

法律声明

使用本仪器前请仔细阅读此说明书，对于使用本仪器的工作人员我们将视作已完成相应的阅读和培训。如有不按照使用说明书操作而引起的一切安全事故，本公司恕不承担任何法律责任。

本公司的宗旨是不断地改进和完善我们的产品，因此您所使用的仪器和配套软件可能与说明书有细微上的差别。若使用说明书有所更改，恕不另行通知，如有疑问请与公司技术服务部门联系。

安全要求

1. 变压器绕组变形试验应在所有直流试验项目之前或者在绕组充分放电后进行！
2. 使用时，请先将测试仪电源开关置于关闭位置，再接线。
3. 测试仪外壳、变压器外壳等应可靠接地。
4. 套管引线（包括架空线、封闭母线和电缆）应全部解开，并使这些引线尽可能远离变压器套管（周围接地体和金属悬浮物需离开变压器套管 20cm 以上），尤其是与封闭母线连接的变压器。
5. 遇紧急情况，应首先切断测试仪电源，再作进一步处理。

目录

一、仪器概述	4
二、频响测试法指标及特点	5
2.1 主要技术指标	5
2.2 频响测试法特点	6
三、频响测试法面板操作及接线说明	7
3.1 频响法操作面板示意图	7
3.2 频响法参考接线	8
3.2.1 接线要求	8
3.2.2 接线方式	8
3.2.3 接线示意图	9
3.3 开关机和切换测试法	11
四、频响测试法软件使用说明	12
4.1 界面操作	12
4.2 连接仪器	15
4.3 站点和变压器参数配置	15
4.4 系统设置	17
4.4.1 测试设置	17
4.4.2 网络设置	18
4.4.3 分析设置	18
4.4.4 波形设置	19
4.5 开始测试	19
4.6 测试数据管理	20
4.6.1 测试数据保存	20
4.6.2 测试数据封存	21
4.6.3 测试数据打开、删除、导出	21
4.7 数据分析	21
4.7.1 分析方法	21
4.7.2 数据选择	22
4.7.3 幅频响应曲线的观察	22
4.7.4 数据分析（比较）结果	22

4.8 生成报告	23
4.9 帮助和关于	25
4.10 相关系数 R 辅助判断绕组变形	25
五、频响测试法工作原理	26
六、短阻测试法指标及特点	27
6.1 主要技术指标	27
6.2 短阻测试法特点	27
七、短阻测试法面板操作及接线说明	28
7.1 短阻法操作面板示意图	28
7.2 短阻法参考接线	28
八、短阻测试法软件使用说明	30
8.1 界面操作	30
8.2 连接仪器	31
8.3 站点和变压器参数配置	31
8.4 开始测试	33
8.4.1 测试设置	33
8.4.2 测试过程	33
8.5 测试数据管理	36
8.5.1 测试数据保存	36
8.5.2 测试数据封存	36
8.5.3 测试数据打开、删除、导出	37
8.5.4 测试数据分析	37
8.6 生成报告	37
九、现场使用注意事项	39
十、设备维护	40
10.1 日常维护	40
10.2 运输	40

一、 仪器概述

电力变压器在试验过程中发生匝间、相间短路，或在运输过程中发生冲撞，造成线圈相对位移，以及运行过程中在短路和故障状态下因电磁拉力造成线圈变形，就会使变压器绕组的分布参数发生变化，进而影响并改变变压器原有的频域特征和阻抗特性。

变压器绕组变形综合测试仪结合目前业界公认的内部故障频率响应分析 (FRA) 方法和低电压短路阻抗测试法来综合分析变压器内部绕组形变情况。仪器集成高精度测量系统，通过专业的测量软件从横向和纵向两个维度分析和对比每相位的绕组幅频响应曲线，短路阻抗值，从而得出变压器绕组是否存在变形故障的结论。

国家电力公司颁发的[2000] 589 号文件《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》中 15.2 条明确规定：“110KV 及以上电压等级变压器在出厂和投产前应做低电压短路阻抗测试或用频响法测试绕组变形以保留原始记录。” 15.6 中规定：“变压器在遭受近区突发短路后，应做低电压短路阻抗测试或用频响法测试绕组变形，并与原始记录比较，判断变压器无故障后，方可投运。” 低电压阻抗测试能准确反映变压器在绕组变形前后阻抗值的变化。

2004 年实施的《DL 911-2004 电力变压器绕组变形的频率响应分析法》提示：用频率响应分析法检测变压器绕组变形具有检测灵敏度高，现场使用方便，可在变压器不吊罩情况下判断变压器绕组变形等优点，导则对检测参数、检测方法、测试仪器、判断原理、判断的定量界限都作了规定或提示。

2008 年实施的《DL/T1093-2008 电力变压器绕组变形的电抗法检测 判断导则》规定：现场可采用低电压试验电源实测电力变压器绕组和铁芯的动稳定状态参数，用以判断变压器绕组有无变形或位移。确定变压器绕组及铁芯的动稳定 状态。导则对检测时机、检测参数、检测方法、测试仪器、判断原理、判断的定 量界限都作了规定或提示。

本套变压器绕组变形测试仪由测试主机，笔记本电脑，测试专用线缆夹具组成。具有测量精度高，结构紧凑，操作简单，快速提取结论等优点，用户对照使用说明书或经过短期培训即可自行操作使用。



图 1.1 测试仪主机外观

二、 频响测试法指标及特点

2.1 主要技术指标

1) 扫频特性

频率范围：1KHz~2MHz (频率精确度 0.005%)

输出阻抗：50Ω

输出幅值：20Vpp (最大), 输出幅度软件自动调节

扫频方式：采用线性分布的扫频检测方式, 等间隔 (可选间隔：0.5kHz/1kHz/2kHz, 默认 1kHz)

2) 信号检测

检测范围：-120dB~20dB

检测精确度：-60dB~+20dB 的范围内检测精确度±1dB

-80dB~ -60dB 的范围内检测精确度±3dB

3) 数据显示

显示图谱：幅频/差异曲线/差异彩虹条

频率范围：1KHz~2MHz (可选)

数据对比：待分析数据以指纹数据作为参照对比

4) 阻抗匹配

信号检测端输入阻抗：1MΩ

5) 选频滤波特性

数字滤波器选频带宽为测量频率的 0.5%

6) 三相电误接保护

当错误接入三相电，仪器自动告警提醒

7) 电源

交流 220V, 50Hz

8) 适用环境

温度：-10℃~45℃ 湿度：<90%，无凝露

2.2 频响测试法特点

1. 技术性能完全符合国家标准 DL/T 911-2004 《电力变压器绕组变形的频率响应分析法》；
2. 使用高性能嵌入式处理芯片、数字窄带滤波等技术，有效地抑制工频及高频干扰；
3. 频响测试线和短路阻抗测试线复用，一次布线即可完成两种测试；
4. 使用通用 RJ45 网线连接测试仪，方便现场测量使用；
5. 扫频范围从 1KHz~2000KHz, 可以灵活选择扫频方式，便于数据对比分析；
6. 测量速度快，平均 1000 个频率点，测量时间不超过 1 分钟；
7. 多种图谱和数据结果展示，如幅频图，差异曲线，差异彩虹条等，曲线高度自适应调整，有助细节观测；
8. 系统主要功能都在一个操作界面内完成，方便用户操作；
9. 对测试数据可作“封存”，保护数据，方便后续纵向对比；
10. 支持测试数据报表生成和打印输出；
11. 短路保护，确保在接线时不小心短路情况下不损坏仪器

三、频响测试法面板操作及接线说明

3.1 频响法操作面板示意图

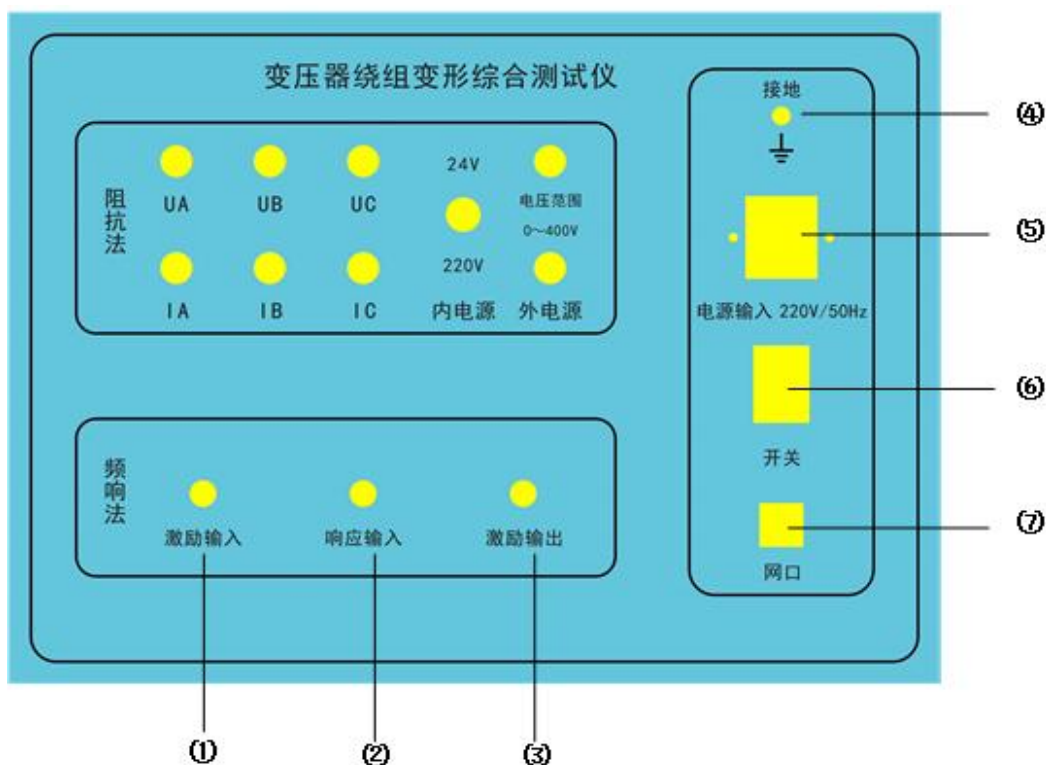


图 3.1 频响法操作面板示意图

- (1) 激励输入 连接变压器绕组的激励端（用信号转接器 BNC 头连接）
- (2) 响应输入 连接变压器绕组的检测端（用信号转接器 BNC 头连接）
- (3) 激励输出 连接变压器绕组的激励端（用信号转接器 BNC 头连接）
- (4) 接地端 该端口是同外壳连在一起，开机前必须可靠接地
- (5) 电源开关 通电后打开开关仪器
- (6) 电源输入 交流电源输入 220V 50Hz
- (7) 网口 通过网线外接测试用笔记本电脑

