



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103016274 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201210369017.5

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2012.09.27

F03D 80/00(2016.01)

F03D 7/04(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103016274 A

审查员 朱钰荣

(43)申请公布日 2013.04.03

(30)优先权数据

13/245979 2011.09.27 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 A.克爾伯

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 叶晓勇 朱海煜

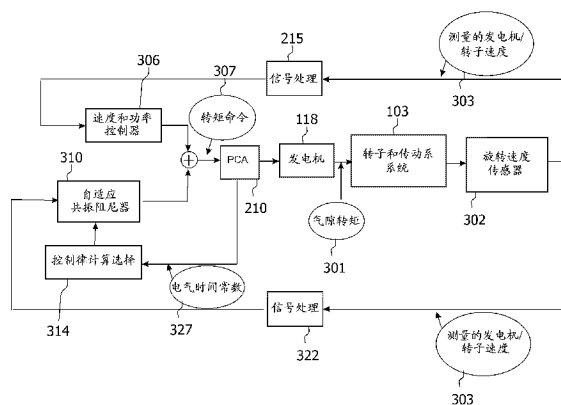
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54)发明名称

用于风力涡轮机中的共振阻尼的方法和系统

(57)摘要

本发明的名称为：“用于风力涡轮机中的共振阻尼的方法和系统”。一种用于风力涡轮机的共振阻尼系统，风力涡轮机具有连接到电力网的发电机，该共振阻尼系统包括可操作以对发电机提供控制信号的自适应共振阻尼器，其中，根据表示电网状况的参数来自动地调节自适应共振阻尼器的可变的转矩信号。



1. 一种用于风力涡轮机的共振阻尼系统,所述风力涡轮机具有连接到电力网的发电机,所述共振阻尼系统包括:

自适应共振阻尼器,其能够操作以对所述发电机提供控制信号,其中,根据表示电网状况的参数来自动地调节所述自适应共振阻尼器的可变的转矩信号。

2. 根据权利要求1所述的共振阻尼系统,其中,所述自适应共振阻尼器适于根据至少一个测量值来计算表示电网状况的参数。

3. 根据权利要求2所述的共振阻尼系统,其中,所述至少一个测量值是所述发电机的电压和/或电流。

4. 根据权利要求1至3中的任一项所述的共振阻尼系统,其中,表示所述电网状况的所述电网参数是时间常数。

5. 根据权利要求1至3中的任一项所述的共振阻尼系统,所述共振阻尼系统还包括:

动态观测器,其适于比较测量值与内部模型,以及根据测量值与由所述模型预测的参数的差异来更新所述内部模型,以及其中,所述观测器进一步适于将所述内部模型的参数馈送到所述自适应共振阻尼器,以及其中,所述测量值包括:

发电机速度;

转子速度;

用于所述发电机的转矩信号。

6. 根据权利要求5所述的共振阻尼系统,其中,所述动态观测器包括卡尔曼滤波器。

7. 根据权利要求1所述的共振阻尼系统,所述共振阻尼系统还包括:

a)信号发生器;以及

b)系统识别块;

c)其中,对来自所述涡轮的主速度和功率控制器的所述转矩信号添加所述信号发生器产生的信号,以进行激励,以及其中,所述系统识别块然后比较所测量的对所述激励的响应与所述激励,并且计算模型的参数。

8. 根据权利要求7所述的共振阻尼系统,其中,所述信号为具有将被所述自适应共振阻尼器抑制的共振频率的谐波信号。

9. 一种用于风力涡轮机的振动阻尼方法,所述风力涡轮机具有安装在塔上且通过传动系耦合到发电机上的涡轮转子,所述风力涡轮机连接到电力网上,所述振动阻尼方法包括:

基于所述发电机的感测到的旋转速度来确定发电机需求转矩;

通过提供可变的转矩信号来用自适应共振阻尼器调制所述发电机需求转矩;

其中,根据至少一个电网参数所表示的电网状况来自动地调节所述自适应共振阻尼器的所述可变的转矩信号。

10. 根据权利要求9所述的振动阻尼方法,所述振动阻尼方法还包括:

根据至少一个测量值来计算表示电网状况的电网参数。

11. 根据权利要求10所述的振动阻尼方法,其中,所述至少一个测量值是所述发电机的电压和/或电流。

12. 根据权利要求9至11中的任一项所述的振动阻尼方法,其中,表示所述电网状况的所述电网参数是时间常数。

13. 根据权利要求9至11中的任一项所述的振动阻尼方法,所述振动阻尼方法还包括:

比较测量值与内部模型；

根据测量值与由所述模型预测的参数的差异来更新所述内部模型；

将所述内部模型的参数馈送到自适应共振阻尼器。

14. 根据权利要求13所述的振动阻尼方法, 其中, 所述测量值包括:

发电机速度,

转子速度,

用于所述发电机的转矩信号。

15. 根据权利要求13所述的振动阻尼方法, 其中, 测量值与内部模型的比较由卡尔曼滤波器执行。

16. 根据权利要求9至11中的任一项所述的振动阻尼方法, 所述振动阻尼方法还包括:

通过信号发生器来产生信号;

对转矩信号添加所述信号, 以进行激励;

比较响应与所述激励, 并且计算模型的参数。

17. 根据权利要求16所述的振动阻尼方法, 其中, 所述信号是具有将被所述自适应共振阻尼器抑制的共振频率的谐波信号。

18. 一种具有连接到电力网的发电机的风力涡轮机, 所述风力涡轮机具有自适应共振阻尼系统, 所述共振阻尼系统包括:

自适应共振阻尼器, 其能够操作以提供可变的转矩信号, 以控制所述发电机产生的转矩, 其中, 根据至少一个电网参数所表示的电网状况来自动地调节所述自适应共振阻尼器的所述可变的转矩信号。

19. 根据权利要求18所述的风力涡轮机, 其中, 所述至少一个电网参数为时间常数。

用于风力涡轮机中的共振阻尼的方法和系统

技术领域

[0001] 本文描述的主题大体涉及用于共振阻尼的方法和系统,并且更具体而言,涉及用于风力涡轮机中的共振阻尼的方法和系统。

背景技术

[0002] 一般地,风力涡轮机包括具有转子的涡轮,转子包括具有多个叶片的可旋转的毂组件。叶片将风能转变成机械旋转转矩,机械旋转转矩通过转子来驱动一个或多个发电机。发电机有时(但不总是)通过变速箱而旋转地耦合到转子上。变速箱提高发电机的转子的固有地较低的旋转速度,以高效地将旋转机械能转换成电能,电能通过至少一个电气连接件而馈送到电网中。也存在无齿轮直接驱动风力涡轮机。转子、发电机、变速箱和其它构件典型地安装在壳体或机舱内,壳体或机舱定位在基座的顶部上,基座可为桁架或管状塔。

[0003] 一些风力涡轮机配置包括双馈式感应发电机(DFIG)。这样的配置还可包括功率转换器,功率转换器用来将产生的电功率的频率转换成基本类似于公用电网频率的频率。此外,这样的转换器与DFIG一起还在公用电网和发电机之间传输电功率,以及从到公用电网连接件的连接件中的一个将发电机激励功率传输给绕线发电机转子。备选地,一些风力涡轮机配置包括(但不限于)备选类型的感应发电机、永磁(PM)同步发电机和电激励式同步发电机和开关磁阻发电机。这些备选配置还可包括功率转换器,功率转换器如上面描述的那样用来转换频率,以及在公用电网和发电机之间传输电功率。

[0004] 已知的风力涡轮机具有多个机械构件和电气构件。各个电气构件和/或机械构件可具有独立的或与其它构件不同的运行限制,诸如电流、电压、功率和/或温度限制。此外,已知的风力涡轮机典型地设计和/或组装成具有预先限定的额定功率限制。为了在这样的额定功率限制内运行,电气构件和/或机械构件可以以针对运行限制的大余裕运行。这种运行可引起低效的风力涡轮机运行,而且可能未充分利用风力涡轮机的功率生产能力。

