



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106779098 A

(43)申请公布日 2017. 05. 31

(21)申请号 201611045770.3

(22)申请日 2016.11.24

(71)申请人 国网新疆电力公司电力科学研究院

地址 830011 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市  
市新市区长春中路东二巷66号

申请人 国家电网公司

(72)发明人 董新胜 张东 张小军 王建

杨洋 依力扎提·吐尔汗

(74)专利代理机构 乌鲁木齐合纵专利商标事务

所 65105

代理人 周星莹 董燕

(51)Int. Cl.

G06Q 10/00(2012.01)

G06Q 10/06(2012.01)

G06Q 50/06(2012.01)

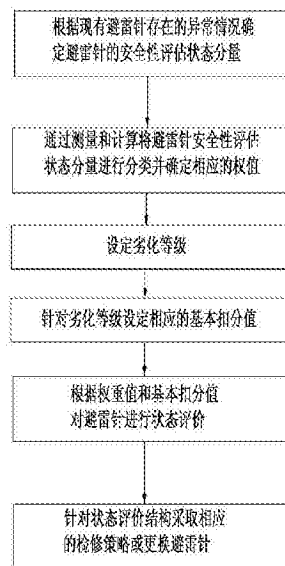
权利要求书3页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法

(57)摘要

本发明涉及风区输变电设备运行与管理技术领域,是一种避雷针安全性能综合评估方法,第一步,定避雷针安全性评估状态分量;第二步,过测量及计算对避雷针安全性评估进行分类;第三步,据状态分量的劣化程度设定劣化等级;第四步,据劣化等级设定相应的基本扣分值;第五步,据第二步和第四步的权重值和基本扣分值对避雷针进行状态评价;第六步,据避雷针状态量单项扣分和合计扣分形成状态评价报告。本发明通过对风区变电站避雷针安全运行性能的定期评估,采集有关影响避雷针安全运行的状态量数据进行定期评价,能够有效了解避雷针工作状态,保证构架避雷针的结构安全,及时发现隐患缺陷,防范事故于未然,能够有效确保变电站的正常运行。



1. 一种应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法,其特征在于包括以下步骤:

第一步:根据现有避雷针存在的异常情况确定避雷针安全性评估状态分量,包括避雷针倾斜度、避雷针杆顶最大挠度、螺栓缺失和松动、螺栓锈蚀、螺栓性能检测和避雷针杆体共振,之后进入第二步;

第二步:根据状态分量对避雷针安全运行的影响程度并通过测量及计算对避雷针安全性评估进行分类,包括重要状态分量和一般状态分量,一般状态分量对应的权重分别为权重1、权重2,其系数为1、2,重要状态分量对应的权重分别为权重3、权重4,其系数为3、4,之后进入第三步;

第三步:根据状态分量的劣化程度设定劣化等级,劣化等级包括I级、II级、III级和IV级,之后进入第四步;

第四步:根据劣化等级设定相应的基本扣分值,所述劣化等级I级、II级、III级和IV级相对应的扣分值分别为2分、4分、8分和10分,之后进入第五步;

第五步:根据第二步和第四步的权重值和基本扣分值对避雷针进行状态评价,根据状态评价结果的应扣分值对避雷针的安全性能进行分级:正常状态、注意状态、异常状态和严重状态,之后进入第六步;

第六步:根据避雷针状态量单项扣分和合计扣分形成状态评价报告,并列各状态分量的扣分理由,避雷针判别为注意状态时,直接进入缺陷处理程序,针对判别为异常状态和严重状态的避雷针采取相应的检修策略或者更换避雷针。

2. 根据权利要求1所述的应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法,其特征在于:在第二步中,对避雷针倾斜度、避雷针杆顶最大挠度、螺栓缺失和松动、螺栓锈蚀、螺栓性能检测和避雷针杆体共振的测量包括以下方法:

(1) 测量避雷针的倾斜度采用测量设备对避雷针50m以上的倾斜度和50m以下的倾斜度进行测量;

(2) 测量避雷针杆顶最大挠度,根据挠度变形指标采用设备对格构式和钢管结构进行测量;

(3) 采用人工观察法对避雷针法兰连接处的螺栓进行检查,螺栓检查内容包括螺栓的锈蚀、螺栓的松动情况;

(4) 采用设备对避雷针法兰连接处的螺栓进行检测,螺栓的检测内容包括超声波检测和硬度抽检;

