

基于嵌入式系统的故障录波器设计

张延冬,焦彦军,张举

(华北电力大学,河北 保定 071003)

摘要: 电力系统的发展对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、以太网、数字信号处理器、嵌入式计算机等硬件技术,为微型故障录波装置的性能改善提供了必要条件。介绍了一种基于嵌入式 PC/104工控板和嵌入式操作系统的高性能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: 故障录波; 嵌入式系统; PC/104

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)03-0062-04

0 引言

计算机技术、网络和通信技术的不断发展,为研制新一代高性能微型故障录波装置提供了有利条件。同时电力系统对故障录波器也提出了更高的要求。在对原有故障录波器进行结构分析和运行经验总结的基础上,针对这些故障录波器普遍存在的问题(如硬件配置重复,结构设计不合理,系统容量小,功能单一,容易死机等)提出了一种基于嵌入式系统的新型故障录波器的设计方案。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。

1 系统硬件结构

本装置采用多 CPU 并行工作方式,分布式结构。主要由数据采集系统、数据管理系统和远方数据分析系统三部分构成。数据采集系统主要负责现场信息的采集;数据管理系统主要负责保存录波数据,对数据采集系统的管理和人机接口及通过网络与其他系统进行通信,同时还可以对录波数据进行必要的处理和简单的分析,为现场运行人员提供一些具有参考价值的参数和信息;远方数据分析系统主要负责对所有上传的录波数据进行更为详细的分析和计算,从电力系统的角度进行故障分析,包括故障测距、故障选相、谐波分析、序分量和相量分析、功率分析、频率分析、网络拓扑图的生成,以及结合网络拓扑图对系统运行参数和运行状态的设置和控制。它可以通过以太网接收来自多个现场数据管理系统上传的录波数据,整体结构图如图 1 所示。

1.1 数据采集系统

数据采集系统,包括开关量采集单元和模拟量

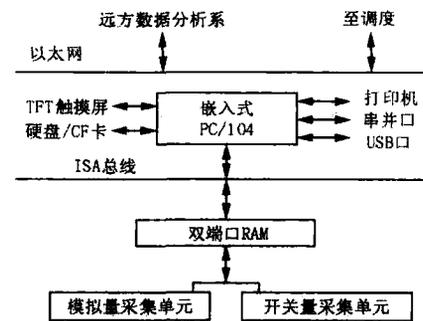


图 1 系统硬件结构图

Fig 1 System hardware architecture

采集单元。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。可根据实际选择配置采集卡的数量。

开关量采集单元的 CPU 采用 Intel 公司的单片机 80C196KB。视配置的开关量采集单元的多少,开关量采集单元可监视 32/64/96/128 路开关量,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单元最多可以监测 4 路频率。

模拟量采集单元的 CPU 采用 TI 公司的浮点型数字信号处理器 TMS320C32。视配置的模拟量采集单元的多少,模拟量采集单元可采集 16/32/48/64/80/96 路模拟量。

1.2 数据管理系统

选用 PC/104 嵌入式工控板,它和数据采集系统集成在一个机箱内,两者通过 ISA 总线扩展的高速双端口 RAM 实现数据的交换和通信。根据实际要求和具体需要,我们对 PC/104 的硬件资源进行了具体的配置和裁剪,充分发挥了嵌入式系统高效、

可靠、功能强大、集成度高的特点。SCM/SPT是一款“All-In-One”的CPU模块,其CPU是一片X86兼容的64位处理器,运行速度可达300MHz。它集成了10/100Base-T以太网接口及高性能图形处理器,SVGA显示器接口,支持所有类型LCD及TFT显示屏,2M内置显存最大支持至1280×1024,16.7M种颜色,可以满足用户开发复杂的图形界面。板上带有128M3.3VSDRAM内存,一个并行接口,两个串行接口,两个USB接口,支持软驱、EIDE硬盘及CompactFlash,配有Watchdog看门狗电路。同时,扩充了20G硬盘和128MCF卡,CF(CompactFlash)卡温度适应范围大,存取速度快,我们用以存放核心程序。20G的大容量硬盘用来存放录波数据,可以满足用户长时间录波的要求,可以同时保存多批次的录波数据,而不会由于循环覆盖存储造成录波数据丢失。另配置必要的外围设备,GPS接收系统、打印机和触摸显示屏,具有良好的人机交互界面。

1.3 远方数据分析系统

远方数据分析系统配置相对简单,选用高档工业用微机即可,主要考虑能够适应电力系统现场的运行环境,防尘、防震、防电磁干扰性能要好。主要配置可采用PentiumⅢ1GHz及以上CPU、256M内存、20G以上硬盘、10M网卡可以上传信息至调度。

2 系统软件设计

本装置的软件主要分为三个部分:数据采集软件、数据管理软件、远方数据分析软件。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硬件的操作。数据管理软件基于嵌入式Linux实时多任务操作系统,采用C/C++语言编制,嵌入式Linux根据具体硬件资源进行了裁减,只保留必要的功能模块,内核精炼,占用资源小,功能完善。程序的编制中采用了面向对象、模块化设计等思想,支持多线程和多任务。远方数据分析软件基于Windows98/NT工作平台,采用功能强大的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。

