



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104061123 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 24

(21) 申请号 201410104008. 2

(22) 申请日 2014. 03. 19

(30) 优先权数据

13/847084 2013. 03. 19 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 S. S. 蒂鲁马莱 M. A. 约翰逊

M. M. K. 西瓦南塔姆 G. N. 罗恩

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 肖日松 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F03D 7/04(2006. 01)

F03D 9/00(2006. 01)

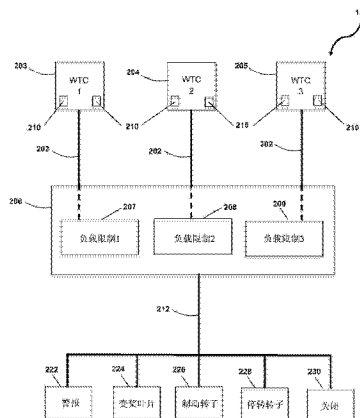
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

用于风力发电机负荷控制的系统和方法

(57) 摘要

本发明公开一种用于风力发电机负荷控制的系统和方法。所述方法包括:选择用于负荷监控的多个风力发电机部件;为每个所选部件定义载荷包络线并且将所述载荷包络线存储在控制器内,所述载荷包络线定义对应部件的最大可接受载荷包能力,所述最大可接受载荷包能力可以等于或接近所述部件的设计能力;直接或间接监控所选部件上的载荷包并且产生对应的载荷包信号,所述载荷包信号传输到所述控制器;使用所述控制器,确定作用于每个所选部件上的载荷包是否在所述部件的对应载荷包包络线内;以及所述控制器在任一所选部件上的载荷包超出所述部件的载荷包包络线时启动校正操作。



1. 一种风力发电机载荷控制方法,所述方法包括:
选择用于载荷监控的多个风力发电机部件;
为每个所选部件定义载荷包络线并且将所述载荷包络线存储在控制器中,所述载荷包络线根据对应部件的设计能力定义所述部件的最大可接受载荷能力;
直接或间接监控所选部件上的载荷并且产生对应的载荷信号,所述载荷信号传输到所述控制器;
使用所述控制器确定作用于每个所选部件上的所述载荷是否在所述部件的对应载荷包络线内;以及
所述控制器在任一所选部件上的所述载荷超出所述部件的载荷包络线时启动校正操作。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所选部件包括以下项的任意组合:叶片、变桨轴承或驱动器、轮毂、主轴、齿轮箱、底座、发电机机架、偏航轴承或驱动器、塔架或塔基。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述控制器启动的所述校正操作包括减小对应部件上的载荷。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述校正操作针对对应部件定制,以适当地减小载荷。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述校正操作包括以下项中的任意组合:报警、叶片变桨、制动所述转子、停转所述转子或者关闭所述风力发电机。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述载荷包络线被设计为等于或接近所述部件的设计载荷能力,但是低于可能导致所述部件发生灾难性故障的载荷。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述载荷包络线根据所述部件沿X轴、Y轴或Z轴中的任一轴或组合的设计屈服限制进行定义,并且允许沿X轴、Y轴或Z轴中的一个或多个轴发生一定程度的屈服。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述载荷包络线根据以下项中的任一项或组合进行定义:沿X轴、Y轴或Z轴中的任一轴的应力、应变或变形。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述控制器根据接收到的所述载荷信号计算所述应力、应变或变形。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中所述载荷包络线作为单独的对应模块存储在所述控制器内,其中所述模块中的任一模块可以替换或修改。
11. 根据权利要求1所述的方法,其中所述载荷包络线根据部件运行时间进行调整。
12. 一种风力发电机,包括:
塔筒;
机舱,所述机舱安装在所述塔架顶部;
转子,所述转子具有可旋转的轮毂以及至少一片转子叶片,用于通过轴、齿轮箱和发电机将风能转换成电能;
控制系统,所述控制系统配置用于所述风力发电机的载荷控制,所述控制系统进一步包括:
多个传感器,所述传感器设置为直接或间接测量作用于选择进行载荷监控的多个风力发电机部件上的载荷,并且产生对应的载荷信号;

控制器,所述控制器与所述多个传感器通信,所述控制器中存储有为每个所选风力发电机部件定义的载荷包络线,所述载荷包络线根据对应部件的设计能力定义所述部件的最大可接受载荷能力,而不增加载荷安全余量;

基于接收到的载荷信号,所述控制器配置用于确定作用于所选风力发电机部件上的所述载荷是否在所述部件的载荷包络线内;以及

所述控制器进一步配置用于在作用于一个所选部件上的所述载荷超出所述部件的载荷包络线时启动校正操作。

13. 根据权利要求 12 所述的风力发电机,其中所选风力发电机部件包括以下项的任意组合:叶片、变桨轴承或驱动器、轮毂、主轴、齿轮箱、底座、发电机机架、偏航轴承或驱动器、塔架或塔基。

