

Segmentation of UV Images in Smart Grid

Qiqi Mao, Wen Yu, Hong Wen

National Key Laboratory of Science and Technology on Communications, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu

Email: mqqstarry@sina.com

Received: Mar. 20th, 2014; revised: Apr. 4th, 2014; accepted: Apr. 11th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In recent years, Smart Grid has become the focus of worldwide attention. In Smart Grid environment, detecting insulated hazards of high voltage electrical equipment automatically and warning early is of great help in finding and troubleshooting the faults. It guarantees the enterprise production and operation correctly. The article analyzes the image processing method in detection of high voltage electrical equipment corona discharge by UV imaging technology, studies the image segmentation technology and uses it to split the corona and arc discharge area, in order to repair and maintain the power system, providing support for the informatization, automation and mutualism of Smart Grid.

Keywords

Smart Grid, UV Imaging, Imaging Processing

智能电网中的紫外成像图形分割

毛祺琦, 喻文, 文红

电子科技大学通信抗干扰国家级重点实验室, 成都

Email: mqqstarry@sina.com

收稿日期: 2014年3月20日; 修回日期: 2014年4月4日; 录用日期: 2014年4月11日

摘要

近年来, 智能电网已成为世界范围内的关注重点, 而在智能电网环境中, 如何智能化地对高压电气

设备进行绝缘隐患检测分析并提早预警，有助于在故障早期及时发现和排查这些隐患，保障企业生产、运营工作正常进行。文章对紫外成像技术对高压电气设备电晕放电检测中的图像处理方法进行分析，对图像处理中的图像分割技术进行了研究，通过图像分割技术分割出电晕电弧放电区域，从而达到对电网系统进行检修维护的作用，为实现智能电网信息化，自动化和互动化提供了强有力的支撑。

关键词

智能电网，紫外成像，图像处理

1. 引言

智能电网实现了传统电网的升级换代[1][2]，满足人们对供电可靠性和电力资源质量越来越高的要求，和对新型发电技术，如太阳能发电的需求。中国的智能电网和其他国家又有所差别[3]。国外智能电网更关注配电领域，而我国却更关心输电网领域，着重于保证电网的安全可靠和稳定，提升驾驭大电网的安全运行能力。而随着我国智能输电线路的建设推进，人工监测输电线路的状态越来越不可实现，因此使用计算机和智能设备进行全自动图像/视频监测和分析应运而生，其中对输电线路和变电站电气设备的老化和绝缘性能下降的监测尤为重要。

紫外成像技术是目前较为成熟的高压设备表面放电的检测技术，具有许多独特的优点，已经逐渐成为实质性的应用工具。对紫外成像仪产生的检测图像进行处理，需要对图像特征进行分析，可以得到电气设备表面电晕电弧放电的具体信息，对局部放电现象进行计算机的自动观察和监测，有助于在故障早期及时发现和排查这些隐患，保障企业生产、运营工作正常进行。本论文对图像处理中的图像分割技术进行了研究，通过图像分割技术分割出电晕电弧放电区域，以实现电晕电弧放电的准确判断。

2. 紫外成像技术简介

2.1. 电弧电晕放电检测

随着电网规模的不断扩大、电力系统负荷的不断提高，高压电力系统设备的故障、损坏情况越来越多，因此，对其预防性的维护要求也不断提高。输电线路和高压变电站设备在大气环境下工作，随着其绝缘性能的降低或结构缺陷的出现[4]，线路和电气设备会产生局部表面电晕放电和电弧放电现象。对输电线路和电气设备进行电晕电弧放电检测，能够及时掌握其绝缘劣化状况，在严重事故发生之前就可以进行避免。电气设备放电过程中，电晕电弧放电部位将向外辐射大量紫外线。这样，通过紫外检测便可以间接评估运行设备的绝缘状况，及时发现和预警绝缘设备的缺陷[5]。

