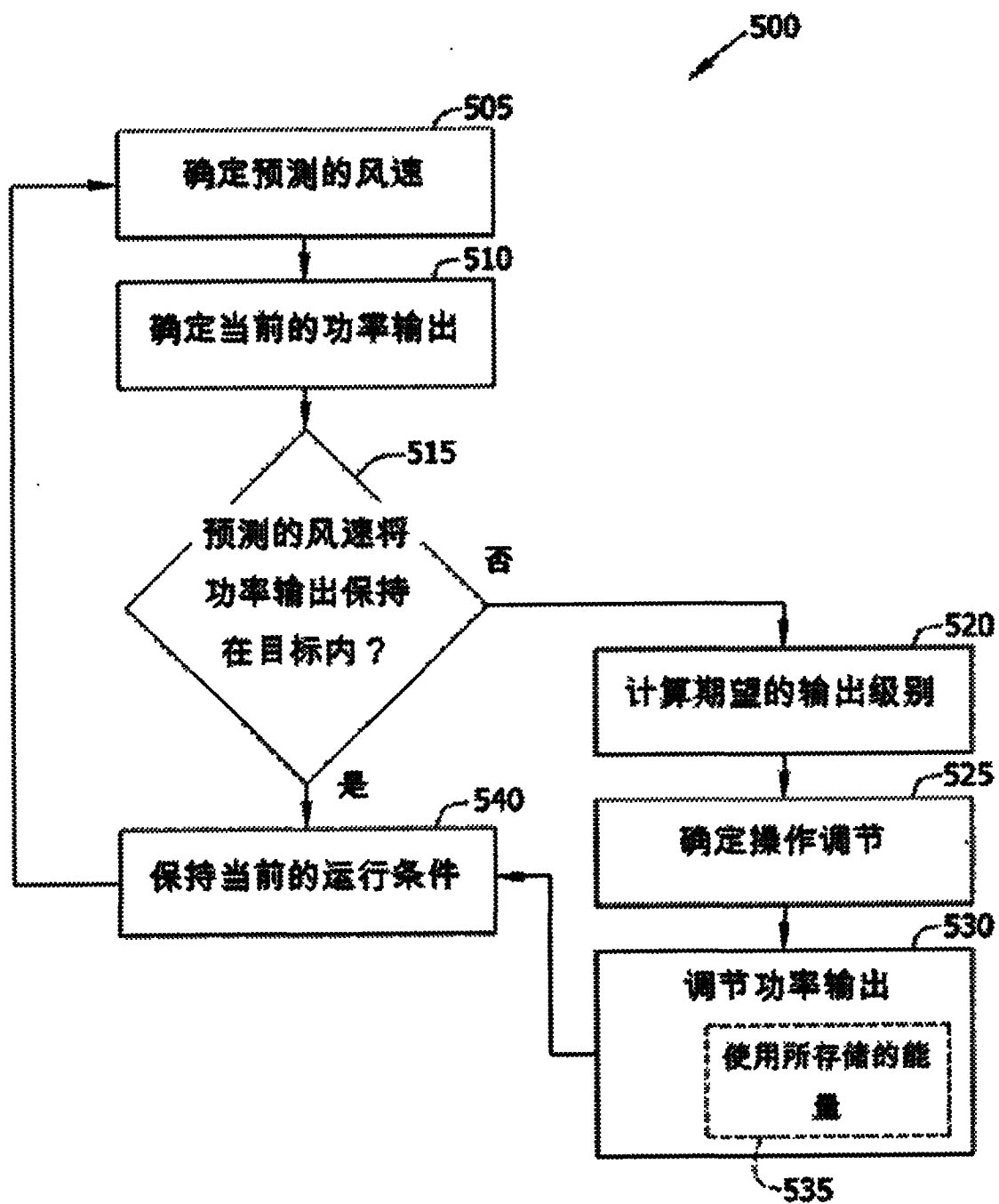


图 5

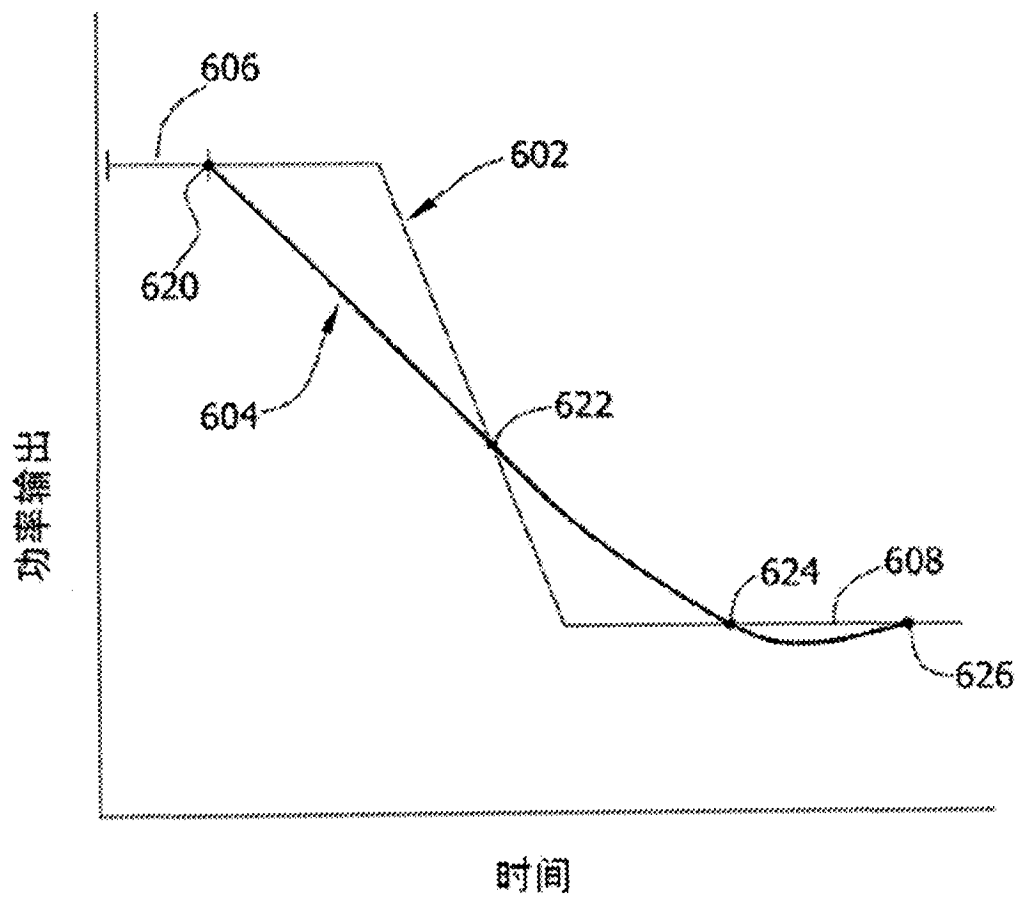


