

● 韩笑 赵景峰 邢素娟 主编

电网微机保护

微机保护测试技术丛书



测试技术

DIANWANG
WEIJI BAOHU
CESHI JISHU



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

微机保护测试技术丛书

电网微机保护 测试技术

● 韩笑 赵景峰 邢素娟 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了借助微机型继电保护测试仪对电网保护及变压器保护装置进行测试的基本原理和方法。在介绍数字式保护基本原理的基础上,又详细介绍了各种保护的主要功能及具体测试方法,给出了大量的测试实例,同时也对测试过程中出现的具体问题进行了分析,并对继电保护测试技术的发展进行了回顾与展望。

全书共七章,依次为:测试装置与测试技术的发展,中低压线路保护及其测试,高压线路保护及其测试,变压器差动保护及其测试,母线差动保护及其测试,备用电源自动投入装置及其测试,自动重合闸装置及其测试。

本书是从事继电保护施工安装及运行管理人员的技术读物,也可用作从事继电保护工作人员的培训教材。并可作为本科或专科院校电气工程及其自动化专业的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电网微机保护测试技术/韩笑,赵景峰,邢素娟主编.

北京:中国水利水电出版社,2005

(微机保护测试技术丛书)

ISBN 7-5084-2688-6

I. 电... II. ①韩...②赵...③邢... III. 计算机
应用—电力系统—继电保护装置—测试技术
IV. TM774-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 010362 号

书 名	微机保护测试技术丛书 电网微机保护测试技术
作 者	韩笑 赵景峰 邢素娟 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 13.25 印张 314 千字
版 次	2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	26.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

随着新原理、新技术在数字式保护中的应用,保护装置测试的复杂性不断提高,保护测试所涉及到的知识广泛,测试手段多种多样,所遇到的实际问题层出不穷。微机型测试装置(试验装置)为微机保护调试工作提供了一种先进的测试手段,然而在现场实际测试过程中,许多人只是使用其基本功能,对测试原理及如何更准确、更高效地进行测试不甚了解。在遇到某些保护测试的难点问题时更感到无从下手。作者结合多年继电保护教学与工程实践的心得,撰写了这本有关继电保护测试方面的专著。本书基于数字式保护最基本原理的介绍,并将其体现在继电保护测试中,以便读者通过该书解决新型保护理论与现场实际保护测试工作的接口问题,降低继电保护调试工作的难度,从而提高对继电保护工作的兴趣,培养分析问题的能力。

“工欲善其事,必先利其器”,借助于先进的测试仪器可以大大提高工作效率。近年来,国内外的科研单位、电力系统及其相关产品的生产厂家纷纷投入大批的科研力量,相继研制出多种新型的继电保护测试装置。DL/T 624—1997《继电保护微机型试验装置技术条件》对继电保护试验装置(即继电保护测试装置)的各项技术性能和指标也提出了明确的要求。目前,微机型继电保护试验装置已经成为电力系统生产、调试、运行以及科研等部门不可缺少的专用设备。我国电力系统各单位所使用的微机型继电保护测试装置型号不一,国内外产品并存。但本书并不是要对各种测试仪的优劣进行比较,也不是罗列各种测试装置的具体测试步骤与方法,而是要向读者重点介绍数字式保护装置的核心功能之具体测试步骤和要领。本书所有实例均采用PW(PWA)系列微机型继电保护测试装置来实现,这也并非说明PW(PWA)系列微机型继电保护测试装置是最好的,其他型号的测试装置只要满足DL/T 624—1997《继电保护微机型试验装置技术条件》的要求,同样可以圆满完成测试任务。使用其他型号测试仪的读者,同样可通过阅读本书获得数字式保护测试的有效方法。

本书结合PW(PWA)系列微机型继电保护测试装置,详细介绍了电流保护、方向电流保护、电压闭锁电流保护、零序电流保护、线路纵差保护、低阻抗保护(四边形、圆特性)、工频变化量阻抗保护、变压器纵差动保护、

自动重合闸、低周减载、低压减载等保护及自动装置的原理及相关测试方法，并对保护装置的测试要点，注意事项进行了较为全面的分析和讨论。一种保护装置往往具有多种保护功能模块，而不同保护装置的功能模块的保护原理又是相同的，因此本书各章并不介绍某种保护装置所有保护功能的测试方法，而是结合电压等级及保护对象，介绍其核心原理及测试方法。如在第四章中，只介绍了变压器差动保护原理及其测试，变压器后备保护的原理及其测试方法可参考第一、二、三章的相关内容。另一方面，本书只介绍功能、原理及其测试方法，这并不意味着输出接口回路和逻辑及保护配套装置、出口继电器和二次回路等方面状态的测试不重要，实际上其重要性超过原理测试的本身。为弥补这一缺陷，书中附录中列出了某些保护装置调试报告示例，初学者可以参考以获得对保护装置测试的整体认识。本书所涉及的装置主要有RCS、PSL、CSL、PST、CST、WFBZ、NSP、BP系列（型号）的保护及自动装置等。

