

世界是相同的，不同的是掌握它的方法  
时间是相同的，不同的是使用它的效率  
资源是相同的，不同的是我更善于整合  
电力是相同的，不同的是它不能储存  
保护是相同的，不同的是绝大部分时间都处于等待  
测试是相同的，不同的是始终只与您同时工作

**尊敬的用户：**

感谢您使用 ONLLY-AQ 系列计算机继电保护测试系统，希望本手册能够为您对本公司产品的熟悉和使用提供尽可能详细的帮助信息。如果仍有未尽之处，或者您需要其他的技术支持和服务，

欢迎致电：020-39211672 39211818

也可以访问：[www.onlly.com](http://www.onlly.com)

电子邮件：[only@onlly.com](mailto:only@onlly.com)

**ONLLY 广东昂立电气自动化有限公司**

## 声明

本手册为ONLLY-AQ系列计算机继电保护测试系统的入门手册，只对ONLLY-AQ测试仪的硬件及软件界面详细说明。如需了解更多关于ONLLY-AQ测试仪的测试功能，请参阅《用户培训手册》或在线帮助。

在保证不影响产品性能和用户使用的前提下，昂立保留改进本手册所有参数的权力，手册中的画面可能有所改变，请以实际画面和实体为准，恕不另行通知。

由于编写时间匆忙，书中难免有遗漏或错误的地方，恳请您的指正，不胜感激！

## 版权

ONLLY®商标为昂立（广州）电气所有，已经在中华人民共和国登记注册（第9类测量仪器设备注册号：1384458）；

ONLLY系列计算机自动化测试调试（继电保护）系统的测试软件，已经在中华人民共和国登记软件版权（登记号：2000SR0536），所有权归昂立（广州）电气。

## 目录

1. 产品简介.....	1
1.1 功能说明.....	1
1.2 面板说明.....	1
1.3 技术参数.....	4
2、ONLly 系列软件说明.....	7
2.1 电压电流（交流，6U6I）.....	7
2.2 电压电流（直流，1U1I）.....	21
2.3 电压电流(扩展，12U12I).....	28
2.4 阶梯递变.....	38
2.5 滑差试验.....	44
2.6 谐波试验.....	54
2.7 时间测量.....	60
2.8 状态序列（12U12I）.....	66
2.9 状态序列（6U6I，支持递变）.....	73
2.10 波形回放.....	81
2.11 整组试验.....	91
2.12 线路保护定值校验.....	104
2.13 阻抗特性测试.....	126
2.14 差动试验（6路电流）.....	140
2.15 电铁差动（5路电流）.....	154
2.16 反时限（I-t 特性）.....	168
2.17 反时限（V/F-t 特性）.....	176
2.18 自动准同期.....	184
2.19 功率振荡.....	191
附录一 上下位机程序升级方法.....	201
附录二 测试菜单界面说明.....	202
附录三 多机同步（电压电流）.....	205



## 1. 产品简介

### 1.1 功能说明

- “内嵌工控机+10.4 寸显示屏”，支持脱机操作，体积小，便于携带；
- 6 路 125V 电压+6 路 35A 电流功放输出，所有电压、电流相均可同时带载输出；
- 支持高达 50 次谐波输出，可同时叠加间次谐波，方便测试高压直流滤波器等保护装置；
- 具有 GPS, IRIG-B, IEEE-1588 等多种同步对时功能；
- 国内首创，内置 Wi-Fi 接入功能，可实现用计算机通过无线网络控制测试仪，极大方便现场人员的操作；
- 模拟输出的电流地 In 与电压地 Un 之间电气隔离，更加符合测试现场的接线要求；
- 软件测试功能丰富，能够对线路保护、母线保护、变压器保护、发变组保护等各种微机保护装置以及备自投等装置进行测试；
- 支持标准的 COMTRADE 格式波形回放；
- 软件可随时零费用升级，无须更改硬件，便可直接升级最新版本软件。

### 1.2 面板说明

ONLY-AQ 系列计算机继电保护测试仪的面板如下图所示。不同型号的具体面板说明详见出厂时的硬件技术资料。

#### 📌 前面板



图 1-1 前面板(型号: AQ660)

① Binary Input 开入量：

- 8 对开入量 (A、B、C、R、a、b、c、r)，可接空节点和带电位节点 (0~250V)；

② 开入量 A、B、C、a、b、c 黑色公共端控制开关：

- 切换开关，当绿灯亮时，表示 6 个黑色公共端之间是相互隔离的；
- 切换开关，当红灯亮时，表示 6 个黑色公共端之间是导通的，只需接其中任意一个即可。

③ AUXDC 100mA：

- AUXDC 辅助直流输出电压 (24V 左右) 可外串负载作为快速开出量的直流供电电源。

④ Binary Output 开出量：

- 4 对快速开出量 (1、2、3、4) 是由光耦控制的开出量，反应时间 $<100\mu s$  (具体使用方法参考附录一)；
- 2 对通用开出量 (5、6) 是由继电器控制的开出量，为空节点；
- 快速开出量 (1、2、3、4) 可以控制 0~250V 的电平信号，但是回路的电流不应大于 0.5A，反接无效；
- 开出量的断开、闭合的状态切换由软件控制。

⑤ 显示屏：10.4 寸显示屏，用于显示测试仪操作界面。

⑥ RUN 程序运行灯

⑦ START/STOP：开始/结束试验快捷按钮

⑧ 键盘：

- 1、2、3、4、5、6、7、8、9、0、.：数字输入键；
- +、-：数字输入键，作“+”、“-”号用；
- ←：退格键，用于数字输入时，退格删除前一个字符；
- Enter：确认键；
- ←、→：左、右光标移动键；
- ↑、↓：列表测试上下移动快捷键；
- Esc：软件升级界面退出快捷键；
- Tab：切换当前选择项；
- F4：软件界面最小化快捷键；
- F5：不同的界面作用不同，软件升级界面扫描升级包快捷键；在测试界面用作截屏快捷键。
- F6：不同的界面作用不同，在软件升级的时候用作升级程序的快捷键，在电压电流菜单用作手动增加变量。
- F7：不同的界面作用不同，在软件升级的时候用作查看版本信息的快捷键，在电压电流菜单用作手动减小变量。
- Help：帮助菜单快捷键。

- PgUp、PgDn: 菜单栏切换快捷键（相当于翻页）。

## 上盖



图 1-3 上盖板(型号: AQ660)

### ①VOLTAGE 电压输出端口:

- Ua、Ub、Uc、Ux、Uy、Uz (Uu、Uv、Uw) 为内部功放电压输出端口，Un 为电压接地端子；
- Ma、Mb、Mc 为小信号电压输出端口，Mn 为电压接地端子；

### ②CURRENT 电流输出端口:

- Ia、Ib、Ic、Ix、Iy、Iz 为内部功放电流输出端口，In 为电流接地端子；Ir、Is 为电流型小信号端子；

### ③AUX-DC 辅助直流电压输出:

- 辅助直流电压输出，可选择 110V 或 220V 直流电压输出。

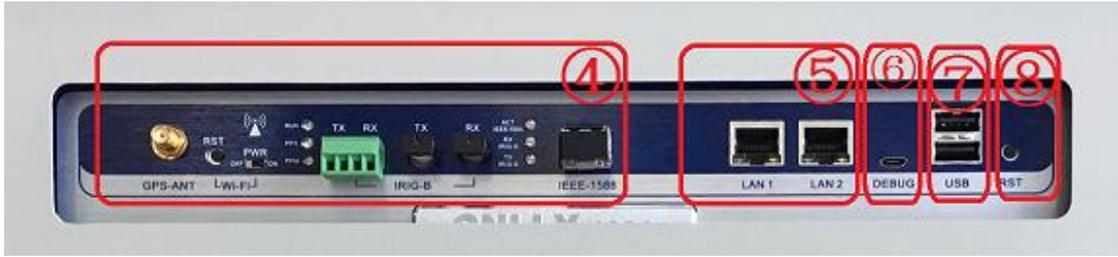


图 1-4 上盖板 (型号: AQ6601)

#### ④同步接口 (SYN) 与无线Wi-Fi:

- GPS-ANT: GPS 同步接口, 接收天线装置 (SMA 头);
- Wi-Fi RST: 无线 Wi-Fi 复位按钮;
- Wi-Fi PWR: 无线 Wi-Fi 开关按钮, ON—开启无线 Wi-Fi; OFF—关闭无线 Wi-Fi;
- 电 B 码接口: 电 B 码对时接口, TX 为电 B 码发送端口, RX 为电 B 码接收端口; 接口类型凤凰端子;
- 光 B 码接口: 光 B 码对时接口, TX 为光 B 码发送端口, RX 为光 B 码接收端口; 接口类型 ST 接口;
- IEEE1588 接口: 1588 对时接口, 接口类型为 LC 接口;
- 指示灯:
  - RUN—程序运行灯;
  - PPS—一秒脉冲信号灯, 当对时成功后, 收到 PPS 信号, 则 PPS 灯一秒闪烁一次;
  - PPM—一分脉冲信号灯, 当对时成功后, 收到 PPM 信号, 则 PPM 灯会闪烁一次;
  - ACT IEEE-1588: 1588 对时信号灯, 当收到信号, 则点亮并闪烁;
  - RX IRIG-B: 光 B 码接收信号灯, 当收到光 B 码信号, 则常亮;
  - TX IRIG-B: 光 B 码输出信号灯, 当输出光 B 码信号, 则点亮并闪烁;

⑤LAN: 以太网通讯接口, 用于与外接PC机通讯, 联机操作;

⑥DEBUG: 调试口, 厂家专用;

⑦USB接口: 2个, 用于外接USB设备;

⑧RST: 工控机复位开关Reset, 用于复位工控机。

### 1.3 技术参数

供电电源	功耗	<2000VA
	交流供电	220V±20% (47~63Hz)
	直流供电	200~380 VDC
电	交流电压范围	6× (0~125 ) V

压 源	交流电压准确度	输出小于 2V 时，绝对误差小于 4mV 2V 至量程，相对误差小于 0.2%
	总谐波畸变率 THD%	2V 至量程，总谐波畸变率 ≤0.2%
	交流电压功率	输出额定电压时，功率不小于 30VA； 输出最大电压时，功率不小于 60VA； 所有电压相可同时带载输出
	输出时间	连续输出
	直流电压范围	0~350V (L-L)；-175~+175V (L-N)
	直流电压功率	在 ±350VDC，输出功率 >100W；在 ±125VDC，输出功率 >60W 所有电压相可同时带载输出
	电 流 源	交流电流范围
交流电流准确度		0.5A 以下，绝对误差小于 1mA； 0.5A 至量程，相对误差小于 0.2%
总谐波畸变率 THD%		0.5A 至量程，总谐波畸变率 ≤0.2%
交流电流功率		0.5A：最大负载大于 18.0Ω； 30A：最大负载大于 0.30Ω（满足所有继电保护二次 CT 负载） 所有电流相可同时带载输出
交流输出时间		≤10A，连续输出； 10-20A，输出时间不少于 60s； >20A，输出时间不少于 10s
直流电流范围		6 × (0~20) A
直流电流准确度		0.5A 以下，绝对误差小于 1mA； 0.5A 至量程，相对误差小于 0.2%
直流电流功率		单相功率 >200W 所有电流相可同时带载输出
输出频率	范围：10-1000Hz；分辨率：0.001 Hz 误差：10 Hz < f ≤ 65 Hz，不超过 ±0.001 Hz； 65 Hz < f ≤ 450 Hz，不超过 ±0.01 Hz； 450 Hz < f ≤ 1000 Hz，不超过 ±0.02Hz；	
相位	范围：±360°；误差：<0.2°；分辨率：0.1°	

独立辅助直流	110/220VDC 可切换, 功率不小于 100W, 精度: 0.5%	
时间测量	最大测量时间: $1.000 \times 10^8$ s; 计时误差: $\pm 1$ ms (0.001s~1s); $\pm 0.1\%$ (1s~ $1.000 \times 10^8$ s) 防抖时间设置范围 (软件设置): 0ms~20s	
开入量	数量 8 对; 开入特性 (0~250VDC) 或空接点 (自动识别)	
开出量 (软件控制)	数量 6 对; 类型: 2 对空接点不分极性 (电气隔离) 4 对快速开出接点 (响应时间 $< 100\mu$ s) 直流容量: $V_{max}: 250$ VDC/ $I_{max}: 0.3$ A	
同步接口	内置 GPS	1 个 (SMA 头)
	IRIG-B 接口	2 个 ST 光口 (IN/OUT), 2 个电口 (IN/OUT)
	IEEE-1588 接口	1 对 (LC 光口)
无线功能	内置 Wi-Fi 模块, 可无线控制测试	
箱体尺寸及重量	整机重量: $< 15.8$ Kg 整机尺寸: 390mm $\times$ 200mm $\times$ 380mm (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)	

## 2、ONLly 系列软件说明

### 2.1 电压电流（交流，6U6I）



### 简介

电压电流--交流（6U6I）为通用的试验菜单，通过灵活的输出设置，可以完成多种试验项目，包括

- ◇ 保护采样精度、零漂、相位的检查；
- ◇ 各种常规继电器的动作/返回值测试；
- ◇ 动作/返回时间的测试（利用输出锁定功能）；

本菜单最多可提供 12 通道（6U +6I）的模拟量信号同时输出，且各通道幅值、角度和频率互相独立，能实时显示电压、电流的矢量图；提供多种变量控制方式，包括幅值、角度、频率、功率、线序分量，以及多个变量的组合等；

提供 4 种试验方式，包括、相分量、线分量、序分量、功率；

测试仪可提供 2 种运行方式：

- ◇ 单机运行：单台测试仪独立运行；
- ◇ PPS 同步：通过 GPS 实现远距离的测试仪电压电流同步；

### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

电压电流--交流（6U6I）的测试窗口包括 4 个属性页：

- ✧ 电压电流：设置并显示当前各通道电压电流的幅值、角度、频率，以及相应的矢量图；
- ✧ 变量选择：设置试验过程中的变化量、变化方式，以及记录变量等；
- ✧ 试验控制：试验控制参数，动作接点设置，以及测试仪的运行方式设置等；
- ✧ SMV 异常模拟：配合 ONLly 系列数字化测试仪，实现数字化保护的 SMV 报文测试。

## 电压电流（相分量）



实时设置并显示当前各通道电压电流的幅值、角度、系统频率。

- 电压 Ua, Ub, Uc; Ux, Uy, Uz:
- 电流 Ia, Ib, Ic; Ix, Iy, Iz:

以数字形式显示各通道相电压（电流）的输出幅值、角度和系统频率。

试验过程中，可根据需要对各项参数进行实时修改调整。

通过选择试验方式，实时显示或修改当前电压电流输出所对应的方式，包括相分量、线分量、序分量和功率。

## 电压电流（线分量）



- 当试验方式选择为线分量的时候,实时显示当前电压输出所对应的线电压和零序电压。
- 当前界面线电压幅值、角度可修改,并更新其他试验方式下的对应通道。

## 电压电流（序分量）



- 当试验方式选择为序分量的时候，实时显示当前电压、电流对应的正序、负序和零序电压、电流值。
- 当前界面正序、负序和零序电压、电流幅值和角度可修改，并更新其他试验方式下的对应通道。

## 功率



- 当试验方式选择为功率的时候，实时显示当前电压、电流对应的有功功率、无功功率、功率因数和视在功率。
- 当前界面电压、电流对应的有功功率、无功功率、功率因数和视在功率可修改，并更新其他试验方式下的对应通道。

## 变量选择

程序提供了 2 种变量控制方式：手控，程控；

### 1) 手控：手动变化



手控最多提供了 3 个变量；

试验过程中，用户可自由切换，选择当前变量；

当前变量的变化由用户自行控制（通过按键“F6”、“F7”，或点击右下角的“↓”、“↑”按钮减小或者增加变量）；

## 2) 程控:自动变化



程控可以根据相关的设置，代替用户实现“当前变量”的自动变化控制。

注意：此处的每步时间不能保证较高的精度，随 PC 机性能而变，误差约为 50ms 或以上；

- **程控变量：**

单击鼠标左键，选择试验过程中的变量，如相电压、线电压、序电压，相电流、序电流，短路阻抗，功率（有功、无功、视在）等。

- **变化范围：**

设置变量的变化起点和终点，起点可以大于终点，也可以小于终点。

一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值区间。

- **变化步长：**

设置变量的每步变化步长。

一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。

- **每步时间：**

变量按设定的步长变化时，每一步大小的保持时间。

一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。

- **变化方式：**

设置变化量的变化方式，“始”为变化范围的起点，“终”为终点，

◇ “始→终”为单程变化，只能测量动作值；

◇ “始→终→始”为双程变化，可以同时测量动作值、返回值，并自动计算出返回系数/或灵敏角；

● **动作返回：**

设置变量的返回方式，

◇ 动作返回：

变量在从起点→终点的变化过程中，一旦检测到继电器的动作，自动根据变化方式确定是否继续试验：

➢ 变化方式为“始→终”：结束试验；

➢ 变化方式为“始→终→始”：改变变量的变化方向，向起点返回。

◇ 全程变化：

即“全程变化”。试验过程中，无论继电器动作与否，变量一直按所设置的变化范围进行变化，直至到达终点或返回起点。

注：“灵敏角”的测试必须采用“始→终→始”，“全程变化”的方式！

● **每步变化前复归：**

每步变化前是否需要输出一个复归状态（模拟故障前，以使保护复归）；

◇ 单程复归：试验过程中，第一变量脉冲式变化，即每步变化输出前先输出一个复归状态，在变化方式选择“始→终→始”，每步前复归选择“单程复归”，则在“始→终”这个变化过程中每步变化输出前先输出一个复归状态。

◇ 全程复归：在变化方式选择“始→终→始”的时候，全程每步变化输出前先输出一个复归状态。

◇ 常规继电器一般不需要每步前复归，试验过程中，第一变量连续变化；

◇ 某些微机型保护可能需要每步前复归，试验过程中，第一变量脉冲式变化，即每步变化输出前先输出一复归状态；

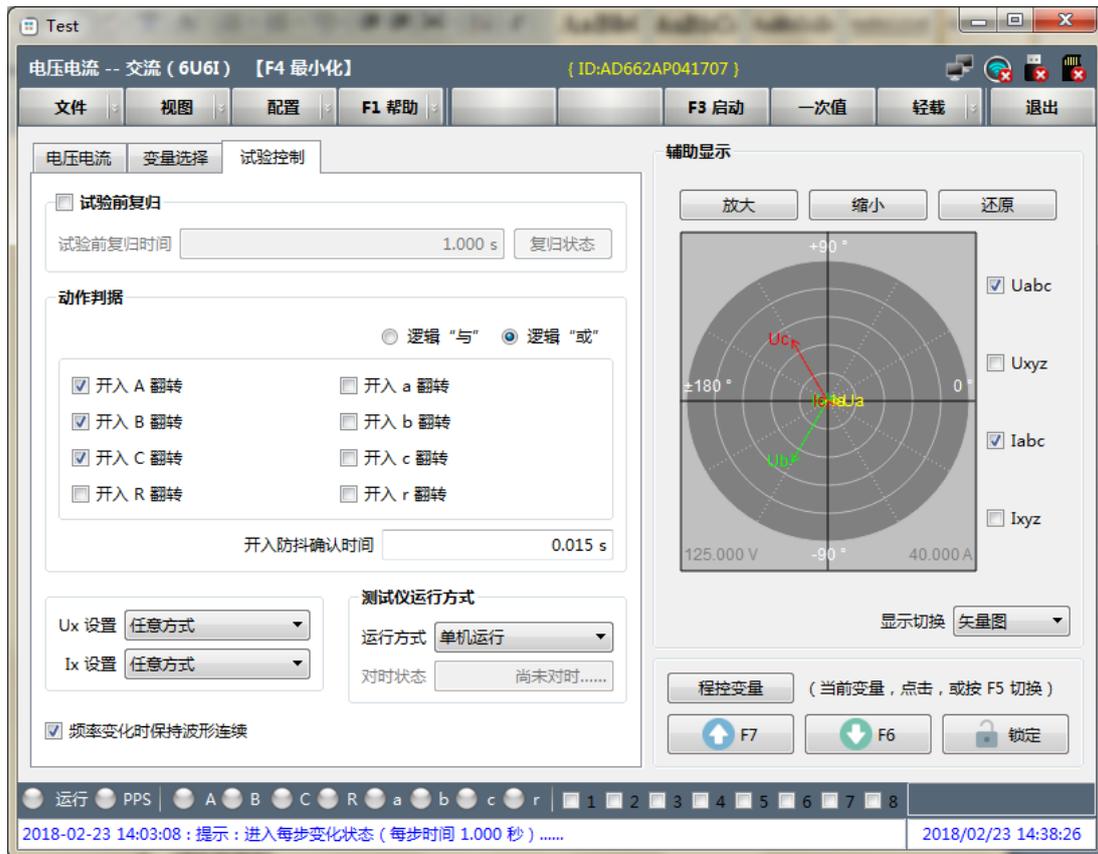
● **程控：重复次数：**

设置程控方式下，重复测试的次数。可记录多次测试结果。

● **记录变量：**

试验过程中动作或返回时需要记录的变量，如相电压、线电压、序电压，相电流、序电流，短路阻抗，功率（有功、无功、视在）等，根据需要进行选择。默认为 Ua 幅值。

## 试验控制



- **试验前复归:**

如果试验前需要输出一个复归状态（如等待保护 PT 断线复归），则选中该项；

- **试验前复归时间:**

一般设为大于保护的 PT 断线复归时间，从而保证保护的可靠复归。

- **复归状态:**

设置“复归状态”，一般为空载状态。

- **动作接点:**

试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。

- **开入 A, B, C, R, a, b, c, r:**

打“v”者表示被选中参与翻转判断；

- **动作逻辑:**

“逻辑与”：所选开入量全部满足条件，动作成立；

“逻辑或”：所选开入量任何一个满足条件，动作成立；

如果只选中一个开入量，则“逻辑与”和“逻辑或”的效果相同。

- **开入防抖确认时间:**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

- **Ux 设置:**

设置 Ux 的输出方式，程序提供了 8 种不同的输出方式，包括：任意方式、Ua、Ub、Uc、 $+3U_0$ 、 $-3U_0$ 、 $+3U_0*\sqrt{3}$ 、 $-3U_0*\sqrt{3}$  等。

- **Ix 输出设置:**

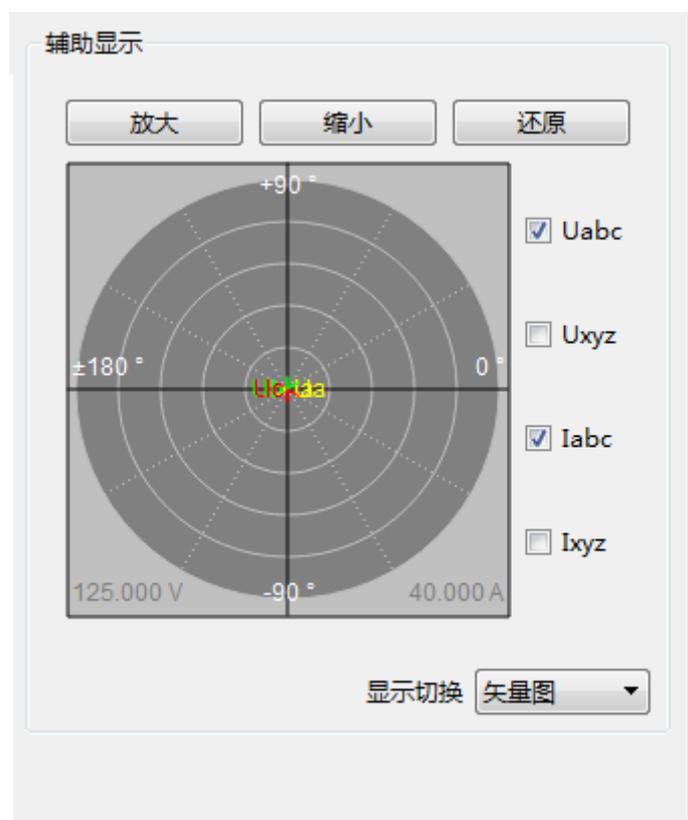
设置 Ix 的输出方式，程序提供了 6 种不同的输出方式，包括：任意方式、Ia、Ib、Ic、 $+3I_0$ 、 $-3I_0$  等。

- **测试仪运行方式:**

测试仪提供了 2 种运行方式:

- ✧ 单机运行：单台测试仪独立运行；
- ✧ PPS 同步：通过 PPS 信号实现远距离的测试仪电压电流同步；

## 矢量图



矢量图用于显示试验过程中各通道电压、电流之间的幅值和相位关系。

可用来进行矢量图的图形操作和显示设置。

- ✧ 图形操作：主要是对矢量图进行放大、缩小，以方便更好的观察。
- ✧ 显示设置：包括矢量图的极坐标的设置、电压矢量的显示设置、电流矢量的显示设置。

- **矢量图的图形操作:**

1) 缩放整个矢量图:

- ◇ 点击矢量图上方的“放大”或“缩小”按钮；
- ◇ 点击“还原”菜单项，整个矢量图恢复为默认显示。

- **矢量图的显示设置：**

勾选 显示/隐藏电压、电流矢量。

## 相分量



实时显示当前电压、电流输出所对应的相电压、相电流。

## 线分量



实时显示当前电压、电流输出所对应的线电压、和电流。

## 序分量



实时显示当前电压、电流输出所对应的正序、负序和零序的电压、电流。

## 功率

辅助显示

	有功功率 P	无功功率 Q	功率因数 $\cos\varphi$	视在功率 S
A 相	0.000	0.000	1.000	0.000
B 相	0.000	0.000	1.000	0.000
C 相	0.000	0.000	1.000	0.000
$\Sigma$ ABC	0.000	0.000	1.000	0.000
X 相	0.000	0.000	1.000	0.000
Y 相	0.000	0.000	1.000	0.000
Z 相	0.000	0.000	1.000	0.000
$\Sigma$ XYZ	0.000	0.000	1.000	0.000

显示切换 功率

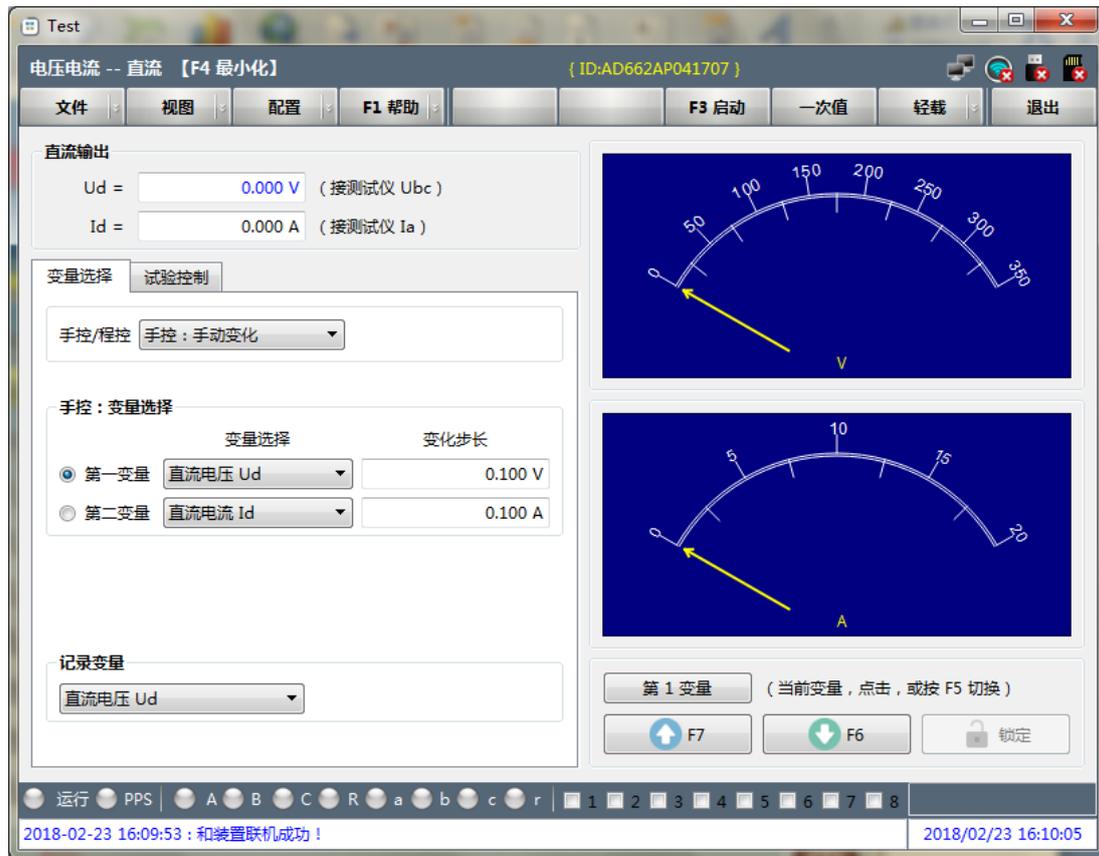
实时显示当前电压、电流输出所对应的有功功率、无功功率、功率因数和视在功率。

## 测试结果



试验过程中，测试仪可根据接点的翻转，记录多次的动作和返回值结果。

## 2.2 电压电流（直流，1U1I）



### 简介

本菜单主要用于测试直流电压继电器、直流电流继电器、中间继电器等各类直流型继电器的动作值、返回值以及动作时间。

**注：**本试验中，直流电压的从 Ub、Uc 端孔输出，Ub (+)，Uc (-)；直流电流由 Ia（第 1 组）输出，请注意接线方式！

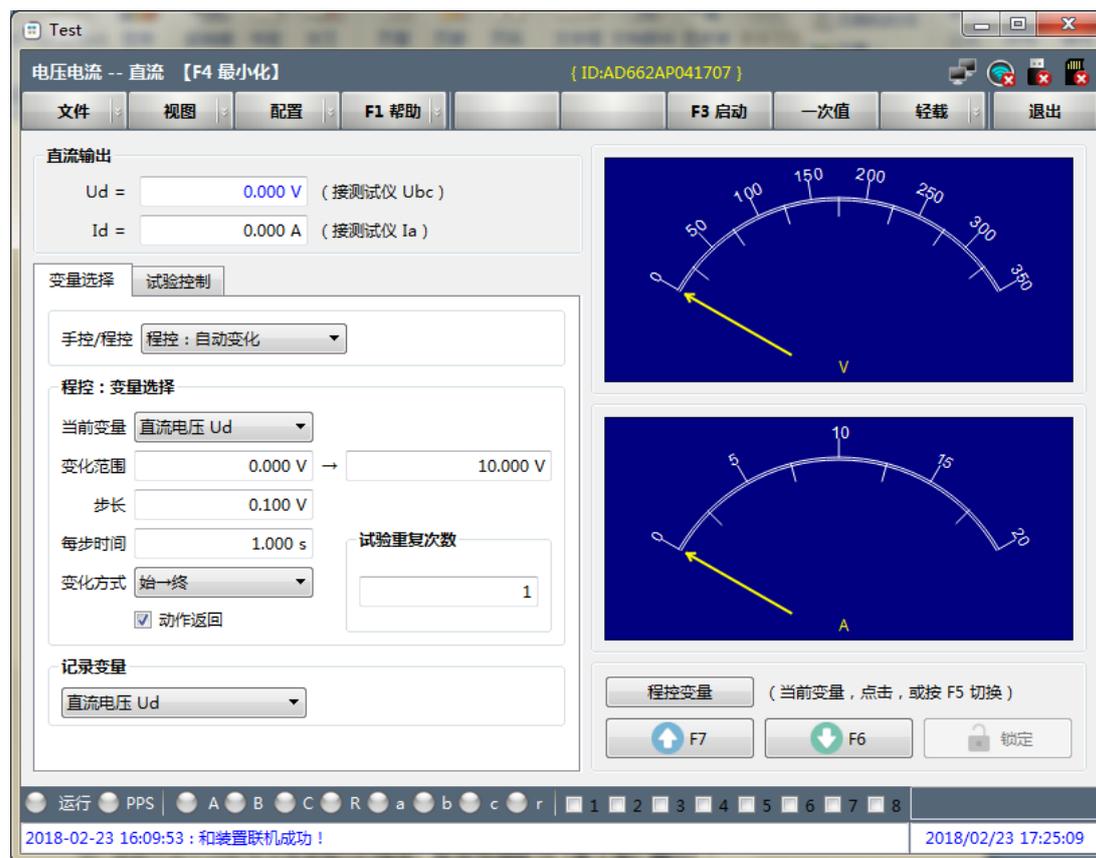
### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

电压电流（直流）的测试窗口包括 3 个属性页：

- ✧ 直流输出：设置并显示当前电压电流通道输出的幅值；
- ✧ 变量选择：设置试验过程中的变化量、变化方式，以及记录变量等；
- ✧ 试验控制：试验控制参数，动作接点设置等；

## 直流输出

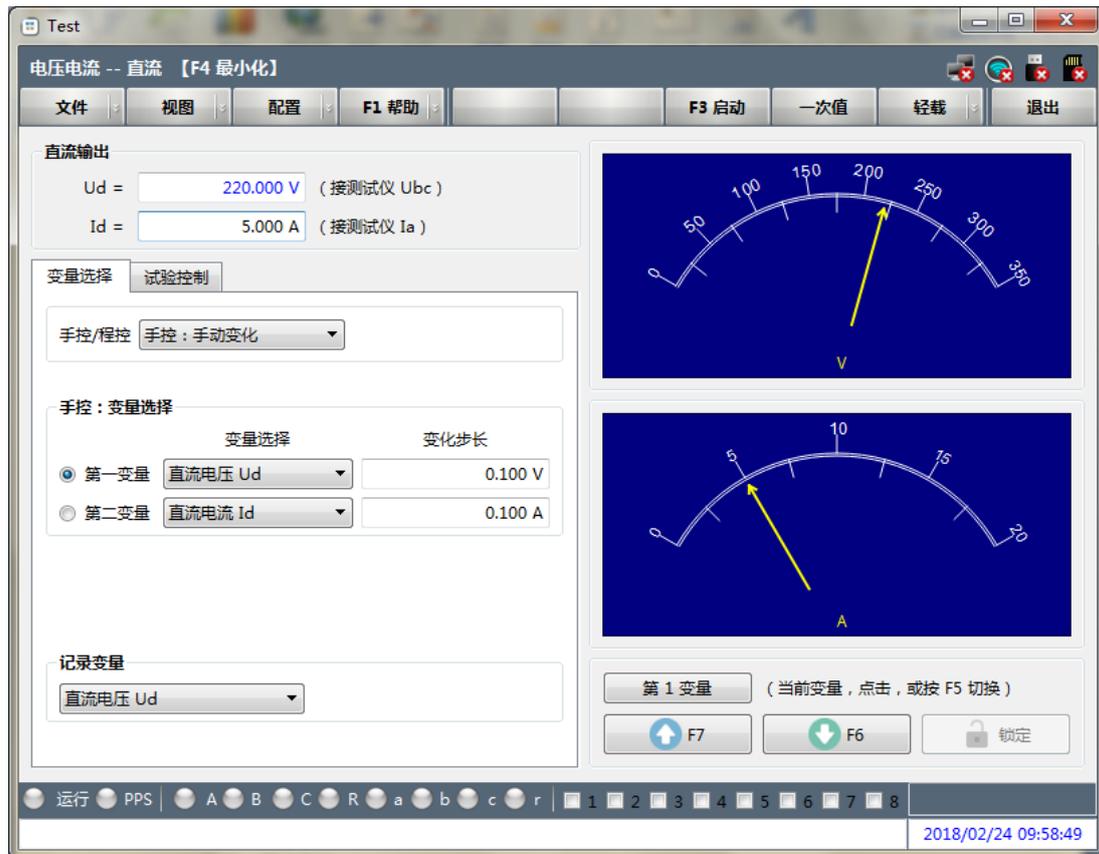


直流输出：设置并显示当前电压电流通道输出的幅值

Ud：设置并显示当前电压通道输出的幅值；直流电压的从 Ub、Uc 端孔输出，Ub (+)，Uc (-)

Ia：设置并显示当前电流通道输出的幅值；直流电流由 Ia（第 1 组）输出！

## 变量选择



程序提供了 2 种变量控制方式：手控，程控；

### 1) 手控：手动变化

手控最多提供了 2 个变量；

试验过程中，用户可自由切换，选择当前变量；

当前变量的变化由用户自行控制（通过按键“F6”、“F7”，或点击右下角的“↓”、“↑”按钮减小或者增加变量）；

### 2) 程控：自动变化

变量选择 试验控制

手控/程控 程控：自动变化

程控：变量选择

当前变量 直流电压 Ud

变化范围 0.000 V → 10.000 V

步长 0.100 V

每步时间 1.000 s

变化方式 始→终

动作返回

试验重复次数 1

记录变量 直流电压 Ud

程控可以根据相关的设置，代替用户实现“当前变量”的自动变化控制。

注意：此处的每步时间不能保证较高的精度，随 PC 机性能而变，误差约为 50ms 或以上；

- **当前变量：**

单击鼠标左键，选择试验过程中的变量，如相电压、线电压、序电压，相电流、序电流，短路阻抗，功率（有功、无功、视在）等。
- **变化范围：**

设置变量的变化起点和终点，起点可以大于终点，也可以小于终点。  
一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值区间。
- **变化步长：**

设置变量的每步变化步长。  
一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。
- **每步时间：**

变量按设定的步长变化时，每一步大小的保持时间。  
一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- **变化方式：**

设置变化量的变化方式，“始”为变化范围的起点，“终”为终点，

  - ◇ “始→终”为单程变化，只能测量动作值；
  - ◇ “始→终→始”为双程变化，可以同时测量动作值、返回值，并自动计算出返回系数/或灵敏角；

- **返回方式：**  
设置变量的返回方式，
  - ◇ 动作返回：  
变量在从起点→终点的变化过程中，一旦检测到继电器的动作，自动根据变化方式确定是否继续试验：
    - 变化方式为“始→终”：结束试验；
    - 变化方式为“始→终→始”：改变变量的变化方向，向起点返回。
  - ◇ 全程变化：  
即“全程变化”。试验过程中，无论继电器动作与否，变量一直按所设置的变化范围进行变化，直至到达终点或返回起点。  
注：“灵敏角”的测试必须采用“始→终→始”，“全程变化”的方式！
- **试验重复次数：**  
设置程控方式下，重复测试的次数。可记录多次测试结果。
- **记录变量：**  
试验过程中动作或返回时需要记录的变量：直流电压 Ud 和直流电流 Id，根据需要进行选择。默认为直流电压 Ud。

## 试验控制

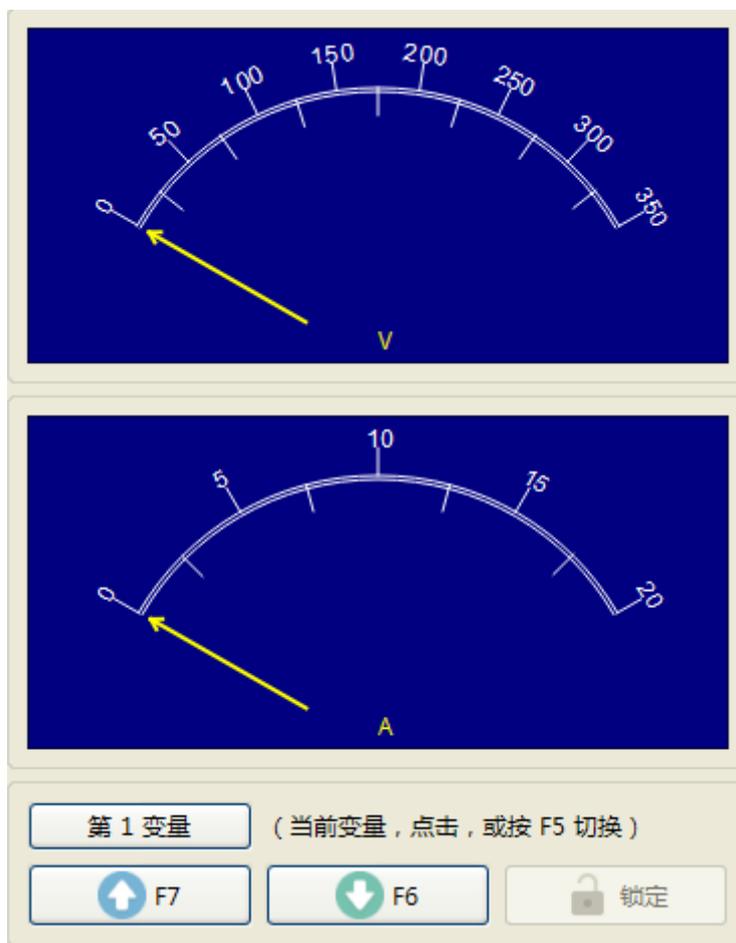


- **动作判据：**  
“逻辑与”：所选开入量全部满足条件，动作成立；  
“逻辑或”：所选开入量任何一个满足条件，动作成立；  
如果只选中一个开入量，则“逻辑与”和“逻辑或”的效果相同。
- **开入 A, B, C, R, a, b, c, r:**  
打“√”者表示被选中参与翻转判断；

- **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

## 辅助界面



- **第 1 变量**：显示为当前变量，点击 F5 可切换当前变量。

- **蓝色指针盘：**

辅助显示当前电压电流输出值。

- **F7** **F6** **变量的加减：**

手动控制当前变量的加减。

- **锁定** **输出锁定按钮：**

输出锁定按钮，测试仪将保持当前输出值不变，不处理界面侧参数值的修改，直到解除锁定。当需要同时改变多个变量值时，可先点击该按钮，使输出锁定，然后修改多个变量值，最后再点击该按钮解锁，同时输出多个变量值。

## 测试结果

	选择	记录变量	动作值	动作时间	返回值	返回时间
1	<input checked="" type="checkbox"/>	直流电压 Ud	0.0000 V	5.2227 s		
2	<input checked="" type="checkbox"/>	直流电压 Ud			0.0000 V	5.7776 s

测试结果平均值

动作值  动作时间

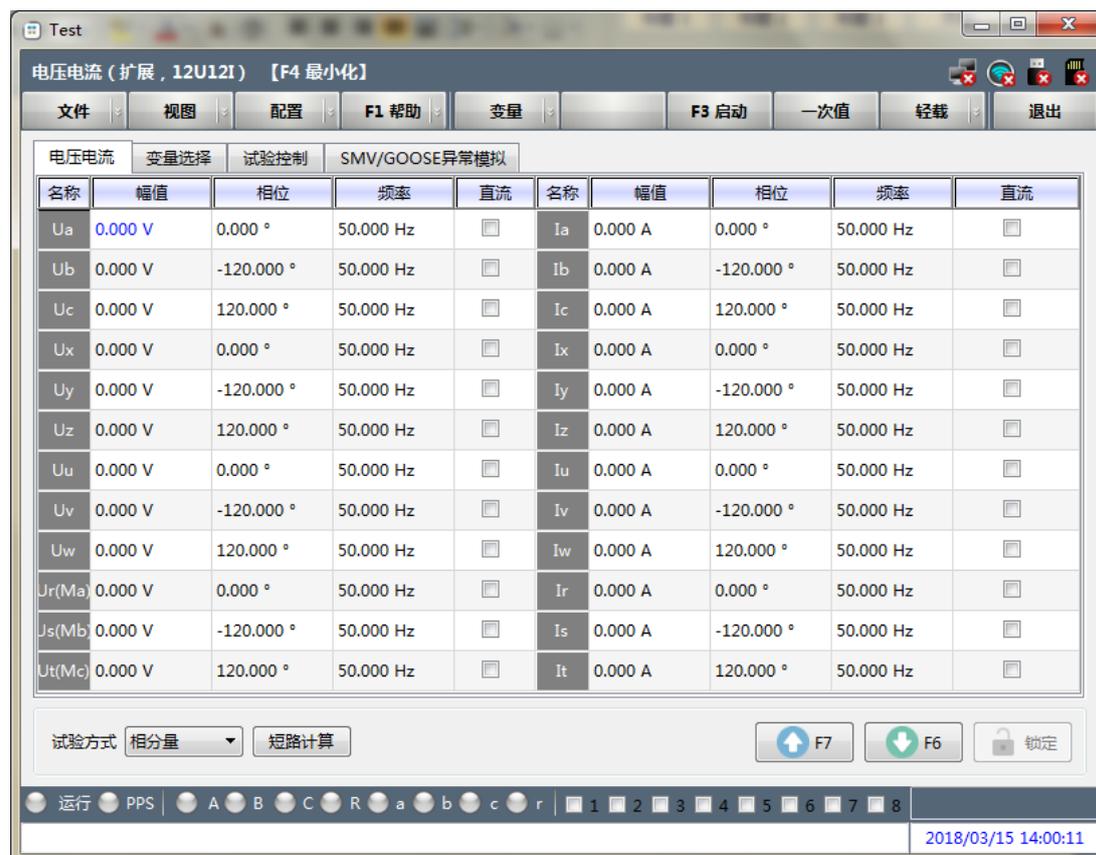
返回值  返回时间

返回系数

保存 关闭

试验过程中，测试仪根据接点的翻转，记录多次的动作和返回值结果；

## 2.3 电压电流(扩展, 12U12I)



### 简介

电压电流（扩展，12U12I）为通用的试验菜单，通过灵活的输出设置，可以完成多种试验项目，包括

- ✧ 保护采样精度、零漂、相位的检查；
- ✧ 各种常规继电器的动作/返回值测试；
- ✧ 动作/返回时间的测试（利用输出锁定功能）；

本菜单最多可提供 24 通道（12U +12I）的模拟量信号同时输出，且各通道幅值、角度和频率互相独立，交、直流任意设置，实时可调；

提供多种变量控制方式，包括幅值、角度、频率、短路阻抗、线序分量、功率，以及多个变量的组合等；

测试仪可提供 2 种运行方式：

- ✧ 单机运行：单台测试仪独立运行；
- ✧ PPS 同步：通过 GPS 实现远距离的测试仪电压电流同步；

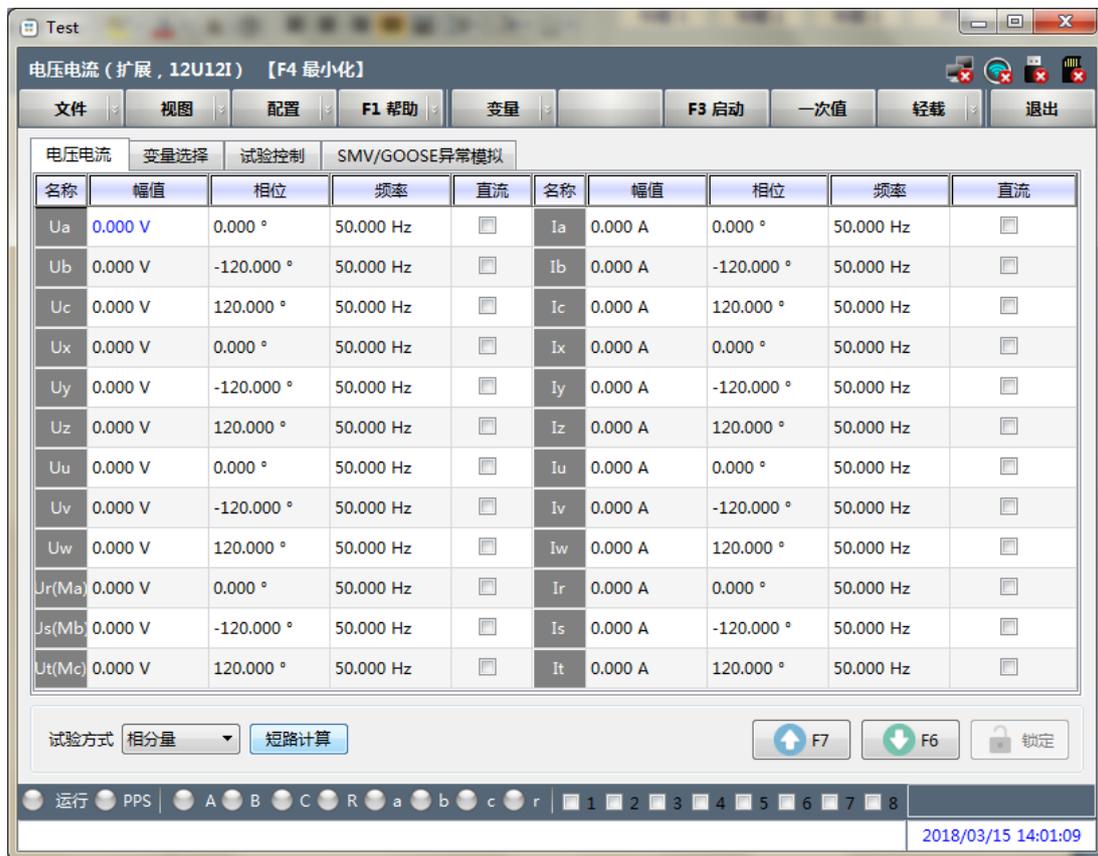
## 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

电压电流（扩展，12U+12I）的测试窗口包括 4 个属性页：

- ✧ 电压电流：设置并显示当前各通道电压电流的幅值、角度、频率，以及相应的矢量图；
- ✧ 变量选择：设置试验过程中的变化量、变化方式，以及记录变量等；
- ✧ 试验控制：试验控制参数，动作接点设置，以及测试仪的运行方式设置等；
- ✧ SMV 异常模拟：配合 ONLLY 系列数字化测试仪，实现数字化保护的 SMV/GOOSE 报文测试。

## 电压电流（相分量）



- **试验方式：**设置并显示当前各通道电压电流所对应的相分量、线分量、序分量以及功率；选择为相分量时，实时设置并显示当前各通道电压电流的幅值、角度、系统频率，是否输出直流。
- **短路计算：**程序根据计算模型的设置以及相应的故障参数，按照电力系统理论计算出 A、B、C 三相的电压、电流；
- **电压** Ua, Ub, Uc; Ux, Uy, Uz; Uu, Uv, Uw; Ur (Ma), Us (Mb), Ut (Mc)

- **电流  $I_a, I_b, I_c; I_x, I_y, I_z; I_u, I_v, I_w; I_r, I_s, I_t$**

以数字形式显示各通道电压电流的输出幅值、角度和系统频率。

试验过程中，可根据需要对各项参数进行实时修改调整。

## 电压电流（线分量）



- 当试验方式选择为线分量的时候，实时显示当前电压输出所对应的线电压和和电流。
- 当前界面线电压幅值、角度可修改，并更新其他试验方式下的对应通道。

## 电压电流（序分量）



- 当试验方式选择为序分量的时候，可实时显示当前电压、电流对应的正序、负序和零序电压、电流值。
- 当前界面正序、负序和零序电压、电流幅值和角度可修改，并更新其他试验方式下的对应通道。

## 功率

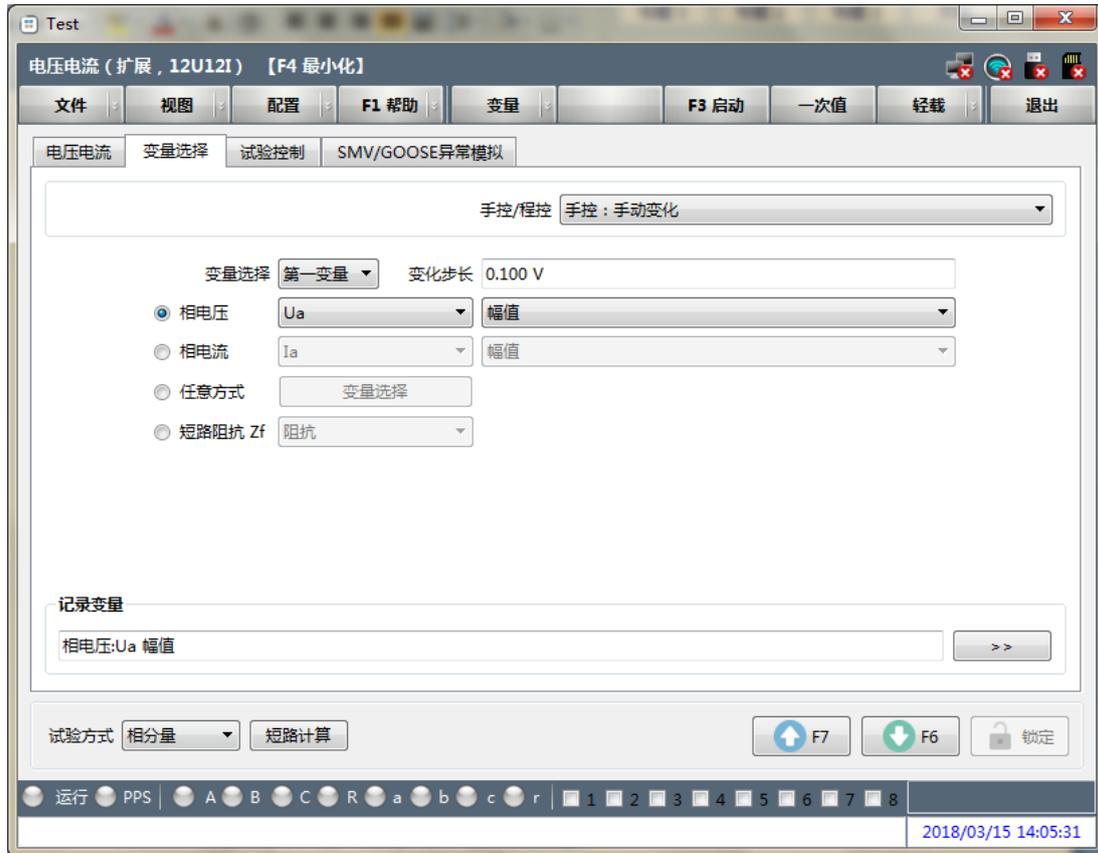


- 当试验方式选择为功率的时候，实时显示当前电压、电流对应的有功功率、无功功率、功率因数和视在功率。
- 当前界面电压、电流对应的有功功率、无功功率、功率因数和视在功率可修改，并更新其他试验方式下的对应通道。

## 变量选择

程序提供了 2 种变量控制方式：手控，程控；

### 1) 手控：手动变化



手控最多提供了 3 个变量；

试验过程中，用户可自由切换，选择当前变量；

当前变量的变化由用户自行控制（通过按键“F6”、“F7”，或点击右下角的“↓”、“↑”按钮减小或者增加变量）；

变量选择根据试验方式变化，显示不同的变量供用户选择，比如试验方式为相分量时，可选择的变量包括相电压，相电流的幅值、角度和频率，试验方式选择为序分量时，可选择的变量为序电压、序电流的幅值和相位。

### 2) 程控:自动变化



程控可以根据相关的设置，代替用户实现“当前变量”的自动变化控制。

注意：此处的每步时间不能保证较高的精度，随 PC 机性能而变，误差约为 50ms 或以上；

- **相电压：**  
单击鼠标左键，选择试验过程中的变量，如单相电压，两相电压等。
- **相电流：**  
单击鼠标左键，选择试验过程中的变量，如单相电流，两相电流等。
- **短路阻抗：**  
单击鼠标左键，选择试验过程中的变量，如阻抗，阻抗角等。
- **变化范围：**  
设置变量的变化起点和终点，起点可以大于终点，也可以小于终点。  
一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值区间。
- **步长：**  
设置变量的每步变化步长。  
一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。
- **每步时间：**  
变量按设定的步长变化时，每一步大小的保持时间。  
一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- **变化方式：**

设置变化量的变化方式，“始”为变化范围的起点，“终”为终点，

- ◇ “始→终”为单程变化，只能测量动作值；
- ◇ “始→终→始”为双程变化，可以同时测量动作值、返回值，并自动计算出返回系数/或灵敏角；

● **动作返回：**

设置变量的返回方式，

- ◇ 动作返回：  
变量在从起点→终点的变化过程中，一旦检测到继电器的动作，自动根据变化方式确定是否继续试验：
  - 变化方式为“始→终”：结束试验；
  - 变化方式为“始→终→始”：改变变量的变化方向，向起点返回。

