一种新型微机继电保护实验装置的研制

李刚, 王翠霞, 温渤婴
(中国农业大学,北京 100083)

摘要: 根据高校电力系统继电保护实验教学的需要,研制了一种适合高校实验教学用的微机保护实验装置,填补了国内高校微机保护实验装置的空白。该装置以16位MCU为中心,具有各类输入输出接口,并设有RS-232和USB通信接口。配有组态实验软件,人机界面友好,能方便进行各种继电保护原理实验和不同算法的比较。采用了简单灵活的JTAG口作为调试接口,并专门设计了易于拆卸的整机结构,便于实验者对微机保护实验装置及过程的全面了解。

关键词: 继电保护; 微机保护; 组态软件

中图分类号: TM77 **文献标识码**: A **文章编号**: 1003-4897(2005)22-0016-05

0 引言

微机保护具有优异的计算、分析、逻辑判断能力和存储记忆功能,可实现以往机电式继电保护无法完成的保护功能。微机保护还可用同一硬件实现不同的保护原理,使保护装置的构造大为简化,容易实现保护装置的标准化。因此,目前微机继电保护装置得到大量的应用,成为继电保护装置的主要形式,代表着电力系统继电保护的未来。但至今国内高校的继电保护实验大多还都使用传统的实验装置和实验仪器,没有专门的用于微机继电保护的实验装置。本文按照高校继电保护教学的要求,依据电力系统微机继电保护的基本原理,研制了一种适合于高校教学的微机继电保护实验装置,填补了国内高校微机继电保护教学实验设备的空白。

本实验装置的特点主要有以下几个:

1) 硬件可构成多种继电保护方式

该装置为实现各种保护提供了足够的输入输出通道,可以通过不同的接线方式实现各种电力系统主要类型的继电保护,便于实验者比较找出各类微机保护硬件工作原理和异同点。

2) 组态软件实现各种保护和不同算法的软件配置

为该实验装置开发了一套功能齐全的单片机组态软件。该组态软件通过简单形象的组态工作快速实现各种保护和不同算法的软件配置,避免实验者将时间耗在深入掌握单片机的结构作用和具体编程上,便于实验者比较不同算法的优劣。

3) 结构优化适应实验要求

本装置使用的中央处理单元是MOTOROLA的16位微控制器,有128 kB Flash存储器,方便实验的无限次实现。本装置的数字电路和模拟电路分别设计在两块电路板上,可以减少相互的干扰,使实验达到最佳效果。本装置大多采用的直插型芯片和便于更换的接线端子,便于设备的维护。设置设有多个测试点,可用万用表和示波器对实验过程中的各个量进行测量。

基于以上的功能特点,本实验装置可以加深实验者对各种继电保护原理、算法和过程的理解,达到实验的目的,使得实验者在做实验的过程中能够很清晰地了解微机保护硬件各个部分的动作过程及一个优良的算法对一个保护过程的重要性,提高了教学质量。

1 硬件组成及工作原理

继电保护装置不仅要采集各种模拟量和开关量,还需要进行大量的数据计算、分析、处理和存储,并在显示屏上显示出来,本装置为各种保护提供了足够的输入输出通道,可以通过不同的接线方式实现电力系统继电保护教材上提及的各种主要类型的保护。

本系统的硬件结构主要包括:中央处理单元、数据采集单元(模拟量和数字量)、通信单元(RS-232和USB通信)、人机接口(键盘与显示)单元、时钟单元、模拟量和开关量输出单元,各部分连接如图1所示。

