

基于 CAN 总线的高压开关柜智能监测监控系统

廖力清¹, 凌玉华¹, 杨欣荣¹, 史更生²

- (1. 中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083;
2. 北京有色冶金设计研究总院 电气工程所, 北京 100038)

摘要: 介绍了一种基于 CAN 总线构成的高压开关柜智能保护与监测系统, 以 16 位工业级单片机 Intel 87C196KC 为核心, 应用现场总线和智能化技术将保护、测量、控制、远动和故障诊断等综合自动化功能就地分散到开关设备上。为了提高系统的实时性和可靠性, 采用以双绞线为通信介质的 CAN 总线作为连接各开关柜的通信网络, 构成全分布式结构。实际运行结果表明, 该系统具有可靠性高、实时性好、抗干扰能力强、成本低等优点。

关键词: CAN 总线; Intel 87C196KC; 微机保护; 监控

中图分类号: TP216 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9792(2001)05-0532-04

现场总线技术是控制、计算机、通信、网络等技术从控制层发展到工艺设备现场的技术结果, 是一种互连现场自动化设备及其控制系统的双向数字通信协议。一个现场总线系统可以看成由数字通信设备和监控监测设备组成的分布式系统。其控制单元全部分散到现场, 控制回路由现场设备实现, 同时又可以在控制室用数字通信的方式与控制单元进行操作与调整。实际上, 现场总线就是一种计算机网络, 这个网络上的每一个节点就是一个智能化设备。

1 CAN 总线的技术特点

CAN 总线是一种多主总线系统, 通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光导纤维, 通信速率最高可达 1 MB/s, 当传输速率为 5 kB/s 时, 直接传输距离最远为 10 km。CAN 通信控制器中集成了 CAN 协议的物理层和数据链路层功能, 可完成对通信数据的成帧处理, 包括零位的插入/删除、数据块编码、循环冗余检验、优先级判别等工作。CAN 协议的一个最大特点是废除了传统的站地址编码, 代之以对通信数据块进行编码。按这种数据块编码的方式, 可以使不同的节点同时收到相同的数据, 这一特点在分布式控制系统中非常有用。CAN 总线属于总线式串行通信网络, 网络上的节点信息分成不同的优先级, 可满足不同的实时要求。其通信采用短帧结构, 每一帧的有

效字节数为 8 个, 因而传输时间短, 数据出错率低, 当节点出现严重错误时, 具有自动关闭的功能, 以切断该节点与总线的联系, 使总线上的其他节点及其通信不受影响, 具有较强的抗干扰能力。因此, 与一般的通信总线相比, 其数据通信具有更高的可靠性、实时性和灵活性。由于其高可靠性、高性能及独特的设计, CAN 越来越受到人们的重视^[1]。

2 基于 CAN 总线的开关柜微机保护与监控系统的设计

在中小型变电所特别是工矿企业变(配)电所应用领域比较有影响的二次设备与自动化系统是各种微机集控装置, 由上级监控主机和多套下级保护微机(一般对应多个开关柜)构成, 将控制、保护、信号、测量与监控 5 个方面的二次设备集于一体。这种微机集控装置存在运输难、现场整定调试工作量大、二次电缆多、本身故障率高、远程通讯能力不强、不适合老站改造等弱点。同时, 这种高度集中化的结构模式不能满足工矿用户对安全性和可靠性方面的更高要求。随着计算机技术的快速发展和自动化程度的不断提高, 以及电力系统“减员增效”要求的提出, 实现变电站综合自动化从而达到无人值班的目的, 已成为电力系统发展的必然趋势。将功能强大的微机监控系统与全数字化微机保护测控技术、现场总线

技术结合起来,采用现场总线作为连接各开关柜的通信网络,构成全分布式结构^[2],尤其是将保护和测量、控制、信号、通讯等功能集成为一个密闭的测控保护单元,直接安装在高压开关柜内原安置继电保护间隔内,实现彻底的分布式配置,是一种取代微机集控装置的新型综合自动化实现方案。

作者研制的基于CAN总线的开关柜微机保护与监控系统如图1所示^[3]。系统以Intel公司16位工业级单片机87C196KC为核心,由监控主机、前端智能测控保护单元、网络通信适配器、专用Modem、免维护微机控制直流电源、交流UPS和相关软件组成。其中控制室只放置主机、交直流电源装置,前端智能测控保护单元都分散到开关柜上,对所采集的数据就地处理,数字化传送。