- ◇ 全程变化：  
即“全程变化”。试验过程中，无论继电器动作与否，变量一直按所设置的变化范围进行变化，直至到达终点或返回起点。

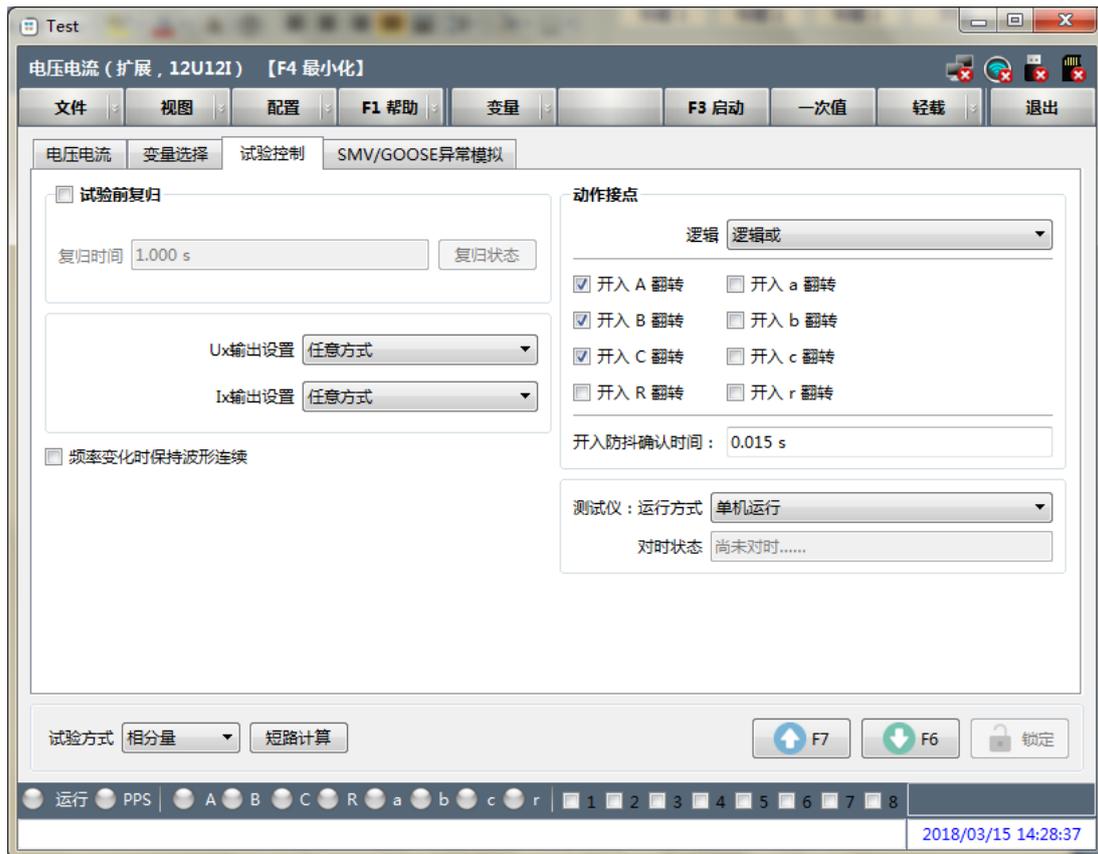
注：“灵敏角”的测试必须采用“始→终→始”，“全程变化”的方式！

● **程控：重复次数：**

设置程控方式下，重复测试的次数。可记录多次测试结果。

● **记录变量：**

试验过程中动作或返回时需要记录的变量，如相电压、线电压、序电压，相电流、和电流、序电流，短路阻抗，功率（有功、无功、视在）等，根据需要进行选择。默认为  $U_a$  幅值。



- **试验前复归:**  
如果试验前需要输出一个复归状态（如等待保护 PT 断线复归），则选中该项；
- **试验前复归时间:**  
一般设为大于保护的 PT 断线复归时间，从而保证保护的可靠复归。
- **复归状态:**  
设置“复归状态”，一般为空载状态。
- **Ux 输出设置:**  
设置 Ux 的输出方式，程序提供了 8 种不同的输出方式，包括：任意方式、Ua、Ub、Uc、 $+3U_0$ 、 $-3U_0$ 、 $+3U_0 \cdot \sqrt{3}$ 、 $-3U_0 \cdot \sqrt{3}$  等。
- **Ix 输出设置:**  
设置 Ix 的输出方式，程序提供了 6 种不同的输出方式，包括：任意方式、Ia、Ib、Ic、 $+3I_0$ 、 $-3I_0$  等。
- **□频率变化时保持波形连续:**  
打“√”表示当频率变化时，波形保持连续；不打“√”，表示当频率变化时，波形可能会出现畸变。
- **动作接点:**  
试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。
- **开入 A, B, C, R, a, b, c, r:**

打“√”者表示被选中参与翻转判断；

- **动作逻辑：**

“逻辑与”：所选开入量全部满足条件，动作成立；

“逻辑或”：所选开入量任何一个满足条件，动作成立；

如果只选中一个开入量，则“逻辑与”和“逻辑或”的效果相同。

- **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

- **测试仪运行方式：**

测试仪提供了 2 种运行方式：

✧ 单机运行：单台测试仪独立运行；

✧ PPS 同步：通过 PPS 信号实现远距离的测试仪电压电流同步；

- **对时状态：**

测试仪的运行方式选择为“PPS 同步”时有效。当收到 PPS 信号，则显示对时成功；否则显示为对时失败或尚未对时。

## 测试结果

选择	记录变量	动作值	动作时间	返回值	返回时间
1	相电压 Ua幅值	60.0000 V	3.5954 s		
2	相电压 Ua幅值			60.0000 V	4.7627 s

测试结果平均值			
动作值	60.0000	动作时间	3.5954 s
返回值	60.0000	返回时间	4.7627 s
返回系数	1.0000		

保存 关闭

试验过程中，测试仪可根据接点的翻转，记录多次的动作和返回值结果；

## 2.4 阶梯递变



### 简介

“阶梯递变”主要用于对每步时间精度要求较高的递变试验过程，指定的变量按给定的步长和每步时间作阶梯变化 $\Delta/\Delta t$ ；

可完成各种继电器动作/返回值的自动测试，包括：

- ✧ 交流型继电器：电压继电器、电流继电器、功率方向继电器等的动作值、返回值、灵敏角以及动作时间测试等。
- ✧ 直流型继电器：直流电压继电器、直流电流继电器、中间继电器等的动作值、返回值以及动作时间测试。

### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

阶梯递变的测试窗口包括 3 个属性页和 1 个右视图：

- ✧ 变量选择：选择试验变量，以及变量的变化方式等参数设置；
- ✧ 动作接点：动作接点设置；
- ✧ 开出设置：设置开出量的状态。

右视图为试验过程的辅助显示区，以数字形式显示当前的电压电流输出，包括幅值、相位、频率等。

## 变量选择



- **变量选择:**  
选择试验过程中的变量，可以选择为相电压，相电流，频率和线电压
- **变化范围:**  
设置变量的变化起点和终点，起点可以大于终点，也可以小于终点。  
一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值区间。
- **变化步长:**  
设置变量的每步变化步长。  
一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。
- **每步时间:**  
变量按设定的步长变化时，每一步大小的保持时间。  
一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- **变化方式:**  
设置变化量的变化方式，“始”为变化范围的起点，“终”为终点，  
◇ “始→终”为单程变化，只能测量动作值；

◇ “始→终→始”为双程变化，可以同时测量动作值、返回值，并自动计算出返回系数/或灵敏角；

● **返回方式：**

设置变量的返回方式，

◇ 动作返回：

变量在从起点→终点的变化过程中，一旦检测到继电器的动作，自动根据变化方式确定是否继续试验：

➤ 变化方式为“始→终”：结束试验；

➤ 变化方式为“始→终→始”：改变变量的变化方向，向起点返回。

◇ 全程变化：

试验过程中，无论继电器动作与否，变量一直按所设置的变化范围进行变化，直至到达终点或返回起点。

注：“灵敏角”的测试必须采用“始→终→始”，“全程变化”的方式！

● **□每步变化前复归：**

每步变化前是否需要输出一个复归状态（模拟故障前，以使保护复归）；

◇ 常规继电器一般不需要每步前复归，试验过程中，变量连续变化；

◇ 某些微机型保护可能需要每步前复归，试验过程中，变量呈脉冲式变化，即每步变化输出前先输出一复归状态；

● **复归方式：**

根据测试需要，选择“单程复归”或“全程复归”；

一般地，对于动作/返回值的测试，通常选择“单程复归”即可；

● **复归时间：**

每步变化前复归状态输出时间，一般取大于保护的复归时间，以保证保护可靠复归；

● **复归状态：**

设置“复归状态”，一般为空载状态。

● **□试验前复归：**

勾选是否需要模拟试验前复归，仅在第一个子项目开始测试前，输出试验前复归时间。

● **右视图：**

显示当前输出的电压、电流的幅值、角度和频率

## 动作接点



- **动作接点：**  
 试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。
- **开入 A, B, C, R, a, b, c, r：**  
 打“√”者表示被选中参与翻转判断；
- **动作逻辑：**  
 “逻辑与”：所选开入量全部满足条件，动作成立；  
 “逻辑或”：所选开入量任何一个满足条件，动作成立；  
 如果只选中一个开入量，则“逻辑与”和“逻辑或”的效果相同。
- **开入防抖确认时间：**  
 为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。
- **右视图：**  
 显示当前输出的电压、电流的幅值、角度和频率

## 开出设置



设置在复归状态及复归状态结束后的开出量状态。

- **开出量: 起始状态:**

设置复归状态, 开出量的起始状态: 断开, 或, 闭合;

注: 打“√”表示开出量闭合;

- **开出量: 复归结束后:**

设置复归状态结束后, 开出量的状态: 保持不变, 或, 翻转。

保持不变: 与复归状态中的开出量状态相同;

翻转: 与复归状态中的开出量状态相反。

- **右视图:**

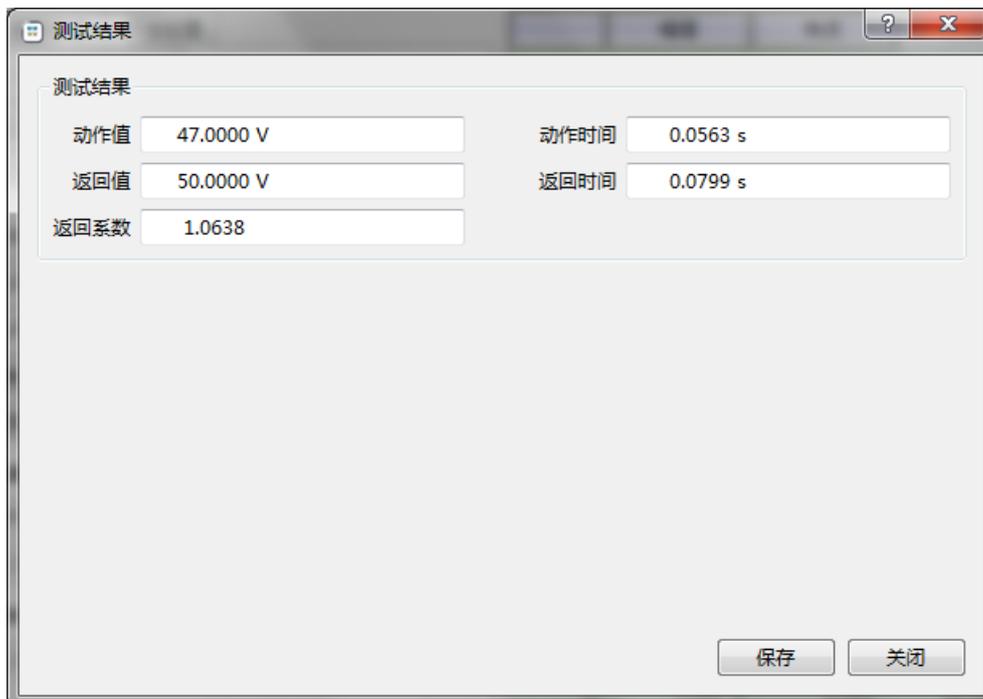
显示当前输出的电压、电流的幅值、角度和频率

## 辅助显示



测试窗口的右视图为试验过程的辅助显示区，以数字形式显示当前的电压电流输出，包括幅值、相位、频率、直流等，可通过滚动条上下拉伸拖动显示区域获得想要显示内容。

## 测试结果



试验过程中，测试仪根据接点的翻转，记录保护的動作和返回值结果；

## 2.5 滑差试验



### 简介

滑差试验（线性变化）：指定的变量按给定的滑差  $d/dt$ ，逐点变化；

可完成各种频率继电器、低周/低压减载装置等的动作值、动作时间以及滑差闭锁特性测试。：

### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

滑差试验的测试窗口包括 3 个属性页和 1 个右视图：

- ◇ 测试项目：根据测试需求，选择测试项目，包括：动作值搜索、动作时间测试、滑差闭锁值搜索、电流闭锁值搜索、电压闭锁值搜索。以及变量的变化方式等参数设置；
- ◇ 动作接点：动作接点设置；
- ◇ 开出设置：设置开出量的状态。

右视图为试验过程的辅助显示区，以数字形式显示当前的电压电流输出，包括幅值、相位、频率等。

### 测试项目：动作值搜索



- **滑差变量选择:**  
根据需求选择变量，包括相电压、相电流、频率、线电压等；
- **滑差起点:**  
每步变化时，所选变量的变化起点，一般是保证保护可靠复归；
- **复归时间:**  
复归点的输出时间，一般取大于保护的复归时间，以保证保护可靠复归；
- **滑差 d/dt:**  
所选变量的滑差，即变化速度；
- **动作值搜索**
  - ◆ **搜索起点，终点**  
动作值的搜索起点和终点。搜索范围应覆盖动作值，并且一般从不动作区向动作区搜索；
  - ◆ **搜索步长**  
动作值的搜索步长。一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。
- **滑差终点等待时间:**  
每步变化时，变量从复归点按滑差 d/dt 变化到当前搜索值，如果期间未检测到保护的動作，则测试仪输出保持在当前搜索值，保持一个“等待时间”，等待保护的動作。

一般地，等待时间应大于保护的動作时间；

## 测试项目：動作时间测试



- **滑差变量选择:**  
根据需求选择变量，包括相电压、相电流、频率、线电压等；
- **滑差起点:**  
所选变量的变化起点，一般是保证保护可靠复归；
- **复归时间:**  
复归点的输出时间，一般取大于保护的复归时间，以保证保护可靠复归；
- **滑差终点:**  
所选变量的变化终点；
- **等待时间:**  
变量从复归点按滑差  $d/dt$  变化到终点，如果期间未检测到保护的動作，则测试仪输出保持在当前搜索值，保持一个“等待时间”，等待保护的動作。  
一般地，等待时间应大于保护的動作时间；
- **滑差  $d/dt$ :**  
所选变量的滑差，即变化速度；
- **计时启动值:**

试验过程中，变量按设定的滑差  $d/dt$  变化到“计时启动值”后，触发计时器启动计时，检测到保护动作停止计时。为保证测试结果的准确性，建议计时启动值取保护的动值。

## 测试项目：滑差闭锁值搜索



- **滑差变量选择：**  
根据需要进行选择变量，包括相电压、相电流、频率、线电压等；
- **滑差起点：**  
每步变化时，所选变量的变化起点，一般是保证保护可靠复归；
- **复归时间：**  
复归点的输出时间，一般取大于保护的复归时间，以保证保护可靠复归；
- **滑差终点：**  
每步变化时，所选变量的变化终点；
- **等待时间：**  
变量从复归点按当前的滑差  $d/dt$  变化到终点，如果期间未检测到保护的动值，则测试仪输出保持在当前搜索值，保持一个“等待时间”，等待保护的动值。  
一般地，等待时间应大于保护的动值时间；

- d/dt 搜索

- ◆ 搜索起点，终点

滑差闭锁值 d/dt 的搜索起点和终点。搜索范围应覆盖闭锁值，并且一般从不闭锁区向闭锁区搜索；

- ◆ 步长

滑差闭锁值 d/dt 的搜索步长。一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。

## 测试项目：电流闭锁值搜索



- 电流相别：

选择需要搜索的电流相别，可以根据需要选择单相，两相，三相和六相同时搜索；

- 电流搜索

- ◆ 搜索起点，终点

电流闭锁值的搜索起点和终点。搜索范围应覆盖闭锁值，并且一般从不闭锁区向闭锁区搜索；

- ◆ 步长

电流闭锁值的搜索步长。一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。

- 滑差起点：

每步变化时，所选变量的变化起点，一般是保证保护可靠复归；

- **复归时间：**

复归点的输出时间，一般取大于保护的复归时间，以保证保护可靠复归；

- **滑差终点：**

每步变化时，所选变量的变化终点；

- **等待时间：**

变量从复归点按当前的滑差  $d/dt$  变化到终点，如果期间未检测到保护的動作，则测试仪输出保持在当前搜索值，保持一个“等待时间”，等待保护的動作。

一般地，等待时间应大于保护的動作时间；

- **滑差  $d/dt$ ：**

所选变量的滑差，即变化速度；

## 测试项目：电压闭锁值搜索



- **电压变量：**

选择需要搜索的电压，可设为相电压或者线电压，并根据需要选择对应的相别；

- **电压搜索**

- ◆ **搜索起点，终点**

电压闭锁值的搜索起点和终点。搜索范围应覆盖闭锁值，并且一般从不闭锁区向闭锁区搜索；

◆ 步长

电压闭锁值的搜索步长。一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。

- 滑差起点：  
每步变化时，所选变量的变化起点，一般是保证保护可靠复归；
- 复归时间：  
复归点的输出时间，一般取大于保护的复归时间，以保证保护可靠复归；
- 滑差终点：  
每步变化时，所选变量的变化终点；
- 等待时间：  
变量从复归点按当前的滑差  $d/dt$  变化到终点，如果期间未检测到保护的動作，则测试仪输出保持在当前搜索值，保持一个“等待时间”，等待保护的動作。  
一般地，等待时间应大于保护的動作时间；
- 滑差  $d/dt$ ：  
所选变量的滑差，即变化速度；

## 动作接点



- 动作接点：  
试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。

- **开入 A, B, C, R, a, b, c, r:**  
打“√”者表示被选中参与翻转判断;
- **动作逻辑:**  
“逻辑与”: 所选开入量全部满足条件, 动作成立;  
“逻辑或”: 所选开入量任何一个满足条件, 动作成立;  
如果只选中一个开入量, 则“逻辑与”和“逻辑或”的效果相同。
- **开入防抖确认时间:**  
为了躲开继电器触点的抖动, 开入接点的状态保持一个时间(确认时间)后, 测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

## 开出设置



设置在复归状态及复归状态结束后的开出量状态。

- **开出量: 起始状态:**  
设置复归状态, 开出量的起始状态: 断开, 或, 闭合;  
注: 打“√”表示开出量闭合;
- **开出量: 复归结束后:**  
设置复归状态结束后, 开出量的状态: 保持不变, 或, 翻转。  
保持不变: 与复归状态中的开出量状态相同;

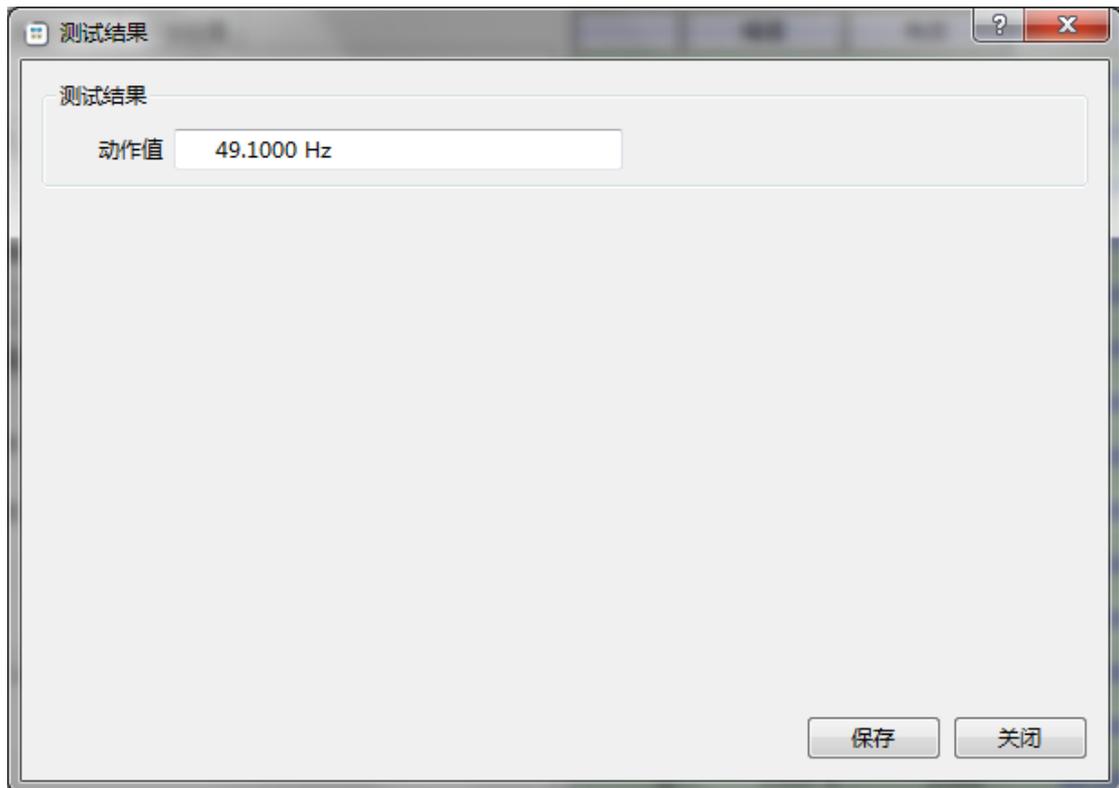
翻转：与复归状态中的开出量状态相反。

## 辅助右视图



测试窗口的右视图为试验过程的辅助显示区，以数字形式显示当前的电压电流输出，包括幅值、相位、频率、直流等，在试验前可设置各个通道输出的幅值角度和频率。

## 测试结果



试验过程中，测试仪根据接点的翻转，记录保护的動作值；

## 2.6 谐波试验



### 简介

本菜单主要用于校验保护装置对谐波或直流的反应，可以完成的试验项目包括

- ✧ 谐波采样精度的检查；
- ✧ 动作/返回值测试；
- ✧ 动作/返回时间的测试（利用输出锁定功能）；

可作为模拟量信号源输出，最多可 18 通道（9U + 9I）的模拟量信号，各通道互相独立，可分别同时叠加直流、基波、2~50 次谐波，以及间次谐波；

提供多个变量的组合控制方式，可完成多通道模拟量谐波幅值的实时调节；

谐波输入方式灵活，提供绝对值和相对值（谐波含有率）两种输入方式；

提供波形预览（波形图），及简单的谐波分析功能；

### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

谐波试验的测试窗口包括 2 个属性页和一个当前通道波形预览界面：

- ✧ 谐波参数：设置并显示各通道电压电流的次谐波和间次谐波叠加情况：幅值、角度、谐波含有率；
- ✧ 试验控制：试验控制参数，包括试验过程中的变化方式、选择的变化量、动作接点

设置，以及记录变量等设置等；

### 谐波参数：



- 电压 Ua, Ub, Uc, Ux, Uy, Uz, Uu, Uv, Uw:

- 电流 Ia, Ib, Ic, Ix, Iy, Iz, Iu, Iv, Iw:

设置测试仪各通道电压、电流的谐波叠加情况，包括基波和 harmonics 的幅值、角度等。

注：打“v”表示本次谐波被选中，参与叠加；

- |                               | 幅值      | 角度      | 频率        |
|-------------------------------|---------|---------|-----------|
| <input type="checkbox"/> 间次谐波 | 0.000 V | 0.000 ° | 10.000 Hz |

间次谐波的总控开关，

打“v”表示本次试验叠加间次谐波，具体叠加情况各通道可继续自定义；

否则所有通道均不叠加间次谐波；

## 试验控制：



- **控制方式:**  
程序提供了 2 种变量变化方式：手动变化，自动变化；
- **基波频率:**  
设置基波的频率，一般为工频 50.0Hz，可设为 50Hz 或 60Hz。
- **谐波选择:**  
可以选择的变量包括直流、基波、2 次谐波-50 次谐波和间次谐波。
- **□变化步长：谐波含有率方式:**  
设置变量的数据输入格式。  
不打“√”，即为有效值输入方式；打“√”，即为谐波含有率输入方式。

### 手动变化

- **电压选择、电流选择:**  
试验过程中，用户可自由选择变量；打“√”，即为选中该变量。  
当前变量的变化由用户自行控制（通过按键，或点击菜单/工具栏上的“↑”、“↓”按钮）；
- **步长:**  
设置变量的每步变化步长。  
一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。

## 自动变化:

自动变化可以根据相关的设置，代替用户实现“当前变量”的自动变化控制。

注意：此处的每步时间不能保证较高的精度，随 PC 机性能而变，误差约为 50ms 或以上；

- **通道选择:**

单击鼠标左键，选择试验过程中的变量，如电压、电流等。

- **变化范围:**

设置变量的变化起点和终点，起点可以大于终点，也可以小于终点。

一般地，变化范围的设置应能覆盖继电器的动作/返回值区间。

- **步长:**

设置变量的每步变化步长。

一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，测试精度越高。

- **每步时间:**

变量按设定的步长变化时，每一步大小的保持时间。

一般地，每步时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。

- **变化方式:**

设置变化量的变化方式，“始”为变化范围的起点，“终”为终点，

◇ “始→终”为单程变化，只能测量动作值；

◇ “始→终→始”为双程变化，可以同时测量动作值、返回值，并自动计算出返回系数/或灵敏角；

- **动作返回:**

设置变量的返回方式，

◇  **动作返回**：

变量在从起点→终点的变化过程中，一旦检测到继电器的动作，自动根据变化方式确定是否继续试验：

➢ 变化方式为“始→终”：结束试验；

➢ 变化方式为“始→终→始”：改变变量的变化方向，向起点返回。

◇  **动作返回**：

即“全程变化”。试验过程中，无论继电器动作与否，变量一直按所设置的变化范围进行变化，直至到达终点或返回起点。

注：“灵敏角”的测试必须采用“始→终→始”，“全程变化”的方式！

- **试验前复归:**

如果试验前需要输出一个复归状态（保护 PT 断线复归），则选中该项；

- **复归状态:**

设置“复归状态”，一般为空载状态。

- **复归时间：**

大于保护的 PT 断线复归时间，从而保证保护的可靠复归。
- **动作接点：**

试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。
- **动作逻辑：**

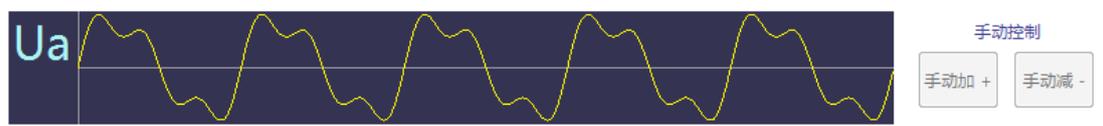
“逻辑与”：所选开入量全部满足条件，动作成立；  
“逻辑或”：所选开入量任何一个满足条件，动作成立；  
如果只选中一个开入量，则“逻辑与”和“逻辑或”的效果相同。
- **开入 A, B, C, R, a, b, c, r:**

打“√”者表示被选中参与翻转判断；
- **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。
- **记录变量：**

记录变量选择。包括次谐波、间次谐波及总合成有效值等。  
试验过程中，根据接点的翻转情况，记录该变量的动作值或返回值。

## 波形预览视图



以波形的方式预览当前所选通道（电压或者电流）的谐波叠加情况，选择手动控制的时候，可以通过界面上的手动加+、手动减-或者小键盘上的 F7、F6 来手动控制变量的增加或者减少。

## 测试结果

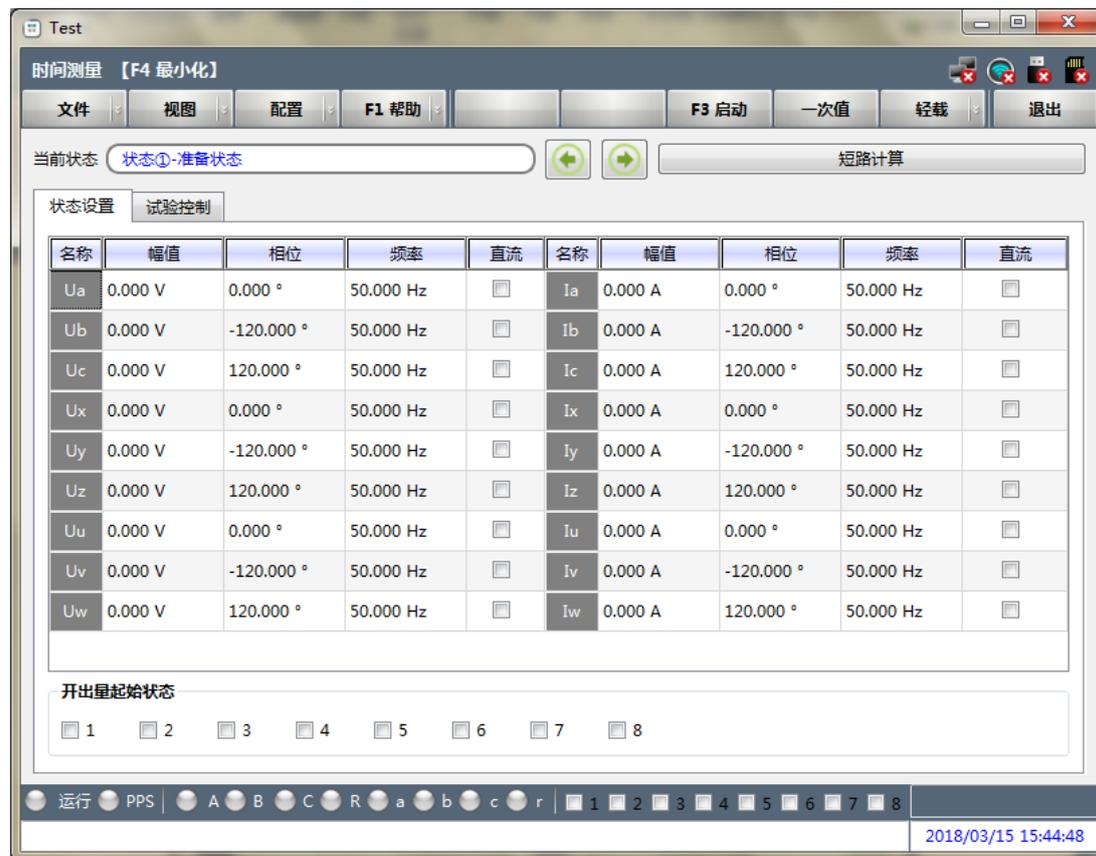
序号	记录变量	动作值	动作时间	返回值	返回时间	
1	Ua	60.000 V	4.158 s			
2	Ua			60.000 V	5.208 s	

**测试结果平均值**

动作值	<input type="text" value="60.000 V"/>	返回系数	<input type="text" value="1.000"/>	动作时间	<input type="text" value="4.158 s"/>
返回值	<input type="text" value="60.000 V"/>			返回时间	<input type="text" value="5.208 s"/>

试验过程中，测试仪根据接点的翻转，记录保护的动作和返回值结果；

## 2.7 时间测量



### 简介

本菜单主要用于测试各种保护的動作时间。

- ◇ 程序提供了 3 个状态，包括：状态① — 准备状态；状态② — 测试状态；状态③ — 结束状态；

三个状态均可由用户自由设置；

- ◇ 提供了 3 个计时器，以及灵活的计时器启动方式配置；  
通过各计时器启动方式的灵活配置，程序不仅可测量动作/返回时间，还可以直接测量各种脉冲宽度（空接点，或，带电位接点）；
- ◇ 测试状态具有 4 种不同的触发方式：  
按键触发，时间触发，PPM 分脉冲触发，开入接点翻转触发；  
“PPM 分脉冲触发”方式可以实现保护的双端远距离 GPS 对调；

## 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

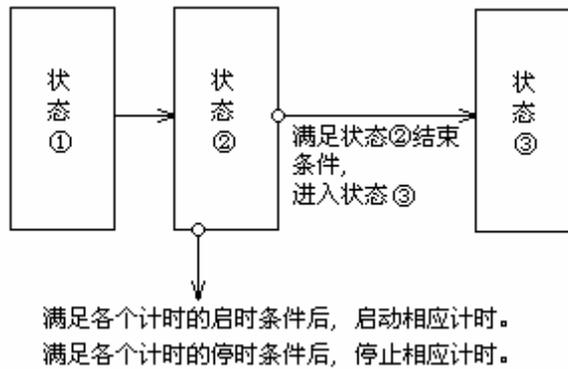
时间测量的测试窗口包括 2 个属性页：

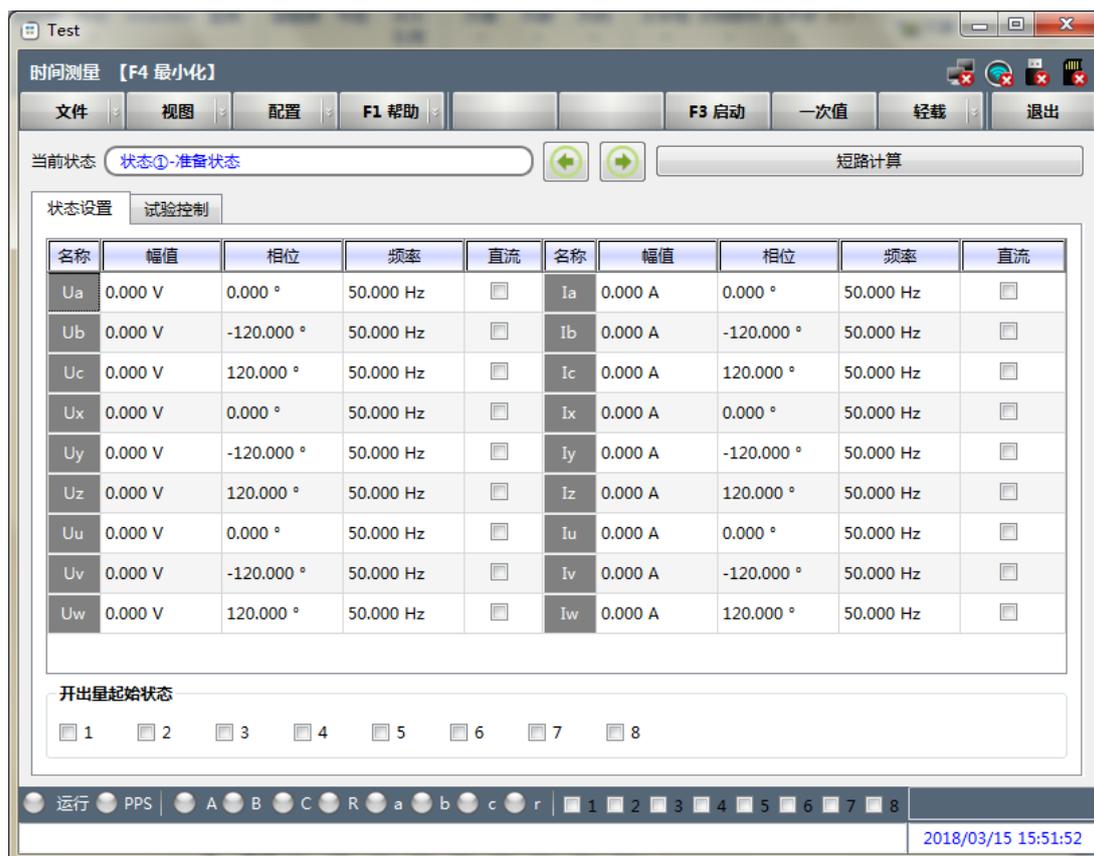
- ✧ 状态设置：设置 3 个状态下的电压、电流及开出量输出；
- ✧ 试验控制：设置 3 个状态的结束方式，以及 3 个计时器的启/停时方式等；

## 状态设置

“时间测量”的试验过程分 3 个状态：状态① → 状态② → 状态③；

一般地，状态①为试验的起始状态，状态②为测试状态，状态③为试验的结束状态。其中“状态② -- 测试状态”为试验的关键状态，3 个计时器的启/停时控制以及开出量的控制均在状态②中进行。





● **当前状态:**

根据需要选中待编辑的状态列，通过   选择当前状态

● **短路计算:**

程序提供了“短路计算”的辅助功能，可根据短路模型自动计算故障情况下的电压电流。

● **电压 Ua, Ub, Uc, Ux, Uy, Uz, Uu, Uv, Uw:**

● **电流 Ia, Ib, Ic, Ix, Iy, Iz, Iu, Iv, Iw:**

设置本状态下，测试仪各路电压、电流的输出，包括幅值、角度和频率。

● **直流:**

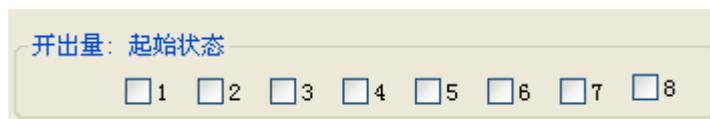
设置本模拟通道的输出方式：交流，或，直流。“v”表示直流。

● **开出量起始状态:**

根据设置，测试仪可以通过开出量发出一个信号。

仅对状态①有效；

开出量的起始状态：断开，或，闭合，在“状态① -- 起始状态”中输出；

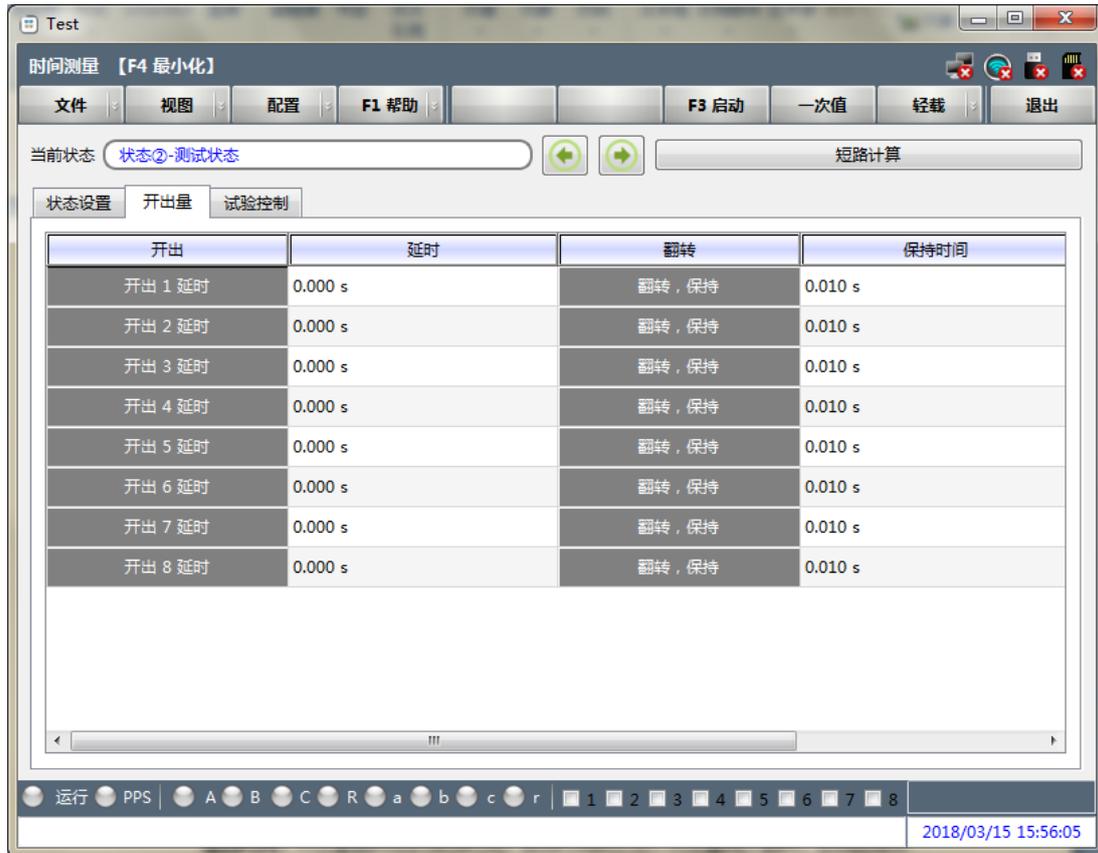


注：打“v”表示开出量闭合。

● **进入状态②后:**

仅对状态②有效；

设置进入“状态② -- 测试状态”后，开出量的翻转时刻及保持时间，



**延时：**以进入状态②为参考点，即进入状态②后，经过所设定的延时，开出量翻转（与各自的起始状态相反）。

**注：**该“延时”应小于状态②的“持续时间”。

**保持时间：**开出量翻转后的保持时间。保持时间到达后，开出量再次翻转，返回起始状态；

## 试验控制



- 状态① — 准备状态:

- 结束方式:

状态①的结束方式，程序提供了 4 种触发方式，包括：

- ◇ 按键触发:

测试仪保持状态①输出，等待用户按确认键后进入状态②；

- ◇ 时间触发:

测试仪保持状态①输出，“限时”（即状态①的输出时间）到达后自动进入状态②；

一般地，限时时间的设置应大于保护的复归时间（20~25 秒左右），以保证保护的可靠复归。

- ◇ PPM 分脉冲触发:

对时成功后，测试仪保持状态①输出；

试验的双方人员联系，在同一分钟之内（10~50 秒之间的任意一刻）按确认键；

测试仪检测到确认后的第一个 PPM 脉冲，进入状态②；

- ◇ 开入接点翻转触发:

测试仪保持状态①输出，设定的开入翻转条件满足后，进入状态②；

- **状态② — 测试状态：**
  - **结束方式：**

选择状态②的结束方式，程序提供了 8 种结束方式，包括“计时 1 停时”、“计时 2 停时”、“计时 3 停时”，...，以及“时间控制”等。

一旦条件满足，则状态②结束，测试仪进入状态③（即试验的结束状态）；
  - **限时：**

状态②结束方式选择为“时间控制”时有效；

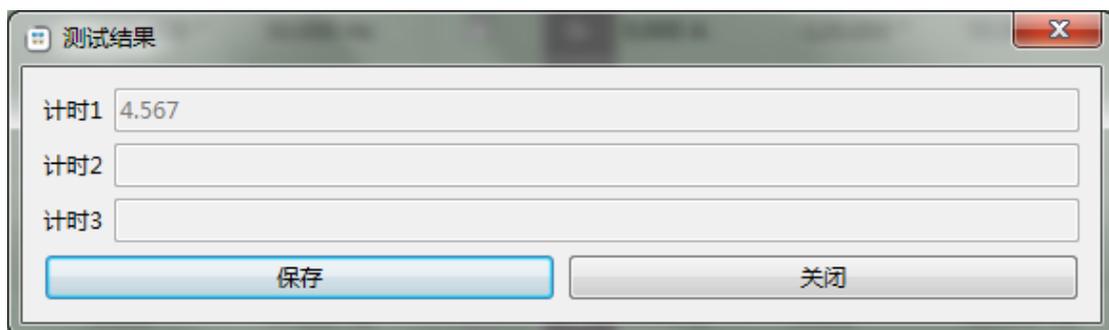
状态②的输出时间；
- **状态③ — 结束状态：**
  - **结束方式：**

状态③的结束方式，程序提供了 2 种结束方式：

    - ◇ 按键控制：测试仪保持状态③输出，等待用户按键后结束试验；
    - ◇ 时间控制：测试仪保持状态③输出，所设定的时间（即状态③的输出时间）到达后自动结束试验。
  - **计时 1：**
  - **计时 2：**
  - **计时 3：**
    - **启时方式：** 计时器 1、2、3 的启动计时触发条件
    - **停时方式：** 计时器 1、2、3 的停止计时触发条件；
  - **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

## 测试结果



进入状态② -- 测试状态后，测试仪可各计时器的启/停时设置，自动记录计时结果；

## 2.8 状态序列 (12U12I)



### 简介

本菜单可由用户自由定制试验方式。

- ◇ 程序最多允许输入 20 个状态，所有状态均由用户自由设置；
- ◇ 本菜单最多可提供 24 通道（12U + 12I）的模拟量信号同时输出，各通道幅值、角度和频率互相独立，交、直流任意设置，且各通道的幅值、频率可按设定的滑差进行变化；
- ◇ 提供了 4 种状态切换方式：按键触发，时间触发，GPS 分脉冲触发，开入接点翻转触发(可带最大输出限时)；
- ◇ 各状态下 8 对开出量的断开和闭合能自由控制，可用于模拟保护出口接点的动作情况。

### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置：

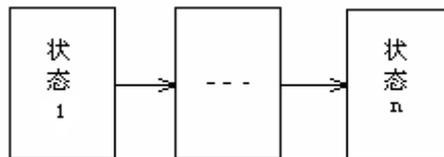
状态序列的测试窗口包括 4 个属性页：

- ◇ 电压电流：状态编辑，设置各状态下的电压、电流的幅值角度和频率。
- ◇ 开出量：进入本状态后开出接点的变化设置；
- ◇ 结束条件：本状态的结束条件，即下一状态的触发条件；
- ◇ 试验控制：设置状态序列的循环次数，是否叠加非周期分量，以及开入接点的动作定义等；

## 电压电流

试验过程分 n 个状态：状态 1 → ... → 状态 n。其中， $1 \leq n \leq 20$ ，具体的状态个数由用户根据试验需要设定。

各状态之间的切换由“结束方式”实现。

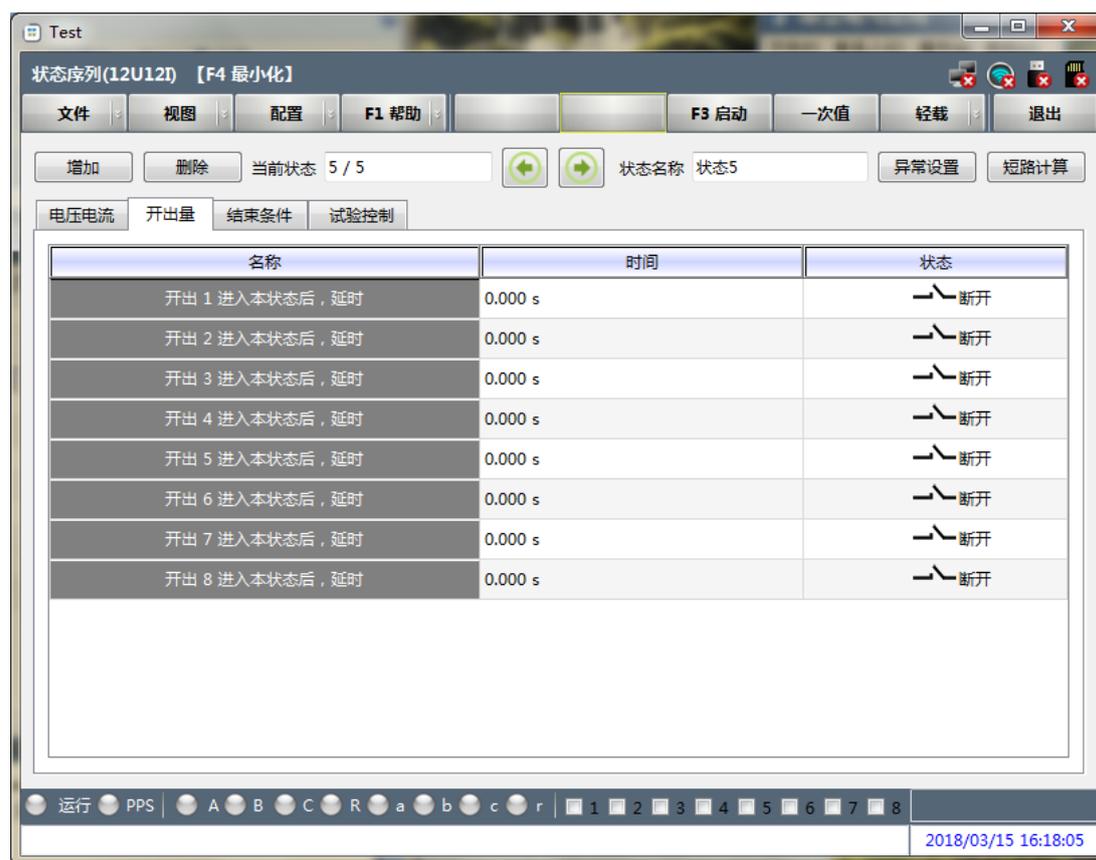


### ● 当前状态：

根据需要选中待编辑的状态列，通过   选择当前状态

- **增加，删除**  
 根据需要增加或者删除状态，一般设置为三个状态或者五个状态，最多可设置 20 个状态。
- **短路计算：**  
 程序提供了“短路计算”的辅助功能，可根据短路模型自动计算故障情况下的电压电流。
- **电压  $U_a, U_b, U_c, U_x, U_y, U_z, U_u, U_v, U_w$ ：**
- **电流  $I_a, I_b, I_c, I_x, I_y, I_z, I_u, I_v, I_w$ ：**  
 设置本状态下，测试仪各路电压、电流的输出，包括幅值、角度和频率。
- **直流：**  
 设置本模拟通道的输出方式：交流或直流。“v”表示直流。

## 开出量



设置进入本状态后，各开出接点的变化情况：延时断开，或，延时闭合；

- **时间：**  
 以进入本状态为时标起点，即进入本状态后，开出接点根据设置延时断开或闭合。“延时”必须小于本状态的“持续时间”。

- 开出状态:

延时到达后, 开出量的输出状态, 断开, 或闭合;

## 结束条件



- 本状态序列中, 各状态的结束条件为:

触发条件满足后, 经过指定的延时后, 结束本状态, 进入下一状态。

程序提供了 4 种触发条件, 包括

- ◇ 按键触发:

测试仪保持本状态输出, 等待用户按确认键后进入下一状态;

- ◇ 时间触发:

测试仪保持本状态输出, “最大持续时间”到达后自动进入下一状态;

- ◇ PPM 分脉冲触发:

对时成功后, 测试仪保持本状态输出;

试验的双方人员联系, 在同一分钟之内 (10~50 秒之间的任意一刻) **按确认键**;

测试仪检测到确认后的第一个 PPM 脉冲, 进入下一状态;

- ◇ 开入接点翻转触发:

测试仪保持本状态输出, 设定的开入翻转条件满足后, 进入下一状态;

如果勾选最大输出限时 ( **最大输出限时**), 则开入翻转或最大输出限时任一

条件满足后，进入下一状态；

●  辅助记录--记录变量的动作值

打“√”表示试验记录变量的动作值，“!”表示试验不记录变量的动作值。

◇ 动作接点：

试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。

◇ 记录变量

本状态试验过程中动作或返回时需要记录的变量，如电压电流的幅值或频率。

## 试验控制



● “状态序列”重复次数

设置整个状态序列的循环重复输出次数，最大可循环 3000 次；

PC 侧控制：勾选，则重复次数由上位机 PC 控制，可记录每次的测试结果；不勾选，则重复次数由下位机程序控制，只能记录第一次的测试结果。

● 状态切换控制：

● 相位控制：

◇ 各状态之间相互关联（角度连续变化）：

状态切换时，各状态之间的角度保持连续变化；

◇ 各状态之间相互独立：

状态切换时，各状态之间的相位独立，即角度不连续。

- **电压、电流叠加直流分量：**

选择状态切换过程中，是否需要在电压、电流上叠加一衰减的非周期直流分量。
- **衰减时间常数  $\tau$ ：**

非周期直流分量的衰减时间常数；
  
- **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。
- **开入接点：接点动作（翻转）定义：**
  - ◇ 相对于状态 1 的开入位置：

所有开入接点的动作（翻转）均以状态 1 结束时的开入位置为起始状态；
  - ◇ 相对于上一个状态的开入位置：

所有开入接点的动作（翻转）均以上一个状态结束时的开入位置为起始状态。
- **开入接点：分别接自保护：**

根据测试仪开入接点和保护动作出口接点的连接定义，如跳 A、B、C，重合 R 等。
- **测试仪运行方式：**

测试仪提供了 2 种运行方式：

  - ◇ 单机运行：单台测试仪独立运行；
  - ◇ PPS 同步：通过 PPS 信号实现远距离的测试仪电压电流同步；
- **对时状态：**

测试仪的运行方式选择为“PPS 同步”时有效。  
当收到 PPS 信号，则显示对时成功；否则显示为对时失败或尚未对时。

## 测试结果

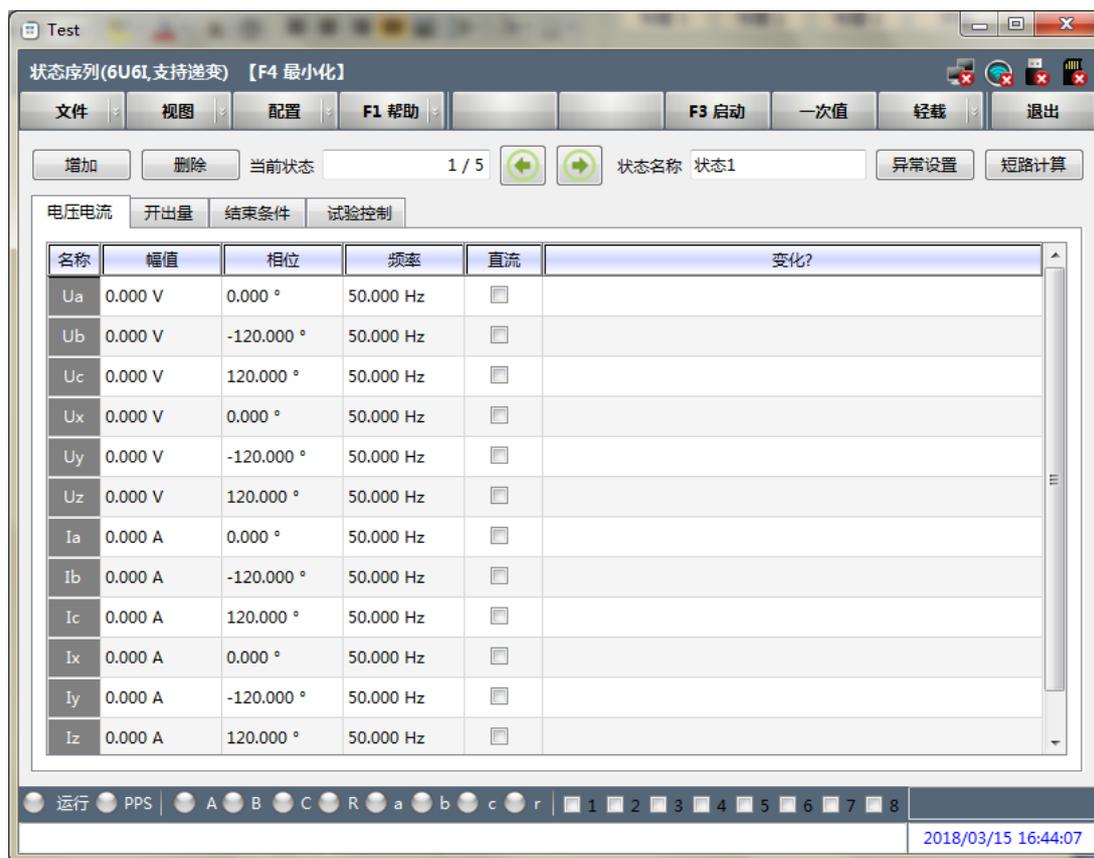
		状态	状态名称	结束条件	实际持续时间	开入 A
1	No.0 次	1		按键触发	5.6621 s	(断开)
2	No.0 次	2		开入接点翻转...	2.5315 s	2.5214 s
3	No.0 次	3		时间触发 5.00...	5.0000 s	-0.0098 s

提示:各开入接点的动作均相对于 状态 1 的开入位置; 动作时间为进入本状态后的相对时间(s).

