



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104616209 B

(45)授权公告日 2018.02.09

(21)申请号 201510060587.X

(22)申请日 2015.02.05

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104616209 A

(43)申请公布日 2015.05.13

(73)专利权人 云南电网有限责任公司大理供电局

地址 671000 云南省大理白族自治州大理市下关开发区电力巷

专利权人 昆明理工大学

(72)发明人 何国斌 黄滇生 常勇 杨丰收
刘伟 洪敏 苏友聪 杨文波

(51)Int.Cl.
G06Q 50/06(2012.01)

(56)对比文件

CN 201556083 U,2010.08.18,

CN 102354440 A,2012.02.15,

CN 103575415 A,2014.02.12,

DE 3905856 C1,1990.05.10,

任浩铭.电缆头温度测量与监视系统在攀钢的应用.《电气防爆》.2004,全文.

刘毅超等.基于灰色理论的矿井电缆运行状态评估模型.《信息技术》.2013,(第9期),全文.

审查员 马贺

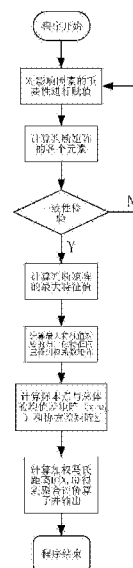
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法,属电力系统继电保护技术领域。本发明首先根据电力电缆接头在线监测信息,对影响电缆接头运行状态因素的重要性进行排序,基于AHP方法得到衡量各个因素相对重要程度的判断矩阵,在通过一致性检验后对判断矩阵求最大特征值和特征向量,归一化的特征向量作为各个影响因素的权重值。基于AHP判断矩阵求得各个信息因素的权重系数,利用其形成的权重系数矩阵计算加权马氏距离。当样本点与运行中心点的马氏距离达到或者超过临界距离的时候向监控后台发出报警信息。本发明理论分析和实测数据的验证表明本发明可以实现对运行状态进行评价,效果良好。



CN 104616209 B

1. 一种基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法,其特征在于:所述方法的具体步骤如下:

Step1、初始化N个在线监测信息样本点 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$;

Step2、按照各个监测信息对评价状态的重要程度用1-9标度法对 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 分别赋值为 W_1, W_2, \dots, W_n ;

Step3、利用AHP层次分析法依据 W_1, W_2, \dots, W_n 的赋值计算矩阵P,其中P称为判断矩阵;

Step4、计算P的最大特征值 λ_{\max} ,利用一致性比例 $CR = CI/RI$ 对矩阵P进行一致性校验,当矩阵P不满足一致性校验要求时返回Step2重新赋值,当满足一致性校验要求时进行Step5;

其中CR为一致性比例,CI为一致性指标,RI为平均随机一致性指标;

Step5、矩阵P满足一致性校验要求时,计算判断矩阵P的最大特征值 λ_{\max} 对应的特征向量 ω' ,对特征向量 ω' 的各个因子进行归一化处理,得到的归一化特征向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$,即各个信息对应的权重系数,再对归一化特征向量 ω 进行对角化处理,得到权重系数矩阵B:

$$B = \text{diag}(\sqrt{\omega_1}, \sqrt{\omega_2}, \dots, \sqrt{\omega_n}) = \begin{bmatrix} \sqrt{\omega_1} & & & \\ & \ddots & & \\ & & \ddots & \\ & & & \sqrt{\omega_n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Step6、计算在线监测得到的信息样本点X对样本总体中心点G的加权马氏距离 $D(X, G) = [(X - \mu)^T B^T \Sigma^{-1} B (X - \mu)]^{(1/2)}$;

其中样本总体中心点G是电力电缆在正常额定运行情况下的各个信息数据值, μ 为样本总体中心点G的平均值;

Step7、再利用 $D(X, G)$ 的数值大小对电缆接头运行状态的进行评价,来确定电力电缆接头的运行状态并判断是否向后台发送告警信息。

2. 根据权利要求1所述的基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法,其特征在于:所述Step3步骤中,计算矩阵P的具体步骤为:

Step3.1、首先设要比较N个在线监测信息 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 对电缆接头运行状态的影响,每次取两个因素 x_i 和 x_j 进行比较,构造出判断矩阵P:

$$P = \begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \dots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{bmatrix} = (p_{ij})_{n \times n} \quad (2)$$

