

基于现场总线的发电厂升压站自动化研究

秦应峰^{1,2}, 童明光³, 李余廷⁴, 周卫巍⁵

(1. 山东大学计算机学院, 山东 济南 250100; 2. 山东电力研究院, 山东 济南 250002; 3. 华能威海发电厂, 山东 威海 264205; 4. 西南师范大学, 重庆 400715; 5. 山东电力工程咨询院, 山东 济南 250013)

摘要: 发电厂升压站自动化系统基于工业现场总线技术, 采用智能分布式测控前端实现对升压站所有电气测点和保护信号的测量和控制; 同时系统采用 Web 浏览器实现实时数据的实时发布, 提供多种外部接口。监控软件采用 C/S 和 B/S 结构相结合的多层结构方法进行设计开发; 通过多级冗余热备实现了系统的高可靠性。

关键词: 现场总线; 多级冗余; 分布式; Web

中图分类号: TM62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)16-0071-03

0 引言

随着国民经济的迅速发展, 发电装机容量和社会用电量大幅度增加, 电网不断扩大, 对用电质量和可靠性的要求也愈来愈高。面对这样的形势, 省调、地调已逐步装备了能量管理系统(EMS)或安全监视系统(SCADA); 而与此同时, 作为电网送端变电站的发电厂升压站, 由于种种原因在二次系统(包括远动和保护)综合自动化方面改观不大, 升压站工况的监视及控制主要以人工就地操作或网控室中控制为主, 自动化水平很低, 不能与先进的 EMS 或 SCADA 系统相适应。

分布式发电厂升压站自动化系统基于计算机及多媒体技术、自动控制技术和现场总线技术, 采用分布式软硬件结构, 对升压站进行自动监测、协调和控制, 最终实现网控设备的可控在控安全运行, 达到无人值守, 提高劳动生产率的目的。

1 现场总线简介和选择

1.1 现场总线简介

现场总线是应用在生产现场、在微机化测量控制设备之间实现双向串行多节点数字通信的系统, 也被称为开放式、数字化、多点通信的底层控制网络。现场总线采用的通信模型大都在 OSI 模型的基础上进行了不同程度的简化。OSI(Open System Interconnection)参考模型是由国际标准化组织 ISO 建立的“开放系统互连基本参考模型”, 它提供了概念性和功能性结构, 并将开放系统的通信功能划分为 7 个层次。而对工业控制底层网络来说, 单个节点面向控制的信息量不大, 信息传输的任务相对比较简单, 但实时性、快速性的要求较高。为满足实时

性要求, 也为了实现工业网络的低成本, 现场总线模型一般仅分以下几个部分: 物理层、数据链路层、网络层和应用层。

1.2 现场总线的选择

目前应用比较广泛的现场总线技术主要有: 基金会现场总线 FF、LonWorks、CAN 控制局域网络、PROFIBUS、WorldFIP、HART 等。根据各总线的技术特点、性能指标, 结合发电厂升压站的实际情况, 系统智能测控模块通讯接口开发选择了 CAN 总线技术, CAN 总线是德国 Bosch 公司在 80 年代初为解决现代汽车中众多的控制与测试仪器之间的数据交换而开发的一种串行数据通信总线, 它采用了 OSI 底层的物理层、数据链路层和高层的应用层。信号传输介质为双绞线。最高通信速率为 1 Mbps(通信距离 40 m), 最远通信距离可达 10 km(通信速率为 5 kbps)。CAN 协议数据段长度最多为 8 个字节, 这样就不会占用总线时间过长, 从而保证了通信的实时性; 采用 CRC 检验并提供相应的错误处理功能, 也保证了数据通信的可靠性。同期部分则采用与 S7 300 相对应的 PROFIBUS。

2 系统设计

2.1 系统结构

分布式发电厂升压站自动化系统主要由现场数据采集设备, 冗余同期控制系统, 双机冗余采集系统, 操作员站, 网关服务器等组成。双机冗余采集系统通过 CAN 总线采集数据并保存在冗余实时数据库中; 同期控制系统由两套冗余的 S7 300 和同期控制回路组成, 采用 PROFIBUS 连接测控模块; 电厂操作员子站系统实现集控室电气技术人员对升压站的实时监视; 工程师站完成系统维护和配置。系统可

