

高压电气设备紫外成像检测管理系统的开发与应用

王胜辉, 律方成, 李和明, 李楠, 季兰兰

(华北电力大学电气与电子工程学院, 河北保定 071003)

摘要: 紫外成像是检测高压电气设备外部放电的一种新方法, 根据该检测方法的特点, 采用 Delphi 软件和 SQL Server2000 数据库开发了一套紫外成像检测管理系统, 实现了对检测信息的有效管理, 系统还采用了 MATLAB 图形用户接口 (GUI) 编写了部分紫外图像处理程序, 结合实验室研究和现场测试建立的设备放电知识库初步实现了对设备的状态评估, 有助于指导现场检修。该系统已经在工程实际中进行了应用, 效果良好。

关键词: 紫外检测; 数据库; 信息管理; 图像处理; 外绝缘状态评估

中图分类号: TM93; TP311

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)04-0146-04

Development and Application of UV Imaging Detection Management System for High Voltage Electrical Equipment

WANG Sheng-hui, LU Fang-cheng, LI He-ming, LI Nan, JI Lan-lan

(School of Electrical and Electronic Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: UV imaging is a new method to detect external discharge of high voltage electrical equipment. According to the character of this detection method, a UV imaging detection management system developed with Delphi language and SQL Server2000 database is proposed in this paper to realize the effective management of detection information. Part image processing program is coded with the Matlab GUI programming technology. Making use of the equipment discharge knowledge database that contains the data from experiments and field tests, the preliminary status evaluation of equipment is realized with the present system to guide the field maintenance. Application of this system demonstrates its effectiveness.

Key words: UV detection; database; information management; image processing; external insulation status evaluation

0 引言

紫外成像是检测高压电气设备绝缘状况的一种新方法, 其基本原理是通过检测设备表面放电点发射出的紫外光信号从而实现了对设备的绝缘状况进行评估, 与传统的检测方法相比, 该方法具有探测距离远、非接触、灵敏度高及放电点定位精确的特点^[1]。目前, 紫外检测在电力系统中大致应用于以下几个方面: ①导线外伤探测; ②高压设备污秽检查; ③绝缘子放电检测; ④绝缘缺陷检测; ⑤高压变电站及线路的整体维护; ⑥寻找无线电干扰源等^[2]。

利用紫外成像仪进行变电站和输电线路巡检需拍摄大量的图像和记录相关信息, 但由于紫外成像检测法在我国电力系统中的应用还处于起步阶段, 很多现场拍摄的图像及数据还是以分散的形式以纸质或电子文档形式保存, 数据的查找、管理极其不方

便。基于此, 笔者根据 CoroCAM504 紫外成像仪在工程中检测的实际需求出发, 开发了该紫外成像检测管理系统, 实际应用效果良好。

1 系统的总体设计

1.1 系统的基本设计思想

该系统主要由数据管理系统、图像处理系统和设备状态评估系统 3 部分构成, 其主要设计的目的是提高紫外监测的信息管理水平, 充分结合计算机科学、图像处理技术、信息技术的最新发展趋势, 实现相关信息的采集、处理、维护等功能, 实现对设备检测信息的可靠保存和检索, 为紫外成像仪在现场的应用积累经验, 对设备的绝缘状况进行辅助评估, 从而为检修人员提供一定的理论和实践依据。

