



LTJB-1600

继电保护测试仪

使 用 说 明 书

武汉市立泰电力新技术有限公司



目 录

继电保护试验项目索引.....	1
第一部分.....	4
继电保护测试仪使用说明.....	4
第一章 装置特点与技术参数.....	5
第二章 装置硬件结构.....	7
第三章 使用前请阅读.....	11
第二部分.....	13
软件操作说明.....	13
第四章 软件操作方法简介.....	14
第五章 交流试验.....	17
第六章 直流试验.....	26
第七章 交直流试验.....	28
第八章 谐波试验.....	29
第九章 状态系列.....	32
第十章 反时限继电器.....	35
第十一章 频率及高低周试验.....	38
第十二章 功率方向及阻抗试验.....	43
第十三章 同期试验.....	47
第十四章 整组试验.....	52
第十五章 距离和零序保护.....	57
第十六章 线路保护.....	62
第十七章 阻抗特性.....	68
第十八章 差动保护试验.....	71
第十九章 差动谐波试验.....	80
第二十章 备自投试验.....	83
第二十一章 快切试验.....	94
第二十二章 6-35KV 微机线路保护综合测试.....	101
第二十三章 故障再现.....	106
第二十四章 功率振荡试验.....	107



继电保护试验项目索引

本索引旨在引导试验人员：各种继保装置的试验可以通过“”系列软件的哪些模块完成。

注意：表格中 “（PC）” 指用 Windows 系统中运行的软件操作，适用于继电保护测试仪的单机或联 PC 机运行的软件。

■ 继电器试验：

继电保护类型	测试项目	建议试验的模块	备 注
信号继电器	相应的测试项目	直流试验 交直流试验	若是要求交、直流混合输入的中间继电器，请在“交直流试验”模块中测试 额定电流太小的信号继电器，可用测试仪的电压回路输出测试
时间继电器			
中间继电器			
重合闸继电器			
其它直流电压、电流继电器			
电流继电器	相应的测试项目	交流试验	可在“交流试验”专门的序分量模块中测试序分量继电器 也可在“ $I-t$ 特性”模块（PC 软件）中测试反时限继电器
过（欠）电压继电器			
序分量继电器			
同步检查（或相位比较）继电器			
反时限电流继电器			
差动继电器	直流助磁特性	差动试验、差动谐波（单机） 差动继电器、差动谐波、交直流试验、谐波试验（PC）	试验时请参考说明书中的正确接线
	谐波制动特性		
	比例制动特性		
功率（方向）继电器	相应的测试项目	功率阻抗、交流试验（单机） 功率方向及阻抗、交流试验（PC）	测试功率（方向）继电器前，应预先确定接线类型，和保护大致的动作边界
阻抗继电器			
同期继电器	相应的测试项目	同期低周试验（单机） 同期试验、交流试验（PC）	“同期试验”模块单相电压固定由测试仪的 UA、UC 分别作为系统侧和待并侧电压输出
频率继电器	相应的测试项目	同期低周试验（单机） 频率及高低周（PC）	单机试验选择“自动变频”方式时，能测试频率滑差定值



■ 微机保护试验：

	继电保护类型	测试项目	建议试验的模块	备 注
线 路 保 护	多段过流	相应的测试项目	交流试验	只要方法得当，用“交流试验”模块能进行大部分继电器和微机保护的试验，应重点学习该模块
	过（欠）电压			
	序分量电压电流			
	频率装置			
	功率方向保护			
	断路器失灵启动			
	重合闸，重合闸后加速及转换性故障	相应的测试项目	整组试验、线路保护、状态系列、6-35KV 线路保护综合测试	要求测试检同期和检无压，用 U_x 作为待并侧电压输出，6 相电压型的测试仪是用 U_a 代替 U_x 进行试验
	距离和零序	距离和零序定值校验	距离和零序、线路保护、整组试验、交流试验	“距离和零序”和“线路保护”均能一次性自动测试多段、各种故障类型、各种相别的距离和零序定值
		阻抗特性	阻抗特性	
	工频变化量距离	定值校验	距离和零序、线路保护	应设置故障电流足够大，比如 10~15A（当为 5A 制 CT 时）
发 变 组 保 护	复合电压闭锁（方向）过流	过流、低压、负序电压、灵敏角等	交流试验、6-35KV 线路保护综合测试	有的保护的“低电压”和“负序电压”由不同的端子输入，试验时需更换接线
	线路振荡闭锁	相应的测试项目	功率振荡	注意振荡周期和阻抗的设置
	低周、低压减载装置	相应的测试项目	同期低周频率及高低周、6-35KV 线路保护综合测试	若其它条件都满足，装置却不能动作，请确认装置是否还需要同时输入电流和开关接点
	发电机和变压器差动保护	比例制动特性	差动试验、交流试验 差动保护、差动定值、交流试验	发电机差动保护，用“差动保护”进行试验时，可看作接线类型为 Y/Y，高、低压侧平衡系数均为 1 的变压器保护 “差动保护”注重曲线特性搜索，而“差动定值”模块注重差动定值测试，二者结合，能全面测试差动保护
		谐波制动特性	差动试验、差动谐波 差动保护、差动定值、谐波试验	



发 变 组 保 护	失磁保护	相应的测试项目	交流试验	只要方法得当，用“交流试验”模块能进行大部分继电器和微机保护的试验，应重点学习该模块。试验时应注意输出的电压电流的夹角
	励磁保护			
	变压器复合电压过流保护			
	变压器低压过流保护			
	变压器过流保护			
	变压器启动风冷保护			
	变压器过负荷保护			
	发电机定子接地保护			
	发电机定子过负荷			
	发电机电压、频率保护			
	发电机逆功率保护			
	发电机复合电压过流保护			
	发电机匝间保护			
	复合电压闭锁(方向)过流(后备)	相应的测试项目	请参见上文“线路保护”部分	请参见上文“线路保护”部分

其 它 保 护	自动准同期装置	相应的测试项目	同期、低周试验（单机）同期试验	做自动调整试验时，测试各开入量必须按说明书要求接线
	备用电源的自动投入装置（快切）	动作逻辑和各开关动作时间	备自投试验、快切试验、状态序列	试验前预想好试验过程，正确接线是试验成功的关键
	母线差动保护	相应的测试项目	交流试验	请参见附录 6 中“南瑞部分保护”有关 BP-2B 和 RCS-915 的说明
	光纤线路差动保护			试验前先确定装置是否形成“自环”，若是，则保护的动作值应等于其整定值的一半



第一部分

继电保护测试仪使用说明



第一章 装置特点与技术参数

第一节 主要特点

- ◆ **电压电流输出灵活组合** 新型输出多达6相电压6相电流，可任意组合实现常规4相电压3相电流型、4相电压6相电流并联型以及12相型输出模式，既可兼容传统的各种试验方式，也可方便地进行三相变压器差动试验和厂用电快切和备自投试验。
- ◆ **单机操作方便** 装置面板设有轨迹球鼠标、优化键盘以及大屏幕TFT液晶显示器，内置全中文Windows平台操作软件。开机即可使用，操作方便快捷。
- ◆ **双操作方式** 除了单机操作外，装置还可以外接笔记本电脑或台式机进行操作，两种方式功能完全一致，真正完整的双操作模式。
- ◆ **新型高保真线性功放** 输出端一直坚持采用高保真、高可靠性模块式线性功放，而非开关型功放，性能卓越。不会对试验现场产生高、中频干扰，而且保证了从大电流到微小电流全程都波形平滑精度优良。
- ◆ **高性能主机** 输出部分采用DSP控制，运算速度快，实时数字信号处理能力强，传输频带宽，控制高分辨率D/A转换。输出波形精度高，失真小，线性好。采用了大量先进技术和精密元器件材料，并进行了专业化的结构设计，因而装置体积小、重量轻、功能全、携带方便，开机即可工作，流动试验非常方便。
- ◆ **软件功能强大** 可完成各种自动化程度高的大型复杂校验工作，能方便地测试及扫描各种保护定值，进行故障回放，实时存储测试数据，显示矢量图，联机打印报告等。6相电流可方便进行三相差动保护测试，12相输出可用于厂用电备自投测试。
- ◆ **具有独立专用直流电源输出** 装置设有一路110V及220V专用可调直流电源输出。
- ◆ **开关量接点丰富** 新一代“”测试仪有10路开入和8路开出，方便做备自投试验。输入接点为空接点和0~250V电位接点兼容，可智能自动识别。
- ◆ **接口完整** 装置面板上有自带键盘和鼠标，能进行单机操作，也可通过键盘和鼠标接口外接键盘和鼠标进行操作；带有两个USB口和网口，可与计算机及其它外部设备通信，设置的GPS接口可实现双机同步测试。
- ◆ **完善的自我保护功能** 散热结构设计合理，硬件保护措施可靠完善，具有电源软启动功能，软件对故障进行自诊断以及输出闭锁等功能。
- ◆ **轻小型高集成单机和一体化结构** 采用了大量高科技精心设计的超轻小型结构，使得整机极其小巧轻便，仅重17Kg。



第二节 额定参数

- **交流电流输出**

6相电流输出时每相输出（有效值）	0~30A	输出精度	0.1级
6相并联电流输出（有效值）	0~180A		
相电流长时间允许工作值（有效值）	10A		
相电流最大输出功率	450VA		
6相并联电流最大输出时最大输出功率	1000VA		
6相并联电流最大输出时允许工作时间	10s		
频率范围（基波）	0~1200Hz		
谐波次数	1~24次		
- **直流电流输出**

电流输出	0~±10A / 每相，0~±60A / 6并	输出精度	0.2级
最大输出负载电压	20V		
- **交流电压输出**

相电压输出（有效值）	0~120V	输出精度	0.1级
线电压输出（有效值）	0~240V		
相电压 / 线电压输出功率	80VA / 100VA		
频率范围（基波）	0~1200Hz		
谐波次数	1~24次		
- **直流电压输出**

相电压输出幅值	0~±160V	输出精度	0.2级
线电压输出幅值	0~±320V		
相电压 / 线电压输出功率	70VA / 140VA		
- **开关量**

10路开关量输入	
空接点	1~20mA, 24V
电位接点接入	“0”: 0 ~ +6V; “1”: +11V ~ +250V
8对开关量输出	DC: 220V / 0.2A; AC: 220V / 0.5A
- **时间测量范围**

0.1ms ~ 9999s ,	测量精度 <0.1ms
------------------------	-----------------------
- **体积重量**

420×360×210mm³ , 19kg



第二章 装置硬件结构

第一节 装置硬件组成

◆ 高性能工业控制计算机

本装置采用高性能工控机作为控制微机，直接运行 Windows操作系统，装置面板带有10.4" TFT真彩色LCD显示器、轨迹球和优化键盘，不用外接鼠标或键盘就可直接使用。装置设有USB口、10-100M网口、串行通信口，可方便地进行数据存取、数据通信和软件升级等。

试验的全过程及试验结果均在LCD显示屏上显示，全套汉化操作界面，清晰亮丽，直观方便。操作控制由轨迹球和面板键盘进行。操作简单方便，只需简单的计算机知识，极易掌握。

装置面板上另外还装有USB口，若想使用外接鼠标和键盘，则在开机前分别插入，这样操作装置如同操作台式计算机一样。

◆ 数字信号处理器微机

装置采用高速数字控制处理器作为输出核心，软件上应用32位双精度算法产生各相任意的高精度波形。由于采用一体结构，各部分结合紧密，数据传输距离短，结构紧凑。克服了笔记本电脑直接控制式测控仪中因数据通信线路长、频带窄导致的输出波形点数少的问题。

◆ D/A 转换和低通滤波

采用高精度D/A转换器，保证了全范围内电流、电压的精度和线性度。

由于拟合点数密度高，波形保真度高，谐波分量小，对低通滤波器的要求很低，从而具有很好的暂态特性、相频特性、幅频特性，易于实现精确移相、谐波叠加，高频率时亦可保证很高精度。

◆ 电压、电流放大器

相电流、电压一直坚持采用高性能线性放大器输出方式，使电流、电压源可直接输出从直流到含各种频率成份的波形，如方波、各次谐波叠加的组合波形，故障暂态波形等，并且输出波形干净平滑，对邻近设备无高频辐射干扰，可以较好地模拟各种短路故障时的电流、电压特征。

功放电路采用进口大功率高保真模块式功率器件作功率输出级，结合精心、合理设计的散热结构，具有足够大的功率冗余和热容量。功放电路具有完备的过热、过流、过压及短路保护。当电流回路出现过流，电压回路出现过载或短路时，自动限制输出功率，关断整个功放电路，并给出告警信号显示。为防止大电流下长期工作引起功放电路过热，装置设置了大电流下软件限时。10A及以下输出时装置可长期工作，当电流超过10A时，软件限时启动，限时时间到，软件自动关闭功率输出并给出告警指示。输出电流越大，时限越短。

◆ 开入、开出量

装置有 10 路开入和 8 路开出。

开关量输入电路可兼容空接点和 0~250V 电位接点。电位方式时，0~6V 为合，11~250V 为分。开关量可以方便地对各相开关触头的动作时间和动作时间差进行测量。

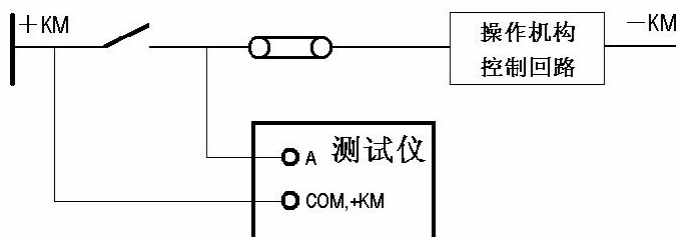
开入部分与主机工作电源、功放电源等均隔离。开入地为悬浮地，所以，开入部分公共端与电流、电压部分公共端 UN、IN 等均不相通。

开关量电位输入有方向性，应将公共端接电位正端，开入端接电位负端，保证公共端子电位高于开入端子。现场接线时，应将开入公共端接 +KM，接点负端接开入端子。如果接反，则无法正确检测。

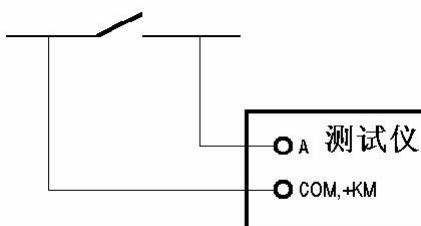
开出部分为继电器空接点输出。输出容量为 DC: 220V / 0.2A, AC: 220V / 0.5A。开关量输出与电压、电流、开入等各部分均完全隔离。各个开出量的动作过程在各个测试模块中各有不同，详细请参看各模块软件操作说明。

以下是两种常见的开出量接线示意图：

电位接点时



空接点时

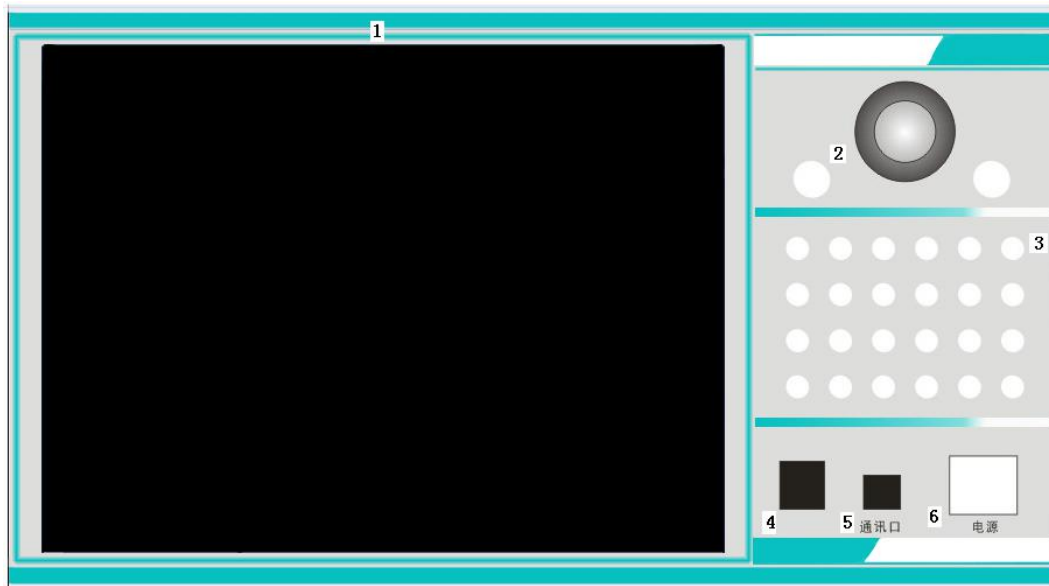


◆ 专用直流电源输出

装置在机箱底板上装设有一路专用可调直流电源输出，分 110V 及 220V 两档，可作为现场试验辅助电源。为该电源还设置了一个电位器，可在 80%—110% 范围内调节。该电源额定工作电流 1.5A，可作为保护装置的直流工作电源，也可作为跳合闸回路电源。该电源如过载或短路，将烧坏相应保险（2A / 250V），此时更换此保险管即可。

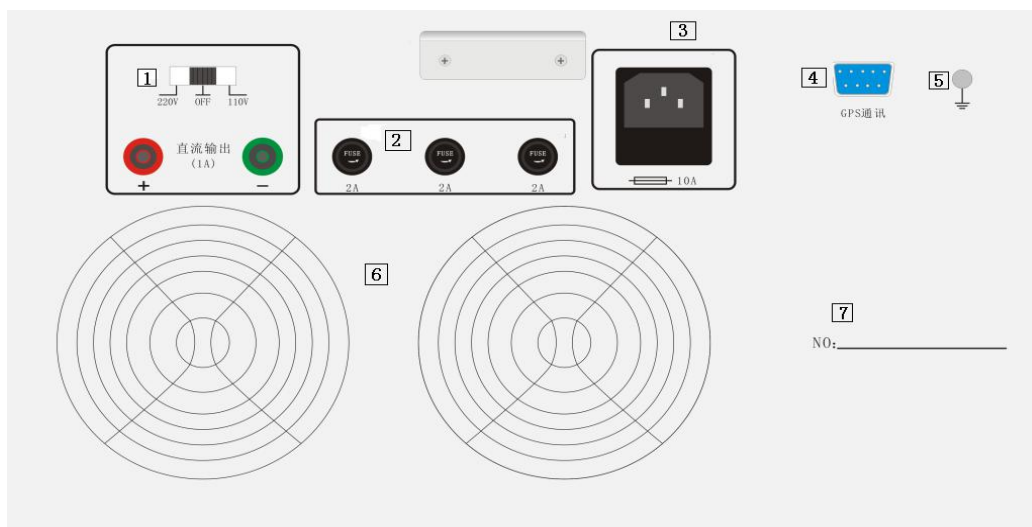
第二节 装置面板与底板说明

◆ 装置前面板



- 1 TFT 10.4 寸真彩液晶显示屏，默认分辨率为 800*600
- 2 轨迹球鼠标，试验时的过程控制均可由其完成
- 3 面板优化键盘
- 4 网口，可通过网线外接电脑操作
- 5 USB 接口，可与外部设备（U 盘、打印机等）连接通信
- 6 电源开关

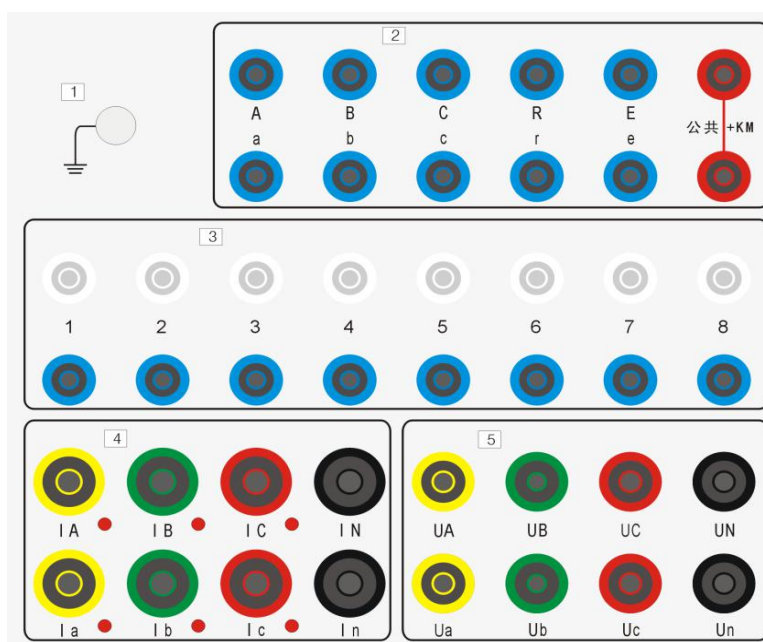
◆ 装置后面板：





- 1 独立直流电源输出，可切换为 110V 或 220V，可作为现场试验电源
- 2 电压输出保险，为 2A，在独立直流或三相电压无输出时可先行检查此保险
- 3 220V 交流电源输入插座，带 10A 电源保险
- 4 GPRS 通讯口
- 5 接地端子
- 6 风扇出风孔
- 7 仪器编号

◆ 输出端子板



- 1 接地端子
- 2 开关量输入端子，共 10 路，电位输入时正端接公共端
- 3 开关量空接点输出，8 路。空接点容量：DC：220V / 0.2A；AC：220V / 0.5A
- 4 电流输出端子，共六路端子右侧的小信号灯指示该路电流输出是否存在波形畸变或负载开路。
- 5 电压输出端子，共六路电压输出



第三章 使用前请阅读

第一节 试验注意事项

- ◆ 测试仪装置内置了工控机和 Windows 操作系统，请勿过于频繁地开关主机电源。
- ◆ 装置面板或背板装有 USB 插口，允许热拔插 USB 口设备（如 U 盘等），但注意拔插时一定要在数据传输结束后进行。
- ◆ 为了保证工控机内置的 Windows 操作系统能稳定可靠运行，请不要随意删除或修改硬盘上的文件和桌面上的图标，请不要随意操作、更改、增加、删除、使用内置 Windows 系统，以免导致操作系统损坏。使用 USB 盘拷贝数据时请一定保证 U 盘干净无病毒，也请不要利用 U 盘在本系统中安装其它软件程序。
- ◆ 外接键盘或鼠标时，请勿插错端口，否则 Windows 操作系统不能正常启动。
- ◆ 请勿在输出状态直接关闭电源，以免因关闭时输出错误导致保护误动作。
- ◆ 开入量兼容空接点和电位（0~DC250V），使用带电接点时，接点电位高端（正极）应接入公共端子+KM。
- ◆ 使用本仪器时，请勿堵住或封闭机身的通风口，一般将仪器站立放置或打开支撑脚稍倾斜放置。
- ◆ 禁止将外部的交直流电源引入到测试仪的电压、电流输出插孔。
- ◆ 如果现场干扰较强或安全要求较高，试验之前，请将电源线（3 芯）的接地端可靠接地或装置接地孔接地。
- ◆ 如果在使用过程中出现界面数据出错或无法正确输入等问题，可以这样解决：将 windows 系统中“D:\ \”下面的“para”文件夹删除，再启动运行程序，则界面所有数据均恢复至默认值。

第二节 开/关机步骤

◆ 开机步骤

- 将测试仪电源线插入 AC220V 电源插座上，如使用外接计算机则将串行通讯线与计算机串口和测试仪的底部通讯口连接好。

检查接线，确认无误后分别打开测试仪电源（若要外接键盘或鼠标请在开电源前插上，当使用外接鼠标时面板的轨迹球将无效），以及外接计算机电源，稍等片刻后将进入“ ”软件主界面。在主界面上，使用轨迹球鼠标或外接鼠标的左键单击主界面上的各种功能试验模块图标，可进行各种试验工作。

◆ 关机步骤

关机时请勿直接关闭面板电源开关，应先关闭计算机的 Windows 操作系统，等待屏幕上提示



可以安全关机时，再关电源开关。

- 用鼠标移动主界面上的光标，或按装置面板上的“⌚ 退出”键来退出各个功能试验单元，回到主界面后，再按“⌚ 退出”键，屏幕上会弹出确认对话框，如下图：
- 需关机请选“确定”键，不关机请选“取消”键。确认后，当屏幕出现“现在可以关闭电源了”的字样后，再关闭面板上电源开关，实现安全关机。
- 也可直接利用操作系统的“开始”菜单关机。



第三节 键盘操作使用方法

一继电保护测试仪的面板优化键盘如右图所示：

ESC 取消：ESC 键，用于中途停止试验或取消选择等。

⌚ 退出：退出/关机。用于关闭窗口、退出试验、关闭 Windows 操作系统。

NUM：备用功能键，暂时未定义功能。

Tab：Tab 键，在“状态系列”模块中用于“按键触发”切换状态。

运行：用于开始试验。

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 . -：用于数字输入。

←|：退格键，用于数字或文字输入时，退格删除前一个数字或字符。

空格：空格键。

▲ ▼ ◀ ▶：用于上、下、左、右移动光标或增、减参数数据。

确认：回车、确认键。



第二部分

软件操作说明

第四章 软件操作方法简介

V3.1 版软件，是公司开发的新一代测试软件，其特点是：界面更加友好美观，软件功能更加完备强大，并且保留了其独有的界面简洁明晰、操作简便、易学易用的特点。根据各测试模块功能的不同，把测试模块划分为六小组：通用测试、常规保护、线路保护、元件保护、自动装置和综合功能。各个组中包含若干子菜单。例如，“通用测试”组中包含了“交流试验”、“直流试验”、“交直流试验”、“谐波试验”、以及“状态系列”等五个测试模块，并且可以任意扩展。



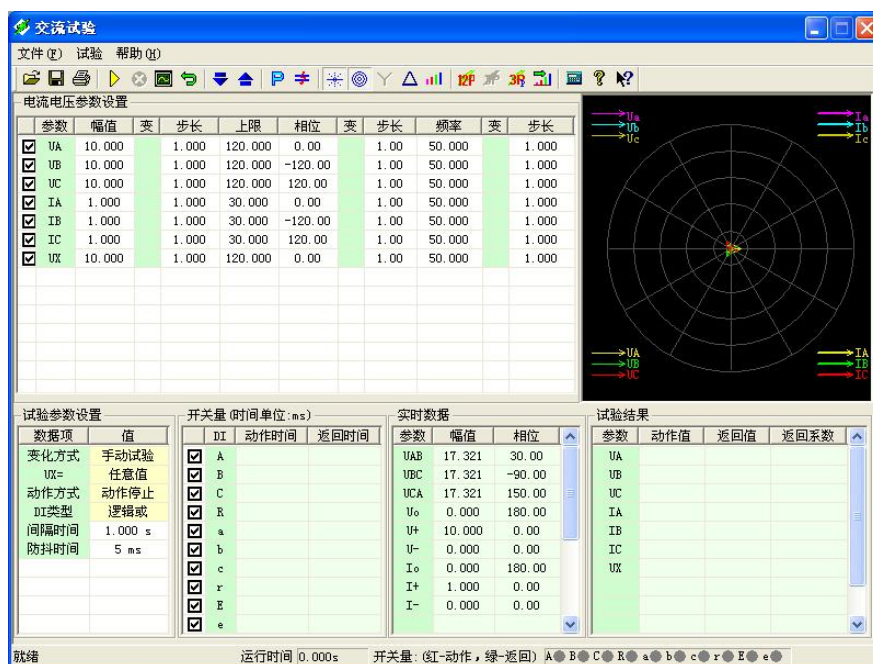
第一节 菜单栏中常用功能介绍

菜单栏中常用的菜单项，在各个测试模块中其名称或符号相同，定义的意义和功能也基本相同。这里以“交流试验”模块为例进行介绍，可以适用于后面介绍的各个功能模块。界面如下图所示：

- **打开参数：**快捷键是 Ctrl+O。用于从指定文件夹中调出已保存的试验参数，将参数放到软件界面上。点击该功能，指向当前模块的试验参数保存的默认路径：D: \\\Para\当前模块名\。
- **保存参数：**快捷键是 Ctrl+S，用于将软件界面上用户所设定的试验参数保存进某一文件中，以便将来可以用“打开参数”再次调出使用。数据将保存在当前模块默认的文件夹下。
- **试验报告：**快捷键是 Ctrl+R，用于从指定文件夹中调出已保存的试验报告。在打开的试验报告窗口中，将显示试验报告内容，并且可以在该窗口中修改和打印试验报告。每次试验结束，系



系统将弹出一保存试验报告对话框以使用户保存试验报告。报告保存的默认路径：D:\试验报告\当前模块名\。



- **退出：** 快捷键是 Ctrl+X，用于退出当前试验模块。
- **开始试验：** 同键盘上的 运行 键，用于开始试验。
- **停止试验：** 同键盘上的 ESC 取消 键，用于正常结束试验或中途强行停止。
- **短路计算：** 点击后将打开一个“短路计算”对话框，该对话框用于故障时的短路计算，并将计算结果自动填入到界面上。需要特别注意的是：当故障类型为接地故障时，零序补偿系数要设置正确。

第二节 工具条中常用按钮介绍



打开保存试验参数按钮（功能同上述）。



打开参数： 快捷键是 Ctrl+O。用于从指定文件夹中调出已保存的试验参数，将参数放到软件界面上。点击该功能，指向当前模块的试验参数保存的默认路径：E:\Para\当前模块名\。



保存试验参数按钮（功能同上述）



数据复归按钮 用于将参数恢复到试验前的初始值，能极大地方便于多次重复性试验。



打开试验报告按钮（功能同上述）



试验开始按钮（功能同上述）



试验停止按钮（功能同上述）



波形监视 单击此按钮可以打开实时波形监视界面，监控仪器当前输出波形，再次单击即可关闭。



短路计算按钮 （功能同上述）



启动功率显示界面按钮 在“交流试验”模块中，可在试验期间打开功率显示界面，对比测试仪实际输出的功率与现场表计测量的功率。



同步指示器 在“同期试验”模块中，可在试验期间打开同步指示器直观地观察试验的进行。



变量步增按钮 “手动”试验方式时，按此键手动增加变量的值一个步长量。其功能与测试仪键盘上的“↑”按钮相同。该按钮在自动试验时无效，会自动成灰色。



变量步减按钮 “手动”试验方式时，按此键手动减小变量的值一个步长量。其功能与测试仪键盘上的“↓”按钮相同。该按钮在自动试验时无效，会自动成灰色。



矢量图 有些测试模块因排版原因，放不下电压电流矢量图的显示，则可通过此按钮打开。



放大镜 用于和缩小各模块界面上的电流电压矢量图。



帮助按钮 用于查看当前测试模块的版本信息及其它。



对称输出按钮 此按钮的作用是使电流电压量按对称输出，也就是说只需要改变任一相的值，其他的几相会自动的根据对称的 3 相交流量输出幅值和相位，如果一相选择可变的话，那么其他相也会相对应的为可变量。



恢复出厂参数设置 点击该按钮，将删除“para”文件夹中所有参数数据。再次进入各功能试验时，试验界面上数值将恢复为出厂的初始参数。



切换到序分量输出 点击此按钮将切换到专门的序分量测试功能界面。此时系统会提示“是否真的进入另一个测试程序”，选择“确定”进入序分量测试界面。



12 相测试界面 点击此按钮进入 12 相（6 相电流 6 相电压）测试界面。



4 相电压 6 相电流并联测试界面 点击此按钮进入 4 相电压 6 相电流并联测试界面。

注意：

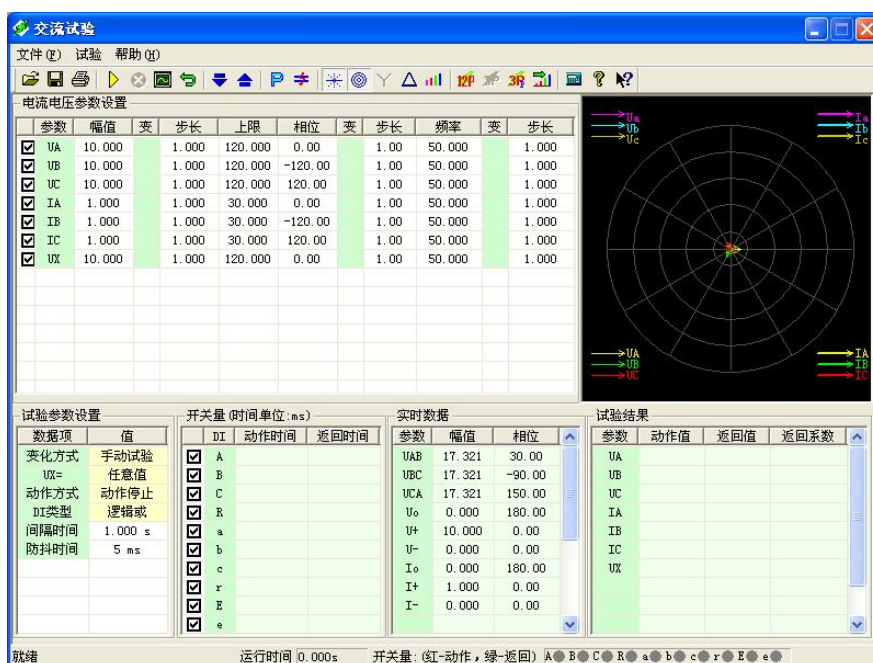
如果在使用过程中出现界面数据出错或无法正确输入等问题，可以这样解决：在综合功能栏中执行“恢复出厂参数设置”功能，将 windows 系统中“D:\”下的“Para”文件夹删除，再启动运行程序，则界面所有数据均恢复至默认值。



第五章 交流试验

“交流试验”模块是一个通用型、综合性测试模块，它有独立的 4 相电压和 3 相电流的测试单元，也有 4 相电压 3 相并联电流测试单元（IA 和 Ia 相加作为 IA 相电流），更有独树一帜的 12 相同时输出单元，和按序分量输出测试单元。通过界面上的 3P、3Pp、12P 和序分量四个按钮进行相互的切换。这些独立的单元互相调用，能充分满足各种要求下的交流试验测试。它们的共同点是：通过设置相应的电压或电流为变量，赋予变量一定的变化步长，并且选择合适的试验方式（有“手动”、“自动增加”和“自动减少”三种试验方式），方便地测试各种电压电流保护的動作值、返回值，以及動作时间和返回时间等，并自动计算出返回系数。鉴于最常用的是“四相电压和三相电流”的单元，而其它几个在使用方法上与此基本相同，所以下面仅以“四相电压和三相电流”为例进行详细介绍。

- 可以灵活控制输出 4 相电压 3 相电流、4 相电压 6 相电流、12 相同时输出多种组合
- 具有按序分量输出功能，直接设置序分量数值，自动组合出各相电压、电流输出，并按序分量进行变化输出
- 各相电压、电流输出均可以任意设置幅值和相位，幅值可以设置上限限制
- 各量的幅值和相位、频率均可以设置变化，变化步长均可任意设定
- Ux 可以设置多种输出方式组合，也可以任意置数
- 可以自动、手动变化，且在输出时可以任意切换
- 在输出状态可以直接修改幅值、相位、步长以及变量的个数
- 可以直接显示功率数值，用于校验功率计量仪表
- 可测量動作值、返回值、動作时间、返回时间





第一节 界面说明

■ 交流量设置

键入电压、电流的有效值后，按“确认”键或将鼠标点至其它位置，被写入的数据将自动保留小数点后三位有效数字。电压的单位默认为 V，电流的单位默认为 A。设置相位时，可键入-180~360°范围内的任意角度。在矢量图窗口中能实时观察到所设置的各个交流量向量的大小和方向的效果图。

交流电压单相最大输出 120V。当需要输出更高电压时，可将任意两路电压串联使用，它们的幅值可不同，但相位应反向。例如：设 U_a 输出 120V、0°， U_b 输出 120V、180°，则 U_{ab} 输出的有效值为 240V。

交流电流单相最大输出达到为 30A（在 4 电压 6 电流并联模式中单相最大可输出 60A）。若要输出更大电流，可将多路电流并联使用，并联使用时各相的相位应相同。采用大电流输出时，应尽量用较粗、较短的导线，并且输出的时间尽可能短。

交流量设置有效值旁边上的“变”一栏是用于选择该输出量是否可变的，如果在某相的有效值或相位后面的“变”栏上点击鼠标打“√”，则说明该输出相是可以变化的，同时“步长”一栏也由灰色变成高亮色，即“步长”允许设置。幅值的变化步长最小值为 0.001，角度的变化步长最小值为 0.01，频率的变化步长最小值为 0.001。

“上限”一栏是设置各相最大允许输出的有效值。试验时如果担心某相会不小心输出太大而损坏继电器，可为该相设一“上限值”，则在试验过程中该相将永远不会超限，可确保继电器安全。

