

文章编号:1007-2780(2015)04-0641-06

变压器微机保护实验平台的液晶显示设计

李清泉,于 群,冯知海,单才伟,陈 晶
(山东科技大学 电气与自动化工程学院,山东 青岛 266590)

摘要:为了使工作人员深入了解变压器的保护原理,加强对变压器的保护工作,设计了基于 TMS320F28335 + STC12LE5A60S2 的变压器微机保护实验平台,其中 TMS320F28335 实时采集处理变压器两侧的电压电流信息,承担计算、通信和控制开入开出等任务,STC12LE5A60S2 则通过串口通信方式接收来自 DSP 的数据信息,并控制 TFT 液晶显示模块 MD070SD 进行显示。通过外部按键控制,可以使 MD070SD 显示 3 种界面:定值整定界面、数据显示界面和保护测试界面,同时将单纯的文本显示转换成图文并茂的形式,使得实验原理简单形象,便于理解。本文给出了串口通信和液晶显示的硬件控制电路,并对液晶模块的 3 种显示界面进行了详细说明。测试结果表明,该平台能可靠实现数据显示和保护测试等功能,实时性好,可视性强。

关 键 词:变压器微机保护;实验平台;MD070SD 接口设计;液晶背光调整
中图分类号: TN141 **文献标识码:** A **doi:** 10. 3788/YJYXS20153004. 0641

Design of liquid crystal display for experimental platform about transformer protection based on microprocessor

LI Qing-quan, YU Qun, FENG Zhi-hai, SHAN Cai-wei, Chen Jing

(College of Electrical Engineering and Automation, Shandong University
of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: The design of the experimental platform about microprocessor-based transformer protection is based on TMS320F28335 and STC12LE5A60S2 in order to make the staff to understand the principles of transformer protection deeply and strengthen the work of transformers' protection. The TMS320F28335 acquires and processes the real-time data about voltage and current of both sides of the transformer, undertaking the tasks of calculation, communication and controlling the switch quantity. The STC12LE5A60S2 receives data from the DSP through the serial communication and controls TFT LCD module MD070SD. The MD070SD can be controlled to show 3 kinds of interfaces: setting interface /data display interface and the protection test interface through an external button. This paper presents the hardware control circuit both of the serial communication and the liquid crystal display, and gives a detailed account of the LCD module's 3 display interfaces. Results of the tests show that the platform can achieve the function of data display and protection test reliably, its real-time and

visibility can meet the display requirements of the protection equipments for transformer.

Key words: microprocessor-based transformer protection; experimental platform; interface design of MD070SD; adjustment of LCD backlight

1 引 言

按照继电保护技术规程 GB14285-2006 的规定,应根据变压器容量和电压等级及其重要程度,装设性能良好、动作可靠的继电保护装置^[1]。在微型型变压器保护装置中,通常采用高性能的数字信号处理器 DSP 采集处理实时数据并实现相关保护算法,利用控制接口丰富的 MCU 完成液晶显示和键盘控制等功能,以分担 DSP 任务,提高系统的整体性能^[2-5]。这类保护装置的可靠性、速动性、灵敏性和选择性均满足变压器保护的要求,但是其液晶屏幕较小,显示效果单一,不利于实验教学使用。为了使工作人员对变压器保护的相关原理及保护装置的动作特性有深刻了解,本文以 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320F28335 为保护 CPU,以宏晶科技公司的 STC12LE5A60S2 为管理 CPU,设计出一款变压器微机保护实验平台。该实验平台在涵盖了变压器常规保护功能以外,充分利用 TFT 液晶显示模块 MD070SD 的显示功能,将单调的文字显示转变成图文并茂的形式,以便于工作人员充分理解变压器保护的各种原理,加强对变压器的保护工作。实验证明该实验平台在满足变压器保护要求的同时,还提供了非常友好的人机界面,将数据信息形象生动的展示出来,十分直观清晰,对现有的变压器保护装置的人机接口设计具有一定的参考价值。

2 总体设计

本变压器微机保护实验平台的结构框图如图 1 所示,其主要由两个独立系统组成:保护系统和管理系统。其中保护系统 CPU 采用 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320F28335,对采集到的数据进行模数转换,并依据一定的算法和逻辑判断进行实时分析处理,并将计算结果传送给上位机和管理系统,当满足出口跳闸时,则控制开关量输出,实现对外部回路的控制。管理系统 CPU 采用 STC 公司的 STC12LE5A60S2 单片机,通过 RS232 通

