

基于双 CPU 的微机型继电保护测试装置的设计

赫飞, 汪玉凤, 郑艳明

(辽宁工程技术大学电气与控制工程学院, 辽宁 葫芦岛 125105)

摘要: 随着我国电力工业的迅速发展, 新型继电保护装置特别是微机保护的推广应用, 对相应的测试技术有了更新、更高的要求。微机保护测试装置的开发与应用对提高继电保护测试水平、防止继电保护及安全自动装置不正确动作、保障电网安全运行有着积极的现实意义。研究了微机保护测试装置的结构和功能, 设计了保护测试装置的软件和硬件, 还阐述了整个软件设计思路和编制方法。

关键词: 继电保护; 测试装置; DSP; 功率放大

Design of computer-based dual-CPU relay test device

HE Fei, WANG Yu-feng, ZHENG Yan-ming

(Liaoning Technical University, School of Electrical and Control Engineering, Huludao 125105, China)

Abstract: With the rapid development of the electric power industry in our country, new relay protection equipments especially microprocessor relay protection equipments have been widely applied in power system, which has a higher and newer requirement to the corresponding relay testing technology. The exploration and application of microprocessor relay protection testing equipment have a great active significance to improve relay testing level, prevent incorrect action of relay protection and automation equipments and ensure the safety operation of electric network. In the paper, the structure and principle of the whole testing system are introduced, the hardware and software of the microprocessor relay protection testing equipment are designed based on modular structure method. The designing rule and the programming method of the whole software are also set.

Key words: relay protection; testing equipment; DSP; power amplify

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)16-0115-03

0 引言

继电保护在电力系统中起着非常重要的作用, 它的误动、拒动对电力设备及电网稳定都潜在着巨大的危害。发现微机保护装置中隐藏的软、硬件错误, 验证其工作性能, 以保证继电保护装置的正确动作, 避免其误动、拒动是继电保护产品的生产者和运行者都必须面对的问题, 继电保护测试系统是用来对各种继电器及其成套保护装置进行调试的实验装置, 它可以按照事先编制好的测试计划, 连续自动地完成保护的各种特性和整定值的测试。

微机继电保护在我国已有20多年的发展历史, 其硬件和软件都在不断地完善和更新, 但由于起步较晚以及受其它技术水平的限制, 相对国外还存在着较大的差距。具体表现在硬件设备陈旧落后, 更新速度慢; 软件功能单一, 多采用汇编语言编写, 维护困难; 不能很好地与其它电力自动化系统进行通

信; 同时保护算法也有待更新和提高。因此, 基于这样一种现状, 本文设计了一种新型的微机继电保护测试装置, 该装置的硬件系统基于双CPU结构, 其微控制器采用C8051F041, 信号处理的CPU则采用TMS320LF2812, 其软件设计则采用了模块化的思想。

1 系统的硬件结构

电力系统的日益复杂化对微机保护测试装置也提出了更高的要求, 除基本的测试功能外, 同时要求具有强大数据处理能力和通信能力。若单单只采用一片 CPU, 则容易造成任务之间的冲突, 同时由于各个外设本身的速度不同, 势必要加入等待周期。因此本文所提出的微机保护测试装置采用了MPU+DSP的双CPU结构, 其中DSP采用TI(德州仪器)公司的TMS320LF2812, 主要完成数据采集处理、微机保护算法以及出口逻辑功能, MPU采用Cygna公司C8051F041, 主要完成人机接口、打印以及后

台通信等功能。如图 1 所示，整个微机保护装置的硬件系统以双 CPU 为核心，主要由 CPU 模块、D/A 转换模块、A/D 转换模块、低通滤波、功率放大器、开入开出模块、外设(打印机、液晶显示、通信)接口模块及监控计算机组成^[1]。

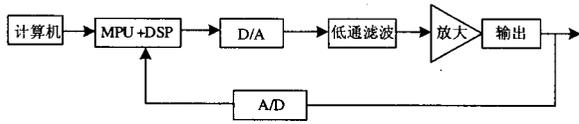


图 1 测试装置硬件配置图

Fig.1 Testing device hardware configuration

D/A 转换模块与 DSP 的接口电路如图 2 所示，图中 7 路 D/A 转换片选控制信号经译码器选中、光电隔离后接至各数模转换器的片选信号线。TMS320LF2812 的数据总线经总线驱动器后和光电隔离后再送入数模转换芯片 AD669，以避免外界可能存在的干扰。本模块共有 7 路 D/A 转换，对应有 7 块 D/A 转换芯片，转换后分别产生三相电流、三相电压和零序电压信号，图中只示出了第 1 路，即第 1 块 D/A 转换芯片，其片选、控制信号对应为 \overline{CS} 、 $\overline{L1}$ 、LDAC，其中 \overline{CS} 和 $\overline{L1}$ 连接在一起，均为低电平有效。

