



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104391086 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 04

(21) 申请号 201410706284. 6

(22) 申请日 2014. 11. 26

(71) 申请人 广东电网有限责任公司电力科学研究院

地址 510080 广东省广州市越秀区东风东路水均岗 8 号

申请人 华北电力大学

(72) 发明人 钟清 陈剑光 高雅 吴昊 李峰 罗颖婷 黄勇 齐波 荣智海

(74) 专利代理机构 广州华进联合专利商标代理有限公司 44224

代理人 王程

(51) Int. Cl.

G01N 33/00(2006. 01)

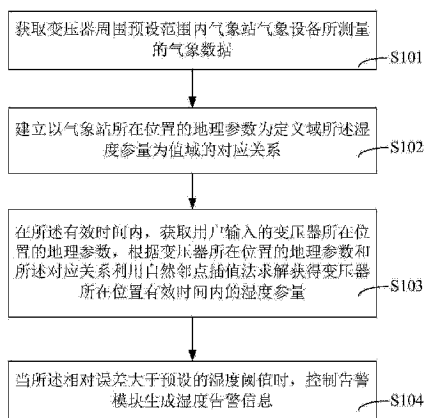
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

变压器外部环境湿度参量测量方法和系统

(57) 摘要

本发明公开了变压器外部环境湿度参量测量方法及系统,所述方法包括步骤:获取变压器周围预设范围内气象站气象设备所测量的气象数据;建立以气象站所在位置的地理参数为定义域所述湿度参量为值域的对对应关系;在有效时间内,获取用户输入的变压器所在位置的地理参数,根据变压器所在位置的地理参数和对应关系利用离散点插值法求解获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量;当变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,控制告警模块生成湿度告警信息。本发明以变压器附近气象站气象数据为基准,利用离散点插值法准确推算变压器外部环境的湿度参量,能够解决针对当前无法获得变电站外部环境精确湿度参量的问题,为变压器状态评估提供可靠参考。



1. 一种变压器外部环境湿度参量测量方法,其特征在于,包括步骤:

获取变压器周围预设范围内气象站气象设备所测量的气象数据,其中所述气象数据包括气象站所在位置的地理参数和湿度参量以及该湿度参量对应的有效时间;

建立以气象站所在位置的地理参数为定义域所述湿度参量为值域的对对应关系;

在所述有效时间内,获取用户输入的变压器所在位置的地理参数,根据变压器所在位置的地理参数和所述对应关系利用离散点插值法求解获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量;

当变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,控制告警模块生成湿度告警信息。

2. 根据权利要求1所述的变压器外部环境湿度参量测量方法,其特征在于,所述根据变压器所在位置的地理参数和所述对应关系利用离散点插值法求解获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量的步骤,具体包括:

以所述气象数据为样本点,创建所述样本点的第一泰森多边形;

以变压器所在位置的地理参数为待插值点的坐标,依据所述坐标创建所述待插值点的第二泰森多边形;

计算第二泰森多边形的面积,并统计所述第一泰森多边形与第二泰森多边形的重叠面积;

根据所述第二泰森多边形的面积和所述重叠面积通过预设的计算模型计算待插值点的插值,并将所述插值判定为变压器所在位置的湿度参量。

3. 根据权利要求2所述的变压器外部环境湿度参量测量方法,其特征在于,根据所述第二泰森多边形的面积和所述重叠面积通过预设的计算模型计算待插值点的值的步骤包括:

$$\text{所述计算模型的公式为: } f(x) = \sum_{i=1}^n w_i(x) f_i,$$

其中, $f(x)$  为待插值点的插值, $w_i(x)$  为样本点  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) 关于待插值点的权重, $f_i$  为样本点  $i$  的值;

$$\text{所述权重的公式为: } w_i(x) = \frac{a_i \cap a(x)}{a(x)}, 0 \leq w_i(x) \leq 1;$$

其中, $a_i \cap a(x)$  为样本点  $i$  的第一泰森多边形与所述第二泰森多边形的重叠面积, $a(x)$  为所述第二泰森多边形的面积。

4. 根据权利要求1所述的变压器外部环境湿度参量测量方法,其特征在于,还包括以下步骤:

获取用户输入的变压器实测湿度,并计算所述实测湿度与所述湿度参量的相对误差;

当所述相对误差大于预设的误差阈值时,控制告警模块生成误差告警信息。

5. 一种变压器外部环境湿度参量测量系统,其特征在于,包括:

获取模块,用于获取变压器周围预设范围内气象站气象设备所测量的气象数据,其中所述气象数据包括气象站所在位置的地理参数和湿度参量以及该湿度参量对应的有效时间;

模型建立模块,用于建立以气象站所在位置的地理参数为定义域所述湿度参量为值域的对对应关系;