全书共七章，依次为：测试装置与测试技术的发展，中低压线路保护及其测试，高压线路保护及其测试，变压器差动保护及其测试，母线差动保护及其测试，备用电源自动投入装置及其测试，自动重合闸装置及其测试。由于篇幅所限，有关其他种类保护及自动装置测试方法及使用其他种类测试仪的实例介绍，将在本丛书的后续分册中介绍。

本书编写过程中，注重于实用性、适用性、可读性，与实际联系较为紧密，在叙述方法上也较符合现场人员的口味。

参与本书编写的还有宋丽群、戈祥麟、陈卓平、王志勇、郝向阳等。本书编写过程中，参阅了国内外许多单位的有关技术资料，并得到了安徽芜湖供电公司自动化所从事继电保护工作同仁无私的帮助与支持。在此一并向他们表示感谢！

由于水平有限，书中错误疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正，联系地址：南京市北京西路74号南京工程学院电力工程系（210013）。Email: hx-slqc@jlonline.com。

作者

2005年2月

目 录

前言

第一章 微机保护测试装置与测试技术的发展

第一节	微型机继电保护测试装置	1
	一、微型机试验装置的技术要求	1
	二、微型机继电保护测试装置发展历程	4
	三、微型机继电保护测试装置现状及发展趋势	6
第二节	微机保护测试技术	8
	一、继电保护测试中存在的问题	8
	二、继电保护自动测试系统	10
	三、继电保护测试技术展望	16

第二章 中低压线路保护及其测试

第一节	阶段式电流保护	18
	一、阶段式电流保护简介	18
	二、测试注意事项	18
	三、过流保护定值校验实例	18
第二节	电压闭锁的方向电流保护	22
	一、功率方向继电器接线方式及动作区域	22
	二、低电压闭锁方向电流保护逻辑框图	24
	三、测试注意事项	24
	四、功率方向保护动作边界校验实例	25
第三节	低周减载	29
	一、保护原理	29
	二、对测试硬件的要求	30
	三、测试逻辑分析	32
	四、测试注意事项	33
	五、低周减载测试实例	35
第四节	低压减载	39
	一、低压闭锁条件	39

二、低压减载动作值的测试	39
--------------------	----

第三章 高压线路保护及其测试

第一节 纵联保护	42
一、纵联保护的一些基本概念	42
二、方向元件的基本原理	43
三、光纤电流差动保护	45
四、纵联保护的单端测试方法	46
五、纵联保护的带通道联调	48
六、借助于全球定位系统(GPS)的纵联保护的测试	49
第二节 距离保护	55
一、阻抗测量元件	55
二、振荡与振荡闭锁	58
三、测试模型对阻抗元件测试的影响	59
四、零序补偿系数对距离保护测试的影响	61
五、阻抗定值校验	63
六、阻抗特性校验	65
七、振荡模拟及振荡闭锁测试举例	68
第三节 工频变化量阻抗元件	71
一、工频变化量阻抗元件的动作原理	71
二、工频变化量阻抗元件的测试	72
第四节 零序方向电流保护	74
一、阶段式零序方向电流保护	74
二、零序反时限保护	75
三、零序方向保护测试	76
四、零序反时限保护测试	78

第四章 变压器差动保护及其测试

第一节 概述	81
一、差动元件的基本原理	81
二、数字式纵差动保护相位的校正	83
三、数字式纵差动保护幅值的校正	86
第二节 差动部分测试	87
一、六路电流的测试仪模拟正常运行状态	88
二、六路电流的测试仪测试 WBZ—500H 装置举例	88
三、三路电流测试仪对 Y $\rightarrow$ Δ 内转角差动保护的测试	90
四、三路电流的测试仪测试 PST—1200 装置举例	92
五、三路电流的测试仪测试 CST31AE 装置举例	95

六、三路电流的测试仪测试 LFP—972 装置举例	97
七、三路电流测试仪对 $\Delta \rightarrow Y$ 内转角差动保护的测试	99
八、三路电流的测试仪测试 RCS—978 装置举例	100
第三节 制动判据及其测试	102
一、制动判据	103
二、谐波制动测试	104
三、间断角制动测试	107