“上限值”在软件出厂的默认值是电压电流的最大输出幅值。

■ U_x

U_x 是特殊相，可设置多种输出情况：

- 设定为 $+3U_0$ 、 $-3U_0$ 、 $+\sqrt{3} \times 3U_0$ 、 $-\sqrt{3} \times 3U_0$ 时， U_x 的输出值由当前输出的 U_A 、 U_B 、 U_C 组合出 $3U_0$ 成分，然后乘以各自系数得出，并始终跟随 U_A 、 U_B 、 U_C 的变化而变化。
- 若选择等于某相（如 U_A ）的值，则 U_x 的输出与相对应相的输出相同。
- 若选“任意方式”，此时 U_x 的输出和其他 3 相电压一样，可以在输出范围内任意输出，也可以按照一定的步长变化其幅值和角度。

注意：

1. 在 6 相电压输出型测试仪中，有 U_A 、 U_B 、 U_C 和 U_a 、 U_b 、 U_c 六相电压输出，其中第四相 U_a 兼作 U_x 特殊相。在 4 相电压、3 相电流方式，使用 U_a 作为 U_x 相。

2. 在 4 相电压、3 相并联电流方式下， I_A+I_a 作为 I_A 输出（等于界面显示的 I_A 数值），此时需要在外部用短线将 I_A 、 I_a 端子短接后，共同作为 I_A 相输出。 I_B 相、 I_C 相类同。

■ 序分量、线电压等参量显示

在界面的左下角显示当前状态下的线电压以及电压、电流的零序、正序和负序分量。通过这个窗口，不仅可以实时监视“序分量”以及“线电压”的变化情况，这部分的数值是完全根据上面所给的各相分量的当前值计算出来的，不能设置。这个窗口有利于试验人员观察保护动作时各序分量和线电压的值，便于根据不同需要来记录保护的動作值。比如说，做低电压闭锁过流的时候，如果保护定值给的是线电压，那么保护动作时不但可以从上面很直观的看到保护动作时的相电压的值，而且可以从这个窗口直接读出线电压的值，而不需要试验人员自行计算。

■ 功率计量仪表显示按钮



点击此按钮后，将弹出“功率显示”框，如右图所示：

在该显示框中，默认显示的是二次侧的各种幅值、相位、功率等数据。若需显示一次侧的数值（如用于对现场表计进行校验），只需选“一次侧功率和电流”，并输入相应的 PT 和 CT 变比即可。

参量	A相	B相	C相	总和
电压幅值 (KV)	11.000	11.000	11.000	
电压相位 (°)	0.0	-120.0	120.0	
电流幅值 (A)	100.000	100.000	100.000	
电流相位 (°)	0.0	-120.0	120.0	
功率因数	1.000	1.000	1.000	
有功功率 (MW)	1.100	1.100	1.100	3.300
无功功率 (MVar)	0.000	0.000	0.000	0.000
视在功率 (MVA)	1.100	1.100	1.100	3.300

显示一次侧数值时可选“功率单位为兆级”，可使功率单位转换为“MW、MVar”显示，不选“功率单位为兆级”则为“KW、KVar”显示。

■ “测接点动作”和“测动作和返回”

- 在试验目的栏中选择“测接点动作”时，试验过程中测试仪收到保护动作信号后就自动停止试验，此时测试仪记录下保护的動作情况。
- 在试验目的栏中选择“测动作和返回”时，测试仪能测试保护的動作值和返回值，并自动计算出返回系数。

■ 手动、自动方式

● 手动方式

各变量的变化完全由手动控制，手动按一下工具条上的 或 键或者面板键盘上的“↓”或“↑”键，各变量将加、减一个步长量。保护动作时，测试仪发出“嘀”声，并记录下所需记录的動作值。如果还需要测保护的返回值，这时反方向减小或增加变量至保护接点返回，装置“嘀”声消失，记录下所需记录的返回值，并自动计算出返回系数。

● 自动方式

该方式下，当选择“自动增加”或“自动减少”时，开始试验后各变量将自动按步长递增或递减，增减的时间间隔可以设定。当保护动作时，自动记录所需记录的量。如果已选“仅测接点动作”，装置测得動作值后将自动停止试验；如果选择“测動作值和返回值”，在测得動作值后，装置将自



动转换方向，反向变化各变量，直到装置接点返回，从而测量出返回值，记录下返回值并计算返回系数。

■ 间隔时间

间隔时间是指在自动方式时每一步个故障变化的间隔时间，因此我们在设置间隔时间的时候必须保证间隔时间比保护动作的时间长，以便保护能够可靠动作。

注意：

1. “手动”试验中，快到保护动作值时，增、减变量的速度不能太快，以保证变量在每个步长停留足够时间让动作出口，这样测得的结果才更准确。
2. 在自动试验中，每变化一步时，内部计时器将自动清零。在测量继电器的动作时间时，若时间较长，请用“手动试验”方式，并缓慢变化。

■ 输出状态直接置数改变输出值

试验过程中，软件允许在输出状态进行多种直接更改输出功能：

- 在输出状态可以进行手动、自动变化方式的切换，可以进行“递增”或“递减”切换、“测接点动作”或“测动作和返回”切换。在手动方式下可以改变“自动变化时间间隔”。
- 在各种方式下均可随时更改哪些量需要变化，点击对应的“变”框打“√”或取消即可。
- 在手动方式时，可以同时将各相输出改变为所需要的值。具体操作方法是：依次直接键入所需改变的各相的幅值和相位值（在未完成前不按“确认”键），在各值均输入完后按“确认”键，装置将立即同步地将各相输出改变为键入的各值。

■ 开入量

“”系列测试仪各开入量是共用一个公共端的。接入保护的動作接点的时候，一端接测试仪公共端，另外一端接开入 A、B、C、R、E、a、b、c、r、e 中任一个。需要注意的是当接点是带电位的时候，一定要把正电位接入公共端。

在本测试模块中，开入量 A、B、C、R、E、a、b、c、r、e 均默认有效，互为“或”的关系，不需要某个开入量时，可选择关闭。试验时，保护的跳、合闸接点可接至任一路开入量中（在线路保护中，软件默认开入 R 为重合闸信号接入端）。开入公共端（红色端子）在接有源接点时，一般接电源的正极端。只要测试仪接收到某路开入量的变位信号，即在该开入量栏中记录下一个时间。

如果有多路开入量变位，各路中将会记录各自的时间。

■ 开关变位确认时间

各种继电器和微机保护，其接点的断开与闭合常会有一定抖动。为防止抖动对试验结果造成的影响，常设置一定的“开关变位确认时间”。一般来说对于常规的继电器，开关变位时间设置为 20ms，



而微机型保护，开关变位时间设置为 5ms 就可。

	参量	动作	返回	返回系数
<input type="checkbox"/>	UA			
<input type="checkbox"/>	UB			
<input type="checkbox"/>	UC			
<input type="checkbox"/>	IA			
<input type="checkbox"/>	IB			
<input type="checkbox"/>	IC			

■ 测试结果记录

界面的右下角为测试结果的“动作值”、“返回值”和“返回系数”的记录区。记录的内容非常丰富，可以记录三相电压、电流，各线电压，电压、电流的正序、负序及零序分量，各交流量的相位，以及频率等。需要记录哪个量只需在该量前打勾即可。如右图所示。

■ 短路计算按钮

“交流试验”模块是一个非常通用的模块。当需要模拟更复杂的试验时，请点击工具栏中的短路计算按钮，将弹出如右图所示的“短路计算”对话框，在这个对话框中可以设置：

对话框标题：短路计算

故障类型：A相接地

故障方向：正向故障

额定电压：57.735 V

短路阻抗：1 倍整定阻抗

计算模型：
☒ 短路电流不变
短路电流：5 A
☐ 短路电压不变
短路电压：20 V

整定阻抗：
Z: 3.0000 Ω φ: 70.0000 °
R: 1.0261 Ω X: 2.8191 Ω

零序补偿系数：
☒ KL计算方式
幅值：0.667
相角：0
☐ KR/KX计算方式
K_{sc}: 0.667
K_{sr}: 0.667
☐ Z0/Z1计算方式
幅值：3
相角：0

按钮：确定、取消

• 故障类型

在下拉菜单中可选择故障类型有：单相接地短路、两相短路、三相短路，或者是正常状态。其中正常状态是指三相电压为正序额定电压，三相电流为 0A。

• 故障方向

默认情况下是“正向故障”，对有些方向性保护需模拟反向故障时，可在下拉菜单中选择“反向故障”。

• 额定电压

系统的额定相电压。一般额定电压为 57.735V。非故障相电压为此电压。

• 整定阻抗

根据定值单给出的定值类型不同，在界面上可按“Z/φ”或“R/X”两种方式设置故障阻抗。选择哪一种方式设置整定阻抗主要是根据定值单来设置，用哪一种方式设置的时候，另一种方式的值都会由计算机自动计算得出。

• 短路阻抗倍数

上面设置的是定值单中的“整定阻抗”，而试验时常常按0.95倍或1.05倍来进行校验。因此“短路阻抗”=“倍数值”×“整定阻抗”，用此“短路阻抗”再参与短路计算。做“零序保护”试验时，有时可通过灵活设置短路阻抗，在不退出距离保护的情况下来躲开距离保护的抢动。



● 计算模型

当选择“短路电流不变”时，需要设置一定的短路电流。通过给定的“短路阻抗”和该“短路电流”计算出相应故障类型下的“短路电压”。当选择“短路电压不变”时，需要设置一定的短路电压。通过给定的“短路阻抗”和该“短路电压”计算出相应故障类型下的“短路电流”。做“距离保护”试验时，有时可通过灵活设置短路电流，在不退出零序保护的情况下来躲开零序保护的抢动。

注意：“短路电压”在两相短路时是指故障线电压，在其他类型短路时是指故障相电压。

● 零序补偿系数

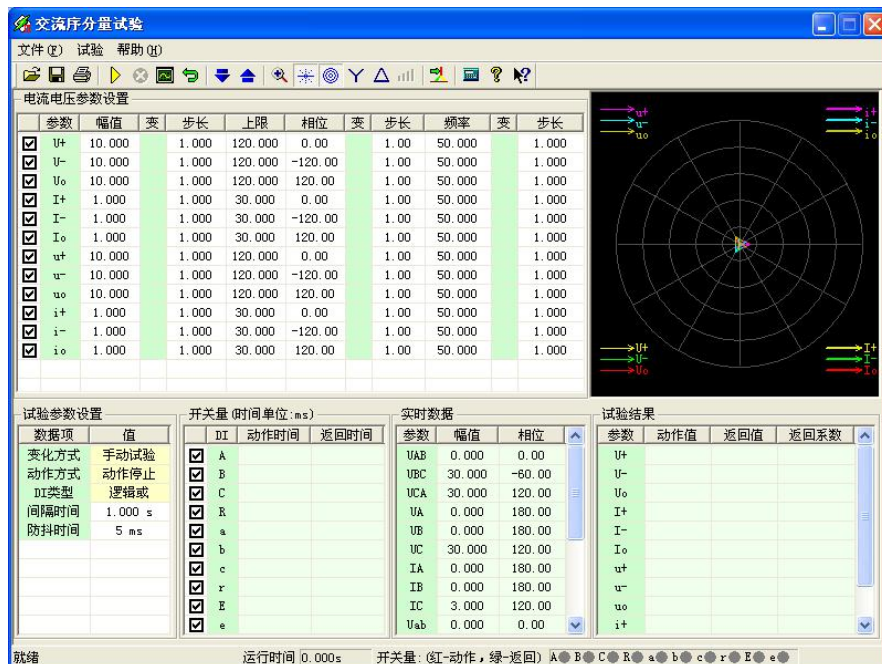
在模拟“接地距离保护”试验时，必须考虑相应的零序补偿系数。软件给出了三种设置方式，请按照定值单中给出的零序补偿系数设置方式对应设置。

设置完以上试验参数后点击“确认”按钮，软件立即将计算出的短路电压、电流，以及相应的角度写入“交流试验”界面中。比如，按上述设置后，计算的结果如右图所示：

参量	有效值	变	步长	上限	相位	变	步长
UA	25.005		1.000	120	0.0		1.0
UB	57.735		1.000	120	240.0		1.0
UC	57.735		1.000	120	120.0		1.0
IA	5.000		1.000	40	-70.0		1.0
IB	0.000		1.000	40	-120.0		1.0
IC	0.000		1.000	40	0.0		1.0
Ux	10.000		1.000	120	0.0		1.0
Hz	50.000		0.000	1000			

■ 按序分量输出功能

序分量测试界面，
如右图所示：



在界面上直接设置需输出的电压电流的各种序分量，不需要象传统的通过设置各相电压电流幅值和相位来得到各序分量，大大简化了操作，甩开了传统的复杂计算，为测试序分量继电器提供了方便。例如，要输出三相负序电压，若在三相交流输出页面，就必须分别设置三相电压的幅值和相位，而现在只需要将所需输出的负序电压值赋予给“U-”，软件能自动计算出测试仪每相应输出的电压幅值和相位关系。

注意:

1. 需要注意的是，这里设置的幅值、变化步长和相位都是序分量，是三相电压或三相电流组合出的各序分量，而不是测试仪单相的实际输出。任意改变界面上的序分量值（包括幅值和相位），软件都能实时计算出相应的三相电压、电流值，其数值在界面左下角的列表区中显示，测试仪电压电流输出端子实际输出的电压电流值即为该量，而非序分量。

2. 界面上的 U_0 、 I_0 、 U_- 、 I_- 是各序量值， U_0 、 I_0 是零序电压、电流， U_- 、 I_- 是负序电压、电流，是我们在保护中常用的 $3U_0$ 、 $3I_0$ 、 $3U_-$ 、 $3I_-$ 的三分之一，这与三相交流试验界面中左下角结果列表显示的值是相一致的。试验时，首先要区分保护所给定的整定值给的是 U_0 、 I_0 、 U_- 、 I_- 还是 $3U_0$ 、 $3I_0$ 、 $3U_-$ 、 $3I_-$ ，若是 U_0 、 I_0 、 U_- 、 I_- ，试验时可直接按定值设置参数，若是 $3U_0$ 、 $3I_0$ 、 U_- 、 I_- ，应将实际的整定值除以 3，再按新的定值进行参数设置。

第二节 试验指导

■ 变压器复合电压闭锁（方向）过流保护

这是当前大容量变压器常见的后备保护之一。用“交流试验”进行模拟时，应注意以下几点：

• 如何输出复合电压

复合电压是指低电压和负序电压。在闭锁过流时，这两种电压是“或”的关系。也就是说，可以理解为是“低电压闭锁（方向）过流”和“负序电压闭锁（方向）过流”两套保护的组合，任一套动作，即输出跳闸。

保护定值单中，“低电压”和“负序电压”常常指线电压，可将其除以 1.732，转换成相电压，由测试仪输出三相电压进行试验。低电压试验时，在“交流试验”中设置三相电压相位为： 0° 、 -120° 、 120° ；负序电压试验时，在“交流试验”中设置三相电压相位为： 0° 、 120° 、 -120° ；

• 电压电流怎样配合输出

如果采用三相电压同时输出，则试验时可任意取其中一相电流输出。

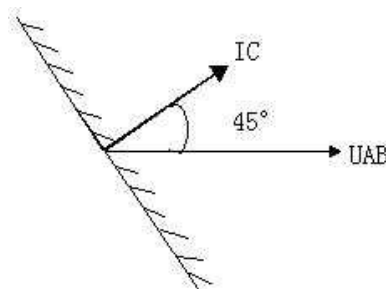
如果采用两相电压输出，则需要通过阅读保护说明书，查看保护是采用什么接线方式。比如，采用 90° 接线，则按“UAB, IC”，“UBC, IA”，“UCA, IB”方式进行输出；采用 0° 接线，常常按“UAB, IA”，“UBC, IB”，“UCA, IC”方式进行输出。

• 怎样测试方向更简单

假设某保护采用 90° 接线方式，低电压定值为 60V，试验时可在“交流试验”中进行如下设置： $U_A=60V$ ，相位为 0° ； $U_B=0V$ ，相位为 0° 。这样，UAB 即为 60V， 0° 。然后固定电压，改变电流 IC 的相位来测试两条动作边界。

• 最大灵敏角的“正”、“负”是怎样定义的

保护定义：电压超前电流的角度为正，反之为负。假设右图所示的 IC 为灵敏角指向，UAB 为参考方向 0° ，则该保护的灵敏角即为： -45° ，两动作边界分别为 45° 、 -135° （阴影部分为动作区）。





● 需要测试哪些项目

过电流值、低电压值、负序电压值、动作灵敏角等。

■ 怎样在输出期间直接置数改变输出

有些保护要求在输出故障之前先输出正常状态量（电压为 57.735V，电流为 0A），以便让保护的“PT 断线”信号消失，或让重合闸充电指示灯亮。还有些保护是需要“突变量起动”的，要求在试验时先输出正常状态量然后突变到故障状态。这些都要求软件能在试验期间直接修改数据，改变测试仪的输出量，突变到另一输出态。下面举例说明：

1. 选择“手动”试验方式，先设置各相输出为正常状态量（电压为 57.735V，电流为 0A），按“RUN”键输出。
2. 在输出状态，依次直接修改各相的数据（幅值和相位）至所需改变的值，注意修改各数据后不要按“确认”键，此时尽管数据已经修改，但测试仪实际输出仍是以前量，待全部各相数据均修改完后再按“确认”键，测试仪的各相输出才同时改变为修改后的值。由于这种改变是各相同步改变的，所以能适应某些突变量起动的保护的输出要求。

参量	有效值	变	步长	上限	相位	变	步长
UA	30.000		1.000	120	0.0		1.0
UB	10.000		1.000	120	-120.0		1.0
UC	10.000		1.000	120	120.0		1.0
IA	5.000		1.000	40	0.0		1.0
IB	0.000		1.000	40	-120.0		1.0
IC	0.000		1.000	40	120.0		1.0
Ux	10.000		1.000	120	0.0		1.0
Hz	50.000		0.000	1000			

界面修改数值后，若还未按“确认”键，当前测试仪实际输出仍为三相电压 57.735V，三相电流 0A。

只有按“确认”键后，测试仪的输出才同时改变为当前界面显示的值。

若界面上的“步长”参量不能输入。点击其前面的“变”框使其打“√”则开放步长修改，即可输入了。

■ 交流试验测试时应注意事项

- 在测试常规继电器时，“开关变位确认时间”应设置得大一点，比如 20ms 左右；若测试的返回误差过大，可能是由于继电器接点抖动过大，这时可以选择“手动”方式来完成；在测试继电器的动作时间时，测试仪输出的交流量应大于 1.2 倍整定动作值以上，以确保保护可靠动作。
- 在测试多段式过流保护时，一般是一段一段地分别进行试验。也就是说，做 I 段定值的时候，把 II 段、III 段都退出，然后逐步递升电流直到保护动作。在这种方式下测出的动作时间往往是不准确的。测动作时间时，最好是由测试仪直接输出 1.2 倍及以上的整定动作值（低电压保护为 0.8 倍及以下），确保保护能够可靠动作，这样测出来的动作时间就比较准确。
- 测试距离保护时，短路阻抗在小于整定定值的时候保护才会出口，所以一般取定值的 0.95 倍来做试验，可保证保护能够可靠出口；在模拟接地距离故障的时候，零序补偿系数一定要设置正确。
- 校验零序电流定值时，要注意区分定值单里给出的是 $3I_0$ 的定值，还是 I_0 的定值。如果是 I_0 的定值，在测试模块的左下角会有显示，如果是 $3I_0$ 的定值，则将左下角显示的 I_0 的值乘 3，看



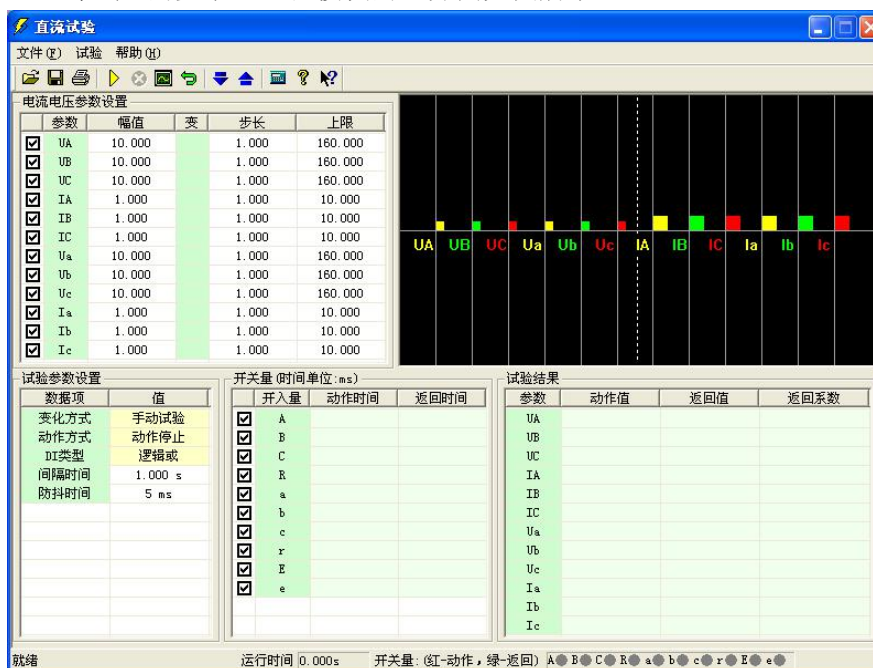
是不是和定值一样。对于距离和零序保护定值的校验，后面有专门的校验模块，测试会更方便，关于这部分软件已在后面介绍。

- 测试低周保护时，选择频率可变。频率变化的步长根据精度的要求来设置，最好是选择“自动”的方式来完成，因为低周有 df/dt 的闭锁值，用手动方式的话不好控制。频率从 50 开始下降一直降到保护动作为止，需要注意的是，间隔时间应该大于保护的動作时间。



第六章 直流试验

直流试验模块提供专门的直流电压和电流输出，主要是为了满足做直流电压继电器、时间继电器以及中间继电器等试验的要求。直流模块的主界面如图所示：



第一节 界面说明

“直流试验”模块和“交流试验”模块的界面相似，使用方法也基本相同，使用时，请参照“交流试验”。现将其不同之处简述如下：

■ 参数设置

每相电压最大输出为 $\pm 160\text{V}$ ，当需要输出更高的电压时，可采用两相电压输出，数值上一正一负，这样输出电压最高可达 320V 。比如 $U_A=110\text{V}$ ， $U_B=-110\text{V}$ ，则 $U_{AB}=110-(-110)=220\text{V}$ 。 U_A 和 U_B 的值不一定要相等，但需注意正、负极性。

单相最大电流输出为 10A ，如需要输出更高的电流，可采用两路或三路电流并联输出的方式，每相幅值应基本相等。

注意：

在做时间继电器试验时，由于一般动作时间较长，应选用“手动”试验方式，给继电器加上额定电压后不需变化，一直等待其动作。接线时，应将继电器的延时接点接至测试仪的开关量。

■ 独立的直流输出

装置的后面板上都有一路独立的大功率直流输出电源。现场试验时，若需要为保护提供一路直流电源，可以采用该直流电源。该电源提供了 110V 或 220V 两个档位输出，并且在一定范围内可调。

使用时请先从保护说明书中弄清楚其额定直流工作电压。然后正确拨好 110V 或 220V 档位，并用万用表测量输出，手调调节旋钮将输出电压调节至所需电压值后，再接入保护装置的电源回路中。

如果保护的显示不正常，请先用万用表测量测试仪输出的直流工作电压，看是不是电压不对，或保险管烧坏。

注意：

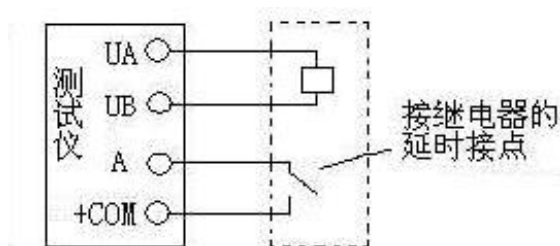
该直流电源在测试仪通电后即有输出，请注意用电安全！

第二节 试验指导

■ 时间继电器测试

试验接线如右图所示：

在软件中可设 $U_A=110V$ ， $U_B=-110V$ ，将测试仪的 U_A 、 U_B 分别接在继电器的电压线圈的两端。此时测试仪对外输出的直流电压为 220V。测试仪的开入量应接在继电器的延时接点上。

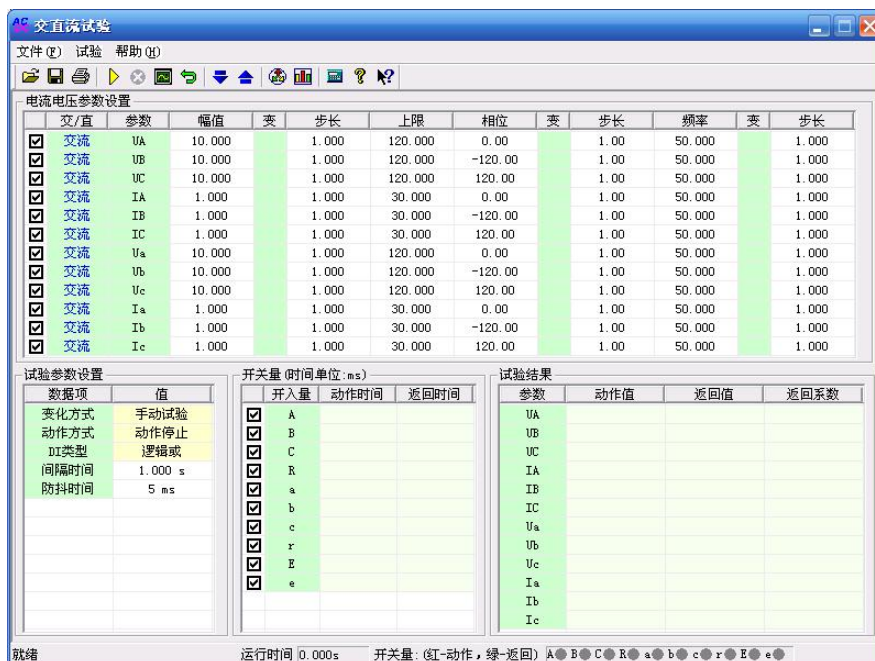


选择“手动”试验方式。开始输出一定时间后，就能测试出其动作时间。

如果要测试继电器的动作电压，可将 U_A 、 U_B 中的某个电压设置为变量，按一定步长从小到大改变 U_{AB} 的大小至保护动作。做该试验时，测试仪的开入量应接在继电器的瞬时接点上。

第七章 交直流试验

交直流试验模块是交流试验和直流试验两个模块的一个综合。在此实验模块中，可以同时输出交流和直流，和“交流试验”模块与“直流试验”模块一样，也是一个通用型的测试模块。



“交直流试验”模块的设置方式和变化模式与“交流试验”模块类似，其具体参数的设置方式可参照“交流试验”和“直流试验”模块。本节仅仅对其不同之处加以说明。

交直流的切换按钮在“交/直”栏中，此栏可以进行交流与直流的切换。鼠标点击“交流”，则软件自动显示“直流”，此时其对应的输出端子则输出直流值；在点击“直流”，则软件自动显示“交流”，此时其对应输出端子则输出交流值。

交流电压单相最大输出 120V。当需要输出更高电压时，可将任意两路电压串联使用，它们的有效值可不同，但相位应反向。例如：设 U_a 输出 120V、 0° ， U_b 输出 120V、 180° ，则 U_{ab} 输出的有效值为 240V。

交流电流单相最大输出达到为 30A（在 4 电压 6 电流并联模式中单相最大可输出 60A）。若要输出更大电流，可将多路电流并联使用，并联使用时各相的相位应相同。采用大电流输出时，应尽量用较粗、较短的导线，并且输出的时间尽可能短。

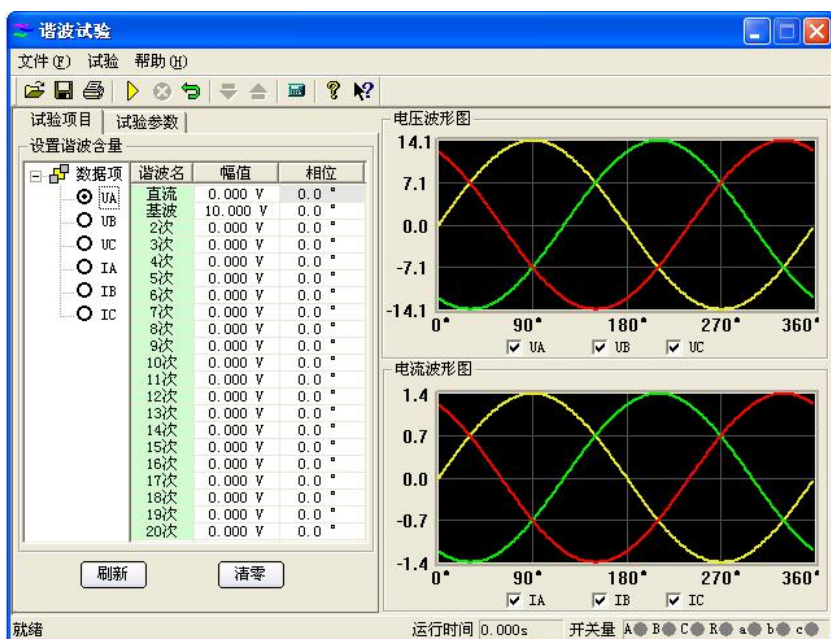
单相直流电压最大输出为 $\pm 160V$ ，当需要输出更高的直流电压时，可采用两相电压输出，数值上一正一负，这样输出电压最高可达 320V。比如 $U_A=110V$ ， $U_B=-110V$ ，则 $U_{AB}=110-(-110)=220V$ 。 U_A 和 U_B 的值不一定要求相等，但需注意正、负极性。

单相直流电流最大输出为 10A，如需要输出更高的电流，可采用两路或三路电流并联输出的方式，每相幅值应基本相等。

第八章 谐波试验

“谐波试验”测试单元可实现三相电压、电流的各次谐波分量叠加输出，用于测试电力系统的设备在各种谐波情况下的工作行为。常用来校验差动谐波制动系数。

- UA、UB、UC、IA、IB、IC 均可以叠加直流及 2~24 次谐波输出
- 各次分量可以按幅值显示和记录，也可以按基波的百分比方式显示和记录
- 可以选择自动变化，也可选择手动变化，幅值和相位均可变化
- 可测量动作值、返回值以及动作时间、返回时间



第一节 界面说明

■ 谐波数据设置

本模块里的谐波有两种显示模式：一是以幅值的方式，另外一种就是以基波的百分比来表示。此时，谐波的幅值就和基波的幅值有直接联系。而且，测试仪输出的叠加后的波形也和这个基波的幅值有关系。一般来说，在进行谐波制动试验时，基波的幅值应设置得大于保护的整定值（比如说差动保护的启动值），以保证在谐波较小或为 0 的时候，保护能可靠动作。

设置谐波含量			
数据项	谐波名	幅值	相位
<input checked="" type="radio"/> UA	直流	0.000 V	0.0 °
<input type="radio"/> UB	基波	10.000 V	0.0 °
<input type="radio"/> UC	2次	0.000 V	0.0 °
<input type="radio"/> IA	3次	0.000 V	0.0 °
<input type="radio"/> IB	4次	0.000 V	0.0 °
<input type="radio"/> IC	5次	0.000 V	0.0 °
	6次	0.000 V	0.0 °
	7次	0.000 V	0.0 °
	8次	0.000 V	0.0 °
	9次	0.000 V	0.0 °
	10次	0.000 V	0.0 °

在这个页面设置谐波的幅值和相位。图上左边选中状态的数据相指的是将要叠加谐波的对应相



的通道。幅值有两种方式表示，图中是以幅值的方式表示的，所以其单位是想对应的电流电压的单位，如果以基波的百分比来表示，则显示的是占基波的百分之多少。这里基波和谐波的相位对试验的结果影响不是很大，一般就用默认的设置就可以了。如果需要设置的话，根据保护的定值设置其两者之间的相位就可以了。

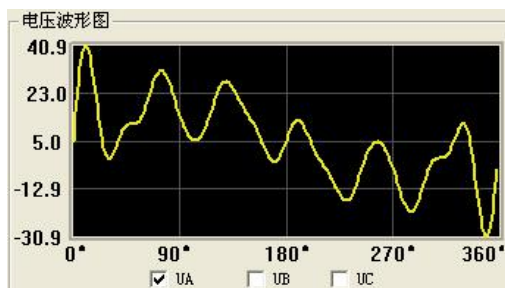


数据复归按钮：试验前设置好的试验数据，在试验期间各量的幅值和相位可能有变化，

在试验结束后，按此键可以让数据“复归”到试验前的状态。这极大地方便了重复性试验。

这里是对叠加后的波形显示。可以选择3相都显示，也可以单独显示一相的波形。如图中所显示的就是A相电压叠加后的了谐波以后的波形。这个图形显示很方便与示波器的图形进行对比。

各相电压的直流输出范围是-160~160V，基波和谐波的输出范围是0~120V；各相电流的直流输出范围是-10~10A，基波和谐波的输出范围是0~40A。



在同一个通道中叠加的波形有效值总和不能超过120V（40A）。若超出范围，软件将给出超出范围提示，此时请检查输入数值或检查数据变化后总幅值是否已经超过了120V（40A）。在数据输入时和输出变化中均要进行叠加幅值检查。

■ 试验参数

● 变量选择

变量：从下拉菜单中选择需要变化的通道，如图中选择的是A相电压做为变化量。

波形：指的是那次谐波变化，从直流到20次谐波。

幅值步长：这里的步长也与“谐波表示方法”相对应。当选择“以幅值表示”时，步长也以幅值表示，单位是A或V；而选择“以基波的百分比表示”时，则步长也是百分比。

● 变化范围、时间

变化始值：变化初值是前面所设置好的谐波值。初值是从前页的谐波数据页面中自动取来的，不能修改。要修改初值必须在谐波数据页中进行。初值在此以幅值的方式表示。

变化上限：变化量的输出上限值，该值可以确保输出的量值不至于太大，以致损坏保护装置。

变化时间：变化时间指的是每变化一步的间隔时间，一般设置为稍大于保护的整定动作时间。

防接点抖动时间：默认为5ms。做继电器试验时，如果接点抖动较大，应设置较大的防抖时间。

试验项目		试验参数	
变量选择		开关量设置	
数据项	值	开关量	
变量	UA	<input checked="" type="checkbox"/>	接点A
波形	2次谐波	<input checked="" type="checkbox"/>	接点B
幅值步长	1.000 V	<input checked="" type="checkbox"/>	接点C
相位步长	0.0 °	<input checked="" type="checkbox"/>	接点R
变化范围与时间设置		<input checked="" type="checkbox"/>	接点a
数据项	值	<input checked="" type="checkbox"/>	接点b
变化始值	0.000 V	<input checked="" type="checkbox"/>	接点c
变化上限	51.000 V	谐波表示方法	
变化时间	1.000 s	<input checked="" type="radio"/>	幅值表示
防抖时间	5 ms	<input type="radio"/>	基波百分比表示
变化方式		试验结果	
<input checked="" type="radio"/>	手动变化	序号	接点
<input type="radio"/>	自动增加	动作时间	返回时间
<input type="radio"/>	自动减少		

● 谐波表示方法

各相的谐波分量的数据可以选择“以幅值的方式表示”，也可以选择“以基波的百分比表示”。当选“以基波的百分比表示”，在“谐波”页面中各次谐波的值显示为相对于基波幅值的百分比，变量的幅值步长也以基波的百分比表示。例如，在“以幅值表示”时，某相电压 2 次谐波幅值为 2V，基波幅值为 10V，则当选择“以基波的百分比表示”时，此时显示的 2 次谐波为 20%。

● 开关量设置

开关量页用来定义哪几路开入量动作有效。默认 A、B、C、R、E、a、b、c、r、e 十路开关量全部有效。试验时可自定义指定哪几路开关量有效（打“√”为有效）。各开关量的关系为或关系。

