

BY-2518 线路参数测试仪

使用说明书 V1.0



武汉博宇电力设备有限公司

WUHAN BOYU ELECTRICAL POWER EQUIPMENT CO.,LTD.

武汉博宇电力设备有限公司

目 录

1. 线路工频参数测试功能及主要技术指标	1
1.1 系统简介	1
1.2 功能特点	1
1.3 技术指标	2
2. 系统结构配置与软件介绍	4
2.1 装置结构	4
2.2 装置硬件配置	4
2.3 软件介绍	5
3. 线路工频参数测试使用说明	11
3.1 线路工频参数测试简介	11
3.2 正序阻抗测试	13
3.3 零序阻抗测试	15
3.4 正序电容测试	17
3.5 零序电容测试	21
3.6 线间互感测试	23
3.7 双回线线间互电容测试	27
4. 线路工频参数测试 试验结果与试验报告	29
4.1 线路工频参数测试数据管理程序	29
4.2 试验报告自动生成	38
5. 线路工频参数测试便携录波与波形分析功能	39
5.1 便携录波功能	39
5.2 波形分析功能	41
附录 线路工频参数测试试验报告格式	43

1. 线路工频参数测试功能及主要技术指标

1.1 系统简介

线路工频参数的测量对电力系统短路电流计算、继电保护整定、故障定位、仿真分析等应用具有重要作用，传统测试方式接线复杂、工作量大，且易受空间电磁场、其它感应干扰电压的影响，参数测试精度和准确性难以保证。线路工频参数测试仪是结合电力现场情况、众多电力用户的经验和要求而开发的具有自主知识产权的便携式新产品，采用先进的测试方法和计算技术，无需换相测量，能有效消除干扰和三相测量电压不对称对线路工频参数测试的影响，且测试方法简单，现场接线次数少，能很好满足线路工频参数测试要求。

1.2 功能特点

- 可测量输电线路的正序阻抗、零序阻抗、线间互感、正序电容、零序电容、双回线间耦合电容、电压、电流、功率、频率等参数，可实现便携录波和波形分析功能。
- 可测量异地线间互感；
- 支持传统二表法/三表法电容测试，支持外接 TV/TA；
- 采用同步技术和相量运算，有效消除干扰感应电压对参数测试的影响；
- 电压、电流测量范围宽，具有量程自适应调整功能，保证电压、电流测量精度，电压测量范围：0-1000V(相电压)，电流测量范围：0-60A；电压、电流测量幅值精度优于 2%，相位精度优于 0.3°
- 参数测试中无需换相，接线简单、方便，支持外加三相和单相电源测试；
- 测试仪具有高压保护和报警功能；
- 可实时监测显示外加试验电量数据和波形，支持列表与波形显示，并内嵌手动录波功能，录波波形文件符合 Comtrade 格式，并配有功能强大的波形分析软件。
- 外接笔记本电脑进行线路参数测试；
- 自动形成测试报告，可按用户要求修改测试报告模板，支持 Word 文件格式；

- 具有良好的文件管理与参数测试结果管理功能；
- 采用主辅机箱，强弱电分开，增强抗干扰能力。
- 主机完成数据采集与计算分析，为便携式笔记本由客户自选；
- 测量传感器铝合金机箱，尺寸：295mmX235mmX240mm（长×宽×高），重量小于 8 公斤；

1.3 技术指标

1.3.1 输入信号

1.3.1.1 交流电压

- 1) 额定频率：50Hz；
- 2) 电压测量范围：0~1000V（电压有效值），可外接 TV；
- 3) 同步电压输入，额定电压 380V
- 4) 电压测量误差小于 2%，相位精度优于 0.3°。

1.3.1.2 交流电流输入

- 1) 额定频率：50Hz；
- 2) 电流测量范围：0~60A（电流有效值），可外接 TA；
- 3) 电流测量幅值误差小于 2%，相位精度优于 0.3°。

1.3.1.3 供电电源

1) 交流电源

- a) 额定电压：单相 220V，允许偏差-20%~+15%；
- b) 频率：50Hz，允许偏差±3Hz；
- c) 波形：正弦，波形畸变不大于 5%。

2) 功率消耗

- a) 工作电源：≤100W；
- b) 交流电压回路：当额定电压时，每相不大于 5VA；
- c) 交流电流回路：每相不大于 5VA；

1.3.2 性能指标

- 1) 阻抗测量精度：模值精度 $\leq 1.5\%$ ，相位精度 $\leq 0.5^\circ$ ；
- 2) 容抗测量精度优于 2%；
- 3) 采样速率 10 kHz 可调；
- 4) 谐波分辨率 ≤ 99 次；
- 5) 25℃时，额定值下电流、电压波形采样精度优于 0.2%，相位精度优于 0.3°；
- 6) 有功功率测量误差不超过 0.5%；
- 7) 无功功率测量误差不超过 0.5%；
- 8) 装置的各路交流电压、交流电流相互之间的相位测量误差 $\leq 0.3^\circ$ ；
- 9) 采用自适应技术调整零漂。



武汉博宇电力设备有限公司

WUHAN BOYU ELECTRICAL POWER EQUIPMENT CO.,LTD.

2. 系统结构配置与软件介绍

2.1 装置结构

装置由两部分组成。数据显示和分析由便携式笔记本完成、信号采集由测量箱内的 DSP 板、轻便开关电源组成、TA、TV 变送器完成，两者通过网络进行数据交换；操作方便并提高了抗电磁干扰能力，实现了强弱电的可靠隔离。

图 2.1.1 线路工频参数测试仪



图 2.1.2(a) 传感器接线方式一

图 2.1.2(b) 传感器接线方式二

测量箱采用灵活的接线形式，在测试仪测量电压、电流范围内，可直接采用内部电压、电流传感器，传感器连线方式如图 2.1.2(a)所示，将电流输出端子和电压端子采用连接片连接；测量电压、电流超过测试仪测量范围时，可先外接电压、电流互感器后再接至测试仪测量箱，此时，需要断开电流输出端子和电压端子之间的连接片，如图 2.1.2(b)所示。

2.2 装置硬件配置

2.2.1 装置硬件原理图

装置硬件原理框图如图 2.2.1.1 所示：

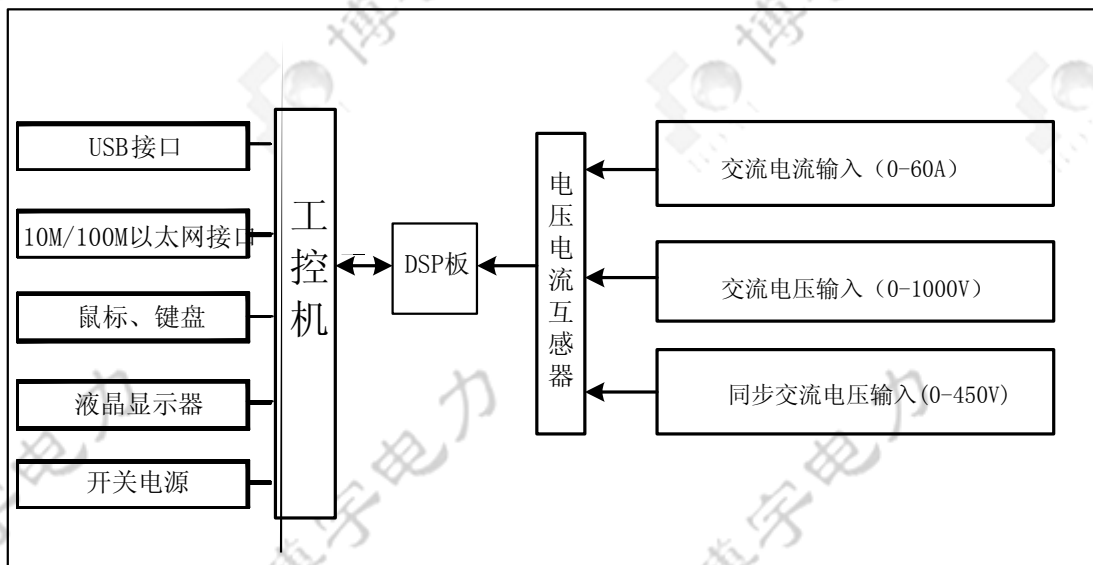


图 2.2.1.1 线路工频参数测试 硬件原理框图

2.2.2 键盘、鼠标

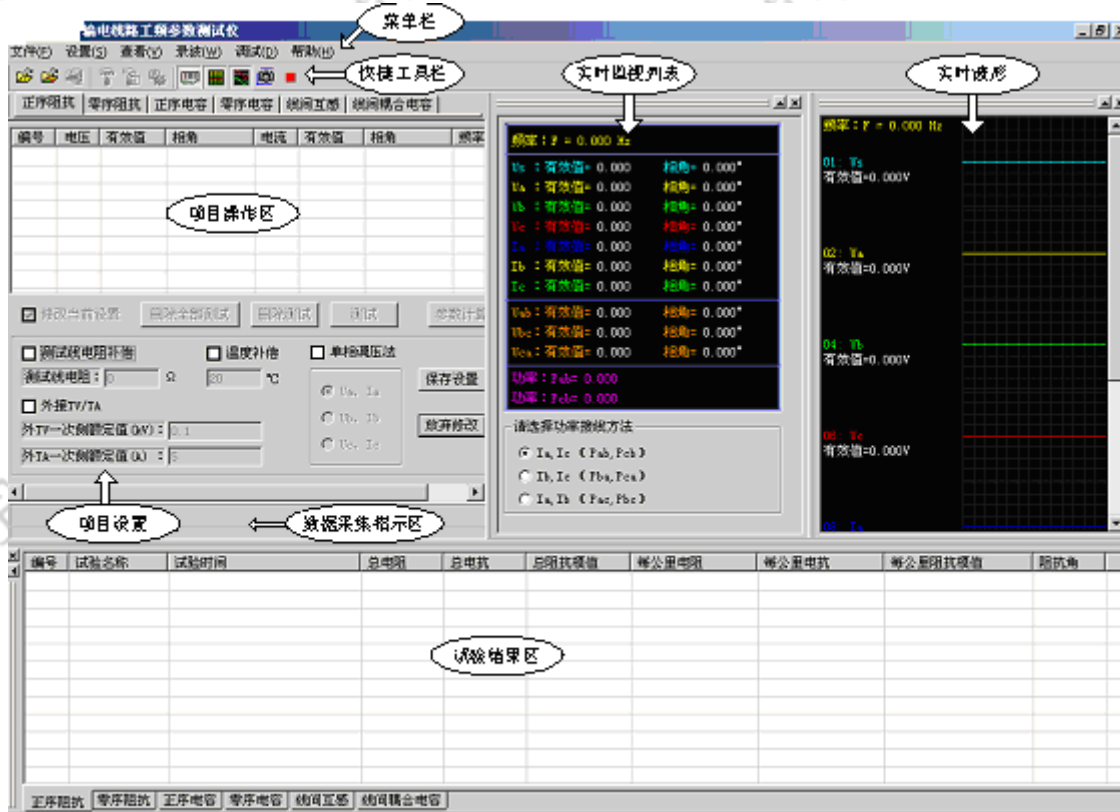
支持标准键盘和鼠标。

2.3 软件介绍

2.3.1 主界面

线路工频参数测试运行环境为 windowsXP 操作平台，参数测试软件主界面如图

2.3.1.1 所示，主要划分为 8 个区域，各区域简要介绍如下：



菜单栏：

配置有多种实用常见的菜单，易于操作；

快捷工具栏：

线路工频参数测试设置有 11 个常用的快捷工具：

- ：打开试验数据管理模块
- ：打开波形文件
- ：打开指定试验项目
- ：设置试验总体环境
- ：设置手动录波参数
- ：设置运行环境参数
- ：显示/隐藏结果记录栏
- ：显示/隐藏实时波形窗口
- ：手动录波
- ：实时波形快照
- ：显示/隐藏实时监视列表

图 2.3.1.1 软件主界面

试验项目操作区：

该区位于主界面的左侧，用于各种试验的测试、计算、及各试验项目相关设置，不同的试验内容可通过点击左上方的书签进行自由切换。

实时监控列表：实时监控列表以列表的形式显示各通道电压、电流有效值、正序阻抗与零序阻抗测试中的功率值，并且可以根据假想功率表接线形式显示相应的两表法功率值。

实时波形区：

实时波形区位于主界面的右侧，以 1kHz 的采样率实时显示各试验项目设置中所选通道的实时波形，可以监视通道的有效值、相位和幅值。可以设置通道显示比例，在波形快照状态下，还可设定通道修正系数。

