

DOI: 10.19783/j.cnki.pspc.180784

基于设备自锁定技术的二次设备就地运维方法

陈哲¹, 臧富锋¹, 刘园伟², 张思远¹

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 许昌开普检测研究院股份有限公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 针对智能变电站就地运维中缺少二次设备位置自动定位、设备压板无强制闭锁的现状, 提出了基于设备自锁定技术的二次设备就地运维方法。该方案在监控主机上部署一套智能运维防误模块, 通过一体化业务平台获取站内信息并结合规则库来实时计算站内所有操作对象的防误闭锁状态。通过智能变电站二次设备空间数据模型和电力专网的智能变电站二次设备物联网系统, 完成就地运维操作的二次设备自定位与自识别功能。并完善二次设备与智能运维防误模块交互的防误机制, 实现智能变电站二次设备定位及操作对象自动锁定, 达到就地防误操作的双重确认机制。该方案在实际工程应用中取得了良好的效果, 提高了运维安全性, 解决了运维人员的困惑。

关键词: 就地防误操作; 自锁定; 自识别; 二次设备物联网; 安措

A method of local operation and maintenance for secondary equipment based on equipment self locking technology

CHEN Zhe¹, ZANG Fufeng¹, LIU Yuanwei², ZHANG Siyang¹

(1. XJ Electric Co., Xuchang 461000, China; 2. Xuchang KETOP Testing Research Institute Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

Abstract: Aiming at the situation that it lacks of secondary equipment automatic positioning in intelligent substation local operation and maintenance and the device strap has no forced lockout, a method of local operation and maintenance for secondary equipment based on equipment self-locking technology is proposed. The method deploys an intelligent anti-misoperation module on the monitoring server, the anti-misoperation and lockout status of all operating objects inside of the substation is calculated in real-time through the combination of the substation information obtained from integrated business platform and rule library. By using the construction of smart substation secondary equipment spatial data model and the smart substation secondary equipment internet of things system based on electric power network, the secondary equipment self-positioning and recognizing function of the local operation and maintenance is established. Meanwhile, the anti-misoperation mechanism of interaction between the secondary and intelligent operation and maintenance anti-misoperation module is improved to achieve the secondary equipment positioning and operating object automatic lockout of the smart substation and get the local anti-misoperation double confirm mechanism. The method has achieved great effects during the actual project application, improved the security of the operation and maintenance and solved the doubts of the operation and maintenance personnel.

This work is supported by Science and Technology Project of State Grid Corporation of China (No. 520530180015) "Research on the Third Generation of Intelligent Substation Auxiliary System".

Key words: local anti-misoperation; self locking; self recognition; internet of things for secondary equipment; security measurement

0 引言

随着科学技术高速发展, 以互联网技术、德国

“工业4.0”和美国“工业互联网”为代表的新一轮科技变革正在深刻影响传统产业发展。面对快速增长的电网容量和电网数据, 传统的方式已经很难满足作业效率和精准度的需求^[1]。目前智能变电站运检模式以大量人力投入为主, 难以有效提升运检作业效率。一是信息获取方式传统、来源单一, 较多

基金项目: 国家电网公司科技项目资助(520530180015)“第三代智能变电站辅助系统研究”

依靠电话和现场勘查等人工方式获取设备相关信息；二是设备状态感知仍以停电检修、离线试验为主，在线监测、带电检测、机器人、无人机等先进手段及数据利用率不高。

在国网 2016 年 12 月的《智能运检体系白皮书》中提出要以推动现代信息通信技术与传统运检技术融合为主线，以智能运检九大典型技术领域为重点，全面构建智能运检体系。其中九大典型技术领域的二维自动感知中要求实现基于设备本体与设备识别技术的设备状态信息自动感知。并全面开展基于物联网的运检资源智能管控体系建设。综合应用 RFID、二维码等设备智能识别技术及传感器、移动终端、北斗定位等感知技术，实现设备识别与信息互联，打造电网设备物联网。