以根据电厂的实际情况和需要进行系统配置,可以在双冗余采集机上安装操作员子站系统,进而实现操作员站的全部功能;S7 300DPU 通过手动把手可以完成同期合闸和分闸操作。网关服务器系统是与其它系统的接口也可以实现独立的对外数据发布功能。具体结构如图 1 所示。

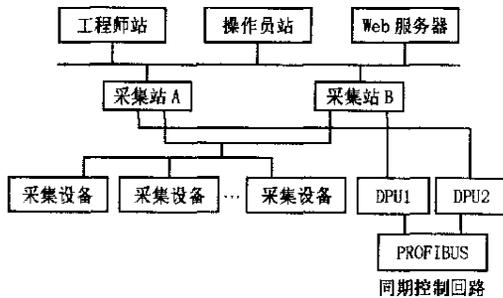


图 1 系统结构图

Fig. 1 Diagram of system structure

2.2 硬件设计

硬件的设计包含三大部分:微处理器系统、信号处理和总线通讯接口。智能测控前端基于交流采样,具有 4 路电压、4 路电流输入,12 路事件量输入。可以同时采集计算 300 多个模拟量,监测一个线路的所有开关量和模拟量,可取代常规的模拟式电磁设备,代替大量单个的变送器和仪表。

1) 微处理器系统

根据升压站自动化的需求,选用了 INTEL80186 - 16 位高性能的微处理器。它是一块具有 68 个引脚的芯片,在其中集成了六个功能块,它包含了两个高速 DMA 通道,三个独立的 16 位计时器/计数器,一个时钟发生器,13 条片选线和 22 个就绪信号。具有非常高的处理速度,能胜任复杂的实时处理工作。

2) CAN 总线通讯接口

80186 通过 CAN 控制器 SJA1000 和 CAN 收发器 82C250 连接到 CAN 总线上。CAN 控制器 SJA1000 芯片主要由实现 CAN 总线协议部分和与微处理器接口部分电路组成,可完成 CAN 总线协议的物理层和数据链路层的功能,支持 CAN2.0 A 协议及 CAN2.0B 协议,具有 Basic Can 以及 Peli Can 两种工作模式;SJA1000 内部提供了 128 个寄存器;接受缓冲区提供了 64 字节的 FIFO,CAN 总线上通过接受过滤器的数据首先被放到接受缓冲区中,接受寄存器作为接受缓冲区的映射寄存器,当接受寄存器中为空时,接受缓冲区中的数据会填充到接受寄存器中;为了增强错误处理功能内部提供了特殊功能寄存器

,仲裁丢失捕捉寄存器存有关于丢失仲裁位的位置信息,出错码捕捉寄存器存储总线上出现错误的类型和位置信息。CAN 收发器 82C50 是 CAN 协议控制器和物理总线的接口,提供了对总线的差动发送能力和对 CAN 控制器的差动接收能力。

3) 信号处理

在整个 A/D 及模拟部分的设计中主要突出了三点:一是高速,二是抗干扰,三是低功耗。从采样保持器到 A/D 芯片,全部采用了美国 ANALOG DEVICE 公司的产品。系统中 A/D、采保、放大器和采样开关都提供了独立的模拟地和数字地,它们分别有相应的管脚。这样连接的主要目的是避免数字地和模拟地之间形成回路干扰。

4) 控制设备

为了提高系统的可靠性,选用西门子的 S7 300 PLC 作为控制 DPU。CPU315 - 2DP 集成了 PROFIBUS-DP 现场总线接口装置。分布式 I/O 系统在现场运行,并采用 ET200 通讯模块与 PROFIBUS-DP 相连接。I/O 模块下的执行器和传感器连接到现场设备,I/O 模块按主/从模式向现场设备提供输出数据并向 CPU 或上位机反馈输入数据。

2.3 软件设计

由于本系统实时性较高,数据流量大,数据刷新速度快,因此数据服务部分采用了动态连接库 (DLL) 技术和内存共享技术,数据采集进程和数据处理进程分别通过数据服务程序对共享内存进行操作,完成数据的存取。多层结构是 C/S 和 B/S 结构相结合的软件设计思想。多层结构应用软件与传统的 C/S 模式下的两层结构应用软件相比,有着可伸缩性好、可管理性强、安全性高、软件重用性好以及节省开发时间等诸多优点。在 Internet/ Intranet 环境下,这些优点显得更加突出。系统按照这一思想分为现场数据采集网络层(硬件层)、双机冗余数据采集控制层、就地监视控制管理层、Web 服务层。

