

# STD 工控机电气成套装置的应用与升级

熊德勇, 封孝松

(葛洲坝电厂能达通用电气股份合作公司, 湖北 宜昌 443002)

**摘要:** 总结了用 STD 总线工业控制计算机(以下简称为 STD 工控机)构成的电气自动化成套装置在研制、开发及现场实际商业运行期所积累的经验, 并根据市场预测以及目前工控机发展动态, 结合微机继电保护的开

**关键词:** STD 工控机; APCI5000; 测量线; I/O 总线; 双口 RAM; DSP; ADCs

**中图分类号:** TM769 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2003)S0-0028-05

## 1 引言

STD 工控机因具有灵活的组合方式、成本低、小板结构及广泛的兼容性等优点, 自 1984 年国内开始从事开发和推广应用以来, 目前已被广泛地应用于钢铁冶金、石油化工、机电成套设备、医药食品、数控机床、工业炉窑等工业领域以及军工和科研设备中。STD 工控机型号众多, 包括 INTEL8088/80188、80286、80386、80486 和 NEC 公司的 V20、V40、V50 等 CPU 类型的机型, 其中它以采用 NEC 公司 V40 芯片设计的 V40 系统最具代表性, 该系统于 1994 年被率先成功地应用于水轮发电机—变压器组继电保护、水轮发电机励磁等电气二次成套装置中, 迄今为止, 已运行七年有余。通过现场实际商业运行表明: STD 工控系统较为稳定, 但其体系结构仍存不足。

## 2 STD 工控机的不足及处理方法

(1) STD 工控机板采用“金手指”拔插, 间或造成印制板边缘插头近处铜箔断裂或总线接触不良。

STD 工控机板总线的连接是通过印制电路板边缘插头来完成的, 为保证插接的可靠性, 总线底板上的插槽与印制电路板边缘插头的啮合设计的很紧密, 因此, 操作人员在拔插印制电路板时较为费劲, 如果拔插过于频繁, 加之印制板板基局部薄弱, 则会造成印制板边缘插头近处铜箔(细线)断裂。这种现象一般发生在研制项目的开发调试期, 由于经常拔插模板而引起。其裂缝需用放大镜才能看到。

在 STD 工控机系统运行一段时间后, 由于底板上的总线插槽受热老化, 加之插入模板时操作人员的左右晃动, 总线插槽内个别簧片弹性便会减小以致接触不良, 造成系统故障。此时, 只能换整个工控机机笼。

(2) 模拟输入测量线和 I/O 信号线采用前端扁平电缆连接使整个系统运行的可靠性受到潜在威胁。

A/D 及 I/O 模板前端扁平电缆卡座接触不良引起的系统故障在现场时有发生, 其原因在于扁平电缆卡头及卡座制造质量低劣或现场维护不当。在现场的检修和调试中, 由于检修人员操作技能层次不同, 如果操作人员拔插扁平电缆时, 手指夹在扁平电缆线上, 而不是插头上, 很容易造成扁平电缆卡头上部电缆线划伤而短路或断路。这就需要维护人员必须操作得当, 拔插时应用手指夹住扁平电缆卡头, 小心地取下。

(3) 原类似 STD5459 型号的智能 A/D 采集板采集速度较慢; 且板上四选一模拟开关、采样保持器软故障偶有发生。

举例说明如下。如图 1 所示, 为某电厂发电机正常运行时纵联差动保护两侧电流互感器的采样波形(图中  $I_{am}$ 、 $I_{bm}$ 、 $I_{cm}$  为发电机中心点处三相测量电流值,  $I_{a\alpha}$ 、 $I_{b\alpha}$ 、 $I_{c\alpha}$  为发电机出口端三相测量电流值), 从图中可以看到: 由于出口端 A 相电流值  $I_{a\alpha}$  未正常进行采集, A 相差动回路中的差流突增, 引起“假故障”, 造成保护装置误动作。

