

ZYKC2000D 变压器有载开关 交直流参数测试装置

使 用 手 册

武汉智能星电气有限公司

目 录

一、论述测试方法及测试标准	2
二、主要功能特点及技术指标	6
三、仪器面板各部分功能说明	10
四、试验接线	12
五、仪器操作测试	17
六、分析编辑功能	31
七、附录A：波形实例分析与故障缺陷判断	43
八、售后服务	51

ZYKC2000D 变压器有载开关 交直流参数测试装置

一、论述测试方法及测试标准

1.1 长期以来在现场采用直流方法试验存在的问题

长期以来，电力行业在变电站现场检测变压器有载分接开关的过度波形，一直采用直流方法进行试验，所获取的波形与分接开关制造商出厂试验波形进行比对。由于分接开关制造商出厂试验波形是对裸开关进行试验，而在变电站现场检测是在变压器有载分接开关带绕组状态下进行的试验，开关带绕组状态下电路中存在电感和电容量，使得直流试验电流通过绕组在开关切换时不能突变，造成测试出的过度波形两者差异很大，在分析波形时会出现无法判读等问题，使开关制造商与开关使用方在判断开关故障时产生很大争议。

目前使用的《直流法有载开关测试仪》在开关带绕组状态下进行测试时，要求对波形要做滤波处理(仪器内设有滤波处理功能)，经过滤波处理后的开关过度波形是不真实的波形，不能真实反应出有载开关在开关动作过程中存在的缺陷。

从技术方面分析，《直流法有载开关测试仪》由于受测试技术方法和技术能力的限制，在使用过程中还存在诸多不足，主要表现在以下几个方面：

a) 直流测试由于其测试原理、技术能力等原因，有时测试获取的波形与制造商给出的波形差异较大，无法给出准确分析结论。若在现场吊出分接开

关，甩开绕组再进行检查、试验，必将影响新设备、大修后设备的投运。为防止分接开关事故，有些地方甚至将无法判定分接开关是否存在缺陷的变压器改做无载调压变压器运行。

b) 直流试验方法仅适用于绕组中性点处并有中性点抽出的有载分接开关测试，对绕组中性点以外的其它位置(线端、中部等)处的有载分接开关以及单相变压器有载分接开关不能测试。

c) 测试出的部分直流波形有异常,但无法判定分接开关动作特性是否正常，诺投入运行，不能保证分接开关的安全运行。

d) 近年来在变压器设计上采用了很多新技术，如电抗式分接开关、真空断路器式分接开关等使用，直流测试方法已不能满足现场试验需要。

1.2 采用交流法与直流法相结合方式解决了分接开关带绕组状态下现场试验问题

采用交流法在现场有载分接开关带绕组状态下，能真实的测试出有载开关的过度波形，通过对交流波形的解析结果是唯一性的，不存在无法判读等技术争议问题。

采用直流法在现场有载分接开关带绕组状态下，能真实的测试出有载开关的直流过度电阻，通过验证现场测试出的过度电阻值与出厂值是一致的，不存在技术差异问题。

交流法与直流法相结合方式解决了在现场有载分接开关带绕组状态下试验问题，通过分析测试出的交流过度波形和直流过度电阻值，能准确判断出开关过渡电阻断线、触头接触不良、过渡电阻桥接时间超规程要求等设备的

隐性缺陷。使用《交直流参数变压器有载开关现场检测装置》在现场测试已积累了丰富的经验，并已获取了多台开关实测事例。《交直流参数变压器有载开关现场检测装置》将成为现场常规测试设备，已得到推广应用。

1.3 采用交直流法在现场检测变压器有载开关的过度波形有标准依据

电力行业新标准《DL/T265-20112 变压器有载开关现场试验导则》已于2012年07月1日颁布实施。新标准对有载分接开关现场试验项目、试验方法、检测周期、缺陷判断做出了明确规定。

电力行业新标准《DL/T265-2011 变压器有载开关现场试验导则》对有载分接开关现场试验项目、试验方法、缺陷判断依据做出了明确规定：

新标准在4.1 试验项目、周期及标准，第1项规定：测试项目“测量过渡电阻值”中规定，“电阻值与铭牌值的偏差不大于±10%。”。

新标准在4.1 试验项目、周期及标准，第8项规定：测试项目“测量触头变换程序、电流的连续性、三相开断不同步时间”中规定采用交流方法测量，

新标准在4.1 试验项目、周期及标准，第8项规定：判断有载分接开关是否良好的标准依据是：“1) 与制造企业技术要求相符； 2) 测试电流无断续； 3) 三相开断不同步时间不大于3 ms。”。观察开关过度波形（即：交流电流测试波形）的连续性，电流波形是连续的，说明开关触头接触良好，若电流波形出现不连续断点，说明开关存在隐患。

新标准在4.1 试验项目、周期及标准，第8项规定：新标准对交流方法测试周期也作出了明确规定：“1) 交接时； 2) 分接开关大修时； 3) 随同

变压器检修试验周期”。

新标准在“第4章现场测试，第4.1节试验项目、周期及标准，第1项：测量过渡电阻值周期：“更换过渡电阻时”，也就是说新标准规定测量过渡电阻值只需在“更换过渡电阻时”仅测试一次，以后不要随同常规检修测试了，因为从已测试出的交流波形中能明确观察出过渡电阻的断开等故障。

1.4 交直流法检测变压器有载开关技术已成熟

本产品主要用于开关带绕组状态下，在变电站现场检测变压器有载分接开关的过度波形，开关的电压等级范围是10kV~500kV，测试接线不受变压器绕组结线方式的限制，适应于各种结线组别的三相、单相变压器、电抗器等有载分接开关动作过度波形的测试。

本产品使用单相 220V 电源作为工作电源，将单相电源变换为三相可调试电源，将试验电源加到变压器高压侧套管上，启动有载开关切换，本产品能将变压器有载开关带绕组状态下动作过程交流波形录制保存下来，通过观察分析开关切换过程中开关各触点的交流波形，能准确判断出变压器有载开关是否存在过渡电阻断线、触头接触不良、过渡电阻桥接时间超规程要求等设备的隐性缺陷。

本产品设计采用成熟的现代计算机技术、高速采集数据信息处理技术将交流测试技术应用于分接开关现场试验中，采用高速采集数据技术（采集速度达 200 k/s/通道以上）对开关过度波形连续采集存储，在开关带绕组状态下能准确捕捉到开关动作过程中所产生的瞬变点（不做滤波处理），测试出的开关过度波形是真实的，通过分析真实的开关过度波形，对波形的解析结

果是唯一性的，不存在无法判读等技术争议问题。交流法测试接线不受变压器绕组结线方式的限制，解决了长期以来在现场采用直流方法试验存在的问题。使用《交直流参数变压器有载开关现场检测装置》在现场测试已积累了丰富的经验，并已获取了多台开关实测事例。《交直流参数变压器有载开关现场检测装置》将成为现场常规测试设备，已得到推广应用。

二、主要功能特点及技术指标

2.1 主要功能特点

1. 本测试装置采用交直流法测试，目的是能测试出真实的过渡波形（不对波形进行滤波处理），适合于在变电站现场，在带绕组状态下对变压器有载分接开关的过渡波形、过渡时间、三相同期性等参数进行测量。能判断出开关过渡电阻断线、触头接触不良、过渡电阻桥接时间超规程要求等设备的隐性缺陷。

2. 本测试装置采用交直流法试验判断有载分接开关是否存在故障隐患的判据很明确，就是通过分析观察有载分接开关切换全过程的过渡波形是否连续，波形是连续的说明有载分接开关工作状态是良好。

3. 采用本测试装置测试时接线不受变压器绕组结线方式的限制。能对10kV~500kV电压等级的各种结线组别开关进行测试，如：结线为YN.d、YN.y0，或结线为Y.y0、D.y0（变压器调压绕组在一次侧，没有中性点引出）三相、单相变压器有载分接开关动作特性进行交流测试。

4. 本测试装置具有内置电源和外接电源两种接线方法，设备内能输出三

相电源，现场测试接线十分方便。外接电源能进行高电压试验、零序试验。

5. 本测试装置测试采样速度快，采集速度达 200 k/s/通道以上（一般直流法测试仪采集速度为 10 k/s）。存储数据量大，高速缓存深度达 8 M byte FIFO。若开关动作过程中存在微弱接触不良缺陷。交流法从波形上能明显反应出。

6. 本测试装置系统配置，数据处理系统由嵌入式电脑和测试软件组成，显示屏采用 10.4 寸大屏幕彩色屏，中文测试界面，触摸屏书写方式，系统支持 U 盘存储数据，支持 USB 键盘和鼠标，本装置配置微型打印机，可现场直接打印输出测试结果。

7. 本测试软件具有脱机分析或重新编辑试验报告功能，将数据导入到办公室电脑中，可对测试波形重新进行分析或编辑。

8. 本装置采用一体化结构，便于现场携带，测试接线简单方便

9. 测试软件功能：

①. 状态参数自学习功能。试验中需要实时计算相位与相差，准确提供初始参数。程序设计了自建、自动更新基准功能，每次测试前仪器自动获取试验的电压、电流、频率、相位数据做为试验的基准参数，与开关动作过程中动态实时参数进行比较，测试触发盲区极少，大大提高了试验触发的可靠性，并缩短了试验时间。

②. 本装置采用彩色液晶显示，实时曲线快速走屏，真实反映试验变化过程。

③. 本测试软件设计有自动测试及手动测试功能，对录制波形能再次进行播放，放大，缩小，编辑等功能

④. 内存压缩存储技术，预触发记录深度可达 6 通道最多 800 个周波深度，为数据分析提供了丰富的原始资料。

⑤. 程序及操作系统装载在固态硬盘上，不使用碟片磁盘，封闭对存储器写操作，使存储器得到最有效的保护。

⑥. 测试软件可以在 WIN2000. XP 和 WIN7 系统下对数据进行编辑分析。自动生成测试报告，测试数据及波形可以导入或导出。

2.2 主要技术指标

2.2.1 工作环境条件

1. 环境温度：-10℃~40℃；
2. 环境湿度：≤80%；
3. 海拔高度：≤2000m。

2.2.2 工作电源

1. 单相电压：220 (1±10%) V；
2. 频率：50Hz ±1Hz；
3. 波形：正弦，波形失真率≤2%。

2.2.3 仪器内输出试验电源

1. 交流输出电源频率：50Hz ±0.2Hz（频率可调）；
2. 交流输出电压范围：三相四线 0~500V(电压可调)；
3. 交流输出容量：额定 1000VA；
4. 交流电源波形畸变率：≤3%；
5. 交流电源电压相角：120°，相角差 $\geq 120^\circ \pm 1^\circ$ 。
6. 直流电流输出范围：0.5A、1A(两档可选)

2.2.4 仪器测试精度

1. 同步采集通道数：6
2. 采集数据精度：16 位
3. 采集速度：200 k/s/通道
4. 采集板高速缓存深度：8 M byte FIFO
5. 电压量程：0V~500V。
6. 电流量程：0mA~100mA、0A~10A；
7. 电压、电流测试精度：0.5级；
8. 电阻量程：0.5A 档 0-20 Ω ；1A 档 0-10 Ω （如测量范围不能达到用户要求，可向我公司订做宽范围有载分接开关参数测试仪）
9. 直流电阻测量精度： $\pm(5\%+0.1\ \Omega)$ 。

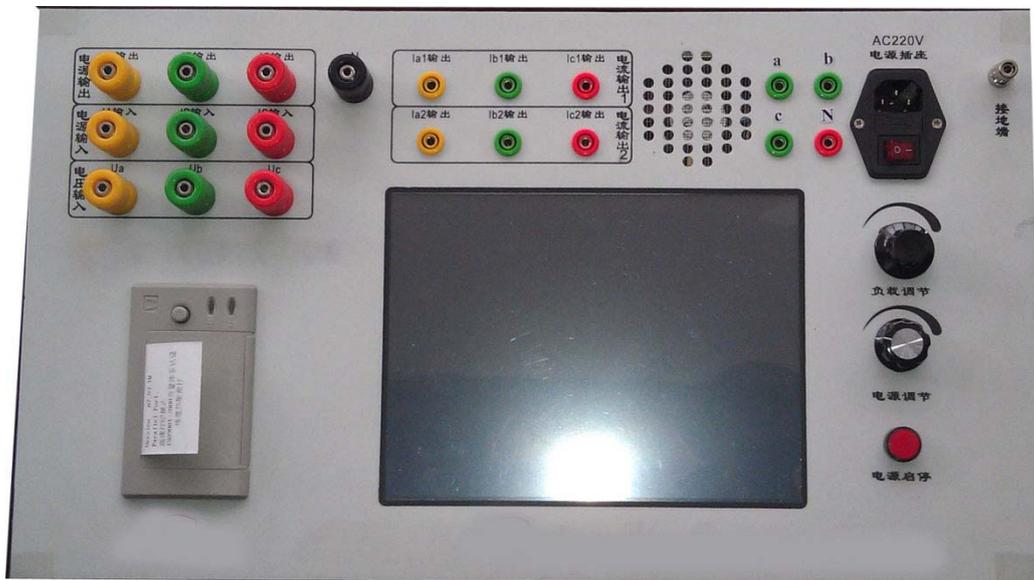
2.2.5 绝缘性能

1. 绝缘电阻：电源输入端对机壳的绝缘电阻 $>20\text{M}\ \Omega$ 。
2. 测试装置绝缘水平应能耐受 1500V 交流电压(有效值)

