

变电站整站二次设备就地化及运维方案研究

黄晓明¹, 黄志华¹, 张华娇², 刘莹¹, 陈永伟¹, 丁昊¹

(1. 国网浙江省电力公司湖州供电公司, 浙江 湖州 313000; 2. 北京四方继保自动化股份有限公司, 北京 100085)

摘要: 结合目前就地化保护研究和试运行的现状, 提出了一种变电站整站二次设备就地化应用、运行和维护方案。首先分析了变电站保护、自动化等专业的具体业务需求, 统一整站技术风格, 提出了各业务二次设备就地化解决方案, 构建整站就地化二次系统。并在此基础上探索了“工厂化调试”和“更换式检修”创新运维手段。整站二次设备就地化后, 变电站整体保护功能性能提升, 自动化功能高度集成。“工厂化调试”和“更换式检修”后变电站二次设备的调试和运维工作更方便、更高效。

关键词: 就地化保护; 基本测控; 辅助测控; 二次设备整站就地化; 工厂化调试; 更换式检修

Research on the localization and maintenance scheme of secondary equipment in substation

HUANG Xiaoming¹, HUANG Zhihua¹, ZHANG Huajiao², LIU Ying¹, CHEN Yongwei¹, DING Hao¹

(1. Huzhou Power Supply Company, State Grid Zhejiang Electric Power Company, Huzhou 313000, China;

2. Beijing Sifang Automation Co., Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: Combined with the current situation of research and trial operation of local installation protection, a local installation application and operation and maintenance solution of entire substation is put forward. First, the specific business requirements of substation protection and automation are analyzed. Then the technical style of the whole station is unified, the secondary equipment localization solution for each business is put forward, and the whole substation's local installation secondary protection and control system is constructed. On this basis, this paper explores the local secondary equipment “factory debugging” and “replacement maintenance” operation means. After local installation secondary equipment solution of entire substation, the substation's overall protection function is improved and the automation function is highly integrated. The “factory debugging” and “replacement maintenance” operation means is more convenient and efficient for the debugging work and maintenance work in substation.

This work is supported by Science and Technology Project of State Grid Zhejiang Electric Power Company (No. 5211UZ16000A).

Key words: local installation protection; basic measurement and control; auxiliary measurement and control; substation secondary protection and control equipment localized application; factory debugging; replacement maintenance

0 引言

就地化保护是未来继电保护的重点发展方向之一^[1], 继电保护装置不依赖于合并单元和智能终端, 无防护安装就地下放^[2-3]后电缆采样电缆跳闸, 简化了中间环节, 能有效提高保护速动性和可靠性。目前, 相关文献已经提出了线路保护^[4-5]、变压器保护^[6-7]、母线保护^[8-11]、故障录波系统^[12]等各种二次设备的就地化实现方案, 并对就地化保护的应用方案进行了经济性比较^[13], 探索了变电站整体二次设

备就地化后的系统网络架构^[14], 就地化无防护安装继电保护装置已在多个变电站挂网运行^[15]。但是以上的研究和实践仅限于变电站的某个间隔某个业务, 没有从全站和整体二次业务考虑, 进行技术风格的统一和业务集成优化。

文献[16]提出保测集成、合智一体等二次设备集成思想, 对于变电站二次设备的集成和整站二次系统集成具有指导意义, 但是没有基于就地化后的二次设备进一步研究全站的整体优化集成方案。文献[17-18]从全站角度出发提出一种新的智能变电站继电保护架构, 但是没有涉及其他二次业务。文献[19]也仅从全站自动化专业进行了探讨。在此研究

和实践基础上有必要整合和优化变电站各间隔的各种二次业务,并在此基础上探索后续运维环节的解决方案,全面推进整站二次设备就地化进程。

本文基于业务独立、装置集成和网络简化的特征,提出了各业务二次设备就地化安装技术方案,提出基于就地化二次设备“工厂化调试”和“更换式检修”的创新运维体系。采用此方案后,变电站整体保护功能性能提升,自动化功能高度集成,调试和运维更方便、更高效。

