变电站故障录波装置的设计

曲春辉, 张新国, 焦彦军

(华北电力大学, 河北 保定 071003)

摘要: 电力系统的发展对变电站故障录波装置提出了更高的要求,计算机软硬件技术的飞速发展,全球定位系统(GPS)、以太网络、数字信号处理器(DSP)、嵌入式计算机等硬件技术及面向对象编程(OOP)的软件技术,为微机型故障录波装置的性能改善提供了必要条件。介绍了一种基于当前先进的计算机技术的高性能的变电站故障录波装置的设计方案,较详细地分析说明了其软硬件结构和功能。

关键词: 变电站; 故障录波; 以太网; PC/104

中图分类号: TM764 **文献标识码**: B **文章编号**: 1003-4897(2003)12-0051-04

1 引言

随着电力网络的复杂化和区域互联趋势的到来,电力系统的行为也将越来越复杂。一些原有的假设条件和简化模型的适用性都将接受进一步的挑战与检验。在此情况下丰富详尽的现场实测数据,尤其是故障或非正常状态下的数据,无疑将具有越来越重要的价值。它们不仅是分析故障原因、检验继电保护动作行为的依据,也为电力工作者研究了解复杂系统的真实行为,发现其规律提供宝贵的资料,因此故障录波装置作为电力系统暂态过程的记录设备,电力系统对其要求也越来越高了。计算机技术的不断突飞猛进,为微机型故障录波装置进一步扩大信息量,提高可靠性、准确性、灵活性、实时性以及共享信息资源提供了必要的有利条件。

本文提出了一种利用当前先进的计算机技术实现微机型故障录波装置的方案,以提高故障录波装置的性能,使之更好地适应电力系统发展的需要。

2 故障录波器的整体结构

该系统以网络为核心,把各个单元连接成为一个有机整体,作为一个分布式的系统,它采用多 CPU 并行工作方式。主要可以分为三大部分:下位机单元、中层通讯管理单元、上位机单元。下层采集卡相互独立,中层管理单元负责与上位机的通讯及保存掉电后可能丢失的数据,上位机负责人机接口及与其他系统通过网络通信。结构如图 1 所示。

2.1 下位机单元(数据采集系统)

数据采集系统,包括开关量采集系统和模拟量采集系统。装置中可插入开关量采集板 4 块,模拟量采集板 6 块,每块开关量采集板可监测 32 路开关量,每块模拟量采集板可监测 16 路模拟量。具有监测量多,可根据实际选择投入采集卡数的优点。

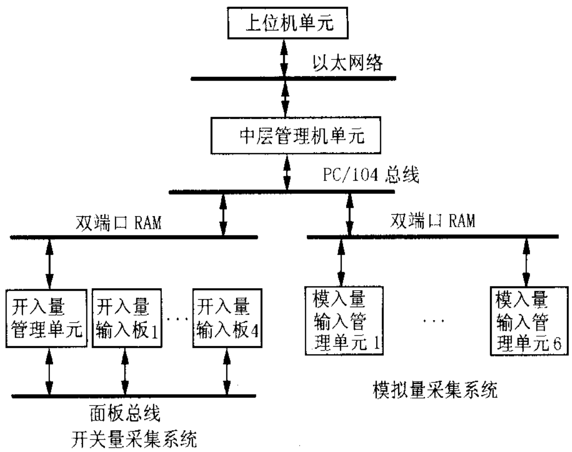

图 1 装置总体结构图

Fig. 1 Overall structure of the device

开关量采集系统的 CPU 采用 Intel 公司的 MCS-96 系列单片微处理器 80C196KB,具有高精度片内定时/计数器、程序运行监视器、高速输入/输出通道(HIS/HSO)、串行口、片内 232 Byte 通用寄存器阵列、中断控制器等硬件资源,软件指令丰富,控制能力很强。视投放的开关量输入板的多少,开关量采集系统可监视 16/32/48/64 路开关量输入回路,每个输入回路均经光隔后输入;每个开关量输入板上都带有一路测频电路。因此整个开关量采集系统最多可以监测 4 路频率。