软件开发把先进的计算机技术同实际应用相结合。数据的采集采用了中断接收数据的方式,使数据采集更及时高效,提高了整个系统的运行效率。通讯程序采用多线程方式,高性能的数据采集机制。软件设计中通讯程序设计成仪表控制和数据采集按有优先级的轮询方式进行处理,使用户最急需的需要得到最优先的处理。使用共享内存技术实现实时数据的快速刷新及各任务的相互独立运行。通讯软件和管理软件的数据通讯采用面向非连接的 UDP 协议,保留网络接口,可以与管理信息网连接,把实

时数据直接传输到管理网,实现实时数据的共享。利用 COM、DCOM 组件技术实现接线图等图形界面的显示。利用 ASP 及 ActiveX 技术实现 B/S 结构的网上数据发布。

由于本系统的数据采集和数据处理是在不同进程中完成的,因此在进程间的数据一部分通过实时数据库交换,实时性强的通信上采用以基于套接字的编程方式,这种方式也有益于今后系统扩展到企业局域网及和其它应用系统的接口。由于 SOCKET 方式支持多种系统间的通信,从而使本系统与异类系统间的通信成为可能。在开发语言上经过论证后决定采用现在非常流行的面向对象的开发语言 Visual C++ 及 Visual Basic 语言作为本系统应用软件开发的主要开发语言。Visual C++ 编程能充分利用 Windows 全部的强大功能,且产生的代码紧凑,执行速度快,但程序编制时间相对较慢。而用 Visual Basic 编程速度快,且能实现几乎所有 Visual C++ 能实现的功能,但产生的代码执行速度相对 Visual C++ 代码较慢一点。故对应用软件中的数据收集进程及 DLL 服务程序采用 Visual C++ 编制,对用户界面等任务采用 Visual Basic 编制。应用软件采用模块化设计,每个模块具有高度的独立性。

2.4 系统可靠性设计

由于发电厂升压站的特殊性,系统的可靠性是首要考虑的因素。系统的可靠性主要从两个方面考虑,首先从系统的硬件设计上,采用了多级冗余备用的结构,采用双机冗余采集机制,当其中主采集机因故障停止采集,另一台备用机自动继续采集,实现持续的数据采集和监控;同期控制部分的 DPU 和电源热备用;并且系统保留了备用手动装置,可以保证系统可靠连续运行。第二,从软件设计上设置了多重逻辑闭锁和校验的机制,可以防止误操作和误动作;具有完善和详实的事件记录功能。

采集站和 DPU 同时采集与逻辑闭锁有关的信号量,运行人员在操作员站操作时首先进行用户名和操作密码的验证,然后通过逻辑闭锁检查,条件满足后命令发送到 DPU,DPU 接收到命令后进行快速采集,逻辑闭锁条件无误后输出操作信号到自动同期回路或分闸控制回路,完成相应的控制动作。同时控制结果反馈到操作员站,提示用户操作是否成功,是否需要相应的调节。

数据服务器配置为内置双电源,四块硬盘,三块 RAID5,一块热备;可以保证数据和程序的安全。高

速数据网络采用双网络结构,正常状况下,双网络同时运行,合理分配负载。当任一网络出现故障,则所有的数据通讯任务自动切换到正常的网络上。

数据网络和计算机设备均配备两路交直流电源输入的大容量 UPS,可以保证采集控制设备连续运行。

3 系统主要特点

1) 系统可靠性、综合自动化程度高。

采用双机冗余、多级热备设计,基于工业现场总线技术。测控单元集数据采集、计算、控制、保护智能化一体化。系统故障不影响就地测控单元的正常运行,就地某一测控单元故障不会影响其他测控单元的运行。

