

# SCL 在变电站自动化系统的应用

周文瑜<sup>1,2</sup>, 温刚<sup>3</sup>, 王钊<sup>1</sup>, 苏迪<sup>4</sup>

(1. 华北电力大学工商管理学院, 北京 102206; 2. 珠海供电局, 广东 珠海 519110;  
3. 阜阳供电公司, 安徽 阜阳 236000; 4. 郑州供电公司, 河南 郑州 450007)

**摘要:** 针对 IEC61850 变电站自动化系统, 介绍了其中所描述的 SCL (变电站配置描述语言), 在分析 SCL 在我国变电站自动化系统应用的各种特点的基础之上, 提出了 SCL 文件所描述的对象模型映射为 IEC61850 数据模型的方法, 并详细讨论了基于 SCL 的变电站自动化系统配置过程, 以及对传统规约的配置方式进行了比较分析, 介绍了系统配置工具和 IED 配置工具的概念, 最后分析了 IEC61850 的配置方式和特点。

**关键词:** 变电站自动化系统; IEC61850; SCL; XML

## Application of SCL in substation automation system

ZHOU Wen-yu<sup>1,2</sup>, WEN Gang<sup>3</sup>, WANG Yi<sup>1</sup>, SU Di<sup>4</sup>

(1. North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2. Zhuhai Power Company, Zhuhai 519110, China;  
3. Fuyang Power Company, Fuyang 236000, China; 4. Zhengzhou Power Supply Company, Zhengzhou 450007, China)

**Abstract:** According the Substation Automation System based on the IEC61850, this paper introduces the SCL (Substation Configuration Language) described in IEC61850. Based on the analysis of characteristic of SCL applied in domestic Substation Automation System, this paper presents the method of mapping the object-modelling of SCL file to the IEC61850 data model. It discusses the Substation Automation System's configuration process using SCL in detail, compares the configuration mode between the IEC61850 and the conventional protocol, gives the concept of the System configurator and the IED configurator. The configuration method and characteristic of IEC61850 are analyzed in the end.

**Key words:** substation automation system; IEC61850; SCL; XML

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)15-0042-03

## 0 引言

国际电工委员会 TC57 小组制定的 IEC61850 标准<sup>[1]</sup>, 能够降低变电站自动化系统集成费用和管理维护成本, 提高系统可靠性; 能够解决目前配网自动化中广泛存在的实现复杂、通信速度慢、不利于扩展等问题<sup>[2]</sup>。我国已经将其引用为我国电力行业标准<sup>[3]</sup>。

目前, 国内外一些厂商已经开发出基于 IEC61850 的设备, 并进行了多次 IEC61850 抽象通信服务接口 (ACSI) 互操作试验, 结果比较令人满意, 部分厂家还根据 IEC61850 第六章开发出了试用版本的 SCL 配置器。在国内的互操作试验中, 客户端的数据模型都是通过 IED 支持的 MMS 的服务实现对设备模型结构的获取并动态的建立, 而根据 IEC61850 标准的思想, 在实际的变电站自动化工程应用中, 客户端应解析 SCL 文件静态建立站内各 IED 的模型, 同时建立变电站及网络模型。

为了填补目前国内在根据 SCL 静态建模具体实现方面的空白, 本文详细描述了 IEC61850 变电站自动化系统使用 SCL 生成数据模型的方法, 分析了基于 SCL 的变电站自动化系统配置过程。

## 1 SCL 对象模型

### 1.1 SCL 简介

为了有效地表达 IEC61850 的对象模型, IEC 61850 第六章规定了基于 XML 的变电站配置描述语言 SCL (Substation Configuration Language), 提出了使用 SCL 进行变电站自动化系统的配置和管理。

有下面 4 种类型的 SCL 文件:

- ① ICD 文件。用来描述 IED 的能力。
- ② SSD 文件。用来描述变电站功能需求及通信设置。
- ③ SCD 文件。用来说明各个孤立的智能电子设备是怎样整合成为功能完善的变电站自动化系统。
- ④ CID 文件。用来对 IED 各参量进行功能配置。

## 1.2 SCL 对象模型

根据变电站的体系结构, SCL 描述了变电站、通信和 IED 三种对象模型, 对象都是分层的。模型是通过标准给出的 XSD 文件进行规范, 对 SCL 应包含的元素、元素出现的次数和先后顺序是有着严格规定的<sup>[4]</sup>。

