



普通高等教育“十一五”国家级规划教材 (高职高专教育)  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUGJIAJI GUIHUA JIAOCAI

JIDIAN BAOHU JI ZIDONG ZHUANGZHI  
JIANYAN YU TIAOSHI

# 继电保护及自动装置 检验与调试

杨利水 主编



中国电力出版社  
<http://jc.cepp.com.cn>

Electric Power Technology



普通高等教育“十一五”国家级规划教材 (高职高专教育)  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

JIDIAN BAOHU JI ZIDONG ZHUANGZHI  
JIANYAN YU TIAOSHI

# 继电保护及自动装置 检验与调试

主 编 杨利水  
编 写 崔宝华 张 弘  
主 审 李火元 夏瑞华



中国电力出版社  
<http://jc.cepp.com.cn>

Electric Power Technology



## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育）。

全书共分七章，主要内容包括测试仪器与测试装置、互感器及二次回路的检验、继电器的检验与调试、继电保护及自动装置的检验与调试、CSC-103A/B微机线路保护装置的检验与调试、CSC-326系列数字式变压器保护装置的检验与调试、CSC-150型数字式母线保护装置的检验与调试。本书注重对学生进行继电保护及自动装置检验调试方法和技能的培养。

本书可作为高职高专院校发电厂及电力系统专业、电力系统继电保护及自动化专业的实验指导书和继电保护调试的教材，也可作为从事相关工作的工程技术人员的参考用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

继电保护及自动装置检验与调试/杨利水主编. —北京: 中国电力出版社, 2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高职高专教育  
ISBN 978-7-5083-6543-5

I. 继… II. 杨… III. ①继电自动装置—检验—高等学校—教材②继电自动装置—调试—高等学校—教材 IV. TM774

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 008246 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 421 千字

定价 26.00 元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

为突出高等职业技术教育的特色，培养掌握继电保护及自动装置理论知识与专业技能的高等技术应用性专门人才，编者编写了这本教材。由于电力系统继电保护及自动装置种类繁多，不可能一本书包罗所有的装置，而同一种类不同型号的保护装置的调试方法是类同的，故本书主要注重对学生进行继电保护及自动装置检验调试方法和技能的培养。

本书第一章至第四章主要讲述继电保护及自动装置检验所用仪器设备（主要介绍博电、昂立、天进微机保护校验仪）的功能及使用，互感器及二次回路的检验，常用继电器的检验，常规保护装置及自动装置的检验；第五章至第七章讲述北京四方公司新型的数字式线路保护装置、变压器保护装置和母线保护装置的检验与调试。本书不仅能使在校学生掌握继电保护及自动装置检验调试的方法和技能，而且对现场从事继电保护工作的工程技术人员也有很重要的参考价值。在实际的检测和调试工作中，要针对具体装置的调试大纲和调试方法进行。

全书共分七章，第一、三章由崔宝华编写，第二章由张弘编写，第四、五、六、七章由杨利水编写。杨利水担任主编并承担统稿工作。夏瑞华老师和李火元老师主审了此书，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。在编写过程中，北京四方公司给予了大力协助，其他相关单位也给予了热忱帮助，在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限及时间仓促，书中难免存在不妥和错误，诚请读者批评指正。

编者

2007年8月于保定

## 目 录

前言	
<b>第一章 测试仪器与测试装置</b> .....	1
第一节 概述.....	1
第二节 PW 系列继电保护测试仪.....	4
第三节 ONLLY 系列计算机继电保护测试系统.....	13
第四节 MD2000 系列继电保护测试仪.....	20
复习思考题.....	27
<b>第二章 互感器及二次回路的检验</b> .....	28
第一节 电流互感器概述.....	28
第二节 电流互感器的极性检验.....	30
第三节 电流互感器二次回路直流电阻的测量.....	31
第四节 电流互感器的误差检验.....	32
第五节 电流互感器的伏安特性测量.....	34
第六节 电流互感器 10% 误差曲线实测方法.....	35
第七节 HEY-H 型多功能互感器综合校验仪简介.....	37
第八节 二次回路接线检查.....	42
复习思考题.....	43
<b>第三章 继电器的检验与调试</b> .....	44
第一节 检验通则.....	44
第二节 DL-10 系列电流继电器检验与调试.....	48
第三节 DY-30 系列电压继电器检验与调试.....	50
第四节 LG-11 型功率方向继电器检验与调试.....	53
第五节 BCH-1E 型差动继电器检验与调试.....	56
第六节 SZH-3 型数字式频率继电器检验与调试.....	62
第七节 BTJ-1 型跳闸回路监视继电器检验与调试.....	67
第八节 DS-20 系列时间继电器检验与调试.....	68
第九节 DZ-10 系列中间继电器检验与调试.....	71
第十节 DZB-10B 系列中间继电器检验与调试.....	72
第十一节 DX-9 型闪光信号继电器检验与调试.....	75
第十二节 ZC-23 型冲击继电器检验与调试.....	76
第十三节 DH-2A 型一次重合闸继电器的检验与调试.....	78
复习思考题.....	82
<b>第四章 继电保护及自动装置的检验与调试</b> .....	83
第一节 三段式电流保护装置的检验与调试.....	83

