

# 一种 SCD 层次信息集成可视化系统开发研究

廖小君<sup>1,2</sup>, 吕飞鹏<sup>3</sup>, 黄忠胜<sup>1</sup>, 韩花荣<sup>1</sup>, 章志刚<sup>1</sup>, 张 里<sup>1</sup>, 王晓茹<sup>2</sup>, 郑永康<sup>4</sup>

(1. 国网四川省电力公司技能培训中心, 四川 成都 610072; 2. 西南交通大学, 四川 成都 610031;  
3. 四川大学, 四川 成都 610065; 4. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610041)

**摘要:**介绍了目前智能变电站 SCD 配置工具的发展情况,重点分析了目前 SCL 配置工具在层次信息可视化功能方面存在的问题,针对通用的 SCD 配置工具可视化功能较弱,可视化系统局限于虚端子可视化,而不能体现智能变电站信息层次结构的问题,利用层次信息集成可视化技术,将 SCD 文件的层次结构、IED 模型层次和智能变电站三层两网的物理层次结合起来,提出了一种具有良好层次信息架构、集成化的、多层次的 SCD 可视化展示系统。该可视化系统还可将 IED 设备有关图片和二次设计图纸关联整合,便于检修调试运维人员更好地使用和理解 SCD 文件。

**关键词:**智能变电站; SCD; 层次信息; 可视化

中图分类号: TM764 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)02-0012-06

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.02.004

## Research on a Visual System for SCD Hierarchical Information Integration

Liao Xiaojun<sup>1,2</sup>, Lv Feipeng<sup>3</sup>, Huang Zhongsheng<sup>1</sup>, Han Huarong<sup>1</sup>,  
Zhang Zhigang<sup>1</sup>, Zhang Li<sup>1</sup>, Wang Xiaoru<sup>2</sup>, Zheng Yongkang<sup>4</sup>

(1. Skill Training Center of State Grid Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610072, Sichuan, China;  
2. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, Sichuan, China;  
3. Sichuan University, Chengdu 610065, Sichuan, China;  
4. State Grid Sichuan Electric Power Research Institution, Chengdu 610041, Sichuan, China)

**Abstract:** The development of SCD configuration tool of smart substation is introduced, and the problems existing in visual function of SCL configuration tools are analyzed. Because the hierarchical visualization function of general SCD configuration tools is weak, the visualization function is limited to virtual terminal visualization and cannot reflect the problems about the hierarchical relationship of smart substation information, a kind of SCD display system which has a good level of information architecture, integration and multiple levels is put forward. By using the hierarchical information integration visualization technology, the structure of the SCD file, the IED model and the physical structure of smart substation are combined together. The visual system will integrate the related images with the re-designing drawings of IED device, which is easy for the commissioning, operation and maintenance personnel to have a better use and understanding of SCD files.

**Key words:** smart substation; SCD; hierarchical information; visualization

## 0 引 言

智能变电站技术是近年大力发展的电力新技术,作为智能变电站技术的重要核心内容,SCD 文件是非常重要的一个描述智能变电站全站配置信息的

项目资助: 国网四川省电力公司 2016 年科学技术项目“新一代智能变电站全数字可视化仿真系统研究”(川电发展 2016 年 6 号文)

文件。全站通信配置以及 IED 设备配置信息均包含在 SCD 文件中,许多系统集成商也开发了相应的配置应用工具,即 SCL 配置工具<sup>[1-3]</sup>,用于对 61850 系统建模,导入相关 ICD 模型文件,并进行系统配置,最终生成 SCD 文件并提供相应的规范、规则校验<sup>[4]</sup>。随着智能变电站二次系统设计开发一体化的需求,结合 SCD 配置生成、端口配置、虚端子可视化、图纸设计等一体化的配置工具成为近年来的研