讯总线接收保护系统发送的数据信息,并在 MD070SD 上显示。键盘控制模块则可以根据工作人员的需求,实时调整实验平台的运行参数以及液晶的显示方式,以方便工作人员使用,实现良好的人机交互功能。

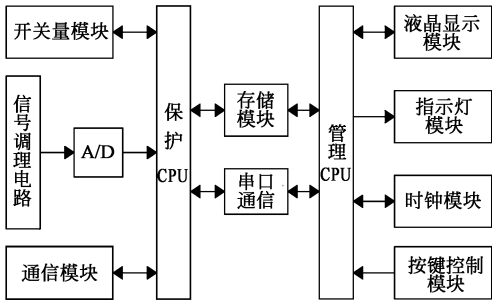


图 1 实验平台总体硬件框图

Fig. 1 Diagram of the experimental platform architecture

在该实验平台中,保护系统 CPU TMS320F28335 为单精度浮点 DSP,主频可达 150 MHz,内核电压 1.9 V,I/O 电压 3.3 V;片上带有 256K×16 位的 Flash 和 34K×16 位的 SARAM;片上通讯端口丰富,集成 3 个 SCI 串口输出通道,2 个多通道 McBSP 串口,2 个增强型 CAN,1 个 SPI 总线以及 12 位的 2 个 8 通道 ADC 等资源,为嵌入式工业应用提供了更加优秀的性能和更加简单的软件设计^[6]。管理系统 CPU STC12LE5A60S2 为低电压(2.2 V~3.6 V)工作的 CPU,具备 1 个高速同步通信端口(SPI)、2 个全双工异步串行口(UART)、4 个 16 位定时器以及 36/40/44 个通用 I/O 口,其通用 I/O 口可设置成 4 种工作模式:准双向口/弱上拉、强推挽/强上拉、仅为输入/高阻和开漏,每个 I/O 口驱动能力均可达到 20 mA。此外 STC12LE5A60S2 还具有在系统可编程(ISP)功能和在应用可编程(IAP)功能,无需编程器和仿真器^[7]。

TFT 液晶显示模块为深圳市淘晶驰电子有限公司生产的 7 in(1 in=2.54 cm)总线型彩屏模块 MD070SD。该模块驱动 IC 电压为 2.8 V~

3.3 V,采用 8080 时序的 16 位并行总线接口,分辨率为 800×480 ,显示面板 16M 色彩。该模块内部采用 CPLD+SDRAM 方式驱动 RGB 接口显示屏,并提供 10 个实用寄存器。最少使用其中的 5 个寄存器指令便能使液晶正常显示,大大简化了程序的代码量,降低了程序的调试难度和出错机率。模块内部集成的 8MB SDRAM 对应 8 页显存,通过设置显示页寄存器和读写页寄存器,使当前显示页和读写页不同,以实现后台写数据,达到整页快速切换的效果。此外,MD070SD 还省去了一般的 TFT 控制器所需要的烦琐的初始化代码,仅仅需要做一次复位操作就可以工作,响应速度很快,能达到 200 ns 的读写周期,最快实现 13 帧的满屏刷新速度。该液晶模块工作稳定,抗干扰能力强,完全排除了死机白屏的风险,广泛应用于各种人机交流控制面板。

3 双机通信的实现

TMS320F28335 包括串行通信接口 SCI 和串行外设接口 SPI,这两种接口均能够实现多 CPU 之间的数据通信。其中 SCI 模块采用标准非归零(NRZ)的数据格式,只需要两个 I/O 口进行数据传输,即 SCITXD(SCI 发送输出引脚)和 SCIRXD(SCI 接收输入引脚)。考虑到 STC 单片机多使用异步串行通信方式,硬件电路简单,并且软件编写简便,故选择串行通信接口 SCI^[8]。

由于低电压工作的 STC12LE5A60S2 单片机工作电源采用 3.3 V,所以其 I/O 口信号电平与 TMS320F28335 一致,两者可以直接相连进行数