14. 根据权利要求 12 所述的风力发电机,其中所述控制器启动的所述校正操作包括减小对应部件上的载荷。

15. 根据权利要求 14 所述的方法,其中所述校正操作是针对对应部件定制的,以适当地减小载荷。

16. 根据权利要求 15 所述的风力发电机,其中所述校正操作包括以下项中的任意组合:报警、叶片变桨、制动所述转子、停转所述转子或者关闭所述风力发电机。

17. 根据权利要求 12 所述的风力发电机,其中所述载荷包络线被设计为等于或接近所述部件的设计载荷能力,但是低于可能导致对应风力发电机部件发生灾难性故障的载荷。

18. 根据权利要求 17 所述的风力发电机,其中所述载荷包络线根据对应风力发电机部件沿 X 轴、Y 轴或 Z 轴中的任一轴或组合的设计屈服限制进行定义,并且允许沿 X 轴、Y 轴或 Z 轴中的一个或多个轴发生一定程度的部件屈服。

19. 根据权利要求 18 所述的风力发电机,其中所述载荷包络线根据以下项中的任一项或组合进行定义:沿 X 轴、Y 轴或 Z 轴中的任一轴的应力、应变或变形,并且所述控制器根据接收到的所述载荷信号计算所述应力、应变或变形。

20. 根据权利要求 12 所述的风力发电机,其中所述载荷包络线作为单独的对应模块存储在所述控制器内,其中所述模块中的任一模块可以替换或修改。

用于风力发电机载荷控制的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及风力发电机,确切地说,涉及一种实现风力发电机的实时载荷控制以提高风力发电机的整体能力和性能的系统和方法。

背景技术

[0002] 风能被视作目前可用的最清洁且最环保的能源,为此风力发电机越来越受关注。现代风力发电机通常包括塔架、机舱、转子、发电机和齿轮箱。所述转子通常包括可旋转的轮毂以及一片或多片转子叶片。所述转子叶片使用已知的翼型原理捕获风中的动能并且以旋转能形式传输所述动能,以便转动将转子叶片连接到齿轮箱的轴,或者如果未使用齿轮箱,转动直接连接到发电机的轴。发电机随后将机械能转换成电能,所述电能可以部署到电网上。

[0003] 风力发电机及其部件必须设计成能够经受运行期间产生的各种载荷。对于风力发电机而言,术语“部件”或“多个部件”定义为任意风力发电机功能部件,包括,但不限于,塔架、机舱、转子、发电机、轮毂、轴、转子叶片、变桨轴承或驱动器、偏航轴承或驱动器、发电机机架、底座、塔基或者可能承受载荷的任何风力发电机部分。

[0004] 风力发电机部件通常基于各种模拟进行设计,这些模拟表示可能在风力发电机寿命中出现的多种事件,包括,但不限于,风速、阵风、湍流强度或者导致载荷作用于风力发电机或其部件上的其他任何事件。这些事件可能随风场的不同而异;因此,各风力发电机部件的设计载荷中通常考虑到了安全因素,以确保在极端事件或者无规载荷状态期间的灾难性故障最少。但是,此类安全因素通常提供了过多设计余量,从而导致各个风力发电机部件被过度设计。在风力发电机寿命的任意指定时间内,部件均不以其设计限值运行,因此尚有额外的部件设计余量剩余,致使部件在其寿命中的性能位于其最大载荷能力以下。

[0005] 许多现代风力发电机使用实时或不对称载荷控制(ALC)系统来控制并强化风力发电机部件的运行。例如,实时和/或 ALC 系统使用近程式传感器或应变计(或者它们的组合)来持续监控轮毂中心载荷,并且通过叶片变桨将这些轮毂中心载荷维持在设定点限制内。但是,这些 ALC 载荷并不与各部件的限制设计载荷直接关联。所述设定点载荷包络线通常被选定为涵盖上述安全载荷因素,以缓和不可预见事件的影响。通过传统的 ALC 载荷控制方法和系统,风力发电机发电机的使用不足。

[0006] 因此,所属领域中需要改进风力发电机载荷控制系统和方法,通过提高各个风力发电机部件的固有能力的提高风力发电机寿命中的整体性能和输出。

发明内容

[0007] 本发明的方面和优点在以下说明中部分描述,或者可以从说明书中显而易见,或者可以通过实践本发明而了解。

[0008] 在一个实施例中,本发明公开了一种风力发电机载荷控制方法。所述方法包括:选择用于载荷监控的多个风力发电机部件;为每个所选部件定义载荷包络线并且将所述载荷

包络线存储在控制器内,所述载荷包络线根据所述部件的设计能力而定义对应部件的最大可接收载荷能力;直接或间接监控所选部件的载荷并且产生对应载荷信号,所述载荷信号传输到所述控制器;使用所述控制器确定作用于每个所选部件上的载荷是否在部件的对应载荷包络线内;以及所述控制器在任一所选部件上的载荷超出部件的载荷包络线时启动校正操作。

[0009] 在进一步实施例中,所选部件可以包括以下项的任一项或者组合:转子叶片、变桨轴承或驱动器、轮毂、主轴、齿轮箱、底座、发电机机架、偏航轴承或驱动器、塔架、塔基或者类似部件。在另一个实施例中,所述控制器可以基于收到的载荷信号计算应力、应变或变形。在其他进一步实施例中,所述控制器启动的校正操作可以包括减小对应部件上的载荷。例如,所述校正操作可以包括以下项中的一个或任意组合:报警、叶片变桨、制动转子、停转转子、关闭风力发电机或者类似操作。

