

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利说明书

(10) 申请公布号 CN 102854445 A

(43) 申请公布日 2013.01.02

(21) 申请号 CN201210396459.9

(22) 申请日 2012.10.18

(71) 申请人 上海市电力公司;华北电力大学(保定) 国家电网公司

地址 200002 上海市黄浦区南京东路 181 号

(72) 发明人 李莉 俞国勤 朱永利 邵宇鹰 宋亚奇 李坚

(74) 专利代理机构 上海信好专利代理事务所(普通合伙)

代理人 张妍

(51) Int. CI

权利要求说明书 说明书 幅图

(54) 发明名称

一种局部放电脉冲电流的波形特征
提取方法

(57) 摘要

本发明涉及一种局部放电脉冲电流的波形特征提取方法，包含以下步骤：采集变压器局部放电信号数据；对该局放信号进行脉冲波形信号的自动提取；对所提取的单个放电脉冲波形的各个微观特征参数进行计算；对局放脉冲波形微观特征参数进行特征空间降维。本发明能有效的在

连续采样波形信号中提取其微观特征；克服了目前数字式局放仪大多仅利用局放数据的宏观特征进行统计分析处理，不能完全充分利用获得的局放数据的不足；能够从采集数据中自适应的提取各种放电类型的单个放电脉冲波形，并通过改进的流形学习算法对波形微观特征进行有效降维，提取低维且有效的放电脉冲波形特征。

法律状态

法律状态公告日

法律状态信息

法律状态

权利要求说明书

1.一种局部放电脉冲电流的波形特征提取方法，其特征在于，该方法包含以下步骤：

步骤 1：随机选择若干个电压等级，在每个电压等级下采集若干个工频周期的变压器局部放电信号数据；

步骤 2：对上述步骤 1 中采集获得的变压器局放信号进行脉冲波形信号的自动提取；

步骤 3：对在步骤 2 中自动提取得到的单个放电脉冲波形的各个微观特征参数进行计算；

步骤 4：对在步骤 3 中获得的局放脉冲波形微观特征参数进行特征空间降维。

2.如权利要求 1 所述的局部放电脉冲电流的波形特征提取方法，其特征在于，所述的步骤 2 中，具体包含：

步骤 21：步骤 1 中采集获得的局部放电信号为离散时间序列，对其进行全局搜索，确定局部极大值点和局部极小值点在原离散时间序列中的位置，分别形成局部极大值的一维数组 IndMax 和局部极小值的一维数组 IndMin；

步骤 22：根据预先确定的幅度阈值 Th1，对步骤 21 中所得到的局部极大值的一维数组 IndMax 和局部极小值的一维数组 IndMin 进行过滤，剔除两组数组中低于幅度阈值 Th1 的离散点，过滤后的局部极大值的一维数组仍然记为 IndMax，局部极小值的一维数组仍然记为 IndMin；

步骤 23: 将步骤 22 中所得到的局部极大值的一维数组 IndMax 和局部极小值的一维数组 IndMin 进行合并, 对两组数组中的各极值点进行升序排序, 合并后形成一维数组 IndexM;

步骤 24: 对步骤 23 中所得到的的一维数组 IndexM, 计算相邻极值点的位置差, 得到一维数组 DiffIndexM;

;

其中, v 表示一维数组 IndexM 中共包含 v 个极值点;

步骤 25: 根据预先确定的距离阈值 Th2, 逐个判断步骤 24 中所得到的相邻极值点的位置差 DiffIndexM 中的各个数组值, 对于大于距离阈值 Th2 的数组值视为一次放电, 据此累计计算放电次数 PDSums, 同时记录各次放电脉冲最大值点幅值 PDMaxs 和此最大值点位置 PDIndexs; 其中 PDSums 为整型, PDMaxs 和 PDIndexs 均为一维数组, 大小为 PDSums;

步骤 26: 计算每次放电脉冲的起始位置和结束位置; 根据步骤 25 中的放电位置 PDIndexs, 结合原信号放电脉冲前后离散点的平稳、振荡小、幅值低等特点分别向放电位置前后搜索起始位置和结束位置, 分别记为一维数组 PDStarts 和 PDEnds, 大小为 PDSums;

