继电保护装置智能测试系统设计

张丽娟[1]，宗国萍[2]

（1.上海应用技术学院，上海 200233； 2.上海希明电气技术有限公司，上海 200063）

摘要：系统从继电保护装置测试的需求和原理出发，采用PC机+PLC的架构，实现继电保护装置的现场智能测试。系统在硬件方面，采用PLC、PC机和测试仪通过串行通信端口进行协同工作，实现了自动接线；软件设计包括管理软件与测试软件的设计，通过共享数据库和完善的功能设计，保证了系统的通用性。本系统降低了对现场操作人员的技术要求，提高了继电保护测试工作的效率，保证了检验结果的可靠性。目前，该系统已经投入使用，实践表明，该系统可以全面测试各种类型的保护，可满足现场测试要求。

关键词：继电保护； 智能测试； Visual Basic； 数据库

Design of the field intellectual test system for protective relaying equipment

ZHANG Li-juan[1], ZONG Guo-ping[2]

(1.Shanghai Institute of Technology, Shanghai 200233,China;
2.Shanghai Ximing Ltd of Electric Technology, Shanghai 200063,China)

Abstract: Based on the request and principle of the test of protective relaying equipment, the system composed of PC+PLC implements field intellectual test for protective relaying equipment. From the view of the hardware, the system adopts a structure composed of PC and PLC, which the both parts work efficiently by serial communication and fulfill the automatically connecting eclectrical wire. The software of the system includes managing software and testing software, which these two softwares are independent, but share the same database. Through this method, the system improves the effect of the protective relaying equipment test and ensures the reliability of the test result. Furthermore, the software design of the system takes a full consideration of the security of the software system. So far, the system has been used and has been proved be suitable for all kinds of protective relaying equipment. The system satisfies the field test demands.

Key words: relaying protection; intellectual test; Visual Basic; database

中图分类号： TM77 文献标识码：A 文章编号： 1674-3415(2009)24-0129-04

0 引言

继电保护系统在保护电力系统安全、稳定运行方面起着至关重要的作用。随着电网的发展和管理要求的提高，实现继电保护运行与管理的信息化、规范化、科学化变得日益迫切。而且大量输变电设备的投入运行，继电保护装置的种类和数量也急剧增加，使得继电保护专业人员的工作量大增，其工作繁重而复杂。近年来，微机型继电保护测试仪虽已得到广泛使用，但在现场实际测试过程中，需要工作人员不断地换接端子，通过人工识别并分析测试数据整理成存档报告，工作效率低，而且存在人工操作失误的隐患。为此，我们研制了这种继电保护装置的现场智能测试系统。

基金项目：上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金（ZX2006-01）

1 系统硬件结构

1.1 总体结构

系统硬件采用PC机+PLC的架构，再加上一台目前广泛使用的微机型继电保护测试仪，就可以提供一个智能接线、智能检测的测试环境，系统硬件结构如图1所示。

PC机选用通用型计算机即可，它是整个控制系统的核心，是上位机。主要利用良好的图形用户界面，一方面接受专业素养较高的技术人员进行测试模板、测试参数、接线方法的设定，另一方面，在测试现场调用已设定好的测试信息，按照设定的测试模板，发送测试命令、测试参数给测试仪，并控

制 PLC 对继电保护装置实现智能接线。测试结束后，接受从测试仪传递的测试结果，并将测试结果保存成一定格式，供智能检测系统生成检验报告。

PLC 选用 MITSUBISHI 的 FX2N 系列 PLC，该型 PLC 可通过功能扩展板利用 RS232C/422//485 等通信方式与外部设备进行通信。