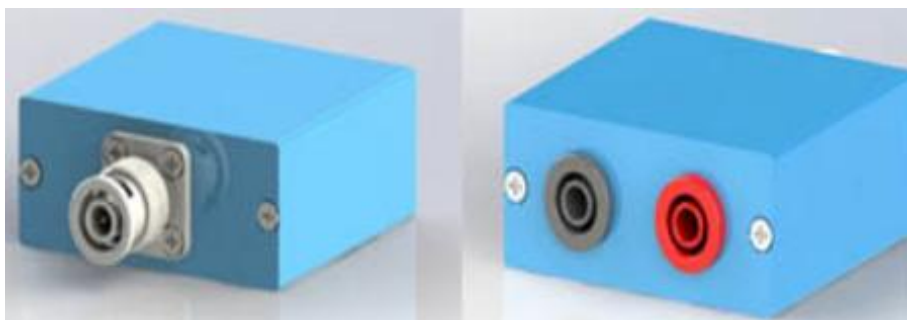


图 3.2 信号转接器示意图

使用频响法测试时，需使用如图 3.2 所示“信号转接器”，将测试线缆的接口转换成 BNC 接头，连接到测试仪端子上。使用时注意将测试线缆的黑色枪插接到转接器的黑色插孔，带颜色的枪插接到另外一个插孔。

3.2 频响法参考接线

3.2.1 接线要求

- 检测前应拆除与变压器套管端部相连的所有引线，并使拆除的引线尽可能远离被测变压器套管。(对于套管无法拆除的变压器，可利用套管末屏抽头作为响应端进行检测，但应自行备注清楚，并应与同样条件下的检测结果做比较。)
- 响应输入接线应采用专用线（本仪器请使用红色夹线作为响应输入线！）
- 变压器绕组的幅频响应特性与分接开关的位置有关，宜在最高分接位置下检测，或者应保证每次检测时分接开关均处于相同的位置。
- 因检测信号较弱，所有接地均应稳定、可靠，减小接触电阻。
- 两个信号检测端的接地线均应可靠连接在变压器外壳上的明显接地端（如铁芯接地端），接地线应尽可能短且不应缠绕。

3.2.2 接线方式

接线时，非被试绕组悬空，对变压器不同的接线组别，分别按照下述方式接线，便于日后对检测结果进行标准化管理。

测试主机与变压器之间采用 50Ω 测试专用线缆联接。

扫频信号经激励输出端口，通过测试电缆将信号夹子(黄色夹子)向变压器套管注入信号；由连接激励输入（绿色夹子）同步获取采样注入的信号；再由连接响应输入（红色夹子）获取响应信号。被测变压器外壳与测试电缆的屏蔽层必须可靠连接并接地，大型变压器一般以铁芯接地套管引出线与油箱的连接点，作为公共接地点，变压器外壳点接地。

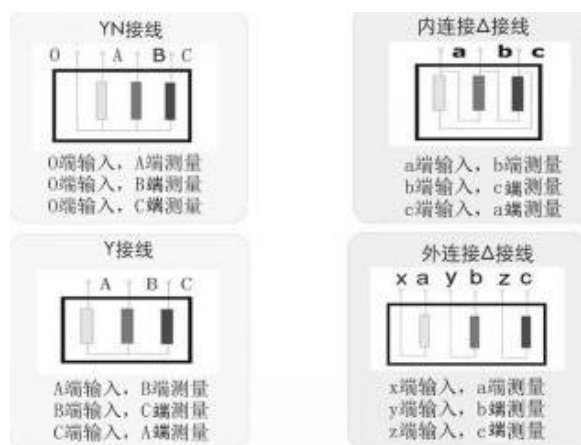


图 3.3 不同变压器接线方式

注意 在外连接 Δ 接线方式中，如果不解开连接，则可看做内连接 Δ 接线方式。

对于有平衡绕组的变压器，测试时必须解开平衡绕组的接地。

仪器的接地线和变压器的铁芯或外壳（接地点）连接在一起。

3.2.3 接线示意图

YN 型三相变压器接线如图 3.4 所示，变压器 O 端接激励输出（黄色夹子）和激励输入（绿色夹子），响应输入（红色夹子）依次连接 A, B, C 相 分别测试三相(OA, OB, OC)的频率响应曲线。三个夹子的插孔端请用带黑色小夹头的连接线与变压器可靠接地（尽可能连接套管附近的距离较近的低）。