湿度参量求解模块,用于在所述有效时间内,获取用户输入的变压器所在位置的地理参数,根据变压器所在位置的地理参数和所述对应关系利用离散点插值法求解获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量;

湿度告警模块,用于在变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,控制告警模块生成湿度告警信息。

6. 根据权利要求 5 所述的变压器外部环境湿度参量测量系统,其特征在于,所述湿度参量求解模块包括:

第一创建模块,用于以所述气象数据为样本点,创建所述样本点的第一泰森多边形;

第二创建模块,用于以变压器所在位置的地理参数为待插值点的坐标,依据所述坐标创建所述待插值点的第二泰森多边形;

面积计算模块,用于计算第二泰森多边形的面积,并统计所述第一泰森多边形与第二泰森多边形的重叠面积;

插值计算模块,用于根据所述第二泰森多边形的面积和所述重叠面积通过预设的计算模型计算待插值点的插值,并将所述插值判定为变压器所在位置的湿度参量。

7. 根据权利要求 6 所述的变压器外部环境湿度参量测量系统,其特征在于,所述插值计算模块包括:

$$\text{所述计算模型的公式为: } f(x) = \sum_{i=1}^n w_i(x) f_i,$$

其中, $f(x)$  为待插值点的插值, $w_i(x)$  为样本点  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) 关于待插值点的权重, $f_i$  为样本点  $i$  的值;

$$\text{所述权重的公式为: } w_i(x) = \frac{a_i \cap a(x)}{a(x)}, 0 \leq w_i(x) \leq 1;$$

其中, $a_i \cap a(x)$  为样本点  $i$  的第一泰森多边形与所述第二泰森多边形的重叠面积, $a(x)$  为所述第二泰森多边形的面积。

8. 根据权利要求 5 所述的变压器外部环境湿度参量测量系统,其特征在于,还包括:

误差计算模块,用于获取用户输入的变压器实测湿度,并计算所述实测湿度与所述湿度参量的相对误差;

误差告警模块,用于当所述相对误差大于预设的误差阈值时,控制告警模块生成误差告警信息。

## 变压器外部环境湿度参量测量方法和系统

### 【技术领域】

[0001] 本发明涉变压器状态评估技术,特别是涉及变压器外部环境湿度参量测量方法和系统。

### 【背景技术】

[0002] 近年来,天气情况对电力系统运行的影响越来越受到关注。例如,2008年初,我国南方遭遇了百年不遇的罕见冰雪灾害,导致了大面积电网崩溃,造成了严重的社会损失和经济损失,给人民的生产和生活造成了极大的影响。输电设备的运行可靠性与输电设备所处的气象环境密切相关,不同的气象条件下设备发生故障的概率不同。

[0003] 变压器是发电厂及变电站的重要设备,运行中易发生多种故障,其中绝缘受潮是引发绝缘故障的主要原因之一。导致变压器绝缘受潮的最直接原因是水分,变压器周围环境的湿度与绝对受潮具有很强的相关性,因此在对变压器进行状态评估时,需要考虑变压器外部环境的湿度参量。

[0004] 然而当前变电站缺乏湿度监测装置,变压器外部环境湿度参量只能从附近的气象站获得,因此无法获得变电站外部环境精确的湿度参量。

### 【发明内容】

[0005] 基于此,有必要针对目前无法获得变电站外部环境精确的湿度参量的问题,提供一种变压器外部环境湿度参量测量方法,能够依据气象站的气象数据准确估算变压器外部环境的湿度参量。

[0006] 一种变压器外部环境湿度参量测量方法,包括步骤:

[0007] 获取变压器周围预设范围内气象站气象设备所测量的气象数据,其中所述气象数据包括气象站所在位置的地理参数和湿度参量以及该湿度参量对应的有效时间;

[0008] 建立以气象站所在位置的地理参数为定义域所述湿度参量为值域的对对应关系;

[0009] 在所述有效时间内,获取用户输入的变压器所在位置的地理参数,根据变压器所在位置的地理参数和所述对应关系利用离散点插值法求解获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量;

[0010] 当变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,控制告警模块生成湿度告警信息。

[0011] 相应地,本发明还提供一种变压器外部环境湿度参量测量系统,包括:

[0012] 获取模块,用于获取变压器周围预设范围内气象站气象设备所测量的气象数据,其中所述气象数据包括气象站所在位置的地理参数和湿度参量以及该湿度参量对应的有效时间;

[0013] 模型建立模块,用于建立以气象站所在位置的地理参数为定义域所述湿度参量为值域的对对应关系;

[0014] 湿度参量求解模块,用于在所述有效时间内,获取用户输入的变压器所在位置的

地理参数,根据变压器所在位置的地理参数和所述对应关系利用离散点插值法求解获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量;

