

基于 IEC 61850 的变电站自动化对象建模

徐 宁¹,朱永利^{1,2},邸 剑²,于成洋¹,谢 庆¹

(1.华北电力大学 电气工程学院,河北 保定 071003;

2.华北电力大学 计算机科学与技术学院,河北 保定 071003)

摘要:最新国际标准 IEC 61850 是面向对象的电力系统无缝通信系统体系标准。该标准规定了变电站信息模型和建模方法,并提供了大量的公共实际设备和设备组件模型。提出运用此理论建立简单的变电站信息模型并实例化,同时分析了 IEC 61850 提供的抽象通信服务,建立了合适的服务模型运用与控制中心和变电站之间的通信。最后,根据 IEC 61850 配置语言的定义,对变电站配置性能作了描述。

关键词:IEC 61850; 扩展标识语言; 信息模型; 逻辑设备; 逻辑节点; 通信服务

中图分类号: TM 761

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)03-0085-04

0 引言

随着网络技术的发展,采用同步数字系列(SDH)光纤以太网传输远动信息的应用越来越广泛。它具有传输速度快、传输信息量大、节省信道资源等优点。这使得远动信息的网络化传输成为发展的必然趋势。2002 年 IEC TC 57 制定的 IEC 61850 是关于变电站自动化系统计算机通信网络和系统的标准,该标准提出了变电站信息分层、面向对象建模技术、应用与通信分离、变电站配置语言等概念,奠定了其成为今后电力系统无缝通信体系基础的地位。

IEC 61850 的核心内容包括:采用面向对象建模技术对变电站功能和智能电子设备建模;为实现应用与通信分离,采用抽象通信服务接口映射到具体通信协议栈;基于扩展标识语言(XML)的变电站配置语言(SCL)对系统和智能设备进行配置。其中,采用面向对象技术建模数据对象是实现这一标准的关键。

未来的电力远动系统通信标准肯定要基于 IEC 61850,这才能实现整个系统的无缝连接。目前,国内外有关这种远动系统较深层次的研究还很少,在此背景下,本文认真研究了 IEC 61850 的建模理论,创建了具体的变电站信息模型和远动通信服务模型,并用 XML 语言说明其配置性能^[1]。

1 建模原理^[2-3]

IEC 61850 标准在定义变电站通信体系、通信数据模型等方面采用了面向对象的方法,使系统模型具有继承性、可复用性等特点。对象相互关联形成一个抽象系统。整个变电站是一个对象,变电站中的设备对变电站也是个抽象子对象(即“逻辑设备对象”),每个对象封装了该对象所具有的属性 and 操作

方法,并通过外部接口供其他对象访问。逻辑设备中的各个功能模块又由若干个相关子功能块组成,规约中把它们称为“逻辑节点对象”。逻辑节点可实现完整的功能。规约对逻辑节点本身作了很好的封装,逻辑节点之间通过逻辑连接进行信息交互。逻辑连接是一种虚连接,被称作“关联对象”,主要用于交换逻辑节点之间的通信信息块。系统传输的单元也是一个对象即“数据对象”。变电站自动化抽象对象模型如图 1 所示。

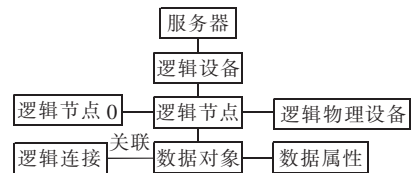


图 1 抽象对象模型

Fig.1 Abstract object model

为表示繁多复杂的数据对象,规约定义了抽象数据属性,每个公共数据是由数据属性或数据属性的序列组成。例如,电流速断保护,其逻辑节点结构如图 2 所示。

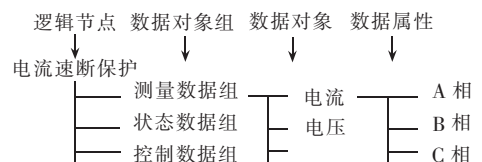


图 2 电流速断保护逻辑节点示意图

Fig.2 Sketch map of current instant protection logic node

IEC 61850 用对象定义的方式给出了系统的信息模型,在实际工程中使用的是这些对象的实例,实例对对象所定义的结构赋予了实际含义。变电站物理设备是分布的,各种变电站的功能分布在各智能电子设备(IED)中实现,即各逻辑结点分布于各 IED 中,在 IED 上运行实现其功能。数据对象的实例更