项目设置区：

针对不同的试验内容，可选择灵活的试验接线方式和测试通道，方便测试人员接线。

数据采集指示区：在用户测试时，以进程条的方式显示数据采集状态。

试验结果区：

试验结果区位于主界面下端，用于显示参数测试结果，可显示同一测试内容多次测试结果，按升序或者降序自动排序。

2.3.2 软件介绍

1. 文件菜单（如图 2.3.2.1 所示）

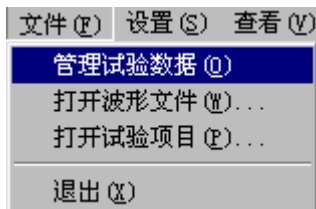


图 2.3.2.1 文件菜单项

文件菜单包含如下 4 个内容：

- 管理试验数据：调用数据管理软件 ManageDatas.exe，对试验数据和结果进行处理，生成试验报告；
- 打开波形文件：打开试验波形，观察试验波形或者进行波形分析，点击打开波形文件，弹出如图 2.3.2.2 所示的选择对话框；

图 2.3.2.2 打开波形文件

- 打开试验项目：点击“打开试验项目”，弹出如图 2.3.2.3 所示的选择对话框，选中已有的试验项目，继续参数测试试验或者查看已有试验结果、试验数据和波形；

图 2.3.2.3 打开试验项目对话框

- 退出：点击退出，退出程序。

2. 设置菜单栏（如图 2.3.2.4 所示）

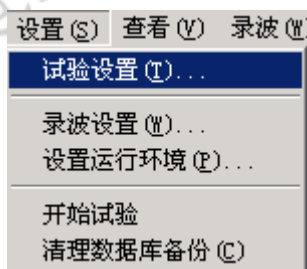


图 2.3.2.4 设置菜单项

设置菜单主要实现试验基本信息设置、手动录波设置和数据保存目录设置，开始试验设置，以及清理数据库备份。

- 试验设置：设置参数测试基本信息，如图 2.3.2.5 所示。其中：
 - “注意事项”可提示用户填写信息的注意事项；
 - “检测名称”可以检查是否有同名的测试内容，做到测试项目的唯一性，方便用户数据管理；
 - “计算”可通过录波计算感应电压；
 - “查看向量图”可查看三相接地时的感应电压向量图。



图 2.3.2.5 试验基本信息设置

- 录波设置：设置手动录波的参数，详细见 5.1 节。
- 设置运行环境：设置手动录波和试验数据保存目录，手动录波和试验数据分别存放，如图 2.3.2.6 所示。点击右边双箭头可以设置波形、数据保存到用户指定的目录。

图 2.3.2.6 运行环境设置

- 开始试验：在设置好试验基本信息和数据存放目录后，点击开始试验，测试按钮生效，可以开始参数测试；用户打开已有的试验项目时，测试按钮自动有效，可以进行新的测试。
- 清理数据库备份：当开始试验时，软件提示用户是否备份数据库，为保证已有数据的安全，用户可选择备份数据库。当用户认为有些备份已经过期，无

需再保留时，可通过清理数据库备份功能清理不需要的备份。当用户点击“清理数据库备份”时，会出现如图 2.3.2.7 所示数据库备份列表对话框，用户从列表选中要删除的备份，再点击删除选中文件，即可清理备份。

图 2.3.2.7

3 查看菜单栏（如图 2.3.2.8 所示）

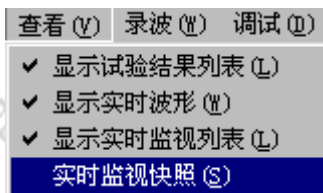



图 2.3.2.8 查看菜单项

查看菜单项包含如下 4 项：

- 显示试验结果列表：根据测试数据，显示/隐藏各项参数计算结果列表，试验结果列表位于图 2.3.1.1 中主界面的最下端。
- 显示实时波形：显示/隐藏实时波形，实时波形可对所加电压、电流进行监视，实时显示线路电压、电流波形，如图 2.3.1.1 所示。
- 显示实时监视列表：除了实时波形外，还可以同时以列表的形式显示线路实时电压、电流有效值信息，对于正序和零序阻抗测试，还可以根据用户选择的接线方式，显示功率信息。
- 实时监视快照：选择“查看” -> “实时监视快照”或者快捷工具栏上的，可以显示实时波形的快照，在实时监视快照中，单击右键，出现图 2.3.2.9 所示的选项，可以设置实时波形显示的信息（如有效值、瞬时值、最大值或者相角）、设置波形峰值、修正或者还原通道系数，如图 2.3.2.10 所示。

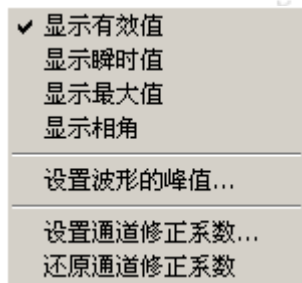


图 2.3.2.9 实时监视快照选项

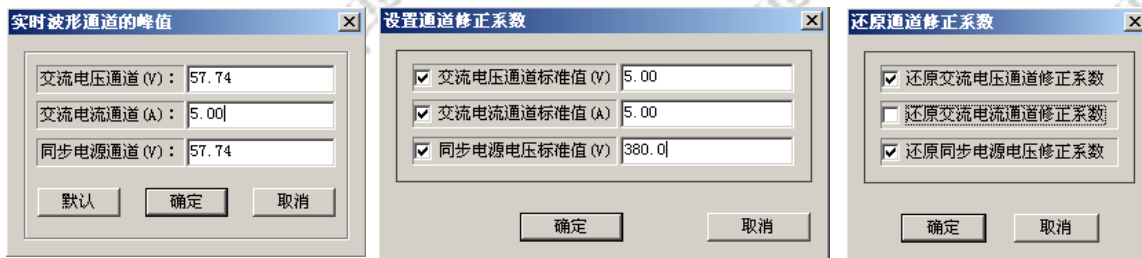


图 2.3.2.10 实时波形峰值设置和通道系数设置/还原

4. 录波菜单栏（如图 2.3.2.11 所示）

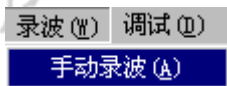


图 2.3.2.11 录波菜单项

录波菜单项主要启动手动录波，与快捷工具  等效，关于手动录波，可参考 5.1 节。

5. 调试菜单栏（如图 2.3.2.12 所示）

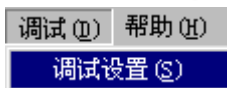


图 2.3.2.12 调试菜单项

调试菜单项主要方便厂家调试用。

6. 帮助菜单栏：帮助菜单项提供线路工频参数测试测试仪版本号和升级信息。

3. 线路工频参数测试使用说明

3.1 线路工频参数测试简介

➤ 对于用户新建的试验项目，在正确接线后，软件按如下步骤进行：

- (1) 进行试验设置，输入基本试验信息。点击设置->试验设置，弹出如下试验设置对话框，输入正确信息并确定；

电压等级 (kV):	220	线路名称:	A线路
测试单位:	测试单位	线路长度 (km):	15.5
试验人员:	试验人员	线路形式:	水平架设
试验日期:	2006年7月6日	线路材料:	铜线
试验主站:	试验主站	天气:	晴
试验从站:	试验从站	温度 (°C):	35
线型:	2×240耐热型	双回线名称:	无
试验器材及型号:			

绝缘电阻 (MΩ)

Ra:	50	Rb:	50	Rc:	50
-----	----	-----	----	-----	----

感应电压 (V)

线路两侧开路

Ua:	195.7510	Ub:	412.2220	Uc:	285.0060
Uab:	607.9710	Ubc:	686.7490	Uca:	121.0710

线路对侧三相接地

Ua:	9.0622	Ub:	6.1528	Uc:	4.9657
Uab:	2.9740	Ubc:	1.5716	Uca:	4.4746
U0:	0.0000	查看向量图			

图 3.1.1 试验基本信息设置



正确接线条件下，点击图 3.1.1 中相应的“计算”按钮，可自动测量线路对端三相开路的静电感应电压有效值和对端三相短路接地情况下的电磁感应电压有效值以及零序感应电压有效值。




文件目录格式为“线路名称->试验内容”，请正确填写相关试验基本信息。

- (2) 设置手动录波和试验数据保存目录；
- (3) 开始试验。点击 设置->开始试验；
- (4) 根据不同的参数测试内容和接线方式，软件中补充试验设置；
- (5) 进行多次测试后，点击参数计算，得到并保存相应测试内容的参数结果；
- (6) 试验结束，点击 设置->结束试验；
- (7) 对试验结果进行加工处理，可任意选择多次测试结果的平均值作为最终测试结果

果，并自动生成试验报告。试验报告可在上完成，也可通过 USB 或者网口导出试验数据，在另外机器上安装随机附送的试验数据管理程序，对试验结果和试验报告进行离线处理。

➤ 对于已有的线路参数测试项目，在正确接线后，软件按如下步骤进行：

- (1) 点击设置->设置运行环境，设置项目和录波、数据保存目录；
- (2) 打开已有的试验项目。单击“文件->打开试验项目”或者快捷工具；
- (3) 跳至新建试验项目步骤(4)，继续试验，之后与新建试验项目类似。

[说明]：

- ◇ 每项参数测试时，至少需要调压测试两次。
- ◇ 打开已经存在的项目，首先设置运行环境，即该项目存放录波与试验数据目录；
- ◇ 试验基本信息中，输入线路长度可以方便计算单位长度阻抗值，如线路长度未知，填入 1；

3.2 正序阻抗测试

线路工频参数测试支持外加三相和单相测试电源进行输电线路正序阻抗测试。

➤ 外加三相测试电源正序阻抗测试方法与步骤：

- 1、被测线路末端三相短路，首端加三相电源，以内接 TV/TA 为例，按图 3.2.1 接线；

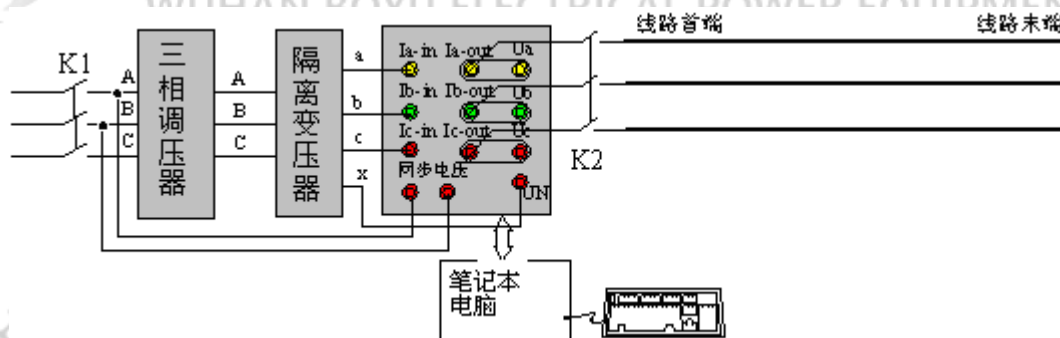


图 3.2.1 外加三相电源正序阻抗测试接线图

- 2、采用内接 TV/TA，隔离变压器中性点端子 x 接至 TV/TA 箱 U0 端子，线路工频参数测试外壳接地端子可靠接地；
- 3、同步电压取自三相调压器前端线电压或者其它现场电源箱相/线电压；
- 4、根据现场接线，设置正序阻抗相关选项和参数，如图 3.2.2(a)所示。
- 5、合上开关 K1、K2，调节三相调压器，进行多次测试，得到多次测量的电量参数，如图 3.2.2(b)所示。
- 6、单击参数计算，计算被测线路正序阻抗，如图 3.2.2(c)所示；



图 3.2.2 (a) 正序阻抗测试——选项及参数设置

图 3.2.2 (b) 正序阻抗测试——调压测试

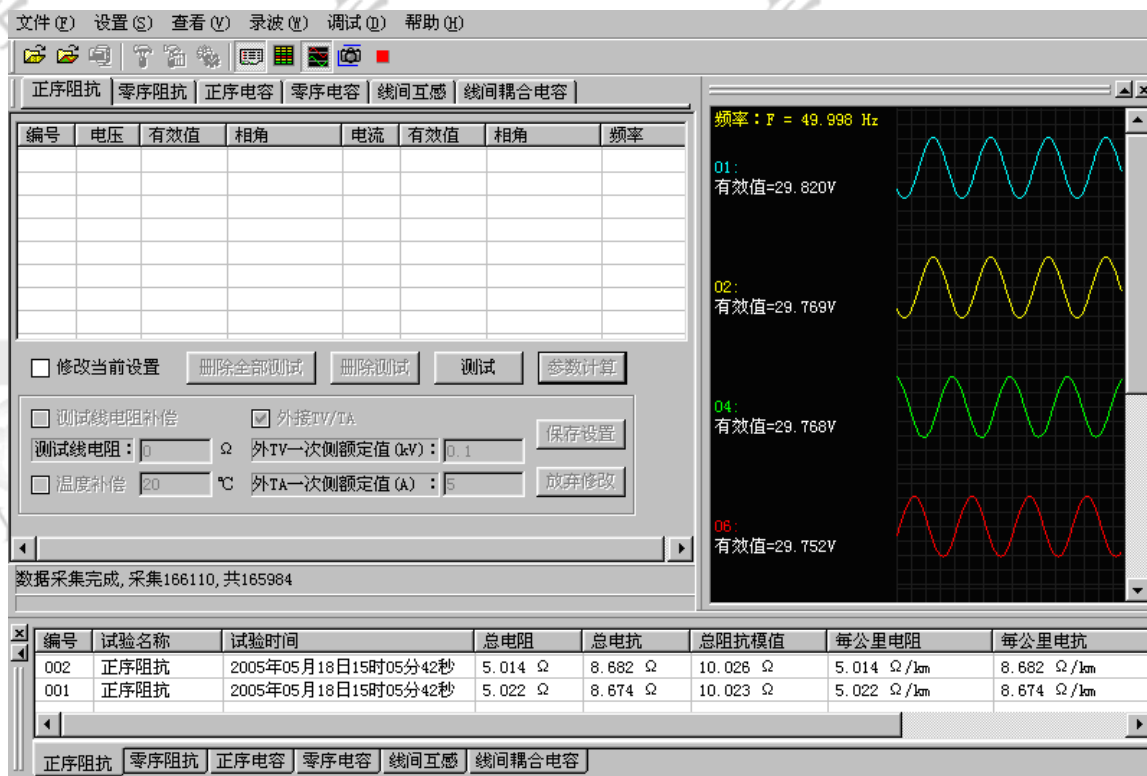


图 3.2.2 (c) 正序阻抗测试——参数计算



外加三相测试电源正序阻抗测试注意事项:

- 1、 测试中要严格遵守安全规程，确保人身与设备安全；
- 2、 在条件允许的情况下，同步电压取自测试电源母线 TV 相/线电压效果更佳；
- 3、 设置选项或者参数后，要使设置生效，需要保存设置；
- 4、 调压测试中需要实时监控所加电压电流不要超过仪器测量范围，以免损坏设备；
- 5、 两次调压测量之间，为保证测量精度，要避免两次调压位置相差太小；
- 6、 调压测试过程中，点击“删除测试”，可以删除选中的某次测试数据，缺省为最近一次调

压测试数据；点击“删除全部测试”，则删除当前进行的所有调压测试数据；

- 7、测试试验项目区中的电压、电流相量可在幅值与有效值之间切换，如显示幅值，点击幅值，则电压、电流切换为有效值显示，反之亦然；
- 8、当选择电阻温度补偿和接线电阻补偿时，需要输入实测温度与接线电阻；

➤ 外加单相测试电源正序阻抗测试

外加单相电源时，测试接线如图 3.2.3 所示，以两相线路形成测试回路，其他步骤同三相测试电源正序阻抗测试。

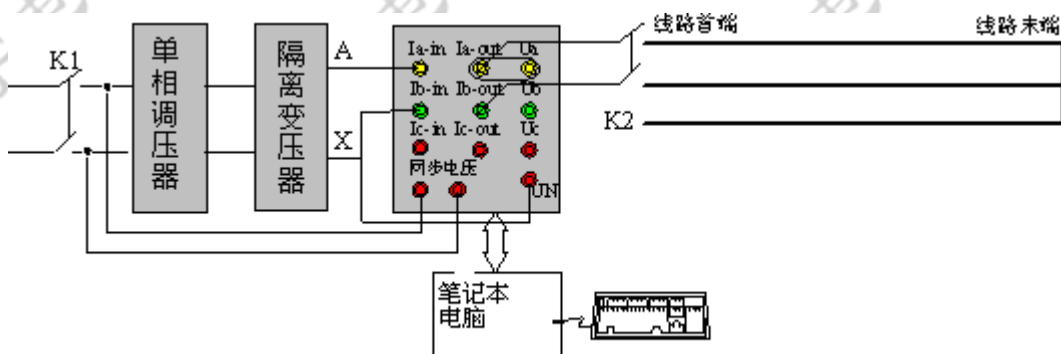


图 3.2.3 单相测试电源正序阻抗测试接线图



外加单相测试电源正序阻抗测试注意事项

- 1、测试前，根据实际接线，正确设置图 3.2.2 (a) 的单相调压选相；
- 2、隔离变压器 X 端和传感器箱 U0 端子连接；

3.3 零序阻抗测试

测试方法与步骤：

- 1、被测线路末端三相短路接地，首端三相短路，按图 3.3.1 接线(可选接线相别)；
- 2、采用内接 TV/TA，隔离变压器中性点端子 x 接至 TV/TA 箱 U0 端子并接地，外壳接地端子可靠接地，如图 3.3.1 (a) 所示；为提高测试电压，也可采用外加线电压的方式，接线图如图 3.3.1 (b) 所示；如果只采用单相调压器和隔离变压器，接线方式如图 3.3.1 (c) 所示。
- 3、电压取自三相调压器前端线电压或者其它现场电源箱相/线电压；
- 4、根据现场接线，正确设置零序阻抗设置选项和参数；
- 5、合上开关 K1、K2，调节三相调压器，进行多次测试，得到多次测试的电量参数；
- 6、单击参数计算，计算并保存被测线路零序阻抗；

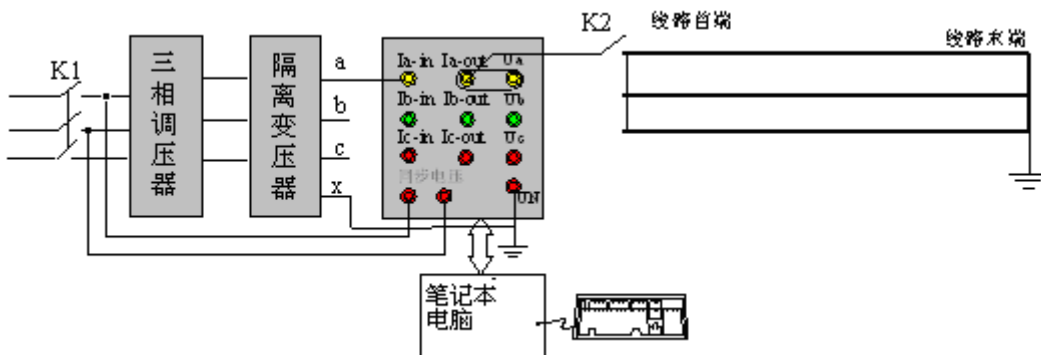


图 3.3.1(a) 零序阻抗测试接线图一(外加三相测试电源, 采用相电压测试)

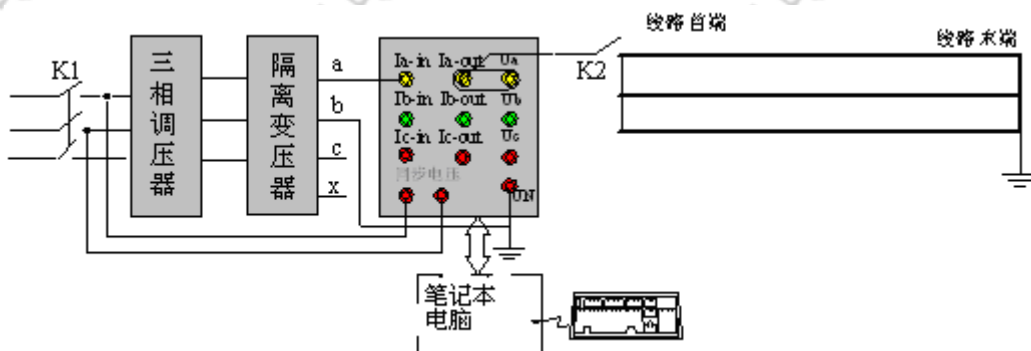


图 3.3.1(b) 零序阻抗测试接线图二(外加三相测试电源, 采用线电压测试)

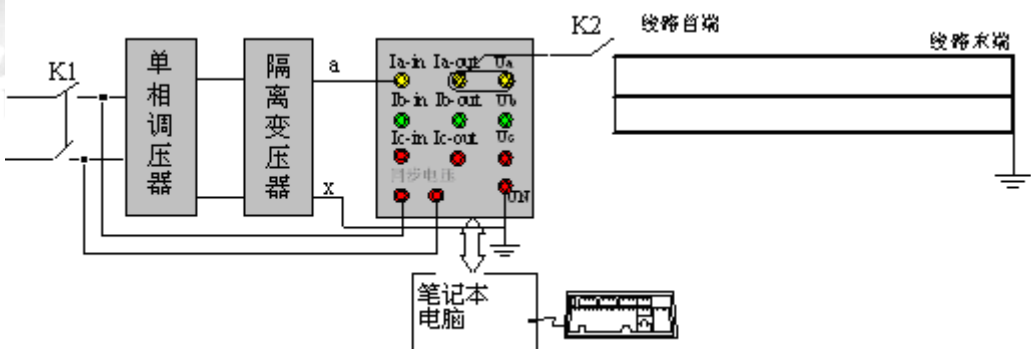


图 3.3.1(c) 零序阻抗测试接线图三(外加单相测试电源)



零序阻抗测试注意事项:

- 1、测试中要严格遵守安全规程, 确保人生与设备安全;
- 2、条件允许的情况下, 同步电压取自测试电源母线 TV 相/线电压效果更佳;
- 3、根据实际接线方式, 正确设置零序阻抗测试页中有关接线方式的选项;
- 4、调压测试中需要实时监测所加电压电流不要超过仪器测量范围, 以免损坏设备;
- 5、两次调压测量之间, 为保证测量精度, 要避免两次调压位置相差太小;
- 6、电阻温度补偿与接线电阻补偿同正序阻抗测试。

3.4 正序电容测试

线路工频参数测试支持外加三相测试电源和单相测试电源两种方式测量线路正序电容，如果外加测试电源超过测试仪测量范围，可外接电压、电流互感器后接入线路工频参数测试传感器箱。

3.4.1 外加三相测试电源方式

3.4.1.1 内接 TV/TA 情形

- 1、被测线路末端三相开路，首端加三相电源，按图 3.4.1.1.1 接线；
- 2、采用内接 TV/TA，隔离变压器中性点端子 x 接至 TV/TA 箱 U0 端子并接地，线路工频参数测试外壳接地端子可靠接地；
- 3、同步电压取自三相调压器前端线电压或者该测试电源母线 TV 相/线电压；
- 4、根据现场接线，正确设置内接 TV/TA 正序电容测试设置选项；
- 5、合上 K1、K2 开关，调节三相调压器，进行多次测试；
- 7、单击参数计算，计算被测线路正序电容；

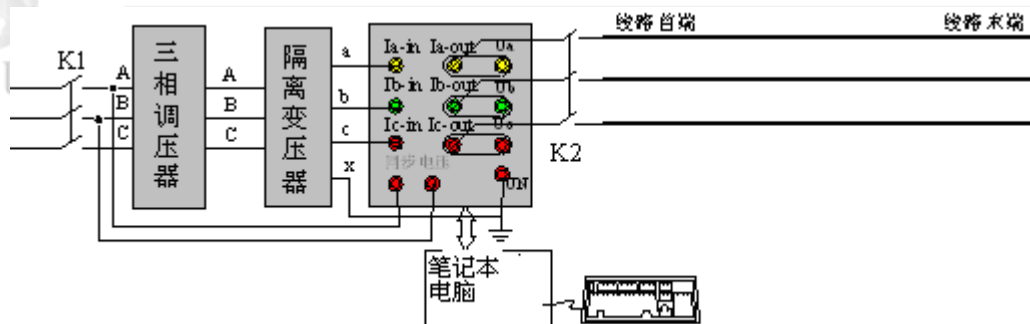


图 3.4.1.1.1 内接 TV/TA 正序电容测试接线图(外加三相测试电源)

3.4.1.2 外接 TV/TA 情形

线路工频参数测试外加三相测试电源正序电容测试时，如果施加的电压/电流超过内接 TV/TA 测试范围时，可采用外接 TV/TA 后，再接入线路工频参数测试传感器箱。此时，需要断开电流出端子和电压端子之间的连接片。

3.4.1.2.1 三表法接线

测试方法与步骤：

- 1、被测线路末端三相开路，首端加三相电源，按图 3.4.1.2.1.1 接线；
- 2、隔离变压器中性点端子 x、测试仪传感器箱 U0 端子接地，线路工频参数测试外壳接地端子可靠接地；
- 3、同步电压取自三相调压器前端线电压或者该测试电源母线 TV 相/线电压；
- 4、根据现场接线，正确设置外接 TV/TA 三表法正序电容设置选项和参数；
- 5、合上开关 K1、K2，调节三相调压器进行多次测试；
- 7、单击参数计算，计算被测线路正序电容。

