



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104364518 A

(43) 申请公布日 2015. 02. 18

(21) 申请号 201280073866. 4

(22) 申请日 2012. 04. 11

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2014. 12. 10

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/DK2012/050121 2012. 04. 11

(87) PCT国际申请的公布数据
W02013/152767 EN 2013. 10. 17

(71) 申请人 KK 风能解决方案公司
地址 丹麦伊凯斯特

(72) 发明人 P·F·奥德高

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理
有限公司 11262
代理人 张春媛 阎斌斌

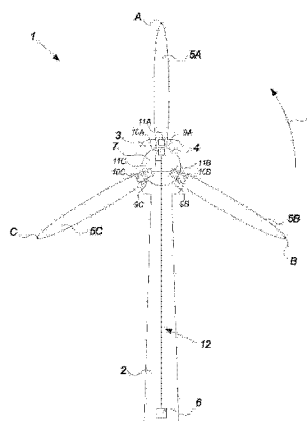
(51) Int. Cl.
F03D 7/04 (2006. 01)
F03D 7/02 (2006. 01)

权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称
控制风轮机上的叶片的型线的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种控制风轮机上的叶片的型线的设备或者方法,所述风轮机具有至少第一叶片和第二叶片,该第一叶片包括适合确定第一叶片状态的至少一个第一传感器系统,以及该第二叶片包括适合确定第二叶片状态的至少一个第二传感器系统,其中基于确定的第一叶片状态和确定的第二叶片状态,控制第二叶片的型线。



1. 一种控制风轮机上的叶片的型线的方法,所述风轮机至少具有第一叶片和第二叶片,

- 该第一叶片包括适合确定第一叶片状态的至少一个第一传感器系统,以及
 - 该第二叶片包括适合确定第二叶片状态的至少一个第二传感器系统,
- 其中基于确定的第一叶片状态和确定的第二叶片状态,控制第二叶片的型线。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中确定的第二叶片状态相对于第一叶片状态具有时间延迟。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在转子平面中的第一叶片位置处确定第一叶片状态,并且在转子平面中的第二叶片位置处确定第二叶片状态。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,其中,转子平面中的第一叶片位置基本上与转子平面中的第二叶片位置相同。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中

- 第一叶片状态由第一叶片的叶片力矩、和 / 或第一叶片的仰俯角反馈、和 / 或第一叶片的挠度和 / 或第一叶片的加速度限定,和 / 或
- 第二叶片状态由第二叶片的叶片力矩、和 / 或第二叶片的仰俯角反馈、和 / 或第二叶片的挠度和 / 或第二叶片的加速度限定。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中通过比较确定的第一叶片状态和确定的第二叶片状态,控制系统查明确定的第一叶片状态和 / 或确定的第二叶片状态的有效性。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中通过比较确定的第二叶片状态与基本上处于转子平面中的相同点的确定的第一叶片状态,该控制系统查明转子平面中该点的第二叶片状态的有效性。

8. 根据权利要求 6 和 7 中任一项所述的方法,其中该有效性基于叶片状态的差异。

9. 一种用于控制风轮机上的叶片的型线的设备,所述风轮机至少具有第一叶片和第二叶片,所述设备包括:

- 适合确定第一叶片的第一叶片状态的第一叶片传感器,
- 适合确定第二叶片的第二叶片状态的第二叶片传感器,
- 适合控制第二叶片的型线的第二叶片控制器,

其中该第二叶片控制器基于确定的第一叶片状态和确定的第二叶片状态控制第二叶片的型线。

10. 根据权利要求 9 所述的设备,其中第一叶片传感器确定转子平面中的第一叶片位置处的第一叶片状态,第二叶片传感器确定转子平面中的第二叶片位置处的第二叶片状态,优选地,转子平面中的第一叶片位置基本上与转子平面中的第二叶片位置相同。

11. 根据权利要求 9 到 10 中任一项所述的设备,其中第二叶片的第二叶片状态相对于第一叶片的第一叶片状态具有时间延迟。

12. 根据权利要求 9 到 11 中任一项所述的设备,其中

- 第一叶片状态由第一叶片的叶片力矩、和 / 或第一叶片的仰俯角反馈、和 / 或第一叶片的挠度和 / 或加速度限定,和 / 或
- 第二叶片状态由第二叶片的叶片力矩、和 / 或第二叶片的仰俯角反馈、和 / 或第二叶

片的挠度和 / 或第二叶片的加速度限定。

13. 根据权利要求 9 到 12 中任一项所述的设备,其中控制系统通过比较第二叶片状态和第一叶片状态查明第二叶片状态的有效性,优选地,该有效性基于叶片状态的差异。

14. 一种由根据权利要求 1 到 8 中任一项所述的方法或者根据权利要求 9 到 13 中任一项所述的设备控制的风轮机。

控制风轮机上的叶片的型线的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于控制具有至少第一叶片和第二叶片的风轮机上的叶片的型线的方法。

背景技术

[0002] 风轮机通过转换风的能量产生电能。该电能可以提供给电力传输网络。它们通常被建在地上。然而,最近几年海上风轮机得到发展。另外,风轮机越来越大,转子的直径为80米以上,这需要优化风轮机以使风轮机的磨损最小并使其产生的电能最大。

[0003] 风轮机的优化例如可以是优化控制系统。这对于新的风轮机以及已运行的风轮机都是重要的。

[0004] 本领域已知能够通过叶片的螺距控制来优化该风轮机的性能。例如,在W02008/041066 A1 中公开了用于控制具有许多转子叶片的风轮机的设备,其包括力矩不平衡补偿的方法。该风轮机使用螺距命令来控制风轮机的转子叶片的螺距。该控制首先确定并存储螺距调整与瞬时力矩的各个值之间的关系,螺距调整补偿瞬时力矩与额定力矩值的偏差。该控制感测风轮机的瞬时力矩,得到力矩信号。该控制使用该力矩信号来计算补偿瞬时力矩不平衡所需的叶片螺距调整。结合额定螺距控制,确定该计算的叶片螺距调整以控制例如转子转速。最后,使用该结合来控制转子叶片的螺距,以补偿风轮机的瞬时力矩偏差。