2.2. 紫外成像检测原理

高压设备绝缘损坏时会发生电离放电，根据电场强度的不同，会产生电晕、闪络或者电弧。在放电过程中，空气中的电子不断获得和释放能量，而当电子释放能量(即放电)时，变会辐射出可见光波、紫外线、电磁辐射等。由于可见光波段在强烈的电弧放电阶段才会出现，且容易受到外界环境影响，因此难以进行检测。与此同时，紫外线的波长范围是 10~400 nm，而太阳辐射到地球表面的紫外线通过臭氧层吸收之后，实际到达地面的紫外线波长几乎都在 280 nm 以上，因此 280 nm 以下的波长区间被称为“太阳盲区”。空气中氮气电离时产生的紫外线波长范围也在 280~400 nm 范围内，极少一部分低于 280 nm。因此在地面高压设备附近检测到位于“太阳盲区”范围内的紫外线，基本可以判定为因绝缘损坏产生的放电现象造成的紫外辐射。紫外成像技术便是根据这个原理，通过特殊的仪器接收放电产生的紫外线信

号，经处理后成像并与可见光图像进行重叠获得双光谱图像，达到确定放电位置和强度的目的。

紫外成像仪的工作原理如图 1 所示。成像仪有两个通道，一个为设定截止波长不高于 280 nm 的紫外线通道，用于检测电晕电弧放电形成放电的图像；另一个为可见光通道，用于拍摄实际设备环境图像。两幅图像进行重合之后，便可以在一副图像中观察到产生电晕电弧放电的高压设备位置，方便进行预警和维护。

2.3. 紫外成像技术的优点

具有截止波长少于 280 nm 的紫外成像仪统称为日盲型紫外成像仪，其不受太阳辐射的影响，在白天黑夜均可以进行工作，且不受环境温度的影响。与红外成像检测相比[6] [7]，它能更早的发现绝缘隐患，而红外技术往往在安全隐患发展到一定程度才能进入其检测范围。与此同时，紫外成像仪能在不改变系统运行状态的情况下进行检测，并以图像的形式迅速、直观地显示出检测结果，且检测速度极快，即使装备到汽车或直升机上仍能得到高质量的检测图像，方便高效自动化的管理和运行。

3. 智能电网对紫外图像的处理

在电网系统中对电力设备运行情况的监视是必不可少的。对于那些偏远不易到达、地理环境恶劣的地区进行监视都是很难通过人工观测获取，需要智能化设备进行野外数字图像采集。而随着海量数据的涌入，采用人工的方式对采集得到图像进行分析已经不能满足系统需要，因此需要图像处理系统自动对图像进行分析判断得出结论以便系统做出相应的决策。本文构建了一个图像处理系统(图 2)，面对由紫外成像仪捕捉得到的紫外图像，将通过图像灰度处理、图像分割、图像形态学滤波以及获取分割边缘等几个步骤识别和分割出电晕电弧放电部位，以达到自动对紫外图像进行分析判断的目的。