1 就地化二次设备整站技术方案研究

现有智能变电站大多采用“三层两网”架构,

三层设备包括站控层、间隔层、过程层设备,两网包括站控层网络和过程层网络。整站二次业务包括继电保护、变电站综合自动化、计量等业务。就地化保护按间隔(或有限集中某几个间隔)集成了合并单元、智能终端和保护装置,合并了过程层和间隔层的保护业务,集成了设备,简化了网络。

整站就地化二次系统的其他二次业务可参考此模式,在确保各业务功能独立性的前提下,设备功能集成,保护信息网络独立,最终达到设备集成、运维高效的目的。就地化整站二次系统的实现架构如图1所示。

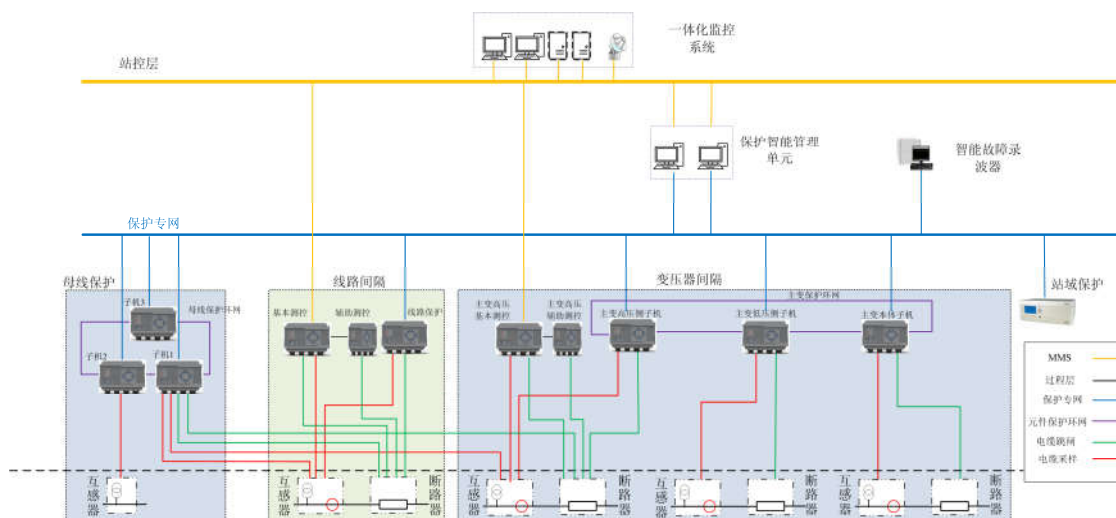


图1 220 kV变电站全站二次系统架构

Fig. 1 Secondary system architecture of 220 kV substation

1.1 整站保护就地化方案

继电保护是电网安全的第一道防线,保护“四性”的要求不能降低,继电保护的设备配置和网络架构相对独立。就地化保护装置主要包括线路保护、变压器保护、母线保护等继电保护装置。为保证保护的独立性和可靠性,设置全站保护装置专用通信网络,简称保护专网。每台就地化保护装置具备SV、GOOSE、MMS三网合一共口输出功能,并接入保护专网。在保护专网上通过“网采网跳”原则,实现智能录波器、智能管理单元、站域保护等应用。

就地化保护采用标准接口与互感器连接,电缆采样、电缆跳闸,贴近一次设备就地安装,通过保护专网实现启动失灵等装置间信息交互。由于保护专网独立,从物理上实现了变电站SCD文件和保护SCD文件的解耦,其他业务改变涉及的SCD变动不影响保护功能,相比现有各业务共用过程层网络的方案可提升继电保护的可靠性、速动性。