模拟量采集系统的 CPU 采用 TI 公司的 TMS320C3X 系列的浮点数数字信号处理器 TMS320C32,具有片内定时/计数器、同步串行口、DMA 控制器、片内 512 Byte 的 RAM、中断控制器等硬件资源。与 80C196KB 相比,其片内总线采用哈

佛结构,CPU 内部也采用多总线结构,同时片内有大量的寄存器可供编程直接使用,使 CPU 在完成仿真功能的同时,也足以完成模拟量的采集工作,充分发挥了 DSP 数据处理能力强的功能,能够促进系统实时性能的提高,并采用了高性能的 A/D 转换器,精度高,性能稳定。

2.2 中层管理单元

由于 DSP 芯片及 MCS - 96 芯片内部都不带有以太网卡控制器,为了完成数据的双向流动,系统设计时加入中层通讯管理单元。

CPU 为嵌入式微型计算机 PC/104,模块本身带有 16M 内存,8M 电子盘,10M 网口。

底板构成:主要提供 PC/104 总线接口,另外附有 GPS 接收系统及外扩定时/计数器。

2.3 上位机单元

采用工业控制计算机,全钢结构机箱,防尘、防电磁干扰、防震性能好,内部配置为 Pentium - 166MMX 以上、64M 内存、2.1G 以上硬盘、10M 波特率网卡及内置 MODEM 可以上传信息至调度。

3 系统软件设置

本装置的软件主要分为三个部分,上位机分析软件、中层通讯软件、下位机数据采集软件。上位机分析软件基于 Windows98/NT 工作平台,采用强大的 VC++ 语言编制,支持多线程、多任务和网络功能,利用面向对象的编程思想,使软件具有模块化、封装功能、代码共享、灵活性、易维护性、增量型设计、局部存储与分布处理等优点,可保证软件系统功能的易扩展性和可维护性。中层通讯软件采用 FTP 公司的 PCTCP 支撑环境,使用 Borland c 编程实现。在 PCTCP 软件包的使用过程中,除了在 Borland c 集成环境中加入头文件(/include)和库文件(/lib)的目录外,还要把 mconfig.lib、mnet.lib、mpc.lib、socket.lib 四个静态库文件连接进工程中。在程序的运行前还要执行 ethdrv 来加载这个协议。下位机数据采集软件采用的是 TMS320C3x 汇编语言编制,主要是考虑系统实时性的要求和对硬件的操作。

3.1 数据采集站软件

数据采集站软件的主要功能为录波启动判断、故障录波、GPS 对时、数据存储与网络上传。数据采集和处理包括开关量采集模块和模拟量采集模块两部分。

开关量采集模块的主要功能是完成定时启动、手动启动、空接点启动及条件启动中的低频启动、高频启动、变频启动各条件下的事件记录、频率记录。时间记录分辨率为 0.5 ms。

模拟量采集模块的主要功能是完成手动启动和条件启动中的突变量启动、过流启动、过压启动、欠压启动、负序过流启动、零序过流启动、负序过压启动、电流变差启动条件下的模拟量采集。采样频率为 19.2kHz。

3.2 中层通讯软件

由系统的配置可知,将有大量的模拟量与开关状态数据需要传送,所以采集卡通过双端口 RAM 将采样数据传递给中层管理机后,中层管理机单元通过以太网与上位机进行通信,提高了输送容量。上位机与中层管理机之间是基于 TCP/IP 协议的以太网通讯,由 SOCKET 编程实现。我们所要实现的是在上位机的 WINDOWS 端和中层管理机的 DOS 端的通讯,为了开发和维护以及使用的方便和可靠,本文使用了面向连接的 SOCKET 模型作为解决方案。采用客户机—服务器模型,上位机作为客户端,中层管理机的 DOS 端为服务器端。

(1) 确定 DOS 端为服务器程序,由于系统投入运行后,DOS 端只运行该单一软件,所以上电启动以后可以使其进入睡眠状态(等待连接),只有和 WINDOWS 端建立起通讯以后,DOS 本身的功能才有意义。

(2) 确定 WINDOWS 端为客户端程序,利用多线程技术,通过子线程和 DOS 建立通讯,可以在运行中向主线程发出消息而由主线程作出相应的处理(连接出错判断给用户提示信息等)。