1.2 系统集成的技术框架

整个管理系统实际上是一个人机交互式系统, 系统不仅需要开发语言平台的支持, 还需要数据库、

收稿日期: 2008-06-05; 修回日期: 2008-11-23

作者简介: 王胜辉 (1977), 男, 博士研究生, 讲师, 主要从事电气设备在线监测与故障诊断方面的研究。

图像处理功能的支持,整个系统的集成技术框架见图1。

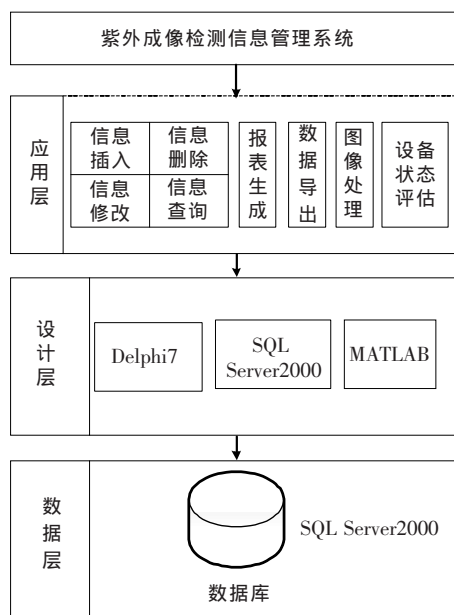


图1 管理系统的技术框架图

整个管理系统主要由3层构成,分别为:应用层、设计层和数据层。应用层面对的是用户,主要实现了以下5个方面的功能:紫外检测信息的录入、查询、修改等基本操作;报表生成;将数据导出到Excel文档;紫外图像处理;对电气设备的状态进行评估及给出检修建议等,这几个部分既相对独立又相互联系,其中后台数据库是这几个模块的桥梁。设计层用于实现软件的具体功能,管理系统的前台应用软件采用Delphi7开发,后台数据库采用了SQL Server2000,由于MATLAB语言具有强大的数值处理能力且自带了图像处理工具箱,因此部分较复杂的图像处理算法系统采用了MATLAB语言开发;数据层则直接由SQL Server2000数据管理系统构建。

2 系统的构建

2.1 数据库的构建

系统数据库采用了SQL Server2000数据管理系统构建^[3],也即在SQL Server2000中根据实际需要建立相应的数据表和字段。根据需要,该系统在数据库中建立的主要表为:用户表、变电站名称表、电压等级表、检测设备类型表、紫外检测信息记录表。其中用户表用于保存使用者的用户名和密码,目的是区分用户权限和增强系统安全性;变电站名称表、电压等级表、检测设备类型表是辅助信息表,在主程序界面中由系统管理员管理,其主要作用是保证录入数据库信息名称的统一性,方法是在程序中事先将有关信息录入这3张表,保存在数据库中,当进入紫外检测信息录入或查询界面时,程序自动

将这些信息存入到下拉框(combobox组件)中,使用者只需点击选择即可,避免了录入信息名称不一致的问题,既加快了录入速度,也提高了历史记录查询的准确性,如对于检测设备类型表,由于紫外成像法现场主要用于设备的外绝缘检测,在检测设备类型表中事先输入的设备名称有:复合绝缘子、瓷绝缘子、玻璃绝缘子、支柱绝缘子、套管、均压环、导线等总计11种;紫外检测信息记录表用于保存设备的具体信息,研究表明,设备表面的放电受天气状况的影响较大,仪器显示的光子数与检测距离、仪器的参数设置等有关,因此必须记录上述参数以便对设备的绝缘状况进行较准确地分析和判断,另外系统在表格中还设计了“放电现象描述”、“放电原因分析”、“检修建议及维修情况”等字段,用户可在信息录入窗体录入相应信息,该表的字段总计为23项。

2.2 数据库的操作

对数据库的操作主要包括与数据库的连接、信息的录入、修改、查询等操作,Delphi与数据库的连接主要有BDE和ADO两种方式,该系统采用了ADO方式,与数据库的连接主要涉及到数据集、数据源和数据感知控件3大类。对数据表的修改、删除或历史记录查询操作有两种方式,一种方式是直接调用ADOQuery或ADOTable组件相应的“方法”,另一种是编写ADOQuery组件的SQL语句,这两种方法各有特点。相比较而言,对数据库的录入、插入和修改操作采用第一种方式比较简单,但对数据库的查询,通过编写SQL语句相对更为灵活,根据需要,该系统在历史数据查询界面设置了5个查询选项,分别为:变电站名、设备类型、测试人员、光子数、测试时间段。选项之间可选择“并且”或“或者”进行逻辑组合,在程序中根据这些查询条件将其组合成相应的SQL查询语句,然后执行ADOQuery组件的SQL查询功能,然后将查询到的结果显示到DBgrid数据组件中^[4]。

