

基于 Qt4/VS2010 平台的自动测试系统^①

李林林¹, 杨帆², 张飞飞², 宋保清¹, 宋兵兵¹

¹(国家电网许继集团 许继电源有限公司, 许昌 461000)

²(国家电网 上海市电力公司, 上海 200030)

摘 要: 主要研究 Qt4 和 Microsoft Visual Studio 2010 作为平台的自动测试工具的开发, 分析软件需求和实现方法。针对测试软件所涉及的数据处理流程, 详细介绍了实现方法和步骤, 并对不同的功能模块加以分析, 完成软件设计和开发, 最终实现了提出的自动化测试的需求。

关键词: Qt4; Microsoft Visual Studio 2010; 继电保护; 自动化测试

Automatic Test System Based on Qt4/VS2010

LI Lin-Lin¹, YANG Fan², ZHANG Fei-Fei², SONG Bao-Qing¹, SONG Bing-Bing¹

¹(XJ group of State Grid, XJ Power Co. Ltd., Xuchang 461000, China)

²(State Grid, Shanghai Municipal Electric Power Company, Huangshan University, Huangshan 245021, China)

Abstract: A method to fulfill a function of automatic test system of relay protection device is described by using Qt4 and Microsoft Visual Studio 2010. The system consists of tester, automatic testing software. Automatic test system can realize protection logic of relay protection test, the master function test and the value range detection main test items. It can realize the testing process visible, saving test data, test report generation. Using the feature word concept it solves the problem of test case reuse. Automatic test system has been well applied in the relay protection device in the process of research and development, improving greatly the testing efficiency and testing adequacy.

Key words: Qt4; Microsoft Visual Studio 2010; relay protection; auto test

随着计算机技术的快速发展, 计算机技术的应用已涉及到各个领域。在电力行业更是得到了充分的发展, 从调度中心到发电、输电每个重要环节都能看到计算机的身影。继电保护装置凭借计算机技术的强大支持从机械时代直接跨到微机时代, 实现跨越式质的飞跃。如今的电力行业, 以计算机技术为基础的各种自动化技术如雨后春笋般的快速发展, 自动化测试技术也应运而生。自动化测试工具是自动化测试技术的重要体现, 目前市场上的自动测试工具不足之处主要有以下几点:

1) 测试用例自动生成, 目前没有一套成熟的测试工具能实现测试用例的自动生成。测试用例是整个测试的核心, 并且用例编辑又是一个耗时费力的过程, 一旦实现测试用例的自动生成, 测试自动化程度将是

一次质的飞跃。

2) 测试过程自动执行, 目前测试过程自动执行技术不完善。现在有很多公司都在做自动测试工具, 并且有些已经在测试过程的自动执行方面实现的不错。但能测试的类型不够全面, 如, 没有一个成熟的测试系统能完成对保护装置的全面测试。只是对定值、软压板的检测相对成熟些。像保护逻辑、遥信、遥测、遥控、计量、雪崩等这些无法做到自动执行或者无法做到全自动执行。

3) 测试结果的自动比较, 当前状况与测试过程自动执行差不多, 也只是部分实现了自动化。

4) 测试报告的自动生成, 测试报告这部分由于各单位的报告格式不统一, 以前自动测试软件一般忽略了这部分功能。

① 基金项目: 国家电网许继集团重点项目(5292C2140002)

收稿时间: 2014-05-23; 收到修改稿时间: 2014-07-04

鉴于软件测试工具的上述问题,并充分考虑到现有的计算机软件技术、测试仪技术、通讯协议等诸多因素,本文所提出的测试工具设计方案能实现定值检测用例的自动生成,保护逻辑、遥信、遥测、遥控、计量、雪崩等这些测试用例虽然不能自动生成,但能实现用例复用,并且很好的实现了测试过程自动执行、测试结果自动比较、测试报告自动生成功能,体现了保护设备测试技术的自动化、智能化的发展趋势.自动测试软件部分采用功能强大的 Qt4/VS2010 开发平台^[1]和模块化的开发方法,集成两者的优势使软件的开发更加便捷.