[0005] 现代风力涡轮机需要主动地抑制机械共振/振动,以便减小例如传动系和叶片处的机械负载,或者避免不稳定性。US 7501798公开了一种用于主动地抑制风能厂中的传动系的方法,其中确定了发电机控制器的修正力矩(moment)。US 7309930公开了一种振动阻尼器,其对风力涡轮机系统的发电机所产生的控制转矩提供可变的信号。可变的转矩控制信号基于发电机速度,并且具有基于风力涡轮机的塔的振荡的共振频率的第一局部峰值。

[0006] 在各种各样的电网环境中部署了现代风力涡轮机。共振阻尼的有效性取决于涡轮所连接到的电网的设置和状况。如果电网状况未知,或者在时间上有一些可变性,则设计将在运行期间可能发生的各个电网状况下工作的共振阻尼器是有挑战性的。对于在阻尼系统的初始设计中未考虑的至少一些状况,传统的共振阻尼器可导致机械负载增大,并且能减少风力涡轮机构件的寿命。

[0007] 解决这个问题的一个以前的尝试是基于局部电网状况来单独地重新调谐共振阻尼器。但是,这是昂贵的方法,因为它要求单独地处理各个位置。另外,电网状况不仅在地点之间有所改变,而且还能随时间而变化,并且确切的状况也许甚至是未知的。一般不能靠重

新调谐来处理这个问题。

[0008] 考虑到以上,具有避免所述缺点的、用于风力涡轮机的共振阻尼方法和系统是合乎需要的。

发明内容

[0009] 在一方面,提供一种用于风力涡轮机的共振阻尼系统,风力涡轮机具有连接到电力网的发电机。该共振阻尼系统包括可操作以对发电机提供控制信号的自适应共振阻尼器,其中,根据表示电网状况的参数来自动地调节自适应共振阻尼器的可变的转矩信号。

[0010] 在另一方面,提供一种用于风力涡轮机的振动阻尼方法,风力涡轮机具有安装在塔上且通过传动系耦合到发电机上的涡轮转子,风力涡轮机连接到电力网上。该振动阻尼方法包括:基于发电机的感测到的旋转速度来确定发电机需求转矩;通过提供可变的转矩信号来用自适应共振阻尼器调制发电机需求转矩;检测至少一个参数所表示的电网状况;以及,根据至少一个电网参数所表示的电网状况来自动地调节自适应共振阻尼器的可变的转矩信号。

[0011] 在又一方面,提供一种具有连接到电力网的发电机的风力涡轮机,该风力涡轮机具有自适应共振阻尼系统。该共振阻尼系统包括自适应共振阻尼器,自适应共振阻尼器可操作以提供可变的转矩信号,以控制发电机产生的转矩,其中,根据至少一个电网参数表示的电网状况来自动地调节自适应共振阻尼器的可变的转矩信号。

[0012] 根据从属权利要求、描述和附图,本发明的另外的方面、优点与特征是显而易见的。

附图说明

[0013] 在说明书的其余部分对本领域普通技术人员更具体地阐述了完整和能够实施的公开,包括其最佳模式,说明书包括对附图的参照,其中:

[0014] 图1是示例性风力涡轮机的一部分的透视图;

[0015] 图2是适于用于图1中示出的风力涡轮机的示例性电气和控制系统的示意图;

[0016] 图3是根据实施例的共振阻尼控制系统的示意图;

[0017] 图4是根据实施例的另外的共振阻尼控制系统的示意图;

[0018] 图5是根据实施例的另外的共振阻尼控制系统的示意图;

[0019] 图6是根据实施例的共振阻尼器的示意图。

[0020] 部件列表

[0021] 100 风力涡轮机;102 机舱;103 转子和传动系系统;104 塔;106 转子;108 叶片;110 毂;112 低速轴;114 变速箱;118 发电机;120 发电机定子;122 发电机转子;200 控制系统;202 涡轮控制器;206 同步开关;208 定子总线;210 功率转换组件;212 转子总线;214 变压器断路器;215 信号处理块;216 系统总线;218 转子滤波器;219 滤波器总线;220 转子侧功率转换器;222 线路侧功率转换器;223 线路侧功率转换器总线;224 线路滤波器;225 线路总线;226 线路接触器;228 转换断路器;230 转换断路器总线;232 连接总线;234 电功率主变压器;236 发电机侧总线;238 电网断路器;240 断路器侧总线;242 通过电网总线的配电网;244 DC链路;246

正轨;248 负轨;250 电容器;252 电流传感器;254 电流传感器;256 电流传感器;262 转换器控制器;264 电流传感器;301 气隙转矩;302 旋转速度传感器;303 测量发电机/转子速度;306 速度和功率控制器;307 转矩命令;310 自适应共振阻尼器;314 控制律计算选择;318 电网强度估计器;322 信号处理块;327 电气时间常数;330 信号发生器;332 系统识别块。

具体实施方式

[0022] 现在将详细参照各种实施例,在各图中示出了实施例的一个或多个示例。以解释而非限制的方式来提供各个示例。例如,示出或描述成一个实施例的一部分的特征可用于其它实施例上或与其它实施例结合起来使用,以产生又一个实施例。本公开意于包括这样的修改和变化。

[0023] 本文描述的实施例包括使得有效的共振阻尼成为可能的风力涡轮机系统。更具体而言,它们包括适于改变涡轮(一个或多个)连接到其上的电网的运行状况的风力涡轮机系统。

[0024] 本文描述的实施例包括电网自适应共振阻尼器。这个阻尼器是主涡轮控制器中的功能,其使用现代风力涡轮机的转矩控制能力,通过调节发送给电气系统和发电机的转矩命令来抑制涡轮的机械共振,诸如传动系振动、塔的左右振动或叶片沿边振动,所以其抑制振荡。

[0025] 此类共振阻尼的有效性基本是电网状况的函数。取决于电网特性,需要不同地设置这些阻尼器,以便实现最大性能,以及在艰难的情况下完全能工作。因此,根据实施例的自适应共振阻尼器根据电网状况来自动地调节它本身。这允许在广泛的电网状况范围内进行共振阻尼。

[0026] 由于根据实施例的阻尼系统和方法的自适应性质的原因,即使涡轮地点处的电网状况显著地改变,也能提供足够的阻尼。这可允许涡轮在其中具有普通阻尼器的涡轮由于例如过度振动而失效的状况中运行。因此,在其中具有传统阻尼器的涡轮在经济上不可行的乡村/地点中布置具有自适应共振阻尼器的涡轮是可行的。这个益处在今后将变得更加重要,因为风能的穿透性较高,所以预计一些电网表现更大的可变性,并且预计风力涡轮机能处理这个可变性。

[0027] 本文描述的实施例包括两个主要功能。第一个是用于识别电网状况的功能(识别功能),而第二个是共振阻尼器,基于来自识别功能的输出来调节共振阻尼器的控制律。两个功能典型地是主涡轮控制器软件的一部分,但在实施例中也能驻留在子系统中,诸如转换器控制单元(CCU)。

[0028] 识别功能典型地涉及获得和更新用于组合的转换器-发电机系统的简化模型的参数。例如,如果假设从涡轮控制器所命令的转矩设定点至发电机处的实际气隙转矩的传递函数具有一阶系统(低通滤波器)的特性,则识别功能将继续需要确定一阶系统的时间常数。

[0029] 虽然使用具有仅一个参数的一阶系统是一种解决方案,但是本文描述的实施例不限于固定的模型结构,而且可使用任何传递函数。在实施例中,进一步可行的是,取而代之,使用固定的模型结构来直接识别任何时域或频域规范,诸如在给定频率下的增益和相位滞