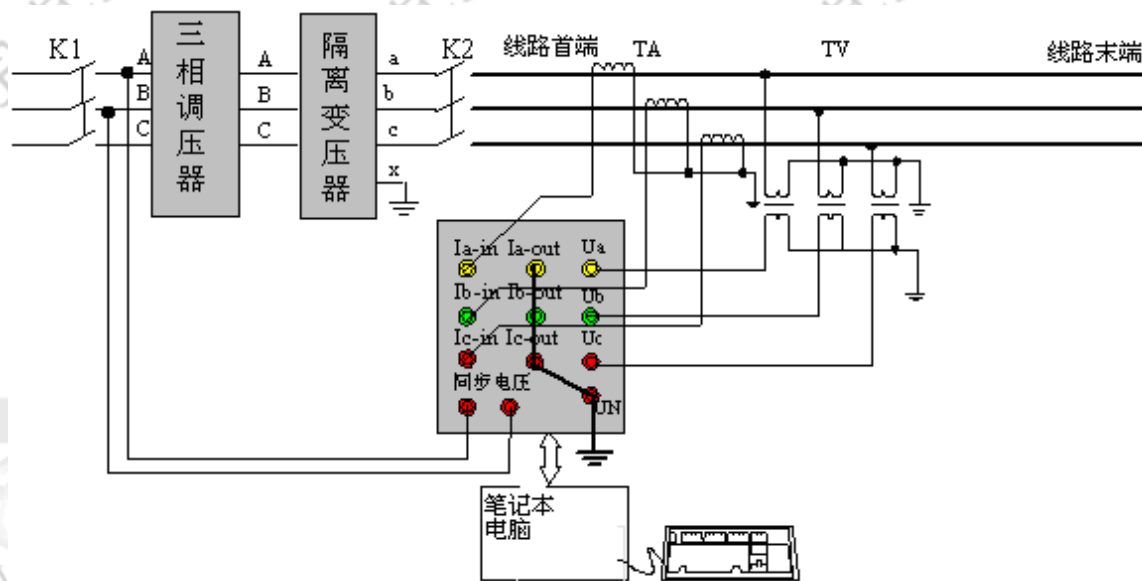


图 3.4.1.2.1.1 三表法外接 TV/TA 正序电容测试接线图（三相测试电源）

3.4.1.2.2 两表法接线

测试方法与步骤：

- 1、被测线路末端三相开路，首端加三相电源，按图 3.4.1.2.2.1 接线；
- 2、隔离变压器中性点端子 x、测试仪传感器箱 U0 端子接地，线路工频参数测试外壳接地端子可靠接地；
- 3、同步电压取自三相调压器前端线电压或者该测试电源母线 TV 相/线电压；
- 4、根据现场接线，正确设置外接 TV/TA 两表法正序电容设置选项和参数；
- 5、合上开关 KK2，调节三相调压器进行多次测试；
- 6、单击参数计算，计算被测线路正序电容。

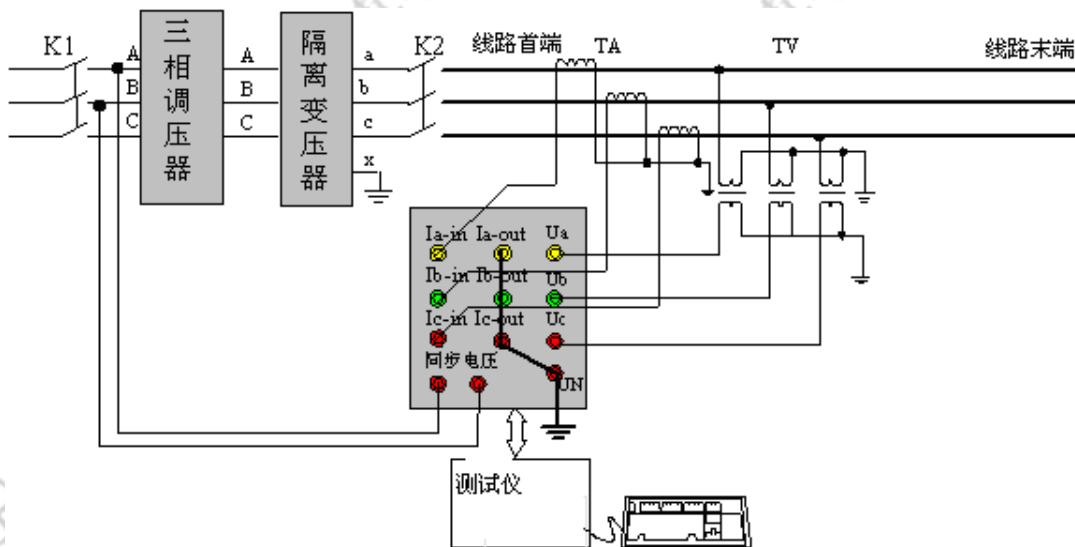


图 3.4.1.2.2.1 外接 TV/TA 两表法正序电容测试接线图



外加三相测试电源正序电容注意事项：

- 1、试中要严格遵守安全规程，确保人生与设备安全；
- 2、条件允许的情况下，同步电压取自测试电源母线 TV 效果更佳；
- 3、测试中需要实时监测所加电压电流不要超过仪器测量范围，以免损坏设备；
- 4、两次调压测量之间，为保证测量精度，要避免两次调压位置相差太小。
- 5、外接 TV/TA 时，需要设置外接 TV、TA 一次侧额定电压、电流。

3.4.2 外加单相测试电源方式

外加单相测试电源测试线路正序电容，需要分别测试相自电容和相互电容，通过相自电容和相互电容计算线路正序电容。当测量电压在测试仪测量范围内时，可以直接采用测试仪传感器，如果测量电压超过测试仪测量范围，需要外接 TV/TA 后接入测试仪传感器箱。

3.4.2.1 内接 TV/TA 情形

外加单相测试电源内接 TV/TA 时测试接线如图 3.9(a-b) 所示，其中图 (a) 为测试相自电容接线图，图 3.4.2.1.1 (b) 为测试相互电容接线图。



测试顺序为先测相自电容，后测相互电容。

◆ 相自电容测试

线路对侧开路，首端两相相连并接地，另外一相施加单相电压。调压测试方法同其他项目测试，需要多次调压测试计算相自电容。

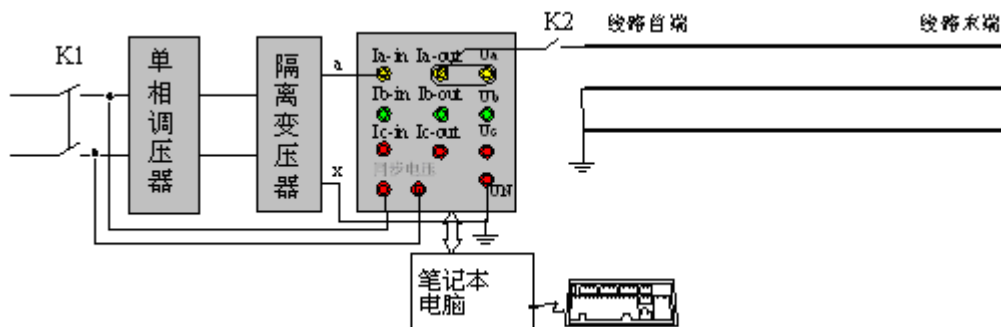


图 3.4.2.1.1 (a) 相自电容测试

◆ 相互电容测试

线路对侧开路，首端两相相连并施加单相电压，另外一相接地。调压测试方法同其他项目测试，需要多次调压测试计算相互电容。

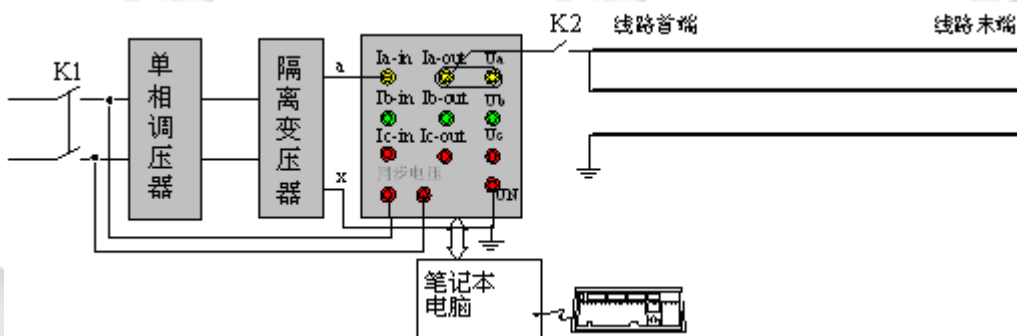


图 3.4.2.1.1 (b) 相互电容测试

3.4.2.2 外接 TV/TA 情形

外加单相测试电源外接 TV/TA 时测试接线如图 3.4.2.2.1(a-b) 所示，其中图(a)为测试相自电容接线图，图 3.4.2.2.1 (b)为测试相互电容接线图。



测试顺序为先测相自电容，后测相互电容。

◆ 相自电容测试

线路对侧开路，首端两相相连并接地，另外一相施加单相电压。调压测试方法同其他项目测试，需要多次调压测试计算相自电容。

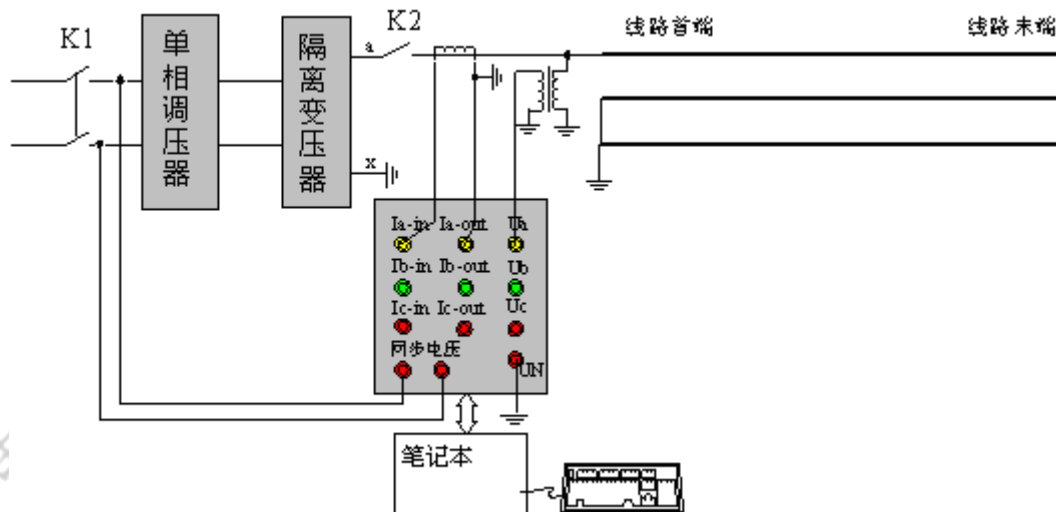


图 3.4.2.2.1 (a) 相自电容测试

◆ 相互电容测试

线路对侧开路，首端两相相连并施加单相电压，另外一相接地。调压测试方法同其他项目测试，需要多次调压测试计算相互电容。

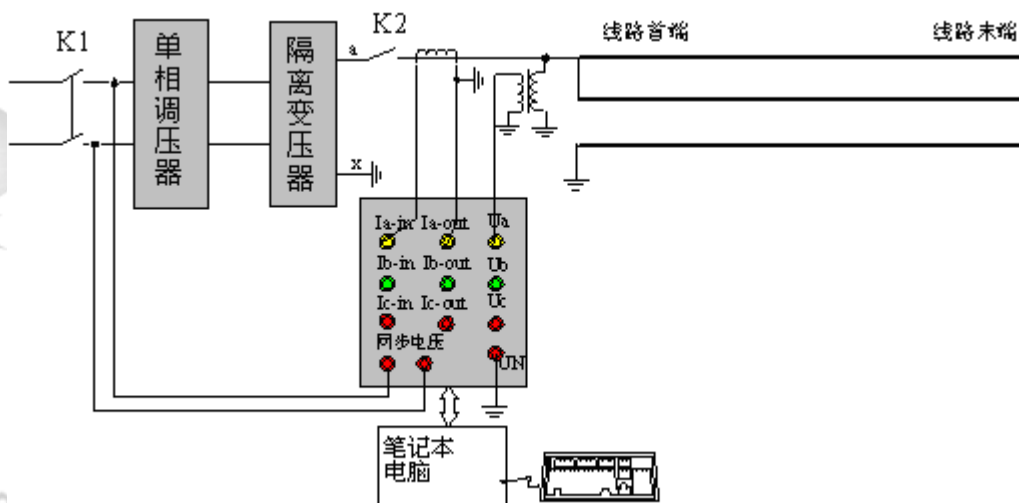


图 3.4.2.2.1 (b) 相互电容测试

3.5 零序电容测试

3.5.1 采用内接 TV/TA

测试方法与步骤（以外加三相测试电源为例）：

- 1、被测线路末端三相开路，首端三相短路并加单相电源，根据实际情况按图 3.5.1.1 接线（可选接线相别），外壳接地端子可靠接地；
- 2、同步电压取自三相调压器前端线/相电压或者该测试电源母线 TV 相/线电压；