2.1 数据采集系统软件

数据采集软件的主要功能为:数据采集与计算、录波启动判断、故障录波、GPS对时、数据存储及与

数据管理系统进行信息交换。

数据采集系统在设定的采样脉冲下,同步启动数据采集系统的AD芯片开始转换。转换完成后,产生中断,进入外部中断服务程序,中断服务程序首先开始模拟量和开关量的采集,接着是GPS秒脉冲检查,然后通过对采集数据的计算判断是否启动录波,满足条件则启动录波并保存数据,最后返回主程序,不满足条件则直接返回。

2.1.1 录波启动方式

模拟量启动、开关量启动、手动启动、远方启动。

1) 模拟量启动

突变量启动:包括电压突变量和电流突变量启动。

正序量启动:包括正常运行时过电压、低电压和过电流启动。

负序量启动:利用三相电压、三相电流的采样值,计算获得负序电压和负序电流,包括负序过电压和负序过电流的启动。

零序量启动:零序电压和零序电流是直接采集获得,启动条件包括零序电压和零序电流的突变量启动及稳态过量启动。

直流信号启动:其他形式的物理量经传感器变换成直流电压量,启动条件包括过量和欠量启动。

频率启动:含高频、低频启动和频率变化率启动。

同步采样频率2.3kHz、5kHz、10kHz可以设置,最高可以达到19.2kHz。

2) 开关量启动

任何一路开关量均可单独整定作为启动量。开关量启动可选择为开关分启动或开关合启动。开关量时间分辨率不大于0.5ms。

3) 手动启动、远方启动

当地手动启动和远方通讯启动。

2.1.2 故障录波记录格式、时间

任意一个启动判据启动,故障录波记录过程按A、B、C、D四个区段形成一次完整的录波,符合DLT553-1994的要求。

A时段:启动时刻前、按每隔0.1s间隔、记录长度5s的有效值。

B时段:启动时刻前0.05s的采样值。

C时段:按设定的录波采样频率、录波时间记录。

D时段:如果连续4s内所有稳态启动判据返回(整组复归),期间按0.1s间隔记录有效值,形成

4s的包络线,结束录波。如果有稳态启动判据不返回,将持续录波。期间再发生故障,结束本次录波,重新启动,过程同上。

2.1.3 故障数据存储

数据管理系统 20G容量的硬盘可以保存不少于 2000次的故障录波数据文件。

2.2 数据管理软件

数据管理软件是基于嵌入式 Linux操作系统开发的,嵌入式 Linux操作系统是针对开发要求和硬件资源进行定制的,在 BaseSystem基础上,配置了不同功能的软件包,为程序的开发和运行提供必要的环境支持。根据具体需求,配置了如下软件包。

1) 网络协议,网络服务软件包,集成了丰富的网卡驱动程序和网络协议,根据选用硬件的不同,自动选择合适的网卡驱动程序和网络协议,安装此软件包,可以方便地与其他计算机进行通讯,并实现对文件的上传和下载,还可以登陆到远程服务器或允许远程客户机登陆。

该软件包包含三个功能模块,分别实现不同的功能。

Ethernet功能模块,本功能模块提供支持 TCP/IP协议的内核,并自动识别硬件系统中的网卡,在系统中对网络及自身 IP进行了初步设置,使数据管理系统具备与外界通讯的功能。

FTP&telnet功能模块,在系统具备网络功能之后,利用这个功能模块,可以利用 FTP工具方便地对文件传输,并能上传(Upload)下载(Download),还可以登陆到远程服务器或允许远程客户机登陆。

NFS功能模块,提供 NFS client及 NFS server支持,NFS client可以通过网络访问 NFS server端,同样可以实现系统间的通讯。

2) Compiler编译连接、Debug调试包,程序开发的基础,所编写的程序,可以方便地在系统上进行编译连接、调试。我们通过编写 Autoconf/Automake脚本程序,完成程序间的交叉编译。实现对整个软件项目的维护。包括两个功能模块。

程序调试功能模块,所编写的程序可以在系统上进行调试。

程序开发功能模块,集成了程序开发所要用的基本操作及函数。

3) 嵌入式图形用户界面 MiniGUI包,提供针对嵌入式系统的图形开发工具,能够帮助用户开发满足要求的图形程序。

MiniGUI是一个基于 Linux,面向嵌入式系统的

轻量级图形用户界面支持系统,提供类 Win32的 API接口,实现了简化的类 Windows 98风格的图形用户界面,但对硬件要求低,占用系统资源少。同时,MiniGUI又将尽力与微软的 Win32 API中的窗口管理以及相关部分保持一定程度上的兼容,方便了应用程序在不同操作系统间的移植。在程序开发中我们还必须加载 libminigui、libvcongui和 libmgext函数库,在程序中包括相应的头文件,在编译应用程序时链接相应的函数库。