第五章 母线差动保护及其调试

第一节 母线差动保护基本原理	108
一、动作电流与制动电流的取得方式	108
二、复式比率差动母线保护的动作判据	110
三、母线差动保护的动作逻辑	112
第二节 母线差动保护的调试	112
一、大差元件的动作特性手动测试	112
二、小差元件的动作特性手动测试	114
三、差动元件的动作特性自动测试	115

第六章 备用电源自动投入装置及其测试

第一节 备用电源自动投入原理	118
一、常见备用方式简介	118
二、对 AAT 的要求及测试要求	119
三、AAT 的工作过程简介	119
第二节 备用电源投入装置的测试	122
一、基本测试接线	122
二、综合测试接线	124
三、AAT 测试方法	125
第三节 备用电源投入装置测试实例	126
一、方式 1 和方式 2 的测试	126
二、方式 3 和方式 4 的测试	129

第七章 自动重合闸装置及其测试

第一节 输电线路三相自动重合闸原理	132
一、单电源线路三相自动重合闸逻辑	132
二、双电源线路无电压检定和同步检定的三相自动重合闸逻辑	134
第二节 检无压和检同期重合闸的测试	135
一、保护整定及测试接线	135
二、重合闸检查无压定值校验	136

三、重合闸检查同期定值校验	138
四、测试注意事项	138
第三节 重合闸后加速的测试	139
一、使用“线路保护定值校验”测试模块测试举例	139
二、使用“整组试验”测试模块测试举例	140
三、测试注意事项	141

附 录

附录 A PW(PWA)型继电保护测试系统软件安装及模块简介	145
附录 B PW(PWA)型测试仪手动试验、状态序列、整组试验模块使用方法介绍	162
附录 C RCS—9611A 型微机保护定期测试报告	170
附录 D PSL—602 型微机保护校验报告	173
附录 E RCS—931 型微机保护校验报告	178
附录 F RCS—978JS 型微机保护定期测试报告	183
附录 G PST1200 型微机保护定期测试报告	190
附录 H BP—2B 型微机母线保护测试报告(含回路阻抗及带负荷测试)	195
参考文献	200

第一章 微机保护测试装置与测试技术的发展

第一节 微机型继电保护测试装置

继电保护的发展是随着电力系统和自动化技术的发展而发展的,至此已经历了机电型、电磁型、整流型、晶体管型、集成电路型几个发展阶段。20 世纪 90 年代以来,随着计算机技术、网络技术、通信技术的飞速发展,微机保护装置正逐步取代传统的继电保护装置,成为电力系统的主流保护。

伴随着继电保护的发展历程,继电保护测试装置(也称试验装置)及测试技术也在不断发展进步。最早的继电保护测试手段是由调压器、升流器、移相器、滑线电阻等传统的试验设备及电气仪表构成的“地摊”式接线,20 世纪 70~80 年代我国出现了各种模拟设备、仪表连接而成模拟式测试台,以测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。这种方法不但测试手段落后、功能少、不能进行复杂试验,还容易接错线,劳动强度大、测试时间长。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,对测试装置及测试技术提出了更高的要求。

一、微机型试验装置的技术要求

《继电保护微机型试验装置技术条件》(DL/T 624—1997)对继电保护试验装置(即继电保护测试装置)的各项技术性能和指标提出明确的要求。该标准适用于检验 220kV 及以上电压等级的线路保护、元件保护以及容量在 200MW 及以上的发电机—变压器组保护和自动装置的试验装置。该标准对试验装置使用条件、技术要求(包括整机性能特性、电气、机械性能试验及试验后技术要求、试验装置接口、试验装置的交流电流源、试验装置的交流电压源、交流电流源与交流电压源的同步性、直流输出、交流电流源与交流电压源的相位控制、时间测量、测试功能等)、检验规则、标志与数据等方面都给出了明确的规定。本节结合继电保护及测试技术的最新发展,就继电保护试验装置的技术要求做一归纳及解释。为节省篇幅,文中只给出了与实际调试工作密切相关的内容,较繁杂的数据在文中也未给出,具体内容可参见 DL/T 624—1997《继电保护微机型试验装置技术条件》。

1. 信号产生

对于用 PC 机作为控制器的测试装置,其电压、电流信号由计算机计算产生,并由前置机向被测保护装置输出电压、电流信号,对其要求如下:

(1) 应能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、在基波上叠加多次谐波分量、模拟励磁涌流、模拟振荡及简单的暂态仿真试验等。