线路保护按间隔配置,独立完成保护功能,就地化元件保护按被保护对象设置独立双向环网^[20],简称元件保护环网。该网络采用高可靠无缝冗余的专用环网通信协议,确保元件保护各子机间的通信可靠性。变压器保护分侧或分间隔配置子机,组建高可靠性变压器保护双环网,确保可靠性。母线保护采用积木式可扩展设计,每个主(子)机单元支持多个间隔,根据变电站实际规模灵活配置,各主(子)机单元采用母线保护双环网进行数据交互。智能录波器采集各间隔信息实现全景录波;智能管理单元按电压等级双重化配置,对保护信息进行集中管理,完成保护与变电站监控之间的信息交互,实现保护功能与全站SCD文件解耦,实现变电站的可视化智能运维^[21]。站域保护接入保护信息专网,实现备自投、低频低压减载等功能。

整站就地化保护方案具备以下特征。

1) 保护电缆采样电缆跳闸。保护装置具备模拟

采样功能, 电缆直接采样电缆跳闸, 保证了可靠性和速动性。

2) 保护就地化安装。保护装置采用小型化、高防护、低功耗设计, 实现就地化安装, 缩短信号传输距离, 保障主保护的独立性和速动性。

3) 元件保护专网化。变压器保护和母线保护通过分散采集各间隔数据, 装置间通过双环网光纤直连, 形成高可靠无缝冗余的内部专用网络, 保护功能不受变电站 SCD 文件变动影响。差动保护采用“全主式”的功能布局, 每个子机都是主机, 这样既通过差动保护实现主保护原理优越性, 又实现了主变各侧分布采样和跳闸。

4) 保护信息专网化。智能管理单元集中管理全站保护设备, 既作为就地化保护的人机接口, 又作

为保护与变电站监控的接口, 采用标准通信协议, 实现保护与变电站监控之间的信息共享。

1.2 整站自动化业务就地化方案探索

变电站自动化业务主要包括间隔测控装置、PMU 等, 间隔测控装置包括线路测控装置、主变测控装置、母线测控装置等类型。间隔测控直接面对一次设备, 采集电流电压等模拟量和开关、刀闸、机构的位置、告警信息, 发出开关、刀闸的控制命令, 有很明显的间隔属性, 适宜按间隔就地化布置。测控功能、PMU 功能在数据采集、信号调理、数据运算处理等方面存在很多相同的需求, 可以提炼集中量测共性技术, 经过数字处理算法的融合和优化, 在高性能硬件平台上集成^[22]。全站间隔测控就地化具体实现方式如图 2 所示。

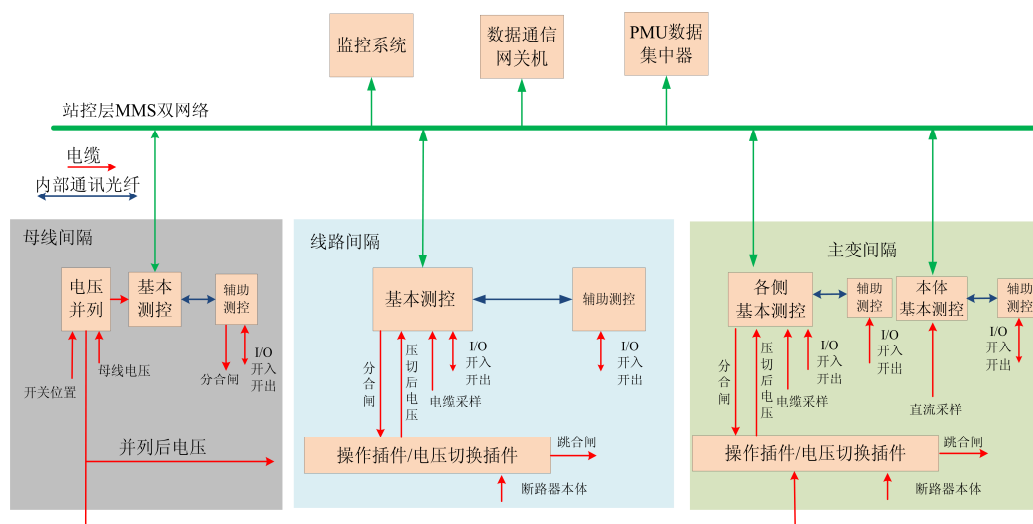


图 2 220 kV 变电站全站就地化测控实现方案

Fig. 2 Implementation scheme of 220 kV substation localization measurement and control