第二节	变压器保护装置的检验与调试	86
第三节	母线保护装置的检验	89
第四节	发电机保护装置整组检验	90
第五节	输电线路自动重合闸装置整组检验	95
第六节	备用电源自动投入装置整组检验	97
第七节	按频率自动减负荷装置检验	99
	复习思考题	101
<b>第五章</b>	<b>CSC-103A/B 微机线路保护装置的检验与调试</b>	<b>104</b>
第一节	CSC-103A/B 微机线路保护装置的适用范围、规格及功能配置	104
第二节	CSC-103 装置的技术参数	104
第三节	CSC-103 装置的保护功能	105
第四节	CSC-103 装置的检验与调试	120
	复习思考题	170
<b>第六章</b>	<b>CSC-326 系列数字式变压器保护装置的检验与调试</b>	<b>171</b>
第一节	CSC-326 系列数字式变压器保护装置概述	171
第二节	CSC-326 系列数字式变压器保护装置的主要技术参数和技术性能指标	177
第三节	CSC-326 系列数字式变压器保护装置的硬件构成	179
第四节	CSC-326 系列数字式变压器保护装置的软件说明	181
第五节	CSC-326 系列数字式变压器保护装置定值及整定	193
第六节	装置接线及端子说明	206
第七节	人机接口及其操作	217
第八节	CSC-326 系列数字式变压器保护装置的检验与调试	219
	复习思考题	226
<b>第七章</b>	<b>CSC-150 型数字式母线保护装置的检验与调试</b>	<b>228</b>
第一节	概述	228
第二节	CSC-150 数字式母线保护装置的硬件构成	229
第三节	CSC-150 数字式母线保护装置的软件说明	231
第四节	CSC-150 数字式母线保护装置的安裝检验与调试	246
	复习思考题	266
	<b>参考文献</b>	<b>269</b>



## 第一章 测试仪器与测试装置

继电保护测试装置是保证电力系统安全可靠运行的重要测试工具。随着现代电力系统规模的不断扩大,对电力系统运行的可靠性和高效性的要求也日益提高。继电保护人员的测试工作变得更加频繁和复杂。随着计算机技术、微电子技术、电力电子技术在继电保护测试仪中的应用,使得测试仪(装置)体积更加小巧、操作更加灵活、功能更加完善、可靠性和测试精度更高、性价比也日趋合理。目前,继电保护及自动装置的各种测试仪、测试装置产品种类很多,生产厂家众多。各发电厂及变电站应用测试仪的情况相差较大,并没有统一要求。本章主要介绍继电保护及自动装置的检验与调试中常用的几种测试仪器、仪表(装置)的功能、使用方法及注意事项,目的是使学生了解一般的使用方法,能达到触类旁通的目的。

### 第一节 概 述

随着电力系统的不断发展,系统中各个设备和元件的继电保护及自动装置的配置日益完善、复杂。与此同时,生产现场对继电保护和自动装置的试验测试要求不论是测试精度、可靠性还是方便灵活性、易用等方面的要求也越来越高。传统的试验方法一般是采用移相器、自耦调压器、升流器、滑线变阻器等主要测试设备,同时配合电压表、电流表、相位表、频率计、毫秒计等仪表一起完成三线电压和三相电流的幅值及相位测试。采用这些传统的测试设备准确度差、接线复杂、效率低、易出错,有时甚至不能满足测试要求。这些不足尤其是在对新型保护进行测试时显得更为突出。

当前,电网中特别是新建发电厂、变电站都大量应用为微型继电保护装置及各种微机型的自动装置。所以,微机型测试装置也逐渐取代了传统的测试设备和测试方法,并广泛应用于工程现场。

#### 一、微机型继电保护测试仪的发展

微机型继电保护测试仪大体经过了以下四个阶段。

##### 1. 第一代微机型继电保护测试仪

第一代微机型测试仪以单片机作为智能控制器,它的工作原理框图如图 1-1 所示。

单片机的计算速度较慢,它只能产生每周波 30~60 点的正弦函数,因此第一代微机型继电保护测试仪对当时的微机型线路保护的试验带来了一些方便,但仍存在许多不足之处。其主要表现为:①只能叠加 3 次谐波;②不能叠加直流衰减;③不能连续变化频率;④幅值、频率、相位的精度较差。

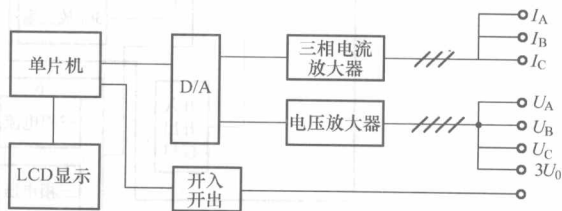


图 1-1 第一代微机型继电保护测试仪工作原理框图

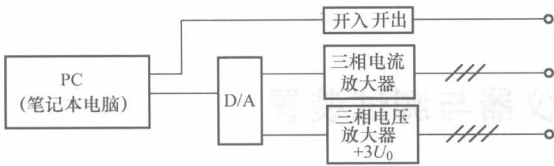


图 1-2 第二代微机型继电保护测试仪工作原理框图

主要性能有：①能叠加 2~10 次谐波；②能叠加非周期分量；③能连续变化频率；④幅值、频率、相位的精度能达到 0.5 级。

### 3. 第三代微机型继电保护测试仪

随着微机型继电保护装置试验要求的提高和 Windows 操作系统的广泛使用，以 Windows 软件为界面，产生了 PC 与主机串口通信的第三代微机型继电保护测试仪，它的工作原理框图如图 1-3 所示。

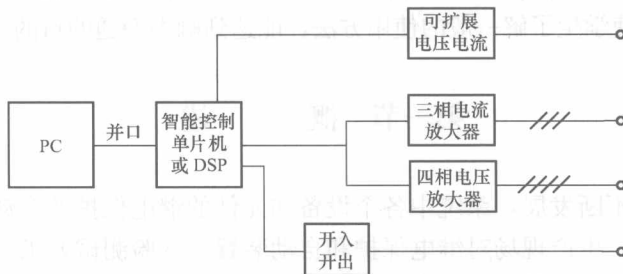


图 1-3 第三代微机型继电保护测试仪工作原理框图

第三代微机型继电保护测试仪比第二代测试仪有较好的软件界面，并能方便地使用 Windows 的资源，如 Word、Excel、编辑报告等功能。同时第三代测试仪具有可扩展电压、电流插件，并能实现连续变频，完成较多复杂试验。