经现场检测、分析并更换新的同型号 A/D 板(STD5459), “假故障”得以清除。后经厂家证实: 其故障原因系由 A/D 板上集成块 AD7502 内的两组四选一模拟开关不同步而引起。

因 A/D 板是整个控制系统与受控对象之间一个非常重要的接口, 尤其针对开环控制系统, 如电力系统微机继电保护装置中, A/D 能否正确进行数据采集将决定装置的正确动作率, 给电力生产带来正面或负面的巨大影响, 所以, 为保证 A/D 板使用期的高度可靠性, 成套装置的开发和生产商除对 STD

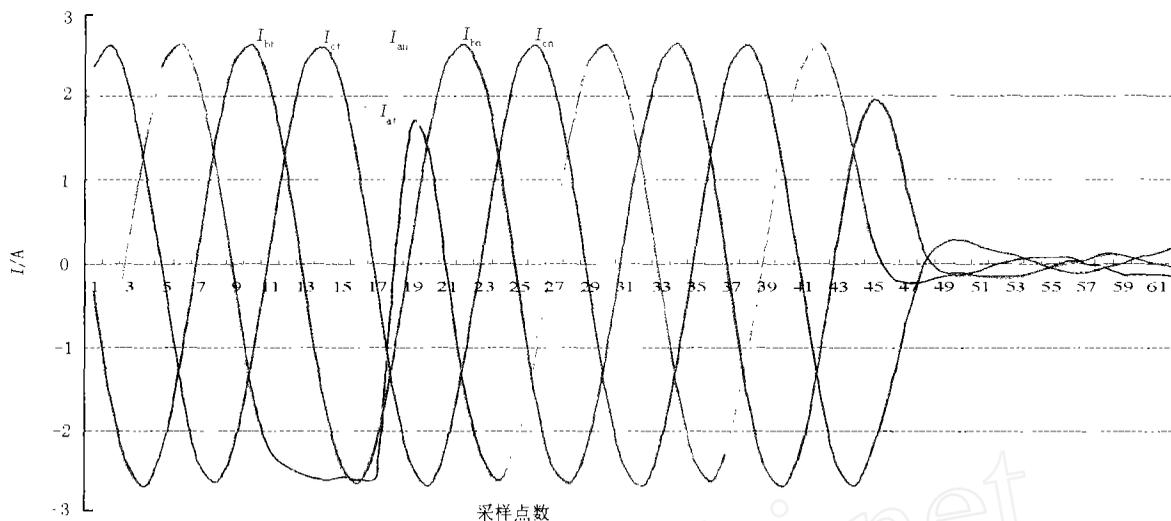


图1 某电厂发电机纵差保护两侧 CT 电流采样波形

Fig.1 Sampled current waveform of CTs on two sides of generator differential protection

工控机制造厂商提出严格的筛选元器件(工业级)及成品板出厂质检的要求外,在 A/D 板投入使用前,还应在一定温度、湿度环境条件下的一段时间内对之进行老化工作;并结合实际运行采集功能软件,检验中断采样或查询采样的稳定性。

(4) 随着 WINDOWS 窗口系统的使用至习惯养成,用户已明显感觉到在 LED 方式下进行参数整定相当不方便,因为需要记忆过多的功能键。

(5) 原 STD 工控机由于考虑到通用性和可扩充性,造成许多系统“冗余”、系统资源浪费。

鉴于上述 STD 工控机的不足,在未来电气成套装置的研制及开发中,针对电气装置实时控制的特殊性(如继电保护的开环控制特点),很有必要对选用何种工控机型开发进行探讨。据世界著名的技术市场研究战略公司 VDC(Venture Development Corporation)在 1999 年 1 月 11 日公布的“实时/嵌入式模板市场对 OEM 和最终用户需求(real-time/embedded board market needs for OEMs and end users)”的分析报告中获悉:“目前,安装量排在前几位的工控机是 VME、专用机(无标准总线)、AT96(ISA/PCI)、PC/104、STD/STD32、RISC 模板(无总线)、CompactPCI”;预计“到 2002 年,总线型嵌入式工控机在市场上的占有率分别为:VME 42.6%、AT96(ISA/PCI) 36.6%、CompactPCI 4.7%、PC/104 3.8%、STD 0.4%”。结合中国的国情,由于 VME 总线工控机价格居高不下(被奉为“贵族”系列),所以,它主要应用于军工及科技尖端技术等领域。针对电力系统工业控制等领域,为降低生产成本、系统简洁可靠,提高整个系统的性能

