

# 国内市场微机型继电保护测试仪的现状和发展

何智平<sup>1</sup>, 周玲<sup>1</sup>, 张方军<sup>2</sup>, 吴健<sup>3</sup>

(1. 河海大学电气工程学院, 江苏 南京 210098; 2 浙江机电职业技术学院  
电气工程系, 浙江 杭州 310053; 3 苏州供电公司, 江苏 苏州 215011)

**摘要:** 面对国内市场中各种微机型继电保护测试仪, 该文对它们目前的现状作了简要的回顾, 从现场实用的角度出发, 对国内市场主流的微机型测试仪的输出精度、功率输出能力、持续工作能力、可靠性、暂态输出性能及软件的实用性、易操作性和报告的产生等方面进行了比较, 对普遍存在的问题进行了讨论, 并对未来微机测试仪的发展方向作了论述。

**关键词:** 继电保护; 测试; 电力系统

**中图分类号:** TM774 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2005)08-0076-05

## 0 引言

近年来, 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型继电保护得到广泛推广使用, 对测试技术提出了更高的要求, 形成并发展了继电保护测试技术<sup>[1]</sup>。从早期的调压器、升流器、三相移相器及相关的仪器仪表组成的调试线路, 到如今的一体化微机型测试仪, 继电保护测试产品在不断地更新换代。

在上世纪九十年代初, 国外先进的微机型继电保护测试仪逐渐进入中国市场, 并在部分省市中试所和大型合资电厂得到应用。之后国内不少研究单位相继开发生产出了不同类型的微机型继电保护测试仪。

微机型继电保护测试仪的开发与应用大大提高了继电保护装置的测试水平, 提高了调试效率, 对保证继电保护的准确动作, 提高电网的安全水平有积极的现实意义。本文从现场实用的角度出发, 对目前国内市场上使用较多的微机型继电保护测试仪进行了讨论, 并对微机型继电保护测试仪的发展方向进行了探讨。

## 1 国内市场微机型继电保护测试仪的现状

测试仪经过了从单相到三相及微机化的发展, 重量越来越轻, 体积越来越小, 输出功率越来越大, 功能越来越多, 软件水平越来越高。目前国内现场使用较多的微机测试仪种类很多, 根据面世的时间和生产厂家的不同, 主要有以下几种代表性产品:

1) 以原北京威特公司生产的 MRT 系列测试仪、广东昂利公司生产的 ONLLY 系列测试仪为代

表。

2) 以北京博电新元公司生产的 P 系列、S 系列及 PW 系列测试仪, 南京信达公司生产的 VENUS 系列测试仪为代表。

3) 以成都天进公司生产 M2000 系列测试仪、博电新元公司和昂利公司的新一代产品为代表。

4) 以奥地利 OMICRON 公司生产的 CMC 系列测试仪、瑞典 Programma 公司生产的 FREJA 系列进口测试仪为代表。

各个公司的测试仪从功能上来说, 都能满足大多数继电保护的试验要求, 但由于开发能力和生产条件各不相同, 因此各厂家的测试仪在整机性能、质量、结构、工艺等方面有较大的差距, 有些测试仪的软件设计、带载能力、精度、工作稳定性及可靠性等方面存在问题。

同时因为对测试仪没有检测标准, 使得一些国内厂家夸大了其产品的性能。例如, 许多厂家的测试仪说明书都宣称其输出电流精度为 0.05 级, 但大部分根本达不到, 使得实测数据与其说明书所给的指标有较大的出入。且输出电流的精度是分段的, 而有些厂家对此根本没有说明。当然部分国内厂家和国外厂家还是有详细和实事求是的说明。如下图的 OMICRON 公司和 Programma 公司<sup>[2,3]</sup>。

进口测试仪的整机性能比较好, 产品硬件可靠、精度高、使用年限长 (有些具有零点漂移校正功能, 可延长其使用寿命)、软件的功能丰富; 但价格昂贵, 且大多是外文界面, 培训困难, 难以普及到现场, 因此大多在科研单位里使用。

