

## 尊敬的顾客

感谢您使用本公司生产的产品。在初次使用该仪器前，请您详细地阅读使用说明书，将可帮助您正确使用该仪器。



我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，因此您所使用的仪器可能与使用说明书有少许差别。若有改动，我们不一定能通知到您，敬请谅解！如有疑问，请与公司售后服务部联络，我们定会满足您的要求。



由于输入输出端子、测试柱等均有可能带电压，您在插拔测试线、电源插座时，会产生电火花，小心电击，避免触电危险，注意人身安全！

## ◆ 慎重保证

本公司生产的产品，在发货之日起三个月内，如产品出现缺陷，实行包换。一年（包括一年）内如产品出现缺陷，实行免费维修。一年以上如产品出现缺陷，实行有偿终身维修。

## ◆ 安全要求

请阅读下列安全注意事项，以免人身伤害，并防止本产品或与其相连接的任何其它产品受到损坏。为了避免可能发生的危险，本产品只可在规定的范围内使用。

*只有合格的技术人员才可执行维修。*

### —防止火灾或人身伤害

使用适当的电源线。只可使用本产品专用、并且符合本产品规格的电源线。

正确地连接和断开。当测试导线与带电端子连接时，请勿随意连接或断开测试导线。

产品接地。本产品除通过电源线接地导线接地外，产品外壳的接地柱必须接地。为了防止电击，接地导体必须与地面相连。在与本产品输入或输出终端连接前，应确保本产品已正确接地。

注意所有终端的额定值。为了防止火灾或电击危险，请注意本产品的所有额定值和标记。在对本产品进行连接之前，请阅读本产品使用说明书，以便进一步了解有关额定值的信息。

请勿在无仪器盖板时操作。如盖板或面板已卸下，请勿操作本产品。

使用适当的保险丝。只可使用符合本产品规定类型和额定值的保险丝。

避免接触裸露电路和带电金属。产品有电时，请勿触摸裸露的接点和部位。

在有可疑的故障时，请勿操作。如怀疑本产品有损坏，请本公司维修人员进行检查，切勿继续操作。

请勿在潮湿环境下操作。

请勿在易爆环境中操作。

保持产品表面清洁和干燥。

## 一安全术语

---

警告：警告字句指出可能造成人身伤亡的状况或做法。

---

---

小心：小心字句指出可能造成本产品或其它财产损坏的状况或做法。

---

# 前言

本继电保护测试仪是专为电力系统继电保护调试、校验工作研发的高精度智能测试设备，集交直流输出、多种保护试验功能于一体，广泛适用于发电厂、变电站、电力检修单位及科研院校的继电保护专业工作，可完成高低压线路保护、变压器保护、发电机保护、电动机保护等各类继电保护装置的整组试验、单体校验及故障模拟测试。

设备采用高性能工业级处理器与高精度采集输出模块，核心元器件均经过严格筛选与老化测试，兼具输出精度高、带载能力强、操作便捷、运行稳定的特点，既满足现场快速调试的便捷性需求，又能适配实验室高精度校验的专业要求。相较于传统测试设备，本设备整合交流试验、直流试验、频率高低周试验、功率方向试验、阻抗试验、差动保护试验等全功能模块，无需搭配额外辅助设备即可完成一站式测试，大幅提升继电保护调试工作的效率与准确性。

本说明书围绕设备实操与专业应用编写，分为基础操作、软件操作、高级试验、服务保障四大篇章，全面覆盖设备参数、外观接口、接线规范、软件操作、试验流程、故障排查及售后质保等核心内容。说明书编写遵循“通俗易懂、实操导向”原则，兼顾新手快速上手与专业人员深度应用，既标注基础操作的关键步骤与注意事项，也明确高级试验的专业参数设置与试验要点，为不同需求的使用者提供清晰指引。

使用设备前，请务必仔细阅读本说明书，严格按照规范操作，避免因接线错误、参数设置不当引发设备故障或安全隐患。若在使用过程中遇到问题，可查阅说明书对应章节的故障排查指引，或联系厂家售后服务人员。本说明书内容将随设备软硬件升级同步更新，若有版本迭代，以最新版说明书为准，感谢您选择本公司继电保护测试设备，祝您工作顺利！

## 目录

第一章 测试仪主要特点与技术参数 .....	6
第一节 主要特点 .....	6
第二节 技术参数 .....	7
第二章 外观结构与接口说明 .....	9
第一节 外观结构 .....	9
第二节 装置接口说明 .....	10
第三章 设备使用简介 .....	11
第一节 试验注意事项 .....	11
第二节 继电保护试验项目索引 .....	12
第四章 软件操作方法 .....	14
第一节 软件介绍 .....	14
一 软件主页介绍 .....	14
二 软件升级方法介绍 .....	14
第二节 试验模块介绍 .....	15
一 模块通用功能说明 .....	15
二.交流试验模块 .....	16
三.直流试验模块 .....	22
四.频率高低周模块 .....	23
七.差动保护 .....	34
八.差动谐波 .....	37
九.谐波试验 .....	40
十.同期试验 .....	42
十一. 故障再现 .....	45
十二.距离和零序保护 .....	46
附录 1: .....	50
一. 各种继电器的试验方法 .....	50

# 第一章 测试仪主要特点与技术参数

## 第一节 主要特点

1. 采用成熟稳定的安卓操作系统，操作响应极快人机交互友好；
2. 装置配备 10.5 吋超大触摸屏，分辨率高达 1920\*1280 显示清晰，屏幕亮度可通过软件自由调节；界面简洁，所有操作都可在屏幕上进行，省去了繁杂的机械按键。
3. 搭载双核 DSP 处理器，实时数据处理极快，同时采用高位数 D/A 转换器，输出波形平滑失真小。
4. 内置蓝牙和 WiFi 模块支持本机远程互联，同时保留传统网口通讯功能；
5. 全新散热结构，功率部分散热风扇可独立根据实时内部温度机械进行控制减小设备自身噪音。尺寸略大于 A4 纸，单机仅重 7.2Kg；
6. 设备采用线性功放，保证测试中自由加量无冲击，波形平滑。
7. 标配独立的直流辅助电源，可选+110V 或+220V；
8. 设备配置 4 路电压和 3 路电流输出端口，可完成各种自动化程度高的大型复杂校验工作；
9. 具有软件自校准功能，避免了要打开机箱通过调整电位器来校准精度，从而大大提高了精度的稳定性；
10. 可通过 U 盘远程升级，以及极简的升级方式；

## 第二节 技术参数

### 1. 交流电流输出

项目	详细参数
相电流输出	0~30A (有效值)      输出精度 0.2%
三相并联输出	0~90A (有效值)
相电流长时间允许工作	≤10A (有效值)
相电流最大输出功率	240VA

### 2. 交流电压输出

项目	详细参数
相电压输出	0~130V (有效值)      输出精度 0.2%
线电压输出	0~260V (有效值)
相电压输出功率	60VA
线电压输出功率	80VA

### 3. 直流电流输出

项目	详细参数
单相直流电流	0~±10A      输出精度 0.5%
三相并联直流电流	0~±30A

### 4. 直流电压输出

项目	详细参数
相电压输出	0~±175V      输出精度 0.5%
线电压输出	0~±350V

相电压输出功率	60VA
线电压输出功率	80VA

5. 开关量端子

开关量输入端子	8 路
空接点	1--20mA, 24V 装置内部有源输出
电位翻转	无源接点: 低阻短接信号 有源接点: 0-250V DC
开关量输出端子	4 对, 空接点, 110V/2A, 220V/1A

6. 其他

时间范围	1ms--9999s, 测量精度: 1ms
单机尺寸	340mm x 230mm x 125mm
单机重量	7.2Kg
设备工作电源	交流输入: AC100~245V, 50Hz, 10A
	支持国外 90%地区市电供电

7. 交流电流工作时间

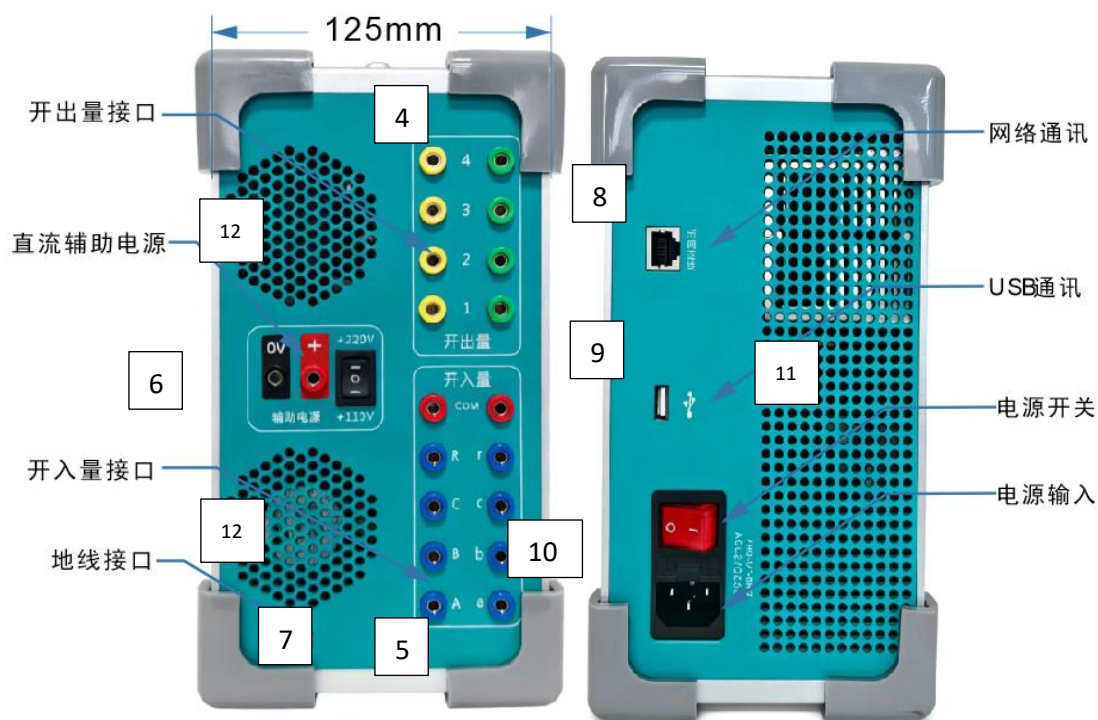
$10A \geq$ 工作电流	工作时间 > 长时
$20A \geq$ 工作电流 $\geq 10A$	工作时间 > 600S
$30A \geq$ 工作电流 $\geq 20A$	工作时间 > 60S
工作电流 $\geq 30A$	工作时间 > 10S

## 第二章 外观结构与接口说明

### 第一节 外观结构



图 1



## 第二节 装置接口说明

1. 显示与触控一体屏幕；10.5 吋超大屏幕，1920\*1280 高清分辨率；
2. 电压输出端子，UA/UB/UC/UX 四路输出；
3. 电流输出端子，IA/IB/IC/三路输出；
4. 4 路开出量端口；
5. 8 路开入量端子，电位输入时正端接公共端；
6. 独立直流电源输出端子，可切换为+110V 或+220V，可作为现场试验电源使用；
7. 接地端口。
8. 通讯端口，可用于外接通讯；
9. USB 接口，可导出文件或加载故障文件用以及系统升级；
10. 交流 220V 工作电源插座及设备总开关，内置 10A 保险丝；
11. 设备进风口，使用时请勿遮挡避免过热导致设备输出保护；
12. 设备出风口，使用时请勿遮挡避免过热导致设备输出保护；

# 第三章 设备使用简介

## 第一节 试验注意事项

### 1. 电源管理

– 请选择合适的输入电源，保证电源接入可靠，避免设备输入不稳定导致设备频繁启动，为了使设备系统运行稳定，请勿频繁地开关设备电源开关。

### 2. 电源关闭规范

– 关闭电源前需确保退出输出状态，防止保护误动作。

### 3. 开入量接线要求

– 兼容空接点和电位（0~DC250V），带电接点需将正极接入公共端子+KM。

### 4. 通风与放置

– 保持通风口畅通，建议站立或倾斜放置仪器。

### 5. 电源输入禁止

– 禁止将外部交直流电源接入测试仪的电压、电流输出插孔。

### 6. 接地要求

– 高干扰或高安全需求时，需将电源线接地端或装置接地端可靠接地。

### 7. 故障处理

– 若界面数据异常，请重启设备。

## 第二节 继电保护试验项目索引

继电保护类型	测试项目	建议试验的模块	备 注
信号继电器	相应的测试项目	直流试验 直流试验	若要求交、直流混合输入的中间继电器，请在“交直流试验”模块中测试。  额定电流太小的信号继电器，可用测试仪的电压回路输出测试。
时间继电器			
中间继电器			
重合闸继电器			
电流继电器	相应的测试项目	交流试验 电流电压 反时限电流继电器 直流试验	可在“交流试验”专门的序分量模块中测试序分量继电器。  也可在“反时限过流”中测试反时限继电器。
过(欠)电压继电器			
序分量继电器			
同步检查(或相位比较)继电器			
反时限电流继电器			
差动继电器	直流助磁特性	差动继电器 差动试验 谐波试验	试验时请参考说明书中的“差动试验”的接线方式正确接线。
	谐波制动特性		

	比例制动特性	差动试验、 差动继电器 交流试验	
功率(方向) 继电器	相应的测试项目	功率方向 交流试验	测试功率(方向)继电器 前, 应预先确定接线类 型, 和保护大致的动作边 界。
阻抗继电器			
同期继电器	相应的测试项目	同期试验 交流试验	“同期试验”模块固定由 测试仪的 UA、UB 分别作 为系统侧和待并侧电压 输出, 可测动作频率, 动 作电压和动作相位, 并可 进行自动准同期试验。
频率继电器	相应的测试项目	频率试验	能测试动作频率和滑差 闭锁定值。

