

# 基于 IEC61850 的 SCL 配置研究与工具开发

王凤祥, 方春恩, 李伟

(西华大学电气信息学院智能化高压电器研究室, 四川 成都 610039)

**摘要:** 分析了变电站配置描述语言 SCL 的语法结构和层次型对象模型, 给出了具体的 SCL 文件实例, 在此基础上进行了 SCL 配置工具的开发工作。介绍了配置工具的开发过程, 进行了功能分析和系统结构设计, 并在 Windows 编程环境下实现了 IED 配置的全部功能, 并能够进行初步的系统配置。所实现的 SCL 配置工具完全符合 IEC61850 标准, 是一种通用型变电站配置工具。

**关键词:** IEC61850 标准; SCL; 对象模型; 配置工具

## Design of substation configuration tool based on IEC61850 standards

WANG Feng-xiang, FANG Chun-en, LI Wei

(School of Electrical and Information Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China)

**Abstract:** This paper analyzes the substation Configuration Description Language's syntax, shows the hierarchy object model, and then presents a practical example. Based on this, it develops the SCL configuration tool. The tool's functions and structure are analyzed and designed. And then using the platform of Microsoft visual studio, a SCL configuration tool which realizes all the functions of the IED configuration is constructed. The tool can also fulfill primary work of the system configuration. And as a general configuration tool, it completely conforms the IEC61850 standards.

**Key words:** IEC61850; SCL; object model; configuration tool

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)10-0106-04

## 0 引言

作为当今最完善的电力系统通信标准, IEC61850 已被我国等同采纳为国家电力行业标准 DL/T860。该标准将成为新变电站上马和旧变电站改造的重要依据。

与以往的变电站通信标准相比, IEC61850 具有明显的技术特征, 如功能分层的变电站结构, 应用面向对象的建模技术, 变电站配置语言 (Substation Configuration Language, SCL) 的制定, 抽象通信服务接口 ASCII 的使用等。其中, 使用变电站配置语言对系统及设备进行统一配置, 可以方便地描述变电站内设备的基本功能和可访问的信息模型, 以及整个系统的组织结构和功能分布, 为变电站内通信的实现做好基础性一环, 对于系统互操作的实现具有重要意义。本文开发的变电站配置工具, 正是基于 IEC61850 标准对变电站进行配置, 生成 SCL 文件的专用工具。

## 1 变电站配置语言 SCL

### 1.1 SCL 与 XML

SCL 是以可扩展标记语言 (eXtensible Markup Language, XML) 为基础制定的。XML 是由万维网组织发布的一种语言标准, 是一种跨平台的依赖于内容的技术, 是处理结构化文档的有力工具。XML 语言可以很方便地描述具有分层结构且采用面向对象技术构建的变电站模型。

XML 的语法类似 HTML (超文本标记语言, 目前大多数网页的源文件都是这一格式), 用标签来描述数据。HTML 的标签是固定的, 用户只能使用, 不能修改。XML 则不同, 它没有预先定义好的标签可以使用, 而是依据设计上的需要自行定义标签。XML 是一个元语言, 根据不同的行业和语义, 可以衍生出许多的协议和规范。

IEC61850-6 部分采用 XML Schema1.0 协议, 制定了八个模式文件 (Schema 文件) 对 XML 进行规范, 使之成为有效的 SCL 文件, 因而本质上讲,

SCL 就是一系列 Schema 文件约束下的 XML 文件。

## 1.2 SCL 文件的结构

SCL 语言通过 Schema 文件定义了具体的语法,其结构主要包括头 (Header)、变电站模型 (Substation)、通信系统模型 (Communication)、智能电子设备模型 (IED) 和逻辑节点数据类型模板 (DataTypeTemplates) 五个部分,每一部分都对数据组件进行了细化,并对配置内容进行了严格的限制,确保 SCL 文件没有二义性。

由于可扩展标记语言 XML 是 SCL 的语言基础,因此 SCL 文件的上述五个部分均以 XML 语言元素的形式定义。分别为 Header 元素、Substation 元素、IED 元素、Communication 元素以及 DataTypeTemplates 元素。

其中,Header 元素定义了 SCL 文件的版本号,修订人员,名称映射等信息;Substation 元素描述了变电站的整体功能结构和电器连接信息;IED 元素描述了整个 IED 对象模型,包含逻辑设备、逻辑节点、数据对象等信息;DataTypeTemplates 元素定义了了在 SCL 文件中出现的逻辑节点,包括逻辑节点的基类信息、名称、数据对象、数据属性等。按照 IED 对象模型的层次结构的特征层层定义,相互联系,最终通过上述这些元素的整合形成一个完整的变电站配置描述文件。