## 2 微机型测试仪在现场使用时的几个问题

由于各公司的测试仪都能满足保护装置大部分

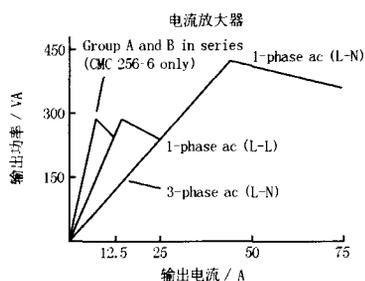


图 1 cmc 256 电流相输出功率

Fig 1 Output power of cmc 256 current amplifiers

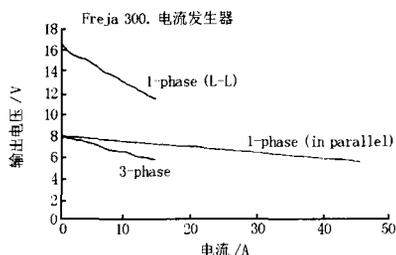


图 2 Freja 300 电流输出端口电压值

Fig 2 Voltage values of Freja 300 current output phases

功能的试验要求,基本上都包括电压继电器、电流继电器、功率继电器、阻抗继电器、频率继电器等测试模块,因此本文不具体说明各种测试仪的具体功能,而是从以下几个方面对微机测试仪进行讨论。

### 2.1 微机型测试仪的硬件

测试仪的输出由硬件直接产生,因此硬件设计及元器件的好坏直接关系到测试仪的整体性能。

#### 2.1.1 微机型测试仪的带负载能力

与国外情况不同,国内现场运行的不但有微机型继电保护装置(交流阻抗约 1 $\Omega$ ),还有集成型继电保护装置(交流阻抗约 2 $\Omega$ ),甚至有些场所还有晶体管型保护装置(交流阻抗更大)。对于微机型继电保护装置,测试仪都能满足其功率需求,一般不存在带负载能力。而对于其它继电保护装置,因它们要求较高的功率,往往出现测试仪的带负载能力不足的问题。另外由于保护装置的电压回路是公用的,因此一般要求测试仪的电压源每相对中性点的电压有效值不低于 75 V,容量不小于 30 VA。

试验仪的带负载能力不但指电压源和电流源输出的最大幅值,还指电流源的功率输出曲线,即在给出电流源的不同输出幅值时,还应该给出电流源的最大不失真电压,以便试验人员能根据电流源的带负载能力来确定试验仪所能带负载的大小。但目前大多数试验仪厂家只提供了电压源和电流源输出的最大幅值和最大的输出功率,没有提供电流源的

最大不失真输出电压。

需要特别指出的是,许多测试仪在带负载能力不足时,并不给出警告,而是强行继续输出,从而导致输出波形削顶,出现毛刺,乃至严重变形。在没有外接示波器或录波装置的情况下,测试人员可能完全不知情,而这种情况可能严重影响测试的精度,出现调试错误,以至出现严重后果<sup>[4]</sup>。

#### 2.1.2 微机型测试仪的持续工作能力

微机型测试仪的持续工作能力是指在保证技术指标的前提下测试仪连续工作的能力,特别是在高功率和大电流的情况下,这个问题特别突出。微机测试仪的持续工作能力不仅与测试仪采用的元器件的品质功率储备和热容量有关,而且还取决于硬件的结构设计和软件的设计思想及其优化能力,如果元器件质量好,硬件结构设计合理,并且软件精心设计、优化性能好,则测试仪就能长时间持续工作。

以前国内厂家生产的微机测试仪在环境温度较高时,这方面的问题比较突出。出现这种问题的原因大多是装置结构设计不合理、元器件参数和质量的限制,也有软件设计不合理,没有对测试过程进行优化的原因。不过近几年,一些国内厂家采用质量好的器件,对软件、硬件和机箱结构作了优化,现在这个问题已经得到了一定的解决。

#### 2.1.3 微机型测试仪的稳定可靠性

测试仪的稳定可靠性是指测试仪正确工作的能力,即测试仪的硬件输出能正确反映软件中的设定值。一般生产厂家都给出了测试仪的输出精度,但硬件输出与软件设定的误差有时会超出厂家给出的精度,有时甚至输出的波形完全不能反映软件的设定,特别是在有谐波和暂态分量输出时,误差更大。

目前不少在用的微机型继电保护测试装置的交流源或直流源输出的精确性和线性度不甚理想,许多测试装置在现场使用中交、直流源输出的稳定性较差,经常由于测试装置输出范围变化过大而怀疑保护装置的特性不稳定,这给保护调试增加了不必要的工作量<sup>[5]</sup>。在稳定可靠性方面,进口测试仪做的比较好,也比较实事求是。另外稳定可靠性还指测试仪发生故障的概率,可靠性高的测试仪只要正确操作应该很少会发生故障。

#### 2.1.4 微机型测试仪的自我保护

调试现场的误接线是不可避免的,当测试仪的电压回路短路或电流回路断路时,测试仪应该终止输出,同时给出报警信号,而不应损坏。测试仪在超温超载工作时也应该发出信号通知试验人员。