近年来智能变电站的防误研究主要着眼于一次设备操作防误^[2-16]，文献[2]设计了智能变电站一次设备的操作防误体系，文献[3-5]从调度主站和集控站角度对常规变电站一次设备防误体系进行研究，文献[6-7]对智能变电站虚回路进行设计、配置与展示，文献[8-12]对智能变电站二次安措及新形式下的运维系统进行研究。这些研究都侧重于对智能变电站运维操作的全过程监视与管理的讨论^[13-16]，对智能变电站二次就地运维操作的防误机制讨论不多，尤其是对强制闭锁机制的研究较少。智能变电站二次就地操作时，由于相似间隔的设备具有相似的模式、外观，设备内的操作对象描述相似，易使运维人员产生误操作^[17]。在实际的就地运维中，设备和操作对象的自锁定能够帮助运维人员及时、准确地进行操作，提高安全，降低工作强度。

1 智能变电站就地运维操作现状

目前智能变电站二次设备就地操作工作流程，由运维人员手持打印的纸质操作票依据票中所列操作任务及操作步骤再就地依次进行操作。

二次设备装置集中部署在小室中，同类型装置具有相同的外观，装置内的操作对象(压板类)也拥有相似的名称，且二次设备装置内操作对象就地操作防误逻辑判断不完善和无强制闭锁功能，故就地操作存在下面几个问题：

- 1) 相似间隔具有相同外观的装置，可能会误入其他间隔；
- 2) 二次设备装置中的操作对象名称相似，可能会误操作其他对象；
- 3) 二次设备装置只拥有本设备信息，无法获取全站信息，就地操作防误逻辑判断不完整，无强制闭锁功能，就地操作中发生误操作不能强制闭锁。

2 智能变电站二次就地操作自锁定整体方案

根据智能变电站二次设备就地运维业务需求分析，亟需研究智能变电站二次设备就地操作自锁定技术，来解决二次设备就地操作中遇到的问题。

本方案采用下面几个关键技术来解决目前就地运维中存在的问题：

- 1) 站控层部署智能运维防误模块实现全站运维防误统一计算；
- 2) 构建智能变电站二次设备空间模型和智能变电站二次设备物联网系统来实现二次设备自识别；
- 3) 建立智能变电站二次设备及操作对象自动锁定机制，实现就地操作中操作对象的双重确认与强制闭锁。

整体方案如图 1 所示，首先在监控主机上部署智能运维防误模块，该模块属于监控系统中最底层防误闭锁机制，监控系统中所有模块的二次设备操作都需要由智能运维防误模块实时计算操作对象的防误闭锁状态，条件不满足直接闭锁。

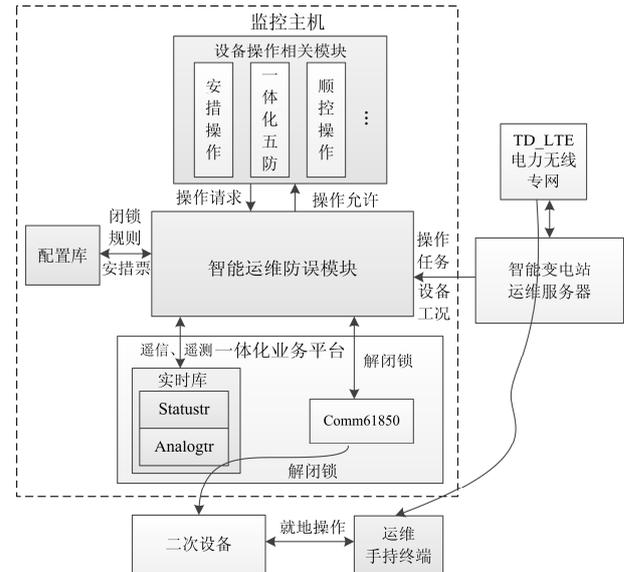


图 1 智能变电站二次就地操作自锁定整体方案

Fig. 1 Self locking system for the secondary equipment of intelligent station

站端就地运维操作票由监控系统中的安措系统或一体化五防完成开票，操作步骤及防误闭锁规则经过智能运维防误模块校验通过后，将操作任务通过综合应用服务器和二次设备物联网系统下发至运维手持终端。同时智能运维防误模块通过 comm61850 通信模块将解锁的操作对象下发给相应装置。

