

数字化变电站设计、运行中面临的问题

葛遗莉¹,葛 慧²,鲁大勇³

(1. 广东省电力设计研究院,广东 广州 510600;2. 国电南京自动化股份有限公司,
江苏 南京 210003;3. 濮阳供电公司,河南 濮阳 457000)

摘要: 数字化变电站要求一次设备智能化、二次设备网络化,其构建的关键在于采用遵循 IEC61850 规约的智能电子设备。现阶段数字化变电站存在不足:电子式互感器(全光互感器)在工程应用上存在线圈配置、供电影响、运行寿命等方面的问题;数据同步采集中存在任一互感器同步丢失将导致此间隔采样数据失效,造成此间隔的相关保护装置退出的问题;老站的按间隔逐步改造中存在数字化保护和传统保护兼容的问题。提出数字化变电站的信息共享不应仅限于变电站内部,而应被整个电网所共享。讨论了工程设计中的新问题:设计院和系统集成商的分工;一次和二次设计人员的分工;系统设计性能的验证;使用 GOOSE 后,设计、施工、调试、维护检修管理需求变化;智能一次设备的检测、标校、计量;信息安全。

关键词: 数字化变电站; 智能一次设备; 电子式互感器; IEC61850; 智能变电站

中图分类号: TM 63;TM 732

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2010)12-0113-04

数字化变电站是实现数字化电网的基础,数字化变电站试点工作正在全国各地变电站建设中广泛开展。随着数字化变电站的建设,一方面使电力设计人员掌握了关键技术,积累了丰富经验,另一方面也让电力企业认识到现阶段数字化变电站存在的不足和缺憾。只有在实践中不断积累经验,不断改进和完善相关设计人员的设计,把自动化、保护、调度和通信等多个专业综合起来,才能最终实现数字化电网的战略目标^[1-3]。

1 数字化变电站基本特征

现阶段的变电站中,二次设备已经全面实现了数字化,传统的一、二次设备正朝着智能化、数字化方向发展^[4]。因此,现在的数字化变电站主要是指一次设备智能化,二次设备则往网络化方向发展。

1.1 一次设备智能化

数字化变电站一次设备智能化是所有设备可实现遥信、遥测和遥控;二次设备网络化是通信系统传输的信息更完整、更可靠,通信的实时性有大幅度提高;变电站可实现更多、更复杂的自动化功能,提高自动化运行和管理水平。数字化变电站内智能设备配备了相应监测和自检功能,如智能化开关设备具有自动保护、早期维护和信息传递等功能,在站内综合信息平台能够实时查看各设备的运行、绝缘及寿命信息,实时自检,便于维护,这较传统的设备定期检查和维护在成本和效率上都有不可比拟的优势。数字化变电站信息采集、处理、传输、存储等功能的实现完全基于网络通信技术,各个工作环节可以得

到有效的监控,极大地提高变电站运行的可观性、可控性和自动化水平。

一次设备智能化是在传统的一次设备上增加智能控制模块,具有数据采集、在线监测、故障判断和通信等功能。智能化一次设备主要可分为电子式互感器和智能开关两大类,下面进行具体分析。

数字化变电站在电流、电压的采集环节采用电子式互感器或者全光互感器。随着光纤传感技术、光纤通信技术的飞速发展,光电技术在电力系统中的应用越来越广泛,电子式互感器就是其中之一^[5]。电子式互感器改变了原来信息采样方式,以全数字化的方式输出信息,较传统电磁式互感器有很多优点,如体积小、重量轻,无谐振;没有铁心、无磁饱和、测量范围大、动态范围大、频率响应宽、暂态特性好;采用光电隔离避免了因电压互感器二次短路、电流互感器二次开路造成人身伤亡、失电或设备损坏等事故;互感器的高低电压部分通过光纤连接,没有电气联系,实现了一、二次系统电气上的有效隔离;数字信号通过光纤传输,增强了抗电磁干扰能力,提高了数据的可靠性;具有自检功能,自检功能的增加对设备运行的可靠性,提高使用寿命,减少停机时间,提高经济效益都有很大的帮助。

至于智能开关设备,目前一般不改动开关本体,而采用在端子箱内加装智能单元的方式实现,这种方式结构简单、易于实现;但由于未埋设各种传感器件,应具备的在线监测诊断功能普遍比较薄弱,技术水平尚处于初级阶段。究其原因,智能开关技术多由二次设备生产厂家实现,二次厂家对网络和系统很专业,然而设计智能开关存在对整个开关功能的把握和破坏开关整体绝缘等风险。因此,一次设备智

