

# 智能继电保护装置的自动测试方法

胡再超,姚亮,张尧

(国电南京自动化股份有限公司,江苏南京 211100)

**摘要:**通过比较传统继电保护装置测试的方法,介绍了一种基于 IEC 61850 通信标准,应用在智能变电站继电保护的自动测试方法。该方法根据装置中标准化的逻辑节点和数据对象面向对象设计模块化测试单元,具有互操作性和信息共享,能适用于不同厂家的继电保护装置。同时针对智能化继电保护装置的特点,功能测试中结合采样值(SV)和面向通用对象的变电站事件(GOOSE)报文分析,保证产品开发和工程投运的质量和进度。其中测试过程中自动设置定值参数及功能投退、自动切换测试项目、自动保存试验数据、自动分析测试结果和生成评估报告,从深度和广度上提高测试工作的效率。

**关键词:**IEC 61850;智能变电站;继电保护;自动测试

**中图分类号:**TM744

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2013)01-0053-03

随着电力系统发展及通信技术进步,数字化变电站越来越受到专业人员的重视。经过前期智能变电站试点工程的探索,在电力系统内部,相关智能变电站的设计、生产、建设标准已经初步完善。2012年以来智能变电站的建设速度大大加快,其建设规模越来越大。在继电保护设备从生产到运行的各个环节,自动化程度越来越高,测试作为研发生产、变电站投运前的重要环节,由于自动化程度还不高,导致继电保护进行全面测试需要占用很多的资源,工作效率较低,即便如此也不能保证对保护设备测试的充分性。尤其是智能变电站区别于传统变电站的交流接入、开关量输入和输出,取消了传统电缆连接,采用光纤通信技术,模拟量和开关量都不再是电信号,而以报文方式传输,因此亟需对目前测试方法进行改进。通过自动化测试,分析动作报文和监视智能终端动作接点,测试每一个环节,提高研发效率和工程质量。

## 1 传统继电保护测试的现状

目前继电保护测试通常是基于保护原理的单一功能测试,在装置层面的系统测试需要测试人员全程参与,而且测试项目有限<sup>[1,2]</sup>。以距离保护为例,其测试流程通常如下:(1)将测试仪相应的电压、电流输出端子接到保护的电压、电流输入端子上;保护装置的跳、合闸输出接点连接到测试仪的开关量输入端。(2)根据不同测试项目在保护装置上修改定值参数及压板。(3)选择测试应用软件中距离保护功能测试组件,设置试验参数:故障类型、故障阻抗、故障电流及故障时间和方向等,确认上述测试项目,联机测试。(4)评估当前项目结果是否正确,测试人员记录测试数据。然后进入下一个测试项目,再重复第(2)~(4)

步的过程。

由此可见整个测试过程每个测试环节都需要人工参与,工作效率不高,而且对测试人员的水平有较高要求,在整理报告中的大量试验数据时也往往容易出现人为错误<sup>[3]</sup>。

## 2 智能继电保护的特点

智能变电站是由智能化一次设备和网络化二次设备分层(过程层、间隔层、站控层)构建,建立在 IEC 61850 通信标准基础上,能够实现变电站内智能电气设备间信息共享和互操作的现代化变电站。智能变电站是应用 IEC 61850 进行建模和通信的变电站,体现在过程层设备数字化、整个站内信息网络化和开关设备智能化。智能继电保护相对传统继电保护装置,其模拟量输入采用采样值(SV)报文传输和开关量信号通过面向通用对象的变电站事件(GOOSE)报文传输,不再采用电缆接线的方式将跳闸信号、电压电流跟测试仪连接,因此传统的继电保护测试仪不能满足智能继电保护测试的需求。对于采用 SV 和 GOOSE 的继电保护装置来说,需要开发全新的测试系统,解读不是很直观的报文,将抽象的信息实例化。由于智能继电保护基于 IEC 61850 标准开发,采用统一的面向对象模型和自我描述,满足应用互操作和信息共享的要求,因此自动测试软件只要解析装置中智能电子设备的能力描述(ICD)文件就能适应于不同设备制造厂家生产的不同保护装置。

## 3 基于 IEC 61850 智能变电站继电保护自动测试

传统继电保护自动测试由通信控制程序和测试平台程序组成。通信控制程序与保护装置通信实现修改

保护定值、投退功能压板、上传保护动作信息功能。测试平台程序除了实现自动测试项目,在完成测试后自动生成文本格式的报告,还提供与通信控制程序的通信接口和规约。通过通信控制程序和测试平台程序相配合,实现继电保护的自动测试。该自动测试系统的工作流程如图1所示,可分为以下5部分。

