



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111368459 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 01

(21) 申请号 202010217078.4

G06F 119/02 (2020.01)

(22) 申请日 2020.03.25

G06F 119/04 (2020.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G01M 7/02 (2006.01)

申请公布号 CN 111368459 A

F03D 17/00 (2016.01)

(43) 申请公布日 2020.07.03

(56) 对比文件

(73) 专利权人 河北振创电子科技有限公司

CN 109211390 A, 2019.01.15

地址 065200 河北省廊坊市三河市燕郊开

CN 110140024 A, 2019.08.16

发区化工大街天山国际创业基地5号

WO 2019178974 A1, 2019.09.26

楼5-1室

CN 110905946 A, 2020.03.24

(72) 发明人 何先龙 贾行建 马斌 何先云

CN 110051240 A, 2019.07.26

余世晶 陈平

CN 204934210 U, 2016.01.06

CN 109612566 A, 2019.04.12

(74) 专利代理机构 北京细软智谷知识产权代理
有限责任公司 11471

张传岗; 郭齐; 马晓峰. 船舶推进系统载荷的
动力学分析. 内燃机与配件. 2018, (18), 全文.

专利代理师 葛钟

审查员 李钰

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

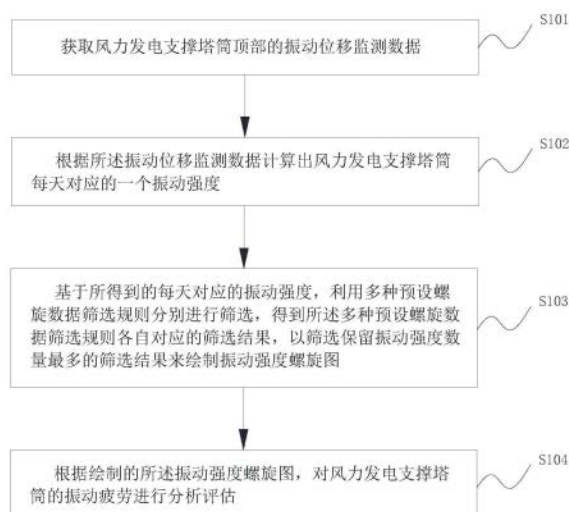
权利要求书4页 说明书14页 附图5页

(54) 发明名称

风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法、装置、介质及终端

(57) 摘要

本申请涉及风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法、装置、介质及终端,属于风力发电支撑塔筒振动疲劳评估技术领域。本申请包括:获取风力发电支撑塔筒顶部的振动位移监测数据;根据振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度;基于所得到的每天对应的振动强度,利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选,得到多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果,以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图;根据绘制的振动强度螺旋图,对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估。通过本申请,有助于提升风力发电支撑塔筒振动疲劳评估的可靠性和准确性。



1. 风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法,其特征在于,所述方法包括:

获取风力发电支撑塔筒顶部的振动位移监测数据;

根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度;

基于所得到的每天对应的振动强度,利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选,得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果,以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图;

根据绘制的所述振动强度螺旋图,对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估;

所述基于所得到的每天对应的振动强度,利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选,得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果,以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图,包括:

从一年的振动强度序列中选取最大值,以此值为半径绘制一个圆,再以此值的1/2为半径绘制一个同心圆,最后以圆心为原点绘制坐标轴,并分成x份,以对应每个月的前x天,以此形成振动强度螺旋图坐标系;

从一年的振动强度序列里分别提取出每个月前x天的振动强度,构成新的振动强度序列,以从 0° 开始、按照 $360^{\circ}/x$ 递增,得到每个月前x天的振动强度各自对应的极坐标角度,以此形成极坐标角度序列;

利用所述多种预设螺旋数据筛选规则对所述新的振动强度序列分别进行筛选,得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自所对应的筛选结果;

在所述振动强度螺旋图坐标系,以筛选后保留的振动强度及其对应的极坐标角度作为基础极坐标点,对相邻基础极坐标点之间每相差 1° 的角度插入一个插补极坐标点,其极坐标半径的计算规则如下:前一个极坐标点的半径加上以下商值:相邻基础极坐标点的半径的差值除以它们两之间的极坐标角度差值;

最终通过直线把各极坐标点连接而形成所述振动强度螺旋图;

所述多种预设螺旋数据筛选规则包括:

规则一:

在选定的振动强度序列中,按序列顺序,将第一个振动强度作为第一个保留数值,通过如下方式确定出第二个保留数值:以序列顺序作为提取顺序,从第二个振动强度开始,每次提取一个振动强度作为对比数值,与第一个振动强度进行比较,如果第一个振动强度大于或者等于对比数值,则舍弃当前提取的振动强度,并提取下一振动强度作为对比数值与第一个振动强度进行比较,直至当第一个振动强度小于对比数值时,将所提取的振动强度作为第二个保留数值;

以此类推,基于已保留数值中的最后一个数值,确定下一保留数值,直至筛选完成;

将保留的振动强度形成筛选后的振动强度序列,同时确定出对应的极坐标角度序列;

规则二:

在选定的振动强度序列中,按序列顺序,将第一个振动强度作为第一个保留数值,通过如下方式确定出第二个保留数值:以序列顺序作为提取顺序,从第二个振动强度开始,每次提取一个振动强度作为对比数值,与第一个振动强度进行比较,如果第一个振动强度小于或者等于对比数值,则舍弃当前提取的振动强度,并提取下一振动强度作为对比数值与第一个振动强度进行比较,直至当第一个振动强度大于对比数值时,将所提取的振动强度作

为第二个保留数值；

以此类推，基于已保留数值中的最后一个数值，确定下一保留数值，直至筛选完成；

将保留的振动强度形成筛选后的振动强度序列，同时确定出对应的极坐标角度序列；

规则三：

将振动强度按月作为一行数据，并形成二维矩阵；

当二维矩阵某列中满足连续逐步递增的振动强度数量达到或超过预设阈值数量时，保留这些连续逐步递增的振动强度，并且舍弃该某列里的其它振动强度；当二维矩阵某列中满足连续逐步递增的振动强度数量小于所述预设阈值数量时，则该某列整列舍弃；

将保留的振动强度按序排列成新的一维序列，同时确定出对应的极坐标角度序列；

规则四：

将振动强度按月作为一行数据，并形成二维矩阵；

当二维矩阵某列中满足连续逐步递减的振动强度数量达到或超过所述预设阈值数量时，保留这些连续逐步递增的振动强度，并且舍弃该某列里的其它振动强度；当二维矩阵某列中满足连续逐步递减的振动强度数量小于所述预设阈值数量时，则该某列整列舍弃；

将保留的振动强度按序排列成新的一维序列，同时确定出对应的极坐标角度序列。

2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度，包括：

根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值；

根据风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度。

3. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值，包括：

将每小时的一维时程振动位移监测数据按照每分钟采集的数据作为一列数组，以此转换为二维时程振动数组；

根据所述二维时程振动数组计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值。

4. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述根据风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度，包括：

从风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值中确定出最大值和最小值，以此形成介于最大值和最小值之间的区间范围；

将所述区间范围均分成预设等份，计算出各等份中振动位移均方根值数量占每天振动位移均方根值总数的百分比系数，并筛选出百分比系数超过预设百分比阈值的等份；

从筛选出的百分比系数超过预设百分比阈值的等份中，确定出振动位移均方根值最大的等份，以此作为安全阈值区间，计算出所述安全阈值区间的中间值，以此作为风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度。

5. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据绘制的所述振动强度螺旋图，对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估，包括：

如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则一绘制形成的，则评估风力发电支撑塔筒存在明显的振动疲劳、其振动强度和振动疲劳发展趋势为逐步增强；

