符合 IEC 61850标准的数字化变电站内部通信的实现

高鹏宇, 游大海, 刘国民
(华中科技大学电气与电子工程学院,湖北 武汉 430074)

摘要: 智能电子设备的飞速发展,使变电站综合自动化技术进入了全数字化的新阶段。首先介绍了目前变电站自动化系统的现状,在分析了数字化变电站自动化系统特征、结构的基础上,讨论了建立数字化变电站自动化系统通信网络的实际问题。介绍了一个符合 IEC 61850标准,通过光纤以太网实现变电站内部过程层与间隔层 IED间的通信实例。

关键词: 数字化变电站; IEC 61850; 光纤互感器

中图分类号: TM764 **文献标识码**: A **文章编号**: 1003-4897(2006)12-0069-04

0 引言

通信系统是数字化变电站自动化系统的命脉,它的可靠性与信息传输的快速性决定了通信系统的可用性。为建立数字化变电站自动化系统站内通信网络的开放性、兼容性,一个最好的办法和途径,就是采用标准的通信协议以实现各装置间的无缝通信,最终实现变电站的数字一体化。

IEC在充分考虑未来变电站自动化系统的功能和要求,特别是互操作性要求的基础上,制定了变电站自动化系统和通信网络的国际标准——IEC 61850,为不同厂商的 IED实现互操作和系统无缝集成提供了途径,为数字化变电站的建立提供了基础。如何更好地实现数字化变电站自动化系统的通信功能成为国内外相关学者研究的热点。

1 目前变电站自动化系统站内通信概况

变电站自动化系统在我国自 80年代引入微机以来,相继采用了以 RTU为基础的集中式、全分散式和功能分布式等系统集成方式,在技术上取得了很大的进步。但长期以来,变电站自动化系统通信采用低速串口方式,而且设备通信协议不统一,设备之间互操作性差,造成系统集成、后期维护和升级十分困难,从而系统生命周期缩短,资金极大地浪费。后来部分变电站自动化系统采用了现场总线技术,但因为国际上现场总线种类繁多,而且互相又不能很好地兼容,未能从根本上解决设备间的互操作问题,有的变电站自动化系统站级采用了以太网技术,但是通信规约的不统一,导致需要专门的协议转换器接入规约不统一的设备,变电站和远方调度的通信也是必须经过前置机的处理转换才可通信,造成数据的转发和延迟。综上,变电站自动化系统通信"瓶颈"的根本制约因素在于变电站通信系统的标准不统一。

国际电工委员会 TC 57技术委员会制订 IEC 61850标准的目的就是使变电站站内通信采用统一的标准,解决互操作等问题,在采用网络通信技术的同时,使通信速度和可靠性得到提高。智能化电气的发展,特别是智能开关设备、光电式电压和电流互感器、智能电子装置(IED)等在变电站系统中的广泛应用,使得变电站自动化系统向数字化方向发展,变电站自动化技术即将进入数字化的新阶段。

2 数字化变电站的特点及其站内通信体系的研究

数字化变电站自动化系统的特点:

(1)智能化的一次设备

一次设备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,简化了常规机电式继电器及控制回路的结构,数字程控器及数字公共信号网络取代传统的导线连接。换言之,变电站二次回路中常规的继电器及其逻辑回路被可编程序代替,常规的强电模拟信号和控制电缆被光电数字和光纤代替。

(2) 网络化的二次设备

变电站内常规的二次设备,如继电保护装置、防误闭锁装置、测量控制装置、远动装置、故障录波装置、电压无功控制以及正在发展中的在线状态检测

基金项目: 国家 863高技术基金项目(2005AA001200)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

装置等全部基于标准化、模块化的微处理机设计制造,设备之间的连接全部采用高速的网络通信,二次设备不再出现常规功能装置重复的 I/O 现场接口,通过网络真正实现数据共享、资源其享,常规的功能装置在这里变成了逻辑的功能模块。

(3)自动化的运行管理系统

变电站运行管理自动化系统应包括电力生产运行数据、状态记录统计无纸化;数据信息分层、分流交换自动化;变电站运行发生故障时能即时提供故障分析报告,指出故障原因,提出故障处理意见;系统能自动发出变电站设备检修报告,即常规的变电站设备"定期检修"改变为"状态检修"。