以上测试仪在进行复杂的继电保护及自动装置的试验、动作性能分析时，往往需要增加外设才能完成。完整的试验系统构成的工作原理框图如图 1-4 所示。

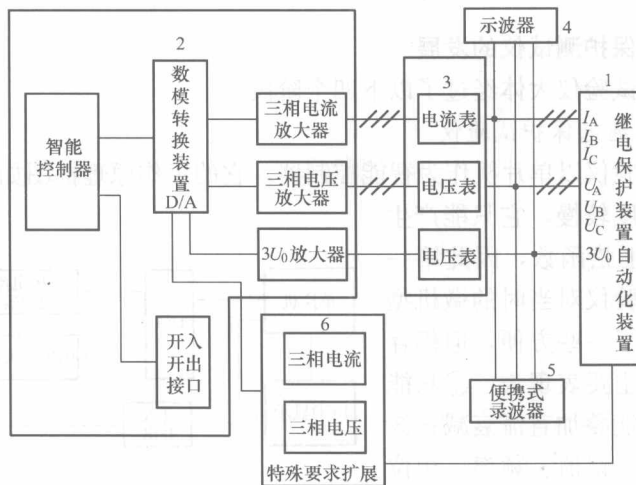


图 1-4 继电保护测试仪完整的工作原理框图

### 2. 第二代微机型继电保护测试仪

第二代微机型测试仪以 PC 机作为智能控制器，它的工作原理框图如图 1-2 所示。

PC 机具有较强的计算功能，适时计算达到每周波 100~200 点，使用 DOS 操作界面，较第一代测试仪有很大进步。其



## 4. 第四代微型继电器保护测试仪

在第三代微机继电器保护测试仪的基础上，第四代微型继电器保护测试仪充分利用现代化的网络技术对现场试验进行技术支持，对试验过程能进行实时有效的监督，并能以数据库的形式管理各站点保护装置的信息，试验报告形式灵活、内容丰富，构成了一个完整的现场试验系统。它具有良好的技术支持、方便的用户服务方式及灵活的硬件扩展形式。其工作原理框图如图 1-5 所示。

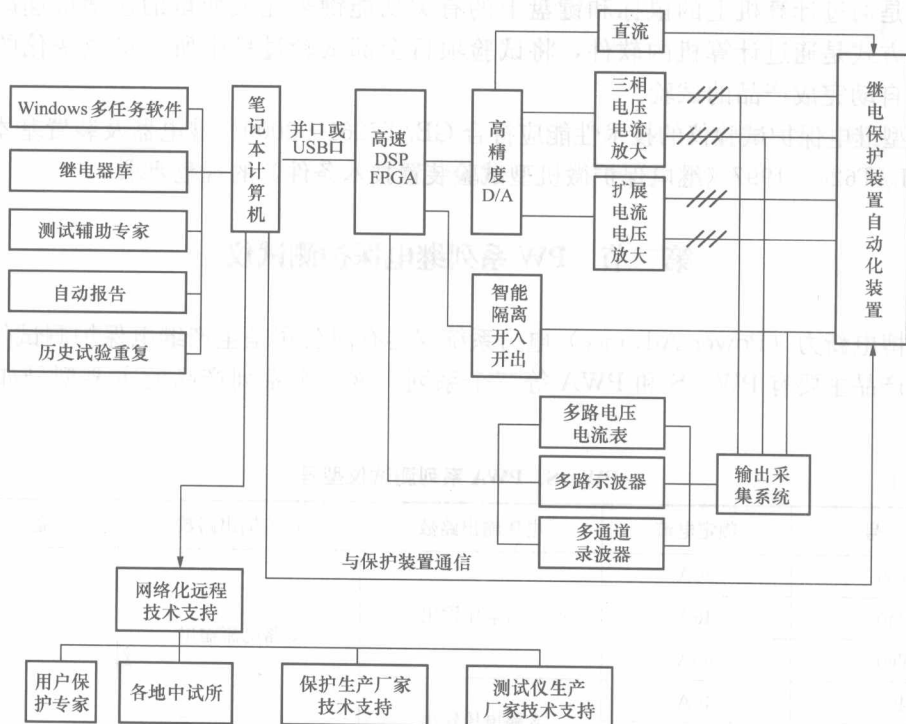


图 1-5 第四代微型继电器保护测试仪工作原理框图

它具有如下功能：

- (1) 高性能、高精度的三相电压、电流发生器；
- (2) 多通道电压、电流示波器；
- (3) 多项电流、电压表计；
- (4) 多通道电压、电流、开关量录波；
- (5) 内置式多相电压、电流扩展功能；
- (6) 与保护装置通信交换信息（如定值、动作情况等）功能；
- (7) 继电器库；
- (8) 继电器保护测试辅助专家功能；
- (9) 试验报告自动生成功能；
- (10) 通过网络远程操作及技术支持。