[0015] 湿度告警模块,用于在变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,控制告警模块生成湿度告警信息。

[0016] 本发明在获取变压器附近气象站的气象数据后,以气象站所在位置的地理参数为定义域所述湿度参量为值域的对对应关系,变压器所在位置的地理参数并不在所述对应关系的定义域内,无法从所述对应关系中直接获得变压器所在位置的湿度参量。根据变压器所在位置的地理参数利用离散点插值法对所述对应关系进行求解,能够获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量。在变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,控制告警模块生成湿度告警信息。本发明以变压器附近气象站的气象数据为基准,并利用离散点插值法,能够准确推算变压器所在位置有效时间内的湿度参量,能够解决针对当前无法获得变电站外部环境精确的湿度参量的问题,并在变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,控制告警模块生成湿度告警信息,为变压器的状态评估提供可靠的参考。

### 【附图说明】

[0017] 图 1 为本发明一种变压器外部环境湿度参量测量方法一种实施例的流程图;

[0018] 图 2 为本发明一种变压器外部环境湿度参量测量方法第一泰森多边形示意图;

[0019] 图 3 为本发明一种变压器外部环境湿度参量测量方法第二泰森多边形示意图;

[0020] 图 4 为本发明一种变压器外部环境湿度参量测量系统一种实施例的结构框图。

### 【具体实施方式】

[0021] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述。

[0022] 请参阅图 1,其是本发明一种变压器外部环境湿度参量测量方法一种实施例的流程图。

[0023] 一种变压器外部环境湿度参量测量方法,包括步骤:

[0024] S101:获取变压器周围预设范围内气象站气象设备所测量的气象数据;

[0025] 其中,所述气象数据包括气象站所在位置的地理参数和湿度参量以及该湿度参量对应的有效时间;所述地理参数包括经度、纬度以及海拔;所述湿度参量可以是绝对湿度,也可以是相对湿度。

[0026] 可通过以太网与所述气象站中存储气象设备所测量气象数据的服务器建立连接,并通过以太网访问所述服务器以获取当前时间有效的所述气象数据。也可通过无线网络或者移动网络等其他方式与所述服务器建立连接。

[0027] S102:建立以气象站所在位置的地理参数为定义域所述湿度参量为值域的对对应关系;

[0028] 获取了所述气象数据后,提取所述气象数据中气象站所在位置的地理参数,以每个气象站的地理参数作为定义域,提取所述气象数据中气象站所在位置的湿度参量,以该湿度参量为值域,然后建立所述定义域和值域之间的对应关系。

[0029] S103:在所述有效时间内,获取用户输入的变压器所在位置的地理参数,根据变压

器所在位置的地理参数和所述对应关系利用离散点插值法求解获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量；

[0030] 如果所述气象数据超出有效时间，则舍弃该气象数据并重新获取变压器周围预设范围内气象站气象设备所测量的气象数据。

[0031] 如果所述气象数据在有效时间内，则获取用户输入的变压器所在位置的地理参数。由于变压器所在位置的地理参数并不在所述对应关系的定义域中，所以通过变压器所在位置的地理参数无法从所述对应关系中直接获得变压器所在位置的湿度参量。以变压器所在位置的地理参数为待插入点，通过离散点插值法求出该待插入点的插值，然后将该插值判定为变压器所在位置的湿度参量。

[0032] S104：当变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时，控制告警模块生成湿度告警信息。

[0033] 判断所述湿度参量是否大于预设的湿度阈值，变压器所在位置的湿度参量与变压器的受潮程度有直接关系，当变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时，说明变压器容易发生绝对受潮，需要对变压器的运行状态进行受潮分析，此时控制告警模块生成湿度告警信息，以提示用户或者工作人员注意变压器绝对受潮的风险。

[0034] 本发明在获取变压器附近气象站的气象数据后，以气象站所在位置的地理参数为定义域所述湿度参量为值域的对对应关系，变压器所在位置的地理参数并不在所述对应关系的定义域内，无法从所述对应关系中直接获得变压器所在位置的湿度参量。根据变压器所在位置的地理参数利用离散点插值法对所述对应关系进行求解，能够获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量。在变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时，控制告警模块生成湿度告警信息。本发明以变压器附近气象站的气象数据为基准，并利用离散点插值法，能够准确推算变压器所在位置有效时间内的湿度参量，能够解决针对当前无法获得变电站外部环境精确的湿度参量的问题，并在变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时，控制告警模块生成湿度告警信息，为变压器的状态评估提供可靠的参考。