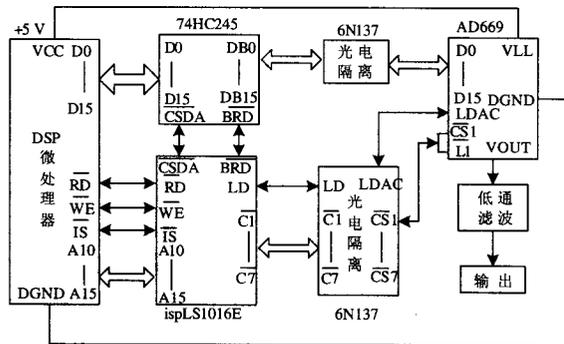


图 2 D/A 转换模块与 DSP 接口电路

Fig.2 D/A converters and DSP module interface circuit

转换完成后进行低通滤波处理以去除高频成分的影响，本设计将一个一阶低通基本环节和一个二阶低通基本环节电路级联后再和一个二阶低通基本环节电路级联，构成一个五阶低通滤波器，能够很好地净化信号。滤波电路如图 3 所示。

第一级三阶低通滤波器的传递函数为：

$$A_1(s) = \frac{1}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + 1}$$

式中： $a_3=R_1 R_2 R_3 C_1 C_2 C_3$ ； $a_2=R_3 (R_1 + R_2) C_2 C_3$ ； $a_1=(R_1+R_2+R_3) C_3 + R_1 C_1$

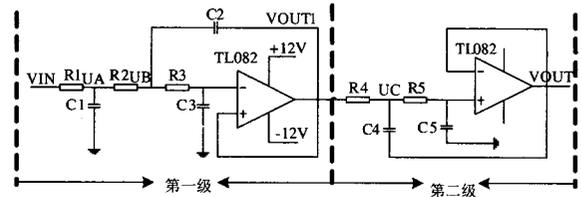


图 3 滤波电路

Fig.3 Filter circuit

第二级二阶低通滤波器的传递函数为：

$$A_2(s) = \frac{1}{a_4 s^2 + a_5 s + 1}$$

式中： $a_4=R_4 R_5 C_4 C_5$ ； $a_5=R_5 C_5 + R_4 C_4$

整个滤波器的传递函数为：

$$A(s) = \frac{1}{b_5 s^5 + b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + 1}$$

式中： $b_5= a_3 a_4$ ； $b_4= a_2 a_4 + a_3 a_5$ ； $b_3= a_3 + a_1 a_4 + a_2 a_5$ ；

$b_2= a_2 + a_4 + a_1 a_5$ ； $b_1= a_1 + a_5$

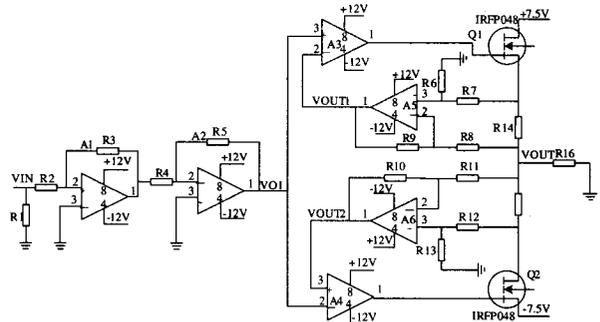


图 4 电流功率放大原理图

Fig.4 Current power amplification principle

功率放大电路的良好设计既可以使仿真系统的数字部分和其后的 D/A 转换单元工作性能良好，又可以使系统模型完备精确。然而不合理的放大器会使一切测试结果无效。功率放大电路设计要考虑稳定性、可靠性、安全性等多方面的问题。如图 4 所示，电流功率放大电路所选用的元件有一般电阻、水泥电阻、高性能运放 TL082 和 N 沟道场效应管 IRFP048。水泥电阻阻值为 0.01Ω ，功率为 5 W，最大可承受电流约为 23 A。TL082 是高性能通用型 JFET 输入运算放大器，其基本电气特性为：输入失调电压为 3 mV；温度漂移为 $10 \mu V/C$ ；偏置电流为 5 pA；增益带宽积 $GB=3 M$ ；转换速度为 $13 V/\mu s$ ；如图 5 所示，电压功率放大电路由输入级、中间推动级和输出放大级三级构成^[2]。

