

# 数字化变电站在四川省电网的应用

李 杲

(绵阳电业局, 四川 绵阳 621000)

**摘 要:**数字化变电站是指变电站信息采集、传输、处理、输出过程全部数字化,其基本特征为设备智能化、通信网络化、模型和通信协议统一化、运行管理自动化。在变电站自动化领域中,随着智能化电气的发展,特别是智能化开关、光电式互感器等机电一体化设备的出现,变电站自动化技术即将进入数字化新阶段。论述了数字化变电站自动化系统的特征、结构、国内现状。全面介绍作为全川首座 110 kV 数字化变电站—南塔站数字化改造的具体实施方案,为全川开展数字化变电站改造提供必要的基础资料和建设方案。

**关键词:**数字化变电站;电子互感器;综合自动化;61850 规约 南塔变电站

**Abstract:** A digital substation comprises the digitalization of the complete process level from data collection and transfer to data processing and output. Intelligence device, network communication, communication protocol and mode unification characterize a digital substation. With the development of electric intelligence, especially the optical, mechanical and electronic integration equipment such as the development of intelligent switch and optical instrument transformer, substation integrated automation system will enter into a new stage of digitalization. The features, the structure and the current domestic situation of the automation system in digital substation are described. The detailed implementation scheme of digital reconstruction in Nanta Substation is introduced, which is the first digital substation in Sichuan province and can provide the useful experiences and the reference to the renovation of digital substation.

**Key words:** digital substation; electronic instrument transformer; integrated automation system; 61850 regulation; Nanta Substation

中图分类号:TM631 文献标识码:B 文章编号:1003-6954(2008)03-0028-04

变电站自动化技术经过十多年的发展已经达到一定的水平,在中国城乡电网改造与建设中不仅中低压变电站采用了自动化技术实现无人值班,而且在 220 kV 及以上的超高压变电站建设中也大量采用自动化新技术,从而大大提高了电网建设的现代化水平,增强了输配电和电网调度的可能性,降低了变电站建设的总造价,这已经成为不争的事实。然而,技术的发展是没有止境的,随着智能化开关、光电式电流电压互感器、一次运行设备在线状态检测、变电站运行操作培训仿真等技术日趋成熟,以及计算机高速网络在实时系统中的开发应用,势必对已有的变电站自动化技术产生深刻的影响,全数字化的变电站自动化系统已基本成熟。

## 1 数字化变电站自动化系统的特点

数字化变电站是指变电站信息采集、传输、处理、输出过程全部数字化,其基本特征为设备智能化、通信网络化、模型和通信协议统一化、运行管理自动化。数字化变电站的一次设备和二次设备均采用智能设

备,设备间交互的信息均按统一的模型数字化,光纤数字化变电站由于采用光电式 TV、TA,光电转换接口、光纤通信、光电转换新一代算法等先进技术,使变电站综合自动化实现了无二次电缆传输、无浪涌电压、电流、强电磁干扰、雷击干扰、无 TV 开路、TA 短路故障干扰,使变电站各种设备稳定可靠运行提高了几个数量级,节省大量铜材、线材、施工费用和维护费用。国内许多电力公司都在跟踪数字化变电站的最新发展,并做了大量实际工作。河南省、浙江省和天津市等电力公司已经开始按 IEC61850 标准进行试点变电站的规划,现已投运的数字化变电站包括:云南曲靖供电局 110 kV 翠峰、江苏无锡 110 kV 园石、山东 110 kV 阳谷、内蒙古 220 kV 杜尔伯特等变电站。四川绵阳 110 kV 南塔站数字化改造已启动,预计 2008 年 6 月投运。数字化变电站已经受到电力企业运营单位的广泛关注。

