

DOI: 10.7667/PSPC180197

智能变电站 SCD 文件管控系统模块化设计

刘宏君¹, 高旭², 杜丽艳², 余俊杰¹

(1. 长园深瑞继保自动化有限公司, 广东 深圳 518057; 2. 国网冀北电力有限公司, 北京 100081)

摘要: 针对目前智能变电站配置描述文件存在的可读性差、缺乏规范有效的管控工具等现状, 基于模块化的设计思想, 利用 QT 4.8.4 软件开发, 构建了一套可视化的、具有用户权限管理功能的智能变电站 SCD 文件管控系统。该系统具备 SCD 文件可视化、SCD 文件管控和 SCD 文件对比三大模块。在 SCD 文件可视化模块, 采用 DOM 树状结构对 SCD 文件进行解析, 使 SCD 文件内容更具层次性。在 SCD 文件管控模块, 可实现区域内多个智能变电站 SCD 文件的集中管理, 具有 SCD 文件上传、存档、校验、可视化显示等一系列功能。在 SCD 文件对比模块, 利用基于位置的文本文件比较算法快速获取 SCD 文件变化情况, 从而明确由于 SCD 版本升级导致装置配置信息发生变化的情况及对比 SCD 文件。同时, 开发 SCD 可视化手持设备, 为维护人员随时随地查看变电站配置描述文件内容提供极大的便利。

关键词: 智能变电站; SCD 文件; 模块化设计; SCD 文件管控系统; 可视化

Modular design of intelligent substation SCD file management and control system

LIU Hongjun¹, GAO Xu², DU Liyan², YU Junjie¹

(1. CYG SUNRUI Co. Ltd, Shenzhen 518057, China; 2. Jibe Electric Power Company Limited, Beijing 100081, China)

Abstract: In view of the poor readability of Substation Configuration Description file (SCD) and the lack of standardized and effective control tools, this paper builds a set of visualized smart substation SCD file management and control system with user rights management function based on the modular design idea and by using the software of QT 4.8.4. The system has SCD file visualization, SCD file control and SCD file comparison features. In SCD file visualization module, the DOM tree structure is used to parse the SCD file to make the contents of the SCD file more hierarchical. In SCD file management and control module, it can realize the centralized management of SCD files of multiple smart substation in the area and has a series of functions such as uploading, archiving, verifying and visualizing SCD file. In SCD file comparison module, a location-based file text comparison algorithm is used to obtain the change of the SCD file, in order to clarify the situation that the device configuration information changes due to the SCD version upgrade and compare the SCD file. At the same time, it develops SCD visual handheld devices to facilitate debugging and operation and maintenance personnel to view SCD files anytime and anywhere.

This work is supported by Science and Technology Project of State Grid Corporation of China "Key Technology Research and Application of Intelligent Substation Optic-fiber Circuit Modelling and Visualization" (No. 52010117000G).

Key words: smart substation; SCD file; modular design; SCD file management and control system; visualization

0 引言

智能变电站作为智能电网建设中的核心设备, 由于交互性高、安全可靠、环境友好^[1-3]等特点而受到越来越多的青睐。用于描述智能变电站内智能电

子设备配置信息、通信参数及一次系统结构配置信息的 SCD 文件, 是变电站二次系统运行配置的重要依据。正确配置 SCD 文件不仅决定着二次系统能否顺利投运、可靠运行, 同时也在智能变电站设计、调试、维护、检修和改扩建各个环节中发挥着重要作用^[4]。而对 SCD 文件进行有效管理可以降低变电站从设计到改扩建全过程全站配置的难度。因此, 研究智能变电站的 SCD 文件管控系统具有十分重

基金项目: 国家电网公司科技项目资助 (52010117000G) “智能变电站光纤回路建模及可视化关键技术研究与应用”