数字化电站自动化系统的结构在物理上可分为两类,即智能化的一次设备和网络化的二次设备;在逻辑结构上可分为三个层次,根据 IEC 61850 标准的定义,这三个层次分别称为"过程层"、"间隔层"、"站控层或变电站层"。各层次内部及层次之间采用高速光纤网络通信,三个层次的关系如图 1所示。

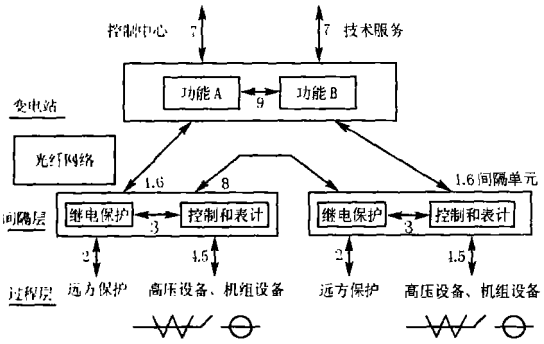


图 1 数字化变电站自动化系统结构模型

Fig 1 Architecture model for digital substation automation system

在图 1中,数字 1、2、3、4、5、6、7、8、9代表 IEC 61850中不同层逻辑设备和同层逻辑设备之间的通讯协议。

数字化变电站自动化系统中需要通信传输的信息按数据类型分有:(1)状态变位、告警信号数据;(2)测量值数据;(3)电能累积量数据;(4)控制、升降命令和继电保护设备的投退命令(及互锁信息);(5)系统故障后的状态变化信号和事件顺序记录、故障录波、扰动记录的数据。分得更为粗略些可为:继电保护故障(含故障录波、扰动记录)信息和 SCADA 监控信息两大类。间隔层 IED 设备也可粗略分为继电保护装置和间隔测控单元,控制主站信息也可粗略分为继电保护故障信息管理主站和具有 SCADA 监控功能的就地、远动主站。

数字化变电站系统中信息的采样、保护算法与控制命令的形成要由多个 IED 协同完成的,如何控制好采样的同步并且快速输出保护命令成为一个难题。目前以太网(Ethernet)异军突起,已经进入工业自动化过程控制领域,固化 OSI七层协议,速率达到 100MHz的嵌入式以太网控制与接口芯片已大量出现,数字化变电站自动化系统的内部通信网络全部采用 100MHz以太网技术成为可能。

3 一个基于 IEC 61850标准的站内通信模型的实现

数字化变电站自动化通讯系统包括系统内部的现场级通信和自动化系统与上级调度通信两部分。现场级通信主要解决内部子系统与上位机(监控主站)以及各子系统间的数据通信和信息交换问题,它的通讯范围是变电站内部。本文将介绍一个应用光纤以太网实现内部现场级通信的实例。

(1)光电互感器

与传统电磁感应式互感器相比,光电互感器具有绝缘强度高、动态范围大、频带宽、抗干扰能力强、不会产生磁饱和及铁磁谐振、体积小、重量轻、造价低等一系列优点。利用其动态范围大的特点可实现保护和测量数据共享,减少互感器的使用量;利用其频带宽的优势可改善传统保护的性能及实现新的继电保护和控制原理的实施,同时,其极快的响应速度加上特宽的频带可抓住故障时瞬变过程的波形,实现较理想的故障录波,为实时故障诊断及事故后故障分析提供了极好的依据;而其良好的抗干扰能力、卓越的电绝缘性能使得原来必须集中组屏的高压线路保护和变压器保护可以实现分布式控制,安装于高压线附近,并利用光纤局域网通信技术将分散于各开关柜的保护和 SCADA 集成功能模块联系起来,构成一个全分布式的综合自动化系统,有利于更多的变电站实现高水平、高可靠性和低造价的无人值班变电站。

光电互感器下传的是光数字信号,与通信网络容易接口,且传输过程中不会造成误差的出现,光电互感器可以直接向二次设备提供数字量。

(2)信息合并单元(MU)

要将接收到的多路信号变换成数字信号并按 IEC 61850标准传送至监测、计量和保护系统,为此,我们设计出了信息合并单元,可接收模拟信号和互感器二次转换器输出的数字信号。信息合并单元将 OCT\OVT输出的数字信号汇总并填入到同一数