## 1.3 SCL 配置实例

现以输电线距离保护这个简单的功能为例,进行建模,给出 SCL 文件。输电线距离保护装置使用电压和电流监视线路阻抗,当线路阻抗、导纳或电抗发生变化,超过预先设定值时,距离保护装置启动并发出跳闸命令。故障距离由故障测量阻抗(或导纳、电抗)给出,这些量可转化为距故障点的地理距离。

按照 IEC61850-5 部分的功能分解原理,距离保护功能主要包括以下逻辑节点: IHMI (人机接口)、ITCI (遥控接口)、ITMI (远方监视)、CALH (报警处理)、PDIS (距离保护)、CSWI (开关控制)、TCTR (电流互感器)、TVTR (电压互感器)、XCBR (断路器) 等。这些逻辑节点可以进行如图1分布,即 IHMI、ITCI、ITMI、CALH 分布在变电站层;PDIS、TCTR、TVTR、XCBR 分布在间隔层 IED 中;过程层就是电子式电流互感器 (ECT) 和电子式电压互感器 (EVT)。当建立起对应的 IED 模型后还有 LLN0 和 LPHD 等逻辑节点以及相应的报告控制块、日志控制块等模型,这里不做详述。

模型设计完成后,采用 SCL 对模型进行描述和配置,生成配置文件,上述所有逻辑节点将以

XML 元素的形式写入 SCL 文件中。本文第三章配置工具运行实例,图3配置工具运行界面中显示的就是该模型的 SCL 文件片段。

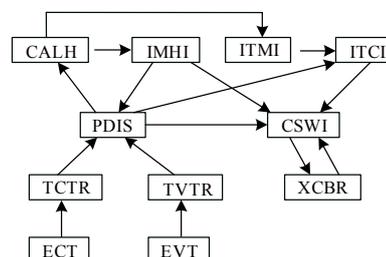


图1 距离保护主要逻辑节点模型

Fig.1 Model of distance protect logical nodes

## 2 配置工具的开发

### 2.1 功能分析

根据 IEC61850-6 部分规定,SCL 配置工具应该按图 2 所示的工作流程对变电站进行配置。

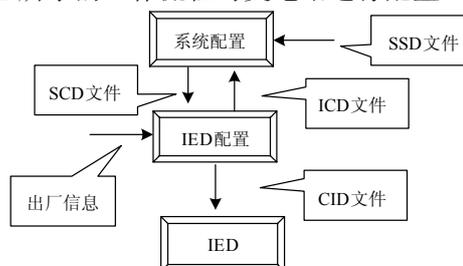


图2 SCL 配置工具工作流程

Fig.2 Work flow of the configuration tool

从图 2 中可以看出,SCL 配置包含了两级配置操作,即 IED 级配置和系统级配置,并且在配置过程中产生了四种目标文件,分别为:

(1) ICD 文件。IED 初始描述文件描述 IED 的性能,包含的逻辑节点和通信地址等信息。

(2) SSD 文件。系统初始描述文件描述变电站的单线图结构及需要的逻辑节点,并且给出数据类型模板和逻辑节点类型的定义。

(3) SCD 文件。系统配置文件包含变电站内所有的 IED 配置信息和通信设置以及对整个系统的完备描述。

(4) CID 文件。IED 配置文件描述具体的 IED 实例。

因此,SCL 配置工具应该实现以下功能:

(1) 能够对变电站进行系统描述生成 SSD 文件。

(2) 对 IED 进行性能描述生成 ICD 文件。

(3) 根据 SSD 和 ICD 文件生成 SCD 文件。

(4) 根据 ICD 和 SCD 文件生成 CID 文件,并

下载到 IED 中。

另外，配置工具还应该能够导入已有的 SCL 文件进行修改，对已生成的 SCL 文件进行 XML 语法检查并根据 SCL-Schema 文件进行有效性校验，使之成为结构良好且有效的变电站配置描述文件。

### 2.2 开发工具的选取

本文采用的软件开发环境是 Windows XP，开发工具包括 Microsoft Visual Studio 2005 及其组件，XML 编写工具等。

在 XML 文件解析方面，应用 Visual Studio 的 System.XML 类库就可以像操作类一样来处理 XML 文档，实现对数据文件的读入，对配置文件的编写，对生成 SCL 文件的有效性检验。具体实现方式如下：