[0010] 在其他进一步实施例中,所述载荷包络线可以设计为等于或接近部件的载荷能力,但是低于可能导致部件发生灾难性故障的载荷。此外,所述载荷包络线可以根据部件沿 X 轴、Y 轴或 Z 轴中的任一轴或组合的设计屈服限制进行定义。因此,所述载荷包络线可以允许沿 X 轴、Y 轴或 Z 轴中的一个或多个轴发生一定程度的屈服。此外,所述载荷包络线可以根据沿 X 轴、Y 轴或 Z 轴中的任一轴或者其组合的应力、应变或变形而定义。

[0011] 在其他实施例中,所述载荷包络线可以存储为控制器内的各个不同模块,其中任一所述模块可以进行替换或修改。此外,所述载荷包络线可以根据部件运行时间进行调整。

[0012] 本发明的其他进一步方面包括一种风力发电机,所述风力发电机包括:塔筒;机舱,所述机舱安装在所述塔架顶部;转子,所述转子具有可旋转的轮毂以及至少一片转子叶片,用于通过轴、齿轮箱和发电机将风能转换成电能;控制系统,所述控制系统配置用于所述风力发电机的载荷控制,所述控制系统进一步包括:多个传感器,所述传感器设置为直接或间接测量作用于选择进行载荷监控的多个风力发电机部件上的载荷,并且产生对应的载荷信号;控制器,所述控制器与所述多个传感器通信,所述控制器中存储有为每个所选风力发电机部件定义的载荷包络线,所述载荷包络线根据对应部件的设计能力定义所述部件的最大可接受载荷能力,而不增加载荷安全余量;基于接收到的载荷信号,所述控制器配置用于确定作用于所选风力发电机部件上的所述载荷是否在所述部件的载荷包络线内;以及所述控制器进一步配置用于在作用于一个所选部件上的所述载荷超出所述部件的载荷包络线时启动校正操作。

[0013] 参考以下说明和附图可以更好地理解本发明的这些和其他特征、方面和优点。附图包括在本说明书中并构成其一部分,示出本发明的各实施例,并与说明书一起解释本发明的原理。

附图说明

[0014] 本说明书参考附图,针对所属领域的普通技术人员,完整且可实现地公开了本发明,包括其最佳模式,在附图中:

[0015] 图 1 是根据本发明的风力发电机的一个实施例的透视图;

[0016] 图 2 是根据本发明的风力发电机的机舱和塔架的一个实施例的透视图;

[0017] 图 3 示出了根据本发明的风力发电机的载荷控制系统的示意图;

[0018] 图 4 示出了根据本发明的载荷包络线的一个实施例 ; 以及

[0019] 图 5 示出了根据本发明的风力发电机的载荷控制方法的一个实施例。

具体实施方式

[0020] 现在将详细参考本发明的实施例, 这些实施例的一个或多个实例在附图中图示。每个实例均以解释本发明而非限制本发明的方式提供。事实上, 所属领域的技术人员容易了解, 在不脱离本发明的范围或精神的前提下, 可以对本发明做出不同修改和变化。例如, 作为一个实施例的一部分说明或描述的特征可用于其他实施例中, 从而得到另一个实施例。因此, 本发明应涵盖随附权利要求书及其等效物的范围内的此类修改和变化。

[0021] 参阅附图, 图 1 是根据本发明的风力发电机 10 的一个实施例的透视图。如图所示, 风力发电机 10 包括 : 塔架 12, 所述塔架从支撑表面 14 延伸 ; 机舱 16, 所述机舱安装在塔架 12 上 ; 以及转子 18, 所述转子连接到机舱 16。转子 18 包括可旋转的轮毂 20 以及至少一片转子叶片 22, 所述转子叶片连接到轮毂 20 并从其向外延伸, 以通过轴、齿轮箱和发电机 (如图 2 所示) 将风能转换成电能。例如, 在图示的实施例中, 转子 18 包括三片转子叶片 22。但是, 在替代实施例中, 转子 18 可以包括三片以上或以下的转子叶片 22。每片转子叶片 22 可以围绕轮毂 20 隔开, 以促使转子 18 旋转, 从而将转自风中的动能转换成可用的机械能, 随后转换成电能。例如, 轮毂 20 可以以可旋转方式连接到机舱 16, 所述机舱中装有发电机 (未图示), 以便产生电能。

