

数字化变电站的网络通信模式

鞠 阳

(南京工程学院电力工程学院, 江苏 南京 211167)

摘要: 由于电力系统对设备小型化、智能化、可靠性的要求越来越高,而常规的变电站自动化系统在实际应用中又存在诸多不足,已不能适应电网的发展和电力市场化的需要,所以变电站技术发展的前景是数字化变电站。论述了数字化变电站自动化系统的主要技术特征、结构和发展前景,分析了数字化变电站自动化系统的通信网络选型中的要求,详细研究了数字化变电站自动化系统中网络通信技术的应用和网络通信技术的三种结构模式。对数字化变电站通信体系规划、应用标准、实施方案等作了全面阐述。

关键词: 数字化变电站; 通信; IEC61850

Modes of Web communication of digital substation

JU Yang

(School of Electric Power, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

Abstract: Requirements of miniaturized, intellectual, high security electric power equipments are higher in power system. The conventional substation has its own deficiency in the application. It can not meet the needs of development of electric power web and electric power system market. The perspective of conventional substation is digital substation. The paper introduces main technical features, structures and development prospects of digital substation. Application of web communication and three kinds of modes of digital substation are discussed in detail. The paper analyzes the needs of communication in digital substation and elaborates chief problems of digital substation such as communication system programming, application standard, executive plan and so on.

Key words: digital substation; communication; IEC61850

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)01-0092-04

0 引言

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,在我国城乡电网改造与建设中大多数变电站均采用了综合自动化技术,实现了无人值班,从而降低了变电站建设的总造价和运行成本,大大提高了电网建设的现代化水平。随着智能化开关、光电式互感器、一次运行设备在线状态检测等技术逐步成熟,以及计算机高速网络在实时系统中的开发应用,全数字化的变电站自动化系统已经出现。

目前,随着高压、超高压系统发展,对电网安全、稳定、可靠、控制、信息交互等提出了更高要求。国家电网公司在《国家电网公司“十一五”科技发展规划》中将“数字化变电站技术”列入电网自动化技术的五大课题之一。数字化变电站技术是今后变电站综合自动化技术的发展方向。

1 数字化变电站的特点

数字化变电站具有以下几个主要特征:

(1) 一次设备的数字化和智能化

电子式或光电式互感器替代了变电站内传统的电磁式互感器,它能直接向外提供数字式光纤以太网接口;站内采用具备向外进行数字通信的智能断路器、变压器等设备,或者在这些一次设备就地加装智能终端实现信号的数字式转换与状态监测,达到一次设备数字化和智能化的要求。

(2) 二次设备的数字化和网络化

数字化变电站的二次设备除了具有一般数字式设备的特点外,还具备对外光纤网络通信接口,与传统变电站信息传输以电缆为媒介不同,数字化变电站二次信号传输是基于光纤以太网实现的。

(3) 变电站通信网络和系统实现IEC61850标准化

传统变电站中信息描述和网络通信协议标准的差异导致了不同设备间信号识别困难、互操作性差；数字化变电站全站通信网络和系统实现均采用 IEC61850 标准，该标准的完整性、系统性、开放性保证了数字化变电站站内设备具备互操作性的特征。

(4) 运行管理系统的自动化

在现有综自系统已经具备较大程度的自动化特征的基础上，数字化变电站在站内设备的互操作性、信号的光纤传输、网络通信平台的信息共享等方面进一步体现了运行管理自动化的特点。

综上所述，基于光电技术的互感器应用构成了变电站电气量信息采集的数字化应用；IEC61850 标准的颁布实施为变电站实现信息的统一建模奠定了基础；以太网技术的发展为变电站内实现基于网络方式的信息交换提供了技术支持；智能断路器技术的发展使变电站自动化技术实现了二次设备向一次设备的应用延伸。

2 数字化变电站通信网络的要求

2.1 功能要求

通信网络的根本任务是解决综合自动化系统内部以及与其他系统之间的实时信息交换，网络是不可或缺的功能载体，构建一个可靠、实时、高效的网络体系是通信系统的关键之一。2000 年国际大电网会议第 34 组（保护与控制组），讨论和介绍了变电站自动化及其通信系统，其基本一致的思想就是通信技术是变电站自动化系统的关键。通信网络是连接站内各种智能电子设备（IED）的纽带，因此它必须能支持各种通信接口，满足通信网络标准化。随着变电站的无人化以及自动化信息量的不断增加，通信网络必须有足够的空间和速度来存储和传送事件、电量、操作、故障以及录波等数据。为改善电压运行质量，无人值班变电站要求通信网络具有电压无功自动调节功能、系统对时功能等。另外自诊断、自恢复以及远方诊断、在线状态检测是针对运行维护提出的几项功能要求。