2.2.6 重量体积

1. 重量：30kg(不包括测试线)。
2. 体积：530*320*600 (mm)

三、仪器面板各部分功能说明



仪器面板功能示意图

(1) 接线端子

1) “电源输出”端子部分：

电源输出端子：IA 输出、IB 输出、IC 输出；选用内接电源测试时与“电源输入”端子对应链接；选用外接电源测试时不接线。

2) “电源输入”端子部分：

电源输入端子：IA 输入、IB 输入、IC 输入；选用内接电源测试时与“电源输出”端子对应链接；选用外接电源测试时与外部电源对应链接。

3) “电压输入”端子部分：

电压输入端子：UA 输入、UB 输入、UC 输入；与“电源输入”端子对应链接。

4) “电流输出 1”端子部分(最大电流量程 0.1A)：

电流输出端子：Ia1 输出、Ib1 输出、Ic1 输出；选用 0.1A 小电流量程时接变压器测量端子。

5) “电流输出 2” 端子部分(最大电流量程 10A):

电流输出端子：Ia2 输出、Ib2 输出、Ic2 输出；选用 10A 大电流量程时接变压器测量端子。

6) N 零线共用端；接入试验电源（零线）和接变压器测量端子

7) 直流“电流输出 3” 端子部分

电流输出端子：a 端输出接变压器 A 相套管、b 端输出接变压器 B 相套管、c 端输出接变压器 C 相套管、N 端输出接变压器绕组中心端。

(2) 电源保险： 5A 保险管（按在装电源插座盒内）

(3) 接地端一个：使用本机配备接地线与大地连接

(4) 电源插座（自带电源开关）： 接 AC-220V 电源；指示灯亮电源接通

(5) 电源调节旋钮一个：用于调节机内试验电源输出，顺时针旋转升高电压，逆时针旋转降低电压。

(6) 电源启停按钮一个：用于启停控制机内试验电源输出，按下启停按钮（红灯亮）电源处于输出状态，调节电压旋钮可输出电压，启停按钮弹起（红灯熄灭亮）电源处于停止输出状态。

(7) 微型打印机： 一台

(8) 显示屏一面： 10.4 寸彩色触摸屏

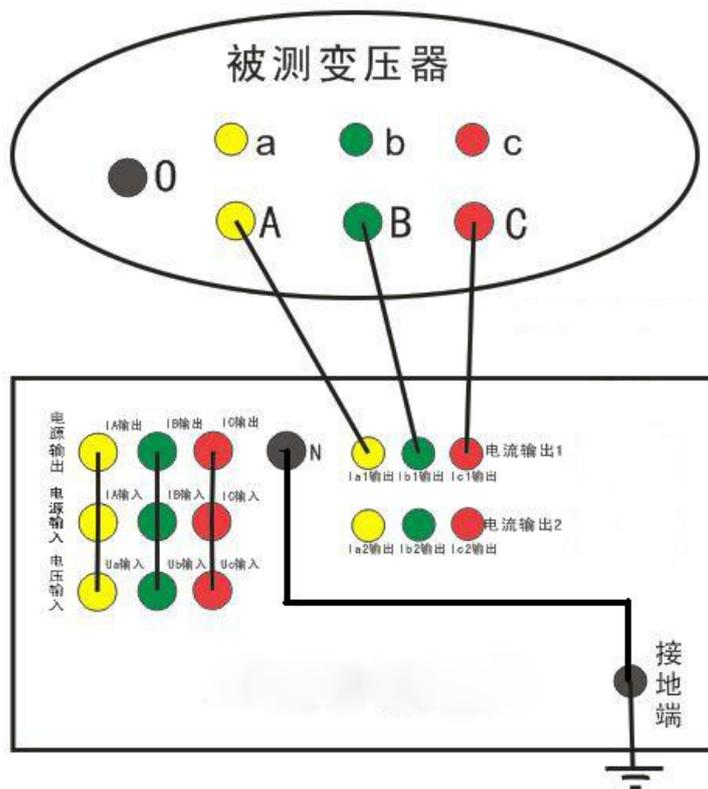
(9) USB 通信口： 两个

四、试验接线

本装置设计有两种试验接线方法，一种是选用本装置内部自带三相电源进行测试，简称内接电源试验接线。另一种是选用外部单相电源进行高电压大电流测试，简称外接电源试验接线。

4.1 内接电源三相法试验接线

三相变压器调压绕组在一次侧，结线为 YN. d、YN. y0、Y. y0 或 D. y0，使用装置的内接电源进行三相测试，见图一所示。

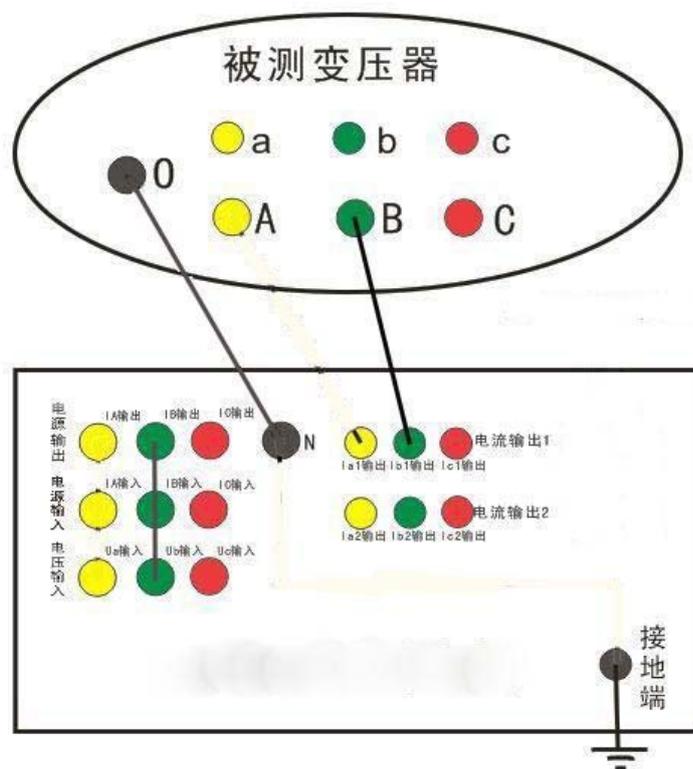


见图一

4.2 内接电源单相法试验接线

变压器调压绕组在一次侧，使用装置的内接电源进行单相测试，见图

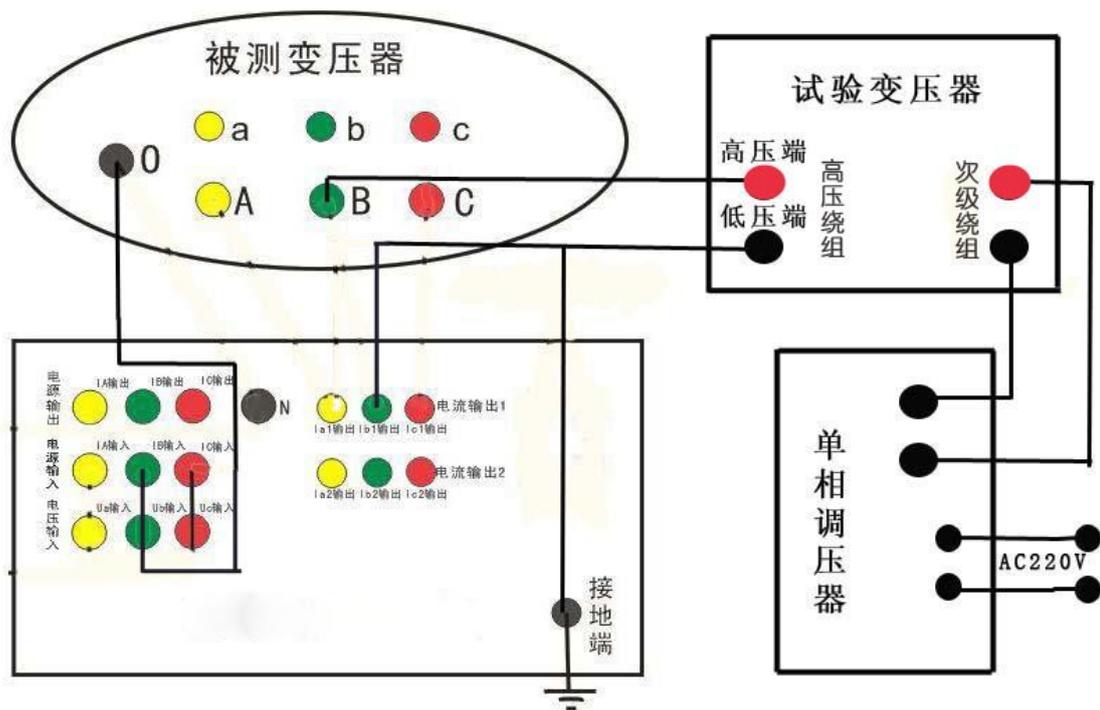
二所示(本图仅对应于测 B 相变压器, A 相、C 相类同)。



图二

4.3 外部电源单相高电压法试验接线

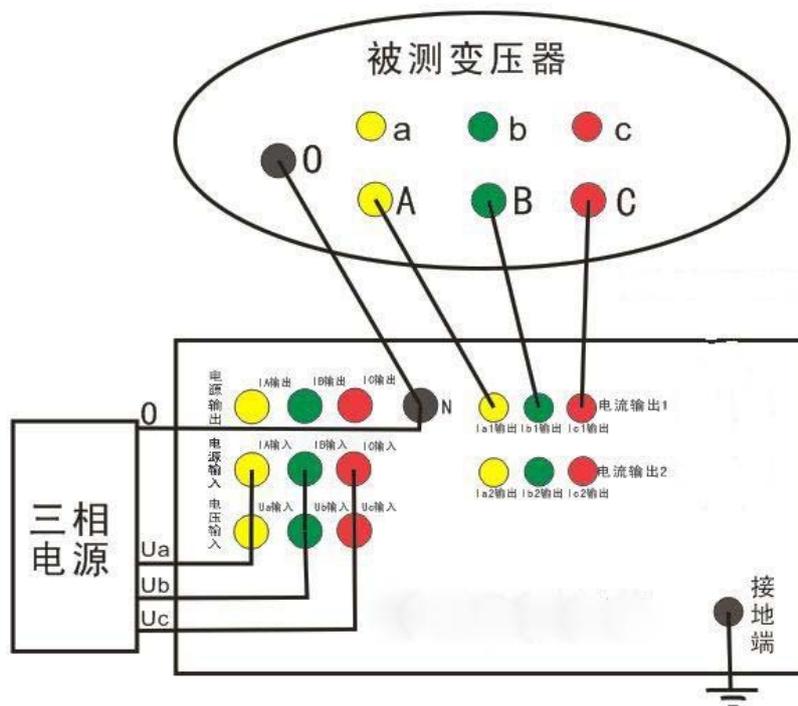
变压器的调压绕组在一次侧, 使用外接电源进行单相测试, 见图三所示(本图仅对应于测 B 相变压器, A 相、C 相类同)。



