

基于 IEC 61850 标准的远动保信一体化平台开发与实践

贾德顺¹, 张勇², 邹国惠², 刘行健²

(1. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 210061; 2. 广东电网公司珠海供电局, 广东 珠海 519001)

摘要: 给出了变电站自动化系统和调度 SCADA 系统间信息交换的要求和目标。在对目标进行分解的基础上, 按照模型、图形、数据三部分设计了一个基于 IEC 61850 具体的通信方案。基于此方案, 开发了兼容国际标准的变电站与调度间远动保信一体化平台。通过理论计算和现场检测验证了该方案的可行性和实用性, 为实现二次一体化提供了一个符合目前技术条件较好的解决方案。

关键词: 远动协议; 保护信息子站; IEC61850

Development and practice of the telecontrol & relay integration platform based on IEC 61850

JIA De-shun¹, ZHANG Yong², ZOU Guo-hui², LIU Xing-jian²

(1. NARI Technology Co., Ltd., Nanjing 210061, China; 2. Guangdong Grid Company Zhuhai Power Supply Bureau, Zhuhai 519001, China)

Abstract: This paper firstly describes the requirement and target of transmitting information between substation automation system and SCADA dispatching system. After analyzing the target separately, a specified communication scheme is designed in three parts which are module, graphic and data complied with the IEC 61850 standard. An integrated platform supports both substation and SCADA system which is compatible with the international standard is developed based on this solution. In the end, the capability and the usability are approved by theoretical calculating and site applying. As a conclusion, a better solution that realizing the secondary integration technic compatible with the current technology condition is provided.

Key words: telecontrol protocol; relay information system; IEC 61850

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)18-0116-06

0 引言

近年来, 电力系统自动化技术发展很快, 这种变化体现在两个方面: 一方面新技术层出不穷, 如各种输变电设备在线监测、智能组件、电子互感器等; 另一方面原有的各种技术更新换代明显加快, 如变电站自动化系统从数字化变电站到智能化变电站, 调度自动化系统从EMS到WAMS、动态预警、负荷预测、发电计划、安全校核系统, 数据可视化等。随着这些技术发展带来的变化之一就是数据种类的增多, 数据量的增大, 为适应这一变化, IEC TC57委员会在变电站自动化系统和调度EMS系统分别发展了IEC 61850和IEC 61970标准, 较好地解决了各自系统内部的数据管理工作^[1]。

目前调度自动化系统, 特别是地区级的调度自动化系统, 直接面对的是数量可观的各等级变电站, 在系统建模、图形展示、数据获取上仍旧采取的是

原有的方式, 调度自动化系统未充分利用变电站自动化系统已有的模型、图形、数据, 给调度自动化维护人员造成了相当大的负担。

为此, 国内外的电力科技工作者对 IEC 61850 和 IEC 61970 的融合进行了较多的研究, 也取得了一些研究成果^[2-6]。本文结合相关项目研究成果, 试图对这一技术进行梳理, 给出一个充分兼容当前标准下的较可行的解决方案。

1 变电站和调度信息交换概述

1.1 变电站信息类型的分解和分布

变电站是输电网的能量汇总交换的节点, 是电网公司的核心资产和生产资料, 变电站是由大量的一次设备和二次设备按一定的结构组合而成的, 变电站自动化系统是变电站全部信息的采集处理装置, 包含的基本信息如下。

1) 图形: 变电站一次接线图、二次网络图、

间隔图、光字牌、GOOSE 图等。

2) 模型: 变电站一次设备模型、变电站二次设备模型, 一次二次设备关联模型。

3) 数据: 稳态数据、暂态数据、动态数据。

变电站内的上述三类信息, 按目前现有标准, 图形和模型信息只在站内使用, 调度无法实现复用, 数据信息分别由远动、保护信息子站、PMU 合并器采集处理后通过不同通信通道上送调度自动化系统。

