

新型全自动微机化电力保护电流互感器综合测试仪研制

李明贵¹,夏胜芬²,陈前臣³,李圆园¹

(1. 荆门供电公司,湖北 荆门 448000;2. 华中科技大学 电气与电子工程学院,湖北 武汉 430074;3. 武汉豪迈公司,湖北 武汉 430074)

摘要: 论述了实用新型全自动微机化电力保护电流互感器(TA)综合测试仪的基本功能、自动测试原理及主要硬件结构和软件流程。装置具有对 TA 的变比极性、二次负载及 10 % 误差曲线和伏安特性曲线等自动测试的功能,能够实时显示测试过程及结果数据,现场打印测试数据和特性曲线图。实现了单机箱一体化便携式结构,采用内置电机控制的自动调压正弦交流功率电源系统,也可外置升流器以扩大测试范围。利用旋转鼠标取代键盘,操作简单;采用 320×240 点阵图形式液晶显示器(LCD)显示汉字,界面友好。数字技术与高精度传感技术保证了测量的精确度,测试效率高。

关键词: 电力保护 TA; 综合测试仪; 便携式; 全自动

中图分类号: TM 774 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2006)08-0085-04

1 传统的电流互感器测试原理

电力保护用电流互感器(TA)是电力系统继电保护中很重要的一个环节,其性能质量的好坏会直接影响电力系统的安全稳定运行以及继电保护装置的正确动作。因此,无论是新建电力系统还是大修技改输变电设施,在投产运行之前都必须对所有相关

TA 进行严格测试。测试的主要内容有 TA 的变比、极性、伏安特性、二次负载及 10 % 的误差等项目^[1]。

对 TA 的传统测试原理如图 1 所示,从操作到数据处理都是人工手动方式。这必然存在精度差、测试效率低、劳动强度大、安全性差等与微机保护技术极不匹配的种种缺点。因此,如何采用先进的测试手段对量大而繁琐的电力保护 TA 进行准确、高效测试,

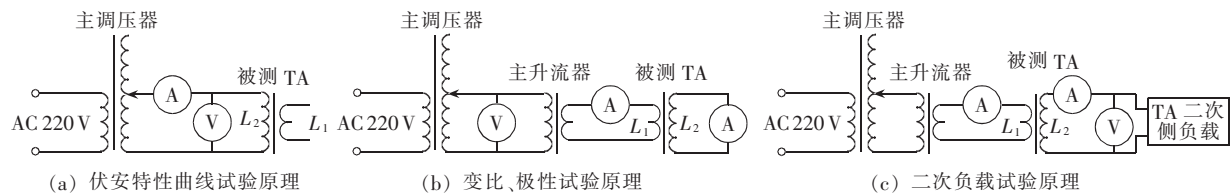


图 1 电流互感器特性的常规测试原理
Fig.1 Traditional test circuit of CT characteristics

收稿日期:2005-10-24;修回日期:2005-12-26

已成为亟待解决的电力工程实际课题^[2]。

本文所研制的新型全自动 TA 综合测试仪是采用高速微处理系统、完备的接口技术及友好的人机界面设计,很好地解决了上述问题^[2]。

2 功能设计

经广泛深入调查研究,针对手动测试的局限,将新型全自动微机电力 TA 综合测试仪的主要功能确定并归纳为 5 点。

a. 能以更高的精度自动完成过去人工测试的所有项目,即可以自动完成对 TA 的伏安特性、变比、极性、二次负载、10 % 误差曲线等内容的测试。彻底消除人工读数及手动处理所带来的测量误差。

b. 取消常规测量仪表,内置升流器、调压器等设备,最大程度简化试验接线,以提高测试工作效率。

c. 测量结果的自动处理:包括测试数据的实时显示及自动存储、伏安特性曲线的绘制与打印、测试后数据的集中上传与管理,以及自动判断互感器的精确度等级。

d. 友好的人机界面:采用 LCD 图形技术、汉字界面菜单、无键盘操作方式等。

e. 完善的内部故障自诊断及掉电保护等功能。

3 硬件设计^[2-6]

