

唐山郭家屯 220 kV 数字化变电站建设及应用

钱玉春¹, 袁敬中², 赵琳³, 任雁铭⁴

(1. 唐山供电公司, 河北省唐山市 063000; 2. 华北电网有限公司, 北京市 100053;
3. 北京国电华北电力工程有限公司, 北京市 100120; 4. 北京四方继保自动化股份有限公司, 北京市 100085)

摘要: 介绍了唐山郭家屯 220 kV 数字化变电站工程, 着重分析了该工程的技术特点和实施方案, 指出其主要技术创新点, 包括: 220 kV 线路、变压器测控保护一体化; 以分散录波方式解决数字化变电站集中录波的难题; 在数字化变电站应用程序化控制; 简化开关内部二次回路; 以网络化方式实现变压器非电量保护功能; 过程层设备实现开关场就地安装。

关键词: 数字化变电站; IEC 61850; 测控保护一体化; 分散录波; 开关场就地安装

中图分类号: TM764

0 引言

数字化变电站技术^[1-2]可以解决许多常规变电站难以解决的问题, 其中比较突出的是: 互操作问题、传统电磁式互感器带来的问题、二次回路复杂、控制电缆引起的电磁干扰、一次设备智能化、继电保护状态检修等。因此, 数字化变电站技术目前在国内外发展很快, 很多地区都在积极试点^[3]。

唐山郭家屯 220 kV 数字化变电站工程是华北电网有限公司的重点科技项目, 其建设原则是: 变电站的数字化是确保电网安全、可靠、经济运行的技术手段, 而不是目的; 数字化不能牺牲电网原有的安全性、可靠性和经济性。本文对郭家屯 220 kV 数字化变电站工程的技术方案和主要技术特点进行了分析比较, 讨论了数字化变电站技术对解决变电站现有问题的作用和意义。

1 郭家屯数字化变电站的主要技术特点

1.1 完全意义上的 220 kV 数字化变电站

数字化变电站与常规变电站的差异主要体现在以下 4 个方面: 电子式互感器的使用; 智能操作箱的使用; 以光纤通信取代电缆硬连接; 过程层设备就地安装。当前国内各地进行的数字化试点项目往往是对上述 4 个方面做局部探索, 不是全面实施, 因此不是完全意义上的数字化变电站项目。

郭家屯工程全面采用电子式互感器和网络跳闸技术, 采用光纤通信技术全面取代了开关场到保护小室以及保护屏间的电缆硬连接, 电能量计量采用数字化电能表, 将过程层的智能操作箱和合并单元

通过户外柜就地下放至开关场。因此, 郭家屯工程是国内第一个完全意义上的 220 kV 数字化变电站, 其技术要求和难度也都是国内目前最高的。

1.2 在 220 kV 实现测控保护一体化

对于 35 kV 及以下电压等级的低压装置, 国内普遍采用测控保护一体化设计。但对于 110 kV 及以上电压等级, 一般采用保护和测控功能分装置设计的思路, 这是基于安全可靠和技术分工的考虑。但测控保护一体化可以简化设计、减少环节、提高系统可靠性, 因此测控保护一体化设计是大趋势。

目前, 国内一些地区试用了 110 kV 线路测控保护一体化装置, 但在 220 kV 电压等级的装置中, 还基本没有尝试测控保护一体化。郭家屯工程在高电压等级的测控保护一体化装置设计和工程应用方面进行了积极探索, 在全站的 110 kV/220 kV 线路、变压器间隔采用测控保护一体化装置, 成为国内首个在 220 kV 电压等级实现测控保护一体化的变电站。

应用过程中也遇到了新的技术问题。由于 220 kV 保护双套配置, 而双套保护都有测控功能, 对于监控和远动系统而言, 相当于有 2 个测量信息源。而现有变电站测控装置都是单套配置, 不会出现双测控数据源问题。针对这种情况, 在后台监控和远动系统中采用了新的算法对双数据源的数据进行处理, 获得了比现有单测控数据源更可靠的效果。

1.3 以分散录波方式解决了数字化变电站集中录波技术难题

在常规变电站中, 一般采用集中录波装置实现录波功能。在数字化变电站中, 模拟信号的采集由电子式互感器完成, 并以光纤通信方式将采样值

(SV)传输给间隔层装置;状态量以通用面向对象变电站事件(GOOSE)通信方式传输。从理论上讲,可以使用数字化集中录波装置,数字化录波器只要通过网络接口将 SV 和 GOOSE 信息接入即可。但在实际工程中,由于 SV 网络流量非常大,1 台集中式数字化录波器从网络带宽、CPU 处理速度等各方面很难满足要求。如果配备多台数字化录波装置来分担处理任务,又会增加成本。因此,在数字化变电站中录波是一个比较难以解决的技术问题^[4]。