(2) 测试装置输出的模拟量信号应保证在额定负载以内的电流、电压信号的幅值具有良好的可调范围及分辨率,尤其对于较大幅值(如30A有效值的电流信号,120V有效值的电压信号)及微小幅值的输出信号(如0.2A有效值的电流信号),并满足精度要求。测试仪的精度不仅仅是指某几个点的精度满足要求,而是指在规定的范围内全程都满足要求。通常要求电流幅值在0.2~30A,误差不大于0.5%;要求电压幅值在2~75V,误差不大于0.5%。

(3) 测试装置输出的模拟量信号应保证在额定负载以内的电流、电压信号的频率具有一定的可调范围(0~1000Hz),电压、电流的各相应能独立可调,并保证分辨率。可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) 输出电流、电压信号的总谐波畸变率(周期性交流量中含有的第 n 次谐波分量的方均根值与其基波分量的方均根值之比)应满足要求,以保证波形不失真。

(5) 交流电流源与交流电压源的输出应具备良好的同步性,在模拟短路故障时,电流与电压输出的不同步时间应不大于100 μ s。

(6) 输出电流各相之间、输出电压各相之间、输出电流与输出电压各相之间的相位控制的范围及准确度应满足要求。

(7) 输出电压信号与电流信号的带负荷能力应满足要求。对于电流源输出5A时应达到75VA;输出30A时应达到450VA。在短时间输出无电流时,内部功率器件温升低,从而保证可靠性。

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电流突变量、电压突变量、频率突变量、阻抗变化量。因此对测试装置所输出的突变量的上升速率(响应速度)即测试装置的暂态特性应满足要求。相关规程要求输出电压和输出电流的暂态响应时间应不大于200 μ s。采用新一代DSP数字信号处理技术,暂态响应时间可控制在100 μ s以内。

3. 试验装置接口

控制被试继电器、保护及安全自动装置的开出量接口在电气上相互隔离,不少于4对;遮断容量应不低于250V、0.3A(直流),并能由测试人自定(可编程)开出量逻辑关系的功能。检测被试继电器、保护及安全自动装置动作行为的开入量接口在电气上应相互隔离,不少于8对,各开入量的输入阻抗不低于10k Ω ,最大承受输入电压不低于250V(直流),能同时适应不同幅值与极性的带电触点或空触点的开入量,并能提供由试验人员自定(可编程)开入量逻辑关系的功能。除此之外,试验装置应具有控制两台试验装置的同步接口。可通过卫星定位系统(GPS)对测试装置的输出量进行远程同步,实现对高压输电线路纵联保护的测试。

4. 直流输出

试验装置应具备测试中间、时间继电器所需的辅助直流电源,其输出电压幅值的可调

范围及分辨率、输出电压幅值的准确度、输出电压的纹波系数及带负载能力都应满足标准的要求，在额定工作条件下应能连续输出。

5. 时间测量

试验装置检测被试继电器、保护及安全自动装置动作时间的测量范围、分辨率及准确度应满足要求。

6. 测试功能

(1) 试验装置应能根据需要，设定为人工测试方式或自动测试方式。

(2) 可设定测试模式为标准测试模式或专用测试模式或者用户自定（可编程）测试模式。

(3) 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，如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稳态阻抗特性是完全不同的。因此试验装置应能设定动作特性搜索方式为模拟暂态故障时的动作特性搜索方式或模拟稳态故障时的动作特性搜索方式。

(4) 试验条件、参数的设定。试验装置应能对以下试验条件及参数进行设定：①多种故障类型；②故障有关的各种时间参数；③整定值及允许误差参数；④模拟接地故障零序补偿系数及有关网络参数；⑤模拟故障过渡电阻参数；⑥模拟转换性故障的转换相别及转换性故障电流参数；⑦模拟功率倒向故障电流参数；⑧模拟电压、电流、频率变化率所需幅值与时间变化范围参数；⑨稳态交流量叠加直流分量的初始值及范围；⑩叠加谐波分量的次数、幅值和相位；⑪检测被试继电器、保护及安全自动装置动作行为的开入、开出量及其逻辑关系；⑫合闸相位控制方式；⑬计时方式。

7. 故障再现功能

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、TA饱和、TV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。通过测试装置输出再现当时故障。

8. 报告管理

测试报告的管理是调试工作的一个重要环节，对试验装置的要求报告管理要求是：①提供经试验人员确认的有关被试继电器、保护及安全自动装置的检验项目、试验条件及测试程序清单；②提供打印测试数据和特性曲线功能；③测试完毕自动生成测试报告和有关特性曲线图表；④为保证测试数据的真实性，测试得到的所有数据应不能修改；⑤对被试继电器、保护及安全自动装置测得的整定误差超标数据自动标注识别符号；⑥对在异常工作状况下所测得的数据自动标注识别符号；⑦测试报告和数据应能调入常用文字处理软件，给用户测试报告格式再编辑的条件。