## 2 IEC61850 模型简介

IEC61850 标准的核心是通信模型和数据模型<sup>[5]</sup>, 包括服务器、逻辑设备、逻辑节点、数据和数据对象等模型, 通过 ACSI 由 SCSM 映射到具体的协议栈, 如 MMS。

图 1 形象地描述了 IEC61850 模型的层次结构, 是一种类似于多叉树的关系。服务器由多个逻辑设备组成, 每个逻辑设备中有多个逻辑节点, 逻辑节点由若干个数据对象或数据属性对象组成, 其中 LLNO 逻辑节点还包含了定值组、GOOSE、GSSE、SMV 等几种控制块。



图 1 IEC61850 第七章描述的数据模型层次结构

Fig. 1 Structure of data model described in IEC61850-7

## 3 使用 SCL 建立 IEC61850 数据模型

从前文可以看出, IEC61850 模型的层次结构和 SCL 中 IED 模型描述的结构从形式上看并不一致。而在实际的变电站自动化系统中, 需要按 IEC61850 模型的层次结构建立数据模型和通讯模型, 这样, 就需要将 SCL 的对象模型映射为 IEC61850 模型。

### 3.1 公共数据类模型的建立

这里所说的公共数据类模型, 是指 SCL 中使用数据类型模板 (DataTypeTemplates) 定义的一部分数据模型。

为了创建公共数据类模型, 首先根据 SCL 文件创建 DOM 树结构, 逐层解析 DOM 并且创建由图 1 所示的多叉树直到 DOM 的 LN 节点。然后根据 LN 节点的 inst, 到 DataTypeTemplates 节点的子节

点 LNodeType 中查找, 若 LNodeType 节点的 id 与 LN 节点的 inst 相同, 则这个 LNode 节点就是 LN 节点的子节点, 采用类似的方法将数据和数据属性加入到多叉树中。

### 3.2 数据集模型的建立

根据 SCL 文件中描述的数据集及其成员, 将其加入到多叉树的相应位置中去。

### 3.3 控制块模型的建立

控制块模型包括报告控制块、日志控制块、GSE 控制块和采样值控制块, 这里以建立报告控制块为例说明控制块模型的建立方法。

下面是 SCL 中报告控制块的一个例子:

```

<ReportControl name="PosReport"
rptID="E1Q1Switches" datSet="Positions"
confRev="0">
  <TrgOps dchg="true" qchg="true"/>
  <OptFields/>
  <RptEnabled max="5">
    <ClientLN iedName="A1KA1" IdInst="LD1"
lnInst="1" lnClass="IHMI"/>
  </RptEnabled>
</ReportControl>

```

这段关于报告控制块的描述定义了五个报告控制块的实例: PosReport01、PosReport02 一直到 PosReport05, 并对报告的客户端关联和触发方式等进行了说明。

根据 SCL 中对于报告控制块的描述, 将这五个报告控制块添加到多叉树中对应逻辑节点下的 BR (带缓存的报告) 或 RP (不带缓存的报告) 下去。

建立日志控制块、GSE 控制块和采样值控制块类似于建立报告控制块。

描述全站 IED 模型层次结构的多叉树在站控层系统 (作为 IEC61850 的客户端) 的内存中生成后, 就可以通过 ACSI 和各 IED 交互数据, 根据数据的自描述信息将数据存储到多叉树对应的节点上。

为了提高多叉树的检索速度以满足实时系统的需要, 还需要将多叉树结构改造为排序的二叉树如 B+ 树, 或者用用现在已经很成熟的实时数据库软件来描述该多叉树结构, 本文这里不做介绍。

实时数据通过报告送到客户端后, 客户端根据报告的触发方式 (数据变化或周期上送) 进行相应的处理, 将数据送到实时数据库<sup>[6]</sup>中或进行报警处理, 完成 SCADA 功能。

## 4 基于 SCL 的变电站自动化系统配置过程

前文介绍了怎样使用 SCL 建立 IEC61850 数据

模型, 在实际的变电站自动化的应用中, 还需要基于 SCL 的变电站自动化系统的配置<sup>[7]</sup>, 这也是 IEC61850 的特点之一。图 2 描述了配置过程信息流参考模型。

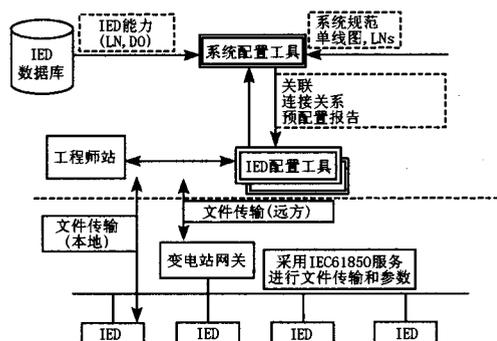


图 2 配置过程信息流参考模型

Fig.2 Reference model for information flow in the configuration process

图 2 涉及到了系统配置工具、IED 配置工具和 IED 数据库的概念:

① 系统配置工具: 接受站内全部 IED 配置工具生成的 ICD 文件, 由系统配置工程师对 ICD 文件描述的信息模型进行修改, 修改内容包括: 一次设备及其所属的逻辑节点; 一次设备之间的拓扑连接关系; 站内各 IED 的 IP 地址和子网掩码等信息; GOOSE 的 mac 地址等; 根据应用添加、删除和修改逻辑设备、逻辑节点; 根据 IED 数据库的信息对模型的可选信息进行修改; 修改数据集及其成员; 修改报告, 例如改变报告的名字, 改变报告的触发方式 (数据改变、品质改变…), 改变报告的接收者等; 修改 GOOSE、LOG 等。最后生成系统配置文件反馈给 IED 配置工具。

② IED 配置工具: IED 配置工具对应传统的 IED 组态工具, 能够处理来自系统配置工具生成的 SCD 文件, 并下载 CID 文件到 IED 中。

③ IED 数据库: 用数据库的形式表示 IEC61850 第七章特定的对象模型。

一台 IED 设备<sup>[8]</sup>在接入变电站自动化系统后, 经过人工配置后就能够集成到整个系统中, 完整的实现各种自动化功能, 可以视为人工参与的“即插即用”的过程, 是目前变电站自动化系统工程化的最佳实现方式。

需要指出的是: 站控层系统生成的 IED 对应的对象模型必须和 IED 装置生成的一致, 否则就会出现错误, 这就需要站控层系统和 IED 两端对 SCL 文件理解上达成一致, 及能够实现 SCL 文件的互操作。

## 5 和传统规约的配置方式比较分析

当使用基于 SCL 进行 IEC61850 变电站自动化系统配置时, 由于使用统一的 SCL 文件格式, 站控层系统可以获取一次系统的功能信息、拓扑关系, IED 的全部模型信息, 以及各种通信结构信息等。表 1 说明了 IEC61850 的配置方式与传统规约的配置方式的比较, 从表 1 中可以看出, IEC61850 配置具有明显的优越性。

表 1 与传统的配置方式的比较

Tab.1 Comparison of configuration modes

	IEC61850 的配置方式	传统规约的配置方式
1	基于 xml 语法格式, 易于获取 IED 的全部信息。	不可能得到 IED 的全部信息。
2	先进的配置方式, 在人工参与的情况下实现“即插即用”。	IED 接入系统需经过复杂的配置, 工作量极大。
3	SCL 文件中已经描述了一次设备的功能信息, 不需要人工进行再配置, 极大地减少了工程化的工作量。	配置全部需要人工配置, 工程化的工作量较大。
4	由于 SCL 的平台无关性, 可以在各厂商各平台以兼容的方式进行交换。	厂家自定义的文件格式, 只能自己的系统能够识别。
5	数据对象的物理意义清晰, 配置不易出错。	按照点表进行配置, 出错率高。

## 6 结论

本文介绍了 SCL 对象模型, 详细说明了由 SCL 文件解析后生成 IEC61850 对象树的方法, 描述了基于 SCL 的 IEC61850 变电站自动化系统的配置过程。相对于传统的变电站自动化系统, IEC61850 的配置方式有着较强的优势: 易于实现“即插即用”、减少了变电站自动化系统工程化的工作量、易于实现各厂商产品的互操作等。

SCL 作为一种新技术, 目前在国内变电站自动化系统中应用还不太广泛, 还需要广大科技工作者在实践中不断地完善。随着 IEC61850 标准在中国的推广, 我们将会越来越多地感受到 SCL 所带来的各种好处。

## 参考文献

[1] IEC 61850 Communication Networks and System in Substation [S].