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

据帧中使其保持同步后再进行打包校验,传送至继电保护装置。采用这种接口方式的继电保护装置只需单向接收信息合并单元传送过来的采样数据,从而避免了信道冲突的问题,保证了数据传输的可靠性。同时,保护装置获取采样数据的时间也大为缩短,提高了继电保护装置的实时性。

信息合并单元也能输出模拟信号,实际是根据数字信号通过 D/A 转换输出的。利用模拟信号可以和模拟表计和具有模拟接口的保护装置连接。合并单元和互感器的连接图如图 2示。

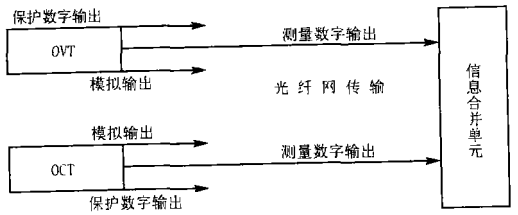


图 2　互感器与合并单元连接图

Fig 2　Connections between transducer and MU

(3)测量、控制、保护设备

测量、控制、保护设备与合并单元的光纤数字输出设备接口进行连接。测量、控制、保护设备选用同时具有测量、控制、保护功能的三合一单元,其接口方式采用全数字的以太网接口方式。

本模型应用国内某电气公司研制生产的光电互感器对 35 kV线路上的三相电压值、三相电流值、中性点电压和母线电压值采集,并和额定相电流、额定中性点电流、额定电压、额定延时量以及 Source Identifier源识别符、States状态量等数字信号一起以 IEC 60044 - 7、IEC 60044 - 8标准的数据帧格式封装,由光纤线以太网发送到 MU (合并单元),由 MU 汇总并填入到同一数据帧中使其保持同步后,再按规定格式封装,加包头,以 UDP包形式再通过光纤线以太网发送至该电气公司研制生产的带光纤接口的微机保护装置。

根据 IEC 61850和 IEC 60044 - 7, 8的规定,合并单元可以合并 9路二次转换器传送的数据,其中 5路电压 (三相电压、一相零序电压、一项母线电压),4路电流 (三相电流、一相零序电流),而每一路电流互感器包含测量用数据和保护用数据,因此信息合并单元合并后的数据为 13个测量值 (5个电压量,8个电流量),这些数据被包含在以太网应用层数据协议 FFT3数据包中。

由于该微机保护装置单向接收信息合并单元传送过来的采样数据,从而避免了信道冲突的问题,保证了数据传输的可靠性。同时,保护装置获取采样数据的时间也大为缩短,提高了继电保护装置的实时性。由于 UDP协议是建立在不可靠的分组传输服务之上,报文可能丢失、延迟、重复和乱序,因此使用了超时和重传机制。

由微机保护装置对合并单元发来的 UDP包进行接收、解包,读取数据并与整定值进行比较进而完成相应的保护功能。依据保护延时的要求,本模型对合并单元发送的数据采取 12点采样,即每隔 0.8 ms对接收到的 UDP包进行采集。同时保护装置将采集到的一些数据重新封装发送到上位机从而完成站内三层间的基于光纤以太网的通信 (结构见图 3) (图中并没有表现出以太网的特性)。整个通信过程全部以 IEC 61850为标准,使间隔层、过程层用网络联接起来,并实现统一的通信标准应用。

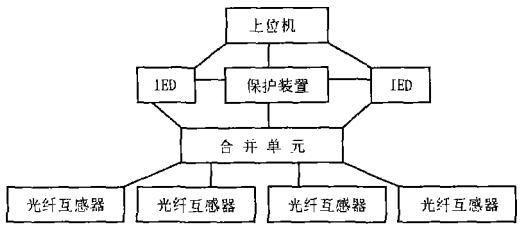


图 3　通信体系模型

Fig 3　Communication architecture model

通过对本模型进行的大量的在不同网络状况下的实验,结果表明本模型基本能够满足变电站自动化系统网络通信"实时 "性的要求,保护装置能很好地达到保护动作的预期效果。

采用这种标准的通信结构有以下优势: (1)按照 IEC 61850标准的以太网通信方案是实现过程层总线解决方案的有效途径。(2)由于程序的编写采用了面向对象的模块化方式,使得这样的通信结构便于实现与变电站内其它 IED间的通信,支持功能的扩展和任意配置,以适应各种新型智能电子装置的引进。(3)采用 UDP/IP协议的同时为 Web技术在变电站自动化系统中的广泛应用提供了基础。(4)间隔层设备直接与变电站系统网络连接,网络层采用统一的国际标准通信协议,节省了整个系统的设计、调试和维护时间,也降低了系统成本。

