

# 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

熊华强<sup>1</sup>, 万 勇<sup>1</sup>, 桂小智<sup>1</sup>, 杜 科<sup>2</sup>, 叶 飞<sup>3</sup>

(1. 江西省电力科学研究院, 江西 南昌 330096; 2. 北京博电新力电气股份有限公司, 北京 100098;  
3. 东南大学 电气工程学院, 江苏 南京 210096)

**摘要:** 针对变电站配置描述(SCD)文件可阅读性差、不利于运维检修人员现场工作的问题, 开发了一套基于 C++ 语言编写的 SCD 文件可视化管理与分析决策系统。它对 SCD 文件进行图形化展示, 提高文件的可阅读性和管理效率; 它的 SCD 文件比对系统采用基于位置的文本比较算法找出 SCD 文件内容的变化; 它的专家评估系统根据检查系统和比对系统生成的结果报告生成设备检修策略, 提高运维检修人员的工作效率。所开发的系统在某 220 kV 变电站的应用结果验证了系统的有效性。

**关键词:** 智能变电站; SCD 文件; 可视化; 可视化管理; 分析决策; 检修

**中图分类号:** TM 73

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.16081/j.issn.1006-6047.2015.05.026

## 0 引言

智能变电站是国家智能电网规划下变电环节的重要建设目标。智能变电站配置描述(SCD)文件是反映智能变电站系统配置信息的重要工具, 主要针对变电站内一次系统结构、各智能电子设备(IED)配置参数及 IED 之间的通信配置等信息。SCD 文件的规范性与正确性是变电站安全稳定运行的关键因素, 而 SCD 文件的解析、校验和比对工作是 SCD 文件应用的基础。当前这方面的主要问题包括: 基于变电站配置语言(SCL)编写的 SCD 文件可阅读性差, 不利于现场运维检修人员理解<sup>[1]</sup>; 系统调试需要频繁升级 SCD 文件, 且现有的 SCD 文件版本管控方法粗放, 不能完整描述升级的细节; IEC61850 标准规定 IED 配置描述(CID)文件是装置的运行配置文件, 但 CID 文件中发送装置的过程层通信参数不完整, 且在智能变电站扩建过程中, SCD 文件的修改会造成全站 IED 通信结构的变化<sup>[2-3]</sup>。

目前针对智能变电站 SCD 文件或运行设备的配置文件在实际应用中可读性差的问题, 研究人员设计改进的 SCL 系统配置工具, 可以实现可缩放矢量图形(SVG)的编辑。通过对 SCD 文件的解析, 可以借助图表等图形化的形式来展示信息, 如二次设备表、IED 的实例配置、通信配置信息、GOOSE 配置、虚端子连接关系等<sup>[4]</sup>, 或同时依托 AutoCAD 的二次开发技术生成各类施工图纸<sup>[5]</sup>。在检验 SCD 文件所描述的模型及其语法和配置参数的正确性和设计规范性方面, 主要成果包括: 基于 schema 的可扩展标记语言(XML)索引<sup>[6]</sup>以保证 SCD 文件的信息完整, 基于 IEC61850 的一致性测试方案以确保离线状态下

信息的一致性、合法性以及互联的正确性<sup>[7-8]</sup>, 在线检验 IED 配置文件与 SCD 文件的一致性。在智能变电站 SCL 建模、配置和检测工具日臻完善的同时, 配置文件的比对工具也取得一定的发展。定义关键元素的比较判据, 利用循环、排序、交叉对比的方法, 可迅速查找出变更前后 2 个 SCD 文件的差异性<sup>[9]</sup>。

本文基于 C++ 设计了 SCD 文件可视化管理系统, 并引入基于位置的文本文件对比算法, 设计了 SCD 文件的比对系统, 通过前后不同版本的 SCD 文件的对比, 可自动生成一套合理的检修策略, 形成了一套完整的可视化管理和比对检查决策系统。

