



全国电力高等职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业教学用书

继电保护及自动装置 的检验与调试

杨利水 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



全国电力高等职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业教学用书

继电保护及自动装置 的检验与调试

主 编 杨利水
编 写 崔宝华 张 弘
主 审 夏瑞华



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为全国电力高等职业教育规划教材。

全书共分为七章，主要内容有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数字式母线保护装置的检验与调试。

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，也可作为函授培训教材以及相关工程技术人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

继电保护及自动装置的检验与调试/杨利水主编. —北京: 中国电力出版社, 2006

全国电力高等职业教育规划教材

ISBN 7-5083-3718-2

I. 继... II. 杨... III. ①继电保护装置—检验—高等学校: 技术学校—教材②继电保护装置—调试—高等学校: 技术学校—教材
IV. TM774

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 135390 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>)
北京密云红光印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2006 年 2 月第一版 2006 年 2 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 415 千字
印数 0001—3000 册 定价 26.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

高职高专教材建设是高职高专教育的重要组成部分，是一项极具重要意义的基础性工作，对高职高专教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。

根据《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》（国发〔2002〕16号），要充分发挥行业、企业、社会中介组织和人民团体在发展职业教育中的作用；行业主管部门要对行业职业教育进行协调和业务指导，制定行业职业教育和培训规划，参与相关专业的课程教材建设；积极推进课程和教材改革，开发和编写反映新知识、新技术、新工艺和新方法，具有职业教育特色的课程和教材。

为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神，进一步推动高等职业教育的发展，加强高职高专教材建设，根据教育部关于通过多层次的教材建设，逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神，中国电力教育协会组织制订了反映电力行业特点、体现高等职业教育特色的全国电力高等职业教育教材规划。同时，为适应电力体制改革和电力高等职业教育发展的需要，中国电力教育协会还组建了全国电力高等职业教育教材建设指导委员会，以便更好地推动全国电力高职高专教材的研究、规划和开发。

高职高专教材建设应紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展工作。基础课程教材要体现以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为教学重点；专业课程教材要加强针对性和实用性。同时，高职高专教材建设不仅要注重内容和体系的改革，还要注重方法和手段的改革，以满足科技发展和生产实际的需求。此外，高职高专教材建设还要推动高职高专教育人才培养模式改革，促进高职高专教育协调发展。希望通过我们的共同努力，陆续推出一批内容新、体系新、方法新、手段新，在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材，力争尽快形成一纲多本、优化配套，适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在全国电力高等职业教育教材规划的组织实施过程中，得到了教育部、劳动和社会保障部、国家电网公司、中国电力企业联合会，中国高等职业技术教育研究会、有关院校和广大教师的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

全国电力高等职业教育教材规划工作是一项长期性任务，今后将根据相关专业课程体系改革和教学需要不断补充完善。在教材的使用过程中，请大家随时提出宝贵的意见和建议，以便今后修订或增补。（联系方式：100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416237）

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实用型技术人才，我们编写了本教材。由于电力系统继电保护及自动装置种类繁多，不可能一本教材包罗所有的装置，该教材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的使用，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。该教材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，第一章和第三章由崔宝华编写，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。华北电力大学夏瑞华老师主审了本书。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的帮助，在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限且时间仓促，书中难免存在不妥和错误，诚请读者批评指正。

编者

2005年8月于保定

目 录

序

前 言

第一章 测试仪器与测试装置	1
第一节 概述	1
第二节 DP803K 型数字多功能相位表	4
第三节 MRT-02A 型多功能继电保护测试装置	7
复习思考题	21
第二章 互感器及二次回路的检验	22
第一节 电流互感器概述	22
第二节 电流互感器的极性检验	24
第三节 电流互感器二次回路直流电阻的测量	25
第四节 电流互感器的误差检验	26
第五节 电流互感器的伏安特性测量	29
第六节 电流互感器 10%误差曲线实测方法	29
第七节 HEY-H 型全功能互感器综合校验仪简介	31
第八节 二次回路接线检查	36
复习思考题	37
第三章 继电器的检验与调试	38
第一节 检验通则	38
第二节 DL-10 系列电流继电器检验与调试	42
第三节 DY-30 系列电压继电器检验与调试	44
第四节 LG-11 型功率方向继电器检验与调试	47
第五节 BCH-1E 型差动继电器检验与调试	49
第六节 SZH-3 型数字式频率继电器检验与调试	55
第七节 BTJ-1 型跳闸回路监视继电器检验与调试	60
第八节 DS-20 系列时间继电器检验与调试	62
第九节 DZ-10 系列中间继电器检验与调试	64
第十节 DZB-10B 系列中间继电器检验与调试	66
第十一节 DX-9 型闪光信号继电器检验与调试	69
第十二节 ZC-23 型冲击继电器检验与调试	69
第十三节 DH-2A 型一次重合闸继电器的检验与调试	71
复习思考题	74

