

智能变电站继电保护装置一键式测试方法及系统

刘 巍¹, 赵 勇², 石 光²

(1. 河南省电力公司电力经济技术研究院, 河南 郑州 450052;
2. 河南省电力公司电力科学研究院, 河南 郑州 450052)

摘要: 从智能变电站继电保护装置的特点和测试需求出发, 提出了智能变电站继电保护装置一键式测试的概念。一键式测试装置可以通过导入被测继电保护装置的 IED 配置描述(CID)文件或者全站配置的系统配置描述(SCD)文件来获取被测继电保护装置的参数、通道配置、指标等信息, 通过 MMS 网络获取定值信息, 并且还可以通过发送和接收 GOOSE 信息投退检验所需的软压板, 从而实现保护配置。一键式测试装置实现了测试自动进行、报告自动生成, 充分体现了智能变电站继电保护测试自动化、智能化的特点。

关键词: 变电站; 测试; 继电保护; IEC61850; GOOSE; 数字信号处理器; 现场可编程门阵列; 通信
中图分类号: TM 774 **文献标识码:** B **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.02.027

0 引言

随着输变电设备的大量运行, 继电保护检验的工作量也成倍增加, 继电保护装置自动测试技术逐渐受到关注^[1-7], 但由于继电保护的重要性和复杂性, 一直不能实现真正意义上的自动测试。

智能变电站的建设及 IEC61850 协议的应用为继电保护自动化测试技术的发展提供了更好的技术支撑平台^[8-12], 保护装置需要的电流、电压以采样值(SV)报文的形式从以太网口获取, 因而测试不再需要考虑模拟量的接线及功率放大问题; 保护的开入信号及跳合闸出口以 GOOSE 报文的形式通过以太网口传输, 且通过 GOOSE 指令也可对智能开关检修模式, 闭锁智能开关的跳闸和合闸功能, 测试不再需要复杂的接线。

目前, 整个智能变电站继电保护装置现场校验过程需要 2 人以上在现场共同完成, 检验一套复杂的继电保护装置一般需要 2~3 d, 而且要求现场工作人员对保护原理、测试方法、装置配置等均非常熟悉, 因此在现场经常出现错误检验或检验无法进行的情况。另外, 目前还存在测试报告格式不固定、试验报告的整理需要花费大量时间的问题, 且由于报告为手工处理, 很难保证试验数据的真实性。

本文从智能变电站继电保护装置的特点和测试需求出发, 提出了智能变电站继电保护装置一键式测试的概念。采用该测试方法能够极大简化继电保护测试过程, 提高工作效率, 是智能变电站继电保护装置测试技术未来的发展方向。

1 一键式测试方法

1.1 配置信息自动导入

由于智能变电站中各智能电子设备(IED)的各

种信息(功能、指标、参数等)都包含在系统配置描述(SCD)文件和自身的 IED 配置描述(CID)文件中, 这就给继电保护装置一键式测试提供了技术基础^[13]。

继电保护装置实现一键式测试最重要的是按照继电保护装置保护定值自动计算测试参数, 继电保护装置通道配置及定值的导入是非常关键的步骤。一键式测试装置可以通过导入被测继电保护装置的 CID 文件或者全站配置的 SCD 文件来获取被测继电保护装置的参数、通道配置、指标等信息, 通过 MMS 网络获取定值信息, 并且还可以通过发送和接收 GOOSE 信息自动投退检验所需的软压板, 从而实现自动配置。

1.2 一键式自动测试

一键式测试系统接线图如图 1 所示, IEC61850 一键式测试系统通过光纤分别接入 SV 网、GOOSE 网和 MMS 网。基于 IEC61850 网络化和系统化的特点, 一键式测试装置通过 SCD 文件配置待测继电保护装置和智能单元信息, 通过 MMS 网获取保护装置保护定值信息, 尤其对于新建变电站, 以配置文件形式配置好所有待测保护装置(如线路保护、主变保护、母差保护等)的信息; 将原有的 MU 断电, 一键式测试系统模拟 MU 给相应保护装置发信息, 通过 GOOSE 网络接收保护装置的跳闸信息和智能终端的断路器位置信息, 同时通过 MMS 网接收保护装置上传给主站系统的 SOE 和故障动作报文信息。