[0022] 现在参阅图 2, 其中示出了机舱 106 的示意图, 所述机舱配置在示例性风力发电机 100 的塔架 102 的顶部。在特定实施例中, 机舱 106 可以包括底座 112 和盖 114。此外, 转子 108 可以连接到机舱 106 并且可以包括轮毂 110 和多片转子叶片 22 (图 1)。多片转子叶片 22 通常通过变桨轴承 168 连接到轮毂 110。此外, 转子 108 可以通过转子轴 134 (有时称为主轴或低速轴)、齿轮箱 136、高速轴 138 和联轴器 140 以可旋转方式连接到发电机 132, 所述发电机置于机舱 106 内。转子轴 134 的旋转以可旋转方式驱动齿轮箱 136, 所述齿轮箱随后驱动高速轴 138。高速轴 138 通过联轴器 140 以可旋转方式驱动发电机 132, 并且高速轴 138 的旋转有助于发电机 132 发电。齿轮箱 136 和发电机 132 可以分别由支架 142 和 144 支撑。此外, 机舱 106 可以分别包括主支撑轴承 152 和 154, 即前后支撑轴承。

[0023] 根据本发明的各方面, 机舱 106 可以包括控制系统 150, 所述控制系统配置成对风力发电机 10 进行载荷控制。控制系统 150 可以包括多个传感器, 所述传感器设置为直接或间接测量作用于选择进行风力发电机监控的多个风力发电机部件上的载荷。例如, 如图 2 所示, 多个传感器 156 可以位于所选风力发电机部件 (例如, 转子轴 134 和 / 或塔架 102) 上, 从而测量作用于对应部件上的载荷。但是, 所选风力发电机部件并不限于图示的部件, 并且可以包括叶片、变桨轴承或驱动器、轮毂、主轴、齿轮箱、底座、发电机机架、偏航轴承或驱动器、塔架、塔基或者这些部件的任意组合。在优选实施例中, 控制系统 150 配置成接收多个传感器产生的载荷信号, 如下更详细地描述。

[0024] 现在参阅图 3, 其中示出了根据本发明的控制系统 150 的优选实施例。如上所述, 控制系统 150 可以包括多个传感器 210, 所述传感器设置为直接或间接测量作用于选择进行载荷监控的多个风力发电机部件 203、204、205 上的载荷。此外, 传感器 210 配置成产生对应的载荷信号 202。控制系统 150 可以进一步包括控制器 206, 所述控制器与传感器 210

通信,从而接收对应的载荷信号 202。基于这些载荷信号,控制器 206 可以计算所选风力发电机部件的应力、应变或变形。控制器 206 可以包括供多个载荷包络线公用的一个控制器、各个控制器被分配给单个载荷包络线的多个并行控制器、或者用于执行本说明书中所述的所需功能的任意合适控制器组合。

[0025] 应了解,系统 150 并不限于传感器 210 的任意特定类型或配置。所属领域中已知并使用多种载荷传感器,并且可以将这些载荷传感器与本发明的系统和方法结合使用。此类传感器的实例包括加速度计、近程式传感器、压力传感器、应变计或者它们的组合。

[0026] 在优选实施例中,控制器 206 包括作为电子文件或记录存储在其中的至少一个载荷包络线,所述载荷包络线针对单个风力发电机部件定义。例如,在图示实施例中,控制器 206 包括三个载荷包络线 207、208、209,这三个载荷包络线各自对应于所选风力发电机部件 203、204、205。载荷包络线 207、208、209 定义了对应风力发电机部件 203、204、205 的最大可接受载荷能力,所述最大可接受载荷能力随部件的设计载荷能力而变。例如,此最大可接受载荷能力可以等于或接近部件的设计能力,而不增加载荷安全余量。

[0027] 在一个特定实施例中,部件的设计能力可以由沿 X、Y 和 Z 方向的三维载荷包络线定义。此外,所述载荷包络线可以使用有限元分析、传递函数或者所属领域中已知的任意类似建模方法来建模。因此,所述载荷包络线可以计算受监控部件上的应力、应变、张力、压缩或变形。例如,如图 4 所示,其中示出了风力发电机部件的载荷包络线 300 的一个实例。载荷包络线 300 大体呈椭圆形,并且图示在 X-Y 平面内。因此,图示的载荷包络线 300 表示实时三维载荷包络线中的一部分,所述实时三维载荷包络线沿 X、Y 和 Z 方向定义了部件的设计载荷能力。

[0028] 通过包括此类载荷包络线,与其安全因素设计不同,风力发电机能够以等于或接近其最大设计能力的状态运行而不触发部件故障,从而增加发电量。在优选实施例中,载荷包络线利用部件的增加设计余量,而不触发灾难性故障。此外,可以在优选实施例中使用实时或 ALC 监控,从而持续监控作用于多个风力发电机部件上的载荷。此外,可以使用一个或多个应变计或传感器监控多个风力发电机部件。可以直接将此类测量值提供到载荷包络线。因此,控制系统 150 可以在必要时触发校正操作。此外,载荷包络线可以作为独立的对应模块(即,独立文件)存储在控制器 206 内,所述控制器实质上与其他部件模块断开或者在功能上与其他部件模块不相关,以便能够在必要情况下替换或修改任一模块,而不中断监控系统内的其他风力发电机部件的功能。

[0029] 在优选实施例中,本说明书中公开的系统和方法将实时监控与排除安全因素的载荷包络线相结合,以使控制系统能够推进风力发电机的运行能力,而不超出设计限制。例如,控制器 206 可以配置成持续接收载荷信号 202,并且确定作用于所选风力发电机部件 203、204、205 内的载荷是否在部件的对应载荷包络线 207、208、209 内。

