

带电设备红外辅助诊断系统的开发

王福田, 汤进, 罗斌

(安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039)

摘要:利用红外图像处理和模式识别理论,结合.NET开发平台,建立了带电设备红外诊断共享数据库和分析知识库,并在此基础上开发了带电设备红外辅助诊断系统。该系统由现场预检子系统、红外图像远程提交子系统、辅助诊断子系统和图像信息数据库四部分构成,各子系统可以单独完成相关功能,又可以组成一个有机整体。对带电设备红外图像的分析处理表明,该系统能及时检测出带电设备的事故隐患,能有效地降低事故发生率,提高设备运营的安全性和可靠性。

关键词:带电设备;红外图像;数据库

中图分类号:TP277

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)04-0184-04

Development of Infrared Auxiliary Diagnosis System of Charged Equipments

WANG Fu-tian, TANG Jin, LUO Bin

(Ministry of Education Key Lab. of Intelligent Computing and Signal Processing, Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: A sharing database and an analysis knowledge database of infrared diagnosis system of the charged equipment were established using of infrared image processing, pattern recognition theory and the platform of .net. Then a charged equipment infrared auxiliary diagnosis system was developed. By analysis and processing of the charged equipment infrared image, this system can capture the potential accident of charged equipment promptly. It can reduce the accident rate, and enhance the security and the reliability of the equipment operation. This system was composed of a scene precaution subsystem, an infrared image long-distance submission subsystem, an auxiliary diagnosis subsystem and an image information database. The subsystems can be integrated as a whole system, and they can also complete the related function alone.

Key words: charged equipment; infrared image; database

0 引言

电力系统是一个复杂的大系统,组成该系统的元件多,地域分布广,系统特性复杂,可能发生故障情况的差异很大^[1]。电力设备在高电压、大电流的状态下运行,同时伴随着发热升温。正常情况下,这些致热效应不会影响设备的安全运行,然而在异常情况下,这种热效应加剧,严重时可能损坏材料的机械性能,直接影响设备运行的安全性^[2,3]。

红外检测技术具有远距离、大面积和快速扫描的特点,已成为电力行业维护检测的重要工具,被广泛应

用于带电设备的故障诊断。近几十年,世界各国数以千计的电力企业使用红外技术^[1],以避免发生故障和电气火灾带来的灾难,保障电力系统的正常运营。在利用红外检测技术对带电设备进行故障诊断的过程中,应用最为广泛的分析方法是表面温升判别法和相对温差判别法,但大多数的诊断检测系统都是针对专业的技术人员设计的,需要操作员有较强的专业能力和丰富的工作经验。

1 辅助诊断系统概述

文中利用红外图像处理和模式识别理论与先进的开发平台相结合的思路,针对电力领域实际检测中出现的问题,建立了带电设备红外诊断共享数据库和分析知识库,并在此基础上开发了带电设备红外辅助诊断系统。

针对从热像仪中获取的温度场数据生成的远红外

收稿日期:2008-08-13

基金项目:国家自然科学基金项目(60772122);安徽省高校自然科学基金重点项目(KJ2007A045, KJ2008A033)

作者简介:王福田(1981-),男,安徽阜阳人,硕士研究生,研究方向为模式识别与图像处理;罗斌,教授,博导,研究方向为模式识别与图像处理。

伪彩色图像,利用图像处理中图像分割的理论,对故障区域和亚健康区域进行定位和对比,按照红外诊断准则的标准,利用基于内容图像检索相关理论在共享数据库中查找相关参考图像及相关信息,最终对带电设备红外图像做出诊断。在系统设计方面,采用C/S和B/S相结合的系统框架结构,整个系统应用基于微软.NET框架(Microsoft.NET Framework)规范设计,选取微软Visual Studio.NET 2005开发套件作为开发工具。