后。

[0030] 在实施例中,使用用于获得前述电网特性的三个不同的选项,将在下面关于图3f来进一步展示它们。在实施例中,也可从外部源获取电网强度特性。这个源可为例如中央风场控制器,或者可直接由电网的运营商实现电网强度特性。

[0031] 根据实施例的第二主功能是可变的共振阻尼器。共振阻尼器是风力涡轮机控制器中的功能,其基于发电机速度和(潜在地)转子速度的测量来计算将对于主速度和功率控制器所命令的转矩添加的转矩。不像传统的共振阻尼,用于计算共振阻尼的转矩的控制律不是固定的,但是表示电网状况的参数功能由第一功能确定。

[0032] 如本文所用,用语“振动阻尼系统”或“共振阻尼系统”意于表示能够减小风力涡轮机系统中的振动的系统。如本文所用,用语“叶片”意于表示在相对于周围流体的运动中提供反作用力的任何装置。如本文所用,用语“风力涡轮机”意于表示从风能中产生旋转能以及更具体而言将风的动能转换成机械能的任何装置。如本文所用,用语“风力发电机”意于表示从风能中产生的旋转能中产生电功率以及更具体而言将从风的动能转换的机械能转换成电功率的任何风力涡轮机。

[0033] 图1是示例性风力涡轮机100的一部分的透视图。风力涡轮机100包括容纳发电机的机舱102(未在图1中示出)。机舱102安装在塔104(在图1中示出了塔104的一部分)上。塔104可具有促进如本文描述的风力涡轮机100的运行的任何适当的高度。风力涡轮机100还包括转子106,转子106包括附连到旋转毂110上的三个叶片108。备选地,风力涡轮机100包括促进如本文描述的风力涡轮机100的运行的任何数量的叶片108。在该示例性实施例中,风力涡轮机100包括操作性地耦合到转子106和发电机(未在图1中示出)上的变速箱(未在图1中示出)。在下面,包括转子106、变速箱114和轴、它们之间的耦合件的机械系统被称为转子和传动系统103。

[0034] 图2是可用于风力涡轮机100的示例性电气和控制系统200的示意图。转子106包括耦合到毂110上的叶片108。转子106还包括可旋转地耦合到毂110上的低速轴112。低速轴112耦合到提升变速箱114上,提升变速箱114配置成提高低速轴112的旋转速度,以及将那个速度传递给高速轴116。在该示例性实施例中,变速箱114具有大约70:1的提升比。例如,耦合到提升比为大约70:1的变速箱114上的以大约20转每分(rpm)旋转的低速轴112会使高速轴116产生大约1400 rpm的速度。备选地,变速箱114具有促进如本文描述的风力涡轮机100的运行的任何适当的提升比。作为另外的备选方案,风力涡轮机100包括在没有任何居间变速箱的情况下可旋转地耦合到转子106上的直接驱动发电机。

[0035] 高速轴116可旋转地耦合到发电机118上。在该示例性实施例中,发电机118是绕线转子式三相双馈感应(同步)发电机(DFIG),其包括以磁的方式耦合到发电机转子122上的发电机定子120。在备选实施例中,发电机转子122包括代替转子绕组的多个永磁体。

[0036] 电气和控制系统200包括涡轮控制器202。涡轮控制器202包括至少一个处理器和存储器、至少一个处理器输入通道、至少一个处理器输出通道,并且可包括至少一个计算机(在图2中一个也没有示出)。如本文所用,用语计算机不限于在本领域中称为计算的集成电路,而是宽泛地指处理器、微控制器、微型计算机、可编程的逻辑控制器(PLC)、专用集成电路,以及其它可编程的电路(在图2中一个也没有示出),而且这些用语在本文中可互换地使用。在该示例性实施例中,存储器可包括(但不限于)计算机可读的介质,诸如随机存取存储

器(RAM)(在图2中一个也没有示出)。备选地,也可使用一个或多个存储装置,诸如软盘、只读光盘存储器(CD-ROM)、磁光盘(MOD)和/或数字多功能盘(DVD)(在图2中一个也没有示出)。而且,在该示例性实施例中,附加的输入通道(未在图2中示出)可为(但不限于)与操作员接口相关联的计算机外设,诸如鼠标和键盘(在图2中均未示出)。另外,在该示例性实施例中,附加的输出通道可包括(但不限于)操作员接口监测器(未在图2中示出)。

[0037] 用于涡轮控制器202的处理器的处理从多个电气和电子装置传输的信息,多个电气和电子装置可包括(但不限于)电压和电流换能器。RAM和/或存储装置存储和传递将由处理器执行的信息和指令。RAM和/或存储装置还能用来在处理器执行指令的期间对处理器存储和提供临时的可变的静态(即不变的)信息和指令或者其它中间信息。执行的指令包括(但不限于)常驻的转换和/或比较器算法。指令的序列的执行不限于硬件电路和软件指令的任何特定组合。

[0038] 在图2中未明确地示出的是信号处理块215、322、速度和功率控制单元306、自适应共振阻尼器310、系统识别块332、信号发生器330、信号发生器330和电网强度估计器318,在下面关于图3至5来进一步描述它们。这些典型地(但不一定)是涡轮控制单元202的一部分。

[0039] 发电机定子120通过定子总线208而电耦合到定子同步开关206上。在示例性实施例中,为了促进DFIG配置,发电机转子122通过转子总线212而电耦合到双向功率转换组件210上。备选地,发电机转子122通过促进如本文描述的电气和控制系统200的运行的任何其它装置而电耦合到转子总线212上。作为另外的备选方案,电气和控制系统200配置成全功率转换系统(未示出),全功率转换系统包括在设计 and 运行上类似于功率转换组件210且电耦合到发电机定子120上的全功率转换组件(未在图2中示出)。全功率转换组件促进在发电机定子120和电功率传输和配电网(未示出)之间引导电功率。在该示例性实施例中,定子总线208将三相功率从发电机定子120传输到定子同步开关206。转子总线212将三相功率从发电机转子122传输到功率转换组件210。在该示例性实施例中,定子同步开关206通过系统总线216而电耦合到主变压器断路器214上。在备选实施例中,使用一个或多个保险丝(未示出)来代替主变压器断路器214。在另一个实施例中,即未使用保险丝,也未使用主变压器断路器214。

[0040] 功率转换组件210包括通过转子总线212而电耦合到发电机转子122上的转子滤波器218。转子滤波器总线219将转子滤波器218电耦合到转子侧功率转换器220上,并且转子侧功率转换器220电耦合到线路侧功率转换器222上。转子侧功率转换器220和线路侧功率转换器222是包括功率半导体(未示出)的功率转换器桥。在该示例性实施例中,转子侧功率转换器220和线路侧功率转换器222配置成三相脉宽调制(PWM)配置,其包括如本领域中已知的那样运行的绝缘栅双极晶体管(IGBT)开关装置(未在图2中示出)。备选地,转子侧功率转换器220和线路侧功率转换器222具有使用促进如本文描述的电气和控制系统200的运行的任何开关装置的任何配置。功率转换组件210耦合与涡轮控制器202进行电子数据通信,以控制转子侧功率转换器220和线路侧功率转换器222的运行。

[0041] 在该示例性实施例中,线路侧功率转换器总线223将线路侧功率转换器222电耦合到线路滤波器224上。而且,线路总线225将线路滤波器224电耦合到线路接触器226上。此外,线路接触器226通过转换断路器总线230而电耦合到转换断路器228上。另外,转换断路器228通过系统总线216和连接总线232而电耦合到主变压器断路器214上。备选地,线路滤