1.2 调度信息类型的分解和分布

调度自动化系统是电网公司生产指挥的重要工具, 是电网运行安全的重要保障, 包括 EMS 系统, WAMS 系统, 保护信息管理系统等, 其需要的基本信息如下。

1) 图形: 电网接线图、变电站接线图。

2) 模型: 所有变电站一次设备模型、一次设备编号、一次设备参数、所有变电站二次设备模型、二次设备定值。

3) 数据: 全网稳态数据、全网暂态数据、全网动态数据。

调度自动化所需的上述三类信息, 图形和模型信息由调度自动化系统根据基建或技改部门提供图纸进行手工输入, 数据信息由变电站侧对应的装置通过不同的通信通道上送, 按相应的通信协议解析后自动录入系统。

1.3 信息交换目标

建立一体化的电网运行智能系统, 构建全网的数据中心, 实现各子系统内部的数据共享是当前电力自动化的发展方向。变电站自动化系统应成为调度自动化系统各种信息的源头, 而不仅仅是数据的提供者, 概括来说, 就是要实现图形共享、模型共享、数据共享, 实现信息的源端维护功能。

目前, 在省调和地调自动化系统之间已能基本实现上述目标, 但省调和地调自动化系统的模型和协议都是基于同一标准 IEC 61970, 而变电站自动化系统的模型和协议是基于 IEC 61850 标准, 且变电站数量众多, 在信息的共享和传输上要考虑其特点, 下面就分模型、图形、通信三个部分研究具体方案。

2 模型的共享

2.1 模型分析

由于 IEC 61850 SCD 模型和 IEC 61970 CIM 模型的差异^[7], 模型共享的核心问题就是建立 IEC

61850 SCD 模型和 IEC 61970 CIM 模型的映射及对图形共享和数据共享的影响。文献[1]采取的是由变电站负责转换为 CIM 模型, 这种方式实际等同于第三方根据 SCD 模型给变电站远动机和调度自动化系统提供各自相应的能接受的模型数据。若将模型转换功能放在调度侧, 不仅对模型共享无影响, 并且图形共享和数据共享也可以在调度侧统一转换, 不用在传输时考虑这两种模型的转换关系, 同时, 这种方式也避免了不同变电站集成商转换 CIM 的映射不一致时, 反而造成调度解析 CIM 模型的困难。

2.2 模型扩展

由于 IEC 61850 是在一个变电站内的通信标准, 当使用 IEC 61850 作为调度和变电站间的通信协议时, 不同变电站间有可能出现相同名称的 IED 情况, 虽然不同变电站代理服务器的网络地址不同, 但为了充分利用 IEC 61850 模型面向对象的特点, 对 IEC 61850 模型稍作扩展, 就能增加系统通讯报文的冗余度, 提高通讯的安全性^[8]。

将 IEC 61850 的基本信息模型 LOGICAL-DEVICE 类的属性 ObjectName 和 ObjectReference 由 LDName 扩充定义为 SubStationName:LDName, 其中 SubStationName 由 SCD 文件的 SubStation 的 name 属性定义。当使用 IEC 61850 8-1 MMS 作为通信协议时, 由于 ObjectName 和 ObjectReference 是报文的一部分, 这样对于遥控, 修改定值等操作可避免由于系统配置原因造成的误出口, 充分保护了电力系统的运行安全^[9-10]。图 1 为 LDName 扩展后的基本信息模型。

