

NEPRI®

NEPRI-R66S

手持式数模一体继电保护测试仪
使用说明书

国科电研（武汉）股份有限公司

目 录

| | |
|----------------------------|----|
| 1. 前言 | 1 |
| 1.1. 产品简介 | 3 |
| 1.2. 产品技术特点 | 4 |
| 1.3. 装置锂电池保护和注意事项 | 5 |
| 1.4. 接口及技术参数 | 6 |
| 2. 软件界面及工具介绍 | 8 |
| 2.1. 软件主界面介绍 | 8 |
| 2.1.1. 图标栏和工程列表 | 8 |
| 2.1.2. 菜单栏 | 9 |
| 2.1.3. 工具栏 | 9 |
| 2.1.4. 试验控制区域 | 10 |
| 2.1.5. 开入开出指示区域 | 11 |
| 2.1.6. 电流开路指示区域 | 11 |
| 2.1.7. 试验模块 | 11 |
| 2.1.8. 试验模块 | 11 |
| 2.1.9. 设备列表 | 12 |
| 2.2. 时钟输出 | 12 |
| 2.3. 报文接收说明 | 13 |
| 2.4. 波形分析软件 | 15 |
| 2.5. 开关量接线说明 | 16 |
| 3. 运行实验前试验配置介绍 | 19 |
| 3.1. 如何发送模拟量和开关量 | 19 |
| 3.2. 输出电压电流配置 | 20 |
| 3.3. 开关量配置 | 24 |
| 3.4. 数字量报文发送如何设置检修状态 | 26 |
| 3.5. 端口配置 | 27 |
| 3.6. 输出报文介绍 | 27 |
| 4. 试验模块介绍 | 28 |
| 4.1. 通用试验 | 28 |

| | | |
|---------|------------------|----|
| 4.1.1. | 电压电流 | 28 |
| 4.1.2. | 通用数字测试 | 32 |
| 4.1.3. | 谐波试验 | 36 |
| 4.1.4. | 间谐波试验 | 38 |
| 4.1.5. | 递变试验 | 39 |
| 4.1.6. | 滑差试验 | 41 |
| 4.2. | 保护试验 | 45 |
| 4.2.1. | 整组试验 | 45 |
| 4.2.2. | 方向零序过流 | 51 |
| 4.2.3. | 三相不一致保护 | 54 |
| 4.2.4. | 负序过流 | 54 |
| 4.2.5. | 复压闭锁方向电流保护 | 55 |
| 4.2.6. | 失磁试验 | 56 |
| 4.2.7. | 过励磁试验 | 59 |
| 4.2.8. | 距离保护 | 61 |
| 4.2.9. | 工频变化量距离保护 | 62 |
| 4.2.10. | 自动重合闸 | 62 |
| 4.2.11. | 阻抗特性 | 63 |
| 4.2.12. | 通用差动 | 66 |
| 4.2.13. | 变压器差动 | 68 |
| 4.3. | 合并单元 | 72 |
| 4.3.1. | 比差角差试验 | 72 |
| 4.3.2. | 时间性能试验 | 74 |
| 4.3.3. | 暂态试验 | 77 |
| 4.4. | 专项试验 | 78 |
| 4.4.1. | SOE 试验 | 78 |
| 4.4.2. | 故障波形回放试验 | 80 |
| 4.4.3. | 快切试验 | 81 |
| 4.4.4. | 备自投实验 | 82 |
| 4.4.5. | 减载 | 83 |
| 4.4.6. | 一次调频 | 84 |

| | | |
|---------|------------------------------------|----|
| 4.4.7. | 数模转换 | 85 |
| 4.4.8. | PCAP 报文回放 | 86 |
| 4.4.9. | 光功率测量 | 86 |
| 4.4.10. | 并列同期 | 87 |
| 4.4.11. | 指数试验 | 90 |
| 4.4.12. | 振荡试验 | 91 |
| 5. | 装置软件安装及升级 | 93 |
| 5.1. | 笔记本上位机软件（网线联机软件）Windows 运行环境 | 93 |
| 5.2. | 装置固件升级和 IP 设置 | 94 |
| 5.2.1. | 升级装置固件 | 94 |
| 5.2.2. | 修改下位机 IP | 97 |
| 5.2.3. | 修改装置 WiFi 联机 IP 设置 | 98 |

版本信息

| 版本号 | 修改地方 | 修改时间 |
|------|------|-------------|
| V1.1 | 初次发布 | 2025. 6. 19 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



1. 前言

关于本说明书

本说明书提供了 NEPRI-R66S 手持式数模一体继电保护测试仪的介绍及其使用说明，说明书中介绍了产品的使用方法及各模块的功能以及如何安全使用本测试仪，请您在使用产品前务必阅读本说明书。

安全须知

- 本说明书仅适用于 NEPRI-R66S 手持式数模一体继电保护测试仪系列
- 在使用本测试仪之前，请先仔细阅读本说明书并严格遵守电力系统相关规定和规程
- 请勿在测试仪开机状态下将眼睛对准光纤，以免造成视力伤害
- 当功放运行指示灯亮起时，不可进行模拟量接线或拔线操作
- 请勿在高温、有爆炸性气体、蒸汽或者有大量灰尘的地方使用测试仪
- 当测试仪处于运行状态时，请随时关注测试仪的状态，如果测试仪发出告警，请立即停止试验并检查接线方式是否有误
- 测试仪如果出现问题需要维修，请勿自行拆卸，请及时与本公司联系
- 由于误用、拆卸、疏忽、意外、非正常操作造成的产品损坏或者产品过了保修期，本公司将不提供任何免费维修服务

注：本测试仪的功能可能依据客户的实际需要而与本说明书有不符之处。若产品与本说明书有不符之处，请以实际产品为主。我公司保留随时对产品的技术、功能及配置进行修改而不另行通知的权利。

版权声明

我公司对本文档及其中的内容具有全部的知识产权。除非特别授权，禁止复制或向第三方分发。凡侵犯本公司版权等知识产权的，本公司必依法追究其法律责任。

如需咨询产品相关的信息，请拨打我公司总机：027-87770108

1.1. 产品简介

NEPRI-R66S 手持式数模一体系列继电保护测试仪是依据《DL/T 624-2023 继电保护微机型试验装置技术条件》相关的技术规范设计，同时基于 IEC61850 通信标准体系，采用先进计算机技术实现的继电保护试验装置。

产品配备高性能功率放大器并基于稳定可靠的低功耗工业平台搭载 linux 操作系统，硬件采用模块化设计，具有功能强大、精度高、体积小、重量轻的特点，可实现对合并单元、继电保护装置、测控装置、智能终端 的功能和性能进行测试，适用于发电厂、变电站、各类科研单位及设备制造企业。

产品图片



图 产品图



图 产品顶视图

1.2. 产品技术特点

- 1) 智能测试模块
支持智能测试模板编辑，测试过程中可任意添加测试项目，并保存为可重复使用的测试工程文件，提高后期定检、消缺阶段的测试效率。
- 2) 自动测试
具备就地化保护及数字式保护自动测试功能，可一键完成单个保护装置所有的测试项目；
- 3) 数字量/模拟量输出
可对数字化变电站的合并单元、保护、测控装置、智能终端进行测试，也可对模拟的保护、发变组等装置进行测试；
- 4) 模拟量及数字量同时输出
支持同时进行模拟量、SV、FT3 的输出及 GOOSE 报文的收发；
- 5) 多种扫描模式
支持幅值、相位、频率、阻抗、向量、序量、功率按照手动或自动的方式进行试验，并且支持按照递变、滑差、综合的方式进行自动变化试验；
- 6) 安全及报警
具有过热过流保护功能，电流源具备开路保护功能及开路报警功能，电压源具备过载、短路保护功能；
- 7) 虚端子图形化显示
支持虚端子图形化显示功能，数据流向清晰明了；
- 8) 报文同时收发
支持 IEC61850-9-1、IEC61850-9-2 及 GOOSE 光数字报文输出。GOOSE 信号可独立收发，也可与 IEC61850-9-2 共一个以太网接口收发；
- 9) FT3/扩展 FT3
支持 FT3、FT3 扩展及 DL/T 282 报文输出，并且支持 2M/4M/6M/8M/10M/15M/20M 波特率 UART 编码及 5M/10M/20M 曼切斯特编码；
- 10) 异常测试
具有模拟报文异常功能，可模拟品质异常、发送频率抖动、延时异常、丢包、失步、序号跳变、检修模式、状态虚变等测试；
- 11) 故障回放
支持故障仿真和 COMTRADE 格式数据的故障波形文件回放功能，可批量回放，文件夹回放，前拓展波形回放，连续回放等；
- 12) MMS 服务
通过网口具备对保护装置的 MMS 定值读写功能，可读写智能 IED 设备定值等配置信息；
- 13) 对时与授时
具备同步触发功能，支持直接接入 GPS/BD 天线进行对时，也支持 IRIG-B、PPS 及 PTP 1588 对时方式并可支持对外输出 IRIG-B、PPS 及 PTP 1588 授时信号；
- 14) 硬接点开入及开出
开入量为有源、无源自适应接点，自动识别输入类型和输入电压，通道间相互隔离，极性反接有告警提示；开出为 4 对快速开出反应时间小于 0.1ms
- 15) 报文接收及分析
具备报文接收存储及分析功能，可将接收到的报文用 NEPRI-R66S 打开进行分析或导出，还支持 pcap 报文回放
- 16) 单纤收发模式
光口支持单纤发送、单纤接收，支持光功率测试；
- 17) 触摸操作

配备 10.1 寸高分辨率显示屏，支持触摸操作；

18) 无线连接

提供 4G 远程测试功能，具备 WiFi 模块，方便用户使用；

19) 自带锂电池供电

自带锂电池，待机时长长达 8 小时，模拟量功放全力输出大于 3.5 小时。

1.3. 装置锂电池保护和注意事项

- 1. 避免重击或挤压：**锂电池内部结构复杂，主要由电池芯、电池保护板和外壳三部分组成。如果发生重击或挤压，极易损坏其中的任何一个部分，导致电池漏液、爆炸等严重后果。
- 2. 避免高温、低温环境：**锂电池装置的使用温度一般在 0~45℃之间，如果温度过高或过低，会影响电池的性能和寿命。特别是在高温环境下，会加速电池的老化和自放电，容易导致电池失效。
- 3. 使用专用充电器：**锂电池的充电需要控制电压和电流的精准控制，所以必须使用专用的充电器。不要使用不符合规定的充电器进行充电，否则会导致电池过充或过放，损坏电池或引起火灾等严重后果。
- 4. 避免深度放电：**在使用锂电池时，应避免长时间深度放电，尽量在电量剩余 10~15%时进行充电。过度放电不仅会降低电池容量，还会导致电池损坏。
- 5. 注意防水、防潮：**锂电池一旦被水液淋湿，会导致电池短路甚至引发火灾、爆炸等严重后果。因此，在使用和存储时要注意防水、防潮。尤其是在海边、游泳池、浴室等水汽较大的地方，更要小心使用。

1.4. 接口及技术参数

| | |
|--------------|--|
| 交流电压源 输出 6 路 | |
| 量程 | 每路 130V/25VA |
| 准确度 | 0.2V~2V 时，±4mV；2V~130V 时，±0.05% |
| 分辨率 | 1mV |
| 交流电流源 输出 6 路 | |
| 量程 | 每路 20A/18 VA（6 路同时输出最大 40A） |
| 准确度 | 0~500mA 时，±2mA；500mA~20A 时，±0.05% |
| 分辨率 | 1mA |
| 相位 | |
| 范围 | 0~360° |
| 准确度 | ±0.1° |
| 分辨率 | 0.1° |
| 频率 | |
| 范围 | 0~1200Hz |
| 准确度 | <±0.001Hz (0~65Hz)；<±0.01Hz (65~450Hz)；<±0.02Hz (450~1200Hz) |
| 分辨率 | 0.001 Hz |
| 直流电压源 输出 6 路 | |
| 量程 | 每路 0~175V/30VA |
| 准确度 | 0.2V~2V 时，±4mV；2V~175V 时，±0.2% |
| 直流电流源 输出 6 路 | |
| 量程 | 每路 0~10A/28VA |
| 准确度 | 0~500mA 时，±2mA；500mA~10A 时，±0.2% |
| 开关量输入 4 对 | |
| 数量 | 4 对(有源无源自适应) |
| 开关量输出 4 对 | |
| 数量 | 4 对快速开出(反应时间小于 0.1ms) |
| 遮断容量 | DC250V /0.5A |
| 时间控制、时间测量 | |
| 范围 | 1ms~9999.999s |
| 分辨率 | 0.5ms |
| 同步（对时授时接口） | |
| 接口类型 | GPS/BD ANT(同轴电缆), IRIG-B/PPS 光信号; IRIG-B/PPS 电信号; IEEE |

| | |
|------------|--|
| | 1588 |
| 数量 | GPS/BD ANT 1 个；IRIG-B/PPS 光信号 2 个:1 个对时，1 个授时； IRIG-B/PPS 电信号 1 对：1 对对时，1 对授时；IEEE 1588 1 对 |
| 无线连接（远程控制） | |
| 接口类型 | WIFI、4G（选配） |
| 有线连接 | |
| 接口类型 | 百兆 Lan 口，RJ45 |
| 数量 | 2 个 |
| 外部供电电源 | |
| 供电电压 | 交流 220V，允许偏差：-20%~15% 47~65 Hz |
| 输出电压 | 充电器输出两路电压 4.2V，最大输出电流 10A |
| USB 口 | |
| 数量 | 2 个 |
| 工作环境条件 | |
| 工作温度 | -10℃~50℃ |
| 湿度 | ≤95%，无凝露 |
| 其他 | |
| 联机接口 | RJ45 网口（2 个；具备数据交互功能） |
| 显示屏 | 10.1 寸真彩液晶显示，带触摸功能 |
| 机械尺寸及重量 | |
| 尺寸 | 261mmx181mmx83mm（长×宽×厚） |
| 重量 | 4.30kg |

2. 软件界面及工具介绍

2.1. 软件主界面介绍

软件主要由菜单栏、工具栏、解决方案、试验控制区域、开入开出指示区域、试验模块、报文接收、授时、测试仪列表、试验模块等多个模块组成。



图 软件主界面介绍

2.1.1. 图标栏和工程列表

【图标】

显示装置已经打开的 4G、WIFI、GPS 对时、U 盘等功能；

【告警】

当装置出现告警信号时，图标栏会显示此  符号，点击此符号会弹出历史告警信息；

【电池】

点击图标栏此  后可得知当前电池温度、电压、电量信息；

【新建】

可以新建一个解决方案（试验项目和调试工程）；

【打开】

打开一个已经存在的解决方案；

【保存】

保存当前的解决方案，另存为：另存试验模板；

【试验配置】

打开试验配置界面，里面可以切换输出类型：

【报告】

打开试验报告；

注：每个试验模块试验完成后，报告是独立生成的，因此必须选中完成试验的模块才能打开试验报告。；

2.1.2. 菜单栏

【日志】

打开日志窗口模块；

【工程列表】

隐藏或打开左侧工程列表；

【设备列表】

查看下位机列表；

【波形分析软件】

波形分析软件可以打开 CFG 格式的波形文件进行简单的分析和查看；

【文档管理】

打开文档管理可以进行文档，删除，查找，重命名，复制到 U 盘等

【屏幕截屏】

通过此按钮截取屏幕图片，默认保持到文档管理中，还可通过长按右键和下拉工具栏中的截屏进行截取不同界面的图片；

【系统设置】

网口配置：可以更改装置上位机 ip(更改后需与设备列表中下位机 ip 保持一致)；

自动熄屏：可以设置显示屏熄屏时间，调整屏幕亮度；

升级工具：升级上位机和驱动程序；

【其他配置】

PPS：可以选择时钟输出 pps 正向和反向；

网口 1 模式：业务模式：光网口 1 是接收数字量报文，IEEE-1588：使用光网口 1 进行 PTP 对时；

各状态之间相位：选择运行时波形以相位关联输出还是相位独立输出；

【MCU 信息】

可以看到装置各个板卡上的实时温度；

【时钟输出】

打开时钟输出设置界面；



图 系统菜单

2.1.3. 工具栏

菜单栏主要由 4G、WIFI、GPS、投屏、截屏、锁屏、全屏显示、退出全屏、设备列表、试验配置、工程列表、文档管理、日志、关于、重启、关机。



图 菜单栏图

【4G、WIFI】

4G（选配功能）开关：使用 SIM 卡实现上网功能；

WIFI 开关：电脑连接 WIFI 控制装置运行；

【投屏】

通过右侧 HDMI 接口进行投屏（选配）

【截屏】

通过此按钮截取屏幕图片，默认保持到文档管理中

【锁屏】

可以关闭屏幕，进入黑屏待机状态

【全屏显示、退出全屏】

可以关闭左右状态栏，日志栏，只显示中间试验模块内容；退出全屏显示状态

【设备列表】

查看下位机列表；

【试验配置】

打开试验配置界面，里面可以切换输出类型；

【文档管理】

打开文档管理界面，进行文件的保持、复制、u 盘查看等功能；

【日志】

打开关闭日志窗口；

【关于】

可以查看上位机版本信息；

【重启】

可以重启装置；

【关机】

可以使装置关机；

2.1.4. 试验控制区域



试验模块中左下角主要是进行试验开始、停止、手动触发的操作。

2.1.5. 开入开出指示区域

图 开入开出指示灯



开入开出指示区域通过指示灯颜色的变化可以方便快捷的看到开关量的动作事件。当有 GOOSE 变位或者硬接点开关量变化时，指示灯的颜色就会相应的发生变化，从而方便的看出 GOOSE 或者硬接点开关量的变化。

注：必须在试验配置内进行 GOOSE 控制块通道的绑定或者硬接点的绑定，开入开出指示灯才能起作用。

2.1.6. 电流开路指示区域



图 电流开路指示灯

电流开路指示区域通过指示灯的变化可以方便快捷的查看电流接口是否短接，当未运行前指示灯为灰色，当运行后电流通道未短接时相应指示灯为红色，短接时相应指示灯为绿色。

2.1.7. 试验模块



图 试验模块界面

2.1.8. 试验模块

分为：通用试验模块，保护试验模块及专项试验模块，用户可根据不同的需要使用不同的试验模块。

日志窗口

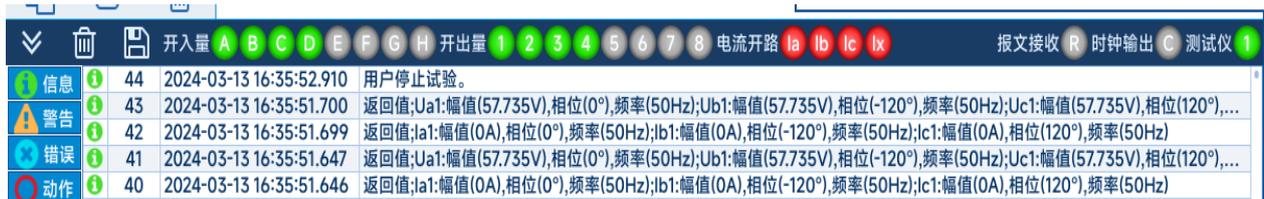


图 日志窗口

日志记录了装置 vxworks 运行日志及上位机软件的操作记录以及动作时间、动作事件及相关的告警。

通过日志可以看到开关量的动作时间、动作事件、试验模块的运行情况、上位机软件的运行情况。

2.1.9. 设备列表



图 设备管理器

测试仪列表列出目前软件侦测到的所有测试仪，可以对测试仪进行升级、更改 IP 地址操作。同时，通过此窗口可以查看测试仪的 IP 地址（上图中下位机地址就是 192.168.0.103）、设备编号、vxworks 版本号

及同步状态(下位机对时状态--分别是 未连接 对时中 稳定 3 个状态显示 )。

注意：笔记本联机操作的时候笔记本 IP 需要和下位机 IP 在一个网段，如上图所示笔记本 IP 设置就是 192.168.0.11 子网掩码 255.255.255.0，并不是相同 IP。



图 电脑 IP 设置参考图

2.2. 时钟输出

通过“菜单栏—工具—时钟输出”启用此功能，测试仪可对别的装置进行授时，支持同时对八个设备进行授时，授时时间可以和测试仪保持一致，也可以自定义输出的时间。输出信号类型支持 NTP、PTP、PPS、PPM、PPH、IRIG-B(DC)、国标串口报文、广标 2005 串口报文、广标 2010 串口报文。

注：测试仪支持同时输出 2 路光纤信号，1 路 NTP/PTP 信号，1 路电信号，即光串口发送口 1-2 口即可用来发送 FT3 报文，也可用来进行时间输出。

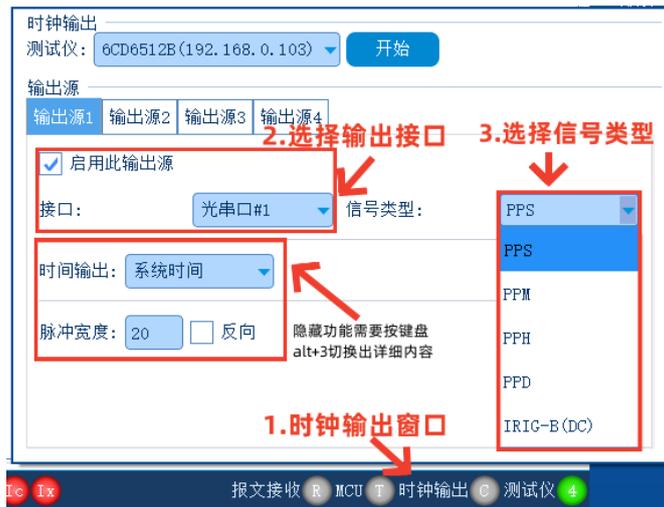


图 打开时钟输出选项

时钟输出界面下按住 **ALT** 和 **3** 数值按键可以切换出额外的时钟设置参数，如下图体现。（由于相关参数默认参数居多未直接开放设置）



图 打开时钟输出隐藏选项

2.3. 报文接收说明

报文接收模块可以指定接收的端口，既可以接收 SV、GOOSE 报文，也可以接收 FT3、扩展 FT3 报文。接收到的报文可以实时查看，也可以保存 PCAP 文件到硬盘内用 NCPRI-R66S 软件打开进行简单的分析。

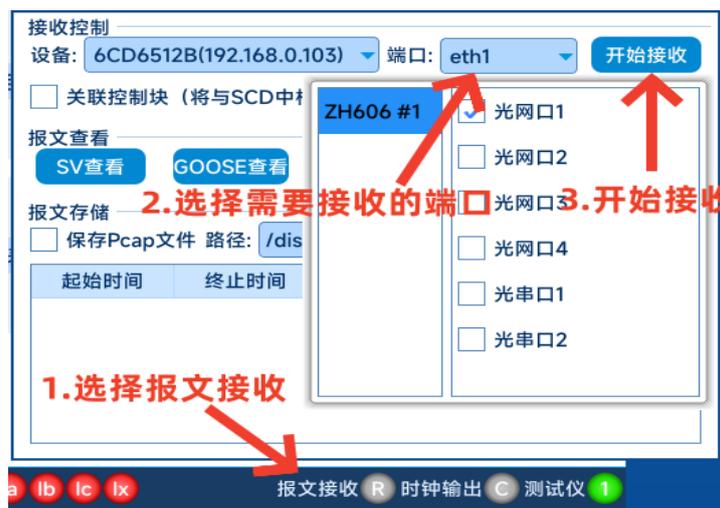
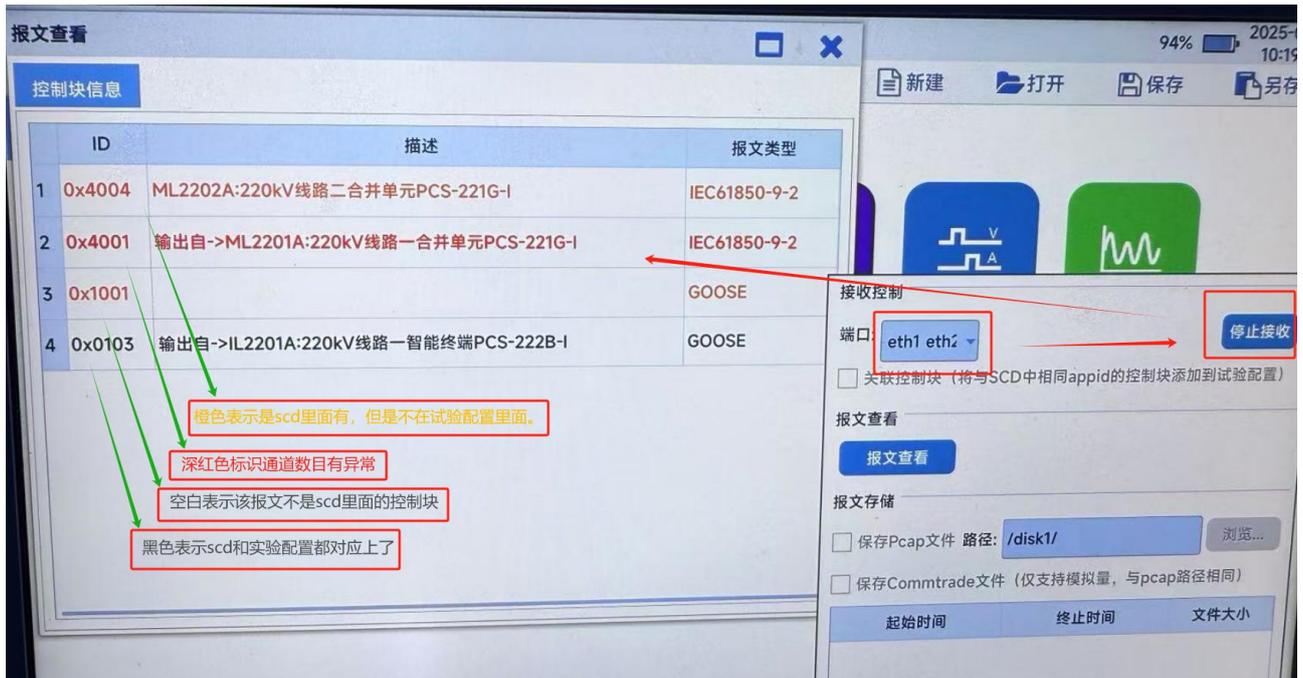


图 报文接收介绍



报文接收后各个控制块会有不同的颜色提示，参看上图中颜色标识。橙色是 SCD 中有的控制块，红色是和 SCD 中通道数目对不上，空白描述的是 SCD 文件中不包含的，黑色是接收的报文和本机试验配置中的完全匹配。

注*每次关机重启后都要从新导入或者打开一次上次导入的SCD才能有缓存文件识别。关机后信息不保存。

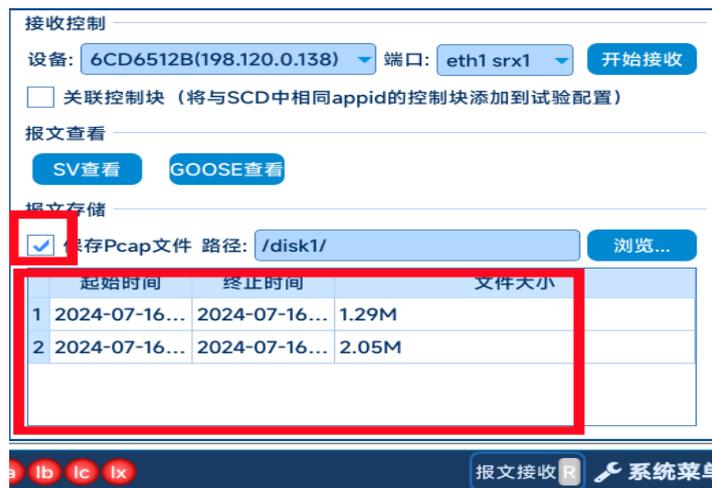


图 报文储存

双击文件后可进入 NEPRI-R66S 软件界面，双击左侧报文分组选择需要查看的报文，可选择查看报文列表和波形分析复杂文件建议导出到电脑上进行查看。

选择文件、导出、配置、工具里的界面无关闭按钮时使用按键 **ESC** 关闭，退出 NEPRI-R66S 软件界面时点击文件---退出。

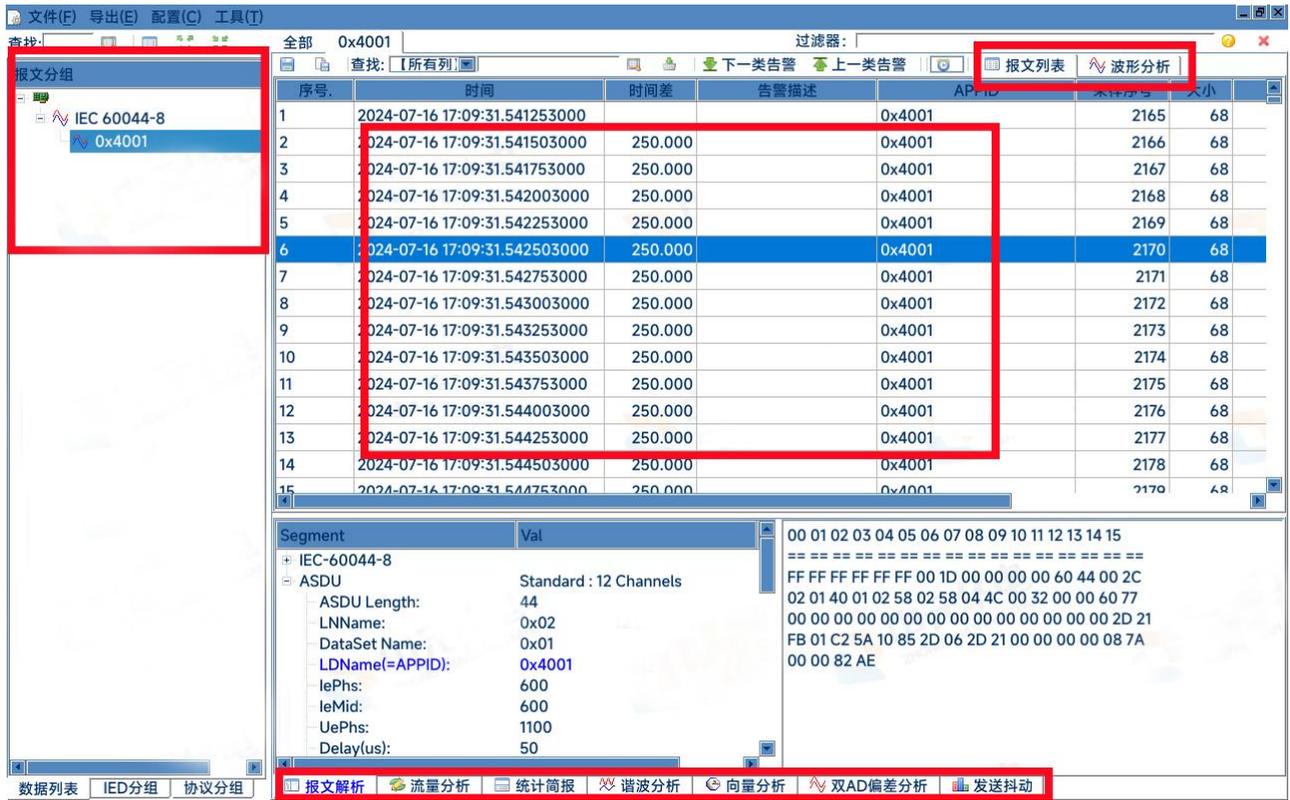


图 NEPRI-R66S 软件界面

2.4. 波形分析软件

波形分析软件通过系统菜单打开，选择装置硬盘或 U 盘打开 CFG 格式的波形文件进行简单的分析和查看；点击文件--退出，退出波形分析软件回到主界面。

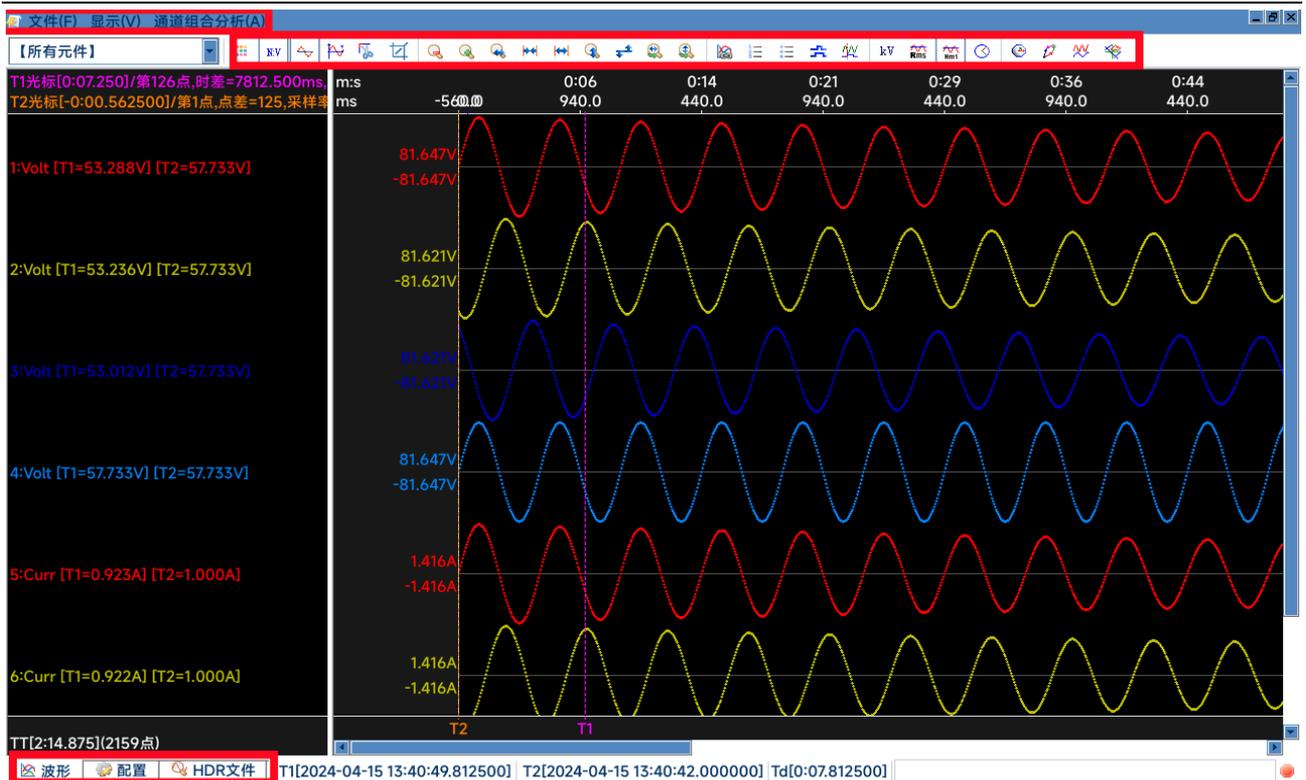


图 波形分析软件界面

2.5. 开关量接线说明

1、 开出无源接法

直接从继电保护测试仪硬节点开出的两端接到被测设备硬节点开入的两端，不分极性。如下图所示：

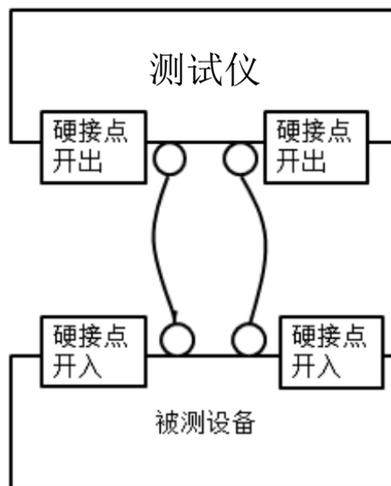


图 无源硬接点开入接法

2、 有源接法

第一种情况：如果是继电保护测试仪做硬接点输出，被测设备做硬接点输入，则从继电保护测试仪硬接点开出的一端接到直流电压源的+级，再从直流电压源的-级接到被测设备的硬接点开入的一端，然后继电保护测试仪硬接点开出的另一端直接和被测设备的硬接点开入的另一端相接。如下图所示：

