



高电科技
HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY

www.hzhv.com



HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY

CT3300B+

有源变压器容量损耗测试仪

使用说明书

杭州高电科技有限公司
HANGZHOU HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY CO.,LTD

前 言

使用本仪器之前，请您详细地阅读使用说明书，为了让您尽快熟练地操作本仪器，我们随机配备了内容详细的使用说明书，这会有助于您更好的使用该产品。从中您可以获取有关产品介绍、使用方法、仪器性能以及安全注意事项等各方面的知识。

在编写本说明书时，我们非常小心和严谨，并认为说明书中所提供的信息是正确可靠的，然而难免会有错误和疏漏之处，请您多加包涵并热切欢迎您的指正。

我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，同时我们保留对仪器使用功能进行改进和升级的权力，如果您发现仪器在使用过程中其功能与说明书介绍的不完全一致，请以仪器的实际功能为准。在产品使用过程中发现有什么问题，请与我们联系！我们将尽力提供完善的技术支持！

为便于您的使用，我们把本公司变压器特性参数——变压器短路阻抗、容量分析、损耗参数测试等相关测试使用说明一并结集介绍。请留意您购置的实际产品功能，并参阅相关章节介绍。

特别说明：

仪器采用 2 表法测试

空载电流 $I_0 = (I_a + I_b + I_c) / (3 * I_n) * 100\%$ ，其中： I_n 为额定电流

空载损耗 $P_0 = [U_{ab} * I_a * \cos(A) + U_{cb} * I_c * \cos(C)] * [\text{额定电压} / (\text{实测电压})]^{1.966}$ ，其中：A 为 U_{ab} 和 I_a 夹角；C 为 U_{cb} 和 I_c 夹角。当三相对称时，功率因数 $\cos\varphi$ 。 $A = \varphi + 30^\circ$ ， $C = \varphi - 30^\circ$ 。

安全提示

- ☆ 本仪器应由具有经过资格认证的相关专业人员操作，请仔细阅读说明书。
- ☆ 仪器开机状态下，不得触及测量回路、控制输出回路及与之相连接的导体。在连接本仪器的输入或输出端前，请务必将仪器可靠接地。
- ☆ 尽量使用本仪器提供的专配测试线与配件。
- ☆ 避免在潮湿、易燃、易爆的环境下使用。
- ☆ 仪器使用后应充满电存放。
- ☆ 每隔 2 个月左右应给仪器充电一次。

目 录

一、仪器概述.....	3
二、仪器主要功能.....	3
三、仪器主要技术指标.....	3
四、仪器面板及功能介绍.....	4
五、变压器短路阻抗测试操作说明.....	5
(一) 开机界面.....	5
(二) 三相三线阻抗测试.....	5
(三) D形分相阻抗测试.....	8
(四) 星形分相阻抗测试.....	11
(五) 单相变压器阻抗测试.....	14
六、变压器容量测试操作说明.....	15
(一) 开机界面.....	15
(二) 三相三线容量测试.....	15
(三) D形分相容量测试.....	18
(四) 星形分相容量测试.....	21
(五) 单相变压器容量测试.....	25
七、变压器空载损耗测试操作说明.....	26
(一) 开机界面.....	26
(二) 三相三线空载损耗测试.....	26
(三) D形分相空载损耗测试.....	29
(四) 星形分相空载损耗测试.....	32
(五) 单相空载损耗测试.....	35
八、变压器负载损耗测试操作说明.....	36
(一) 开机界面.....	36
(二) 三相三线负载损耗测试.....	36
(三) D形分相负载损耗测试.....	39
(四) 星形分相负载损耗测试.....	42
(五) 单相变压器负载损耗测试.....	45
九、历史数据的读取.....	46
十、系统设置.....	47
十一、历史数据的 U 盘存储.....	48
十二、上位机管理软件.....	49
(一) 软件安装.....	49
(二) 软件使用.....	49
十三、注意事项.....	50
十四、附件(装箱单).....	50
十五、售后服务.....	50
附录一 仪器常见故障及分析.....	51
附录二 空载损耗试验时试验电源容量的确定.....	51
附录三 负载损耗、短路阻抗、容量分析,试验时试验电源容量的确定.....	51
附录四 国标 GB1094.1 与 IEC76.1 允许偏差对照表.....	52
附录五 变压器技术参数.....	53

一、仪器概述

变压器特性参数——变压器短路阻抗、变压器容量分析、变压器损耗参数测试仪是本公司自主研发的新一代变压器参数测试仪器，适用于变压器绕组变形之短路阻抗测量、变压器容量分析及变压器（三相或单相）出厂、大修、交接试验中空载和负载损耗参数的高精度测试。该仪器设计精巧，性能优越，功能强大，自带可充电电池及数字合成三相电源，采用国内外最新型的单片机测试技术及先进的 A/D 同步交流采样和数字信号处理技术；外部采用大屏幕液晶显示，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；配有数据管理软件，保存的数据通过 RS232C 串口传送到计算机(上位机)，进行另存、打印等多项操作，或直接通过上位机电脑操作测试，保存的文件格式为 TXT 文件格式；或将数据直接存储到移动 U 盘中(不需要上位机)。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。