(3) 在 DOS 端利用网卡中断程序完成数据的接收,同下位机的数据采集一样,DOS 端的数据接收可以选择查询方式以及中断方式,利用中断方式可以满足系统的实时性。

(4) 在 WINDOWS 端利用事件驱动完成数据接收,当以太网发送数据到客户机端时,On Receive() 函数被触发,从而接收数据。

因此,以太网的通讯模型分为两部分,即服务器模型和客户机模型。下位机先上电,即建立通讯所用的 SOCKET,等待上位机建立连接的请求;而上位机后上电,建立通讯所使用的 SOCKET 之后,即向采集站发送连接请求,采集站接到分析站的连接请求之后与其建立连接,则这一通讯连接一直维持到应用程序退出,而不是在有数据传送时才建立连接,而传送完毕后关闭连接。服务器和客户机的 SOCKET 都处于实时监听的状态,若是接收事件发生,自动触

发 On Receive()函数进行接收数据及处理。服务器以循环方式发送正常状态数据,或随机发送故障数据。一旦发生故障,则跳过刷新时间记录这一部分,故障数据发送完毕之后,开始进行时间记数,客户端(上位机)以随机方式发送系统定值及条件启动。

确定通讯方案后,上位机和中层管理机之间通过以太网传递的数据包括以下几种:

(1) 正常状态数据:正常状态时,接入录波器采集卡的各线路电压、电流、开关状态在固定刷新周期的采样值,由下位机通过网络传送给上位机。

(2) 故障数据:发生故障时接入录波器采集卡的各线路电压、电流自故障前 10 周波至复位期间的采样值以及系统频率采样值,由下位机通过网络传送上位机。

(3) 自检信息:采集卡及采集卡系统管理单元的异常或故障信息,由下位机通过网络传送给上位机。

(4) 系统定值:条件启动的定值,包括:突变量启动、过流启动、过压启动、欠压启动、负序过流启动、零序过流启动、负序过压启动、电流变差启动、低频启动、高频启动、变频启动、空接点启动,还包括:由 0 状态变为 1 状态时启动、1 状态变为 0 状态时启动、变位启动、变位不启动以及正常数据刷新周期的设定值,由上位机传给采集站。

(5) 手动启动命令:由上位机传送给下位机,即便此时没有故障,当采集站收到信息后,将采样数据以故障数据的形式发送给上位机。

3.3 上位机分析软件

上位机分析软件的功能主要有:数据处理和故障分析、数据的保存、数据的显示与打印、录波数据远程通讯、图形编辑、实时显示、系统参数设置和浏览、数据格式转换等。其中,数据的保存功能属于后台运行程序,只要上位机有新的录波波次,系统就会根据故障元件和故障时间自动存储文件,供用户分析。

3.3.1 数据处理与故障分析

录波数据的处理和分析的主要内容为上位机在接收到实时录波数据后,整理并以文件格式保存,并根据处理结果判断故障时间、故障选线、选相及故障测距等内容。

3.3.2 数据显示与分析

(1) 显示故障信息简表:我们可以输入不同的日期显示故障报表,故障报表中包括:故障启动时间、故障元件、输出故障文件名称、故障线路、故障相别、跳闸相别、故障开放的时间、故障后第一周期的故障电流有效值和母线电压有效值、重合闸动作情况。

(2) 显示故障录波波形:显示被选故障批次的指定母线或线路的指定量(电压、电流)的录波波形,并可同屏显示游标所指采样点的采样值及有关的计算数据(该点的相位、有功、无功、功率因数、所在周波的电流/ 电压基波有效值、谐波含量、频率等)。

(3) 显示实时模拟量。

(4) 显示实时开关量,分析在记录时段内所有的开关量变位情况,以表格形式显示,包括:变位顺序号、变位通道号、变位时刻及变位状态等。

3.3.3 录波数据远程通信

录波数据远程通信的主要内容是录波数据及分析结果报表实时向电网调度中心进行远方传送,便于继电保护专家根据录波数据及各站传送来的信息进行综合分析判断,从而快速准确地处理系统故障,并且可以实现双端测距,提高定位精度,减少巡线工作量及故障恢复时间。