1 开发平台简介

Qt用于开发 C++图形应用程序^[2,3],它具有跨平台特性. Qt是 Trolltech 公司的一个产品. Qt是一个多平台的 C++图形用户界面应用程序框架. 它提供给应用程序开发者建立图形用户界面应用程序所需的所有功能. Qt是完全面向对象的,它很容易扩展,并且允许真正的组件编程. 自从 1996 年早些时候, Qt 进入商业领域,它已经成为全世界范围内数千种成功的应用程序的基础. Qt也是流行的 Linux 桌面环境 KDE 的基础. (KDE是所有主要的 Linux 发行版的一个标准组件)Qt支持下述平台: MS/Windows - 95、98、NT 4.0、ME、和 2000 Unix/X11 - Linux、Sun Solaris、HP-UX、Compaq Tru64 UNIX、IBM AIX、SGI IRIX 和其它很多 X11 平台 Macintosh - Mac OS X Embedded - 有帧缓冲(frame buffer)支持的 Linux 平台.

Qt4 是 2004 年开始推出的系列版本,目前最高版本为 Qt. 8. 6. 它主要通过汇集 C++类来提供开发应用程序用户界面的功能,对于用户界面开发, Qt 有其显著的优势,它具有丰富的控件库和良好的封装机制,完全面向对象,有较好的扩展性,允许真正的组件编程,提供数据库操作接口,支持多数嵌入式系统^[4-6]. 作为 Qt 的核心机制,信号/槽用来实现不同对象之间的通信,它是类的成员函数,能被信号连接,具有灵活方便的特性^[7].

2 自动化测试软件编写

2.1 软件需求分析

本文提出的自动化测试软件,主要是对嵌入式软

件的功能性和可靠性测试. 软件的功能性和可靠性主要测试指标如表 1 和表 2 所示.

表 1 功能性测试指标

测试指标	指标说明	测试内容及方法
适合性	软件产品满足需求的完整性能力;	<ul style="list-style-type: none"> ● 检查软件是否具有需求上明写的所有功能; ● 检查软件是否具有需求上隐含的功能; ● 检查软件是否具有国标、行标、企标等规定的常规功能;
准确性	软件产品满足需求的正确性能力;	<ul style="list-style-type: none"> ● 检查软件的各项功能的正确性是否满足需求; ● 检查软件处理数据的精确度是否满足需求; ● 实际的操作规程与操作手册上描述是否一致;

表 2 可靠性测试指标

测试指标	指标说明	测试内容及方法
成熟性	软件产品为避免由软件中故障而导致失效的能力;	<ul style="list-style-type: none"> ● 对软件非法操作或非法输入, 查看其是否有限制、或提醒功能; ● 对软件非法操作或非法输入, 查看其是否出现异常; ● 对软件非法操作或非法输入, 查看其是否有数据丢失;
容错性	软件出现故障或者违反其指定接口时, 软件维持规定的性能级别的能力;	<ul style="list-style-type: none"> ● 当软件出现错误时, 查看其是否崩溃或有数据丢失、甚至死机; ● 当软件有接口不正确时, 查看其是否崩溃或有数据丢失、甚至死机;
易恢复性	在失效发生情况下, 软件产品具有恢复正常运行状态的能力并能恢复直接受影响的数据;	<ul style="list-style-type: none"> ● 软件失效时, 重启软件看其是否能正常运行并且正常处理过的数据不丢失; ● 查看软件是否具有自动恢复功能;
稳定性	软件产品在一定长的时间(一般为 72 小时)内具有连续稳定的运行能力;	<ul style="list-style-type: none"> ● 在 72 小时拷机时间内, 查看软件是否出现异常;
性能	软件产品具有在高负载情况下正常运行的能力, 且没有内存异常现象、系统资源利用率高、符合各种性能指标;	<ul style="list-style-type: none"> ● 通过压力测试, 查看软件的负载情况; ● 通过内存测试, 查看软件是否有内存异常; ● 查看软件资源利用率情况; ● 检查软件是否符合各种性能指标;

根据以上指标本软件需要具有用例编辑功能、用例执行功能、执行过程信息展示和记录功能、测试数据记录功能,由于测试软件工作的基础是与被测对象间的数据通信以及与测试仪通信,所以通信状态监控功能也至关重要. 以下是整个测试软件的工作流程,如图 1 所示.