运维人员根据运维手持终端的提示信息，引导到预操作设备前，此时由于监控系统已将任务下发

到被操作装置上，装置接收到监控命令自动点亮液晶屏幕。运维人员使用运维手持终端扫描设备二维码信息，再次确认是否为当前操作设备，完成就地操作设备的双重确认。验证正确后手持终端提示可以在设备上操作相应的某操作对象。此时装置内只解锁监控系统下发的操作对象，其他操作对象无法操作。操作完成后监控系统根据操作对象位置信息或手持终端人工确认完成操作任务。

3 智能变电站智能运维防误模块

智能运维防误模块通过一体化业务平台的标准访问接口、数据类型、数据模型实例，获取全站的配置信息包括断路器、刀闸位置信息、电流、电压等电网运行参数，并能够通过防误逻辑规则库，实现与运行监视模块的交互，完成站内一次、二次操作防误闭锁判断，如图 2 所示。

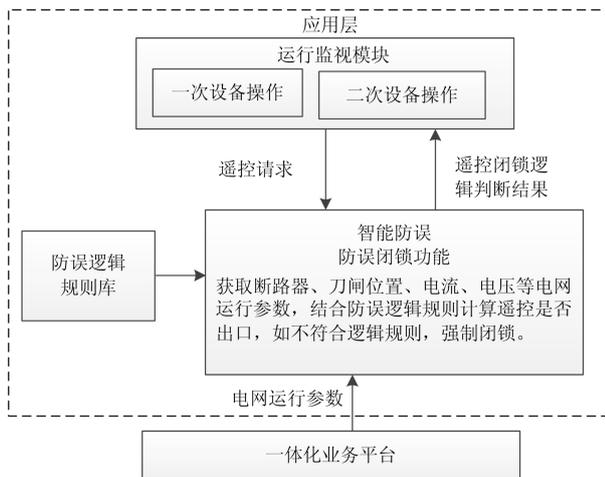


图 2 基于一体化业务平台的智能防误模块

Fig. 2 Anti-misoperation module of intelligent operation based on integrated service platform

表 1 智能变电站二次设备空间模型数据库

Table 1 Spatial model database of the intelligent station secondary equipment

设备名称	所属间隔	RFID 号	经/纬度	备注
FCK-851B 测控装置	110 kV 线路 1	2017031802523001566	113.814 43/234.022 33	110 kV 小室
WXH-803A 保护装置	110 kV 线路 1	2017031802523001567	113.814 45/634.022 46	110 kV 小室
WXH-802A 保护装置	110 kV 线路 1	2017031802523001569	113.814 46/634.022 82	110 kV 小室
FCK-801A 测控装置	35 kV 线路 1	2017031802523001612	113.815 32/434.026 73	35 kV 小室

4.2 基于电力专网的智能变电站二次设备物联网系统

构建智能变电站二次设备物联网系统，首先要考虑无线电力通信网络安全，近些年国内相关领域专家对智能电网中能够采用的各种无线通信方式和加密机制进行了深入的研究，取得了巨大的成就^[18-20]。采用 TD-LTE 电力无线专网是目前使用较多且相对成熟的技术方案，很多地市局已经进行过试点，本

智能运维防误系统在传统防误闭锁基础上实现智能变电站运行、操作、检修等各个环节中的防误操作，操作范围覆盖断路器、隔离开关等一次设备及保护、测控等二次设备。通过分析变电站运行过程中出现的故障和问题制定对策，建立强制控制、实时分析体系，实现智能变电站运维的智能防误，实现运维工作的智能化。