2.2 性能要求

通信网络的性能要求主要体现在以下几个方面：

(1) 可靠性

由于电力生产的连续性和重要性，站内通信网络的可靠性是第一位的，应避免个别装置损坏导致站内通信中断。随着数字、图像信息的多媒体技术的应用，监控会更加依赖通信网络，因此一个可靠的通信网络是首要条件。

(2) 开放性

站内通信网络是调度自动化的一个子系统，除了保证站内 IED 设备互连、便于扩展外，它还应服从电力调度自动化的总体设计，硬件接口应满足国际标准，应选用国际标准的通信协议，方便用户的系统集成。

(3) 实时性

因测控数据、保护信号、遥控命令等都要求实时传送，虽然正常运行时站内数据流不大，但出现故障时要传送大量的数据，要求信息能在站内通信网络上快速传送。

2.3 实施方法

(1) 变电站站内光纤网络化

变电站站内光纤网络化，站内一、二次设备之间实现全数字化光纤网通信。主要包括电气量采集值数字化传输保护等二次设备、跳合闸、状态信号及故障告警信号的数字化传输，智能变压器告警信号、分接遥调、温度等模拟量的数字化传输。

(2) 全站统一的标准化平台

统一的信息模块、数据模型、功能模型，统一的通信协议、数据无缝交换、信息传输的可靠性、完整性、实时性。各种设备共享统一信息，具有互操作性。经过功能的组合化设计，利用先进的计算机技术、现代化通信技术和信号处理技术，实现对全变电站的主要设备和输电线路的自动监视、自动控制与保护以及与调度通信等综合性的自动化功能。

(3) 数字化/智能化一次设备

一次设备被检测的信号回路和被控制的操作驱动回路，采用微处理器和光电技术设计，变电站二次回路中常规的继电器及其逻辑回路被可编程控制器代替。

(4) 减少二次控制和信号电缆

以光缆和少量通信电缆替代户外和控制室成捆的二次控制电缆和信号电缆。减少二次接线占地面积，降低变电站的总造价，降低运营成本。

(5) 系统数据实现就地采集

采用光纤实现数据信号的传输，信号采集精度高、可靠性强，数据信号源唯一，重复投资少，实现分层控制及分层数据传输，提高数据传输和应用的效率。

3 数字化变电站的通信标准

数字化变电站的通信体系基于 IEC61850 标准。IEC61850 提供了变电站自动化系统功能建模、数据建模、通信协议、通信系统的项目管理和一致性检

测等一系列标准。按照 IEC61850 建设变电站的通信网络和系统，是建设数字化变电站的有效途径。IEC61850 的发布为建设数字化变电站提供了坚实的基础。

按照 IEC61850 标准，变电站的功能应分为站控层、间隔层和过程层。数字化变电站通信系统应有图 1 所示通信接口。

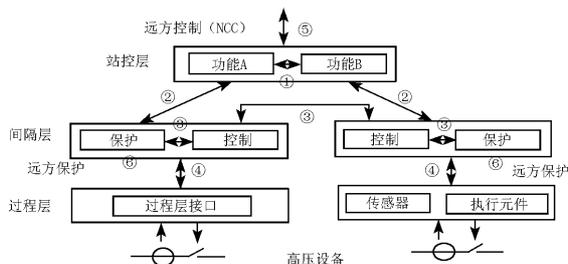


图 1 数字化变电站自动化系统通信接口

Fig.1 Communication interface of digital substation

① 站控层设备之间的通信接口；②站控层与间隔层设备的通信接口；③间隔层设备之间的通信接口；④间隔层与过程层设备的通信接口；⑤站控层设备与远方控制中心的通信接口；⑥间隔层设备与远方保护的通信接口。

