

一种基于图形化编程技术的馈线保护装置的研制

易永辉¹, 程时杰¹, 何晓峰², 燕刚², 宋红涛², 张倩², 李继川²

(1. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 许继日立公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 结合我国微机保护现状, 提出了一种新型的馈线保护方案及主要的实现方法, 它成功地将图形化编程技术应用于馈线保护, 并采用了 32 位低功耗 DSP 技术, 实现了保护、测控功能并行实时处理, 改善了技术指标, 提高了系统可靠性, 具有体积小, 成本低廉等特点。

关键词: 馈线保护; 并行处理; 实时处理; 图形化编程;

中图分类号: TM774 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2003)11-0052-03

1 引言

馈线保护是变电站自动化系统不可或缺的组成部分, 在电力系统有着极为广泛的使用。然而, 由于馈线保护所对应的线路电压等级相对较低, 长期以来各继电保护厂家对馈线保护的技术起点、技术指标、可靠性的提高未能引起足够的重视。到目前为止, 应用于我国电力系统的微机馈线保护产品大多采用 8 位或 16 位 CPU, 12 位或 14 位 ADC。作为直接面向用户的馈线保护, 由于一般不采用双机冗余配置, 保护误动或拒动往往直接导致用户停电。变电站综合自动化技术的发展, 加上近年农网、城网改造的广泛开展, 对馈线保护提出了新的要求, 要求其在保证成本低廉的同时, 必须提高其可靠性、减小体积, 并使保护、测控功能一体化^[1]。此外, 也大大提高了对许多其它技术指标的要求, 例如, 对电流、电压测量精度的要求提高到 0.2 级, SOE 指标不大于 1 ms 等。随着产品升级换代的加速, 充分利用计算机技术的最新成果, 采用先进的开发手段从而提高产品的软件可靠性, 加强其可维护性和升级换代能力显得越来越重要。这些都是常规保护所难以实现的。基于这些因素, 本文提出了一种开发手段先进、性能高、成本低、面向变电站自动化的馈线保护装置。

2 馈线保护的总体设计

所提出的馈线保护装置采用遵循国际标准的 1/3 宽的 6U 机箱, 装置的结构如图 1 所示, 由 5 个插件组成。

从图 1 可以看出, 保护装置含两块 DSP 插件, 其中保护、控制 DSP 插件主要实现数据采集、保护、测控功能, 并直接通过 RS-485 (或以太网) 组成双通

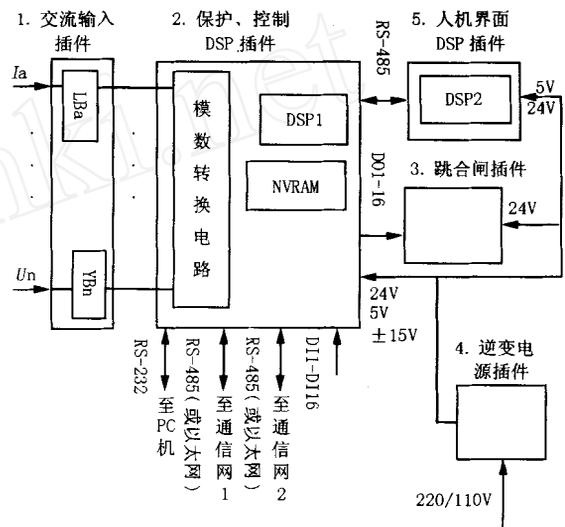


图 1 保护装置组成示意图

Fig. 1 Block diagram of protective relay constitution

信网与变电站监控系统连接。人机界面 DSP 插件则通过采用总线不扩展的 DSP 完成键盘响应、人机界面处理、信号灯显示等功能。这两个 DSP 系统通过含隔离回路的 RS-485 连接, 保证了它们的独立性。

2.1 采用 32 位机, 16 位 ADC

微处理器是微机保护装置的“心脏”, 它在一定程度上反映了整个装置的硬件技术水平。本装置的保护、控制 DSP 插件采用 TI 公司生产的 32 位低功耗、定/浮点 DSP^[2], 此种 DSP 无论其生产工艺要求还是其成本均与普通 16 位机相当, 但其功能却强大很多。其主要优势在于采用了片内多总线结构, 从而实现了片内 4 级流水线。此外该 DSP 片内含 1 MBit 的 SRAM 以及硬件乘法器、浮点处理单元等, 使得其绝大部分指令能够在单周期内完成。其典型指令执行时间达 150 MFLOPS (1MFLOPS: 每秒 1M 浮点运算指令), 75 MIPS (1 MIPS: 每秒 1 M 定点运算指