(5) 避雷针杆体共振的测量包括对避雷针固有频率下的共振次数进行统计。

3. 根据权利要求2所述的应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法,其特征在于:避雷针固有频率下的共振次数进行统计为在确定风速下,根据全年发生的风速监测数据,进行该风速发生次数的统计,对于避雷针固有频率的共振次数统计的计算方法如下:

对于圆截面空心柱体,起振临界风速表示为:

$$V_{cr} = \frac{5\sqrt{2}}{\pi} \cdot \lambda_n^2 \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \left(\frac{r}{L}\right)^2 \quad (n=1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

式中,常数 $\lambda_n$ 为自振频率参数,根据振动阶次和杆端约束条件取值,E为杨氏模量, $\rho$ 为密度,L为长度,回转半径 $r \approx \sqrt{2}D/4$ ,D为圆柱体直径;

对于圆截面空心钢管,杨氏模量和密度通常取为 $2.06 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ 和 $7.85 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ,因而,上式又可进一步简化为:

$$V_{cr} = 11530 \frac{\lambda_n^2}{\lambda^2} \quad (n=1, 2, 3 \dots) \quad (2)$$

式中 $\lambda=L/r$ 表示钢管杆件的长细比。

4. 根据权利要求2或3所述的应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法,其特征在于:在第五步中,设置所述避雷针倾斜度权重系数为4,当50m以下倾斜度小于10‰,50m以上倾斜度小于5‰,属于正常倾斜状态,根据权重系数4乘状态程度I级基本扣分值2,该项应扣8分,判断为“正常状态”,可以继续运行;若50m以下倾斜度为10‰至15‰、50m以上倾斜度为5‰至10‰,为劣化开始状态,按权重系数4乘状态程度基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”,应当加强监视;若50m以下倾斜度为15‰至20‰,50m以上倾斜度为10‰至15‰,表明避雷针倾斜状态继续恶化,根据权重与基本扣分值乘积,该项扣32分,判断为“异常状态”,应当在合适时机,进行处理;当50m以下倾斜度 $\geq 20‰$ ,50m以上倾斜度 $\geq 15‰$ 时,该项扣40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较严重的倾斜,应及时安排处理;

设置避雷针挠度权重系数为4,当挠度格构式 $\geq H/200$ ;钢管结构 $\geq H/35$ ,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;格构式 $\geq 4H/125$ ;钢管结构 $\geq 2H/125$ ,表明避雷针挠度状态继续恶化,根据权重与基本扣分值乘积,该项扣32分,判断为“异常状态”;格构式 $\geq H/100$ ;钢管结构 $\geq H/70$ ,该项扣40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较严重的变形,应及时处理,其中H为构架柱计算点高度;

设置避雷针螺栓缺失或松动的状态量权重系数为4,当缺少少量螺栓,螺栓松动2%至10%,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;缺少较多螺栓,螺栓松动10%至15%,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣32分,判断为“异常状态”;缺少大量螺栓,螺栓松动15%以上,该项扣40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

设置避雷针螺栓锈蚀状态量权重系数为4,若镀锌层失效,有轻微锈蚀,则为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;若锈蚀较严重、较多螺栓和节点板剥壳,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣32分,判断为“异常状态”;若缺少大量螺栓,螺栓松动15%以上时,该项扣40分,判断为“严重状态”,表明避雷针螺栓已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

设置避雷针螺栓性能检测状态量权重系数为4,若硬度下降10%至20%,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;若硬度下降20%至40%,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣32分,判断为“异常状态”;若硬度下降40%以上时,该项扣40分,判断为“严重状态”,表明避雷针螺栓已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

设置避雷针螺栓超声波检测状态量权重系数为4,若螺栓出现裂纹缺陷占10%以下,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;若螺栓出现裂纹缺陷占10%至15%,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣32分,判断为“异常状态”;若螺栓出现裂纹缺陷占15%以上时,该项扣

值40分,判断为“严重状态”,表明避雷针螺栓已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

设置避雷针杆体共振权重系数为3,若发生共振次数统计小于2%,属于正常状态,根据权重系数3乘状态程度I级基本扣分值2,该项应扣分6分,判断为“正常状态”,可以继续运行;若发生共振次数统计占2%至5%以上,为劣化开始状态,按权重系数3乘状态程度基本扣分值4,该项扣分为12分,按表3,判断为“注意状态”,应当加强监视;若发生共振次数统计占5%至10%以上时,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与基本扣分值乘积,该项扣分24分,判断为“异常状态”,应当在合适时机,进行处理;若发生共振次数统计占10%以上时,该项扣分值40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较多的共振次数,对避雷针将产生严重危害,应及时安排处理。