(下转第 61 页 continued on page 61)

A 相电压也发生了一定偏移,其幅值也稍稍减小。故障点 K' 处 A 相电压  $U_A = O'A$ ,  $U_B = U_C = 0$ , K 处 A 相电压  $U_A = O'A$ ,  $U_B = O'D$ ,  $U_C = O'G$ 。

2) 系统各处电压分布情况

系统各处 B、C 相电压将沿 DF 和 GH 的方向变化,最终回到 F、H 点(如图 8)。

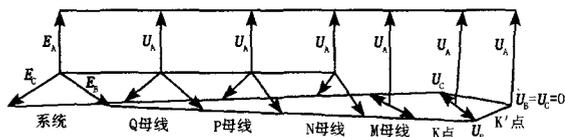


图 8  $R_b > R_c$  时,系统各处电流电压相量图

Fig.8 Current and voltage vector of system at  $R_b > R_c$

2.3  $R_b < R_c$  时,故障电流、电压分析

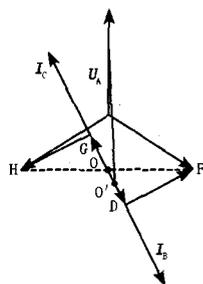


图 9  $R_b < R_c$  时,系统各处电流电压相量图

Fig.9 Current and voltage vector of system at  $R_b < R_c$

当  $R_b < R_c$  时,接地点在相量图中的位置发生

了变化,如图.9, O' 点的偏移靠近了 D 侧,从而使故障点 A 相电压偏移情况与  $R_b > R_c$  时不同,其幅值也稍稍增大。故障点 K' 处 A 相电压  $U_A = O'A$ ,  $U_B = U_C = 0$ , K 处 A 相电压  $U_A = O'A$ ,  $U_B = O'D$ ,  $U_C = O'G$ 。

系统中各处电压分布情况和  $R_b > R_c$  时基本一致,不再赘述。

3 结语

电力系统继电保护的正确动作必须建立在对电力系统中各种故障类型正确分析的基础上,人们都很重视大电流接地电网中的故障分析,但在低电压等级的中性点不接地电网中,对故障的分析往往得不到重视。尤其在许多参考文献中大都介绍了中性点不接地电网不同两点接地短路的故障分析,但缺少两相同一点接地故障的分析,尽管后者相对前者简单,但全面正确的分析非常必要,希望本文的分析能对继电保护技术人员有所帮助。

收稿日期: 2006-12-13; 修回日期: 2007-04-02

作者简介:

张波(1975-),男,工程师,长期从事电力系统继电保护运行管理工作; E-mail:ningxia\_zb@163.com

王越(1973-),女,助理工程师,从事电力客户服务工作。

(上接第 44 页 continued from page 44)

[2] 徐强超,等.一种新型的适用于配网状态监控方案的研究[J].电气应用,2006,25(7):45-48.  
XU Qiang-chao, et al. Study on a New Monitoring Scheme for Distribution Network[J]. Electrotechnical Application, 2006, 25(7): 45-48.

[3] 谭文恕.变电站通信网络和系统协议 IEC 61850 介绍[J].电网技术,2001,25(9):8-15.  
TAN Wen-shu. An Introduction to Substation Communication Network and System-IEC61850[J]. Power System Technology, 2001, 25(9): 8-15.

[4] 兰森林,张沛超.基于 SCL 模型的 IED 配置器的设计与实现.继电器[J].2005,33(12):48-51.  
LAN Sen-lin, ZHANG Pei-chao. Design and Implementation of IED Configurator Based on SCL Model[J]. 2005, 33(12): 48-51.

[5] 谭文恕.远动的无缝通信系统体系结构[J].电网技术,2001,25(8):7-10.  
TAN Wen-shu. Seamless Telecontrol Communication Architecture[J]. Power System Technology, 2001, 25(8): 7-10.

[6] 马志杰.基 IEC61850 协议的面向对象实时数据库的研究与实现(硕士研究生论文)[D].北京:华北电力大学,2004.

MS Zhi-jie. Research and Realization of Object Oriented Real-time Database Based on Protocol of IEC 61850, Thesis[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2004.

[7] 尹家凡,王孙安,盛万兴. XML 语言在变电站设备描述中的应用[J].计算机工程与应用,2003,21:209-210.  
YIN Jia-fan, WANG Su-nan, SHENG Wan-xing. XML's Application in Device Description in Substation[J]. Computer Engineering and Applications, 2003, 21: 209-210.

[8] Application of High-speed Peer-to-peer Communications for Protection and Control[A]. In: CIGRE[C]. Paris: 2002.

收稿日期: 2006-12-26; 修回日期: 2007-02-10

作者简介:

周文瑜(1973-),男,博士,长期从事电力自动化产品、用电营销、电网规划和电力系统信息化领域的研究工作; E-mail:zhouwenyubox@163.com

温刚(1970-),男,本科,长期从事变电管理工作;

王钇(1972-),男,副教授,长期从事电力市场和决策支持领域的工作。