## 2 数字化变电站供货厂商状况

目前,数字化变电站受到国内很多厂家关注,特

表1 主流厂家数字化变电站状况

	南瑞继保	南瑞科技	新宁光电	北京四方	许继	深圳南瑞
光电互感器	自行生产	不生产	自行生产	不生产	自行生产	不生产
监控系统	自行生产	自行生产	自行生产	自行生产	自行生产	自行生产
保护装置	自行生产, 保护出口厂家推荐保留常规电缆硬接线方式。	自行生产, 保护出口实现网络化, 可实现保护测控合一。	自行生产, 保护出口实现网络化	自行生产, 保护出口实现网络化	自行生产, 保护出口实现网络化	自行生产, 保护出口实现网络化, 保护测控合一, 本体保护下放
合并器	自行生产	自行生产	自行生产	自行生产	自行生产	自行生产
就地智能单元	自行生产	自行生产	自行生产	自行生产	自行生产	自行生产
通信协议	IEC61850	IEC61850	IEC61850	IEC61850	IEC61850	IEC61850
运行业绩	有整站运行业绩	有整站运行业绩	有整站运行业绩, 110 kV 线路保护在川内无运行业绩, 在四川广元有 110 kV 电子 TV 挂网运行, 运行业绩较好	无整站运行业绩, 有间隔改造运行业绩	有整站运行业绩, 110 kV 线路保护在川内无运行业绩	无整站运行业绩, 有间隔改造运行业绩

别是各大变电二次厂家均不同程度研发生产, 如南瑞继报、南京新宁光电公司、许继电气等能够生产数字化变电站系列成套设备, 包括电子互感器、合并器、测控装置、保护装置等。此外国内主流变电二次厂家如南瑞科技、深圳南瑞、北京四方等厂家均已成功生产除电子互感器外其他数字化配套设备各继电保护主流厂家数字化变电站技术状况见表 1。

### 3 南塔 110 kV 变电站数字化改造方案

随着国内继电保护及监控系统主流厂家基于 61850 规约的数字化设备成熟和定型, 标志这中国电力系统数字化时代已经起步, 同时数字化变电站不断发展, 在设计、建设、运行、维护和管理等各方面已积累很多丰富经验, 在川内建设数字化变电站条件已基本成熟。经过反复调研和论证, 四川省电力公司确定绵阳电业局 110 kV 南塔站作为全川首个数字化变电站试点。南塔变电站为绵阳城区重要负荷供电, 对供电可靠性和供电质量要求严格。通过利用先进的数

字化技术, 将大大提高变电站综合自动化水平以及设备运行可靠性。

#### 3.1 南塔 110 kV 变电站现状

110 kV 南塔变电站位于绵阳市南部, 平均负荷在 40 MVA 以上, 该站始建于 1980 年, 110 kV 为单母线分段接线方式, 现有 110 kV 变压器 2 台, 容量 2×31.5 MVA、110 kV 进线两回; 10 kV 单母线分段接线方式、出线 23 回、电容器 2 组; 35kV 单母线分段接线方式, 出线 4 回, 其中包括 2 回绵阳热电厂南热 I、II 回上网线路, 热电厂装机为 2×15 MW(由于需要提供城市供热, 一般出力在 12 MW 左右)。

#### 3.2 南塔 110 kV 变电站数字化改造基本内容

数字化改造的主要内容包括: 更换全站电流、电压互感器为电子式互感器; 更换部分一次开关设备, 以适应数字化变电站要求; 更换全站二次设备为数字化二次设备, 包括保护、监控、微机五防、计度表计等。

新建主控继电器室和蓄电池室 1 个, 数字化二次设备全部布置在新建主控继电器室内。

##### 3.2.1 监控系统

原变电站监控系统采用山大 ES60 RTU, 不能满足数字化变电站的要求, 需拆除。新增适用于数字化变电站的微机监控系统一套。新增监控系统是基于 IEC-61850 协议的分层分散式监控系统。

IEC 61850 协议是国际电工委员会 TC57 工作组制定的《变电站通信网络和系统》系列标准, 是基于网络通信平台的变电站自动化系统的国际标准, 其主要特点为: 信息分层; 面向对象的数据对象统一建模; 数据的自描述; 抽象通信服务接口 ACSI。