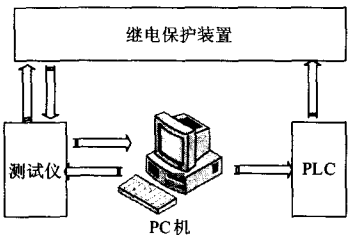

图 1 系统硬件结构图

Fig.1 System hardware structure

测试仪采用江西华东电气有限公司的 HD-30E 系列微机型继电保护测试仪，由其技术人员进行了针对本系统的测试仪内部相应软件设计。

1.2 系统的自动接线功能

系统的自动接线功能，是在不改变继电保护任务管理模式和继电保护测试人员现场测试习惯的情况下，将以前很多由现场测试人员做的事情，改为由 PC 机控制 PLC 去做，对单一保护装置的测试能努力做到“一次接线、一键完成”。

所谓“自动接线”，就是用机器替代人工来接线，当然第一次接线还是需要人工完成，之后在不同项目进行测试而需要翻线时，就不需要人工干预了，PC 机可以控制 PLC 自动翻线。

其过程为：完成第一次接线，包括 PLC 与测试仪的电流电压及接点线连接；PLC 与保护装置进行电流电压及接点线连接；由 PLC 端口的置位或者复位，控制更换测试项目时的翻线，PLC 端口的状态，则由本系统管理软件中所设定的接线模式，由 PC 机通过串行口控制 PLC 实现。从而在测试中实现了自动接线功能，极大地避免了人为失误。

整个系统安全可靠，接线全部按照预定设置，避免人为误操作。其中，PC 机与测试仪、PC 机与 PLC 均通过串口进行通信。

2 系统的软件设计

整个智能检验系统中，运行于 PC 机上的软件是系统的核心。

面对继电保护装置的种类和数量的急剧增加，现场检验工作很大程度上离不开有工作经验和素养的人员在现场操作，大大降低了检验效率。为了提高检验效率，降低对现场检验人员的技术要求，本系统的软件设计分为管理软件和测试软件，两个模块均采用应用程序+数据库的结构模式，各自独立运行，但共享数据（如图 2 所示）。经验丰富的专业技术人员可以在办公室针对不同保护，设置测试模版和测试参数，数据存入数据库；而现场测试人员在现场通过测试软件调用测试模板信息进行测试，测试结果通过测试软件存入数据库。现场测试人员不再需要进行复杂的接线和繁多的参数、模拟量设置，降低了对测试人员的要求，保证了现场检验按照规程进行。

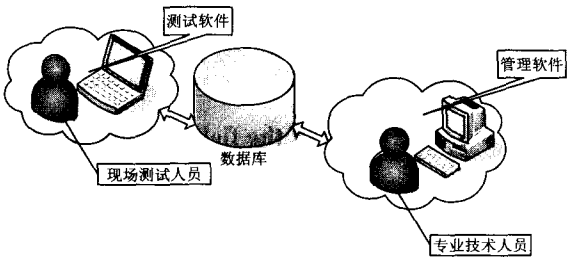

图 2 系统软件结构图

Fig.2 System software structure

2.1 管理软件设计

本系统的设计目标是全面满足各种类型的继电保护装置的现场测试，因此管理软件必须允许专业技术人员进行各种型号保护的测试模板、测试参数以及接线信息的设置，其设计的主要特点是其通用性。

测试模板与具体的某型号的继电保护装置相对应，一套保护装置的具体测试要求即对应一个测试模板。在设计中，使用 Visual Basic 中的 TreeView 控件，该控件的三种层次节点分别对应测试类型、测试元件和测试单元，共同构成一个测试模板，如图 3 所示，“SEL351”对应测试类型，“电流元件”、“电压元件”对应测试元件，其余对应测试单元。使用时，专业技术人员可以新建一个测试模板；也可以打开某一个已经建立的测试模版进行查看或修改；可以随时增删测试元件、测试单元的个数；也可以随机修改测试类型、测试元件和测试单元的名称，从测试项目方面确保系统的通用性。

