

文章编号: 1005—0523(2005)05—0075—04

网络化真空断路器特性测试仪的设计

杨丰萍, 韦宝泉, 卢伟海

(华东交通大学 电气与电子工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 在介绍真空断路器工作原理及分析其检测内容的基础上, 选择了一种合理的检测方法, 设计了一种电力机车真空主断网络化特性检测设备. 文中较详细地说明了测试系统的硬件设计和软件设计.

关键词: 真空断路器; 特性; 检测; 嵌入式 Linux

中图分类号: TP206

文献标识码: A

1 引言

机车设备状况的检测是机务段日常安全生产的重要组成部分, 是维护机车运行安全的重要步骤, 对提高铁路运输安全和效益、减少机车故障、提高运输能力等方面都有着至关重要的作用.

目前传统的检测方式和检测设备效率低、可靠性差、精度低, 已经不能满足铁路高速重载对机务检修的发展要求. 而且真空断路器在机车上是最近才开始广泛应用起来, 国内相应的检测设备还比较缺乏.

随着计算机技术和检测技术的迅速发展, 机务段的检修和管理向着智能化、网络化方向发展, 机务段需要建立自己的机车质量管理体系. 作为该系统的基本组成部分, 智能化、网络化的检测设备的开发是当前发展的迫切需求.

本文设计的真空断路器检测仪是根据以上发展需求而开发的智能化网络检测仪器, 用于对国内电力机务段使用较普遍的真空主断路器进行检测. 设备拟采用液晶触摸屏, 操作界面美观实用, 实现所见即所得的“傻瓜式”操作; 检测过程智能化、精度高、可靠性高; 能自动保存结果, 可通过网络节点

将数据及时上传到服务器, 便于统一管理、分析; 具有智能功能, 可对检测到的数据进行分析判断. 这种检测设备简化了检测过程, 保证了检测数据的可靠性、真实性, 并实现了网络化, 是未来机务段检修管理系统的重要组成部分.

2 真空断路器工作原理及其检测内容

2.1 真空断路器工作原理

电力机车的真空主断路器安装在电力机车顶部, 一方面是用来接通和分断电力机车的高压电路, 是机车的总开关, 另一方面当机车发生故障时可迅速、安全、有效地切断机车总电源, 是机车最主要的保护装置, 因而具有控制和保护的双重功能.

真空断路器主要有三个组成部分: 上面是高压部分(灭弧室部分), 中间是与地隔离的绝缘部分(支持绝缘子部分), 下面是电空机械装置和低压部分. 机车顶上的高压回路装有可以开断交流电弧的真空开关管, 灭弧室通过密封和大气隔离; 真空管内有两个主触头, 一个是静触头, 另一个为动触头; 动触头的操作是由电空机械装置和合闸过程中的导向装置同时来完成的. 安装在底板上的支持绝缘子提供绝缘, 通过绝缘子中心, 绝缘导杆连接电空

收稿日期: 2005—08—26

基金项目: 华东交通大学科研校立课题资助.

作者简介: 杨丰萍(1967—), 女, 江西萍乡人, 副教授.

机械装置和动触头. 电空机械装置和低压部分安装在机车内部的顶板上, 用于操作灭弧室内的动触头.

以应用于干线交流 25kV 的 TDV4—12.5/25 真空断路器为例, 其合闸和分闸原理分别是: 当断路器处于分闸需要合闸时, 控制线路中的合闸信号通过辅助开关常闭触点, 使合闸线圈得电, 控制电磁阀芯动作开通合闸气路, 同时闭锁排气口, 此时储风缸的压缩空气迅速进入传动气缸, 驱动活塞运动, 通过绝缘推杆传递, 实现灭弧室机构闭锁, 完成断路器的合闸过程; 当断路器处于合闸需要分闸时, 控制线路中的分闸信号通过辅助开关常开触点, 使分闸线圈得电, 控制电磁阀芯动作关闭合闸气路, 开通排气口, 在分闸弹簧的作用力下, 带动灭弧室动触头动作, 完成断路器的分断过程.