发明内容

[0005] 考虑到上述的现有技术,本发明的目的是优化风轮机的性能。

[0006] 该目的可以通过控制至少具有第一叶片和第二叶片的风轮机上的叶片型线的方法实现。第一叶片包括适合确定第一叶片状态的至少一个第一传感器系统,第二叶片包括适合确定第二叶片状态的至少一个第二传感器系统,其中基于确定的第一叶片状态和确定的第二叶片状态,控制第二叶片的型线。

[0007] 因此,通过确保风轮机的较高输出量和 / 或较小磨损能够优化该风轮机的控制。其通过至少部分地基于第一叶片的叶片状态控制第二叶片型线来实现。这样,控制第二叶片的型线的控制系统能够至少部分地使用来自控制第一叶片的型线的控制系统的信息,以优化第二叶片从风能获得的能量的量。

[0008] “叶片的型线”被理解为叶片对气流的攻击型线。例如可以通过叶片的仰俯角、转子的偏航角(其会改变叶片的迎角)、叶片上的摆动、柔韧的螺旋桨、介质阻挡放电等离子体激励器、微旋塞或者它们的任一组合控制该型线。在一实施例中,叶片的型线指叶片的仰俯角。

[0009] 应该理解,“被控制”不是指完全地被控制,而是指基于确定的第一叶片状态和确定的第二叶片状态,至少部分地控制第二叶片的型线。

[0010] 在一实施例中,确定的第二叶片状态相对于第一叶片状态具有时间延迟。当风轮

机的转子旋转时第一叶片可以被认为是在第二叶片的前面,即在第二叶片经过转子平面中的一点之前第一叶片经过转子平面中的同一点。因此,第二叶片的控制系统在确定第二叶片的未来型线方面可以受益于有关第一叶片的工作参数和测量结果的知识。

[0011] 在一实施例中,在转子平面中的第一叶片位置处确定第一叶片状态,并在转子平面中的第二叶片位置处确定第二叶片状态。当叶片旋转时它们在称为转子平面中旋转,即叶片每转一圈经过转子平面中的每个点。使单独叶片的叶片状态与转子平面中的叶片位置相关是非常有益的。这样,能够得到分析结果,例如在第一叶片位置的第一叶片状态和其他测量结果(例如,风速测量结果)或者其它叶片在其它叶片位置的叶片状态。

[0012] 优选地,转子平面中的第一叶片位置基本上与转子平面中的第二叶片位置相同。当第二叶片位置变为基本上与一个或者多个第一叶片位置相同时,在控制第二叶片时,能够使用在转子平面中的一个或者多个第一叶片位置处的第一叶片状态的信息是有益的。之后基于至少三个策略能优化第二叶片的控制:最大化叶片上的负载的策略,和/或优化从第二叶片获得的能量的策略,和/或优化风轮机组件的寿命的策略。

[0013] 有益的是:能够拍摄例如在转子平面中的第一叶片位置处的第一叶片的工作参数和负载测量结果的快照,并且例如当第二叶片到达第一叶片位置时,在确定第二叶片的仰俯角时,使用该信息。

[0014] 此外,通过叶片位置的叶片状态的知识,变得能够比较风力发电场中的风轮机之间的叶片状态。如果具有三个叶片的第一风轮机提供在三个叶片位置的三个叶片的叶片状态信息,则该信息可以用于控制风力发电场中第二风轮机的三个叶片的型线。该第二风轮机例如可以布置在第一风轮机的下风处。

[0015] 在一实施例中,第一叶片状态由第一叶片的叶片力矩、和/或第一叶片的仰俯角反馈、和/或第一叶片的挠度和/或第一叶片的加速度限定,和/或第二叶片状态由第二叶片的叶片力矩、和/或第二叶片的仰俯角反馈、和/或第二叶片的挠度和/或第二叶片的加速度限定。通过控制来自上述信号的特征,即最大值、最小值、平均值、重复序列、频谱、时间频率帧或其它例如意外值,可以描述例如叶片状态。在一实例中,叶片状态由平均仰俯角反馈限定,换句话说,该叶片状态“是”平均仰俯角反馈。该叶片状态描述了叶片的实际状态,即作用于叶片的力矩、叶片的挠度、叶片上的冰或者污垢、叶片的仰俯角、叶片的损伤(例如由闪电击中出现的裂纹或者劣化)、叶片的加速度等。当然该叶片状态也可以是本文中的组合。因此,在控制第二叶片时,尤其在叶片在转子平面中旋转时第一叶片在第二叶片前面时,考虑第一叶片的叶片状态是非常有利的。

[0016] 在一实施例中,通过比较确定的第一叶片状态和确定的第二叶片状态,控制系统查明确定的第一叶片状态和/或确定的第二叶片状态的有效性。能够比较来自一个或者多个叶片的确定的叶片状态是非常有利的,原因在于简单的比较和比较结果的分析可以揭露出某些事是不如预期的且可以发起适当的行为以纠正这些意外的原因。

[0017] 优选地,通过比较确定的第二叶片状态与基本上在转子平面中的相同点处的确定的第一叶片状态,控制系统查明在转子平面中该点处的第二叶片状态的有效性。如所述的,第一叶片的叶片状态可以用于控制第二叶片。因此,能核实确定的叶片状态处于有效状态是非常重要的。确认叶片状态的一个有利方法是:比较第一叶片的叶片状态和转子平面中的相同点或者接近相同点的第二叶片的叶片状态。

[0018] 有利地,该有效性基于叶片状态的差异。如所述的,叶片的叶片状态包括与特定叶片相关的信息。优选地,风轮机的所有叶片的各个叶片状态由同一组叶片相关信息限定。这样,将能够比较两个或者更多个叶片的叶片状态,并且如果检测出差异,则可能会质疑至少一个叶片状态的有效性。

[0019] 基于传感器或者传感器系统的输出信息确定该叶片状态。因此,该传感器或者传感器系统可以是无效叶片状态的来源。因此使用两个或者更多个叶片的叶片状态的比较来核实传感器输出是有利的,从而表明传感器或者传感器系统是否故障。

[0020] 此外,两个比较的叶片状态之间的差异类型可以精确地表明哪个传感器或者传感器系统的哪部分故障。

[0021] 该发明还涉及用于控制风轮机上的叶片的型线的设备,所述风轮机至少具有第一叶片和第二叶片,所述设备包括适合确定第一叶片的第一叶片状态的第一叶片传感器,适合确定第二叶片的第二叶片状态的第二叶片传感器,适合控制第二叶片的型线的第二叶片控制器,其中该第二叶片控制器基于确定的第一叶片状态和确定的第二叶片状态控制第二叶片的型线。

