

# 一种新型的继电保护软硬件平台

易永辉<sup>1</sup>, 赵志华<sup>1</sup>, 薛玉龙<sup>2</sup>, 张倩<sup>1</sup>,

(1. 许继日立公司, 河南 许昌 461000; 2. 宁夏吴忠供电局, 宁夏 吴忠 751100)

**摘要:** 结合微机继电保护现状, 提出了一种新型的继电保护软硬件平台, 介绍了主要的实现方法, 它具有技术起点高、通用性强、可靠性好等优点。

**关键词:** 继电保护; 软硬件平台; 图形化

**中图分类号:** TM774      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2002)06-0026-03

## 1 引言

继电保护是保障电力系统安全稳定运行的重要手段。作为目前广泛使用的微机保护, 经过近 20 年的发展, 由 80 年代单 CPU 的 8 位机起, 过渡到多 CPU 的 16 位机, 以及今天的 32 位机逐渐使用, 对继电保护的发展起了重要作用。目前微机保护的生产厂家众多, 产品型号十分繁杂, 其使用的软硬件结构、保护算法、功能特点也互不相同(甚至同一厂家的不同型号产品也是如此), 不利于运行单位的运行维护和运行专业人员的培训、掌握。因此有必要进行保护装置平台化、标准化的研究。变电站综合自动化技术的迅速发展, 对微机保护提出了更严格的要求, 而微计算机技术的发展, 以及近 20 年微机保护运行经验的积累, 为微机保护的进一步发展创造了条件。基于这一因素, 从方便用户使用和维护、提高保护系统可靠性和保护装置综合性能的角度出发, 研究出高性能的、面向变电站自动化的保护平台, 显得尤为必要和迫切。

## 2 数字保护系统的总体设计

可靠性是继电保护设备的最根本要求之一, 面向变电站自动化的应用是新型微机保护设计的主流。充分利用计算机技术的新成果, 确保产品的高技术起点、高可靠性、运行维护简单、系统通用性强, 是本平台的总体设计思想。

### 2.1 32 位机、16 位 ADC 技术的应用

微处理器是微机保护装置的“心脏”, 它也是微机保护发展的最重要推动力之一。本平台选用的 32 位定、浮点 CPU 价格便宜, 封装简单, 无论生产工艺要求还是成本与普通 16 位机相当, 但其功能却有很大的提升。其主要优势在于片内多总线结构, 为片内 5 级流水线的实现创造了条件。此外该 CPU

片内含硬件乘法器、浮点处理单元, 使得其绝大部分指令能够在单周期内完成, 因此 CPU 运算处理能力比常规 16 位机提高了 1-2 个数量级(常规 16 位机无浮点处理单元, 故浮点数据处理能力相差更大, 达 1000 倍以上), 其典型指令速度为 78MIPS (MIPS: 每秒 1M 条指令), 极大地缩短了数字滤波、滤波、傅立叶变换等的计算时间, 为数据采集频率提高后实时、并行处理以及微机保护综合功能提高、图形化编程创造了条件。

数据采集也是微机保护产品的重要组成部分。在我国, 曾经广泛使用过 VFC 构成的数据采集系统, 由于其通过快速光隔有效解决了模数的隔离、脉冲计数实现多 CPU 数据共享等问题, 又避免了多 CPU 系统中经常出现的复杂的总线操作, 为电网的稳定运行作出了一定的贡献。但随着逐次逼近式 A/D 技术的发展, A/D 在高速高精度的数据采集应用上有更出色的表现。尤其 ADC 价格大幅度下降, 采用多路转换开关与 16 位 A/D 配合使用的系统, 其成本低于 VFC 型数据采集系统。另外, 随着电网的发展, 对继电保护的要求越来越高, 多 CPU 共享 VFC 出现的瓶颈问题必须采取措施解决。影响数据采集精度的除了 ADC 的分辨率外, 采样频率也十分关键。为了详细纪录故障突变和滤除高次谐波, 必须采用高速采样。本平台采用的 16 位 ADC, 48 点/周的采样频率, 实验证明其数据采集效果十分理想, 配合测量 CT 后, 其电压、电流测量误差可小于 0.2%, 与保护 CT 配合后, 其保护定值误差平均能低于 1%。

