

变电站自动化应用 IEC 61850 标准的分析

徐清超

(广西电力工业勘察设计研究院, 广西 南宁 530023)

摘要: 近年来, 随着光电技术、光纤通信技术、网络技术的飞速发展, 数字化变电站技术正蓬勃兴起。目前已基本形成了对数字化变电站的统一认识, 对数字化变电站应具备的基本要素也逐渐进行了规范, 其中要素之一就是国际标准 IEC 61850——为什么要用 IEC 61850 作为构建数字化变电站的标准, IEC 61850 究竟会给当前电力系统带来哪些变革——该文将从目前变电站自动化系统所存在的不足来论证一个开放的数据平台的重要性, 并深入剖析 IEC 61850 中数据模型的体系结构, 分析 IEC 61850 的开放性所在, 以阐明 IEC 61850 对于电力系统的积极意义。

关键词: 变电站自动化; IEC 61850; 数据平台; 数据模型; 开放性

Analysis of the application of IEC 61850 in substation automation

XU Qing-chao

(Guangxi Electric Power Industry Investigation Design and Research Institute, Nanning 530023, China)

Abstract: In recent years, based on the development of optical-electric technology, fiber-communication technology and web technology, new creation called digital substation is rising vigorously. A general idea to digital substation has been fixed at present, and some basic factors are confirmed, while the international standard IEC 61850 is fixed as one essential item. So, why can IEC 61850 be chosen as the standard of digital substation and any evolution can IEC 61850 bring to power system? By analyzing the disadvantages of current substation automation, the importance of an opening data platform is discussed in this paper, and a deep anatomization of the architecture of data model in IEC 61850 is offered to analyze where the opening of IEC 61850 lies, and clarify the positive effect of IEC 61850 providing to power system.

Key words: substation automation; IEC 61850; data platform; data model; opening

中图分类号: TM764 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)23-0062-04

0 引言

纵观电力系统的发展历程, 从最开始的一个个电气孤岛, 逐步连接成一个个小型电力网络, 小规模的电网再相互连接成大规模的电网, 在电网的形成、扩张过程中, 变电站构成了电力系统中必不可少的基础节点, 变电站的自动化水平决定着全电力系统的自动化水平。变革也总在市场需求和技术水平的相互作用下产生, 电力网络发展到今天, 正在向超大电网、超大系统的方向发展, 在如此迅猛的发展形势之下, 一方面, 当前的变电站自动化技术迫切需要提高自身的自动化水平, 以满足电网发展的需求, 另一方面, 现代科技的飞速发展, 也为变电站自动化的变革提供了有力的技术支撑。

总的说来, 当今的变电站自动化技术存在的不足之处可以归纳为一点, 即缺乏统一、开放的数据平台。为了构建一个统一、开放的数据平台, 除了

要求原始数据的高精度、高真实性之外, 还必须要要求数据模型的开放性, 数据模型必须是一个能被广泛识别的模型, 数据模型在数据平台内交换信息必须不受具体网络类型的限制, 这样才能保证数据平台的开放性, 才能保证数据的充分共享和充分应用。

1 变电站自动化的数据平台

微机化革命之后的变电站自动化系统已经建立起来了完善的变电站监控网络, 并且建立了完整的数据库, 采用了“站控层+间隔层”的集中分布式体系结构, 间隔层的二次设备采集开关场的信息, 通过网络上传至计算机监控系统, 计算机监控系统再通过站际网络与调度中心通信, 各级控制命令则按相反的方向下发到计算机监控系统, 直至间隔层设备, 由间隔层设备对开关场的一次设备进行控制。

这种监控模式充分发挥了计算机、以太网的高速度、高可靠性、高自动化性等优势, 但仍存在一

些不足。

不足之一是数据平台缺乏统一性,任何一个间隔层的二次设备都要与一次设备建立独立的信息通道,数据采集各自为阵,相互之间不进行横向数据交流。电压、电流互感器要设置多个绕组,开关设备要设置数十个辅助接点,以满足各种二次设备的需要。