智能运维防误模块通过安措规则专家库，对需要进行操作的一次或二次设备防误规则进行判断，安措规则专家库包括操作对象的典型防误规则库和安措操作票。操作对象的典型防误规则库和安措操作票由运维专家根据实际需求对防误规则库和安措操作票进行审核和修改生成，防误规则库和安措操作票是由初始防误规则库和安措操作票结合本站站内实际配置自动实例生成，初始防误规则库和安措操作票依据安措标准和规范或者根据典型规则库和工程案例生成。

4 智能变电站二次设备自识别方案

本方案的设备自动识别技术主要涉及 RFID 技术、移动终端技术和 GPS 导航技术。

4.1 智能变电站二次设备空间模型

建立智能变电站二次设备空间模型系统，空间模型系统内涵盖站内所有二次设备、所属间隔、设备类型、部署位置、RFID 号、GPS 定位信息(经纬度)等如表 1 所示。相关信息由人工测绘批量导入系统，也可进行人工编辑修改。

智能变电站二次设备空间模型的建立为变电站二次设备物联网提供模型数据库，并充分考虑扩展功能的需求，例如可为设备投运前验收、检修、设备全生命周期管理等功能提供数据模型。

文不再详细阐述。

智能变电站二次设备物联网系统涵盖站控层智能变电站运维服务器、无线感知设备以及二次设备。系统依托 RFID，并且后期可扩展接入二维码、智能芯片等智能识别技术，结合各类设备状态传感器、在线监测装置等感知元件，构建电网设备物联网系统，实现电网设备信息互联互通。

智能变电站运维服务器部署在安全 II 区, 通过私有协议与安全 I 区的监控主机交互, 接收操作任务、设备工控以及站内告警信息, 同时将相关信息通过无线电力专网发布到运维手持终端上。由于能够获取到变电站二次设备空间模型的数据信息, 未来能够扩展设备全生命周期管理以及家族性缺陷分析等智能运检相关功能。

运维手持终端是变电站二次设备物联网系统中重要的无线感知设备, 主要包括以下功能。

- 1) 通过无线专网与智能变电站运维服务器交互。
- 2) 获取二次设备就地操作任务、设备工控以及站内告警信息。
- 3) 浏览设备位置部署信息。
- 4) 通过在就地二次设备旁读取设备 RFID 识别预操作设备, 判断是否为当前操作设备。

5 智能变电站二次设备及操作对象自动锁定方案

5.1 二次设备及操作对象自动锁定技术

根据第 2 节的整体方案, 二次设备及操作对象自动锁定技术的主要功能如下。

- 1) 运维人员在二次设备就地操作时, 被操作装置屏幕自动点亮, 提示运维人员操作正确的设备。
- 2) 运维人员在设备中操作某操作对象时, 设备中仅能解锁当前需操作的操作对象, 其余操作对象均为闭锁操作状态。

操作流程如图 3 所示, 就地操作由运维人员通过监控系统中的安措系统或一体化五防系统发起。在操作任务执行中, 系统将当前操作对象的操作请求发送至智能运维防误模块进行防误规则校验, 校验通过后智能运维防误模块提取出当前需就地操作的装置, 并将点亮屏幕命令下发至相应装置。装置接收到点亮屏幕命令, 经过解析后点亮屏幕提示运维人员。如果智能运维防误模块校验未通过, 直接将闭锁操作信息返回给用户操作界面, 暂停操作。

运维人员在就地装置上进行操作时, 先根据操作任务选择预操作对象, 装置得到操作对象信息后, 将操作请求发送至智能运维防误模块进行防误规则校验, 若允许操作则将允许执行命令下发至装置。装置收到命令解锁对应操作对象, 操作对象可执行。若智能运维防误模块校验不通过, 则强制闭锁, 并将结果发送到装置, 提示用户操作被强制闭锁。监控系统将整个操作过程进行记录, 生成操作报告文件, 记录操作源、操作对象、操作时间、防误闭锁