二、仪器主要功能

1. 可测量变压器容量、绕组短路阻抗、短路电抗、短路电阻、三相阻抗电压、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。
2. 兼容时下各种干式或油浸配电变压器的铁芯型号判断及容量判断，且数据库可随时更新。
3. 全部数据均在同一周期内同步测量，保证测量结果的准确性和合理性。
4. 做空负载测试时，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。
5. 自动波形畸变校正，测试结果自动折算，无须任何手工计算。
6. 内置不掉电存储器，可储存 80 次测量结果，可长期保存测量数据并可随时查阅。
7. 内置微型打印机可打印全部测试结果或存储记录。
8. 大屏幕液晶显示，全部汉字菜单及操作提示，直观方便。
9. 不掉电日历，时钟功能。
10. 串口通信功能，能将测试数据通过上位机软件上传到电脑中。
11. 移动 U 盘功能，能将保存在仪器里的全部测试数据转存到移动 U 盘中。
12. 仪器自带可充电高能电池及数字合成三相电源，可以在没有外部电源和调压器的情况下完成容量分析测试功能。

三、仪器主要技术指标

1. 输入特性

有源部分：

电压测量范围：AC 0~10V

电流测量范围：AC 0~10A

容量测量范围：10~6300kVA

无源部分：

电压测量范围：AC 0~850V

电流测量范围：AC 0~80A

容量测量范围：10~100000 kVA

2. 频率测量范围：35~65Hz

3. 测量精度：

电压、电流、频率： $\pm 0.2\% \pm 3$ 字

功率、阻抗： $0.05 < \cos \varphi \leq 0.1 \pm 1\% \pm 3$ 字

$\cos \varphi > 0.1 \pm 0.5\% \pm 3$ 字

容量：10%

4. 环境温度：-10℃~40℃

5. 相对湿度：当温度为 25℃时，不大于 90%（无凝露）

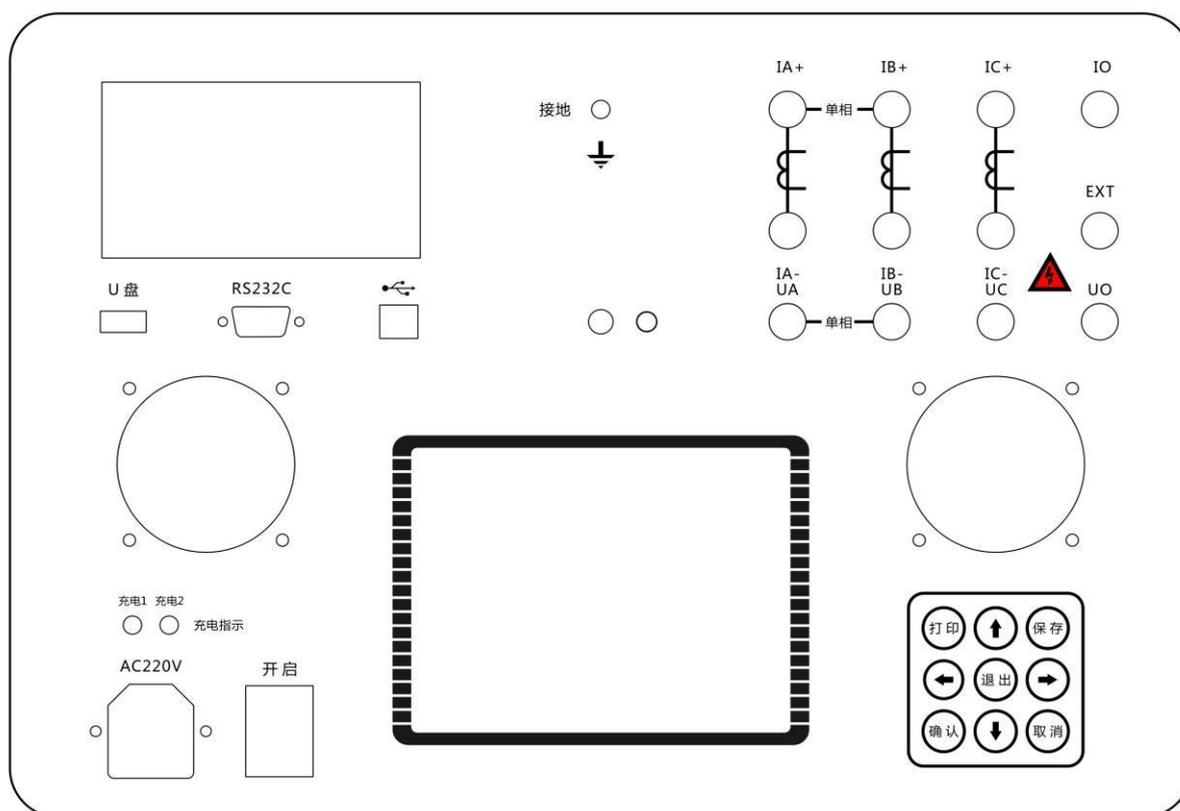
6. 工作电源：AC220V $\pm 10\%$ 50HZ $\pm 10\%$