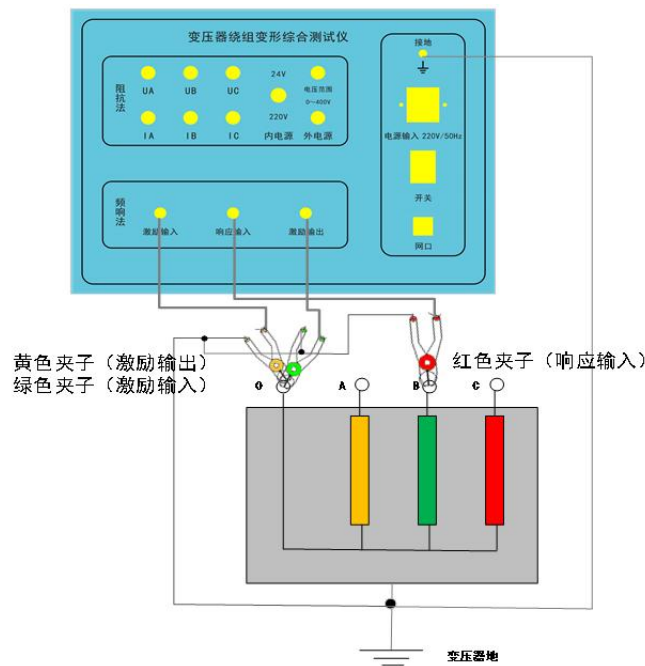


图 3.4 YN 型变压器频响法测试接线示意图

Y 型三相变压器接线如图 3.5 所示，分别测量三相间的频率响应曲线。

变压器 A 端接激励输出（黄色夹子）和激励输入（绿色夹子），B 端连接响应输入（红色夹子），测得 AB 相频响曲线；

变压器 B 端接激励输出（黄色夹子）和激励输入（绿色夹子），C 端连接响应输入（红色夹子），测得 BC 相频响曲线；

变压器 C 端接激励输出（黄色夹子）和激励输入（绿色夹子），A 端连接响应输入（红色夹子）；测得 CA 相频响曲线；

三个测试夹的插孔端请用带黑色小夹子的连接线与变压器可靠接地。

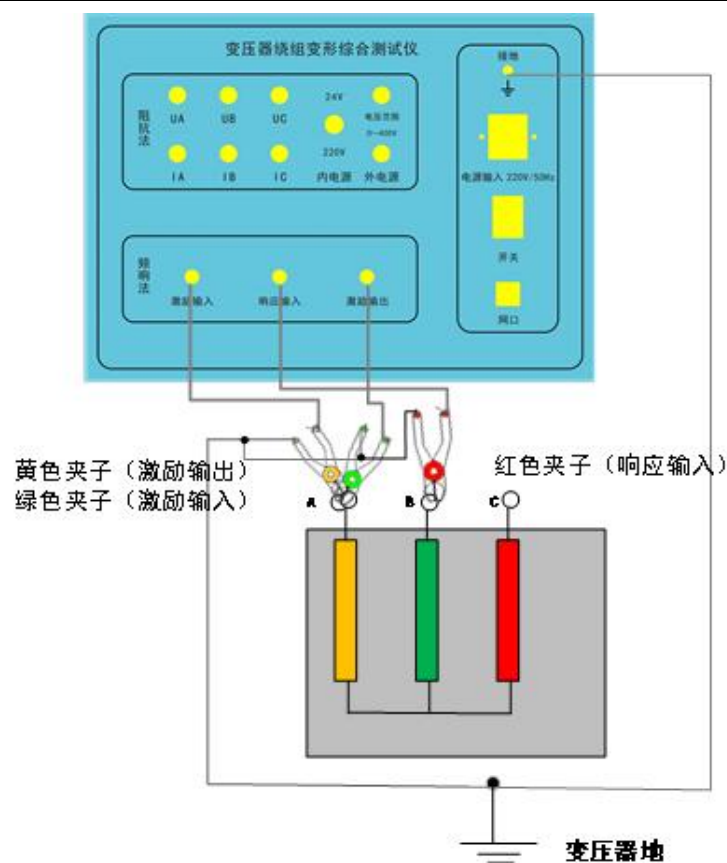


图 3.5 Y 型变压器频响法测试接线示意图

Δ 型三相变压器接线如图 3.6 所示，分别测量三相间的频率响应曲线。

变压器 A 端接激励输出（黄色夹子）和激励输入（绿色夹子），B 端连接响应输入（红色夹子），测得 AB 相频响曲线；

变压器 B 端接激励输出（黄色夹子）和激励输入（绿色夹子），C 端连接响应输入（红色夹子），测得 BC 相频响曲线；

变压器 C 端接激励输出（黄色夹子）和激励输入（绿色夹子），A 端连接响应输入（红色夹子）；测得 CA 相频响曲线；

三个测试夹的插孔端请用带黑色小夹子的连接线与变压器可靠接地。

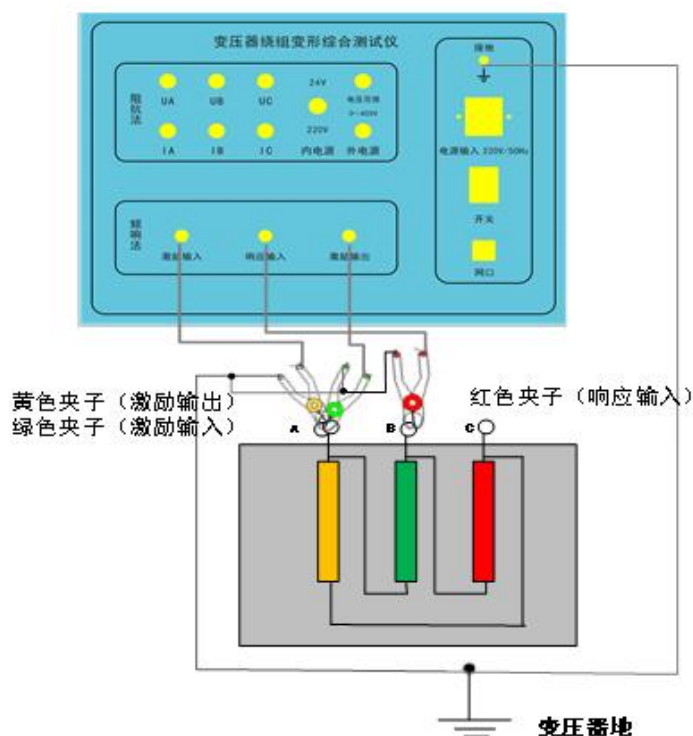


图 3.6 Δ 型变压器频响法测试接线示意图

3.3 开关机和切换测试法

开机：按照上述完成接线后，接通仪器 220V 电源后，按下测试仪的红色电源开关，仪器启动，蜂鸣器发出一声后，仪器完成自检启动；注意，请勿接入三相电，否则蜂鸣器会一直鸣叫，提示电源输入错误。

关机：测试完成后，断开软件和仪器连接，关闭电源按钮。

切换测试法：如果需要切换测试法，则先在软件界面上点“断开连接”，然后关闭仪器，接好测试线，重新打开软件，选择相应的测试方法进入即可。

四、频响测试法软件使用说明

4.1 界面操作

点击桌面快捷方式启动“变压器绕组变形综合测试仪”软件后，出现如下登录界面，此时选择“频响法”，进入频响测试。



图 4.1 测试方法选择界面

打开软件后，主界面如图 4.2 所示，默认为测试数据幅频曲线窗口。

软件通过获取在不同频率信号激励下，“响应输入”端的幅频响应，从而实现对绕组变形程度的测试，软件输出各被测试绕组的幅频曲线，各频率激励下的响应值，相关系数，对比图谱，以及报告生成，数据导入导出等功能。

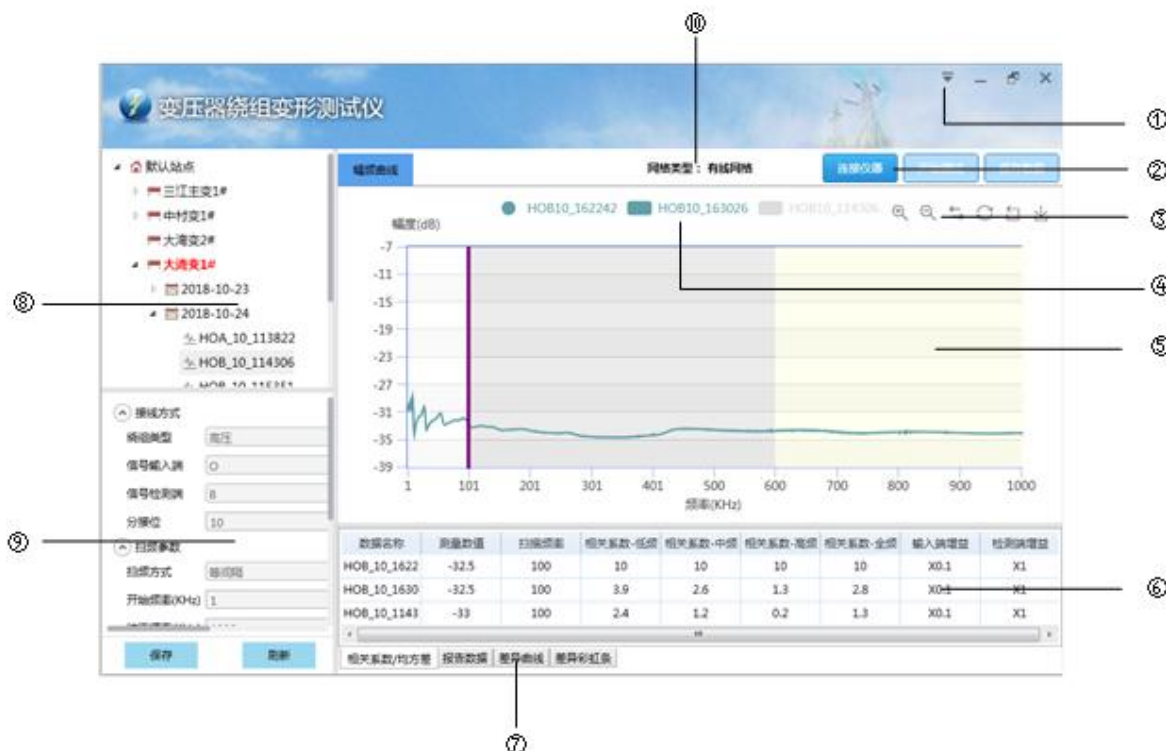


图 4.2 软件主界面


(1) 嵌入式主菜单


点击后，出现主菜单，包含“系统设置”，“导出报告”，“帮助”等。


(2) 测试功能按钮


用于连接仪器，开始测试，保存数据等测试过程控制。


(3) 频响曲线操作按钮


：曲线区放大按钮，点击该按钮后，鼠标移到曲线区，鼠标变成十字架形，此时按住鼠标左键拖动，将选择的波形区放大；

：波形缩小按钮，点击该按钮后，曲线区缩小一定倍数；

：平移曲线区，点击该按钮后，鼠标移动到波形区，鼠标变成手形，按住鼠标左右移动波形；

：显示全部，点击该按钮后曲线区显示全坐标范围内的曲线图；

：缩放还原，对之前曲线区的放大缩小做还原操作；

：保存为图片，保存当前显示的曲线区为 png 格式图片；


(4) 测试数据名区


a. 测试数据的名称和颜色


测试数据的名称由软件按照测试配置参数自动生成，如“HOB10_162242”，H 代表高压绕组，O 代表激励输出(输入)端，B 代表信号输入端，10 表示分接位置 10，162242 表示测试时间为 16 点 22 分 42 秒；颜色和频响曲线颜色一致。

b. 测试数据属性

测试数据分为指纹数据，待比较数据，隐藏数据；

名称前带  图标的，表示该条数据为“指纹数据”，“指纹数据”作为当前所有展示的频响曲线的对比参照，软件下方的数据分析区的分析值也基于指纹数据计算得到。

名称前带  图标的，表示该条数据为“待比较数据”，此条数据将和“指纹数据”做对比。

名称前带  (灰色)图标的，表示该数据为“隐藏数据”，此条数据的曲线不在曲线区显示。

c. 右键菜单

在测试数据名区点右键，弹出如下菜单。“指纹数据”用于选择当前哪一条数据作为指纹；“关闭数据”将选择的某一条数据从曲线区关闭显示（非删除，数据列表中仍存在）；“关闭所有数据”将当前曲线区显示的所有数据都关闭，清空显示。

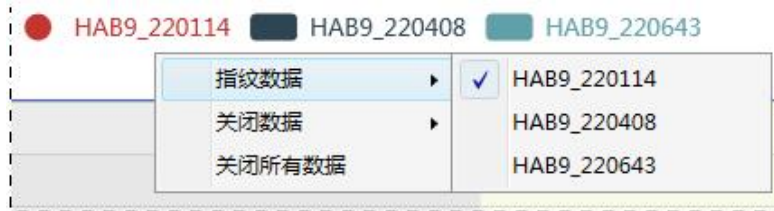


图 4.3 测试数据名区右键菜单

(5) 幅频响应曲线区

幅频响应曲线的绘制区域，可以显示多条频响曲线，曲线以不同颜色对应各测试数据名；紫色的竖线作为游标，鼠标悬停到此游标上，鼠标变成左右向箭头，此时拖动游标，界面下方的数据分析区将显示游标对应频率点的测量值和其他数据信息。

(6) 数据分析区

显示各条频响曲线当前游标所在位置的测量值，扫描频率，增益，相关系数，方差等数据信息。

(7) 数据分析选择按钮

用于切换数据分析区显示的类型，分为“相关系数/均方差”，“报告数据”，“差异曲线”，“差异彩虹条”。

(8) 测试数据列表

以层级树形结构显示数据库中存储的测试记录。站点名，变压器名，测试日期三级分类管理测试数据，双击某条测试数据，曲线区和数据分析区将显示该条记录。

(9) 基本信息区

根据测试数据列表中选择的层级，显示站点信息，变压器信息，某条测试记录的信息。

(10) 网络类型

显示当前电脑与测试仪的网络连接方式，分有线网络和 WIFI（分体机）两种。

4.2 连接仪器

连接仪器之前，请先认真确认按照 3.2 节所述接线方式接好电缆，将网线可靠连接到网络接口上，选择“频响法”后，跳出频响法测试界面，此时通过点击主界面中的“**连接仪器**”按钮，建立与仪器的连接，“**连接仪器**”按钮变成“**断开仪器**”，此时可以开始测试。