不足之二在于数据平台缺乏开放性,二次设备采集数据之后,不能很好地提供给其他二次设备使用,数据无法充分共享。

数据共享不充分的原因有两点,首先是网络硬件的问题,目前的交换机和网络通信口在流量和可靠性上还存在技术瓶颈,再者当前的通信规约缺乏开放性,这是问题的关键所在。

通信规约是构建网络的纽带,目前变电站自动化系统中广泛采用了 IEC 60870 系列规约,在这一规约族里面,通信和应用是一体的,应用被死死地绑在了通信报文里面,这使得应用牵制于具体的网络类型和通信协议,缺乏开放性。此外,对于相同的应用,不同厂商有不用定义,这使得即使都是按照 IEC 60870 构造的数据模型,不同厂商的设备之间是无法通用的,这给变电站的配置带来许多麻烦。

其一,IEC 60870 需要“对点”。“对点”是监控系统中对数据配置和数据维护的俗称。目前,变电站内部采用 IEC 60870-5-103 规约(以下简称 103),调度端采用 IEC 60870-5-104 规约(以下简称 104),按照 103 和 104 打包的报文,其本身只是在通信层面对帧格式、传输控制、校验等进行了规范,变电站自身的信息模型在报文里面只是一个没有明显含义的数据。对于任何一个数据或一个数据包,需要发送端和接收端事先约定,并一一对应,在工程验收的时候,也必须使每一个信息点动作一次,以验证其正确性^[1]。一旦有任何无论多么微小的调整,比如间隔扩充或改造,从站内监控系统到调度端的每一个数据点都必须作相应的增补和修改,这对于系统维护而言,是一项永无终结的劳动,而且增加了工程投资。

其二,IEC 60870 难以“互操作”。因为 IEC 60870 报文需要事先约定,不同厂商可以有不同的定义方式,从而不同厂商的设备之间无法互操作。当前,为了实现多个厂商设备之间的通信,监控系统需要配置昂贵的规约转换器,然而规约转换器只能对特定的规约进行转换,并且影响了传输速度和信息可靠性。

因此,建立一个统一的、开放的数据平台是十

分必要的。

问题是应该利用什么标准建立数据平台,能用 IEC 60870 吗?如果说目前 IEC 60870 版本不统一,那能不能把各厂商之间的版本严格统一起来,以实现数据平台的统一性、开放性?答案是否定的。IEC 60870 的关键问题在于其本身将通信和应用绑定在了一起,即使严格统一了规约版本,随着电力系统的发展,功能扩充,那又需要更新规约版本,这是一项永无终止的工作,费时费力,不适应电力工业的高速发展。

为了适应变电站通信网络和系统的发展,IEC TC 57 工作组制定了 IEC 61850 系列标准^[2],该标准具备以下特点:分层的智能电子设备和变电站自动化系统;根据电力系统生产过程的特点,制定了满足实时信息和其他信息传输要求的服务模型;采用抽象通信服务接口、特定通信服务映射以适应网络技术迅猛发展的要求;采用对象建模及面向设备建模和自我描述以适应应用功能的需要和发展,满足应用开放互操作性要求;快速传输变化值;采用配置语言,配备配置工具,在信息源定义数据和数据属性;定义和传输元数据,扩充数据和设备管理功能;传输采样值等。

IEC 61850 标准的制定,为构建变电站统一、开放的数据平台提供了可能,为建立一个开放的电力系统带来了曙光。

2 IEC 61850 的标准建模

标准建模是 IEC 61850 系列标准的核心。IEC 61850 对变电站内所有设备按照功能建模,包括过流保护、分合断路器、绝缘监视等涵盖继电保护、自动控制、在线监测在内的所有功能都按照面向对象和面向设备的原则进行建模。模型的标准化是非常重要的,只有标准的模型才能被相互解释和互操作,在 IEC 61850-1 中明确提出了对数据建模进行标准化的必要性^[2]。

IEC 61850-7-2 定义了服务器模型(Server),服务器由逻辑设备(Logical Device)构成,逻辑设备也在 IEC 61850-7-2 中定义,逻辑设备由逻辑节点(Logical Node)构成,逻辑节点是功能的最基本单位,逻辑节点中的数据对逻辑节点本身进行自描述^[3],比如继电保护类逻辑节点就包含该逻辑节点的名称、位置、定值、可操作性等属性的自描述,IEC 61850-7-4 定义了 88 个兼容逻辑节点^[4],如断路器(XCBR)、差动保护(PDIF),差动保护又分为线路差动 PLDF、不完全接地 PNDF、变压器差动 PRDF、母线差动 PBDF、电动机差动 PMDF、比相差动