以 32 位 CPU 配 16 位 ADC, 加上大容量存储器 (FLASH、NVRAM 等), 为录波、故障记录且掉电保持等创造了条件。

### 2.2 软硬件平台的统一性

目前国内的保护产品型号繁杂, 以 110kV 的变

电站自动化系统为例,即使同一厂家的产品,110kV的线路、变压器、35kV的馈线、测控装置、备自投装置等也往往各不相同。给用户的维护和掌握增加了诸多不便,备品备件也十分繁杂。生产厂家也深受其害:过多的产品型号使生产厂家经常面临小批量、多品种的情况。无论生产管理,还是调试检查都十分不便,交货时间因此而经常不能保证,让用户十分恼火。

形成这种局面的主要原因是,一方面是早期的CPU功能不足,加上有些厂家过于追求硬件系统的最小化、简单化,硬件资源也不够丰富,难以通用。另一方面是管理和观念上,有些研发人员偏爱单打独斗式的开发,不同产品的设计者不习惯互相沟通,经常认为自己做的“最好”,别人开发的东西使用起来“不顺手”。造成了研发力量分散,低层次的重复开发十分严重。

其实,这种现象不仅仅出现在继电保护领域。据统计,中国的单片机应用和嵌入式系统开发走过了近20年的历程,有超过10万名从事单片机开发应用的工程师,遗憾的是95%以上是3~5个人的小组以孤军奋战的封闭方式开发几乎不可重用的硬件和软件。有专家痛心疾首地疾呼:“我们对低端产品技术的研发投入不断重复,已经到了欧美的10倍多”。

从国际通用开发模式看,ABB、西门子、日立等公司保护产品都采用了分工合作的方式。继电保护由8位机、16位机发展到了32位机时代,其软硬件技术门槛已经很高了,加上技术更新快,开发周期短,作为保护工程师,投入很大精力也未必能在短时间内同时掌握软硬件技术。此外,保护产品技术还包括通信、保护原理等部分,这也是工程师们必须熟练掌握的。广大工程师们如果要短时间内同时掌握多门学问,难度是非常大的。如果不进行专业分工,其结果是不少工程师博而不精,难以开发出真正的精品。可以说,技术分工是势在必行。

另外,传统开发模式造成劳动力投入、科研投入、管理上浪费严重。分工协作后,一方面避免了浪费,更重要的是统一的软硬件平台,由于其专业化程度高,技术起点高,而且便于升级、便于用户操作、现场维护,也便于生产。这些都是用户所欢迎的,也符合计算机技术发展的规律。

本平台充分考虑各种产品,不同的产品

(如线路保护、变压器保护、馈线保护、电铁保护等)核心硬件(插件)完全相同、可以互换。在软件上也保持高度一致,软件资源可以共享。

当然,软硬件分工,必须有严格统一的系统规划,保证软硬件资源能满足不同产品的要求,且平台资源扩展、组态具有一定灵活性。

### 3 模块化、图形化

早期的微机保护产品在开发过程中比较注重产品功能,至于开发仿真手段、软件维护升级、软件成本等“属于厂家的事”考虑得较少。随着微机产品的成熟发展,以及软件成本升高,大家对产品的维护、开发成本逐渐重视,并将模块化、图形化编程当做保证产品维护、升级并提高其可靠性的重要手段。ABB、GE、日立等国际型大公司都开始了图形化编程的道路。

本平台采用的软件结构如图1所示。固定部分的保护函数高级语言模块化编写,并严格定义各种函数的参数接口,经过严格测试后存于函数库中。与用户需求直接相关的应用软件(逻辑判断)则采用图2所示的图形化编程。