## 应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及变电站避雷针安全评估技术领域,是一种应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法。

### 背景技术

[0002] 目前,圆管型构架避雷针广泛应用于高压变电站,其属于高耸悬臂构件,具有长细比大、刚度小、外壳薄、自重轻的特点,是典型的风敏感结构,容易在风荷载作用下发生风致振动,处于这种特定恶劣气候下的变电站构架避雷针发生风毁事故的概率将大大增加。近期,某750千伏变330千伏设备区内1号避雷针的二线龙门架因强风沙尘天气跌落,造成330千伏Ⅱ段A相管母受损,330千伏Ⅱ母失压;在某750kV变2号主变750千伏进线侧龙门架西侧构架顶部避雷针在风力作用下,跌落至龙门架水平横梁中部,导致和构架顶端连接处法兰连接螺栓断裂。根据前述避雷针事故,倾倒的构架避雷针为刚性法兰连接的钢管式结构,底座连接36个螺栓全部断裂脱落,经现场查找、收集后发现,至少有11个螺栓断面存在超过80%的锈蚀痕迹,说明此部分螺栓在故障发生前已基本失效。以上事故造成了大面积停电,造成了严重经济损失。变电站能否正常工作关系到区域能源输入,直接影响着地区的正常生产,一旦出现避雷针倒塌导致输电线路中断,将带来严重的社会负面效应及经济损失。

### 发明内容

[0003] 本发明提供了一种根据应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法,克服了现有技术无法对避雷针运行状态进行有效评估,存在避雷针在隐患缺陷下继续运行易出现严重事故的问题。

[0004] 本发明的技术方案是通过以下措施来实现的:一种应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法包括以下步骤:

[0005] 第一步:根据现有避雷针存在的异常情况确定避雷针安全性评估状态分量,包括避雷针倾斜度、避雷针杆顶最大挠度、螺栓缺失和松动、螺栓锈蚀、螺栓性能检测和避雷针杆体共振,之后进入第二步;

[0006] 第二步:根据状态分量对避雷针安全运行的影响程度并通过测量及计算对避雷针安全性评估进行分类,包括重要状态分量和一般状态分量,一般状态分量对应的权重分别为权重1、权重2,其系数为1、2,重要状态分量对应的权重分别为权重3、权重4,其系数为3、4,之后进入第三步;

[0007] 第三步:根据状态分量的劣化程度设定劣化等级,劣化等级包括I级、II级、III级和IV级,之后进入第四步;

[0008] 第四步:根据劣化等级设定相应的基本扣分值,所述劣化等级I级、II级、III级和IV级相对应的扣分值分别为2分、4分、8分和10分,之后进入第五步;

[0009] 第五步:根据第二步和第四步的权重值和基本扣分值对避雷针进行状态评价,根据状态评价结果的应扣分值对避雷针的安全性能进行分级:正常状态、注意状态、异常状态

和严重状态,之后进入第六步;

[0010] 第六步:根据避雷针状态量单项扣分和合计扣分形成状态评价报告,并列出各状态分量的扣分理由,避雷针判别为注意状态时,直接进入缺陷处理程序,针对判别为异常状态和严重状态的避雷针采取相应的检修策略或者更换避雷针。

[0011] 下面是对上述发明技术方案的进一步优化或/和改进:

[0012] 上述在第二步中,对避雷针倾斜度、避雷针杆顶最大挠度、螺栓缺失和松动、螺栓锈蚀、螺栓性能检测和避雷针杆体共振的测量包括以下方法:

[0013] (1) 测量避雷针的倾斜度采用测量设备对避雷针50m以上的倾斜度和50m以下的倾斜度进行测量;

[0014] (2) 测量避雷针杆顶最大挠度,根据挠度变形指标采用设备对格构式和钢管结构进行测量;

[0015] (3) 采用人工观察法对避雷针法兰连接处的螺栓进行检查,螺栓检查内容包括螺栓的锈蚀、螺栓的松动情况;