## 1 SCD 文件可视化管理和分析决策系统

SCD 文件可视化管理和分析决策系统的体系结构如图 1 所示, 其特征在于通过对典型 SCD 文件或运行设备的配置文件的图形化处理来提高文件的可读性, 以检查系统和比对系统为基础平台, 合理评估出检修策略作为文件分析决策的结果; 从文件的编辑、存储、版本的管理到检查检修图纸及报告的生成均为可视化操作。

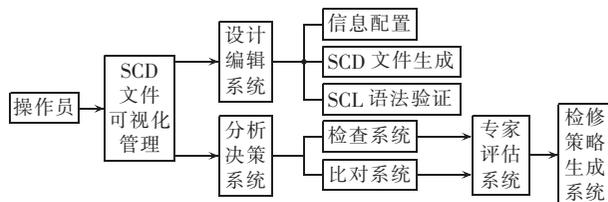


图 1 可视化管理与分析决策系统的体系结构

Fig.1 Architecture of visual management and analytical decision system

## 2 SCD 文件可视化管理

SCL 是变电站内数据交换的标准语言, 而 SCD 文

件是符合 SCL 规范的文件,是全站唯一的配置文件。本文系统的组态流程如图 2 所示。

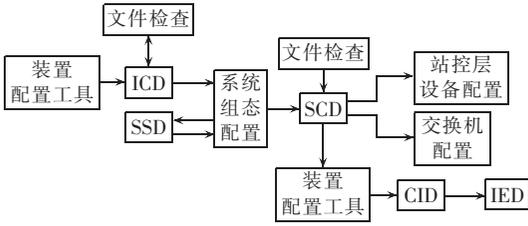


图 2 系统组态流程图

Fig.2 Flowchart of system configuration

### 2.1 SCD 文件结构分析

SCD 文件描述了变电站一次系统结构、所有 IED 的实例配置信息、通信访问点的位置及地址和所有 IED 间信号联系信息等<sup>[10]</sup>。SCD 文件主要由 5 个元素组成,具体包括:信息头(Header)用于标识 SCD 文件的配置版本号和规定有关名字与信号之间的映射;变电站描述(Substation)主要描述变电站的功能结构、一次设备及一次拓扑;IED 描述(IED)主要描述各个 IED 的配置及其功能,包含访问点(Access Point)、逻辑设备(LDevice)、逻辑节点(LNode)、数据对象等信息;通信系统描述(Communication)通过逻辑总线和 IED 访问点来描述通信网络的连接关系;数据类型模板(Data Type Templates)描述了 SCD 文件中逻辑节点类型、数据对象类型、数据属性类型和枚举类型。

SCL 是智能变电站的全站配置文件的基础,由 XML 发展而来,是 XML 在电力系统中的应用。XML 的解析方法主要包括:文档对象模型 DOM(Document Object Model);用于 XML 的简单 API SAX(Simple API for XML);基于“拉”模式的解析 XPP(XML Pull Parser)。DOM 以其原理简单、易用性强得到广泛应用<sup>[11-12]</sup>。DOM 为树状结构视图,从一次设备角度看,分为变电站、电压等级、间隔、一次设备、逻辑节点等层次;从二次设备的角度看,分为 IED、访问点、逻辑设备、逻辑节点等。变电站的 DOM 如图 3 所示<sup>[13]</sup>。

根据 SCD 文件中定义的元素、属性、注释和控制指令等不同的内容进行分解,以节点树的形式表示 DOM。DOM 中每个结点对应模型中的一个对象,并且根据对象提供的编程接口进行访问操作。查找结点、遍历文档可以实现以 DOM 树的形式读取 SCD 文件,同时对结点进行添加、删除及替换等操作可以重构新的 DOM 树,即完成了解析过程。

### 2.2 SCD 文件可视化

典型的变电站全站系统配置 SCD 文件通常以文本的格式给出,少则上十万行,多则百万行,给运维人员的理解与检查带来极大的不便。以 SCL 模型树的形式编辑 SCD 文件能够使文件具有层次性,在实际应用中便于理解。然而,当出现变电站一次设备

