

智能变电站就地化继电保护技术方案研究

宋爽¹, 乔星金², 卜强生¹, 宋亮亮¹, 高磊¹

(1. 国网变电站智能设备检测技术重点实验室(国网江苏省电力有限公司电力科学研究院), 江苏 南京 211103; 2. 国网江苏省电力有限公司检修分公司, 江苏 南京 211100)

摘要:二次设备整站就地化布置已成为智能变电站的发展趋势。对采用电子式互感器的智能变电站中几种不同的就地化继电保护实施方案进行对比,详细给出对应的技术思路和实现方案,并分析其在工程应用中可能存在的优缺点。针对新模式下继电保护装置的调试、运维及检修工作均产生变化这一问题,对就地化小型化继电保护装置的流水线自动检测技术进行了简要介绍。研究结果已在智能变电站设计、调试、运维及检修工作得到初步应用。

关键词:电子式互感器;就地化;流水线;自动闭环测试

中图分类号: TM77

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2018)02-0083-06

0 引言

近年来,伴随着智能变电站的大范围推广应用,电子式互感器、合并单元、智能终端等新设备广泛应用于智能变电站建设之中^[1]。目前,智能化继电保护设备的布置方式由二次小室集中布置逐步向采用预制舱和户外柜等就地化方式过渡,就地化、小型化继电保护装置以及二次设备就地化整站实施方案已在研究之中,新技术、新设备的应用也给建设、调试、运维及检修工作提出了新的要求,智能变电站发展面临新的挑战^[2]。

传统智能变电站继电保护系统主要存在以下几方面不足:一是继电保护系统采样、数据处理、逻辑运算直至跳闸出口等中间传输及转化环节较多,继而造成保护动作整体速度下降,影响继电保护速动性,同时,单一设备故障可能造成继电保护的不正确动作,影响到系统的可靠性和稳定性;二是过程层设备大量采用就地汇控柜安装方式,柜内运行环境差,而现有装置存在防护等级低、光口数量多及发热量大、抗电磁干扰能力差等问题,影响实际运行效果;三是站内二次设备种类繁多,接线、配置、调试及运维检修等工作量大,随着电网规模不断扩大,现有安装调试及运维检修力量承载力不足,难以支撑电网建设和运行的需要。上述问题已经成为建设、调试、运维和检修等跨专业人员亟待解决的难题。

智能变电站二次设备就地化方案从改进和优化设备安装方式、装置数据接口、调试检修模式、保

护动作性能等角度出发,采用保护装置贴近一次设备安装、电缆直采直跳、标准航插接口对接、集中调试和更换检修等技术手段,旨在降低智能变电站建设成本,提升继电保护系统的速动性和可靠性,同时有助于减轻调试、运维和检修等专业人员的现场工作压力。

文中主要讨论采用电子式互感器的智能变电站的就地化继电保护实施方案,重点比较几种方案的技术思路、总体架构并分析其具备的优缺点。尽管智能变电站自动测试研究工作已有开展^[3-6],但重点集中在过程层设备测试,且尚无成熟的应用实例,文章针对就地化保护装置“工厂化试验,更换式检修”的新应用模式,简要介绍了流水线自动检测技术的相关研究内容。

1 基本思路

文中讨论的几种方案均遵循以下基本原则:(1)采用电子式互感器;(2)保护直接采样,电缆直接跳闸;(3)线路保护就地无防护安装;(4)取消智能终端,跨间隔保护通过保护子机电缆跳合闸,并通过操作插件控制一次设备,保护子机应功能简化、结构标准,并按不同的保护分别配置;(5)操作插件独立,操作回路简化等。

对于单间隔保护,应采用就地化无防护安装,采用采样值(sampled value, SV)点对点直采方式,通过保护装置内部插值方式实现数据同步,不依赖外部同步和网络设备,最大限度保证采样可靠性。同时由于保护装置靠近一次设备,采用电缆跳闸方式以保证可靠性。

对于跨间隔保护,可以根据工程应用情况采用“主机+子机”模式或无主环网模式,前者利用保护

收稿日期:2017-11-13;修回日期:2017-12-18

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61602251);国网江苏省电力有限公司科技项目(J2017036)