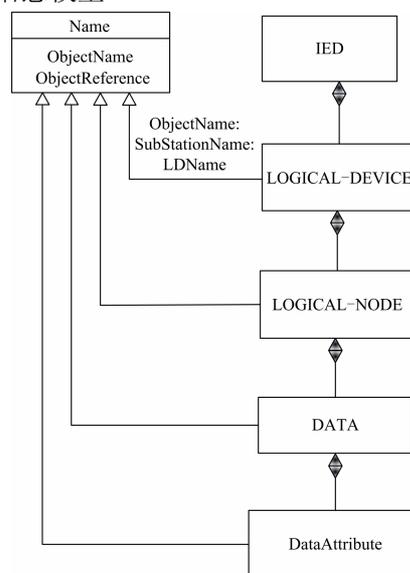


图 1 LDName 扩展后的基本信息模型

Fig. 1 Basic information model of extended LDName

2.3 转发文件

不同的调度主站需要的信息范围不同，若不加以调整，直接将 IEC 61850 用作远动协议，变电站端所有的信号都会传输到调度系统，即不需要也增大了通道和调度系统的负荷。通过设计了一种符合 IEC 61850 标准的调度子集文件，实现调度转发信息的离线配置，调度系统和变电站自动化系统从调度子集文件获取新的数据集，可大大降低通信负荷率。调度子集文件实际是 SCD 文件的一个子集，格式完全和 IEC 61850-6 定义的 SCL 文件模型相同，但去除了 Substation, LN 等部分，调度子集文件结构如图 2。

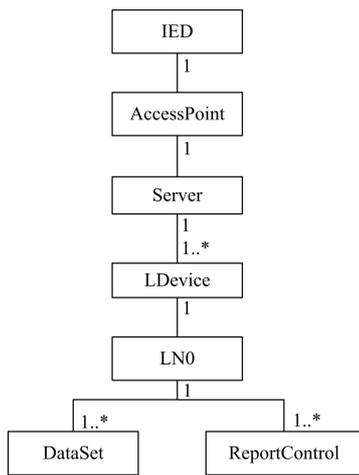


图 2 调度子集文件基本结构

Fig. 2 Basic structure of dispatch sub-set file3

3 图形的共享

3.1 基础分析

目前，变电站自动化系统在建设时都要完成主接线图、间隔图、五防图、二次设备图、GOOSE 图、SV 图、光字牌图等大量图形，并且在调试阶段对每个画面的每个信号都进行了核对，具有很高的可靠性。调度自动化系统由于面对众多的变电站，若要完成上述这些图形，将是非常巨大的工作量，一般在调度自动化系统的 SCADA 机上只实现了主接线图，部分重要的间隔图。如能将变电站自动化系统这些图形上传至调度 SCADA 系统，不仅减轻了调度维护人员画图的工作量，更重要的是保证了图形中关联的信号正确性，提高了工程质量。

SVG 是 W3C 组织开发的矢量图形描述语言，IEC 61970 协议集以 SVG 为基础发布了公共图形交互标准，较好地满足了电力系统对图形交换的需要，成为了电力系统图形交换事实上的标准。

3.2 实现

IEC 61970 标准公共图形交互标准中图形对象关联的是 CIM 对象，即 rdf: id 对象，由于变电站端的信息模型是基于 IEC 61850 标准，需要将图形对象关联至 SCD 对象，也就是 ObjectReference，变电站自动化系统将关联至 IEC 61850 对象的 SVG 文件通过本文第 4 部分描述的文件传输功能提供给主站实现图形共享。

4 数据的共享

4.1 基础分析

变电站和调度间交互的信息包括模型、图形、数据三类，由于模型和图形都属于静态数据，以文件的形式进行传输即可，所以选择通讯协议的关键就是其是否能较好地契合数据交互的需要，IEC 61850 ACSI 服务就是基于 IEC 61850 SCD 模型构建的，所以，使用 IEC 61850 作为通讯协议契合度最高。能传输所有符合 IEC 61850 通讯服务的信息，如远动、保护、录波、日志、取代等，将来 IEC 61850 标准扩展的服务本方案也能支持，在变电站和调度间通信时将不存在任何信息损失和不一致。

4.2 实现方法

1) 多代理方式的 IEC 61850 8-1 MMS 协议通讯

IEC 61850 代理服务器仿真代理 N+1 台 IED 装置（只仿真 IED 下通信访问点 AccessPoint 为 S1 的所有 LOGICAL-DEVICE，对 GOOSE 和 SV 不仿真），调度主站只需对代理服务器进行关联，然后调度主站和装置 IED 间就完全采用 IEC 61850 定义通信服务进行通信，即图 3 中的虚拟连接^[11-12]。