2.3 紫外图像处理

紫外图像处理的作用主要有两个方面:一是对图像进行增强,改善图像的效果;二是提取图像特征用于辅助判断设备放电的强弱和故障类型^[5]。对于简单的图像处理,系统采用Delphi实现^[6],复杂的图像处理采用了MATLAB编程实现^[7],为了方便用户使用,MATLAB编程采用了GUI技术,使界面更加友好。

根据紫外图像特点和系统要求,主要完成如下几个方面的操作:图像的基本操作。该部分可实现对图像的对比度、亮度的调整,并可实现反色、放大、缩小、图像的截取等操作;图像的增强。CoroCAM504紫外成像仪在夜间进行拍摄时由于光线不足,图像会包含较多噪声,图像模糊,需进行图像的增强处

理。常规的图像增强主要有空域法、频域法和时频联合分析3种。通过对紫外图像的噪声进行分析可知,其内部噪声主要属于加性噪声,以高斯噪声和椒盐噪声的形态存在。对多种方法进行比较后发现,采用中值滤波、Butterworth低通滤波器和小波滤波的效果较好;图像分割。目的是将紫外放电区域从图像中分割出来,以提取图像的一些特征参数。通过对紫外图像的分析可知,紫外放电区域内部的灰度值基本上都是固定的,而在边界处往往存在较多的离散放电点。目前常用的图像分割多采用阈值分割、微分算子、区域融合等方法,但提取的边界往往不连续,笔者对多种方法进行比较后认为,针对紫外图像采用数学形态学^[8]、GVF snake方法^[9]可较好地解决上述问题。但实际应用表明,数学形态学有时存在结构元素难以选取的问题,而GVF snake方法在紫外区域边界很模糊时,初始轮廓线可能存在不能有效收敛到放电区域边缘的问题,在工程中可将两种方法结合使用。无论是采用数学形态学还是GVF snake方法,当获得区域边界后可计算得到各区域参数(面积、周长、直径)。

图2为利用数学形态学提取放电区域及参数的界面,程序由MATLAB编写。图中500kV支柱绝缘子的均压环上存在两处放电,采用数学形态学处理并结合其它算法有效地提取了放电区域,用红色轮廓线标记了两处放电点,并计算了各区域参数。

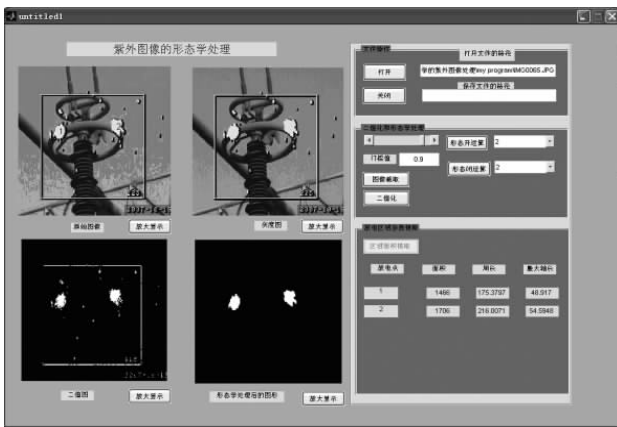


图2 紫外图像的数学形态学处理

2.4 设备绝缘状态评估

紫外检测的最终目的是对设备的绝缘状况进行评估以指导现场设备维护和检修,但研究表明,电气设备的放电情况往往比较复杂,由于紫外成像仪在我国的应用还处于起步阶段,国内还没有相应的检测标准,相关的研究也不深入。

