

文章编号:1671-6833(2011)04-0072-04

电器动态特性测试系统图像处理技术研究

鲍光海, 张培铭

(福州大学 电气工程与自动化学院, 福建 福州 350108)

摘 要: 利用高速摄像机和图像处理技术研制了一种快速图像处理的非接触式电器动态特性测试系统, 以典型的电磁电器——交流接触器为对象, 利用该系统获得接触器动作过程的一系列图像。为了有效地抑制噪声、提高信噪比, 笔者首先应用中值滤波算法去除随机噪声, 利用图像增强方法突出图像的边缘和细节, 再通过 Canny 算子进行边缘检测, 得到图像的边缘图像, 接着通过二值形态学变换, 可以清晰地看到目标, 最后进行目标和数据处理。处理后的数据与 Image-Pro Plus6.0 专业图像分析软件处理结果十分接近。结合动态信号采集电路采集到的电压、电流、触头、铁心等电与机构动作信号, 得到一系列实时性强电器完整的动态特性曲线, 为进一步研究和设计电器提供技术支持。

关键词: 电器; 动态特性测试; 图像处理; 高速摄像机

中图分类号: TM93, TN911

文献标志码: A

0 引言

低压电器广泛应用于各行各业, 电器的动态特性直接影响到电器的性能与功能。其动态特性研究是电器领域研究的重点内容, 而电器动态特性的准确与快速测试又是其关键技术。由于电器产品数量大、种类多、结构体积差别很大以及动态过程的复杂性, 因此准确与快速的动态特性测试具有很大的难度, 所以不影响机构动作的非接触、高动态响应与快速图像处理的测试装置对于电器动态测试并设计和开发高性能的电器产品是极其重要的。

对于电器动态测试技术而言, 接触器是频繁操作而且动作过程较复杂的典型电器。对于接触器等电磁电器动态特性研究与测试最重要的动态参数是铁心与触头的动态位移过程。因此, 笔者以交流接触器为研究对象, 重点介绍该系统中动态特性图像的采集与处理。

1 测试系统组成简介

本测试系统采用 PCO. 1200S 高速摄像机进行交流接触器动态图像采集, 其拍摄速率为 33.265 us/帧, 即采样速率高达每毫秒 30 个采样

点左右。因此, 该系统不仅满足电器测试分辨率的要求, 并且在不影响接触器的运动状态下真实反映交流接触器机构的动态过程。非接触式电器动态特性测试系统框图如图 1 所示^[1]。该测试系统主要由照明系统、高速摄像机、控制电路和计算机组成, 被试接触器采用 CJ40-100A 交流接触器。

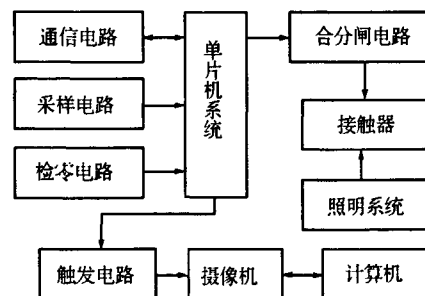


图1 测试系统组成框图

Fig.1 Chart of test system

2 图像处理

为获得接触器运动过程的位移数据, 在一组动态过程中必须提取上千张拍摄图片的标记点信息。笔者对采集到的图像进行中值滤波算法、图像增强算法、Canny 算子、二值形态学变换、提取目标等处理后得到交流接触器铁心和触头的动态特

收稿日期:2011-01-20; 修订日期:2011-04-20

基金项目:福建省科技计划重点资助项目(2007H0021)。

作者简介:鲍光海(1977-), 男, 福建莆田人, 福州大学讲师, 博士研究生, 主要研究方向:电器及其系统智能化与故障诊断, E-mail:baoguanghai@fzu.edu.cn.

性曲线.从而解决了处理精度和处理速度的协调性问题.

2.1 标记测试点

笔者以交流接触器 A 相触头、铁心的动态特性为研究对象.在接触器侧面的运动支架和触头各做一个标记点代表铁心和 A 相触头的运动标记点,如图 2 所示.图 2 中 1、2 标记点分别为铁心和 A 相触头的标记点.