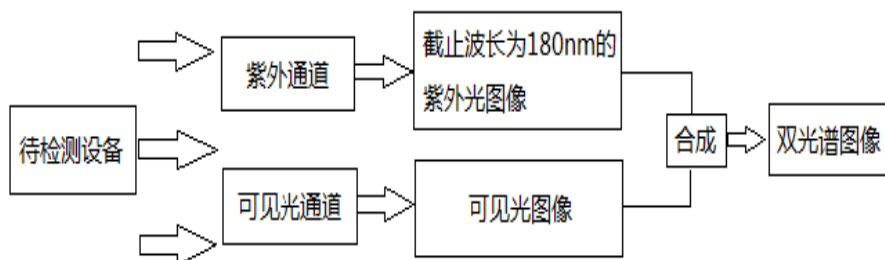


Figure 1. Ultraviolet imager operation principle
图 1. 紫外成像仪工作原理

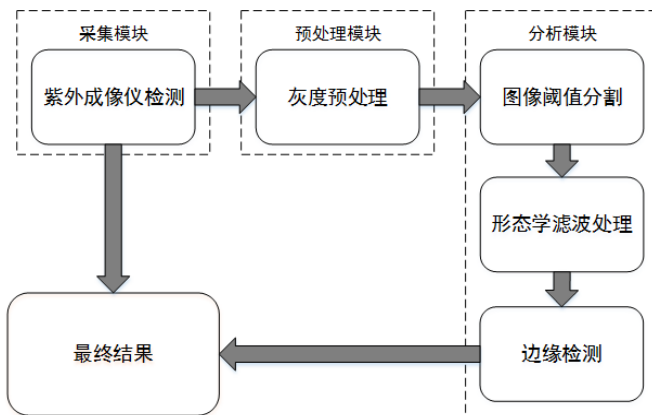


Figure 2. Image processing system
图 2. 图像处理系统

1) 图像的灰度处理

由紫外成像仪获得的紫外图像为 RGB 彩色图像，在输入计算机之后，为了降低后续计算的复杂度，在不影响实验结果的情况下将彩色图像转化为灰度图像。图像的颜色特征就由 R , G , B 三个分量变为由亮度 Y 一个分量来表示， Y 的计算方式如下：

$$Y = 0.229R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

灰度图中每一个像素的亮度 Y 的取值范围为[0-255]，其中 0 表示全黑，255 表示全白。图 3 为检测图像及转化后的灰度图。

2) 图像的区域分割

在检测图像中，放电区域是我们所感兴趣的区域，因此需要在全图中将这一区域分割出来。在对灰度图进行分析后发现这块区域的灰度值接近 255，即放电光斑区域几乎为全白，而一般背景图像的灰度值会远远低于 255。因此采用阈值分割法，设定一个合适的阈值将灰度图转化为二值图，即图像中的像素只有 0 和 1 两个值，0 为黑色，1 为白色。阈值分割方法如下：

$$B(x, y) = \begin{cases} 0, & f(x, y) \leq T_0 \\ 1, & f(x, y) > T_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中 $f(x, y)$ 为每个像素的灰度值， x 和 y 分别表示了像素的坐标位置， T_0 为选择的阈值，在本文中设定为 225。图 4 为进行阈值分割之后的图像，可以看出放电区域已经从背景区域分割出来了。

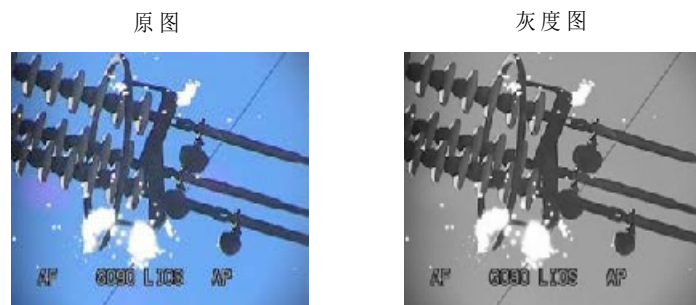


Figure 3. The original image and the grey-scale map after transform
图 3. 原图与转化后的灰度图

二值图

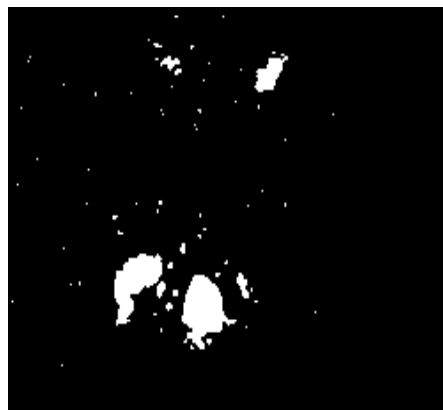


Figure 4. The binary image after Threshold segmentation
图 4. 进行阈值分割之后的二值图像

3) 对分割图像进行形态学滤波

从图4中可以看出分割图像中还有许多噪点,这些灰度值接近于放电区域的干扰点也被保留了下来,其中有些也是放电火花,但是我们重点关注的是由于绝缘损坏产生大量放电现象的部位,对于溅射到空中较远地方的少量火花不是特别关心。因此根据这些噪点的大小远小于放电集中区域的特征,采用数学形态学[8]的方法进行滤波去除噪声影响,并对图像边界进行一些平滑填充处理。数学形态学是以结构元素为工具的数学工具,本次实验中处理的是二值图像,其基本运算为腐蚀和膨胀,也就是图像的收缩和扩张。在此基础上,采用腐蚀和膨胀综合组成的开启和闭合运算对图像进行处理。开运算在不影响目标区域的情况下消除图像中像素面积较小散点,由此起到了滤除噪声的作用。再使用闭运算消除图像区域内的一些空洞。图5为经过形态学滤波之后的分割图。