图三

4.4 外部电源三相法试验接线

变压器的调压绕组在一次侧，使用外接三相电源进行三相法测试，见图四所示(零线可以不接)。



图四

4.5 外部电源零序法试验接线

变压器的调压绕组在一次侧，使用外接单相电源进行零序测试，见图五所示。

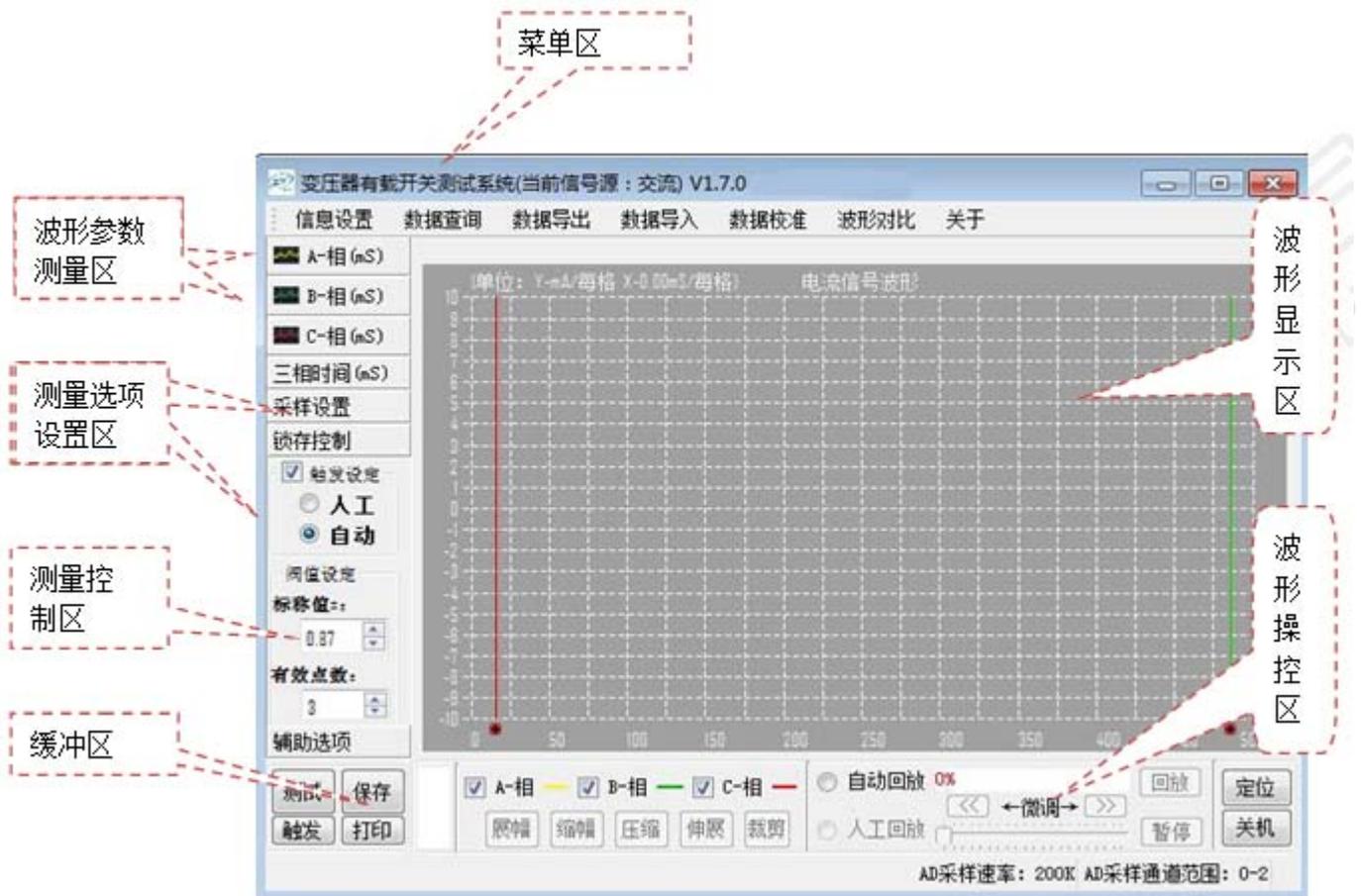
五、仪器操作测试

5.1 测试前的准备：

- ① 接地线：从仪器面板上的“**≡接地端**”连接到大地。
- ② 按第四章“试验接线”对应接线图接线，检查接线准确无误。
- ③ 将“电源调节”旋钮逆时针旋转调节到最小位置。
- ④ 将“电源启停”按钮置于弹起位置（指示灯熄灭），停止电源输出。

5.2 主界面功能介绍：

将电源线插入仪器的 220V 电源插座，打开电源开关，接通电源，程序启动 Windows XP 系统，待程序启动完毕，点击图标【有载开关测试系统】，程序进入测试主界面如下图六所示。



图六

5.3 交流试验测试操作流程（参考图八、图九、图十）

5.3.1 测试前设置相关参数

信息设置： 点击菜单区中【信息设置】项，即可打开信息设置窗口，如图七所示：用户只需要对信息设置菜单中的【信息设置】项进行设置，不需要对其他三项（通道设置、AD 设置、系统校准设置）进行设置或修改。

参数设置方法： 双击桌面上快捷【文通】图标，选择该功能的手写或键盘输入法，便可进行参数设置或修改。

设置参数主要包括用户信息和设备信息。这些信息要在系统数据库中存

储，以便以后的查询、打印报告等操作。

信息设置中的“分接方式”参数设置，可以从主界面“分接方式”中设置，也可在该表格中设置，将该参数设置成与实际有载开关档位的动作方向相同，便于记录有载开关档位的动作方向与测试波形的对应关系。



图七

5.3.2 自动测试操作流程:

(1) 选择自动触发方式

触发方式有两种：“自动”或“人工”。选择设定“自动”或“人工”触发（选择打√设定），仪器开机后默认为“自动”触发方式。

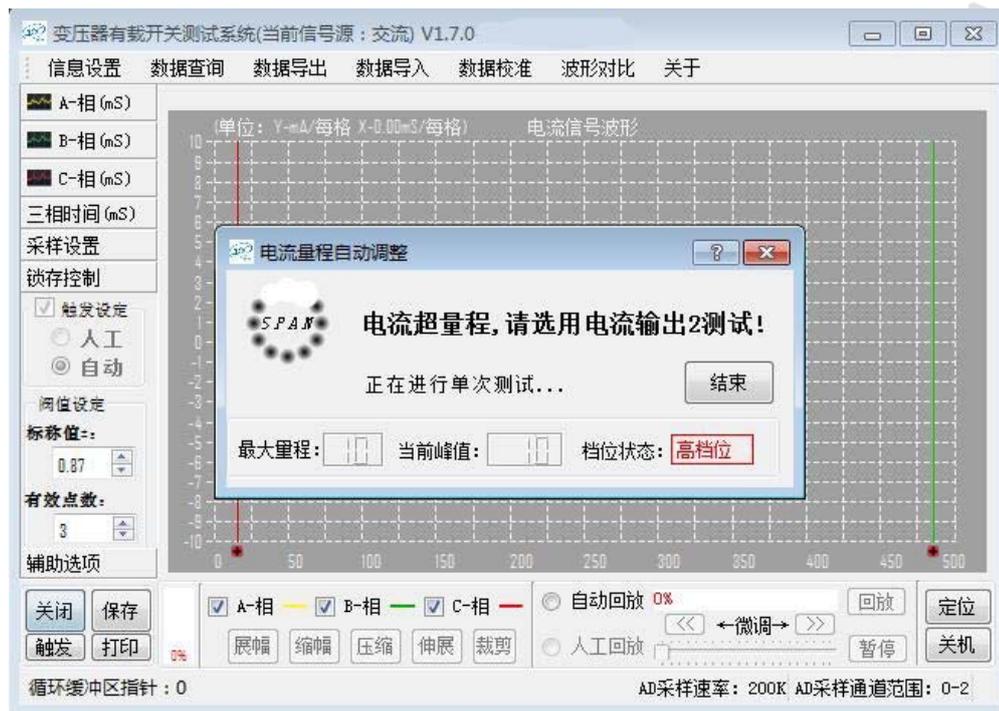
(2) 选择电流输出量程

按第四章推荐的试验接线方式接线，通常先将测试线钳插入“电流输出1”端子上；当图八界面提示“电流超量程，请选用输出2测试”，时，再将测试线钳插入“电流输出2”端子上。

(3) 启动自动测试（操作步骤）

第一步：启动测试：

点击【测试】键后，即可打测试界面，如图八所示，软件开始采集波形，并进入“电流量程自动调整”功能；



图八

第二步：电源调节：

按下仪器面板上的【电源启停】按钮，按钮开关处于按下位置（指示灯亮），再顺时针旋转【电源调节】旋钮（将旋钮顺时针旋转到头），在旋转调节电流过程中注意观察界面提示，若界面一直出现“待电流波形稳定后，点击结束按钮”，证明测试电流已调整到最佳测量范围。然后点击“结束”键软件会自动进入锁存触发功能。

若提示“电流超量程，请选用输出 2 测试”，这时按一下【电源启停】

按钮，按钮开关处于弹起位置（指示灯熄灭），停止电流输出，再将测试线钳插入“电流输出 2”端子上，重新按下【电源启停】按钮（指示灯亮），继续测试。

若提示“请缓慢调节电位器，降低电流”，这时可逆时针旋转【电源调节】旋钮，缓慢降低电流，待提示字符自动消失后可继续测试。

在调节电源过程中，若电流输出超量限（或电源输出有短路），电源会自动保护（电源停止输出），蜂鸣器报警（长响），这时应按一下【电源启停】按钮，按钮开关处于弹起位置（指示灯熄灭），并将【电源调节】旋钮逆时针旋转调节到最小位置。待检查接线正常后可重新启动电源测试。

第三步：触发测试：

交流法测试在点击【结束】后自动进入锁存【触发】功能，如图九所示，待图九提示界面自动消失后，可启动变压器有载分接开关变换开关位置，当程序会自动扑抓到开关过度波形时，【自动回放】功能启动，界面自动回放扑抓到的过度波形。为安全操作，测试结束后断开电源输出（按一下【电源启停】按钮，按钮开关处于弹起位置（指示灯熄灭），停止电流输出）。

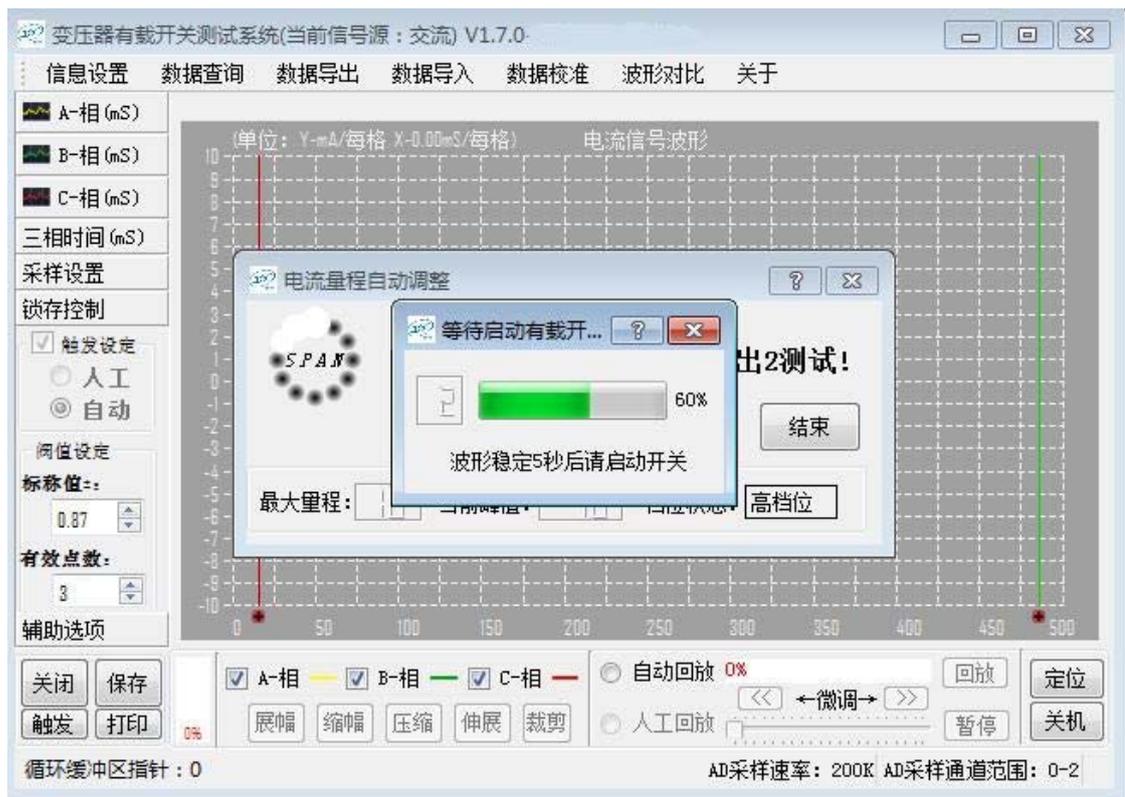
调节触发灵敏度：当图九提示界面自动消失后，若这时有载开关尚未动作切换，仪器【自动回放】功能就启动了，原因是仪器采到了干扰波形，说明灵敏度太高了，需要增加【阈值设定】中的“标值”或“有效点”，降低触发灵敏度。若开关已经切换完毕后，波形还在继续测试，没有自动回放，说明触发灵敏度太低，需要减小【阈值设定】”中的“标称值”或“有效点”，提高触发灵敏度。通常“标值”设为 0.8-2.5 左右，“有效点”设为 3-5 左

右。根据现场情况，不同的变压器有载开关需要设定其相应的触发灵敏度，每次改变阈值参数后需重新点击【测试】键测试，经过几次反复试验，才能找到最佳触发状态，待触发值设定合适后，程序会自动扑抓到有载开关的过渡波形。

(4) 单次和连续测试

仪器有“单次测试”和“连续测试”两个测试功能方式，“单次测试”是手动控制测试及保存数据，“连续测试”是全自动测试，在第一次点击“测试”及“结束”后，连续动作开关，仪器将自动保存数据并进行下次测试。

“连续测试”在“采样设置”下拉菜单中进行选择，软件初始默认为“单次测试”，测试方式在“电流量程自动调整”窗口中会有显示，在“人工”测试模式下，无法使用“连续测试”，（建议使用“连续测试”时，先用“单次测试”准确找到并设置好标称值，并成功测试几次后，再使用连续测试方式。）



