

微机保护测试仪需考虑的若干关键问题

徐志恒¹, 刘继武², 向前³

(1. 山东电力研究院, 山东 济南 250002; 2. 济南市历城区供电公司, 山东 济南 250100; 3. 北京博电公司, 北京 100083)

摘要: 回顾了继电保护测试装置的发展历史, 然后分析了微机保护测试装置的性能特点, 重点对微型继电器保护测试装置的几个关键性问题进行了探讨, 如测试信号的产生和处理、暂态特性、电源电压自动跟踪技术、试验数据规范化管理、建立特殊仿真数据库等, 最后对微型继电器保护测试装置的发展进行了展望。

关键词: 继电保护; 测试装置; 性能特点

中图分类号: TM774 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2004)17-0064-03

0 概述

长期以来我国电力系统往往采用移相器、自耦调压器、升流器和滑杆电阻等调整三相电压和三相电流的幅值和相位, 以调试各种继电保护和自动装置。同时, 还需要较精密的电压表、电流表、相位表、频率计和毫秒计等仪器对试验中要读取的物理量进行测量才能完成整个测试过程。采用这种测试手段, 不仅设备搬运困难、占用现场面积大, 而且在测试中需要反复调节各种参量, 依靠人工读取、记录试验数据。这种方法不但调试手段落后、功能少、不能进行复杂试验, 还容易接错线, 劳动强度大、调试时间长。

随着微机保护的大量投运, 对测试装置提出新的要求, 传统的测试手段已不能完全满足。在这种形势下, 国内的高等院校和科研部门在借鉴国外测试装置的基础上纷纷开展国产继电保护测试装置的研制。经过几年的发展, 采用数字控制、数字显示、微机可编程和仿真等新技术的新一代国产继电保护测试装置大量涌现出来并在国内得到广泛应用^[1,2]。

1 微型继电器保护测试装置的性能特点

微型继电器保护测试装置以微机为主体, 由它产生电压、电流信号, 然后经电压放大器和电流放大器对信号进行放大, 得到继保测试中所需要的电压和电流激励量。因为采用微机可编程原理, 所以具有以下优点:

- 1) 采用人机对话方式, 操作简便。试验结果可存盘并可通过打印机打印出试验报告及动作特性曲线。不需外接表计、接线简单。
- 2) 通过变量变化步长、变化时间以及变化方式

的设置, 对各种交直流继电器进行手动和程控测试。

- 3) 输出电压、电流的频率可调, 对频率继电器和低周减载装置进行定值校验和 df/dt 试验。

- 4) 能自动搜索各种原理继电器的定值、动作时间及动作特性曲线。

- 5) 因为不同性能的保护对“暂态故障”和“静态故障”的反应不一样, 采用微型继保测试装置能自动搜索方向阻抗继电器分别在正向和反向短路故障时的暂态阻抗动作特性以及正方向故障时的静态阻抗特性。

- 6) 能正确模拟电力系统各种类型的瞬时、永久以及转换性故障。

- 7) 可模拟负荷电量, 负荷电流从空载到满载可随意设置。通过功率角的设置, 可模拟因负荷电流而引起的附加阻抗对送电侧或受电侧保护装置的影响。

- 8) 可设置故障时的合闸角, 在故障瞬间叠加直流衰减分量, 用于测试量度继电器的暂态特性和动态超越。

- 9) 当保护不带重合闸时, 具有仿重合闸功能。

- 10) 仿真现场实际断路器的动作, 当测试装置接收到保护跳闸信号后, 断路器延迟一段时间动作, 且在该相电流过零时断开。当测试装置接收到合闸信号后, 断路器延迟合闸。延迟时间可设置。

- 11) 系统振荡仿真功能。可设置系统电源和负荷参数、振荡周期和功角摇摆范围, 测试保护装置的動作特性。

- 12) 故障录波再现功能。把通过故障录波装置或其它记录方式记录到的现场故障数据, 通过测试装置输出再现当时故障。

- 13) 采用卫星定位系统(GPS)对测试装置的输出量进行远程同步, 实现对高频功率方向和高频相

差保护的整组试验。

2 微型继电保护测试装置发展中的几个关键性问题

2.1 测试信号的产生及处理

大部分国产微机继电保护测试装置的电压、电流信号由计算机计算产生,然后在计算机的控制下,各相离散数据通过并口或总线同时送到测试装置。这种信号发生方式利用计算机强大的运算功能可以完成一些复杂的数学运算,从而可实现一些复杂的试验过程,如叠加按时间常数衰减的非周期分量、简单的暂态仿真试验等。另外,利用计算机巨大的存储空间,还可以实现长过程的故障再现及离线数字仿真。