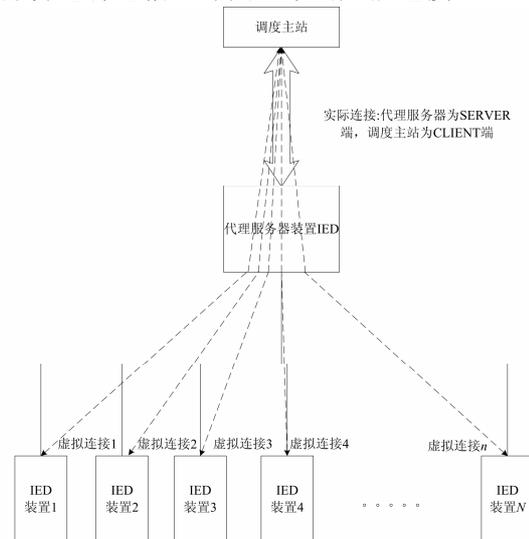


图 3 多代理通信方式

Fig. 3 Multi-Agent communication mode

2) 实时/非实时通道

实时/非实时通道, 将 IEC 61850 通讯接口分成实时通道和非实时通道, 远动/保护事件从实时通道传送, 配置文件/保护定值/录播文件从非实时通道传送, 具体信息类型根据国网或南网的 IEC 61850 规范定义的报告控制块名称区分。

3) 模型文件在线更新

当变电站侧维护的模型文件、图形文件、调度子集文件更新后, 通过相关信号通知主站, 主站读取文件并解析成功后, 双方再以新的文件为基础进行通信。具体实现过程如图 4。

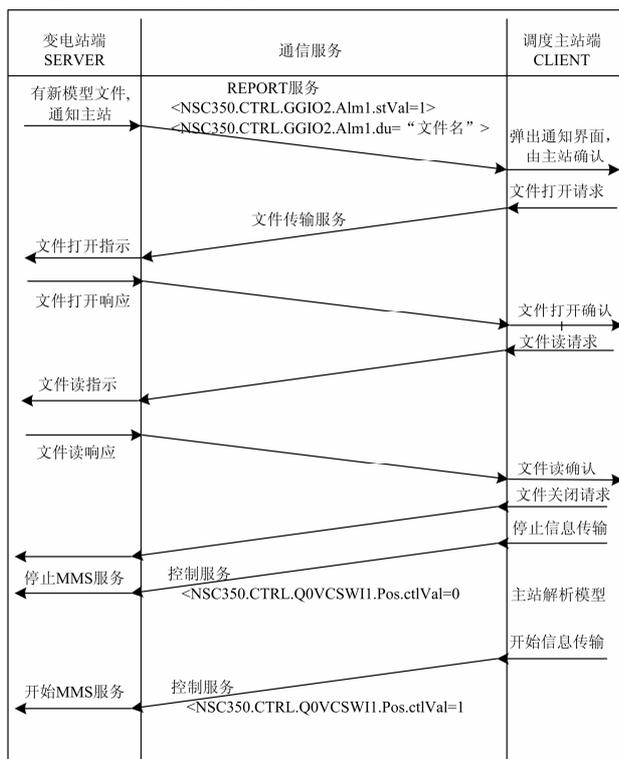


图 4 模型文件在线更新

Fig. 4 Online update of model file

4.3 网络流量计算

网络流量是本方案能否适用的关键, 由于本方案分实时/非实时通道, 大数据量的文件信息都由非实时通道上送, 所以只需考虑实时通道的网络流量。实时通道数据上送时间必须符合相关标准, IEC 61850 的所有状态信息都是以 Report 服务上送, 其他服务占用带宽很小, 首先通过理论计算 Report 服务带宽确定当前调度数据网是否能满足需求。

第一步需要计算单个 REPORT 报告服务的报文长度, 根据数据集 FCDA 数据属性和上送 FCDA 数据个数的不同, 每帧报文长度不同, 为了给出定量的报文长度, 将 REPORT 报告服务的报文分为固

