

新型数字式高压保护装置硬件平台设计

杜肖功, 毛鹏, 李小滨, 杨立, 于涛

(烟台东方电子信息产业股份有限公司综合所, 山东 烟台 264001)

摘要: 在总结和继承微机保护装置成功经验的基础上, 设计开发了运算 DSP 加逻辑 MPU 控制单元的新型硬件平台系统。该系统充分发挥了 DSP 运算能力强和 MPU 逻辑功能强、外围资源丰富等优点, 且采用大容量外围存储芯片, 从而保证了高压保护装置实现高速采样、实时并行计算、程序面向对象模块化编程、故障处理报告详细全程跟踪、采用复杂先进保护原理等功能, 并且具有足够的硬件资源冗余度。详细介绍了该硬件平台的系统设计思想、技术特点和工作原理, 最后介绍了基于此硬件平台实现高压微机线路保护的应用实例。

关键词: 微机保护; 硬件平台; 高压线路保护

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2004)09-0045-03

0 引言

目前, 微机保护产品在继承常规保护成熟的技术原理的基础上, 其智能化的特点日益突出, 这不仅更好地满足了电力系统对可靠性和安全性的要求, 而且为保护的测试试验和现场维护带来了更多的便利, 因此, 智能化微机保护产品在电力系统中得到了广泛的应用。按照文献[4]的划分, 微机保护装置经历了三代的发展, 许多传统保护中无法实现的新技术在目前的数字保护装置中得以成功地应用。尽管如此, 随着电力系统对微机保护装置性能要求的不断提高、保护原理和算法的研究和发展、硬件产品技术的进步, 以及微机保护运行环境的更为复杂和严酷, 研究设计新型的、高可靠的硬件平台系统成为当务之急。硬件平台系统作为保护原理的载体和实现继电保护全部功能的基础, 其研制和开发必将推动继电保护领域整体技术水平的提高。

在分析和吸收国内外微机保护装置先进技术和经验的基础上, 研制开发了一套适用于高压保护装置的硬件平台系统, 该系统采用 DSP(TMS320C32) + MPU(MC68332) 系统结构, 两者通过双口 RAM 来交互协同工作。本文将系统地阐述此平台的设计思想、整体结构、组织原理, 并介绍了所选运算 DSP 和逻辑 MPU 芯片的特点。最后通过介绍基于此硬件平台开发的高压线路保护装置的试验及动模情况, 说明了此平台的先进性。

1 硬件平台总体设计

1.1 整体平台系统结构

高压保护装置一般都采用多保护板加通讯处理

板模式, 通过内部通讯网来联系各板信息。由于保护功能要求越来越高, 保护原理越来越完善, 同时为便于事故后分析、报告、故障电量等信息要求越来越详细, 以求确切地感知不同阶段保护中各模块的响应行为。上述种种原因决定了目前的单 CPU 结构不能很好地满足实际需求, 鉴于此我们设计了双 CPU(DSP + MPU) 结构, 系统图如图 1 所示。

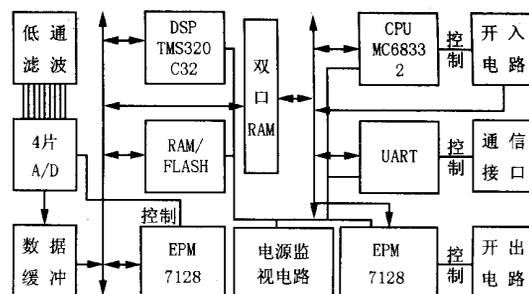


图1 硬件平台系统结构

Fig. 1 System structure of hardware platform

硬件平台系统主要包括两部分: 基于 TMS320C32 的运算处理单元和基于 MC68332 的逻辑控制单元。运算处理单元任务定位于模拟量数据采集、数据处理、功能模块运算等功能; 逻辑控制单元定位于保护逻辑判断、开入量检测、开出控制以及监控等功能。采用这种 MPU + DSP 结构, 充分利用了 DSP 适于数据处理的优点的同时, 也充分发挥了 MPU 丰富的 I/O 引脚、较强的逻辑处理能力, 以及强大的通讯处理功能。

1.1.1 运算单元区设计方案

运算单元区主要由 TMS320C32、RAM、FLASH、A/D、EPLD 等器件构成。此区核心器件 TMS320C32 芯片为 TMS320C3X 系列中的一款, 是 TI 公司 1995

