

说明书

RBX-V 变压器绕组变形测试仪

电力工程 / 铁路运输 / 石油化工 / 水利水电 / 航天航空 / 高校



尊敬的顾客

感谢您购买本公司产品。在您初次使用该仪器前，请您详细地阅读本使用说明书，将可帮助您熟练地使用本仪器。



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的差别。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！



◆ 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。

一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。



目 录

第一部分 产品介绍	6
1.1 产品概述	6
1.2 主要测试项目及功能	6
1.3 主要技术指标	7
1.4 术语定义	9
第二部分 装置硬件及接线	18
2.1 仪器面板	18
2.2 打印端口	19
2.3 显示屏界面	19
2.4 接地端口	20
2.5 USB2.0 端口	20
2.6 交流电源输入端口	20
2.7 扫频法测绕组变形测试端口	20
2.8 交流大电压大电流测试端口	21
第三部分 仪器操作与界面	21
3.1 主界面	21
3.2 仪器设置	22
3.3 键盘界面	23
3.4 试验选择界面	24
3.5 绕组变形频响法操作说明	24
3.6 绕组变形阻抗法操作说明	37
3.7 发电机转子交流阻抗测试说明	60
3.8 变压器空载特性测试说明	64
3.9 负载操作试验说明	79
第四部分 上位机软件使用方法	100
4.1 软件使用介绍	100
4.2 频响法测绕组变形软件功能介绍	103
4.3 短路阻抗法测绕组变形软件功能介绍	114
4.4 转子交流阻抗软件功能介绍	122
4.5 变压器空载损耗软件功能介绍	129
4.6 变压器负载损耗软件功能介绍	137
4.7 谐波试验软件功能介绍	143
4.8 变压器零序阻抗软件功能介绍	150
第五部分 常见故障及注意事项	157



第一部分 产品介绍

1.1 产品概述

电力变压器作为重要的电气设备，其安全可靠运行对电力系统极为重要。变压器综合特性测试仪，是本公司自主研发的专门用于电力变压器(三相或单相)出厂、故障以及交接试验中绕组变形、空载和负载损耗参数测量的高精度仪器。它以 ARM 处理器为核心控制进行采样，处理和输出，其主要特点是彩色触摸屏显示，中文菜单提示，操作简单，配备高速热敏打印机，设计有存储功能，方便数据的存储和打印；配用数据管理软件，保存的数据通过 USB 传送到计算机(上位机)，进行另存、打印、清空等多项操作，或直接通过上位机电脑操作测试，保存的文件格式为 Word 或 Excel 文件格式。仪器体积小、重量轻，便于携带，现场使用极为方便，大大减轻了试验人员的劳动强度，提高了工作效率。

本仪器通过选配不同容量的调压器可实现对各种容量变压器的测试，同时本产品也可以用于发电机转子交流阻抗试验和谐波试验（PC 可用）。

1.2 主要测试项目及功能

1. 基于不同标准的扫频法绕组变形试验；
2. 可测量变压器各个绕组的相频曲线，幅频曲线；
3. 可循环测试变压器绕组固定频率下相位和幅度；
4. 基于 DLT911-2016 对变压器幅频曲线进行分析；
5. 短路阻抗法绕组变形试验；
6. 可测量变压器绕组短路阻抗、短路电抗、短路电阻、三相阻抗电压、阻抗电压、电压有效值、电压平均值、电流、功率、功率因数、频率等参数；



7. 基于 DL/T 1093-2008 和 IEC60076-5 对短路阻抗试验结果进行分析;
8. 变压器空负载特性试验;
9. 可测量变压器空载损耗、空载电流、负载损耗、阻抗电压、电压有效值、电压平均值、电流、功率、功率因数、频率等参数;
10. 短路阻抗以及空负载试验结果自动修正;
11. 基于 GB1094.1-2013 以及 JBT 501-2006 对空负载试验结果进行分析;
12. 进行短路阻抗以及空负载试验, 在仪器允许的测量范围内可直接测量, 超出测量范围时可外接一次电压互感器和电流互感器;
13. 发电机转子交流阻抗试验;
14. 转子交流阻抗特性曲线
15. 谐波试验;
16. 零序阻抗试验;
17. 同时测量三相电压, 电流, 最高显示 128 次谐波;
18. 内置不掉电存储器, 绕组变形, 空负载数据可保存 40 组, 发电机转子交流阻抗数据可保存 30 组

1.3 主要技术指标

1. 扫频法测绕组变形:

扫描频率范围: 10HZ-1MHZ (DLT911-2016 线性扫描)

20HZ-2MHZ (GB/T-1094.18 IEC60076-18:2012 分段扫描)

10HZ-10MHZ (GB/T-1094.18 IEC60076-18:2012 分段扫描)

幅值测量范围: (-100dB) - (+20dB)



幅值测量精度: $(-40\text{dB}) - (+20\text{dB})$ 0.2dB

$(-60\text{dB}) - (-40\text{dB})$ 0.5dB

$(-80\text{dB}) - (-60\text{dB})$ 1.0dB

角度测量范围: $(-180^\circ) - (+180^\circ)$ (10HZ-2MHZ)

扫描频率精度: 小于 0.01%

信号输入阻抗: 大于 $1\text{M}\Omega$ (DLT911-2016)

50Ω (GB/T-1094.18 IEC60076-18:2012)

信号输出阻抗: 50Ω ;

同相测试重复率: 99.5%;

2. 短路阻抗法绕组变形, 变压器空负载, 转子交流阻抗:

电压测量范围: AC 0~600V

电流测量范围: AC 0~120A

频率测量范围: 45~65Hz

测量精度: 频率: 0.2%

功率: $\cos\phi > 0.1$ 0.5% ± 2 字

$\cos\phi < 0.1$ 1.0% ± 2 字

无功功率 0.2% ± 2 字

电压、电流: 0.2% ± 2 字

3. 工作条件

工作电压: AC220V $\pm 10\%$

频率: 50Hz $\pm 10\%$



功耗： $\leq 60\text{W}$

使用环境温度： $0\sim 40^{\circ}\text{C}$

使用环境湿度： $\leq 90\%\text{RH}$

主机体积： $520\times 290\times 220\text{ mm}^3$ 重量： 10kg

1.4 术语定义

1) Y_n

中性点引出的星形联结：三相变压器的每个相绕组的一端或组成三相组的单相变压器的三个具有相同额定电压绕组的一端连接到一个公共点（中性点），而另一端连接到相应的线路端子。

2) Y

星形联结：三相变压器的每个相绕组的一端或组成三相组的单相变压器的三个具有相同额定电压绕组的一端连接到一个公共点（中性点），而另一端连接到相应的线路端子。

3) Δ

三角形联结：三相变压器的三个相绕组或组成三相组的单相变压器的三个具有相同额定电压的绕组相互串联连接成一个闭合回路。

4) III

曲折形联结（Z形联结）：三相变压器的每个相绕组包括两部分，第一部分联结成星结，第二部分串联在第一部分与线路端子。

4) HV

具有最高额定电压值的绕组。



5) LV

具有最低额定电压值的绕组。

6) MV

多绕组变压器中的一个绕组，其额定电压介于高压绕组额定电压和低压绕组额定电压之间。

7) 衰减倍数

响应端电压 U_{out} 和参考端电压 U_{in} 的信号幅值之比，计算公式为：

幅值 = $20 \log (U_{out} / U_{in})$ ，单位为 DB。

8) 相位差

以参考端电压信号为基准，响应端信号与参考端信号相位的偏差，单位为°。

9) 内部激励模式

仪器内部产生信号并进行测量的单点检测模式。

10) 外部激励模式

外部信号发生器输出信号，仪器本身只进行测量（这个模式下相位差无法识别正负）。

11) 分接位置

测量带分接绕组的变压器时，用作标识当前测试所用的分接。

12) 相关系数 R

标准 DLT911-2016 中用来辅助判断变压器绕组变形：

1) 计算两个序列的标准方差：

$$D_x = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} [X(k) - \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)]^2$$



2) 计算两个序列的协方差

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

3) 计算两个序列的归一化协方差系数

$$LR_{xy} = C_{xy} / \sqrt{D_x \times D_y}$$

4) 按照如下公式计算出符合工程需要的相关系数

$$R = \begin{cases} 10, & 1 - LR_{xy} < 10^{-10} \\ -\log_{10}(1 - LR_{xy}), & \text{其他} \end{cases}$$

绕组变形程度

严重变形

明显变形

轻度变形

正常绕组

相关系数 R

$$R_{LF} < 0.6$$

$$0.6 \leq R_{LF} < 1.0 \text{ 或 } R_{MF} < 0.6$$

$$1.0 \leq R_{LF} < 2.0 \text{ 或 } 0.6 \leq R_{MF} < 1.0$$

$$R_{LF} \geq 2.0 \text{ 且 } R_{MF} \geq 1.0 \text{ 且 } R_{HF} \geq 0.6$$

注：在用横向比较法时，被测变压器三相绕组的初始频响数据应较为一致，否则判断无效。

R_{LF} 为低频段(1KHZ-100KHZ) 相关系数

R_{MF} 为中频段(100KHZ-600KHZ) 相关系数

R_{HF} 为高频段(600KHZ-1000KHZ) 相关系数

表 1.1 相关系数与变压器绕组变形程度的关系（供参考）

13) GB/T 1094.18 频率响应测试原理

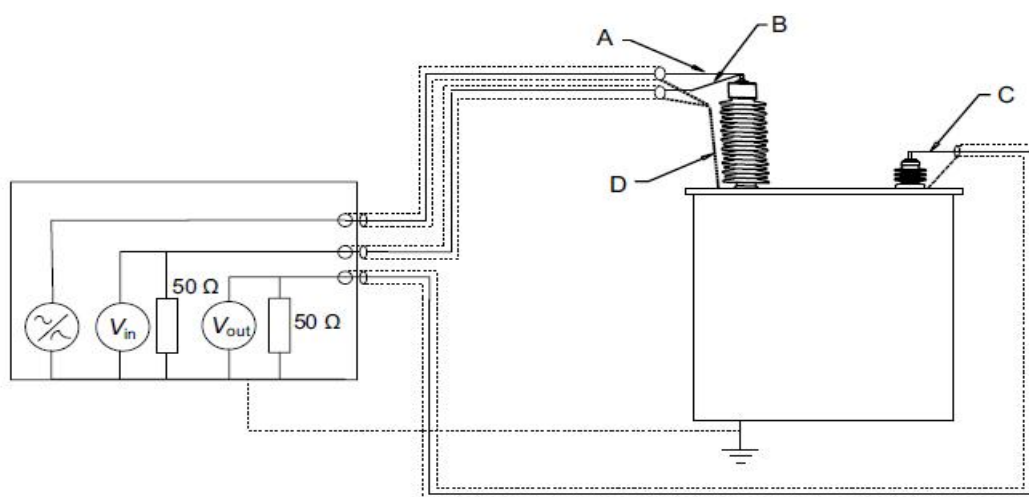


图 1.2 GB/T1094.18 频率响应测试原理



A: 电源引线

B: 参考引线

C: 响应引线

D: 接地引线

14) DL/T 911 频率响应测试原理

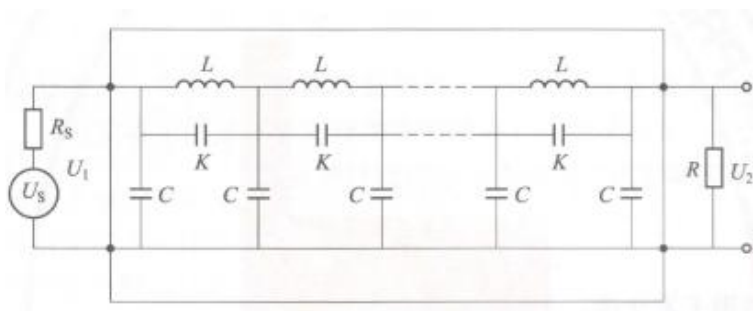


图 1.3 DL/T911 频率响应测试原理

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和响应端电压;

U_s : 正弦波激励信号源电压;

R_s : 信号源输出阻抗($50\ \Omega$);

R : 匹配电阻($50\ \Omega$);

15) 短路阻抗 Z_k (Ω) 和 Z_{ke} (%)

在额定频率及参考温度下, 一对绕组中某一绕组端子之间的等效串联阻抗 $Z=R+jX(\Omega)$ 。确定此值时, 另一绕组的端子短路, 而其他绕组(如果有)开路。对千三相变压器, 表示为每相的阻抗(等值星形联结)。

注 1: 对于带分接绕组的变压器, 短路阻抗是指指定分接的。如无另行规定, 则是指主分接的。



注 2：此参数可用无量纲的相对值来表示，即表示为该对绕组中同一绕组的参考阻抗 Z_{ref} 的分数值 Z_{ke} 。用百分数表示：

$$Z_{ke} = \frac{Z_k}{Z_{ref}} \times 100$$
$$Z_{ref} = \frac{U^2}{S_r} \times 100$$

U： Z_k 和 Z_{ref} 所属绕组的电压（额定电压或分接电压），单位为千伏（KV）

S_r ： 额定容量基准值，单位为千伏安（KVA）

公式对三相和单相变压器都适用。

此相对值也等于短路试验中为产生相应额定电流（或分接电流）时所施加的电压与额定电压（或分接电压）之比。此电压称为该对绕组的短路电压。通常用百分数表示。

15) 额定容量

某一个绕组的视在功率的指定值，与该绕组的额定电压一起决定其额定电流。

注：双绕组变压器的两个绕组具有相同的额定容量，即这台变压器的额定容量。

16) 额定高压

当前所测绕组对中具有相对较高电压值绕组的额定电压。

17) 额定低压

当前所测绕组对中具有相对较低电压值绕组的额定电压。

18) 额定温度

变压器铭牌中短路阻抗以及负载损耗的参考温度。

绝缘的耐热等级	参考温度 °C
A	75 (80)
E	95
B	100



F	120
H	145
C	170

表 1.4 不同耐热等级绝缘的参考温度

注 1：括号内数值适用于干式变压器。

注 2：对于大型电力变压器，其阻抗受温度影响较小，可不必进行温度校正。

19) 当前温度

当前试验中的绕组温度。

20) CT 变比

CT：电流互感器

如果试验中使用了 CT，需要输入所用 CT 的一次电流和二次电流之比。

如果没使用 CT，则输入 1:1

21) PT 变比

PT：电压互感器

如果试验中使用了 PT，需要输入所用 PT 的一次电压和二次电压之比。

如果没使用 PT，则输入 1:1

22) 额定频率

变压器设计所依据的运行频率。

23) X_k (Ω)

短路电抗 X_k (Ω) 是短路阻抗 Z_k (Ω) 的虚部。

24) L_k (mH)

绕组所产生的磁力线不能都通过二次绕组时漏磁产生的电感。



25) 电压步长

转子交流阻抗试验按照电压间隔进行采样，例如最大电压 200V，50 个采样点，采样间隔为 4V。

26) 电流步长

转子交流阻抗试验按照电流间隔进行采样，例如最大电压 40A，50 个采样点，采样间隔为 0.8A。

27) 最大电压

试验运行的保护电压，超过这个电压，仪器会停止采样。

28) 最大电流

试验运行的保护电流，超过这个电流，仪器会停止采样。

29) P(W)

有功功率。

30) COS ϕ

功率因数

31) 额定电压

在处于主分接的带分接绕组的端子间或不带分接的绕组端子间，指定施加的电压或空载时感应出的电压。对于三相绕组，是指线路端子间的电压。

32) 波形畸变

空载试验时有效值电压 U 和平均值电压 U' 之差。

公式为 $d = (U' - U) / U'$;

通常 d 需在 3% 以内，试验才有效；



33) 空载损耗

当额定频率下的额定电压（分接电压）施加到一个绕组的端子上，其他绕组开路时流经该绕组线路端子的电流方均根值。

34) 空载电流

当额定频率下的额定电压（分接电压）施加到一个绕组的端子上，其他绕组开路时流经该绕组线路端子的电流方均根值。

注 1：对于三相变压器，是流经三相端子电流的算术平均值。

注 2：通常用占该绕组额定电流的百分数来表示。对于多绕组变压器，是以具有最大额定容量的那个绕组为基准的。

35) 电压不平衡度

即三相电压不平衡度或三相电压不对称度，对于三相电压 U_a, U_b, U_c 来说，

三相不对称度 = $(\max(U_a, U_b, U_c) - \min(U_a, U_b, U_c)) / ((U_a + U_b + U_c) / 3)$ ，即三相电压中的最大值和最小值之差除以三相电压的平均值。

36) 负载损耗

在一对绕组中，当额定电流（分接电流）流经一个绕组的线路端子，且另一绕组短路时在额定频率及参考温度下所吸取的有功功率。此时，其他绕组（如果有）应开路。

注 1：对于双绕组变压器，只有一对绕组组合和一个负载损耗值。对于多绕组变压器，具有与多对绕组组合相应的多个负载损耗值。整台变压器的总负载损耗值与某一指定的绕组负载组合相对应。通常它不能在试验中直接测出。

注 2：当绕组组合对中两个绕组的额定容量不同时，其负载损耗以额定容量小的



那个绕组中的额定电流为基准，而且应指出参考容量。

37) 阻抗电压

阻抗电压是将变压器的二次绕组短路，使一次绕组电压慢慢加大，当二次绕组的短路电流达到额定电流时，一次绕组所施加的电压（短路电压）与额定电压的比值百分数。

38) 原始损耗

未经过修正的负载损耗值，仅作参考。

39) 电阻损耗

修正后负载损耗中的一部分，与温度成正比关系。

40) 其他损耗

修正后负载损耗中的一部分，与温度成反比关系。

41) 高压电阻

换算到参考温度下的高压侧线电阻， $R_{ref} = R * K_t$ ；

温度换算系数 $K_t = (T + \text{参考温度}) / (T + \text{当前温度})$ ；

T：电阻温度换算系数，铜绕组为 235 、铝绕组为 225 。

例如三相电阻分别为 8.1, 8.2, 8.3mΩ，测试温度是 25℃，参考温度为 75 度，材料是铜，那么 $R_{75} = ((8.1 + 8.2 + 8.3) / 3) * (235 + 75) / (235 + 25) = 9.777$ ；

42) 低压电阻

换算到参考温度下的低压侧线电阻，具体计算如上

43) 短路线电阻

测试时所使用短路线的电阻，同理换算到参考温度，具体计算如上，仪器所配



的 1000A 线电阻为 $1615 \mu \Omega$ 。

44) 零序阻抗

额定频率下，三相星形或曲折形联结绕组中，连接在一起的线路端子与其中性点端子间的以每相欧姆数表示的阻抗。

第二部分 装置硬件及接线

2.1 仪器面板

下图为仪器俯视图，左上侧为打印机，左下侧为触摸显示屏，打印浓度和亮度可以在“仪器设置”里面调节，右边是电流接头（IA，IB，IC）和电压接头（UA，UB，UC，U0）。

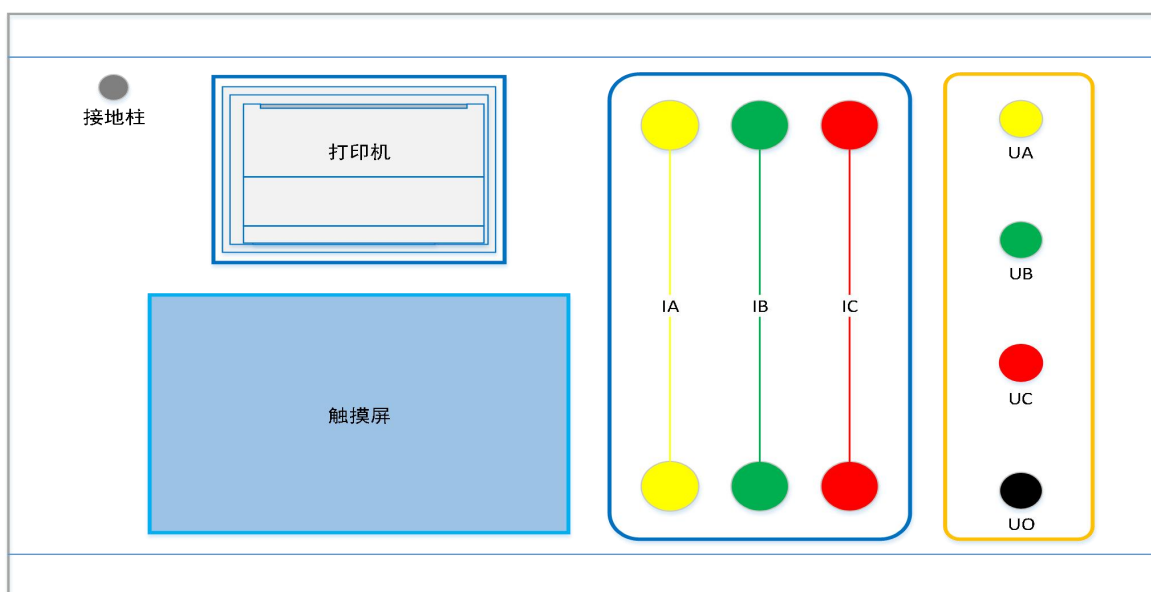


图 2.1 仪器俯视图

图 2.2 为仪器左侧面示意图，3 个 BNC 接头为扫频法测试端口；USB2.0 用于连



接 PC 机。图 2.3 为交流 220V 电源插座和电源开关。

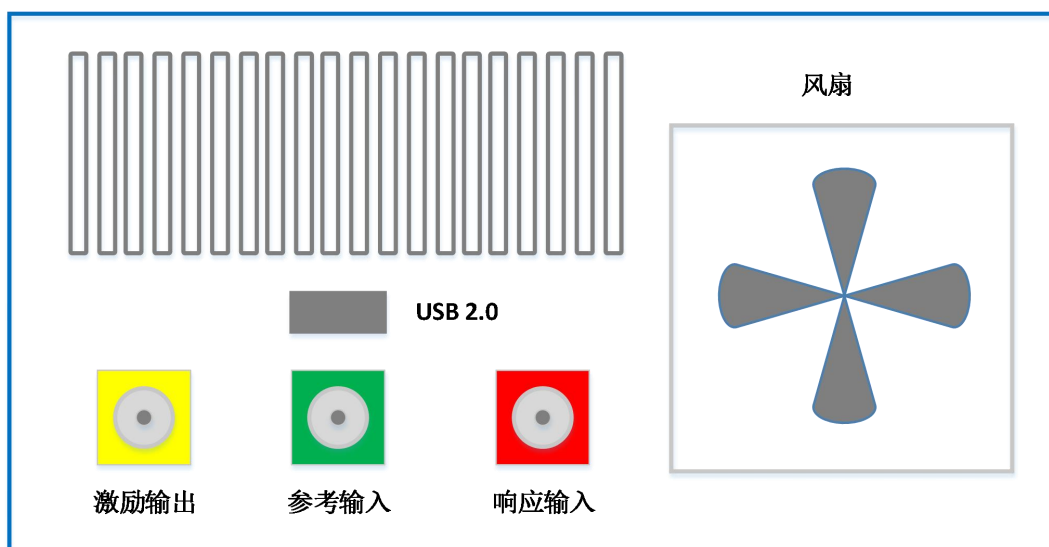


图 2.2 仪器左侧面

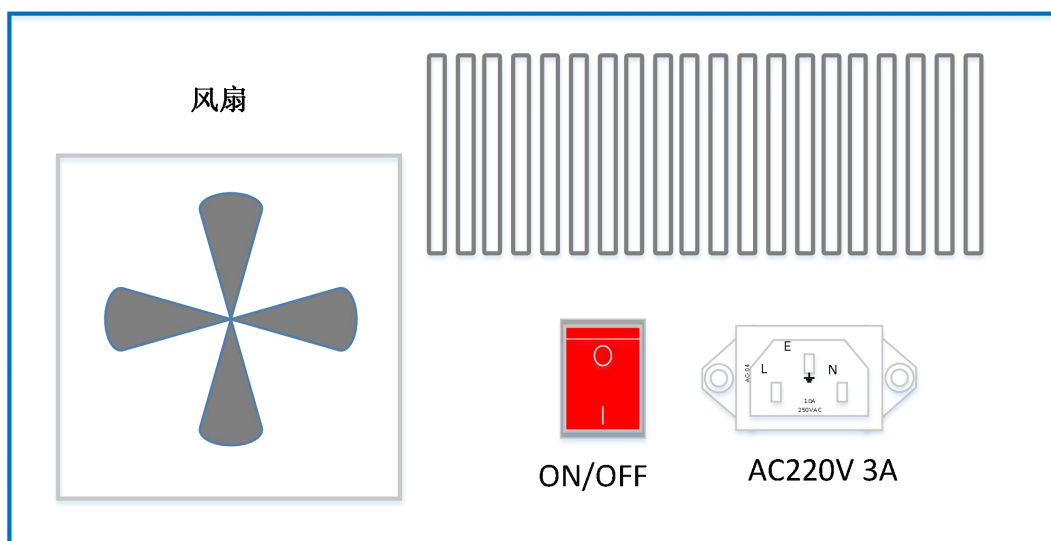


图 2.3 仪器右侧面

2.2 打印端口

变压器综合特性测试仪自带打印功能，每项实验结束按打印界面，可打印实验结果和相关曲线。

2.3 显示屏界面

LCD 显示屏为测试仪的操作界面，显示实验过程，试验参数和实验结果。



2.4 接地端口

接地柱接线：将测试仪的接地柱连接到变压器的保护接地 PE；（扫频法测量绕组变形时，接地端不接地）。

2.5 USB2.0 端口

USB 接口接线：作为通讯接口使用，与上位机通讯，后台监控试验测试；

2.6 交流电源输入端口

测试仪电源输入端口：给测试仪提供交流电源，电压输入范围： $AC220 \pm 10\%$ ， $50/60Hz \pm 10\%$ ，电源插座内部安装有 3A 保险。使用时将仪器接地。

注意：请用本公司提供的电源线连接到仪器侧面的电源插口。打开电源开关仪器便可以正常工作，如连接好后仪器不能工作请检查保险丝。



图 2.4 电源开关

2.7 扫频法测绕组变形测试端口



图 2.5 FRA 采样端口

激励输出：扫频法信号输出端口，通过同轴电缆和金属夹连接到变压器绕组的一端，最大为 $20V_{p-p}$ 。



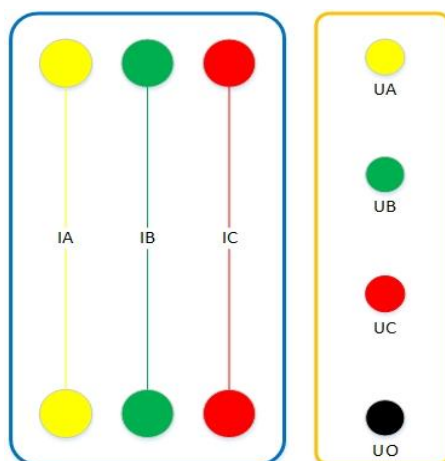
参考输入：信号采样端口，通过同轴电缆和金属夹连接到变压器绕组的一端（和激励输出同一侧）。

响应输入：信号采样端口，通过同轴电缆和金属夹连接到变压器绕组的一端（和激励输出不同一侧）。

2.8 交流大电压大电流测试端口

IA, IB, IC：交流电流测试端口，最大为 120A，超出 120A 需要通过电流互感器变换来实现采样。

UA, UB, UC, UO：交流电压测试端口，最大为 600V，超出 600V 需要通过电压互感



器变换来实现采样。

图 2.6 交流大电压大电流采样端口

第三部分 仪器操作与界面

3.1 主界面

变压器综合特性测试仪软件系统定义了 5 种功能状态，包括试验，历史记录，仪器设置 PC 通讯和仪器校验（校验功能用户一般不使用），可在相应状态下对被测



元件（变压器）进行测试实验，实验结果记录，实验结果打印及与上位机通讯等。

仪器通电后进入触摸屏主界面，如图 3.1 所示，在主界面点击对应按钮可进入相关功能界面。

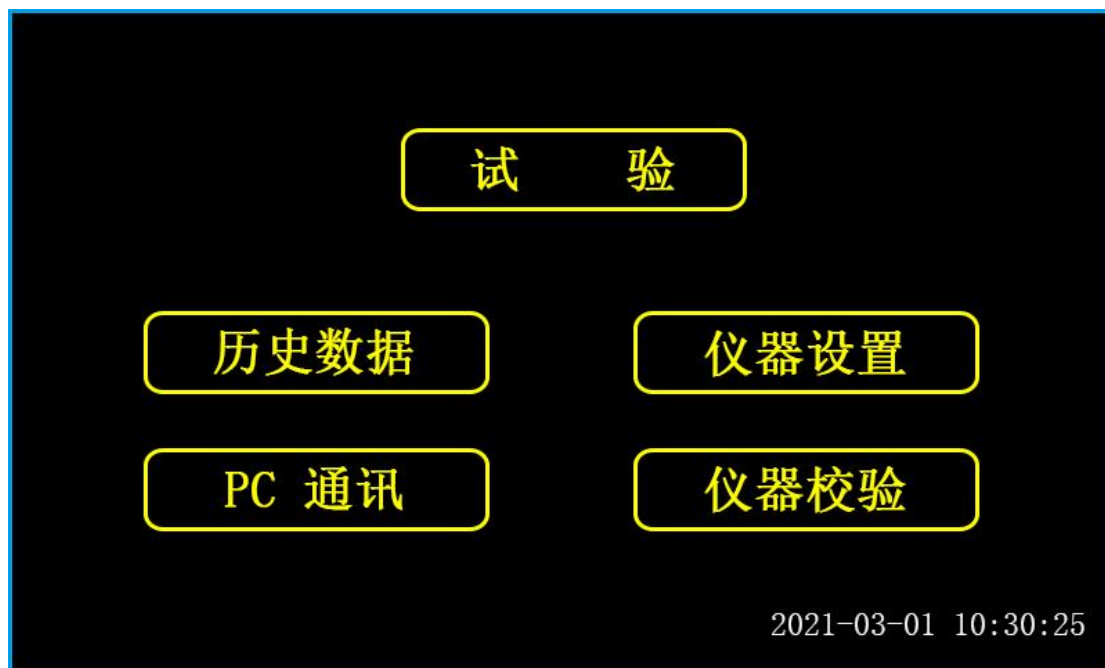


图 3.1 主界面

3.2 仪器设置

在主界面状态，点击触摸屏“仪器设置”可进入仪器设置界面，如图 3.2 所示。

- (1) ID 号不可更改，每台仪器的 ID 号不同；
- (2) 点击时间显示框弹出时间键盘，如图 3.3 所示，点击键盘上的数字将更改光标闪烁对应的时间位，若对光标前面的某一位进行了错误修改，可以点击回车删除键返回修改，修改完成后点击回车键返回到仪器设置页面；
- (3) 点击语言显示框，使中文界面和英文界面相互切换；
- (4) 点击亮度显示框左侧降低显示亮度，点击右侧增加显示亮度；
- (5) 点击浓度显示框左侧降低打印浓度，点击右侧增加打印浓度；
- (6) 以上各项设置完成后必须点击“确定”按钮，否则这些设置不会保存。



图 3.2 仪器设置

3.3 键盘界面

- (1) ① 键-----删除键 点击该键删除多余的字符；
- (2) ② 键-----空格键 点击该键输入一个空格；
- (3) ③ 键-----回车键 点击该键返回上一页面；
- (4) ④ 键-----字符键 点击该键输入一个字符；
- (5) 该键盘只能输入小写字符和数字。

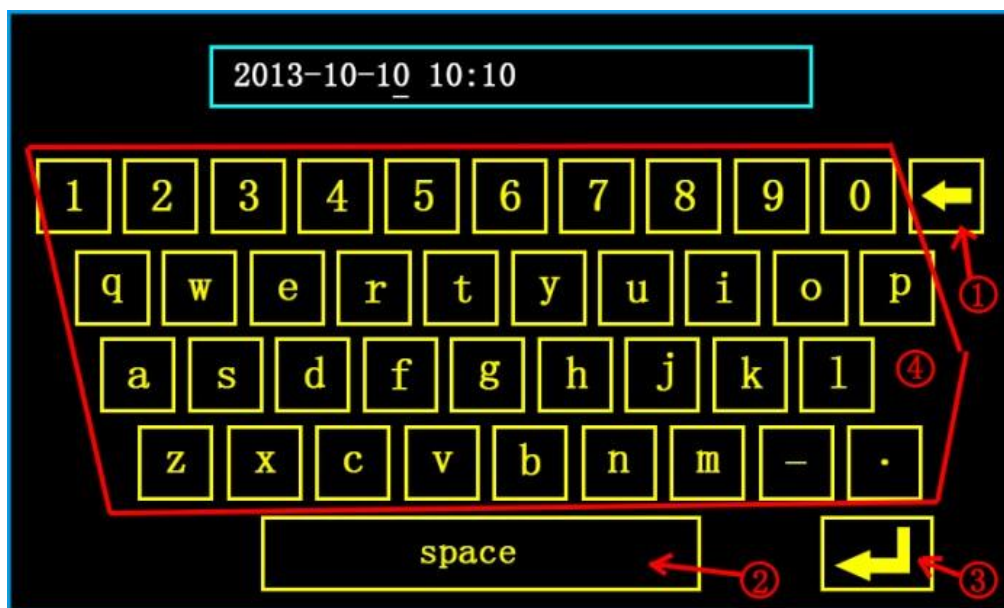


图 3.3 键盘界面

3.4 试验选择界面

点击相应的按钮可以进入对应的试验界面

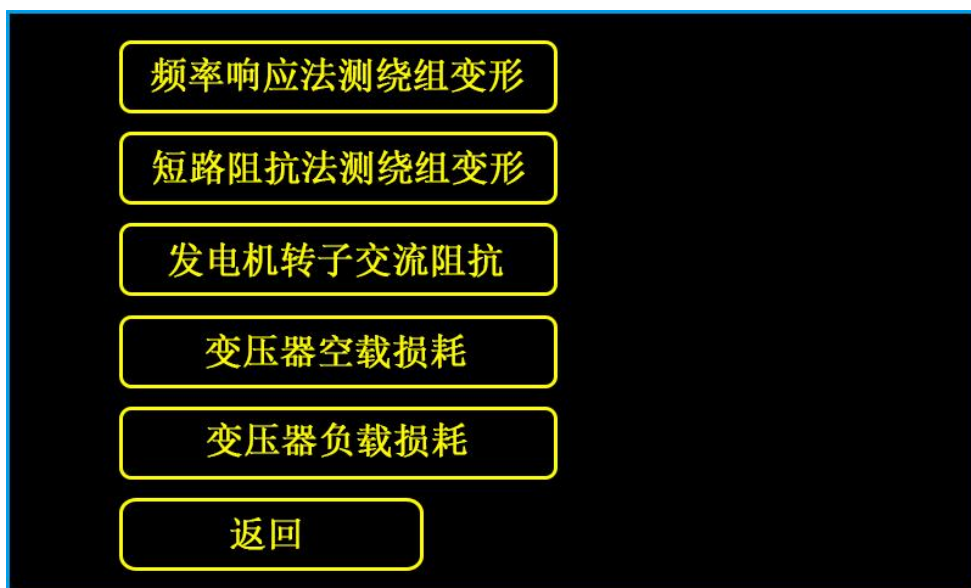


图 3.4 实验选择界面

3.5 绕组变形频响法操作说明

3.5.1 实验设置界面



绕组接线方式: Yn Y Δ III

测试绕组: HV MV LV **ID:** 123456

扫描方式: DL/T 911-2016 分段10HZ-10MHZ
GBT1094. 18-2016 自定义频率检验

参数设置: Yn LV 线性10HZ-1MHZ

确 定 返 回

图 3.5 频响法实验设置界面

(1) 绕组接线方式选择：常见的有 4 种，接法参见下图（图 3.6）；

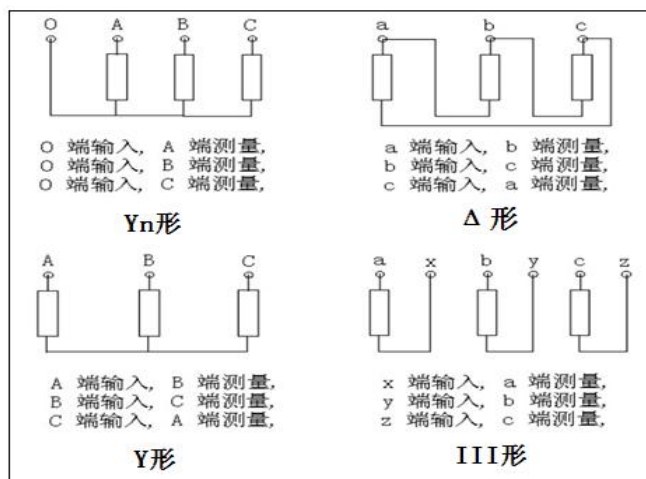


图 3.6 频响法不同绕组接线方式

(2) 测试绕组：表明当前是测量变压器的高压侧(HV)，中压侧(MV)还是低压侧(LV)

(3) 扫描方式：有 DL/T911-2016，分段 10HZ-10MHZ(都遵循 DL/T911-2016)，GBT1094. 18-2016 和自定义频率校验（重复测量某一个频率的 DB 值）

(4) 变压器编号设置：请输入变压器铭牌上的变压的器编号(图 7 示例：123456)；

(5) 参数设置：显示当前所设置的测试参数或默认参数(图 7 示例：Yn LV DL/T(10HZ-1MHZ))；



3.5.2 试验接线

图 3.5 点击确定进入，试验接线界面（图 3.7 是选择 DLT 之后的接线提醒界面）



图 3.7 DL/T 接线方式界面

图 3.5 点击确定进入，试验接线界面（图 3.8 是选择 GBT 之后的接线提醒界面）



图 3.8 GB/T 接线方式界面

- (1) 标识(示例：当分接位置为 1 时候输入 1)；
- (2) 注意金属夹上的黑色接地线不能缠绕.

图 3.9 是 DL/T 标准测试 Y 型变压器 AB 时的接线（A 输入 B 响应 此时黄线和绿



线通过 BNC 三通连接在一起接到 A 相，红线通过三通并联 50 欧电阻接到 B 相）。当测试 BC 相时，将连接到黄色和绿色的同轴电缆接到 B 相，红色的接到 C 相当测试 CA 相时，操作同理如上

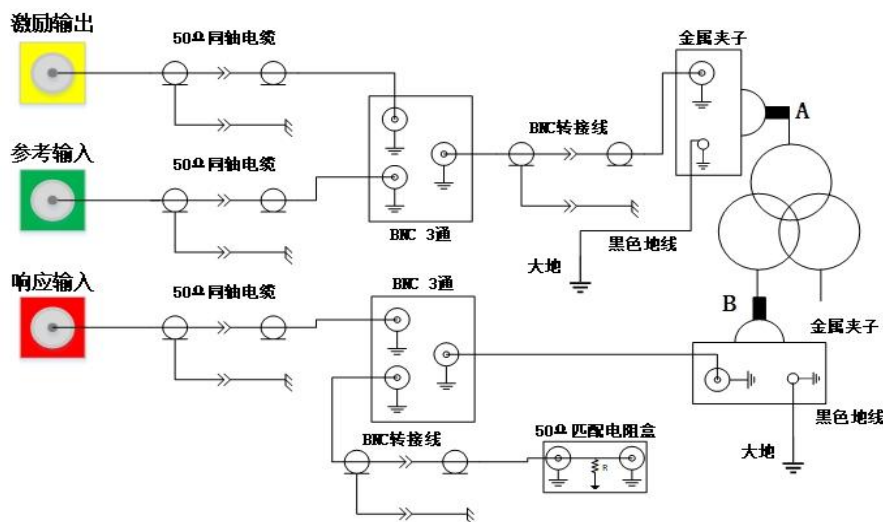


图 3.9 DL/T 接线方式图

图 3.10 是 GB/T 标准测试 Y 型变压器 AB 时的接线（A 输入 B 响应 此时绿线先通过 BNC 转接线接 50 欧电阻匹配盒然后和绿线通过 BNC 三通连接在一起接到 A 相，红线通过 BNC 转接线接 50 欧电阻匹配盒然后接到 B 相）。当测试 BC 相时，将连接到黄色和绿色的同轴电缆接到 B 相，红色的接到 C 相当测试 CA 相时，操作同理如上

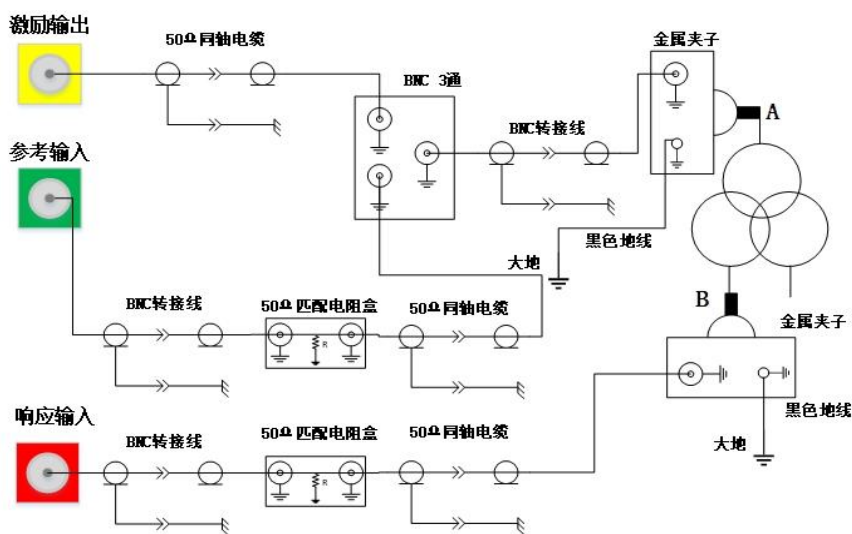


图 3.10 GB/T 接线方式图



3.5.3 测试界面

图 3.7 或图 3.8 点击确定进入，测试界面

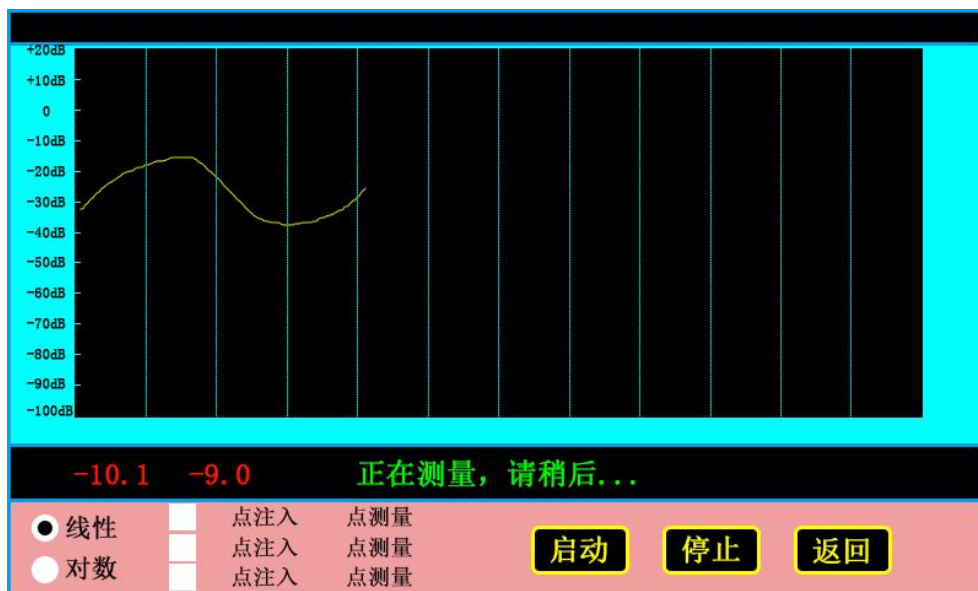


图 3.11 频响法测试界面

测试界面只有三个按键：“启动”，“停止”，“返回”

连接好测试线后点击“启动”等待测试完成，在测试过程中点击“停止”将立即停止当前测试，若已有测试数据，则跳转到测试结果界面，如图 3.12 所示，若没有测试数据，则跳转到参数设置界面。最多可以测量 3 条曲线，对应变压器的 3 相。

-10.1: 这个位置显示的是实时采样的 DB 值

-9.0: 这个位置显示的是实时采样的相位差值

示例：如对 Y 型高压侧绕组进行试验，首先将黄色和绿色的测试线用三通连接在一起接地 A 相，红色接 B 相，接好地线后按启动，等待一条完整的曲线，仪器上显示准备下一次测量后，此时将黄色和绿色的测试线用三通连接在一起接地 B 相，红色接 C 相，按启动，再等待一条完整的曲线，仪器上再次显示准备下一次测量后，将黄色和绿色的测试线用三通连接在一起接地 C 相，红色接 A 相，然后按启动，等待试验完成，仪器将跳转到测试结果界面。



