

# 基于 IEC61850 的变电站配置研究

樊陈, 陈小川, 马彦宇, 黄建锋

(西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 610031)

**摘要:** IEC61850 是国际标准组织发布的最新的变电站自动化系统标准, 以此标准对变电站进行配置是实现变电站设备间互操作性的重要保证。对变电站配置对象模型进行了介绍, 对配置语言及其特点进行了简单的说明, 对变电站整个的配置过程进行了详细的阐述, 并分别从 IED 配置、变电站结构配置以及变电站通信系统配置三个方面探讨了使用 XML Schema 语言对变电站配置所要做的具体工作及实现方法, 并以变电站高压侧部分的结构为例进行了具体的描述。

**关键词:** 配置; 变电站配置语言; XML Schema; 描述; IEC61850

## Research of configuration about substation based on IEC61850

FAN Chen, CHEN Xiao-chuan, MA Yan-yu, HUANG Jian-feng

(Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** IEC61850 is published by the International Standard Organization and is the newest standard used in the substation automation. The configuration of substation based on IEC61850 is the assurance to implement the operation between different devices. This paper introduces the model of configuration of substation, the language of configuration and its character. The process of configuration is detailed. From the configuration of IED, the structure of substation and substation communication system, this paper exposes the configuration work and its realization way. The structure of high voltage in substation is described with the language of XML Schema. It will be useful to the configuration of product.

**Key words:** configuration; substation configuration language; XML Schema; description; IEC61850

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)08-0041-04

## 0 引言

IEC61850 是国际标准组织发布的最新的变电站自动化系统标准, 旨在统一目前各成一体变电站自动化通信系统, 提高系统的维护性、开放性和扩展性, 促进电力系统网络化、信息化的发展<sup>[1]</sup>。标准引入了诸多先进的网络通信技术和信息处理技术, 特别是变电站配置语言 SCL (Substation Configuration description Language) 的提出使系统设备的自描述、设备的在线配置及设备的即插即用得以方便地实现, 为进一步提高系统网络智能化做了技术铺垫。目前, 国内对基于 IEC61850 的变电站配置的研究已经陆续展开。本文所做的工作就是对变电站的整体配置进行介绍, 进而为变电站及智能电子设备的完整配置做好准备。

## 1 变电站配置对象模型

变电站的配置对象模型总体上可以分为三个部分, 分别是智能电子设备 (IED) 模型, 变电站结构

模型以及通信系统模型三个部分<sup>[2]</sup>。

IED 是变电站中最为基础的设备, 对其进行配置是所有工作中的重点所在, 而另外其他的配置(变电站配置、变电站通信系统配置)的最终的目的就是要完善 IED 的配置。而它的配置模型总体上来说可以分为 IED、服务器(server)、逻辑设备(Logical Device)、逻辑节点(Logical Node)和数据对象(Data Object)几个部分。

变电站模型是基于变电站功能结构的面向对象的层次模型, 尽管每个对象都是各自独立的, 但是这些对象的标示却是来自它们在变电站层次结构中所处的位置。在变电站配置模型中, 我们可以把变电站功能结构的对象分为变电站、电压等级、间隔层、设备以及连接点五个部分。

这里所说的变电站通信模型并不是指标准中所说的层次结构模型, 而是变电站内的子网和 IEDs 之间通过访问点所形成的逻辑连接模型。而这里所说的子网也不是指实际的物理结构网络, 而是作为各个访问点之间的一个连接点而已。根据文献 3 我

们得以知道, 变电站的通信系统模型由四个部分组成, 分别是子网 (Subnetwork)、访问点 (Access Point)、路由器 (Router) 和时钟 (Clock) 四个部分。

## 2 变电站配置语言

在 IEC61850 标准中, XML 语言将在变电站配置中起到重要作用, XML 用途十分广泛, 主要应用于数据交换、web 服务、内容管理、web 集成和文件配置等方面, 而在变电站里面我们所要使用的主要就是 XML 文件配置和数据交换这两项功能。XML 包含有 XML DTD 和 XML Schema 两种模式, 而 XML Schema 则是对 XML DTD 的加强和完善, 如今也已经在 2004 年出版的 IEC61850 标准中得以采用。