图九

(5) 查找、编辑过度波形

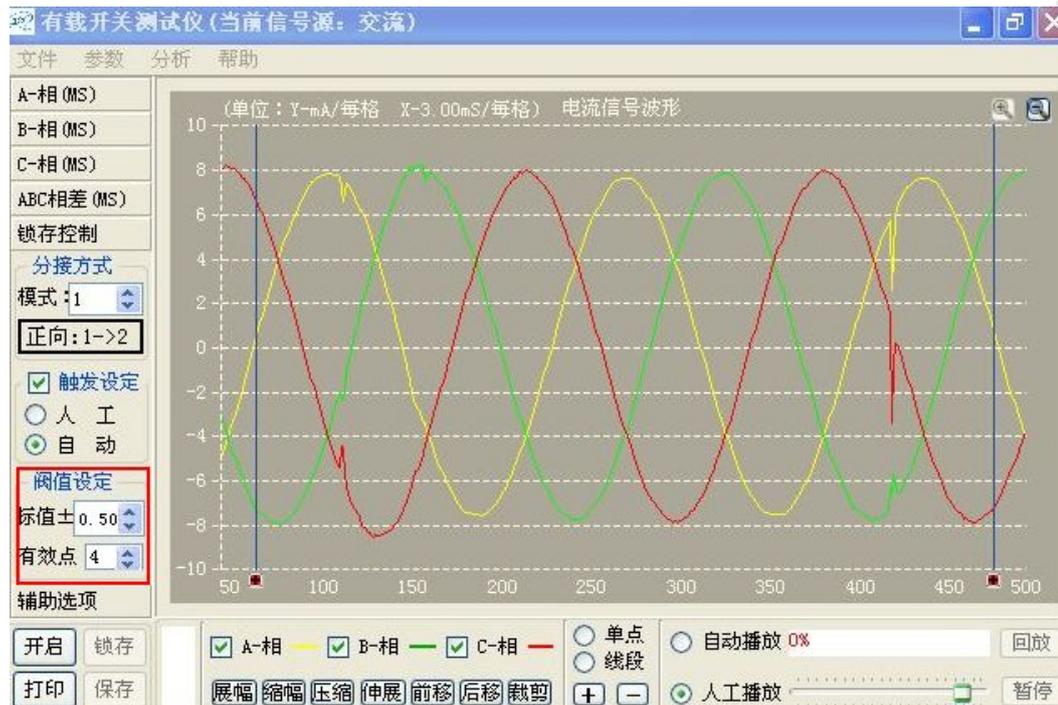
待【自动回放】结束后(或在【人工回放】状态下), 点击【定位】键, 程序自动初步定位到开关的过渡波形附近, 并显现在当前界面中。然后在【人工回放】状态下, 左移或右移动游标, 可精确查找到开关过渡波形(一般为1—3个周波)并将波形移到屏幕中间位置, 见图十所示。

为方便观察分析波形, 在【人工回放】模式下, 使用系统主界面下方的【压缩】或【伸展】键功能对波形宽度(XXmS/每格)进行压缩或伸展; 使用【展幅】或【缩幅】键功能对波形的幅度进行放大或缩小; 使用【微调】键功能对波形进行左右移动;

使用【剪裁】键功能对有用的波形进行剪裁处理。方法是将游标尺1平

移到波形的左边，移动游标尺 2 平移到波形的右边，点击【剪裁】键，便可得到所需要的那段开关过度波形见图十所示。

点击【A-相】、【B-相】、【C-相】前的复选框，可在软件屏幕上选择显示 A 相、B 相、C 相过渡波形。



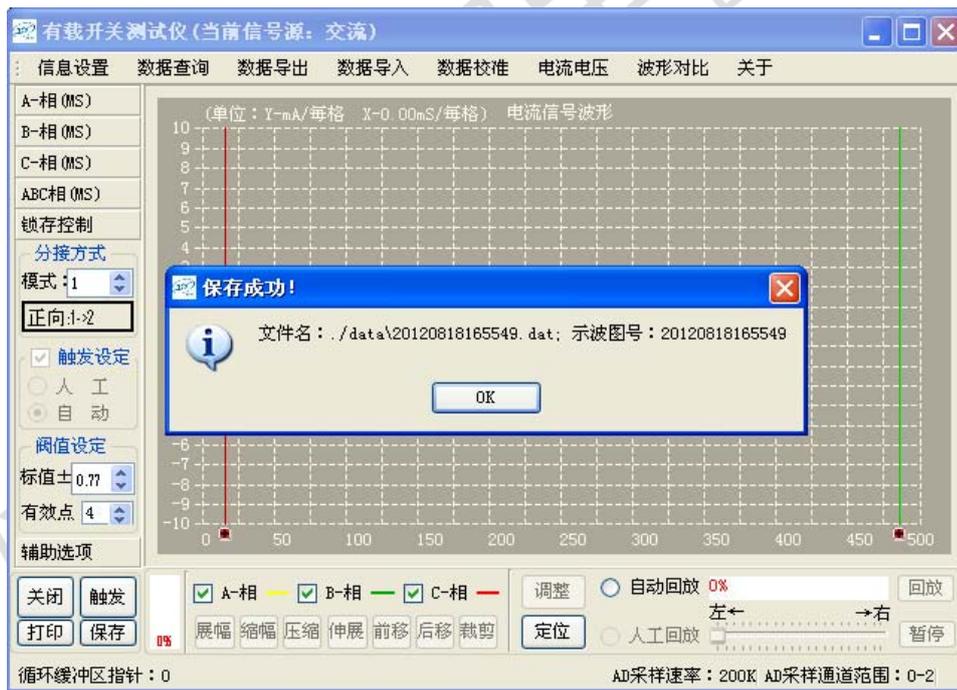
图十

(6) 保存、打印过度波形

点击【保存】键后，即可打信息设置界面，如图十一所示，可以对信息设置界面中的项目再次进行修改；点击【应用】—>【确认】键后，界面弹出提示条“保存成功”。如图十二所示，点击【OK】键保存到数据库中。



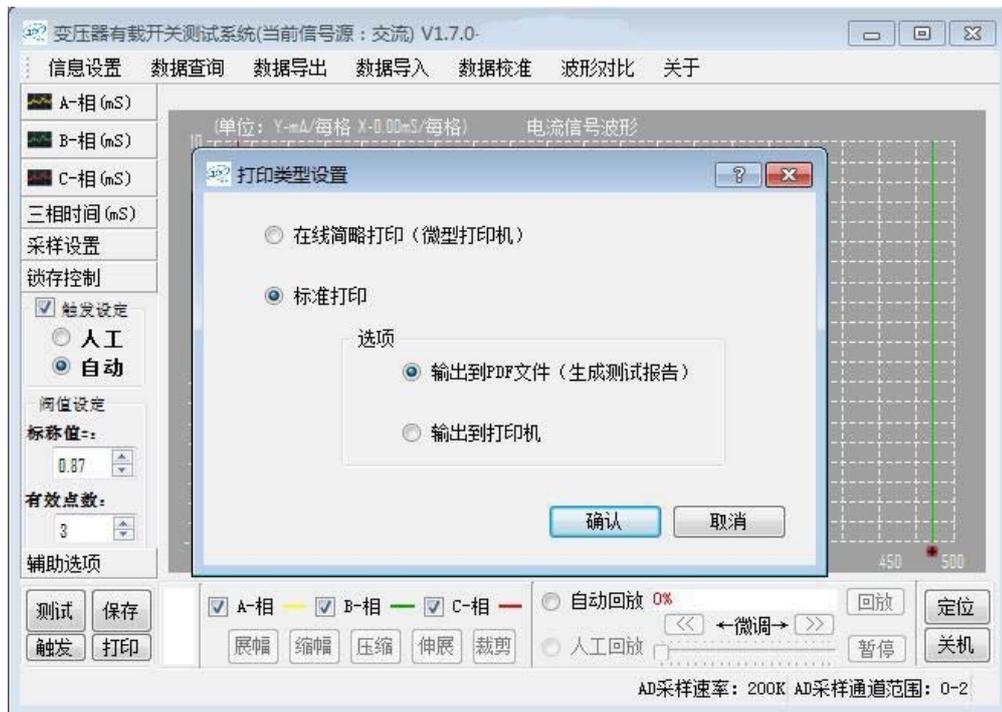
图十一



图十二

点击【打印】键进入“打印类型设置”界面，选择【在线简略打印（微型打印机）】是使用仪器另配的微型打印机打印出一份简略的测试报告，选择【标准打印】—>【输出到 PDF 文件】会生成一个 PDF 文件格式的测

试报告，选择【标准打印】—>【输出到打印机】需要外接一台打印机，直接打印出测试报告。（在选择打印前，一定要将过渡波形调整显示在屏幕中，以便准确打印出过渡波形）



(7) 结束试验

试验结束后，先将“电源启停”按钮置于弹起位置（指示灯熄灭）；将“电源调节”旋钮逆时针旋转调节到最小；再拆除测试线，点击【关机】键关闭仪器，结束试验。

5.3.3 人工测试操作流程：

在自动测试条件不能满足要求，可选择人工测试功能完成测试任务。

人工测试操作流程：在“触发设定”模式下选择“人工”测试，人工测试操作流程与自动测试操作流程是基本相同的，可以参照自动测试操作流程进行。人工测试与自动测试不同处是：人工测试时靠人工手动触发锁定波

形（“阈值设定”值不起作用），具体操作是：参见 5.3.2 节图八，首先启动有载开关，当听到开关切换时，迅速按下【结束】键。程序会自动扑抓到开关过度波形时，【自动回放】功能启动，界面自动回放扑抓到的过度波形，后续操作与自动测试相同。人工测试模式下不能使用“连续测试”功能

人工测试操作需要切换开关与点击【结束】键动作配合进行，由于采样速度较快，如果在有载开关切换后，没有及时迅速的按下按下【结束】键，将会出现找不到变化波形的情况。

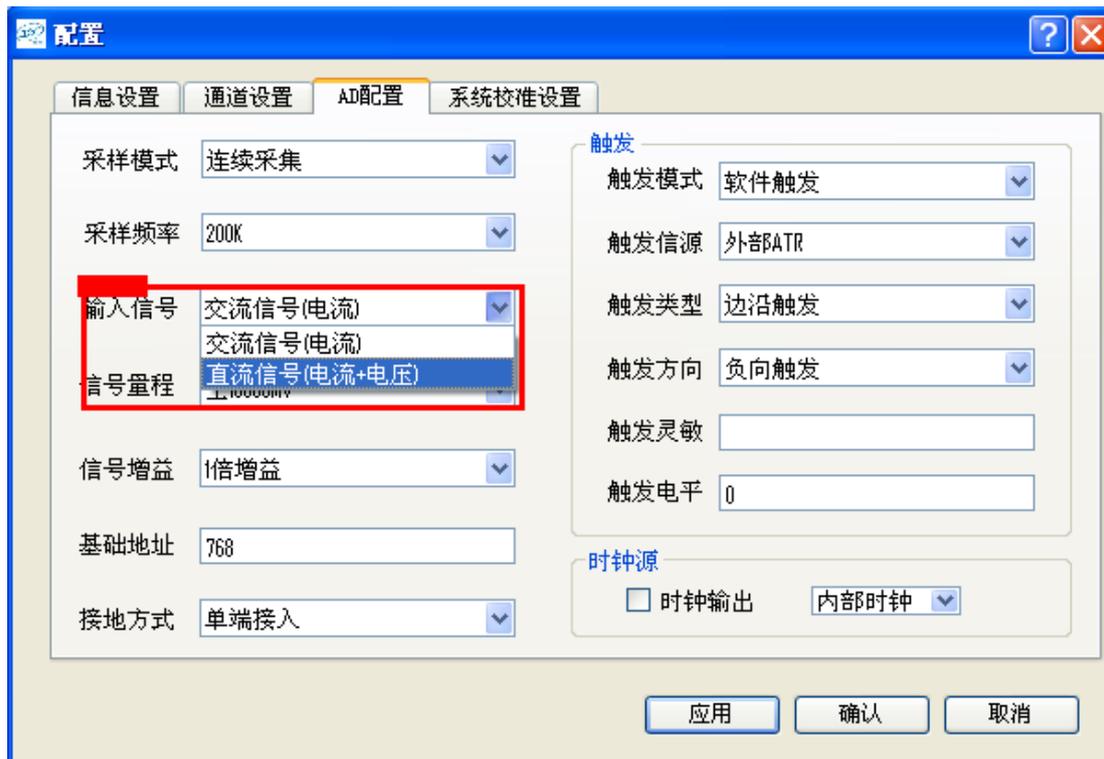
5.4 直流试验测试操作流程

5.4.1 测试前设置相关参数

测试流程与交流测试方法相同，可参考 5.3.1.