新型 TA 综合测试仪的硬件结构框图如图 2 所示,主要由自动调压功率电源子系统、控制子系统及信号采集与变换电路等部分组成。

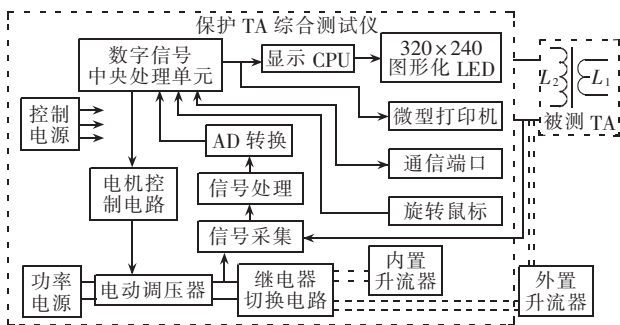


图 2 硬件结构框图

Fig.2 Block diagram of hardware structure

3.1 自动调压功率电源子系统

自动调压功率电源系统为被测 TA 提供所需的正弦电压或电流。子系统包括自动调压器、升流器及高性能正弦交流功率电源 3 部分。调压器采用新型双层交叉复合绕组,额定容量为 10 kV·A,最大瞬时容量 20 kV·A。由步进电机控制输出测试所需电源。

3.2 信号采集与变换电路

当 TA 两侧的参量发生变化时,必须通过信号采集和变换电路把这些模拟量送到中央控制电路。装置内置线性度高、精度等级为 0.05 级的高性能传感器 4 个:2 mA/2 mA 电压传感器、20 A/20 mA 电流互感器、600 A/50 mA 电流互感器和 5 A/2.5 mA 电

流互感器。互感器采集调压器输出电压和电流信号,转换为电压信号后,经放大电路放大。放大后的信号经 AD 转换后进入中央处理单元处理。这样,传统的手工测量被高精度的数字测量所代替。

3.3 控制子系统

控制子系统由数字信号中央处理单元,调压器的电动调压控制电路,继电器切换电路,显示及控制单元,以及各种输入、输出接口(设备)等组成。它们有 3 个主要功能。

a. 自动调压控制。装置内置主调压器,其输出电压的改变是由步进电机闭环控制自动完成的。通过步进电机的正、反转改变调压器输出电压的大小。根据试验设置的步长数据,对输出电压采样、AD 转换及比较后,确定与步进电机的对应步距及转向。这样可以控制测量曲线上各测量点的疏密。这在测试 TA 的饱和转折点时尤为重要。

b. 继电器切换电路。由继电器切换电路在测试过程中控制内置升流器何时该接入。从图 1 的测试原理可知,除进行伏安特性测试时不需要接入升流器外,另外两类测试项目都需要接入升流器。依靠大功率继电器在内部自动改变接线。这既是实现多功能综合测试的需要,也是减少人工测试接线工作量和提高测试效率的基础,可使装置更实用、更安全。

c. 显示及各种输入/输出设备。本装置中的主要外部设备包括微型打印机、旋转鼠标、LCD。其中旋转鼠标是装置单机工作时唯一的输入设备,它是采用专利技术设计^[1]。320×240 图形化 LCD 的汉化界面配合微型打印机构成输出设备,保证了操作和显示的直观性、便捷性。因省略了常规的键盘,装置面板较简单。

本 TA 综合测试仪可以由 PC 机控制,在 Windows 平台上运行所编制的人机交互性实时测试软件,即上位机程序。即联机运行。联机时由 RS-232 接口在所开发的通信子程序的控制下完成测试仪器与 PC 机之间的通信。上位机程序功能较下位机软件强大,能提供测试、波形监视、历史状态等多个视图,为用户提供可视化的测试过程和多方位的测试信息。