## 二、常用微型继电器保护测试仪构成特点

目前国内使用的微型继电器保护测试仪的种类繁多，但大多数的测试仪是由主机、计

算机及辅助设备组成。主机部分是将标准的电流、电压信号通过电流放大器及电压放大器进行放大,增大电流、电压信号的输出功率及最大输出电流、电压幅值,以满足继电保护及自动化装置对试验电源的需求。同时根据各种产品性能试验程序的要求通过计算机的软件进行编程,完成对某种产品的某项性能试验。试验仪的试验方式分手动和自动试验两种,对于手动试验,有的试验仪是通过主机上的手动控制开关,使变量(如电流、电压、相位、频率等)按设置的步长进行增减,完成对产品性能的试验;有的试验仪的手动试验是通过计算机上的鼠标和键盘上的有关功能键来完成变量的递增或递减。对于自动试验方式是通过计算机的软件,将试验项目全部试验过程中所有参数变化的要求进行编程,自动完成产品的试验。

微机型继电保护试验仪的技术性能应符合 GB/T7261—2000《继电器及装置基本试验方法》及 DL/T624—1997《继电保护微机型试验装置技术条件》的规范要求。

## 第二节 PW 系列继电保护测试仪

北京博电新力(Power Advance)电力系统仪器有限公司是生产继电保护测试仪的专业公司,其产品主要有 PW、S 和 PWA 等三个系列,该三个系列产品的主要型号如表 1-1 所示。

表 1-1 PW、S、PWA 系列测试仪型号

型 号	额定电流	电压输出路数	电流输出路数	备 注
PW30	30A	4 路电压输出	3 路电流输出	有直流输出
PW40	40A			
PW60	60A			
S40	40A	3 路电压输出	1 路电流输出	
S100	100A			
PW30A	30A	4 路电压输出	3 路电流输出	
PW40A	40A			
PW60A	60A		6 路电流输出	
PW336A	30A			
PW436A	40A			
PW363A	30A	6 路电压输出	3 路电流输出	
PW463A	40A			
PW366A	30A		6 路电流输出	
PW466A	40A			
PW31(可脱机)	30A	4 路电压输出	3 路电流输出	

以 PW466A 型测试仪为例,其面板如图 1-6 所示,其中图 1-6(a)为测试仪的正面面板示意图,图 1-6(b)为测试仪的背面面板示意图。该型号测试仪具有 6 路电压输出和 6 路电流输出,  $U_z$  接线端子可接线路电压,做自动重合闸装置试验用。

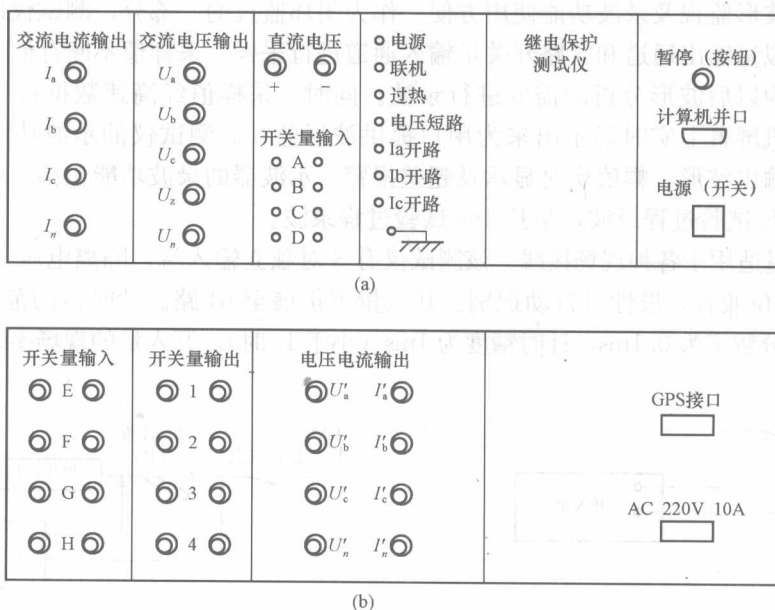


图 1-6 测试仪的面板示意图  
(a) 正面; (b) 背面

### 一、硬件特点及技术数据

#### 1. 硬件特点

(1) 采用 DSP 技术、结合 FPGA 技术构成数字信号处理系统。PW 系列测试仪采用最新一代 DSP 数字信号处理技术以及 16 位的数模转换和 32 位的数值计算精度。由于 DSP 具有高速运算能力, 采用该技术使 PW 系列测试仪每个工频周期输出的数据点达到 600 点, 大大提高和改善测试仪的暂态响应速度和幅频特性, 幅频特性平坦, 信号输出范围较宽, 测试仪也因此具有十分强大的实时闭环功能。利用 DSP 技术 (高速数字信号处理) 和 FPGA 技术 (可编程门阵列) 的结合构成的数字信号处理系统, 使测试仪在小信号输出精度和输出波形方面有了极大的提高和改善, 稳态波形平滑真实, 暂态相应波形控制更加精确。图 1-7 所示为波形示例。

