

DOI: 10.7667/PSPC180503

## 就地化保护检验机制的研究

周文越<sup>1</sup>, 李霞<sup>2</sup>, 刘明忠<sup>1</sup>, 郑永康<sup>1</sup>, 丁宣文<sup>1</sup>, 朱鑫<sup>1</sup>

(1. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610072; 2. 国网成都供电公司, 四川 成都 610041)

**摘要:** 针对就地化保护特点, 以高效而全面的检验为导向, 提出了工厂化检验与现场更换检验相结合的就地化保护检验机制。首先对就地化保护的整体构架进行了简述, 在此基础上, 阐述了总体的检验方案。然后分别对工厂化检验和现场更换检验的流程和内容进行了详细叙述。相比于传统继电保护装置的检验机制, 该方案在检验效率和现场作业安全方面都具有明显的优势。该方案在包含就地化保护所有功能检验的同时, 融入了就地化保护在运维检修上的特殊性, 使方案更具有实用性。

**关键词:** 继电保护; 就地化保护; 装置检验; 智能变电站

### Research on outdoor installation protection inspection mechanism

ZHOU Wenyue<sup>1</sup>, LI Xia<sup>2</sup>, LIU Mingzhong<sup>1</sup>, ZHENG Yongkang<sup>1</sup>, DING Xuanwen<sup>1</sup>, ZHU Xin<sup>1</sup>

(1. State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610072, China;  
2. State Grid Chengdu Power Supply Company, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Based on the characteristics of outdoor installation protection and guided by an efficient and comprehensive inspection, an outdoor installation protection inspection mechanism is proposed which combines factory inspection and field replacement inspection. Firstly, the overall framework of outdoor installation protection is briefly described. On this basis, the overall inspection plan is elaborated. Then the process and content of factory inspection and field replacement inspection are described in detail. Compared with the inspection mechanism of the traditional protection device, the scheme of this paper has obvious advantages in the inspection efficiency and work safety. The plan includes the all functional tests of outdoor installation protection, and incorporates the speciality of outdoor installation protection in operation and maintenance, making the plan more practical.

This work is supported by Science and Technology Project of State Grid Corporation of China (No. 52199717002A).

**Key words:** relay protection; outdoor installation protection; inspection; smart substation

## 0 引言

电网规模和装备水平的逐渐发展对电网继电保护系统提出了更高的要求, 常规继电保护装置在接口形式、回路布置、装置可靠性、运维难度等方面已无法满足现有电网的需求。另一方面, 芯片技术的发展、工艺水平的提升给继电保护装置的技术升级提供了基础条件<sup>[1-7]</sup>。在此背景下, 具有高防护等级、高集成度、运维便捷等特点的就地化保护应运而生<sup>[8-9]</sup>。

对于传统继电保护装置, 其新安装装置的验收检验, 需在保护装置安装完成后, 才能进行检验作

业, 且整个检验过程繁琐、效率低下; 而对于运行中装置的定期检验和补充检验<sup>[10]</sup>, 则需要多间隔设备停电甚至全站陪停, 检验时间长、安全风险大<sup>[11-13]</sup>。相比于传统继电保护装置, 就地化保护在装置形式、安装方式等方面发生了质的改变, 这为保护装置检验机制的全面变革提供了良好的前提条件。因此, 为充分利用就地化保护的优势, 并结合就地化保护即插即用、就地安装的特点, 本文对就地化保护的检验机制进行了研究, 在充分利用就地化保护特点的基础上, 以高效而全面的检验为导向, 将工厂化检验与现场更换检验相配合的检验机制运用于就地化保护的检验中, 并对具体的检验流程和方法进行了详细的阐述。

## 1 就地化保护整体构架

就地化保护按照“即插即用”的理念进行设计, 采用标准化连接器, 并直接安装于开关场或直接集成在一次设备上。

保护就地化安装变电站的保护系统结构如图 1 所示<sup>[14]</sup>。变电站二次系统保持“三层两网”<sup>[15]</sup>的结构, SV、GOOSE 报文共用一个网络, 而 MMS 报文明单独组网; 就地化保护通过电缆直接进行电压电流采样和跳闸; SV、GOOSE 报文的转换和输出功能集成在就地化保护内, 输出的报文供故障录波、网络分析仪等除保护装置外的其他间隔层设备使用; 为提高防护性能, 就地化保护取消了面板上的按键和显示屏, 采用智能管理单元<sup>[16]</sup>对全站所有就地化保护进行管理, 智能管理单元主要包含界面展示、在线监视、装置操作等功能, 智能管理单元能适应不同厂家的就地化保护, 并提供统一的界面。