年推出的 32 位浮点型 DSP。该芯片内部采用哈佛结构、流水线操作、特殊的并行指令、专用的硬件乘法器等适宜于数据运算的设计,这种特殊的硬件结构使得 TMS320C32 的处理能力达到 60MFLOPS/30MIPS(每秒 60 兆次浮点运算或 30 兆条指令)。它采用增强型存储器接口,并具有灵活的数据/地址总线,可充分利用存储空间,增加了设计的灵活性,简化了电路设计。

运算单元区的模数转换部分采用 MAXIM 公司生产的 14 位逐次逼近型、2 × 4 通道、带采样保持器的 A/D 芯片。改变了原来的多路开关切换的方式,减小了各模拟量之间的不同步性。此单元区的译码、AD 定时转换启动等功能完全由可编程逻辑器件 EPM7128 实现,这样既简化了印制版的设计,提高了电路设计的灵活性,又简化了程序软件的逻辑设计。从而在保证采样高可靠性的同时,节省了 DSP 的处理时间。

1.1.2 逻辑控制单元区设计方案

逻辑控制单元区主要由 MC68332、RAM、FLASH、EEPROM、EPLD、秒脉冲对钟电路、标准 232 维护口、开入开出电路及通信电路构成。此区核心器件 MC68332 是由 MOTOROLA 公司生产的 32 位微处理器,它采用 HCMOS 技术和精简的指令系统计算机(RISC)技术,数据处理能力达 32 位,因而具有较高的执行速度、较高的稳定性和很强的逻辑处理能力。软件看门狗、丰富的 I/O 口、可掉电保持的 2 K 片上 RAM、QSPI 等丰富的控制功能使 MC68332 是一款非常适合控制领域的高性能芯片。

逻辑控制单元区的开出电路由 EPLD 和光电隔离器构成。通信电路由 UART 芯片及 EPLD 硬件设计的 HDL 协议构成的 FDK-BUS(本公司自主开发的一种局域总线)板间通信网络。秒脉冲对钟电路利用 TPU 口检测秒脉冲的触发沿获得 GPS 秒脉冲,保证了板级对钟精度,为系统的故障分析提供了统一的时钟。FLASH 用于保存程序代码,EEPROM 用于保存定值、程序的 CRC 校验码、故障报告、扰动数据和装置的事件记录等。标准 232 维护口为程序调试提供了方便。

1.2 系统实现原理

采用这种 DSP + MPU 的平台系统结构,按照设计的功能分工:DSP 来完成数据处理运算,如数字滤波、相量计算、故障分量提取等;以及保护功能相对独立模块的处理,如六个阻抗的计算、各序量方向元件计算、各阻抗区域判别等;而 MPU 来完成电力系

统的状态检测,根据不同的状态,按照保护逻辑方案来组织运算单元的计算结果以及开入量等,最终根据逻辑结果作相应控制。另外,此单元区还实现所有的监控功能。两 CPU 相对独立,同时两者相互监视是否正常运行。两者之间唯一的联络方式通过双口 RAM 来完成。由此有机地组成一个功能分布、协同运行的整体系统。

系统具体的组织方式为:运算单元区 A/D 所有通道转换完成后以中断方式激发 DSP 采样中断,DSP 响应外部中断用 DMA 的方式走读原始采样数据;DSP 在获得采样数据后,将采样数据精加工,并利用最新数据运算所有的功能模块,然后将采样数据、加工后数据,以及各模块接口信息放到双端口 RAM 中;运算处理单元通过邮箱机制,使双端口 RAM 在对侧产生一个中断电平通知逻辑控制单元;逻辑控制单元在响应外部中断电平后,将双端口 RAM 中信息读出,置于自身数据区域中;最后逻辑控制单元采用最新数据执行所有的逻辑控制。

通过这样的平台设计和任务分配,在大幅度提高采样频率的同时,能够保证保护软件功能在一个采样间隔执行一遍,从而真正实现了电力系统状态的实时检测,最终提高了保护装置的整体性能。

2 平台在高压线路保护中的应用

此硬件平台系统丰富的硬件资源和冗余设计符合当今各保护装置硬件平台统一的设计思想,满足各种高压保护产品开发。为检测此平台系统的可行性及其各方面的性能指标,我们以高压线路保护装置(DF3621)的实际开发经历来加以说明。

DF3621 适用于 220 ~ 500 kV 输电线路,包括纵联距离构成的全线速动主保护,三段式相间距离和接地距离及四段灵敏段和两段不灵敏段的零序方向保护构成的后备保护,并可配备综合自动重合闸功能。在硬件分配上具有创新特色:整套装置保护采用两块完全一样的保护插件 I 和 II 双重配置,即主、后备保护集成于一体。重合闸采用单独保护插件 III 来实现。这样配置既保证了现有高压线路保护装置中的启动采用三取二方式的优点,又能够保证最大程度上的热备用,即使插件 I 和 II 之一因故退出后,仍具备完整的保护功能。