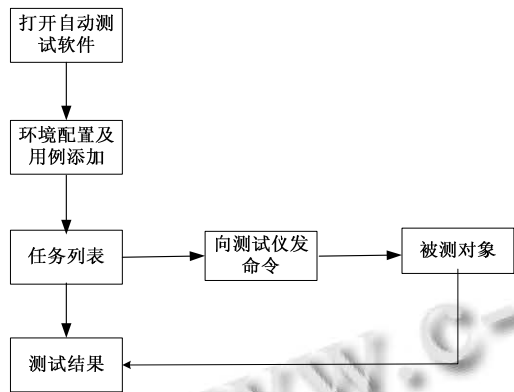


图 1 自动测试软件的工作流程

为了提高测试工具的可信性,本文所提出的测试软件尽可能多的展现、记录测试执行过程信息和测试数据以保证工具测出的问题有据可查. 下面是自动测试软件主要功能的分析设计.

2.2 软件主要功能分析设计

自动测试软件主要功能有三大部分: 测试用例编辑及管理,测试人员通过该功能实现对测试数据的输入及管理;测试任务执行,系统通过该功能完成对被测装置的测试;测试过程和结果展现,通过该功能测试人员可以查看测试过程和测试结果信息. 软件结构采用模块化设计,以便系统升级和扩展. 测试系统软件结构如图 2 所示.

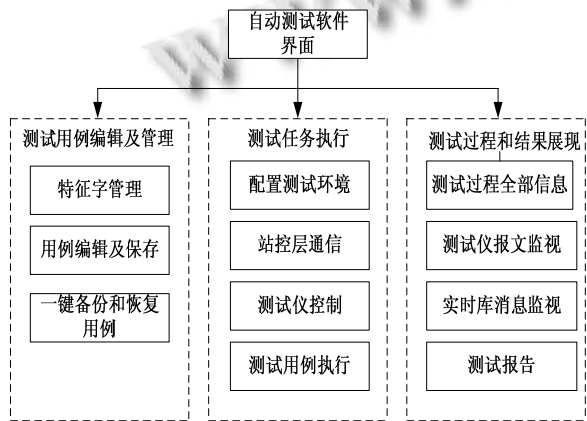


图 2 软件结构图

下面我们对每部分功能进行详细分析,并提出具体的设计方案.

2.2.1 测试用例编辑及管理功能分析设计

该部分功能主要有: 特征字管理、用例编辑及保存、一键备份和还原等,按四个子功能模块去设计. 特征字管理的功能有装置信息选择,特征字编辑,特征字匹配,特征字查找,特征字提出等功能. 主要实现方法如下:

```
void createConnection(QString dbname);
void InitCombobox();
void SetColumnStatus();
void InitTagTableWidget();
ST_BOOLEAN Judge_If_In_TagList(STRU_TAG&
stru_tag, QList<STRU_TAG>& tagList,int& pos);
void UpdateTagWiget(QTableWidget*
pTagWiget,QList<STRU_TAG>& tagList);
void checkmodelInfoUnique(QSqlTableModel*
pCurModel);
void matchModeltag(QSqlTableModel*
pCurModel,QList<int>
&mostlikeArr,QList<STRU_TAG>& TagArr);
void GetTagAndNameIndex(QSqlTableModel*
pCurModel,int& NameIndex, int& Tagindex);
```

首先要创建数据库连接,初始化特征字列表,然后再进行特征字的各种操作. 用例编辑及保存功能相对较少,但实现起来复杂,因为它是整个自动测试的基础,没有数据测试将无从谈起. 其功能主要是测试数据的添加和保存. 实现方法如下:

```
QString getDefaultValGzjb();
QString getDefaultValGzlb();
QString getDefaultValIocj();
QString getDefaultVal3u0();
QString getDefaultVal3u0out();
QString getDefaultValDzcs();
QString getDefaultValJfdd();
QString getDefaultValJfddf();
QString getDefaultValKrcs();
QString getDefaultValYccs();
QString getDefaultValYcmc();
QString getDefaultValYc0mk();
QString getDefaultValYczq();
```

```

QString getDefaultValYcpz();
QString getDefaultValYkcs();
QString getDefaultValYlcs();
QString getDefaultValYlcsf();
QString getDefaultValSdcs();
QString getDefaultValXlcs();
QString getDefaultValCszt();
QString getDefaultValBwcs();
QString getDefaultValGmYx();

