



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111878324 B

(45) 授权公告日 2024.10.01

(21) 申请号 202010889691.0

F03D 13/20 (2016.01)

(22) 申请日 2020.08.28

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 111472943 A, 2020.07.31

申请公布号 CN 111878324 A

CN 211258896 U, 2020.08.14

CN 212690237 U, 2021.03.12

(43) 申请公布日 2020.11.03

审查员 周建成

(73) 专利权人 国电联合动力技术有限公司

地址 100000 北京市海淀区西四环中路16

号院1号楼8层

(72) 发明人 王千 褚景春 袁凌 王晓丹

蔺雪峰

(74) 专利代理机构 北京方韬法业专利代理事务

所(普通合伙) 11303

专利代理师 朱丽华

(51) Int. Cl.

F03D 17/00 (2016.01)

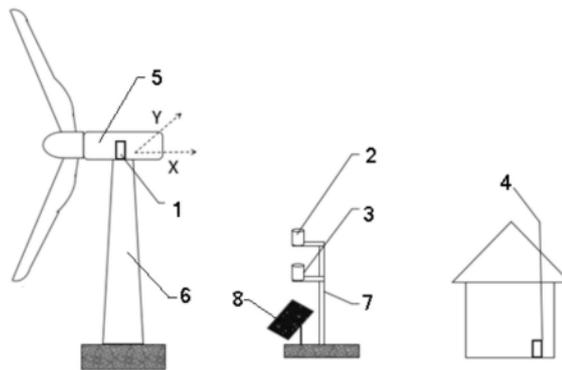
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种风电场塔筒涡激振动预警方法及预警系统

(57) 摘要

本发明公开了一种风电场塔筒涡激振动预警方法及预警系统,该预警方法通过对机组振动信号、风电场风速风向信号采集,计算所采集时间段内的机组振动峰值、振动有效值、平均风速及平均风向;并通过将该平均风速与风电机组理论临界共振风速值比较,改变采集频率,进一步对每台机组的振动峰值和振动有效值趋势分析,实现塔筒发生涡激振动的准确预测,及时发出预警和报警信号。该预警系统包括振动传感器、风向传感器、风速传感器和与其连接的服务器,振动传感器设在机舱或塔筒内部,风向传感器和风速传感器设在气象架上。本发明能解决机组无法上电运行时塔筒涡激共振带来的危险,通过对塔筒涡激振动预警,及时利用临时供电使机组偏航,保证塔筒的安全。



1. 一种风电场塔筒涡激振动预警方法,其特征在于,所述预警方法包括如下步骤:

(1) 根据风电机组设计参数计算所述风电机组的理论临界共振风速值;

(2) 以一定的间隔频率采集一段时间内的所述风电机组的振动信号,和风电场的风速、风向信号;计算所采集时间段内的风电机组的振动峰值、振动有效值,以及平均风速和平均风向;

(3) 若步骤(2)计算到的所述平均风速处于所述风电机组的理论临界共振风速值的 $\pm 40\%$ 之间时,增加所述振动信号、风电场的风速、风向信号的采集频率,进一步计算所采集时间段内的振动峰值、振动有效值,以及平均风速和平均风向;

(4) 若当前采集时间段内的振动峰值和振动有效值比上一时间段内的振动峰值和振动有效值增长5%以上,且平均风速仍处于所述风电机组的理论临界共振风速值的 $\pm 40\%$ 之间时,发出风电机组发生涡激振动预警信号;

若连续4组振动峰值和振动有效值的数据均比其上一时间段内的振动峰值和振动有效值增长5%以上,且平均风速仍处于所述风电机组的理论临界共振风速值的 $\pm 40\%$ 之间,以及平均风向变化在 20° 范围内时,发出风电机组发生涡激振动报警信号。

2. 根据权利要求1所述的风电场塔筒涡激振动预警方法,其特征在于,所述风电机组的理论临界共振风速值 V_{crit} 的计算公式如下:

$$V_{crit} = (fn*d)/S$$

其中, fn 为风电机组的1阶固有频率, d 为塔筒的截面直径, S 为斯托捞哈耳数。

3. 根据权利要求2所述的风电场塔筒涡激振动预警方法,其特征在于,所述步骤(2)中所述风电机组的振动信号、风电场的风速、风向信号的采集间隔频率和采集时间为每小时采集1次,每次采集10min。