其中, W_i 为第i个指标的重要度, p_{ij} 为第i个指标相对于第j个指标重要度比较值。

3. 根据权利要求1所述的基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法,其特征在于:所述Step4步骤中,一致性校验的具体步骤如下:

Step4.1、首先定义一致性指标CI,用于衡量n阶矩阵 $P = (p_{ij})_{n \times n}$ 一致性接近的程度:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (3)$$

其中 λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值,n为判断矩阵的阶数;

Step4.2、计算判断矩阵的一致性指标CI与同阶平均随机一致性的指标RI之比CR:

$$CR = CI/RI \quad (4)$$

Step4.3、利用CR进行一致性校验：

当 $CR \geq 0.1$ 时不满足一致性校验要求，返回Step2步骤；

当 $CR < 0.1$ 时满足一致性校验要求，进行Step5步骤；

其中 λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值， n 为判断矩阵的阶数。

4. 根据权利要求1所述的基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法，其特征在于：所述Step6步骤中，设信息样本点 X 包含 n 个在线测量数据值，则 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ，关于样本点 X 对总体中心点 G 加权马氏距离的计算的具体步骤如下：

Step6.1、测量得到电缆接头正常额定运行下的信息数据值作为总体样本中心点 G 的平均期望值 $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ ；

Step6.2、计算样本点 X 对样本中心点 G 的协方差矩阵：

$$\Sigma = \text{COV}(G) = E[(X-\mu)(X-\mu)^T] \quad (5)$$

Step6.3、考虑各个信息的权重因素得到样本点 X 对样本中心点 G 的加权马氏距离 $D(X, G)$ ：

$$D(X, G) = [(X-\mu)^T B^T \Sigma^{-1} B (X-\mu)]^{(1/2)} \quad (6)$$

Step6.4、用计算的马氏距离 D 与临界距离 D' 进行比较，来确定电力电缆接头的运行状态并判断是否向后台发送告警信息；

当距离 D 大于或等于临界距离 D' 时，向在线监测系统后台发出告警信息；

当距离 D 小于临界距离 D' 时，不向后台发出告警信息。

一种基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法,属于电力系统继电保护技术领域。

背景技术

[0002] 随着经济的不断发展,城市人口不断增长和城市规模的不断扩大,全社会的用电需求量也在不断增大,规模庞大的电力网络迅速发展的同时,对电力部门电缆的安全运行,事故预防也提出了更高的要求。在我国的城市电网中,输配网络电缆化,电力电缆的使用越来越广泛。城市电网中10kV高压电力电缆大约每数百米左右就存在一处电缆接头,这些电缆接头安装在供电电缆分支箱内。随着电缆本体质量的逐步提高,各种电缆接头引发的事在电力电缆事故中的比例不断上升。据统计,电缆接头事故率占电缆事故的70%~90%,电缆接头已经成为供电电网安全运行中的薄弱环节之一。

[0003] 电缆接头的运行状态跟运行环境、本身电气参量以及自身运行参数相关。目前对电缆接头的在线监测主要集中在对电缆接头温度的测量,温度是反映电缆接头运行状态的一个很重要的参数,但是这样忽略了其他因素对电缆接头运行状态的影响,对于评价电缆接头的运行状态是不全面的。随着技术的发展,对电缆接头的周边环境和电缆运行电气参量的在线监测已经完全能够实现。大量的监测信息对分析电力电缆接头的运行状态提供了数据支持,但如何将监测的数据信息转换成评价电缆接头运行状态的评价标准,为运行维护人员提供直观量化的运行状态评价量,是一个值得研究的科学问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的是对电力电缆接头在线监测信息进行聚合,用量化的方法对运行状态进行评估,提出一种基于在线监测的电力电缆信息聚合评价方法,并将该方法应用到10kV电力电缆接头的在线监测信息的聚合评价中,实现工程应用。