要的意义。

虽然, 目前智能变电站架构体系已较为成熟, 但 SCD 文件仍然存在许多技术和和管理上的难题: (1) SCD 文件以变电站配置描述(Substation Configuration Description Language, SCL)语言编写、XML 格式及语法构建, 可读性差, 给调试和运行维护人员带来极大的不便^[4-5], 且很可能由于人为原因导致配置信息解析出错; (2) SCD 版本升级造成装置检修的范围难以界定; (3) 由于缺乏针对性, 造成 SCD 文件可能出现人为或非人为的丢失、删除、篡改等^[6]。这些问题都会影响智能变电站的安全可靠运行, 进而影响整个电网。

本文以 SCD 文件管控的完备性为目标, 以 IEC 61850 标准为准则^[7-8], 针对 SCD 文件在技术和和管理方面存在的问题, 构建了一套可视化、具有用户权限管理功能的 SCD 文件管控系统。同时, 为了方便运维人员随时随地查看 SCD 文件, 开发了 SCD 文件可视化手持设备。为使 SCD 文件内容更有层次性, 采用 DOM 树状结构解析 SCD 文件。基于模块化的设计思想, 定义了 SCD 文件管控流程。针对 SCD 文件版本升级引起的配置信息变化的问题, 采用基于位置的文本文件比较算法。

1 SCD 文件管控系统

由于 SCD 文件贯穿于智能变电站从设计到投运全过程, 且直接影响着智能变电站安全可靠运行, 加上 SCD 文件难于解读, 因此, 开发一套准确、高效、可视化的 SCD 文件管控系统十分重要^[7-8]。本文结合智能变电站管控系统用户不同需求不同的特点, 提出了模块化的 SCD 文件管控系统, 系统框图如图 1 所示。该系统利用 QT 4.8.4 软件开发, 共包含 SCD 文件可视化模块、SCD 文件管控模块、SCD 文件对比模块三大模块。此外, 该系统基于角色的权限访问控制(Role-Based Access Control, RBAC)模型,

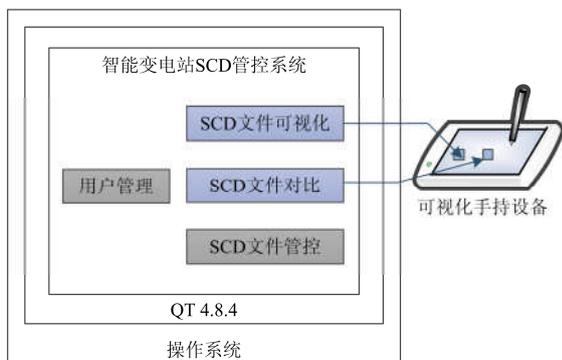


图 1 SCD 文件管控系统

Fig. 1 Management system of SCD file

增设了用户权限管理模块用以根据用户所属组织机构职责而设置使用权限。利用这种方式很好地避免了由于人为或非人为造成的 SCD 文件丢失、删除、篡改, 提升了电网的安全性。

本文所建立的系统具有可移植性, 可运行在包括 Windows 和 Linux 在内的多种操作系统。一旦向该管控系统输入 SCD 文件, 即可根据不同需求完成不同功能。为了便于现场调试人员的安装调试和运维人员开展日常运行维护工作, 本文将 SCD 文件可视化模块和 SCD 文件对比模块集成于智能可视化手持设备上。

2 SCD 文件可视化模块

传统的变电站全站系统配置 SCD 文件由少则十万行多则几百万行的文本组成。庞大的数据量导致运行维护人员的理解和检查难度急剧增加。SCD 文件可视化模块对 SCD 文件内容进行解析, 将文件以图纸的形式显示出来, 从很大程度上降低了运维人员工作量及人工出错概率。SCD 文件可视化模块如图 2 所示。