第四章 继电保护及自动装置的检验与调试	75
第一节 三段式电流保护装置的检验与调试	75
第二节 变压器保护装置检验与调试	78
第三节 母线保护装置的检验	81
第四节 发电机保护装置整组检验	82
第五节 输电线路自动重合闸装置整组检验	87
第六节 备用电源自动投入装置整组检验	88
第七节 按频率自动减负荷装置检验	91
第八节 ZZQ-5 自动准同期并列装置检验	93
复习思考题	97
第五章 CSC-103A/B 微机线路保护装置的检验与调试	100
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	100
第二节 CSC-103 装置的技术参数	100
第三节 CSC-103 装置的保护功能	101
第四节 CSC-103 装置的检验与调试	116
复习思考题	165
第六章 CSC-326 系列数字式变压器保护装置的检验与调试	166
第一节 CSC-326 系列数字式变压器保护装置概述	166
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	172
第三节 CSC-326 系列数字式变压器保护装置的硬件构成	174
第四节 CSC-326 系列数字式变压器保护装置的软件说明	176
第五节 CSC-326 系列数字式变压器保护装置定值及整定	188
第六节 装置接线及端子说明	201
第七节 人机接口及其操作	212
第八节 CSC-326 系列数字式变压器保护装置的检验与调试	214
复习思考题	221
第七章 CSC-150 型数字式母线保护装置的检验与调试	223
第一节 概述	223
第二节 CSC-150 数字式母线保护装置的硬件构成	224
第三节 CSC-150 数字式母线保护装置的软件说明	226
第四节 CSC-150 数字式母线保护装置的安装检验与调试	240
复习思考题	261
参考文献	264

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。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器中的应用,使得测试仪器(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器、测试装置种类很多,生产厂家也众多。各发电厂及变电所应用测试仪器的情况相差较大,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(装置)、仪表的功能、使用方法及注意事项,目的是使学生了解其一般的使用方法,能达到触类旁通。

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准确度、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,尤其是在对新型保护进行测试时这些不足显得更为突出。

当前,电网中,特别是新建发电厂、变电所都大量采用微型继电保护装置及各种微机型的自动装置。所以,微机型测试装置逐渐地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是以单片机做为智能控制器,它的工作原理框图如图 1-1 所示。

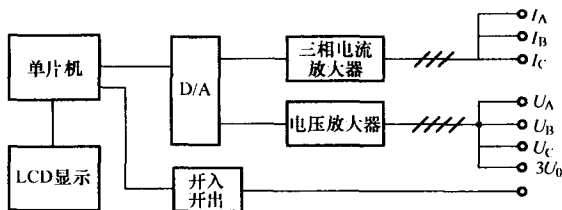


图 1-1 第一代微机型继电保护测试仪工作原理框图

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、相位的准确度较差。

2. 第二代微机型继电保护测试仪

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

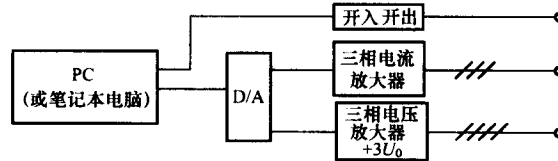


图 1-2 第二代微机型继电保护测试仪工作原理框图

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、相位的准确度能达到 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 与主机并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。