2.2 真空断路器检测仪的检测内容和需完成的主要功能

为了满足真空断路器日常维护和检修, 方便使用和数据整理, 真空断路器特性检测仪需完成以下的检测内容和主要功能:

- 1) 合闸行程、分闸行程测试;
- 2) 合闸时间、分闸时间测试;
- 3) 合闸弹跳时间;
- 4) 合闸、分闸平均速度测试;
- 5) 合闸、分闸瞬时速度测试;
- 6) 辅助触头接触电阻测试;
- 7) 自动记录测试日期、时间、测试人;
- 8) 测试结果存储;
- 9) 根据整定值自动判断测试结果是否合格;
- 10) 测试结果打印输出;
- 11) 联网及数据上传.

3 测试方法的选择

由于真空断路器的触头行程(开距)较小(通常在 10 mm 左右), 很难采用传统的电磁振荡器、转鼓、光电管、滑线电阻等测速方法. 目前有的采用装设附加接点, 用示波器或其它专用测试仪器记录下接点在一定行程运动所需时间, 求出断路器在该行程内的平均速度. 这种测速方法测不到断路器的刚合、刚分速度, 也测不到最大速度, 更测不出分、合闸全过程的速度特性曲线. 另外, 在采用附加接点测速时, 由于受到附加接点结构(主要是接点接触弹跳)、接点安装牢固程度、接点开距整定值大小、

时间记录和测量误差诸因素的影响, 致使测出的速度误差很大, 有时甚至无法判断. 这种情况不仅安装使用部门如此, 开关制造厂的反映也是如此.

近几年来国内也有不少单位开发研制出高压开关特性测试仪器, 采用光栅传感器测速方法, 取代了传统的测速方法. 应该说利用光栅传感器进行检测是目前较好的一种非接触式测试方法, 其速度较快、测量精度较高, 有良好的应用前景. 但目前光栅传感器由于受光栅尺加工工艺的限制, 其间距目前通常为 1 mm 的水平. 1 mm 间距对于行程在 100 mm 以上的 SF₆ 和油断路器来说已能保证行程测量误差(2 mm)要求, 但对于行程只有 10 mm 左右的真空断路器来说是不能满足要求的.

鉴于目前市场上已有精度很高的直线位移传感器, 本设计利用直线位移传感器对真空断路器机械特性进行检测, 该传感器测量精度高、速度快, 直流电压信号易于处理.

使用位移传感器时, 打开断路器上的测试用螺纹开口, 动杆安装于灭弧室外与动触头一体的动杆上, 固定部分通过螺丝拧紧在螺孔处. 利用传感器电压信号与位移成线性关系采集信号, 通过高精度高速 A/D 模块的定时采样, 可以得到定时时间间隔的位移. A/D 模块为 12 位、100 kHz 采样速率, 采样间隔可达微秒级, 保证了测试的精确度. 通过采样数据, 可以得出每个采样点位置, 经过计算即可得出总位移量(行程)、时间、及弹跳时间, 并能计算出平均速度、瞬时速度. 该方法最大特点是能对瞬时速度精确计算, 这是其他方法所难以达到的.

对于辅助触头接触电阻的检测, 采用串联标准精密电阻的方法. 如图 1:

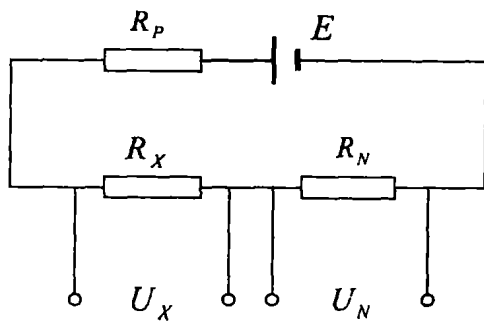


图 1 接触电阻测试示意图

标准电阻 R_N 与被测电阻 R_X 串联, 电流相等, 则二者电阻之比等于电压之比. 通过 A/D 采样两个电压, 计算各自大小并根据 R_N 的值算出 R_X 的值, 根据实际情况, 选择测量范围在 0—100 Ω 之间, 精度可达到 0.01 Ω .