保存 关闭

试验过程中，测试仪自动记录各状态的持续时间，以及进入各状态后 8 对开入接点的变化情况；

## 2.9 状态序列（6U6I，支持递变）



### 简介

本菜单可由用户自由定制试验方式。

- ◇ 程序最多允许输入 60 个状态，所有状态均由用户自由设置；
- ◇ 本菜单最多可提供 12 通道（6U + 6I）的模拟量信号同时输出，各通道幅值、角度和频率互相独立，交、直流任意设置；
- ◇ 支持电压电流通道的幅值和频率按设定值进行递变变化（线性变化/阶梯变化）；
- ◇ 提供了 6 种状态切换方式：按键触发，时间触发，GPS 分脉冲触发，开入接点翻转触发(可带最大输出限时)，幅值触发，频率触发；
- ◇ 各状态下 8 对开出量的断开和闭合能自由控制，可用于模拟保护出口接点的动作情况。

### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

状态序列的测试窗口包括 4 个属性页：

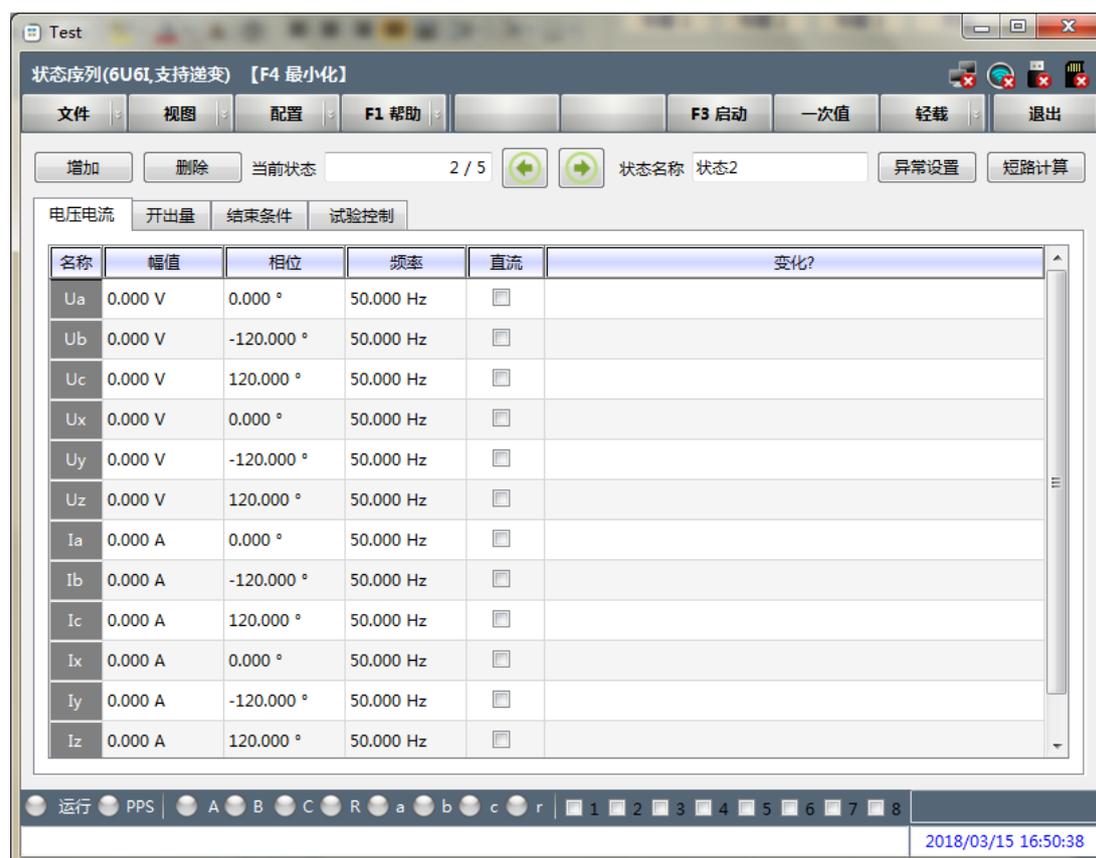
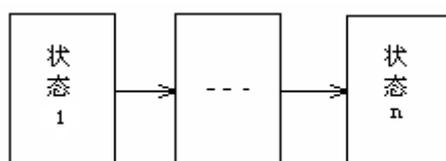
- ◇ 电压电流：状态编辑，设置各状态下的电压、电流的幅值、角度、频率，交直流，以及递变方式、递变参数等；

- ◇ 开出量：进入本状态后开出接点的变化设置；
- ◇ 结束条件：本状态的结束条件，即下一状态的触发条件；
- ◇ 试验控制：设置状态序列的循环次数，是否叠加非周期分量，以及开入接点的动作定义等；

## 电压电流

试验过程分  $n$  个状态：状态 1 → ... → 状态  $n$ 。其中， $1 \leq n \leq 60$ ，具体的状态个数由用户根据试验需要设定。

各状态之间的切换由“结束方式”实现。



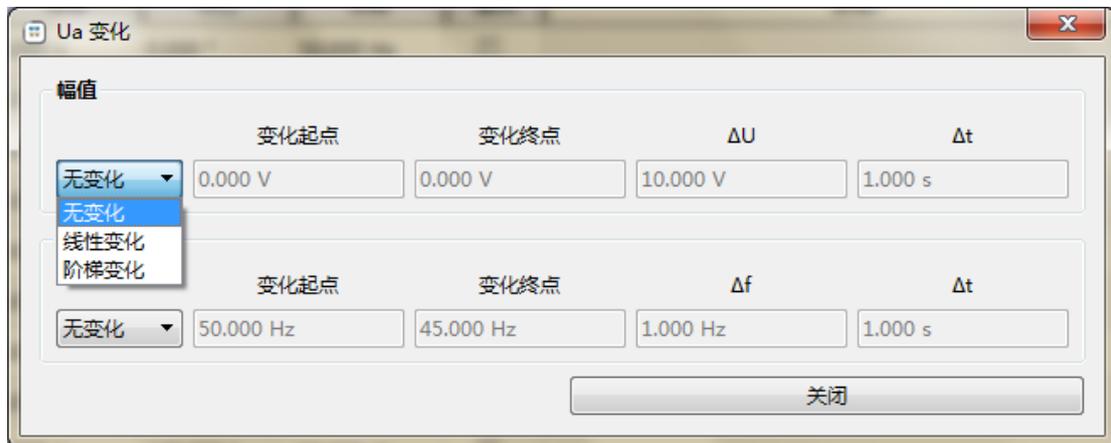
- **当前状态：**

根据需要选中待编辑的状态列，通过   选择当前状态

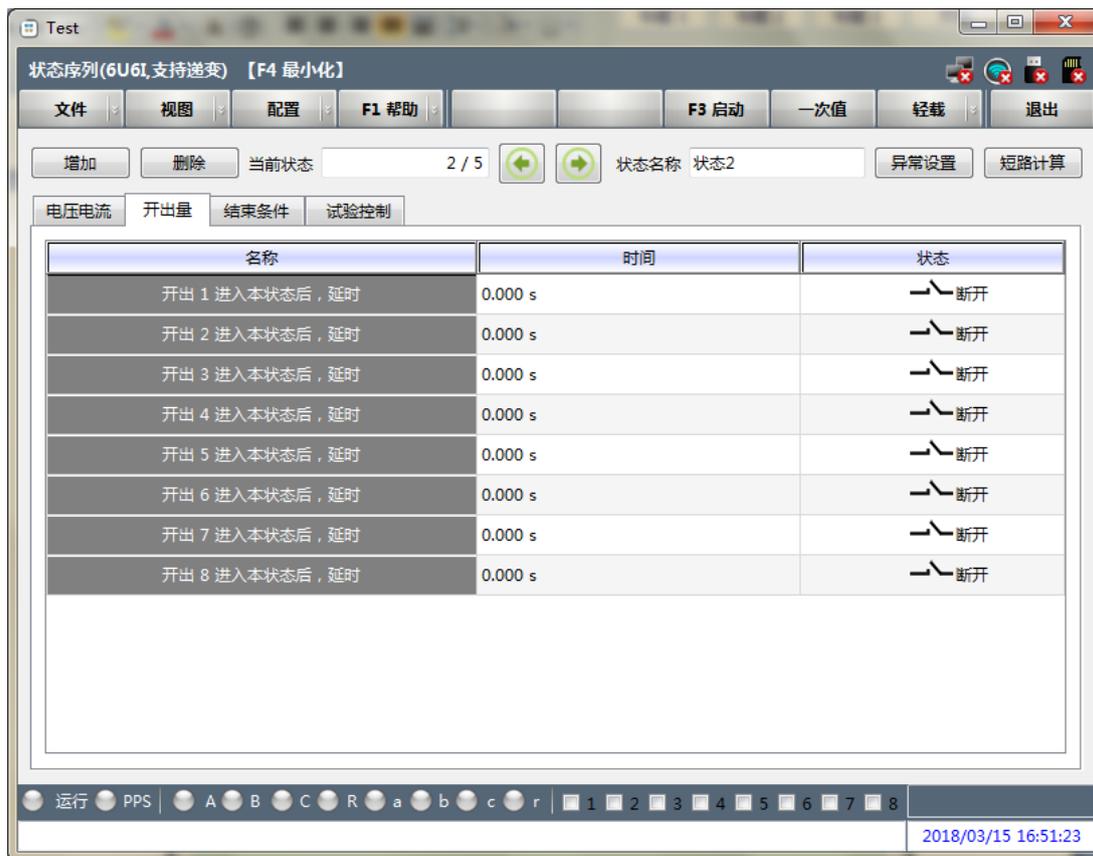
- **增加，删除**

根据需要增加或者删除状态，一般为三个状态或者五个状态。

- **异常设置：**进行 SMV 异常、GOOSE 输出设置，仅用于数字化测试仪；
- **短路计算：**  
程序提供了“短路计算”的辅助功能，可根据短路模型自动计算故障情况下的电压电流。
- **电压  $U_a, U_b, U_c, U_x, U_y, U_z$ ：**
- **电流  $I_a, I_b, I_c, I_x, I_y, I_z$ ：**  
设置本状态下，测试仪各路电压、电流的输出，包括幅值、角度和频率。
- **直流：**  
设置本模拟通道的输出方式：交流，或，直流。“V”表示直流。
- **变化?：**  
根据需要设置，电压、电流的幅值或频率按设定值进行变化，如线性变化或阶梯变化。



## 开出量



设置进入本状态后，各开出接点的变化情况：延时断开，或，延时闭合；

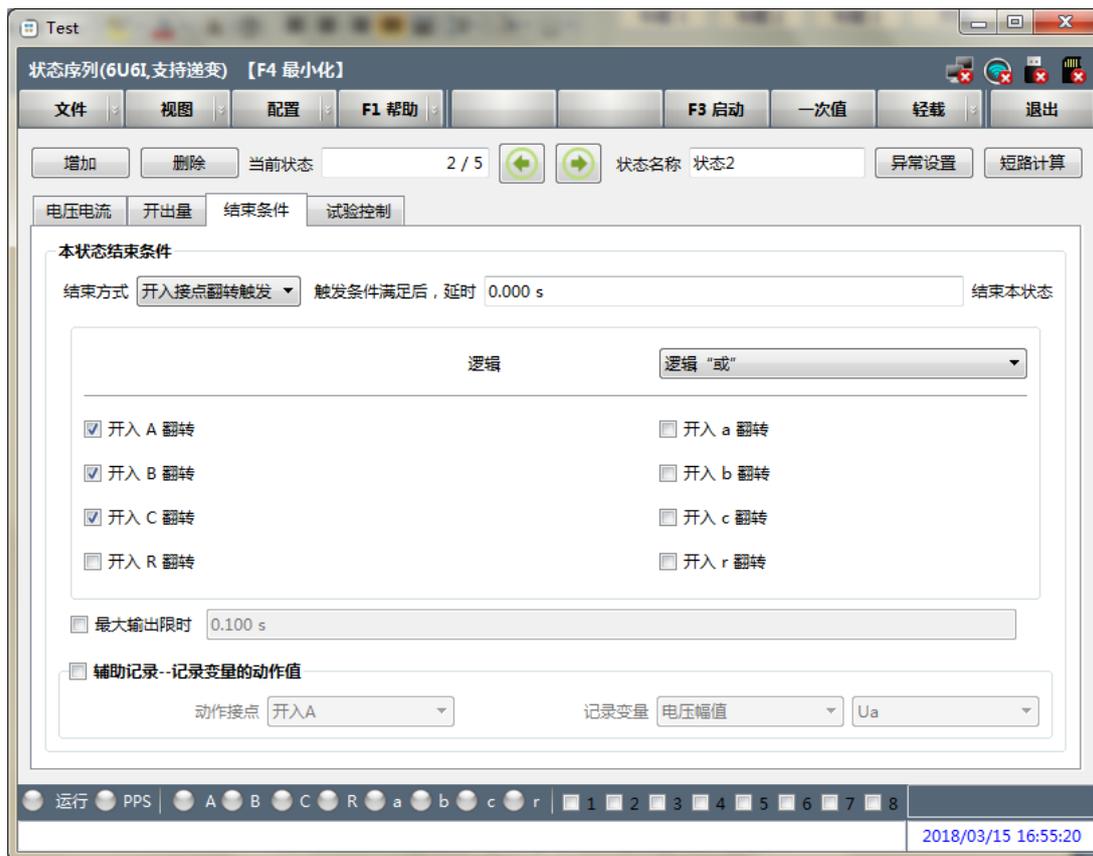
- **时间：**

以进入本状态为时标起点，即进入本状态后，开出接点根据设置延时断开或闭合。  
“延时”必须小于本状态的“持续时间”。

- **开出状态：**

延时到达后，开出量的输出状态，断开，或闭合；

## 结束方式



- 本状态序列中，各状态的结束条件为：

触发条件满足后，经过指定的延时后，结束本状态，进入下一状态。

程序提供了 6 种触发条件，包括

- ◇ 按键触发：

测试仪保持本状态输出，等待用户按确认键后进入下一状态；

- ◇ 时间触发：

测试仪保持本状态输出，“最大持续时间”到达后自动进入下一状态；

- ◇ PPM 分脉冲触发：

对时成功后，测试仪保持本状态输出；

试验的双方人员联系，在同一分钟之内（10~50 秒之间的任意一刻）按确认键；

测试仪检测到确认后的第一个 PPM 脉冲，进入下一状态；

- ◇ 开入接点翻转触发：

测试仪保持本状态输出，设定的开入翻转条件满足后，进入下一状态；

如果勾选最大输出限时（ 最大输出限时），则开入翻转或最大输出限时任一条件满足后，进入下一状态；

- ◇ 幅值触发：  
测试仪保持本状态输出，等待所选通道幅值达到设置门槛后进入下一状态；
- ◇ 频率触发：  
测试仪保持本状态输出，等待所选通道频率达到设置门槛后进入下一状态；

●  辅助记录--记录变量的动作值

打“√”表示试验记录变量的动作值，“!”表示试验不记录变量的动作值。

- ◇ 动作接点：  
试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。
- ◇ 记录变量  
本状态试验过程中动作或返回时需要记录的变量，如电压电流的幅值或频率。

## 试验控制



- “状态序列：重复次数”  
设置整个状态序列的循环重复输出次数，最多可循环 3000 次；  
PC 侧控制：勾选，则重复次数由上位机 PC 控制，可记录每次的测试结果；
- 不勾选，则重复次数由下位机程序控制，只能记录第一次的测试结果。**状态切换控制：**
  - 相位控制：
    - ◇ 各状态之间相互关联（角度连续变化）：

状态切换时，各状态之间的角度保持连续变化；

✧ 各状态之间相互独立：

状态切换时，各状态之间的相位独立，每个状态开始输出的时候输出该状态各个通道设置的角度。

● **电压、电流叠加直流分量：**

选择状态切换过程中，是否需要在电压、电流上叠加一衰减的非周期直流分量。

● **衰减时间常数 $\tau$ ：**

非周期直流分量的衰减时间常数；

● **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

● **开入接点：接点动作（翻转）定义：**

✧ 相对于状态 1 的开入位置：

所有开入接点的动作（翻转）均以状态 1 结束时的开入位置为起始状态；

✧ 相对于上一个状态的开入位置：

所有开入接点的动作（翻转）均以上一个状态结束时的开入位置为起始状态。

● **开入接点：分别接自保护：**

根据测试仪开入接点和保护动作出口接点的连接定义，如跳 A、B、C，重合 R 等。

● **测试仪运行方式：**

测试仪提供了 2 种运行方式：

✧ 单机运行：单台测试仪独立运行；

✧ PPS 同步：通过 PPS 信号实现远距离的测试仪电压电流同步；

● **对时状态：**

测试仪的运行方式选择为“PPS 同步”时有效。

当收到 PPS 信号，则显示对时成功；否则显示为对时失败或尚未对时。

## 测试结果

		状态	状态名称	结束条件	实际持续时间	开入 A
1	No.0 次	1		时间触发 5.00...	5.0000 s	(断开)
2	No.0 次	2		开入接点翻转...	3.9484 s	3.9384 s
3	No.0 次	3		按键触发	4.3552 s	-0.0098 s

提示:各开入接点的动作均相对于 状态 1 的开入位置; 动作时间为进入本状态后的相对时间(s).

保存 关闭

试验过程中，测试仪自动记录各状态的持续时间，以及进入各状态后 8 对开入接点的变化情况；

## 2.10 波形回放



### 简介

本菜单通过对波形数据文件（由录波器录波或仿真计算产生，以 COMTRADE 格式存储）的回放，实现故障再现和仿真功能。

- 支持 COMTRADE 格式的录波文件，自动兼容 1991 版本和 1999 版本；
- 强大的波形编辑功能，包括波形的缩放、剪裁，通道合并，通道的导入导出等；
- 最多可同时输出多达 24 通道的电压电流信号，各回放通道参数配置灵活，相互独立；
- 提供多种回放触发方式，包括按键触发，时间触发，GPS 触发，开入接点触发；
- 灵活方便的试验过程控制：
  - ◇ 可自动模拟故障前（用户可选择：勾选，则自动模拟；不勾选，则送 0）；
  - ◇ 提供回放区间（起点和终点）的截取功能；
  - ◇ 提供重复区间设置，用户可根据需要对某一段或两段波形进行重复输出；

## 测试窗口

测试窗口用于试验参数的设置；

波形回放的测试窗口包括 5 个属性页：

- ✧ Cfg 文件：显示当前被打开的录波文件的配置信息摘要，包括变电站名，录波装置，录波日期，录波通道数，以及录波长度等；
- ✧ 通道选择：配置测试仪各模拟量通道的输出设置，包括关联的录波通道，原始的 PT/CT 变比，辅助比例调整等；
- ✧ 试验控制：试验控制参数，包括回放区间、重复区间、故障前状态，以及回放的触发方式设置等；
- ✧ 开入开出：试验过程中，测试仪的开入控制设置和开出控制设置；
- ✧ 波形预览：根据测试窗口内的参数配置，预览试验过程中测试仪的波形输出情况；

### Cfg 文件

显示当前被打开的录波文件的配置信息摘要，包括变电站名，录波装置，录波日期，录波通道数，以及录波长度等。



## 通道选择



- **录波通道:**  
选择与测试仪输出相关联的原始录波通道，即回放时，该录波通道的波形从被关联的测试仪模拟通道中输出；
- **缩放比例:**  
如果原始录波通道的波形数据超出了测试仪的量程，可通过“缩放比例”的设置，调整波形输出值；
- **最大值:**
- **最小值:**  
原始录波通道波形经过“缩放比例”折算后，从测试仪输出时的最大，最小值（瞬时值）；

## 试验控制



- **截取区间：**

截取原始波形的某一段波形区间进行波形回放；

- GPS 对调时，两端原始录波文件的起始时刻可能会出现偏差，所以回放时不能简单地从原始录波的起点开始，而是通过对两端波形的比对，确定实际的回放起点时刻；
- 录波器厂家多采用压缩方式存储波形，即，录波触发后，经过一定的延时，录波文件内存储的不再是采样点，而是厂家自定义的某种格式（如有效值，或最大值），为保证 COMTRADE 标准，回放软件一律作瞬时值处理，从而导致故障后电压电流显示为直流。这种情况下，为保证回放试验的正常进行，必须通过回放区间终点的设置，放弃这一段被压缩的不真实录波；

- **自动模拟故障前状态：**

选中，测试仪在回放触发之前，自动重复“回放区间”的第一周波数据，以模拟故障前状态；

否则，测试仪在回放触发之前输出 0 状态；

- **重复区间：**

在不改变总录波波形长度的前提下，提供了最多 2 个区间的波形重复输出功能；

（如果需要更多的重复区间，可通过“波形编辑”中的复制功能实现，但会导致原始录波长度的增加）

- **区间起点：**

待重复区间的起点时刻（在原始波形中的位置）；

- **长度：**

待重复区间的长度。为了保证波形的平滑，建议取每周波长度的整数倍；

- **总输出次数：**

待重复区间的总输出次数（最少为 1 次，相当于不重复，最多为 3000 次）；

- **触发方式：**

设置波形回放试验的启动方式，程序提供了 4 种方式：

- ◇ **按键触发：**

测试仪保持故障前状态（或 0 状态），等待用户按确认键后触发波形回放；

- ◇ **时间触发：**

测试仪保持故障前状态（或 0 状态），“故障前时间”到达后触发波形回放；

一般地，故障前时间的设置应大于保护的复归时间（20~25 秒左右），以保证保护的可靠复归。

- ◇ **PPM 分脉冲触发：**

GPS 对时成功后，测试仪保持故障前状态（或 0 状态）；

试验的双方人员联系，在同一分钟之内（10~50 秒之间的任意一刻）按确认键；

测试仪检测到确认后的第一个 PPM 脉冲，触发波形回放；；

- ◇ **开入接点翻转触发：**

测试仪保持故障前状态（或 0 状态），设定的开入翻转条件满足后，触发波形回放；

## 开入开出



### 开入设置

- **开入接点：**

配置测试仪的开入接点与保护动作出口接点的连接方式，如跳 A、B、C，重合 R 等。

- **计时起点：**

取原始波形的某一时刻做为开入计时 0 时标，试验结果中所记录的开入量翻转变化的时间均相对此时刻而言；

- **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

### 开出设置

- **开出接点：控制方式：**

程序提供三种控制方式：开出 123 跟随保护跳/合闸信号变化，故障触发后延时翻转，开关量通道回放。

- **“波形回放”试验前起始状态：**

开出量的起始状态：断开，或，闭合；

注：打“√”表示开出量闭合；

- **开出 1,2,3 模拟断路器位置，随开入 ABC,R 变化：**

当开出接点控制方式为“开出 123 跟随保护跳/合闸信号变化”时有效。

该方式相当于利用测试仪的开出接点模拟断路器的位置接点；

开入接点 ABC 动作，则开出接点 123 翻转，即与其起始状态相反；

开入接点 R 动作，则开出接点 123 再次翻转，即恢复为起始状态；

- **“波形回放”试验触发后延时翻转：**

当开出接点控制方式为“故障触发后延时翻转”时有效。

该方式相当于“波形回放”试验触发后，通过测试仪的开出接点发出一个信号；

- ◆ **延时：**

以启动“波形回放”试验为参考点，即开始波形回放后，经过所设定的延时，开出量翻转（与各自的起始状态相反）。

注：该“延时”应小于整个的试验时间。

- ◆ **保持时间：**

开出量翻转后的保持时间。保持时间到达后，开出量再次翻转，返回起始状态；

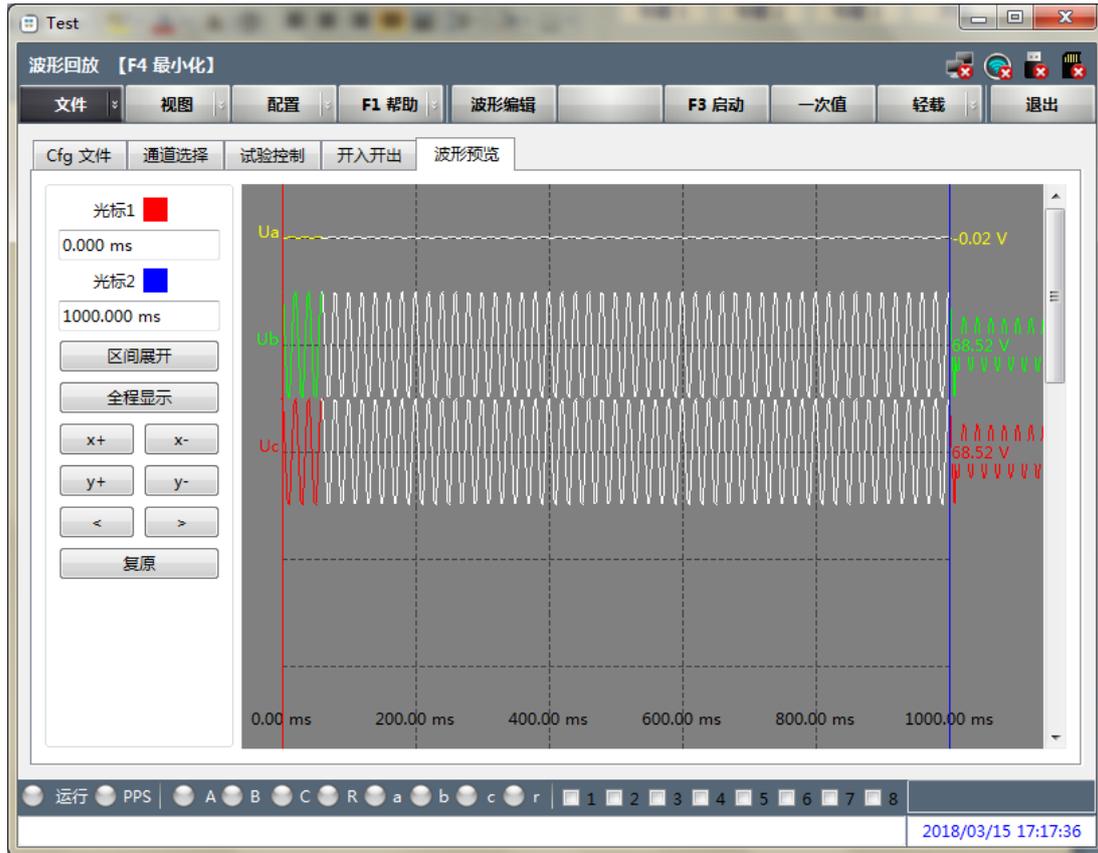
- **开出 1-8：**

当开出接点控制方式为“开关量通道回放”时有效。

选择与测试仪开出量相关联的原始录波通道，即回放时，该录波通道的状态从被关联的测试仪开出量通道中输出；

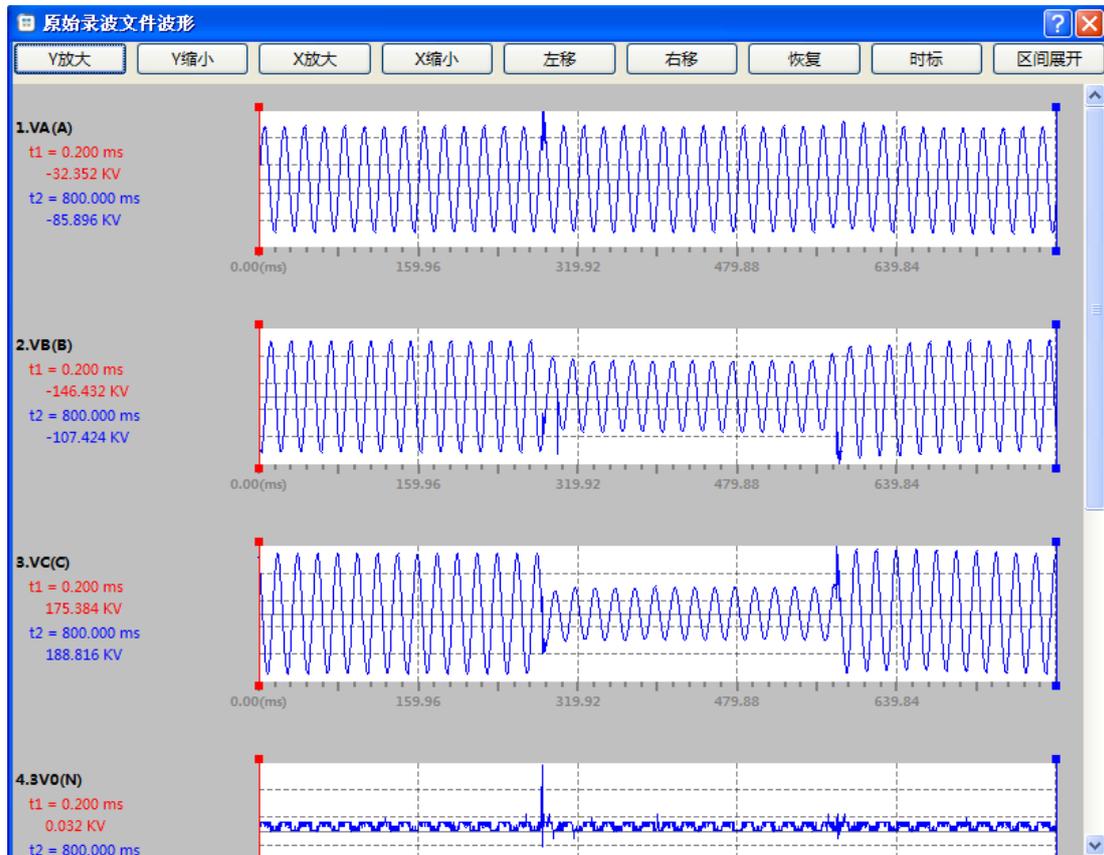
### **波形预览**

根据“通道选择”和“试验控制”中的设置，预览试验过程中测试仪各模拟量通道的波形输出情况（波形数据均已经过“缩放比例”系数的调整）；



## 原始录波文件波形视图

打开“视图”→“原始录波文件波形”，即可打开显示原始的录波文件波形图。



界面左侧，用数字形式显示 2 个时标（红色时标 1 和蓝色时标 2）所对应的通道波形的瞬时值。

程序通过波形工具栏的相应按钮对波形进行操作；

### 1、Y 放大、Y 缩小：

沿 Y 轴方向放大/缩小所有的通道波形；

### 2、X 放大、X 缩小：

沿 X 轴（时间）方向放大/缩小所有的通道波形；

### 3、横向：区间展开：

沿 X 轴（时间）方向，展开 2 个时标之间的所有通道波形；

### 4、左移、右移：

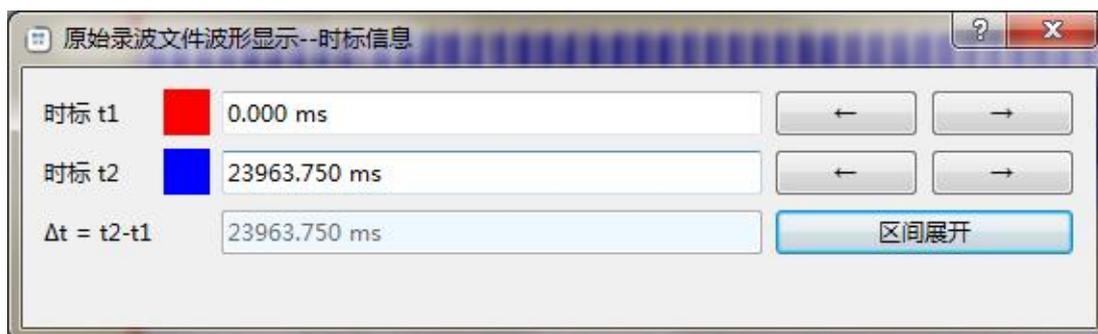
沿 X 轴（时间）方向左右移动所有的通道波形；

### 5、恢复：

取消所有的操作，所有通道波形复原；

### 6、时标信息：

点击工具栏的“时标信息”按钮，弹出时标信息对话框；



显示波形图中时标 1 和时标 2 所对应的时间以及时间差 $\Delta t$ ;

用户也可以通过在对话框中输入, 直接对时标 1、2 进行定位;

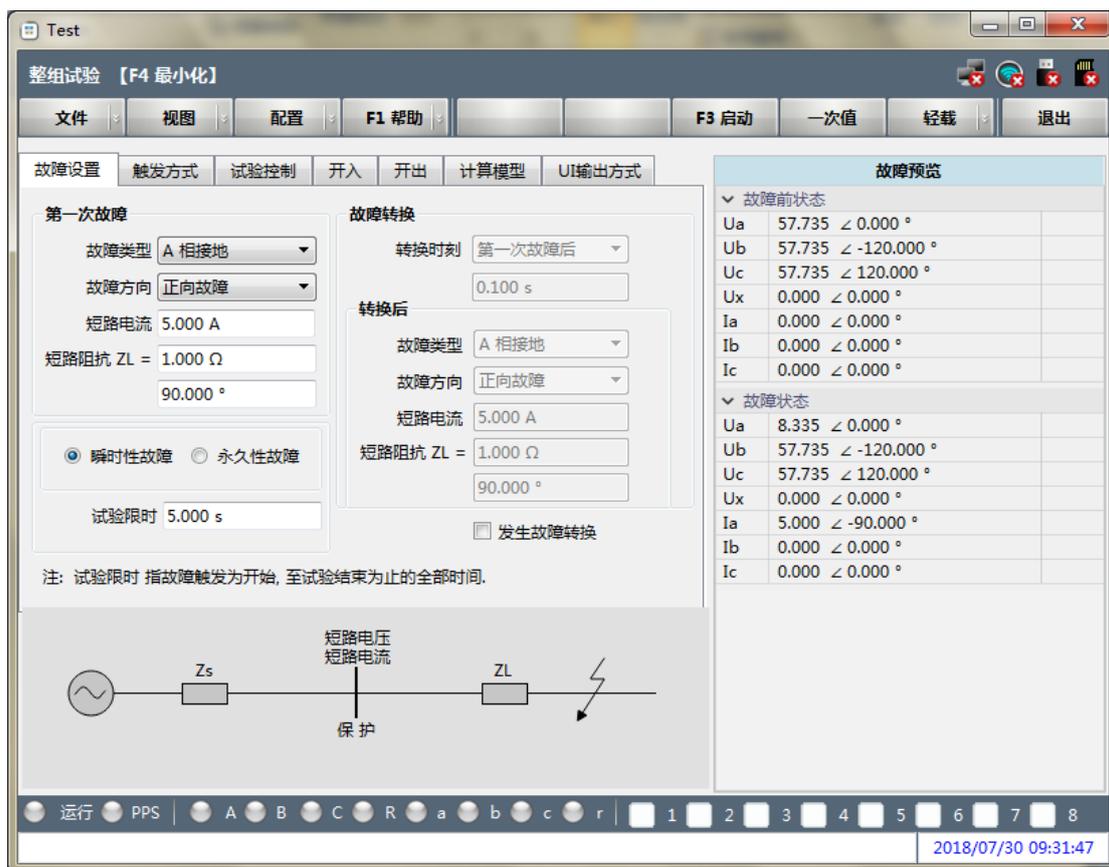
## 测试结果



试验结束后, 测试仪自动记录各接点的翻转动作情况;

注, 此处各开入量的计时均以所设置的开入量“计时起点”为 0 时标;

## 2.11 整组试验



### 简介

本菜单以单机对无穷大系统为模型，提供电力系统的简单故障仿真功能，用于测试保护的整体传动特性，可模拟瞬时性、永久性、转换性故障，以及多次重合闸等。

可完成的测试项目包括：

- ✧ 距离，零序，过流等保护的整组传动试验；
- ✧ 重合闸动作特性；
- ✧ 双端线路保护的 GPS 对调。

提供多种简单故障的计算模型，包括电源阻抗恒定，短路电流恒定，以及短路电压恒定；

提供多种故障触发方式，包括按键触发，时间触发，PPM 分脉冲触发，开入接点触发；

### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

整组试验的测试窗口包括 7 个属性页和 1 个右视图：

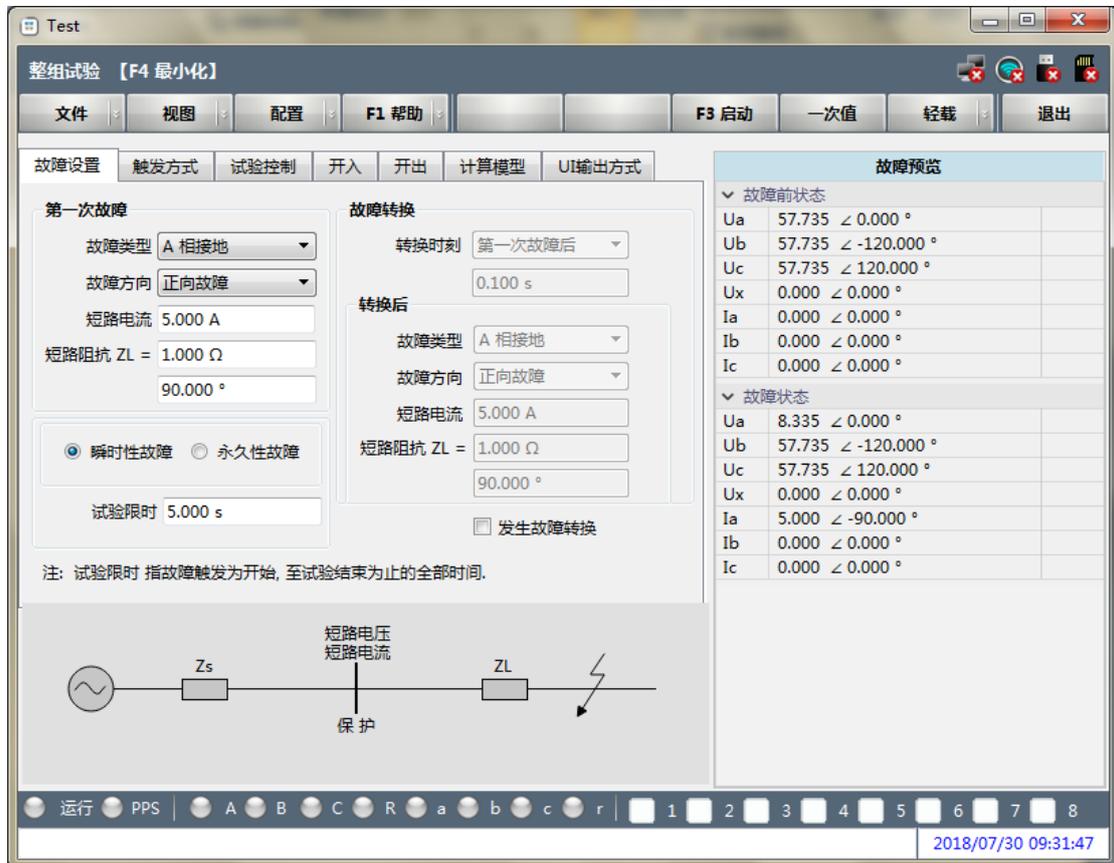
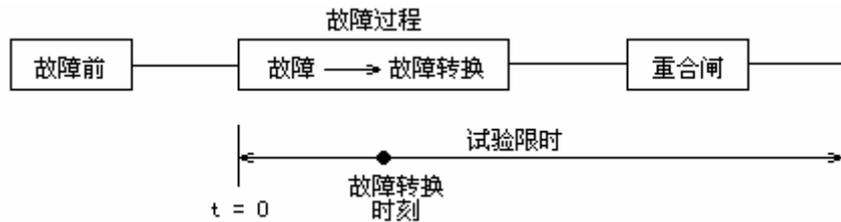
- ✧ 故障设置：故障参数设置，包括第 1 次故障、故障转换，以及试验限时等；
- ✧ 触发方式：第 1 次故障的触发方式设置；
- ✧ 试验控制：试验控制参数，包括故障前、合闸角、非周期分量叠加、PT/CT 位置等；
- ✧ 开入：测试仪开入量设置，用于设置接入的跳闸信息；

- ◇ 开出：测试仪开出量设置，用于设置开出的断开或闭合状态；
- ◇ 计算模型：短路计算模型设置；
- ◇ UI 输出方式：设置测试仪的电压电流输出方式；

右视图用于故障预览，可以预览故障前和故障状态下输出的电压电流值。

## 故障设置

试验过程如下：



### ● 第一次故障：

设置第一次故障的故障参数，包括故障类型，故障方向和短路电流。

#### ● 故障类型：

程序提供了 10 种故障类型，包括：A、B、C 接地，AB、BC、CA 相间，AB、BC、CA 两相接地，以及三相短路。程序根据计算模型的设置以及相应的故障参数，自动计算 A、B、C 三相的电压、电流；

#### ● 故障方向：

正方向故障，或反方向故障；

- **短路电流/短路电压：**

短路电流：短路故障时，流经保护安装处的故障相电流  $I_f$ ；

短路电压：短路故障时，保护安装处的故障电压  $U_f$ ，

◇ 接地故障时， $U_f$  为各故障相的对地电压；

◇ 相间故障时， $U_f$  为故障相之间的相间电压。

注：计算模型为“短路电压  $U_f$  恒定”时，短路电流自动转变为短路电压。

- **短路阻抗  $Z_L$ ：**

故障时，保护安装处距离短路点之间的短路阻抗，极坐标形式：幅值，角度；

- **瞬时性故障/永久性故障：**

设置故障性质：

◇ 瞬时性故障：跳闸后故障消失，保护重合闸后输出故障前状态；

◇ 永久性故障：跳闸后故障切除，保护重合闸后故障恢复；

注：如果需要测试保护的后加速功能，一般建议选择“永久性故障”；

- **故障转换：**

试验过程中是否发生故障转换：

- **转换时刻：**

故障转换发生的时刻，程序提供了两种不同的时间设置方式：

◇ 第一次故障后：即第一次故障后发生故障转换，“转换时刻”以进入第一次故障的时刻为时标起点  $t=0$ ；

◇ 重合闸后：即重合后发生故障转换，“转换时刻”以进入重合闸状态为时标起点  $t=0$ ；

- **故障类型：**

程序提供了 10 种故障类型，包括：A、B、C 接地，AB、BC、CA 相间，AB、BC、CA 两相接地，以及三相短路。

程序根据计算模型的设置以及相应的故障参数，自动计算 A、B、C 三相的电压、电流；

- **故障方向：**

正方向故障，或反方向故障；

- **短路电流/短路电压：**

短路电流：短路故障时，流经保护安装处的故障相电流  $I_f$ ；

短路电压：短路故障时，保护安装处的故障电压  $U_f$ ，

◇ 接地故障时， $U_f$  为各故障相的对地电压；

◇ 相间故障时， $U_f$  为故障相之间的相间电压。

注：计算模型为“短路电压  $U_f$  恒定”时，短路电流自动转变为短路电压。

● **短路阻抗 ZL:**

故障时，保护安装处距离短路点之间的短路阻抗，极坐标形式：幅值，角度；

● **试验限时:**

从“第一次故障”触发到全部试验结束的时间限制。一般地，根据测试需要调整该时间，

- ◇ 测试保护跳闸，则“故障限时”只需要大于保护的動作时间定值并留有足够的裕度即可；
- ◇ 测试保护的重合闸，则“故障限时”应保证保护在该时间内可以完成“跳闸→重合→再跳闸”的整个过程；

## 触发方式



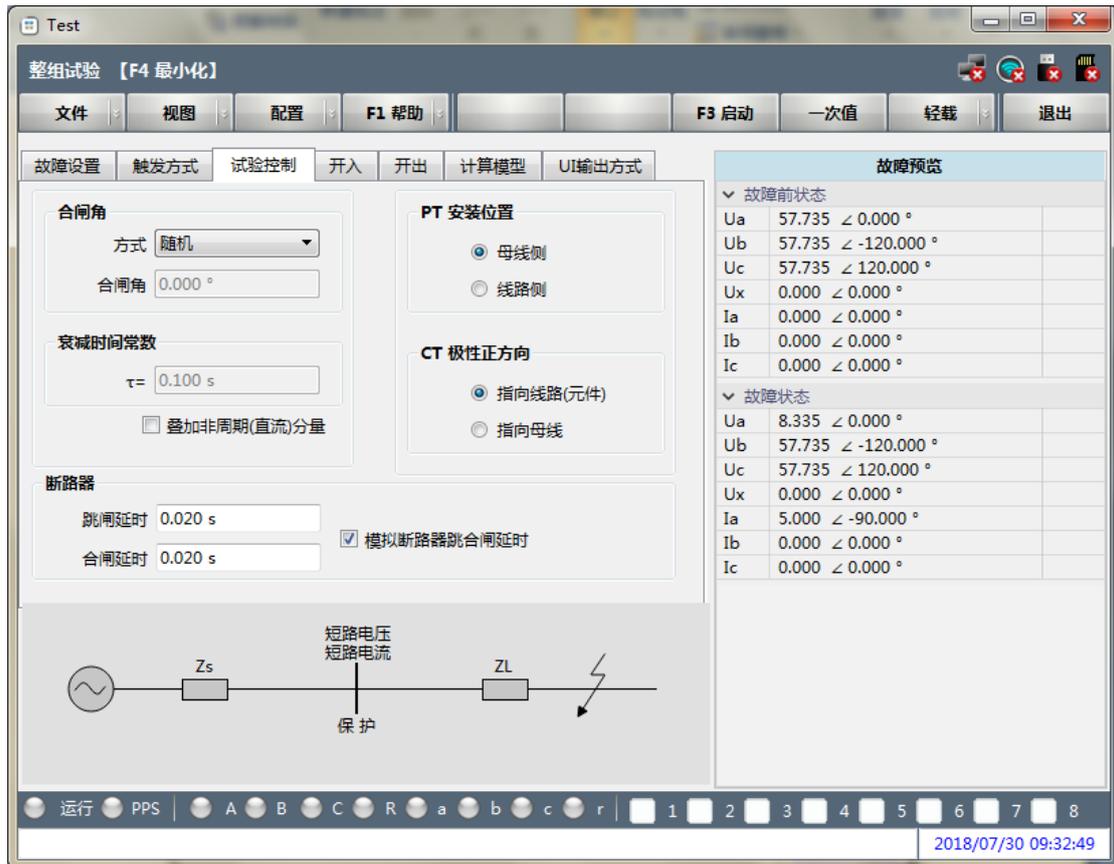
● **第一次故障触发方式:**

设置第一次故障的触发方式，程序提供了 4 种触发方式：

- ◇ **按键触发:**  
测试仪保持故障前状态，等待用户按确认键后触发故障；
- ◇ **时间触发:**  
测试仪保持故障前状态，“故障前时间”到达后触发故障；  
一般地，故障前时间的设置应大于保护的复归时间（20~25 秒左右），以保证保护的可靠复归。

- ◇ PPM 分脉冲触发：
  - 定时成功后，测试仪保持故障前状态；
  - 试验的双方人员联系，在同一分钟之内（10~50 秒之间的任意一刻）按确认键；
  - 测试仪检测到确认后的第一个 PPM 脉冲，触发故障；
- ◇ 开入接点翻转触发：
  - 测试仪保持故障前状态，设定的开入翻转条件满足后，触发故障；

## 试验控制



- **合闸角:**

此处“合闸角”定义为故障发生瞬间电源电压的瞬时角度。

合闸角的大小决定了直流电流分量初始值的大小。

  - **方式:**

合闸角方式: 合闸角固定, 或, 合闸角随机;
  - **合闸角:**

合闸角方式选择“合闸角固定”时有效;

根据故障类型的不同, 合闸角的选取如下表所示:

故障类型	合闸角
------	-----

A 相接地	$\varphi(\dot{U}_A)$
B 相接地	$\varphi(\dot{U}_B)$
C 相接地	$\varphi(\dot{U}_C)$
AB 相间	$\varphi(\dot{U}_{AB})$
BC 相间	$\varphi(\dot{U}_{BC})$
CA 相间	$\varphi(\dot{U}_{CA})$
AB 两相接地	$\varphi(\dot{U}_A)$
BC 两相接地	$\varphi(\dot{U}_B)$
CA 两相接地	$\varphi(\dot{U}_C)$
三相短路	$\varphi(\dot{U}_A)$
自定义故障	$\varphi(\dot{U}_A)$

● **衰减时间常数  $\tau$  :**

故障后回路的衰减时间常数;

用户自设, 一般可取 0.1 秒;

● **叠加非周期(直流)分量:**

故障触发瞬间, 故障电流中是否叠加一衰减的非周期直流分量, 该直流分量的大小为

$$I_{dc}(t) = [I_{pm0} \cdot \sin(\alpha - \varphi_0) - I_{pm} \cdot \sin(\alpha - \varphi)] \cdot e^{-t/\tau}$$

式中:

$I_{pm0}$  为故障前的电流最大值,

$I_{pm}$  为故障后的稳态短路电流最大值,

$\varphi_0$  为故障前的回路阻抗角,

$\varphi$  为故障后的回路阻抗  $Z$  的阻抗角,  $Z = Z_S + Z_d$ ,

$\alpha$  为故障瞬间电源电压的角度,

$\tau$  为故障后回路的衰减时间常数 (该参数由用户根据实际情况输入)

注:

1) 短路故障计算建模时，一般假设线路阻抗角等于系统阻抗角度，故，短路电压中的直流分量  $V_{dc}(t) = 0$ 。

2) 一般情况下，继电保护关注的是故障后的稳态短路电流、电压，所以一般不需要叠加非周期（直流）分量；

● **PT 安装位置：**

保护 PT 的安装位置；

母线侧：PT 位于母线侧，则跳闸后故障相电压恢复为母线电压（即额定电压）；

线路侧：PT 位于线路侧，则跳闸后故障相电压变为 0。

一般地，220KV 及以下的保护，PT 位于母线侧；

● **CT 极性正方向：**

保护 CT 极性的正方向；

CT 极性指向线路（元件）为正：电流从母线流向线路为正；

CT 极性指向母线为正：电流从线路流向母线为正；

● **模拟断路器跳合闸延时：**

选择试验过程中是否需要模拟断路器的跳/合闸延时；

● **跳闸延时：**

模拟断路器的跳闸动作时间；

测试仪检测到保护的跳闸信号后，经过“跳闸延时”方切除故障，进入跳闸后的电压电流状态。

（注：如果测试仪的开入接点直接连断路器的“跳位”接点，则跳闸延时可取为 0）；

● **合闸延时：**

模拟断路器的合闸动作时间；

测试仪检测到保护的合闸信号后，经过“合闸延时”方进入重合闸后的电压电流状态。（注：如果测试仪的开入接点直接连断路器的“合位”接点，则合闸延时理论上可取为 0，但考虑到躲开三相重合动作的不一致性，建议至少取 0.02 秒）；

## 开入



- **开入接点定义：**

配置测试仪的开入接点与保护动作出口接点的连接方式，如跳 A、B、C，重合 R 等。

**第 1 组：**

- **开入 A：** 可选择为“跳 A 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 B：** 可选择为“跳 B 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 C：** 可选择为“跳 C 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 R：** 可选择为“重合闸接点”，或“其他方式”；

**第 2 组：**

- **开入 a：** 可选择为“跳 A 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 b：** 可选择为“跳 B 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 c：** 可选择为“跳 C 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 r：** 可选择为“重合闸接点”，或“其他信号”；

注：当开入接点选为跳 A、B、C（或三跳接点），重合接点时，该接点除了记录动作时间外，程序还会根据该接点的翻转进行相应的故障切除；当选为其他方式时，该接点只记录其动作时间；

- **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

## 开出



- **开出接点: 起始状态 (故障前):**  
 开出量的起始状态: 断开, 或, 闭合;  
 注: 打“√”表示开出量闭合;
- **开出接点: 控制方式:**  
 程序提供了开出接点的三种翻转控制方式:
  - ✧ 跟随跳/合闸信号变化:  
 该方式相当于利用测试仪的开出接点模拟断路器的位置接点;  
 开入接点 ABC 动作, 则开出接点 123 翻转, 即与其起始状态相反;  
 开入接点 R 动作, 则开出接点 123 再次翻转, 即恢复为起始状态;
  - ✧ 故障触发后延时翻转:  
 该方式相当于故障触发后, 通过测试仪的开出接点发出一个信号;
    - ◆ **翻转延时:**  
 以进入第一次故障为参考点, 即进入故障后, 经过所设定的延时, 开出量翻转  
 (与各自的起始状态相反)。  
 注: 该“延时”应小于“试验限时”。
    - ◆ **保持时间:**  
 开出量翻转后的保持时间。保持时间到达后, 开出量再次翻转, 返回起始状态;
  - ✧ 自定义控制:  
 该方式相当于由用户自己控制开出量的状态;
    - ◆ **翻转延时:**

以进入第一次故障为参考点，即进入故障后，经过所设定的延时，开出量翻转（与各自的起始状态相反）。

注：该“延时”应小于“试验限时”。

◆ **保持时间：**

开出量翻转后的保持时间。保持时间到达后，开出量再次翻转，返回起始状态；

## 计算模型

● **计算模型：**

程序提供了三种短路计算模型：

✧ 短路电流  $I_f$  恒定：

短路时，流经保护安装处的故障电流  $I_f$  恒定；

✧ 短路电压  $U_f$  恒定：

短路时，保护安装处的故障电压  $U_f$  恒定；

✧ 电源阻抗  $Z_s$  恒定：

短路时，系统电源到保护安装处的等值阻抗（正序阻抗） $Z_s$  恒定；

一般取“短路电流  $I_f$  恒定”，即定电流（短路电流）方式。

● **短路阻抗的零序补偿系数  $K_L$ ：**

短路阻抗  $Z_f$  的零序补偿系数，程序提供了 3 种设置方式：

✧  $K_L = (Z_0 - Z_1) / (3 * Z_1)$ ：极坐标形式表示：幅值，角度；

$$KL = \frac{Z_0 - Z_1}{3 * Z_1} = \text{Re}(KL) + j \text{Im}(KL) = |KL| \angle \theta$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗  $Z_0$  和正序阻抗  $Z_1$  的阻抗角度相等，则

$\text{Im}(K_L) = 0$ ， $K_L$  为一实数，通常取 0.667，角度为  $0^\circ$ 。

$$\diamond \quad KR = (R_0 - R_1) / (3 * R_1), \quad KX = (X_0 - X_1) / (3 * X_1)$$

即  $KR$ ， $KX$  方式；

$$KR = \frac{R_0 - R_1}{3 * R_1}, \quad KX = \frac{X_0 - X_1}{3 * X_1}$$

$$\diamond \quad KL = Z_0 / Z_1$$

极坐标形式表示：幅值，角度；

- **电源阻抗：**

计算模型为“电源阻抗  $Z_s$  恒定”时有效；

- **电源阻抗  $Z_s$ ：**

系统电源到保护安装处的线路等值阻抗  $Z_s$ （正序阻抗），极坐标表示：幅值，角度；

- **零序补偿系数  $K_s$ ：**

电源阻抗  $Z_s$  的零序补偿系数，模型为“电源阻抗  $Z_s$  恒定”时有效，

$$K_s = \frac{Z_{s0} - Z_{s1}}{3 * Z_{s1}} = \text{Re}(K_s) + j \text{Im}(K_s) = |K_s| \angle \theta$$

极坐标表示：幅值，角度，

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗  $Z_0$  和正序阻抗  $Z_1$  的阻抗角度相等，