PPDF。图 1 显示了服务器、逻辑设备、逻辑节点的隶属关系。

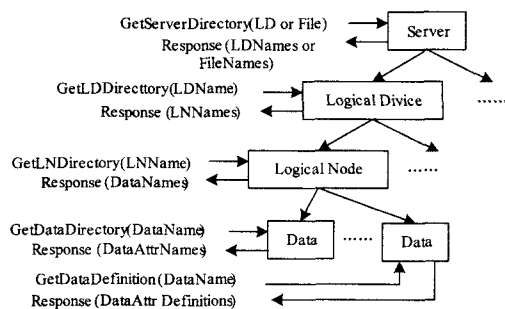


图 1 IEC 61850 中的典型数据模型和典型服务

Fig.1 Typical data model and typical service in IEC 61850

这是一个非常清晰的树状结构，对任何数据的访问不再需要像 IEC 60870 那样事先约定、逐个“对点”，而是按照“服务器→逻辑设备→逻辑节点→数据→数据属性”的顺序逐级分解，顺藤摸瓜，结构清晰、路径简洁。图 1 的左侧是对变电站模型访问所采取的服务，通过 GetServerDirectory 收集每个数据对象中有多少逻辑设备和文件名，通过 GetLDDirectory 收集每个逻辑设备中有多少个逻辑节点名，通过 GetLNDirectory 收集每个逻辑节点中有多少个数据对象名，通过 GetDataDirectory 收集每个数据对象中有多少个数据对象属性名，通过 GetDataDefinition 服务分别读取全部或一个数据对象属性定义，通过这样的服务，建立起完整的分层数据库模型^[5]。

虽然 IEC 61850 中只定义了 88 个兼容逻辑节点，但用户完全可根据需要扩充并定义新的逻辑节点，不过扩充必须按照 IEC 61850 中规定的逻辑节点类的基本语义和句法，进行标准化建模。由此可见，IEC 61850 是一个可以不断改进、不断扩充、不断完善的标准，这也是 IEC 61850 的生命力所在。

上述分层数据库模型对各个制造厂的设备用同一种方法进行访问，这种功能方法可用于重构配置，很容易获得新加入的设备名称^[5]，为变电站的改造、扩充提供了很大的方便，可以从根本上解决“对点”的问题，大大减少了系统维护的工作量。

3 IEC 61850 支持通信、应用相互独立

除了标准建模之外，IEC 61850 还支持通信和应用相互独立。

电力系统的运行是一个相当复杂的生产过程，各类不同的子系统、子功能对网络实时性、带宽、可靠性的要求各不相同，并且这种不同总是在不断

变化着。IEC 61850 根据电力系统生产的特点，总结出电力系统所必需的信息模型和传输服务，定义了抽象通信服务接口 ACSI(Abstract Communication Service Interface)，它独立于具体的应用层协议，和具体采用的网络类型无关，当需要与具体的网络接口时，只需采用特定的通信服务映射^[6]。

首先是“抽象”，ACSI 仅建模真实设备和真实功能，同时只对设备间信息交换作概念性地定义，并不定义信息传输时的具体报文编码^[3,7]，图 1 中的 ACSI 服务，如 GetServerDirectory，只表明了“获取服务器目录”这一概念，具体应用中该怎么获取，还需根据具体使用的网络类型作特定的映射。

其次是“特定”，模型之间需要交换信息，以获取各自需要的数据，这就需要将“抽象”的通信服务和“具体”的网络相接口。为此，IEC 61850 制定了特定通信服务映射 SCSM(Specific Communication Service Mapping, SCSM)，所谓“特定”，即是将 IEC 61850 中的模型利用“具体”的——“特定”类型的网络和“特定”的网络协议进行通信。

目前的 IEC 61850 版本推荐的主体应用层协议是制造报文规范 MMS (Manufacturing Message Specification)^[8,9]，MMS 是 ISO/IEC 9506 标准所定义的用于工业控制系统的应用层通信协议，通过这一“特定”映射，MMS 即作为 IEC 61850 应用层的协议。

