



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103644884 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 04

(21) 申请号 201310743150. 7

(22) 申请日 2013. 12. 30

(73) 专利权人 国家电网公司

地址 100000 北京市西城区西长安街 86 号

专利权人 国网山东省电力公司淄博供电公司

(72) 发明人 刘兴华 孙学锋 季素云 宁尚元

王涛 徐天锡 陈玉锋 于芑

孔刚 高鹏 薛启成 周诚

周加斌 马艳 李鑫 王世坤

李思毛 孔海波 巩方伟 魏建莉

崔川 杨磊 刘泊辰

(74) 专利代理机构 青岛发思特专利商标代理有

限公司 37212

代理人 耿霞

(51) Int. Cl.

G01B 21/24(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102331312 A, 2012. 01. 25,

CN 203100923 U, 2013. 07. 31,

JP 特開平 6-38333 A, 1994. 02. 10,

WO 2012/062022 A1, 2012. 05. 18,

CN 203148591 U, 2013. 08. 21,

胡万清 等. 基于温度场的电缆接头温度监测系统研究. 《工矿自动化》. 2013, 第 39 卷 (第 6 期),

审查员 张冉

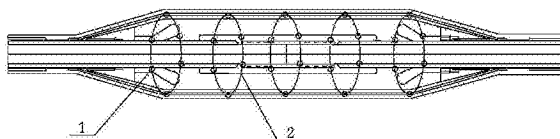
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法

(57) 摘要

本发明涉及一种电力电缆接头施工规范性检测领域,特别涉及一种基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法,通过布置电缆接头测温点阵,通过精度达到一定要求的传感器测出各点温度,得到电缆接头表面的温度分布情况,进而计算表征各个截面温度分布均匀程度的相关系数如各截面边界测温点温度的相对偏差、k 阶误差范数,根据仿真计算或经验得到这些系数与电缆接头施工工艺质量的关系,本发明通过对电缆接头温度分布的检测不但可以从施工工艺的规范性上对电缆接头的缺陷情况给予评判,并可以为其使用寿命预测提供参考,检测过程简单,计算量小,实用性强。



1. 一种基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法, 其特征在于包括以下步骤:

步骤一: 在电缆接头上取 m 个横截面, 在每个横截面边界取 n 个测温点, 并测量各个测温点的温度, 各点温度用 $T_{(i,j)}$ 表示, 其中 i 表示所取的横截面编号 $1 \leq i \leq m$, j 表示单个截面边界上的测温点编号 $1 \leq j \leq n$, 其中称不同截面上编号相同的测温点为同类测温点;

步骤二: 计算能表征各截面边界温度分布均匀程度的相关系数:

1) 计算各单一截面测温点的平均温度:

$$T_{(i,avg)} = \sum_{j=1}^n T_{(i,j)}$$

2) 计算单一截面各测温点的相对偏差:

$$e_{(i,j)} = (T_{(i,j)} / T_{(i,avg)} - 1) * 100\%$$

步骤三, 根据各截面同类测温点的相对偏差分布, 即当 i 从 $1 \sim m$ 变化时的 $e_{(i,j)}$ 的变化情况, 运用相应的分析方法, 得到缆芯的偏心情况, 并建立评价标准。

2. 根据权利要求 1 所述的基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法, 其特征在于: 所述的步骤一中所述的每个横截面上的测温点均匀分布, 不同截面的同类测温点设置在以电缆轴心为轴的圆柱坐标系的同一方位角上。

3. 根据权利要求 1 所述的基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法, 其特征在于: 所述的步骤一中各点温度 $T_{(i,j)}$ 的测量精度至少要达到 $T_{(i,j)}$ 最大值的 0.01% 。

4. 根据权利要求 1 所述的基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法, 其特征在于: 所述的步骤三中的分析方法包括 k 阶误差范数分析法, 该方法具体步骤为:

A 求取 $e_{(i,j)}$ 的 k 阶误差范数均值:

$$M_{k,avg} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |e_{(i,j)} - e_{(avg,j)}|^k$$

B 建立工艺质量评价标准, 设置 $e_{(i,j)}$ 的 k 阶误差范数阈值 $M_{k,g}$ ($g = 1, 2 \cdots G$), 其中 G 为工艺质量等级数, g 值越大, 表明工艺质量越差;