[0035] 在一个实施例中，上述步骤 S103 可以具体包括以下步骤：

[0036] S201：以所述气象数据为样本点，创建所述样本点的第一泰森多边形；

[0037] 将所述气象数据作为样本点，其中，所述样本点的坐标为所述对应关系中定义域的元素，即气象站所在位置的地理参数；所述样本点的值为该元素所对应值域中的湿度参量，然后创建所述样本点的第一泰森多边形，并记录所述第一泰森多边形的边界区域。如图 2 所示，样本点包括 P1 至 P6，P1 所在位置区域为样本点 P1 的第一泰森多边形，P2 所在位置区域为样本点 P2 的第一泰森多边形，P3 所在位置区域为样本点 P3 的第一泰森多边形，P4 所在位置区域为样本点 P4 的第一泰森多边形，P5 所在位置区域为样本点 P5 的第一泰森多边形，P6 所在位置区域为样本点 P6 的第一泰森多边形。

[0038] S202：以变压器所在位置的地理参数为待插值点的坐标，依据所述坐标创建所述待插值点的第二泰森多边形；

[0039] 提取变压器所在位置的地理参数，将变压器所在位置的地理参数作为待插值点的坐标，将待插值点插入依据其坐标插入样本点中，然后创建包括所述待插值点的第二泰森多边形。将待插值点插入样本点后，所构建的第二泰森多边形内只包括待插值点，且所述第二泰森多边形必定是一个封闭区域的多边形。而此时所述第二泰森多边形与第一泰森多边形

形会有一些的重叠区域,而待插值点的插值则根据重叠区域的面积以及样本点的值通过预设的计算模型获得。如图3所示,当待插入点X按照其坐标插入样本点后,创建的第二泰森多边形为 $\alpha_1 \sim \alpha_6$ 所围成的区域。从图3中可以看出,第二泰森多边形与第一泰森多边形会有一些的重叠区域,即 $\alpha_1$ 为样本点P1的第一泰森多边形与第二泰森多边形重叠的区域, $\alpha_2$ 为样本点P2的第一泰森多边形与第二泰森多边形重叠的区域,依此类推。

[0040] S203:计算第二泰森多边形的面积,并统计所述第一泰森多边形与第二泰森多边形的重叠面积;

[0041] 通过预设的面积计算模型计算第二泰森多边形的面积,并通过预设的面积计算模型计算并统计每一泰森多边形与所述第二泰森多边形重叠区域的重叠面积。

[0042] S204:根据所述第二泰森多边形的面积和所述重叠面积通过预设的计算模型计算待插值点的插值,并将所述插值判定为变压器所在位置的湿度参量。

[0043] 计算每一重叠面积占第二泰森多边形面积的权重,将所述第二泰森多边形的面积和所述权重代入预设的计算模型,对该计算模型求解获得待插值点的插值。其中,所述计算模型所计算的插值结果可以是取权重大于预设比例的样本点的值,例如,某一重叠面积占第二泰森多边形面积的权重超过90%(或者其他的预设比例),则可以取该重叠面积所对应样本点的值作为第二泰森多边形的插值;所述计算模型所计算的插值结果还可以是其他方式。

[0044] 作为进一步的优选,所述计算模型的公式可以为:
$$f(x) = \sum_{i=1}^n w_i(x) f_i$$

[0045] 其中, $f(x)$ 为待插值点的插值, $w_i(x)$ 为样本点 $i$ ( $i = 1, \dots, n$ )关于待插值点的权重, $f_i$ 为样本点 $i$ 的值;

[0046] 所述权重的公式为:
$$w_i(x) = \frac{a_i \cap a(x)}{a(x)}, 0 \leq w_i(x) \leq 1;$$

[0047] 其中, $a_i \cap a(x)$ 为样本点 $i$ 的第一泰森多边形与所述第二泰森多边形的重叠面积, $a(x)$ 为所述第二泰森多边形的面积。

[0048] 从上述公式可以看出,所有样本点都参与了待插值点的插值计算,样本点对待插值点的影响权重与它们对应的重叠面积成正比。也就是说,变压器所在位置的湿度参量综合了周边预设范围内气象站的气象数据,能够准确地计算变压器所在位置的湿度参量,即变压器外部环境的湿度参量。

[0049] 通过对样本点创建第一泰森多边形,并将变压器所在位置的地理参数作为待插值点的坐标,在获得第二泰森多边形的面积以及第一泰森多边形与第二泰森多边形的重叠面积的情况下,通过预设的计算模型即可准确获得待插值点的插值,即变压器所在位置的湿度参量,能够提高变压器所在位置湿度参量的精准度。

[0050] 在一个实施例中,还可以包括步骤:

[0051] S301:获取用户输入的变压器实测湿度,并计算所述实测湿度与所述湿度参量的相对误差;

[0052] 获取用户输入的变压器实测温度,变压器实测温度可以通过湿度计等装置测量,然后计算所述实测湿度与计算所得变压器所在位置湿度参量的相对误差。所述相对误差可