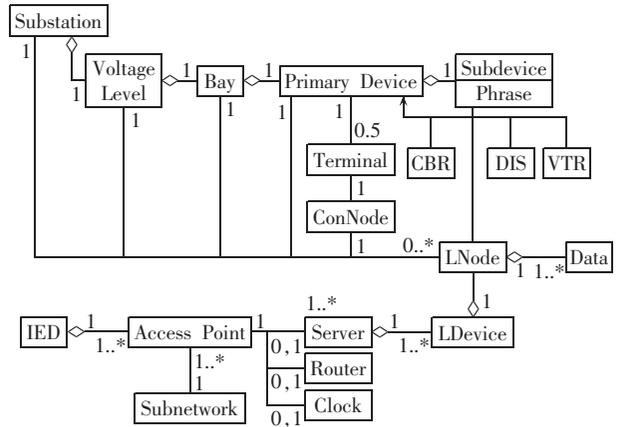


图 3 对象模型

Fig.3 Object model

拓扑较为庞大、IED 数目繁多、非层次结构的通信子网和访问点复杂的情形时,其在可阅读性方面同样存在劣势。因此,SCD 文件的图形化及端子和回路的可视化对于提高 SCD 文件可读性具有重要意义。

SVG 是一种基于 XML 的开放的二维图形描述语言,其出现为电力系统应用的网络图形化实现提供了新的思路和技术手段<sup>[14]</sup>。本系统基于程序语言 C++ 动态生成 SVG 文件,而 SVG 文件基于纯文本的特性,拥有类似文本文件的可检索性。此外,SVG 文件的 DOM 将文件分解为独立的元素、属性和注释等,允许脚本语言访问所有元素及其属性,并支持大量事件句柄的响应,从而容易实现对自身或其他元素的控制。

本系统通过添加图形编辑工具以及 SVG 模块,可绘制与编辑 SCD 文件中的变电站描述、IED 描述、通信系统描述等元素,并能够以 SVG 技术对图形化后的变电站模型等文件进行存储,实现 SCD 文件的可视化管理。变电站描述可以显示不同电压等级的电力变压器、相关输电线路与母线,且电压等级和间隔可以标注在元件附近。电子互感器等 IED 不仅有各自的图形,且可以对其 GOOSE 和采样值(SMV)控制块进行图形化配置。此外,虚端子连线等抽象的概念也可以得到可视化的展示。

## 3 分析决策系统

分析决策系统由检查系统、比对系统以及检修策略生成系统构成。本系统开发的分析决策系统主要有以下特点:基于位置的文本文件比较算法设计的 SCD 文件比对系统;基于专家评估系统的检修策略生成系统。

### 3.1 SCD 文件比对系统

SCD 不同版本文件的对比与普通文件的比较算法不同,其特殊之处是比对的意义在于发现不一致的参数及回路,供调试人员重点进行测试,避免调试

过程中的项目遗漏和重复工作。SCD 文件比对的重点在于前后版本的变化内容,然而常见的基于图论的文本文件比较算法虽然可以计算出最大的匹配率或最优的路径,但是考虑到图论理论的复杂性以及 SCD 文件比对的特殊性,引入适用于监控等系统的基于位置的文本文件比较算法<sup>[15]</sup>。

基于位置的文本文件比较算法遵循位置优先原则:对每个元素在文件中的位置设置优先权,在匹配过程中,位置排在前面的元素优先进行匹配。且当 2 个元素都可以进行匹配,但是不能同时匹配时,也会优先考虑前面的元素。

假设源文件有  $m$  个元素,而更新后的目标文件有  $n$  个元素,数组  $FP[m]$  和  $LP[n]$  分别存放源文件和目标文件中每个元素的标志位。首先通过将源文件的所有元素与目标文件进行比较,得到赋值后的  $FP[m]$  和  $LP[n]$ ;再选取出  $FP[m]$  中递增元素最多的标志位并修改  $FP[m]$ ;最后根据  $FP[m]$  和  $LP[n]$  中的元素进行相应的“删除”和“插入”操作。算法流程具体如下。