C 判断若 $M_{k,avg} < M_{k,g}$ 则该电缆接头施工工艺质量等级为 g 。

基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电力电缆接头施工规范性检测领域,特别涉及一种基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法。

背景技术

[0002] 交联聚乙烯电缆以其优异的性能被广泛用于输电线路,然而电缆制作长度一般在1000m以下,需要电缆接头连接电缆。电缆接头是电力电缆的重要附件,也是整个电缆线路的薄弱环节。近年的研究表明,随着电缆本体质量的逐步提高,各种电缆接头引发的事故在电力电缆事故中的比例不断上升,50%以上的事发生在电缆接头上。由于电缆接头制作流程复杂,工艺要求高。施工的不规范导致电缆接头的制作工艺难以达到要求,为电缆接头引起的过热燃烧、击穿事故埋下了隐患,往往造成巨大的经济损失,其工艺质量成为影响电缆线路安全运行的重要因素。需要在早期及时检测其工艺缺陷,排除隐患。

[0003] 施工不规范如:没有对电缆进行充分矫直、电缆线芯切割不充分、主绝缘切割不充分等都会导致套入连接管后弯曲间隙较大,在套入预制式绝缘件后其缆芯往往会弯曲倾斜进而偏心。缆芯作为电缆热源,由于接头缆芯偏心导致电缆热源发生径向偏移,会对温度场径向分布产生影响,特别是电缆表面温度分布的均匀程度会受到影响。

[0004] 目前对电缆接头的故障检测都是单一的温度检测,即检测时只关心其温度是否超过临界阈值,而不检测其具体温度分布情况。这种监测方式只能在电缆接头运行一段时间后出现故障征兆时起到一定的报警作用,而不能在电缆接头运行之初从其工艺质量上对电缆缺陷进行检测评判。通过对电缆接头温度分布的检测可以从电缆故障的源头,即施工工艺的规范性上对电缆接头的缺陷情况给予评判,并为今后的使用寿命预测提供参考。

发明内容

[0005] 根据以上现有技术的不足,本发明要解决的技术问题是:提供一种可以克服上述缺陷,检测简单,计算量小,可确定电缆接头施工工艺的规范程度的基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0007] 所述的基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法,其特征在于包括以下步骤:

[0008] 步骤一:在电缆接头上取 m 个横截面,在每个横截面边界取 n 个测温点。并测量各个测温点的温度,各点温度用 $T_{(i,j)}$ 表示,其中 i 表示所取的横截面编号 $1 \leq i \leq m$, j 表示单个截面边界上的测温点编号 $1 \leq j \leq n$,其中称不同截面上编号相同的测温点为同类测温点;

[0009] 步骤二:计算能表征各截面边界温度分布均匀程度的相关系数:

[0010] 1) 计算各单一截面测温点的平均温度:

$$[0011] \quad T_{(i,avg)} = \sum_{j=1}^n T_{(i,j)}$$

[0012] 2) 计算单一截面各测温点的相对偏差：

$$[0013] \quad e_{(i,j)} = (T_{(i,j)} / T_{(i,avg)} - 1) * 100\%$$

[0014] 步骤三, 根据各截面同类测温点的相对偏差分布, 即当 i 从 1 ~ m 变化时的 $e_{(i,j)}$ 的变化情况, 运用相应的分析方法, 得到缆芯的偏心情况, 并建立评价标准。

[0015] 所述的基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法通过布置电缆接头测温点阵, 通过精度达到一定要求的传感器测出各点温度, 得到电缆接头表面的温度分布情况, 进而计算表征各个截面温度分布均匀程度的相关系数如各截面边界测温点温度的相对偏差、k 阶误差范数, 根据仿真计算或经验得到这些系数与电缆接头施工工艺质量的关系, 并为电缆接头施工工艺规范性评级, 最终可为电缆接头的使用寿命和运行状况估计提供参考, 整个过程检测简单, 计算量小。