例如过流保护装置的测试, 一键式测试系统根据配置信息, 通过 MMS 以太网口向继电保护装置发送信息自动投退保护试验项目所需的软压板及相关联闭锁条件, 再向继电保护装置发送 SV 报文, SV 报文分别为继电保护装置定值的 95% 和 1.05 倍。若继电保护装置正确动作, 则一键式测试装置自动调整输出的 SV 报文, 使其分别为保护定值的 1.2 倍(过量)或 70%(欠量), 并自动记录动作时间; 若被

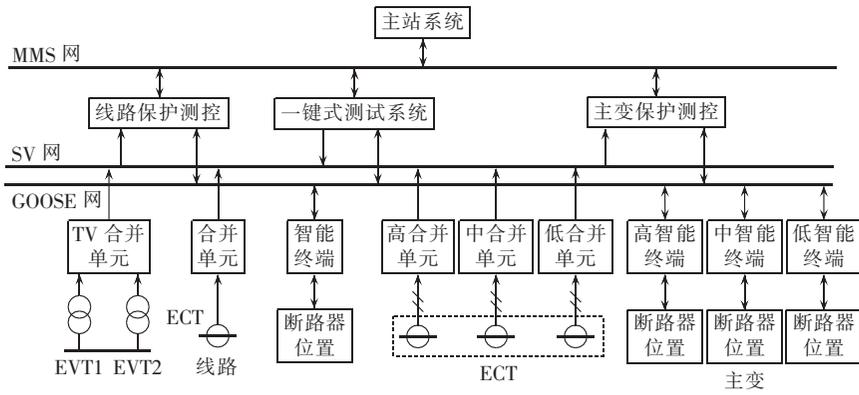


图 1 一键式测试系统

Fig.1 One-key test system

测装置不正确动作,一键式测试装置将发出该继电保护装置测试项目异常告警,并停止试验。一个保护项目完成后自动切换进入下一个试验项目,直至全部试验项目完成。一键式测试装置根据测试情况自动给出实验报告供测试人员查阅。

1.3 一键式测试具体流程

通过导入 SCD 文件,获取全站装置的配置,得到各个装置中的数据流向,包括 SV 流向和 GOOSE 流向。在这些信息的基础上,后台软件搭建全站模型,列举全站设备信息。测试之前用户需要选择测试哪些设备,选定测试设备和测试项目后,测试系统会列出需要配置的信息,包括各相相关定值和保护装置的相关动作行为定义等内容。用户可手动配置这些信息,也可通过导入保护装置的内部配置文件获取动作行为定义,通过之前导入的全站定值单选取相关定值。测试系统将装置信息、动作行为定义和定值三方面信息进行整合,得到测试项目、测试方案以及测试结果模板,用户可对测试项目及测试结果模板进行调整,确认所有信息后即可开始进行一键式测试,测试系统根据之前的相关配置进行测试并输出测试结果。一键式测试流程如图 2 所示。