以通过以下公式计算得到：

$$[0053] \quad E = \frac{T_i' - T_i}{T_i'}$$

[0054] 其中, E 为相对误差,  $T_i'$  为实测湿度,  $T_i$  为计算所得的湿度参量。

[0055] S302 :当所述相对误差大于预设的误差阈值时,控制告警模块生成误差告警信息。

[0056] 判断所述相对误差是否大于预设的误差阈值,优选地,所述误差阈值为 0.3,如果所述相对误差大于预设的误差阈值,则说明变压器有可能处于山地或者丘陵等地形起伏剧烈的地段,变压器所在位置湿度参量的变化比较明显,此时控制告警模块生成误差告警信息,以提醒用户计算获得的变压器湿度参量误差较大,需要针对变压器的湿度参量进行现场校验。

[0057] 通过获取用户输入的变压器实测湿度,并计算所述实测湿度与所述湿度参量的相对误差,便可校验计算所得的湿度参量与实测湿度之间的偏差程度,在相对误差大于预设的误差阈值,生成误差告警信息,能够有效提醒用户或者变电站工作人员及时针对变压器的湿度参量进行现场校验,从而准确了解变压器外部环境的湿度参量,提高变压器运行状态的准确度。

[0058] 请参阅图 4,其是本发明一种变压器外部环境湿度参量测量系统一种实施例的结构框图。

[0059] 一种变压器外部环境湿度参量测量系统,包括：

[0060] 获取模块 401,用于获取变压器周围预设范围内气象站气象设备所测量的气象数据；

[0061] 其中所述气象数据包括气象站所在位置的地理参数和湿度参量以及该湿度参量对应的有效时间；

[0062] 获取模块 401 可通过以太网与所述气象站中存储气象设备所测量气象数据的服务器建立连接,并通过以太网访问所述服务器以获取当前时间有效的所述气象数据。获取模块 401 也可通过无线网络或者移动网络等其他方式与所述服务器建立连接。

[0063] 模型建立模块 402,用于建立以气象站所在位置的地理参数为定义域所述湿度参量为值域的对应关系；

[0064] 获取模块 401 获取了所述气象数据后,模型建立模块 402 提取所述气象数据中气象站所在位置的地理参数,以每个气象站的地理参数作为定义域,然后所述模型建立模块 402 提取所述气象数据中气象站所在位置的湿度参量,以该湿度参量为值域,然后建立所述定义域和值域之间的对应关系。

[0065] 湿度参量求解模块 403,用于在所述有效时间内,获取用户输入的变压器所在位置的地理参数,根据变压器所在位置的地理参数和所述对应关系利用离散点插值法求解获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量；

[0066] 在所述气象数据超出有效时间是,湿度参量求解模块 403 舍弃该气象数据并重新获取变压器周围预设范围内气象站气象设备所测量的气象数据。

[0067] 在所述气象数据在有效时间内,所述湿度参量求解模块 403 获取用户输入的变压器所在位置的地理参数。由于变压器所在位置的地理参数并不在所述对应关系的定义域中,所以通过变压器所在位置的地理参数无法从所述对应关系中直接获得变压器所在位置



的湿度参量。湿度参量求解模块 403 以变压器所在位置的地理参数为待插入点,通过离散点插值法求出该待插入点的插值,然后将该插值判定为变压器所在位置的湿度参量。

[0068] 湿度告警模块 404,用于在变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,控制告警模块生成湿度告警信息。

[0069] 湿度告警模块 404 判断所述湿度参量是否大于预设的湿度阈值。由于变压器所在位置的湿度参量与变压器的受潮程度有直接关系。在变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,说明变压器容易发生绝对受潮,需要对变压器的运行状态进行受潮分析,此时湿度告警模块 404 控制告警模块生成湿度告警信息,以提示用户或者工作人员注意变压器绝对受潮的风险。

[0070] 本发明在获取模块 401 获取变压器附近气象站的气象数据后,模型建立模块 402 以气象站所在位置的地理参数为定义域所述湿度参量为值域的对应关系。然后湿度参量求解模块 403 根据变压器所在位置的地理参数利用离散点插值法对所述对应关系进行求解,能够获得变压器所在位置有效时间内的湿度参量。在变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,湿度告警模块 404 控制告警模块生成湿度告警信息。本发明以变压器附近气象站的气象数据为基准,并利用离散点插值法,能够准确推算变压器所在位置有效时间内的湿度参量,能够解决针对当前无法获得变电站外部环境精确的湿度参量的问题,并在变压器所在位置的湿度参量大于预设的湿度阈值时,控制告警模块生成湿度告警信息,为变压器的状态评估提供可靠的参考。

[0071] 在一个实施例中,上述湿度参量求解模块 403 可以包括以下子模块。

[0072] 第一创建模块,用于以所述气象数据为样本点,创建所述样本点的第一泰森多边形;

