



(21) 申请号 202411224050.8

(22) 申请日 2024.09.03

(71) 申请人 中大元通线缆制造有限公司

地址 055553 河北省邢台市宁晋县贾家口
镇黄儿营西村

(72) 发明人 颜希维 张资根 刘丽蒙

(74) 专利代理机构 北京神州华茂知识产权有限
公司 11358

专利代理师 张腾

(51) Int. Cl.

G01B 11/06 (2006.01)

B25B 11/00 (2006.01)

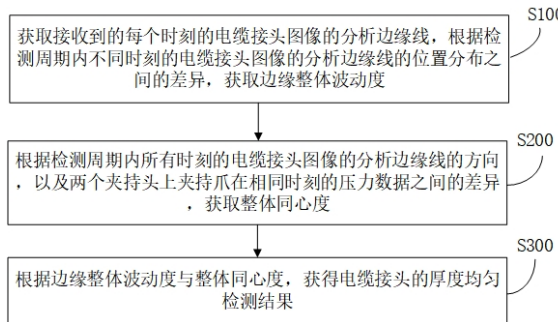
权利要求书2页 说明书10页 附图1页

(54) 发明名称

一种电缆接头检测试验装置

(57) 摘要

本发明涉及电缆接头厚度均匀检测技术领域,具体涉及一种电缆接头检测试验装置,该装置包括电缆接头厚度均匀检测装置,电缆接头厚度均匀检测装置包括数据采集器、控制器与夹持头,夹持头上有夹持爪,数据采集器连接控制器,数据采集器采集待测电缆接头在检测周期内每个时刻的电缆接头图像和两个夹持头上夹持爪在检测周期内每个时刻的压力数据;控制器根据不同时刻的电缆接头图像的分析边缘线的位置分布的差异获取边缘整体波动度,结合分析边缘线的方向与两个夹持头上夹持爪在相同时刻的压力数据的差异获取整体同心度;结合边缘整体波动度与整体同心度获取电缆接头的厚度均匀检测结果。本发明提高对电缆接头绝缘层厚度均匀性测试的准确率。



1. 一种电缆接头检测试验装置,包括电缆接头检测试验装置,其特征在于,所述电缆接头检测试验装置包括电缆接头厚度均匀检测装置,所述电缆接头厚度均匀检测装置包括数据采集器、控制器与两个夹持头,所述夹持头上有不同夹持爪;所述数据采集器用于采集待测电缆接头在检测周期内每个时刻的电缆接头图像,以及两个夹持头上每个夹持爪在检测周期内每个时刻的压力数据;

所述控制器用于获取接收到的每个时刻的电缆接头图像的分析边缘线,根据检测周期内不同时刻的电缆接头图像的分析边缘线的位置分布之间的差异,获取边缘整体波动度;

根据检测周期内所有时刻的电缆接头图像的分析边缘线的方向,以及两个夹持头上夹持爪在相同时刻的压力数据之间的差异,获取整体同心度;

根据所述边缘整体波动度与所述整体同心度,获得电缆接头的厚度均匀检测结果。

2. 根据权利要求1所述的一种电缆接头检测试验装置,其特征在于,所述获取边缘整体波动度,具体包括:

任选一个时刻的电缆接头图像记为基准图像,根据基准图像与检测周期内除基准图像外的其余时刻的电缆接头图像中分析边缘线的相对位置分布,获取基准图像中分析边缘线上每个像素点的匹配点;

获取基准图像中分析边缘线的标准边缘线;根据基准图像的分析边缘线上像素点与所述标准边缘线之间的距离,以及所述像素点与其所述匹配点之间的距离,获取基准图像的局部边缘波动度;将检测周期内所有时刻的电缆接头图像的所述局部边缘波动度的集中值,作为整体边缘波动度。

3. 根据权利要求2所述的一种电缆接头检测试验装置,其特征在于,所述获取基准图像中分析边缘线上每个像素点的匹配点,具体包括:

将检测周期内除基准图像外的其余时刻的电缆接头图像的分析边缘线分别映射到基准图像的对应曲线,记为基准图像的分析边缘线的匹配边缘线;

从基准图像的分析边缘线上任选一个像素点记为分析像素点,过分析像素点作第一预设方向的直线,记为分析像素点的分析直线;所述分析直线与基准图像的分析边缘线的所有匹配边缘线相交;

将所述分析直线与基准图像的分析边缘线的所有匹配边缘线的交点,记为分析像素点的匹配点。

4. 根据权利要求1所述的一种电缆接头检测试验装置,其特征在于,所述获取整体同心度的方法,具体包括:

根据两个夹持头上夹持爪在相同时刻的压力数据之间的差异,获取检测周期内每个时刻的夹持压力差;

将每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的标准边缘线与第二预设方向之间的夹角,作为每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的边缘倾斜度;

根据每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的所述边缘倾斜度与所述夹持压力差,获取每个时刻的局部同心度;将检测周期内所有时刻的所述局部同心度的集中值,作为整体同心度。

5. 根据权利要求4所述的一种电缆接头检测试验装置,其特征在于,所述获取检测周期内每个时刻的夹持压力差,具体包括:

将每个夹持头上所有夹持爪在每个时刻的压力数据的累加和,作为每个夹持头在每个时刻的压力综合值;

将每个夹持头上夹持爪在每个时刻的压力数据顺序排列,得到每个夹持头在每个时刻的压力序列;获取所述压力序列的一阶差分序列,将所述一阶差分序列中两个元素之间的差异,作为每个夹持头在每个时刻的压力分布差;

根据两个夹持头在检测周期内每个时刻的所述压力综合值之间的差异,以及所述压力分布差之间的差异,获取检测周期内每个时刻的夹持压力差。

6. 根据权利要求2所述的一种电缆接头检测试验装置,其特征在于,所述根据基准图像的分析边缘线上像素点与所述标准边缘线之间的距离,以及所述像素点与其所述匹配点之间的距离,获取基准图像的局部边缘波动度,具体包括:

获取基准图像中分析边缘线上每个像素点分别与其匹配点之间的距离的均值,作为基准图像中分析边缘线上每个像素点的边缘变化度;

将基准图像的分析边缘线上每个像素点与所述标准边缘线之间的距离记为所述像素点的厚度异常值;

将基准图像的分析边缘线上所有像素点的所述厚度异常值与所述边缘变化度的乘积的均值进行归一化处理,得到基准图像的局部边缘波动度。

7. 根据权利要求1所述的一种电缆接头检测试验装置,其特征在于,所述根据所述边缘整体波动度与所述整体同心度,获得电缆接头的厚度均匀检测结果,具体包括:

根据所述边缘整体波动度与所述整体同心度,得到绝缘均匀指标;

根据所述绝缘均匀指标进行判断,获取电缆接头的厚度均匀检测结果。

8. 根据权利要求1所述的一种电缆接头检测试验装置,其特征在于,所述每个时刻的电缆接头图像的分析边缘线的获取方法,具体包括:

获取每个时刻的电缆接头图像的灰度图像,对所述灰度图像进行边缘检测得到的边缘像素点在所述电缆接头图像中相同位置的像素点进行曲线拟合,将拟合得到的曲线作为每个时刻的电缆接头图像中的初始边缘线;

将检测周期内所有时刻的电缆接头图像中表征待测电缆接头任意一侧的所述初始边缘线,作为每个时刻的电缆接头图像的分析边缘线。

9. 根据权利要求2所述的一种电缆接头检测试验装置,其特征在于,所述获取基准图像中分析边缘线的标准边缘线的方法,具体包括:

将基准图像的分析边缘线与其所有匹配边缘线进行直线拟合得到的一条拟合直线,记为基准图像的标准边缘线。

10. 根据权利要求1所述的一种电缆接头检测试验装置,其特征在于,所述夹持头上有三个夹持爪。

一种电缆接头检测试验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电缆接头厚度均匀检测技术领域,具体涉及一种电缆接头检测试验装置。

背景技术

[0002] 随着城市化进程的加快和新能源的广泛应用,电缆作为电力传输的主要媒介,其接头的质量直接影响到电力系统的可靠性。电缆接头中的绝缘层在生产时可能因各种原因造成绝缘层不均匀,导致电场强度集中在电缆接头的某些区域,增加了局部放电的风险,加速绝缘层老化,最终导致绝缘击穿。因此,对电缆接头的绝缘层厚度进行均匀性检测非常重要。

[0003] 对电缆接头绝缘层厚度进行均匀性测试的方法包括激光检测方法与超声波检测方法等,上述传统方法使用探头测量电缆接头相关数据,探头不准确或探头压力变化容易使采集的数据存在误差,导致对电缆接头绝缘层厚度进行均匀性测试的准确率较低。

发明内容

[0004] 为了解决电缆接头相关测试数据采集不准确,导致电缆接头绝缘层厚度进行均匀性测试的准确率较低的技术问题,本发明的目的在于提供一种电缆接头检测试验装置,所采用的技术方案具体如下:

一种电缆接头检测试验装置,包括电缆接头检测试验装置,所述电缆接头检测试验装置包括电缆接头厚度均匀检测装置,所述电缆接头厚度均匀检测装置包括数据采集器、控制器与两个夹持头,所述夹持头上有不同夹持爪;所述数据采集器用于采集待测电缆接头在检测周期内每个时刻的电缆接头图像,以及两个夹持头上每个夹持爪在检测周期内每个时刻的压力数据;

所述控制器用于获取接收到的每个时刻的电缆接头图像的分析边缘线,根据检测周期内不同时刻的电缆接头图像的分析边缘线的位置分布之间的差异,获取边缘整体波动度;

根据检测周期内所有时刻的电缆接头图像的分析边缘线的方向,以及两个夹持头上夹持爪在相同时刻的压力数据之间的差异,获取整体同心度;

根据所述边缘整体波动度与所述整体同心度,获得电缆接头的厚度均匀检测结果。

[0005] 进一步地,所述获取边缘整体波动度,具体包括:

任选一个时刻的电缆接头图像记为基准图像,根据基准图像与检测周期内除基准图像外的其余时刻的电缆接头图像中分析边缘线的相对位置分布,获取基准图像中分析边缘线上每个像素点的匹配点;