如果连接仪器失败，请尝试再次连接，如一直连接不成功，请联系厂家技术部门解决。

4.3 站点和变压器参数配置

仪器连接成功后，可右键点击界面左侧站点树，选择“**添加站点**”或“**添加设备**”来添加新站点和新变压器，也可以右键选择“**删除站点**”或“**删除设备**”来删除不需要的站点和变压器，注意，删除操作将清空保存的本设备（站点）下的所有测试数据！操作界面如图 4.4 所示



图 4.4 添加站点、设备

当需要编辑某变压器时，将鼠标移至该变压器节点，右键点击“**选择设备**”，界面左下方显示该变压器信息，此时可以浏览和设置变压器信息，设置完成后，点击“**保存**”按钮，即可将信息录入数据库，如图 4.5 所示

The image shows a web-based configuration form for a transformer. It is organized into three main sections, each with a collapse/expand icon (a small triangle with an arrow pointing up):

- 基本属性 (Basic Properties):**
 - 所属单位 (Unit): Text input field.
 - 设备名称 (Equipment Name): Text input field containing "1#主变".
 - 型号 (Model): Text input field.
- 变压器属性 (Transformer Properties):**
 - 相数 (Phase): Dropdown menu set to "三相" (Three-phase).
 - 绕组数 (Winding Count): Dropdown menu set to "双绕组" (Two-winding).
 - 绕组类型 (Winding Type): Dropdown menu set to "Y型" (Y-type).
- 分接开关 (Tap Switch):**
 - 开关生产厂家 (Switch Manufacturer): Text input field.
 - 开关型号 (Switch Model): Text input field.
 - 开关序列号 (Switch Serial Number): Text input field.
 - 开关分列数 (Switch Tap Count): Dropdown menu set to "单分列" (Single tap).
 - 起始位置 (Start Position): Text input field containing "1".
 - 结束位置 (End Position): Text input field containing "17".
 - 中间位置 (Middle Position): Text input field containing "9".
 - 3个中间位置 (3 Middle Positions): A checkbox that is currently unchecked.

At the bottom of the form, there are two blue buttons: "保存" (Save) and "刷新" (Refresh).

图 4.5 变压器参数配置

变压器设置参数意义如下：

- (1) **所属单位**：变压器的所属单位名称，确定资产的归属方，如 xxx 变电站；
- (2) **设备名称**：变压器的名称，用于区别所属单位下不同变压器设备，如变压器#1；
- (3) **变压器型号**：变压器型号名，可以设置成和变压器铭牌上一致；
- (4) **相数**：变压器相数设置，单相变压器或三相变压器；
- (5) **绕组数**：变压器绕组设置，双绕组或三绕组；
- (6) **绕组类型**：变压器绕组接线类型，分 Y 型，YN 型或三角型；
- (7) **分接开关生产厂家**：变压器所配置的分接开关厂家名称；
- (8) **开关型号**：变压器所配置的分接开关型号名；
- (9) **开关序列号**：分接开关厂家出厂序列号；
- (10) **开关分列数**：开关内部的过渡电路组数，分单分列，双分列或三分列；
- (11) **起始位置**：测试时分接开关的起始位置；
- (12) **结束位置**：测试时分接开关的结束位置；
- (13) **中间位置**：测试时分接开关的中间位置；
- (14) **中间位置**：分接开关是否有三个中间位置，如 9A，9B，9C。

4.4 系统设置

4.4.1 测试设置


开始测试前，需要先设置测试参数，请点击界面右上角  按钮，在出现的下拉列表中选择“系统设置”，在弹出的对话框中选择“测试设置”选项，如图 4.6 所示



图 4.6 测试设置

测试设置参数意义如下：

【基本设置】

1. **变压器**：在设备列表中已经选中的当前测试的变压器设备名；
2. **绕组类型**：当前测试的绕组时高压、低压、还是中压绕组，后续生成的测试名称分别以 H, L, M 开头；
3. **激励输出(入)端**：选择当前激励输出和激励输出所连接的相别或套管名；
4. **信号输入端**：选择信号输入所连接的相别；
5. **分接位位置**：“当前分接位”设置当前分接开关所在位置，如分接位置发生改变，请选择；

【扫频设置】

开始频率(KHz): 扫频的起始频率，KHz 为单位；

结束频率(KHz): 扫频的结束频率，KHz 为单位，最大为 2000KHz;

扫频间隔(KHz): 扫频的相邻两个频率之间的间隔，0.5KHz, 1KHz, 2KHz 三档可选；

修改完测试设置后，点“确认”按钮，当前设置即刻生效。

4.4.2 网络设置

选择电脑以何种网络方式连接测试仪，IP 地址和端口不需要更改。



图 4.7 网络设置

4.4.3 分析设置



图 4.8 分析设置

【频段设置】

定义测试信号的频率区段，后续数据分析依据所设置的低中高频段来区分，一般情况下保持默认设置即可。

频段	开始频率	结束频率
低频	1kHz	100kHz
中频	100kHz	600kHz
高频	600kHz	1000kHz

【幅频差异彩虹条】

差异彩虹条的绘制根据此处设定的相同频点不同曲线之间的幅频响应差值。

【表格显示】

选择数据分析区显示的可选项，分为“增益列”，“相关系数列”，“理论相关系数”，“均方差列”。

4.4.4 波形设置

设置波形曲线背景色，网格颜色，游标颜色，低频，中频，高频的背景色。

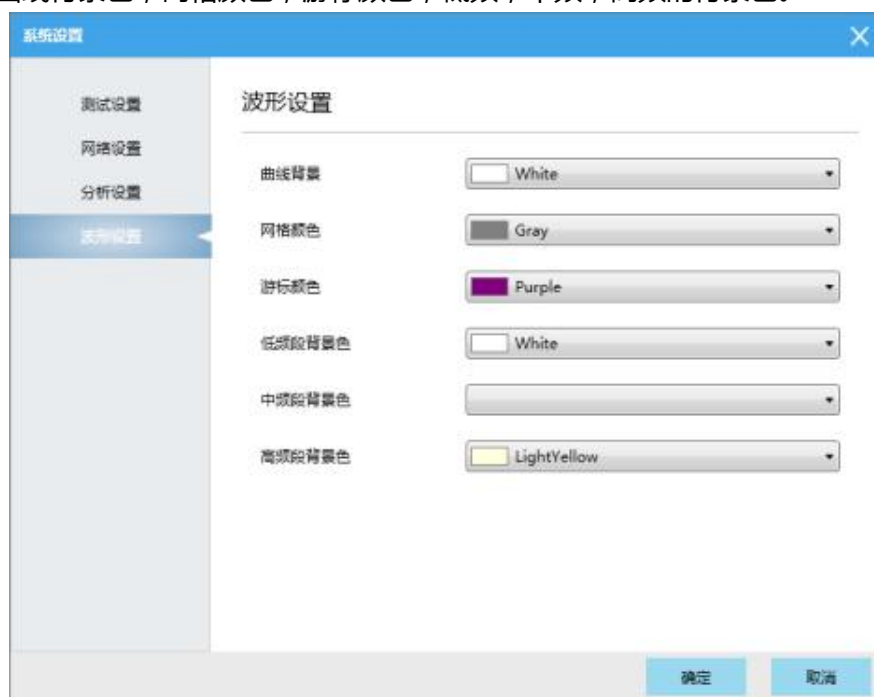


图 4.9 波形设置

4.5 开始测试

常规测试步骤：

1. 按【安全要求】做好试验准备。
2. 按接线要求和接线方法进行接线，检查接线是否正确且可靠；特别要注意检查信号接地线与历次测试是否接在变压器外壳的同一位置上。
3. 开机并启动测试仪软件，点击“连接仪器”，等连接完成。
4. 在软件左侧数据列表区右键中添加站点或设备，记录变压器的属性，分接开关等信息（如已有设备记录，此步骤可省略），右键选择要测试的设备。

5. 点击“开始测试”，根据实际需求并参照以前的测试记录，确定要测试的绕组，分接位置及扫频设置。
6. 点击“确定”后，软件开始扫频，绘制曲线，扫频进度条滚动，X轴频率点按照设置的频率间隔逐渐递增。
7. 等待测试结束，如需要保存当前测试曲线，点击界面右上方“保存数据”按钮，测量数据和波形将保存到软件数据库中，并出现在左侧测量记录列表中。
8. 重复 5~7，对变压器各绕组逐一测试。

危险 变压器绕组变形检测应在所有直流试验项目之前或者在绕组充分放电后进行。

注意 每次点击“开始测试”前，均应认真核对扫频参数，确保同实际接线一致。

一次测试完成，需要点击“保存数据”才会把当前测试保存到数据库，否则下一次测试将覆盖当前数据。如果在测试过程中需要停止测试，请点击“停止测试”。

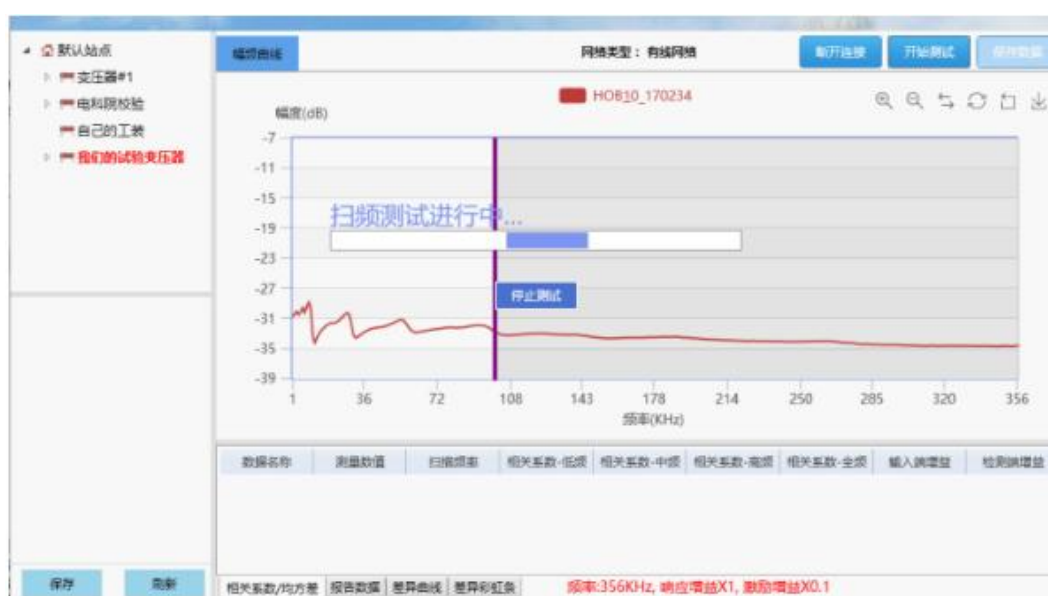


图 4.10 测试进行中

4.6 测试数据管理

4.6.1 测试数据保存

测试开始后，请耐心等待一定时间，此时扫频进度条滚动，等扫频到结束点，进度条退出，此时请确认当前测试数据是否需要保存，如需保存，点击界面右上角“保存数据”按钮，当前数据录入数据库中，并会展示在软件左侧测试数据列表中，如不保存，则当前数据将被下一次测试覆盖。频响曲线以不同颜色绘制，以区别不同的测试。测试数据名称区以对应的颜色显示测试名称，名称含义和属性请参考 4.1 节所述。