4. 根据权利要求3所述的风电场塔筒涡激振动预警方法,其特征在于,所述步骤(3)中增加的所述振动信号、风电场的风速、风向信号的采集频率为每小时采集2次,每次采集10min。

5. 一种风电场塔筒涡激振动预警系统,其特征在于,包括振动传感器、风向传感器、风速传感器和与其连接的服务器,

所述振动传感器,设置在风电机组的机舱或塔筒内部,用于实时检测所述风电机组的振动信号,并传输至所述服务器;

所述风向传感器和风速传感器,设置在气象架上,用于实时检测所述风电场区域的风速、风向信号,并传输至所述服务器;

所述服务器,用于根据所述振动传感器、风向传感器、风速传感器的检测数据,并对检测数据进行分析,发出风电机组塔筒涡激振动的预警和报警信号;

所述风电场塔筒涡激振动预警系统采用权利要求1至4任一项所述的风电场塔筒涡激振动预警方法,实现对所述风电场发生塔筒涡激振动的预警和报警。

6. 根据权利要求5所述的风电场塔筒涡激振动预警系统,其特征在于,所述振动传感器采用内置电池的双轴振动传感器,用于实时监测所述风电机组在X/Y轴两个方向上的振动信号。

7. 根据权利要求6所述的风电场塔筒涡激振动预警系统,其特征在于,所述气象架采用便携式移动气象架,所述便携式移动气象架设置在所述风电场区域的空旷地面上。

8. 根据权利要求7所述的风电场塔筒涡激振动预警系统,其特征在于,所述便携式移动气象架上还包括太阳能发电装置,用于为所述风向传感器和风速传感器提供电能。

9. 根据权利要求5所述的风电场塔筒涡激振动预警系统,其特征在于,所述振动传感器、风向传感器和风速传感器均通过4G/5G网络与所述服务器无线连接。

一种风电场塔筒涡激振动预警方法及预警系统

技术领域

[0001] 本发明涉及风电技术领域,特别是涉及一种风电场塔筒涡激振动预警方法及预警系统。

背景技术

[0002] 为了捕捉更多的风能,风电机组的风轮直径越来越大,还为了提高风电机组的运行风速,风电机组塔筒的高度也越来越高。这两种发展趋势必然促使风电机组的整机的固有频率逐渐降低。

[0003] 固有频率的降低会导致风电机组发生涡激共振的风速逐渐变低,这会直接增加风电机组在生命周期类发生涡激共振的概率,而且风电机组一旦长时间处在涡激共振中,会对风电机组的塔筒安全产生较大影响。一般风电机组发生涡激共振大多发生在机组吊装调试阶段和风电场停电检修阶段,因为此时机组无法自动偏航,此时风速若在涡激振动风速范围内机组侧对风,机组就会发生涡激振动,造成对风电机组塔筒的威胁,在机组长时间处于涡激共振状态时,塔筒容易发生倒塌风险。

[0004] 本发明就是针对现有风电机组在机组吊装调试阶段和风电场停电检修阶段无法自动偏航的问题,创设的一种新的风电场塔筒涡激振动预警方法及预警系统,使其可在机组吊装调试阶段和风电场停电检修阶段,能提前预知机组是否要发生涡激共振,然后通过临时供电使机组完成偏航,从而避免机组长时间涡激共振,保证塔筒的安全。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种风电场塔筒涡激振动预警方法,使其可在机组吊装调试阶段和风电场停电检修阶段,能提前预知机组是否要发生涡激共振,然后通过临时供电使机组完成偏航,从而避免机组长时间涡激共振,保证塔筒的安全。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供一种风电场塔筒涡激振动预警方法,所述预警方法包括如下步骤:

[0007] (1) 根据风电机组设计参数计算所述风电机组的理论临界共振风速值;

[0008] (2) 以一定的间隔频率采集一段时间内的所述风电机组的振动信号,和风电场的风速、风向信号;计算所采集时间段内的风电机组的振动峰值、振动有效值,以及平均风速和平均风向;

[0009] (3) 若步骤(2)计算到的所述平均风速处于所述风电机组的理论临界共振风速值的 $\pm 40\%$ 之间时,增加所述振动信号、风电场的风速、风向信号的采集频率,进一步计算所采集时间段内的振动峰值、振动有效值,以及平均风速和平均风向;