● 变化方式

这里提供手动方式、自动增加、自动减少三种变化方式，来实现试验过程是对各相的谐波分量的变化情况。

第二节 试验指导

■ 谐波制动系数检验（变压器差动保护部分）

● 试验接线：

接线方法 1（高、低压侧同时加电流）：测试仪 IA 接高压侧 A 相，IB 接低压侧 a 相，高、低压侧的中性线短接后接测试仪 IN。

接线方法 2（仅高压侧加电流）：测试仪 IA 接高压侧 A 相，高压侧的中性线接测试仪 IN。

● 试验方法：

下面以**接线方法 2**为例（仅高压侧加电流）：

假设某变压器的二次谐波制动系数为 20%。

先在“参数”页面中选择“以基波的百分比表示”。

然后在“谐波”页面中选 IA，设置基波幅值为 2A，并在表格中设置 2 次谐波为 25%（大于谐波制动系数为 20%，使保护开始试验时不动作），如图所示：

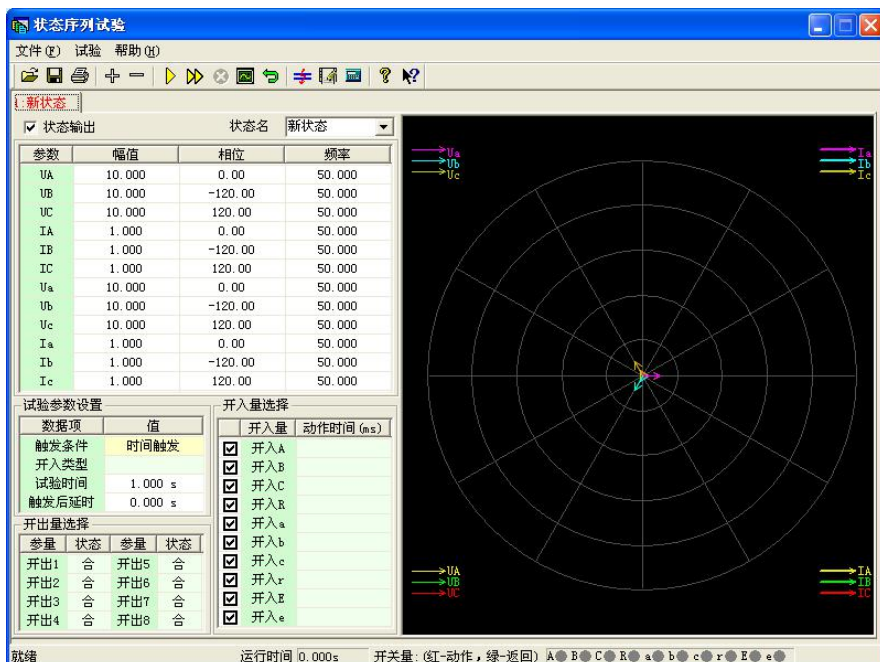
切换至“参数”页面，选择 IA 为变量，波形为“二次谐波”，并设幅值步长为 1%，选择“手动变化”方式。设置好的参数如上图所示。开始试验，按步长逐步减小变量致保护动作。将动作时 IA 的二次谐波百分比值与整定的制动系数对照。

设置谐波含量			
数据项	谐波名	幅值	相位
<input type="radio"/> UA	直流	0.00 %	0.0 °
<input type="radio"/> UB	基波	1.000 A	0.0 °
<input type="radio"/> UC	2次	25.00 %	0.0 °
<input checked="" type="radio"/> IA	3次	0.00 %	0.0 °
<input type="radio"/> IB	4次	0.00 %	0.0 °
<input type="radio"/> IC	5次	0.00 %	0.0 °
	6次	0.00 %	0.0 °
	7次	0.00 %	0.0 °
	8次	0.00 %	0.0 °
	9次	0.00 %	0.0 °
	10次	0.00 %	0.0 °
	11次	0.00 %	0.0 °
	12次	0.00 %	0.0 °
	13次	0.00 %	0.0 °
	14次	0.00 %	0.0 °
	15次	0.00 %	0.0 °
	16次	0.00 %	0.0 °
	17次	0.00 %	0.0 °
	18次	0.00 %	0.0 °
	19次	0.00 %	0.0 °
	20次	0.00 %	0.0 °

第九章 状态系列

状态序列主要是为了满足电力系统中一些特殊的保护测试需要。例如，做厂用电的快切以及备用电源的自动投入试验，配电系统保护装置多次重合闸等。状态系列试验中最多可以添加多个状态，每个状态可根据实际情况自由定义电压电流数据，模拟复杂的电网状态变化。通过十对开入量的翻转来获取并测量保护的動作值与動作时间。状态序列的主界面如图所示：

- 可以灵活控制多个状态输出，每个状态可以输出 6 相电压、6 相电流
- 每个状态可以关闭、增删、插入，可以命名，可以设置多种触发方式
- 可以方便灵活地模拟各种复杂的故障情况，测试复杂的逻辑组合

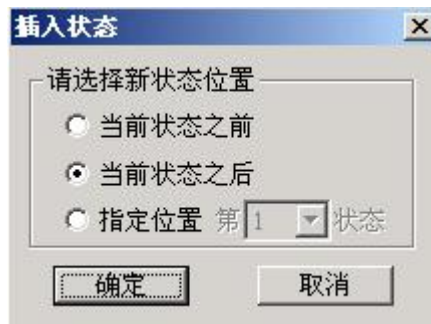


第一节 界面说明

■ 增加、删除状态

按“+”、“-”按钮可以添加新状态或删除当前状态，最多可以添加至九个状态。添加新状态时，默认添加到当前状态之后，试验人员也可在弹出的对话框中根据实际需要將新状态添加至合适的位置。如图所示：

需要删除状态时，先用鼠标选中该状态（某状态处于当前状态时，其标题以红色字显示），再按“-”按钮即可。



■ “状态输出” 选项

根据实际需要，可以通过去掉此选项前的“√”来实现跳过某个状态。此时该状态将以灰色显示，不再参与整个试验过程。


■ 状态名

因为该测试模块常用来做“重合闸及后加速”试验，在状态名下拉菜单中，软件已定义了“故障前”、“故障”、“跳闸后”、“重合”和“永跳”等五个默认的状态名，供试验人员选择。用户也可根据需要，直接在方框内键入自定义的状态名。自定义的状态名不会被固化到该下拉菜单中，可随时更改。参与过试验的自定义状态名在下次再打开此测试模块时仍然存在。

■ 状态参数设置

每个状态下的交流量参数均可自由设置，方法同“交流试验”。要模拟复杂试验时，还可通过打开界面上的“短路计算”功能自动计算得出，计算出的数据也可以进行修改。

■ 短路计算

点击“短路计算”或按  按钮后，将打开一个“短路计算”对话框，该对话框用于模拟各种故障时的短路计算，并将计算结果填入到当前状态中。需要特别注意的是：当故障类型为接地故障时，零序补偿系数要设置正确。如右图所示。



对话框标题为“短路计算”。

左侧区域包含：

- 故障类型：下拉菜单，显示“A相接地”。
- 故障方向：下拉菜单，显示“正向故障”。
- 额定电压：57.735 V。
- 短路阻抗：1，倍整定阻抗。
- 计算模型：
 - ☒ 短路电流不变，短路电流 5 A。
 - ☐ 短路电压不变，短路电压 20 V。

右侧区域包含：

- 整定阻抗：
 - Z: 3.0000 Ω, φ: 0.0000 °
 - R: 3.0001 Ω, X: 0.0000 Ω
- 零序补偿系数：
 - ☒ KL 计算方式，幅值 0.667，相角 0。
 - ☐ KR/KX 计算方式，Kr: 0.667, Kx: 0.667。
 - ☐ Z0/Z1 计算方式，幅值 0，相角 0。

底部有“确定”和“取消”按钮。

■ 状态翻转条件

状态翻转有多种触发方式，它们是由一状态翻转进入下一状态的条件。

• 时间触发：

当选择该触发方式时，可以根据实际需要，在“最长状态时间”和“触发后延时”中分别设置一定的时间。试验时，经过上述两段延时后，自动进入下一状态。“最长状态时间”是指这个状态的最长输出时间。“触发后延时”是指触发（包括下面的几种触发）后延时进入下一状态，该时间可用于模拟开关变位确认时间来躲过保护接点的抖动，也可以模拟保护开关跳闸或合闸的延时。


• 开入量触发：

选中该触发方式时，测试仪的十路开入量都将有效。十路开入量为“或”的关系，可以根据需要去掉多余的开入量（取消其前面的“√”）。测试仪检测到所选的开入量动作时，将经“触发后延时”时间即翻转至下一状态。

为防止接点“抖动”而影响试验，在该触发方式下一般应设置一定的“触发后延时”。

• 按键触发：



选“按键触发”时，试验期间，当状态翻转至该状态时，通过手动点击界面上的  按钮或按测试仪面板上的“Tab”键来实现状态触发翻转。这是手动控制试验进程的一种有效方式。

• GPS 触发：

选择 GPS 触发时，利用 GPS 时钟的分脉冲或秒脉冲触发，实现多台测试仪的同步测试。

注意：

1. 时间触发和开入量触发可以同时打勾，此时二者哪个条件先到即触发翻转。
2. 选开关量触发时，一般需设一定的“触发后延时”（约 5—20ms），以免接点抖动导致多次误触发翻转。

■ 开出量状态

在每个状态中均可设定 8 组开出量的输出状态。每个状态下可以设置开出量的输出不一样，可以实现在各状态翻转过程中，开出量的开合变化。

第二节 试验指导

状态序列其功能比较强大，因为其总共可以设置多个状态。在这多个不同状态下翻转，可以完成一些相对较复杂的试验项目。比如说模拟重合闸及后加速以及备自投的试验。下面就用状态序列来模拟重合闸及后加速的调试做一下说明。假定过流保护动作重合后由过流 2 段加速跳闸，各个状态的设置和说明如下：

◆ “故障前状态”

故障前状态主要的作用是给重合闸一个足够的充电时间，所以选择用“时间触发”来实现状态的翻转。故障前测试仪输出一个正常的工作状态，加给保护一个正常的电压。

◆ “故障态”

故障态用于模拟一个过流故障，也就是由测试仪的 IA 相出一个电流，电流定值大于保护的过流值，使保护的过流保护动作出口。这里用“开入量触发”作为本状态翻转的条件，也就是开入量 A 接到保护的動作信号后进入下一个状态。

◆ “重合态”

这个状态是一个重合等待状态，和“状态 1”一样，测试仪输出的是一个正常的等待状态，在这个状态里中自动重合闸装置动作。状态翻转条件选择“开入量触发”，也就是开入量 R 接到重合闸信号后才进入下一个状态。

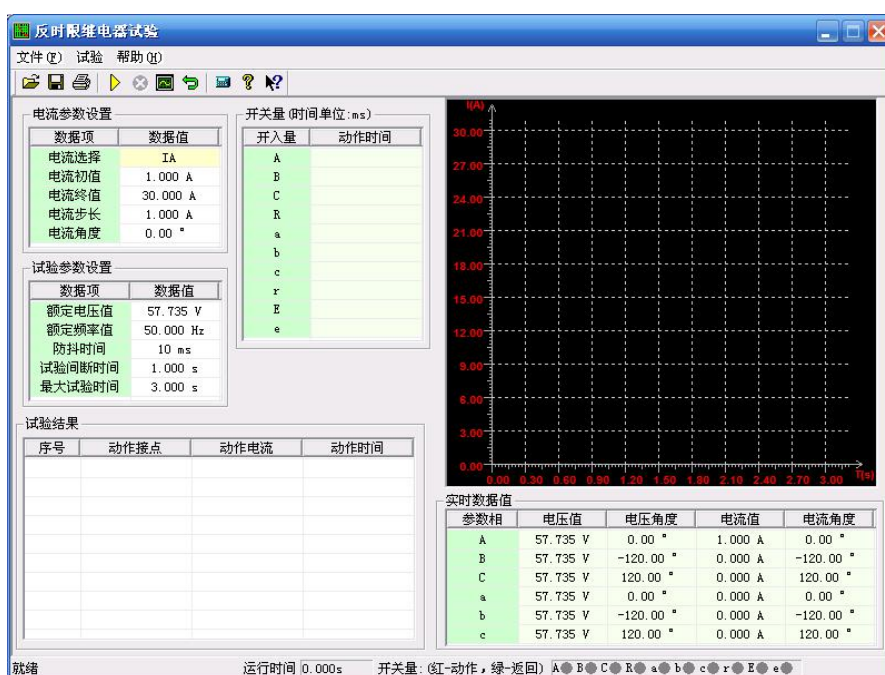
◆ “后加速”

这个状态是整个试验的最后一个状态，也就是后加速状态。模拟的是一个电流后加速故障。对于故障类型的设置就看具体的保护是什么样的后加速故障，就模拟什么样的后加速故障状态。同样选择“开入量触发”状态翻转条件，也就是在接到保护跳闸信号后测试停止。

第十章 反时限继电器

“反时限继电器”测试模块主要是用来测试反时限继电器的动作特性的。在此模块中，不仅可以测试反时限继电器在不同动作电流下的动作时间，而且可以描绘出反时限继电器的动作特性图。

- 在输出范围之内，可以任意设置要测试的电流值，自动测试并记录继电器在不同电流下的动作时限
- 在 I-T 坐标系内自动描绘所测试的继电器的动作特性图并生成相应的图形报告



第一节 界面说明

■ 电流电压参数设置

电流选择：设置测试仪的电流输出通道。新型继保仪型有 6 个独立的电流输出通道 IA、IB、IC、Ia、Ib、Ic，可以选择中任一通道作为测试时的电流输出通道。6 个电流输出通道彼此独立，互为备用。例如选在 IA 输出，则在试验过程中，由测试仪的 IA 输出通道输出所需的电流。

电流初值：设置电流输出的初始值。

电流终值：设置电流输出的最大值。在试验过程中，当电流输出达到终值并等待动作后，将停止输出并结束试验。

电流步长：设置电流每次变化的值即 ΔI 。输出的电流值在每次的变化中会按照此步长变化。例



如步长设置为 1A，则每次输出的电流值的大小会在上次输出的电流值的基础上增加或者减少 1A。

电流角度：设置电流输出的初始相位角。此角度为滞后于对应相电压的角度，如 IA 的角度即为滞后于 UA 的角度。

额定电压值：设置电压输出的额定值。默认为 57.735V，可修改。三相电压均输出正序额定值。

额定频率值：设置电压和电流的额定频率。软件默认为 50HZ，可修改。

■ 时间参数设置

防抖时间：设置接点的防抖动时间。一般情况下，当所加电气量在接近继电器的动作值的时候，继电器的接点会产生抖动。为了避免在接点的抖动过程中测试仪误判为继电器动作，因而引入防抖时间的概念。例如该值设置成为 10ms，则表示当继电器的接点可靠闭合 10ms 以上，测试仪才会判为继电器动作。

试验间断时间：设置试验过程中，测试仪暂停输出的时间。在反时限继电器的测试过程中，每次电流变化之前，测试仪会停止输出一段时间，在此时间内，测试仪无任何输出，以便于保护复归，接点返回等。例如该值设置为 0.5S，则测试仪在输出设定的某个电流值以至于保护动作之后，会停止输出 0.5S，然后在输出另外一个设定的电流值。

最大试验时间：设置某一设定电流值的最长输出时间。在该时间内，如果继电器动作，则测试仪记录动作时间并跳转至下一状态，如果继电器未动作，则测试仪持续输出当前电流值至最大试验时间后并跳转至下一状态。例如该值设置为 5S，在 5S 之内，若继电器动作，测试仪会结束当前状态，若继电器未动作，测试仪最长输出当前电流值 5S 后结束该状态。

■ 开关量设置

测试仪提供 10 组开入量来反映继电器的动作情况。对这 10 组开入量测试软件默认为逻辑“或”，即继电器的动作接点可接入任一开入量中，当继电器动作，该组开入量会记录并保存继电器在当前电流值下的动作时间。

第二节 试验指导

对于常规反时限继电器和微机反时限保护来说，二者的接线方式和设置方法完全一样，以下以常规反时限继电器为例来说明在该模块中如何完成对继电器的测试。

■ 接线方法

根据软件上所选择的电流输出相，将测试仪上相对应的电流输出端子接入到继电器的电流线圈上；将继电器的动作接点接入到测试仪的任意一组开入量上。

注意：

若继电器的接点为带点位接点，则需将高电位的一端接入测试仪开入量的“+KM”端子上。



■ 试验过程

根据继电器的参数设置软件的测试参数。其中“最大试验时间”应大于继电器的最长的动作时间，否则当测试仪输出小电流的时候，因为继电器的动作时限很长，若“最大试验时间”过短，则会出现继电器在该电流值时不动作的情况。这是因为还未达到继电器的动作时限而测试仪已经停止输出并准备跳转至下一状态。

在设置完测试参数后点击“开始试验”，软件会根据设置的参数自动生成所需输出的电流值并自动开始试验。例如设置“电流初值”为 1A，“电流终值”为 20A，“电流步长”为 1A，“试验间断时间”为 1s。则测试软件会生成 1A、2A、3A.....20A 等电流数据。开始试验后，测试仪最开始会输出 1A 的电流值持续至继电器动作，然后停止输出 1s 后再突变输出 2A 的电流值持续至继电器动作，如此直至输出 20A 的电流值直至继电器动作。在每次输出不同的电流值之间，测试仪均会停止输出 1s 时间以便接点返回。

测试仪记录每次输出时继电器的动作情况并反映在“试验结果”栏目中。在继电器每次动作后，均会在测试软件右边部分的 I-T 坐标系内描绘当前的动作点，当所有测试点都测试完毕后，测试软件则会将坐标系内所有特性点按一定顺序连线以绘制出该继电器的动作特性图。

试验结束后会弹出对话框以提示是否保存该次试验报告。可根据需要设置不同的保存路径。测试软件默认的保存路径为 D:\试验报告\反时限继电器。该报告为 WORD 格式。

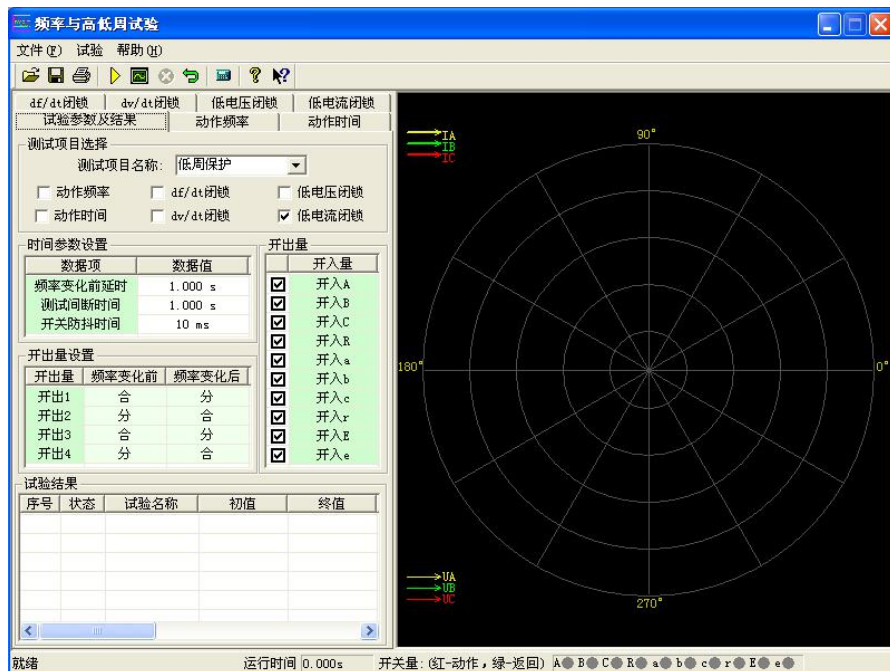
保存报告，用 U 盘复制该试验报告至 PC 上，则可对报告进行一定的编辑修改并打印出来。



第十一章 频率及高低周试验

“频率及高低周试验”测试模块主要是用来测试低周减载和高周切机等保护的各项功能。根据其功能，将这个模块分成了六个测试单元。

- 测试项目全面，包含了几乎所有的频率及高低周保护
- 频率可以下滑进行低周减载测试，也可以上滑进行高周试验

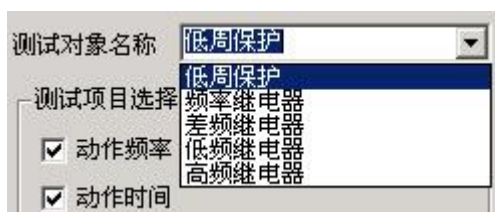


第一节 界面说明

■ 测试项目

有“动作频率”、“动作时间”、“df/dt 闭锁”、“dv/dt 闭锁”、“低电压闭锁”以及“低电流闭锁”等六个测试项目。根据需要，可以选择其中的一个或者多个进行试验。选择多个测试项目时，在一个测试项目测试完毕后，会弹出相应对话框提示是否进行下一个测试项目。

测试对象名称中包含“低周保护”、“频率继电器”、“差频继电器”、“低频继电器”以及“高频继电器”五种继电器。默认情况下选择“低周保护”。其下拉菜单如图所示：



■ 试验参数

● 频率变化前延时

在变量的每个变化过程中，装置先以额定频率 50Hz 输出，维持至“频率变化前延时”结束，然后再开始变化。该项在有些保护测试是非常有用，可以用来等待保护频率闭锁后解除闭锁。

● 测试间断时间

每一次试验结束后装置将停止输出至“测试间断时间”结束，再进入下一次试验。

● 整定值

各测试功能页中均有整定值输入框，这些整定值在试验期间起滞重要作用，所以必须设置准确。一般按整定值清单进行设定，或按所测试出的实际动作值进行设定。

可需要自行设定“允许误差”。试验测得的“测试值”与“整定值”进行比较后，得出一个相对误差，从而反映保护的性能。

■ 动作频率

● 初始频率和终止频率

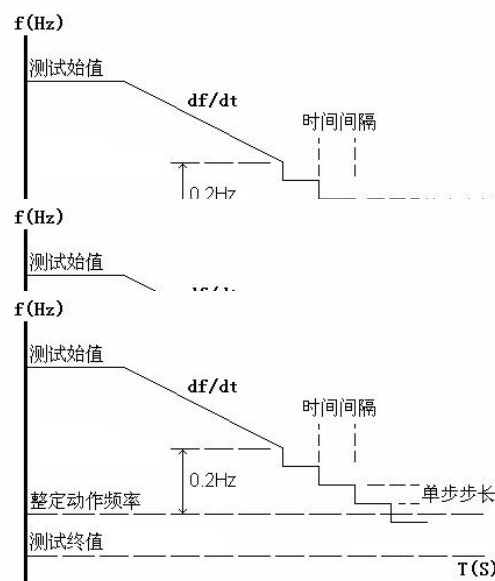
频率从初始值向终止值变化。故应使动作频率位于初始值和终止值之间，当频率从始值向终值变化时，跨过动作频率，以使保护能动作。

● df/dt 设置值

测试动作频率时，频率按此 df/dt 值均匀下滑。

● 测试过程说明

测试时频率分两阶段变化：开始，频率以初始频率输出，经过变化前延时后，先按所设定的 df/dt 均匀下滑至比整定动作频率高 0.2Hz 处，然后，按设定的步长以一定时间间隔逐格降低频率。在逐格变频过程中如果保护动作，则测试出动作值。如果未动作，当变化至终止频率，即认为保护不会动作而结束该项目测试。



这里逐格变频的时间间隔是根据整定的动作时间自动确定的，该时间间隔比整定动作时间长 0.2s。故整定动作时间应设置正确，以保证在变化时间间隔内保护有足够时间可以动作。整定动作频率也必须设置正确，以保证保护在第二阶段逐格变频时可以动作。

例如：已知低周动作值为 48.5Hz，动作时间为 0.5s，可以设定测试范围为 50Hz — 48Hz，步长为 0.05Hz， df/dt 为 1Hz/s。测试仪开始时输出 50Hz，延时后，以 1Hz/s 下滑至 48.7Hz 处，然后以 0.05Hz 为步长、0.7s 为时间间隔逐格降频，降至 48.5Hz 处保护动作，测出动作值。

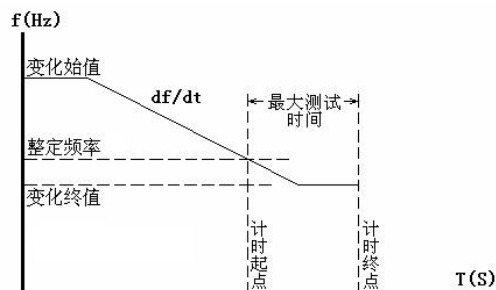
注意：

1. 整定动作值、整定动作时间必须设置准确，否则会影响测试精度。
2. 做该试验时频率变化前延时一般不能太小，以使保护有足够时间解除闭锁状态。

3. 测试始值和终值不能设置得太小（一般应不低于 45Hz），否则保护将闭锁。

■ 动作时间

动作时间测试的方法：频率从初始频率（一般为 50Hz）下滑至终止频率并等待动作。该终值应小于动作频率值以确保装置可以动作，但测试动作时间的计时器是从所设置的整定频率处开始计时，故整定频率若设置有偏差将影响时间测量精度。试验过程见右图。



■ df/dt 闭锁

• df/dt 测试范围

测试“df/dt 闭锁值”时，在 df/dt 初值至 df/dt 终值范围内逐点进行试探测试，每轮测试时频率按当时 df/dt 值下滑（或上滑），看保护是否动作，当试探至某一轮试验时保护动作，则测试出此时的 df/dt 闭锁值。

因为保护在大于整定的 df/dt 值下滑时闭锁，所以，一般 df/dt 初值应设置为大于保护整定的闭锁值，df/dt 终值应设置为小于保护整定的闭锁值，即测试时保护从不动作到动作，即可测出保护的 df/dt 闭锁值。

• 频率变化范围

每轮试验频率从初始频率下滑（或上滑）至终止频率。初始值一般为 50Hz，终止值应小于整定动作频率，但不能设置太小，因为一般装置都有一个固有的“闭锁频率”，频率太低了，装置将会被闭锁不出口。

注意： 做该试验时频率变化前延时一般不能太小，以使保护有足够时间解除闭锁状态。

■ dv/dt 闭锁

这个测试页与上文中的“df/dt 闭锁”很相似，区别在于每轮测试变化的是 dv/dt 值。下面只对它们的不同点做介绍。

• dv/dt 测试范围

测试“dv/dt 闭锁值”时在 dv/dt 初值至 dv/dt 终值范围内逐点进行试探测试，每轮测试时电压按当时 df/dt 值下滑（或上滑），看保护是否动作，当试探至某一轮试验如果保护动作，则测出 dv/dt 闭锁的边界值。

因为装置在大于整定的 dv/dt 闭锁值时处于闭锁状态，所以，一般 dv/dt 初值应设置为大于装置整定的闭锁值，dv/dt 终值应设置为小于装置整定的闭锁值。即测试时保护从不动作到动作，即可测出装置的 dv/dt 闭锁值。

• 电压变化范围

为了模拟电压下降的过程，一般应设电压的“初始电压”大于“终止电压”。同时，为了保证低周装置不因低电压而闭锁，因此设置的电压“终止电压”应大于装置定值菜单中整定的低电压闭



锁值。

• 测试时 df/dt 值

在 dv/dt 闭锁测试单元中可以设置频率变化。频率按所设置的 df/dt 变化，在设置 df/dt 时，应保证其值小于装置所整定的 df/dt 闭锁值。一般测试时常设置 df/dt 为 0，即频率不变。

■ 低电压闭锁

该页与上文中的“ df/dt 闭锁”和“ dv/dt 闭锁”相似。下面仅介绍不同点。

• 电压测试范围

测试时电压在初始电压至终止电压范围内逐点进行试探测试，每轮测试时频率变化，但电压固定为当时值。电压值从始值逐点增加，当增加至某一值时装置解除闭锁正确动作，则该值即为低电压闭锁边界值

由于装置在电压小于闭锁值时处于闭锁状态，故一般初始电压应设置为小于装置整定的闭锁值，终止电压应设置为大于装置整定的闭锁值。即试验从装置不动作到动作，从而测出装置的低电压闭锁值。

■ 低电流闭锁

该测试页与“低电压闭锁”试验方法非常相似。现场试验时，请参考“ df/dt 闭锁”、“ dv/dt 闭锁”和“低电压闭锁”中的使用说明。

第二节 试验指导

下面均以“低周动作值测试”为例，详细说明具体的试验方法

■ 接线方法

测试仪三相电压 UA、UB、UC 接保护三相电压，测试仪 UN 接保护的 UN；测试仪开入量 A、B 分别接保护的第一轮和第二轮甩负荷开出引线的一端，另一端短接后接测试仪开入量的公共端；最后接上装置的工作电源（如果装置需要直流工作电源，可以从测试仪后面板的独立直流电源引接）。

■ 选择

打开“频率及高低周保护”测试模块，选择“低周保护”测试对象的“动作频率”测试项目；

■ 设置

切换到“动作频率”测试界面，设置试验数据，如

df/dt 闭锁	dv/dt 闭锁	低电压闭锁	低电流闭锁
试验参数及结果		动作频率	动作时间
电流电压设置			实时数据
参量	幅值	相位	
UA	57.735 V	0.00 °	当前频率： 动作值：
UB	57.735 V	-120.00 °	
UC	57.735 V	120.00 °	
IA	0.000 A	0.00 °	
IB	0.000 A	-120.00 °	
IC	0.000 A	0.00 °	
试验参数值设置			装置整定值设置
数据项	数据值	数据项	数据值
初始频率	50.000 Hz	动作频率	49.000 Hz
终止频率	30.000 Hz	动作时间	0.100 s
变化步长	0.050 Hz	允许误差	5.200 %
df/dt 设置值	0.500 Hz/s		
提示： 1. 请务必将整定动作频率和动作时间设置正确 2. 测试时 df/dt 设置值一般应小于 df/dt 闭锁值			



右图所示：

- **整定动作频率**

按照保护的定值单或保护实际整定的定值设置。

- **整定动作时间**

保护的定值单上的整定动作时间。第二阶段逐格变频的时间间隔等于该值加 0.2 秒。该值如果设置太小，有可能会使保护在一个变频时间间隔内来不及动作，故该值应正确设置。

- **动作频率测试范围**

“初始频率”必须高于保护整定动作频率，并且“终止频率”必须低于整定动作频率，即将动作频率置于二者之间，

- **频率变化步长**

“变化步长”依据对试验的精度要求而定，一般按默认的 0.05Hz 设置即可。

- **测试时 df/dt 值**

指频率下降过程中第一阶段的均匀变频速率， df/dt 值应小于保护整定的闭锁值。

■ **开始试验按钮**

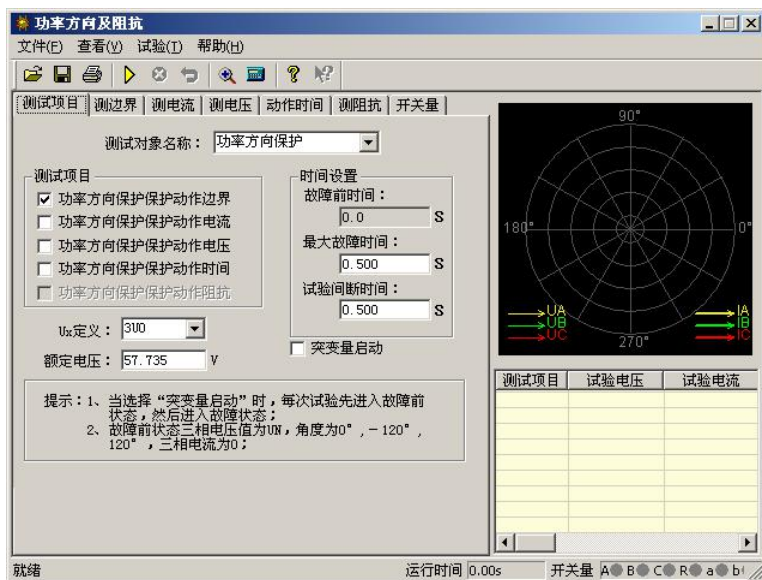
检查试验参数均设置正确后，即可开始试验。试验期间，界面上的“当前频率 Hz”栏可以观察到当前测试仪输出的实时频率。测试仪未输出电压时，保护上的“异常”灯会亮。当测试仪输出的频率小于保护的“启动值”时，保护上“启动”灯亮，即启动低周动作元件。

试验的过程如下：输出 50Hz 电压电流，经过变化前延时——频率以 df/dt 速率均匀下滑至“终止频率+0.2Hz”——按“变化步长”以“整定动作时间+0.2 秒”的时间间隔逐格下降频率并记录是否保护动作。

第十二章 功率方向及阻抗试验

功率方向及阻抗测试模块主要用来测试电力系统中与“方向”有关的保护，例如功率方向保护、负序功率方向、零序功率方向、相间功率方向、逆功率方向、相间阻抗和接地阻抗等等，测试它们的动作边界、最大灵敏角，以及电压、电流的动作值和动作时间、动作阻抗等。下面仅以“功率方向保护”为例，对这个测试模块的各个测试单元进行介绍，主界面如下图所示：

- 即包含功率方向保护的各种测试项目，也可以进行相间和接地阻抗的各项测试
- 软件引入了“突变量启动”选项，能满足需突变量启动的保护的测试要求
- 采用两种示图方式，使试验的过程不再神秘抽象
- 边界测试时，能自动绘出两条动作边界，自动计算最大灵敏角并绘制最大灵敏线



第一节 界面说明

■ 测试项目

● 测试对象名称

可选择的保护装置类型有“功率方向保护”、“负序功率保护”、“负序功率方向”、“零序功率”、“零序功率方向”、“相间功率方向”、“逆功率保护”、“相间阻抗”和“接地阻抗”。

● 突变量启动

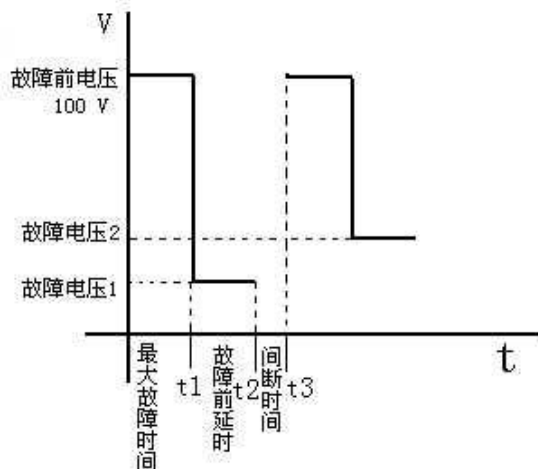
选择突变量启动时，试验过程中每次都是先输出故障前状态量，然后再输出试验所设定的电压电流量，为了满足某些保护对突变量启动的需要，此时需要设定“故障前时间”。若不选突变量启动，则“故障前时间”无效（自动为0），试验时每次直接输出试验所设定的电压电流量，并且连

续变化。

以“测电压”为例，突变量的意义可以用右图表示。点击“开始试验”按钮后，测试仪先输出正常的电压，并维持至“故障前电压”结束；后输出“故障电压 1”（界面上设置的故障电压），并维持至“最大故障时间”结束；后测试仪短暂停止输出（当“试验中断时间”不为 0 时）。

之后，测试仪再次输出正常的电压，并维持至“故障前电压”结束；后输出“故障电压 2”（变量变化了一个步长之后的电压），并维持至“最大故障时间”结束；后测试仪短暂停止输出（当“试验中断时间”不为 0 时）。如此循环输出。

这样，测试仪的输出总是从正常电压 100V 突变到故障电压。整个输出变化过程如右图所示：



■ 测边界

自动测试出方向性保护的两个动作边界，并且自动计算出最大灵敏角。在“显示动作角矢量图”的显示方式下，从主界面右侧的图中可以很直观地观察到两条边界线和最大灵敏线。

● 试验参量

选定一个电压和一个电流输出，其夹角 $\Phi(U, I)$ 在给定范围内变化，测试出左右动作边界。

考虑到保护一般采用 90° 接线方式，所以测试时也一般取线电压和第三相的相电流，如取电压 U_{AB} ，电流 I_C 。有时也可以选一相电压和一相电流进行试验，但一般不选线电流。注意，所选电压电流的值可以设定，但未被选择的各相电压值均等于额定电压，角度保持对称，未被选择的各相电流均为 0。

设置 $\Phi(U, I)$ 的搜索范围时，首先应了解保护装置的“最大灵敏角”的整定值，要保证设置的搜索范围能覆盖保护实际的两个动作边界，即搜索始值和搜索终值均应设置在动作区之外，测试仪从“非动作区”向“动作区”搜索。

搜索开始时保护不动作，当角度变化到某一值时保护动作，即认为找到一个动作边界，并在图中划条线，然后立即转换搜索方向搜索另一个边界角（备注：此时测试仪输出的起始角度就是所设置的“搜索终值”）。当搜索出第二条动作边界时，软件再次划线。在计算出最大灵敏线后，软件自

动在图中标出最大灵敏线。

• 动作角定义

根据所测试的保护类型选择动作角是“试验相夹角”、“ (U_0, I_0) ”还是“ (U_2, I_2) ”。若是普通功率方向或阻抗继电器时选“试验相夹角”，即所选试验电压电流的夹角。若是零序或负序保护时，应选 (U_0, I_0) 或 (U_2, I_2) 。

• 矢量图显示

当选择“显示三相电压、电流矢量图”时，图中显示的是各相电压电流的矢量图。

当选择“显示动作角矢量图”时，图中只显示所选定动作角的电压量和电流量。如选 (U_2, I_2) ，则只显示 U_2 和 I_2 的值和角度。这种显示方式，便于直观地观察到动作边界的搜索过程。