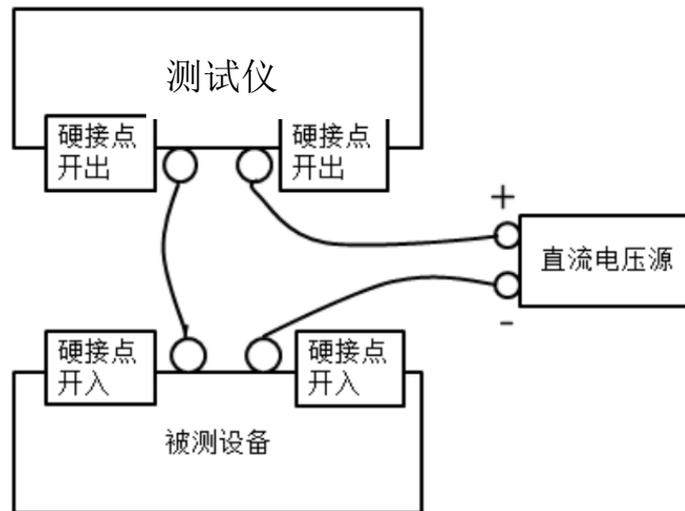


图 有源硬接点开出接法

第二种情况：如果是**被测设备做硬接点输出**，继电保护测试仪做硬接点输入，则分两种情况：

- a) 被测设备的接点输出不带电压，则从被测设备硬接点开出的一端接到继电保护测试仪的硬接点开入的一端，然后被测设备硬接点开出的另一端直接和继电保护测试仪的硬接点开入的另一端相接，不分极性，如下图所示：

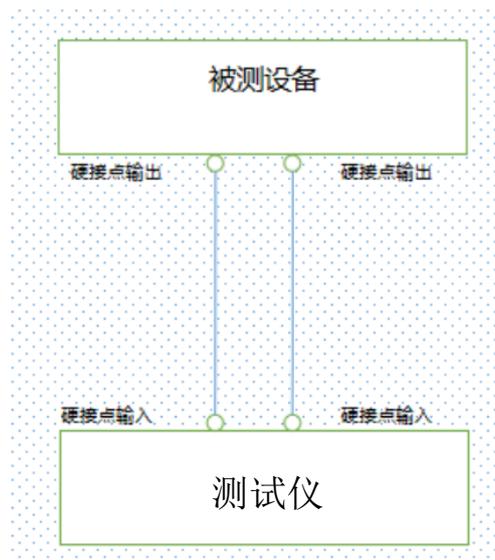


图 有源硬接点开入接法

被测设备的接点输出带有电压，则直接从被测设备硬节点开出的两端接到继电保护测试仪硬节点开入的两端，不分极性，如下图所示：

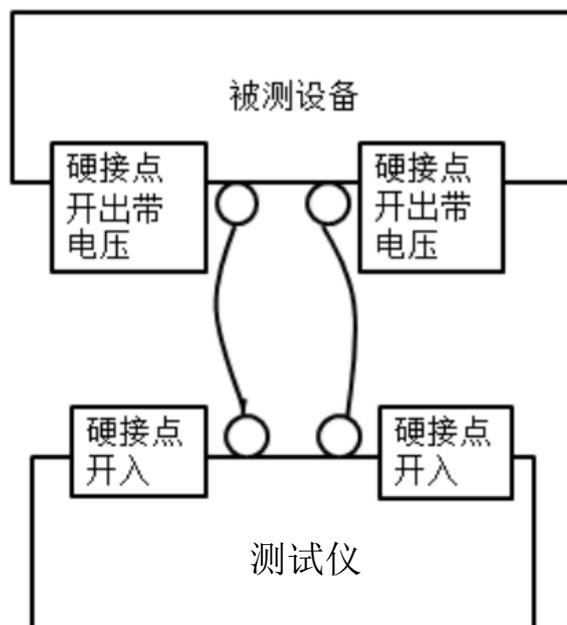


图 有源硬接点开入接法

注：装置的硬接点开入支持的有源直流电压的幅值范围为：20V-250V。

开入量逻辑计算说明

在【状态序列】试验模块，每个状态均支持多种触发模式，其中【开入量限时】及【开入量不限时】这两种触发模式会用到开入量逻辑运算，现将开入量逻辑计算说明如下：

逻辑或

当状态序列试验开始之后，软件会获取一次开入量 A-H 的值并显示在开入量虚拟指示灯上，此时对勾选的开入量 A-H 之间进行一次或运算，得到值 A1,每收到一次 GOOSE 变位，就会对勾选的开入量 A-H 之间重新进行一次或运算，得到值 A2,A3..AN，如果 AN=A1,则不进行状态切换，如果 AN≠A1，则进行状态切换。

逻辑与

当状态序列试验开始之后，软件会获取一次开入量 A-H 的值并显示在开入量虚拟指示灯上，此时对勾选的开入量 A-H 之间进行一次与运算，得到值 A1,每收到一次 GOOSE 变位，就会对勾选的开入量 A-H 之间重新进行一次与运算，得到值 A2,A3..AN，如果 AN=A1,则不进行状态切换，如果 AN≠A1，则进行状态切换。

附：

| 逻辑或运算 | 逻辑与运算 |
|----------------|--------------|
| $0 \mid 0 = 0$ | $0 \& 0 = 0$ |
| $0 \mid 1 = 1$ | $0 \& 1 = 0$ |
| $1 \mid 0 = 1$ | $1 \& 0 = 0$ |
| $1 \mid 1 = 1$ | $1 \& 1 = 1$ |

注：

必须在【试验配置】-【GOOSE】-【开关量设置】-【开入量设置】内进行开关量绑定，才会参与计算。

3. 运行实验前试验配置介绍

试验配置用来进行试验前的准备工作，包括：导入 SCD 文件，配置 SV 控制块、配置 GOOSE 控制块、配置发送的报文类型，设置一二次变比、设置数据发送的端口等。

3.1. 如何发送模拟量和开关量

第一步：装置第一次开机默认是发送模拟量，如果不是模拟量需要选择需要先进入“试验配置”界面。

第二步：在试验配置里面选择“模拟量”报文类型。

第三步：设置电压电量变比（如下图）。

图 模拟量

第四步：进入开关量里面选择“硬接点”，也可添加 GOOSE 控制块选择组 1-8 进行硬接点绑定。

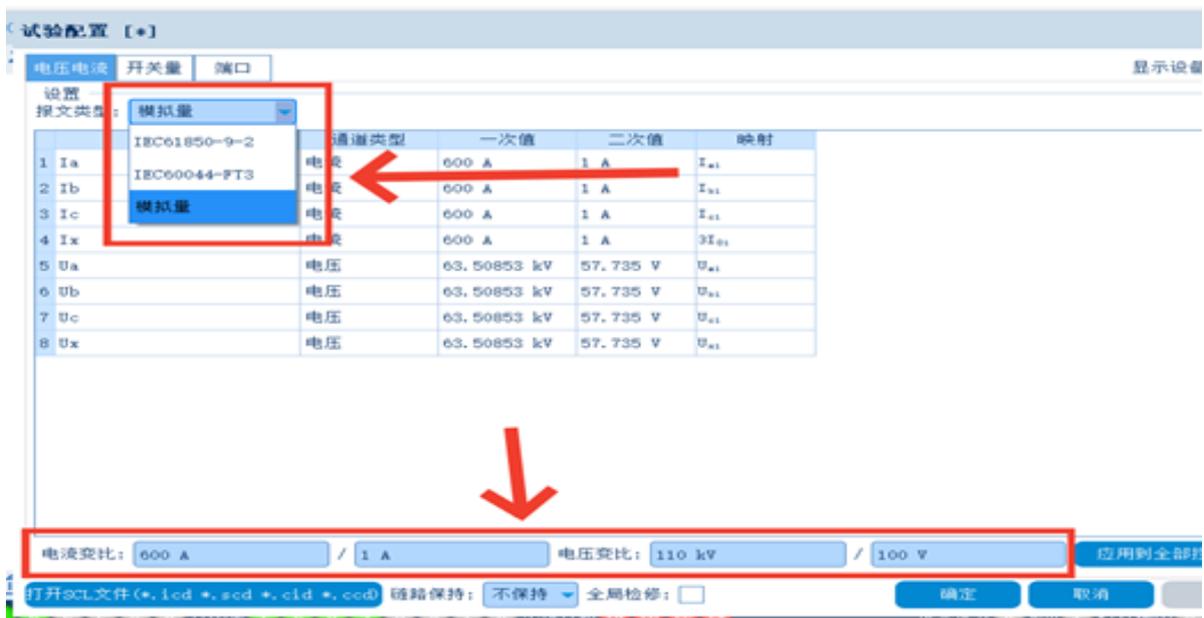


图 开关量

第四步点击确定  返回试验开始运行就可以发送模拟量和开关量了。

| 控制块详细信息 | | | | | |
|---------|--------|-------------------|------|----------|----------------------|
| AppID | MAC | 通道数目 | 引用数目 | 控制块所在IED | |
| 1 | 0x4001 | 01-0C-CD-04-40-01 | 24 | 14 | ML2201A:220kV线路一合并单元 |

| | 发布侧序号 | 发布侧信号地址 | 发布侧信号描述 | 订阅侧序号 | 订阅侧地 |
|----|-------|-----------------|---------|-------|-----------------|
| 1 | 1 | MU/TVTR1.Vol | 额定延迟时间 | 2-1 | SVLD1/SVINGGIO1 |
| 2 | 2 | MU/TCTR1.Amp | 保护电流A相1 | 2-2 | SVLD1/SVINA1TCT |
| 3 | 3 | MU/TCTR1.AmpChB | 保护电流A相2 | 2-3 | SVLD1/SVINA1TCT |
| 4 | 4 | MU/TCTR2.Amp | 保护电流B相1 | 2-4 | SVLD1/SVINB1TCT |
| 5 | 5 | MU/TCTR2.AmpChB | 保护电流B相2 | 2-5 | SVLD1/SVINB1TCT |
| 6 | 6 | MU/TCTR3.Amp | 保护电流C相1 | 2-6 | SVLD1/SVINC1TCT |
| 7 | 7 | MU/TCTR3.AmpChB | 保护电流C相2 | 2-7 | SVLD1/SVINC1TCT |
| 8 | 15 | MU/TVTR2.Vol | 保护电压A相1 | 2-8 | SVLD1/SVINUATVT |
| 9 | 16 | MU/TVTR2.VolChB | 保护电压A相2 | 2-9 | SVLD1/SVINUATVT |
| 10 | 17 | MU/TVTR3.Vol | 保护电压B相1 | 2-10 | SVLD1/SVINUBTVT |
| 11 | 18 | MU/TVTR3.VolChB | 保护电压B相2 | 2-11 | SVLD1/SVINUBTVT |
| 12 | 19 | MU/TVTR4.Vol | 保护电压C相1 | 2-12 | SVLD1/SVINUCTVT |
| 13 | 20 | MU/TVTR4.VolChB | 保护电压C相2 | 2-13 | SVLD1/SVINUCTVT |
| 14 | 24 | MU/TVTR8.Vol | 同期电压1 | 2-14 | SVLD1/SVINUXTVT |

图 控制块详细信息

点击数据指向箭头，即可看到控制块之间传输的具体通道内容。

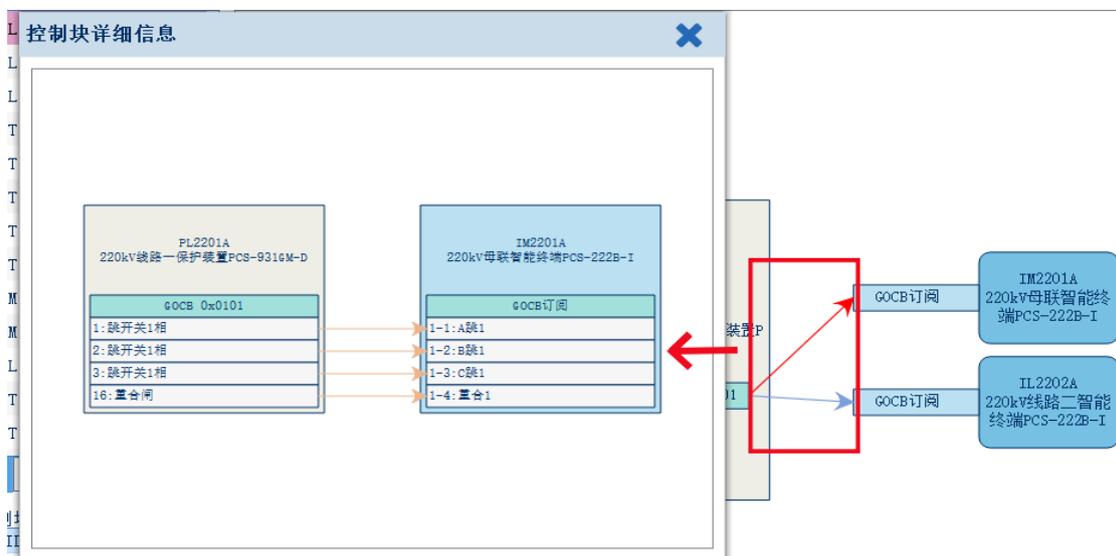


图 虚端子详图

【控制块设置】

控制块设置可以进行数字量控制块的增加、删除、清空操作，可以选择发送报文类型，并可对每个控制块的 APPID、发送端口、MAC 地址等参数进行修改。同时，还可以设置发送的控制块的电压和电流变比。



图 控制块设置

【链路保持】



图 链路保持

设置全局的控制块链路保持状态。当链路保持设置为**不保持**，停止试验之后，SV 和 GOOSE 控制块停止发送；当链路保持设置为**默认值**，停止试验之后，SV 控制块继续发送，但是发送的电压电流值为正常态的值，即电压通道幅值为 57.735V(二次值)，电流通道幅值为 0V(二次值)，GOOSE 控制块继续发送，按照心跳报文进行发送；当链路保持设置为**零值**，停止试验之后，SV 控制块继续发送，但是发送的电压电流幅值全部为 0，即电压通道幅值为 0V(二次值)，电流通道幅值为 0V(二次值)，GOOSE 控制块继续发送，按照心跳报文进行发送。

【全局检修】

设置全局的控制块检修状态。当全局检修设置为检修时，发送的所有 SV 和 GOOSE 控制块检修位全部置为使能状态；当全局检修设置为不检修时，发送的所有 SV 和 GOOSE 控制块检修位全部置为不使能状态。

【组别设置】

当报文类型为 IEC61850-9-2,IEC60044-282,IEC60044-FT3, IEC60044-EXT 时，可通过组别设置将不同的控制块设定为不同的组，此项设置适用于按照映射通道进行发送数据的方式和试验模块。

■ 分组映射

在使用电压电流模块前需要将使用的控制块通道映射到相应的组别上。方法为：在【试验配置】内，

选中某一个控制块，然后选择【设置 SV 分组】，将此控制块映射到组 1-组 4 中的某一个分组上，然后再选中某一行通道，在【映射】栏双击，可独立调整某一个通道的映射。

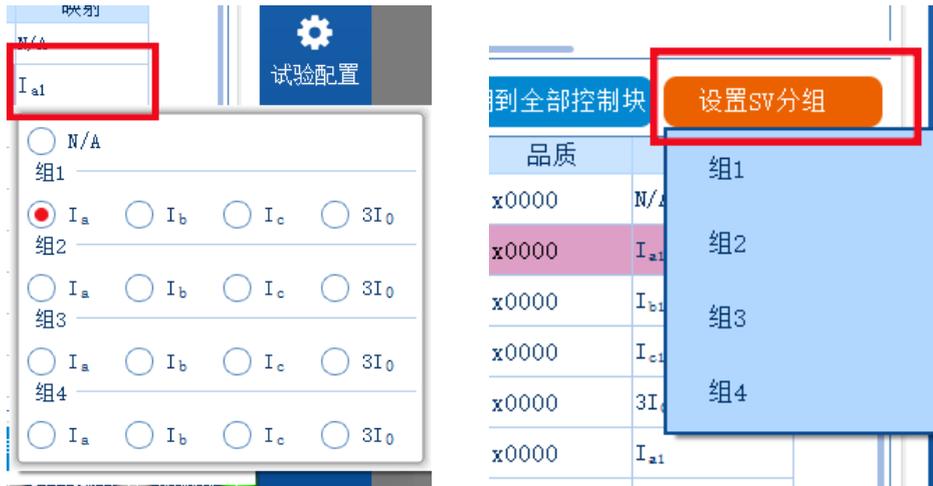


图 组别设置

※如何设置非标准格式的 FT3 报文输出？改功能需要咨询厂家技术员，并不是每一个版本都有。

（此功能需要使用者了解 FT3 报文的组成格式，每个 block 段都需要手动配置）

2022 年以后的上位机版本支持非标准格式的 FT3 格式报文输出，底层逻辑支持每 16 个字节的数据块生成一个 CRC 校验码，如下图显示，先选择 EXT-DC 自定义 FT3 模块，在控制块中点击编辑，弹出 FT3 模板配置窗口，在窗口中默认是 4 个数据块，每个数据块是 8 个通道，每个通道是 2 个字节，每个字节是 8 个 bit。

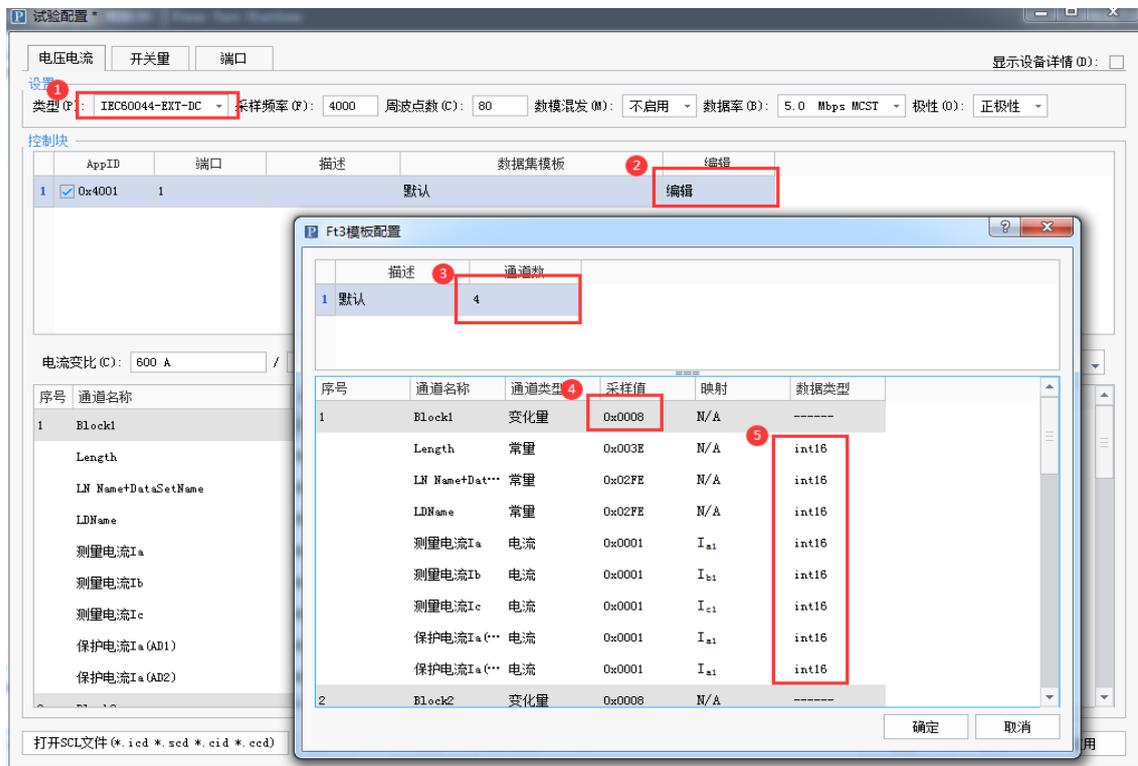


图 自定义 FT3 模板配置

设置好模板后可以保存，下次就可以再模板中选择需要发送的 FT3 控制块，注意发送非标准 FT3 报文的时候，要考虑好采样率和波特率，这些设置都会导致 FT3 识别错位。



图 选择 FT3 自定义的模板

3.3. 开关量配置

开关量可以设置发送的 GOOSE 控制块，以及开入量和开出量的绑定。

【控制块】

可以进行增加、删除、清空 GOOSE 控制块操作

可以设定 GOOSE 控制块的参数，如 APPID，发送端口、MAC 地址，通道数、报文优先级、GOID、dataset、发送间隔等。

可以选择 GOOSE 报文通道类型：单点、双点、时间、品质、整形、无符号整形、浮点、字符串等。

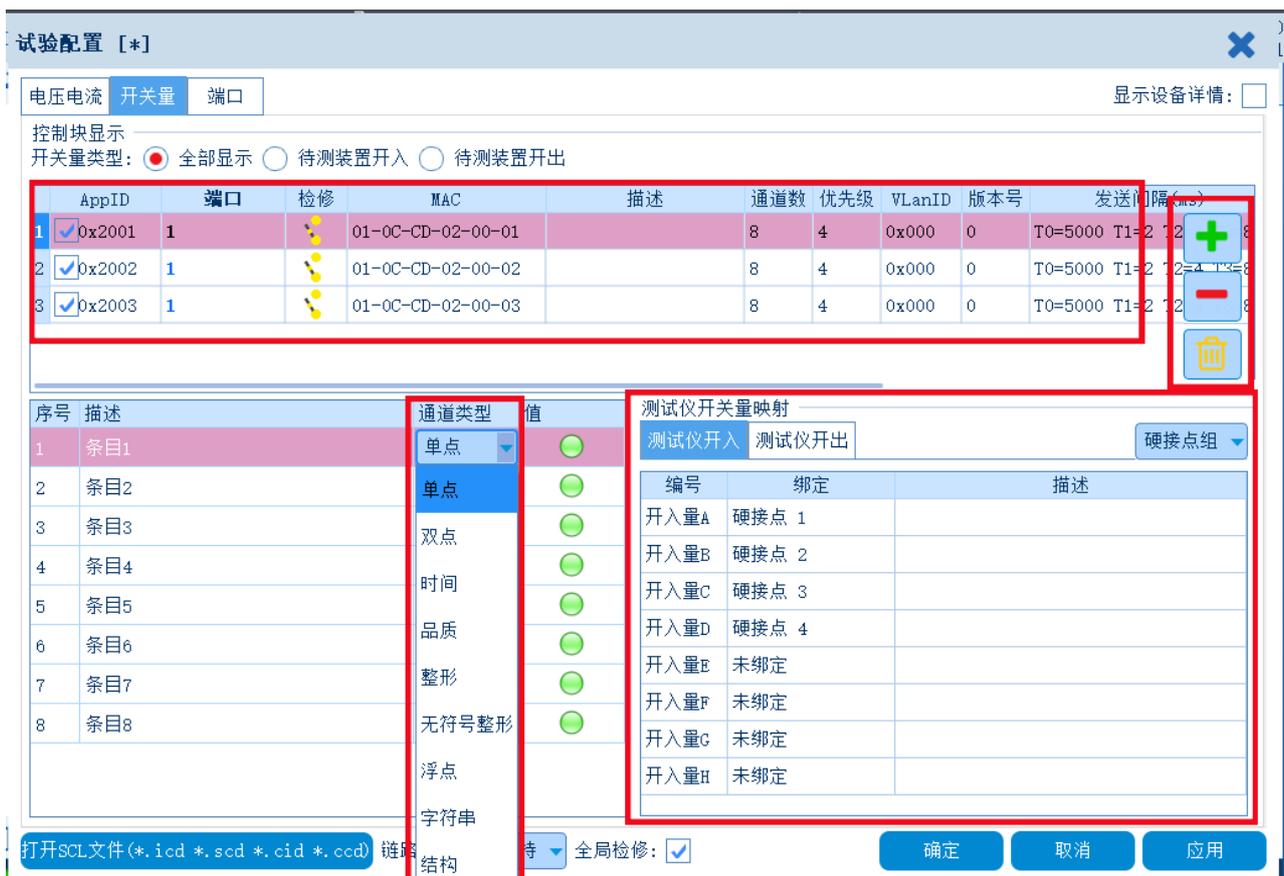


图 控制块参数

【开关量映射】

开关量映射下主要进行开入量及开出量的绑定操作。

开关量共设置 9 个组别，第一组别固定为硬接点组别，其他 8 个组别开入量及开出量均可以任意设置为硬接点或 GOOSE 通道。



图 开关量映射及设置通道类型

当开出量绑定为 GOOSE 通道时，每个开关量最多可绑定 5 个 GOOSE 通道，从而达到多个通道一起变位的效果。



图 开出量多通道绑定

3.4. 数字量报文发送如何设置检修状态

本软件共支持三种方式进行报文检修设置：

- 1) 试验配置-底部有一个选项勾选→全局检修

在实验配置底部勾选，此处可设置所有发送报文的检修状态，sv 和 goose 都是检修品质位。



- 2) 试验配置-IEC61850-9-2/FT3/扩展 FT3 等报文输出配置列表里面可以设置检修位置，这种设置试用余单个控制块设置检修。



图 设置检修

上图指示修改的检修状态对应的选中的控制块。修改后报文输出质数位为 0x0800



选中某一个控制块，通过品质来设置单个通道或所有通道的检修状态，此处设置检修必须每个控制块单独设置。



图 设置检修

- 3) 试验配置-goose 开关量

选中某一个控制块，通过测试标记来设置单个控制块的检修状态，此处设置检修必须每个控制块单独设置。 为检修位置 1



图 goose 的测试标记

3.5. 端口配置

当【显示设备详情】处于被选中状态时，可对设备端口、版本信息进行查询，并可手动更改绑定的设备编号(显示设备详情默认为不选中状态)。

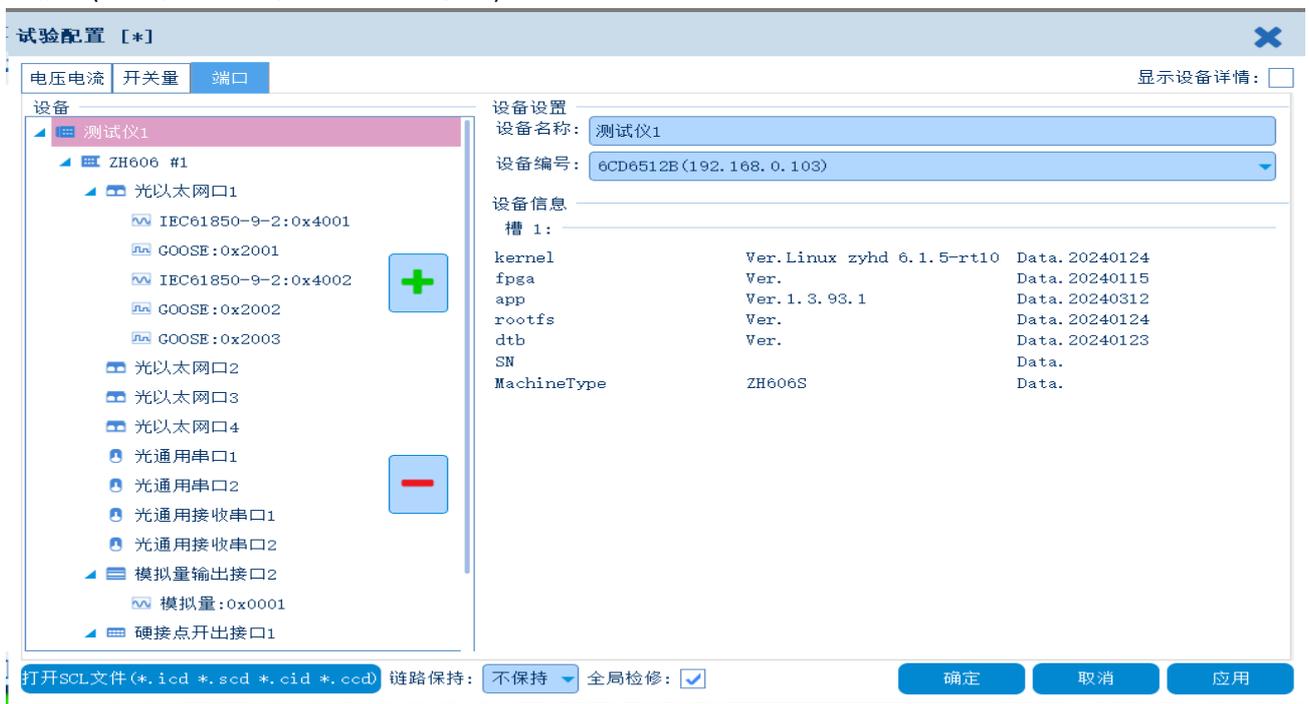


图 端口信息

3.6. 输出报文介绍

IEC-61850-9-2:

采样率支持 4000-12800.支持最多导入或创建 100 个 SV 控制块，每个控制块最多支持 50 个通道；

DL/T-282:

支持单相电流电压互感器、三相电流互感器、三相电压互感器、三相电压电流互感器四种类型，支持 2M/4M/6M/8M 异步串行码编码格式(UART)以及 2.5M/5M/10M 曼切斯特编码格式；

标准 FT3:

支持 2M/4M/6M/8M 异步串行码编码格式(UART)以及 2.5M/5M/10M 曼切斯特编码格式；

扩展 FT3 报文:

支持 2M/4M/6M/8M 异步串行码编码格式(UART)以及 2.5M/5M/10M 曼切斯特编码格式；

4. 试验模块介绍

4.1. 通用试验

通用试验包括：电压电流、通用数字测试、谐波试验、间谐波试验、递变、滑差六个模块。



图 实验模块

4.1.1. 电压电流

■ 概述

电压电流模块与通用数字测试模块在试验流程及操作上类似。但是，在通用数字测试模块中，每个 SV 和 GOOSE 通道均可独立变化，而电压电流模块与之不同，需要针对之前设置好的组别进行输出，每一个组别都是一组独立参数。简而言之，通用数字测试模块，程序将每一个通道均当做一个独立的数据块进行管理，因此在不用映射的情况下可对每一个控制块的每一个通道进行独立设置，而电压电流模块，程序固定按照 Ua1, Ub1, Uc1, Ux1, Ia1, Ib1, Ic1, Ix1 这 8 个量进行数据块管理，因此需要将使用的控制块的通道映射到这 8 个量上。通用数字测试模块的好处是每个通道单独可控，非常灵活；电压电流模块的好处是多个数据块可同时进行修改，操作简单。

■ 模拟量设置

点击电压电流模块，在弹出“电压电流设置”标签页下的发送控制块信息里默认 1 组电压电流（根据硬件自适应），1 组对应 4 压 4 流，即三相电压 Ua1、Ub1、Uc1, Ux1，三相电流 Ia1、Ib1、Ic1, Ix1。