步骤 27: 由步骤 26 所得波形起始位置 PDStarts 和结束位置 PDEnds, 结合步骤 1 的原始波形信号即可获得各次放电脉冲波形的离散序列值。

3.如权利要求 2 所述的局部放电脉冲电流的波形特征提取方法, 其特征在于, 所述

步骤 3 中，单个放电脉冲波形的各个微观特征参数包含：

脉冲极性：根据放电相位分为正脉冲和负脉冲；

峰值：最大放电电流，即脉冲波形的最大幅值；

脉冲上升时间：脉冲第 1 个波形的峰值从 10% 上升到 90% 的时间；

脉冲下降时间：脉冲第 1 个波形的峰值从 90% 下降到 10% 的时间；

脉冲宽度：脉冲波形峰值 50% 处的两点之间的时间间隔；

脉冲持续时间：从脉冲波形上升时间开始到基本没有振荡为止的时间；

10% 幅值脉冲持续时间：脉冲波形峰值 10% 处的两点之间的时间间隔；

脉冲包络类型：计算脉冲波形包络，分别与单指数衰减波形、单指数振荡衰减波形、双指数衰减波形、双指数振荡衰减波形进行匹配，继而确定脉冲包络类型；

放电信号能量分布：对脉冲波形利用 FFT 进行频谱分析；

脉冲衰减时间：从脉冲峰值的 90% 下降到峰值 10% 的时间；

多个脉冲突发持续时间：一次放电波形中多个波峰持续时间；

脉冲均值：平均放电电流，即，为脉冲波形离散序列点数；

脉冲绝对均值：放电电流绝对值的均值，即，为脉冲波形离散序列点数；

脉冲均方根值：放电电流有效值，即，为脉冲波形离散序列点数；

脉冲方差：，为脉冲波形离散序列点数；

脉冲峰值因数：；

脉冲波形因数：。

4.如权利要求 3 所述的局部放电脉冲电流的波形特征提取方法，其特征在于，所述步骤 4 中，具体包含以下步骤：

步骤 41：基于改进的 k 邻接算法构造特征邻域图；

步骤 42：计算脉冲波形最短距离矩阵；

对步骤 41 获得的有效邻接图，调用图的最短路径算法来估计任意点对之间的最短路径距离，并以此作为点对在流形上的测地线距离的估计，从而得到样本最短距离矩阵；

步骤 43：基于有监督的线性降维方法的数据降维与特征提取。

5.如权利要求 4 所述的局部放电脉冲电流的波形特征提取方法，其特征在于，所述的步骤 41 中，具体包含：

步骤 411：假设步骤 2 中获得的放电脉冲波形为 n 个，即样本总数为 n ，则得到数据矩阵，其中列向量，为由步骤 3 提取的单个放电脉冲波形微观参数构成的 17 维向量；

由数据矩阵计算其欧式距离矩阵，确定经典邻接图；

步骤 412：对邻接图 G 中的边进行短路边筛选；通过构建向量-区域来鉴别短路边；假设对于任意的两个点 p_i, p_j ，以向量为轴，以 r 为半径构成的圆柱形区域定义为向量的 r -区域；对于点 p_i ，其已知邻居节点计为 N_i ，分别计算的 r -区域，如果某个向量的 r -区域包括的样本点数量少于给定阈值，则认为向量为短路边，于是从的邻接图中去除；

步骤 413：对每个高维局部重复步骤 412，即可得到更接近真实高维局部几何特征的邻接图。

6.如权利要求 5 所述的局部放电脉冲电流的波形特征提取方法，其特征在于，所述的步骤 43 中，具体包含：

步骤 431：假设步骤 1 获得的原始局部放电类型分为 C 类，属于 D 维空间，为微观特征参数的个数；假设步骤 2 获得的脉冲波形样本总数为 N ；对每种局放脉冲波形类型，应用步骤 41 和步骤 42，得到各自的样本最短距离矩阵；