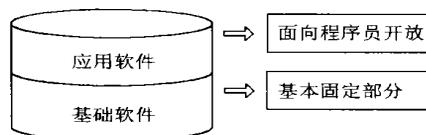


图1 软件结构示意图

在专用VISIO软件上,各种保护元件以图标形式存于元件库里。如图2所示,针对不同保护的不同原理,在VISIO上进行相应逻辑连线即可。

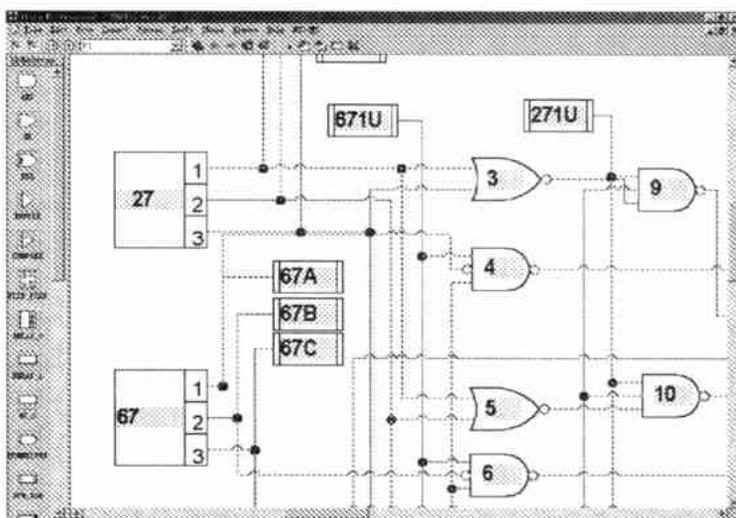


图2 图形化编程逻辑图示意

在图2的基础上,绘制对应的参数表格。然后调用名为MS3的专用应用软件,就可生成图3所示的源程序。至此,整个保护逻辑的开发过程就宣告结束。



图3 图形化编程生产源程序示意

图形化编程体现了透明化设计思想,使用户容易理解和维护;使软件开发的效率大大提高,可视化编程使出错率降到最低,且组态灵活,适合于用户的多样性。IBM公司的名言“越简单越是高科技”在这里得到了体现,图形化编程,其目的就是要更简单、更灵活、更可靠;它也使技术分工容易实现。因为这种图形化编程的系统一旦建立起来并经过测试证明正确后,大家可以根据技术特点进行硬件设计、软件设计、通信、保护原理研究等。

其实,模块化并不排斥汇编,以高级语言为架构,以汇编语言作为辅助编程手段,完成对系统的初始化和底层硬件的实时操作,以提高系统的运行效率。

产品开发要实现图形化编程,对硬件资源、CPU速度等要求很高,对软件函数的通用性也有严格要求。

#### 4 自诊断功能

自诊断功能是微机产品的重要特征之一,通过软、硬件结合,可自动检测出保护装置本身硬件系统的异常部分,配合多重化配置等设计方法,可有效防止误动和拒动。

所有的微机保护产品都具备不同程度的自检功能。但不少微机保护为了追求硬件的简单化,针对自检而增加的硬件回路非常少,基本上是结合软件对原来硬件的自检。

例如线路保护的数据采集自检,通常利用  $U_a + U_b + U_c = 3U_0$  的原理检测。这种自检有局限性(如系统未接  $3U_0$  时无法自检,即使接了也无法判断A、B、C相究竟哪一相出了问题)。本平台采用的自检方法如图4所示。在A/D板内自产12次工频信号,加于每一路有源滤波器上。有源滤波器滤除一半12次工频信号,20次以上则全部滤除,工频信号全部通过。在软件中检测每一路模拟信号中所加信号12次信号是否正确。与常规的平衡电流、平衡电压检测相比,它能检出具体的哪一路采集回路异常;并具体到能检测出滤波电路的错误;对于不接零序电流、零序电压量的保护,也能正确识别。

除了数据采集电路外,本平台还通过硬件电路实现了总线错误检测与纠正措施,保证系统在发生总线错误时,具备自动纠正或告警并闭锁保护的功能。本平台的跳闸回路断线检测,可以检测到跳闸继电器触点所连接的整个断路器跳闸控制回路是否正常。

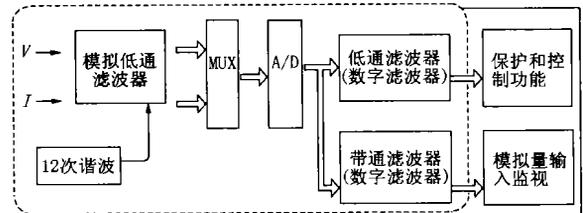


图4 高次谐波自检电路示意图

#### 5 软件并行处理

计算机的优势是,善于做重复性工作。本平台在48点/周的采样频率时,在中断处理时间里完成全部的保护继电器计算,采样数据不积压。保护软件并行执行,使得保护装置动作跳闸时,能完整记录所有继电器元件在保护动作过程中的动作行为,并与记录的所有介入的模拟量及开关量配合,能彻底查清保护装置的动作过程,实现了保护装置的透明化,为清除原因不明的误动作提供了保证。另外,结合图形化编程,大大简化了保护软件开发设计,进一步提高了保护的可靠性。