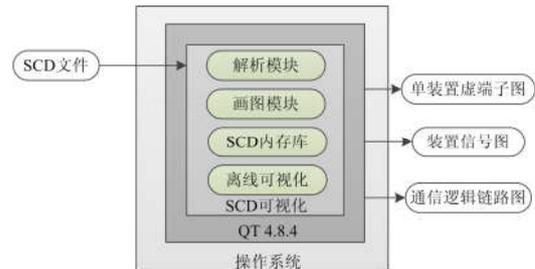


图 2 SCD 文件可视化模块

Fig. 2 Visualization module of SCD file

由图 2 可知, SCD 可视化模块包括四个子模块: 解析模块、画图模块、SCD 内存库和离线可视化。其中, 解析模块是 SCD 可视化模块的核心。解析模块借助 XML 中的文档对象模型(Document Object Model, DOM), 将变电站中各设备配置信息以树状结构直观明了地表示出来, 同时, 通过查找节点和遍历文档的方式读取 SCD 文件, 完成对文件的整个解析过程^[9-10]。

3 SCD 文件管控模块

SCD 文件管控模块主要用于实现对系统配置文件进行上传、存储、校验、对比、可视化显示、追溯版本等一系列功能^[11-13], 最大限度的保证 SCD 配置信息的安全性和完整性, 其模块构成如图 3 所示。

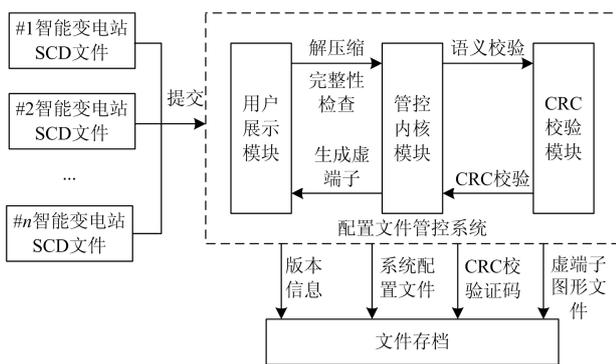


图 3 SCD 文件管控模块

Fig. 3 Management model of SCD file

其中，用户展示模块主要完成对用户经网络上传的 SCD 文件进行压缩校验的任务；管控内核模块主要完成将用户展示模块上传的 SCD 文件解压缩解析校验，并将校验结果返回用以显示的任务；CRC 校验模块主要用于计算管控内核提交的 SCD 文件的 CRC 校验码，从而生成虚端子图形文件的任务^[14]；文件存档模块主要完成对用户网络上传文件及过程文件的归档和删除等任务。