获取基准图像中分析边缘线的标准边缘线;根据基准图像的分析边缘线上像素点与所述标准边缘线之间的距离,以及所述像素点与其所述匹配点之间的距离,获取基准图

像的局部边缘波动度;将检测周期内所有时刻的电缆接头图像的所述局部边缘波动度的集中值,作为整体边缘波动度。

[0006] 进一步地,所述获取基准图像中分析边缘线上每个像素点的匹配点,具体包括:

将检测周期内除基准图像外的其余时刻的电缆接头图像的分析边缘线分别映射到基准图像的对应曲线,记为基准图像的分析边缘线的匹配边缘线;

从基准图像的分析边缘线上任选一个像素点记为分析像素点,过分析像素点作第一预设方向的直线,记为分析像素点的分析直线;所述分析直线与基准图像的分析边缘线的所有匹配边缘线相交;

将所述分析直线与基准图像的分析边缘线的所有匹配边缘线的交点,记为分析像素点的匹配点。

[0007] 进一步地,所述获取整体同心度的方法,具体包括:

根据两个夹持头上夹持爪在相同时刻的压力数据之间的差异,获取检测周期内每个时刻的夹持压力差;

将每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的标准边缘线与第二预设方向之间的夹角,作为每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的边缘倾斜度;

根据每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的所述边缘倾斜度与所述夹持压力差,获取每个时刻的局部同心度;将检测周期内所有时刻的所述局部同心度的集中值,作为整体同心度。

[0008] 进一步地,所述获取检测周期内每个时刻的夹持压力差,具体包括:

将每个夹持头上所有夹持爪在每个时刻的压力数据的累加和,作为每个夹持头在每个时刻的压力综合值;

将每个夹持头上夹持爪在每个时刻的压力数据顺序排列,得到每个夹持头在每个时刻的压力序列;获取所述压力序列的一阶差分序列,将所述一阶差分序列中两个元素之间的差异,作为每个夹持头在每个时刻的压力分布差;

根据两个夹持头在检测周期内每个时刻的所述压力综合值之间的差异,以及所述压力分布差之间的差异,获取检测周期内每个时刻的夹持压力差。

[0009] 进一步地,所述根据基准图像的分析边缘线上像素点与所述标准边缘线之间的距离,以及所述像素点与其所述匹配点之间的距离,获取基准图像的局部边缘波动度,具体包括:

获取基准图像中分析边缘线上每个像素点分别与其匹配点之间的距离的均值,作为基准图像中分析边缘线上每个像素点的边缘变化度;

将基准图像的分析边缘线上每个像素点与所述标准边缘线之间的距离记为所述像素点的厚度异常值;

将基准图像的分析边缘线上所有像素点的所述厚度异常值与所述边缘变化度的乘积的均值进行归一化处理,得到基准图像的局部边缘波动度。

[0010] 进一步地,所述根据所述边缘整体波动度与所述整体同心度,获得电缆接头的厚度均匀检测结果,具体包括:

根据所述边缘整体波动度与所述整体同心度,得到绝缘均匀指标;

根据所述绝缘均匀指标进行判断,获取电缆接头的厚度均匀检测结果。

[0011] 进一步地,所述每个时刻的电缆接头图像的分析边缘线的获取方法,具体包括:

获取每个时刻的电缆接头图像的灰度图像,对所述灰度图像进行边缘检测得到的边缘像素点在所述电缆接头图像中相同位置的像素点进行曲线拟合,将拟合得到的曲线作为每个时刻的电缆接头图像中的初始边缘线;

将检测周期内所有时刻的电缆接头图像中表征待测电缆接头任意一侧的所述初始边缘线,作为每个时刻的电缆接头图像的分析边缘线。

[0012] 进一步地,所述获取基准图像中分析边缘线的标准边缘线的方法,具体包括:

将基准图像的分析边缘线与其所有匹配边缘线进行直线拟合得到的一条拟合直线,记为基准图像的标准边缘线。

[0013] 进一步地,所述夹持头上有三个夹持爪。

[0014] 本发明具有如下有益效果:

在本发明在电缆接头检测试验装置上部署有电缆接头厚度均匀检测装置,其中电缆接头厚度均匀检测装置中的数据采集器用于采集待测电缆接头在检测周期内每个时刻的电缆接头图像,以及两个夹持头上每个夹持爪在检测周期内每个时刻的压力数据,为后续准确地判断电缆接头的绝缘层厚度的均匀程度提供了数据基础。由于电缆接头的绝缘层厚度不均匀会体现在电缆接头图像的边缘线上,则通过控制器获取电缆接头图像的分析边缘线;检测周期内不同时刻的电缆接头图像的分析边缘线的位置分布之间的差异,反映待测电缆接头在转动过程中绝缘层表面不平整度,获取衡量待测电缆接头的绝缘层厚度差异情况的边缘整体波动度;当电缆接头的绝缘层厚度出现较大的差异时,两个夹持头上的压力存在较大差异,则两个夹持头上夹持爪在相同时刻的压力数据之间的差异可衡量电缆接头旋转过程中同心情况,进而反映电缆接头的绝缘层厚度均匀情况,并结合检测周期内所有时刻的电缆接头图像的分析边缘线的方向进行分析获取整体同心度,衡量电缆接头的绝缘层厚度均匀情况。综合边缘整体波动度与整体同心度进行分析,可准确反映电缆接头的绝缘层厚度均匀情况,提高对电缆接头绝缘层厚度进行均匀性测试的准确率。