波器224通过连接总线232而直接电耦合到系统总线216上,并且包括配置成考虑从电气和控制系统200移除线路接触器226和转换断路器228的任何合适的保护方案(未示出)。主变压器断路器214通过发电机侧总线236而电耦合到电功率主变压器234上。主变压器234通过断路器侧总线240而电耦合到电网断路器238上。电网断路器238通过电网总线242而连接到电功率传输和配电网。在备选实施例中,主变压器234通过断路器侧总线240而电耦合到一个或多个保险丝(未示出)上,而非电耦合到电网断路器238上。在另一个实施例中,既未使用保险丝,也未使用电网断路器238,相反地,主变压器234通过断路器侧总线240和电网总线242而耦合到电功率传输和配电网。

[0042] 在该示例性实施例中,转子侧功率转换器220通过单个直流(DC)链路244而耦合合成与线路侧功率转换器222进行电气连通。备选地,转子侧功率转换器220和线路侧功率转换器222通过单独和独立的DC链路(未在图2中示出)来电耦合。DC链路244包括正轨246、负轨248,以及耦合在正轨246和负轨248之间的至少一个电容器250。备选地,电容器250包括在正轨246和负轨248之间配置成串联和/或并联的一个或多个电容器。

[0043] 涡轮控制器202配置成接收来自第一组电压和电流传感器252的多个电压和电流测量信号。此外,涡轮控制器202配置成监测和控制与风力涡轮机100相关联的运行变量中的至少一些。在该示例性实施例中,三个电压和电流传感器252中的各个电耦合到电网总线242的三相中每一个上。备选地,电压和电流传感器252电耦合到系统总线216上。作为另外的备选方案,电压和电流传感器252电耦合到促进如本文描述的电气和控制系统200的运行的电气和控制系统200的任何部分上。作为又一备选方案,涡轮控制器202配置成接收来自任何数量的电压和电流传感器252的任何数量的电压和电流测量信号,包括(但不限于)来自一个换能器的一个电压和电流测量信号。

[0044] 如图2中示出的那样,电气和控制系统200还包括配置成接收多个电压和电流测量信号的转换器控制器262。例如,在一个实施例中,转换器控制器262接收来自耦合合成与定子总线208进行电子数据通信的第二组电压和电流传感器254的电压和电流测量信号。转换器控制器262接收来自耦合合成与转子总线212进行电子数据通信的第三组电压和电流传感器256的第三组电压和电流测量信号。转换器控制器262还接收来自耦合合成与转换断路器总线230进行电子数据通信的第四组电压和电流传感器264的第四组电压和电流测量信号。第二组电压和电流传感器254基本类似于第一组电压和电流传感器252,并且第四组电压和电流传感器264基本类似于第三组电压和电流传感器256。转换器控制器262基本类似于涡轮控制器202,并且耦合合成与涡轮控制器202进行电子数据通信。此外,在该示例性实施例中,转换器控制器262在物理上集成在功率转换组件210内。备选地,转换器控制器262具有促进如本文描述的电气和控制系统200的运行的任何配置。

[0045] 在运行期间,风撞击叶片108,并且叶片108将风能转换成机械旋转转矩,机械旋转转矩通过毂110来可旋转地驱动低速轴112。低速轴112驱动变速箱114,变速箱114随后提高低速轴112的低的旋转速度,以用增大的旋转速度来驱动高速轴116。高速轴116可旋转地驱动发电机转子122。发电机转子122感应出旋转的磁场,并且在磁耦合到发电机转子122上的发电机定子120内感应电压。发电机118将旋转机械能转换成在发电机定子120中的正弦三相交流电(AC)电能信号。相关联的电功率通过定子总线208、定子同步开关206、系统总线216、主变压器断路器214和发电机侧总线236而传输到主变压器234。主变压器234提高电功

率的电压幅度,并且经变压的电功率通过断路器侧总线240、电网断路器238和电网总线242而进一步传输到电网。

[0046] 在该示例性实施例中,提供第二电功率传输路径。电气三相正弦AC功率在发电机转子122内产生,并且通过转子总线212而传输到功率转换组件210。在功率转换组件210内,电功率传输到转子滤波器218,并且针对与转子侧功率转换器220相关联的PWM信号的变化速率来修改电功率。转子侧功率转换器220用作整流器,并且将正弦三相AC功率整流成DC功率。DC功率传输到DC链路244中。电容器250通过促进减轻与AC整流相关联的DC波动来促进减轻DC链路244电压幅度变化。

[0047] DC功率随后从DC链路244传输到线路侧功率转换器222,并且线路侧功率转换器222用作配置成将来自DC链路244的DC电功率转换成具有预定的电压、电流和频率的三相正弦AC电功率的逆变器。通过转换器控制器262来监测和控制这个转换。转换的AC功率通过线路侧功率转换器总线223和线路总线225、线路接触器226、转换断路器总线230、转换断路器228和连接总线232从线路侧功率转换器222传输到系统总线216。线路滤波器224补偿或调节从线路侧功率转换器222中传输出的电功率中的谐波电流。定子同步开关206配置成闭合,以促进使来自发电机定子120的三相功率与来自功率转换组件210的三相功率连接。

[0048] 例如,当过多电流可能损害电气和控制系统200的构件时,转换断路器228、主变压器断路器214和电网断路器238配置成断开对应的总线。还提供了附加的保护构件,包括线路接触器226,可控制线路接触器226,以通过切断对应于线路总线225的各个线路的开关(未在图2中示出)来形成断开。

[0049] 功率转换组件210补偿或调节来自发电机转子122的三相功率的频率,以改变例如毂110和叶片108处的风速。因此,照这样,机械和电气转子频率与定子频率去耦。

[0050] 在一些状况下,功率转换组件210的双向特性,以及尤其是转子侧功率转换器220和线路侧功率转换器222的双向特性,促进将产生的电功率中的至少一些馈送回发电机转子122中。更具体而言,电功率从系统总线216传输到连接总线232,并且随后通过转换断路器228和转换断路器总线230而进入功率转换组件210中。在功率转换组件210内,电功率通过线路接触器226、线路总线225和线路侧功率转换器总线223而传输到线路侧功率转换器222中。线路侧功率转换器222用作整流器,并且将正弦三相AC功率整流成DC功率。DC功率传输到DC链路244中。电容器250通过促进减轻有时与三相AC整流相关联的DC波动来促进减轻DC链路244电压幅度变化。

[0051] DC功率随后从DC链路244传输到转子侧功率转换器220,并且转子侧功率转换器220用作配置成将从DC链路244传输出的DC电功率转换成具有预定的电压、电流和频率的三相正弦AC电功率的逆变器。通过转换器控制器262来监测和控制这个转换。转换的AC功率通过转子滤波器总线219来从转子侧功率转换器220传输到转子滤波器218,并且随后通过转子总线212而传输到发电机转子122,从而促进次同步运行。

[0052] 功率转换组件210配置成接收来自涡轮控制器202的控制信号。控制信号基于风力涡轮机100和电气和控制系统200的感测到的状况或运行特性。控制信号由涡轮控制器202接收,并且用来控制功率转换组件210的运行。电气和控制系统200可使用来自一个或多个传感器的反馈以通过转换器控制器262来控制功率转换组件210,反馈包括例如通过第二组电压和电流传感器254、第三组电压和电流传感器256和第四组电压和电流传感器264得到

的转换断路器总线230、定子总线和转子总线的电压或者电流反馈。使用这个反馈信息,以及例如开关控制信号,可按任何已知的方式来产生定子同步开关控制信号和系统断路器控制(跳脱)信号。例如,对于具有预定的特性的电网电压瞬态,转换器控制器262将至少暂时基本暂停IGBT在线路侧功率转换器222内传导。线路侧功率转换器222的运行的这种暂停将把被引导通过功率转换组件210的电功率基本减轻到大约零。