[0005] 本发明基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法是这样实现的:首先根据电力电缆接头在线监测信息,对影响电缆接头运行状态因素的重要性进行排序,基于AHP (Analytic Hierarchy Process (层次分析法))方法得到衡量各个因素相对重要程度的判断矩阵,在通过一致性检验后对判断矩阵求最大特征值和特征向量,归一化的特征向量作为各个影响因素的权重值。基于AHP判断矩阵求得的各个信息因素的权重系数,利用其形成的权重系数矩阵计算加权马氏距离,即得到在线监测数据的聚合算子,电缆接头运行状态评估的用在在线监测信息的样本点对正常运行中心点的马氏距离作为评价的依据,远离运行中心点的样本运行状态越不稳定。当样本点与运行中心点的马氏距离达到或者超过临界距离的时候向监控后台发出报警信息。

[0006] 所述基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法的具体步骤如下:

[0007] Step1、初始化n个在线监测信息样本点 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$;

[0008] Step2、按照各个监测信息对评价状态的重要程度用1-9标度法对 $X = (x_1, x_2, \dots,$

x_n) 分别赋值为 W_1, W_2, \dots, W_n ;

[0009] Step3、利用AHP层次分析法依据 W_1, W_2, \dots, W_n 的赋值计算矩阵P, 其中P称为判断矩阵;

[0010] Step4、计算P的最大特征值 λ_{max} , 利用一致性比例 $CR=CI/RI$ 对矩阵P进行一致性校验, 当矩阵P不满足一致性校验要求时返回Step2重新赋值, 当满足一致性校验要求时进行Step5;

[0011] 其中CR为一致性比例, CI为一致性指标, RI为平均随机一致性指标;

[0012] Step5、矩阵P满足一致性校验要求时, 计算判断矩阵P的最大特征值 λ_{max} 对应的特征向量 ω' , 对特征向量 ω' 的各个因子进行归一化处理, 得到的归一化特征向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$, 即各个信息对应的权重系数, 再对归一化特征向量 ω 进行对角化处理, 得到权重系数矩阵B:

$$[0013] \quad B = \text{diag}(\sqrt{\omega_1}, \sqrt{\omega_2}, \dots, \sqrt{\omega_n}) = \begin{bmatrix} \sqrt{\omega_1} & & & \\ & \ddots & & \\ & & \ddots & \\ & & & \sqrt{\omega_n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0014] Step6、计算在线监测得到的信息样本点X对样本总体中心点G的加权马氏距离 $D(X, G) = [(X-\mu)^T B^T \Sigma^{-1} B (X-\mu)]^{(1/2)}$;

[0015] 其中样本总体中心点G是电力电缆在正常额定运行情况下的各个信息数据值, μ 为样本总体中心点G的平均值;

[0016] Step7、再利用 $D(X, G)$ 的数值大小对电缆接头运行状态的进行评价, 来确定电力电缆接头的运行状态并判断是否向后台发送告警信息。

[0017] 所述Step3步骤中, 计算矩阵P的具体步骤为:

[0018] Step3.1、首先设要比较n个在线监测信息 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 对电缆接头运行状态的影响, 每次取两个因素 x_i 和 x_j 进行比较, 构造出判断矩阵P:

$$[0019] \quad P = \begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \dots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{bmatrix} = (p_{ij})_{n \times n} \quad (2)$$

[0020] 其中, W_i 为第i个指标的重要度, p_{ij} 为第i个指标相对于第j个指标重要度比较值。

[0021] 所述Step4步骤中, 一致性校验的具体步骤如下:

[0022] Step4.1、首先定义一致性指标CI, 用于衡量n阶矩阵 $P = (p_{ij})_{n \times n}$ 一致性接近的程度:

$$[0023] \quad CI = (\lambda_{max} - n) / (n-1) \quad (3)$$

[0024] 其中 λ_{max} 为判断矩阵的最大特征值, n为判断矩阵的阶数;

[0025] Step4.2、计算判断矩阵的一致性指标CI与同阶平均随机一致性的指标RI之比CR:

$$[0026] \quad CR = CI/RI \quad (4)$$

[0027] 平均随机一致性指标RI的取值见表1

[0028] 表1 RI的取值

[0029]

阶数n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51
----	---	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------

[0030] Step4.3、利用CR进行一致性校验：

[0031] 当 $CR \geq 0.1$ 时不满足一致性校验要求，返回Step2步骤；

[0032] 当 $CR < 0.1$ 时满足一致性校验要求，进行Step5步骤；

[0033] 其中 λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值， n 为判断矩阵的阶数。

[0034] 所述Step6步骤中，设信息样本点 X 包含 n 个在线测量数据值，则 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ，关于样本点 X 对总体中心点 G 加权马氏距离的计算的具体步骤如下：