单间隔的遥测、遥控、遥调及断路器(刀闸)位置遥信功能不随一次设备本体的差异性而变化, 可以规范为一个标准的装置完成; 断路器(刀闸)本体的告警及监测类遥信功能是随着一次设备本体的差异性和运维习惯而变化的, 宜另外配置扩展装置来处理这种差异性。另外由于单间隔采集和控制量比较多, 完全通过一个装置进行小型化和接口标准化实现难度大, 有必要拆分为多个装置分开处理。所以, 单间隔的测控功能采用就地化基本测控和辅助测控两个装置共同完成。

基本测控完成间隔标准化信息的处理, 采用标准接口与一次设备连接, 电缆采样、电缆跳闸, 贴近一次设备就地安装, 通过站控层网络与监控及数据通信网关机交互信息。基本测控的联锁信息通过站控层网络 GOOSE 进行交互, 站控层网络采用

GOOSE 和 MMS 合一网络。基本测控集成本间隔的测控、PMU 等功能, 接入站控层网络。

辅助测控完成间隔一次设备本体的差异性开入信息的处理。辅助测控采用最大化的标准接口与一次设备连接, 完成间隔开入信号采集, 处理后的信息单向上行传输至基本测控, 不接收基本测控下行的遥控命令。辅助测控的标准接口内各针脚定义可以自定义, 兼容各种一次设备本体的差异性。

基本测控和辅助测控的人机接口功能由监控系统完成。

基本测控和辅助测控纵向集成了合并单元、智能终端和测控装置, 横向集成了测控装置和 PMU 装置, 具有很高的集成度。基本测控和辅助测控实现了小型化和就地化下布置, 节约了设备占地和大量电缆。

1.3 整站其他业务就地化方案探索

电能计量装置配置点分为结算点、考核点(有可能转化为结算点)、监测点。结算点按要求必须采用独立的计量表计。考核点如果存在转化为结算点的可能,那么其配置及管理要求等同结算点,要求采用独立表计。监测点要求具备正反向有功、四象限无功、事件记录、电量循环上报站控层电能量采集终端等功能。监测点计量业务只作监测用,可以集成于就地化基本测控装置。就地化基本测控装置通过计量认证后,可完成监测点计量功能,且就地下放后,计量电缆缩短有助于提高测量精度。

2 就地化二次设备运维方案研究

智能变电站应用就地化二次设备后,改变了现有的运维检修模式,二次设备装置接口标准化后,可以实现“工厂化调试”、“更换式检修”。应用“工厂化调试”和“更换式检修”的运维检修模式可以保证现场作业安全,大幅提高现场检修工作效率。

2.1 工厂化调试方案

应用“工厂化调试”方案后,整站就地化二次设备集中调试工作在调试中心完成。调试中心一般在省级检修公司设置,模拟变电站实际环境完成变电站现场调试,实现整站就地化二次设备联调和单装置调试,使就地化二次设备具备现场即插即用的条件,简化现场调试工作,提升工作效率。

工厂化调试通过仿真测试平台实现。仿真测试平台包含管理单元、虚拟机(模拟 IEC61850 SV 和 GOOSE 报文)、模拟量输出功放、I/O 接口及网络交换机等,依据现有作业指导书的内容开展就地化二次设备的自动闭环测试,并出具测试报告。仿真测试平台测试接线示意图如图 3 所示。

仿真测试平台具有与二次设备一致的标准航插接口,通过预制电缆或光缆直接接入二次设备,电缆采用双端预制方式,光缆采用单端预制方式。通过 MMS 对被测装置进行配置下载、定值修改、保护事件和告警的获取功能。仿真测试平台虚拟机根据 SCD 文件模拟变电站相关 IED 装置的 GOOSE 和 SV,输出给被测装置,接受被测装置的 GOOSE 和 SV。仿真测试平台功放及 I/O 接口输出被测装置所需的电流、电压模拟量和开关量,接收被测装置输出的动作接点,功放及 I/O 接口的规模可根据不同的被测装置所需资源进行扩展。MMS 获取被测装置的内部采样、事件或告警信号,仿真测试平台结合过程层数据和 MMS 信息进行 SV 采样、开入开出的自动测试。管理单元通过 MMS 将定值单下载到被测装置,并根据定值单进行自动校验。