为了适应不同单位管理方面的要求，目前某些试验装置在其试验报告的数据库中汇集了发、供电部门提供的标准的试验报告格式，用户可选择其中的某一种格式，当测试完成后，就能自动生成所选定记录格式的试验报告。

9. 自检及异常工况报警功能

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，为保证被试保护装置的测试精度和测试装置自身的安全，装置必须具有实时监视和完善的自检及异常工况报警功能，具体要求为：①开机时应能进行整机功能自检；②开机时应能进行各相电流、电压源的准确度校检；③电流源输出端开路就能报警；④电压源输出端短路应能报警；⑤检测过程中电流、电压源（含使用叠加谐波功能和叠加直流电压、电流功能）准确度超标应能报警；⑥检测过程中电流、电压源（含使用叠加谐波功能和叠加直流电压、电流功能）输出波形失真报警。

二、微型继电保护测试装置发展历程

回顾近 20 年来微型继电保护测试装置的发展历程，可粗略分为以下几个发展阶段。

1. 第一代测试装置

第一代测试装置的特征是：以单片机作为智能控制器，无后台计算机控制，其内部结构如图 1-1 所示。这是最初的智能型测试装置，其主要特点是：

(1) 测试装置对电气量进行实时计算的速率为每周波 30~60 点，因此，该类测试装置输出信号的幅值、频率、相位的精度不够。

(2) 由于单片机计算能力的限制，其数学模型简化、故障数据产生方式简单。

(3) 能叠加三次谐波，不能叠加直流衰减，不能连续变化频率。

(4) 采用 LCD 显示，人机界面不够友好。

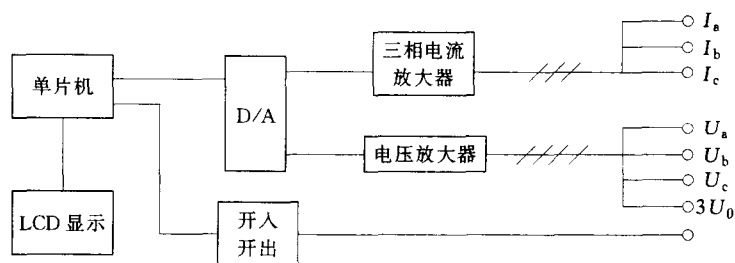


图 1-1 第一代测试装置内部结构示意图

2. 第二代测试装置

第二代测试装置是以 PC 机作为智能控制器，采用 DOS 操作系统为特征的。较第一代测试装置有很大进步，其内部结构如图 1-2 所示，主要特点是：

(1) 测试装置对电气量进行实时计算输出的速率为每周波 100~200 点。相对于第一代测试装置，其输出精度高、输出信号频率带宽指标高。

(2) 借助于 PC 机的操作系统，测试装置在软件方面具备手动、自动测试各种类型继电器的定值和特性，还可进行高压线路保护装置的整组试验，模拟各种类型的瞬时、永久及转换性故障的暂态过程和模拟开关跳闸及重合全过程的功能，另外还具有模拟系统振荡功能。

(3) 功率放大器的输出端都设有变压器，可以真实地模仿突然短路时的非周期电流，放大各种暂态波形，可以考验保护设备在短路暂态过程中的工作性能。

(4) 能叠加 2~10 次谐波；能叠加非周期分量；某些型号测试装置能连续变化频率；精度能达到 0.5 级。

目前国内厂家生产的第二代测试装置主要是由 JJC 系列和 MRT 系列发展而来。测试装置中的 PC 机一般采用笔记本电脑。测试装置中的主机箱逐渐由原先笨重的三箱体结构向较为轻巧的单箱体方向过渡。