子机实现电缆的跳合闸,后者则不再保护室内设置保护主机。对前者而言,由于涉及多个开关设备,一般小室内布置的保护主机与一次开关设备仍有一定距离,因此采用保护子机实现电缆跳合闸。考虑到一次设备智能化技术发展,待技术成熟后,远期跨间隔保护与保护子机之间可以应用通用面向变电站事件对象(generic object oriented substation events, GOOSE)跳闸方式。

需要说明的是,站域保护和监控系统等其他应用采用 SV 网络方式采样,站域保护跳闸及保护之间的信号采用 GOOSE 网络方式。同时在近期考虑的方案当中,过程层网络 GOOSE 和 SV 合一,站控层制造报文规范(manufacturing message specification, MMS)网络全站统一配置。

2 总体架构

2.1 跨间隔“主机+子机”模式

该方案适用于应用电子式互感器的新建智能变电站,同时亦适用于电子式互感器智能变电站就地化改造。其实现方案是单间隔保护采用就地化 SV 直采、电缆直跳的形式,跨间隔保护采用“主机+子机”模式,主机布置在小室内,保护装置(主机)SV 直采,子机电缆跳闸,主机与子机之间采用点对点/网络连接,具体方案架构如图 1 所示。

方案一的特点主要包括以下几个方面:(1) 电子式互感器合并单元就地无防护安装,电压并列、切换由合并单元完成;(2) 单间隔(线路、母联)保护就地化安装,直接 SV 采样、电缆跳闸;(3) 跨间隔(母线、主变)保护采用“主机+子机”模式,主机小室安装、子机就地无防护安装;(4) 跨间隔保护主机直接 SV 采样,子机实现电缆跳闸,主、子机间当采用点对点连接时,可靠性、速动性较高;而当采用网络连接时,可以减少设备接口,利用网络优势实现信息共享;(5) 主、子机间采用公有协议,横向解耦,无需捆绑同一厂家,便于检修维护、改造;(6) 母线保护子机具有一定公有功能,为稳控、站域保护、故录等提供信息;(7) 站域保护、故录、网分采用网络传输,站内 GOOSE、SV 合一,保护及子机均接入 MMS 网。

表 1 中给出了方案一的主要优缺点,其优势在于既能满足现有技术条件(兼容电缆直接跳闸),也可适应未来一次设备智能化技术的发展(保留 GOOSE 网络跳闸接口)。总体来说,该方案兼容性强,基本延续了现有智能变电站建设和运维模式,而其显著缺点是未能真正完全实现二次设备就地化的目的,未能完全实现“即插即用”,且当主、子机间采用网络连接时,对交换机性能存有一定的依赖性。