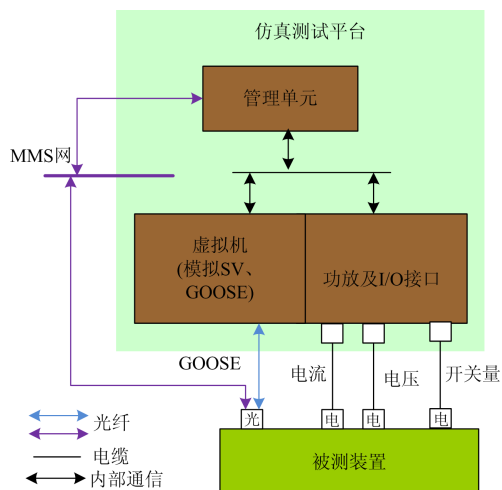


图3 仿真测试平台测试接线示意图

Fig. 3 Simulation test platform test wiring diagram

仿真测试平台测试二次设备的采样精度,校验虚端子正确性、保护动作定值和动作时间。另外,仿真测试平台支持基于电气接线形式的图形化仿真测试,可任意设置故障,基于电网(暂态)故障计算实现数字化仿真。仿真系统模拟全站的开关刀闸设备和互感器类设备,设置模拟量和开关量的映射,实现虚拟变电站的电气特性。测试完成后,仿真测控系统应直接将被测结果以可视化形式展示,并自动生成测试报告。

就地化二次设备仿真测试平台,最终可以实现模拟现场任一次设备、测试任一次设备,实现全站就地化二次设备集中调试,实现自动调试、自动检验。实现就地化二次设备单装置全检和部分检验。最终实现“工厂化调试”。

2.2 更换式检修方案

为了适应现场快速检修响应的需求,在检修片区枢纽站或地市级检修公司设置检修中心。在检修中心设置备用装置库,当现场就地化二次设备检修和故障更换时,在检修中心对备用装置配置和测试后发往现场,现场经整组传动后即可投运,现场作业时间大幅缩短。更换式检修方案主要涉及装置标准化接口、配置文件备份技术、设备状态监测等关键技术。

就地化二次设备采用标准化接口,实现各个厂家同种类型设备的互换,提升了安装效率。标准化航插接口实现“即插即用”^[23],现场作业简单高效,减少了停电时间,提高了工作安全性;设备接线采用航空插头预制,安装简单,设备检修和故障更换时的安装时间大幅缩短,避免了误操作;基于标准化接口采用自动测试技术可提高设备调试效率。

就地化保护采用保护智能管理单元进行配置管理。就地化保护投运后通过智能管理单元对保护设备相关的参数进行备份。备份文件包括 CID、CCD、工程参数、定值等。智能管理单元发送启动备份命令, 装置应答后启动备份, 将需备份的所有内容形成一个数据文件后, 上送备份文件生成报告, 智能管理单元以 MMS 文件服务召唤备份数据文件。

采用无液晶的就地化二次设备后, 保护装置的状态监测功能集中在就地化保护智能管理单元完成, 自动化装置的状态监测功能集中在监控后台完成。二次设备状态监测系统接收装置保护动作、告警信息、状态变位和监测信息, 在线分析采集的各种数据信息, 对收集到的数据进行过滤、分类、存储等, 最终实现实时监视分析二次设备及保护信息专网的网络通信状态。二次设备状态监测系统能以直观的方式将智能变电站保护系统的运行状况反映给变电站运检人员和调度人员, 为智能变电站二次系统的日常运维、异常处理及电网事故智能分析提供决策依据。