7. 外形尺寸：ABS 箱 415×320×168mm；铝箱 380×260×150mm；车载箱 450×190×400

8. 仪器重量：ABS 箱 6kg；铝箱 7kg；车载箱 10kg（不包括测试线）

四、仪器面板及功能介绍

面板布局如图所示：仪器机型、包装不同，面板稍有不同。



面板上从右到左，从上到下各部分分别是测试接线端子、接地柱、热敏打印机、AC 220V 电源插座、充电指示灯、电源开关、九芯串口座、液晶屏对比度调节旋钮、方口 USB 座、扁口 USB 座、键盘、液晶屏。其各功能介绍如下：

- 1.各接线端子：用于连接测试线(具体接线方式见后面章节的接线方法)。(IO、EXT 预留扩展用)。
- 2.接地柱：仪器保护接地。
- 3.热敏打印机：打印各种测试数据。
- 4.AC 220V 电源插座：带保险丝(10A)电源插座，用于给电池充电，需充电时直接插上电源线即开始充电。
- 5.充电指示灯：2 个指示灯分别指示内部 2 组电池的充电状态，指示灯闪烁快表示电池电量低，随着电量的增加，指示灯闪烁频率变低，常亮表示电已充满，充满后自动停止充电，使用安全。
- 6.电源开关：用于打开或关断仪器电源。
- 7.九芯串口插座：串口通信接口，用于与上位机进行数据通信。
- 8.液晶屏对比度调节旋钮：旋转孔内一字槽，调整液晶屏对比度。
- 9.方口 USB 插座：USB 通信接口，用于与上位机进行数据通信。
- 10.扁口 USB 插座：U 盘接口，用于将测试数据转存到移动 U 盘中。
- 11.液晶屏：显示测试状态和测试数据。
- 12.“↑”、“↓”、“←”、“→”键：用来选择测试项，数字输入及查看存储的测试记录。
- 13.“打印”键：将刚进行测试项目的测试结果或已保存的测试数据打印出来。
- 14.“保存”键：在测量状态下存储当前已锁定的测试结果及测量前设置的辅助参数，通过所输入的设备编号及试验的日期时间加以区别，以备查询，最多可存储 80 条记录。
- 15.“退出”键：在测量状态下，用于退出当前操作，回到上级菜单。
- 16.“确认”键：用于确认当前选择或在测量状态下锁定数据。
- 17.“取消”键：用于在测量状态下取消数据锁定。

五、变压器短路阻抗测试操作说明

额定条件下的测试

试验必须在额定频率（正弦波形）和额定电流下进行，一般选择变压器一次侧绕组侧为试验绕组，二次侧（大电流侧）人工短路，短路导线截面积应不小于变压器导线截面积，其长度要尽可能短，并确保接触电阻可以忽略，以免影响测试结果。

非额定条件下的测试

由于现场的实际情况，受条件的限制，无法对被测试变压器施加以额定频率的额定电压，特别是对大中型变压器试验，在现场更难以做到。建议利用小电流进行试验测试，根据国标要求，试验电流达到额定电流的 25~50%即可满足试验要求。

试验要求及注意

试验前应准确的测量被试变压器的绕组温度，油浸变压器以油面温度作为绕组温度，干式变压器应在线圈的不同部位（不小于三个点）的温度平均值作为绕组温度。对电源容量要求见附录（仅供参考）。

双绕组变压器从试品得一侧供给额定电流，另一侧短路，还应在两极限分接位置上进行。其测量结果应在成对得绕组间进行，其他绕组开路。高压绕组与中压绕组间测量，低压绕组开路；高压绕组和低压绕组间测量，中压绕组开路；中压绕组与低压绕组间测量，高压绕组开路。自耦变压器可视同双绕组变压器，对于具有独立第三绕组得自耦变压器，可视同三绕组变压器。

（一）开机界面

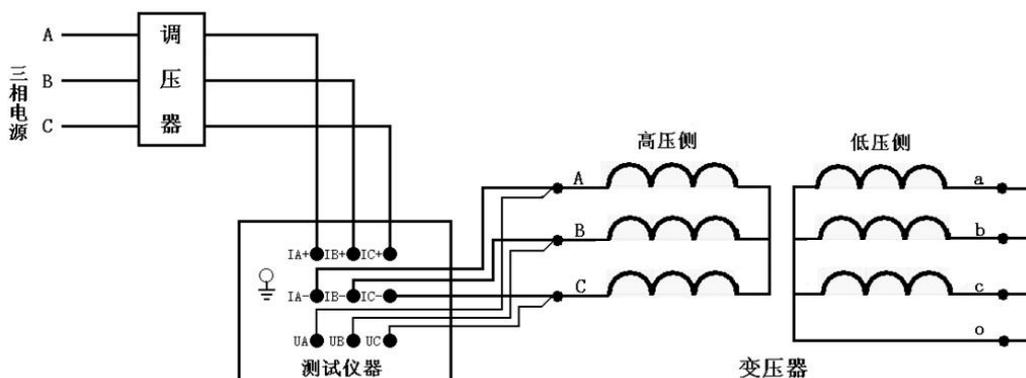
接好电源线，打开电源，液晶屏显示界面如下图所示：



按键盘上“↑”、“↓”键来选择项目，当光标停在所要选择的项目上时，按下键盘上的“确认”键进入下一级菜单。

（二）三相三线阻抗测试

将三相电源的“U_a”、“U_b”、“U_c”分别接入仪器“IA+”、“IB+”、“IC+”接线端子，将仪器的“IA-”、“IB-”、“IC-”及“UA”、“UB”、“UC”分别接到变压器的高压侧。若三相电源带有零相，将三相电源的零相“U₀”接到仪器的“U₀”接线端子。其接线方法如下图所示：