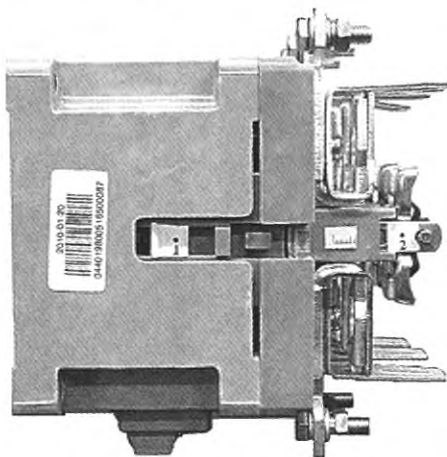


图 2 测试标记点示意图

Fig. 2 Diagram of test mark points

2.2 拍摄效果图

摄像机每隔 $33.265 \mu\text{s}$ 拍摄一张图像,因此在交流接触器的一次运动过程将拍摄一千多张的图像.图 3 是间隔 0.3326 ms 的原始图像,第 1 点为铁心的运动标记点,第 2 点为触头的运动标记点.

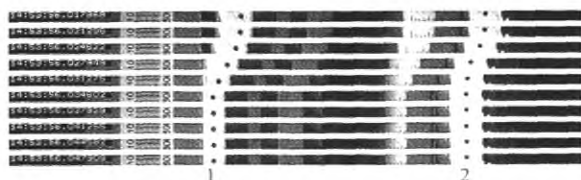


图 3 拍摄的原始图像

Fig. 3 Original images of camera

2.3 中值滤波

中值滤波是目前比较常用的滤除噪声的方法,它是一种非线性滤波方式,能够在滤除噪声的同时,尽可能地保留原图像的细节,因而得到广泛应用.中值滤波效果如图 4 所示,不同的模板滤波效果不一样. 3×3 模板滤波可以滤除一些噪声,原图细节也可以充分保留; 5×5 模板滤波能够有效地滤除图像的噪声,但是也使其中一些细节变得模糊; 7×7 模板滤波可以基本滤除噪声,但是原图被严重扭曲.因此,选用 3×3 模板进行中值滤波.

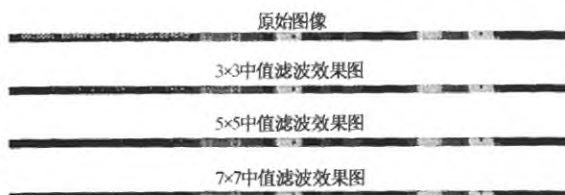


图 4 中值滤波效果图

Fig. 4 Median filter image

2.4 图像增强

图像增强是图像处理的最基本手段,它往往是各种图像分析与处理前的预处理.图像增强就是增强图像中用户感兴趣的信息,其主要目的有两个:(1)改善图像的视觉效果,提高图像成分的清晰度;(2)使图像变得更有利于计算机处理^[2].

数字图像的直方图是一个离散函数,它表示数字图像中每一灰度与其出现概率间的统计关系.直方图能够反映数字图像的概貌性,例如图像的灰度范围,灰度的分布,整幅图像的平均亮度和阴暗对比度等,并可由此得出进一步处理的重要依据.

直方图均衡化算法是图像增强空间域法中最常用、最重要的算法之一.它以概率理论为基础,将已知灰度概率密度分布的图像,经过某种变换,变成一幅具有均匀灰度概率密度分布的新图像,其结果是扩展了像元取值的动态范围,从而达到增强图像整体对比度的效果.

从图 5 图像增强直方图的对比可以看出,均衡化后的图像灰度值整体上呈增加之势,特别是在灰度值处于 $150 \sim 240$ 区间段,图像的亮度得到了明显的增强.而灰度调整后,则使灰度值的分布更加集中,表现为亮的越亮,暗的越暗,因此特征区域得到突显和加强,有利于图像的处理.