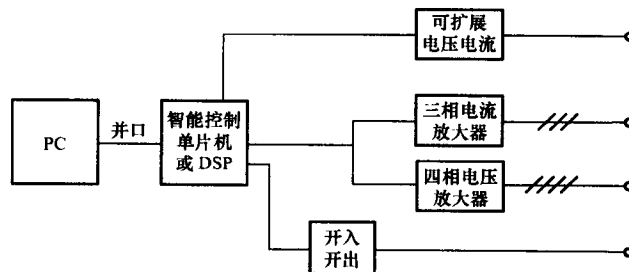


图 1-3 第三代微机型继电保护测试仪工作原理框图

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。完整的继电保护测试仪工作原理框图如图 1-4 所示。

4. 第四代微机型继电保护测试仪

在第三代微机型继电保护测试仪的基础上，第四代微机型继电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，对试验过程中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，而且试验报告形式灵活、内容丰富，构成了一个完整的现场试验系统。第四代继电保护测试仪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。

它具有如下功能：

- (1) 高性能、高准确度的三相电压、电流发生器；
- (2) 多通道电压、电流示波器；

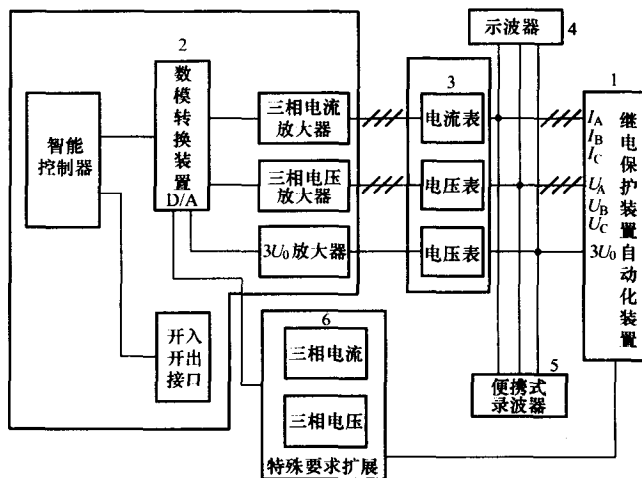


图 1-4 完整的继电保护测试仪工作原理框图

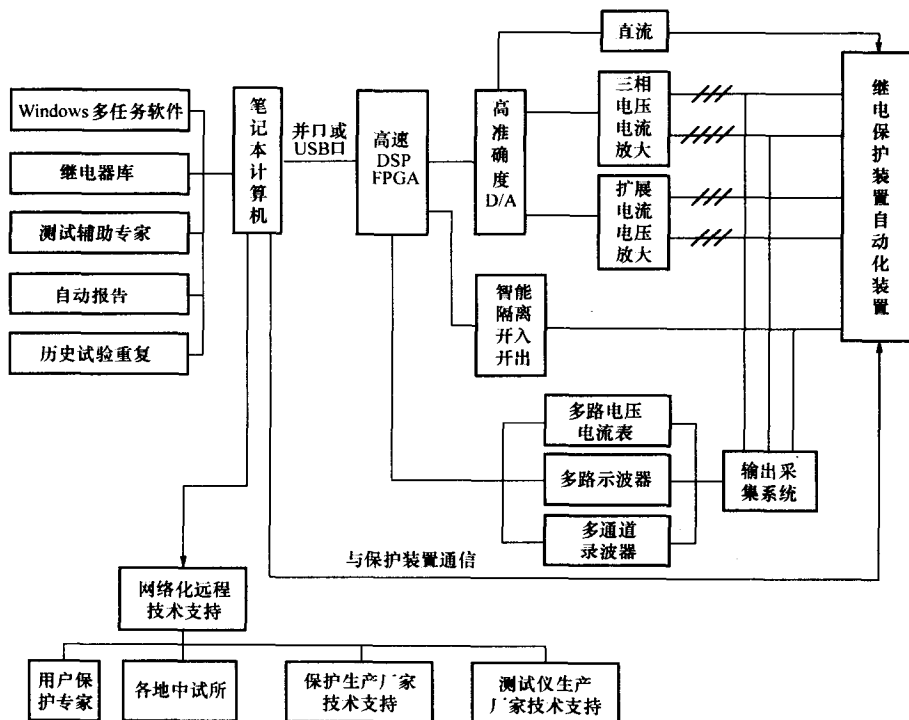


图 1-5 第四代微机型继电保护测试仪工作原理框图

- (3) 多相电流、电压表；
- (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、常用微机型继电保护试验仪构成特点

目前国内使用的微机型继电保护试验仪的种类繁多,但大多数的试验仪是由主机、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 DP803K 型数字多功能相位表