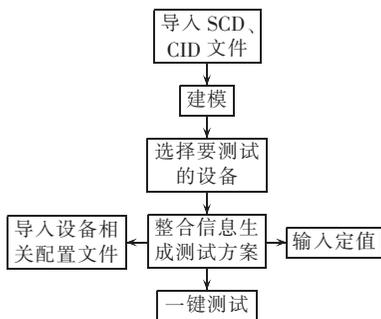


图 2 一键式测试流程

Fig.2 Flowchart of one-key test

2 一键式测试系统

2.1 硬件平台

一键式测试智能变电站继电保护装置的系统包

括 IEC61850 继电保护测试仪、计算机、被测继电保护装置等,计算机通过以太网口与 IEC61850 继电保护测试仪连接。计算机主要负责 SCD 和 CID 文件的导入、测试过程控制管理、实验报告生成、用户图形用户界面(GUI)等;IEC61850 继电保护测试仪接收计算机下发的配置、试验控制等指令,发出相应的 SV 报文或 GOOSE 报文,对被测继电保护装置进行测试;为兼容现场的开关量硬接点信号,设计了 8 路硬接点开入量接入和 4 路硬接点开关信号输出;系统可以通过 GPS 的光 IRIG-B 码进行对时。系统的硬件框图如图 3 所示。

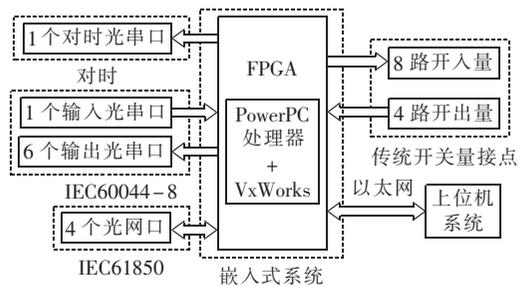


图 3 一键式测试硬件平台框图

Fig.3 Hardware platform of one-key test

IEC61850 继电保护测试仪可以通过 4 组光以太网口对多个不同的继电保护装置进行试验,也可以对一个继电保护装置的不同光以太网接口进行试验,IEC61850 继电保护测试仪是实现本系统的硬件平台,采用新一代数字信号处理器(DSP)+现场可编程门阵列(FPGA)构成的数字信号处理系统,系统实时性好,强大的数据处理能力使其发送 SV 报文时仍能够保证极高的输出稳定性,同时保证最大采样率不低于现场电子式电压互感器(EVT)和电子式电流互感器(ECT)采样率,能够发送和接收解析多达 20 组 GOOSE 报文,1 组 GOOSE 报文最多支持 32 个 GOOSE 数据。

2.2 软件平台

测试软件机构应包含公用平台和功能模块两部

分。功能模块设计成动态链接库方式,按照测试功能需要,划分为多种不同的小模块,由于划分的功能很细,每个模块的功能就相对简单,接口参数很少,便于使用。公用平台只包含各个模块的公用部分,其作为运行平台,始终处于打开状态,以动态链接库方式调用测试功能模块,随时可以打开和关闭,结构简单、运行稳定。

公用平台软件是以模板方式调用功能模块运行的。模板是模块调用和参数定义的格式文件,采用字符方式编写。不同的测试功能通过不同的模板文件定义。测试软件的运行过程就是公用平台运行测试模板的过程。基于测试模板技术,可以组织测试流程、定义测试方法、计算测试参数,实现一键式测试过程。

3 结语

智能变电站和 IEC61850 规约的实施为继电保护装置的一键式智能测试打下了良好基础。本文阐述了一键式智能测试的基本思想和系统结构,给出了测试的流程,研究了一键式测试系统的硬件系统和软件系统。该系统充分体现了智能变电站测试技术自动化、智能化的特点。

参考文献:

- [1] 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,2010,38(11):142-146.
YING Zhanhuang,HU Jianbin,ZHAO Ruidong,et al. Research and design of relay protection equipment automated test system[J]. Power System Protection and Control,2010,38(11):142-146.
- [2] 李忠安,沈全荣,王言国,等. 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.
LI Zhongan,SHEN Quanrong,WANG Yanguo,et al. Electrical power system intelligence installment automated test system design[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(8):77-79.
- [3] 姚志清. 继电保护测试发展方向的思考[J]. 继电器,2008,36(11):76-78.
YAO Zhiqing. Some thought about development target of testing for relay protection equipment[J]. Relay,2008,36(11):76-78.
- [4] 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):76-79.
HE Zhiping,ZHOU Ling,ZHANG Fangjun,et al. Status and development of microcomputer-based protective relay test device in domestic market[J]. Relay,2005,33(8):76-79.
- [5] ANDERSON L,BRUNNER C. Substation automation based on IEC61850 with new process-close technology[C]//IEEE Power Tech Conference. Bologna,Italy:[s.n.],2003:2-6.
- [6] CLEVELAND F. IECTC57 security standards for the power system's information infrastructure beyond simple encryption[C]//Transmission and Distribution Conference and Exhibition,Proceedings of PES TD. [S.l.]:IEC,2006:1079-1087.
- [7] 赵勇,韩平,王洪涛,等. 利用 IEC61850 实现继电保护远程校验[J]. 电力系统自动化,2010,34(3):63-66.
ZHAO Yong,HAN Ping,WANG Hongtao,et al. Remote test of relay protection based on IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems,2010,34(3):63-66.
- [8] 葛遗莉,葛慧,鲁大勇. 数字化变电站设计、运行中面临的问题[J]. 电力自动化设备,2010,30(12):113-116.
GE Yili,GE Hui,LU Dayong. Problems in design and operation of digital substation[J]. Electric Power Automation Equipment,2010,30(12):113-116.
- [9] 刘巍,熊浩清,石光,等. IEEE1588 时钟同步系统应用分析与现场测试[J]. 电力自动化设备,2012,32(2):127-131.
LIU Wei,XIONG Haoqing,SHI Guang,et al. Application analysis and field test of IEEE1588 clock synchronization system[J]. Electric Power Automation Equipment,2012,32(2):127-131.
- [10] 赵丽君,席向东. 数字化变电站技术应用[J]. 电力自动化设备,2008,28(5):118-121.
ZHAO Lijun,XI Xiangdong. Technology of digital substation[J]. Electric Power Automation Equipment,2008,28(5):118-121.
- [11] 吴在军,胡敏强. 基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术,2003,27(10):61-65.
WU Zaijun,HU Minqiang. Research on a substation automation system based on IEC61850[J]. Power System Technology,2003,27(10):61-65.
- [12] 陈建民,邱智勇,王健. 基于 IEC61850 标准的变电站实施的若干探讨[J]. 华东电力,2009,37(6):913-915.
CHEN Jianmin,QIU Zhiyong,WANG Jian. Discussion on the implementation of digital substations based on IEC61850 [J]. East China Electric Power,2009,37(6):913-915.
- [13] 国家电网公司. Q/GDW396—2009 IEC61850 工程继电保护应用模型[S]. 北京:中国电力出版社,2010.
- [14] 曹海欧,严国平,徐宁,等. 数字化变电站 GOOSE 组网方案[J]. 电力自动化设备,2011,31(4):143-150.
CAO Haiou,YAN Guoping,XU Ning,et al. GOOSE networking scheme for digital substation[J]. Electric Power Automation Equipment,2011,31(4):143-150.
- [15] 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.
LIANG Guojian,DUAN Xinhui,GAO Xinhua. Networking schemes for process level of digital substation[J]. Electric Power Automation Equipment,2011,31(2):94-98.

作者简介:

刘 巍(1983-),男,河南社旗人,工程师,硕士,从事智能及数字化变电站相关方面的研究(E-mail:liuwei830610@163.com);

赵 勇(1967-),男,河南郑州人,高级工程师,长期从事继电保护及自动装置、智能变电站方面的研究;

石 光(1971-),男,河南淮阳人,高级工程师,长期从事继电保护及自动装置方面的研究及管理工作。

基于 Rogowski 线圈的数字积分器的研究与设计

王晓明,周有庆,彭红海,张云飞,胡海波

(湖南大学 电气与信息工程学院,湖南 长沙 410082)