XML Schema 规范由 W3C 委员会于 2001 年颁布。它用来描述 XML 文档的合法结构、内容和限制, 定义可共享的词汇表和使用这些词汇表的 XML 文档结构并提供它们之间的联系手段。

XML Schema 由类型定义和元素声明组件构成, 主要用来评价 XML 文档格式的良好性和属性信息的有效性。用于定义类型和声明元素的结构组件分为 3 类<sup>[3]</sup>: 基本组件、组件和帮助组件三个部分。

XML Schema 组件规定了抽象数据的语义。此外, XML Schema 标准中还规范了数据类型定义的方法, 内置的 44 种简单数据类型和多种引用数据类型满足了各种数据形式化语义描述的需要。

## 3 变电站的配置过程

IEC61850-6 中定义了变电站配置描述语言 SCL (Substation Configuration Description Language), SCL 是一种用来描述与通信相关的智能电子设备结构和参数、通信系统结构、开关间隔(功能)结构及它们之间关系的文件格式。在变电站配置描述语言中采用 XML 作为信息交换格式。由于 XML 的信息独立于平台之间, 从而使得文件中的数据能够在不同厂家的智能电子设备工程工具和系统工程工具间以某种兼容的方式进行交换。在此, 根据配置过程把整个配置分成了四个部分, 具体如下:

1) 数据从 IED 配置工具传送到系统配置工具。这一文件里的内容主要是对 IED 的功能描述。通常由设备制造商以某种媒介形式(如光盘, 磁盘等)提供, 并满足 XML 格式。其中要求 IED 的名称须使用模板定义。并且文件中要包含的按照数据类型模板定义逻辑节点定义, 以及可选的符合模板定义的变电站部分。该文件的后缀为 .ICD。

2) 数据从系统描述工具传送到系统配置工具。

这一文件主要用来描述变电站的单线图及其需要的逻辑节点。其中包括变电站描述, 以及所需要的数据类型模板和逻辑节点类型定义。该文件的后缀为 .SSD。

3) 数据从系统配置工具传送到 IED 配置工具。这一文件包括了 IED 的描述, 变电站的描述以及通信系统的描述, 其作用就是将这些进行一个衔接。这一文件的后缀为 .SCD。

4) 数据从 IED 配置工具传送到 IED。这一文件将会是最终的配置文件, 其内部的通信部分将会包含各个 IED 的 IP 地址。这一文件的后缀为 .CID。

## 4 变电站的配置描述

SCL 将变电站自动化系统分为 5 个主要元素, 分别是 Header, Substation, IED, Communication 和 DataTypeTemplates。其中 Header 包含了 SCL 文件的版本和订正号, 以及名称映射信息。Substation 节包含了变电站的功能结构、它的主元件及其电气连接; IED 节描述了所有 IED 的信息, 如所包含的逻辑装置、逻辑节点、数据对象和所具备的通信服务能力; DataTypeTemplates 详细定义了文件中出现的逻辑节点实例, 包括它的类型(如 PDIF 为差动保护逻辑节点)以及该逻辑节点实例所包含的数据对象 DO 等; Communication 节定义了逻辑节点之间通过逻辑总线和 IED 接入点之间的联系方式。这些元素各有其子元素和属性, 层层包含, 最终完成对整个变电站综合自动化系统模型描述<sup>[4]</sup>。充分体现了使用 SCL 描述 IED 的可扩展性和灵活性。在此, 我们重点对 IED 配置、变电站结构配置以及变电站通信系统配置三个方面进行阐述。