[0016] 进一步地优选, 步骤一中所述的同一截面上的测温点尽量均匀分布, 不同截面的同类测温点设置在以电缆轴心为轴的圆柱坐标系的同一方位角上。

[0017] 进一步地优选, 步骤一中各点温度 $T_{(i,j)}$ 的测量精度至少要达到 $T_{(i,j)}$ 最大值的 0.01%。

[0018] 进一步地优选, 步骤三中的分析方法包括 k 阶误差范数分析法, 该方法具体步骤为：

[0019] A 求取 $e_{(i,j)}$ 的 k 阶误差范数均值：

$$[0020] \quad M_{k,avg} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |e_{(i,j)} - e_{(avg,j)}|^k$$

[0021] B 建立工艺质量评价标准, 设置 $e_{(i,j)}$ 的 k 阶误差范数阈值 $M_{k,g}$ ($g=1, 2 \cdots G$), 其中 G 为工艺质量等级数, g 值越大, 表明工艺质量越差；

[0022] C 判断若 $M_{k,avg} < M_{k,g}$ 则该电缆接头施工工艺质量等级为 g。

[0023] 本发明所具有的有益效果是：

[0024] 所述的基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法不但检测温度是否超过临界阈值, 而且检测其具体温度的分布情况。所述的监测方法既可以在电缆接头运行一段时间后出现故障征兆时起到一定的报警作用, 而且还能在电缆接头运行之初从其工艺质量上对电缆缺陷进行检测评判。本发明通过对电缆接头温度分布的检测可以从电缆故障的源头, 即施工工艺的规范性上对电缆接头的缺陷情况给予评判, 并可以为其使用寿命预测提供参考, 检测过程简单, 计算量小, 实用性强。

附图说明

[0025] 图 1 为本发明的电缆接头测温点设置示意图；

[0026] 图 2 为本发明的电缆接头不偏心截面的温度场分布仿真图；

[0027] 图 3 为本发明的电缆接头偏心截面的温度场分布仿真图；

[0028] 图 4 为本发明的电缆接头不同偏心程度截面的表面温度变化规律；

[0029] 图 5 为本发明的电缆接头截面随偏心程度不同的表面最高、最低温度变化曲线；

[0030] 其中, 1、测温点；2、横截面。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本发明的实施例做进一步描述：

[0032] 如图 1 所示，本发明所述的基于温度测量的电力电缆接头施工规范性检测方法，包括以下步骤：

[0033] 步骤一：在电缆接头上取 m 个横截面 2，在每个横截面边界取 n 个测温点 1。并测量各个测温点 1 的温度，各点温度用 $T_{(i,j)}$ 表示，其中 i 表示所取的横截面编号 $1 \leq i \leq m$ ， j 表示单个截面边界上的测温点编号 $1 \leq j \leq n$ ，其中称不同截面上编号相同的测温点 1 为同类测温点；

[0034] 步骤二：计算能表征各截面边界温度分布均匀程度的相关系数：

[0035] 1) 计算各单一截面测温点 1 的平均温度：

$$[0036] \quad T_{(i,avg)} = \sum_{j=1}^n T_{(i,j)}$$

[0037] 2) 计算单一截面各测温点 1 的相对偏差：

$$[0038] \quad e_{(i,j)} = (T_{(i,j)} / T_{(i,avg)} - 1) * 100\%$$

[0039] 步骤三，根据各截面同类测温点的相对偏差分布，即当 i 从 $1 \sim m$ 变化时的 $e_{(i,j)}$ 的变化情况，运用相应的分析方法，得到缆芯的偏心情况，并建立评价标准。

[0040] 其中，上述步骤一中所说的同一截面上的测温点 1 尽量均匀分布，不同截面的同类测温点设置在以电缆轴心为轴的圆柱坐标系的同一方位角上，各点温度 $T_{(i,j)}$ 的测量精度至少要达到 $T_{(i,j)}$ 最大值的 0.01%。

[0041] 所述的步骤三中的分析方法包括 k 阶误差范数分析法，该方法具体步骤为：

[0042] A 求取 $e_{(i,j)}$ 的 k 阶误差范数均值：

$$[0043] \quad M_{k,avg} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |e_{(i,j)} - e_{(avg,j)}|^k$$