在开机主界面的状态下，选择“短路阻抗”项目，进入“短路阻抗”项目测试菜单，如下图所示：

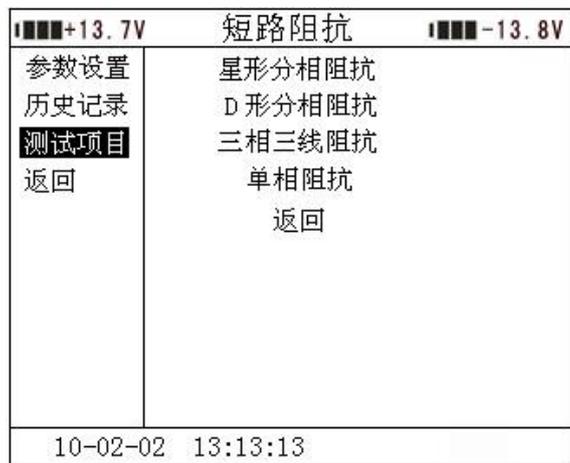


在测试之前，首先要进行相关的参数设置。在上图中光标指向“参数设置”项，此时按键盘上的“确认”键进入右边的参数设置，“↑”、“↓”键选择待修改的项，再按“确认”键进入待修改项的输入项，“←”、“→”键选择输入位置；“↑”、“↓”键改变当前光标所在位置数值的大小，“↑”键数值增大，“↓”键数值减小。

各参数说明如下：

- (1) 设备编号：可输入最多十位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。
- (2) 额定高压：待测变压器加压侧额定电压，单位：kV
- (3) 额定容量：待测变压器的额定容量，单位：kVA。
- (4) 额定温度：用于将与温度有关的测试参数从当前油温校正到额定温度，单位：°C。
- (5) 当前油温：待测变压器当前油温，用于将测试结果校正到额定温度，单位：°C。
- (6) 阻抗电压：待测变压器的标称阻抗电压，根据此参数计算阻抗电压误差，单位：%。

上述的参数应根据实际情况输入，如果只测短路阻抗、短路电抗、短路电阻，则不需要输入任何辅助参数；如果同时需要测阻抗电压值，则要输入全部辅助参数，否则会得到错误的测试结果。当所有的参数已设置好后，返回到上图的状态，按“↓”键选择“测试项目”，如下图所示：



按“确认”键进入测试项目的选择，按“↓”键选择“三相三线阻抗”，按“确认”键进入测试界面，如下图所示：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
平均	0.000	0.000	0.000	0.00%
				误差
				0.00%
按确认键锁定数据，按退出键返回上级				

在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按“确认”键锁定当前测试数据。出现如下图所示界面：

■■■+13.7V 短路阻抗 ■■■-13.8V				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
平均	0.000	0.000	0.000	0.00%
				误差
				0.00%
按取消键取消锁定，按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

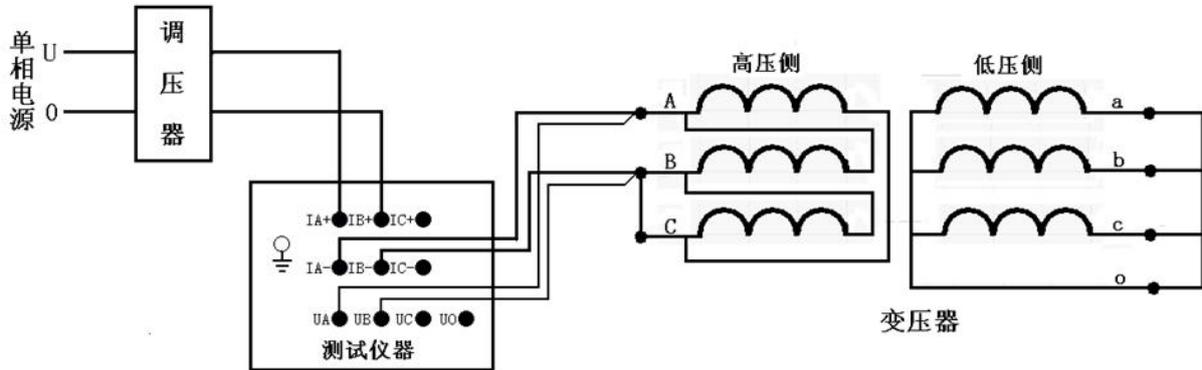
各参数说明如下：

- (1)有效值 V：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压有效值，单位：V。
- (2)平均值 V：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压平均值，单位：V。
- (3)电流 A：当前条件下的实测 A 相、B 相、C 相的电流有效值，单位：A。
- (4)功率 W：当前条件下的实测 AB 相、BC 相、CA 相的有功功率，单位：W。
- (5)三相：表示三相平均值，功率为三相总和。
- (6)频率：试验电源频率，单位：Hz。
- (7)相位：电压和电流的相位差，单位：°（度）。
- (8)COSΦ：功率因数。
- (9)阻抗 Z、电抗 X、电阻 R：变压器 AB、BC、CA 相折算到额定电流及额定温度下的总短路阻抗、短路电抗、短路电阻值，单位：Ω。
- (10)阻抗电压：折算到额定电流下的阻抗电压百分比。
- (11)误差：测量的阻抗电压与标称的阻抗电压的差的百分比。