如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则二绘制形成的，则评估风力发电支撑塔筒不

存在振动疲劳现象、且其振动强度发展趋势为逐步衰减趋势；

如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则三绘制形成的，则评估风力发电支撑塔筒可能存在振动疲劳现象、其振动强度和振动疲劳发展趋势为平稳状态；

如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则四绘制形成的，则评估为风力发电支撑塔筒不存在振动疲劳、其振动强度发展趋势为平稳状态。

6. 风力发电支撑塔筒振动疲劳评估装置，其特征在于，包括：

获取模块，用于获取风力发电支撑塔筒顶部的振动位移监测数据；

振动强度计算模块，用于根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度；

绘制模块，用于基于所得到的每天对应的振动强度，利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选，得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果，以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图；

所述基于所得到的每天对应的振动强度，利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选，得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果，以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图，包括：

从一年的振动强度序列中选取最大值，以此值为半径绘制一个圆，再以此值的1/2为半径绘制一个同心圆，最后以圆心为原点绘制坐标轴，并分成x份，以对应每个月的前x天，以此形成振动强度螺旋图坐标系；

从一年的振动强度序列里分别提取出每个月前x天的振动强度，构成新的振动强度序列，以从0°开始、按照 $360^\circ/x$ 递增，得到每个月前x天的振动强度各自对应的极坐标角度，以此形成极坐标角度序列；

利用所述多种预设螺旋数据筛选规则对所述新的振动强度序列分别进行筛选，得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自所对应的筛选结果；

在所述振动强度螺旋图坐标系，以筛选后保留的振动强度及其对应的极坐标角度作为基础极坐标点，对相邻基础极坐标点之间每相差1°的角度插入一个插补极坐标点，其极坐标半径的计算规则如下：前一个极坐标点的半径加上以下商值：相邻基础极坐标点的半径的差值除以它们两之间的极坐标角度差值；

最终通过直线把各极坐标点连接而形成所述振动强度螺旋图；

所述多种预设螺旋数据筛选规则包括：

规则一：

在选定的振动强度序列中，按序列顺序，将第一个振动强度作为第一个保留数值，通过如下方式确定出第二个保留数值：以序列顺序作为提取顺序，从第二个振动强度开始，每次提取一个振动强度作为对比数值，与第一个振动强度进行比较，如果第一个振动强度大于或者等于对比数值，则舍弃当前提取的振动强度，并提取下一振动强度作为对比数值与第一个振动强度进行比较，直至当第一个振动强度小于对比数值时，将所提取的振动强度作为第二个保留数值；

以此类推，基于已保留数值中的最后一个数值，确定下一保留数值，直至筛选完成；

将保留的振动强度形成筛选后的振动强度序列，同时确定出对应的极坐标角度序列；

规则二：

在选定的振动强度序列中,按序列顺序,将第一个振动强度作为第一个保留数值,通过如下方式确定出第二个保留数值:以序列顺序作为提取顺序,从第二个振动强度开始,每次提取一个振动强度作为对比数值,与第一个振动强度进行比较,如果第一个振动强度小于或者等于对比数值,则舍弃当前提取的振动强度,并提取下一振动强度作为对比数值与第一个振动强度进行比较,直至当第一个振动强度大于对比数值时,将所提取的振动强度作为第二个保留数值;

以此类推,基于已保留数值中的最后一个数值,确定下一保留数值,直至筛选完成;

将保留的振动强度形成筛选后的振动强度序列,同时确定出对应的极坐标角度序列;

规则三:

将振动强度按月作为一行数据,并形成二维矩阵;

当二维矩阵某列中满足连续逐步递增的振动强度数量达到或超过预设阈值数量时,保留这些连续逐步递增的振动强度,并且舍弃该某列里的其它振动强度;当二维矩阵某列中满足连续逐步递增的振动强度数量小于所述预设阈值数量时,则该某列整列舍弃;

将保留的振动强度按序排列成新的一维序列,同时确定出对应的极坐标角度序列;

规则四:

将振动强度按月作为一行数据,并形成二维矩阵;

当二维矩阵某列中满足连续逐步递减的振动强度数量达到或超过所述预设阈值数量时,保留这些连续逐步递减的振动强度,并且舍弃该某列里的其它振动强度;当二维矩阵某列中满足连续逐步递减的振动强度数量小于所述预设阈值数量时,则该某列整列舍弃;

将保留的振动强度按序排列成新的一维序列,同时确定出对应的极坐标角度序列;

评估模块,用于根据绘制的所述振动强度螺旋图,对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估。

7.一种可读存储介质,其上存储有程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现权利要求1-5任一项所述方法的步骤。

8.风力发电支撑塔筒振动疲劳评估终端,其特征在于,包括:

存储器,其上存储有可执行程序;

处理器,用于执行所述存储器中的所述可执行程序,以实现权利要求1-5中任一项所述方法的步骤。

风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法、装置、介质及终端

技术领域

[0001] 本申请属于风力发电支撑塔筒振动疲劳评估技术领域，具体涉及风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法、装置、介质及终端。

背景技术

[0002] 风力发电支撑塔筒振动疲劳评估是风力发电支撑塔筒运营安全监测的关键问题，目前主要是基于局部结构的动态应变监测数据，采用雨流法和有限元仿真结果，粗略地得出被监测对象的振动疲劳。这样的评估方法由于以下几点原因导致其评估结果误差较大和实现成本高：

[0003] (1) 有限元仿真技术计算出的结构振动疲劳结果由于难以模拟实际荷载情况，导致误差较大；

[0004] (2) 动态应变的长期监测系统成本高，且监测结果受环境影响较大，导致数据可靠性较差。

[0005] (3) 由于动态应变体现的是结构被测点局部的应变特性，因此基于动态应变的雨流法计算结构疲劳的方法比较适合用于尺寸较小的机械结构，用于大型结构体，如风力发电支撑塔筒时，误差较大。

[0006] 基于此，风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方面存在改进的需求。

发明内容

[0007] 为至少在一定程度上克服相关技术中存在的问题，本申请提供风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法、装置、介质及终端，有助于提升风力发电支撑塔筒振动疲劳评估的可靠性和准确性。

[0008] 为实现以上目的，本申请采用如下技术方案：

[0009] 第一方面，

[0010] 本申请提供风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法，所述方法包括：

[0011] 获取风力发电支撑塔筒顶部的振动位移监测数据；

[0012] 根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度；

[0013] 基于所得到的每天对应的振动强度，利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选，得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果，以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图；

[0014] 根据绘制的所述振动强度螺旋图，对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估。

[0015] 进一步地，所述根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度，包括：

[0016] 根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值；

[0017] 根据风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度。

[0018] 进一步地,所述根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值,包括:

[0019] 将每小时的一维时程振动位移监测数据按照每分钟采集的数据作为一系列数组,以此转换为二维时程振动数组;

[0020] 根据所述二维时程振动数组计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值。

[0021] 进一步地,所述根据风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度,包括:

[0022] 从风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值中确定出最大值和最小值,以此形成介于最大值和最小值之间的区间范围;

[0023] 将所述区间范围均分成预设等份,计算出各等份中振动位移均方根值数量占每天振动位移均方根值总数的百分比系数,并筛选出百分比系数超过预设百分比阈值的等份;

[0024] 从筛选出的百分比系数超过预设百分比阈值的等份中,确定出振动位移均方根值最大的等份,以此作为安全阈值区间,计算出所述安全阈值区间的中间值,以此作为风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度。

[0025] 进一步地,所述基于所得到的每天对应的振动强度,利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选,得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果,以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图,包括:

[0026] 从一年的振动强度序列中选取最大值,以此值为半径绘制一个圆,再以此值的 $1/2$ 为半径绘制一个同心圆,最后以圆心为原点绘制坐标轴,并分成 x 份,以对应每个月的前 x 天,以此形成振动强度螺旋图坐标系;

[0027] 从一年的振动强度序列里分别提取出每个月前 x 天的振动强度,构成新的振动强度序列,以从 0° 开始、按照 $360^\circ/x$ 递增,得到每个月前 x 天的振动强度各自对应的极坐标角度,以此形成极坐标角度序列;

[0028] 利用所述多种预设螺旋数据筛选规则对所述新的振动强度序列分别进行筛选,得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自所对应的筛选结果;

[0029] 在所述振动强度螺旋图坐标系,以筛选后保留的振动强度及其对应的极坐标角度作为基础极坐标点,对相邻基础极坐标点之间每相差 1° 的角度插入一个插补极坐标点,其极坐标半径的计算规则如下:前一个极坐标点的半径加上以下商值:相邻基础极坐标点的半径的差值除以它们两之间的极坐标角度差值;

[0030] 最终通过直线把各极坐标点连接而形成所述振动强度螺旋图。

[0031] 进一步地,所述多种预设螺旋数据筛选规则包括:

[0032] 规则一:

[0033] 在选定的振动强度序列中,按序列顺序,将第一个振动强度作为第一个保留数值,通过如下方式确定出第二个保留数值:以序列顺序作为提取顺序,从第二个振动强度开始,每次提取一个振动强度作为对比数值,与第一个振动强度进行比较,如果第一个振动强度

大于或者等于对比数值,则舍弃当前提取的振动强度,并提取下一振动强度作为对比数值与第一个振动强度进行比较,直至当第一个振动强度小于对比数值时,将所提取的振动强度作为第二个保留数值;

[0034] 以此类推,基于已保留数值中的最后一个数值,确定下一保留数值,直至筛选完成;

[0035] 将保留的振动强度形成筛选后的振动强度序列,同时确定出对应的极坐标角度序列;

[0036] 规则二:

[0037] 在选定的振动强度序列中,按序列顺序,将第一个振动强度作为第一个保留数值,通过如下方式确定出第二个保留数值:以序列顺序作为提取顺序,从第二个振动强度开始,每次提取一个振动强度作为对比数值,与第一个振动强度进行比较,如果第一个振动强度小于或者等于对比数值,则舍弃当前提取的振动强度,并提取下一振动强度作为对比数值与第一个振动强度进行比较,直至当第一个振动强度大于对比数值时,将所提取的振动强度作为第二个保留数值;

[0038] 以此类推,基于已保留数值中的最后一个数值,确定下一保留数值,直至筛选完成;

[0039] 将保留的振动强度形成筛选后的振动强度序列,同时确定出对应的极坐标角度序列;

[0040] 规则三:

[0041] 将振动强度按月作为一行数据,并形成二维矩阵;

[0042] 当二维矩阵某列中满足连续逐步递增的振动强度数量达到或超过预设阈值数量时,保留这些连续逐步递增的振动强度,并且舍弃该某列里的其它振动强度;当二维矩阵某列中满足连续逐步递增的振动强度数量小于所述预设阈值数量时,则该某列整列舍弃;

[0043] 将保留的振动强度按序排列成新的一维序列,同时确定出对应的极坐标角度序列;

[0044] 规则四:

[0045] 将振动强度按月作为一行数据,并形成二维矩阵;

[0046] 当二维矩阵某列中满足连续逐步递减的振动强度数量达到或超过所述预设阈值数量时,保留这些连续逐步递增的振动强度,并且舍弃该某列里的其它振动强度;当二维矩阵某列中满足连续逐步递减的振动强度数量小于所述预设阈值数量时,则该某列整列舍弃;

[0047] 将保留的振动强度按序排列成新的一维序列,同时确定出对应的极坐标角度序列。

[0048] 进一步地,所述根据绘制的所述振动强度螺旋图,对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估,包括:

[0049] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则一绘制形成的,则评估风力发电支撑塔筒存在明显的振动疲劳、其振动强度和振动疲劳发展趋势为逐步增强;

[0050] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则二绘制形成的,则评估风力发电支撑塔筒不存在振动疲劳现象、且其振动强度发展趋势为逐步衰减趋势;

[0051] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则三绘制形成的,则评估风力发电支撑塔筒可能存在振动疲劳现象、其振动强度和振动疲劳发展趋势为平稳状态;

[0052] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则四绘制形成的,则评估为风力发电支撑塔筒不存在振动疲劳、其振动强度发展趋势为平稳状态。

[0053] 第二方面,

[0054] 本申请提供风力发电支撑塔筒振动疲劳评估装置,包括:

[0055] 获取模块,用于获取风力发电支撑塔筒顶部的振动位移监测数据;

[0056] 振动强度计算模块,用于根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度;

[0057] 绘制模块,用于基于所得到的每天对应的振动强度,利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选,得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果,以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图;

[0058] 评估模块,用于根据绘制的所述振动强度螺旋图,对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估。

[0059] 第三方面,

[0060] 本申请提供一种可读存储介质,其上存储有程序,该程序被处理器执行时实现上述任一项所述方法的步骤。

[0061] 第四方面,

[0062] 本申请提供风力发电支撑塔筒振动疲劳评估终端,包括:

[0063] 存储器,其上存储有可执行程序;

[0064] 处理器,用于执行所述存储器中的所述可执行程序,以实现上述中任一项所述方法的步骤。

[0065] 本申请采用以上技术方案,至少具备以下有益效果:

[0066] 本申请通过获取风力发电支撑塔筒顶部的振动位移监测数据,以此计算得到风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度,然后利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选,得到各规则各自对应的筛选结果,最后以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图,并以此对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估,有助于提升风力发电支撑塔筒振动疲劳评估的可靠性和准确性,以实现解决风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法欠缺的问题,有助于减少风力发电支撑塔筒因为过度振动疲劳而引起严重损伤甚至倒塌事故的发生,进而降低日常维修成本。

[0067] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本申请。

附图说明

[0068] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0069] 图1是根据一示例性实施例示出的风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法的流程

图；

[0070] 图2是根据一示例性实施例示出的振动强度螺旋图坐标系；

[0071] 图3是根据一示例性实施例示出的振动强度筛选规则的筛选结果；

[0072] 图4是根据另一示例性实施例示出的振动强度筛选规则的筛选结果；

[0073] 图5是根据一示例性实施例示出的风力发电支撑塔筒顶振动强度递增螺旋图；

[0074] 图6是根据一示例性实施例示出的风力发电支撑塔筒顶振动强度递减螺旋图；

[0075] 图7是根据一示例性实施例示出的风力发电支撑塔筒振动疲劳评估装置的框图结构示意图；

[0076] 图8是根据一示例性实施例示出的一种风力发电支撑塔筒振动疲劳评估终端的结构示意图。

具体实施方式

[0077] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将对本申请的技术方案进行详细的描述。显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所得到的所有其它实施方式，都属于本申请所保护的范围。

[0078] 本申请的第一方面，请参考图1，图1是根据一示例性实施例示出的风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法的流程图，如图1所示，该风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法包括如下步骤：

[0079] 步骤S101、获取风力发电支撑塔筒顶部的振动位移监测数据；

[0080] 步骤S102、根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度；

[0081] 步骤S103、基于所得到的每天对应的振动强度，利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选，得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果，以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图；

[0082] 步骤S104、根据绘制的所述振动强度螺旋图，对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估。