4 测试系统硬件设计

系统硬件中主板采用研祥公司的全功能嵌入式工业级主板 EC3-1547CLDNA(B);数据采集选用了 PC/104 总线的多功能数据采集卡 PM515;采用了彩色液晶触摸屏;信号的采集与输出,需要进行调节处理,此信号调理板自行设计.由于整个软件系统设计比较小,省去了硬盘,采用一个 64 M 的 DOC 电子盘,大大缩小了体积.

主板 EC3-1547CLDNA 为 3.5"低功耗高性能主板,集成了 CPU、内存、CRT/LCD 控制器、10/100Mbps 网络接口、DOC、IDE、FDD、二串一并、二个 USB、看门狗定时器及鼠标键盘等接口,并有 PC/104 总线以便于扩充.该主板为专用于工业场合的高性能嵌入式主板,性能、处理速度都远远优于单片机或其它处理器,体积小但可以安装操作系统,功能强大,可以实现数据库、网络传输等智能化功能.

由于机械特性测试中,需要在几十毫秒的时间范围内准确测出动作的时间、位置,因此对数据采集的速率要求比较高,而多功能数据采集卡 PM515 最大采样频率可以达到 100 kHz,即 0.01 毫秒采集一次,满足要求.

显示界面采用 7.7"彩色液晶触摸屏,界面丰富,操作简单,可以实现傻瓜式操作.

系统硬件结构框图如图 2:

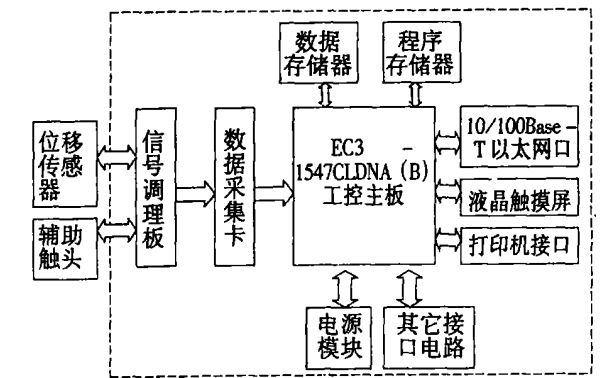


图 2 系统硬件原理图

信号调理板自行设计,系统中需要调理的信号有输入信号的调理和输出信号的调理.输入信号的调理包括断路器状态输入信号的调理,传感器信号的调理,辅助触头的信号调理,分合闸输出信号的返回等;输出信号的调理包括继电器输出信号调理(由采集卡输出的开关量须经过继电器输出以供断路器控制电路 DC110V 信号),输出模拟信号调理(输出信号中,有±5 V 的电压模拟信号供给传感器

及辅助触头).

5 测试系统软件设计

1) Linux 操作系统的建立

一般的嵌入式系统没有操作系统,只是一般的流程控制,实现的功能有限,鉴于需要有图形界面,网络支持,数据存储及数据传输等多项功能,我们必须采用操作系统.Linux 是目前人们最为关注的热点.它的源代码开放,内核功能强大稳定并可自行裁减,支持多种硬件平台,完善的网络通信、图形和文件管理机制^[4]以及广大的开发群体等优点都使它成为今后嵌入式操作系统发展的重要方向.

在本系统中我们采用自制嵌入式 Linux 操作系统,是根据系统的软硬件环境而量身定做的嵌入式操作系统.作为一个嵌入式操作系统,该系统包括引导装载程序(Boot Loader),Linux 内核(Linux Kernel),文件系统(File System).