(1) 利用类 XMLTextReader 类的 Read()方法读取配置信息库 XML 文件的数据信息并实现对已有 SCL 文件节点及其属性值的筛选，得到用于生成最终配置文件的各种数据信息。该方法的主要使用形式为：

```

Reader=new XMLReader("doct.xml");
While(Reader.read())
{... }

```

其中：大括号内段落为对读取的信息进行的操作。

(2) 用 XMLWriter 类的一系列方法实现对 XML 文件的写操作。将上述 Read()方法得到的数据信息写到目标文件。并同时写入必要的 XML 片段，最终生成完整的 SCL 文件。

(3) 利用 XMLReaderSetting() 方法对生成的 SCL 文件依据 Schema 进行有效性验证。

另外，在操作界面设计上，使用 Visual C++ 的窗体编程环境，设置 TreeView 控件与 SCL 文件相关联，使用 WebBrowser 控件对生成的配置文件进行带结构检验的显示，还用到了自定义的属性列表控件对相应项的属性进行设置和修改。

### 2.3 配置工具的系统结构

本文设计的配置工具主要由六个模块组成，分别是：SCL 校验模块、SCL 解析模块、用户配置模块、LN（逻辑节点）和 CDC（公共数据）信息库模块、信息库扩展模块和界面管理模块。

(1) SCL 校验模块。在该模块中进行 SCL 文件的合法性校验，主要实现功能为：XML 结构校验，验证 SCL 是否严格遵循的层次结构；XML 有效性校验，验证文件所包含的元素，元素的属性，属性的数据类型等是否严格符合 SCL-Schema 文件的定义。执行该校验的 VC++ 程序段为：

```

XmlSchemaSet sc = new XmlSchemaSet();

```

```

sc.Add("urn:SCL-Schema", "SCL.xsd");
XmlReaderSettings setting = new
    XmlReaderSettings();
setting.ValidationType = ValidationType.Schema;
setting.Schemas = sc;
setting.ValidationEventHandler += new
    ValidationEventHandler(ValidationCallBack);
XmlReader reader = XmlReader.Create("SCL.xml",
    setting);
private void ValidationCallBack(object sender,
    ValidationEventArgs e)
{
    if (e.Severity == XmlSeverityType.Error)
        MessageBox.Show(e.Message);
}

```

程序中使用 XmlSchemaSet 类将校验模式设定为 SCL.xsd 文件，程序执行时，将根据该文件对配置文件 SCL.xml 进行 Schema 校验。校验结果通过弹出信息框显示。

(2) SCL 解析模块。该模块完成对 SCL 文件的读取，遍历，修改添加以及删除等操作。

(3) 配置模块。根据用户输入的配置选择，完成相应的 IED 配置任务。

(4) LN 和 CDC 信息库。存放 IEC 61850-7 部分定义的逻辑节点和公共数据的全部信息，包含 91 个逻辑节点类（LN），29 种公共数据类（CDC）和 350 多种数据对象（DO）的定义，涵盖了变电站的所有功能和数据对象。

(5) 信息库扩展模块。由于 IEC61850 标准还在不断完善之中，定义了更多逻辑节点和公共数据类的第二版标准即将出版，而且在实际开发中，往往有一些特殊的功能或属性在标准中无法找到对应的定义，这时就必须对 IEC61850-7 部分进行扩展。IEC61850 标准允许用户通过改变名称空间来自定义一些数据或对象。

(6) 界面管理模块。主要负责人机交互接口的管理，向系统传递用户的配置选择并给用户配置指导。

## 3 配置工具运行实例

IEC61850-6 部分将变电站配置定义为系统配置和 IED 配置两级，并提出了系统配置器和 IED 配置器的概念，原则上 SCL 配置工具可以按这两种模型分别设计，但最终目标是将两类配置器结合起来组成统一的通用型配置工具。本文设计的配置工具已实现了 IED 配置器的全部功能，完全实现

了 IEC61850-7-3 和 IEC61850-7-4 部分定义的全部信息, 并可以进行初步的系统配置生成 SSD 文件, 是一种通用型配置器。

图 3 所示为配置程序运行实例。程序界面左边部分为 TreeView 控件显示的 SCL 文档树, 用户通过点击文档树中的节点可以很方便地插入新的节点, 同时也就向 SCL 文件中加入了新的元素。中间是多控件切换显示窗口, 可以用 WebBrowser 来查看网页形式显示的 SCL 文件, 也可以由绘图面板来显示系统描述文件给出的单线图。最右边部分是属性表格, 文档树中的每一个节点都对应一个属性表单, 用以显示节点属性值, 通过修改这些属性值, 可以实现对 SCL 文件元素属性的修改与配置。