究热点<sup>[5-8]</sup>。这类工具目前仅局限于厂家技术人员开发维护使用,往往针对厂家设备平台进行开发,不具有通用性。

在 SCD 可视化研究工作方面,主要集中在建模可视化和虚端子可视化研究上。文献[9]对目前 SCD 可视化进行了介绍,并针对可视化中忽视压板问题进行了改进,将二次回路可视化进行了实用化处理。文献[10]对虚端子可视化进行了深入研究,开发了基于间隔的信息流的展示方式。文献[11]进行了基于装置的虚回路可视化设计,在调试时提高了应用的方便性。文献[12]从多视角出发对多 IED 之间虚连接的可视化进行了研究。文献[13]不仅实现了配置信息的可视化,还对实时运行信息的可视化进行了尝试。目前的 SCL 配置工具的可视化主要针对虚端子的可视化、SCD 文件管控的可视化<sup>[14]</sup>、SCD 文件对比可视化等,而对于 61850 的层次信息关系并没有很好地进行展示。对于 SCD 文件而言,本身采用 XML 语言,其建模本身具有很强的层次关系,因此采用最新的层次信息可视化技术应用于 SCD 文件的可视化是一种很好的可视化方法。针对前述目前的 SCD 应用工具不具备专门的可视化展示功能,以及可视化缺乏层次结构的缺点,下面提出一种具有良好层次信息架构、集成化的 SCD 层次信息集成可视化系统,它能多层次地显示 SCD 系统层次及 IED 装置完整模型层次信息、虚端子连接层次信息,便于调试运维人员更好地使用和理解 SCD 文件及 IED 模型和虚端子信息。

## 1 目前 SCD 可视化系统问题分析

目前现有的 SCD 应用工具针对设计、开发人员使用较多,并不针对变电站检修调试运维人员,因此对于智能变电站检修调试、运维人员其实用性不强。

其次,现有的 SCD 应用工具不能够将智能变电站实际装置、端口和 SCD 虚回路对应起来,实用功能弱。

而在可视化方面存在的主要问题有:对于一些厂家和设计院采用 AutoCAD 或者其他图形工具开发的 SCD 可视化软件,实现了可视化的 SCL 配置、对比和校验,并具有图形化的虚端子可视化等功能,但可视化主要在于配置信息和连接信息的可视化,

隐藏了许多 61850 体系在调试、维护时所需要的的相关信息,尤其 61850 模型的层次信息。

## 2 SCD 层次信息集成可视化系统实现方法

### 2.1 SCD 的层次信息结构分析

层次信息能更好地帮助理解事物。层次结构描述为树(结构),是图的一个特例,它除了包含从属关系以外,其结构也可以表示逻辑上的承接关系。层次结构的数据可存储两类信息,一是结构信息,二是内容信息<sup>[15]</sup>。结构信息由层次结构的亲子关系构建,而内容信息则包含在节点中。对于变电站的 SCD 文件结构本身就是一个 SCL 模型树,其文件结构如图 1 所示。

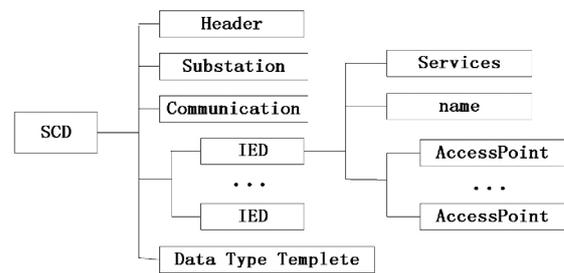


图 1 SCD 文件结构

由图 1 可见,一个典型的 SCL 模型文件树包括 header、substation、communication、IED 等几个部分。其中层次信息最核心的是 IED 部分,共包括 5 个层次,这也是 SCD 文件系统应重点解析并进行可视化的部分。