可以设置电压电流的幅值、相位、频率。

设置变幅值、变频率、变相位勾选上变后，可以选择界面中变化操作中+或-进行变化操作。

■ 开关量设置

在手动试验中【开出量】区域，可查看当前映射的开出量及绑定的通道。

这里仅能操作开出点的断开和闭合，不能修改绑定，如果需要修改请前往【试验配置】界面。

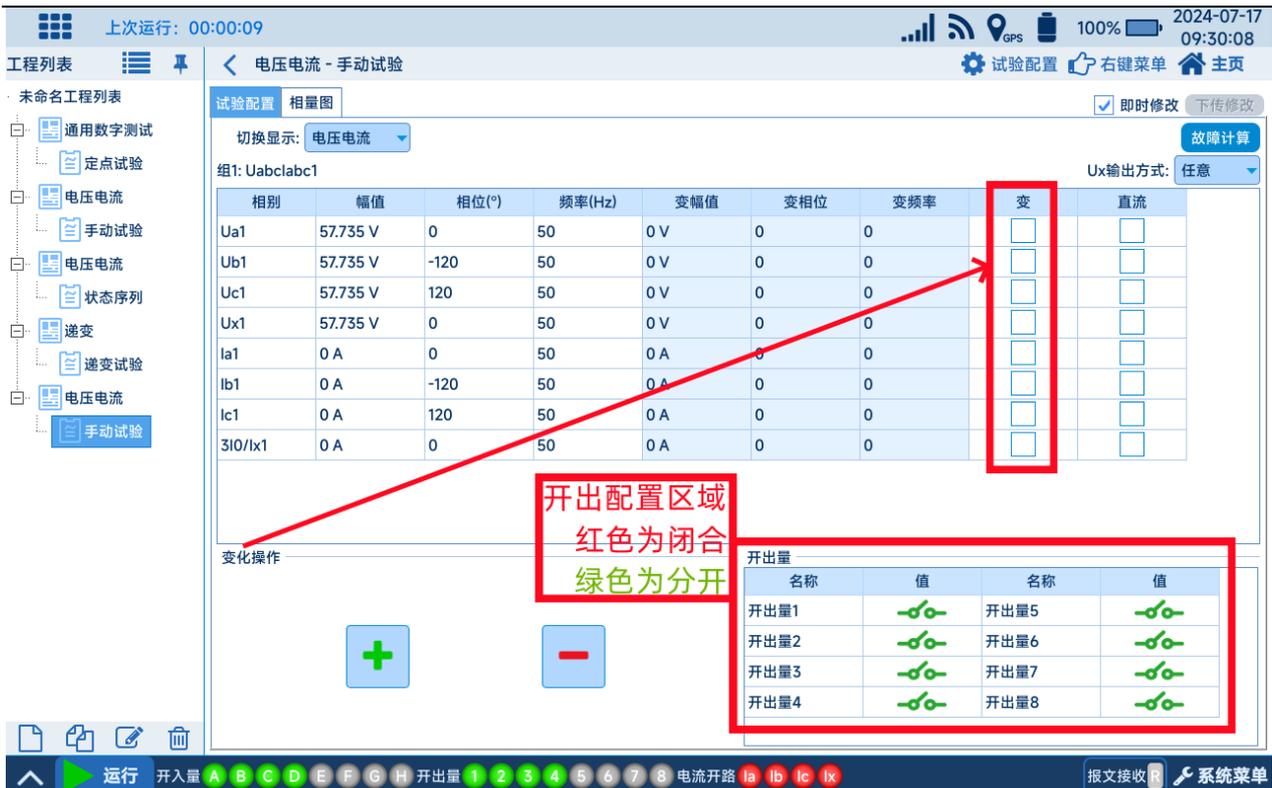


图 模拟量模块界面

数字量试验操作

选择数字量报文，点击“手动试验”，进入下图所示用户界面。



图 手动试验 SV 报文时界面

故障计算

点击界面中故障计算，弹出下图，可以手动配置保护试验中试验参数从而自动算出故障对应数字，点

击确定后配置到对应通道中。

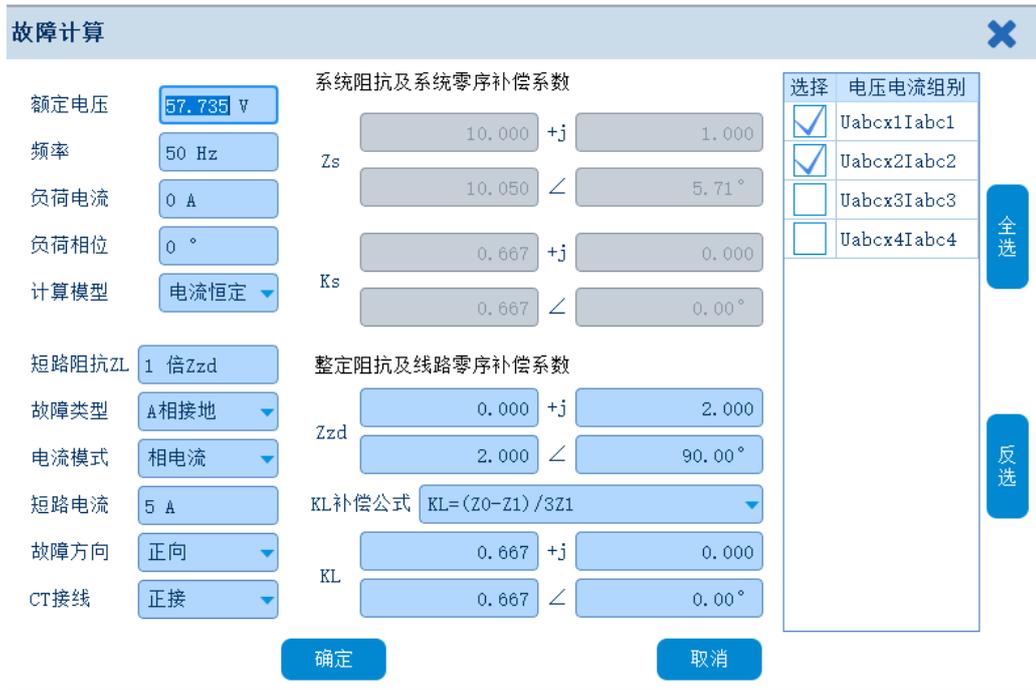


图 故障计算界面



图 状态序列界面

该界面与通用数字测试的定点测试模块类似，区别在于所设置的模拟量和开出量的形式不一样。因此其参数、试验流程均可参考通用数字测试，此处不再赘述。

■ 电压电流模块使用举例

变压器复合电压闭锁（方向）过流保护

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

➤ 如何输出复合电压

复合电压是指低电压和负序电压。在闭锁过流时，这两种电压是“或”的关系。也就是说，可以理解为是“低电压闭锁（方向）过流”和“负序电压闭锁（方向）过流”两套保护的组合，任一动作，即输出跳闸。

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

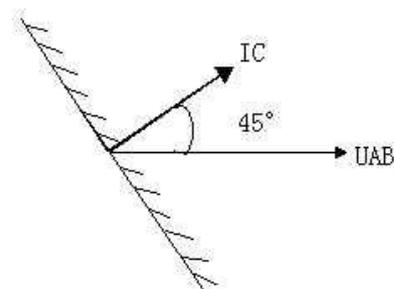
➤ 电压电流怎样配合输出

如果采用三相电压同时输出，则试验时可任意取其中一相电流输出。

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

➤ 怎样测试方向更简单

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



➤ 最大灵敏角的“正”、“负”是怎样定义的

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

➤ 需要测试哪些项目

过电流值、低电压值、负序电压值、动作灵敏角等。

➤ 在输出期间调整输出量

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

- 1) 选择“手动”试验方式，不勾选“即时修改”，先设置各相输出为正常状态量（电压为 57.735V，电流为 0A），按“F2”键输出。
- 2) 在测试仪输出状态下直接修改电压电流通道的幅值、相位、频率等，此时测试仪仍然输出的是修改前的数据，当按下“下传修改”按钮时，测试仪的各项数据输出变更为修改后的数据。由于这种改变是各相同步改变的，所以能适应某些突变量起动的保护的输出要求。



图 即时修改界面

■ 电压电流试验模块测试时应注意事项

- 在测试常规继电器时，“开关变位确认时间”应设置得大一点，比如 20ms 左右；若测试的返回值误差过大，可能是由于继电器接点抖动过大，这时可以选择“手动”方式来完成；在测试继电器的动作时间时，测试仪输出的交流量应大于 1.2 倍整定动作值以上，以确保保护可靠动作。
- 在测试多段式过流保护的動作时间时，一般是一段一段地分别进行试验。也就是说，校验 I 段保护动作时间时，把 II 段、III 段都退出，然后逐步递升电流直到保护动作。在这种方式下测出的动作时间往往是不准确的。测量保护的動作时间时，最好是由测试仪直接输出 1.2 倍及以上的整定动作值（低电压保护为 0.8 倍及以下），确保保护能够可靠动作，这样测出来的动作时间就比较准确。
- 测试距离保护时，短路阻抗在小于整定定值的时候保护才会出口，所以一般取定值的 0.95 倍来做试验，可保证保护能够可靠出口；在模拟接地距离故障的时候，零序补偿系数一定要设置正确。
- 校验零序电流定值时，要注意区分定值单里给出的是 $3I_0$ 的定值，还是 I_0 的定值。如果是 I_0 的定值，在测试模块的左下角会有显示，如果是 $3I_0$ 的定值，则将左下角显示的 I_0 的值乘 3，看是不是和定值一样。对于距离和零序保护定值的校验，后面有专门的校验模块，测试会更方便，关于这部分软件已在后面介绍。
- 测试低周保护时，选择频率可变。频率变化的步长根据精度的要求来设置，最好是选择“自动”的方式来完成，因为低周有 df/dt 的闭锁值，用手动方式的话不好控制。频率从 50 开始下降一直降到保护动作为止，需要注意的是，间隔时间应该大于保护的動作时间。

4.1.2. 通用数字测试

■ 概述

通用数字测试模块，可发送 IEC-61850-9-2、DL/T-282、标准 FT3、扩展 FT3 报文。每一个 SV 通道幅值、相位和频率可以任意调整；同时还可以发送 Goose 报文，每一个 GOOSE 通道均可独立修改。

通用数字测试包括两种类型试验点：定点测试和自定义序列。定点测试在试验过程中可随时修改发送的幅值、相位、频率，如果发送的是数字量，还可以进行网络及报文异常测试；自定义序列则是按照预先设定的状态序列进行输出。

■ 定点测试用户界面



图 通用数字测试界面

■ 参数说明

【报文格式】

模拟量的报文类型，在试验配置里已经设置好，此处只能显示不能更改。

【采样频率】

光数字报文的采样频率，仅当报文类型为数字量时才显示。

【变化控制块】

设定变化的控制块是仅当前一个控制块还是所有控制块。

【变化类型】

设定变化类型，可设置幅值、相位、频率。

【控制方式】

对发送数据进行手动控制或自动控制。

自动控制：支持递变、滑差、综合三种方式进行自动控制。试验开始前，先设定好变化类型、变化控制块、变化初值、变化末值、变化步长、变化方式等参数，试验开始后，软件自动按照设定好的参数进行幅值或相位或频率的阶段变化

手动控制：开始试验后，输出默认状态；每次点击“+”或“-”按钮时，变化量增加或减少一个步长。

注：自动控制模式下不支持输出直流。

【即时修改】

勾选该项，则参数一旦变化，软件立刻下传变化量。

不勾选该项，则参数修改后，仅在点击“下传修改”按钮时才下传变化量。

注：该项仅在手动变化模式下显示。

【开变量】

开变量用于设置试验的触发条件，当触发条件满足时会记录试验结果。

被勾选的开入量经逻辑运算之后的量作为触发量，当触发量翻转的时候即会触发并记录试验结果。其中，翻转可选第一次翻转还是第二次翻转。

■ 采样值发送测试流程

采样值发送流程是根据已经设置的 SV 控制块参数按照一定规律发送采样值，发送过程中可以设置变化量。变化量的变化方式有 2 种：手动变化、自动变化。不同的发送方式和变化方式时，测试流程不一样，具体分析如下：

【自动变化】

点击开始按钮后，变化量初始化为变化始值，然后开始发送 SV；变化量按步长变化至变化终值，然后试验停止。试验过程中，当触发条件满足时，会记录触发时刻及当时的状态。

【手动变化】

点击开始按钮后，变化量初始化为变化初值；每次点击“+”或“-”按钮，则变化量增加或减少 1 个步长；测试在点击停止按钮时结束。每一次下传修改（无论是即使下传还是手动下传）之后，试验装置都会监视触发条件，当触发条件满足时，会记录触发时刻、当时的状态及开入量的动作时序。

■ 试验中修改发送数据

在试验过程中，可实时改变 SV、GOOSE 通道的值。

修改方式有两种：1、即时修改，2、批量修改

1) 即时修改



首先勾选“即时修改”复选框，然后直接修改需要调整的幅值、相位、频率或者开关量。

2) 批量修改



首先取消勾选“即时修改”复选框，然后依次修改需要调整的幅值、相位、频率或者开关量，修改完毕后，单击“下传修改”按钮，完成批量修改发送数据的操作。

■ 报文测试功能

本装置支持模拟多种异常的 SV、GOOSE 报文或 SV、GOOSE 报文的异常状态。

- 1) SV 异常：品质测试、发送频率抖动、延时异常、失帧异常、失步异常、序号跳变、错值测试；
 - 品质测试：可修改 SV 通道的品质位，模拟无效、检修等各种品质异常
 - 发送频率抖动：模拟 SV 报文发送间隔的抖动
 - 延时异常：模拟 SV 报文延时通道的延时发生异常
 - 失帧异常：模拟 SV 报文丢包
 - 失步异常：模拟 SV 报文丢失同步信号
 - 序号跳变：模拟 SV 报文采样序号的不连续变化
 - 错值测试：模拟 SV 采样值的错误，可放大或缩小
- 2) GOOSE 异常：心跳抖动、发送频率抖动、检修异常、状态虚变、失帧异常、序号跳变。
 - 心跳抖动：模拟 GOOSE 报文心跳报文变化抖动
 - 发送频率抖动：模拟 GOOSE 报文发送间隔抖动
 - 检修异常：模拟检修模式的 GOOSE 报文
 - 状态虚变：模拟异常的 GOOSE 变位，即 GOOSE 通道的值没发生变化，stNum 却增加
 - 失帧异常：模拟 GOOSE 报文丢包
 - 序号跳变：模拟 GOOSE 报文的 sqNum 值异常变化

报文测试功能的操作方法：在 SV、GOOSE 控制块列表中的“报文测试”列，双击后弹出对话框，然后选择需要模拟的测试项。



■ 状态序列

状态序列模块可以自定义多个不同的状态，模拟多种不同的运行状态，用于测试复杂的保护逻辑或者其他电力自动化设备。



自定义序列按照预先设置的状态序列依次输出各状态，并根据一定的触发条件切换到下一个状态。每个状态输出的 SV、GOOSE 的设置方法见下图。

其中，每个状态的 SV、GOOSE 的每个通道均可独立设置。

通过如下按钮可进行状态的添加、删除、清空、复制、粘贴操作。



注释：

| 名称 | 功能 |
|--------------|---------------------|
| 添加状态（当前状态之后） | 复制一份当前状态，添加到当前状态之后。 |
| 清空所有态（保留第一个） | 删除第一个状态之外的所有状态。 |
| 复制当前状态 | 复制一份当前状态到程序内存中。 |
| 粘贴（所选状态之后） | 粘贴程序内存中的状态到当前状态之后。 |
| 删除当前状态 | 删除当前所选的状态。 |

每个状态触发条件设置见下图，满足触发条件时，经过触发延时后进入下一个状态。

【辅助名】

状态的名称，可以自由更改，便于理解。

【触发方式】

即触发状态切换的条件，可设置为状态时间、开入量（限时）、开入量（不限时）、按键触发、同步触发。

设置为状态时间时，则该状态持续到设定时间后即切换到下一状态；

设置为开入量（限时）时，如果在设定的状态时间内设定的开入量逻辑发生变化则直接切换到下一状态，如果达到设定的状态时间后设定的开入量逻辑仍然没有发生变化则直接切换到下一状态；

设置为开入量（不限时）时，无论等待多长时间，必须为设定的开入量逻辑发生了变化才会切换到下一状态；

设置为按键触发，则在用户点击状态栏的后触发；

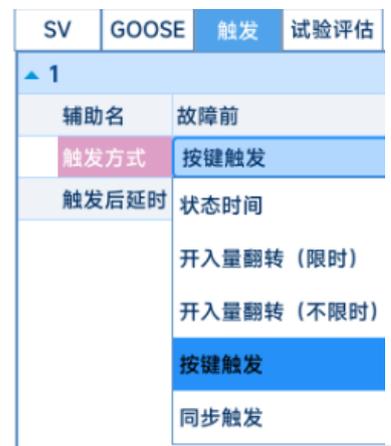
同步触发：

同步触发为分转换触发(非分脉冲触发)，即在装置对时稳定的情况下，当装置自身的时间进行分钟切换时，进行状态切换。

【试验评估】

点击试验评估标签页，进入试验评估界面。在每个状态中，试验装置监视并记录开入量的翻转情况（上跳或者下跳，仅记录该状态中的第 1 次翻转）及时刻（相对于该状态的起始时刻）。如果勾选了开入量，则允许输入“整定动作时间”和“允许误差”，在试验结果里会根据实际的动作时间判断动作时间是否合格。

| | | | | | | | | |
|---|-----|-------------------------------------|---|--|-------------|---------|------|------|
| 2 | 新状态 | <input checked="" type="checkbox"/> | A | | 2025.349 ms | 2025 ms | 1 ms | 合格 |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> | B | | 2025.349 ms | 2000 ms | 0 ms | 不合格 |
| | | <input type="checkbox"/> | C | | 2025.349 ms | ---- | ---- | ---- |



4.1.3. 谐波试验

■ 概述

谐波试验模块的功能：

- 可输出最多 12 路数字量电压、电流，每路输出可设置 0~63 次谐波。
- 支持按照幅值、谐波含有率、相位进行变化，可手动或自动变化，自动变化时变化量按步长变化。
- 测试仪在输出状态的同时记录保护装置动作和返回时被检测量的值，并与整定值做比较，以校验保护装置的性能。可对谐波制动式差动保护进行测试。

■ 谐波输出

谐波输出是谐波试验模块的基本功能，每路电压、电流可包含 0~63 次谐波。

各次谐波的幅值、相位可独立设置，叠加方式可以设置为有名值叠加和百分比叠加。如果为有名值叠加，各次谐波幅值直接由输入参数给定；如果为百分比叠加，各次谐波的输入参数是该次谐波幅值与基波（1 次谐波）幅值的比值。

0 次谐波，即为直流，表达式为恒定值。

■ 谐波表示方法

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

■ 谐波定点试验



图 谐波定点试验界面

谐波定点试验可实现 4 相电压、3 相电流的各次谐波分量叠加输出，用于测试电力系统的设备在各种谐波情况下的工作行为。

- UA、UB、UC、UX、IA、IB、IC 均可以叠加直流及 2~63 次谐波输出
- 各次分量可以按幅值显示和记录，也可以按基波的百分比方式显示和记录
- 可以选择自动变化，也可选择手动变化，幅值和相位均可变化



图 谐波定点试验变化设置

变化通道：可以设置当前通道、当前控制块、所有控制块。

变化类型：可以设置幅值、相位、谐波含有率。

触发后返回：勾选后在变化过程中按下“上”“下”按钮递增或递减变量值，直到保护继电器动作或返回。

开关量：用来定义哪几路开入量动作有效。默认 A、B、C、D 四路开关量全部有效。试验时可自定义指定哪几路开关量有效（打“√”为有效）。

触发逻辑：可设置逻辑或，逻辑与。

■ 谐波试验自定义序列

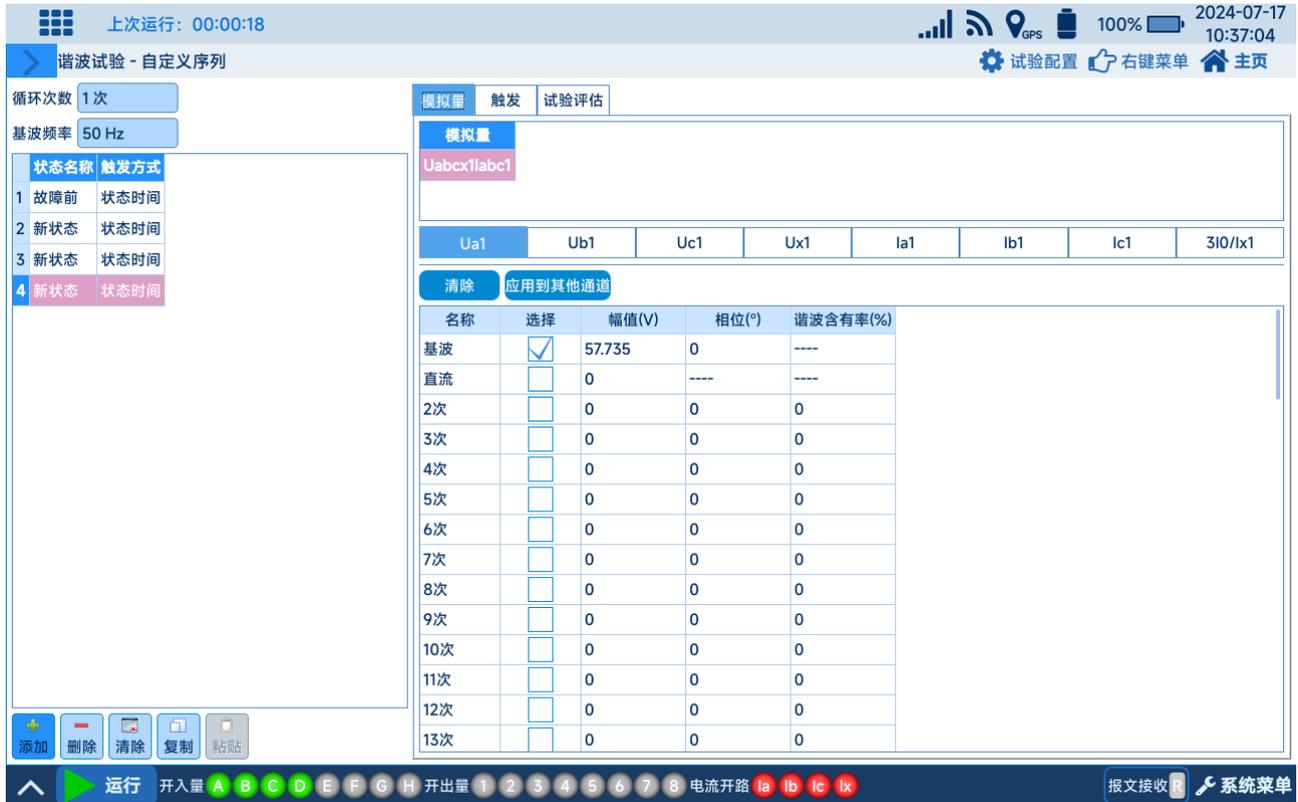


图 谐波状态序列试验界面

可定义多个由用户自由设置的状态，对保护装置动作值测试非常适用。

通过开入接点状态的翻转测试保护的動作时间，動作时间以各自状态的起始点为计时起点。

每个状态可单独设置电压电流的幅值、相位、频率、和谐波含量。

4.1.4. 间谐波试验

- 可输出最多 8 路模拟量电压、电流，每路输出可设置 0~63 次间谐波。
- 可定义多个由用户自由设置的状态，通过开入接点状态的翻转测试保护的動作时间，動作时间以各自状态的起始点为计时起点，每个状态可单独设置电压电流的幅值、相位、频率、和谐波含量。
- 试验步骤如谐波自定义序列。



图 间谐波试验界面

4.1.5. 递变试验

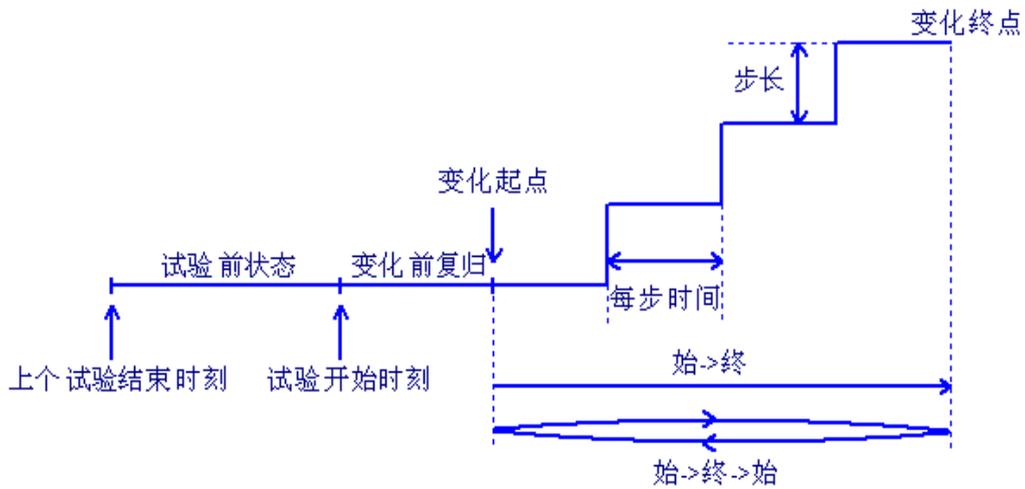
■ 概述

递变试验即按照一定的设置量逐步进行变化，在这里我们主要是指阶梯变化。

阶梯变化描述了一个按步长变化的试验过程，根据变化类型的不同，将阶梯变化分为 4 个类型：电压幅值、电流幅值、频率、相位。

递变试验的流程可以概括为如下几个方面：

- 将试验过程分解为多个步骤进行，每一步保持一定的时间，并输出一定的状态。
- 试验前先设置变化类型、变化初值、变化末值、变化步长、每步持续时间、变化方式等参数。变化类型在每一步中其值保持恒定，但是不同步之间值不一样，且相邻两步之间变化量的差值（即为步长）相等，变化量的这种变化方式称为按步长变化。
- 每一步的状态由所设置的变化量及其内容决定，其中跟变化量无关的电压电流为复归状态中的电压电流，跟变化量有关的电压电流由当前变化量的值经过一定计算后获得。
- 阶梯变化测试点的流程如图所示：



该流程图说明如下：

- 1) 试验开始之前根据需要可以插入一段试验前时间(即试验前复归时间)，用于激活保护装置或使保护装置处于工作状态(避免断链告警)等目的。
- 2) 每步变化前可以插入一段复归状态(即正向每步变化前复归时间或反向每步变化前复归时间)，用于让保护装置复归等目的。

■ 术语介绍

【正向变化】：变化量由变化初值向变化末值变化的过程称为正向变化

【反向变化】：变化量由变化末值向变化初值变化的过程称为反向变化

【变化终点】：当保护装置动作或者变化量到达变化末值，即到达变化终点

【脉冲递变】：当正向每步变化前复归时间或反向每步变化前复归时间不为零时

【循序递变】：当正向每步变化前复归时间或反向每步变化前复归时间设置为零时

■ 变化过程

| 变化方式 | 是否勾选触发后返回 | 触发原因 | 实现效果 |
|---------|-----------|--------|--|
| 始->终 | 勾选 | 保护装置动作 | 当变化量变化到保护装置动作值时试验停止 |
| 始->终 | 勾选 | 到达变化末值 | 当变化量变化到变化末值时试验停止 |
| 始->终 | 不勾选 | 保护装置动作 | 当变化量变化到变化末值时试验停止 |
| 始->终 | 不勾选 | 到达变化末值 | 当变化量变化到变化末值时试验停止 |
| 始->终->始 | 勾选 | 保护装置动作 | 当变化量变化到保护装置动作值时开始反向变化，直到找到反向变化过程中的保护装置动作值，如果找到反向变化过程中的保护装置动作值，则试验停止，如果反向变化过程中没有找到保护装置动作值，则变化到变化初值时试验停止 |
| 始->终->始 | 勾选 | 到达变化末值 | 变化量先从变化初值变化到变化末值，然后再从变化末值变化到变化初值 |
| 始->终->始 | 不勾选 | 保护装置动作 | 变化量先从变化初值变化到变化末值，然后再从变化末值变化到变化初值 |
| 始->终->始 | 不勾选 | 到达变化末值 | 变化量先从变化初值变化到变化末值，然后再从变化末值变化到变化初值 |

正向变化时，如果变化末值大于变化初值则按步长递增，如果变化末值小于变化初值则按步长递减。

正向变化过程中，保护装置动作时变化量的值即为动作值或边界 1（功率保护边界测试时），动作时刻与该步起始时刻之差即为动作时间。在该步持续每步时间后试验结束（当变化方式设置为始->终时）或

开始反向变化（当变化方式设置为始->终->始时）。如果正向变化过程中，变化量达到变化终值并持续每步时间后保护装置仍没有动作，说明参数设置有异常或保护装置异常。

反向变化过程中，保护装置动作时变化量的值即为返回值或边界 2（功率保护边界测试时），返回时刻与该步起始时刻之差即为返回时间。在该步持续每步时间结束后试验结束。如果反向变化过程中，变化量达到变化初值并持续每步时间后保护装置仍没有返回，说明参数设置有异常或保护装置异常。



图 递变试验界面

每个递变过程均有故障前（复归值）和故障态（递变值）两个状态。通过试验前复归时间、正向每步变化前复归时间(反向每步变化前复归时间)及每步持续时间三个参数控制递变过程。

每步持续时间必须设置的足够长，以使待测的保护跳闸。保护投入的其它功能，如果其动作时间长于待测的功能，则不会跳闸。只要每步变化前复归时间设置的足够长，在每一个故障脉冲之后的复归状态将使继电器完全复归。每步持续时间的设置必须大于保护待测功能的跳闸时间，但要小于高定值元件的跳闸时间。

为了保证有足够的接点状态判断时间，特别是“动作值+返回值”和“最大灵敏角”两种测试，必须设置正向每步变化前复归时间或反向每步变化前复归时间。

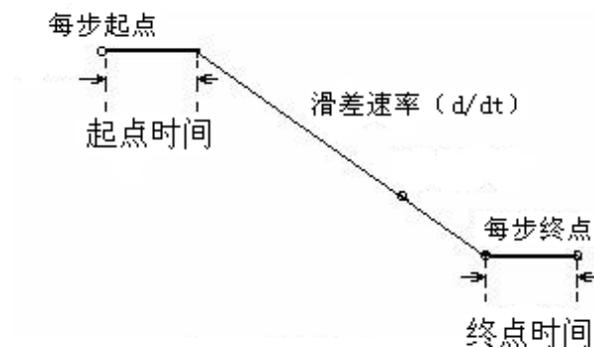
4.1.6. 滑差试验

■ 概述

滑差变化描述了一个按滑差变化的试验过程。

滑差测试流程可以概括为：

- 试验过程同阶梯变化类似，也是分为多步进行，每一步保持一定的时间，并输出一定的状态。
- 设置 1 个滑差变化量，其值在试验过程中发生改变。该滑差变化量在每一步当中其值不恒定，且具有下图所示的变化规律。在每一步中，变化量由每步起点值开始，保持设定的起点时间，然后该变化量按设定滑差 d/dt 线性变化至每步终点值，然后在每步终点值保持设定的终点时间后，该步结束。变化量的这种变化方式称为按滑差变化。



- 试验过程还需设置 1 个阶梯变化量，该阶梯变化量可被测试仪监视，试验过程中测试仪记录保护装置响应时刻被监测量的值及响应时间，并能与监测量的整定值做比较，以判断保护装置的性能。
- 每一步的状态由所设置的变化量及其内容决定，其中跟变化量无关的电压电流为复归状态中的电压电流（试验前状态值），跟变化量有关的电压电流由当前变化量的值经过一定计算后获得。

■ 参数说明

【试验项目】

根据测试的目的进行选择，可以选择：动作时间、动作值、滑差闭锁值。

【变化组别】

进行变化的分组，可以为某一个分组，也可以为全部分组。

【变化类型】

有电压幅值、电流幅值、频率三种可选。

【变化初值】

设定的变化类型初值。

【初值时间】

试验开始后，在设定的变化类型初值上运行的时间。

【变化末值】

设定的变化类型末值。

【末值时间】

试验开始后，在设定的变化类型末值上运行的时间。

【计时启动值】

该选项仅当试验项目为动作时间时才会存在。其作用为计算动作时间 T 。

比如：已知保护装置的动作整定值为 A ，实际动作值为 $A+X$ ，设定计时启动值为 A ，那么当设定的变化类型(电压幅值/电流幅值/频率)在滑差变化过程中达到 A 时，测试装置会记录下当前的时间 T_1 ，当保护装置动作时，在实际动作值为 $A+X$ 时，测试装置记录下实际动作的时间 T_2 ，则 T_2-T_1 即为保护装置的动作时间 T 。为了使 T 足够准确，设定计时启动值 A 应该和 $A+X$ 足够接近。当 $A=A+X$ 时，测试装置测得的保护装置动作时间就会足够准确。

■ 试验过程说明

当试验项目为动作时间时，支持变化类型为电压幅值、电流幅值及频率。即用来测试保护装置的实际动作时间和整定值之间的偏差。



图 滑差动作时间试验界面

当试验项目为动作值时，支持变化类型为电压幅值、电流幅值及频率。不同之处为多了末值搜索起点、末值搜索终点、末值搜索步长三个设置项。即用来测试保护装置的实际行动值和整定值的偏差。

比如：已知保护装置的整定值为 A ，实际动作值为 $A+X$ ，整定的动作时间为 T ，那么设定末值搜索起点为 $A-Y$ ，末值搜索终点为 $A+Y$ ， $|Y| \geq |X|$ （实际试验时， Y 可以按照整定值 A 的 0.2 倍取），设置末值搜索每步持续时间 T_1 ，注意： $T_1 > T$ （实际试验时， T_1 可以按照整定值 T 的 1.5 倍取），末值搜索步长可按照整定值 A 的 0.001 倍取。当末值搜索值为 $A+X$ 时，保护装置动作，比较 $A+X$ 和 A 之间的偏差即为保护装置的实际行动值和整定值的偏差。



图 滑差动作值试验界面

当试验项目为滑差闭锁值时，支持变化类型为电压幅值、电流幅值及频率。即用来测试录波器的频率变化率实际启动值和整定值的偏差或线路保护装置的低周减载功能或高周切机功能。

以测试录波器的频率变化率实际启动值和整定值的偏差为例，录波器的频率变化率整定值为 X Hz/s，实际启动值为 $X+Y$ Hz/s，那么设置滑差搜索起点为 $X-A$ Hz/s，设置滑差搜索终点为 $X+A$ Hz/s， $|A| \geq |Y|$ (实际试验时， A 可以按照整定值 X 的 0.2 倍取)，滑差搜索步长可按照整定值 X 的 0.001 倍取，当滑差搜索值为 $X+Y$ Hz/s 时，录波器频率变化率启动，比较 X 和 $X+Y$ 之间的偏差即为录波器的频率变化率实际启动值和整定值的偏差。