[0016] (4) 采用设备对避雷针法兰连接处的螺栓进行检测,螺栓的检测内容包括超声波检测和硬度抽检;

[0017] (5) 避雷针杆体共振的测量包括对避雷针固有频率下的共振次数进行统计。

[0018] 上述避雷针固有频率下的共振次数进行统计为在确定风速下,根据全年发生的风速监测数据,进行该风速发生次数的统计,对于避雷针固有频率的共振次数统计的计算方法如下:

[0019] 对于圆截面空心柱体,起振临界风速表示为:

$$[0020] \quad V_{cr} = \frac{5\sqrt{2}}{\pi} \cdot \lambda_n^2 \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \left(\frac{r}{L}\right)^2 \quad (n=1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

[0021] 式中,常数 $\lambda_n$ 为自振频率参数,根据振动阶次和杆端约束条件取值,E为杨氏模量, $\rho$ 为密度,L为长度,回转半径 $r \approx \sqrt{2}D/4$ ,D为圆柱体直径;

[0022] 对于圆截面空心钢管,杨氏模量和密度通常取为 $2.06 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ 和 $7.85 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ,因而,上式又可进一步简化为:

$$[0023] \quad V_{cr} = 11530 \frac{\lambda_n^2}{\lambda^2} \quad (n=1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

[0024] 式中 $\lambda=L/r$ 表示钢管杆件的长细比。

[0025] 上述在第五步中,设置所述避雷针倾斜度权重系数为4,当50m以下倾斜度小于10‰,50m以上倾斜度小于5‰,属于正常倾斜状态,根据权重系数4乘状态程度I级基本扣分值2,该项应扣分8分,判断为“正常状态”,可以继续运行;若50m以下倾斜度为10‰至15‰、50m以上倾斜度为5‰至10‰,为劣化开始状态,按权重系数4乘状态程度基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”,应当加强监视;若50m以下倾斜度为15‰至20‰,50m以上倾斜度为10‰至15‰,表明避雷针倾斜状态继续恶化,根据权重与基本扣分值乘积,该项扣分为32分,判断为“异常状态”,应当在合适时机,进行处理;当50m以下倾斜度 $\geq 20‰$ ,50m以上倾斜度 $\geq 15‰$ 时,该项扣分值40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较严重的倾斜,应及时安排处理;

[0026] 设置避雷针挠度权重系数为4,当挠度格构式 $\geq H/200$ ;钢管结构 $\geq H/35$ ,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;格构式 $\geq 4H/125$ ;钢管结构 $\geq 2H/125$ ,表明避雷针挠度状态继续恶化,根据权重与基本扣分值乘积,该项扣分32分,判断为“异常状态”;格构式 $\geq H/100$ ;钢管结构 $\geq H/70$ ,该项扣分值40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较严重的变形,应及时处理,其中H为构架柱计算点高度;

[0027] 设置避雷针螺栓缺失或松动的状态量权重系数为4,当缺少少量螺栓,螺栓松动2%至10%,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;缺少较多螺栓,螺栓松动10%至15%,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣分32分,判断为“异常状态”;缺少大量螺栓,螺栓松动15%以上,该项扣分值40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

[0028] 设置避雷针螺栓锈蚀状态量权重系数为4,若镀锌层失效,有轻微锈蚀,则为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;若锈蚀较严重、较多螺栓和节点板剥壳,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣分32分,判断为“异常状态”;若缺少大量螺栓,螺栓松动15%以上时,该项扣分值40分,判断为“严重状态”,表明避雷针螺栓已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

[0029] 设置避雷针螺栓性能检测状态量权重系数为4,若硬度下降10%至20%,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;若硬度下降20%至40%,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣分32分,判断为“异常状态”;若硬度下降40%以上时,该项扣分值40分,判断为“严重状态”,表明避雷针螺栓已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

[0030] 设置避雷针螺栓超声波检测状态量权重系数为4,若螺栓出现裂纹缺陷占10%以下,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;若螺栓出现裂纹缺陷占10%至15%,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣分32分,判断为“异常状态”;若螺栓出现裂纹缺陷占15%以上时,该项扣分值40分,判断为“严重状态”,表明避雷针螺栓已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

