

数字式继电保护自动测试仪方案设计

针对数字式继电保护测试仪测试中存在的问题,结合数字式继电保护测试仪实现自动化测试的关键技术需求,在充分利用IEC 61850标准带来的规约统一、模型文件配置化以及国网公司“六统一”规范等有利条件的基础上,研究并设计了一种提高自动化水平的数字式继电保护自动测试仪。首先对测试仪的整体框架进行了设计,然后阐述了硬件配置、软件架构以及软件平台的开发,最后介绍了一种基于数字式继电保护自动测试仪的自动测试方案。

时 鹏/国网山东省电力公司菏泽供电公司 郑永康/国网四川省电力公司
电力科学研究院 吴润东 焦在滨 康小宁/西安交通大学电气工程学院
刘 勇/国网四川省电力公司阿坝供电公司

0 引言

随着智能变电站的推广和应用,IEC 61850标准被广泛应用在变电站自动化系统中。变电站智能电子装置(Intelligence Electric Device, IED)通过制造商信息规范(Manufacture Message Specification, MMS)与监控室、保信子站等进行站控层间的数据通信。由于采用统一的IEC 61850标准,智能变电站实现了通信的标准化,IED之间实现了无缝通信,为数字式继电保护测试仪的自动测试提供了技术保障^[1]。

同时,遵循IEC 61850标准的智能变电站较传统变电站发生了巨大变化,体现在一次设备智能化、二次系统网络化和信息共享标准化^[2]。新技术和新设备的应用加速了作为变电站重要调试工具继电保护测试仪的更新换代。目前,在智能变电站继电保护装置出厂联调、现场调试阶段主要通过数字式继电保护测试仪进行调试^[3-5]。虽然数字式继电保护测试仪基本满足了智能变电站保护装置的

测试需求,但是对保护装置的调试常常需要较多的人工参与,消耗大量的人力和时间,存在自动化水平低、测试效率不高的问题^[6]。例如,当一项保护定值校验结束后,测试人员需要到保护装置端查看保护动作事件信息;当由一项校验项目切换到下一项校验项目时,测试人员还需要到保护装置端设置定值、投退压板和控制字等,不能达到完全自动的效果。

智能变电站新一代保护的应用给保护测试提出了更高要求,需要更为全面的测试方案,更为高效的测试平台^[7]。总体而言,现有的测试仪主要存在如下不足:测试仪无法对全站所有保护装置进行软压板、控制字和定值的远方召唤与修改;测试仪的故障设置无法实现智能化,即每一种故障类型的设置都需经过调试人员的计算并手动输入到测试仪。

针对数字式继电保护测试仪在应用中存在的问题以及保护装置新的测试需求,在充分利用IEC 61850标准带来的规约统一、模型文件配置化优势,以及国网公司“六统一”规范等有利条件的基础上,研究并设计了一种提高自动化水平、符合IEC 61850标准的数字式继电保护自动测试仪^[8]。

1 自动测试关键技术分析

数字式继电保护自动测试仪对保护装置测试的整个阶段,以尽可能少的人工参与,完成测试的任务。首先测试仪应具有控制和监测保护装置的能力,完成测试过程中对保护装置定值和控制字



时 鹏/高级工程师

关键词/Keywords

IEC 61850 ·

数字式继电保护测试仪 ·

自动化 ·

的读写、软压板投退、装置复归和站控层报文监测等操作,需要测试仪具有与被测装置站控层层面的MMS通信功能;其次测试仪的参数设置应能实现自动化,包括测试系统的配置和测试参数的计算;最后,测试结束后,测试仪应能对测试数据进行分析、判断,并生成标准格式的测试报告^[9-10]。

根据以上分析,数字式继电保护自动测试仪应具备:MMS应用程序,即保护后台功能、SCL文件解析、测试数据库和智能模拟故障等功能^[11]。其关键技术关系如图1所示。

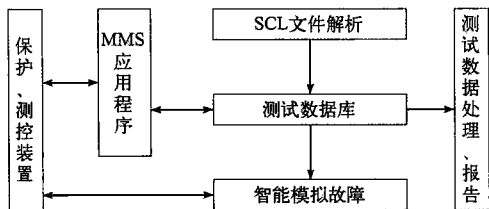


图1 自动测试仪关键技术关系图

2 自动测试系统硬件设计

数字式继电保护自动测试仪由硬件平台和软件平台组成,以硬件平台为基础,辅以软件的模块化设计。设计了如图2所示的整体框架,为测试仪的开发确定一个核心的架构。

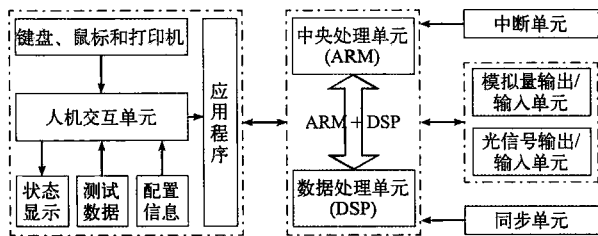


图2 自动测试仪结构框图

硬件平台采用TI OMAPL138(浮点DSP C6748+ARM9)双核架构作为主处理器,硬件平台由中央处理单元、数据处理单元、中断单元、同步单元、模拟量输出/输入单元和光信号输出/输入单元等构成。

