DOI：10.7500/AEPS201212027

二次一体化框架下变电站站控层体系架构探讨

王文龙[1]，胡 荣[2]，张喜铭[2]，林 青[1]，胡绍谦[1]，汤震宇[1]
（1. 南京南瑞继保电气有限公司，江苏省南京市 211102；2. 中国南方电网电力调度控制中心，广东省广州市 510623）

摘要：在二次一体化及无人值班的前提下，探讨了重新审视变电站站控层体系架构的必要性，提出了以智能远动机为核心、用监控终端代替当地后台、消除信息孤岛、变电站数据统一出口的站控层体系架构，论述了智能远动机和监控终端的功能定位以及相互间的关系，对变电站和主站之间的数据模型图形转换技术、变电站出站协议、订阅发布与源端维护、高级应用在智能远动机的实现等关键技术进行了讨论。

关键词：二次一体化；智能远动机；监控终端；IEC 61850

0 引言

目前，南方电网正在进行二次一体化的建设，旨在信息融合和综合利用的基础上实现电力二次各专业应用的贯通，为此主站需要建设全景数据中心，整合各专业数据，在全景数据中心的基础上消除信息孤岛，充分利用综合数据，发挥各专业的潜能和优势，并尽可能地进行专业融合，节省重复建设的费用，更有效地利用资源。作为电网的数据源，数据和模型的传输将成为变电站端的核心任务，为此，变电站需要建立数据中心，在 IEC 61850 的基础上统一数据采集，统一数据模型，统一数据存储，统一数据出口。目前的变电站没有数据中心，数据的处理与远传按专业进行划分，存在信息孤岛，变电站站控层的体系架构已经不能适应二次一体化的建设与发展，需要重新审视。本文研究了以智能远动机为核心，用监控终端代替当地后台，消除信息孤岛，统一数据采集，统一出口的站控层体系架构。文献[1-2]也对智能远动机的相关技术进行了讨论。

1 重新讨论变电站站控层体系架构的必要性

1.1 重新定位远动功能的必要性

在二次一体化的框架下，主站端和变电站端间的数据中心需要建立上下贯通关系，远动设备需要支持变电站端 IEC 61850 和主站端 IEC 61970 之间的模型转换[3]，能够建立变电站图形和模型之间的关联，支持源端维护和订阅发布[1]，远动协议需要能够无缝传输变电站的数据模型以及各个专业的综合数据[2]。目前的远动设备基本不具备这些功能，这已经阻碍了二次一体化的发展，其功能定位需要重新划分。

1.2 重新定位后台功能的必要性

随着技术的发展，无人值班已经成为变电站的发展趋势，目前 220 kV 及以下电压等级的变电站基本都实现了无人值班，部分地区 500 kV 变电站也实现了无人值班。在无人值班的前提下，变电站作为电网数据的采集源头，将以数据和模型的传输为主，为集控中心、主站提供监视、控制、决策的数据，并执行集控中心、主站的命令及控制策略，远动装置的功能将得到加强，当地后台的功能将逐步弱化。当变电站维护操作人员工作时，需要后台为其提供技术支持手段；当变电站无人工作时，当地后台则基本不需要，也没有必要在线运行。但是目前变电站配置强大的后台，配置浪费，有必要对后台的功能定位重新讨论。

1.3 变电站站控层体系架构的技术基础

IEC 61850 在变电站的应用已经基本成熟，变电站内部已经建立了完备的一次设备、二次设备、一次设备和二次设备之间关系的模型，通过 IEC 61850 协议也可统一采集各个专业数据，在统一模型、统一采集的基础上，站内可以建立统一的数据中心，从而为数据的统一出口提供了技术基础。

鉴于上述原因，在二次一体化的框架下，重新审视变电站站控层设备的体系架构，讨论远动和后台的功能定位，以适应变电站无人值班的发展趋势有其必要性。

收稿日期：2012-12-04；修回日期：2013-05-08。
南方电网公司重点科技项目(K-ZB2011-011)。

2　变电站站控层体系架构分析

2.1　目前变电站自动化系统的体系架构

目前的变电站分为常规变电站和智能变电站，常规变电站在架构上由站控层、间隔层以及站控层和间隔层之间的通信网络构成；智能变电站的架构则为三层两网，分别为站控层、间隔层、过程层，以及站控层与间隔层之间的制造报文规范(MMS)网，间隔层与过程层之间的通用面向对象变电站事件/采样值(GOOSE/SV)网。