[0030] 如果载荷超出部件的载荷包络线,控制器 206 可以启动校正操作 212。在特定实施例中,控制器 206 启动的校正操作 212 可以包括减小对应部件上的载荷。具体来说,校正操作 212 可以包括以下项中的一项或者任意组合:报警 222、叶片变桨 224、制动转子 226、停转转子 228、关闭风力发电机 230,或者减小作用于对应部件上的载荷的任意合适操作。此外,应了解,制动转子可以包括使用机械中断、更改轮毂的偏航位置或者类似操作。此外,所述校正操作可以根据对应部件定制,以适当地减小载荷。例如,在主轴上实现变形的校正操

作可能需要叶片变桨,而减小塔架上载荷所需的校正操作可能需要更改偏航位置。

[0031] 此外,载荷包络线被设计为低于可能导致对应风力发电机部件发生灾难性故障的载荷。因此,控制系统能够在部件上发生灾难性故障之前监控载荷并发送校正操作。所述载荷包络线还可以根据对应风力发电机部件沿 X 轴、Y 轴或 Z 轴中的任一轴或组合的设计屈服限制进行定义,并且可以允许部件沿 X 轴、Y 轴或 Z 轴中的一个或多个轴发生一定程度的屈服。此外,所述载荷包络线可以根据以下项中的任一项或组合进行定义:沿 X 轴、Y 轴或 Z 轴中的任一轴的应力、应变或变形。

[0032] 现在参阅图 5,其中示出了一种用于对风力发电机进行载荷控制的方法 400。方法 400 包括第一步骤(步骤 402),在此步骤中,选择用于载荷监控的多个风力发电机部件。在下一步骤(步骤 404)中,方法 400 包括为每个所选部件定义载荷包络线,并且将所述载荷包络线存储在控制器中,所述载荷包络线定义了对应部件的最大可接受载荷能力,例如,所述最大可接受载荷能力可以等于或者接近部件的设计能力。在另一步骤(步骤 406)中,方法 400 包括直接或间接监控所选部件上的载荷并且产生对应载荷信号,所述载荷信号传输到控制器。在下一步骤(步骤 408)上,方法 400 包括通过控制器确定作用于每个所选部件上的载荷是否在部件的对应载荷包络线内。在另一步骤(步骤 410)中,方法 400 包括在作用于任一所选部件上的载荷超出部件的载荷包络线时启动校正操作。此外,所述载荷包络线可以根据部件运行时间进行调整。

[0033] 本说明书中公开的系统和方法通过增加多个风力发电机部件的固有能力(由于每个风力发电机部件包括的设计安全因素)和实时监控来提高风力发电机寿命中的整体性能和输出。因此,可以提高现有风力发电机的能力,而不触发灾难性故障。

[0034] 本说明书使用各个实例来公开本发明,包括最佳模式,同时也让所属领域的任何技术人员能够实践本发明,包括制造并使用任何器件或系统,以及实施所涵盖的任何方法。本发明的保护范围由权利要求书界定,并可包含所属领域的技术人员想出的其他实例。如果其他此类实例的结构要素与权利要求书的字面意义相同,或如果此类实例包含的等效结构要素与权利要求书的字面意义无实质差别,则此类实例也应在权利要求书的范围内。