针对上述现状,鉴于紫外成像仪主要用于检测高压设备的外绝缘问题,课题组将变电站和输电线路主要设备分成了4大类,分别为:悬式绝缘子(复合、瓷和玻璃)、支柱绝缘子(支持瓷瓶、避雷器和套

管外套)、输电导线和金具(均压环,间隔棒等)。对上述各类设备在额定电压(包括最高工作电压)下,通过试验结合现场实际对上述4类设备的放电现象分别进行了全面的研究,分析了各类设备哪些部位容易发生放电,哪些缺陷可引起放电以及在什么情况下容易放电,并分析了引起放电的原因,总结得到了典型的放电谱图。根据这些试验结果和现场测试的经验将其输入到计算机构成一个专家知识库。当进行故障诊断时,系统根据当时天气情况、放电设备的类型、放电部位、放电的强弱信息,结合知识库进行推理,给出设备的状态评估及检修建议。以复合绝缘子为例,通过试验研究表明引起复合绝缘子的放电主要有以下几种:均压环和金具上放电;水珠放电,一般发生于下雨天,多靠近导线侧的1~2片伞裙边缘;护套存在裂纹,但一般来说只有裂纹与高压侧有接触且湿度大时才可能放电,若不接触一般不会放电;污秽放电,一般来说只有当湿度大于75%时才能出现污秽放电。在故障评估和检修建议模块时,程序首先从数据库中读入表格中相应字段,并判断设备属于哪一类设备,然后根据电晕发生部位和天气进行综合分析判断。但由于引起设备放电的原因还很复杂,目前研究还不深入,只能给出一些参考性意见,以指导现场检修人员对可能存在的缺陷做进一步的确认。

3 其它关键技术介绍

3.1 报表生成

在Delphi中生成报表主要有RAVE组件和QuickReport组件,RAVE组件功能强大,但字段不支持汉字,所以该系统采用了后者。使用该组件最重要的是设置其DataSet(数据集)属性和Bands(表的字段)属性,通过设置DataSet属性实现与数据库中相应的数据表相连接,Bands属性用于设置需要显示的具体内容。系统中报表生成功能在信息查询界面中实现,图3为其显示界面。

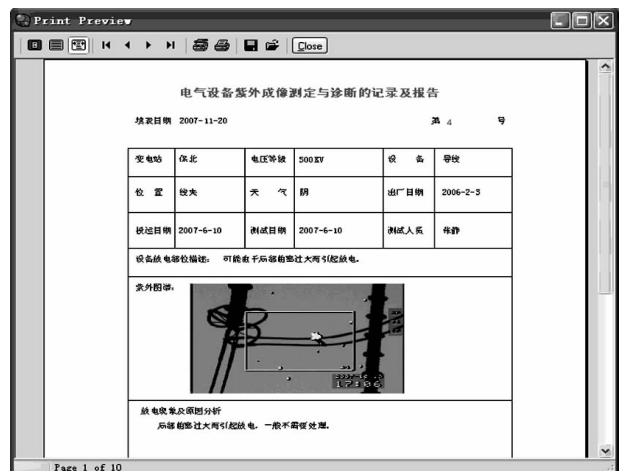


图3 报表生成界面

3.2 数据导出到 Excel 表格

使用该功能可将数据库中数据导出到 Excel 电子表格,这样其他用户无需安装本信息管理系统软件和数据库及软件即可查看相关数据。实现该功能的基本方法是采用 Delphi 自带的 Excel Application 组件,在程序中将 ADOquery 的相应的字段名及所有的记录依次赋值给 Excel 电子表格,程序自动将记录保存在 Excel 中。