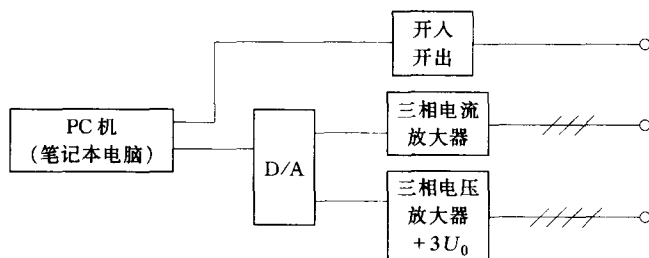


图 1-2 第二代测试装置内部结构示意图

3. 第三代测试装置

随着保护测试要求的提高及 Windows 操作系统的广泛使用，以 Windows 软件为界面，PC 机与主机串口通信的第三代继电保护测试装置进入市场。第三代测试装置与第二代测试装置相比有较好的软件界面，并可方便地使用 Windows 资源如 Word、Excel 编辑报告等。可扩展电压、电流插件完成较多复杂试验。其他性能与第二代相当，但也有许多型号的测试装置不能实现连续变频，其内部结构如图 1-3 所示。

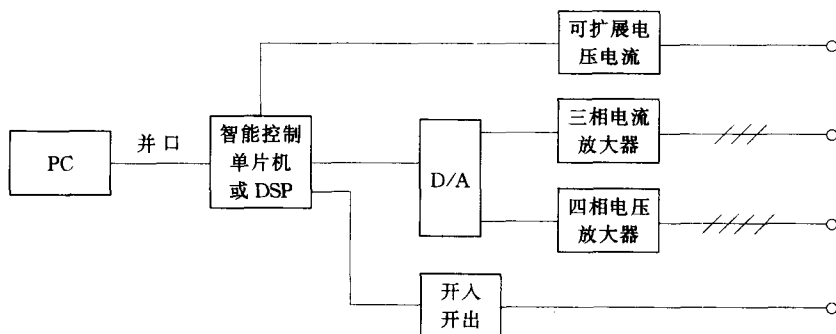


图 1-3 第三代测试装置内部结构示意图

对于以上三代继电保护测试装置，如要实现理想的继电保护装置的测试及动作行为分析，都需要增加许多外围设备如图 1-4 所示。

4. 第四代测试装置

第四代测试装置的特征是：采用高性能的数字信号处理器（Digital Signal Processor，简称 DSP）与后台计算机构成主从式计算机系统，并融合了测试、显示、记录、报告生成、数据库管理、通信等多项功能的综合性继电保护测试系统。相对于前三代测试仪，其主要优点如下：

(1) 具有 16 位及以上的数模（D/A）转换精度。测试装置的暂态响应速度和幅频特

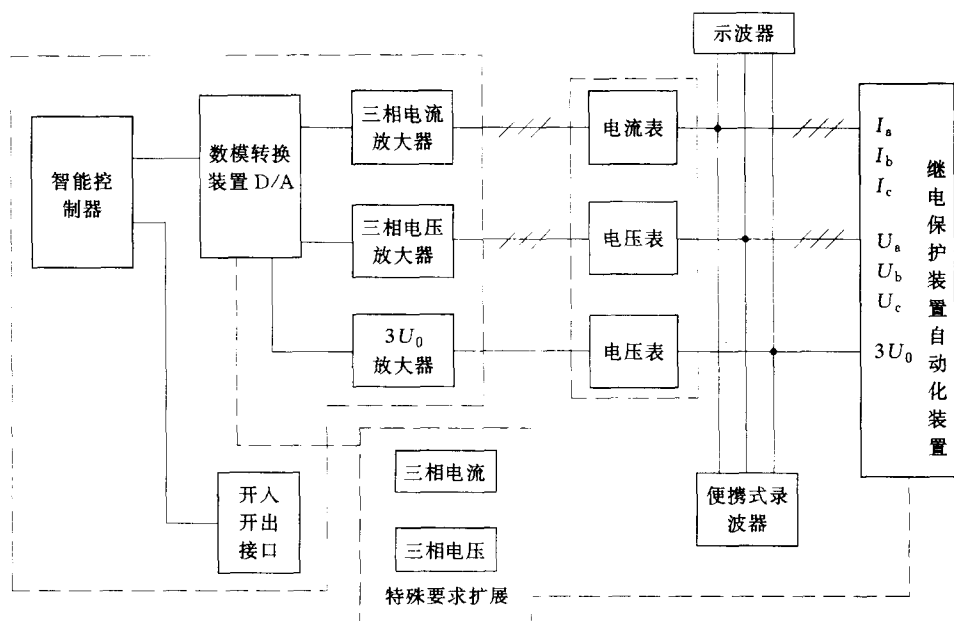


图 1-4 完整的继电保护测试框图

性好。

(2) 采用高性能三相电压、电流发生器，输出波形光滑真实。

(3) 具有多通道电压、电流示波器以及多相电流、电压表和多通道电压、电流、开关量录波器，无需再增加其他外围设备即可完成继电保护测试。

(4) 能较准确地进行数据回放，能准确模拟故障的暂态过程。

(5) 能叠加按时间常数衰减的非周期分量、叠加谐波分量、模拟振荡及简单的暂态仿真试验等，能实现连续变频。

(6) 具有继电保护测试辅助专家系统及保护装置数据库，将保护对象、保护配置、定值单、测试项目保存在数据库中。与保护测试项目对应的各类参数也分别以一定的格式保存在数据库中，从而形成继电保护整体测试方案的测试模板。测试时调试人员只要正确选择模板、定值单号、现场参数，即可由测试仪自动完成测试，并能自动生成报告。