[0031] 设置避雷针杆体共振权重系数为3,若发生共振次数统计小于2%,属于正常状态,根据权重系数3与状态程度I级基本扣分值2,该项应扣分6分,判断为“正常状态”,可以继续运行;若发生共振次数统计占2%至5%以上,为劣化开始状态,按权重系数3乘状态程度基本扣分值4,该项扣分为12分,按表3,判断为“注意状态”,应当加强监视;若发生共振次数统计占5%至10%以上时,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与基本扣分值乘积,该项扣分24分,判断为“异常状态”,应当在合适时机,进行处理;若发生共振次数统计占10%以上时,该项扣分值40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较多的共振次数,对避雷针将产生严重危害,应及时安排处理。

[0032] 本发明通过对风区变电站避雷针安全运行性能的定期评估,采集有关影响避雷针安全运行的状态量数据进行定期评价,能够有效了解避雷针工作状态,保证构架避雷针的结构安全,及时发现隐患缺陷,防范事故于未然,能够有效确保变电站的正常运行。

## 附图说明

[0033] 附图1为本发明的流程图。

## 具体实施方式

[0034] 本发明不受下述实施例的限制,可根据本发明的技术方案与实际情况来确定具体的实施方式。

[0035] 如附图1、表1、表2、表3和表4所示,应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法包括以下步骤:

[0036] 第一步:根据现有避雷针存在的异常情况确定避雷针安全性评估状态分量,包括避雷针倾斜度、避雷针杆顶最大挠度、螺栓缺失和松动、螺栓锈蚀、螺栓性能检测和避雷针杆体共振,之后进入第二步;

[0037] 第二步:根据状态分量对避雷针安全运行的影响程度并通过测量及计算对避雷针安全性评估进行分类,包括重要状态分量和一般状态分量,一般状态分量对应的权重分别为权重1、权重2,其系数为1、2,重要状态分量对应的权重分别为权重3、权重4,其系数为3、4,之后进入第三步;

[0038] 第三步:根据状态分量的劣化程度设定劣化等级,劣化等级包括I级、II级、III级和IV级,之后进入第四步;

[0039] 第四步:根据劣化等级设定相应的基本扣分值,所述劣化等级I级、II级、III级和IV级相对应的扣分值分别为2分、4分、8分和10分,之后进入第五步;

[0040] 第五步:根据第二步和第四步的权重值和基本扣分值对避雷针进行状态评价,根据状态评价结果的应扣分值对避雷针的安全性能进行分级:正常状态、注意状态、异常状态和严重状态,之后进入第六步;

[0041] 第六步:根据避雷针状态量单项扣分和合计扣分形成状态评价报告,并列出各状态分量的扣分理由,避雷针判别为注意状态时,直接进入缺陷处理程序,针对判别为异常状态和严重状态的避雷针采取相应的检修策略或者更换避雷针。

[0042] 可根据实际需要,对上述应用于风区的避雷针安全性能综合评估方法作进一步优化或/和改进:

[0043] 如附图1、表1、表2、表3和表4所示,在第二步中,对避雷针倾斜度、避雷针杆顶最大挠度、螺栓缺失和松动、螺栓锈蚀、螺栓性能检测和避雷针杆体共振的测量包括以下方法:

[0044] (1) 测量避雷针的倾斜度采用测量设备对避雷针50m以上的倾斜度和50m以下的倾斜度进行测量;

[0045] (2) 测量避雷针杆顶最大挠度,根据挠度变形指标采用设备对格构式和钢管结构进行测量;

[0046] (3) 采用人工观察法对避雷针法兰连接处的螺栓进行检查,螺栓检查内容包括螺栓的锈蚀、螺栓的松动情况;

[0047] (4) 采用设备对避雷针法兰连接处的螺栓进行检测,螺栓的检测内容包括超声波检测和硬度抽检;

[0048] (5) 避雷针杆体共振的测量包括对避雷针固有频率下的共振次数进行统计。



[0049] 如附图1、表1、表2、表3和表4所示,避雷针固有频率下的共振次数进行统计为在确定风速下,根据全年发生的风速监测数据,进行该风速发生次数的统计,对于避雷针固有频率的共振次数统计的计算方法如下:

[0050] 对于圆截面空心柱体,起振临界风速表示为:

$$[0051] \quad V_{cr} = \frac{5\sqrt{2}}{\pi} \cdot \lambda_n^2 \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \left(\frac{r}{L}\right)^2 \quad (n=1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