据传输。但是为了增加通信距离并排除外界干扰,增加了低电压工作的 MAX3232 器件。该器件片内具有 2 个发送器和 2 个接收器,正好可以实现 TMS320F28335 和 STC12LE5A60S2 单片机的数据交互,其具体电路连接图如图 2 所示。同时,考虑到实验时与 PC 机通信的问题,还增加了 2 个 DB9 器件(图 2 未画出),通过分时复用 MAX3232 器件,分别实现 TMS320F28335 和 STC12LE5A60S2 单片机与上位机的通信,降低了硬件设计的复杂度。

4 液晶模块接口电路的实现

除液晶背光驱动电源为 5 V(VCC2)外,STC12LE5A60S2 单片机和 TFT 液晶模块 MD070SD 均采用 3.3 V(VCC 和 VCC1)供电,所以其引脚电平一致,可以直接进行数据传输,具体电路连接图如图 3 所示。其中 STC12LE5A60S2 单片机的 P0 口(外接 10K 上拉电阻)和 P2 口分别连接 MD070SD 的低八位和高八位数据总线,以实现 16 位总线的并行传输。此外,利用 P3.5 控制液晶模块显示数据或指令,利用 P3.6 控制读数据,P3.7 控制写数据,利用 P1.0 控制液晶模块的使能信号,利用 P1.2 控制液晶模块进行复位操作,具体操作过程为:先拉低电平,持续 20 ms;再拉高电平,持续 20 ms。

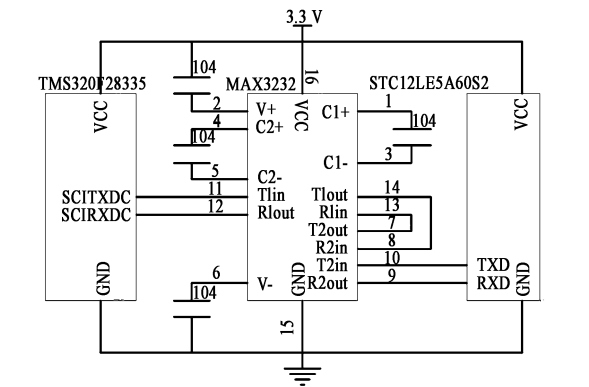


图 2 DSP 与 MCU 的串行通信连接图
Fig. 2 Diagram of the serial communication between DSP and MCU

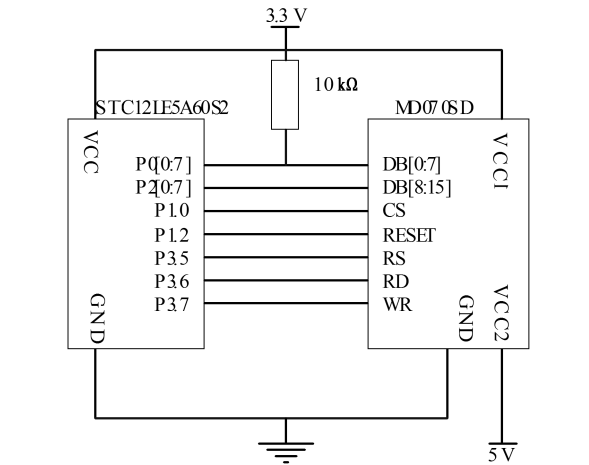


图 3 液晶模块与 MCU 连接图
Fig. 2 Diagram of LCD module and MCU connection

同时,为了降低功耗,节约电能,对于液晶背光的控制,本实验平台沿用了目前通用的背

光可关断原理:当长时间(时间可调)不操作键盘时,液晶背光自动关闭;当在液晶背光关闭的情况下操作按键或者出现告警信息时,背光自动打开^[7]。除此之外,本实验平台还充分利用 MD070SD 的 PWM 背光调整功能,实现 0~16 级背光强度的控制,即通过键盘将背光值写进背光控制寄存器来改变当前背光强度。而且,键盘控制模块还可以整定 MD070SD 的背景色和画笔色,使得本实验平台可满足不同人群在不同环境下的使用需求,保护了工作人员的视力,人性化程度更好。