价格比,国内一些从事工控机生产及开发应用的制造商(包括原从事 STD 工控机的生产与开发商)已着手开发了 AT96 总线标准、CompactPCI 总线标准或体系结构、总线专用(无标准总线)的新型工控机系统,并引入当今实时数字信号处理热点—DSP 高速数据信号处理器作为智能数据处理核心,极大地提高了系统数据处理能力及整体可靠性。诸如嵌入式 APCI5000 系列工控机采用 AT96(IEEE96)和 CompactPCI 双总线标准,无标准总线 DSP 硬件平台等等,虽然总线标准各不相同,但他们却存在着共同之处;而这些正是电气成套装置可靠运行所必需的。下面,就 APCI5000 系列工控机应用于微机继电保护开发予以介绍。

### 3 APCI5000 继电保护装置体系结构

APCI5000 系列工业控制机采用由德国西门子(SIEMENS)公司发起制定的国际标准总线 AT96 总线(IEEE996)、国际上正在兴起的流行总线 CompactPCI 总线(PICMC)和 NEC V40、Intel80486 以上 CPU、微软公司的 MS-DOS/WINDOWS 操作系统研制而成,在性能和可靠性方面都优于目前国内流行的 STD 总线、ISA 总线和 PC104 总线等产品。该系统创造性的把国际上先进的 CompactPCI 总线、AT96 总线、欧洲卡架构和插针/插孔连接套件实现在同一种工控机中,对于那些处理速度和传送速度要求高的场合(如图形、高速 A/D、DSP 接口等)采用 PICMC 总线;对于慢速的 I/O,采用 AT96 总线,这样在保证系统具有优良性的同时,大大降低了成本。

### 3.1 双高、6U 针孔式欧洲卡架构

如图 2 所示,整个继电保护装置的插件板(模板)分为两种结构方式。其一是工控机外围接口板(见图 2 中括号内说明),在双高、6U 模板的后端设有 96 针或 48 针欧式插头(或大电流插头)各一个,上端插头(MALE CONNECTOR)连接于外设总线,下端连接于保护测量、外部信号线等。其二是 APC15000 工控机模板,在双高、6U 模板的后端设有 96 针欧式插头两个,上端插头通过主板上的插座(FEMALE CONNECTOR)连接于 AT96 总线上,即工控机系统的数据、地址和控制三类总线。下端用于用户 I/O 自定义总线。人机接口如液晶接口、小键盘(触摸屏)接口、串口仍从模板前端引出。

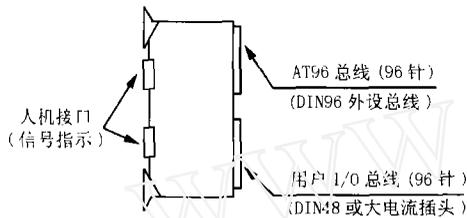


图 2 双高、6U 模板结构图

Fig.2 Construction of 2H.6U module

在电力系统二次成套装置的设计中,尤其针对继电保护的设计,由于其作用于对象系一个开环控制过程,从二次测量变换经滤波后接至工控机系统中的 A/D 板的连线(称为“测量线”,属计算机外设总线)以及从工控机系统的 I/O 模板到外围转接板(如信号、告警、跳闸板)的连线(称为“I/O 总线”,属计算机外设总线)要求必须相当可靠,不得出现间或性断路或短路;否则,会导致装置“误动作”。采用针孔式插接套件后,因其插针是整个包在插座里面的,与外界环境隔离,并且插座与外部的连接是通过下述母板外设总线连接,所以电气连接比“金手指”及 IDC 扁平电缆连接方式接触更可靠,并且模板拔插自如。其实,这种方式源自于 VME 总线。