附图说明

[0015] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案和优点,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的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,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它附图。

[0016] 图1为本发明一个实施例所提供的一种电缆接头检测试验装置的结构图;

图2为本发明一个实施例所提供的一种电缆接头检测试验装置中控制器的数据处理过程的流程示意图;

图1中的标号为:11、支撑平台;12、平台支撑杆;13、滑槽;21、夹持底座;22、夹持爪;23、旋钮;31、电机;32、传动机构;33、夹持装置支撑杆;41、压力传感器;51、相机支撑杆;52、相机。

具体实施方式

[0017] 为了更进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功效,以下结

合附图及较佳实施例,对依据本发明提出的一种电缆接头检测试验装置,其具体实施方式、结构、特征及其功效,详细说明如下。在下述说明中,不同的“一个实施例”或“另一个实施例”指的不一定是同一实施例。此外,一或多个实施例中的特定特征、结构或特点可由任何合适形式组合。

[0018] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。

[0019] 本发明实施例提供一种电缆接头检测试验装置,包括电缆接头检测试验装置,所述电缆接头检测试验装置包括电缆接头厚度均匀检测装置,所述电缆接头厚度均匀检测装置包括数据采集器、控制器与两个夹持头。

[0020] 下面结合附图具体的说明本发明所提供的一种电缆接头检测试验装置的具体方案。

[0021] 请参阅图1,其示出了本发明一个实施例提供的一个实施例所提供的一种电缆接头检测试验装置的结构图,电缆接头检测试验装置包括:支撑平台11;平台支撑杆12;滑槽13;夹持底座21;夹持爪22;旋钮23;电机31;传动机构32;夹持装置支撑杆33;压力传感器41;相机支撑杆51;相机52。

[0022] 夹持装置由两个夹持头组成,负责夹取电缆接头;一个夹持头由一个夹持座21、一个旋钮23和三个夹持爪22组成;通过旋钮23控制三个夹持爪22的夹持半径。在对电缆接头进行检测时,两个夹持头分别夹持住电缆接头绝缘层的两端。需要注意的是,两个夹持头在空间中呈对称同心分布,其中一个夹持头底部装有滑槽13。

[0023] 每个夹持爪22的接触面上分布有一个压力传感器41,用来检测各夹持爪的夹持力。相机52的位置正对着待测电缆接头。

[0024] 支撑装置由一个支撑平台11、四个平台支撑杆12与滑槽13组成,用来给其他各装置提供支撑平台;其中滑槽13负责控制一个夹持头的移动,方便电缆接头的装载。

[0025] 旋转装置由两个旋转结构组成;一个旋转结构由电机31、传动机构32与支撑杆33共同构成;支撑杆33的一端连接支撑平台11,另一端连接电机31用以支撑电机;电机31的输出侧安装一个夹持头,通过传动机构32控制夹持头旋转。其中,传动机构为传动轴或者齿轮等。

[0026] 电缆接头检测试验装置的运行过程为:

(1) 沿着滑槽13移动其中一个夹持头,增大两个夹持头之间的距离,以方便放置待测电缆接头。

[0027] (2) 旋转每个夹持头的旋钮23放开夹持爪22,将待测电缆接头的两端放置到夹持装置中,沿着滑槽13移动夹持装置,让两个夹持头刚好夹持到待测电缆接头的绝缘层两侧;同时固定滑槽13并且旋转旋钮23使得夹持装置的夹持爪22收紧,从而完成待测电缆接头的固定。

[0028] (3) 启动电机31,通过传动机构32传递动力,使两个夹持底座21进行同向同速转动,将待测电缆接头转动一周后停止。

[0029] 在本发明实施例中,将待测电缆接头转动一周对应的时间段作为检测周期;数据采集器由相机52和两个夹持头的三个夹持爪22的接触面分布的压力传感器41组成,即由一个相机和六个压力传感器组成。其中,相机52用于采集待测电缆接头在检测周期内每个时

刻的电缆接头图像,压力传感器用于采集两个夹持头上每个夹持爪在检测周期内每个时刻的压力数据。需要注意的是,相机的图像采集频率与压力传感器的数据采集频率相同,本发明实施例中相机的图像采集频率为每秒60帧,压力传感器的数据采集频率为60赫兹,实施者可根据具体情况自行设置。

[0030] 控制器可以为CPU、MCU、FPGA等数据处理芯片,或者如电脑主机等数据处理设备。所述数据采集器连接所述控制器,两者可以通过数据传输线路实现有线连接,也可以通过蓝牙、WiFi等无线通信方式实现无线连接。另外,数据采集器和控制器还可以集成化设置,构成一个集数据采集和数据处理功能于一体的设备。