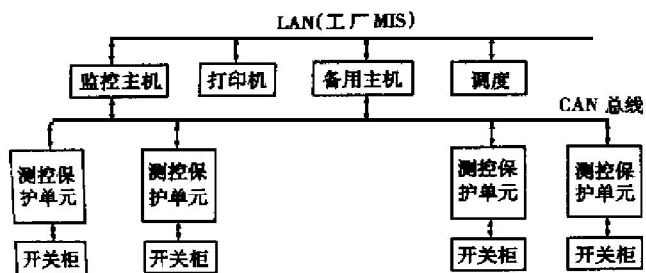


图1 系统结构框图

2.1 主机配置与功能

采用工业控制机(IPC),组成为:All-In-One型CPU卡(Pentium 550, 32 MB内存, EIDE及软驱动器接口, 2串连1并连接口),与PCIF-S3兼容的图形加速芯片及8MB显存也集成在卡上;PCI总线上插CAN总线智能通讯接口卡和声卡,该通讯卡自带CAN总线接口的单片微控制器87C592与驱动电路,负责与各测控保护单元交换信息,与主机采用双端口RAM方式通信,要求远动的可加插智能型规约适配卡(由Modem通过规定信道与调度端相连,支持CDT和Polling方式)。其运行环境为Windows NT 4.0 Workstation 简体中文版,软件采用面向对象的全32位Borland Delphi语言编写,可方便地实现丰富、直观的模拟图形显示、报表打印(Quick Reports)与数据库处理(BDE),特殊功能如开关操作、参数设定需校验密码后方能执行。为提高可靠性,可将监控主机设为2台,互为备用。

2.2 前端智能微机测控保护单元

前端智能测控保护单元是一个基于单片微处理器的全数字控制节点,主要由微控制器MCU基本系统^[4]、模拟量变换和采集、数字量输入/输出回路、通

讯接口及电源等模块组成。基本系统中MCU选用Intel第4代产品87C196KC-20,该芯片运算速度快(每时钟周期为0.1μs),实时处理能力强(HIS, HSO, PTS),内置488 B RAM,无寄存器瓶颈,其运行速度为Intel 8098的2~3倍,程序可固化于片内16 kB EPROM(OTP)。另外扩展1片串行EEPROM X25043P作为运行参数存储器,片32 kB SRAM 62C256用于存储录波数据。为了提高系统的可靠性和抗干扰能力,该智能单元的所有数字逻辑的处理集成在高密度超大规模的可编程逻辑阵列中,利用VLSI技术和CPLD制作在1块印刷电路板上。当需要控制保护的设备增加时(如出线增多),只要在相应设备的开关柜上增设1个单元,即可迅速投入运行。若某一单元出现故障,则使该设备停运,更换相应单元,并不影响其他设备的正常运行^[5]。

微机测控保护单元是整个保护监控系统的基础和关键。考虑到可靠性,与电力设备一对一设置,可以独立并行工作,独立完成相应1台设备(如1条出线)的全数字化数据测量、逻辑运算、故障判断、保护及手动操作等功能,同时可向上位机传送设备运行数据与开关位置,也可以接收上位机发来的设定值,并与主机隔离,即使主机脱离运行也不影响各测控保护单元的功能。为了使前端智能单元能在恶劣的电磁环境下可靠地工作,除了使电路设计、器件选择、布线布局、屏蔽隔离等环节尽可能完善外,本系统还可随时对前端智能单元的运行状态进行监测,以确保在意外故障发生时不误操作和丢失数据。

2.3 系统网络通信

本系统选用CAN现场总线构成控制局域网,采用双绞线为传输介质。CAN总线通信连接如图2所示。可见,CAN总线部分由智能PCI-CAN总线通讯适配卡、通信介质和相应通信软件组成^[6]。CAN总线通讯适配卡上带有高速双端口RAM,直接映射到主机内存空间,实现CAN与主机PC的高速数据交换。卡上高性能的嵌入式微处理器87C592极大地减轻了主机的负担,可以完成复杂的通信任务。另外,PCI-CAN通讯卡上带有光电隔离,使其避免由于接地环流而导致损坏,增强了系统的可靠性。前端智能测控保护单元通信功能主要由82C200完成。82C200是CAN通信控制器,主要由总线协议与接口部分电路组成,具有完成高性能通信协议所要求的全部特性,可以完成CAN的物理层和数据链路层所有协议的功能。它和光电隔离电路以及CAN总线驱动器82C250构成了与CAN相连的通道,82C250可以提供

对总线的差动发送和接受功能.