(三) D形分相阻抗测试

对于加压侧绕组为D、另一侧为yn、y或d联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在AB、BC、CA相加压，非加压绕组应依次短路，测量变压器短路阻抗，并将测试结果自动转换到三相测试的测试方法。

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧A端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧B端，BC间短接。其接线方法如下图所示：



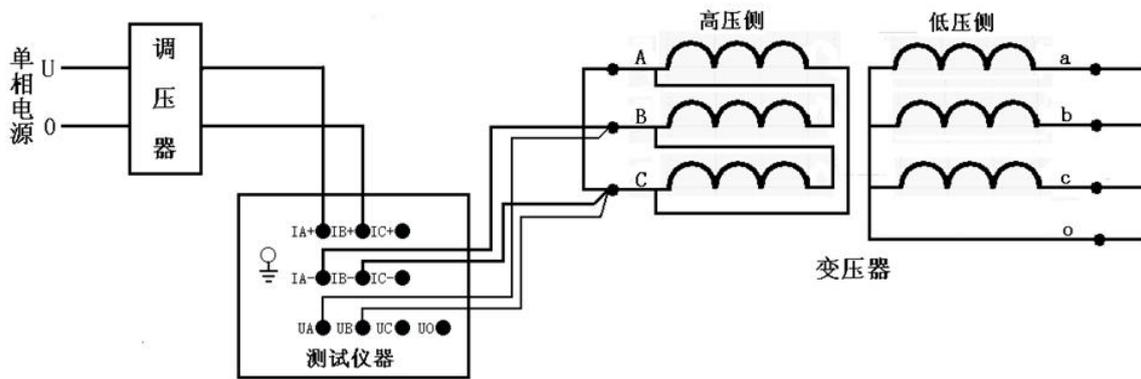
在图阻抗测试界面下，设置好相关的参数后，选择“D形分相阻抗”，其测试界面如下图所示：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB				误差
BC				
CA				
按确认键锁定AB相，按退出键返回上级				

在此状态下，接通试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢的升高，待数据稳定后，按“确认”键，AB相测量结束出现下图界面：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB				误差
BC				
CA				
按确认键测量BC相，按退出键返回上级				

准备测量 BC 相，在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 BC 相，CA 间短接，其接线如下图所示：



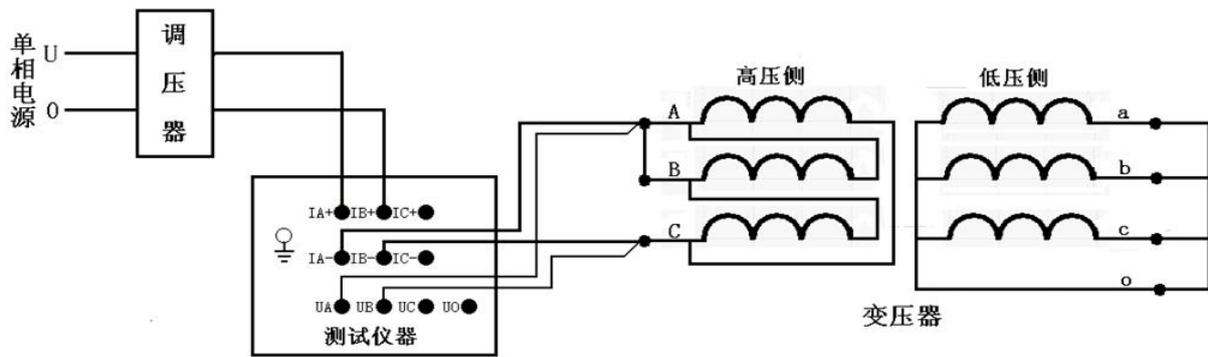
接好线后调节调压器给 BC 相加压，此时测量“BC”相的数据，如下图所示：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB				误差
BC				
CA				
按确认键锁定BC相，按退出键返回上级				

在此状态下，调节调压器，使试验电压慢慢的升高，待数据稳定后，按“确认”键，BC 相测量结束出现下图界面：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB				误差
BC				
CA				
按确认键测量CA相，按退出键返回上级				

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 CA 相，AB 间短接，其接线如下图所示：



接好线后按“确认”键，调节调压器给 CA 相加压，此时测量“CA”相的数据，如下图所示：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB	0.000	0.000	0.000	0.00%
BC	0.000	0.000	0.000	误差
CA	0.000	0.000	0.000	0.00%
按确认键锁定数据，按退出键返回上级				