中央处理单元与数据处理单元是整个测试系统的核心部分,控制各模块完成继电保护测试、数据采集、人机接口以及通信等功能。ARM构成中央处理单元,主要实现嵌入式操作系统、人机接口、键盘和触摸屏功能等;DSP构成数据处理单

元,主要负责数据采集、处理和通信等。

中断单元,OMAPL138芯片内部自带RTC时钟控制器和外部中断,实现定时控制、定时测量或定时中断等功能。

同步单元,主时钟为变电站采取的基准时间,其中IRIG-B码、IEEE 1588对时采取的是外部时钟,GPS采用内嵌纳秒级GPS模块,为站内调试以及站级联调提供同步功能。

模拟量输出/输入单元,包括开关量输出/输入单元和弱信号模拟量输出单元,分别用于兼容开关量硬接点信号和调试弱信号输入的保护。

光信号输出/输入单元,输出符合IEC 61850-9-2(L)规约的采样值报文,输出符合IEC 60044-7/8规范的FT3格式采样值报文;发送和接收GOOSE报文,发送和接收IEEE 1588报文;监视外部符合IEC 61850-9-2(L)规约的采样值报文以及GOOSE报文;监视符合IEC 60044-8规范的FT3格式采样值报文。

对于实时性要求不高的MMS报文,按照以太网通信协议在ARM端直接实现MMS通信功能。

3 自动测试系统软件设计

3.1 软件架构设计

软件功能的实现依赖硬件平台的选择和设计,软件架构的质量也将会直接影响软件质量。本文将数字式继电保护自动测试仪软件的开发分为三层结构,分别为物理层、应用层和界面交互层。

底层为物理层,底层硬件功能为硬件接口及通信,向上接受应用层程序的调用,向下与硬件直接接口。主要包括通信程序、中断处理程序和同步程序等。

中间层为应用层,作用为功能处理,向上接受界面交互层的调用,向下调用物理层程序。包括通信配置、SCL文件解析、MMS应用程序、测试程序和测试报告生成等模块。其中测试程序根据界面交互层的测试方案模拟相应故障,进而调用计算模型和测试数据库定值,生成测试数据并调用物理层通信程序发送标准格式的采样值报

文；MMS应用程序根据界面交互层的测试方案，调用物理层以太网通信程序向被测装置发送修改定值、控制字和软压板投退等指令。

上层为界面交互层，与用户交互，向下调用应用层程序。主要包括状态显示、数据库查询、数据库设置和应用程序管理等。

3.2 软件平台开发

本自动测试系统的开发采用计算机（宿主机）和 OMAPL138 开发平台（目标机）的交互式开发方案。搭建交互式开发环境，Qt作为开发跨平台的图形用户界面应用程序的工具，CCS作为开发和调试DSP程序的工具。在软、硬件设计的基础上，将自动测试系统抽象的功能模块进一步划分为详细而具体的模块，精确定义事件的顺序、准确的决策点、循环操作以及数据组织和结构，完成相应的类与对象的设计，最后编码实现各种应用功能。

图3为自动测试模块软件功能框图，通过测试模板、测试模型、故障模拟程序以及保护后台的配合，实现故障数据的自动计算、保护的自动整定和测试项目的自动切换。其中，测试模型1~n对应了不同保护功能类型的定值校验方式。

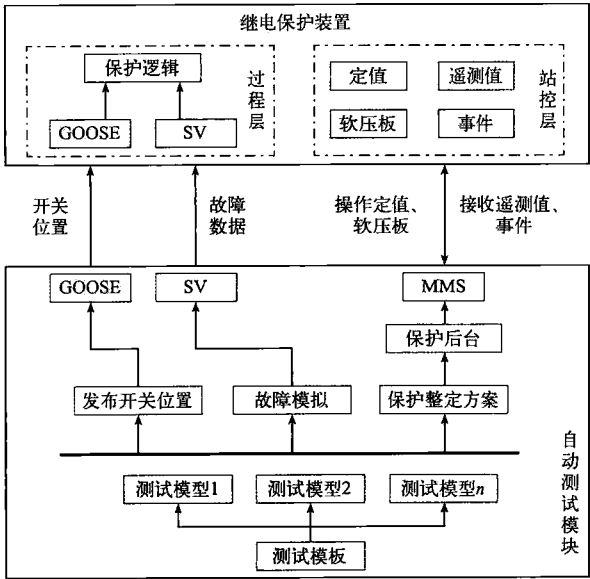


图3 自动测试模块软件功能框图

通过在测试模型中制定保护的整定方案（保护

定值的读写，软压板和控制字的投退方式等）、设计故障电压/电流的计算模型，试验时由测试仪的保护后台根据保护整定方案的内容自动地执行保护定值的读写、软压板和控制字的投退任务，测试程序根据模型中设置的相关参数自动地计算出所施加的故障量。