■ 测电流

测动作电流的方法是：电压和夹角固定，电流由小到大按步长递增，直到保护动作，测出动作电流值。试验中 $\Phi(U, I)$ 夹角一般应设置为保护的最大灵敏角。如右图所示：

The screenshot shows the ITAI software interface with the following data:

测试项目	测边界	测电流	测电压	动作时间	测阻抗	开关量
试验电压:	U _{BC}	100.000 V	整定值			
试验电流:	I _A		整定动作电流:	0.000 A		
试验相电流搜索范围从:	1.000 A		允许误差: ±	5 %		
到:	5.000 A		动作电流定义:	(U _{BC} , I _A)		
试验相电流搜索步长:	0.100 A		动作电流当前值:	1.000 A		
U _{BC} 超前I _A 角度:	-30.0 °					
3U ₀	0.000 V	-0.0 °				
U ₂	0.000 V	180.0 °				
3I ₀	1.000 A	-59.5 °				
I ₂	0.333 A	-59.5 °				
其他相电压:	57.735 V					

矢量图显示
☒ 显示三相电压、电流矢量图
☐ 显示试验相矢量图

其它相相位和试验相保持对称

试验时，选取一个线电压，为非变量；选取第三相电流，

为变量。电流的变化范围应包含保护的整定动作电流。软件对角度的定义是：电压超前电流的角度为正。所以设置角度时应注意正、负角。一般，当角度为最大灵敏角或接近最大灵敏角时，保护动作最灵敏，测出的动作电流也趋于一个定值。当设置的角度接近两个动作边界或稍微超出边界，测出的动作电流可能偏大或不动作。

■ 测电压

测动作电压方法是：电流和夹角固定，电压由小到大按步长递增，直到保护动作，测出动作电压值。试验中 $\Phi(U, I)$ 夹角一般应设置为保护的最大灵敏角。

试验时，选取一相电流，为非变量；选取另外两相的线电压，为变量。电压的变化范围应包含保护的整定动作电压。软件对角度的定义是：电压超前电流的角度为正。所以设置角度时应注意正、负角。一般，当角度为最大灵敏角或接近最大灵敏角时，保护动作最灵敏，测出的动作电压也趋于一个定值。当设置的角度接近两个动作边界或稍微超出边界，测出的动作电压可能偏大或不动作。

■ 测动作时间

测动作时间的方法是：直接给保护加一个动作电压和动作电流，并且电压与电流的夹角应设置在动作区内，最好是灵敏角。保护动作即记录下动作时间。

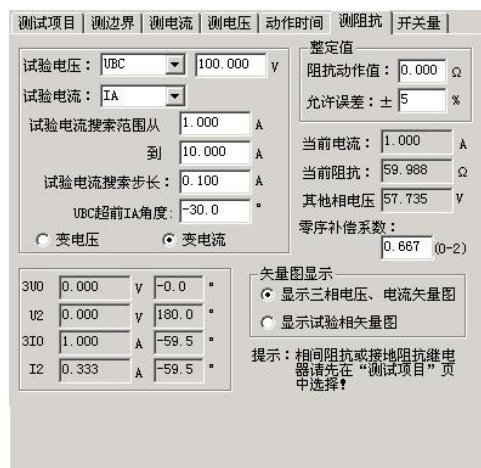
■ 测阻抗

测动作阻抗的方法与上面的“测电压”、和“测电流”很相似，也是通过单独改变电压或电流使保护动作。所不同的是，该单元记录的是保护的阻抗值，而不是动作电压或动作电流。如下

图所示：

$\Phi(U, I)$ 的夹角要保证在保护动作区内，一般取最大灵敏角。

阻抗值是根据动作时的电压电流值计算得出的，注意如果是接地阻抗时，要考虑零序补偿系数的问题，这种情况必须正确设置零序补偿系数，默认值为 0.667。



第二节 试验指导

■ 微机保护对角度的定义

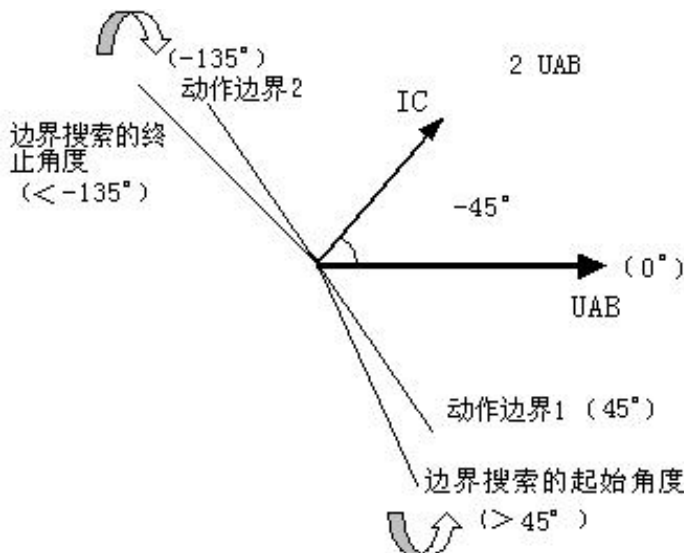
一般，微机保护对角度的定义为：电压超前电流的方向为正，反之为负。并且，常常默认电压的角度为 0° ，即电流的角度是以电压为参考的。右图所示为某功率方向保护的动作特性。其最大灵敏角为 -45° ，两个动作边界分别为： $-135^\circ \leq \Phi \leq 45^\circ$ 。这与 X/Y 坐标里的角度概念正好相反。

图中，阴影部分为保护的動作区，对应着两个動作边界： 45° 和 -135° 。试验设置试验参数时，应保证两个搜索边界分别大于 45° 和小于 -135° ，也即非動作区。然后将由非動作区向動作区搜索。

■ 动作边界的搜索

在测试保护的最大灵敏角时，若不知道其实际的動作边界，可采用以下方法进行探求：

将“测边界”页面中的“ $\Phi(U, I)$ 搜索范围从”设置为 0° ，开始试验。若保护不动作，再将该参数该为 30° ，以次类推。假设当 $\Phi(U, I)$ 为 20° 时保护不动作，在 0° 时动作，则说明保护的一条動作边界在 $0^\circ \sim 20^\circ$ 之间。用同样的方法找出保护动作的另一条边界的大致范围，假设为 $-130^\circ \sim -120^\circ$ 。



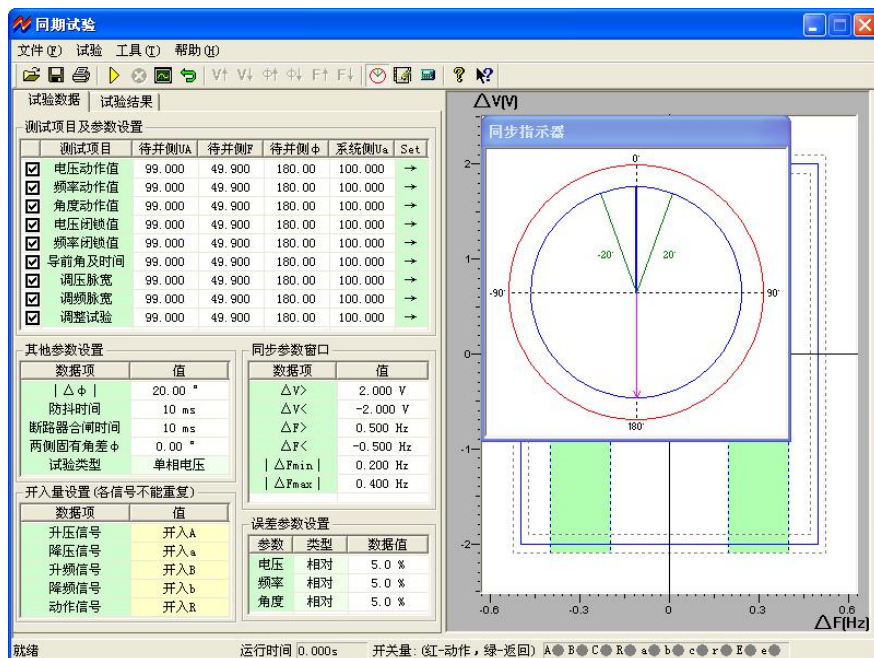
在软件界面上设置搜索角时应注意，软件总是从“ $\Phi(U, I)$ 搜索范围从”这个角度开始按步长增加，测试出一条動作边界后，再从“到”这个角度开始按步长减小。所以，假设“ $\Phi(U, I)$ 搜索步长”设置为 1° （正值），则以上面的数据为例时，“ $\Phi(U, I)$ 搜索范围从”应设为 -130° ，“到”应设为 20° 。



第十三章 同期试验

该测试模块用于准同期装置测试，也可用于线路检同期、检无压的同期重合闸保护。

- 能测试同期各项动作值、电压闭锁值、频率闭锁值、导前角及导前时间、调压脉宽、调频脉宽
- 能进行自动准同期装置的自动调整试验
- 可以测试自动准同期装置，也可测试同期类各种继电器（如同步继电器）
- 可以测试线路检同期、检无压的同期重合闸保护
- 可以自动测试，也可手动测试



第一节 界面说明

■ 测试项目

● 同期动作值

用于测试同期电压差、频率差、角度差的动作值。其右侧的下拉菜单有“调电压”、“调角度”和“调频率”三个选项。选中其中一项后，点击界面右边的“→”，可设置“变电压（频率、角度）步长”。开始试验后，可按所设置的变化步长手动增减相应的量至同期接点动作，即测出相应的同期动作值。用该功能也可对线路检同期或检无压的重合闸保护进行测试。

上述三个参量中，当要测试某一个时，应该总是预先让其它两个参量满足同期条件，通过改变



需测试的参量的值，最终使同期装置完全满足同期要求而动作。

下面以测试同期电压值为例来说明试验的方法：

先设待并侧电压 $V1$ 为 $90V$ ，不满足同期条件。设待并侧频率 $F1$ 和相位 $\Phi1$ 满足同期条件（可设与系统侧频率很接近的 $49.9Hz$ 、相位任意，同时设置一定的“变电压步长”。开始试验后，手动按步长增 \blacktriangle （或减 \blacktriangledown ）键，改变电压至同期装置动作。

试验期间，如果频率不相等，可以观察到“待并侧”和“差值”栏中的角度在不断地变化。如果按下按钮栏里的“同步指示器”按钮，从打开的同步窗口中更能观察到待并侧电压矢量在不断地旋转且长度在变化。如果两侧频率相等，待并侧电压矢量不会旋转，仅长度变化。当同期三个条件：电压、频率和相角均满足要求（待并侧与系统侧两电压矢量接近到允许范围时），同期装置将会发出口信号。测试仪记录下动作时的压差、频差和角差。

注意：

手动改变待并侧电压和角度值的方法是按键盘的 \blacktriangle 、 \blacktriangledown 键，手动改变待并侧频率值的方法是按键盘上的 \blacktriangleleft 、 \blacktriangleright 键，将鼠标移至按钮栏中会有提示。

软件固定系统侧电压的频率为 $50Hz$ ，角度为 0° ，系统侧的电压默认为 $100V$ ，但允许调整。待并侧电压由测试仪的 UA 输出，系统侧电压由测试仪的 UC 。

● 电压闭锁值

试验前先设置待并侧的电压和频率满足装置的同期条件，但电压也有一定差值，频率有一定差值，可以使两侧角差能周期性拉开和摆拢。试验开始后，由于两侧电压的幅值和频率满足同期条件，每当角度摆入动作范围内，同期装置发出合闸命令（从装置的动作指示灯中能观察到）。手动或自动增、减待并侧电压至同期装置闭锁（在动作角差内不再动作）。自动变化时测试仪每次都朝电压差增大的方向改变待并侧电压，使压差逐步增大到同期装置不再动作（动作闭锁），即测得压差闭锁值。

● 频率闭锁值

试验前先设置待并侧与系统侧的电压和频率满足装置的同期条件，但频率有一定差值可以使两侧角差能周期性拉开和摆拢。试验开始后，由于两侧电压的幅值和频率满足同期条件，每到角度摆入动作范围内，同期装置发出合闸命令。手动或自动增、减待并侧频率至同期装置闭锁（在动作角差内不再动作）。自动变化时测试仪每次都朝频率差增大的方向改变待并侧频率，使频差逐步增大到同期装置不再动作（动作闭锁），即测得频差闭锁值。

● 导前角及导前时间

试验前先设待并侧与系统侧的电压相等，频率不满足同期条件。试验开始后，由于频差较大，



在角度旋转中，同期装置不发合闸命令。手动或自动增、减待并侧电压的频率。当待并侧频率处于临界允许动作值，且角度摆入动作范围内时，同期装置第一次动作发合闸命令。测试仪将计算并记录下频差刚满足同期条件时的导前角和导前时间。

导前角与导前时间存在以下关系：

$$\Delta\Phi = \Delta t / T_w \cdot 360^\circ$$

$$T_w = 1 / |f_1 - f_2|$$

其中： $\Delta\Phi$ 为导前角

Δt 为导前时间

f_1 为待并侧电压的频率

f_2 为系统侧电压的频率

自动试验时，软件总是在每一个周期内检查同期装置是否有合闸脉冲传来。如果测试仪在一个周期内未接收到合闸脉冲，则自动朝频差减小的方向改变待并侧频率。如此每周期进行调整，直至同期装置发动作信号。软件即计算并记录下此时的导前角和导前时间。

● 调压脉宽或调频脉宽

自动准同期装置在压差和频差不满足同期条件时，可以自动发升、降电压或升、降频率的脉宽信号。该信号的脉宽和周期可以在此功能中测量。

调压脉宽试验方法：

试验前先设置待并侧的电压不满足同期条件（低于或高于系统侧电压）。频率满足条件但不相等，可以使两侧角差能周期性拉开和摆拢。将同期装置的升、降压信号分别接入测试仪开入 A 和 a 中。试验时，由于电压不满足同期条件，装置不发合闸信号，但周期性发“升（降）压”信号。这时，测试仪将可以测量在这一压差下的调压脉宽和调压周期。调压脉宽一般与压差基本呈线性关系。

调频脉宽试验方法：

试验前先设置两侧电压满足同期条件，但频率不满足同期条件（低于或高于待并侧频率）。将同期装置的升、降频率信号分别接入测试仪开入 B 和 b 中。试验时，由于频率不满足同期条件，装置不发合闸信号，但周期性发“升（降）频”信号，这时，测试仪将可以测量在这一频差下的调频脉宽和调频周期。调频脉宽一般与频差基本呈线性关系。

● 调整试验

调整试验的过程是：

试验前设置待并侧电压的幅值和频率均与系统侧差值较大，不满足同期条件。试验时，由同期装置给测试仪发“升压”、“降压”或“升频”、“降频”信号，测试仪根据接收到的信号自动地按设置的变化率向“满足同期条件”的方向调整待并侧电压和频率，直到压差、频差和角差均满足同期条件，同期装置发合闸命令为止。测试仪将记录下合闸时的压差、频差和角差。

试验期间，当压差或频差满足同期要求时，同期装置上压差合格灯或频差合格灯亮，若角差也满足要求时，同期装置即并发合闸信号。这就是同期的三个动作必要条件：待并侧与系统侧的频率基本相等、电压基本相等以及相位差小于一定值。

■ 其它参量

• 调整方式与步长

在各测试项目下，软件设置了不同的调整方式。测试“同期动作值”、“调压脉宽”、“调频脉宽”等项目时，软件仅为“手动”调整，其它几个测试项目则既可以“手动”也可以“自动”调整。“手动”的调整方式下，要求在试验期间通过按键盘上的▲▼、◀▶键，或软件界面上的相关按钮来改变变量的输出；“自动”调整方式下，测试仪是依据同期装置发来的调整信号而自动调整变量的输出。

• 同步窗口

根照同期装置的整定值，设置 ΔV 、 ΔF 、 ΔF_{min} 、 ΔF_{max} 以及 $\Delta \phi$ 的值。注意这些值在试验过程中只起参考作用，不影响试验。设置完之后，可以在右侧的图中实时观察到相应的效果图。在试验过程中将看到试验轨迹。

• 两侧固有角度差

这是两侧的接线角差、变压器Y/△角差等各种固有角差之和。试验时软件将自动对该角度进行补偿。

• 断路器合闸时间

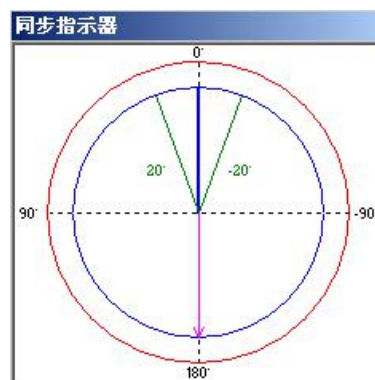
断路器的合闸延时，模拟同期装置发合闸命令后断路器的延时合闸。

• 开入防抖动时间

用于消除试验期间保护继电器接点抖动对试验造成的影响。对微机同期装置一般设5ms，对继电器一般设20—40ms。

• 同步指示器

试验期间点击“同步指示器”按钮打开同步指示器，能观察到待并侧与系统侧在试验过程中的电压幅值、频率与相角的变化矢量图。如右图所示：





第二节 试验指导

■ 试验接线

● 电压接线

待并侧电压 U1 接测试仪 UA，系统侧电压 U2 接测试仪 UC，中性线 UN 接测试仪的 UN。

● 开入量接线：

同期装置“升压”、“降压”、“升频”、“降频”开出信号分别接测试仪开入 A、a、B、b，合闸动作出口信号接测试仪开入 R，同期装置上述开出信号的另一端短接，接至测试仪开入量的公共端（红色端子）。如果保护的各个开出是有源接点，注意将各个开出接点的正电源接测试仪开入量的公共端。

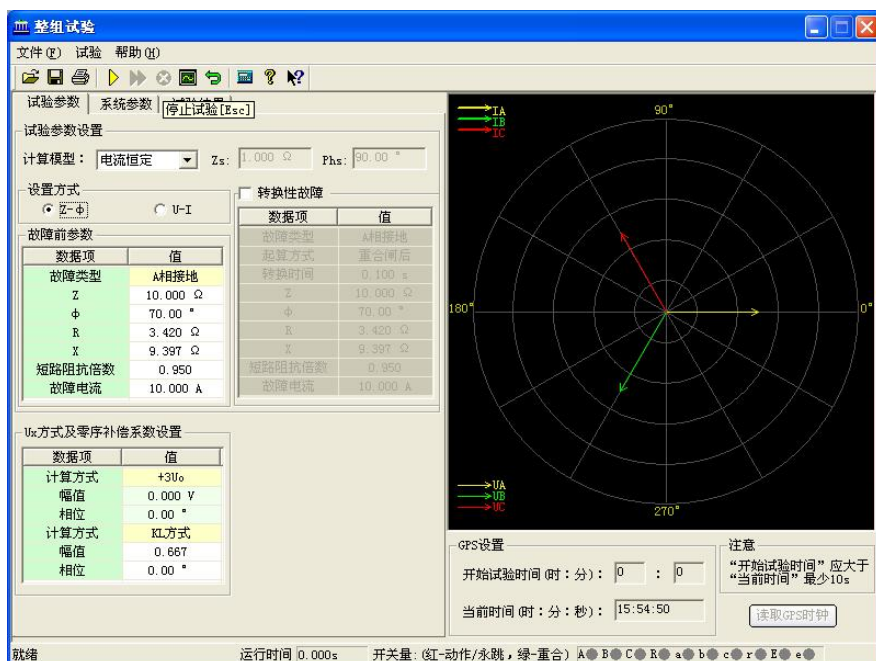
注意：

进行同期试验测试时，开始应按下同期装置的启动按钮。试验前请查找装置上的同期启动信号输入端子，引出两根线。开始试验后，先短接它们以启动同期装置。另外，有些同期装置能设置同期时间，试验期间，如果同期过程超过该时间，装置将闭锁本次同期合闸，同时发告警信号。此时应再次按下同期启动按钮或短接上述两根线以再次启动同期。

第十四章 整组试验

整组试验相当于继电保护装置的静模试验，通过设置各试验参数，模拟各种瞬时、永久性的单相接地、相间短路或转换性故障，以达到对距离、零序保护装置以及重合闸的动作进行整组试验或定值校验。软件界面如图。

- 整组校验过流、零序和距离等保护，进行整组传动试验
- 能测试在有（无）检同期和检无压条件下，重合闸及后加速动作情况
- 能模拟转换性故障、反方向故障



第一节 界面说明

■ 故障量设置

● 故障类型

可设定为 AN、BN、CN、AB、BC、CA、ABN、BCN、CAN、ABC 型故障。

● 整定阻抗

按照定值单给定的阻抗设置方式，故障阻抗可以 Z、 Φ 方式输入或 R、X 方式输入，当以一种方式输入，另一种方式的值软件会自动计算出来。

● 短路阻抗倍数

为 $n \times$ “整定阻抗”，以此值作为短路点阻抗进行模拟。一般按 0.95 或 1.05 倍整定值进行检查。



如果不满足，也可以 0.8 或 1.2 倍整定值进行检查。这是“容忍性”的检查界限，如果保护还不能正确动作，请检查其它方面的原因。

● 零序补偿系数

$$K_0 = (Z_0 / Z_1 - 1) / 3$$

如果正序组抗角 $\Phi(Z_1)$ 与零序阻抗角 $\Phi(Z_0)$ 不等，此时 K_0 为一复数，则常用 K_{or} 、 K_{ox} 进行计算。

$$K_{or} = (R_0 / R_1 - 1) / 3 \quad K_{ox} = (X_0 / X_1 - 1) / 3$$

对某些保护(如 901 系列)以 K_0 、 Φ 方式计算的，如果 $\Phi(Z_1) = \Phi(Z_0)$ ，即 $PS1 = PS0$ ，则 K_0 为一实数，此时需设置 $K_{or} = K_{ox} = K_0$ 。

● 故障方向

如果保护具有方向性，请注意选择正确的故障方向。

● 瞬时性或永久性故障

瞬时性故障： 当保护跳闸后，故障即消失，此时如果保护重合闸，将恢复到故障前的正常供电状态，各相电压电流等于故障前的值。

永久性故障： 当保护跳闸后，故障并不消失，此时如果保护重合闸，又会进入故障状态，各相电压电流等于故障值，保护将会再次跳闸（永跳），一般会加速跳闸。

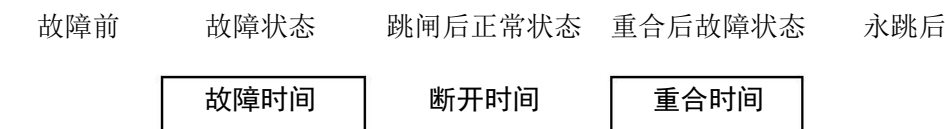
● 故障电流

以上只设置了相应的短路阻抗，如果再告诉软件一定的故障电流，软件将自动计算出相应的故障电压，由测试仪输出相应的故障电压和电流给保护。设置的故障电流应满足以下要求：1、大于保护的启动电流；2、故障电流与短路阻抗的乘积应不大于 57.7V。

● 试验过程控制方式：时间控制 / 接点控制

接点控制： 由测试仪接收到的保护的跳闸、重合闸、永跳接点变位信号来控制试验状态，决定测试仪在相应状态应输出的电流、电压。

时间控制： 装置根据所设置的时间顺序，依次输出故障前、故障时、跳闸、重合闸、永跳后的各种量，保护跳合闸时只记录时间，而不改变各种量的输出进程。



● 故障时间、断开时间、重合时间

在时间控制方式，用于控制输出故障量的持续时间、故障断开后输出正常量的持续时间、重合闸再次输出故障量的持续时间，见上图。在接点控制时不起作用。

● 转换性故障 / 非转换性故障

用于设置转换性故障。从故障开始时刻起，当转换时间到，无论保护是否动作跳开断路器，均进入转换后故障状态。但跳开相的电压电流不受转换性故障状态影响，其电压 $V = 57.7V$ （PT 安装在母线侧）或 $0V$ （PT 安装在线路侧）， $I = 0A$ 。故障转换时间是指从第一次故障开始时算起的时间。



- 转换后故障类型

可设定为 AN、BN、CN、AB、BC、CA、ABN、BCN、CAN、ABC 型。一般转换后的故障类型设置为与第一次故障类型不同更符合实际。

- 转换起始时刻和转换时间

可以设定为从第一次开始故障时起算，还是从保护跳闸后起算，还是从重合闸后起算，何时发生故障转换。

- 故障起始角

故障发生时刻电压初始相角。由于三相电压电流相位不一致，合闸角与故障类型有关，一般以该类型故障的参考相进行计算：单相故障以故障相、两相短路或两相接地以非故障相、三相短路以 A 相进行计算。

- PT 安装位置

模拟一次侧电压互感器是安装在母线侧还是线路侧。PT 装于母线侧时，故障相断开后，该相电流为零，电压恢复到正常相电压（ $V=57.7V$ ， $I=0A$ ）；PT 装于线路侧时，故障相断开后，该相电流及电压均为零（ $V=0V$ ， $I=0A$ ）。

- 分相跳闸 / 三相跳闸

用于定义开入量 A、B、C 三端子是作为“跳 A”、“跳 B”、“跳 C”端子还是“三跳”端子。若设为“分相跳闸”时，则单相故障时可以模拟只跳开故障相。即这种情况下，“跳 A”、“跳 B”、“跳 C”哪几个信号到，模拟哪几相跳开。

- 断路器断开 / 合闸延时

模拟断路器分闸/合闸时间。装置接收到保护跳/合闸信号后，将等待一段开关分闸/合闸延时，然后将电压电流切换到跳开/合闸后状态。

- 开出量

软件可以设置 4 组开出量的开出状态，可用来模拟开关的位置变位等。

■ 检同期重合闸及 U_x 设置

- U_x 选择

U_x 是特殊相，可设定输出 $+3U_0$ 、 $-3U_0$ 、 $+\sqrt{3} \times 3U_0$ 、 $-\sqrt{3} \times 3U_0$ 、检同期 U_a 、检同期 U_b 、检同期 U_c 、检同期 U_{bc} 、检同期 U_{ca} 、检同期 U_{ab} 。

前 4 种 $3U_0$ 的情况， U_x 的输出值由当前输出的 U_a 、 U_b 、 U_c 组合出的 $3U_0$ 成分乘以各系数得出，并跟随其变化。

若选等于某检同期抽取电压值，则在测试线路保护检同期重合闸时， U_x 用于模拟线路侧抽取电压。以检同期 U_a 为例，在断路器合上状态， U_x 输出值始终等于母线侧 U_a （但数值为 100V），在保护跳闸后的断开状态， U_x 值则等于所设定的检同期电压幅值和相角，该值可以设定为与此刻



的 U_a 数值或相位有差，用以检验保护在此种两侧电压有差的情况下的检同期重合闸情况。

注意：

1. 整组试验中，所有故障数据全部由计算机完成。计算机根据所设定的故障电流和故障阻抗计算得出的短路电压，每相不得大于额定电压（57.7V），如果过大，则自动降低故障电流值，以满足 $V_f \leq \text{额定电压（57.7V）}$ 的条件。
2. 如果故障阻抗较小，一般应设置较大故障电流，故障阻抗较大，可设置较小故障电流，以使故障电压比较适当。这也符合实际运行情况。否则有可能影响测量结果。

第二节 试验指导

■ 整组试验过程说明

数据设定完毕，按下“开始试验”，装置输出“正常状态”的各相对称量，此时各相电压为额定电压（57.7V）、电流为负荷电流。经过故障前延时后，装置进入故障状态，输出故障电流、电压，加至保护装置上。保护跳闸后，装置输出跳闸后状态量。保护重合闸后，如果是瞬时性故障，装置输出正常量（各相电压为 57.7V、电流为负荷电流）；如果是永久性故障，装置再次输出故障量，至保护第二次跳闸（永跳）后，再恢复输出正常量。

● “开入 c” 接通时装置自动进入故障状态

此功能有两种作用：1、可模拟手合到故障线路后加速跳闸，可以很方便地测出动作时间。具体做法是将手合接点或 TWJ 接点接至“开入 c”，手动合闸时接点动作测试仪即输出故障量，可测试保护的動作情况。2、可由 GPS 装置的接点启动故障，模拟线路两侧同步故障。

试验期间，任何时候按下“停止”键，则试验过程中止并退出。

试验结束后，计算机自动将测试记录区中的测试结果在硬盘“试验报告\整组试验\”子目录下按 word 格式存档，并可用“打印”按钮进行显示。亦可以拷贝出来进行编辑、修改。

■ GPS 控制试验

整组试验过程可以由 GPS 进行控制，用于模拟双电源线路两侧保护的同时同步试验，即由 GPS 控制两侧的两台测试仪同时同步启动进入故障前状态和进入故障状态，加上故障量给两侧的保护，测试两侧保护的同时动作行为。

● 设置 GPS 控制：

将“GPS 控制试验”的选项打勾，则“故障触发方式”自动选为“GPS 控制”。在此方式下，按下“开始试验后”，装置并不立即开始输出故障前状态电压电流，而是等待 PPM 脉冲到时与 PPM 脉冲同步输出故障前状态，然后，下一个 PPM 脉冲到时，再同步输出故障态电压电流。

● GPS 的脉冲输出：

GPS 装置的脉冲输出口输出两路脉冲，一路是 PPS 脉冲，为每秒钟发一个，另一路是 PPM 脉冲，为每分钟发一个，每次发 PPS 或 PPM 脉冲时面板上有一个 PPS 指示灯和一个 PPM 指示



灯会闪动。我们这里使用 PPM 脉冲用于试验。脉冲输出为端子输出。

- **GPS 的时钟信号输出：**

GPS 装置具有 RS232 口输出时钟，输出口为一 D 型 9 针插座。该口联接至 PC 机的 RS232 口，由 PC 机读取 GPS 时间。

- **GPS 装置与测试仪装置的联接：**

用我们提供的专用 GPS 联接线将 GPS 装置的脉冲输出端子和时钟输出 RS232 口与测试仪背板 GPS 通信接口联接。

- **GPS 控制试验的过程描述：**

- 与 GPS 装置对时：

为了保证试验的同步性，在 PC 机“整组试验”界面上点击“读取 GPS 时钟”，实现与 GPS 装置的时钟同步，对时成功会出现提示。

- 启动试验：

在“整组试验”界面上将“GPS 控制”选项打钩，点击“读取 GPS 时钟”，实现与 GPS 装置的时钟同步，然后两侧操作人员均将“开始试验时间”设置为同一时间（该时间必须晚于当前时间）。在“开始试验时间”到时，PPM 闪动的时刻两侧测试仪自动开启同步输出故障前的电流电压，在 1 分钟后下一个 PPM 闪动的时刻同步进入故障状态，输出故障量。整个过程如下图：

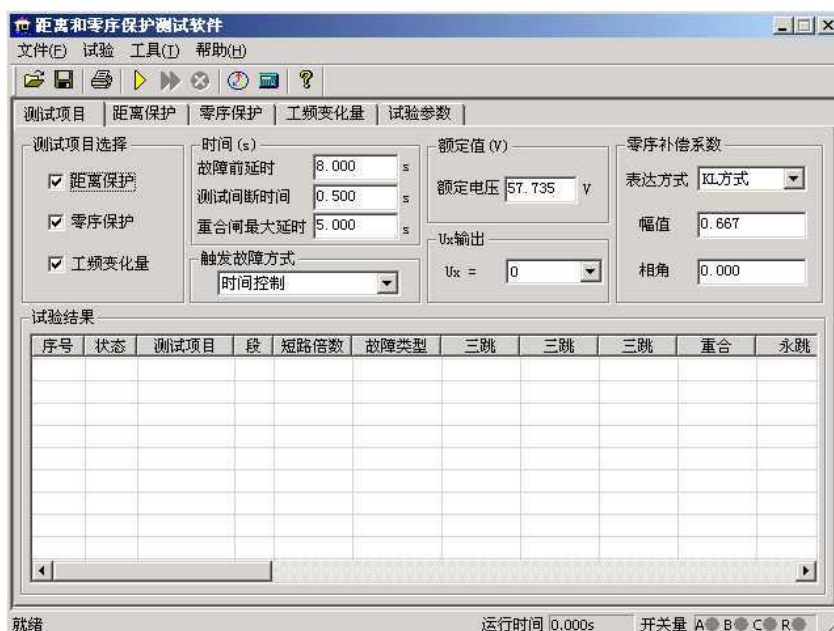




第十五章 距离和零序保护

在 110KV 及以上线路保护中一般都设置了距离和零序保护作为线路的主保护，而且经常集中在一套保护装置中。距离和零序保护测试模块就是针对这种情况开发的能一次性自动测试完各种接地距离、相间距离和零序保护的软件。

- 能一次性自动完成多段距离和零序保护的各种故障定值的校验
- 能测试同一种故障下，保护三相同步或不同步跳闸的时间
- 能设置永久性故障，测试重合闸和永跳的时间
- 即可采用 Z、 Φ 方式，也可采用 R、X 方式设置阻抗定值
- 通过设置“按键触发”的方式，能手动控制故障量的输出



第一节 界面说明

■ 测试项目

“距离保护”、“零序保护”和“工频变化量”三个试验项目，即可以单选，也可以同时选择。

● 时间参量

故障前延时 该时间常用于等待每次动作后保护整组复归，或者“TV 断线”信号消失，或者等待重合闸充电。若仅做保护定值测试而不投入重合闸，这个时间一般设为 2~10s。如果同时做重合闸试验时，则一般设为 15~25s。每进行一次故障测试，测试仪都首先进入“故障前延时”状态，输出三相额定电压 57.7V，三相电流为 0，然后再进入故障状态，输出所设置的故障量。



测试间断时间 每次故障试验结束后，测试仪停止输出，在该时间状态下等待保护接点复归，一般设 0.5s 即可，也可设为 0。

重合闸最大延时 如果投入重合闸，每次故障测试同时做重合闸试验，则在该时间内等待重合闸信号。该时间应大于整定重合闸延时时间。

• 触发故障方式

从故障前状态到故障状态的触发方式有四种：时间控制、按键触发、开入 c 触发以及 GPS 触发。

时间控制 在该触发方式下，故障前状态的持续时间由“故障前延时”确定，时间到，自动进入故障状态。时间控制下，完全由测试仪自动试验，试验期间只需要根据提示投切相应的压板即可。

按键触发 在故障前状态，按面板键盘上 Tab 键，或鼠标点击软件上的触发键即进入故障态。按键触发方式能方便地实现人工控制试验过程。可以方便在试验期间观察保护的报文或打印试验结果。

开入 c 触发 测试仪开入量 c 接收到变位信号即进入故障态。该功能可以实现用于多装置同时试验。

GPS 触发 将 GPS 信号接入背板通信接口，通过 GPS 的 PPM 脉冲对空间不同的两台测试仪进行联调试验。PPM 脉冲到时自动进入故障态。

• 零序补偿系数

提供了 KL、Kr/Kx、Z0/Z1 共三种表达方式。详细说明请参照“交流试验”章节的说明。在进行接地距离测试时，必须正确设置零序补偿系数。

■ 距离保护

只有选择了“距离保护”测试项目时，该页面才处于激活状态，允许设置相应参数。如右图所示：

• 相间短路阻抗和接地距离阻抗

1、可以打“√”选择需要进行哪几段保护试验。

2、直接将保护整定值输入阻抗数据框中。定值可以选择按 Z-Φ 方式还是按 R-X 方式输入。

3、设置的每段试验电流必须大于保护的启动电流。并且相间距离试验中，其阻抗与电流的乘积约为 20—40V 内较好，不能超过 57V；接地距离试验中，其阻抗与电流的乘积约为 20—30V 内

测试项目 距离保护 零序保护 工频变化量 试验参数									
相间短路阻抗									
段	Z (Ω)	Φ (Ω)	R (Ω)	X (Ω)	试验电流 (A)	试验时间 (s)	整定时间 (s)	方向	
<input checked="" type="checkbox"/> I	2.000	90.000	0.000	2.000	5.000	0.200	0.000	正向	
<input checked="" type="checkbox"/> II	4.000	90.000	0.000	4.000	4.000	0.700	0.500	正向	
<input checked="" type="checkbox"/> III	6.000	90.000	0.000	6.000	3.000	1.200	1.000	正向	
<input type="checkbox"/> IV	8.000	90.000	0.000	8.000	2.000	1.700	1.500	正向	
<input type="checkbox"/> V	10.000	90.000	0.000	10.000	1.000	2.200	2.000	正向	
☑ 相间 Z-Φ 方式 ☐ 相间 R-X 方式 ☑ AB 相短路 ☐ BC 相短路 ☐ CA 相短路 ☐ ABC 相短路									
接地短路阻抗									
段	Z (Ω)	Φ (Ω)	R (Ω)	X (Ω)	试验电流 (A)	试验时间 (s)	整定时间 (s)	方向	
<input checked="" type="checkbox"/> I	2.000	90.000	0.000	2.000	5.000	0.200	0.000	正向	
<input checked="" type="checkbox"/> II	4.000	90.000	0.000	4.000	4.000	0.700	0.500	正向	
<input checked="" type="checkbox"/> III	6.000	90.000	0.000	6.000	3.000	1.200	1.000	正向	
<input type="checkbox"/> IV	8.000	90.000	0.000	8.000	2.000	1.700	1.500	正向	
<input type="checkbox"/> V	10.000	90.000	0.000	10.000	1.000	2.200	2.000	正向	
☑ 接地 Z-Φ 方式 ☐ 接地 R-X 方式 ☑ A 相接地 ☐ B 相接地 ☐ C 相接地									
试验阻抗倍数									
<input type="checkbox"/> 0.800 <input checked="" type="checkbox"/> 0.950 <input checked="" type="checkbox"/> 1.050 <input type="checkbox"/> 1.200									