5.4.2 测试操作流程

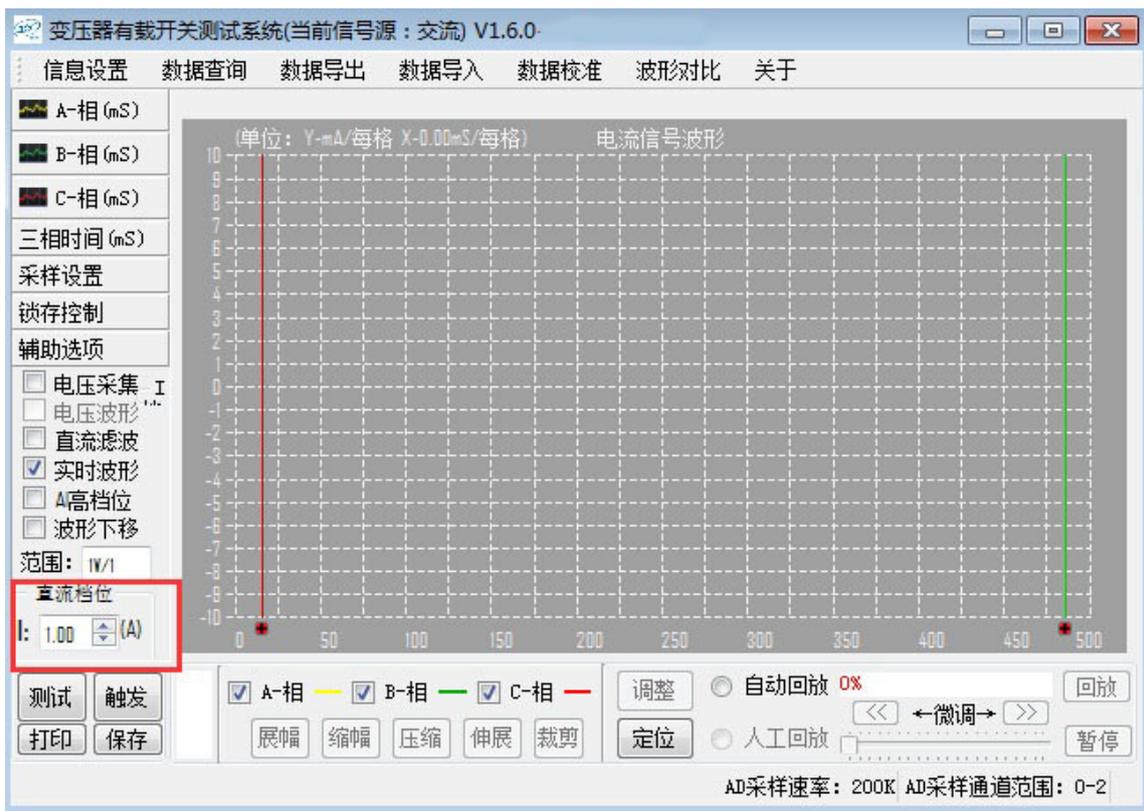
首先将“信息设置”中“AD 配置”的“输入信号”选择为“直流输入”，如图。然后将“采样频率”修改为 10K 后，点击“应用”后点击“确认”。现在仪器就进入了直流测试模式。



直流测试模式，测试前不用再去设置“阈值设定”，和调节仪器的内部电源。其他测试流程同交流测试模式的测试方法相同，测试流程首先按下“电源启停”按钮后，点击“测试”等待缓冲区显示数据缓存 100%后，点击“锁存”根据软件即可切换有载分接开关完成测试。可参照说明书 5.3.2。

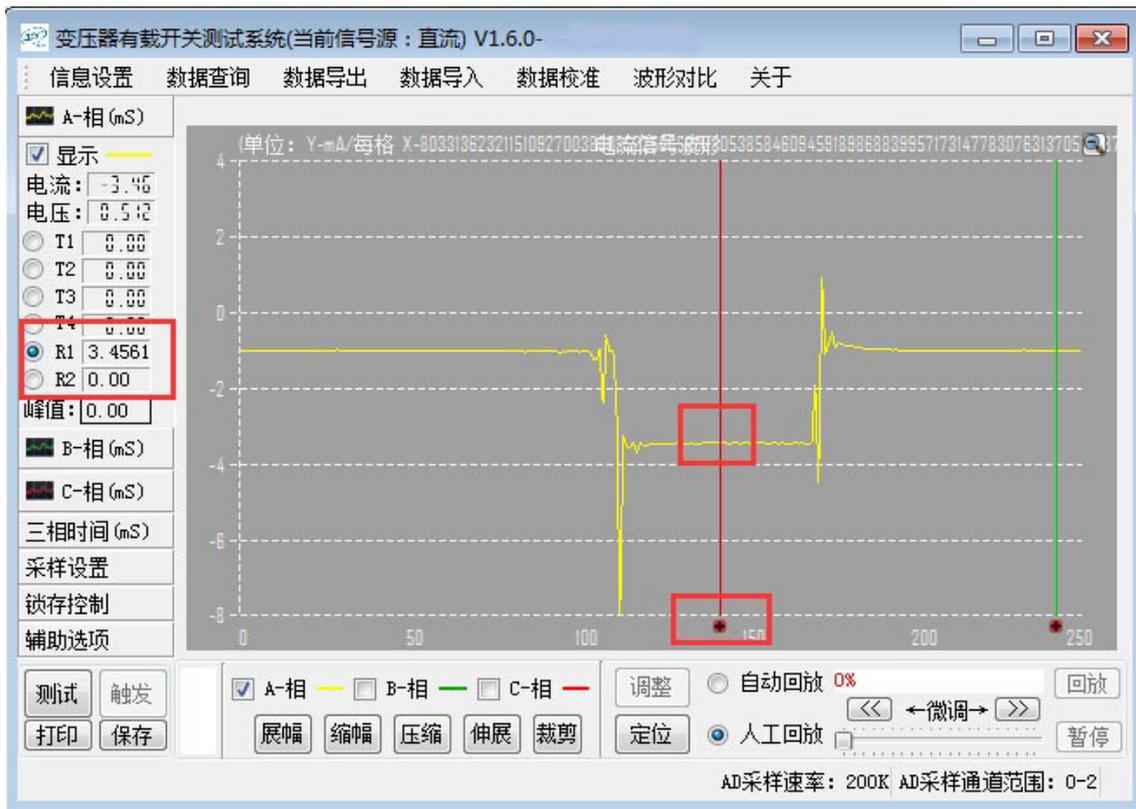
5.4.3 直流档位选择

本设备直流档位分为“0.5A”和“1.0A”两个档位，目前 0.5A 档的测试量程是 0-20 Ω ，1.0A 档是 0-10 Ω （电阻量程可根据要求定制调整）。软件操作如图所示，在“辅助选项”中，在测试前点击“直流档位”操作按钮，即可切换直流档位。



5.4.4 测试过渡时间及电阻值

测试完毕后，如图 A 相直流测试波形，先将波形显示区域最左边的卡尺定位到测试波形跳变处，然后点开该相波形的数据数据显示标签，点击选择“R1”标签，该相的电阻值便会显示出来。移动红色和绿色卡尺到需要测量的范围后，点击 T1、T2、T3 得到测量时间。



六、分析编辑功能

6.1 数据查询分析

点击菜单区中【数据查询】项，即可打开数据库中窗口，如图十三所示：点击选择需要的项目条（该项目条颜色变深）后，再点击下方的【打开】键，弹出图十一界面，点击【应用】、【确认】键后，波形自动回放当前界面中。



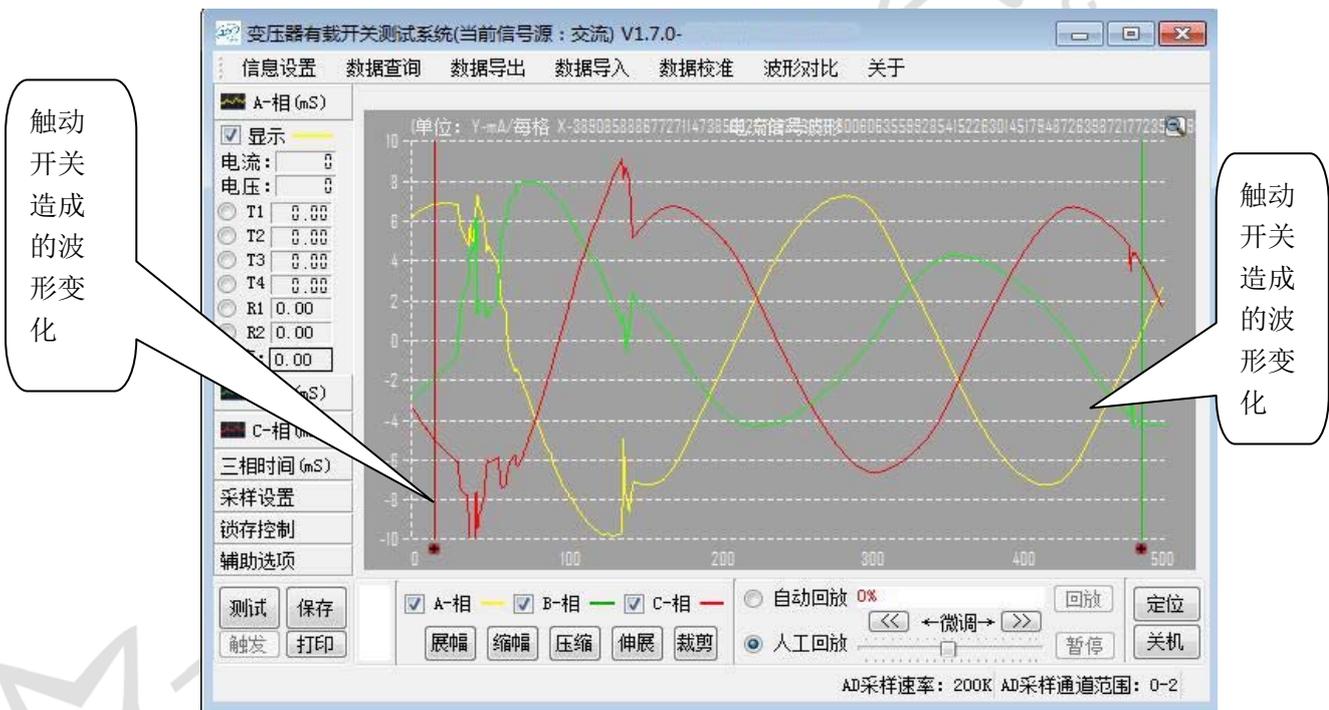
图十三

分析界面如图十四、图十五所示，在界面的“波形参数测量区”中设有“A-相 (mS)、B-相 (mS)、C-相 (mS)、ABC-相差 (mS)”选择并打开其中某一项，如选择“A-相 (mS)”，下拉菜单显示“T1、T2、T3”，点击其中某一项，在该窗口中显示出的值是标尺 1 到标尺 2 之间的时间。参数“T1、T2、T3”含义可由用户自定义为开关的过渡时间或三相开断不同步时间，

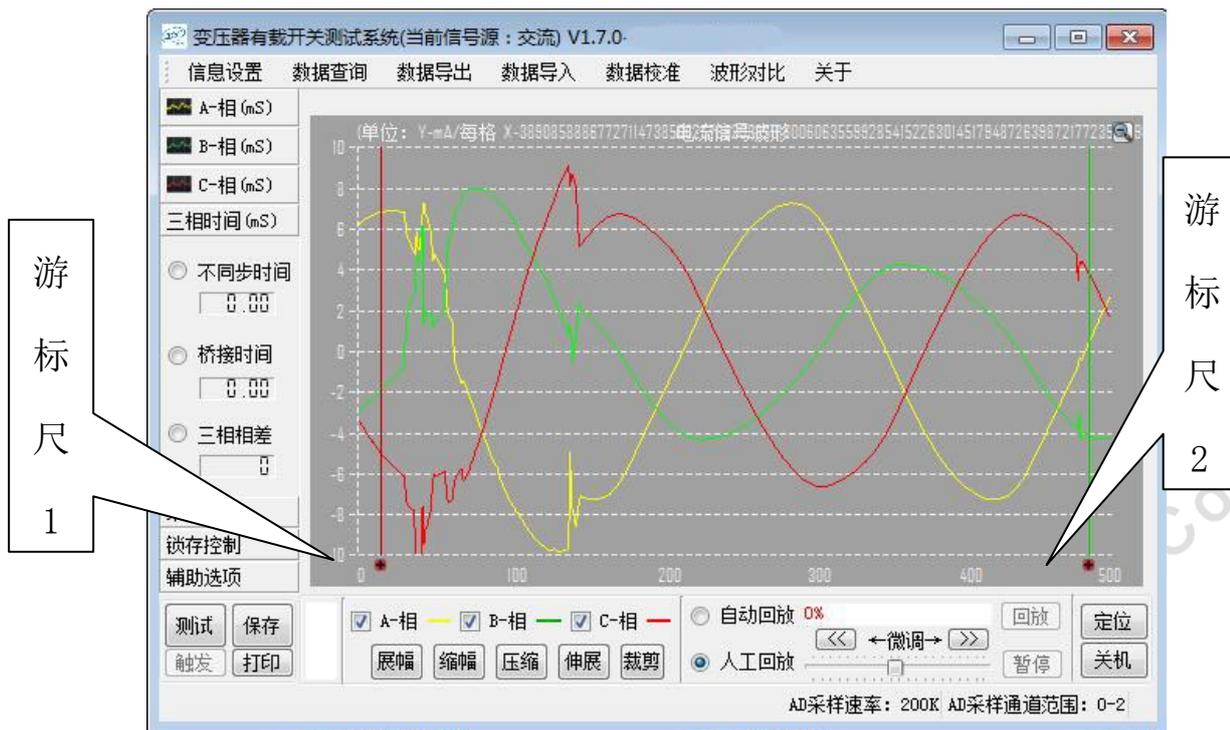
“T4”是计算出“T1、T2、T3”的时间总和。

选准游标尺下方的小方块，可拖动游标尺左右平行移动，将游标尺1平移到波形的左边，移动游标尺2平移到波形的右边，选择点击T1（或T2或T3），在该窗口中显示出的值就是用户定义的时间参数。