2) 数据库系统的设计

测试系统采用 MySQL 数据库进行数据的组织管理.MySQL 是一种小型的,基于 C/S(Client/Server)模式的、开放源代码的、多用户、多线程 SQL 数据库服务器.它由一个服务器守护程序 mysqld 和很多不同的客户程序和库组成^[6].数据库服务器位于存放数据的机器上,它监听从网络上传过来的客户机的请求并根据这些请求访问数据库的内容,以便向客户机提供他们所要求的信息.客户机通过网络连接到服务器,告诉服务器需要的信息查询.在本系统中由于要实现数据的本地存储及联网上传等功能,需要构建一个 MySQL 数据库.

3) 驱动程序编写

由于 PM515 数据采集卡没有 Linux 下的驱动程序,我们自行编写了它的驱动.

设备驱动是操作系统内核与机器硬件之间的接口,它为应用程序屏蔽了硬件的细节,这样从应用程序看来,硬件设备只是一个设备文件,可以像操作普通文件一样对硬件设备进行操作.它完成的功能有:

- ① 对设备初始化和释放.
- ② 把数据从内核传送到硬件和从硬件读取数据.
- ③ 读取应用程序传送给设备文件的数据和回送应用程序请求的数据.
- ④ 检测和处理设备出现的错误.

Linux 内核有三种类型的设备驱动程序:字符设备驱动程序、块设备驱动程序和网络设备驱动程序.我们的数据采集卡属于字符设备,以串行顺序依次进行设备访问.

4) 基于 MiniGUI 的操作显示界面的设计

MiniGUI 是为基于 Linux 的嵌入式系统提供一个轻量级的图形用户界面支持系统,具有小巧、可配置、可移植等特点.本检测仪在微型嵌入式 Linux 系统基础上安装 MiniGUI,按照检测要求运用 MiniGUI 绘制操作显示界面,然后编写相应子程序完成诸如用户管理、参数输入、动作测试、低压测试、电阻测试、查看、保存、打印检测结果等功能;通过使用 MiniGUI 图形用户界面支持系统使整个人机操作界面友好、操作简单、运行可靠.



图 3 基于 MiniGUI 的操作控制主界面

图 3 显示了基于 MiniGUI 的操作控制主界面,界面上显示了某交流真空断路器的检测实验结果.

6 结 论

本设计采用功能强大的工控主板和嵌入式 Linux 作为软硬件平台,以高精度的传感器来测量行程,以达到高精度要求.通过 MiniGUI、MySQL 等软件使相关测试操作过程更加人性化、智能化.本设计的系统已调试完毕,各项功能均达到预期要求,具有很高的实用价值.

参考文献:

- [1] 真空断路器使用维护说明书,2003.
- [2] EC3-1547CLDNA(B)主板说明书.2005.
- [3] PM515 数据采集卡说明书.2005.
- [4] 邹思铁. 嵌入式 Linux 设计与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [5] Michael Jang. 邱仲藩. 红帽 Linux 9 从入门到精通[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [6] Leon Atkinson. 周靖. MySQL 核心编程[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [7] 梁金千. Linux 设备驱动程序架构的研究[J]. 计算机工程与应用,2002.
- [8] 北京飞漫软件技术有限公司. MiniGUI 编程指南,2003 (10).

Design of Networked Test Equipment for Vacuum Circuit Breaker Characteristics

YANG Feng-ping, WEI Bao-quan, LU Wei-hai

(School of Electrical and Electronic Eng., East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: On the basis of introduction of working principle of vacuum circuit breaker and analysis of its test content, this paper selects a reasonable test method and designs a networked characteristics test equipment for main vacuum circuit breaker in electric locomotive. Also, It explains the hardware and software design of the test system in detail.

Key words: vacuum circuit breaker; characteristics; test; embedded Linux