### 4.1 IED 的配置描述

需要说明的是, 这里的 IED 配置描述并不是指 IED 的完整配置, 而是厂家配置, 即设备出厂前厂家对其所做的配置。作为变电站的二次设备, 厂家在生产产品时就要完成对其的基本配置, 以便于这些 IED 产品在变电站投入使用时能够和变电站的系统配置相结合, 从而完成整个变电站的配置。根据其模型, 我们可以知道对 IED 要配置的内容主要有 IED、服务器(server)、逻辑设备(Logical Device)、逻辑节点(Logical Node)和数据对象(Data Object)。IED 的总体描述主要是说明产品的厂家、型号和版本号等信息, 具体如下:

```
<xs:element name="IED">
  <Name>WKH-891</Name>
  <Desc>This equipment is used for traction
substation</Desc>
```

```
<Type>This equipment is feeder protection
equipment</Type>
<Manufacture>Chengdu jiao da xu ji electrical
Ltd.</Manufacture>
<ConfigVersion>1.0</ConfigVersion>
</xs:element>
```

上述描述是针对成都交大许继电气有限公司生产的WKH-892型馈线保护装置进行的配置<sup>[5]</sup>, 当然, 这只是总体配置。服务器主要包含有逻辑设备, 补充部分以及授权认证三个元素, 同时还包括了一个超时属性, 而授权认证又包含了空 (none)、密码 (password)、弱 (weak)、强 (strong) 和确认 (certificate) 五个属性, 这些都会在今后变电站内部通信时经常使用。而逻辑设备包含零逻辑节点、逻辑节点和连接控制三个元素, 其中逻辑节点数最少要有一个。逻辑节点是IED设备中最基本的元素, 它负责完成一切通信和控制功能, 而数据对象配置则是针对逻辑节点所进行的进一步说明, 如Mod(模式)、Beh(性能)、Health(健康)和NamePlt(铭牌)四个对象就是逻辑节点的基本信息, 现以距离保护 I 段为例来进行描述:

```
<LNodeType Ref="PDIS1" LNClass="PDIS">
  <DO Name="Mode" CDC="INC"/>
  <DO Name="Beh" CDC="ISI"/>
  <DO Name="Health" CDC="ISI"/>
  <DO Name="NamePlt" CDC="ACD"/>
</LNodeType>
```

上述内容只是对距离保护逻辑节点进行了简单的描述, 仅列举了逻辑节点类所公有的数据对象元素, 各个数据对象所包括的具体的元素限于篇幅也没有深入说明, 但其方法和上述描述一样。以“Mode”这一数据对象为例, 它自身还包括可用、不可用、闭锁和测试等几个状态, 具体的配置的时候就要根据实际的情况来进行描述。

#### 4.2 变电站结构配置描述

这里所说的变电站结构配置主要是针对一次设备而言的, 即二次保护设备等还没有安装在变电站里的结构描述, 主要就是描述一下变电站、电压等级、间隔层、设备以及连接点五个部分。变电站部分主要是用来标示整个变电站; 电压等级部分就是指具有标示和电气连接的变电站部分, 它具有确定的电压等级; 间隔层就是变电站的一个子功能, 它在电压等级内部; 设备部分就是指变电站的一次设备, 例如断路器、隔离开关、变压器、电压及电流互感器等。有时候这些单相或者三相的设备又可以细分成变电站的子设备, 但在这里我们把它们统

一归于设备部分; 连接点部分就是指连接对象模型的节点, 它主要是用来连接变电站的一次主设备以及变电站的间隔层。现对其描述做一个简单的介绍:

```
(1) <substation name="S001" desc="青白江变电所"></substation>
(2) <VoltageLevel name="D1">
<Voltage multiplier="K" unit="V">220</Voltage>
</VoltageLevel>
(3) <Bay name="Q1"></Bay>
(4) <ConductingEquipment name="QB1"
type="DIS"></ConductingEquipment>
(5) <ConnectivityNode name="L1"
pathname="S001/E1/Q1/L1"></ConnectivityNode>
```

上面五个描述语句只是对变电站的单个部门的描述, 对其系统全面的描述则要结合变电站的单线图来阐述, 这样其他工作人员仅通过配置文件就能够描绘出这个单线图来。在此, 对 220 kV 电压等级进行了描述, 也即 D1Q1 部分:

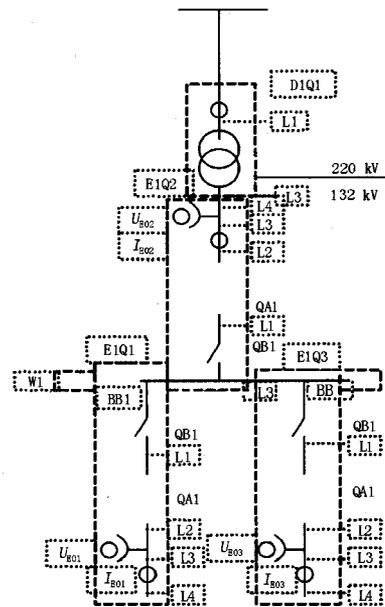


图 1 变电站的单线图

Fig.1 The single line of substation

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
elementFormDefault="qualified"
attributeFormDefault="unqualified">
<Substation name="S12001" desc="青白江变电所">
  <PowerTransformer name="T1" type="PTR">
<TransformerWinding name="W1" type="PTW">
  <Terminal connectivityNode="S001/D1/Q1/L1"
substationName="S001" voltageLevelName="D1"
```

```

bayName="Q1" cNodeName="L1"/>
</TransformerWinding>
<TransformerWinding name="W2" type="PTW">
  <Terminal connectivityNode="S001/E1/Q2/L3"
substationName="S001" voltageLevelName="E1"
bayName="Q2" cNodeName="L3"/>
  </TransformerWinding>
</PowerTransformer>
<VoltageLevel name="D1">
<Voltage multiplier="k" unit="V">220</Voltage>
  <Bay name="Q1">
<ConductingEquipment name="I1" type="CTR">
<Terminal connectivityNode="S001/D1/Q1/L1"
substationName="S001" voltageLevelName="D1"
bayName="Q1" cNodeName="L1"/>
  <SubEquipment name="R" phase="A">
<LNode lnClass="TCTR " IdInst="F1" lnInst="1"/>
  </SubEquipment>
  <SubEquipment name="S" phase="B">
<LNode lnClass="TCTR " IdInst="F1" lnInst="2"/>
  </SubEquipment>
  <SubEquipment name="T" phase="C">
<LNode lnClass="TCTR " IdInst="F1" lnInst="3"/>
  </SubEquipment>
  <SubEquipment name="IO" phase="N">
<LNode lnClass="TCTR " IdInst="F1" lnInst="4"/>
  </SubEquipment>
</ConductingEquipment>
<ConnectivityNode name="L1"
pathName="S001/D1/Q1/L1"/>
</Bay>
</VoltageLevel>

```

上述描述中, 仅仅对变电站高压侧的结构进行了简单的描述。主要就是D1Q1中变压器高压侧线圈W1和低压侧线圈W2的描述, 另外就是对电流互感器TCTR的描述, 由于是三相电流, 所以电流互感器又分别有了A、B、C三相的子设备。

#### 4.3 变电站通信系统配置描述

作为变电站的通信系统, 它的组成元素只有一个, 那就是子网(Subnetwork)。而子网(Subnetwork)又由两个元素组成, 分别是 BitRate (字节率) 和 ConnectedAP (连接访问点), BitRate (字节率) 的单位为 M/S(Mb Per Second), 而对于 ConnectedAP (连接访问点) 来讲, 它又由四个部分组成, 分别是地址 (Address)、物理连接 (PhyConn)、变电站通用事件 (GSE) 和采样测量值 (SMV)。变电站

通用事件 (GSE) 和采样值 (SMV) 都是属于控制模块 (Control Block), 都是通信服务的子功能, 而对于变电站通用事件 (GSE) 来讲, 它又包含两个子元素, 就是最小时间 (Mintime) 和最大时间 (Maxtime), 所谓最小时间 (Mintime) 是指数据交换中所允许的最大延迟, 而最大时间 (Maxtime) 就是指客户端要能检测出故障所规定的时间, 这两个元素都会影响到特殊通信服务映射 (SCSM) 的参数, 从而影响到整个通信过程。对于其配置限于篇幅不予详细的描述, 但基本方法就是用 XML Schema 语言把上述内容描述出来。当然, 所有描述的重点都将会集中在地址部分, 因为这一步中将要对 IED 配置其在变电站的 IP 地址。

## 5 结论和总结

本文对变电站配置所要做的工作进行了全面的介绍, 首先对变电站各部分的模型进行了说明, 然后对变电站的配置语言 XML Schema 进行了介绍, 接着对整个变电站的配置过程进行了详细的阐述, 最后重点对 IED、变电站结构和变电站通信系统三个方面的配置进行了探讨和阐述, 相信能让大家对变电站的配置有个清楚的了解, 对今后产品的配置将会有所帮助。