较好，不能超过 57V。一般还应遵守阻抗（或电抗）越小，电流越大的原则，才能保证测试更准确。

4、设置的各段“试验时间”必须大于该段的整定动作时间。例如：假设 I 段整定动作时间为 0s，II 段为 0.5s，III 段为 1.0s。考虑到保护本身跳闸有一定的固定延时，可以设 I、II、III 段的试验时间分别为 0.2s、0.7s、1.2s，如上图所示。这样，测试的理想结果将是：0.95 倍时，本段动作，1.05 倍时，本段不动，下一段时间不够也动作不了。也可以将上述三段的时间均设置得大于第三段动作时间。这样，测试的理想结果将是：0.95 倍时，本段动作，1.05 倍时，本段不动，下一段动作。

5、将各段整定动作时间输入“整定时间”框内，该时间参量只起参考作用，不影响试验结果。

6、在“方向”栏中，用鼠标单击，可在“正向”与“反向”之间切换，这样能方便测试一些方向性的距离保护。

7、最后再选择需要测试的故障类型。其中单相接地故障用于接地距离阻抗校验，两相短路和三相短路用于相间距离阻抗校验。如过要做接地距离试验还需正确输入零序补偿系数。

● 试验阻抗倍数

根据保护校验的一般要求，软件提供了 0.8 倍、0.95 倍、1.05 倍和 1.2 倍等四种默认的校验倍数，其数值可以修改。如果保护在 0.95 倍或 1.05 倍下动作不正确，此时可改选 0.8 倍或 1.2 倍，也可以自定义倍数进行测试。

■ 零序保护

只有选择了“零序保护”测试项目时，该页面才处于激活状态，允许设置相应参数。如右图所示。零序保护的试验参数设置与距离保护的试验参数设置基本相同，设置时参考上文的说明。

● 短路计算方法

电压恒定方式

在这种方式下直接设置故障相电压。在试验时，无论故障电流多大，测试仪输出的故障相电压维持不变。“故障相电压角”指故障时故障电压与故障电流夹角。

阻抗恒定方式

在这种方式下，在试验时，由故障电流和故障阻抗计算故障相电压。

■ 工频变化量阻抗元件定值校验

该测试项目用于测试工频变化量阻抗继电器动作行为，可对某些线路保护的工频变化量距离保护的定值进行校验，如右图所示。



本模块允许同时校验两段定值，并且一次性模拟所有故障类型。试验时，只需要勾选需要测试的项目，然后按定值单将各种定值参数依次进行设置即可。

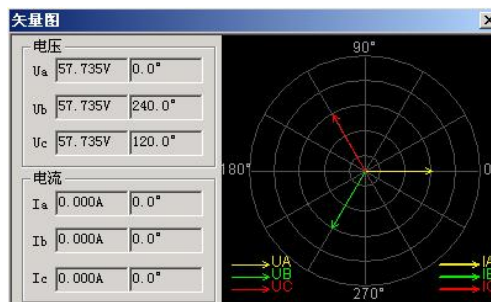
M 的值默认情况下有 0.9 和 1.1 两种设置，一般地，M=0.9 时，保护应可靠不动作，M=1.1 时，保护应可靠动作。设置 M=1.2 时，可以测出保护的動作时间。

“短路电流”参数应设置得大一些，建议 10~20A，因为短路电流太小，根据上述公式计算出来的电压可能为负值。试验时，“距离保护”压板应投入。

试验参数设置与距离保护的设置基本相同，请参考其说明。

■ 矢量图

试验期间点击“矢量图”按钮，从打开的矢量图窗口中能观察到电压、电流矢量的幅值和相位的实时矢量图。如右图。



第二节 试验指导

正确接线

分相跳闸时，保护的跳 A、跳 B、跳 C 和重合闸信号分别接到测试仪的开入端子 A、B、C、R；三跳时，跳闸信号接入开入 A、B、C 任何端子，重合闸接入 R 端子。

投退压板

做哪个项目试验，请投入与该项目有关的保护压板。

选择测试项目，并设置各项目试验参数。一般触发方式按默认的“时间控制”方式。

开始试验后软件自动回到第一页，按列表中的试验数据顺序逐次进行试验，如右图所示。

试验结果									
序号	状态	测试项目	段	短路倍数	故障类型	跳A	跳B	跳C	重合
1	☆	相间距离	I	0.900	AB相短路				
2	☆	相间距离	I	1.100	AB相短路				
3	☆	相间距离	II	0.900	AB相短路				
4	☆	相间距离	II	1.100	AB相短路				
5	☆	相间距离	III	0.900	AB相短路				
6	☆	相间距离	III	1.100	AB相短路				
7	☆	接地距离	I	0.900	A相接地				
8	☆	接地距离	I	1.100	A相接地				
9	☆	接地距离	II	0.900	A相接地				

如果同时测试接地距离和零序保护，试验期间，做接地距离保护测试时，软件会提示“请退出零序保护压板，投入距离保护压板”，做零序保护测试时，软件会提示“请退出距离保护压板，投入零序保护压板”。

试验结束后，按软件提示保存试验报告。

0.95 倍和 1.05 倍是默认的两个测试边界点。0.95 倍时，距离保护本段应可靠动作，零序保护本段应可靠不动作；1.05 倍时，距离保护本段应可靠不动作，零序保护应可靠动作。另外，0.8 倍和 1.2 倍是在用 0.95 倍和 1.05 倍测试不满足上述动作要求时，降低保护动作要求，对保护整定值



的“容忍性”测试，如果仍不能正确动作，请检查保护原因并与保护厂家联系解决。

测试期间如发现本应 II 段或 III 段保护动作的，而测试仪记录下的动作时间为 I 段动作时间，请检查重合闸后加速是否误动作了，若是，请先退出重合闸后加速压板或控制字再进行测试。

测试时，如果保护的跳闸 A、B、C 分别接至测试仪的开入 A、B、C，而试验期间总会偶尔听见测试仪发出长鸣报警声，而实际上测试仪未能记录下保护的動作时间。这时，请检查此种情况下的故障相总与哪一相有关。例如，AC 相间故障时出现过，BC 相间故障时也出现过，则可初步判定，测试仪未能接收到保护跳闸 C 传来的开关变位信号，请检查保护侧跳闸 C 是否接触良好。也可将保护跳闸 A、B、C 三根信号线短接，一起接到测试仪的开入 A 中。

如果想让保护在某一定值倍数下，本段保护不动作时让下一段保护动作，请将该段的“最大故障时间”设置为大于其下一段保护动作时间 0.2s 及以上。

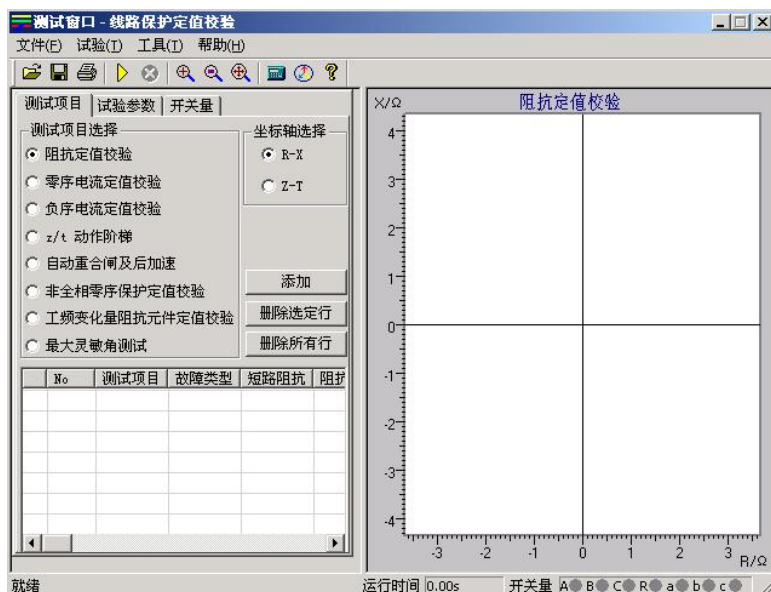
注意：

1. 有些保护如四方公司的平行四边形特性保护其定值以电抗 **XX1—XX4**、**XD1—XD4** 方式等给出的，则仅设置电抗 **X** 分量，其电阻 **R** 分量应设为 **0**。
2. 如果做接地距离保护试验，请按整定值清单给出的零序补偿系数类型和数值正确设置零序补偿系数。

第十六章 线路保护

这个测试模块汇聚了线路保护各个试验项目的定值校验。进行某项目测试之前，要注意及时进行软压板的投退，以防试验受到其他因素影响。该模块提供了阻抗定值、零序电流定值、负序电流定值的校验以及 z/t 动作阶梯、自动重合闸及后加速、非全相零序保护定值校验、工频变化量阻抗元件定值校验、最大灵敏角测试等八个测试项目。

- 在一个测试模块中汇集了几乎所有的高、低压线路保护测试项目
- 能校验检同期重合闸、非全相、工频变化量阻抗等复杂的保护功能



第一节 界面说明

■ 测试项目

先选中一个测试项目，然后点击“添加”按钮，在打开的对话框中设置该测试项目的试验参数，选择“确认”后，试验数据将添加到下面的参数窗口。然后可以再选中另外一个测试项目，进行同样的参数设置和添加操作。一次试验可以添加多个测试项目，试验时按参数列表的顺序依次分别进行测试。

当需要删除参数列表中某一行的试验参数，可以先选中这一行，然后点击“删除选定行”按钮；若需要删除参数列表中全部的试验参数，可以直接点击“删除所有行”按钮。

通过点选“R-X”、“Z-T”来改变右图的坐标，实现不同的显示方式。

■ 试验参数

在试验参数页中设置各个测试项目的一些公共试验参数。

- 零序补偿系数



只有故障类型为“接地短路”时，才需要设置零序补偿系数。有“KL”、“Kr 和 Kx”、“Z0/Z1”三种表达方式供选择。设置时请查阅保护的使用说明书或者从保护装置的定值菜单中查找零序补偿系数的表达方式。

• 故障触发方式

试验时每次都是先输出故障前量，再进入故障态的，这可以满足某些保护需要突变量启动的要求，这时需要设置“故障前时间”和故障触发方式。本模块提供了“时间控制”、“按键触发”、“开入 c 触发”和“GPS 触发”四种触发方式。

时间控制

默认情况下选择这种触发方式。试验时先输出故障前量，即电压 57.735V，电流 0A，等待“故障前时间”结束后，即输出设置的故障量，等待保护动作。保护动作则立即结束本轮测试，若保护未动，故障量持续输出至所设置的“最大故障时间”到时，即自动结束本轮，进入试验间断时间，装置不输出。然后循环进入下一轮试验。

其它触发

其它三个触发方式的工作原理相同，只是触发的方式不同而已。“按键触发”定义为键盘上的任意键触发，“开入 c 触发”是由测试仪上的开入量 c 变位触发，“GPS 触发”是由通信口所接的“分脉冲”触发。

• PT、CT 安装位置

根据现场 PT 安装情况进行设置。PT 安装在“母线侧”时，开关断开后电压不消失，即测试仪不停止给保护输出电压，而是输出额定电压；PT 安装在“线路侧”时，开关断开后电压消失，即测试仪停止给保护输出电压。CT 中性点“指向线路”时，IA、IB、IC 为极性端，IN 为非极性端，CT 中性点“指向母线”时，与上述相反，此时测试仪输出的电流方向相反。

• UX 输出

根据需要设置第四相电压 UX 的输出值，可以设定为 $+3U_0$ 、 $-3U_0$ 、 $+\sqrt{3} \times 3U_0$ 、 $-\sqrt{3} \times 3U_0$ 或线路抽取电压等多种方式。

当选择“抽取电压”时，下面的“抽取电压值”栏呈正常有效显示。此功能一般是为了做重合闸的检同期和检无压试验。

线路重合闸时，不象发电机同期并网那样要求频率、电压和相位同时满足要求。跳闸后，断路器两端的两个系统并不是完全独立的，所以它们的频率往往摆开的幅度不大，只要满足“电压相近”和“相位相近”这两个条件就可以重合。

首先要选择一个参考相，这个参考相要与保护定值中控制字的设置应一致，否则试验不会成功。

开关断开后幅值 是开关断开状态线路抽取电压的幅值，默认为 100V，可以设置为其他值，以测试在该电压时能否检同期重合。



开关断开后相位差 是开关断开状态线路抽取电压与母线侧电压的相位差值。默认差值为 0° ，可以设置为其他值，以测试在该角差下能否检同期重合。

■ 开入量

在“输入开关量”页面中，选择 A、B、C、R 作为跳闸和重合闸开关量。若选“分相跳闸”方式，则 A、B、C、R 分别为跳 A、跳 B、跳 C 和重合闸。如果选择“三相跳闸”方式，则 A、B、C 均为跳闸，R 为重合闸。开关动作时软件记录跳、合闸的动作时间。

■ 阻抗定值校验

该测试项目是用来校验距离保护各段在各种短路状态下的动作整定值。

将保护装置定值单中的各个试验参数，如各段阻抗整定值、试验电流、整定时间、试验时间等填入相应栏中。整定时间在试验过程中不起作用，一般试验时间应设置得稍大于保护的整定时间。前四段为正方向故障，还增加了两段反向故障，以满足不同的故障情况。

阻抗定值可以以阻抗值和阻抗角方式输入，也可以以电阻 R 和电抗 X 的方式输入，由选择项“整定阻抗以 R、X 表示”来切换。

有四种试验阻抗倍数供选择，一般选 0.95 倍和 1.05 倍。0.95 倍时，距离保护应可靠动作，1.05 倍时，距离保护应可靠不动作。当在这两种倍数下保护动作不正确，请检查 0.8 倍和 1.2 倍时保护的动作情况。短路阻抗 = 阻抗整定值 × 设定倍数。当然倍数值也可修改，以检查保护在何种倍数下动作正确。

一次可以同时选择多种故障类型。参数设置完成后点击“确认”按钮，各种故障下各段的测试参数将依次添加在主界面的试验参数列表中。

注意：

有些保护如四方公司的平行四边形特性保护其定值以电抗 XX1—XX4、XD1—XD4 方式等给出的，则仅设置电抗 X 分量，其电阻 R 分量应设为 0。

■ 零序电流定值校验

做完阻抗定值校验后，请退出距离保护压板并投入零序保护压板，否则容易造成两种保护抢动的现象。选择“零序电流定值校验”测试项目后，单击“添加”

阻抗定值校验

接地阻抗整定值

段	阻抗Z(Ω)	阻抗R(Ω)	阻抗X(Ω)	试验电流(A)	试验时间(S)	整定时间(S)	方向
<input checked="" type="checkbox"/> I	2.000	0.000	2.000	5.000	0.200	0.000	正向
<input checked="" type="checkbox"/> II	4.000	0.000	4.000	4.000	0.700	0.500	正向
<input checked="" type="checkbox"/> III	6.000	0.000	6.000	3.000	2.200	2.000	正向
<input checked="" type="checkbox"/> IV	8.000	0.500	2.500	2.000	1.700	1.500	正向
<input type="checkbox"/> I'	3.000	0.000	3.000	5.000	2.200	2.000	反向
<input type="checkbox"/> II'	3.500	0.000	3.500	5.000	3.200	3.000	反向

阻抗角 90.0 °

☒ A相接地 ☒ B相接地 ☒ C相接地

相间阻抗整定值

段	阻抗Z(Ω)	阻抗R(Ω)	阻抗X(Ω)	试验电流(A)	试验时间(S)	整定时间(S)	方向
<input checked="" type="checkbox"/> I	2.000	0.000	2.000	5.000	0.200	0.000	正向
<input checked="" type="checkbox"/> II	4.000	0.000	4.000	4.000	0.700	0.500	正向
<input checked="" type="checkbox"/> III	6.000	0.000	6.000	3.000	2.200	2.000	正向
<input checked="" type="checkbox"/> IV	8.000	0.500	2.500	2.000	1.700	1.500	正向
<input type="checkbox"/> I'	3.000	0.000	3.000	5.000	2.200	2.000	反向
<input type="checkbox"/> II'	3.500	0.000	3.500	5.000	3.200	3.000	反向

阻抗角 90.0 °

☒ AB相短路 ☒ BC相短路 ☒ CA相短路 ☒ ABC相短路

试验阻抗倍数

☐ 0.800 ☒ 0.950 ☒ 1.050 ☐ 1.200

☐ 整定阻抗以 R、X 表示

确定 取消

零序定值校验

整定值

	零序定值(A)	试验时间(S)	整定时间(S)	故障方向
<input checked="" type="checkbox"/> 启动值	0.200	0.200	0.000	正向
<input checked="" type="checkbox"/> I段	5.000	0.200	0.000	正向
<input checked="" type="checkbox"/> II段	4.000	1.200	1.000	正向
<input type="checkbox"/> III段	3.000	2.200	2.000	正向
<input type="checkbox"/> IV段	2.000	3.200	3.000	正向
<input type="checkbox"/> V段	1.000	3.700	3.500	正向

故障相电压 20.000 V 故障相电压角 70.0 °

试验电流倍数

☐ 0.800 ☒ 0.950 ☒ 1.050 ☐ 1.200

故障类型

☒ A相接地 ☒ B相接地 ☒ C相接地

确定 取消

按钮，弹出的对话框如右图所示：

“启动值”栏用于测试保护的启动电流。保护是否启动往往可以从保护的启动指示灯上观察到。也常常用来替代 I 段，从而由“启动值”、“I 段”、“II 段”一起构成保护的 I、II、III 三段，

这里的“故障方向”可以根据需要进行选择，在“正向”或“反向”的方框内单击可以相互切换。

默认情况下选择 0.95 倍和 1.05 倍两种试验电流倍数。0.95 倍时，保护应可靠不动作，1.05 倍时，保护应可靠动作。短路电流 = 零序电流定值 × 设定倍数。

请参照上文“阻抗定值校验”来进行试验。

■ 负序电流定值校验

该测试项目专门用于检验负序电流保护的定值，如右图所示：

“故障电压”和“故障电压角”是指该故障情况下的电压角度。若选单相接地故障，则指故障的相电压，选相间短路故障，则指故障的线电压。一般“试验时间”应设置得稍大于整定时间。每次只设置一种故障，若需要同时测试多种故障情况，请重复上述操作多次添加。

■ Z / T 动作阶梯

该测试项目测试各种故障类型下多段距离保护的阻抗与时间的关系，也即阻抗-时间动作特性。如右图所示：

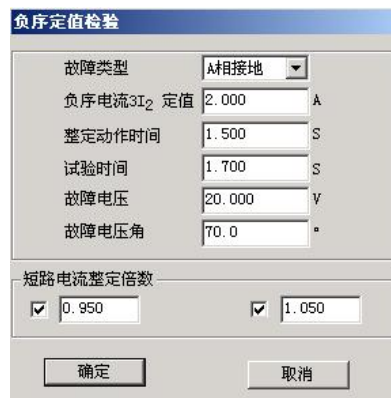
“阻抗变化始值”至“阻抗变化终值”应覆盖需要测试的各段阻抗，试验时间应大于动作时间最长的那一段的整定动作时间。阻抗变化步长的大小直接影响测试的精度。

■ 自动重合闸及后加速

本测试项目专门用于检查线路保护的自动重合闸与后加速的动作情况。重合前与重合后的故障类型、短路电流和短路阻抗均可以不同，可以真实模拟电力系统中实际的多重故障情况。

重合前故障的“最大故障时间”应大于设置的短路电流或短路阻抗对应的保护段的整定动作时间，重合后故障的“最大故障时间”应大于设置的短路电流或短路阻抗对应的加速保护段的加速延时。“重合闸等待时间”应大于重合闸整定时间。

如果需要测试检同期或检无压重合闸的情况，则需要将 UX 设置为线路抽取电压，并正确设置抽取电压相、开关断开情况



负序定值校验

故障类型	A相接地	
负序电流 $3I_2$ 定值	2.000	A
整定动作时间	1.500	S
试验时间	1.700	S
故障电压	20.000	V
故障电压角	70.0	°

短路电流整定倍数

☒ 0.950 ☒ 1.050

确定 取消



Z/T 动作特性

故障类型	A相接地	
短路电流	5.000	A
阻抗角	90.0	°
阻抗变化始值	5.000	Ω
阻抗变化终值	1.000	Ω
阻抗变化步长	0.200	Ω
整定动作时间	0.500	S
试验时间	0.700	S

确定 取消



自动重合闸及后加速

第一次故障

故障类型	A相接地	
短路电流	5.000	A
短路阻抗	3.000	Ω
短路阻抗角	90.0	°
最大故障时间	0.700	S

重合后故障

故障类型	A相接地	
短路电流	5.000	A
短路阻抗	3.000	Ω
短路阻抗角	90.0	°
最大故障时间	0.300	S

重合闸整定时间 0.500 S

重合闸最大等待时间 0.700 S

确定 取消



下的电压值、电压角差等。详细内容见前述的“UX 输出”部分说明。

注意：

线路抽取电压不论是相电压还是线电压，一般都应该在正常状态时是 100V。

■ 非全相零序保护定值校验

该测试项目用于测试非全相运行状态下，非全相零序保护的动作定值。在分相跳闸情况下，出现第一次单相故障时，保护跳开单相开关且尚未重合，线路允许断时间内两相运行。在此非全相运行状态下又出现发生第二次故障，此时由“非全相零序保护”（又称“不灵敏零序保护”）动作跳开三相开关。这里第一次故障和第二次故障都是单相接地故障，并且前后两次的故障相别不同，如右图所示：

第二次故障的出现时刻可以设定。可选择从第一次跳闸后起算何时出现，也可设定从第一次故障开始时起算何时出现。设定时刻到将自动输出第二次故障。若保护的重合闸功能未退出，则该时刻应设置为重合闸时间未到时。

0.95 倍与 1.05 倍的整定倍数是针对第二次故障时“非全相零序定值”的。所以窗口中的“不灵敏零序定值”必须依照保护实际的整定值设置。第二次故障的“最大故障时间”应大于非全相零序保护的“整定动作时间”。

■ 工频变化量阻抗元件定值校验

该测试项目用于测试工频变化量阻抗继电器的动作行为，可对某些线路保护的工频变化量距离保护的定值进行校验，如右图所示。

M 的值默认情况下有 0.9 和 1.1 两种设置，一般地， $M=0.9$ 时，保护应可靠不动作， $M=1.1$ 时，保护应可靠动作。设置 $M=1.2$ 时，可以测出保护的動作时间。点击界面中“提示”按钮可以获得更多提示。

“短路电流”参数应设置得大一些，建议 10~20A，因为短路电流太小，根据上述公式计算出来的电压可能为负值。试验时，“距离保护”压板应投入。

选择“正向”或“反向”，可测试保护的方向性。

■ 最大灵敏角测试

该测试专门用于测试距离保护的“最灵敏阻抗角”。按传统方

法进行，阻抗角变化始值、终值设置应分别设置在保护的两动作边界外，且包含最大灵敏角。因为测试点很多，若不知道保护实际动作的边界整定值，为节约时间，在第一次测试时将变化步长设置得大一些，可以测试出大概的边界。然后将阻抗角变化始值、终值设置在已知的两边界附近，并且给定一个合适的变化步长就可以测出精度符合要求的最大灵敏角。

第二节 试验指导

■ 重合闸及后加速

“重合闸及后加速”试验是线路保护中的一个基本试验，常常用来做开关整组传动试验，用“”测试仪做“重合闸及后加速”试验时，应注意以下几点：

- 做好重合准备。一方面在保护的控制字中，重合闸功能应投入，也即“重合闸停用”软压板应退；另一方面，检查充电指示灯，或设置故障前时间足够长，保证重合闸充电完成。
- 保护要有后加速功能投入，例如，在控制字中设置“距离 II 段后加速”。
- 测试时，时间参数应设置正确。重合前的最大故障时间应大于所允许的那段保护的跳闸时间 **0.2s** 及以上；重合后的第二次故障最大保持时间应大于所允许的那段后加速保护的动作时间 **0.2s** 及以上；从保护跳闸到重合闸动作合闸，其间有一个重合闸等待时间，这个时间应大于保护固有的或整定的重合闸等待时间 **0.2s** 及以上。如果上述时间试验前拿不准，可将它们都设置得足够大，比如 **3 s**。这样就能有足够时间让保护动作。
- 最新版本的软件功能大大增强，可在“**整组试验**”、“**状态系列**”、“**距离和零序**”以及“**线路保护**”的“**重合闸及后加速**”测试项目中测试，方法流程几乎都一样。以在“**线路保护**”模块中的“**重合闸及后加速**”测试项目进行试验为例，其参数的设置方法可参考右图所示：

第一次故障		
故障类型	A相接地	
短路电流	5.000	A
短路阻抗	3.000	Ω
短路阻抗角	70.0	$^{\circ}$
最大故障时间	0.700	S

重合后故障		
故障类型	A相接地	
短路电流	7.000	A
短路阻抗	2.000	Ω
短路阻抗角	70.0	$^{\circ}$
最大故障时间	0.300	S

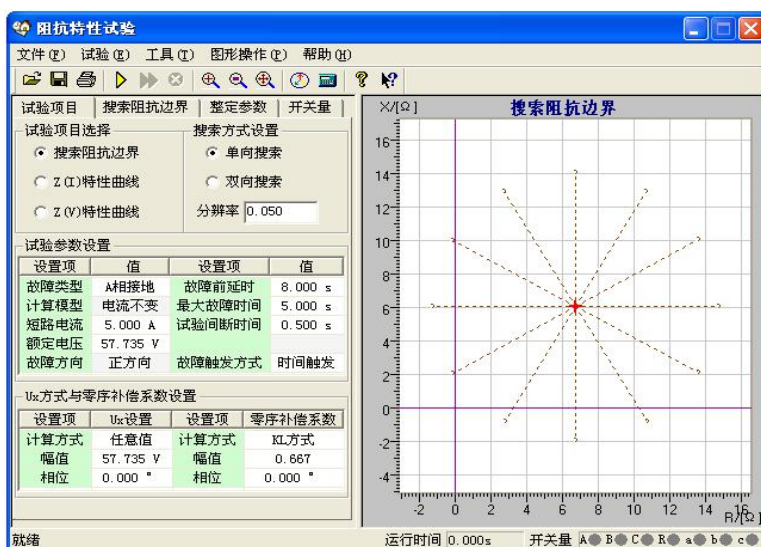
重合闸参数	
重合闸整定时间	3.000 S
重合闸最大等待时间	3.000 S

确定 取消

第十七章 阻抗特性

本测试模块主要是针对距离保护的动作特性，搜索其阻抗动作边界。可以搜索出圆特性、多边形特性、弧形以及直线等各种特性的阻抗动作边界。本测试模块提供了“单向搜索”和“双向搜索”两种不同的搜索方式。如下图所示：

- 可搜索圆、多边形，及其它阻抗特性图
- 设定定值参数，由软件能画出理论特性图形，方便与搜索得到的实际图形对照



第一节 界面说明

■ 测试项目

每次试验只能选择“阻抗边界搜索”、“Z(I)特性曲线”或“Z(V)特性曲线”中的一个项目进行试验。

- **故障类型** 提供了各种故障类型，用于测试各种类型距离保护。对接地型距离继电器应选择单相接地故障，对相间型距离保护，应选择相间故障。

- **计算模型** 有“电流不变”和“电压不变”两种计算模型。选择“电流不变”时，在下面的方框内可以设置短路电流，软件根据短路电流和短路阻抗计算出相应的短路电压；选择“电压不变”时，在下面的方框内可以设置短路电压，软件根据短路电压和短路阻抗计算出相应的短路电流。

- **搜索方式** 有“单向搜索”和“双向搜索”两种方法。详细介绍请参考“差动保护”章节的相关说明。“分辨率”只对双向搜索方式有效，它决定了双向搜索方式的测试精度。

- **故障触发方式** 在“时间控制”触发方式下，软件按“故障前延时”——“最大故障时间”——“测试间断时间”这样的顺序循环测试，详细说明请参考“线路保护”章节的有关说明。

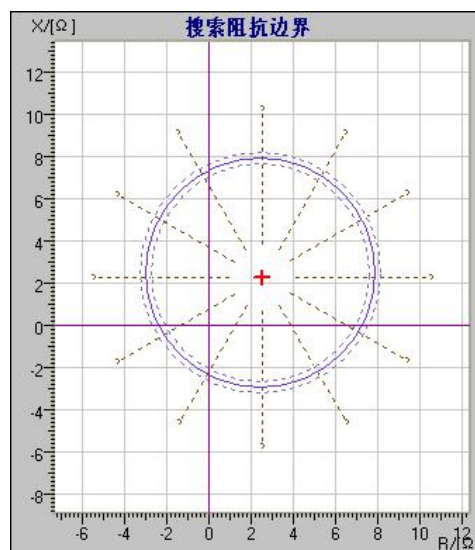
- **故障方向** 依据保护定值菜单进行设置，适用于方向性阻抗保护。
- **零序补偿系数** 若做接地距离继电器的试验，要注意正确设置零序补偿系数，请参考“线路保护”章节的有关说明。

■ 搜索阻抗边界

选择“搜索阻抗边界”测试项目时，需设置放射状扫描线，如右图所示。扫描线的设置参照以下方法：

- **扫描中心** 扫描中心应尽可能设置在保护的理論阻抗特性图的中心位置附近。扫描中心可以直接输入数据，也可以用鼠标直接点击选择扫描中心。修改扫描中心后，坐标系的坐标轴将自动调整，以保证扫描圆始终在图形中心位置，即扫描中心在图形中心。
- **扫描半径** 扫描半径应大于保护阻抗整定值的一半，以保证扫描圆覆盖保护的各个动作边界。搜索时是从非动作区（扫描线外侧点）开始扫描。试验期间，如果发现在扫描某条搜索线的外侧起点时，保护就动作了，则说明这条扫描线没有跨过实际的阻抗边界，即整个搜索线都在动作区内，不符合“每条搜索线都应一部分在动作区内，另一部分在动作区外”的原则。这时，请适当增大“扫描半径”。
- **扫描步长** 只对“单向搜索”方式有效，直接影响“单向搜索”方式时的测试精度。
- **扫描范围** 默认情况下都是按 100% 的范围扫描。设置适当的扫描范围，往往可以躲过别的段阻抗保护误动作。例如，设扫描范围为 80%，搜索线如右图所示。
- **搜索角度** 通过设置起始角度、终止角度以及角度步长来设置系列搜索线。如果角度步长设置得很小，虽然搜索出的点很多，有利于提高边界搜索精度，但也会大量增加试验时间，实际测试时请选择适当的角度步长。
- **自动设置扫描参数** 在整定参数页中，设定好整定阻抗值后，软件将根据整定阻抗值自动计算出扫描中心位置和扫描半径的经验值。该值如果仍有不合适，可以在此基础上进行调整。

试验项目		搜索阻抗边界	整定参数	开关量
搜索中心参数设置				
数据项	搜索中心	鼠标位置		
Z	9.063 Ω	20.879 Ω		
Φ	42.019 °	39.688 °		
R	6.733 Ω	16.067 Ω		
X	6.067 Ω	13.333 Ω		
搜索过程参数设置				
数据项	数值	数据项	数值	
搜索半径	8.000 Ω	起始角度	0.000 °	
搜索步长	1.000 Ω	终止角度	360.000 °	
搜索范围	100.000 %	角度步长	30.000 °	
		搜索线数	12	
试验结果				
序号	状态	恒定电流	整定Z _{sd}	整定

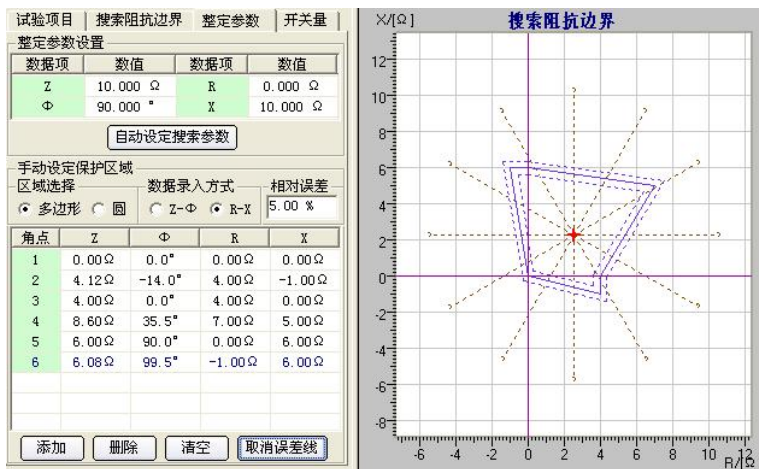


■ 整定参数

不需要在“整定参数”页面中绘出理论阻抗边界图形也可以进行试验。但是如果有理论图，测试人员较易确定搜索的中心点和搜索线的长度。也方便于对试验结果进行比较。下面简要说明画图的方法。

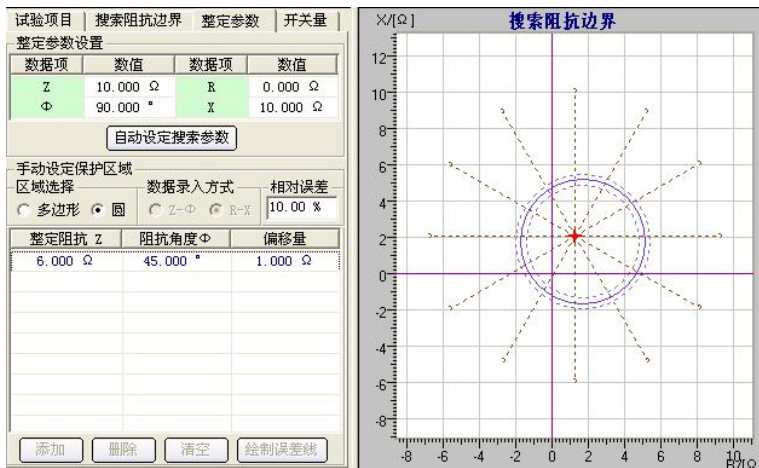
绘制多边形

选择“多边形”特性，并选择数据输入方式是“R-X”还是“Z- Φ ”方式。然后在角点 1 栏设置第一个角点的坐标值（R1，X1）。一般第一个角点设为（0，0）。第一个角点设置完毕，单击“添加”按钮，按相同的方法设置第二个角点，此时，可以从右侧的图中看到这两个点构成的一条线。按照保护的相关定值参数，依次添加多个角点。设置参数时，R 和 X 都可以设置为负数。各角点添加完后点击“画图”按钮，至此软件即绘出了理论的阻抗边界曲线以及相应的误差曲线（以虚线表示）。此时可用鼠标移至图形的中心位置点击鼠标左键，以设置扫描中心点，如右图所示。



绘制圆

在上图中选择“圆”特性，在下面的表格中设置“整定阻抗”、“阻抗角度”以及“偏移量”等参数。右图中将实时显示其图形。用鼠标选中图形的中心，并在“搜索阻抗边界”页面中设置足够大的搜索半径及相应步长。如右图所示。

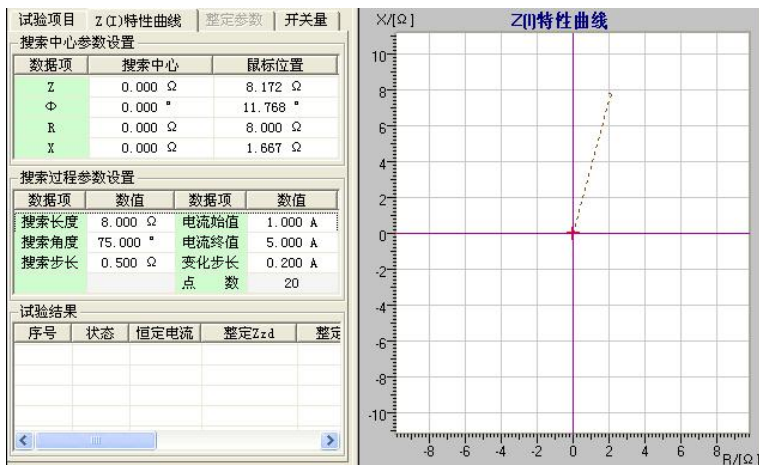


特性曲线

在“测试项目”界面中选择“Z (I) 特性曲线”测试项目，用于检验电流与阻抗的关系。参照右图所示。

参数设置

在“Z (I) 特性曲线”界面中，按照定值单依据提示分别设置搜索线的原点、搜索线长度与角度，以及加入的电流的始值与终值，从右图中能观察到实时效果图。



试验时，阻抗初始值为 0，按一定的搜索步长增加。测试在每一个阻抗值下，保护的动作电流。测试完毕，软件会自动绘制出相应的曲线。“Z (V) 特性曲线”参照“Z (I) 特性曲线”。