4.6.2 测试数据封存


由于绕组变形测试做纵向对比，时间上具有一定的跨度，为了确保数据安全，防止误操作误删除，测试的数据可以封存，将某次测试保存后出现在数据列表中，在该条数据上点击右键，选择“封存数据”，数据名前的图标变成，此时无法删除该数据，也无法删除其所属的设备，只有将封存取消后才能做删除操作。



图 4.11 测试数据管理

4.6.3 测试数据打开、删除、导出

数据列表区右键菜单中“打开数据”，和双击该测试数据一样，曲线区和数据分析区将显示该条测试记录。”删除数据“将该条测试记录从数据库中删除，封存的数据将不可删除，需要先解除封存，注意删除操作不可逆，请谨慎确认。”导出数据“将该条记录的源文件导出到电脑，供数据迁移使用。

4.7 数据分析

4.7.1 分析方法

采用频率响应分析法判断变压器绕组变形，主要是对绕组的幅频响应特性进行纵向或横向比较，并综合考虑变压器遭受短路冲击的情况、变压器结构、电器试验及油中溶解气体分析等因素。幅频曲线的相似程度和相关系数的大小，可较直观地反应出变压器绕组幅频响应特性的变化，通常可作为判断变压器绕组变形的手段。

1.纵向比较法

根据频率响应法检测原理，同一台变压器、同一绕组、同一分接开关位置幅频响应特性唯一，而跟测量时间无关，这一幅频响应特性可以形象的称为“指纹”。“指纹”数据往往在变压器状况良好的情况下测得，将不同时期的幅频响应特性与“指纹”数据比较，根据变化情况判断变压器的绕组变形。该方法具有较高的检测灵敏度和判断准确度，但需要预先获得变压器原始的幅频响应特性，并应排除因检测条件及检测方式变化所造成的影响。

2.横向比较法

横向比较法是指对变压器同一电压等级的三相绕组幅频响应特性进行比较，必要时借鉴同一制造厂在同一时期制造的同型号变压器幅频响应特性，来判断变压器绕组是否变形。该方法不需要变压器原始幅频响应特性，现场应用较为方便，但应排除变压器的三相绕组发生相似程度的变形或者正常变压器绕组的幅频响应特性本身存在差异的可能性。

4.7.2 数据选择

1. 在数据列表中点击站点名，设备名，测试时间，测试名称找到需要参加对比的数据。通过鼠标右键或者双击选择需要对比的数据。

2. 将其中一条作为“指纹数据”（默认选中的第一条作为指纹），也可以通过 4.1 节第四点所述选择其他数据作为指纹。

4.7.3 幅频响应曲线的观察

纵坐标为信号输入相对于激励输出的量化幅度值，以 dB 作为计量单位。

横坐标为激励输出信号的频率，以 KHz 为单位。

可以按照 4.1 节所述，通过曲线操作按钮和右键菜单来操作和设计频响曲线的显示方式和属性。

典型的变压器绕组幅频响应特性曲线，通常包含多个明显的波峰和波谷。经验及理论分析表明，幅频响应曲线中的波峰或波谷分布位置以及数量的变化，是分析变压器绕组变形的重要依据，波峰或波谷位置发生明显位移，或数量发生大的变化，提示变压器绕组发生变形，详细可参考《DL 911-2004 电力变压器绕组变形的频率响应分析法》所述。

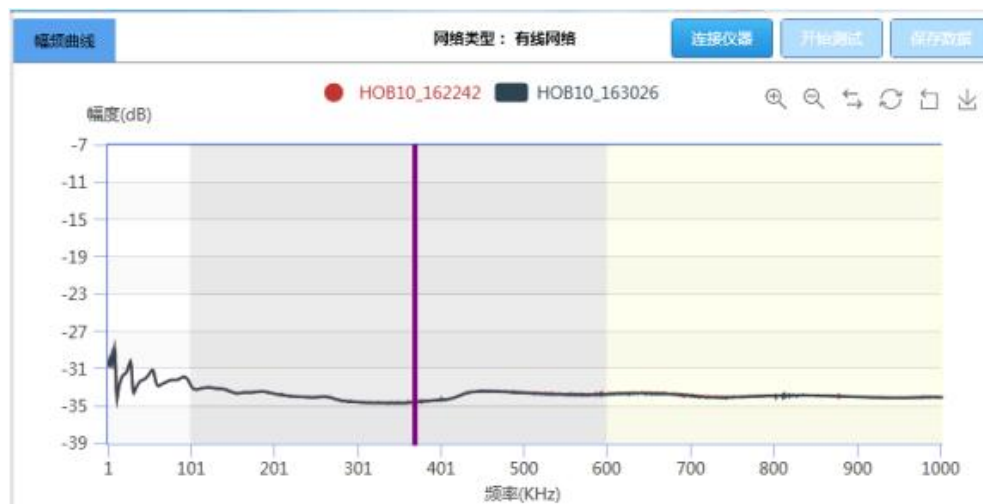


图 4.12 幅频响应曲线图

4.7.4 数据分析（比较）结果

数据分析时，系统自动将待分析测试数据和指纹数据相比较，比较的差异值以曲线或颜色方式显示出来。

要查看某类数据比较结果，请点击对应的数据分析区选项卡进行选择：

相关系数/均方差 | 报告数据 | 差异曲线 | 差异彩虹条

1. 【相关系数/均方差】

选择好要分析的测试数据和指纹数据后，包含高、中、低频段及全频段的工程相关系数、理论相关系数、均方差，其中根据《DL 911-2004 电力变压器绕组变形的频率响应分析法》，使用工程相关系数判断绕组变形程度（判断方法请参照 4.10 节），判断结果数值在表格中以不同背景颜色显示。

严重 明显 轻度 正常

数据名称	测量数值	扫描频率	相关系数-低频	相关系数-中频	相关系数-高频	相关系数-全频
HAB133031	-19.11	457.5	-	-	-	-
HAB133402	-19.12	457.5	2.14	0.79	0.2	0.68
HAB133523	-19.11	457.5	2.04	0.72	0.29	0.77

- 红色提示严重变形，黄色为明显，蓝色为轻度，白色为正常。
- 紫色显示的波形数据为指纹数据。

2. 【差异曲线】

各待分析曲线与指纹曲线的差值形成的曲线图。


3. 【差异彩虹条】

彩虹条由【绿-黄-红】依次过渡的颜色显示，绿色代表差异较小、黄色代表明显差异、红色代表较大差异；绿黄红各颜色对应的差异值可在【系统设置】--【分析设置】--【幅频差异彩虹条】中设置，彩虹条的显示效果完全依赖于您设置的各颜色对应的差异值。

4. 【报告数据】

输出测试报告时所引用的各个数据结果。

4.8 生成报告

本软件支持直接生成测试报告，点击界面右上角  按钮，在出现的下拉列表中选择“导出报告”选项。导出的报告以 WORD 文档格式另存到电脑硬盘，在生成报告前请确保电脑上已经安装 Microsoft Office Word 2003 及以上版本的 WORD 软件。否则，报告将无法成功生成。