则

$\text{Im}(K_s) = 0$ ， $K_s$  为一实数，通常取 0.667，角度为  $0^\circ$ 。

- **额定电压  $U_e$ ：**

保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；

- **频率  $f$ ：**

电压、电流的输出频率，一般为工频 50.0Hz；

- **负荷电流  $I_{Load}$ ：**

通常取 0，即空载。因为与故障后的短路电流相比，负荷电流很小，可忽略不计；

- **（相对电压）角度：**

以电压为参照，各相负荷电流相对于本相电压的角度偏移。

## UI 输出方式

- **测试仪：电压电流输出方式：**设置 ABC 三相电压电流的输出方式
  - **ABC 三相电压：**程序提供了 4 种输出方式：第 1 组 Uabc 输出；第 2 组 Uxyz 输出；第 3 组 Uuvw 输出；第 4 组 Urst 输出。
  - **ABC 三相电流：**程序提供了 4 种输出方式：第 1 组 Iabc 输出；第 2 组 Ixyz 输出；第 3 组 Iuvw 输出；第 4 组 Irst 输出。
- **测试仪：第 4 路电压 Ux 设置：**仅当勾选“需要第 4 路电压 Ux”设置时有效。
  - **Ux 设置：**

程序提供了 10 种不同的输出方式，包括： $+3U_0$ 、 $-3U_0$ 、 $+3U_0 \cdot \sqrt{3}$ 、 $-3U_0 \cdot \sqrt{3}$ 、检同期 A、检同期 B、检同期 C、检同期 AB、检同期 BC、检同期 CA 等；

注：如果 Ux 设置选择为检同期方式，以“检同期 A”为例，则 Ux 的输出过程为：

故障前以及故障中：Ux 均输出 A 相电压 Ua；

跳闸后：Ux 输出线路抽取电压；

重合闸后：Ux 恢复为 A 相电压 Ua。

- **线路抽取电压：**

Ux 设为检同期方式时有效。

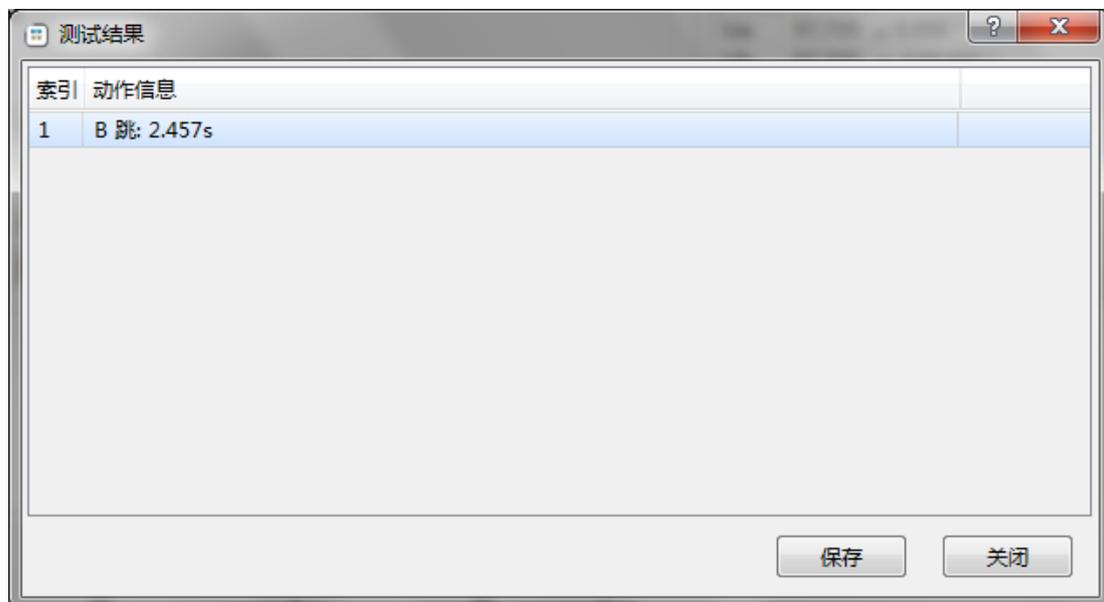
“线路抽取电压”用于模拟断路器跳闸后至重合闸这一段时间内线路侧的输出电压，可用于测试保护重合闸的“检同期”、“检无压”功能；

## 故障预览

故障预览		
▼ 故障前状态		
Ua	57.735	$\angle 0.000^\circ$
Ub	57.735	$\angle -120.000^\circ$
Uc	57.735	$\angle 120.000^\circ$
Ux	0.000	$\angle 0.000^\circ$
Ia	0.000	$\angle 0.000^\circ$
Ib	0.000	$\angle 0.000^\circ$
Ic	0.000	$\angle 0.000^\circ$
▼ 故障状态		
Ua	8.335	$\angle 0.000^\circ$
Ub	57.735	$\angle -120.000^\circ$
Uc	57.735	$\angle 120.000^\circ$
Ux	0.000	$\angle 0.000^\circ$
Ia	5.000	$\angle -90.000^\circ$
Ib	0.000	$\angle 0.000^\circ$
Ic	0.000	$\angle 0.000^\circ$

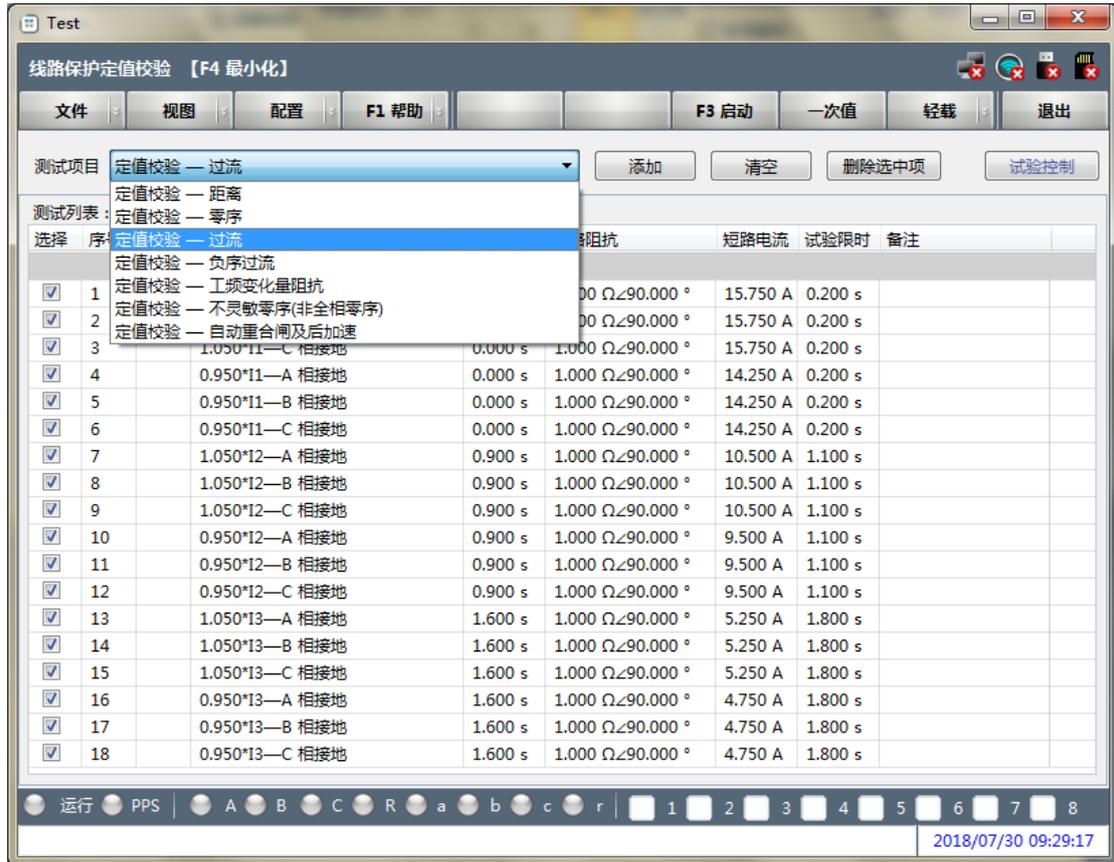
显示故障前、故障、故障转换后的电压、电流，以及线序电压、电流分量和矢量图。

## 测试结果



试验结束后，测试仪根据开关量的设置，自动记录各接点的动作情况；

## 2.12 线路保护定值校验



### 简介

本菜单主要用于测试距离，零序，过流，负序过流，工频变化量阻抗，不灵敏零序（非全相零序），自动重合闸及后加速等保护的各段定值校验。可定性分析保护各段动作的灵敏性和可靠性。可以添加不同的保护测试类型，实现对于同一个保护装置，不同保护类型的批量定值校验。可模拟瞬时性、永久性、转换性故障，以及重合闸等。

可完成的测试项目包括：

- ✧ 距离，零序，过流，负序过流，工频变化量阻抗，不灵敏零序（非全相零序）等保护的各段定值校验；
- ✧ 重合闸及后加速动作特性；
- ✧ 双端线路保护的 GPS 对调。

提供多种简单故障的计算模型，包括电源阻抗恒定，短路电流恒定，以及短路电压恒定；提供多种故障触发方式，包括按键触发，时间触发，PPM 分脉冲触发，开入接点触发；提供了保护的阻抗特性编辑功能（可通过模板导入，也可以自定义）；

## 测试窗口

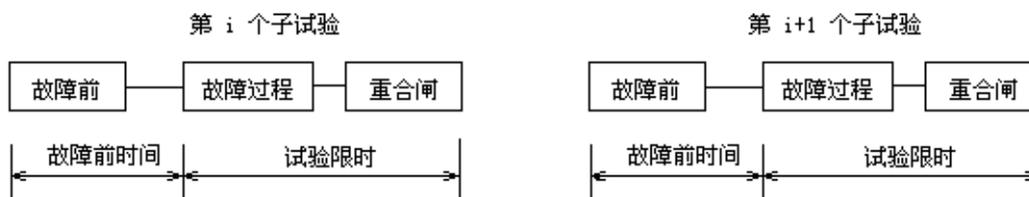
测试窗口用于试验参数设置；

测试窗口包括 2 个属性页：

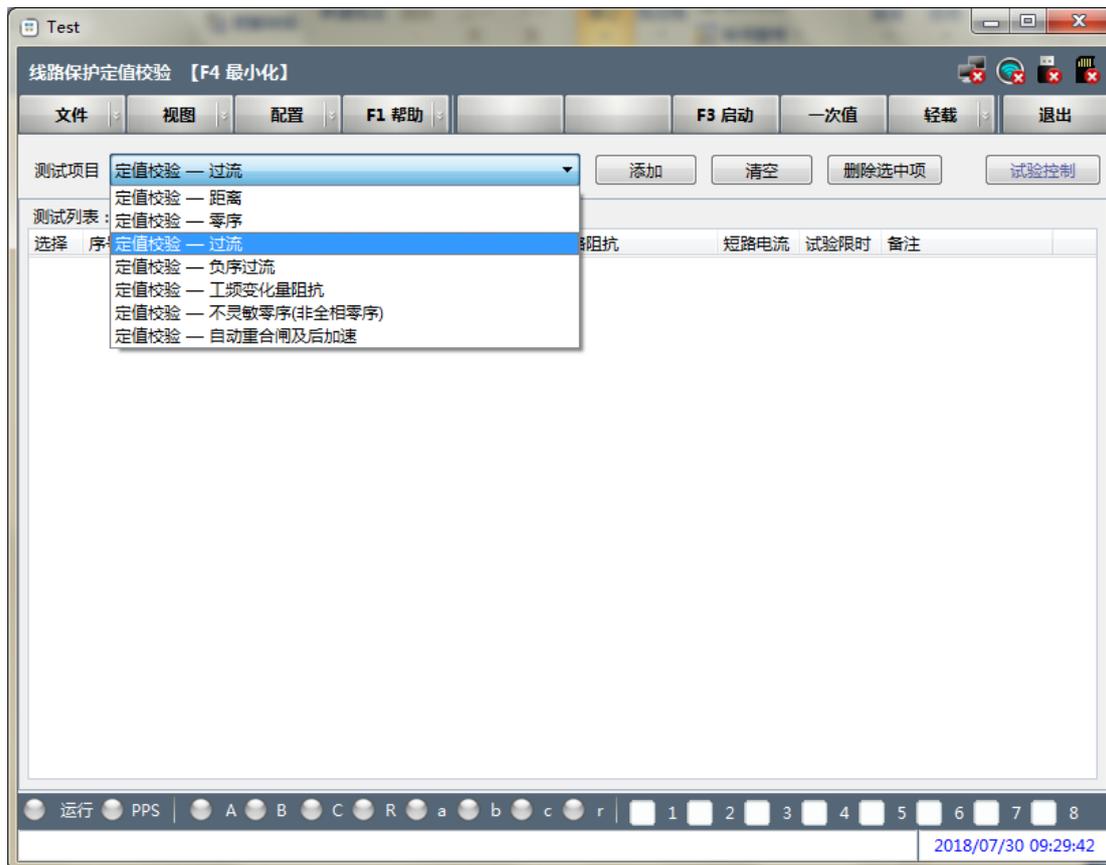
- ◇ 测试列表：选择测试类型，设置保护定值，设置故障参数，添加测试项目等；
- ◇ 试验控制：用于进行触发方式，试验参数，开入，开出，计算模型，UI 输出方式的设置。

## 测试列表

根据测试类型，测试项目和故障类型的选择，分别由若干个子试验项目构成，各子项目的试验过程分别如下图所示：



其中，每一个子试验项目中故障的启动方式由用户设置的“第一次故障触发方式”决定。



### ● 测试项目：

选择定值校验的测试项目，包括：距离，零序，过流，负序过流，工频变化量阻抗，不

灵敏零序（非全相零序）和自动重合闸及后加速等。

点击 **添加** 按钮，弹出相应的定值校验参数设置框。具体如下：

## 1. 定值校验--距离



- **接地阻抗/相间阻抗：**

阻抗定值以极坐标形式表示：幅值，角度。

- ◇ **阻抗定值 Zzd：** 根据保护定值，分别设置接地/相间阻抗 I、II、III、IV 段的阻抗定值；
- ◇ **时间定值 Tzd：** 根据保护定值，分别设置接地/相间阻抗 I、II、III、IV 段的时间定值。
- ◇ **短路电流：** 根据接地/相间阻抗 I、II、III、IV 段的阻抗定值，分别设置试验时该段的短路电流。（注：如果阻抗定值比较小，如 0.1 欧左右，则为了减小保护测量电压电流的相对误差，应相应地增大短路电流；反之，应减小短路电流，以免短路电压过高）
- ◇ **阻抗角：** 根据保护定值，设置接地/相间阻抗的阻抗角，一般取正序灵敏角。

- **测试项目：**

根据需要选择各段阻抗定值的测试倍数，倍数可以改变，打“√”者表示选中测试。

- ◇ **I 段：** 选择 I 段阻抗的各测试项目；
- ◇ **II 段：** 选择 II 段阻抗的各测试项目；
- ◇ **III 段：** 选择 III 段阻抗的各测试项目；
- ◇ **IV 段：** 选择 IV 段阻抗的各测试项目；

- **故障类型：**

根据需要选择需要进行测试的故障类型，包括：

- ◇ **A 相接地：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **B 相接地：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **C 相接地：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **AB 相间：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **BC 相间：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **CA 相间：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **AB 两相接地：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **BC 两相接地：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **CA 两相接地：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **三相短路：**打“√”者表示选中测试；

- **试验限时裕度 $\Delta T$ ：**

设置试验限时裕度，即每段的试验限时=该段的时间定值  $T_{zd}$ +试验限时裕度 $\Delta T$ ，保证保护能可靠动作，默认值为 0.2s。

- **故障性质：**

根据需要选择测试的故障性质，包括：正/反相故障，瞬时性故障/永久性故障。

- ◇ **瞬时性故障：**跳闸后故障消失，保护重合闸后输出故障前状态；
- ◇ **永久性故障：**跳闸后故障切除，保护重合闸后故障恢复；

注：如果需要测试保护的后加速功能，一般建议选择“永久性故障”；

- **测试仪：三相电压电流输出方式：**设置 ABC 三相电压电流的输出方式

程序提供了 4 种输出方式：第 1 组 abc 电压电流输出；第 2 组 xyz 电压电流输出；第 3 组 uvw 电压电流输出；第 4 组 rst 电压电流输出。

## 2.定值校验--零序

- **零序定值:**
  - ✧ **零序定值 3I0:** 根据保护定值, 分别设置零序 I、II、III、IV 段的电流定值;
  - ✧ **时间定值 Tzd:** 根据保护定值, 分别设置零序 I、II、III、IV 段的时间定值。
  - ✧ **短路阻抗 Zf:** 根据短路阻抗 Zf 值进行短路计算。
- **测试项目:**

根据需要选择各段零序电流定值的测试倍数, 倍数可以改变, 打“√”者表示选中测试。

  - ✧ **I 段:** 选择零序 I 段的各测试项目;
  - ✧ **II 段:** 选择零序 II 段的各测试项目;
  - ✧ **III 段:** 选择零序 III 段的各测试项目;
  - ✧ **IV 段:** 选择零序 IV 段的各测试项目;
- **故障类型:**

根据需要选择需要进行测试的故障类型, 包括:

  - ✧ **A 相接地:** 打“√”者表示选中测试;
  - ✧ **B 相接地:** 打“√”者表示选中测试;
  - ✧ **C 相接地:** 打“√”者表示选中测试;
- **试验限时裕度 ΔT、故障性质、测试仪: 三相电压电流输出方式:**

以上参数定义详见“1.定值校验--距离”中的相关说明。

### 3.定值校验--过流

- **过流定值：**
  - ✧ **过流定值 Izd：** 根据保护定值，分别设置过流 I、II、III、IV 段的电流定值；
  - ✧ **时间定值 Tzd：** 根据保护定值，分别设置过流 I、II、III、IV 段的时间定值。
  - ✧ **短路阻抗 Zf：** 根据短路阻抗 Zf 值进行短路计算。
- **测试项目：**

根据需要选择各段过流定值的测试倍数，倍数可以改变，打“√”者表示选中测试。

  - ✧ **I 段：** 选择过流 I 段的各测试项目；
  - ✧ **II 段：** 选择过流 II 段的各测试项目；
  - ✧ **III 段：** 选择过流 III 段的各测试项目；
  - ✧ **IV 段：** 选择过流 IV 段的各测试项目；
- **故障类型：**

根据需要选择需要进行测试的故障类型，包括：

  - ✧ **A 相接地：** 打“√”者表示选中测试；
  - ✧ **B 相接地：** 打“√”者表示选中测试；
  - ✧ **C 相接地：** 打“√”者表示选中测试；
  - ✧ **AB 相间：** 打“√”者表示选中测试；
  - ✧ **BC 相间：** 打“√”者表示选中测试；
  - ✧ **CA 相间：** 打“√”者表示选中测试；
  - ✧ **AB 两相接地：** 打“√”者表示选中测试；

- ◇ **BC 两相接地**：打“√”者表示选中测试；
- ◇ **CA 两相接地**：打“√”者表示选中测试；
- ◇ **三相短路**：打“√”者表示选中测试；
- **试验限时裕度 $\Delta T$ 、故障性质、测试仪**：三相电压电流输出方式：  
以上参数定义详见“1.定值校验--距离”中的相关说明。

#### 4.定值校验--负序过流



- **负序定值：**
  - ◇ **负序定值 Izd**：根据保护定值，分别设置负序过流 I、II、III、IV 段的电流定值；
  - ◇ **时间定值 Tzd**：根据保护定值，分别设置负序过流 I、II、III、IV 段的时间定值。
  - ◇ **短路阻抗 Zf**：根据短路阻抗 Zf 值进行短路计算。
  - ◇ **负序定义**：根据需要，设置负序电流是 I2 或 3I2。
- **测试项目：**  
根据需要选择各段负序过流定值的测试倍数，倍数可以改变，打“√”者表示选中测试。
  - ◇ **I 段**：选择负序过流 I 段的各测试项目；
  - ◇ **II 段**：选择负序过流 II 段的各测试项目；
  - ◇ **III 段**：选择负序过流 III 段的各测试项目；
  - ◇ **IV 段**：选择负序过流 IV 段的各测试项目；
- **故障类型：**

根据需要进行测试的故障类型，包括：

- ◇ **A相接地**：打“√”者表示选中测试；
- ◇ **B相接地**：打“√”者表示选中测试；
- ◇ **C相接地**：打“√”者表示选中测试；
- ◇ **AB相间**：打“√”者表示选中测试；
- ◇ **BC相间**：打“√”者表示选中测试；
- ◇ **CA相间**：打“√”者表示选中测试；
- **试验限时裕度 $\Delta T$ 、故障性质、测试仪**：三相电压电流输出方式：  
以上参数定义详见“1.定值校验--距离”中的相关说明。

## 5.定值校验--工频变化量阻抗

- **工频变化量：阻抗定值：**
  - ◇ **DZset**：阻抗定值以极坐标形式表示：幅值，角度。
  - ◇ **短路电流 If**：短路故障时，流经保护安装处的故障相电流 If。
- **校验点 m=**：根据需要进行测试的故障类型，包括：
- **故障类型：**
  - ◇ **A相接地**：打“√”者表示选中测试；
  - ◇ **B相接地**：打“√”者表示选中测试；
  - ◇ **C相接地**：打“√”者表示选中测试；

- ◇ **AB 相间：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **BC 相间：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **CA 相间：**打“√”者表示选中测试；
- ◇ **三相短路：**打“√”者表示选中测试；

● **试验限时 T：**

每次子试验项目从进入故障到结束之间的时间，一般地，应保证保护在该时间内可以完成整个“跳闸→重合→再跳闸”的过程。

● **计算方式：**

根据需要选择短路故障的计算方式，包括：南瑞继保公式，许继电气公式。

◇ **南瑞继保公式：**

模拟故障电流固定(其数值应使模拟故障电压在  $0 \sim U_N$  范围内)，故障电压为

正方向单相接地， $U_f = (1 + K) * I * DZset + (1 - 1.05 * m) * U_e$

正方向相间故障， $U_{ff} = 2 * I * DZset + (1 - 1.05 * m) * \sqrt{3} * U_e$

反方向出口短路： $U_f = U_{ff} = 0$

◇ **许继电气公式：**

模拟故障电流固定(其数值应使模拟故障电压在  $0 \sim U_N$  范围内)，故障电压为

正方向单相接地， $U_f = (1 + K) * I * DZset + (1 - 1.4 * m) * U_e$

正方向相间故障， $U_{ff} = 2 * I * DZset + (1 - 1.3 * m) * \sqrt{3} * U_e$

反方向出口短路： $U_f = U_{ff} = 0$

式中： $m$ ——校验点的系数；

$DZset$ ——工频变化量距离保护定值。

工频变化量距离保护在  $m=1.1$  时，应可靠动作；在  $m=0.9$  时，应可靠不动作；在  $m=1.2$  时，测量工频变化量距离保护动作时间。

● **故障性质、测试仪：三相电压电流输出方式：**

以上参数定义详见“1.定值校验--距离”中的相关说明。

## 6. 定值校验--不灵敏零序（非全相零序）

- **零序定值：**
  - ◇ **零序定值 In：** 根据保护定值，分别设置不灵敏零序 I、II 段的电流定值；
  - ◇ **时间定值 Tzd：** 根据保护定值，分别设置不灵敏零序 I、II 段的时间定值。
  - ◇ **短路阻抗 Zf：** 根据短路阻抗 Zf 值进行短路计算。
- **测试项目：**

根据需要选择各段不灵敏零序定值的测试倍数，倍数可以改变，打“√”者表示选中测试。

  - ◇ **不灵敏 I 段：** 选择不灵敏 I 段的各测试项目；
  - ◇ **不灵敏 II 段：** 选择不灵敏 II 段的各测试项目；
- **第 1 次故障：**
  - ◇ **故障类型：** 根据需要选择第 1 次故障的故障类型，包括 A 相接地、B 相接地、C 相接地；
  - ◇ **短路电流：** 根据保护定值，设置第 1 次故障的短路电流。
- **故障转换（不灵敏段）：**
  - ◇ **故障类型：** 根据需要选择故障转换的故障类型，包括 A 相接地、B 相接地、C 相接地；一般设置与第 1 次的故障类型不同。
  - ◇ **转换时刻：** 故障转换发生的时刻，程序提供了两种不同的时间设置方式。
    - ◇ **第一次故障后：** 即第 1 次故障后发生故障转换，“转换时刻”以进入第 1 次故障的时刻为时间坐标起点 t=0；

◇ **重合闸后**：即重合闸后发生故障转换，“转换时刻”以进入重合闸状态为时间坐标起点  $t=0$ ；

- **试验限时裕度 $\Delta T$ 、故障性质、测试仪**：三相电压电流输出方式：

以上参数定义详见“1.定值校验--距离”中的相关说明。

## 7. 定值校验--自动重合闸及后加速

- **第1次故障**：
  - ◇ **故障类型**：根据需要选择第1次故障的故障类型，包括A相接地、B相接地、C相接地、AB相间、BC相间、CA相间、AB两相接地、BC两相接地、CA两相接地、三相短路；
  - ◇ **短路电流**：设置第1次故障的短路电流。
  - ◇ **短路阻抗**：设置第1次故障的短路阻抗值。
- **发生故障转换**：设置重合闸前后是否发生故障转换。仅当勾选“发生故障转换”时有效。
  - ◇ **转换时刻**：故障转换发生的时刻，程序提供了两种不同的时间设置方式。
    - ◇ **第一次故障后**：即第1次故障后发生故障转换，“转换时刻”以进入第1次故障的时刻为时间坐标起点  $t=0$ ；
    - ◇ **重合闸后**：即重合闸后发生故障转换，“转换时刻”以进入重合闸状态为时间坐标起点  $t=0$ ；
  - ◇ **故障类型**：根据需要选择故障转换的故障类型，包括A相接地、B相接地、C相接地、AB相间、BC相间、CA相间、AB两相接地、BC两相接地、CA两相

接地、三相短路；

- ◇ **短路电流：**设置故障转换后的短路电流。
- ◇ **短路阻抗：**设置故障转换后的短路阻抗值。

- **试验限时  $\tau$ ：**

试验从进入故障到结束之间的时间，一般地，应保证保护在该时间内可以完成整个“跳闸→重合→再跳闸”的过程。

- **测试仪：三相电压电流输出方式：**设置 ABC 三相电压电流的输出方式

程序提供了 4 种输出方式：第 1 组 abc 电压电流输出；第 2 组 xyz 电压电流输出；第 3 组 uvw 电压电流输出；第 4 组 rst 电压电流输出。

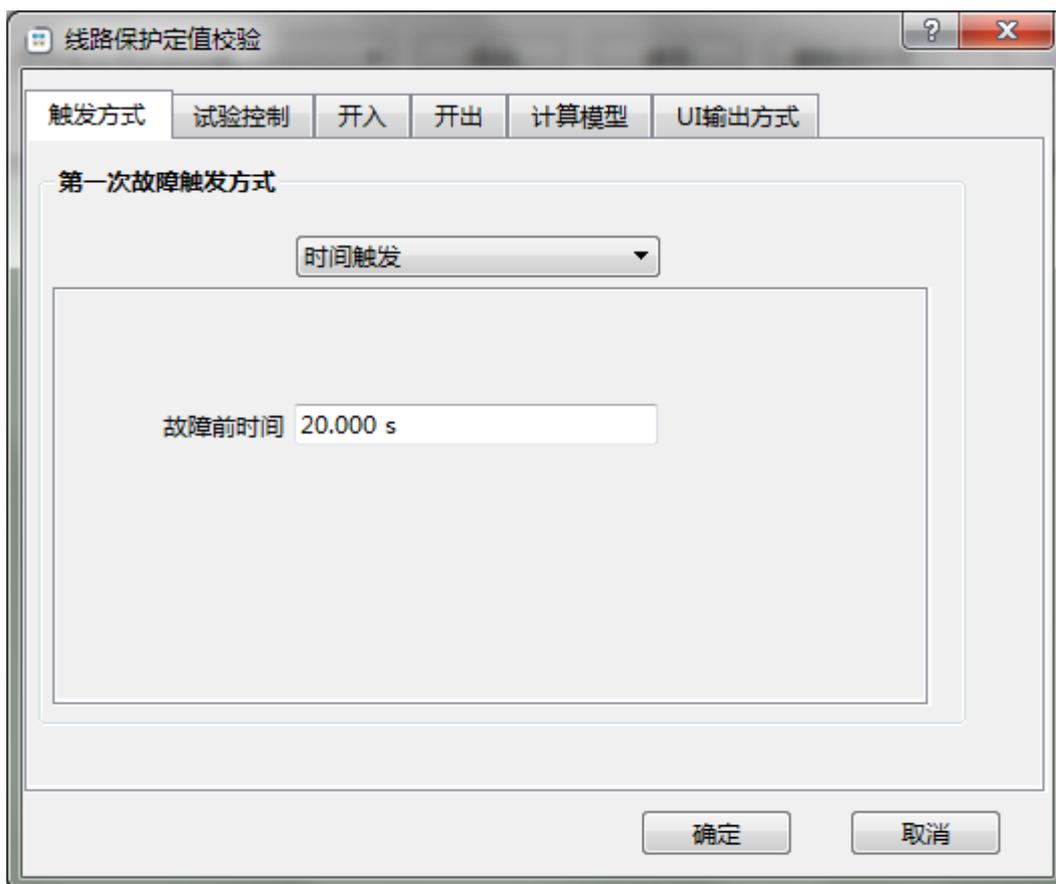
**注：**对于该测试项目，程序默认的故障性质是正向故障，永久性故障。

## 试验控制

包括触发方式，试验控制，开入，开出，计算模型，UI 输出方式等。

- 触发方式：故障的触发方式设置；
- 试验控制：试验控制参数，包括合闸角、非周期分量叠加、PT/CT 位置等；
- 开入：测试仪开入量设置；
- 开出：测试仪开出量设置；
- 计算模型：短路计算模型设置，故障前参数设置，以及  $U_x$  输出方式设置。
- UI 输出方式：第四路电压的输出方式；

## 触发方式



● **第一次故障触发方式：**

设置第一次故障的触发方式，程序提供了 4 种触发方式：

- ◇ 按键触发：  
测试仪保持故障前状态，等待用户按确认键后触发故障；
- ◇ 时间触发：  
测试仪保持故障前状态，“故障前时间”到达后触发故障；  
一般地，故障前时间的设置应大于保护的复归时间（20~25 秒左右），以保证保护的可靠复归。
- ◇ PPM 分脉冲触发：  
对时成功后，测试仪保持故障前状态；  
试验的双方人员联系，在同一分钟之内（10~50 秒之间的任意一刻）按确认键；  
测试仪检测到确认后的第一个 PPM 脉冲，触发故障；
- ◇ 开入接点翻转触发：  
测试仪保持故障前状态，设定的开入翻转条件满足后，触发故障；

**试验控制**



- **合闸角：**

此处“合闸角”定义为故障发生瞬间电源电压的瞬时角度。

合闸角的大小决定了直流电流分量初始值的大小。

- **方式：**

合闸角方式：合闸角固定，或，合闸角随机；

- **合闸角：**

合闸角方式选择“合闸角固定”时有效；

根据故障类型的不同，合闸角的选取如下表所示：

故障类型	合闸角
A 相接地	$\varphi(\dot{U}_A)$
B 相接地	$\varphi(\dot{U}_B)$
C 相接地	$\varphi(\dot{U}_C)$
AB 相间	$\varphi(\dot{U}_{AB})$
BC 相间	$\varphi(\dot{U}_{BC})$

CA 相间	$\varphi(\dot{U}_{CA})$
AB 两相接地	$\varphi(\dot{U}_A)$
BC 两相接地	$\varphi(\dot{U}_B)$
CA 两相接地	$\varphi(\dot{U}_C)$
三相短路	$\varphi(\dot{U}_A)$
自定义故障	$\varphi(\dot{U}_A)$

● **衰减时间常数  $\tau$  :**

故障后回路的衰减时间常数;

用户自设, 一般可取 0.1 秒;

● **叠加非周期 (直流) 分量:**

故障触发瞬间, 故障电流中是否叠加一衰减的非周期直流分量, 该直流分量的大小为

$$I_{dc}(t) = [I_{pm0} \cdot \sin(\alpha - \varphi_0) - I_{pm} \cdot \sin(\alpha - \varphi)] \cdot e^{-t/\tau}$$

式中:

$I_{pm0}$  为故障前的电流最大值,

$I_{pm}$  为故障后的稳态短路电流最大值,

$\varphi_0$  为故障前的回路阻抗角,

$\varphi$  为故障后的回路阻抗  $Z$  的阻抗角,  $Z = Z_S + Z_d$ ,

$\alpha$  为故障瞬间电源电压的角度,

$\tau$  为故障后回路的衰减时间常数 (该参数由用户根据实际情况输入)

注:

1) 短路故障计算建模时, 一般假设线路阻抗角等于系统阻抗角度, 故, 短路电压中的直流分量  $V_{dc}(t) = 0$ 。

2) 一般情况下, 继电保护关注的是故障后的稳态短路电流、电压, 所以一般不需要叠加非周期 (直流) 分量;

● **PT 安装位置:**

保护 PT 的安装位置;

母线侧: PT 位于母线侧, 则跳闸后故障相电压恢复为母线电压 (即额定电压);

线路侧: PT 位于线路侧, 则跳闸后故障相电压变为 0。

一般地，220KV 及以下的保护，PT 位于母线侧；

- **CT 极性正方向：**

保护 CT 极性的正方向；

CT 极性指向线路（元件）为正：电流从母线流向线路为正；

CT 极性指向母线为正：电流从线路流向母线为正；

- **模拟断路器跳合闸延时：**

选择试验过程中是否需要模拟断路器的跳/合闸延时；

- **跳闸延时：**

模拟断路器的跳闸动作时间；

测试仪检测到保护的跳闸信号后，经过“跳闸延时”方切除故障，进入跳闸后的电压电流状态。

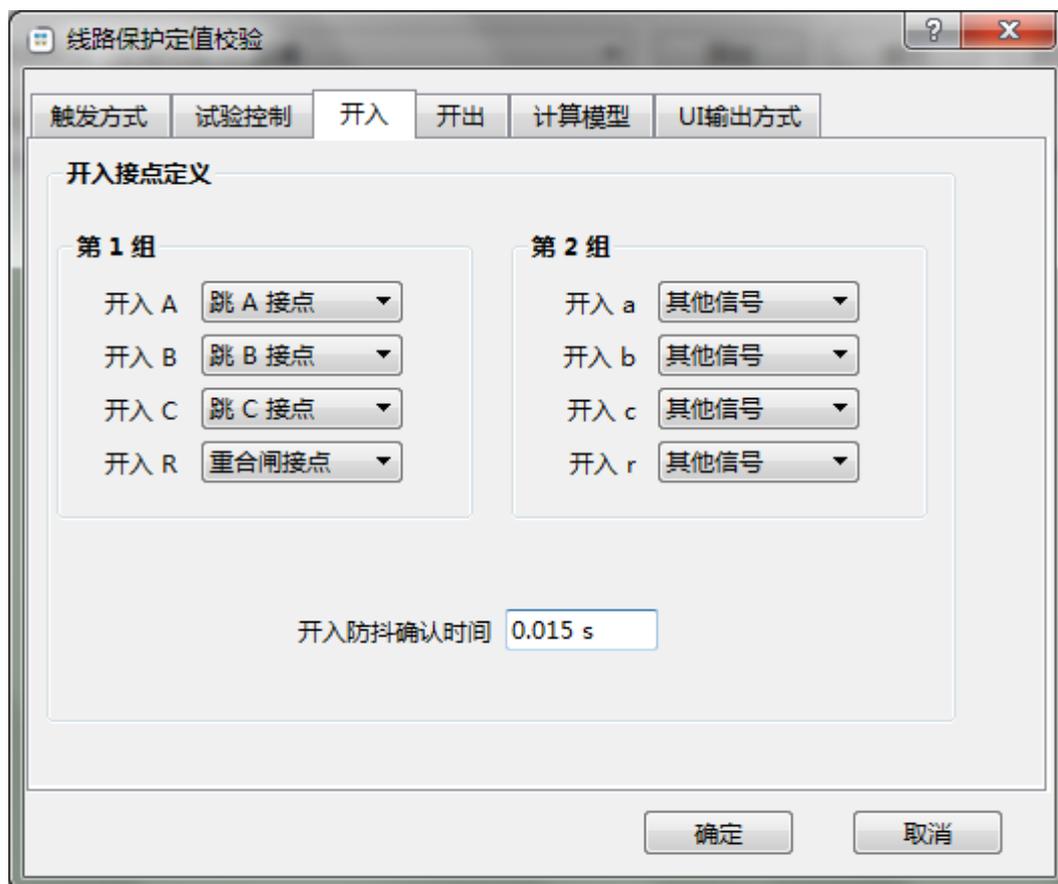
（注：如果测试仪的开入接点直接连断路器的“跳位”接点，则跳闸延时可取为 0）；

- **合闸延时：**

模拟断路器的合闸动作时间；

测试仪检测到保护的合闸信号后，经过“合闸延时”方进入重合闸后的电压电流状态。（注：如果测试仪的开入接点直接连断路器的“合位”接点，则合闸延时理论上可取为 0，但考虑到躲开三相重合动作的不一致性，建议至少取 0.02 秒）；

## 开入



- **开入接点定义：**

配置测试仪的开入接点与保护动作出口接点的连接方式，如跳 A、B、C，重合 R 等。

**第 1 组：**

- **开入 A：** 可选择为“跳 A 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 B：** 可选择为“跳 B 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 C：** 可选择为“跳 C 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 R：** 可选择为“重合闸接点”，或“其他信号”；

**第 2 组：**

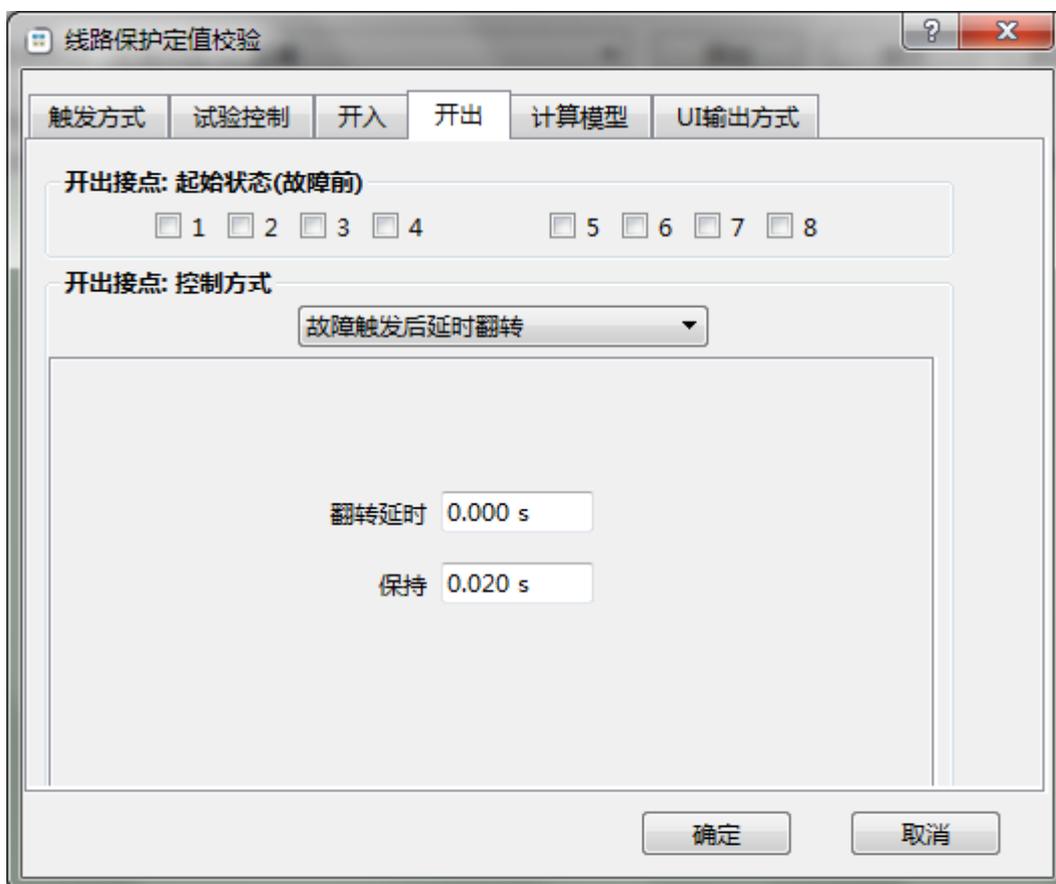
- **开入 a：** 可选择为“跳 A 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 b：** 可选择为“跳 B 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 c：** 可选择为“跳 C 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- **开入 r：** 可选择为“重合闸接点”，或“其他信号”；

注：当开入接点选为跳 A、B、C（或三跳接点），重合接点时，该接点除了记录动作时间外，程序还会根据该接点的翻转进行相应的故障切除；当选为其他方式时，该接点只记录其动作时间；

- **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

## 开出



- **开出接点：起始状态（故障前）：**  
 开出量的起始状态：断开，或，闭合；  
 注：打“√”表示开出量闭合；
- **开出接点：控制方式：**  
 程序提供了开出接点的三种翻转控制方式：
  - ◇ 跟随跳/合闸信号变化：  
 该方式相当于利用测试仪的开出接点模拟断路器的位置接点；  
 开入接点 ABC 动作，则开出接点 123 翻转，即与其起始状态相反；  
 开入接点 R 动作，则开出接点 123 再次翻转，即恢复为起始状态；
  - ◇ 故障触发后延时翻转：  
 该方式相当于故障触发后，通过测试仪的开出接点发出一个信号；
    - ◆ **翻转延时：**  
 以进入第一次故障为参考点，即进入故障后，经过所设定的延时，开出量翻转（与各自的起始状态相反）。

注：该“延时”应小于“试验限时”。

◆ **保持时间：**

开出量翻转后的保持时间。保持时间到达后，开出量再次翻转，返回起始状态；

◇ **自定义控制：**

该方式相当于由用户自己控制开出量的状态；

◆ **翻转延时：**

以进入第一次故障为参考点，即进入故障后，经过所设定的延时，开出量翻转（与各自的起始状态相反）。

注：该“延时”应小于“试验限时”。

◆ **保持时间：**

开出量翻转后的保持时间。保持时间到达后，开出量再次翻转，返回起始状态；

## 计算模型



● **计算模型：**

注：本测试菜单，程序把短路计算模型固定为“短路电流 If 恒定”。

● **短路阻抗的零序补偿系数 KL：**

短路阻抗 Zf 的零序补偿系数，程序提供了 3 种设置方式；

◇  $KL = (Z_0 - Z_1) / (3 * Z_1)$ : 极坐标形式表示: 幅值, 角度;

$$KL = \frac{Z_0 - Z_1}{3 * Z_1} = \text{Re}(KL) + j \text{Im}(KL) = |KL| \angle \theta$$

考虑到一般情况下, 电力系统假定零序阻抗  $Z_0$  和正序阻抗  $Z_1$  的阻抗角度相等, 则

$\text{Im}(KL) = 0$ ,  $KL$  为一实数, 通常取 0.667, 角度为  $0^\circ$ 。

◇  $KR = (R_0 - R_1) / (3 * R_1)$ ,  $KX = (X_0 - X_1) / (3 * X_1)$

即  $KR, KX$  方式;

$$KR = \frac{R_0 - R_1}{3 * R_1}, KX = \frac{X_0 - X_1}{3 * X_1}$$

◇  $KL = Z_0 / Z_1$

极坐标形式表示: 幅值, 角度;

● **额定电压  $U_e$ :**

保护 PT 二次侧的额定相电压, 一般为 57.735V;

● **频率  $f$ :**

电压、电流的输出频率, 一般为工频 50.0Hz;

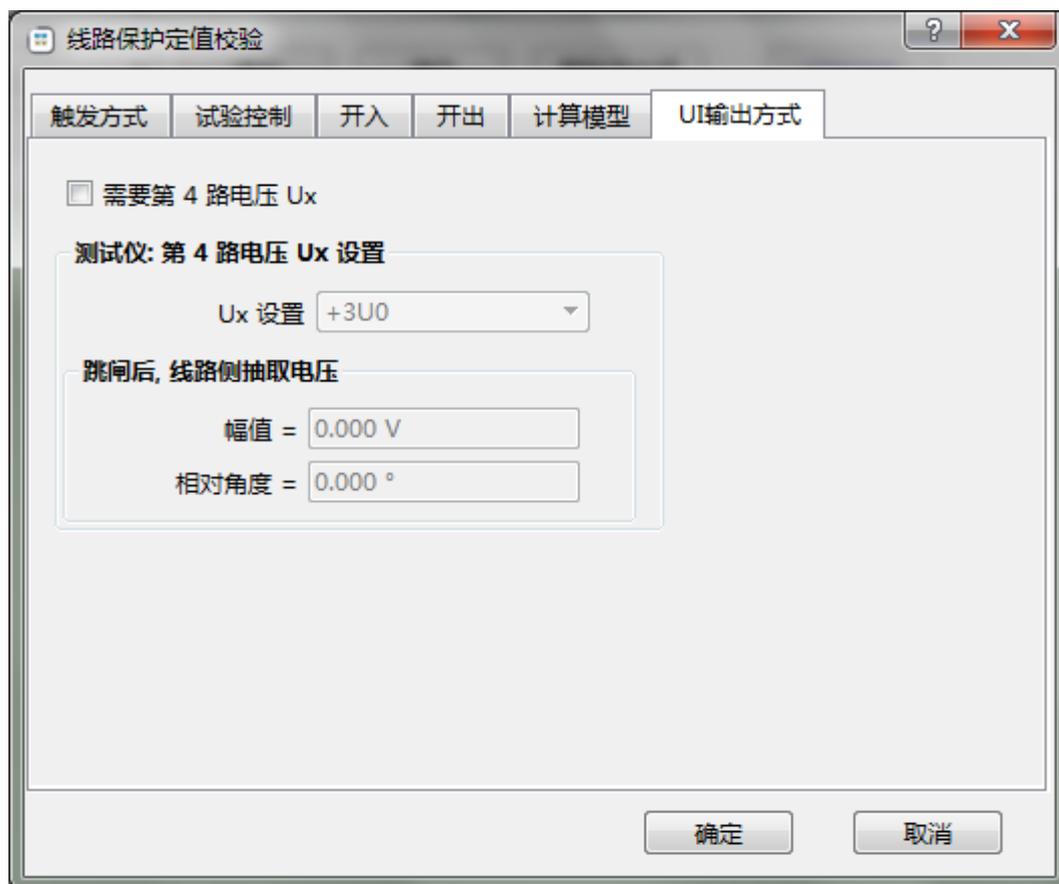
● **负荷电流  $I_{Load}$ :**

通常取 0, 即空载。因为与故障后的短路电流相比, 负荷电流很小, 可忽略不计;

● **(相对电压) 角度:**

以电压为参照, 各相负荷电流相对于本相电压的角度偏移。

## UI 输出方式



- **需要第 4 路电压 Ux 设置：** 仅当勾选“需要第 4 路电压 Ux”设置时有效。
  - **Ux 设置：**

程序提供了 10 种不同的输出方式，包括： $+3U_0$ 、 $-3U_0$ 、 $+3U_0 * \sqrt{3}$ 、 $-3U_0 * \sqrt{3}$ 、检同期 A、检同期 B、检同期 C、检同期 AB、检同期 BC、检同期 CA 等；

注：如果 Ux 设置选择为检同期方式，以“检同期 A”为例，则 Ux 的输出过程为：

    - 故障前以及故障中：Ux 均输出 A 相电压  $U_a$ ；
    - 跳闸后：Ux 输出线路抽取电压；
    - 重合闸后：Ux 恢复为 A 相电压  $U_a$ 。
  - **线路抽取电压：**

Ux 设为检同期方式时有效。

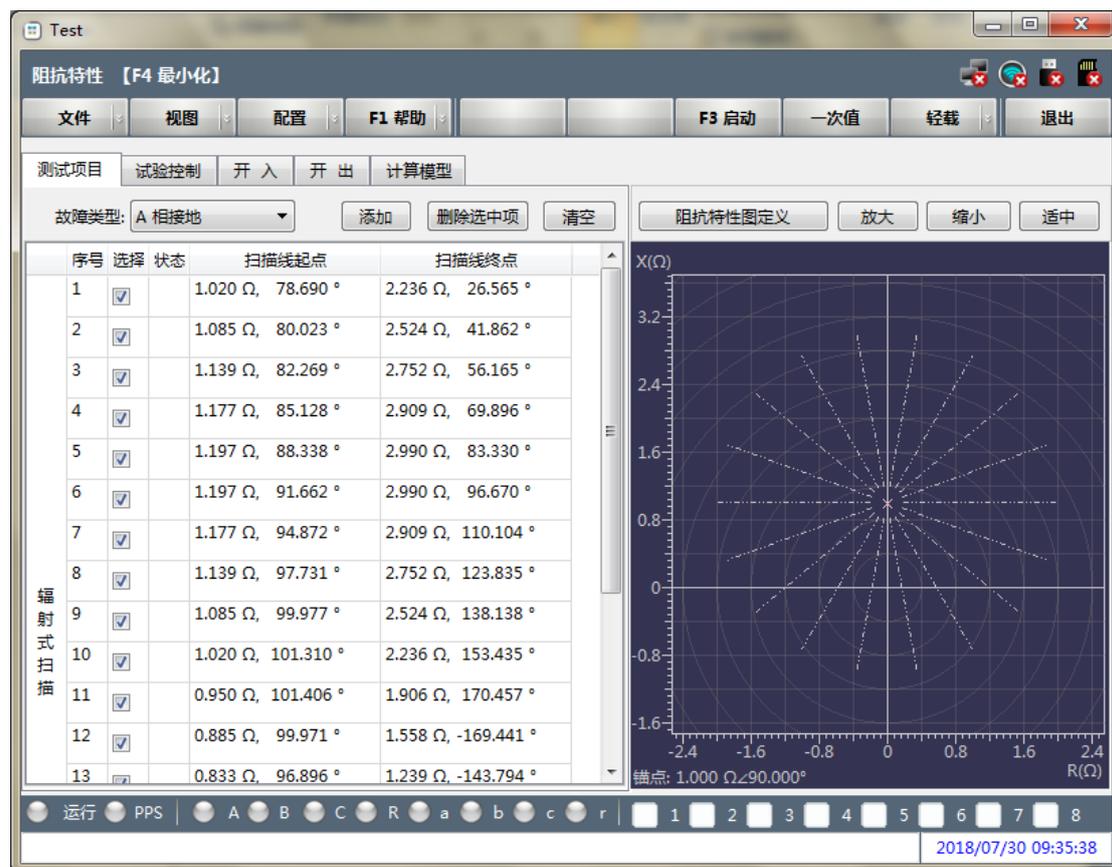
“线路抽取电压”用于模拟断路器跳闸后至重合闸这一段时间内线路侧的输出电压，可用于测试保护重合闸的“检同期”、“检无压”功能；

## 测试结果

序号	项目	跳 A	跳 B	跳 C	重合 R	后加速	重合延时
1	距离: 0.950*Z1—三相短路	-----	1.963	-----	-----	-----	-----

试验结束后，测试仪根据开关量的设置，自动记录各接点的动作情况；

## 2.13 阻抗特性测试



### 简介

本菜单主要用于测试阻抗型继电器（包括阻抗继电器、功率方向继电器）的动作边界特性，

提供多种简单故障的计算模型，包括电源阻抗恒定，短路电流恒定，以及短路电压恒定；  
提供了保护的阻抗特性编辑功能（可通过模板导入，也可以自定义）；

### 测试窗口

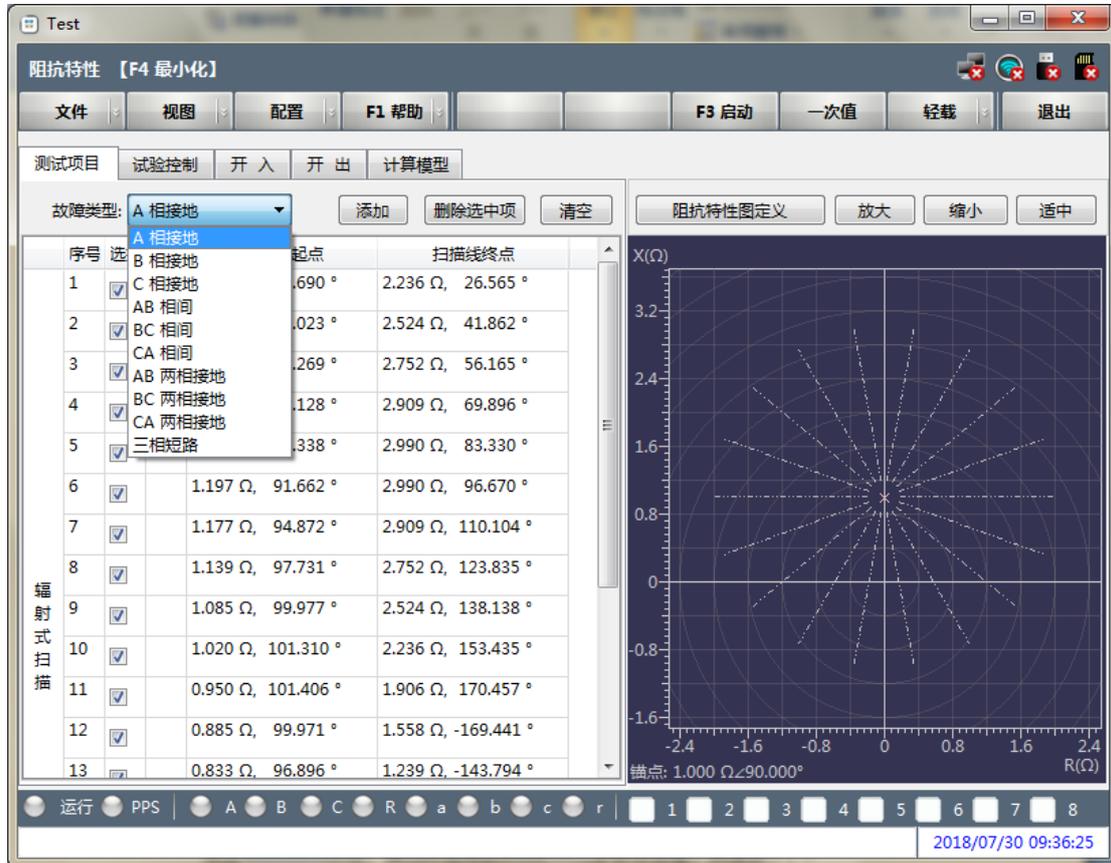
测试窗口用于试验参数设置；

测试窗口包括 5 个属性页和 1 个右视图：

- ◇ 测试项目：选择测试项目，设置故障参数，添加测试点等；
- ◇ 试验控制：试验控制参数，包括合闸角、非周期分量叠加、PT/CT 位置等；
- ◇ 开入：测试仪开入量设置；
- ◇ 开出：测试仪开出量设置；
- ◇ 计算模型：短路计算模型设置，故障前参数设置等。

右视图用于显示阻抗特性图、阻抗测试点及其测试结果，以及精工电流，精工电压曲线。

## 测试项目



### ● 故障类型:

根据需要选择需要进行测试的故障类型，包括：A 相接地，B 相接地 C 相接地，AB 相间，BC 相间，CA 相间，AB 两相接地，BC 两相接地，CA 两相接地，三相短路。