2 基于红外图像的诊断理论

2.1 红外诊断准则

任何物体都在不停地向外界辐射红外热能,使物体在其表面形成一个温度分布场,通过红外成像装置便可得到物体的热图像。由于物体的这种温度分布场与物体的运行状态密切相关,因此,通过对设备表面温度及温度场的检测,即可对设备进行诊断。本系统在故障类型的诊断过程中,主要采用温升判断法和相对温差判断法。其中,相关缺陷判定依据如下:

(1)温升:用同一仪器相继测量的目标物体表面温度和同一环境中参照体表面温度之差^[4]。

(2)相对温差:两个被测点之间的温差与其中温度较高点的温升之比的百分数。相对温差 δ_r 可用如下公式(1)求出:

$$\delta_r = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} \times 100\% = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中 τ_1 和 T_1 为发热点的温升和温度; τ_2 和 T_2 为正常相对应点的温升和温度; T_0 为环境温度。

故障等级的判断标准为^[4]:

(1)一般缺陷: $\delta_r \geq 35\%$,即不影响近期安全运行的缺陷;

(2)重大缺陷: $\delta_r \geq 80\%$,即缺陷比较重大,但短期仍可以安全运行;

(3)紧急缺陷: $\delta_r \geq 95\%$,即设备已不能安全运行,随时可能发生事故的缺陷。

2.2 红外图像分割理论

在带电设备红外诊断过程中,需要首先找到带电设备,进而才能进行辅助诊断。由红外图像的特性可知,红外图像目标和背景对比度差,图像边缘模糊,而且噪声较大。针对红外图像的这些特性,要进行辅助诊断需要先进行红外图像预处理,即对红外图像进行分割处理,获取红外图像上目标区域。

本系统结合人机交互的方式,根据带电设备红外图像自身的特点,采用一种动态阈值分割算法。首先由操作员画一个矩形框,把待诊断的目标设备圈定在矩形框中。考虑到红外图像具有局部相关性,为了使

阈值有很好的抗噪声能力^[5],系统中由矩形框上像素的灰度均值来确定全局最优分割阈值,设为 U 。根据红外图像灰度值由上到下递增的特性,设定线性增大的局部阈值,设为 U_p 。这样得到适合分割点的阈值为 U_{xy} 。如公式(2)所示。动态阈值分割实例如图1所示。

$$U_{xy} = U + U_p \quad (2)$$

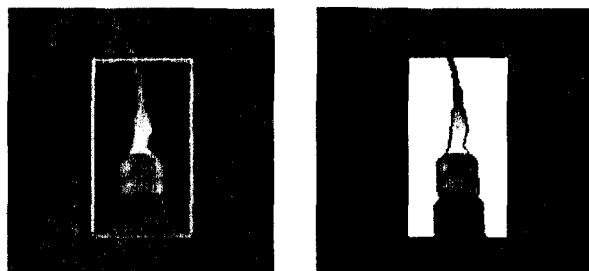


图1 红外图像动态阈值分割实例

3 系统设计

本系统将红外检测、设备诊断、实践状态检修进行有机的结合,能在不断电的情况下,对运行中的旧设备、投运的新设备^[6]以及检修后的设备进行诊断,检测出发热点,并对热缺陷的严重程度作定性的判断。本系统科学地简化了工作程序,增强了操作人员的快速反应能力。使操作人员的红外检测工作更加科学化、规范化,大大提高了检修质量、降低了生产成本、缩短了设备停电时间,为电网和设备的持久安全运行提供有力的保障。系统的整体结构流程图如图2所示。