其中通信接口③根据情况在通信接口②或④上实现，通信接口①和②在小规模的变电站可共用一个物理通信网络。通信接口①~④应按照 IEC61850 标准建设。为了能与现有的调度系统接口，通信接口⑤仍采用 IEC60870-5-101 或 104 规约，但远动通信接口设备应有能升级到 IEC61850 的能力。通信接口⑥主要用于纵差保护、远跳装置等，由设备制造厂定义，应能在变电站间的通信系统上实现。

数字化变电站的物理设备间应能实时、高效、可靠的交换信息，以太网通信技术是满足这种要求的最佳选择。根据 IEEE 及 EPRI 的实验报告，现有的以太网通信技术完全能够满足变电站自动化的通信要求。以太网技术是主流的通信技术，具有极佳的经济性，并且仍在快速发展中，为变电站自动化系统提供了广阔的发展空间。

4 IEC61850 数字化变电站通信方案

数字化变电站应用技术改变了变电所控制系统和电气量采集系统、断路器设备间连接的形式，推进了变电站内 IED 设备之间信息交互的网络化实现，数字化变电站通信方案可以分为三种模式：点对点模式、过程总线模式、过程总线和站总线合并模式。

4.1 点对点连接模式

测量数据总线标准化就是传感器、断路器和保护设备之间信息交互采取点对点的连接模式。隔离刀闸、断路器设备的控制经由过程总线来完成，系统结构如图 2 所示。测量数据通过直连到保护设备的点对点的连接来发送，过程总线用于控制和监测以及从合并单元到间隔处理单元的有效值的发送。点对点连接和过程总线都是基于 10 Mbit/s 的以太网，只是各自使用的通信协议不同。测量数据遵循规约。这种应用模式的特点是保护的测量数据和控制通信数据严格分离，由于通信模块的使用，这种模式已经为下一步变换数据过程总线做好了准备。

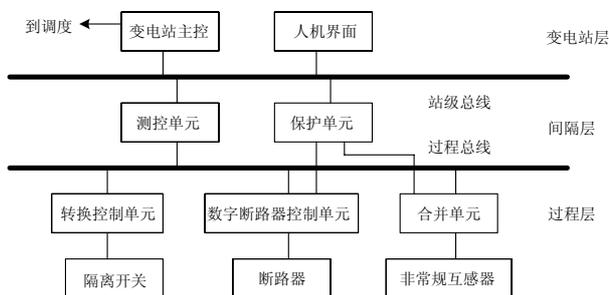


图 2 点对点连接模式

Fig.2 Point-point link mode

4.2 过程总线模式

控制和测量数据的分离通信系统将合并到一起，IEC61850-9-2 标准化是出于对过程总线的考虑，这种应用模式见图 3。控制和测量数据的合并减少了间隔接线的复杂性，但间隔层 IED 设备需要两个以太网口分别与过程总线和变电站总线连接。由于传送了来自合并单元的数字化电气量测系统的瞬时值，此种通信方式比第一种通信方式更快。出于这个原因将使用 100 Mbit/s 以太网，保护装置的跳闸命令通过过程总线发送到断路器。

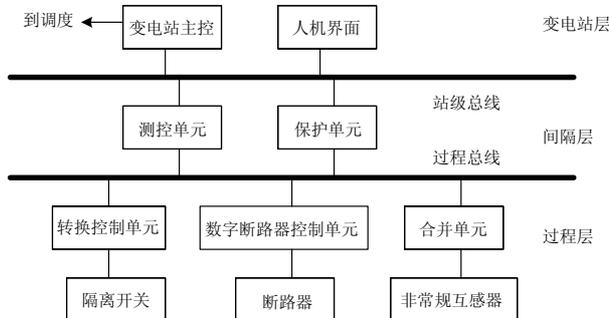


图 3 过程总线模式

Fig.3 Course bus mode

4.3 过程总线和站总线合并模式

由于在第一、二种模式中过程总线和变电站总

线都使用了基于 MMS 应用层通信堆栈的以太网，因此随着以太网交换技术的发展，使得变电站总线和各种过程总线连接构成一个通信网络将不会影响变电站内信息通信系统的运作。统一总线的优点是信息的完全共享、统一的访问和存储方式；间隔层中的设备只需要一个通信接口，将大大降低设备和变电站运行和维护费用。结构图见图 4 所示。