待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器短路阻抗和阻抗电压。如下图所示：

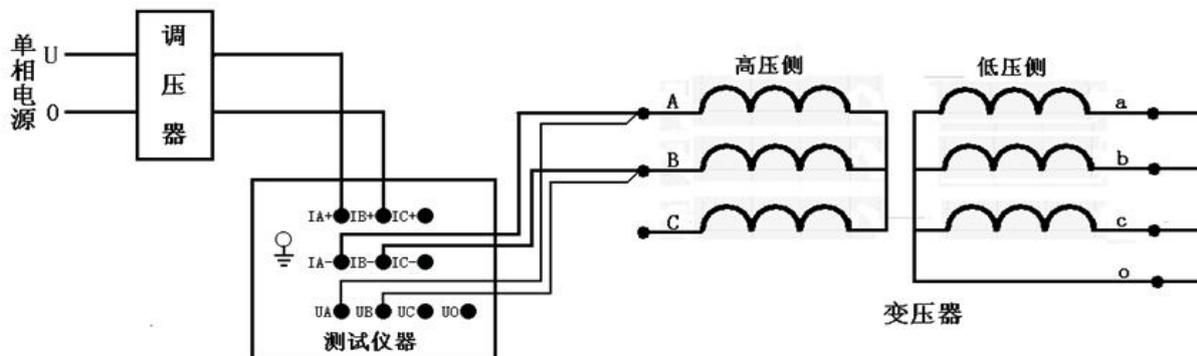
■■■■+13.7V 短路阻抗 ■■■■-13.8V				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB	0.000	0.000	0.000	0.00%
BC	0.000	0.000	0.000	误差
CA	0.000	0.000	0.000	0.00%
按取消键取消锁定，按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(四) 星形分相阻抗测试

对于加压侧绕组为 Y、另一侧为 y 或 d 联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在 AB、BC、CA 相加压，测量变压器短路阻抗，并将测试结果自动转换到三相测试的测试方法。

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 B 端。其接线方法如下图所示：



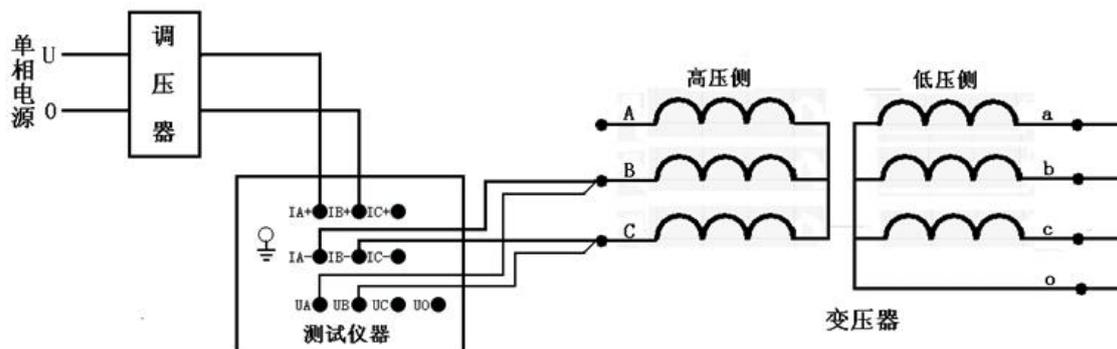
在阻抗测试界面下，设置好相关的参数后，选择“星形分相阻抗”，其测试界面如下图所示：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB				误差
BC				
CA				
按确认键锁定AB相，按退出键返回上级				

此状态下，接通试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢的升高，待数据稳定后，按“确认”键，AB相测量结束，出现以下界面：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB				误差
BC				
CA				
按确认键测量BC相，按退出键返回上级				

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 BC 相，其接线如下图所示：



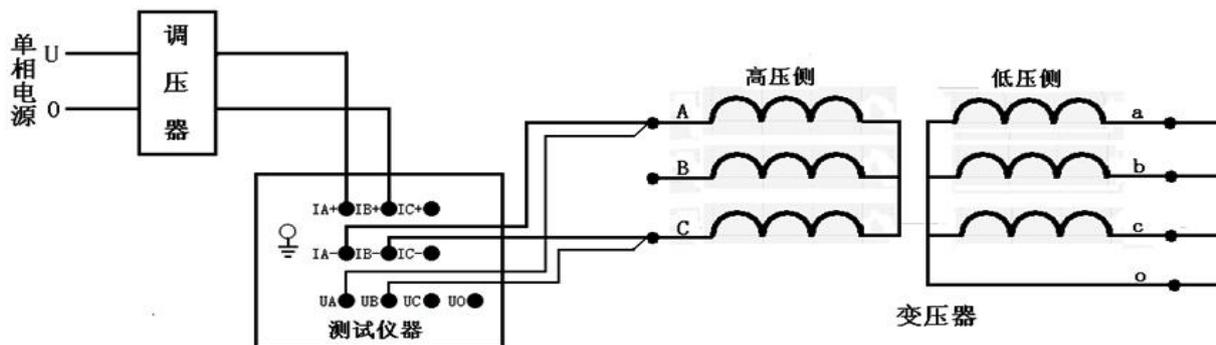
接好线后按确认键测量“BC”相的数据，此时，如下图所示：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB				误差
BC				
CA				
按确认键锁定BC相，按退出键返回上级				

此状态下，调节调压器，使试验电压慢慢的升高，待数据稳定后，按“确认”键，BC相测量结束，出现以下界面：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB				误差
BC				
CA				
按确认键测量CA相，按退出键返回上级				