[0052] 式中,常数 $\lambda_n$ 为自振频率参数,根据振动阶次和杆端约束条件取值,E为杨氏模量, $\rho$ 为密度,L为长度,回转半径 $r \approx \sqrt{2D}/4$ ,D为圆柱体直径;

[0053] 对于圆截面空心钢管,杨氏模量和密度通常取为 $2.06 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ 和 $7.85 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ,因而,上式又可进一步简化为:

$$[0054] \quad V_{cr} = 11530 \frac{\lambda_n^2}{\lambda^2} \quad (n=1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

[0055] 式中 $\lambda=L/r$ 表示钢管杆件的长细比。

[0056] 表1为构筑物不同杆端约束的一阶、二阶起振临界风速,对于圆管型避雷针取悬臂型参数,其他结构形式按实际情况取值。根据避雷针杆端约束实际情况,计算得出一、二阶起振临界风速,由避雷针所处的变电站风速监测仪进行统计实际发生临界风速的次数,在评价周期内以十分钟统计一次,统计发生共振的次数。在自然条件下,共振发生时,多与结构的一阶及二阶基频发生锁定,即涡振频率与结构的一阶、二阶基频相一致,估算涡振累积频次,首先对结构的一、二阶基频进行计算获测试,采用一般的简化计算公式无法获取准确的频率,故建立有限元模型,进行模态分析得到了钢管避雷针的一、二阶频率。对于一阶起振频率的风速,如果计算值小于 $5\text{m/s}$ ,一般不会引起避雷针振动,故只需考虑二阶自振频率下发生的风速统计。

[0057] 如附图1、表1、表2、表3和表4所示,在第五步中,由于倾斜,在避雷针工作状态受到交变风载荷和低温的影响,会使避雷针倾斜状态恶化,最终导致倒杆,造成变电站重大事故,设置所述避雷针倾斜度权重系数为4,若 $50\text{m}$ 以下倾斜度小于 $10\%$ , $50\text{m}$ 以上倾斜度小于 $5\%$ ,属于正常倾斜状态,根据权重系数4乘状态程度I级基本扣分值2,该项应扣8分,判断为“正常状态”,可以继续运行;若 $50\text{m}$ 以下倾斜度为 $10\%$ 至 $15\%$ 、 $50\text{m}$ 以上倾斜度为 $5\%$ 至 $10\%$ ,为劣化开始状态,按权重系数4乘状态程度基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”,应当加强监视;若 $50\text{m}$ 以下倾斜度为 $15\%$ 至 $20\%$ , $50\text{m}$ 以上倾斜度为 $10\%$ 至 $15\%$ ,表明避雷针倾斜状态继续恶化,根据权重与基本扣分值乘积,该项扣分为32分,判断为“异常状态”,应当在合适时机,进行处理;若 $50\text{m}$ 以下倾斜度 $\geq 20\%$ , $50\text{m}$ 以上倾斜度 $\geq 15\%$ ,该项扣分为40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较严重的倾斜,应及时安排处理;

[0058] 钢结构本身的损伤不以裂缝为标准,而是以挠度等变形指标判断的,因此,设置避雷针挠度权重系数为4,当挠度格构式 $\geq H/200$ ;钢管结构 $\geq H/35$ ,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;格构式 $\geq 4H/125$ ;钢管结构 $\geq 2H/125$ ,表明避雷针挠度状态继续恶化,根据权重与基本扣分值乘积,该项扣分为32分,判断为“异常状态”;格构式 $\geq H/100$ ;钢管结构 $\geq H/70$ ,该项扣分为40分,判断为“严重状态”,

表明避雷针已发生比较严重的变形,应及时处理,其中H为构架柱计算点高度;

[0059] 螺栓缺失或松动表明避雷针有不同程度的缺陷,因此,设置避雷针螺栓缺失或松动的状态量权重系数为4,当缺少少量螺栓,螺栓松动2%至10%,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;缺少较多螺栓,螺栓松动10%至15%,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣分为32分,判断为“异常状态”;缺少大量螺栓,螺栓松动15%以上,该项扣分为40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

[0060] 螺栓锈蚀表明螺栓性能下降,将危害避雷针安全运行,因此,设置避雷针螺栓锈蚀状态量权重系数为4,若镀锌层失效,有轻微锈蚀,则为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;若锈蚀较严重、较多螺栓和节点板剥壳,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣分为32分,判断为“异常状态”;若缺少大量螺栓,螺栓松动15%以上时,该项扣分为40分,判断为“严重状态”,表明避雷针螺栓已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