不仅 SCD 文件结构是层次化,61850 标准的一个突出特点是提出了变电站的信息分层概念,即变电站自动化系统分为站控层、间隔层和过程层等,并通过站控层网络和过程层网络进行连接,构成工程人员熟悉的“三层两网”的信息分层模式。对 SCL 模型树和信息分层结构进行比较,SCL 模型树包含的通信信息包括全网通信配置,如 MMS 网络、SV 网、GOOSE 网的基本信息和相关的通信 IP 地址和 MAC 地址分配等;三层两网根据信息流的交换,分为站控层网络和过程层网络,一般 MMS 网络为站控层,SV 网和 GOOSE 网属于过程层。对于 IED 模型,SCL 模型树并未区别某个 IED 设备属于站控层或者过程层及间隔层,对于“三层两网”的信息分层结构

而言,一般测控、保护、自动装置等属于间隔层,合并单元和智能终端属于过程层。按照三层两网的信息分层结构能更清楚展示信息在间隔层之间、过程层之间以及各层间相关信息交换的信息流和相应的信息接口。因此对于分层信息集成可视化可以考虑将二者有机地结合起来。

对于 IED 的建模是 61850 面向对象建模技术的核心部分,其模型本身也是采用分层的结构化的类模型。其模型信息包含 5 个层次: Server(服务器)、Logical Device(逻辑设备)、Logical Node(逻辑节点)和 DATA(数据)以及 DA(Data Attribute)数据属性。现场调试运维人员一般关心到 LD 逻辑设备这个层次以及包含的相应的数据集信息、控制信息、输入和输出信息,对于更具体的逻辑节点及属性信息并不太关心,典型的分层信息模型示意如图 2 所示。

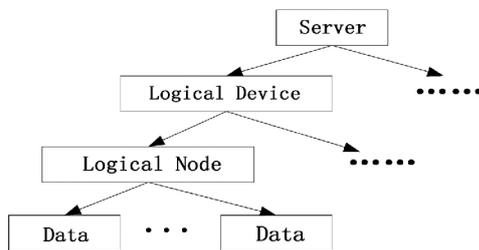


图 2 IED 的分层信息模型

这里将重点对这些结构信息和内容信息及层次关系和相应的逻辑联系进行可视化集成显示。

## 2.2 SCD 的层次信息集成可视化方法

如何对层次信息进行可视化是数据可视化技术中一个很重要的研究内容,由于层次可视化技术在层次结构认知与分析方面具有不可比拟的优越性,它逐渐成为信息时代人们分析和驾驭层次信息的有力工具。层次可视化不是简单地对层次结构进行图形映射,而是要忠实美观地反映层次信息的结构信息和内容信息<sup>[15]</sup>,因此 SCD 文件的可视化系统应兼顾结构信息和内容信息的展示。

层次可视化不仅能改善用户对层次结构数据及数据项之间关系的理解,同时能够辅助信息的操纵。因此,在信息认知阶段,层次可视化技术作为有效的抽象信息展现工具,被广泛应用于辅助理解和分析层次结构数据集。对于 SCD 可视化系统而言,通过进行层次可视化技术处理能更好地帮助调试运维人员掌握 61850 的信息层次结构。

层次可视化技术采用的方法一般包括节点连接

法(空间树、双曲树、径向树等)和空间填充(树图、圆形嵌套、径向填充等)两种基本方法,结合两种基本方法可构成混合法(弹性层次、层次网等)<sup>[15-17]</sup>。由于 SCD 文件系统本身就是一个树结构的文件系统,因此可以直接采用上述的各种层次可视化技术。XML spy 就是一种以树图形式展示 SCD 文件结构的软件工具,而目前的 SCL 配置工具几乎都会采用节点连接法进行 SCD 文件的展示,只是不同工具显示的层次结构和信息有所侧重而已。对于单纯采用空间填充法,由于难以很好兼顾 SCD 的结构和内容信息,所以一般都不采用。一些 SCL 配置工具在具体某个层次进行详细展示时,会采用表格形式或者 Tab 形式展示具体数据内容或者虚端子可视化连接<sup>[10]</sup>,这种方式类似混合法。无论单一的节点连接法或者混合法,由于都单纯针对 SCD 文件系统本身,所以不能体现智能站信息分层结构,同时 IED 在这个体系下相关的数据和接口信息层次也无法展示。