但这种方式的缺点是,由于计算机计算速度有限,使得每周波的离散数据点数不能太多,一般在150点左右。由于大量的计算和输出控制任务是通过计算机来完成,这使得计算机忙于大量的计算和控制任务,这样造成计算机处于“只讲(only talking)”状态,没有时间对测试装置输出的电压和电流进行实时监控。当电流回路开路或过载时,计算机并不清楚测试装置电流输出的异常情况而仍在运行。只有试验人员分析了最终结果后,才能发现问题。由于微型继电保护测试装置的多项复杂功能及其使用环境,具备闭环的实时测试系统对于被试保护装置的测试精度和测试装置自身的安全都是必不可少的。具有实时监视和完善的自检及异常工况报警功能是国产继电保护测试装置近期亟待研究解决的重大课题。

假设计算机每周波输出的数据点为100点,即5k的采样频率,根据采样定律,信号的低通滤波器的截止频率可以取到2.5k。虽然有2.5k的信号带宽,但由于低通滤波器的幅频特性不是特别平坦,实际上对于150Hz及以下的信号随着频率的升高其幅值明显降低。所以,要在有用的信号频带内保持非常好的幅频特性和相频特性,唯一的办法是增加每周数据点数,提高低通滤波器的截止频率。

在一定的采样频率下,小信号精度仅与D/A位数有直接关系。对于满量程为30A(交流有效值),如果采用12位D/A,其量化误差约为6mA,采用16位时则只有0.4mA,对于0.1A输出电流其误差分别为6%和0.4%。通过对离散信号的傅里叶分析,采用12位D/A,在0.1A的输出电流中含有一定成分的500Hz、1500Hz等谐波信号。而采用16位D/

A,在0.1A电流中所包含的谐波信号在5kHz以上,这些谐波完全可通过低通滤波过滤掉。另外,小信号的精度问题也可采用信号分档的办法得到解决。例如,对于满量程为30A的测试装置,可以将其输出在6A的地方分为两档,当输出电流值小于6A时,通过软件在试验之前自动切换到低档。当输出电流值大于或等于6A时则采用高档位。采用分档的方法可以极大地提高信号分辨率、减少量化误差。

近年来,随着微电子技术的迅速发展,涌现了各种数字信号处理专用的处理器件,如DSP处理器,它具有高速的运算能力。采用DSP对信号进行处理将是数字式测试装置的一个发展方向。

2.2 暂态特性

近年来,使用暂态分量作为判据的保护装置逐渐增多,在试验中需要模拟和确定 di/dt 、 dv/dt 、 df/dt 和 Z 的数值大小。所以,对测试装置所输出的突变量的上升速率即测试装置的暂态特性提出了更高的要求。电压、电流上升速率过长将使第一个周波的波形产生较大的失真,因而不能准确控制合闸角,严重时甚至直接影响到以突变量为判据的保护以及快速保护的调试。在测试装置中采用高效的开关电源技术将极大地降低电源回路的时间常数,提高电压和电流的响应速度。

2.3 电源电压自动跟踪技术

对于负载较大或需要较大的试验电流(如故障再现)的继电保护装置的调试,为了使测试装置输出的电流不失真,要求功放级的直流电源电压必须足够大,以保证测试装置一定的带载能力。但如果电流功放的直流电源电压按最高要求设计,那么在10A及以下的长期工作电流下,消耗在功放管上的压降将过大,功放管的散热及可靠性问题将变得十分突出。因此,有必要采用电源电压自动跟踪技术,当电流端口上的电压降低时,电流功放的直流电源电压自动跟随降低。反之,当端口电压升高时,电源电压自动跟着抬高。这样,既保证了较大负载下输出电流不至于失真,又使较小负载下的管耗不至于过大。

2.4 计算机操作系统及程序设计语言的选择

Windows以其丰富一致的图形用户界面、强大的系统资源、简单灵活的操作方式已广泛地被用户所使用。因此,采用Windows操作系统,用户可以充分利用Windows的系统资源,如WORD、EXCEL和FORPRO等文字处理、电子表格以及数据库等软件对试验报告和测试数据进行制表、编辑以及文字和