### 参考文献

- [1] 常弘, 茹锋, 薛钧义. IEC61850 语义信息模型的实现[J]. 电网技术, 2005, 29(12): 39-42.  
CHANG Hong, RU Feng, XUE Jun-yi. Implementation of Semantic Information Module in IEC61850[J]. Power System Technology, 2005, 29(12): 39-42.
- [2] Communication Networks and Systems in Substations-Part6: Configuration description Language for Communication in Electrical Substations Related to IEDs, 2003.
- [3] 王茹, 宋瀚涛. XML 文档结构定义规范 XML Schema[J]. 计算机应用研究, 2002, (1): 127-129.  
WANG Ru, SONG Han-tao. XML Document's Structure Defining Specification—XML Schema[J]. Application Research of Computers, 2002, (1): 127-129.
- [4] 李蓓. 基于 IEC61850 标准数据模型的变电站自动化系统建模[D]. 北京: 中国电力科学研究院, 2005.  
LI Bei. The Model Building of Substation Automation System Based on the Data Model of IEC61850[D]. Beijing: China Electric Power Research Institute, 2005.
- [5] 雷杭州, 黄淑文, 董晓冬, 等. WKH-891 新一代电铁馈线保护装置的研究[J]. 继电器, 2002, 30(6): 47-49.

(下转第 65 页 continued on page 65)

- Filters:A Review[J]. IEEE Proc Electr Power Appl,2000,147:403-413.
- [2] Akagi H. New Trends in Active Filter for Power Conditioning[J].IEEE Trans on Ind Appl,1996,32(6): 1312-1322.
- [3] Joos G, Moran L. Principles of Active Power Filters[A]. In:Tutorial Course Note of IEEE Indu Appl Society Annual Meeting[C]. 1998.
- [4] Peng F Z.Harmonic Sources and Filtering Approaches[J]. IEEE Industry Applications Magazine, 2001.
- [5] 翟茜,雷万钧,刘涛,等.分次补偿方式德并联型混合电力滤波器研究[J].电力系统自动化,2006,30(5). ZHAI Qian, LEI Wan-jun, LIU Tao, et al. Development of a Parallel Hybrid Power Filter With Respective Harmonic Compensation Method[J].Automation of Electric Power Systems,2006,30(5).
- [6] 颜晓庆,杨君,王兆安.并联混合型电力有源滤波器的研究[J].电力电子技术,1998. YAN Xiao-qing, YANG Jun, WANG Zhao-an. The Study on Hybrid Shunt Active Power Filter[J].Electric Power Electronics,1998.
- [7] 苻志平,王跃,杨君,等.新型单相混合有源电力滤波器的研究[J].电力电子技术,2003. FU Zhi-ping, WANG Yue, YANG Jun, et al. Study on Novel Single Phase Hybrid Active Power Filter[J]. Electric Power Electronics,2003.
- [8] 曾志东,杨君,王跃,等.一种新型三相混合电力滤波器的研究[J].电力电子技术,2003,37(3). ZENG Zhi-dong, YANG Jun, WANG Yue, et al. Analysis of a New Three Phase Hybrid Active Power Filter[J]. Electric Power Electronics, 2003,37(3).
- [9] 邹祖冰,蔡丽娟,贺佳兵.并联混合电力有源滤波器的非线性控制算法[J].电网技术,2004,28(20). ZOU Zu-bing, CAI Li-juan, HE Jia-bing. Nonlinear Control Algorithm of Active Power Filter for AC/DC Hybrid Power Grid[J].Power System Technology, 2004,28(20).