SCD 层次信息可视化设计目标主要应包含以下 4 个方面<sup>[14]</sup>:

1) 可视化结果显示在适当位置,能够概览整体结构和辨认层次结构的特征信息。SCD 文件采用树结构对于 IED 的层次结构显示过于复杂,而且不能体现不同的 IED 的不同层次结构特点,如间隔层和过程层的 IED 其服务器配置和 LD 配置以及接口都有不同特点,保护和测控也有区别。将智能变电站的三层两网结构和 SCD 文件的层次结构结合起来,将便于辨认层次结构的特征信息,智能站的网架特征为:点对点、直跳、信息流的不同特征以及 SCD 文件的架构特征、物理逻辑设备、抽象设备、逻辑节点等。

2) 清晰展示层次结构,同时对关心的属性进行合理显示,易于详细观察细节信息。对于 SCD 文件的层次信息可视化系统而言,如前所述重点展示通信和 IED 部分,IED 层次结构重点在前三层。

3) 拥有人机友好的导航交互机制,浏览过程中保持上下文信息,有效防止迷航。对于 SCD 文件系统而言,采用集成可视化能较好地进行导航交互,并应采用树形工具、鸟瞰图、上下文焦点等交互方式。

4) 可视化结果具有一致性,通过经常使用能轻松辨识在可视化结果的任何区域找到针对任务的特

定信息,采用图形化的界面,同时采用混合及适当的节点层次配以表格或者子图能够更好地进行展示。

### 2.3 IED 的层次可视化模块具体实现

SCD 文件中最复杂的 IED 部分,具有 5 个层次,重点展示服务器、逻辑设备及相应的数据集和输入输出。将 SCD 文件和三层两网的结构结合起来,首先需要对 IED 进行分类,由于 SCD 文件中并没有 IED 类型划分,这里采用根据 IED 包含的 LD 类型进行划分,分为保护 IED、测控 IED、保护测控 IED、合并单元 IED、智能终端 IED、其它类型 IED 等 6 大类,并将保护、测控和其他 IED 放于间隔层,智能终端和合并单元 IED 放于过程层,这样便于展示不同层间以及同层间的 SV 信息、GOOSE 信息流。采用分类后,在树形结构的 SCD 文件中还便于统计保护、测控、智能终端及合并单元等数量,也便于分类进行查找和导航。当然根据实际需要还可以对保护按照保护类型进行分类,如线路保护、变压器保护、母线保护等等,而合并单元和智能终端也可细分。

IED 层次可视化模块处理流程如图 3 所示:首先对于每个 IED 设备,对于解析出的通用信息将名称、描述、版本等主要实用性信息以标题栏方式进行直观显示。为加强可视化效果,在该部分可以关联该 IED 实际物理设备图片。

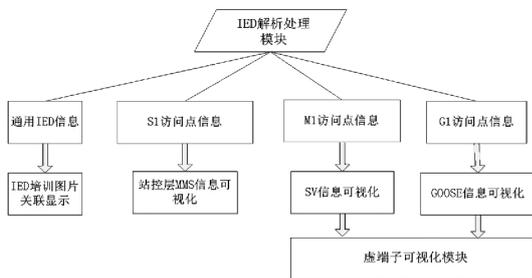


图 3 IED 层次可视化模块处理流程

其次,根据 IED 解析出的模型的第 1 个层次——访问点进行图形化,包含 S1 部分,则进行 S1 访问点信息处理,由于 S1 访问点对应的 MMS 接口的相关内容属于与站控层通信的相关信息,所以将该部分放入站控层进行展示;包含 M1 和 G1 访问点的,进行 M1 和 G1 访问点处理,并将该部分放入过程层进行展示。对于每个服务器所包含的 LD 逻辑设备,采用动态扩展的方式显示各 LD 逻辑设备。将解析出的 LD 所包含的数据集以列表方式进行显