定长度和可变长度两部分: 固定长度共计 143 个字节: 以太网前导码 8 字节, 链路层 MAC 报头 14 字节, 网络层 IP 报头 20 字节, 传输层(TCP 报头 32 字节+TPKT 报头 4 字节+TP0 报头 3 字节), 会话层报头 COSP 协议 4 字节, 表示层报头 COPP 协议 7 字节, 应用层 MMS 报头(unconfiredPDU 报头 6 字节+RPT 服务报头 7 字节), IEC61850 报告服务公共部分 RptID+OptFds+SeqNum+DatSet+Inclusion)38 字节(不同厂家这部分内容可能不一样, 但字节数不会增长太多)。可变长度: 每个 YX 量(DataValue 数据(含 value 数据值, q 品质, t 时间)20 字节+ReasonCode 传送原因 4 字节)共 24 个字节; 每个 YC 量(DataValue 数据值 7 字节+ReasonCode 传送原因 4 字节)共 11 个字节。

IEC61850 网络流量计算如下: 设 N 为装置数, Y 为需上送遥测数, Z 为需上送遥信数。计算变化遥测数据带宽如下: $(143+Y \times 11) \times N$, 取装置数 N 为 150, 需上送遥测数 Y 为 10, 计算可得 37 950 字节, 约为 400 kbit/s; 计算变化遥信数据带宽为: $(143+Z \times 24) \times N$, 考虑变电站发生事故时, 有大量信息需要上送, 设有 10 台装置同时需要上送信息, 每台装置有 30 条信号要上送, 计算可得 17 260 字节, 约为 200 kbit/s; 计算全数据上送数据带宽为: $(143+Y \times 11)+(143+Z \times 24)$, 当全数据上送周期到时, 设 Y 为 30, Z 为 100, 计算可得 3 016 字节, 约为 30 kbit/s。另外采取将各台 IED 装置的上送周期错开几秒, 不在同一时刻上送, 全数据上送对带宽的影响可以忽略。

通过计算, 可以看到通道瓶颈出现在站端同时有多台装置需要上送大量变位的时候, 这时所需带宽约为 600 kbit/s, 约占调度数据网带宽 2 048 kbit/s 的 1/3。

5 实践

我们基于该方案开发了 IEC 61850 代理服务器, 并在某一规模较大的 220 kV 变电站进行了测试和试运行, 验证了该方案能满足变电站与调度系统间信息传输的需要。

5.1 系统结构 (图 5)

该站一次设备共有 2 台主变, 220 kV 双母接线, 间隔 10 个, 20 kV 共 4 段母线, 间隔 50 个, 二次设备 IED 装置 150 台, SCD 文件超过 50 M, 测点超 4 万个, 通过调度子集文件选取后测点 4500 点。

5.2 配置过程

IEC 61850 代理服务器的配置过程如图 6 所示。

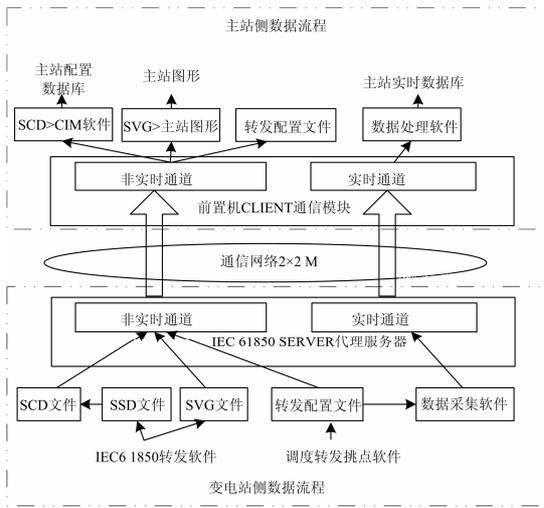


图 5 系统总体结构

Fig. 5 System overall structure



图 6 系统配置过程

Fig. 6 System configuration process

5.3 实践分析

实时通道网络流量，调度 SCADA 前置机负荷率实测如表 1。

表 1 实测结果

Table 1 Real test data of two modes

算法	稳态运行		单线路 跳闸瞬 时流量	母线跳 闸瞬 时流量
	1 min 平均流量	最大流量		
网络流量	400 k	430 k	700 k	1 030 k
前置机负荷率	4%	4%	6%	8%