结果及闭锁原因等信息。

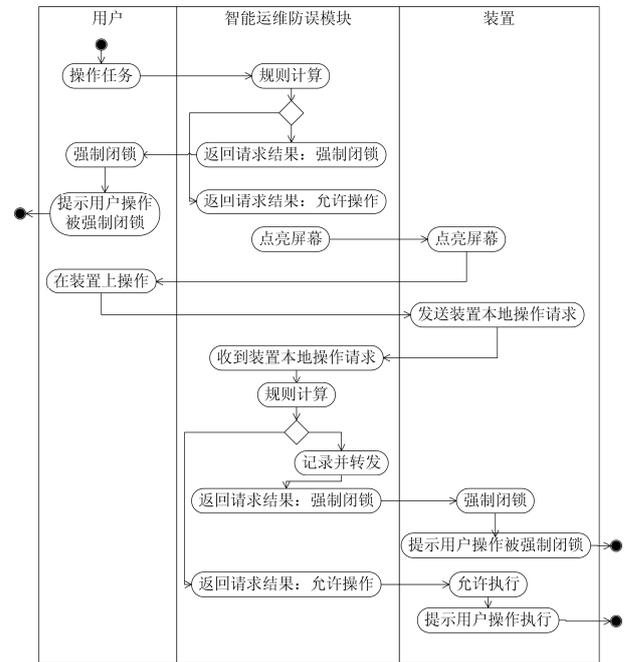


图 3 二次设备就地操作强制闭锁方案

Fig. 3 Forced locking for local anti-misoperation of secondary equipment

5.2 二次设备与监控系统智能运维防误模块通讯方案

二次设备与监控系统智能运维防误模块通信包含模型和通信流程两个部分。

表 2 定义了实现自锁定技术装置模型需要扩展的内容。

表 2 装置模型扩展

Table 2 Extended model of device

信息类型	属性名	属性类型	中文含义
控制信息	ScmLig	SPC	点亮屏幕
	OpUnlock	SPC	操作解锁
状态信息	ScmSta	SPS	屏幕状态
	LockSta	SPS	闭锁状态
	OpenRqt	SPS	分允许
	CloseRqt	SPS	合允许

对于每个操作对象模型, 分别扩展了分、合允许数据类型, 图 4 以某装置中的操作对象支路 1_{SV}接收软压板为例。

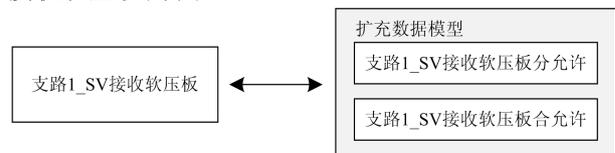


图 4 操作对象模型扩展

Fig. 4 Extended model of operation object

图 5 所示为装置与智能运维防误模块通信流程, 装置发送报告支路 1_SV 接收软压板分允许, 一体化业务平台收到 MMS 报文并解析报告, 将支路 1_SV 接收软压板本地分请求推送到智能运维防误模块进行规则计算。智能运维防误模块将闭锁逻辑计算结果(0, 闭锁; 1, 允许)传输到一体化业务平台, 由一体化业务平台转化成 MMS 报文发送到装置。对于是否解闭锁采用 SetDataValue 属性值, 支路 1_SV 接收软压板分允许(0, 闭锁; 1, 允许)。