[0083] 具体的，塔筒振动疲劳会导致塔筒在相同荷载作用下的振动强度增大，结构振动疲劳与结构受力大小和作用时间长短有密切关系，结构振动位移也同时与结构受力大小和作用时间长短有密切关系，且结构振动位移强度随着高程方向具有逐步累积特性，因此塔顶的振动位移是最大的，能全面地反映塔筒整体的振动强度。因而，通过获取风力发电支撑塔筒顶部的振动位移监测数据，以此计算得到风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度，然后利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选，得到各规则各自对应的筛选结果，其中，通过各种预设螺旋数据筛选规则得到的对应各种筛选结果中，振动强度数据呈螺旋分布，确定各种筛选结果中保留的振动强度的数量，以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图，能使得绘制得到的振动强度螺旋图能够可靠准确地表征发电支撑塔筒振动疲劳情况，以此对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估，有助于提升风力发电支撑塔筒振动疲劳评估的可靠性和准确性，以实现解决风力发电支撑塔筒振动疲劳评估方法欠缺的问题，有助于减少风力发电支撑塔筒因为过度振动疲劳而引起严重损伤

甚至倒塌事故的发生,进而降低日常维修成本。

[0084] 下述对上述各步骤方法进行具体展开说明。

[0085] 对于步骤S101、获取风力发电支撑塔筒顶部的振动位移监测数据。具体应用中,振动位移监测数据可以通过在风力发电支撑塔筒顶部的检测点安装振动位移检测装置检测得到。

[0086] 对于步骤S102、根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度,在一个实施例中,可以包括:

[0087] 根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值;

[0088] 根据风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度。

[0089] 进一步地,所述根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值,包括:

[0090] 将每小时的一维时程振动位移监测数据按照每分钟采集的数据作为一系列数组,以此转换为二维时程振动数组;

[0091] 根据所述二维时程振动数组计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值。

[0092] 具体的,可以进行如下实施:每分钟的振动位移均方根值计算:由每小时的一维振动位移时程数组按照每分钟采集的数据为一系列数组,转换为二维振动时程数组,然后计算二维数组每行数组的均方根值,得到各分钟的振动位移均方根值序列。重复以上步骤得到所监测时间内的各分钟的均方根值。

[0093] 进一步地,所述根据风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度,包括:

[0094] 从风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值中确定出最大值和最小值,以此形成介于最大值和最小值之间的区间范围;

[0095] 将所述区间范围均分成预设等份,计算出各等份中振动位移均方根值数量占每天振动位移均方根值总数的百分比系数,并筛选出百分比系数超过预设百分比阈值的等份;

[0096] 从筛选出的百分比系数超过预设百分比阈值的等份中,确定出振动位移均方根值最大的等份,以此作为安全阈值区间,计算出所述安全阈值区间的中间值,以此作为风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度。

[0097] 具体的,可以进行如下实施:

[0098] 每日的振动强度计算可按照以下步骤实现:对某个测点的一天的振动位移均方根值序列计算出其最大值、最小值,然后把介于最小值和最大值的区间均匀分为10个区间,各

区间间隔是 $\Delta = \frac{\max - \min}{10}$,这样10个区间分别是:

[0099] $[\min, \min + \Delta]$,

[0100] $[\min + \Delta, \min + 2\Delta]$,

[0101] $[\min + 2\Delta, \min + 3\Delta]$,

[0102] $[\text{min}+3\Delta, \text{min}+4\Delta]$,
[0103] $[\text{min}+4\Delta, \text{min}+5\Delta]$,
[0104] $[\text{min}+5\Delta, \text{min}+6\Delta]$,
[0105] $[\text{min}+6\Delta, \text{min}+7\Delta]$,
[0106] $[\text{min}+7\Delta, \text{min}+8\Delta]$,
[0107] $[\text{min}+8\Delta, \text{min}+9\Delta]$,
[0108] $[\text{min}+9\Delta, \text{min}+10\Delta]$,

[0109] 然后计算出各振动位移均方根值落入各区间的数量所占总数量的%比系数,筛选出系数超过10%的那些区间,最后从这些区间里找出区间值最大的那个区间作为此测点当前的安全阈值区间,及计算出这个安全阈值区间的中间值。此中间值就是此测点的这一天的振动强度值。按照此方法逐步计算出每天的振动强度值,得到此测点的1年振动强度序列。

[0110] 对于步骤S103、所述基于所得到的每天对应的振动强度,利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选,得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果,以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图,在一个实施例中,可以包括:

[0111] 从一年的振动强度序列中选取最大值,以此值为半径绘制一个圆,再以此值的1/2为半径绘制一个同心圆,最后以圆心为原点绘制坐标轴,并分成x份,以对应每个月的前x天,以此形成振动强度螺旋图坐标系;

[0112] 从一年的振动强度序列里分别提取出每个月前x天的振动强度,构成新的振动强度序列,以从 0° 开始、按照 $360^\circ/x$ 递增,得到每个月前x天的振动强度各自对应的极坐标角度,以此形成极坐标角度序列;

[0113] 利用所述多种预设螺旋数据筛选规则对所述新的振动强度序列分别进行筛选,得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自所对应的筛选结果;

[0114] 在所述振动强度螺旋图坐标系,以筛选后保留的振动强度及其对应的极坐标角度作为基础极坐标点,对相邻基础极坐标点之间每相差 1° 的角度插入一个插补极坐标点,其极坐标半径的计算规则如下:前一个极坐标点的半径加上以下商值:相邻基础极坐标点的半径的差值除以它们两之间的极坐标角度差值;

[0115] 最终通过直线把各极坐标点连接而形成所述振动强度螺旋图。

[0116] 具体的,振动强度螺旋图绘制步骤如下:

[0117] 请参考图2,图2是根据一示例性实施例示出的振动强度螺旋图坐标系,对某座风力发电支撑塔筒顶1年内的振动强度序列求取最大值,然后以此值为半径绘制一个圆、再以此值的1/2为半径和以先前画的圆的圆心为圆心绘制一个小圆,最后以圆心为原点绘制水平面坐标轴XY。把水平面坐标按照逆时针分成28份,分别对应每个月的28天,得到如图3所示的振动强度螺旋图坐标系。

[0118] 进一步地,所述多种预设螺旋数据筛选规则包括:

[0119] 规则一:

[0120] 在选定的振动强度序列中,按序列顺序,将第一个振动强度作为第一个保留数值,通过如下方式确定出第二个保留数值:以序列顺序作为提取顺序,从第二个振动强度开始,每次提取一个振动强度作为对比数值,与第一个振动强度进行比较,如果第一个振动强度

大于或者等于对比数值,则舍弃当前提取的振动强度,并提取下一振动强度作为对比数值与第一个振动强度进行比较,直至当第一个振动强度小于对比数值时,将所提取的振动强度作为第二个保留数值;

[0121] 以此类推,基于已保留数值中的最后一个数值,确定下一保留数值,直至筛选完成;

[0122] 将保留的振动强度形成筛选后的振动强度序列,同时确定出对应的极坐标角度序列。

[0123] 具体的,规则一为第一类递增螺旋数据筛选规则,以应用于图2所示的振动强度螺旋图坐标系为例,假设最终1年的振动强度序列为A序列,可以表示如下:[A1 A2 ... A336],定义序列B:[B1 B2 ... BN],极坐标角度序列为 θ :[$\theta_1 \theta_2 \dots \theta_N$]。其筛选过程请参照下图3,图3是根据一示例性实施例示出的振动强度筛选规则的筛选结果,如果 $A_1 < A_2$,则 $B_1 = A_1$ 、 $B_2 = A_2$ 、 $\theta_1 = 0$ 、 $\theta_2 = 12.85^\circ$;如果 $A_1 \geq A_2$ 、 $A_1 < A_3$,则 $B_1 = A_1$ 、 $B_2 = A_3$ 、 $\theta_1 = 0^\circ$ 、 $\theta_2 = 25.7^\circ$,舍弃A2(图3中示出);然后以A3为起点, $A_3 < A_4$,则将 $B_3 = A_4$ 、 $\theta_3 = 38.55^\circ$,以A4为起点, $A_4 < A_5$,则将 $B_4 = A_5$ 、 $\theta_4 = 51.4^\circ$,以A5为起点, $A_5 \geq A_6$,则舍弃A6,将A5再与A7比较, $A_5 \geq A_7$,则舍弃A7,将A5再与A8比较, $A_5 \geq A_8$,则舍弃A8,将A5再与A9比较, $A_5 < A_9$,则 $B_5 = A_9$ 、 $\theta_5 = 102.8^\circ$ 。按以上操作得到振动强度逐步递增的振动强度新序列B、极坐标角度序列 θ 。

