(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101294543 B
(45)授权公告日 2012.07.25

(21)申请号 200710160110.4
(22)申请日 2007.12.24
(30)优先权数据
102007019907.6 2007.04.27 DE
(73)专利权人 诺德克斯能源有限公司
地址 德国诺德施泰特
(72)发明人 M·劳布洛克 T·P·沃尔德曼
S·比尔格斯
(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 张兆东
(51)Int.Cl.
F03D 7/02(2006.01)
F03D 11/00(2006.01)
(56)对比文件
CN 1375040 A,2002.10.16, 全文.
CN 1320194 A,2001.10.31, 全文.
US 7144216 B2,2006.12.05, 全文.

审查员 陈翔

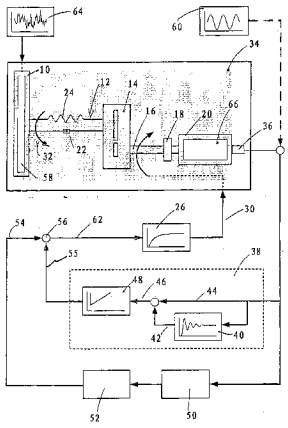
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54)发明名称

有效阻尼风能装置中的传动系的方法

(57)摘要

本发明公开一种风能装置中有效阻尼传动系的方法，具有下面的步骤：获得发电机旋转速度的实际值，并且通过振荡延迟元件放大；该振荡延迟元件具有预定的固有振荡频率（ω_E），该预定的固有振荡频率小于传动系最小固定频率；以及该旋转速度的实际值与旋转速度放大值之间的差值作为激励变量连接到控制器，该控制器为发电机控制单元确定校正力矩。



CN 101294543 B

1. 一种有效阻尼风能装置中的传动系的方法，具有下面的步骤：

获得发电机旋转速度的实际值 (36)，并且通过振荡延迟元件 (40) 放大；

该振荡延迟元件 (40) 具有预定的固有振荡频率 (ω_E)，该预定的固有振荡频率小于传动系的最小固有频率；和

该旋转速度的实际值 (36) 与旋转速度的放大值 (42) 之间的差值作为激励变量 (46) 连接到控制器 (48)，该控制器为发电机控制单元确定校正力矩 (55)。

2. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于，振荡延迟元件 (40) 的固有振荡频率比在传动系处产生的最小固有频率小至少 8%。

3. 根据权利要求 1 或 2 的方法，其特征在于，振荡延迟元件 (40) 实现为 PT2 元件。

4. 根据权利要求 3 的方法，其特征在于，振荡延迟元件 (40) 具有小于 0.5 的较小阻尼常数。

5. 根据权利要求 4 的方法，其特征在于，该阻尼常数为 0.05 到 0.25。

6. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于，控制器 (48) 实现为 PID 控制器。

7. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于，控制器实现为比例控制器。

8. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于，控制器实现为比例积分控制器。

9. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于，控制器实现为比例微分控制器。

10. 根据权利要求 2 的方法，其特征在于，所述固有振荡频率比在传动系处产生的最小固有频率小 12%。

有效阻尼风能装置中的传动系的方法

[0001] 本发明涉及一种对风能装置的传动系上和/或中的振动进行有效阻尼的方法。

[0002] 传动系常常表示转子、转子轴（低速轴）、齿轮箱、发电机轴（快速轴）、耦合器和发电机的组装部件。对于风能装置来说，通常公知的是，传动系的振动激励可能具有不同原因。首先，循环周期性的扰动是一种可能性，例如塔防风罩或者塔坝、风速的高度轮廓、转子经由偏航角的歪斜逆风或转子叶片的歪斜轴倾斜和/或不平衡质量。除了以转子旋转速度的多样性形式存在的外部激励之外，也会在发电机侧产生扰动，例如，输电网误差、在非常长的输电网供给线处的电网振荡、转换器和DC中间电路的振荡、隔离操作中的控制影响和用户回动。关于振动激励和随其一起产生的共振的概述在Erich Hau的课本，Windkraftanlagen，第三版，Springer-Verlag Berlin，11.2.4章节中可以找到。

[0003] 从WO2004/112234A1中，已知了一种在旋转的传动系上阻尼扭转振动的方法。提供了一种阻尼装置以对其进行阻尼，其被调谐到扭转振动的共振频率。该调谐必须不能与传动系的共振频率偏离大于3％。