[0061] 螺栓性能检测,为抽检项目,抽取避雷针法兰螺栓若干只,进行硬度检测,螺栓性能下降表明避雷针稳固性能下降,因此,设置避雷针螺栓性能检测状态量权重系数为4,若硬度下降10%至20%,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;若硬度下降20%至40%,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣分为32分,判断为“异常状态”;若硬度下降40%以上时,该项扣分为40分,判断为“严重状态”,表明避雷针螺栓已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

[0062] 螺栓超声波检测,为在线检测项目,检测内容为是否存在裂纹缺陷,如果有裂纹缺陷,表明螺栓性能发生下降,避雷针稳固性能劣化,因此,设置避雷针螺栓超声波检测状态量权重系数为4,若螺栓出现裂纹缺陷占10%以下,为劣化开始状态,按权重系数4乘基本扣分值4,该项扣分为16分,判断为“注意状态”;若螺栓出现裂纹缺陷占10%至15%,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与状态程度基本扣分值乘积,该项扣分为32分,判断为“异常状态”;若螺栓出现裂纹缺陷占15%以上时,该项扣分为40分,判断为“严重状态”,表明避雷针螺栓已发生比较严重的状态恶化,应及时处理;

[0063] 避雷针杆体共振在风荷载作用下,通常会产生顺风向、扭转方向和横风向的风振响应,长期的风振会导致避雷针螺栓性能下降,危及避雷针安全运行,目前结构动力测试过程繁琐,不易实施,因此,应用固有频率下的发生共振的风速统计,是较易实施的方法,避雷针杆体共振导致避雷针性能劣化是个长期过程,因此,设置避雷针杆体共振权重系数为3,若发生共振次数统计小于2%,属于正常状态,根据权重系数3与状态程度I级基本扣分值2,该项应扣分为6分,判断为“正常状态”,可以继续运行;若发生共振次数统计占2%至5%以上,为劣化开始状态,按权重系数3乘状态程度基本扣分值4,该项扣分为12分,按表3,判断为“注意状态”,应当加强监视;若发生共振次数统计占5%至10%以上时,表明避雷针状态继续恶化,根据权重与基本扣分值乘积,该项扣分为24分,判断为“异常状态”,应当在合适时机,进行处理;若发生共振次数统计占10%以上时,该项扣分为40分,判断为“严重状态”,表明避雷针已发生比较多的共振次数,对避雷针将产生严重危害,应及时安排处理。

[0064] 以上技术特征构成了本发明的最佳实施例,其具有较强的适应性和最佳实施效果,可根据实际需要增减非必要的技术特征,来满足不同情况的需求。

[0065] 表1 不同杆端约束钢管杆件起振临界风速计算式

杆端约束	起振临界风速	
	一阶	二阶
两端固接	$2.56 \times 10^5 \lambda^{-2}$	$7.11 \times 10^5 \lambda^{-2}$
两端铰接	$1.14 \times 10^5 \lambda^{-2}$	$4.55 \times 10^5 \lambda^{-2}$
悬臂	$0.41 \times 10^5 \lambda^{-2}$	$2.54 \times 10^5 \lambda^{-2}$
一端固接一端铰接	$1.78 \times 10^5 \lambda^{-2}$	$5.76 \times 10^5 \lambda^{-2}$

[0067] 表2 避雷针状态量的评价表

状态量	扣分值	劣化程度			
		1	2	3	4
I	2	2	4	6	8
II	4	4	8	12	16
III	6	6	16	24	32
IV	8	8	20	30	40

[0069] 表3 避雷针评价标准

状态单元	正常状态		注意状态		异常状态	严重状态
	合计扣分	单项扣分	合计扣分	单项扣分	单项扣分	单项扣分
避雷针	/	≤10	/	12~24	30~32	40

[0071] 表4 避雷针状态量及其状态程度扣分标准

[0072]