3 总结与展望

整站二次设备就地化布置、工厂化调试、更换式检修后, 装置集成、网络简化, 维护了继电保护“四性”原则, 保证快速保护独立性, 整站调试和单装置运维检修工作方便高效。

随着就地化二次设备功能不断改进、性能不断完善以及在工程应用中运行管理经验的积累, 整站二次设备就地化将是今后智能变电站重点推广应用的二次设备与技术。整站二次设备就地化将对变电站的运行、管理和维护带来巨大影响。技术的发展总是超前于管理经验的发展, 后续高效可靠的运行管理模式需要经过长时间的运行考验和改进后才能固化, 进而提高电网的安全可靠性和智能化水平。

参考文献

- [1] 陈国平, 王德林, 裘愉涛, 等. 继电保护面临的挑战与展望[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(16): 1-11.
CHEN Guoping, WANG Delin, QIU Yutao, et al. The challenge and development of relay protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(16): 1-11.
- [2] 李岩军, 艾淑云, 王兴国, 等. 继电保护就地化及测试研究[J]. 智能电网, 2014, 2(3): 16-21.
LI Yanjun, AI Shuyun, WANG Xingguo, et al. Locally installed mode and test research of relay protection[J]. Smart Grid, 2014, 2(3): 16-21.
- [3] 牛强, 钟加勇, 陶永健, 等. 智能变电站二次设备就地

- 化防护技术[J]. 电力建设, 2014, 35(9): 76-81.
- NIU Qiang, ZHONG Jiayong, TAO Yongjian, et al. In-situ secondary equipment protection of smart substation[J]. Electric Power Construction, 2014, 35(9): 76-81.
- [4] 吴通华, 郑玉平, 周华, 等. 基于功能纵向集成的无防护安装就地化线路保护[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(16): 46-52.
WU Tonghua, ZHENG Yuping, ZHOU Hua, et al. Vertically integrated outdoor installation line protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(16): 46-52.
- [5] 黄继东, 樊占峰, 李宝伟, 等. 面向应用的在线定制式就地化保护选配功能设计[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(9): 113-118.
HUANG Jidong, FAN Zhanfeng, LI Baowei, et al. Design of matching function of application-oriented and online customized local protection[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(9): 113-118.
- [6] 裘愉涛, 徐凯, 陈福锋, 等. 基于双向环网的变压器保护就地化实现方案[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(16): 41-45.
QIU Yutao, XU Kai, CHEN Fufeng, et al. Implementation scheme of outdoor installation transformer protection based on bidirectional ring network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(16): 41-45.
- [7] 邓茂军, 樊占峰, 倪传坤, 等. 就地化分布式变压器保护方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(9): 95-100.
DENG Maojun, FAN Zhanfeng, NI Chuankun, et al. Research on scheme of outdoor installation distributed transformer protection[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(9): 95-100.
- [8] 周小波, 汪思满, 吴正学, 等. 环网分布式母线保护装置就地化实现探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6): 104-108.
ZHOU Xiaobo, WANG Siman, WU Zhengxue, et al. Local placing implementation research of distributed HSR busbar protection[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 104-108.
- [9] 王德林, 郑玉平, 周华良, 等. 基于多 HSR 环网的分布式母差平台及关键技术[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(16): 27-34.
WANG Delin, ZHENG Yuping, ZHOU Hualiang, et al. Platform and key technology for distributed bus protection based on Multi-HSR network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(16): 27-34.
- [10] 王玉玲, 刘宇, 樊占峰, 等. 有限集中式就地化母线保护方案[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(16): 35-40.
WANG Yuling, LIU Yu, FAN Zhanfeng, et al. Scheme of