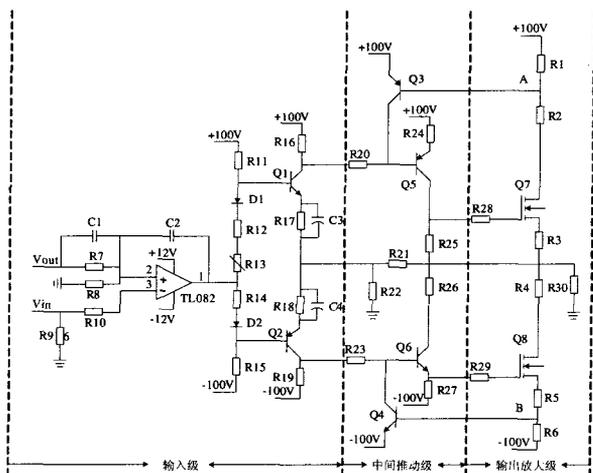


图 5 电压功率放大原理图

Fig.5 Voltage power amplification principle

2 系统软件设计

2.1 上位机软件设计

上位机控制软件采用功能强大的 Visual C++6.0 编写,它提供了大量的可视化编辑工具,而且 C++是完全的面向对象语言,是公认的构造程序的典范^[3]。软件为 Window 界面,界面友好美观,操作简单,功能强大。上位机通过 USB 接口和下位机进行通信:一方面,上位机将各种控制命令和数据发送给 DSP,令一方面实时接收 DSP 发送过来的检测数据。Windows 独有的多线程处理机制使计算机具备了同时运行几个线程的能力。程序中的所有线程运行在同一内存空间,拥有相同的 Windows 资源,因此很容易共享内存变量和 Windows 对象。本系统中,上位机在主线程中(即前台)专门处理消息,使程序能迅速响应键盘命令和其他事件,而辅助线程(即后台)则完成通信、绘图、打印及磁盘操作等。

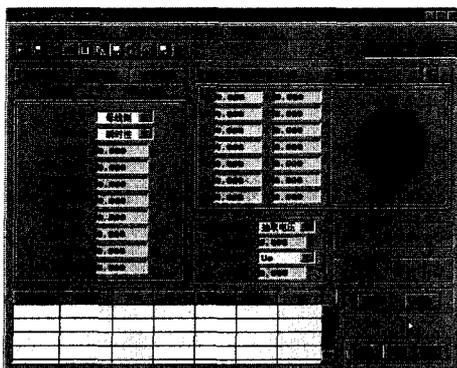


图 6 工频变化距离保护界面

Fig.6 The frequent changes in distance protection interface

上位机继电器保护测试系统软件提供了各种试验平台,是决定测试系统整体性能至关重要的一部分。根据其完成的主要功能将上位机软件分为八大部分:工频变化距离保护模块;阻抗保护模块;差动保护模块;谐波实验模块;电流/电压保护模块;精工电流实验模块;I/T 特性测试模块;综合实验测试模块。图 6 为工频变化距离保护界面,其他界面类似,就不都分别介绍。

2.2 下位机软件设计

下位机软件用 C 语言编写,MPU+DSP 通过定时器中断并在中断服务程序中进行数值计算、数据输出。在测试装置中充分发挥了 DSP 的强大运算能力,使得每周波(20 ms)可以完成 7 个通道,每通道 360 个点的函数计算。其主程序框图如图 7 所示。

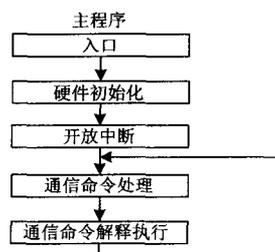


图 7 主程序

Fig.7 Main program

3 结论

电力工业的迅速发展,新型继电器保护装置特别是微机保护的推广应用,对相应的测试技术提出了更新、更高的要求,继电器保护测试装置的开发与应用对提高继电器保护测试水平、防止继电器及安全自动装置不正确动作、保障电网安全运行有着积极的现实意义。本测试装置可以更加真实地模拟各种复杂的故障,更准确地检验继电器保护装置的运行情况 and 动作特性。

参考文献

- [1] 金明, 兰勇, 袁博强. 微型继电器保护测试装置的功能与现状[J]. 继电器, 2001, 29 (3): 1-4.
JIN Ming, LAN Yong, YUAN Bo-qiang. The Function and the Status Quo of Computer-relay Test Device[J]. Relay, 2001, 29 (3): 1-4.
- [2] 陈浩. 新一代微机继电器保护测试仪及其基本性能[J]. 电力系统自动化设备, 2002, 22 (5): 61-63.
CHEN Hao. A New Generation of Microcomputer Relay Tester and the Basic Performance[J]. Power System Automation Equipment, 2002, 22 (5): 61-63.