郭家屯工程另辟蹊径,在国内首次以分散录波方式解决了集中式数字录波的困难。具体而言,由设于测控保护一体化装置内的录波插件将各自的 SV 和 GOOSE 信息记录下来,以 COMTRADE 格式向外提供,各间隔间数据的整合、分析功能由位于变电站层的保护信息管理系统来实现。

1.4 在数字化变电站条件下实现顺控

顺控是指顺序控制,也叫程序化操作^[5],是指按照预先设定好的操作步骤由系统自动进行操作,以缩短倒闸操作时间、简化操作、减轻值班人员劳动强度。近年来,苏州、无锡等地在一批传统变电站工程中进行了顺控实践,取得了比较好的效果。但在数字化变电站中如何实施顺控功能,还没有工程实践。

郭家屯工程是国内首个实现全站顺控的数字化变电站。由于数字化保护取消了控制电缆,以通信方式传送保护信息,所以可以将保护的开入量插件取消,将所有功能压板改成软压板,只在智能操作箱保留出口跳合闸压板。取消硬压板将给顺控操作带来非常大的便利。在操作过程中,压板的操作一般会占到整个操作步骤的 1/3 以上,而软压板的操作可以由监控系统在很短的时间内自动完成,这也为实现全站顺控打下了基础。但是由于在 220 kV 线路、变压器保护双套配置中产生了双测控信息的问题,增加了实现的难度。该工程在数字化变电站和双测控源条件下,成功实现了顺控功能。

1.5 对开关内部二次回路进行改造

由于目前国内还没有能够提供数字接口的智能化开关,开关设备的智能化仍然需要通过过程层智能终端等二次设备来辗转实现。国内目前进行的数字化变电站项目,一般都没有对开关内部二次回路进行改造,与智能终端整合度较低。

郭家屯工程对开关内部二次回路进行整合,开关仅提供跳合闸接口、闭锁接点、开关辅助接点及其他检测开关量或模拟量输出,由智能终端实现开关跳合闸闭锁、防止跳跃、强制跳闸、就地操作等功能。

这样做可以提高二次回路的集成化,减少接线,提高可靠性。

1.6 网络化方式实现的变压器非电量保护

在国内的数字化工程中,变压器非电量保护基本上都采用传统方式。郭家屯工程中变压器非电量保护由变压器间隔的过程层智能单元实现,通过过程层网络跳闸,首次实现了以就地安装、网络化跳闸为特征的数字化变压器非电量保护。

1.7 过程层设备实现分散就地布置

在国内的数字化工程中,合并单元一般安装在室内,智能操作箱则室内、室外 2 种布置方式都有。实际上合并单元是电子式互感器的智能化部分,智能操作箱是断路器的智能化部分。在郭家屯工程中,采用户外柜将合并单元、智能操作箱就地布置在开关场,最大程度简化二次回路设计。合并单元在户外柜中就地安装,需要解决温度控制问题。为此,在户外柜内采取了温控措施,使柜内温度满足合并单元工作需要。这是国内首次将合并单元分散户外安装。

2 郭家屯数字化变电站的网络架构

按照 IEC 61850 标准,数字化变电站从网络通信角度可分为站控层、间隔层和过程层。本工程采用站控层网络和过程层网络 2 层网络架构,分别由站控层网络交换机和过程层网络交换机实现。站控层网络属于数据非实时传输的网络,过程层网络属于数据实时传输的网络,这 2 层网络在物理上分开。如图 1 所示,220 kV 部分是一个双重化保护配置间隔的网络架构,图中 A、B 组设备构成完全独立的 2 套系统。

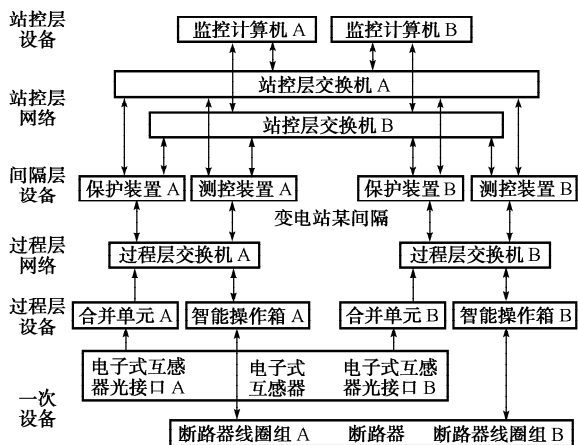


图 1 网络架构示意图
Fig. 1 Network architecture

2.1 站控层网络

实现间隔层设备(如保护装置)与站控层设备(如监控计算机)之间的通信,间隔与间隔之间的非实时通信也在站控层网络实现,例如利用 GOOSE 报文实现五防闭锁。站控层网络采用 100 Mbit/s 以太网,双网模式。