[0031] 数据采集器连接控制器,数据采集器将采集到的电缆接头图像,以及压力数据输出至控制器。

[0032] 请参阅图2,其出示了本发明一个实施例所提供的一种电缆接头检测试验装置中控制器的数据处理过程的流程图,包括以下步骤:

步骤S100:获取接收到的每个时刻的电缆接头图像的分析边缘线,根据检测周期内不同时刻的电缆接头图像的分析边缘线的位置分布之间的差异,获取边缘整体波动度。

[0033] 当待测电缆接头的绝缘层厚度不均匀时,在对待测电缆接头检测的过程中,由于电缆接头是绕中心旋转的,则电缆接头的绝缘层厚度不均匀会体现在电缆接头图像的边缘线上,因此获取电缆接头图像的分析边缘线。

[0034] 优选地,在本发明实施例的一些可能实现的方式中,分析边缘线的获取方法包括:获取每个时刻的电缆接头图像的灰度图像,对灰度图像进行边缘检测得到的边缘像素点在电缆接头图像中相同位置的像素点进行曲线拟合,将拟合得到的曲线作为每个时刻的电缆接头图像中的初始边缘线;将检测周期内所有时刻的电缆接头图像中表征待测电缆接头任意一侧的初始边缘线,作为每个时刻的电缆接头图像的分析边缘线。

[0035] 需要说明的是,本发明实施例中选用加权平均灰度化算法对电缆接头图像进行灰度化处理,选用Canny算子进行边缘检测,选用最小二乘法进行曲线拟合。其中,加权平均灰度化算法、Canny算子与最小二乘法均为本领域技术人员公知技术,在此不再赘述。电缆接头图像与其灰度图像中像素点一一对应。

[0036] 在对待测电缆接头进行测试时,待测电缆接头呈水平方向固定且待测电缆接头的两侧边缘之间存在一定距离,则电缆接头图像的灰度图像进行边缘检测得到的边缘像素点为待测电缆接头的两侧边缘位置的像素点,进而通过曲线拟合得到的初始边缘线为待测电缆装置的两侧位置的边缘,共有两条初始边缘线且不相交。

[0037] 由于装置中两个夹持头同向同速转动,且待测电缆接头在旋转过程中任意一侧边缘线的变化是全局的,即一侧边缘线的位置分布可以代表整个待测电缆接头的绝缘层厚度状态,为简化分析过程,本实施例仅选取待测电缆接头某一侧边缘线进行分析。本发明实施例将表征待测电缆接头上侧边缘的初始边缘线作为分析边缘线。具体为:每个时刻的电缆接头图像有两条初始边缘线,一条初始边缘线位于图像上方,另一条初始边缘线位于图像下方,本实施例将检测周期内所有时刻的电缆接头图像中位于图像上方的初始边缘线作为分析边缘线。

[0038] 分析边缘线为待测电缆接头的绝缘层表面边缘,检测周期内不同时刻的电缆接头图像的分析边缘线的位置分布之间的差异,反映待测电缆接头在转动过程中绝缘层表面不

平整度即波动度,可获取边缘整体波动度,用于衡量待测电缆接头的绝缘层厚度差异情况。边缘整体波动度的具体获取步骤如下:

步骤S110:任选一个时刻的电缆接头图像记为基准图像,根据基准图像与检测周期内除基准图像外的其余时刻的电缆接头图像中分析边缘线的相对位置分布,获取基准图像中分析边缘线上每个像素点的匹配点。

[0039] 优选地,在本发明实施例的一些可能实现的方式中,分析边缘线上每个像素点的匹配点的获取方法包括:将检测周期内除基准图像外的其余时刻的电缆接头图像的分析边缘线分别映射到基准图像的对应曲线,记为基准图像的分析边缘线的匹配边缘线;从基准图像的分析边缘线上任选一个像素点记为分析像素点,过分析像素点作第一预设方向的直线,记为分析像素点的分析直线;分析直线与基准图像的分析边缘线的所有匹配边缘线相交;将分析直线与基准图像的分析边缘线的所有匹配边缘线的交点,记为分析像素点的匹配点。

[0040] 需要说明的是,由于电缆接头检测试验装置中相机位置固定,则检测周期内每个时刻与其余时刻的电缆接头图像中的像素点一一对应。为便于后续分析,将检测周期内所有时刻的电缆接头图像中分析边缘线映射到同一张图像中,具体为:将检测周期内除基准图像外的其余时刻的电缆接头图像中分析边缘线上像素点在基准图像中对应位置像素点构成的边缘线,作为基准图像的分析边缘线的匹配边缘线。

[0041] 在对待测电缆接头进行测试时,待测电缆接头呈水平方向固定,若待测电缆接头的绝缘层厚度均匀性较好,则基准图像的分析边缘线与其匹配边缘线上任意位置的垂直方向上的像素点应较为集中;反之,基准图像的分析边缘线与其匹配边缘线上任意位置的垂直方向上的像素点呈现离散分布。因此,为分析电缆接头的绝缘层厚度均匀性情况,获取分析像素点的匹配点。综上所述,本发明实施例中第一预设方向为垂直方向,实施者可根据具体情况自行设置。