步骤 432：计算步骤 431 所得各样本矩阵的参数；各类样本均值向量、各样本类内离散矩阵；以及计算总体样本矩阵参数，包括：总体样本均值向量、总类内离散度矩阵、各样本类间离散度矩阵；

步骤 433：为步骤 431 所得每一类寻找一个投影方向，使得各投影间的距离最大，

即使得下式最大化：

；

步骤 434：对步骤 431 所得每一类进行步骤 433 获得的方向进行投影，得到低维投影作为降维后的脉冲波形的特征值。

说明书

<p>技术领域

本发明涉及一种局部放电脉冲电流波形特征提取方法，适用于基于高速采样的数字式局放仪；属于变压器局部放电检测与模式识别技术领域。

背景技术

电力变压器是电力系统中最重要及最昂贵的设备之一，其安全运行的意义重大。在现场运行中，局部放电是导致电力变压器绝缘劣化的重要原因之一，特别是随着电力设备容量、电压等级不断增大的情况下，这个问题更为严重。局部放电的检测和模式识别是目前电力变压器绝缘状态检测的重要手段。

局部放电检测是以发生局部放电时产生的电、光等现象为依据，通过能表述该现象的物理量来表征局部放电的状态。因此相应的出现了多种局部放电（局放）检测的方法，其中脉冲电流法是目前国际上唯一有标准的局放检测方法，所得到的数据具有可比性，目前是不可代替的。当前所研制的交流局部放电检测装置与识别系统中，当利用脉冲电流进行特征提取时，大都采用局放信号的宏观特征作为模式识别的判断依据。即基于单种放电模型构造样本数据，再将数据转换为各种基于相位窗的放电图谱，主要有最大放电量相位分布、平均放电量相位分布、放电次数相位分布及三维放电图谱 $q-n$ 等；然后对各放电图谱利用 6~8 个统计算子计算出 37 个左右的放电指纹并存储在系统的数据库中。在使用局放仪在现场对变压器进行测试时，现有的数字式局放仪对测得的局放数据按照上述流程进行处理，取得放电指纹后与数据库中的放电模式进行对比，从而判断局放的放电模式。这些放电指纹均来自于局放波形信号的整体宏观特征，缺失了波形信号诸多的微观特性，没有完全充分利用所获得的局放信号数据，因此现有数字式局放仪大都只能对放电类型进行大致的分类识别，模式识别结果不够精确。

在微观特征较少被业界采用的原因除了受通道带宽和采样率等硬件条件限制外，还有一个主要原因是目前缺乏在连续的采样信号中快速有效地提取放电脉冲信号微观特征的方法。另外，微观特征参数数量较多且零散，将其直接作为局放特征量进行模式识别的效果不太理想。目前，随着硬件条件（通道带宽和采样频率）的提高，已经基本具备了对脉冲信号微观特征分析的可能性，急需一种快速有效地提取放电脉冲信号微观特征的方法。

发明内容

本发明的目的在于提供一种局部放电脉冲电流的波形特征提取方法，能有效的在连续采样波形信号中提取其微观特征；克服了目前数字式局放仪大多仅利用局放数据的宏观特征进行统计分析处理，不能完全充分利用获得的局放数据的不足；能够从采集数据中自适应的提取各种放电类型的单个放电脉冲波形，并通过改进的流形学习算法对波形微观特征进行有效降维，提取低维且有效的放电脉冲波形特征。

为了达到上述目的，本发明提供一种局部放电脉冲电流的波形特征提取方法，具体包含以下步骤：

步骤 1：随机选择若干个电压等级，在每个电压等级下采集若干个工频周期的变压器局部放电信号数据；

步骤 2：对上述步骤 1 中采集获得的变压器局放信号进行脉冲波形信号的自动提取；

步骤 3：对在步骤 2 中自动提取得到的单个放电脉冲波形的各个微观特征参数进行计算；

步骤 4：对在步骤 3 中获得的局放脉冲波形微观特征参数进行特征空间降维。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/548136077023007001>