为了从不同的侧面、较全方位地介绍控制测试过程,图 3 给出部分测试硬件框图。

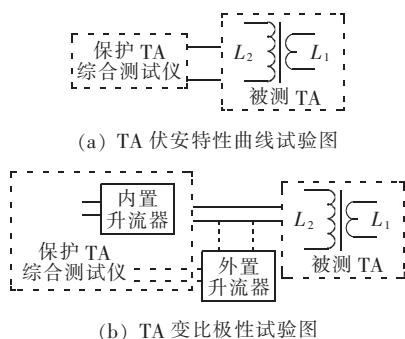


图 3 电流互感器综合测试试验框图

Fig.3 Block diagram of CT intergrative test

4 软件设计^[7-10]

软件是测试仪的控制中心。本测试仪的软件主要有主程序、TA 伏安特性试验子程序、TA 变比极性试验子程序以及和 PC 机通信的子程序等。软件采用 C51 和汇编语言混合编程技术、模块化结构。采用如软件陷阱、看门狗等抗干扰技术,保证了采集数据的准确性和软件运行的可靠性。

4.1 主程序与主界面设计

图 4 为主程序流程图。

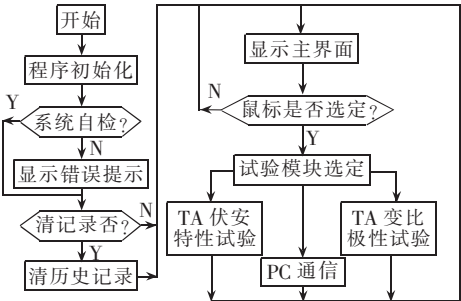


图 4 主程序流程图
Fig.4 Flowchart of main program

先对 CPU 的中断、定时器、各种变量及 LCD 屏初始化。然后,调用系统自检程序,显示一级主界面,等待并获取鼠标信息,经模块管理程序判断该进入何种功能模块。设计时考虑了美观性、便捷性、安全性,及界面与装置面板间的协调等因素,因而主菜单简单,人机界面友好,软件界面功能丰富,测试的模式选择、测试过程的启/停控制、测试结果在液晶屏上的显示和打印输出都属于这部分。

4.2 TA 伏安特性试验子程序

流程图如图 5 所示。进入 TA 伏安特性试验操作界面后,选择相应功能菜单,进行相关试验参数的设置,即可进行试验。测试仪将根据电压、电流和步长设定值,自动逐步增加测试电压和电流,每个测试点将在屏幕上显示;试验结束后,屏幕出现 TA 伏安特性测试曲线。可现场保存、打印试验数据及伏安

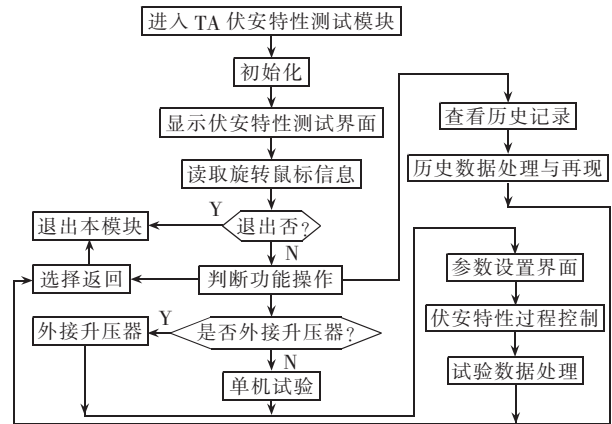


图 5 电流互感器伏安特性试验程序流程图
Fig.5 Flowchart of CT volt-ampere characteristic test program

特性曲线,也可根据被测 TA 二次侧阻抗值和二次侧额定电流计算 5 % 和 10 % 误差曲线,并现场打印。所保存的历史试验数据和曲线可以随时查阅。

4.3 TA 变比极性试验子程序

流程图如图 6 所示,进入 TA 变比极性试验操作界面、选择相应功能菜单、设置好相应的试验参数,即可进行试验。过程类似前面的伏安特性测试试验。测试仪给被试 TA 提供按步长不断增加的一次侧电流,同时把 TA 的一、二次侧的电流数值显示在屏幕上。当一次侧电流达到设定值时,所测 TA 的变比和极性就会在测试结果区显示。同样也可以进行 TA 二次回路测试试验。