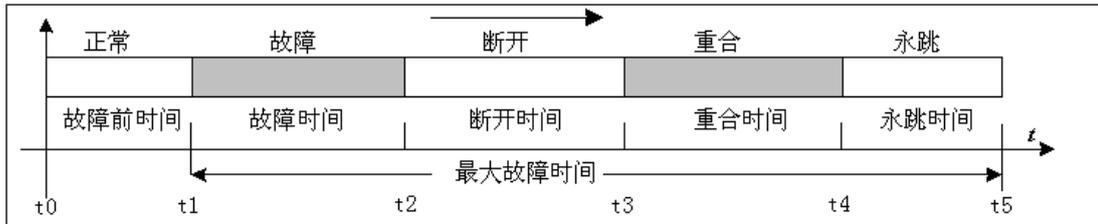
图 滑差滑差闭锁值试验界面

4.2. 保护试验

4.2.1. 整组试验

■ 概述

整组试验是通过模拟故障过程测试保护装置的性能。一个完整的故障过程包括以下几种状态：正常>故障->断开>重合闸>永跳，如图所示：



■ 整组试验过程

模拟过程的起始时刻记为 t_0 ，测试仪开始输出正常状态；经过“故障前时间”在 t_1 时刻故障发生，测试仪输出故障状态；在 t_2 时刻，测试仪接收到来自保护装置的跳闸命令，部分相或三相断开，测试仪根据具体命令输出断开状态； t_3 时刻，测试仪接收到来自保护装置的重合闸响应，输出重合状态； t_4 时刻，测试仪再次接收到跳闸响应，并根据具体命令输出永跳状态；之后，在 t_5 时刻，测试仪设置的最大故障时间到，整个模拟过程结束。

■ 公共参数设置

1) 基本参数

电压电流组别：试验使用的电压电流组别。

额定电压：正常状态输出的相电压有效值，计算模型中电势源的相电压有效值。

额定频率：整个测试过程中电流和电压的频率，计算模型中电势源的频率。

负荷电流：正常状态下输出的电流的有效值。

负荷相位：正常状态下输出三相电流的 A 相相位，B、C 相相位由正序三相对称计算得到

PT 位置：PT 在线路侧，断开状态和永跳状态时断开相的电压为 0；PT 在母线侧，断开状态和永跳状态时断开相的电压为正常状态时的电压。

CT 接线：正接时，三相电流相位按计算模型输出；反接时，三相电流相位按计算模型反相输出，即相位反 180 度。

触发方式：触发第一个故障过程的故障状态的条件。可选择按键触发、时间触发和时间控制。选择按键触发：试验开始后测试仪持续输出正常状态，直到用户按键操作才会切换到故障状态。选择时间触发和时间控制：试验开始测试仪输出正常状态，经过“故障前时间”设定的时间，自动切换到故障状态。

最大故障时间：从进入故障状态的时刻开始，经过该设置时间后，不论保护装置的响应与否，模拟该次故障过程的模拟结束，进入下一个故障过程或结束。

故障前时间：如果触发方式为“时间触发”、“时间控制”时，则该选项可设置，从试验开始后，该时间内持续输出正常状态；

模拟断路器延时：分为合闸延时和分闸延时。

合闸延时：测试仪收到保护装置的合闸命令时，不立即进入合闸状态，而是延时该设置时间之后再开始模拟合闸状态。

| 整组试验 公共参数 | |
|---------------------|--------------------------|
| ▲ 基本参数 | |
| 电压电流组别 | Uabc1Iabc1 |
| 额定电压 | 57.735 V |
| 额定频率 | 50 Hz |
| 负荷电流 | 0 A |
| 负荷相位 | 0 ° |
| PT位置 | 母线侧 |
| CT接线 | 正接 |
| 触发方式 | 时间触发 |
| 最大故障时间 | 5 s |
| 故障前时间 | 10 s |
| 模拟断路器动作延时 | <input type="checkbox"/> |
| ▲ U _x 设置 | 任意 |
| U _x 幅值 | 57.735 V |
| U _x 相位 | 0 ° |
| 故障参数 | |

分闸延时：同上面类似，测试仪收到保护装置的分闸命令时，经过该设置延时之后再开始模拟断开状态或永跳状态。

故障持续时间：仅当触发方式为“时间控制”时有效。

断开时间：仅当触发方式为“时间控制”时有效。

重合时间：仅当触发方式为“时间控制”时有效。

U_x 设置：中性点电压输出方式，可选择同期相电压、线电压，也可手动设置 U_x 的幅值和相位。

2) 公共参数-故障参数

计算模型：Z_s 恒定、电压恒定、电流恒定，三种方式可选。

系统阻抗：计算模型的参数，在“计算模型”为“Z_s 恒定”时可设置，否则置 0∠0°，用于 Z_s 恒定模型下计算故障状态的电压

和电流。

系统零序补偿系数：计算模型的参数，在“计算模型”为“Z_s 恒定”时可设置，否则置 0∠0°，用于 Z_s 恒定模型下计算故障状态的电压和电流。

线路零序补偿系数：由模拟线路的决定的参数，用于故障状态时输出电压、电流的计算。

衰减直流：是否叠加衰减直流分量，选中有效。

时间常数：衰减直流的时间常数。

合闸角方式：设置为“任意”时，测试仪收到切换至故障态信号时直接进入故障态；设置为“固定”时，测试仪接收到切换至故障态信号时需等待 A 相电压的相位等于合闸角时才进入故障态。

合闸角：“合闸角方式”设置为“固定”时有效。

3) 开关量

【开入量】

每一个开入量可以绑定相应的动作，作为触发状态转换的条件并能影响到状态的输出。另外，开入量也可以设定为无效，此时开入量的动作无实际意义，被测试仪忽略。

开入量 A 可以绑定为 A 相跳闸或者三相跳闸，也可以设定为无效。

开入量 B 可以绑定为 B 相跳闸或者三相跳闸，也可以设定为无效。

开入量 C 可以绑定为 C 相跳闸或者三相跳闸，也可以设定为无效。

开入量 D 可以绑定为重合，可以设定为无效。

【开出量】

提供 4 个辅助开出量，其中 3 个可用于指示断路器位置，另外

1 个提供恒定状态。考虑到断路器的位置可能是分相信号，需提供一个额外的“分相位置”选项，勾选该项，则设置分相位置，否则设置三相位置。

分相位置时：

开出量 1 可以绑定 A 相跳闸位置或者 A 相合闸位置，也可以设定为无效。

开出量 2 可以绑定 B 相跳闸位置或者 B 相合闸位置，也可以设定为无效。

开出量 3 可以绑定 C 相跳闸位置或者 C 相合闸位置，也可以设定为无效。

开出量 4 可以设置为闭合或者断开，也可以设定为无效。

三相位置时：

开出量 1 可以绑定三相跳闸位置或者三相合闸位置，也可以设定为无效；开出量 2 和 3 无效，开出量

| ▲ 故障参数 | |
|--------------|--------------------------|
| 计算模型 | 电流恒定 |
| ▲ 线路零序补偿系数KL | 0.667 ∠ 0° |
| 计算公式 | KL = (Z0-Z1)/3Z1 |
| KL | 0.667 |
| θ | 0° |
| 衰减直流 | <input type="checkbox"/> |
| 合闸角方式 | 任意 |

| ▲ 开关量 | |
|-------|--------|
| ▲ 开入量 | |
| A | 跳闸 |
| B | 跳闸 |
| C | 跳闸 |
| D | 重合 |
| ▲ 开出量 | |
| 1 | A相合闸位置 |
| 2 | B相合闸位置 |
| 3 | C相合闸位置 |
| 4 | 闭合 |

4 同分相位置时的定义。

■ 整组试验参数设置

故障性质：永久性故障，重合状态时的输出与故障状态一样；瞬时性故障，重合状态时的输出与正常状态一样。

短路阻抗：直接按相量形式填写，即保护根据采集的电压和电流计算得到的测量阻抗。

故障类型：提供单相接地、两相相间、两相接地和三相接地的故障类型选择。

故障方向：正向故障或者反向故障。

短路电压（短路电流）：当计算模型为“电压恒定”时，显示为“短路电压”；计算模型为“电流恒定”时，显示为“短路电流”；计算模型为“Zs 恒定”时，该参数不可设置。

电流类型：仅当计算模型为“电流恒定”时可设置，支持 3 种：相电流、负序电流、零序电流。最终计算时需要的是相电流，当类型为负序电流、零序电流时，通过对称分量法计算相应的相电流。负序电流、零序电流仅在部分故障时可设置。

转换性故障：故障性质是否发生转换。

故障转换：计时器的起始时刻。设置为“故障后”时，起始时刻在进入故障状态的时间，即图中所示的 t1；设置为“重合后”时，起始时刻在进入重合状态的时间，即图中所示的 t3。

转换时刻：计时器的动作时间，此时故障类型发生变化，测试仪根据具体情况改变相应的输出。

短路阻抗：转换后的故障的短路阻抗。

故障类型：转换后的故障的类型。

故障方向：转换后的故障为正向故障或者反向故障。

短路电压（短路电流）：同前面提及的短路电压（短路电流）用于转换后的故障计算

电流类型：同前面提及的电流类型，用于转换后的故障计算。

【开关量-跳开态】

当开出量中设置断路器位置是三相位置时，只能设置为 ABC 相跳开，即在系统输出跳开态时，根据三相开关位置全部跳开而输出电压和电流。当开出量中设置断路器位置是分相位置时，系统允许自定义跳开态时的断路器位置。可选以下几项：A 相跳开、B 相跳开、C 相跳开、AB 相跳开、BC 相跳开、AC 相跳开、ABC 相跳开。系统根据用户选择在跳开态所跳开的开关相别，在跳开态时输出各相相应的电压和电流。

| ▲ 故障参数 | |
|---|---------|
| 故障性质 | 瞬时性 |
| ▲ 故障设置 | |
| 短路阻抗 | 1 ∠ 78° |
| 故障类型 | A相接地 |
| ▲ 短路电流 | |
| 电流类型 | 相电流 |
| 相电流 | 1 A |
| 故障方向 | 正向 |
| ▲ 转换性故障 <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 故障转换 | 故障后 |
| 转换时刻 | 0.1 s |
| 短路阻抗 | 1 ∠ 78° |
| 故障类型 | A相接地 |
| ▲ 短路电流 | |
| 电流类型 | 相电流 |
| 相电流 | 1 A |
| 故障方向 | 正向 |

| ▲ 转换性故障 <input checked="" type="checkbox"/> | |
|---|--------|
| 故障转换 | A相跳开 |
| 转换时刻 | B相跳开 |
| 短路阻抗 | C相跳开 |
| 故障类型 | AB相跳开 |
| ▲ 短路电流 | |
| 电流类型 | BC相跳开 |
| 相电流 | AC相跳开 |
| 故障方向 | ABC相跳开 |
| ▲ 开关量 | |
| 跳开态 | ABC相跳开 |

■ 测试流程

测试流程可以概括为以下几个方面：

- 测试仪的输出按一定的条件在不同状态之间转变，并记录保护装置的响应。
- 设置有 4 个开出量用于为保护装置提供正确的开入状态。

一个完整的故障过程一般由图 5.2.1-1 所示的几个状态组成，状态的转换由一定的条件触发，比如设定的时间到了、指定的开关量动作、指定按键动作、GPS 脉冲边沿到来等。

需要说明的是，实际的故障模拟过程中，不一定包含图中所示的所有状态。例如保护装置不进行重合闸操作，那么就不存在重合状态，在进入断开状态之后，断开状态一直持续到最大故障时间到为止，然后进入下一个故障过程的模拟。

另外，状态的命名只是为了使模拟的过程在物理上具有清晰的含义，并不表示不同名字的状态就代表不一样的输出。例如图所示的故障状态和重合状态可能具有相同的输出。

试验过程中，一次试验可以模拟多个由图所示的故障过程，在点击“开始”按钮之后开始整个试验过程。某一状态在持续一段时间后接收到一定的触发条件，转换成另一组状态，具体说明如下：

■ 状态说明

1) 正常状态

正常状态又称为故障前状态，用于使保护装置告警复归和整组返回。第一个故障过程的正常状态的起始时刻是测试仪接收到点击“开始”按钮操作的时刻；其他故障过程的正常状态的起始时刻为上一个故障过程的结束之后经过一定的间隔时间的时刻。

在正常状态时，开出量应输出断路器闭合态，给保护装置提供正确的初始状态。

在触发条件满足后，合闸角也满足条件的时刻即为每一个故障过程的正常状态的结束时刻，状态转换为故障状态。触发条件取决于触发方式，以下分别说明。

➤ 按键触发

点击“开始”按钮后，弹出对话框，点击“确定”按钮即为触发条件。

➤ 时间触发

由起始时刻经过设置的故障前时间即为触发条件。

➤ 时间控制

同时间触发一样。

2) 故障状态

故障状态时等待保护装置的跳闸命令，因此仍然输出断路器闭合态。

基本参数->触发方式不为时间控制时，接收到跳闸命令的时刻触发状态转换，经过设定的分闸时间之后，故障状态结束，状态转换为断开状态。

跳闸命令以开入量 A、B、C 的形式给出，其中任一开关量动作即为触发条件。

基本参数->触发方式为时间控制时，故障状态持续设定的故障持续时间后，再经过设定的分闸时间，状态转换为断开状态。

3) 断开状态

断开状态时等待保护装置的合闸命令，应输出断路器跳开态，且电流为 0。

基本参数->触发方式不为时间控制时，接收到重合闸命令时刻触发转换，经过设定的合闸时间之后，断开状态结束，状态转换为重合状态。

重合闸命令以开入量 D 的形式给出，即开入量 D 动作即为触发条件。

基本参数->触发方式为时间控制时，断开状态持续设定断开时间后，再经过设定的合闸时间，状态转换为重合状态。

4) 重合状态

重合状态时等待保护装置的跳闸命令，输出断路器闭合态。

同故障状态类似，基本参数->触发方式不为时间控制时，接收到跳闸命令的时刻触发状态转换，经过设定的分闸时间之后，重合状态结束，状态转换为永跳状态。

跳闸命令以开入量 A、B、C 的形式给出，其中任一开关量动作即为触发条件。

基本参数->触发方式为时间控制时，重合状态持续设定的重合时间后，经过设定的分闸时间，状态转换为永跳状态。

5) 永跳状态

永跳状态持续到最大故障时间到为止，最大故障时间由基本参数->最大故障时间设定。最大故障时间

定义为故障过程结束的时刻距离故障状态的起始时刻的时间。由故障状态的起始时刻开始，经过最大故障时间后，无论这段时间内保护装置如何响应，测试仪都认为该故障过程结束，从而开始模拟下一个故障过程或者结束整个试验过程。

6) 转换性故障

在故障状态或者重合状态中，可能会发生故障类型的转换。设置时，故障转换发生的时间可任意设置，但是为规范测试流程，规定故障转换只能发生在故障状态或者重合状态中间。如果故障转换发生在故障状态或者重合状态之外，则忽略，并在试验结果里注释。

例如，已收到跳闸命令且断路器已跳开，即已进入跳开状态，此时，故障转换的时刻才到来，则测试仪不响应该故障转换。

另外，如果设置为瞬时性故障，则不允许在重合状态设置故障转换。

7) 跳开态

由于存在断路器分相跳开的情况，因此需要根据具体情况设置跳开态时断路器的状态，为以下几种情况说明：

- 当断路器位置为三相位置时，跳开态输出断路器三相断开态；
- 当断路器位置为分相位置时，根据用户设置跳开断路器的相别，跳开态时对应相输出断开状态，其余相输出闭合状态。

注：当触发方式为时间控制时，设定最大故障时间为 T_a ，故障前时间为 T_b ，故障持续时间为 T_c ，断开时间为 T_d ，重合时间为 T_e ，合闸延时时为 T_f ，分闸延时时为 T_g ，则整个实验过程为：

- 1) 试验开始，进入正常态；
- 2) 间隔 T_b 时间后，进入故障态；
- 3) 间隔 T_c 时间后，进入分闸延时状态；
- 4) 间隔 T_g 时间后，进入跳开态；
- 5) 间隔 T_d 时间后，进入合闸延时状态；
- 6) 间隔 T_f 时间后，进入重合态；
- 7) 间隔 T_e 时间后，进入永跳态；
- 8) 间隔 ΔT 时间后，试验结束。

$$\Delta T = T_a - (T_c + T_d + T_e + T_f + T_g)$$

■ 故障状态计算

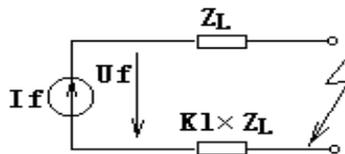
假设故障点一直存在且稳定、三相断路器闭合、CT 正接，故障状态由计算模型、故障类型决定，计算时考虑负荷电流。CT 反接时计算结果中的电流取反。

计算模型有 3 种，分别是 Z_s 恒定、电压恒定、电流恒定。

下面分别介绍不同计算模型、不同故障类型时，故障状态的三相电压、三相电流的计算方法。

1) 电流恒定

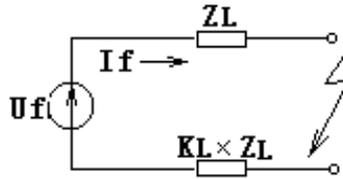
该模型假定在故障回路上接有一理想的电流源。通过短路电流和短路阻抗计算出短路电压。



恒定电流计算模型

2) 电压恒定

该模型假定在故障回路上接有一理想电压源模型。短路电流由短路电压及短路阻抗计算得出。

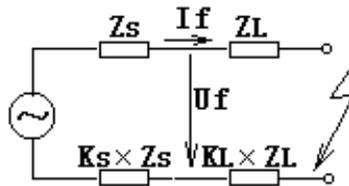


恒定电压计算模型

3) Zs 恒定

理想电压源串联一电源阻抗，然后接到故障回路。该模型与实际电网相接近。

短路电压和短路电流随着短路阻抗的变化而变化。减小短路阻抗，短路电流增大，故障残压减小。反之，短路电流和短路电压随着短路阻抗的增加而减小和增大。



恒定电源（系统侧）阻抗模型

对于恒定电流计算模型，由电流和阻抗计算得出的短路电压不能大于（额定电压）。如果，则计算中自动降低短路电流，以满足的条件。

对于电压恒定的计算模型，当由电压和阻抗计算得出的故障电流过大，即时，程序给出告警提示。解决的办法是减小所设置的短路电压。

对于电源（系统）阻抗恒定的计算模型，当短路阻抗与电源阻抗之和接近或等于零时，计算得出的短路电流将过大，即时。此时将出现告警提示。可通过增大电源阻抗的办法消除所出现的数值越限。

■ 故障状态中的衰减直流分量

如果选中衰减直流项，则在故障状态中除了上述的稳态分量外，还需叠加衰减直流分量。

在故障状态和正常状态的分界处，正常状态结束时刻的采样值与故障状态起始时刻的采样值分别记为

$SV_{N,e}$ 和 $SV_{F,i}$ ，则衰减直流分量的计算公式为

$$DC = (SV_{N,e} - SV_{F,i})e^{-(t-t_0)/\tau}$$

式中， τ ：衰减直流分量的时间常数

t_0 ：故障状态的起始时刻。

■ 其他计算

1) 正常状态

不论采用何种计算模型，正常状态时输出额定电压、负荷电流。

2) 断开状态

非断开相输出额定电压、负荷电流。断开相的电压由 PT 位置决定，PT 在母线侧则输出额定电压；PT 在线路侧则输出 0。断开相电流为 0。

3) 重合状态

如果是瞬时性故障，则重合后故障点已消失，重合状态与正常状态相同；如果是永久性故障，则重合状态计算与故障状态计算一样。

4) 永跳状态

永跳状态下，三相断路器断开，输出电流为 0。输出电压由 PT 位置决定，PT 在母线侧则输出额定电压；PT 在线路侧则输出 0。

5) Ux 计算

U_x 输出选择包括任意值、检同期 A、检同期 B、检同期 C、检同期 AB、检同期 BC、检同期 CA。
注：若 U_x 设置选择为检无压方式，以“检同期 A”为例，则 U_x 的输出过程为：故障前直到重合闸后，U_x 均输出 A 相电压 U_A。

4.2.2. 方向零序过流

■ 概述

方向零序过流保护主要用于对零序过电流继电器和方向继电器进行测试。包含以下三种测试模块：

定点试验：用于校验定时限以及速断零序电流保护的定值。

批量试验：用于批量完成多段方向零序过流保护的各种故障定值的校验。

反时限：用于校验反时限零序电流保护的定值。

方向边界扫描：用于校验方向零序过流保护的動作边界。

■ 公共参数设置

定点试验、反时限和方向边界扫描共用同一组公共参数。

该测试模块中的公共参数的设置含义与 4.2.1 整组试验中的公共参数的设置一致。

触发方式：可选[时间触发]和[按钮触发]

故障前时间：每次子试验项目开始前，测试仪均输出一段故障前的时间（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，及重合闸准备完毕，所以，该时间的设置一般大于保护的复归时间（包含重合闸充电时间）。

■ 定点试验参数设置

故障性质：可选瞬时性、永久性

故障类型：可选 A 相接地、B 相接地、C 相接地

故障零序电压（3U₀）：故障状态时输出的零序电压。

故障电流倍数：测试仪根据 3I₀ 整定值和故障电流倍数的乘积计算所需输出的零序电流。

偏转角：该值同零序灵敏角相加得到的值即为测试仪输出的 3U₀ 和 3I₀ 之间的夹角。

零序电流整定值（3I₀）：根据保护定值中零序过流保护的电流整定值设置。

零序灵敏角：保护定值，即 3U₀ 超前 3I₀ 角度 θ，实际动作区为反方向。

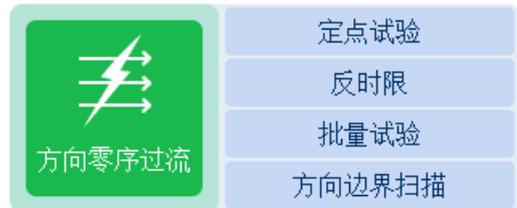
跳开态：可选单相跳开、两相跳开、三相跳开，设置同 4.2.1 整组试验。

■ 批量试验参数设置

故障零序电压（3U₀）：同定点试验。

偏转角：同定点试验。

零序灵敏角：同定点试验。



方向零序过流试验 公共参数

| ▲ 故障参数 | |
|---------------------------|--------|
| 故障性质 | 瞬时性 |
| 故障类型 | A相接地 |
| 故障零序电压(3U ₀) | 10 V |
| 故障电流倍数 | 0.95 倍 |
| 偏转角 | 0 ° |
| 零序电流整定值(3I ₀) | 1 A |
| 零序灵敏角 | 0 ° |

| ▲ 故障参数 | |
|--------------------------|---------|
| 故障零序电压(3U ₀) | 10 V |
| 偏转角 | 0 ° |
| 零序灵敏角 | 0 ° |
| 故障附加延时 | 0.05 s |
| 动作时间误差 | 0.025 s |
| 试验切换延时 | 1 s |

| ▲ 零序过流保护参数 | |
|-----------------------------------|--------------|
| 零序过流 I 段定值(3I ₀)/时间 | 15 A / 0 s |
| 零序过流 II 段定值(3I ₀)/时间 | 10 A / 0.5 s |
| 零序过流 III 段定值(3I ₀)/时间 | 5 A / 1 s |
| 零序过流 IV 段定值(3I ₀)/时间 | 4 A / 1.5 s |
| 零序过流 V 段定值(3I ₀)/时间 | 3 A / 2 s |

故障附加延时：分段定值时间加故障附加延时即为实际故障时间。

动作时间误差：用于试验结果校验

试验切换延时：批量试验切换时的延时

零序过流保护参数：根据实际保护定值填写零序过流各段定值和时间。

■ 反时限参数设置

反时限相当于多个连续的瞬时性故障定点试验，对多个故障电流进行试验，每次试验记录对应的动作时间，并与曲线上的点进行比较。

1) 故障参数

故障参数的设置同定点试验。

2) 测试参数

变化初值：系统进行第一次测试时的故障电流值，用电流基准值 I_p 的倍数表示。

变化末值：系统进行最后一次测试时的故障电流值，用电流基准值 I_p 的倍数表示。

变化步长：系统每次测试时的故障电流值相当于上次故障电流值的增量。

校验精度：可选择绝对精度和相对精度。

精度：判断测试结果保护动作时间所允许的误差范围，根据校验精度类型的选择相应的为百分比或者实际值。

| ▲ 故障参数 | |
|-------------|-------------|
| 故障性质 | 瞬时性 |
| 故障类型 | A相接地 |
| 故障零序电压(3U0) | 10 V |
| 偏转角 | 0 ° |
| 零序灵敏角 | 0 ° |
| ▲ 测试参数 | |
| 控制方式 | 递变 |
| 变化初值 | 1 倍 I_p |
| 变化末值 | 2 倍 I_p |
| 变化步长 | 0.1 倍 I_p |
| 校验精度 | 相对精度 |
| 精度 | 5 % |

3) 测试特性

特性选择：提供多种反时限特性公式进行选择。

基准电流 I_p ：反时限特性公式中的电流基准值，一般设置为保护装置中反时限过流定值。

反时限电流 I_1 ：设定反时限曲线的电流上限，当故障电流大于此值时，测试软件固定取反时限动作时间为“反时限延时 t_1 ”设置的值，同实际收到的保护动作时间进行精度校验。

反时限电流 I_2 ：设定反时限曲线的电流下限，当故障电流小于此值时，测试软件固定取反时限动作时间为“反时限延时 t_2 ”设置的值，同实际收到的保护动作时间进行精度校验。

反时限延时 t_1 ：当故障电流大于“反时限电流 I_1 ”设置的值时，测试软件固定取反时限动作时间为该值，同实际收到的保护动作时间进行精度校验。

反时限延时 t_2 ：当故障电流小于“反时限电流 I_2 ”设置的值时，测试软件固定取反时限动作时间为该值，同实际收到的保护动作时间进行精度校验。

时间常数 t_p ：反时限特性公式中的时间常数，一般设置为保护装置中过流反时限时间定值。

4) 当前状态

显示当前测试点测试仪输出的电流和相应反时限曲线上的动作时间理论值。

5) 开关量

跳开态的设置同 4.2.1 整组试验。

| ▲ 测试特性 | |
|-------------|--------------|
| 特性选择 | 普通反时限 |
| 基准电流 I_p | 5 A |
| 反时限电流 I_1 | 2 倍 I_p |
| 反时限电流 I_2 | 1.05 倍 I_p |
| 反时限延时 t_1 | 0.2 s |
| 反时限延时 t_2 | 100 s |
| 时间常数 t_p | 0.5 s |

■ 方向边界扫描参数设置

1) 故障参数

故障参数的设置同定点试验。

2) 偏转角双向扫描

双向扫描测试流程：以扫描起为初始角度，按照扫描步长，递增到：初始角度+190°，然后回到初始角度，再按照扫描步长，递减到：初始角度-190°。

偏转角：当前扫描过程中偏转角的数值。

扫描起点：系统进行第一次测试时偏转角的值，将其与零序灵敏角相加即为输出的 3U0 和 3I0 的夹角。

扫描步长：系统每次测试时相对于上次测试偏转角的增量。

3) 跳开态

跳开态的设置同 4.2.1 整组试验。

| | |
|--------------------|--------|
| ▲ 故障参数 | |
| 故障性质 | 瞬时性 |
| 故障类型 | A相接地 |
| 故障零序电压(3U0) | 10 V |
| 故障电流倍数 | 1 倍 |
| 零序电流整定值(3I0) | 1 A |
| 零序灵敏角 | 0 ° |
| ▲ 偏转角双向扫描设置 | |
| 偏转角 | 0 |
| 扫描起点 | 0 ° |
| 扫描步长 | 1 ° |
| 扫描方式 | 双向扫描 |
| ▲ 扫描结果 | |
| 逆时针方向动作边界(°) | ----- |
| 顺时针方向动作边界(°) | ----- |
| ▲ 开关量 | |
| 跳开态 | ABC相跳开 |

4.2.3. 三相不一致保护

■ 概述

三相不一致保护用来做三相不一致、断路器等保护试验。

■ 公共参数设置

该测试模块中的公共参数的设置含义与 4.2.1 整组试验中的公共参数的设置一致。



触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]

故障前时间：每次子试验项目开始前，测试仪均输出一段故障前的时间（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，及重合闸准备完毕，所以，该时间的设置一般大于保护的复归时间（包含重合闸充电时间）。

■ 试验参数设置

故障性质：可选零序电流、负序电流、相电流。

故障类型：可设置单相接地和两相接地故障。

故障相电压幅值：设定需要输出的故障电压的幅值。

短路电流：设定需要输出的短路电流。

故障电流倍数：设定短路电流整定倍数。

故障状态开关位置：设定故障状态开关位置，三相开关可自由设置

跳开态：可选单相跳开、两相跳开、三相跳开，设置同 4.2.1 整组试验。

| ▲ 故障参数 | |
|---------|------------|
| 故障性质 | 零序电流 (3I0) |
| 故障类型 | A相接地 |
| 故障相电压幅值 | 1 V |
| 短路电流 | 1 A |
| 故障电流倍数 | 0.95 *倍 |

| ▲ 开关量 | |
|----------|-------------------------------------|
| 故障状态开关位置 | 1 2 3 4 |
| 1 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 跳开态 | ABC相跳开 |

4.2.4. 负序过流

■ 概述

负序过流保护用来对负序过电流继电器进行测试。

定点试验：用于校验定时限以及速断零序电流保护的定值。

批量试验：用于批量完成多段负序过流保护的各种故障定值的校验。

■ 公共参数设置

该测试模块中的公共参数的设置含义与 4.2.1 整组试验中的公共参数的设置一致。

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]

故障前时间：每次子试验项目开始前，测试仪均输出一段故障前的时间（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，及重合闸准备完毕，所以，该时间的设置一般大于保护的复归时间（包含重合闸充电时间）。

■ 定点试验参数设置

故障性质：可选瞬时性、永久性；

故障类型：可设置单相接地和两相相间故障。

负序故障电流 If：设定需要输出的负序故障电流。



| ▲ 故障参数 | |
|----------|--------|
| 故障性质 | 瞬时性 |
| 故障相位类型 | A相接地 |
| 负序故障电流If | 0 A |
| 故障电压Uf | 1 V |
| ▲ 开关量 | |
| 跳开态 | ABC相跳开 |

故障电压 U_f : 设定故障电压，对于单相接地故障为故障相电压，对于两相相间故障，为两相相间电压。

跳开态: 可选单相跳开、两相跳开、三相跳开，设置同 4.2.1 整组试验。

■ **批量试验参数设置**

负序过流批量试验参数设置方式类似于 4.2.2 方向零序过流批量试验参数设置，用于批量完成多段保护的各种故障定值的校验。

4.2.5. 复压闭锁方向电流保护

■ **概述**

复压闭锁方向电流保护主要用于对各相过电流继电器和方向继电器进行测试。模拟各种故障电压(负序电压，低电压等)闭锁的电流保护。包含以下两种测试模块：

定点试验: 用于校验定时限以及速断过流电流保护的定值，复压闭锁和方向条件。



反时限: 用于校验反时限过流保护的定值，复压闭锁和方向条件。

边界扫描: 用于校验复压闭锁方向电流保护的動作边界

批量试验: 用于批量完成多段复压闭锁方向电流保护的各种故障定值的校验。

■ **公共参数设置**

定点试验、反时限和方向边界扫描共用同一组公共参数。

该测试模块中的公共参数的设置含义与 4.2.1 整组试验中的公共参数的设置一致。

接线方式: 可选 90° 接线和 0° 接线两种接线方式，根据待测保护设定的功率方向元件接线方式设置

触发方式: 可选[时间触发]和[按键触发]

故障前时间: 每次子试验项目开始前，测试仪均输出一段故障前的时间（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，及重合闸准备完毕，所以，该时间的设置一般大于保护的复归时间（包含重合闸充电时间）。

■ **定点试验参数设置**

故障性质: 可选择永久性故障和瞬时性故障

故障相类型: 可选择输出故障电流的相别

故障相间电压: 根据保护定值中的过流保护低电压闭锁定值进行设置。

低电压倍数: 测试仪根据故障相间电压和低电压倍数的乘积计算需要输出的相间电压值。

故障负序电压: 根据保护定值中的过流保护负序电压闭锁定值进行设置。

负序电压倍数: 测试仪根据故障负序电压和负序电压倍数的乘积计算需要输出的负序电压值。

测试仪根据故障相间电压、低电压倍数、故障负序电压和负序电压倍数的设置计算出所需输出的三相电压的幅值和相角。

故障电流整定值: 根据保护定值中的过流保护定值进行设置。

故障电流倍数: 测试仪根据故障电流整定值和故障电流倍数的乘积计算需要输出的故障电流

灵敏角: U_k 超前 I_k 角度 θ ，当选择 90° 接线时， U_k 表示相间电压。

偏转角: 该值同灵敏角相加得到的值即为参与功率方向元件判别的电压和电流之间的电压超前电流的相角。

跳开态: 可选单相跳开、两相跳开、三相跳开，设置同 4.2.1 整组试验。

| ▲ 故障参数 | |
|---------|--------|
| 故障性质 | 瞬时性 |
| 故障相位类型 | A相 |
| 故障相间电压 | 70 V |
| 低电压倍数 | 0.95 倍 |
| 故障负序电压 | 8 V |
| 负序电压倍数 | 1.05 倍 |
| 故障电流整定值 | 10 A |
| 灵敏角 | 0 ° |
| 故障电流倍数 | 1.05 |
| 偏转角 | 0 ° |
| ▲ 开关量 | |
| 跳开态 | ABC相跳开 |