[0053] 图3示出了根据实施例的自适应阻尼系统的示意图。风力涡轮机系统包括采集传动系和/或发电机118的速度的旋转速度传感器302。经过信号处理单元215,使用这个数据来馈送给速度和功率控制器306。信号处理单元322还采集传感器数据,并且使用它来馈送给共振阻尼器310。来自自适应共振阻尼器310的信号和速度以及功率控制器306加总,并且作为转矩命令而馈送到功率转换组件(PCA)210。PCA 210直接基于在PCA内部的控制和测量变量来计算表示电网状况的值/参数(例如时间常数)。这些变量典型地可为发电机电压和电流。这表示计算了当前电网状况且由时间常数表示。经过控制律计算选择314,这个时间常数馈送到自适应共振阻尼器310中,从而修改阻尼器特性。

[0054] 图4示出了根据自适应共振阻尼系统的实施例的、基于电网特性的在线估计的观测器。测量发电机和转子速度303、转矩命令307,以及(潜在地在实施例中)许多功率转换组件内部信号馈送到动态观测器,诸如在涡轮控制器的内部的电网强度估计器318。在实施例中,电网强度估计器318是卡尔曼滤波器。观测器持续地比较测量值与来自存储在观测器内部的内部模型的预测,并且更新该内部模型,使得其预测和测量值之间的失配减小。根据该模型,得出分别表示电网状况强度的参数,例如估计的电气时间常数328。表示内部模型的电气时间常数参数然后通过控制律计算选择314而馈送到自适应共振阻尼器310。

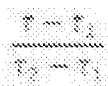
[0055] 图5示出了根据自适应共振阻尼系统的实施例的周期系统激励和识别。有时,(例如以固定的间隔,这可从几分钟达到数月,更典型地从1小时达到2个月,例如每分钟、每小时、每周或每月),通过将信号发生器330产生的激励信号329添加到来自风力涡轮机100的主速度和功率控制器306的转矩命令307来激励系统。在具有简单形式的实施例中,激励信号329是具有等于被自适应共振阻尼器310抑制的共振频率的频率的谐波信号。但是,更复杂的信号,诸如具有不止一个频率或PRBS(伪随机二进制序列)信号的谐波信号也是可行的。然后系统识别块332比较测量的响应与激励329,并且计算存储在系统识别块332中的模型的参数。根据该模型,通过控制律计算选择314来得出电网的电气时间常数327,并且该电气时间常数327馈送到自适应共振阻尼器310中。

[0056] 图6示出了根据实施例的共振阻尼器310的示例性实现。该图示出了用于两个不同的假设电气传递函数的两个不同的共振阻尼器配置,其中,针对 τ_1 设计阻尼器311,而针对 τ_2 设计阻尼器312。阻尼器311、312的各个设置成使其以转矩命令和实际转矩之间的某个假设的传递函数来提供期望的性能。阻尼器310的最终输出是来自单独的阻尼器311、312的输出的加权总和,其中,基于第一函数所确定的当前电网状况来确定加权函数。第一阻尼器311的第一加权函数313在这个示例中是:

[0057]
$$\frac{1}{\tau_1} \frac{s + \frac{1}{\tau_1}}{s^2 + \frac{1}{\tau_1} s + \frac{1}{\tau_1^2}}$$

[0058] 而第二阻尼器312的第二加权函数315是:

[0059]



[0060] 虽然示例示出了使用两个阻尼器,但是实施例不限于仅使用两个阻尼器,而是任何数量的单独的阻尼器是可行的。

[0061] 作为对用描述的“加权总和”方法所描述的实施例的备选,可仅实现单个共振阻尼器,但是利用这个阻尼器的参数和实现,实现表示电网质量的数量的直接函数(例如电气时间常数)。

[0062] 上面描述的系统和方法促进在不进一步修改控制系统的情况下在大的电网状况范围中布置风力涡轮机,并且将比传统的共振阻尼产生更低的机械负载,尤其是在电网状况可变的情形中。

[0063] 更具体而言,它们促进在变化的运行状况下进行有效的共振阻尼,因为它们的设计不需要详细地了解正确的电网状况,而且还使它本身适用于不断变化的状况的情况。

[0064] 在上面详细地描述了用于自适应共振阻尼的系统和方法的示例性实施例。系统和方法不限于本文描述的具体实施例,而是相反,系统的构件和/或方法的步骤可独立地并且与本文描述的其它构件和/或步骤分开来使用。例如,不限于仅用本文描述的风力涡轮机系统来实践它们。相反,能用许多其它转子叶片应用来实现和/或使用示例性实施例。

[0065] 虽然可能在一些图中示出了本发明的各种实施例的特定特征,而在其它图中没有示出,但这仅是为了方便。根据本发明的原理,可结合任何其它图的任何特征来参照和/或声明图的任何特征。

[0066] 按照一个示例实施例,提供一种用于风力涡轮机的共振阻尼系统,所述风力涡轮机具有连接到电力网的发电机,所述共振阻尼系统包括:

[0067] 自适应共振阻尼器,其可操作以对所述发电机提供控制信号,其中,根据表示电网状况的参数来自动地调节所述自适应共振阻尼器的可变的转矩信号。

[0068] 按照上述一示例实施例,其中,所述自适应共振阻尼器适于根据至少一个测量值来计算表示电网状况的电网参数。

[0069] 按照以上的示例实施例,其中,表示所述电网状况的所述电网参数是时间常数,以及其中,所述测量值包括所述发电机的电压和/或电流。

[0070] 按照上述一示例实施例,其中,从所述风力涡轮机的外部的外部源接收表示电网状况的参数。

[0071] 按照上述一示例实施例,还包括:

[0072] 动态观测器,其适于比较测量值与内部模型,以及根据测量值与由所述模型预测的参数的差异来更新所述内部模型,以及其中,所述观测器进一步适于将所述内部模型的参数馈送到所述自适应共振阻尼器。

[0073] 按照以上的示例实施例,其中,所述测量值包括:

[0074] a)发电机速度;

[0075] b)转子速度;以及

[0076] c)用于所述发电机的转矩信号。

[0077] 按照以上的示例实施例,其中,所述动态观测器包括卡尔曼滤波器。

[0078] 按照上述一示例实施例,还包括:

[0079] a)信号发生器;以及

[0080] b)系统识别块;

[0081] 其中,对来自所述涡轮的主速度和功率控制器的所述转矩信号添加所述信号发生器产生的信号,以进行激励,以及其中,所述系统识别块然后比较对所述激励的测量响应与
所述激励,并且计算模型的参数。

[0082] 按照以上的示例实施例,其中,所述信号优选为具有将被所述自适应共振阻尼器抑制的共振频率的谐波信号。

[0083] 按照另一个示例实施例,提供一种用于风力涡轮机的振动阻尼方法,所述风力涡轮机具有安装在塔上且通过传动系耦合到发电机上的涡轮转子,所述风力涡轮机连接到电力网上,所述振动阻尼方法包括:

[0084] a)基于所述发电机的感测到的旋转速度来确定发电机需求转矩;

[0085] b)通过提供可变的转矩信号来用自适应共振阻尼器调制所述发电机需求转矩;

[0086] c)检测至少一个参数所表示的电网状况;

[0087] d)根据至少一个电网参数所表示的电网状况来自动地调节所述自适应共振阻尼器的所述可变的转矩信号。

[0088] 按照上述另一个示例实施例,还包括:根据至少一个测量值来计算表示电网状况的电网参数,其中,所述测量值包括所述发电机的电压和/或电流。

[0089] 按照上述另一个示例实施例,其中,表示所述电网状况的所述电网参数是时间常数。

[0090] 按照上述另一个示例实施例,其中,至少一个参数所表示的电网状况包括接收来自所述风力涡轮机的外部的参数。

[0091] 按照上述另一个示例实施例,还包括:

[0092] a)比较测量值与内部模型;

[0093] b)根据测量值与由所述模型预测的参数的差异来更新所述内部模型;

[0094] c)将所述内部模型的参数馈送到自适应共振阻尼器。

[0095] 按照以上的另一个示例实施例,其中,所述测量值包括:

[0096] a)发电机速度,

[0097] b)转子速度,

[0098] c)用于所述发电机的转矩信号。

[0099] 按照以上的另一个示例实施例,其中,所述测量值与内部模型的比较由卡尔曼滤波器执行。

[0100] 按照上述另一个示例实施例,还包括:

[0101] a)通过信号发生器来产生信号;

[0102] b)对转矩信号添加所述信号,以进行激励;

[0103] c)比较响应与所述激励,并且计算模型的参数。

[0104] 按照以上的另一个示例实施例,其中,所述信号是具有将被所述自适应共振阻尼器抑制的共振频率的谐波信号。

[0105] 按照再一个示例实施例,提供一种具有连接到电力网的发电机的风力涡轮机,所述风力涡轮机具有自适应共振阻尼系统,所述共振阻尼系统包括:

[0106] 自适应共振阻尼器,其可操作以提供可变的转矩信号,以控制所述发电机产生的转矩,其中,根据至少一个电网参数所表示的电网状况来自动地调节所述自适应共振阻尼器的所述可变的转矩信号。

[0107] 按照上述再一个示例实施例,其中,表示所述电网状况的所述电网参数是时间常数。

[0108] 本书面描述使用示例来公开本发明,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,以及实行任何结合的方法。虽然已经在前述中公开了各种具体实施例,但是本领域技术人员将认识到,权利要求的精神和范围允许有同样有效的修改。特别地,上面描述的实施例的互不排斥的特征可与彼此结合。本发明的可取得专利的范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这样的其它示例具有不异于权利要求的字面语言的结构要素,或者如果它们包括与权利要求的字面语言无实质性差异的等效结构要素,则它们意于处在权利要求的范围之内。