- [10] Park J H S, Nam K. New Hybrid Parallel Active Filter Configuration Minimising Active Filter Size[J]. IEE Proc Electr Power Appl, 2000,147(2).
- [11] Rivas D, Moran L, Dixon J W, et al. Improving Passive Filter Compensation Performance with Active Technique[J]. IEEE Trans on Industrial Electronics, 2003,50(1).
- [12] 邓占锋,朱东起,姜新建.降低有源部分容量的混合电力滤波器[J].清华大学学报(自然科学版),2003,43(3). DENG Zhan-feng, ZHU Dong-qi, JIANG Xin-jian. Reduced Rating of Active Filter in Hybrid Power Filter[J].Journal of Tsinghua University,2003,43(3).
- [13] 罗安,章兢,付青.新型注入式并联混合型有源电力滤波器[J].电工技术学报,2005. LUO An, ZHANG Jing. Development of High-Capacity Hybrid Active Power Filter[J].In:Proceedings of National Power Sources Techniques[C].2005.
- [14] 鞠建永,徐德鸿.混合型有源电力滤波器有源部分容量比较[A].全国电源技术年会论文集[C].2005. JU Jian-yong, XU De-hong. Analysis of Rating of Active Filter in Hybrid Power Filter[A].
- [15] 朱革兰,任震.高压直流输电系统混合直流滤波器性能研究[J].电力自动化设备,2001,21(8). ZHU Ge-lan, REN Zhen. A Study of Hybrid DC Filter for HVDC System[J].Electric Power Automatic Equipment, 2001,21(8).
- [16] Rivas D, Moran L, Dixon J, et al. A Simple Control Scheme for Hybrid Active Power Filter[J]. IEE Proc on Gener, Transm, and Distrib,2002,2002,149(4).
- [17] Hideaki Fujita, Takahiro Yamasaki, Hirofumi Akagi. A Hybrid Active Filter for Damping of Harmonic Resonance in Industrial Power Systems [J]. IEEE Trans on Power Electronics, 2000, 15(2):209-216.
- [18] 涂春鸣,罗安,刘娟.无源滤波器的多目标优化设计[J].中国电机工程学报,2002,22(3):17-21. TU Chun-ming, LUO An, LIU Juan. Multi-objective Optimal Design of Passive Power Filters[J]. Proceedings of the CSEE,2002, 22(3):17-21.

收稿日期:2006-11-04; 修回日期:2006-12-05

作者简介:

孙浩(1983-),男,硕士研究生,研究方向为电力电子技术  
技术在电力系统中的应用,开关电源的软开关技术;  
E-mail:s008hao@yahoo.com.cn

周维维(1954-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为  
有源电力滤波器、功率因数校正技术、变换器控制理论、  
新型高效电能变换拓扑结构等。

(上接第44页 continued from page 44)

- LEI Hang-zhou, HUANG Shu-wen, DONG Xiao-dong, et al. Research on the New Generation of WKH-891 Electrification Railway Feeder Line Protection[J]. Relay,2002,30(6):47-49.
- [6] 安志琴.基于SCL建立IED配置文件的研究[D].北京:华北电力大学,2006. AN Zhi-qin. The Research of Creating Configuration Files of IEDs in SCL[D]. Beijing:North China Electric Power University, 2006.

收稿日期:2006-10-23; 修回日期:2006-12-19

作者简介:

樊陈(1982-),男,硕士研究生,研究方向为微机保护及变电站综合自动化; E-mail:fc4503@163.com

陈小川(1967-),男,教授,研究方向为微机保护及变电站综合自动化;

马彦宇(1981-),男,硕士研究生,研究方向为微机保护及变电站综合自动化。