示,并标明所包含的数据集数目。由于每个数据集的具体内容非常多,当选中某个数据集时在相应的图形底部以表格形式展示。对于 M1 和 G1 访问还包含虚端子信息,调用虚端子连接可视化模块进行处理。

对于一些检修调试人员,可能会更详细深入了解到逻辑节点和属性这两个层次,为此,增加采用弹性层次可视化方法,在逻辑设备层次增加子表格方式进行显示。

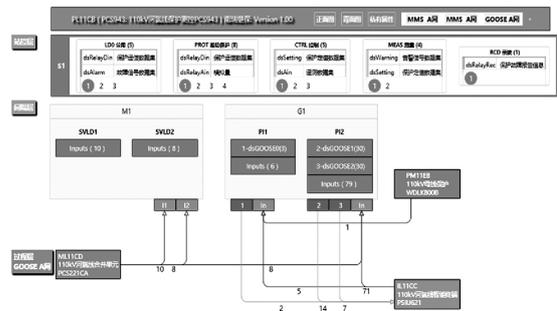


图 4 IED 层次信息可视化显示

经过层次可视化处理后的 IED 模块层次信息图形可视化显示如图 4 所示。

### 2.4 SCD 文件的通信连接可视化具体实现

目前的 SCD 工具都没有对通信连接进行可视化处理,即使设计院的 SCD 配置工具也主要以虚端子可视化为主,不涉及通信部分,而现场调试运维人员对于通信部分是很关心的,包括网段配置、IP 配置等,因此有必要进行通信部分的可视化。

SCD 文件通信部分层次很简单,包含子网及连接的 IED 通信配置,但并不包括交换机配置。实际工作中,现场人员还需了解实际物理网络配置,因此所考虑的通信可视化还增加了按照交换机进行可视化展示,但需手动进行配置,不能自动展示。对于 SCD 的文件通信部分采用子网和网段进行连接自动显示,并对不同 IED 按照前述分类方法用不同颜色标注,非常直观,如图 5 所示。

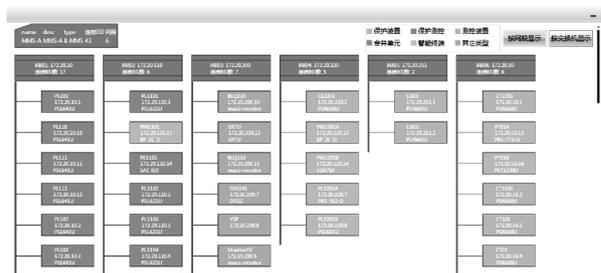


图 5 通信连接层次信息可视化显示

### 2.5 SCD 的三层两网模式层次信息集成可视化实现

层次信息进行集成可视化将会有更好的效果<sup>[19]</sup>, 为便于进行良好的人机交互, 同时更好地展示层次信息, 将 SCL 模型树、IED 层次模型、虚端子连接、通信网络层次进行集成可视化, 导航和信息展示、信息层次更为直观。SCD 可视化系统层次化处理方法及流程图如图 6 所示。

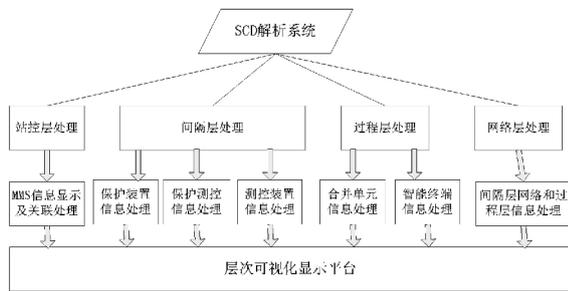


图 6 SCD 层次信息集成可视化流程

首先将全站的 IED 设备根据前述方法分类的结果, 如 IED 类型为保护、保护测控或测控装置则归为间隔层设备进行处理, 并在间隔层分 4 类显示: 保护、保护测控、测控和其他。如 IED 类型为合并单元和智能终端则归为过程层设备进行处理, 并在过程层分 2 类显示: 合并单元、智能终端。

