

基于智能算法的低压配电网故障诊断方法

李若冰

(国网江苏省电力有限公司镇江供电分公司, 江苏 镇江 212000)

摘要 电力系统作为国民生活的重要生活部分, 其安全意义重大。由于低压配电网设备对预防性维护的需求过大, 因此迫切需要一个更可靠、更健壮的智能系统。到目前为止, 由于设备的不同特点, 已开发的智能系统只能用于特殊用途的低压配电网设备。本文阐述了低压配电网故障诊断方法, 以及低压配电网故障诊断体系的构造方法。以模糊c均值聚类(FCM)为例, 应用于低压配电网设备状态的分类, 给出了基于智能算法的低压配电网故障诊断方法。算法能够很好地处理和计算典型背景下的低压配电网故障点图像, 具有通用性和较强的鲁棒性。

关键词 低压配电网 故障诊断 安全风险评估 智能算法

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)05-0022-03

电力系统故障诊断的意义在于了解该系统当前或将来发生问题的位置, 并对这些问题提出合理的应对措施^[1]。评估过程比较复杂, 大致可分为三部分^[2]。一是电力系统故障诊断指标的确定; 二是电力系统故障诊断体系的构造; 三是电力系统故障诊断方法的确定。除此之外, 作为交叉学科理论的神经网络也是电力系统故障诊断的重要应用理论。本文将模糊c均值聚类(FCM)为基础, 诊断低压配电网的故障。

1 传统低压配电网故障诊断方法

有几种方法可以用来提高低压配电网的检验质量, 这些方法包括检测设备的技术以及检验方法^[3]。由于对低压配电网的预防性维护和状态监测的需求越来越受到重视和关注, 因此需要一种可靠和快速的分析工具来进行故障诊断。以下方法以提高低压配电网设备检查和状态监测的质量, 特别是在评估低压配电网可靠性时。

1.1 高分辨率红外相机的先进技术

影响检验质量的主要因素是红外热成像设备本身^[4]。红外热像仪以其高精度、高灵敏度的成像特性, 越来越受到人们的重视, 成为电网预防性维修的一种重要手段。红外探测器制造工艺的进步极大地提高了产量和质量, 同时降低了生产成本。然而, 检测的质量与图像的分辨率有关。分辨率差会导致检测图像的判读不好。因此, 为了更准确、更实时地解释数据, 建议在红外摄像机上使用最新技术。除了分辨率外, 现代红外热像仪还具有很高的热灵敏度, 在某些产品中, 红外热像仪还可以调整屏幕上的数据测量值, 如物体发射率、温度等。

1.2 高分辨率连续监测

采用连续热成像技术, 可提供额外的能量进行周期性热检, 尤其关系到电网设备的耐久性^[5]。由于故障随时可能发生, 因此连续热监测有其优势。此外, 它不依赖于操作员, 也不依赖于定期检查, 特别是在严重过载期间。另外, 实时监控可以在异常发生时对信号或警报发出警报, 因此可以同时采取适当的措施。除此之外, 与现有的监控和数据采集系统的集成将实现实时远程监控, 而无需单独的系统或报告, 这实际上是定期热工检查无法实现的。

1.3 准确的故障诊断方法

有多种技术可用于通过定性检测图像分析来确定电网设备的热严重性^[6]。其中一项技术是通过确定每个电网设备的实际最高温度并根据标准评估其状况来进行直接解释。最高温度由指定选定区域内的最高像素值。然而, 这种技术有时会产生误导, 这是因为电网设备的温度会受到环境温度不同程度的影响。因此, 还必须考虑与环境温度不同的相对温度。计算直方图或直方图距离是另一种可用于两个物体之间的相似性。在这种情况下, 计算每个区域的直方图并与其他区域进行比较。另一种推荐的方法是分析分割区域的梯度。利用梯度分析技术的一个优点是可以识别电网设备中热点的来源, 所有这些参数都可以作为输入特征的决策过程。电网设备检测通常可用于比较相似设备之间的故障, 但可能需要显示故障的严重程度。系统的故障诊断往往依赖于对满载发热点的预测和设备在该温度下的耐久性。由于需要预测系统满负荷运行时的最高温度, 因此必须探索预测设备可靠性和使用寿命的新方法。

2 智能算法的低压配电网故障诊断方法

2.1 智能算法

无论是对低压配电网设备故障检测图像的定性分析还是定量分析,大部分可用的分类方法都是对检测图像进行定量分析,可以较好地应用于低压配电网设备状态的分类。模糊c均值聚类(FCM)学习数据的复杂输入输出关系,用于低压配电网设备故障的学习和分类。在众多智能算法中,模糊c均值聚类(FCM)的多层感知器模型由于灵活性强,计算速度快,鲁棒性强的独特优点得到了广泛的应用。