4　结束语

使用光纤以太网传输数字信号,实现各智能装置的点对点 /点对多点的通信方式可以彻底解决二次接线复杂的现象,实现真正意义上的数字化信息共享。IEC 61850系列标准为开放式数字化变电站

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

自动化系统平台的建立提供了通信依据。今后,在其他 IED如:继防误闭锁装置、测量控制装置、远动装置、故障录波装置、电压无功控制装置等的互联方面还有待进一步的研究。

参考文献:

[1] IEC 61850-8, Communication Between Station and Buy Levels (Committee Draft) [S].

[2] IEC 61850-9, Communication Between Buy and Process Levels(Committee Draft) [S].

[3] Apostolov A P. Distributed Protection, Control and Recording in IEC61850 Based Substation Automation Systems[J]. IEEE, 2004.

[4] 韩小涛,尹项根,张哲,等. 光电传感器在变电站通信控制系统中的应用探讨[J]. 电力系统及其自动化学报, 2003, 15(3): 93-96.
HAN Xiao-tao, YIN Xiang-gen, ZHANG Zhe, et al Discussion About Application of Optical-Electric Transducer to Substation Communication & Control System[J]. Proceedings of the EPSA, 2003, 15(3): 93-96.

[5] 全国电力系统控制及其通信标准化委员会(CSBTS/TC82), IEC 61850变电站通信网络和系统系列标准[Z]. 2002.
CSBTS/TC82, IEC 61850 Communication Networks and Systems in Substations[Z]. 2002.

[6] 徐礼葆,刘宝志,郝燕丽. 开放式数字化变电站自动化系统的讨论[J]. 继电器, 2004, 32(6): 40-44.
XU Li-bao, LIU Bao-zhi, HAO Yan-li The Discussion of Open Type Transformer Substation Automation[J]. Relay, 2004, 32(6): 40-44.

[7] 吴在军,胡敏强. 基于 IEC 61850标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 61-65.
WU Zai-jun, HU Min-qiang Research on a Substation Automation System Based on IEC 61850[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 61-65.

[8] 李映川,王晓茹. 基于 IEC61850的变电站智能电子设备的实现技术[J]. 电力系统通信, 2005, 26(15): 54-56.
LI Ying-chuan, WANG Xiao-ru Realization Technology Analysis on Implementing IEDs in Substation Based on IEC 61850[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2005, 26(15): 54-56.

[9] 殷志良,刘万顺,杨奇逊,等. 基于 IEC 61850标准的过程总线通信研究与实现[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(8): 86-91.
YIN Zhi-liang, LIU Wan-shun, YANG Qi-xun, et al Research and Implementation of the Communication of Process Based on IEC61850[J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(8): 86-91.

收稿日期: 2005-12-23; **修回日期**: 2006-01-16

作者简介:

高鹏宇(1981-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统自动化; E-mail: gaopengyu911@163.com

游大海(1957-),男,教授,博士生导师,主要从事微机继电保护、变电站自动化系统和小水电的研究;

刘国民(1978-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统自动化。

Implement of communications according to IEC 61850 in the digital substation

GAO Peng-yu, YOU Da-hai, LIU Guo-min

(College of Electronic & Electric Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The development of intelligent electronic device has brought substation automation technology into a new stage which is called full digital substation. This paper introduces the actuality of nowadays Substation Automation Systems (SAS) at the beginning, and then the actual problems of establishing communication networks in the digital SAS are particularized and the solutions are also discussed based on the analysis of digital SAS' features and structure. At last, an instance using fiber Ethernet implementing the communication between IED which belongs to process layer and bay layer respectively is presented.

This project is supported by Chinese National Programs for High Technology Research and Development(No. 2005AA001200).

Key words: digitized substation; IEC 61850; optical transformer

勘 误

本刊 2006年第 10期第 82页左栏倒数第 18行公式有误,应为: $U_0 = U_x \times \frac{\alpha}{\alpha + 2}$。

特此更正并向广大读者致歉。

《继电器》编辑部

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net