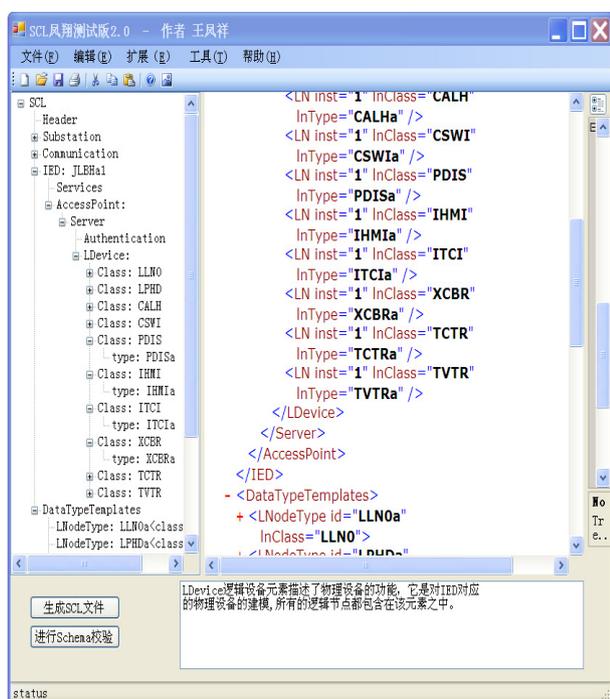


图3 配置工具运行界面

Fig.3 Interface of the configurator

程序中 WebBrowser 显示的文件片段就是前文距离保护模型的 SCL 配置文件, 包含了描述该保护功能的全部逻辑节点和数据信息。配置工具还将把这份文件结合系统配置信息生成 CID 文件并下载到相应 IED 中, 该 IED 作为服务器与符合 IEC61850 标准的客户端通信, 客户端将读出与模型相同的信息。

## 4 结语

IEC61850 标准是新一代数字化变电站通信网络和系统的核心技术指标, 采用该标准的系统及其

设备都要进行统一配置。本文在 IEC61850 标准的基础上, 研究了 SCL 文件的语法结构和对象模型, 并用计算机编程的方式开发出 SCL 配置工具, 实现了 IEC61850-7 部分定义的全部信息。

应该说, 本文开发的配置工具还不成熟, 特别是系统配置级的一些功能尚未实现, 需要改进与完善, 但其在 IED 配置级的功能已经完全实现, 并能够进行数据扩展。目前, 该配置器已成功运用于成都府河电力成套设备有限公司的故障录波器的对象建模工作, 并通过了一致性测试。

## 参考文献

- [1] IEC 61850-5 communication networks and systems in substation part 5: communication requirement for functions and device models[S].
- [2] IEC 61850-6 communication networks and systems in substation part 6: configuration description language for communication in electrical substation related to IEDs[S].
- [3] IEC 61850-7-3 communication networks and systems in substation part 7-3: basic communication structure for substation and feeder equipment-common data classes [S].
- [4] IEC 61850-7-4 communication networks and systems in substation part 7-4: basic communication structure for substation and feeder equipment-compatible logical Node classes and data classes[S].
- [5] 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, 22(8): 10-13,17.  
TAN Wen-shu. The introduce of communication networks and systems in substation IEC 61850[J]. Power System Techenology, 2001, 22(8): 10-13,17.
- [6] 孙军平, 盛万兴. 面向对象的变电站网络通信抽象模型[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(12): 210-212.  
SUN Jun-ping, SHENG Wan-xing. Object-oriented abstract model of network communication in substation[J]. Computer Engineering and Application, 2002, 38(12): 210-212.

收稿日期: 2009-07-04; 修回日期: 2009-09-29

作者简介:

王凤祥(1982-), 男, 硕士研究生, 研究方向为 IEC 61850 标准的研究与应用; E-mail: sailing1108@qq.com

方春恩(1975-), 男, 副教授, 工学博士, 研究方向为智能电器和变电站自动化通信 IEC61850;

李伟(1973-), 男, 讲师, 研究方向为智能化电气和变电站自动化通信 IEC61850。