[0004] 从EP1643122A2中，已知了一种具有可变速度的风能装置的阻尼系统。该阻尼系统获得在发电机轴处的旋转速度真实值。将该真实值送往控制单元，该控制单元根据旋转速度来确定发电机上力矩的期望值。为了避免振动，提供了一种振动阻尼器。其参数与传动系的共振频率、塔振动的共振以及转子叶片经过该塔的移动相适应。信号作为输出连接到振动阻尼器，其是发电机旋转速度的测量值，并且被放大，以产生响应信号。为了适应该振动阻尼器，提供一种检测装置，其连续地计算塔和传动系的共振频率，并将计算值送往该阻尼器。在这样做的过程中，该检测装置周期性地扫描发电机旋转速度。振动引起发电机旋转速度的改变，其通过该检测装置从时间区域转换到频率区域。该频率信号被送往振动阻尼器。

[0005] 本发明基于该目的提供了一种有效阻尼传动系的方法，其可靠地允许通过简单的方式进行阻尼。

[0006] 根据本发明，通过根据权利要求1的方法来实现该目的。优选实施例形成了从属权利要求中的主题。

[0007] 根据本发明的方法提供了在风能装置中对传动系的有效阻尼。在该方法中，获得发电机旋转速度的实际值并且将其通过振荡延迟元件放大。该振荡延迟元件具有小于传动系最小固有频率的固有振荡频率。该旋转速度的实际值与放大值之间的差值作为激励变量连接到控制器，该控制器为发电机控制单元确定校正力矩。根据本发明的该方法中，为振荡延迟元件提供预定的固有振荡频率，该预定的固有振荡频率为风能装置或系列风能装置预先设定。该预定的固有振荡频率允许在操作该装置期间忽略该延迟元件的适应性匹配。

[0008] 为了确定校正力矩，在根据本发明的方法中提供了控制器，旋转速度实际值和旋转速度放大值之间的差值被连接到该控制器。对于根据本发明的方法来说，意想不到地发现，不需要调整振荡延迟元件以及具有不同部件的风能装置中控制器的参数，就可以应用本发明。

[0009] 在一个优选实施例中，振荡延迟元件的预定的固有振荡频率比在传动系处产生的

最小固有频率小至少 8%，优选地小 12%。通过选择振荡延迟元件上的预定的固有振荡频率，一方面，确保了旋转速度的变化例如不会导致产生用于发电机控制单元的校正力矩，其中旋转速度的变化通过阵风或通过倾斜系统的干涉产生。另一方面，通过选择固有振荡频率，确保了及时地阻尼共振振动并且避免了对该传动系和其组件产生太高应力。

[0010] 在一个优选实施例中，该振荡延迟元件实现为 PT2 元件。优选地，为振荡延迟元件选择较小的阻尼常数 D，其值优选在 0.05 到 0.25 的区域中。即使在选择该阻尼常数时，可以发现，通过该阻尼常数的预定值，对于具有不同组件的风能装置来说，有效振动阻尼都是可能的。

[0011] 优选地，确定校正力矩的控制器实现为 PID 控制器，其中该 PID 控制器还可实现为比例控制器，其中将微分部分（D 部分）和 / 或积分部分（I 部分）设为零。

[0012] 将通过下面的示例更详细地说明根据本发明的方法。

[0013] 唯一的附图示意性地示出了传动系的元件和控制器电路的基本结构。

[0014] 该图在整体上示出了风能装置传动系 34 的基本元件的结构。包括转子叶片和转子毂心壳体的转子示意性地通过 10 表示。通过风 64 对该转子 10 的作用，产生转矩 32 并且驱动转子侧轴 12。该转子轴 12 伸向到齿轮箱 14 中，该齿轮箱 14 的输出轴被称为发电机轴 16。该发电机轴 16 通过耦合器 18 与发电机 20 的输入轴连接。为了更好理解该传动系上产生的振动，可假定该转子轴为弹性的，其在该图中通过阻尼元件 22 和弹性弹簧 24 来表示。对于当前的考虑来说，重要的是在轴 12 上发生的扭转振动。因此，根据该转子轴在扭转振动时的弹性特性给弹簧 24 和阻尼元件 22 定尺寸，其中振幅被理解为该完整传动系的集中等效的振幅。该齿轮箱被认为是理想变换器，其不具有任何弹性。在示出的结构中，即使该发电机轴 16 可假定为弹性的，这些振幅也必须相应于该齿轮箱 14 的齿轮比从转子轴 12 转换为发电机轴 16。转子和发电机被认为是两个质量惯性力矩，每一个同时绕其轴线旋转。

[0015] 对于传动系的阻尼来说，从该方法的结果来看，必须考虑三个不同的力矩。第一个力矩为该质量块的加速度力矩，其通过质量惯性力矩和角加速度的乘积得到。第二个力矩是弹簧元件的惯性力矩，其等于扭转弹簧的刚度与这些轴的各端部之间的角度差的乘积。第三个力矩是经由阻尼的传动力矩，其是机械阻尼与该轴的各端部处的角速度差的乘积的结果。