[0044] B 建立工艺质量评价标准，设置 $e_{(i,j)}$ 的 k 阶误差范数阈值 $M_{k,g}$ ($g=1, 2 \dots G$)，其中 G 为工艺质量等级数， g 值越大，表明工艺质量越差；

[0045] C 判断若 $M_{k,avg} < M_{k,g}$ 则该电缆接头施工工艺质量等级为 g 。

[0046] 实施例：

[0047] 如图 1 所示，以电缆轴线为轴按右手螺旋定则建立圆柱坐标系，设电缆最低点的方位角 $\phi=0$ 。在电缆接头上从左到右取 5 个横截面 2，每个横截面边界上分别在 $\phi=0$ 、 $\pi/3$ 、 $2\pi/3$ 、 π 、 $4\pi/3$ 、 $5\pi/3$ 处取六个测温点。

[0048] 测量每个测温点的温度 $T_{(i,j)}$ ，目前常用的温度传感元件主要有红外温度计、热电偶、热电阻、半导体 PN 结、温控晶闸管和集成电路型温度传感器等几种，其中具体的测温形式不定，只要求各点温度 $T_{(i,j)}$ 的测量精度至少要达到 $T_{(i,j)}$ 最大值的 0.01%。

[0049] 计算各单一截面测温点的平均温度：

$$[0050] \quad T_{(i,avg)} = \sum_{j=1}^n T_{(i,j)}$$

[0051] 计算单一截面各测温点的相对偏差：

$$[0052] \quad e_{(i,j)} = (T_{(i,j)} / T_{(i,avg)} - 1) * 100\%$$

[0053] 求取 $e_{(i,j)}$ 的 1 阶误差范数均值：

$$[0054] \quad M_{1,avg} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |e_{(i,j)} - e_{(avg,j)}|$$

[0055] 建立工艺质量评价标准, 设置 $e_{(i,j)}$ 的 1 阶误差范数阈值 $M_{1,g}$ ($g=1, 2 \cdots G$)。设电缆环境周围介质散热系数均匀, 其接头不偏心和偏心截面的温度场分布的仿真情况分别如图 2、3 所示。接头偏心程度不同的截面的圆周表面温度变化规律如图 4 所示, 接头各截面随着偏心程度不同的其表面的最高温度和最低温度变化曲线如图 5 所示。根据仿真分析将工艺质量分为 5 个等级分别对应如下几个阈值 $M_{1,1}=0.015\%$ 、 $M_{1,2}=0.03\%$ 、 $M_{1,3}=0.045\%$ 、 $M_{1,4}=0.055\%$ 、 $M_{1,5}=0.07\%$ 。其中 5 个等级分别表示接头中心相对接头端部(接头端部不偏心)而言, 缆芯偏心距离小于 2、4、6、8、10mm。

[0056] 判断若 $M_{1,avg} < M_{1,g}$ 则该电缆接头施工工艺质量等级为 g 。

[0057] 本发明通过布置电缆接头测温点阵, 通过精度达到一定要求的传感器测出各点温度, 得到电缆接头表面的温度分布情况, 进而计算表征各个截面温度分布均匀程度的相关系数如各截面边界测温点温度的相对偏差、 k 阶误差范数, 根据仿真计算或经验得到这些系数与电缆接头施工工艺质量的关系, 并为电缆接头施工工艺规范性评级, 最终可为电缆接头的使用寿命和运行状况估计提供参考, 整个过程检测简单, 计算量小。