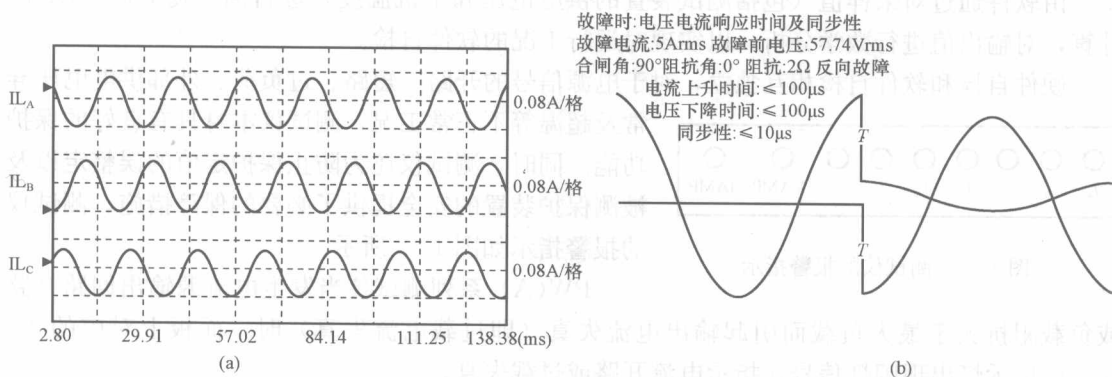


图 1-7 波形示例

(a) 50mA 电流稳态波形图; (b) 精确的暂态相应波形

(2) 输出波形监视及录波功能使用方便。作为闭环监视的一部分,测试仪以较高的采样速率对 7 路模拟量输出通道和 8 路开关量输入通道进行采样。采样值不断存储在测试仪的数据存储区中,为以后波形分析的需要进行录波。同时,采样值经高速数据接口传回给计算机,并在计算机屏幕上实时显示出来为用户提供波形监视。测试仪的示波功能包括三相电流、四相电压输出波形、幅值实时显示及超差报警。示波器的录波功能包括 7 路模拟量、12 路开关量、16 位试验过程录波,最长 16s 试验过程录波。

(3) 开入量适用于各种现场接线。该测试仪有 8 对独立输入端,隔离电压 500V,空接点与 15~250V 电位兼容,极性可自动识别。开入量可扩展至 64 路。计时器的范围为 0.1ms~999999.999s,分辨率为 0.1ms,计时精度为 1ms (小于 1s 时)。开入量的现场接线如图 1-8 所示。

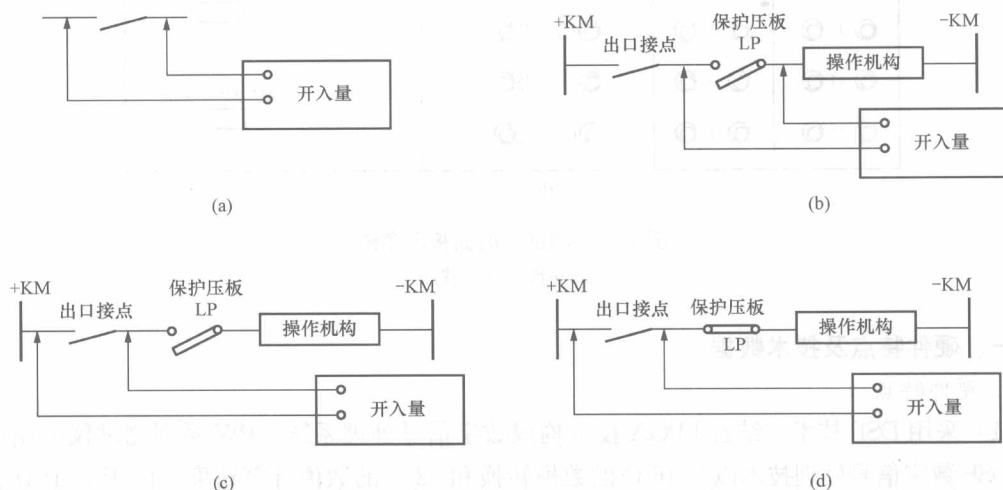


图 1-8 开入量的现场接线

(a) 空接点; (b)、(c)、(d) 带电接点

(4) 完善的异常工况报警功能。PW 系列测试仪具有两套独立的自检系统,即硬件自检和软件自检。通过纯硬件完成电压源短路、电流源开路、过热及信号失真检测进行硬件自检。由软件通过对采样值(包括测试装置的供电电压和主机温度)进行离散傅立叶(DFT)计算,对输出值进行数学分析,以实现运行工况的软件自检。

硬件自检和软件自检相互独立,对于电源信号的开路、短路、过负荷、外部供电电压异常及超温等不正常工况,测试仪本身具有良好的保护功能。同时,测试仪还为防止保护定值的误整定以及被测保护装置的安全提供了必要的保障措施。测试仪的报警指示如图 1-9 所示。

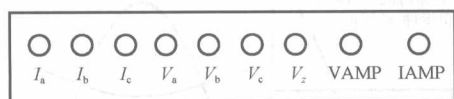


图 1-9 测试仪的报警指示

PW(A) 系列测试仪当发生电流源输出回路开路或负载阻抗大于最大负载而引起输出电流失真(即过载电流失真)时,面板上对应的  $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$  指示灯出现闪烁信号,指示电流开路或过载失真。

PW(A) 系列测试仪当发生电压源输出回路短路或负载阻抗大于最大负载而引起输出电压失真(即过载电压失真)时,失真检测电路自动关闭电压放大器,同时点亮面板上的电压

输出短路指示灯。短路或过载状态消失后，电压放入器自动恢复工作。

(5) 具有实时多任务功能。PW 系列测试仪采用并行通信口与电脑相连，保证电脑的串行口空闲（这一点对笔记本电脑尤为必要），这样该串行口就可以与所测试的保护装置相连。在一台计算机上同时操作测试仪和被测试的保护装置，使得测试过程非常方便，同时，并口有较高的传输速率，可提高测试装置的相应速度，实现测试仪的实时控制和快速测试，如图 1-10 所示。

(6) 输出精度校正方便、快捷。精度校正时，传统的测试仪一般是通过调整装置内部的电位器来实现的，校正工作量大，且校正精度受读数等人为因素的影响。PW 系列测试仪采用软件校正，校正时通过数字式标准表的串口连接到计算机，计算机经并口连接到测试仪。校正时，计算机给出电压值、电流值到测试仪，同时通过串口自动读取标准表的读数。得出的校正系数下传给测试仪并固化到测试仪的 Flash，完成测试仪的精度校正。输出精度校正如图 1-11 所示。