- 3、根据现场接线，正确设置内接 TV/TA 零序电容测试设置选项；
- 4、合上开关 K1、K2，调节三相调压器，进行多次测试；
- 5、单击参数计算，计算被测线路零序电容。

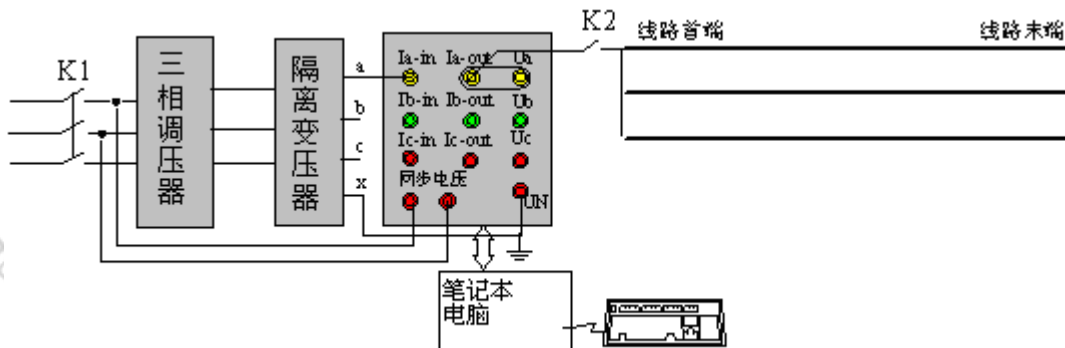


图 3.5.1.1(a) 内接 TV/TA 零序电容测试接线图一（外加三相测试电源，采用相电压）

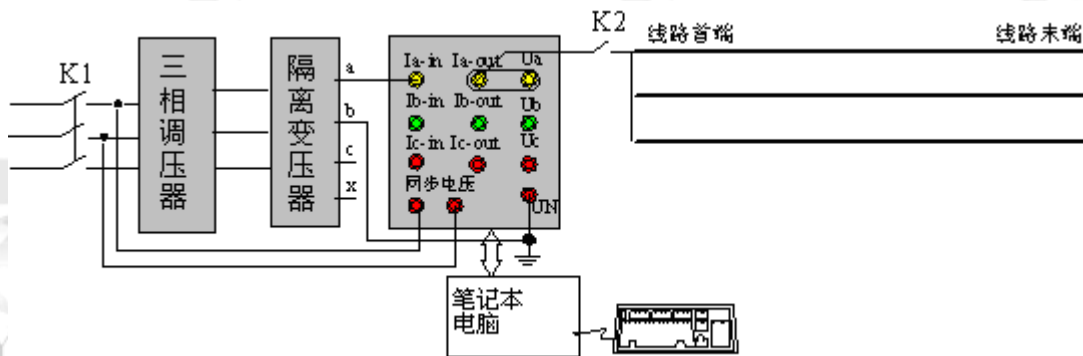


图 3.5.1.1(b) 内接 TV/TA 零序电容测试接线图二（外加三相测试电源，采用线电压）

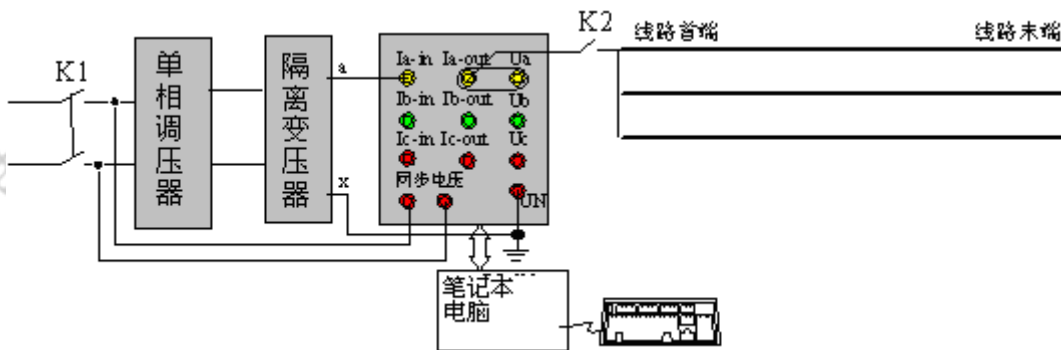


图 3.5.1.1(c) 内接 TV/TA 零序电容测试接线图三（外加单相测试电源）

3.5.2 采用外接 TV/TA

零序电容测试中，如电压、电流测量范围超过内接 TV/TA 的测量范围，可采用外接 TV/TA 后接入线路工频参数测试传感器箱进行测试，测试方法与步骤如下（以

外加三相测试电源为例)：

- 1、被测线路末端三相开路，首端三相短路并加单相电源，按图 3.5.2.1 接线（可选接线相别）；
- 2、隔离变压器中性点端子 x 接至 TV/TA 箱 U0 端子并接地，线路工频参数测试外壳接地端子可靠接地；如果外加线电压测试，以外加隔离变压器 AB 相电压为例，则隔离变 B 相接传感器 U0 端子并接地，其他类推；采用单相调压器和隔离变时可参照图 3.5.2.1。
- 3、同步电压取自三相调压器前端线/相电压或者该测试电源母线 TV 相/线电压；
- 4、根据现场接线，正确设置外接 TV/TA 零序电容设置选项和参数；
- 5、合上开关 K1、K2，调节三相调压器，进行多次测试；
- 6、单击参数计算，计算被测线路零序电容。

图 3.5.2.1 外接 TV/TA 零序电容测试接线图



零序电容测试注意事项：

- 1、要严格遵守安全规程，确保人生与设备安全；
- 2、在条件允许的情况下，同步电压取自测试电源母线 TV 相/线电压效果更佳；
- 3、测试中需要实时监测所加电压电流不要超过仪器测量范围，以免损坏设备；
- 4、两次调压测量之间，为保证测量精度，要避免两次调压位置相差太小；

3.6 线间互感测试

线间互感主要有两种形式：（一）双回线之间互感；（二）异地线间互感，即互感线路两端不在同一个变电站，线路工频参数测试支持这两种情形的线间互感测试。

3.6.1 双回线线间互感

3.6.1.1 采用内接 TV/TA

测试方法与步骤（以三相测试电源系统为例）：

- 1、双回线末端三相短路并接地，首端并联，一回线首端施加单相电源，测试另一回线首端感应电压，如图 3.6.1.1.1 接线(可选接线相别)；
- 2、线路工频参数测试外壳接地端子可靠接地，隔离变压器中性点端子 x 接至 TV/TA

箱 U0 端子并接地；如果外加线电压测试，以外加隔离变压器 AB 相电压为例，则隔离变 B 相接传感器 U0 端子并接地，如图 3.6.1.1.1(b)，其他类推；采用单相调压器和隔离变时可参照图 3.6.1.1.1 (c)。

- 3、同步电压取自三相调压器前端线电压或者该测试电源母线 TV 相/线电压；
- 4、根据现场接线，正确设置内接 TV/TA 线间互感测试设置选项；
- 5、合上开关 K1、K2，调节三相调压器，进行多次测试；
- 6、单击参数计算，计算双回线线间互感。

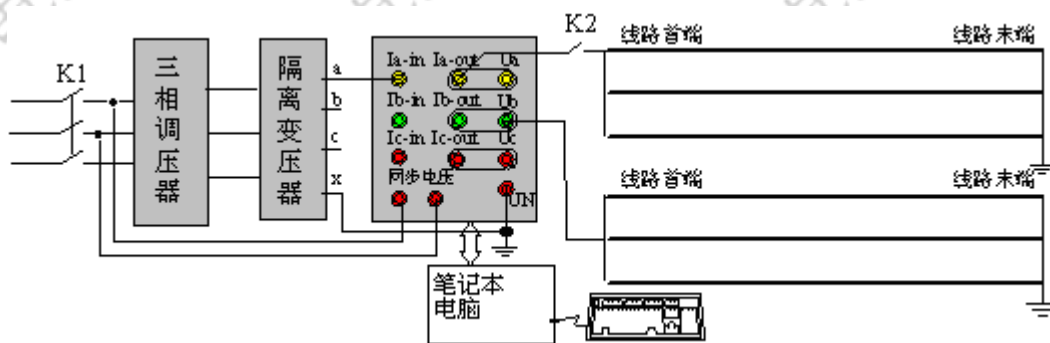


图 3.6.1.1.1 (a) 内接 TV/TA 时双回线线间互感测试接线图一（外加相电压）

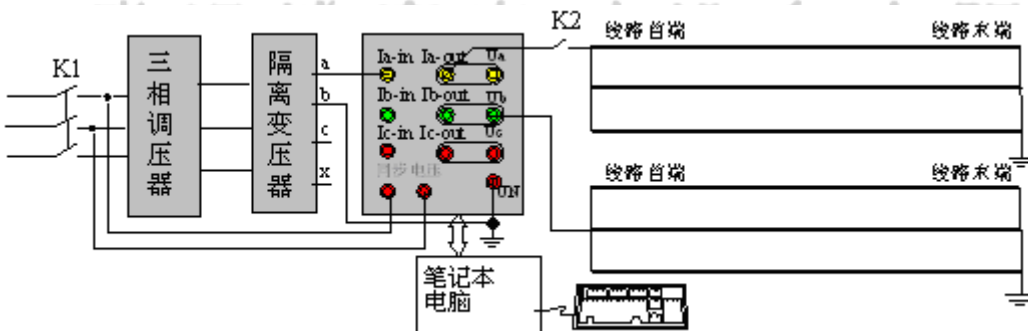


图 3.6.1.1.1 (b) 内接 TV/TA 时双回线线间互感测试接线图二（外加线间电压）

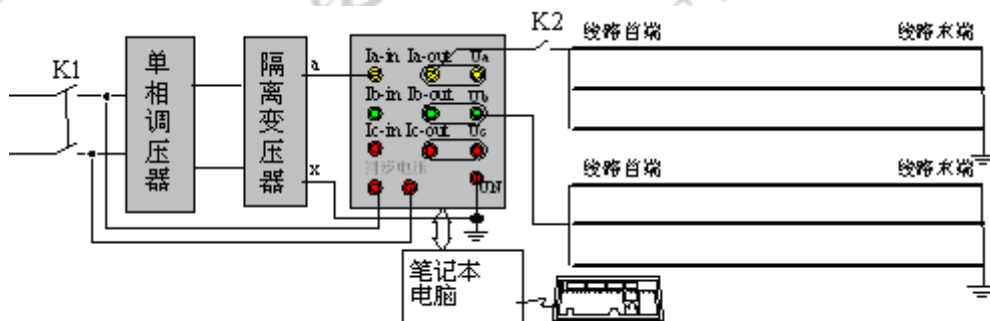


图 3.6.1.1.1 (c) 内接 TV/TA 双回线线间互感测试接线图三（单相测试电源）

3.6.1.2 采用外接 TV/TA

线间互感测试中，如电压、电流测量范围超过内接 TV/TA 的测量范围，可采用外接 TV/TA 后接入线路工频参数测试传感器箱，此时断开传感器箱电流出端子与电压端子之间的连接片，测试方法与步骤如下（以外加三相测试系统为例）：

- 1、一回线末端三相短路并接地，首端并联并施加单相电源，测试另一回线首端感应电压，如图 3.6.1.2.1 接线（可选接线相别）；
- 2、如果外加相电压测试，隔离变压器中性点端子 x 接至 TV/TA 箱 U0 端子并接地，线路工频参数测试外壳接地端子可靠接地；如果外加线电压测试，以外加隔离变压器 AB 相电压为例，则隔离变 B 相接传感器 U0 端子并接地，其他类推；采用单相调压器和隔离变时可参照图 3.6.1.2.1。
- 3、同步电压取自三相调压器前端线/相电压或者该测试电源母线 TV 相/线电压；
- 4、根据现场接线，正确设置外接 TV/TA 线间互感测试设置选项和参数；
- 5、合上开关 K1、K2，调节三相调压器，进行多次测试；
- 6、单击参数计算，计算线间互感。