(下转第 124 页 continued on page 124)

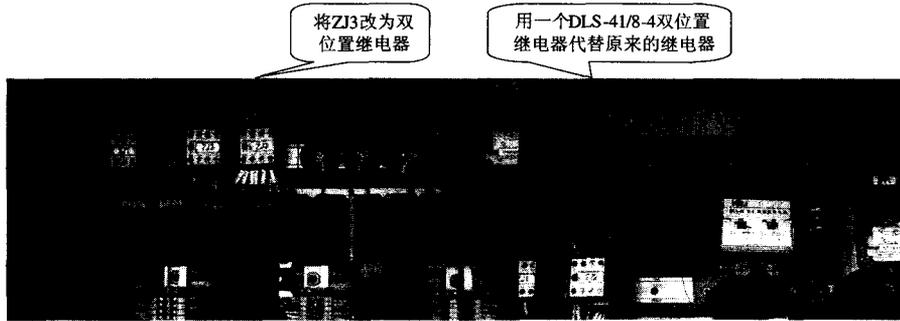


图2 改造前后对比

Fig.2 Comparison before and after alteration

4 结论

PT 电压的正确反映对于整个变电站的保护具有极其重要的作用，为了各类保护能够正确动作，必须积极采取措施保证电压量、电流量及各种开关量的采集，本文也建议在其他有类似问题的变电站进行相应的改造，确保电网安全稳定运行。

参考文献

[1] 郭占伟, 魏晓强, 肖志刚, 等. 电压切换回路故障分析

[J]. 继电器, 2006, 34 (22): 81-83.

GUO Zhan-wei, WEI Xiao-qiang, XIAO Zhi-gang, et al. Analysis of Busbar Secondary Voltage Selection Route Faults[J]. Relay, 2006, 34(22):81-83.

收稿日期: 2008-09-09; 修回日期: 2008-10-12
作者简介:

象 阳 (1981-), 男, 硕士研究生, 主要从事继电保护方面的工作和研究. E-mail:xyhero@sina.com

(上接第 117 页 continued from page 117)

[3] 杨春南. 新型继电保护测试装置的开发与应用[M]. 北京:中国电力出版社, 1998.
YANG Chun-nan. A New Type of Device Software Development and Application of Relay Test[J]. Beijing: China Electric Power Press, 1998.

收稿日期: 2008-09-03; 修回日期: 2008-11-24
作者简介:

赫 飞 (1978-), 男, 硕士, 讲师, 主要从事电力系统自动化、电力电子应用研究等方面的教学与科研工作;

汪玉凤 (1962-), 女, 硕士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事电力系统自动化、电机与电器、智能仪表等方面的教学与科研工作;

郑艳明 (1982-), 男, 硕士研究生, 专业为电力电子与电力传动. E-mail:lgdzym@163.com

(上接第 121 页 continued from page 121)

[3] 马永芳, 林榕. 提高变电站自动化系统可靠性的对策[J]. 河北电力技术, 2008, (5): 40-42.
MA Yong-fang, LIN-Rong. Countermeasure on How to Raise the Reliability of Computerized Monitoring and Control System[J]. Hebei Electric Power, 2008, (5): 40-42.
[4] 姚致清. 通信规约实现与系统可靠性、安全性[J]. 继电器, 2008, 36(6): 68-70.
YAO Zhi-qing, The Relationship Between Communication Protocol and System Reliability and Safety[J]. Relay, 2008, 36(6): 68-70.
[5] 徐立子. 变电站自动化系统的可靠性分析[J]. 电网技术, 2002, (8): 68-72.

XU Li-zi. Reliability Aanalysis of Substation Automation System[J]. Power System Technology, 2002, (8): 68-72.

收稿日期: 2008-09-07
作者简介:

王铁强 (1970-) 男, 高级工程师, 主要从事电力系统自动化的运行管理与研究工作; E-mail: wtq@he.sgcc.com.cn

云红剑 (1977-) 男, 助理工程师, 主要从事电力系统自动化及保护产品的设计工作;

林 榕 (1968-) 男, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护和调度自动化系统的设计与研究工。