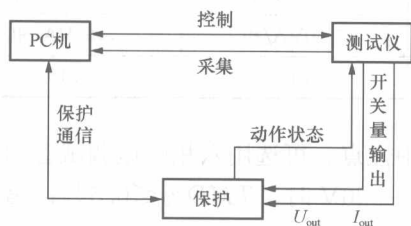


图 1-10 实时控制示意图

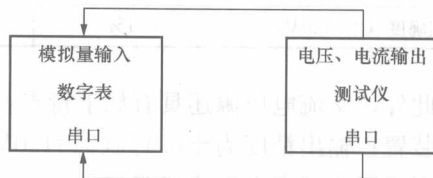


图 1-11 输出精度校正

(7) 散热及启动方式。大型风冷散热器，将风道与箱内电路板的电子元件完全隔离，并在机箱内形成负压防止有害气体、粉尘对电路的污染，保证长期工作后机箱内电路的清洁。PW 系列测试仪采用了智能风机系统，风量由机箱内的温度传感器控制。正常工作时，风机低速运转以保持工作环境安静。当机箱内温度达到  $50^{\circ}\text{C}$  以上时，风扇转速自动加快，大大提高散热能力。PW 系列测试仪的结构和散热设计，使测试仪具有重负荷、大电流长时间的工作能力，大大提高了测试仪运行的稳定性和可靠性。

PW 测试仪电源采用手动软启动方式，提高了电源的可靠性，同时避免了在开机、关机时测试仪对被测试保护装置及电网对测试仪的冲击，保证了被测试装置不因测试仪的开机而误动。

## 2. 主要技术参数

(1) 交流电流源。交流电流源的主要技术参数如表 1-2 所示。

表 1-2 交流电流源的主要技术参数

型 号	PW30(A)	PW40(A)	PW466A	PW60(A)
最大输出电流 (RMS)	$3 \times 30\text{A}/\text{相}$	$3 \times 40\text{A}/\text{相}$	$3 \times 40\text{A}/\text{相}$ 或 $6 \times 20\text{A}/\text{相}$	$3 \times 60\text{A}/\text{相}$
三相并联	90A	120A	120A	180A
最大输出功率	$\geq 450\text{VA}/\text{相}$	$\geq 520\text{VA}/\text{相}$	$\geq 520\text{VA}/\text{相}$	$\geq 600\text{VA}/\text{相}$
准确度 (0.5~30A)	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%

此外，交流电流源还具有如下特点：三相有共用中性点；可选用六相电流输出做差动保

护试验；输出精度为 $\pm 0.1\%$ （0.5~30A）、 $\pm 0.2\%$ （0.2A）、 $\pm 0.5\%$ （0.1A）及 $\pm 0.2\%$ （60A）；电流在 $0.5A \sim I_{\max}$ 时， $THD\% \leq 0.5\%$ 。

当使用电流超过测试仪每相输出的最大电流时，PW(A)系列测试仪的三相输出电流源可并联使用。并联使用时，一般应使每相输出幅值相等、相位相同。两相并联时，总输出电流为单相电流的2倍；三相并联时，总输出电流为单相电流的3倍。

当要求电流放大器的输出功率大于每相电流的最大输出功率时，测试仪的三相输出电流源可串联使用。例如， $I_a$ 、 $I_b$ 串联使用时，两相幅值相等，相位差 $180^\circ$ ，输出功率可提高一倍。

(2) 交流电压源。交流电压源的主要技术参数如表1-3所示。

表 1-3 交流电压源的主要技术参数

型 号	PW30(A)	PW40(A)	PW466A	PW60(A)
最大输出电压 (RMS)	4×120V/相	4×120V/相	6×120V/相	4×120V/相
电压最大输出功率	≥60VA/相	≥60VA/相	≥60VA/相	≥60VA/相
准确度 (2~120V)	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%

此外，交流电压源还具有如下特点：四相有共用中性点；可选用六相电压调试备用电源自投装置；输出精度为 $\pm 0.1\%$ （2~120V）；电压在2~120V时， $THD\% \leq 0.5\%$ ；第四路电压可设置为零序电压或任意值。

交流电流源和交流电压源共同具有的特点是：各相输出电流（电压）幅值、频率和相位独立可调；波形精度32bit；分辨率为1mA（1mV）；电流（电压）上升、下降时间小于 $100\mu s$ ；过载或失真自动检测并显示；输出频率为0Hz~1kHz；在10~1000Hz范围内，幅值变化 $\leq \pm 0.1\% \sim 0.5\%$ （幅频特性）。

注意，测试仪不能用来测试一次设备（如断路器）线圈的跳、合闸电压； $U_a$ 、 $U_b$ 不能直接并联。

(3) 直流源电压、电流输出。主要技术参数有：直流电压输出0.5~300V，容量100W，可连续运行，分辨率1mV；直流电流输出0.5~20A，分辨率1mA，最大输出功率300W，可连续运行。直流电压、电流输出精度均为0.5%，具有过载自动检测保护功能。PWA系列测试仪有单独的直流电压源，由软件控制，可作为保护装置的供电电源。

(4) 角度。测试仪的角度范围为 $0^\circ \sim 360^\circ$ ，相角分辨率为 $0.1^\circ$ ，相角精度为 $\pm 0.2^\circ$ 。