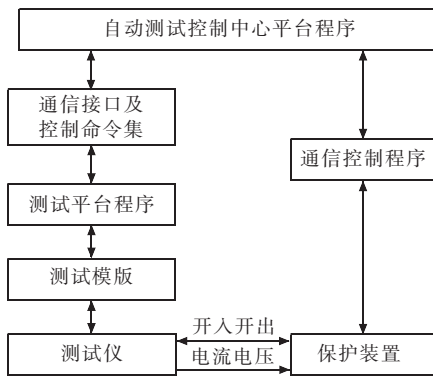


图1 传统自动测试系统结构

(1) 自动测试控制中心平台连接保护装置和测试仪;(2) 测试平台程序作为测试项目执行单元输出模拟量和开出量,按照测试方案配置测试项目;(3) 由控制中心平台发起自动测试功能,通信控制程序实现保护装置的控制和接受信息反馈;(4) 控制中心平台根据测试项目和装置反馈信息智能评估保护动作行为是否正确,并自动进入下一步的测试项目,直至完成保护装置全部测试项目;(5) 控制中心平台完成保护装置测试后,自动生成测试报告。

传统测试方法的关键是测试模板的设计,测试模板主要包括2个部分:一是与保护装置相关的定值、压板等功能设置;二是与测试仪相关的输入输出配置。对于每一个继电保护功能都需要设计对应测试模板,再以距离保护为例,其需要测试其阻抗继电器测量精度及边界范围、时间继电器精度及阻抗定值、时间定值整定范围边界。因此需要在保护测试前建立测试模板库,并验证模板文件的正确性和完整性。模板库形成后,作为该装置的测试用例,但在后续软件版本的测试中,仍需要根据软件的变动情况做相应调整<sup>[4]</sup>。

#### 4 智能变电站继电保护自动测试方法

智能变电站的继电保护装置应用SV和GOOSE报文传输,因此通信控制程序要实现解析ICD文件对SV、GOOSE信息实现自动配置,测试仪需既可以支持IEC 61850-9-1和IEC 61850-9-2帧格式发送SV、收发GOOSE信息,也能输出符合IEC 60044-7/8规范的FT3格式的SV,订阅/发布多个不同制造报文规范(MMS)和GOOSE控制块信息,实现对保护装置及智

能操作箱的测试<sup>[5-8]</sup>,如图2所示。

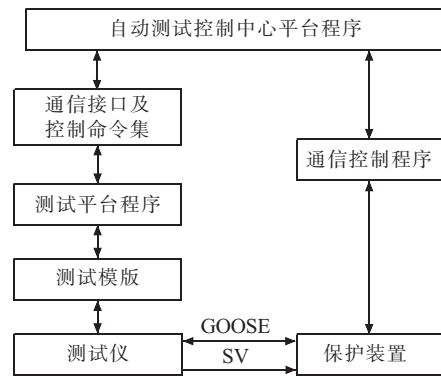


图2 智能化自动测试系统结构

在对指定装置测试过程中,传统测试方法已基本实现了自动化测试,但仍需人工维护测试模板。该模板对指定的装置可以重复利用,但是不同软件版本或保护装置,由于保护功能和定值差异,测试模板需要重新编写或修改,当测试模板库较多时,测试模板维护工作量就很大。基于IEC 61850通信标准,各个厂家的保护装置具有信息共享,可实现互操。因此可以通过读取保护的ICD文件,根据文件中保护逻辑节点(LN)及LN对应的数据对象(DO)实现自动生成测试模板,能适用于不同功能的保护装置。该方法提高了自动测试的适应性,简化了模板文件的设计工作,提高了工作效率。

##### 4.1 通信控制程序

通信控制程序与保护装置连接,根据自动测试控制中心命令对保护装置进行以下操作:(1) 整定定值、投退压板;(2) 上召保护装置动作事件、录波并保存;(3) 读取保护装置的ICD文件。

其通过自动测试控制中心平台接受测试平台的反馈信息:(1) 接收控制中心平台的信息是否成功,成功则继续进行自动测试,失败则提示通信失败,自动测试结束;(2) 装置运行状态异常或告警,若返回装置告警,则立即停止测试,记录装置告警事件和日志等;(3) 根据自动测试项目,记录保护装置的动作信息和录波数据。自动测试控制中心平台界面如图3所示。