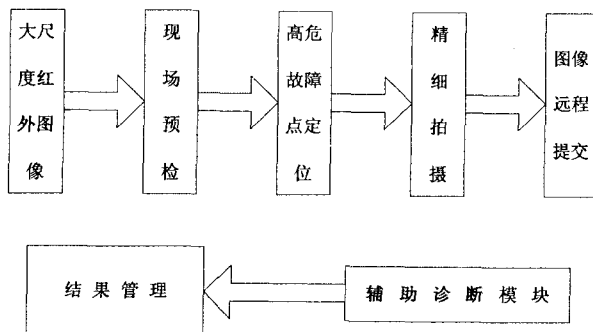


图2 系统结构图

带电设备红外辅助诊断系统以实用性、先进性、可靠性和可扩充性为原则进行设计,由现场预检子系统、红外图像远程提交子系统、辅助诊断子系统和图像信息数据库四部分构成。现场预检子系统主要实现对现场大尺度红外图像进行排查,检测潜在的故障点,远程提交子系统实现采集信息的及时传送,辅助诊断子系统实现对红外图像的故障诊断,图像信息库实现对各类红外图像的分类管理,并把诊断信息存储到分析知识库中。各子系统既可以单独工作,又能够紧密配合,

无缝链接成一个完整的带电设备红外辅助诊断系统。

其中,辅助诊断子系统是整个系统的核心部分,包括图像 I/O 模块、图像数据库管理模块、基于内容图像检索模块、辅助诊断模块、操作员交互模块等主要模块,具体流程如图 3 所示。

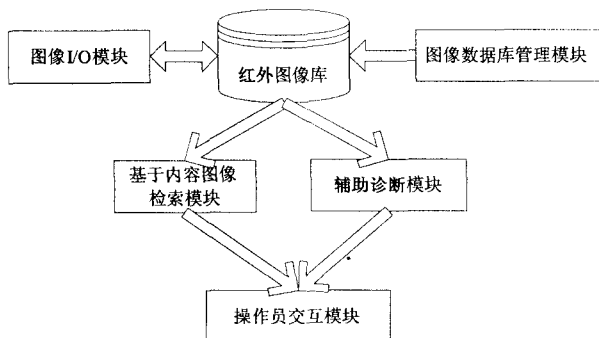


图 3 辅助诊断子系统流程图

(1)图像 I/O 模块。通过该模块查询远程提交子系统上传的采集图像,并对图像按指定的条件进行初步的归类,为下一步故障诊断做辅助。

(2)图像数据库管理模块。该模块主要存储红外图像以及为诊断提供相关辅助信息,主要由标准正常图像库、典型故障图像库、图像信息库和辅助诊断知识库组成。

(3)基于内容图像检索模块。主要功能是对待诊断的红外图像,按照所拍摄的发热部位检索图像库,查找相匹配的图像信息,为操作人员提高分析水平提供技术平台。

(4)辅助诊断模块。按照电力行业红外诊断技术应用的相关标准,对发热部位进行故障诊断。该功能需要有一个完备的故障图像库和正常图像库作为后台的查询数据信息库。

(5)操作员交互模块。实现对诊断结果的管理,并根据需要自动生成相关图像的报表。

通过辅助诊断子系统对红外图像进行诊断,得出发热部位的故障类型、形成原因、

故障等级、可能危害、处理方法、故障判断标准、故障位置等信息,并按基于内容的检索方式检索标准图像信息库和典型故障图像信息库,查询相对应的同设备、同故障类型的图像。其中故障类型判定的主要依据采用中华人民共和国电力行业标准《带电设备红外诊断技术应用导则》。故障类型诊断的关键是温度检测数据的真实性和可靠性,判断缺陷部位的准确性和合理性^[2]。因此,在对带电设备进行故障诊断时,需要排除外界的各种干扰因素,并对诊断参数进行综合分析、比较,最终实现提高诊断准确性的目的。

4 系统实现与分析

文中以 Oracle9.0 作为后台开发平台,以 Visual Studio.NET 2005 作为前台开发平台,采用高级语言 C# 语言作为开发语言,开发了一套带电设备红外辅助诊断系统。图 4 展示了带电设备红外辅助诊断系统诊断结果界面。界面左边从上到下为采集图像、典型故障图像、标准正常图像。采集图像为待诊断图像,典型故障图像和标准正常图像是根据采集图像在数据库查询的相关结果。中间部分为相应图像上对应区域的温度信息,主要包含区域的最高温度、相对温差等信息。界面的右边,上方为采集图像的诊断结果,其中包括发热部位、故障类型、故障等级、正常区温度、环境温度、处理建议