(7) 能获得网络化远程技术支持。

第四代测试装置是目前较为先进的测试机型。完整的第四代测试装置现场测试系统框图如图 1-5 所示。

在我国，目前多使用第三代或第四代继电保护测试装置进行复杂保护的调试工作，第二代测试装置正逐步被淘汰。

三、微机型继电保护测试装置现状及发展趋势

近年来，国内外的科研单位、电力系统及其相关产品的生产厂家纷纷投入大批的科研力量，相继研制出多种新型的继电保护测试装置。目前，微机型继电保护试验装置已经成为电力系统的生产、调试、运行以及科研等部门不可缺少的专用设备。微机型继电保护测试装置的现状及发展趋势为：

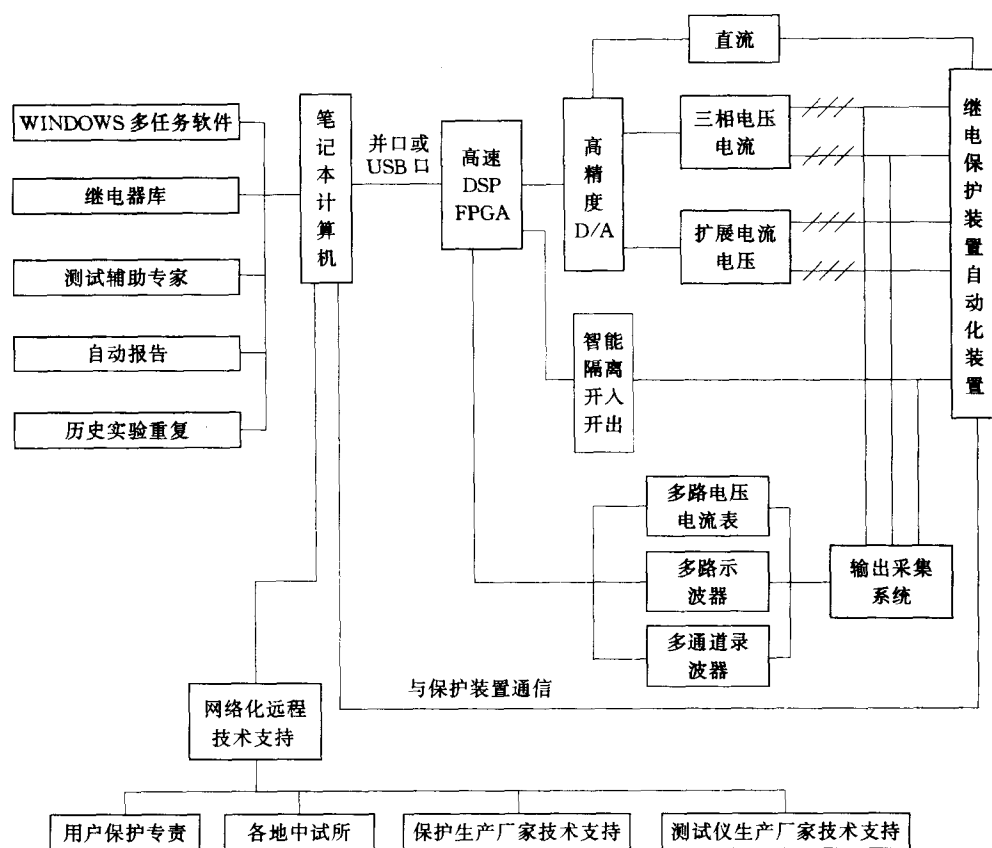


图 1-5 完整的第四代继电保护现场测试系统框图

(1) 测试装置多采用单机箱，测试仪的重量约为 17~25kg 不等，且向小体积、轻重量、便携带的方向发展。如奥地利 OMICRON 公司的 CMC—156 装置，体积仅为 343mm×145 mm×268mm，重量为 9.8kg。后台 PC 一般采用手提电脑，也有某些测试仪将后台 PC 也集成于测试机箱内，如美国 MEGGER 公司 MPRT—8430 型测试装置，装置另配有手持彩色触摸屏，测试时用户只要轻轻一点，即可按屏幕提示完成测试。