- a. 令源文件位置  $i=0$ 。
- b. 令目标文件位置  $j=i$ 。
- c. 如果  $FP[i]=LP[j]$ ,则  $LP[j]=1$ 、 $FP[i]=j$ ;否则  $LP[j]=-1$ 、 $FP[i]=-1$ 。
- d. 记录  $FP[m]$  中每个元素之后元素递增个数,递增元素个数最多的起始元素下标记为  $k$ 。
- e.  $FP[k]$  前面的元素的值全改为  $-1$ ,其后面非递增的元素的值也改为  $-1$ 。
- f. 数组  $FP[m]$  中为  $-1$  的元素为“删除”的元素,数组  $LP[n]$  中为  $-1$  的元素为“插入”的元素。
- g. 如果  $i < m$ ,则  $i=i+1$ ,返回步骤 b;否则结束流程。

通过基于位置的文本文件比对算法,可以查找出 IED 数据类型等信息差异以及虚回路条目的不一致性等其他文件内容的变化,在图形化 SCD 文件中表示出来,并可以生成详细的比对结果。

### 3.2 检修策略生成系统

电力系统通常采用计划检修、事故检修和状态检修几种检修策略。事故检修是指检修工作发生在事故发生之后,计划检修的特点是检修周期以时间为基准,与设备状态无关,这 2 种检修策略都需要投入大量的人力物力,经济效益低下,不能满足当下电力系统的要求。

本文设计的检修策略生成系统,其核心是内部的专家评估系统。专家评估系统能够调用 SCD 文件的检查系统以及比对系统给出的结果程序,结合数据库中历史运行数据等相关信息,根据编写的评估算法,综合评价当前变电站的设备运行状态,进而

提出合理的检修策略。针对多目标复杂的决策问题,仅依靠主观分析难以做出正确的判断,本系统所运用的评估算法主要是层次分析法 AHP(Analytic Hierarchy Process)。

层次分析法充分考虑了定性因素的影响,结合专家的经验判断,将其融入到递阶层次结构中,从而对问题进行综合分析评判,运用数学方法形成判断矩阵,经过计算得到量化的结果<sup>[16]</sup>。

以二次设备检查及检修为例,专家评估系统能够根据检修的结果报告,以设备的运行状态和其对电网安全稳定运行的影响程度等为评价标准,对设备运行年份、家族缺陷及安全性、经济性、稳定性等各项指标进行评分,构造判断矩阵,计算得出方案层中各检修方案的权重,比重最大的即为检修策略生成系统的最终结果。

变电站二次设备运行状态可分为正常运行状态、可靠性下降状态、危险状态 3 种。而按工作性质内容及工作涉及范围,检修工作分为 A 类检修、B 类检修、C 类检修。A 类检修为停电检修,是指对二次设备的整体更换及试验;B 类检修为停电检修,是指设备装置或二次回路的部件(如电源插件、继电器)等更换及试验;C 类检修是对二次设备在不停电状态下进行的带电测试、外观检查和维修。

对评价为正常状态的二次设备,执行 C 类检修;对评价为可靠性下降状态的二次设备,日常仍执行 C 类检修,结合实际情况安排一次设备停电下的 B 类检修;当二次设备的评价等级为危险状态时,应当根据评价结果和设备运行年限,执行 A 类检修或 B 类检修。

## 4 实例应用与功能测试

所开发的系统已在多个变电站投入运行,本节以其在北海 220 kV 变电站的具体应用来说明可视化管理在 SCD 文件管控方面的优越性以及在工作效率方面的有效性。

### 4.1 SCD 文件可视化管理测试

SCD 文件的可视化管理注重对典型的文本型 SCD 文件进行图形化处理,直观展示变电站一次设备及其拓扑结构、IED 间的物理连线、GOOSE/SMV 控制块虚端子连线以及变电站各母线电压等级、控制块参数或通信参数等。重点从以下几个方面说明可视化管理软件对北海 220 kV 变电站的图形化展示。