5 实验平台的实现

通过外部按键控制,可以使液晶模块 MD070SD 显示 3 种界面:定值整定界面、数据显示界面和保护测试界面。

对于定值整定界面,主要是通过键盘控制,调整实验平台的运行参数,如调整 RTC 时钟、调整背光强度及背光时间、保护投退以及保护定值的修改等等。

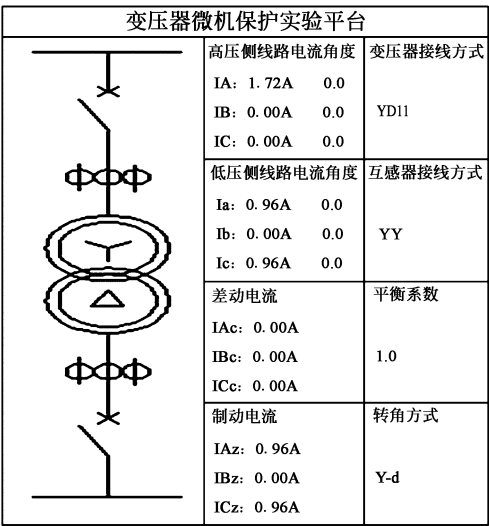


图 4 实验平台显示界面

Fig. 4 Display interface of the experimental platform

对于数据显示界面,主要显示变压器接线方式、差动电流、制动电流等,力求最大程度的将同类型相关联的数据显示在同一界面上,以便于工作人员对比理解。其中,与变压器差动保护有关的数据显示如图 4 所示。实验时首先在定值整定界面,按表 1 中的参数进行设定,然后使用 3 路测

试仪进行分相测试,此时所有保护均退出。由于实验平台利用软件采取 Y-d 变化进行相位调整,所以实验时采取图 5 所示的实验接线,以抵消对非试验相造成的干扰。同时将测试仪 I_a 和 I_c 的输出电流分别调整为 1.732 A 和 1 A,角度均为 0° , I_b 输出为 0。

表 1 测试参数设置

Tab. 1 Settings of test parameters	
名称	参数设置
差动电流	方程: I1-I2
制动电流	方程: (I1+I2)/2
变压器	接线方式 YD11
互感器	接线方式 YY
相位校正方式	Y-d 调整

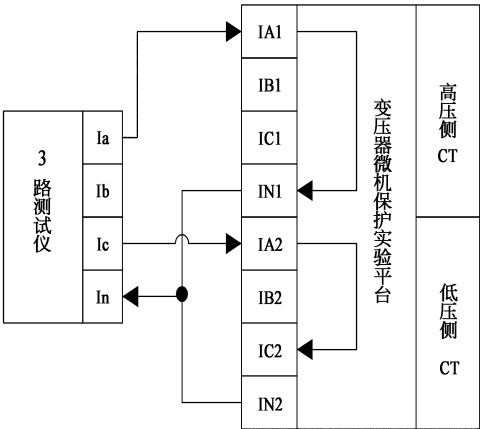


图 5 实验测试接线图

Fig. 5 Diagram of test wiring

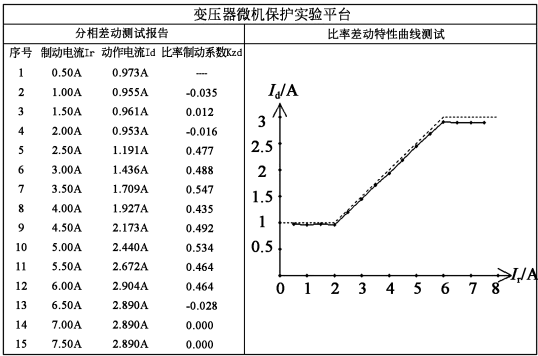


图 6 实验平台测试界面

Fig. 6 Testing interface of the experimental platform

对于保护测试界面,以差动保护边界测试为例,实际测试效果如图 6 所示。首先在定值整定界面,按表 2 中的数据对差动保护及其他参数进行设定,为避免干扰,其他保护均退出。当参数设置完毕,将在比率差动特性曲线测试区域显示设置的 3 折线图,如图 6 中比率差动特性曲线测试区域中虚线所示。