IEC 61850 协议将整站分为三层: 站控层、间隔层和过程层。

站控层设备包括监控主机、远动工作站等。其主要功能是为变电站提供运行、管理、工程配置的界面, 并记录变电站内的相关信息, 同时可将站内信息转换为远动和集控设备所能接受的协议规范, 实现监控中心远方控制。站控层设备建立在 IEC 61850 协议规范基础上, 具有面向对象的统一数据建模。与站外接口的设备如远动装置等能将站内 IEC 61850 协议转换成相对应规约格式。所有站控层设备均采用百兆工业以太网, 按照 IEC61850 通信规范进行系统建模并进行信息传输。

间隔层设备主要包括保护装置、测控装置等二次设备。要求所有信息上传均能够按照 IEC61850 协议建模并具有支持智能一次设备的通信接口功能。

过程层设备包括光电电流电压互感器、智能一次设备或一次设备的智能单元、合并器。

监控系统还包括如下辅助功能: 规约转换(对不符合 IEC 61850 协议的设备进行规约转换)、对时功能。

对于过程层 61850 通讯规约主要分为 61850-9-1 和 61850-9-2 两种, 61850-9-1 标准采用串行点对点模式, 每个间隔可以传输最多 12 路采集量数字信号; 61850-9-2 标准则规定采用交换机组网方式, 可以传输多于 12 路采集量数字信号。对于点对点模式, 间隔层设备采用点对点与相应合并器连接, 光缆附设量大, 但投资较少, 适用于中小规模变电站; 对于网络模式, 网络结构清晰, 光缆附设量较小, 网络自环可靠性较高, 但由于现全球仅一家能够生产满足 61850 规约交换机, 交换机费用昂贵, 总体投资较高。通过投资效益综合分析, 南塔站采用基于 61850-9-1

1 串行点对点模式。

### 3.2.2 继电保护保护配置

110 kV 系统配置主变保护、线路保护及备自投装置, 以上保护装置除具备常规保护功能外, 还具有满足数字化要求的功能, 包括: 接收合并器数字信号(数字化的电流、电压信号)的光纤数字接口, 与智能一次设备或一次设备智能单元的光纤数字接口, 与监控后台通信的采用 IEC 61850 协议的以太网口。

35、10 kV 保护测控装置采用微机型保护测控合一装置, 安装于就地开关柜, 同时具有满足数字化要求的功能, 包括: 接收 35、10 kV 电子式电流、电压互感器(模拟量输出, 不经光电转换)小模拟量输出的接口, 一次设备智能单元集成在保护测控合一装置内, 通过光纤数字接口与监控后台连接。

### 3.2.3 计度

由于数字化改造后, 原接收电流、电压模拟量的电度表不能满足要求, 需全部更换为能够接收数字信号的电流、电压的数字化电度表。数字化电能表的有功精度可以达到 0.2s 级, 现国内主流威盛及新宁光电公司均能够生产数字化电度表并通过国家 CMC 认证, 完全满足计量要求。

### 3.2.4 互感器及合并器配置

110 kV 部分光电式电流互感器按单线圈单采集器配置, 数字信号通过光缆接入合并器, 再由合并器出口供保护、测量、计度用。35、10 kV 电子式电流互感器按单线圈配置, 不经光电转换, 直接小模拟量输出至就地保护测控合一装置。

110 kV 部分合并器按间隔配置, 35、10 kV 合并器集成在就地保护测控合一装置内。

合并器具有以下基本功能:

- 1) 可接收来自多路电子式互感器采集器的采样光信号, 汇总之后按照 IEC61850 规约以光信号形式对外提供采集数据;
- 2) 以光能量形式, 为电子式互感器采集器提供工作电源;
- 3) 接收来自站级或继电保护装置的同步光信号, 实现采集器间的采样同步功能;
- 4) 可以接收传统互感器的模拟信号, 进行 A/D 转换。

### 3.2.5 一次设备智能单元

由于目前一次设备厂家提供智能一次设备的技术还不够成熟,此工程采用传统一次设备+就地智能单元的方式实现一次设备的智能化、数字化。110 kV及主变就地智能单元安装于就地端子箱内,35、10 kV智能单元集成在就地保护测控合一装置内。