[0042] 步骤S120:获取基准图像中分析边缘线的标准边缘线;根据基准图像的分析边缘线上像素点与标准边缘线之间的距离,以及像素点与其匹配点之间的距离,获取基准图像的局部边缘波动度;将检测周期内所有时刻的电缆接头图像的局部边缘波动度的集中值,作为整体边缘波动度。

[0043] 分析边缘线的标准边缘线反映了待测电缆接头的边缘线在旋转过程中表现的总体趋势,本发明实施例将基准图像的分析边缘线与其所有匹配边缘线进行直线拟合得到的一条拟合直线,记为基准图像中分析边缘线的标准边缘线。需要说明的是,检测周期内每个时刻与其余时刻的电缆接头图像中分析边缘线的标准边缘线位置相同。

[0044] 若基准图像的分析边缘线上像素点与标准边缘线之间的距离越大,待测电缆接头的边缘位置边缘线局部波动越大,说明基准图像的分析边缘线在待测电缆接头对应区域与其他区域的绝缘层厚度差异越大,待测电缆接头的绝缘层厚度不均匀。基准图像的分析边缘线上像素点与其匹配点之间的距离反映待测电缆接头的边缘局部位置的波动程度,进而待测电缆接头的绝缘层厚度均匀性。结合上述两种因素进行分析,使整体边缘波动度能准确地反映待测电缆接头的边缘波动程度,进而反映待测电缆接头的绝缘层厚度均匀性。

[0045] 优选地,在本发明实施例的一些可能实现的方式中,局部边缘波动度的获取方法包括:获取基准图像中分析边缘线上每个像素点分别与其匹配点之间的距离的均值,作为

基准图像中分析边缘线上每个像素点的边缘变化度;将基准图像的分析边缘线上每个像素点与标准边缘线之间的距离记为对应像素点的厚度异常值;将基准图像的分析边缘线上所有像素点的厚度异常值与边缘变化度的乘积的均值进行归一化处理,得到基准图像的局部边缘波动度。

[0046] 在本发明实施例的一个具体实现方式中,局部边缘波动度用公式表示为:

$$FT = \text{Norm} \left(\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (d_m \times FF_m) \right)$$

式中,FT为基准图像的局部边缘波动度;M为基准图像的分析边缘线上像素点总个数; d_m 为基准图像的分析边缘线上第m个像素点的厚度异常值; FF_m 为基准图像的分析边缘线上第m个像素点的边缘变化度;exp为以自然常数e为底数的指数函数;Norm为归一化函数。

[0047] 需要说明的是,当 d_m 越小时,待测电缆接头的边缘位置边缘线局部波动越小,说明基准图像的分析边缘线在待测电缆接头对应区域与其他区域的绝缘层厚度越接近,局部边缘波动度FT越大。当边缘变化度 FF_m 越大时,基准图像的分析边缘线上像素点与其匹配点呈现离散分布越明显,待测电缆接头的边缘局部位置的波动程度越大,局部边缘波动度FT越大。因此,厚度异常值与边缘变化度均与局部边缘波动度为正相关关系。

[0048] 若局部边缘波动度越大,基准图像中分析边缘线在待测电缆接头对应局部位置的绝缘层厚度的均匀性越差;为分析待测电缆接头全部位置的边缘波动度,综合考虑检测周期内所有时刻的电缆接头图像的局部边缘波动度,获取衡量待测电缆接头的绝缘层厚度整体不均匀性的整体边缘波动度。

[0049] 数据的集中值用于描述一组数据的集中趋势,可以通过均值、中位数与众数等统计指标进行衡量,本发明实施例中选用均值衡量数据的集中值,将检测周期内所有时刻的电缆接头图像的局部边缘波动度的均值,作为整体边缘波动度;在本发明其他实施例中也可以将均值替换为中位值或众数。若整体边缘波动度越大,则待测电缆接头的绝缘层厚度整体不均匀性越明显。

[0050] 步骤S200:根据检测周期内所有时刻的电缆接头图像的分析边缘线的方向,以及两个夹持头上夹持爪在相同时刻的压力数据之间的差异,获取整体同心度。

[0051] 由于电缆接头检测试验装置上两个夹持头在空间中呈对称同心分布,且检测时两个夹持头同向同速转动,则在待测电缆接头转动过程中两个夹持头上感受到的力是相似的。但是当电缆接头的绝缘层厚度出现较大的差异时,即电缆接头不同位置的厚度不同,导致电缆接头在旋转过程中发生不同心现象,使两侧夹持头夹持电缆的力量会发生变化,从而导致两个夹持头上的压力存在较大差异。因此,两个夹持头上夹持爪在相同时刻的压力数据之间的差异可衡量电缆接头旋转过程中同心情况,进而反映电缆接头的绝缘层厚度均匀情况。