1.1 中央处理单元

目前,大多数新型微机继电保护装置的处理器

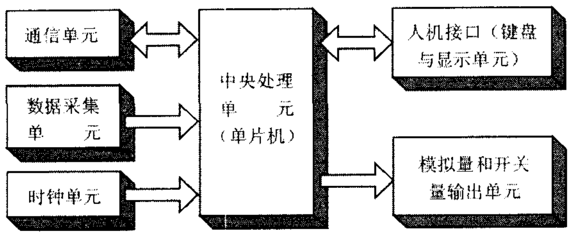

图 1　实验装置组成框图

Fig 1　Frame of device for experiments

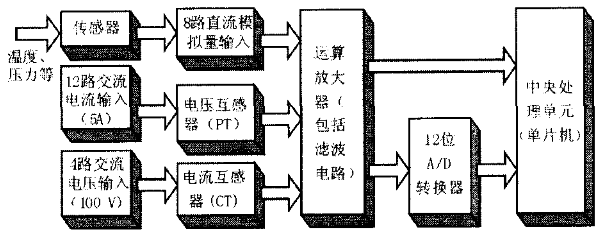

图 2　模拟量输入框图

Fig 2　Frame of analog signal inputs

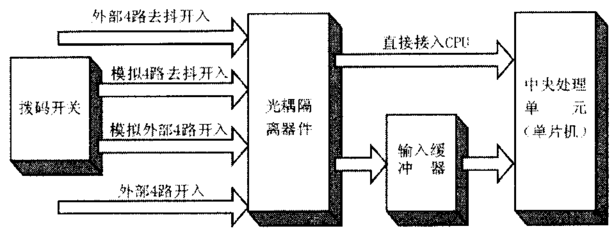

图 3　开关量输入框图

Fig 3　Frame of switch signal inputs

计算和数据处理能力都比较强,以便实现准确的故障判断和多种附加功能。为尽可能模拟实际微机继电保护的硬件性能,本装置摒弃了实验装置常用的80C51和 80C196系列单片机,采用 MOTOROLA的16位微控制器为中央处理单元。该处理器在 16 MHz晶振下,指令周期只有 125 ns,从而能够较好地实现微机继电保护的性能,适合计算量较大的各种算法。其他技术特征为 128 kB FLASH存储器、8 kB RAM、2 kB EEPROM、地址总线 16位、数据总线可16位或 8位。它的单线背景调试模式 (BDM)和128 kB片内 Flash特别适合做实验时的反复调试和更改算法,除此还扩展了外部数据存储器,对数据进行外部存储。

1. 2　数据采集单元

1. 2. 1　模拟量输入

本装置的数据采集单元共有 24路模拟量输入,其中有 8路直流模拟量输入、12路交流电流输入、4路交流电压输入,可以为各种保护类型提供足够的电压电流输入,完成相应的保护实验。

各输入端的二次侧额定值 (100 V或 5 A)首先经过电压互感器 (PT)或电流互感器 (CT)转换到与AD转换电路匹配的模拟信号。本装置选用了精度为 0. 1级并带有电磁隔离的互感器,以保证模拟量高压侧与低压侧彼此隔离,能保护系统元件不受高压的损害,对输入信号进行准确、安全的测量。转换后的模拟信号通过运算放大器形成电压信号,再将16路交流量送 A/D转换器 MAX197将模拟量转换为 12位数字量,由单片机对数据进行处理;另外 8路直流模拟量输入直接经运放送入单片机进行 A/D转换处理。8路直流信号可以配接各种类型的传感器 (如温度、压力等)信号。各种模拟量输入如图2所示。

1. 2. 2　开关量输入

本装置共有 16路开关量输入,这 16路输入分类结构如图 3所示。去抖电路在输入电路中加入了电感。去抖和不去抖动电路设计是为了体现对继电器触点抖动和按键抖动的硬件抗干扰处理的效果。拨码开关是为了方便实现继电器触点和按键触点的模拟,可以通过手动来模拟外部的短路或断路等工作方式。这 16路开关量输入足够完成各种保护的开关量需要,能完成各种类型的保护。

1. 2. 3　测频输入

本装置利用锁相环技术跟踪系统频率的变化,对交流 A/D转换采用自适应采样,提高对电压、电流、频率、相角等电量的测量精度,从而有效提高控制的准确度。本装置使用单片模拟集成锁相环电路NE564和计数器集成电路 74HCT4520构成锁相环测频输入电路。

除此,还采用了常用的过零比较器进行测频,把正弦信号转换成方波信号,完成测量频率的功能。测量频率时,可以用跳线开关在以上两种输入中选一个,可以观察两种输入之间的差别。

1. 3　通信单元

本装置带有 RS - 232和 USB两种通信接口,本装置采用这两种通信方式是为了兼顾各个时期的计算机的不同通信接口而设计的,可直接与各类计算机通信,构成一个微机继电保护的实验开发平台,方便地实施各种保护实验。

本装置的 USB通信接口电路中采用了 Philips公司的 USB接口芯片 PDIUSBD12。PDIUSBD12是一个性能优化的 USB器件,通常用于基于微控制器的系统并与微控制器通过高速通用并行接口进行通信,也支持本地 DMA传输。