(5) 输出频率。测试仪的输出频率能叠加2~20次任意幅值的谐波及直流，分辨率为1mHz，输出频率及其精度如表1-4所示。

表 1-4 测试仪的输出频率及其精度

频率范围	20~65Hz	65~450Hz	450~1000Hz
频率精度	<2mHz	<20mHz	<50mHz

(6) 同步性。测试仪的电压电流同步性 $\leq 10\mu s$ 。

(7) 开出量。测试仪具有4组可编程辅助触点，可扩展至32路，接点容量为250VDC，0.5A；250VAC，0.5A。



(8) 电源。测试仪的电源采用 AC220V,  $\pm 10\%$ , 40~60Hz, 10A(max)。

## 二、软件特点及功能

### 1. 软件特点

(1) 测试软件基于 Windows 操作系统。保护装置进行测试的同时, 通过计算机串口与所测试的保护装置相连, 与保护装置进行通信。软件的每一个测试模块以测试、波形监视、历史状态、矢量图和时间信号图等多个视窗的形式为用户提供可视化的测试进程和全方位的测试信息。用户可以从不同侧面全方位了解和控制测试进程, 并进行测试结果的分析研究。测试软件基于 Windows 操作系统, 测试过程中的人机交互性好, 测试软件提供的信息量大, 有利于用户对测试的掌握及对保护装置工作原理的深入分析和研究。

以整组试验为例, 测试仪的测试窗口如图 1-12 所示。测试窗口按功能可分成八个区: A 为测试工具条; B 为测试控制窗口, 所有的测试项目选择和数据设置都在这里进行; C 为示波窗口, 实时显示测试仪输出波形和幅值信息; D 为变化趋势分析和接点动作状态; E 为测试仪主机自检显示区; F 为测试仪状态和开入/开出接点状态显示区; G 为试验过程录波显示窗口, 在这里对测试全过程(包括保护装置的反应)进行录波和数据分析; H 为矢量显示窗口, 显示测试输出矢量图。

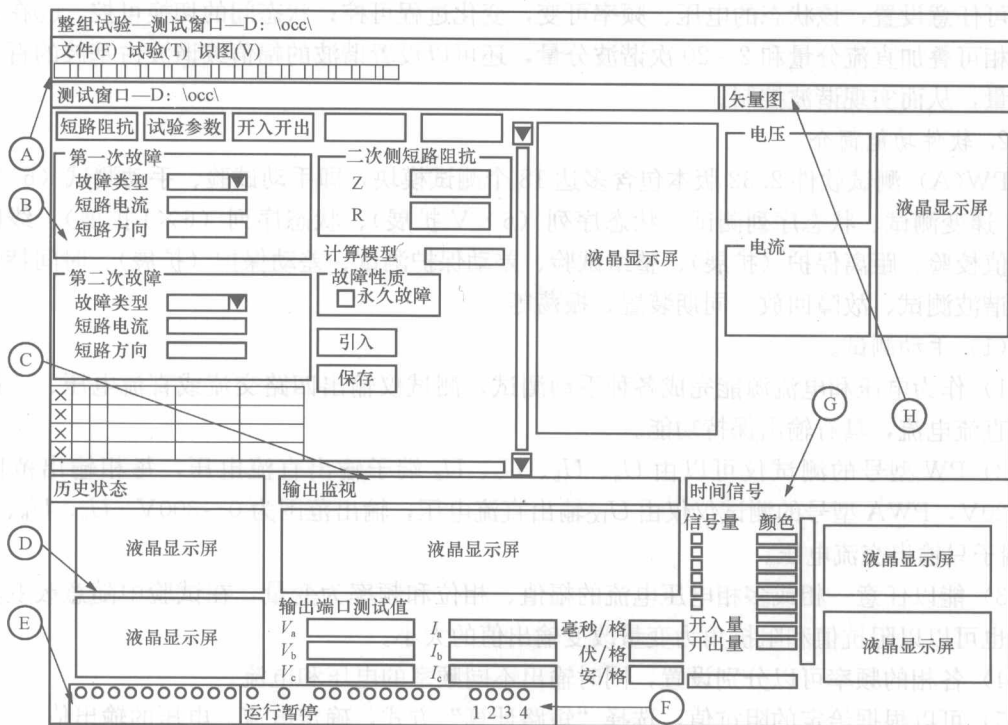


图 1-12 测试窗口示意图

(2) 测试步骤方便简捷。新保护第一次测试时, 按以下步骤进行: 定义保护特性参数→定义试验参数→编辑接线图→定制测试报告格式→接线→执行自动测试程序→打印测试报告。对于曾经测试过的保护装置, 只需按以下步骤进行: 从数据库中调出历史数据文件→按提示接线→自动执行测试程序→打印测试报告。

(3) 测试报告格式灵活。PW 测试软件可通过选择相关的项目生成测试报告, 测试报告可包括尽可能多的测试信息, 如保护安装地点、保护特性曲线图、时间信号图、矢量图和测试结果等, 也可以只包括用户所关心的测试结果。测试完成后, 测试报告中的测试结果是不可以改变的。这有利于相应管理者对现场测试情况的了解和掌握。测试报告可以文本文件的格式导出, 可插入 Word 文档、Excel 表格及 BMP 图像, 这样有利于对导出的测试报告进行编辑, 使用户创建满足自身需要的测试报告。

(4) 测试功能丰富。测试对象包括线路保护、元件保护、自动装置、通用测试和录波回放等。继电器的测试包括各类电压、电流、频率、相位、功率方向、阻抗和突变量继电器。线路保护的测试包括定值校验、特性扫描、整组试验。其中, 整组测试可以实现各种短路形式及瞬时故障、永久故障、转换性故障的设定; 通过设置开入量可同时测试两套保护; 实现模拟带负荷运行工况下的各种试验; 可设置短路开始时刻的合闸角、直流分量; 可利用 GPS 进行纵联保护调试。