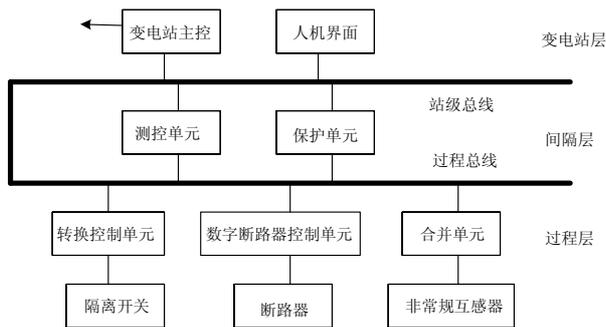


图 4 过程总线和站总线合并模式

Fig.4 Combination of course bus and substation bus mode

5 结束语

数字化变电站自动化系统是一个系统工程，通信网络是数字化变电站系统的关键技术。可以预计，在现有技术水平不断发展和运行经验不断总结的基础上，数字化变电站将以其在数字化、自动化、智能化、安全性和互操作性等方面的优势，成为未来变电站技术发展的必然趋势。

参考文献

[1] 曾庆禹, 李国龙. 变电站集成技术的发展——现代紧凑型变电站[J]. 电网技术, 2002, 26(8): 60-67.
ZENG Qing-yu, LI Guo-long. Evolution of Integrated Technique of Substation——Modern Compact Substation[J]. Power System Technology, 2002, 26(8): 60-67(in Chinese).

[2] 曾庆禹. 变电站自动化技术的未来发展二——集成自动化、寿命周期成本[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(20): 1-5.
ZENG Qing-yu. The Development of Substation Automation in the Near Future. Part two: Integrated Automation, Life Cycle Costs [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(20): 1-5(in Chinese).

[3] 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 Da-xin. The Development of Integrated Automation System of Digital Transformer Station[J]. Electric Technical Journal, 2001, (4): 20-22(in Chinese).

[4] 丁书文. 数字式变电站自动化系统的网络选型[J]. 继电器, 2003, 31(7): 37-40.
DING Shu-wen. Choosing Internal Communication Network of Digital Substation Integrated Automation System[J]. Relay, 2003, 31(7): 37-40(in Chinese).

[5] 王海峰, 丁杰. 对变电站内若干网络通信问题的探讨[J]. 电网技术, 2004, 28(24): 65-68.
WANG Hai-feng, DING Jie. Research on Several Issues of Substation Network Communications[J]. Power System Technology, 2004, 28(24): 65-68(in Chinese).

[6] 张奇智, 尹汝波. 交换式工业以太网的现状和研究[J]. 传感器世界, 2005, 2: 34-39.
ZHANG Qi-zhi, YIN Ru-bo. The State of Art Switched Industrial Ethernet[J]. Sensor World, 2005, 2: 34-39(in Chinese).

收稿日期: 2009-02-09; 修回日期: 2009-02-24

作者简介:

鞠阳 (1963-), 男, 硕士, 副教授, 主要从事电网监视与控制、变电站综合自动化方面的教学和研究工作。

E-mail: juyang_nj@yahoo.com.cn

国内首套综合性发电管理系统顺利通过中电投评审

12月15日, 由北京许继承建的国内首套具有自主知识产权的、管控一体化的综合性发电管理系统顺利通过了中电投组织的最终评审, 并得了中电投、国家电监会等与会领导专家的高度认可。该系统涵盖了中电投集团本部、11个分/子公司及100多个电厂, 目前该系统已成为中电投集团公司日常生产指挥和经营决策不可缺少的重要工具, 为提升中电投集团的经营管理水平起到了重要作用。

12月, 对于北京许继而言是一个丰收的时节, 各重大项目捷报频传: 由北京许继承建的国网新源公司的集团生产管控系统以高分通过了国网公司组织的SG186专家评审; 由北京许继承担的贵州金元电力集团生产实时管理系统项目顺利通过了第一阶段验收; 由北京许继承建的南方电网调峰调频发电公司生产实时管理系统项目成功通过了最终验收; 由北京许继承建的安徽皖能集团发电管理系统也将于12月28日召开最终验收会。这一系列重大项目的成功验收, 标志着北京许继在大型项目管理和实施上逐渐成熟, 也标志着北京许继在转型中取得了初步成效。