6 结语

基于本方案开发的 IEC 61850 代理服务器，充

分利用了变电站资源，减轻了调度自动化信息录入和校对的工作量，从技术上降低了由于录入错误带来的风险，并且实现了传统方式无法实现的功能，如间隔图、GOOSE 图、变电站网络结构图在调度自动化系统显示，下一步通过对更多厂站的接入，积累运行经验后，值得推广。

参考文献

[1] 刑佳磊, 杨洪耕, 陈文波. 智能电网框架下的开放式电网模型管理系统[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 227-232.
XING Jia-lei, YANG Hong-geng, CHEN Wen-bo. Model design of electric system state estimation based on CIM[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(21): 227-232.

[2] 陈爱林, 乐全明, 冯军, 等. 代理服务器在智能变电站和调度主站无缝通信中的应用[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(20): 99-102.
CHEN Ai-lin, YUE Quan-ming, FENG Jun, et al. Application of IEC 61850 proxy server in seamless communication between smart substation and control center[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(20): 99-102.

[3] 张勇, 贾德顺, 邹国惠. XML数据库在IEC61850装置实时数据库中的应用[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(20): 132-135.
ZHANG Yong, JIA De-shun, ZOU Guo-hui. Application of XML database in real-time database for IEC 61850 devices[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(20): 132-135.

[4] HUGHES J. Harmonization of IEC 61970, 61968, and 61850 models[R]. Electric Power Research Institute (EPRI), 2006.

[5] BECKER D. Harmonizing the international electrotechnical commission common information model (CIM) and 61850[R]. Electric Power Research Institute (EPRI), 2010.

[6] CHOI J, JANG H, KIM S. Integration method analysis between IEC61850 and IEC61970 for substation automation system[C] // Proceedings of the 2009 Transmission & Distribution Conference & Exposition Asia and Pacific, Seoul, Korea, October 26-30, 2009.

[7] 高志远, 姚建国, 曹阳. 公共信息模型和 IEC 61850

- 模型协调方案评析[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(16): 9-16.
- GAO Zhi-yuan, YAO Jian-guo, CAO Yang. A survey of coordination scheme between CIM and IEC61850 model[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(16): 9-16.
- [8] 祁忠, 笃竣, 张志学, 等. IEC61850 SCL配置工具的研究与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(7): 76-81.
- QI Zhong, DU Jun, ZHANG Zhi-xue, et al. Research and implementation of IEC61850 SCL configuration tool[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(7): 76-81.
- [9] 徐永晋, 张乐, 叶申锐. IEC61850报告控制块和日志控制块的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(18): 139-141.
- XU Yong-jin, ZHANG Le, YE Shen-rui. Research of RCB and LCB of IEC61850 standard[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(18): 139-141.
- [10] 张冉, 任春梅, 贺春. IEC61850报告控制模型及应用问题讨论[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(6): 93-97.
- ZHANG Ran, REN Chun-mei, HE Chun. IEC61850 report model and its application problems discussion[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(6): 93-97.
- [11] 王文龙. IEC 61850 标准作为变电站远动出站远动协议的可行性分析[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(17): 109-112.
- WANG Wen-long. Feasibility analysis of IEC 61850 used as substation telecontrol protocol[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(17): 109-112.
- [12] 笃竣, 祁忠. 基于 IEC 61850 的变电站新型远动网关机[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(2): 112-115.
- DU Jun, QI Zhong. New communication proxy server of substation based on IEC 61850[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(2): 112-115.

收稿日期: 2013-12-09; 修回日期: 2013-02-18

作者简介:

贾德顺(1974-), 男, 通信作者, 工程师, 主要研究方向为变电站自动化系统; E-mail: jiadeshun@sgepri.sgcc.com.cn

张勇(1971-), 男, 工程师, 主要研究方向为调度自动化系统;

邹国惠(1965-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为调度自动化系统。