能化的进程需要一次设备厂家的跟进。

未来,智能开关技术应具备 4 类基本功能。

a. 智能控制功能:最佳开断、定相位分合闸、检同期、顺序控制、联闭锁。

b. 在线监测诊断功能:电流、电压、磁、温度、行程、速度、局放、介损、机械等的监测和状态诊断评估;数字通信功能。

c. 位置信息、其他状态信息、分合闸命令的光纤传输。

d. 电子操控:电力电子取代机械回路,电气闭锁取代机械闭锁。

数字化变电站一次设备智能化是一切工作的基础,只有基础信息丰富,数据准确,实时性提高,提供的信息可以方便地被所有二次设备共享,才能充分发挥数据的利用效率,最大地实现数字化的好处。

1.2 二次设备网络化

变电站中的测控装置、继电保护装置、防误闭锁装置、远动装置、故障录波装置、电压无功控制(VQC)、同期等站内二次设备目前已基本全部实现数字化,但在规约、模块、接口、信息模型的标准化,以及通信全网络化等还需要做大量的工作。

数字化变电站二次设备必须采用以太网网络通信方式,这样就要进行网络化改造,一方面要求接口标准化;另一方面,要求方便其他设备接入,设备只需要接入交换机就可以与网络上所有设备进行信息交换,实现信息共享。数字化变电站中网络是通信的核心,是连接站内各种智能电子设备(IED)的纽带,所有信息都是基于网络来传输。由于大量以太网控制芯片的标准化生产,固化在芯片中的 OSI(Open Systems Interconnection)网络协议,为网络的标准化提供了物质技术基础,所有智能设备嵌入标准网络模块,加上 IEC61850 国际标准,就可以实现信息的全网共享^[6]。

1.2.1 数字化变电站结构

广东省建成的数字化变电站系统一般由变电站

层、间隔层和过程层组成。变电站层设备由带数据库的计算机服务器、操作员工作站、远方通信接口等组成。间隔层设备由每个间隔的控制、保护或监视单元组成。过程层设备典型的有:远方 I/O、智能传感器和执行器。为了实现标准化,所有变电站自动化系统的功能被分为许多子功能逻辑节点(LN)可以常驻在一个设备中,也可以分布在不同设备和不同层内,通过通信联系起来共同实现一个功能。所以,构建一个数字化变电站最重要的是采用遵循 IEC 61850 规约的智能电子设备,这些设备中各个 LN 的组合完成变电站综合自动化的所有功能。

从图 1 可知数字化变电站站控层网络的功能和结构与传统变电站的监控网络基本类似,网络拓扑可采用环形或星形。环形理论上具有较好的安全性,但采用环形拓扑时,应注意 3 点:设备投资、环网协议的兼容性和传输延时与网络风暴的抑制。

数字化变电站过程层网络的基本功能是传输采样值数据(SMV 报文)、一次设备开合状态和控制命令数据(GOOSE 报文),将来随着智能变电站的发展,还可传输在线监测数据和电能质量数据,及高精度对时报文。

由于大多数的自动化功能都是面向间隔层的,为了减轻网络带宽的压力和保证节点的访问安全,原则上要求过程层网络按照不同间隔划分成不同的独立子网,各子网之间可以通过汇聚交换机级联,子网内部采用星形或点对点连接拓扑;母线、变压器和低电压等级的子网可按多间隔或大间隔组建;采样值传输网与 GOOSE 报文传输网宜分开组网;跨间隔的应用利用虚拟局域网(VLAN)技术从汇聚交换机上获得多个间隔的信息,或单独组建一个专用网络。

将过程层网络划分成多个独立子网的最大优势在于:当其他间隔交换机和汇聚交换机发生故障时不会影响本间隔内的各种功能。此外,根据应用对数据进行了分流,有效降低了网络带宽压力^[7]。