数据管理软件主要功能有:

实现同数据采集系统进行数据传送

传送数据包括:录波数据(包括正常状态数据和故障状态数据)、系统自检信息、系统定值、启动方式设定、手动启动命令、远方调度命令、时间和系统参数。数据传送是通过 ISA总线扩展的高速双端口 RAM,数据传输速率达兆级,不存在数据传送瓶颈问题。通常在高密度录波的后半段,数据记录和传送即可达到同步。

实现对录波数据的简单处理和分析

数据处理部分的任务是将数据采集系统传来的录波数据重组为便于分析计算的形式,并以文件形式保存。数据分析部分是通过录波数据的计算和分析进行故障测距和故障选相。故障测距算法采用单端测距,故障分析法和阻抗法,保证在各种故障情况下,测距结果具有较高精度。故障选相算法采用相位比较式对称分量算法和相电流差共频变化量算法。

实现实时显示和打印功能

显示功能包括:显示故障信息简表、显示故障分析结果、显示故障录波波形、显示实时模拟量、显示实时开关量。打印功能包括:自动打印、召唤打印、屏幕打印。

实现同远方数据分析系统的通信

数据管理系统可以自动远传故障信息,也可以当远方分析数据系统发来传输命令时,被动传输所要求的数据。远方数据分析系统还可以使用 IE浏览器通过 Web方式查看故障录波系统实时运行状态、浏览定值、下载数据文件。

2.3 远方数据分析软件

远方数据分析软件包括故障信息综合分析功能、网络通讯功能、故障信息综合管理功能、电气主接线图绘制功能。作为数据管理系统中数据分析功能的扩充和完善,实现了基于故障录波信息的故障诊断及其相关功能。通过对故障数据进行的在线故

障诊断和离线故障全过程再现,寻找故障原因,总结运行经验以及制定反事故措施提供有力的理论依据和直观的数据资料。

3 结束语

本方案充分利用嵌入式系统在硬件上结构简洁、高效,针对性强,软件上实时、多任务、占用硬件资源小等特点,采用分布式结构,现场开放式网络,系统设计合理、功能完善、使用方便,能够很好的适应现代电力系统发展的新需要。

参考文献:

- [1] 夏芳,刘沛. 变电站微机故障录波装置设计方案[J]. 继电器, 2000, 28(3): 40-43.
XIA Fang, LU Pei A Design of Fault Recorder Used in Substation[J]. Relay, 2000, 28(3): 40-43.
- [2] 杨廷方,刘沛. 基于工控机的集中式录波器设计[J]. 电力自动化设备, 2001, 21(6): 26-29.
YANG Ting-fang, LU Pei Design of an Integrated Fault Recorder Based on Industrial Controlling Computer[J].

- Electric Power Automation Equipment, 2001, 21(6): 26-29.
- [3] 王哲,焦彦军,等. 高性能故障录波器的方案设计[J]. 电力自动化设备, 2003, 23(3): 40-42.
WANG Zhe, JIAO Yan-jun, et al Design of High Performance Fault Recorder[J]. Electric Power Automation Equipment, 2003, 23(3): 40-42.
- [4] 金西,黄汪. 嵌入式Linux技术及其应用[J]. 计算机应用, 2000, 20(7): 4-6.
JIN Xi, HUANG Wang The Technology of Embedded Linux and Its Application[J]. Computer Applications, 2000, 20(7): 4-6.

收稿日期: 2004-05-19; 修回日期: 2004-09-13

作者简介:

张延冬(1978-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统微机保护;E-mail: continual_winter@sina.com

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;

张举(1946-),男,教授,研究领域主要为微机保护及自动远动技术。

Design of fault recorder based on embedded system

ZHANG Yan-dong, JIAO Yan-jun, ZHANG Ju

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

Abstract: With the development of power system, the requirement for fault recorder becomes much higher. The great evolution of computer software and hardware technology, such as GPS, Ethernet, digital signal processor (DSP), embedded computer and so on, has provided essential conditions for the improvement of fault recorder. A design of fault recorder based on embedded system PC/104 and embedded operation system is given in this paper. The structures and functions of its hardware and software are illustrated in detail.

Key words: fault recorder; embedded system; PC/104

(上接第 61 页 continued from page 61)

Application of MapX in power quality monitoring system

HUANG Pan¹, YAO Jian-gang¹, LU Li¹, ZHANG Zan²

(1. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China;

2. Hunan HDWL Electric & Information Tech Co., Ltd, Changsha 410007, China)

Abstract: The problem of the power quality badly affect system stability and economic operation. To the increasingly severe power quality problem, a method of power quality monitoring system based on GIS is given. Using the visual technology of GIS and combining the geographical information of power network, the system gives the real-time distributing information of power quality. The method is developed based on active controls and equipped with vivid map information. Comparing with traditional power quality monitoring systems, the proposed system is more vivid, direct and efficient. An application example is also provided.

Key words: power quality monitoring; GIS; MapX