# 第四章 软件操作方法


## 第一节 软件介绍

### 一 软件主页介绍

本设备软件为本公司自主开发的微机继电保护测试仪系统，本软件能够满足客户的日常测试需求，本软件测试模块有：“交流试验”、“直流试验”、“频率高低周”、“状态序列”、“功率方向”、“阻抗测试”、“差动保护”、“差动谐波”、“谐波试验”、“同期试验”、“故障再现”、“距离和零序保护”等试验模块。后期可根据客户需求定制试验模块及功能。




### 二 软件升级方法介绍

设备启动后会自动运行本软件，后续可通过外接 U 盘的方式进行软件的更新迭代。将升级文件拷贝到 U 盘根目录，将带有升级文件的 U 盘插入设备 U 口，然后点击主界面右上角图标后，会弹出新页面，根据升级需求选择升级内容，有升级 DSP 和升级 Android/APP 软件 2 个选择，升级时页面下方会有进度条提示，可按屏幕提示后续操作。

## 第二节 试验模块介绍

### 一 模块通用功能说明

1. 点击主页  “交流试验” 界面转换为图 4 样式

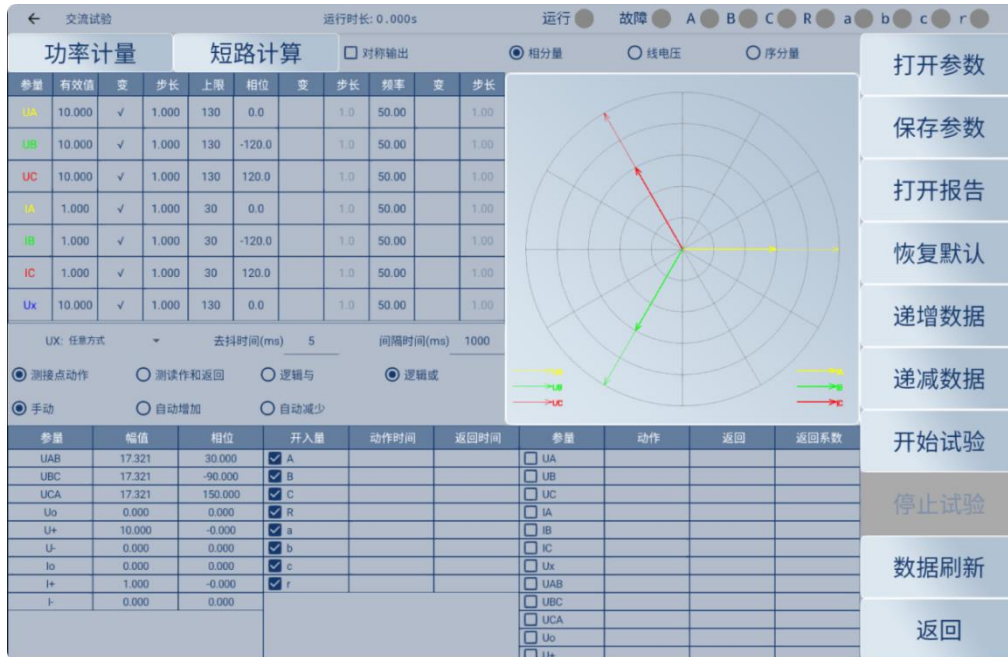


图 4

2. 左侧功能键介绍（左侧功能键与其它试验模块中的功能基本一致，后续章节对应参照）

- **保存参数**：将当前设置的电压、电流、相位、频率等参数保存，可根据用户修改文件名称定义不同类型的相关参数；
- **打开参数**：点击可以打开之前保存的设置参数，便于再次使用本设备时，可直接调取保存的参数设置值快速进入测试；
- **打开报告**：每次试验停止后，系统会弹出保存报告页面。点击按钮调取之前历史试验报告；
- **恢复默认**：设置的参数恢复到出厂设置的参数；
- **递增数据**：在“手动”试验方式时，界面中“变”那列如勾选了，幅值则会按照“步长”设置值变化对应的“步长”值（幅值、相位、频率都可独立勾选变量），点击一次则对应增加一个步长量；

- **递减数据**：同“递增数据”按钮定义一样，点击一次则对应减少一个步长量；
- **开始试验**：点击输出按照设置值输出进行试验；
- **开始试验**：点击后试验停止，设备停止输出并弹出报告保存提示；
- **数据刷新**：该按钮指在选择“手动”试验模式，设备试验状态下可直接修改各相电压电流的幅值、相位、频率。在未点击之前，测试仪按照之前的参数运行，点击后各输出按照修改后的参数直接输出对应值。

## 二.交流试验模块

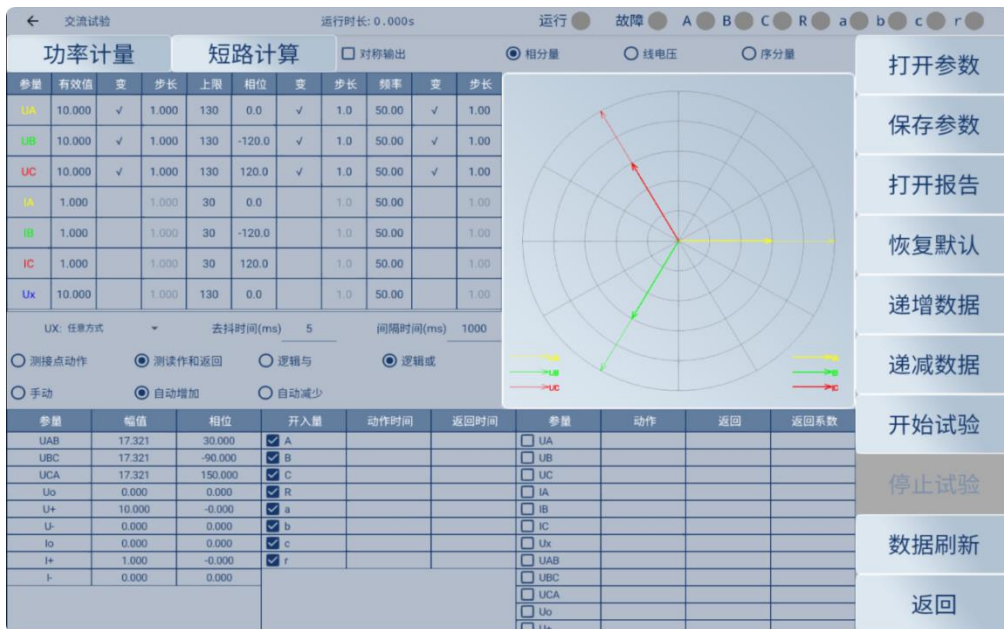


图 5

- ★ 具有 4 相电压 3 相电流，同时输出多种组合；
- ★ 各相电压、电流输出均可以任意设置幅值和相位，以及频率都可独立设置，幅值可以设置进行上限设置；
- ★ Ux 可以设置多种输出方式组合，也可以任意设置数值；
- ★ 可以手动变化，以及自动增加、自动减少且在输出时可以任意切换；
- ★ 在输出状态可以直接修改幅值、相位、频率、步长以及变量的个数；

★ 可以直接显示功率数值，用于校验功率计量仪表；

★ 可测量动作值、返回值、动作时间、返回时间；

## \* 参数设置与说明

### 1. 电压参数设置：

➤ 本设备具有 4 路电压输出，分别为 UA、UB、UC 以及 UX, 单相最高(上限)输出有效值达 130V；

➤ UX 是多功能电压输出端口，可设定“任意方式”或者与 UA、UB、UC 任意一项设置值相等；

➤ 设备输出幅值按照“有效值”此列的当前设置输出。幅值、相位、以及频率都可独立输入任意值，勾选“变”可按照步长手动增减或自动增减。

➤ 交流电压单相最大输出值为 130V，当需求电压更高时，可将任意两相电压串联使用。例如：使用 UA 和 UB 输出时，相位需要反向设置, UA 相位设置为  $0^\circ$  则 UB 相位设置为  $180^\circ$ ，它们的幅值可任意设置，实际输出为两相之和。

### 2. 电流参数设置：

➤ 本设备具有 3 路电流输出，分别为 IA、IB、IC。单相最高（上线）输出电流有效值达 30A；

➤ 设备输出幅值按照“有效值”此列的当前设置输出。幅值、相位、以及频率都可独立输入任意值，勾选“变”可按照步长手动增减或自动增减。

➤ 交流电流单相最大输出为 30A，当需求更大电流时，可将多相电流端口并联使用，相位设置为一致，大电流输出时请使用较粗的导线保证可靠的连接。

## \* 测试模式与方式（如图 6）：

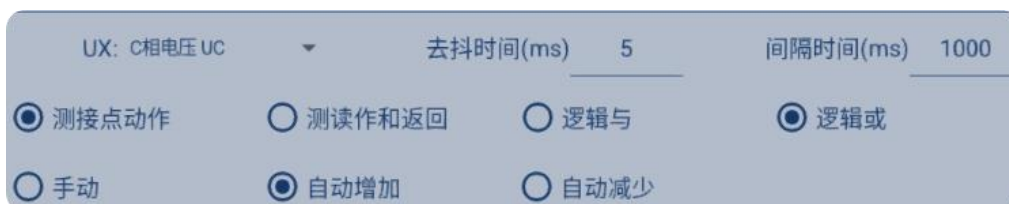


图 6

➤ 选择“测接点动作”时，测试过程中设备收到保护动作信号后就会自动停止试验，设备会记录保护动作的时间。

➤ 选择“测动作和返回”时，设备能测试保护动作值和返回值，并计算出返回系数；

➤ 选择“手动”，各变化量不会变化完全由手动控制，需要点击屏幕右侧功能键来进行变量的增减；

➤ 选择”自动增加“或者”自动减少“输出变量会按照设置的”时间间隔”时间以设定的步长进行变化。

➤ 选择“逻辑或”那么 A、B、C、R、a、b、c、r 开入量在实验中任意一个收到装置的出发信号后，设备会停止输出或进入下一个测试状态；

➤ 选择“逻辑与”则是需要八路开入量都收到装置的信号后，设备会停止输出或进入下一个测试状态；

## \* 功率计量

➤ 点击 **功率计量** 弹出图 7 界面

参量	有效值	电压变比	110 KV /	100 V	打开参数
UA	57.735	电流变比	500 A /	5 A	保存参数
UB	57.735				打开报告
UC	57.735				恢复默认
IA	5.000				增加数据
IB	5.000				减少数据
IC	5.000				开始试验
Ia	10.000				停止试验
UIX: 任意方式					数据刷新
测接点动作					返回
手动					
参量					
UAB					
UBC					
UCA					
Uba					
U+					
U-					
Ia					
I+					
I-					

参量	A相	B相	C相	总和
电压幅值(V)	57.735	57.735	57.735	
电压相位(°)	0.000	-120.000	120.000	
电流幅值(A)	5.000	5.000	5.000	
电流相位(°)	0.000	-120.000	120.000	
功率因数	1.000	1.000	1.000	
有功功率(W)	288.675	288.675	288.675	866.025
无功功率(Var)	0.000	0.000	0.000	0.000
视在功率(VA)	288.675	288.675	288.675	866.025

图 7

➤ 该显示框中默认显示设备输出的三相电压，和三相电流的相位，功率以及功率因数等。如现场需要对标进行校验，勾选“一次侧功率和电流”并输入 PT 和 CT 的变比即可显示一次侧的相关值；

➤ 当选“一次侧功率和电流”后，单位是 KW、KVar。勾选“功率单位兆级”显示窗口功率单位变成 MW 级。

## \* 短路计算

➤ “交流试验”模块是一个非常通用的模块,需要模拟复杂试验时,或者其它试验模块中需要计算该值,都可以在“交流试验”模块点击 **短路计算**，弹出图 8 界面；



图 8

➤ 故障类型：点击后弹出多种故障类型或正常状态选择。正常状态是指三相电压为正序额定电压，三相电流为 0A

➤ 故障方向：分为“正向故障”和“反相故障”；对有方向性保护需要模拟反向故障时，可点击选择“反向故障”。

➤ 额定电压：非故障电压一般定位 57.735V，此电压为系统的额定电压；


➤ 短路阻抗倍数：试验时通常按 0.95 倍或 1.05 倍来进行校验。实际“短路阻抗”=所设置的“倍数”×“整定阻抗”，用此“短路阻抗”再参与短路计算。

➤ 计算方式：当选择“短路电流不变”时，则需要设置短路电流。通过给定的“短路阻抗”和该“短路电流”计算出故障类型下的“短路电压”。选择“短路电压不变”时，则需要设置短路电压。通过给定的“短路阻抗”和该“短路电压”计算出相应故障类型下的“短路电流”。在“故障类型”中设置为两相短路时，则“短路电压”为线电压，其它短路类型为故障

相电压；

➤ 整定阻抗：可根据定值单给出的定值类型不同，选择“Z /  $\Phi$ ”或“R / X”两种方式设置故障阻抗。使用其中一种方式设置的时候，另一种方式的值都会自动计算得出。