是如此,不仅分布于系统中,而且还要通过通信系统实现数据对象实例的引用,甚至是对象实例的迁移实现信息传输。

2 建模的实现^[4-6]

以一简单变电站为例,详细说明其建模过程。

2.1 逻辑设备建模

在标准中对于逻辑设备的模型没有作规范,因此在具体实现时可以有较大的灵活性。但是,考虑到控制中心对变电站以间隔为单位进行监控,因此,把一个间隔内的远动数据划分到同一个逻辑设备中是较合理的。如图 3 所示,整个配置图可看成 1 个服务器,下面分为 3 个逻辑设备,分别对应间隔 1、间隔 2 及间隔 3。

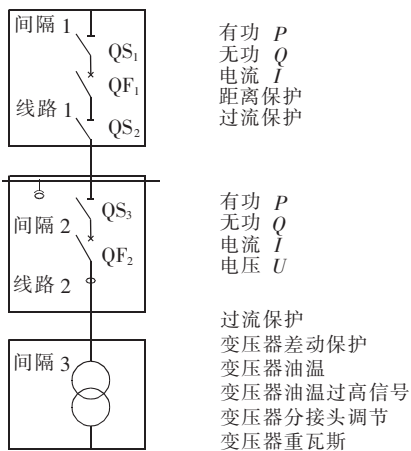


图 3 变电站配置图

Fig.3 Substation configuration

变电站信息如图 3 所示,包括线路 1 的有功、无功、电流值,距离保护、过流保护动作信息;线路 2 的有功、无功、电流、电压值,变压器油温测量值;断路器 QF_1, QF_2 位置信息,隔离开关 QS_1, QS_2, QS_3 位置信息和控制信息,变压器分接头位置信息,对变压器的过流保护和差动保护动作信息,变压器重瓦斯报警及对变压器分接头位置的调节。其逻辑节点配置如表 1 所示。

表 1 逻辑节点配置

Tab.1 Logic nodes configuration

LD1(间隔 1)		LD2(间隔 2)		LD3(间隔 3)	
TVTR	TCTR	TVTR	TCTR	PIOC	PDIF
XCBR	XSWI	XCBR	XSWI	YPTR	YLTC
CSWI	MMXU	CSWI	MMXU	GGIO	
PDIS	PIOC				

2.2 逻辑节点和数据对象建模

对于变电站模拟量采样(遥测)功能,按照 IEC 61850-7-4 建模为测量单元逻辑节点 MMXU。对于 LD1 采用的逻辑节点实例为 MMXU1,如表 2 所示。

远动系统中遥测信息的逻辑节点建立比较简单。而对于遥信、遥控和遥调表示保护、开关、断路

表 2 MMXU1 测量单元逻辑节点实例

Tab.2 Instance of MMXU1

内容	说明
Mode:INC	继承公共逻辑
Beh:INS	节点类中所有
Health:INS	必需的数据对象
NamPlt:LPL	
TotW: MV	有功功率之和
TotVar: MV	无功功率之和
A: WYE	相电流

器、变压器等装置的位置、控制和报警信息比较复杂。考虑到 IEC 61850 面向对象建模特性,这些信息需要综合与设备相关的测量值建模。首先,把同属于一个功能的信息归结到 1 个逻辑节点中去,看能否构成 IEC 61850-7-4 中定义的逻辑节点模型。例如,把变压器油温过高报警信息加上变压器温度就可构成 1 个 YPTR 逻辑节点实例,如表 3 所示,油温过高信息和变压器温度分别对应 YPTR 逻辑节点中 HPTmpAlm 和 HPTmp 数据。