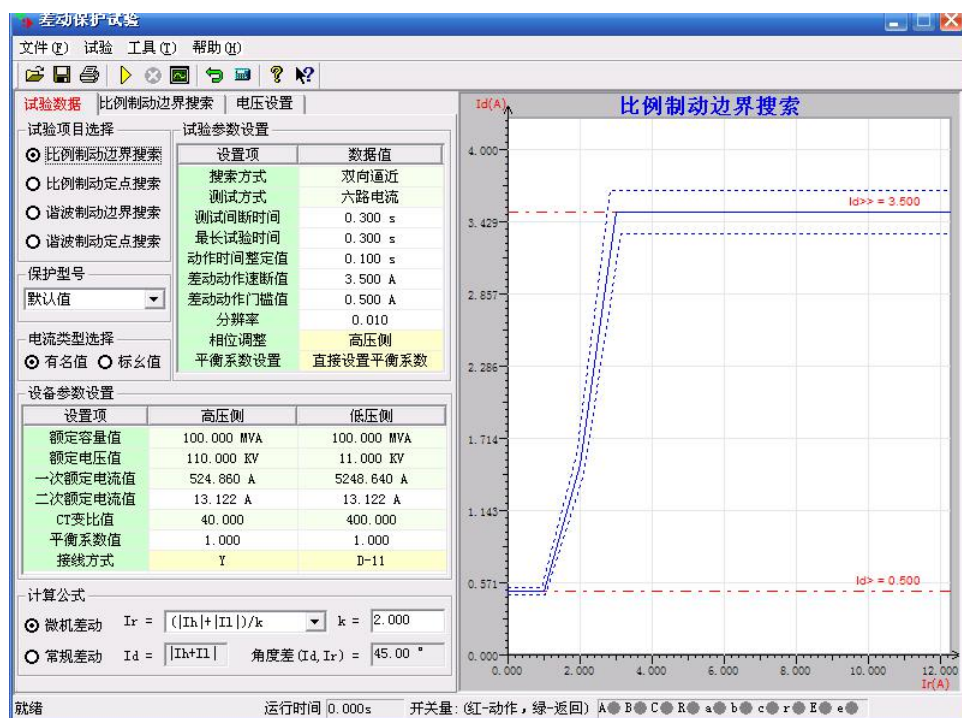


第十八章 差动保护试验

差动试验单元根据微机型或集成电路型变压器、发电机以及电动机差动保护的特点进行设计，用于自动测试其比率制动特性、谐波制动特性以及动作时间特性等。

与“差动继电器制动特性测试”不同，本模块不是直接给继电器加上动作电流和制动电流进行试验，而是模拟变压器原方电流和付方电流加至差动保护装置，由保护组合出动作电流和制动电流进行试验。

- 自动搜索比例制动特性曲线和谐波制动特性曲线
- 任意设置定点进行比例制动测试和谐波制动测试，可以测试动作时间
- 以预先绘出比例制动和谐波制动特性理论曲线及误差范围
- 设置多种比例制动和谐波制动的制动电流和动作电流算法
- TA 的二次电流校正可以为高侧调整、低侧调整或外部接线调整（此时软件中选择“不调整”）
- 谐波制动可以选 2~7 次谐波
- 基波和谐波可两侧分离输出也可一侧叠加输出
- 可直接设置平衡系数，也可根据变压器参数自动计算，可用于标么值差动保护测试
- 可输出 3 路电流进行单相差动测试，也可输出 6 路电流进行高低侧全 6 相差动测试





第一节 界面说明

■ 试验数据

软件提供了“比例制动边界搜索”、“比例制动定点搜索”、“谐波制动边界搜索”、“谐波制动定点搜索”等四种测试项目。“比例制动边界搜索”指的是把整个差动保护的動作边界都搜索出来，也就是右边所示的保护的整个動作曲线的搜索；“比例制动定点搜索”是指对用户所关心的某一个点的動作情况进行搜索，看这一点的動作情况是否正确；“谐波制动边界搜索”和“谐波制动定点搜索”的含义和比例制动的含义一样，也就是分别搜索保护的谐波的整个動作边界和某一定点的保护動作情况。

● 测试方式

可选“三路电流差动”或“六路电流差动”。差动试验单元可以控制输出 3 路电流进行单相差动测试，也可控制输出 6 路电流进行高低压侧全 6 相差动测试。6 路电流可以简化变压器差动试验的接线和参数设置。

注意:

1. 做“三路电流差动”时，接线时测试仪的 **IA** 固定接差动保护装置变高侧电流输入端，**IB** 固定接保护变低（中）侧电流输入端，而 **IC** 作为补偿电流用，在选高压侧相位调整时作为高压侧补偿电流，选低（中）压侧相位调整时作为低（中）压侧补偿电流，具体接线见附录
2. “六路电流差动”时，接线时测试仪的 **IA**、**IB**、**IC** 固定接保护变高 **A**、**B**、**C** 三相电流输入端，**Ia**、**Ib**、**Ic** 固定接保护变低（中）**a**、**b**、**c** 三相电流输入端。

● 搜索方式

可选“单向逼近”和“双向逼近”方式

单向逼近： 从起点开始，按所设置步长从变化初值向变化终值的方向一步一步进行搜索，当搜索至某个点时保护动作，则认为搜索到动作点，打下一个点后结束该条搜索线的搜索并进入下一条搜索线搜索。

双向逼近： 对分搜索方式。先测试搜索起点（在非动作区）和终点（在动作区）的動作情况之后，取二者的中点进行测试，如果动作，则将该点取代终点，如果不动作，则将该点取代起点，再取起点和终点之中点进行测试，如此不断推进，一直搜索至所取最后两个测试点之间差值在“分辨率”范围之内才认为找到動作边界点。双向搜索可以搜索到较精确的動作边界点，搜索速度也更快。

不管是“单向逼近”和“双向逼近”一般起点要设在非动作区，终点要设在动作区。

分辨率： 只在双向逼近的搜索方式下才有效，它是搜索至所取最后两个测试点之间距离，只有小于该距离百分比才停止。分辨率越小搜索精度越高，但耗时越长。

● 测试时间

最长测试时间：指测试仪每步输出的最长的故障时间，这里一般设置为比保护的整定動作时间稍长



中断时间：中断时间指的是保护输出一个故障到下一个故障之间的一个时间，在这个时间里测试仪不输出任何状态量。

● 特性曲线定义

设置各个拐点的制动电流及各段折线的斜率（比例制动系数），结合前页的差动电流值和差动速断电流值，即可画出理论制动特性曲线。各个拐点的定值根据保护的整定值来设置，如果保护定值没有给出拐点值的话，可以参考保护说明书上的保护的動作图形来设置，如果有多段曲线的话，应该设置有多个拐点，我们可以在拐点 2 前面的框里面打勾，就可以设置第 2 个拐点了，这样就可以描绘出 3 段曲线时的理论曲线，目前程序最多只能设置 3 个拐点，也就是最多只能绘制 4 段曲线

● 接线方式

高压测可选 Y 型和 Y0 型，低压测可选 Δ -11、 Δ -1、Y 和 Y0 等四种接线形式。对于三卷变，每次取两侧分别做，例如“高一低”、“高一中”分别做。试验时，所选参数应与相对应的变压器的接线方式一致。

● 平衡系数设置方式

可选四种设置方式：直接设置平衡系数、由额定电压和 CT 变比计算、由一次额定电流计算、由二次额定电流计算。平衡系数设置对于试验的影响较大，具体的设置方式要根据现场的实际来设置，如果保护整定值里给出了保护的平衡系数，那么我们可以选择直接设置平衡系数，分别输入高低压侧的平衡系数就可以了。如果保护定值里没有给出平衡系数的话，我们可以选择其他的 3 种方式进行设置，但要注意的是可能有些保护说明书里给出的计算平衡系数的方法和我们程序里设置的方法不太一样，这个时候建议用户先计算出平衡系数然后选择直接设置平衡系数的方式，直接输入高低压侧的平衡系数。

● 相位调整方式

- 1、当变压器接线为 Y/Y 时，两侧本是同相位，TA 接线一般为 Y/Y，选相位不调整。
- 2、当变压器接线为 Y/ Δ 时，两侧不同相位，对微机保护 TA 接线一般也为 Y/Y。如果保护设计为高压侧内部相位补偿，则选高压侧相位调整；如果保护设计为低压侧内部相位补偿（如南瑞的 RCS-978 型保护），则选低压侧相位调整。如果保护设计为无内部相位补偿，靠 TA 外部接线补偿，则选不调整。

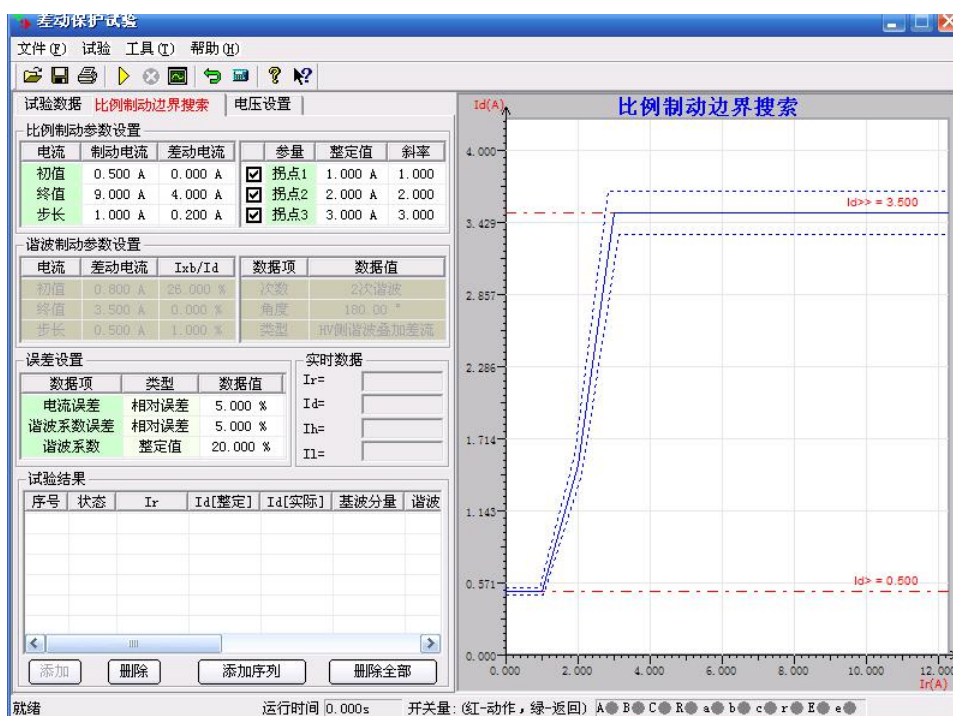
● I_r 、 I_d 计算公式

- 1、“常规差动”时将高侧电流（IA）作动作电流，低侧电流（IB）作制动电流，即： $I_r = I_l$ ， $I_d = I_h$ ，可以设置角度差 Φ （ I_d 、 I_r ）。
- 2、“微机差动”时， $I_d = I_h + I_l$ （高、低压侧电流之矢量和为差流）， I_r 可以选多种公式，如右图所示。



■ 比例制动边界搜索

本页设置比例制动特性搜索的范围和理论特性曲线参数。



● 搜索范围

制动电流的始值、终值、步长决定搜索线的位置，一般要求大于保护速动电流相对应的差流值如果不知道的话可以设置为测试仪的最大输出电流值，已保证能够尽可能全面的把整个曲线搜索出来。

差动电流的始值、终值决定搜索线的长度，一般要求始值略小于差动电流门槛值，终值略大于差动速断值。差动电流步长仅在单向逼近时起作用，在双向逼近方式不起作用。差动电流步长的设置根据保护的要求精度来设置，如果要求精度高我们就把步长设置小些。

设置好搜索范围后，选“添加序列”或“添加”将搜索线数据填入测试数据列表中。选“开始试验”即可进行测试。选“删除”或“全部输出”可以删除所选择的单条或全部搜索线。。

■ 谐波制动

本页设置谐波制动特性搜索的范围和理论特性曲线参数。

● 搜索范围

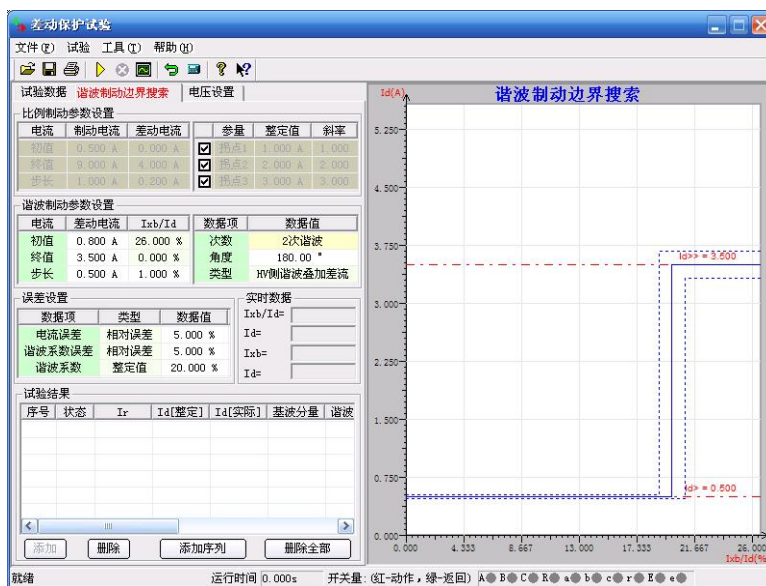
差动电流的始值、终值、步长决定搜索线的位置。 I_{xb} / I_d 的始值、终值决定搜索线的长度，一般要求始值大于谐波制动系数整定值。 I_{xb} / I_d 步长仅在单向逼近时起作用，在双向逼近方式不起作用。设置搜索线参数时，一般应使搜索线均匀分布在上下两条水平线之间，并且每条搜索线都要覆盖动作区和非动作区。设置好搜索范围后，选“添加序列”或“添加”将搜索线数据填入测试数据列表中。选“开始试验”即可进行测试。选“删除”或“全部输出”可以删除搜索线。

● 特性曲线定义

设置好谐波制动系数，结合前页的差动电流值和差动速断电流值，即可画出理论谐波制动特性



曲线。



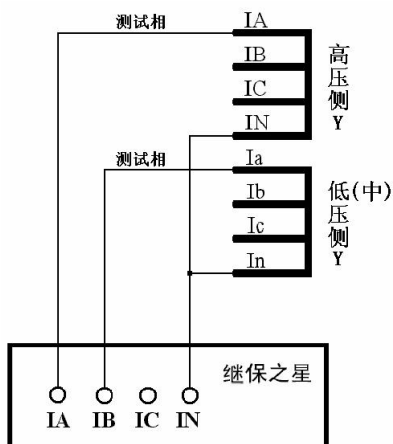
第二节 试验指导

■ 六路电流差动的接线方法

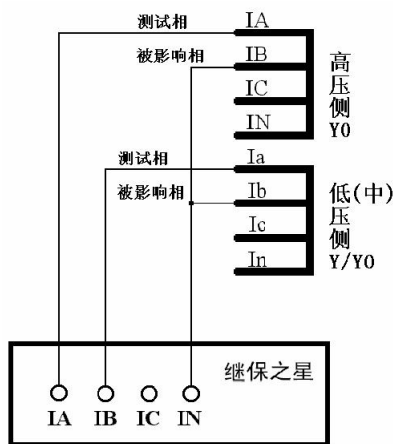
6 相电流差动方式接线非常简单，无论变压器是哪一种接线方式，试验时接线方法都是：将测试仪的第一组三相电流 IA、IB、IC 接入保护的高压侧电流输入端 IA、IB、IC，将测试仪的第二组三相电流 Ia、Ib、Ic 接入保护的低（中）压侧电流输入端 Ia、Ib、Ic 即可，接线方式非常简化。

■ 三路电流差动的接线方法

1、Y（Y0）/ Y（Y0）接线方式：



两侧均有相位调整，但无零序修正

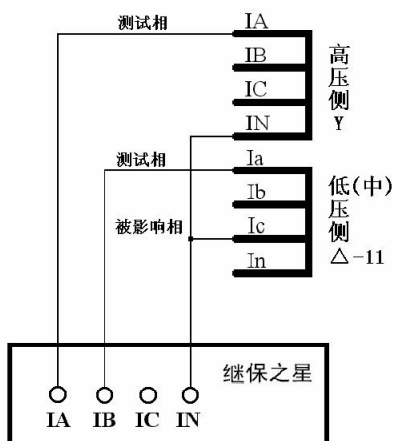


两侧均无相位调整，但有零序修正

两侧均接成单相短路方式

两侧均将测试相与零序修正相接成相间短路方式

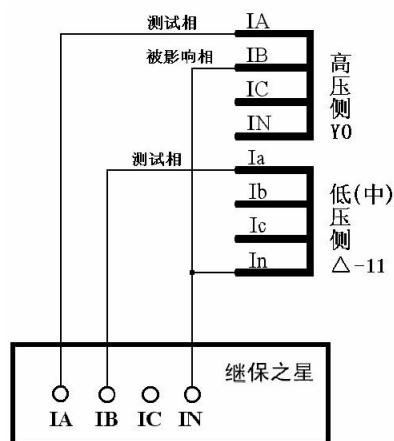
2、Y (Y0) / Δ -11 接线方式:



Y 侧相位调整, 无零序修正, 按单相短路接线

$$IA' = IA - IB \quad IB' = IB - IC \quad IC' = IC - IA$$

Δ 侧的测试相与被影响相按相间短路接线

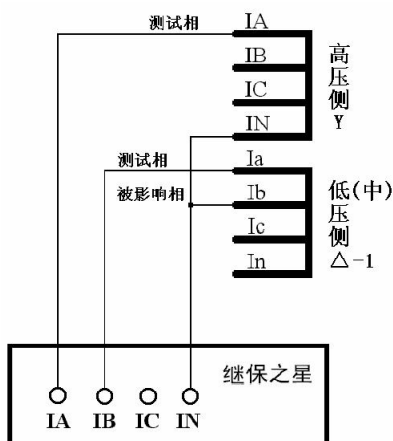


Δ 侧相位调整, 按单相短路接线

$$Ia' = Ia - Ic \quad Ib' = Ib - Ia \quad Ic' = Ic - Ib$$

Y0 侧零序修正, Y 侧的测试相与被影响相按相间短路接线

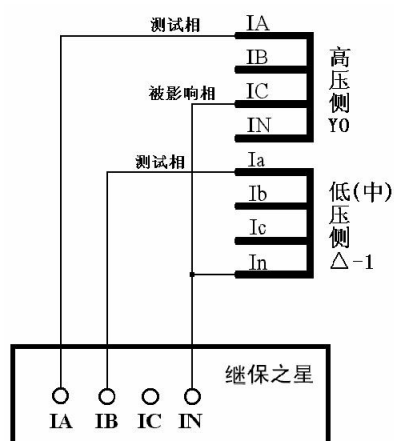
3、Y (Y0) / Δ -1 接线方式:



Y 侧相位调整, 无零序修正, 按单相短路接线

$$IA' = IA - IC \quad IB' = IB - IA \quad IC' = IC - IB$$

Δ 侧的测试相与被影响相按相间短路接线



Δ 侧相位调整, 按单相短路接线

$$Ia' = Ia - Ib \quad Ib' = Ib - Ic \quad Ic' = Ic - Ia$$

Y0 侧零序修正, Y 侧的测试相与被影响相按相间短路接线

注意:

微机差动保护是相对比较复杂的一个保护, 所以调试起来也难免会遇到些问题, 一般对试验结果影响较大的有以下几点:

- 1、平衡系数的设置, 平衡系数设置不对可能会使测试出来的曲线与整定的曲线偏差较大。
- 2、制动公式的选择, 制动公式选择不对会使测试出来的曲线以及计算出来的制动系数都会和保护的整定值有很大的偏差, 甚至完全不对。



3、用三相电流做试验时，若补偿电流未加进去，试验时往往是第一个动作点动作正确，而后的动作点都是加上电流就动作。这是因为未加补偿电流，虽然我们要做的试验相没满足差动动作条件，但是补偿相的差流会超过差动整定值，所以保护很快出口。

■ 几种常用的微机差动保护的参数设置说明

- 差动模块即可用 3 路电流进行试验，也可用 6 路电流试验。若采用 3 路电流型测试仪测试，仅可用 3 路电流进行。若采用 6 路电流型测试仪，则既可用 3 路，也可用 6 路电流进行试验。当用 3 路电流试验时，每相电流最大输出到 40A，用 6 路电流试验时，每相电流能达 30A 或 20A（依据不同型号测试仪不同）。
- 3 路电流差动时，按说明书“差动保护”章节中的接线图进行接线，6 路电流差动则将测试仪第一组 IA、IB、IC 分别接保护高压侧三相电流输入端，第二组 Ia、Ib、Ic 分别接保护低（中）压侧三相电流输入端。在“交流试验”中进行 6 路电流差动试验时，对应相电流之间的相位差与变压器的接线方式如下表格：

变压器接线方式	高压侧电流相位	低压侧电流相位
Y/Y-12	0°	180°
Y/Δ-11	0°	210°
Y/Δ-1	0°	150°

- 大部分保护的参数定值直接给出电流值，比如，差动门槛值：2A，单位为：A。但也有部分保护给出的各项定值不是电流值，而只是一个系数。比如，差动门槛值：0.3，没有单位。实际上，这是以“标么值”的形式给出保护定值。将标么值转换为实际的电流，一般可按以下方法：实际的电流值=标么值×高压侧额定电流。
- 额定电流的计算方法

$$I_{e1} = S_n / (1.732 * U_{1n} * CT1)$$

$$I_{e2} = S_n / (1.732 * U_{2n} * CT2)$$

注释：

I_{e1} 、 I_{e2} ——变压器 I、II 侧二次额定电流

S_n ——变压器最大额定容量

U_{1n} 、 U_{2n} ——变压器 I、II 侧一次额定电压

$CT1$ 、 $CT2$ ——变压器 I、II 侧 CT 变比值

备注：

有的保护自身有计算功能，可能会发现：其计算出的 I_{e1} 、 I_{e2} 未考虑上述公式里的 1.732。比如，计算 I_{e1} 时，直接按公式： $I_{e1} = S_n / (1.732 * U_{1n} * CT1)$ 。这是因为其在计算差动、制动电流时，在平衡系数中考虑了 1.732 的关系。

以变压器 Y/Y/Δ-11 接线为例，各侧平衡系数（以 $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$ 表示）的计算方法如下：

$$K1 = 1/1.732 = 0.577$$

$$K2 = U_{2n} * CT2 / (1.732 * U_{1n} * CT1)$$

$$K2 = U_{3n} * CT3 / (U_{1n} * CT1)$$

如果将高压侧平衡系数设置为 1，其它侧统一归算至高压侧时，计算公式如下：

$$K1 = 1$$

$$K2 = U_{2n} * CT2 / (U_{1n} * CT1)$$

$$K2 = 1.732 * U_{3n} * CT3 / (U_{1n} * CT1)$$



以电流的方式来计算平衡系数的方法一般是：

$$K1=1$$

$$K2=I_{e1}/I_{e2}$$

$$K2=I_{e1}/I_{e3}$$

注释：

$K1$ 、 $K2$ 、 $K3$ ——变压器 I、II、III 侧平衡系数

I_{e1} 、 I_{e2} 、 I_{e3} ——变压器 I、II、III 侧二次额定电流

U_{1n} 、 U_{2n} 、 U_{3n} ——变压器 I、II、III 侧一次额定电压

$CT1$ 、 $CT2$ 、 $CT3$ ——变压器 I、II、III 侧 CT 变比值

备注：

差动保护的平衡系数不一而同，有的保护的计算方法可能与上述不同，试验时请参考相应的说明书。比如，南瑞的 RCS-978 保护，其计算平衡系数的方法如下：

$$K_{ph}=K_b \cdot I_{2n-\min}/I_{2n}, \text{ 其中 } K_b=\min(I_{2n-\max}/I_{2n-\min}, 4)$$

式中 I_{2n} 为变压器计算侧二次额定电流， $I_{2n-\min}$ 为变压器各侧二次额定电流值中的最小值， $I_{2n-\max}$ 为变压器各侧二次额定电流值中的最大值。

◆ 北京四方：CST-141B，-200B 系列（高压侧相位调整）

比率制动公式：

$$\text{双绕组, Y}/\Delta\text{-11: } I_d=|I_1+I_2|, I_r=|I_1-I_2|/2$$

$$\text{平衡系数: } K1=1, K2=K_{pl}$$

$$\text{三绕组, Y/Y}/\Delta\text{-11: } I_d=|I_1+I_2+I_3|, I_r=\text{Max}\{|I_1|, |I_2|, |I_3|\}$$

$$\text{平衡系数: } K1=1, K2=K_{pm}, K3=K_{pl}$$

注释：

I_1 、 I_2 、 I_3 ——实际均为矢量形式，这里以数量形式书写，且本身均考虑了平衡系数，以下同。

K_{pm} 、 K_{pl} ——分别为中、低压侧差动平衡系数定值

◆ 国电南自：PST-641（双绕变，Y/Δ-11，高压侧相位调整）

比率制动公式：

$$I_d=|I_1+I_2|, I_r=|I_1-I_2|/2$$

平衡系数：

$$K1=1.732, K2=I_{e1}/I_{e2}$$

注释：

I_{e1} 、 I_{e2} ——高、低压侧的二次额定电流整定值

◆ 国电南自：PST-621/622（三绕变，Y/Y/Δ-11-12，高压侧相位调整）

比率制动公式：

$$I_d=|I_1+I_2+I_3|, I_r=\text{Max}\{|I_1|, |I_2|, |I_3|\}$$

平衡系数：

$$K1=1.732, K2=1.732 \cdot U_{2n} \cdot CT2 / (U_{1n} \cdot CT1),$$

$$K3=U_{3n} \cdot CT3 / (U_{1n} \cdot CT1)$$

◆ 国电南自：PST-1200（三绕变，Y/Y/Δ-11-12，高压侧相位调整）

比率制动公式：

$$I_d=|I_1+I_2+I_3|, I_r=\text{Max}\{|I_1|, |I_2|, |I_3|\}$$



平衡系数:

$$K1=1, K2=U2n * CT2 / (U1n * CT1), \\ K3= U3n * CT3 / (U1n * CT1)$$

◆ 深圳南瑞 ISA 系列（三绕变，Y/Y/△-11-12，高压侧相位调整）

比率制动公式:

$$Id=|I1+I2+I3|, Ir=||Id|-|I1|-|I2|-|I3||$$

平衡系数:

$$K1=1.732, K2=1.732 * d35, K3=d36$$

◆ 南瑞 RCS-9671（双绕变，Y/△-11，高压侧相位调整）

比率制动公式:

$$Id=|I1+I2|, Ir=|I1-I2|/2$$

平衡系数:

$$K1=1, K2=U2n * CT2 / (U1n * CT1)$$

◆ 南瑞 RCS-978, 985 系列（双绕变，Y/△-11，低压侧相位调整，高压侧零序修正）

比率制动公式:

$$Id=|I1+I2|, Ir=Max\{|I1|, |I2|\}$$

平衡系数:

$$K1=1, K2=Ie1/Ie2=U2n * CT2 / (U1n * CT1)$$

■ 几个显示框的说明

在界面右侧图形下端有几个参数的显示，它们分别是 I_r 、 I_d 、 I_h 、 I_l 。通过这些参数，试验人员能在试验期间实时地掌握当前测试输出的高、低压侧的电流大小，和当前的差动电流、制动电流的大小。但这里的 I_h 、 I_l 值一般并不等于测试仪实际输出的高、低压侧电流。现说明如下：

- 将某时刻所显示的 I_h 、 I_l 值代入 I_d 和 I_r 的计算公式，即为当前所显示的 I_d 、 I_r 值。

比如，某时刻的参数显示为： $I_r=4.0$ ， $I_d=4.2$ ， $I_h=6.1$ ， $I_l=1.9$ 。如下图所示：

当前所选择的 I_r 计算公式为： $I_r = (|I_h| + |I_l|) / 2$ ，而又有 $I_d = I_h + I_l$ 。则由 I_h 、 I_l 求解 I_d 、 I_r 的过程如下：

$I_r = 4.000 \text{ A}$ $I_d = 4.200 \text{ A}$ $I_h = 6.100 \text{ A}$ $I_l = 1.900 \text{ A}$

$$I_d = I_h + I_l = 6.1 - 1.9 = 4.2,$$

正好与所显示的 $I_d=4.2$ 吻合。

$$I_r = (|I_h| + |I_l|) / 2 = (6.1 + 1.9) / 2 = 4,$$

也正好与所显示的 $I_r=4.0$ 吻合

备注：上述 I_h 、 I_l 实际上均为矢量，且试验时所加电流 I_h 和 I_l 正好相反，所以矢量“+”变成了标量“-”。

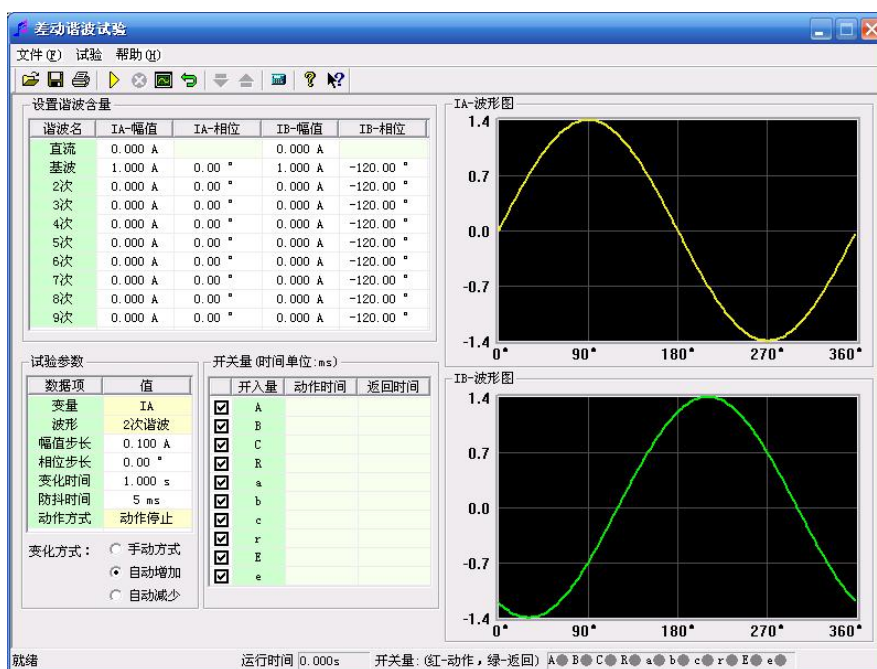
- 这里所显示的 I_h 、 I_l 都已经考虑了高、低压侧的平衡系数，并不是测试仪实际输出的电流大小。

假设高、低压侧实际输出的电流分别为 $I_{sj.h}$ 、 $I_{sj.l}$ ，且“参数”页面中所设的高、低压侧的平衡系数分别为 K_h 、 K_l ，则有以下关系式存在： $I_{sj.h} = I_h * K_h$ ， $I_{sj.l} = I_l / K_l$

第十九章 差动谐波试验

本模块主要用于测试差动保护的谐波制动特性，也可用于其它谐波保护的测试。既测试差动继电器，也能测试微机差动保护。既可单通道输出谐波叠加差流，也能按“一侧差流，另外一侧谐波的方式”选择双通道输出。最高能输出 9 次谐波，基本满足了一般谐波试验的要求。

- 软件界面与“交流试验”风格相似，力求试验时操作简便
- 可任意叠加最多 9 次谐波分量，且各谐波的幅值或相位可任意设置
- 可在不停止输出的试验状态下直接修改电流的幅值、相位、变化步长或改变变量相别
- 试验时，变量的变化方式可在手动和自动加、减之间随意选择，灵活控制
- 以图形形式实时显示两通道叠加的波形，便于直观观察试验过程



第一节 界面说明

■ 参数设置

试验前，在界面上直接设置各通道的初始值，不需要的谐波分量应设置为 0。大凡界面上有值的通道，试验时就会有输出。所以，若不希望某个电流通道有输出，应将其各次波形的幅值均设置为 0，或者该通道不接线。

一般试验时，基波与谐波的相位同向，比如都设置为 0°，也可以设置为反向。该相位决定了



试验开始时，测试输出该次波形的起始角度。若被叠加的各次波形的起始角度不一致或相反，可能会影响试验。

差动谐波制动试验时，即可由 IA 输出谐波给保护高压侧，IB 输出基波给保护低压侧，也可以将 IA、IB 颠倒输出，不会影响试验的正常测试。

■ 变量选择

软件只允许选择 IA、IB 中的一个通道为变量。先选择好通道，再从下面的下拉菜单中选择该通道的某一次谐波分量作为变量。也就是说，试验时只有一个电流（IA 或 IB）通道的某一次波形分量会变化，其它都是“常量”。

若需要在试验期间不停止输出的状态下重新设置变量，可在变化方式栏中选择“手动试验”方式，此时界面上的大部分参数都可以修改。修改完后，一般要按测试仪小键盘上的“确认”键或笔记本上的“回车”键才能将数据读入，从而使测试仪按新数据输出。用鼠标将当前“手动试验”方式切换到其它自动方式，也能使测试仪读入新数据，达到相同效果。

■ 动作方式

下面两种动作方式只对“自动加”或“自动减”变化方式有效。

动作停止 选择此方式时，测试仪一收到保护的动作信号即停止试验。该方式只能测试保护的动作值。如果进行继电器试验，为减小继电器的“抖动”对试验造成的影响，应设“防抖动时间”20ms 及以上。

动作返回 选择此方式时，假设当前变量按“自动加”方式变化，一旦测试仪收到保护的动作信号，则自动调转方向，按“自动减”方式变化。该方式即可以测试保护的动作值，也可以自动测试出返回值。如果进行继电器试验，同样应设“防抖动时间”20ms 及以上。

■ 开入量选择与动作显示

软件默认界面上 10 路开入量全部选择，全部有效。如果需要取消某路开入量对保护动作信号的响应，可在试验前用鼠标取消选择。

第二节 试验指导

■ 参数设置

- 做变压器差动谐波制动特性试验时，可以在“差动谐波”界面上设置某一相电流（如 IA）输出基波叠加谐波，模拟差流叠加谐波输出至保护装置进行试验。该电流既可加在保护的高压侧，也可加在低压侧。也可设置 IA 和 IB 两相分别输出基波和谐波加在两侧进行试验，这时既可由 IA 输出谐波加给高压侧，IB 输出基波加给低压侧，也可以反过来由 IA 输出基波加给高压侧，IB 输出谐波加给低压侧。



- 在试验方法上，可固定基波，按步长由大到小调节谐波（此时应设置谐波为变量），也可固定谐波，按步长由小到大调节基波（此时应设置基波为变量），测试的效果基本相同。

■ 试验方法

- 方法一：试验前，可将差动保护的变压器接线类型修改为 Y（Y₀）/ Y，且设置低（中）压侧的平衡系数为 1，这样会使试验简单化。试验时，原则如下：
 - 可以仅给高压侧或低压侧某一相加基波叠加谐波，也可给高、低压侧同一相分别加基波、谐波电流
 - 输出的基波分量初值必须大于保护整定的动作门槛电流。即 $I_1 > I_{d0}$ 。
 - 输出的谐波含量初值必须能可靠闭锁保护，即大于保护整定的谐波制动系数。即 $I_{xb} / I_1 > K_{xb}$ 。

其中 I_1 、 I_{xb} 分别为基波和谐波分量初值， I_{d0} 为差动动作门槛值， K_{xb} 为谐波制动系数。

- 方法二：若差动保护的变压器接线类型为 Y（Y₀）/ △，且高、低压侧的平衡系数均不是 1，如何在不修改整定值的情况下测试保护的比例制动系数呢？
 - 只在高压侧某一相加基波叠加谐波。
 - 由于高压侧电流受高压侧平衡系数 K_h 影响，故要求基波分量初值满足： $I_1 / K_h > I_{d0}$ 。
 - 谐波含量初值必须满足： $I_{xb} / I_1 > K_{xb}$ 。