### 3.2 并行六层母板及总线

为了提高工控机与外围模板连接的高度可靠性,在母板上预先布设测量线、数据、地址、控制总线、I/O 总线以及弱电电源(如 +5 V、±12 V、+24 V)线,即 AT96 总线、计算机外设总线作到一体化“ALL IN ONE”,其中计算机外设总线连接方式比 STD 工控系统连接直接,减少了中间转接环节。同时,将强电(±220 V)、外部电流互感器及电压互感器的二次测量线、外部信号开入、保护对外信号、跳闸线与母板隔离,采用掏空母板的方法,使用 DIN48

螺丝压接插件连入相应模板,从而避免了强电带来的外界电磁干扰。如图 3 所示。

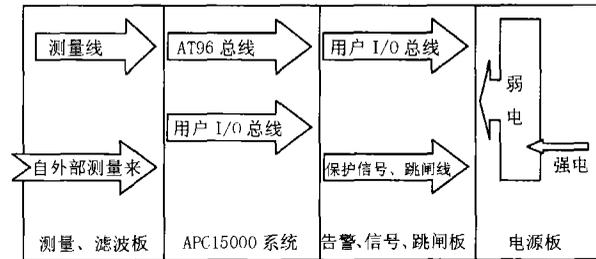


图 3 六层母板总线分布简图

Fig.3 Distribution of six-layers busboard

### 3.3 滤波板

板上无源或有源模拟滤波电路的选择取决于工控机的应用场合。因无源滤波电路的带通窄,而有源滤波电路的带通平坦,且带负载能力强,故在需进行电力谐波分析的电力成套装置中宜选用有源滤波电路或跟随电路。采用美国 MicroSim 公司的模拟电路计算机仿真分析与设计软件 Pspice 可将滤波电路参数精确定位到目标值。

### 3.4 高度集成化的工控机功能模块

整个 APC15000 工控机系统由数据处理模块与事务管理模块构成。各模块集成度高,并充分利用模板上的内部总线,减少了插接件,使得系统简洁,可靠性得到充分提高。各模块之间通过总线互联,模块和总线之间通过总线驱动芯片将数据、地址和控制三总线和板外总线隔离,减少模块间的串扰。数据处理块(包括采集、运算、逻辑处理)、事务管理块功能彼此独立,所有数据转换均通过双口 RAM 来实现。

双口 RAM 操作灵活、方便,系统模板上的主、从 CPU 可各自独立地对其进行读写,就象对两片 SRAM 操作一样。双方可以同时 DRAM 的同一单元进行读操作;但同时同时对同一单元进行写操作时会发生冲突,为此,双口 RAM 芯片内部会裁定由哪一方占用。如 IDT71342 是一片 4K × 8BIT CMOS 工艺双端口 RAM 芯片,为避免上述冲突的发生,双口 RAM 提供有 SEMPHORE(信号灯)功能,它指的是一组 8 个锁存器,DRAM 两端可分别通过 8 个 I/O 口地址操作来对这些锁存器进行读写,从而查询 DRAM 是否被占用、申请占用或释放 DRAM。具体操作如下:每个锁存器同时对应 DRAM 两端的 D0 ~ D7。当两端都没有对信号灯操作时,左右两端读到的信号灯状态为“1”。当左端需要占用 DRAM 时,可以将信号灯锁存器的 D0 位置“0”,即申请占用 DRAM。如