表 1 中列举了典型的 IEC 61850 对象到 MMS 对象的映射。

表 1 典型 IEC 61850 到 MMS 的映射

Tab.1 Typical object mapping from IEC 61850 to MMS

IEC 61850 对象	MMS 对象
服务器	虚拟制造设备
逻辑设备	域对象
逻辑节点和数据	有名变量对象
数据集	有名变量表对象

与之对应，各种信息交换服务也随之映射到 MMS 服务，表 2 中列举了部分典型的 ACSI 服务到 MMS 服务的映射，各种 ACSI 服务都通过 SCSM 映射到具体的服务规范和协议规范，在 IEC 61850-8-1 定义详细的 ACSI 对 MMS 及 ISO/IEC 8802-3 的映射办法，通过这一映射，ACSI 中各种服务都通过具体的通信协议得到实现。

特定通信服务映射为 IEC 61850 带来了足够的开放性，若 ACSI 需要其他的网络类型，只要改变具体的 SCSM 就行了。假如 IEC 61850 需用另一种协议替换目前的 MMS，那只要定义 ACSI 到该协议的

SCSM 即可,并不需改变 IEC 61850 已经定义好的各种数据模型。同理,IEC 61850 若要对模型进行扩充、升级,也不需要改变已采用的通信协议——这大大提高了网络的适应能力,实现了网络的开放。

表 2 典型 ACSI 到 MMS 服务的映射

Tab.2 Typical mapping from ACSI to MMS service

IEC 61850 对象	ACSI 服务	MMS 服务
服务器	GetServerDirectory	GetNameList
逻辑设备	GetLDDirectory	GetNameList
逻辑节点	GetLNDirectory	GetNameList
数据集	GetDataValues	Read
	SetDataValues	Write

4 从变电站的开放性到全电力系统的开放性

IEC 61850 通过标准建模,并支持应用与通信相互独立,实现了变电站自动化系统的高度开放性,为变电站的扩充、改造,为电力系统的数据维护,以及为产品的公平竞争都提供了良好的平台,为数字电网的建设提供了坚实的基础。

IEC TC57 工作组在建立无缝通信系统体系过程中,就强调了整个通信体系以 IEC 61850 为基础,变电站内、变电站到调度中心的接口都使用 IEC 61850,IEC 61970(EMS 应用程序接口)在制定过程中都需和 IEC 61850 的数据模型协调^[5,10],保证从 SCADA 数据库到过程对象的统一建模,实现全系统的开放性。

只有全系统的模型都是开放的、标准的,电力系统才可能是开放的,按这样的思路建立数字化变电站、数字电网才有意义!

5 结语

IEC 61850 是一个新兴的国际标准,与中国电力市场的接口还处于起步阶段,虽然国内国际许多著名厂商已经推出了基于 IEC 61850 的变电站自动化系统,例如国电南瑞科技股份有限公司的 NS3000 系统、南京新宁光电自动化有限公司的 X7000 系统、南京南瑞继保电气有限公司的 PCS9700 系统,国调中心主持的互操作性实验也已顺利进行^[11],但 IEC 61850 本身各种模型的细化、细化后的统一还在进一步磨合过程中,就最核心的应用层协议 MMS 来说,IEC 61850 对 MMS 的 SCSM 还存在一定的矛盾^[12],还需要寻找更多的解决办法。

但总之,IEC 61850 其本身从构造思路就具备了充分的开放性,为变电站自动化系统的构建提供了一条新颖的变革思路,为电力系统提供了新的

发展方向。在 IEC 61850 的普及过程中,我们应充分重视标准化建设的重要性,充分发挥标准化生产的潜力。

参考文献

- [1] 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- IEC 61850[J]. Power System Technology, 2001, 25(9):8-15.
- [2] IEC 61850-1. Communication Networks and Systems in Substations Part 1: Introduction and Overview[S].
- [3] IEC 61850-7-2. Communication Networks and Systems in Substations Part 7-2: Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment-Abstract Communication Service Interfaces[S].
- [4] IEC 61850-7-4. 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].
- [5] 谭文恕.电力系统无缝通信系统体系[J]. 电力自动化设备, 2001, 21(11): 1-4.
TAN Wen-shu. Seamless Communication Architecture in Power System[J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21(11): 1-4.
- [6] 谭文恕.远动信息的网络访问[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(1): 51-52.
TAN Wen-shu. Network Access for Telecontrol Information[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(1): 51-52.
- [7] 杨桂松,等. IEC61850 网关中典型抽象通信服务接口对象模型与 MMS 之间的映射方法[J]. 电网技术, 2007, 31(2): 248-251.
YANG Gui-song, et al.Mapping Method Between Typical Object Model and Service of ACSI and MMS in the Gateway Conforming to IEC 61850[J]. Power System Technology, 2007, 31(2): 248-251.
- [8] ISO 9506-1-2003,Industrial Automation Systems-Manufacturing Message Specification-Part 1: Service Definition[S].
- [9] ISO 9506-2-2003,Industrial Automation Systems-Manufacturing Message Specification-Part 2: Protocol Specification[S].