生成的报告格式如图 4.14 所示。



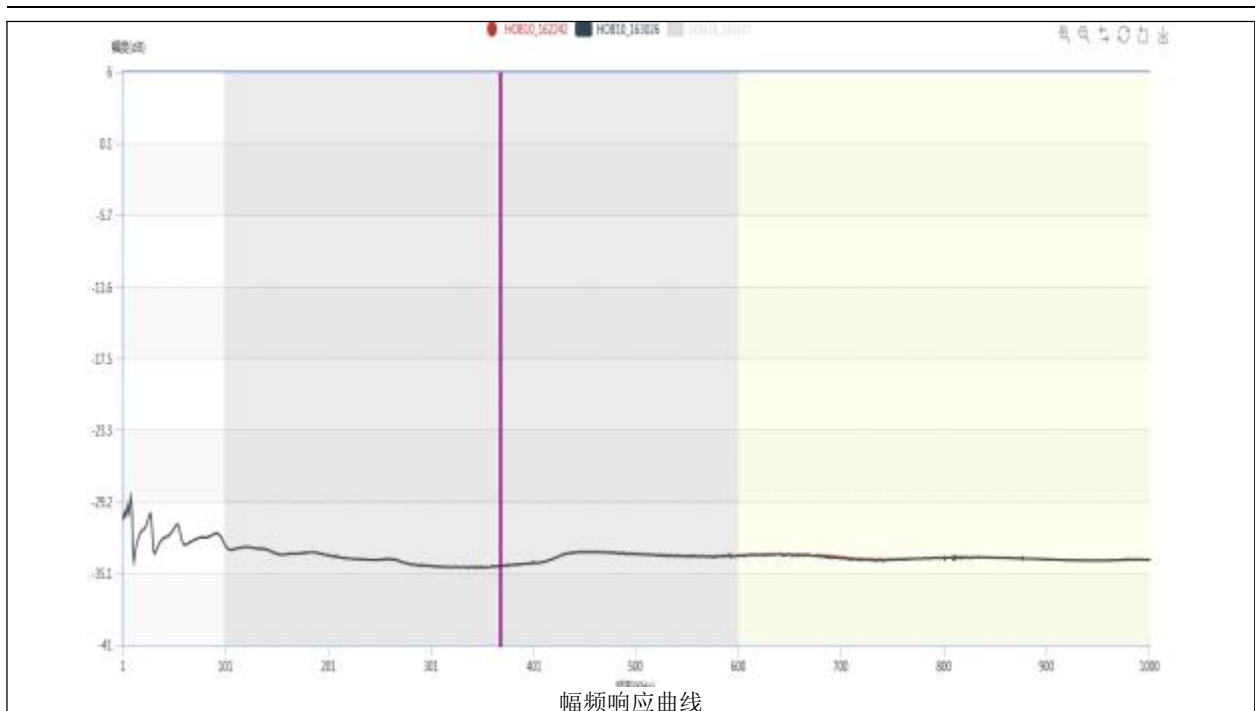
导出设置对话框包含以下输入项：

- 测试人
- 审核人
- 批准人
- 测试结论

底部有“确定”和“取消”按钮。

图 4.13 导出报告选项

变压器频响测试报告	
变压器所属单位名称：默认站点	变压器名称：大湾变 1#
变压器型号：XXX	变压器相数：单相
变压器绕组数：双绕组	变压器绕组接线方式：Y 型
分接开关生产厂家：XXXX	分接开关型号：TLMX
分接开关出厂序号：090910	分接开关分列数：单分列



幅频响应曲线
数据相关性结果

比较数据	相关系数-低频	相关系数-中频	相关系数-高频	相关系数-全频	理论相关系数-低频	理论相关系数-中频	理论相关系数-高频	理论相关系数-全频	均方差-低频	均方差-中频	均方差-高频	均方差-全频
HOB_10_162242 - HOB_10_163026	3.86	2.65	1.3	2.82	1	1	1	1	0.02	0.04	0.06	0.05
HOB_10_162242 - HOB_10_143143	0.35	0.18	-0.33	-0.18	0.94	0.98	0.8	0.87	31.81	33.59	33.68	33.42
HOB_10_163026 - HOB_10_143143	0.35	0.17	-0.3	-0.18	0.94	0.98	0.8	0.87	31.81	33.59	33.71	33.44

被测开关分接位置: _____ 测试时间: _____
 测试温度: _____ 测试人员: 王 XX


试验结论: _____


图 4.14 导出报告格式

注意：数据相关性结果列表展示了每两条曲线之间的对比数据值，如“HOB_10_162242 -

HOB_10_163026”表示将 HOB_10_162242 曲线作为参考，HOB_10_163026 相对于它的相关性结果值。

4.9 帮助和关于

如在使用本软件过程中，遇到一些操作问题，请点击界面右上角  按钮，在出现的下拉列表中选择“帮助”，打开简易的帮助手册，对操作有概要说明，详细操作说明请参考本说明书。

请点击界面右上角  按钮，在出现的下拉列表中选择“关于”，显示本仪器的详细型号，软件版本号 and 固件版本号，固件版本为仪器硬件版本号，如使用过程中需要本公司技术咨询，请提供版本信息给本公司。

4.10 相关系数 R 辅助判断绕组变形

设两个长度为 N 的传递函数幅值序列 $x(k)$ 、 $y(k)$ ， $k=0\dots N-1$ ，且 $x(k)$ 、 $y(k)$ 为实数

1. 平均值

$$Xp = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \quad , \quad Yp = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} Y(k)$$

2. 标准方差

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} [X(k) - Xp]^2 \quad , \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} [Y(k) - Yp]^2$$

3. 协方差

$$C_{xy} = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} [X(k) - Xp][Y(k) - Yp]$$

4. 归一化协方差系数

$$L_{R_{xy}} = C_{xy} / \sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2} = \frac{C_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

5. 工程相关系数

$$R_{xy} = \begin{cases} 10 & 1 - L_{R_{xy}} < 10^{-10} \\ -\log(1 - L_{R_{xy}}) & \text{其它} \end{cases}$$

相关系数与变压器绕组变形程度的关系（仅供参考）

绕组变形程度	相关系数 R
严重变形	RLF < 0.6
明显变形	0.6 ≤ RLF < 1.0 或 RMF < 0.6
轻度变形	1.0 ≤ RLF < 2.0 或 0.6 ≤ RMF < 1.0
正常变形	2.0 ≤ RLF 且 1.0 ≤ RMF 且 0.6 ≤ RHF
注：RLF 为曲线在低频段（1kHz~100kHz）内的相关系数 RMF 为曲线在中频段（100kHz~600kHz）内的相关系数 RHF 为曲线在高频段（600kHz~1000kHz）内的相关系数	

五、频响测试法工作原理

在较高频率的电压作用下，变压器的每个绕组均可视为一个有线性电阻、电感（互感）、电容等分布参数构成的无源线性双口网络，其内部特征可通过传递函数 $H(j\omega)$ 描述，如图 5.1 所示。如果绕组发生变形，绕组内部的分布电感、电容等参数必然改变，导致其等效网络传递函数 $H(j\omega)$ 的零点和极点发生变化，使网络的频率响应特性发生变化。

用频率响应分析法检测变压器绕组变形，是通过检测变压器各个绕组的幅频响应特性，并对检测结果进行纵向或横向比较，根据幅频响应特性的差异，判断变压器可能发生的绕组变形。

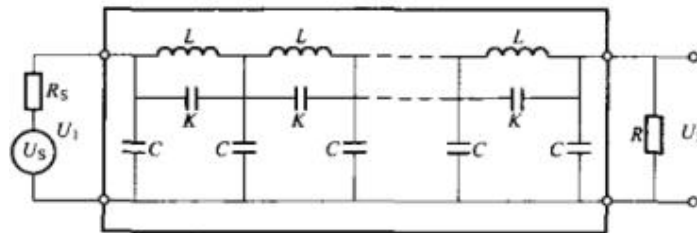


图 5.1 频率响应分析法的基本检测回路

U_s —正弦波激励信号源电压 R_s —信号源输出阻抗 R —匹配电阻

L 、 K 、 C —绕组单位长度的分布电感、分布电容及对地分布电容

U_1 、 U_2 —等效网络的激励端电压、响应端电压

变压器绕组幅频响应特征采用频率扫描方式获得，连续改变外施正弦波激励源 U_s 的频率 f ($\omega=2\pi f$)，测量在不同频率下的响应端电压 U_2 和激励端电压 U_1 的信号幅值之比，获得指定激励端和响应端情况下绕组的幅频响应曲线，幅频响应曲线通常以对数形式表示，即：

$$H(f) = \lg[h(f)] = K \lg[U_2(f)/U_1(f)] = 20 \lg[U_2(f)/U_1(f)]$$

式中：

$H(f)$ ——频率为 f 时传递函数的模 $|H(j\omega)|$

$U_2(f)/U_1(f)$ ——频率为 f 时响应端和激励端电压的峰值或有效值 $|U_2(j\omega)|$ 和 $|U_1(j\omega)|$

六、短阻测试法指标及特点

6.1 主要技术指标

1) 测量范围和精度

电压测量范围：15V ~ 400V

电压测量精度： $< \pm (0.2\% + 2 \text{ 个字})$

电流测量范围：0.1A ~ 20 A

电流测量精度： $< \pm (0.2\% + 2 \text{ 个字})$

频率精度：0.1 级

有功功率：功率因数在 0.1~1.00 时 $< \pm (0.5\% + 2 \text{ 个字})$

功率因数在 0.02~0.1 时 $< \pm (1.0\% + 2 \text{ 个字})$

2) 适用环境

温度：-10°C ~ 45°C

湿度： $< 90\%$ ，无凝露

6.2 短阻测试法特点

1. 技术性能完全符合国家标准 DL/T1093-2008《电力变压器绕组变形的电抗法检测判断导则》的技术条件；
2. 使用内外电源两种模式，内电源提供 24V，220V 两档，为防止短路电流过大，首次测试应选择 24V 档，测试电流小于 1A 时才可以选择 220V 档；
3. 使用高性能嵌入式处理芯片、数字窄带滤波等技术，有效地抑制工频及高频干扰；
4. 频响测试线和短路阻抗测试线复用，一次布线即可完成两种测试；
5. 采用三相接线单相测量方式，只需低压侧短接，高压侧一次性接好三相，一次性自动测量即可计算出每相的短路阻抗；
6. 测量过程可选手动测量和自动测量两种模式，第一次测试可以采用手动测量模式，试探性观察测量的电流电压；自动测量则自动完成测量和计算；
7. 测量过程中同步获取电压、电流、频率，有功功率，短路阻抗，短路电抗，漏电感等；
8. 使用通用 RJ45 网线连接测试仪，方便现场测量使用；
9. 支持测试数据报表生成和打印输出；
10. 短路保护，确保在接线时不小心短路情况下不损坏仪器。

七、短阻测试法面板操作及接线说明

7.1 短阻法操作面板示意图

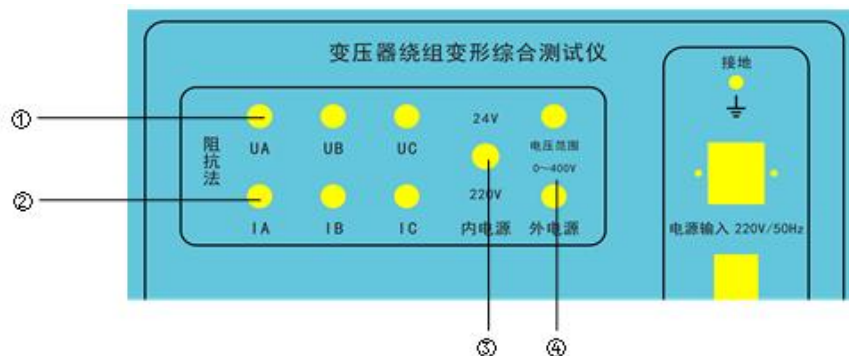


图 7.1 短阻法操作面板示意图

- | | |
|-------------------|----------------------|
| (1) UA、UB、UC 测量端子 | 电压测量端子 |
| (2) IA、IB、IC 测量端子 | 电流测量端子 |
| (3) 内电源选择开关 | 内电源输出 24V/220V 选择 |
| (4) 外电源 | 外部交流电源输入端子，范围 0~400V |