网络层的处理: 根据解析出的 IED 的设备通信信息, 将各 IED 设备所属网络进行通信参数显示, 展示网络总体组成和包含的 IED 设备。

层次化集成显示: 总体展示包含站控层、间隔层、过程层, 分别显示如前所述信息; 站控层和间隔层间布置间隔层网络( MMS 网络信息展示); 过程层设备和间隔层间布置过程层网络( GOOSE 网络和 SMV 网络信息展示)。集成化界面为 SCD 文件树, 采用上述设计方法的三层两网总体布局效果如图 7 所示。

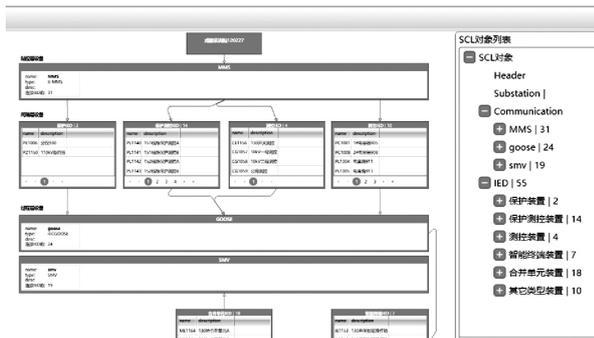


图 7 三层两网层次信息集成可视化

### 3 SCD 层次信息集成可视化系统的实现架构

根据如前所述的层次信息集成可视化系统主要由矢量图形平台、SCD 文件读取系统、SCD 文件解析系统、层次可视化集成显示系统、IED 层次可视化、虚端子连接可视化、通信连接可视化系统构成。系统结构如图 8 所示。

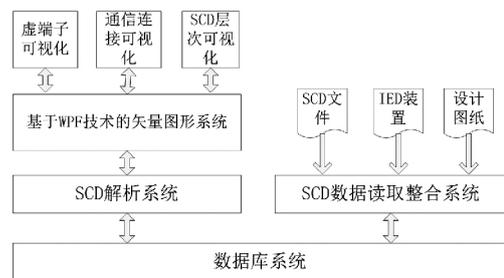


图 8 SCD 层次可视化系统架构

### 4 系统不足及解决方法

可视化的 SCD 层次信息集成可视化系统体现了智能站层次化的特点, 该系统的主要不足是系统展示主要以单个 IED 设备为主, 包括相应的虚端子回路的可视化展示, 而实际现场应用中, 现场人员习惯于按照间隔(如线路、变压器、母线等)进行查看、分析。解决方法是系统增加按照间隔显示的层次化信息, 并将信息流进行可视化展示, 可借鉴类似设计院间隔 GOOSE 信息流的架构进行可视化展示<sup>[8]</sup>, 后续将对间隔的层次信息可视化进一步深入研究。

该层次信息集成可视化还可以针对更多人员类型进行不同的视图切换。可以集成查看比对技术、进行相关模型信息统计分析可视化, 结合数据挖掘技术进行建模优化等在 SCL 配置工具中应用层次信息集成可视化配置系统。该系统未考虑对 SCD 文件中的 SSD 部分进行可视化展示, 可以利用 SVG 技术与 SCL 组合<sup>[19]</sup>实现一次部分的可视化。