■ 反时限参数设置

1) 故障参数

故障参数的设置同定点试验。其中故障相间电压和故障负序电压直接填写需要输出的值，测试仪根据两者设置的值计算需要输出的三相电压幅值和相角

2) 测试参数，测试特性，当前状态，开关量

相关参数的设置含义与 4.2.2 方向零序过流的反时限测试模块中的设置一致。

■ 边界扫描参数设置

1) 故障参数

故障参数的设置同定点试验。其中故障相间电压和故障负序电压直接填写需要输出的值，测试仪根据两者设置的值计算需要输出的三相电压幅值和相角

2) 偏转角双向扫描设置，跳开态

相关参数的设置含义与 4.2.2 方向零序过流的边界扫描测试模块中的设置一致。

■ 批量试验参数设置

1) 故障参数

故障参数的设置同定点试验。其中故障相间电压和故障负序电压直接填写需要输出的值，测试仪根据两者设置的值计算需要输出的三相电压幅值和相角

2) 过流保护参数

复压闭锁方向过流保护批量试验参数设置方式类似于 4.2.2 方向零序过流批量试验参数设置。

4.2.6. 失磁试验

■ 概述

发电机失磁保护反应发电机励磁回路故障引起的发电机异常运行。失磁保护由低电压判据、定子侧阻抗判据、转子侧判据、减出力四个判据组合完成需要的失磁保护方案，主要包括定点试验与阻抗特性扫描两个测试模块。



■ 公共参数设置

基本参数

电压电流组别：试验使用的电压电流组别

额定电压：正常状态输出的相电压有效值，计算模型中电势源的相电压有效值

额定频率：整个测试过程中电流和电压的频率，计算模型中电势源的频率

发电机额定电流：根据发电机的额定值进行设置

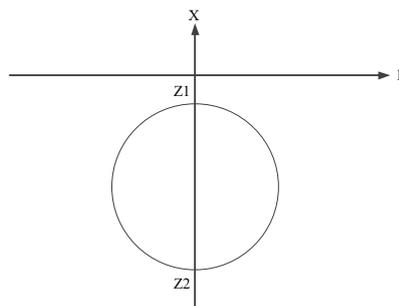
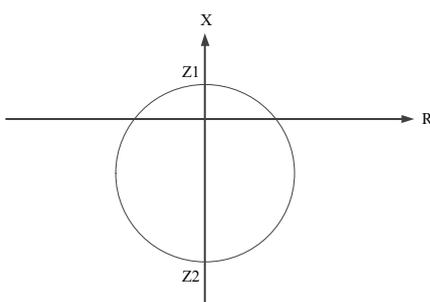
发电机功率因数：根据实际发电机的功率因数进行设置

CT 接线：正接时，三相电流相位按计算模型输出；反接时，三相电流相位按计算模型反相输出，即相位反 180 度。

Uz 设置：中性点电压输出方式，可选择同期相电压、线电压，也可手动设置 Ux 的幅值和相位。

阻抗特性

特性选择：提供“静稳圆/异步圆”两种选择



静态圆

异步圆

整定阻抗 $Z1$ 、 $Z2$ ：设定阻抗 $Z1$ 和 $Z2$ 的幅值。

开关量

开关量：逻辑或/逻辑与两种下拉选择

开入量接入点：开入量提供 8 组接点用于接收保护装置跳闸信号，可以根据实际接线情况勾选所需的接点，并设定开关量动作判别逻辑。

■ **定点试验**

试验参数

触发方式：可选择时间触发和按键触发

故障前时间：如果触发方式为“时间触发”时，则该选项可设置，从试验开始后，该时间内持续输出正常状态。

最大故障时间：从进入故障状态的时刻开始，经过该设置时间后，不论保护装置的响应与否，模拟该次故障过程的模拟结束，进入下一个故障过程或结束。

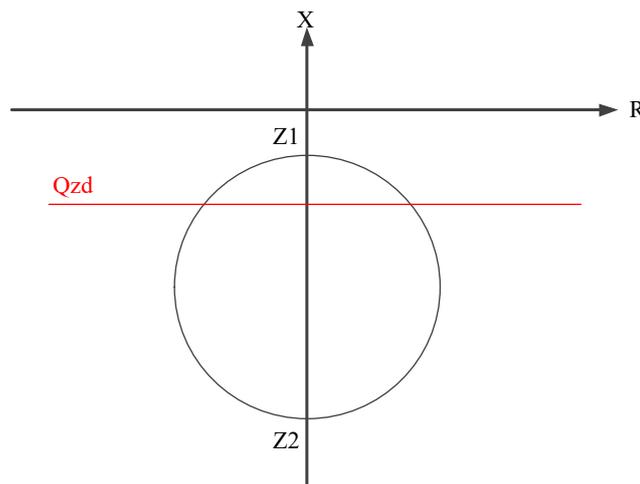
短路阻抗：支持手动输入，也可以通过在右侧的阻抗特性图中进行选点设置。

短路电流：根据试验需求 设置短路电流大小。

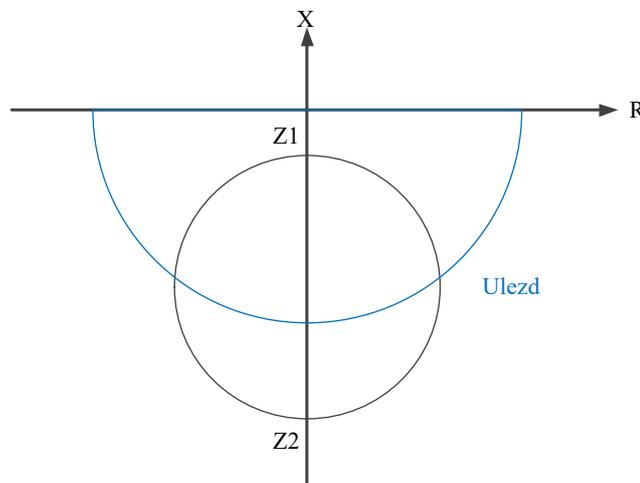
故障方向：可选择正向故障或者反向故障。

最小正序电压：用于校验试验输出的故障电压

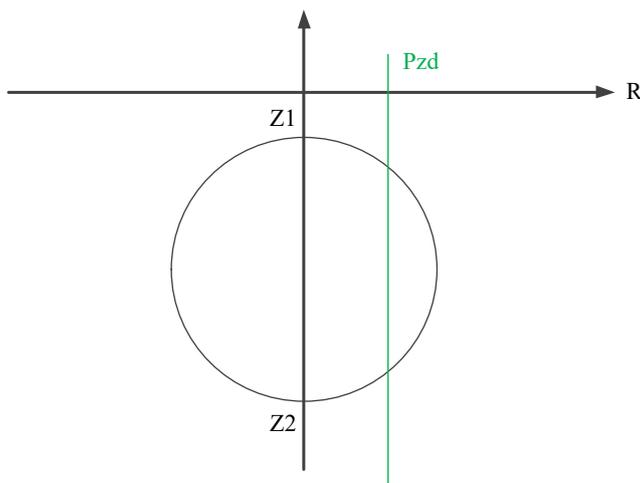
无功反向判据：若勾选则弹出无功反向定值，右侧阻抗特性图中增加无功反向判据曲线



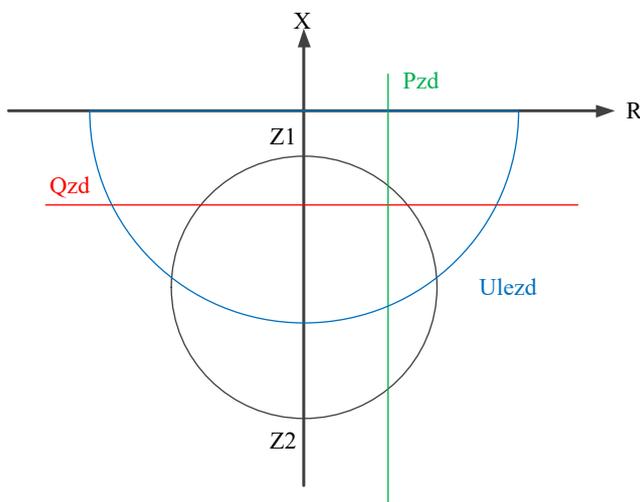
母线低电压判据：若勾选则弹出母线低电压定值，右侧阻抗特性图中增加母线低电压判据曲线



减出力有功判据：若勾选则弹出减出力有功定值，右侧阻抗特性图中增加减出力有功判据曲线



当三种判据全部勾选时，得到的阻抗特性图为：



此图的意义在于可以根据判据投入的实际情况在阻抗图上查看对应动作区域，便于直接在图上选点进行试验。

■ **边界扫描**

基本参数

与失磁定点试验基本相同

校验精度：对结果的判断依据，“绝对精度”时，要求“测量的动作阻抗-整定阻抗”小于绝对精度设定值；相对精度时，要求“（测量的动作阻抗-整定阻抗）/整定阻抗”小于相对精度设定值。

扫描设置

中心阻抗 Z_0 ：扫描中心应尽可能设置在保护的理論阻抗特性图的中心位置附近。扫描中心可以直接输入数据，也可以用鼠标直接点击选择扫描中心。

扫描起始角度：设置第一条扫描线的角度。

扫描终值角度：设置最后一条扫描线的角度。

扫描角度步长：设置每一条扫描线之间的角度增量。通过设置起始角度、终止角度以及角度步长来设置系列搜索线。如果角度步长设置得很小，虽然搜索出的点很多，有利于提高边界搜索精度，但也会大量增加试验时间，实际测试时请选择适当的角度步长。

扫描半径：扫描半径的设置应保证扫描圆覆盖保护的各个动作边界，即在阻抗图中，扫描半径对应的虚线圆要覆盖整个动作区。对于每一条扫描线，扫描时是从扫描线的末端（即圆周）开始向中心阻抗

扫描开始扫描。试验期间，如果发现在扫描某条扫描线的末端起点时，保护就动作了，则说明这条扫描线没有跨过实际的阻抗边界，即整个扫描线都在动作区内，不符合“每条搜索线都应一部分在动作区内，另一部分在动作区外”的原则。这时，应适当增大“扫描半径”。

扫描阻抗步长：同一条扫描线上两个相邻扫描点之间的距离。

阻抗范围起始值、阻抗范围终值值：对于中心阻抗即扫描圆周的圆心，其对应为 0%；对于扫描圆周上的阻抗，对应为 100%。故该值的设置即为阻抗相对于中心阻抗的距离占整个扫描半径的百分比。通过对两者的设置，可以将圆面的扫描区域变成圆环形的扫描区域，因此可以躲过其他段阻抗保护误动作。需要注意阻抗范围起始值设置需小于阻抗范围终值值。

阻抗图

边界扫描模块在右侧的阻抗图显示，仍然基于公共参数中阻抗特性的设置，即异步圆与静稳圆两种圆特性阻抗图。



4.2.7. 过励磁试验

■ 概述

过励磁保护模块主要用于发电机、变压器的过励磁保护功能测试。发电机、变压器的电压升高或者频率降低都有可能产生过励磁，过励磁保护反应的是过励磁倍数。对于过励磁保护的测试一般分为定时限与反时限测试，故相应的测试模块分为定点试验与反时限两部分。

■ 公共参数

基本参数

电压电流组别：试验使用的电压电流组别。

额定电压：正常状态输出的相电压有效值，计算模型中电势源的相电压有效值。

额定频率：整个测试过程中电流和电压的频率，计算模型中电势源的频率。

故障附加延时：在定值时间基础上附加的故障时间。

故障前时间：从试验开始后，该时间内持续输出正常状态。

开关量

开入量：开入量提供 8 组接点用于接收保护装置跳闸信号，可以根据实际接线情况勾选所需的接点，并设定开关量动作判别逻辑。

■ 定点试验

测试参数

输出方式：提供 U_a 、 U_b 、 U_c 、 U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} 、 U_{abc} （正序）、 U_{abc} （负序）、 U_{abc} （零序）的选择。

变化量：提供电压幅值、电压频率两种选择

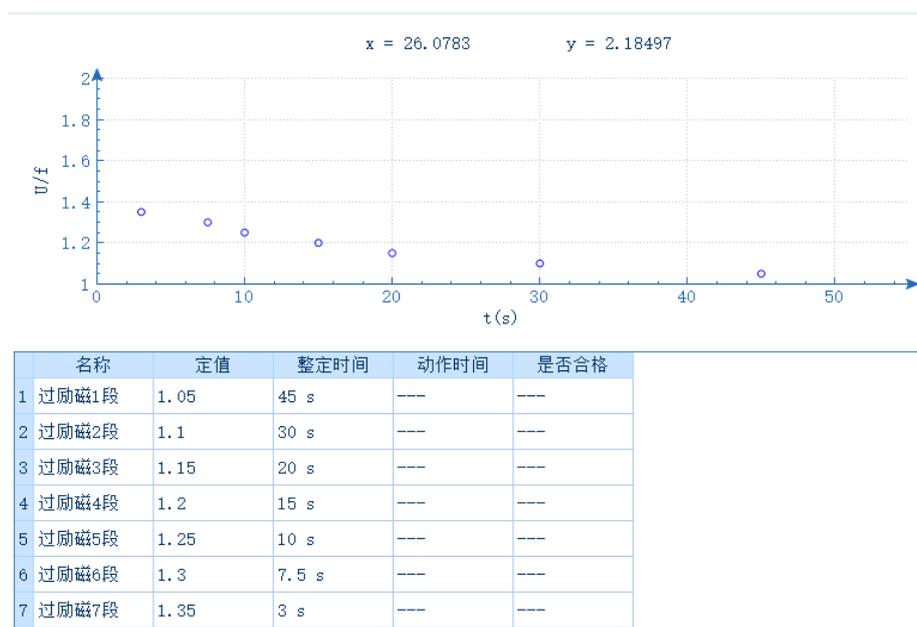
校验精度：对结果的判断依据，“绝对精度”时，要求“测量的动作阻抗-整定阻抗”小于绝对精度设定值；相对精度时，要求“（测量的动作阻抗-整定阻抗）/整定阻抗”小于相对精度设定值。

过励磁定值

过励磁定值一共提供七段定值与动作时间的设置，勾选对应的段则根据设定的定值计算所需输出的电压与频率值，并根据设定的时间校验实际动作时间。

右侧区域显示

右侧区域的显示方式采用上部分显示反时限曲线，下部分显示测试点的方式。



反时限

反时限模块功能与复压闭锁方向过流保护反时限模块类似，根据预设的反时限曲线，设置过励磁倍数 U_f 测试起始值、终值与变化步长，在对应的反时限曲线上取一系列离散点，校验每个点的实际动作时间与通过反时限公式计算的动作时间之间的误差是否满足误差要求，以此达到校验反时限曲线是否正确。

测试参数

输出通道：提供 U_a 、 U_b 、 U_c 、 U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} 、 U_{abc} （正序）、 U_{abc} （负序）、 U_{abc} （零序）的选择，功能与定点试验一致。

校验精度：绝对精度/相对精度。含义与定点试验一致

测试特性

反时限公式：提供多种反时限曲线选择，普通反时限、非常反时限、超反时限、热过载（无储存）反时限、通用反时限

过励磁倍数 n_1 、过励磁倍数 n_2 、反时限延时 t_1 、反时限延时 t_2 、时间常数 t_p 与方向零序反时限参数定义与设置相同。

当前状态

测试值 U^*/f^* ：当前曲线选定点对应的 Y 轴值

制动门槛 t ：当前曲线选定点对应的 X 轴值

A 相电压：当前曲线选定点需要加量的电压的幅值、相位和频率。

B 相电压：当前曲线选定点需要加量的电压的幅值、相位和频率。

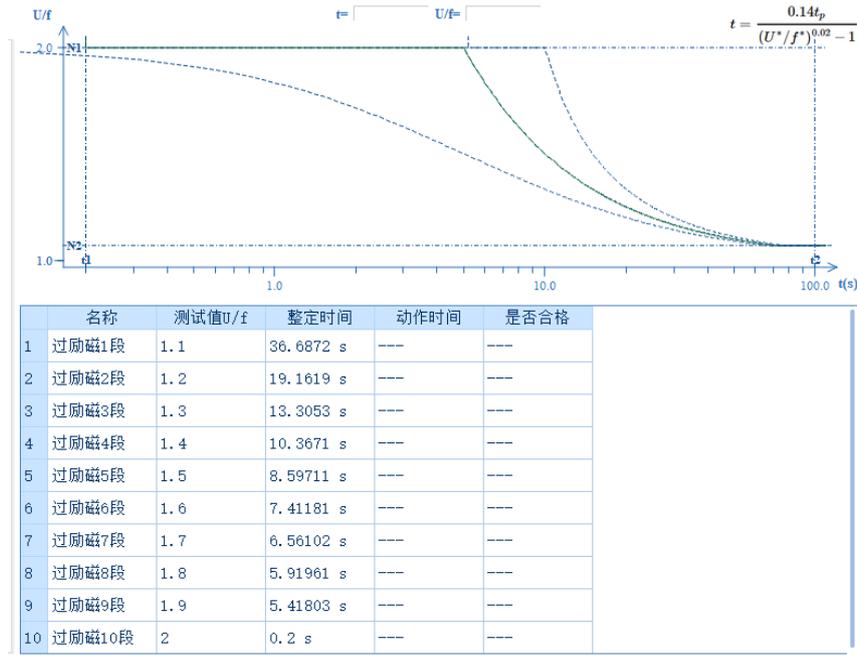
C 相电压：当前曲线选定点需要加量的电压的幅值、相位和频率。

右侧区域显示

右侧区域采用上部分显示反时限曲线，下部分显示测试点的方式。

右侧区域上部分显示曲线根据“特性选择”中的反时限曲线公式显示对应的曲线，且在曲线标注对应约束范围（由过激磁倍数 n_1 ，过激磁倍数 n_2 ，反时限延时 t_1 ，反时限延时 t_2 确定）

右侧区域下部分显示测试列，显示每个测试点的整定时间与实测动作时间，并根据动作时间与整定时间计算误差并与“测试参数”中的精度校验设置的误差进行比较



4.2.8. 距离保护

■ 概述

距离保护模块用于距离保护定值校验，定性分析距离保护各段动作的灵敏性和可靠性。包括以下两种测试模块：
 定点试验：用于校验定时限以及速断距离保护的定值。
 批量试验：用于批量完成多段距离保护的各种故障定值的校验。

距离保护

定点试验

批量试验

■ 公共参数设置

该测试模块中的公共参数的设置含义与 4.2.1 整组试验中的公共参数的设置一致。

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]

故障前时间：每次子试验项目开始前，测试仪均输出一段故障前的时间（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，及重合闸准备完毕，所以，该时间的设置一般大于保护的复归时间（包含重合闸充电时间）。

■ 定点试验参数设置

故障性质：可选择瞬时性故障和永久性故障。

整定阻抗：以相量形式给出，分别为阻抗值和阻抗角，根据保护装置中距离保护定值和线路正序灵敏角进行设置。

短路阻抗：以“整定阻抗”设置值的倍数形式给出。

故障类型：可选单相接地、两相接地、三相短路、相间短路。

短路电流：设置故障电流的大小。

故障方向：可选正方向故障和反方向故障。测试仪根据短路阻抗、故障类型、短路电流、故障方向和公共参数中的零序补偿系数计算所需输出的三相电压、电流的幅值和相角。

跳开态：可选单相跳开、两相跳开、三相跳开，设置同 5.2.1 整组试验。

| ▲ 故障参数 | |
|---------|-----------|
| 故障性质 | 瞬时性 |
| 整定阻抗Zzd | 1 ∠ 78° |
| 短路阻抗 | 0.95 倍zzd |
| 故障类型 | A相接地 |
| 短路电流 | 1 A |
| 故障方向 | 正向 |
| ▲ 开关量 | |
| 跳开态 | ABC相跳开 |

■ 批量试验参数设置

故障参数

阻抗角：根据保护装置对应定值填写

| ▲ 故障参数 | |
|--------|---------|
| 阻抗角 | 0 ° |
| 短路电流 | 1 A |
| 故障方向 | 正向 |
| 故障附加延时 | 0.05 s |
| 动作时间误差 | 0.025 s |
| 试验切换延时 | 1 s |

短路电流：同定点试验

故障方向：同定点试验

故障附加延时：定义同 4.2.2 方向零序过流批量试验

动作时间误差：定义同 4.2.2 方向零序过流批量试验

试验切换延时：定义同 4.2.2 方向零序过流批量试验

接地距离参数，相间距离参数

距离保护批量试验接地距离参数和相间距离参数设置方式类似于 5.2.2 方向零序过流批量试验参数设置。

4.2.9. 工频变化量距离保护

■ **概述**

工频变化量距离保护与距离保护类似，主要区别体现在：

- 1、可模拟的故障类型为单相接地、两相相间短路、三相短路；
- 2、故障计算方法不一样。

■ **公共参数设置**

该测试模块中的公共参数的设置含义与 4.2.1 整组试验中的公共参数的设置一致。

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]

故障前时间：每次子试验项目开始前，测试仪均输出一段故障前的时间（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，及重合闸准备完毕，所以，该时间的设置一般大于保护的复归时间（包含重合闸充电时间）。

■ **试验参数设置**

故障性质：可选择瞬时性故障和永久性故障。

短路阻抗：以相量形式给出，分别为阻抗值和阻抗角，根据保护装置工频变化量阻抗定值进行设置。

m 值：保护装置系数。其设定值通常为 0.9、1.1、1.2。工频变化量距离保护在 $m=1.1$ 时应可靠动作； $m=0.9$ 时应可靠不动作； $m=1.2$ 时，测量工频变化量距离保护动作时间。

故障类型：可选单相接地、相间短路、三相短路。

短路电流：设置故障电流的大小。

故障方向：可选正方向故障和反方向故障。

跳开态：可选单相跳开、两相跳开、三相跳开，设置同 4.2.1 整组试验。



| ▲ 故障参数 | |
|--------|---------------------|
| 故障性质 | 瞬时性 |
| 短路阻抗 | $1 \angle 78^\circ$ |
| m 值 | 0.95 |
| 故障类型 | A相接地 |
| 短路电流 | 1 A |
| 故障方向 | 正向 |
| ▲ 开关量 | |
| 跳开态 | ABC相跳开 |

4.2.10. 自动重合闸

■ **概述**

自动重合闸模块主要用来对重合闸相关的功能进行测试，主要包括以下测试项目：



- 1、检无压定值检验
- 2、检同期定值校验

该模块可模拟距离保护、过流保护、负序过流保护、零序过流保护，其试验过程与整组试验类似，仅在参数和状态计算部分略有不同。

公共参数设置

该测试模块中的公共参数的设置含义与 4.2.1 整组试验中的公共参数的设置一致。

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]。

U_x 设置：提供 6 种电压（相电压、相间电压）选择，U_x 的幅值和相角按选择的电压进行输出。

故障前时间：每次子试验项目开始前，测试仪均输出一段故障前的时间（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，及重合闸准备完毕，所以，该时间的设置一般大于保护的复归时间（包含重合闸充电时间）。

试验参数设置

故障性质：可选瞬时性、永久性；

同期电压幅值：跳开态时，U_x 的幅值由此设置值确定。

同期电压相位偏移：跳开态时，U_x 的相角由此设置值与公共参数中“U_x 设置”设定的电压的相角两者相加得到。

其余故障参数的设置含义同 4.2.1 整组试验中的故障参数的设置一致。

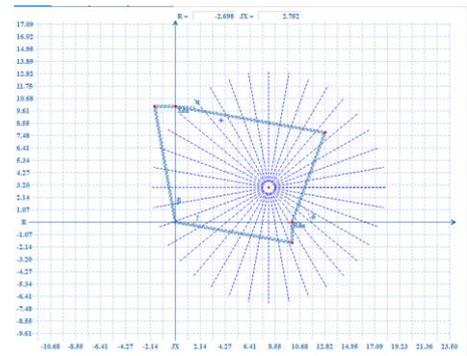
跳开态：可选单相跳开、两相跳开、三相跳开，设置同 4.2.1 整组试验。

| 故障参数 | |
|----------|-----------|
| 故障性质 | 瞬时性 |
| 同期电压幅值 | 0 V |
| 同期电压相位偏移 | 0 ° |
| 整定阻抗Zzd | 1 ∠ 78 ° |
| 短路阻抗 | 0.95 倍zzd |
| 故障类型 | A相接地 |
| 短路电流 | |
| 电流类型 | 相电流 |
| 相电流 | 1 A |
| 故障方向 | 正向 |
| 开关量 | |
| 跳开态 | ABC相跳开 |

4.2.11. 阻抗特性

概述

本模块用于自动测试保护装置的阻抗特性动作边界。如图为具有四边形特性的阻抗图，对应图上的某一测试点，向被测装置输出一组故障状态，如果保护装置动作，说明该测试点在保护装置的动作区；如果保护装置不动作，说明该测试点在保护装置的制动区。如果以特定方式对阻抗图上的一定区域内的测试点扫描一遍的话，就能找到保护装置动作区域和不动作区域的分界线，即为动作边界。 本测试模块包括：圆特性、四边形特性、准四边形特性、直线特性四种阻抗特性的测试。



公共参数设置

该测试模块中的公共参数的设置含义与 4.2.1 整组试验中的公共参数的设置一致。

开关量：开入量提供 8 组接点用于接收保护装置跳闸信号，可以根据实际接线情况勾选所需的接点，并设定开关量动作判别逻辑。

试验故障参数设置

1) 基本参数设置

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]。

故障前时间：每次子试验项目开始前，测试仪均输出一段故障前的时间（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，及重合闸准备完毕，所以，该时间的设置一般大于保护的复归时间（包含重合闸充电时间）。

每步持续时间：进入故障状态到该次故障试验结束的时间，相当于其他测试模块中的最大故障时间。

| 基本参数 | |
|-------|-------|
| 触发方式 | 时间触发 |
| 故障前时间 | 10 s |
| 故障时间 | 5 s |
| 校验精度 | 绝对精度 |
| 精度 | 0.1 Ω |

软件按“故障前时间”—“每步持续时间”—“测试间断时间”这样的顺序循环测试。

校验精度：对结果的判断依据，“绝对精度”时，要求“测量的动作阻抗-整定阻抗”小于绝对精度设定值；相对精度时，要求“（测量的动作阻抗-整定阻抗）/整定阻抗”小于相对精度设定值。

2) 故障参数设置：

故障类型：可选单相接地、两相接地、三相短路、相间短路。默认为瞬时性故障。

故障方向：可选正向、反向。

短路电流：设置故障电流的类型和大小。

当前短路阻抗：在右侧阻抗图上选择任一点对应的阻抗值，可选择复数形式和相量形式显示。在测试开始后，显示当前扫描点的阻抗值。

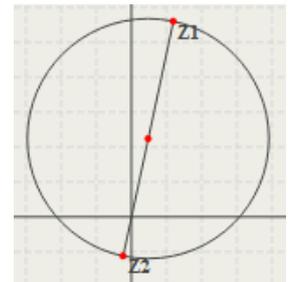
| ▲ 故障参数 | |
|------------|--------------------|
| 故障类型 | A相接地 |
| 故障方向 | 正向 |
| ▲ 短路电流 | |
| 电流类型 | 相电流 |
| 相电流 | 1 A |
| ▲ 当前短路阻抗Z1 | |
| 数值 | 9.624 Ω ∠ 65.931 ° |

3) 整定特性-圆特性：

阻抗特性圆即以整定值 Z1 和 Z2 的连线为直径的圆，如右图所示。所以对于该圆特性的确定只需要设置阻抗 Z1 和阻抗 Z2 即可。

特性选择：圆特性

整定阻抗 Z1、Z2：设定阻抗 Z1 和 Z2 的幅值和阻抗角，提供复数形式和相量形式两种显示方式。



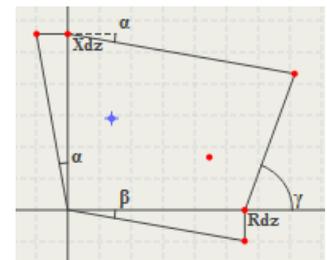
4) 整定特性-四边形特性 1：

阻抗特性四边形 1，又可称为准四边形特性，如右图所示。通过整定的阻抗和相应的偏移角度确定。

特性选择：四边形特性 1。

整定阻抗 Xdz、Rdz：对应阻抗图上 Xdz、Rdz 的大小。

：对应阻抗图上偏移角的角度。



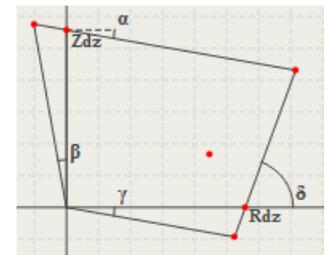
5) 整定特性-四边形特性 2：

阻抗特性四边形 2，如右图所示。通过整定的阻抗和相应的偏移角度确定。

特性选择：四边形特性 2。

整定阻抗 Zdz、Rdz：对应阻抗图上 Zdz 的幅值和阻抗角、Rdz 的大小。

：对应阻抗图上偏移角的角度。



6) 整定特性-直线特性：

阻抗特性直线特性，如右图所示。通过整定的阻抗和相应的偏移角度确定。

特性选择：直线特性。

整定阻抗 Zdz：对应阻抗图上 Zdz 的幅值和阻抗角。

：对应阻抗图直线相对于横轴偏移角的角度。

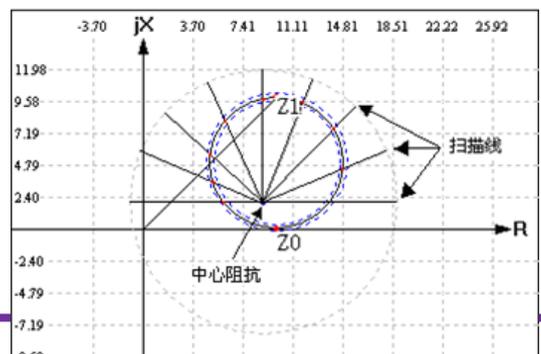


7) 扫描设置-圆特性、四边形特性 1、四边形特性 2：

根据选择的阻抗特性不同，自动选择对应的扫描方式。

对于

圆特性、四边形特性 1 和四边形特性 2 这种具有封闭区域的特性曲线，系统采用辐射扫描，即以中心阻抗为圆



心，扫描线以半径的形式分布，每条扫描线从终值向起始值按步长扫描，扫描示意图如右图所示。

中心阻抗 Z_0 ：扫描中心应尽可能设置在保护的理論阻抗特性图的中心位置附近。扫描中心可以直接输入数据，也可以用鼠标直接点击选择扫描中心。修改扫描中心后，坐标系的坐标轴将自动调整，以保证扫描圆始终在图形中心位置，即扫描中心在图形中心。

扫描起始角度：设置第一条扫描线的角度。

扫描终值角度：设置最后一条扫描线的角度。

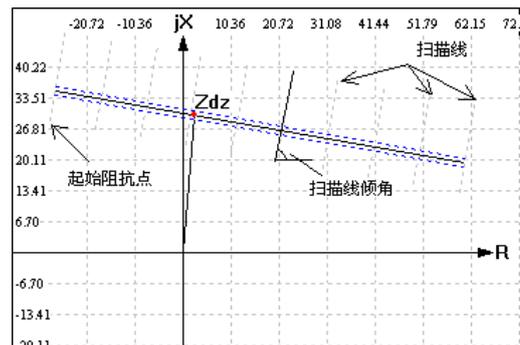
扫描角度步长：设置每一条扫描线之间的角度增量。通过设置起始角度、终止角度以及角度步长来设置系列搜索线。如果角度步长设置得很小，虽然搜索出的点很多，有利于提高边界搜索精度，但也会大量增加试验时间，实际测试时请选择适当的角度步长。

扫描半径：扫描半径的设置应保证扫描圆覆盖保护的各个动作边界，即在阻抗图中，扫描半径对应的虚线圆要覆盖整个动作区。对于每一条扫描线，扫描时是从扫描线的末端（即圆周）开始向中心阻抗扫描开始扫描。试验期间，如果发现在扫描某条扫描线的末端起点时，保护就动作了，则说明这条扫描线没有跨过实际的阻抗边界，即整个扫描线都在动作区内，不符合“每条搜索线都应一部分在动作区内，另一部分在动作区外”的原则。这时，应适当增大“扫描半径”。

扫描阻抗步长：同一条扫描线上两个相邻扫描点之间的距离。

阻抗范围起始值、阻抗范围终值：对于中心阻抗即扫描圆周的圆心，其对应为 0%；对于扫描圆周上的阻抗，对应为 100%。故该值的设置即为阻抗相对于中心阻抗的距离占整个扫描半径的百分比。通过对两者的设置，可以将圆面的扫描区域变成圆环形的扫描区域，因此可以躲过其他段阻抗保护误动作。需要注意阻抗范围起始值设置需小于阻抗范围终值。

| ▲ 扫描设置 | |
|--------------|---|
| ▲ 中心阻抗 Z_0 | 角相量形式 |
| 数值 | 8.544 Ω \angle 20.556 $^\circ$ |
| 扫描起始角度 | 0 $^\circ$ |
| 扫描终止角度 | 360 $^\circ$ |
| 扫描角度步长 | 10 $^\circ$ |
| 扫描半径 | 10 Ω |
| 阻抗范围起始值 | 20 % |
| 阻抗范围终值 | 100 % |
| 扫描阻抗步长 | 0.1 Ω |



8) 扫描设置-直线特性：

直线特性时为直线扫描，扫描线平行分布，第一条扫描线为从起点阻抗开始，倾角、长度可设置，其他扫描线与第一条扫描线平行，间距固定，所有扫描线的起点在经过起始阻抗点倾角为设定值的直线上。每条扫描线由终点向起始点扫描，直到保护装置动作或者扫描到起始点为止。扫描示意图如右图所示。