#### a. 变电站描述。

变电站描述部分主要描述变电站一次结构信息,包含变电站电压等级划分(Voltage Level)节点、间隔的划分(Bay)节点、每个间隔中的一次设备

(Conducting Equipment)节点、各一次设备的连接点信息(Connectivity Node)节点等。

**b. GOOSE/SMV 控制块信息。**

从变电站图形化的主接线图,依次可以进入不

同电压等级下,不同间隔下的一次设备及其网络拓扑。在二次回路中,点击 IED 中 GOOSE/SMV 控制块,可以看到包括控制块连线与控制块参数在内的信息,GOOSE/SMV 控制块连线如图 4 所示。

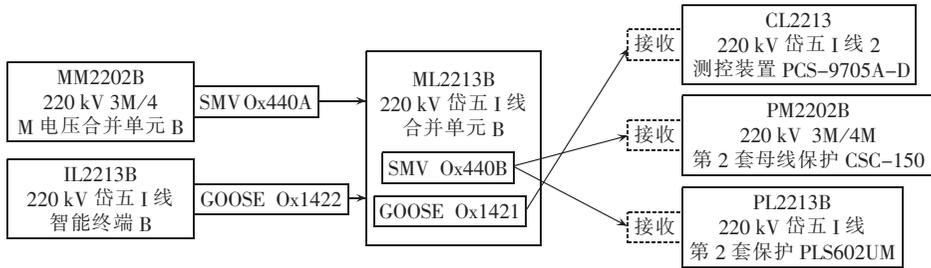


图 4 GOOSE/SMV 控制块连线

Fig.4 Connections between GOOSE/SMV control blocks

**c. 虚端子连接信息。**

在逻辑节点元素中,通过 Inputs 元素描述了本 IED 的虚端子与其他 IED 的虚端子的互联关系,如图 5 所示。

行标记,为便于阅读,图 6 中以加粗字体显示。检查与检修栏目用于生成详细的检查结果,详见图 7。



图 5 虚端子连接图

Fig.5 Connections between virtual terminals

控制块参数检查		
SMV APPID=4001	参数值	备注
<b>目标 MAC</b>	<b>010ccd040001</b>	<b>不唯一,与装置 XXX 输出的 SMV 重复</b>
源 MAC	00E1C2C3C4C5	
VLAN ID	000	
VLAN 优先级	4	
SMV ID	CL16GOLD/LLN0.smvcb0	
APPID	4001	
数据集	CL16GOLD/LLN0\$dSV	
配置版本号	1	
通道数目	20	
<b>通道 1</b>	<input type="checkbox"/> 保护电流 A 相 1 <input type="checkbox"/>	<b>该控制块未配置额定延时通道</b>
通道 2	<input type="checkbox"/> 保护电流 A 相 1 <input type="checkbox"/>	
通道 2	<input type="checkbox"/> 保护电流 B 相 1 <input type="checkbox"/>	
通道 2	<input type="checkbox"/> 保护电流 B 相 1 <input type="checkbox"/>	
通道 N-1	<input type="checkbox"/> 保护电流 C 相 2 <input type="checkbox"/>	
<b>通道 N</b>	<input type="checkbox"/> 保护零序电流 <input type="checkbox"/>	<b>不满足保护通道双 AD 要求</b>