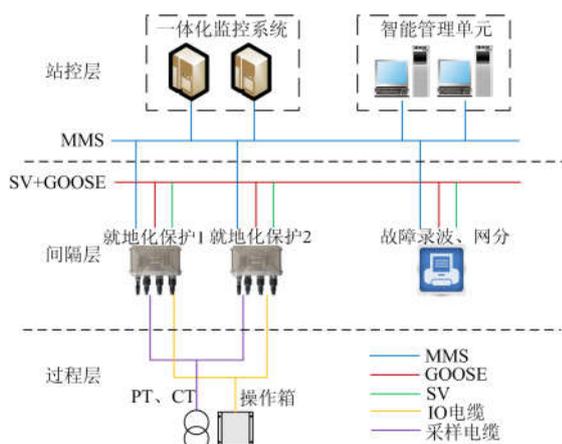


图 1 保护就地化安装变电站的保护系统结构

Fig. 1 Architecture of protection in outdoor installation substation

就地化保护的实践为变电站二次系统的设计、运维、检修带来了根本性的变化, 使“标准化设计、工厂化调试、更换式检修”的思想得到充分实践, 从而使变电站的各类经济指标得到大幅提高<sup>[17-18]</sup>。新的构架也对保护检验机制提出了新的要求, 因此, 有必要针对就地化保护的特点研究新的检验机制。

## 2 就地化保护检验机制

### 2.1 总体方案

就地化保护对外接口采用标准化连接器, 且装置的外观和尺寸均按照统一的标准进行设计, 装置配套的二次回路通过预制的方式集成在就地屏柜中。基于上述保护装置和二次回路的结构特点, 对

于就地化保护的新安装或更换, 仅需将保护装置通过专用连接器安装在预留的位置即可, 完全实现了保护装置的即插即用。

即插即用的安装方式和保护装置的标准化使得保护基本功能和性能的检验可用工厂化集中检验的方式实现。在完成工厂化检验后, 余下的需与现场二次回路、智能管理单元等元件配合的功能检验则可在现场完成。另外, 考虑到就地化保护的现场检修方式为更换式检修, 因此, 为提高现场检验效率, 本文将就地化保护的现场检验与更换式检修相结合, 形成现场更换检验。

这样一来, 统一资源建立的大规模工厂化检验中心在极大地提高就地化保护检验效率的同时, 也保证了检验项目的完整性和检验精度的确定性, 而装置安装现场的现场更换检验仅进行少量的传动及相关配合功能试验。整个流程极大地提高了检验效率并降低了现场安全风险。

工厂化检验和现场更换检验相结合的就地化保护检验流程如图 2 所示。保护装置在通过出厂检验后, 被送到各网省公司或地市公司自主建立的二次设备检验中心。在此, 智能化、集成化的检验设备以流程化的方式对保护装置的基本功能和性能进行集中检验; 在通过工厂化检验之后, 保护装置被送往变电站, 以即插即用的方式进行安装并完成现场更换检验, 之后便可投入运行。



图 2 就地化保护检验流程

Fig. 2 Inspection process of outdoor installation protection

### 2.2 工厂化检验

工厂化检验中心作为就地化保护的集中检验和存储管理集散地, 不仅需承担新装置到货后的检验, 在装置出库时或旧装置拆除后作为备品入库时, 工厂化检验中心也应承担这部分非全新装置的检验。为提高检验效率, 上述两种类型的装置在检验流程和检验内容上应有所区别。另一方面, 相比传统保护装置, 就地化保护加入了智能管理单元, 因此, 在检验时, 应将智能管理单元与保护装置的配合功能作为检验的内容之一, 并借助智能管理单元的功能优化检验流程。