7.2 短阻法参考接线

试验夹的插孔端请通过黑色线夹一同夹到变压器套管上。**请注意测试线缆带颜色的枪插请接到电流端子，黑色的连接到电压端子。**如黄色线夹的黄色枪插接到 IA，黑色接到 UA；绿色线夹的绿色枪插接到 IB，黑色接到 UB；红色线夹的红色枪插接到 IC，黑色接到 UC。

单相变压器加压侧接线示意图如下，只需连接 A, B 测试端子即可；**低压绕组短接，短接线应尽可能短，连接处要接触良好。**

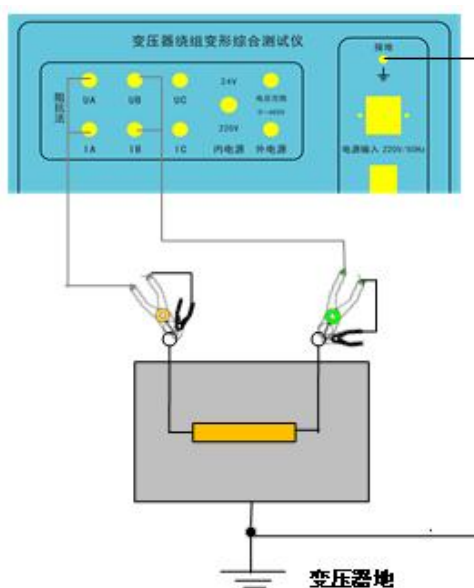


图 7.2 短阻法单相变压器接线示意图

三相变压器 YN 型加压侧接线示意图如下，需连接 A, B, C 测试端子；**低压绕组短接，短接线应尽可能短，连接处要接触良好。**

三相变压器 Y 型加压侧接线和 YN 型一样，将黄绿红线夹接到 A,B,C 三相上。

三相变压器 Δ 型加压侧接线和 YN 型也一样，将黄绿红线夹接到 A,B,C 三相上。

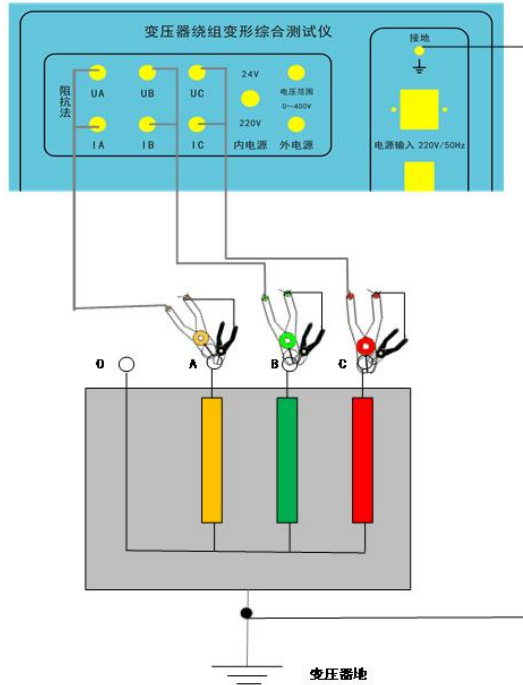


图 7.3 短阻法三相变压器接线示意图

八、短阻测试法软件使用说明

8.1 界面操作

点击启动软件后，出现如下登录界面，此时选择“阻抗法”，进入短路阻抗测试。



图 8.1 测试方法选择界面

主界面如图 8.2 所示。



图 8.2 短阻法测试主界面

(1) 嵌入式主菜单

点击后，出现主菜单，包含“系统设置”，“测试设置”、“导出报告”，“帮助”等。

(2) 测试功能按钮

用于连接仪器，开始测试。

(3) 当前测试参数

根据对变压器的配置和当前测试参数的设置，显示当前次测试的参数，如测试位置，分接位置，加压绕组类型，电源模式，油温，环境温度，绕组数，相数，变压器额定容量，

高压铭牌电压（根据变压器实际的分接开关，可包含额定分接铭牌电压，最正分接铭牌电压，最负分接铭牌电压），高压-低压铭牌阻抗（根据变压器实际的分接开关，可包含额定分接铭牌阻抗，最正分接铭牌阻抗，最负分接铭牌阻抗），绕组材质，测试时间等；如果是三绕组变压器，则有高压-中压，中压-低压的铭牌电压和铭牌阻抗信息。

（4） 测试数据列表

以层级树形结构显示数据库中存储的测试记录。站点名，变压器名，测试日期三级分类管理测试数据，双击某条测试数据，软件中间的信息展示区即显示该条测试数据的信息。

测试数据名含义，如“HLE165430”，HL代表测试位置为高压—低压，E代表为额定分接位。

（5） 变压器配置信息区

变压器的配置信息，请根据待测变压器铭牌信息认真填写，如填写错误，试验结果必然不准确！！

（6） 测试结果信息展示以及过程量展示区

显示测试的结果值，包含各相的电流，电压，有功功率，频率，电抗，电感，短路阻抗，阻抗误差等值。在测试过程中也会显示测试的一些过程量；

8.2 连接仪器

在正式连接仪器之前，请先认真确认按照 2.2 节所述接线方式接好电缆，将网线可靠连接到网络接口上，选择“短阻法”后，跳出频响法测试界面，此时通过点击主界面中的“连接仪器”按钮，建立与仪器的连接，“连接仪器”按钮变成“断开仪器”，此时可以开始测试。

如果连接仪器失败，请尝试再次连接，如一直连接不成功，请联系厂家技术部门解决。

8.3 站点和变压器参数配置

仪器连接成功后，可右键点击界面左侧站点树，选择“添加站点”或“添加设备”来添加新站点和新变压器，也可以右键选择“删除站点”或“删除设备”来删除不需要的站点和变压器，注意，删除操作将清空保存的本设备（站点）下的所有测试数据！操作界面如图 8.3 所示



图 8.3 添加站点、设备

当需要编辑某变压器时，将鼠标移至该变压器节点，右键点击“**选择设备**”，界面左下方显示该变压器信息，此时可以浏览和设置变压器信息，设置完成后，点击“保存”按钮，即可将信息录入数据库，如图 8.4 所示

The image shows a configuration form for a transformer, organized into several sections with expandable headers:

- 基本信息 (Basic Information):**
 - 所属单位 (Unit): [Empty text box]
 - 型号 (Model): [Empty text box]
 - 设备名称 (Equipment Name): 变压器#2
 - 绕组数 (Winding Count): 双绕组 (Dropdown menu)
 - 相数 (Phase Count): 三相 (Dropdown menu)
 - 额定容量(KVA) (Rated Capacity): 50000
- 铭牌电压信息 (Nameplate Voltage Information):**
 - 高压额定电压(KV) (High Voltage Rated): 110
 - 高压最正电压(KV) (High Voltage Max Positive): 121
 - 高压最负电压(KV) (High Voltage Max Negative): 99
- 高压-低压 铭牌阻抗 (High Voltage - Low Voltage Nameplate Impedance):**
 - 额定分接阻抗(%) (Rated Tap Impedance): 8.88
 - 最正分接阻抗(%) (Max Positive Tap Impedance): 8.88
 - 最负分接阻抗(%) (Max Negative Tap Impedance): 8.88
- 其他属性 (Other Attributes):**
 - 绕组材质 (Winding Material): 铜 (Dropdown menu)
 - 分接位数 (Tap Positions): 17
 - 额定分接位 (Rated Tap Position): 9
 - 生产日期 (Production Date): 选择日期 (Calendar icon)

图 8.4 配置设备信息

变压器设置参数意义如下：

- (1) **所属单位：** 变压器的所属单位名称，确定资产的归属方，如 xxx 变电站；
- (2) **型号：** 变压器的厂家型号名，可以设置成和变压器铭牌上一致；
- (3) **设备名称：** 变压器的名称，用于区别所属单位下不同变压器设备，如变压器#1；
- (4) **相数：** 变压器相数设置，单相变压器或三相变压器；
- (5) **绕组数：** 变压器绕组设置，双绕组或三绕组；
- (6) **额定容量：** 变压器铭牌上标注的额定容量，KVA 为单位；
- (7) **铭牌电压信息：** 变压器铭牌上标注的三个分接位（额定，最正，最负分接）的额定电压信息，以 KV 为单位；如为三绕组，则可能需配置中压铭牌电压信息；
- (8) **铭牌阻抗：** 变压器铭牌上标注的三个分接位(额定，最正，最负分接)的阻抗信息，以%为单位；如为三绕组，则可能需配置高压—中压，中压—低压阻抗信息；
- (9) **其他属性：** 包含绕组材质，默认为铜。分接位总数，额定分接位号，变压器生产日期等信息。

8.4 开始测试

8.4.1 测试设置

注意：当选择内电源时，第一次加压，请选择 24V 档，如果测试电流小于 1A，才可以选择 220V 档，否则可能由于电流过大，仪器保险丝熔断！！

连接仪器后，右键选择当前需要测试的设备，选中后，设备名会被标红，然后点击“开始测试”按钮，弹出“测试设置”窗口，根据当前的接线位置和测试模式做好设置。

如当前测试的是 高压—低压， 还是高压—中压， 还是中压—低压；分接位是额定分接位， 还是最正， 最负分接位， 加压侧绕组类型是 YN， 还是 Y， 还是 Δ ；电源模式是内电源（默认）还是外电源；