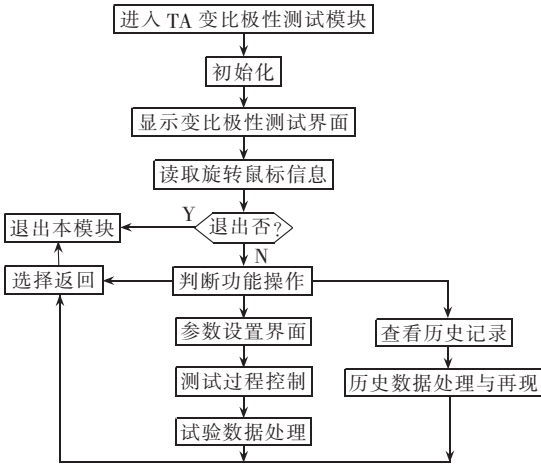


图 6 电流互感器变比极性试验程序流程图
Fig.6 Flowchart of CT transformation ratio-polarity test program

4.4 通信子程序

采用 RS-232 通信协议实现本 TA 测试仪与计算机的双向通信。这种设计充分兼顾了单机运行的简洁性和 PC 机的高级功能,保证了装置既可单机独立操作,也可外接 PC 机联机工作。上位机同样可以实现下位机的功能,而且人机界面更为友好。

5 试验与应用

基于以上设计思想,实用新型全自动微机化电力保护 TA 测试仪从开发、研制到生产,期间经历了型式试验、现场测试使用,通过使用检验该仪器抗干扰性能强、测量精度高。

试验表明:本测试仪的测量精度为(±0.5 %)、抗干扰性能、使用环境温度为(-45 ~ +70 ℃),满足国家相关标准要求,可以用于户内外试验与测试。

投入现场使用后,用户对本新型 TA 综合测试仪的评价:自使用了 TA 测试仪后,TA 测试检验工作变得十分简单;测试检验 TA 仅用一台装置即可,装置自动升压、自动记录试验数据、自动生成伏安特性曲线并打印存档,测量精度高、试验速度快,安全、可靠,自动生成伏安特性曲线,现场打印存档,单机保存的测试数据可以上传至 PC 机,便于数字化管理,

极大地节省了工作时间和工作量,且方便携带,便于流动试验。该仪器具备快捷、简单、操作方便、测试精度高、安全性强等优点。国内行业专家鉴定:具备以上技术特点的装置在国内目前未见报道;装置功能、技术性能及操作方便性居目前国内领先水平;广大用户反映是一台难得的好仪器。

6 结语

尽管TA测试仪电源系统还有待向更为轻巧的方向努力,但该仪器在操作方便、高精度、强安全性方面都极有特色,很适于发电厂、变电站进行保护TA安装或大修调试时的现场测试。TA测试仪成功研制改变了长期以来电力系统保护TA主要依靠人工测试与管理的历史,必将为我国的电力建设和电网、农网改造发挥重要作用。

参考文献:

- [1] 荆门供电局,武汉市豪迈电力自动化技术有限责任公司. 全自动电力保护TA伏安特性、变比、极性测试仪:中国,ZL 2003 2 0115711.0[P]. 2003-10-31.
- [2] 郑小敏,刘会金. CT饱和引起变压器差动保护误动的分析对策[J]. 继电器,2003,33(8):61-67.
ZHENG Xiao-min,LIU Hui-jin. Analysis and counter measure of transformer differential protection malfunction due to CT saturation[J]. Relay,2003,33(8):61-67
- [3] 莫昕,童陆园. 电能质量在线分析仪的研制[J]. 电力自动化设备,2003,23(1):58-60.
MO Xin,TONG Lu-yuan. Development of online power quality analyzer[J]. Electric Power Automation Equipment,2003,23(1):58-60.
- [4] 田铭兴,励庆孚. 变压器式可控电抗器的谐波分析和功率级数计算[J]. 中国电机工程学报,2003,23(8):168-171.
TIAN Ming-xing,LI Qing-fu. Harmonic current and power-step number of controllable shunting reactors of transformer type[J]. Proceedings of the CSEE,2003,23(8):168-171.
- [5] 丁辉. 电能表联合接线的向量分析法[J]. 电测与仪表,2001,38

(11):29-32.