综合考虑就地化保护的特性、工厂化检验的需求以及检验的效率, 制定就地化保护工厂化检验流

程如图 3 所示。图中的“管理机”为智能管理单元的缩写，装置配置文件的导出、导入、备份均为智能管理单元的基本功能。

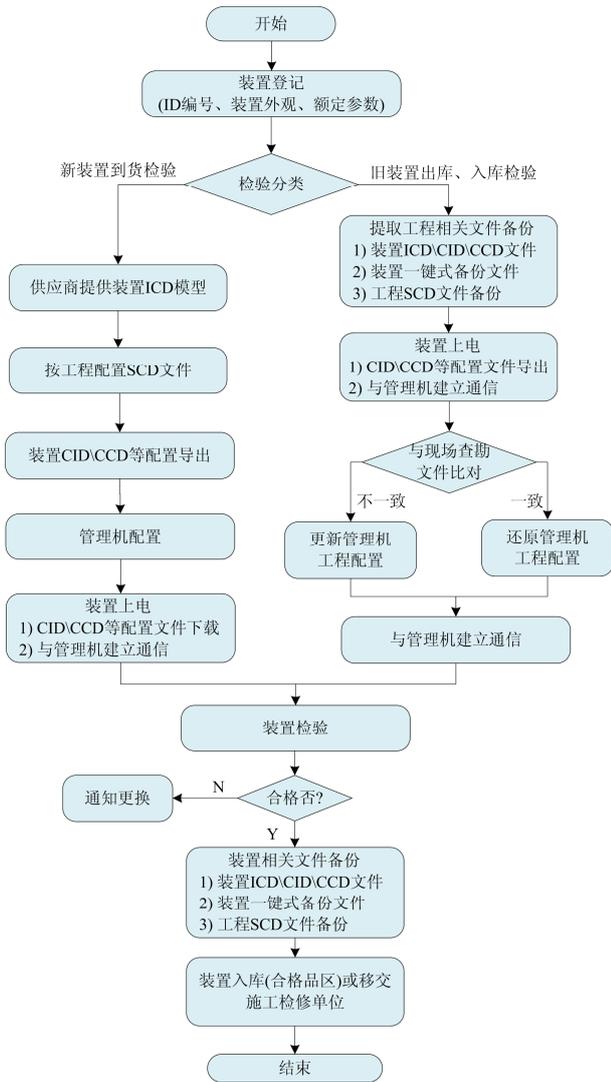


图 3 工厂化检验流程

Fig. 3 Process of factory inspection

在图 3 所示的工厂化检验流程中，装置检验这一步将完成就地化保护的所有功能检验，其中包括与智能管理单元相配合的相关功能检验。将文献[10]中要求的保护装置检验项目与就地化保护的特性相结合，以就地化线路纵联差动保护为例，将工厂化检验的内容分为 7 个大项和 27 个小项。在检验项目上，将新装置到货检验和旧装置出库、入库检验加以区分，从而在保证检验项目完整的前提下，达到提高检验效率的目的。就地化保护工厂化检验项目如表 1 所示，表中的“√”和“×”分别表示该项检验内容对于该类装置的适用与非适用。

表 1 工厂化检验项目

Table 1 Content of factory inspection

检验大项	检验小项	新装置到货检验	旧装置出库 入库检验
装置不带电检测	结构和外观检查	√	√
	绝缘性能试验	√	√
	交流回路功耗测量	√	×
装置上电检查	装置上电自检	√	√
	与管理机建立通信	√	√
	光口光功率测量	√	√
装置与就地管理单元联调试验	信息查看功能核查	√	√
	运行操作功能核查	√	√
	报告查询功能核查	√	×
	定值整定功能核查	√	×
	调试菜单功能核查	√	×
	装置设定功能核查	√	×
装置基础性能试验	其他功能核查	√	×
	开入量回路检测	√	√
	开出量回路检测	√	√
装置静态性能试验	数据采集系统的精度检测	√	√
	纵联保护检验	√	√
	距离保护检验	√	√
	零序保护检验	√	√
	重合闸功能检验	√	√
	其他保护检验	√	×
	装置工作电源的影响试验	√	×
工作电源回路功耗测量	√	×	
纵联差动保护装置配对检测	CT 断线及对各种保护性能的影响试验	√	×
	PT 断线及对各种保护性能的影响试验	√	×
	装置整组试验	√	√
报告编写与存档	报告编写与存档	√	√

### 2.3 现场更换检验

在通过工厂化检验之后，就地化保护的基本功能得到完整的检验。因此，保护装置安装到现场后，仅需进行与二次回路相配合的带负荷测试、不停电传动等检验项目即可，检验项目较少、方法简单。另一方面，就地化保护的检修模式已由常规保护装置的安装调试式检修变为了更换式检修，因此，可将就地化保护的现场检验与更换式检修相结合，这样一来，便形成了高效的现场更换检验。现场更换检验的流程如图 4 所示。



