

基于红外技术的电气设备绝缘自动检测研究

孙 猛¹ 通讯作者, 孙 进², 王大伟¹

(1.赤峰工业职业技术学院, 内蒙古 赤峰 024000; 2.赤峰学院附属医院, 内蒙古 赤峰 024000)

摘 要:传统的电气设备绝缘检测方法存在漏检和误检的情况,导致检测精度低。为提高电气设备绝缘检测的精度,本文提出了一种基于红外技术的电气设备绝缘自动检测方法。首先使用红外热像仪来获取电气设备的红外图像,然后对红外图像进行预处理,转换为灰度图像;采用二值化方法来去除灰度图像中的噪声,得到目标区域;再对红外图像进行增强,提高目标区域的清晰度;最后建立了温度与灰度之间的映射关系,采用相对温差法得到了红外图像的高温区。完成了基于红外技术的电气设备绝缘自动检测方法的设计。

关键词:红外技术;电气设备;绝缘检测

【DOI】10.12231/j.issn.1000-8772.2020.33.193

随着社会经济的不断发展,居民和企业对供电的需求不断增加,城市对供电提出了更高的要求。作为电力系统的基础设施,电力设备的稳定性极其重要。绝缘性能是决定电气设备安全运行的重要依据。良好的绝缘可以为电气设备的安全运行提供优良的运行环境^[1]。对电气设备的绝缘状况进行定期检测,了解电气设备的运行状态,为电力系统改进优化升级打下良好的基础。但是,传统的电气设备绝缘检测方法容易漏检或误检,存在一定的局限性,需要进一步优化研究^[2]。红外技术作为一种相对成熟的技术,其优点多,在维修领域应用广泛。利用红外技术对电气设备进行测试,通过红外光谱获得电气设备的温度变化,从而发现电气设备的故障和设备的异常情况。通过红外技术检测到常见的绝缘问题,本课题提出了一种基于红外技术的电气设备绝缘自动检测方法。

1 电气设备自动绝缘检测总框架设计

电气设备绝缘自动检测方法的设计是基于红外技术,电气设备的红外图像是通过红外热成像仪获得的彩色图像转换为灰度图像,然后使用二进制灰度图像去噪方法,最初目标区域和背景区域是分

开的,红外图像的增强进一步区分目标区域和背景区域,提高目标区域的明确性,通过建立温度和灰度之间的映射关系,不同温度下出现在不同的灰度,最后提取红外图像的高温区域,得到存在绝缘问题的位置,实现了基于红外技术的电气设备绝缘自动检测方法的设计。

2 红外图像预处理

用红外成像仪获取电气设备的红外图像,由于红外图像是彩色的,所以每个像素点都是由红色(R)、绿色(G)和蓝色(B)三个通道组成,可以从每个通道中的255个灰度值进行选择。得到电气设备的红外图像后,采用格式转换关系方法,根据一定的规则,转换彩色图像为灰度图像,也就是进行灰度处理。具体流程如下:

根据RGB格式和YUV格式之间的转换关系,图像的亮度作为灰度值:

$$G_{\text{rgb}}=0.299R+0.587G+0.144B \quad (1)$$

在公式(1)中, G_{rgb} 代表灰度值。RGB格式和YUV格式之间的转换关系如下面公式所示(2):

$$[Y \ U \ V]=[R \ G \ B] \begin{bmatrix} 0.299 & -0.148 & 0.615 \\ 0.587 & -0.289 & -0.515 \\ 0.114 & 0.437 & -0.100 \end{bmatrix} \quad (2)$$

通过公式(2),对彩色图像进行灰度处理,从而得到灰度图像。

3 电气设备红外图像去噪

图像中有一些噪声,应该将其去除。根据灰度图像中每个像素的灰度值与其阈值之间的关系,采用二值化方法去除图像中的噪声。具体流程如下:

灰度图像的二值化处理函数如公式(3)所示:

$$g(x,y)= \begin{cases} 0, f(x,y) \leq O \\ 1, f(x,y) > O \end{cases} \quad (3)$$

在公式(3)中,O代表灰度阈值,f(x,y)表示灰度图像中(x,y)像素的灰度值,g(x,y)表示灰度图像中(x,y)像素经过二值化处理后的结果。利用一定的灰度阈值,将整个灰度图像分割为前景和背景,已达到前景和背景的方差最大,将目标区域与噪声区域分离开来的目的。采用OTSU方法来对阈值进行确定,步骤如下:

对于带有L像素的灰色图像,首先,假设初始阈值是t,根据灰度值的大小,来划分前景 $C_1=\{t+1, t+2, \dots, 255\}$ 和背景 $C_2=\{0, 1, \dots, t\}$ 中的灰度图像;其次,将灰度图像中每个灰度值的总次数进行计算。具有 $N=\{n_0, n_1, n_2, \dots, n_{255}\}$ 灰度值的像素出现在灰度图像中的概率 $P(i)$ 为:

$$P(i) = \frac{n_i}{L} \quad (4)$$

在公式(4)中, n_i 表示具有灰度值i的像素点的个数。对像素在前景和背景中下落的灰度值的概率进行计算,如公式(5)和公式(6)所示:

$$\omega_1 = P(C_1) = \frac{1}{L} \sum_{i=0}^t n_i \quad (5)$$

$$\omega_2 = P(C_2) = \frac{1}{L} \sum_{i=t+1}^{255} n_i \quad (6)$$

在这个基础上,进行前景和背景中的像素灰度均值 μ 的计算,如公式(7)和公式(8)所示:

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=0}^t i n_i}{\sum_{i=0}^t n_i} \quad (7)$$

$$\mu_2 = \frac{\sum_{i=t+1}^{255} i n_i}{\sum_{i=t+1}^{255} n_i} \quad (8)$$

前景和背景的类型方差计算如公式(9)和公式(10)所示:

$$s_1^2 = \sum_{i=0}^t \left[\frac{P_i}{\omega_1} (i - \mu_1)^2 \right] \quad (9)$$

$$s_2^2 = \sum_{i=t+1}^{255} \left[\frac{P_i}{\omega_2} (i - \mu_2)^2 \right] \quad (10)$$

当阈值为t时,灰度图像的类型方差可表示为公式(11)。

$$S^2 = \omega_1 s_1^2 + \omega_2 s_2^2 \quad (11)$$

最后,利用遍历获得最佳阈值 t_0 ,可以最大化 s^2 , t_0 且应满足式(12)。

$$s^2(t_0) = \max[s^2(t)] \quad (12)$$

通过以上步骤,将目标区域与噪声区域分离,实现图像的去噪。

4 增强电气设备绝缘红外图像

在去除电气设备红外图像中的噪声后,通过自适应增强来增强图像。图像增强的主要部分是目标区域灰度值接近背景区域灰度值的这部分区域。通过线性拉伸目标区域,可以对目标区域改进。自动

获得两个阈值,较低的阈值 t_1 是目标区域和背景区域的较暗部分,较高的阈值 t_2 是目标区域和较亮区域的较暗部分。在 $[t_1, t_2]$ 区域的灰度值被拉伸,为增强图像的对比度,其他区域被压缩。具体实施过程如下:

采用实时阈值提取方法计算阈值边界点。将图像的最小灰度级设置为 \min ,图像的最大灰度级设置为 \max ,然后根据公式(13)找到 $k(i)$ 的最大值。

$$k(i) = \frac{l(i) - l(\min)}{i - \min}, i \in [\min, \max] \quad (13)$$

在公式(13)中, $l(i)$ 表示i所对应的像素数, $l(\min)$ 表示 \min 所对应的的像素数。所得到的最大值对应的灰度值 B_p 即为背景峰值对应的灰度值。但是,如果直接取 B_p 作为下限值,会有计算误差,所以要进行调整,避免背景区域无缘无故的增强。

由于要增强的部分主要是目标区域的暗部,因此上阈值的值为图像的平均灰度值与最大灰度值之间的灰度值。计算公式如式(14)所示:

$$t_2 = \frac{\text{sum}(a(i,j))}{\text{count}} \quad (14)$$

在公式(14)中, $a(i,j)$ 表示电气设备灰度图像的灰度值,其中 $a(i,j) > t_1$,且 count 表示表示电子设备的灰度图像的灰度级大于相应像素 t_1 的和。

确定上下阈值后,对电气设备的红外图像进行实时拉伸压缩,由式(15)实现:

$$a'(i,j) = \begin{cases} (a(i,j) - t_1) * k + t_1 & t_1 < a(i,j) < t_2 \\ a(i,j) & a(i,j) > t_2 \\ 0 & a(i,j) < t_1 \end{cases} \quad (15)$$

其中, $a(i,j)$ 表示原始电气设备红外图像的灰度值, $a'(i,j)$ 表示对电气设备进行实时增强改造的红外图像的灰度值,其中 k 表示调整参数。通过式(15),增强了电气设备的红外图像。

5 电气设备红外图像高温区域的提取

在对电气设备进行红外图像增强之后,将红外图像中的高温区域提取出来。电气设备的放电强度高的位置和浓度高的位置会存在绝缘问题,从而产生高温点。高温区域作为目标区域,采用相对温差法来进行提取。通过两个对应测点之间的温度差值与较热测点温升的比例,计算得到百分比,即:

$$\delta_t = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} \times 100\% = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_0} \times 100\% \quad (16)$$

式(16)中, $\tau_1 - \tau_2$ 表示发热点的发热, $T_1 - T_2$ 表示电气设备处于正常绝缘状态的发热, T_0 表示电气设备的环境温度。在正常情况下,当 $\delta_t > 35\%$,测点可以认为是一个高温区域。当电气设备的绝缘状态出现问题时,无论是电流泄漏还是放电,都会出现高温现象。

到目前为止,已经完成了基于红外技术的电气设备绝缘自动检测方法的设计。

参考文献

- [1]XU Zhen, ZHANG Zhiqing, JIAO Yang, et al. Analysis of Abnormal Breakdown of Current Transformer Exterior Insulation Discharge[J].Electric Safety Technology, 2019, 21(07): 24-26.
- [2]ZHANG Qian, WANG Jianping, LI Weitao. Insulator State Detection of Convolutional Neural Networks Based on Feedback Mechanism [J].Transactions of China Electrotechnical Society, 2019, 34(16): 3311-3321.
- [3]GUAN Hongmei, LIU Yue. Simulation of External Insulator Image Fault Detection of High Voltage Electrical Equipment[J].Computer Simulation, 2018, 35(03): 275-278, 331.

通讯作者:孙猛(1988-),女,内蒙古人,讲师,工学硕士,主要从事检测技术、职业教育研究。