站控层一般包括监控后台、远动设备、保护信息管理系统子站、电量采集装置、在线监测系统综合处理单元、相量测量单元(PMU)集中器、视频系统后台。站控层设备按照专业划分，分别处理各自业务，是变电站数据的采集、集中、处理以及数据的对外交互层。鉴于站控层设备按照专业划分，形成信息孤岛，变电站内部没有利用整个变电站的综合数据为各个专业高级应用服务，对外数据远传也按专业来划分，没有通过统一的通道进行综合数据的传输。

2.2　二次一体化框架下变电站站控层的体系架构

二次一体化框架下变电站的架构与以前的变电站相同，只是站控层的体系架构发生了变化。在二次一体化的框架下，站控层在逻辑上由智能远动模块、监视中心、控制中心、数据中心、管理中心构成[4]；在物理上则由智能远动机、管理中心构成，如图1所示。

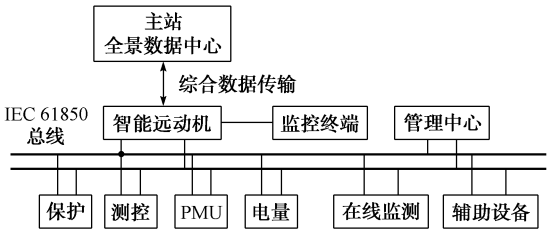

图1　二次一体化框架下的站控层体系架构

Fig. 1　Architecture of substation control layer for secondary integration framework

智能远动机具备智能远动模块、数据中心、监视中心、控制中心的功能，智能远动机负责站内各专业数据的综合采集、统一建模与存储、数据统一远传以及变电站的监视和控制[1]。

管理中心主要完成对厂站日常运行的管理，统计运行数据，提供设备检修辅助决策等功能，主要包括厂站模型维护、用户权限管理、资料管理、运行日志、操作票管理、工作票管理、运行值班管理等功能模块。

智能远动机和管理中心之间通过站内的数据总线交换数据。

2.3　智能远动机和监控终端间的关系

智能远动机包括智能远动模块、数据中心、监视中心、控制中心的相关功能，3个中心的通信、运算、存储、高级应用等核心功能可由智能远动机来实现，3个中心的界面展示、告警、人机交互则由监控终端来实现，监控终端是智能远动机的人机接口，主要用于无人值班站的运行维护管理，不需要在线运行。

3　监控终端的功能定位

无人值班变电站的主要功能是数据的远传，当地监控功能会逐步弱化，监控终端就是适应了这种趋势，提供了一种简单的监控手段为运行维护人员服务。

监控终端使用智能远动机的历史数据库实现历史信息、图形、组态配置信息的存储，因而监控终端不需要在线运行，任何电脑只要安装了监控终端的软件，即可即插即用。

监控终端使用智能远动机的实时数据库，其核心运算功能也由智能远动机执行，监控终端的主要功能包括接线图和告警信息的展示、监控终端和智能远动机的配置、程序化操作和电压无功自动控制(VQC)等高级应用的配置，以及必要的调试功能。

4　智能远动机的功能定位

4.1　智能远动机的功能

1)智能远动机具有智能远动模块、数据中心、监视中心、控制中心的功能，智能远动机配置监控终端完成图形、告警展示以及相关配置功能。

2)智能远动机支持变电站端数据的综合采集功能，及数据统一建模与统一存储的功能。

3)智能远动机支持变电站端数据统一远方交换功能，实现厂站端数据的统一出口。

4)智能远动机支持主站和变电站间的模型/图形转换、数据订阅发布、源端维护功能。

5)智能远动机须采用直采直送的原则，直接从间隔层装置采集信息，智能远动机和管理中心之间的数据交换通过站控层数据总线来完成。

4.2　智能远动机的配置原则

在35 kV及以上电压等级变电站应冗余配置2台智能远动机；在35 kV以下电压等级变电站可配置1台智能远动机。

5　智能远动机的关键技术

5.1　数据模型图形

目前，变电站一般采用IEC 61850模型，主站一

般采用 IEC 61970 的公共信息模型(CIM)[5]。由于采用的模型不同,导致的模型问题是通过智能远动机实现二次一体化上下贯通的一个核心问题。

IEC 61850 详细描述了站内电网结构的模型、一次设备的模型、二次设备的模型、一次和二次设备的关联关系,全面完整地建立了变电站的数据模型[6]。

CIM 主要描述了电网结构,基本没有涉及继电保护、录波、在线监测等二次设备的模型[7],主站 CIM 不够完备,需要扩展以支持变电站的全景模型。鉴于主站和变电站的数据模型存在较大的差异,在互通上需要进行转换,数据模型是主站变电站间数据贯通的一个基础性问题。文献[8]提到 TC 57 也在进行相关研究工作。