点击 **添加** 按钮，弹出所选测试项目的对应参数设置框。具体如下：

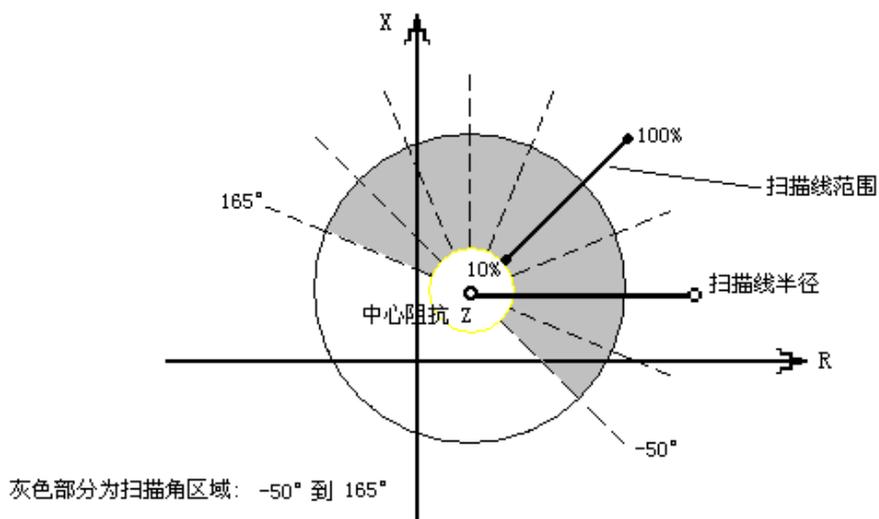


根据阻抗整定特性的不同，程序提供了两种不同的扫描方式：辐射式，平行式。

辐射式扫描一般用于搜索圆形、四边形等封闭式的动作边界（如阻抗继电器），而平行式则通常用于直线动作边界特性的扫描（如功率方向继电器）。

### (1) 动作边界的扫描方式

◇ 辐射式：比较适用于封闭型的动作边界特性扫描；

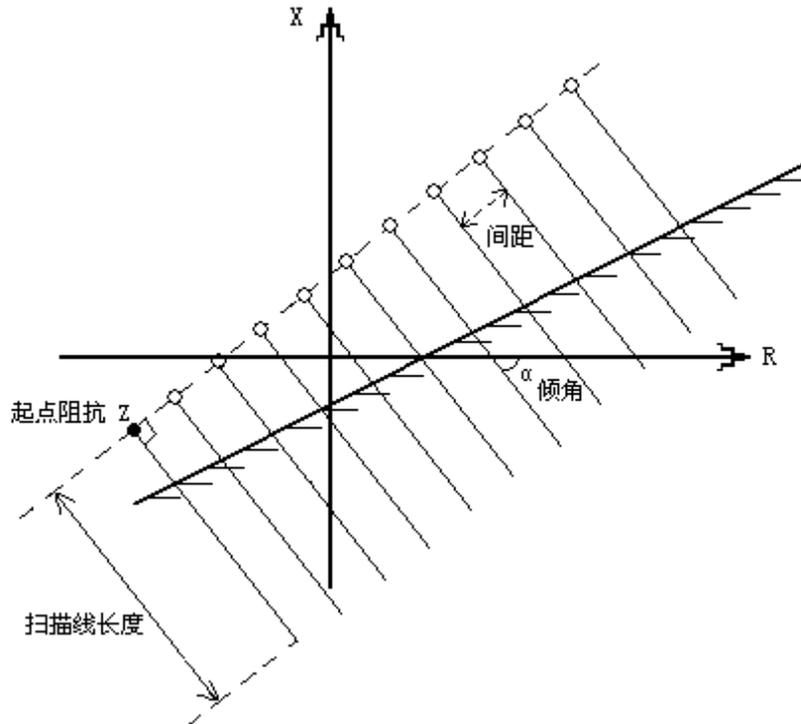


扫描方式选择辐射式时，试验中待测试的扫描边界点由扫描角区域和步长决定，此处，扫描角度以平行于 R 轴为 0°。例：取扫描角区域为-50° 到 165°，步长为 25°，则程序自动以-50° 为起点，以 165° 为终点，按逆时针方向，每隔 25° 计算一条扫描线，如上图各虚线所示。各扫描线的起点均为中心阻抗 Z，长度由扫描半径决定，每条扫描线与整定边界特性的交叉点即为测试时等待搜索的动作边界点。

为了加快每个边界点的搜索过程，各扫描线上的搜索起点应尽可能地接近边界点，为此程序提供了扫描线搜索起点  $K\%$  的设置，即边界点只需在每条扫描线扫描半径的  $K\%$  到  $100\%$  之间进行搜索即可。一般地，应保证扫描半径的  $K\%$  位于动作区内， $100\%$  位于动作区外，即扫描线必须完全覆盖动作边界。

如果程序计算过程中发现某条扫描线的搜索起点或终点的电压、电流超限，则自动忽略该扫描线。

◇ **平行式：比较适用于直线式边界特性的扫描；**



扫描方式选择平行式时，试验中待测试的扫描边界点由起点阻抗  $Z$ 、扫描线倾角、间距以及扫描线数目决定，同理，此处扫描线倾角以平行于  $R$  轴为  $0^\circ$ 。设置完以上参数后，程序自动以起点阻抗  $Z$  为开始，沿  $R$  轴正方向，按“间距”等距离地计算各扫描线，扫描线的方向平行于“倾角”方向，扫描线的长短由“长度”确定。每条扫描线与整定边界特性的交叉点即为测试时等待搜索的动作边界点。

如果程序计算过程中发现某条扫描线的搜索起点或终点的电压、电流超限，则自动忽略该扫描线。

## (2) 动作边界的搜索原理

本试验中，对于一般扫描线上的测试点，程序采用二分法原理进行动作边界点搜索，其搜索过程如下：

- 1) 测试扫描线起点；
- 2) 测试扫描线终点；
- 3) 根据起点和终点的动作情况，决定下一步的搜索动作：

◇ 二者动作情况相同，则说明边界点不在此扫描线上，或者可能存在两个以上的边

界点，结束本边界点的搜索；

- ◇ 二者动作情况不同，则说明有唯一边界点存在于本扫描线上，进入二分法搜索，逐步逼近边界点，直到满足测试精度后，结束本边界点的搜索；

● **辐射式扫描线：**

以“中心阻抗  $Z$ ”为圆心，以“扫描线半径  $r$ ”为半径作外圆，以扫描线“范围”为半径作内圆；在“扫描角区域”内沿逆时针方向，每隔一个“步长”作一条扫描线，扫描线的方向为圆环的半径方向。

- ◇ **中心阻抗  $Z$ ：**辐射式扫描圆圆心  $Z$  的极坐标形式，大小，角度；
- ◇  **$R + j X$  格式：**辐射式扫描圆圆心  $Z$  的直角坐标形式，电阻，电抗；
- ◇ **扫描半径  $r$ ：**辐射式扫描圆的半径，相对于中心阻抗  $Z$ 。即以  $Z$  为圆心，以扫描线半径为半径画圆则构成扫描圆；
- ◇ **范围：**为了加快动作边界的搜索，各扫描线上的搜索起点应尽可能地接近边界点，为此程序提供了扫描范围的设置： $K\% \sim 100\%$ 的扫描线半径，即边界点只需在每条扫描线扫描半径的  $K\%$ 到  $100\%$ 之间进行搜索即可。一般地，应保证扫描半径的  $K\%$ 位于动作区内， $100\%$ 位于动作区外，即扫描线必须完全覆盖动作边界。
- ◇ **扫描角度：**扫描角的起点和终点，二者沿逆时针方向所包围的区域即为扫描角区域；  
注：此处扫描角度均以中心阻抗  $Z$  为参考原点。
- ◇ **步长：**从扫描角起点开始，以步长为间距，沿逆时针方向确定需要测试的扫描线；

● **平行式扫描线：**

以“起点阻抗  $Z$ ”为起点，沿“扫描线倾角”方向作出第一条扫描线后，在起点  $Z$  处作直线垂直于本扫描线，沿垂线每隔“间距”长度作一扫描线，扫描线的条数由“扫描线数目”决定，各扫描线均平行于第一条扫描线。

- ◇ **起点阻抗  $Z$ ：**平行扫描线是一簇平行的线段，该簇平行线的起点为  $Z$ ，本参数设置  $Z$  的极坐标形式，大小，角度；
- ◇  **$R + j X$  格式：**起点阻抗  $Z$  的直角坐标形式，电阻，电抗；
- ◇ **扫描线倾角：**本簇平行扫描线的倾斜角，相对于横坐标的正方向而言，即与  $R$  轴正方向的夹角；
- ◇ **扫描线长度：**每条扫描线段的长度；
- ◇ **扫描线数目：**从起点阻抗  $Z$  开始，本簇平行扫描线的最大条数；
- ◇ **扫描线间距：**相邻两条扫描线之间的最短距离（即公垂线段长度）；

注：如果某条扫描线的起点和终点阻抗导致故障电压或电流越限，则该条扫描线将被取消，所以图中显示出的扫描线为最终参加测试的扫描线；

- **附加测试线:**

以“起点 Z1”为起点，以“终点 Z2”为终点的一条附加测试线，一般应保证起点 Z1 在动作区内，终点 Z2 在动作区外。

◇ **起点 Z1, 终点 Z2:** 设置起点 Z1, 终点 Z2 的极坐标形式，大小，角度；

◇ **R + j X 格式:** 起点 Z1 与终点 Z2 的直角坐标形式，电阻，电抗；

- **计算模型:** 阻抗型继电器的动作边界特性分为两种，“静态特性”和“动态特性”。

◇ “静态特性”的测试，一般取“电流恒定”，即定电流（短路电流）方式。所谓电流恒定，即短路故障时，流经保护安装处的故障电流  $I_f$  恒定

◇ “动态特性”的测试，则一般采用“ $Z_s$  恒定”。所谓  $Z_s$  恒定，即短路故障时，系统电源侧阻抗恒定。此处  $Z_s$  指系统电源到保护安装处的线路等值阻抗（正序阻抗）；

- **短路电流:** 短路故障时，流经保护安装处的故障相电流  $I_f$ 。计算模型为“短路电流  $I_f$  恒定”时有效；

- **短路电压:** 短路故障时，保护安装处的故障相电压  $U_f$ 。计算模型为“短路电压  $U_f$  恒定”时有效；

- **系统阻抗  $Z_s$ :** 计算模型为“电源阻抗  $Z_s$  恒定”时有效；

◇ **电源阻抗  $Z_s$ :** 系统电源到保护安装处的线路等值阻抗  $Z_s$ （正序阻抗），极坐标表示：幅值，角度；

◇ **零序补偿系数  $K_s$ :** 电源阻抗  $Z_s$  的零序补偿系数，极坐标表示：幅值，角度，

$$K_s = \frac{Z_{s0} - Z_{s1}}{3 * Z_{s1}} = \text{Re}(K_s) + j \text{Im}(K_s) = |K_s| \angle \varphi$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗  $Z_0$  和正序阻抗  $Z_1$  的阻抗角度相等，则

$\text{Im}(K_s) = 0$ ,  $K_s$  为一实数，通常  $|K_s|$  取 0.667，角度  $\varphi$  为  $0^\circ$ 。

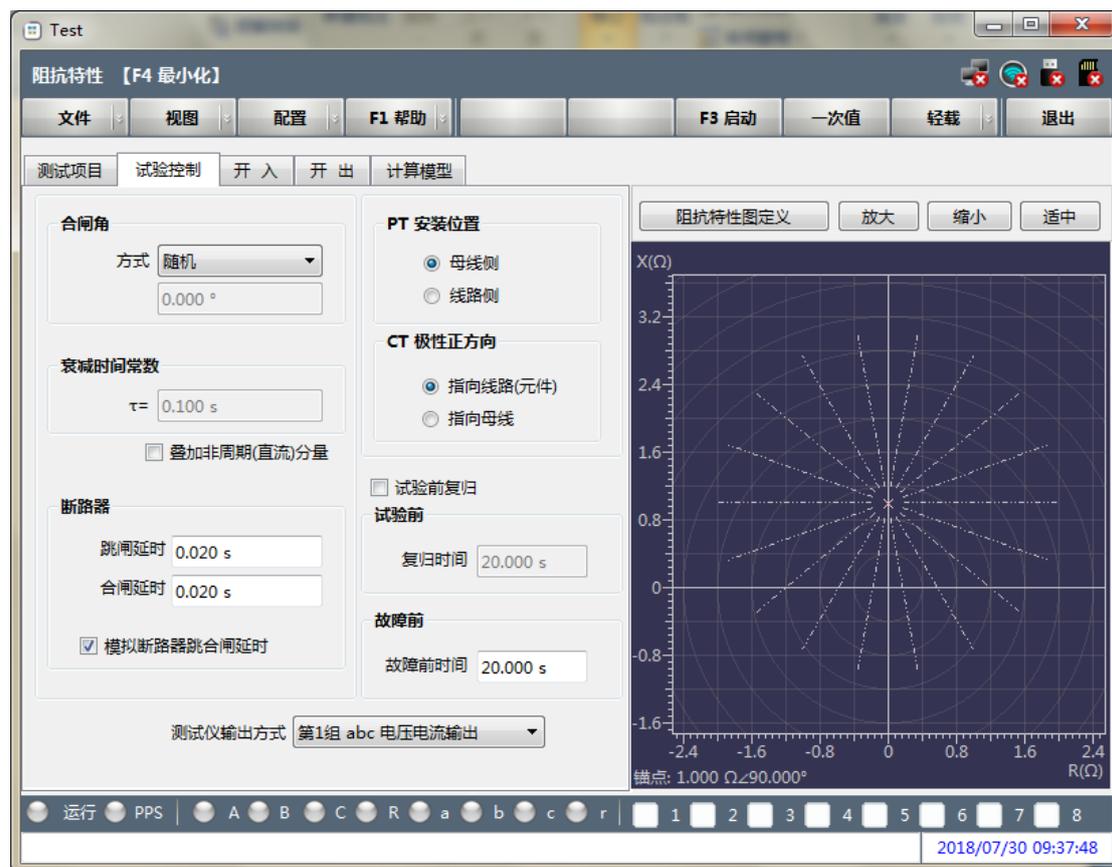
- **故障限时:** 故障时间阶段输出故障后的电压、电流状态；

注：为了正确地搜索出本段的动作边界，必须保证“故障限时”的设置大于本段的整定动作时间，但小于下一段的整定动作时间。如测试距离保护 II 段的动作边界，则“故障限时”必须大于 II 段的整定时间，但小于 III 段的整定时间。

- **搜索精度:**

由于每个动作边界点的搜索为一逐渐逼近的过程，所以必须为其设置一个收敛标准，即测试精度。当所搜索到的动作点和不动作点之间的阻抗大小之差小于该精度时，即可认为二者为同一点，也即动作边界点。

## 试验控制



- **合闸角：**

此处“合闸角”定义为故障发生瞬间电源电压的瞬时角度。

合闸角的大小决定了直流电流分量初始值的大小。

- **方式：**

合闸角方式：合闸角固定，或，合闸角随机；

- **合闸角：**

合闸角方式选择“合闸角固定”时有效；

根据故障类型的不同，合闸角的选取如下表所示：

故障类型	合闸角
A 相接地	$\varphi(\dot{U}_A)$
B 相接地	$\varphi(\dot{U}_B)$
C 相接地	$\varphi(\dot{U}_C)$
AB 相间	$\varphi(\dot{U}_{AB})$
BC 相间	$\varphi(\dot{U}_{BC})$

CA 相间	$\varphi(\dot{U}_{CA})$
AB 两相接地	$\varphi(\dot{U}_A)$
BC 两相接地	$\varphi(\dot{U}_B)$
CA 两相接地	$\varphi(\dot{U}_C)$
三相短路	$\varphi(\dot{U}_A)$
自定义故障	$\varphi(\dot{U}_A)$

- **衰减时间常数  $\tau$  :**

故障后回路的衰减时间常数;

用户自设, 一般可取 0.1 秒;

- **叠加非周期(直流)分量:**

故障触发瞬间, 故障电流中是否叠加一衰减的非周期直流分量, 该直流分量的大小为

$$I_{dc}(t) = [I_{pm0} \cdot \sin(\alpha - \varphi_0) - I_{pm} \cdot \sin(\alpha - \varphi)] \cdot e^{-t/\tau}$$

式中:

$I_{pm0}$  为故障前的电流最大值,

$I_{pm}$  为故障后的稳态短路电流最大值,

$\varphi_0$  为故障前的回路阻抗角,

$\varphi$  为故障后的回路阻抗  $Z$  的阻抗角,  $Z = Z_S + Z_d$ ,

$\alpha$  为故障瞬间电源电压的角度,

$\tau$  为故障后回路的衰减时间常数(该参数由用户根据实际情况输入)

注:

1) 短路故障计算建模时, 一般假设线路阻抗角等于系统阻抗角度, 故, 短路电压中的直流分量  $V_{dc}(t) = 0$ 。

2) 一般情况下, 继电保护关注的是故障后的稳态短路电流、电压, 所以一般不需要叠加非周期(直流)分量;

- **模拟断路器跳合闸延时:**

选择试验过程中是否需要模拟断路器的跳/合闸延时;

- **跳闸延时:**

模拟断路器的跳闸动作时间;

测试仪检测到保护的跳闸信号后，经过“跳闸延时”方切除故障，进入跳闸后的电压电流状态。

（注：如果测试仪的开入接点直接连断路器的“跳位”接点，则跳闸延时可取为 0）；

● **合闸延时：**

模拟断路器的合闸动作时间；

测试仪检测到保护的合闸信号后，经过“合闸延时”方进入重合闸后的电压电流状态。（注：如果测试仪的开入接点直接连断路器的“合位”接点，则合闸延时理论上可取为 0，但考虑到躲开三相重合动作的不一致性，建议至少取 0.02 秒）；

● **PT 安装位置：**

保护 PT 的安装位置；

母线侧：PT 位于母线侧，则跳闸后故障相电压恢复为母线电压（即额定电压）；

线路侧：PT 位于线路侧，则跳闸后故障相电压变为 0。

一般地，220KV 及以下的保护，PT 位于母线侧；

● **CT 极性正方向：**

保护 CT 极性的正方向；

CT 极性指向线路（元件）为正：电流从母线流向线路为正；

CT 极性指向母线为正：电流从线路流向母线为正；

● **□ 试验前复归：**

勾选是否需要模拟试验前复归，仅在第一个子项目开始测试前，输出试验前复归时间。

◇ **试验前复归时间：**

试验前复归时间输出空载（或负荷）状态，通常用于模拟继电器或保护的复归；一般地，试验前复归时间必须能保证保护可靠复归。

● **故障前时间：**

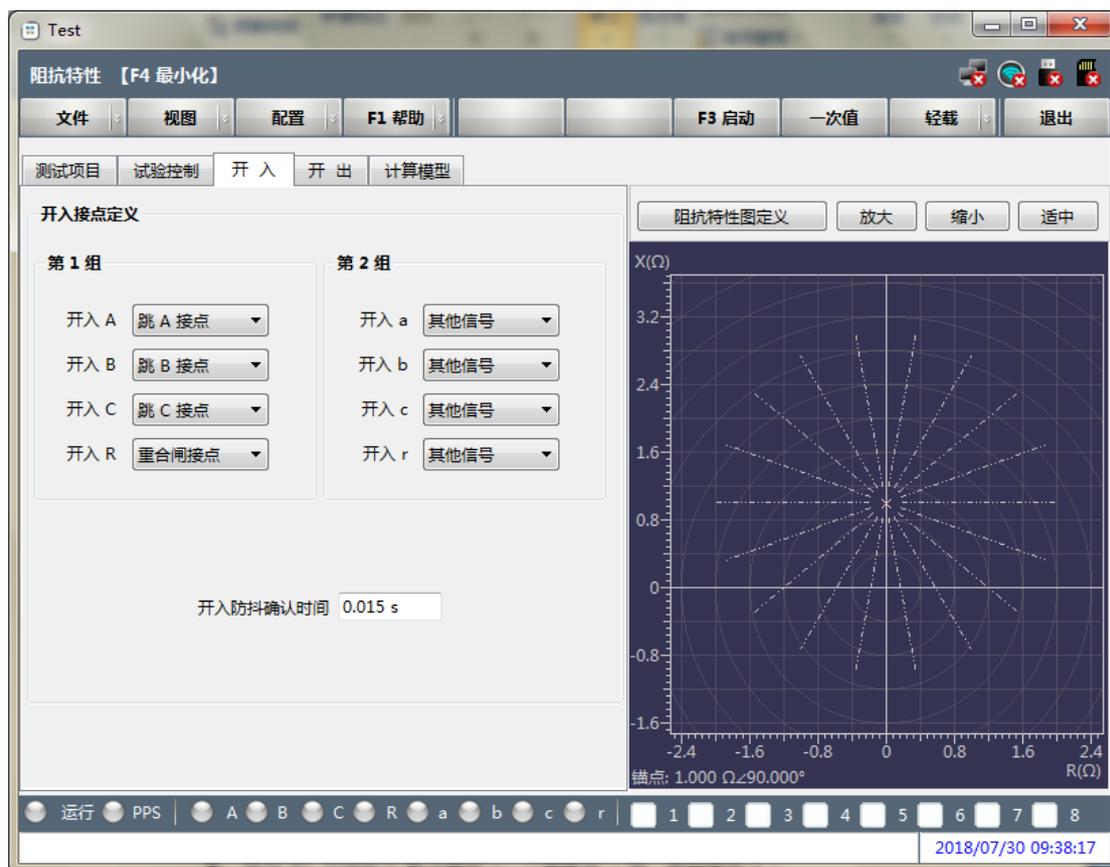
每次子试验项目测试前，测试仪均输出一段时间的故障前状态（即空载状态），以保证保护接点可靠复归。

● **测试仪：三相电压电流输出方式：**

设置 ABC 三相电压电流的输出方式

程序提供了 4 种输出方式：第 1 组 abc 电压电流输出；第 2 组 xyz 电压电流输出；第 3 组 uvw 电压电流输出；第 4 组 rst 电压电流输出。

## 开入



- **开入接点定义：**

配置测试仪的开入接点与保护动作出口接点的连接方式，如跳 A、B、C，重合 R 等。

- **第 1 组：**

- 开入 A：可选择为“跳 A 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- 开入 B：可选择为“跳 B 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- 开入 C：可选择为“跳 C 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- 开入 R：可选择为“重合闸接点”，或“其他信号”；

- **第 2 组：**

- 开入 a：可选择为“跳 A 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- 开入 b：可选择为“跳 B 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- 开入 c：可选择为“跳 C 接点”，“三跳接点”，或“其他信号”；
- 开入 r：可选择为“重合闸接点”，或“其他信号”；

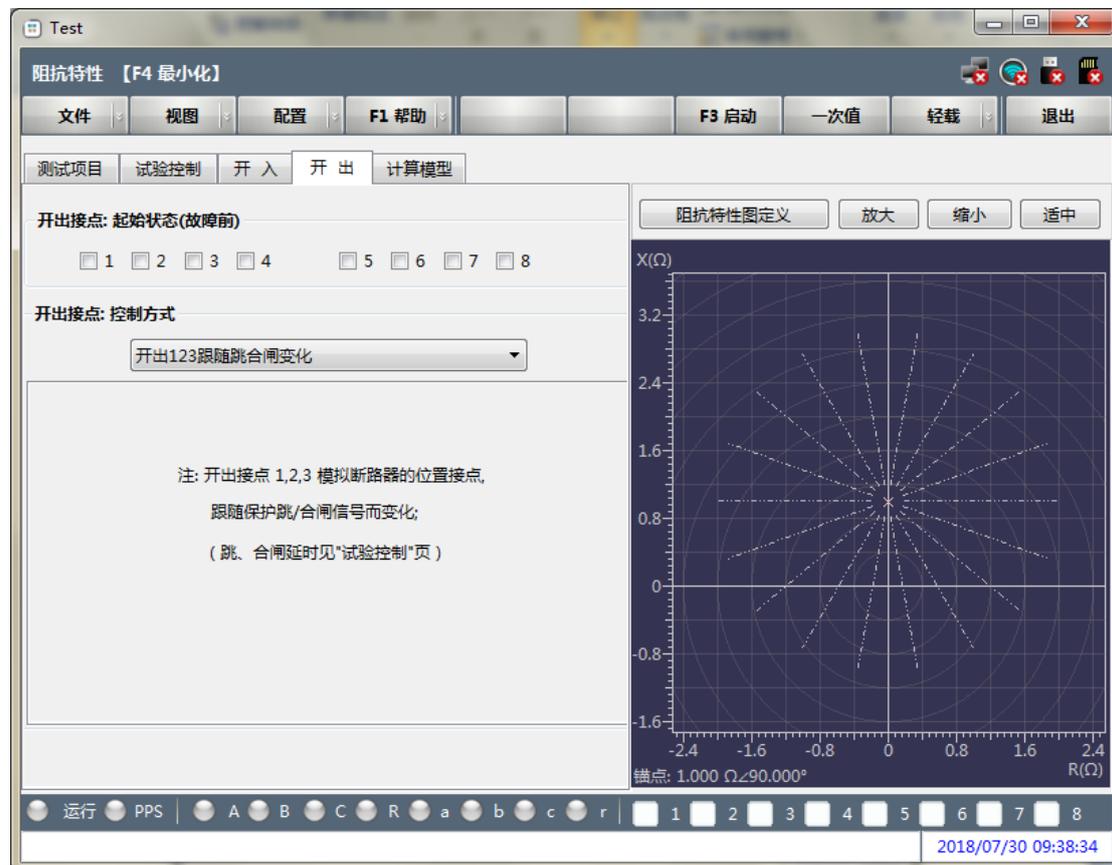
注：当开入接点选为跳 A、B、C（或三跳接点），重合接点时，该接点除了记录动作时间外，程序还会根据该接点的翻转进行相应的故障切除；当选为其他方式时，该接点只记录其动作时间；

- **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试

仪方予以认可。一般取 10~20ms。

## 开出



- **开出接点：起始状态（故障前）：**

开出量的起始状态：断开，或，闭合；

注：打“√”表示开出量闭合；

- **开出接点：控制方式：**

程序提供了开出接点的三种翻转控制方式：

- ◇ 开出 123 跟随跳/合闸信号变化：

该方式相当于利用测试仪的开出接点模拟断路器的位置接点；

开入接点 ABC 动作，则开出接点 123 翻转，即与其起始状态相反；

开入接点 R 动作，则开出接点 123 再次翻转，即恢复为起始状态；

- ◇ 故障触发后延时翻转：

该方式相当于故障触发后，通过测试仪的开出接点发出一个信号；

- ◆ **翻转延时：**

以进入第一次故障为参考点，即进入故障后，经过所设定的延时，开出量翻转（与各自的起始状态相反）。

注：该“延时”应小于“试验限时”。

- ◆ **保持时间：**

开出量翻转后的保持时间。保持时间到达后，开出量再次翻转，返回起始状态；

◇ 自定义控制：

该方式相当于由用户自己控制开出量的状态；

◆ 翻转延时：

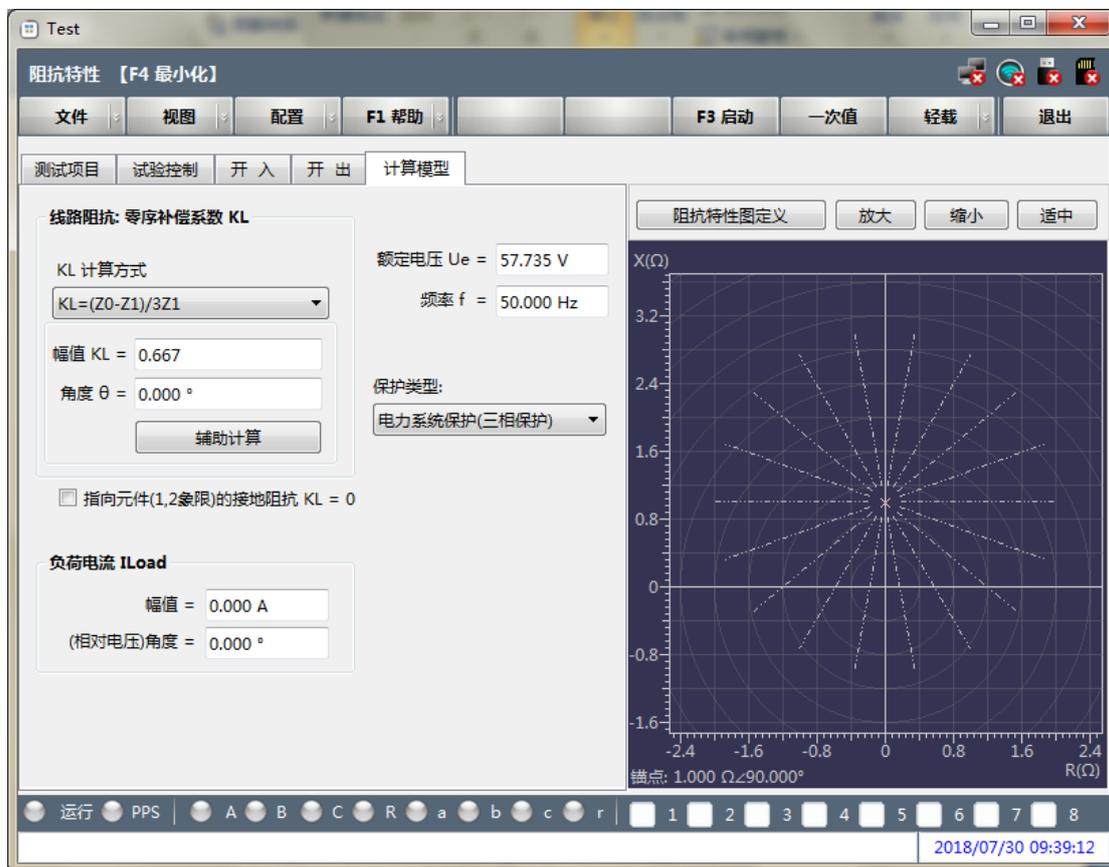
以进入第一次故障为参考点，即进入故障后，经过所设定的延时，开出量翻转（与各自的起始状态相反）。

注：该“延时”应小于“试验限时”。

◆ 保持时间：

开出量翻转后的保持时间。保持时间到达后，开出量再次翻转，返回起始状态；

## 计算模型



● 计算模型：

注：本测试菜单，程序把短路计算模型固定为“短路电流 If 恒定”。

● 线路阻抗：零序补偿系数 KL：

短路阻抗 Zf 的零序补偿系数，程序提供了 3 种设置方式；

◇  $KL = (Z_0 - Z_1) / (3 * Z_1)$ ：极坐标形式表示：幅值，角度；

$$KL = \frac{Z_0 - Z_1}{3 * Z_1} = \text{Re}(KL) + j \text{Im}(KL) = |KL| \angle \theta$$

考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗  $Z_0$  和正序阻抗  $Z_1$  的阻抗角度相等，则

$\text{Im}(KL) = 0$ ， $KL$  为一实数，通常取 0.667，角度为  $0^\circ$ 。

$$\diamond \quad KR = (R_0 - R_1) / (3 * R_1), \quad KX = (X_0 - X_1) / (3 * X_1)$$

即  $KR$ ， $KX$  方式；

$$KR = \frac{R_0 - R_1}{3 * R_1}, \quad KX = \frac{X_0 - X_1}{3 * X_1}$$

$$\diamond \quad KL = Z_0 / Z_1$$

极坐标形式表示：幅值，角度；

● **□指向元件的接地阻抗  $KL=0$ :**

勾选则在短路计算模型中，当电流指向元件时，接地阻抗的补偿系数  $KL=0$ 。一般默认不勾选。（目前仅用于北京四方的保护）

● **负荷电流  $I_{Load}$ :**

通常取 0，即空载。因为与故障后的短路电流相比，负荷电流很小，可忽略不计；

● **（相对电压）角度:**

以电压为参照，各相负荷电流相对于本相电压的角度偏移。

● **额定电压  $U_e$ :**

保护 PT 二次侧的额定相电压，一般为 57.735V；

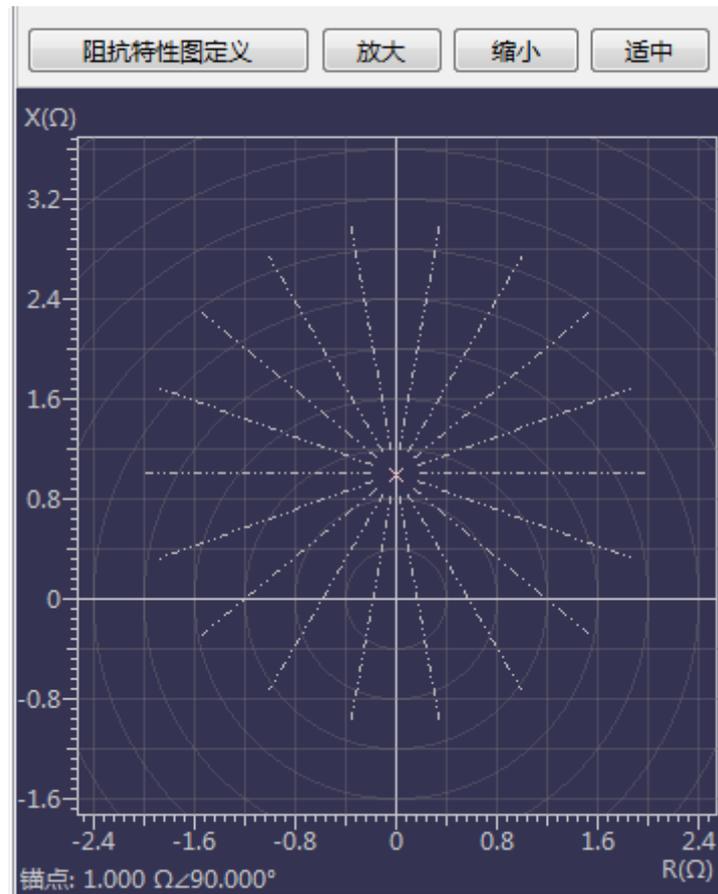
● **频率  $f$ :**

电压、电流的输出频率，一般为工频 50.0Hz；

● **保护类型:**

可以根据需要选择电力系统保护（三相保护）还是电铁馈线保护（单相保护）。

## 右视图



根据当前添加的项目描点，并可以对阻抗特性图进行自定义，也可根据需要对阻抗特性图进行放大或者缩小，并提供一个适中的坐标。

## 测试结果

序号	计算模型	扫描线起点	扫描线终点	动作边界Z	动作时间
1	If=5.000 A	1.020 Ω, 78.690 °	2.236 Ω, 26.565 °	--	--
2	If=5.000 A	1.020 Ω, 101.310 °	2.236 Ω, 153.435 °	1.481 Ω, 137.543 °	0.684 s

试验结束后，测试仪根据开关量的设置，自动记录各接点的动作情况；

## 2.14 差动试验（6 路电流）



### 简介

差动试验（6 路电流 / 2 路电流）主要用于测试各种发电机、变压器、母差等差动保护的 特性，可完成的测试项目包括：

- ✧ 比率制动特性；
- ✧ 谐波制动特性；

程序提供了两种测试方式：边界扫描和定点测试。边界扫描用于边界特性曲线的自动搜索，定点测试用于动作或者不动作的验证性试验；

### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

差动试验的测试窗口包括 5 个属性页和 1 个右视图：

- ✧ 保护设置：设置差动保护的属性，包括保护类型、动作/制动方程，电流补偿系数等；
- ✧ 测试项目：选择测试项目，设置测试点；
- ✧ 试验控制：试验控制参数，包括故障前状态及故障限时、动作接点设置等；
- ✧ 辅助电压：设置实验中需要输出的辅助电压；

- ◇ 电流跟踪：跟踪试验过程中施加到保护各侧的电流输出；
- 右视图用于设置和显示预定义的各种差动或制动特性曲线等。

## 保护设置



- **保护类型：**
  - 选择待测保护的类型；
  - 程序提供了 4 种类型，包括：变压器保护、发变组保护、发电机保护、母差保护；
- **变压器接线：**
  - 保护类型为“变压器保护”或“发变组保护”时有效；
  - 设置变压器的绕组数（双绕组，或，三绕组）及变压器接线钟点数。
    - ◇ 双绕组：Y/Y-12, Y/Δ-11, Y/Δ-1, 以及 Y/Δ-3, Y/Δ-5, Y/Δ-7, Y/Δ-9, Y/Y-2, Y/Y-4, Y/Y-6, Y/Y-8, Y/Y-10;
    - ◇ 三绕组：Y/Y/Y-12, Y/Y/Δ-11, Y/Y/Δ-1, Y/Δ/Δ-11 和 Y/Δ/Δ-1;
- **保护内部相位校正方式：**
  - 保护类型为“变压器保护”或“发变组保护”时有效；
  - 根据保护的配置，选择其内部的相位校正方式，
    - ◇ 无校正：保护内部不做相位校正（由外部 CT 接线校正）；
    - ◇ Y 侧校正：保护内部通过算法对 Y 侧电流做相位校正；
    - ◇ Δ 侧校正：保护内部通过算法对 Δ 侧电流做相位校正（同时 Y 侧做零序校

正);

对于 Y/Y-12, 或 Y/Y/Y-12 点接线, 应注意选择保护内部是否做 Y 侧零序校正。

- **参与本次试验的绕组:**

选择参与本次试验的绕组, 如高-低, 高-中, 或中-低;

- **动作/制动方程:**

程序提供了两种设置方式,

✧ 根据保护的技术说明书, 手动选择待测保护的**动作/制动方程**;

注: 方程“ $I_d=I_1, I_r=I_2$ ”适用于常规的差动继电器测试,  $I_1$ 、 $I_2$  分别代表保护的**动作线圈电流**和**制动线圈电流**;

其他方程适用于微机型差动保护测试,  $I_1$ ,  $I_2$  分别代表保护中参与试验的**两侧绕组电流**;

- **K:**

动作/制动方程中所可能涉及到的参数;

- **$I_d$ ,  $I_r$  以标幺值方式显示**

对于南瑞继保护的 RCS-978, RCS-9000 等系列的保护, 其差动定值为标幺值形式(无量纲), 则选中本项,  $I_d$ ,  $I_r$  的显示均为无量纲;

- **保护内部: 电流补偿系数**

正常运行(三相对称)情况下, 保护中参与试验的**两侧绕组 CT 变比不平衡修正系数**;

用户可以自行计算补偿系数并填入, 也可以通过“**KP1, KP2 辅助计算**”由程序自动计算填写;

- **$I_1$  侧 KP1:**  $I_1$  侧绕组电流  $I_1$  所对应的**电流补偿系数**;

- **$I_2$  侧 KP2:**  $I_2$  侧绕组电流  $I_2$  所对应的**电流补偿系数**;

✧ 通过“**KP1, KP2 辅助计算**”提供  $I_1$ ,  $I_2$  侧的**补偿系数辅助计算功能**;

- **保护  $I_1, I_2$  绕组接线方式:**

- **扩展差动(6I)、分相差动(2I):**

根据试验时所选用的测试仪的**电流通数**选择。

- **$I_1$  接测试仪:**

保护  $I_1$  侧绕组和测试仪的连接方式;

(因变压器绕组数和参与侧的不同,  $I_1$  可能表示保护的不同侧, 请根据提示接线)

- **$I_1$  相位:**

保护  $I_1$  侧绕组电流的相位, 一般默认取  $0^\circ$ ;

- **$I_2$  接测试仪:**

保护  $I_2$  侧绕组和测试仪的连接方式;

(因变压器绕组数和参与侧的不同, I2 可能表示保护的不同侧, 请根据提示接线)

- **I2 相位:**

保护 I2 侧绕组电流的相位, 一般由程序自动设定 (模拟区外故障);

## 测试项目

选择测试项目, 设置测试点。

程序提供了 4 个测试项目: 比率差动, 谐波制动;

每个测试项目分别提供了 2 种不同的测试方式: 边界扫描和定点测试。

### 1-1. 比率差动: 边界扫描

用于对指定的 Ir 点进行比率制动边界特性搜索。

测试原理:

- ◇ 用户根据需要选择制动电流 Ir 的测试点;
- ◇ 程序根据所设定的动作电流 Id 搜索范围和搜索精度, 按二分法自动寻找该制动点 Ir 对应的动作电流边界 Id。



- **测试相别:**

类似于故障类型, 可模拟不同的差动组合。

对于分相差动, 程序提供了 3 种测试相别: A、B、C 相差动;

对于扩展差动，程序提供了 7 种测试相别：A、B、C 相差动，AB、BC、CA 相差动，ABC 相差动。

- **测试点：**

选择制动电流  $I_r$  的测试点，其对应的动作电流边界  $I_d$  待搜索。

可通过“添加”、“删除当前行”、“清空”按钮操作；

- **保护定值**

- ◆ **动作门槛：**

比率差动保护的启动电流整定值。

- ◆ **速断定值：**

差动速断保护的动作电流整定值。

- ◆ **制动系数  $K_{zd}$ ：**

制动系数  $K_{zd}$  的计算公式。程序提供了 3 种公式：

- ◇  $K_{zd} = \Delta I_d / \Delta I_r$ ；

- ◇  $K_{zd} = I_d / I_r$ ；

- ◇  $K_{zd} = I_r / I_d$ ；

- **系统频率  $F_{re}$**

比率差动试验中，电压电流的输出频率；

- **动作电流  $I_d$  搜索范围：**

设置试验过程中，差流  $I_d$  的搜索范围。

- ◆ **动作电流  $I_d$  搜索起点、终点**

用户可手动设置  $I_d$  的搜索起点和终点；

如果用户在右视图中通过右键“曲线定义”提供预定义的比率制动特性曲线，则选中“自动调整”，程序可根据允许误差，自动确定  $I_d$  的搜索范围；

- ◆ **搜索精度：**

动作电流  $I_d$  搜索过程中的最小允许误差，即搜索的收敛判据。

- ◆ **搜索方式：**

根据实际需要选择试验搜索方式，可以选择二分法或者单相搜索。

## 1-2. 比率差动：定点测试

用于对指定点 ( $I_r$ ,  $I_d$ ) 的验证性测试，确定其位于动作区或制动区。



- **测试相别：**  
类似于故障类型，可模拟不同的差动组合。  
对于分相差动，程序提供了 3 种测试相别：A、B、C 相差动；  
对于扩展差动，程序提供了 7 种测试相别：A、B、C 相差动，AB、BC、CA 相差动，ABC 相差动。
- **测试点：**  
选择待验证的测试点 ( $I_r$ ,  $I_d$ )。  
可通过“添加”、“删除当前行”、“清空”按钮操作；
- **系统频率  $F_{re}$**   
比率差动试验中，电压电流的输出频率，默认为 50Hz，也可根据需要设为 60Hz。

## 2-1. 谐波制动：边界扫描

用于对指定的  $I_d$  点进行谐波制动边界特性搜索。

测试原理：

- ✧ 用户根据需要选择动作电流  $I_d$  的测试点；
- ✧ 程序根据所设定的谐波搜索范围和搜索精度，按二分法自动寻找该动作点  $I_d$  对应的谐波制动边界  $I_{xb}\%$ 。

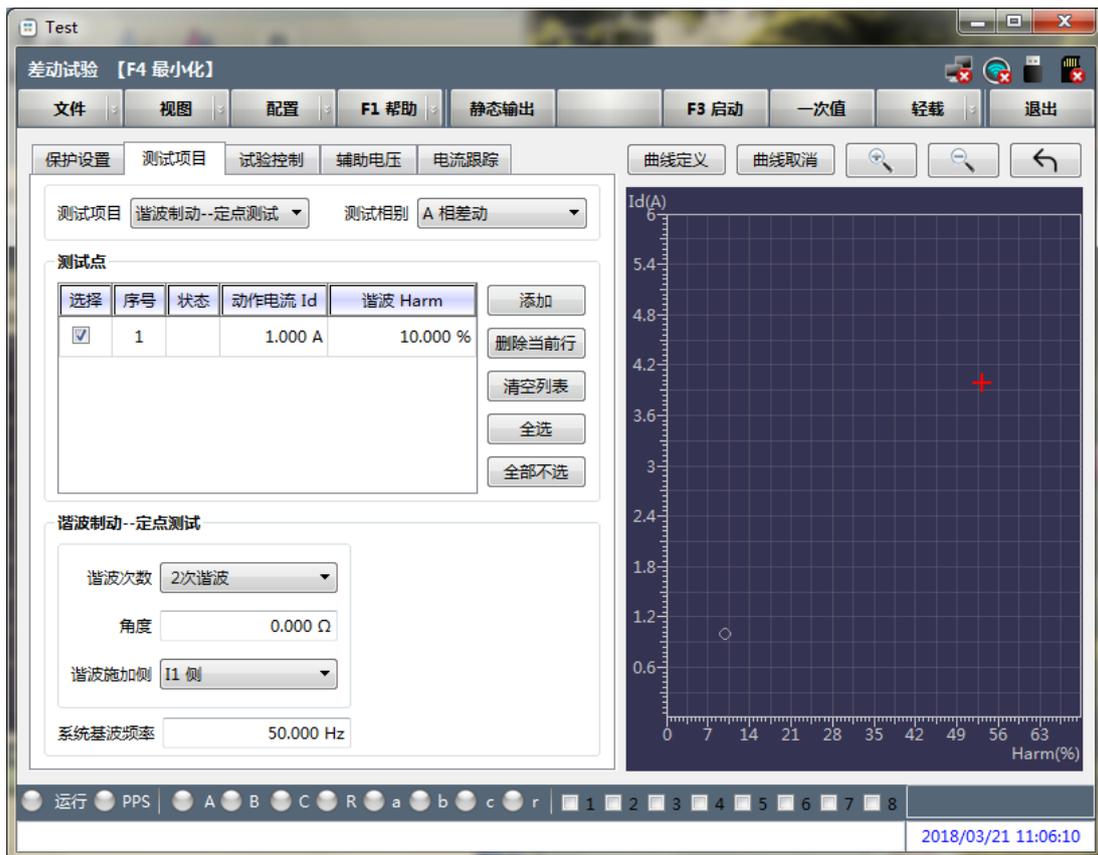


- **测试相别：**  
类似于故障类型，可模拟不同的差动组合。  
对于分相差动，程序提供了 3 种测试相别：A、B、C 相差动；  
对于扩展差动，程序提供了 7 种测试相别：A、B、C 相差动，AB、BC、CA 相差动，三相差动。
- **测试点：**  
选择动作电流  $I_d$  的测试点，其对应的谐波制动边界  $I_{xb}\%$  待测。  
可通过“添加”、“删除当前行”、“清空”按钮操作；
- **谐波次数：**  
选择需要测试的谐波次数，如 2 次谐波、3 次谐波 ... 20 次谐波等。
- **谐波角度：**  
设置待叠加谐波的角度。

- **谐波施加侧：**  
试验时，谐波电流的叠加侧，可选择 I1 侧或 I2 侧。
- **系统（基波）频率 Fre**  
谐波制动试验中，电压电流的基波频率；
- **谐波制动 Ixb% 搜索范围：**  
对应每一个动作电流 Id 测试点，设置谐波电流 Ixb% 的搜索起点和终点。
- **搜索精度：**  
谐波电流 Ixb% 搜索过程中的最小允许误差，即搜索的收敛判据。
- **搜索方式：**  
根据实际需要选择试验搜索方式，可以选择二分法或者单相搜索。

## 2-2. 谐波制动：定点测试

用于对指定点（Id，Ixb%）的验证性测试，确定该谐波含量能否制动。



- **测试相别：**  
类似于故障类型，可模拟不同的差动组合。  
对于分相差动，程序提供了 3 种测试相别：A、B、C 相差动；  
对于扩展差动，程序提供了 7 种测试相别：A、B、C 相差动，AB、BC、CA 相差动，ABD 相差动。

- **测试点:**  
选择待验证的测试点 (Id, Ixb%)。  
可通过“添加”、“删除当前行”、“清空”按钮操作;
- **谐波次数:**  
选择需要测试的谐波次数, 如 2 次谐波、3 次谐波 ... 20 次谐波等。
- **谐波角度:**  
设置待叠加谐波的角度。
- **系统 (基波) 频率 Fre**  
谐波制动试验中, 电压电流的基波频率;
- **谐波施加侧:**  
试验时, 谐波电流的叠加侧, 可选择 I1 侧或 I2 侧。

## 试验控制



- **故障前**
  - ◆ **故障前电流:**  
故障前电流输出, 一般设为 0A;
  - ◆ **故障前时间:**  
故障前状态的输出时间, 该时间必须保证保护能够可靠复归。一般可取 0.5 秒。

- **故障限时：**

故障电流的最大输出时间，该时间必须大于保护的動作时间，以保证保护能可靠动作。

差动保护通常为速动，故障限时一般可取为 0.5 秒。

注：如果继电器无法长时间通大电流，建议在保证保护动作时间的前提下，尽可能地延长故障前时间，减小故障限时。

- **动作接点：**

试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。

- **动作逻辑：**

“逻辑与”：所选开入量全部满足条件，动作成立；

“逻辑或”：所选开入量任何一个满足条件，动作成立；

如果只选中一个开入量，则“逻辑与”和“逻辑或”的效果相同。

- **开入 A, B, C, R, a, b, c, r：**

打“√”者表示被选中参与翻转判断；

- **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

## 辅助电压：

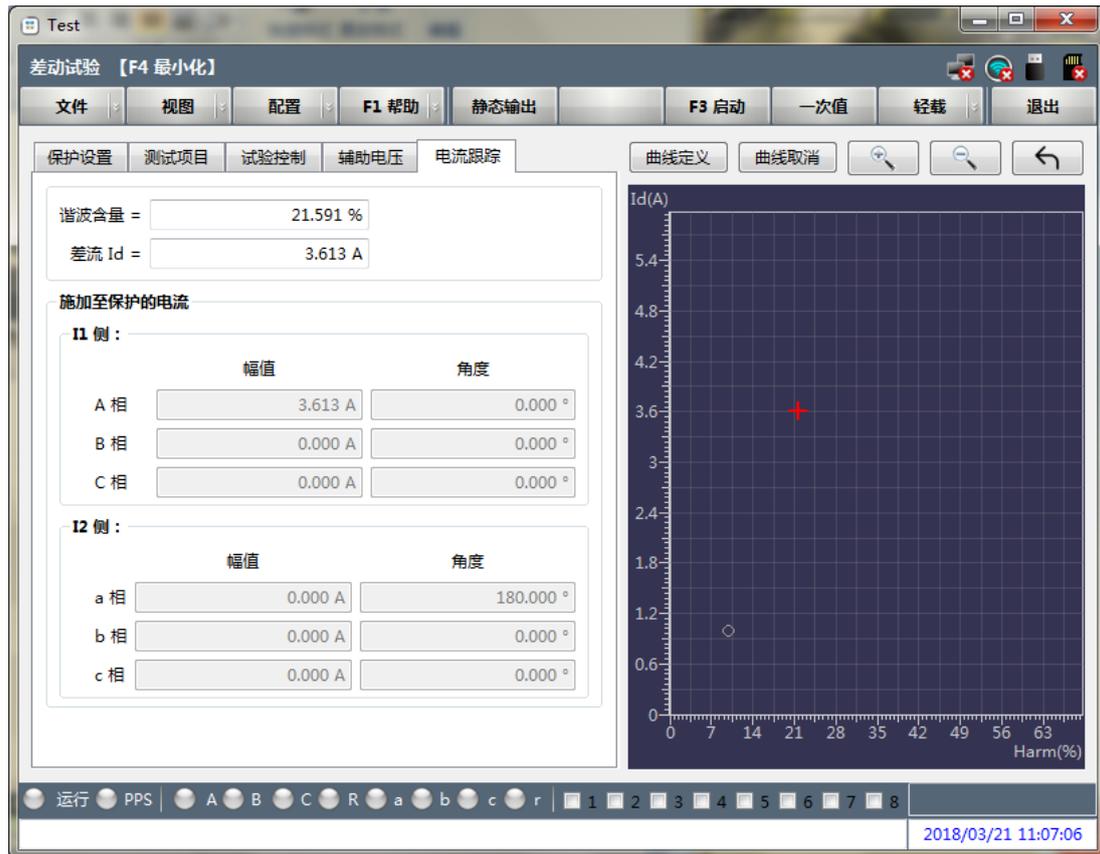


- 电压  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$ 、 $U_x$ 、 $U_y$ 、 $U_z$ 、 $U_u$ 、 $U_v$ 、 $U_w$ :