[0022] 通过使用根据该发明的设备,能够优化控制,确保风轮机的高输出量和 / 或低磨损。

[0023] 在一实施例中,第一叶片传感器确定转子平面中的第一叶片位置处的第一叶片状态,且第二叶片传感器确定转子平面中的第二叶片位置处的第二叶片状态。优选地,转子平面中的第一叶片位置基本上与转子平面中的第二叶片位置相同。

[0024] 当叶片的状态之后与特定位置相关时,识别转子平面中的叶片状态位置使控制器更容易优化第二叶片型线。

[0025] 优选地,第二叶片的第二叶片状态相对于第一叶片的第一叶片状态具有时间延迟。因此,第二叶片的控制系统在确定第二叶片的未来型线方面可以受益于有关第一叶片的工作参数和测量结果的知识。

[0026] 在一实施例中,控制系统通过比较第二叶片状态和第一叶片状态查明第二叶片状态的有效性,优选地,该有效性基于叶片状态的差异。这使控制系统能够检测传感器是否出故障。

[0027] 另外,该发明还涉及用根据本发明的方法或者根据本发明的设备控制的风轮机。

附图说明

[0028] 下面,将参考附图更详细地描述该发明:

[0029] 图 1 示例了根据该发明一实施例的风轮机的侧视图,

[0030] 图 2 示例了根据该发明一实施例的风轮机的正视图,

[0031] 图 3 示例了根据该发明一实施例的风轮机上的传感器,

[0032] 图 4A 示例了根据该发明一实施例的控制系统,和

[0033] 图 4B 示例了根据该发明另一实施例的控制系统。

具体实施方式

[0034] 图 1 示例了风轮机 1 的侧视图。风轮机 1 包括塔架 2、机舱 3、轮毂 4 和三个叶片

5A、5B、5C。该风轮机由包括风轮机控制器 6 的控制系统 12 控制,该风轮机控制器 6 可以与控制风轮机 1 不同部分的多个子控制模块 7 通信。

[0035] 与本发明有关的词语“控制”,优选地,认为是通过改变仰俯角来控制叶片型线,而且如果叶片能够例如由于摆动、叶片长度调整等而改变型线,这些知识就能用于控制该叶片型线。

[0036] 风轮机 1 的叶片 5A、5B、5C 被旋转安装在轮毂 4 上并一起被称为转子。叶片沿其纵轴的旋转被称为叶片的螺距或者纵摇。风轮机控制系统 12 控制叶片的螺距,以致当风经过叶片 5 时,就会产生起吊力,起吊力会使转子开始旋转。

[0037] 图 2 示例了风轮机 1 的正视图。分别在转子平面上的位置 A、B、C 处示例了叶片 5A、5B、5C。该转子如箭头 8 所示那样逆时针旋转。示例了部分位于轮毂 4 内部分位于叶片 5 内的与每个叶片 5A、5B、5C 有关的传感器系统 9A、9B、9C,其为根据本发明的传感器系统 9 的仅有的一种配置。

[0038] 优选地,将传感器系统 9 理解为用于监测风轮机 1 的叶片 5 的一个或者多个传感器 10 和用于处理测量数据的控制器 11A、11B、11C。备选地,传感器 10 与一个或者多个子控制模块 7 通信或者与风轮机控制器 6 通信,之后风轮机控制器 6 处理测量的数据。

[0039] 通常传感器系统 9 都是相同的,即,第一和第二传感器系统 9A、9B 监测与第一和第二叶片 5A、5B 有关的相同参数。在具有三个、四个等叶片的风轮机上,优选地,存在与第一和第二叶片传感器系统相似的第三、第四等叶片传感器系统。

[0040] 应该注意,根据该发明,其优势在于来自传感器系统 9 的传感器 10 的输出参数都是相同的,但这不是必需的。因此,从第一传感器系统 9A 的传感器 10 测量并返回的一个参数可以不用第二传感器系统 9B 的传感器 10 测量。

[0041] 传感器系统 9 的传感器 10 可以位于叶片 5 中,或者位于模铸在叶片 5 的结构中的叶片 5 的内部(例如(光学)应变仪)中,或者作为将叶片 5 附接到轮毂 4 的的附属装置的一部分(例如,具有应变仪性能的一个或者多个螺钉),或者位于机舱 3(未示出)或者塔架 2(例如,基于光学或者视觉的传感器)等位置中/处。

[0042] 应该注意,传感器系统 9 的传感器 10 可以包括子传感器系统(未示出)。这种子传感器系统的实例可以是传感器元件(接收器/发射器),如果必要的话,例如可通过三角测量方式测量叶片挠度。

[0043] 传感器系统 9 的控制器 11 可以是用于处理来自一个或者多个传感器系统 9 的传感器 10 的数据的专用控制器,其可以是用于控制风轮机 1 的一部分的子控制器 7 的一部分,或者其可以是风轮机控制器 6(即,主控制器)的一部分。

[0044] 由传感器系统 9 监测的数据用于确定叶片 5 的状态,即叶片状态。监测的数据例如可以是叶片力矩、仰俯角反馈、叶片的挠度、叶片的加速度、叶片杆转矩、转矩加速等。因此,叶片状态可以是来自传感器系统 9 的输出或者可以基于来自传感器系统 9 的数据确定。基于叶片 5 的状态,例如可以通过控制各个叶片 5 的仰俯角来控制叶片 5 的负载。

[0045] 图 2 示例了将叶片 5 对称地安装在轮毂 4 上,优选地以 120 度隔开。图 2 示例了在时间 t_0 时获得的叶片 5A 在叶片位置 A、叶片 5B 在叶片位置 B 及叶片 5C 在叶片位置 C 的风轮机的快照。

[0046] 通常,叶片状态可以被认为相对于彼此具有时间延迟。例如,叶片 5B 的叶片状态

相对于叶片 5A 的叶片状态具有时间延迟。这是因为在时间 t_0 时,叶片 5B 在转子平面中的 B 点处,而在时间 t_1 时 ($t_1 > t_0$),叶片 5B 已移动到了 A 点处。因此,叶片 5B 从 B 点旋转到 A 点花费了时间 t_1 。