➤ 零序补偿：在“接地距离保护”试验时，必须考虑对应的零序补偿系数，本软件自带三种设置方式，需按照定值单中给出的零序补偿系数进行相对应的设置；

以上设置完成后，点击  后，立即将计算值写入“交流试验”界面对应的设置中。

## ■ 试验介绍：

### \* 变压器复合电压闭锁（方向）过流保护 交流试验实操指南

作为大容量变压器核心后备保护，该保护采用“交流试验”测试时，需把控电压输出、压流配合、方向校验等关键环节，具体操作如下：

#### ➤ 复合电压正确输出（核心前提）

复合电压包含低电压和负序电压，二者是“或”逻辑，试验时需分开接线、分别测试，步骤清晰不混淆：

1. 先换算定值：定值单上的低电压、负序电压多为线电压，必须除以 1.732 转成相电压，才能作为测试仪输出值。

2. 再设对相位：低电压用正序相位（ $0^\circ$ 、 $-120^\circ$ 、 $120^\circ$ ），负序电压用负序相位（ $0^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $-120^\circ$ ），相位错则测试无效。

#### ➤ 电压电流精准配合，避免测试误差

压流输出配合直接影响测试准确性，按电压输出方式对应操作即可：

三相电压全输出：不用纠结相别对应，随便选一相出电流，就能正常触发保护判定。

只出两相电压：先翻保护说明书看接线方式， $90^\circ$  接线就按 UAB 配 IC、UBC 配 IA、UCA 配 IB； $0^\circ$  接线就按 UAB 配 IA、UBC 配 IB、UCA 配 IC，一一对应不接错。

#### ➤ 方向测试不用复杂操作，这样做最简便

以  $90^\circ$  接线、低电压定值 60V 为例，不用繁琐调整多参数，一步到位测方向：先把 UA 设为 60V、相位  $0^\circ$ ，UB 设为 0V、相位  $0^\circ$ ，这样 UAB 刚好是 60V、相位  $0^\circ$ ，符合定值

要求；之后电压保持不变，只调整电流  $I_C$  的相位，就能快速找到保护的两个动作边界，高效又精准。

➤ 最大灵敏角正负别搞混，记住这个定义

很多人分不清灵敏角正负，记住保护的统一规则就不会错：电压超前电流，角度为正；电流超前电压，角度为负。比如  $90^\circ$  接线中，以  $U_{AB}$  为  $0^\circ$  参考， $I_C$  的灵敏角指向对应  $-45^\circ$ ，那这个保护的最大灵敏角就是  $-45^\circ$ ，对应的两个动作边界就是  $45^\circ$  和  $-135^\circ$ ，介于两者之间的阴影区就是保护动作区。

**\* 试验注意事项：**

➤ 常规继电器测试实操注意

测试常规继电器时，先把“开关变位确认时间”调大些，20ms 左右最合适，避免变位信号漏采；要是测返回值时误差太大，基本是继电器接点抖动的问题，换成手动测试就能解决；测动作时间切记，测试仪出的交流量一定要比保护启动值大，不然保护不动作，根本测不出准确时间。

➤ 多段式过流保护，这样测时间才准

测多段式过流保护，很多人习惯一段一段测，比如测 I 段就退 II、III 段，慢慢升电流等动作，但这种方法测的动作时间不准。想测精准时间，直接让测试仪输出 1.2 倍及以上的整定电流就行；如果是低电压保护，就输出 0.8 倍及以下整定定值，这样能保证保护快速可靠启动，测出的动作时间才精准。

➤ 距离保护测试 2 个关键，缺一不可

短路阻抗要选对：距离保护只有短路阻抗小于整定定值才会出口，试验一般取 0.95 倍整定定值，既能保证保护可靠动作出口，又能精准校验定值。

接地距离别漏设参数：模拟接地距离故障时，零序补偿系数必须设置正确，这个参数错了，故障模拟就不对，测试结果完全没用。

➤ 零序电流定值校验，先分清定值类型

校验零序电流定值，第一步先看定值单，分清给的是  $3I_0$  还是  $I_0$  定值，别一上来就填参数。测试模块左下角会显示  $I_0$  的数值，要是定值单是  $I_0$  定值，直接对显示值就行；要是  $3I_0$  定值，把显示的  $I_0$  乘 3 再核对。另外提醒下，距离和零序保护有专用校验模块，用专用模

块测比通用模块更方便。

➤ 低周保护测试，自动方式是首选

测低周保护要先选频率可变模式，频率步长根据想要的精度调。测试方式优先选自动，因为低周保护有  $df/dt$  闭锁值，手动调频率很难控制节奏，容易误判；测试时让频率从 50Hz 慢慢往下降，直到保护动作，注意频率每次调整的间隔时间，一定要比保护的整定动作时间长，不然保护还没判断完就变频率了，测不准。

### 三.直流试验模块

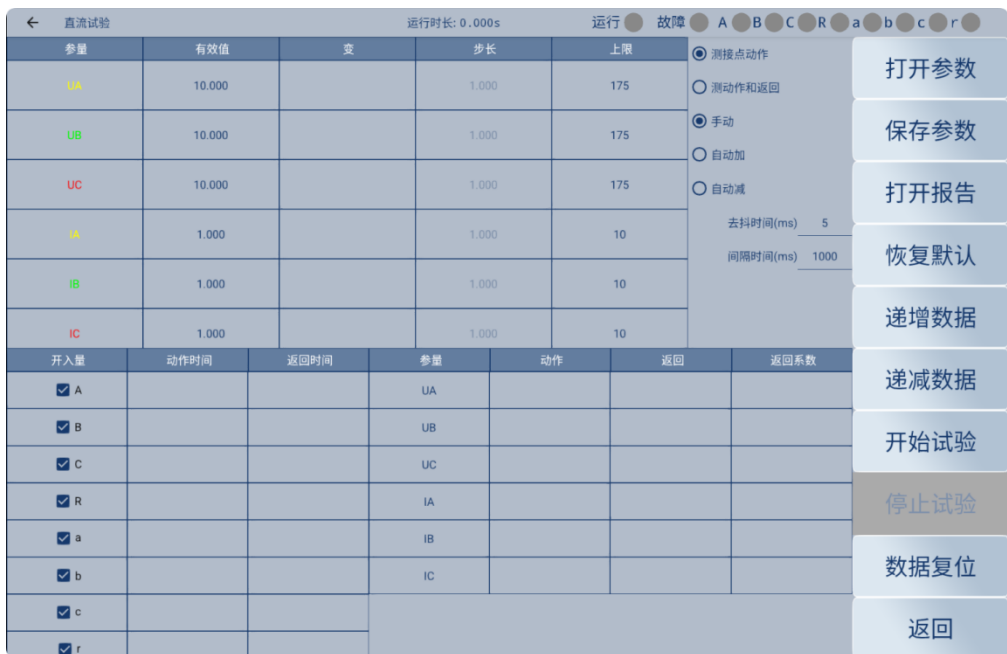


图 9

★ “直流试验”模块和“交流试验”模块界面类似，使用方式基本相同，使用过该界面可参考“交流试验”模块介绍。

#### \* 参数设置:

1. 电压参数设置与说明:

➤ 本设备直流电压提供 3 路输出，分别为 UA、UB、UC。每相最高输出为  $\pm 175V$ ;

➤ 当需要更高电压，可采用两相电压输出，将幅值设置成一正一负。例如 UA 设置为  $+175V$ ，UB 设置成  $-175V$ ，则 UA/UB 两端电压为  $350V$ 。

## 2. 电流参数设置与说明:

- 本设备直流电流提供 3 路输出，分别为 IA、IB、IC。每相电流最大为±10A；
- 当需要更大电流，可采用两路或三路电流并联输出，每相电流需基本相等。

### ■ 试验介绍:

- 软件内设定  $U_A=110V$ 、 $U_B=-110V$ ，将测试仪 UA、UB 端子分别接入继电器电压线圈两端，此时测试仪对外输出直流电压为 220V；测试仪开入量需接入继电器延时接点。
- 动作时间测试：选择手动试验方式，启动输出后，待试验进行一定时长，即可精准测得继电器动作时间。
- 动作电压测试：将 UA、UB 任一电压设为变量，按设定步长从小到大调整 UAB 电压值，直至继电器动作，即可完成动作电压测试；该试验需注意，测试仪开入量应接入继电器瞬时接点。

## 四.频率高低周模块

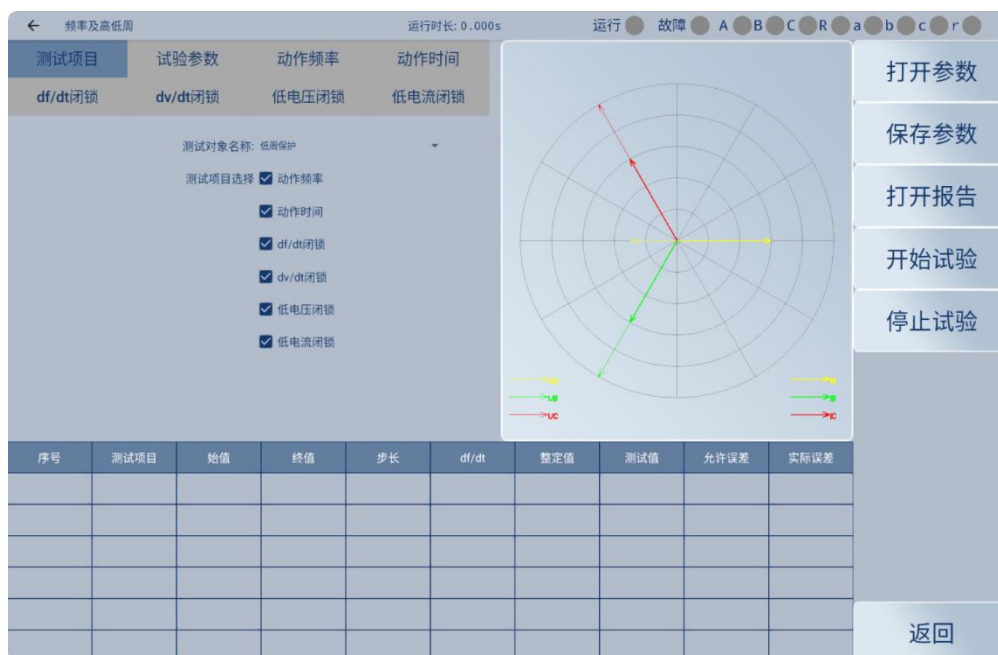


图 10

★ “频率高低周”模块主要用来测试低周减载和高周切机等保护的功能，本软件将分为了 6 个测试项目。

★ 有“动作频率”、“动作时间”、“df/dt 闭锁”、“dv/dt 闭锁”、“低电压闭锁”

以及“低电流闭锁”六个测试项目。

★ 测试对象名称有“低周保护”、“频率继电器”、“差频继电器”、“低频继电器”以及“高频继电器”五种继电器。默认情况下选择“低周保护”。

### \* 参数设置:

➤ 频率变化前延时: 变量在变化之前, 本设备会先以额定频率 50Hz 输出, 维持至“频率变化前延时”设置的时间后结束再开始变化。

➤ 测试中断时间: 每次试验结束后, 按照设置的“测试中断时间”时长等待进入下一次试验;

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

➤ 整定值: 6 个试验模块中都有整定值设置, 整定值在试验期间不起作用, 只是在试验后起到参考对比作用。根据需要自行设定“允许误差”。试验测得的“测试值”与“整定值”进行比较后, 得出一个相对误差, 从而反映保护的性能。

➤ 动作频率: 动作频率测试的始值与终值, 均需设定在保护整定动作频率附近。其中, 测试始值应高于保护整定动作值, 测试终值应低于保护整定动作值。

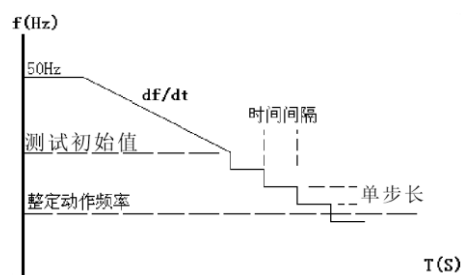
### \* 动作频率测试方法:

➤ 测试开展时, 频率的变化分为两个阶段:

1. 初始以 50Hz 频率输出, 待变化前延时结束后, 先按照设定的频率变化率 ( $df/dt$ ) 均匀下滑或上滑至测试始值频率。

2. 随后按照设定的步长, 以固定时间间隔逐格降低或升高频率。在此过程中, 若保护装置发生动作, 即可记录测得动作值; 若直至频率变化至测试终值, 保护装置仍未动作, 则判定该保护在此测试条件下不动作, 结束该项测试。

● 需注意, 逐格变频的时间间隔由保护整定动作时间自动确定, 该时间间隔需比整定动作时间长 0.2s。因此, 试验前必须准确设置整定动作时间, 确保在变频间隔内, 保护装置有充足的动作响应时间。



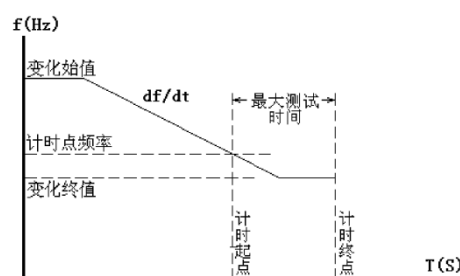
➤ 不同试验的测试范围要求

1. 开展低周减载试验时，测试频率范围通常低于 50Hz。
2. 开展高周切机试验时，测试频率范围通常高于 50Hz。

● 举例：若已知低周动作值为 48.5Hz，可将测试范围设定为 48.7Hz—48Hz，频率步长设定为 0.05Hz。需特别注意，测试始值与终值的设置不宜过低，通常不应低于 45Hz，否则会导致保护装置闭锁，无法正常完成试验。

**\* 动作频率测试方法：**

➤ 频率从始值（50Hz）下滑至终值，期间持续等待装置动作。需注意，终值应略小于动作频率值，以确保装置可靠动作；而测试动作时间的计时器，从预设的“开始计时点频率”起算，该计时点频率若存在偏差，会直接影响时间测量精度。试验过程见右图。