试验过程中如果需要辅助的电压输出的幅值、角度和频率（或直流），则在此配置。  
辅助电压在整个试验过程中保持不变。

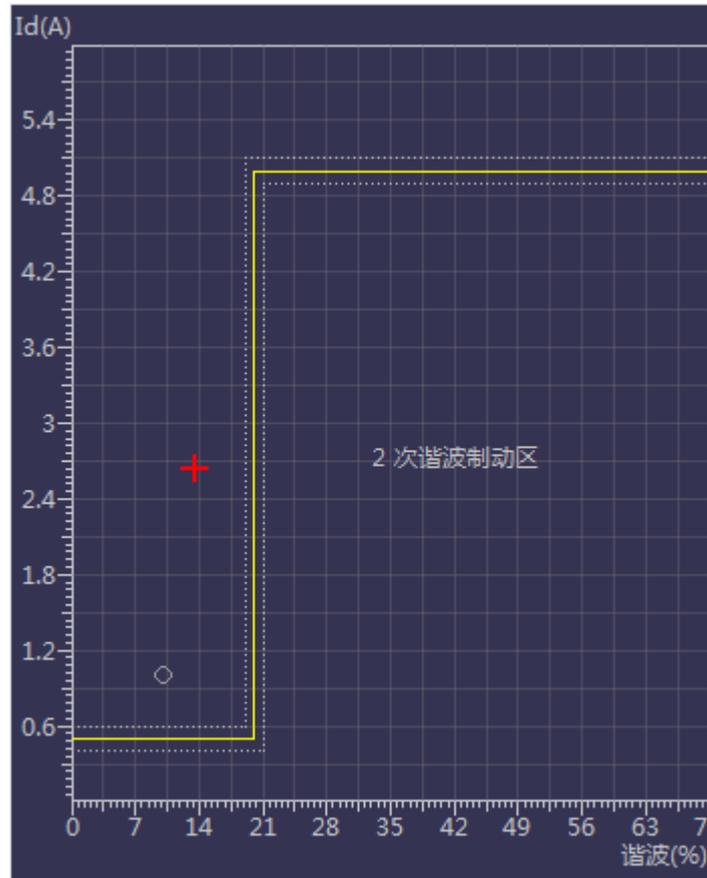
## 电流跟踪

试验过程中实时跟踪并显示电流的输出情况。



## 右视图

测试窗口的右视图用于设置和显示预定义的各种差动或制动特性曲线，以及测试结果等。



右上方各种按钮（如下图所示），用于曲线设置和操作等。



◇ 曲线定义/曲线取消：

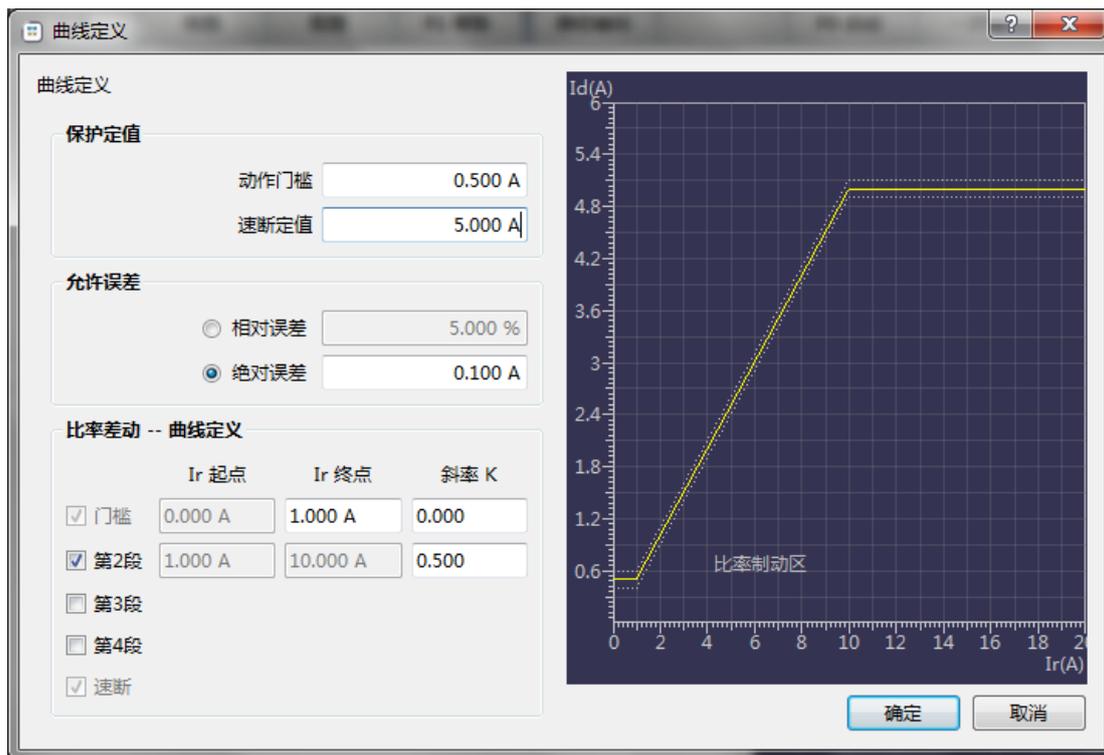
用来定义，或取消，差动保护的各种特性曲线。

◇ 曲线操作：

对各种特性曲线进行放大、缩小、漫游等操作，以方便查看。

- **曲线定义：**

选择“曲线定义”菜单项，弹出“特性曲线定义”对话框，如下图所示：



◇ **动作门槛:**

比率差动保护的启动电流整定值。

◇ **速断电流:**

差动速断保护的启动电流整定值。

◇ **电流允许误差:**

边界的允许误差，据此程序可确定出边界特性曲线的允许浮动范围（如虚线所示）；

◇ **比率差动—特性曲线定义:**

根据保护的比率制动特性曲线确定曲线的段数，设置各段的 Ir 终点（即拐点）和斜率（即比率制动系数）。

◇ **谐波制动—特性曲线定义:**

设置谐波定值和定值允许误差。

● **曲线取消:**

取消预定义的差动保护特性曲线；

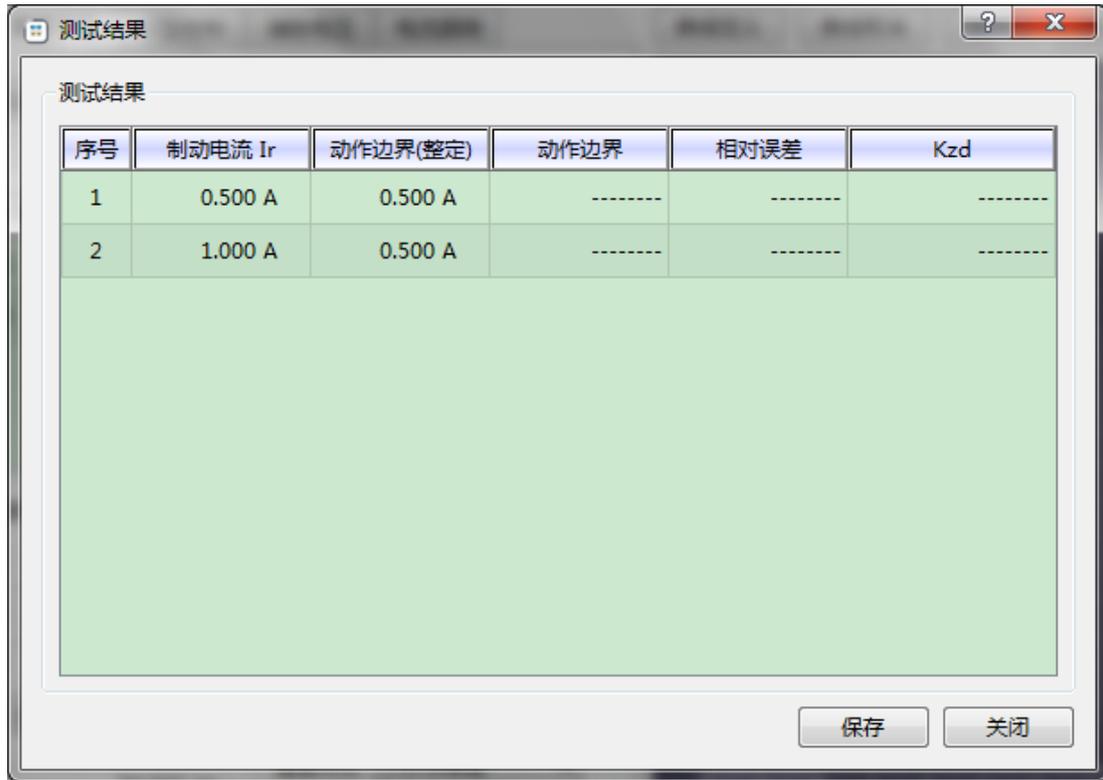
注：如果没有进行曲线定义，为保证测试结果的正确性，建议选择“曲线取消”。

● **曲线操作:**

◇ **放大、缩小:** 放大或缩小显示特性曲线；

◇ **复原:** 恢复特性曲线的初始显示方式；

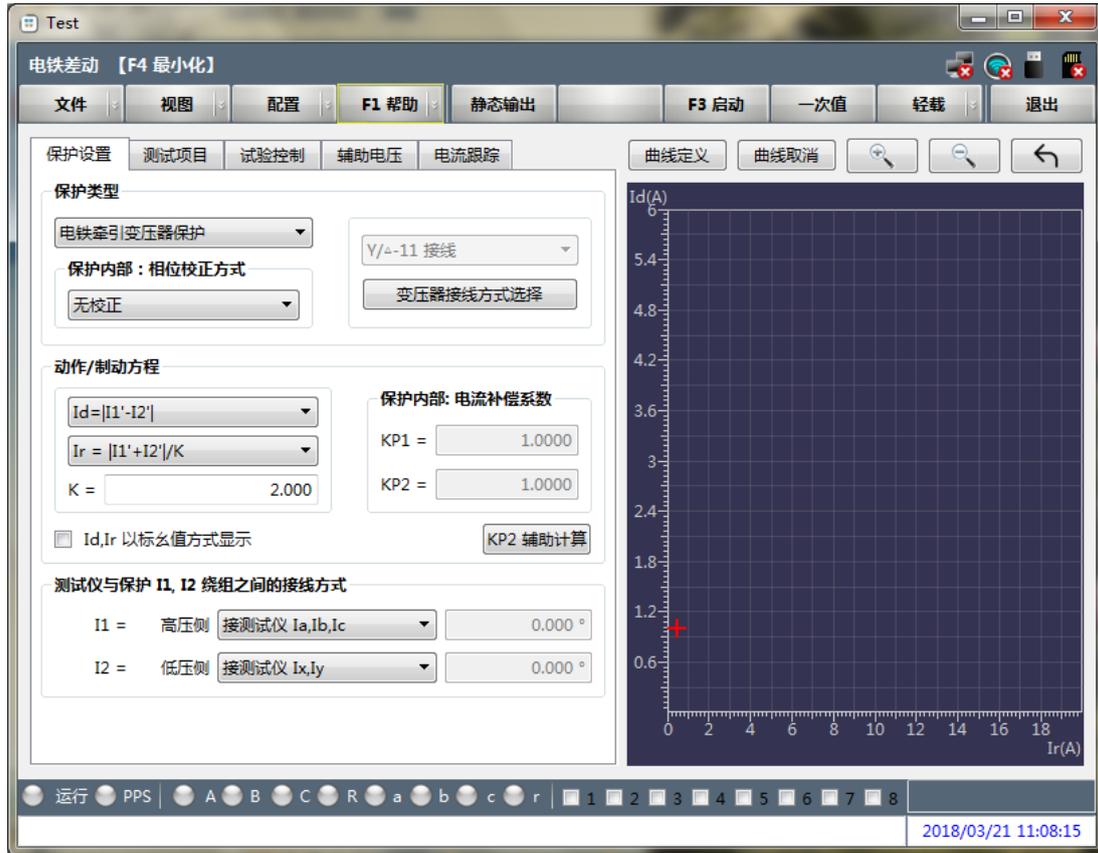
## 测试结果



序号	制动电流 Ir	动作边界(整定)	动作边界	相对误差	Kzd
1	0.500 A	0.500 A	-----	-----	-----
2	1.000 A	0.500 A	-----	-----	-----

对不同的测试项目，有不同的“测试结果”显示，用于查看差动保护的動作时间、動作边界 Id、比率制动系数 Kzd 等等。

## 2.15 电铁差动（5 路电流）



### 简介

差动试验主要用于测试电铁牵引变压器的差动保护特性，可完成的测试项目包括：

- ◇ 比率制动特性；
- ◇ 谐波制动特性；

程序提供了两种测试方式：边界扫描和定点测试。边界扫描用于边界特性曲线的自动搜索，定点测试用于动作或者不动作的验证性试验；

程序还提供了 1 个辅助试验功能，

### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

差动试验的测试窗口包括 5 个属性页和 1 个右视图：

- ◇ 保护设置：设置差动保护的属性，包括保护类型、动作/制动方程，电流补偿系数等；
- ◇ 测试项目：选择测试项目，设置测试点；
- ◇ 试验控制：试验控制参数，包括故障前状态及故障限时、动作接点设置等；
- ◇ 辅助电压：设置实验中需要输出的辅助电压；

◇ 电流跟踪：跟踪试验过程中施加到保护各侧的电流输出；  
右视图用于设置和显示预定义的各种差动或制动特性曲线等。

## 保护设置



- **保护类型：**  
电铁牵引变压器保护
- **变压器接线方式选择：**  
根据需要选择变压器的接线方式：Y/Δ-11 接线、Y/V 接线平衡变压器、Y/A 接线平衡变压器、SCOTT 接线、Y/Δ/Δ-11-1 十字交叉接线、V/V 接线、V/X 接线、单相变压器。
- **保护内部相位校正方式：**  
根据保护的配置，选择其内部的相位校正方式，
  - ◇ 无校正：保护内部不做相位校正（由外部 CT 接线校正）；
  - ◇ Y 侧校正：保护内部通过算法对 Y 侧电流做相位校正；
- **动作/制动方程：**  
根据保护的技术说明书，选择待测保护的动/制动方程；  
注：I1, I2 分别代表保护中参与试验的两侧绕组电流；
- **K：**

动作/制动方程中所可能涉及到的参数；

- **Id, Ir 以标幺值方式显示**

对于南瑞继保护的 RCS-978, RCS-9000 等系列的保护, 其差动定值为标幺值形式(无量纲), 则选中本项, Id, Ir 的显示均为无量纲;

- **保护内部: 电流补偿系数**

正常运行(三相对称)情况下, 保护中参与试验的两侧绕组 CT 变比不平衡修正系数;

用户可以自行计算补偿系数并填入, 也可以通过“KP2 辅助计算”由程序自动计算填写;

- **I1 侧 KP1:** I1 侧绕组电流 I1 所对应的电流补偿系数;

- **I2 侧 KP2:** I2 侧绕组电流 I2 所对应的电流补偿系数;

- ◇ 通过“KP2 辅助计算”提供 I2 侧的补偿系数辅助计算功能;

- ◇ 对于微机型保护, 也可以通过“试验”菜单项中的--“静态输出”, 实测各侧的补偿系数;

- **保护 I1,I2 绕组接线方式:**

- **I1 接测试仪:**

保护 I1 侧绕组和测试仪的连接方式: 固定为接测试仪 Ia, Ib, Ic;

- **I1 相位:**

保护 I1 侧绕组电流的相位, 一般默认取 0°;

- **I2 接测试仪:**

保护 I2 侧绕组和测试仪的连接方式: 固定为接测试仪 Ix, Iy;

- **I2 相位:**

保护 I2 侧绕组电流的相位, 一般由程序自动设定(模拟区外故障);

## 测试项目

选择测试项目, 设置测试点。

程序提供了 3 个测试项目: 比率差动, 谐波制动;

每个测试项目分别提供了 2 种不同的测试方式: 边界扫描和定点测试。

### 1-1. 比率差动: 边界扫描

用于对指定的 Ir 点进行比率制动边界特性搜索。

测试原理:

- ◇ 用户根据需要选择制动电流 Ir 的测试点;

- ◇ 程序根据所设定的动作电流 Id 搜索范围和搜索精度, 按二分法自动寻找该制动点 Ir 对应的动作电流边界 Id。



- **测试相别:**

类似于故障类型，可模拟不同的差动组合。

对于分相差动，程序提供了 3 种测试相别：A、B、C 相差动；

对于扩展差动，程序提供了 7 种测试相别：A、B、C 相差动，AB、BC、CA 相差动，ABC 相差动。

- **测试点:**

选择制动电流  $I_r$  的测试点，其对应的动作电流边界  $I_d$  待搜索。

可通过“添加”、“删除当前行”、“清空”按钮操作；

- **保护定值**

- ◆ **动作门槛:**

比率差动保护的启动电流整定值。

- ◆ **速断定值:**

差动速断保护的动作电流整定值。

- ◆ **制动系数  $K_{zd}$ :**

制动系数  $K_{zd}$  的计算公式。程序提供了 3 种公式：

- ◇  $K_{zd} = \Delta I_d / \Delta I_r$ ;

- ◇  $K_{zd} = I_d / I_r$ ;

- ◇  $K_{zd} = I_r / I_d$ ;

- **系统频率  $f_{re}$**

比率差动试验中，电压电流的输出频率；

- **动作电流  $I_d$  搜索范围：**

设置试验过程中，差流  $I_d$  的搜索范围。

- ◆ **动作电流  $I_d$  搜索起点、终点**

用户可手动设置  $I_d$  的搜索起点和终点；

如果用户在右视图中通过右键“曲线定义”提供预定义的比率制动特性曲线，则选中“自动调整”，程序可根据允许误差，自动确定  $I_d$  的搜索范围；

- ◆ **搜索精度：**

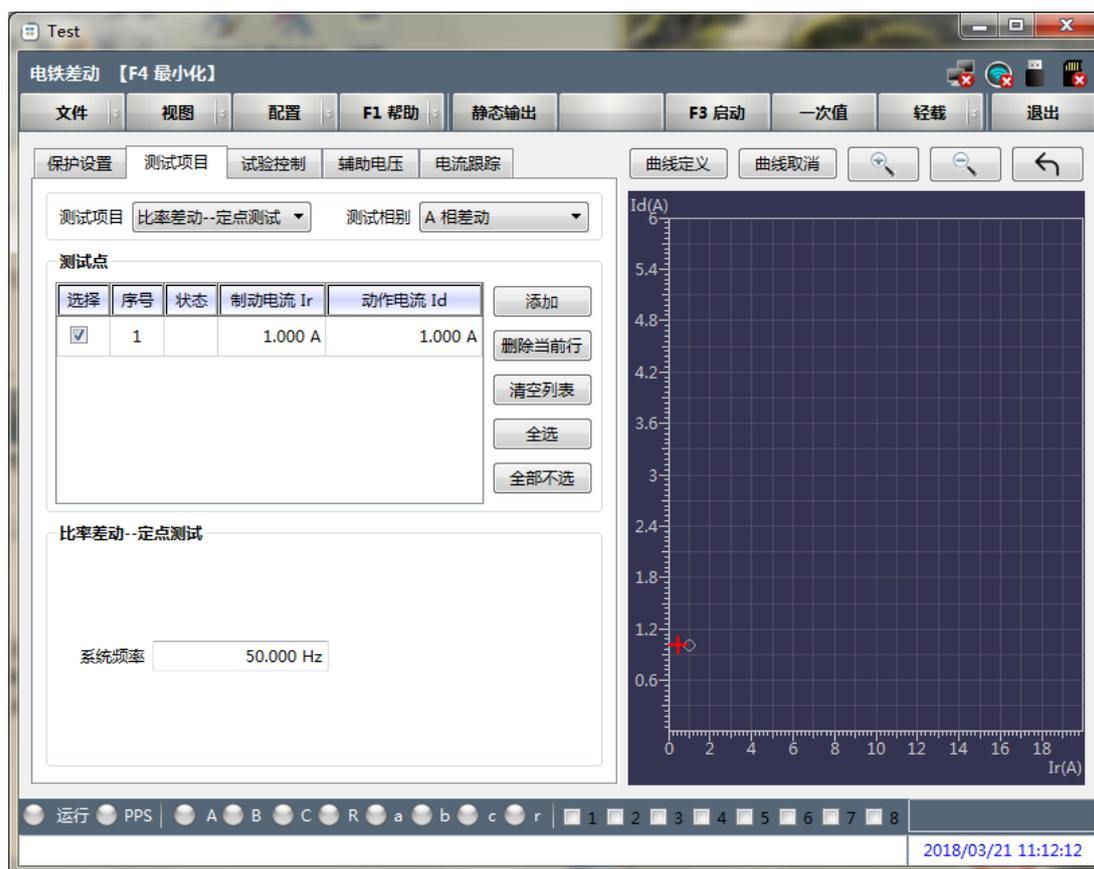
动作电流  $I_d$  搜索过程中的最小允许误差，即搜索的收敛判据。

- ◆ **搜索方式：**

根据实际需要选择试验搜索方式，可以选择二分法或者单相搜索。

## 1-2. 比率差动：定点测试

用于对指定点 ( $I_r, I_d$ ) 的验证性测试，确定其位于动作区或制动区。



- **测试相别：**

类似于故障类型，可模拟不同的差动组合。

对于分相差动，程序提供了 3 种测试相别：A、B、C 相差动；

对于扩展差动，程序提供了 7 种测试相别：A、B、C 相差动，AB、BC、CA 相差动，ABC 相差动。

- **测试点：**

选择待验证的测试点 ( $I_r$ ,  $I_d$ )。

可通过“添加”、“删除当前行”、“清空”按钮操作；

- **系统频率 Fre**

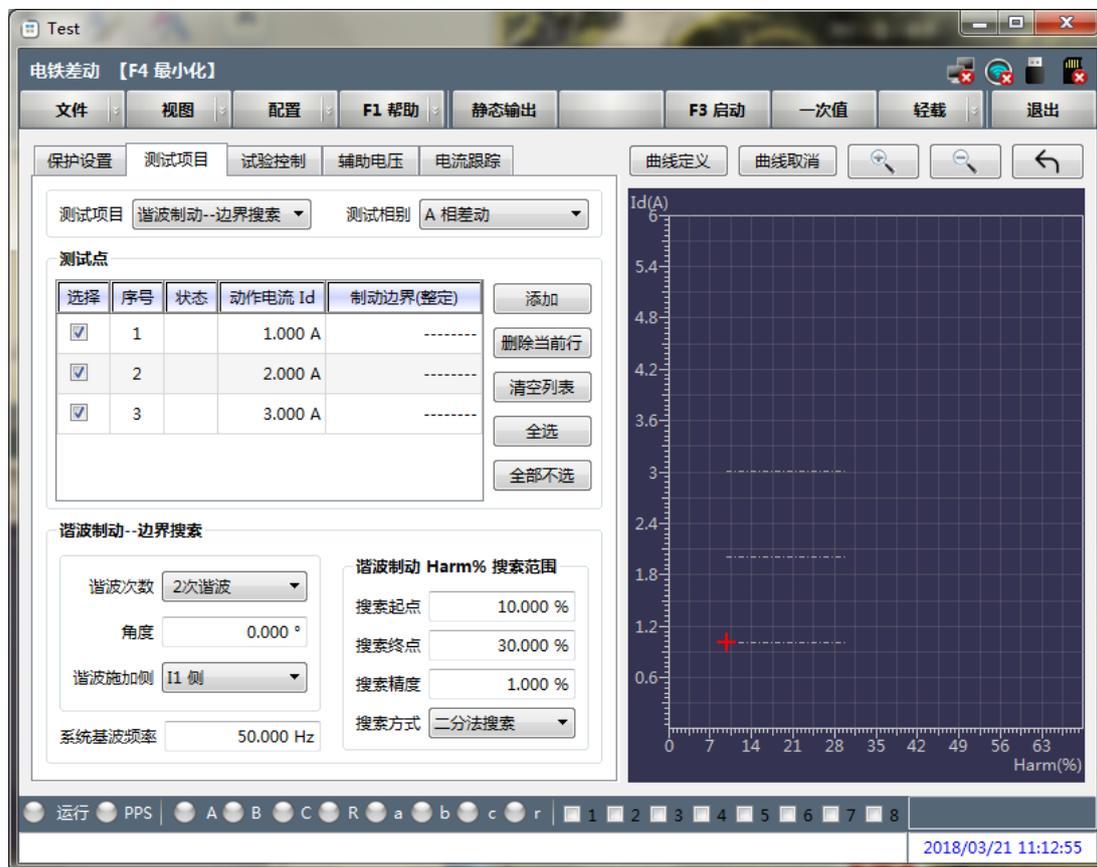
比率差动试验中，电压电流的输出频率，默认为 50Hz，也可根据需要设为 60Hz。

## 2-1. 谐波制动：边界扫描

用于对指定的  $I_d$  点进行谐波制动边界特性搜索。

测试原理：

- ◇ 用户根据需要选择动作电流  $I_d$  的测试点；
- ◇ 程序根据所设定的谐波搜索范围和搜索精度，按二分法或单向搜索自动寻找该动作点  $I_d$  对应的谐波制动边界  $I_{xb}\%$ 。



- **测试相别：**

类似于故障类型，可模拟不同的差动组合。

对于分相差动，程序提供了 3 种测试相别：A、B、C 相差动；

对于扩展差动，程序提供了 7 种测试相别：A、B、C 相差动，AB、BC、CA 相差动，ABC 相差动。

- **测试点：**

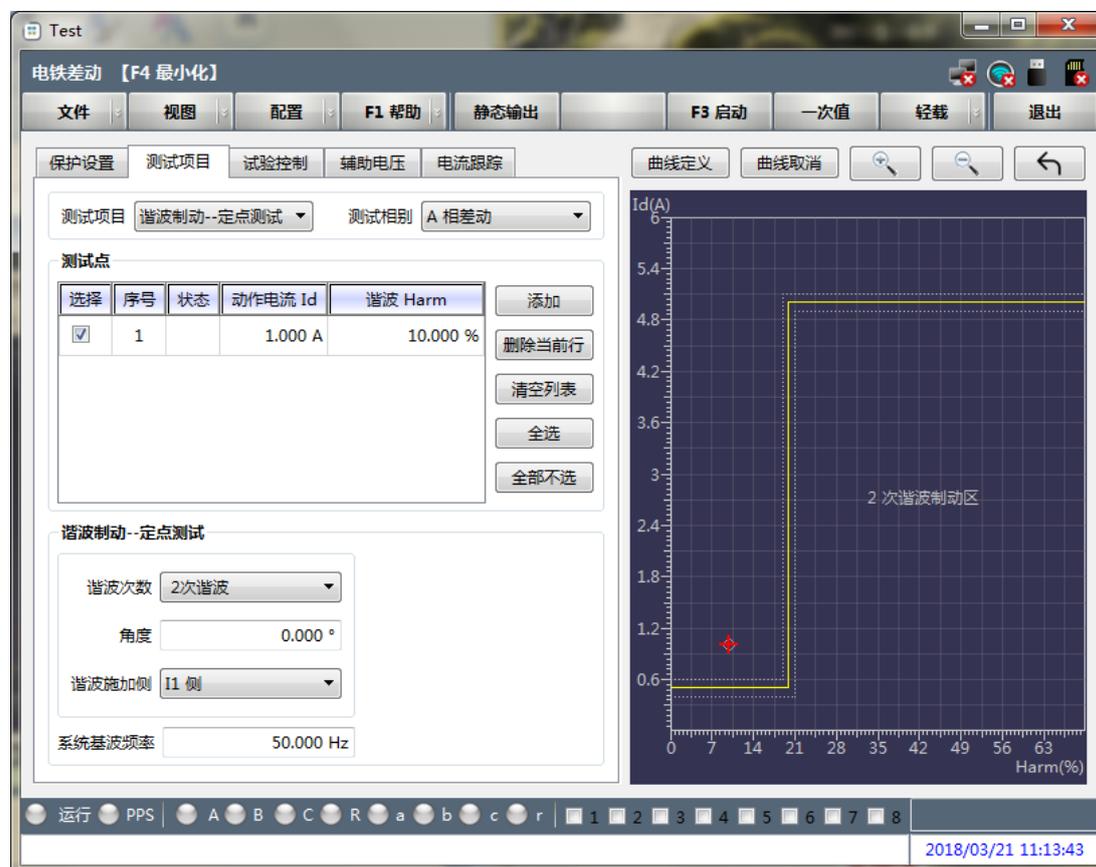
选择动作电流  $I_d$  的测试点，其对应的谐波制动边界  $I_{xb}\%$  待测。

可通过“添加”、“删除当前行”、“清空”按钮操作；

- **谐波次数：**  
选择需要测试的谐波次数，如 2 次谐波、3 次谐波 ... 20 次谐波等。
- **谐波角度：**  
设置待叠加谐波的角度。
- **谐波施加侧：**  
试验时，谐波电流的叠加侧，可选择 I1 侧或 I2 侧。
- **系统基波频率 Fre**  
谐波制动试验中，电压电流的基波频率；
- **谐波制动 Ixb% 搜索范围：**  
对应每一个动作电流 Id 测试点，设置谐波电流 Ixb% 的搜索起点和终点。
- **搜索精度：**  
谐波电流 Ixb% 搜索过程中的最小允许误差，即搜索的收敛判据。
- **搜索方式：**  
根据实际需要选择试验搜索方式，可以选择二分法或者单相搜索。

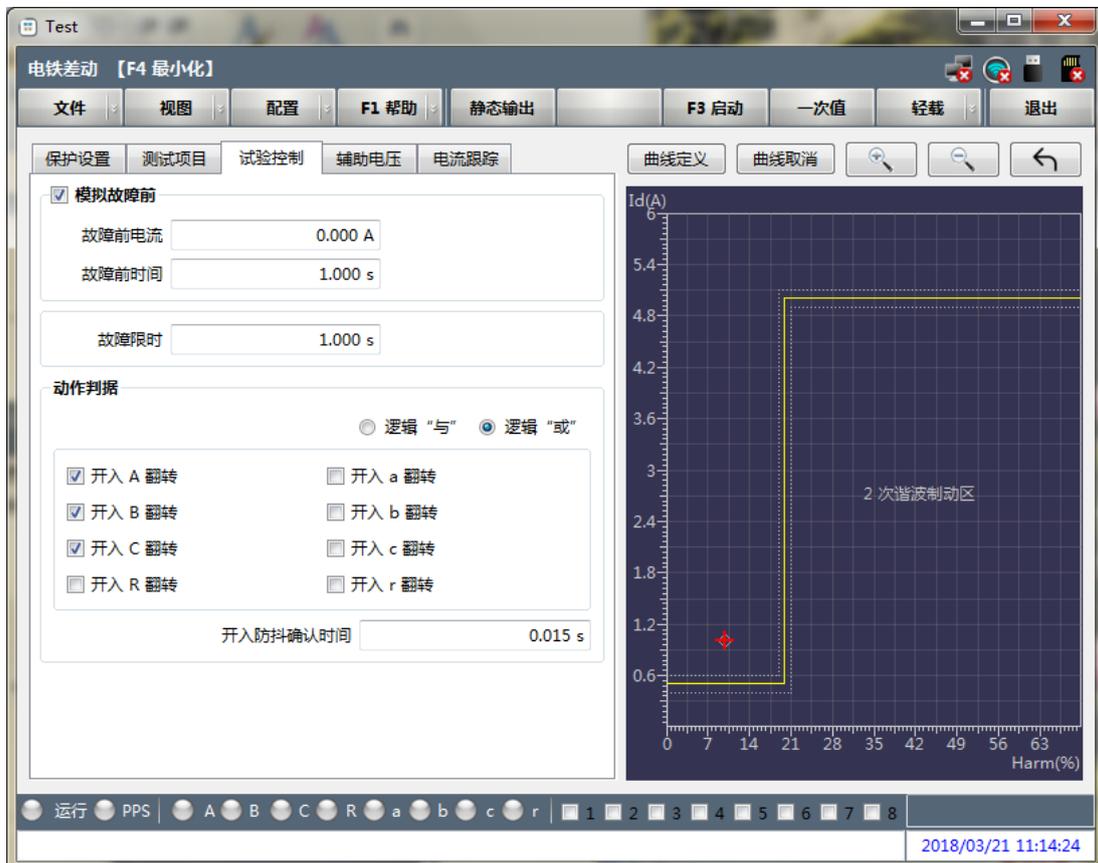
## 2-2. 谐波制动：定点测试

用于对指定点 (Id, Ixb%) 的验证性测试，确定该谐波含量



- **测试相别：**  
类似于故障类型，可模拟不同的差动组合。  
对于分相差动，程序提供了 3 种测试相别：A、B、C 相差动；  
对于扩展差动，程序提供了 7 种测试相别：A、B、C 相差动，AB、BC、CA 相差动，ABC 相差动。
- **测试点：**  
选择待验证的测试点 ( $I_d$ ,  $I_{xb}\%$ )。  
可通过“添加”、“删除当前行”、“清空”按钮操作；
- **谐波次数：**  
选择需要测试的谐波次数，如 2 次谐波、3 次谐波 ... 20 次谐波等。
- **谐波角度：**  
设置待叠加谐波的角度。
- **谐波施加侧：**  
试验时，谐波电流的叠加侧，可选择 I1 侧或 I2 侧。
- **系统基波频率 Fre**  
谐波制动试验中，电压电流的基波频率；

## 试验控制



- **故障前**

- ◆ **故障前电流:**

- 故障前电流输出，一般设为 0A;

- ◆ **故障前时间:**

- 故障前状态的输出时间，该时间必须保证保护能够可靠复归。一般可取 0.5 秒。

- **故障限时:**

故障电流的最大输出时间，该时间必须大于保护的動作时间，以保证保护能可靠动作。

差动保护通常为速动，故障限时一般可取为 0.5 秒。

注：如果继电器无法长时间通大电流，建议在保证保护动作时间的前提下，尽可能地延长故障前时间，减小故障限时。

- **动作判据:**

试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。

- **动作逻辑:**

- “逻辑与”：所选开入量全部满足条件，动作成立；

- “逻辑或”：所选开入量任何一个满足条件，动作成立；

- 如果只选中一个开入量，则“逻辑与”和“逻辑或”的效果相同。

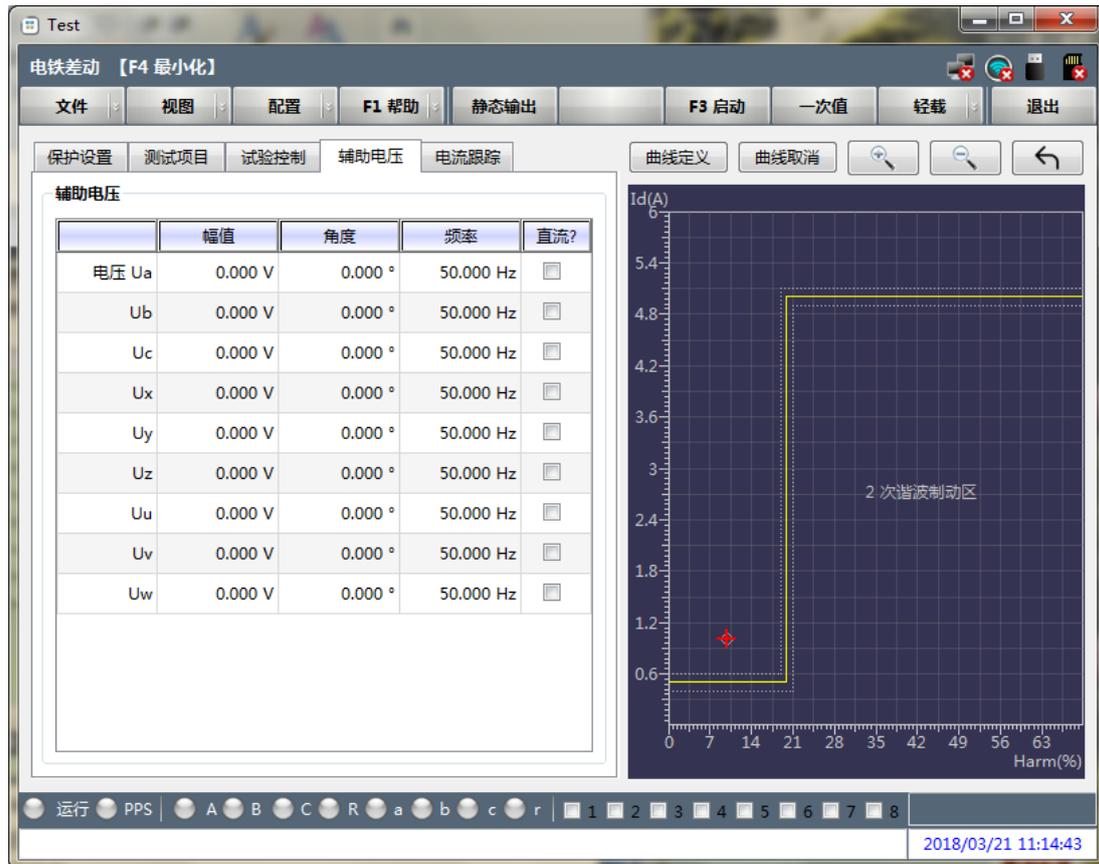
- **开入 A, B, C, R, a, b, c, r:**

- 打“√”者表示被选中参与翻转判断；

- **开入防抖确认时间:**

- 为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

## 辅助电压：

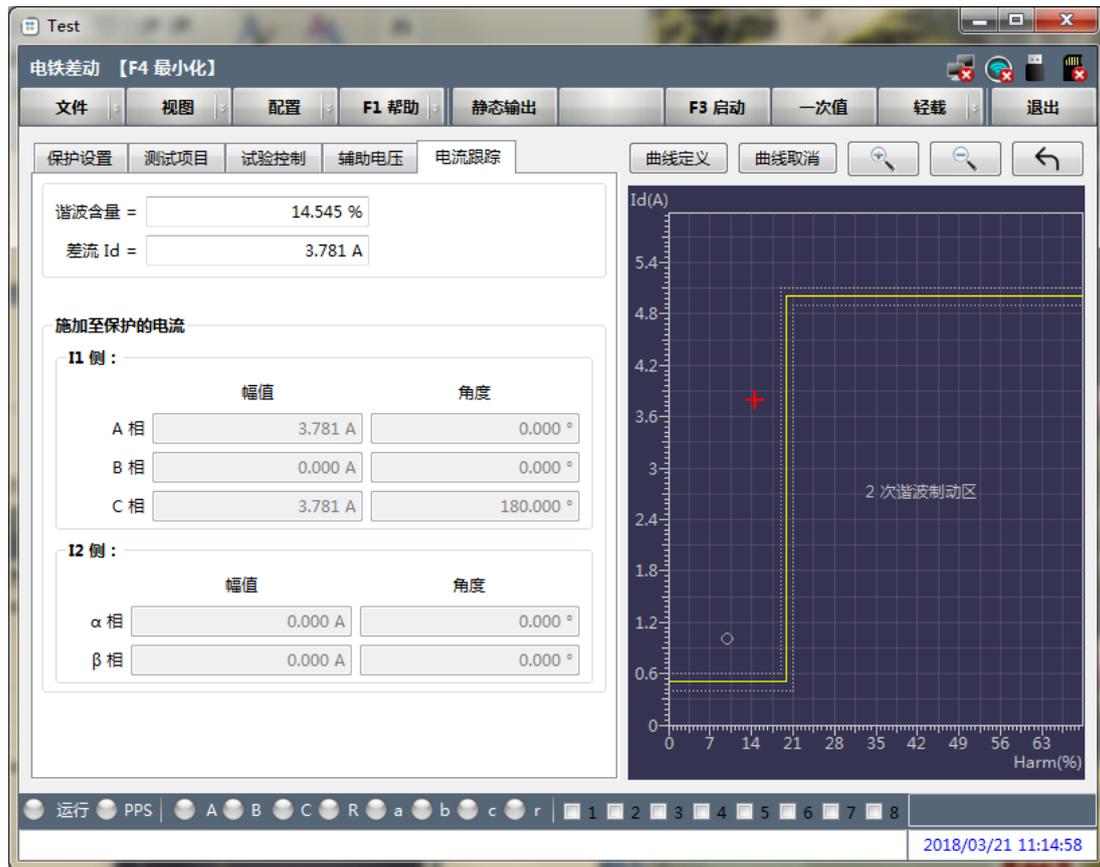


- 电压 Ua、Ub、Uc、Ux、Uy、Uz、Uu、Uv、Uw：

试验过程中如果需要辅助的电压输出的幅值、角度和频率（或直流），则在此配置。辅助电压在整个试验过程中保持不变。

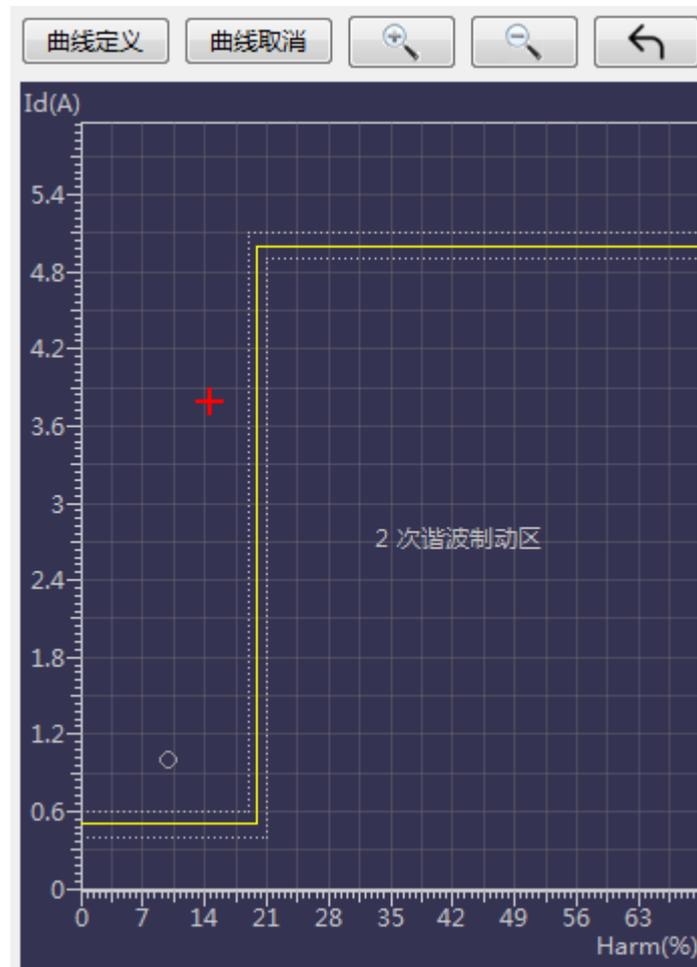
## 电流跟踪

试验过程中实时跟踪并显示电流的输出情况。



## 右视图

测试窗口的右视图用于设置和显示预定义的各种差动或制动特性曲线，以及测试结果等。



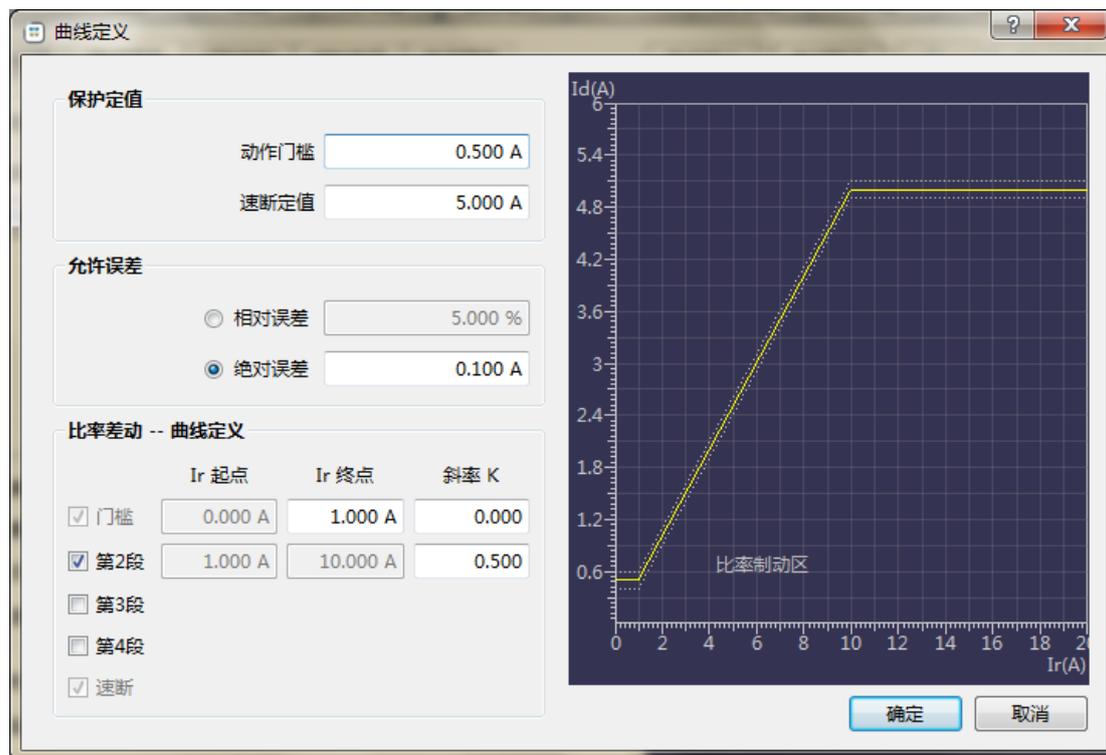
右上方各种按钮（如下图所示），用于曲线设置和操作等。



- ✧ 曲线定义/曲线取消：  
用来定义，或取消，差动保护的各种特性曲线。
- ✧ 曲线操作：  
对各种特性曲线进行放大、缩小、还原等操作，以方便查看。

● **曲线定义：**

选择“曲线定义”菜单项，弹出“特性曲线定义”对话框，如下图所示：



◇ **动作门槛：**

比率差动保护的启动电流整定值。

◇ **速断定值：**

差动速断保护的启动电流整定值。

◇ **允许误差：**

边界的允许误差，据此程序可确定出边界特性曲线的允许浮动范围（如虚线所示），可以根据需要选择相对误差还是绝对误差。

◇ **比率差动—特性曲线定义：**

根据保护的比率制动特性曲线确定曲线的段数，设置各段的 Ir 终点（即拐点）和斜率（即比率制动系数）。

◇ **谐波制动—特性曲线定义：**

设置谐波定值和定值允许误差。

● **曲线取消：**

取消预定义的差动保护特性曲线；

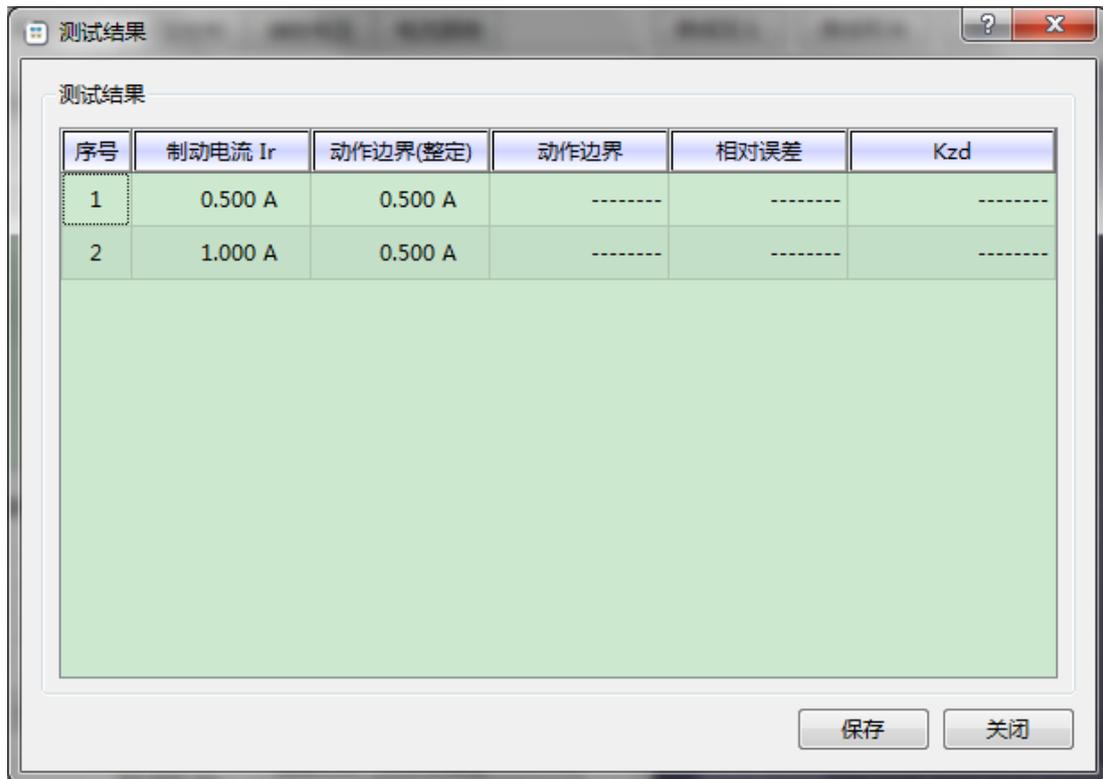
注：如果没有进行曲线定义，为保证测试结果的正确性，建议选择“曲线取消”。

● **曲线操作：**

◇ **放大、缩小：**放大或缩小显示特性曲线；

◇ **复原：**恢复特性曲线的初始显示方式；

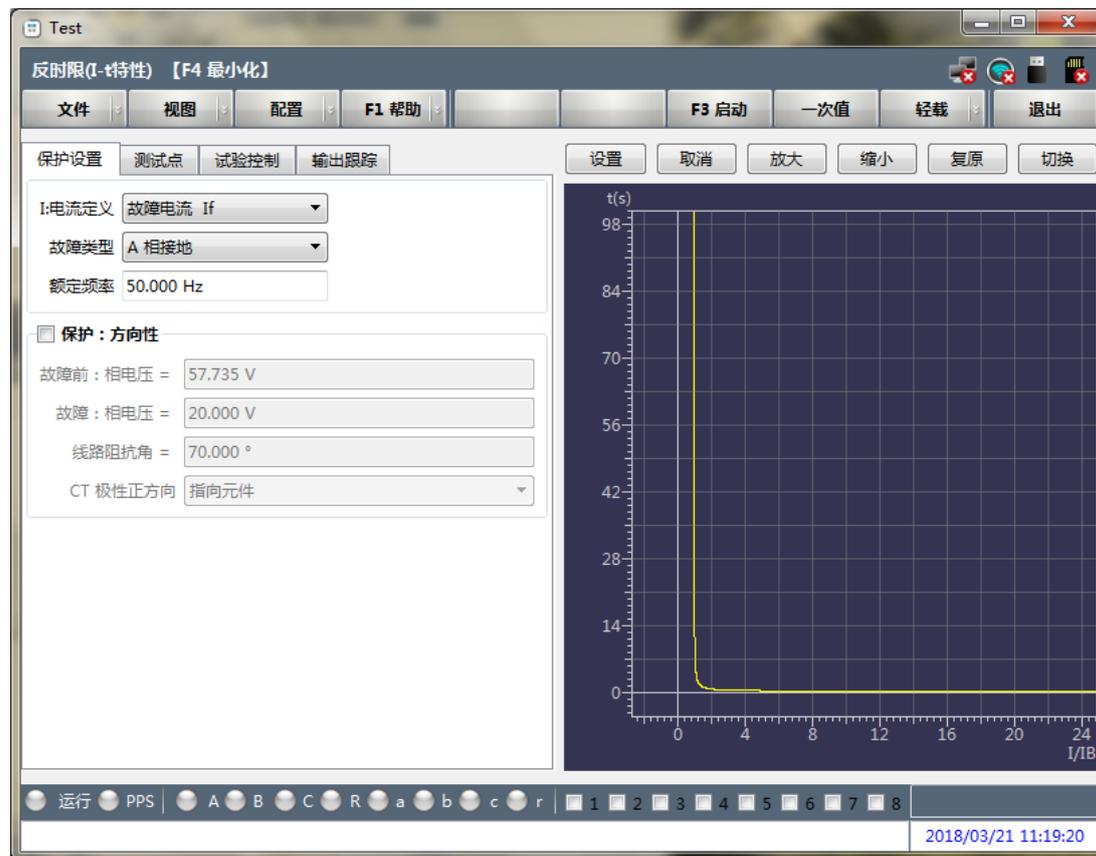
## 测试结果



序号	制动电流 Ir	动作边界(整定)	动作边界	相对误差	Kzd
1	0.500 A	0.500 A	-----	-----	-----
2	1.000 A	0.500 A	-----	-----	-----

对不同的测试项目，有不同的“测试结果”显示，用于查看差动保护的動作时间、動作边界 Id、比率制动系数 Kzd 等等。

## 2.16 反时限 (I-t 特性)



### 简介

本菜单主要用于反时限过电流继电器的  $I(t)$  动作特性测试，包括

- ✧ 方向过流，或，无方向过流继电器；
- ✧ 负序过流；
- ✧ 零序过流；

程序提供了多种反时限特性曲线的预定义功能，包括 IEC 特性、IEEE 特性、IAC 特性、I2T 特性，以及自定义特性等；

### 测试窗口

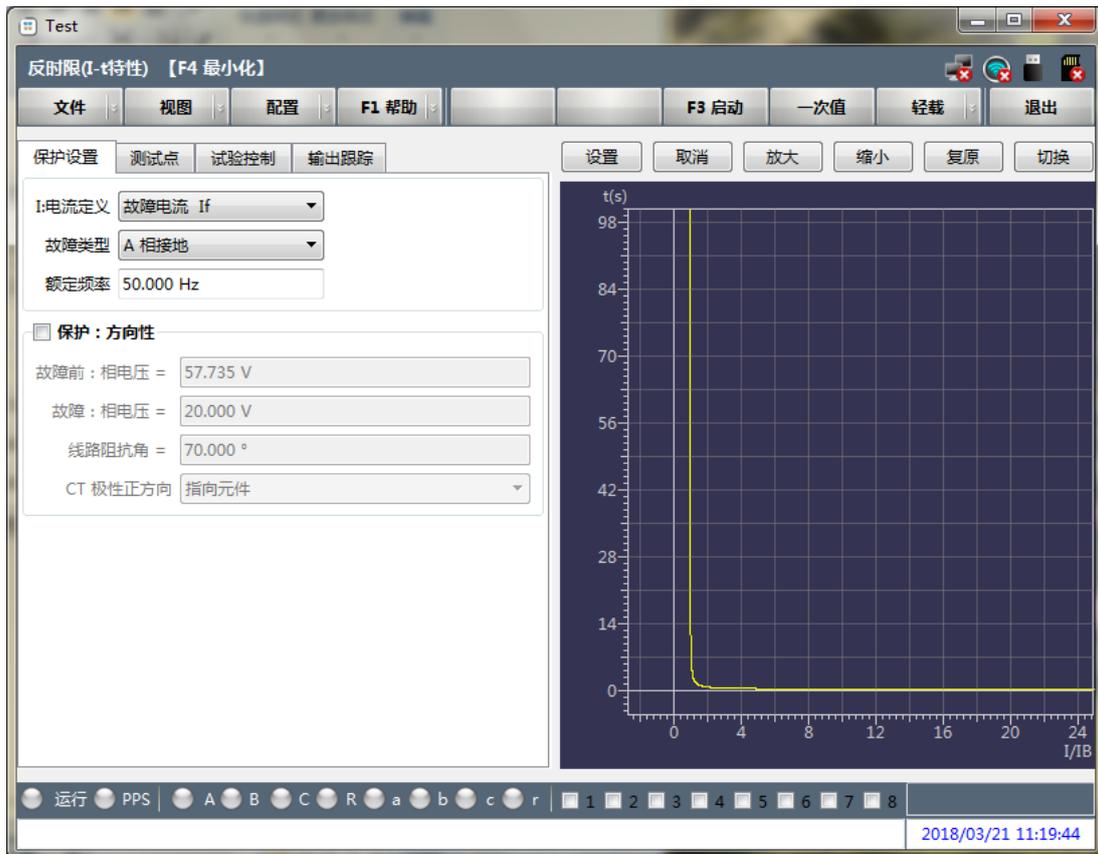
测试窗口用于试验参数设置；

I-t 特性的测试窗口包括 4 个属性页和 1 个右视图：

- ✧ 保护设置：根据待测保护的的特性，设置电流的定义，包括有无方向性等；
- ✧ 测试点：设置测试点；
- ✧ 试验控制：试验控制参数，包括故障前状态及故障限时、动作接点设置等；
- ✧ 输出跟踪：跟踪试验过程中测试仪的各相电压电流输出；

右视图用于设置和显示预定义的各种 I-t 特性曲线，以及测试结果等。

## 保护设置



- **I: 电流定义:**

根据待测保护的特性，选择合适的电流定义。

程序提供了 4 种定义方式：

- ✧ 故障电流  $I_f$ ：用于方向过流和无方向过流 I-t 特性测试；
- ✧ 负序电流  $I_2$ （或  $3I_2$ ）：用于负序过流 I-t 特性测试；
- ✧ 零序电流  $3I_0$ ：用于零序过流 I-t 特性测试；
- ✧ 单路电流：用于单路电流 I-t 特性测试；