### 2.1.5 微型测试仪的暂态特性

随着微机继电保护装置的大规模应用,大量的保护使用暂态分量作为判据,微机测试仪模拟电压、电流、频率、阻抗的暂态量输出较为容易,但问题是测试仪提供的暂态分量与电力系统故障时产生的暂态分量是否真正相符。

有些测试仪在产生方波时,存在上升沿速率过慢,同时还有过冲、超调、波形失真的现象,特别是有故障再现功能的测试仪在用录波器录下的故障数据做故障仿真时,由于数据里含有大量的暂态数据,使得测试仪输出的波形有较大的失真,这就直接影响了以突变量为判据的保护的调试。

### 2.1.6 微型测试仪的自身干扰问题和开机时的冲击问题

有些测试仪的电流源在带一定的感性负载时会产生自激现象,并只有在改变负载参数或关断电源后自激现象才能停止。另外有些测试仪在开关电源时会产生较大的冲击,引起被测试继电保护装置的误动作。以上现象在国产的试验装置中较多出现,少数进口的测试仪也有此类现象。

### 2.1.7 微型测试仪的硬件结构和体积

微机测试仪作为现场调试的工具,要经常带到比较偏远的电厂或电站,由于要经常搬动,因此硬件结构很重要,如果结构不合理,就很容易损坏。还有测试仪的重量大小及是否携带方便也是比较重要的问题。

### 2.2 微型测试仪的软件

软件是用来控制测试仪硬件输出的,因此它性能的优劣同样直接关系到测试仪的整体性能和技术指标。

软件应有为保证测试仪整体性能而采取的措施,如为了保证电压电流的正确输出而对输出进行闭环检测,并进行精度校正和补偿。当测试仪处于非正常工作状态时给出报警信号。

软件中应有常用试验的专用测试模块,如电压、电流、频率、阻抗及它们的突变量的测试模块等,这样可以减少试验人员在现场的输入数据。

不同的试验人员对测试界面有不同的要求,软件除了提供有专用测试模块外,最好具有能让试验人员自己定义测试模块的功能,这样测试仪就能根据试验人员的要求进行特定的保护测试。

不论是用故障录波器录下的数据进行故障再现<sup>[6]</sup>还是试验装置本身进行模拟故障输出,输出的波形都应该符合电力系统故障时的真实情况。

软件界面应该友好。目前大多数测试仪的软件都是基于 Windows 环境下运行的,只要熟悉 Windows 系统就很容易能操作测试仪的软件。为了方便试验人员的现场操作,同一个试验的操作不应该切换太多的窗口,最好所有的数据输入在同一个窗口中完成,对于电压、电流等向量除了有文字数据显示,最好还有向量图和表计模拟显示,以增强数据的直观性,从而减少试验人员输入的错误。另外软件界面最好是中文的,在这一点上,国产软件比进口测试仪有优势。

试验结束后,试验报告的整理也是比较重要的。现在大多数测试仪试验结束后产生报告有两种方式,一种是由软件自动生成固定格式的报告,另一种是试验软件把试验的原始数据导入到某种编辑软件(如 EXCEL)中,再由试验人员自由地把数据编辑成想要的格式。第一种方法生成的报告格式是固定的,有时并不满足试验人员的要求;第二种方法产生的报告虽然能满足要求,但每做一个试验就要编辑一次,很是烦琐。

### 2.3 测试仪的其它一些问题

由于有些保护装置处在比较偏远的地方,这些地方的电源不是很齐全,而有些保护装置在调试时需要额外的直流或交流电压,因此测试仪除了有用来模拟电力系统的电压源和电流源外,最好还有能提供可调幅值的交流和直流电压输出端口,用作保护装置调试时的辅助工作电源。

测试仪应具有采用同步触发技术或利用 GPS 信号使多个变电站同步试验<sup>[7~11]</sup>的功能。

微机测试仪利用录波器记录的故障数据进行故障再现是查找继电保护装置误动和拒动的重要手段<sup>[6]</sup>,现在比较突出的问题是由于国内不同厂家生产的录波器记录故障数据的格式各不相同,而测试仪在故障再现时,一般只能读取特定格式的数据(如 Com trade 格式),这样就要求先把录波器录下来的数据转换成测试仪要求的文件格式,但问题是录波仪厂家往往没有提供此类的转换程序给用户,有的即使提供了,转换成的文件格式也不对。

## 3 微型试验装置的新发展

微型测试仪的推广与使用,提高了继电保护试验人员的工作效率,降低了劳动强度,同时人们在使用过程中对微机测试仪提出了更高的要求,国内外厂家也对产品进行了改进提高:缩小硬件的体积、降低功耗、提高输出功率、升级软件版本使用