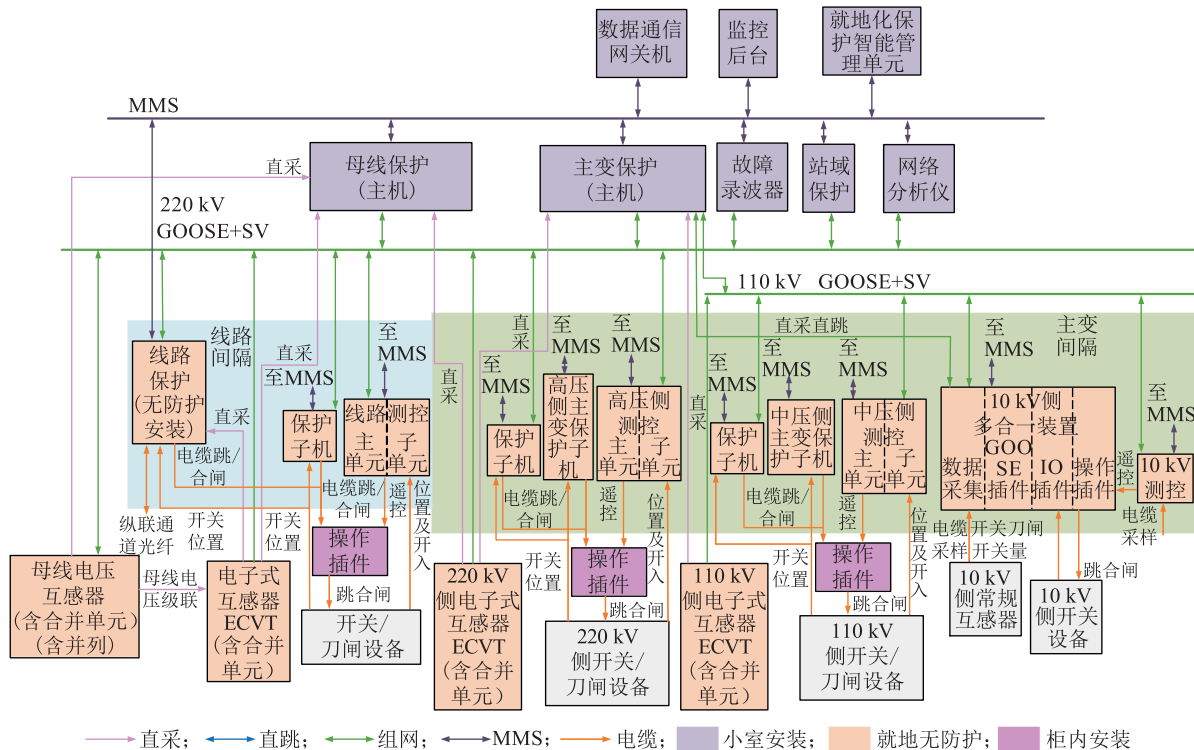


图 1 “主机+子机”模式方案总体架构

Fig.1 Overall structure under “Host and Slave” mode

表1 方案一优缺点对比

Tab.1 Comparison of advantages and disadvantages of scheme 1

形式	优点	缺点
采样形式	直接采样,保证可靠性,跨间隔保护易于实现	跨间隔不同保护需配置独立子机
实现形式	主、子机采用通用规约,易实现设备互换	主机无法就地无防护安装

2.2 跨间隔无主环网模式

该方案适用于应用电子式互感器的新建智能变电站。其实现方案是单间隔保护采用就地化 SV 直采、电缆直跳的形式,跨间隔保护采用无主环网模式,采用冗余双环网提高继电保护可靠性,具体方案架构如图 2 所示。

方案二的特点主要包括以下几个方面:(1) 跨间隔(母线、主变)保护采用分布式无主模式,子机间采用冗余双环网保证数据传输可靠;(2) 所有保护装置均实现就地化无防护安装,有助于实现装置现场“即插即用”和互换;(3) 保护子机私有化,需另增加子机提供公共信息(稳控、站域保护、故录等);(4) 线路保护、测控装置、站域保护、故录以及电子式互感器要求与方案一相同。

表 2 中给出了方案二的主要优缺点,其优势在于跨间隔保护实现就地无防护安装,主机也可实现即插即用,同时保护装置完全独立,利用冗余双环

网保证数据传输可靠性。其缺点在于一是跨间隔保护功能依赖环网可靠性,检修时安全隔离措施可能会更加复杂;二是采样值通过环网传输,环节增多,延时增加,同时无主式保护装置管理复杂;三是需新增公用子机,装置数量优势增加。

表2 方案二优缺点对比

Tab.2 Comparison of advantages and disadvantages of scheme 2

形式	优点	缺点
采样形式	冗余双环网	跨间隔保护依赖环网可靠性,且环节增多
实现形式	主机无防护安装	无主保护装置管理复杂,需新增公用子机

2.3 双端预制航插+无子机模式

该方案为未来一次设备标准化、成熟化,同时网络技术成熟后的技术方案,适用于应用电子式互感器的新建智能变电站。其实现方案是保护光纤采样、光纤跳闸,跨间隔保护就地化,无子机,具体方案架构如图 3 所示。

方案三的特点主要包括以下几个方面:(1) 一次设备实现智能化,与二次设备采用双端预制的标准光纤接口;(2) 单间隔保护(线路、母联、分段)就地无防护安装,直接 SV 采样,GOOSE 跳闸;(3) 跨间隔保护采用就地无防护安装,保留主机,取消子机,主机网络采集 SV,GOOSE 网络跳闸;(4) 网络