果此时读回该信号灯锁存器状态 D0~D7 为全“0”,则表示左端可以占用 DRAM;如果读回的状态 D0~D7 为全“1”,则表示 DRAM 正被右端占用,左端必须在右端释放 DRAM 后,即回读的锁存器状态变为全“0”,才能对 DRAM 进行访问。当左端不再占用 DRAM 时,必须将信号灯的 D0 位置“1”,即释放 DRAM,此时左端读到的信号灯状态为全“1”。同理,右端的操作过程与此类似。信号灯作为双口 RAM 的握手信号是十分方便的。它可以用于没有存储器等待(WAIT)信号的系统中,在信号灯握手的情况下,DRAM 两端可以以全速对存储器进行访问。8 个信号灯相当于 8 组握手信号,可以用手将 DRAM 分为 8 段,一端占用某段存储器时,另一端可以先对其它段进行访问,以提高访问速度。

#### 3.4.1 以 ADCs 及 DSP 为核心的智能数据处理模块 APCI5469

该模块以 8 片 MAXIM125 采样模/数转换器(Sampling converter)ADCs 及一片高速数据信号处理器 TMS32-40(DSP)为核心,实现 32 路模拟量输入,多片 A/D 芯片同时转换,14 位数字量输出。4 个通道以上的 A/D 采集只占用 4 通道转换所用的时间。DSP 芯片作为智能元件,可以独立完成 A/D 采集及数据处理。主 CPU 可以通过双口 RAM 芯片随时读取采集或运算结果。本板采用数字地与模拟地一点短接以获取最高的转换精度。板内带有 DC-DC 模块,输出  $\pm 5V$  给模拟部分供电,因此系统只需提供单 +5V 电源。

ADCs 系集多路开关(MUX)、采样保持器、模/数变换于一体的模/数转换芯片,它与 DSP 是最佳“拍挡”。其优点主要有三:一是减少了外围接口,简化了系统设计;二是提高了采样、保持电路的参数的一致性,提高了温度的稳定性(原 STD 工控机等数据采集板上的采样、保持电路均由多个分立元件构成,这些分立元件,尤其是电容之间参数分散性大,易导致采样数据的“相移”)。三是同步数据采集(分时转换)路数可达到 32 路或更多,克服了因原 STD5459 等板采样路数有限,设计人员不得不将受控对象同一组测量端的 A、B、C 三相采样点拆分至不同组而引起的“移相”带给软件计算上的麻烦。另外,此类芯片在精度和采样率上也有很大的提高,可达 14 位精度、25 kHz 以上。

DSP 高速信号处理器是 80 年代初诞生的产物,在短短的十多年时间里,随着其芯片性能价格比和开发手段的不断提高,目前已渗透到各个领域,得到

飞速的发展。它不同于目前通用的微处理器。通用型微处理器,采用的是冯·若依曼结构,即程序指令和数据共用一个存储空间和单一的地址与数据总线;而 DSP 采用的是哈佛结构,是将程序指令与数据的存储空间分开,各有自己的地址与数据总线。这就使得处理指令和数据可以同时进行,从而大大提高了处理效率。另外,它具有专门的硬件乘法器,广泛的流水线操作,使用超长命令字(VLIW, Very Long Instruction Word)及特殊的 DSP 指令等,在相同的主频下,比目前最先进的个人计算机要快 10~50 倍。因此,数据处理模块的数据的采样频率、测量精度及计算速度得到大大的提高。

#### 3.4.2 与 PC/AT 100%兼容的主机系统构成的事务性管理模块 APCI5094

由于 DSP 的特点是高速地进行数据处理;而用其作为事务管理,在软件编译环境、人机接口方面尚不显优势,所以,事务性管理模块采用了与 PC/AT 机软硬件 100%兼容的 APCI5094 主板。

APCI5094 是一块高度集成化的 486 单板计算机,具有在板平板/CRT SVGA 控制器和 PCI Ethernet 接口。它具有所有工业计算机的功能,除了软驱、硬盘外,还包括显示,电子盘等功能,是嵌入式应用中最佳解决方案。

采用 APCI5094 主板开发具有如下的优势:

① 对于目前绝大多数从事开发、生产及应用的硬件工程师、软件编程者来说,因具有丰富的使用 PC 软硬件知识及经验,在熟悉的软硬件平台上进行开发,缩短了开发周期,降低了风险,减低了产品成本,并减少了售后产品在现场维护和技术支持诸多方面的麻烦。