##### 4.2 保护测试模板的自动生成

利用通信控制程序解析ICD文件,根据ICD文件中不同的LN种类调用基础测试模块,再通过LN中DO,对定值、压板做详细的功能测试,例如解析LN距离(Distance, PDIS)就可以调用阻抗测试的模块,再根据“Phstr”相间距离I段定值,结合“Rislod”负荷限制电阻定值、“LinAng”线路正序灵敏角等参数,“Phstr”中数据属性(DA)“setMag”表示阻抗定值,“units”表示单位,“minVal”表示定值下限,“maxVal”表示定值上限,“stepSize”表示定值变化步长等<sup>[9]</sup>,其他不再赘述,依此就可以生成详细的测试用例,自动实现相间距离



图3 自动测试控制中心界面

I 段阻抗边界的测量精度和段动作时间的测试。

#### 4.3 测试平台程序

自动测试控制中心通过通信接口及控制命令集与测试平台程序交互。测试平台程序解析测试模板,根据测试项目实现自动测试启停和切换,并记录测试数据。

测试平台程序接受测试仪的反馈信息,每次测试判断接收控制程序的信息成功与否,若测试项目结果出现非预期状况,测试仪立即上送异常信息告知测试平台该项测试失败,测试模板中全部项目完成后,告知测试平台。测试平台根据这些反馈信号实现测试,通过与自动测试控制中心通信,实现测试记录。

#### 4.4 MMS 和 GOOSE 报文解析

MMS 报文解析包括命令过程分析、MMS 到 ACSI(抽象通信服务接口)映射分析、各种信息与应用数据的关联分析,报文异常告警,监测报文是否符合每种服务定义的报文格式,并按顺序记录报文。正在测试的保护装置中遥信数据集如图 4 所示。

图4 MMS 中遥信量数据集

GOOSE 报文解析包括检查报文 APDU(应用协议数据单元)和 ASDU(应用服务数据单元)格式是否符合标准,通信过程分析( $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  的时间间隔和对应的 StNum 与 SqNum 变化关系),判断报文是否存在发布超时、帧不连续、丢帧或者错序等。正在测试的保护装置中 GOOSE 数据集如图 5 所示。

#### 4.5 测试报告的生成

图5 GOOSE 数据集

根据测试结果自动测试控制中心平台程序应用文本格式自动输出测试报告。同时文本格式报告有很好的可读性和兼容性,便于进一步整理分析和归纳总结。

## 5 结束语

基于 IEC 61850 标准的继电保护设备可以实现信息共享和具有互操作性,测试平台可以读取不同设备制造厂家的保护装置的 ICD 文件,验证 ICD 文件的标准化和合法性,解析文件中 LN 的 DO 实例中定值、控制字、压板等自动生成测试模板,根据研发和工程实际需要选取测试项目,实现继电保护装置自动测试。比较传统测试方法,能自适应不同保护装置,既保证完整测试,又更大程度减少手动测试工作。其不仅适用设计开发阶段,也能应用在装置生产和工程投运中,可提高开发制造产品的质量,缩短变电站调试工期。

#### 参考文献:

- [1] 赖 擎,华建卫,吕 云,等.通用继电保护自动测试系统软件的研究[J].电力系统保护与控制,2010,38(3):90-94.
- [2] 陈 皓.新一代微机继电保护测试仪及其基本性能[J].电力自动化设备,2002,22(5):61-63.
- [3] 刘金宁,孟 晨,崔少辉,等.基于配置文件的虚拟仪器测试软件设计与实现[J].电力自动化设备,2005,25(1):50-53.
- [4] 郑新才,丁卫华,韩 潇,等.基于测试模板的继电保护装置自动测试技术研究及实现[J].电力系统保护与控制,2010,38(12):69-72.
- [5] 邵风瑞,王命延.继电保护测试系统组态软件的应用[J].电力系统保护与控制,2010,38(6):72-75.
- [6] 梁国坚,段新辉,高新华.数字化变电站过程层组网方案[J].电力自动化设备,2011,31(2):94-98.
- [7] 湛争鸣,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,2009,29(5):109-113.
- [8] 徐天奇,尹项根,游大海,等.兼容 IEC 61850 标准的智能电子设备测试[J].电力自动化设备,2009,29(3):132-137.
- [9] IEC 61850, Communication Networks and Systems in Substations[S].