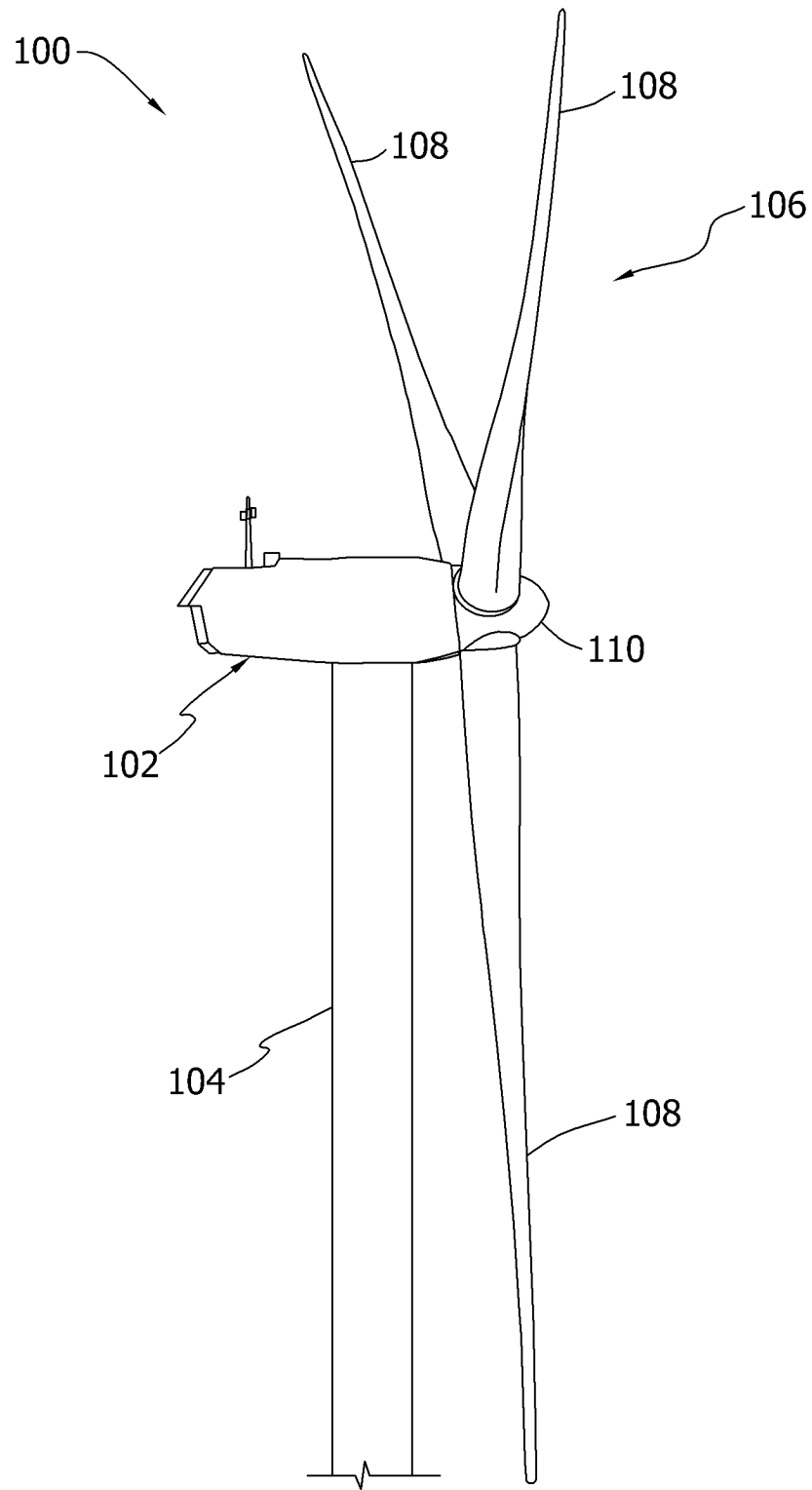


图 1

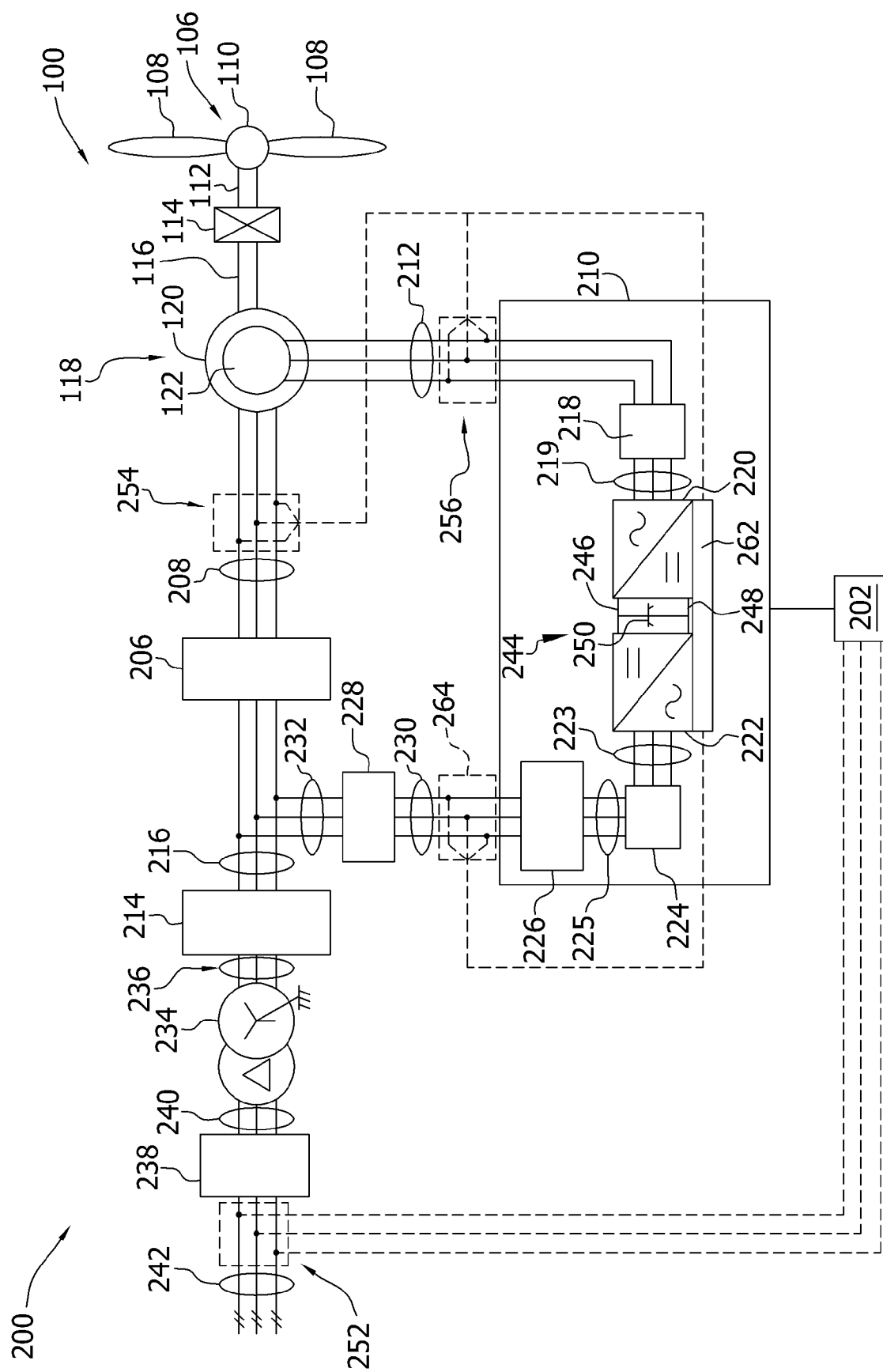


图 2

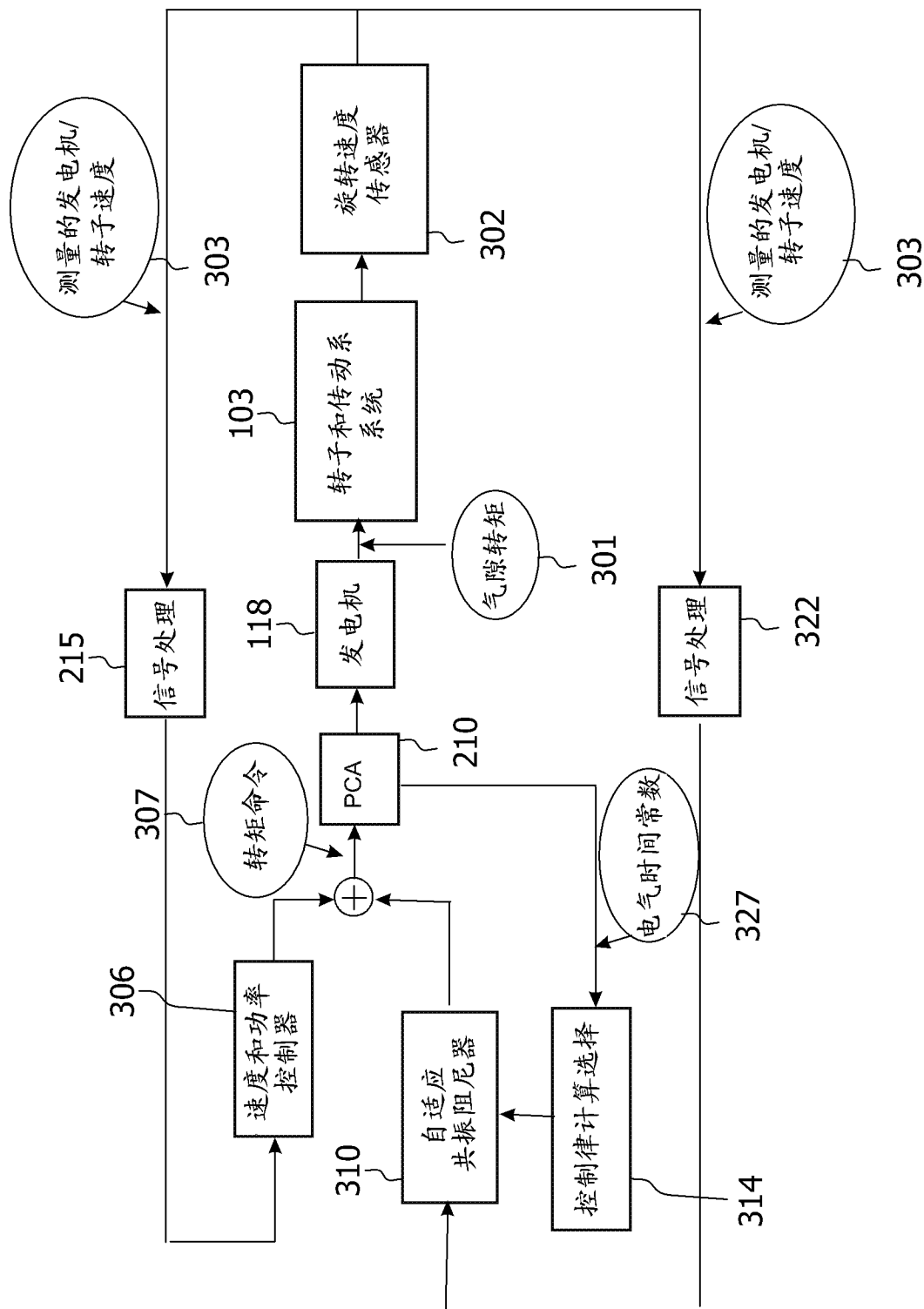


图 3