模块总体功能实现可用图 4 所示的流程图来进行说明。

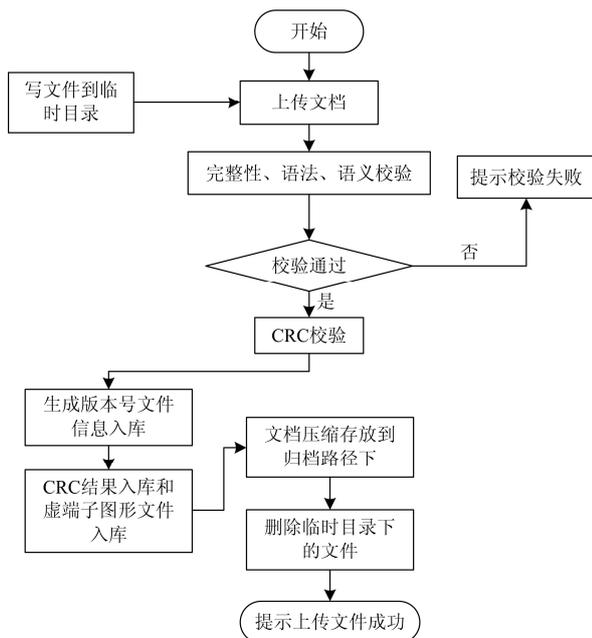


图 4 SCD 文件管控流程

Fig. 4 Management process of SCD file

(1) 管控系统用户通过用户展示模块将 SCD 文件压缩后通过网络上传。

(2) 用户展示模块利用数据加密算法对上传文件进行完整性检查，并将文件解压缩提交至管控内

核模块。

(3) 管控模块对 SCD 文件进行解析，并做语法语义校验，结果返回给用户展示模块。如果检验成功，则继续下一步，否则用户展示模块会提醒用户该 SCD 文件无效。

(4) CRC 校验模块完成管控内核模块提交上来的 SCD 文件 CRC 校验码计算，并将计算结果返回给管控内核模块。

(5) 管控内核模块根据计算结果，生成虚端子图形，并一同返回给用户展示模块。

(6) 文件存档模块将校验通过的 SCD 文件、CRC 校验码、SCD 版本信息及虚端子图形文件一同按照指定路径存放在固定命名格式下的文件夹中，进行存储归档。

本文采用 DES 算法实现 SCD 文件的完整性检测。用户经网络上传的 SCD 文件被附加了一个 8 字节的校验码于文件末尾，产生了最大 64 位的分组大小。将需要加密的文本分为两部分，利用子密钥对其中一部分应用循环功能，然后将输出与另一部分进行“异或”运算，接着交换这两部分内容，继续这一操作，直至达到 16 次循环，从而完成加密操作。用户展示模块收到 SCD 文件后，对比解密的校验码与原始校验码，从而判断传输环境是否安全、文件是否完整^[15-17]。

4 SCD 文件对比模块

由于电网规模扩大，变电站需要不断新增间隔或改建原有间隔，这些都导致了 SCD 文件在实际应用过程中通常要进行频繁的编辑和修改。调试和运行人员若不能及时掌握变化情况，很容易发生事故。为了提高工作人员工作效率、降低出错率，可利用 SCD 文件对比模块对不同版本 SCD 文件进行差异性对比，并将结果可视化显示出来^[18]。传统的基于图论的文本文件比较算法虽然弥补了顺序对比法和快速比较法的缺陷，但是由于 SCD 文件本身格式特殊加上图论理论较为复杂，引入该方法会导致整个比对测试系统过于庞大，成本较高，因此，本文采用基于位置的文本文件比较算法。

基于位置的文本文件比较算法通过给原文件和目标文件的每个元素设置相应的标志位，并将标志位映射到哈希表相应的位置，依据每个元素在文件中位置的先后顺序设置对应的匹配优先权，位置靠前的元素优先匹配，从而一一比对文件中各元素内容。如若匹配成功说明文件未发生变化，一旦匹配失败则说明有变化项，需要修改标志位确定文件内容如何变化。通过这种方法不仅可以快速识别出

SCD 文件内容变化情况, 而且由于算法执行过程中只存储标志位信息, 有效降低了系统开销, 非常适合用于 SCD 文件解析与比对^[19-20]。

为说明该算法基本原理, 假设原 SCD 文件元素个数为 m , 更新后 SCD 文件元素个数变为 n , FP、LP 分别用于存放更新前后 SCD 文件中各元素的标志位。首先比较原文件与更新后文件的各元素, 从而对数组 FP、LP 赋值; 再选取 FP 中递增元素最多的标志位并依据一定原则修改 FP 的值; 最后根据 FP、LP 数组元素值, 进行相应的“删除”和“插入”操作。上述算法具体过程如下:

(1) 假设原 SCD 文件位置为 i , 更新后 SCD 文件位置为 j , 从原文件起始位置开始搜索, 即 $i=0$ 。

(2) 判断 $FP[i]$ 与 $LP[j]$ 数组元素是否相等, 如若相等则 $FP[i]=j$ 、 $LP[j]=1$, 否则 $FP[i]=LP[j]=-1$ 。

(3) 记录 $FP[m]$ 每个元素之后元素的递增个数, 并选取 $FP[m]$ 中递增元素最多的起始元素, 下标记为 k , 同时令 $FP[k]$ 以前的元素及 $FP[k]$ 之后的非递增元素值为 -1 。