考虑到计算机接口的合理利用问题,本装置可

以采用最常用的 RS - 232通信来完成与计算机的之间的数据的传输,从而可以实现对计算机各种接口的合理分配与利用,达到更好的使用效果。

1.4 人机接口 (键盘与显示)单元

按键用来向装置输入数据、传送命令等功能,是人工干预装置运行的主要手段。本装置中选用了 8个按键,直接采用 MCU的 I/O口作为输入,按键的扫描方式采用查询方式,即在程序中对相应 I/O口的状态进行查询,确认是否有键按下,然后调用相应的按键处理程序。

本装置选用点阵式液晶显示模块 LCM,它是 LCD控制器、RAM、ROM和 LCD显示器的集成模块,使用时只要向 LCM模块送入相应的命令和数据便可实现所需要的显示。它显示各类输入输出结果,提供了一个可视化的界面。

1.5 时钟单元

为提供时基信号,本装置采用了实时时钟芯片 DS12887。可以显示时间以及记录系统中各种运行状态的发生时间。

1.6 模拟量和开关量输出单元

1.6.1 模拟量输出

为了完善实验装置的功能,本实验装置设计了 2路模拟量输出,实验者可以根据需要,通过编写程序来输出不同频率和占空比的交流波形,可以实现对一些交流装置 (如电机转速)的控制。这 2路信号通过运算放大电路进行放大,以提高驱动能力,结构如图 4所示。

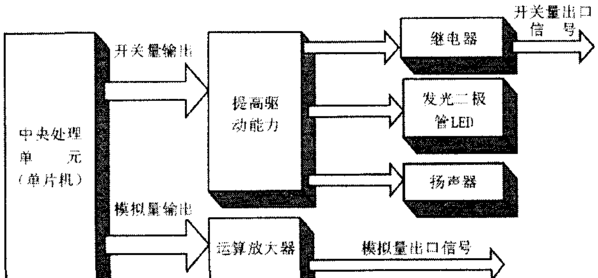

图 4 输出电路框图

Fig 4 Frame of relay output

1.6.2 开关量输出

在线路发生故障时,微机保护主要是通过各种开关量输出来完成对线路中各个继电器和断路器的控制,从而使发生事故的线路被隔离,其它线路能够最大程度上得到保护。

在开关量输出通道中,为防止现场强电磁干扰或工频电压通过输出通道反串到测控系统,一般采用通道隔离技术。在输出通道的隔离中最常用的是光—电隔离技术,因为光信号的传送不受电场磁场的干扰,可以有效地隔离电信号。

本装置共有 8路信号报警开关量输出,其中 6路接继电器同时并接发光二极管 (LED),在有继电器发出动作时,相应的二极管也发光显示。另外 2路接扬声器,收到有效信号后,发声报警。本装置的开出量既可以用来模拟断路动作 (用发光二极管和蜂鸣器演示),也可用继电器接外部设备来形成一个完整的保护系统,输出结构如图 4所示。

2 单片机组态软件设计

为了使实验原理能够更加详细地展示出来,并能方便快捷地进行各类保护实验,该实验装置还开发了一套功能齐全的组态软件。该组态软件通过简单形象的组态工作,即可实现所需的软件功能,而不需要编程,避免实验者将时间耗在深入了解单片机的结构和作用上,可快速进入微机继电保护实验。组态软件可跳过硬件直接进行软件设置,从而节省了花费在硬件上的时间。

组态是针对整个微机继电保护实验系统的硬件结构进行组态,根据系统情况配置软件,使它们适应不同的系统,而不需要重新开发或修改软件。保护设定软件设定实现具体的保护功能及具体的算法,并通过编程固化到保护实验装置 MCU中,可以实现各种电力系统主要类型的继电保护,例如电流三段式保护、线路距离三段式保护、变压器差动保护、母线保护等等,还可以在线路保护中结合自动重合闸操作。也可以在保护运行过程中显示各个参数值,便于实验人员对保护过程中各种参数变化的了解。系统软件具有良好中文 Windows操作界面,易于学习掌握。继电保护实验装置可采集各种模拟量和开关量数据,并按照选定的算法进行数据计算、分析、处理、存储以及在显示屏上显示相关数据。该组态