通过分析编辑，可以确定过渡波形的三相开断不同步时间，三相过渡时间等参数。在三相相差的功能菜单下有三个时间数据：“不同步时间”、“桥接时间”、“三相相差”。“不同步时间”、“桥接时间”利用两个游标尺根据需要卡出时间，“三相相差”是计算出三相“T1”时间值的误差值

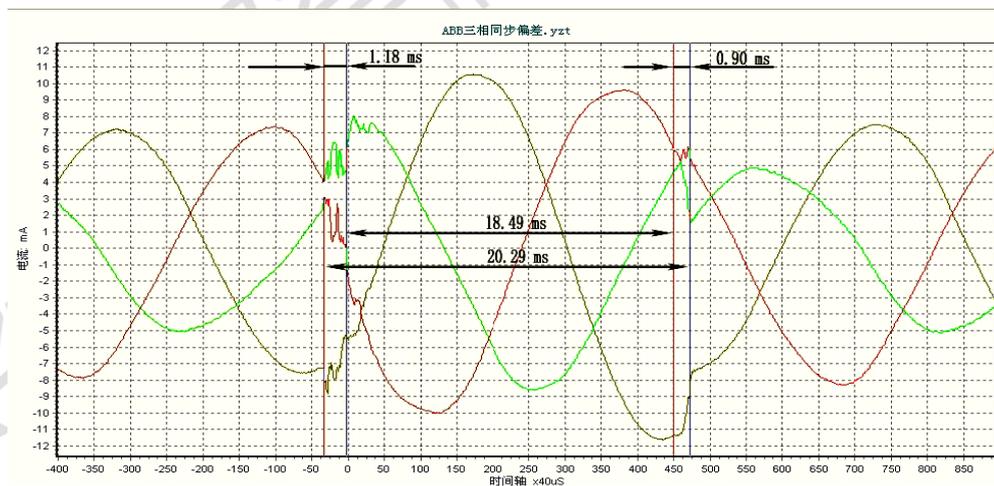


图十四



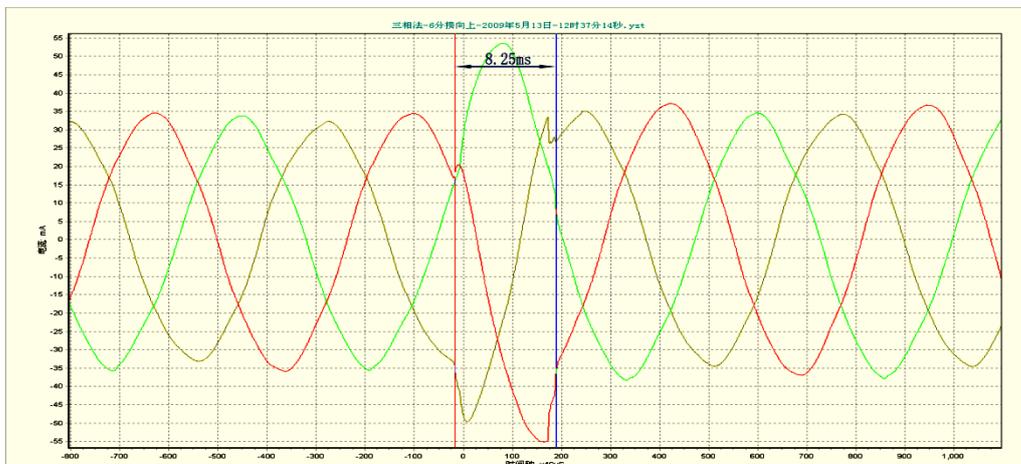
图十五

典型波形示



(图十一A) 一次绕组YH结线

双过渡电阻MR分接开关切换过程无异常的交流测试波形



(图十一 B) 一次绕组 D 结线(8) 测试三相开断不同步时间

6.2 波形对比分析

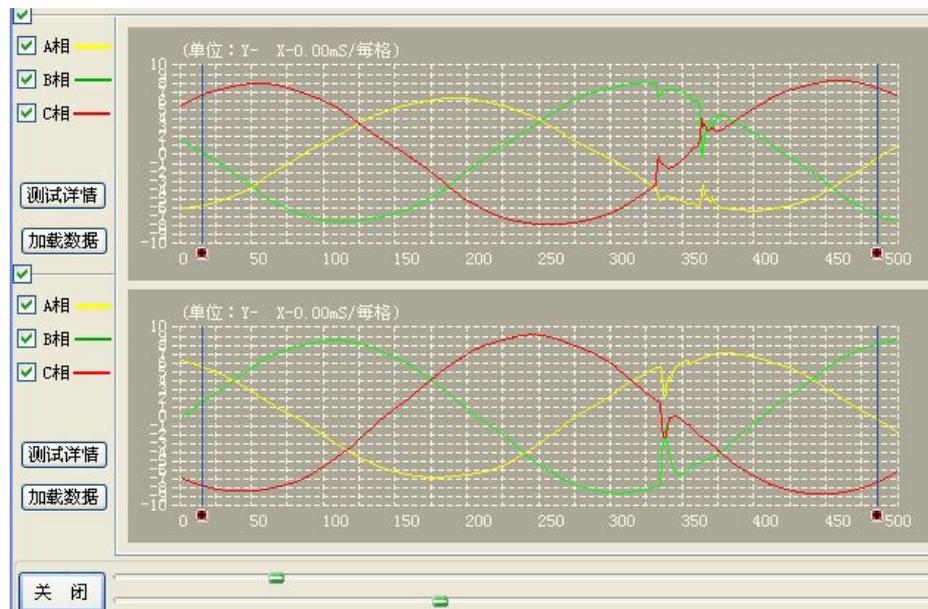
点击菜单区中【数据查询】项，即可打开数据库中窗口，如图十三所示：点击选择需要的项目条（该项目条颜色变深）后，再点击下方的【打开】键，弹出图十一界面，点击【应用】、【确认】键后，波形自动回放当前界面中。

波形对比功能主要用来分析同一台变压器有载分接开关的不同时间测试得到的波形进行纵向对比(历次测试得到的波形)，以发现其中的异同，方便分析和发现问题。

在“菜单区”中，点击【波形对比】项，即可打开窗口，图十六所示：波形对比窗口包含上下两个波形控制区，可同时对两个波形进行对比。波形显示区域可以被一个波形独占，也可以两个波形分享。如果要让某一个波形独占显示区，则可以点击另一个波形的勾选框。例如要让上面的波形占用整个波形显示区，则点击下面波形控制区的勾选框。

如果要恢复原来两个波形共享显示区的情形，则再次点击下面波形控

制区的勾选框即可，显示区会恢复原貌。



图十六

基本操作步骤如下：

(1) 打开要比较的波形数据

点击“加载数据按钮”，会弹出数据选择窗口，选定制定的测试数据后，打开即可。图十三所示，点击选择需要的项目条（该项目条颜色变深）后，再点击下方的【打开】键，弹出图十一界面，点击【应用】、【确认】键后，波形自动回放当前界面中。

对两个显示区依次进行此操作，即可将波形数据显示在窗口。

(2) 显示波形对应的详细数据信息

点击“测试详情”按钮，即可弹出次波形对应的详细数据信息窗口，图十七所示：



测试概况

产权单位	XXX供电公司	测试类型	开关带绕组交流动作程序
运行站所	XXX变电站	示波图号	2
运行编号	XYZ567	测试单位	XXX电力维修中心
开关名称	ABCD	测试人员	ABC
开关型号	XYZ	测试日期	2000-1-1
制造厂家	XXX电力设备公司	测试设备	器有载开关交流参数测ABC
出厂编号	ABCD	申报人	ABC
出厂日期	2000-1-1	审批人	ABC

测试结果

分接方向: 正向:2->3

时间单位 (MS)	T1	T2	T3	T4
标准值	≥15	≈20	2—7	35—50
A相测试值	0	0	0	0
B相测试值	0	0	0	0
C相测试值	0	0	0	0
三相不同步偏差	0			

图十七

关闭“测试详情”窗口返回波形对比窗口。

(3) 控制波形的显示/打开

如果只想观察 A, B, C 三相中的某 1 个或两个信号，则通过控制区的勾选框即可实现。例如，只想观察上半区波形中的 B, C 相信号，则反勾选 A-相即可。

如果要恢复 A 相信号的显示，则勾选“A-相”即可。

(4) 浏览波形

如果波形长度过大，一个窗口没法显示，则可以通过窗口下方的滑动条显示前后的波形。图图十六所示：

(5) 关闭返回

要返回主界面，点击屏幕右上角“关闭”按钮即可返回主界面

6.3 现场打印测试报告

需要打印测试报告，便可点击打印按钮，进入打印界面，如图十八所示。

若直接用机载的微型打印机打印数据及波形：选择“在线简略打印”、“输出到打印”

若要输出 PDF 文件：选择“标准打印”、“输出到 PDF 文件”，可以生成一个 PDF 格式的文档，以便于保存电子版或对其内容进行再次编辑修改。



图十八

6.4 选择“外接电源”方式测试：

外接电源试验方法是由用户自备试验电源，对变压器有载分接开关进行导通试验。

本装置测试接线设计有“外接电源”测试功能，测试时按照第四章“试验接线”中的图三、或图四、或图五接线。项目设置及操作流程与“内接电源”方式相同。

6.5 脱机分析或重新编辑试验报告

本系统是一款绿色软件，可随意安装在办公室电脑中（安装路径：C:\Program Files\）。从测试仪器界面的文件下拉菜单中将数据导出，用 U

盘再将数据导入到办公室电脑中，可对测试波形重新进行分析或编辑。具体操作见 6.1 节数据查询分析。

6.6 历次数据查询功能

历次数据查询功能可以查询以前测试并保存过的数据和波形。具体操作步骤如下：

(1) 开数据查询窗口

点击菜单区中【数据查询】项，即可打开数据库中窗口，如图十三所示：点击选择需要的项目条（该项目条颜色变深）后，再点击下方的【打开】键，弹出图十一界面，点击【应用】、【确认】键后，波形自动回放当前界面中。

(2) 查找要打开的测试记录

为便于查找测试记录，点击如图十三所示最上边一行【示波图号】项，数据库中项目将自动从上到下排序，每点击一次【示波图号】项，最新数据排列到最上面，或最新数据排列到最下面。

【示波图号】中的参数是保存数据时电脑自动形成的，规律是：XXXX 年 XX 月 XX 日 XX 时 XX 分 XX 秒，共 14 为数字。

如果你需要的数据记录不在当前显示屏内，你可以上下滚动记录查找，也可以在查询区设定查询条件查找。软件提供了 4 个查询条件，你可以设定单一查询条件，也可以设定多个查询条件进行复合查询。如果要启用某一个查询条件，就要进行对响应的“复选框”进行勾选。然后选择具体的查询条件数据。条件设置好以后，点击“查询”按钮，数据表格会显示符合你的查

询条件的所有测试数据记录。

(3) 打开数据记录

在列表中选择你要打开的数据行（该项目条颜色变深），然后再点击下方**【打开】**键，弹出图十一界面，点击**【应用】**、**【确认】**键后，波形自动回放当前界面中

(4) 编辑数据记录

如果要对数据进行编辑，直接在数据表格中进行修改，然后点击“应用”按钮即可保存你所做的任何修改。

(5) 删除数据记录

如果要删除某一条测试数据记录，首先选择要修改的数据行，然后点击“删除”按钮即可删除。被删除的数据再表格中就看不到了，对应的数据库记录和波形文件也会自动删除。

(6) 关闭窗口

要返回主界面，点击屏幕右上角“关闭”按钮即可返回主界面

6.7 数据导出功能

数据导出功能用来对系统数据库中已测试保存过的数据和波形进行备份，一般会保存软件配置文件（vcMeter.cfg）、测试数据记录文件（vcMeter.db3）、动态配置文件（vcMeter.ini）以及波形数据目录（data）。步骤如下：