② 在软件方面,实时操作系统、设备驱动程序、函数库及应用程序很容易获得;利用结构化语言 C、C++、面向对象的编程方法,可在熟悉的有广泛支持的 DOS、UNIX 等操作系统上、有软件接口(如 WINDOWS、TCP/IP 等)的环境下工作;并且软件平台的可移植性好,减少重复开发。结合工控系统配套的 4~10 英寸 LCD 液晶屏,可开发出极为优质的汉化人机界面、波形回放。需说明的是:由于 WINDOWS98 等操作系统庞大,有很大的约束性,并间或造成实时应用程序运行不稳定,所以电气成套装置中的操作系统的选择一般为 DOS、UNIX 等。

③ 在硬件方面,中央处理器 CPU、套片、周边控制器、以及周边设备(如液晶显示器、磁盘驱动器、调制解调器、定位设备)可挑选范围宽。

④ 继电保护装置的管理系统与保护功能系统(子系统)间通讯方式灵活,可选的有一般串行通讯方式 RS-232、RS-232/422/485;在管理系统增加一相应网卡还可实现较高速的 CAN、ARCNET 等网络方式通讯。管理系统与现场局域网间的通讯可通过常用以太网口(Ethernet)来实现。

通过近两年的 APCI5000 系统应用、开发经验表明:其 486 工控系统整体性能稳定、可靠,软、硬件兼容性好,是 STD 工控机升级换代的一最佳选择方案。

#### 4 结束语

以上结合继电保护装置的研制、开发、现场维护以及项目调研体会就 STD 工控机应用现状与升级予以阐述。其中,新型的 APCI5000 工控机系统已应

用于继电保护装置的研制及开发项目中。

#### 参考文献:

- [1] 魏庆福,等.STD 总线工业控制机的设计与应用[M].科学出版社,1991.
- [2] 陈 懿.双高嵌入式工控机平台在电力系统中的应用[J].电力系统自动化,1999,(7).
- [3] 刘 鑫.工业控制计算机的发展与应用前景[J].测控技术,1999,(8).

#### 作者简介:

熊德勇(1963-),男,高级工程师,研究方向为电力系统微机保护、自动化装置。

封孝松(1962-),男,高级工程师,研究方向为电力系统微机保护、自动化装置。

### The application and upgrade of electrical equipment of STD industrial controlling computer

XIONG De-yong, FENG Xiao-song

(Nengda General Electric Cooperation of Gezhouba Electric Power Plant, Yichang 443002, China)

**Abstract:** The paper summarizes the experience during the research, development and the commercial operation of the electrical automatic equipment composed by STD-bus industrial controlling computer. And what's more, according to its market forecast and the current developing trend and with the design of the computer relay protection, the paper presents a optimum solution to the design of electrical automatic equipment.

**Key words:** STD industrial controlling computer; APCI5000; measuring line; I/O bus; two port RAM; DSP; ADCs

## 继往开来 再攀高峰

——《继电器》将从 2004 年起  
由月刊改为半月刊

《继电器》遵循“关注学科发展,理论联系实际,面向应用,为科研、生产一线服务”的宗旨,为广大业内人士提供了一个活跃的学术交流园地。

《继电器》从 1973 年创刊以来,已取得了一系列令人瞩目的成就:多次被列为全国中文核心期刊、中国科技论文统计源期刊,荣获“中国期刊方阵”双效期刊奖,并于 2002 年被国际著名检索机构——英国科学文摘(SA)和俄罗斯文摘杂志(AJ)收录,同时被国内知名的期刊网站中国期刊网、万方数据库等收录,在业界产生了很大的影响。

为了更及时、有效地反映学科发展,紧跟时代步伐,服务于科研、生产一线,进一步拓展国内外的交流与合作,《继电器》将从 2004 年起由月刊改为半月刊。

欢迎大家积极投稿、订阅、刊登广告,一如继往地支持《继电器》!