表 3 变压器逻辑节点 YPTR 实例

Tab.3 Instance of YPTR

内容	说明
Mode:INC	继承公共逻辑
Beh:INS	节点类中所有
Health:INS	必需的数据对象
NamPlt:LPL	
HPTmp: MV	绕组热点温度
HPTmpAlm: SPS	绕组热点温度报警

对于保护功能,IEC 61850 针对保护类型建立了不同的保护模型,如距离保护 PDIS 逻辑节点、时间过电流保护 PTOC 逻辑节点及差动保护 PDIF 逻辑节点等。这些保护功能逻辑节点包括状态信息和整定信息 2 个基本部分。出于安全性和可靠性考虑,一般不通过远动通信系统对整定值操作。而状态信息部分,大部分保护相关功能对象的逻辑节点都包含 Str 和 Op 2 个数据,这 2 个数据都是 M 型的,即必须包括在相应的逻辑节点中。所以,过流保护 PIOC 逻辑节点实例如表 4 所示,对于距离保护 PDIS 和差动保护 PDIF,其实例类似表 4。

表 4 过流保护逻辑节点 PIOC1 实例

Tab.4 Instance of PIOC1

内容	说明
Mode:INC	继承公共逻辑
Beh:INS	节点类中所有
Health:INS	必需的数据对象
NamPlt:LPL	
Op: ACT	保护动作信息
Str: ACT	位置信息

变压器重瓦斯报警信号,在 IEC 61850 中没有专门定义的逻辑节点,可采用表 5 所示的 GGIO 实例。GGIO 逻辑节点是通用输入/输出逻辑节点,可以用它建模大部分单双点状态或者控制信息。

表 5 通用输入 / 输出逻辑节点 GGIO1 实例
Tab.5 Instance of GGIO1

内 容	说 明
Mode:INC	继承公共逻辑
Beh:INS	节点类中所有
Health:INS	必需的数据对象
NamPlt:LPL	
Alm:SPS	通用单点报警

表 9 逻辑节点 LNN0 实例
Tab.9 Instance of LNN0

内 容	说 明
Mode:INC	运行模式
Beh:INS	运行行为
Health:INS	运行状况
NamPlt:LPL	铭牌,名称空间
Data Sets	
Control Block	参见 IEC61850-7-2
services	

对于变压器分接头控制信息标准中有专门的逻辑节点 YLTC,根据变电站信息其所建实例如表 6 所示。

表 6 分接头转换逻辑节点 YLTC1 实例
Tab.6 Instance of YLTC1

内 容	说 明
Mode:INC	继承公共逻辑
Beh:INS	节点中所有必需的数据对象
Health:INS	
NamPlt:LPL	
TapPos:ISC	改变分接头位置到特定位置
EndPosR:SPS	分接头到达最高位置
EndPosL:SPS	分接头到达最低位置

2.3 通信服务模型的建立^[8]

建立变电站自动化远动通信服务模型要充分考虑信息的类型和通信要求。IEC 61850-7 部分定义了一套面向对象的,与实际通信协议无关的抽象通信服务接口(ACSI),该接口定义了用于变电站自动化系统通信过程的完整模型,如连接逻辑节点的应用关联模型及读取和设置数据;定义数据集,形成报告和记录;召唤数据(状态和测量值);控制装置;交换文件;传输采样值与服务模型。根据图 3 所示的变电站,下面就数据集及服务模型方面进行讨论。

至于断路器和隔离开关,虽然在 IEC 61850 中有专门定义的断路器(XCBR)和隔离开关(XSWI)逻辑节点,但由于所给变电站信息量很少,所以可以选用开关控制(CSWI)逻辑节点代替,实例如表 7 所示。CSWI 实例的 Pos 数据是 DPC 类型的,它不仅能反映隔离开关和断路器的位置信息,还能反映对隔离开关和断路器的控制信息。

表 7 开关控制逻辑节点 CSWI1 实例
Tab.7 Instance of CSWI1

内 容	说 明
Mode:INC	继承公共逻辑
Beh:INS	节点类中所有必需的数据对象
Health:INS	
NamPlt:LPL	
Pos:DPC	隔离开关,断路器位置信息