3.3.4 图形编辑

主要完成变电站电气主接线图的绘制,自建的工具条中备有电力系统的各种元器件,通过鼠标的点击在界面上绘制相应的电气主接线图,同时可以实现对元件的缩放、对齐、移动、删除等操作,还可以根据用户需要选择想要的颜色和线宽,方便操作。

3.3.5 实时显示

上位机定时向下位机发手动录波的命令,上位机根据收到的数据进行加工,将计算出的电气量显示在变电站的电气主接线图上,可以监测这个系统的正常运行状态。

3.3.6 系统参数设置

(1) 录波屏设置:包括录波屏的型号、站号、采集卡的投入情况。

(2) 母线设置:包括母线名称、电压等级、通道组号、运行状态。

(3) 线路设置:包括线路名称、CT 变比、线路阻抗、电压等级。

(4) 三绕变设置:高压侧、低压侧、中压侧的通道号、电压等级、接线方式等。

(5) 双绕变设置:高压侧、低压侧的通道号、电压等级、接线方式等。

(6) 开关量参数设置:包括开关性质、通道号、启动方式等。

(7) 模拟量参数设置:指模拟量采集卡启动判

据中的定值的下放,包括电压、电流的突变量和稳态量的下放。

3.3.7 数据格式转换

数据格式转换的主要内容是将录波数据记录格式按 IEEE 的标准转变。故障录波数据记录格式是按照 220～500 kV 电力系统故障动态过程记录技术准则,主要任务是记录系统发生大扰动如短路、系统振荡、频率崩溃、电压崩溃后的有关系统参数的变化过程及继电保护与安全自动装置的动作行为。根据故障录波记录过程按 A、B、C、D、E 时段进行,符合 DL/T553—94。

A 时段:系统大扰动开始前的状态数据,输出原始记录波形及有效值,记录时间 $t \geq 0.04$ s。

B 时段:系统大扰动初期的状态数据,可直接输出原始记录波形,可观察到 5 次谐波,同时也可以输出每一周波的工频有效值及直流分量值,记录时间 $t \geq 0.1$ s。

C 时段:系统扰动后中期状态数据,输出连续的工频有效值,记录时间 $t \geq 1.0$ s。

D 时段:系统动态过程数据,每 0.1 s 输出一个工频有效值,记录时间 $t \geq 20$ s。

E 时段:系统长过程的动态数据,每 1 s 输出一个工频有效值,记录时间 $t \geq 10$ min。

而在本设计中,依据技术准则的数据记录,分时段记录以满足分析数据要求,设计中确定 A、B、C 的分段采样方式,如图 2 所示。

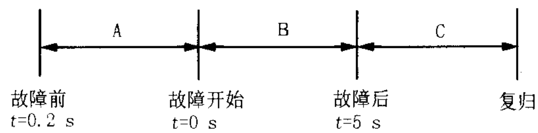

图 2 分段模拟量采样

Fig. 2 Sectional sampling of analog

A 时段:系统大扰动开始前的状态数据,每周期采样 48 点,记录时间为 0.2 s。

B 时段:系统扰动后的状态数据,采样频率为 19.2 kHz,记录时间为 5 s,并且装置在此期间不再启动。

C 时段:系统动态记录数据,每 0.1 s 输出一个工频有效值,记录直到装置复归。在此时段内若重复启动,则按照 A—B—C 的顺序记录。

可以看出,录波数据记录的特点是分时段和不仅有按某一采样率的采样值还有按一定时间间隔记录的有效值。IEEE 标准主要针对原始数据的连续记录及多种数据来源,允许同一数据文件中有多种采样率数据,从而与装置数据的分段记录是相似的,但其中对数据有效值的记录方式,IEEE 标准中没有直接涉及到。按照 IEEE 标准,对于分段记录中 C 段有效值的记录,要求每 0.1 s 输出一个有效值,可假设其采样频率为 10 Hz,这样对电压、电流记录值,采样值和有效值可根据采样频率来区别:如果记录的采样频率 $f > 50$ Hz,记录数据为采样值;如果记录的采样频率 $f < 50$ Hz,记录数据为有效值。

4 结论

本文基于当前先进的计算机硬件技术提出了电力系统故障录波的一种设计方案。分布式的系统结构有利于系统的进一步扩充及与自动化接口,能适应电力系统发展的需要。以太网通讯应用于故障录波器中,能满足故障数据传送的大容量、高速的特点,并大大提高了其可靠性。数据采集系统与通讯管理系统的接口采用内存直接映像方式,并配以高速的以太网上传,解决了单片机的高速采集与串口的低速传输间的矛盾。