测试模板实际上是一份试验计划单，而测试模型则为这份试验计划单规定了详细的试验方案和具体试验数据。测试开始后，测试仪将按照模板中的试验计划单自动、有序地执行试验任务，逐项测试保护装置中配置的各个保护功能的定值。试验方案依据测试规程、各省电力公司的调试标准制定。

4 自动测试方案

调试前，全站SCD文件已被配置完成，并通过一致性检测工具的检查。已完成模型检查，确保测试仪使用的SCD或者CID文件内容与网络上装置的实际数据、数据类型和服务一致等。

以保护功能定值检查为例，自动测试方案设计如下所述，可采用图4所示两类接线方式。

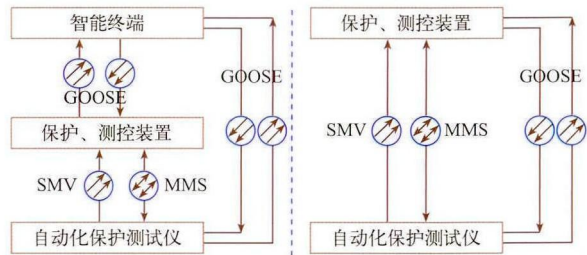


图4 自动测试过程中的接线方式

(1) 建立测试数据库

利用SCL文件解析模块解析变电站SCD或者CID文件，获取配置信息；通过MMS应用程序读取保护装置的实际数据，建立测试数据库。

(2) 通信配置

对于采样值SV报文，配置其通道功能、通道数目、采样速率和ASDU数目等；开关GOOSE报文，配置其通道数目、发送间隔时间和控制块信息等；按照组网方式，确定SV、GOOSE和MMS的接入点。用户管理层调用测试数据库通信部分

的配置数据，完成自动配置。

(3) 一致性检查

将电流、电压和断路器位置以SV和GOOSE报文方式发送至保护装置，再通过MMS应用程序读取保护装置上送至站控层的报文信息，比较发送和读取的报文信息中的电流、电压和断路器位置，来检查保护装置通信的一致性测试自身配置的一致性。

(4) 制定测试方案

根据保护装置配置的保护功能，选择测试模板，选定测试模型，生成测试方案。设置测试模型中参数，即设置定值、控制字和软压板等数据的量值。

(5) 开始测试

按照测试方案，开始执行第一个测试项目，保护后台按照测试模型中的整定方案，投入相应保护功能，并整定保护动作值；将开关状态量（闭合位置）按照GOOSE传输机制发送给保护装置；根据试验参数自动计算试验电压、电流，并将电压、电流以标准格式SV报文形式发送到保护装置。试验完成后退出本次测试的保护功能。

(6) 下一项测试

执行下一项测试项目，同步骤（5），直至校验完成该套装置所有的保护功能定值。

5 结束语

所研究的数字式继电保护自动测试仪，旨在解决测试仪对被测装置的软压板、控制字和定值等量的远方召唤与修改，测试仪故障参数的自动计算和设置等与实现自动测试有关的技术。在智能变电站大量建设的背景下，数字式继电保护自动测试仪的应用有助于缩短智能变电站的建设周期和提高建设质量。

参考文献

- [1] IEC 61850: Communication networks and systems in substations, part 8-1 [S]. 2004.
- [2] 高翔, 张沛超. 数字化变电站的主要特征和关键技术 [J]. 电网技术, 2006, 30 (23): 67-71.
- [3] 何智平, 周玲, 张方军, 等. 国内市场微型继电保护测试仪的现状和发展 [J]. 继电器, 2005, 33 (8): 76-80.
- [4] 谌争鸣, 陈辉, 陈卫, 等. 全数字化继电保护测试系统设计 [J]. 电力自动化设备, 2009 (5): 109-113.
- [5] 冯硕, 黄梅, 李晓朋. 基于IEC 61850的光数字继电保护测试仪的研制 [J]. 继电器, 2008, 36 (8): 23-25.
- [6] 李振动, 蔡勇, 郭飞, 等. 智能变电站重合闸方案的研究分析 [J]. 电气工程学报, 2015, 10 (12): 58-62.
- [7] 李忠安, 沈全荣, 王言国. 电力系统智能装置的自动化测试系统设计 [J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (8): 77-79.
- [8] 吴在军, 胡敏强. 基于IEC 61850标准的变电站自动化系统研究 [J]. 电网技术, 2003, 27 (10): 61-65.
- [9] 李永亮, 袁志雄, 陈斌, 等. 对基于TCP/IP的IEC 61850特定通信服务映射MMS的分析与实现 [J]. 电网技术, 2005, 28 (24): 33-38.
- [10] 卞鹏, 潘贞存, 高湛军, 等. SCL在变电站远程配置管理中的应用 [J]. 电力自动化设备, 2004, 24 (4): 54-56.
- [11] 应站煌, 胡建斌, 赵瑞东, 等. 继电保护装置自动测试系统研究和设计 [J]. 电力系统保护与控制, 2010 (17): 142-146.

(收稿日期: 2015-11-30) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告