[0124] 规则二:

[0125] 在选定的振动强度序列中,按序列顺序,将第一个振动强度作为第一个保留数值,通过如下方式确定出第二个保留数值:以序列顺序作为提取顺序,从第二个振动强度开始,每次提取一个振动强度作为对比数值,与第一个振动强度进行比较,如果第一个振动强度小于或者等于对比数值,则舍弃当前提取的振动强度,并提取下一振动强度作为对比数值与第一个振动强度进行比较,直至当第一个振动强度大于对比数值时,将所提取的振动强度作为第二个保留数值;

[0126] 以此类推,基于已保留数值中的最后一个数值,确定下一保留数值,直至筛选完成;

[0127] 将保留的振动强度形成筛选后的振动强度序列,同时确定出对应的极坐标角度序列。

[0128] 具体的,规则二为第一类递减螺旋数据筛选规则,以应用于图2所示的振动强度螺旋图坐标系为例,假设最终1年的振动强度序列为A序列,可以表示如下:[A1 A2 ... A336],定义序列B:[B1 B2 ... BN],极坐标角度序列为 θ :[$\theta_1 \theta_2 \dots \theta_N$]。其筛选过程请参照下图4,图4是根据另一示例性实施例示出的振动强度筛选规则的筛选结果,如果 $A_1 \leq A_2$ 、 $A_1 > A_3$,则 $B_1 = A_1$ 、 $B_2 = A_3$ 、 $\theta_1 = 0^\circ$ 、 $\theta_2 = 25.7^\circ$,舍弃A2;如果 $A_1 > A_2$,则 $B_1 = A_1$ 、 $B_2 = A_2$ 、 $\theta_1 = 0$ 、 $\theta_2 = 12.85^\circ$ (图4中示出);然后以A2为起点, $A_2 \leq A_3$,则舍弃A3;将A2再与A4比较, $A_2 \leq A_4$,则舍弃A4;将A2再与A5比较, $A_2 \leq A_5$,则舍弃A5;将A2再与A6比较, $A_2 \leq A_6$,则舍弃A6;将A2再与A7比较, $A_2 > A_7$,则 $B_3 = A_7$ 、 $\theta_3 = 77.1^\circ$;以A7为起点, $A_7 > A_8$,则 $B_4 = A_8$ 、 $\theta_4 = 89.95^\circ$;以A8为起点, $A_8 \leq A_9$,则舍弃A9。按以上操作得到振动强度逐步递减的振动强度新序列B、极坐标角度序列 θ 。

[0129] 规则三:

[0130] 将振动强度按月作为一行数据,并形成二维矩阵;

[0131] 当二维矩阵某列中满足连续逐步递增的振动强度数量达到或超过预设阈值数量时,保留这些连续逐步递增的振动强度,并且舍弃该某列里的其它振动强度;当二维矩阵某列中满足连续逐步递增的振动强度数量小于所述预设阈值数量时,则该某列整列舍弃;

[0132] 将保留的振动强度按序排列成新的一维序列,同时确定出对应的极坐标角度序列。

[0133] 具体的,规则三为第二类递增螺旋数据筛选规则,以应用于图2所示的振动强度螺旋图坐标系为例,假设最终1年的振动强度序列为A序列:

[0134] $[A1 \ A2 \ \dots \ A336]$,把其每月的振动强度序列定义为二维序列的一行,得新的序列 A' ,则

$$[0135] \quad A' = \begin{bmatrix} A1 & A2 & A3 & \dots & A28 \\ A29 & A30 & A31 & \dots & A56 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A308 & A309 & A310 & \dots & A336 \end{bmatrix}$$

[0136] 当矩阵 A' 某列中满足连续逐步递增的元素数量达到或超过6个时,保留这些连续逐步递增的元素,舍弃这列里的其它元素;当矩阵 A' 某列中满足连续逐步递增的元素数量小于6个时,则整列的元素都舍弃。然后把保留的元素按照元素位置的真实顺序从小到大排列成新的一维序列 $B: [B1 \ B2 \ \dots \ BN]$,和计算出对应的极坐标角度序列 $\theta: [\theta1 \ \theta2 \ \dots \ \theta N]$ 。

[0137] 规则四:

[0138] 将振动强度按月作为一行数据,并形成二维矩阵;

[0139] 当二维矩阵某列中满足连续逐步递减的振动强度数量达到或超过所述预设阈值数量时,保留这些连续逐步递增的振动强度,并且舍弃该某列里的其它振动强度;当二维矩阵某列中满足连续逐步递减的振动强度数量小于所述预设阈值数量时,则该某列整列舍弃;

[0140] 将保留的振动强度按序排列成新的一维序列,同时确定出对应的极坐标角度序列。

[0141] 具体的,规则四为第二类递减螺旋数据筛选规则,以应用于图2所示的振动强度螺旋图坐标系为例,假设最终1年的振动强度序列为A序列:

[0142] $[A1 \ A2 \ \dots \ A336]$,把其每月的振动强度序列定义为二维序列的一行,得新的序列 A' ,则

$$[0143] \quad A' = \begin{bmatrix} A1 & A2 & A3 & \dots & A28 \\ A29 & A30 & A31 & \dots & A56 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A308 & A309 & A310 & \dots & A336 \end{bmatrix}$$

[0144] 当矩阵 A' 某列中满足连续逐步递减的元素数量达到或超过6个时,保留这些连续逐步递减的元素,舍弃这列里的其它元素;当矩阵 A' 某列中满足连续逐步递减的元素数量小于6个时,则整列的元素都舍弃。然后把保留的元素按照元素位置的真实顺序从小到大排

列成新的一维序列B: [B1 B2 ... BN], 和计算出对应的极坐标角度序列 θ : [$\theta_1 \theta_2 \dots \theta_N$]。

[0145] 螺旋图绘制规则:按照以上4个规则分别筛选出4组新的振动强度序列B和4组对应的极坐标角度序列 θ 。从4组序列里选择元素数量最多的振动强度序列B和对应的极坐标角度序列 θ 来作为绘制螺旋图的基础极坐标点,然后对相邻基础极坐标点之间每相差 1° 的角度插入一个极坐标点,其极坐标半径的增加值前一个极坐标点的半径加上以下商值:相邻基础极坐标点的半径的差值除以它们两之间的极坐标角度差值。最终通过直线把各极坐标点连接而成螺旋图。

[0146] 请参照下图5和图6,图5是根据一示例性实施例示出的风力发电支撑塔筒顶振动强度递增螺旋图,图5示出的是由里向外逆时针螺旋;图6是根据一示例性实施例示出的风力发电支撑塔筒顶振动强度递减螺旋图,图6示出的是由外向里逆时针螺旋;从风机1年的振动强度序列里分别提取出每个月的前28天的值,构成新的振动强度序列;然后以坐标系原点为螺旋中心、朝顺时针方向以每天的振动强度值为极径、角度从 0° 按照 12.85° 递增绘制各天的振动强度点,对所有强度点按照以下螺旋拟合规则进行筛选和绘制成螺旋曲线,最终得到1年的振动强度螺旋图。