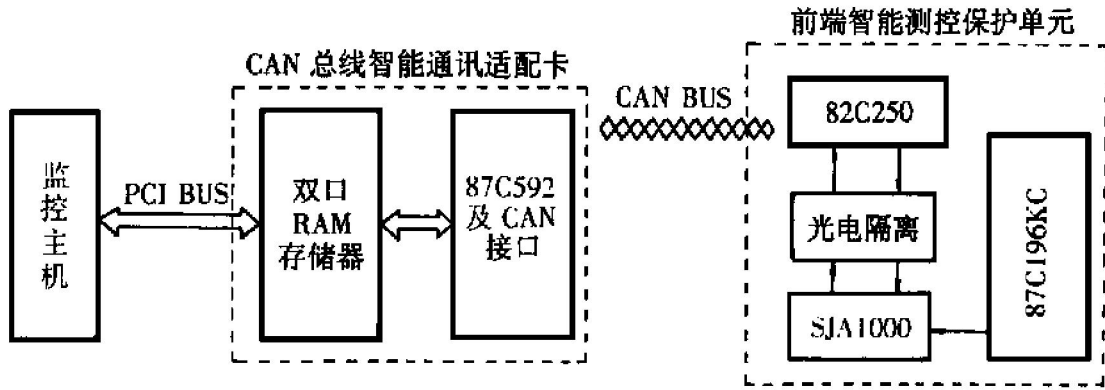


图 2 CAN 总线通信连接图

2.3.1 标识符的约定

标识符作为报文的名称,在接受器验收滤波和仲裁过程中确定总线访问优先权时都要用到.标识符在描述符中由 11 位构成,其中,最高位在仲裁过程中首先被送至总线.标识符的二进制数值越低,其优先权越高.在接收端,根据软件的设置,对标识符的 ID 码进行验收、滤波,满足条件的帧被接受后放入接收缓冲区,并填写状态寄存器,上层应用程序就可以从接收缓冲区取出数据进行处理.

2.3.2 错误检查及错误处理

CAN 协议规定的错误检查分为:错误位、位填充、CRC 错误、格式错误和应答错误.在数据帧中含有循环冗余校验域(CRC),它由 CRC 序列位和边界符组成.当检测到错误后,CAN 控制器发出错误标志,申请重发数据.当 CAN 控制器接收到持续干扰时会通知 CPU,经处理恢复正常后,再通知 CPU 返回正常工作.CAN 协议规定对错误尽量进行本地处理,使其对总线操作的影响最小.CAN 控制器内部包含有发送错误计数器和接收错误计数器,如果计数器中读数超过了警戒线数,它就会发出错误信号通知上层管理程序进行相应处理.

2.3.3 通信速率

87C196KC 的晶振频率为 16 MHz,在晶振漂移小于 0.1%,总线长度为 270 m 的情况下,通信速率最高为 250 kB/s.此时,总线定时寄存器 BTR0, BTR1 分别是 01H, 02H.

2.3.4 报文拼接

CAN 协议规定每次收发只能传送 8 个字节的数据,但在实际应用中,需要 1 次传送的信息量往往多于 8 个,此时应通过报文的拆卸和拼接技术予以实现.实现报文拼接最常用的方法是利用标识符的低 3 位.这是由于 CAN 控制器的验收码寄存器只按照

标识符的高 8 位进行验收滤波,即只要标识符的高 8 位与验收寄存器的 8 位内容相同即予通过.因此,可以巧妙利用标识符的低 3 位作为同一报文中不同报文段的顺序编号,从而可在接收寄存器中实现拼接.

2.4 故障诊断系统

故障诊断系统框图如图 3 所示.在智能单元内部实现在线诊断,主要是为了提高对一些严重故障的快速反应(如跳闸).其他复杂的诊断是为了对上位主机定时收到的各智能单元上传各类参数进行离线分析,以消除隐患^[7].