在 IEC 61850 中,报告(Reporting)由报告控制块控制,报告上传送的都是数据集(DataSet)所引用的数据。当报告控制块所监视数据集中的数据属性发生变化(数据值改变、品质属性改变或者数据更新等)时,就会触发 1 个报告的产生。

报告使用的数据集可根据数据的优先级和数据的类别建立。对图 3 所示变电站间隔的继电保护动作信息,创建 1 个数据集 FltRpt1,主要包括对线路 1 过流保护和距离保护的動作数据,如表 10 所示。

表 10 数据集 Dataset 实例
Tab.10 Instance of Dataset

内 容	说 明
FltRpt1	名称
LD1/LLN0.FltRpt1	数据集实例的引用路径
PIOC1.Op	过流保护动作信息
PIOC2.Op	距离保护动作信息

对逻辑节点物理设备(LPHD)和逻辑节点 0(LNN0)建模,在一个设备内都是唯一的。其实例如表 8、表 9 所示。

表 8 物理设备逻辑节点 LPHD 实例
Tab.8 Instance of LPHD

内 容	说 明
PhyName:DPL	物理设备间隔名称
PhyHealth:INS	物理设备运行状况
Proxy	代理描述

由于 FltRpt1 数据集所引用的数据来源于不同的逻辑节点,把它定义到 LLN0 中。当控制中心与服务器建立好关联,且缓存报告控制模块(BRCB)的 RptEna 被设定为 TRUE,服务器端程序不断监视数据集中所引用的所有数据,一旦有数据发生变化,服务器触发 1 个故障报告,报告中带有时标、产生报告的原因、触发事件的数据对象及数据集名称等。由于不同的用户需要的报告格式不同,IEC 61850 允许客户通过 SetBRCBValue 服务预先设置 BRCB 的属性选项,定义自己所需要的报告类型。

在完成逻辑节点建模后,就可将变电站给出的信息对应到相应的逻辑节点下的数据对象中。对于标准中未定义的数据对象,可按照标准定义扩展。为了使对象模型标准化,逻辑节点不作扩展,若标准中无相应的逻辑节点,就可用 2 个通用的逻辑节点通用过程自动控制(GAPC)和通用过程输入/输出(GGIO)描述。

定义好定值数据集后,就可定义相应的服务。若主站知道数据集的定值内容,则只要通过取定值数据集的值服务: GetDatasetValues (DatasetReference), 括号内是要调用的数据集的引用,可以是多个参

数,应该是完整的路径名称。如果主站事先不知道定值组的具体内容,那么可先通过取数据集目录服务 GetDatasetDirectory,然后再用取数据集值服务 GetDataValueS、其他相关的服务有设置定值数据集 SetDataValueS、创建数据集 CreateDataset 和删除数据集 DeleteDataset 等,在系统中应用不多。

3 XML 配置文档^[9-10]

XML 作为一种标记语言,具有简单、开放、高效且可扩展、国际化、可移植等特点。XML 是基于 INTERNET 数据交换和大量业务集成的标准语言,因此在程序设计中,考虑采用 XML 描述 IEC 61850 中定义的数据模型。XML- Schema 是一种特殊的 XML 文档,它遵循 XML 的基本语法规则定义 XML 文档的结构。

基于 SCL 定义的信息模型,IEC 61850 标准采用 XML 建立变电站、IED、通信系统等模型描述文档,并给出了建立各种模型描述文档时所需要的 XML 模式(Schema)。以达到在不同厂家提供的 IED 管理工具和系统管理工具之间,交换智能电子装置信息和变电站自动化系统信息的目的。

IEC 61850 中给出的 XML Schema 描述了变电站配置语言文档的结构,定义了文档中标记的语法规则,并严格规定了以它为标准的所有自描述文档树状层次结构的全部细节,包括数据对象的嵌套关系、数据属性的类型、约束条件、取值范围等,为建立统一的系统或设备自描述文档打下基础,并能够检验自描述文档的正确性和有效性。因此,对于文中设计的变电站信息模型和抽象通信模型,就可以根据标准中 Schema 对 IED 模型描述和定义,用 XML 语言对网关的配置性能进行说明(参见 IEC 61850-6)。