4 实际应用

目前该系统已经在河北超高压局得到了应用,各项指标满足设计要求,其中管理系统的主界面见图4。



图4 管理系统主界面

紫外检测信息记录表中,对于“紫外图像”、“放电现象描述”、“放电原因分析”等几项可能需要记录较多的文字,系统采用 DBImage 和 DBMemo 等组件直接与“紫外检测信息记录表”的上述相应字段连接,当表格浏览位到某行时,系统自动将当前记录通过这些组件在主界面进行显示。图4显示的为数据库中的第一条记录,记录的是保定保北500kV变电站的悬挂母线的V型串中的一片绝缘子存在的放电。由于是在下雪天拍摄,分析其原因可能是污秽或者水珠放电引起,采用GVF snake提取该放电区

域,经计算得知其面积(也即放电区域内的像素的个数)为292。当点击“状态评估”按钮后,系统提示“可能由于表面污秽度过大或水珠引起放电,一般无需处理”,与人工判断结果基本一致。限于篇幅,其它的有关功能在此不再一一介绍。

5 结语

笔者结合紫外成像检测法的特点和电力系统的需求开发了该管理系统,采用 Delphi 软件结合 SQL Server2000 数据库实现了对数据的有效管理,系统具有数据的删除、修改、插入、报表生成及数据导出等功能,采用图像处理技术必要时对紫外图像进行处理,改善了图像质量,提取了有关参数,系统还具有一定的状态评估功能,可用于指导现场故障判断和检修。实践证明该系统提高了紫外检测系统信息管理的可靠性,减轻了检修人员的劳动强度,对紫外成像检测技术在我国电力系统中的应用起到了一定的推动作用。

参考文献:

(上接第145页)

- [1] 陈涛.基于非接触式的劣化绝缘子检测方法的研究[D].重庆:重庆大学,2006.
- [2] 戴利波.紫外成像技术在高压设备带电检测中的应用[J].电力系统自动化,2003,27(20):97-98.
- [3] 启明工作室.Delphi +SQL Server 数据库应用系统开发与实例[M].北京:人民邮电出版社,2005.
- [4] 姚巍.Delphi 数据库开发及精彩实例[M].北京:中国电力出版社,2007.
- [5] PINNANGUDI B,GORUR R S,KROESE A J.Quantification of Corona Discharges on Nonceramic Insulators [J].IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation,2005,12(3):513-523.
- [6] 刘骏.Delphi 数字图像处理及高级应用[M].北京:科学出版社,2003.
- [7] 罗军辉,冯平,哈力旦,等.MATLAB7.0 在图像处理中的应用[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [8] 崔屹.图像处理与分析-数学形态学方法及应用[M].北京:科学出版社,2000.
- [9] 王利敏.梯度矢量流(GVF)变形模型在医学图像分割中的应用[D].青岛:中国海洋大学,2005.
- [7] 张家生,刘扬.相位检测方法研究[J].仪器仪表学报,2003,24(4):307-309.
- [8] 王茹,邢毓华.一种提高谐波相位检测精度的方法[J].西安建筑科技大学学报,2004,36(1):116-118.
- [9] 沈维聪,刘义菊.填充计数式相位测量分析与实现[J].电子测量技术,2000(4):13-15.
- [10] 胡光锐.信号与系统[M].上海:上海交通大学出版社,2005.
- [11] 周本多,杨圣春.电力系统谐波及其抑制[J].安徽电气工程职业技术学院学报,2007,12(1):13-16.
- [12] 李达义,陈乔夫,贾正春.电力系统谐波源的种类和滤波方法综述[J].电气传动,2005(35):3-7.
- [13] 苏育才,姜翠波,张跃辉.矩阵理论[M].北京:矩阵理论,2003.
- [14] 王现军,姬波.电力系统谐波功率分量的快速估计[J].现代电子技术,2003(21):99-102.
- [15] 汲胜昌,杨兰均.在线监测氧化锌避雷器的容性电流补偿法[J].高电压技术,2000,26(4):16-21.
- [16] 周龙,文远芳.金属氧化物避雷器运行状态监视中变系数补偿法和阀片性能诊断方法的研究[J].电工技术学报,1998,13(6):21-24.