DP803K 型数字多功能相位表是一种操作简单、读数精确、功能齐全、体积小巧、携带方便、使用电池做为电源的袖珍式大屏幕液晶显示数字多功能相位表。它可用来测量交流电压、交流电流、电压—电压间相位、电压—电流间相位、电流—电流间相位等,适用于发电厂、变电所、继电器厂等部门。

(1) 主要特点。

- 1) 采用超低功耗高速工业级微机技术,读数准确,超量程指示。
- 2) 液晶采用高反差 70mm×40mm 大屏幕,字高 25mm。
- 3) 按节能型设计,功耗低,具有自动关机功能,使用两节 AAA (7 号) 碱性电池,工作时间长,性能稳定。
- 4) 新优化设计的高可靠量程/功能旋转开关结构,有 12 档独立功能,操作便捷。
- 5) 具有缺电显示功能,保证读数更准确,使用更可靠。
- 6) 采用国际先进的进口高导磁抗震材料卡钳,可测相位电流小于 5mA。
- 7) 配合卡钳测量,方便安全、迅速灵活。

(2) 主要性能。

- 1) 电压量程: 0~10V, 0~250V;
- 2) 电流量程: 0~0.2A, 0~5A;
- 3) 电压—电流相位量程: 250V—5A, 250V—0.2A;
- 4) 电流—电流相位量程: 5—5A, 0.2A—0.2A, 5A—0.2A;
- 5) 电压—电压相位量程: 250V—250V;
- 6) 最大显示值: 999 (三位数字);
- 7) 读数显示频率: 3 次/s 以上;
- 8) 温度范围: 工作温度 0~40℃, 储存温度 -10~60℃;
- 9) 电源: AAA、LR03 (7 号) 碱性电池两节, 1.5V×2;

- 10) 电量不足指示: 在 LCD 左下方显示 “ E ” 符号;
 11) 附件: 电压测试线 4 条, 编号为 1[#]、2[#] 的卡钳 2 支, 卡钳输出引线 2 条;
 12) 卡钳: 最大允许导线线径 10mm。

(3) 技术指标。

准确度: $\pm\%$ 读数 \pm 字数, 保证期一年。

环境温度: $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

相对湿度: $<75\%$ 。

1) 交流电压, 见表 1-1。

输入阻抗: $100\text{k}\Omega$ 以上。

频率范围: $50\pm 0.2\text{Hz}$ 。

显示: 正弦有效值。

2) 交流电流, 见表 1-2。

表 1-1 测量交流电压的量程
选择及相应准确度、分辨率

量 程	准 确 度	分 辨 率
250V	$\pm 0.5\% \pm 1$ 个字	1V
10V	$\pm 0.5\% \pm 1$ 个字	0.1V

表 1-2 测量交流电流的测量
选择及相应准确度、分辨率

量 程	准 确 度	分 辨 率
5A	$\pm 1\% \pm 1$ 个字	10mA
0.2A	$\pm 1\% \pm 1$ 个字	1mA

输入方式: 卡钳隔离测量。

频率范围: $50\pm 0.2\text{Hz}$ 。

显示: 正弦有效值。

3) 电压—电流相位, 见表 1-3。

电压范围: $5\sim 250\text{V}$ 。

电流范围: $5\text{mA}\sim 5\text{A}$ (最小 2mA)。

频率范围: $50\pm 0.2\text{Hz}$ 。

显示: $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 。

4) 电流—电流相位, 见表 1-4。

表 1-3 测量交流电压与交流电流相位的
量程选择及相应准确度、分辨率

量 程		准 确 度	分 辨 率
U_1	I_2		
250V	5A	$\pm 2^{\circ}$	1°
250V	0.2A	$\pm 2^{\circ}$	1°

表 1-4 测量两交流电流间相位的
量程选择及相应准确度、分辨率

量 程		准 确 度	分 辨 率
I_1	I_2		
5A	5A	$\pm 2^{\circ}$	1°
0.2A	0.2A	$\pm 2^{\circ}$	1°
5A	0.2A	$\pm 2^{\circ}$	1°