此外,数字化变电站的所有信息采用统一的信

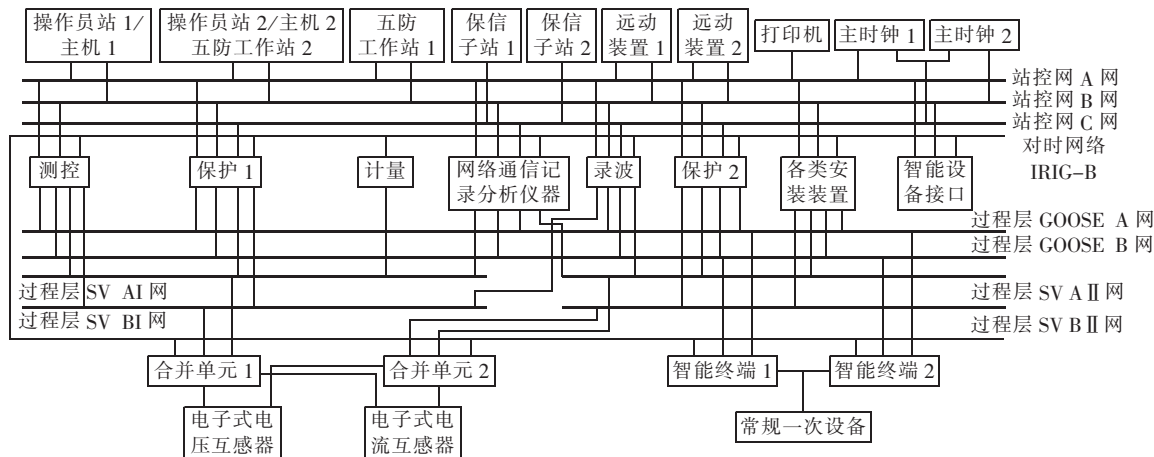


图 1 220 kV 数字化变电站组网方案

Fig.1 Networking scheme of 220 kV digital substation

息模型,按统一的通信标准接入变电站通信网络。变电站的保护、测控、计量、监控、自动电压控制(AVC)等系统均用同一个通信网络接收电流、电压和状态等信息以及发出控制命令,不需为不同功能建设各自的信息采集、传输和执行系统。通过网络化信息平台上信息共享,避免了设备重复设置,简化了变电站的设备构成,节省了投资。

1.2.2 IEC61850 系列标准

IEC61850 系列标准是国际电工委员会 IEC (International Electrotechnical Commission) TC57 技术委员会制定的《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,它规范了变电站内智能电子设备之间的通信行为和相关的系统要求^[8]。

基于 IEC61850 标准的数字化变电站将变革传统的变电站一、二次设备,它采用分布分层的结构体系,面向对象的数据统一建模,数据自描述,采用抽象通信服务接口 ACSI (Abstract Communication Service Interface) 和特殊通信服务映射 SCSM (Special Communication Service Mapping) 技术,实现智能设备间的互操作能力,面向未来的开放体系结构。数字化变电站的试点建设及运行表明,它将给变电站的设计、安装、调试、验收和运行带来新的挑战。

IEC61850 标准的诸多的特征,使设计人员不能简单地将其视为传统意义上的通信协议,而是需要依照标准的各部分内容对整个变电站自动化系统的体系功能、形式、技术和工程管理等重新做出审视和规范。而遵循 IEC61850 国际标准来建立数字化变电站,其特点主要表现在采集数字化、装置智能化、通信网络化、规约标准化及信息集成化这 5 个方面^[9-11]。

1.3 正视存在的问题

目前,运行的数字化变电站基本上能达到电网的要求,但还存在许多需要改进的地方。

1.3.1 互感器应用问题

电子式互感器(全光互感器)在工程应用上存在一些问题,下面论述主要问题。

线圈配置方面的问题,传统互感器一般配置多组线圈,各种应用分开,但是电子式互感器一般只有 3 组线圈,2 组保护,1 组测量,1 个保护线圈故障,影响所有相关的线路(变压器)和母线保护装置。而全光电流互感器的造价更是昂贵,按双重化原则配置使得其造价的经济性变得难以承受。

以长江流域某省所属 500 kV 数字化电站设计为例,其 220 kV 线路有 8 条,互感器按照双重化,同时采样以复采方式配置,采用纯光的互感器,每个纯光互感器价格约 24 万元,而传统的互感器每个报价在 7~9 万元,采用罗氏线圈的电子式互感器和传统互感器价格持平,与传统站相比,价格增加接近 120 万元。大面积推广这种配置,对投资的压力相当大。