- DING Hui. Vector analysis in united connection of electric power meter[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2001,38(11):29-32.
- [6] 史旺旺,陈虹. 交流采样的误差分析与补偿[J]. 电测与仪表,1999,36(10):4-6.
SHI Wang-wang,CHEN Hong. Error analysis and compensation of AC sampling[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,1999,36(10):4-6.
- [7] 雷军,袁荣湘. 变电站自动化中的高性能RTU装置[J]. 继电器,2001,29(1):44-46.
LEI Jun,YUAN Rong-xiang. Advanced RTU device in substation automation[J]. Relay,2001,29(1):44-46.
- [8] 陈凯,胡志坚,王卉,等. 介损角的非同步采样算法及其应用[J]. 电网技术,2004,28(18):58-61.
CHEN Kai,HU Zhi-jian,WANG Hui,et al. Algorithm and application of dielectric loss angle based on asynchronous sampling[J]. Power System Technology,2004,28(18):58-61.
- [9] 王履公. 互感器极性组别测试仪:中国,95210381[P]. 1996-06.
- [10] 倪云峰,张晓莉. 基于CPLD交流采样同步优化方法的设计与实现[J]. 继电器,2005,33(2):43-45.
NI Yun-feng,ZHANG Xiao-li. Design and application of an optimization method for synchronous sampling based on CPLD[J]. Relay,2005,33(2):43-45.
- [11] 胡奇峰,贺益康,唐益民. 基于DSP永磁同步电机直接转矩控制系统研究[J]. 电力电子技术,2004,38(1):16-18.
HU Qi-feng,HE Yi-kang,TANG Yi-min. Study of DSP-based permanent magnet synchronous motor(PMSM) direct torque control (DTC) system[J]. Power Electronics,2004,38(1):16-18.

(责任编辑:李玲)



李明贵

作者简介:

李明贵(1956-),男,湖北钟祥人,高级工程师,硕士,从事电力系统运行与继电保护方面的研究(E-mail:lmg@jmgdgs.com);

夏胜芬(1966-),女,湖北大冶人,讲师,博士研究生,从事电机与控制方面的研究;

陈前臣(1965-),男,湖北大冶人,讲师,硕士,从事电力系统运行与继电保护方面的研究;

李圆园(1982-),女,湖北荆门人,助理工程师,从事计算机管理与应用方面的研究。

Development of automatic integrative tester for electric power protection CT

LI Ming-gui¹,XIA Sheng-fen²,CHEN Qian-chen³,LI Yuan-yuan¹

(1. Jingmen Power Company, Jingmen 448000, China;

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

3. Wuhan Haomai Company, Wuhan 430074, China)

Abstract: Basic functions, principle of automatic test, main hardware structure and software flowcharts of an automatic integrative tester for electric power protection CT (Current Transformer) are discussed. The tester can automatically test the transformation ratio-polarity of the protection CT, secondary load, 10% error curve, volt-ampere characteristic curve and so on, real-timely display the test procedures and data result, and print the test data and characteristic curves at site. All parts are integrated in one portable casing. It can use the automatic voltage-regulation sine AC power supply controlled by internal motor, or an external booster to enlarge the test range. A rotating mouse instead of keyboard makes operation easy. Chinese characters are shown on a 320×240 LCD (Liquid Crystal Display), and the interface is friendly. Digital technology and high precision sensor technology ensure the test accuracy and efficiency.

Key words: electric power protection CT; integrative tester; portable; automatic