能更加完善。有的厂家还对产品进行更新换代,推出了功能更强的新产品,微机测试仪的发展总的来说体现在以下几个方面。

### 3.1 硬件方面

1) 用更新的放大器芯片<sup>[12]</sup>和开关电源技术,增强工作可靠性、降低装置的功耗、增大功率输出,减少装置的体积和重量,以方便携带。

2) 采用速度更快的处理器和响应更快的电子器件,以更真实地模拟电力系统的暂态故障信号<sup>[13,14]</sup>。采用多CPU技术,以增强数据的处理能力,同时内置人机界面,以减少测试仪对PC机的依赖<sup>[15]</sup>。

3) 增强硬件实时自检,进一步完善自我保护功能,减少测试仪现场使用的故障率。

4) 拓宽测试仪的用途,采用更新和功能更强的芯片,提高输出精度,能对变送器等设备进行调试。

5) 测试仪在智能化的基础上实现网络化,利用一台微机控制多台测试仪或由一台主测试仪控制多台从测试仪模拟多端线路或更复杂系统。

### 3.2 软件方面

1) 采用卫星同步技术,利用GPS的秒同步脉冲(PPS)实现变电站之间的远程同步调试<sup>[11]</sup>。

2) 实现试验功能的自定义,软件提供基本的测试模块,用户根据需要用基本模块“编程”来组成需要的测试功能,产生新的试验模块。

3) 对输出进行实时闭环控制,并实时对输出误差进行补偿,提高输出精度。

4) 自动检测所要试验的保护装置,自动查寻并读入保护的定值,自动完成保护装置的试验。

5) 统一微机保护、故障录波器和微机测试仪的数据格式,实现数据共享。

6) 对特定种类的保护装置做的试验项目,一次输入的试验数据,可产生试验文件,保存后重复使用,以后试验时只需调入文件执行即可完成试验。

7) 根据不同的要求对试验报告格式进行编辑,试验报告的格式当作“模板”保存起来,以后每次对同一类保护装置做同一试验项目后,可以选择不同的报告“模板”来产生所需要格式的试验报告,提高了试验人员的工作效率。

以上所提的功能,有些已经在目前的少部分测试仪中得到实现,但技术上还不是很成熟,有待进一步完善提高,有些功能则需要进行全新开发。

## 4 结论

微机型测试仪的出现极大地提高了继电保护装

置的测试水平,本文简单介绍了目前国内使用较多的测试仪,并对目前测试仪普遍存在的问题进行了讨论。虽然目前测试仪还有不少问题需要解决,但随着测试仪生产厂家不断对测试仪进行更新换代,不断地把新技术和新的元器件应用到测试仪的生产开发上,微机型测试仪的功能会不断完善,越来越方便保护装置的调试。

### 参考文献:

- [1] 陈德树. 计算机继电保护原理与技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.  
CHEN De-shu Theory and Technology of Microcomputer-based Relay [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [2] The Brochure of Omicron cmc 256 3 Phase / 6 Phase Test Set [Z]. 2000
- [3] The Brochure of Programma FREJA 300 Relay Testing System [Z]. 2000
- [4] 章志刚. 波形连接不光滑造成微机保护误起动 [J]. 四川电力技术, 2002, (5): 41-42  
ZHANG Zhi-gang Un-slick Wave Makes Error Action of Microcomputer-based Relay [J]. Sichuan Electric Power Technology, 2002, (5): 41-42
- [5] 周波, 李月梅. 微机型继电保护测试装置的现状及完善 [J]. 云南电力技术, 2005, 30 (2): 19-20  
ZHOU Bo, LI Yue-mei Status and Perfection of Relay Protection Testing Set [J]. Yunnan Electric Power Technology, 2002, 30 (2): 19-20
- [6] 宁文辉, 龙东, 潘力. 继电保护同步试验系统故障回放功能在实际中的应用 [J]. 广西电力, 2003, (3): 34-35.  
NING Wen-hui, LONG Dong, PAN Li The Application of Synchronized Fault Recurrence Function of Relay Protection Testing Set [J]. Guangxi Electric Power, 2003, (3): 34-35.
- [7] 龙东. 利用 GPS 进行异地继电保护装置的同步调试 [J]. 广西电力, 2003, (5): 46-48  
LONG Dong Using GPS to Debug Separate Relay Synchronously [J]. Guangxi Electric Power, 2003, (5): 46-48
- [8] 李斌, 邓卫民. GPS 与微机测试仪相结合的成功经验 [J]. 继电器, 2002, 30 (1): 66-67.  
LI Bin, DENG Weimin Success Experience on the Combination of GPS and a Microprocessor-based Tester [J]. Relay, 2002, 30 (1): 66-67.
- [9] 黄林, 高家志. GPS 在二滩送出安控系统联调中的应用 [J]. 电力自动化设备, 2002, 22 (7): 82-83.  
HUANG Lin, GAO Jia-zhi Application of GPS in the