[0052] 步骤S210:根据两个夹持头上夹持爪在相同时刻的压力数据之间的差异,获取检测周期内每个时刻的夹持压力差。

[0053] 由于夹持头上三个夹持爪在检测过程中不同时刻的空间位置不同,则每个夹持爪上的压力也不同,夹持头上夹持爪的压力分布能反映待测电缆接头在夹持爪的中心度。若电缆接头的同心度较差,夹持爪中会表现为中心度偏差,即电缆接头在夹持爪中的位置不居中,则通过检测夹持爪上的压力分布可判断电缆接头的同心度。

[0054] 本实施例从夹持头上夹持爪的总压力分布和夹持头上不同夹持爪的压力差异两个方面分析夹持头上夹持爪的压力分布,根据两个夹持头上夹持爪的压力分布之间的差异获取夹持压力差,反映待测电缆接头的同心度。

[0055] 优选地,在本发明实施例的一些可能实现的方式中,夹持压力差的获取方法包括:将每个夹持头上所有夹持爪在每个时刻的压力数据的累加和,作为每个夹持头在每个时刻的压力综合值;将每个夹持头上夹持爪在每个时刻的压力数据顺序排列,得到每个夹持头在每个时刻的压力序列;获取压力序列的一阶差分序列,将一阶差分序列中两个元素之间的差异,作为每个夹持头在每个时刻的压力分布差;根据两个夹持头在检测周期内每个时刻的压力综合值之间的差异,以及压力分布差之间的差异,获取检测周期内每个时刻的夹持压力差。

[0056] 对于检测周期内每个时刻,若两个夹持头的压力综合值之间的差异越大,表明待测电缆接头两侧的整体压力差异越大,则夹持压力差越大;若两个夹持头的压力分布差之间的差异越大,表明待测电缆接头两侧的压力分布偏差越大,使两侧的压力差异越大,则夹持压力差越大。因此,两个夹持头在每个时刻的压力综合值的差异与压力分布差的差异均和夹持压力差为正相关关系。在本发明实施例的一个具体实现方式中,压力夹持差用公式表示为:

$$TS_t = \text{Sigmoid}(|P1_t - P2_t| + |DP1_t - DP2_t|)$$

式中, TS_t 为检测周期内第t个时刻的夹持压力差; $P1_t$ 为电缆接头检测试验装置的第一个夹持头在检测周期内第t个时刻的压力综合值; $P2_t$ 为电缆接头检测试验装置的第二个夹持头在检测周期内第t个时刻的压力综合值; $DP1_t$ 为电缆接头检测试验装置的第一个夹持头在检测周期内第t个时刻的压力分布差; $DP2_t$ 为电缆接头检测试验装置的第二个夹持头在检测周期内第t个时刻的压力分布差; $| \cdot |$ 为绝对值函数; Sigmoid 为归一化函数。需要说明的是,当夹持压力差 TS_t 越大时,待测电缆接头两侧的压力分布之间差异越大,待测电缆接头的同心度越差。

[0057] 步骤S220:将每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的标准边缘线与第二预设方向之间的夹角,作为每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的边缘倾斜度。

[0058] 分析边缘线的标准边缘线反映了待测电缆接头的边缘线在旋转过程中表现的总体趋势;在利用电缆接头检测试验装置对待测电缆接头进行测试时,待测电缆接头呈水平方向固定,若待测电缆接头在夹持头中是完全同心的,则分析边缘线的标准边缘线与水平方向的偏差较小;若待测电缆接头在夹持头的同心度越差,检测周期内电缆接头图像中分

析边缘线的分布会出现偏离,从而导致标准边缘线与水平方向的偏差越大。因此,分析边缘线的标准边缘线与第二预设方向之间的夹角即边缘倾斜度反映电缆接头在夹持头的同心度,且边缘倾斜度越大电缆接头在夹持头的同心度越差。

[0059] 由于本实施例中待测电缆接头在测试时呈水平方向固定,则第二预设方向为水平方向,实施者可根据具体情况自行设置。

[0060] 步骤S230:根据每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的边缘倾斜度与夹持压力差,获取每个时刻的局部同心度;将检测周期内所有时刻的局部同心度的集中值,作为整体同心度。

[0061] 若每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的边缘倾斜度越大,则待测电缆接头在该时刻下夹持头的同心度越差;若每个时刻的夹持压力差越大,待测电缆接头两侧的压力分布之间差异越大,待测电缆接头在该时刻的同心度越差。因此,夹持压力差与边缘倾斜度均和整体同心度为负相关关系。在本发明实施例中,将每个时刻的电缆接头图像中分析边缘线的边缘倾斜度与夹持压力差的乘积进行负相关并归一化处理,得到每个时刻的局部同心度。若每个时刻的局部同心度越大,待测电缆接头在每个时刻对应的绝缘层分布均匀性越好;反之,待测电缆接头在每个时刻对应的绝缘层分布均匀性越差。

[0062] 在本发明实施例中也可通过其他基础数学运算构建边缘倾斜度与夹持压力差和局部同心差之间的相关关系,在此不做限定及赘述。

[0063] 需要说明的是,在本发明实施例中使用Sigmoid函数进行归一化处理,在本发明实施例中也可选择其他归一化的方法,例如函数转化等归一化方法,在此不做限定。