- **故障类型:**

对于不同的“电流 I 定义”，故障类型有所不同；

配合电流定义，决定了试验过程中的电流输出方式。

- **额定频率:**

测试仪在试验过程中所输出的电压、电流的频率；

- **有无方向性:**

待测保护是否带方向性；

打“√”表示有方向性；

（以下参数仅对保护带方向性有效；）

- **故障前相电压:**

故障前相电压值，一般取额定电压，保证保护可靠复归；

- **故障相/线电压：**

故障时的相（或线）电压值，以提供可靠的方向性判据；

- **线路阻抗角：**

故障时的线路阻抗角，决定了故障后的电压和电流之间的相角差；

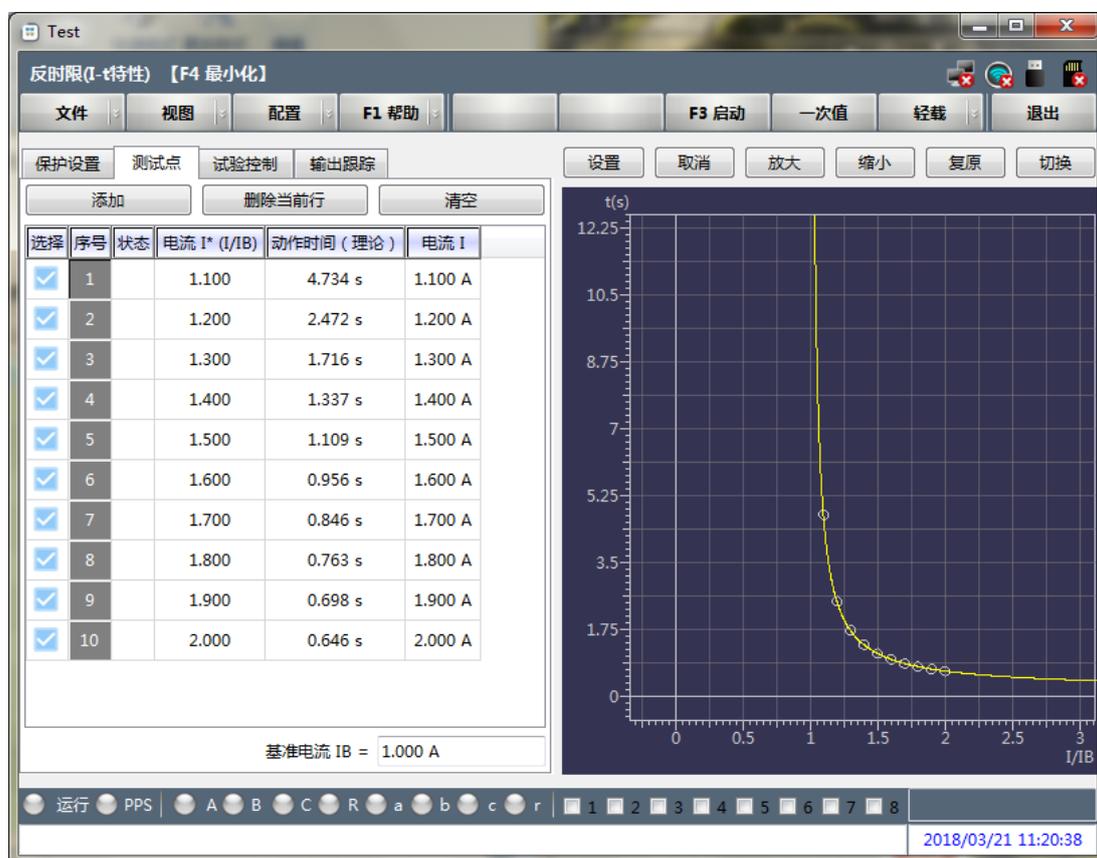
- **CT 极性正方向：**

保护 CT 极性的正方向；

CT 极性指向线路（元件）为正：电流从母线流向线路为正；

CT 极性指向母线为正：电流从线路流向母线为正；

## 测试点



- **测试点：**

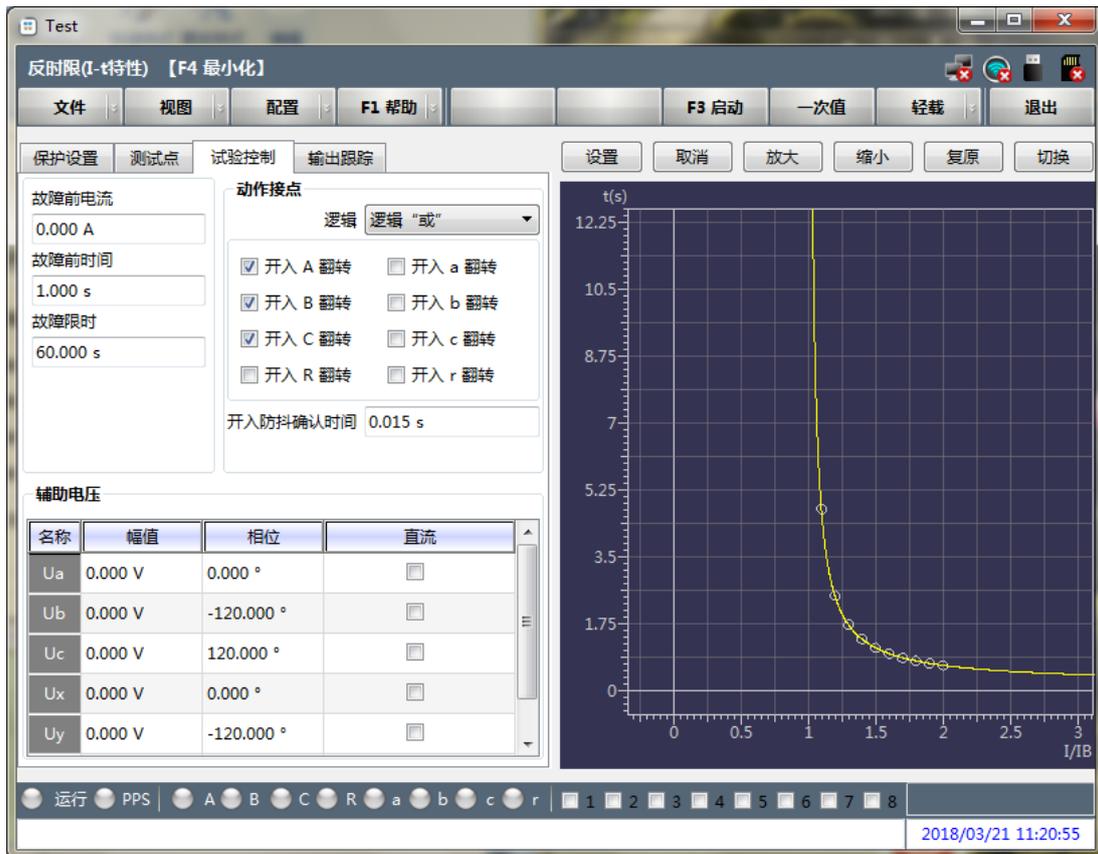
选择电流 I 的测试点，其对应的动作时间待测。

可通过“添加”、“删除当前行”、“清空”按钮操作；

- **基准电流 IB：**

电流基准，主要用于电流标幺值 I\* 和 有名值 I(A) 之间的换算；

## 试验控制



- **故障前电流:**  
故障前电流。一般取 0;
- **故障前时间:**  
故障前状态的输出时间。  
进入下一个电流测试点之前，为了保证保护的可靠复归（或继电器的可靠返回），需要输出一定时间的故障前状态；  
故障前状态由“电流 I 的定义”以及保护是否有方向性决定；
- **故障限时:**  
每一个电流测试点的最大输出限时。  
一般地，“故障限时”应大于继电器 I-t 特性中所可能出现的最长动作时间；
- **动作接点:**  
试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。
  - **动作逻辑:**  
“逻辑与”：所选开入量全部满足条件，动作成立；  
“逻辑或”：所选开入量任何一个满足条件，动作成立；  
如果只选中一个开入量，则“逻辑与”和“逻辑或”的效果相同。
  - **开入 A, B, C, R, a, b, c, r:**

打“√”者表示被选中参与翻转判断；

- **开入防抖确认时间：**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

- **辅助电压：**

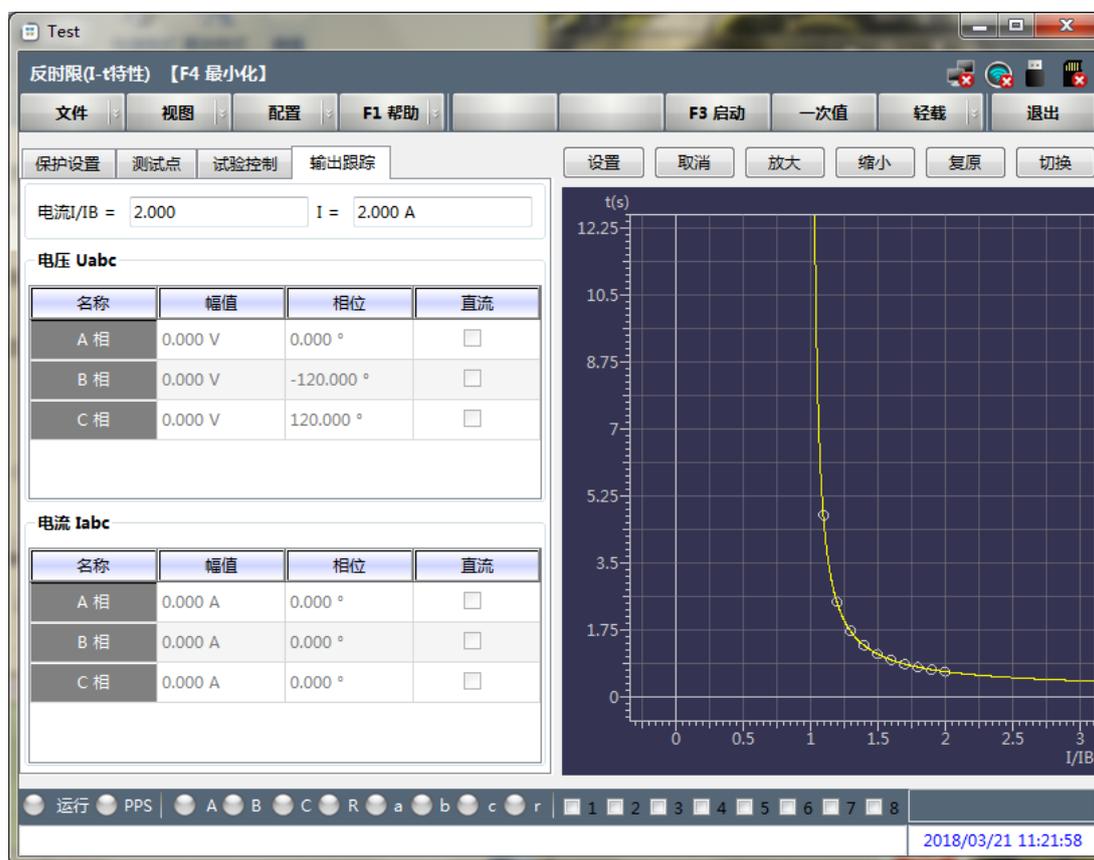
试验过程中如果需要辅助的电压输出（交流或直流），则在此配置。

辅助电压在整个试验过程中保持不变。

注：当保护带有方向性时，电压  $U_{abc}$  的输出由程序控制，用户不能再选其为辅助电压；

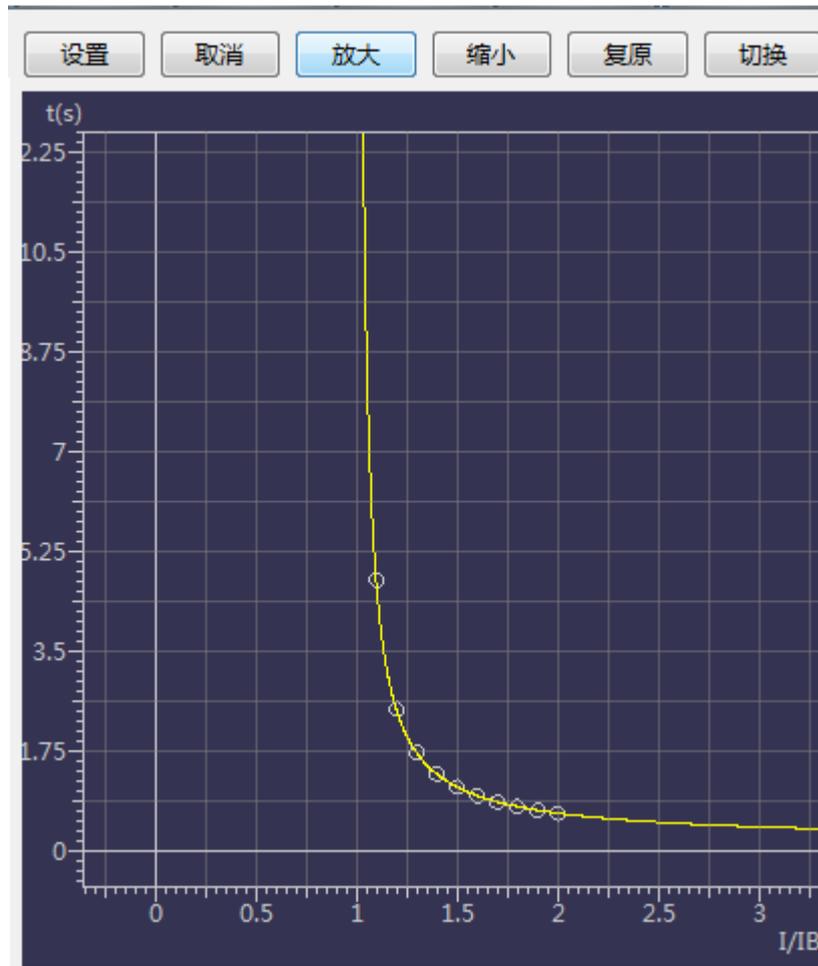
## 输出跟踪

试验过程中实时跟踪并显示当前的电流测试点（标么值  $I/I_B$ 、有名值  $I$ ），以及施加至保护的各相电流、电压值。



## 右视图

测试窗口的右视图用于设置和显示预定义的 I-t 特性曲线。



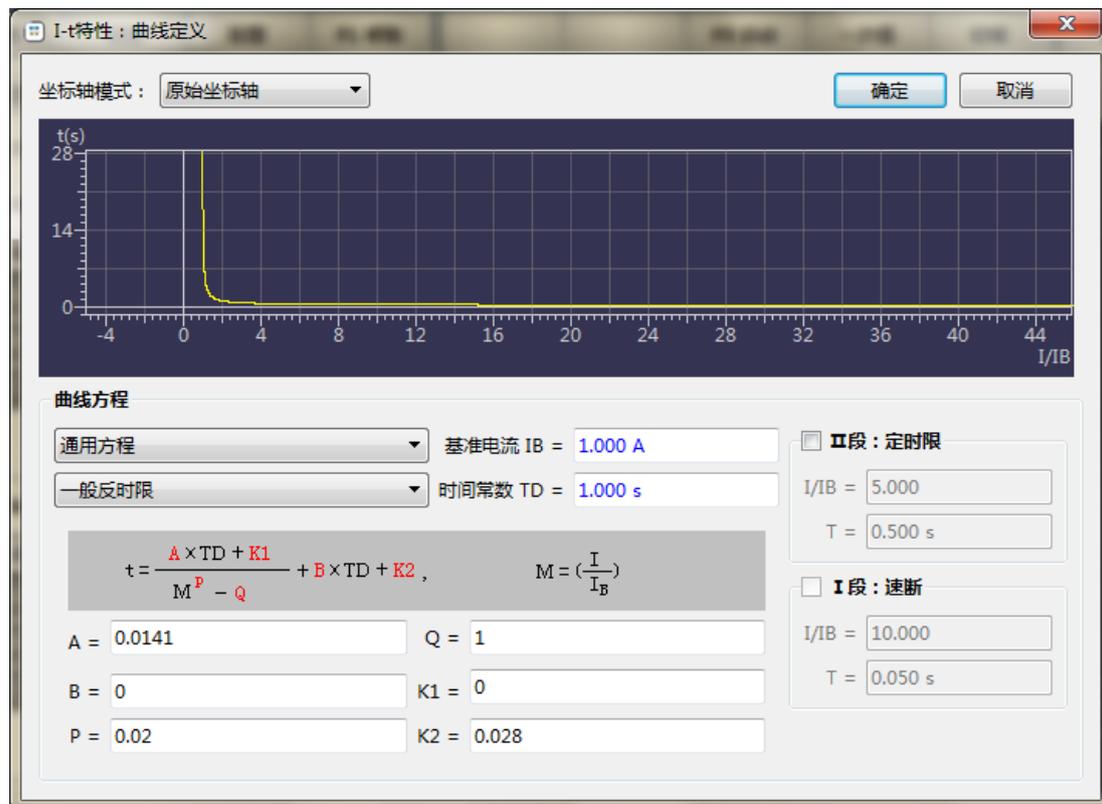
在右视图上方操作相关的功能键（如下图所示），用于曲线设置。



- ✧ 曲线定义/曲线取消：  
用来定义，或取消， $I-t$  反时限特性曲线。
- ✧ 曲线操作：  
对各种特性曲线进行放大、缩小、漫游等操作，以方便查看。

● **设置（曲线定义）：**

选择“曲线定义”菜单项，弹出“I-t 特性—曲线定义”对话框，如下图所示：



◇ **坐标轴模式：**

I-t 特性曲线使用的坐标轴模式：对数坐标轴（Log10）或原始坐标轴。

◇ **曲线方程：**

I-t 特性曲线所用的方程设置；

程序提供了多种预定义的特性方程，包括 IEC 方程、IEEE 方程、IAC 方程、I2T 方程、自定义曲线等。

◇ **基准电流 IB：**

设置 I-t 特性方程中的基准电流值 IB；

◇ **时间常数 Ip：**

设置 I-t 特性方程中的时间常数 Ip；

◇ **II 段：定时限：**

◇ **I 段：速断：**

如果 I-t 特性测试需要和保护的定时限或速断段配合，则选中相应的“√ 应用”后，设置保护的相应定值；

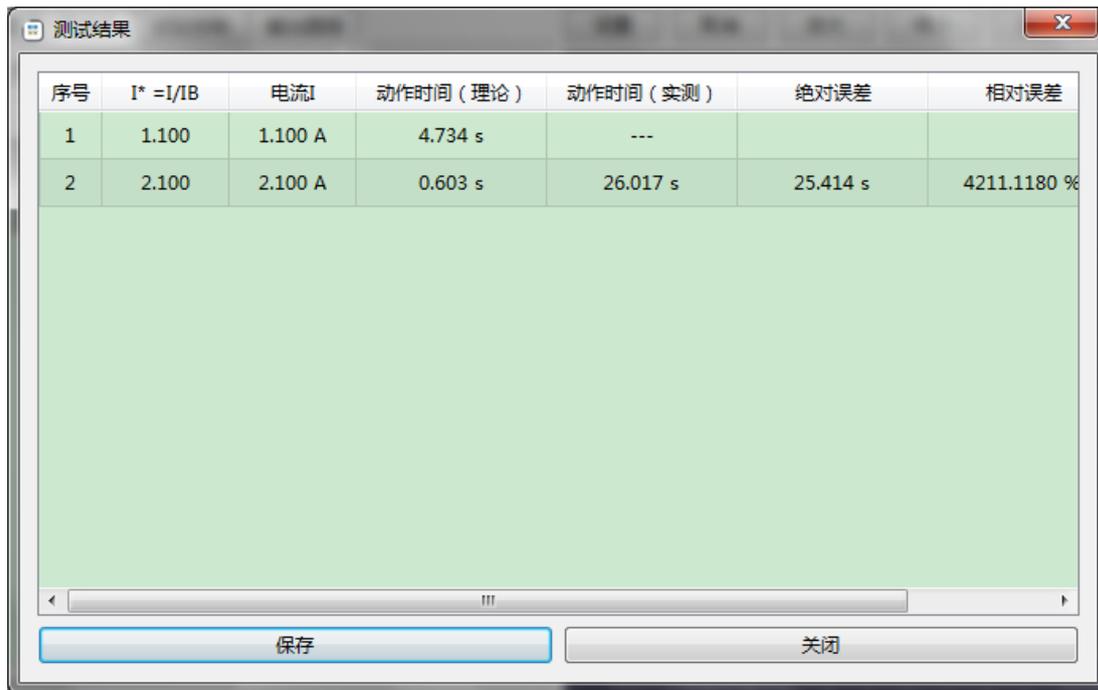
● **曲线取消：**

取消预定义的 I-t 特性曲线；

● **曲线操作：**

- 1、放大、缩小：放大或缩小显示特性曲线；
- 2、复原：恢复特性曲线的初始显示方式；
- 3、切换：对数坐标轴（Log10）与原始坐标轴之间的切换。

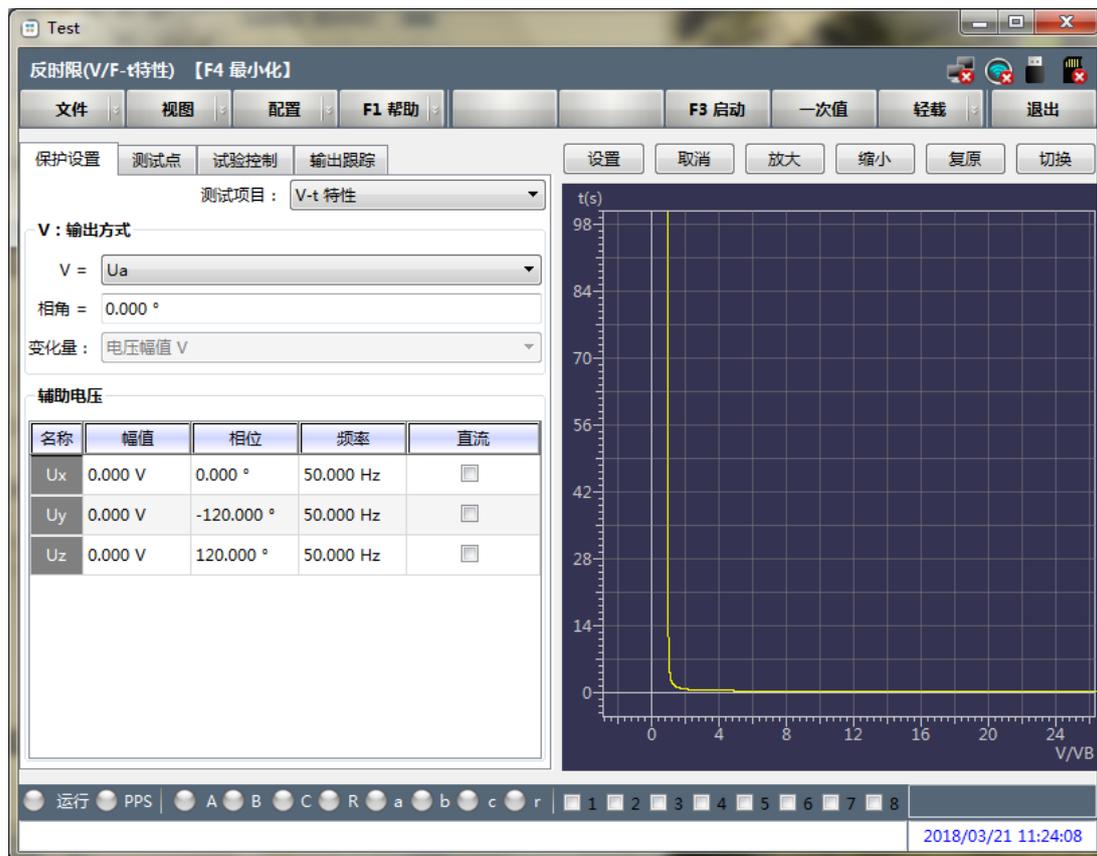
## 测试结果



序号	$I^* = I/I_B$	电流I	动作时间(理论)	动作时间(实测)	绝对误差	相对误差
1	1.100	1.100 A	4.734 s	---		
2	2.100	2.100 A	0.603 s	26.017 s	25.414 s	4211.1180 %

试验过程中，测试仪根据接点的翻转，记录保护的動作和返回值结果；

## 2.17 反时限 (V/F-t 特性)



### 简介

本菜单主要用于电压或频率类型的反时限继电器特性测试，包括

- ✧ 电压继电器的 V-t 特性；
- ✧ 频率继电器的 F-t 特性；
- ✧ 过激磁保护的 V/F-t 特性；

程序提供了多种反时限特性曲线的预定义功能，包括 IEC 特性、IEEE 特性、IAC 特性、ANSI 特性，以及自定义特性等；

### 测试窗口

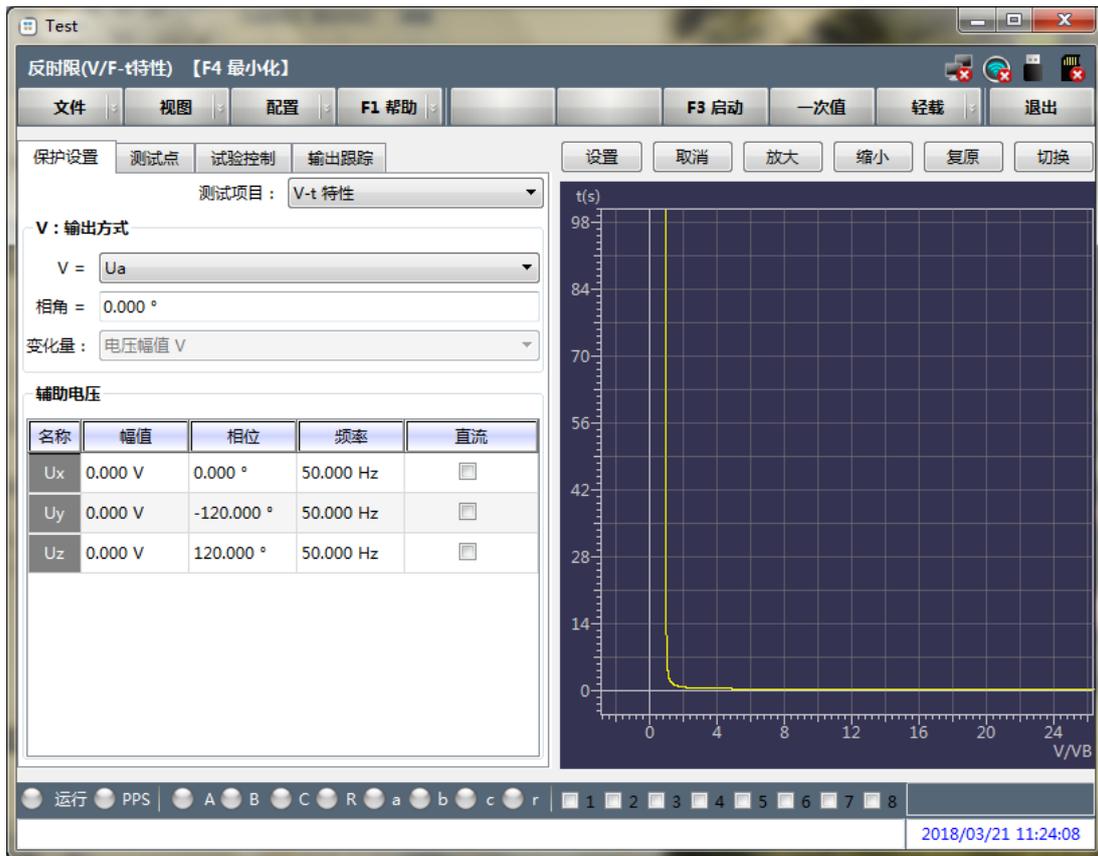
测试窗口用于试验参数设置；

V-t 特性的测试窗口包括 4 个属性页和 1 个右视图：

- ✧ 保护设置：根据待测保护的特性，选择测试项目及电压的输出方式等；
- ✧ 测试点：设置测试点；
- ✧ 试验控制：试验控制参数，包括故障前状态及故障限时、动作接点设置等；
- ✧ 输出跟踪：跟踪试验过程中测试仪的各相电压输出；

右视图用于设置和显示预定义的各种 V-t、F-t、V/F-t 特性曲线，以及测试结果等。

## 保护设置



- **测试项目:**

程序提供了 3 种测试项目，包括：V-t 特性，F-t 特性，V/F-t 特性；

- **V 输出方式:**

试验过程中，电压 V 的输出方式。

程序提供了 9 种输出方式，包括

- ✧ Ua、Ub、Uc；
- ✧ Uab、Ubc、Uca；
- ✧ Uabc（正序）；
- ✧ Uabc（负序）；
- ✧ Uabc（零序）；

如果 V-t 试验时的电压较大，建议选择 Uab、Ubc 或 Uca 线电压方式输出，试验过程中，两相的电压相位自动调整为反 180°；

- **相角:**

试验过程中，电压输出的相位角（绝对相位）；

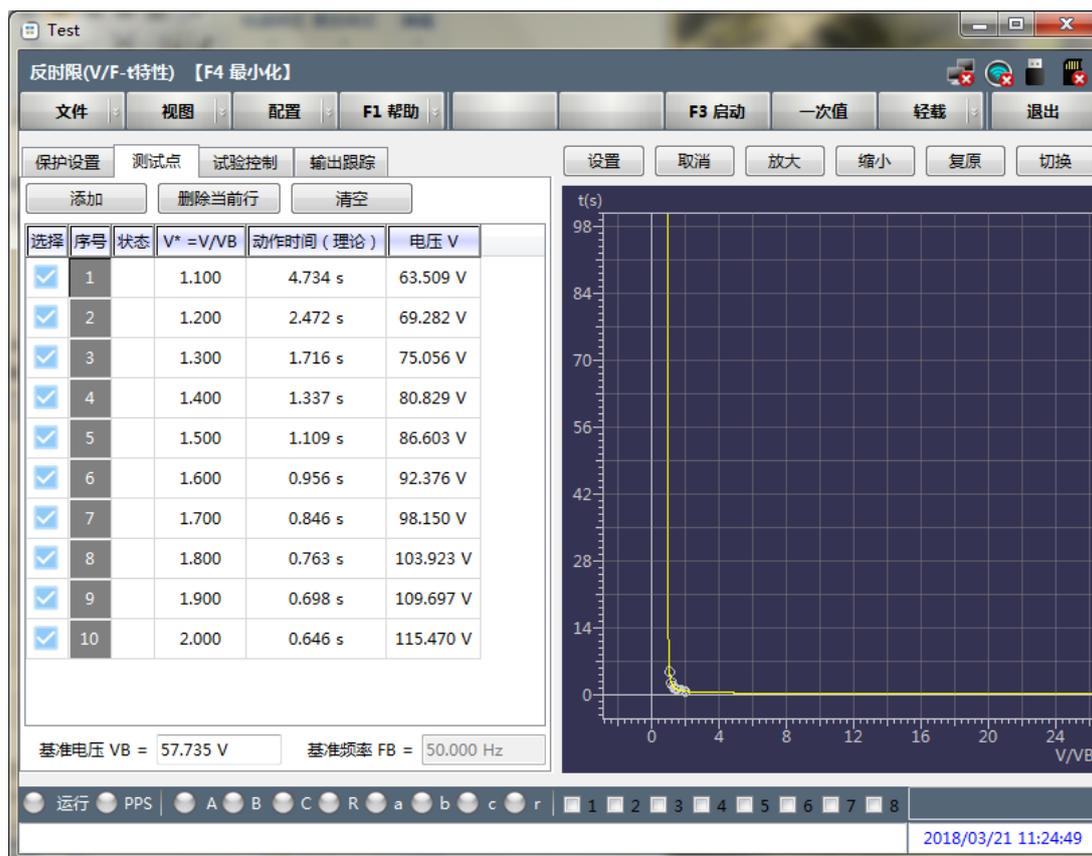
- **变化量:**

根据测试项目的选择，确定试验过程中的变化量。如：

- ✧ V-t 特性测试时，变化量为电压幅值 V；

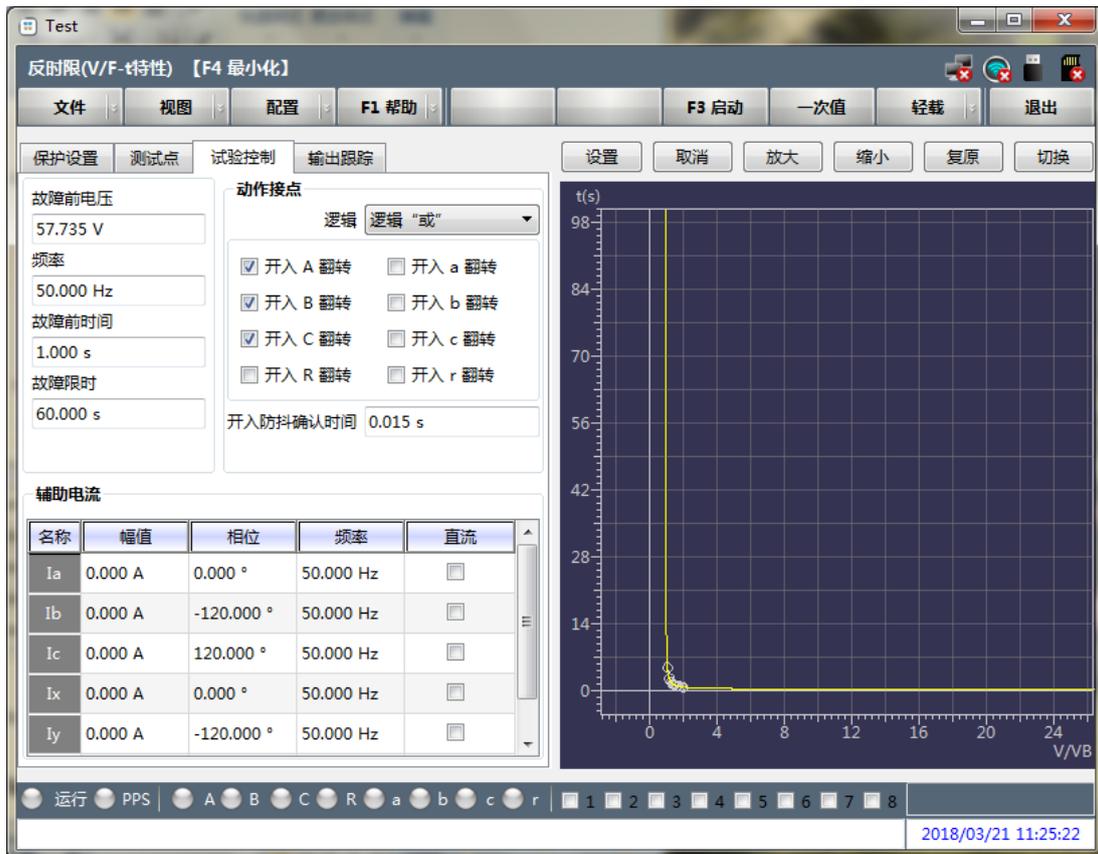
- ◇ F-t 特性测试时，变化量为电压频率 F；
- ◇ V/F-t 特性测试时，变化量由用户设置，另一个固定为基准值；
- **辅助电压：**  
 试验过程中如果需要辅助的电压输出（交流或直流），则在此配置。  
 辅助电压在整个试验过程中保持不变。

## 测试点



- **测试点：**  
 选择电压  $V$  的测试点，其对应的动作时间待测。  
 可通过“添加”、“删除当前行”、“清空”按钮操作；
- **基准电压 VB：**  
 电压基准，主要用于标么值  $V^*$ 、 $V^*/F^*$  和 有名值  $V(V)$ 、 $V/F$  之间的换算；
- **基准频率 FB：**  
 频率基准，主要用于标么值  $V^*$ 、 $V^*/F^*$  和 有名值  $V(V)$ 、 $V/F$  之间的换算；

## 试验控制



- **故障前电压:**  
故障前电压。一般取 57.735V，以保证保护复归；
- **频率:**  
测试仪在整个试验过程中所输出的电压、电流频率；
- **故障前时间:**  
故障前状态的输出时间。  
进入下一个电压测试点之前，为了保证保护的可靠复归（或继电器的可靠返回），需要输出一定时间的故障前状态；  
故障前状态由“电压 V 的定义”决定；
- **故障限时:**  
每一个电压测试点的最大输出限时。  
一般地，“故障限时”应大于继电器特性测试中所可能出现的最长动作时间；
- **动作接点:**  
试验时，程序将根据动作接点的设置确定保护是否动作或返回。
  - **动作逻辑:**  
“逻辑与”：所选开入量全部满足条件，动作成立；  
“逻辑或”：所选开入量任何一个满足条件，动作成立；

如果只选中一个开入量，则“逻辑与”和“逻辑或”的效果相同。

- **开入 A, B, C, R, a, b, c, r:**

打“√”者表示被选中参与翻转判断；

- **开入防抖确认时间:**

为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。

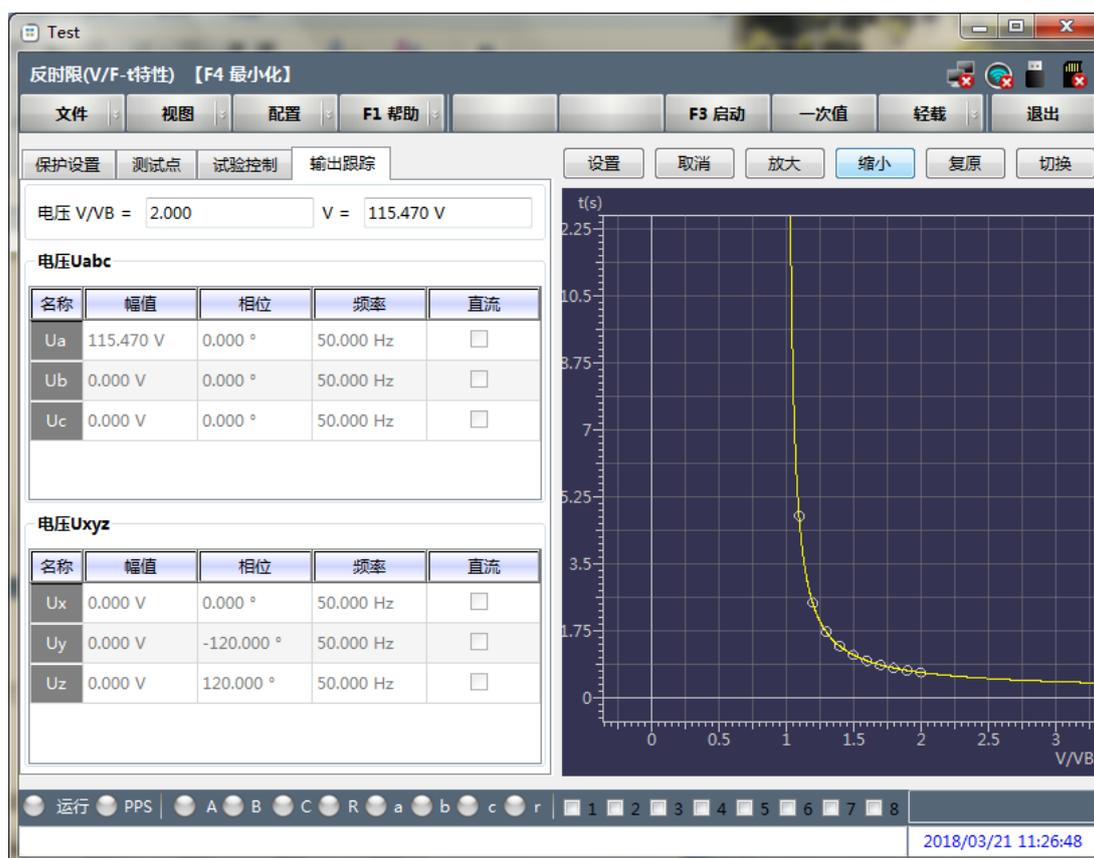
- **辅助电流:**

试验过程中如果需要辅助的电流输出（交流或直流），则在此配置。

辅助电流在整个试验过程中保持不变。

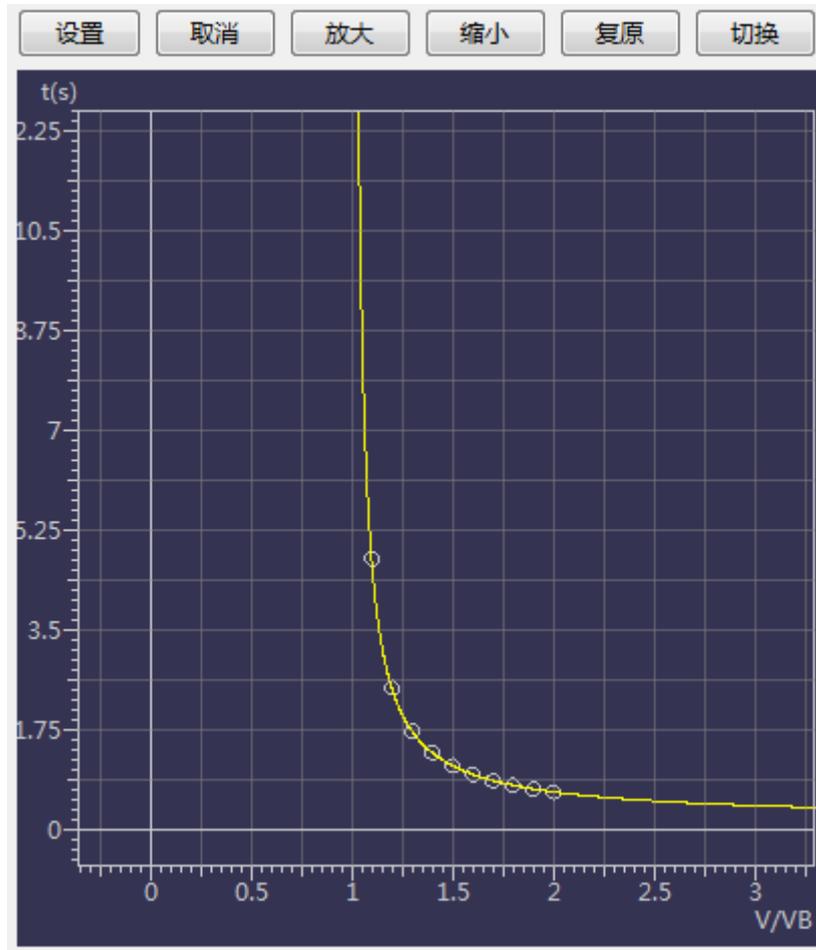
## 输出跟踪

试验过程中实时跟踪并显示当前的 V、F、V/F 测试点（标么值、有名值），以及施加至保护的各相电压值。



## 右视图

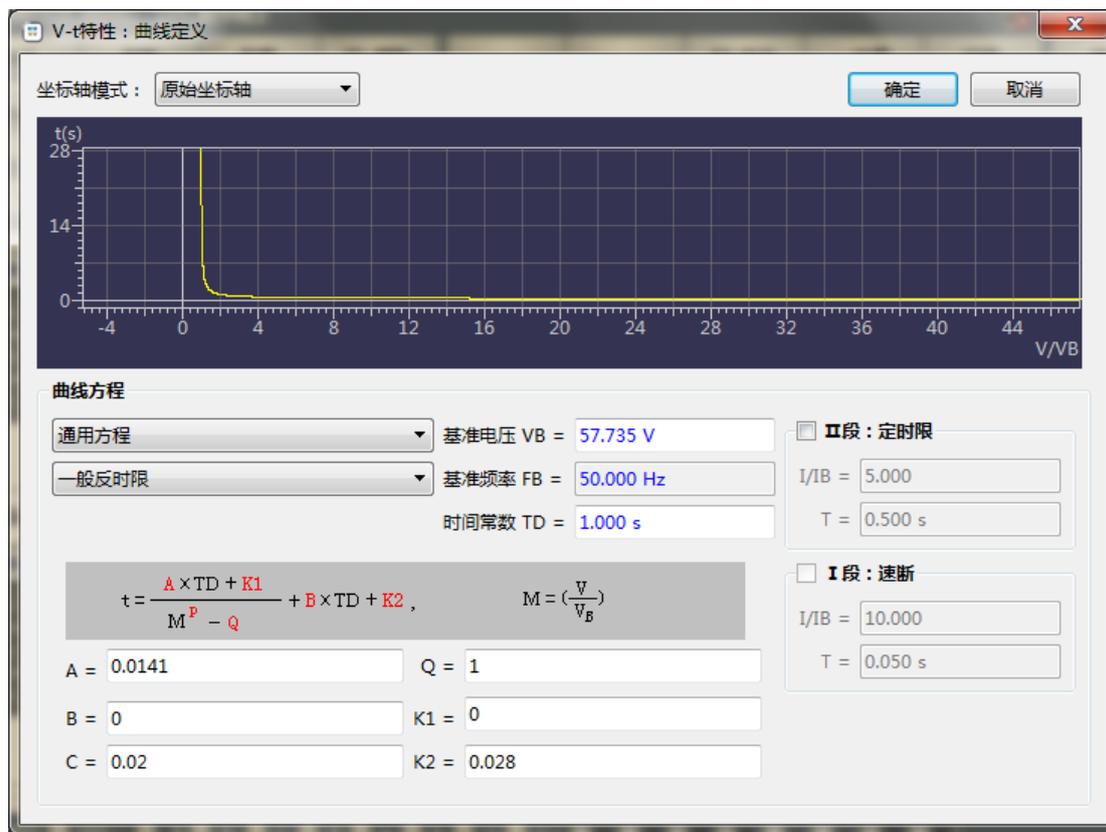
测试窗口的右视图用于设置和显示预定义的 V-t、F-t、V/F-t 特性曲线等。



- ✧ 曲线定义/曲线取消：  
用来定义，或取消，V-t、F-t、V/F-t 特性曲线。
- ✧ 放大/缩小/复原/切换：  
对各种特性曲线进行放大、缩小、漫游等操作，以方便查看。

◇ 曲线定义:

点击“曲线定义”，弹出“V-t 特性—曲线定义”对话框，如下图所示:



◇ 坐标轴模式:

V-t、F-t、V/F-t 特性曲线使用的坐标轴模式: 原始坐标轴或对数坐标轴 (Log10)。

◇ 曲线方程:

特性曲线所用的方程设置;

程序提供了多种预定义的特性方程, 包括 IEC 方程、IEEE 方程、IAC 方程、ANSI 方程、自定义曲线等。

◇ 基准电压 VB:

设置特性方程中的基准电压值 VB;

◇ 基准频率 FB:

设置特性方程中的基准频率值 FB;

◇ 时间常数 TD:

设置特性方程中的时间常数 TD;

◇ II 段: 定时限:

◇ I 段: 速断:

如果特性测试需要和保护的定时限或速断段配合, 则选中相应的“v”后, 设置保护的相应定值;

● 曲线取消:

取消预定义的特性曲线；

- **曲线操作：**

- 1、放大、缩小：放大或缩小显示特性曲线；

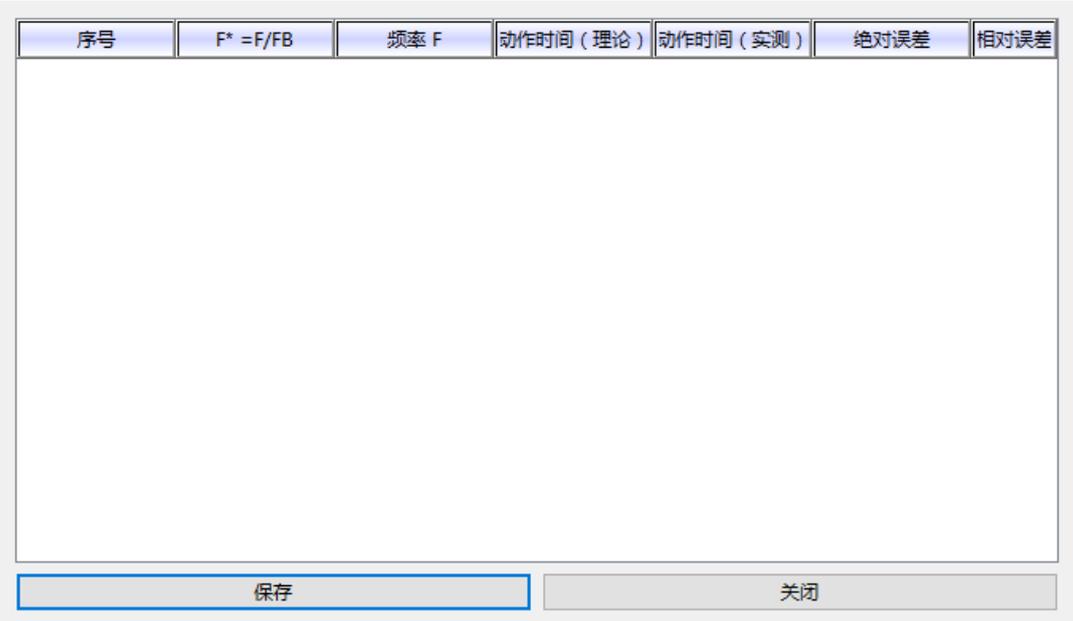
- 2、复原：恢复特性曲线的初始显示方式；

- 3、切换：V-t、F-t、V/F-t 特性曲线使用的坐标轴模式可自由切换成原始坐标轴或对数坐标轴（Log10）模式。

- **添加测试点：**

将当前光标所对应的电压测试点添加到“测试点”页的测试点列表中；

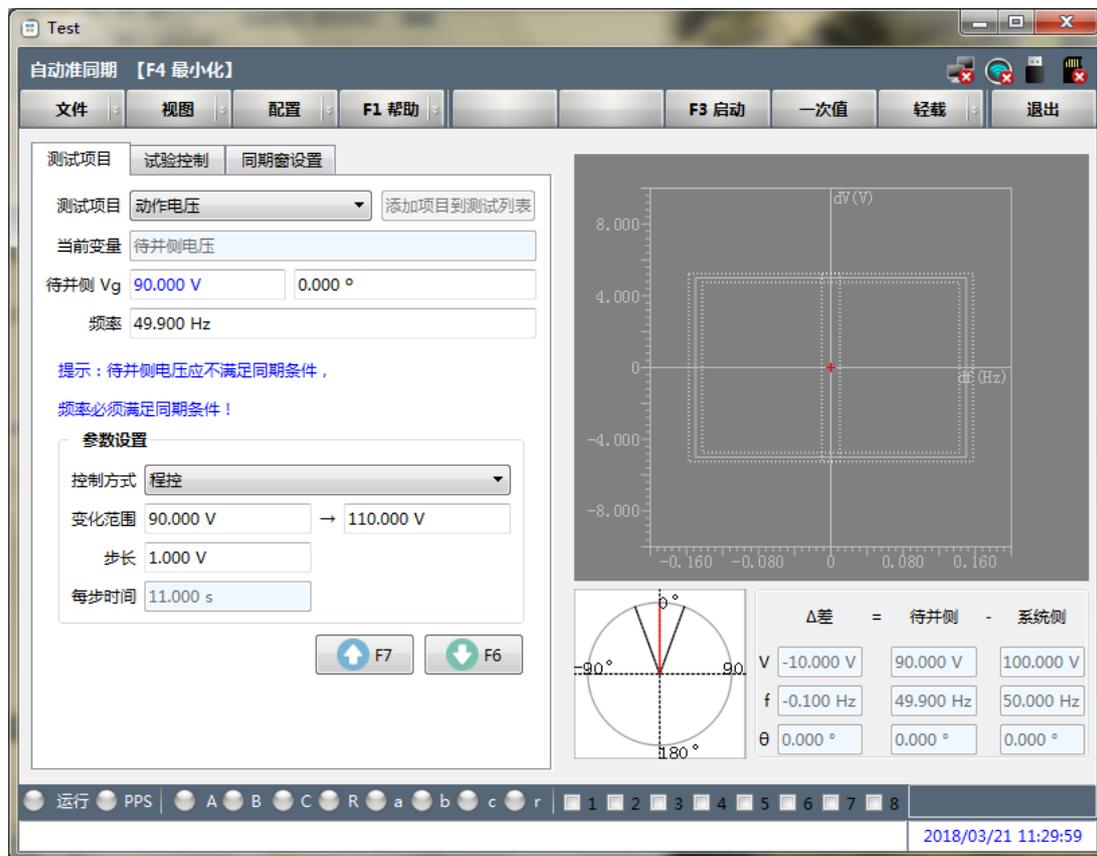
## 测试结果



序号	$F^* = F/FB$	频率 F	动作时间 (理论)	动作时间 (实测)	绝对误差	相对误差
----	--------------	------	-----------	-----------	------	------

在“测试结果”中，可查看各电压测试点对应的保护动作时间（理论值、实际值）。

## 2.18 自动准同期



### 简介

本菜单主要用于同期装置以及同步继电器的特性测试，可完成的测试项目包括：

- ✧ 动作电压、动作频率、动作角度测试；
- ✧ 导前角和导前时间测试；
- ✧ 调压脉宽、调频脉宽测试，自动测量脉宽和周期；
- ✧ 自动调整试验：模拟发电机的合闸过程；

### 测试窗口

测试窗口用于试验参数设置；

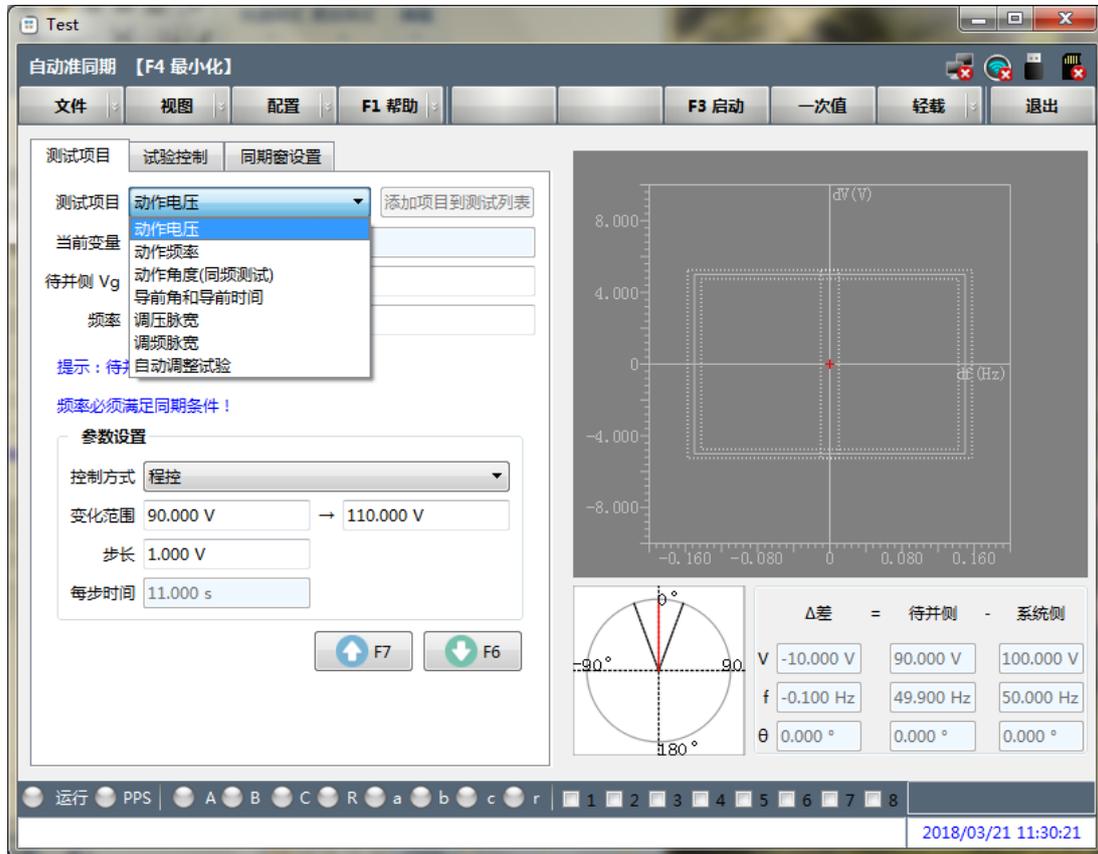
自动准同期的测试窗口包括 3 个属性页和 1 个右视图：

- ✧ 测试项目：选择测试项目，设置待并侧电压参数等；
- ✧ 试验控制：试验控制参数，包括系统侧电压、电压及开入接点的接线方式等；
- ✧ 同期窗设置：同期装置的允许误差设置；

右视图为同期试验的辅助显示区，分别以数字、同步窗和同期表的方式显示试验过程中待并侧电压幅值和频率的变化。

## 测试项目

在整个测试过程中，系统侧的电压  $V_s$  和频率  $f_s$  保持不变，程序根据测试项目的需要调整待并侧变量的大小。当同期条件满足时，同期装置将发出合闸脉冲，测试仪检测到该信号后结束试验，并根据测试项目的要求记录相应的动作值，包括导前角和导前时间。



- **测试项目:**  
程序提供了 7 种测试项目，包括：动作电压、动作频率、动作角度（同频测试）、导前角和导前时间、调压脉宽、调频脉宽，以及自动调整试验；
- **当前变量:**  
根据测试项目的选择，自动确定试验过程中的变化量。
  - ◇ 测试动作电压时，当前变量为待并侧电压  $V_g$  的幅值；
  - ◇ 测试动作频率时，当前变量为待并侧电压的频率  $f_g$ ；
  - ◇ 测试动作角度时，当前变量为待并侧电压的角度；
  - ◇ 其他测试项目无当前变量；
- **待并侧  $V_g$ 、频率  $f_g$ :**  
设置并显示当前的待并侧电压，包括幅值、角度、频率；

以下参数因所选择“测试项目”的不同而有不同的显示：

- **控制方式:**

选择试验过程的控制方式：程控或手控；

- ◇ 程控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由程序控制，用户对试验的干预仅限于通过 STOP 键中止试验。