由于需要对传感器进行供能,长期大功率的激光供能会影响光器件的使用寿命,罗氏线圈输出信号与其结构有很强的相关性,温度变化会导致结构变化,影响电子线路测量的准确度。

另外,不论是电子式互感器还是全光互感器,其主要的部件为电子器件,其运行寿命与传统的铁心和线圈相比,还有待实际检验。

1.3.2 数据同步采集问题

数字化变电站内的数据同步采集目前还存在困难,对于传统变电站,保护装置在内部实现各个单元的同步采样,无需和其他保护配合,但是在数字化前置采集回路,安装在互感器内部,因此任一互感器同步丢失必将带来此间隔采样数据失效,从而造成此间隔的相关保护装置退出。国家电网公司为此专门发布了一个《智能变电站继电保护技术规范》,要求保护装置不得依赖外部对时系统实现其保护功能^[12],而南方电网公司的部分地区采用站内合并器采样同步,组网传输数据的方式^[13]。因此,最终孰优孰劣也有待现场实际运行验证。

1.3.3 实施方案问题

传统变电站改造为数字化变电站还没有一个比较理想的实施方案,目前数字化变电站在全新变电站建设或者全站改造实施比较多,由于全部设备更新,出现问题不多。而老站在按间隔层逐步改造过程中,已经逐步暴露出了数字化保护和传统保护兼容的问题,比如母差保护如何更好地适应新老间隔层同时并存的问题,这有待于保护厂家和运行单位共同努力解决。

1.3.4 信息共享问题

目前数字化变电站的研发人员都把精力放在全数字化过程上,或者放在对 IEC61850 标准的遵循上,其实,数字化只是手段,不是最终目的。电力行业建设数字化变电站的目的是为了实现信息的共享,利用共享的信息进一步提高电网的运行管理水平,提高供电质量、供电可靠性,降低供电成本,获得良好的社会效益。而且还应该更进一步认识到,信息的共享不应该仅局限于变电站内部,更应该被整个电网所共享。

2 数字化变电站对电力工程设计带来的新挑战和思索

目前,数字化变电站是一项飞速发展的技术,它给电力事业发展带来了无限机遇,同时也给电力设计人员带来了挑战。

2.1 工程设计问题

问题 1. 哪些设计内容由设计院完成?哪些设计内容由系统集成商完成?解决设想:目前,设计院以图纸设计为主,系统集成商以配置文件设计为主;将来待技术方案标准化后,设计院将能够直接提供系统规格文件 SSD (System Specification Document),并

在系统集成商的配合下提供全站配置文件(SCD)。

问题2. 哪些设计内容由一次设计人员完成? 哪些设计内容由二次设计人员完成? 解决设想: 目前, 以二次设计人员为主; 将来过程层基本功能和高压设备在线监测功能的设计将以一次设计人员为主。

问题3. 系统设计, 特别是通信网络的可靠性、性能是否满足要求? 如何验证? 解决设想: 前期, 依赖于仿真计算; 后期, 依赖于运行经验的总结。

问题4. 使用GOOSE以后, 设计、施工、调试、维护检修相关管理规定将面临新的变化需求。解决设想: 前期, 用虚端子图过渡; 后期, 需要建立更严格的管理和配置方法。

问题5. 智能一次设备的检测、标校、计量工作如何开展? 解决设想: 前期, 依靠厂商自身; 后期, 依靠专门的检测机构或系统内部的入网检测。

问题6. 信息安全如何考虑? 解决设想: 从引入成熟的网络网络安全技术和建立严格运行管理机制2个方面入手。

2.2 数字化变电站与智能变电站

随着智能电网技术的快速发展, 智能变电站的概念应运而生。但到目前为止, 对于智能变电站尚没有统一明确的定义。但在国家电网公司《智能变电站技术导则》中对智能变电站做出了如下阐述: 以高速网络通信平台为信息传输基础, 自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能; 并可根据需要支持电网实现实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级应用。

由以上描述, 可以归纳出智能变电站的技术要点: 基于先进通信网络技术的电网数据统一采集、传输、共享和利用, 全寿命周期管理及高级应用功能。不难看出第1项技术要点是后2项的基础, 而第1项恰恰是数字化变电站的本质特征, 所以数字化变电站是智能化变电站的物理基础。因此, 当发展智能电网、智能变电站时, 首先要把落脚点放在建设一个相对完善、彻底的数字化变电站上^[12]。

3 结语

对于数字化电站的研究表明智能变电站是传统变电站建设的进一步拓展与提高, 与传统变电站相比, 数字化电站实现了全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化等功能要求; 通过数字化应用, 使变电站节约了资源的占用, 同时在环境兼容性上与常规变电站相比, 进一步降低了排放水平; 因此数字化变电站的建设更加体现了更先进的设计理念。

但是随着数字化变电站的建设也暴露出了很多问题, 需要在实践中不断总结完善, 才能实现数字化变电站建设的顺利进行。

参考文献:

[1] 朱大新. 数字式变电站综合自动化系统的发展[J]. 电工技术杂

志, 2001(4): 20-22.