2.2 过程层网络

实现间隔层设备与一次设备辅助装置(如合并单元、智能操作箱)之间的通信以及保护装置之间的逻辑信号闭锁与配合,传输 SV 和 GOOSE 信息。过程层网络采用 100 Mbit/s 光纤以太网,单网模式。220 kV 双套保护使用物理上相互独立的过程层交换机。过程层网络交换机与站控层网络交换机在物理上分开。

过程层网络交换机配置采取面向间隔的配置策略。每个间隔都配置交换机,SV 和 GOOSE 信息物理上共用交换机,但通过虚拟局域网(VLAN)划分,在逻辑上分开。这种配置策略的优点是间隔检修方便,与集中式配置策略相比,交换机数量多,成本高。

2.3 网络监视

使用简单网络管理协议(SNMP),监控系统对全站所有以太网交换机的工作状态进行实时监视,包括通断状态、网络流量等信息。变电站运行人员可以通过通信状态画面和告警窗口,实时了解掌握各交换机以及相关端口的运行状况。

3 郭家屯数字化变电站的工程实现方案

3.1 站控层设备

如图 2 所示,站控层是一个综合性的监控及信息传输平台,将常规变电站中各自独立的监控、远动、防误闭锁、保护信息管理、电能量远传、安防监视及火灾报警系统进行有机组合,达到信息共享目的。

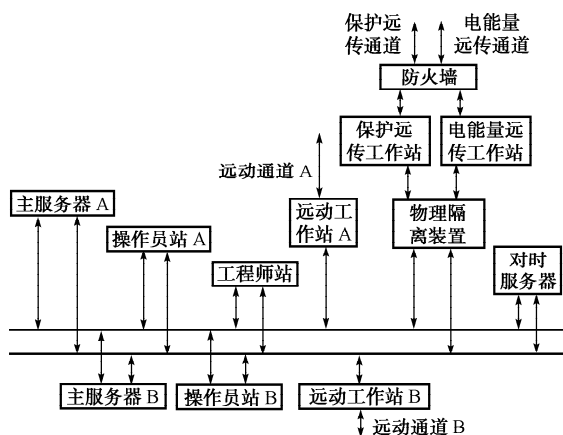


图 2 站控层各装置配置示意图

Fig. 2 Configuration of devices on station level

站控层各系统在功能方面与常规变电站一致,但实现方式不同。常规方式下,防误闭锁系统、保护信息管理系统、电能量远传系统均由单独的硬件构成。在郭家屯工程中实现了各系统的集成,强化主服务器的功能,除了远动功能保持直采直送外,其他各系统功能均由主服务器完成信息的收集、计算、存储,不再单独配置硬件设备。这样既可以充分利用主服务器的计算能力,又可以减少各系统间的接口配合,提高系统可靠性。操作员站只调用主服务器处理后的数据。充分考虑信息安全问题,设置网络物理隔离装置及网络防火墙,经专用网络向相关部门传送保护及电能量数据。

3.2 间隔层设备

间隔层设备的保护装置的硬件配置与常规保护装置有很大区别,取消了模拟插件、开入/开出插件、保护硬压板,增加了网络通信接口插件,直接以光纤连接方式与过程层设备通信。保护屏上除电源连线外,常规端子被通信线缆取代。

计量装置实现了数字化接口改造,对下采用光纤接口与交换机连接取得 SV 数据,对上采用光纤接口接入站控层网络传送电能量信息。

间隔层设备之间的逻辑配合以及与过程层智能操作箱的配合均通过过程层网络以 GOOSE 通信方式实现,并对 GOOSE 通信状况进行实时监视,代替传统电缆硬连接方式,简化了二次回路,提高了可靠性。

3.3 过程层设备

过程层设备主要包括电子式互感器和开关,开关通过智能操作箱进行智能化改造。智能操作箱对上采用光纤通信接入过程层网络,与间隔层设备间按照 GOOSE 报文实现开关/刀闸控制和状态上送等功能。智能操作箱由于要就地安装,对其电磁兼容和运行环境的适应性都提出了比较高的要求。

3.4 保护参数测试

在郭家屯数字化变电站工程中,提出了自动闭环测试方案^[6]。测试设备接入过程层网络交换机将保护装置的参数读出,并生成 SV 测试数据进行测试,将保护动作及智能操作箱出口继电器动作信息以 GOOSE 报文形式接收来判断保护动作行为,整个过程均在测试仪控制下自动完成,这样就完成了整个保护的自动闭环测试过程。这种试验方式可大大减轻现场人员的工作量,并提高调试质量。但由于目前测试仪厂家对 IEC 61850 标准研究不够,缺乏互操作经验,测试仪无法通过 IEC 61850 通信服务从保护装置自动读取保护定值等有关参数,在该