(2) 测试装置软件采用了 Windows 视窗界面，国产的 PW 系列、MRT 系列、DSF 系列测试装置的界面设计也考虑了我国电力系统的实际需要及现场人员的工作习惯，使用十分方便。

(3) 高速 CPU 及 DSP (Digital Signal Processor) 技术的发展及高精度高速度的 D/A 转换使数据处理速度越来越快，输出信号精度不断提高，响应速度不断提高。目前国产测试仪多采用 16 位 D/A 转换，某些国外产品达到 28 位 D/A 转换，如意大利 ISA 公司的 DRTS—6 型测试装置。国产 PW 系列测试仪能达到 32 位的波形精度。

(4) 测试功能不断完善，可以进行的测试项目不断增加。并由稳态测试向暂态测试发展，采用“数据回放”的方式实现的暂态仿真可以模拟线路、变压器内部各种故障，精确模拟故障的暂态过程，能够完成动模试验的测试项目，测试的真实性高。

(5) 测试手段由开环测试向闭环测试发展, 由手动测试向自动测试发展。借助于新型的实时数字仿真技术, 某些品牌测试仪目前能通过保护装置、自动重合闸、操作箱、模拟断路器实现完全闭环的继电保护装置动态测试。在测试过程中, 测试仪以较高的采样速率对模拟量输出通道和开关量输入通道进行采样。采样值不断存储于数据存储区中, 同时, 采样值经高速数据接口传回计算机, 并在屏幕上显示出来, 从而为用户提供波形监视, 保证了测试工作的可靠性。试验过程中可由示波器实时地监视输出电压, 电流的有效值和波形, 还根据保护反馈信号自动调整测试参数和保护定值。还能对不同装置采用程序化测试方案, 按照预设的测试程序自动进行测试, 测试过程无需人工干预。

(6) 结合全球定位系统 (GPS) 技术的应用, 多种测试仪都能实现对于双端保护的暂态试验。并向实现多端保护暂态实验方向发展。

(7) 由集成型的测试装置向模块化的测试装置发展, 如美国 MEGGER 公司 MPRT—8430 型测试装置, 除设有 RS—232 串行口、USB 口、高速以太网口外, 各单元都设置 IEEE—488 接口和一个同类装置接口, 以便试验人员根据需要自行组合成多相试验电压电流源, 由于采用 IEEE—488 接口能获得较高的通信速率 (1Mbit/s), 因此可大幅度提高试验装置的性能, 可灵活扩充和连接多台试验设备。

(8) 向绿色环保方向发展。某些微机保护测试仪目前已能做到无电磁污染, 在用于测试工作时不干扰正在运行的保护及仪表设备的正常运行。这一点对于 220kV 和 500kV 等采用大量数字式保护、仪表和通信设备的变电站显得更为重要。

第二节 微机保护测试技术

微机保护测试装置较之传统试验装置无论在准确性上还是工作效率上都有了极大的进步, 而采用何种测试方式、测试模式、电气量变化方式以及试验参数的设定、试验接线、报告处理等测试技术问题, 对于微型继电保护测试装置能否有效地应用于实际调试工作又起着决定性的作用, 也直接影响到继电保护的测试水平。对于新型数字式保护和全自动装置的测试内容及测试手段的创新研究正在进行之中。

一、继电保护测试中存在的问题

(1) 各种微机保护装置发展较快, 微机保护以其特有的“智能”, 能更准确地捕捉电力系统故障, 实现各种复杂的保护功能。对于微机保护的试验, 要求测试装置能较真实地模拟系统故障。但是对于普通的现场保护调试人员来说, 应用微机测试装置测试差动保护、失步保护等复杂保护时具有一定的难度。一方面要求调试人员对保护原理及测试方法非常清楚, 另一方面要求其十分熟悉微机测试装置各模块的功能及操作要领。从而出现某些保护装置的某些功能未得到有效的测试。

(2) 各种新型号、新原理的保护不断涌现, 而其测试规程出台滞后或尚未推出, 使现场装置测试难以有章可循。即使是已出台的测试规程, 也存在过于理论化、缺乏微机保护装置的特点, 缺乏针对性和重点不突出, 可操作性不强。不同保护的测试需要不同的标准。交接验收试验、预防性试验等不同的试验项目也应有不同标准。而将电磁型、晶体管或集成电路保护的测试方法移植到微机保护的测试中不尽合理。例如: 微机距离保护的阻