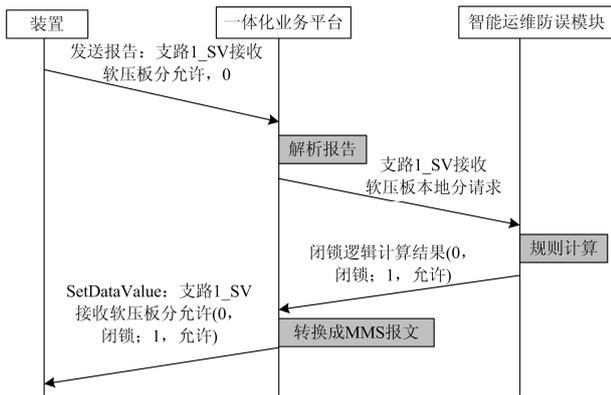


图 5 二次设备与智能运维防误模块通信流程

Fig. 5 Communication process of secondary equipment and anti-misoperation module of intelligent operation

6 结语

本文分析了智能变电站二次就地运维操作中易出现的误操作现象, 提出了智能变电站二次就地操作自锁定技术。通过构建智能变电站二次设备物联网系统, 对二次设备的自识别技术进行了较为详细的探讨, 并结合二次设备就地运维操作的特点, 论述了二次设备屏幕自点亮及操作对象的就地强制闭锁方案。基于设备自锁定技术的二次设备就地运维方法依托于国家电网公司科技项目开展了该项目的深化研究及工程应用。在实际应用中取得了良好的效果。本文所运用的多种技术构建智能变电站物联网系统以及设备自动锁定技术, 可进一步扩展至一次设备运维中, 值得继续深入研究和推广。

参考文献

- [1] HOU Kaiyuan, SHAO Guanghui, WANG Haiming, et al. Research on practical power system stability analysis algorithm based on modified SVM[J]. Protection and Control of Modern Power Systems, 2018, 3(3): 119-125. DOI: 10.1186/s41601-018-0086-0.
- [2] SUN J W, TANG S W, LIU F. The application of dispatch operation ticket system based on intelligent anti-misoperation method[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014: 448-453, 2493-2497.
- [3] 李功新, 周文俊, 林静怀, 等. 基于 D5000 平台的调控操作与防误一体化系统[J]. 电力自动化设备, 2014, 34(7): 168-173.
LI Gongxin, ZHOU Wenjun, LIN Jinghui, et al. Integrated dispatch control and anti-misoperation system based on D5000 platform[J]. Electric Power Automation Equipment, 2014, 34(7): 168-173.
- [4] 李功新, 黄文英, 任晓辉, 等. 调控一体化系统防误校核研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(7): 97-102.
LI Gongxin, HUANG Wenyong, REN Xiaohui, et al. Research on anti-misoperation check in integrated dispatching and control system[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(7): 97-102.
- [5] 谷文旗, 莫杰, 贺燕英. 集控型防误操作系统方案设计[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(7): 129-130.
GU Wenqi, MO Jie, HE Yanying. Design of anti-misoperation system for centralized control station[J]. Electric Power Automation Equipment, 2010, 30(7): 129-130.
- [6] 张巧霞, 贾华伟, 叶海明, 等. 智能变电站虚拟二次回路监视方案设计及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 123-128.
ZHANG Qiaoxia, JIA Huawei, YE Haiming, et al. Design and application of virtual secondary circuit monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 123-128.
- [7] 胡道徐, 沃建栋. 基于 IEC 61850 的智能变电站虚回路体系[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(17): 78-82.
HU Daoxu, WO Jiandong. Virtual circuit system of smart substations based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(17): 78-82.
- [8] 潘佳锋, 朱和剑, 高捷, 等. 防误操作平台在智能操作票系统中的研究及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(20): 158-163.
PAN Jiafeng, ZHU Hejian, GAO Jie, et al. Research and application of fuzzy comprehensive judgment in dispatching anti-misuse platform[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(20): 158-163.
- [9] 张旭升, 李江林, 赵国喜. 智能变电站二次安措系统研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(11): 141-146.
ZHANG Xusheng, LI Jianglin, ZHAO Guoxi. Research and application of the anti-misoperation system for the intelligent station secondary equipment security measures[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(11): 141-146.