```

一键还原与备份主要是为了快速恢复测试现场而设计的,其主要功能是恢复上次测试的用例执行情况

和测试环境配置信息. 主要实现方法如下:

```

void BrowseFile(QString pathname);
void ZipFile();
void UnzipFile();
void ZipProc();
void UnzipProc();
DWORD WINAPI ZipThreadProc(void *);
DWORD WINAPI UnzipThreadProc(void *);
BOOL CALLBACK ZipDialogProc(HWND
hwnd,UINT msg,WPARAM wParam,LPARAM lParam);
bool removeDirWithContent(const QString
&dirName);//删除文件

```

2.2.2 测试任务执行功能的分析设计

测试任务执行功能是整个测试软件的核心功能,它包括配置测试环境、站控层通信、测试仪控制、测试用例执行等. 其中最关键的就是测试用例的执行,自动化测试的实质是测试用例的自动执行. 软件实现用例自动执行的流程如图3所示.

自动测试启动前提是各项配置正确,然后启动实时库即站控层模块、测试仪控制模块. 站控层模块功能是实现测试软件与被测对象的信息交互,主要是接受被测对象反馈给测试软件的数据. 测试仪控制模块功能是实现测试软件对被测对象数据的加载.

加载测试用例开始测试后整个测试流程用两个主循环构成,一是站控层模块定时循环接受被测对象信息,一是测试软件定时循环对外下发各种操作命令.

2.2.3 测试过程信息和结果展现功能的分析设计

测试过程信息和结果是自动测试成果的重要体现. 其中测试过程信息不仅仅包含测试过程数据的实时显

示,还包括与测试相关的通信状态监控数据的实时显示. 监控数据主要是测试软件与被测对象间的通信状态、以及测试软件与测试仪之间的通信情况. 以下图4是所有测试过程信息分类.