图 6 图形化标注与检查结果对话框

Fig.6 Graphical annotation and inspection result box

**4.2 分析决策系统功能测试**

通过对北海 220 kV 变电站的 SCD 文件进行校验分析,比对更新后的文件与文件的区别,自动生成检修策略以验证分析决策系统是否达到预期设计的要求。

**4.2.1 SCD 文件规范性检查测试**

分析决策系统的 SCD 文件规范性检查测试主要包括 IED 连线、GOOSE/SMV 虚端子连线、控制块通信参数与数据集以及数据类型等相关错误与告警。检查出的不规范、不合理的地方以橙色数字的形式标注在图形化 SCD 文件上,点击标识出的控制块等区域,可以查看具体的参数、数据类型错误,如图 6 所示。检查出的参数异常系统会以红色字体进

**4.2.2 SCD 文件版本比对系统测试**

分析决策系统的 SCD 文件版本比对系统测试侧重于比对变电站 IED 的添加与替换、虚回路变化和控制块参数、SCD 文件数据类型的变更。比对系统将前后版本的差异在更新后的图形化 SCD 文件上以红色数字的形式标注出,点击标识出的控制块等区域,查看前后版本变更的环节,如图 8 所示。检查出的参数变更会以红色字体进行标记,为便于阅读,图 8 中以加粗字体显示。比对及检修栏目生成的详细比对结果见图 9。

**4.2.3 检修策略生成系统测试**

分析与决策系统的检修策略生成系统主要是在检查和比对系统的基础上,根据规范性检查和版本

图形化	检查及检修	比对及检修	MMS 模型一致性检查		
序号	异常描述		分类	重要性等级	检修策略
1	岱李 1 线保护 A <<- 1/2 母线保护 A, 缺失 GOOSE 3 条闭重连线		IED 连线	错误	C 类检修
2	岱李 1 线保护 A ->> 1 号主变保护 A, 多了 APPID=1020 的 GOOSE 连线		IED 连线	错误	C 类检修
3	岱李 1 线保护 A ->> 1/2 母线保护 A, APPID=0001 的 GOOSE 控制块 APPID 不规范		控制块通信参数	告警	C 类检修
4	APPID=2001 的 SMV 控制块 APPID 不规范		控制块通信参数	告警	C 类检修
5	岱李 1 线合并单元 A 轮子出的 APPID=4050 的 SMV 控制块, 与“XXX 装置的”MAC 地址重复		控制块通信参数	错误	C 类检修
6	岱李 1 线合并单元 A 输出的 APPID=4050 的 SMV 控制块, 与“XXX 装置的”APPID 重复		控制块通信参数	错误	C 类检修
7	装置 A ->> 装置 B, 无跳闸信号		控制块数据集	错误	B 类检修
8	装置 A ->> 装置 B, 应为分相跳闸		控制块数据集	错误	B 类检修
9	装置 A ->> 装置 B, 无位置信号		控制块数据集	错误	B 类检修
10	装置 A ->> 装置 B, 无闭重信号		控制块数据集	错误	B 类检修
11	装置 A ->> 装置 B, 位置信号不是双位置接点		控制块数据集	错误	B 类检修
12	合并单元 XX 输出的零序保护电流不是双 AD		控制块数据集	错误	B 类检修
13	装置 A ->> 装置 B, APPID=1030 的 GOOSE 控制块, 数据条目 12 没有可引用的数据类型		数据类型引用	错误	C 类检修

图 7 详细检查结果

Fig.7 Detailed inspection results

控制块参数比对		
GOOSE APPID=1116	文件 1-北海 220 kV 变电站 SCD1406	文件 2-北海 220 kV 变电站 SCD1406
源 MAC	08-08-08-08-08-08	08-08-08-08-08-08
目标 MAC	01-0c-cd-01-01-16	01-0c-cd-01-01-16
VLAN ID	000	000
VLAN 优先级	4	4
APPID	1116	1116
配置版本号	1	0
GOOSE ID	CL16G0LD/LLN0.gocb0	CL16G0LD/LLN0.gocb0
GOOSE 控制块参数	CL16G0LD/LLN0\$G0\$gocb0	CL16G0LD/LLN0\$G0\$G0\$gocb0
GOOSE 数据集参数	CL16G0LD/LLN0\$dsGOOSE1	CL16G0LD/LLN0\$dsGOOSE1
数据集通道数目	20	20
通道 1 数据类型	“描述信息”—布尔量	“描述信息”—布尔量
通道 2 数据类型	“描述信息”—双位置接点	“描述信息”—布尔量
通道 N 数据类型	“描述信息”—布尔量	“描述信息”—布尔量