### 5 结论及展望

所提出的一种 SCD 层次信息集成可视化系统充分结合了 SCD 文件系统的层次性、IED 的层次模

型以及智能变电站信息分层处理的特点,利用层次信息可视化集成技术,按照三层两网的架构对SCD文件进行总体层次化处理,在对IED进行实用化层次分类基础上进行层次化信息处理,并实现了通信连接可视化及现场资料资源关联,开发出了一套实用的SCD层次信息集成可视化系统。该系统成功应用于四川省电力公司智能变电站竞赛和考核,取得了良好效果,并集成于新一代智能变电站仿真培训系统中<sup>[20]</sup>。所提出的SCD文件层次信息可视化的处理方法对于SCL配置工具也有很大的借鉴意义,能够提升SCL一体化配置工具的可视化水平。

#### 参考文献

- [1] 尹晨, 笃峻. SCL配置工具可视化实现方案[J]. 软件导报, 2012(5): 7-10.
- [2] 王炎初, 胡剑锋, 陆鑫, 等. 一个可视化SCL配置工具Visual SCD[C]. 中国电机工程学会第十届青年学术会议, 吉林, 2008: 1871-1875.
- [3] 王德文, 朱永利, 邱剑, 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.
- [4] 梅德冬, 樊瑞, 周斌. IEC 61850模型信息的规则表达与校验研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(3): 131-136.
- [5] 孙一民, 裘愉涛, 杨庆伟. 智能变电站设计配置一体化技术及方案[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(14): 70-74.
- [6] 笃峻, 叶翔, 王长瑞, 等. 智能变电站设计配置一体化功能规范研究及工具开发[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(20): 85-89.
- [7] 叶翔, 刘辉, 周永忠. 智能变电站图模一体化设计软件实现方案[J]. 电力工程技术, 2014, 33(3): 41-44.
- [8] 修黎明, 高湛军, 黄德斌, 等. 智能变电站二次系统设计方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(22): 124-128.
- [9] 严浩军, 姚勤丰, 许欣. 智能变电站二次回路可视化研究与应用[J]. 浙江电力, 2015(9): 6-9.
- [10] 高亚栋, 朱炳铨, 李慧, 等. 数字化变电站的“虚端子”设计方法应用研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(5): 124-127.
- [11] 刘蔚, 杜丽艳, 杨庆伟. 智能变电站虚回路可视化方案研究与应用[J]. 电网与清洁能源, 2014, 30(10): 21-37.
- [12] 刘明忠, 童晓阳, 郑永康, 等. 智能变电站配置描述虚端子多视角图形化查看系统[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(22): 104-109.
- [13] 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.
- [14] 熊华强, 万勇, 杜小智, 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.
- [15] 肖卫东, 孙扬, 赵翔, 等. 层次信息可视化技术研究综述[J]. 小型微型计算机系统, 2011, 32(1): 137-146.
- [16] 周宁, 陈勇跃, 金大卫. 大型层次化信息的可视化方法研究[J]. 中国图书馆学报, 2007, 33(4): 64-67.
- [17] 杨彦波, 刘滨, 祁明月. 信息可视化研究综述[J]. 河北科技大学学报, 2014, 35(1): 91-102.
- [18] 何杨, 李伟波, 胡维平. 层次信息可视化集成技术的应用[J]. 武汉工程大学学报, 2011, 33(10): 90-95.
- [19] 唐昆明, 龙泓吉, 张太勤. 一种基于SVG的SSD文件生成新方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(21): 120-125.
- [20] 何志鹏, 郑永康, 李迅波, 等. 智能变电站二次设备仿真培训系统可视化研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(6): 111-116.

#### 作者简介:

廖小君(1974), 硕士、讲师, 从事电力系统继电保护方面及信息系统的研究;

吕飞鹏(1968), 博士、教授, 从事电力系统继电保护和综合信息处理智能系统的研究;

黄忠胜(1982), 硕士、讲师, 从事继电保护和智能变电站技术研究工作;

韩花荣(1981), 硕士、讲师, 研究方向为继电保护及其自动化;

王晓茹(1962), 博士生导师, 研究方向为电力系统保护和稳定控制;

郑永康(1977), 博士、高级工程师, 主要研究方向为变电站继电保护、自动化、通信。

(收稿日期: 2017-12-08)