令),定点指令速度比常规 16 位机提高 1 - 2 个数量级,浮点指令速度可提高 3 个数量级(常规 16 位机无硬件浮点处理单元,需要采用子函数完成),极大地缩短了数字滤波、滤波等的计算时间,为实时、并行处理保护和测控功能以及图形化编程创造了条件。

数据采集是微机保护装置的另一个重要组成部分。本保护装置采用 16 位逐次逼近式 ADC,24 点/周的采样频率,使数据采集精度得到了较大的提高。以 32 位 CPU 配合 16 位 ADC,加上大容量存储器(FLASH、NVRAM 等),实现了录波、故障记录和掉电保持等功能。

2.2 模块化、图形化软件开发

常规的馈线保护装置在开发过程中比较注重产品的功能,至于产品的开发手段是否先进,软件维护升级是否方便等考虑得较少。随着微机产品的大量使用,产品的维护和产品升级换代能力显得越来越重要。传统靠软件设计人员手工编程的方法在诸多方面受到限制,一方面所编制的程序难以通过实验全局验证,另一方面,受编程人员编程水平差异的影响,软件质量难以得到保证。另外也容易出现产品升级和维护离不开某些(甚至某个)软件工程师的局面。因此,ABB、GE、日立等国际大型公司都选择了图形化编程的方法^[3]。

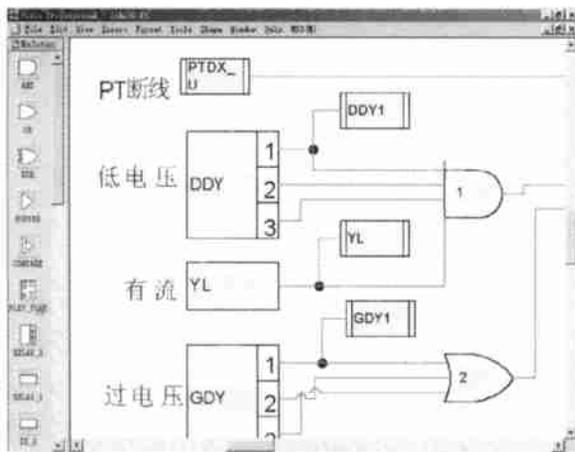


图2 图形化编程逻辑示意图

Fig. 2 Sketch of graph-oriented programming logic

为了使产品的开发更加直观、快捷,同时便于用户掌握和维护保护装置,并满足用户的不同需求,本保护装置采用了将图形化编程技术应用于馈线保护的方案。本保护的基本保护函数(例如反时限函数、方向判别模块、低电压判别模块等)采用模块化编程技术,其参数接口经过严格定义。无论是否发生故

障,都在每次模拟量定时采集和处理中断时对这些函数进行了实时计算,计算结果(例如方向判别、过流判断)以 0 或 1 的方式存于特定标号中。这些计算结果的逻辑组合和判断则采用图 2 所示的图形化编程进行处理。在专用 VISIO 软件上,各种保护元件以图标形式存于模板库里,供设计者调用,它自动将中断里的保护元件(例如方向判别、过流判断)的计算结果带入图标中。如图 2 所示,用户只需按照保护装置所采用的原理,在 VISIO 上进行相应的逻辑连线即可。

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。将此源程序作为一个函数嵌入中断处理程序中,它就能实现设计者所绘制的逻辑图所表示的逻辑组合和判断功能。按照这个程序就可以实现整个保护装置动作逻辑的开发过程。



图3 图形化编程生产源程序示意图

Fig. 3 Sketch of graph-oriented programming engendering source code

图形化编程体现了透明化设计的思想,具有以下优点:使用户容易掌握和维护保护产品;使软件开发的效率大大提高;使编程出错率降到最低;组态灵活,容易满足用户的不同需求。

其实,模块化编程并不排斥汇编,本装置以高级语言为架构,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,进一步提高了系统的运行效率。