图 4 现场更换检验流程

Fig. 4 Process of field replacement inspection

以就地化纵联差动保护<sup>[19-20]</sup>为例, 图 4 中所示各步骤的具体内容如下。

1) 现场查勘: 按通用现场查勘方式开展现场查勘工作; 从智能管理单元中导出保护装置备份文件(CID、CCD、一键式备份配置文件等)。

2) 装置安装、拆除: 利用标准化接口, 安装、拆除就地化保护。

3) 新装置配置及接入前的安全措施设置: 新装置在设备到货后已完成工厂化检测, 且检测合格; 核查装置软、硬件版本与现场装置一致; 将现场智能管理单元内的一键式备份配置文件一键式还原到新装置; 核查装置功能应正常; 核查在工厂更换检验时, 已从智能管理单元备份新装置的配置文件; 为防止新装置接入时保护误动, 退出新装置的保护

出口压板、保护功能软压板, 投入新装置的“检修软压板”、“停用重合闸软压板”。

4) 更换前的设备状态确认: 核实待更换装置的信号指示灯、空开、相关二次回路、光纤链路、压板的情况。

5) 新装置上电及检查: 投入空开; 核实指示灯指示正常; 在智能管理单元核查保护装置自检信息正常; 通过智能管理单元检查装置模拟量(除电流外)、开关量、SV 状态、GOOSE 状态、状态监测、通道信息、告警信息、保护功能状态等正常, 定值与定值单一致, 功能压板、GOOSE 发送软压板在退出状态, 保护软件版本号、管理板软件版本号、全站虚端子 CRC、装置虚端子 CRC 与原装置一致, 对时方式、通信方式正常; 记录装置唯一性编码。

6) 新装置电流回路接入及带负荷测试: 通过智能管理单元查看模拟量采样值与二次回路上外接的电压电流表所测量电压电流一致。

7) 保护功能投入: 通过智能管理单元投入保护功能。

8) 新装置不停电传动试验: 核查新装置重合闸处于充电状态, 重合闸功能有效<sup>[21]</sup>; 核查线路负荷水平, 经当值调度员许可后方可进行不停电的传动试验, 若试验过程发生不正确动作情况(跳开单相后未重合闸成功, 本体三相不一致保护动作等), 需立即停止试验, 并报告当值调度员; 通过智能管理单元进行不停电开出传动操作。

9) 工作结束前的设备状态核实: 与新装置上电时的检查内容一致。

余下的几个步骤, 作业指导书编制及审批、现场工作票的办理和许可、二次安全措施票实施与恢复<sup>[22]</sup>, 与常规保护装置检验的操作方式一致, 不在此累述。

### 3 结论

本文在充分研究就地化保护特性的前提下, 利用就地化保护即插即用的特点并结合就地化保护的功能特性, 针对性地提出了工厂化检验与现场更换检验相结合的就地化保护检验机制。相比于传统的继电保护检验机制, 本文提出的方案极大地缩短了检验时间并降低了现场作业风险, 对就地化保护的检验具有一定的指导作用, 并可有效促进就地化保护的发展与现场应用。本文提出的方案已成功运用于四川电网 220 kV 新雅一线就地化保护的挂网试运行, 并取得了较好的效果。

本文虽然对工厂化检验和现场更换检验的流程和内容进行了深入的研究, 但仍有诸多方面还需继

续探究,特别是在工厂化检验方面,检验平台对检验效率有着重要的影响,下一步,将对工厂化检验平台的搭建方式、配置要求等方面开展研究,从而进一步完善就地化保护的检验体系。

### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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-site secondary equipment protection of smart substation[J]. Electric Power Construction, 2014, 35(9): 76-81.
- [6] 郭乐. 智能电子设备就地化的电磁兼容(EMC)探讨[J]. 华东电力, 2013, 41(11): 2252-2255.  
GUO Le. Electromagnetic compatibility of intelligent electronic device localization[J]. East China Electric Power, 2013, 41(11): 2252-2255.
- [7] 董贝, 薛钟, 张尧, 等. 基于 IEC 61850 逻辑设备管理层次结构的就地化保护装置建模研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(14): 165-170.  
DONG Bei, XUE Zhong, ZHANG Yao, et al. Research and application of modeling for on-site installation protection based on IEC 61850 logical devices management hierarchy[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(14): 165-170.
- [8] 周小波, 唐治国. 基于 MapReduce 架构的就地化分布式母线保护研究[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(6): 128-135.  
ZHOU Xiaobo, TANG Zhiguo. Research on outdoor installation distributed busbar protection based on Map Reduce architecture[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(6): 128-135.
- [9] 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, 2018, 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, 2018, 45(9): 113-118.
- [10] 继电保护和电网安全自动装置检验规程: DL/T 995-2016[S].  
Testing regulations on protection and stability control equipment: DL/T 995-2016[S].
- [11] 叶远波, 陈晓东, 项忠华, 等. 继电保护在线状态检修的应用和探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(22): 133-138.  
YE Yuanbo, CHEN Xiaodong, XIANG Zhonghua, et al. Application and discussion on online condition-based maintenance of relay protection devices[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(22): 133-138.
- [12] 王玉财, 吕飞鹏, 何奎. 满足可靠性要求的继电保护装置预防检修模型[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(10): 49-53.  
WANG Yucai, LÜ Feipeng, HE Kui. Preventive maintenance model for relay protection device based on reliability requirements[J]. Proceedings of the CSEE, 2016, 44(10): 49-53.
- [13] 丁茂生, 王钢, 贺文. 基于可靠性经济分析的继电保护最优检修间隔时间[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(25): 44-48.  
DING Maosheng, WANG Gang, HE Wen. The optimum routine maintenance interval of protection based on reliability economic analysis[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27(25): 44-48.
- [14] 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[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.
- [15] 张旭泽, 郑永康, 康小宁, 等. 智能变电站继电保护系统所面临的若干问题[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(6): 90-96.  
ZHANG Xuze, ZHENG Yongkang, KANG Xiaoning, et al. Several problems of intelligent substation relay protection system[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(6): 90-96.
- [16] 刁雯. 220 kV 智能变电站二次设备的就地化设计研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2017.  
XI Wen. Local design and research of secondary devices based on 220 kV smart substation[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2017.
- [17] 李栋, 姜帅, 董斌, 等. 新一代智能变电站技术经济分析[J]. 电气应用, 2013, 32(21): 34-37.  
LI Dong, JIANG Shuai, DONG Bin, et al. A new generation of intelligent substation technology economic analysis[J]. Electrotechnical Application, 2013, 32(21): 34-37.
- [18] 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.
- [19] WU Shuanghui. An adaptive limited wide area differential protection for power grid with microsources[J]. Protection and Control of Modern Power Systems, 2017, 2(2): 220-228. DOI: 10.1186/s41601-017-0052-2.
- [20] 杨亚宇, 郇能灵, 范春菊, 等. 基于计算电阻的高压直流输电线路纵联保护[J]. 电工技术学报, 2017, 32(7): 84-94.  
YANG Yayu, TAI Nengling, FAN Chunju, et al. A pilot protection scheme for hvdc transmission lines based on calculated resistance[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2017, 32(7): 84-94.
- [21] 罗勋华, 黄纯, 江亚群, 等. 基于电压内积的带并联电抗器输电线路单相自适应重合闸[J]. 电工技术学报, 2017, 32(11): 17-25.  
LUO Xunhua, HUANG Chun, JIANG Yaqun, et al. A voltage inner product based approach for single-phase adaptive reclosure on transmission line with shunt reactors[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2017, 32(11): 17-25.
- [22] 徐晓春, 汤同峰, 赵雨田, 等. 智能变电站二次设备检修安措规则数据库设计与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(2): 111-116.  
XU Xiaochun, TANG Tongfeng, ZHAO Yutian, et al. Design and implementation of maintenance protection rule database for secondary equipment of smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(2): 111-116.

---

收稿日期: 2018-05-02; 修回日期: 2018-07-13

作者简介:

周文越(1989—), 男, 硕士, 工程师, 从事电力系统继电保护相关工作; E-mail: 195157732@qq.com

李霞(1988—), 女, 硕士, 工程师, 从事电力系统调控运行工作; E-mail: 307288423@qq.com

刘明忠(1964—), 男, 本科, 高级工程师, 从事电力系统继电保护相关工作。E-mail: lmz9988@163.com

(编辑 魏小丽)