通用测试单元使用灵活方便。①手动测试可实现某个状态的灵活控制, 如设置任意一相或多相电压电流的幅值、相位和频率为变量, 在试验中改变其大小; 也可手动测试时间。②复杂过程通过状态序列进行灵活控制, 如可定义多个连续的试验状态; 每个状态的电压、电流可任意设置, 该状态的电压、频率可变, 变化过程可控; 状态间的切换可控。③在基波上每相可叠加直流分量和 2~20 次谐波分量, 还可以设置谐波的幅值或谐波占基波的百分比为变量, 从而实现谐波控制。

## 2. 软件功能简介

PW(A) 测试软件 2.32 版本包含多达 18 个测试模块, 即手动试验、手动测试 (6×I 扩展)、递变测试、状态序列测试、状态序列 (6×V 扩展)、状态序列 (6×I 扩展)、线路保护定值校验、距离保护 (扩展)、整组试验、差动保护测试、差动保护 (扩展)、时间特性测试、谐波测试、故障回放、同期装置、振荡等。

### (1) 手动测试。

1) 作为电压和电流源能完成各种手动测试, 测试仪输出四路交流或直流电压、三路交流或直流电流, 具有输出保持功能。

2) PW 型号的测试仪可以由  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$ 、 $U_z$  端子输出直流电压, 每相输出范围为 0~120V, PWA 型号的测试仪仅由  $U_{DC}$  输出直流电压, 输出范围为 0~300V。 $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$ 、 $U_z$  端子只输出交流电压。

3) 能以任意一相或多相电压电流的幅值、相位和频率为变量, 在试验中随意改变其大小; 也可以以阻抗值和阻抗角为变量改变输出值的大小。

4) 各相的频率可以分别设置, 同时输出不同频率的电压和电流。

5) 可以根据给定的阻抗值, 选择“短路计算”方式, 确定电流、电压的输出值。

6) 选择接收 GPS 同步信号, 实现多套测试仪的同步输出。

### (2) 手动测试 (6×I 扩展)。

1) 仅适用于 PWA 型 6 路电流输出的测试仪。

2) 测试仪输出 1 路交流、1 路直流电压和 6 路交流电流, 具有输出保持功能。

3) 该测试模块主要用于差动保护的测试, 可以实现两侧三相的同时差动测试。

4) 各相的频率可以分别设置, 同时输出不同频率的电压和电流。

5) 选择接收 GPS 同步信号, 实现多套测试仪的同步输出。

6) 能以任意一相或多相电压电流的幅值、相位和频率为变量, 在试验中随意改变其大小。

(3) 递变。

1) 电压、电流的幅值、相位和频率按用户设置的步长和变化时间递增或递减。测试保护的動作值、返回值、返回系数和動作时间。

2) 根据继电保护装置的测试规范和标准, 集成了六大类保护的测试模板。

3) 所有测试项目用测试计划表方式被添加到列表中, 一次可完成多个试验项目的测试。

4) 通过重复次数的设置可对同一项目进行多次试验。

5) 试验结束后, 根据精度要求对试验结果进行自动评估。

(4) 状态序列。

1) 该模块可以输出 4 路交流电压和 3 路交流或直流电流。

2) 由用户定义多个试验状态, 对保护装置的動作时间、返回时间以及重合闸, 特别是多次重合闸进行测试。

3) 各状态可以分别设置电压、电流的幅值、相位和频率、直流值, 并且在同一状态中可以设定电压的变化 ( $dU/dt$ ) 及范围和频率变化 ( $df/dt$ ) 及范围。

4) 提供自动短路计算, 可自动计算出各种故障情况下的短路电压、电流的幅值和相位。

5) 触发条件有多种, 可以根据试验要求分别设置。

6) 有 4 路开入量输入接点 (A、B、C、D) 和 4 路开出量输出接点 (1、2、3、4)。

(5) 状态序列 ( $6 \times V$  扩展)。

1) 仅适用于 PWA 型 6 路电压输出的测试仪。该模块可以输出 6 路交流电压、1 路交流电流和 1 路直流电压输出。

2) 可对备用电源的快速切换装置及低频低压减载装置进行测试。

3) 各状态可以分别设置电压、电流的幅值、相位和频率、直流值, 并且在同一状态中可以设定电压的变化 ( $dU/dt$ ) 及范围和频率变化 ( $df/dt$ ) 及范围。

4) 触发条件有多种, 可以根据试验要求分别设置。

5) 有 4 路开入量输入接点 (A、B、C、D) 和 4 路开出量输出接点 (1、2、3、4)。

(6) 状态序列 ( $6 \times I$  扩展)。

1) 仅适用于 PWA 型 6 路电流输出的测试仪。该模块可以输出 6 路交流电流、1 路交流电压和 1 路直流电压输出。

2) 6 路交流电流输出, 可以实现差动保护两侧三相差动的同时测试。

3) 各状态可以分别设置电压、电流的幅值、相位和频率、直流值。

4) 触发条件有多种, 可以根据试验要求分别设置。

5) 有 4 路开入量输入接点 (A、B、C、D) 和 4 路开出量输出接点 (1、2、3、4)。

(7) 时间特性。

1) 绘制  $i$ 、 $u$ 、 $f$  及  $U/f$  的動作时间特性曲线。

2) 可以应用在方向过流或过流继电器的单相接地短路、两相短路和三相短路时过流保护以及零序和负序分量的動作时间特性, 应用在发电机、电动机保护单元中的零序和负序过流保护的動作时间特性。当保护不带方向时, 在电压输出端子上无电压输出; 当保护选择带