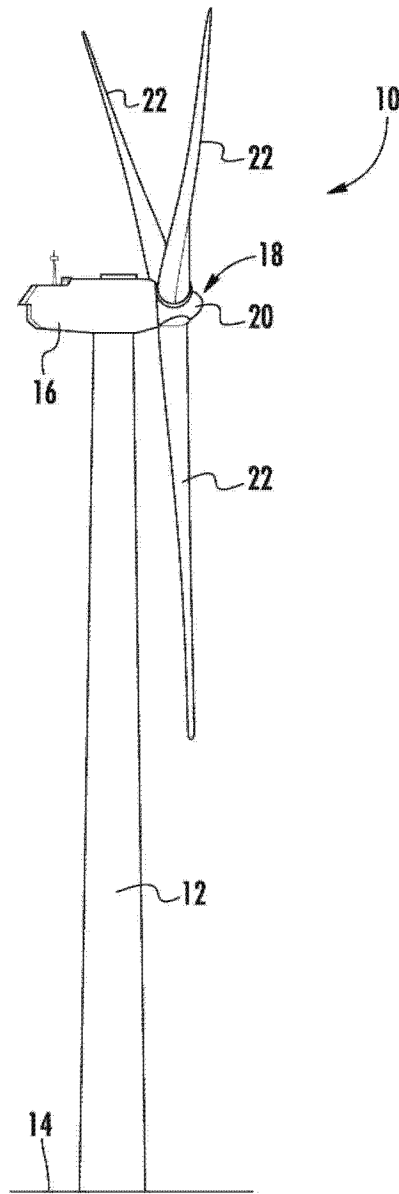


图 1

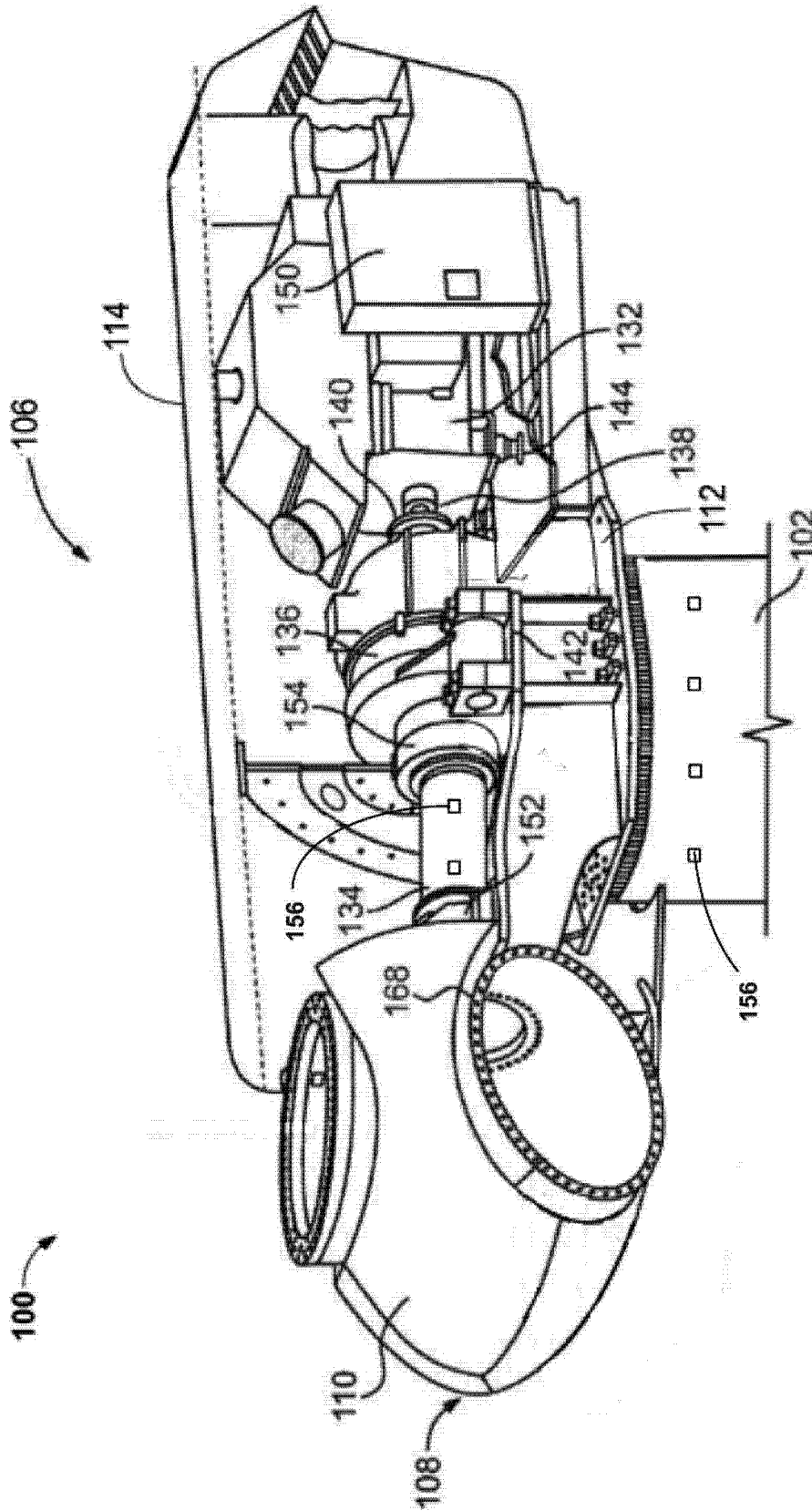