**\* df/dt 闭锁：**

➤ df/dt 测试方法与范围：在设定范围内逐点开展试探测试，每次测试均控制频率从始值下滑（或上滑）至终值，且 df/dt 值在该范围内逐点调整。当某一轮测试中保护装置发生动作时，即可记录此时的 df/dt 值，作为 df/dt 闭锁的边界值。

➤ 由于保护装置在 df/dt 值大于整定值的下滑过程中会处于闭锁状态，因此测试时需将 df/dt 变化始值设为大于保护整定闭锁值，变化终值一般设为小于保护整定闭锁值，通过模拟保护从“不动作”到“动作”的状态转变，精准测出 df/dt 闭锁值。

➤ 频率变化范围：每项测试中，频率从始值下滑（或上滑）至终值。其中，始值通常设为 50Hz，而变化终值不宜过小——因多数装置存在固有“闭锁频率”，若频率低于该数值，装置将触发闭锁机制，无法正常出口动作。所以做该实验时，“频率变化前延时”不能设置太小，以便保护有足够时间解除闭锁状态。

**\* dv/dt 闭锁：**

➤ dv/dt 测试范围：测试“dv/dt 闭锁值”时，在此范围内逐点进行试探测试，每次测试时电压都从电压变化始值下滑至终值，下滑的 dv/dt 值在该范围内逐点变化，至某一轮测试保护动作，则测出 dv/dt 闭锁的边界值。

➤ 电压变化范围：在电压下降过程，电压“初始电压”应设置为大于“终止电压”。同时，为避免低周装置因低电压触发闭锁，需确保“终止电压”大于装置定值菜单中整定的低电压闭锁值。

➤ 在该测试项目中，频率是按照设置的“df/dt”值变化的，因此“df/dt”设置值小于装置的整定“df/dt”闭锁值

#### \* 低电压闭锁：

➤ 电压变化范围：测试时，电压在设定范围内逐点开展试探测试：每轮测试中保持电压固定为某一数值，仅调整频率变化；电压值从始值逐步递增，当增至某一数值时，装置解除闭锁并正确动作，该数值即为低电压闭锁边界值。

➤ 因装置在电压低于闭锁值时会处于闭锁状态，故测试时需将“初始电压”设为小于装置整定闭锁值，“终止电压”设为大于装置整定闭锁值——通过模拟装置从“不动作”到“动作”的状态切换，即可测出低电压闭锁值。

#### \* 低电流闭锁：

➤ 请参考“低电压闭锁”以及“df/dt”和“dv/dt 闭锁”中介绍说明。

### ■ 试验介绍：

#### ➤ 试验接线

▽ 电压回路：测试仪 UA/UB/UC→保护三相电压，测试仪 UN→保护 UN

▽ 开入回路：开入 A→第一轮甩负荷开出，开入 B→第二轮甩负荷开出；另一端短接→开入公共端

▽ 工作电源：接装置电源；需直流则从测试仪侧面板独立直流接口引接

#### ➤ 模块与项目选择

▽ 打开「频率及高低周保护」模块，选定「低周保护 - 动作频率」测试项

#### ➤ 核心参数设置

▽ 整定值：按定值单 / 实际整定设置，仅作参考，不影响结果

▽ 动作频率范围：测试始值>整定动作频率，测试终值<整定动作频率；步长默认 0.05Hz

- ▽ 测试  $df/dt$  值：<保护整定闭锁值，防保护闭锁
- ▽ 变频步长：步长越小，测试精度越高（第二阶段逐格变频用）
- ▽ 动作时间：按整定时间设；变频间隔 = 动作时间 + 0.2s，勿过小

➤ 试验操作与流程

▽ 启动试验：参数无误后启动，看「当前频率 Hz」实时监测

▽ 状态指示：无电压→异常灯亮；频率<启动值→启动灯亮

▽ 试验流程：50Hz 输出→变化前延时→ $df/dt$  匀降致测试初值→按步长 + 定时长逐格降频，记录动作情况

## 五.状态序列模块

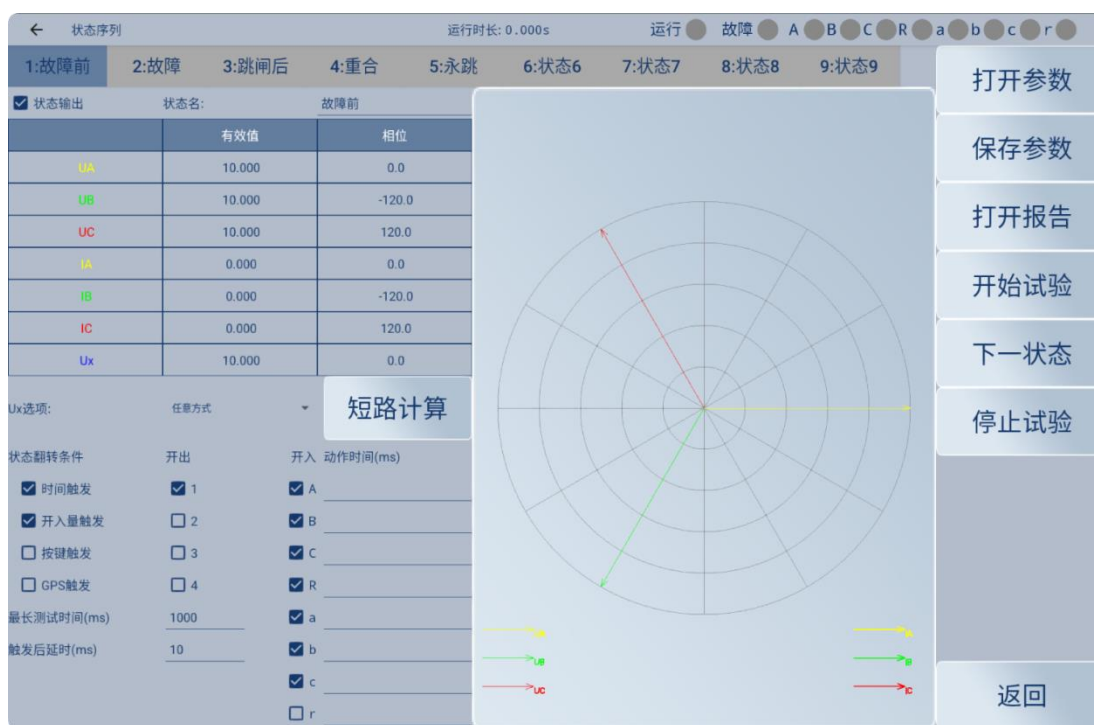


图 11

- ★ 默认 9 个状态输出，每个状态 4 路电压和 3 路电流输出；
- ★ 除默认的 9 个状态，还可无限新增新的状态列表。每个状态可以关闭、删除、插入，可重命名，以及设置多种触发方式；
- ★ UX 可以同“交流试验”模块中所描述设置多种组合方式；

### \* 状态序列的增减:

- 在通用的“第9”状态后点击“+”号，则会在最后一个状态后新增一个状态；点击“-”，则删除最后一个状态；
- 长按某一个状态序列，弹出“删除”“在前新增”“在后新增”，可以相应选择需要的方式。

### \* 状态输出的选择:

- 根据试验需求，可以选择当前状态是否输出，来实现跳过某一状态。

### \* 状态名称:

- 本功能模块定义了五种默认名称“故障前”、“故障”、“跳闸后”、“重合”、“永跳”来做“重合闸及后加速”试验，用户可根据需要直接选择。
- 也可以直接点击“状态名”后面的名字进行状态名称的修改。

### \* 状态序列参数设置:

- 每个状态下的交流参数都可以任意设置，设置方式和“交流试验”模块中介绍的方法一致；
- 其它功能的设置也同“交流试验”模块一致，请参考“交流试验”模块介绍。

### \* 状态触发条件:

- 时间触发：选择该触发方式时，可根据实际需求，在“最长测试时间”与“触发后延时”两个参数栏中分别输入对应数值。试验过程中，待这两段延时依次结束后，系统将自动切换至下一状态。其中，“最长测试时间”指的是当前状态的最大输出时长。“触发后延时”的作用与交流试验模块中的开关变位确认时间类似，主要用于规避因保护装置抖动而产生的试验误差，常规设置值建议为 10ms 左右。

● 需要特别注意的是，在模拟重合闸及后加速故障试验时，禁止设置触发后延时。这是因为后加速故障是在重合于故障状态后才会发生，必须在重合状态结束后立即进入永跳状态，才能确保后加速保护准确动作。

● 此外，若“最长测试时间”阶段输出的是故障量，且试验前已将“开入量触发”设为状态翻转条件，那么当测试仪接收到保护装置的动作信号时，将直接跳过“最长测试时间”的剩余时长，进入“触发后延时”阶段。通常情况下，也可通过合理设置“触发后延时”参数，来有效躲过保护接点的抖动问题。

➤ 开入量触发：选择该触发方式时，八路开入量 A、B、C、R、a、b、c、r 将全部生效。这八路开入量为“逻辑或”的关系，可根据实际需求取消多余开入量的勾选（即去掉其前方的“√”标识）。当测试仪检测已勾选的任一开入量动作时，会经过设定的“触发后延时”时长，自动翻转至下一状态。

● 需要注意的是，为避免接点“抖动”对试验结果造成干扰，在选用该触发方式时，通常建议设置一定时长的“触发后延时”。

➤ 手动触发：选择该触发方式时，在当前状态下，点击屏幕右侧功能键“下一状态”测试仪立即进入下一状态，如后面没有状态设置，则测试仪停止试验。

➤ GPS 触发（选配）：选择该触发方式时，利用 GPS 时钟的分或秒脉冲触发进入下一个状态，实现多台测试仪同步测试。

● 以上四种触发条件都为“逻辑或”的关系，如勾选了四种方式，则其中某一种条件满足测试仪立即触发反转。

## \* 开出量状态：

➤ 每个状态下四路开出量都可以选择是否勾选，如某个状态下勾选了开出量，则到当前状态下，已勾选的开出量就会闭合，未勾选的则不闭合。

## ■ 试验介绍：

➤ 先设故障前状态：这个状态主要是给重合闸充够电，不然重合闸没法正常动作，所以翻转条件选“时间触发”，到时间自动切状态。这时候测试仪输出正常的工作量，给保护加正常电压，模拟系统没故障的正常工况就行。

➤ 再设故障态：专门用来模拟过流故障，让测试仪 IA 相输出电流，记住电流一定要调得比保护过流定值大，这样才能确保保护过流保护可靠动作出口。状态翻转条件选“开入量触发”，把测试仪开入量 A 接上保护的信号，保护一动作，就自动切到下一个状态。

►接着设重合态：这个状态是等重合闸合闸的，和故障前状态一样，测试仪输出正常电压电流，保持正常等待状态，让自动重合闸装置完成合闸动作。翻转条件还是选“开入量触发”，开入量 R 接重合闸的合闸信号，接到信号就切状态，重点提醒：要模拟后加速，这个状态触发后的延时必须设为 0，不能有延迟。

►最后设后加速状态：这是整个试验的最后一步，核心是模拟后加速故障，这里模拟的是电流后加速故障，具体故障类型要跟着保护实际的后加速故障来设，不能乱选。翻转条件依旧选“开入量触发”，等接到保护的跳闸信号后，试验就自动停止，整个重合闸及后加速流程就完成了。

## 六.功率方向与阻抗测试

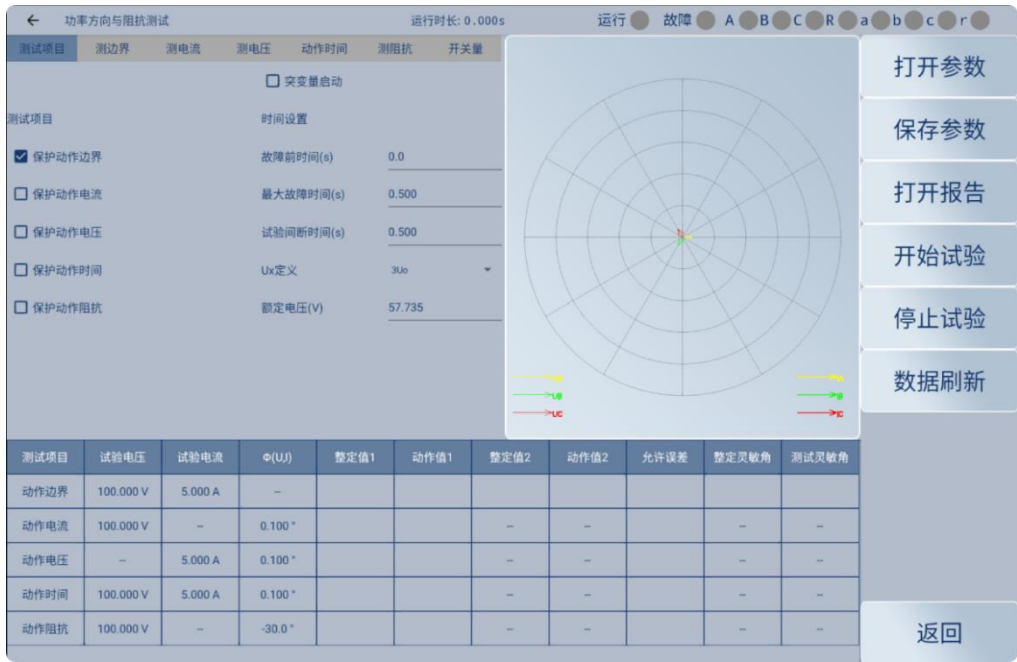


图 12

- ★ 满足各保护装置的功率方向测试以及短路阻抗测试；
- ★ 满足“突变量启动”的保护测试要求；
- ★ 满足测动作边界、动作电流、动作电压、动作时间、动作阻抗等五个测试模块。