3 自诊断功能

自诊断功能是微机产品的重要功能特征之一,

通过软硬件结合,保护装置可自动检测出本身硬件系统的异常部分,配合多重化配置等设计方法,可有效防止保护装置的误动和拒动。

除了常规的自诊断功能外(如:程序和自检、定值和自检、模拟量求和自检、固定模拟量采集自检、看门狗电路监视等),本装置所具有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。

4 软件的并行处理

常规的馈线保护装置,受 CPU 计算能力的限制,对保护功能的实现采用先启动判别,然后转移至专用故障处理模块中,对故障进行分类处理,按照不同情况走不同逻辑,保护模块按先后顺序执行的方法,即串行的处理方式运行。结果,一方面导致故障处理程序的逻辑分叉太多太复杂,难以完全验证,容易留下隐患,另一方面,故障处理逻辑采用串行方式,任一环节出现错误(例如模拟量由于受到瞬时严重干扰而导致所采集的数据失真)将导致错误的结果。本装置在 24 点/周的采样频率时,在中断处理时间里完成了全部的保护继电器计算,使采样数据不积压,从宏观上看所有的保护继电器都是并行处理的。然后调用上述的图形化编程所产生的源程序,就实现了所有保护继电器的动作逻辑组合。这样固定并简化了保护故障的处理逻辑,便于验证,消除了软件中可能存在的隐患。另外,实时并行的处理,也消除了串行处理中的链条效应,即某个环节只要有一次错误,就导致错误结果,增强了保护装置在故障处理过程中的纠错能力。

5 保护装置的主要功能

所提出和研制的装置适用于 66 kV 及以下系统的线路保护,提供了如下保护和测控等功能:

三段式定时限电流保护(可设为前加速或后加速); 方向闭锁; 低电压闭锁; 反时限电流保护; 过负荷跳闸或告警; 1~3 次可选的三相

重合闸(检同期、检无压、非同期可设); 低周减载; 零序电流保护或接地故障指示; 滑差闭锁; 遥测、遥信、遥控等。

装置的主要技术指标为:

工作环境温度: - 25 ~ + 55 °C; SOE: < 1 ms; 测量精度: 交流电流、电压: 0.2 级 频率: 0.01 Hz。

6 结语

提出并实现了一种新型的馈线保护装置,本保护装置以 32 位 CPU 配合 16 位 ADC 组成,加上大容量存储器(FLASH、NVRAM 等),为实现录波、故障记录和掉电保持创造了条件。主要插件采用多层印制板、表面贴装工艺技术,在未增加任何辅助抗干扰设备的条件下,顺利通过了 IEC60255 - 22 - 4 的 IV 级测试等。为了使产品的开发更加直观、快捷,同时便于用户掌握和维护保护装置,并满足用户的不同需求,所开发的保护装置采用了将图形化编程技术应用于馈线保护的方案。实践证明,本保护装置技术起点高、可靠性好、技术指标先进,且便于用户掌握和维护,具有较高的应用价值。

参考文献:

- [1] 景胜. 我国微机保护的现状与发展[J]. 继电器, 2001, 29(10): 1 - 4.
- [2] TMS320C3X User's Guide. Texas Instruments, 1997.
- [3] 易永辉, 赵志华, 等. 一种新型的继电器保护软硬件平台[J]. 继电器, 2002, 30(6): 26 - 28.

收稿日期: 2002-08-03

作者简介:

易永辉(1969 -), 男, 硕士生, 从事继电保护产品和软硬件平台开发工作;

程时杰(1945 -), 男, 教授, 博导, 主要从事电力系统分析、控制和人工智能应用的研究工作;

何晓峰(1978 -), 男, 助理工程师, 从事电力系统保护和自动化产品的研制。

Development of a protective relay for feeders based on graph-oriented programming technique

Yi Yong-hui¹, CHENG Shi-jie¹, HE Xiao-feng², YAN Gang², SONG Hong-tao², ZHANG Qian², LI Ji-chuan²

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. Xuji Hitach Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper proposes and creates a new kind of protective relay for feeders based on the current development situation of the protective relay in our country. The main feature of the proposed protective relay is that the graph-oriented programming technique is successfully used. The protective relay is realized with 32 bit lower power loss DSPs to perform the functions of relaying, measuring and controlling in the real time. As a result, both the technique characteristics and the reliability of the developed relay are greatly improved. Additional advantages of the developed relay are its small size and low cost.

Key words: protective relay for feeders; parallel processing; real time processing; graph-oriented programming