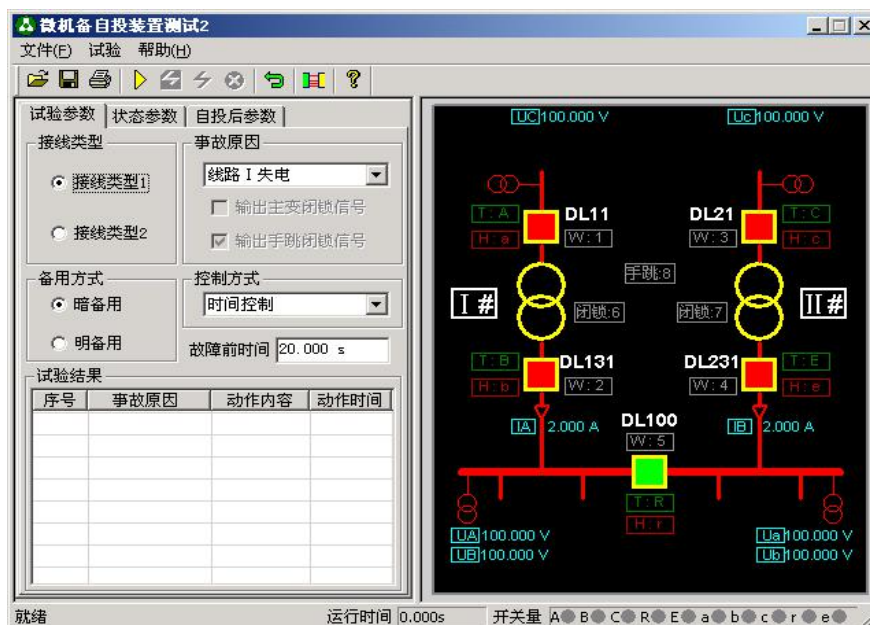
设置谐波分量变化并给定变化步长，开始试验后，按步长逐步减小谐波直至差动保护动作。动作时的谐波和基波分量按以下公式计算谐波制动系数：

$$K_{xb} = I_{xb} / I_1$$

第二十章 备自投试验

该测试模块专门用于测试备自投装置。软件预设了两种典型的接线类型，预设了十余种可能的事故原因，能模拟各种条件下的备自投测试。软件界面以直观的实时接线图显示试验前后主接线图的各种状态及变化。测试仪能根据所接收到保护的的动作信号，智能、实时地输出各线路电压电流和各母线电压，并且自动控制测试仪开出量的闭合与断开，以适应备自投装置对开关位置状态的判断。

- 界面直观地显示各种系统主接线图，图上各开关状态、电压电流状态均实时显示和变化
- 各开关的描述方式和初始状态、各电压电流的描述方式和初始状态均可自由方便地设定
- 各开关的跳合闸接点均可自由方便地设定其连接方式
- 可方便地设置各进线和母线在有压和无压时的电压、有流和无流时的电流
- 可智能识别系统初态及备自投每次动作后的状态，彩色显示系统主接线图和电压电流变化。
- 预设了两种典型的主接线类型，并设计了明备用和暗备用两种备用方式
- 可以模拟多达十余种事故原因，能模拟各种条件下的备自投测试
- 记录备自投各次动作后的事故原因、动作内容和动作时间
- 可测试进线恢复供电时的备自投动作行为
- 可预设备自投或开关设备拒动或动作不正确情况进行测试
- 具备备自投测试所需的多达 10 路开入量和 8 路开出量



第一节 界面说明

■ 试验参数

• 接线类型与备用方式

“接线类型 1”和“接线类型 2”是目前变电站常用的两种典型接线。软件预设了这两种接线在明备用或暗备用下的正常运行状态，测试时应将接线类型和备用方式配合起来设置，如右图所示：

从彩图中可观察到开关的分、合闸状态（红色为开关合闸态，绿色为开关分闸态）；母线有、无电压或线路有、无电流（红色为有压、有流，灰白色为无压、无流）；变压器带电、失电状态（黄色为带电、灰白色为失电）。

• 开入量和开出量的定义和修改

开关旁边的“T”和“H”，是指示备自投装置发出的该开关的跳闸和合闸信号应接至测试仪的哪个开入量。测试仪共有 A、B、C、R、E、a、b、c、r、e 等共计 10 路开入。

开关旁边的“W”是指示该开关的位置状态信号由测试仪的哪个开出接点发出，应接入备自投的开关位置信号输入端。测试仪有 1、2、3、4、5、6、7、8 共 8 对开出。

界面上各开关的跳闸 T、合闸 H 接点接入测试仪哪路开入量的对应关系均做了初始定义，如 DL11 的跳闸 T 默认接入开入 A、合闸 H 接入开入 a，但这些接入关系均可以修改，方法是在 DL11 及附近位置点击鼠标右键，在弹出的对话框中修改。同样，界面上各开关的位置信号 W 各由哪路开出输出的对应关系也都做了初始定义，如 DL11 的位置信号 W 默认由开出 1 输出，但这些接入关系也可以修改，方法相同。

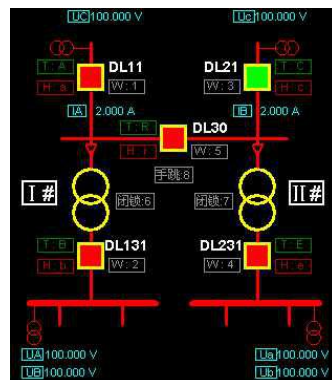
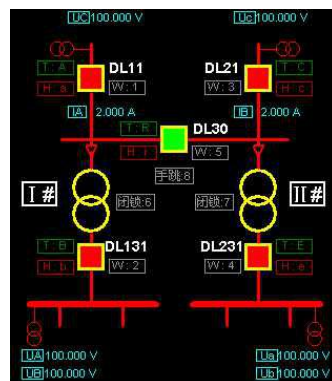
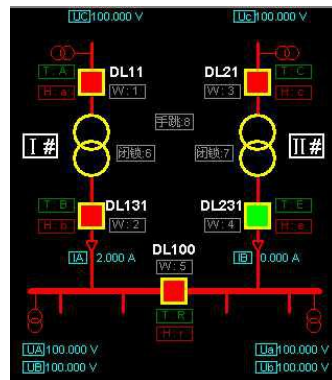
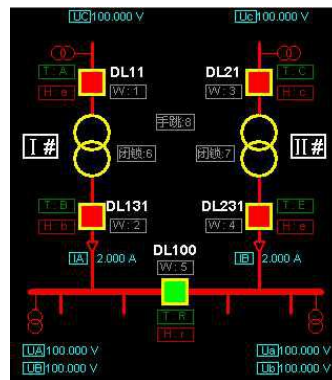
开关位置信号可设置为“正逻辑”或“负逻辑”输出：

正逻辑： 开关位置 W 为合闸态，相应的开出量闭合；

负逻辑： 开关位置 W 为合闸态，相应的开出量打开。

• 输出主变闭锁信号和手跳闭锁信号

如果事故原因是“主变故障”，有些情况下是不允许备自投动作的。若备自投误合上备用开关，则很可能造成事故。这种情况下软件可模拟输出主变闭锁备自投信号，接入备自投装置相应的闭锁信号输入端，闭锁备自投功能。



当事故原因选择“xx#变压器故障”时，界面上“输出主变闭锁信号”选择项将开放，勾选则在进入事故状态时向备自投输出闭锁信号。该闭锁信号是由测试仪的开出量输出的。界面上初始定义开出 6 和 7 分别作为 I#、II#主变的闭锁信号输出。当然也可以自定义修改，方法与上文类似。

在正常倒闸操作中跳开某些开关，导致某些母线或元件失压，从而满足备自投的动作条件。如果不闭锁备自投，将造成备自投误动作而造成事故。这种情况下软件可模拟输出手跳闭锁备自投信号，接入备自投装置相应的闭锁信号输入端，闭锁备自投功能。

当事故原因选择“xx 开关手跳”，界面上“输出手跳闭锁信号”选择项将开放，勾选则在进入事故状态时向备自投输出闭锁信号。界面上初始定义开出 8 作为手跳闭锁信号输出。当然也可以自定义修改，方法与上文类似。

修改“T”、“H”、“W”以及“闭锁”的方法均是：在非试验状态下，用鼠标右键点击图中“T”、“H”、“W”或“闭锁”框，在弹出的对话框中设置断路器名称、位置信号 W、跳闸 T、合闸 H，以及由哪个开出量输出主变或手跳闭锁信号，设置断路器初始状态等各个参数。如右图所示：



修改图中电压、电流参数和变压器编号的方法同上。

● 描述进线、母线和支路的电压和电流

系统主接线的各条进线、各段母线上是否有电压，由测试仪哪些电压输出；各支路是否有电流，由测试仪哪路电流输出。界面上已根据不同的接线类型和备用方式预设了描述的电压、电流通道的以及在正常运行状态的初始电压、电流值。这些预设的通道可能与实际情况不相符合，在试验前可能需要重新定义各个电压和电流通道的。修改定义的方法与修改“T”、“H”、“W”的方法类似，请参考上文。

试验前，先根据实际情况在软件界面的图形上设置好正常运行的主接线图，各个初始电压和电流应与实际情况一致。然后定义好各个开关的跳、合闸接点与测试仪的开入量的对应关系。接线时，测试仪的各个开入开出接点必须按照图中所示的一一对应接线，否则试验不能成功。

● 事故原因与测试过程

在“事故原因”下拉菜单中，软件预设了共计 12 种事故原因，如右图所示。

点击“开始试验”按钮后，测试仪先输出主接线的正常运行状态数据，按图中所设置的参数输出各相电压、电流，根据各开关的位置状态输出各开出接点。此时备自投装置应识别为“正常运行状态”而不动作。经过一定的“故障前延时”或按下“开始故障”按钮后，测试仪按所选择的事故类型输出相应的故障电压电流量和开关量。备自投装置识别到故障后将发出相应的跳、合闸命令。测试仪在收到备自投发来的跳、合闸信号后，变换图中开关状态，并智能地识别新的主接线状态而改变电压电流的输出和开关位置接点





输出。并继续等待备自投下一步动作。

若事故原因为某线路失电，还能模拟事故后电源自动上电恢复过程。当备自投装置自投成功后，点击界面上工具栏的“供电恢复”按钮，原先因故障而失压的那条线路的电压将恢复有电。备自投识别到进线电压恢复后，将按“供电恢复”程序再次做出相应的反应。

开关偷跳与开关手跳在概念上有所区别，也就是导致事故的原因不同。开关偷跳，一般认为由开关设备自身故障或保护误动作造成，这时需要开放备自投；开关手跳，一般以人工主动操作造成，如变电站检修时进行的倒闸操作，工作前一般要退出或闭锁备自投装置。

主变故障时，由于是内部故障，其它保护（比如变压器差动保护）将高、低压两侧的开关跳开，导致主变和低压侧母线失压。在接线类型 1（低压桥母联），不应发出闭锁备自投信号，备自投可以正确发出合母联开关的命令，但在接线类型 2（高压桥母联），则要闭锁备自投，否则备自投检测到母线失压误合母联开关，将会导致主变带电的事故。

● 进入事故状态的控制方式

时间控制 当选择此控制方式时，“故障前时间”将开放，可设置一定的故障前时间。试验时先在正常运行状态经过此时间后，自动进入事故状态。该时间一般应大于备自投装置的充电时间。

手动控制 当选择此控制方式时，开始试验时先输出正常运行状态，点击“开始故障”按钮后，即进入事故状态。当模拟进线失电事故时，按钮栏的“供电恢复”按钮也呈激活状态，由试验人员手动控制何时进线供电恢复。

开入 r 控制 当选择此控制方式时，只有开入 r 变位才有正常运行状态进入事故状态。当需要由外部的设备发出接点信号来启动事故时，可在开入 r 接入相应的控制信号。

● 试验结果

“试验结果”区记录如下信息：当前模拟的是哪种事故原因；备自投的每步动作过程及主接线的状态变化；每步的动作时间。

在“试验结果”列表中，当“动作内容”栏需要显示的文字超出了单格显示的范围时，表格中会出现省略号。此时请将光标移至该表格的文字上，那些被隐藏的文字将会显示出来。如右图所示。

试验结果			
序号	事故原因	动作内容	动作时间
1	线路 I 失电	线路 I 失电	0 ms
2	线路 I 失电	DL11跳闸	5844 ms
3	线路 I 失电	DL131跳闸, 母线1失压, 线路1失流	
4	线路 I 失电	DL100合...	5066 ms

■ 状态参数

● 有压电压电流、无压电压电流

状态参数页面用于输入在有压、有流或无压、无流时各电压和电流幅值和相位，即各状态时测试仪应输出的电压、电流值。

因试验的接线不同，或测试仪输出电压路数的不同，各电压的幅值和相位可能需设置得不同。比如，用测试仪的三相电压 UA、UB、UC 分别输出给 I 母线的三相电压，则应将设置如下：



\underline{U}_A : 57.7V 0° , \underline{U}_B : 57.7V -120° , \underline{U}_C : 57.7V 120°

如右图所示:

若仅用测试仪的两相电压 \underline{U}_A 、 \underline{U}_B 分别输出给 I 母线三相电压, 且要求加在 I 母线的三个线电压幅值均为 100V, 正序相位, 则可按如下方法设置电压参数 (加给 II 母线的两相电压设置方法同此):

\underline{U}_A : 100V 0° , \underline{U}_B : 100V 60°

如右图所示:

并且在接线时, 一般将测试仪 \underline{U}_A 、 \underline{U}_B 分别接自备自投 I 母线的 \underline{U}_A 、 \underline{U}_C 相, I 母线的 \underline{U}_B 接测试仪 \underline{U}_N 。具体接线请参考下文举例。

● 自投后电流

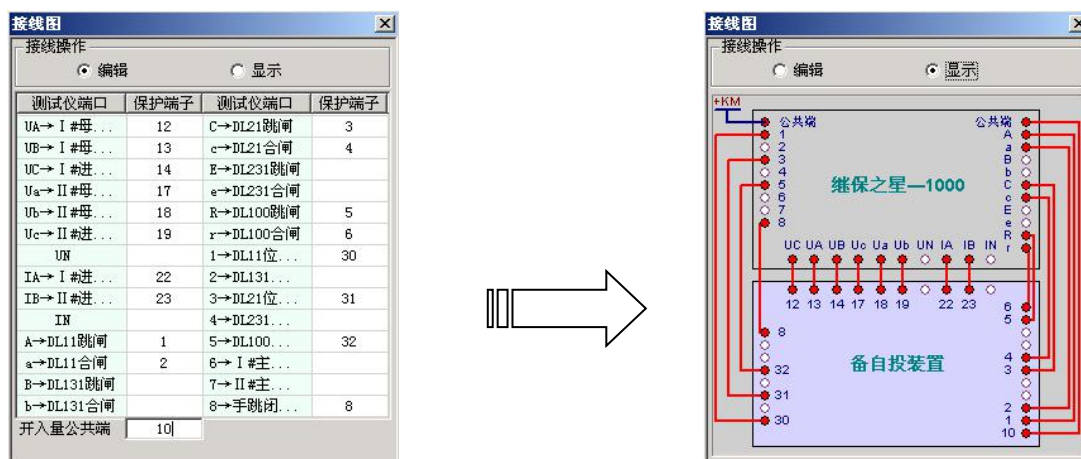
在暗备用情况下, 考虑到母联开关自投后, 可能出现一台变压器由原来只带一段母线负荷变为带两段母线负荷的情况, 表现在自投后变压器的电流增加。自投后电流参数就是为此目的而设置的。

通过设置较大的自投后电流, 能用来测试自投后备自投过负荷跳闸, 或合闸于故障母线, 后加速动作跳闸的情况。

■ 试验接线示意图

由于本试验的接线相对于其它试验较复杂, 本模块专门在菜单里面设计了“显示接线图”功能。

试验时, 当选择好接线类型和需要模拟的事故原因后, 软件自动产生与该试验对应的接线图。这时, 点击“显示接线图”按钮, 在弹出的对话框中进行编辑。可对照软件的主接线图, 在“编辑栏”中预先编辑好测试仪的各电量和开关量与自备投装置各端子的对应关系, 然后点击“显示”, 即生成试验接线图。试验时直接“按图接线”就可以了。接线图如下图所示。



第二节 试验指导

■ 电压、电流接线

做备自投试验，最麻烦的可能就是接线，因为不同的系统主接线类型、不同的备用方式，甚至不同的事故原因，都可能会造成接线的不同。下面就针对各种可能的情况，详细介绍试验的接线方法，以供参考。

为方便掌握试验接线方法，现介绍一种通用的交流量接线方法。无论哪种系统主接线类型，哪种备用方式，哪种事故原因，均可按以下方式接入各个交流量：

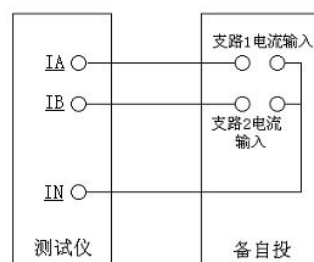
● 电流接入

接入电流量对备自投装置有如下作用：

- 1、投前要判断被跳开的一侧变压器支路无电流，才能合备用开关；
- 2、暗备用方式下，备用开关合闸后，因所带负荷超出在运行的变压器允许的最大负载，要求甩负荷。一般通过判断自投后的电流是否超过整定的过流动作值来确定变压器是否超载。

- 1、用开关合闸于故障母线，导致自投后电流非常大，以模拟后加速动作情况。

电流接线较简单，一般按软件界面提示，将测试仪的 IA、IB 分别接保护的两路进线或主变支路电流输入端，如右图所示：



● 电压接入

不同备自投装置要求每段母线或每条进线接入的电压可能不同，有的要求只接入一个、两个相或线电压，有的则要求接入三相电压。对不同的要求我们可以采用不同的接线方法来满足。

每段母线或每条进线要求接入一个或两个相或线电压： 这种情况可以简单地用测试仪的一个或两个电压输出通道直接接入即可。

每段母线或每条进线要求接入三相电压： 这种情况可以采用两种接法：

- a) 将测试仪两个电压通道接入备自投三相电压。接线方法如右图。

设测试仪输出的电压： $\underline{U}_A = 100V, 0^\circ$ $\underline{U}_B = 100V, 60^\circ$

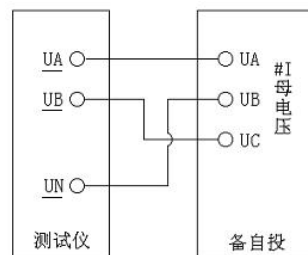
则： $\underline{U}_{AB} = 100V, -60^\circ$

由于测试仪输出的电压 \underline{U}_A 、 \underline{U}_B 分别加在备自投的 UA、UC 上，则备自投侧：

$$\underline{U}_{AB} = \underline{U}_A = 100V, 0^\circ$$

$$\underline{U}_{BC} = -\underline{U}_B = 100V, -120^\circ$$

$$\underline{U}_{CA} = -\underline{U}_{AB} = 100V, 120^\circ$$



为正序电压。

- b) 将测试仪三个电压通道分别接入备自投三相电压。接线采用一一对应接线，接线方法如右图。

此时应将软件的“试验参数”页中各电压设为：

$U_A=57.7V, 0^\circ$ $U_B=57.7V, -120^\circ$ $U_C=57.7V, 120^\circ$

第 1 种接线比较节约电压通道数。802 和 703 型测试仪只有 4 路

电压 U_A 、 U_B 、 U_C 、 U_X ，可以采用这种接线描述两组电压，如 I 母、II 母电压。1000/1200 型具有 6 个电压，可以描述更多组电压。如在描述两段母线电压的同时，还可描述两个单相的进线电压。

■ 试验举例 1：接线类型 1、暗备用、线路 I 失电

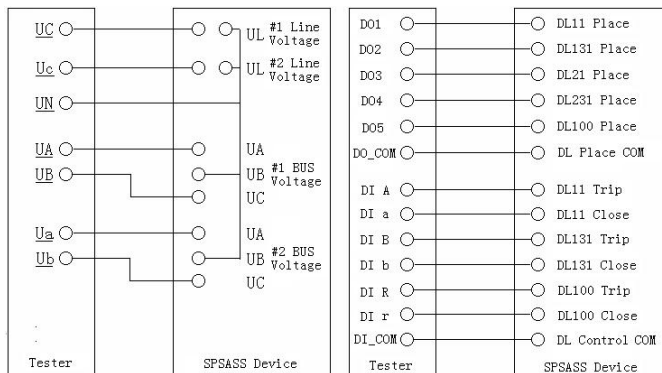
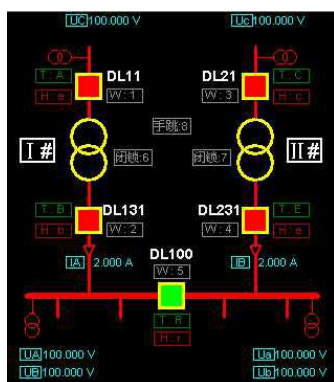
● 初始条件：

备自投需接入量：两条高压进线各需接入一个线电压，两段低压母线各需接入三相线电压，两台主变各需接入一个低侧电流；各开关位置信号，正逻辑。

备自投输出量：各开关跳闸、合闸信号。

● 试验接线：

具体接线及试验参数设置方法如下图：



有压电压	相位	无压电压	相位
UA 100.000 V	0.0 °	0.000 V	0.0 °
UB 100.000 V	60.0 °	0.000 V	0.0 °
UC 100.000 V	0.0 °	0.000 V	0.0 °
Ua 100.000 V	0.0 °	0.000 V	0.0 °
Ub 100.000 V	60.0 °	0.000 V	0.0 °
Uc 100.000 V	0.0 °	0.000 V	0.0 °

有流电流	相位	无流电流	相位
IA 2.000 A	0.0 °	0.000 A	0.0 °
IB 2.000 A	0.0 °	0.000 A	0.0 °
IC 2.000 A	0.0 °	0.000 A	0.0 °
Ia 2.000 A	0.0 °	0.000 A	0.0 °
Ib 2.000 A	0.0 °	0.000 A	0.0 °
Ic 2.000 A	0.0 °	0.000 A	0.0 °

自投后电流设置		
	自投后有流电流	相位
IA	2.000 A	0.0 °
IB	4.000 A	0.0 °
IC	2.000 A	0.0 °
Ia	2.000 A	0.0 °
Ib	2.000 A	0.0 °
Ic	2.000 A	0.0 °




● 试验过程：

开始试验时，测试仪先输出正常运行态：各电压输出有压电压，各电流输出有流电流；131、100 均闭合（开出 2、5 均闭合），DL231 断开（开出 4 打开）。

等待事故前延时（或手动触发）后，自动进入事故状态，进线 1、#1 主变和 I 段母线失压（UA、UB、UC 均为无压电压），#1 主变无流（IA 为无流电流）。检测到状态变化后备自投动作过程应为：

确定进线 2 有压后延时时间 t1 跳 DL131 开关——确定 DL131 开关确实跳开，且 #1 主变无流无流后，延时时间 t2 合 DL231 开关——此时 1 母电压恢复（UA、UB 恢复为有压电压），#2 主变电流为自投后电流。

自投成功后，如果需要进一步模拟供电恢复时，则按工具栏的“”（供电恢复）按钮，进线 1 将恢复供电（UC 为有压电压）。后备自投装置可能的动作过程是：

延时时间 t3 跳 131 开关——延时时间 t4 合 DL231 开关——此时 1 母线恢复为有压电压，#2 主变电流恢复为有流电流。

注意：

1. 图中+KM 为后备自投装置的 220V 直流+KM 或+XM，现场试验时可从保护屏柜的控制电源取，也可以从测试仪后面板的独立直流电源接线，只需将独立直流调至 220V 即可直接使用。
2. 现场试验，常通过选择“线路 I 失电”、线路 II 失电”来代替模拟“I 母线失电”、“I 母线失电”，此时 UC、Uc 可不接线，其它接线同本例。
3. 如果不做“供电恢复”试验，图中有些接线（DL11 合闸、DL131 合闸、DL100 跳闸）可以不接。
4. “DL11 偷跳”、“DL131 偷跳”的接线方法与本例相同。
5. 线路 2 侧的各种试验接线与同等条件下（指接线类型和备用方式均相同）线路 1 侧的试验接线相似。
6. 位置信号输出逻辑选择与装置本身有关，如果装置的位置信号接点在输入 220V 或 110V 正电位时，判断相应开关为合闸状态，则试验时应选择“正逻辑”，若判断为分闸状态，则选择“负逻辑”。

■ 试验举例 2：接线类型 2、明备用、DL21 开关偷跳

● 初始条件：

后备自投需接入量：两段低压母线各需接入三相线电压，两台主变各需接入一个低侧电流；各开关位置信号，负逻辑（注意：下面的各开出量均与上例反逻辑）。

后备自投输出量：各开关跳闸、合闸信号。

● 试验接线：

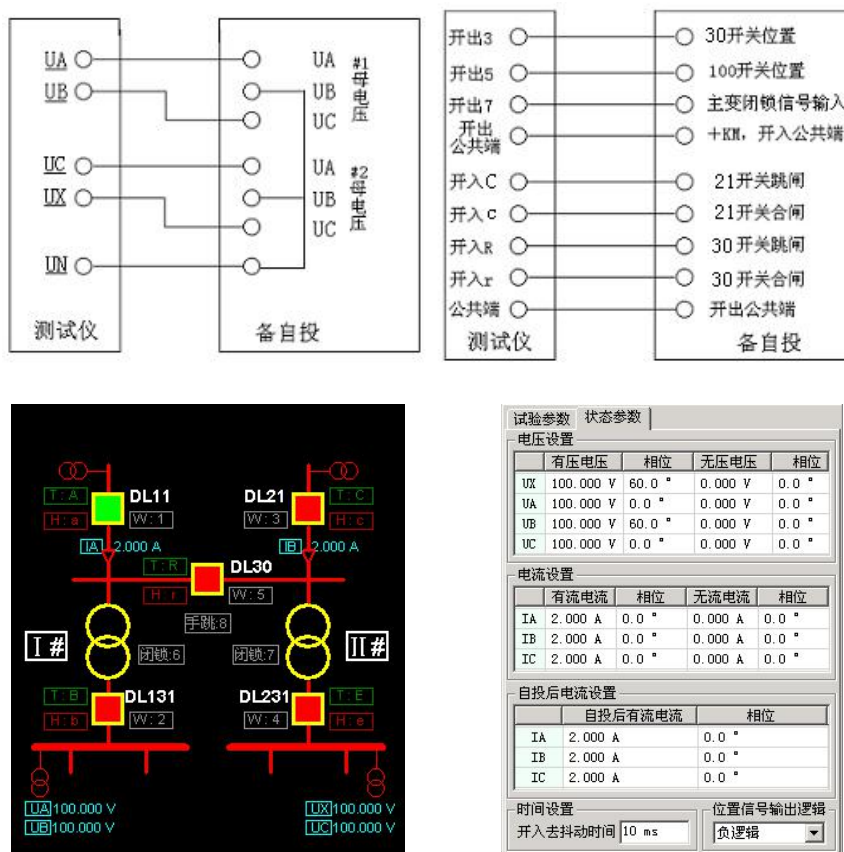
具体接线及参数设置方法见下列图示：

• 试验过程:

开始试验时，测试仪先输出正常运行态：各电压输出有压电压，各电流输出有流电流；DL11 闭合（开出 3 打开），DL11 断开（开出 1 闭合）。注意，这里 DL30 的开入开出量均可不接线，即认为实际上这就是一段母线，而没有分段开关，这样也更符合现场实际。

等待事故前延时（或手动触发）后，自动进入事故状态，DL21 断开（这里由测试仪自动跳开此开关，并通过开出 3 “告知” 备自投，DL21 确实跳开，模拟因其它原因导致 DL21 偷跳。），从而导致 I、II 段母线同时失压（UA、UB、UC、UX 均为无压电压），#1、#2 主变均无流（IA、IB 为无流电流）。检测到状态变化后备自投动作过程应为：

延时时间 t1 合 DL11 开关——此时 I、II 母电压恢复，#1、#2 主变电流为自投后电流。



注意:

1. 图中+KM 为备自投装置的 220V 直流+KM 或+XM，现场试验时可从保护屏柜的控制电源取，也可以从测试仪后面板的独立直流电源接线，只需将独立直流调至 220V 即可直接使用。
2. 接线类型 2 是较简单的一种系统主接线方式，只能模拟进线失电、母线失电，和变压器一侧，比如高压侧开关的跳闸故障，而不能模拟另一侧开关跳闸和主变故障。若需要模拟后两类故障，请选择“接线类型 1”。

3. 模拟“DL21 手跳”故障，当需要检查手跳闭锁信号时，可将备自投装置的闭锁信号输入端子接测试仪的开出 8，其它接线与“DL21 偷跳”相同。

4. 同等条件下（指接线类型和备用方式均相同），DL11 的各种试验与 DL21 的试验相似，只是对应地接线路 1 侧的各开关即可。

■ 试验举例 3：接线类型 2、暗备用、II#主变故障并闭锁备自投

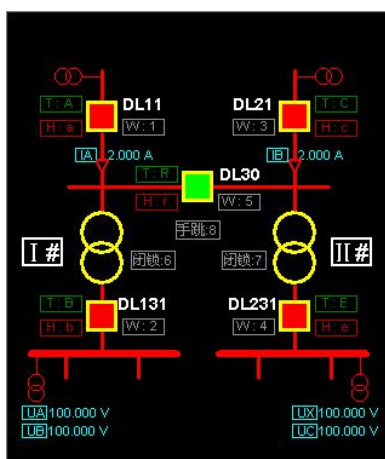
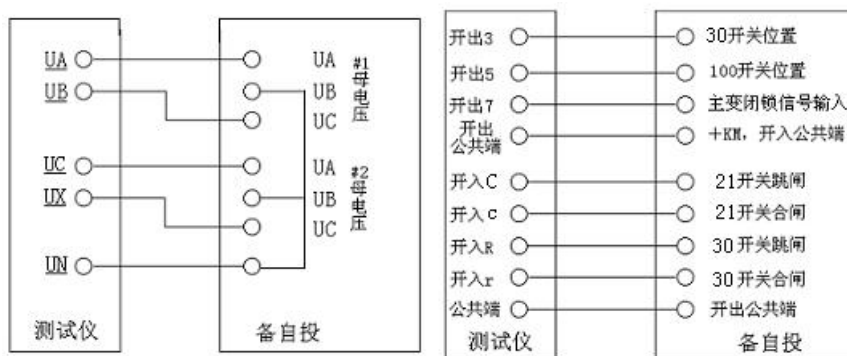
• 初始条件：

备自投需接入量：两段低压母线各需接入三相线电压，两台主变各需接入一个低侧电流；各开关位置信号，正逻辑。

备自投输出量：各开关跳闸、合闸信号。

• 试验接线：

具体接线及参数设置方法见下列图示：



试验参数 [状态参数]			
电压设置			
有压电压	相位	无压电压	相位
UX 100.000 V	60.0 °	0.000 V	0.0 °
UA 100.000 V	0.0 °	0.000 V	0.0 °
UB 100.000 V	60.0 °	0.000 V	0.0 °
UC 100.000 V	0.0 °	0.000 V	0.0 °
电流设置			
有流电流	相位	无流电流	相位
IA 2.000 A	0.0 °	0.000 A	0.0 °
IB 2.000 A	0.0 °	0.000 A	0.0 °
IC 2.000 A	0.0 °	0.000 A	0.0 °
自投后电流设置			
自投后有流电流		相位	
IA 2.000 A	0.0 °		
IB 2.000 A	0.0 °		
IC 2.000 A	0.0 °		
时间设置		位置信号输出逻辑	
开入去抖动时间 10 ms		正逻辑	

• 试验过程：

开始试验时，测试仪先输出正常运行态：各电压输出有压电压，各电流输出有流电流；DL11、21、131、231 均闭合（开出 1、2、3、4 均闭合），DL30 断开（开出 5 打开）。正常运行期间，备自投处于非闭锁状态，所以此时开出 7 打开。一进入故障态，开出 7 即闭合，以给备自投加上正电



位，使其闭锁。

等待事故前延时（或手动触发）后，自动进入事故状态，DL21 断开（这里由测试仪自动跳开这两个开关，模拟主变故障时，由其它保护，比如变压器差动保护跳开变压器的高、低侧开关，并且通过开出 3 告知备自投，这个开关确实已跳开），从而导致 I 段母线失压（UC、UX 均为无电压），II#主变无流（IB 为无流电流）。检测到状态变化后备自投动作过程应为：

装置不动作！

这是由于装置的“主变闭锁信号输入”端子经过开出 7 被加上了 220V 正电源，处于闭锁状态，所以装置不发备自投合闸信号。此时 II 母仍处于失压状态，DL21、30 也均维持断开状态，试验结束。

为确认造成备自投不合闸的原因的确是因“主变闭锁”引起的，可将软件界面上的“输出主变闭锁信号”取消选择，重复上述试验，此时，备自投动作过程应为：

延时时间 t1 合 DL30——II 母线电压恢复（UC、UX 恢复为有压电压），II#主变支路电流恢复（IB 恢复为有流电流），试验结束。

注意：

1. 图中+KM 为备自投装置的 220V 直流+KM 或+XM，现场试验时可从保护屏柜的控制电源取，也可以从测试仪后面板的独立直流电源接线，只需将独立直流调至 220V 即可直接使用。
2. 若系统主接线为“接线类型 1”，主变故障时一般不需要闭锁备自投
3. 可按上例相似的接线方法重新接线，检查 I#主变故障时的闭锁情况，此时是通过测试开出 6 输出闭锁信号。

试验心得：

备自投试验接线并非千篇一律，上文的举例仅供参考。比如，有的备自投较简单，没有进线电压端子，则试验时进线电压不接；有的备自投装置不需要判断开关位置，则测试仪相应的开出量也不需接线。

和重合闸装置一样，开始故障前，往往应使备自投装置完成充电，否则会出现备自投不动作。备自投不动作时，还应检查：

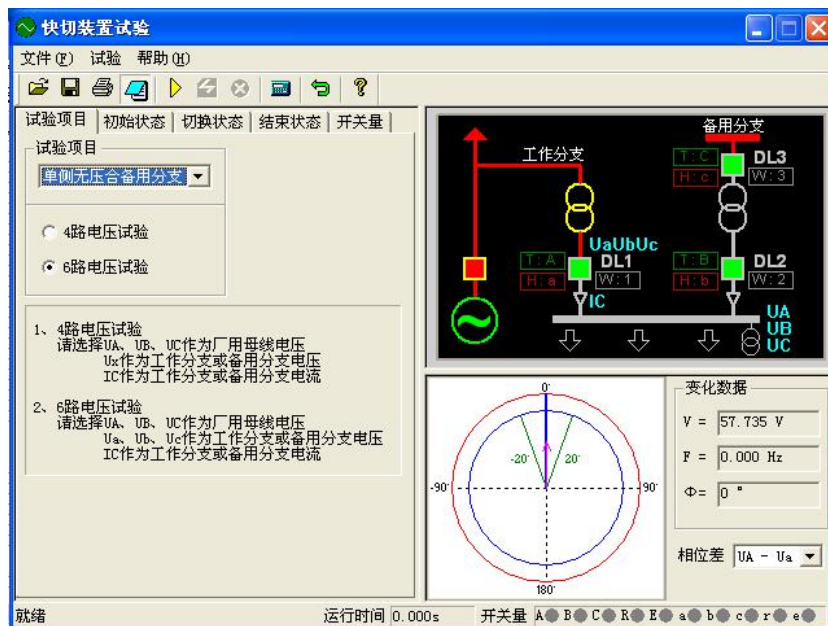
- 1、经测试仪开出接点接入的装置开关位置接线端子电位是否正确；
- 2、跳闸侧线路是否无电流；
- 3、装置的闭锁接点是否误接入正电源。

第二十一章 快切试验

本测试模块集中了当前快切试验的通用的测试项目，适用于快切装置保护的测试。

本模块用于对发电机厂用电源快切装置的测试，模拟在各种事件情况下，厂用电源和备用电源间进行的互相切换，测试快切装置的动作行为，记录各种动作值。

- 以图形方式直观形象地显示主接线图，以及切换时的主接线状态变化
- 可智能识别初始态及切换时各状态，彩色显示主接线和电压电流的变化。
- 可模拟多达 7 种切换情况，包括正常进行的切换和多种事故时的自动切换
- 可模拟各种正常和事故情况下厂用母线和各分支的电压、电流和频率变化过程
- 记录切换时各开关动作时间，动作顺序，动作时的电压幅值、角差、频率
- 方便的设定多个开出量用来描述主接线上各开关的状态
- 方便的设定多个开入量用来记录快切装置发出的各开关跳闸、合闸情况
- 可以模拟起备变冷备用和热备用
- 具备快切测试所需的多达 10 路开入量和 8 路开出量