ZHU Daxin. The development of intergrated automation system of digital transformer station[J]. Electrotechnical Journal, 2001(4): 20-22.

[2] 张飞, 张建超, 张天玉. 变电站综合自动化系统综述[J]. 电气工程应用, 2009(2): 42-44.

[3] 孙宏斌, 郭庆来, 张伯明. 大电网自动电压控制技术的研究与发展[J]. 电力科学与技术学报, 2007, 22(1): 7-12.

SUN Hongbin, GUO Qinglai, ZHANG Boming. Research and prospects for automation voltage control techniques in large-scale power grids[J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2007, 22(1): 7-12.

[4] 鲁国刚, 刘骥, 张长银. 变电站的数字化技术发展[J]. 电网技术, 2006, 30(10): 499-504.

LU Guogang, LIU Ji, ZHANG Changyin. The technology development of substation digitization[J]. Power System Technology, 2006, 30(10): 499-504.

[5] 宋卓. 浅谈电子式互感器的原理及比较[J]. 广西轻工业, 2009, 2(2): 60-61.

[6] ANDERSON L, BRUNNER C. Substation automation based on IEC61850 with new process-close technology[C]//IEEE Power Tech Conference. Bologna, Italy: [s.n.], 2003: 2-6.

[7] 张沛超, 高翔. 数字化变电站系统结构[J]. 电网技术, 2006, 30(24): 73-77.

ZHANG Peichao, GAO Xiang. System architecture of digitized substation[J]. Power System Technology, 2006, 30(24): 73-77.

[8] CLEVELAND F. IEC61850 Security standards for the power system's information infrastructure beyond simple encryption[C]//Transmission and Distribution Conference and Exhibition, Proceedings of PES TD. [S.l.]: IEC, 2006: 1079-1087.

[9] 吴在军, 胡敏强. 变电站通信网络和系统协议 IEC61850 标准分析[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(11): 70-72.

WU Zaijun, HU Minqiang. Analysis of IEC61850-communication networks and system in substations[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(11): 70-72.

[10] 陈建民, 邱智勇, 王健. 基于 IEC61850 数字化变电站实施的若干探讨[J]. 华东电力, 2009, 37(6): 913-915.

CHEN Jianmin, QIU Zhiyong, WANG Jian. Discussion on the implementation of digital substations based on IEC61850[J]. East China Electric Power, 2009, 37(6): 913-915.

[11] 吴在军, 胡敏强. 基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 61-65.

WU Zaijun, HU Minqiang. Research on a substation automation system based on IEC61850[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 61-65.

[12] 赵丽君, 席向东. 数字化变电站技术应用[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(5): 118-121.

ZHAO Lijun, XI Xiangdong. Technology of digital substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(5): 118-121.

(编辑: 汪仪珍)

作者简介:

葛遗莉(1966-), 女, 湖北通城人, 工程师, 主要研究方向为变电站及发电厂电气设计(E-mail: geyili@gedi.com.cn);

葛 慧(1978-), 男, 江苏太仓人, 工程师, 从事变电站监控系统研发工作。

Problems in design and operation of digital substation

GE Yili¹, GE Hui², LU Dayong³

(1. Guangdong Electric Power Design Institute, Guangzhou 510600, China;

2. Guodian Nanjing Automation Co., Ltd., Nanjing 210003, China;

3. Puyang Electric Power Supply Company, Puyang 457000, China)

Abstract: Intelligent primary equipment and networking secondary equipment are required by digital substations and the adoption of IEC61850-based IEDs is the key point. Problems existing in current digital substations are summarized: ECT/EVT applications, synchronous data sampling, traditional substation retrofitting and information sharing. Problems met in engineering design are discussed: work division between design institute and system aggregation supplier, work division between primary system design and secondary system design, validation of system design performance, project management based on GOOSE, demand change of intelligent primary equipment management and information security.

Key words: digital substation; intelligent primary equipment; ECT/EVT; IEC61850; intelligent substation