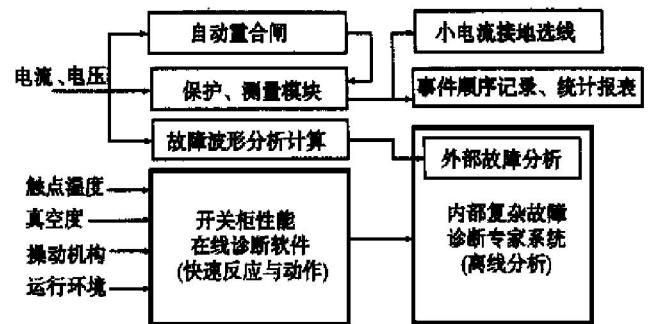


图 3 故障诊断系统框图

3 软件设计与数据管理

本系统采用面向对象的全 32 位 Borland Delphi 作为主要开发工具,编制动态链接库(DLL)完成底层操作(如通信模块).系统软件主要包括以下几个模块:

a. 系统初始化模块.设置供电系统一些可能变化的初始参数,如电流互感器变比、电压互感器变比、主接图、开关位置等,类似工控软件.

b. 数据采集与输出模块.从前端智能单元读取各种数据,同时还要完成数字量的输出以实现控制功能.

c. 数据管理模块. 软件对数据的管理采取了数据库的方式, 将要记录的数据全部存放在. db 数据库中. 该数据库使用 Paradox 数据库, 可以利用 Paradox 阅读和修改数据库, 并可在 Paradox 环境下创建各种图表和曲线. 程序将创建数据库、打开数据库、写数据库、关闭数据库等操作读做成函数的形式, 以便随时使用.

d. 图形、曲线、报表显示与打印模块. 显示与打印趋势图、定值、日负荷、月负荷、年负荷等各种报表, 操作 SOE 报表.

e. 历史记录查询模块. 用于查询各种历史数据和变位纪录.

f. 远方通信模块. 按部颁 CDT 规约或问答式 Polling 规约(SC1801)完成变电站与调度中心的数字通信.

4 应用与结论

本系统已在某冶炼厂和矿山井下的高压供配电工程中成功投运, 并经受了运行考验, 其间发生了诸如电缆短路、电动机接地或缺相等多种故障, 均无拒动与误动现象出现; 特别是对开关柜本体, 如跳闸回路断线、机构卡死、辅助接点不良等故障能及时发

现、报警与处理; 直流电源及电池状况均能集中监视^[8]. 这种基于 CAN 总线的开关柜微机保护与监测监控系统, 从开关柜到控制室只有 1 根双绞屏蔽通讯电缆连接, 结构简单, 故障率低, 通信波特率高, 安装、维修方便, 是一种新的实现工矿企业供电系统综合自动化方案.

参考文献:

- [1] 郭宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 1996.
- [2] 陈歆技, 单渊达. 基于 CAN 总线的新型馈线自动化系统[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(19): 47-49.
- [3] 廖力清, 陈际达, 戴喻兴. 基于开关柜的全分布式微机保护与监控[J]. 湖南师范大学学报(自然科学版), 1998, 21(3): 40-44.
- [4] 孙涵芳. Intel 16 位单片机[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995.
- [5] 廖力清, 彭小奇. 5 600 kVA 电炉变压器微机测控保护系统[J]. 中南工业大学学报(自然科学版), 2001, 32(2): 209-211.
- [6] 杨宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [7] 彭小奇, 廖力清. 镍冶炼过程实时监测网络的开发与应用[J]. 中南工业大学学报(自然科学版), 2000, 31(5): 458-461.
- [8] 廖力清, 凌玉华. 配电网户外智能微机控制器的研究与应用[J]. 电工技术杂志, 2001, (3): 17-19.

An intelligent protecting and monitoring system based on CAN field-bus for high voltage switchboard

LIAO Li-qing¹, LING Yu-hua¹, YANG Xi-rong¹, SHI Geng-sheng²

(1. College of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Central Engineering and Research Institute for Non-Ferrous Metallurgical Industries, Beijing 100038, China)

Abstract: This paper describes a microprocessor based protecting and monitoring system based on CAN field-bus for high voltage switchboard. The most important part of this system is a 16 bit single-chip micro-controller 87C196KC, and all the functions such as protecting, measuring, controlling, and fault diagnosis are enhanced to switch devices by the application of field-bus and intelligence technology. In order to increase the reliability and real-time character of the system, twisted-pair cable is used for communication between switchboards. The results of industrial practice show that this system has the advantage of high reliability, real time character, anti-jamming capacity and low cost.

Key words: CAN field-bus; Intel 87C196KC; microprocessor protecting; monitoring