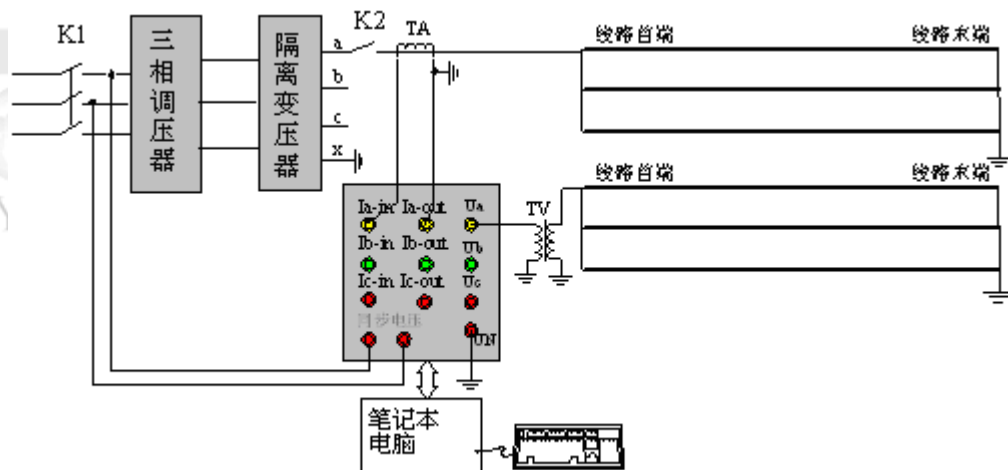


图 3.6.1.2.1 外接 TV/TA 双回线线间互感测试接线图



外接 TV/TA 测试双回线线间互感测试注意事项：

- 1、外接 TV/TA 时断开传感器箱电流出和电压端子之间的连接片；
- 2、根据现场实际情况，如果只外接 TV 或者 TA，仍需复选外接 TV/TA 并设置外接 TV/TA 一次侧额定电压/电流，如只外接 TA，则外接 TA 一次额定电流根据实际外接 TA 设定，TV 一次额定值设为 0.1kV；如只外接 TV，则外接 TV 一次额定电压根据实际外接 TV 设定，TA 一次额定值设为 5A。

3.6.2 异地线间互感测试

线路工频参数测试支持始端或者终端不在同一个变电站的线路间的互感测试，

需要在两个变电站各用一台线路工频参数测试，由于测试数据不在同一个变电站，异地线间互感结果需要离线在数据管理软件中计算，具体细节请参见 4.1 节内容。异地线间互感测试方法与步骤如下（以三相测试电源系统为例，直接采用传感器箱 TV/TA，如果测试电压、电流超过测试仪测量范围，可考虑外接 TV/TA 后接入传感器箱）：

- 1、甲变电站测试线路末端三相短路并接地，首端并联并施加单相电源，测试甲变电站测试线路电流和乙变电站测试线路首端感应电压，如图 3.6.2.1 接线(可选接线相别)；

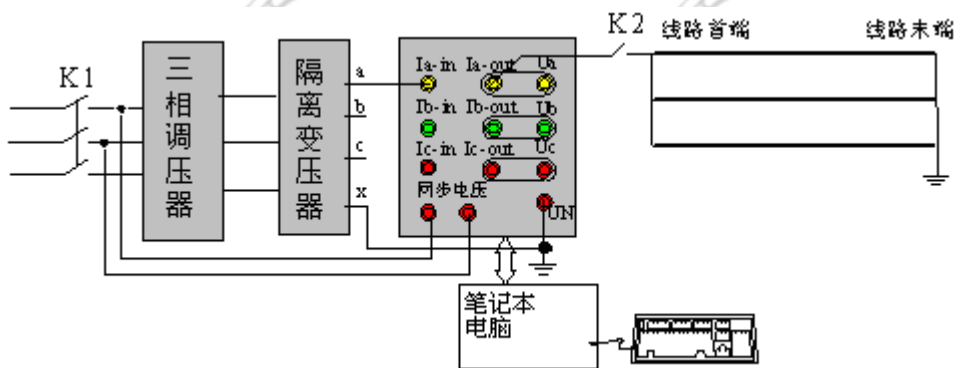


图 3.6.2.1(a) 异地线间互感测试接线图（甲变电站）

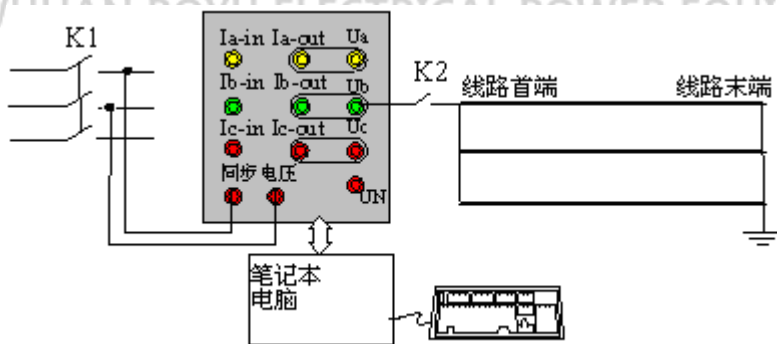


图 3.6.2.1(b) 异地线间互感测试接线图（乙变电站）

- 2、线路工频参数测试外壳接地端子可靠接地，如采用三相测试电源系统，施加相电压，甲变电站隔离变压器中性点端子 x 接至 TV/TA 箱 U0 端子并接地；如果外加线电压测试，以外加隔离变压器 AB 相电压为例，则隔离变 B 相接传感器 U0 端子并接地，其他类推；采用单相调压器和隔离变时可参照图 3.6.2.1；
- 3、同步电源：甲变电站同步电源取自三相调压器前端线/相电压或者该测试电源母线 TV 线/相电压，乙变电站取现场电源箱相同相别的电源或者该测试电源母线 TV 线/相电压作为同步电

4、甲乙变电站均选中线间互感页面中“异地测试”，并根据现场实际接线正确设置线间互感测试选项，如图 3.6.2.2 所示。



图 3.6.2.2 异地线间互感测试选项

- 5、接线准备工作完毕，两变电站均合上开关 K1、K2，甲变电站调节三相调压器加压测试，同时通知乙变电站测试，如此调压进行多次测试，得到多组实验数据和波形，单击“完成”，形成本次异地线间互感测试数据。
- 6、离线将任意一台测试仪线间互感数据拷贝至另外一台测试仪，在数据管理程序中计算异地线间互感；或者将两台测试仪线间互感测试数据均拷贝至独立的计算机上，采用数据管理程序计算异地线间互感，详细请参见 4.1 节。



异地线间互感测试说明：

异地线间互感测试时，一个变电站加压测电流，在图 3.6.2.2 选项中需要根据实际接线正确选择电流项，电压项无意义；另一个变电站测量电压，故在图 3.6.2.2 选项中需要根据实际接线正确选择电压项，电流项无意义

3.7 双回线线间互电容测试

3.7.1 采用内接 TV/TA

内接 TV/TA 线间互电容测试方法与步骤如下(以外加三相测试电源系统为例)：

- 1、一回线末端三相开路，首端并联并施加单相电源，测试另一回线对地电流，如图 3.7.1.1 接线（可选接线相别）；
- 2、线路工频参数测试外壳接地端子可靠接地，隔离变压器中性点端子 x 接至 TV/TA 箱 U0 端子并接地；如果外加线电压测试，以外加隔离变压器 AB 相电压为例，则隔离变 B 相接传感器 U0 端子并接地，如图 3.7.1.1 (b)，其他类推；采用单相调压器和隔离变时可参照图 3.7.1.1 (c)；
- 3、同步电压取自三相调压器前端线/相电压或者该测试电源母线 TV 线/相电

压；

- 4、根据现场接线，正确设置内接 TV/TA 线间互电容测试设置选项；
- 5、合上开关 K1、K2，调节三相调压器，进行多次测试；
- 6、单击参数计算，计算线间互电容。

图 3.7.1.1(a) 内接 TV/TA 线间互电容测试接线图一（外加相电压）

图 3.7.1.1 (b) 内接 TV/TA 线间互电容测试接线图二（外加线电压）

图 3.7.1.1 (c) 内接 TV/TA 线间互电容测试接线图三（单项测试电源）

3.7.2 采用外接 TV/内接 TA

线间互电容测试中，如测量电压超过线路工频参数测试测量范围，可采用外接 TV 后接入线路工频参数测试传感器箱，此时断开传感器箱电流出与电压端子之间的连接片。测试方法与步骤如下（以三相测试电源系统为例，外加单相测试电源与此类似）：

- 1、一回线末端三相开路，首端并联并施加单相电源，测试另一回线对地电流，如图 3.7.2.1 接线（可选接线相别）；
- 2、线路工频参数测试外壳接地端子可靠接地，隔离变压器中性点端子 x 接至 TV/TA 箱 U0 端子并接地；如果外加线电压测试，以外加隔离变压器 AB 相电压为例，则隔离变 B 相接传感器 U0 端子并接地，其他类推；采用单相调压器和隔离变时可参照图 3.7.2.1；
- 3、同步电压取自三相调压器前端线/相电压或者该测试电源母线 TV 线/相电压；
- 4、根据现场接线，正确设置外接 TV 线间互电容测试设置选项和参数；
- 5、合上开关 K1、K2，调节三相调压器，进行多次测试；
- 6、单击参数计算，计算线间互电容。

图 3.7.2.1 外接 TV/内接 TA 线间互电容测试接线图



线间互电容测试注意事项：

- 1、严格遵守安全规程，确保人生与设备安全；
- 2、在条件允许的情况下，同步电压取自测试电源母线 TV 效果更佳；
- 3、测试中需要实时监测所加电压电流不要超过仪器测量范围，以免损坏设备；
- 4、两次调压测量之间，为保证测量精度，要避免两次调压位置相差太小。
- 5、根据现场实际情况，如果只外接 TV，仍需复选外接 TV/TA 并设置外接 TV/TA 一次侧额定电压/电流，TV 一次额定电压根据实际外接 TV 设定，TA 一次额定值设为 5A。

4. 线路工频参数测试 试验结果与试验报告

线路工频参数测试仪程序具有试验结果处理与自动生成试验报告功能，也可试验结束后导出数据，采用随机附送的试验数据管理程序，对试验结果和试验报告进行离线处理。

4.1 线路工频参数测试数据管理程序



图 4.1.1 线路工频参数测试数据管理程序

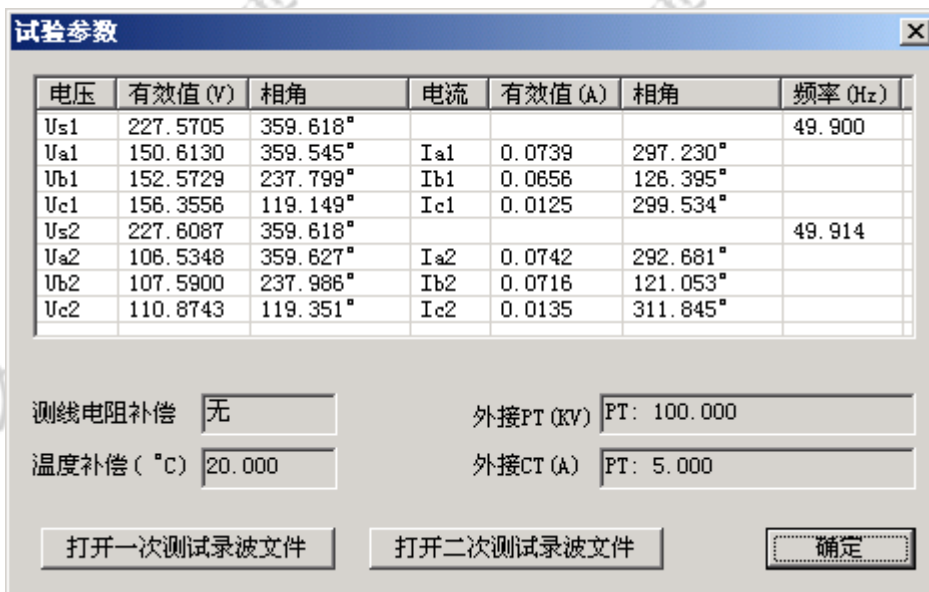


图 4.1.2 测试数据和部分测试环境

线路工频参数测试数据管理程序主界面如图 4.1.1 所示，可根据电压等级和测试线路按树形目录排列。可以显示不同试验线路各项测试的参数计算结果。双击测试数据结果，显示如图 4.1.2 所示的测试数据框，包含两次调压测试的电压、电流有效值/幅值、相角、频率等，以及对应的部分测试环境，如是否采用温度补偿、测试线电阻补偿、有无外接 TV/TA 等。

线路工频参数测试数据管理程序主要完成如下几个功能：

◆ **试验结果整理**

对于各项测试内容，用户可以对测试结果进行整理，选中某个测试结果，单击右键，可以选择删除一条结果记录，可以查看该条参数结果所对应的测试数据、波形和部分测试环境，可以设置某个结果是否参与生成试验报告或是否参与生成均值，还可以计算均值，如图 4.1.3 所示。