图 8 图形化标注与比对结果对话框

Fig.8 Graphical annotation and comparison result box

图形化	检查及检修	比对及检修	MMS 模型一致性检查		
序号	异常描述		分类	重要性等级	检修策略
1	岱李 1 线保护 A <<- 1/2 母线保护 A, GOAPPID=1050 的“闭重 3 条 <<- 支路 5 跳闸”		IED 连线-增加	错误	
2	岱李 1 线保护 A ->> 1 号主变保护 A, GO APPID=1020 的“XXX->>XXXXXXXXXX”		IED 连线-减少	错误	
3	岱李 1 线保护 A ->> 在 152 的基础上新增 XX 个, 目前为 XXX 个		IED 个数-增加	错误	
4	APPID=2001 的 SMV 数据块在 152 基础上删除 XX 个, 目前为 XXX 个		IED 个数-减少	错误	
5	XXX 保护输出 GOOSE 控制块增加		单 IED-控制块增加	错误	
6	XXX 保护装置输入 SMV 控制块减少		单 IED-控制块减少	错误	
7	XXX 装置的 SMV 输出控制块, 配置版本号由“1”变成了“2”		单控制块-通信参数变更	错误	
8	XXX 装置的 SMV 输出控制块, 通道数量由“18”变成了“22”		单控制块-数据集参数变更	错误	
9	XXX 装置的 GOOSE 输出控制块, 通道 3 数据类型由“Boolean”变成了“双位置”		单控制块-数据类型参数变更	错误	

图 9 详细比对结果

Fig.9 Detailed comparison results

比对系统生成的结果报告, 基于系统的专家评估系统, 初步给出合理有效的检修策略。以根据检查系统生成检修策略为例, 结果参见图 7。

## 5 结论

本文深入分析了 SCD 文件结构和解析过程, 介绍了基于 C++ 语言开发的 SCD 文件可视化及比对检查决策系统。该系统通过对 SCD 文件的可视化处理, 增强 SCD 文件的可阅读性; 基于位置的文本文

件比较算法有效地比对了不同版本的文件, 找出区别以提高运维检修人员的工作效率。同时, 检修策略生成系统可以配合对比系统, 根据不同版本文件的差异, 自动给出合理的检修策略。通过实例展示, 验证了软件的正确性及其实践意义。

## 参考文献:

- [1] 张龙, 高志远, 姚建国, 等. 通过 CIM/E 语言实现变电站端与调度端模型协调共享[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(4): 148-154.