[0035] Step6.1、测量得到电缆接头正常额定运行下的信息数据值作为总体样本中心点 G 的平均期望值 $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ ；

[0036] Step6.2、计算样本点 X 对样本中心点 G 的协方差矩阵：

$$[0037] \quad \Sigma = \text{COV}(G) = E[(X-\mu)(X-\mu)^T] \quad (5)$$

[0038] Step6.3、考虑各个信息的权重因素得到样本点 X 对样本中心点 G 的加权马氏距离 $D(X, G)$ ：

$$[0039] \quad D(X, G) = [(X-\mu)^T B^T \Sigma^{-1} B (X-\mu)]^{(1/2)} \quad (6)$$

[0040] Step6.4、用计算的马氏距离 D 与临界距离 D' 进行比较，来确定电力电缆接头的运行状态并判断是否向后台发送告警信息；

[0041] 当距离 D 大于或等于临界距离 D' 时，向在线监测系统后台发出告警信息；

[0042] 当距离 D 小于临界距离 D' 时，不向后台发出告警信息。

[0043] 所述Step2步骤中，根据主观判断各个信息对评价状态的重要程度，人们在区分一个指标对一个事情影响的时候，总是用相同、较重要、重要、很重要等语言进行描述，对这些定性的描述赋以一定的数值，并用数字的大小来定量描述。层次分析法中，采用1-9标度法来表示不同指标对该事件影响的重要程度，也就是按照重要程度对在线监测信息 W_1, W_2, \dots, W_n 分别赋值1~9，用数值的大小来表示信息对运行状态影响的重要程度。

[0044] 本发明的有益效果是：

[0045] 1、目前，对电力电缆接头运行状态的评价都是在单一信息源的基础上给出的判断。本发明提出的方法通过将电缆接头在线监测的各种信息进行融合，同时兼顾考虑各个在线监测信息量的量纲不同和各种信息量对运行状态的影响不同，提出利用加权马氏距离作为评价算子的方法；

[0046] 2、基于AHP判断矩阵求得的各个信息因素的权重系数，利用其形成的权重系数矩阵计算马氏距离，得到在线监测数据的聚合算子。马氏距离不受量纲的影响，与原始信息的测量单位无关，同时它还考虑到各种信息之间的联系，独立于测量尺度并且可以排除信息之间的相关性的干扰；

[0047] 3、利用加权马氏距离可以对电力电缆接头在线监测的各种信息进行聚合，反映实际运行状态与正常运行状态的差别，为电力电缆接头的实际运行状态评价提供理论依据，给电力工程现场运行人员提供实时数据参考；

[0048] 4、其方法明显优于采用单一信息源对电力电缆接头运行状态进行判断或者采用欧式距离对电力电缆接头运行状态进行判断的方法。

附图说明

[0049] 图1为本发明中的流程图；

具体实施方式

[0050] 实施例1:如图1所示,一种基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法,所述方法的具体步骤如下:

[0051] Step1、初始化n个在线监测信息样本点 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$;

[0052] Step2、按照各个监测信息对评价状态的重要程度用1-9标度法对 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 分别赋值为 W_1, W_2, \dots, W_n ;

[0053] Step3、利用AHP层次分析法依据 W_1, W_2, \dots, W_n 的赋值计算矩阵P,其中P称为判断矩阵;

[0054] Step4、计算P的最大特征值 λ_{\max} ,利用一致性比例 $CR = CI/RI$ 对矩阵P进行一致性校验,当矩阵P不满足一致性校验要求时返回Step2重新赋值,当满足一致性校验要求时进行Step5;

[0055] 其中CR为一致性比例,CI为一致性指标,RI为平均随机一致性指标;