(4) 将 $FP[m]$ 中值为 -1 的元素判定为“删除”元素, $LP[n]$ 中值为 -1 的元素判定为“插入”元素。

(5) 如果 $i < m$, 则重复步骤(2), 否则结束算法。

SCD 文件对比模块通过基于位置的文本文件比较算法, 就可以查找不同 SCD 文件 IED 数据类型等信息差异及虚回路条目的不一致性等其他文件内容的变化, 并根据对比结果的重要性给出图形化提示, 对于虚端子连线及报文参数的变化以表格显

示。以图 5 为例, 由于新旧 SCD 文件不一致, 因此对于变化内容以不同颜色标示。对于删除装置以红色显示, 增加的装置以青色显示, 虚回路变化的装置以黄色显示, 无变化的装置以黑色显示, 从而达到提醒现场工程人员的目的。

IED名	装置描述	变化类型	升级前装置CRC	升级后装置CRC
1	PL2202A 220kV母线间隔母线保护A套	配置更改	0xc8c29f80	0xe05f30fd
2	PL2202B 220kV母线间隔母线保护B套	配置更改	0x921afbe6	0xe4368d41
3	IL2204A 220kV线路间隔III智能终端A套	新增		0x69643e0d
4	ML2204A 220kV线路间隔III合并单元A套	新增		0x59664c0
5	PL2204A 220kV线路间隔III线路保护A套	新增		0x1e91305d
6	IL2204B 220kV线路间隔III智能终端B套	新增		0xabced7dd
7	ML2204B 220kV线路间隔III合并单元B套	新增		0x311edd0
8	PL2204B 220kV线路间隔III线路保护B套	新增		0x1fc12f3f
9	CL2204 220kV线路间隔III测控装置	新增		0x5080a5e4
10	IL2203A 220kV线路间隔II智能终端A套	删除	0xf07aca77	
11	ML2203A 220kV线路间隔II合并单元A套	删除	0xbd024521	
12	PL2203A 220kV线路间隔II线路保护A套	删除	0x9cc7f406	
13	IL2203B 220kV线路间隔II智能终端B套	删除	0x5290b759	
14	ML2203B 220kV线路间隔II合并单元B套	删除	0x30fa4699	
15	PL2203B 220kV线路间隔II线路保护B套	删除	0xbb4403f5	
16	CL2203 220kV线路间隔II测控装置	删除	0x3f2d8a5e	
17	IL2201A 220kV线路间隔I智能终端A套	无变动	0x18f3737c	0x18f3737c
18	ML2201A 220kV线路间隔I合并单元A套	无变动	0x914eb8f0	0x914eb8f0

图 5 SCD 变化标记图

Fig. 5 SCD change mark

为进一步详细了解内部虚端子连线及报文参数的变化, 以列表形式进行显示, 如图 6 所示。这里变化信息按照 GOOSE 变化、SMV 变化、通信参数变化分类显示, 不同颜色区分不同变化方式: 删除为红色, 增加为绿色, 位置变化为洋红色, 无变化为黑色。