[0016] 为了更好地概述，将发电机和转换器 26 的系统表示为一个单元，发电机力矩的期望值 62 连接到该单元。相应地驱动发电机 / 转换器 26，以施加发电机力矩 30(M_{GEN})。同样，源自该转子的转子转矩 32(M_R) 连接到该传动系 34。在示出的模式中，可以以简单的方式想象，该转子转矩 M_R 通过质量惯性力矩 J_R 58 作用在传动系上，并且该发电机力矩 M_{GEN} 作用在该传动系上的发电机 20 的惯性力矩 J_{GEN} 66 上。该作用力矩 30 和 22 产生旋转速度 n_{GEN} 44，该旋转速度通过旋转速度传感器 36 测量。该旋转速度 44 送往控制器 38，该控制器确定校正力矩 55。从发电机 / 转换器单元的期望值 54 中减去该校正力矩 55。在具体考虑这些力矩的符号时，尤其对于该发电机 / 转换器上的力矩和作用在传动系端部上的力矩，必须注意遵守一致的符号约定。

[0017] 转子力矩 32 和发电机力矩 30 被连接到通过传动系 34 形成的控制系统上。由此产生的旋转速度 n_{GEN} 44 连接到控制器 38。该控制器 38 具有过滤器 40，其放大旋转速度的

被连接的实际值。该过滤器 40 用作振荡延迟元件，其具有预定的固有振荡频率和阻尼常数 D。放大的旋转速度 42 从传动系 43 上测得的旋转速度 44 中被减去，并且作为激励变量 46 连接到 PID 控制器 48 上。对于 PID 控制器 48，已经发现该微分部分和积分部分可设为零，以使得该 PID 控制器用作比例控制器。放大的激励变量作为期望的控制值被馈送给发电机力矩的期望值。

[0018] 根据本发明的方法的作用模式可通过将不期望的振动看作扰动 60 来特别好地说明。对于此，该扰动 60 是在旋转速度 44 中的叠加。在该过滤器 40 中，当叠加的变量处于该过滤器的固有振荡频率的区域时，该叠加的变量被放大，以使得调节变量 46 连接到控制器 48 并且发生调节干预。当没有扰动或扰动由于其频率而未被过滤器 40 放大时，没有调节变量连接到控制器 48，并且调节干预不发生。通过利用较小阻尼程度的 PT2 元件，可以确保实现有效限制该传动系的固有频率的区域。对于最好的阻尼结果，整个控制器 38 需要该控制器的合成的整体放大，其由 PID 控制器的 P 部分以及 PT2 元件的放大组成。在 PT2 元件的小阻尼部分的情形下，所需的放大的主要部分从该元件振幅 - 频率响应的共振增加获得，并且 PID 控制器的 P 部分仅作出了较小的贡献。

[0019] 风能装置 50 的中心控制单元确定力矩的期望值。在处理步骤 52 中，根据所使用的转换器的符号约定，执行该期望值。如此获得的发电机的期望值 54 相应地在 56 中校正。

[0020] 对于该校正，旋转速度的实际值连接到过滤器 40，该过滤器实现为分别具有阻尼常数 D 和振荡持续时间 T_0 或固有振荡频率 $\omega_0 = 2\pi/T_0$ 的 PT2 元件。从原始实际值 44 中减去这样放大的信号 42 并随后在控制器 48 中通过因子 K_P 成比例地放大。然后，根据在 52 中选择的符号约定，将放大的信号 55 加到发电机力矩的期望值上或从发电机力矩的期望值中减去。所得的值 62 是期望值，其连接到转换器 / 发电机上。

[0021] 过滤器 40 的固有振荡频率通过下面的表达式得到：

[0022]

$$\varpi_E = \frac{2\pi}{T_0}\sqrt{1-D^2}$$

[0023] 根据本发明，优选采用 0.1 至 0.2 区域中的阻尼常数 D。振荡时间 T_0 或特征角频率

[0024]

$$\varpi_0 = \frac{2\pi}{T_0}$$

[0025] 以及阻尼常数 D 分别这样选择：固有振荡频率 ω_E 比传动系的最小固有振荡频率小至少 10％。为了稳定的系列装置的参数化，该设定典型地设定在比传动系的最小固有振荡频率小 20％的区域内。

[0026] 附图标记列表

[0027] 10 转子

[0028] 12 转子轴 / 低速轴

[0029] 14 齿轮箱

[0030] 16 发电机轴 / 快速轴

[0031] 18 耦合器

[0032] 20 发电机

[0033] 22 阻尼元件

[0034] 24 弹性弹簧

[0035] 26 系统发电机 / 转换器

[0036] 30 发电机力矩

[0037] 32 转子转矩

[0038] 34 传动系

[0039] 36 旋转速度传感器

[0040] 38 控制器

[0041] 40 延迟元件 (PT2 元件)/ 过滤器

[0042] 42 旋转速度 (放大 / 延迟后的值)