[0056] Step5、矩阵P满足一致性校验要求时,计算判断矩阵P的最大特征值 λ_{\max} 对应的特征向量 ω' ,对特征向量 ω' 的各个因子进行归一化处理,得到的归一化特征向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$,即各个信息对应的权重系数,再对归一化特征向量 ω 进行对角化处理,得到权重系数矩阵B:

$$[0057] \quad B = \text{diag}(\sqrt{\omega_1}, \sqrt{\omega_2}, \dots, \sqrt{\omega_n}) = \begin{bmatrix} \sqrt{\omega_1} & & \\ & \ddots & \\ & & \sqrt{\omega_n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0058] Step6、计算在线监测得到的信息样本点X对样本总体中心点G的加权马氏距离 $D(X, G) = [(X - \mu)^T B^T \Sigma^{-1} B (X - \mu)]^{(1/2)}$;

[0059] 其中样本总体中心点G是电力电缆在正常额定运行情况下的各个信息数据值, μ 为样本总体中心点G的平均值;

[0060] Step7、再利用 $D(X, G)$ 的数值大小对电缆接头运行状态的进行评价,来确定电力电缆接头的运行状态并判断是否向后台发送告警信息。

[0061] 实施例2:如图1所示,一种基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法,所述方法的具体步骤如下:

[0062] Step1、初始化n个在线监测信息样本点 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$;

[0063] Step2、按照各个监测信息对评价状态的重要程度用1-9标度法对 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 分别赋值为 W_1, W_2, \dots, W_n ;

[0064] Step3、利用AHP层次分析法依据 W_1, W_2, \dots, W_n 的赋值计算矩阵P,其中P称为判断矩阵;

[0065] Step4、计算P的最大特征值 λ_{\max} ,利用一致性比例 $CR = CI/RI$ 对矩阵P进行一致性校验,当矩阵P不满足一致性校验要求时返回Step2重新赋值,当满足一致性校验要求时进行Step5;

[0066] 其中CR为一致性比例,CI为一致性指标,RI为平均随机一致性指标;

[0067] Step5、矩阵P满足一致性校验要求时,计算判断矩阵P的最大特征值 λ_{\max} 对应的特征向量 ω' ,对特征向量 ω' 的各个因子进行归一化处理,得到的归一化特征向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$,即各个信息对应的权重系数,再对归一化特征向量 ω 进行对角化处理,得到权重系数矩阵B:

$$[0068] \quad B = \text{diag}(\sqrt{\omega_1}, \sqrt{\omega_2}, \dots, \sqrt{\omega_n}) = \begin{bmatrix} \sqrt{\omega_1} & & & \\ & \ddots & & \\ & & \ddots & \\ & & & \sqrt{\omega_n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0069] Step6、计算在线监测得到的信息样本点X对样本总体中心点G的加权马氏距离 $D(X, G) = [(X-\mu)^T B^T \Sigma^{-1} B (X-\mu)]^{(1/2)}$;

[0070] 其中样本总体中心点G是电力电缆在正常额定运行情况下的各个信息数据值, μ 为样本总体中心点G的平均值;

[0071] Step7、再利用 $D(X, G)$ 的数值大小对电缆接头运行状态的进行评价,来确定电力电缆接头的运行状态并判断是否向后台发送告警信息。

[0072] 所述Step3步骤中,计算矩阵P的具体步骤为:

[0073] Step3.1、首先设要比较n个在线监测信息 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 对电缆接头运行状态的影响,每次取两个因素 x_i 和 x_j 进行比较,构造出判断矩阵P:

$$[0074] \quad P = \begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \dots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{bmatrix} = (p_{ij})_{n \times n} \quad (2)$$

[0075] 其中, W_i 为第i个指标的重要度, p_{ij} 为第i个指标相对于第j个指标重要度比较值。

[0076] 所述Step4步骤中,一致性校验的具体步骤如下:

[0077] Step4.1、首先定义一致性指标CI,用于衡量n阶矩阵 $P = (p_{ij})_{n \times n}$ 一致性接近的程度:

$$[0078] \quad CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \quad (3)$$

[0079] 其中 λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值,n为判断矩阵的阶数;

[0080] Step4.2、计算判断矩阵的一致性指标CI与同阶平均随机一致性的指标RI之比CR:

$$[0081] \quad CR = CI/RI \quad (4)$$

[0082] Step4.3、利用CR进行一致性校验:

[0083] 当 $CR \geq 0.1$ 时不满足一致性校验要求,返回Step2步骤;

[0084] 当 $CR < 0.1$ 时满足一致性校验要求,进行Step5步骤;