### \* 参数说明：

► 故障前时间：输出正常电压的时间，只有勾选“突变量启动”时，该设置的时间有效；

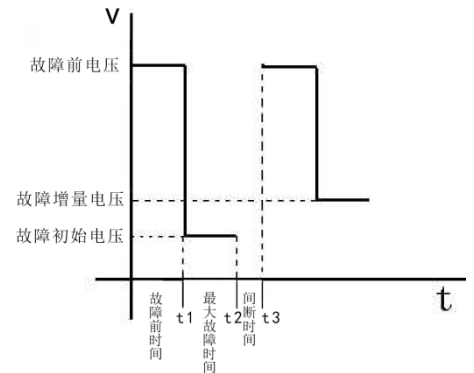
➤ 最大故障时间：试验中需要输出测量值的时间；

➤ 试验中断时间：只有勾选“突变量启动”时，该设置有效。

➤ 突变量启动：当勾选“突变量启动”时，在试验过程中，系统会先行输出故障发生前的状态量，随后再输出试验预设的电压与电流量。针对部分保护功能对突变量启动的需求，需专门设定“故障前时间”参数。

➤ 若未启用“突变量启动”功能，“故障前时间”、“试验中断时间”参数将自动失效。此时设备不输出故障前状态量，而是直接连续地输出预设的电压与电流量。

● 以“测电压”为例，勾选“突变量启动”，点击屏幕中“开始试验”后，此设备先输出额定电压，并维持该电压达到“故障前时间”设定的时间后，再输出“电压搜索范围”的初始值，并维持到“最大故障时间”设定的时间结束，停止输出时间为“试验中断”的设置值，此时间到达后，设备再次输出正常电压并维持“故障前时间”的输出时长后，继续输出“电压搜索范围”递增一个步长的电压。依次循环输出直到测试完成。详见右边输出电压示意图。



### \* 测边界：

➤ 设定一个电压和一个电流输出，夹角 $\Phi(U, I)$ 在设置范围内变化，测试出左右动作边界，设置界面如右图；

➤ 由于保护装置通常采用 $90^\circ$ 接线方式，测试时也对应选取线电压与第三相相电流，例如选取线电压 $U_{AB}$ 搭配相电流 $I_C$ 。也可选取单相电压与单相电流开展试验，需注意一般不选用线电流。此外需明确，所选电压、电流的数值可按需设定；未被选中的各相电压，均保持额定电压且角度对称，未被选中的各相电流则均为0；

功率方向与阻抗测试		运行时长: 0.000s				
测试项目	测边界	测电流	测电压	动作时间	测阻抗	开关量
试验电压(V):	UA	100.000				整定值
试验电流(A):	IA	5.000				边界1(°): 0.0
相位搜索范围(°)	-180.0	90.0				边界2(°): 0.0
相位搜索步长(°)	1.0					允许误差(°)± 5
灵敏角(°)	-45.0					试验灵敏角(°): 0
3U0(V,°)	0.000	-0.0				试验电压(V): 试验相角
U2(V,°)	0.000	180.0				动作角当前值(°): 0
3I0(A,°)	5.000	90.5				
I2(A,°)	1.667	90.5				
其他相电压(V):	57.735					

➤ 设置 $\Phi(U, I)$ 的搜索范围时，首先需明确保护装置“最大灵敏角”的整定值，且搜索范围必须覆盖保护实际的两个动作边界，确保测试仪由非动作区向动作区逐步搜索。

➤ 需根据被测保护的类型，选择动作角为“试验相夹角”、“ $(U_0, I_0)$ ”或“ $(U_2, I_2)$ ”；若为普通功率方向继电器或阻抗继电器，应选择“试验相夹角”，即所选试验电压与电流的夹角；若为零序保护或负序保护，则选择 $(U_0, I_0)$ 或 $(U_2, I_2)$ 。

#### \* 测电流：

➤ 测电流时，电压幅值与角度不变，电流按照“电流搜索范围”和“电流搜索步长”逐步增加，直到保护动作测试动作电流值，电流变化范围需涵盖保护的整定动作电流。本测试仪定义电压超前电流的角度为正，设置角度时需注意区分正、负角度。通常，角度为最大灵敏角或与其接近时，保护动作灵敏度最高，测得的动作电流也趋于稳定定值；若设置角度接近保护两个动作边界或略超出边界，测得的动作电流可能偏大，甚至保护不动作。

#### \* 测电压：

➤ 测电压时，电流幅值与角度不变，电压按照“电压搜索范围”和“电压搜索步长”逐步增加，直到保护动作测试动作电压值，电压变化范围需涵盖保护的整定动作电压。本测试仪定义电压超前电流的角度为正，设置角度时需注意区分正、负角度。通常，角度为最大灵敏角或与其接近时，保护动作灵敏度最高，测得的动作电压也趋于稳定定值；若设置角度接近保护两个动作边界或略超出边界，测得的动作电压可能偏大，甚至保护不动作。

#### \* 测动作时间：

➤ 对保护施加动作电压和动作电流，电压与电流的夹角设置在灵敏角附近或者为灵敏角整定值，保护动作后记录动作时间。

#### \* 测阻抗：

➤ 测阻抗与“测电压”类似，电流作为变量逐步增加使得保护动作，测试仪记录保护动作的阻抗值。

➤ 阻抗值由保护动作时的电压与电流值计算得出，若测试的是接地阻抗，需考虑零序补偿系数，此时必须准确设置该系数，默认值为 0.667。

### ■ 试验介绍：

#### \* 动作边界搜索

➤ 先找出动作边界的大致范围

▽ 先打开“测边界”页面，把「 $\Phi(U, I)$  搜索范围从」先设成  $0^\circ$ ，然后启动试验，看保护动不动。

▽ 要是不动作，就把这个角度改成  $30^\circ$  再试，以此类推慢慢往上加，直到找到“动”和“不动”的临界点。比如试到  $\Phi(U, I) 20^\circ$  时不动作， $0^\circ$  时动作，那就能确定一条动作边界在  $0^\circ \sim 20^\circ$  之间。

▽ 再用一模一样的方法，试探另一条动作边界的范围，比如试出  $-130^\circ$  时动作、 $-120^\circ$  时不动作，那另一条边界就在  $-130^\circ \sim -120^\circ$  之间。

➤ 按软件规则设置搜索角，精准测边界

▽ 这里要先摸清软件的搜索逻辑，不然设错了测不准：软件会先从「 $\Phi(U, I)$  搜索范围从」这个角度开始，按设定步长慢慢增加角度测，测出第一条边界；再从“到”这个角度开始，按步长慢慢减小角度测，测出第二条边界。

▽ 举个实操例子，假设咱们把「 $\Phi(U, I)$  搜索步长」设为  $1^\circ$ （步长越小测的越准），结合上面探出来的范围，就把「 $\Phi(U, I)$  搜索范围从」设为  $-130^\circ$ ，“到”设为  $20^\circ$ ，这样就能精准搜出两条动作边界，进而确定最大灵敏角。

## 七.差动保护（界面如图 13）

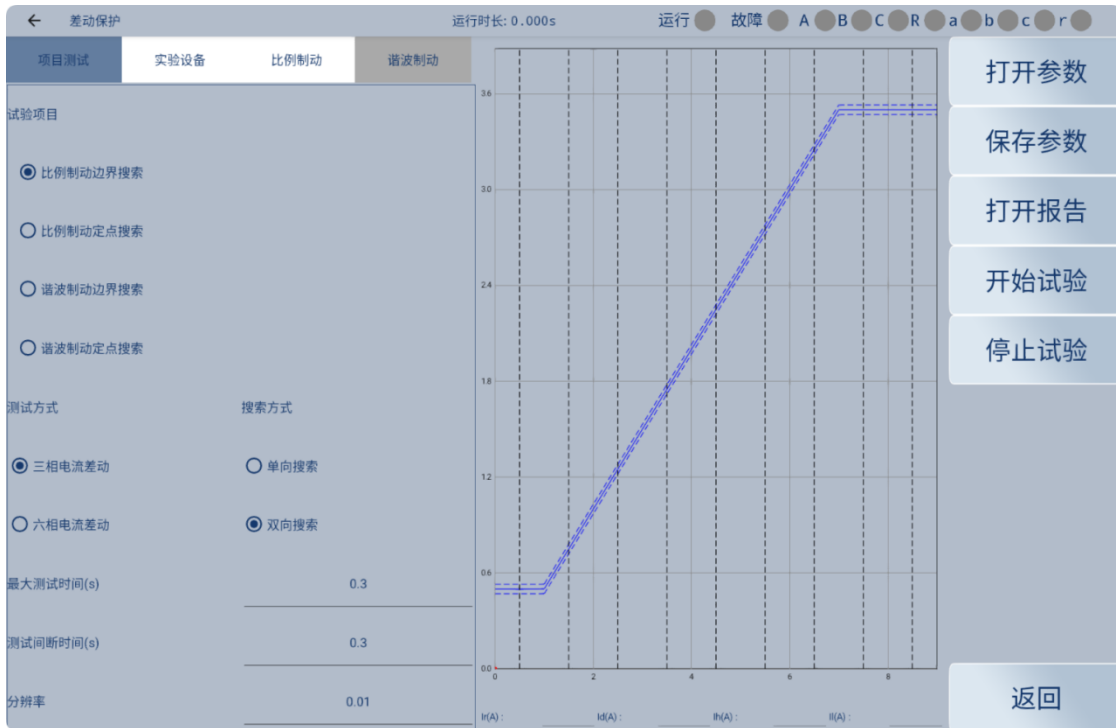


图 13

★ 支持任意设定测试定点，完成比例制动测试与谐波制动测试，且可同步测试动作时间；

★ 自动搜索比例制动特性曲线及谐波制动特性曲线；

★ 支持设置多种比例制动、谐波制动的制动电流及动作电流算法；

★ 基波与谐波支持两侧分离输出，亦可单侧叠加输出；

★ 平衡系数支持直接设定，或依据变压器参数自动计算，适配差动保护测试。

### \* 测试项目说明：

- “比例制动边界搜索”：搜索差动保护动作边界，显示保护搜索动作曲线；
- “比例制动点搜索”：按照设置的动作点进行搜索，显示保护搜索曲线；
- ”谐波制动边界搜索“：在设定的差动电流 / 谐波含量范围内，自动逼近并绘制保护动作与不动作的临界曲线，以验证谐波制动逻辑是否符合定值与设计的要求；
- ”谐波制动点搜索“：按照设置的动作点进行搜索，显示保护搜索曲线

## \* 参数设置:

➤ 单相搜索: 从起点开始, 按照设定步长, 沿变化初值至变化终值的方向逐步搜索; 当搜索至某一点触发保护动作时, 即判定为找到动作点, 继续搜索下一点后终止当前搜索线, 转入下一条搜索线。单向搜索能最大限度减少保护装置的动作次数, 但测试精度设置过高会导致测试速度变慢, 提升速度往往需以牺牲精度为代价, 因此采用单步逼近搜索方案时, 需合理设定测试精度。

➤ 双向搜索: 先测试处于非动作区的搜索起点与处于动作区的搜索终点的动作状态, 再取两点中点开展测试; 若中点触发动作, 则以该点替换原终点, 若未动作, 则以该点替换原起点。随后取更新后的起点与终点重新计算中点并测试, 以此循环迭代, 直至最后两个测试点的差值落入分辨率范围内, 即判定找到动作边界点。该双向搜索法既能精准定位动作边界点, 又具备更快的搜索速度。

➤ 输出方式: 差动试验单元可以控制输出 3 路电流进行单相差动测试;

➤ 最大测试时间: 测试仪每步输出的最长的故障时间, 这里一般设置为比保护的整定动作时间稍长。

➤ 测试间断时间: 测试仪输出一个故障到下一个故障之间的时间, 在这个时间里测试仪停止输出任何状态量。

➤ 分辨率: 该方式仅在“双向搜索”模式下生效, 其停止判定条件为: 当最后两个测试点的间距小于设定的距离百分比时, 即终止搜索。分辨率越小, 搜索精度越高, 相应耗时也会越长。

## \* 实验设备参数:

➤ 接线方式: 高压侧可选择 Y 型和 Y0 型接线, 低压侧可选择 $\Delta$ -11、 $\Delta$ -1、Y 型及 Y0 型四种接线形式。对于三绕组变压器, 试验需分两侧依次进行, 例如分别开展“高一低”、“高一中”侧试验。试验过程中, 所选各项参数必须与对应变压器的实际接线方式保持一致。

➤ 平衡系数设置方式: 平衡系数可选四种设置方式: “直接设置平衡系数”、“由额定电压与 CT 变比计算”、“由一次额定电流计算”和“由二次额定电流计算”。平衡系数的设置对试验结果影响较大, 需结合现场实际情况选用合适方式; 若保护整定值中已明确给出平衡系数, 可选择直接设置方式, 分别录入高、低压侧平衡系数即可; 若保护定值未提供平衡系数,

则可选用其余三种方式完成设置。

➤ 相位调整：当变压器接线为 Y/Y 时，两侧本是同相位，TA 接线一般为 Y/Y，选相位不调整。当变压器接线为 Y/△型时，两侧相位存在差异，微机保护的 TA 接线一般仍为 Y/Y 型。若保护设计为高压侧内部相位补偿，即选择高压侧相位调整；若设计为低压侧内部相位补偿，即选择低压侧相位调整；若保护无内部相位补偿，仅依靠 TA 外部接线补偿，则选择相位不调整。