测试模式是自动（默认）还是手动；当前油温是多少；设备信息根据当前选择的变压器显示，不可编辑；

（软件右上角的嵌入式菜单  按钮中也可以对测试做设置）

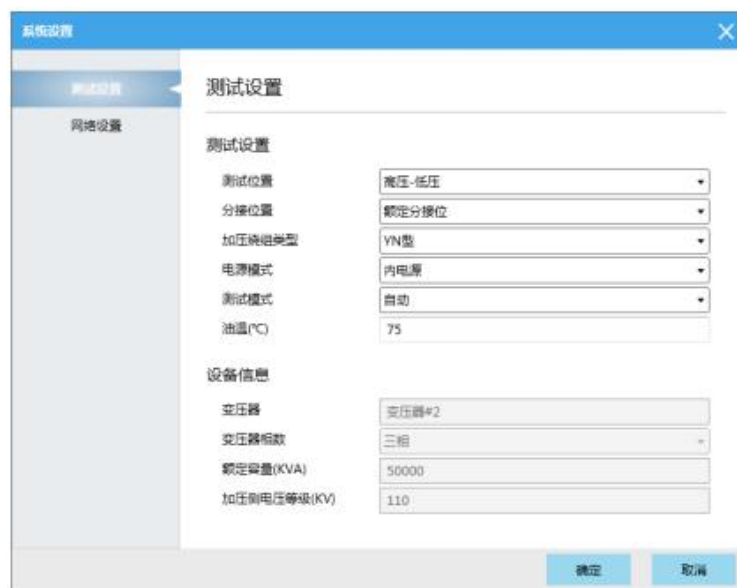


图 8.5 测试设置

8.4.2 测试过程

开始测试后，仪器内部电源或者外部电源施加电流到加压侧，等电流电压稳定后，仪器计算各相位的电流电压，阻抗，试验功率，有功功率，阻抗误差等数值；

单相变压器，测试线连接 IA, UA, IB, UB，仪器对相别 AB 加压，得到测试值；

三相变压器，测试线需连接 IA,UA,IB,UB,IC,UC，仪器分别对相别 AB，BC, CA 轮流加压，得到测试值；

测试模式分为“手动模式”和“自动模式”两种，默认为“自动模式”；

自动模式：试验过程中软件自动完成升压，测试，计算过程，不需要其他操作步骤；如果测试过程中需要停止，可以点击“取消”按钮，取消当前测试；

手动模式：以三相变压器测试为例，点开始测试后，仪器升压，等待用户确认电压电流稳定后，用户需点击“计算”按钮，仪器计算当前相别的测试值，观察测试值后，可以点击“下一相”对下一相别加压，等待电流电压稳定，再点击“计算”，最后界面将显示三相变压器的最终测试值。

测试过程的各个阶段软件进程如下：



图 8.6 测量开始初始化



图 8.7 自动测试模式某相过程量信息



图 8.8 自动测试模式某相结果



图 8.9 手动测试模式等待电流电压稳定




图 8.10 手动测试模式某相测试完成，等待进入下一相

8.5 测试数据管理

8.5.1 测试数据保存

等待测试完成，出现测试结果界面后，确认当前测试数据是否需要保存，如需保存，点击界面“保存数据”按钮，当前数据录入数据库中，并会展示在软件左侧测试数据列表中。测试数据的名字含义：HLE 表示高压对低压的额定档位短路阻抗，MLE 表示中压对低压的额定档位短路阻抗，HME 表示高压对中压的短路阻抗。

8.5.2 测试数据封存

由于绕组变形测试做纵向对比，时间上具有一定的跨度，为了确保数据安全，防止误操作误删除，测试的数据可以封存，将某次测试保存后出现在数据列表中，在该条数据上点击右键，选择“封存数据”，数据名前的图标变成 ，此时无法删除该数据，也无法删除其所属的设备，只有将封存取消后才能做删除操作。

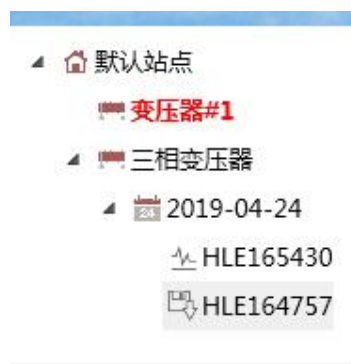


图 8.11 测试数据管理

8.5.3 测试数据打开、删除、导出

数据列表区右键菜单中“打开数据”，或双击该测试数据，数据显示区将显示该条测试记录。“删除数据”将该条测试记录从数据库中删除，封存的数据将不可删除，需要先解除封存，注意删除操作不可逆，请谨慎确认。“导出数据”将该条记录的源文件导出到电脑，供数据迁移使用。

8.5.4 测试数据分析

采用阻抗法分析法判断变压器绕组变形，主要是对绕组阻抗特征值进行纵向或横向比较。

1.纵向比较法

建立包含出厂，交接，首次试验值的阻抗数据，可以将其作为指纹数据。后续试验值可以跟其做对比。容量 100MVA 及以下且电压 220KV 以下电力变压器绕组参数的相对变化不应大于 $\pm 2.0\%$ 。容量 100MVA 以上或电压 220KV 及以上电力变压器绕组参数的相对变化不应大于 $\pm 1.6\%$ 。

2.横向比较法

每次试验应分析同一参数的三个单相值。容量 100MVA 及以下且电压 220KV 以下电力变压器绕组参数的相对变化不应大于 $\pm 2.5\%$ 。容量 100MVA 以上或电压 220KV 及以上电力变压器绕组参数的相对变化不应大于 $\pm 2.0\%$ 。

8.6 生成报告

本软件支持直接生成测试报告，点击界面右上角按钮，在出现的下拉列表中选择“导出报告”选项。导出的报告以 WORD 文档格式另存到电脑硬盘，在生成报告前请确保电脑上已经安装 Microsoft Office Word 2003 及以上版本的 WORD 软件。否则，报告将无法成功生成。

生成的报告格式如图 8.13 所示。



图 8.12 导出报告选项

变压器绕组变形测试(阻抗法)报告				
变压器信息:				
变压器所属单位: 默认站点		变压器名称: 三相变压器		
变压器型号: YKM009-03		变压器生产日期: 2017-10-10		
绕组数: 双绕组		相数: 三相		
额定容量 (KVA): 50000		高压铭牌电压 (KV): 额定 110/最正 121/最负 99		
高压-低压铭牌阻抗 (%): 额定 16.9/最正 16.9/最负 16.9				
测量设置:				
测试位置: 高压-低压		分接位置: 额定分接位		
油温 (°C): 75		绕组材质: 铜		
电源模式: 内电源		加压绕组类型: YN 型		
测试过程数据:				
相别	试验电压	试验电流	试验功率	电源频率
AB	222.4V	2.7A	600.8W	50.0Hz
BC	220.9V	2.7A	599.5W	50.0Hz
CA	220.3V	2.7A	589.4W	50.0Hz
测试结果:				
相别	本相短路阻抗值 Zk	测量电感值	本相短路阻抗百分比 Zk%	
A	41.5 Ω	0.1mH	17.22%	
B	40.8 Ω	0.1mH	16.81%	
C	40.6 Ω	0.1mH	16.91%	
短路阻抗 (ZK%): 16.92% 与铭牌值误差 (Δ ZK%): 0.51%				
测试人员:		测试时间: 2019-04-24 16:47		
测试温度 (°C):				
试验结论:				

图 8.13 短阻法导出的报告

九、现场使用注意事项

按【接线示意图】和【接线方式】所述进行接线且确保连接可靠。

为便于比较，应查看以前的测试记录，按照统一的扫频方式进行测试，对同一变压器的历次测试接线应相同。

详细记录被试品的铭牌数据、原始工况有否异常以及被试品变压器当前测试状况下的分接开关位置（这些信息可以在测试软件中进行记录）。

对刚退出运行的变压器进行测量，测量前应尽量让其散热降温；但在整个测量过程中应停止对其所施的降温手段，保持温度，以免测量过程中温度变化过大而影响测量结果的一致性。

一般测量一条曲线约 50 秒钟(1kHz~1000kHz,间隔 1kHz) ,需要存盘的数据请点击“保存数据” ,如果发现一次测试长时间不能完成，请尝试结束扫描后重新扫描。

如果在仪器正常使用中，发现测试数据明显不合理，请检查是否存在以下情况：

1. 空气湿度大、试品表面脏污

空气湿度大、试品表面脏污或受潮，会使测试数据异常增大或减小，可采取清洁表面，烘干处理。

2. 接地线或信号线接触不良

接触不良会引起测量数据严重波动。如试品表面氧化层太厚、接地点上有油漆和生锈等。请保持触点良好的导电性，现场试验时应使接线各个连接点接触良好，以保证测量数据的稳定性。

3. 仪器端子接触不良

请务必保证仪器上的激励输入，激励输出，信号输入连接到变压器正确位置，端子牢固连接再仪器连接件上。

试验前，如想确认试验线，夹具和连接有无问题，可以将仪器的激励输入，输出，信号输入三个实验钳连接在一起（不需要接变压器绕组上），软件扫频，幅频响应曲线应该为 0dB (±1) 直线且平滑，否则检查接线是否可靠。

注意事项：

在未经本公司允许或知情的情况下请勿擅自打开机器、拆卸或更换元器件，如遇到质量问题，请立即与本公司技术服务部门联系。

十、设备维护

10.1 日常维护

本仪器在平时不用时，应定期检查确保结构坚固，并存放在环境温度-20 - 60℃，相对湿度不超过80%，通风、无腐蚀性气体的室内，防止雨水、灰尘进入，存贮时不应紧靠地面和墙壁。

10.2 运输

运输时请确保各装置固定，无松动，适当加以减震保护。搬运时，主机正面朝上，轻拿轻放，切勿碰撞！

产品自发货起两年内，如果用户遵守运输、储存和使用规则，由于制造上的原因而使质量低于特性要求的，本公司负责修理或更换。在产品使用寿命内，本公司负责提供有关本产品的维护、使用培训及附件供应等相关服务。