2) 子站硬件结构统一,通过软件组态实现各子站功能。系统配置灵活,可扩充性强。

3) 全面的保护信号、SOE 动作纪录,为升压站的事后分析提供详尽的追忆资料。

4) 系统安装工作量小,调试时间短。只需通过一条现场总线电缆就可把分散的测控设备与主站相连接。

5) 引入多媒体功能。对重要设备具有语音报警功能。

4 结束语

本项目于 2000 年 2 月在发电厂投入实际运行,已取得了良好的应用效果。由于本系统采用工程化、标准化的开发模式,采用工业现场总线的分布式结构,设计科学、功能完备,通用性和可扩充性好,易于使用和维护,能够适用于各类火力发电厂和环保监测、分散监控等领域,具有十分广阔的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 赵祖康,徐石明(ZHAO Zr-kang, XU Shi-ming). 变电站自动化技术综述(A Summary of Substation Automation Technology) [J]. 电力设备自动化(Automation of Electric Equipment), 2000, 20(1): 38-42.
- [2] 阳宪惠(YANG Xiann-hui). 现场总线技术及其应用(Field-bus Technology and Its Application) [M]. 北京:清华大学出版社(Beijing:Tsinghua University Press), 1998.
- [3] 周洪(ZHOU Hong). 分布式计算机监控系统设计与开发(Design and Implementation of Distributed Monitor and Control System) [M]. 武汉:武汉工业大学出版社(Wuhan: Wuhan University of Technology), 1997.

(下转第 76 页 continued on page 76)

式的情况,因此就微机线路保护而言,应取消零序电流段保护,用接地距离段保护替代零序电流段保护。

4 结论

微机线路保护的不对称故障相继速动,是借助线路发生不对称故障时对侧为近故障侧而由一段快速跳闸使非故障电流消失,而本侧保护加速动作的一种保护功能,为保证在各种情况下能正确动作应作以下改进:

- 1) 在故障未发生转换时原距离段动作后不返回,用于防止故障转到其它线路上引起误动。
- 2) 原故障任一相有电流变为无电流时,还应确认该电流是电容电流,用于防止下一级线路不对称故障开关跳开后,本线路距离段若不返回并带有轻负荷时的误动。

Analysis of a maloperation of CSL161B microprocessor line protection

SUN Jian-hua, KUANG Hua, YUAN Yu-qiang
(Yunnan Diandong Power Bureau, Qujing 655000, China)

Abstract: With a maloperation of CSL161B microprocessor line protection, the actions of some relevant relays are analyzed in this paper, and some suggestions for the criterion of asymmetrical fault-phase protection are proposed.

Key words: microprocessor line protection; maloperation; added criterion

(上接第 73 页 continued from page 73)

- [4] 鄂宽明(WU Kuan-ming). CAN 总线原理和应用系统设计(Principle of CAN Fieldbus and Design of Application System) [M]. 北京:北京航空航天大学出版社(Beijing:Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press), 1996.

Research on the power substation automation system based on fieldbus

QIN Ying-feng^{1,2}, TONG Ming-guang³, LI Yu-ting⁴, ZHOU Wei-wei⁵

(1. College of Computer Engineering, Shandong University Jinan 250100, China; 2. Shandong Electric Power Research Institute, Jinan 250002, China; 3. Huaneng Weihai Power Station, Weihai 264205, China; 4. Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China; 5. Shandong Electric Engineering Inquiry Institute, Jinan 250013, China)

Abstract: By using distributed intelligence module, the power substation automation system based on fieldbus realizes the measurement and control of all the electric signals and protection signals. The system provides real-time data with Web and offers several kinds of interfaces. The monitor and control software is designed by multi-structure method, which combined with C/S and B/S. It adopts hot standby technology to improve its reliability.

Key words: fieldbus; multilevel redundancy; distributed system; Web

参考文献:

- [1] 王梅义,蒙定中,等(WANG Mei-yi, MENG Ding-zhong, et al). 高压电网继电保护运行技术(The Technology of Protection in High Voltage Power Networks) [M]. 北京:电力工业出版社(Beijing: Publishing House of Electronics Industry), 1981.
- [2] 廖晓玉,张太升(LIAO Xiao-yu, ZHANG Tai-sheng). 继电保护整定计算的简化(Simplify Calculation of Line Protection Settings) [J]. 继电器(Relay), 2003, 31(8):67-71.

收稿日期: 2003-12-04; 修回日期: 2004-01-14

作者简介:

孙建华(1963-),男,大专,从事继电保护管理及技术监督工作; E-mail: sunjh@mail.erdddy.com

匡华(1975-),男,学士,从事继电保护管理及整定计算工作;

袁玉强(1963-),男,硕士,从事电网调度管理及继电保护管理工作。

收稿日期: 2003-12-26; 修回日期: 2004-04-05

作者简介:

秦应峰(1969-),男,高级工程师,从事计算机监控系统开发研制工作; E-mail: fengcai-market@sohu.com

童明光(1965-),男,高级工程师,从事电气主设备继电保护工作。