[0085] 其中 λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值,n为判断矩阵的阶数。

[0086] 所述Step6步骤中,设信息样本点X包含n个在线测量数据值,则 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$,关于样本点X对总体中心点G加权马氏距离的计算的具体步骤如下:

[0087] Step6.1、测量得到电缆接头正常额定运行下的信息数据值作为总体样本中心点G的平均期望值 $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$;

[0088] Step6.2、计算样本点X对样本中心点G的协方差矩阵:

$$[0089] \quad \Sigma = \text{COV}(G) = E[(X-\mu)(X-\mu)^T] \quad (5)$$

[0090] Step6.3、考虑各个信息的权重因素得到样本点X对样本中心点G的加权马氏距离D

(X,G) :

$$[0091] \quad D(X,G) = [(X-\mu)^T B^T \Sigma^{-1} B (X-\mu)]^{(1/2)} \quad (6)$$

[0092] Step6.4、用计算的马氏距离D与临界距离D'进行比较,来确定电力电缆接头的运行状态并判断是否向后台发送告警信息;

[0093] 当距离D大于或等于临界距离D'时,向在线监测系统后台发出告警信息;

[0094] 当距离D小于临界距离D'时,不向后台发出告警信息。

[0095] 实施例3:如图1所示,一种基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法,

[0096] 在某一套10kV电力电缆接头在线监测装置中的测量到的数据有接头温度(°C)、接头压力(P)、周围环境相对湿度(%)和海拔高度(m)。假定样本中心G的期望值为正常运行状态下的标准值 $\mu = (\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4)^T = (45, 100, 1, 1800)^T$ 。测量得到四组值,即四个样本点 $X_1 = (60, 120, 1.1, 1800)^T$ 、 $X_2 = (70, 130, 1.2, 1800)^T$ 、 $X_3 = (80, 140, 1.5, 1800)^T$ 、 $X_4 = (90, 150, 1.1, 1800)^T$ 。计算四个样本点对于样本中心的加权马氏聚合算子并对运行状态进行评价。(根据现场运行经验计算得到临界加权马氏距离 $D' = 1.07$)

[0097] 所述基于在线监测的电力电缆接头信息聚合评价方法的具体步骤如下:

[0098] (1)通过对影响电缆接头运行状态的各个因素的比较可以知道,按照重要程度排序是温度>压力>湿度>海拔,根据1-9排序法并且在一致性检验能够满足的情况下构造判断矩阵如下:

$$[0099] \quad P = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 \\ 1/3 & 1 & 3 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

[0100] 此时, $\lambda_{\max} = 4.1170$, $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) = 0.039$, $CR = CI/RI = 0.039/0.9 = 0.0433 < 0.1$,满足一致性检验的要求。

[0101] (2)求取权重系数向量及权重系数矩阵

[0102] 对应于 λ_{\max} 的特征向量为 $\omega' = (0.888, 0.4121, 0.1847, 0.0869)$,归一化后得到权重系数向量 $\omega = (0.565, 0.2622, 0.1176, 0.0553)$,权重系数矩阵 $B = \text{diag}(\sqrt{w})$,则

$$[0103] \quad B = \begin{bmatrix} 0.7517 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5121 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3428 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2351 \end{bmatrix}$$

[0104] (3)计算样本点 X_1 和样本点 X_2 相对于样本中心点的加权马氏距离D

$$[0105] \quad D_1(X_1, G) = [(X_1 - \mu)^T B^T \Sigma_1^{-1} B (X_1 - \mu)]^{(1/2)} = 1.036$$

$$[0106] \quad D_2(X_2, G) = [(X_2 - \mu)^T B^T \Sigma_2^{-1} B (X_2 - \mu)]^{(1/2)} = 1.057$$

$$[0107] \quad D_3(X_3, G) = [(X_3 - \mu)^T B^T \Sigma_3^{-1} B (X_3 - \mu)]^{(1/2)} = 1.067$$

$$[0108] \quad D_4(X_4, G) = [(X_4 - \mu)^T B^T \Sigma_4^{-1} B (X_4 - \mu)]^{(1/2)} = 1.073$$

[0109] (4)结果分析

[0110] 从计算结果可以看出,样本点 X_1 、 X_2 、 X_3 离样本中心点G的距离小于临界距离D',说明这三个样本点的运行状态稳定,实际运行时不需要向后台发送告警信息。样本点 X_4 离样