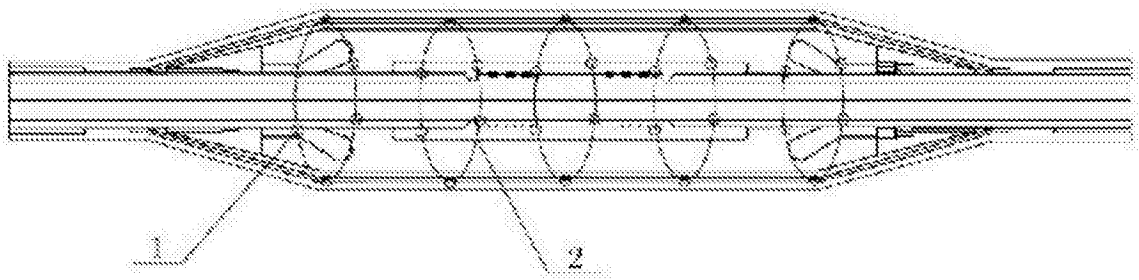


图 1

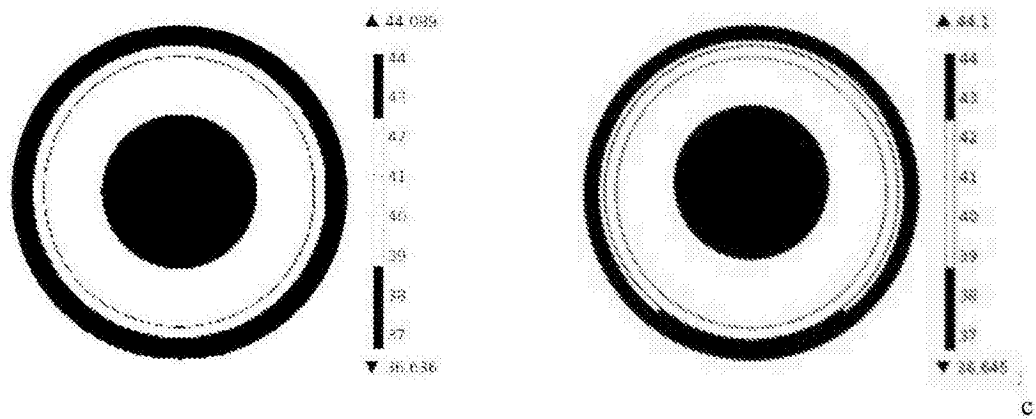


图 2

图 3

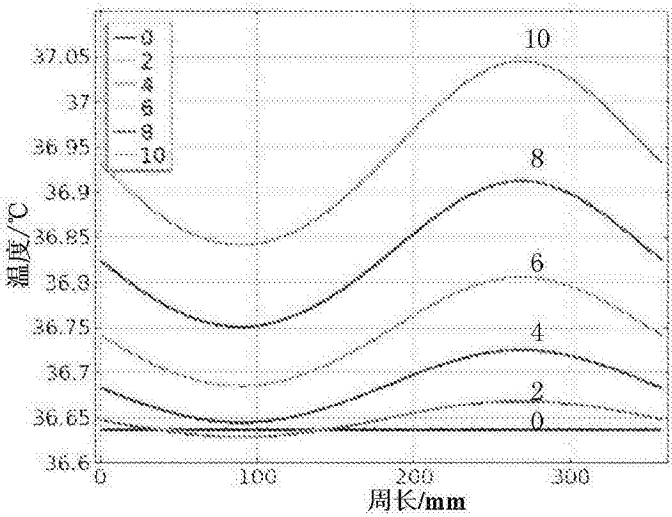


图 4

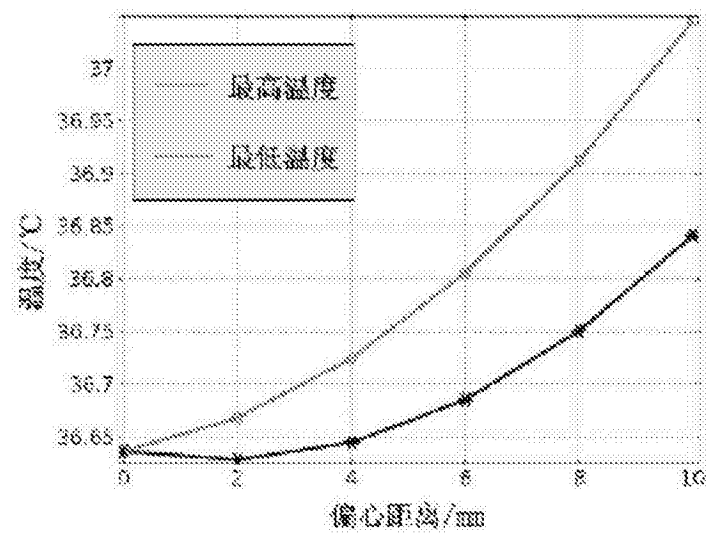


图 5