4 结语

IEC 61850 是国际上关于变电站自动化系统的第一个完整的通信标准体系,是今后电力系统无缝通信体系的基础。本文根据其标准,分析了变电站自动化系统的建模理论,并以简单变电站为例,建立了具体的变电站信息模型,同时分析了 IEC 61850 提供的抽象通信服务,建立了合适的服务模型运用于控制中心和变电站之间的通信。最后,根据标准所提供的变电站配置语言对其配置性能作了说明。

参考文献:

[1] 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.

- [2] 吴在军,胡敏强. 基于 IEC 61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 61-65.
WU Zai-jun, HU Min-qiang. Research on a substation automation system based on IEC61850[J]. **Power System Technology**, 2003, 27(10): 61-65.
- [3] 朱永利,黄敏,邸剑. 基于广域网的电力远动系统的研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(7): 119-124.
ZHU Yong-li, HUANG Min, DI Jian. The study on WAN-based telecontrol system for power system[J]. **Proceedings of the CSEE**, 2005, 25(7): 119-124.
- [4] 孙军平. 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. Object-oriented abstract model of network communication in substation[J]. **Computer Engineering and Application**, 2002, 38(12): 210-212.
- [5] IEC. IEC61850-7-3 Communication networks and systems in substations - Part 7-3: basic communication structure for substation and feeder equipment - common data classes [S]. Geneva: IEC, 2003.
- [6] IEC. IEC61850-7-4 Communication networks and systems in substations - Part 7-4: basic communication structure for substation and feeder equipment - compatible logical node classes and data classes [S]. Geneva: IEC, 2003.
- [7] PREISS O, WEGMANN A. Towards a composition model problem based on IEC61850[J]. **Journal of Systems and Software**, 2003(65): 227-236.
- [8] 孙军平,盛万兴,王孙安. 新一代变电站自动化网络通信系统研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 23(3): 16-19.
SUN Jun-ping, SHENG Wan-xing, WANG Sun-an. Study of the new substation automation network communication system[J]. **Proceedings of the CSEE**, 2004, 23(3): 16-19.
- [9] IEC. IEC61850-6 Communication networks and systems in substations - Part 6: configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs [S]. Geneva: IEC, 2004.
- [10] 卞鹏,潘贞存,高湛军,等. SCL 在变电站远程配置管理中的应用[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(4): 54-56.
BIAN Peng, PAN Zhen-cun, GAO Zhan-jun, et al. Application of SCL in remote substation configuration management [J]. **Electric Power Automation Equipment**, 2004, 24(4): 54-56.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

徐宁(1980-),男,安徽阜阳人,硕士,主要从事电力系统远动方面的研究(E-mail: xn981@163.com);

朱永利(1963-),男,河北衡水人,教授,博士研究生导师,主要从事电力系统自动化、计算机应用、人工智能方面的研究;

邸剑(1968-),男,河北保定人,高级工程师,主要从事计算机网络和计算机通信方面的研究工作。

Substation automation object modeling based on IEC 61850

XU Ning¹, ZHU Yong-li^{1,2}, DI Jian², YU Cheng-yang¹, XIE Qing¹

(1.College of Electrical Engineering, North China Electric Power University,
Baoding 071003, China; 2.College of Computer Science and Technology,
North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: The latest international standard IEC 61850 is established for power system seamless communication based on object-oriented technique, which rules the substation information model and modeling method and provides many public actual equipments and equipment module models. Based on it, a simple substation information model and instantiation are constructed. The abstract communication service provided by IEC 61850 is analyzed, and appropriate service model for communication between control center and substation is built up. The substation configuration performances are described according to the definition of IEC 61850 configuration language.

Key words: IEC 61850; XML(eXtensible Markup Language); information model; logic device; logic node; communication service