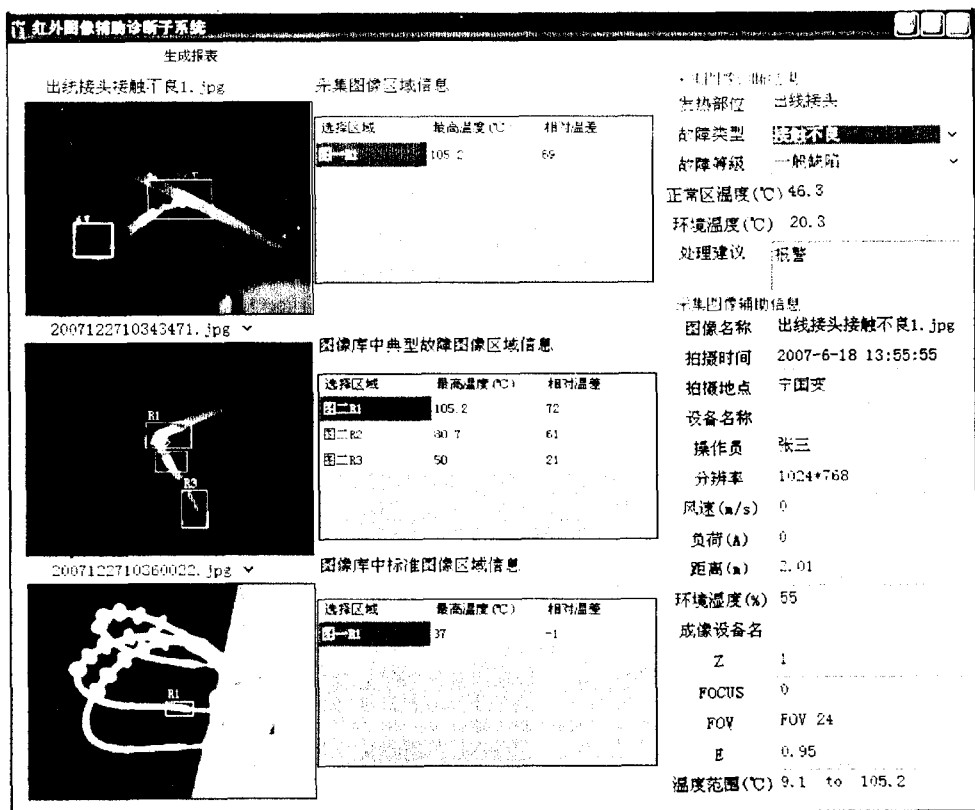


图 4 系统诊断结果界面

处理建议;下方为该图像的基本信息内容,是采集图像在远程提交时上传的相关信息,该部分内容保存在信息数据库的图像信息表中。并且,诊断结果还可以以报表形式导出。

针对电力系统实际运营中的设备故障检测问题,本系统可以起到很好的辅助作用,最大限度地帮助操作人员完成设备检修。此外,本系统还具有以下优点:

(1)运用数字图像处理中的特征提取和经典分割算法获取图像中的目标区域,得到目标的边缘信息以及目标区域信息,并把基于内容的图像检索技术应用于共享数据库的检索中。

(2)红外热像仪输出结果的解读与控制。红外热像仪大都输出标准格式的数字图像(如 jpg 格式),通过数字图像处理中图像格式的理论,对红外热像仪输出的标准格式的图像进行分析处理,解读出图像中每一个像素的温度数据以及相关参数信息。