DOS 操作系统以其稳定性强、占用空间小而著称,网络功能却不完善。在 DOS 环境下实现以太网通讯,为工业控制中通讯方案的设计提供了一种新颖的思路。

本文介绍的通讯软件的设计思路,已在华北电力大学与邢台变电公司的故障录波项目中实现,运行良好,有较高的参考价值。

参考文献:

[1] 赵自刚,赵春雷.国产录波器现状分析及新型录波器展望[J].电网技术,1999,23(3):44-50.

[2] 夏芳,刘沛.变电站微机型故障录波器装置设计方案[J].继电器,2000,28(3):40-43.

收稿日期: 2003-03-20 **修回日期**: 2003-07-09

作者简介:

曲春辉(1977-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统微机保护;

张新国(1956-),男,副教授,研究领域主要为微机保护及自动远动技术;

焦彦军(1963-),男,副教授,研究领域主要为微机保护及自动远动技术。

(下转第 66 页)

集,减轻两层结构中省调主站通信服务器由于接口数量多、传输信息量大而可能产生的通信瓶颈问题。

(c) 地调层的数据服务器完成所采集的变电站继电保护信息数据的汇总、分类等功能,分担主站数据服务器部分的工作内容。而且根据调度管理的需要,地调在合适的时候可以基于分站系统数据服务器设置一套完整的继电保护信息分站系统,完成与省调主站类似的信息管理功能。

(d) 保留点对点电话拨号通信方式,即各地区电业局将各子站继电保护电话拨号远传通道汇集在 1～2 个 2M PRI 接口内直接传送至省调,作为 TCP/ IP 联网传输系统的备用方式。

3 结论

自 2002 年元月中国电机工程学会继电保护专委会发布了《继电保护及故障录波器信息处理系统技术规范》后,各地均积极开展"继电保护及故障录波信息管理系统"的规划和试点工作。其中传输通道组织模式应按电力光纤通信网络建设完善的情况进行规划,建设一个宽带、高效、安全、可靠的继电保护信息系统广域网。可以预见,随着电力光纤通信网络的高速发展和 IP 业务应用的不断深入,网络化继电保护信息系统将成为现实。

参考文献:

[1] 辛耀中,卢长燕. 电力系统数据网络技术体制分析[J]. 电力系统自动化,2000,24(21):1 - 6.

[2] 聂志伟,陆于平. 网络化数字保护信息系统设计[J]. 电力系统自动化,2000,24(20):45 - 48.

收稿日期: 2003-04-14; **修回日期**: 2003-05-28

作者简介:

吴 云(1969 -),男,高级工程师,从事电力系统自动化、电力系统通信规划设计工作。

Optimizing channel organizing mode of the management information system for protective relaying and fault recorder

WU Yun

(Hunan Electric Power Design Institute, Changsha 410007, China)

Abstract: The management information system for protective relaying and fault recorder is an integrated resolving scheme of the power system fault analysis and protective relaying information supervision at present. Frame work of the management information system for protective relaying and fault recorder is introduced, and the disadvantages of the information transfer system currently are pointed out. Meanuhile, this paper analyses the direction of information flow, and proposes an optimized information transfer system for protective relaying. Combined with data network technology for power system, optimized scheme of management information transfer system with three - layer configuration for protective relaying and fault recorder based on data network is put forward.

Key words: protective relaying; information transfer system; SDH; TCP/ IP

(上接第 54 页)

A design of fault recorder used in substation

QU Chun - hui, ZHANG Xin - guo, JIAO Yan - jun

(North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: With the development of the power system, the requirement for fault recorder of substation is stricter and stricter. The great evolution of software and hardware technology of computer, GPS, Ethernet, Digital Signal Processor nested computer and some software technology such as Object-Oriented Programming provides the essential condition for the improvement of fault recorder. A design of multi-microprocessor-based fault recorder with better performance is given in this paper. The structure and functions of its hardware and software are illustrated in detail.

Key words: substation; fault recorder; Ethernet; PC/ 104