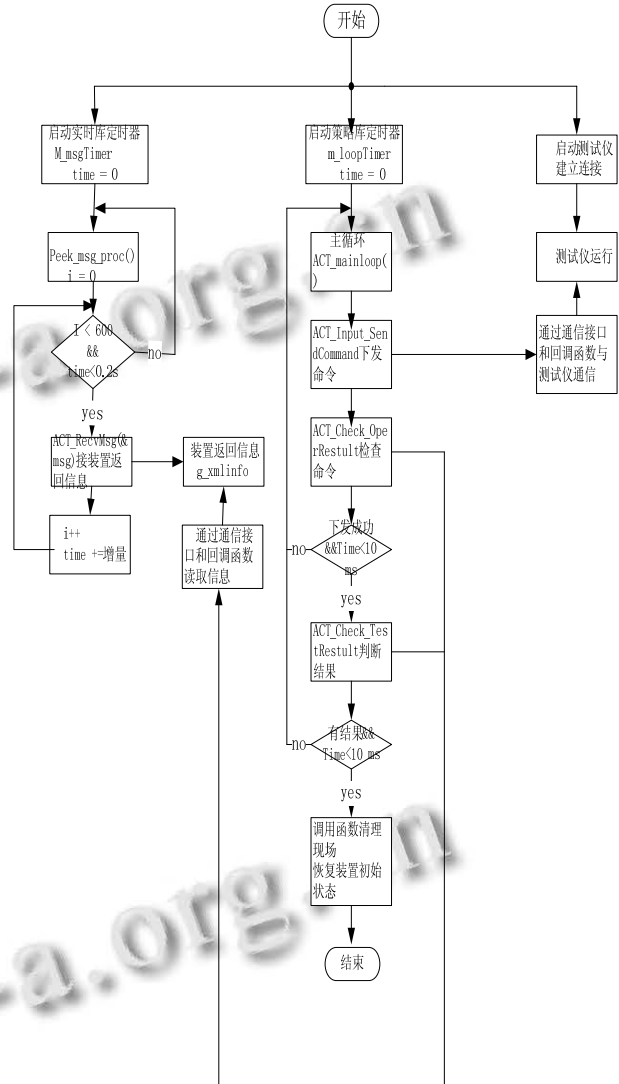


图3 测试用例自动执行流程图

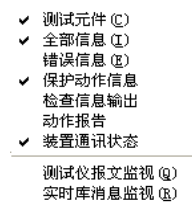


图4 测试过程信息类型

所谓测试元件,就是测试用例,包括测试项目和测试数据;全部信息显示的是测试软件运行的所有信

息,包括软件刚启动时人工操作的信息和自动运行时用例执行的所有信息;错误信息是执行过程中出现的异常情况;保护动作信息、动作报告、装置通信状态、都是被测对象反馈的信息;检查信息是对测试用例合法性检测的信息。

2.3 软件的实现及操作使用

本软件使用功能强大的开发平台 Qt4/VS2010,充分发挥集成平台的优势,开发出测试软件不仅功能可靠,而且界面非常友好。深受广大测试人员的喜爱。以下图 5 是刚打开时的界面:

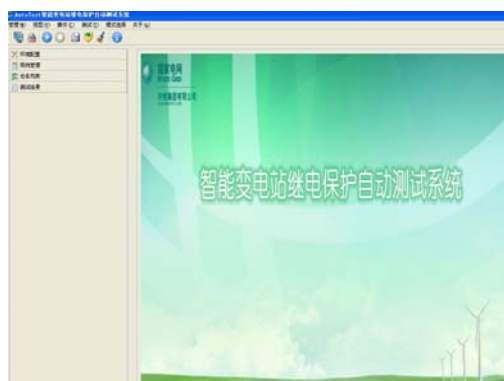


图 5 测试软件启动界面

本测试软件在新一代智能站示范项目的研发测试中进行了使用。测试环境搭建需要一台 PC 机装自动测试软件,pc 机需要双网卡,一个与被测装置通信另一个与测试仪相连;一台测试仪,本软件系统中采用的是北京博电测试仪;测试仪与被测装置之间用光纤相连。操作流程如图 6 所示。

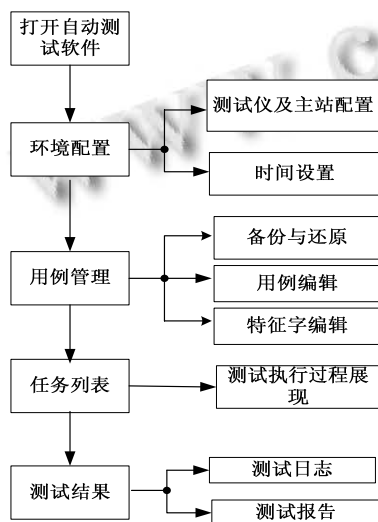


图 6 自动测试软件的操作流程

打开界面之后按照界面左上方的功能项依次操作即可完成测试流程,因为软件界面上的功能项是按照软件操作流程设计的,这样设计一方面考虑界面美观,另一方面也考虑界面的友好。第一步操作就是环境配置,这很符合大众的操作习惯,很多软件都有配置这一项。第二步就是测试用例编辑和加载了,因为不加载用例,测试软件没有任务执行。操作到任务执行这一步基本上就算大功告成了,剩下的工作就是测试工具做了,测试员做的就是等着看测试结果了。

如图 7 所示为对新一代智能站保护装置的测试过程截图。在任务列表页面,左边部分显示了所要执行的用例,中间部分显示的是具体每个用例的信息,右边显示的是测试执行的全面过程信息。