(1) 启动数据导出

点击菜单区中的“数据导出”即可打开数据导出窗口，图十九所示：

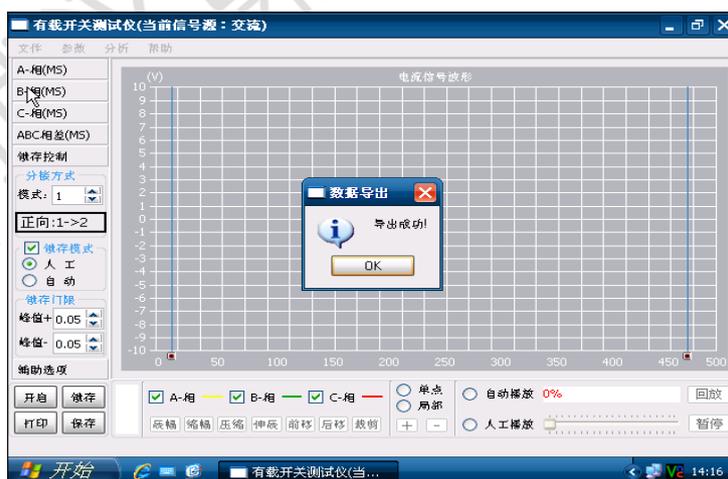


图十九

(2) 选择导出路径

在文件夹对话框中选择导出数据的目的文件夹。建议选择根盘符。例如你插入 U 盘作为导出介质，那选择 U 盘的根盘符即可。然后按“确定”按钮即可启动导出流程。

导出完成后，会弹出一个提示框告诉用户导出成功，图二十所示：



图二十

(3) 导出成功确认

点击“OK”按钮即可。这时你在 U 盘会看到已新建立了一个”vcAnalyze

目录，里面包含了本次导出的内容，图二十一所示：



图二十一

6.8 数据导入功能

数据导入功能可以将备份的数据导入到仪器系统数据库中。如果原来有数据存在，会覆盖原来的数据。基本步骤如下：

(1) 启动数据导出

点击菜单区中的“数据导入”即可打开数据导出窗口。图二十二所示



图二十二

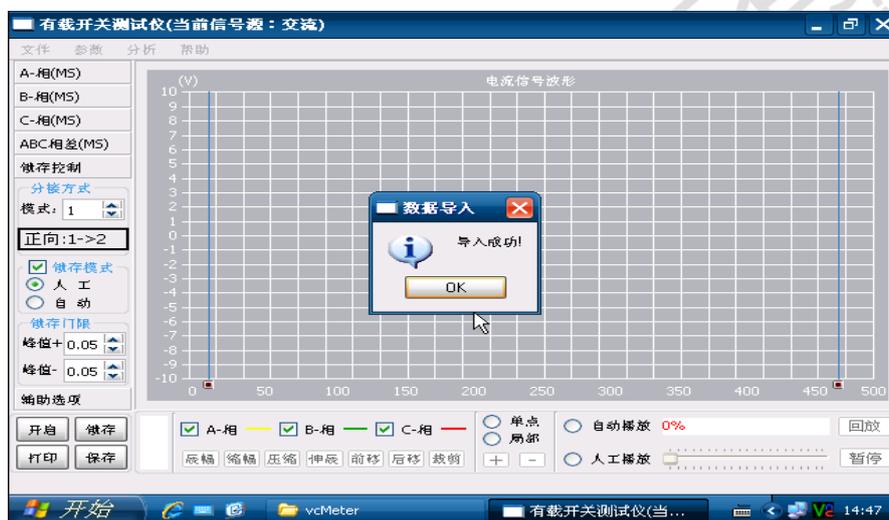
(2) 选择数据导入路径

在选择导入源路径对话框中，选择数据刚才导出的目录

“D:/vcAnalyze”，然后点击“确定”按钮即可开始导入。注意必须以整个“vcAnalyze”文件夹的模式导入，不能单独导入文件夹内文件，否则软件将无法打开文件。

(3) 导入成功确认

导入过程执行结束时会弹出一个提示框告诉用户成功，图二十二所示：



图二十一

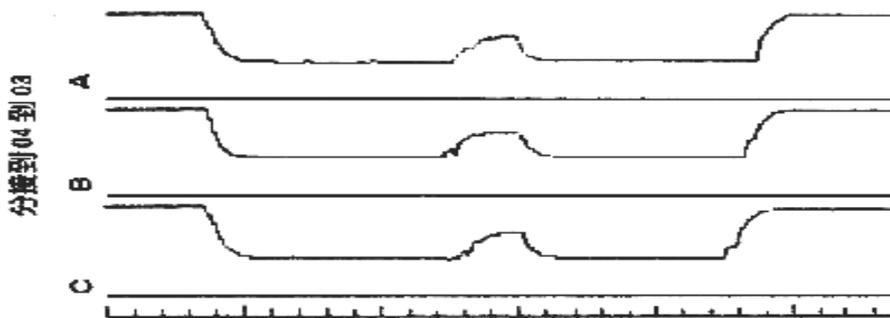
这

时，数据已导入到 C:/vcMeter 目录下，用户可以通过文件管理器浏览确认。

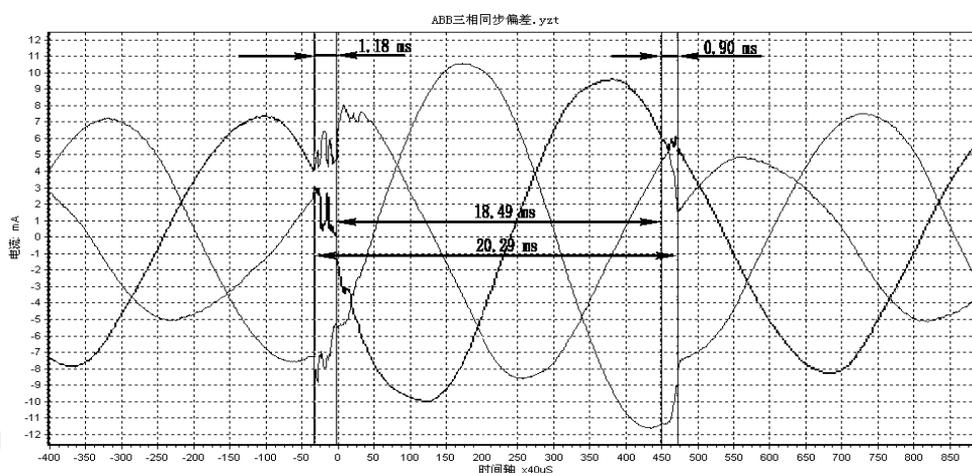
七、附录A：波形实例分析与故障缺陷判断

A.1 无异常分接开关的试验波形

无异常分接开关试验波形如图A.1~图A.5。

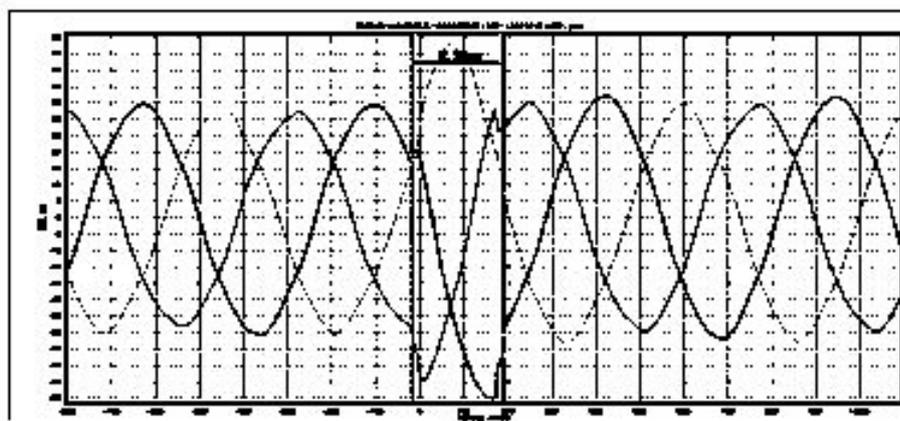


图A.1 一次绕组YN结线双电阻V型分接开关变换程序无异常直流试验波形



图A.2 一次绕组YN结线双电阻式MR分接开关变换程序无异常交流试验波形

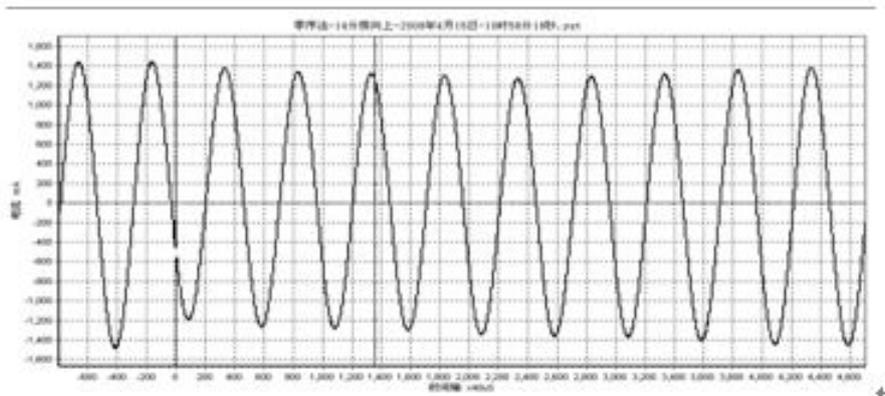
波形分析：分接开关桥接时长 20.29 ms，进入桥接三相开断不同步时间 1.18 ms。



图A.3 一次绕组D结线双电阻V型分接开关变换程序无异常交流试验波形

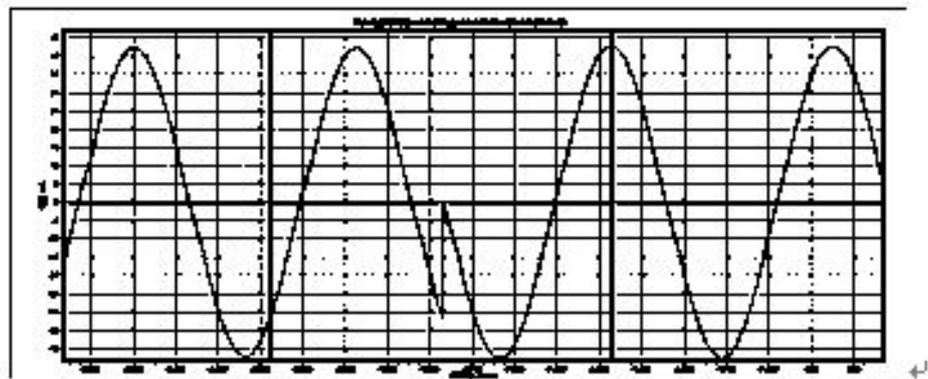
形

波形分析：分接开关桥接时长 8.25 ms，进入桥接三相开断不同步时间 0.24ms。

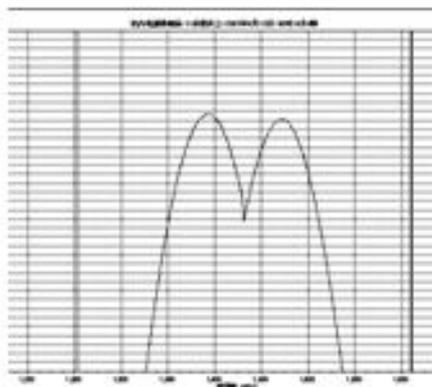


图A.4 三相三柱式变压器分接开关变换程序无异常交流零序试验波形

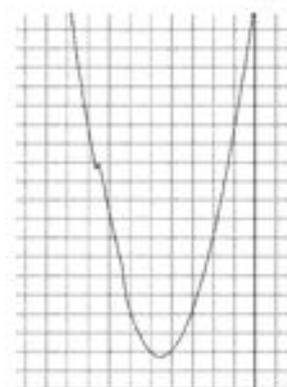
波形分析：三相三柱式变压器零序阻抗较小，分接开关切换过程中串入绕组的过渡电阻对试验电流限制作用比较明显，分接开关切换结束后零序电流逐步恢复稳定。



(a)



(b)



(c)

图A.5 消弧线圈双电阻分接开关触头氧化 600 V交流试验波形

(a) 分接开关交换过程出现 0.04 ms 的电流断续 (b) 测试电流不正常圆滑变化

(c) 测试电流闪变点

波形分析：消弧线圈双电阻分接开关切换的桥接过程交流试验不能显示。分接开关共14个分接，一个循环操作电流曲线整体平滑连续，5个波形存在异常，其中1个波形上出现一次0.04 ms的电流断续（图A.5（a））、1个波形上出现一次试验电流时长 3.17 ms的不正常圆滑变化（图A.5（b））、3个波形上出现电流瞬间1个~2个小幅闪变点（图A.5（c））。经几次交流试验，分接开关切换过程中的电流断续、电流不正常圆滑变化现象消失，闪变