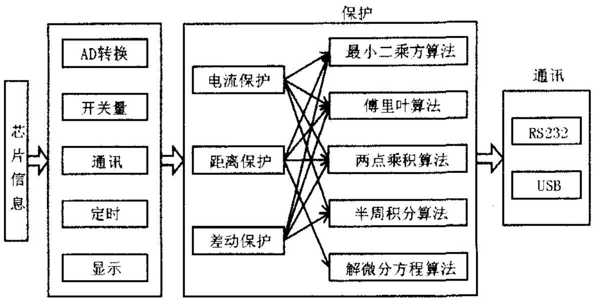

图 5 上位机功能模块框图

Fig 5 Frame of upper unit modules functioning

软件分为上位机软件和下位机软件,上位机软件采用 VC ++和数据库 SQL Server 2000为开发工具,其软件功能框图如图 5所示。

下位机软件采用 C语言编写,主要包通讯、FLASH擦除和编程、常用继电保护算法 (傅立叶算法、最小二乘方算法、两点乘积算法、半周积分算法和解微分方程算法)、LCD显示、保护实验 (电流保护、距离保护和差动保护)等模块,其程序流程图如图 6所示。

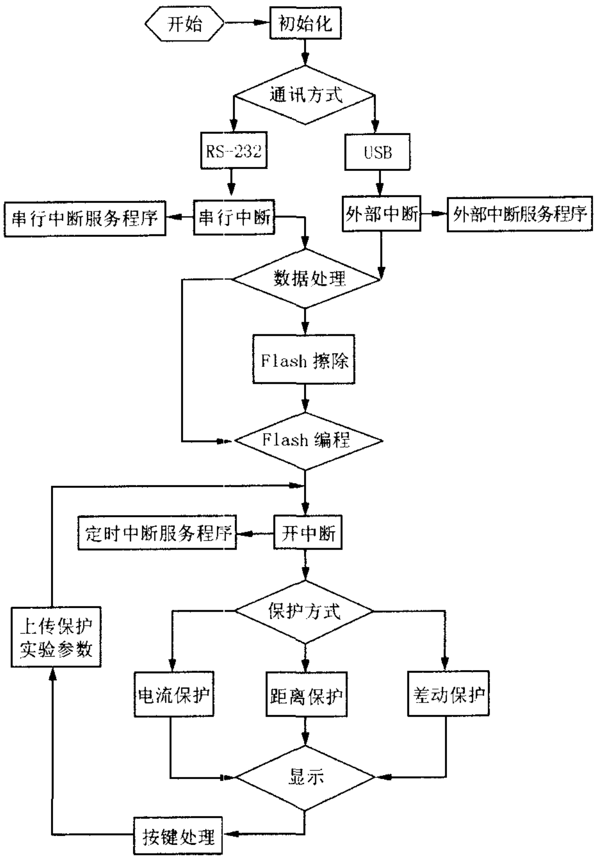

图 6　下位机软件程序流程图

Fig 6　Flow of saftware program in subordinate unit

做实验时,只要在 PC机组态软件上设置功能模块中的各个模块的参数和保护实验所需要的整定参数并存盘,然后通过 RS232或 USB通讯方式将参数下传到下位机,就可以进行实验,还可以通过键盘修改整定值,重新做实验,这样可以根据自己的需要做不同的实验。因此,灵活性强,让学生将书本所学的知识在实践上得到验证。

3　结束语

本装置可以完成电流保护、距离保护和差动保护三种保护实验,实验者可以通过本装置的实验了解到:

1)微机型继电保护实验装置的组成。

2)继电保护数据的采集过程。

3)继电保护算法的实现过程。

4)继电保护继电器动作的实现过程。

5)各种继电保护原理、保护算法之间的不同之处。

该实验系统遵循电力系统微机继电保护的基本原理,采用了计算速度和集成度较高的微处理器芯片和先进的微机继电保护装置相同的技术,为实现各种保护提供了足够的输入输出通道,可以通过不同的接线方式实现电力系统各种主要类型继电保护硬件架构,借助于不同的软件组态,实现多种微机继电保护原理实验。并且为了理解各种算法的优劣,可进行不同保护算法的比较。实验界面友好,易于掌握。硬件测量维护容易,有助于实验者迅速掌握微机继电保护系统的组成和微机保护的工作原理。