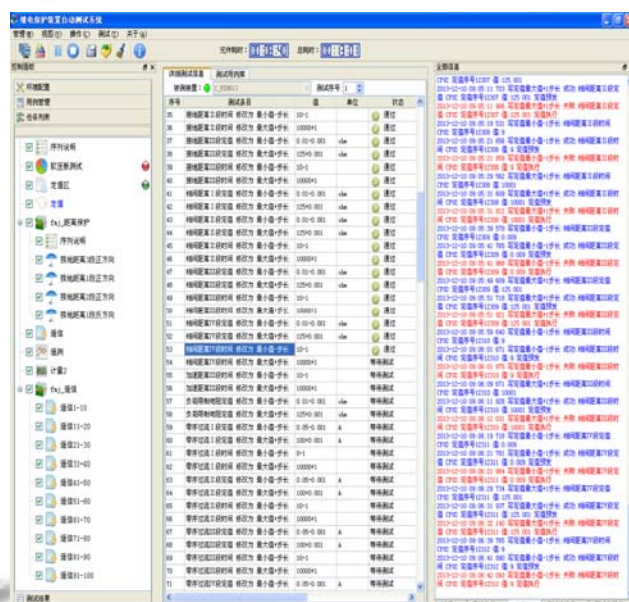


图 7 测试任务执行信息

从图中可以看出目前系统已经执行到第三个用例。最前面那个序列说明是说明文档,提示是否需要测试人员手动操作。后面打红点的压板作用例表示执行失败,说明装置的压板可能存在问题。打绿点的定值区切换用例表示执行成功,说明装置的定值区切换功能没问题。中间部分显示的是装置定值读写用例内容信息。左边部分显示的是用例执行的全部过程信息,同时在左边部分也能查看测试软件站控层通信模块^[9,10]的通信消息、测试软件与测试仪通信的报文。

测试结果展现主要体现在测试日志和测试报告中,在测试日志里可以根据需要查询测试过程中产生的任

何信息,测试报告用户比较关心,这里把测试报告自动生成设计成可定制的,用户可以自由选择需要关注的项目以生成自己所需要的报告。

在实际应用中发现,以前手工测试需要一周甚至更长的时间的任务,使用该测试软件测试一天就能完成。不但效率大大提高了,最主要的是把测试员从繁琐的重复的操作中解脱出来了,以前需要 4~5 个人做的项目现在一个人操作该测试软件就可以了,甚至完成了以前手工无法测试的项目。使测试的深度和广度都有很大程度的提高。由于测试过程中的数据都有记录,这使问题的查找和定位都很方便,该工具也深受广大开发人的喜爱和支持。

3 结语

本文基于 Qt4/VS2010 软件开发平台,详细论述了继电保护装置自动测试系统的设计方法。本系统的硬件由测试仪(北京博电测试仪)和 PC 机一台。适合几乎所有数字化的高压、中低压继保装置的测试。在自动测试系统的操作界面上可以完成对所有测试信息的查看,用例信息的历史数据、实时数据以及各子系统间的通信数据,能切实做到测试流程清晰、测试过程可见、测试结果可靠。本系统在新一代智能变电站的新装置研发测试过程中得到实际的应用,大大提高了测试效率和测试的充分性,缩短了研发周期,得到研发测试人员的高度认可。

参考文献

- 1 蔡志明,卢传富,李立夏.精通 Qt4 编程.北京:电子工业出版社,2011.
- 2 闫锋欣,侯增选,张定华,等.基于 Qt 和 Open Inventor 跨平台虚拟油泥造型系统构方法的研究与实现.计算机科学,2008,35(11):244-247.
- 3 贺翔,孟小华.嵌入式智能家居终端人机界面设计与实现.计算机工程与设计,2010,31(10):2166-2168.
- 4 章坚武,吴寒君.基于嵌入式 Linux 和 Qt4 的中文输入法的实现与改进.电子器件,2010,33(3):395-398.
- 5 师晓敏,朱名日,葛清志,等.嵌入式中文 GUI 控制平台的设计与实现.计算机应用研究,2009,26(4):1435-1437.
- 6 倪继利.QT 及 LINUX 操作系统窗口设计.北京:电子工业出版社,2006:81-89.
- 7 倪红波,周兴社,谷建华,等.基于 QT/E 的嵌入式图形支持系统.计算机工程,2007,33(20):256-258.
- 8 李国杰,张丹,姬希娜.变电站子站设备通信协议一致性测试系统的开发.电力系统自动化,2006,30(15):26-29.
- 9 Webb AC, Webb M. Automated testing of power system protection relays. Power Engineering Journal, 1988, (11): 291-296.
- 10 Paduraru C. Automated testing of protective relays using advanced visual test software. Proc. of the 2002 Large Engineering System Conference on Power Engineering. 2002. 143-146.