本中心点G的距离大于临界距离 D' ,在运行时需要向后台发出告警信息。利用样本点离样本中心点的马氏加权距离作为评价算子反映了实际运行状态的情况,距离越大离正常运行状态偏离越远,运行状态越不稳定,由此可以通过距离来反映电缆接头实际运行情况。在线监测的大量数据可以通过信息聚合的方法转化成可以评价运行状态的算子,给现场运行人员提供判断的依据,为实际工作提供便利。

[0111] (5) 与欧氏距离方法的比较

[0112] 设有两组在线监测信息 $X_3 = (80, 140, 1.5, 1800)^T$ 和 $X'_3 = (70, 180, 1.5, 1800)^T$,这两个数据只在温度和接头压力上有差别,根据现场运行经验可知,第一种运行状态比第二种运行状态稳定性要差。现在分别计算上述两点距离样本中心点G的欧式距离和加权马氏距离,比较结果进行分析。其加权马氏距离为 $D_3(X_3, G) = 1.067$ 和 $D'_3(X'_3, G) = 0.924$,其欧式距离 $\Omega_3(X_3, G) = 53.15$ 和 $\Omega'_3(X'_3, G) = 83.81$ 。通过计算结果可以看出,利用加权马氏距离作为聚合算子时,样本点 X_3 与样本中心点G的距离 $D_3(X_3, G)$ 大于样本点 X'_3 与样本中心点G的距离 $D'_3(X'_3, G)$,由加权马氏距离判断的结果是样本点 X_3 时候的运行状态不如样本点 X'_3 时候的运行状态稳定。而利用欧式距离作为评价算子时,样本点 X_3 与样本中心点G的距离 $\Omega_3(X_3, G)$ 小于样本点 X'_3 与样本中心点G的距离 $\Omega'_3(X'_3, G)$,由欧式距离判断的结果是样本点 X_3 时候的运行状态比样本点 X'_3 时候的运行状态稳定。根据实际运行经验可知,由欧式距离的判断结果是错误的,因此上述加权马氏距离能够很好的反应这种表征。在由对样本中心点距离来评价运行状态的方法中,上述加权马氏距离能够很好的反应这种表征,而欧式距离受到量纲的影响比较大,可能会产生错误的判断。本发明提出的利用加权马氏距离对电力电缆接头在心监测数据进行聚合的方法能较好地评价电力电缆接头的运行状态。

[0113] 上面结合附图对本发明的具体实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

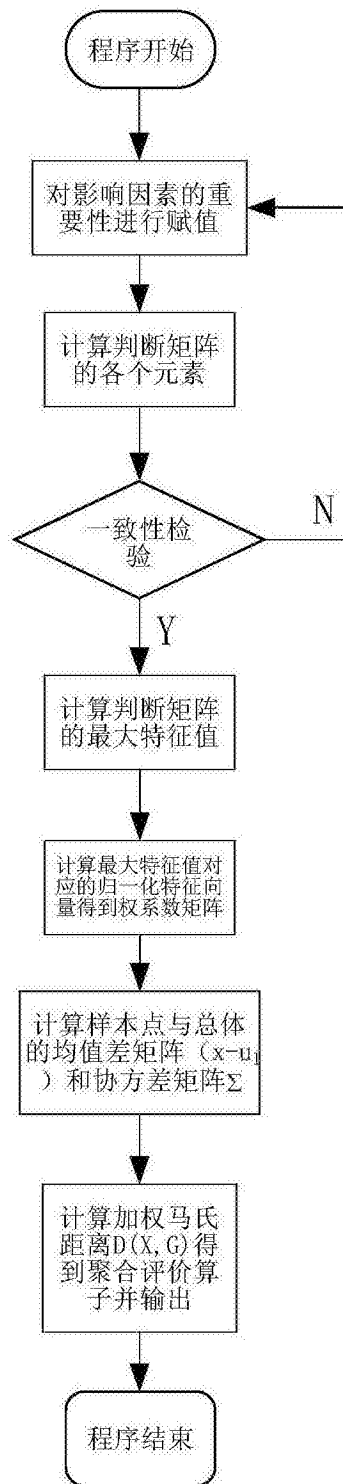


图1