#### 作者简介:

胡再超(1977),男,湖北枣阳人,工程师,从事继电保护研究工作;  
姚 亮(1979),男,江苏南京人,工程师,从事继电保护研究工作;  
张 尧(1984),男,陕西柞水人,助理工程师,从事继电保护研究工作。

表 2 故障仿真计算结果

序号	变电站名	实际故障过程	仿真诊断结果
1	吴江变电站	220 kV 误慈 2k57 线 短路故障	220 kV 误慈 2k57 线故障
2	车坊变电站	220 kV 车宝 2992 线 C 相单相短路	220 kV 车宝 2992 线 C 相故障
3	盐都变电站	500 kV 田盐 5215 线 A 相瞬时故障	500 kV 田盐 5215 线 A 相故障
4	张家港变电站	220 kV 家新 2K41 线 B 相瞬时故障	220 kV 家新 2K41 线 B 相故障
5	晋陵变电站	500 kV 江陵 5292 线 A 相瞬时故障	500 kV 江陵 5292 线 A 相故障
...	...	...	...
35	张家港变电站	220 kV 家沙 2K43 线 C 相单相短路	220 kV 家沙 2K43 线 C 相故障
36	吴江变电站	35 kV3 号主变 2 号 电容器熔丝熔断,导 致不平衡保护 A 相 动作 332 开关跳闸	35 kV3 号主变 2 号电容器故障

#### 4 结束语

江苏电网作为国家电网公司“大运行”改革试点单位,在全国率先完成了以高效化、专业化为方向的转变过程。电网管理方式的变革必然带来电网故障异常处理模式及分析技术方法的变化,文中针对国内电网管

理结构发生变化的情况,提出基于离散事件系统的集中监控模式下的故障异常分析与辅助决策系统。该方法的工程化应用,不但可以为陆续在全国电网企业推进的调度集中监控业务,提供运行经验和技术支持;还可以为离散事件系统方法,在电网故障异常诊断中的先期研究。

#### 参考文献:

- [1] 李雄刚.故障诊断专家系统在电力系统中的运用[J].广东电力,1999,2(2):39-41.
- [2] 顾雪平,盛四清,张文勤,等.电力系统故障诊断神经网络专家系统的一种实现方式[J].电力系统自动化,1995,19(9):26-30.
- [3] HERTZ A, KOBLER D.A Framework for the Description of Evolutionary Algorithms[J].European Journal of Operational Research,2000,126(1):1-12.
- [4] 周昕,殷芸辉.新型电网故障诊断专家系统的设计[J].江苏电机工程,2007,26(3):15-17.

#### 作者简介:

蒋宇(1980),男,四川自贡人,工程师,从事电网运行管理工作;  
李明(1981),男,安徽淮南人,助理工程师,从事变电运行工作;  
张勇(1968),男,江苏南京人,高级工程师,从事电网运行管理工作;  
胡鹤轩(1975),男,江苏南京人,副教授,研究方向为电力系统及其自动化。

### A New Grid Fault Analysis Method under the Centralized Monitoring

JIANG Yu<sup>1</sup>, LI Ming<sup>2</sup>, ZHANG Yong<sup>1</sup>, HU He-xuan<sup>3</sup>

(1. Jiangsu Electric Power Dispatching and Control Center, Nanjing 210024, China; 2. Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Nanjing 210019, China; 3. College of Electrical and Energy, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** In the view that the change of network management and control mode is carried forward on a national scale under the reform, the new problems existing in abnormal failure analysis under centralized monitoring mode from the point of engineering reality are proposed. The new solution to fault diagnosis analysis of Power system based on the discrete event system theory. Some simulation works have been done on some real failure examples in Jiangsu Grid and have gained satisfied results.

**Key words:** centralized monitoring; fault and abnormal analysis; discrete event system

(上接第 55 页)

### Automatic Testing Method of Intelligent Relay Protection Device

HU Zai-chao, YAO Liang, ZHANG Yao

(Guodian Nanjing Automation Co. Ltd., Nanjing 211100, China)

**Abstract:** Through the comparison of the testing methods of traditional relay protection devices, an automatic testing method is introduced. It is based on IEC 61850 communication standard and applied to the relay protection in intelligent substations. In this method, modular testing unit is designed targetedly with the standard logical node and data objects in relay devices. The method is interoperable and information-sharing, satisfying relay protection devices produced by different factories. Further more, taking the characteristics of intelligent relay protection device into account, function testing unit can make use of sampled values (SV) and general object-oriented substation event (GOOSE) packets, so it is able to ensure the quality and speed of product development and engineering operation. The testing progress includes set of value parameters and function's investment or retirement, test project switching, saving test datas, test result analysis and assessment report formation. All these is automatic, so the automatic testing method can improve the efficiency of test work on depth and breadth.

**Key words:** IEC 61850; intelligent substation; relay protection; automatic test