(下转第 78 页 continued on page 78)

表 2 线路间隔交换机配置表

Tab.2 Line bay switch allocation table

序号	交换机所属间隔	端口	IP 地址
1	主干交换机	16	192.168.0.221
2	110 kV 线路交换机	16	192.168.0.222

表 3 VLAN 静态配置表

Tab.3 VLAN static allocation table

VID	VLAN Name	Forbidden Ports	IGMP
1	ManagementVLAN	None	Off
2	Vlan_110PT	3, 4	Off
101	Vlan_110kV1	4-8	Off
111	Vlan_110GOOSE	2, 3	Off

表 4 交换机端口参数配置表

Tab.4 Switch port parameter allocation table

Port	Type	PVID	PVID Format	GVRP
1	Trunk	1	Untagged	Disabled
2	Trunk	1	Untagged	Disabled
3	Trunk	1	Untagged	Disabled
4	Trunk	1	Untagged	Disabled
5	Trunk	1	Untagged	Disabled
6	Trunk	1	Untagged	Disabled
7	Trunk	1	Untagged	Disabled
8	Trunk	1	Tagged	Disabled

3 结论

本文通过对 VLAN 技术的说明以及数字化变

电站系统和站内智能电子设备 IED 通信及相关的系统要求,系统地论述了 VLAN 技术在数字化变电站中的应用情况。经过数字化变电站实际运行,采用 IEC61850-9-2 规约和 VLAN 方案配置,具有光纤连线简洁,便于实现跨间隔保护,安装方式灵活,运行维护简单,其通信可靠性,简单性、安全性、数据完整性以及其他性能要求均完全符合 IEC61850 的要求。

参考文献

[1] IEC61850-5, 功能的通信要求和装置模型[S].
IEC61850-5,Communication Requirements for Functions and Device Models[S].
[2] IEC61850-9-2:2004, 变电站通信网络和系统第9-2部分:特定通信服务映射(SCSM)映射到ISO/IEC8802-3的采样值[S].
IEC61850-9-2:2004, Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Sampled Values over ISO/IEC 8802-3[S].
[3] IEEE802.1Q, VLAN信息规范[S].
IEEE 802.1Q,VLAN Message Specification[S].
[4] 张沛超.变电站通信网络和系统协议 IEC61850 的研究[Z].
ZHANG Pei-chao. Substation Communication Network and System Study of IEC61850[Z].

收稿日期: 2009-08-03; 修回日期: 2009-09-16

作者简介:

牛占平 (1963-), 男, 长期从事电力自动化产品的研究和开发工作. E-mail:nzping@sina.com

(上接第 65 页 continued from page 65)

[10] IEC 61970,Energy Management System Application Program Interface[S].
[11] 操丰梅, 任雁铭, 王照,等. 变电站自动化系统互操作实验建议[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(3):86-89.
CAO Feng-mei, REN Yan-ming, WANG Zhao, et al. Advices on Interoperability Test of Substation Automation System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(3): 86-89.
[12] 何卫, 缪文贵, 朱颂怡,等. IEC 61850 模型与 MMS 映射的矛盾及其解决建议[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(23):97-100.

HE Wei, MIU Wen-gui, ZHU Song-yi, et al. Contradiction in the Mapping of IEC 61850 and MMS and Its Solutions[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(23):97-100.

收稿日期: 2008-08-03; 修回日期: 2009-01-09

作者简介:

徐清超 (1980-), 男, 硕士, 研究方向是电力系统稳定及自动控制, 主要从事电力系统继电保护、电力系统通信和变电站自动化、数字化变电站、智能电网等方面的工程设计与研究工作. E-mail: xutsch@sina.com