[0047] 时间延迟产生于叶片在转子平面上的分布。时间 t_1 可以被计算为一个叶片旋转一圈的时间除以转子叶片的数量,最现代的风轮机的叶片数量是三个。通常从第一叶片 5A 离开第一叶片位置 A 到第二叶片 5B 到达第一叶片位置 A 的时间 t 不会大于一秒。

[0048] 与风的变化(例如风速和风向)相比,时间 t (即,叶片 5 的旋转时间)是快速的。这意味着希望在时间 t_0 时位置 A 处的第一叶片 5A 和在时间 t_0+t_1 时位置 A 处的第二叶片的风况相同。这可以用于控制风轮机的叶片 5 或者其它子系统,例如,快速偏航系统。在下面,说明了当通过控制叶片 5 的螺距来控制叶片 5 的型线时,对于在时间 t_0+t_1 时位置 A 处的第二叶片使用预期的风况的方法。

[0049] 可以将第一叶片状态确定为在时间 t_0 当叶片 5A 处于转子平面中的 A 点时的叶片 5A 的状态。由于转子以箭头 8 的方向旋转,因此可以将第二叶片状态确定为在时间 t_0+t_1 当叶片 5B 到达 A 点时的叶片 5B 的状态。

[0050] 当叶片 5A 处于 A 点时,基于传感器系统 9A 的测量结果,(在时间 t_0 时)风轮机控制系统 12 具有叶片 5A 的叶片状态的实时(快照)信息。该信息将至少优选地包括与仰俯角和作用于叶片 5A 上的负载有关的参数。

[0051] 在时间 t_1 内,叶片 5B 将会到达 A 点,即叶片 5B 在时间 t_0+t_1 时会到达 A 点, t_1 例如可以是 1、2 或者 3 秒。由于与风改变所花费的时间相比,时间 t_1 相对较小,因此希望该风与时间 t_0 时的风几乎相同。这是因为不希望风在几秒内改变。

[0052] 风轮机控制系统 12 具有来自时间 t_0 时叶片 5A 处于 A 点的参数设置的信息。当叶片 5B 接近并到达 A 点时,在控制叶片 5B 的参数设置时,可以使用该信息。这意味着,如果风轮机控制系统 12 具有叶片 5A 处于 A 点时的仰俯角和 / 或叶片杆转矩的信息,并估算出叶片杆转矩太高时,则风轮机控制系统 12 将开始提前调整叶片 5B 的仰俯角,以便在叶片 5B 到达 A 点时使其有机会具有最佳仰俯角。

[0053] 叶片 5B 的新仰俯角可以发现:叶片 5A 处于 A 点时的实际参数设置与来自测量与处于 A 点的叶片 5A 有关的参数的传感器系统 9A 的输入信息形成相互关系。

[0054] 以上实例仅是实施该发明基本原则的一种方式,其基于第一叶片的信息控制第二叶片,其中当转子旋转时第一叶片在第二叶片的前面。

[0055] 因此,参考图 2 所示的实施例,叶片 5A 可以被解释为第一叶片,叶片 5B 被解释为第二叶片,及叶片 5C 被解释为第三叶片。当然该次序是不重要的,因为如果风轮机配备有超过三个叶片,可以选择叶片 5C 作为第一叶片、叶片 5A 为第二叶片及叶片 5B 为第三叶片等等。

[0056] 应该注意,在转子直径增加时,优选地,增加旋转速度(以及由此的时间 t_1),以便在风速和叶片顶端的旋转速度之间得到相同的关系。

[0057] 应该注意,即使在上面的实例中仅使用了第一和第二叶片,但该发明不限于此。在一些情况下,在控制第三叶片时,使用第一和第二叶片的叶片状态的信息将是非常有利的。参考图 2,在控制叶片 5C 时,将使用第一叶片 5A 和第二叶片 5B 的叶片状态的信息。

[0058] 此外,应该注意,在上面的实例中使用具体的点 A、B、C 说明该发明是有必要的,然

而在实际的控制情况下,转子平面周围可以有多个点。这是有利的,因为可以连续地使用第一叶片的叶片状态的信息,能够连续地控制第二和 / 或第三叶片的仰俯角。

[0059] 应该注意,即使上面没有提到,也可使用被控叶片的叶片状态的信息来确定参数设置(例如仰俯角),该参数设置定义了特定叶片的叶片型线。例如,在时间 t_0+t_1 时控制叶片 5B 处于 A 点的控制参数可以是:叶片 5B 处于 A 点的原位(在 t_0+t_1) 状态和在时间 t_0 时叶片 5A 处于 A 点的状态。该参数设置还可以依赖于在时间 t_0-t_1 时叶片 5C 处于 A 点的状态。通常可以基于叶片在转子平面中的一个点的任一先前叶片状态,确定转子平面中的那个点的叶片型线。

[0060] 事实上在风稳定的情况下,即风速和 / 或风向没有或者仅有少量变化,叶片 5A 的操作参数的设置可以被复制到叶片 5B 和 5C。如果传感器故障之后不会影响生产能量,则这是非常有利的。因此,本发明在控制处于有稳定风的位置的风轮机时具有附加的优势。因此,用于位于风力发电场前排的风轮机或者单排风轮机的控制系统甚至可以使用或者核实来自彼此的控制参数。

[0061] 因此,基于来自第一叶片(上面实例中的 5A) 的叶片状态信息和基于第二叶片本身的叶片状态,可以控制第二叶片(上面实例中的 5B)。该信息可以由传感器系统 9A、9B 分别提供。除了叶片状态信息以外,当然也可以基于其它的已知信息或者正常控制参数(诸如环境输入(风、温度等)、生产需要、地理位置等)控制叶片 5。这种信息可以来源于受控制的风轮机、邻近的风轮机、变电站、电网运营商等。

[0062] 图 3 示例了传感器系统 9A、9B、9C 的传感器 10A-10N 的位置的实例。示例的传感器可以如下般属于传感器系统 9:传感器 10A、10B、10C、10D 属于传感器系统 9A,传感器 10D、10F、10G 属于传感器系统 9C 以及传感器 10D、10E、10H、10N 属于传感器系统 9B。