本系统采用了硬件装置和软件系统相结合的方式。既不是单纯的软件仿真,也不是仅仅靠硬件的工作来体现实验系统的特性,而是通过 PC机组态软件来完成对硬件及各种保护实验的设置。通过不同的算法和保护方式来了解继电保护实验,可以比较出各个算法之间在运行精度、速度等方面的不同,以及各保护方式之间在接线、速度方面的差别。目前本装置完成上述的傅里叶算法、最小二乘方算法、两点乘积算法、半周积分算法和解微分方程算法等,以后需完成的工作是提供开放的算法库,允许修改和加入实验者自行编写的算法。

参考文献:

[1] 康光华. 电子技术基础 (模拟部分) [M]. 北京:高等教育出版社, 1999.
KANG Guang-hua. Analog Electronics [M]. Beijing: Higher Education Press, 1999.

[2] 康光华,邹寿彬. 电子技术基础 (数字部分) [M]. 北京:高等教育出版社, 2002.
KANG Guang-hua, ZOU Shou-bin. Digital Electronics [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002.

[3] 王宜怀. 单片机原理及其嵌入式应用教程 [M]. 北京:北京希望电子出版社, 2002.
WANG Yi-huai. Tutorial for Microprogrammed Control Unit and Its Embedded Programming Application [M]. Beijing: Publishing House of Hope Electronics, 2002.

[4] 周立功. PDIUSBD12 USB固件编程与驱动开发 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
ZHOU Li-gong. The Hardware Programming and Driver Developing for PDIUSBD12 USB [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2003.
[5] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1994.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Principles for Relay Protection of Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1994.
[6] 陈德树. 微机继电保护 [M]. 北京:中国电力出版社, 2000.
CHEN De-shu. Digital Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.

收稿日期: 2005-03-01; 修回日期: 2005-03-24

作者简介:
李 刚 (1980 -),男,硕士研究生,研究方向电气化与自动化专业; E-mail: man1980@sohu.com
王翠霞 (1980 -),女,硕士研究生,研究方向电力系统及其自动化专业;
温渤婴 (1958 -),男,教授,从事电力系统自动监控与继电保护研究。

Research and development of a new experimental device for digital relay protection

LI Gang, WANG Cui-xia, WEN Bo-ying
(China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Nowadays, there are no microcomputer protection devices for experiments available in domestic colleges. This paper analyzes the characteristic of relay protection and summarizes the requirement of experiments of teaching in this field. A full multifunctional microcomputer protection device for experiments is developed. A 16-bit MCU works as the processor with adequate interfaces, and the RS-232 and USB as communicating interfaces. With a configuration software in PC and friendly interface for browsing and setting, it is easy to accomplish all the experiments and do a comparison among them. This instrument contains a JTAG interface for convenience debugging, and a flexible structure for easy disassembling. It helps the experimenters to understand the devices and its process in experiment.

Key words: relay protection; microcomputer-based protection; configuration software

世界首条 800 kV特高压直流输电线路计划明年开工建设

2010年前,南方电网将建成世界上第一条特高压直流输电工程——云南至广东的 ±800 kV特高压直流输电线路,目前项目技术方案已通过有关部门审查,计划于 2006年开工建设, 2009年单极投产。

据电力专家介绍,这是中国第一条也是世界上第一条特高压输电线路,与现有的 500 kV交直流输电线路相比,特高压是一条容量更大、性能更稳定的超级电力高速公路,大大提高电网的输电能力。特高压输电技术主要优点有三:一是适合大容量、长距离输送电能,输电能力是 500 kV系统的 4～5倍;二是大幅降低网损,提高电能传输的经济性;三是节省线路走廊,一回 1150 kV交流输电线路可替代 4～5回 500 kV交流线路。目前我国电网跨区域输电主要依靠 500 kV交直流线路,在提高输送能力方面受到技术、环保、土地资源等多方面的制约。特高压电网能够适应 2000～3000 km的远距离大容量送电,有利于大型电站群的开发和电力外送。

据悉,目前世界上只有日本、俄罗斯两国拥有 1000 kV特高压交流电网,且都是短距离输电。 ±800 kV直流输电技术国际上尚无运行经验,关键技术和设备有待进一步研究开发。

南方电网的迅速发展,带来了各种富有挑战性的前沿课题。在提高自主创新能力方面,贵广二回直流工程设备自主化率要达到 70%以上,在此基础上,云广特高压直流输电工程设备自主化率要达到 60%。