电流范围: $5\text{mA}\sim 5\text{A}$ 。

频率范围: $50\pm 0.2\text{Hz}$ 。

显示: $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 。

(4) 操作说明。

使用前请检查电池, 将旋转开关置于任一功能档位。如果电池电量不足, 则显示屏左下

方会出现“ \square ”符号。另外应注意的是电压最大输入范围的设定，在使用前要先将档位置于需要测量的量程上。

1) 交流电压 U_1 的测量：

①将功能开关置于 U_1 为 250V 或 U_1 为 10V 的量程范围。②将电压测试线插入 U_1 插孔，并将测试笔并接在被测量负载或信号源上。

注意：被测电压有效值不要高于 300V，否则虽然有可能读出数值，但会损坏内部电路；当只在显示屏最左侧显示“1”时，说明已超出量程，应切换到高量程档级。

2) 交流电流 I_1 的测量：

①将功能开关置于 I_1 为 5A 或 I_1 为 0.2A 的量程范围。②将 1# 卡钳引线一端的插头插入本表的 I_1 插孔，另一端的插头插入卡钳尾部插孔。

注意：如果被测电流范围未知，应先将功能开关置于高档，然后逐步调低；当只在显示屏最左侧显示“1”时，说明已超出量程，应切换到高量程档级。

3) 交流电流 I_2 的测量：

①将功能开关置于 I_2 为 5A 或 I_2 为 0.2A 的量程范围。②将 2# 卡钳引线一端的插头插入本表的 I_2 插孔，另一端的插头插入卡钳尾部插孔。

注意：如果被测电流范围未知，应先将功能开关置于高档，然后逐步调低；当只在显示屏最左侧显示“1”时，说明已超出量程，应切换到高量程档级。

4) 电压 U_1 —电流 I_2 相位的测量：

①将功能开关置于 U_1 — I_2 为 5A 或 0.2A 量程范围。②将电压测试线插入 U_1 电压插孔，并接入被测电压，被测电压的极性端接到 U_1 的“*”端。③将卡钳引线一端的插头插入本表的 I_2 插孔，另一端的插头插入 2# 的卡钳尾部插孔，将卡钳的测试孔卡在被测电流导线上，被测电流经“ \boxtimes ”流入。

测出角度 φ 是以 U_1 为基准， I_2 顺时针方向旋转的角度。如图 1-6 (a) 所示，只有正角度没有负角度。

注意：如果被测电流范围未知，应先将功能开关置于高档，然后逐步调低；被测电压有效值不要高于 300V，否则虽然有可能读出数值，但会损坏内部电路；如果电压接线接反或卡钳方向卡反会使相位的读数相差 180° 。

5) 电流 I_1 —电流 I_2 相位的测量：

①将功能开关置于 I_1 — I_2 为 5A，0.2A 或 5~0.2A 的量程范围。②将两条卡钳引线的插头分别插入 I_1 和 I_2 插孔。1# 卡钳与 I_1 插孔相连，2# 卡钳与 I_2 插孔相连，并将两把卡钳的测试孔分别卡在两条被测电流导线上，被测电流经“ \boxtimes ”流入。

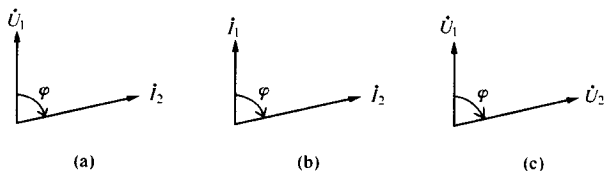


图 1-6 测量相量关系

(a) 电压 U_1 和电流 I_2 间的相位；(b) 电流 I_1 和 I_2 间的相位；(c) 电压 U_1 和 U_2 间的相位

测出角度 φ 是以 I_1 为基准， I_2 顺时针方向旋转的角度，如图 1-6 (b) 所示。

注意：如果被测电流范围未知，应将功能开关置于高档逐步调低； I_1 、 I_2 均小于 5A 且大于 0.2A 使用 5A 档， I_1 、 I_2 均小于 0.2A 使用 0.2A 档， I_1 大于 0.2A 且 I_2 小于 0.2A 使用 5~0.2A 档；如果卡钳方向卡反会使相位的读数相差 180° 。

6) 电压 U_1 —电压 U_2 相位的测量:

①将功能开关置于 U_1 — U_2 量程范围。②将电压测试线分别插入 U_1 、 U_2 插孔, 并接入被测电压。被测电压的极性端分别接到 U_1 的“*”端和 U_2 的“*”端。