[0064] 局部同心度反映待测电缆接头局部位置的绝缘层分布均匀性,要分析待测电缆接头整体绝缘层分布均匀性,需要考虑检测周期内所有时刻的局部同心度。本发明实施例将检测周期内所有时刻的局部同心度的均值作为整体同心度;整体同心度越大,待测电缆接头在整体绝缘层分布均匀性越好。

[0065] 步骤S300:根据边缘整体波动度与整体同心度,获得电缆接头的厚度均匀检测结果。

[0066] 边缘整体波动度与整体同心度均反映待测电缆接头整体绝缘层分布均匀性,本实施例根据边缘整体波动度与整体同心度,得到绝缘均匀指标;根据绝缘均匀指标进行判断,获取电缆接头的厚度均匀检测结果。

[0067] 若边缘整体波动度越大,待测电缆接头的整体绝缘层厚度越不均匀;若整体同心度越大,待测电缆接头在整体绝缘层分布均匀性越好,因此,边缘整体波动度与绝缘均匀指标为负相关关系,整体同心度与绝缘均匀指标为正相关关系。在本发明实施例中,将整体同心度与边缘整体波动度的比值进行归一化处理,得到绝缘均匀指标。若绝缘均匀指标越大,待测电缆接头的绝缘层厚度越均匀,待测电缆接头的绝缘层厚度合格的可能性越大。

[0068] 在本发明实施例中也可通过其他基础数学运算构建整体同心度与边缘整体波动度和绝缘均匀指标之间的相关关系,如差值,在此不做限定及赘述。

[0069] 若绝缘均匀指标小于绝缘均匀阈值,待测电缆接头的绝缘层厚度均匀性较差,待测电缆接头的绝缘层厚度不合格;若绝缘均匀指标大于或者等于绝缘均匀阈值,待测电缆接头的绝缘层的均匀性较好,待测电缆接头的绝缘层厚度合格。

[0070] 需要说明的是,本发明实施例中绝缘均匀阈值取经验值0.6,实施者可根据具体情

况自行设置。

[0071] 以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的范围,均应包含在本申请的保护范围之内。

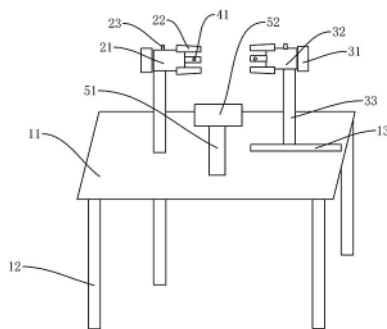


图 1

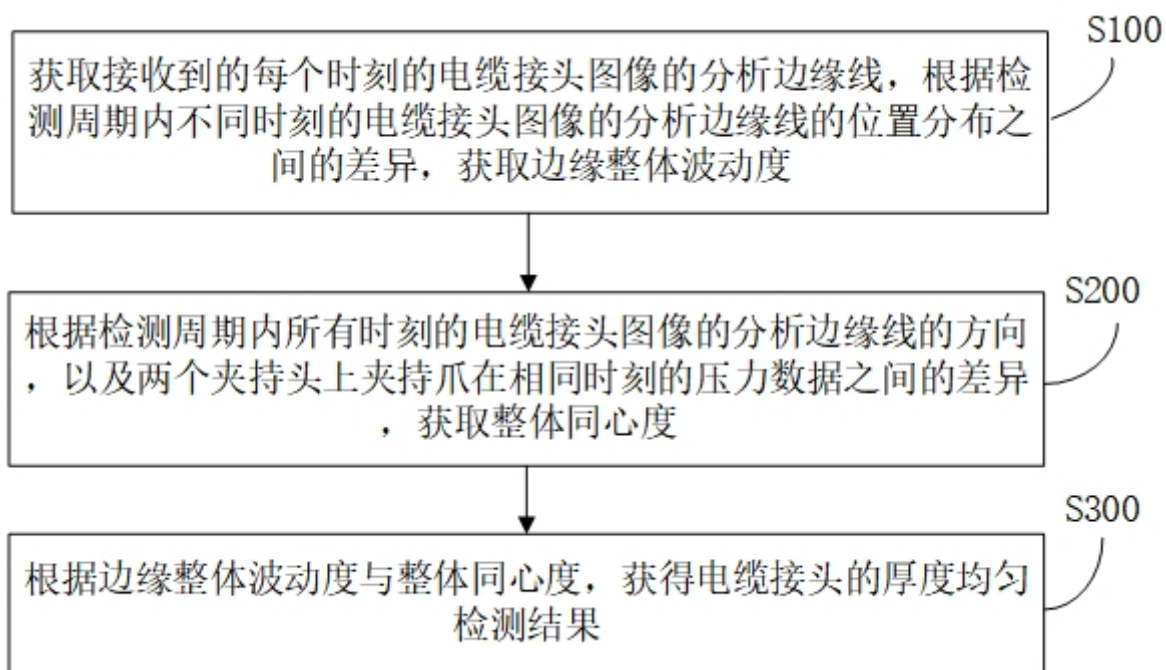


图 2