摘要: 积分器是影响基于 Rogowski 线圈电流互感器精度的关键环节。对模拟积分器的温度特性进行了分析,理论分析和实验结果表明其受温度的影响较大。和模拟积分器相比,数字积分器具有更高的精度和稳定性。利用梯形公式进行数字积分,分析与仿真了梯形积分算法对稳态和暂态电流的响应,提出了解决积分中漂移、初值问题的措施。设计了基于 STM32F103 的数字积分器,并利用新型 PCB 平面 Rogowski 线圈电流互感器进行了实验。实验结果验证了设计方法的有效性。

关键词: 电子式电流互感器; Rogowski 线圈; PCB 型电流互感器; 模拟积分; 数字积分

中图分类号: TM 452

文献标识码: B

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.02.028

0 引言

电子式互感器是实现智能变电站运行实时信息数字化的主要设备,在电网动态观测、提高继电保护可靠性等方面具有重要的作用。近年来,采用 Rogowski 线圈的电子式电流互感器成为了国内外研究的热点,并且已经进入了实用化阶段。与传统的互感器相比,Rogowski 线圈具有低功率输出、动态范围大、不存在磁饱和问题、测量频带宽、经济性好等优点^[1-5]。

1 新型 PCB 平面 Rogowski 线圈

文献[6]提出了一种新型 PCB 平面 Rogowski 线圈结构,该新型 PCB 平面线圈可以制作成单层或多层来调节所需要的互感系数等参数。以双层板为例,其结构原理图可参见图 1。

收稿日期:2011-09-29;修回日期:2012-11-02
发明专利:直导线 PCB 平面螺旋线圈一次电流传感器(200810-143245.4)
基金项目:湖南省科技重大专项(2009Fj1014)
Project supported by the Science and Technology Major Project of Hunan Province(2009Fj1014)

图 1(a)为二次线圈上层示意图,图 1(b)为二次线圈下层示意图。双层 PCB 板上、下 2 层均有 4 个相同的均匀对称分布的平面螺旋线圈,上、下 2 层螺旋线圈绕向相反,每层相邻的线圈顺次串联,上、下 2 层之间对应的螺旋线圈通过“过孔”顺次串联,首末两端作为输出端,构成二次输出端。

根据法拉第定律和安培环路定律可知,线圈的二次输出电压 $e(t)$ 和被测电流 $i(t)$ 之间的关系为:

$$e(t) = -M \frac{di(t)}{dt} \quad (1)$$

其中, M 为互感系数,计算方法可参见文献[6]。

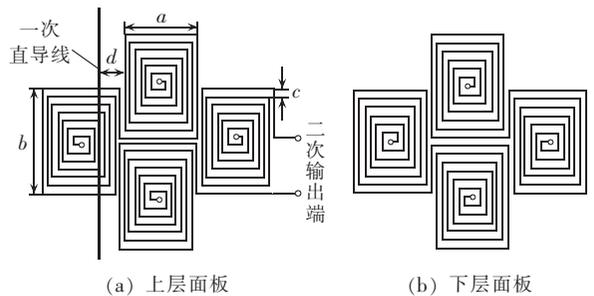


图 1 新型 PCB 平面 Rogowski 线圈结构
Fig.1 Structure of new-style PCB planar Rogowski coil

One-key test system for relay protection equipment of intelligent substation

LIU Wei¹, ZHAO Yong², SHI Guang²

(1. Henan Electric Power Economic Research Institute of Henan Electric Power Company, Zhengzhou 450052, China;
2. Henan Electric Power Research Institute, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: A concept of one-key test for intelligent substation relay protections is proposed based on their characteristics and test requirements. The one-key test system may import the CID file of the protection to be tested or the SCD file of overall substation configuration to obtain the parameters, channel configuration and indicators of the protection to be tested, obtain the setting values via MMS network and enable/disable the soft platen by sending and receiving GOOSE information to realize the protection configuration. With the one-key test system, the test of protection is carried out automatically and the test report is automatically generated, realizing the automatic and intelligent test of substation protections.

Key words: electric substations; testing; relay protection; IEC61850; GOOSE; digital signal processors; Field Programmable Gate Arrays(FPGA); communication