- ◇ 手控：试验过程中，当前变量的变化过程完全由用户控制，包括按“↑”、“↓”键增加、减小当前变量值等。

程序根据同期装置合闸接点的状态变化，自动记录相应的动作值。

- **变化范围:**

“程控”时有效；

当前变量的变化起点和终点。

变化范围的起点可以大于终点，也可以小于终点，但二者必须能覆盖同期装置的动作值；

- **步长:**

当前变量的变化步长；

根据测试的要求选择合适的大小，一般地，步长越小，测试精度越高；

- **每步时间:**

当前变量按步长变化时，每一步大小的保持时间。

注：为保证“每步时间”大于同期装置的合闸周期，

- ◇ 差频时，每步时间由程序自动计算；

- ◇ 同频时，每步时间由用户自行设置。

- **调压  $dV/dt$ :**

“自动调整试验”有效；

每一次测试仪检测到调压脉冲，自动按给定的滑差调整待并侧电压的幅值；

- **调速  $df/dt$ :**

“自动调整试验”有效；

每一次测试仪检测到调频脉冲，自动按给定的滑差调整待并侧电压的频率；

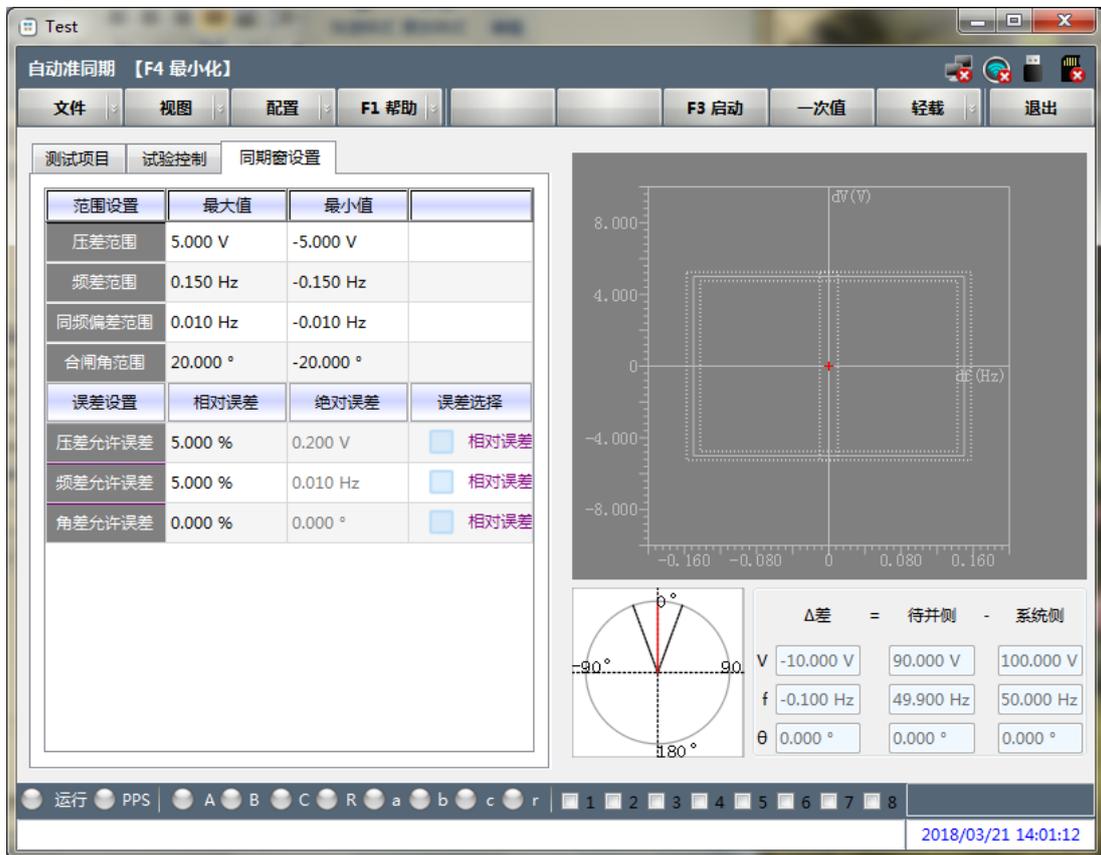
## 试验控制

测试项目	试验控制	同期窗设置
系统侧 $V_s$	100.000 V	0.000 °
频率 $f_s$	50.000 Hz	
系统侧	接测试仪 $U_a$	
待并侧	接测试仪 $U_b$	
系统侧应转角	0.000 °	
<b>开入接点定义</b>		
开入 A	增速 ↑f	
开入 a	减速 ↓f	
开入 B	增压 ↑V	
开入 b	减压 ↓V	
开入 R	合闸接点	
开入防抖确认时间	0.015 s	
<b>开出量控制</b>		
开出 1	接装置“复活”接点	
	-- 试验前闭合	
	-- 试验开始后延时断开	
延时	2.000 s	
	注：“复活”接点闭合位置	

- **系统侧  $V_s$ :**  
设置系统侧电压  $V_s$  的幅值；
- **频率  $f_s$ :**  
设置系统侧电压  $V_s$  的频率；
- **系统侧应转角:**  
当发电机经变压器和系统连接时，为补偿变压器两侧电压的角差，通常需设置转角变压器。  
如果同期装置内部可自动补偿变压器的角差，则需要在此设置系统侧 TV 二次电压应转角；
- **系统侧:**  
设置系统侧电压  $V_s$  和测试仪的连接方式；
- **待并侧:**  
设置待并侧电压  $V_g$  和测试仪的连接方式；
- **开入接点定义:**  
指定测试仪的各开入接点（A，a，B，b，R）与同期装置的连接方式；
  - ✧ 开入 A: 增速 ↑f，同期装置的增速信号接测试仪的开入 A；
  - ✧ 开入 a: 减速 ↓f，同期装置的减速信号接测试仪的开入 a；
  - ✧ 开入 B: 增压 ↑V，同期装置的增压信号接测试仪的开入 B；
  - ✧ 开入 b: 减压 ↓V，同期装置的减压信号接测试仪的开入 b；

- ◇ 开入 R: 合闸接点，同期装置的合闸信号接测试仪的开入 R；  
试验时，程序将根据开入 R 的状态变化确定装置是否合闸。
- ◇ 开入防抖确认时间：  
为了躲开继电器触点的抖动，开入接点的状态保持一个时间（确认时间）后，测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。
- 开出量控制：  
程序为配合同期装置的复位，指定测试仪的开出 1 接同期装置的“复位”接点；  
试验前，程序通过开出 1（闭合）向同期装置发出“复位”信号；  
试验开始后，开出 1 延时断开，同期装置结束复位，进入正常工作状态。

## 同期窗设置



- 同步窗：  
设置同步窗口的大小，包括压差范围、频差范围、同频偏差，以及电压和频率的允许误差等；

### 范围设置：

- 压差范围：  
同步窗口的  $dV$  压差范围；
- 频差范围：

同步窗口的  $df$  频差范围；

- 同频偏差范围：

同步窗口的同频偏差范围（同步窗口内原点左右的纵向虚线）；

- 合闸角范围：

同期表的允许合闸范围（同期表中  $0^\circ$  线左右的实线）；

**误差设置：**

- 压差允许误差：

同步窗口的  $dV$  允许误差（同步窗口上下边界的横向虚线）；

- 频允许误差：

同步窗口的  $df$  允许误差（同步窗口左右边界的纵向虚线）；

- 角差允许误差：

同期表的合闸角范围允许误差（同期表中合闸角边界左右的虚线）；

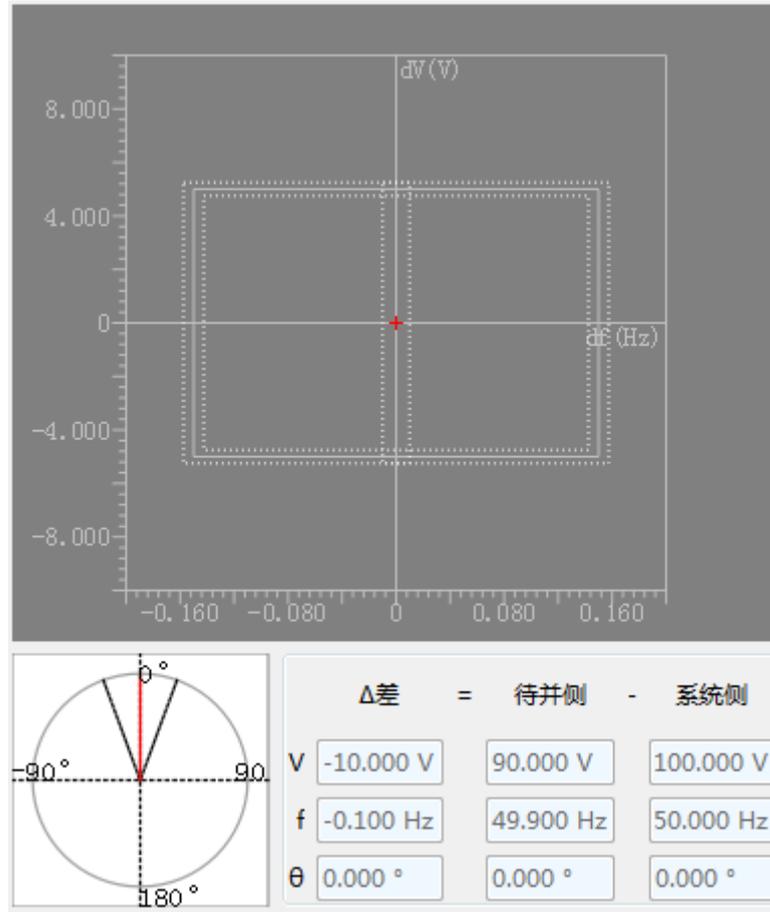
- **同期表：**

- 同期表中  $0^\circ$  线左右的实线表示同期表的允许合闸角范围：

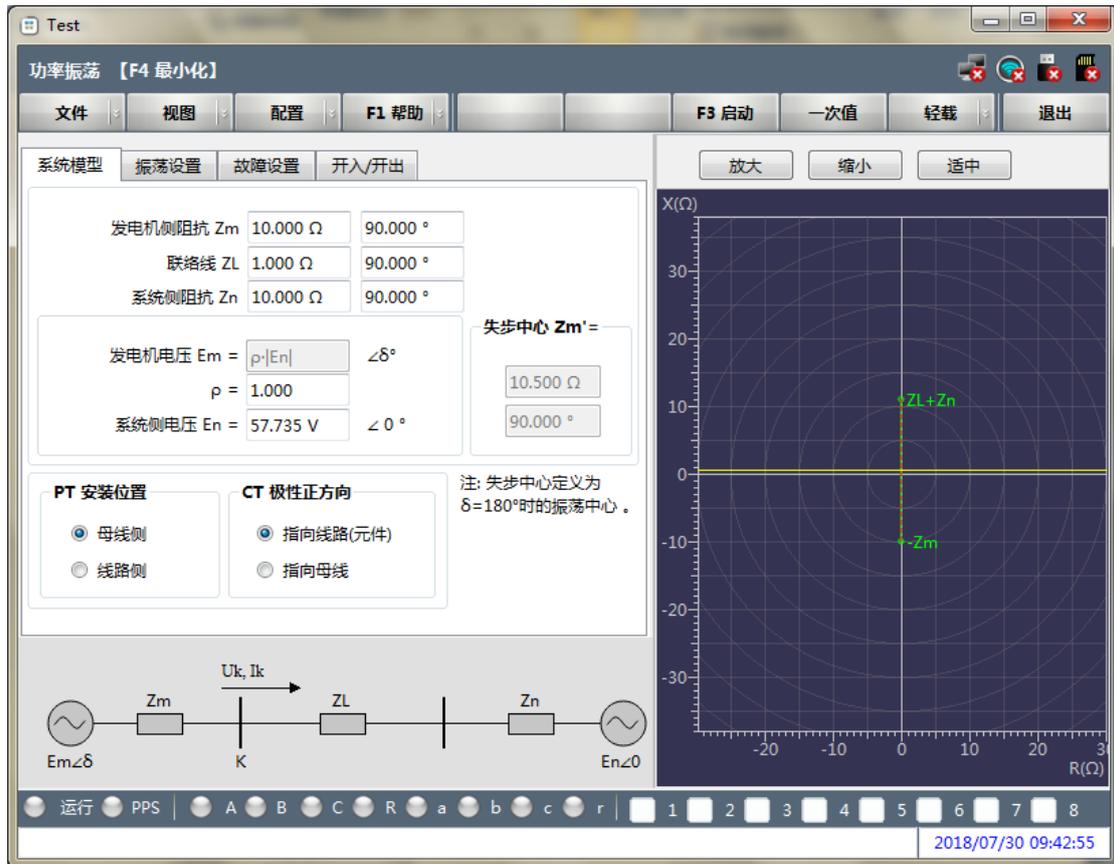
- 同期表中合闸角边界左右的虚线表示同期表的合闸角范围允许误差。

## 右视图

测试窗口的右视图为同期试验的辅助显示区，分别以数字、同步窗和同期表的方式显示试验过程中待并侧电压幅值和频率的变化。

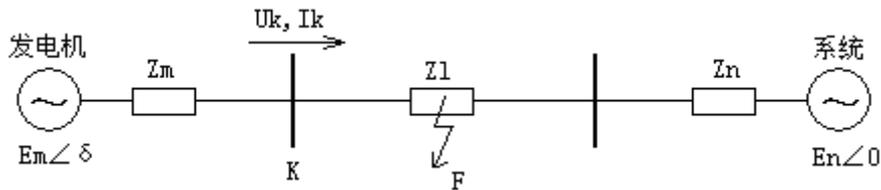


## 2.19 功率振荡



### 简介

本菜单以双端（单机对无穷大）输电系统为模型，如下图所示，模拟双机系统的电压电流振荡，以及振荡中发生故障。



主要用于发电机失步保护、振荡解列装置等的动作特性分析，以及系统振荡对距离、零序等线路保护动作行为的影响分析等。

### 测试窗口

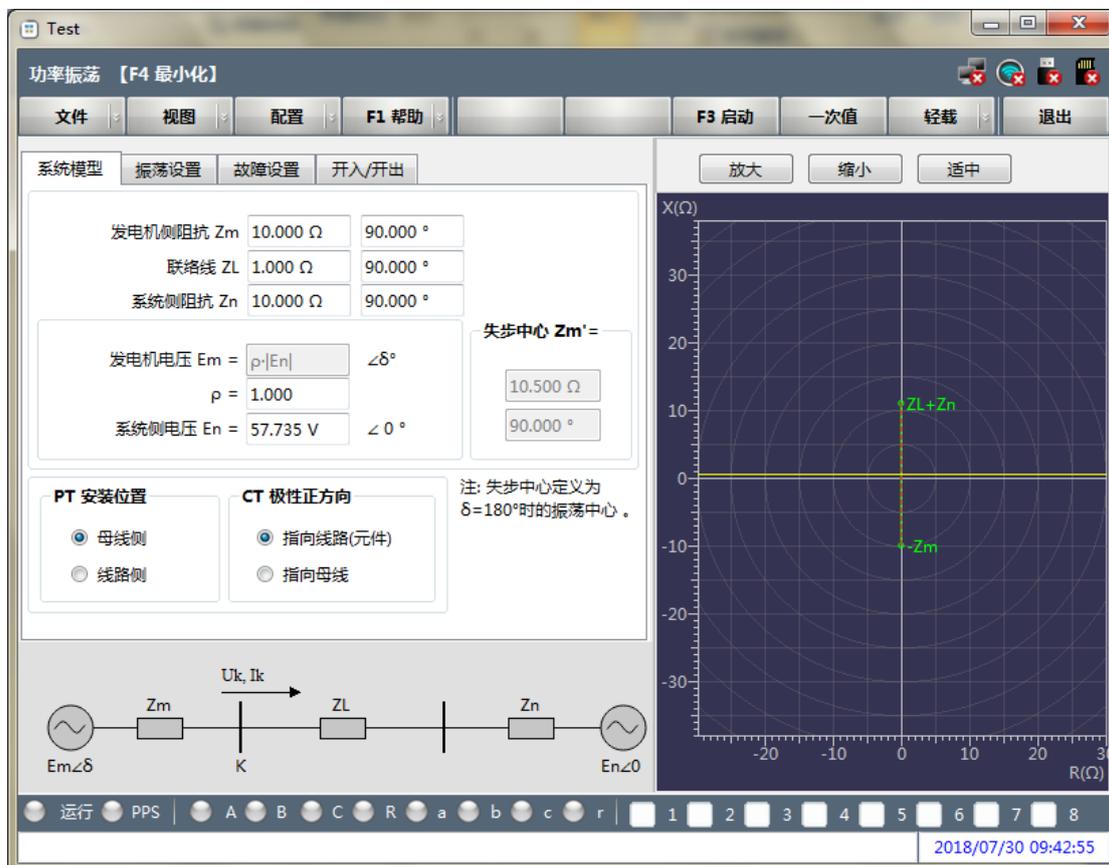
测试窗口用于试验参数设置；

功率振荡的测试窗口包括 4 个属性页和 1 个右视图：

- ◇ 系统模型：设置双机系统模型，包括阻抗参数，双端电压等；
- ◇ 振荡设置：设置振荡参数，包括振荡方式，起始角，振荡周期等；
- ◇ 故障设置：振荡中发生故障时，故障参数设置；

- ◇ 开关量：测试仪开入、开出量设置；
- 右视图用于显示振荡过程中，保护安装处的测量阻抗轨迹。

## 系统模型



- **发电机侧阻抗  $Z_m$ ：**  
发电机侧的等值阻抗；
- **联络线  $Z_L$ ：**  
线路阻抗；
- **系统侧阻抗  $Z_n$ ：**  
无穷大系统侧的等值阻抗；
- **发电机电压  $E_m$ ：**  
发电机侧电压；  
振荡过程中该电压幅值不变（ $E_m$  幅值为  $E_n$  幅值的  $\rho$  倍），角度  $\delta$  振荡变化；
- **$\rho$ ：**  
发电机侧电压  $E_m$  幅值相对于系统侧电压  $E_n$  幅值的倍数；
- **系统侧电压  $E_n$ ：**  
无穷大系统侧的电压；  
振荡过程中其电压幅值不变，角度固定为  $0^\circ$ ；

- 失步中心  $Z_m'$ :

根据所设的系统参数，自动计算出失步中心  $Z_m'$  ( $Z_m'$ 表示距离发电机内部等值电源的阻抗)；

- PT 安装位置:

保护 PT 的安装位置：母线侧，或，线路侧。

✧ PT 位于母线侧，则跳闸后故障相电压恢复为正常电压值（即额定电压）；

✧ PT 位于线路侧，则跳闸后故障相电压变为零状态；

一般地，220KV 及以下的保护，PT 位于母线侧；

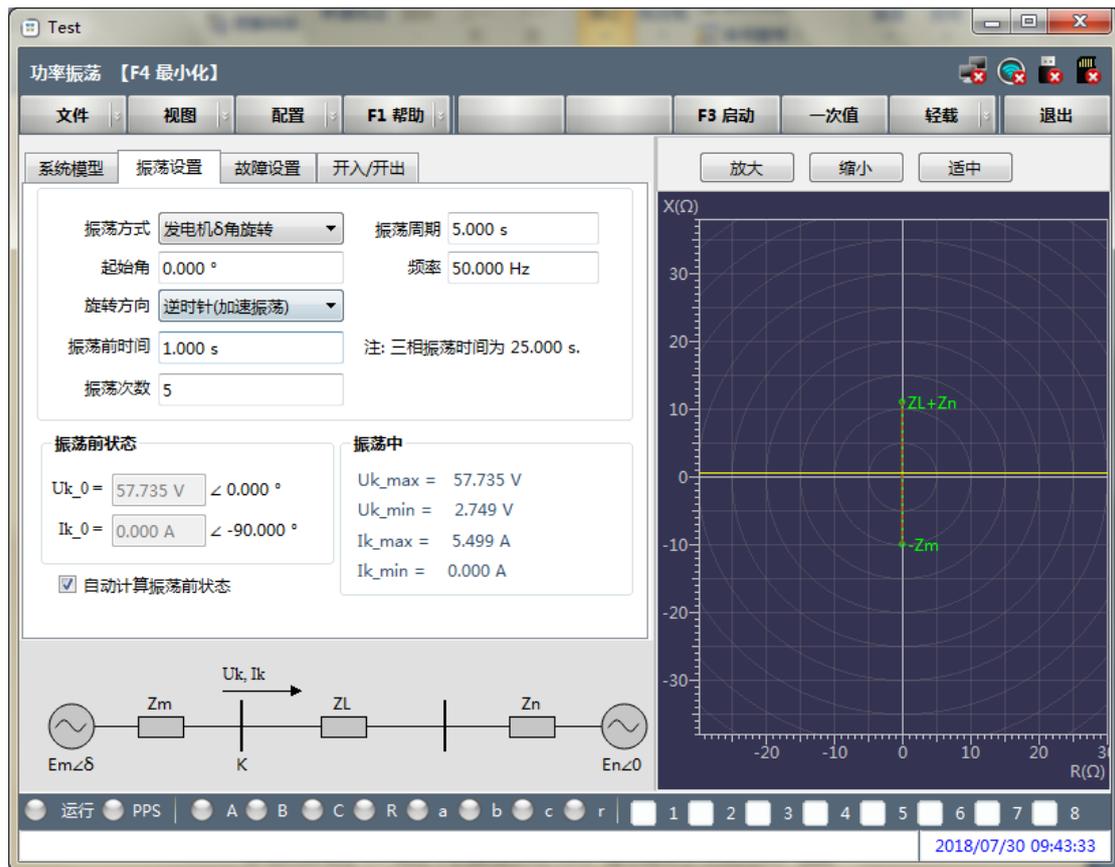
- CT 极性正方向:

选择保护 CT 极性正方向；

✧ CT 极性指向线路（元件）为正；

✧ CT 极性指向母线为正；

## 振荡设置



- 振荡方式:

发电机侧电压  $E_m$  角度  $\delta$  的振荡变化方式，程序提供了 2 种方式，包括

✧ 发电机  $\delta$  角旋转:

功角  $\delta$  从“起始角”开始，按指定的旋转方向（逆时针，或，顺时针）在  $0\sim 360^\circ$

范围内旋转变化的；

◇ 发电机  $\delta$  角摇摆：

功角  $\delta$  从“起始角”开始，在“起始角”~“终止角”之间摇摆变化；

● **起始角、旋转方向：**

振荡方式为“发电机  $\delta$  角旋转”时有效；

设置功角  $\delta$  的旋转方向：逆时针（加速振荡）、顺时针（减速振荡）；

● **起始角、终止角：**

振荡方式为“发电机  $\delta$  角摇摆”时有效；

设置功角  $\delta$  的振荡起始角和终止角；

● **振荡前时间：**

振荡前状态的输出时间；

进入振荡之前，测试仪将首先输出一段时间的振荡前状态，以保证保护可靠复归。

振荡前状态的设置有 2 种方式：

◇ 自动计算：根据振荡起始角，结合系统模型，自动计算振荡前状态；

◇ 手动输入：手动输入振荡前状态；

● **振荡次数：**

设置功率振荡的振荡次数（即滑极次数）；

功角  $\delta$  振荡过程中，电压、电流的输出频率，一般为 50Hz；

● **振荡周期：**

功角  $\delta$  完成一次振荡所需要的时间，

◇ 发电机  $\delta$  角旋转：0~360°旋转一周；

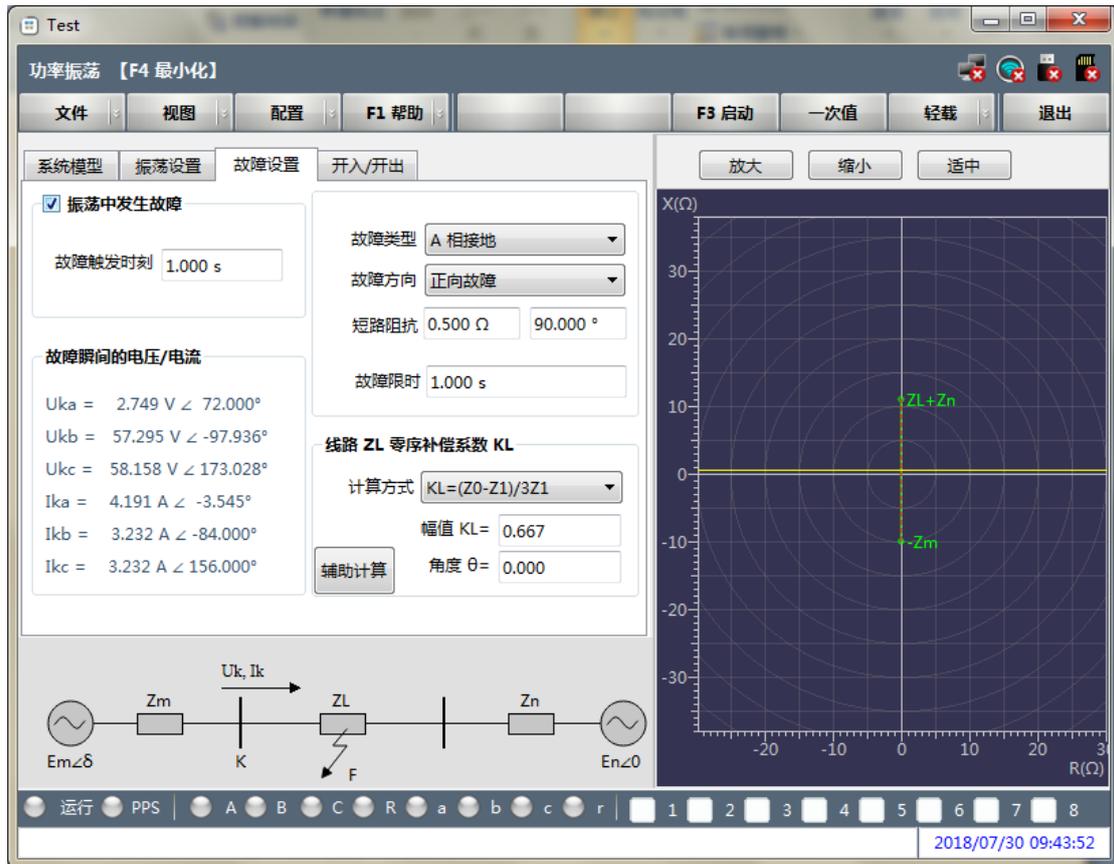
◇ 发电机  $\delta$  角摇摆：起始角→终止角→起始角；

该参数决定了电压、电流的幅值变化（即外包络线）频率。

● **频率：**

功角  $\delta$  振荡过程中，电压、电流的输出频率，一般为 50Hz；

## 故障设置



- **振荡中发生故障？**：
  - 系统振荡过程中是否发生故障；
  - 打“√”表示振荡中发生故障。
  - 以下参数仅对于“振荡中发生故障”有效：
- **故障触发时刻：**
  - 故障触发时刻，该时刻以进入振荡为时标参考点；
- **故障类型：**
  - 程序提供了 10 种故障类型，包括：A、B、C 接地，AB、BC、CA 相间，AB、BC、CA 两相接地以及三相短路。
  - 程序根据计算模型的设置以及相应的故障参数，自动计算 A、B、C 三相的电压、电流；
- **故障方向：**
  - 选择正方向故障，或，反方向故障；
- **短路阻抗：**
  - 短路点 F 到保护安装处（K 点）的短路阻抗  $Z_f$ ，极坐标形式：幅值，角度；
- **故障限时：**
  - 进入故障后的试验限时；

● 线路 ZL 零序补偿系数 KL:

线路阻抗 ZL 的零序补偿系数，程序提供了 3 种设置方式:

◇  $KL = (Z_0 - Z_1) / (3 * Z_1)$ : 极坐标形式表示: 幅值, 角度;

$$KL = \frac{Z_0 - Z_1}{3 * Z_1} = \text{Re}(KL) + j \text{Im}(KL) = |KL| \angle \theta$$

考虑到一般情况下, 电力系统假定零序阻抗 Z0 和正序阻抗 Z1 的阻抗角度相等, 则

$\text{Im}(KL) = 0$ , KL 为一实数, 通常取 0.667, 角度为 0°.

◇  $KR = (R_0 - R_1) / (3 * R_1)$ ,  $KX = (X_0 - X_1) / (3 * X_1)$

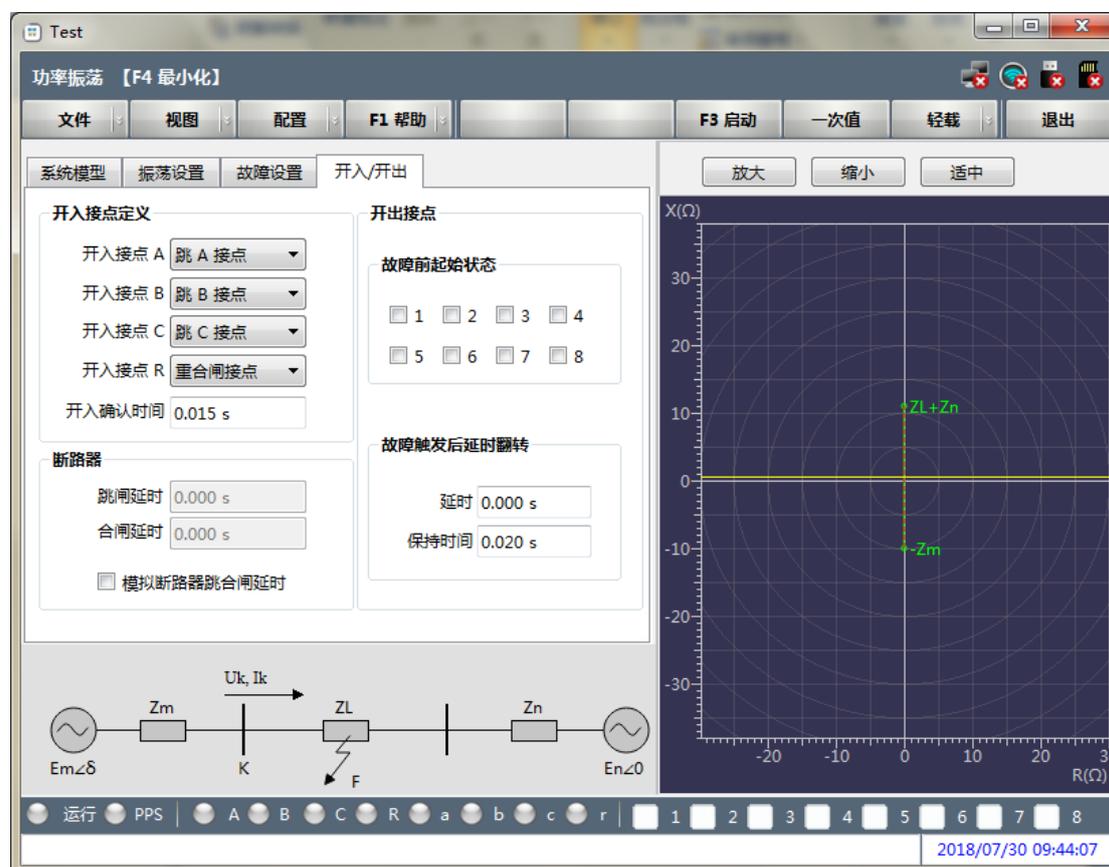
即 KR, KX 方式;

$$KR = \frac{R_0 - R_1}{3 * R_1}, KX = \frac{X_0 - X_1}{3 * X_1}$$

◇  $KL = Z_0 / Z_1$

极坐标形式表示: 幅值, 角度;

## 开关量



● 开入接点定义:

配置测试仪的开入量与保护动作出口接点的连接方式。

- **开入接点 A:**

根据与保护动作出口接点的连接, 选择“跳 A 接点”, 或者“三跳接点”;
- **开入接点 B:**

根据与保护动作出口接点的连接, 选择“跳 B 接点”, 或者“三跳接点”;
- **开入接点 C:**

根据与保护动作出口接点的连接, 选择“跳 C 接点”, 或者“三跳接点”;
- **开入接点 R:**

根据与保护动作出口接点的连接, 选择“重合闸接点”;
- **开入防抖确认时间:**

为了躲开继电器触点的抖动, 开入接点的状态保持一个时间(确认时间)后, 测试仪方予以认可。一般取 10~20ms。
- **断路器:**
  - **模拟断路器跳合闸延时:**

选择是否模拟断路器跳合闸延时;  
打“√”表示模拟断路器跳合闸延时。
  - **跳闸延时:**

断路器的跳闸动作时间设置;  
如果选择了“模拟断路器跳合闸延时”, 则测试仪检测到保护的跳闸信号后, 经过“跳闸延时”后方切除故障, 进入跳闸后的电压电流状态。  
(注: 如果测试仪开入量直接连接断路器的“跳位”接点, 则跳闸延时可取为 0s);
  - **合闸延时:**

断路器的合闸动作时间设置;  
如果选择了“模拟断路器跳合闸延时”, 则测试仪检测到保护的合闸信号后, 经过“合闸延时”后方进入重合后状态。  
(注: 如果测试仪开入量直接连接断路器的“合位”接点, 理论上合闸延时可取为 0, 但考虑到躲开三相接点合闸动作的不一致性, 建议至少取 0.02 秒的合闸延时);
- **开出接点:**

试验过程中, 如果需要开出接点的信号输出, 则可在此设置开出量。

  - **故障前起始状态:**

设置开出量的起始状态(即故障前状态): 断开, 或, 闭合;  
注: 打“√”表示闭合。
  - **故障触发后延时翻转:**

故障触发后，经过一个延时后，通过测试仪的开出接点发出一个信号脉冲；

◆ **延时：**

以故障触发为时标零点  $t = 0$ ，即进入故障后，经过所设定的延时后，开出量翻转（与各自的起始状态相反）；

注：该“延时”应小于“故障限时”。

◆ **保持时间：**

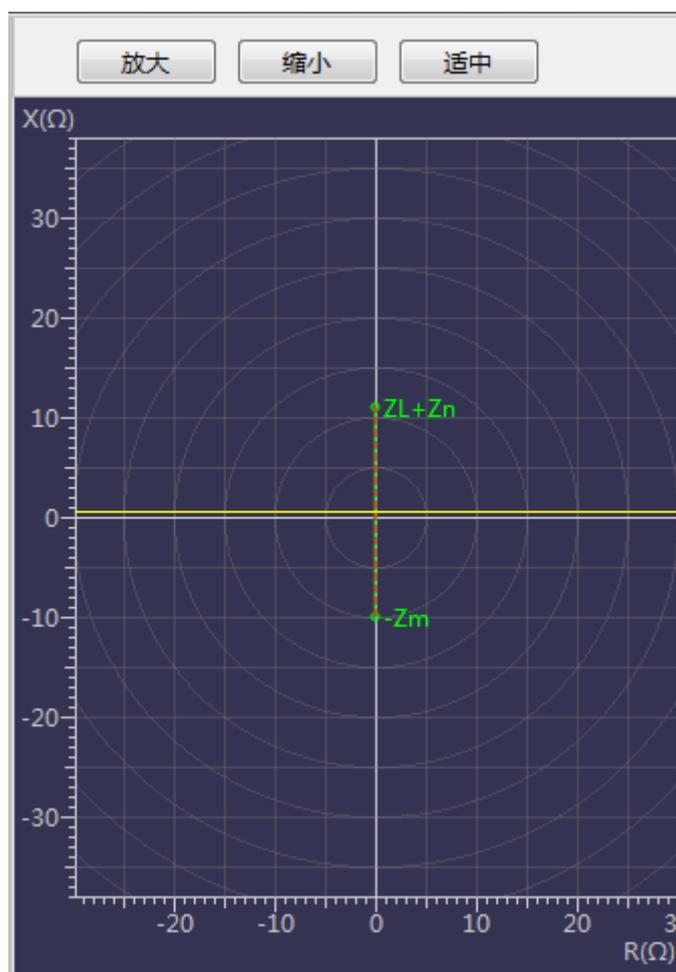
开出量翻转后的保持时间，即信号脉冲的宽度。

保持时间到达后，开出量再次翻转，返回各自的起始状态；

## 右视图

测试窗口的右视图用于显示振荡过程中，保护安装处的测量阻抗轨迹。

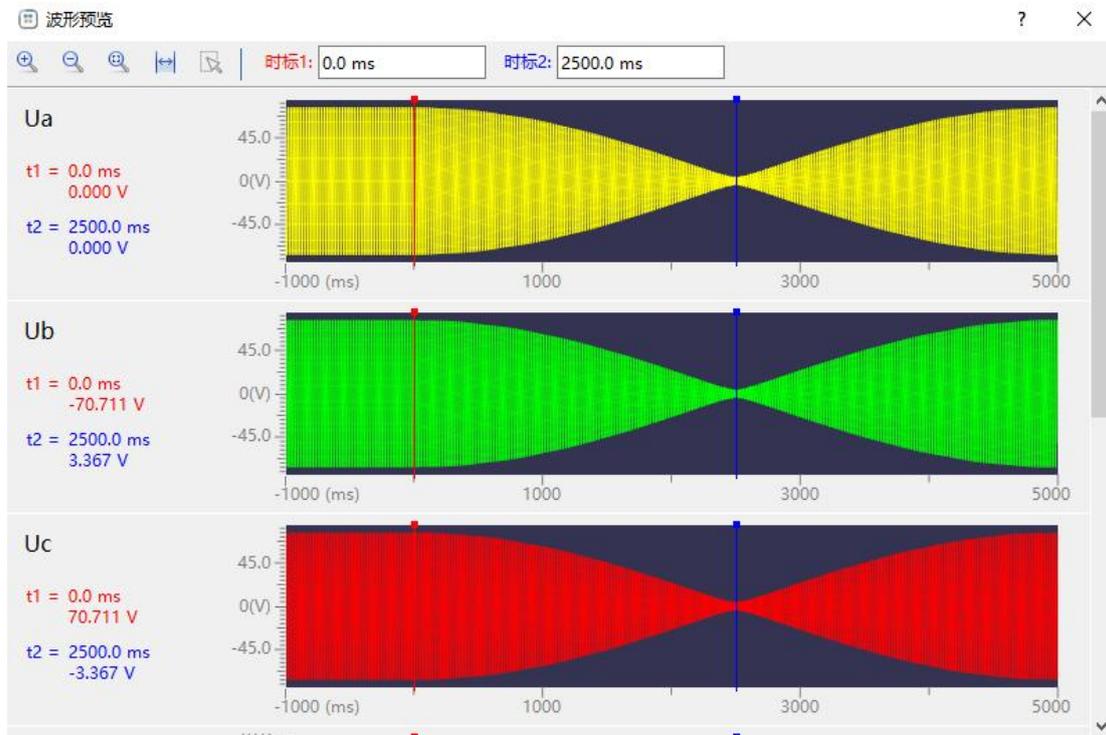
（图中“ooooo”处表示振荡轨迹的起点）



- **放大、缩小：**放大或缩小显示特性曲线；
- **适中：**恢复特性曲线的初始显示方式；

## 波形预览

用于显示整个试验中保护安装处“K”点的电压电流波形。



界面左侧，用数字形式显示 2 个时标（红色时标 1 和蓝色时标 2）所对应的通道波形的瞬时值。

程序提供了 2 种进入波形操作的方法：

- ✧ 点击主菜单中“视图”中的“波形预览”，选择相应的操作命令；
- ✧ 通过波形工具栏的相应按钮对波形进行操作；



### 1、横向放大、缩小：

沿 X 轴（时间）方向放大/缩小所有的通道波形；

### 3、复原：

取消所有的操作，所有通道波形复原；

### 4、横向：按照当前的区间展开：

沿 X 轴（时间）方向，展开 2 个时标之间的所有通道波形；区域放大：

### 5、区域放大：

- 选择“区域放大”操作后，将鼠标置于“波形预览”视图的待操作通道上，光标变为



- 按下鼠标左键，拖动鼠标，选中所要放大的波形区域；

释放左键，则所选区域的波形被放大；

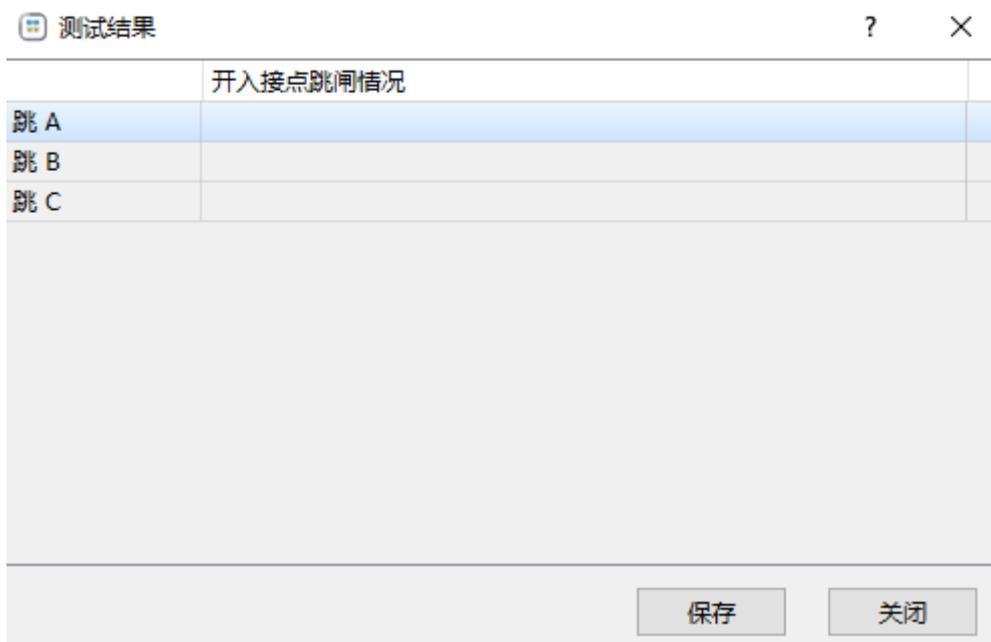
如欲取消“区域放大”操作，再次选择“区域放大”即可；

#### 6、时标信息：

显示波形图中时标 1 和时标 2 所对应的时间；

用户也可以通过在对话框中输入，直接对时标 1、2 进行定位；

## 测试结果



试验过程中，测试仪可根据各开入接点的翻转情况，记录相应的动作时间信息；

## 附录一 上下位机程序升级方法

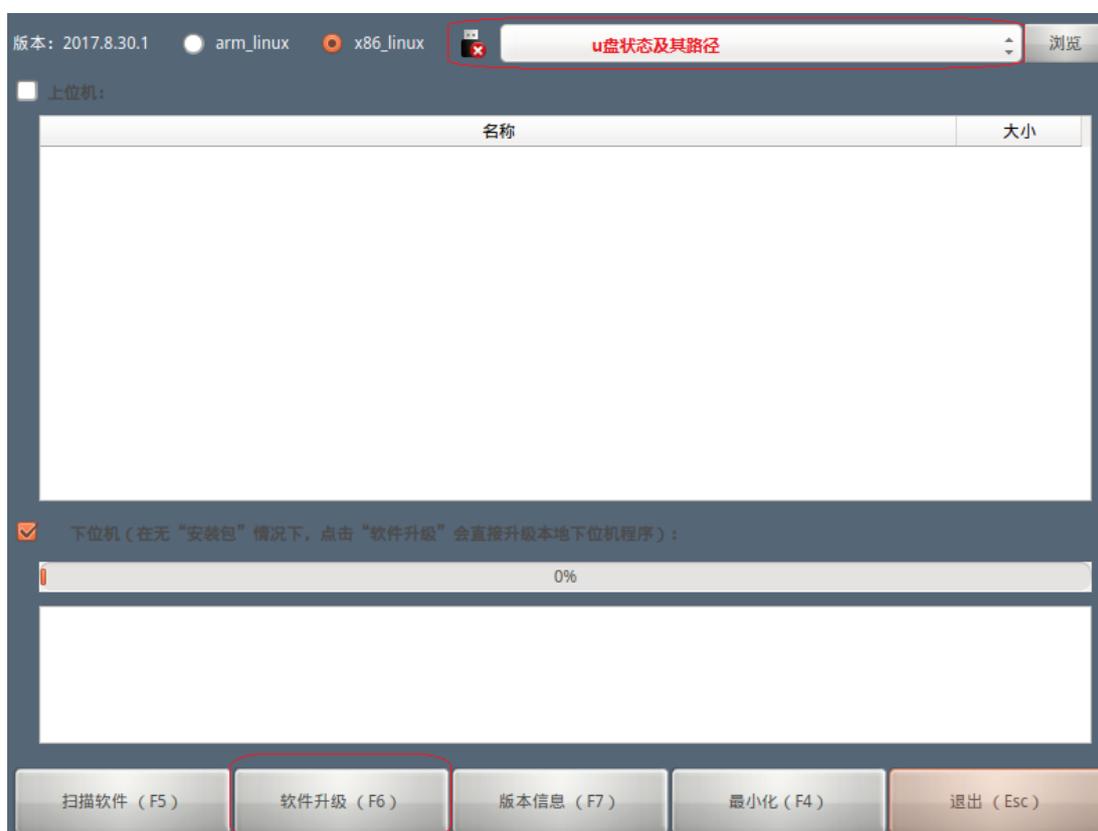
QT 系统测试仪上下位机程序升级方法步骤如下：

1、将文件名为 `bin_arm_linux-年月日时分秒.run` 的升级包

（如：`bin_arm_linux-2017-09-04_09-27-55.run`）拷贝进 U 盘中；

2、启动“辅助工具→软件升级”，将 U 盘插入测试仪的 USB 接口，会自动将 u 盘目录下的所有安装包给扫描出来，默认选择最新日期的安装包。选择最新程序，按“软件升级（F6）”

或按快捷键 F6 进行升级。（如果 U 盘状态及其路径显示空白，查看右上角是否有打叉，打叉说明 U 盘没有连上）



3、设置“上位机”“下位机”复选框状态。决定是否同时升级上位机和下位机程序。然后按“软件升级（F6）”或按测试仪面板快捷键 F6 进行升级。

a、只升级上位机。点击“软件升级”，工具会自动进行上位机的升级过程，升级成功后，会提示“上位机程序升级安装成功”，无需重启测试仪，按 Esc 退出软件升级菜单即可。

b、只升级下位机。点击“软件升级”，工具会自动进行下位机的升级过程，升级成功后，会提示“软件升级成功，请重启设备”，重启测试仪即可。只升级下位机升级的是测试仪里上位机自带的下位机程序。

c、同时升级上位机和下位机程序。点击“软件升级”，工具会自动进行上下位机的升级过程，期间无需任何人工参与。只需要观察最终的打印信息是否成功。

## 附录二 测试菜单界面说明

测试菜单界面的布局风格设计相似，以“电压电流”界面为例，对各个部分进行说明。界面如下图所示。



### ① 功能显示界面：



：用于显示当前联机信息，有红色 X 表示没有联机，没有红色 X 表示联机成功。



：用于显示当前 WIFI 信息，有红色 X 表示 WIFI 没打开，没有红色 X 表示 WIFI 打开。

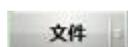


：用于显示当前 U 盘信息，有红色 X 表示没有外接 U 盘，没有红色 X 表示外接 U 盘成功。



：用于显示当前 SD 卡信息，有红色 X 表示没有外接 SD 卡，没有红色 X 表示外接 SD 卡成功。

### ② 工具栏：



：用于测试状态的新建、打开、保存等

- ◇ 新建：用于新建测试界面
- ◇ 打开：可打开保存好的界面设置
- ◇ 保存：用于保存当前的界面设置
- ◇ 另存为：把当前界面设置保存到另一个路径
- ◇ 退出：退出当前菜单

**视图**：用于打开各种视图，包括

- ◇ 报告视图：用于查看试验报告
- ◇ 结果视图：用于查看试验结果
- ◇ 输出跟踪：用于查看当前输出电压电流值
- ◇ 试验日志：用于查看试验日志以及告警信息

**配置**：

- ◇ ip 配置：查看和设置 ip 地址，用于设备联机操作
- ◇ 系统配置：对系统参数进行配置
- ◇ 61850 配置：对 IEC-61850 程序进行配置

**F1 帮助**：

- ◇ 关于：显示菜单的相关信息
- ◇ 帮助：显示软件的操作说明
- ◇ 截屏 F5：用于操作界面的截屏，也可以通过快捷键 F5 进行截屏
- ◇ 硬件信息：显示当前连接的设备的相关硬件信息

**变量**：

- ◇ 第一变量：当前变量为第一变量
- ◇ 第二变量：当前变量为第二变量
- ◇ 第三变量：当前变量为第三变量

**F3 启动**

- ◇ 启动/停止试验复用按钮，用于开始/停止试验

**一次值**

- ◇ 一次值/二次值复用按钮，用于切换一次值/二次值

**轻载**

- ◇ 电流源带载能力切换按钮，用于切换轻载/重载/超重载
- ◇ 轻载：当前电流源的运行模式为轻载运行
- ◇ 重载：当前电流源的运行模式为重载运行
- ◇ 超重载：当前电流源的运行模式为超重载运行（只有双模块的测试仪才支持超重载模式）

**退出**

- ◇ 退出：退出当前菜单

③ 测试窗口：

用于设置试验参数，包括各路电压电流值、试验控制等参数。

④ 测试仪运行状态监视

主要包括运行、电压告警、电流告警三种运行状态监视。

⑤ 开关量状态指示：

用于显示开入量和开出量的当前状态。

 表示开入量断开， 表示开入量闭合； 表示开出量断开， 表示开出量闭合。

## 附录三 多机同步（电压电流）



## 一、硬件连接

1、多机同步采用的是时钟同步的原理，所以测试仪之间需要接同一个时钟源，分为两种情况：

- 1) 外部时钟源提供足够的对时输出，则每台同步的测试仪接收外部时钟源的对时信号就可以了。
- 2) 外部时钟只能提供一个对时源或者不能提供对时源，则由 1 号机接收外部时钟源或者主机自己对时，主机对时成功之后发送光 B 码对时信号给其他测试仪进行对时。如果有多台仪器则每台仪器都收一个光 B 码对时信号，再发一个光 B 码对时信号，最后一台测试仪只需要接收光 B 码对时即可。

2、PC 机与测试仪之间的连接也分为两个部分：

- 1) PC 机与 1 号机之间通过网线直连；
- 2) 1 号机与其他测试仪之间的连接也是通过网线直连，如果有多台测试仪则把几台测试仪串一起。

## 二、软件设置

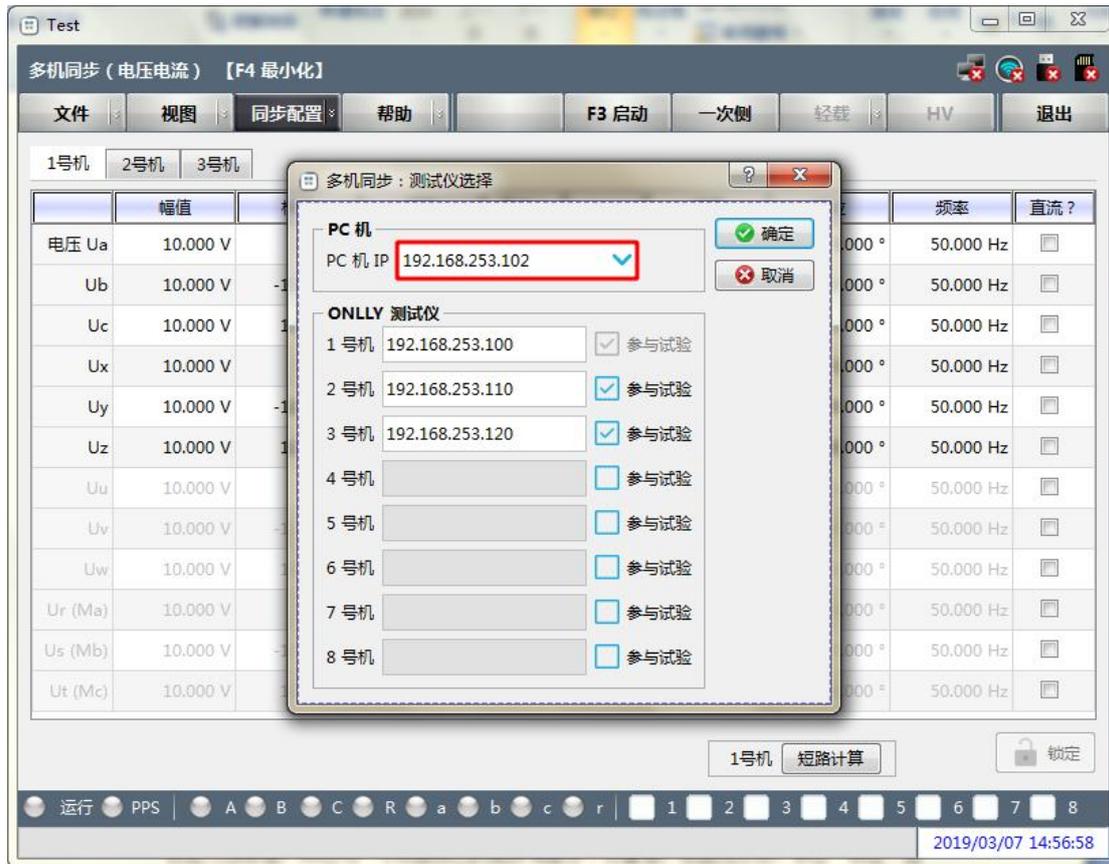
由扩展测试模块进入多机同步（电压电流）界面，如下图：

The screenshot shows the 'Test' software interface for multi-machine synchronization. The window title is 'Test' and the main title is '多机同步 (电压电流) 【F4 最小化】'. The interface includes a menu bar with '文件', '视图', '同步配置', and '帮助'. There are also buttons for 'F3 启动', '一次侧', '轻载', 'HV', and '退出'. Below the menu bar, there are tabs for '1号机', '2号机', and '3号机', with '1号机' selected. The main area contains a table with columns for '幅值', '相位', '频率', and '直流?' for both voltage and current. The table is populated with values for three machines (Ma, Mb, Mc) and three phases (a, b, c). At the bottom, there is a control panel with buttons for '1号机', '短路计算', and '锁定', along with a status bar showing '运行', 'PPS', and a date/time stamp '2019/03/07 14:59:47'.

	幅值	相位	频率	直流?		幅值	相位	频率	直流?
电压 Ua	10.000 V	0.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	电流 Ia	0.000 A	0.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Ub	10.000 V	-120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	Ib	0.000 A	-120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Uc	10.000 V	120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	Ic	0.000 A	120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Ux	10.000 V	0.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	Ix	0.000 A	0.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Uy	10.000 V	-120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	Iy	0.000 A	-120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Uz	10.000 V	120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	Iz	0.000 A	120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Uu	0.000 V	0.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	Iu	0.000 A	0.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Uv	0.000 V	-120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	Iv	0.000 A	-120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Uw	0.000 V	120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	Iw	0.000 A	120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Ur (Ma)	0.000 V	0.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	Ir	0.000 A	0.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Us (Mb)	0.000 V	-120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	Is	0.000 A	-120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>
Ut (Mc)	0.000 V	120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>	It	0.000 A	120.000 °	50.000 Hz	<input type="checkbox"/>

同步配置:

测试仪选择, 选择参与多机同步试验的测试仪并设置其 IP 地址。



切换左上角的 1 号机、2 号机、3 号机可以对各台机进行输出设置, 具体设置方法可参考电压电流菜单。

系统配置、短路计算请参考电压电流菜单, 61850 配置用在数字化测试仪上, 这里就不做描述。

在试验过程中, 如果需要多个变量同时发生变化, 可按下“锁定”按钮, 此时测试仪输出被锁定为当前值, 其后用户可根据自己的需要调整各个变量值, 设置完毕后, 单击“锁定”图标解除锁定, 则测试仪将由锁定前的输出值同步翻转到当前的设置值。