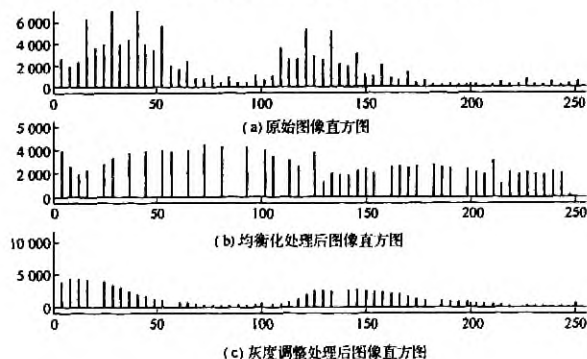


图 5 图像增强直方图

Fig. 5 Histogram of enhancement image

2.5 边缘检测

图像边界是一个特征区域的终结和另一个特

征区域的开始.边缘检测正是利用目标和背景在某种图像特性上的急剧变化来实现的,该变化包括灰度、纹理特征等.边缘检测方法主要是构造对像素灰度级阶跃变化敏感的微分算子或按像素的某邻域特征构造边缘算子.主要的算法有 Roberts 算法、Sobel 算法、Prewitt 算法、Log 算法、Canny 算法.利用所提取的边缘可以测量物体的半径、面积及周长等,以便提取复杂图像的目标信息.边缘检测算法处理结果如图 6 所示.

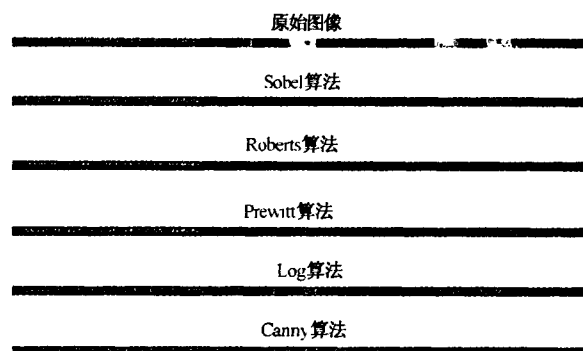


图 6 边缘检测算法处理结果对比图

Fig. 6 Edge detection algorithm processing results

从图中可以看出:用 Roberts、Sobel 和 Prewitt 边缘检测算子进行边缘检测时,会把原始图片中的有效边缘过滤掉,效果不佳;Log 算子和 Canny 算子都可以检测出实验所需的目标,但是 Log 算子检测出的边缘整体效果不好,而且所需的目标点没有闭合,后续处理难度较大;Canny 算子不仅可以检测出边缘,而且检测效果很理想,后续处理比较容易.

2.6 二值形态学变换

经过边缘检测后的图像存在一些无关的点,这样会影响后续的目标提取.笔者应用数学形态学运算中 Bwmorph 函数的 Shrink 和 Clean 操作去除无关点. Shrink 操作的主要功能是消除像素,使没有孔的对象收缩成为一点,使有孔的对象收缩成为外层边缘,在每个孔间缩成一个相联的环,将不连通区域的对象收缩成孤立的散点、亮点. Clean 操作的主要功能是去掉图像中孤立的亮点.为了提高处理速度,笔者根据接触器运动的特点对图像进行剪切,去除非运动区域.数学形态运算的结果如图 7 所示.

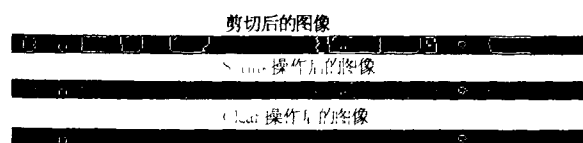


图 7 二值形态学变换图像

Fig. 7 Image of Binary morphological transform

从图 7 可以看出,经过 Shrink 参数操作后,图像中的非连通区的干扰边缘被收缩成孤立的像素点,在经过消除孤立像素点后,所需的图像信息已清楚显示出来.

2.7 目标识别与提取

图像预处理的最终目标是提取图像中的特征信息,即图中的目标点.一系列的图像处理就是要提取图像中的目标信息,提取信息可分为目标识别与目标提取两步.

经过图像的预处理之后,原始图像变成了包含有限个连通域的二值图像,二值图像用一个由 0 和 1 组成的二值矩阵表示,1 表示该像素处于前景,0 表示该像素处于背景.在二值图像中很容易识别图像的结构特征.通过对象标记、对象选择、种子填充三步实现目标的识别.