图 2

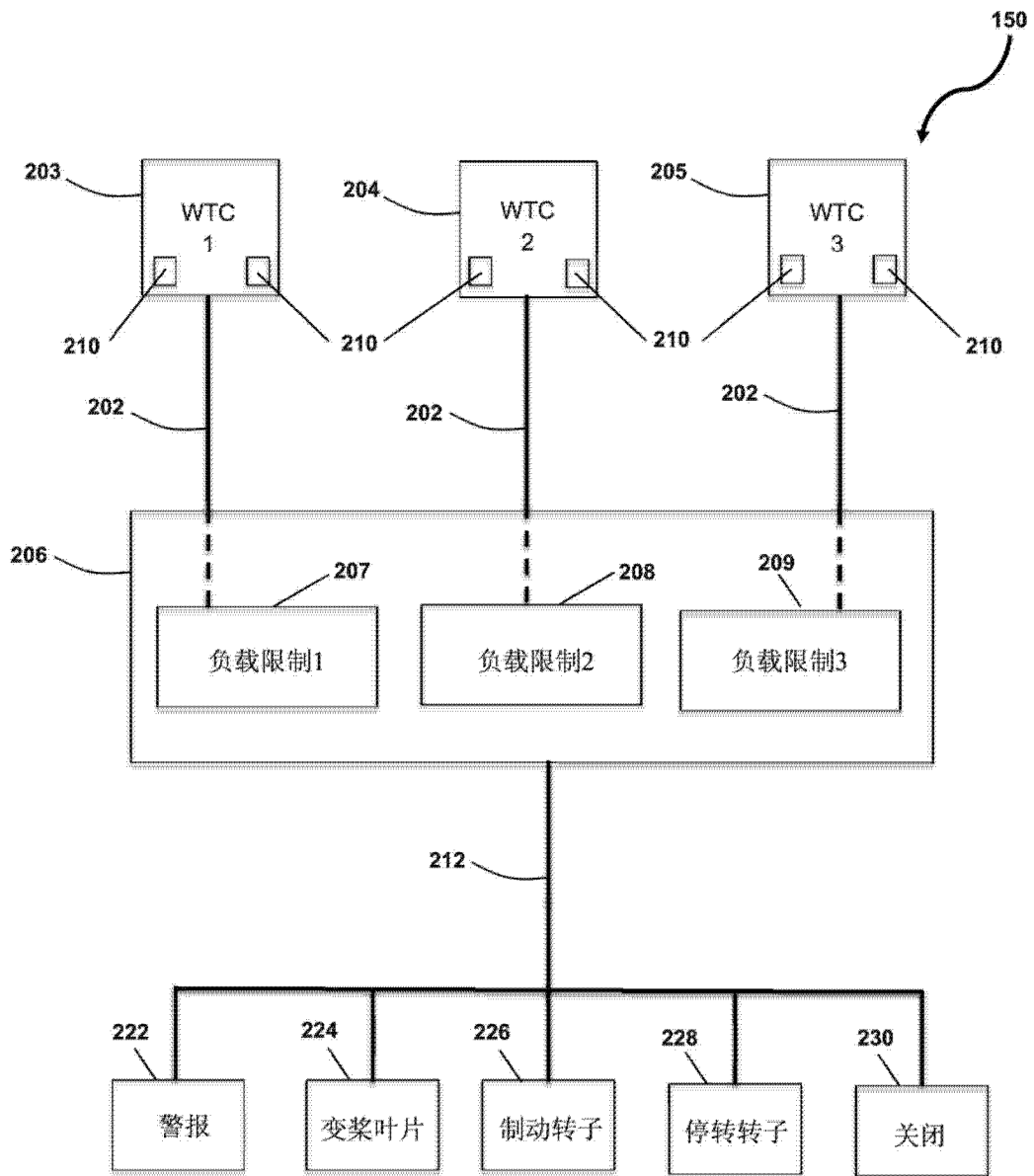


图 3