图 4.1.3 试验结果整理

◆ **导出实验数据**

选中试验项目，点击“文件”->“导出数据”，线路工频参数测试将相应线路测试数据导出至指定目录，包含试验数据、波形和参数测试结果。

◆ **导入实验数据**

选中试验项目，点击“文件”->“导入数据”，线路工频参数测试将用户选择目录中的测试数据导入，包含试验数据、波形和参数测试结果。

图 4.1.4 导出、导入试验数据至指定目录

◆ **完善试验基本信息**

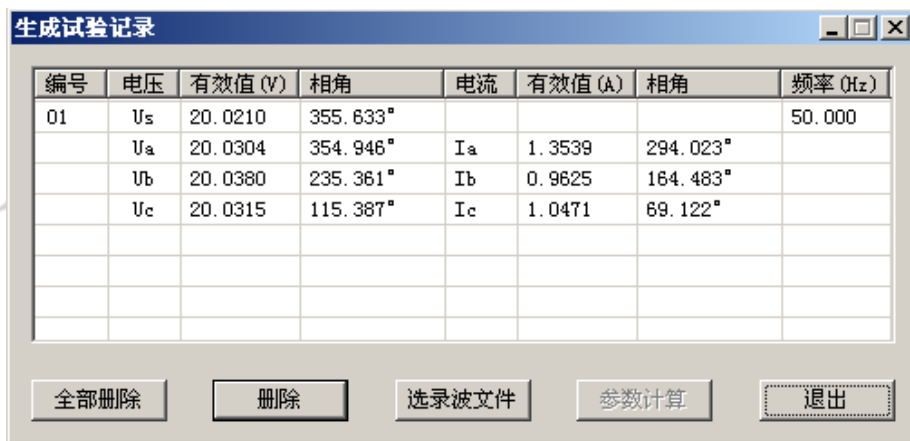
双击试验项目总体环境信息（如图 4.1.1 所示），显示试验基本信息，可以修改和完善试验基本信息，点击“保存”，用户修改的信息生效，点击“恢复”，放弃对试验基本信息的修改。

注意：在改变线路长度后并保存后，单位线路长度相关参数将重新根据输入的线路长度计算。

◆ **数据组合**

根据用户指定的测试波形计算参数结果。右键点击树型索引中的线路名称，如图 4.1.5(a)所示，点击“生成新纪录”，提示用户选择波形文件，如图 4.1.5(b)所示，连续选择多次录波波形，点击参数计算，形成新的参数结果，如图 4.1.5(c)所示。

图 4.1.5(a) 数据组合——右键单击试验项目



编号	电压	有效值 (V)	相角	电流	有效值 (A)	相角	频率 (Hz)
01	Us	20.0210	355.633°				50.000
	Ua	20.0304	354.946°	Ia	1.3539	294.023°	
	Ub	20.0380	235.361°	Ib	0.9625	164.483°	
	Uc	20.0315	115.387°	Ic	1.0471	69.122°	

图 4.1.5(b) 数据组合——选择波形

图 4.1.5(c) 数据组合——生成新记录

◆ **异地线间互感计算**

对于出线不在同一变电站，只在线路中间某处平行架设的线路互感，线路工频参数测试也提供互感测试功能，具体试验方法见 3.6.2 小节。线路工频参数测试

新生成参数结果

数据管理软件能将两个变电站的数据整合计算异地线间互感。右键点击试验项目，如图 4.1.5(a)所示，点击“异地互阻抗计算”，弹出图 4.1.6 所示波形选择对话框。以甲变电站加压测电流，乙变电站测互感电压为例，则图中电压 1 为甲变电站调压第一次时乙变电站测到的电压，电流 1 为甲变电站调压第一次时甲变电站测到的线路电流；电压 2 为甲变电站调压第二次时乙变电站测到的电压，电流 2 为甲变电站调压第二次时甲变电站测到的线路电流。选择好波形后点击“参数计算”得到异地互感测试结果，如果进行了多次调压测试，重复上述过程，可以得到多个异地线间互感结果。



图 4.1.6(a) 异地互感计算——测试数据组合

图 4.1.6(b) 异地互感计算——形成测试结果

◆ 自动生成线路参数测试试验报告

根据用户自定义模板或者缺省模板生成参数测试试验报告，见 4.2 节。

◆ 生成最终结果

在菜单中点击“操作”->“生成全部最终结果”软件会对所管理的所有线路的

所有测试生成最终测试结果，即均值，并将最终结果保存到数据库中。也可在树型索引中选中某线路右击，如图 4.1.5(a)，点击“生成最终结果”从而生成某线路的所有测试的最终结果。也可在结果显示窗口中右击，如图 4.1.3，点击“计算均值”从而该项测试的生成最终结果。若想设置某条结果记录是否参与计算最终结果，可在结果显示窗口中选中该记录，右击，点击“参与均值计算”来设置该内容。最终结果将显示在结果显示窗口的最后一行。

◆ 数据查询

对于工频数据的最终结果及试验线路，用户可设置查询条件及查询结果显示内容，进行数据查询。在菜单中点击“操作”->“数据查询”，出现如图 4.1.7 所示对话框，选择要查询的内容（工频最终结果数据查询或线路查询），可点击“设置查询条件”按钮进行查询条件的设置，如图 4.1.8(a)、图 4.1.8(b)、图 4.1.8(c)，默认为查询全部；也可点击“设置显示内容”来设置结果显示的内容，如图 4.1.9(a)、图 4.1.9(b)，点击“开始查询”，软件会根据用户设置进行数据查询，并将查询内容显示出来，如图 4.1.10(a)、图 4.1.10(b)所示。在工频数据查询结果窗口双击某条最终结果记录时，会显示生成该最终结果的所有相关结果，如图 4.1.11 所示。双击某条相关结果时，会显示该条记录的中间测试结果值，如图 4.1.2 所示。

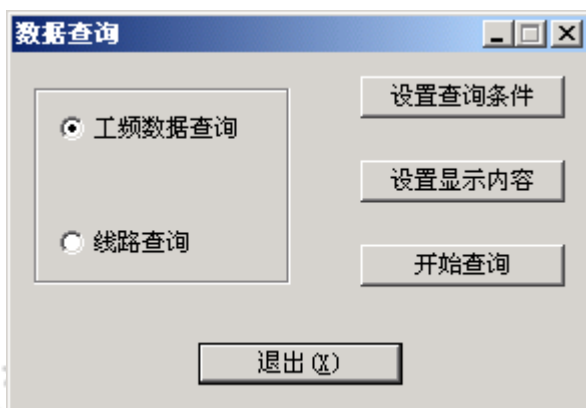


图 4.1.7



图 4.1.8(a) 工频数据查询的基本信息查询条件设置窗口



图 4.1.8(b) 工频数据查询的数据查询条件设置窗口

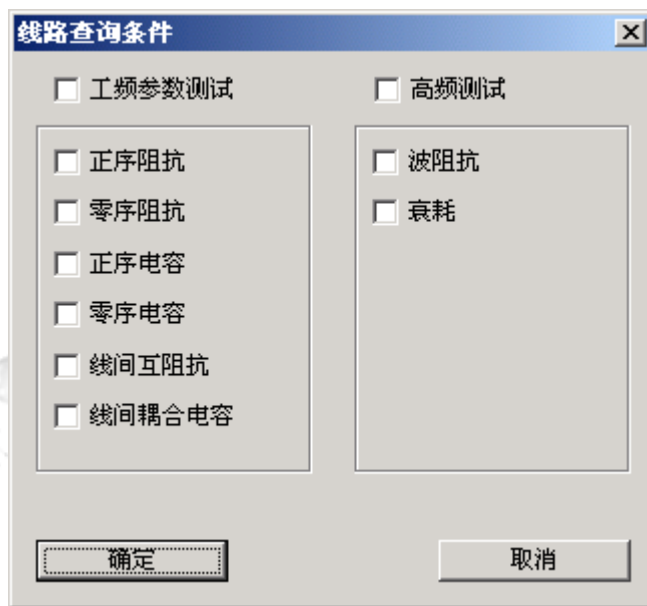


图 4.1.8(c) 线路查询条件设置窗口



图 4.1.9(a) 工频数据查询结果显示内容设置

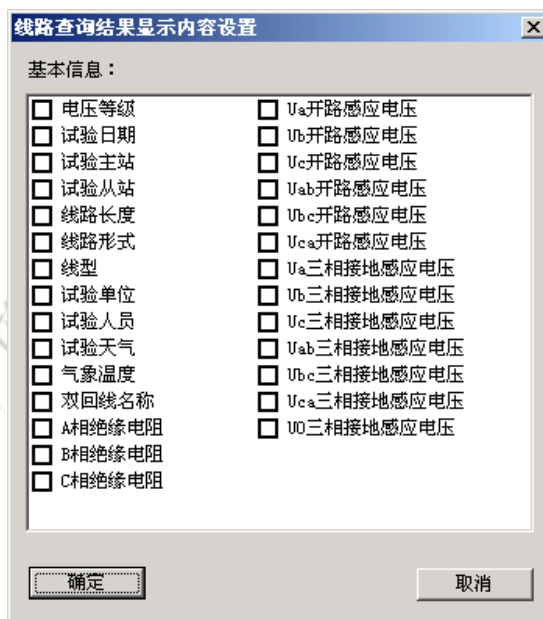


图 4.1.9(b) 线路查询结果显示内容设置

4.2 试验报告自动生成

在试验完成后，可在报告生成向导指引下按如下步骤生成试验报告：

- 1、 修改试验报告模板，可根据用户需求设计试验报告模板；
- 2、 正确设置工作目录，即测试数据保存目录；
- 3、 选择试验项目；
- 4、 点击“报告” -> “生成试验项目报告”，弹出如图 4.2.1 所示对话框，用户可以在此修改并完成基本试验信息的录入。

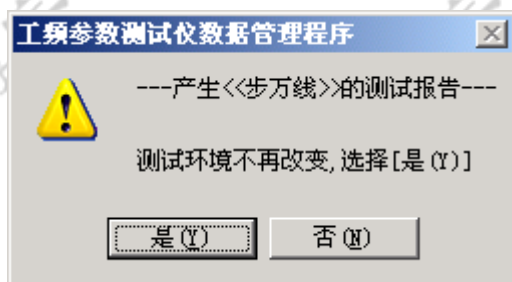


图 4.2.1 基本试验信息确认

- 5、 单击确定，出现图 4.2.2 所示对话框，用户可选择报告文件名和存放目录，并选择报告模板；

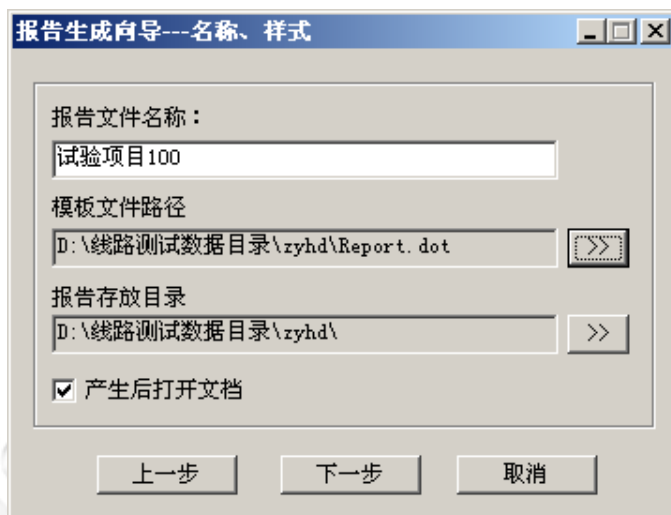


图 4.2.2 设置试验报告信息

- 6、 单击下一步，确认以上各项内容正确。

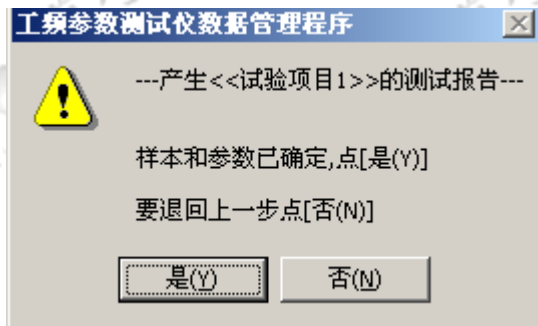


图 4.2.3 参数结果样本与试验报告信息确认

7、点击 是(Y)，显示试验报告创建进程条，自动生成所选项目和样本的试验报告。如果用户在图 4.2.2 中选中“产生后打开文档”，则自动打开 Word 格式的试验报告。

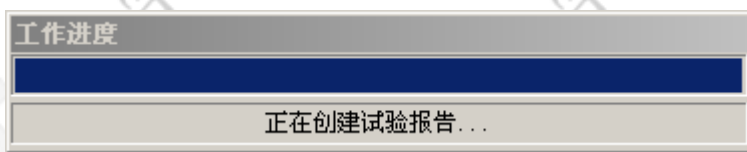


图 4.2.4 试验报告创建进程

缺省试验报告 Word 格式见附录。

5. 线路工频参数测试便携录波与波形分析功能


线路工频参数测试还扩展了便携录波功能和波形分析功能。

5.1 便携录波功能

线路工频参数测试方便用户携带，可实现便携录波。根据现场实际情况，可通过内接 TV/TA 或者外接 TV/TA 实现 7 通道现场录波，包含三相电压、电流和一路同步通道。各通道测量范围见 1.3 节。手动录波可以灵活设置采样率和录波时长，点击设置->手动录波设置，弹出如下对话框。