点减少。

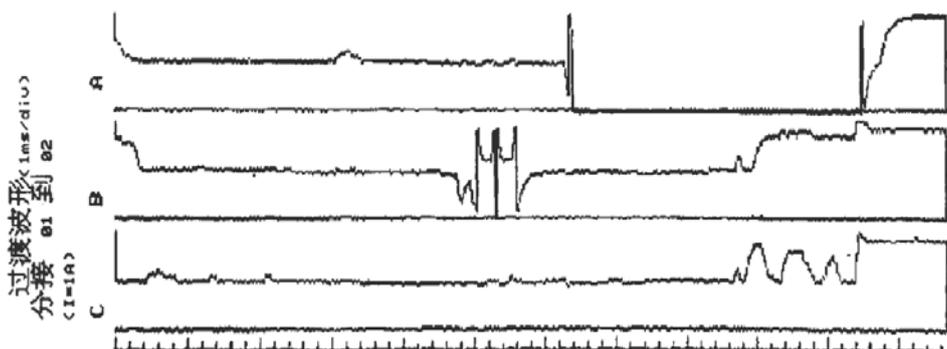
结论：分接变换程序无异常，触头表面氧化较严重。

分接开关吊芯检查：分接开关与变压器绕组一同干燥，导致分接开关各组触头表面出现较严重氧化，金属变色。

A. 2 有异常分接开关的试验波形

A. 2.1 过渡电阻断线

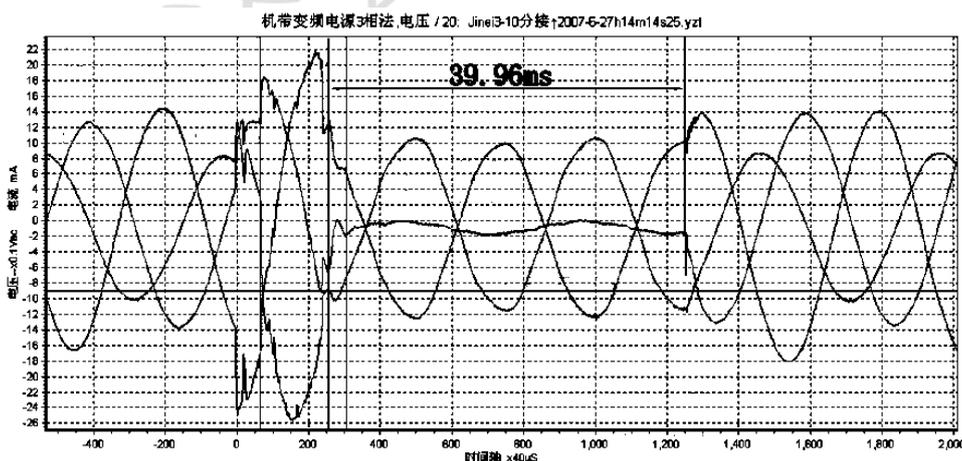
分接开关过渡电阻断线试验波形如图A. 6~图A. 8。



图A. 6 双电阻V型分接开关过渡电阻回路断线直流试验波形

波形分析：分接开关后半桥U相比V相晚进入 4 ms，记录时长 20.5 ms

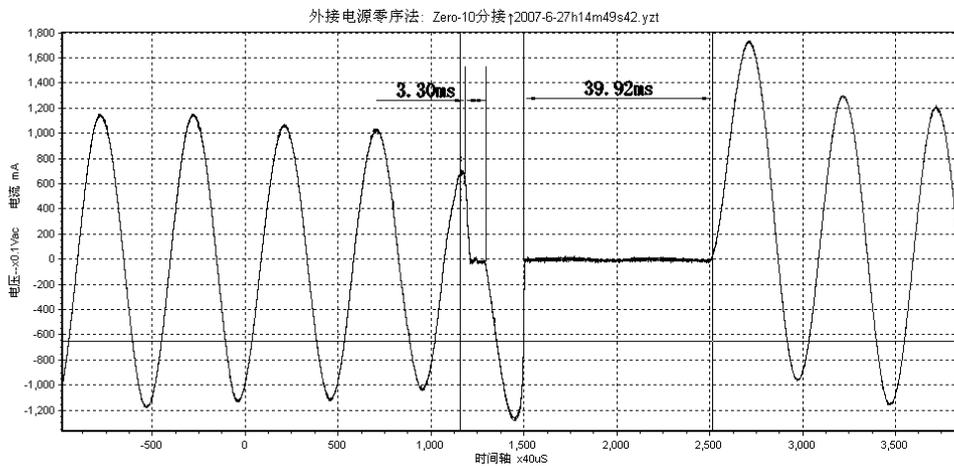
测试电流断续，分接开关U相后半桥过渡电阻回路断线。



图A. 7 双电阻V型分接开关过渡电阻回路断线三相交流试验波形

波形分析：图A. 7与图A. 6为同一台分接开关两种试验方法获取的波形，

图A.7交流试验波形显示分接开关U相桥接结束发生断流，断流时长 39.96 ms。



图A.8 三相三柱式变压器分接开关过渡电阻回路断线交流零序试验波形

波形分析：图A.8与图A.7、图A.6为同一台分接开关不同试验方法获取的不同波形，图A.8为交流零序试验波形，波形显示分接开关切换后半桥发生时长 39.92 ms断流过程，在此之前有一次 3.30 ms时长断流过程。

A.2.2 分接开关触头接触不良

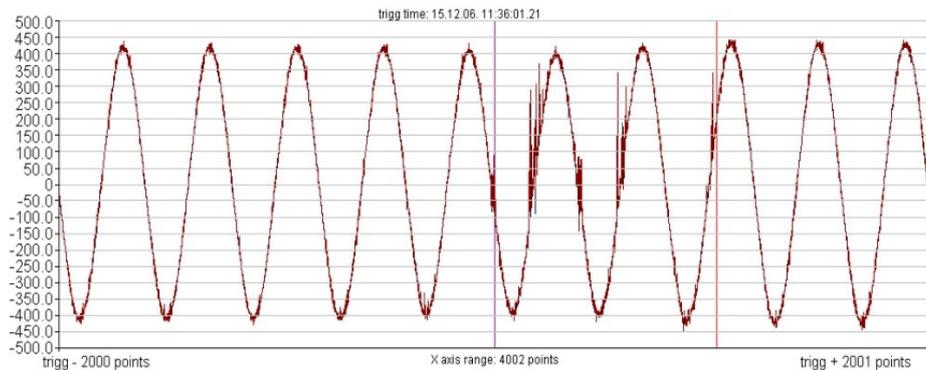
分接开关触头接触不良的试验波形如图A.9~图A.13。



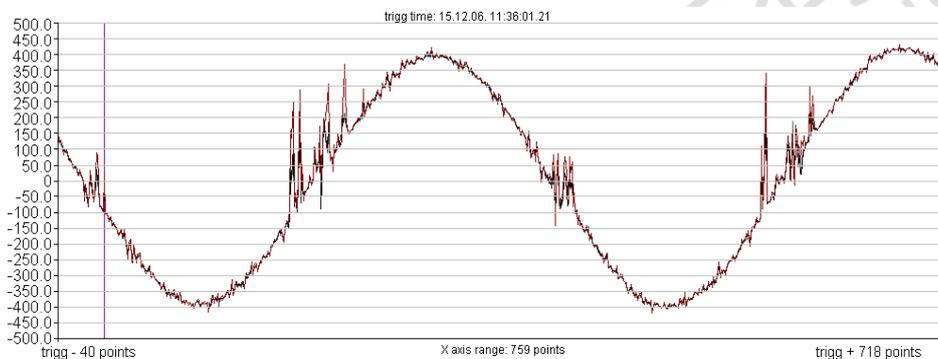
图A.9 双电阻V型分接开关触头接触不良直流试验波形

波形分析：直流试验波形电流频繁跳跃，V相、W相在过渡电阻桥接区域

附近出现时长3.0 ms、6.5 ms、24 ms等多次电流断续，桥接过程不能显示。



(a)



(b)

图A.10 双电阻V型分接开关触头接触不良交流零序试验波形

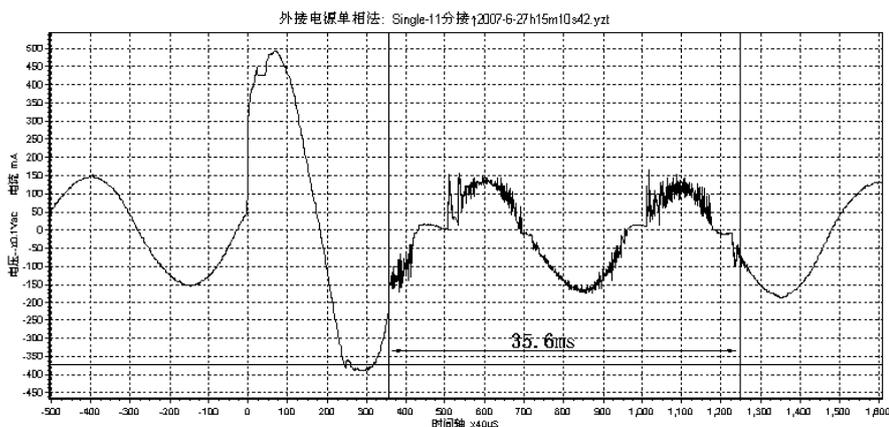
(a) 分接开关桥接处 200ms零序试验波形

(b) 局部波形放大

波形分析：图A.10与图A.9为同一台分接开关2种试验方法获取的波形，图A.10交流零序试验波形显示分接变换程序正常，在长达 200 ms的切换时间段电流波形失去平滑。图A.10 (b) 是测试波形局部放大，有多次不大于 0.22 ms的动静触头间较大的火花放电过程。

结论：分接变换程序无异常，触头接触不良。

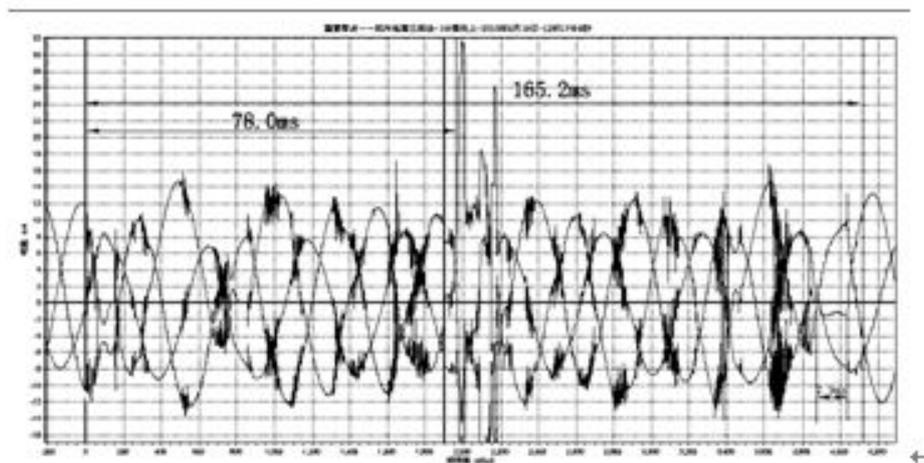
分接开关吊芯检查：各组触头受潮氧化生锈严重，虽经10余个循环操作



试验，触头上仍有较多绿色铜锈。

图A.11 双电阻V型分接开关过渡触头接触不良单相交流 6 400 V试验波形

波形分析：分接开关过渡触头的动触头用击穿电压 2 000 V的塑料薄膜包裹，设置成小间隙的动静触头分离缺陷，使用交流 6 400 V电压试验获取的波形。除电流过零点附近仍存在电流断续外，其他部位均被击穿，交流波形失去平滑，动静触头间发生持续火花放电，电流跳跃变化时长 35.6 ms。



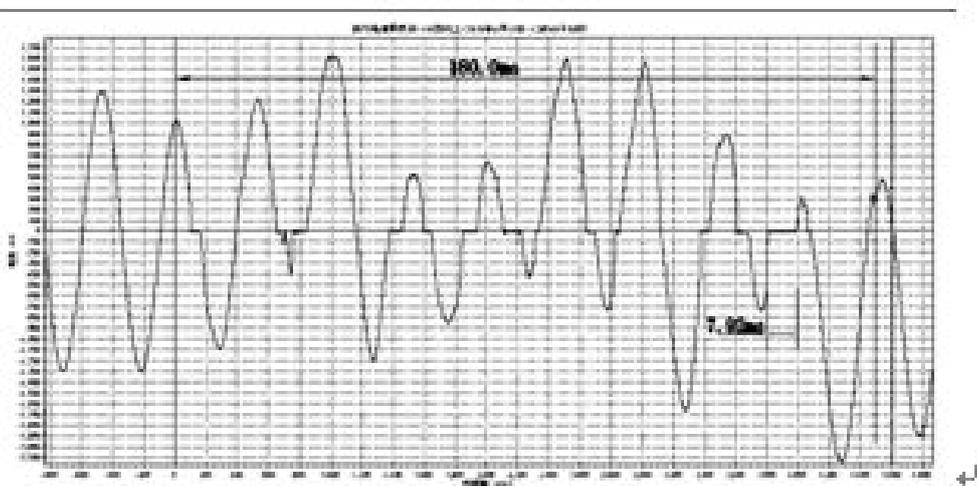
图A.12 双电阻V型分接开关极性开关触头不正 800 V三相交流试验波形

波形分析：U相电流变化量与V、W相电流变化量之和大小相等，方向相

反。分接开关切换时 165.2 ms 的时长区域内出现多次U相断流，最长断流时长 7.9 ms。按绝缘油击穿电压50kV、试验电压 800 V，电流过零中间点为试验电压过零点测算，对应动静触头脱离接触瞬时出现间隙约 34 μm 。电流变化幅值大、频率高，电流失去平滑，1到8分接切换过程波形相似(如图 A. 12)，9B到17分接切换过程波形基本正常。三相电流基线正弦变化，过渡电阻桥接过程显示清楚。变压器各分接三相绕组直流电阻测试未见异常。

结论：分接开关变换程序无异常，过渡电阻工作正常，分接开关U相极性开关+极性侧触头接触压力不够。

分接开关吊芯检查：U相分接开关的极性开关+极性侧静触头安装位置不正。



图A. 13 双电阻V型分接开关极性开关触头安装不正交流零序试验波形

波形分析：图A. 13与图A. 12是同一组分接开关交流两种试验方法获取的波形。图A. 13零序试验波形异常时长约 180.0 ms，其中3次测试电流过零时连续，14次测试电流过零时断流，最长断流时长 7.92 ms。波形中出现2次电流

时长约2ms的窄峰时段，按绝缘油击穿电压 50 kV、试验电压 85 V测算，这2个时段对应动静触头瞬时出现约7 μ m脱离间隙。

八、售后服务

本产品保修一年，实行“三包”，终身维修，在保修期内凡属本公司设备质量问题，提供免费维修。由于用户操作不当或不慎造成损坏，提供优惠服务。