[0063] 可以看出,传感器系统 9 可以共用一个或者多个传感器(10D),此外传感器可以放置在叶片 5、塔架 2、轮毂 4 和机舱 3(未示出)上。

[0064] 现在如果一个或者多个传感器不能够安全地控制风轮机 1 并能避免例如叶片 5 与塔架 2 相撞,则完全关闭或者至少降低风轮机 1 的产量是常见的。根据本发明,如果传感器 10 故障,则不必完全关闭或者减少风轮机 1。

[0065] 根据本发明的实施例,能够互相确认叶片 5 的叶片状态,并因此至少间接地确认传感器系统 9 的传感器 10。由于该风轮机控制系统 12 使用第一叶片 5A 的叶片状态和第二叶片 5B 的叶片状态一起来控制第二叶片 5B,所以在大多数情况下,风轮机控制系统 12 将会从测量第一和第二叶片中的相同参数的传感器 9 接收输入。

[0066] 通过比较来自两个或者更多个传感器系统 9 的输入值,能够确认接收的输入,从而确定传感器系统 9,然后还能间接地确认叶片状态。优选地,不止一次地执行该确认过程,此外如果在旋转平面中的相同点或者接近相同的点测量来自两个不同叶片 5 的比较值,则可以改善该确认。

[0067] 如果结果是两个不同叶片的叶片状态在旋转平面中的相同点处相同或者接近相同,则叶片状态的确认可以认为是有效的。

[0068] 例如,几乎一直测量所有叶片 5 的叶片杆转矩。在图 3 中,将用传感器 10C、10F、10H 测量叶片杆转矩。当与第一叶片 5A 的叶片杆转矩比较时,如果例如第二叶片 5B 的叶片杆转矩与所期望的不同,这可以表明叶片杆转矩传感器 10C、10H 中有一个出了问题。那

么包括第三叶片 5C 的叶片杆转矩测量结果或者做附加比较来确定传感器 10C、10H 是否损坏将是有益的,且如果损坏的话,确定传感器 10C、10H 中哪一个损坏。

[0069] 当然,比较叶片位置 A 处的叶片 5A 的叶片杆转矩与叶片位置 C 处的叶片 5C 的叶片杆转矩可能有差异。这至少部分归因于高度差异。风轮机的转子直径可以超过 100 米。因此,A 点处的风速很可能高于 C 点处的风速。另外,与 C 点相比 A 点更可能是阵风。然而,这种差异是预期的并且能够例如通过比较相同点处的测量结果利用风轮机控制系统 12 补偿/考虑。

[0070] 因此,根据本发明的实施例,即使传感器系统 9 的一个或者多个传感器 10 故障,也能持续生产。这是因为,使用第一叶片 5A 的叶片状态控制第二叶片 5B,且因为传感器系统 9 至少部分地确定叶片 5 的叶片状态。因此,如果第二叶片 5B 的传感器系统 9B 的传感器 10 故障。可以使用第一叶片 5A 的传感器系统 9A 的传感器 10 的测量结果来确定第二叶片 5B 的叶片状态。

[0071] 这在第一传感器系统 9A 包括在第一叶片 5A 中测量与第二叶片 5B 的第二传感器系统 9B 的损坏的传感器 10 相同参数的传感器 10 时,是特别正确的。

[0072] 另一实例在于提取测量结果的主要特征,由该主要特征能够描述测量的风轮机组件如何运转,或者描述从其提取特征的测量结果中的主要趋势。例如,为了确认该测量结果,可以将这些特征与来自不同叶片在相同点的先前通路的类似特征比较。

[0073] 在传感器损坏或者传感器的测量结果失效的情况下,这种特征还可以被用于重构这些测量结果或者重构叶片状态,从而尽管传感器损坏,也能使风轮机继续生产。

[0074] 另外,应该提到,在每次叶片 5 通过转子平面中的一个点时在一个叶片 5 上进行的相同测量结果当然也能表明传感器的问题或者趋势,例如负载增加。

[0075] 另外,应该提到,在一些情况下,甚至能够减少传感器 10 的数量,原因在于可以使用例如来自第一传感器系统 9A 的传感器 10A 的传感器输出信息来控制第二叶片 5B。备选地,能够设计控制系统 12 的传感器的分布以尽可能从可用传感器接收大量不同的输入。这是因为测量与叶片 5A 有关的一个参数的传感器可以与测量与叶片 5B 有关的相同参数的另一传感器不布置在相同位置处。作为实例,这两个传感器可以在不位于相同位置的情况下返回相同的参数,例如第一传感器可以位于叶片的最顶端,而第二传感器可以位于例如离叶片顶端半米的位置。

[0076] 图 4A 和 4B 示例了如何根据该发明的实施例配置风轮机 1 的控制系统 12 的实例。

[0077] 在图 4A 中,传感器系统 9 的控制器 11 经由子控制器模块 7 与风轮机控制器 6 通信。例如,示出了传感器 10A、10B、10C、10D 与传感器系统控制器 11A 通信,传感器系统控制器 11A 不是处理数据就是向子控制器模块 7 转发数据,之后数据在子控制器模块 7 处被处理。处理测量数据的结果可以是或者导致不同叶片的叶片状态。

[0078] 在图 4B 中,传感器系统 9 不包括任何控制器,因此传感器 10 直接与一个或者多个子控制器模块 7 通信,或者甚至直接与风轮机控制器 6 通信。

[0079] 应该提到,该通信可以从已知的有线或者无线数据通信标准的宽范围中选择,优选地,使用无线网络或者局域网。

[0080] 对于图 4A 和 4B,其示出风轮机控制器 6 与服务和维修责任方 13 通信,服务和维修责任方 13 可以是风轮机 1 和第三方 14(例如电网运营商、外部气象预报中心等)的所有

者。这样,风轮机 1 外部的那一方能够从数据处理器(诸如个人计算机、便携式电脑、平板电脑、电话等)监视和 / 或控制风轮机 1。

[0081] 往返于风轮机 1 的通信可以至少部分地使用公共通信网络 15,如互联网。

[0082] 参考列表:

[0083] 1. 风轮机

[0084] 2. 塔架

[0085] 3. 机舱

[0086] 4. 轮毂

[0087] 5. 叶片

[0088] 6. 风轮机控制器

[0089] 7. 子控制器

[0090] 8. 箭头(指示转子的旋转方向)