3.5.4 测试结果界面

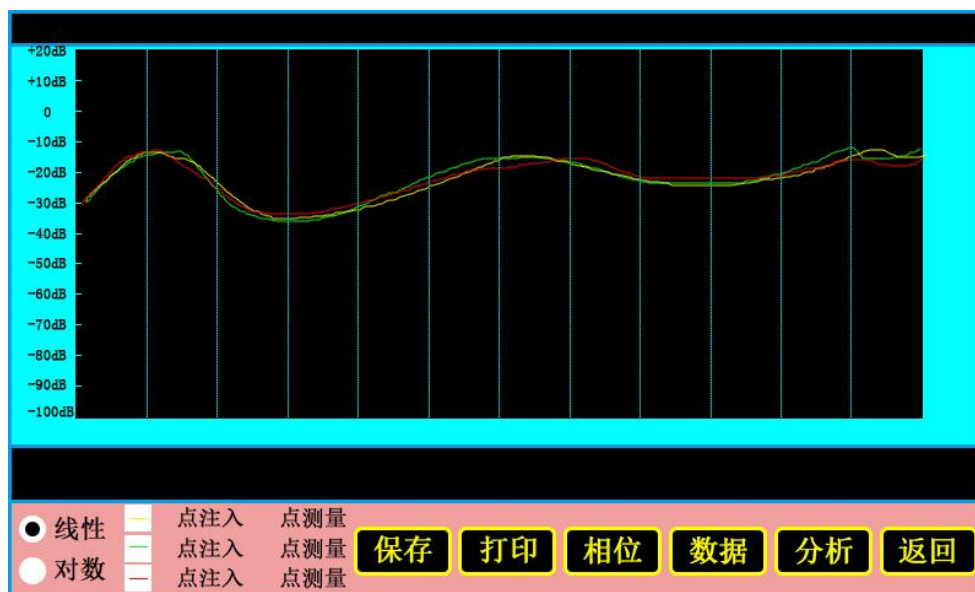


图 3.12 频响法测试结果界面

测试结果界面，如图 3.12 所示：

- (1) 该界面显示了测量曲线的条数，白色复选框中的曲线颜色与显示曲线的颜色对应；
- (2) 曲线有两种显示方法：线性、对数，“线性”显示是指 x 轴上频率坐标均匀分布，这种显示方法，可以比较清晰的查看 1KHZ 以上的频率曲线；“对数”显示是指 x 轴上频率坐标取对数后乘以 20，这种显示方法可以清楚的查看低频段的曲线；
- (3) 若存储器还有可用空间，点击“保存”即可保存当前测试数据，若没有可用空间，将无法保存数据，因此，在测试之前，先进入格式化数据界面中查看是否还有可用存储空间，若没有可用空间，首先上传保存的数据，然后格式化存储器或进入历史数据界面删除某一组数据；
- (4) 点击“分析”即可进入图 3.13 数据分析界面，显示当前测试数据横向分析结果，以判断变压器的变形程度，注意，必须测量 3 条曲线才能显示分析结果



果；

- (5) 点击“打印”即可打印当前测量曲线和分析结果，若在分析之前打印，将不会打印分析结果；
- (6) 点击“相位”即可进入图 3.15 相频界面，查看相频曲线和相频数据；
- (7) 点击“数据”即可进入图 3.14 查看各测量频率点对应的分贝值；
- (8) 点击“返回”返回主界面。

3.5.5 幅频数据分析界面

测试结果分析				
相关系数	低频段	中频段	高频段	分析结果
R (AB, BC)	3.344	3.112	4.090	正常绕组
R (BC, CA)	1.888	2.098	1.997	正常绕组
R (CA, AB)	1.888	2.098	1.997	正常绕组
返回				

图 3.13 频响法数据分析界面

数据分析界面，如图 3.13 所示：

其中相关系数 $R(AB, BC)$ 是指，A 点注入 B 点测量的数据 与 B 点注入 C 点测量的数据之间的相关系数。其他相关系数依次类推。根据各频段的相关系数判断变压器的变形程度，变形程度分 4 个等级：正常绕组、轻度变形、明显变形、严重变形，判断方法见（表 1.1）。

3.5.6 幅频数据界面

- (1) 共有 40 页数据，当前页码显示于页码框中；



- (2) 点击 “<<” 回到首页;
- (3) 点击 “>>” 回到尾页即第 40 页;
- (4) 点击 “<” 显示前一页;
- (5) 点击 “>” 显示后一页;
- (6) 点击页码框可以输入要显示的页码;
- (7) 点击 “<=” 返回上一页。

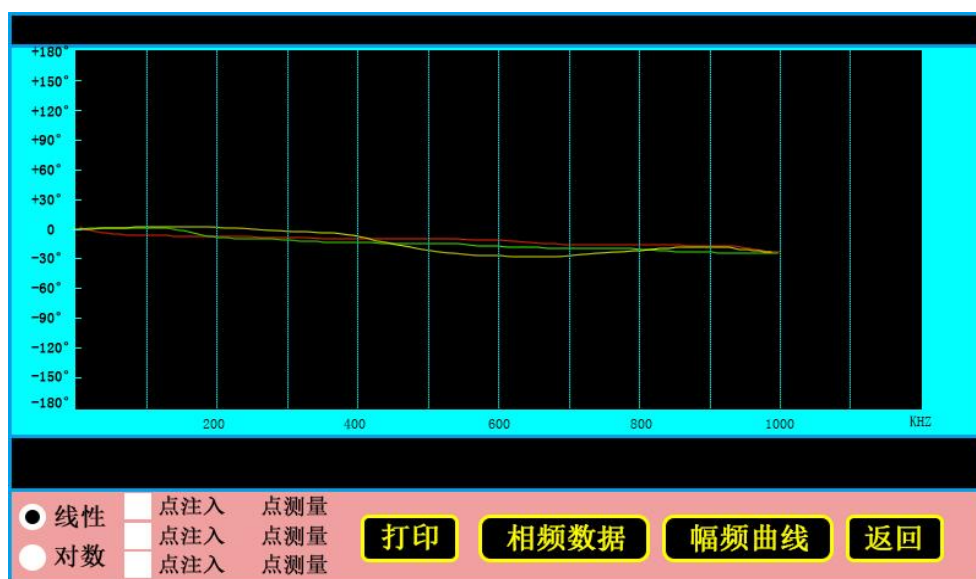


图 3.14 频响法幅频数据界面

3.5.7 测试结果相



图 3.15 测试结果相频界面



测试结果相频界面，如图 3.15 所示（频率范围是 10-10M 时，相频曲线只到 2M）：

- (1) 该界面显示了测量曲线的条数，白色复选框中的曲线颜色与显示曲线的颜色对应；
- (2) 曲线有两种显示方法：线性、对数，“线性”显示是指 x 轴上频率坐标均匀分布，这种显示方法，可以比较清晰的查看 1KHZ 以上的频率曲线；“对数”显示是指 x 轴上频率坐标取对数后乘以 20，这种显示方法可以清楚的查看低频段的曲线；
- (3) 点击“打印”即可打印当前测量曲线和分析结果，若在分析之前打印，将不会打印分析结果；
- (4) 点击“幅频曲线”即可返回图 3.12 幅频数据界面；

点击“数据”即可进入图 3.16 查看各测量频率点对应的相位值；

3.5.8 测试结果界面

KHZ	phase1	phase2	phase3	KHZ	phase1	phase2	phase3	KHZ	phase1	phase2	phase3
995.00	-1.1	-1.1	-1.1								
995.50	-1.1	-1.1	-1.1								
996.00	-1.1	-1.1	-1.1								
996.50	-1.1	-1.1	-1.1								
997.00	-1.1	-1.1	-1.1								
997.50	-1.1	-1.1	-1.1								
998.00	-1.1	-1.1	-1.1								
998.50	-1.1	-1.1	-1.1								
999.00	-1.1	-1.1	-1.1								
999.50	-1.1	-1.1	-1.1								
1000.00	-1.1	-1.1	-1.1								

⏪⏩⏴⏵40⏴

图 3.16 频响法数据界面

- (1) 当前页码显示于页码框中；
- (2) 点击“<<”回到首页；



- (3) 点击“>>”回到尾页;
- (4) 点击“<”显示前一页;
- (5) 点击“>”显示后一页;
- (6) 点击页码框可以输入要显示的页码;
- (7) 点击“<=”返回上一页。

3.5.9 频响法历史数据界面

主界面点击历史数据进入历史数据选择界面：如图 3.17 所示

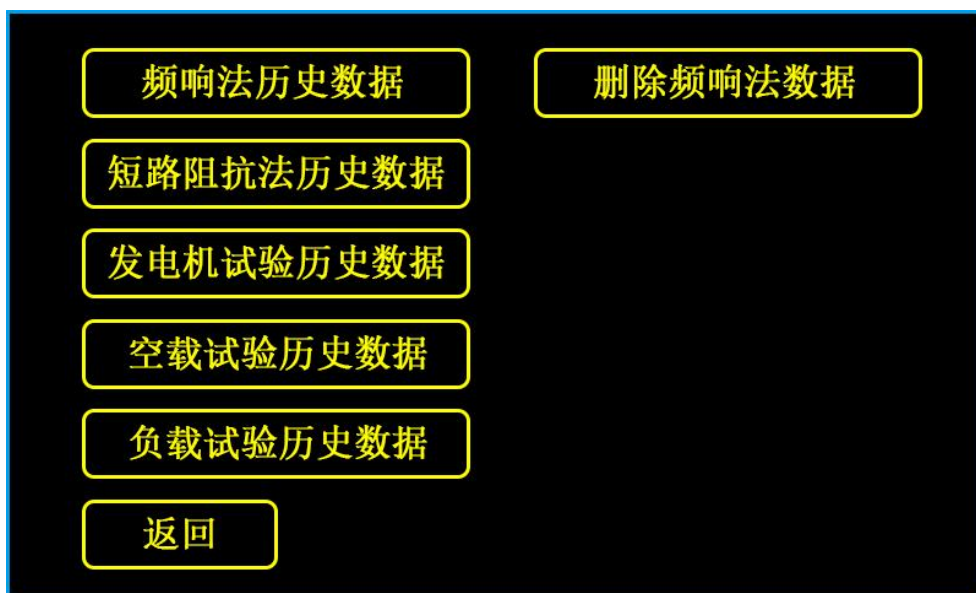


图 3.17 历史数据界面

点击“删除频响法数据”进入图 3.18 “频响法数据删除界面”，输入“OK”即可删除数据。

点击“频响法历史数据”进入图 3.19 “频响法历史数据界面”。

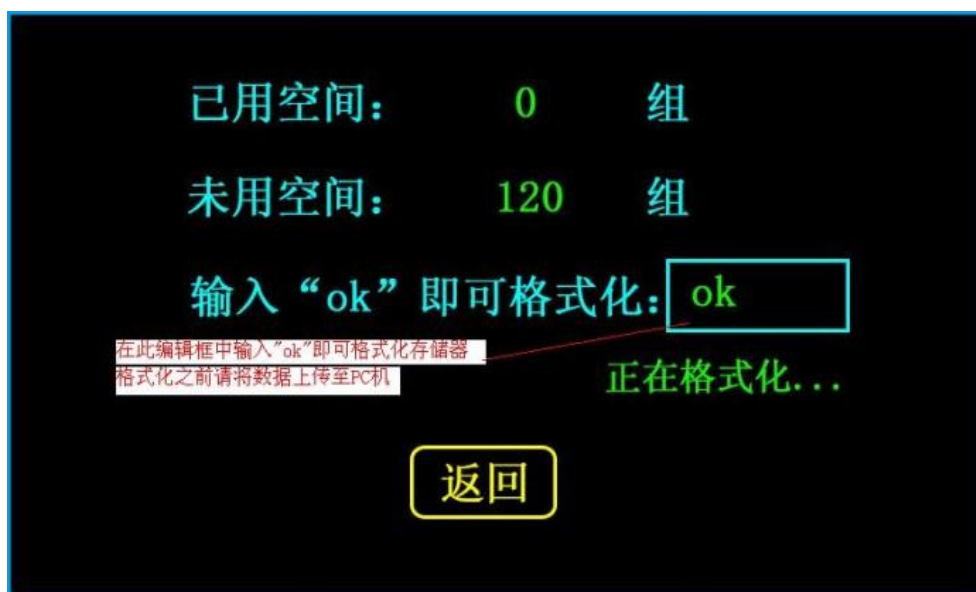


图 3.18 频响法历史删除界面

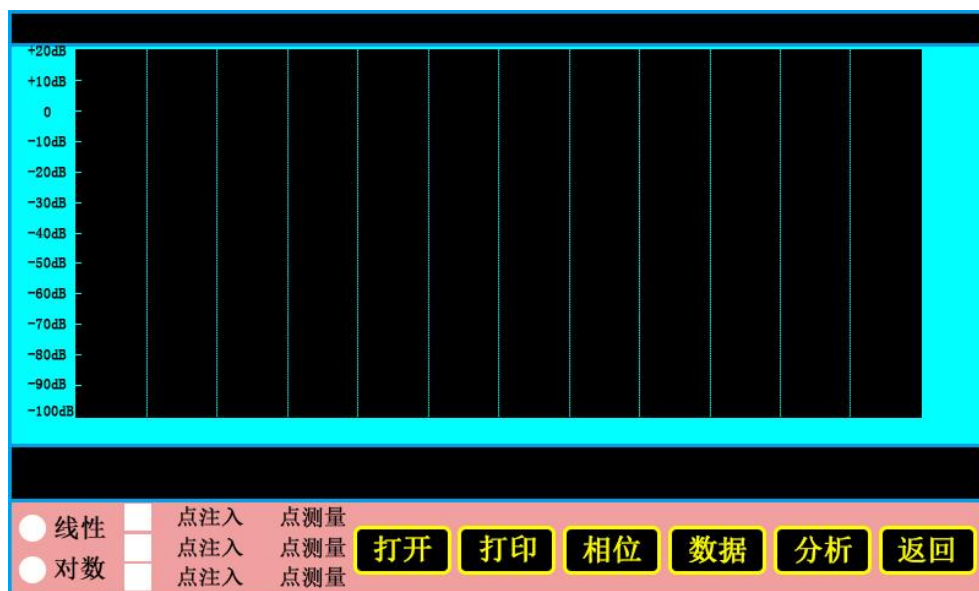


图 3.19 频响法历史数据界面

点击图 3.19 中的“打开”进入频响法数据目录界面，如图 3.20 所示：

- (1) 所有保存的数据都通过该目录浏览并打开，点击单选按钮，每次只能打开一组数据，每页显示最多 10 组数据；
- (2) 点击“上页”、“下页”可向前向后浏览保存的数据；
- (3) 点击“删除”将弹出询问对话框，如图 3.21 所示，如果点击“是”则删除当前选中的数据，点击否则不会删除选择的数据。



(4) 点击“确定”打开选择的数据。



图 3.20 频响法历史目录删除界面

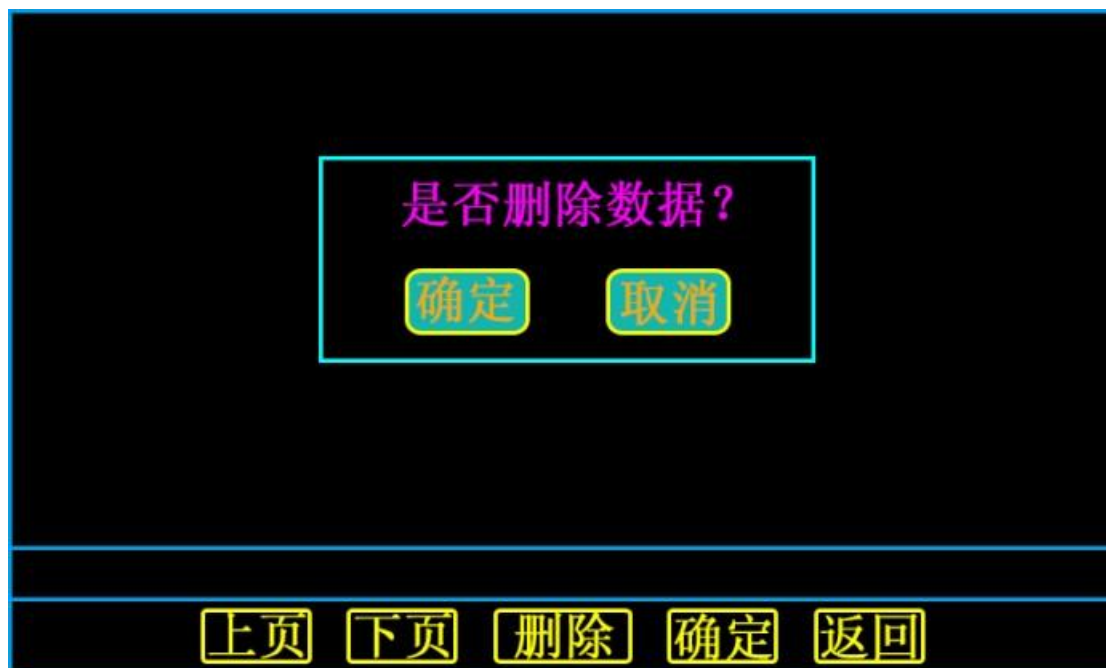


图 3.21 频响法历史删除界面



3.5.10 自定义频率校验

图 3.5 点击自定义频率校验进入频响法自定义频率校验界面：如图 3.22 所示



图 3.22 自定义频率校验测试界面

- (1) 点击图 3.22 中的点击“内部激励模式”、“外部激励模式”选择测量模式，具体参见 1.4 术语定义；
- (2) 点击输出信号频率后圆角矩形，输入需要检测的频率（示例为 1000）；
- (3) 连接好测试线后，点击“输出”开始测试（接线方式与一般测量相同）。
- (4) 测试结果如图 3.23 所示



图 3.23 自定义频率校验结果界面

3.6 绕组变形阻抗法操作说明

3.6.1 短路阻抗参数设置界面



图 3.24 短路阻抗法参数设置界面

试验选择界面点击“短路阻抗测绕组变形”进入图 3.24 进行参数设置，具体设置如下，设置完成后点击进入试验设置界面图 3.25

(1) 变压器 ID: 可以根据变压器型号，也可以自行设置（图 3.24 示例 123456）；



- (2) 额定高压：例如 10KV/400V 的配变 输入 10 （单位 KV）
- (3) 额定低压：例如 10KV/400V 的配变 输入 0.4 （单位 KV）
- (4) 短路阻抗：输入铭牌的短路阻抗
- (5) 额定容量：输入变压器的额定容量（单位 KVA）
- (6) 额定温度：输入需要换算的参考温度
- (7) 当前温度：当前绕组的温度
- (8) 分接挡位：当前测试变压器所在的分接位
- (9) CT 变比： 输入回路中 CT 的变比，没有 CT 则设置 1： 1
- (10) PT 变比： 输入回路中 PT 的变比，没有 PT 则设置 1： 1

3.6.2 短路阻抗试验设置界面

试验设置			
高压绕组接线方式：	Yn	Y	Δ 单相
测试模式：	三相法	单相法	
电压测量：	PT两表法	PT三表法	直接测量
测试连接方式：	高压测低压短	高压测中压短	中压测低压短
最大电压：	400	v	最大电流：3 A
额定频率：	50	Hz	采样点数：3 采样模式：自动 手动
确定 返回			

图 3.25 短路阻抗试验设置界面

- (1) 高压绕组接线方式：所测变压器当前绕组的接线方式
- (2) 测试模式：单相或三相（如果三相法测量发现绕组有问题，需进行单相法确定问题绕组）



- (3) 电压测量：是否使用 PT 以及 PT 在变压器回路中的接线方式
- (4) 测试连接方式：三绕组变压器不同的接线方式的标识
- (5) 最大电压：测试进行中的保护电压
- (6) 额定频率：变压器运行的频率
- (7) 最大电流：测试进行中的保护电流
- (8) 采样点数：最大为 10
- (9) 采样模式：手动模式需等读数稳定后手动保存数据

3.6.3 短路阻抗不同变压器接线方式

YN 阻抗测试接线方法：

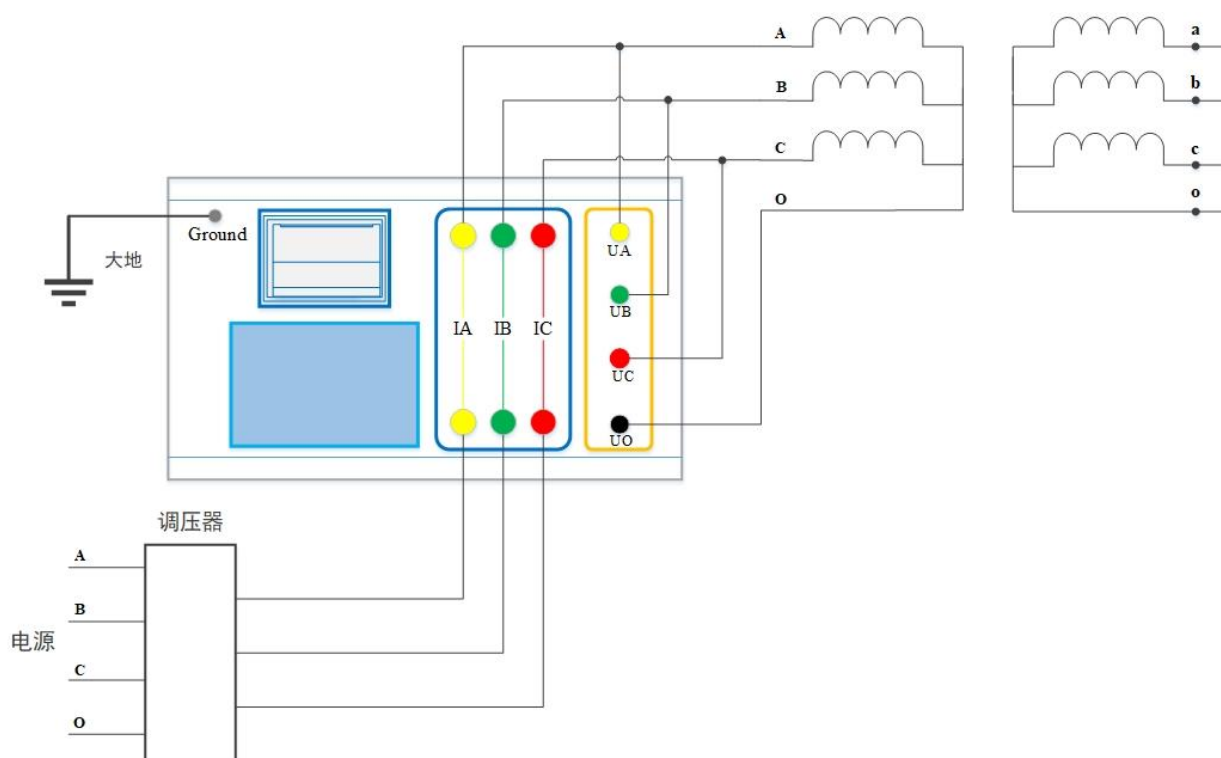


图 3.26YN 短路阻抗三相接线图

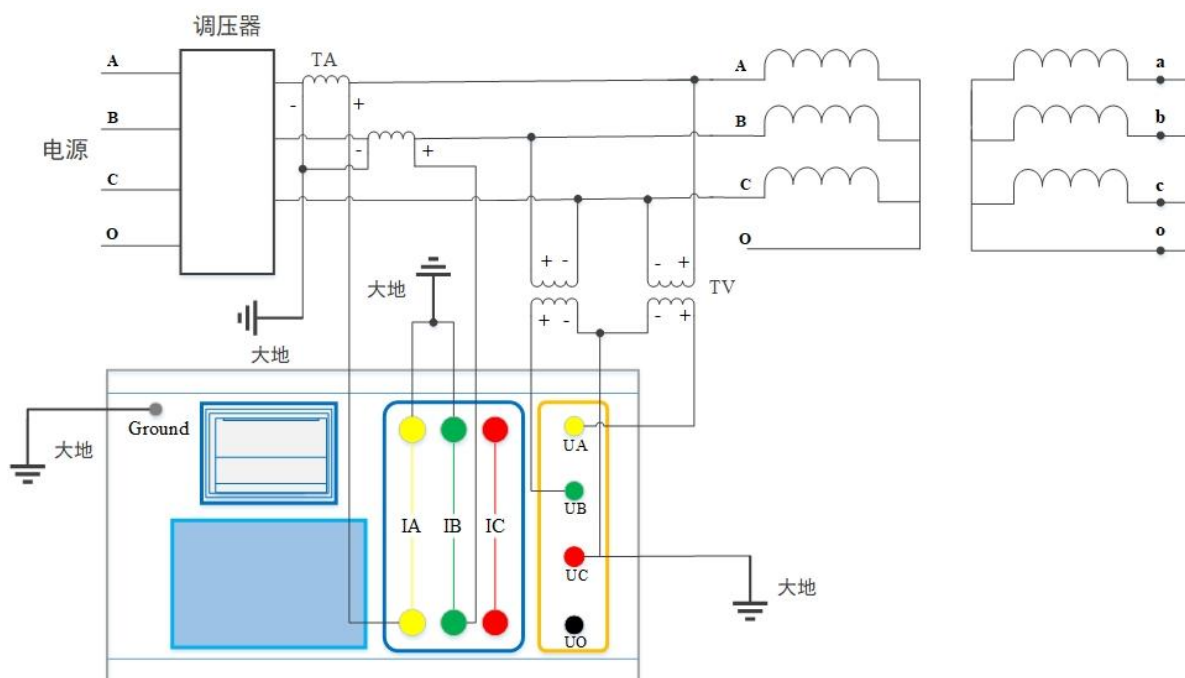


图 3.27YN 短路阻抗外接两表法接线图

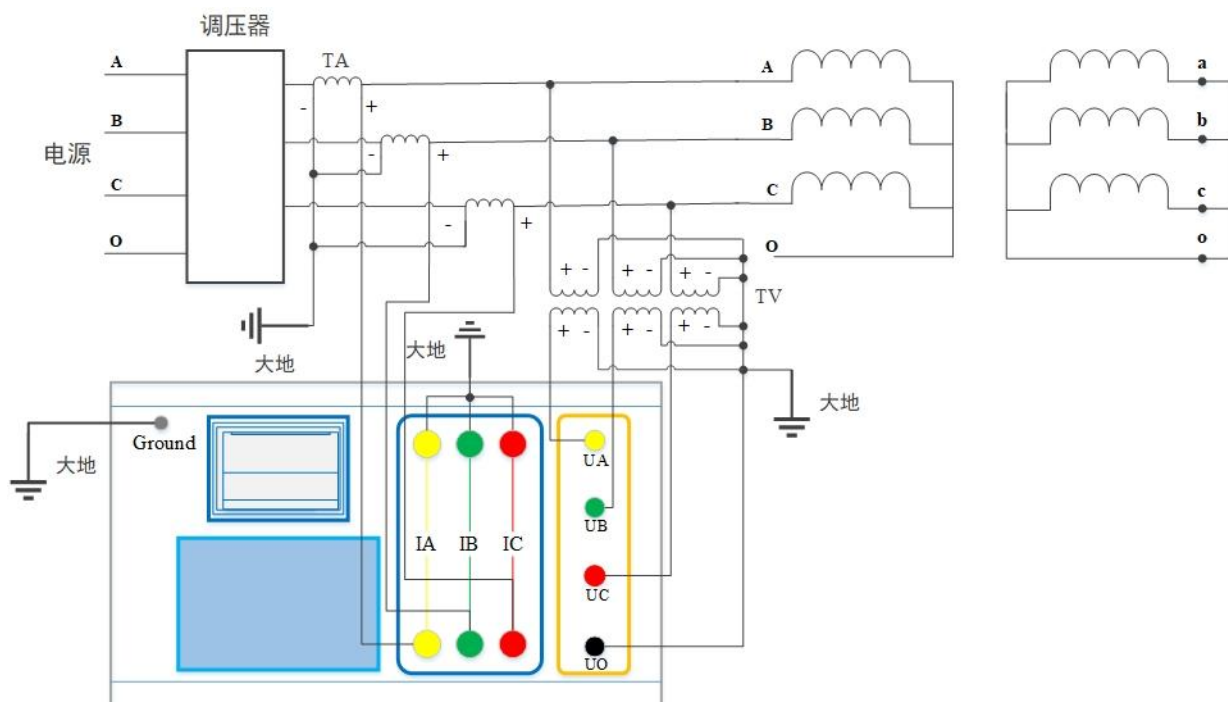


图 3.28YN 短路阻抗外接三表法接线图

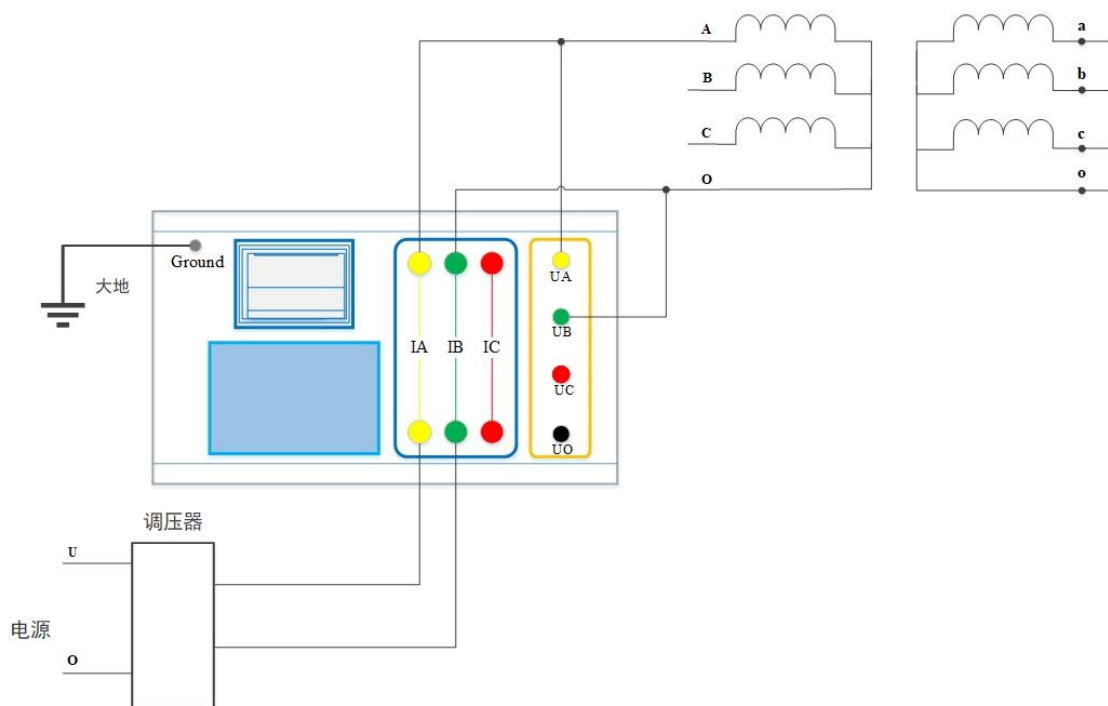


图 3.29YN 短路阻抗 A 相接线图

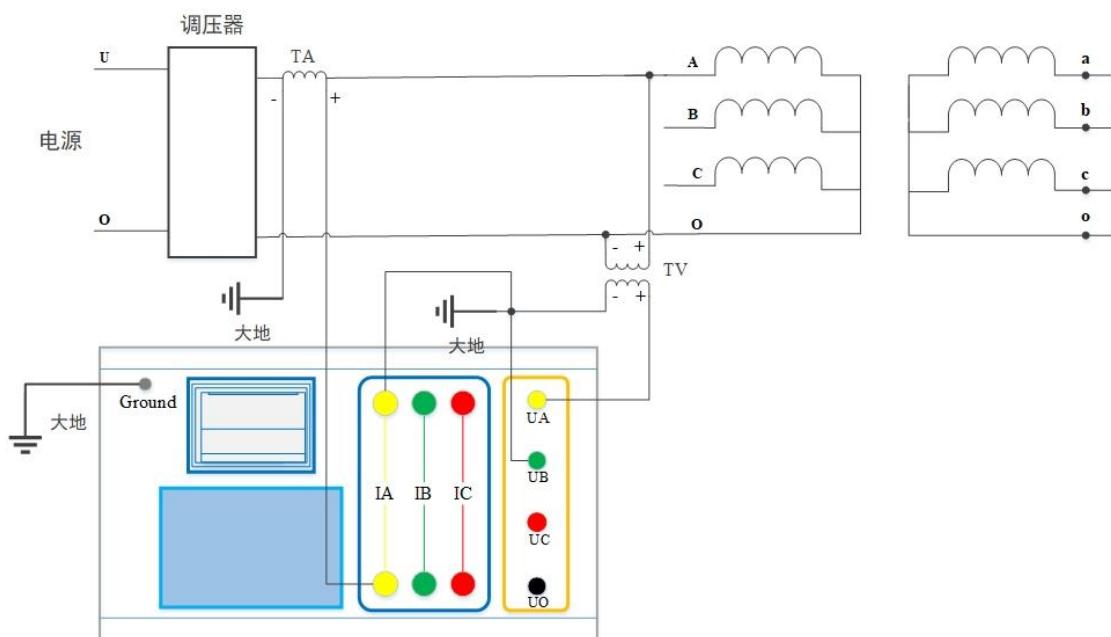


图 3.30YN 短路阻抗外接 A 相接线图

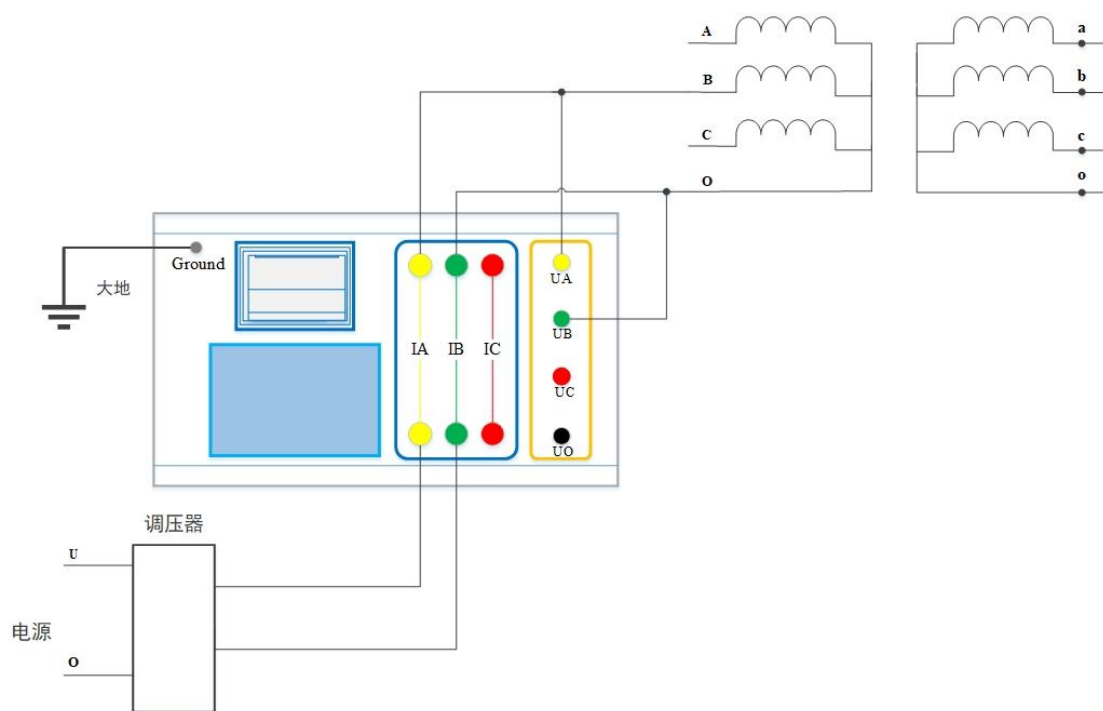


图 3.31YN 短路阻抗 B 相接线图

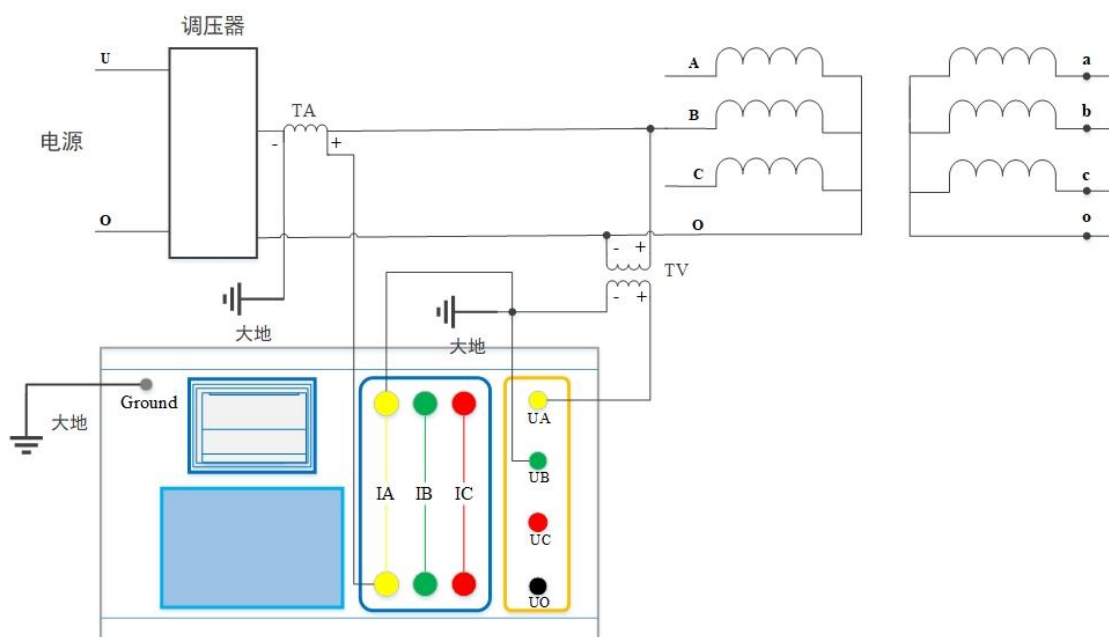


图 3.32YN 短路阻抗外接 B 相接线图

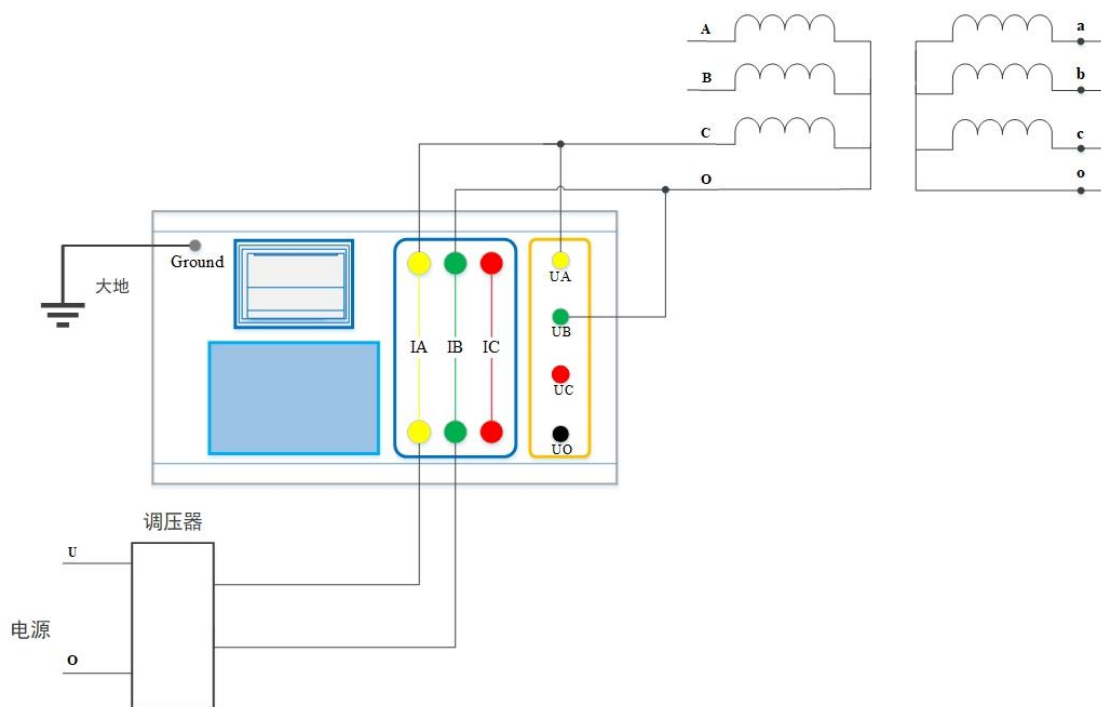


图 3.33YN 短路阻抗 C 相接线图

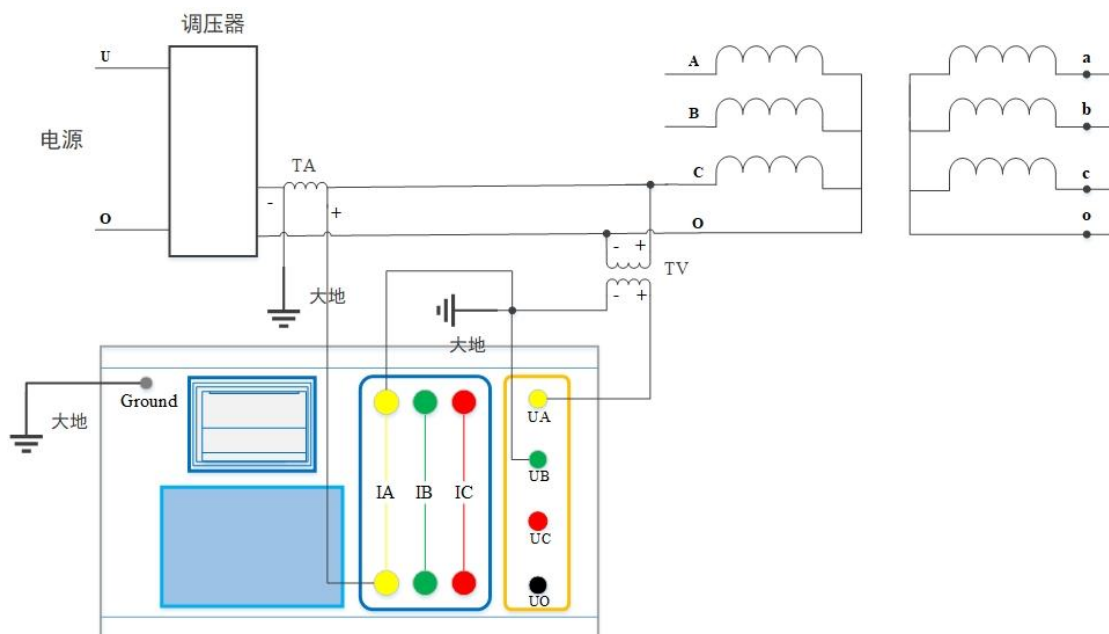


图 3.34YN 短路阻抗外接 C 相接线图



Y 阻抗测试接线方法:

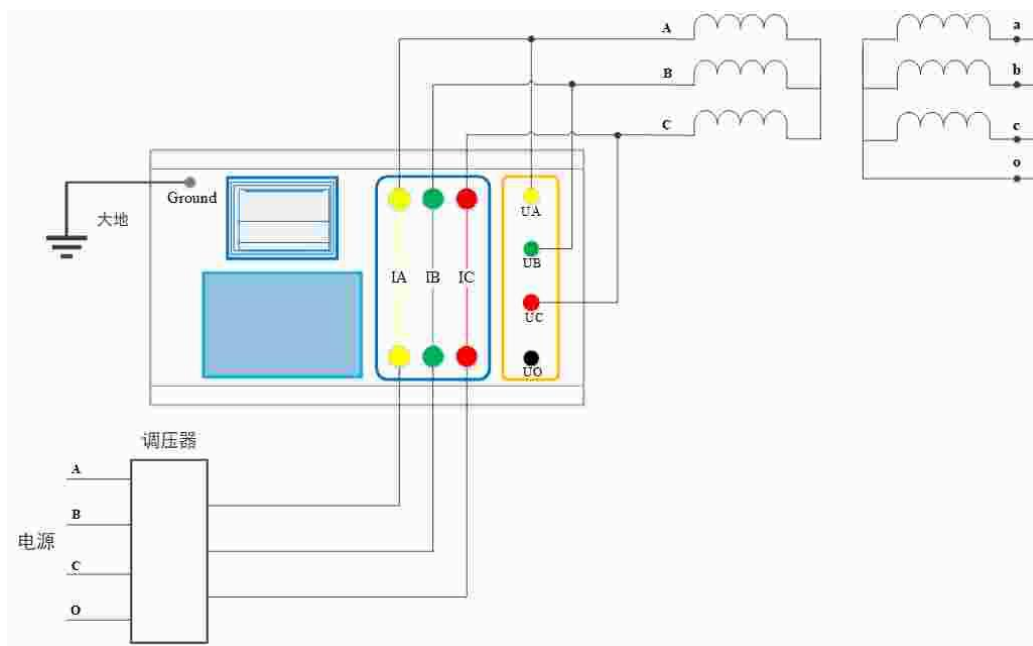


图 3.35Y 短路阻抗三相接线图

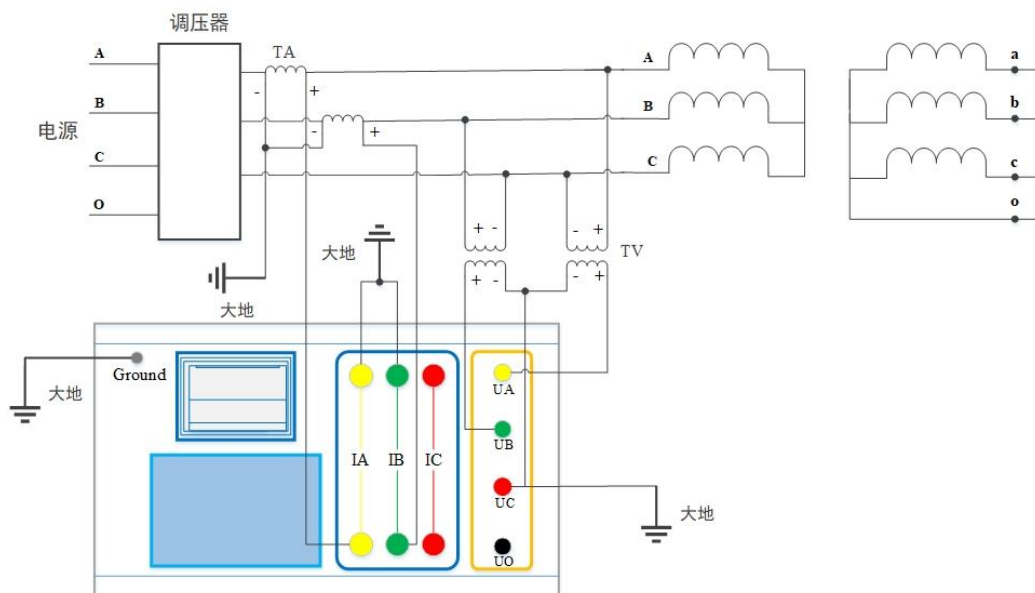


图 3.36Y 短路阻抗外接两表法接线图

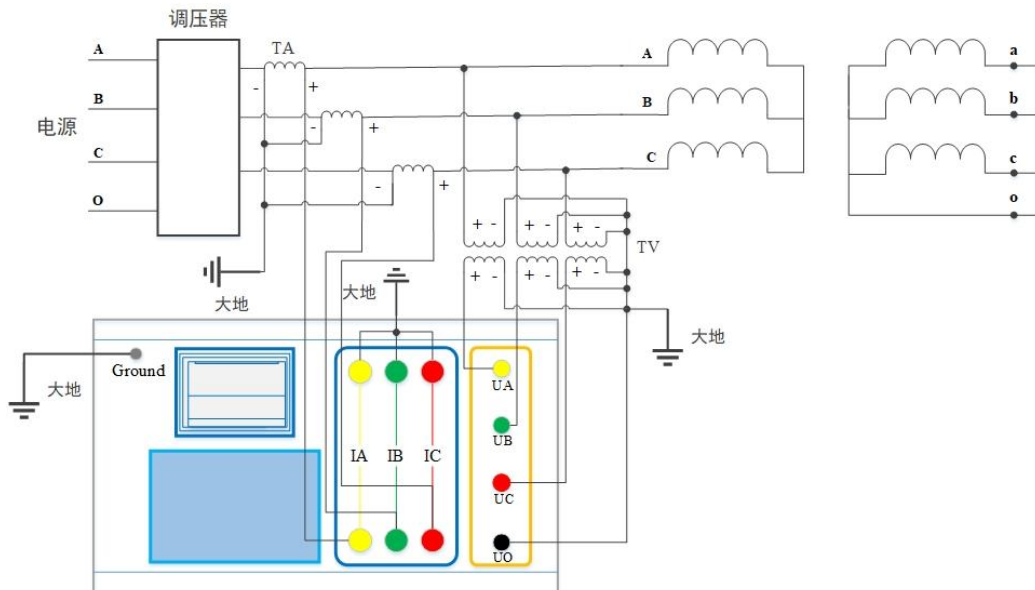


图 3.37Y 短路阻抗外接三表法接线图

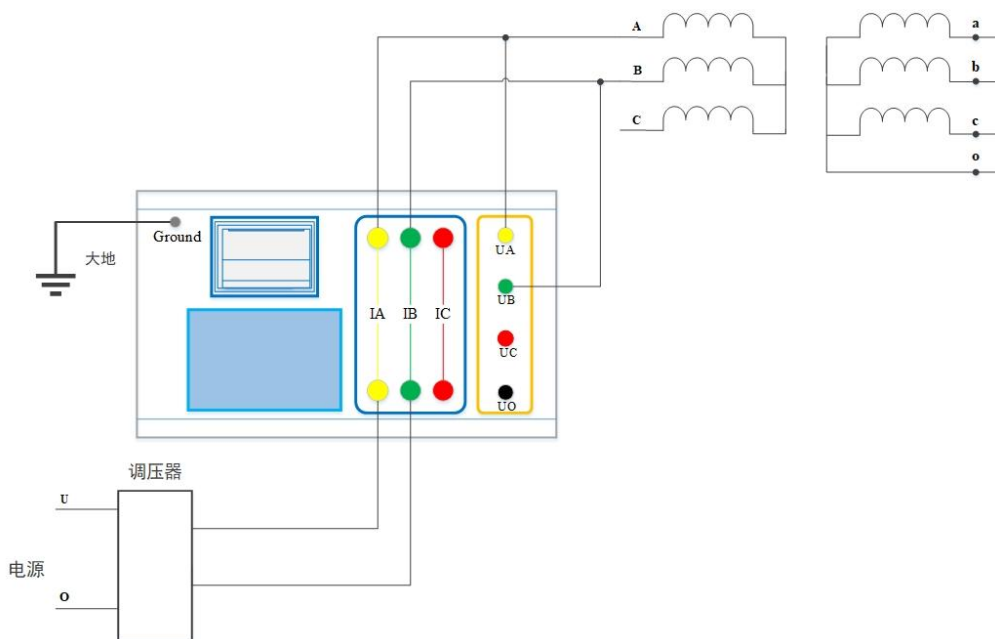


图 3.38Y 短路阻抗 A 相接线图

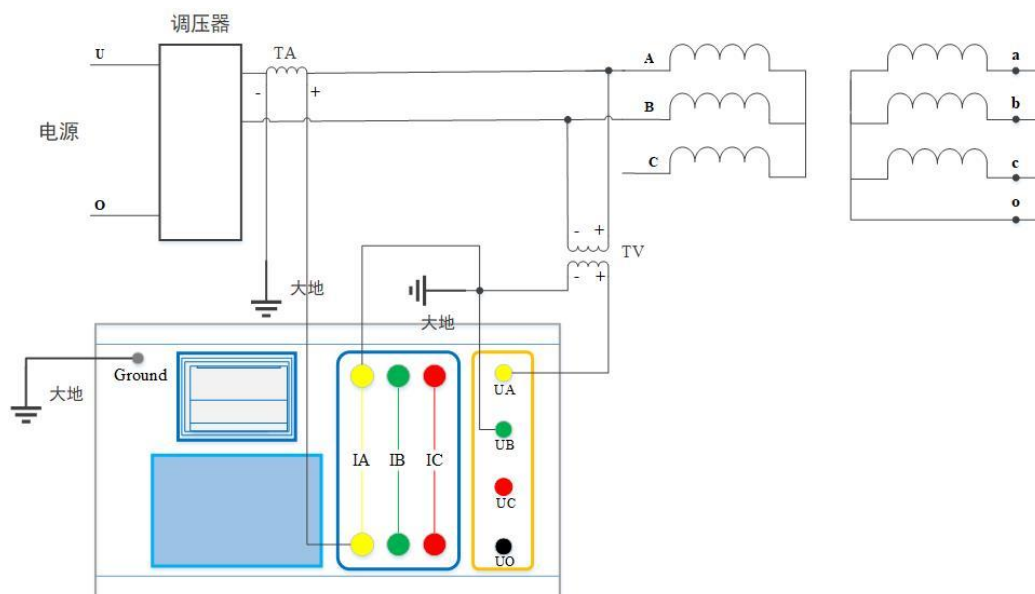


图 3.39Y 短路阻抗外接 A 相接线图

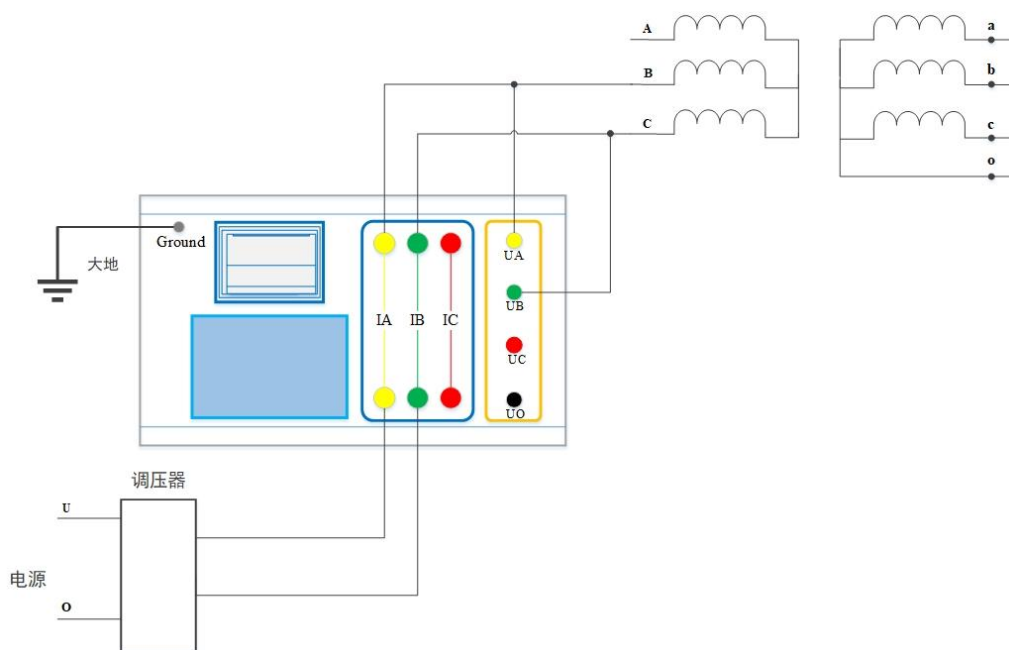


图 3.40Y 短路阻抗 B 相接线图

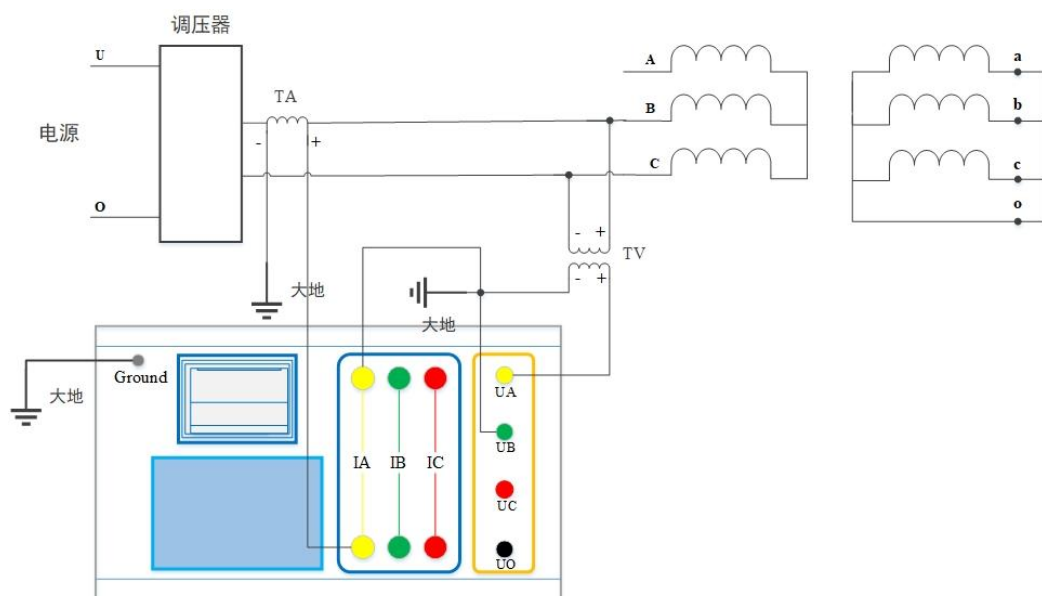


图 3.41Y 短路阻抗外接 B 相接线图

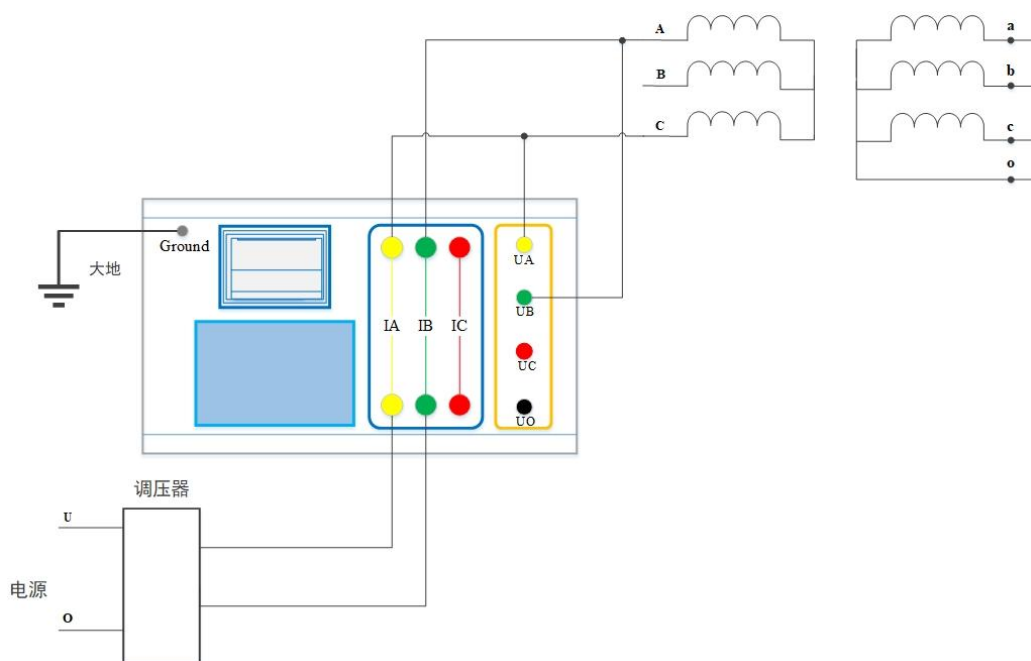


图 3.42Y 短路阻抗 C 相接线图

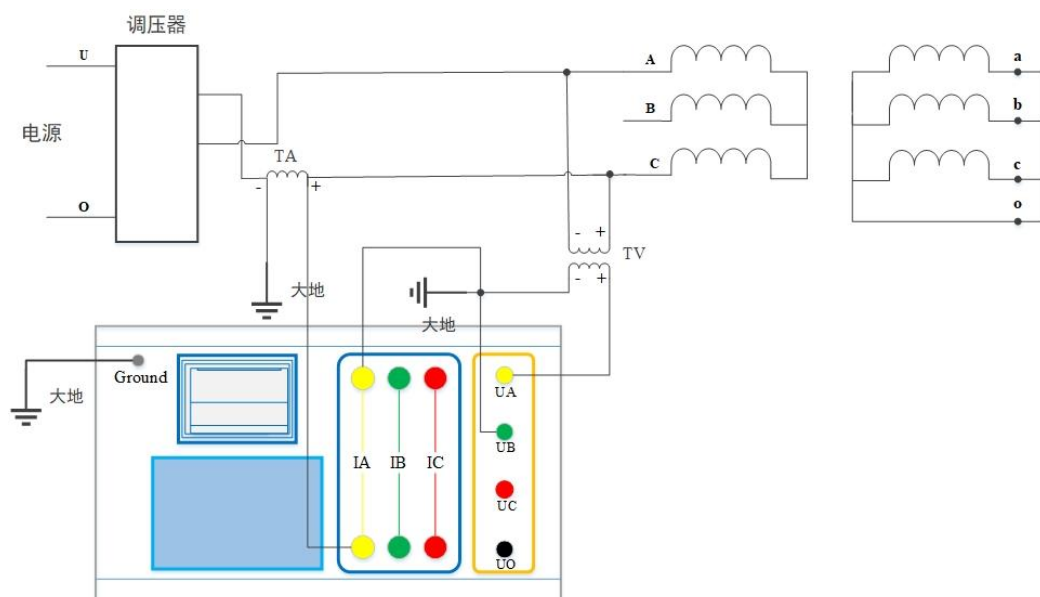


图 3.43Y 短路阻抗外接 C 相接线图



D 阻抗测试接线方法:

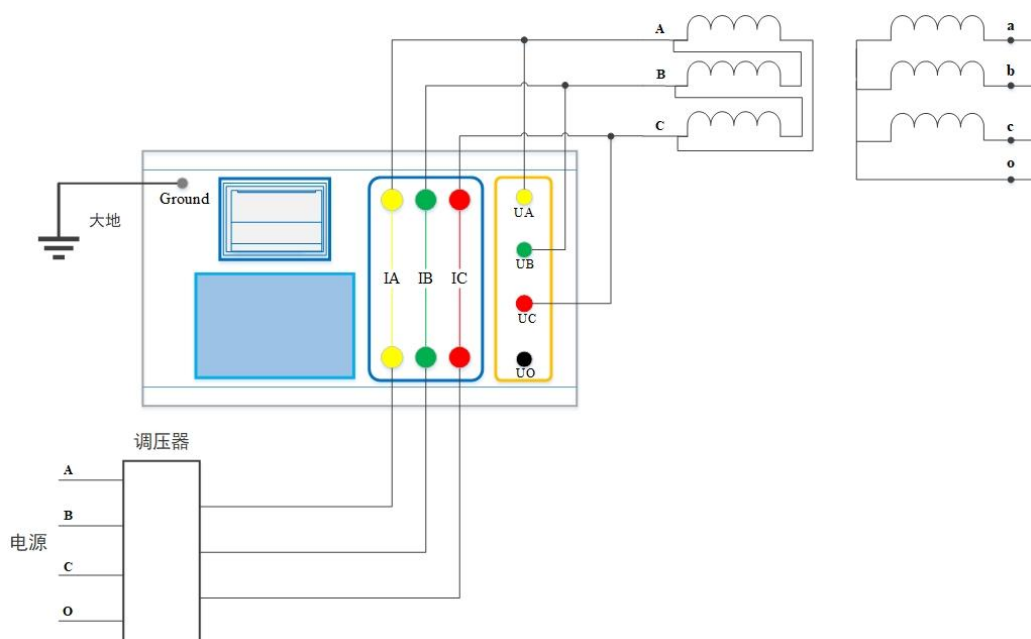


图 3.44D 短路阻抗三相接线图

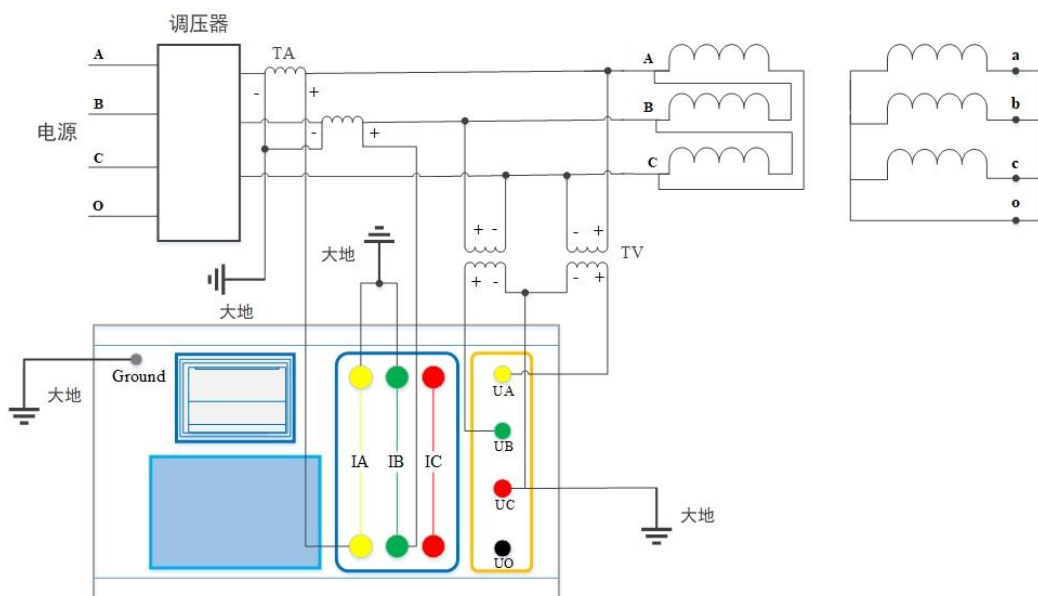


图 3.45D 短路阻抗外接两表法接线图

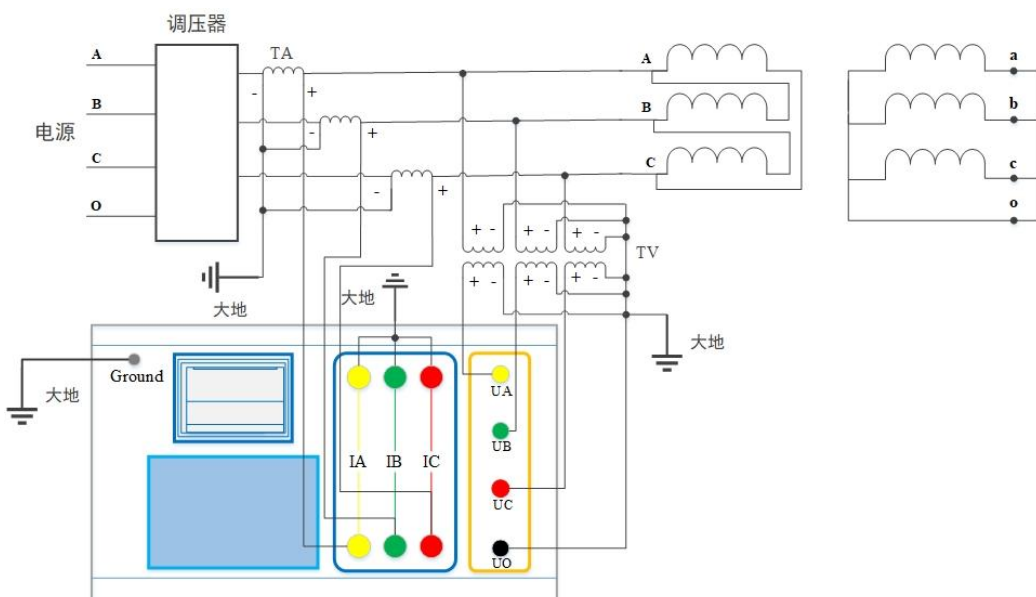


图 3.46D 短路阻抗外接三表法接线图

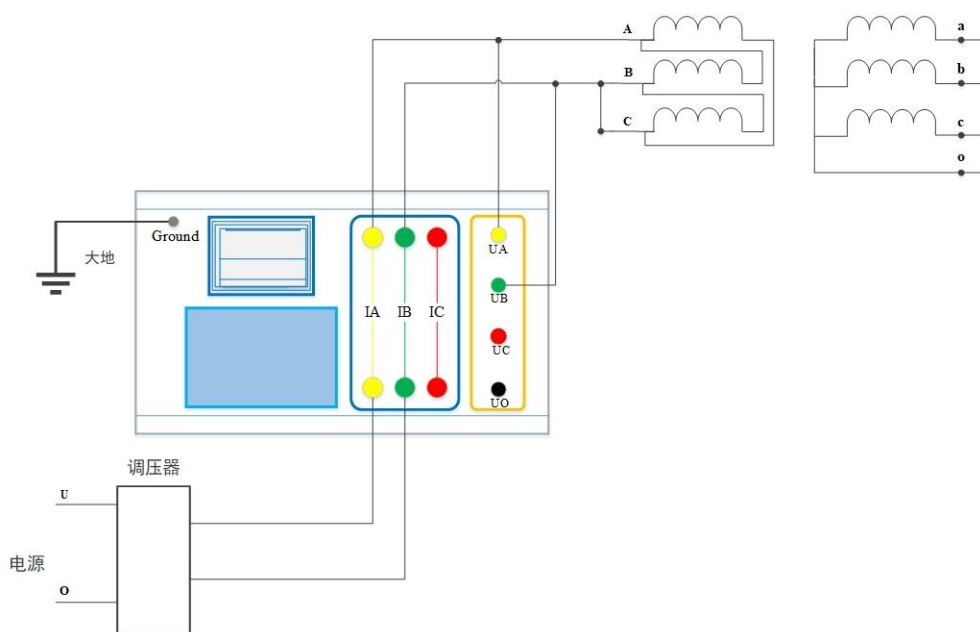


图 3.47D 短路阻抗 A 相接线图

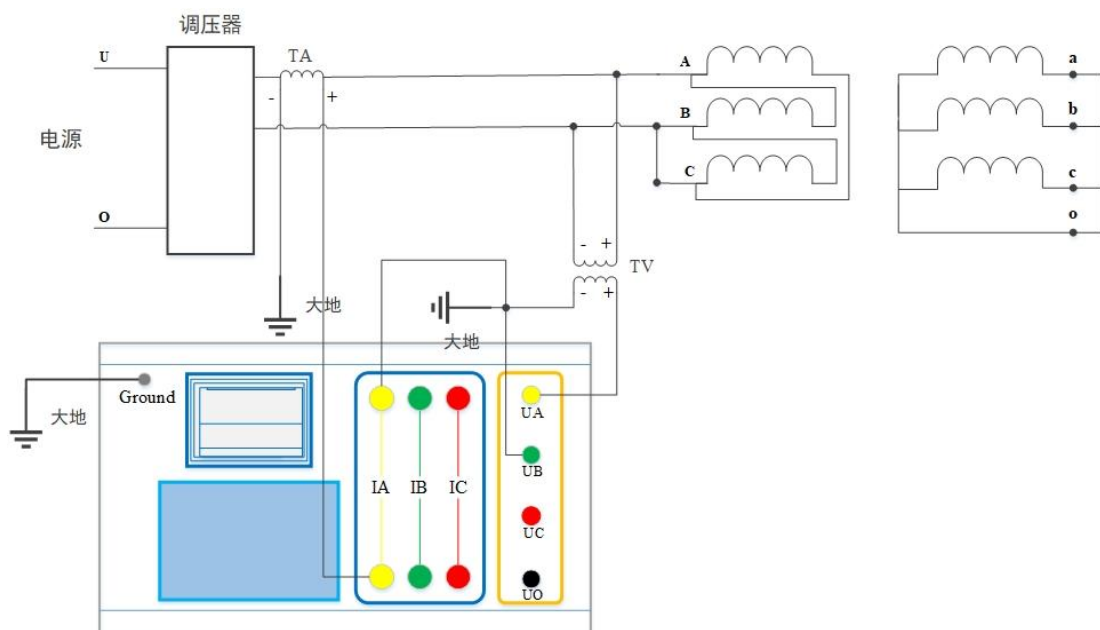


图 3.48D 短路阻抗 A 相外接接线图

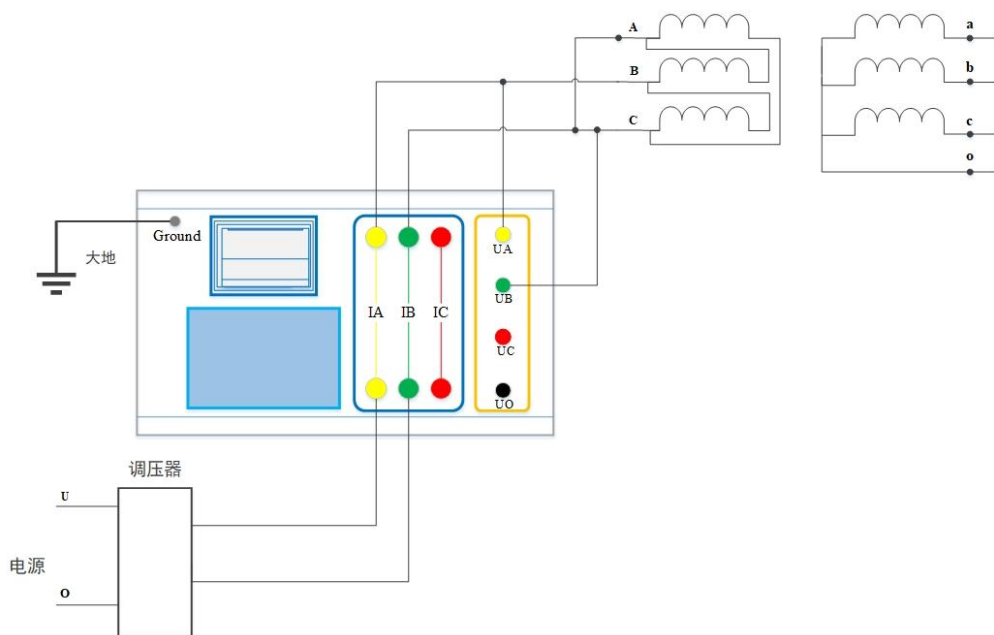


图 3.49D 短路阻抗 B 相接线图

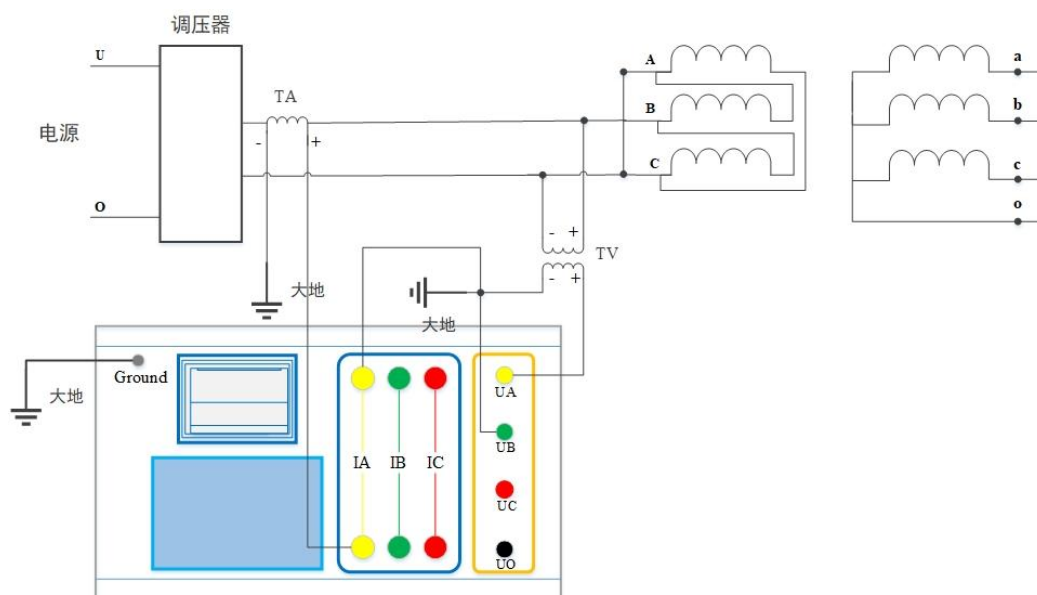


图 3.50D 短路阻抗 B 相外接接线图

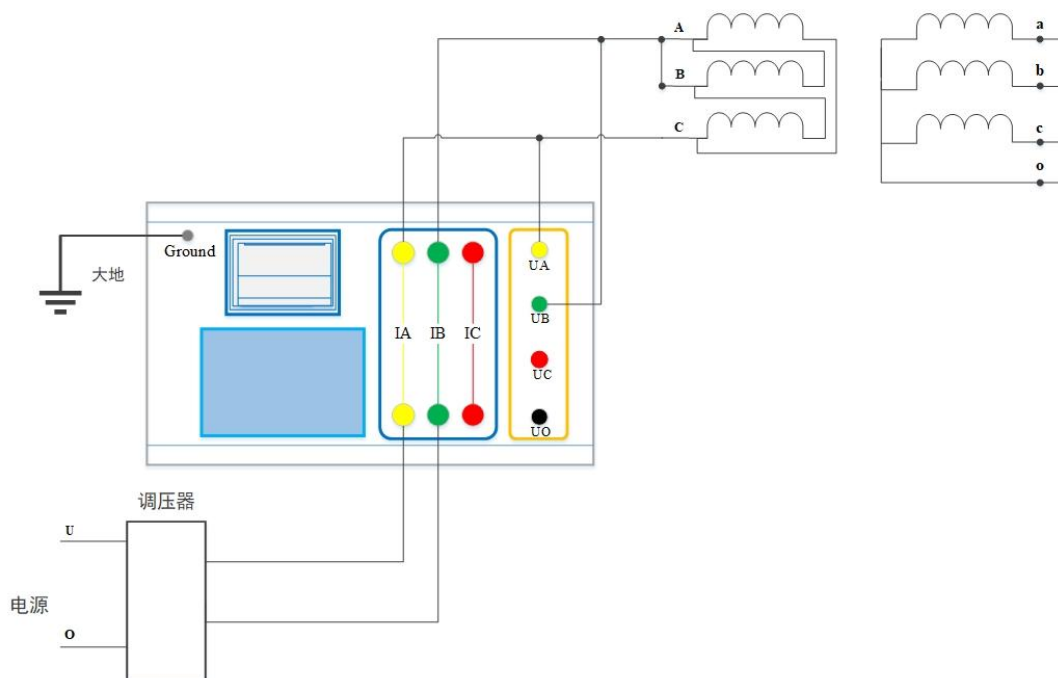


图 3.51D 短路阻抗 C 相接线图

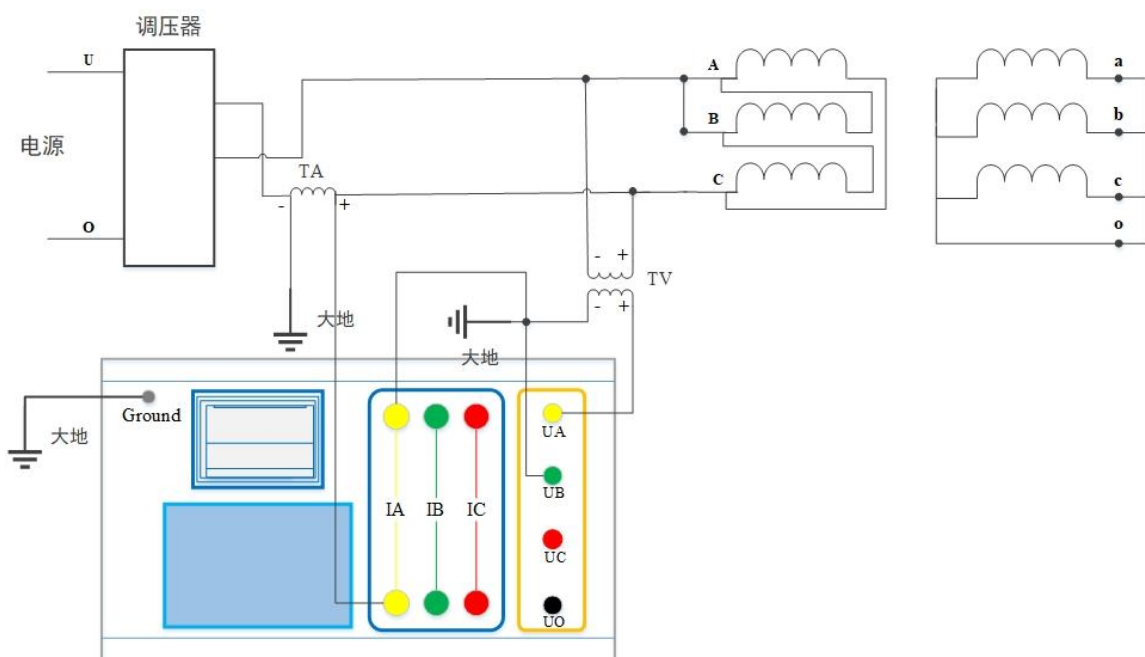


图 3.52D 短路阻抗外接 C 相接线图

3.6.4 短路阻抗试验运行界面

三相法:

图 3.25 点击确定阻抗法试验运行界面，当选择“三相法”时如图 3.53 所示：

自动测试：接好线以后，按“运行”，然后缓慢调节调压器到设置电压或电流，显示“请将调压器置于零位再按停止”后，将调压器归零，然后按下“停止”。

手动测试：接好线以后，按“运行”，然后调节调压器使电压或电流达到想检测的点，等待数值稳定后，注意保存的总点数和设置需相符，保存足够的点数之后，显示“请将调压器置于零位再按停止”后，将调压器归零，然后按下“停止”。



相别	电流	电压	有功功率	频率
AB				
BC				
CA				
实时阻抗				
试验开始前请将调压器置于零位				
运行 停止 保存 返回				

图 3.53 短路阻抗三相法试验启动界面

相别	电流	电压	有功功率	频率
AB	3.01	130.7	-73.03	49.94
BC	3.07	132.1	305.04	49.94
CA	3.08	130.8		49.94
			0.33	
实时阻抗				
请将调压器置于零位再按停止				
运行 停止 保存 返回				

图 3.54 短路阻抗三相法试验完成界面

单相法:

需分别测试各个分相的结果，完成 3 个单独的测试，才算一个完整的试验

例如 D 型变压器单相法试验，需分别进行 AB，BC，CA3 个绕组的测试：

AB 相测试：设置完成后界面如图 3.55 所示，按照图 3.47 接线完成后，点击



运行开始试验，调节调压器，将电流升到设置值，测试完成后，将显示图 3.56

相别	电流	电压	有功功率	频率
AB				
BC				
CA				
实时阻抗				
准备测量AB相, 试验开始前请将调压器置于零位				
运行 停止 保存 返回				

图 3.55 短路阻抗单相法试验启动界面

相别	电流	电压	有功功率	频率
AB	3.09	115.80	120.96	50.00
BC				
CA				
实时阻抗				
准备测量BC相, 试验开始前请将调压器置于零位				
运行 停止 保存 返回				

图 3.56 短路阻抗单相法试验 AB 相完成界面

BC 相测试：AB 相测试完成后，调节调压器到零位，按照图 3.49 换线，再按下运行进行 BC 相的测试，调节调压器，将电流升到设置值，测试完成后，将显示图 3.57：



相别	电流	电压	有功功率	频率
AB	3.09	115.80	120.96	50.00
BC	3.09	114.40	116.20	49.96
CA				
实时阻抗				
准备测量CA相, 试验开始前请将调压器置于零位				
运行 停止 保存 返回				

图 3.57 短路阻抗单相法试验 BC 相完成界面

CA 相测试：BC 相测试完成后，调节调压器到零位，按照图 3.51 换线，再按下运行进行 VS 相的测试，调节调压器，将电流升到设置值，测试完成后，将显示图 3.58：

相别	电流	电压	有功功率	频率
AB	3.09	115.80	120.96	50.00
BC	3.09	114.40	116.20	49.96
CA	3.12	116.00	119.02	50.00
实时阻抗				
请将调压器置于零位再按停止				
运行 停止 保存 返回				

图 3.58 短路阻抗单相法试验 CA 相完成界面

3.6.5 短路阻抗试验结果界面



试验全部完成后，进入试验结果界面：

- (1) 点击“上一页”、“下一页”可向前向后浏览不同点的数据（测试点数>1）；
- (2) 点击“保存”保存当前的测试结果；
- (3) 点击“打印”打印当前的测试结果；
- (4) 点击“分析”进入数据分析界面。
- (5) 点击“返回”将进入试验设置界面（如未保存数据，数据会丢失）。

三相法试验结果界面：如图 3.59，三相测试结果中的 Z_k ， X_k ， L_k ， Z_{ke} ，功率因数是三相的结果，三相法无法测出每个单相的结果（YN 绕组除外）

相别	I (A)	U (V)	P (W)	F (Hz)	Zk (Ω)	Xk (Ω)	Lk (mH)	Zke (%)
AB	3.21	139.2	-82.05	49.91				
BC	3.29	141.0	354.63	49.91				
CA	3.23	139.5		49.91				
电压不平衡度	1.28%	总短路阻抗			46.22	40.57	129.13	4.09%
总功率因数	0.35	总有功功率			272.58			

图 3.59 短路阻抗三相法试验结果界面

单相法试验结果界面：如图 3.60，单相法能测出每个单相的 Z_k ， X_k ， L_k ， Z_{ke}



相别	I (A)	U (V)	P (W)	F (Hz)	Zk (Ω)	Xk (Ω)	Lk (mH)	Zke (%)
AB	3.09	115.8	121.09	49.99	77.03	70.38	224.02	4.11
BC	3.05	113.2	113.61	49.90	76.00	70.08	223.07	4.05
CA	3.07	114.2	115.54	50.03	77.33	70.61	224.77	4.12
			短路阻抗变化率		1.73%	0.76%	0.76%	1.73%
			总短路阻抗		4.10%			

图 3.60 短路阻抗单相法试验结果界面

3.6.6 短路阻抗结果分析

点击分析按钮，进入阻抗法试验结果分析界面

- (1) “温度修正” 如果温度设置错误，可无需重新试验，直接修正；
- (2) “频率修正” 如果频率设置错误，可无需重新试验，直接修正；
- (3) “标准切换” 当前分析所采用的标准（DLT1093 或 IEC60076-5）；
- (4) “分析” 按照当前所选标准进行分析。
- (5) “打印” 分析后再打印，会包含数据分析结果。
- (6) “返回” 将进入试验结果界面。

如单相法数据分析界面图 3.61 所示：

“变化率”，红色表示超出标准，绿色表示合格，标准一栏显示变化率的上限（基于标准的变压器不同绕组之间的横向比较，同一个设备不同时间的纵向比较需要上传数据至 PC）。



三相法数据分析只有总的短路阻抗分析结果（同时电压变化率需小于 2.0%，基于 DLT1093）

DLT 1093-2008							
相别	I (A)	U (V)	Zk (Ω)	Xk (Ω)	Lk (mH)	Zke (%)	铭牌短路阻抗
AB	3.09	115.8	77.03	70.38	224.02	4.11	4.01%
BC	3.05	113.2	76.00	70.08	223.07	4.05	实测短路阻抗
CA	3.07	114.2	77.33	70.61	224.77	4.12	4.10%
变化率			1.73%	0.76%	0.76%	1.73%	短路阻抗误差
标准			2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.13%
额定温度 75.00 °C 当前温度 25.00 °C 额定频率 50.00 HZ							
温度修正 频率修正 标准切换 打印 分析 返回							

图 3.61 短路阻抗试验分析界面

3.6.8 短路阻抗试验结果打印

点击打印按钮，进入阻抗法打印结果界面，如图 3.62 所示：

点击对应电流下的框（“是”所在区域），可以选择是否打印该点的数据（是=打印，否=不打印）

也可以选择是否打印试验设置参数，实时采样数据是修正后的电压电流功率频率信息；如果进行了温度修正，频率修正，会提示数据已经修正。

打印设置																				
电流	1.2	2.3	3.1																	
选择	是	是	是																	
	试验设置参数					实时采样数据														
选择	是					是														
确定 返回																				



图 3.62 试验结果打印界面

3.7 发电机转子交流阻抗测试说明

3.7.1 试验设置

试验选择界面点击“发电机转子交流阻抗”进入图 3.63 进行参数设置，具体设置如下，设置完成后点击“确定”进入试验运行界面图 3.64

- (1) 设备编号：可以根据发电机型号，也可以自行设置（如图 1234）
- (2) 测试点数：最大 50
- (3) 额定温度：输入需要换算的参考温度
- (4) 当前温度：当前绕组的温度
- (5) 最大电压：测试进行中的保护电压
- (6) 最大电流：测试进行中的保护电流
- (7) 自动/手动：手动模式需等读数稳定后手动保存数据
- (8) 电压步长：如最大电压 400V，测试点数为 40，如果是电压步长，自动模式下将 400/40，即每 10V 保存一个采样点。手动模式下，选择步长与采样点保存无关。
- (9) 电流步长：如最大电流 20A，测试点数为 40，如果是电流步长，自动模式下将 20/40，即每 0.5A 保存一个采样点。手动模式下，选择步长与采样点保存无关。