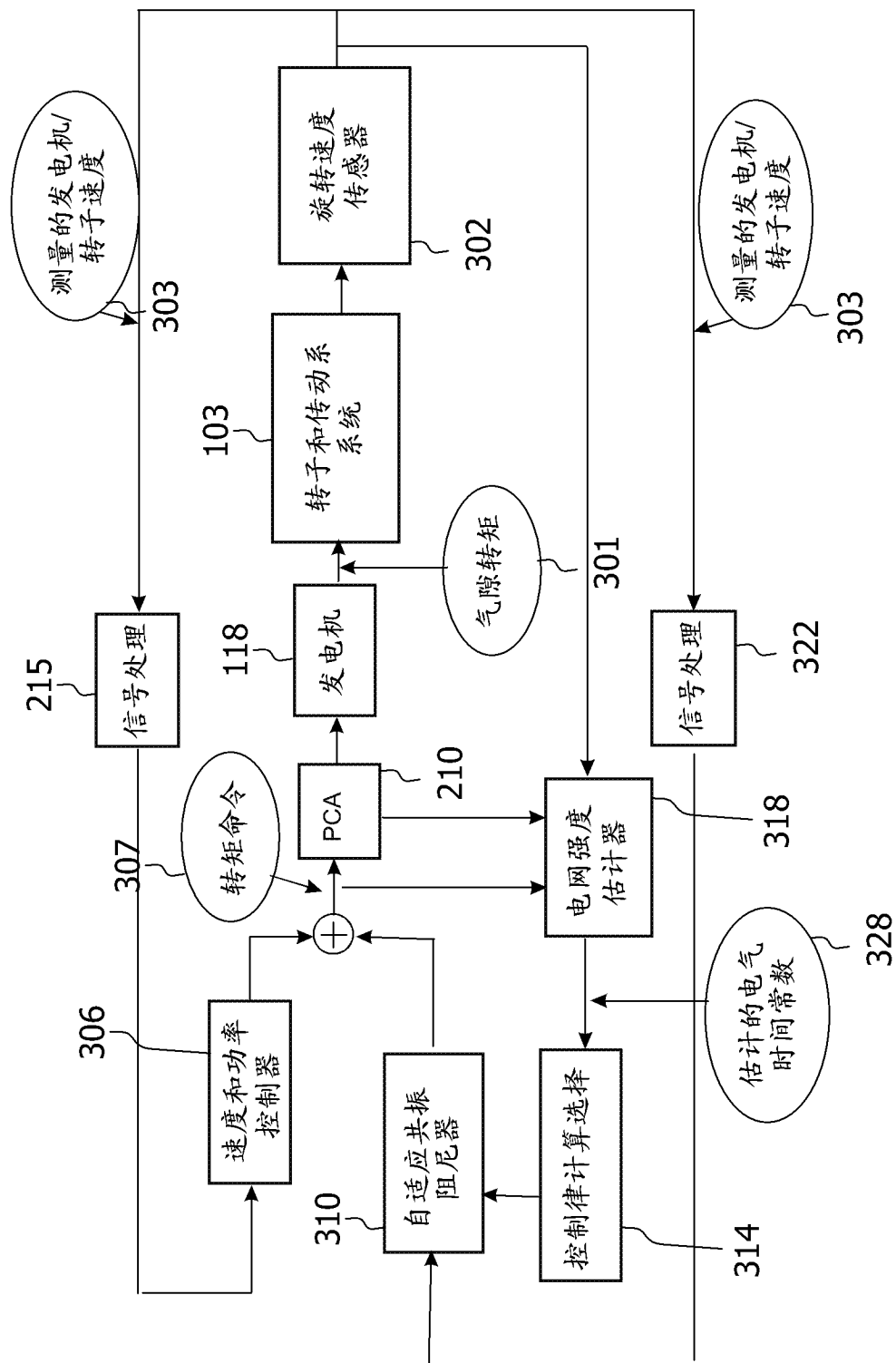


图 4

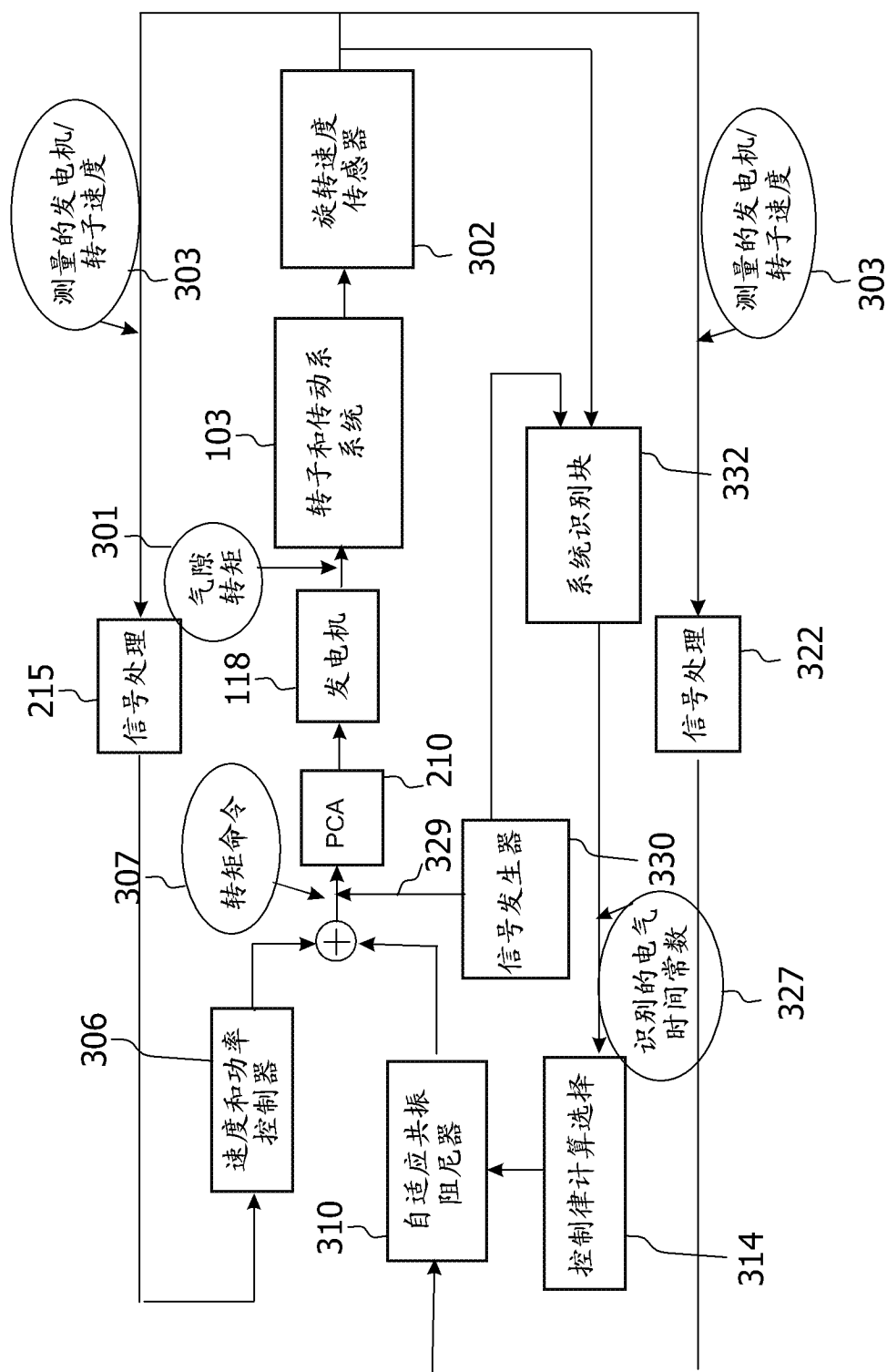


图 5

310

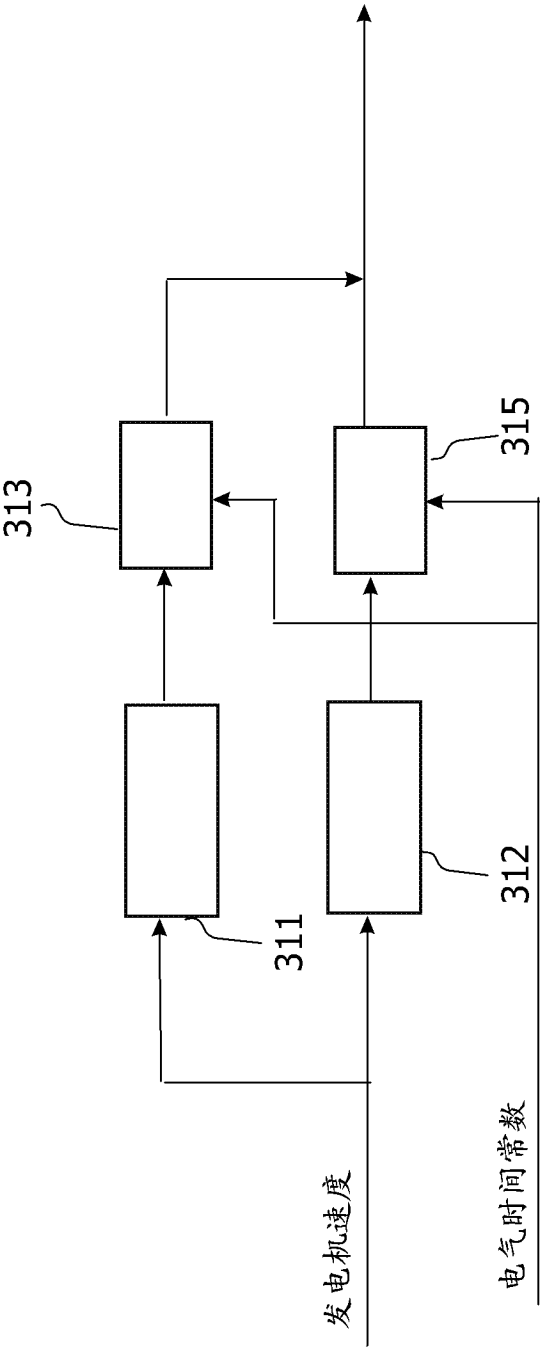


图 6