➤ 差动动作门槛值：保护的整定门槛值，输出值只有大于门槛值才有效。

➤ 差动动作速断值：保护的整定速断动作值。

➤ 动作时间整定值：保护的整定动作时间值。

➤ 计算公式：选择“常规差动”模式时，以高压侧电流（IA）作为动作电流，低压侧电流（IB）作为制动电流，对应关系为：制动电流  $I_r = I_l$ ，动作电流  $I_d = I_h$ ，且可按需设置动作电流与制动电流的角度差  $\Phi$ （ $I_d$ 、 $I_r$ ）。选择“微机差动”时， $I_d = I_h + I_l$ （高、低压侧电流之矢量和为差流）， $I_r$  可以选多种公式，提供 4 种计算公式。

#### \* 比例制动：

➤ 搜索范围：制动电流的始值、终值、步长决定搜索线的位置，终值一般要求大于保护速动电流。动电流步长仅在“单向搜索”模式下生效，在“双向收缩”模式下不发挥作用；其取值需依据保护的精度要求设定，若对精度要求较高，步长应设置为较小值。

➤ 曲线定义：设定各拐点的制动电流及各段折线的斜率（即比例制动系数），结合前述差动电流值与差动速断电流值，即可绘制出理论制动特性曲线。各拐点定值需依据保护整定值设定；若保护定值未明确给出拐点值，可参考保护说明书中的动作特性曲线进行设置。若存在多段曲线，则需对应设置多个拐点，勾选拐点 2 前方的复选框，即可启用第二个拐点参数设置，以此便能描绘出三段曲线对应的理论特性曲线。当前程序最多支持设置 3 个拐点，即最多可绘制 4 段制动特性曲线。

#### \* 谐波制动：

➤ 谐波制动边界搜索：在“谐波制动边界搜索”画出谐波制动曲线图。在表格中设置差动电流和  $I_{xb}/I_d$  的起始值、终止值、步长参数，即可设置搜索曲线的轨迹。差动电流的始值、

终值与步长决定搜索线位置； $I_{xb}/I_d$  的始值、终值决定搜索线长度，通常要求始值大于谐波制动系数整定值。 $I_{xb}/I_d$  步长仅在“单向搜索”模式下生效，“双向搜索”模式下不发挥作用。设置搜索线参数时，应确保各搜索线均匀分布于上下两条水平线之间，且每条搜索线均需完整覆盖动作区与非动作区。

➤ 谐波制动点搜索：设置一个制动电流和差动电流和点击右侧的“添加”按钮即添加一个测试点，可以重复添加多个不同的测试点。

## 八.差动谐波

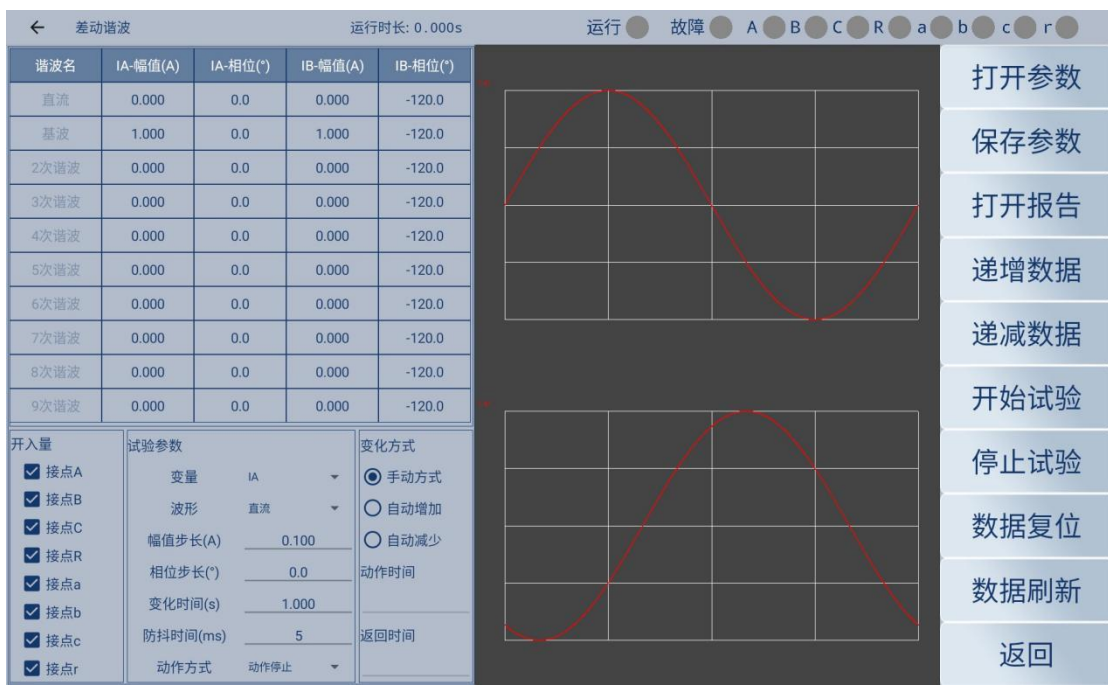


图 14

- ★ 此功能主要用于测试差动保护的谐波制动特性，也可用于其它谐波保护的测试；
- ★ 可叠加至多 9 次谐波分量，谐波的幅值、相位可以任意选择；
- ★ 实验中可以步停止输出任意改变电流的幅值、相位以及谐波分量等参数；

### \* 参数设置：

➤ 输出值设置：如图 14，在表格内可根据需求设置各通道的初始值，不需要的参与试验的通道将其中幅值、相位都设置为“0”，或者该通道不接线；

➤ 变化量选择：本设备提供 IA、IB 两个通道输出电流，在软件底部参数中，设置的变量输出通道，以及对应通道的波形分量。未选择的通道参数都会按照初始设置值不变输出；

●变化量若需在试验不停机状态下重新设置变量，可在“变化方式”栏选择“手动方式”，此时界面参数都是可修改。修改完成后，点击右侧功能菜单中“数据刷新”使新数据生效，测试仪将按新参数输出。

### \* 开入量选择：

➤ 开入量默认 8 路全部选择，如取消某路开入量，点击取消对应开关量即可，当保护触发开入量，测试仪停止试验。

### \* 动作方式：

➤ 动作停止：选择该方式后，测试仪接收到保护动作信号即停止试验，且仅能测试保护的動作值。若开展继电器试验，为降低继电器“抖动”对试验的干扰，需将“防抖动时间”设置为 20ms 及以上。

➤ 动作返回：选择该方式时，若当前变量按“自动加”方式变化，测试仪一旦接收到保护动作信号，会自动调转变化方向，切换为“自动减”方式。此方式不仅能测试保护的動作值，还可自动测试其返回值。若开展继电器试验，为降低继电器“抖动”对试验的干扰，同样需将“防抖动时间”设置为 20ms 及以上。

### ■ 试验介绍：

➤先选对电流输出方式，两种接法都能用，做变压器差动谐波制动特性试验，电流输出分两种方式，按需选就行：

▽ 单相输出：直接把谐波叠加差流输出，电流接保护高压侧或者低压侧都可以，不影响试验效果

▽ 两相输出：两种接法灵活换，要么 IA 出谐波接高压侧、IB 出基波接低压侧；要么反过来 IA 出基波接高压侧、IB 出谐波接低压侧，都能满足试验需求

➤ 试验调节就两种方法，测试效果一样不用纠结选哪种，两种调节方式结果基本一致，按需选：

▽ 固定基波调谐波：基波参数不变，把谐波设成变量，按步长从大到小调谐波，直到保护动作

▽ 固定谐波调基波：谐波参数不变，把基波设成变量，按步长从小到大调基波，直到保护动作

➤ 试验先做简化设置，更省心试验前可以先改两个参数，让操作变简单：把差动保护的变压器接线类型改成 Y (Y0) / Y，再把低（中）压侧的平衡系数设为不管是只给高压侧加电流，还是高低压侧同时加，必须守住两个原则：

▽ 输出的基波一定要比保护整定的动作门槛电流大；

▽ 初始谐波含量要比谐波制动系数大，这样才能可靠闭锁保护。

➤ 特殊情况不用改定值，这么测就行，如果差动保护接线是 Y (Y0) /  $\Delta$ ，而且高低压侧平衡系数都不是 1，不用改整定值，分两种输出情况测试：

▽ 高压侧谐波叠加差流输出：谐波和基波都加在高压侧，受高压平衡系数影响一样，会相互抵消，直接按前面的简化方法试验就行

▽ 高压侧谐波、低压侧差流输出：必须分开算高低压侧平衡系数，咱们假设  $K_h$  = 高压平衡系数、 $K_l$  = 低压平衡系数、 $I_{d0}$  = 差动门槛值、 $K_{xb}$  = 谐波制动系数，步骤如下：

① 基波（假设从 IB 出）要大于  $I_{d0} / K_l$ ，不然达不到动作条件

② 初始谐波（假设从 IA 出）要大于  $I_{d0} K_{xb} K_h$ ，确保能闭锁保护

③ 启动试验，慢慢减小谐波直到差动保护动作，记下此时的谐波电流  $I_{A1}$ 、基波电流  $I_{B1}$

④ 套公式算谐波制动系数： $K_{xb} = (I_{A1} \div K_h) \div (I_{B1} \times K_l)$

## 九.谐波试验（界面如图 15）

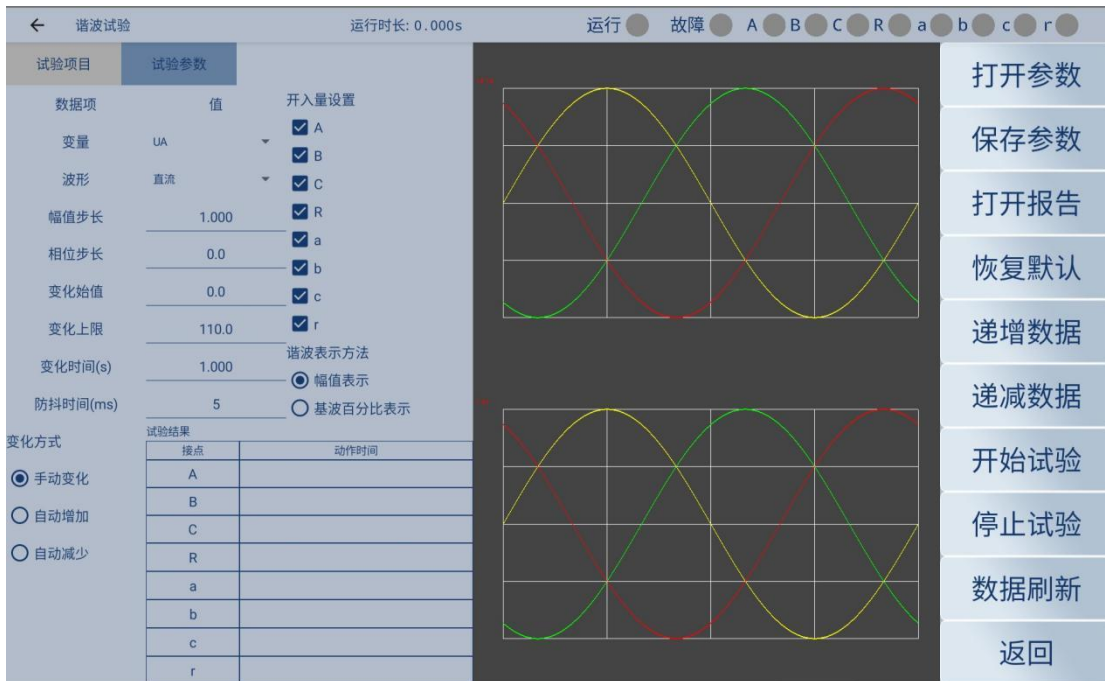


图 15

★ 本测试模块能够实现三相电压（UA、UB、UC）和电流（IA、IB、IC）的各次谐波分量叠加输出

★ 支持在各相电压、电流中叠加直流及 2~20 次谐波；

★ 选择自动变化或手动变化模式，且幅值和相位均可变化；

★ 能够测量保护的動作值、返回值以及動作时间、返回时间。

### \* 试验项目设置：

➤ 数据项：在此菜单中勾选对应的输出通道进行相关设置，例如勾选 UA 就可以在右边列表中这是 UA 的输出幅值、相位以及谐波分量；

➤ 谐波表示方式：用幅值表示或者以基波百分比表示。选择幅值表示则相对应电压和电流的单位，选择基波百分比表示，则显示基波的百分之多少。

### \* 试验参数设置：

➤ 变量设置：选择需要变化的输出通道；

➤ 波形选择：所叠加波形的次数，直流以及 2~20 次谐波；

➤ 幅值步长：每次变化的值，此变化会对应“谐波表示方法”中的设置，当选择以幅值变化时，变化的步长单位则按照电压、电流的单位。选择以基波百分比表示时，那么步长的单位则为百分比；

➤ 相位步长：与”交流试验“中描述一致，请参考交流试验对应说明。

➤ 变化始值：变化初值为先前设定的值，该初值调取自前文谐波数据页面，不可在此处直接修改；如需调整，需返回谐波数据页面操作，此处初值均以幅值形式呈现。

➤ 变化上限：限定输出最大值，确保本设备输出不会损坏保护装置。

➤ 变化时间：每变化一步的间隔时间，设置需要稍微大于保护的整定动作时间，此设置值在”自动增加“或”自动减少“有效。

## ■试验指导

以变压器差动保护部分试验接线为例：

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

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

以下是以接线方法 2（仅高压侧加电流）为例的变压器二次谐波制动系数测试步骤：

假设某变压器二次谐波制动系数为 20%，测试时先在“试验项目”页面选择“基波百分比表示”；在“数据项”选中 IA，设置基波幅值为 2A，并在表格中设置 2 次谐波为 25%（该值大于 20%的制动系数，确保保护在试验初始阶段不动作）。