[0010] (4) 若当前采集时间段内的振动峰值和振动有效值比上一时间段内的振动峰值和振动有效值增长 5% 以上,且平均风速仍处于所述风电机组的理论临界共振风速值的 $\pm 40\%$ 之间时,发出风电机组发生涡激振动预警信号;

[0011] 若连续4组振动峰值和振动有效值的数据均比其上一时间段内的振动峰值和振动

有效值增长5%以上,且平均风速仍处于所述风电机组的理论临界共振风速值的±40%之间,以及平均风向变化在20°范围内时,发出风电机组发生涡激振动报警信号。

[0012] 进一步改进,所述风电机组的理论临界共振风速值 V_{crit} 的计算公式如下:

[0013] $V_{crit} = (f_n * d) / S$

[0014] 其中, f_n 为风电机组的1阶固有频率, d 为塔筒的截面直径, S 为斯托劳哈耳数。

[0015] 进一步改进,所述步骤(2)中所述风电机组的振动信号、风电场的风速、风向信号的采集间隔频率和采集时间为每小时采集1次,每次采集10min。

[0016] 进一步改进,所述步骤(3)中增加的所述振动信号、风电场的风速、风向信号的采集频率为每小时采集2次,每次采集10min。

[0017] 本发明还提供一种风电场塔筒涡激振动预警系统,包括振动传感器、风向传感器、风速传感器和与其连接的服务器,

[0018] 所述振动传感器,设置在风电机组的机舱或塔筒内部,用于实时检测所述风电机组的振动信号,并传输至所述服务器;

[0019] 所述风向传感器和风速传感器,设置在气象架上,用于实时检测所述风电场区域的风速、风向信号,并传输至所述服务器;

[0020] 所述服务器,用于根据所述振动传感器、风向传感器、风速传感器的检测数据,并对检测数据进行分析,发出风电机组塔筒涡激振动的预警和报警信号。

[0021] 进一步改进,所述振动传感器采用内置电池的双轴振动传感器,用于实时监测所述风电机组在X/Y轴两个方向上的振动信号。

[0022] 进一步改进,所述气象架采用便携式移动气象架,所述便携式移动气象架设置在所述风电场区域的空旷地面上。

[0023] 进一步改进,所述便携式移动气象架上还包括太阳能发电装置,用于为所述风向传感器和风速传感器提供电能。

[0024] 进一步改进,所述振动传感器、风向传感器和风速传感器均通过4G/5G网络与所述服务器无线连接。

[0025] 进一步改进,所述风电场塔筒涡激振动预警系统采用上述的风电场塔筒涡激振动预警方法,实现对所述风电场发生塔筒涡激振动的预警和报警。

[0026] 采用这样的设计后,本发明至少具有以下优点:

[0027] 1. 本发明风电场塔筒涡激振动预警方法通过对机组塔筒的振动检测和风电场风速风向的检测,以及通过对每台机组的振动峰值和振动有效值进行趋势分析,实现准确预测塔筒发生涡激振动,及时发出预警和报警信号,解决风电场施工前期由于机组无法上电运行,或者机组停电检修时期,机组发生涡激共振,现场施工人员无法发现的问题,并在塔筒发生涡激振动报警信号发出后,现场施工人员可利用发电车临时供电使机组偏航,避免长时间涡激共振,保证塔筒的安全。

[0028] 2. 本发明风电场塔筒涡激振动预警系统中通过在机舱或塔筒内部设置双轴振动传感器,能实时检测风电机组在X/Y轴两个方向上的振动信号,为塔筒涡激振动预警提供可靠数据。还通过一个便携式移动气象架,以便及时了解风电场的风速风向变化,为塔筒涡激振动预警提供更有利的数据支持。

[0029] 3. 本发明风电场塔筒涡激振动预警系统中还通过在便携式移动气象架上设置太

太阳能发电装置,解决了移动气象架的供电问题。

附图说明

[0030] 上述仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,以下结合附图与具体实施方式对本发明作进一步的详细说明。

[0031] 图1是本发明风电场塔筒涡激振动预警系统的结构示意图。

[0032] 图2是本发明风电场塔筒涡激振动预警方法的结构示意图。

具体实施方式

[0033] 为了避免现有风电机组在机组吊装调试阶段和风电场停电检修阶段,能提前预测机组塔筒涡激振动,以便利用发电车临时供电使机组偏航,避免机组长时间涡激共振,保证塔筒的安全。其具体实施例为:

[0034] 参照附图1所示,本实施例风电场塔筒涡激振动预警系统,包括振动传感器1、风向传感器2、风速传感器3和与其连接的服务器4。

[0035] 本实施例中该振动传感器1设置在风电机组的机舱5或塔筒6的内部,且该转动传感器1采用双轴振动传感器,用于实时检测风电机组在X/Y轴两个方向上的振动信号,并传输至服务器4。该双轴振动传感器采用内置电池供电,一次充电可使用1年。

[0036] 该风向传感器2和风速传感器3,设置在气象架7上,用于实时检测风电场区域的风速、风向信号,并传输至服务器4。本实施例中该气象架7采用便携式移动气象架。该便携式移动气象架设置在风电场区域的空旷地面上,远离障碍物。

[0037] 并且,为了解决便携式移动气象架在风电场空旷地面上的供电问题,该便携式移动气象架7上还包括太阳能发电装置8,如太阳能电池板和蓄电池,为气象架上的风向传感器2和风速传感器3提供电能。

[0038] 本实施例中服务器4,设置在风电场项目工程部中,用于接收振动传感器1、风向传感器2、风速传感器3的检测数据,并对数据进行处理后,发出风电机组塔筒发生涡激振动的预警和报警信号,提醒操作人员对风电机组进行偏航操作,避免该风电机组长期处于涡激振动中,保证机组安全。

[0039] 还有,本实施例中振动传感器1、风向传感器2和风速传感器3均通过4G/5G网络向服务器4实现数据的无线传输。

[0040] 上述风电场塔筒涡激振动预警系统能实现风电场塔筒涡激振动的预警,如附图2所示,其预警方法为:

[0041] 第一步,该服务器根据风电机组设计参数计算该风电机组的理论临界共振风速值;其中,风电机组的理论临界共振风速值 V_{crit} 的计算公式如下:

[0042] $V_{crit} = (f_n * d) / S$

[0043] 其中, f_n 为风电机组的1阶固有频率, d 为塔筒的截面直径, S 为斯托劳哈耳数(圆形截面 $S=0.2$)。

[0044] 如本实施例中以塔筒固有频率 $f_n=0.25\text{Hz}$,塔筒的截面直径 $d=3\text{m}$ 为例进行计算,得出该机组塔筒发生涡激共振的临界风速为 3.75m/s 。

[0045] 第二步,通过上述的振动传感器1、风向传感器2和风速传感器3,以一定的间隔频

率采集一段时间内的风电机组振动信号,和风电场的风速、风向信号,如每小时采集1次,每次采集10min;服务器在接收振动传感器1、风向传感器2和风速传感器3传送的风电机组振动信号、风电场风速、风向信号后,分别计算所采集时间段内的风电机组的振动峰值、振动有效值,以及平均风速和平均风向。

[0046] 第三步,若服务器监测到第二步计算到的平均风速处于风电机组的理论临界共振风速值的 $\pm 40\%$ 之间,如 $3 \sim 5\text{m/s}$ 时,增加振动信号、风电场的风速、风向信号的采集频率,如改变为每小时采集2次,每次采集10min,再进一步计算所采集时间段内的振动峰值、振动有效值,以及平均风速和平均风向。

[0047] 第四步,服务器对每台机组的振动峰值和振动有效值进行趋势分析,若当前采集时间段内的振动峰值和振动有效值比上一时间段内的振动峰值和振动有效值增长 5% 以上,且平均风速仍处于该风电机组的理论临界共振风速值的 $\pm 40\%$ 之间时,服务器会发出风电机组发生涡激振动预警信号,提醒现场人员提高警惕,加强观察,该风电场塔筒涡激振动预警系统处于预警状态。

[0048] 若连续4组振动峰值和振动有效值的数据均比其上一时间段内的振动峰值和振动有效值增长 5% 以上,且平均风速仍处于该风电机组的理论临界共振风速值的 $\pm 40\%$ 之间,以及平均风向变化在 20° 范围内时,表面该机组塔筒将发生涡激振动,此时服务器会发出风电机组发生涡激振动报警信号,则必须人工进行干预,以免发生塔筒倒塌事故的发生。