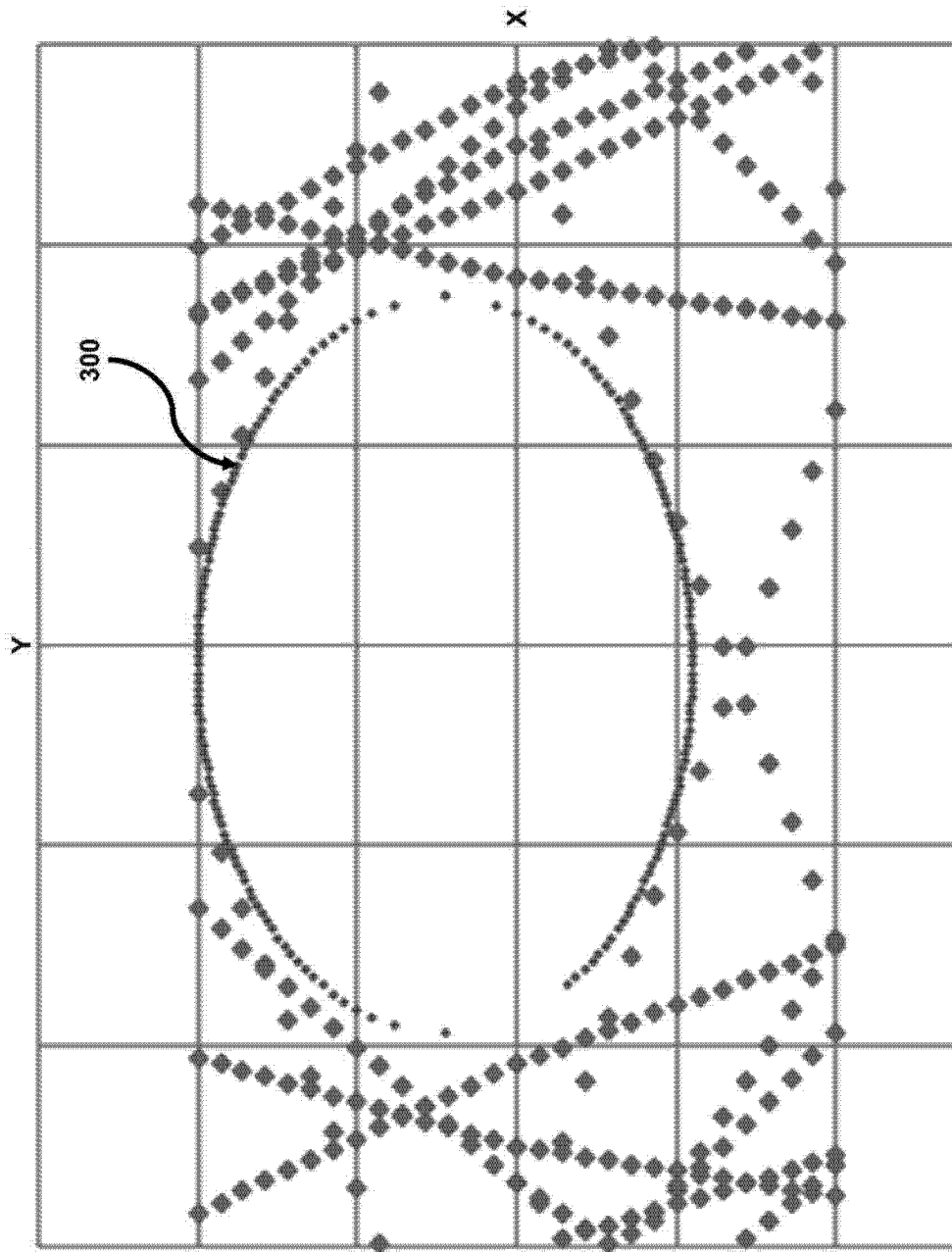


图 4

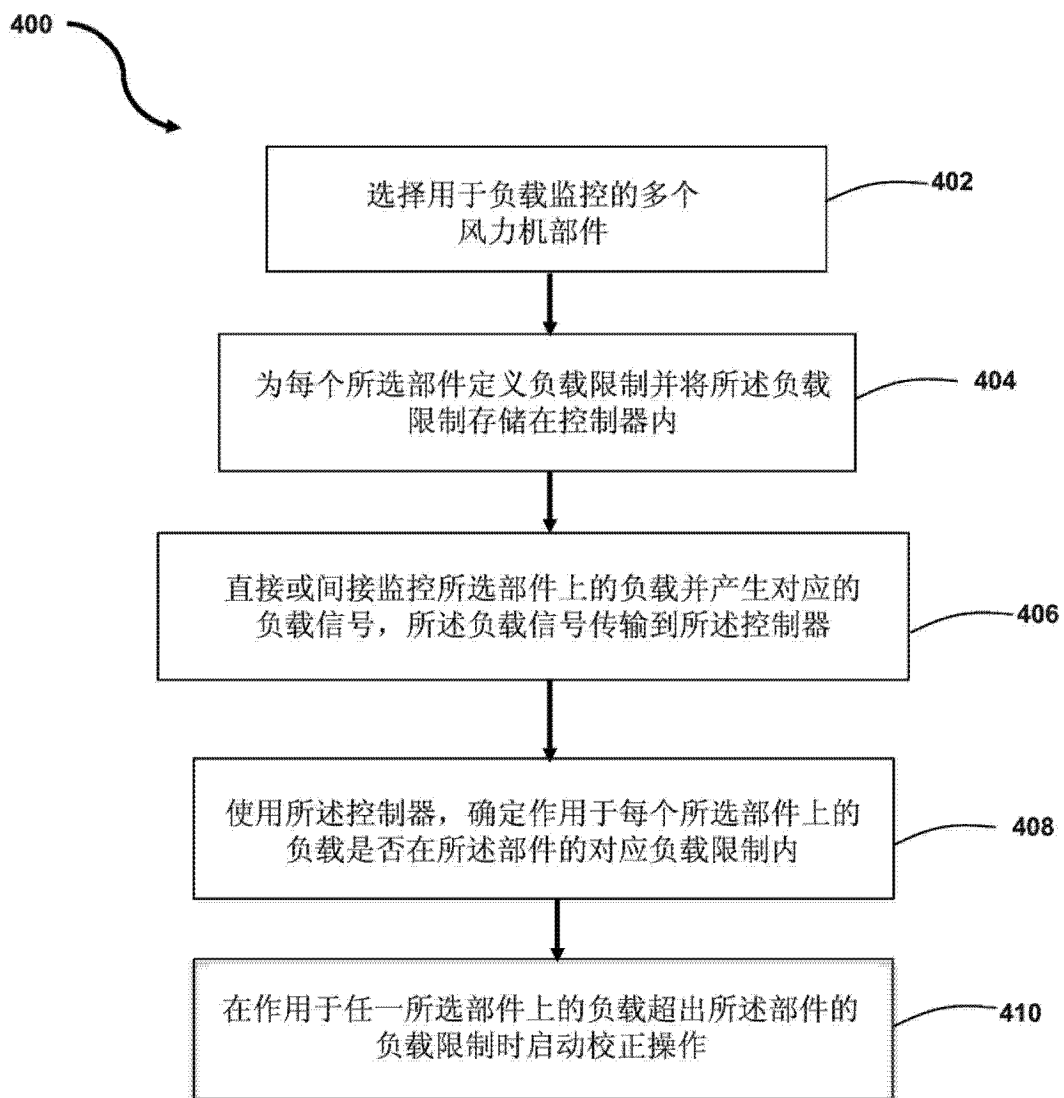


图 5