[0073] 第一创建模块将所述气象数据作为样本点,其中,所述样本点的坐标为所述对应关系中定义域的元素,即气象站所在位置的地理参数;所述样本点的值为该元素所对应值域中的湿度参量,然后第一创建模块创建所述样本点的第一泰森多边形,并记录所述第一泰森多边形的边界区域。如图 2 所示,样本点包括 P1 至 P6, P1 所在位置区域为样本点 P1 的第一泰森多边形, P2 所在位置区域为样本点 P2 的第一泰森多边形, P3 所在位置区域为样本点 P3 的第一泰森多边形, P4 所在位置区域为样本点 P4 的第一泰森多边形, P5 所在位置区域为样本点 P5 的第一泰森多边形, P6 所在位置区域为样本点 P6 的第一泰森多边形。

[0074] 第二创建模块,用于以变压器所在位置的地理参数为待插值点的坐标,依据所述坐标创建所述待插值点的第二泰森多边形;

[0075] 第二创建模块提取变压器所在位置的地理参数,然后第二创建模块将变压器所在位置的地理参数作为待插值点的坐标,将待插值点插入依据其坐标插入样本点中,然后第二创建模块创建包括所述待插值点的第二泰森多边形。第二创建模块将待插值点插入样本点后,所构建的第二泰森多边形内只包括待插值点,且所述第二泰森多边形必定是一个封闭区域的多边形。而此时所述第二泰森多边形与第一泰森多边形会有一定的重叠区域,而待插值点的插值则根据重叠区域的面积以及样本点的值通过预设的计算模型获得。如图 3 所示,当待插入点 X 按照其坐标插入样本点后,创建的第二泰森多边形为  $\alpha_1 \sim \alpha_6$  所围成的区域。从图 3 中可以看出,第二泰森多边形与第一泰森多边形会有一定的重叠区域,即  $\alpha_1$  为样本点 P1 的第一泰森多边形与第二泰森多边形重叠的区域,  $\alpha_2$  为样本点 P2 的第一

泰森多边形与第二泰森多边形重叠的区域,依此类推。

[0076] 面积计算模块,用于计算第二泰森多边形的面积,并统计所述第一泰森多边形与第二泰森多边形的重叠面积;

[0077] 面积计算模块通过预设的面积计算模型计算第二泰森多边形的面积,并通过预设的面积计算模型计算并统计每一泰森多边形与所述第二泰森多边形重叠区域的重叠面积。

[0078] 插值计算模块,用于根据所述第二泰森多边形的面积和所述重叠面积通过预设的计算模型计算待插值点的插值,并将所述插值判定为变压器所在位置的湿度参量。

[0079] 插值计算模块计算每一重叠面积占第二泰森多边形面积的权重,然后插值计算模块将所述第二泰森多边形的面积和所述权重代入预设的计算模型,对该计算模型求解获得待插值点的插值。其中,所述计算模型所计算的插值结果可以是取权重大于预设比例的样本点的值,例如,某一重叠面积占第二泰森多边形面积的权重超过 90% (或者其他的预设比例),则可以取该重叠面积所对应样本点的值作为第二泰森多边形的插值;所述计算模型所计算的插值结果还可以是其他方式。

[0080] 作为进一步的优选,所述计算模型的公式可以为:  $f(x) = \sum_{i=1}^n w_i(x) f_i$ ,

[0081] 其中,  $f(x)$  为待插值点的插值,  $w_i(x)$  为样本点  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) 关于待插值点的权重,  $f_i$  为样本点  $i$  的值;

[0082] 所述权重的公式为:  $w_i(x) = \frac{a_i \cap a(x)}{a(x)}, 0 \leq w_i(x) \leq 1$ ;

[0083] 其中,  $a_i \cap a(x)$  为样本点  $i$  的第一泰森多边形与所述第二泰森多边形的重叠面积,  $a(x)$  为所述第二泰森多边形的面积。

[0084] 从上述公式可以看出,所有样本点都参与了待插值点的插值计算,样本点对待插值点的影响权重与它们对应的重叠面积成正比。也就是说,变压器所在位置的湿度参量综合了周边预设范围内气象站的气象数据,能够准确地计算变压器所在位置的湿度参量,即变压器外部环境的湿度参量。

[0085] 通过第一创建模块对样本点创建第一泰森多边形,并将变压器所在位置的地理参数作为待插值点的坐标,并通过第二创建模块创建第二泰森多边形。在面积计算模块计算获得第二泰森多边形的面积以及第一泰森多边形与第二泰森多边形的重叠面积的情况下,插值计算模块通过预设的计算模型即可准确获得待插值点的插值,即变压器所在位置的湿度参量,能够提高变压器所在位置湿度参量的精准度。