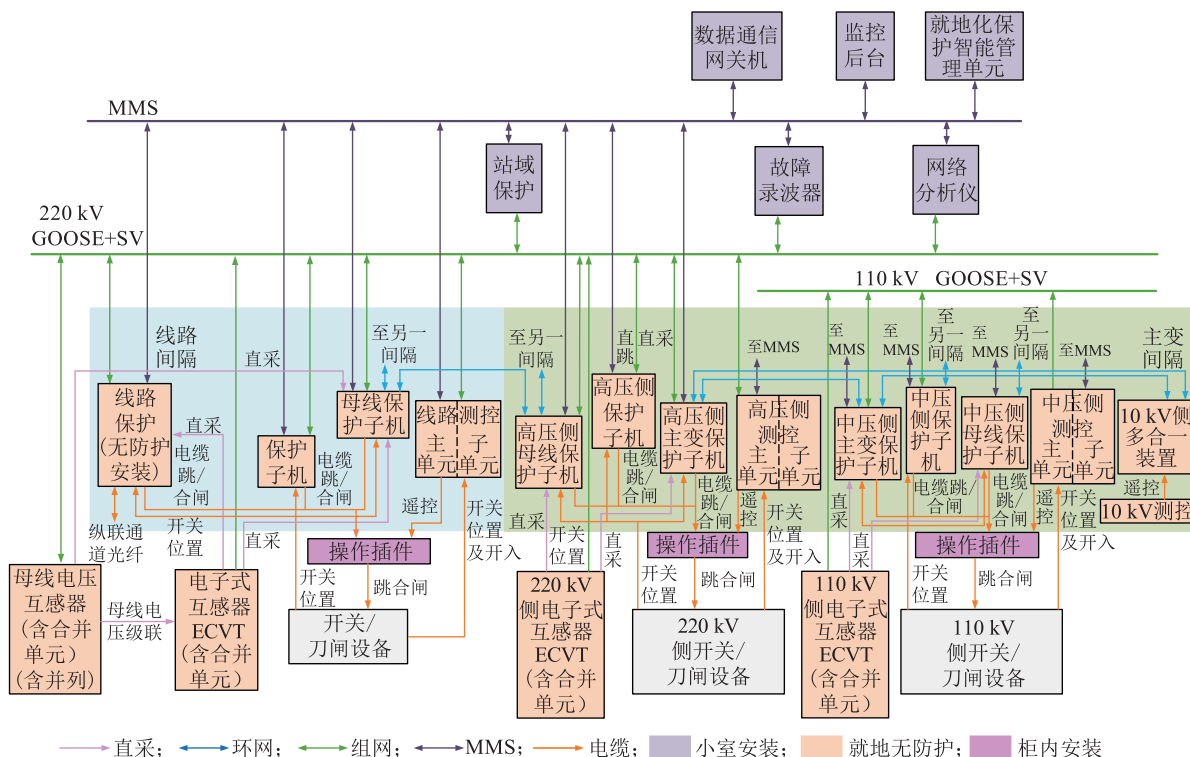


图 2 无主环网模式方案架构

Fig.2 Overall structure under no-host and looped network mode

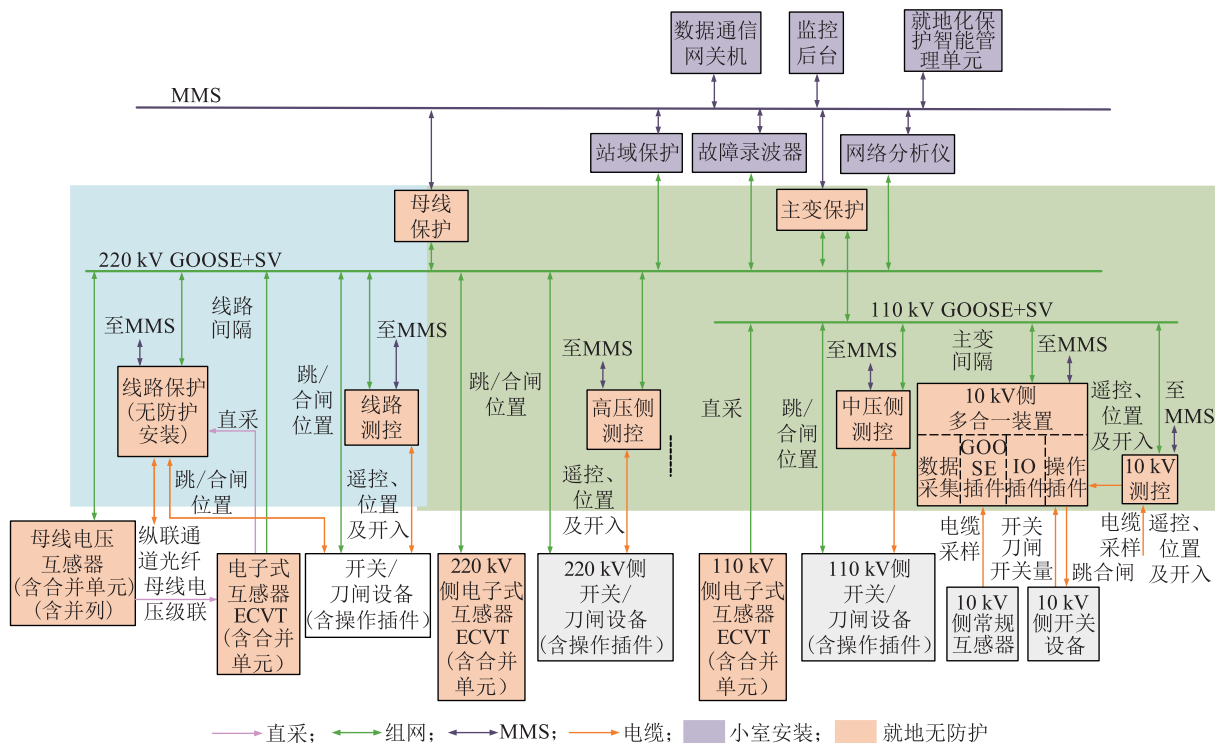


图3 双端预制航插+无子机模式方案总体架构

Fig.3 Overall structure under double-ended prefabricated aviation plug and no-slive mode

技术成熟可靠。采用方案三的优势在于一、二次设备实现了接口标准化,二次设备完全就地化布置,同时保护设备接口简化。其缺点在于由于保护功能对网络具有极高的依赖性,目前实现的技术难度大,尚需进一步开展研究和试点应用验证。

3 流水线自动检测技术研究

目前,继电保护测试手段仍主要是通过相对独立的试验装置,模拟采样及一次设备信号,开展装置单体性能及简单的开入、开出验证^[7-9]。在设备发往现场后,大量系统性验证工作仍需开展,一方面工作量大,给调试运维检修人员带来巨大压力;另一方面由于受到人为主观因素的制约,试验项目难以全面开展^[10],且存在安全风险隐患。同时,由于就地化继电保护装置取消了液晶面板等原因,传统继电保护检测方式已不完全适用,新的检测模式亟待研究^[11-13]。近年来,继电保护装置的标准工作不断推进^[14],各厂家保护设备的功能、定值、开入开出等已基本统一。随着继电保护就地化、小型化工作的开展,保护装置的尺寸、接口形式、输出信息也已逐步实现了统一,这些都为继电保护流水线自动检测创造了有利条件。这种新的检测模式^[15-16]应具备自动获取继电保护装置信息,通过标准接口实现检测系统与被测装置的自动对接,自动完成装置的所有检测项目,自动给出检测报告等系统功