二值图像小目标质心坐标最简单的确定方法是,将属于同一连通体的不同像素点的坐标值进行平均,将平均值作为该小目标的质心坐标位置.实际上该方法求得的就是连通体的几何形心^[3-5].

3 处理结果验证

为了验证笔者对图像处理的正确性.分别采用 Image-Pro Plus6.0 专业图像处理软件和笔者的图像处理程序对在额定电压吸合初相角为 0° 时高速摄像机拍摄的接触器机构动态过程的位移图像进行处理,处理所获铁心和触头的位移结果如图 8 所示.图中可以看出,两种处理方法的结果十分接近,从而说明笔者采用的图像处理方法是正确的.

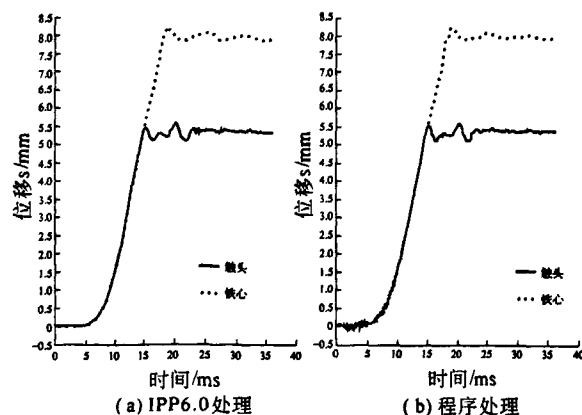


图 8 处理结果比较

Fig. 8 Compared with dealt results

表 1 是本程序测试结果与样机参数比较表,从表中可以看出,测试结果在样机参数误差范围

内,进一步验证了图像处理结果是正确的.

表 1 测试结果
Tab. 1 Tested results

项目	样机参数	测试结果
开距	5.5 ± 0.5	5.331 7
超程	2.5 ± 0.5	2.595 4
行程	8.0 ± 0.5	7.927 1

4 结论

笔者采用的图像处理方法不仅提高了电器动态测试技术的水平,而且为研制实时性强、高性价比的电器动态测试装置奠定基础,从而为电器产品设计、开发提供一种新的测试手段,为缩短产品研发周期和提高产品质量提供技术支持.

参考文献:

[1] 鲍光海,张培铭. 基于高速摄像机的电磁电器动态特性测试及其图像处理的研究[J]. 南昌大学学报:工学版,2009,31(4):376-380.

[2] 贺兴华,周媛媛,王继阳,等. MATLAB7. x 图像处理[M]. 北京:人民邮电出版社,2006:86-116.

[3] 李瑶,齐维毅,张浩华,等. 一种微孔图像质心坐标的计算方法[J]. 沈阳师范大学学报:自然科学版,2009,27(3):316-318.

[4] 于劲松,万九卿,高秀林. 红外图像弱小点目标检测技术研究[J]. 兵工学报,2008,29(12):1518-1521.

[5] 朱佳娜,徐晓秋,王燕军,等. 基于图像处理的孔隙坐标的非接触测量系统研究[J]. 传感器与检测技术,2006,28(3):158-159.

Research on Image Processing Technology for Dynamic Characteristics Test System of Electric Apparatus

BAO Guang-hai, ZHANG Pei-ming

(College of Electrical Engineering & Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: A fast image processing non-contact dynamic characteristic test system for electromagnetic apparatus is developed by means of high-speed camera and image processing technology in this paper. A series of images of contactor dynamic process can be acquired in this system. In order to reduce the noise effectively and improve the signal-to-noise ratio, the median filtering algorithm is applied to eliminate random noise and the image enhancement method is taken to highlight the image edges and details firstly. Then edge detection is undertaken by the Canny operators to get the edge images and the target can be found clearly by morphological transform, so that the target and data processing could be carried out. The results show that the data obtained by the method above are very close to the data obtained with Image-Pro Plus6.0 software. In view of the electric signals of voltage and current combined with the motion signals of contactor and iron core obtained by the dynamic signal acquisition circuit, the complete dynamic characteristic curves with high real-time property can be obtained. It can provide the technical support for future research and design of electrical apparatus.

Key words: electrical apparatus; dynamic characteristics testing; image processing; high speed camera