测出角度 φ 是以 U_1 为基准, U_2 顺时针方向旋转的角度, 如图 1-6 (c) 所示。

注意: 被测电压有效值不要高于 300V, 否则虽然有可能读出数值, 但会损坏内部电路; 如果电压接线接反会使相位的读数相差 180° 。

(5) 自动关机。

连续开机 30min 左右, 本机自动关机, 自动关机后无任何显示, 但仍有很小的耗电。如不需要重新开机应将功能开关拨至 OFF 位置, 以解除耗电。如要重新开机, 需将功能开关拨至 ON 位置, 然后再拨到需要的功能档位即可。

DP803K 型数字多功能相位表是一部精密电子仪表, 不要随意改动内部电路以免损坏。使用中应注意以下几点:

- (1) 为确保仪表正常工作, 应在选择正确的量程与测试范围后, 再接入被测信号。
- (2) 输入信号范围应严格按照本说明之规定, 以免损坏仪表或影响测量准确。
- (3) 本表只用于工频 (50Hz) 信号测量。
- (4) 卡钳的端口等处应注意保持清洁防锈以免影响测量的准确度。
- (5) 使用卡钳测量时应尽量避免强磁场干扰。
- (6) 卡钳的钳口处应注意避免过大受力而变形, 影响测量的准确度。
- (7) 旋出后盖螺钉, 取下后盖, 根据电池盒所标注的正 (+)、负 (-) 位置更换电池。请不要将新旧电池混合使用, 也不要使用不同型号的电池。使用电池型号为 AAA, LR03 (7 号) 碱性电池。要注意的是不能使用充电电池!
- (8) 仪表后盖没有完全盖好时切勿使用。

第三节 MRT-02A 型多功能继电保护测试装置

一、概述

MRT-02A 型多功能继电保护测试装置是在 MRT-01 型多功能继电保护测试仪的基础上, 最新研制的第二代电力系统继电保护的通用测试设备, 主要用于机电型、整流型、集成电路型及微机型各类保护继电器及保护系统的调试。由于其具有体积小、重量轻、模拟故障真实、操作简单方便、便于携带等一系列优点, 可完全取代笨重、庞大的模拟式继电保护测试设备和仪表, 既适合于在运行现场作新保护投运前调试和现有设备的定期校验, 也适合于科研单位作研究性试验用。

该装置由 PC 机、主机箱和功放电源箱三部分构成。其主要特点有以下几点:

- 1) 由 PC 系列微机控制并数字合成试验波形, 测试不受系统电源电压中的寄生信号 (例如谐波) 的影响。
- 2) 具有很强的人机对话及在线求助功能。通过键盘可方便进入各项功能菜单, 并可随时对任一试验量实施控制。
- 3) 测试结束能将测试结果自动整理、显示、记录和打印成试验报告。试验过程中及试验完成后自动显示测试结果。接入打印机后可用汉字打印出试验报告并绘制出相应曲线, 亦

可把测试结果存入磁盘，供以后打印。

4) 该装置使用高级语言编程，便于用户自动开发各种专用程序。

5) D/A 平滑滤波回路采用新型原理，解决了一般模拟低通滤波器所产生的非线性相移问题。D/A 采用 12 位转换，配合自动量程切换回路，保证在整个模拟量输出范围内都具有较高的准确度。

6) 电流源采用精心设计的电源自动跟踪型高效率、高可靠、高准确度直流宽带放大器。

7) 专门设计的电压源功放既适用于阻性、感性负载，也适用于容性负载情况。

8) 同时提供 8 路模拟量 (I_a 、 I_b 、 I_c 、 $3I_0$ 、 U_a 、 U_b 、 U_c 、 $3U_0$) 输出。其中三相电流放大器输出端可直接并联使用，以便输出更大的电流和功率。