试验参数设置

设备编号

1234

最大电压

400

V

额定温度

75.0

℃

最大电流

20

A

当前温度

23.0

℃

测试点数

50

电压步长

电流步长

自动

手动

电流步长 自动

确定

返回

图 3. 63 试验设置界面

3. 7. 2 试验运行

点击确定按钮，进入试验运行界面，如图 3. 64 所示： 接线如图 3. 65 所示。自动模式下，先按下运行，然后手动调节调压器升压，等到电压超过最大电压或电流停止采样后，调节调压器至零位，然后按下停止。手动模式下，先按下运行，然后手动调节调压器升压，试验界面会显示实时电压和电流，按下保存，保存所需要记录的测试点，保存完所需的测试点数后，调节调压器至零位，然后按停止。

电流步长 自动 2021-06-16 16:28:30

	U(V)	I(A)	F(Hz)	P(W)	Z(Ω)	COS Φ

试验开始前请将调压器置于零位

运行

停止

保存

返回

图 3. 64 试验运行界面



(1) U(V): 电压有效值

(2) I(A): 电流有效值

(3) F(HZ): 频率

(4) P(W): 有功功率

(5) Z(Ω): 复阻抗

(6) $\cos \phi$: 功率因数

3.7.3 接线示意图

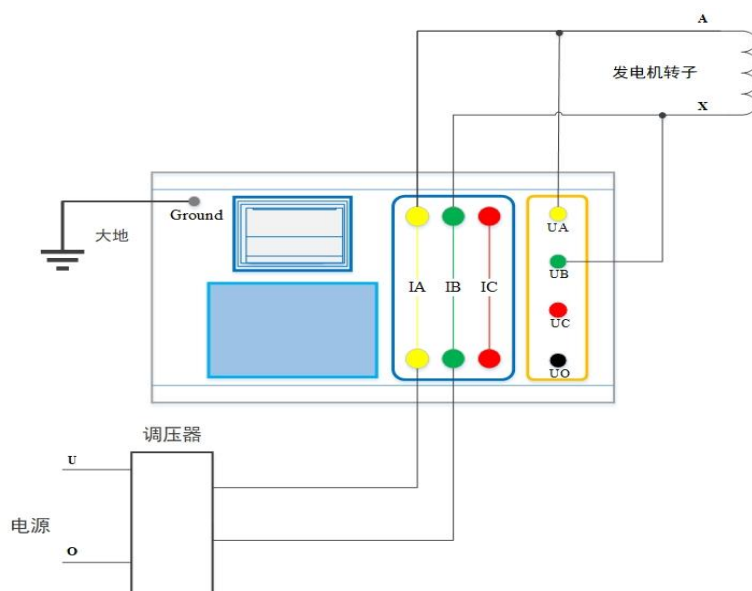


图 3.65 转子交流阻抗试验接线图

3.7.4 试验结果与分析

试验完成后，进入试验结果界面，如图 3.66 所示：

- (1) 点击“上一页”、“下一页”可向前向后浏览不同点的数据（测试点数>1）；
- (2) 点击“保存”保存当前的测试结果；
- (3) 点击“打印”打印当前的测试结果；
- (4) 点击“曲线”可以查看阻抗特性曲线。
- (5) 点击“返回”将进入试验设置界面（如未保存数据，数据会丢失）。



试验结果分析:

- 1) 交流阻抗 Z 计算公式为: $Z=U/I$
- 2) 在相同的试验条件下, 将测量的 Z 与 P 和原始 (或历次) 数值比较, 相差 10% 应引起注意。相同的试验条件指转子同在膛内或膛外、相同的发电机转速和相同的试验电压。

	U(V)	I(A)	F(Hz)	P(W)	Z(Ω)	COS φ
1	16.97	0.38	49.99	4.91	44.94	0.77
2	23.64	0.53	49.99	9.61	44.49	0.77
3	26.72	0.61	49.99	12.41	43.99	0.76
4	37.21	0.84	49.99	24.05	44.04	0.77
5	46.65	1.07	49.99	38.03	43.77	0.77
上一页 下一页 打印 曲线 保存 返回						

图 3.66 试验结果界面

转子交流阻抗特性曲线界面, 如图 3.67 所示:

- (1) 点击“打印”打印当前的测试结果;
- (2) 点击“数据”返回试验结果界面。
- (3) 点击“返回”将进入试验设置界面 (如未保存数据, 数据会丢失)。

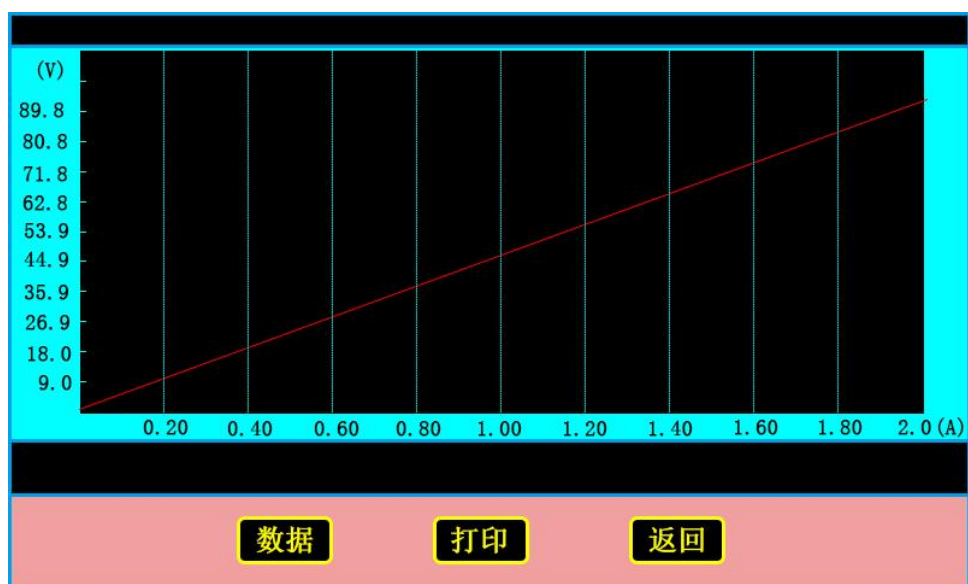


图 3.67 转子交流阻抗特性曲线界面

3.8 变压器空载特性测试说明

3.8.1 变压器参数设置

试验选择界面点击“变压器空载损耗”进入图 3.68 进行参数设置，具体设置如下，设置完成后点击进入试验设置界面图 3.69

- (1) 变压器 ID: 可以根据变压器型号，也可以自行设置（图 3.68 示例 123456）;
- (2) 额定电压: 例如 10KV/400V 的配变 输入 10 （单位 KV）
- (3) 额定低压: 例如 10KV/400V 的配变 输入 0.4 （单位 KV）
- (4) 额定频率: 变压器的额定频率
- (5) 额定容量: 输入变压器的额定容量（单位 KVA）
- (6) 分接挡位: 当前测试变压器所在的分接位
- (7) CT 变比: 输入回路中 CT 的变比，没有 CT 则设置 1: 1
- (8) PT 变比: 输入回路中 PT 的变比，没有 PT 则设置 1: 1



变压器参数设置			
变压器ID	123456	额定低压	0.4 KV
额定高压	10 KV	额定容量	160 KVA
分接档位	1	额定频率	50 HZ
CT变比	1 : 1		
PT变比	1 : 1		
确定		返回	

图 3.68 变压器参数设置界面

3.8.2 试验设置

试验设置			
低压绕组接线方式:	Yn	Y	Δ 单相
测试模式:	三相法	单相法	
电压测量:	PT两表法	PT三表法	直接测量
最大电压:	400 V	最大电流:	5 A
铁芯材料:	取向硅钢片	非取向硅钢片	采样模式: 自动 手动
Y三相三相法 自动 直接测量 非取向硅钢片 参考电压: 400V			
确定		返回	

图 3.69 空载试验设置界面

- (1) 低压绕组接线方式：所测变压器当前绕组的接线方式
- (2) 测试模式：单相或三相（如果三相法测量发现绕组有问题，需进行单相法确定问题绕组）



- (3) 电压测量：是否使用 PT 以及 PT 在变压器回路中的接线方式
- (4) 最大电压：测试进行中的保护电压
- (5) 铁芯材料：变压器铁芯所用材料
- (6) 最大电流：测试进行中的保护电流
- (7) 采样模式：手动模式需等读数稳定后手动保存数据
- (8) 设置好的参数会显示在下方，根据变压器参数以及试验设置，仪器会显示当前试验所需额定电压（如图 400V，自动模式最大电压需等于参考电压）

3.8.3 空载试验不同变压器接线方式

N/Y 阻抗测试接线方法：（Y 单相法仅在非供电绕组能短路时 类似 YN 才可用）

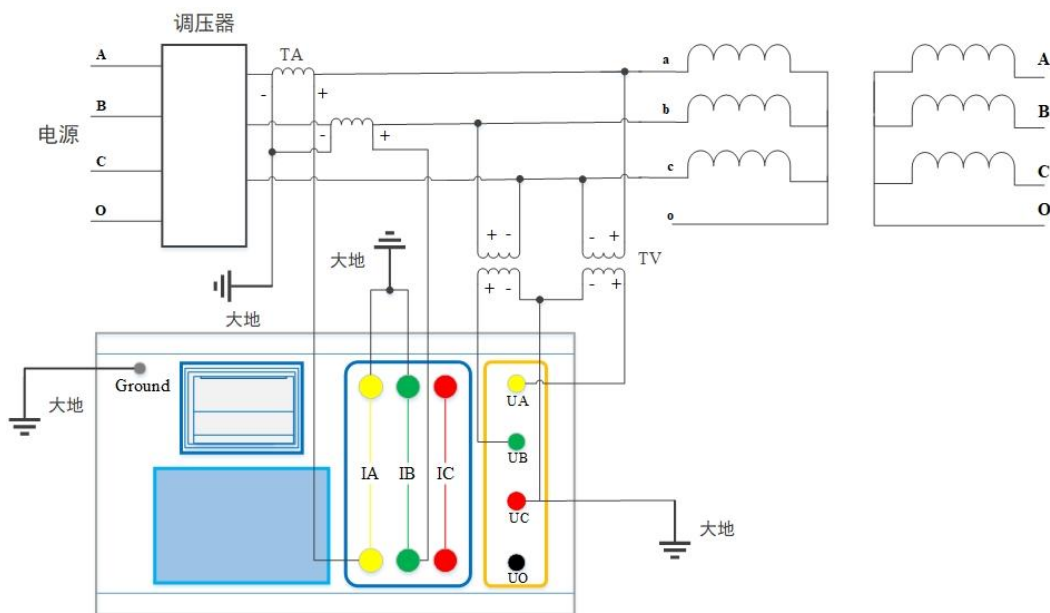


图 3.70 YN/Y 空载试验三相接线



当测试电压、电流超过仪器测试范围时，需接电压互感器、电流互感器，接线方法如下图所示：

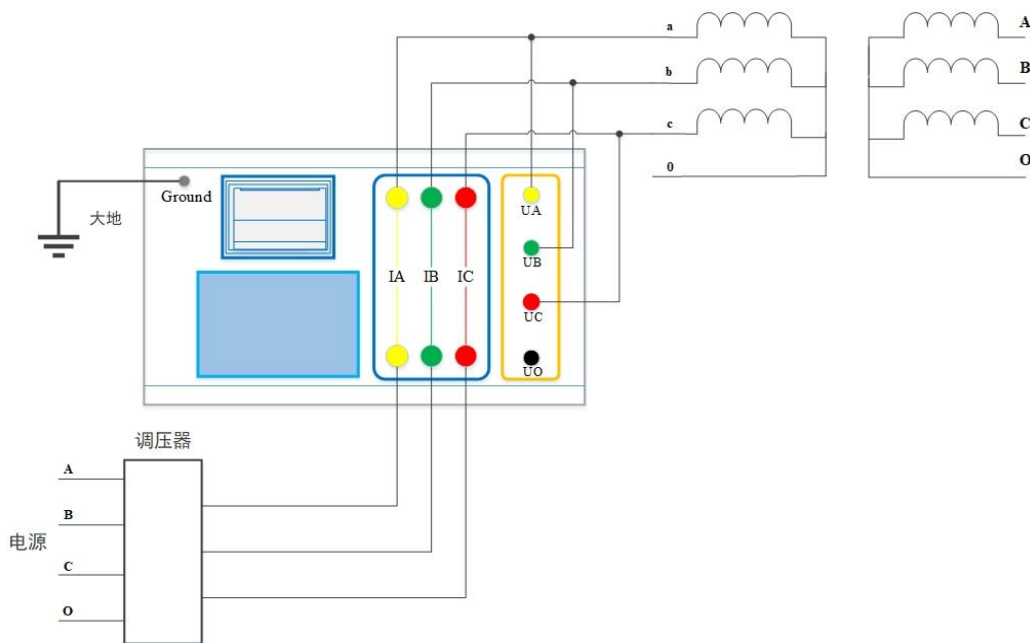


图 3.71 YN/Y 空载试验外接两表法接线图

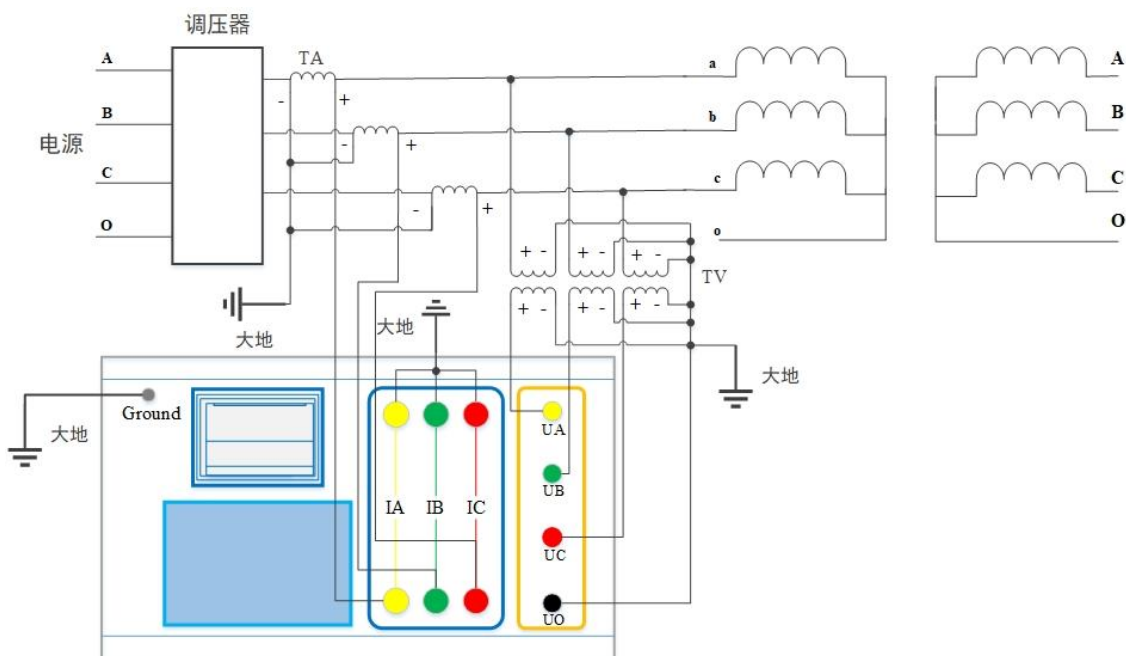


图 3.72 YN/Y 空载试验外接三表法接线图

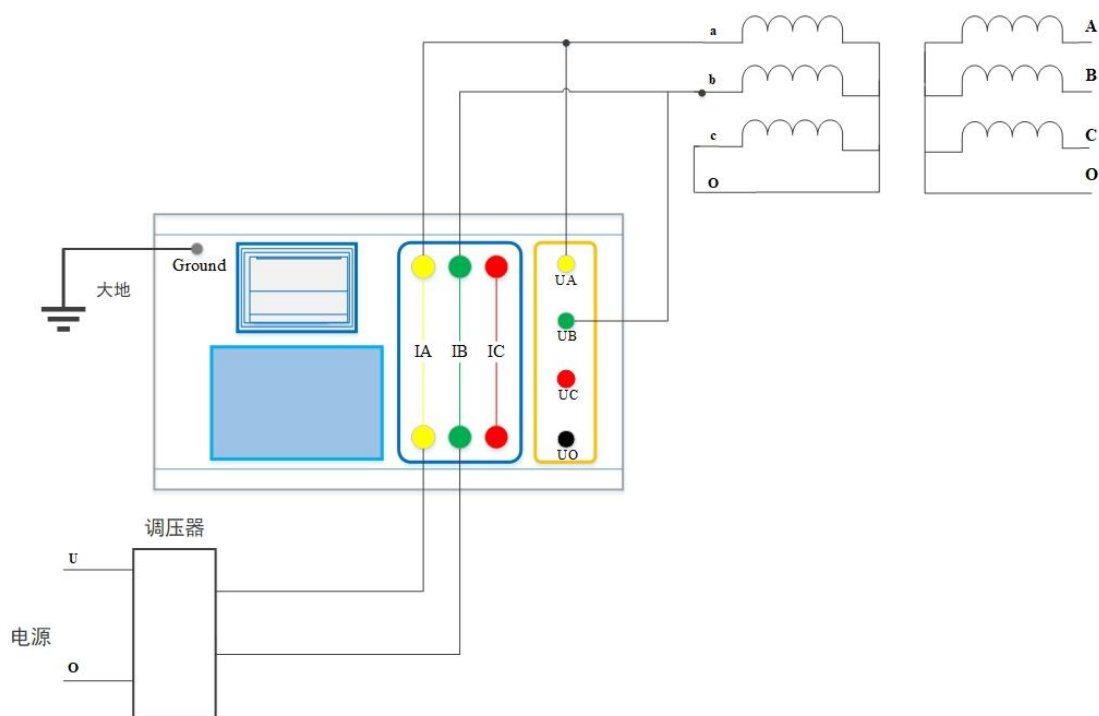


图 3.73 YN/Y 空载试验单相法 AB 接线图

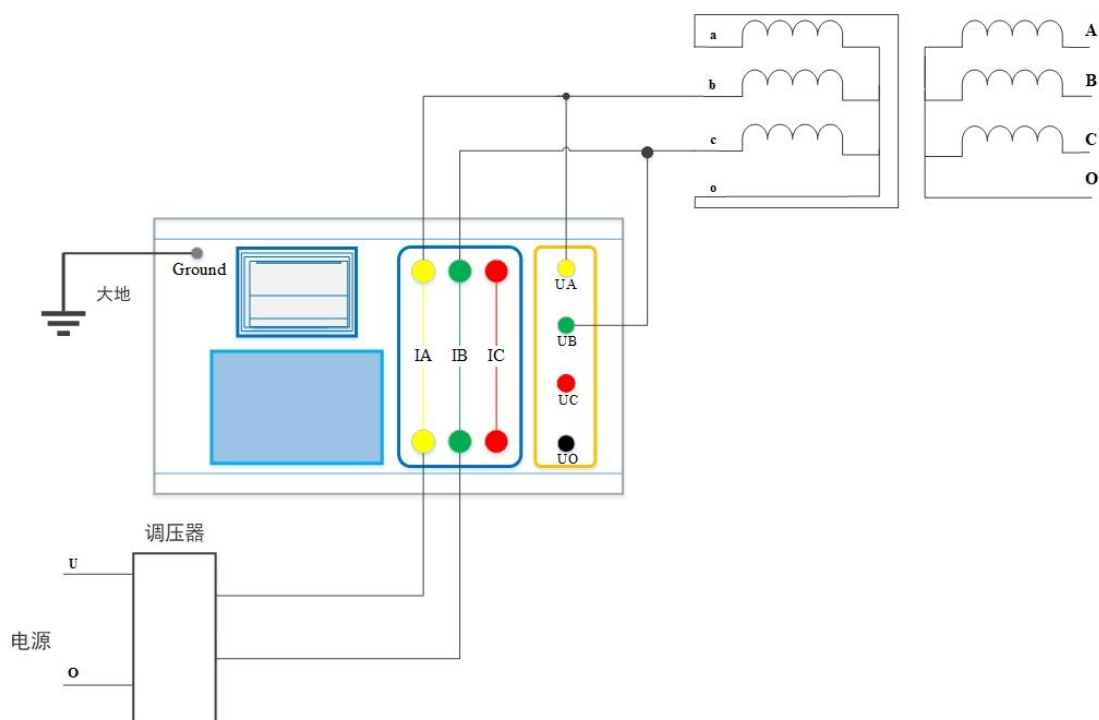


图 3.74 YN/Y 空载试验单相法 BC 接线图

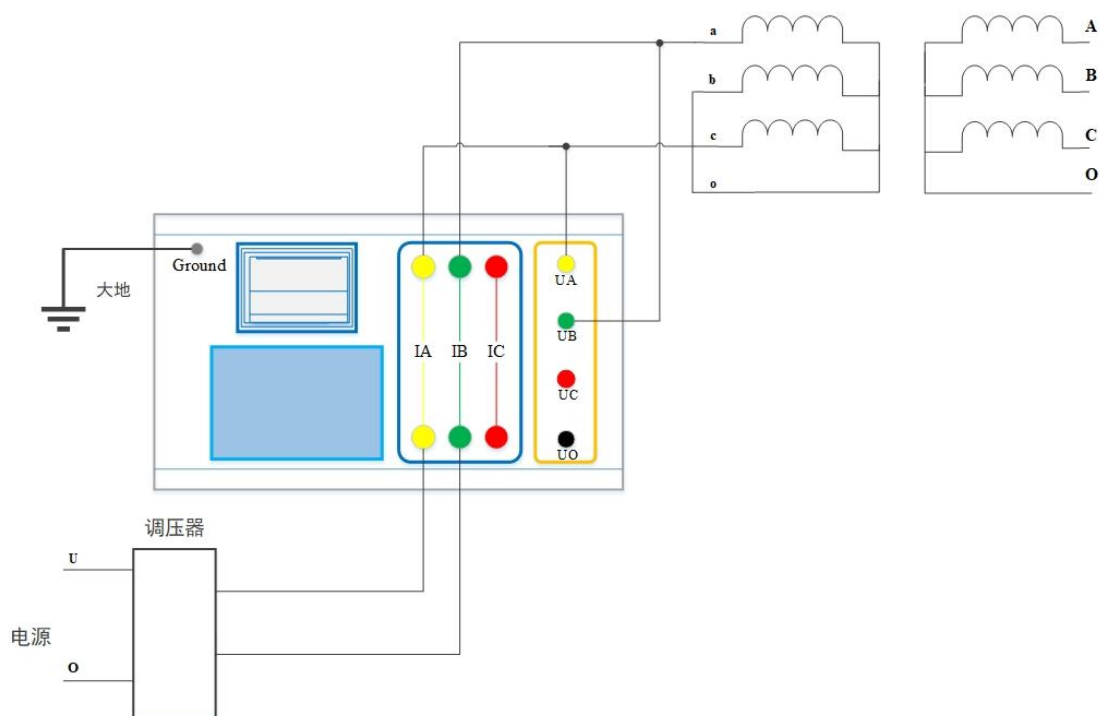


图 3.75 YN/Y 空载试验单相法 CA 接线图

D 阻抗测试接线方法:

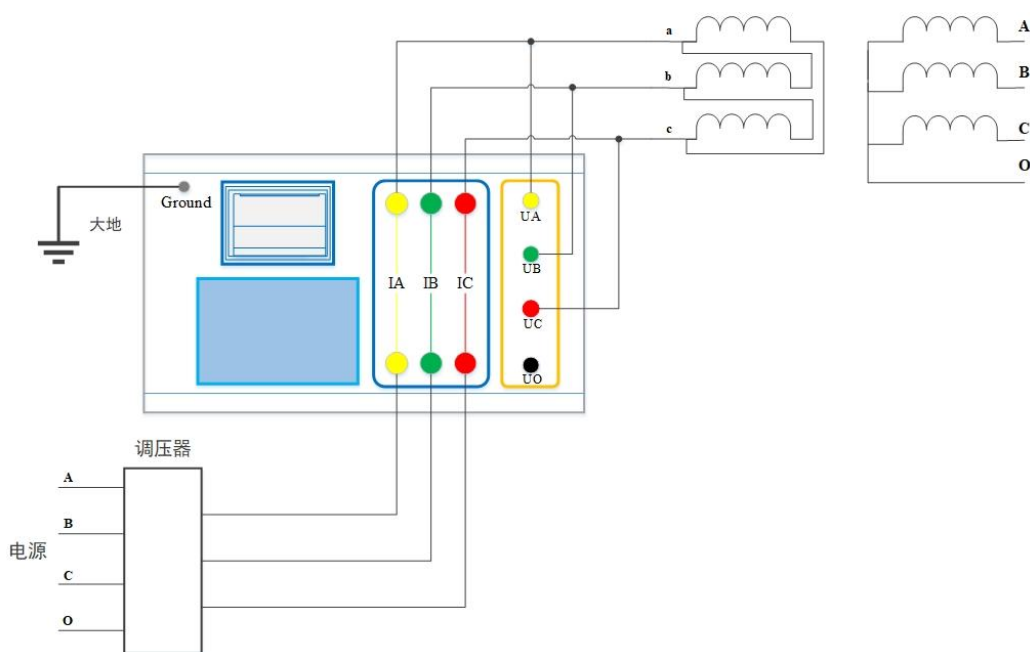


图 3.76 D 空载试验三相接线图

当测试电压、电流超过仪器测试范围时，需接电压互感器、电流互感器, 接线方



法如下图所示：

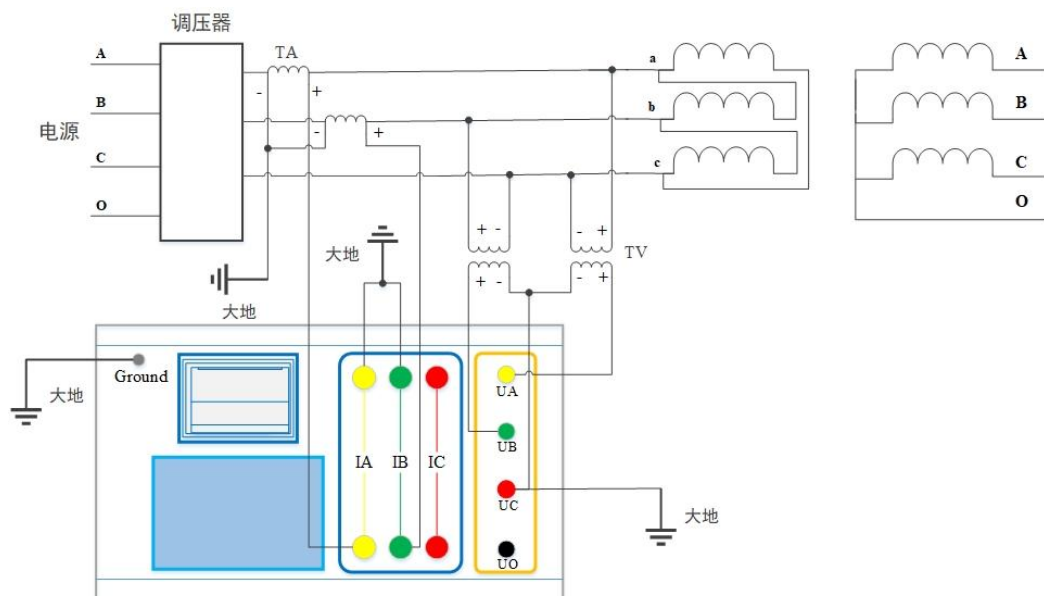


图 3.77 D 空载试验外接两表法接线图

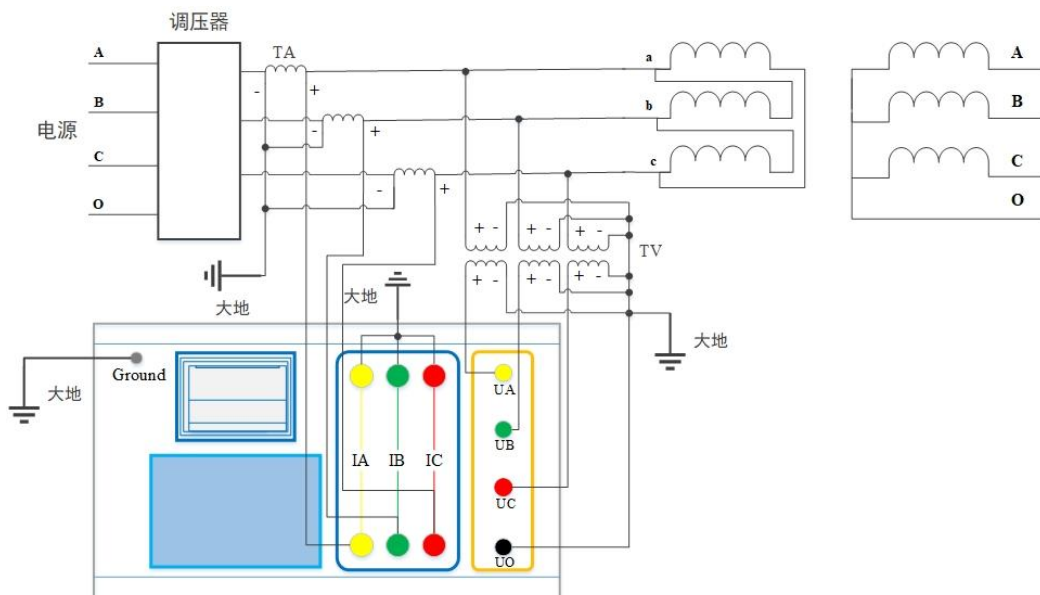


图 3.78 D 空载试验外接三表法接线图

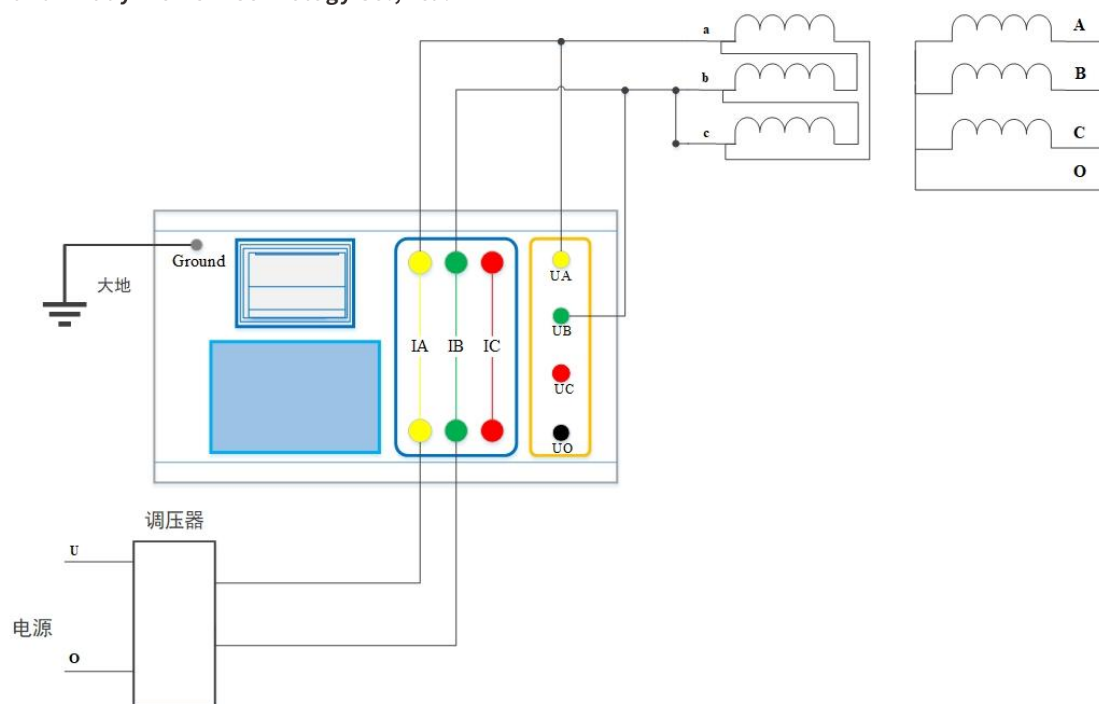


图 3.79 D 空载试验单相法 AB 接线图

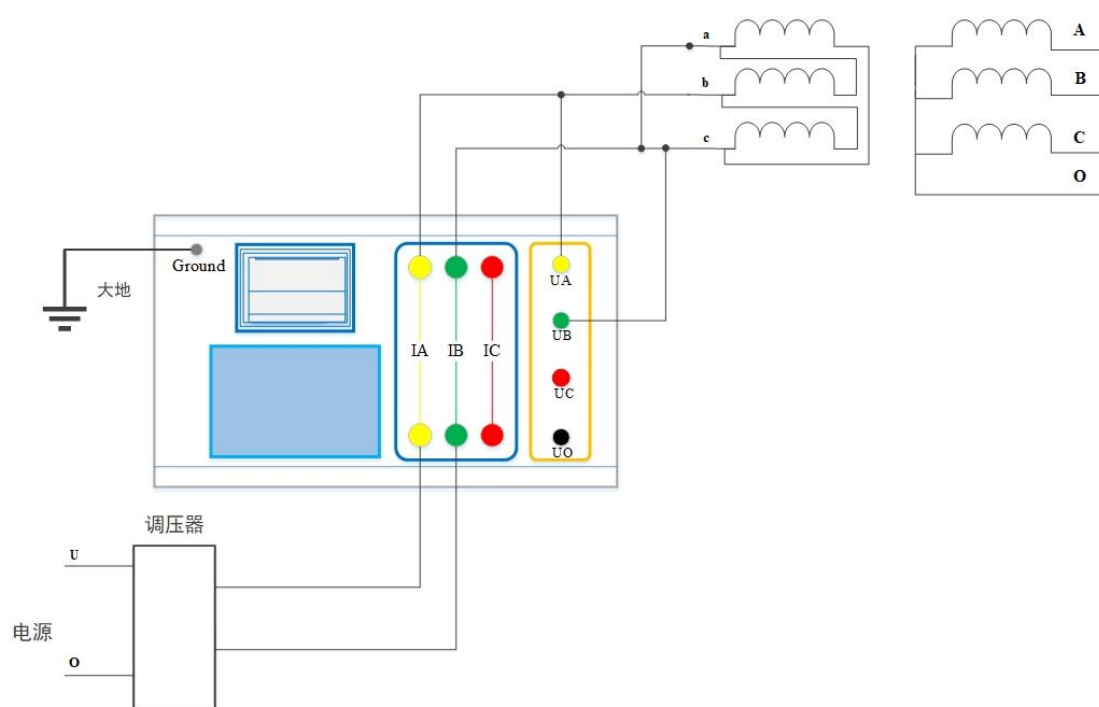


图 3.80 D 空载试验单相法 BC 接线图

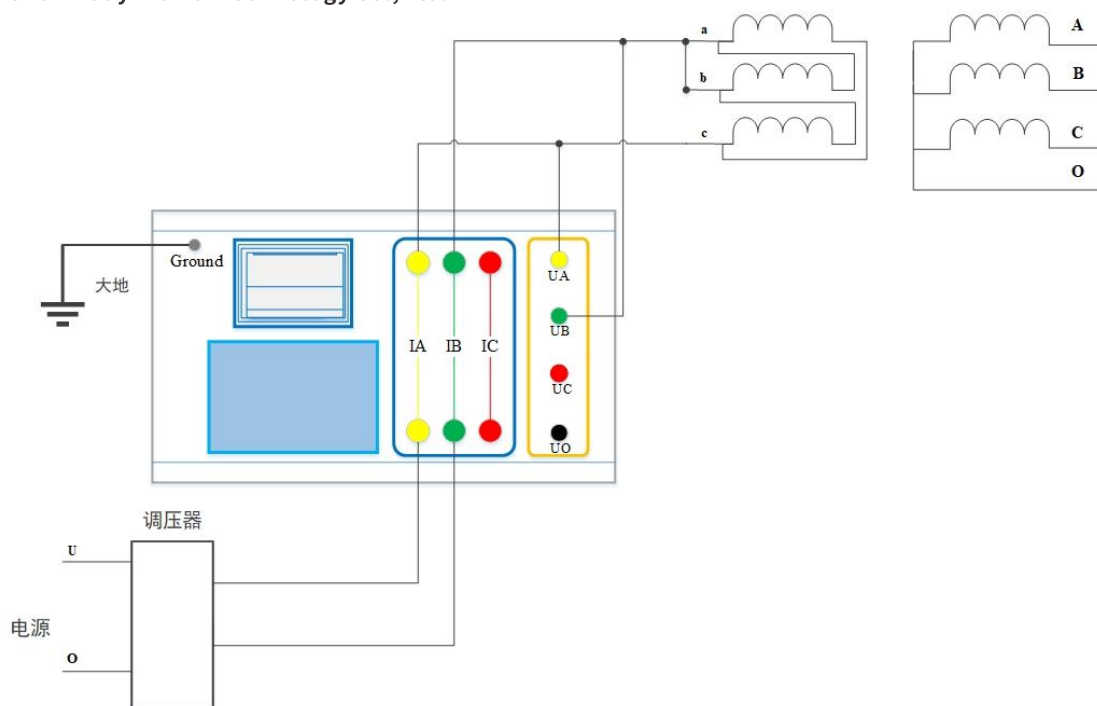


图 3.81 D 空载试验单相法 CA 接线图

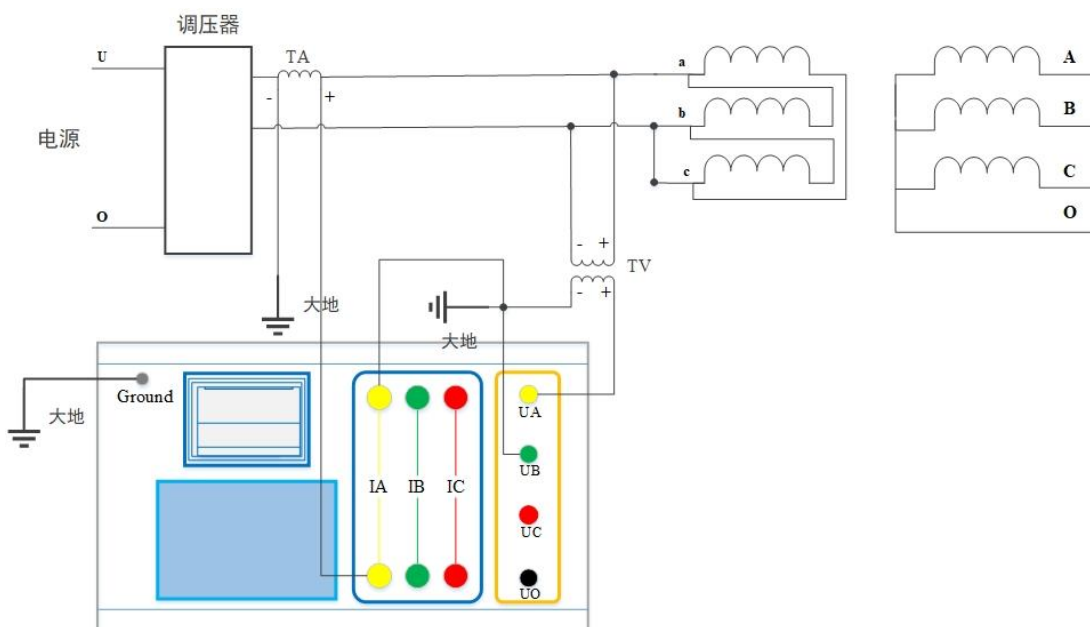


图 3.82 D 空载试验 A 相外接接线图

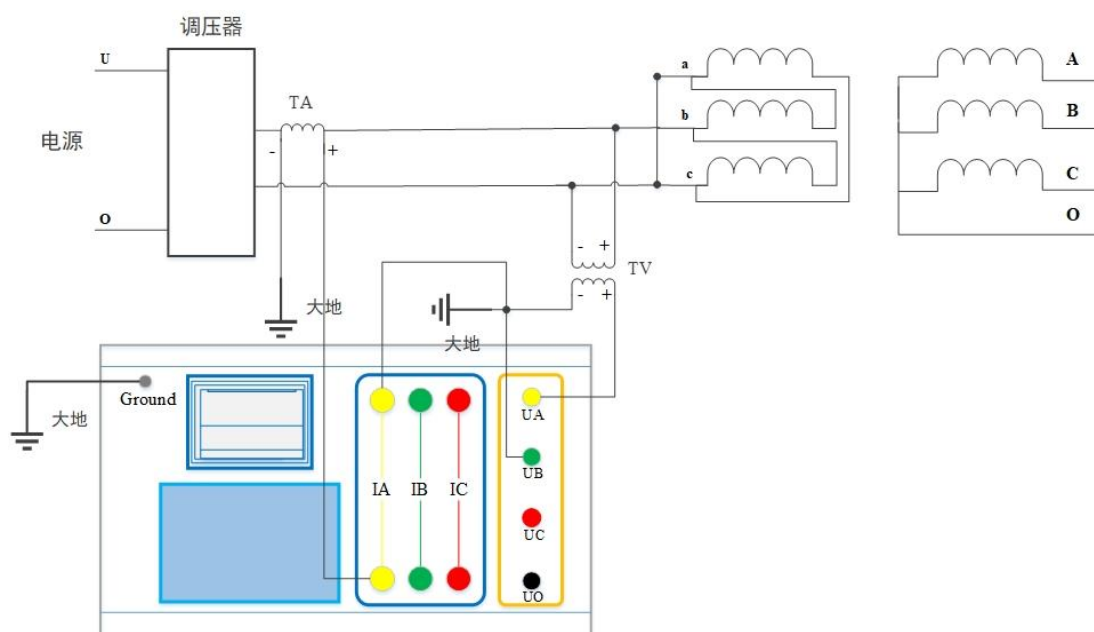


图 3.83 D 空载试验 B 相外接接线图

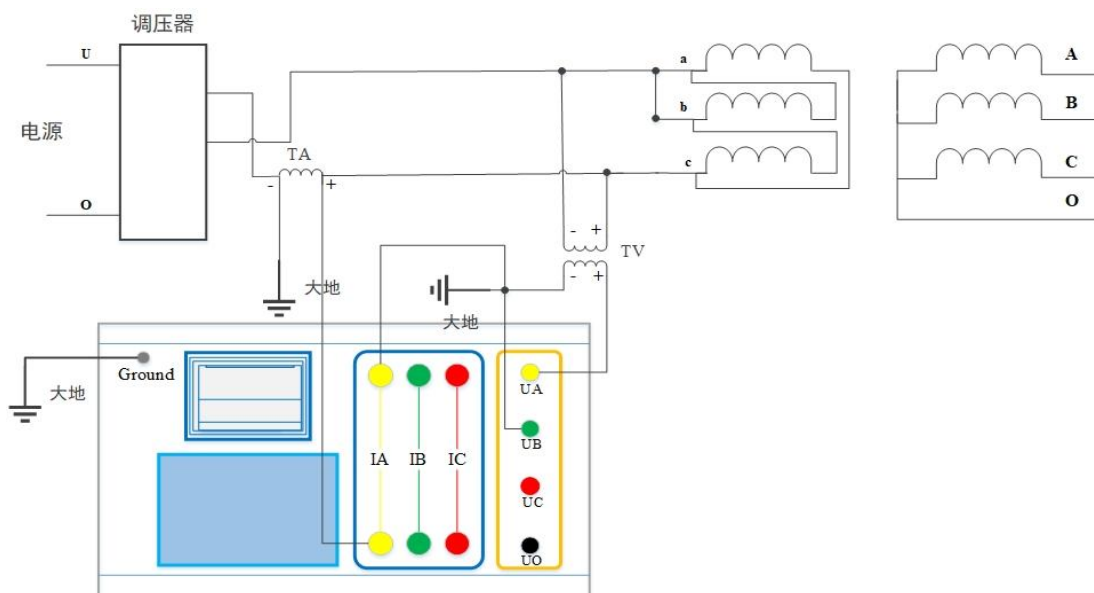


图 3.84 D 空载试验 C 相外接接线图



3.8.4 空载试验运行

三相法：

图 3.69 点击“确定”进入试验运行界面，当选择“三相法”时如图 3.85 所示：

自动测试：接好线以后，按“运行”，然后缓慢调节调压器到“参考电压 图示 400V”，显示“请将调压器置于零位再按停止”后，将调压器归零，然后按下“停止”。

手动测试：接好线以后，按“运行”，然后调节调压器使电压达到“参考电压 图示 400V”，等待数值稳定后，按下“保存”，显示“请将调压器置于零位再按停止”后，将调压器归零，然后按下“停止”。