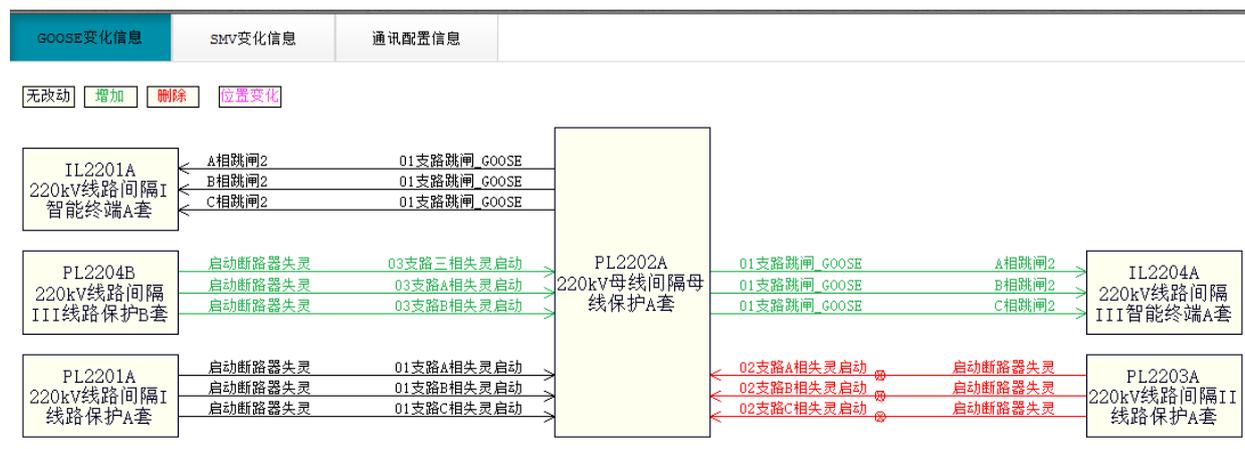


图 6 虚端子连线变化列表图

Fig. 6 Connection change list of virtual terminal

5 结论

本文考虑到 SCD 文件在应用方面的现状和存在的问题, 提出一套可视化 SCD 文件管控系统。以

RBAC 模型为理论基础, 增设用于防止 SCD 文件人为或非人为的丢失、篡改的用户管理模块, 提高变电站运行的安全可靠。同时, 通过定义 SCD 文件管控流程, 解耦用户展示和管控内核, 实现了 SCD

文件集中化管理。利用基于位置的文本文件比较算法,以最低的成本快速识别出 SCD 文件变化情况。此外,所开发的 SCD 文件可视化手持设备,方便了运行维护人员随时随地查看变电站配置描述文件内容,极大地提高了运维管理人员的工作效率。