[0147] 基于上述规则一至规则四各自绘制得到的振动强度螺旋图,对于步骤S104、所述根据绘制的所述振动强度螺旋图,对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估,包括:

[0148] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则一绘制形成的,则评估风力发电支撑塔筒存在明显的振动疲劳、其振动强度和振动疲劳发展趋势为逐步增强;

[0149] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则二绘制形成的,则评估风力发电支撑塔筒不存在振动疲劳现象、且其振动强度发展趋势为逐步衰减趋势;

[0150] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则三绘制形成的,则评估风力发电支撑塔筒可能存在振动疲劳现象、其振动强度和振动疲劳发展趋势为平稳状态;

[0151] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则四绘制形成的,则评估为风力发电支撑塔筒不存在振动疲劳、其振动强度发展趋势为平稳状态。

[0152] 本申请的第二方面,请参阅图7,图7是根据一示例性实施例示出的风力发电支撑塔筒振动疲劳评估装置的框图结构示意图,如图7所示,该风力发电支撑塔筒振动疲劳评估装置7包括:

[0153] 获取模块701,用于获取风力发电支撑塔筒顶部的振动位移监测数据;

[0154] 振动强度计算模块702,用于根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度;

[0155] 绘制模块703,用于基于所得到的每天对应的振动强度,利用多种预设螺旋数据筛选规则分别进行筛选,得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自对应的筛选结果,以筛选保留振动强度数量最多的筛选结果来绘制振动强度螺旋图;

[0156] 评估模块704,用于根据绘制的所述振动强度螺旋图,对风力发电支撑塔筒的振动疲劳进行分析评估。

[0157] 进一步地,振动强度计算模块702,具体用于:

[0158] 根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值;

[0159] 根据风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值计算出风力发电支撑塔

筒每天对应的一个振动强度。

[0160] 进一步地,所述根据所述振动位移监测数据计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值,包括:

[0161] 将每小时的一维时程振动位移监测数据按照每分钟采集的数据作为一系列数组,以此转换为二维时程振动数组;

[0162] 根据所述二维时程振动数组计算出风力发电支撑塔筒每分钟的振动位移均方根值。

[0163] 进一步地,所述根据风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值计算出风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度,包括:

[0164] 从风力发电支撑塔筒每天每分钟的振动位移均方根值中确定出最大值和最小值,以此形成介于最大值和最小值之间的区间范围;

[0165] 将所述区间范围均分成预设等份,计算出各等份中振动位移均方根值数量占每天振动位移均方根值总数的百分比系数,并筛选出百分比系数超过预设百分比阈值的等份;

[0166] 从筛选出的百分比系数超过预设百分比阈值的等份中,确定出振动位移均方根值最大的等份,以此作为安全阈值区间,计算出所述安全阈值区间的中间值,以此作为风力发电支撑塔筒每天对应的一个振动强度。

[0167] 进一步地,绘制模块703,具体用于:

[0168] 从一年的振动强度序列中选取最大值,以此值为半径绘制一个圆,再以此值的1/2为半径绘制一个同心圆,最后以圆心为原点绘制坐标轴,并分成x份,以对应每个月的前x天,以此形成振动强度螺旋图坐标系;

[0169] 从一年的振动强度序列里分别提取出每个月前x天的振动强度,构成新的振动强度序列,以从 0° 开始、按照 $360^{\circ}/x$ 递增,得到每个月前x天的振动强度各自对应的极坐标角度,以此形成极坐标角度序列;

[0170] 利用所述多种预设螺旋数据筛选规则对所述新的振动强度序列分别进行筛选,得到所述多种预设螺旋数据筛选规则各自所对应的筛选结果;

[0171] 在所述振动强度螺旋图坐标系,以筛选后保留的振动强度及其对应的极坐标角度作为基础极坐标点,对相邻基础极坐标点之间每相差 1° 的角度插入一个插补极坐标点,其极坐标半径的计算规则如下:前一个极坐标点的半径加上以下商值:相邻基础极坐标点的半径的差值除以它们两之间的极坐标角度差值;

[0172] 最终通过直线把各极坐标点连接而形成所述振动强度螺旋图。

[0173] 进一步地,所述多种预设螺旋数据筛选规则包括:

[0174] 规则一:

[0175] 在选定的振动强度序列中,按序列顺序,将第一个振动强度作为第一个保留数值,通过如下方式确定出第二个保留数值:以序列顺序作为提取顺序,从第二个振动强度开始,每次提取一个振动强度作为对比数值,与第一个振动强度进行比较,如果第一个振动强度大于或者等于对比数值,则舍弃当前提取的振动强度,并提取下一振动强度作为对比数值与第一个振动强度进行比较,直至当第一个振动强度小于对比数值时,将所提取的振动强度作为第二个保留数值;

- [0176] 以此类推,基于已保留数值中的最后一个数值,确定下一保留数值,直至筛选完成;
- [0177] 将保留的振动强度形成筛选后的振动强度序列,同时确定出对应的极坐标角度序列;
- [0178] 规则二:
- [0179] 在选定的振动强度序列中,按序列顺序,将第一个振动强度作为第一个保留数值,通过如下方式确定出第二个保留数值:以序列顺序作为提取顺序,从第二个振动强度开始,每次提取一个振动强度作为对比数值,与第一个振动强度进行比较,如果第一个振动强度小于或者等于对比数值,则舍弃当前提取的振动强度,并提取下一振动强度作为对比数值与第一个振动强度进行比较,直至当第一个振动强度大于对比数值时,将所提取的振动强度作为第二个保留数值;
- [0180] 以此类推,基于已保留数值中的最后一个数值,确定下一保留数值,直至筛选完成;
- [0181] 将保留的振动强度形成筛选后的振动强度序列,同时确定出对应的极坐标角度序列;
- [0182] 规则三:
- [0183] 将振动强度按月作为一行数据,并形成二维矩阵;
- [0184] 当二维矩阵某列中满足连续逐步递增的振动强度数量达到或超过预设阈值数量时,保留这些连续逐步递增的振动强度,并且舍弃该某列里的其它振动强度;当二维矩阵某列中满足连续逐步递增的振动强度数量小于所述预设阈值数量时,则该某列整列舍弃;
- [0185] 将保留的振动强度按序排列成新的一维序列,同时确定出对应的极坐标角度序列;
- [0186] 规则四:
- [0187] 将振动强度按月作为一行数据,并形成二维矩阵;
- [0188] 当二维矩阵某列中满足连续逐步递减的振动强度数量达到或超过所述预设阈值数量时,保留这些连续逐步递增的振动强度,并且舍弃该某列里的其它振动强度;当二维矩阵某列中满足连续逐步递减的振动强度数量小于所述预设阈值数量时,则该某列整列舍弃;
- [0189] 将保留的振动强度按序排列成新的一维序列,同时确定出对应的极坐标角度序列。
- [0190] 进一步地,评估模块704,具体用于:
- [0191] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则一绘制形成的,则评估风力发电支撑塔筒存在明显的振动疲劳、其振动强度和振动疲劳发展趋势为逐步增强;
- [0192] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则二绘制形成的,则评估风力发电支撑塔筒不存在振动疲劳现象、且其振动强度发展趋势为逐步衰减趋势;
- [0193] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则三绘制形成的,则评估风力发电支撑塔筒可能存在振动疲劳现象、其振动强度和振动疲劳发展趋势为平稳状态;
- [0194] 如果所述振动强度螺旋图是基于所述规则四绘制形成的,则评估为风力发电支撑塔筒不存在振动疲劳、其振动强度发展趋势为平稳状态。