9) 能任意控制短路的电角度，因电流放大器无输出变压器，故能模拟电力系统各种短路暂态过程中的非周期分量，且时间常数任意给定。

10) 能在很宽的范围内任意改变输出电压电流的频率、相位，并可叠加谐波，且谐波相位、谐波含量可任意给定。

11) 试验方案可选，有静态测试、增量测试、自动测试、动态测试和暂态测试五种方案。

12) 能真实地模拟电力系统各种类型的瞬时、永久及转换性故障的暂态过程和模拟开关跳闸及重合等全过程的功能。

13) 能模拟系统振荡情况。

14) 能使实际系统故障记录数据或动模试验记录数据的波形再现。

15) 能够对现场各类保护（微机型、集成电路型、晶体管型、整流型以及电磁型等）进行测试。

16) 不再需要附加任何测量表计。

17) 具有完善的自检和自保护功能，在大部分硬件异常时都能自检发现，并切断功放电源、给出相应的信息。

18) 体积小、重量轻、接线简单、操作方便。

二、基本原理

该装置的核心是 PC 系列微机系统，它使用标准并行打印机接口，通过 25 芯连接器同试验装置主机箱相连接。使用者可根据 PC 机显示的汉字菜单用键盘选择输入方法及输入原始数据。根据输入的要求，PC 机通过 I/O 接口电路向 6 路 12 位数模变换器 (DAC) 实时地送出模拟量，再经平滑处理及功率放大后得到三相电流和三相电压。三个电压回路由变压器输出，每个输出变压器各设一个附加二次绕组，接成开口三角形后输出 $3U_0$ 。电流回路则可以把三相电流接成回路以获得 $3I_0$ 。

该装置主要由 PC 系列微机、主机箱和电源箱三大部分组成，主机箱与电源箱通过电缆和航空插头相连接。

PC 系列微机系统的基本机型为笔记本式微机，由用户确定。打印机作为选件可以另外配备。

主机箱体内包括：输入/输出扩展单元 (I/O 板)、数模转换单元 (DAC 板)、三相电流放大单元 (IAMP 板)、三相电压放大单元 (VAMP 板)、功放保护及失真监测单元 (PD 板)。

1. PC 系列微机系统

PC 系列微机系统是整个试验装置的核心。它由计算所需数据、控制 D/A 变换、功放电源及外部设备, 显示试验结果, 同时监视全部开关量的输入。

2. I/O 扩展接口

I/O 扩展接口的作用是为试验装置主机箱和微机系统之间提供一种合适的“握手”逻辑环境。通过 I/O 扩展接口, 微机能够向试验装置输送出测试数据和各种控制命令。同时也能够接收来自被试保护继电器产生的触点动作状态信息; 此接口通过 25 芯电缆与微机系统的并行打印机标准 (Centronic) 接口相连。因而适用于具有标准并行打印机接口的任何类型的 PC 系列微机。

另外板上还设置有 PC 微机工作状态硬件监视功能。当任何可能的原因使 PC 微机停止工作或程序出错时, 此监视回路能自动切断功放电源及功放回路, 以防止损坏装置。

3. D/A 转换单元

D/A 转换单元共设置 6 个模拟量输出通道分别接至三相电压源和三相电流源的放大单元。每个通道都设有一个 12 位高精度 D/A 转换芯片 (DAC1230), 每个通道都具有相应的逻辑控制回路和阶梯波平滑回路。

在进行 D/A 转换时, 微机首先把计算好的数据流送入 1# 通道的 DAC 中 (先送 8 位), 然后送 2 号通道, 3 号通道, ……6 号通道。

当 6 个通道的 DAC 全部送完 12 位数据后, 微机发出启动信号 (START) 控制 6 个通道的 DAC 同时进行 D/A 转换。避免了各个通道由于送数时差造成的相位偏移。

经 DAC 芯片输出的阶梯波, 必须经过平滑处理。这通常是由模拟低通滤波器完成的。但采用模拟低通滤波器, 会产生与频率有关的相移, 对于叠加谐波试验中的高级仿真暂态波形影响极为严重。MRT-02A 型装置采用了一种新型的平滑电路使之在整个频带范围内都具有线性相移特性, 减小了失真。

波形平滑回路的输出范围为 $0 \sim \pm 10V$ (峰峰值)。

4. 高效电流放大单元 (IAMP)

电流放大单元共有 3 个通道 (A、B、C 三相), 每个通道由电流前置功放板和装在散热片上的大功率三极管组成。从 D/A 转换器来的 $0 \sim \pm 10V$ 模拟信号经过量程切换回路进行标度切换, 使电流放大器输出在不同的电流范围内都具有较高的分辨精度。