- Test of Security and Stability Control System [J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(7): 82-83.
- [10] 赵晓宇, 陈健, 傅丰林. 基于 Motorola M12 GPS接收机实现继电保护同步检测 [J]. 今日电子, 2004, (4): 21-23.  
ZHAO Xiao-yu, CHEN Jian, FU Feng-lin Using Receiver Based by Motorola M12 GPS to Check Separate Relay Synchronously [J]. Electronic Products, 2004, (4): 21-23.
- [11] 罗建, 李亚军, 等. 继电保护远方测试方法的探讨 [J]. 重庆大学学报, 2002, 25(9): 12-15.  
LUO Jian, LI Ya-jun, et al Remote Test Method of Relay Protection [J]. Journal of Chongqing University, 2002, 25(9): 12-15.
- [12] 陈皓. 新一代微机继电保护测试仪及其基本性能 [J]. 电力自动化设备, 2002, 22(5): 61-63.  
CHEN Hao Test Device of Protective Relay and Its Property [J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(5): 61-63.
- [13] 王晓芳, 刘湘涛. DSP在继电保护测试装置中的开发与应用 [J]. 船电技术, 2000, (6): 21-23.  
WANG Xiao-fang, LIU Xiang-tao Development and Application of DSP for Relay [J]. Marine Electric & Electronic Technology, 2000, (6): 21-23.
- [14] 王洲, 张明, 等. 基于 DSP的继电保护数字式动态仿真测试装置的研究 [J]. 电力自动化设备, 2001, 21(2): 8-10.  
WANG Zhou, ZHANG Ming, et al Research on DSP-based Digital Test Equipment for Protection Relay by Dynamic Simulation [J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21(2): 8-10.
- [15] 赵志民, 秦立军, 等. 继电保护测试技术的现状与发展 [J]. 现代电力, 2002, 19(1): 43-48.  
ZHAO Zhi-min, QIN Li-jun, et al Status and Developments of Relay Protection Testing Technology [J]. Modern Electric Power, 2002, 19(1): 43-48.

收稿日期: 2004-07-21; 修回日期: 2004-09-23

作者简介:

何智平 (1974 - ), 男, 硕士研究生, 主要从事配电变压器状态和故障研究; E-mail: h\_zp@sina.com

周玲 (1964 - ), 女, 副教授, 主要从事人工智能在电力系统中的应用及继电保护领域的教学和科研工作。

### Status and development of microcomputer-based protective relay test device in domestic market

HE Zhi-ping<sup>1</sup>, ZHOU Ling<sup>1</sup>, ZHANG Fang-jun<sup>2</sup>, WU Jian<sup>3</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Department of Electrical Engineering, Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Hangzhou 310053, China;

3. Suzhou Power Supply Company, Suzhou 215011, China)

**Abstract:** The paper looks back on status about various microcomputer-based relay test devices in domestic market. Based on the fields standpoint, it compares some aspects of main products of relay test devices in domestic market, including output precision, capability of continuous work, power output and transient output, reliability, facility of software and ways of report producing, etc. It also illuminates development direction of microcomputer-based protective relay test device.

**Key words:** relay protection; test; electric power system

(上接第 43 页 continued from page 43)

### Study of reactive power fuzzy control system in substation based on adaptive dynamic prediction

YUAN Xu-long<sup>1</sup>, WANG Lin-hu<sup>2</sup>

(1. Shaoyang College, Shaoyang 422000, China; 2. School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** A method of realizing the hardware and software of substation voltage & reactive power integrated control system is introduced, based on the theories of adaptive gray and fuzzy control. The system can forecast the next voltage and reactive power and do real-time control. Because the apparatus can judge and control in advance, the unqualified time parameters are reduced. At the same time, traditional status control is changed into dynamic control to preferably reflect the dynamic characteristics of power system. Employing fuzzy control theory, the ability of power system adjusting and voltage quality have been improved, which can ensure system stability.

**Key words:** AVQC; adaptive forecast; an improved 17-area control strategy with discrete reactive power margin; fuzzy logic analysis