图形打印。在 DOS 环境下,不仅编程工作量大,而且在测试报告的再编辑以及文字、图形处理方面都表现得不够灵活。

目前大部分国产继保测试装置由于是采用中断来实现的定时输出方式,而 Windows 则是非抢先式多任务系统,不具备实时性。所以,仅仅依靠系统资源并严格遵守既定的 Windows 规范及消息驱动机制是无法进行实时系统开发的。只有依靠测试装置本身的高速微处理器或多 CPU 并行处理进行数据运算和实时控制,才能取消 PC 机的中断工作机制。这样计算机的控制和数据采集就可采用 Windows 操作系统,使测试装置的应用软件上升到 Windows 的使用平台上。

开发 Windows 应用软件的快慢与使用或创建可重用软件模块与组件的能力有关。面向对象编程(object oriented programming - OOP)是程序设计的新思路,是公认的构造程序的典范。采用 OOP,不仅可通过继承和多态来简化程序开发,而且可编写可重用对象类及编码,缩短开发和调试时间。C 语言是完全的面向对象语言,其数据类型丰富、表达能力强、执行速度快,是首先考虑采用的软件编程语言。

2.5 试验报告的规范化管理

为了适应不同单位管理方面的要求,测试数据应能调入 WORD、EXCEL 和 FORPRO 等文字处理、电子表格和数据库等常用软件,对测试数据进行再处理。在试验报告的数据库中应汇集有由发、供电部门提供的标准的试验报告格式,当用户选择了其中的一种格式,测试完成后,试验数据自动存入数据库,并自动生成所选定记录格式的试验报告。

2.6 建立特殊仿真数据的数据库

在保护的测试或故障分析过程中,有时需要考虑一些复杂因素对保护的影响,如直流分量、CT 饱和、CVT 失真、弧光电阻以及复杂短路故障等因素的模拟。这些物理过程在试验过程中很难模拟,但如

果将数字式故障录波器所记录的典型的故障波形或是通过 EMTP 暂态计算程序获得的计算数据,或者是将动模试验过程记录下的各种试验项目及其波形编辑成仿真和保护试验专用的数据库。根据需要,就可在现场或实验室随时从数据库中提取到需要的仿真数据进行各类性质的仿真和故障再现。

3 结束语

本文重点讨论了微型继电保护测试仪硬件、软件设计过程中应该重点考虑的几个关键问题,如测试信号的产生及处理、暂态特性、软件设计等,希望对国内微型继电保护测试仪的生产厂家起到一定的借鉴作用。随着微机通信技术、硬件芯片处理速度的不断加快,相信今后会有更多的输出精度高、软件功能强大并且便于使用的继电保护测试装置涌现出来,为电力系统的安全稳定运行做出贡献。

参考文献:

- [1] 陈皓(CHEN Hao). 新一代微机继电保护测试仪及其基本性能(A New Micro-based Relay Tester and Its Basic Function) [J]. 电力自动化设备(Electric Power Automation Equipment), 2002, 22(5): 61-63.
- [2] 金明, 兰勇, 袁博强(JIN Ming, LAN Yong, YUAN Boqiang). 微型继电保护测试装置的功能与现状(The Function and Situation of Micro-based Relay Tester) [J]. 继电器(Relay), 2001, 29(3): 1-4.

收稿日期: 2003-12-11; 修回日期: 2004-06-09

作者简介:

徐志恒(1971 -),男,硕士研究生,研究方向为电力系统仿真、电能质量监测及治理;E-mail: xuzhiheng @sohu.com

刘继武(1969 -),男,本科,长期从事供电企业生产管理工作;

向前(1963 -),男,硕士研究生,长期从事微机继电保护测试仪的开发研究。

Some key problems about microcomputer based relay protection tester

XU Zhi-heng¹, LIU Ji-wu², XIANG Qian³

(1. Shandong EPRI, Jinan 250002, China; 2. Jinan Licheng Power Supply Company, Jinan 250100, China;

3. Power Advance Technology Co., Ltd, Beijing 100083, China)

Abstract: The history of relay protection tester and the feature of micro computer based relay protection tester are presented, some key problems including the generation and processing of testing signal, transient state feature, automatic tracing of power supply voltage, standardization of testing data, establishing special simulation database are discussed. The development of micro computer based relay protection tester is described as well.

Key words: relay protection; tester; performance