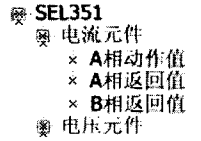

图 3 测试模板

Fig.3 Testing module

在测试模板设计的基础上，进而可以设定整个

测试的具体参数信息。选择 TreeView 控件中不同层次的节点，对应不同层次的参数设置：测试类型对应压板名称设置，测试元件对应整定参数设定，测试单元则对应 PLC 的具体接线、测试所需模拟量的计算公式、对返回数据进行故障判断的判据公式的设定。在不同层次中，均可以设定一些备注信息为现场测试人员提供说明。需要指出的是，本设计由技术人员进行复杂的接线、繁多的整定参数和模拟量设置，并通过一些说明和备注为现场检验人员提供测试说明和注意事项，大大简化了现场测试人员的工作。

2.2 测试软件设计

测试软件的测试过程涵盖了某一套保护装置测试的全过程，功能包括手动测试、自动测试和整组联动测试，使测试人员方便、快速、正确地得到所需要的保护装置的定值及特性数据。以自动测试为例，测试过程如下：

(1) 在测试某一保护类型时，将在管理软件中已做好的该保护类型测试初始模板调用，然后按提示进行自检与接线（包括测试仪的自检与接线的识别等）；

(2) 测试前进行保护装置常规参数输入及特性检查；

(3) 开始自动测试（主要是对保护定值进行校验）；

(4) 测试结束，检查测试数据，如有问题，可对专项进行测试。检查无误后，将测试数据存入电子报告内。最后，提醒测试人员打印定值报告并与整定书核对。

整个自动测试过程，无需测试人员始终守在现场，只需在测试结束后观察测试结果即可。

在测试软件中，串行通信是设计重点，无论是 PC 机发送管理软件中设定的整定参数、模拟量给测试仪，还是 PC 机发送接线信息至 PLC，以及在测试结束后，PC 机接收测试仪传送的测试结果，都是通过串口通信实现的。本系统利用 VB 提供的 MSCOMM 控件实现串口通信。通信过程及协议如下：

（1）测试软件在运行时首先进行通信测试，PC 机向测试仪和 PLC 发送 02H+LEN+30H(cmd)+XOR+03H；测试仪和 PLC 接收到握手通信信号正常返回 02H+LEN+70H(cmd)+ XOR+03H。其中，此处和以下内容中出现的 LEN 为 cmd+{数据}+XOR 总的长度；XOR 为 LEN、cmd、{数据}的异或值，用于检查传送数据的正确性。在运行中通过定时器，PC 机不断向测试仪和 PLC 发送握手信号，检查串口通信是否正常，同时实时显示通信状态。

（2）当开始测试时，PC 机首先发送接线信息至 PLC：02H+LEN+80H(cmd)+接线信息+XOR+03H。

（3）机器人接线完毕，开始测试，PC 机开始发送测试项编号、整定参数等信息给测试仪：02H+LEN+0x55H(cmd)+测试项编号+整定参数+XOR+03H；测试仪器接收到后返回 02H+ LEN+0x50H(cmd)+XOR+03H。

（4）当结束测试，测试仪向 PC 机传送返回数据，发送：02H+ LEN+0x0AAH(cmd)+测试项编号+返回类型+{测试数据}+ XOR+03H。

返回类型：00——正常数据；01——故障；02——异常；其中，当返回类型为 01 时，表示测试仪有故障，无测试数据项；当返回类型为 02 时，测试数据返回为一个字节，由 IaIbIcUaUbUcUxG 组成，8bit 分别表示 Ia、Ib、Ic、Ua、Ub、Uc、Ux、过热故障原因；当返回类型为 00 时，返回的第一个数据为-1 表示为未动作，当重合闸时，第二个-1 表示未合闸，第三个-1 表示未再动，其余为正常返回测试数据。

2.3 数据共享

如上所述，本系统软件采用管理软件和测试软件两个模块的结构，因此在设计中必须考虑如下两个问题：

(1) 如何将专业技术人员在管理软件中设定的测试模板信息简单方便地提供给现场测试人员。

(2) 如何直观有效地保存现场的测试结果，以便后续的分析汇总。

为此，本设计将后台数据库 SQL Server 与 Excel 进行相互转换，根据需要，可以把相关信息转换到普通工作人员都熟悉的 Excel 表格中进行保存，之后可以通过互联网或存储介质，方便地将所需数据共享，从而解决了上述问题。