#### 6 结束语

电力工业体制改革的进一步深化,电力市场的开放,以及许多新理论、新方法、新设备的不断涌现,对继电保护软、硬件平台提出了新的(下转第39页)

长线分布电容的影响),做各种短路实验,通过数字示波器记录故障开始时刻与保护动作时刻之间的时间差,以此来考察产品在常规条件下的速动性能指标。

测试的另一面是特殊项目下的性能考察,主要考察微机保护在有长线分布电容、串补电容时发生故障以及变压器空投于故障时的动作速度。对长线分布电容的影响,只需按图2所示的动模实验图做各种变压器内部故障即可,对串补电容的影响,可将发电机与变压器之间的开关拉开,形成单电源模式,并在变压器低压侧带上负荷,同时在低压母线上并联补偿电容,做各种变压器内部故障,记录保护动作时间;对故障变压器空投,可同样采用单电源模式,在变压器空投前,先将变压器匝间短路故障模拟开关合上,再空投变压器,记录保护动作时间。

#### 4 结束语

本文针对微机变压器保护提出了一套适用于电

力系统使用部门的实验方案,以便为系统同行在选择同类产品时对产品整体性能评估提供依据。实验方案在充分考虑电力系统使用部门实验条件的基础上,针对微机变压器保护产品的各个主要性能指标,给出了具体的实验项目和实验方法,实践证明,应用此方案可有效地对保护产品进行严格考察。

#### 参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.
- [2] 陈德树. 计算机继电保护原理与技术[M]. 北京: 水利电力出版社, 1992.
- [3] 范锡普. 发电厂电气部分(第二版)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1995.

收稿日期: 2000-10-18

作者简介: 古宇军(1972-),男,本科,工程师,从事电力系统继电保护及其自动装置的运行管理工作; 胡玉峰(1975-),男,博士研究生,从事电力系统继电保护、自动控制的研究。

### The design of test scheme about power transformer relay based on microprocessor

GU Yu-jun<sup>1</sup>, HU Yu-feng<sup>2</sup>

(1. Shenzhen Power Supply Bureau, Shenzhen 518000, China;

2. Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** This paper introduces a comprehensive test design scheme about power transformer relay based on microprocessor. Using it, the relay products can be tested strictly and the results can present the reference of selecting the similar products for those work in power system.

**Key words:** transformer protection based on microprocessor; dynamic simulation test; inrush current

(上接第28页) 要求,甚至许多从前被认为是“足够”的平台资源,逐渐变得“不够用”。本文针对这种要求,提出了这种平台方案,并广泛应用于线路、变压器及馈线、电铁保护和测控装置等。实践证明,这种平台技术起点高、可靠性好、统一性强,用户的使用和维护十分方便,具有很高的应用价值。

#### 参考文献:

- [1] 景胜. 我国微机保护的现状与发展[J]. 继电器, 2001, (10).

- [2] 贺家李,等. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1994.
- [3] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 1995, 8.

收稿日期: 2002-04-10

作者简介: 易永辉(1969-),工学硕士,工程师,从事继电保护产品和硬件平台开发; 赵志华(1966-),男,工学硕士,从事继电保护产品开发; 薛玉龙(1971-),男,从事电力系统继电保护研究、调试、维护工作。

### A new software and hardware frame of relay protection

YI Yong-hui<sup>1</sup>, ZHAO Zhi-hua<sup>1</sup>, XUE Yu-long<sup>2</sup>, ZHANG Qian<sup>1</sup>

(1. XI-Hitachi Co.Ltd, Xuchang 461000, China; 2. Wuzhong Power Supply Bureau of Ningxia Province, Wuzhong 751100, China)

**Abstract:** Basing on the current state of microcomputer-based protection, a new software and hardware frame of relay protection and its realization method are introduced, which features high technical start-point, generality and reliability.

**Key words:** relay protection; software and hardware frame; graphic