由于模糊c均值聚类(FCM)是一种广泛应用的数据分类工具,因而还可以用来确定电网设备的状态。它还是一种学习系统,它利用高维特征空间中线性函数的假设空间来直接估计决策面(不是建模训练数据的概率分布),并将模糊决策方法应用于电网设备状态分类。

采用模糊c均值聚类(FCM)对低压配电网故障进行检测和分类,能够实现90%的故障分类,并带有760多个测量的测试数据集,其图像配准方法和用于监测低压配电网设备热异常的图像匹配调整算法。图像配准方法分为三个步骤:首先,基于(区域)灰度相似性的方法,通过一个相似性度量来选择这类方法,用时间作为两幅图像相似性的度量。其次,基于傅里叶变换算法的相位相关图像变换。最后,对图像进行匹配。在检测到目标设备的图像后,将该图像与相似模板进行比较,从而进行去噪并检查仪器状况。

模糊c均值聚类(FCM)算法是在c均值聚类算法模型的基础上发展起来的。最大的区别是为成员资格 u_{ij} 指定一个权重值m。FCM的数学推理过程和聚类过程如下:

FCM聚类初始函数如公式(1)所示:

$$\min J_m(U, C) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c u_{ij}^m d_{ij}^2 \quad (1)$$

关系如下公式(2)所示:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n &= 1, 1 \leq j \leq n \\ u_{ij} &\in [0, 1], 1 \leq j \leq n, 1 \leq i \leq c \\ 0 < \sum_{j=1}^c u_{ij} &< n, 1 \leq i \leq c \end{aligned} \quad (2)$$

在初始函数中,一般权重因子 $M > 1$ 。为了找到目标函数的最优解,推理过程如下:

为了获得最优解,可以利用极值的约束条件,在拉格朗日函数的条件下可以构造求解最小值的函数。设拉格朗日函数为公式(3)所示:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c u_{ij}^m d_{ij}^2 + \sum_j \lambda \left(\sum_i u_{ij} - 1 \right) \quad (3)$$

由于 $\sum_{i=1}^c u_{ij} = 1$,因此,新添加的部分为0,但这不影响初始功能。在拉格朗日函数 λ 和 u_{ij} 中,隶属度可由计算公式(4)获得:

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{r=1}^c \left[\frac{d_{ij}(k)}{d_{rj}(k)} \right]^{\frac{2}{m-1}}}, \forall j, r, d_{rj}(k) > 0 \quad (4)$$

其中k表示第k次迭代。

计算第k个聚类中心的数学公式如(5)所示:

$$C_i(k+1) = \frac{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m(k) x_j}{\sum_{i=1}^n u_{ij}^m(k)} \quad (5)$$

求解目标函数的最优解是一个重复的过程。每次获得隶属度矩阵和聚类中心矩阵时,需要比较两个聚类中心之间的距离,如公式(6)所示。

$$\|C^{(k+1)} - C^{(k)}\| \leq \varepsilon \quad (6)$$

只有当两个聚类中心之间的距离小于预先设置的终止标准值时,迭代才会结束,否则迭代解将继续。

初始化聚类类别C的数量,其中 $2 \leq C \leq n$,C的值一般根据经验值确定。设置初始模糊分类矩阵R(0)并按照以下步骤依次迭代,其中 $I=0,1,2,\dots,n$ 是迭代次数,N是数据集中划分的数据数。

对于R(1),计算聚类中心矩阵,其中,根据公式(7):

$$V_i^{(I)} = \frac{\sum_{K=1}^N (r_{ik}^{(I)})^q u_k}{\sum_{K=1}^N (r_{ik}^{(I)})^q} \quad (7)$$

调整模糊分类矩阵 $R(1)$ 以获得 (8) :

$$r_{ik}^{(j+1)} = \frac{1}{\left\{ \sum_{j=1}^c \left[\left(\frac{u_k - V^{(l)_i}}{u_k - V^{(l)_j}} \right)^{\frac{2}{q-1}} \right] \right\}} \quad (k=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,c) \quad (8)$$