智能终端具有以下基本功能:

1)通过过程总线接口给间隔层设备提供电气信息,接收间隔层设备的跳合闸等控制命令;

2)各断路器的智能终端输入开关位置、低气压、刀闸位置等状态量,输出跳合闸命令,含操作回路;

3)本体智能终端输入非电量、中性点刀闸位置、档位等信号,输出档位控制、中性点刀闸控制和风扇控制等接点。

### 3.3 南塔站数字化改造特点

#### 3.3.1 监控系统结构

变电站监控系统采用数字化变电站特有的过程层、间隔层、站控层三层网络体系结构。过程层和间隔层设备之间采用变电站国际通用的 IEC61850-9-1 标准通信规约,间隔层和站控层间采用 IEC61850-8 标准通信规约,系统层间采用双光纤以太网通信,各设备间采用光纤进行连接。间隔层通过过程层总线获取过程层设备 GOOSE 信息实现数字化变电站所独有的过程层的设备控制互锁及互操作功能。

#### 3.3.2 信息全程数字化

监控系统实现变电站信息采集、数据传输、操作控制、异常告警、远程维护以及各智能设备之间的功能交互等均全程数字化处理、信息共享,提高信息使用效率。

#### 3.3.3 智能化运行管理

由于监控系统采用 IEC61850 作为站内唯一通信协议,协议体系本身是面向对象,自描述的,原来传统基于测点的通信方式所不能或不便传送的保护细节及设备状态信息现在都可以直接完整的传送到站控层,便于进行更准确、更智能的继电保护分析,由于站控层可以实时得到详细的设备状态信息,使得原来的一次设备“定期检修”可以转换到“状态检修”,提高供电可靠性。

#### 3.3.4 网络化间隔层智能操作及闭锁

操作闭锁:基于间隔层的测控装置,利用本间隔

操作的逻辑闭锁功能以及间隔之间的数字化状态信息交互,并根据变电站现场运行的要求,在间隔层通过运行实时状态分析及逻辑判断,开放或闭锁间隔层设备的操作,实现变电站完整的五防操作逻辑闭锁功能。

智能操作:以测控装置为主体,利用间隔之间的状态信息交互,使间隔内的运行状态切换操作做到一键完成,不需要多级信息交互,实施间隔程序化操作,操作快速,可靠性突出,为今后程序化操作奠定基础。

## 4 结语

综上所述,数字化变电站技术在国内已基本成熟,目前已有部分变电站进行了试点,效果明显,特点突出。随着数字化变电站不断发展,在设计、建设、运行、维护和管理等各方面已积累很多丰富经验为此可以断言,数字化变电站将成为今后电力系统发展必然趋势,随着南塔站数字化改造工作完成将有力推进全川数字化变电站进程,为 2008 年启动 220 kV 数字化变电站改造打下良好基础。

## 参考文献

- [1] 黄益庄 编著. 变电站综合自动化技术[J]. 北京:中国电力出版社,2000.
- [2] IEC870-5-103. Telecontrol Equipment and Systems Companion Standard for the Informative Interface of Protection Equipment. 1997.
- [3] IEC61850 (Committee Draft). Communication Networks and Systems in Substations. 1999.
- [4] 杨奇逊. 变电站综合自动化发展趋势[J]. 中国电机工程学报,1996,16(3):145-146.2.
- [5] 孙莹. 集中式无人值班变电站微机监控系统[J]. 电力系统自动化,1997,21(3):64-66.3.
- [6] 谈苏伟. 变电站操作控制中心的一种模式[J]. 电力系统自动化,1997,21(4):55-57.
- [7] 任雁铭,秦立军,杨奇逊. 变电站自动化系统中内部通信网的研究[J]. 电网技术 2000,24(5)2.
- [8] 任雁铭,秦立军,杨奇逊. IEC61850 通信协议体系介绍和分析. 电力系统自动化,2000,24(8)3.

(收稿日期:2008-03-10)