- finitely concentrated outdoor installation bus protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(16): 35-40.
- [11] 陈琦, 陈福锋, 张尧, 等. 就地化分布式母线保护性能分析[J]. 华电技术, 2017, 39(6): 6-9.
CHEN Qi, CHEN Fufeng, ZHANG Yao, et al. Performance analysis of local distributed bus protection[J]. Water Conservancy & Electric Power Machinery, 2017, 39(6): 6-9.
- [12] 王冠南, 段惠明, 熊华强, 等. 就地化故障录波系统设计与关键技术[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(16): 53-57.
WANG Guannan, DUAN Huiming, XIONG Huaqiang, et al. Design and key technology of outdoor installation fault recording system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(16): 53-57.
- [13] 王德林, 裘愉涛, 凌光, 等. 变电站即插即用就地化保护的应用方案和经济性比较[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(16): 12-19.
WANG Delin, QIU Yutao, LING Guang, et al. Application scheme and economical comparison of plug & play and outdoor installation protection in substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(16): 12-19.
- [14] 郑玉平, 吴通华, 戴魏, 等. 变电站二次设备就地化系统网络架构探讨[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(16): 20-26.
ZHENG Yuping, WU Tonghua, DAI Wei, et al. Discussion on network architecture of outdoor installation protection system in substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(16): 20-26.
- [15] 裘愉涛, 王德林, 胡晨, 等. 无防护安装就地化保护应用与实践[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(20): 1-5.
QIU Yutao, WANG Delin, HU Chen, et al. Application and practice of unprotected outdoor installation protection[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(20): 1-5.
- [16] 倪益民, 杨宇, 樊陈, 等. 智能变电站二次设备集成方案讨论[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(3): 194-199.
NI Yimin, YANG Yu, FAN Chen, et al. Discussion on integration of secondary devices in smart substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(3): 194-199.
- [17] 刘宏君, 裘愉涛, 徐成斌, 等. 一种新的智能变电站继电保护架构[J]. 电网与清洁能源, 2015, 31(3): 49-51.
LIU Hongjun, QIU Yutao, XU Chengbin, et al. A new architecture of relay protection in smart substation[J]. Power System and Clean Energy, 2015, 31(3): 49-51.
- [18] 陈福锋, 俞春林, 张尧, 等. 变电站继电保护就地化整体解决方案研究[J]. 电力自动化设备, 2017, 37(10): 204-210.
CHEN Fufeng, YU Chunlin, ZHANG Yao, et al. Research on the overall solution of substation relay protection in situ[J]. Electric Power Automation Equipment, 2017, 37(10): 204-210.
- [19] 杨志宏, 周斌, 张海滨, 等. 智能变电站自动化系统新方案的探讨[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(14): 1-7.
YANG Zhihong, ZHOU Bin, ZHANG Haibin, et al. Discussion on novel scheme of smart substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(14): 1-7.
- [20] 黄德文, 姚明. HSR 技术在智能变电站过程层网络的应用探讨[J]. 电力信息与通信技术, 2014, 12(4): 35-38.
HUANG Dewen, YAO Ming. Application of HSR technology in the intelligent substation process layer network[J]. Electric Power ICT, 2014, 12(4): 35-38.
- [21] 秦红霞, 武芳瑛, 彭世宽, 等. 智能电网二次设备运维新技术研讨[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 35-40.
QIN Hongxia, WU Fangying, PENG Shikuan, et al. New technology research on secondary equipment operation maintenance for smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 35-40.
- [22] 郑玉平. 智能变电站二次设备与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2014.
- [23] 刘颖. 智能变电站全寿命周期“即插即用”技术体系的研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 23-28.
LIU Ying. Research and application on the technology system of plug & play in the smart substation's life cycle[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 23-28.

收稿日期: 2018-04-02; 修回日期: 2018-06-13

作者简介:

黄晓明(1969—), 男, 教授级高级工程师, 研究方向为电力系统自动化; E-mail: huangxiaoming@zj_sgcc.com.cn

黄志华(1979—), 男, 高级工程师, 研究方向为继电保护及智能变电站运行管理; E-mail: Tomhzh1012@163.com

张华娇(1979—), 男, 工程师, 研究方向为继电保护及智能变电站解决方案。E-mail: zhanghuajiao@sf-auto.com

(编辑 许威)