起点阻抗 Z_1 ：对应第一条扫描线的起始点。

扫描线倾角：扫描线相对于横轴的夹角。

扫描线条数：设置需要的扫描线数量。

扫描间距：每条扫描线之间的垂直距离。

扫描线长度：每条扫描线的长度。

扫描步长：每条扫描线上相邻扫描点之间的距离。

| ▲ 整定特性 | |
|-----------------|--|
| 特性选择 | 直线特性 |
| ▲ 整定阻抗 Z_{dz} | 角相量形式 |
| 数值 | 29.999 Ω \angle 85.001 $^\circ$ |
| φ | -10 $^\circ$ |
| ▲ 扫描设置 | |
| ▲ 起点阻抗 Z_1 | 角相量形式 |
| 数值 | 40.786 Ω \angle 135 $^\circ$ |
| 扫描线倾角 | 80 $^\circ$ |
| 扫描线条数 | 30 |
| 扫描线间距 | 5 Ω |
| 扫描线长度 | 50 Ω |
| 扫描步长 | 0.1 Ω |

4.2.12. 通用差动

■ 概述

通用差动主要用于母线差动保护的测试，其主要包括以下三个测试模块：

稳态比差定点试验：用于根据比率差动制动特性图，选取相应的测试点，校验保护的動作特性。

稳态比差边界搜索：用于校验比率差动制动特性曲线的正确性。

谐波制动边界搜索：用于校验保护的谐波制动特性。



■ 公共参数设置

稳态比差定点试验、稳态比差边界搜索和谐波制动边界搜索共用同一组公共参数。

1) 基本参数

差动1侧、差动2侧：设置用于进行差流计算两侧的电流组别。

母线1侧、母线2侧：设置两侧母线电压对应的电压组别。

额定电压：正常状态时，两侧母线电压值。

故障电压：故障状态时，两侧母线电压值。

额定频率：测试过程中所有电压、电流的频率。

| ▲ 基本参数 | |
|--------|----------|
| 差动1侧 | Iabc1 |
| 差动2侧 | Iabc1 |
| 母线1侧 | Uabc1 |
| 母线2侧 | Uabc1 |
| 额定电压 | 57.735 V |
| 故障电压 | 30 V |
| 额定频率 | 50 Hz |

| ▲ 连接单元1 | |
|---------|--------|
| CT一次值 | 2000 A |
| CT二次值 | 1 A |
| CT极性 | 母线侧 |
| ▲ 连接单元2 | |
| CT一次值 | 2000 A |
| CT二次值 | 1 A |
| CT极性 | 母线侧 |
| ▲ 母联单元 | |
| CT一次值 | 2000 A |
| CT二次值 | 1 A |
| CT极性 | I母侧 |
| ▲ 基准单元 | |
| CT一次值 | 2000 A |
| CT二次值 | 1 A |

2) 单元参数

连接单元1、连接单元2：根据保护装置中用于测试的两条支路的CT变比和极性进行设置。

母联单元：根据保护装置中的母联CT变比和极性进行设置。

基准单元：根据保护装置中的基准CT变比进行设置。

3) 动作特性-直线

曲线类型：选为直线。

最小动作电流：根据保护装置中的差动电流启动定值设置。

制动线：设置两条制动线的倾角或比率制动系数，两者设置其中一个，另一个自动计算得到。

4) 动作特性-三折线

曲线类型：选为三折线。

差动速断电流：设置根据保护装置中的差动速断电流值设置。

最小动作电流：根据保护装置中的差动电流启动定值设置。

拐点：根据保护装置的比率制动特性，设置对应的拐点电流。

制动系数、倾角：根据保护装置的比率制动特性，设置各段折线的制动系数或者对应的倾角，两者设置其中一个，另一个自动计算得到。

5) 稳态比差差动/制动方程

差动电流 Id：计算公式固定为：

制动电流 Ir：提供三种选择，

6) 开关量

开入量：开入量提供8组接点用于接收保护装置跳闸信号，可以根据实际接线情况勾选所需的接点，

| ▲ 动作特性 | |
|---------------|-----------------|
| 曲线类型 | 直线 |
| 最小动作电流 | 0.3 倍Ie |
| ▲ 制动线 | Id=K0*Ir |
| 制动系数K0 | 0.5 |
| 倾角 | 26.565 ° |
| ▲ 制动线 | Id=K1*Ir |
| 制动系数K1 | 1 |
| 倾角 | 45 ° |
| ▲ 稳态比差差动/制动方程 | |
| 差动电流 Id= | I1'+I2' |
| 制动电流 Ir= | (I1' + I2')/k |
| 系数k | 2 |

并设定开关量动作判别逻辑。

开出量：提供一组固定的母联开关位置信号输出给保护装置。在测试过程中一般要求此开出量接入到保护中。

■ 稳态比差定点试验参数设置

1) 基本参数

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]。

最大故障时间：从进入故障状态的时刻开始，经过该设置时间后，不论保护装置的响应与否，模拟该次故障过程的模拟结束，进入下一个故障过程或结束。

故障前时间：每次子试验项目开始前，测试仪均输出一段故障前的时间（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，及重合闸准备完毕，所以，该时间的设置一般大于保护的复归时间（包含重合闸充电时间）。

测试类型：提供稳态比差、母联死区和母联失灵三种测试方式选择。选择稳态比差时，按照常规差动保护校验过程进行测试，可以选择任一点进行差动测试。对于母联死区和母联失灵，强制 I1 输出为 0，母联电流和 I2 根据设置的差动电流值进行计算得到。

试验相别：提供差动两侧单相、两相和三相加量测试。

| ▲ 基本参数 | |
|--------|------|
| 触发方式 | 时间触发 |
| 最大故障时间 | 5 s |
| 故障前时间 | 10 s |
| 测试类型 | 稳态比差 |
| 试验相别 | A相 |

2) 谐波制动参数

谐波制动：勾选该选项则在基波电流中叠加谐波电流。

Idxb/Id 定值：差动电流中谐波含量，根据保护装置中谐波制动时的谐波含量进行设置。

Idxb/Id 倍数：根据此倍数与“Idxb/Id 定值”的乘积得到差流中所需叠加的谐波含量。

制动谐波次数：需要叠加的谐波电流的谐波次数。

谐波相位：谐波电流的初相位。

谐波施加侧：设置需要叠加谐波电流的分支。

| ▲ 谐波制动参数 | |
|-----------|-------------------------------------|
| 谐波制动 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Idxb/Id定值 | 15 % |
| Idxb/Id倍数 | 1 倍 |
| 制动谐波次数 | 2 |
| 谐波相位 | 0 ° |
| 谐波施加侧 | I1 侧 |

3) 当前状态

差动电流 Id：设置测试所需差动电流的大小，可以手动填写，也可以直接在比率制动特性曲线图上选点自动得到。

制动电流 Ir：设置测试所需制动电流的大小，可以手动填写，也可以直接在比率制动特性曲线图上选点自动得到。

制动门槛 Id：显示当前测试点对应的比率制动特性曲线上的制动门槛值。

各支路电流：显示根据“试验相别”、“差动电流 Id”和“制动电流 Ir”得到各侧电流的幅值和相角。

| ▲ 当前状态 | |
|--------|-----|
| 差动电流Id | 1 倍 |
| 制动电流Ir | 2 倍 |
| 故障电流倍数 | 1 倍 |
| 制动门槛Id | 1 A |

■ 稳态比差边界搜索参数设置

1) 基本参数

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]。

最大故障时间：每切换一次扫描点，输出故障的持续时间。

故障前时间：扫描开始前，测试仪输出正常状态的时间，以保证保护接点可靠复归。

试验相别：提供差动两侧单相、两相和三相加量测试。

校验精度：对结果的判断依据，“绝对精度”时，要求“|理论差动动作电流-实际差动动作电流|”小于绝对精度设定值；相对精度时，要求“|理论差动动作电流-实际差动动作电流|/理论差动动作电流”小于相对精度设定值。

| ▲ 基本参数 | |
|--------|-------|
| 触发方式 | 时间触发 |
| 最大故障时间 | 5 s |
| 故障前时间 | 10 s |
| 试验相别 | A相 |
| 校验精度 | 绝对精度 |
| 精度 | 0.1 A |

2) 边界搜索设置

Ir、Id 搜索范围：设置 Ir、Id 的搜索起始值，搜索结束值，以及

| ▲ 边界搜索设置 | |
|----------|-------|
| ▲ Ir搜索范围 | |
| 变化初值 | 0.1 倍 |
| 变化末值 | 5 倍 |
| 变化步长 | 0.2 倍 |
| 搜索类型 | 单向搜索 |
| ▲ Id搜索范围 | |
| 变化初值 | 0.1 倍 |
| 变化末值 | 5 倍 |
| 变化步长 | 0.2 倍 |

每次搜索的增量。

搜索扫描过程：在横坐标上按照“ I_r 的变化初值”、“ I_r 的变化末值”和“ I_r 的变化步长”分段做多条沿 I_d 方向的扫描线，并依次沿“ I_d 的变化初值”向“ I_d 的变化末值”方向在每条线上按照“ I_d 的变化步长”对多个测试点进行测试。对于第一个测试点，其故障前时间为基本参数中设置的“故障前时间”，其余扫描点的故障前时间为每两次扫描之间的间隔时间。搜索过程中，如果保护装置动作，则该条扫描线上的搜索结束，换到相邻的下一条扫描线。

3) 当前状态

差动电流 I_d 、制动电流 I_r 、差动门槛 I_d ：显示当前扫描点对应的值。

各侧电流：显示当前扫描点对应的各侧电流的幅值和相角。

■ 谐波制动边界搜索参数设置

1) 基本参数

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]。

每步时间：每切换一次扫描点，输出故障的持续时间。

故障前时间：扫描开始前，测试仪输出正常状态的时间，以保证保护接点可靠复归。

测试类型：提供稳态比差、母联死区和母联失灵三种测试方式选择。

试验相别：提供差动两侧单相、两相和三相加量测试。

校验精度：对结果的判断依据，“绝对精度”时，要求“ $|$ 理论谐波制动值-实际谐波制动值 $|$ ”小于绝对精度设定值；相对精度时，要求“ $|$ 理论谐波制动值-实际谐波制动值 $|$ /理论谐波制动值”小于相对精度设定值。

2) 边界搜索设置

I_{dxb}/I_d 、 I_d 搜索范围：设置 I_{dxb}/I_d 、 I_d 的搜索起始值，搜索结束值，以及每次搜索的增量。

搜索扫描过程：在纵坐标上按照“ I_d 的变化初值”、“ I_d 的变化末值”和“ I_d 的变化步长”分段做多条沿横轴方向的扫描线，并依次沿“ I_{dxb}/I_d 的变化初值”向“ I_{dxb}/I_d 的变化末值”方向在每条扫描线上的多个测试点进行测试。测试时序与稳态比差边界搜索相同。如果保护装置动作，则该条扫描线上的搜索结束，换到相邻的下一条扫描线。

3) 谐波制动参数

I_{dxb}/I_d 定值、 I_{dxb}/I_d 倍数：两者相乘得到谐波制动曲线上的谐波制动定值，同时影响精度校验时的理论谐波制动值。

制动谐波次数：需要叠加的谐波电流的谐波次数。

谐波相位：谐波电流的初相位。

谐波施加侧：设置需要叠加谐波电流的分支。

| ▲ 谐波制动参数 | |
|------------------|------|
| I_{dxb}/I_d 定值 | 15 % |
| I_{dxb}/I_d 倍数 | 1 倍 |
| 制动谐波次数 | 2 |
| 谐波相位 | 0 ° |
| 谐波施加侧 | I1侧 |

4) 当前状态

差动电流 I_d 、谐波含量、制动门槛：显示当前扫描点对应的值。

各侧电流：显示当前扫描点对应的各侧电流的幅值和相角。

4.2.13. 变压器差动

■ 概述

变压器差动模块主要用于变压器比例制动特性的测试，并绘制

出制动特性曲线，验证变压器差动保护装置是否稳定可靠。其主要包括以下三个测试模块：

稳态比差定点试验：用于根据比率差动制动特性图，选取相应的测试点，校验保护的動作特性。

稳态比差边界搜索：用于校验比率差动制动特性曲线的正确性。

谐波制动边界搜索：用于校验保护的谐波制动特性。



间断角闭锁试验：用于变压器差动保护的闭锁条件测试，通过输出励磁涌流波形测试变压器差动保护在出现励磁涌流的情况下是否能够正确闭锁差动保护。

公共参数设置

稳态比差定点试验、稳态比差边界搜索、谐波制动边界搜索和间断角闭锁试验共用同一组公共参数。

1) 基本参数

绕组电压电流：当“绕组形式”设置为三卷变，且采用模拟量输出时，显示为“高/中绕组”和“中低绕组”，由于本测试模块固定采用两路分支进行测试，所以在试验参数中根据选择“试验绕组”不同，此处对应的绕组也不相同，例如：如果试验参数中“试验绕组”选为高中绕组，则此处“高/中绕组”表示高压侧绕组的电压电流，“中低绕组”表示中压侧绕组的电压电流。当“绕组形式”设置为三卷变，且采用数字量输出时，显示为“高压侧”、“中压侧”和“低压侧”，各自独立。当“绕组形式”设置两卷变时，显示为“高压侧”和“低压侧”，各自独立。

| 基本参数 | |
|--------|-------------|
| 高压侧 | Uabcx1Iabc1 |
| 中压侧 | Uabcx3Iabc3 |
| 低压侧 | Uabcx2Iabc2 |
| 额定容量 | 240 MVA |
| 额定频率 | 50 Hz |
| 绕组型式 | 三卷变 |
| 保护模板设置 | 无 |
| 相位校正 | Δ→Y侧校正 |
| 平衡系数设置 | 标么值计算 |

额定容量：根据保护装置中的额定容量进行设置。

额定频率：测试过程中电压、电流的频率。

绕组形式：提供两卷变和三卷变两种选择。

保护模板设置：提供两种常见保护厂家的保护测试模板。

相位校正：根据保护装置内部的相位校正方法进行设置。

平衡系数设置：提供三种平衡系数的归算方法。选择手动计算时，用户可以在各侧的平衡系数一栏自己修改平衡系数。选择标么值计算和归算至高压侧时，测试仪会自动计算各侧的平衡系数。

2) 各侧参数

额定电压：根据保护装置中设置的对应侧额定电压设置。

绕组组别：高压侧固定为 Y 型接线，中压侧和低压侧根据保护装置中对应侧的绕组钟点数进行设置。

CT 一次、二次值：根据保护装置中对应侧 CT 参数设置。

CT 极性：根据实际 CT 同名端配置在母线侧（正极性）还或变压器侧（负极性）进行设置。

平衡系数：基本参数中选择手动计算时，用户可以自行设置平衡系数。选择标么值计算和归算至高压侧时，测试仪会自动计算各侧的平衡系数。

| 高压侧 | |
|--------|---------|
| 额定电压 | 220 kV |
| 绕组组别 | Y |
| CT一次值 | 600 A |
| CT二次值 | 1 A |
| CT极性 | 母线侧 |
| 平衡系数K1 | 0.95263 |
| 中压侧 | |
| 低压侧 | |

3) 稳态比差动作特性

基准值：与基本参数中“平衡系数设置”相关，当平衡系数设置为手动计算时，此处允许修改。当平衡系数设置为标么值计算或者归算至高压侧时，由测试仪自动计算得到。

差动速断电流：设置根据保护装置中差动速断电流值设置。

最小动作电流：根据保护装置中的差动电流启动定值设置。

拐点：根据保护装置比率制动特性，设置对应的拐点电流。

制动系数、倾角：根据保护装置的比率制动特性，设置各段折线的制动系数或者对应的倾角，两者设置其中一个，另一个自动计算得到。

| 稳态比差动作特性 | |
|-------------|-----------------------|
| 基准值Ie | 1 A |
| 差速断电流 | 5 倍Ie |
| 最小动作电流 | 0.3 倍Ie |
| 制动系数K0 | 0.2 |
| 倾角 | 11.31 ° |
| 拐点Ires1 | 0.5 倍Ie |
| 制动系数K1 | 0.5 |
| 倾角 | 26.57 ° |
| 拐点Ires2 | 6 倍Ie |
| 制动系数K2 | 0.75 |
| 倾角 | 36.87 ° |
| 稳态比差差动/制动方程 | |
| 差动电流 Id= | $ I1' + I2' $ |
| 制动电流 Ir= | $(I1' + I2') / k$ |
| 系数K | 2 |

4) 稳态比差差动/制动方程

差动电流 Id：计算公式固定为：

制动电流 Ir：提供四种选择

5) 开关量

开入量：开入量提供 8 组接点用于接收保护装置跳闸信号，可以根据实际接线情况勾选所需的接点，并设定开关量动作

判别逻辑。

■ 稳态比差定点测试参数设置

1) 基本参数

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]。

最大故障时间：从进入故障状态的时刻开始，经过该设置时间后，不论保护装置的响应与否，模拟该次故障过程的模拟结束，进入下一个故障过程或结束。

故障前时间：每次子试验项目开始前，测试仪均输出一段故障前的时间（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，及重合闸准备完毕，所以，该时间的设置一般大于保护的复归时间（包含重合闸充电时间）。

试验绕组：当公共参数中的“绕组型式”设置为两卷变时，固定为高低绕组；当设置为三卷变时，提供高中、高低和中低三种绕组进行选择。

试验相别：提供差动两侧单相、两相和三相加量测试，对于某些绕组组别和相位校正方式的选择情况下只支持部分试验相别加量。

2) 谐波制动参数

谐波制动：勾选该选项则在基波电流中叠加谐波电流。

Idxb/Id 定值：差动电流中谐波含量，根据保护装置中谐波制动时的谐波含量进行设置。

Idxb/Id 倍数：根据此倍数与“Idxb/Id 定值”的乘积得到差流中所需叠加的谐波含量。

制动谐波次数：需要叠加的谐波电流的谐波次数。

谐波施加侧：设置需要叠加谐波电流的分支。

3) 当前状态

差动电流 Id：设置测试所需差动电流的大小，可以手动填写，也可以直接在比率制动特性曲线图上选点自动得到。

制动电流 Ir：设置测试所需制动电流的大小，可以手动填写，也可以直接在比率制动特性曲线图上选点自动得到。

制动门槛 Id：显示当前测试点对应的比率制动特性曲线上的制动门槛值。

各支路电流：显示各侧电流的幅值和相角。

| ▲ 基本设置 | |
|--------|------|
| 触发方式 | 时间触发 |
| 最大故障时间 | 5 s |
| 故障前时间 | 10 s |
| 试验绕组 | 高低绕组 |
| 试验相别 | A相 |

| ▲ 谐波制动参数 | |
|-----------|-------------------------------------|
| 谐波制动 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Idxb/Id定值 | 30 % |
| Idxb/Id倍数 | 1 倍 |
| 制动谐波次数 | 2 |
| 谐波施加侧 | I2侧 |

| ▲ 当前状态 | |
|--------|------------|
| 差动电流Id | 3.156 倍Ie |
| 制动电流Ir | -0.193 倍Ie |
| 故障电流倍数 | 1 倍 |
| 制动门槛Id | 0.261 倍Ie |

■ 稳态比差边界搜索参数设置

1) 基本参数

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]。

每步持续时间：每切换一次扫描点，输出故障的持续时间。

故障前时间：扫描开始前，测试仪输出正常状态的时间，以保证保护接点可靠复归。

试验绕组：当公共参数中的“绕组型式”设置为两卷变时，固定为高低绕组；当设置为三卷变时，提供高中、高低和中低三种绕组进行选择。

试验相别：提供差动两侧单相、两相和三相加量测试，对于某些绕组组别和相位校正方式的选择情况下只支持部分试验相别加量。

校验精度：对结果的判断依据，“绝对精度”时，要求“|理论差动动作电流-实际差动动作电流|”小于绝对精度设定值；相对精度时，要求“|理论差动动作电流-实际差动动作电流|/理论差动动作电

| ▲ 基本设置 | |
|--------|---------|
| 触发方式 | 时间触发 |
| 每步持续时间 | 0.2 s |
| 故障前时间 | 10 s |
| 试验绕组 | 高低绕组 |
| 试验相别 | A相 |
| 校验精度 | 绝对精度 |
| 精度 | 0.1 倍Ie |

流”小于相对精度设定值。

2) 边界搜索设置

Ir、Id 搜索范围：设置 Ir、Id 的搜索起始值，搜索结束值，以及每次搜索的增量。

搜索扫描过程：在横坐标上按照“Ir 的变化初值”、“Ir 的变化末值”和“Ir 的变化步长”分段做多条沿 Id 方向的扫描线，并依次沿“Id 的变化初值”向“Id 的变化末值”方向在每条线上按照“Id 的变化步长”对多个测试点进行测试。对于第一个测试点，其故障前时间为基本参数中设置的“故障前时间”，其余扫描点的故障前时间为每两次扫描之间的间隔时间。搜索过程中，如果保护装置动作，则该条扫描线上的搜索结束，换到相邻的下一条扫描线。

3) 当前状态

差动电流 Id、制动电流 Ir、差动门槛 Id：显示当前扫描点对应的值。

各侧电流：显示当前扫描点对应的各侧电流的幅值和相角。

■ 谐波制动边界搜索参数设置

1) 基本参数

触发方式：可选[时间触发]和[按键触发]。

每步持续时间：每切换一次扫描点，输出故障的持续时间。

故障前时间：扫描开始前，测试仪输出正常状态的时间，以保证保护接点可靠复归。

试验绕组：当公共参数中的“绕组型式”设置为两卷变时，固定为高低绕组；当设置为三卷变时，提供高中、高低和中低三种绕组进行选择。

试验相别：提供差动两侧单相、两相和三相加量测试，对于某些绕组组别和相位校正方式的选择情况下只支持部分试验相别加量。

校验精度：对结果的判断依据，“绝对精度”时，要求“|理论谐波制动值-实际谐波制动值|”小于绝对精度设定值；相对精度时，要求“|理论谐波制动值-实际谐波制动值|/理论谐波制动值”小于相对精度设定值。

| ▲ 基本设置 | |
|--------|------------|
| 触发方式 | 时间触发 |
| 每步持续时间 | 0.2 s |
| 故障前时间 | 10 s |
| 试验绕组 | 中低绕组 |
| 试验相别 | A相 |
| 校验精度 | 相对精度 |
| 精度 | 5 %Idxb/Id |

2) 边界搜索设置

Idxb/Id、Id 搜索范围：设置 Idxb/Id、Id 的搜索起始值，搜索结束值，以及每次搜索的增量。

搜索扫描过程：在纵坐标上按照“Id 的变化初值”、“Id 的变化末值”和“Id 的变化步长”分段做多条沿横轴方向的扫描线，并依次沿“Idxb/Id 的变化初值”向“Idxb/Id 的变化末值”方向在每条扫描线上的多个测试点进行测试。测试时序与稳态比差边界搜索相同。如果保护装置动作，则该条扫描线上的搜索结束，换到相邻的下一条扫描线。

3) 谐波制动参数

Idxb/Id 定值、Idxb/Id 倍数：两者相乘得到谐波制动曲线上的谐波制动定值，同时影响精度校验时的理论谐波制动值。

制动谐波次数：需要叠加的谐波电流的谐波次数。

谐波施加侧：设置需要叠加谐波电流的分支。

| ▲ 谐波制动参数 | |
|-----------|------|
| Idxb/Id定值 | 15 % |
| Idxb/Id倍数 | 1 倍 |
| 制动谐波次数 | 2 |
| 谐波施加侧 | I1侧 |

4) 当前状态

差动电流 Id、谐波含量、制动门槛：显示当前扫描点对应的值。

各侧电流：显示当前扫描点对应的各侧电流的幅值和相角。

■ 间断角闭锁试验参数设置

基本设置

故障前时间：故障前状态输出持续时间

最大故障时间：故障状态最大持续时间

试验相别：可选任意单相、双相、三相

间断角试验参数

| ▲ 间断角试验参数 | |
|-----------|----------|
| 差动电流Id | 1 倍Ie |
| 励磁涌流施加侧 | I1侧 |
| ▲ A相相励磁涌流 | |
| 励磁饱和方向 | 正方向饱和 |
| 间断角θ | 107.56 ° |
| 合闸角α | 0 ° |
| ▶ B相相励磁涌流 | |
| ▶ C相相励磁涌流 | |

差动电流值：根据实际试验设置任意 I_e 倍数

励磁涌流施加侧：可选 I1 侧和 I2 侧

励磁饱和方向：提供下拉选择“正方向饱和”，“反方向饱和”两种方式

间断角：根据实际试验设置间断角大小

合闸角 α ：根据实际试验设置合闸角大小

开出量

开出量提供 8 组接点用于输出开关位置信号，可以根据实际接线情况勾选所需的接点。

4.3. 合并单元

4.3.1. 比差角差试验

■ 概述

比差角差试验模块主要用于智能变电站合并单元的比差、角差测试，测试仪模拟量输出端口向合并单元输出模拟量电压、电流，并通过光纤端口采集合并单元输出的数字报文。通过解析数字报文中的电压、电流数据并同输出的模拟量数据进行对比，实现合并单元的比差、角差测试。

■ 配置说明

1) 通道配置

- 试验开始前，需在试验配置导入合并单元数字报文的配置信息，与 4.1.1 中配置方法一致。
- 在通道列表中，根据实际合并单元的变比设置，修改对应通道的电流和电压变比参数。
- 对于合并单元，其模拟量输入通道如 I_a ，可能对应多个数字量通道如保护电流 I_{a1} 、保护电流 I_{a2} 、测量电流 I_a 等，对于需要进行测试数字量通道，需要修改通道列表最后一列的映射配置，如下图所示

| 通道名称 | 通道类型 | 一次值 | 二次值 | 参考值 | 采样值 | 品质 | 映射 |
|----------|------|---------------|------------|-----------|-----|--------|-----------------|
| 1 额定延迟 | 时间 | ----- | 50 μ s | 1 μ s | 0x1 | 0x0000 | N/A |
| 2 测量电流Ia | 电流 | 600 A | 1 A | 0.001 A | 0x1 | 0x0000 | I _{a1} |
| 3 测量电流Ib | 电流 | 600 A | 1 A | 0.001 A | 0x1 | 0x0000 | |
| 4 测量电流Ic | 电流 | 600 A | 1 A | 0.001 A | 0x1 | 0x0000 | |
| 5 中性点电流 | 电流 | 600 A | 1 A | 0.001 A | 0x1 | 0x0000 | |
| 6 保护电流Ia | 电流 | 600 A | 1 A | 0.001 A | 0x1 | 0x0000 | |
| 7 保护电流Ib | 电流 | 600 A | 1 A | 0.001 A | 0x1 | 0x0000 | |
| 8 保护电流Ic | 电流 | 600 A | 1 A | 0.001 A | 0x1 | 0x0000 | |
| 9 电压Ua | 电压 | 127.017059... | 57.735 V | 0.01 V | 0x1 | 0x0000 | |

打开SCL文件(*.icd *.scd *.cid *.ccd) 链路保持: 不保持 全局检修:

确定 取消

N/A

组1

I_a I_b I_c 3I₀

组2

I_a I_b I_c 3I₀

组3

I_a I_b I_c 3I₀

组4

I_a I_b I_c 3I₀

图 通道配置界面

其映射通道需同测试仪模拟量输出通道匹配，即如果合并单元测量电流 Ia 对应的模拟量采集通道由测试仪的模拟量输出通道 Ia1 输出电流，则测量电流 Ia 对应的映射应设置为组 1 的 IA。

2) 试验配置

变化组别：支持试验过程中修改测试仪输出值，可选择当前分组和所有分组。

- 当前分组：只允许当前选定的电压电流组别 Uabc1Iabc1 或者 Uabc2Iabc2 修改输出值。
- 所有分组：允许所有的电压电流组别 Uabc1Iabc1 和 Uabc2Iabc2 同时修改输出值。

变化类型：支持修改输出的电压、电流通道的幅值或者相位

模式：提供点对点模式与组网模式两种选择，需根据待测合并单元的采样同步进行设置。

时钟输出：本模块可以以测试仪为时间基准源，向待测合并单元输出多种对时信号，实现测试仪与合并单元之间的时间同步，可以在缺少外部时间源的情况下完成合并单元的测试。时钟输出的设置与 3.1.8 所述的方法一致。

■ 试验说明

试验区域如下图所示，主要包含 3 个区域，下面分别予以说明



图 通道配置界面

1) 电压电流分组

用于设置各模拟量输出通道的幅值、相位值，当某通道勾选变化使能后，则可在试验过程中通过“+、-”按照变化量步长修改对应的幅值和相位。其操作方法可参考 3.1.2 中的“在输出期间调整输出量”一节内容

2) 变化量及模式输出设置

用于切换测试仪模拟量变化类型及测试合并单元的模式。可操作“+、-”按照变化量步长修改对应的幅值和相位。

3) 测试数据显示

额定延时：测试仪解析接收到合并单元输出的数字报文中额定延时通道对应的值。

实际延时：测试仪实际收到合并单元输出的数字报文 0 号包对应的延时。

同步标记：测试仪收到合并单元输出的数字报文中同步标志位的值，如果报文中同步标志位为 T，则显示为绿色，表明合并单元已经对时同步，如果报文中的同步标志位为 F，则显示为红色，表明合并单元未对时。

数字通道名称：与试验配置中合并单元对应的 APPID 下的数字量通道名称对应。

模拟量通道名称：与试验配置中数字量通道映射的模拟量通道对应。

有效值：测试仪接收到的合并单元输出的数字报文中对应电流、电压通道的二次有效值。

相位：测试仪接收到的合并单元输出的数字报文中对应电流、电压通道的相角值。

比差：待测合并单元幅值误差，可通过“绝对值显示/相对值显示”按钮进行绝对误差与相对误差的显示切换

角差：待测合并单元的相角误差

4.3.2. 时间性能试验

■ 概述

本模块主要测试合并单元在对时情况下，时间精度和发送 SV 报文采样离散值精度。在失去对时情况

下，合并单元的守时精度。在失步再同步的情况下，合并单元的输出情况。

■ 时间性能试验

本模块主要测试合并单元在对时情况下，时间精度和发送 SV 报文采样离散值精度。在失去对时情况下，合并单元的守时精度。在失步再同步的情况下，合并单元的输出情况。

通道配置

- 试验开始前，需在试验配置导入合并单元数字报文的配置信息，与 4.1.1 中配置方法一致。
- 在通道列表中，根据实际合并单元的变比设置，修改对应通道的电流和电压变比参数。



图 时间特性界面

对时精度测试



图 对时精度测试界面

参数

端口：选中合并单元输出到装置的网口，与接收口对应，解析接收口的 sv 报文，判别 appid 和同步标识还有 0 号包的延时。

触发方式：有定时和手动，定时是运行固定时间，时间可以在试验运行时间中设置，手动开始后一直运行直到接收到停止信号。

时钟源参数：a.标准时钟源是装置内部的判定依据，可以选中 RS485 电口的时间标准，GPS 和 BD 蘑菇头天线的时钟基准，还可以用 ST 光串口 1、2 作为时钟基准。b.被测试对时源可以选择光串口 1、2 和 RS485 的时钟信号。

结果显示

同步标识:显示光网口接收的 sv 是否有同步标识

时间误差:显示选中的 2 种时钟信号的秒准时偏差

最大值:时间偏差中的最大值

最小值:时间偏差中的最小值

平均值:时间偏差中统计到的平均值

标准差:时间偏差中统计到的标准差

采样离散值测试

参数

端口：选中合并单元输出到装置的网口，与接收口对应，解析接收口的 sv 报文，判别 sv 的每一帧自己的间隔偏差。
 触发方式：有定时和手动，定时是运行固定时间，时间可以在试验运行时间中设置，手动开始后一直运行直到接收到停止信号。

| 基本参数 | |
|--------|------------|
| 试验类型 | 采样报文响应时间试验 |
| 端口 | eth1 |
| 试验结束模式 | 定时 |
| 试验运行时间 | 600 s |

| 报文响应时间统计 | |
|----------|--|
| 同步标记 | |
| 额定延迟 | |
| 零号包数 | |
| 最大偏差 | |
| 最小偏差 | |
| 平均偏差 | |

结果显示

按照偏差值分布，0 标识前后两帧间隔都是 250us，前后间隔是 251 的话偏差就是 1us。以此类推。

| 基本参数 | |
|--------|---------|
| 试验类型 | 采样离散值试验 |
| 端口 | eth1 |
| 试验结束模式 | 定时 |
| 试验运行时间 | 600 s |

| 采样离散值 | |
|--------|--|
| <-10us | |
| -10us | |
| -9us | |
| -8us | |
| -7us | |
| -6us | |

守时精度测试

参数

端口：选中合并单元输出到装置的网口，与接收口对应，解析接收口的 sv 报文，判别 appid 和同步标识还有 0 号包的延时。

触发方式：有定时和手动，定时是运行固定时间，时间可以在试验运行时间中设置，手动开始后一直运行直到接收到停止信号。

时钟源参数：a.标准时钟源是装置内部的判定依据，可以选中 RS485 电口的时间标准，GPS 和 BD 蘑菇头天线的时钟基准，还可以用 ST 光串口 1、2 作为时钟基准。b.被测试对时源可以选择光串口 1、2 和 RS485 的时钟信号。

结果显示

同步标识:显示光网口接收的 sv 是否有同步标识

时间误差:显示选中的 2 种时钟信号的秒准时偏差

小于 4us 持续时间:时间偏差中结果小于 4us 时统计到当前结果。

大于 4us 持续时间:时间偏差中结果大于 4us 时统计到当前结果。

| 基本参数 | |
|--------|--------|
| 试验类型 | 守时精度试验 |
| 端口 | eth1 |
| 试验结束模式 | 定时 |
| 试验运行时间 | 600 s |

| 时钟源参数 | |
|--------|----------|
| 标准对时源 | RS485 RX |
| 被测试对时源 | 光串口RX1 |

提示：请配置试验参数后开始试验！

| | |
|-----------|---|
| 同步标识 |  |
| 时间误差 | ---µs |
| 小于4us持续时间 | 0.000s |
| 大于4us持续时间 | 0.000s |