工程中没有完全实现保护功能的自动闭环测试。本工程实践了新型数字化测试仪的工程实用,如图 3 所示。

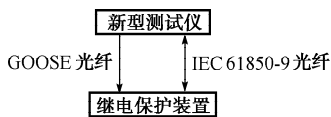


图 3 基于新型继电保护测试仪的测试方案
Fig. 3 Testing approach based on novel relay testing set

新型继电保护测试仪通过通信网络与被测保护装置相连,测试仪模拟故障情况,产生故障电流、电压信号,以 SV 方式传送给被测装置,通过 GOOSE 接收装置发送的跳合闸信息,将一次开关状态发布给装置。由于以数字方式取代传统测试仪的模拟/数字信号,新型测试仪不需要有功率放大器等组件,更加便携。使用新型继电保护测试仪需要测试人员了解 GOOSE,SV 报文格式和通信参数的含义。随着测试仪厂家的技术进步,保护功能自动闭环测试将能够实现。

3.5 工程调试

郭家屯数字化变电站工程采取了厂家集中联调方式进行场内调试,将各厂家的二次设备集中到一个公司,按照现场调试的要求进行联调。编制了详细的调试大纲,先后进行了单装置、系统调试和实时数字仿真(RTDS)系统动模 3 个阶段的调试。调试期间,先后使用了数字化测试仪、传统测试仪器加数字接口以及基于 RTDS 的数字动模仿真等多种测试手段和工具对产品和系统进行测试,积累了数字化变电站产品和系统调试经验。针对调试中出现的问题,进行了分析和整改。

参考文献

[1] IEC 61850 Communication networks and systems in

substations. 2005.

[2] 辛耀中,王永福,任雁铭. 中国 IEC 61850 研发及互操作试验情况综述. 电力系统自动化,2007,31(12):1-6.
XIN Yaoshong, WANG Yongfu, REN Yanming. Survey on research, development and interoperability test of IEC 61850 in China. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(12): 1-6.

[3] 孙一民,李延新,黎强. 分阶段实现数字化变电站系统的工程方案. 电力系统自动化,2007,31(5):90-93.
SUN Yimin, LI Yanxin, LI Qiang. A grading solution for building digital station. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(5): 90-93.

[4] 杨永标,丁孝华,黄国方,等. 基于 IEC 61850 的数字化故障录波器的研制. 电力系统自动化,2008,32(13):58-61.
YANG Yongbiao, DING Xiaohua, HUANG Guofang, et al. Development of a digital fault recorder based on IEC 61850. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(13): 58-61.

[5] 王文龙,胡绍谦,汤震宇. 程序化操作在变电站中实现的几个关键问题. 电力系统自动化,2008,32(22):66-68.
WANG Wenlong, HU Shaoqian, TANG Zhenyu. Some key issues in implementing sequence control in substation automation system. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(22): 66-68.

[6] GAL S, BALASIU F, FAGARASAN T, et al. Experience on substation automation system field test// Proceedings of the 2008 CIGRE Session, August 24-30, 2008, Paris, France.

钱玉春(1974—),男,高级工程师,主要研究方向:电力系统继电保护及信息管理。

袁敬中(1966—),男,高级工程师,主要研究方向:电网建设、变电站自动化系统。

赵琳(1963—),女,高级工程师,主要研究方向:发电厂变电站的控制保护。

任雁铭(1972—),男,通信作者,博士,教授级高级工程师,英国 IET 特许工程师,IEC TC57 WG10 成员,主要研究方向:变电站自动化。E-mail: yanming@sf-auto.com

The Practice of Digital Substation Automation System in Tangshan Guojiatun 220 kV Project

QIAN Yuchun¹, YUAN Jingzhong², ZHAO Lin³, REN Yanming⁴

(1. Tangshan Power Supply Company, Tangshan 063000, China;

2. North China Grid Company Co. Ltd., Beijing 100053, China;

3. North China Power Engineering (Beijing) Co. Ltd., Beijing 100120, China;

4. Beijing Sifang Automation Co. Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: A typical digital substation, Tangshan Guojiatun 220 kV Project, is introduced. The main technical features and implementation scheme of the project are analyzed, including the function of protection, measurement and control integrated into 220 kV transmission line and transformer protection relays, distributed disturbance data recording, the program sequence control in digital substation, simplify the secondary circuit, the no-electrical protection for transformer implemented based on generic object oriented substation event (GOOSE), the distribute installment of the process level devices on the switchyard.

Key words: digital substation; IEC 61850; protection measurement and control integrated; distributed disturbance data recording; installment on switchyard