[0049] 本发明风电场塔筒涡激振动预警系统和方法通过对机组塔筒的振动检测以及风电场风速风向的检测,以及对检测数据的分析处理,能够准确预测塔筒发生涡激振动,及时发出预警和报警信号,解决风电场施工前期由于机组无法上电运行,或者机组停电检修时,机组发生涡激共振,现场施工人员无法发现的问题,并在报警信号发出后,现场施工人员利用发电车临时供电使机组偏航,避免机组振动过大,损伤机组安全。

[0050] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0051] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,本领域技术人员利用上述揭示的技术内容做出些许简单修改、等同变化或修饰,均落在本发明的保护范围内。

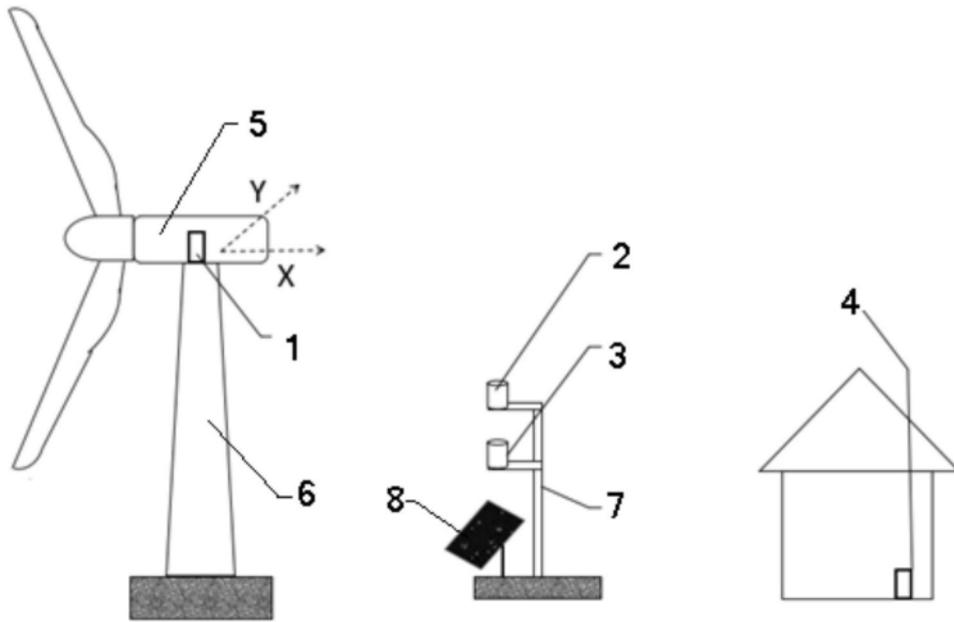


图1

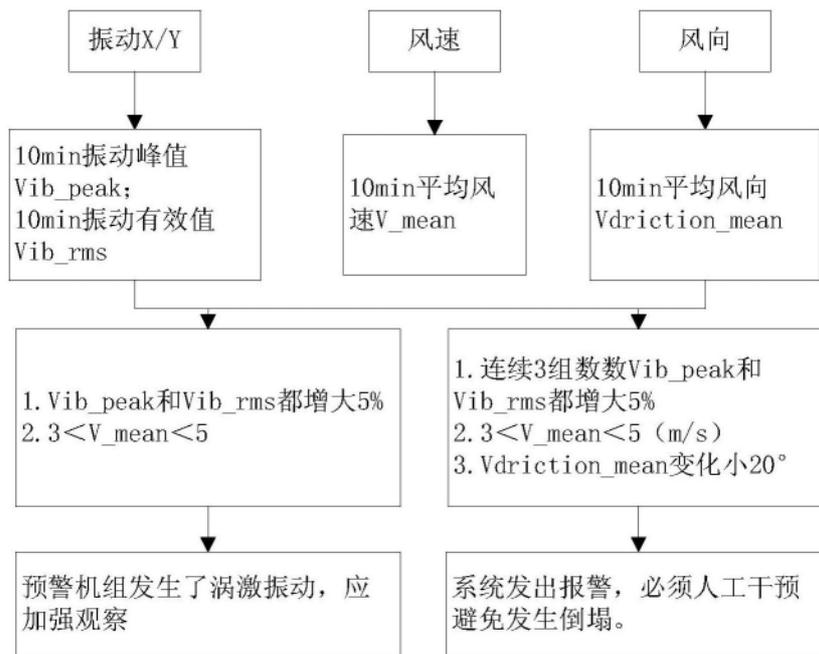


图2