目前,主站和变电站的图形一般都采用可缩放矢量图形(SVG)的标准,在工程实施时,主站、变电站、不同调度都需要建立图元和模型之间的关联,工作重复,费事费力,可以考虑在变电站端统一建立 IEC 61850 模型、CIM 及 SVG 信息点之间的关联,提供给不同调度使用,减少重复劳动。

5.2 变电站的出站协议

二次一体化上下贯通的另外一个主要问题是传输协议的问题:目前变电站与主站之间的远动协议一般为 IEC 60870-5-101/104,由于 IEC 60870-5-101/104 制定得较早,传输的内容单一,只能传输远动信息,不能传输保护、录波、电量、在线监测等综合数据;只能传输数据,不能传输变电站的数据模型,并且变电站出站通道按照专业来划分,不同的专业占用不同的通道,采用不同的协议。因此,需要研究能够传输综合数据的远动协议,首先可以考虑采用 IEC 61850 出站,这样可以把模型和数据推进到主站的前置,很方便地实现订阅发布与源端维护,文献[2,9]进行了这方面的探讨。还有一种思路就是在 IEC 60870-5-104 的基础上扩展 IEC 60870-5-103,使用 IEC 60870-5-103 的通用服务解决综合数据传输的问题,利用文件服务传输变电站的模型到主站,南方电网制定了相关的标准,正在进行实验工作。

5.3 源端维护与订阅发布

智能远动机另外一个重要的任务是解决源端维护与订阅发布的问题,基本的解决思路是建立变电站数据模型、远动协议信息点、主站数据模型之间的关系文件,通过此文件实现变电站端的源端维护以及主站端的订阅发布,减少重复劳动。

5.4 高级应用

站控层以智能远动机为中心以后,智能远动机需要支持站端的基本的高级应用,主要包括程序化操作、VQC、五防逻辑、智能告警。

1)程序化操作

目前变电站程序化操作的功能基本限制在站内,主站进行程序化操作的较少,究其原因主要是因为程序化操作的方案没有形成标准,远动协议也不支持程序化操作相关信息的上送。以智能远动机为程序化操作服务器,采用集中控制的方式,可以比较简单地实现程序化操作,但是必须扩展 IEC 104 协议以能承载操作票的信息,传输操作的过程信息和人为干预的命令。

2)VQC

基于二次一体化架构,当地后台将慢慢弱化,所以 VQC 功能也将在智能远动机中实现。通过智能远动机的综合数据采集,可以采集到变电站内各母线电压和站内无功功率,根据预先在智能远动机中设置的控制策略,通过变压器分接头的调节和电容器投切来实现变电站 VQC 功能。

3)五防逻辑

变电站设备的远程控制已经成为智能电网发展的趋势,特别是远程对一次设备的操作需要安全可靠的管理手段和防误策略。因此,智能远动机中五防判别逻辑也是必不可少的应用,通过智能远动机中五防模块对每一步调度遥控命令进行判别,并在出错时能给出准确的出错原因同时闭锁遥控模块。

智能远动机需要能对告警信息进行分类分级,并提供给监控终端和主站使用。

5.5 建设智能远动机面临的问题

由于变电站端一般采用 IEC 61850 标准进行建模,而调度端则采用 IEC 61970 标准进行建模。智能远动机为了实现上下贯通和源端维护相关功能,需要对模型进行转换,所以需要解决模型转换时互操作兼容问题,例如变电站端不同设备供应商转换出来的模型主站端系统是否都能兼容转换后的模型数据。除此之外,主站系统还有部分扩展或者私有数据无法获取,需要进行配置。

智能远动机整合了变电站端多个专业的数据,如监控信息、保护信息、计量电量和同步相量测量数据等,在目前常规变电站中这几类数据的采集装置为独立的物理设备,分别由不同专业的人员进行维护,而智能远动机采用一个物理设备采集时,要求维护管理上作相应调整,进行一体化管理[10]。

6 结语

在进行二次一体化建设以及变电站无人值班的发展趋势下,在变电站构建以智能远动机为中心的站控层体系架构有其必要性,目前南方电网已经制定了相关的技术规范,组织了产品的测试,并在试点站进行了技术验证。目前,相关产品已经在广州110 kV尖峰变电站投入运行,运行结果良好。

参 考 文 献

[1] 周华锋,李鹏,吴小辰.二次一体化框架下智能远动机建设初步方案[J].南方电网技术,2012,6(3):69-72.
ZHOU Huafeng, LI Peng, WU Xiaochen. A preliminary design of smart communication device for the integration of power secondary systems[J]. Southern Power System Technology, 2012, 6(3): 69-72.