采样报文响应时间测试

参数

端口：选中合并单元输出到装置的网口，与接收口对应，解析接收口的 sv 报文，判别 appid 和同步标识还有 0 号包的延时。

触发方式：有定时和手动，定时是运行固定时间，时间可以在试验运行时间中设置，手动开始后一直运行直到接收到停止信号。

结果显示

同步标识:显示光网口接收的 sv 是否有同步标识

额定延时:显示选中的 2 种时钟信号的秒准时偏差

零号包数:每次接收到 sv 报文的第一帧 0 号包的时候显示位加 1。

最大偏差:sv 延时的最大偏差。
 最小偏差:sv 延时的最小偏差。
 平均偏差:sv 延时的偏差平均值。

4.3.3. 暂态试验

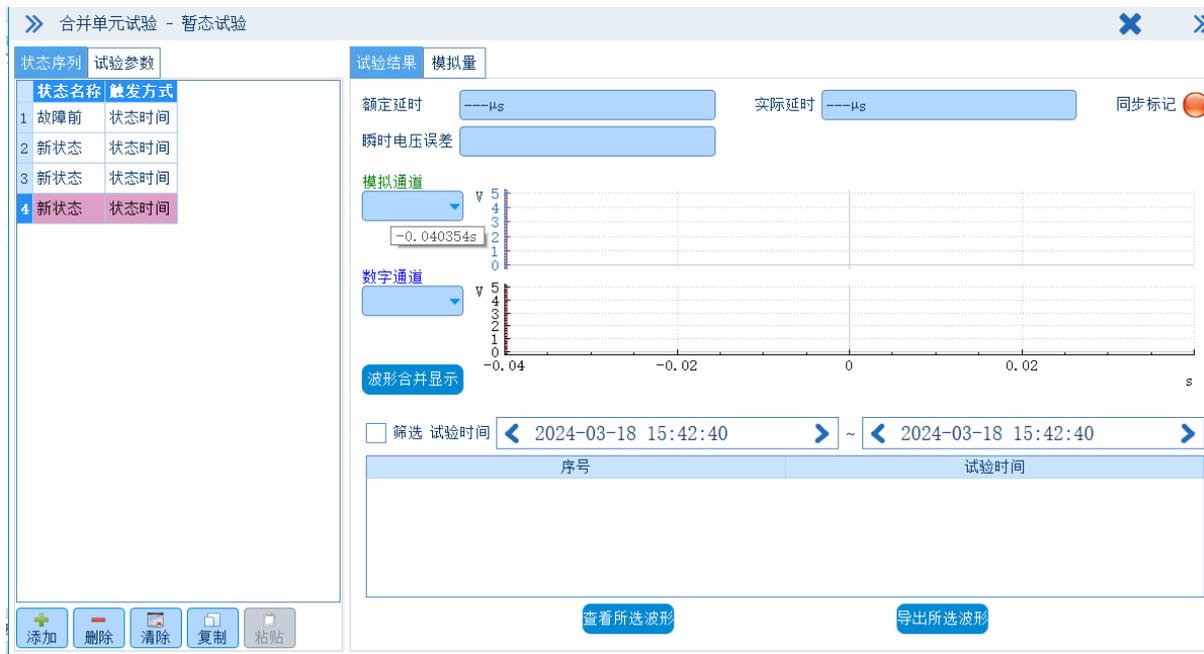


图 暂态试验测试界面

录波参数

录波起动方式：开关量起动/手动起动

- ◆ 选择开关量起动，下方增加：开入 A 至开入 H 的勾选行。选择勾选对应行，则若试验过程中收到对应开入变位则起动录波。
- ◆ 选择手动起动，下方增加：录波起动时间设置行。即从试验开始后，等待该时间则起动录波。

录波 A 段时长：录波文件 A 段时长

录波 B 段时长：录波文件 B 段时长

数据分析参数

模式：点对点模式，组网模式两种选择

额定对称短路电流倍数：默认值 20，提供 3， 5， 7.5， 10， 12.5， 15， 17.5， 20， 25， 30， 40， 50 下拉选项。

复合误差统计时长：20~100ms，步长设置为 1ms

衰减时间常数统计时长：20~100ms，步长设置为 1ms

状态序列

取消循环次数和 Ux 方式的显示，其余和电压电流模块状态序列基本一致。

模拟量：固定只输出模拟量电流和电压数据。

开关量：输出方式不变，可输出硬接点或者 GOOSE 报文。

触发方式：支持状态时间、开入量限时、开入量不限时、按键触发、同步触发

试验结果

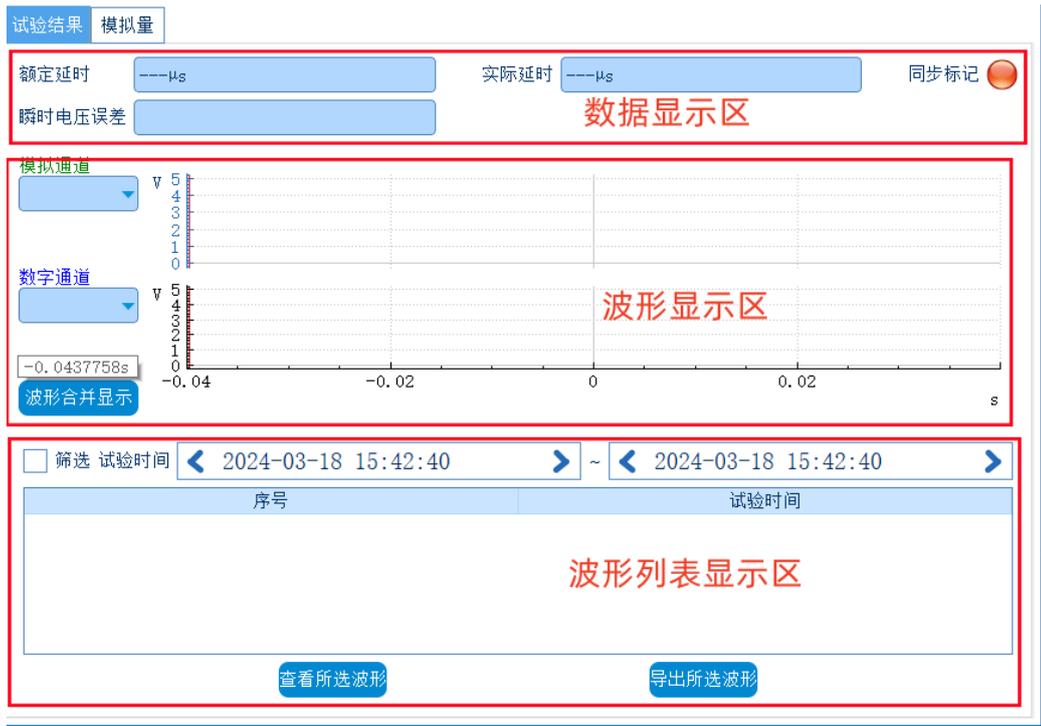


图 暂态试验测试结果界面

试验结果界面分数据显示、波形显示、录波列表显示三块区域显示。

数据显示区：

额定延时、实际延时和同步标记，同比差角差模块数据选择，下拉选择 12 个模拟量通道中的一个。

当模拟量通道选择为电压通道时，出现如下数据行

- ◆ 瞬时电压误差

当模拟量通道选择为电流通道的时，出现如下数据行

- ◆ 瞬时电流误差
- ◆ 电流暂态复合误差
- ◆ 衰减直流常数
- ◆ 最大峰值瞬时误差电流/发生时刻

波形显示区：

该区域显示录波文件对应的录波波形，根据数据显示区中“数据选择”的通道显示在该区域中，即该区域固定只显示一路模拟量通道和映射设置为相应通道的数字量通道数据。

录波列表显示区：

该区域显示本试验模块下所有的录波文件列表。提供“导出波形”快捷按钮用于导出选定的录波文件。

4.4. 专项试验

4.4.1. SOE 试验

该模块可以多次反复开关量动作，精度控制在 1ms，如果需要用 GOOSE 进行 SOE 试验需要在实验配置里面对开出进行与 GOOSE 通道进行绑定。

试验前时间：开始试验后开关量在变化之前的复归态时间。

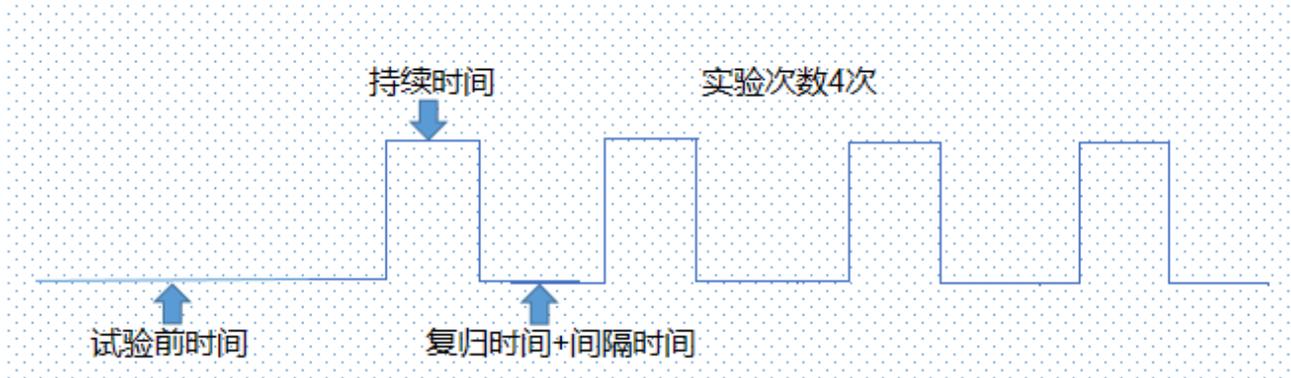
变位持续时间：开关量发生变位后的持续时间(上跳动作持续时间)。



变位复归时间：开关量发生再次变位后的持续时间（下跳动作持续时间）。

变位间隔时间：两次上跳之间间隔时间。

动作次数：总共发生变位的次数。



SOE试验 - SOE试验

| 试验参数 | | 次数 | 开出量 | 映射开入量 | 发送时间 | SOE时间 | 动作时间判断结果 | SOE事件判断结果 |
|------------|---------|----|------|-------|------|-------|----------|-----------|
| 试验前时间 | 1000 ms | 1 | 开出量1 | 开入量A | --- | --- | --- | --- |
| 变位持续时间 | 100 ms | | 开出量2 | 开入量B | --- | --- | --- | --- |
| 变位复归时间 | 100 ms | | | | | | | |
| 变位间隔时间 | 10 ms | | | | | | | |
| 动作时间 | 7 ms | | | | | | | |
| SOE事件时间分辨率 | 1 ms | | | | | | | |
| 动作次数 | 1 | | | | | | | |

结果显示区域

| 启 | 值 | 开出通道 | 映射开入通道 |
|-------------------------------------|---|------|--------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | ● | 开出量1 | 开入量A |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ● | 开出量2 | 开入量B |
| <input type="checkbox"/> | ● | 开出量3 | 开入量C |
| <input type="checkbox"/> | ● | 开出量4 | 开入量D |
| <input type="checkbox"/> | ● | 开出量5 | 开入量E |
| <input type="checkbox"/> | ● | 开出量6 | 开入量F |
| <input type="checkbox"/> | ● | 开出量7 | 开入量G |
| <input type="checkbox"/> | ● | 开出量8 | 开入量H |

试验参数设置区域

开关量初始状态设置区域

图 SOE 试验

4.4.2. 故障波形回放试验

■ 概述

可将以 COMTRADE 标准格式的数据文件，利用装置进行波形反演，还原当时波形，完成故障再现。

用户界面

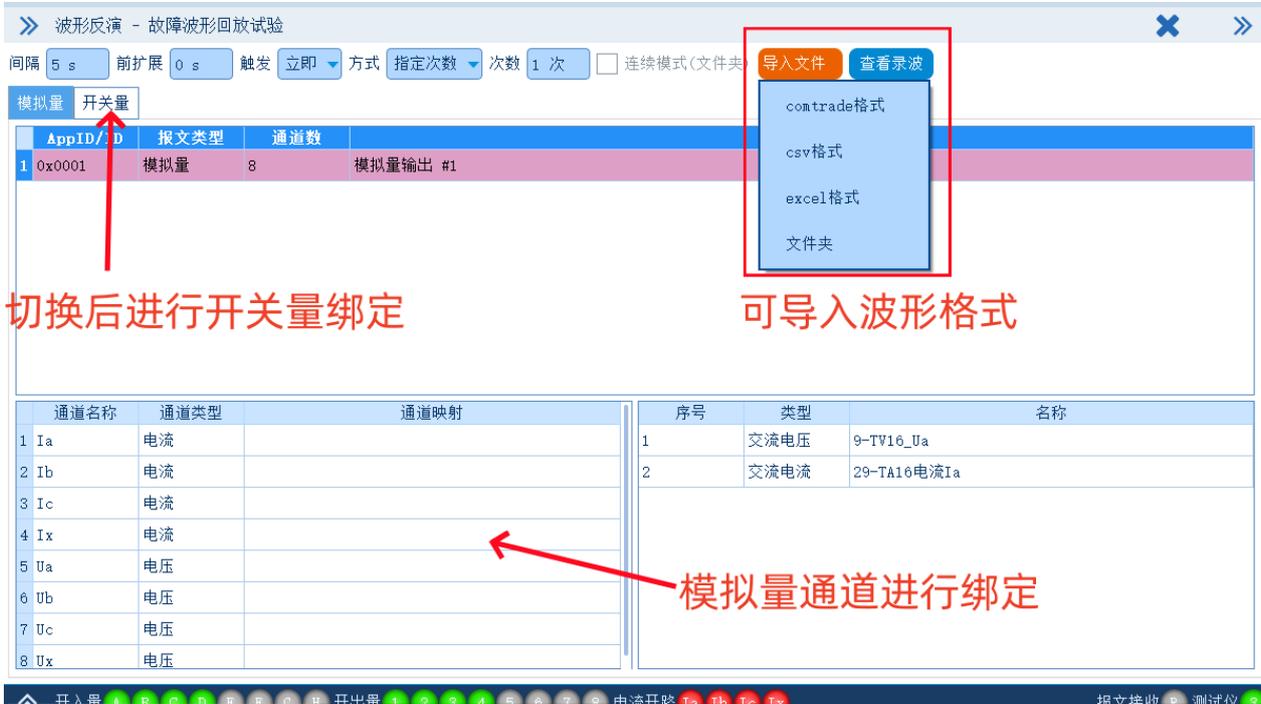


图 故障波形回放试验

参数设置

触发方式：可选择立即触发、整分触发。整分触发首先需将设备对时。

回放方式：可选择指定次数、循环回放。选择制定次数后，可在回放系数中输入所需回放次数，选择循环回放，则回放次数栏禁止输入，确认开始试验后，将对某一段数据重复播放。6个通道回放时长大概在90秒左右。

■ COMTRADE 文件介绍

COMTRADE 格式的数据文件包含三个名字相同但后缀名不同的三种类型的文件：

引导文件（*HDR）为用户提供一个附加信息的描述样本，以便更好地了解暂态记录的条件。引导文件不受应用程序控制。

组态文件（*CFG）是为计算机程序读取数据文件中的数据提供必要的信息。组态文件是一种 ASC II 格式的文件，包括以下信息：

- 通道类型和通道号
- 站名和识别号
- 线路频率（50Hz 或 60Hz）
- 通道名称、单位和变换因子
- 采样速率及该速率下的采样点数
- 第一个数据的日期和时间
- 触发的日期和时间
- 文件类型（ASC II 或 BINARY）
- 数据文件（*DAT）包含暂态数据的实际数值。

4.4.3. 快切试验

概述

电源快切即电源快速切换，与备自投类似，即当供电支路出现故障时，能够迅速切换到备用支路进行供电。故该模块的功能与界面与备自投模块相类似。

试验参数

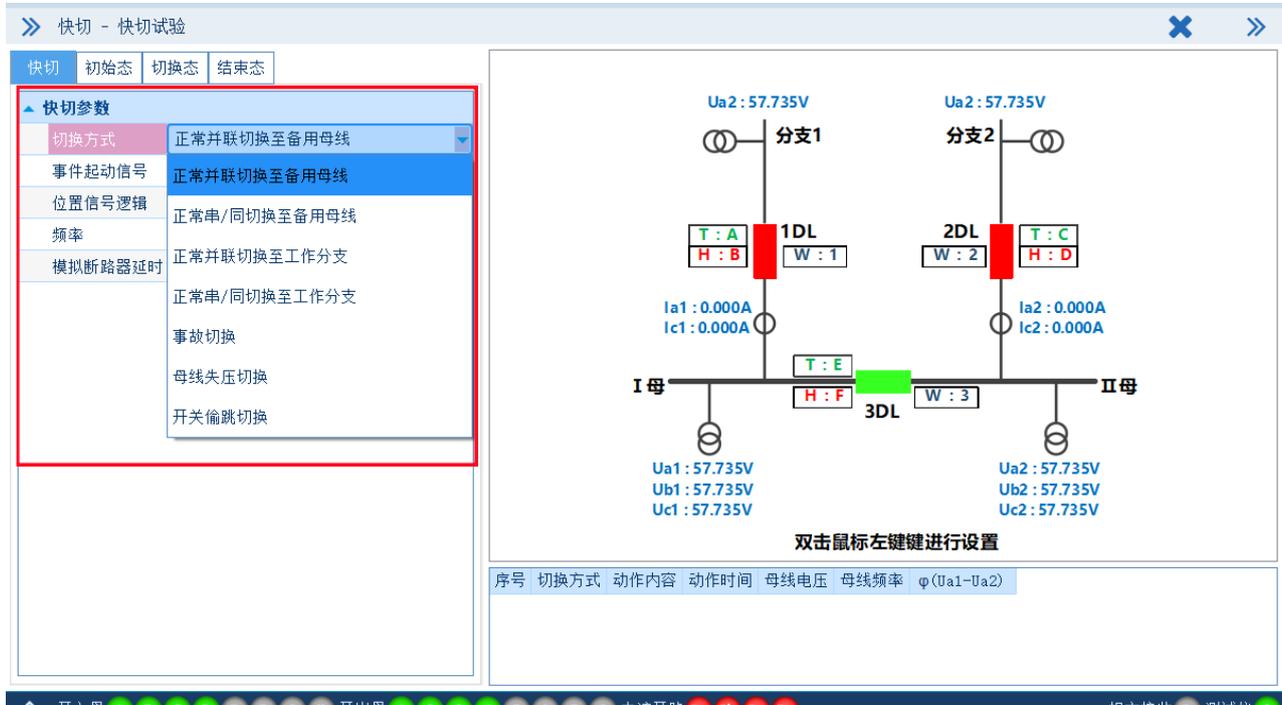


图 快切试验

主要包含四个标签页：试验参数，初始状态，切换状态，结束状态。

快切

切换方式：提供七种切换方式的下拉框选择

- ☺ 正常并联切换至备用母线
- ☺ 正常串/同切换至备用母线
- ☺ 正常并联切换至工作分支
- ☺ 正常串/同切换至工作分支
- ☺ 事故切换
- ☺ 母线失压切换
- ☺ 开关偷跳切换

选择不同的切换方式时，右侧对应的接线图进行相应的变化。

事件起动信号：提供开出 1~开出 6 下拉选择。

位置信号逻辑：提供两种下拉选择“输出 HWJ”，“输出 TWJ”。

模拟断路器延时：分为合闸延时和分闸延时。

合闸延时：测试仪收到保护装置的合闸命令时，不立即进入合闸状态，而是延时该设置时间之后再开始模拟合闸状态。

分闸延时：同上面类似，测试仪收到保护装置的分闸命令时，经过该设置延时之后再开始模拟断开状态或永跳状态。

初始状态

切换状态：提供“时间触发、按键触发、开入量触发”三种选择。选择不同的方式时，增加不同设置

行。

电压设置：可设置初始状态下各个电压通道的输出值

电流设置：可设置初始状态下各个电流通道的输出值

切换状态

快切完毕条件：提供“开关动作”和“时间触发”选择。

- ✎ **开关动作：**快切完毕条件选择为开关动作时出现，提供“1DL 动作”、“3DL 动作”、“1DL&3DL 动作”三种判据选择。

电压设置：同初始状态

电流设置：同初始状态

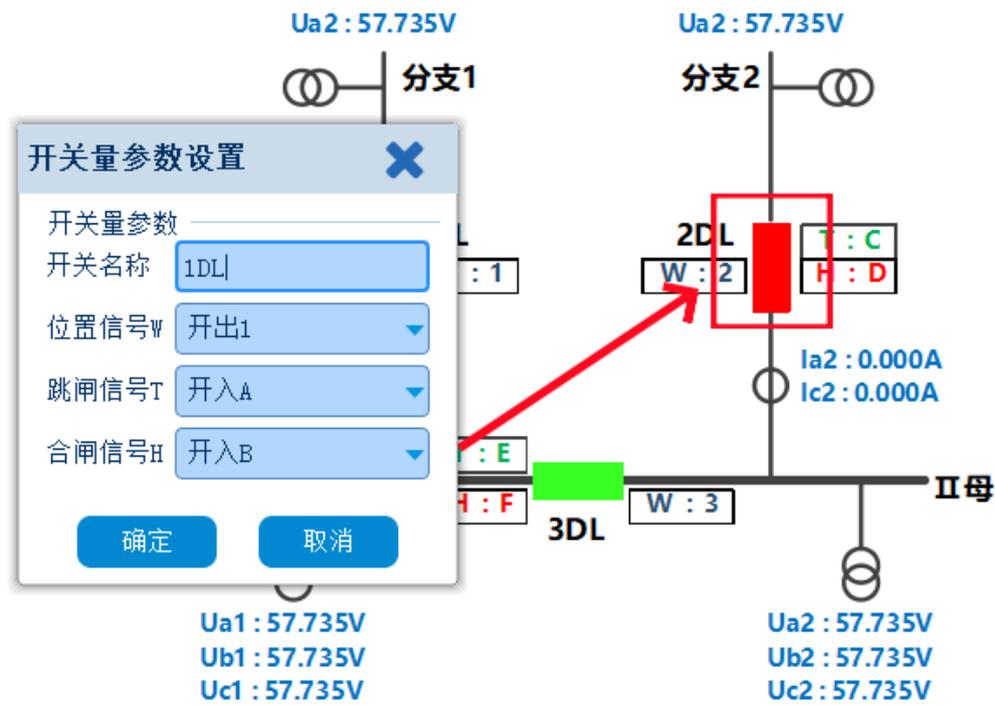
母线电压变化：勾选后可对 df/dt、频率变化终值、dU/dt、幅值变化终值进行设置

结束状态

试验结束条件：提供“时间控制、按键控制”两种种选择。选择不同的条件时，增加不同设置行。

电压设置：同初始状态

电流设置：同初始状态



双击鼠标左键进行设置

图 快切试验开关量参数设置

双击图中进行开关量参数设置。

4.4.4. 备自投实验

概述

备自投即备用电源自动投入，主要用于当某条线路因故障而跳开时，



备自投

备自投试验

为了保证负荷能够继续正常运行，而切换为另一条备用线路进行供电。备自投模块的作用即用于测试备自投保护装置的動作逻辑。

试验参数

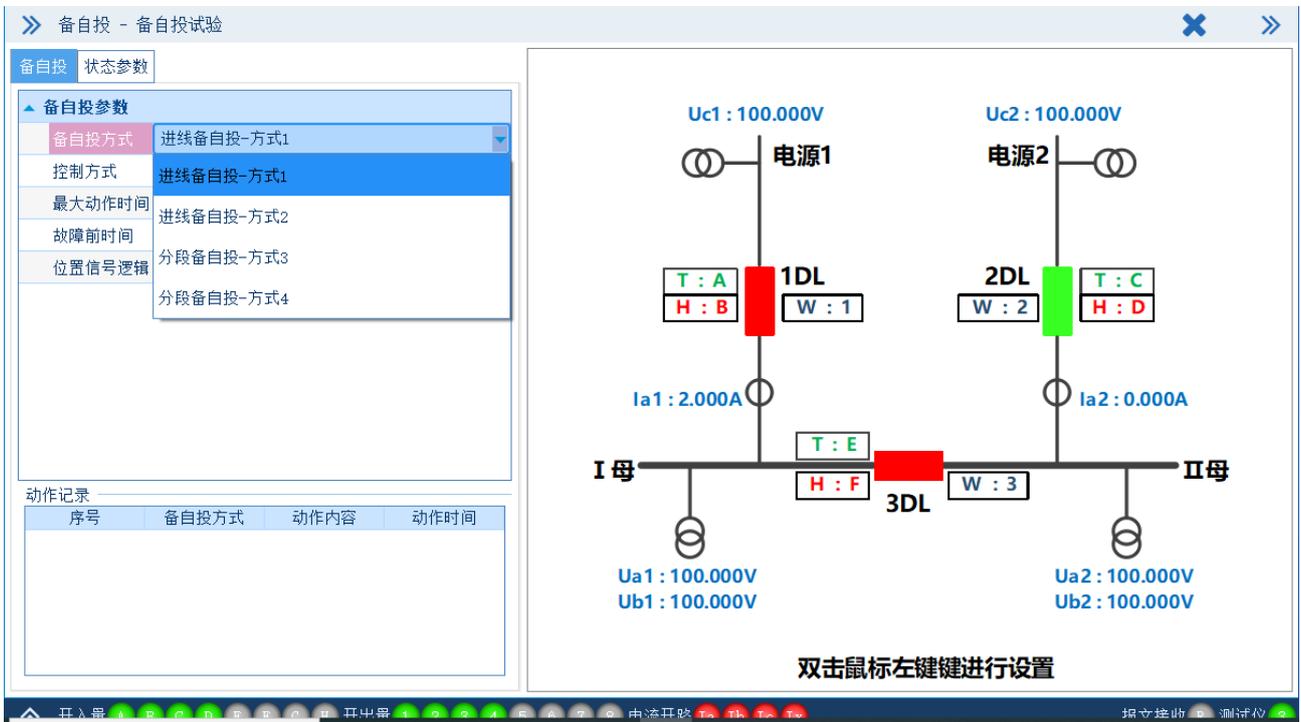


图 备用自投实验

备用自投方式：提供四种备用自投方式的下拉框选择。

选择不同的备用自投方式时，右侧对应的接线图进行对应显示。

控制方式：提供“时间触发”，“按钮触发”两种触发类型。

故障前时间：如果触发方式为“时间触发”时，则该选项可设置，从试验开始后，该时间内持续输出正常状态。

最大动作时间：从进入故障状态的时刻开始，经过该设置时间后，不论保护装置的响应与否，模拟该次故障过程的模拟结束，进入下一个故障过程或结束。

位置信号逻辑：两种下拉选择“输出HWJ”，“输出TWJ”。

4.4.5. 减载

概述

该模块有2个功能模块，低压减载、低周减载；可测试动作值、动作时间、df/dt闭锁值、dv/dt闭锁值、低电压闭锁值和低电流闭锁值。用户只需设置起始、终止值、变化步长以及判断开入量变位方式。测试过程与阶梯变化和滑差变化相似。



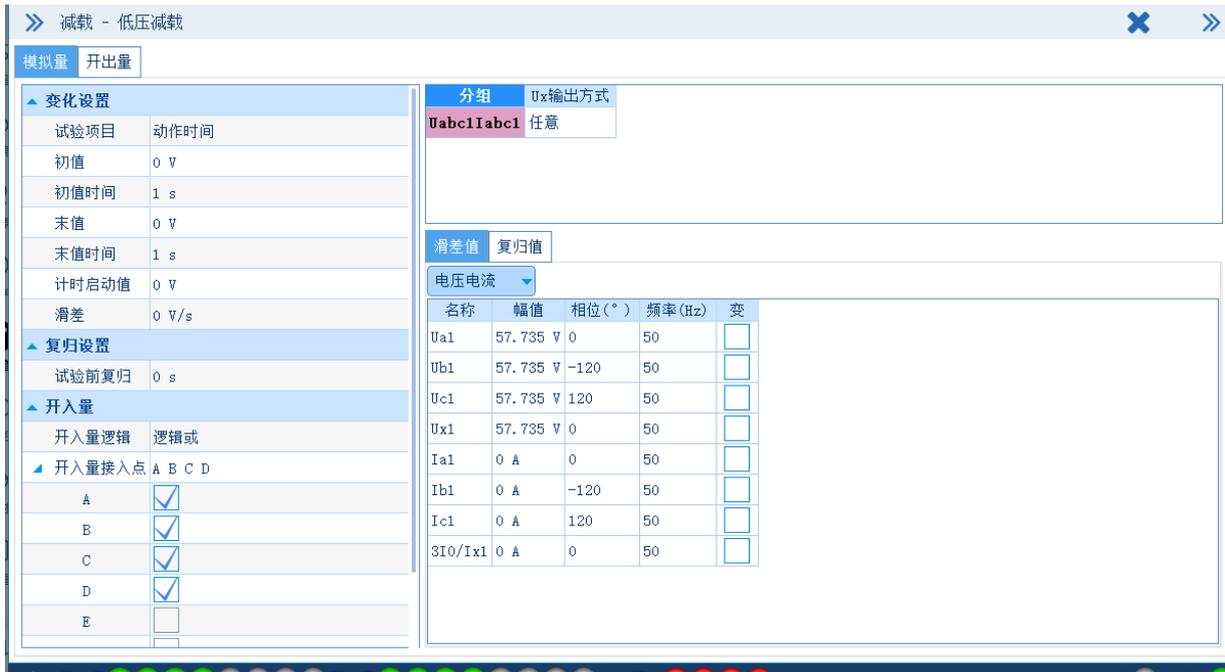


图 减载实验

4.4.6. 一次调频

概述

该模块有 3 个功能模块，频率扰动、电压阶跃、曲线模拟；

频率扰动

- (1) 电压及频率波形实时展示；
- (2) 三相电压频率可独立调节；
- (3) 通过按键或时间方式触发输出。

电压阶跃

可加若干状态，每个状态可独立设置电压的幅值、相位及频率信息。

设置好状态序列可存成模板，后续使用。

曲线模拟

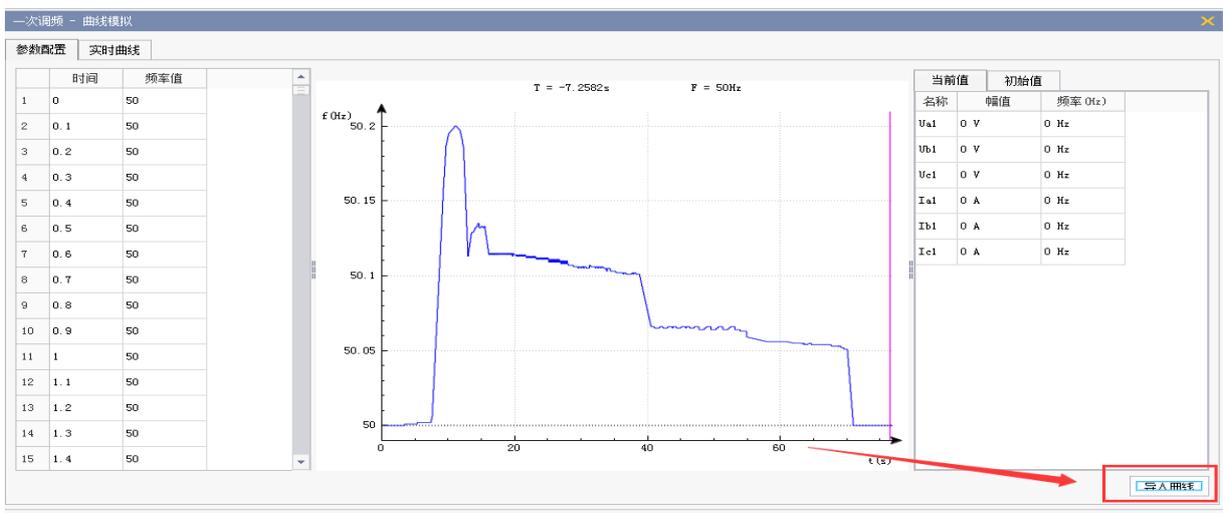


图 一次调频

该功能即波形回放，只回放电压信号，导入 excel 文件后，左下显示回放的频率波形及原始数据，回放过程中上半部可实时展示电压及频率波形，即根据频率信息反推出原始电压瞬时值。

4.4.7. 数模转换

■ 概述

该模块用于数字量和模拟量之间的转换，goose 和开关量之间的转换，是数模一体式继保仪上的一个报文转换功能的模块。

注意事项，设置好转换类型后，需要在试验配置界面设置好需要发送或者接收的报文类型，然后绑定后映射关系，把需要发量的通道和采集的通道对应好，然后设定一个时间延时，这个延时的设置是需要满足下位机处理过程中的需要的时间，这个一般设置在 100us，如果运行工程比较大，转换对应关系比较多，这个延时就要设置大一点，可以设置到 ms 单位级。