能。流水线自动检测基本流程如图4所示。

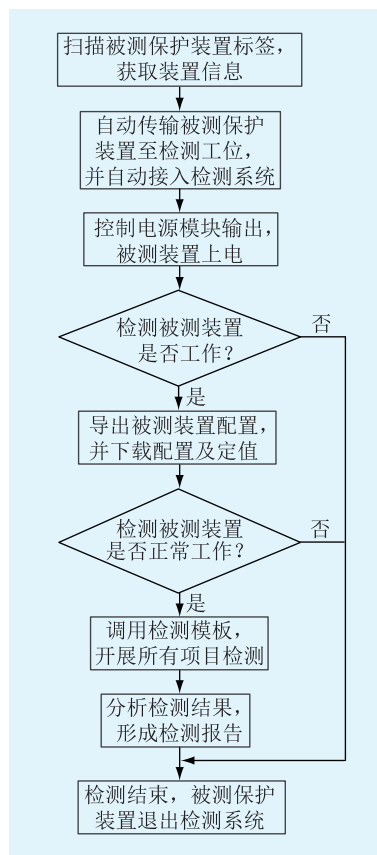


图4 流水线自动检测基本流程

Fig.4 Basic flow chart of assembly line automatically test

流水线自动检测的基本思路是通过扫描被测装置智能标签,获取装置所有信息,之后通过流水线平台自动定位被测装置至标准工位,并与检测系统标准接口模块自动对接,自动完成被测装置的加载,完成自动闭环完成被测装置的配置下载、虚端子验证、采样准确度、定值检验、检修机制验证等检测项目,之后进一步完成装置功能级仿真测试,最后自动形成检测报告,并为检测后的装置生成标签。

从技术实现的角度而言,流水线自动检测系统的实现需要应用到智能标签、装置自动定位及装载、站控层和过程层模型映射关系^[17]对应以及设备功能级仿真^[18-19]等技术。在完成流水线检测系统开发后,可进一步针对保护装置入网检测、抽检、校验和消缺的流水线等检测工作,制定“工厂流水线检测、现场更换式检修”的继电保护运维新模式,并构建省级及工区级检测中心,以适应未来大规模继电保护装置检测需要。

4 结语

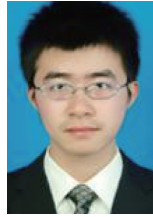
文中针对电子式互感器智能变电站的继电保护就地化布置方案进行探讨,并给出3种实现方案。在考虑各自基本思路、总体架构和技术特点的基础上,分析其在工程应用中的优缺点。文章最后简要介绍了就地化、小型化继电保护流水线自动检测系统的基本检测流程和技术思路,相关的研究目前正在开展之中并已取得了一定的成果。

参考文献:

- [1] 胡再超,姚亮,张尧. 智能继电保护装置的自动测试方法[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(1): 53-56.
HU Zaichao, YAO Liang, ZHANG Yao. Automatic testing method of intelligent relay protection device [J]. Jiangsu Electric Engineering, 2013, 32(1): 53-56.
- [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.
GAO Xiang, ZHANG Peichao. Main features and key technologies of digital substations [J]. Power System Technology, 2006, 30(23): 67-71.
- [3] 徐强超,邹三红,邝国安,等. 智能变电站二次系统级测试平台研发[J]. 广东电力, 2017, 30(3): 81-86.
XU Qiangchao, ZOU Sanhong, KUANG Guo'an, et al. Development of secondary system-level testing platform for intelligent substations [J]. Guangdong Electric Power, 2017, 30(3): 81-86.
- [4] 邹三红,徐强超,邝国安,等. 智能变电站合并单元关键参数测试[J]. 广东电力, 2017, 30(5): 124-127.
ZOU Sanhong, XU Qiangchao, KUANG Guo'an, et al. Testing on key parameters of intelligent substations merging unit [J]. Guangdong Electric Power, 2017, 30(5): 124-127.
- [5] 赵国庆,季晨宇,张海东,等. 智能变电站整体集成仿真测试系统研究[J]. 江苏电机工程, 2016, 35(1): 66-69.
ZHAO Guoqing, JI Chenyu, ZHANG Haidong, et al. Research on the integrated simulation test system for smart substations [J]. Jiangsu Electric Engineering, 2016, 35(1): 66-69.
- [6] 浮明军,刘昊昱,董磊超. 智能变电站继电保护装置自动测试系统研究和应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(1): 40-43.
FU Mingjun, LIU Haoyu, DONG Leichao. Research and application of relay protection automatic test system for smart substations [J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(1): 40-43.
- [7] 应占煌,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(17): 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(17): 142-146.
- [8] 韩民畴,顾明远. 智能变电站继电保护自动测试系统研究[J]. 智能电网, 2015, 3(10): 937-942.
HAN Minchou, GU Mingyuan. Automatic test system of relay protection in smart substations [J]. Smart Grid, 2015, 3(10): 937-942.
- [9] 刘巍,赵勇,石光. 智能变电站继电保护装置一键式测试方法及系统[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(2): 64-67.
LIU Wei, ZHAO Yong, SHI Guang. One-key test system for relay protection equipment of intelligent substations [J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(2): 64-67.
- [10] 陈建民,邱智勇,王健,等. 基于 IEC 61850 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, et al. Study on application in substations based on IEC 61850 [J]. East China Electric Power, 2009, 37(6): 913-915.
- [11] 董磊超,刘昊昱,浮明军,等. 智能变电站间隔层设备自动测试系统研制[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(5): 147-151.
DONG Leichao, LIU Haoyu, FU Mingjun, et al. Development of automatic test system for bay level equipment of smart substations. Automation of Electric Power System, 2015, 39(5): 147-151.
- [12] 陈水耀,刘宏君,陈川. 智能变电站继电保护在线测试方案研究[J]. 电网与清洁能源, 2014, 30(9): 58-61.
CHEN Shuiyao, LIU Hongjun, CHEN Chuan. Research on relay protection online test in smart substations [J]. Power System and Cleaning Energy, 2014, 30(9): 58-61.
- [13] 王治国,李兴建,王言国,等. 基于统一建模的继电保护测试装置开发研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(19): 180-184.
WANG Zhiguo, LI Xingjian, WANG Yanguo, et al. Research on the development of relay protection tester based on unified building mode [J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(19): 180-184.