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 CA 相，其接线如下图所示：



接好后按确认键开始测量 CA 相，调节调压器给 CA 相加压，此时测量“CA”相的数据，如下图所示：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB	0.000	0.000	0.000	0.00%
BC	0.000	0.000	0.000	误差
CA	0.000	0.000	0.000	0.00%
按确认键锁定数据，按退出键返回上级				

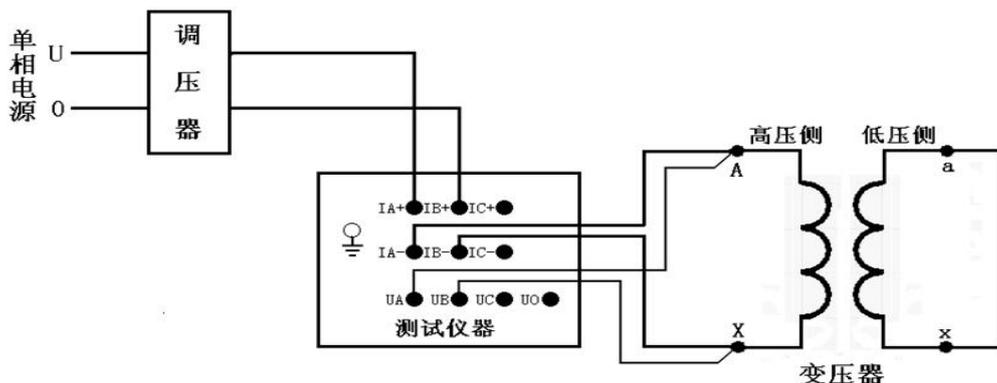
待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器短路阻抗和阻抗电压。如下图所示：

■■■■+13.7V 短路阻抗 ■■■■-13.8V				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB	0.000	0.000	0.000	0.00%
BC	0.000	0.000	0.000	误差
CA	0.000	0.000	0.000	0.00%
按取消键取消锁定，按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(五) 单相变压器阻抗测试

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧A端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧X端。其接线方法如下图所示：



在阻抗测试界面下，设置好相关的参数后，选择“单相阻抗”，其测试界面如下图所示：

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB	0.000	0.000	0.000	0.00%
BC				误差
CA				0.00%
按确认键锁定数据，按退出键返回上级				

在此状态下，接通单相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按“确认”键锁定当前测试数据，出现如下图界面

短路阻抗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
相别	阻抗Ω	电抗Ω	电阻Ω	阻抗电压
AB	0.000	0.000	0.000	0.00%
BC				误差
CA				0.00%
按取消键取消锁定，按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。

六、变压器容量测试操作说明

试验要求

试验电源应该为正弦波形，试验前应准确地测量被试变压器绕组温度，油浸变压器以油面温度作为绕组温度，干式变压器应在线圈地不同部位（不小于三个点）的温度平均值作为绕组温度。一般选择变压器一次侧绕组侧为试验绕组，二次侧（大电流侧）人工短路，短路导线截面积应不小于变压器导线截面积，其长度要尽可能短，并确保接触电阻可以忽略，以免影响测试结果。本仪器可以用小电流法，试验电流选择1%~20%的额定电流即可推算出结果。对电源容量要求见附录（仅供参考）。

（一）开机界面

接好电源线，打开电源，液晶屏显示界面如下图所示：

如果采用仪器内部电源作为测试电源，则则按“↑”、“↓”键选择下图“有源容量（内电源）”菜单再按确定。

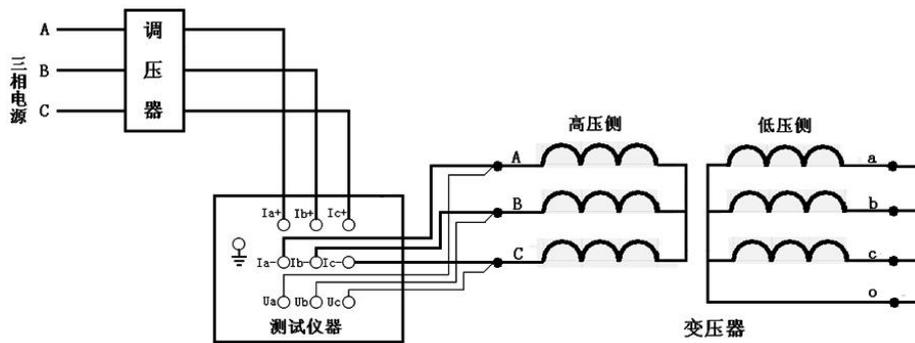


如果采用仪器外部调压器作为测试电源，则按“↑”、“↓”键选择下图“容量分析（调压器）”菜单再按确定。



（二）三相三线容量测试

将三相电源的“Ua”、“Ub”、“Uc”分别接入仪器的“IA+”、“IB+”、“IC+”接线端子；将仪器的“IA-”、“IB-”、“IC-”及“UA”、“UB”、“UC”分别接到变压器的高压侧。若三相电源带有零相，将三相电源的零相“Uo”接到仪器的“U0”接线端子，变压器的低压侧要可靠短路，并确保接触电阻可以忽略，以免影响测试数据。其接线方法如下图所示：（如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要接调压器）