接着切换回“试验参数”页面，选择 IA 为变量，波形设为“二次谐波”，幅值步长定为 1%，并选择“手动变化”方式。完成参数设置后点击“开始试验”，按步长逐步减小二次谐波百分比直至保护动作，最后将动作时 IA 的二次谐波百分比值与整定的制动系数进行对照，即可完成测试。

## 十.同期试验 (界面如图 16)

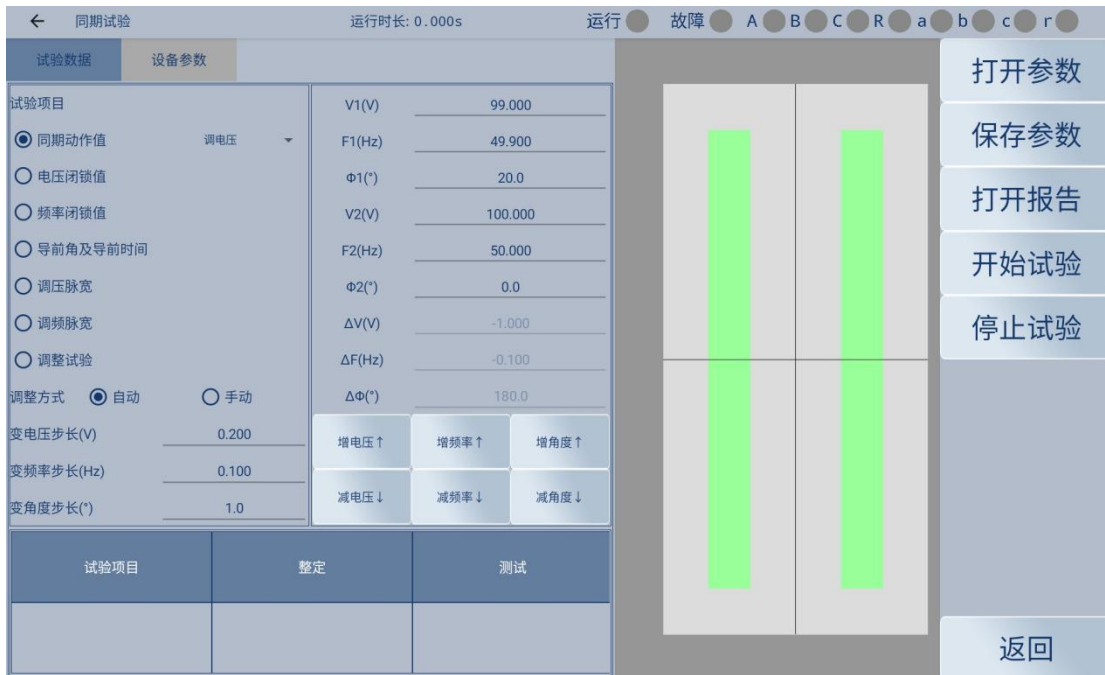


图 16

★ 本模块用于测试同期装置的动作电压、动作频率、动作角度以及进行自动同期调整试验。

★ 可测试同期功能的各项动作值、电压闭锁值、频率闭锁值、导前角、导前时间，以及调压脉宽、调频脉宽。

★ 支持自动准同期装置的自动调整试验；

★ 可完成线路检同期、检无压的同期重合闸保护测试；

★ 具备自动测试与手动测试两种操作模式。

### \* 试验项目设置：

➤ 同期动作值：该功能用于测试同期电压差、频率差和角度差的动作值。其屏幕中间部分提供“增减电压”“增减频率”“增减角度”等选项。试验开始后，可按照设定的变化步长手动增减相应参数，直至同期接点动作，此时即可测得对应的同期动作值。此外，该功能也可用于测试线路检同期或检无压的重合闸保护。

➤ 电压闭锁值：试验前预设待并侧电压、频率，满足装置同期条件且保留一定压差、频差，使两侧角差周期性拉开与摆拢。试验开始后，两侧电压幅值、频率符合要求，角度摆入动作范

围时，同期装置发出合闸命令，动作指示灯同步响应。通过手动或自动方式增减待并侧电压，直至同期装置闭锁（动作角差内无动作）；自动调整时，测试仪持续向增大压差方向调节待并侧电压，直至装置动作闭锁，即可测得压差闭锁值。

➤ 频率闭锁值：试验前，需将待并侧与系统侧的电压、频率设定为满足装置同期条件的状态，同时保留一定频率差值，确保两侧角差呈周期性拉开与摆拢。试验启动后，因两侧电压幅值与频率已符合同期要求，每当角度摆动至动作范围，同期装置即发出合闸命令。此时可手动或自动增减待并侧频率，直至同期装置闭锁（动作角差范围内不再动作）；选择自动变化模式时，测试仪每次均向增大频率差的方向调整待并侧频率，逐步加大频差至同期装置动作闭锁，此时测得的数值即为频差闭锁值。

➤ 导前角以及导前时间：试验前，先将待并侧与系统侧电压设为相等，频率则设定为不满足同期条件的状态。试验开始后，因两侧频差较大，角度旋转过程中，同期装置不会发出合闸命令。此时手动或自动增减待并侧频率，当待并侧频率达到临界允许动作值，且角度摆入动作范围时，同期装置将首次动作并发出合闸命令，测试仪随即计算并记录频差刚满足同期条件时的导前角与导前时间。

➤ 调压脉宽：试验前，先将待并侧电压设置为不满足同期条件的状态（低于或高于系统侧电压）。频率需满足同期要求但不相等，以实现两侧角差周期性拉开与摆拢。

● 将同期装置的升压、降压信号，分别接入测试仪的开入 A 与开入 a 接口。试验过程中，因电压不满足同期条件，装置不输出合闸信号，但会周期性发送“升压”或“降压”信号。此时，测试仪可测量该压差下的调压脉宽与调压周期，且调压脉宽通常与压差呈基本线性关系。

➤ 调频脉宽：试验前，将两侧电压设定为满足同期条件，频率则设为不合同期条件（系统侧频率高于或低于待并侧频率）；同时将同期装置的升频、降频信号分别接入测试仪开入 B 与开入 b 通道。试验期间，因频率不合同期要求，装置不发出合闸信号，但会周期性发送升频或降频信号，此时测试仪即可测量当前频差下的调频脉宽与调频周期。调频脉宽通常与频差基本呈线性关系。

➤ 调整试验：试验前，设定待并侧电压幅值与频率，使其与系统侧差值较大，均不合同期条件。试验时，同期装置向测试仪发送升压、降压或升频、降频信号，测试仪接收信号后，将按照预设变化率，自动朝满足同期条件的方向调整待并侧电压与频率，直至压差、频差及角差均达标，同期装置发出合闸命令时停止调整，同时测试仪记录合闸瞬间的压差、频差与角差。

试验过程中，压差或频差满足同期要求时，同期装置对应的压差合格灯或频差合格灯点亮；若角差也满足要求，装置将立即发出合闸信号。由此明确同期动作三要素：待并侧与系统侧频率基本相等、电压基本相等、相位差小于设定值。

#### \* 其它参数：

➤ 调整方式和步长：不同测试项目对应软件预设的调整方式不同。测试同期动作值、调压脉宽、调频脉宽等项目时，软件仅支持手动调整；其余测试项目均兼容“手动”与“自动”两种调整方式。手动调整模式下，试验期间需通过软件界面对应按钮调节变量输出；自动调整模式下，测试仪将依据同期装置发送的调整信号，自动完成变量输出调整。

➤ 同步窗口：依据同期装置整定值，设定 $\Delta V$ 、 $\Delta F$ 、 $\Delta F_{min}$ 、 $\Delta F_{max}$  及 $\Delta \phi$  的数值。需注意，上述参数在试验过程中仅作参考，不影响试验本身。参数设置完成后，右侧图表可实时显示对应效果，试验过程中还能直观观测到试验轨迹。

➤ 两侧固有角度差：这是两侧的接线角差、变压器 Y/ $\Delta$ 角差各种固有角差之和。试验时将自动对该角度进行补偿。

➤ 断路器合闸时间：断路器的合闸延时，模拟同期装置发合闸命令后断路器的延时合闸。

➤ 开入防抖动时间：用于消除试验期间保护继电器接点抖动对试验造成的影响。对同期装置一般设 5ms，对继电器一般设 20—40ms。

## ■. 试验指导

#### \* 试验接线：

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

➤ 开入量接线：同期装置开出信号接线规范：“升压”“降压”“升频”“降频” 信号分别接入测试仪开入 A、a、B、b，合闸动作出口信号接入测试仪开入 R；同期装置上述所有开出信号的另一端需短接，统一接至测试仪开入量公共端（COM）。若保护各开出为有源接点，需注意将各开出接点的正电源接入测试仪开入量公共端。

## 十一. 故障再现

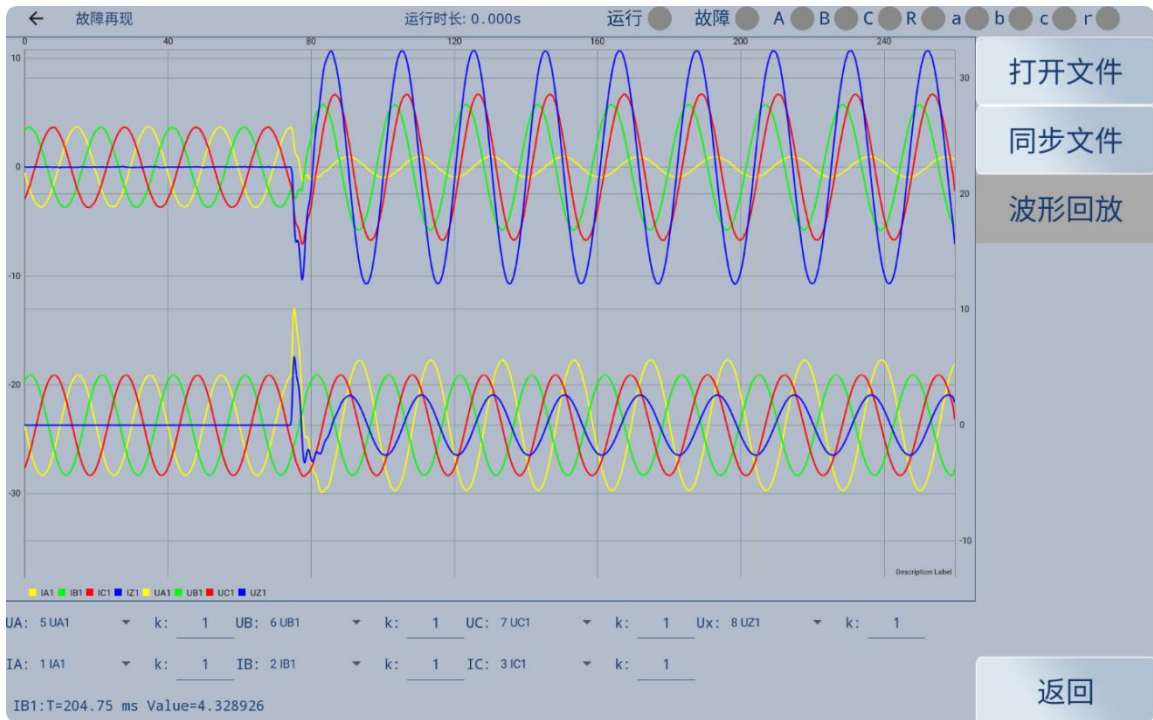


图 17

★ 本功能模块既可用于现场电网事故分析，也是保护装置开发过程中的高效测试工具，核心支持暂态数据文件的导入、浏览、编辑与输出功能。所处理的暂态数据文件涵盖实际故障数据与模拟故障数据两类，数据来源通常为故障录波器现场记录，或 EMTP 等电力系统暂态计算程序的仿真计算结果。

### \* 文件格式：

➤ 导入的暂态信号要求支持 COMTRADE 格式。COMTRADE 格式一般包含三个文件：

- ① CFG 文件：描述故障报告通道(信号名称、采样频率等)配置文件。
- ② DAT 文件：记录故障报告各通道采样值的 COMTRADE 文件。
- ③ HDR 文件：数据相关文本(该模块不需使用该文件)。

### \* 文件导入：

➤ 将故障文件拷贝到 U 盘，后将 U 盘插入仪器 U 口上；

- 点击屏幕右侧“打开文件”功能键，后在弹出页面中找到 U 盘存储的.CFG 文件，点击该文件后，点击确定。
- 完成上一步操作后，点击同步文件后，在页面弹出对话框中找到.DAT 文件后点击确定；
- 点击右侧“波形回放”页面生成回放波形。

## 十二.距离和零序保护 (图 18)



图 18

- ★ 可一次性自动完成各类接地距离保护、相间距离保护及零序保护的全项测试。
- ★ 可测试同一故障类型下，保护装置三相同同时跳闸及三相不同时跳闸的动作时间。
- ★ 阻抗定值配置灵活，既可采用  $Z$ 、 $\Phi$  方式设定，也可采用  $R$ 、 $X$  方式设置，适配不同保护装置的定值输入习惯。

### \* 参数设置:

- 项目选择：有“距离保护”和“零序保护”，可单独测试也可同时测试。
- 故障前延时：该预设时间核心作用为等待每次保护动作后的整组复归、TV 断线信号消失，或是重合闸完成充电，取值需按试验类型区分设定：仅做保护定值测试且不投入重合闸时，该