图 6

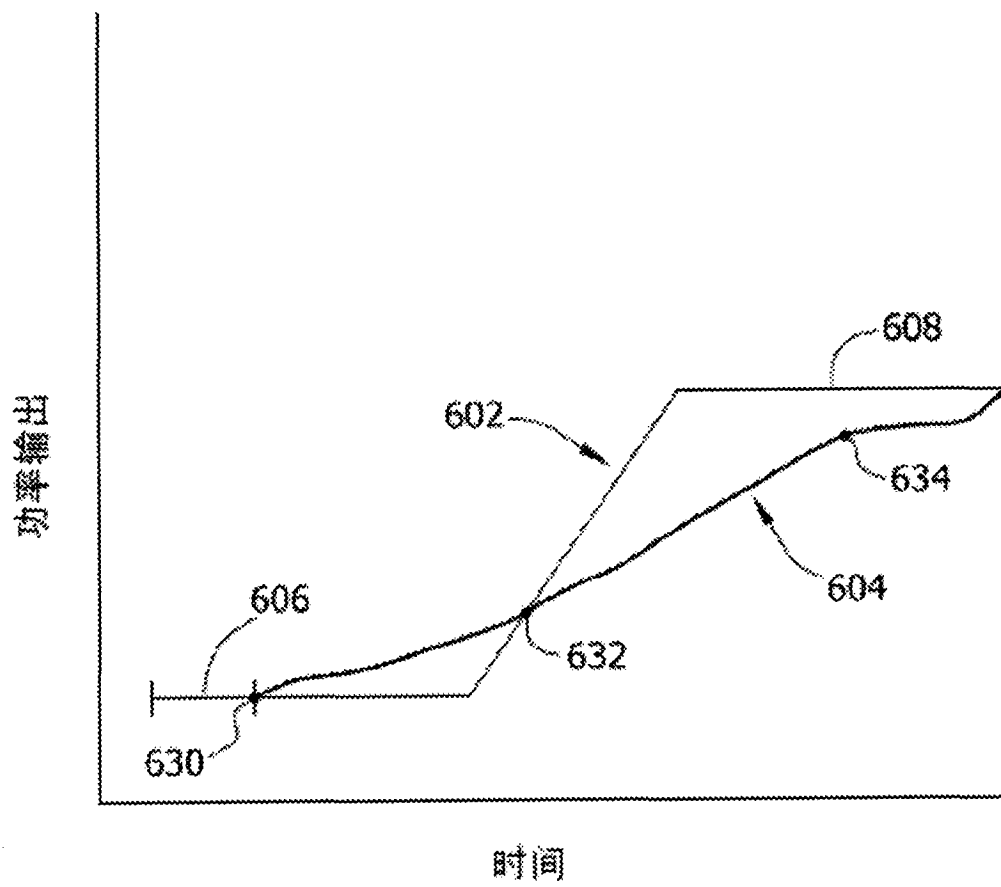


图 7