- [14] Q/GDW 441—2010 智能变电站继电保护技术规范[S]. 北京: 国家电网公司, 2010.
Q/GDW 441—2010 Technical specifications of protection for smart substation [S]. Beijing: State Grid, 2010.
- [15] 张晓莉, 刘慧海, 李俊庆, 等. 智能变电站继电保护自动测试平台[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(18): 91-96.
ZHANG Xiaoli, LIU Huihai, LI Junqing, et al. Automatic test platform in smart substation for relay protection [J]. Automation of Electric Power System, 2015, 39(18): 91-96.
- [16] 李铁成, 郜向军, 郝晓光, 等. 数字化保护装置测试方法的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(3): 119-121.
LI Tiecheng, GAO Xiangjun, HAO Xiaoguang, et al. Research of the test method for digital protection device [J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(3): 119-121.
- [17] Q/GDW 1396—2012 IEC 61850 工程继电保护应用模型[S]. 北京: 国家电网公司, 2012.
Q/GDW 1396—2012 Data model of protection relay in project based on IEC 61850 [S]. Beijing: State Grid, 2012.
- [18] 李先妹, 黄家栋, 唐宝峰. 数字化变电站继电保护测试技术的分析研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(3): 105-108.
LI Xianmei, HUANG Jiadong, TANG Baofeng. Research on testing technology of relay protection for digital substation [J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(3): 105-108.
- [19] 刘焕志, 胡剑锋, 李 枫, 等. 变电站自动化仿真测试系统的设计和实现[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(9): 109-115.
LIU Huanzhi, HU Jianfeng, LI Feng, et al. Design and implementation of simulation test system for substation automation [J]. Automation of Electric Power System, 2012, 36(9): 109-115.

作者简介:



宋 爽

宋 爽(1989—),男,硕士,工程师,从事智能变电站检测技术研究工作(E-mail: sslouis@126.com);

乔星金(1987—),男,硕士,工程师,从事变电站二次运检工作;

卜强生(1983—),男,硕士,高级工程师,从事智能变电站检测技术及网络通信技术研究工作。

Research on Technical Scheme of Outdoor-layout Relay Protection in Smart Substation

SONG Shuang¹, QIAO Xingjin², BU Qiangsheng¹, SONG Liangliang¹, GAO Lei¹

(1. State Grid Key Laboratory of Substation Intelligent Equipment Testing Technology

(State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd. Research Institute), Nanjing 211103, China;

2. State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd. Maintenance Branch, Nanjing 211100, China)

Abstract: The scheme of secondary equipment outdoor layout in smart substation has become the development trend in constructing smart substation. Some schemes about out-door layout relay protection in smart substation using electronic transformer is provided and compared, which is mainly focused on technical ideas, implementation plan and their advantages and disadvantages in engineering application. In addition, aiming at the problem of changing in testing, operation and maintenance work under this new mode, a brief introduction is provided on assembly line automatically closed loop test technology of outdoor layout, miniaturization relay protection equipment. The research results have been initially applied in design, test, operation and maintenance work in smart substation.

Key words: electronic transformer; out-door layout; assembly line; automatically closed loop test

(编辑 钱 悦)