聚类结果: 借助聚类中心矩阵 V , 模糊分类矩阵 R^* 如公式 (9) 所示。

$$R^* = \begin{bmatrix} r_{11}^* & r_{12}^* & \dots & r_{1n}^* \\ r_{21}^* & r_{22}^* & \dots & r_{2n}^* \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1}^* & r_{m2}^* & \dots & r_{mn}^* \end{bmatrix} V^* = (V_1^*, V_2^*, \dots, V_c^*)^T \quad (9)$$

模糊聚类算法不同于传统的推荐算法。建立用户组数据库, 查找指定用户, 分析指定用户感兴趣的内容, 然后提出建议。根据类似客户的综合比较信息对某一内容进行评价, 形成新的体系, 分析指定用户对某一信息的理解和兴趣, 判断是否推送。由于低压配电网故障诊断有很多推荐内容, 因此模型框架的设计需要同时结合多种推荐技术。

首先将数据集转换为矩阵形式, 接着用算法对矩阵进行分类, 然后用模糊聚类算法填充数据, 最后找到目标用户的最近邻, 并用协同过滤算法生成最近邻集。上述基于聚类的实时策略为聚类, 并在矩阵上进行最近邻搜索。除了用户评分矩阵外, 还可以使用项目属性。使用这些信息可以有效地提高系统的准确性。分层聚类算法模拟树结构, 通过多次迭代, 所有采样点形成树结构。选择树的节点作为聚类结果非常方便。目前, 有两种层次聚类算法, 即分裂聚类算法和聚合聚类算法。

算法能够很好地处理和计算典型背景下的低压配电网故障点图像, 具有通用性和较强的鲁棒性。然而, 低压配电网图像的 SIFT 特征选择和提取是一个难点。此外, 使用图像的高级特征获取故障点速度慢, 处理时间长。通过对低压配电网结构特征的深入观察和分析, 提出了提取低压配电网故障点外轮廓并计算外轮廓几何中心线的方法。通过计算几何中心线沿直线和垂直于直线的倾角, 并结合三角形法计算的倾角, 计算结果准确, 处理速度快, 处理时间短。该算法的目的是准确识别和检测图像中的异常, 以满足故障诊断的需要。

2.2 智能诊断系统

由于低压配电网设备对预防性维护的需求过大, 迫切需要一个更可靠、更健全的智能系统。到目前为止,

由于设备的不同特点, 已开发的智能系统只能用于特殊用途的低压配电网设备。因此, 必须设计和开发一个智能系统模型, 以适应故障点成像质量问题。基于模糊逻辑的专家系统属于智能诊断系统, 该系统可以提取电网设备检测图像中的主要特征, 并建议适当的维护措施。对于在室外进行的检查, 拍摄的图像通常会受到噪声的影响。因此, 选取的算法需要能够解决这些问题, 所开发的模型应能适应各种因素(包括风速、电气负荷变化、环境空气温度、电阻等的影响)的复杂相互作用, 并能为未来的扩展提供支持。

基于自顶向下方法的目标识别方法是最佳选择之一。通过假设低压配电网设备红外图像中的所有物体都是重复结构, 识别出感应区域。通过检测每个目标的局部特征, 并对每个目标相似的特征进行分组来进行分类。采用尺度不变特征变换算法进行图像分割, 通过识别重复结构的区别特征, 描述特征并匹配每个特征, 以检测图像中的相似对象。这里, 尺度不变特征变换算法是在一幅图像中而不是在两幅图像之间匹配和配对显著的相似特征。最后, 在具有一组匹配特征之后, 这些特征集合被分组并且可以提取重复结构的区域。该分割技术具有良好的识别效果和重复目标检测。目前, 这种技术只适用于外形非常相似的低压配电网设备。

3 结语

本文将智能算法应用到低压配电网故障诊断问题中, 从数据的角度客观地反映了诊断情况。与其他低压配电网故障诊断方案相比, 该评估模型适用范围更广, 操作更方便。

参考文献:

- [1] 毋俊杰. 电力通信网主干电路安全风险评估的研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2007.
- [2] 戴祖峰. 基于 BS7799 的安全风险评估系统的研究及设计实现[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2004.
- [3] 舒凡娣, 谢嘉晟, 廖晓娇, 等. 结合粒子群算法和穷举法的配电网故障诊断方法[J]. 陕西电力, 2019, 47(01): 94-99.
- [4] 同 [3].
- [5] 岳春玉. 基于小波-神经网络的电路故障诊断方法的研究[J]. 电子制作, 2019(11): 88-89, 95.
- [6] 张开延, 潘杨, 姜季朝. 基于 ANP-SVM 算法的智能变电站过程层网络故障分类[J]. 计算机与现代化, 2019(07): 72-77, 103.