状态量	权重系数	状态程度	扣分标准	基本扣分	应扣分值
避雷针倾斜	4	IV	50m 以下倾斜度 $\geq 20\%$ ，50m 以上倾斜度 $\geq 15\%$ ；	10	40
		III	50m 以下倾斜度 15‰至 20‰，50m 以上倾斜度 10‰至 15‰；	8	32
		II	50m 以下倾斜度 10‰至 15‰，50m 以上钢管杆（塔）倾斜度 5‰至 10‰；	4	16
		I	50m 以下倾斜度小于 10‰，50m 以上倾斜度小于 5‰	2	8
避雷针杆顶最大挠度	4	IV	杆顶最大挠度：格构式 $\geq H/100$ ；钢管结构 $\geq H/70$	10	40
		III	杆顶最大挠度：格构式 $\geq 4H/125$ ；钢管结构 $\geq 2H/125$	8	32
		II	杆顶最大挠度：格构式 $\geq H/200$ ；钢管结构 $\geq H/35$	4	16
螺栓缺失（松动）	4	IV	缺少大量螺栓，螺栓松动 15%以上。	10	40
		III	缺少较多螺栓，螺栓松动 10%至 15%	8	32
		II	缺少少量螺栓，螺栓松动 2%~10%；	4	16
螺栓锈蚀	4	IV	锈蚀很严重、大部分螺栓和节点板剥壳	10	40
		III	锈蚀较严重、较多螺栓和节点板剥壳	8	32
		II	镀锌层失效，有轻微锈蚀	4	16
螺栓性能检测	4	IV	硬度下降 40%以上	10	40
		III	硬度下降 20%~40%	8	32
		II	硬度下降 10%~20%	4	16
螺栓超声波检测	4	IV	螺栓出现裂纹缺陷占 15%以上	10	40
		III	螺栓出现裂纹缺陷占 10%至 15%	8	32
		II	螺栓出现裂纹缺陷占 10%以下	4	16
避雷针杆体共振	3	IV	发生共振次数统计占 10%以上	10	30
		III	发生共振次数统计占 5%~10%以上	8	24
		II	发生共振次数统计占 2%至 5%以上	4	12
		I	发生共振次数统计小于 2%	2	6

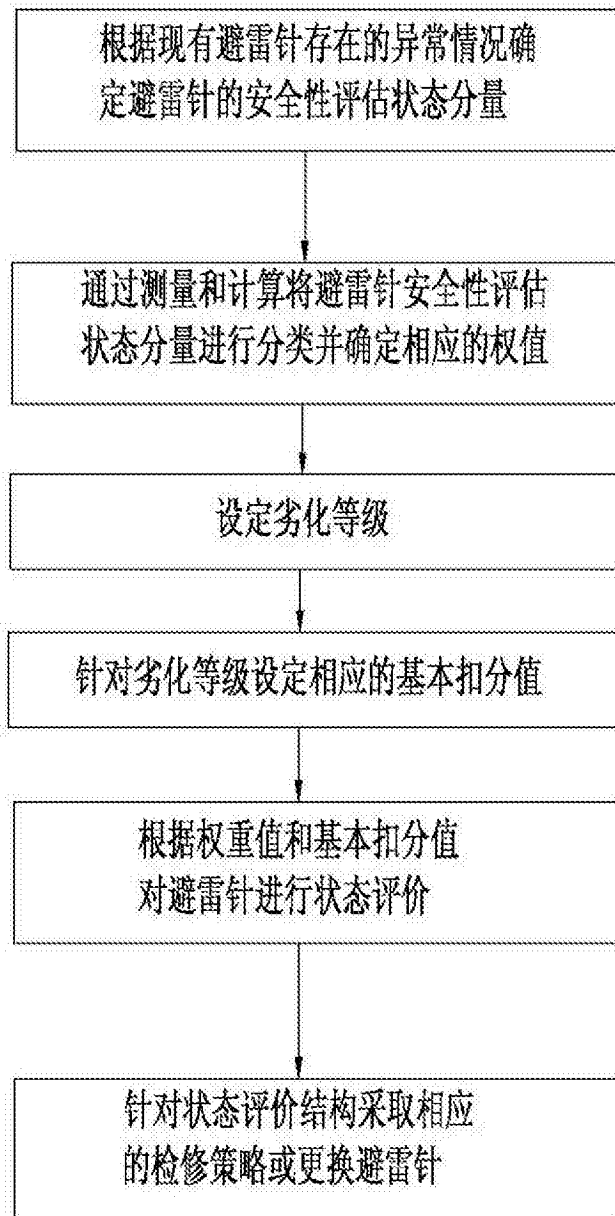


图1