- ZHANG Long,GAO Zhiyuan,YAO Jianguo,et al. Coordination between CIM model and IEC61850 model based on CIM/E language[J]. Electric Power Automation Equipment,2013,33(4):148-154.
- [2] 孙一民,刘宏君,姜健宁,等. 智能变电站SCD文件管控策略完备性分析[J]. 电力系统自动化,2004,38(16):105-109.  
SUN Yiming,LIU Hongjun,JIANG Jianning,et al. Intelligent substation SCD file management and control strategies completeness analysis[J]. Automation of Electric Power Systems,2004,38(16):105-109.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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]. 江苏电机工程学报,2014,33(3):41-44.  
YE Xiang,LIU Hui,ZHOU Yongzhong. Implementation of graph and model intergration software for smart substation[J]. Jiangsu Electrical Engineering,2014,33(3):41-44.
- [6] 邹为伟,宋余庆,耿飙,等. 基于Schema的XML索引方法研究[J]. 计算机工程,2011,37(6):74-76,84.  
ZOU Weiwei,SONG Qingyu,GENG Biao,et al. Indexing methods study of XML based on the Schema[J]. Computer Engineering, 2011,37(6):74-76,84.
- [7] 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.
- [8] 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. Intelligent substation virtual loop system based on the IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010,34(17):78-82.
- [9] 高磊. IEC61850 SCL配置文件比对工具的研究与实现[J]. 电力系统自动化,2013,37(20):88-91,96.  
GAO Lei. The research and implementation of profile comparison tool IEC61850 SCL[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013,37(20):88-91,96.
- [10] 蒋宏图,袁越,程伟. 智能变电站站控层在线防误的设计与实现[J]. 电力自动化设备,2013,33(8):147-151.  
JIANG Hongtu,YUAN Yue,CHENG Wei. Design and implementation of online misoperation prevention for station control layer of smart substation[J]. Electric Power Automation Equipment,2013,33(8):147-151.
- [11] 刘芳,肖铁军. XML应用基石:XML解析技术[J]. 计算机工程与设计,2005,26(10):2823-2829.  
LIU Fang,XIAO Tiejun. XML applications foundation:XML parser[J]. Computer Engineering and Design,2005,26(10):2823-2829.
- [12] 窦晓波,陶洪平,胡敏强,等. 基于C#.NET的IEC-61850配置工具的设计和实现[J]. 电力自动化设备,2007,27(11):67-70.  
DOU Xiaobo,TAO Hongping,HU Minqiang,et al. Design and realization of IEC-61850 configuration tool based on C#.NET [J]. Electric Power Automation Equipment,2007,27(11):67-70.
- [13] IEC. IEC61850-6 Communication networks and systems in substations:part 6 configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs[S]. [S.l.]:IEC,2004.
- [14] 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.
- [15] 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):131-134.  
WANG Yanqing,WANG Yunwei. Text comparison algorithm for detecting content change in text files[J]. Journal of Computer Application,2010,30(Supplement 1):131-134.
- [16] 赵云飞,陈金富. 层次分析法及其在电力系统中的应用[J]. 电力自动化设备,2004,24(9):85-87.  
ZHAO Yunfei,CHEN Jinfu. Analytic hierarchy process and its application in power system[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(9):85-87.

#### 作者简介:



熊华强

熊华强(1972—),男,江西南昌人,高级工程师,从事智能变电站技术、继电保护状态监测与故障诊断及电力系统稳定运行方面的研究(E-mail:xhqzp@163.com);

万勇(1985—),男,江西南昌人,工程师,硕士,从事继电保护技术和电力系统故障分析诊断方面的研究;

桂小智(1987—),男,江西鹰潭人,工程师,硕士,从事继电保护测试和智能变电站

技术方面的研究;

杜科(1977—),男,北京人,高级工程师,博士,从事智能电力检测、电力通信技术方面的研究;

叶飞(1990—),男,江苏扬州人,硕士研究生,从事智能电网和新能源建模与并网方面的研究。

## Design and implementation of visual management and analytical decision system for smart substation SCD files

XIONG Huaqiang<sup>1</sup>,WAN Yong<sup>1</sup>,GUI Xiaozhi<sup>1</sup>,DU Ke<sup>2</sup>,YE Fei<sup>3</sup>

(1. Electric Power Research Institute of Jiangxi Province,Nanchang 330096,China;

2. PONOVO Power Company Limited,Beijing 100098,China;3. Southeast University,Nanjing 210096,China)

**Abstract:** A visual management and analytical decision system is developed based on C++ language for the SCD(Substation Configuration Description) file of smart substation to facilitate the site work of operation and maintenance staffs. It graphically displays the SCD file to improve its readability and management efficiency. Its SCD file comparison system adopts the location-based text comparison algorithm to find the change of SCD file content and its expert evaluation system generates the device maintenance strategy based on the reports of its detection system and comparison system to improve the work efficiency of operation and maintenance staffs. Its application in a 220 kV substation verifies its effectiveness.

**Key words:** smart substation; substation configuration description file; visualization; visual management; analytical decision; maintenance