Y三相三相法 自动 直接测量 非取向硅钢片 参考电压：400V				
相别	电流(A)	平均电压(V)	有效电压(V)	有功功率(W)
AB				
BC				
CA				
三相				
频率(HZ)：		COS ϕ ：	波形畸变(%)：	
空载损耗(W)：		空载电流(%)：	电压不平衡度(%)：	
试验开始前请将调压器置于零位				
运行		停止	保存	返回

图 3.85 空载试验运行界面



Y三相三相法 自动 直接测量 非取向硅钢片 参考电压: 400V				
相别	电流(A)	平均电压(V)	有效电压(V)	有功功率(W)
AB	3.282	402.60	401.31	-213.298
BC	2.605	409.85	403.19	653.517
CA	3.388	400.99	400.52	
三相	3.069	404.48	401.68	
频率(HZ):		COS ϕ :	波形畸变(%):	
空载损耗(W):		空载电流(%):	电压不平衡度(%):	
运行		停止	保存	返回

图 3.86 空载试验三相法试验完成界面

单相法:

需分别测试各个分相的结果,完成3个单独的测试,才算一个完整的试验

例如D型变压器单相法试验,需分别进行AB,BC,CA3个绕组的测试:

AB相测试: 设置完成后界面如图3.87所示,按照图3.82接线完成后,点击运行开始试验,调节调压器,将电压升到设置值(当试验条件无法升到额定 图示10500V,仪器会按照设定进行修正),测试完成后,将显示图3.88

D 单相法 自动 直接测量 非取向硅钢片 参考电压: 10500V				
相别	电流(A)	平均电压(V)	有效电压(V)	有功功率(W)
AB				
BC				
CA				
三相				
频率(HZ):		COS ϕ :	波形畸变(%):	
空载损耗(W):		空载电流(%):	电压不平衡度(%):	
准备测量AB相, 试验开始前请将调压器置于零位				
运行		停止	保存	返回

图 3.87 空载试验启动界面



D 单相法 自动 直接测量 非取向硅钢片 参考电压: 10500V				
相别	电流(A)	平均电压(V)	有效电压(V)	有功功率(W)
AB	2.46	5307.40	5307.40	10462.00
BC				
CA				
三相				
频率(HZ):		COS ϕ :	波形畸变(%):	
空载损耗(W):		空载电流(%):	电压不平衡度(%):	
准备测量BC相, 试验开始前请将调压器置于零位				
运行 停止 保存 返回				

图 3.88 空载试验 AB 相完成界面

BC 相测试: AB 相测试完成后, 调节调压器到零位, 按照图 3.83 换线, 再按下运行进行 BC 相的测试, 调节调压器, 将电压升到设置值, 测试完成后, 将显示图 3.89:

D 单相法 自动 直接测量 非取向硅钢片 参考电压: 10500V				
相别	电流(A)	平均电压(V)	有效电压(V)	有功功率(W)
AB	2.46	5307.40	5307.40	10462.00
BC	2.06	5243.30	5243.30	10479.00
CA				
三相				
频率(HZ):		COS ϕ :	波形畸变(%):	
空载损耗(W):		空载电流(%):	电压不平衡度(%):	
准备测量CA相, 试验开始前请将调压器置于零位				
运行 停止 保存 返回				

图 3.89 空载试验 BC 相完成界面

CA 相测试: BC 相测试完成后, 调节调压器到零位, 按照图 3.84 换线, 再按下运行进行 CA 相的测试, 调节调压器, 将电压升到设置值, 测试完成后, 将显示图 3.90:



D 单相法 自动 直接测量 非取向硅钢片 参考电压: 10500V				
相别	电 流 (A)	平均电压 (V)	有效电压 (V)	有功功率 (W)
AB	2. 46	5307. 40	5307. 40	10462. 00
BC	2. 06	5243. 30	5243. 30	10479. 00
CA	2. 49	5243. 30	5243. 30	13804. 00
三相				
频率 (HZ) :		COS ϕ :		波形畸变 (%) :
空载损耗 (W) :		空载电流 (%) :		电压不平衡度 (%) :
运行		停止		保存
返回				

图 3.90 空载试验 CA 相完成界面

3.8.5 空载试验结果

测试完成，进入空载试验结果界面，如图 3.91 所示：

- (1) 点击“保存”保存当前的测试结果；
- (2) 点击“打印”打印当前的测试结果；
- (3) 点击“分析”进入数据分析界面。
- (4) 点击“返回”将进入试验设置界面（如未保存数据，数据会丢失）。

Y三相三相法 自动 直接测量 非取向硅钢片 参考电压: 400V				
相别	电流 (A)	平均电压 (V)	有效电压 (V)	有功功率 (W)
AB	3.282	402.60	401.31	-213.298
BC	2.605	409.85	403.19	653.517
CA	3.388	400.99	400.52	
三相	3.069	404.48	401.68	
频率 (HZ): 49.901		COS ϕ : 0.204		波形畸变 (%): 0.692
空载损耗 (W): 429.793		空载电流 (%): 1.319		电压不平衡度 (%): 2.183
保存		打印		分析
返回				

图 3.91 空载试验结果界面



3.8.6 空载试验数据分析

点击分析按钮，进入空载试验结果分析界面

- (1) “重新计算”如果频率和铁芯材料设置错误，可无需重新试验，直接修正；
- (2) “分析”按照当前设置参数进行分析。
- (3) “打印”分析后再打印，会包含数据分析结果。
- (4) “返回”将进入试验结果界面。

如图 3.86 三相法测试结果数据分析界面如图 3.92 所示：

	实测值	标准值	误差(%)	国标(%)
空载损耗	429.793 W	439 W	2.10	15.0
空载电流	1.319 %	1.31 %	0.70	30.0
波形畸变	0.692 %	3.0 %		
额定频率: 50.00 HZ 铁芯材料: 取向硅钢 非取向硅钢				
非取向硅钢片				
重新计算 打印 分析 返回				

图 3.92 短路阻抗试验分析界面

- (1) 空载损耗：实测值 429.793W，标准值（按照仪器出厂设置 图示 439）
- (2) 空载电流：实测值 1.319，标准值（按照仪器出厂设置 图示 1.31）
- (3) 波形畸变：实测值 0.692，标准值（按下分析 仪器自动按照设置参数给出）
- (4) 国标：误差所允许的最大值 按下分析 仪器自动按照容量，电压等参数给出



3.9 负载操作试验说明

3.9.1 变压器负载试验参数设置

变压器参数设置			
变压器ID	123456	短路阻抗	4.01 %
额定高压	10 KV	额定容量	160 KVA
额定低压	0.4 KV	额定温度	75 °C
分接档位		当前温度	25 °C
CT变比	1 : 1	高压电阻	10080 mΩ
PT变比	1 : 1	低压电阻	13608 uΩ
确定		返回	

图 3.93 变压器参数设置界面

试验选择界面点击“变压器负载损耗”进入图 3.93 进行参数设置，具体设置如下，设置完成后点击进入试验设置界面图 3.94

- (1) 变压器 ID：可以根据变压器型号，也可以自行设置（图 3.93 示例 123456）；
- (2) 额定高压：例如 10KV/400V 的配变 输入 10 （单位 KV）
- (3) 额定高压：例如 10KV/400V 的配变 输入 0.4 （单位 KV）
- (4) 短路阻抗：输入铭牌的短路阻抗
- (5) 额定容量：输入变压器的额定容量（单位 KVA）
- (6) 额定温度：输入需要换算的参考温度
- (7) 当前温度：当前绕组的温度



- (8) 分接挡位：当前测试变压器所在的分接位
- (9) CT 变比：输入回路中 CT 的变比，没有 CT 则设置 1: 1
- (10) PT 变比：输入回路中 PT 的变比，没有 PT 则设置 1: 1
- (11) 高压电阻：高压绕组直流电阻（额定温度下电阻 如图示 75 度时电阻）
- (12) 低压电阻：低压绕组直流电阻（额定温度下电阻 如图示 75 度时电阻）

3.9.2 变压器试验设置

试验设置			
高压绕组接线方式:	Yn	Y	Δ 单相
测试模式:	三相法	单相法	
电压测量:	PT两表法	PT三表法	直接测量
测试连接方式:	高压测低压短	高压测中压短	中压测低压短
最大电压:	200 V	最大电流:	3 A 短路线电阻: 1615 $\mu\Omega$
额定频率:	50 Hz	采样模式:	自动 手动
Δ三相三相法 自动 高测低短 直接测量 1.353KVA 6.00A 130V			
确定		返回	

图 3.94 负载试验设置界面

- (1) 高压绕组接线方式：所测变压器当前绕组的接线方式
- (2) 测试模式：单相或三相（如果三相法测量发现绕组有问题，需进行单相法确定问题绕组）
- (3) 电压测量：是否使用 PT 以及 PT 在变压器回路中的接线方式
- (4) 测试连接方式：三绕组变压器不同的接线方式的标识
- (5) 最大电压：测试进行中的保护电压
- (6) 额定频率：变压器运行的频率



(7) 最大电流：测试进行中的保护电流

(8) 短路线电阻：低压绕组短接线直流电阻（额定温度下电阻 图示 75 度时电阻）

(9) 采样模式：手动模式需等读数稳定后手动保存数据，

3.9.3 试验接线方法

YN 阻抗测试接线方法：

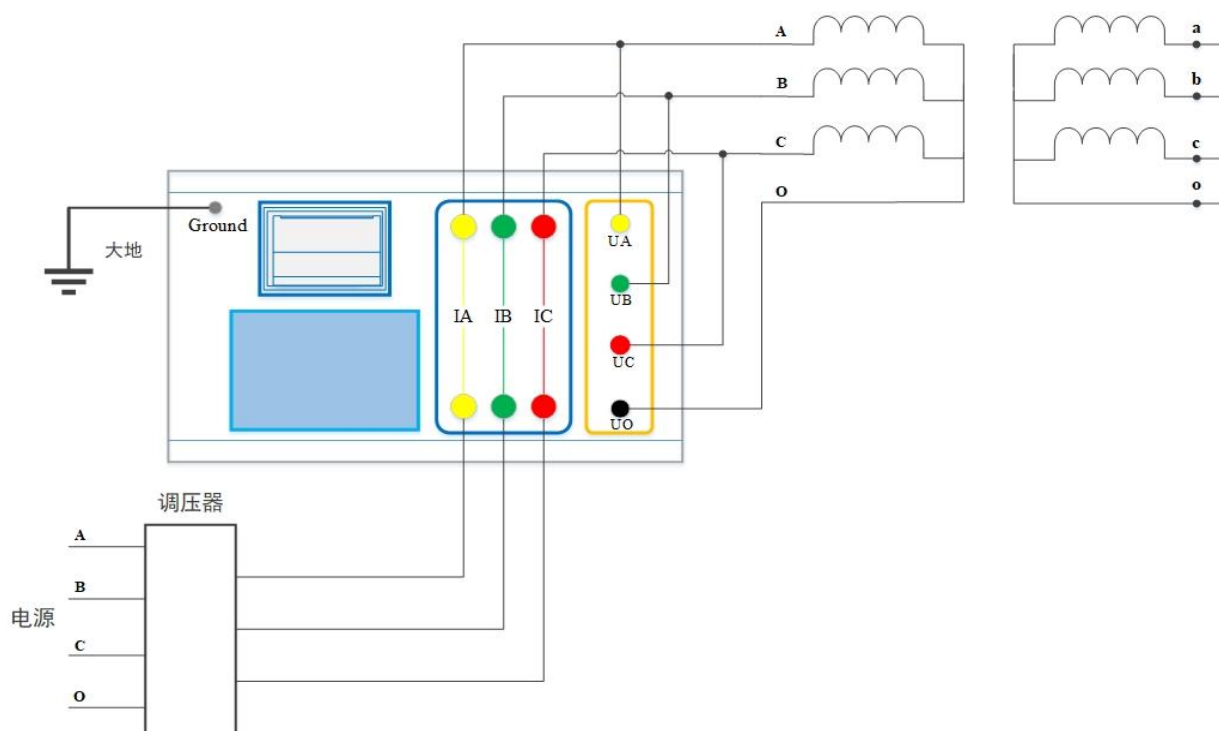


图 3.95YN 负载损耗三相接线图

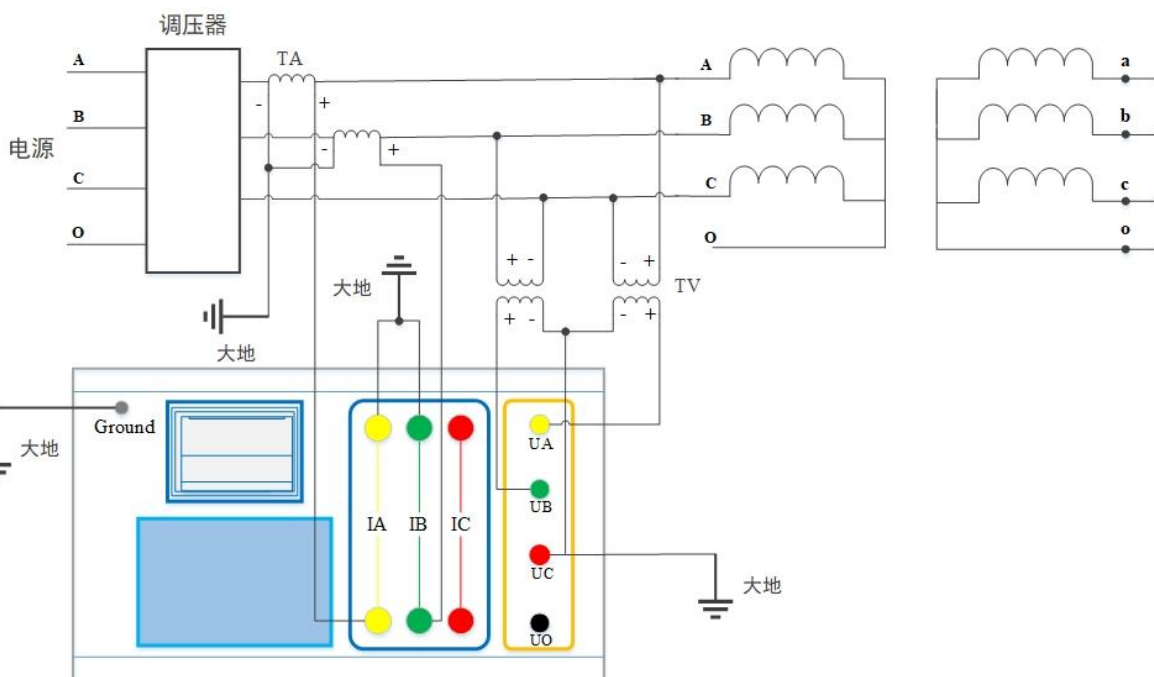


图 3.96YN 负载损耗外接两表法接线图

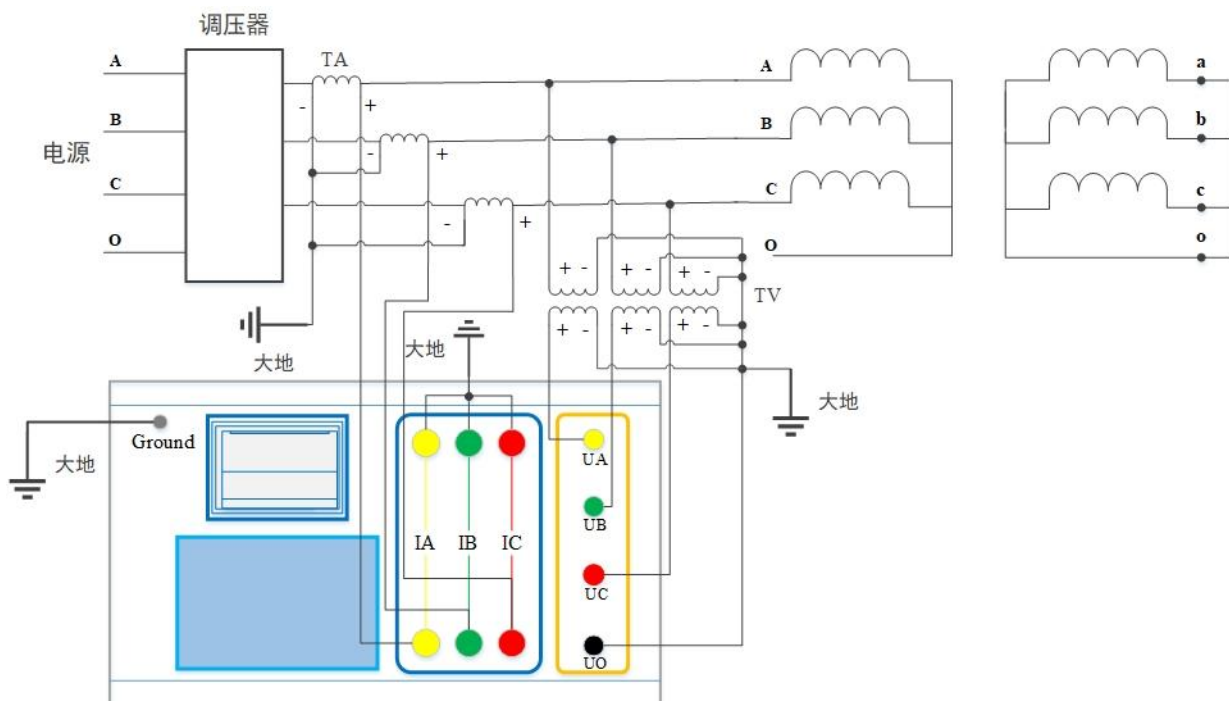


图 3.97 YN 负载损耗外接三表法接线图

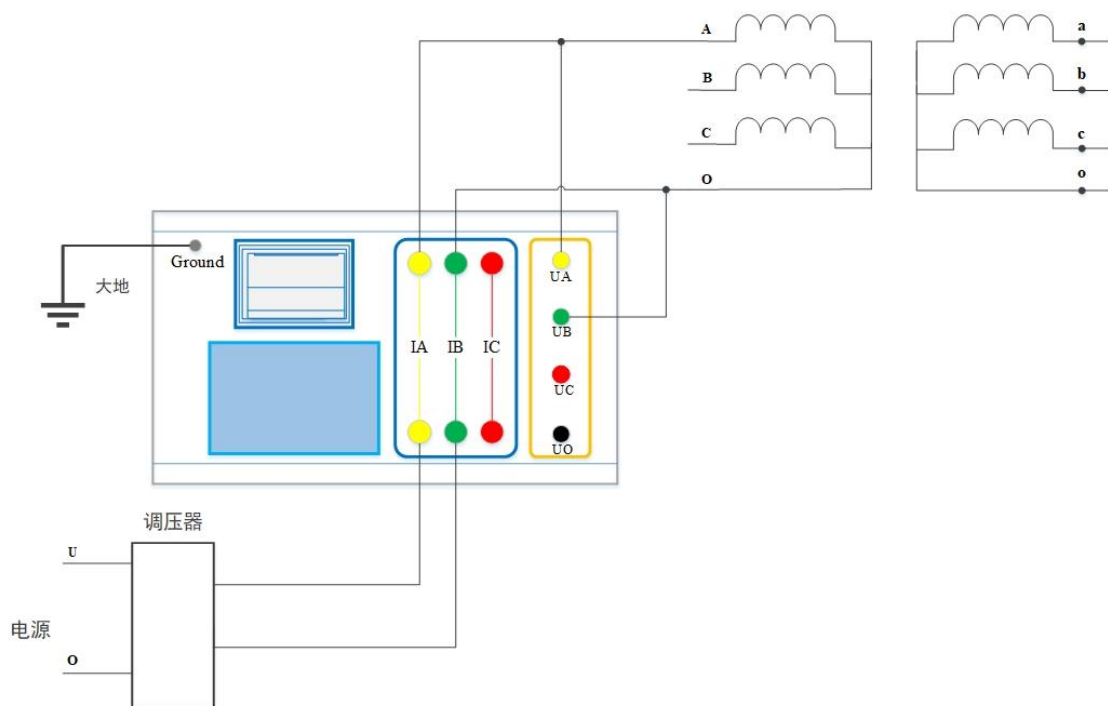


图 3.98YN 负载损耗 A 相接线图

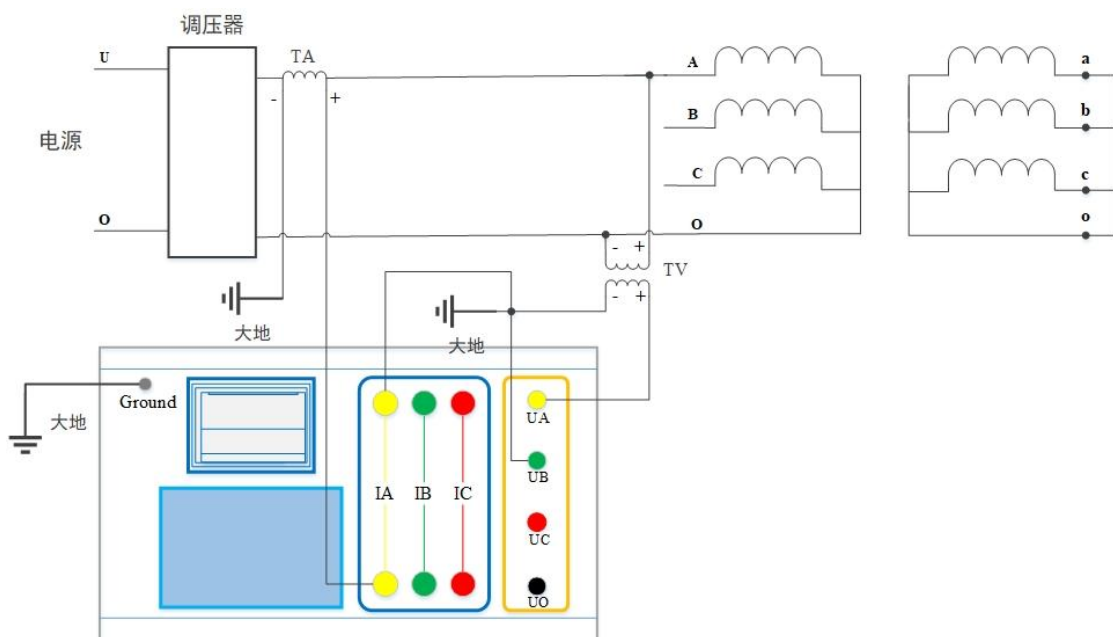


图 3.99 YN 负载损耗抗外接 A 相接线图

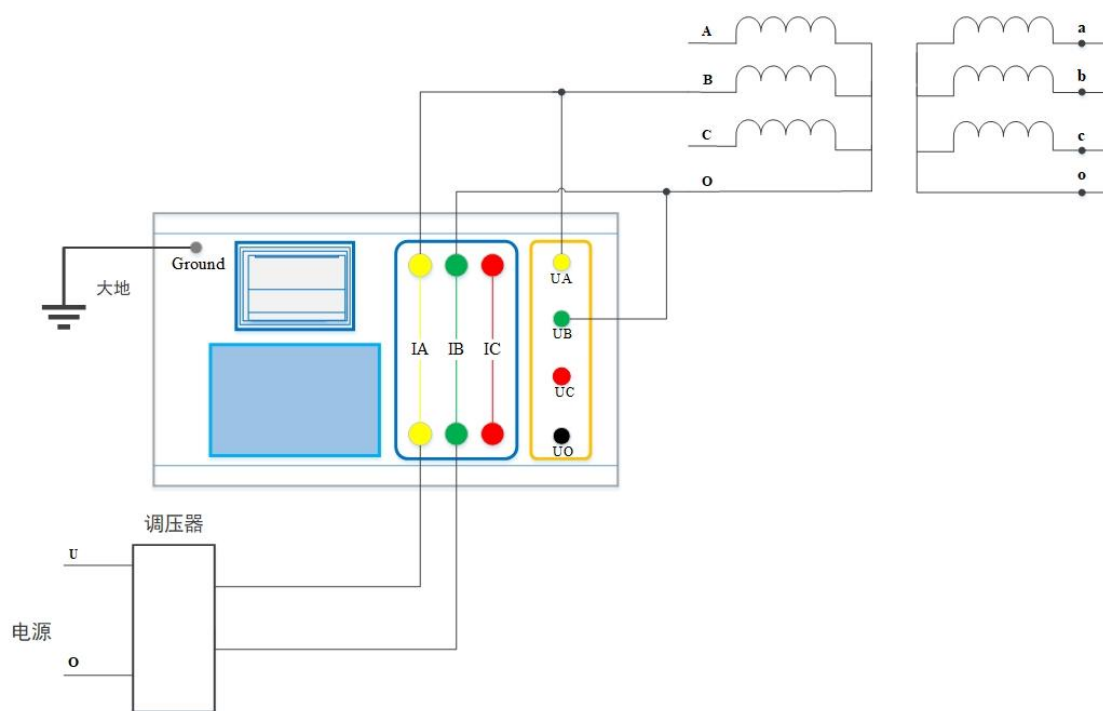


图 3.100 YN 负载损耗 B 相接线图

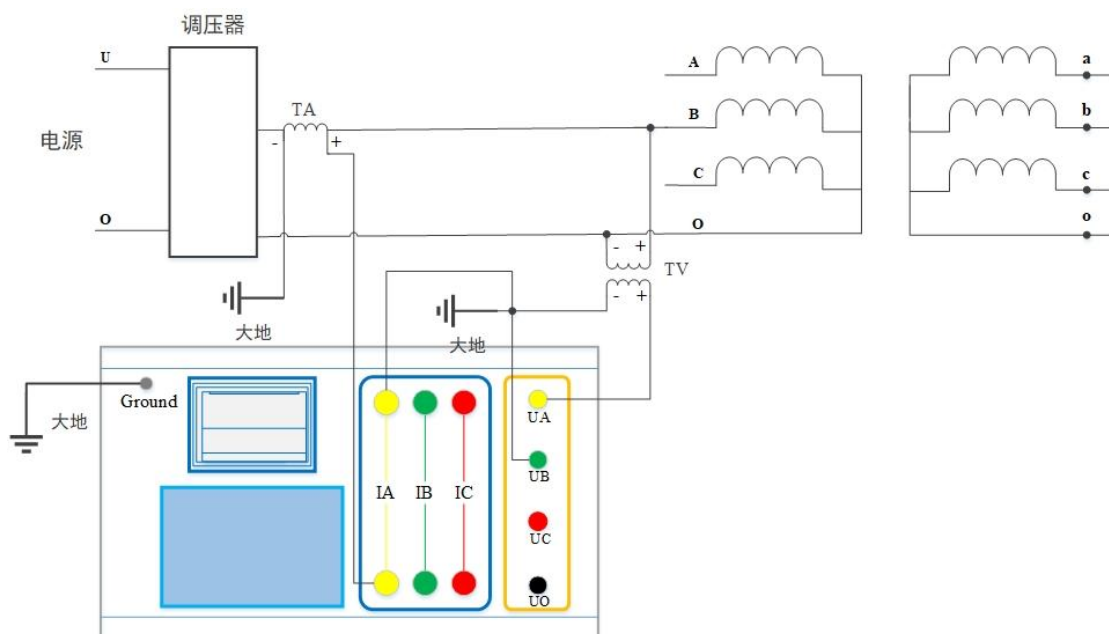


图 3.101 YN 负载损耗外接 B 相接线图

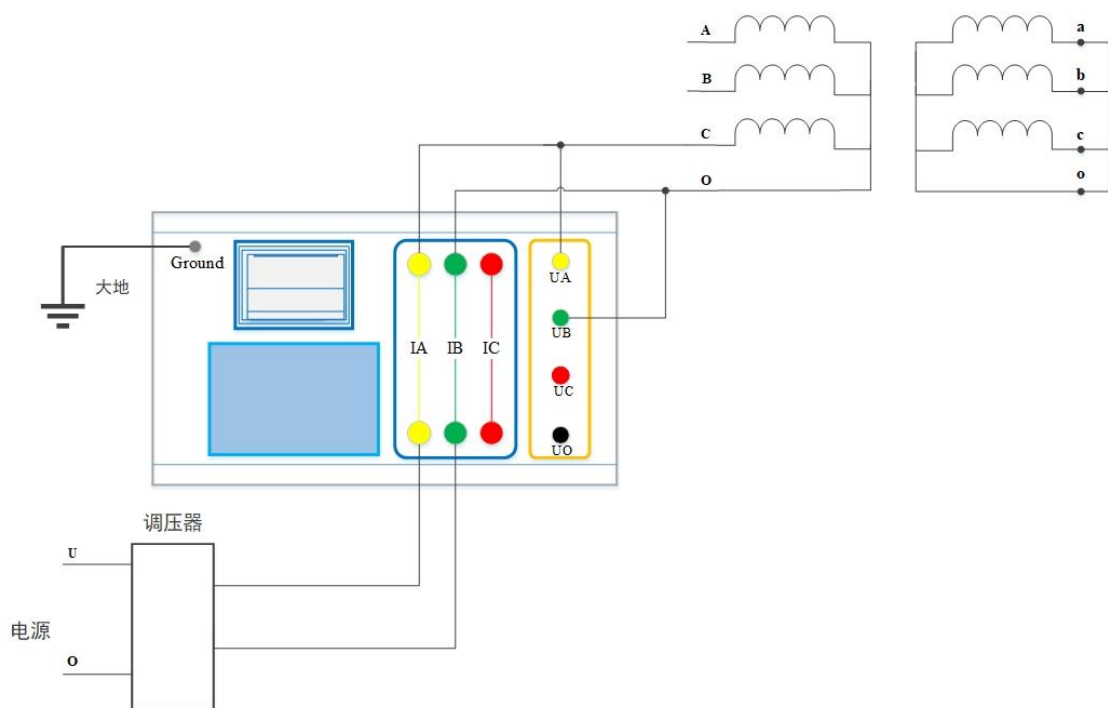


图 3.102 YN 负载损耗 C 相接线图

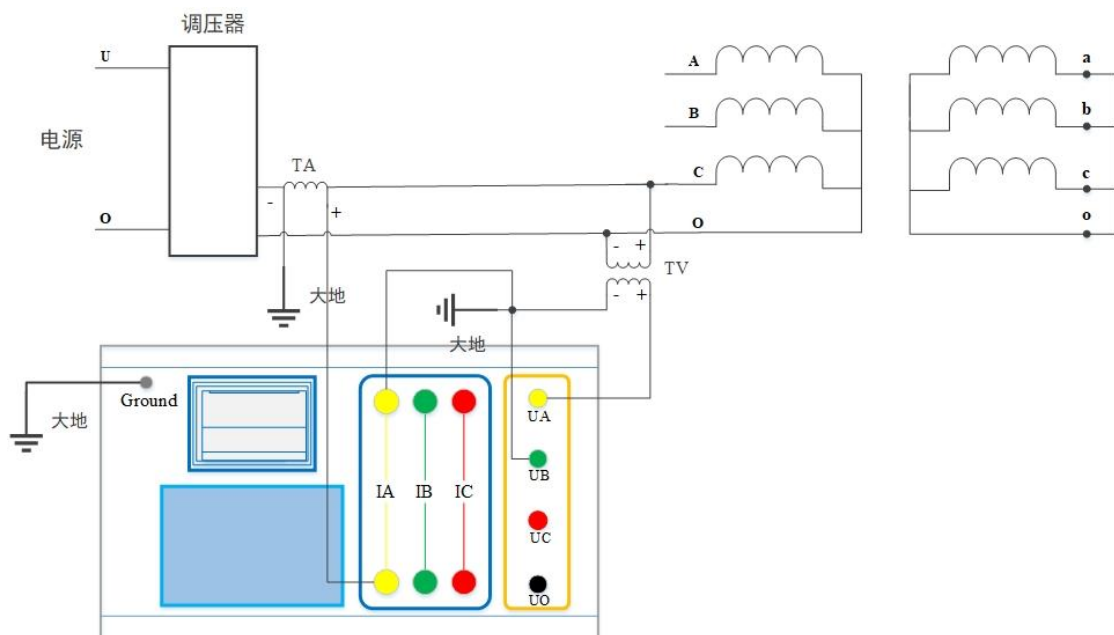


图 3.103 YN 负载损耗外接 C 相接线图

Y 阻抗测试接线方法:

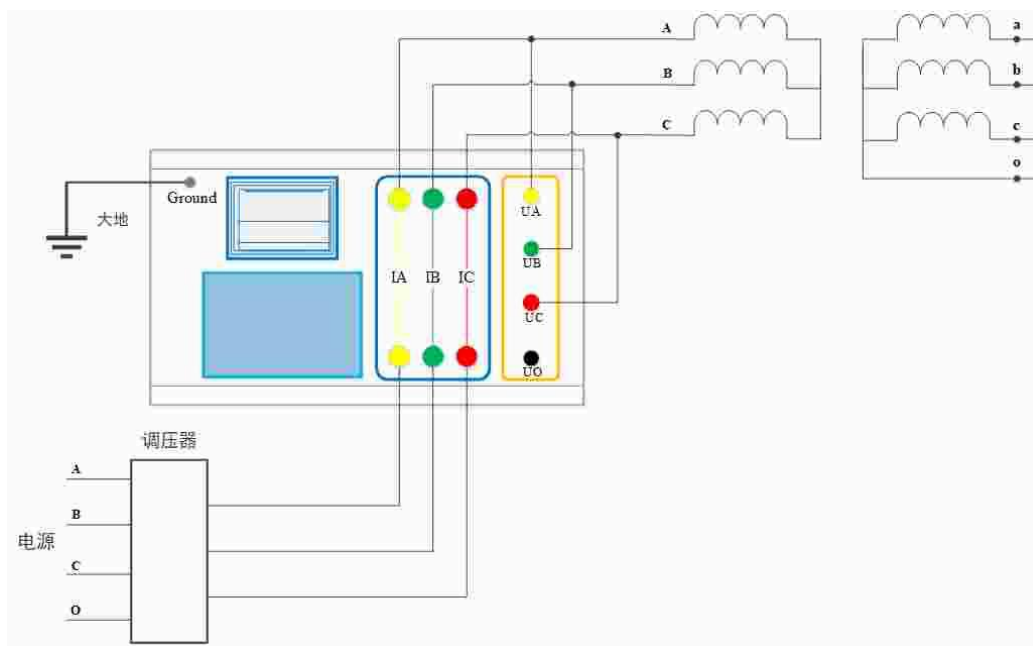


图 3.104Y 负载损耗三相接线图

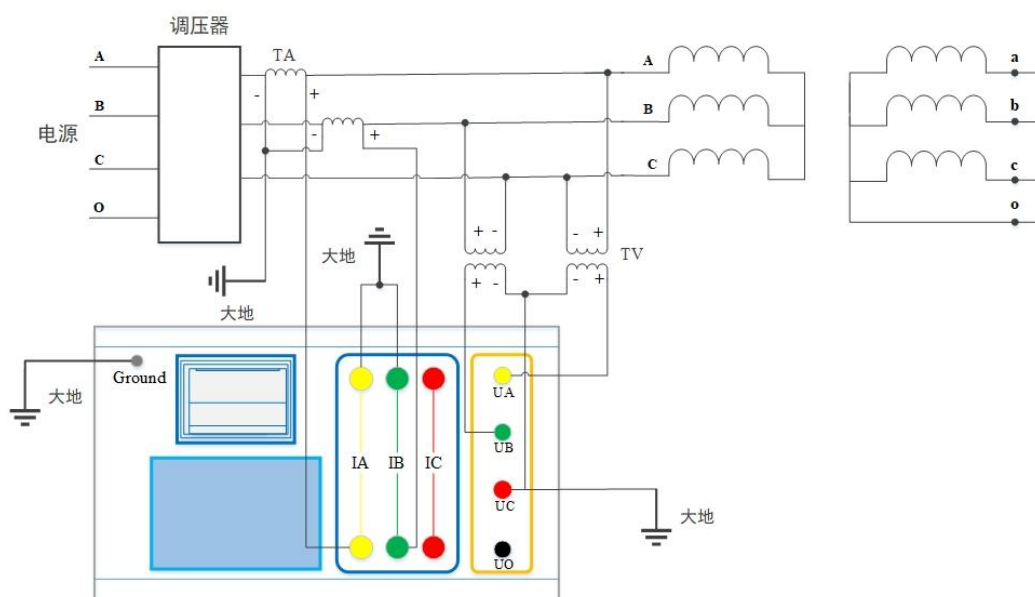


图 3.105 Y 负载损耗外接两表法接线图

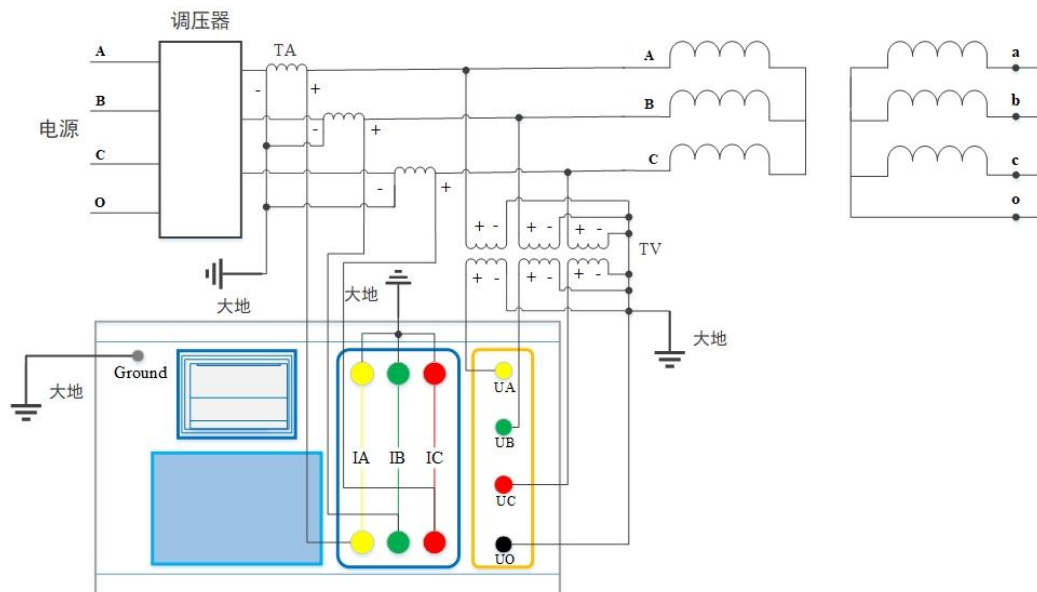


图 3.106 Y 负载损耗外接三表法接线图

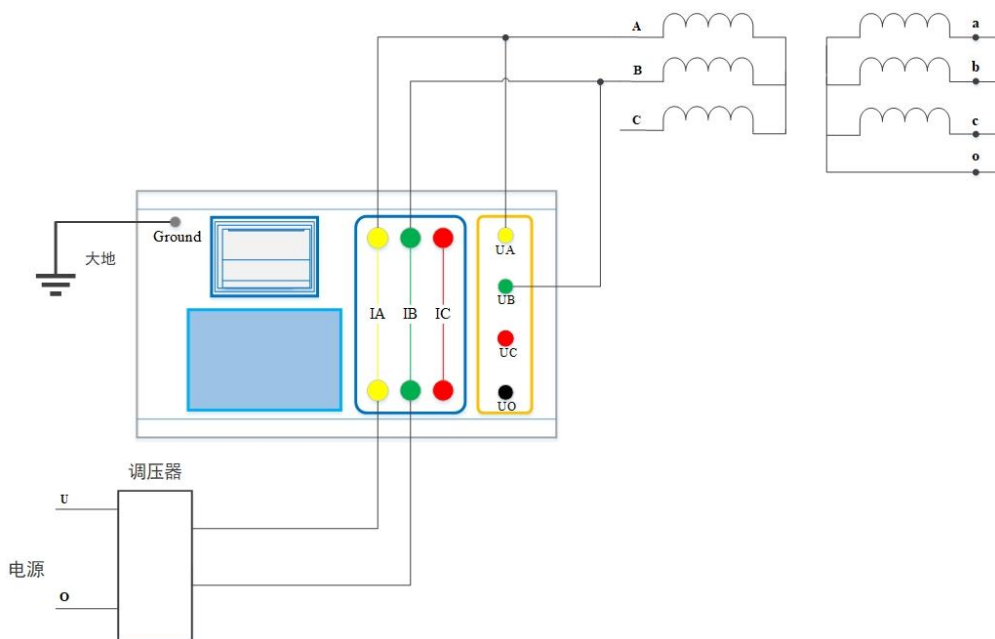


图 3.107 Y 负载损耗 A 相接线图

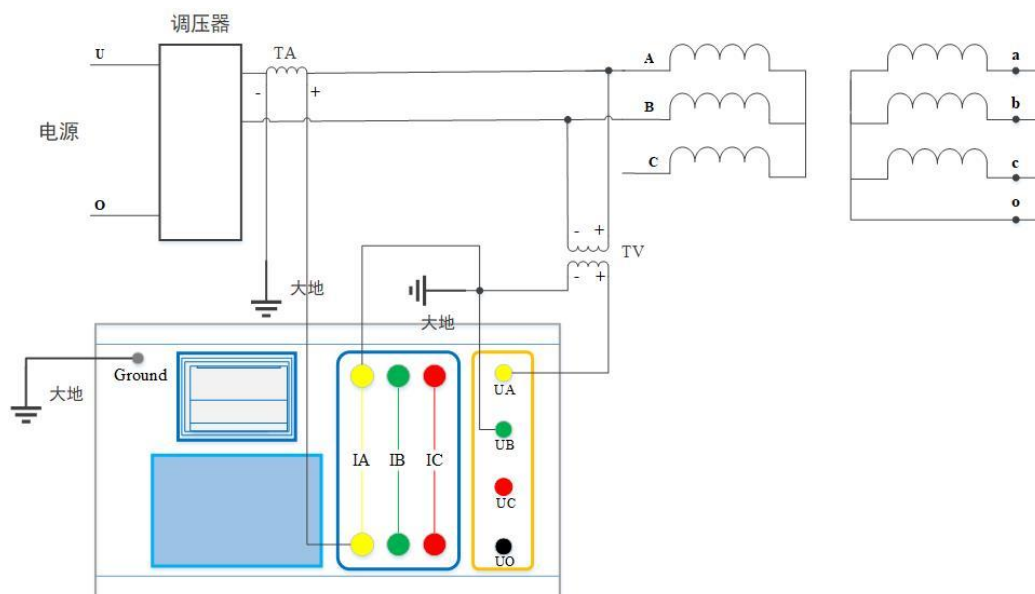


图 3.108 Y 负载损耗外接 A 相接线图

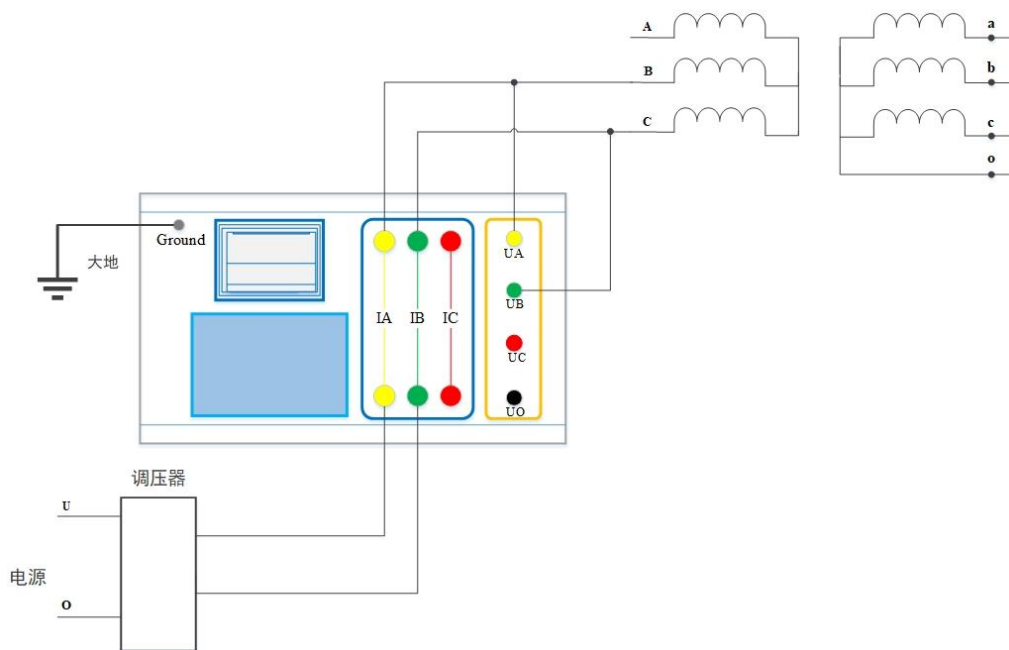


图 3.109 Y 负载损耗 B 相接线图

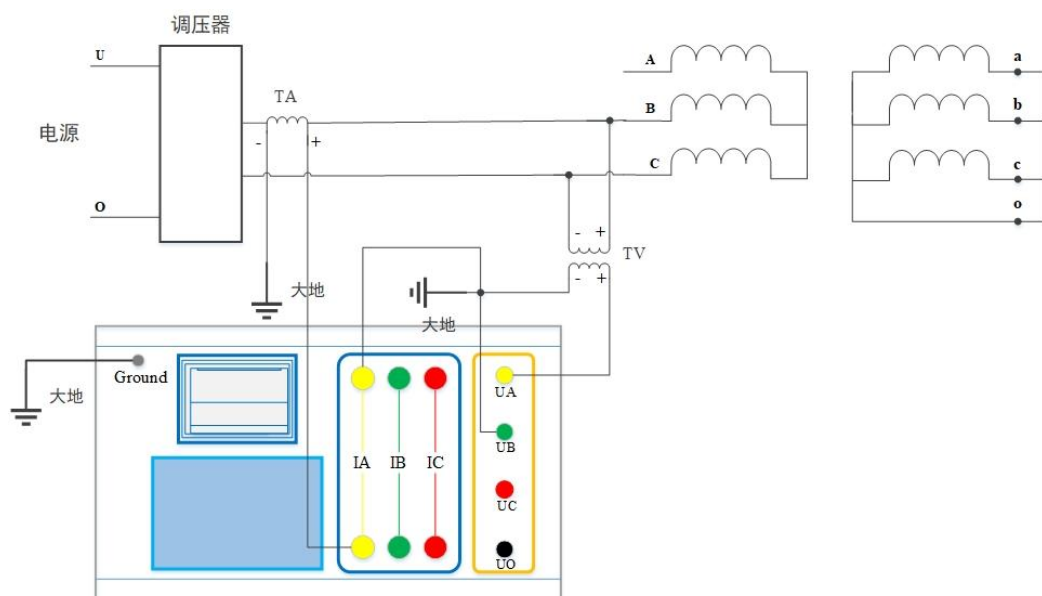


图 3.110 Y 负载损耗外接 B 相接线图

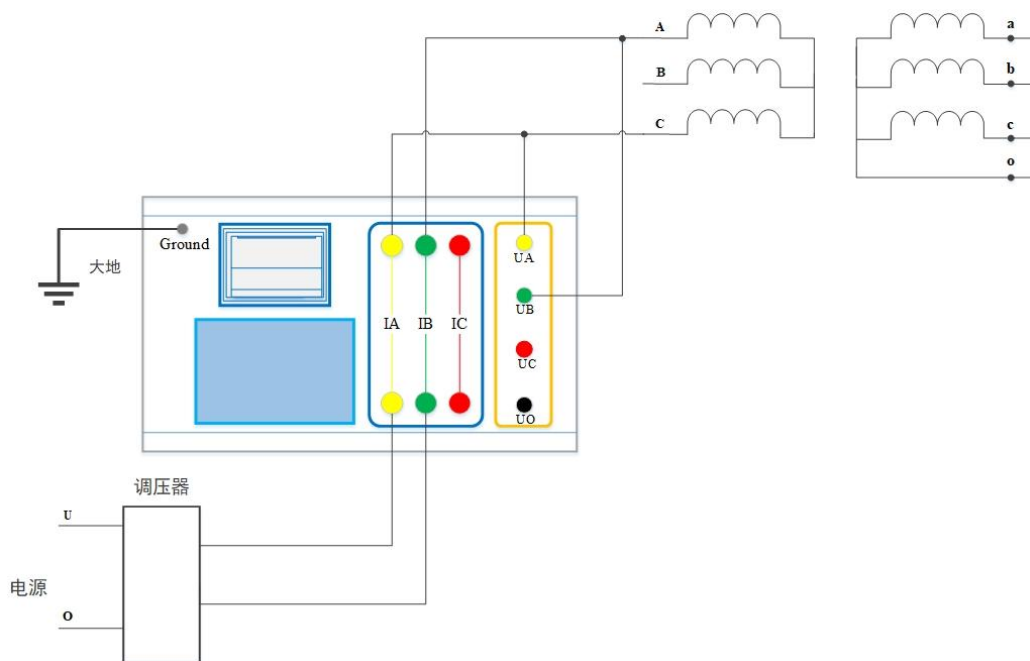


图 3.111Y 负载损耗 C 相接线图

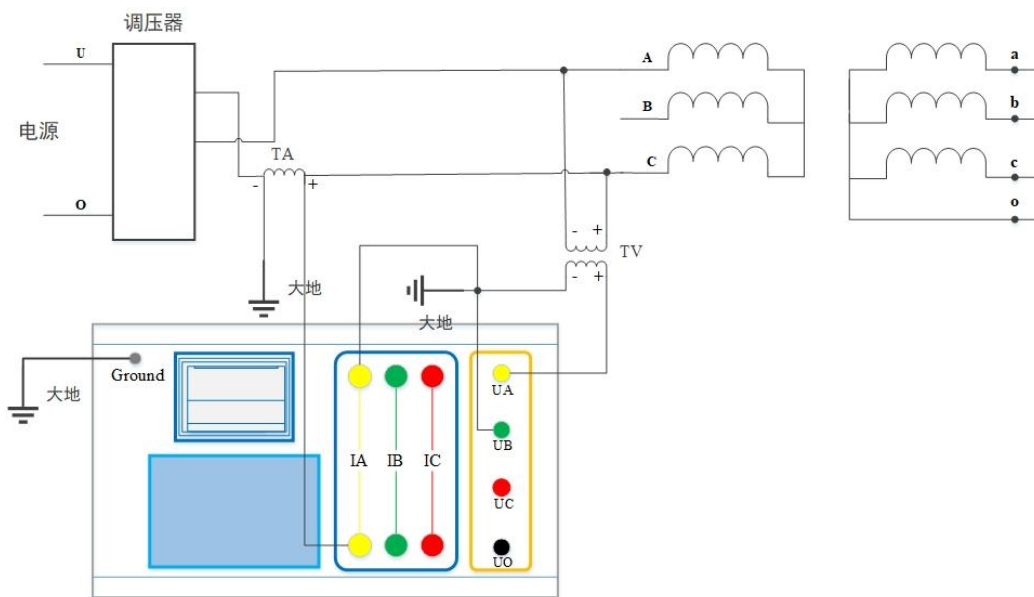


图 3.112 Y 负载损耗外接 C 相接线图

D 阻抗测试接线方法:

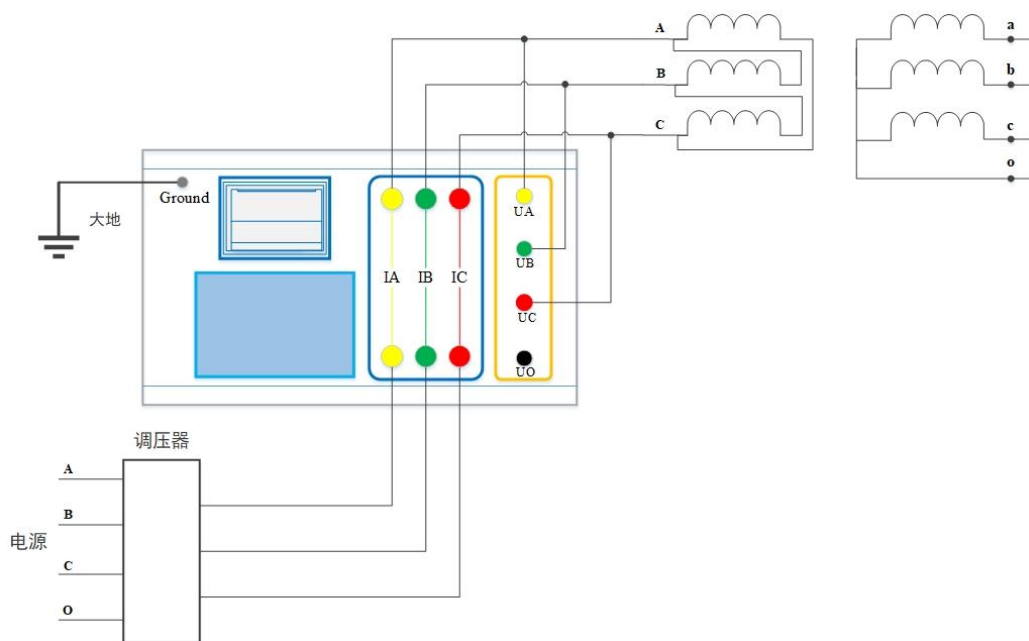


图 3.113 D 负载损耗三相接线图

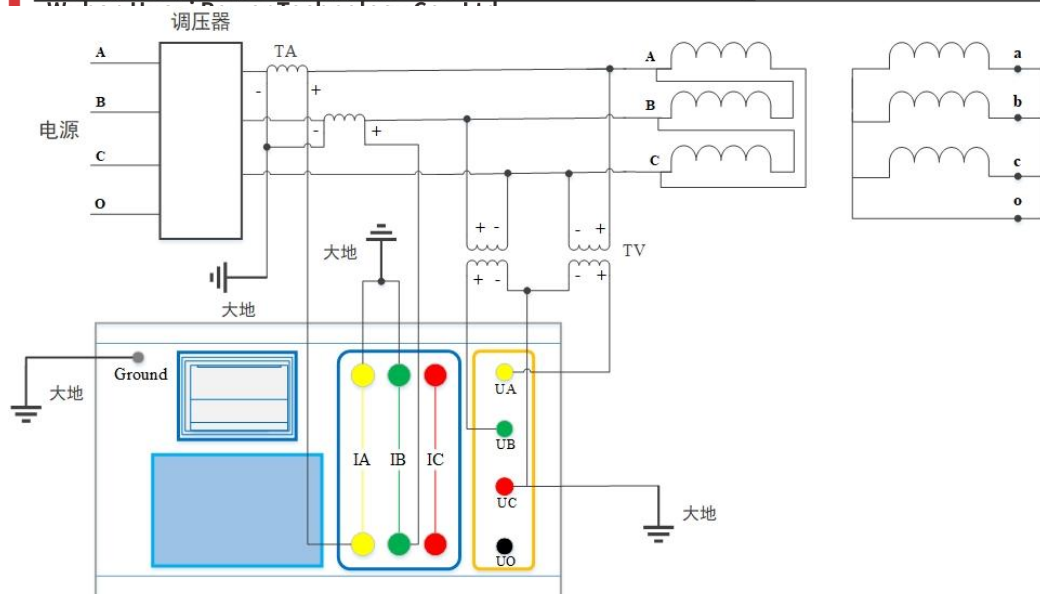


图 3.114D 负载损耗外接两表法接线图

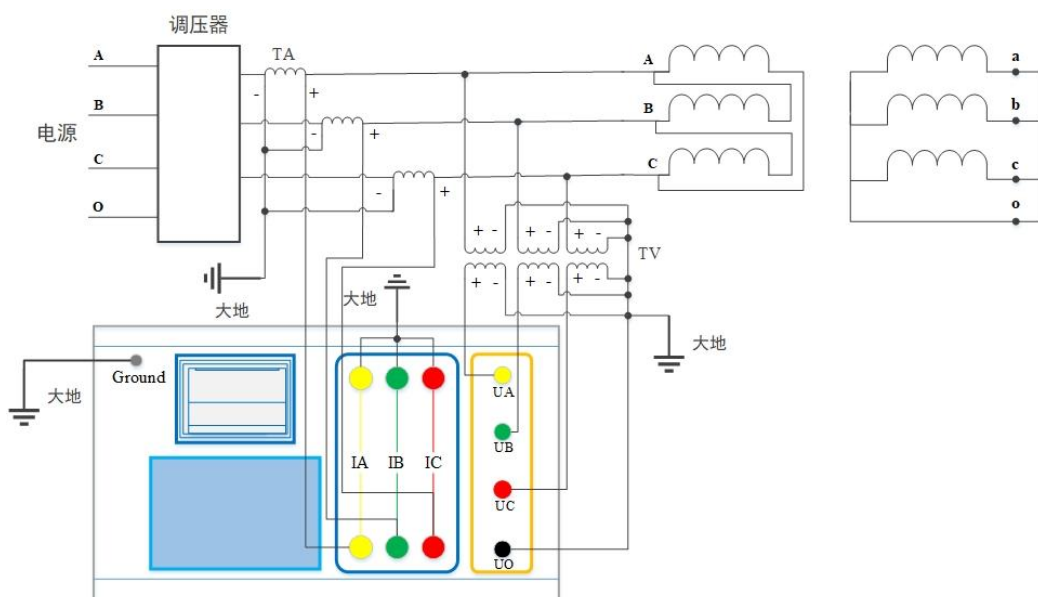


图 3.115 D 负载损耗外接三表法接线图

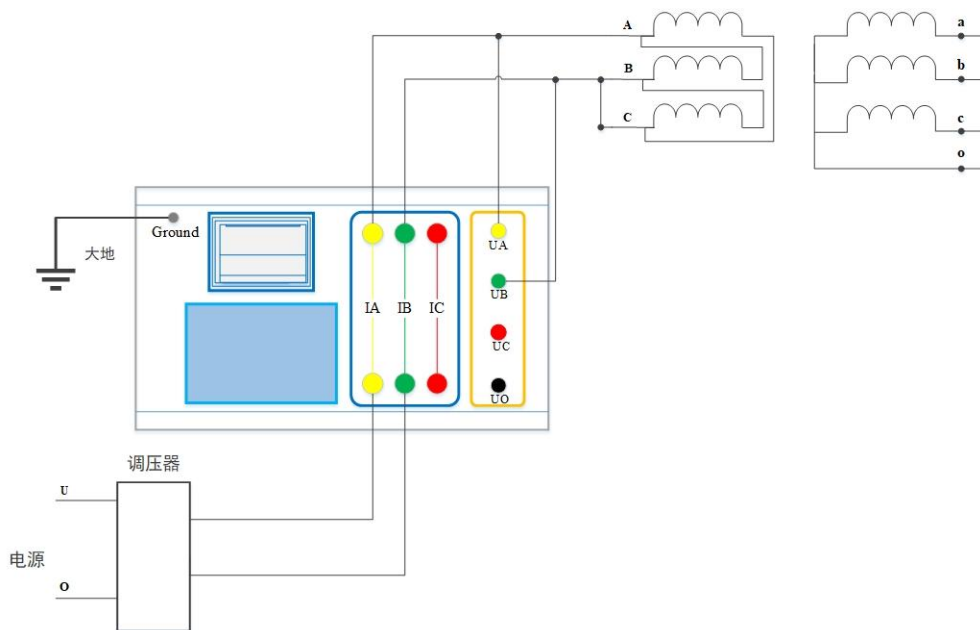


图 3.116 D 负载损耗 A 相接线图

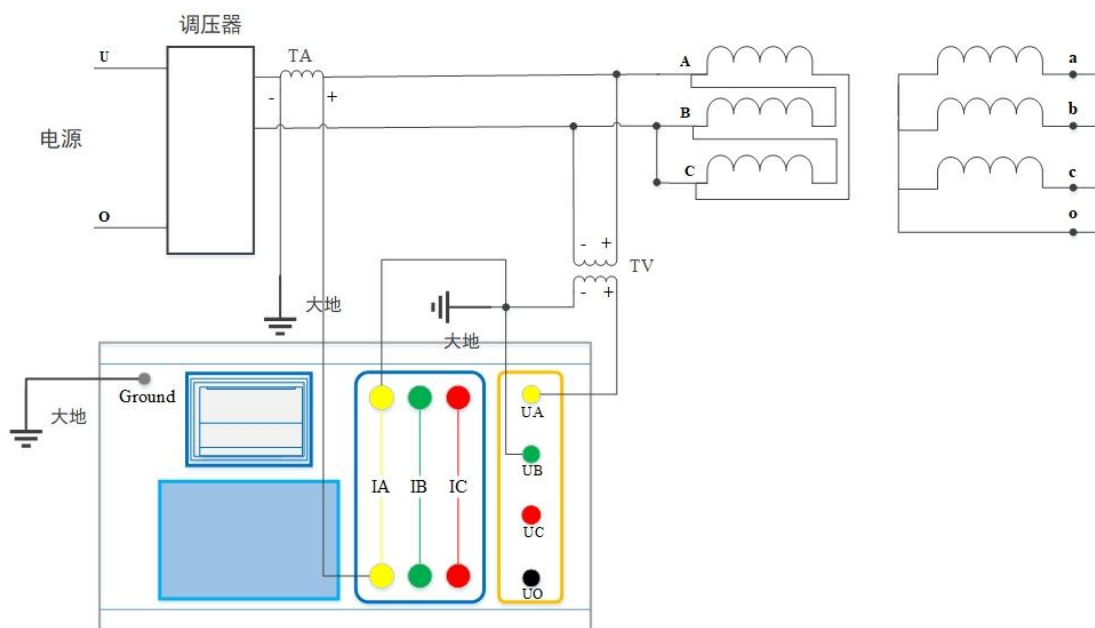


图 3.117 D 负载损耗 A 相外接接线图

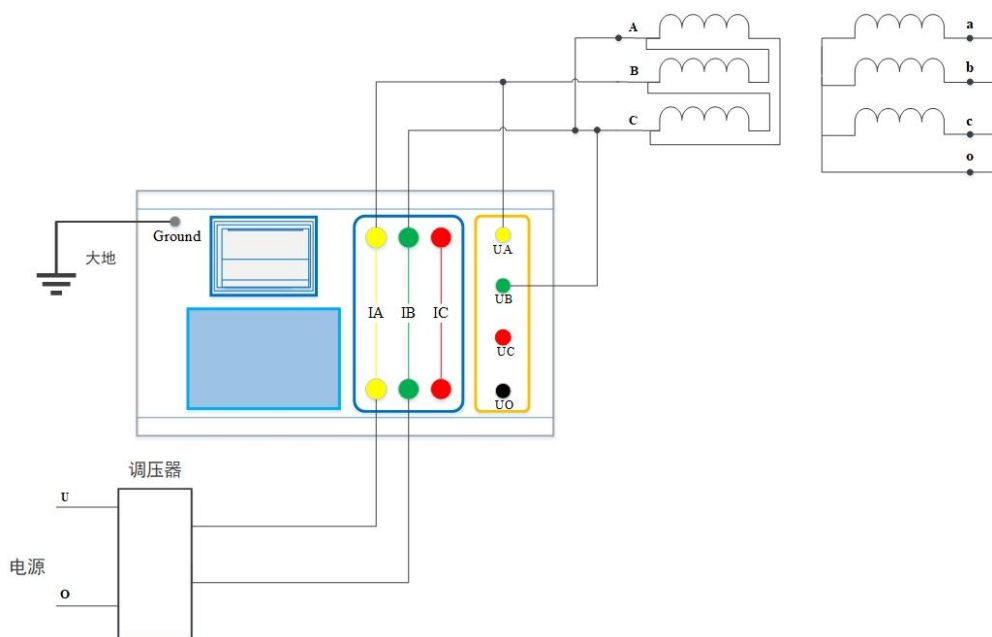


图 3.118 D 负载损耗 B 相接线图

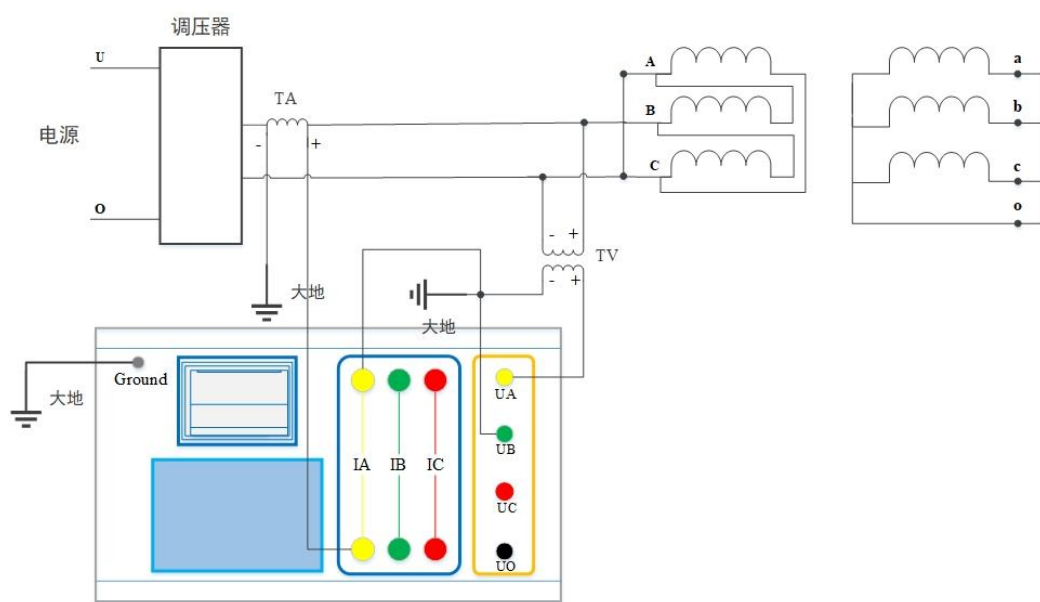


图 3.119 D 负载损耗 B 相外接线图

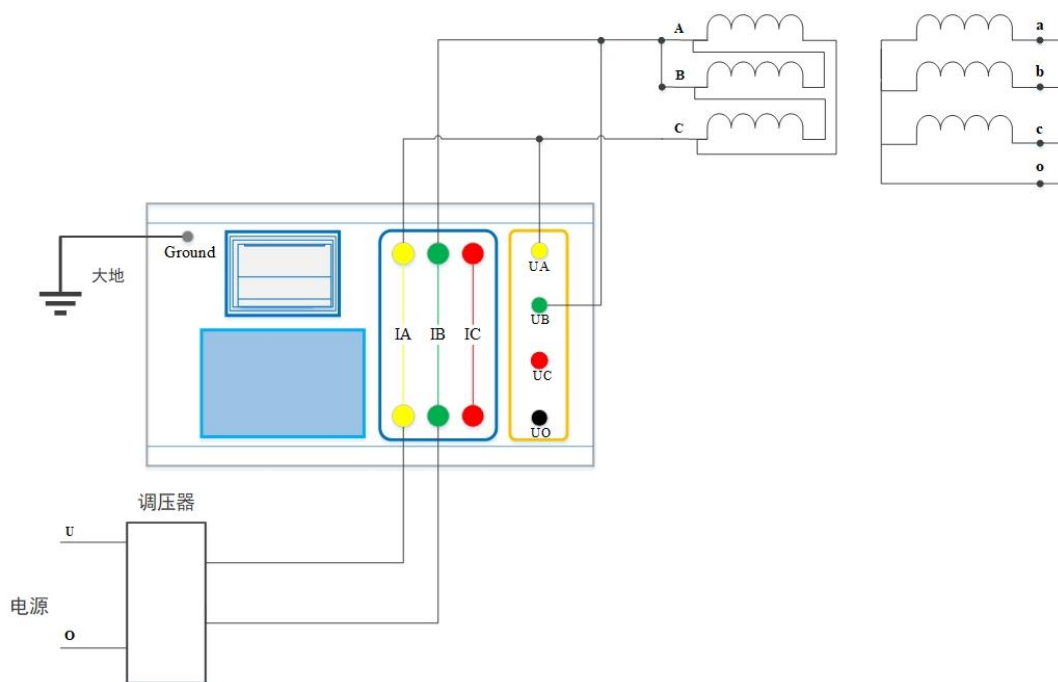


图 3.120D 负载损耗 C 相接线图

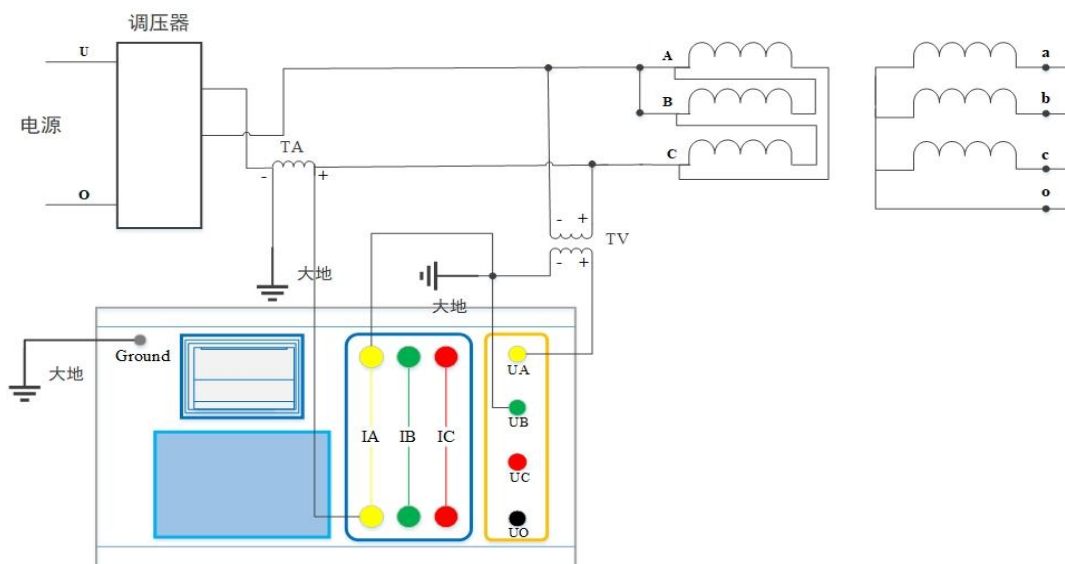


图 3.121 D 负载损耗外接 C 相接线图

3.9.4 试验运行界面

三相法:



图 3.94 点击确定负载损耗试验运行界面，当选择“三相法”时如图 3.122 所示：

自动测试：接好线以后，按“运行”，然后缓慢调节调压器到设置电压或电流，显示“请将调压器置于零位再按停止”后，将调压器归零，然后按下“停止”。

手动测试：接好线以后，按“运行”，然后调节调压器使电压或电流达到想检测的点，等待数值稳定后，按下“保存”，显示“请将调压器置于零位再按停止”后，将调压器归零，然后按下“停止”。

△三相三相法 自动 高测低短 直接测量 2021-06-20 11:24:41				
相别	电流(A)	有效电压(V)	有功功率(W)	频率(HZ)
AB				
BC				
CA				
三相				
阻抗电压(%)：		COS ϕ ：	原始损耗(W)：	
电阻损耗(W)：		其他损耗(W)：	负载损耗(W)：	
试验开始前请将调压器置于零位				
运行		停止	保存	返回

图 3.122 负载损耗三相法试验启动界面

△三相三相法 自动 高测低短 直接测量 2021-06-20 11:24:41				
相别	电流(A)	有效电压(V)	有功功率(W)	频率(HZ)
AB	2.750	119.43	-60.355	50.010
BC	2.820	120.90	261.093	50.010
CA	2.756	119.60		50.010
三相	2.775	119.97		
阻抗电压(%)：		COS ϕ ：	原始损耗(W)：	
电阻损耗(W)：		其他损耗(W)：	负载损耗(W)：	
请将调压器置于零位再按停止				
运行		停止	保存	返回

图 3.123 负载损耗三相法试验完成界面



单相法:

需分别测试各个分相的结果，完成 3 个单独的测试，才算一个完整的试验

例如 D 型变压器单相法试验，需分别进行 AB，BC，CA3 个绕组的测试：

AB 相测试：设置完成后界面如图 3.124 所示，按照图 3.116 接线完成后，点击运行开始试验，调节调压器，将电流升到设置值，测试完成后，将显示图 3.125

△ 单相法 自动 高测低短 直接测量 2021-06-20 11:24:41				
相别	电流(A)	有效电压(V)	有功功率(W)	频率(HZ)
AB				
BC				
CA				
三相				
阻抗电压(%):		COS ϕ :	原始损耗(W):	
电阻损耗(W):		其他损耗(W):	负载损耗(W):	
准备测试AB相, 试验开始前请将调压器置于零位				
运行		停止	保存	返回

图 3.124 负载损耗单相法试验启动界面



△ 单相法 自动 高测低短 直接测量 2021-06-20 11:24:41				
相别	电流(A)	有效电压(V)	有功功率(W)	频率(HZ)
AB	3.05	112.17	119.49	50.02
BC				
CA				
三相				
阻抗电压(%)：		COS φ：	原始损耗(W)：	
电阻损耗(W)：		其他损耗(W)：	负载损耗(W)：	
准备测试BC相, 试验开始前请将调压器置于零位				
运行 停止 保存 返回				

图 3.125 负载损耗单相法试验 AB 相完成界面

BC 相测试: AB 相测试完成后, 调节调压器到零位, 按照图 3.118 换线, 再按下运行进行 BC 相的测试, 调节调压器, 将电流升到设置值, 测试完成后, 将显示图 3.126:

△ 单相法 自动 高测低短 直接测量 2021-06-20 11:24:41				
相别	电流 (A)	有效电压 (V)	有功功率 (W)	频率 (HZ)
AB	3.05	112.17	119.49	50.02
BC	3.03	112.02	126.34	49.98
CA				
三相				
阻抗电压(%)：		COS φ：	原始损耗 (W)：	
电阻损耗 (W)：		其他损耗 (W)：	负载损耗 (W)：	
准备测试CA相, 试验开始前请将调压器置于零位				
运行 停止 保存 返回				

图 3.126 负载损耗单相法试验 BC 相完成界面

CA 相测试: BC 相测试完成后, 调节调压器到零位, 按照图 3.120 换线, 再按下运行进行 CA 相的测试, 调节调压器, 将电流升到设置值, 测试完成后, 将显示图 3.127:



△ 单相法 自动 高测低短 直接测量 2021-06-20 11:24:41				
相别	电流(A)	有效电压(V)	有功功率(W)	频率(HZ)
AB	3.05	112.17	119.49	50.02
BC	3.03	112.02	126.34	49.98
CA	3.05	113.04	126.88	50.09
三相				
阻抗电压(%):		COS ϕ :	原始损耗(W):	
电阻损耗(W):		其他损耗(W):	负载损耗(W):	
请将调压器置于零位再按停止				
运行		停止	保存	返回

图 3.127 负载损耗单相法 CA 相完成界面

3.9.5 试验结果

试验全部完成后，进入试验结果界面：

- (1) 点击“保存”保存当前的测试结果；
- (2) 点击“打印”打印当前的测试结果；
- (3) 点击“分析”进入数据分析界面。
- (4) 点击“返回”将进入试验设置界面（如未保存数据，数据会丢失）。
- (5) 原始损耗：未修正的负载损耗
- (6) 电阻损耗：修正后的负载损耗中的铜损
- (7) 其他损耗：修正后的负载损耗中的铁损
- (8) 负载损耗：修正后的负载损耗



△三相三相法 自动 高测低短 直接测量 2021-06-20 11:24:41				
相别	电流(A)	有效电压(V)	有功功率(W)	频率(HZ)
AB	2.750	119.43	-60.355	50.010
BC	2.820	120.90	261.093	50.010
CA	2.756	119.60		50.010
三相	2.775	119.97		
阻抗电压(%): 4.080		COS φ: 0.347		原始损耗(W): 2223.13
电阻损耗(W): 2379.01		其他损耗(W): 69.872		负载损耗(W): 2448.89
保存		打印		分析
返回				

图 3.128 负载损耗三相法试验结果界面

3.9.6 试验结果分析

点击分析按钮，进入负载试验结果分析界面

- (1) “重新计算”如果仪器参数设置错误，可无需重新试验，直接修正；
- (2) “分析”按照当前设置参数进行分析。
- (3) “打印”分析后再打印，会包含数据分析结果。
- (4) “返回”将进入试验结果界面。

如图 3.128 测试结果数据分析界面如图 3.129 所示：



	实测值	标准值	误差(%)	国标(%)	
负载损耗	2448.89 W	2540 W	3.59	15.0	
短路阻抗	4.08 %	4.01 %	1.75	10(主分接)	
高压电阻:	10080 mΩ	低压电阻:	13608 uΩ	额定频率:	50 HZ
当前温度:	25.0 °C	额定温度:	75.0 °C		
重新计算 打印 分析 返回					

图 3.129 试验结果分析界面

- (5) 负载损耗：实测值 2448.89W，标准值（按照仪器出厂设置 图示 2540）
- (6) 短路阻抗：实测值 4.08，标准值（按照仪器出厂设置 图示 4.01）
- (7) 国标：误差所允许的最大值 按下分析 仪器自动按照容量，电压等参数给出。

第四部分 上位机软件使用方法

4.1 软件使用介绍

（1）本软件在 Win10 完整版系统下可以直接使用，如不能正常识别需要安装 USB 虚拟串口驱动。连接好 USB 线，仪器主界面图 3.1 点击“PC 通讯”，进入图 4.1 PC 通讯界面，退出 PC 通讯模式，点击“返回”即可。



图 4.1 PC 通讯界面

(2) 进入 PC 通讯模式后，电脑界面右键点击“窗口图标”，选择设备管理器，如图 4.2 所示，进入图 4.3 通讯串口界面，在端口一栏会显示“Ambulo2400 USB Serial”+串口号，示例为 COM10，如果显示黄色？号，需要安装相应的驱动。



图 4.2 设备管理器

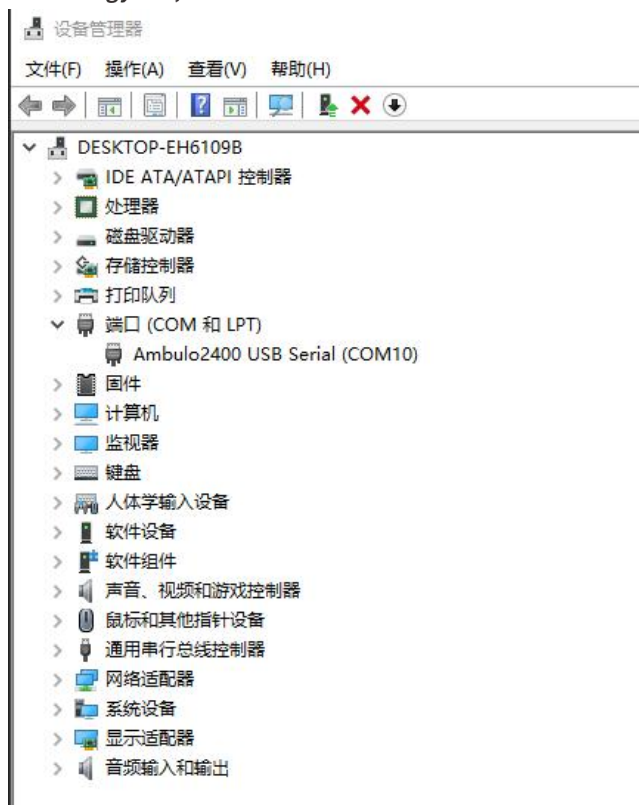


图 4.3 通讯串口

(3) 打开图 4.4 中 BX.exe 程序（确保图中的 DLL 文件齐全），显示图 4.5 试验选择界面

名称	修改日期	类型	大小
acdata	2021/6/20 14:31	文件夹	
bxdata	2021/6/20 14:31	文件夹	
hrdata	2021/6/20 14:31	文件夹	
lldata	2021/6/20 14:31	文件夹	
nldata	2021/6/20 14:31	文件夹	
srdata	2021/6/20 14:31	文件夹	
zrdata	2021/6/20 14:31	文件夹	
BX.exe	2021/6/15 16:19	应用程序	1,092 KB
EasyUSB214x.dll	2008/8/21 16:19	应用程序扩展	40 KB
Microsoft.Office.Interop.Excel.dll	2010/3/3 20:07	应用程序扩展	1,514 KB
Microsoft.Office.Interop.Word.dll	2010/3/3 20:07	应用程序扩展	886 KB
Office.dll	2015/6/1 18:24	应用程序扩展	438 KB
ZedGraph.dll	2015/9/19 15:28	应用程序扩展	289 KB
ZedGraph.xml	2015/9/19 15:28	XML 文档	1,471 KB

图 4.4 应用程序文件夹



图 4.5 上位机软件启动界面

4.2 频响法测绕组变形软件功能介绍

4.2.1 上传数据

(1) 如图 4.3, 确保仪器进入 PC 通讯状态, 电脑与仪器正常连接并显示 COM 号 (示例 COM10)

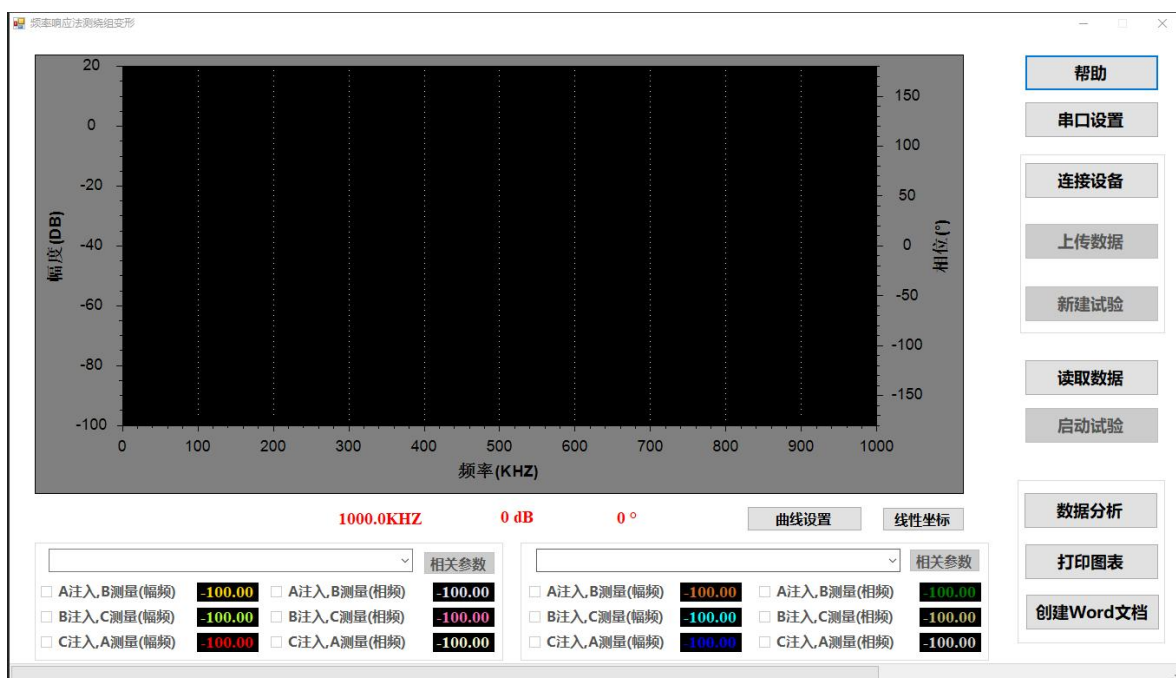


图 4.6 上位机软件启动界面

(2) 点击“串口设置”，出现串口设置界面如图 4.7 所示：

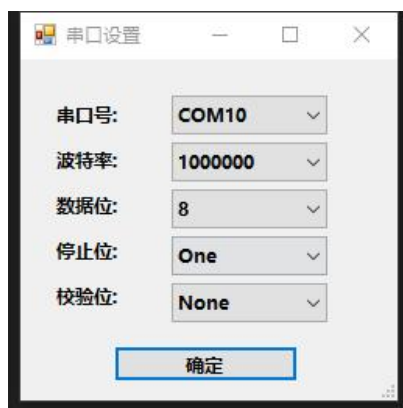


图 4.7 串口设置界面

串口号：COM10（按照设备管理器中串口号设置，示例为 COM10）；

波特率：1000000；

数据位：8；

停止位：1；

校验位：None；



(3) 串口设置完成后, 点击“连接设备”, 仪器界面上面显示设备号 (如图 930008), 连接成功后, “上传数据”, “新建试验” 等图标可用。

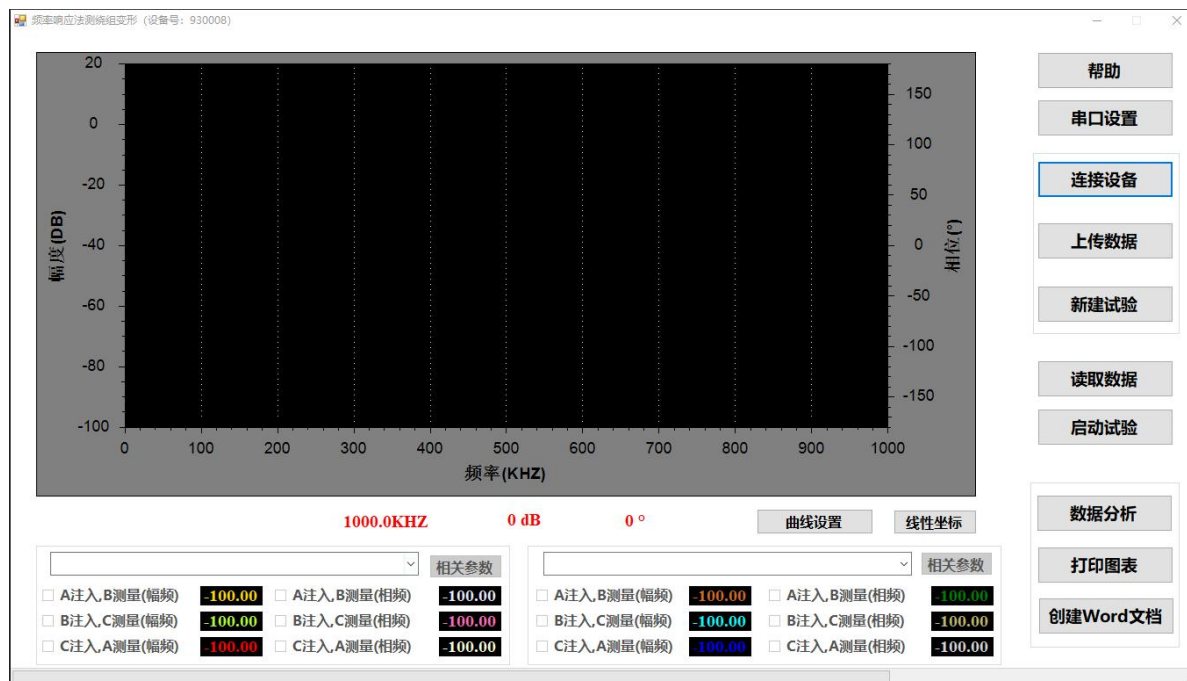


图 4.8 仪器连接成功界面

(4) 点击“上传数据”, PC 端开始与仪器传输数据, 如图 4.9 所示。绿色进度条走完完后, 弹出“上传数据完成”窗口, 数据传输成功 (传输过程中, 不要插拔 USB 线或点击其他按钮)。

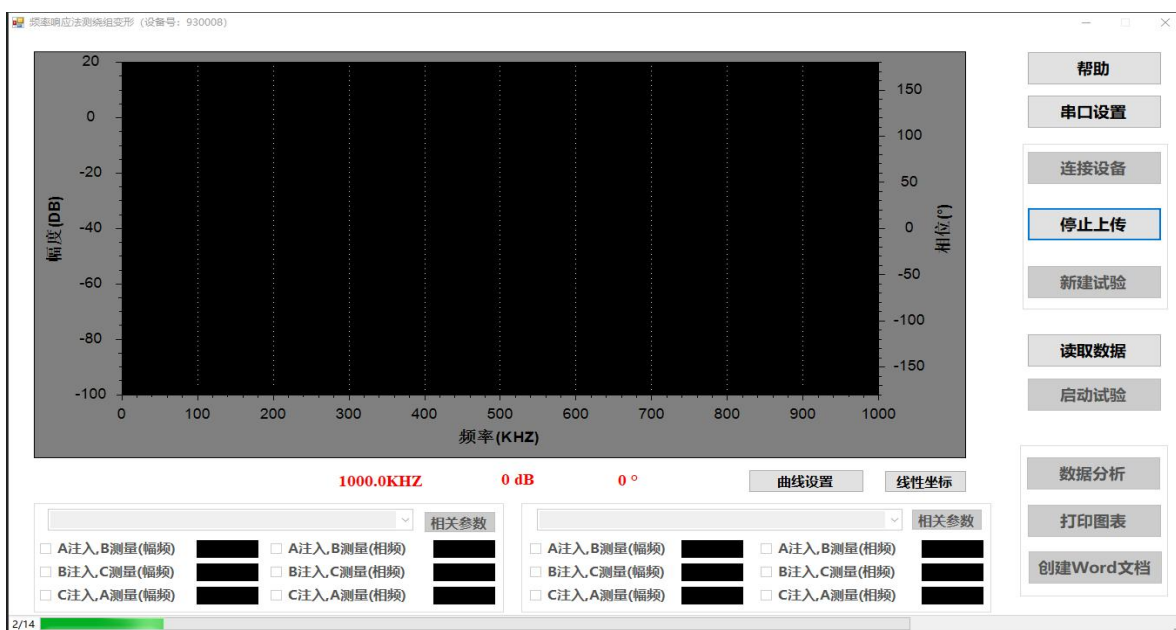




图 4.9 数据上传界面

4.2.2 联机试验

(1) 图 4.8 点击“新建试验”，弹出“参数设置”界面，新建一个空白文件，
标准模式（如图 4.10 所示），选择标准模式，输入设置参数，选择测试模板
（10HZ-1000KHZ）