表 2 差动保护参数设置	
Tab. 2 Parameters of differential protection	
名称	参数设置
比率差动保护	保护投:1,动作电流值 1A, 比率系数 0.5,制动电流值 2A
差动速断保护	保护投:1,动作电流值 3A
变压器	接线方式 YD11
互感器	接线方式 YY
相位校正方式	Y-d 调整

在实际测试时,还应设置制动电流的变化区间(如 0.5~7.5)和变化步长(如 0.5)以及测试精度(如 0.01);差动电流的变化区间应包含比率特性曲线的最大值,即差动速断定值(如 0~3.5)。这样当制动电流确定时,根据差动电流为其变化区间的

两端点值时的继电器的动作情况,利用二分法寻找根节点的原理,逐步二分差动电流变化区间,直到满足测试精度,并记录下最终的动作值和相应的制动电流,然后计算出比率制动系数。

对于比率差动特性曲线的绘制则采用描点作图法。由于 TFT 液晶模块只支持整数坐标,所以将所测点的 X 值(制动电流)扩大 30 倍,Y 值(动作电流)扩大 100 倍,然后取整。当测出动作电流后,按照上述原则对坐标进行转化,然后在相邻两点之间绘制直线,最终得到测试的比率差动特性曲线,如图 6 比率差动特性曲线测试区域中点实线所示。

6 结 论

本文设计的利用 TMS320F28335 处理实时数据和实现保护算法,利用 STC12LE5A60S2 单片机控制液晶和键盘操作的变压器微机保护实验平台,依靠简单的硬件设计实现了变压器的保护功能,并具有非常人性化的人机交互界面,满足了工作人员以及高校学生利用该平台进行测试实验的需求。经实际测试验证,该平台数据通讯正常,液晶显示稳定,对相关产品的人机界面设计具有一定的实用价值和参考价值。

参 考 文 献:

[1] 贺家李,李永丽,董新洲,等. 电力系统继电保护原理[M]. 北京:中国电力出版社,2010.
He J L, Li Y L, Dong X Z, et al. *Principle of Power System Protection*[M]. Beijing:China Electric Power Press, 2010. (in Chinese)

[2] 于群,曹娜. 电力系统微机继电保护[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
Yu Q, Cao N. *Microcomputer Relay Protection of Power System*[M]. Beijing: China Machine Press,2010. (in Chinese)

[3] 李彦丽. 基于 DSP 的变压器差动保护装置的研究 [D]. 天津:河北工业大学,2007.
Li Y L. The Study on differential protection device for transformers [D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2007. (in Chinese)

[4] 任婷会. 基于 DSP 的微机变压器保护装置的研究 [D]. 兰州:兰州理工大学,2007.
Ren T H. Research on digital protection device of power transformer Base on DSP [D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology,2007. (in Chinese)

[5] 张雪松. 数字式变压器差动保护若干问题研究 [D]. 杭州:浙江大学,2006.
Zhang X S. Research on digital differential protectionfor power transformer [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006. (in Chinese)

[6] 刘陵顺,高艳丽,张树团,等. TMS320F28335 DSP 原理及开发编程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2014.
Liu L S, Gao Y L, Zhang S T, et al. *TMS320F28335 DSP Principle and Development Programming*[M]. Bei-

jing: Beihang University Press, 2014. (in Chinese)

[7] 潘卫卫, 郑常宝, 高杰, 等. 光伏控制逆变一体机的人机接口模块设计 [J]. 液晶与显示, 2014, 29(6): 963-968.
Pan W W, Zheng C B, Gao J, *et al.* Design of human-machine interface module of PV control and inverter integrated vehicle[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(6): 963-968. (in Chinese)

[8] 吴雄英, 秦开宇, 谢兴红. DSP 与单片机之间串行通信的设计与实现 [J]. 计算机工程与科学, 2009, 31(5): 132-136.
Wu X Y, Qin K Y, Xie X H. Design and implementation of the serial communication between the microcontroller and the DSP [J]. *Computer Engineering and Science*, 2009, 31(5): 132-136. (in Chinese)

作者简介: 李清泉 (1991—), 男, 山东济南人, 硕士研究生, 主要从事电力系统继电保护方面的研究。E-mail: Lingquan0513@163.com

于群 (1970—), 男, 山东淄博人, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事电力系统继电保护、电力系统运行与控制等方面的研究。E-mail: yunqun_70@163.com