[0091] 9. 传感器系统

[0092] 10. 传感器

[0093] 11. 传感器系统的控制器

[0094] 12. 风轮机控制系统

[0095] 13. 服务和维修责任方

[0096] 14. 其它外部方

[0097] 15. 公共通信网络

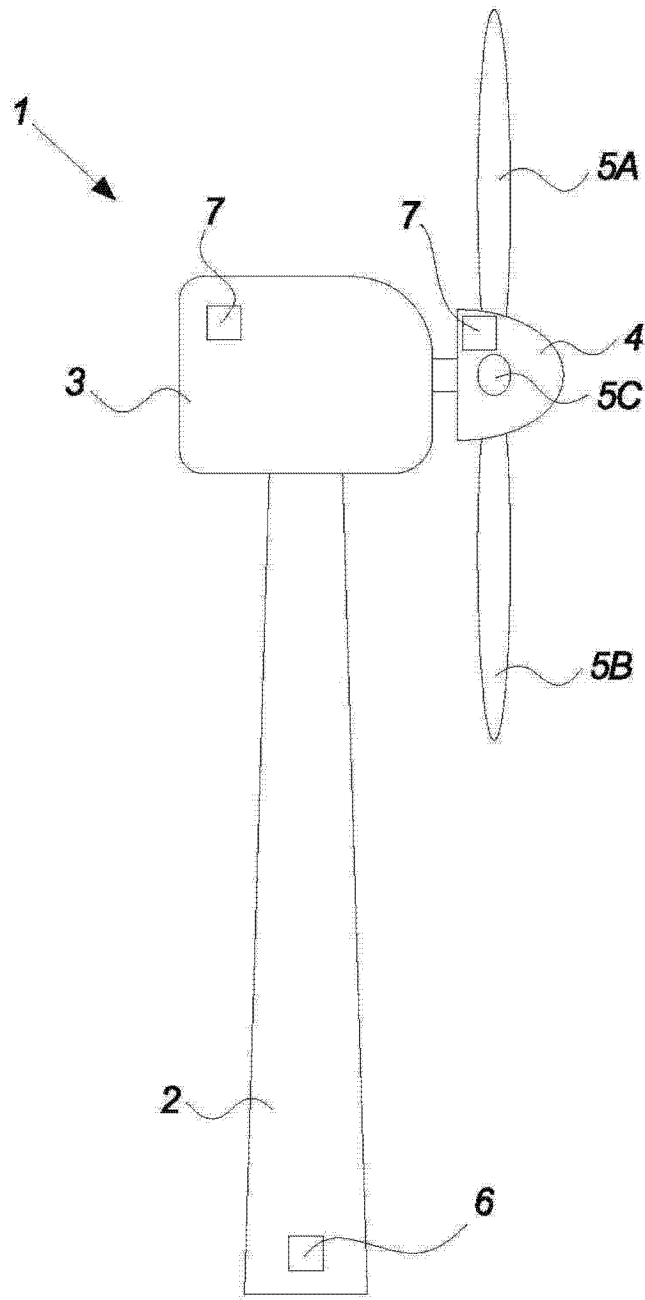


图 1

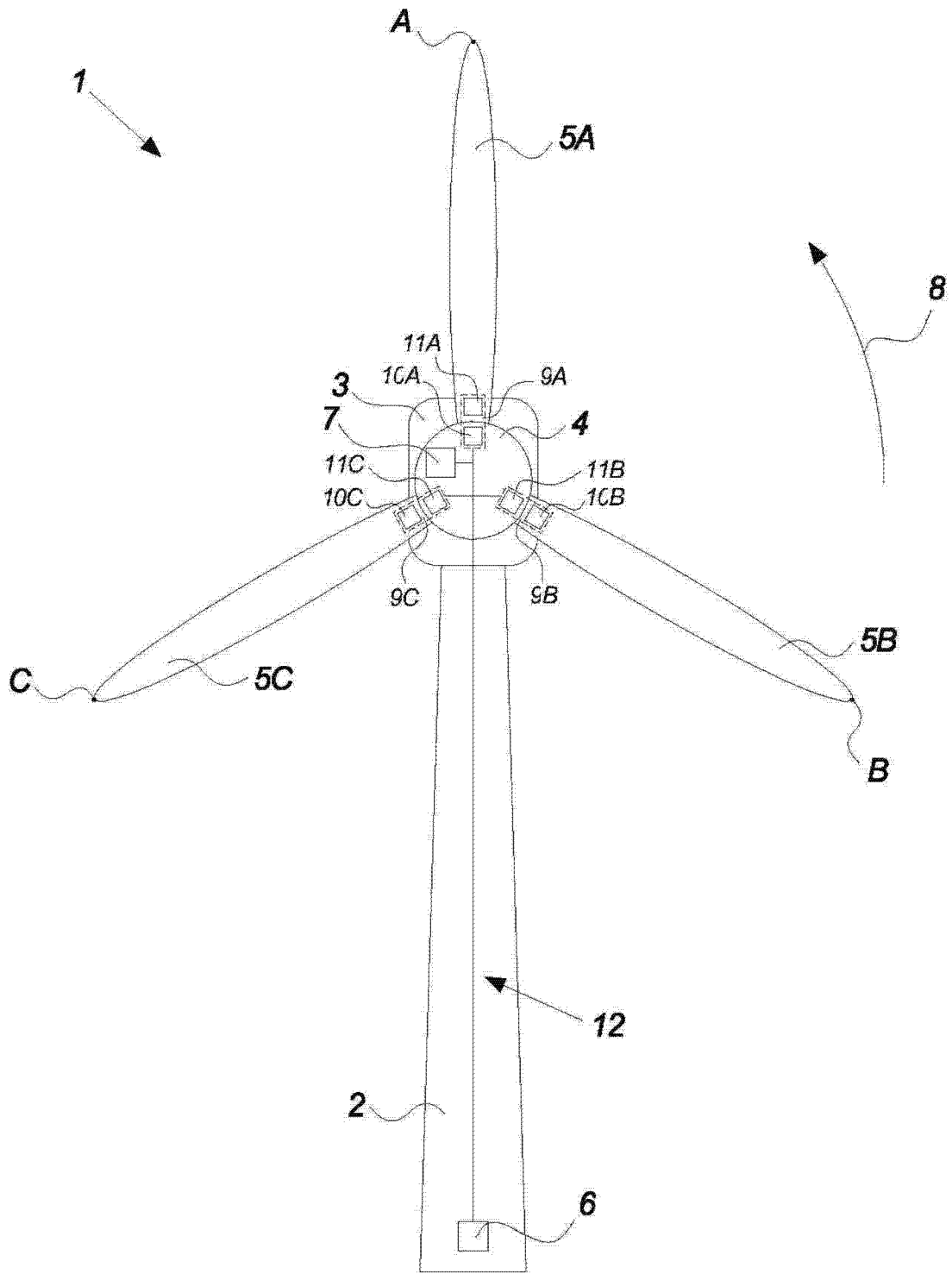


图 2