自定义模式（如图 4.11 所示），选择自定义模式，可以选择初始频率，扫描间隔和扫描点数，然后点击“保存”。

参数设置

变压器编号:

接线方式: Yn

试验单位:

高/中/低压侧: LV

测试时间: 2021/6/20 16:08

操作人员:

测试频段: ☐ 自定义模式: 起始频率: KHZ 扫描间隔: 00HZ 采样点: 00

☒ 标准模式: 线性10HZ-1000KHZ

保存 退出

图 4.10 标准模式参数设置界面

参数设置

变压器编号:

接线方式: Yn

试验单位:

高/中/低压侧: LV

测试时间: 2021/6/20 16:12

操作人员:

测试频段: ☒ 自定义模式: 起始频率: 10 KHZ 扫描间隔: 1 00HZ 采样点: 5 00

☐ 标准模式: 线性10HZ-1000KHZ

保存 退出

图 4.11 自定义模式参数设置界面

(2) 测试线连接完成后,点击“启动试验”按钮开始试验，如图 4.12 所示。当前测试完成后，软件提示换线，如图 4.13 所示，点击“继续”，将测试线连接到 B 相（和



仪器端接线一致), 再次点击“启动试验”, 重复 2 次, 一共三次点击“启动试验”, 一次完整的试验(三相变压器)测量三条测试曲线。测试完成后, 如图 4.14 所示, 点击“确定”保存数据, 数据保存成功后, 弹出图 4.15。若在测试过程中点击“停止试验”, 将结束当前测量。试验完成后, 如图 4.16 所示(示例为 RC 电路, 3 次重复性试验)



图 4.12 试验运行界面

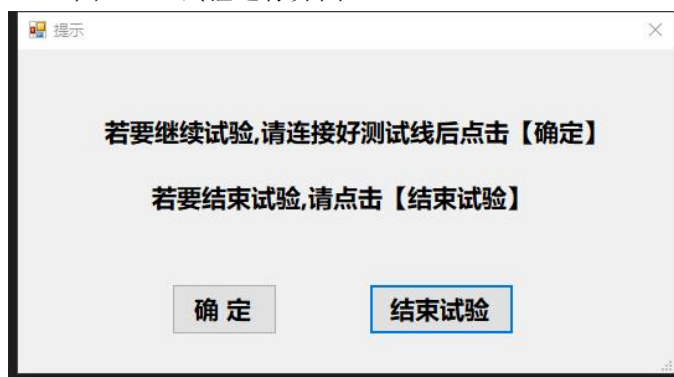


图 4.13 单相测试结束提醒

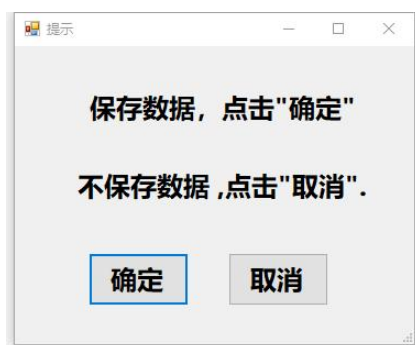


图 4.14 测试完成提醒



图 4.15 数据保存完成提醒

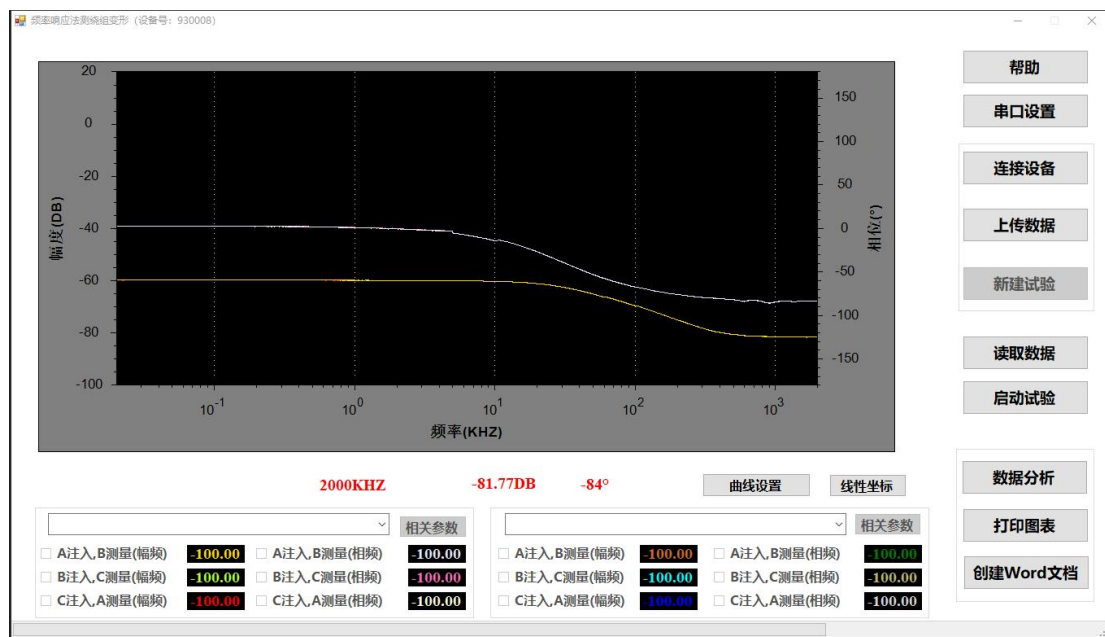


图 4.16 试验完成界面

4.2.3 读取数据和数据分析

(1) 图 4.6 所示界面，点击“读取数据”，软件自动跳转到 bxdata 文件夹（无论是上传的文件还是本软件新建的文件都自动命名，例如文件名为：0_Y_HV_2013-10-10 15@30.xlsx 的文件，第一个字符 0 代表线性 10HZ-1000KHZ，Y 形接线方式，HV 高压



侧数据，测试时间 2013-10-10 15:30，由于文件名不能有“:”，所以用“@”代替“:”），如图 4.17 所示，选择所需要读取的文件，然后点击打开，可读取多个数据。

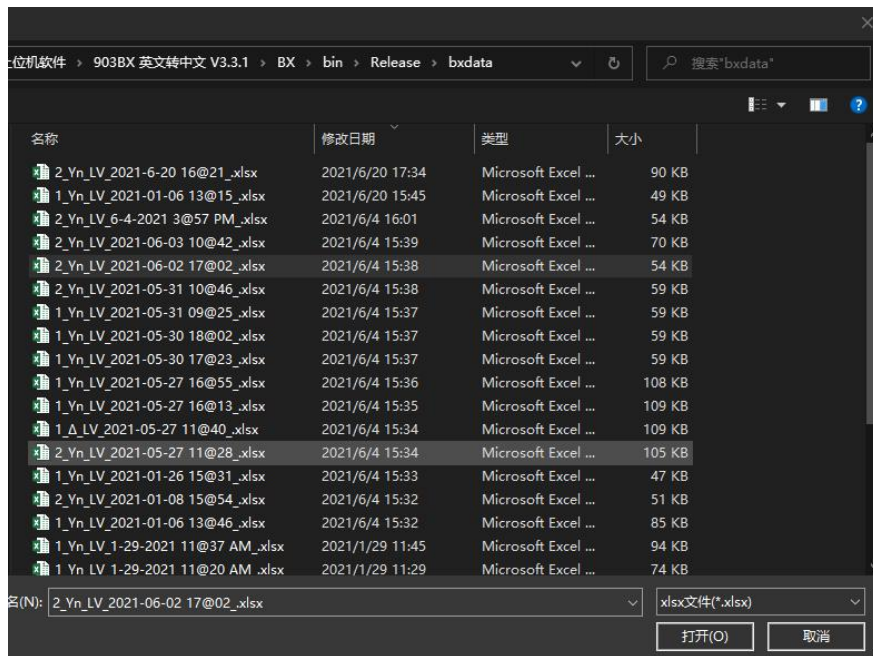


图 4.17 数据读取界面

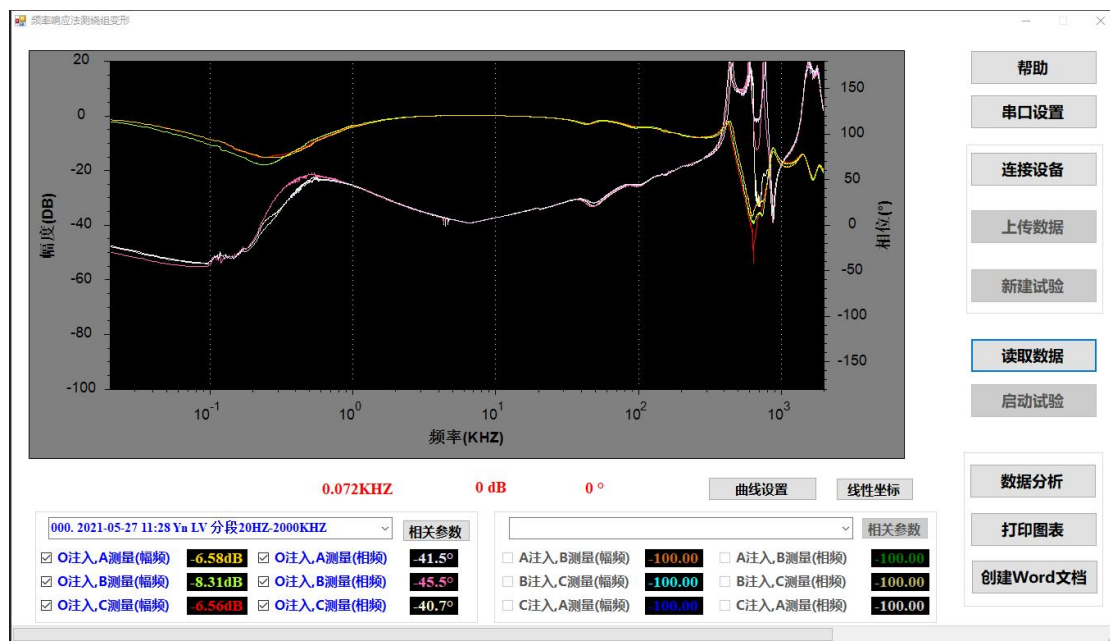


图 4.18 数据界面

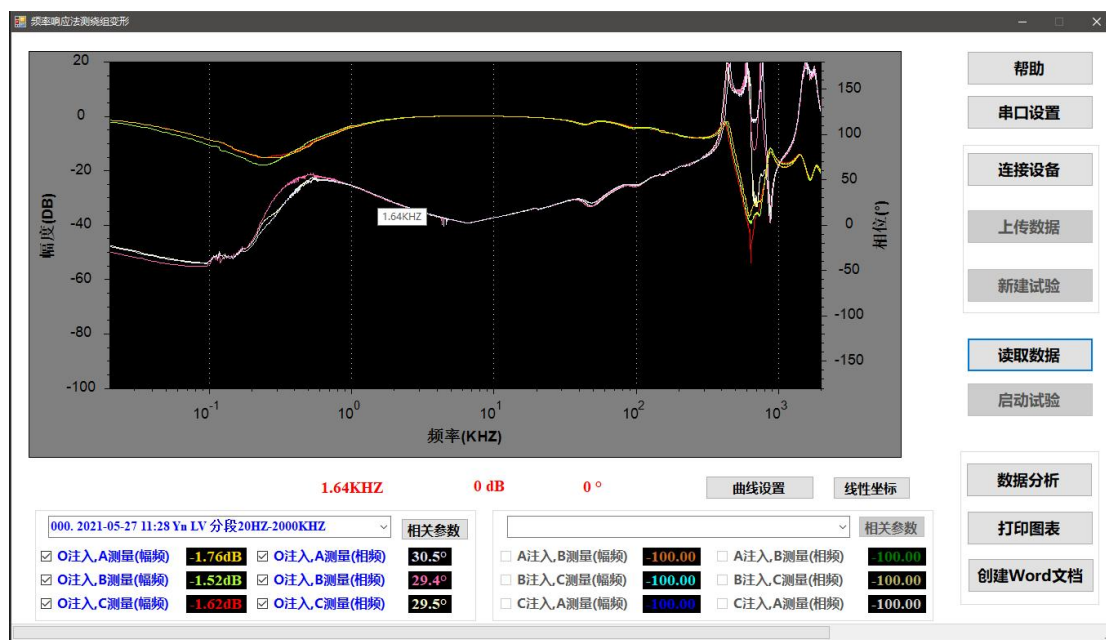


图 4.19 数据查看界面

(2) 如图 4.19 所示，将鼠标移动到图形上，将在界面的左下角显示鼠标所在坐标的参数。

图中为 1.64KHz 时的参数：

例如 0 注入，A 测量（幅频）-1.76dB 为 A 相在 1.64KHz 的频率响应值 对应图中的黄色曲线，（-1.76dB 为黄色，对应图中的曲线）

曲线图左边为幅度（DB）坐标轴，右边为相位（°）坐标轴，一条数据包含 6 条曲线（3 条幅频曲线，3 条相频曲线），可以点击相应曲线前的按钮来选择是否显示这条曲线。如图 4.20，只显示幅频曲线。

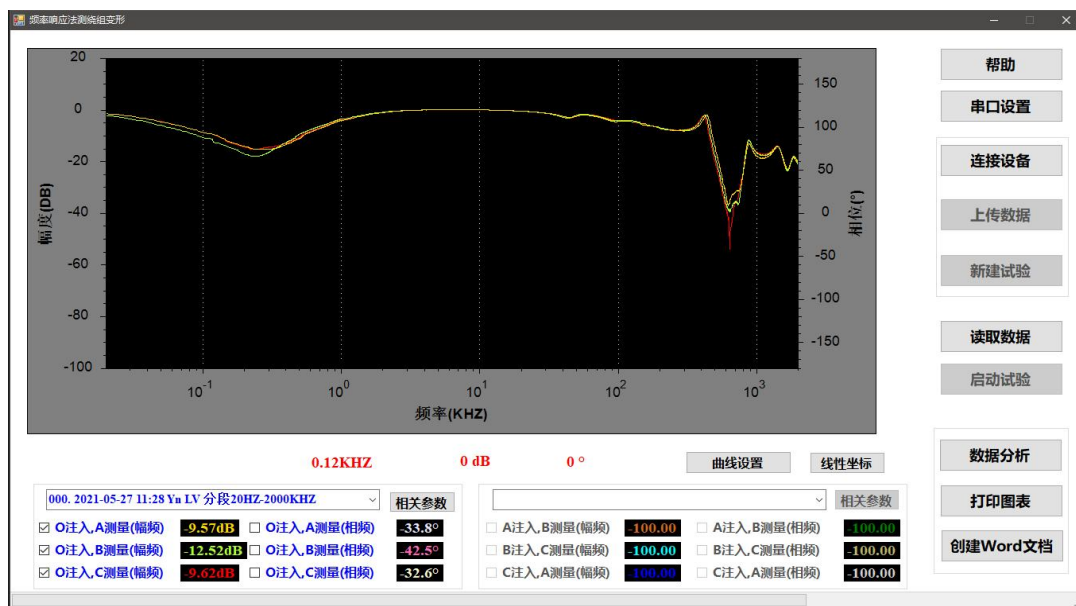


图 4.20 幅频曲线界面

(3) 点击“相关参数”，出现图 4.21 所示界面，可以查看试验设置参数

变压器编号: 接线方式: Yn

试验单位: 高/中/低压侧: LV

测试时间: 2021-05-27 11:28 操作人员:

测试频段: ☐ 自定义模式: 起始频率: KHZ 扫描间隔: 00HZ 采样点: 00

☐ 标准模式: 分段20HZ-2000KHZ

保存 退出

图 4.21 参数设置界面

(4) 点击“线性坐标”，出现图 4.22 所示界面，可以将曲线变成线性显示

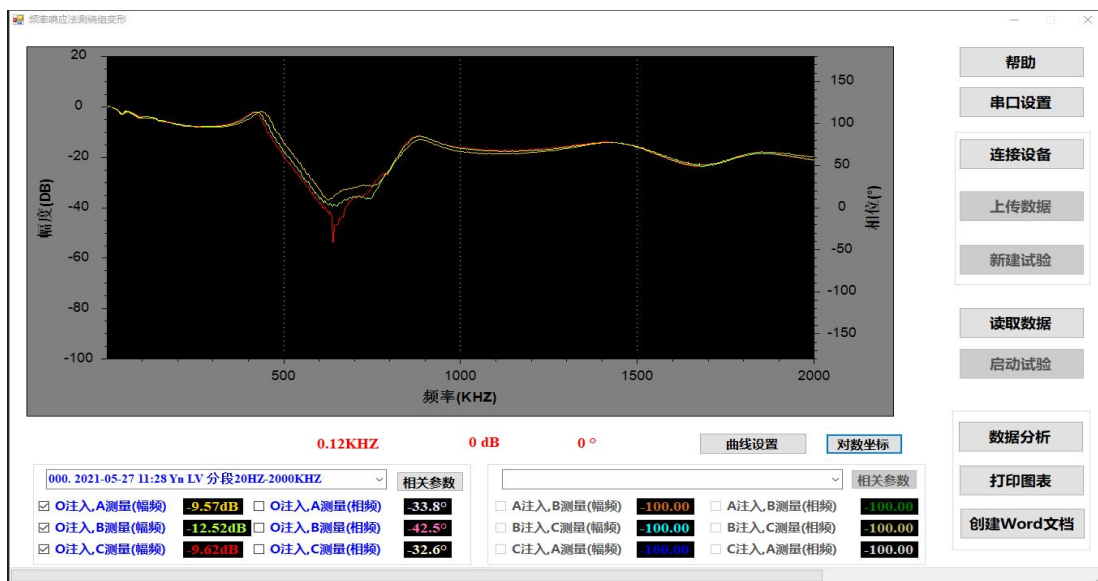




图 4.22 线性显示界面

(5) 点击“曲线设置”，出现图 4.23 所示界面，可以定义图形中，各条曲线的颜色和线宽，使能鼠标右键的水平缩放和纵向缩放等功能，设置完成后，点击保存生效。



图 4.23 曲线设置界面

(6) 点击“数据分析”，出现图 4.24 所示界面，点击“开始分析”即可（DLT911-2016）。



图 4.24 数据分析界面

(7) 读取多组数据后，点击左边下拉栏，选择需要对比的数据：如图 4.25 所示



(001.2020-11.28 14:15 Yn LV),如果存在与所选数据相同类型的数据(Yn LV 以及测试频段均为一致),此时在右边下拉栏会出现同类型的数据,如图 4.25 所示

(000.2020-11.23 14:15 Yn LV)

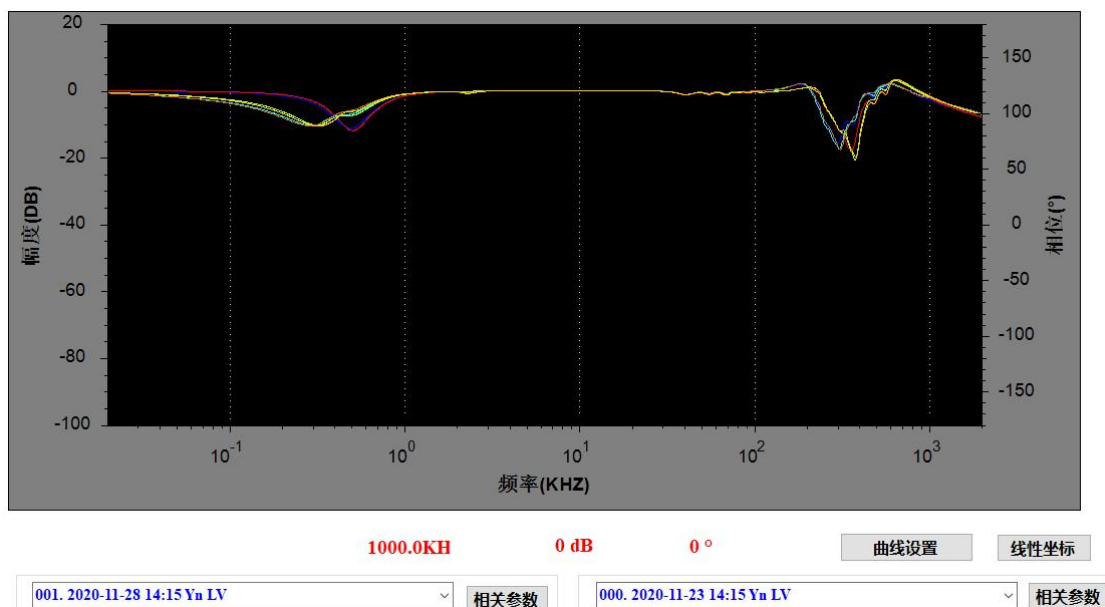


图 4.25 多组数据界面

(8) 如上图所示,加载 2 组数据之后,再点击“数据分析”,便可对 2 组数据进行横向分析和纵向分析



数据分析

频段设置

低频段 中频段 高频段

0.02 KHZ 100 KHZ 600 KHZ 2000 KHZ

横向分析

相关系数	低频段	中频段	高频段	分析结果
R(OA,OB)	1.501	2.223	3.059	轻度变形
R(OB,OC)	1.765	1.444	3.146	轻度变形
R(OC,OA)	1.458	1.339	4.454	轻度变形

横向分析

相关系数	低频段	中频段	高频段	分析结果
R(OA,OB)	1.518	2.308	3.522	轻度变形
R(OB,OC)	1.722	2.175	3.597	轻度变形
R(OC,OA)	1.431	1.734	3.532	轻度变形

纵向分析

相关系数	低频段	中频段	高频段	分析结果
R(OA,OA)	1.400	0.549	2.239	轻度变形
R(OB,OB)	1.480	0.579	2.661	轻度变形
R(OC,OC)	1.291	0.727	2.341	轻度变形

开始分析 退出

图 4.26 多组数据分析界面

4.3 短路阻抗法测绕组变形软件功能介绍

4.3.1 上传数据

(1) 试验选择界面选择“短路阻抗测绕组变形”，进入短路阻抗软件界面，如图 4.27。如图 4.3 确保仪器进入 PC 通讯状态，电脑与仪器正常连接并显示 COM 号（示例 COM10），点击“串口设置”，出现串口设置界面如图 4.28 所示



相别	I(A)	U(V)	P(W)	F(Hz)	Zk(Ω)	Xk(Ω)	Lk(mH)	Zke(%)
AB								
BC								
CA								
三相								
变化率								
标准								

铭牌短路阻抗	实测短路阻抗	短路阻抗误差

图 4.27 短路阻抗法软件界面

串口号: COM10
波特率: 1000000
数据位: 8
停止位: One
校验位: None
确定

图 4.28 串口设置界面

串口号: COM10 (按照设备管理器中串口号设置, 示例为 COM10);

波特率: 1000000;

数据位: 8;

停止位: 1;

校验位: None;



(2) 串口设置完成后, 点击“连接设备”, 仪器界面上面显示设备号 (如图 930008), 连接成功后, “上传数据”, “新建试验” 等图标可用。

相别	I(A)	U(V)	P(W)	F(Hz)	Zk(Ω)	Xk(Ω)	Lk(mH)	Zke(%)
AB								
BC								
CA								
三相								
变化率								
标准								

铭牌短路阻抗	实测短路阻抗	短路阻抗误差

图 4.29 仪器连接成功界面

(3) 点击“上传数据”, PC 端开始与仪器传输数据, 如图 4.30 所示。绿色进度条走完, 弹出“上传数据完成”窗口, 数据传输成功 (传输过程中, 不要插拔 USB 线或点击其他按钮)。

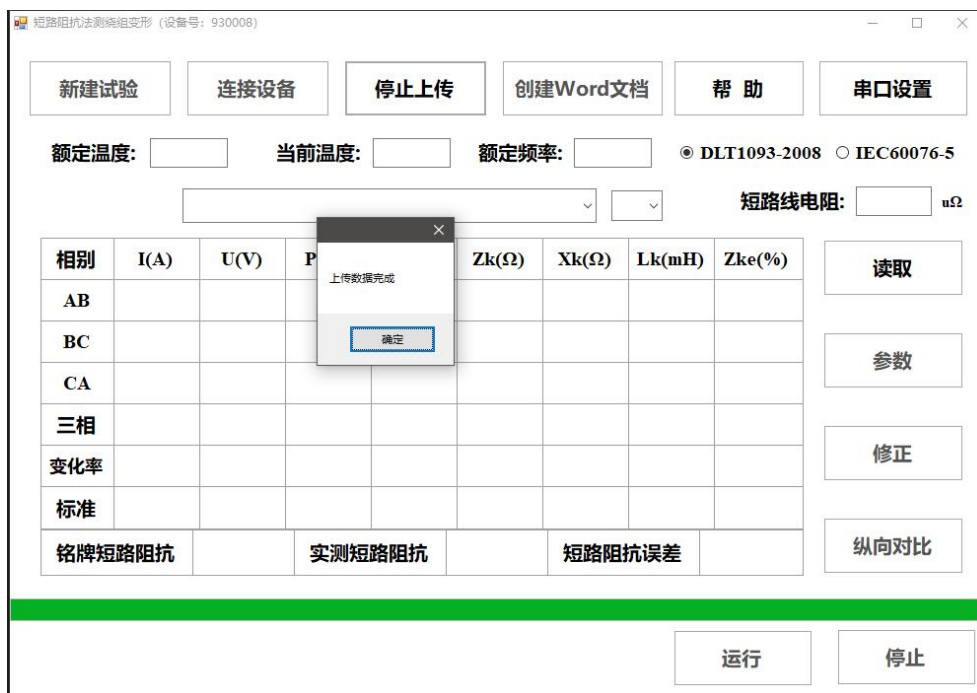


图 4.30 短路阻抗数据传输界面

4.3.2 联机试验

(1) 图 4.29 点击“新建试验”，弹出“参数设置”界面，和仪器端一样设置好相关参数后，点击确定。



图 4.31 短路阻抗参数设置界面

(2) 参数设置完成后，点击“确定”，操作界面如图 4.32 所示，测试流程和仪器端



相同，如果是单相法，需换线进行三次测试才是一个完整的试验。点击“运行”，仪器开始采样，如图 4.33 所示，试验完成后如图 4.34 所示，将调压器调节至零位，再按下“停止”，此时出现图 4.35 数据保存提醒，按下“确定”保存数据，“取消”将舍弃这次试验的数据。

相别	U(V)	I(A)	P(W)	F(Hz)
AB				
BC				
CA				
实时阻抗				

准备测试，请先将调压器置于零位，再按下运行

图 4.32 短路阻抗开始界面



短路阻抗法测绕组变形 (设备号: 930008)

新建试验 连接设备 上传数据 创建Word文档 帮助 串口设置

相别	U(V)	I(A)	P(W)	F(Hz)
AB	0.07	0.01	0.00	0.00
BC	0.08	0.01	0.00	0.00
CA	0.08	0.01		0.00
cosΦ	0.09	总有功率	0.00	
实时阻抗	$Z_k = 0.62 + 6.85j \quad Z = 6.87$			
开始升压				

记录 参数设置 保存 数据 返回

运行 停止

图 4.33 短路阻抗运行界面

短路阻抗法测绕组变形 (设备号: 930008)

新建试验 连接设备 上传数据 创建Word文档 帮助 串口设置

相别	U(V)	I(A)	P(W)	F(Hz)
AB	0.07	0.01	0.00	0.00
BC	0.08	0.01	0.00	0.00
CA	0.08	0.01		0.00
cosΦ	0.09	总有功率	0.00	
实时阻抗	$Z_k = 0.60 + 6.88j \quad Z = 6.91$			
请先将调压器置于零位，再按下停止				

记录 参数设置 保存 数据 返回

运行 停止

图 4.34 短路阻抗试验结束界面

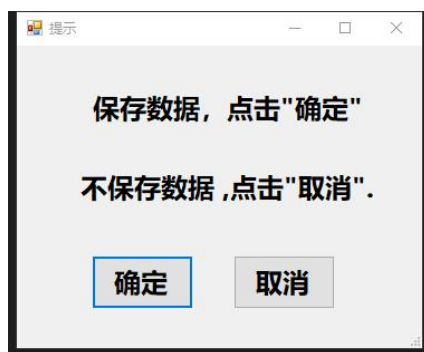


图 4.35 数据保存提醒

4.3.3 读取数据和数据分析

(1) 图 4.29 所示界面, 点击“读取数据”, 软件自动跳转到 **srdata** 文件夹, 如图 4.36 所示, 选择所需要读取的文件, 然后点击打开, 可读取多个数据 (一次读取一个数据), 数据读取成功后如图 4.37 所示, 点击下拉菜单, 切换读取的数据和测试点。

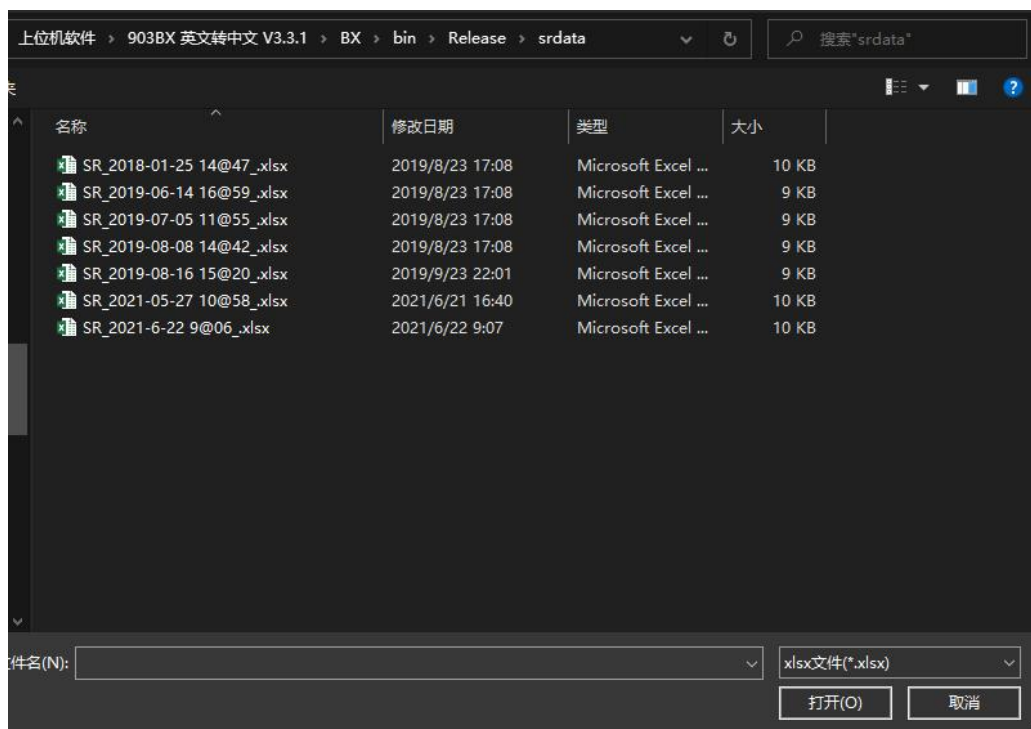


图 4.36 短路阻抗数据读取界面



短路阻抗法测绕组变形

新建试验 连接设备 上传数据 创建Word文档 帮助 串口设置

额定温度: 75.00 当前温度: 20.00 额定频率: 50.00 ☒ DLT1093-2008 ☐ IEC60076-5

000. 2021-05-27 10:58 D 三相三线法 01 短路线电阻: 1615.0 $\mu\Omega$

相别	I(A)	U(V)	P(W)	F(Hz)	Zk(Ω)	Xk(Ω)	Lk(mH)	Zke(%)
AB	2.25	97.88	-41.19	49.91				
BC	2.32	99.66	176.80	49.91				
CA	2.27	98.00		49.91				
三相	2.28	98.51	0.35		44.48	40.55	129.07	4.10%
变化率		1.81%						
标准		2.0%						2.5%
铭牌短路阻抗	4.00%	实测短路阻抗	4.10%	短路阻抗误差	2.38%			

读取 参数 修正 纵向对比

运行 停止

图 4.37 短路阻抗数据读取成功界面

(2) 点击“相关参数”，出现图 4.21 所示界面，可以查看试验设置参数

参数设置

变压器编号: 2123 额定温度: 75 $^{\circ}\text{C}$ 额定高压: 10 KV

试验单位: 当前温度: 20 $^{\circ}\text{C}$ 额定低压: 0.4 KV

测试时间: 2021-05-27 10:58 最大电压: V 额定功率: 160 KVA

操作人员: 最大电流: 3 A 短路阻抗: 4 %

采样方式: ☒ 自动 ☐ 手动 测试点数: 3 额定频率: 50 HZ

分接位置: 2

电流互感器变比: 1 : 1 接线方式: ☒ 高压测低压短 ☐ 高压测中压短 ☐ 中压测低压短

电压互感器变比: 1 : 1 测试方法: D 三相三线法 ☐ 外接两表法 ☐ 外接三表法 ☒ 直接测量

确定

图 4.38 参数设置查看界面

(3) 如果参数设置有误，可以重新设置相关参数（温度，频率，以及短路线电阻），



然后点击“修正”，对数据结果进行修正。同类型的变压器测试数据或者同一个变压器不同时期的测试数据，可以点击纵向对比进行数据分析，点击“参数”可以查看所选数据的参数，点击“数据”返回读取数据界面。



图 4.39 短路阻抗纵向对比界面

4.4 转子交流阻抗软件功能介绍

4.4.1 上传数据

(1) 试验选择界面选择“转子交流阻抗”，进入转子交流阻抗软件界面，如图 4.40. 如图 4.3 确保仪器进入 PC 通讯状态，电脑与仪器正常连接并显示 COM 号（示例 COM10），
点击“串口设置”，出现串口设置界面如图 4.41 所示



图 4.40 转子交流阻抗软件界面

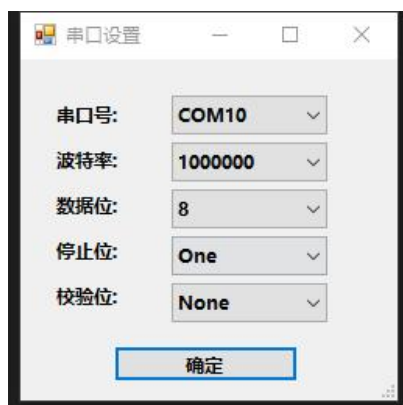


图 4.41 串口设置界面

- (2) 串口号: COM10 (按照设备管理器中串口号设置, 示例为 COM10);
波特率: 1000000;
数据位: 8;
停止位: 1;
校验位: None;
- (3) 串口设置完成后, 点击“连接设备”, 仪器界面上面显示设备号 (如图 930008),



连接成功后，“上传数据”，“新建试验”等图标可用。



图 4.42 仪器连接成功界面

(4) 点击“上传数据”，PC 端开始与仪器传输数据，与短路阻抗上传数据一样，绿色进度条走完后，弹出“上传数据完成”窗口，数据传输成功（传输过程中，不要插拔 USB 线或点击其他按钮）。

4.4.2 联机试验

(1) 图 4.42 点击“新建试验”，弹出“参数设置”界面，和仪器端一样设置好相关参数后，点击确定。



参数设置

发电机编号:

试验单位:

测试时间: 2021/6/22 9:10

操作人员:

测试点数: 50

当前温度: 75 °C

当前温度: 25 °C

最大电压: 300 V

最大电流: 10 A

☐ 电压步长 ☒ 电流步长 ☐ 自动 ☒ 手动

确定

图 4.43 转子交流阻抗参数设置界面

(2) 参数设置完成后，点击“确定”，操作界面如图 4.44 所示，测试流程和仪器端相同，点击“运行”，仪器开始采样，如图 4.45 所示，试验完成后如图 4.46 所示，将调压器调节至零位，再按下“停止”，此时出现图 4.47 数据保存提醒，按下“确定”保存数据，“取消”将舍弃这次试验的数据。

发电机转子交流阻抗 (设备号: 930008)

新建试验 连接设备 上传数据 创建Word文档 帮助 串口设置

	U(V)	I(A)	F(Hz)	P(W)	Z(Ω)	COSφ

准备就绪 请将调压器置于零位

记录 参数设置 保存 数据 返回 运行 停止

图 4.44 转子交流阻抗试验开始界面



图 4.45 转子交流阻抗运行界面



图 4.46 转子交流阻抗试验结束界面

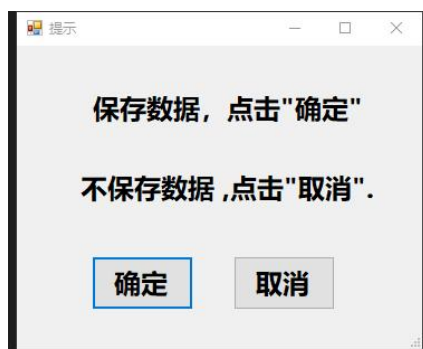


图 4.47 数据保存提醒

4.4.3 读取数据 and 数据分析

(1) 图 4.42 所示界面, 点击“读取数据”, 软件自动跳转到 **acdata** 文件夹, 如图 4.48 所示, 选择所需要读取的文件, 然后点击打开, 数据读取成功后如图 4.49 所示。点击“上一页”, “下一页”可以查看不同点的数据。

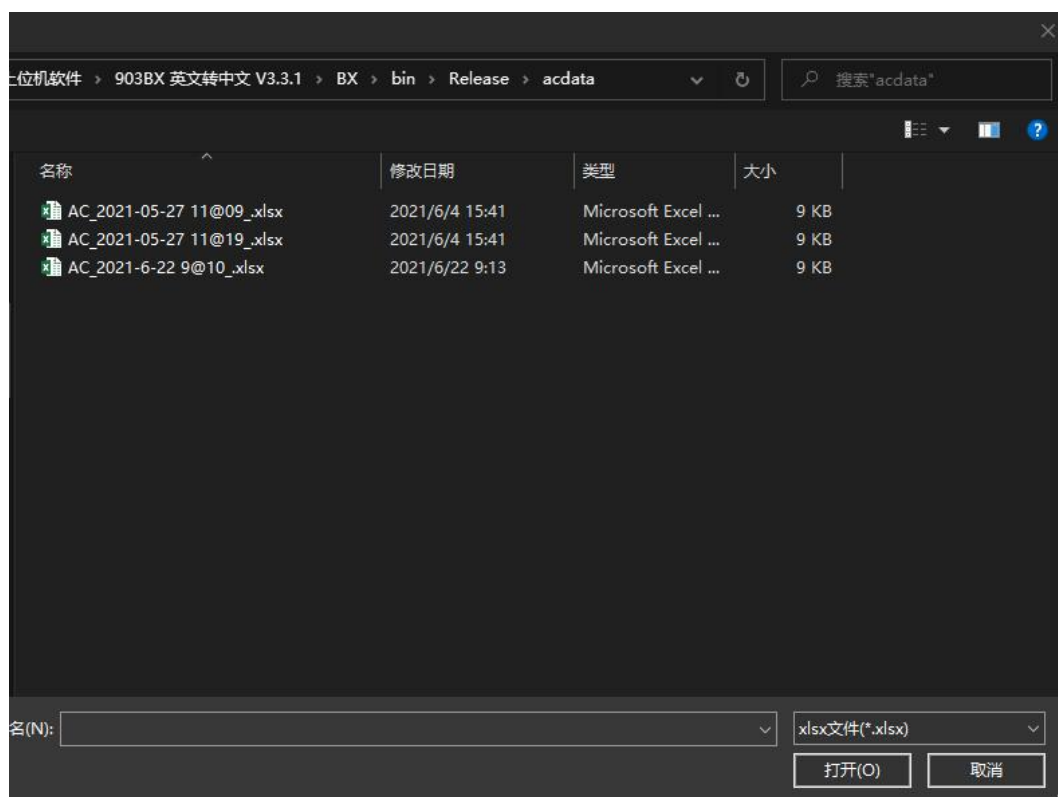


图 4.48 转子交流阻抗数据读取界面



图 4.49 转子交流阻抗数据读取成功界面

(2) 点击“曲线”查看转子交流阻抗特性曲线，如图 4.50 所示，使能“显示游标”可以查看曲线上点的数据，如图 4.51 所示。

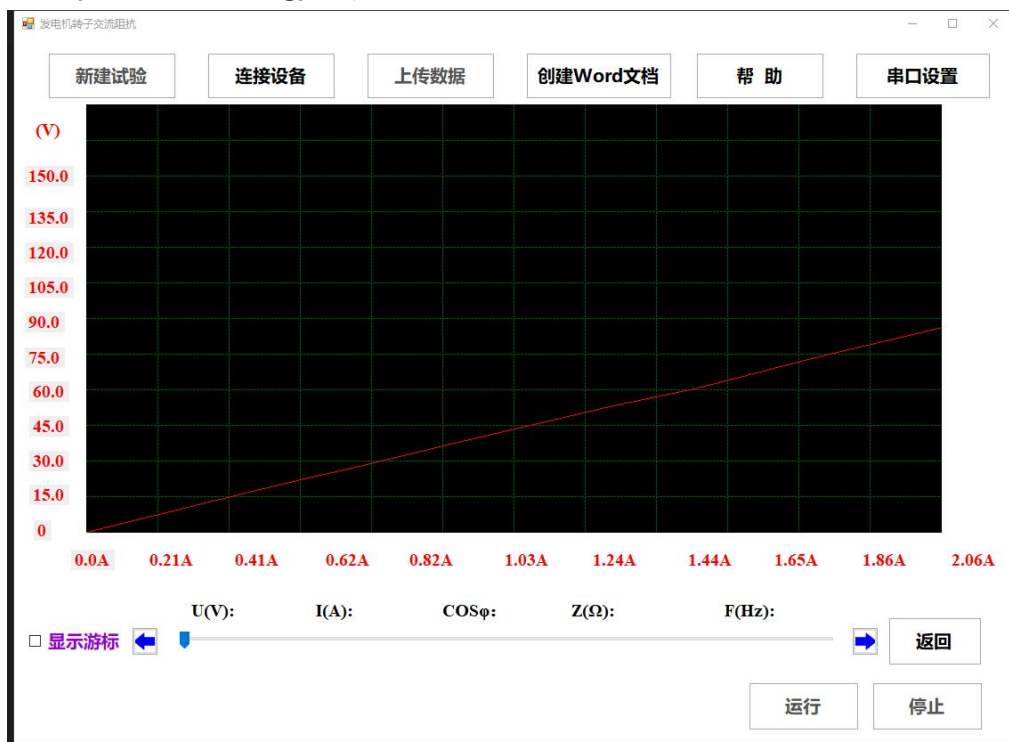


图 4.50 转子交流阻抗曲线界面

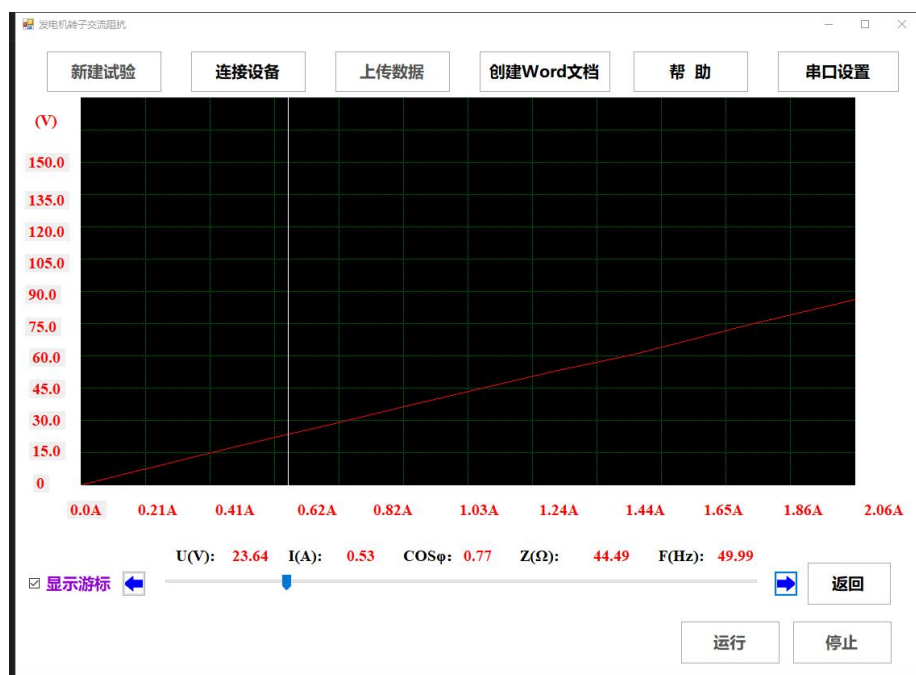


图 4.51 转子交流阻抗曲线查看数据界

4.5 变压器空载损耗软件功能介绍

4.5.1 上传数据



(1) 试验选择界面选择“变压器空载损耗”，进入空载损耗软件界面，如图 4.52.