参考文献

- [1] 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 substation[J]. Power System Technology, 2006, 30(23): 67-71.
- [2] 赵凤贤,孟祥博,周雷,等.基于变电站 SCD 文件的智能作业系统的研究[J].电力系统保护与控制,2017,45(15):92-96.
ZHAO Fengxian, MENG Xiangbo, ZHOU Lei, et al. Research of intelligent test system based on SCD file for smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(15): 92-96.
- [3] 安永帅,李刚,樊占峰,等.新一代智能变电站控制保护一体化智能终端研究与开发[J].电力系统保护与控制,2017,45(8):138-146.
AN Yongshuai, LI Gang, FAN Zhanfeng, et al. Research and development on intelligent terminal units incorporated with control and protection functions in new generation smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(8): 138-146.
- [4] WIMMER W. IEC61850 SCL: more than interoperable data exchange between engineering tools[C] // Proceedings of 15th Power System Computation Conference, Leige, Belgium:[s.n.], 2005: 676.
- [5] 王德文,朱永利,邸剑,等.一种改进的 SCL 系统配置工具[J].电力系统自动化,2009,33(12):75-79.
WANG Dewen, ZHU Yongli, DI Jian, et al. An improved SCL system configuration tools[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(12): 75-79.
- [6] 王松,宣晓华,陆承宇.智能变电站配置文件版本管理方法[J].电力系统自动化,2013,37(17):95-98.
WANG Song, XUAN Xiaohua, LU Chengyu. Version management method of smart substation configuration file[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(17): 95-98.
- [7] Communication networks and systems for power utility automation part 6: configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs: IEC 61850-6 edition 2.0[S]. 2009.
- [8] Communication networks and systems in substations: part 7-3 basic communication structure for substation and feeder equipment-common data classes: IEC 61850-7-3[S]. 2003.
- [9] 刘孝刚,施琳,张帆,等.智能变电站二次安措策略自动生成和在线校核技术[J].电力系统保护与控制,2017,45(23):82-89.
LIU Xiaogang, SHI Lin, ZHANG Fan, et al. Automatic generation and online checking technology for secondary safety measures of smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(23): 82-89.
- [10] 陈思敏.XML文档对象模型(XML DOM)研究与应用[J].苏州大学学报(自然科学版),2001,17(2):48-53.
CHEN Simin. Research and application based on SML document object model[J]. Journal of Suzhou University (Natural Science), 2001, 17(2): 48-53.
- [11] 熊华强,万勇,桂小智,等.智能变电站 SCD 文件可视化管理和分析决策系统的设计与实现[J].电力自动化设备,2015,35(5):166-171.
XIONG Huaqiang, WAN Yong, GUI Xiaozhi, et al. Design and implementation of visual management and analytical decision system for smart substation SCD files[J]. Electric Power Automation Equipment, 2015, 35(5): 166-171.
- [12] 兰林.基于智能变电站 SCD 文件管控软件的设计与实现[D].成都:电子科技大学,2016.
LAN Lin. Design and implementation of management and control software based on the substation SCD files[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology, 2016.
- [13] 刘磊,赵文沛,王心妍,等.智能变电站 SCD 文件的解析、校验及比对技术[J].河南科技,2014(8):84-86.
LIU Lei, ZHAO Wenpei, WANG Xinyan, et al. The SCD file intelligent substation analysis, calibration and comparison technology[J]. Henan Science and Technology, 2014(8): 84-86.
- [14] 王艳清,王云维.监控文本文件内容变化的文本比较算法[J].计算机应用,2010,30(增刊1):133-134.
WANG Yanqing, WANG Yunwei. Text comparison algorithm for detecting content change in text files[J]. Journal of Computer Application, 2010, 30(S1): 133-134.
- [15] 胡美燕,刘然慧.DES算法安全性的分析与研究[J].内蒙古大学学报(自然科学版),2005,36(6):693-697.
HU Meiyun, LIU Ranhui. Analysis and research of the security of DES algorithm[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol, 2005, 36(6): 693-697.

- [16] 庄春兴, 刘渊. 利用 DES 算法实现软件加密的方法[J]. 计算机与现代化, 2002(6): 21-23.
ZHUANG Chunxing, LIU Yuan. The method of encrypting software using DES algorithm[J]. Computer and Modernization, 2002(6): 21-23.
- [17] 石东源, 卢炎生, 王星华, 等. SVG 及其在电力系统软件图形化中的应用初探[J]. 继电器, 2004, 32(16): 37-40.
SHI Dongyuan, LU Yansheng, WANG Xinghua, et al. Study of the application of SVG in power system graphicalized software[J]. Relay, 2004, 32(16): 37-40.
- [18] 胡道徐, 沃建栋. 基于 IEC61850 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.
- [19] 张燕涛, 黄伦, 王庆平, 等. IEC61850 标准一致性测试的方案和现场应用[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(4): 98-102.
ZHANG Yantao, HUANG Lun, WANG Qingping, et al. IEC61850 standards conformance testing programs and field applications[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(4): 98-102.
- [20] PRAT R, RODRIGUEZ G, MAGNAGO F. Monitoring and controlling services for electrical distribution systems based on the IEC 61850 standard[J]. Energy & Power Engineering, 2011, 3(3): 299-309.

收稿日期: 2018-03-10; 修回日期: 2018-04-27

作者简介:

刘宏君(1974—), 男, 硕士, 教授级高工, 从事电力系统继电保护与自动化产品的研发工作; E-mail: liuhj@sznari.com

高旭(1975—), 男, 高级工程师, 从事继电保护设备的运行与管理工作;

杜丽艳(1981—), 女, 工程师, 从事继电保护设备的运行与管理工作。

(编辑 张爱琴)