[0195] 关于上述实施例中的装置,其中各个模块执行操作的具体方式已经在有关该方法的实施例中进行了详细描述,此处将不做详细阐述说明。

[0196] 本申请的第三方面,请参阅图8,图8是根据一示例性实施例示出的一种风力发电支撑塔筒振动疲劳评估终端的结构示意图,如图8所示,该风力发电支撑塔筒振动疲劳评估终端8包括:

[0197] 存储器801,其上存储有可执行程序;

[0198] 处理器802,用于执行所述存储器801中的所述可执行程序,以实现上述中任一项所述方法的步骤。

[0199] 关于上述实施例中的风力发电支撑塔筒振动疲劳评估终端8,其处理器802执行存储器802的程序的程序的具体方式已经在有关该方法的实施例中进行了详细描述,此处将不做详细阐述说明。

[0200] 本申请的第四方面,本申请提供一种可读存储介质,其上存储有程序,该程序被处理器执行时实现上述任一项所述方法的步骤。

[0201] 关于上述实施例中的可读存储介质,其存储的执行程序执行操作的具体方式已经在有关该方法的实施例中进行了详细描述,此处将不做详细阐述说明。

[0202] 可以理解的是,上述各实施例中相同或相似部分可以相互参考,在一些实施例中未详细说明的内容可以参见其他实施例中相同或相似的内容。

[0203] 需要说明的是,在本申请的描述中,术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。此外,在本申请的描述中,除非另有说明,“多个”、“多”的含义是指至少两个。

[0204] 应该理解,当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者可能同时存在居中元件;当一个元件被称为“连接”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件,此外,这里使用的“连接”可以包括无线连接;使用的措辞“和/或”包括一个或更多个相关联的列出项的任一单元和全部组合。

[0205] 流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为:表示包括一个或更多个用于实现特定逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分,并且本申请的优选实施方式的范围包括另外的实现,其中可以不按所示出或讨论的顺序,包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序,来执行功能,这应被本申请的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

[0206] 应当理解,本申请的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中,多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。例如,如果用硬件来实现,和在另一实施方式中一样,可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现:具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路,具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路,可编程门阵列(PGA),现场可编程门阵列(FPGA)等。

[0207] 本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,该程序在执行时,包括方法实施例的步骤之一或其组合。

[0208] 此外,在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中,也可以

是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能模块的形式实现。所述集成的模块如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用,也可以存储在一个计算机可读取存储介质中。

[0209] 上述提到的存储介质可以是只读存储器,磁盘或光盘等。

[0210] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0211] 尽管上面已经示出和描述了本申请的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本申请的限制,本领域的普通技术人员在本申请的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