如图 4.3 确保仪器进入 PC 通讯状态，电脑与仪器正常连接并显示 COM 号（示例 COM10），

点击“串口设置”，出现串口设置界面如图 4.53 所示

图 4.52 空载损耗软件界面

图 4.53 串口设置界面

(2) 串口号：COM10（按照设备管理器中串口号设置，示例为 COM10）；

波特率：1000000；



数据位：8；

停止位：1；

校验位：None；

(3) 串口设置完成后，点击“连接设备”，仪器界面上面显示设备号（如图 930008），连接成功后，“上传数据”，“新建试验”等图标可用。



图 4.54 空载试验通讯成功界面

(4) 点击“上传数据”，PC 端开始与仪器传输数据，与短路阻抗上传数据一样，绿色进度条走完后，弹出“上传数据完成”窗口，数据传输成功（传输过程中，不要插拔 USB 线或点击其他按钮）。

4.5.2 联机试验

(1) 图 4.54 点击“新建试验”，弹出“参数设置”界面，和仪器端一样设置好相关参数后，点击确定。



参数设置

变压器编号:		空载电流:	1.31	%	额定低压:	0.4	KV
试验单位:		最大电压:	400	V	额定功率:	160	KVA
测试时间:	2021/6/22 9:14	最大电流:	3	A	空载损耗:	439	W
操作人员:		分接档位:	1		额定频率:	50	HZ
采样方式:	☐ 自动 ☒ 手动						
铁芯材料:	☐ 取向硅钢片 ☒ 非取向硅钢片						
电流互感器变比:	1	:	1		接线方式:	☐ 外接三表法 ☐ 外接两表法 ☒ 直接测量	
电压互感器变比:	1	:	1		测试方法:	D 三相三线法	
确定							

图 4.55 空载试验参数设置界面

(2) 参数设置完成后, 点击“确定”, 操作界面如图 4.56 所示, 测试流程和仪器端相同, 如果是单相法, 需换线进行三次测试才是一个完整的试验。点击“运行”, 仪器开始采样, (手动模式下, 注意需升到参考电压, 如果未达到, 需要进行修正) 如图 4.57 所示, 试验完成后如图 4.58 所示, 将调压器调节至零位, 再按下“停止”, 此时出现图 4.59 数据保存提醒, 按下“确定”保存数据, “取消”将舍弃这次试验的数据。



变压器空载损耗 (设备号:930008)

新建试验 连接设备 上传数据 创建Word文档 帮助 串口设置

相别	I(A)	Uavg(V)	Urms(V)	P(W)
AB				
BC				
CA				

频率(Hz)	COSφ	波形畸变(%)
空载损耗(W)	空载电流(%)	电压不平衡度(%)

准备测试, 请先将调压器置于零位, 再按下运行

记录 参数设置 保存 数据 返回 运行 停止

图 4.56 空载试验开始界面

变压器空载损耗 (设备号:930008)

新建试验 连接设备 上传数据 创建Word文档 帮助 串口设置

相别	I(A)	Uavg(V)	Urms(V)	P(W)
AB	0.01	0.01	0.07	0.00
BC	0.01	0.01	0.08	0.00
CA	0.01	0.01	0.08	
	0.01	0.01	0.08	0.00

频率(Hz)	COSφ	波形畸变(%)
空载损耗(W)	空载电流(%)	电压不平衡度(%)

开始升压 参考电压:400.00V

记录 参数设置 保存 数据 返回 运行 停止

图 4.57 空载试验运行界面



变压器空载损耗 (设备号:930008)

新建试验 连接设备 上传数据 创建Word文档 帮助 串口设置

相别	I(A)	Uavg(V)	Urms(V)	P(W)
AB	0.01	0.01	0.07	0.00
BC	0.01	0.01	0.08	0.00
CA	0.01	0.01	0.08	
	0.01	0.01	0.08	0.00
频率(Hz)	0.00	COSφ	0.09	波形畸变(%)
空载损耗(W)		空载电流(%)		电压不平衡度(%) 14.50

请先将调压器置于零位，再按下停止

记录 参数设置 保存 数据 返回 运行 停止

图 4.58 空载试验结束界面

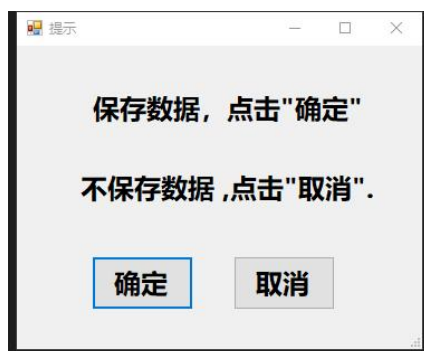


图 4.59 数据保存提醒

4.5.3 读取数据 and 数据分析

(1) 图 4.54 所示界面, 点击“读取数据”, 软件自动跳转到 **nldata** 文件夹, 如图 4.60 所示, 选择所需要读取的文件, 然后点击打开, 可读取多个数据 (一次读取一个数据), 数据读取成功后如图 4.61 所示, 点击下拉菜单, 切换读取的数据。

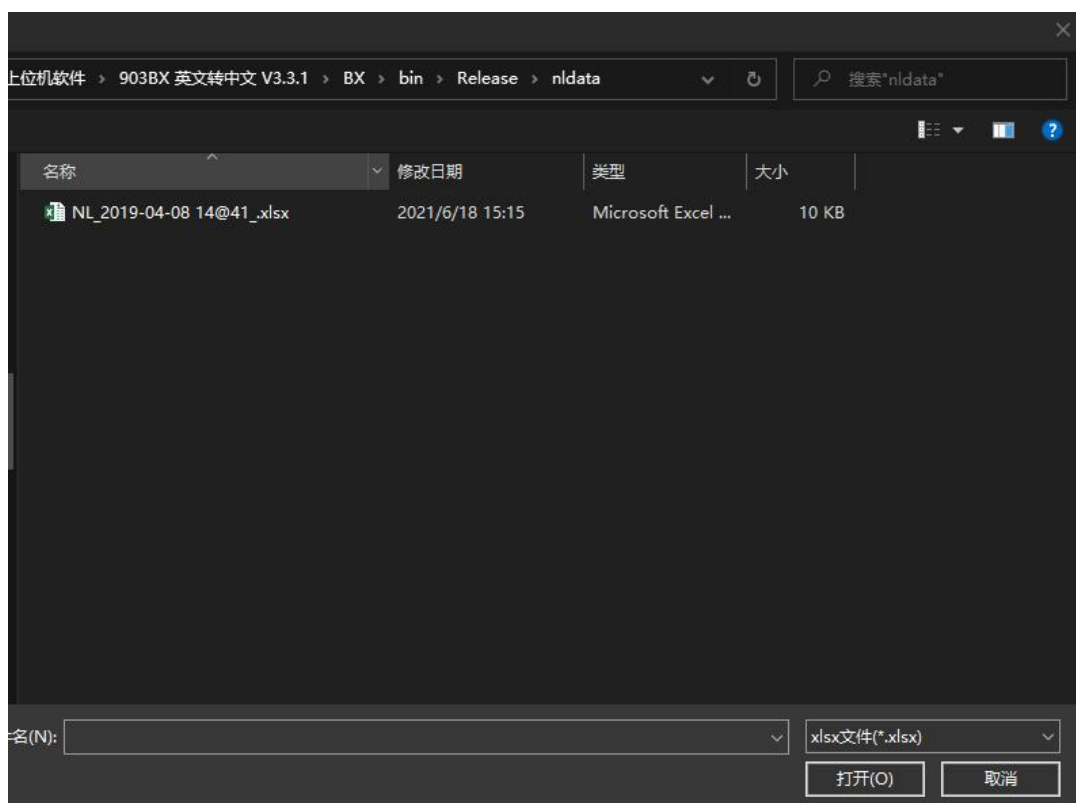


图 4.60 短路阻抗数据读取界面



相别	I(A)	Uavg(V)	Urms(V)	P(W)
AB	3.28	402.60	401.32	-213.30
BC	2.61	409.85	403.20	653.52
CA	3.39	409.85	400.53	
三相	3.07	404.48	401.68	440.22

Freq(Hz)	49.90	空载损耗(W)	429.96	波形畸变(%)	0.69
COSφ	0.20	空载电流(%)	1.32	电压不平衡度(%)	2.18
		实测值	标准值	误差(%)	国标(%)
空载损耗(W)		429.96	439	2.10	15%
空载电流(%)		1.32	1.31	0.76	30%

图 4.61 短路阻抗数据读取成功界面

(2) 点击“相关参数”，出现图 4.62 所示界面，可以查看试验设置参数

变压器编号: 12345 空载电流: 1.31 % 额定低压: 0.4 KV

试验单位: 最大电压: V 额定功率: 160 KVA

测试时间: 2021-05-27 10:50 最大电流: A 空载损耗: 439 W

操作人员: 分接档位: 1 额定频率: 50 HZ

采样方式: ☐ 自动 ☒ 手动 铁芯材料: ☒ 取向硅钢片 ☐ 非取向硅钢片

电流互感器变比: 1 : 1 接线方式: ☐ 外接三表法 ☐ 外接两表法 ☒ 直接测量

电压互感器变比: 1 : 1 测试方法: Y 三相三线法

确定

图 4.62 参数设置查看界面

(3) 如果参数设置有误，可以重新设置相关参数（温度，铁芯材料），如果试验条件不能达到额定电压，可以采用默认修正（JBT 501-2006），或者按照厂家约定，自定



义修正系数进行修正。

4.6 变压器负载损耗软件功能介绍

4.6.1 上传数据

(1) 试验选择界面选择“变压器负载损耗”，进入负载损耗软件界面，如图 4.63.

如图 4.3 确保仪器进入 PC 通讯状态，电脑与仪器正常连接并显示 COM 号（示例 COM10），

点击“串口设置”，出现串口设置界面如图 4.64 所示。

相别	I(A)	U(V)	P(W)	F(Hz)
AB				
BC				
CA				
三相				

短路阻抗(%)	原始损耗(W)	电阻损耗(W)
COSφ	其他损耗(W)	负载损耗(W)
损耗	损耗	损耗

	实测值	标准值	误差(%)	国标(%)
负载损耗(W)				
短路阻抗(%)				

图 4.63 负载损耗软件界面



图 4.64 串口设置界面

串口号：COM10（按照设备管理器中串口号设置，示例为 COM10）；

波特率：1000000；

数据位：8；

停止位：1；

校验位：None；

（2）串口设置完成后，点击“连接设备”，仪器界面上面显示设备号（如图 930008），连接成功后，“上传数据”，“新建试验”等图标可用。

变压器负载损耗 (设备号:930008)

新建试验 连接设备 上传数据 创建Word文档 帮助 串口设置

额定温度: 当前温度: 额定频率: 高压电阻: mΩ 低压电阻: uΩ

低压短路线电阻: uΩ

☒ 主分接 ☐ 其他分接

相别	I(A)	U(V)	P(W)	F(Hz)
AB				
BC				
CA				
三相				

短路阻抗(%)	原始损耗(W)	电阻损耗(W)
COSφ	其他损耗(W)	负载损耗(W)
损耗	损耗	损耗

	实测值	标准值	误差(%)	国标(%)
负载损耗(W)				
短路阻抗(%)				

读取 参数 修正 分析

运行 停止



图 4.65 负载试验通讯成功界面

(3) 点击“上传数据”，PC 端开始与仪器传输数据，与短路阻抗上传数据一样，绿色进度条走完后，弹出“上传数据完成”窗口，数据传输成功（传输过程中，不要插拔 USB 线或点击其他按钮）。

4.6.2 联机试验

(1) 图 4.65 点击“新建试验”，弹出“参数设置”界面，和仪器端一样设置好相关参数后，点击确定。

图 4.66 负载试验参数设置界面

(2) 参数设置完成后，点击“确定”，操作界面如图 4.67 所示，测试流程和仪器端相同，如果是单相法，需换线进行三次测试才是一个完整的试验。点击“运行”，仪器开始采样，如图 4.68 所示，试验完成后如图 4.69 所示，将调压器调节至零位，再按下“停止”，此时出现图 4.70 数据保存提醒，按下“确定”保存数据，“取消”将舍弃这次试验的数据。



变压器负载损耗 (设备号:930008)

新建试验 连接设备 上传数据 创建Word文档 帮助 串口设置

相别	I(A)	U(V)	P(W)	F(Hz)
AB				
BC				
CA				
三相				

记录

参数

保存

Zke(%)	原始损耗(W)	电阻损耗(W)
COSφ	其他损耗(W)	负载损耗(W)

数据

返回

准备测试, 请先将调压器置于零位, 再按下运行

运行 停止

图 4.67 负载试验开始界面

变压器负载损耗 (设备号:930008)

新建试验 连接设备 上传数据 创建Word文档 帮助 串口设置

相别	I(A)	U(V)	P(W)	F(Hz)
AB	0.01	0.07	0.00	0.00
BC	0.01	0.08	0.00	0.00
CA	0.01	0.08		0.00
三相	0.01	0.07	0.00	0.00

记录

参数

保存

Zke(%)	原始损耗(W)	电阻损耗(W)
COSφ	0.10	其他损耗(W)
		负载损耗(W)

数据

返回

开始升压

运行 停止

图 4.68 负载试验运行界面



图 4.69 负载试验结束界面

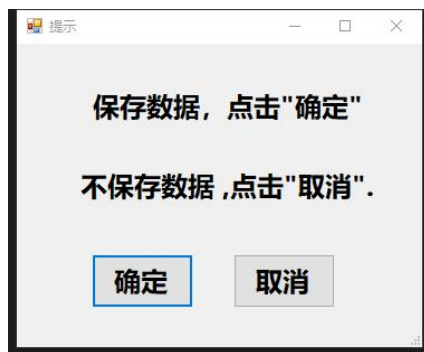


图 4.70 数据保存提醒

4.6.3 读取数据 and 数据分析

(1) 图 4.65 所示界面, 点击“读取数据”, 软件自动跳转到 **lldata** 文件夹, 如图 4.71 所示, 选择所需要读取的文件, 然后点击打开, 可读取多个数据 (一次读取一个数据), 数据读取成功后如图 4.72 所示, 点击下拉菜单, 切换读取的数据。

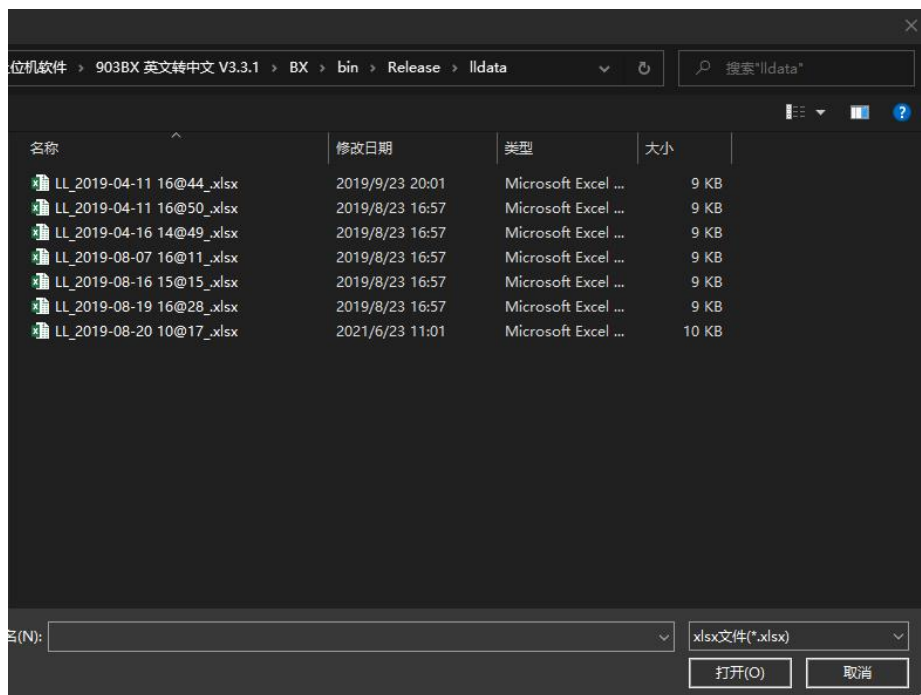


图 4.71 负载试验数据读取界面



图 4.72 负载试验数据读取成功界面

(2) 点击“相关参数”，可以查看试验设置参数，如果参数设置有误，可以重新设置相关参数（温度，频率，电阻），进行修正。



4.7 谐波试验软件功能介绍

4.7.1 联机试验

(1) 试验选择界面选择“谐波分析”，进入谐波分析软件界面，如图 4.73.

如图 4.3 确保仪器进入 PC 通讯状态，电脑与仪器正常连接并显示 COM 号（示例 COM10），

点击“串口设置”，出现串口设置界面如图 4.74 所示。



图 4.73 谐波试验软件界面

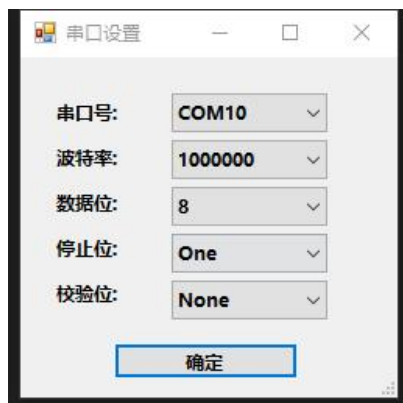


图 4.74 串口设置界面



串口号：COM10（按照设备管理器中串口号设置，示例为 COM10）；

波特率：1000000；

数据位：8；

停止位：1；

校验位：None；

（2）串口设置完成后，点击“连接设备”，仪器界面上面显示设备号（如图 930008），连接成功后，“上传数据”，“新建试验”等图标可用。



图 4.75 谐波试验通讯成功界面

（3）图 4.75 点击“新建试验”，弹出“参数设置”界面，和仪器端一样设置好相关参数后，点击确定。



参数设置

测试单位:		最大电压:	111	V
测试时间:	2021/6/22 9:20	最大电流:	1	A
操作人员:		测试模式:	三相	
采样方式:	☒ 自动 ☐ 手动	额定频率:	11	HZ
测试编号:	1			

确定

图 4.76 负载试验参数设置界面

(4) 三相试验接线如图 4.77 所示，单相法试验如图 4.78 所示，示例负载为变压器。

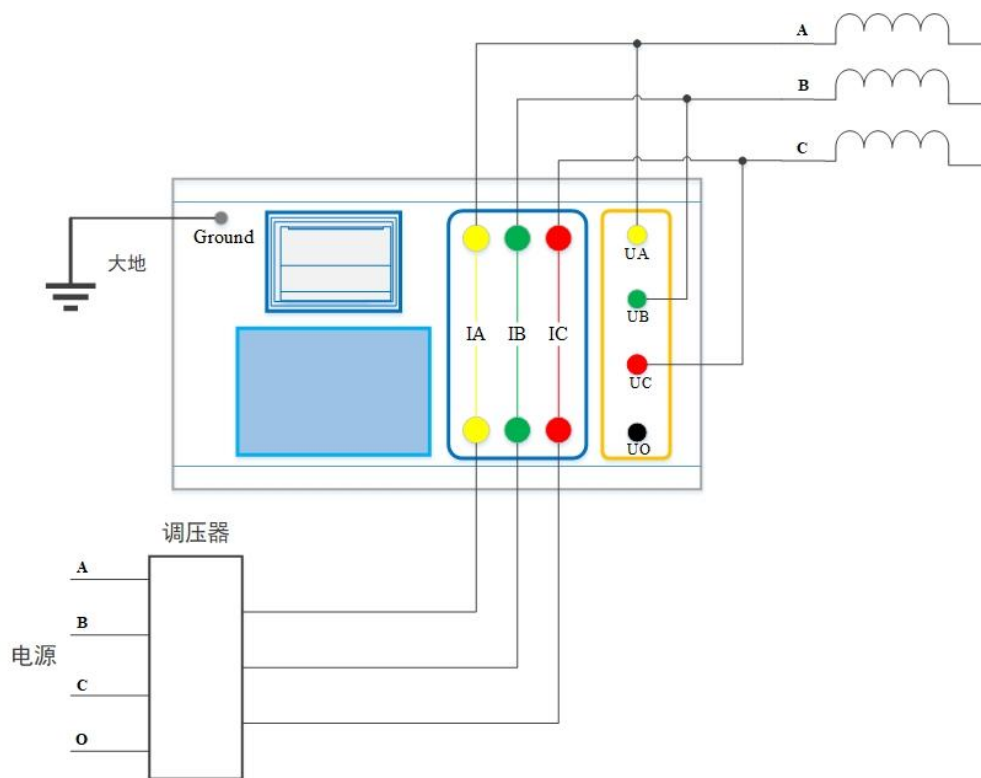


图 4.77 谐波试验三相法接线图

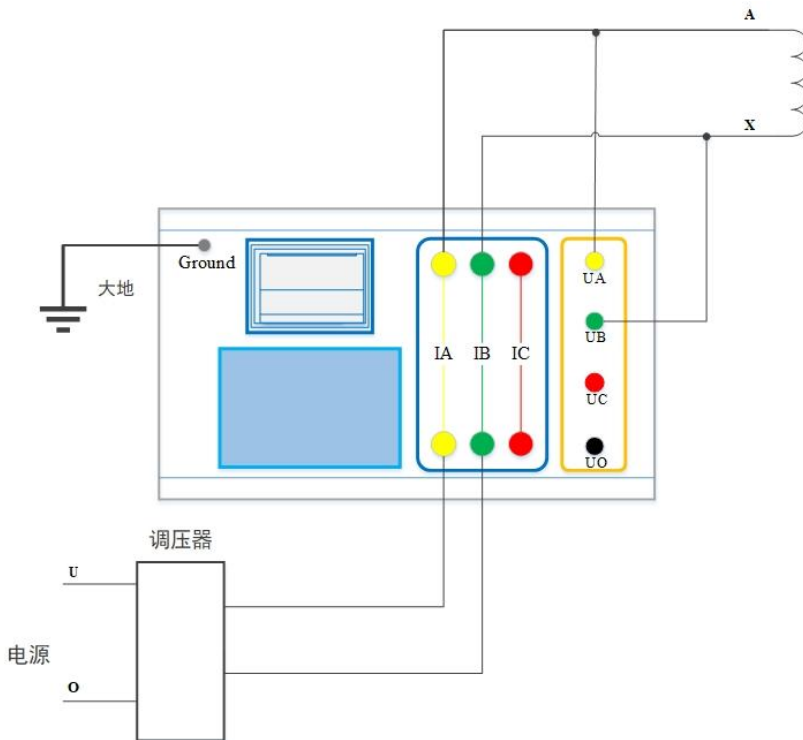


图 4.78 谐波试验三相法接线图

(5) 接线和参数设置完成后, 点击“确定”, 操作界面如图 4.79 所示, 点击“运行”, 仪器开始采样, 调节调压器至设定值, 如图 4.80 所示, 试验完成后如图 4.81 所示, 将调压器调节至零位, 再按下“停止”, 此时出现图 4.82 数据保存提醒, 按下“确定”保存数据, “取消”将舍弃这次试验的数据。



图 4.79 谐波试验开始界面



图 4.80 谐波试验运行界面



图 4.81 谐波试验结束界面

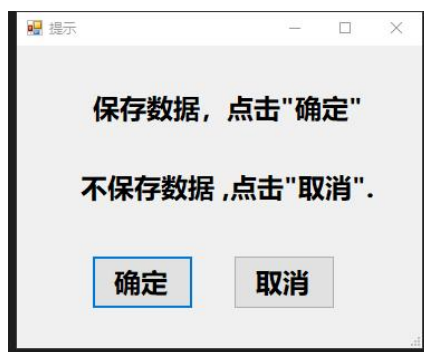


图 4.82 数据保存提醒

4.7.2 读取数据 and 数据分析

(1) 图 4.75 所示界面, 点击“读取数据”, 软件自动跳转到 **zrdata** 文件夹, 如图 4.83 所示, 选择所需要读取的文件, 然后点击打开, 可读取多个数据 (一次读取一个数据), 数据读取成功后如图 4.84 所示, 点击下拉菜单, 切换读取的数据。

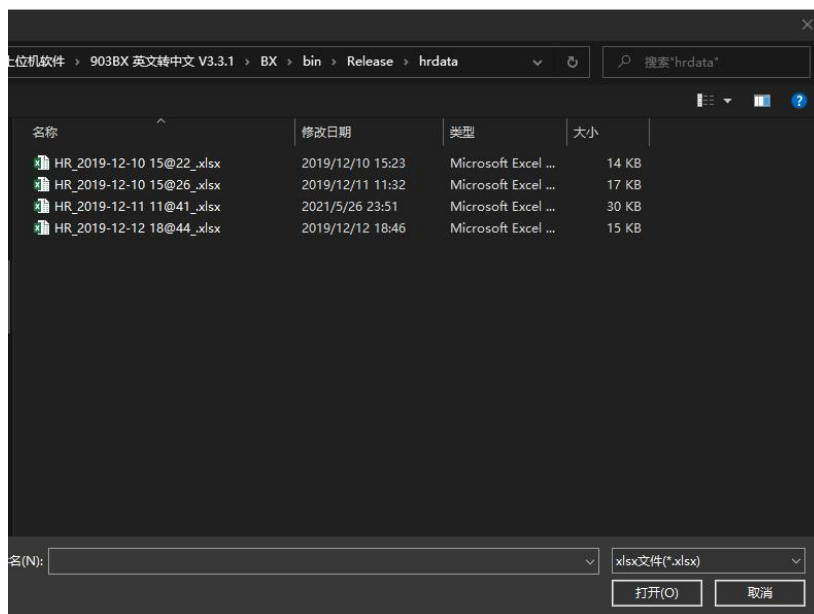


图 4.83 谐波试验数据读取界面



图 4.84 谐波试验数据读取成功界面

(2) 点击“参数设置”，可以查看试验设置参数，点击“上一页”，“下一页”，查看各次谐波含量。

点击“频谱图”，可以查看各个电压电流的谐波含量柱状图，点击左右箭头查看各次谐波含量，点击右侧“Uab”，“Iab”，“Ubc”，“Ibc”，“Uca”，“Ica”，切换要查看的电压电流。

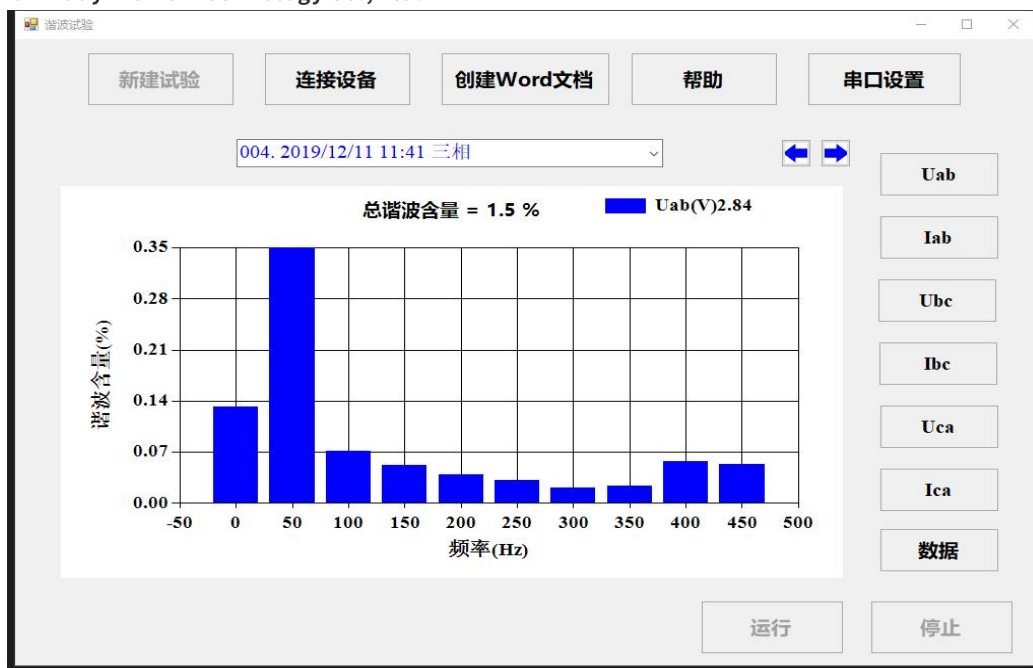


图 4.85 谐波试验柱状图

4.8 变压器零序阻抗软件功能介绍

4.8.1 联机试验

(1) 试验选择界面选择“变压器零序阻抗”，进入零序阻抗软件界面，如图 4.86.

如图 4.3 确保仪器进入 PC 通讯状态，电脑与仪器正常连接并显示 COM 号（示例 COM10），点击“串口设置”，出现串口设置界面如图 4.87 所示。



图 4.86 零序阻抗软件界面

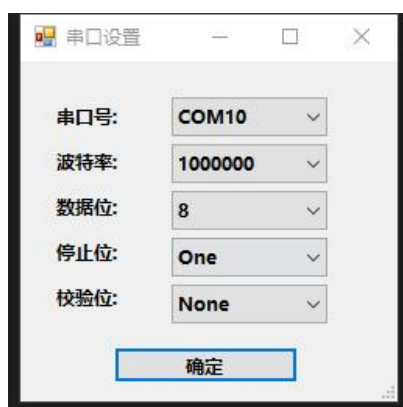


图 4.87 串口设置界面

串口号：COM10（按照设备管理器中串口号设置，示例为 COM10）；

波特率：1000000；

数据位：8；

停止位：1；

校验位：None；

（2）串口设置完成后，点击“连接设备”，仪器界面上面显示设备号，连接成功后，“上传数据”，“新建试验”等图标可用。



(3) 点击“新建试验”，弹出“参数设置”界面，设置好相关参数后，点击确定。

被测绕组：必须是有零序回路的绕组，即 YN 联结

平衡安匝：即 D 型绕组，三角形联结

最大电流：试验电流应尽量接近额定电流，不低于 25%额定电流

零序阻抗

变压器编号:		当前温度:	25 °C	高压绕组: ☒ 绕组开路 ☐ 绕组短路 ☐ 被测绕组
试验单位:		最大电压:	100 V	
测试时间:	2021/6/22 9:24	最大电流:	60 A	
测试人员:		分接档位:	1	中压绕组: ☐ 绕组开路 ☐ 绕组短路 ☐ 被测绕组 ☒ 无中压绕组
采样方式:	☐ 自动 ☒ 手动	额定容量:	160 KVA	
电流互感器变比:	1 : 1	额定电压:	0.4 KV	
电压互感器变比:	1 : 1	测试点数:	1	低压绕组: ☐ 绕组开路 ☐ 绕组短路 ☒ 被测绕组
		☒ 有平衡安匝 ☐ 无平衡安匝		
确定				

图 4.88 零序阻抗参数设置界面

(4) YNd11 型变压器接线图如图 4.89 所示（YN 绕组，ABC3 相短路，三角形联结开路），如果外接互感器测量，则如图 4.90。对于不同绕组对的变压器参照表 4.1

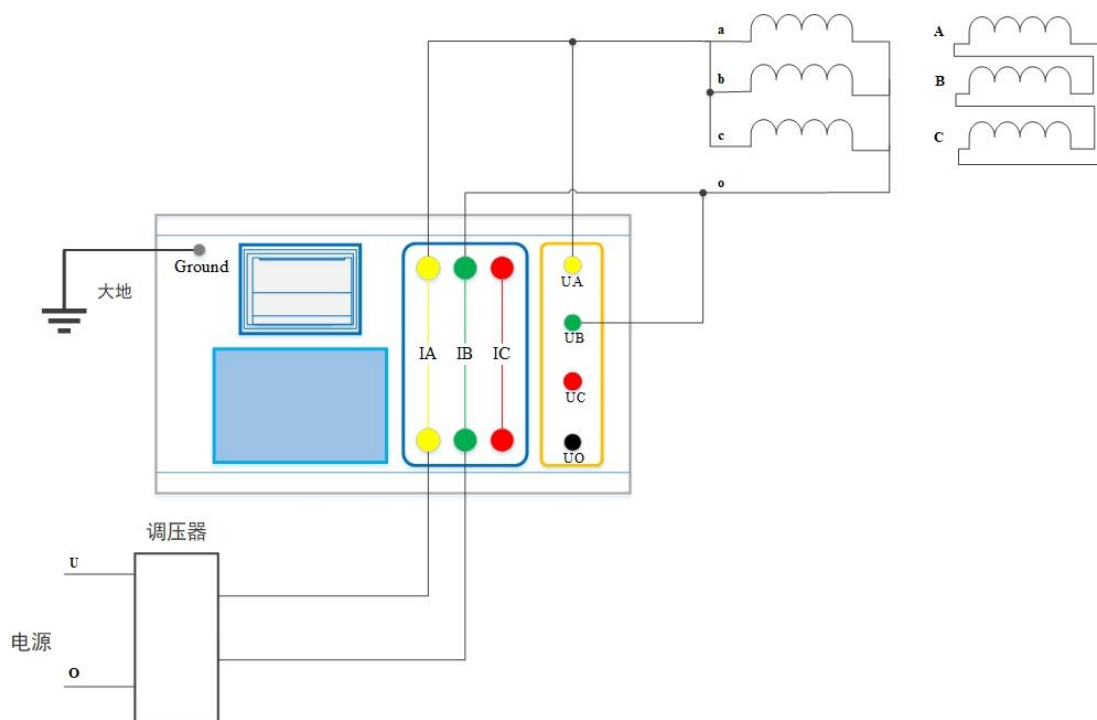


图 4.89 零序阻抗接线图

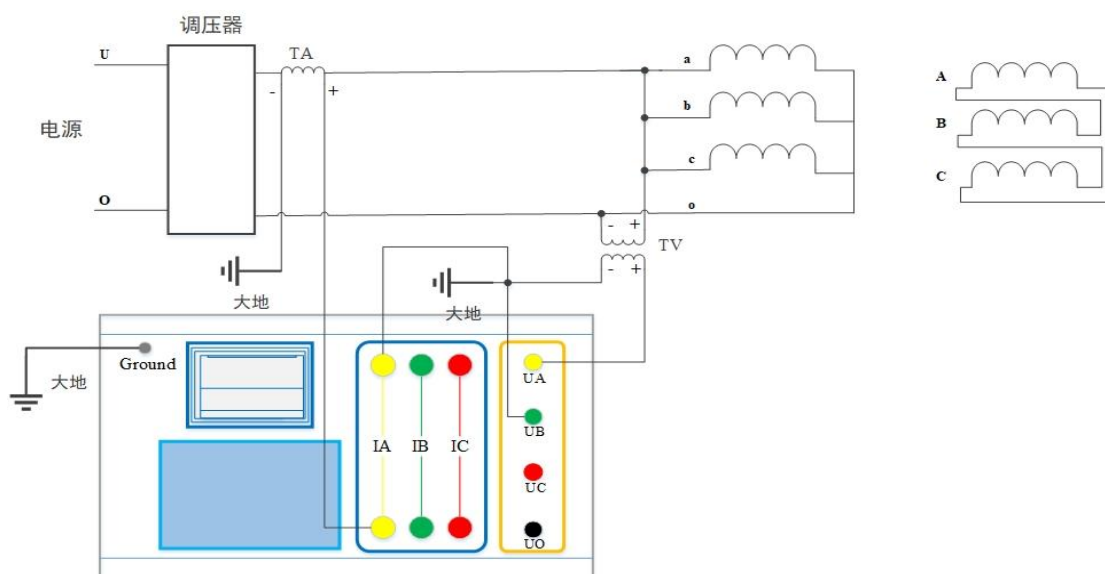


图 4.90 零序阻抗外接接线图

变压器类型	序号	供电端子	开路端子	短路端子
YNd11	1	ABC-0	abc	---
	1	ABC-0	$A_m B_m C_m - O_m$ abc	



YNyn0d11	2	ABC-0	abc	$A_m B_m C_m - O_m$
	3	$A_m B_m C_m - O_m$	ABC-0 abc	---
	4	$A_m B_m C_m - O_m$	abc	ABC-0
YNyn0	1	abc-0	ABC-0	
YNyn0yn0	1	ABC-0	$A_m B_m C_m - O_m$ abc-0	---
	2	ABC-0	abc-0	$A_m B_m C_m - O_m$
	3	ABC-0	$A_m B_m C_m - O_m$	abc-0
	4	ABC-0	---	$A_m B_m C_m - O_m$ abc-0
	5	$A_m B_m C_m - O_m$	ABC-0	abc-0
	6	$A_m B_m C_m - O_m$	ABC-0 abc-0	---
	7	$A_m B_m C_m - O_m$	abc-0	ABC-0
	8	$A_m B_m C_m - O_m$	---	ABC-0 abc-0
	9	abc-0	$A_m B_m C_m - O_m$	ABC-0
	10	abc-0	ABC-0 $A_m B_m C_m - O_m$	---
	11	abc-0	---	ABC-0 $A_m B_m C_m - O_m$
	12	abc-0	ABC-0	$A_m B_m C_m - O_m$

图 4.1 零序阻抗不同类型接线方式参考

(5) 接线和参数设置完成后，点击“确定”，再点击“运行”，仪器开始采样，如图 4.91 所示，调节调压器使电压或电流到设定值，试验完成后如图 4.92 所示，将调压器调节至零位，再按下“停止”，此时出现图 4.93 数据保存提醒，按下“确定”保存数据，“取消”将舍弃这次试验的数据。



新建试验

连接设备

创建Word文档

帮助

串口设置

	U(V)	I(A)	F(Hz)	P(W)	Z(Ω)	Z(%)
01	0.07	0.01	0.38	0.00	18.57	1857.07

开始升压

记录

参数设置

保存

数据

返回

运行

停止

图 4.91 零序阻抗试验运行界面

新建试验

连接设备

创建Word文档

帮助

串口设置

	U(V)	I(A)	F(Hz)	P(W)	Z(Ω)	Z(%)
01	0.07	0.01	0.38	0.00	17.78	183794.01
02	0.07	0.01	0.38	0.00	17.78	1778.04

请先将调压器置于零位，再按下停止

记录

参数设置

保存

数据

返回

运行

停止

图 4.92 零序阻抗试验结束界面

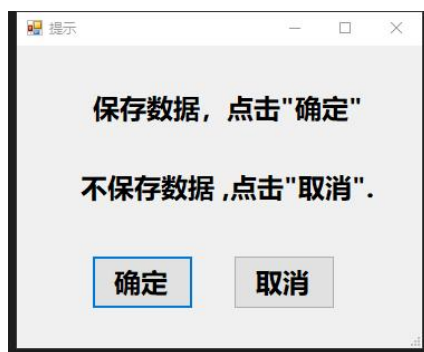


图 4.93 数据保存提醒

4.8.2 读取数据 and 数据分析

(1) 图 4.87 所示界面, 点击“读取数据”, 软件自动跳转到 **zrdata** 文件夹, 如图 4.94 所示, 选择所需要读取的文件, 然后点击打开, 可读取多个数据 (一次读取一个数据), 数据读取成功后如图 4.95 所示, 点击下拉菜单, 切换读取的数据。

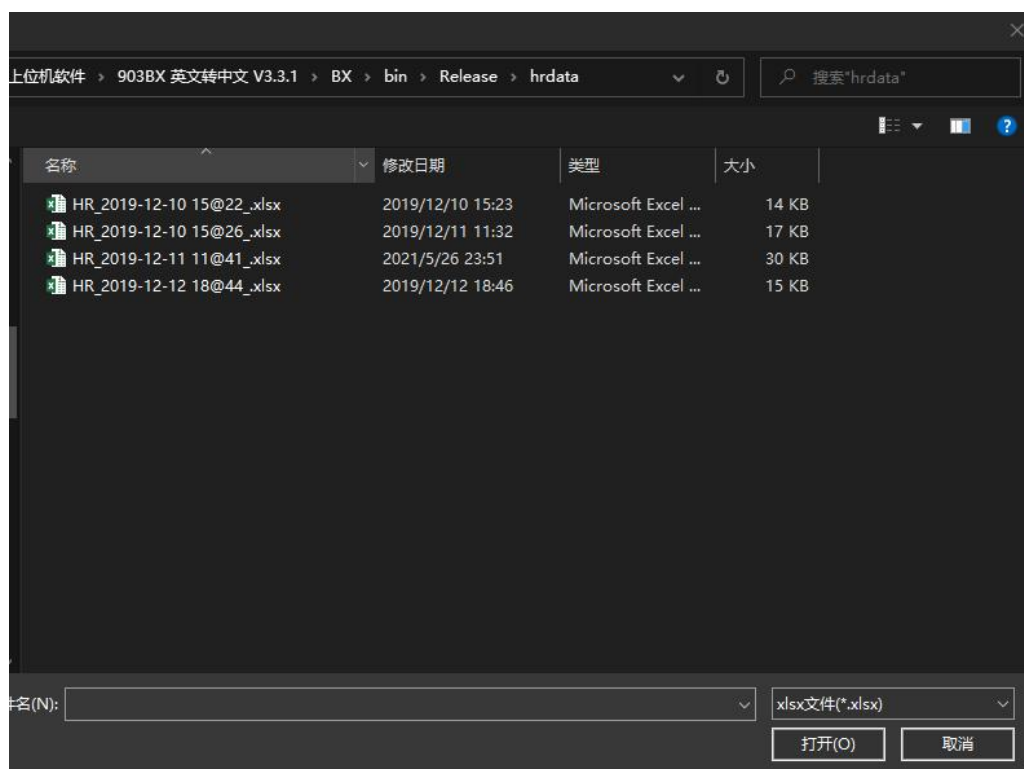


图 4.94 零序阻抗试验数据读取界面



	U(V)	I(A)	F(Hz)	P(W)	Z(Ω)	Z(%)
01	3.39	16.99	49.99	4.91	0.20	19.97
02	4.73	23.90	49.99	9.61	0.20	19.77
03	5.34	27.33	49.99	12.41	0.20	19.55
04	7.44	38.02	49.99	24.05	0.20	19.57
05	9.33	47.95	49.99	38.03	0.19	19.45

图 4.95 零序阻抗试验结果界面

第五部分 常见故障及注意事项

注意事项:

请仔细阅读下列安全注意事项，以免人身伤害，并防止该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，该产品只可在规定的范围内使用。

1. 只有合格的技术人员才可执行维修，防止火灾或人身伤害。
2. 使用专用的电源线。只可使用该产品专用、并且符合该产品规格的电源线。
3. 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。
4. 产品接地。该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。在与该产品输入或输出终端连接前，



应确保该产品已正确接地。

5. 注意所有终端的额定值。为了防止火灾或电击危险，请注意该产品的所有额定值和标记。在对该产品进行连接之前，请阅读该产品使用说明书，以便进一步了解有关额定值的信息。
6. 请勿在无仪器盖板时操作。如盖板或面板已卸下，请勿操作该产品。
7. 使用适当的保险丝。只可使用符合该产品规定类型和额定值的保险丝。
8. 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。
9. 在有可疑的故障时，请勿操作。如怀疑该产品有损坏，请联系维修人员进行检查，切勿继续操作。
10. 实验接线前应先切断高压开关装置自有的操作电源（断开空开或者拔掉保险），以免两种电源冲突。
11. 如果发生紧急情况，请直接拔掉仪器的 AC220V 电源输入。
12. 测试结束后要等放电完毕再拆除测试线。
13. **做完直流类试验后不能立即做绕组变形试验，需要先进行放电。**
14. 调压器升压前应置于零位，防止过大的冲击。
15. 仪器应存放于通风干燥处，避免潮湿。

ELECTRICAL PRODUCTS

Provide first-class electrical
measurement products

全国统一热线：400-060-1718

电力试验设备研发生产供应商

ELECTRIC TEST EQUIPMENTS R&D MANUFACTURER



武汉华意电力科技有限公司

Wuhan Huayi Power Technology Co., Ltd.

☎ 售前：027-87455965 售后：027-87455183

🌐 www.wh-huayi.com

✉ whhuayi@126.com

📍 武汉市东湖新技术开发区高新四路 40 号葛洲坝（集团）太阳城工业园 11 栋