[2] 王文龙.IEC 61850标准作为变电站出站远动协议的可行性[J].电力系统自动化,2012,36(17):11-16.
WANG Wenlong. A study on feasibility of IEC 61850 used as the telecontrol protocol of substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(17): 11-16.

[3] 姜彩玉,叶锋,许文庆,等.IEC 61850的变电站模型与IEC 61970主站模型转换[J].电网技术,2006,30(增刊2):209-213.
JIANG Caiyu, YE Feng, XU Wenqing, et al. Convertion between IEC 61850-based substation model and IEC 61970-based control center model[J]. Power System Technology, 2006, 30(Supplement 2): 209-213.

[4] 周邺飞,徐石明.智能变电站数据中心初探[J].电力系统自动化,2011,35(18):57-60.
ZHOU Yefei, XU Shiming. A preliminary investigation on data center in smart substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(18): 57-60.

[5] 洪宸,吴文传,张伯明,等.基于IEC 61970标准的实时数据库原型系统[J].电力系统自动化,2009,33(14): 51-55.
HONG Cheng, WU Wenchuan, ZHANG Boming, et al. A prototype of an IEC 61970 based real-time database[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(14): 51-55.

[6] 王文龙,李友军,胡绍谦.基于IEC 61850的变电站自动化系统发展趋势[C]// 2009年中国电机工程学会年会,2009年11月25-27日,天津,中国.

[7] 王丽华,江涛,盛晓红,等.基于IEC 61850标准的保护功能建模分析[J].电力系统自动化,2007,31(2): 55-59.
WANG Lihua, JIANG Tao, SHENG Xiaohong, et al. Analysis on protection function modeling base on IEC 61850 standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(2): 55-59.

[8] 高志远,姚建国,曹阳,等.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(25):9-14.
GAO Zhiyuan, YAO Jianguo, CAO Yang, et al. A survey of coordination scheme between CIM and IEC 61850 mode[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(25):9-14.

[9] 陈爱林,耿明志,张海东,等.智能变电站和主站共享建模的关键技术[J].电力系统自动化,2012,36(9):72-76.
CHEN Ailin, GENG Mingzhi, ZHANG Haidong, et al. Key technologies of model sharing between smart substation and control centre[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(9): 72-76.

[10] 姚建国,严胜,杨胜春,等.中国特色智能调度的实践与展望[J].电力系统自动化,2009,33(17):16-20.
YAO Jianguo, YAN Sheng, YANG Shengchun, et al. Practice and prospects of intelligent dispatch with Chinese characteristics[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 16-20.

王文龙(1973—),男,通信作者,研究员级高级工程师,主要研究方向:变电站自动化与配电网自动化。E-mail: wangwl@nari-relays.com

胡 荣(1979—),男,高级工程师,主要研究方向:电网调度自动化。

张喜铭(1980—),男,高级工程师,主要研究方向:变电站自动化。

(编辑 孔丽蓓)

Substation Control Layer Architecture for Secondary Integration Framework

WANG Wenlong[1], *HU Rong*[2], *ZHANG Ximing*[2], *LIN Qing*[1], *HU Shaoqian*[1], *TANG Zhenyu*[1]

(1. NARI-Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China;
2. Power Dispatching Control Center, China Southern Power Grid, Guangzhou 510623, China)

Abstract: On condition of unmanned system and secondary integration, the necessity of taking a new look at the substation control layer architecture is discussed, and the control layer architecture is put forward. It is proposed that, with the smart gateway device as the core, the monitor terminal should be used to take the place of the local backstage, the isolated information problem be solved and unified remote transmission of all substation business data ensured. The functional orientation and the relation between smart gateway and monitor terminal are presented. And such key technologies as the graph data model conversion between the substation and master station, substation remote transmission protocol, registration and publication, source maintenance, and realization of advanced applications in the smart gateway are also discussed.

This work is supported by a key project from China Southern Power Grid (No. K-ZB2011-011).

Key words: secondary integration; smart gateway; monitor terminal; IEC 61850