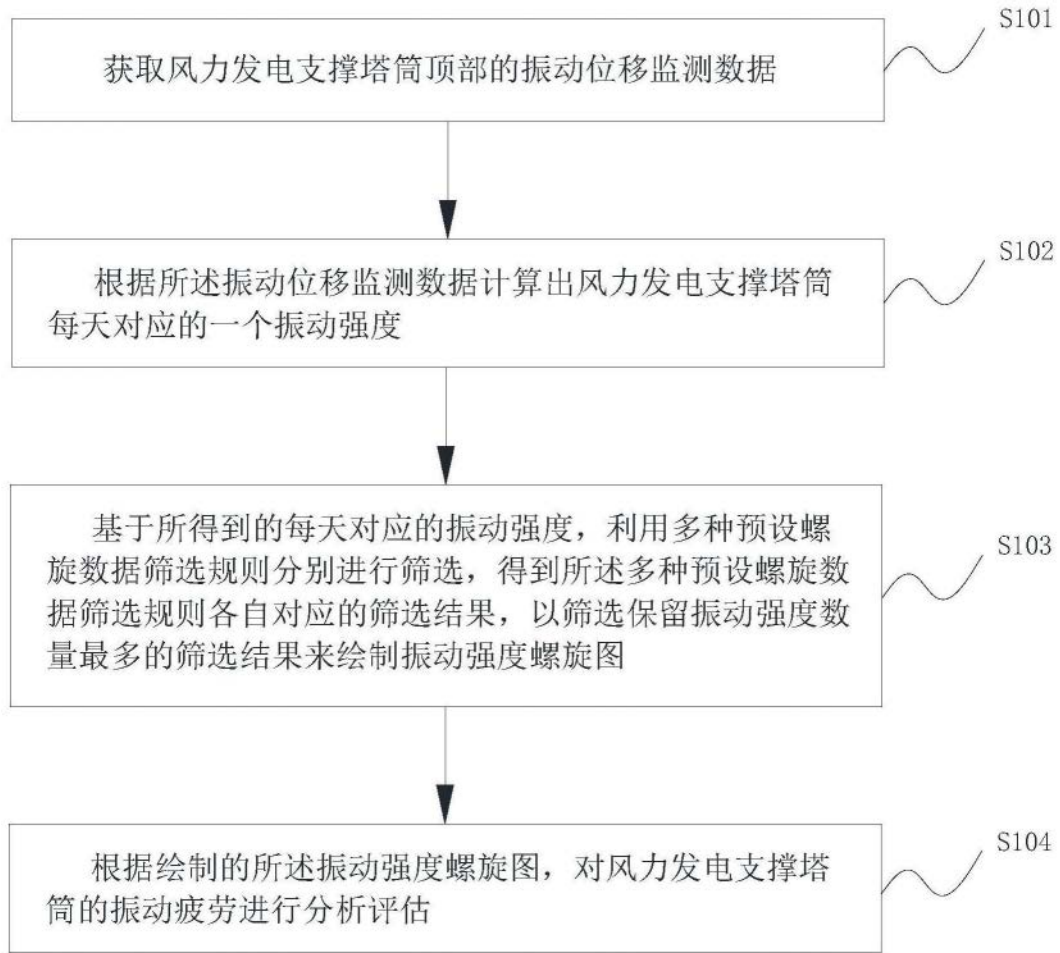


图1

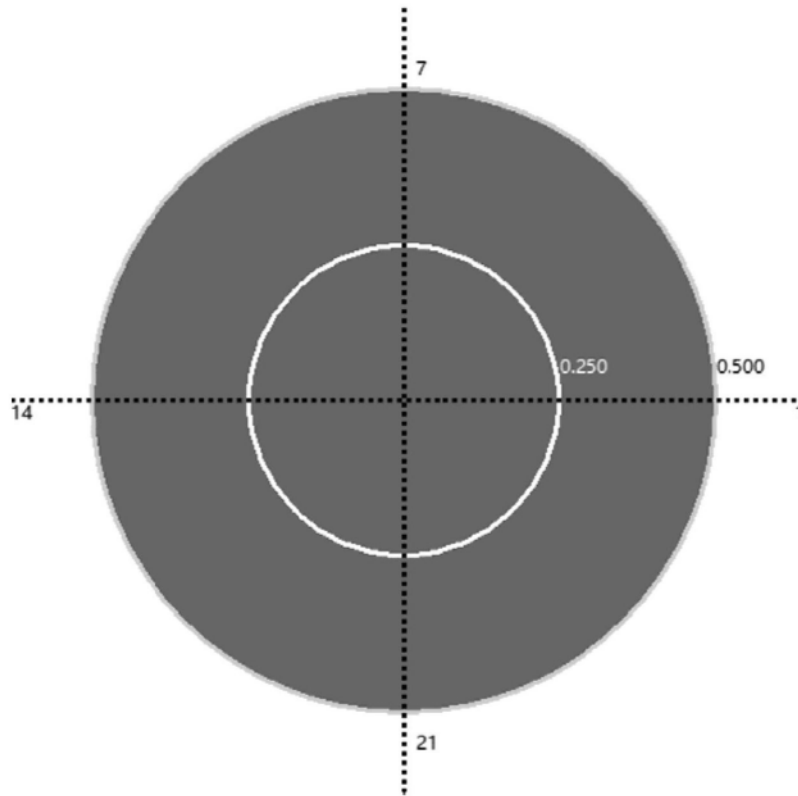


图2

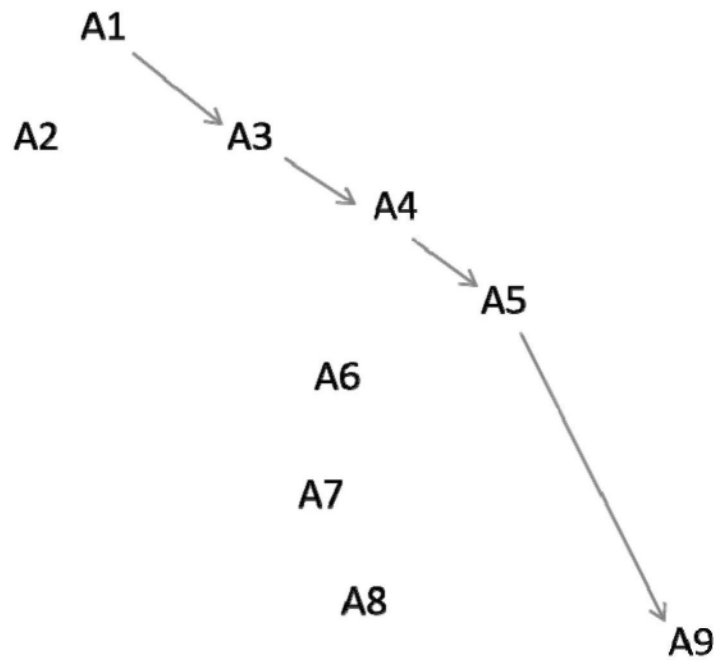


图3

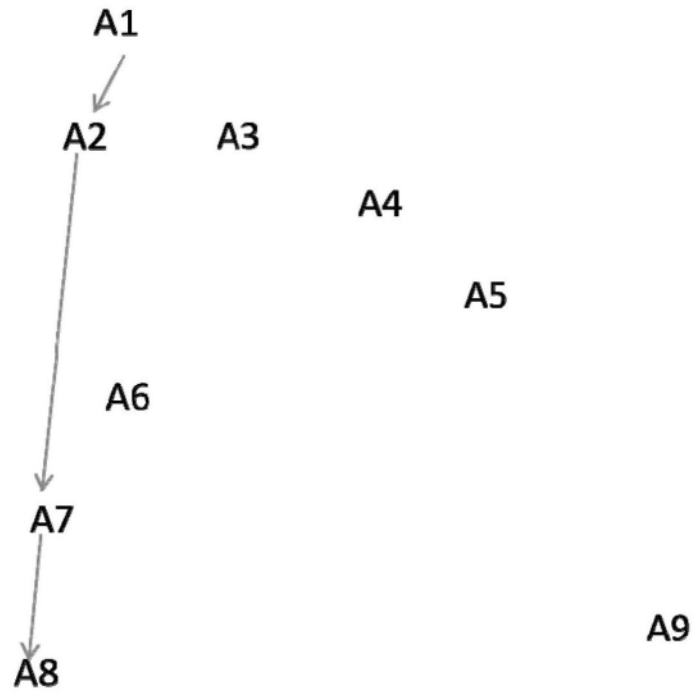


图4

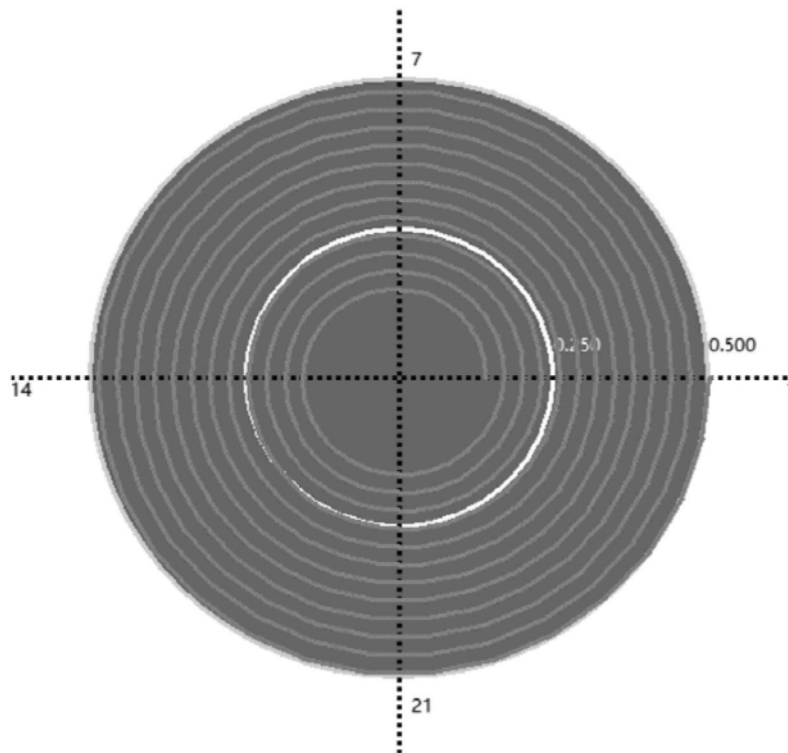


图5

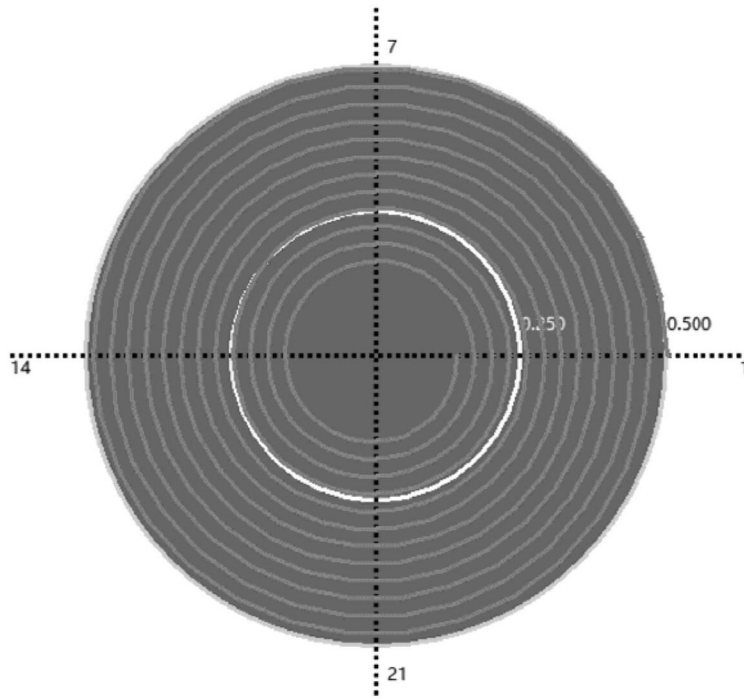


图6



图7

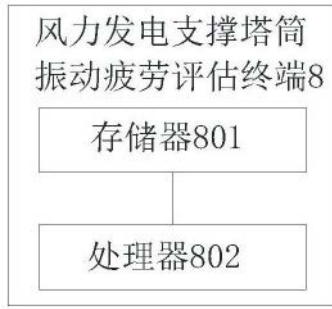


图8