[0043] 44 旋转速度 (旋转速度传感器的测量值)

[0044] 46 激励变量

[0045] 48 控制器 (P/PD/PI/PID 元件)

[0046] 50 风能装置的控制单元

[0047] 52 符号约定

[0048] 54 力矩的期望值 (来自控制)

[0049] 55 校正力矩

[0050] 56 期望值校正

[0051] 58 质量惯性力矩 J_R

[0052] 60 扰动

[0053] 62 发电机力矩期望值

[0054] 64 风

[0055] 66 质量惯性力矩 J_{GEN}

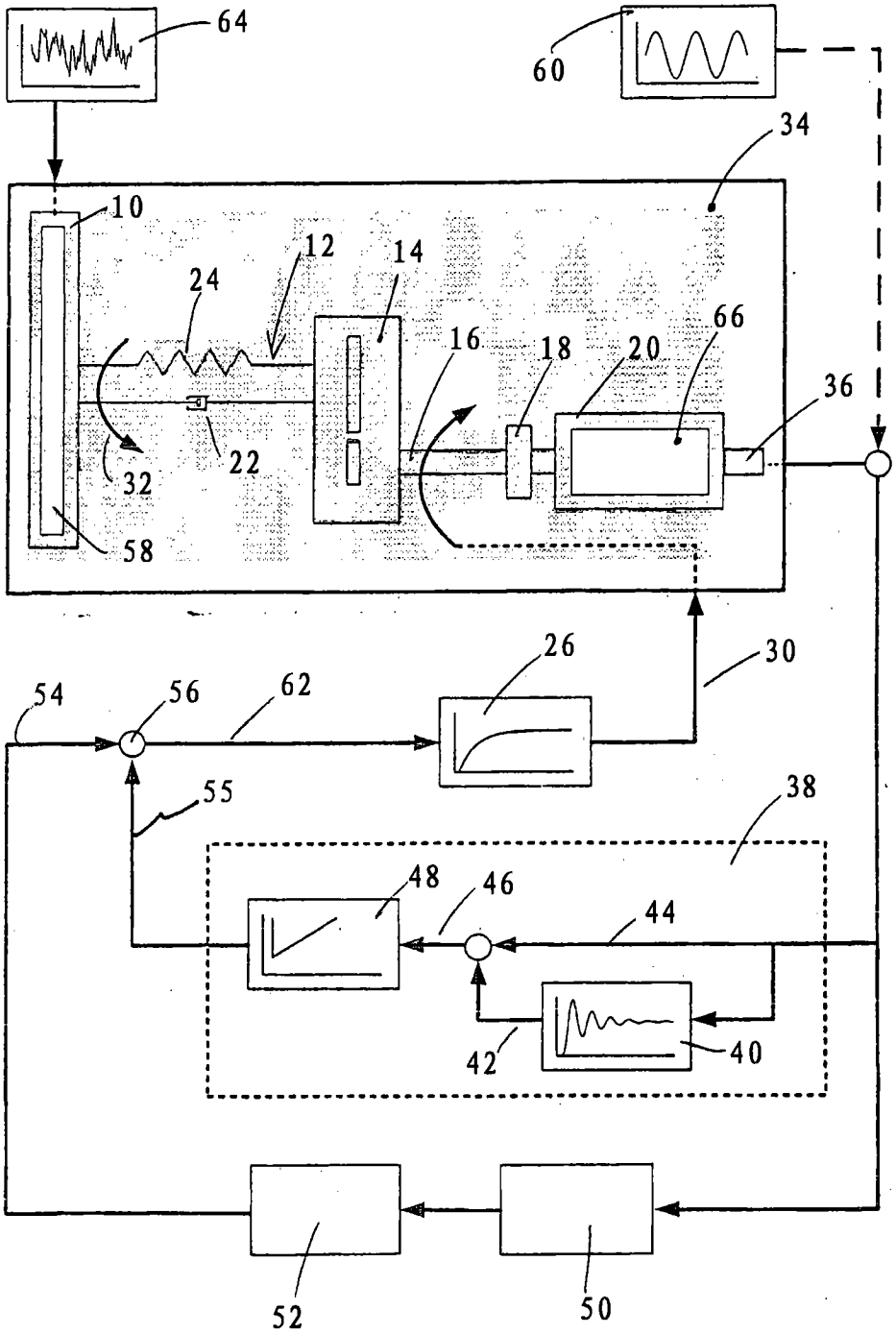

64
60
34
10
12
14
24
16
18
20
66
36
32
22
58
26
30
54
56
62
55
38
48
46
44
42
40
52
50

图1