- [10] 彭少博, 郑永康, 周波, 等. 220 kV 智能变电站检修二次安措优化研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(23): 143-148.
PENG Shaobo, ZHENG Yongkang, ZHOU Bo, et al. Study of optimization of secondary safety measures of 220 kV smart substation maintenance[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(23): 143-148.
- [11] 高新华, 周克林, 余南华, 等. 数字化变电站在线式防误操作系统技术综述[J]. 南方电网技术, 2011, 5(2): 81-84.
GAO Xinhua, ZHOU Kelin, YU Nanhua, et al. Survey on the technology of online anti-maloperation system in digital substations[J]. Southern Power System Technology, 2011, 5(2): 81-84.
- [12] 叶雷, 殷自力. 考虑二次设备的智能防误操作票系统[J]. 电力系统及其自动化学报, 2011, 23(6): 145-149.
YE Lei, YIN Zili. Intelligent anti-misoperation operation ticket system consider secondary device[J]. Proceedings of the CSU-EPSC, 2011, 23(6): 145-149.
- [13] 杨威, 王进虎, 王娜. 新一代智能变电站检修机制测试技术[J]. 智能电网, 2016, 4(2): 209-212.
YANG Wei, WANG Jinhua, WANG Na. Testing technology of maintenance mechanism for the new generation of intelligent substation[J]. Smart Grid, 2016, 4(2): 209-212.
- [14] 黄少雄, 胡世骏, 黄太贵, 等. 智能站软压板状态正确性校验的研究[J]. 电网与清洁能源, 2016, 32(6): 95-100.
HUANG Shaoxiong, HU Shijun, HUANG Taigui, et al. Study on the actual settings of the soft jumps in a smart substation[J]. Power System and Clean Energy, 2016, 32(6): 95-100.
- [15] 耿少博, 赵春雷, 高翔, 等. 基于形式化描述机制的检修安措策略研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(22): 178-186.
GENG Shaobo, ZHAO Chunlei, GAO Xiang, et al. Research and application of the strategy for repair security measures based on formalized description mechanism[J]. Power System and Clean Energy, 2018, 46(22): 178-186.
- [16] 车兵, 许家焰, 徐晓春, 等. 智能变电站二次检修安措防误技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(2): 150-156.
CHE Bing, XU Jiayan, XU Xiaochun, et al. Research of secondary maintenance safety measures error proofing technology in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(2): 150-156.
- [17] 李鹏, 卫星, 郭利军, 等. 智能变电站继电保护运维防误技术研究及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(19): 123-129.
LI Peng, WEI Xing, GUO Lijun, et al. Study and application of relay protection maintenance anti-misoperation technology in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(19): 123-129.
- [18] 崔玉, 吴奕, 张志军, 等. 基于电力无线虚拟专网的继电保护智能移动运维系统设计及实现智能变电站继电保护运维防误技术研究及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(23): 175-181.
CUI Yu, WU Yi, ZHANG Zhijun, et al. Intelligent mobile operation and maintenance technology and its application of relay protection based on power wireless virtual private network[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(23): 175-181.
- [19] 陈立明, 陈华军, 郭晓斌, 等. TD-LTE 电力无线专网端到端安全防护系统[J]. 南方电网技术, 2016, 10(1): 49-53.
CHEN Liming, CHEN Huajun, GUO Xiaobin, et al. An end-to-end security protection system for TD-LTE power wireless private network[J]. Southern Power System Technology, 2016, 10(1): 49-53.
- [20] 张琪, 曹宁, 丁沿. TD-LTE 电力专网接入机制的研究及改进[J]. 信息技术, 2015(3): 2-4.
ZHANG Qi, CAO Ning, DING Yan. Research and improvement of access mechanism of TD-LTE power private network[J]. Information Technology, 2015(3): 2-4.

收稿日期: 2018-06-09; 修回日期: 2019-05-14

作者简介:

陈哲(1984—), 男, 通信作者, 本科, 工程师, 研究方向为电力系统自动化产品研发。E-mail: xjtc_chenzhe@126.com

(编辑 许威)