(3)采用 B/S 和 C/S 结合的多层结构,实现最大限度的发挥不同构架的不同优势。

(4)系统采用模块化开发,具有良好的可靠性和扩展性,便于系统的维护和二次开发。

5 结束语

所开发的带电设备红外辅助诊断系统集成现场预

检、远程提交、故障诊断、图像库管理为一体,不仅可以使采集到的红外图像信息及时传送,实现对设备的及时诊断,而且可以使诊断结果再次利用。该系统能及时检测出带电设备的事故隐患,能有效地降低事故发生率,从而提高设备运营的安全性和可靠性。可见,该系统可以广泛应用于在电力、冶金、石化等工业领域。但是由于系统缺乏完备的典型故障图像库,在故障诊断时,缺少相应的典型故障图像作参考,所以不利于为操作人员提供直观的对比分析,这是进一步要解决的问题。

参考文献:

- [1] 田裕鹏. 红外检测与诊断技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [2] 叶 风,张晓宁. 红外技术在电力设备外部故障检测中的应用[J]. 辽宁工学院学报,2002,22(5):13-15.
- [3] 于 勇,孟广军. 带电设备红外线检测及诊断[J]. 青海电力,2007,26(1):16-19.
- [4] 胡世征,程玉兰,廖福旺,等. DL/T 664—1999 带电设备红外诊断技术应用导则[S]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [5] 付小宁,殷世民,吴志鹏,等. 红外图像的动态阈值分割[J]. 光电工程,2002,29(6):57-60.
- [6] 蒋锡健,吴功平,肖晓晖,等. 高压输电线路巡检数据库及其管理系统[J]. 电力建设,2006,27(8):65-68.

(上接第 27 页)

通过对分布式倒排索引进行改进,引入二次的 VSM 排序,避免了传统算法中传输中间结果消耗的网络流量,并根据文档与特征词的关联度,对搜索结果进行了有效的排序。同时提出了一种通用的资源发布算法支持 TFIDF-VSM 中相应数据的维护,有较高的可行性。

参考文献:

- [1] Stoica I, Morris R, Karger D, et al. Chord: A Scalable Peer -

to - Peer Lookup Service for Internet Applications[M]. USA: ACM Press, 2001: 149-160.

- [2] Rowstron A, Druschel P. Pastry: Scalable, decentralized object location and routing for large - scale peer - to - peer systems [M]. Germany: Springer verlag, 2001.
- [3] Reynolds P, Vahdat A. Efficient Peer - to - Peer Keyword Searching[M]. Rio de Janeiro, Brazil: [s. n.], 2003: 21-40.
- [4] 郑仲伟,郑有才. 一个 P2P 搜索引擎的架构和实现[J]. 电子科技, 2007(6): 39-42.
- [5] 王志晓, 张大陆, 刘 雷, 等. 基于本体的 P2P 复杂搜索 [J]. 计算机应用, 2007, 27(4): 780-783.

(上接第 68 页)

- [3] CHEN Hong-na, ZU Xu, ZHOU Feng. On the Developing Situation, Research Content and Trend of Workflow Technology[J]. Journal of Chongqing Institute of Technology, 2006, 20(2): 65-67.
- [4] 郝丽波, 李建华, 夏明伟. 工作流事务性研究综述[J]. 计算机工程与设计 2007, 28(13): 3209-3212.
- [5] 郭科翔. 工作流异常和常见的处理办法[J]. 闽江学院学报, 2007, 28(5): 79-82.
- [6] Shukla D, Schmidt B. Essential Windows Workflow Foundation[M]. [s. l.]: Addison - Wesley, 2006.

- [7] Allen K S. Programming Windows Workflow Foundation: Practical W F Techniques and Examples using XAML and C# [M]. Birmingham: PACKT publishing, 2006.
- [8] 吕成成. 工作流系统事务处理的研究与应用[D]. 大连: 大连理工大学, 2005.
- [9] WANG Ni-hong, YU Hai-hao. Research on workflow technology and its developing trend[J]. information technology, 2007(6): 67-69.
- [10] 林春莺. 工作流事务处理的应用解决方案[J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2006, 11(1): 58-60.