时间通常设 2~10s；若需同时开展重合闸试验，则需将时间设为 15~25s。需注意，每一轮故障测试启动后，测试仪都会先进入故障前延时状态，此时输出三相额定电压 57.7V、三相电流为 0，待延时结束后才转入故障状态，输出预先设置的故障量。

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

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

➤ 触发故障方式：

1. 时间控制：在“时间控制”触发方式下，故障前状态的持续时长由“故障前延时”参数决定，该延时时间结束后，系统会自动进入故障状态。此方式下试验完全由测试仪自动完成，过程中操作人员仅需根据提示投切对应的压板即可。

2. 按键触发：在“按键触发”方式下，故障前状态期间，按下测试仪面板键盘任意键，或用鼠标点击软件上的触发键，即可立即进入故障状态。该方式能让操作人员手动控制试验进程，便于在试验期间观察保护装置的报文信息，或及时打印试验结果。

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

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

➤ 零序补偿系数：提供了  $K_L$ 、 $K_R/K_X$ 、 $Z_0/Z_1$  共三种表达方式。在进行接地距离测试时，必须正确设置零序补偿系数。

## \* 距离保护：

➤ 勾选需要进行试验的保护段。

➤ 在“Z( $\Omega$ )”数据框中输入保护整定值，可选择按 Z- $\Phi$  方式或 R-X 方式输入 ➤ 各段试验电流设定值必须大于保护启动电流；相间距离试验中，阻抗与电流的乘积宜控制在 20~40V（不得超过 57V），接地距离试验中该乘积宜控制在 20~30V（不得超过 57V）。试验电流设定通常遵循“阻抗（或电抗）越小，电流越大”原则，确保测试结果准确可靠。

➤ 各段试验时间均需大于对应段的整定动作时间。举例说明：若 I 段、II 段、III 段整定动作时间分别为 0s、0.5s、1.0s，计入保护跳闸固定延时，可按对应递增原则设试验时间为 0.2s、0.7s、1.2s，此设置下理想试验结果为：0.95 倍定值时本段可靠动作，1.05 倍定值时本段不动作，且下段动作时间不足也不动作；也可统一将三段试验时间设为大于 III 段整定动作时间，该设置下理想试验结果为：0.95 倍定值时本段动作，1.05 倍定值时本段不动作，由下段保护动作。

➤ 在“整定时间”框输入各段整定动作时间，此参数仅作参考，不影响试验结果。

➤ 在“方向”列点击屏幕，可在“正向”与“反向”间切换，便于测试方向性距离保护。

➤ 选择需测试的故障类型：单相接地故障用于接地距离阻抗校验，两相短路和三相短路用于相间距离阻抗校验；做接地距离试验时需正确输入零序补偿系数。

## \* 试验阻抗倍数

➤ 软件默认提供 0.8、0.95、1.05、1.2 倍四种校验倍数（可修改），贴合保护校验通用要求；0.95/1.05 倍动作不正确时，可换用 0.8/1.2 倍测试，亦可自定义倍数试验。

## \* 零序保护

➤ 勾选需要进行试验的保护段。

➤ 参数设置与距离保护类似，参考上面距离保护说明指导。

➤ 短路计算方法

1. 电压恒定方法：本模式支持直接设置故障相电压，试验时故障相电压恒定输出，不受故障电流大小影响；故障相电压角即故障时故障电压与故障电流的夹角。

2. 阻抗恒定方法：本模式在试验时，由故障电流和故障阻抗计算故障相电压。

## ■ 试验指导

➤ 接线要求

▽ 分相跳闸：跳 A/B/C→测试仪开入 A/B/C，重合闸→开入 R

▽ 三跳：跳闸信号→开入 A/B/C 任一，重合闸→开入 R

➤ 动作判定标准

▽ 0.95 倍：本段可靠不动作

▽ 1.05 倍：距离本段不动作，零序保护可靠动作

▽ 0.8/1.2 倍：容忍性测试，0.95/1.05 倍不达标时使用；仍异常需查保护并联系厂家

➤ 异常处理：

▽ 段别误判（II/III 段动作记为 I 段）：查重合闸后加速，退出对应压板 / 控制字重试

▽ 长鸣报警无动作记录：排查对应跳闸相接线；可短接跳 A/B/C 接开入 A

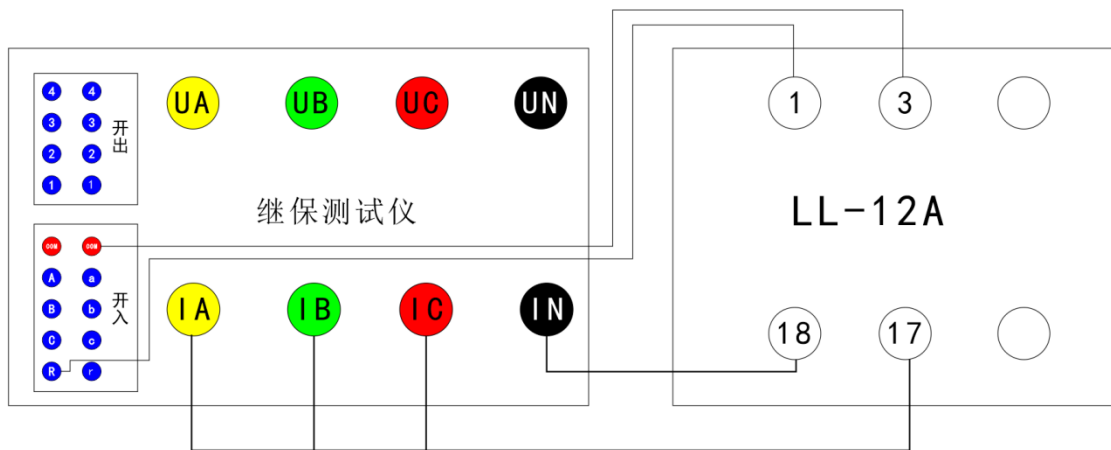
▽ 本段不动下段动：本段最大故障时间需比下段动作时间大 $\geq 0.2s$ 以上。

# 附录 1:

## 一. 各种继电器的试验方法

### 1. 交流电压 / 电流 / 反时限电流继电器校验

在交流试验模式下，将  $U_a$ （或  $U_{ab}$ ） /  $I_a$  设定为初始值并配置步长，通过点击屏幕右侧功能按钮“递增数据”或“递减数据”调整电压 / 电流大小，测量继电器的动作值、返回值及对应的动作时间、返回时间，最终计算返回系数。下图为 LL-12A 过电流继电器的接线示意图如下。



### 2. 直流电压 / 电流继电器校验

在直流试验模式下，将  $U_a$ （或  $U_{ab}$ ） /  $I_a$  设定为初始值并配置步长，通过点击屏幕右侧功能按钮“递增数据”或“递减数据”调整电压 / 电流大小，测量继电器的动作值、返回值及对应的动作时间、返回时间，最终计算返回系数

### 3. 时间继电器校验

采用手动试验方式，参照直流或交流电压继电器的试验操作流程，测出继电器的动作值、返回值及对应的动作时间、返回时间。

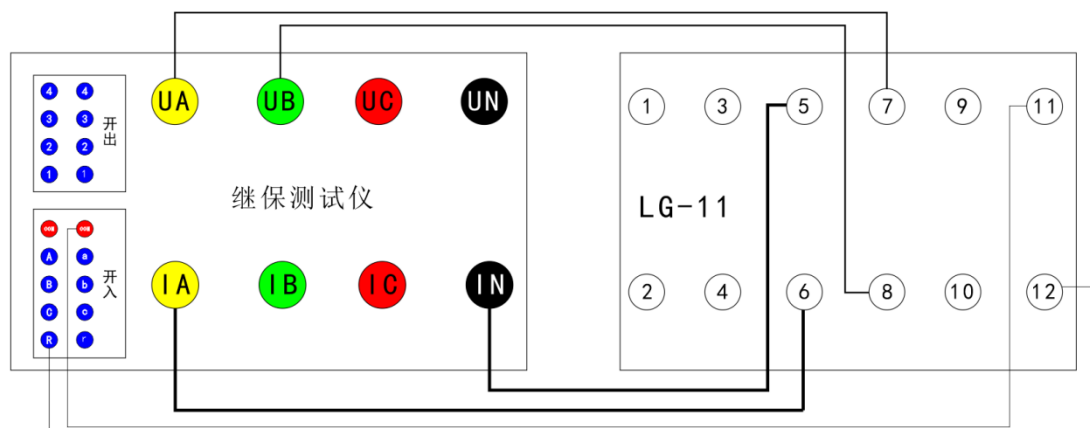
### 4. 功率继电器校验

#### ▽ 功率方向继电器动作区和灵敏角的测量

在功率、阻抗试验模式下，设定  $U_{ab}$ 、 $I_a$  为额定值，配置  $U_{ab}$  相角步长，通过调整电压相位角（可选用自动试验方式），测出动作区两侧边界角  $\phi_1$ 、 $\phi_2$ ，按公式  $\phi_{LM} = \frac{1}{2} (\phi_1 + \phi_2)$  计算灵敏角  $\phi_{LM}$ 。

### ▽ 最小动作功率的测量

将电压与电流的相位角设定为灵敏角  $\phi_{LM}$ ，设定  $I_a$ （或  $U_{ab}$ ）为额定值、 $U_{ab}$ （或  $I_a$ ）为零；配置  $U_{ab}$ （或  $I_a$ ）的调整步长，逐步增加电压（或电流），直至继电器动作，记录此时的最小动作功率，如下图所示。



### ▽ 潜动试验

电流回路开路状态下，设置  $U_{ab}$  初始值为零、步长为额定电压，突然施加或切除电压，继电器触点不得出现瞬间接通现象；

电压回路经  $20\Omega$  电阻短路状态下，设置  $I_a$  初始值为零、步长为数倍额定电流，突然施加或切除电流，继电器触点不得出现瞬间接通现象。

### ▽ 记忆作用检验

在灵敏角工况下，分别设置  $I_a$  为 0.5 倍额定电流和数倍额定电流，将  $U_{ab}$  由 100V 突降至零，继电器应可靠动作，表明其记忆功能正常。

## 5. 阻抗继电器校验

### ▽ 阻抗继电器灵敏角和整定阻抗的测量

在功率、阻抗试验模式下，设定  $I_a$  为 5A（或 1A）， $U_{ab}$  为 0.7 倍整定阻抗对应的电压，通过调整电压相位角（可选用自动试验方式），测出动作区两侧边界角  $\phi_1$ 、 $\phi_2$ ，按公式  $\phi_{LM} = \frac{1}{2}(\phi_1 + \phi_2)$  计算灵敏角  $\phi_{LM}$ ；将相位角设定为  $\phi_{LM}$ ，从高至低逐步调整电压至继电器动作，记录动作电压  $U_{DZ}$ ，按公式  $Z_{SET} = U_{DZ} / I$  计算整定阻抗  $Z_{SET}$ 。

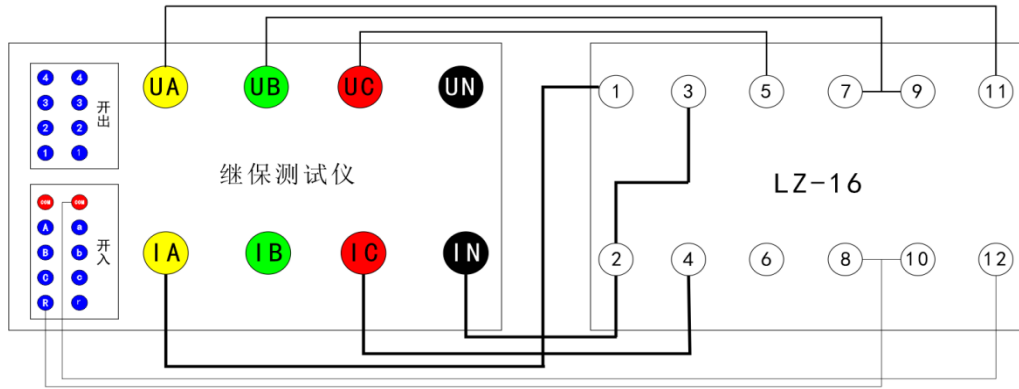
### ➤ 精工电流曲线的测量

固定电压与电流的相位角为灵敏角  $\phi_{LM}$ ，逐次改变电流  $I_{ab}$ ，在每个电流档位下调整电

压  $U_{ab}$ （可选用自动方式），测出对应的动作值，绘制精工电流曲线  $Z=f(I)$ 。

➤ “鸟啄” 现象检验

电流回路开路状态下,设置  $U_{ab}$  初始值和步长均为额定电压,将电压由额定值突降至零,继电器触点不得出现闭合现象。接线如下图所示。



6. 同步检查继电器校验

➤ 两线圈极性关系检查

在交流试验模式下,设定  $U_a$ 、 $U_c$  输出额定电压并接入继电器两线圈,若继电器不动作,且断开任一线圈后继电器动作,表明 2、6 为同极性端子;否则,2、4 为同极性端子。

➤ 动作角度的测量

确认线圈极性端子连接正确后,设定  $U_a$ 、 $U_c$  为额定电压,逐步改变两电压之间的相位角,测出继电器的动作角度值和返回角度值。

➤ 动作、返回电压的测量

设定一个线圈电压为零,将另一线圈电压由零逐步增加(可选用自动试验方式),测出动作电压;再逐步减小电压,测出返回电压;交换两线圈接线后,重复上述试验。接线如下图所示。