图 5.1 手动录波设置

点击录波->手动录波或者快捷工具, 录波完成后, 提示用户更改录波波形文件夹名称或者打开波形文件, 如图 5.2(a-b)所示。

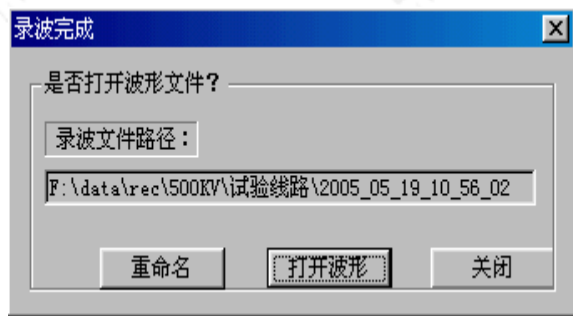


图 5.2(a) 录波结束提示

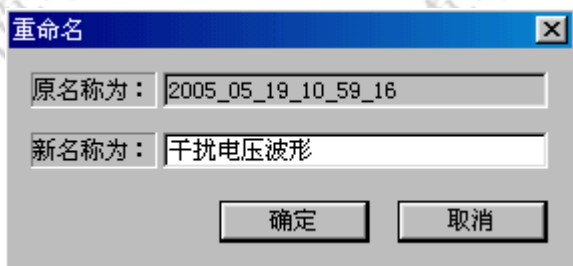


图 5.2(b) 更改录波文件目录

点击“重命名”，用户可以重新对所录波形文件夹命名，比如可以简要输入当时的录波工况，方便以后对录波波形的管理。点击“打开波形”，可以打开所录波形，如图 5.3 所示。点击“关闭”，退出录波波形对话框。

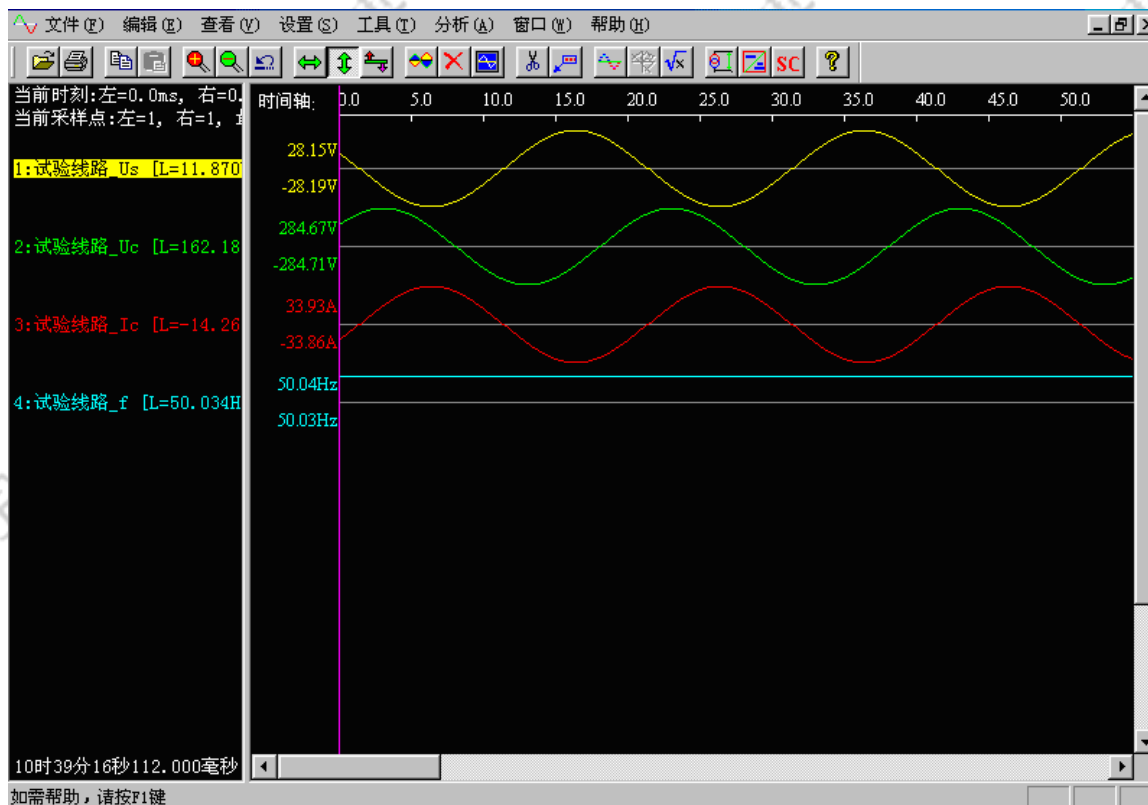


图 5.3 手动录波波形

5.2 波形分析功能

线路工频参数测试录波数据采用标准 Comtrade 格式保存，自带波形分析软件具有灵活的分析功能。波形分析功能主要特色：

- 可显示波形有效值、相位或者幅值，如图 5.4 所示。

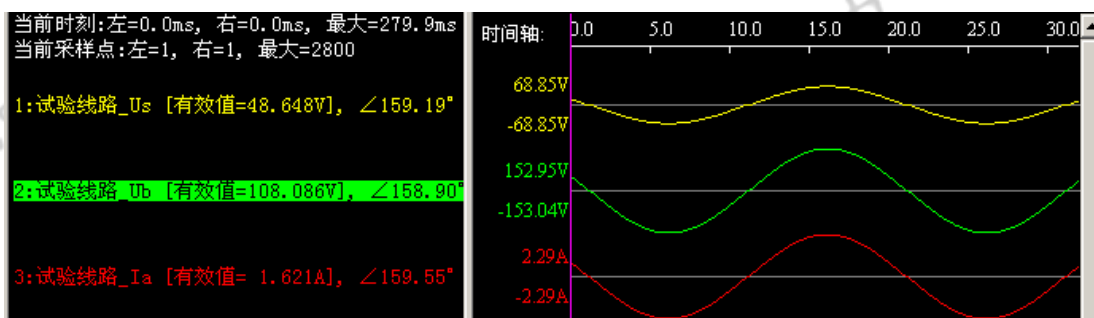


图 5.4(a) 显示波形按有效值

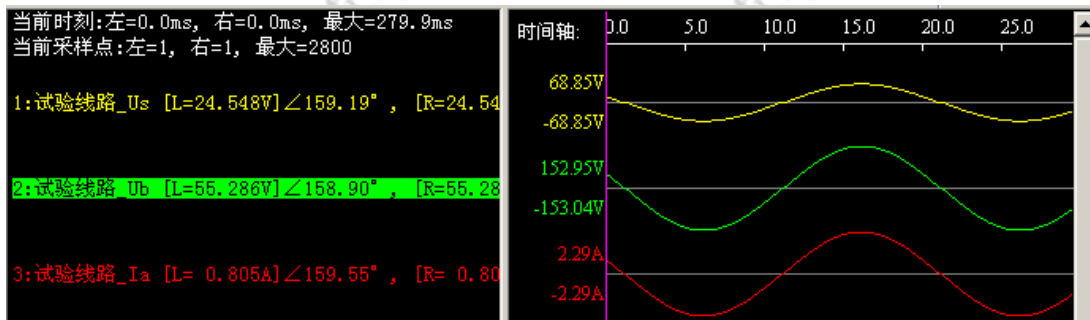


图 5.4 (b) 显示波形瞬时值

➤ 可对波形进行谐波分析，如图 5.5 所示。

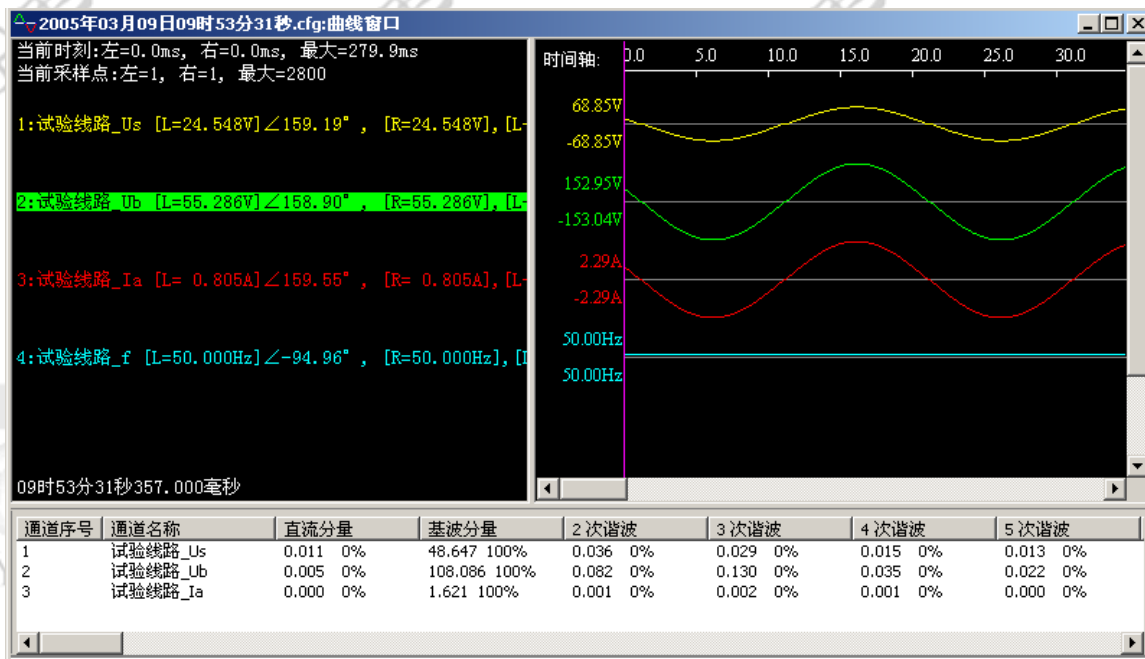


图 5.5 波形谐波分析

- 支持公式编辑器，方便用户对波形进行处理。
- 可任意设置波形显示通道；
- 方便对波形添加标注；

附录 线路工频参数测试试验报告格式

第一部分：试验报告封面

XX 线路工频参数测试试验报告	
测试单位： <u>XXXXXX</u>	
测试时间： <u>XXXXXX</u>	
编 写：	
校 核：	
审 批：	

第二部分：试验基本信息

-----测试基本信息----- (模板可定制)

基本信息			
线路名称		试验日期	
线型		试验天气	
试验主站		气象温度 (°C)	
试验从站		线路长度 (km)	
电压等级(kV)		线路形式	
试验人员	试验人员		

绝缘电阻					
A 相 (MΩ)		B 相 (MΩ)		C 相 (MΩ)	

线路两侧开路时，感应电压					
UA (V)		UB (V)		UC (V)	
UAB (V)		UBC (V)		UCA (V)	

线路对侧三相接地时，感应电压					
UA (V)		UB (V)		UC (V)	
UAB (V)		UBC (V)		UCA (V)	
Ug (V)					

第三部分：测试数据与结果

-----正序阻抗-----

测试数据

编号	电压名称	电压有效值	电压相角	电流名称	电流有效值	电流相角	频率
1							
2							
3							

参数测试结果

编号	Z1(欧)	X1(欧)	R1(欧)	每公里阻 抗(Ω/km)	每公里电 抗(Ω/km)	每公里电 阻(Ω/km)	阻抗角(°)
1							
2							
3							
均值							

-----零序阻抗-----

测试数据

编号	电压名称	电压有效值	电压相角	电流名称	电流有效值	电流相角	频率
1							
2							
3							

参数测试结果

编号	Z0(欧)	X0(欧)	R0(欧)	每公里阻抗(Ω/km)	每公里电抗(Ω/km)	每公里电阻(Ω/km)	阻抗角($^\circ$)
1							
2							
3							
均值							

-----正序电容-----

测试数据

编号	电压名称	电压有效值	电压相角	电流名称	电流有效值	电流相角	频率
1							
2							
3							

参数测试结果

编号	XC1(欧/相)	XC1(欧 \times km/相)	总电容(uF)	每公里电容(uF/km)
1				
2				
3				
均值				

-----零序电容-----

测试数据

编号	电压名称	电压有效值	电压相角	电流名称	电流有效值	电流相角	频率
1							
2							
3							

参数测试结果

编号	XC0(欧/相)	XC0(欧×km/相)	总电容(uF)	每公里电容(uF/km)
1				
2				
3				
均值				

-----线间互阻抗-----

测试数据

编号	电压名称	电压有效值	电压相角	电流名称	电流有效值	电流相角	频率
1							
2							
3							

参数测试结果

编号	Z0M(欧)	θ
1		
2		
3		
均值		

-----线间互电容-----

测试数据

编号	电压名称	电压有效值	电压相角	电流名称	电流有效值	电流相角	频率
1							

2							
3							

参数测试结果

编号	XC0(欧/相)	XC0(欧×km/相)	总电容(uF)	每公里电容(uF/km)
1				
2				
3				
均值				

-----异地互阻抗-----

测试数据

编号	电压名称	电压有效值	电压相角	电流名称	电流有效值	电流相角	频率
1							
2							
3							

参数测试结果

编号	Z0M(欧)
1	
2	
3	
均值	