[0086] 在一个实施例中,所述变压器外部环境湿度参量测量系统还可以包括以下模块。

[0087] 误差计算模块,用于获取用户输入的变压器实测湿度,并计算所述实测湿度与所述湿度参量的相对误差;

[0088] 误差计算模块获取用户输入的变压器实测温度,变压器实测温度可以通过湿度计等装置测量,然后误差计算模块计算所述实测湿度与计算所得变压器所在位置湿度参量的相对误差。所述相对误差可以通过以下公式计算得到:

[0089]  $E = \frac{Tt' - Ti}{Tt'}$ ,

[0090] 其中,  $E$  为相对误差,  $T_i'$  为实测湿度,  $T_i$  为计算所得的湿度参量。

[0091] 误差告警模块, 用于当所述相对误差大于预设的误差阈值时, 控制告警模块生成误差告警信息。

[0092] 误差告警模块判断所述相对误差是否大于预设的误差阈值, 优选地, 所述误差阈值为 0.3, 在所述相对误差大于预设的误差阈值时, 说明变压器有可能处于山地或者丘陵等地形起伏剧烈的地段, 变压器所在位置湿度参量的变化比较明显, 此时误差告警模块控制告警模块生成误差告警信息, 以提醒用户计算获得的变压器湿度参量误差较大, 需要针对变压器的湿度参量进行现场校验。

[0093] 误差计算模块通过获取用户输入的变压器实测湿度, 并计算所述实测湿度与所述湿度参量的相对误差, 便可校验计算所得的湿度参量与实测湿度之间的偏差程度, 在相对误差大于预设的误差阈值, 误差告警模块生成误差告警信息, 能够有效提醒用户或者变电站工作人员及时针对变压器的湿度参量进行现场校验, 从而准确了解变压器外部环境的湿度参量, 提高变压器运行状态的准确度。

[0094] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本发明的保护范围。因此, 本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