4) 提取边界信息进行并显示分割区域

现在得到的是在二值图像中显示分割效果,而更直观的表现则是在原图中表现出分割区域。因此对分割图像采用canny算子进行边缘检测[9],并储存边缘像素点的位置信息,再改变原图中这些边缘点的颜色,就可以勾勒出分割区域。在本次实验中设定边缘像素为红色,图6为最终分割效果图。

由此可以看出,通过图像处理系统可以智能的进行电晕电弧区域的识别与分割,检测出因绝缘损坏而产生电晕电弧放电的区域,并及时进行预警,保证电网系统的安全运行。

4. 结语

智能电网是本世纪的一个重要的革命,是时代发展的产物。它将改变电网的运作模式和人们的用电方式。紫外成像技术能实现电晕电弧放电的成像,本文提出了对紫外成像仪提取的图像进行分析和处理

形态学运算滤波



Figure 5. The segmented image after morphological filtering

图5. 形态学滤波之后的分割图像

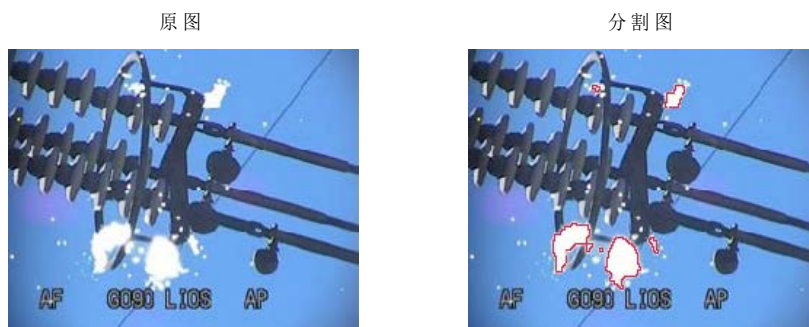


Figure 6. The final image after segmentation

图6. 最终分割效果图

的图像处理系统组成，对其中的图像特征提前的图像分割技术进行了详细的研究，通过图像分割技术提取图像的特定特征，以实现智能识别图像中的放电区域而无需人工繁琐操作，有助于对大规模高压电器设备进行计算机自动监测和及时的预警，保证电网安全。

参考文献 (References)

- [1] 何光宇, 孙英云 (2010) 智能电网基础. 中国电力出版社, 北京, 28-51.
- [2] 余东明 (2013) 对智能电网技术现状与发展趋势探讨. *科技视界*, **31**, 332-333.
- [3] 宋菁, 唐静, 肖峰 (2010) 国内外智能电网的发展现状与分析. *电工电气*, **3**, 1-4.
- [4] 程永红 (2001) 电力设备绝缘监测与诊断. 清华大学出版社, 北京.
- [5] 李传才, 魏泽民 (2012) 紫外成像检测变电设备电晕放电的实际应用. *浙江电力*, **4**, 54-56.
- [6] 王少华, 梅冰笑, 叶自强, 罗盛 (2011) 紫外成像检测技术及其在电气设备电晕放电检测中的应用. *高压电器*, **11**, 92-97.
- [7] 邱卫东, 曹海洋, 张玉成, 李宝峰 (2012) 基于红外成像技术的电气设备热故障在线检测与诊断. *煤矿机械*, **11**, 284-286.
- [8] 罗君辉, 冯平, 哈力旦, 等 (2005) MATLAB7.0 在图像处理中的应用. 机械工业出版社, 北京.
- [9] Canny, J. (1986) A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **8**, 679-698.