前置级、推动级和输出级共同构成电流放大器的主体。它采用了运算放大器和传统的直接耦合推挽功率放大电路, 除了能放大工频信号外, 还能逼真地放大直流信号和高频信号。

反馈网络的设置保证放大器具有很好的电流源特性, 其反馈信号取自与输出端串联的无感电阻上的电压。

另外, 该放大器采用了高低电源自动切换技术, 使功放电源电压能自动迅速地适应负载的要求, 既保证了大电流、大负载时不饱和的要求, 又确保了长期工作时发热低, 工作稳定。

此外, 电流放大器的输入模拟信号和输出模拟信号分别送入放大器状态监视回路, 它实时地监视整个电流放大器的工作状态。当电流放大器工作正常时, 监视回路产生逻辑“0”, 输出至 I/O 板的光耦输入回路; 当电流放大器损坏或输出信号失真 (如输出过载) 时, 放大器状态监视回路将产生逻辑“1”, 输出至 I/O 板。因而电流源放大器的任何不正常工作状态都能被微机发现, 自动退出试验程序, 并给出相应信息, 避免产生了不正确的试验结果。

电流放大器频率为 0~1000Hz, 其最大输出功率在 30A (有效值) 时为 540VA/相, 可以三相直接并联使用, 以获得最大的电流和功率。电流源放大器具有过流过功率保护。注意: 电流放大器开路不会导致设备损坏, 但为了使工作稳定, 在做单相试验时应将其余两相短路。

5. 电压放大单元 (VAMP)

电压源放大器也设有 3 个通道 (A、B、C 三相), 电路原理与电流放大器相似。输出接有一升压变压器, 变压器次级有两个绕组。一组用于输出三相电压, 输出范围为 0~63.5V/相, 电压源放大器额定输出功率为 30V·A/相; 另一绕组接成开口三角形, 用于输出零序电压, 输出范围为 0~330V。电压源放大器具有过载短路保护。

6. 功放保护及失真监测单元 (PD)

功率保护单元实时地监测电流放大器的功率输出三极管的管耗。当过载现象发生时, 迅速自动地切断功放电源, 防止大功率管的损坏。失真监测单元实时地比较放大器的输入与输出波形, 一旦输出出现大于 3% 的失真时, 本单元立即向微机发出信号, 并由 CRT 显示告警。

所有电流源和电压放大器功率输出级大功率三极管, 都装有风扇进行强迫风冷散热。

另外在软件方面也考虑了安全措施。大电流输出试验或整组试验过程中, 不管被试保护动作与否 (如拒动) 经 10s 后试验装置都将自动退出试验, 以防止电流放大器长期在工作状态下过热。

7. 电源

装置电源分为两部分。其中 +5V、±15V 在主机箱内, 由开关稳压电源输出。±30V、±24V 在功放电源箱内, 整流滤波不能稳压输出。

三、主要功能简介

装置通上电后其显示器将显示出一个功能菜单, 主要测试功能如下。

1. 手动控制方式

进入本方式后, 可通过计算机键盘任意给定模拟量 (有效值)、相位角, 并可随时用命令键控制任一电量的有效值和相位, 按一定级差递增、递减或突变至任意值。

手动方式的各量均为正弦波, 其频率可在装置正常范围内任意给定和改变, 因此还可用本方式校验频率继电器及测试各种继电器的动作特性受频率影响的程度。此外还可在电压和电流波形中加入谐波分量, 谐波次数最高为 13 次。谐波幅度和相位角均可任意给定, 以便检测继电器行为受谐波影响的程度。

2. 线路保护的整组试验

在这种方式下, 测试者可按问答式预先用键盘输入线路参数、短路阻抗、短路相别、短路角、故障相电流、是否为转换性故障和是否为永久故障。如为转换性故障, 还应输入转换相别及转换时间。输入完毕后, PC 机将计算出故障全过程 (故障前、故障后、单跳或三跳后及重合后等) 的三相电压和电流的数据, 并将结果存入 RAM 区。需要注意的是本试验项目能根据线路参数及短路角给出非周期分量电流, 但所用数学模型不计线路分布电容, 因而没有高频分量。如要真实模拟分布参数线路的暂态过程, 可通过高级仿真方法获得。

数据存入 RAM 后, 显示器将显示“准备完成”信息, 并指示测试者按相应键后就开始输出故障前电流和电压, 即三相电流为零、电压为三相对称额定电压 (线电压为 100V)。此时显示器将给出指示, 按相应键后即可在预先给定的短路角送出故障状态下的三相电流和