由于硬件平台运算能力的极大提高,以及外围存储器件空间的富余,DF3621 采用面向对象模块化编程,对各功能子模块实行封装,逻辑控制 MPU 仅能访问模块的接口信息,确保了整体可靠性。为提

高装置对系统状态实时检测能力,以及满足某些智能算法和逻辑控制的要求,装置模拟通道采用 2000 Hz 的采样速率。另外,为了便于分析保护的动作为,保护故障处理程序采用透明化报告机制,能够实现各功能模块的状态跟踪,为故障后保护动作为分析提供了有利信息。

此线路保护装置已经顺利通过电磁兼容测试,RIDS 数字动模和传统动模测试,表明此硬件平台系统的各项指标能够满足于高压保护装置的要求。

3 结语

本文提出了一套适合于高压保护装置的新型的运算单元加逻辑控制单元的硬件平台系统,该系统既充分发挥了 DSP 适于各种数据处理的功能,又充分发挥了 MPU 丰富的 I/O 引脚和强大逻辑控制能力的特点,为保护产品模块化设计、采用高级语言,以及引入实时操作系统提供了必要的硬件基础。本文就此平台系统的设计思想、各功能区部件的选择和实现,以及整体组织方式给予了详细阐述,并在此基础上给出了此平台的应用实例。

总结微机保护装置开发、设计的成功经验,我们深刻感受到,适应时代、技术等方面不断发展的需求,在继承传统产品优点的基础上,研制和开发新型的硬件平台系统是必要的。在保证可靠性、快速性、稳定性等原则的前提下,提供更丰富的硬件资源,使保护装置开发中的先进保护原理以及更高要求的实现不再受硬件条件的限制,满足各种保护装置的开发,为维护和升级提供了极大便利。

参考文献:

[1] 易永辉,赵志华,薛玉龙,等(YI Yong-hui, ZHAO Zhi-

hua, XUE Yi-long, et al). 一种新型的继电保护软硬件平台(A New Software and Hardware Frame of Relay Protection) [J]. 继电器(Relay), 2002, 30(6): 26-28.

- [2] 姜琳,沈有昌,杨奇逊(JIANG Lin, SHEN Yourchang, YANG Qi-xun). 微机保护抗干扰研究(Research on Anti-interference Ability of Microprocessor-based Protection) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 1998, 22(12): 65-68.
- [3] 由欣,唐诚,刘建飞,等(YOU Xin, TANG Cheng, LIU Jianfei, et al). 实用微机保护装置可靠性分析与研究(Analysis and Research on Reliability of Applied Microprocessor-based Protection) [J]. 电力自动化设备(Electric Power Automation Equipment), 2002, 22(3): 5-7.
- [4] 张振华,许振宇,张月品,等(ZHANG Zhenhua, XU Zhenyu, ZHANG Yuepin, et al). 第三代微机保护的设计思想(Design Consideration of the Third Generation Microprocessor-based Protection) [J]. 电力自动化设备(Electric Power Automation Equipment), 1997, 17(3): 24-25.
- [5] 杨奇逊(YANG Qi-xun). 微型机继电保护基础(The Basic Principle of the Microprocessor-based Protection) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 1988.

收稿日期: 2003-08-07; 修回日期: 2003-09-17

作者简介:

杜肖功(1971 -),男,工程师,主要从事变电站综合自动化和继电保护方面的研究工作;

毛鹏(1973 -),男,博士,研究方向为电力系统故障分析、变电站综合自动化和电力系统继电保护;

李小滨(1967 -),男,博士,主要负责变电站综合自动化和电力系统继电保护的研发工作。

Design of new digital HV protection hardware platform

DU Xiao-gong, MAO Peng, LI Xiao-bin, YANG Li-fan, YU Tao
(Dongfang Electronic Information Co., Ltd, Yantai 264001, China)

Abstract: On the basis of successful experience on conventional relay protection, a new hardware platform system of DSP & MPU is developed. This proposed system inherits the characteristics of high calculating ability, nice logical function, and other abundant source, while employs CMOS chips of large capability, consequently ensures the digital HV protection high speed & real-time calculating, modular programming, fault processing report and sophisticated protection principle, as well as sufficient hardware redundancy. This paper introduces the design thought, technology characteristic, working principle of such hardware platform, and then the implementation of the platform-based HV microprocessor-based line protection.

Key words: relay protection; platform of hardware; high-voltage line protection