2.4 系统通用性的保证

在测试模版的设计中，从测试项目方面确保了系统的通用性。在继电保护装置的测试过程中，整定值的设定是一个十分繁琐的过程，每个型号的保护装置都有其相应的整定要求。为了保证在此方面，系统也具有通用性，在本系统设计中，被测试装置的整定，是通过以下几个方面实现的。

（1）在管理软件中，由技术人员完成对整定元

件的设定，包括整定元件的整定名、整定说明和单位，比如 SEL351 中，电流元件的一个整定元件，名称为 50P1P，是定时限过流元件，单位为 A。

（2）需要输送给测试仪的参数，有些直接在整定值中给出，有些则要通过计算得出，此时则由技术人员在管理软件中设定该整定的测试值公式。

（3）在实际测试时，现场人员只需在测试软件中，按照整定单给出各个整定元件的整定值即可。

据此，每套保护都对应一套在设定好的整定，测试时只需根据需要输入整定值，系统即可以按照公式计算后将整定值送往测试仪。

3 系统安全机制

本系统的设计充分考虑了系统的安全机制，从硬件方面，系统严格执行开机自检，确保一切正常后方可进行操作；在工作过程中，通过定时器监视串口通信的状态。软件方面，通过严格的用户权限管理、数据库自动备份机制以及数据库中数据的完整性管理机制充分保证了系统的数据库安全。

4 结束语

本系统是在对上海超高压的继电保护专业管理工作模式、流程进行全面分析的基础上进行开发的，系统已通过相关部门的鉴定。系统投入使用后，可以大大减轻工作人员的工作压力，提供继电保护检验的效率，也可为管理和决策分析提供真实、准确、实时的信息，基本达到了实用化的目标。

本文作者创新点在于：利用 PC 机控制 PLC 进行自动接线，将继电保护测试中技术要求高不容易掌握的整定参数、模拟量设置等方面通过管理软件由专业技术人员实现，测试结果通过测试软件直接读取、分析，改变了目前继电保护测试中，需要工作人员不断地换接端子，通过人工识别并分析测试数据整理成存档报告，工作效率低等问题。

参考文献

[1] 朱忠亭，张沛超，汪可友. 基于自动测试的继电保护测试软件研究[J]. 继电器，2004，32（17）：31-34.
ZHU Zhong-ting, ZHANG Pei-chao, WANG Ke-you. Research on Protective Relay Test Software Based on Automatic Test[J].Relay, 2004，32（17）：31-34.

[2] 张志顺，王步云. 一种基于 VB6. 0 的智能型继电保护测试装置[J]. 电子技术，2002，（1）：7-8.

[3] 王卫峰，姚正治，刘金刚. 基于定时器控制的串口通信软件研究[J]. 微计算机信息，2008，1(1)：254-255.
WANG Wei-feng, YAO Zheng-zhi, LIU Jin-gang. Research of Serial Communication Software Based on Timer Controlling[J].Microcomputer Information, 2008，1(1)：254-255.

收稿日期：2009-01-13；　　修回日期：2009-03-24

作者简介：

张丽娟（1977-），女，讲师，硕士研究生，主要从事嵌入式系统方面的研究；E-mail：zljsmx@126.com

宗国萍（1983-），女，助理工程师，本科，主要从事继电保护测试方面的工作。

（上接第 80 页　continued from page 80）

[9] 吴承恩，邰能灵，郁惟镛，等. 超高压电缆-架空线混合线路故障测寻方法[J]. 电力系统自动化，2005，29(10)：26-29.
WU Cheng-en, TAI Neng-ling, YU Wei-yong, et al. New Method of Fault Detection and Location for EHV Cables with Transmission Lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(10): 26-29.

收稿日期：2008-12-17；　　修回日期：2009-02-23

作者简介：

刘　伟（1984-），男，硕士研究生，研究方向为电力系统及其自动化；E-mail:zixuan_1101@163.com

陈　皓（1962-），男，博士，副教授，研究方向为电力系统微机保护与控制。