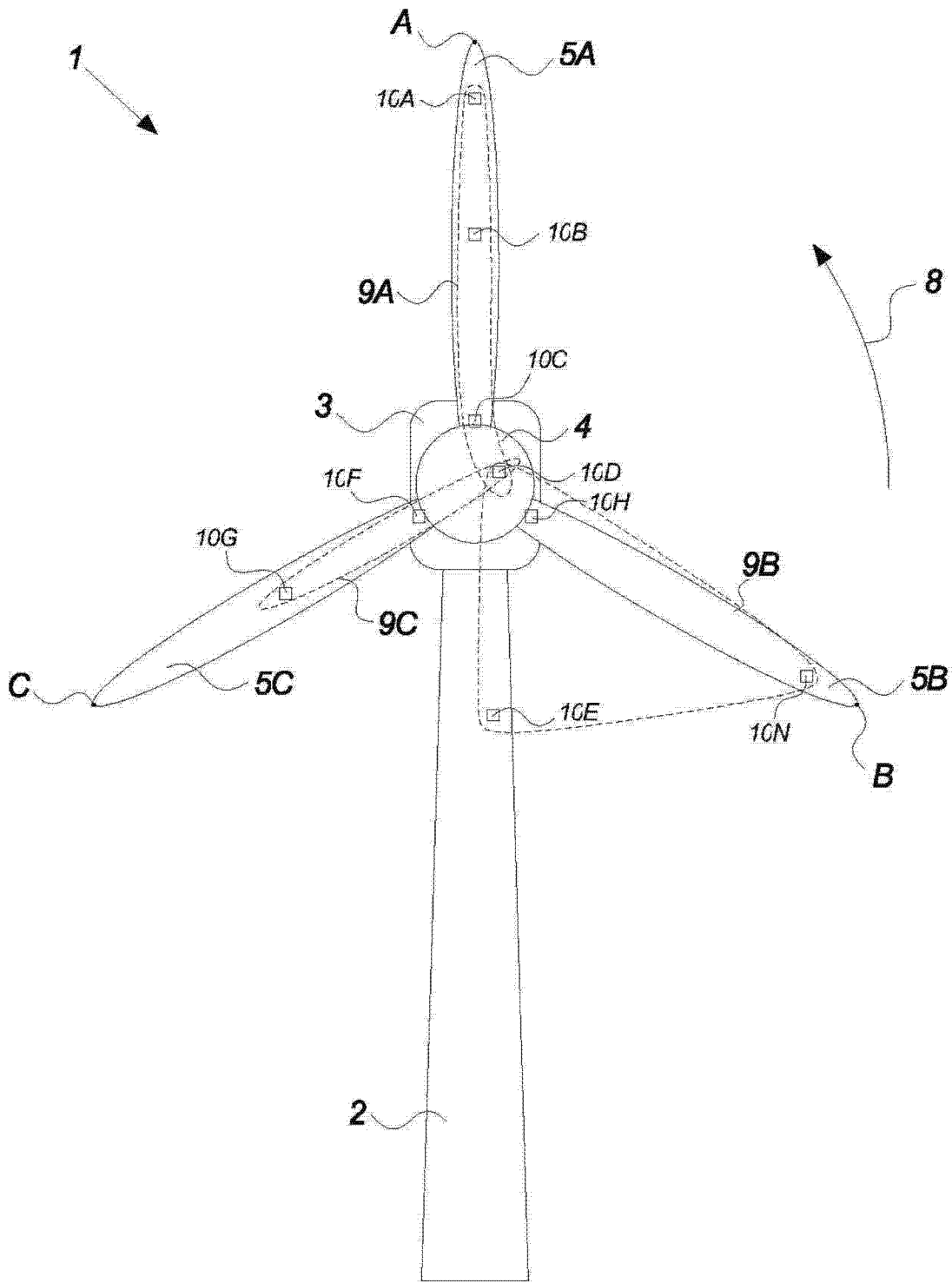


图 3

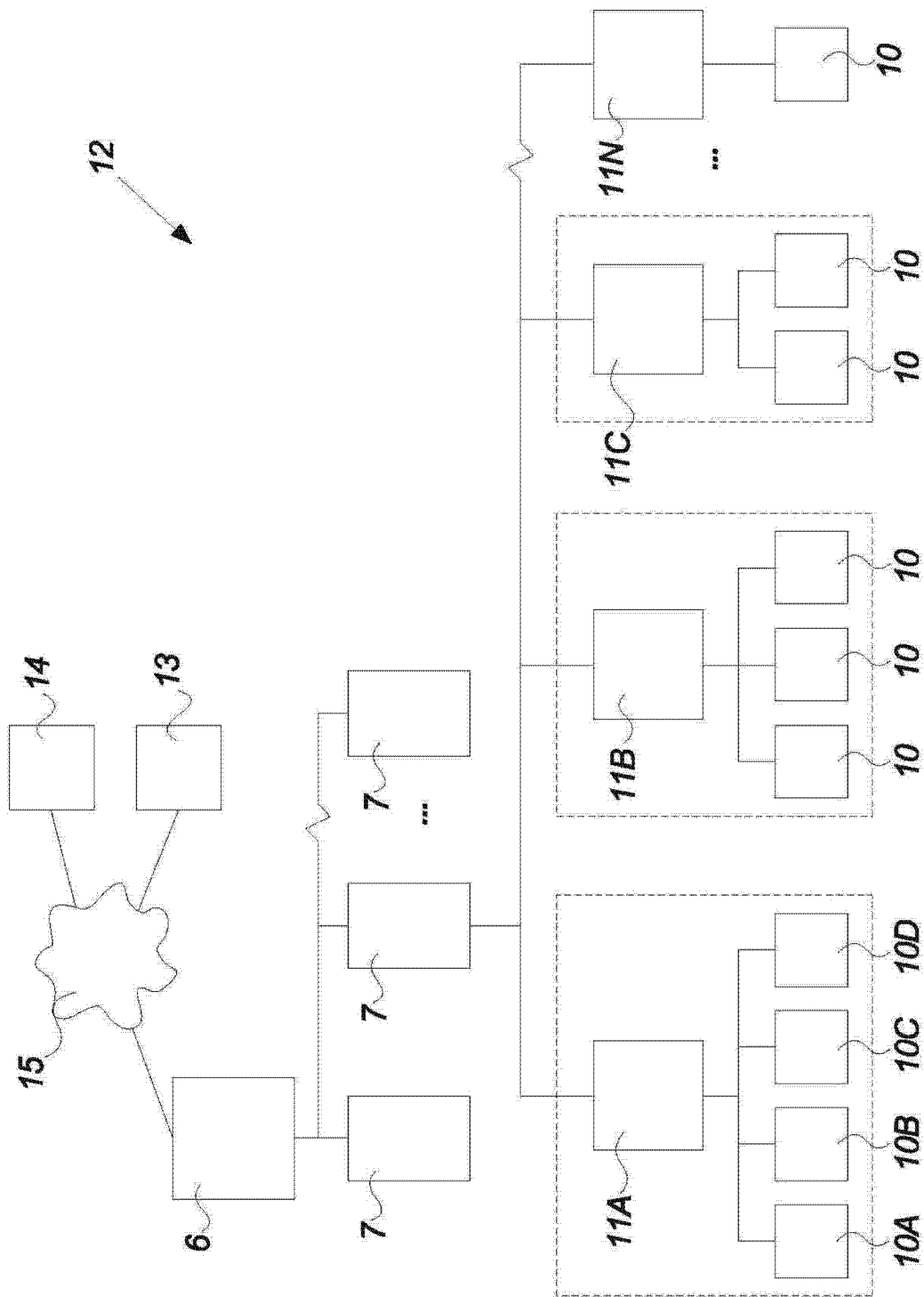


图 4a

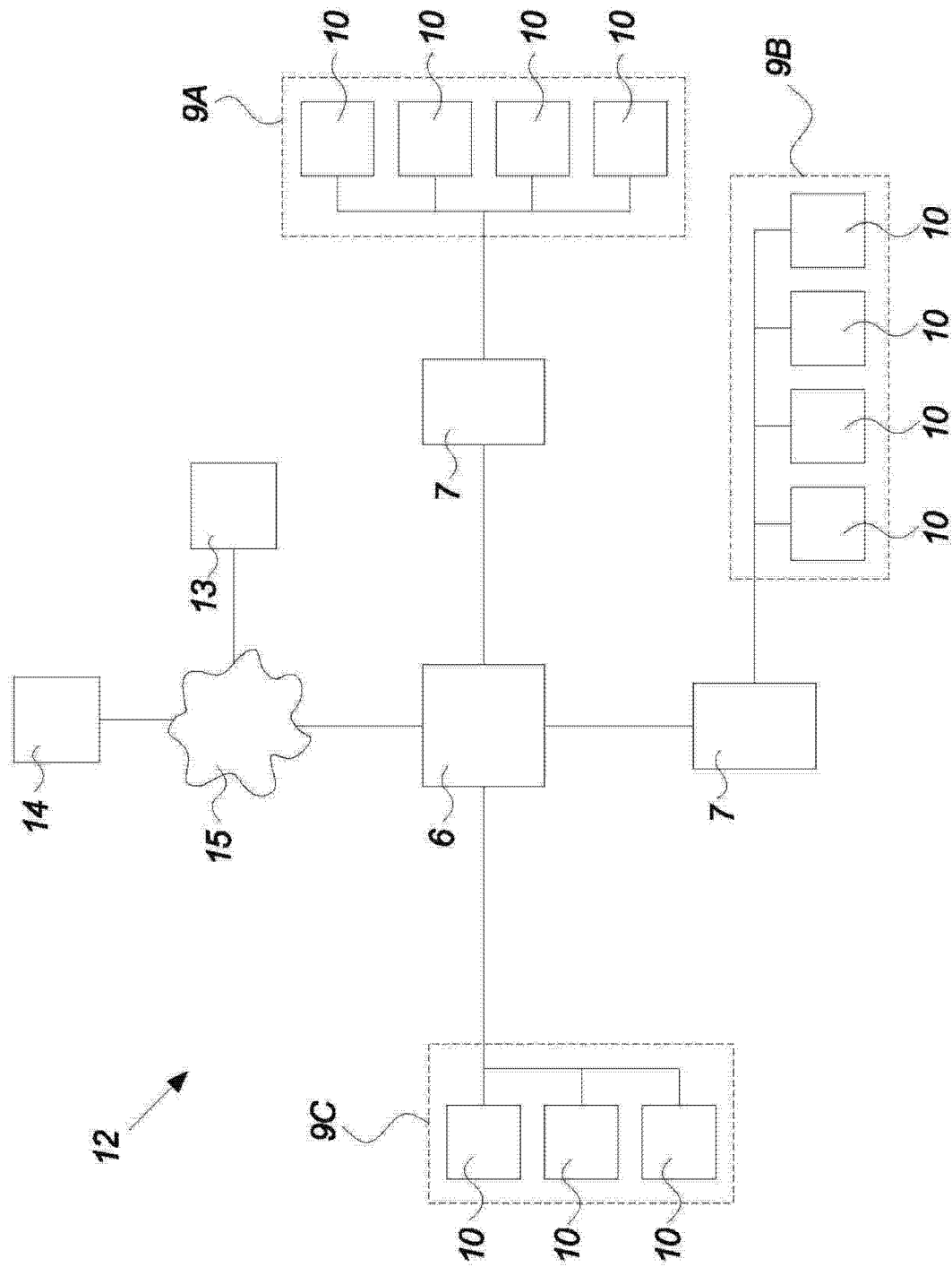


图 4b