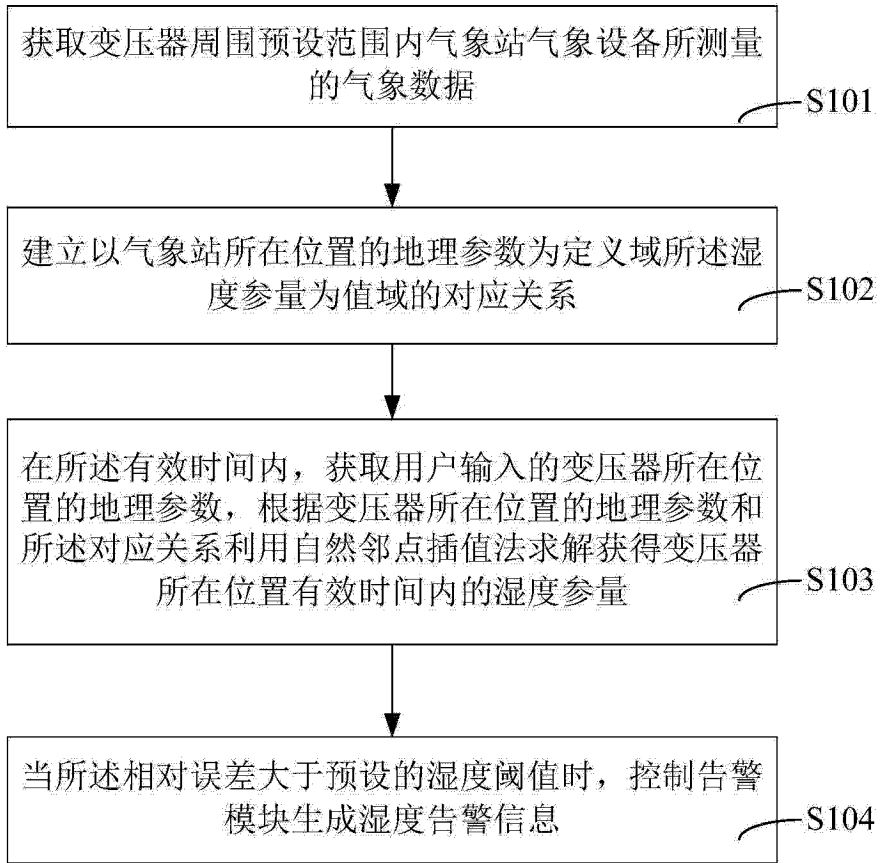


图 1

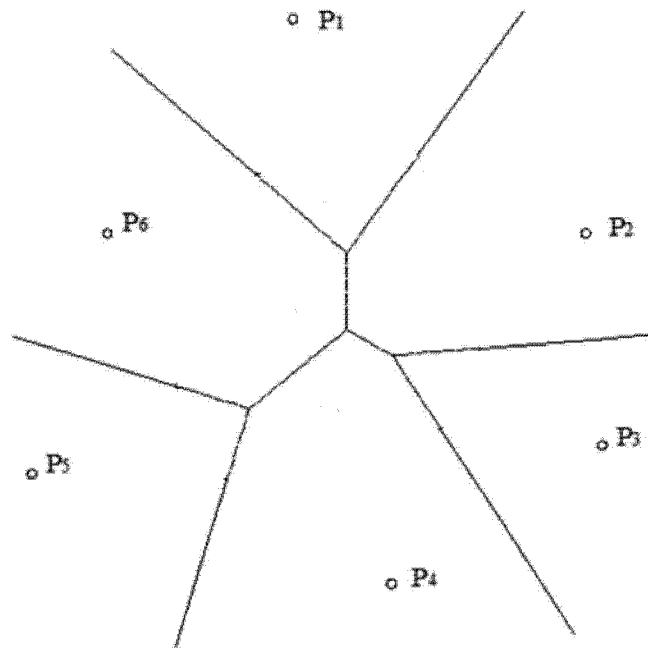


图 2

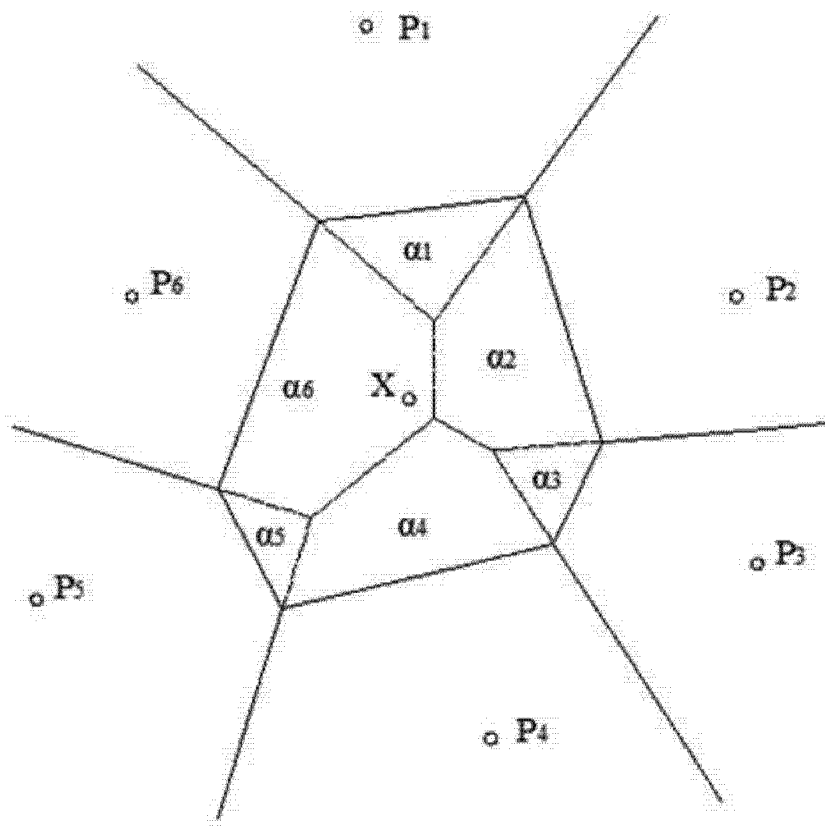


图 3

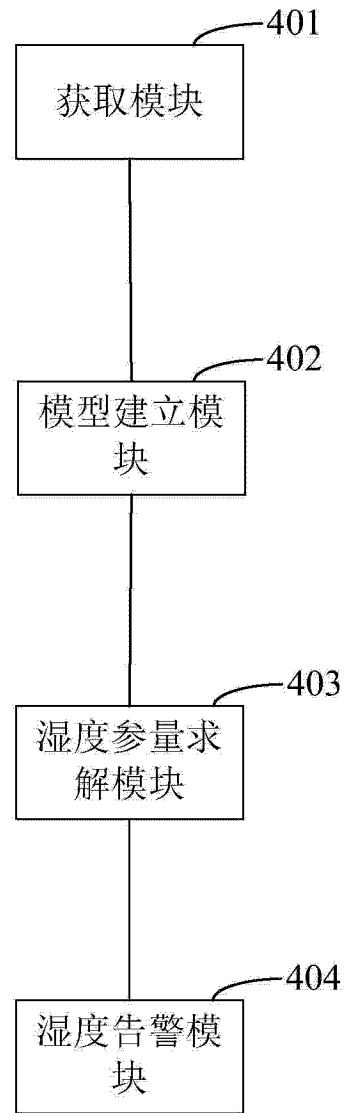


图 4