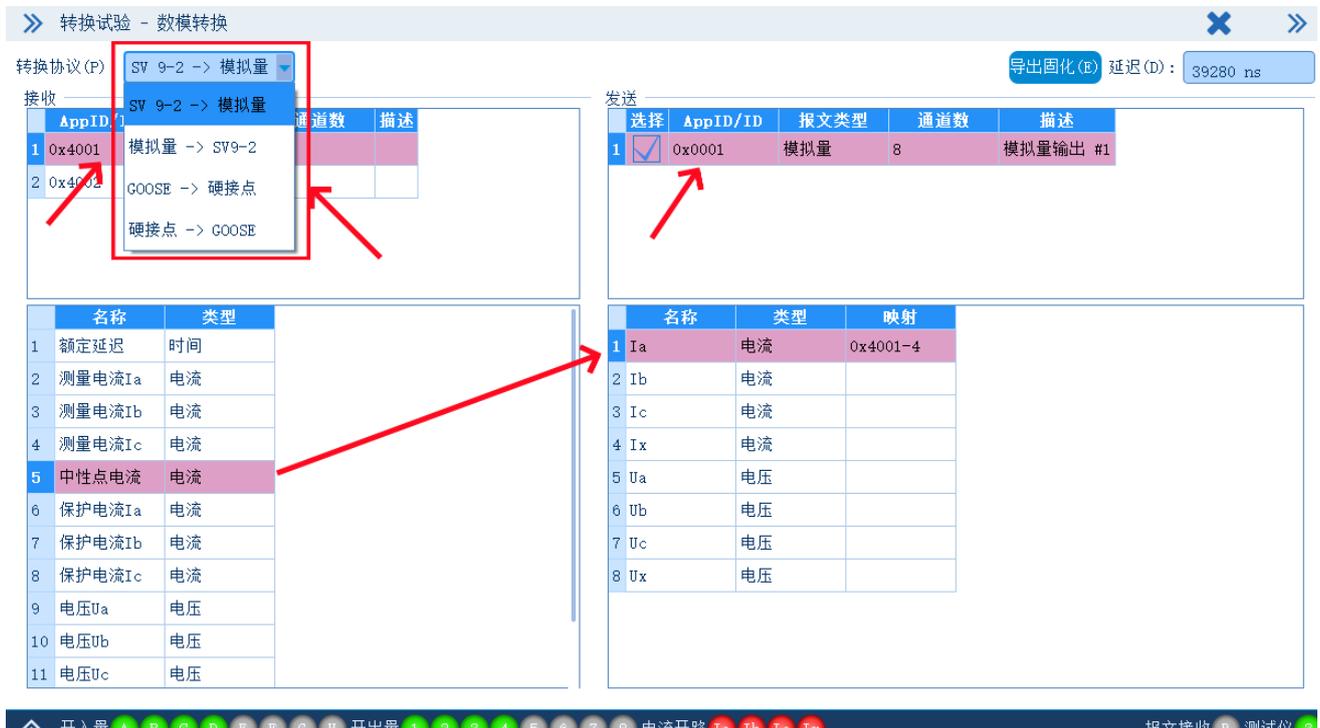


图 数模转换

转换协议支持：SV 9-2→模拟量、模拟量→SV 9-2、GOOSE→硬接点、硬接点→GOOSE
在试验配置中配置好 SV9-2 报文、GOOSE 报文后在此界面选择转换的控制块和通道。

4.4.8. PCAP 报文回放

■ 概述

该模块用于数字量报文回放，用于数字量继保仪。

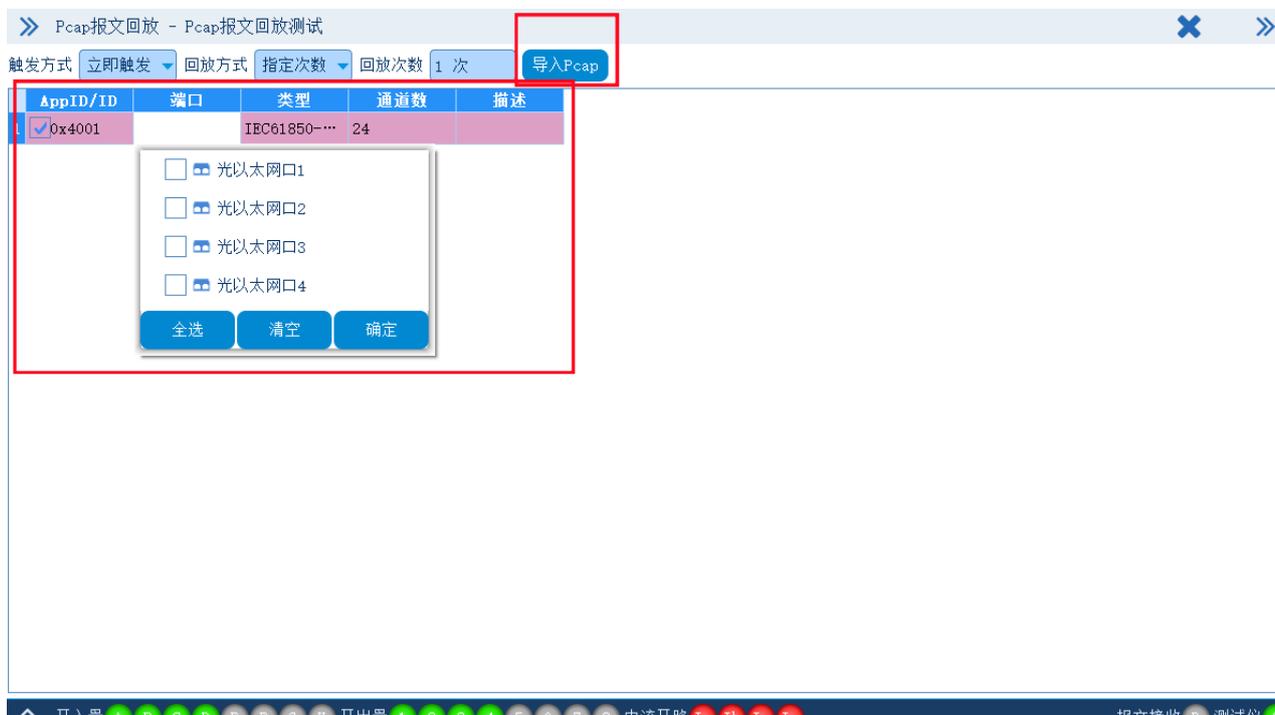


图 PCAP 报文回放

参数设置

导入 pcap: 可选择指定位置，导入需要回放的 PCAP 格式报文

端口: 可任意指定回放输出报文的端口

触发方式: 支持手动触发可分脉冲触发

回放方式: 支持指定次数回放和循环回放

4.4.9. 光功率测量

■ 概述

光功率测量试验可以用于测量对方光纤发送的光强，串口可以用 RX 接收口进行测量，查看接收的光信号强度，如果是 LC 接口的光纤，需要用到支持光功率测量的光模块，支持光功率测量的光模块品牌是安华高和宇光。型号百兆光模块—HFBR-57E5APZ，千兆光模块—AFBR-5715APZ。

使用方法: 把要测量的接口，接入装置光网口或光串口，点击装置开始运行，界面上显示测量光功率大小。



4.4.10. 并列同期

■ 概述

同期并列试验模拟发电机并网或者两个电网并网过程，用于测试同期并列装置的电压动作值、频率动作值、角度动作值，导前角和导前时间，调压脉宽周期、调频脉宽周期，也可以进行自动调整试验。

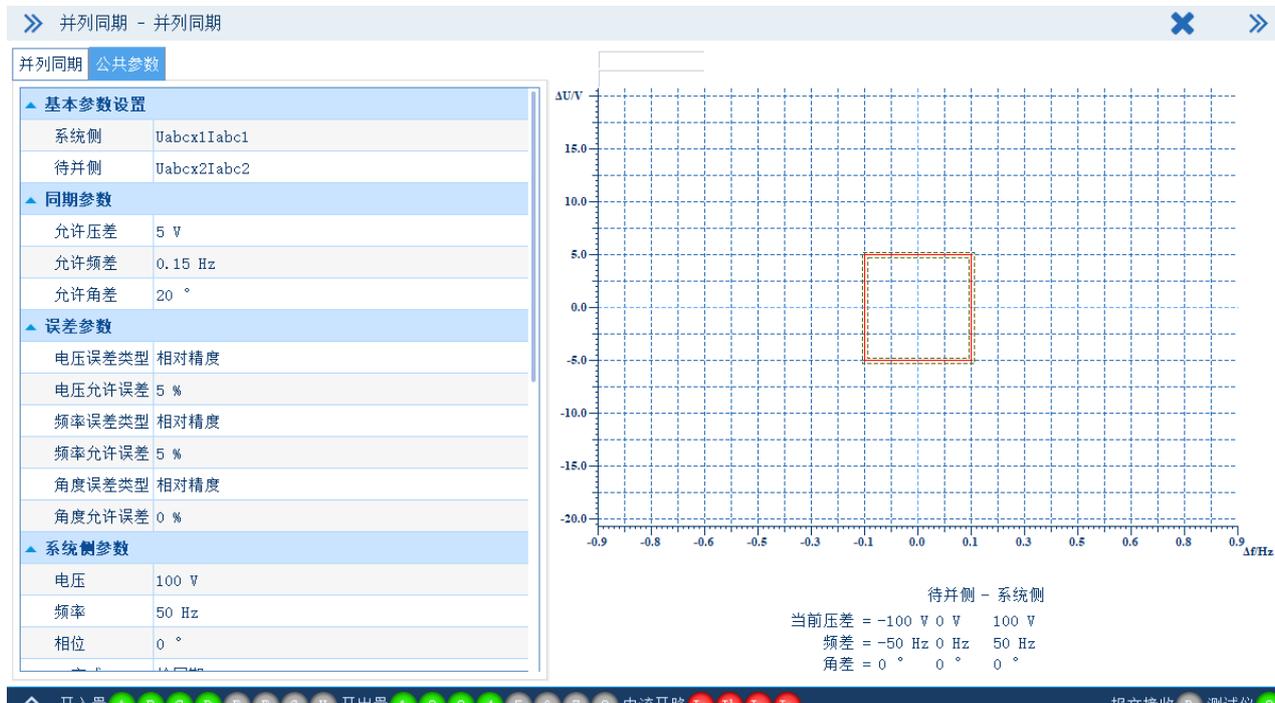


图 并列同期

■ 公共参数设置

1) 基本参数

系统侧、待并侧：选择系统侧和待并侧的电压、电流通道。

2) 同期参数

允许压差：根据同期装置中的压差允许定值进行设置。

允许频差：根据同期装置中的频差允许定值进行设置。

允许角差：根据同期装置中的合闸允许角进行设置。

3) 误差参数

误差类型：可选绝对误差和相对误差。

允许误差：根据误差类型的选择不同，该处给出的允许误差范围为绝对值或者相对百分比。

4) 系统侧参数

电压、频率、相位：设置系统侧电压的幅值、频率和初相角。

系统侧应转角：当发电机通过变压器接入电力系统时，由于变压器两侧的接线方式可能导致存在相位偏移，系统侧相角+系统侧应转角=待并侧理论相角。根据同期装置中的相角补偿值进行设置。

5) 开入量

提供五组开入量接点用于接收同期装置的出口动作信号，包括调频（增速、减速）、调压（增压、减压）和合闸信号。每组接点都可以选择出口信号类型，方便用户接线。试验前请按照实际装置出口同对应的开入量接点进行连接以保证试验正确进行。

■ 并列同期试验参数设置

提供多种测试项目：动作电压测试、动作频率测试、动作角度测试、导前角及导前时间测试、调压脉宽周期测试、调频脉宽周期测试和自动调整测试。



图 并列同期试验参数设置

1) 动作电压测试

试验内容：选择动作电压测试

待并侧参数：

- **频率：**待并侧电压频率，应设置与系统侧频率不一致，但满足同期条件。
- **相位：**待并侧电压初相角。

变化参数：

- **起始电压：**电压变化的初值。
- **终值电压：**电压变化的末值。
- **电压步长：**每步变化时电压的递增量。
- **试验过程：**与阶梯变化类似。设置待并侧的频率满足同期条件，电压初始值不满足同期条件。待并侧电压由初始值按步长递变至电压终值，当同期装置动作（合闸）时，该步的电压即为动作电压。

2) 动作频率测试

试验内容：选择动作频率测试

待并侧参数：

- **电压：**待并侧电压幅值，应设置满足同期条件。
- **相位：**待并侧电压初相角。

变化参数：

- **起始频率：**频率变化的初值。
- **终值频率：**频率变化的末值。
- **频率步长：**每步变化时频率的递增量。
- **试验过程：**与阶梯变化类似。设置待并侧电压满足同期条件，频率初始值不满足同期条件。待并

侧频率由初始值按步长递变至频率终值，当同期装置动作时，该步的频率即为动作频率。

3) 动作角度测试

试验内容：选择动作角度测试

每步持续时间：每次变化相角输出时，持续输出时间。

待并侧参数：

- **电压：**待并侧电压幅值，应设置满足同期条件。
- **频率：**待并侧电压频率，应设置等于系统侧频率。

变化参数：

- **起始相位：**相位变化的初值。
- **终值相位：**相位变化的末值。
- **相位步长：**每步变化时相位的递增量。
- **试验过程：**与阶梯变化类似。设置待并侧的频率与系统侧相同，电压幅值满足同期条件。待并侧的相角由初始值按步长递变值相角终值，当同期装置动作时，该步的相角（待并侧相角-系统侧应转角）即为动作角度。

4) 导前角及导前时间测试

试验内容：选择导前角及导前时间测试

最大试验时间：如果超过该时间仍然没有收到自动同期装置的合闸命令，则停止试验。

待并侧参数：

- **电压：**待并侧电压幅值，应设置满足同期条件。
- **频率：**待并侧电压频率，应设置不等于系统侧频率，但满足同期条件。
- **相位：**待并侧电压初相角。
- **试验过程：**设置待并侧的电压幅值和频率均满足同期条件且频率不能与系统侧相同，同时设置两侧的初始相位角。试验开始后，当同期装置动作时，计算出导前角和导前时间。

5) 调压脉宽周期测试

试验内容：选择调压脉宽周期测试

最大试验时间：如果超过该时间仍然没有收到自动同期装置的合闸命令，则停止试验。

待并侧参数：

- **电压：**待并侧电压幅值，应设置不满足同期条件。
- **频率：**待并侧电压频率，应设置不等于系统侧频率，但满足同期条件。
- **相位：**待并侧电压初相角。
- **试验过程：**设置待并侧的频率满足同期条件，电压不满足同期条件。试验开始后，待并侧的电压、频率始终保持恒定，由初始相位开始输出。在试验过程中，测试仪会记录收到同期装置的调压动作出口接点的动作，计算出调压脉宽和调压脉宽周期。

6) 调频脉宽周期测试

试验内容：选择调频脉宽周期测试

最大试验时间：如果超过该时间仍然没有收到自动同期装置的合闸命令，则停止试验。

待并侧参数：

- **电压：**待并侧电压幅值，应设置满足同期条件。
- **频率：**待并侧电压频率，应设置不满足同期条件。
- **相位：**待并侧电压初相角。
- **试验过程：**设置待并侧的频率不满足同期条件，电压满足同期条件。试验开始后，待并侧的电压、频率始终保持恒定，由初始相位开始输出。在试验过程中，测试仪会记录收到同期装置的调频率动作出口接点的动作，计算出调频脉宽和调频脉宽周期。

7) 自动调整试验

试验内容：选择自动调整试验

最大试验时间：如果超过该时间仍然没有收到自动同期装置的合闸命令，则停止试验。

待并侧参数：

- **电压：**待并侧电压幅值，应设置与频率至少有一个不满足同期条件。
- **频率：**待并侧电压频率，应设置与电压至少有一个不满足同期条件。
- **相位：**待并侧电压初相角。
- **dv/dt：**调压时每秒电压增量，与调压脉宽的乘积为电压每步调整值。
- **df/dt：**调频时每秒频率增量，与调频脉宽的乘积为频率每步调整值。
- **试验过程：**设置待并侧的电压、频率至少有 1 个不满足同期条件。试验开始后，接收同期装置的调压脉冲和调频脉冲。每接收到 1 个脉冲，测量其脉宽，计算调整步长，并据此递变电压和频率。

■ 试验举例

测试任务：动作电压测试

保护装置：深圳智能发电机线路复用型微机同期装置（2CM 型）

试验步骤：

1、接线

- a) 用测试导线将测试装置的系统侧电压、待并侧电压与同期装置相对应的待并侧电压及系统侧电压输入端子相连接。
- b) 同期装置的合闸出口接点接到测试仪开入接点 E。
- c) 测试仪开入接点 A、B、C、D 分别接到同期装置发增压、减压、增频、减频脉冲信号的接点。

2、参数设置

- a) 公共参数中根据同期装置定值设置相关参数
- b) 试验参数中，试验内容选择动作电压测试
- c) 待并侧频率设置：49.9Hz，相位为 0° 。
- d) 起始电压设置为 90V，终值 110V，步长为 1V

3、开始试验

点击屏幕右下角的绿色三角按钮即可开始试验。

4、试验结束，查看试验报告。**4.4.11. 指数试验**

该模块能提供故障前正常电压和负荷电流，进入故障后模拟指数函数计算出故障电流和电压，然后恢复正常负荷态。



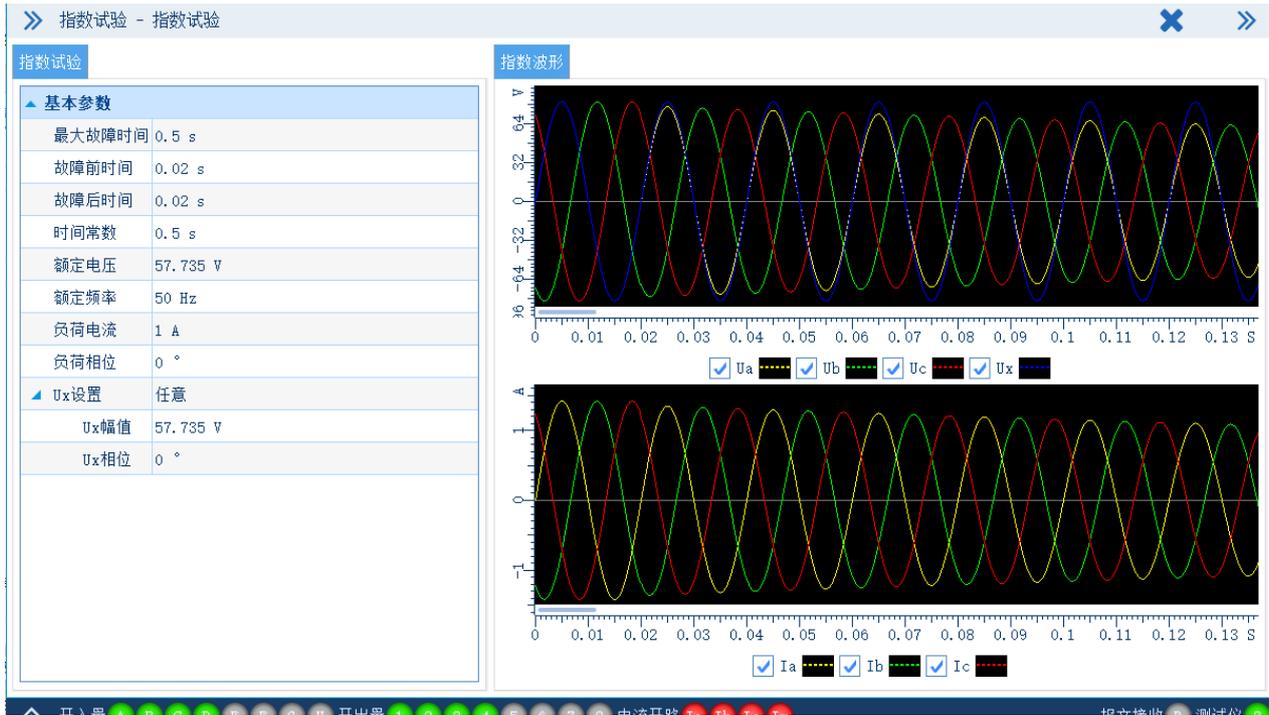


图 指数试验

4.4.12. 振荡试验

■ 概述

振荡试验模块可以模拟电力系统动态振荡的过程以及振荡中发生故障的情况，可以用于测试距离保护的振荡闭锁功能，即在系统发生振荡时，距离保护不会误动作，而在系统发生振荡过程中又出现故障时，距离保护能够正确动作。

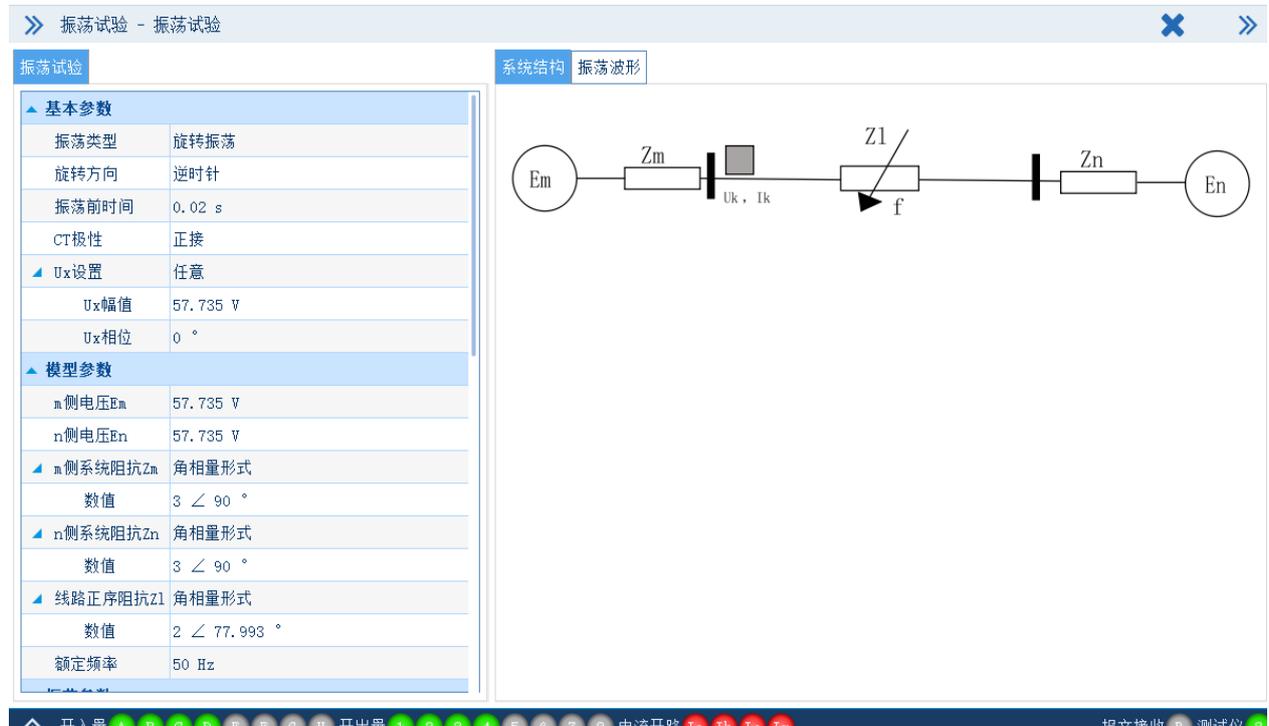


图 振荡试验

■ 参数设置

1) 基本参数

振荡类型：提供四种振荡类型选择：旋转振荡、摇摆振荡、旋转振荡中故障和摇摆振荡中故障。

- 旋转振荡：功角从振荡初始角开始，绕逆时针旋转，旋转一周的周期为振荡周期。
- 摇摆振荡：功角从振荡初始角开始向振荡结束角变化，到达振荡结束角后又向振荡初始角变化。从振荡初始角开始又回到振荡初始角的时间为一个振荡周期
- 旋转振荡中故障、摇摆振荡中故障：在发生振荡过程中同时模拟故障。

振荡前时间：发生振荡前系统正常状态运行时间。

CT 极性：正接时，三相电流相位按计算模型输出；反接时，三相电流相位按计算模型反相输出，即相位反 180 度。

U_x 类型：同 5.2.1 整组试验，辅助电压设置。

2) 模型参数

m、n 侧电压：模型两端等效电源的电动势。

系统阻抗、线路阻抗：模型两侧电源等效系统正序阻抗和线路的正序阻抗。

额定频率：测试过程中电压、电流的频率。

3) 振荡参数

振荡频率：设置振荡的频率，其倒数为振荡周期。

振荡初始角：振荡发生之前，M 侧电源的相角，默认 N 侧电源相角为 0。

振荡结束角：只在摇摆振荡、摇摆振荡中故障可以设置，即振荡从初始角开始，变化到结束角之后又朝初始角变化。

振荡次数：出现几次振荡，振荡次数满后，测试仪停止输出。

4) 故障参数（只在振荡中故障情况下可以设置）

故障类型：选择对应的故障类型，提供单相接地，两相相间、两相接地和三相短路。

故障点：线路阻抗上，距离 M 侧的位置。

M 侧、N 侧、线路零序补偿系数：同 5.2.1 整组试验，用于以计算故障电流和故障电压。

故障触发延时：以进入振荡状态开始计时，经过该延时之后进入振荡中故障态。

故障持续时间：故障持续时间。

5) 开关量

开出量：设置需要输出给保护装置的开入量。

5. 装置软件安装及升级

5.1. 笔记本上位机软件（网线联机软件）Windows 运行环境

联机软件可运行在 windows XP， windows 7/8 及 windows10 操作系统上。

软件安装

- 1) 双击下载好的安装文件，弹出安装向导



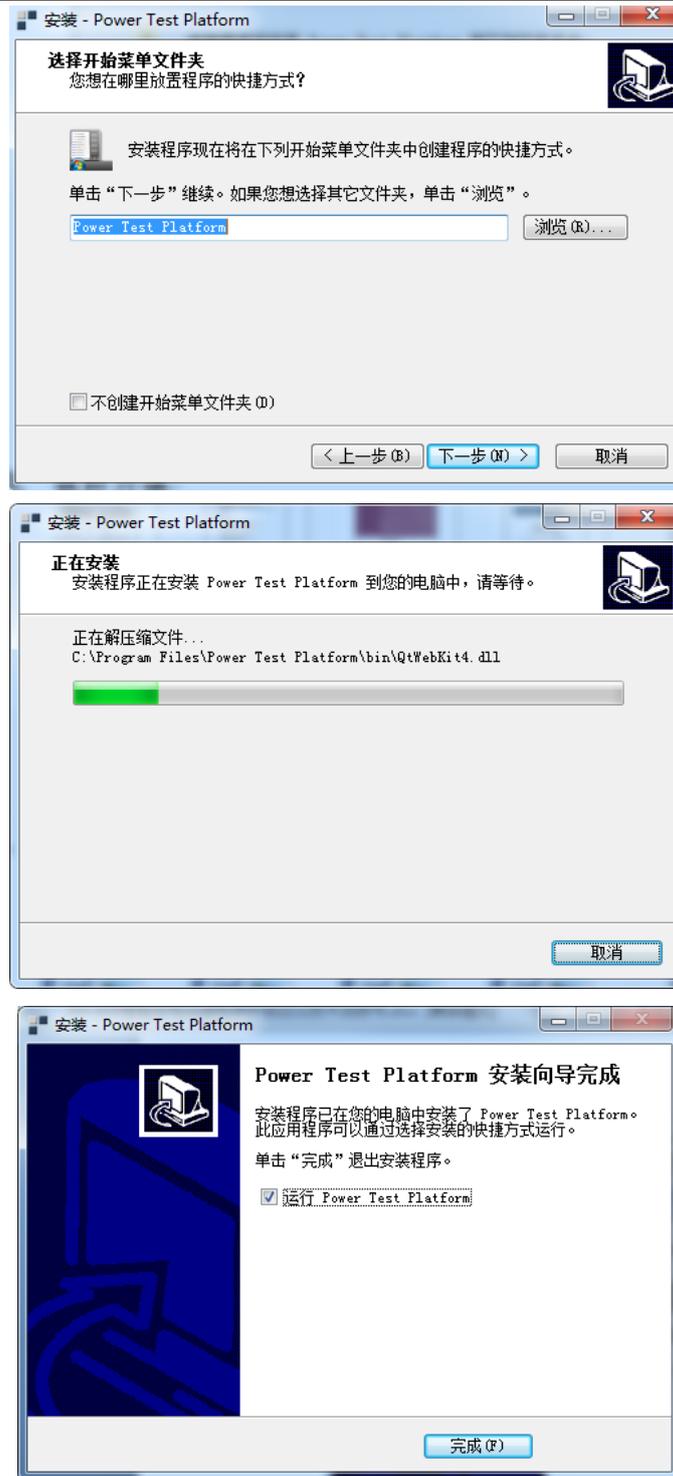
图 软件安装向导

- 2) 点击“下一步”，选择软件安装的目录(windows 8 及 windows 10 操作系统对系统盘文件读写有权限限制， windows 8 及 windows 10 操作系统下需将软件安装在非系统盘内)



图 选择软件安装位置

- 3) 点击“下一步”，创建快捷方式



- 4) 点击图标运行
- 5) “下一步”，等待软件安装完成
- 6) 软件已经安装完成，点击“完成”即可。

5.2. 装置固件升级和 IP 设置

5.2.1. 升级装置固件

- 1) 点击软件主界面的“系统菜单”点击拓展出来的“系统设置”，如下图所示：



图 软件升级界面

2) 选择系统设置中的升级工具，如下图所示



图 打开升级工具界面

3) 在升级工具中的“打开文件”，选择“USB 插入的磁盘”，选择“磁盘文件中需要升级出文件”点击“确定”后开始升级



图 固件存放位置

4) 选中升级文件后，软件会自动进行升级，进度条完后会提示升级完成。

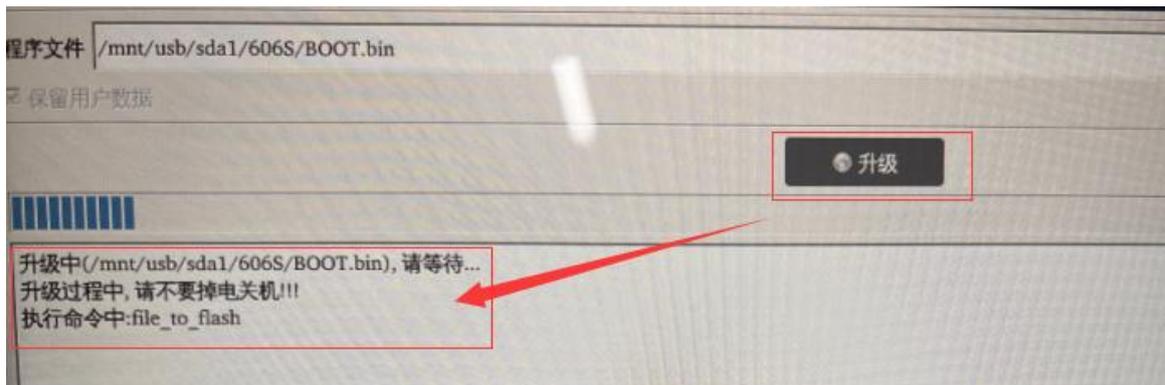


图 设备升级中

5) 升级完成后会弹出升级成功提示。



图升级成功提示

6) 升级完成后，重启装置，装置启动成功后即可使用。

5.2.2. 修改下位机 IP

1) 点击软件主界面的“系统菜单”点击拓展出来的“设备列表”，如下图所示：



图 系统菜单



图 设备列表

2) 选择需要修改 IP 的设备。



图 设备管理器

3) 在选中的装置上点击鼠标右键，选择“修改 IP”。



图 修改 IP

4) 在弹出的对话框中输入新的 IP 地址，点击确定即可。



图 修改 IP

5.2.3. 修改装置 WiFi 联机 IP 设置

通过外接笔记本的以太网（有线网线）或者 WIFI 的方式连接上装置的路由器模块，通过浏览器打开正确的路由模块地址(默认 http://192.168.0.254)，进入 web 配置页面，默认用户名密码为 **admin/admin**，登录成功后界面如下：

需要把下图中红色部分修改成装置下位机对应的 IP 网段，一般是 192.168.0.254，WiFi 出厂默认密码：12345678
修改完成后点击 APPLY 保存应用生效。

后期 WIFI 名称密码都可以更改，修改好 WiFi 名称和密码后，用安装了上位机的电脑连接装置对应的 WIFI 后就可以通过上位机发现装置，并且可以控制装置发量。

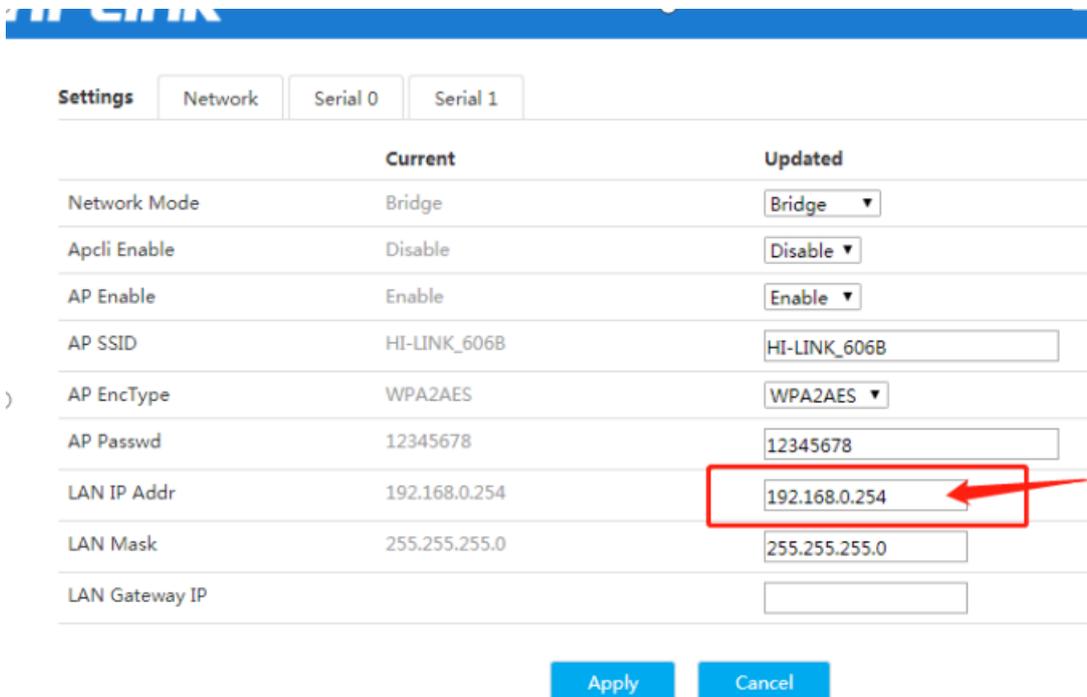


图 修改 WIFI 名称和密码