第一节 界面说明

■ 测试项目

● 试验项目

模拟 7 种情况下的切换行为（见右图），每次只能选择一种进行快切试验。

软件固定使用 UA、UB、UC 代表厂用母线电压，而用 Ua、Ub、Uc 可选择代表工作分支电压或备用分支电压，选择在“初始状态”页面中的“电流、电压、闭锁信号设置”中选择，点击“Ua、Ub、Uc”对应的文字说明即会切换。

另外使用 IC 电流通过选择代表工作分支电流或备用分支电流，选择方法相同。

● 开关量设置

该页面显示各开入、开出量与各断路器（简称 DL）的接线定义。

测试仪的开出量 1、2、3 用于描述主接线上 DL 的位置信号，在主接线图中标示。如 DL1 **W: 1** 表示开出 1 描述 DL1 的位置信号。

DL 位置信号可设置为“正逻辑”或“负逻辑”输出：

正逻辑：开关位置 W 为合闸态，相应的开出量闭合；

负逻辑：开关位置 W 为合闸态，相应的开出量打开。

测试仪的多个开入量接入各 DL 的跳、合闸命令，如 DL1 **T: A** 表示 DL1 的跳闸信号接入开入 A 中，该信号到时记录其动作时间。

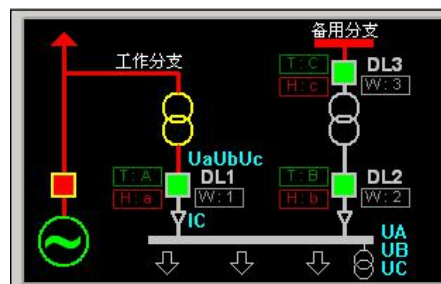
为做到对快切试验过程的良好控制，各 DL 与各开出和开入量的对应关系均已固定设置好，在本页面中已详细描述，试验时只需根据所述的对应关系接线即可。

界面上有一选项“DL 跳合闸信号控制 DL 位置信号变化”。当该选项选中时，测试仪开入收到跳合闸信号，将自动控制 DL 的位置跟着变化，并通过开出变位输出。该选项未选中则仅记录动作时间，DL 位置和开出不变。

DL 跳闸和合闸可以设定相应的跳闸延时和合闸延时时间。

开出 4 设计用于作事件的启动信号，在正常运行状态中，触发后开出 4 延时一个给定时间后闭合，用于启动快切装置的切换进程。

开出 6、7、8 用于模拟 DL1、2、3 的检修闭锁信号，若闭锁信号合，应该会闭锁快切装置的





切换进程。该闭锁信号设置在“初始状态”页面中设置。

■ 初始状态、切换状态、结束状态

本试验很简便地用初始状态、切换状态、结束状态三个试验状态直观明了地描述整个快切试验过程。

对各个状态的工作分支与备用分支的状态变化进行直观地描述；而且对于试验人员所最关注的切换过程进行详细的过程分解，通过真实的试验数据变化，并用直观的矢量示意图来清晰地展现了试验过程。

● 初始状态

初始状态为事件发生前的正常运行状态。

在初态中，可以设置各相电压、电流的定义，以及各闭锁开出量是否闭锁。程序中固定使用 UA、UB、UC 代表厂用母线电压，而 Ua、Ub、Uc、IC 可选择代表工作分支电压电流或备用分支电压电流，通过点击“Ua、Ub、Uc、IC”对应的文字说明来切换选择。

初始状态的各电压、电流幅值和相位在“初始值”表格中输入，初始态各断路器的状态可以在主接线中直接设定，将光标移到对应断路器上直接单击鼠标左键即可变更断路器的合、分状态。

试验开始后测试仪输出初始状态的正常运行数据，系统模拟正常运行，通过触发启动后进入事件状态即“切换状态”。触发方式有“时间触发”、“开入量 R 或 r 触发”、“手控按键触发”三种触发方式。

● 切换状态

切换状态即事件发生，模拟系统在整个事件过程中的变化、切换，同时记录切换过程及结果。

切换状态页面中所输入的电压电流值是切换开始时刻的电压电流初始值。在“低压切换”事件中进入该时刻，母线电压会低于正常运行电压。在其他各事件中各电压值应与初始状态时的数值相同。

在切换状态可以设置厂用母线电压和频率变化。电压和频率分别按设定的 dv/dt 和 df/dt 变化，并可给定变化终值。

试验过程中进入切换状态后，测试仪将输出本状态的电压电流，并按给定的速率变化，快切装置将动作切换各断路器，切换过程和动作时间将记录在动作记录区中。

切换完毕后将进入结束状态。判断是否切换完毕，可以自动判别，即选择哪几个断路器动作才判完毕，也可选择时间控制或手动按键控制确定完毕。

● 结束状态

结束状态即切换完毕后的运行状态，本状态的各电压电流数据可以在本状态中设置。

第二节 试验指导

■ 试验方法

◆ 试验参数设置

试验前选择好试验项目，然后分别对每个状态的输出量进行设置。程序中对每种试验项目带有一批默认数据，可以作为参考。

● 初始状态

初始态的参数有三部分需要设置：

(1) 设置各电压电流分别代表是工作分支还是备用分支，用光标点击相应的文字改变，另设置各 DL 的闭锁信号的工作状态是打开还是闭合。

(2) 如右图所示，设置了初始状态（即正常运行状态）下 UA、UB、UC、Ua、Ub、Uc、IC 的幅值与相位，以及初始频率（默认 50Hz）。

对于单侧无压合闸的情况，厂用母线电压初始状态为 0，故 $U_{ABC}=0$ ，对其他情况， U_{ABC} 均为正常电压。而 U_{abc} 代表工作分支或备用分支，其初值和相位视具体情况而定。

(3) 启动方式选择与说明：

启动方式就是试验从初始状态进入切换状态的方式，有时间触发、开入量触发、按键触发三种方式。

● 切换状态

切换态的参数有四部分需要设置：

(1) 如右图所示，设置了切换状态下 UA、UB、UC、Ua、Ub、Uc、IC 的幅值、相位和频率的初值。

对于单侧无压合闸的情况，切换开始时厂用母线电压 $U_{ABC}=0$ ；对于正常切换情况， U_{ABC} 应为正常电压；对于低电压切换情况， U_{ABC} 应为某一低电压值；对于事故切换或误跳切换的情况，由于电机反电势存在，厂用母线电压 U_{ABC} 初值应等于正常运行电压，然后幅值和频率均逐渐下降。而 U_{abc} 代表工作分

电压、电流、闭锁信号设置

数据项	工作状态选择
U _A U _B U _C	厂用母线电压
U _a	工作分支电压
U _b	工作分支电压
U _c	工作分支电压
I _C	工作分支电流
开出6	闭合
开出7	打开
开出8	打开

初始值			
数据项	有效值	相位	频率
U _A	0.000 V	0.000 °	50.000 Hz
U _B	0.000 V	0.000 °	
U _C	0.000 V	0.000 °	
U _a	57.735 V	0.000 °	50.000 Hz
U _b	57.735 V	-120.000 °	
U _c	57.735 V	120.000 °	
I _C	0.000 A	0.000 °	

切换值			
数据项	有效值	相位	频率
U _A	0.000 V	0.000 °	50.000 Hz
U _B	0.000 V	0.000 °	
U _C	0.000 V	0.000 °	
U _a	57.735 V	0.000 °	50.000 Hz
U _b	57.735 V	-120.000 °	
U _c	57.735 V	120.000 °	
I _C	0.000 A	0.000 °	

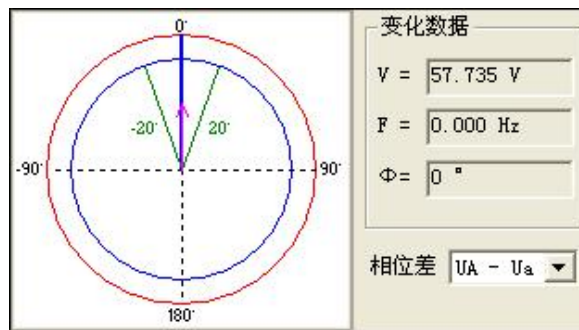
U _{ABC} 幅值、频率变化		
	控制量	变化终值
d f /dt	0.500 Hz/s	40.000 Hz
d v /dt	2.000 V/s	0.000 V

支或备用分支，其幅值和相位应视具体情况而定。

(2) df/dt 、 dv/dt 变化参数设置：

对于事故切换或误跳切换的情况，厂用母线电压 U_{ABC} 幅值和频率是从初始电压值逐渐下降的，这里需要设置 U_{ABC} 幅值和频率的下降速率 dv/dt 、 df/dt ，以及变化终值。对其他各切换情况，电压和频率不需变化，故变化选项不打“√”。

试验进入切换态后，各电压电流均输出列表中的值，如果电压和频率变化，则 U_{ABC} 按所设的 dv/dt 和 df/dt 均匀变化，其变化值在整步表中实时显示。这里需要注意的是，要选择正确的相位差计算公式，变化过程中会显示当前的 U_{ABC} 幅值、频率及所选相位差的变化示意图。



(3) 快切完毕条件选择与说明：

快切完毕条件就是试验从切换状态进入结束状态的方式，有三种方式选择。时间控制方式，即切换状态维持的时间，时间一到即进入结束状态；DL 动作控制，是所指定的断路器动作后才进入结束状态；按键控制就是手动按键控制进入结束状态。

快切完毕条件

☐ 时间控制
5.000 s

☒ DL动作
DL2动作

☐ 按键控制

(4) 动作时间记录：

动作时间记录区记录整个试验过程中发生的开关量动作情况。这里按发生的先后顺序进行详细的跟踪记录，记录动作开关量、动作内容、动作时间、动作时间差 Δt 、动作发生时的频率、电压及相位值。

动作时间			
序号	开关量	动作	动作时间

● 结束状态


结束态主要设置结束状态下母线电压 U_{ABC} 和各分支 U_a 、 U_b 、 U_c 、 I_C 的幅值与相位，以及频率的值。

● 开关量设置

开入开出量与各 DL 的跳、合闸信号以及 DL 位置信号的对应关系已经固定设置好，只需按对应关系接线即可。

结束值			
数据项	有效值	相位	频率
UA	57.735 V	0.000 °	50.000 Hz
UB	57.735 V	-120.000 °	
UC	57.735 V	120.000 °	
Ua	57.735 V	0.000 °	50.000 Hz
Ub	57.735 V	-120.000 °	
Uc	57.735 V	120.000 °	
IC	0.000 A	0.000 °	

◆ 试验方法

开始试验后，进入到初始状态运行，输出初始态电压电流。点击工具栏  即进入切换态。在切换态中，如果选择了 df/dt 、 dv/dt 变化，此时 F 和 V 按速率匀速下降，等待各动作信号，如果未

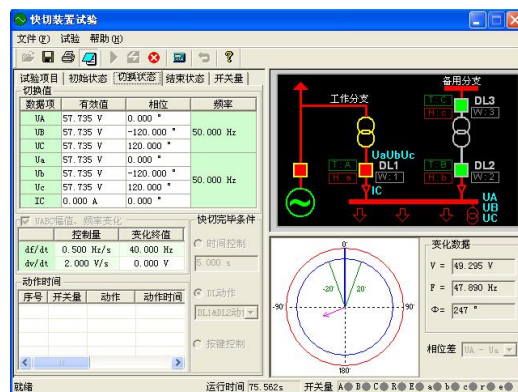
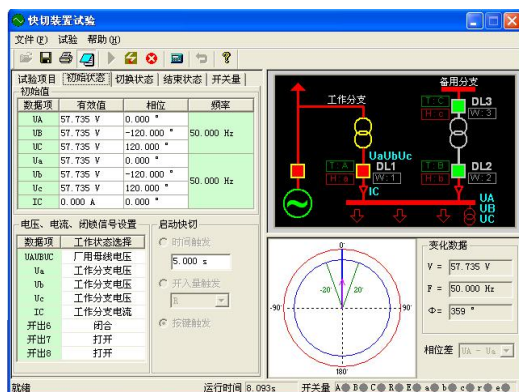
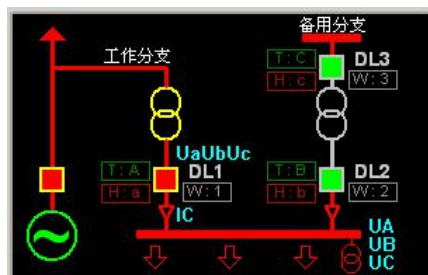
选择 df/dt 、 dv/dt 变化，则 F 和 V 保持不变，等待各动作信号。试验在满足快切完毕条件时，即进入到结束态，然后等待试验退出。

■ 试验举例 1：事故切换至备用分支

• 第一步：设置试验参数：

在试验项目页，选择“事故切换至备用分支”，这里默认使用 6 相电压来完成试验过程。注意右侧主接线图上各断路器的状态是否满足试验条件，如果不满足相应试验条件，可以点击图上的断路器符号，可以改变相应断路器开合状态。

初始状态页上，各电压电流初始值可选择默认值。选择 UABC 代表工作母线电压， U_a 、 U_b 、 U_c 代表备用分支电压， I_C 代表工作分支电流。选择按键启动快切。



切换状态页上，各电压电流初始值选择默认值，电压和频率均变化，快切完毕条件选择 DL1&DL2 动作才进入结束态。

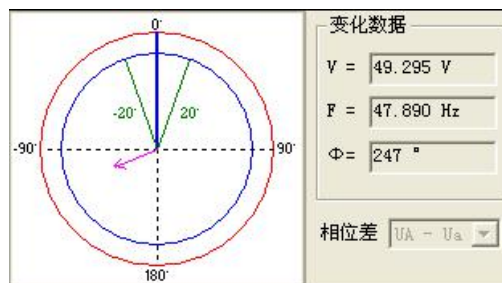
结束状态页上，结束态值选择默认值，结束试验条件选择时间控制，时间设置为 2.000 s。开关量设置页上，选择默认值进行试验。

• 第二步：试验过程：

在所有参数都设置完毕后，点击开始试验，试验进入到初始状态，输出初态电压电流和各断路器位置状态，等待触发快切进入切换态，

按 触发开始故障（也可按 TAB 键），试验进入到切换状态，电压电流和开出量按切换态数据输出，并且 UABC 按照所设定的 df/dt 、 dv/dt 变化，变化过程中数值和矢量图在同步表中实时显示。

当所变化的频率值 F 、电压值 V 及对应相位 Φ 值满足快切动作条件时，快切装置相继发出合闸

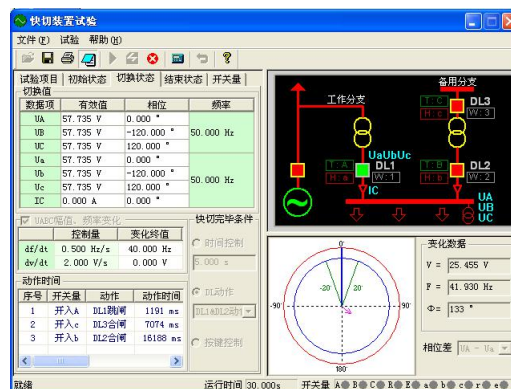




和跳闸信号，测试仪记录动作信号、时间以及动作时的各种数值。结果如下图所示。

序号	开关量	动作	动作时间	Δt	F	V	Φ
1	开入A	DL1跳闸	1191 ms	1191 ms	49.430 Hz	55.455 V	254 °
2	开入c	DL3合闸	7074 ms	5883 ms	46.490 Hz	43.695 V	317 °
3	开入b	DL2合闸	16188 ms	9114 ms	41.930 Hz	25.455 V	133 °

快切完毕条件为“DL1&DL2 动作”，若 DL1 跳闸和 DL2 合闸均完成，此时即完成了全部切换过程，试验自动进入结束态，然后等待试验结束。

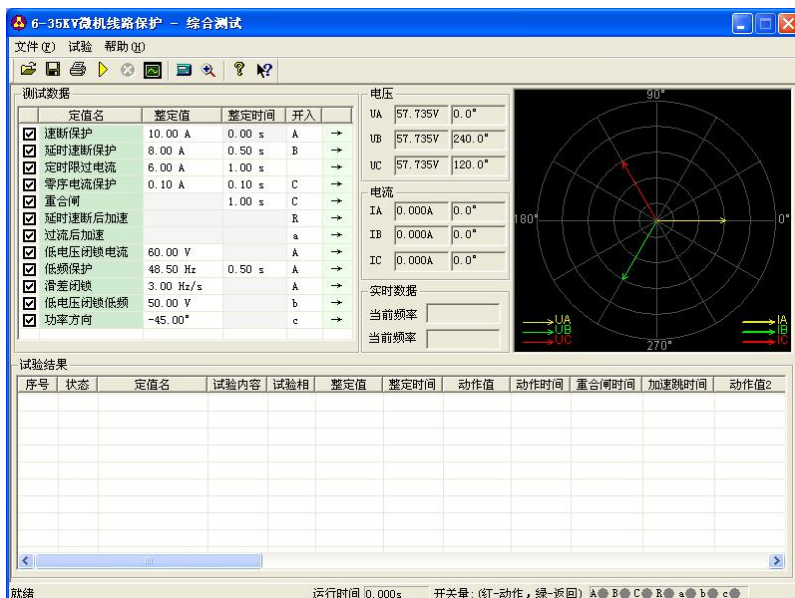




第二十二章 6-35KV 微机线路保护综合测试

本测试模块集中了低压微机线路保护的大部分测试项目，适用于 6~35KV 中性点不接地系统的线路保护的测试。在整个测试过程中大都采用了“双向逼近”的测试方法，有效地提高了测试的工作效率。

- 完整接线后，能一次性测试完所有项目，中间不需要人为干预
- 可不退出其它段，一次性对三段过流保护进行定值校验测试
- 整个模块大都采用了“双向逼近”的测试方法，节省时间，提高了试验效率
- 汇集了几乎所有中性点不接地系统的线路保护的各种测试功能
- 界面简洁，只需要设置少量的试验参数，有的甚至只要输入整定值即可
- “功率方向”测试项目中，故意模糊“灵敏角”的正、负概念，输入正、负角都能正确测试

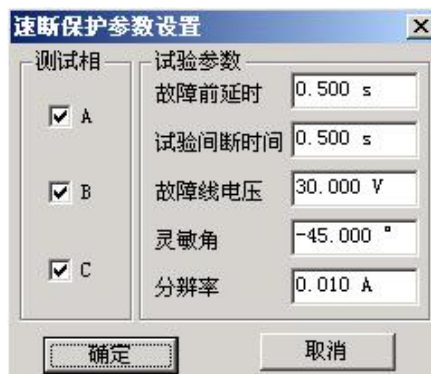


第一节 界面说明

■ 三段式过电流保护：速断、延时速断、定时限过流

这些项目专门用于测试三段过流保护。按照定值单正确输入各段定值（包括动作值和动作时间）后，可以不需退出其它段即可进行一次性测试。

测试时，先分别选中需要测试的项目，依据定值单设置各段的动作“整定值”和“整定时间”。然后用鼠标点击“→”按钮，在弹出的对话框中设置其它试验参数。下面以“速断保护”为例进行详细说明，如右图所示：



**注意：**

界面上要求输入的“整定值”和“整定时间”必须按照保护实际的定值设置正确填写，否则可能会影响结果，甚至导致试验不会成功。

• 测试相

试验时是分相加电流进行试验的，故提供 A、B、C 相供选择，可只选取一相也可同时选多相测试，软件将按顺序依次进行测试。当进行某相测试时，只有该相电流有输出，其它相电流为零。

• 故障线电压

对于有“低电压闭锁”功能的保护，需要加入三相电压。当线电压小于低电压整定值时，才开放过流保护，否则将闭锁保护，即使电流再大也不动作。在这种情况下，要求该参数应小于保护的“低电压闭锁”整定值。试验时，无论测试哪一相，三相电压均有输出，且 UAB、UBC、UCA 都等于所设置的故障线电压。

试验期间，可从软件界面的输出显示区域清楚地观察到当前个电压、电流通道输出的电流幅值和相位。进行低周减载项目测试时，还能监视输出电压的频率。如右图所示：

电压	
UA	57.735V 0.0°
UB	57.735V 240.0°
UC	57.735V 120.0°

电流	
IA	0.000A 0.0°
IB	0.000A 0.0°
IC	0.000A 0.0°

当前频率

• 灵敏角

功率方向灵敏角。功率方向元件投入，需正确设置灵敏角。一般情况下按默认值即可。

• 分辨率

该参数决定测试值的精度。按默认的 0.01 已能满足微机保护的一般试验要求。

■ 零序电流保护

有些小接地系统线路零序电流较大，保护也具有零序电流跳闸或报警功能。

零序保护界面的试验参数的设置与上述三段过流类似，请参阅。不同的是，在弹出的对话框中，“测试相”栏不开放，因为保护仅有一相零序，固定由测试仪 IA 相输出零序电流来测试。试验时将测试仪的 IA 接至保护的零序电流输入端，作为保护的零序电流。

■ 重合闸

该项目用于模拟三相一次自动重合闸的动作情况。试验前首先必须投入保护的重合闸功能。试验时，设置一个故障电流，使某一段过流保护能可靠动作。测试仪在接收到保护动作信号后立即转入正常态输出。在比“重合闸整定时间”略长的时间内等待重合成功。

注意，当开关手合或重合闸动作后，重合闸立即放电，在再次充电满之前重合闸处于闭锁状态，此时任何故障只跳闸不重合。重

重合闸参数设置

试验参数

故障相	A相
故障电流	7.200 A
故障电压	30.000 V
灵敏角	0.000 °
故障前延时	25.000 s
最大故障时间	1.200 s

说明
开出1接至保护装置的断路器位置
开出2接至保护装置的重合闸闭锁
信号输入端

确定 取消

合闸充电时间一般在 15—25 秒左右。参数设置如右图所示：

界面上要求输入的“整定时间”是指保护整定的重合闸时间。

● 故障电流、故障电压、最大故障时间

这里设置保护重合前的故障状态参数。该故障电流、电压应能保证保护可靠动作。“故障电流”一般大于某段过流整定值，而“最大故障时间”大于该段整定动作时间。比如，设置的故障电流只能让Ⅲ段过流保护动作，则“最大故障时间”应大于Ⅲ段过流的整定时间 0.2s 以上。

● 故障前延时

在重合闸未充满电的情况下，该参数一般设置为 15~25s，以等待重合闸充电完成。如果试验前重合闸已充满电，该时间可设置得较小，以节省试验时间。

注意：

有的保护要求开关在合闸位置时才启动重合闸，即在保护的开关位置端子上加上电位来判断开关合位。在整个试验过程中测试仪的开出 2 是模拟开关位置输出。在故障前态和重合后态开出 2 闭合，跳闸态开出 2 打开。因此可以将“开出 2”串入相应的直流回路，使保护可以正确识别开关位置。

■ 延时速断后加速、过流后加速

这些项目是测试永久性故障下重合闸动作后，后加速跳闸的过程。试验时，测试仪收到保护重合闸动作信号后，再次输出与前次相同的故障量，等待保护再次跳闸，测试后加速跳闸时间。

试验需具备如下条件：

- 1、参数中所设的故障电流、电压、灵敏角和故障时间应能保证所试验段过流保护正确动作（请参阅上文过流保护的相关说明）；
- 2、与该过流段对应的“延时速断后加速”或“过流后加速”保护功能投入；
- 3、重合闸功能投入（参阅上文重合闸的相关说明）；
- 4、需要开关位置信号才能启动重合闸的保护，需正确接入开出 2 接点信号。

■ 低电压闭锁过流

该项目是测试低电压闭锁过流保护的闭锁电压值，该值为线电压值。试验前先要将待试验段过流保护的“低电压闭锁”功能投入。

本项目也是分三相依次进行测试的。例如，当测试 UAB 时，A、B 两相为故障相，C 相电压为正常电压，UAB 为故障电压。无论试验相选择 UAB、UBC，还是 UCA，试验时三相电流均同时输出。三相电流的幅值均等于所设置的“故障电流”，且按正序相位输出。

“故障电流”和“最大故障时间”均应分别大于待试验段过流保护的相应整定值。如右图所示。

其它参数的设置请参考上文“三段式过流保护”中的相



关说明。

■ 低频保护

该项目是测试低频（高频）保护的動作频率和動作时间。参数设置界面如右图所示：

● 频率下滑前延时

每次试验时先输出初始频率下的电压电流，经“频率下滑前延时”，可以使低频保护解除闭锁状态，然后才开始下滑频率。该时间参数就是用于保护解除频率闭锁。

● 初始线电压、三相电流

有些保护有“低电压闭锁低频”功能，则“初始线电压”应大于保护的“闭锁电压”，一般按默认的 100V 设置即可。

有些保护要求有负荷电流才开放低频功能，无流或电流太小，保护认为无切除负荷的价值而闭锁低频功能。则应先连接好电流试验线，再设置“三相电流”大于保护的“电流整定值”。测试时三相电压、三相电流同时输出，同时变频率。

● 初始频率、终止频率

参数设置的基本原则是：在初始频率时，保护应可靠不动作，在终止频率时，保护应可靠动作。

对有“启动频率”的保护，要求初始频率必须大于保护的“启动频率”值。“初始频率”一般取 50Hz。

终止频率一般应比整定动作频率小 0.5Hz 以上，但也不能设置得太小，否则保护可能会闭锁，一般不应低于 45Hz。

● 频率变化率 df/dt

试验时，保护先按所设置的 df/dt 匀速下滑。当滑到“整定动作频率+0.1Hz”处，测试仪自动改为以“0.01Hz / 每步时间”的速率逐格变频，直到保护动作。测出动作频率和动作时间。这里“每步时间”等于“整定时间+0.2s”。

■ 滑差闭锁

当频率下滑速率太快， df/dt 大于保护的滑差闭锁定值时，保护闭锁不动作； df/dt 小于滑差闭锁定值时，保护解除闭锁允许动作。若保护先在闭锁状态，则保护从闭锁状态到解除闭锁需要一定的时间，所以“频率下滑前延时”应设置得足够大，比如 5s。同时，由于低频保护有一定的动作延时，所以终止频率应设置得比保护整定的动作频率要小，比如 47Hz。否则下滑时间不够可能不会动作。其它参数的意义及设置方法请参考上文“低频保护”。



■ 低电压闭锁低频

与上述“滑差闭锁”不同的是，这里是在线电压低于保护整定的闭锁电压值时，低频保护闭锁。参数的设置方法请参考上文“低频保护”和“滑差闭锁”中的说明。

■ 功率方向

该项目能正确、快速地测试出功率方向保护的两个动作边界，记录边界角并自动计算出最大灵敏角。考虑到现场试验时，一些试验人员对保护最大灵敏角的正、负难以区分，所以软件对这里最大灵敏角的整定值输入采用了模糊技术，假设保护的最大灵敏角是 -45° ，无论试验人员输入 -45° 还是 $+45^\circ$ ，都不会影响正常的试验。参数设置对话框如右图所示。



功率方向试验参数对话框包含以下参数：

试验相	试验参数
<input checked="" type="checkbox"/> A相	故障前延时: 0.500 s
<input checked="" type="checkbox"/> B相	最大故障时间: 0.500 s
<input checked="" type="checkbox"/> C相	试验中断时间: 0.500 s
	90° 接线线电压: 50.000 V
	试验相电流: 5.000 A
	角度分辨率: 1.000 °

底部有“确定”和“取消”按钮。

本项目也是分三相依次进行测试的，试验相可以单选也可以同时选。当对某一相进行测试时，仅该相有电流输出，其它相电流为零。

• 试验中断时间

每进行一次故障试验后装置停止输出这一时间。该值也可设为零。如果为零则装置将连续输出，没有输出间断。

• 故障前延时

每进行一次故障试验，先输出故障前的正常状态值。这是为了适应某些需“突变量启动”的保护的试验要求而设置的参数。试验的基本过程是：输出正常态电压电流（电压为额定值，电流为0），维持“故障前延时”时间——输出预设的故障态电压电流，维持“最大故障时间”——停止输出，维持“试验中断时间”——下一轮相同过程循环。如此循环试验，直至测试出保护的一个动作边界。

“故障前延时”也可设为零，如果为零，则每次故障试验过程中将没有“输出正常态电压电流”这一段。

• 90° 接线线电压

本软件只能测试按90°方式接线的功率方向保护。当测试A相时，电流只有IA有输出，其它相电流为0；电压只有UB、UC有输出，其它相电压为0。并且，电流IA的幅值等于所设置的“试验相电流”，线电压UBC的幅值等于所设置的“90°接线线电压”。

• 角度分辨率

该参数决定测试的精度。当软件检测到两次输出的电流角度差值小于“角度分辨率”时，即自动停止输出结束试验。一般按默认值1°设置。



第二十三章 故障再现

故障再现是将故障录波器等数据记录设备所记录下来的按 *ANSI/IEEE C37.111-1991COMTRADE* 数据格式编写的电流电压波形数据文件，输入到测试仪中，由测试仪将其波形再现出来，对保护装置等设备进行测试。

每一个标准的记录文件由三种类型文件组成，三种文件分别为引导、组态、数据文件，三种文件名相同，用不同的后缀名来区分，分别为 *.HDR*、*.CFG*、*.DAT*。每次进行再现试验时必须三个文件齐全。

试验前首先打开某一个记录文件。记录文件可以放在任何子目录中，在“打开文件”对话框中查找，找到所在子目录后程序会自动将所有后缀为 *.CFG* 的文件名列出。选定某一文件后程序自动将该名字的 *.CFG* 和 *.DAT* 文件调入，并将所有电压电流波形及其通道名称等显示在屏幕上。另外还可以通过工具栏的按钮查看文件属性、波形离散采样点等。

按下“试验”按键，进入一个多页试验选项对话框中：

第一页： 选择需要进行试验的录波电压和电流线路。可以整组电压、整条线路电流的方式选择，也可以三相电压、三相电流分相独立选择。

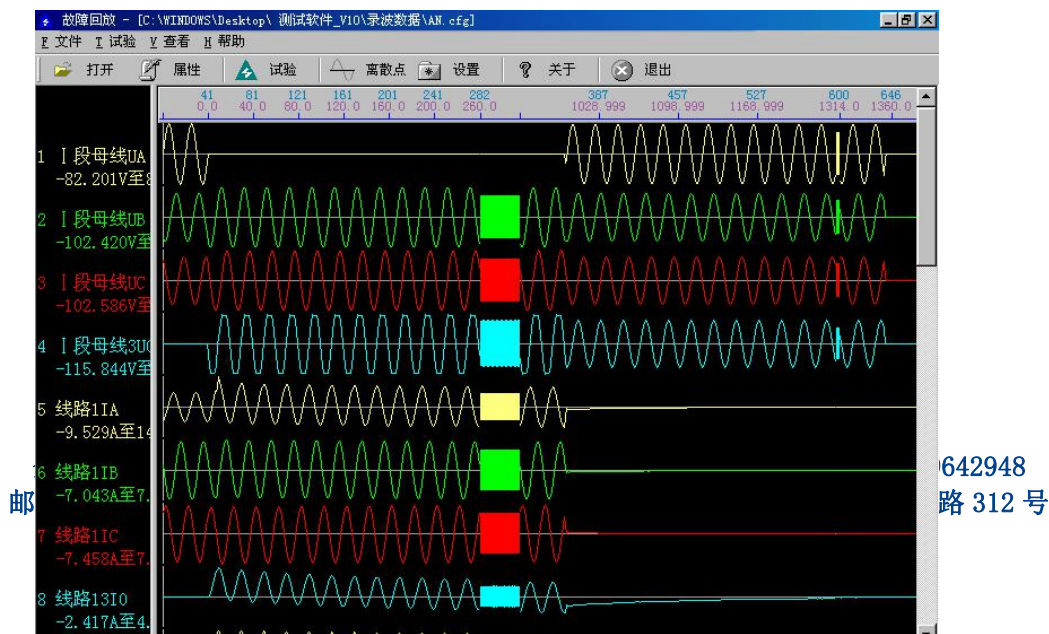
第二页： 选择需要回放的录波时间段，即起止时间点。时间点是按波形采样点数为基本单位的。时间点可以直接键入数据，也可按键盘上“↑”、“↓”键增减。

第三页： 是按原始比例输出，还是按 PT、CT 变比变换后输出。按变比输出时将数据除以该变比值。另外，如果某一相数据需要反 180° 相位后输出，可以设变比为一负数，如设为“-1/1”，则该相将以反相原比例输出。

第四页： 自动将所选择的数据全部传送至下位机，以待进行回放输出。

第五页： 正式进行回放试验。该页中“上按钮”使测试仪循环输出第一周波的波形，等待按下“下按钮”；按下“下按钮”，测试仪将输出整个记录波形直至回放时间段终点，再现整个过程。也可以不按“上按钮”而直接按“下按钮”，此时将一次性地回放完起止时间段的整个波形。

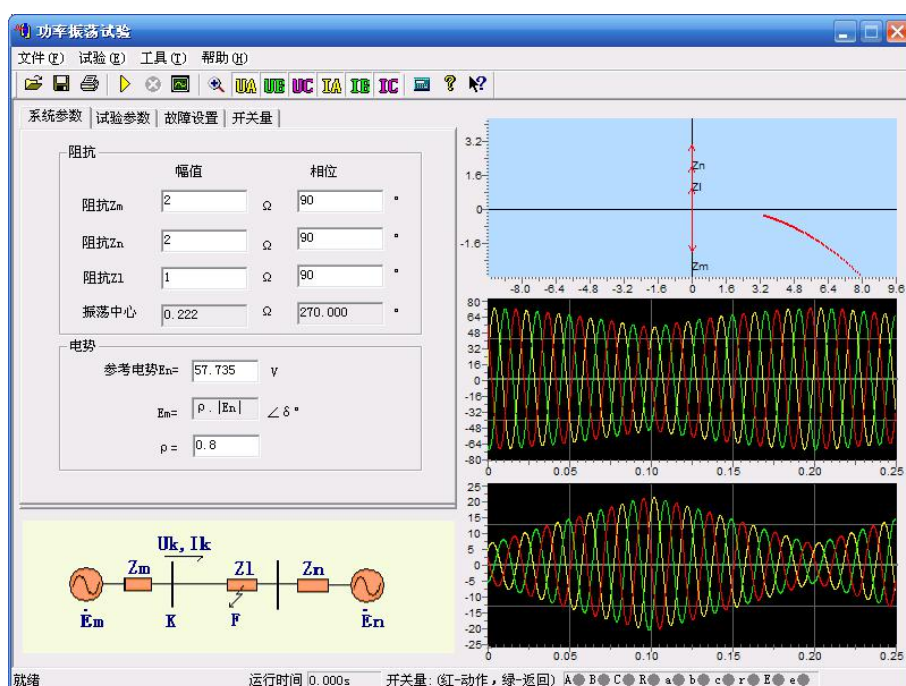
试验结束后，计算机自动将测试结果在硬盘“试验报告\故障再现\”子目录下按文本格式存档，并可用“打印”按钮进行显示、打印。亦可以拷贝出来由 *WORD* 等编辑工具进行编辑、修改。



第二十四章 功率振荡试验

功率振荡试验是用来模拟系统发生振荡时电气量的变化情况。通过对两侧电源阻抗、电压以及系统阻抗等参数的设置，软件自动计算处振荡中心并输出振荡波形。

- 摇摆振荡与旋转振荡两种模拟方式，完全模拟振荡类型。
- 实时波形监测，不同时刻振荡波形即时呈现。
- 振荡过程中输出短路故障，测试保护装置的开放闭锁功能。



第一节 界面说明

■ 系统参数

如右图所示：在此界面中根据试验参数设置M侧电源阻抗 Z_m 、N侧电源阻抗 Z_n 以及线路阻抗 Z_l ，分别设置M侧、N侧电源电动势。则软件自动计算振荡中心。



■ 试验参数

- **振荡方式：**选择功角摇摆振荡或者功角旋转振荡。一般情况下为功角摇摆振荡方式。
- **振荡起始角：**设置振荡的初始角度值。
- **振荡终止角：**设置振荡的终止角度值。
- **振荡周期：**设置振荡的周期值。
- **振荡次数：**设置振荡的次数。
- **振荡前时间：**设置在开始振荡前测试仪输出正常态的时间。
- **工频频率：**选择工频频率，可选择50HZ或者60HZ。
- **TA极性：**设置CT的极性。可选择“指向线路侧”或者“指向母线侧”



■ 故障设置

此界面可以设置振荡过程中发生的故障。若需在振荡过程中发生短路故障，则勾选“振荡中发生故障”前的方框即可

- **故障类型：**选择振荡过程中发生的故障类型。可选择单相接地、两相短路已经三相短路等故障。
- **短路阻抗：**根据需要设置短路的阻抗值。
- **补偿系数：**设置零序补偿系数。
- **最大故障时间：**设置短路故障的最长输出时间，当达到此时间之后，短路故障消失。