在开机主界面下，选择“有源容量（内电源）”或者“容量分析（调压器）”菜单，按确认键进入“容量分析”项目测试菜单，如下图所示：



在测试之前，首先要进行相关的参数设置。光标指向“参数设置”项，此时按键盘上的“确认”键进入右边的参数设置，“↑”、“↓”键选择待修改的项，再按“确认”键进入待修改项的输入项，“←”、“→”键选择输入位置；“↑”、“↓”键改变当前光标所在位置数值的大小，“↑”键数值增大，“↓”键数值减小。

各参数说明如下：

- (1) 设备编号：可输入最多十位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。
- (2) 额定高压：待测变压器加压侧额定电压，单位:kV
- (3) 额定温度：用于将与温度有关的测试参数从当前油温校正到额定温度，单位:°C。
- (4) 当前油温：待测变压器当前油温，用于将测试结果校正到额定温度，单位:°C。
- (5) 阻抗电压：待测变压器铭牌的标称阻抗电压百分比。

（注：阻抗电压百分比的设置方法：1. 严格按变压器铭牌的参数设置；2. 若铭牌不清，按 500kVA 以内设置为 4.0%，500kVA 以上设置为 4.5%（这样设置可能产生一些误差））

上述的参数应根据实际情况输入，否则会得到错误的测试结果。当所有的参数已设置好后，返回到上图的状态，按“↓”键选择“测试项目”，如下图所示：

■■■■+13.7V		容量分析		■■■■-13.8V	
参数设置		星形分相容量			
历史记录		D形分相容量			
测试项目		三相三线容量			
返回		单相容量			
		返回			
10-02-02 13:13:13					

按“确认”键进入测试项目的选择，选定“三相三线容量”，按“确认”键进入测试界面，如下图所示：

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz				
阻抗电压: %		负载损耗:0.000 kW		
测试容量:0.000 kVA		判定容量:0.000 kVA		
判定形式:				
按确认键锁定数据, 按退出键返回上级				

在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器使试验电压慢慢升高（如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器），待数据稳定后，按“确认”键锁定当前测试数据，出现如下图界面：

■■■■+13.7V		容量分析		■■■■-13.8V	
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W	
AB	0.000	0.000	0.000	00.00	
BC	0.000	0.000	0.000	00.00	
CA	0.000	0.000	0.000	00.00	
三相	0.000	0.000	0.000	00.00	
频率:00.00Hz					
阻抗电压: %		负载损耗:0.000 kW			
测试容量:0.000 kVA		判定容量:0.000 kVA			
判定形式:					
按取消键取消锁定, 按退出键返回上级					

将调压器输出电压调零并断开试验电源（如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器）。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据（掉电不丢失）；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。（注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电）。

各参数说明如下：

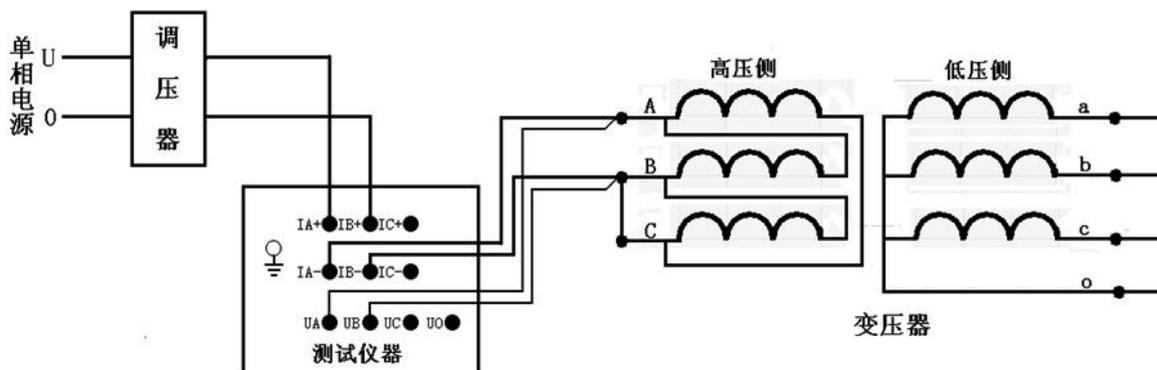
- (1)有效值 V：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压有效值，单位：V。
- (2)平均值 V：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压平均值，单位：V。

- (3) 电流 A: 当前条件下的实测 A 相、B 相、C 相的电流有效值, 单位:A。
- (4) 功率 W: 当前条件下的实测 AB 相、BC 相、CA 相的有功功率, 单位:W。
- (5) 三相: 表示三相平均值, 功率为三相总和。
- (6) 频率: 试验电源频率, 单位:Hz。
- (7) 阻抗电压: 折算到额定电流下的阻抗电压百分比, 单位:%。
- (8) 负载损耗: 折算到额定条件下的负载损耗, 单位: kW。
- (9) 测试容量: 被测变压器的容量测试值, 单位: kVA。
- (10) 判定容量: 根据测试容量判定变压器的国标容量, 单位: kVA。
- (11) 判定形式: 铁芯形式判断。

(三) D 形分相容量测试

对于加压侧绕组为 D、另一侧为 yn、y 或 d 联结的三相变压, 可以采用单相电源, 依次在 AB、BC、CA 相加压, 非加压绕组应依次短路, 测量变压器容量。

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子; 将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端, 将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 B 端, BC 间短接。其接线方法如下图所示:



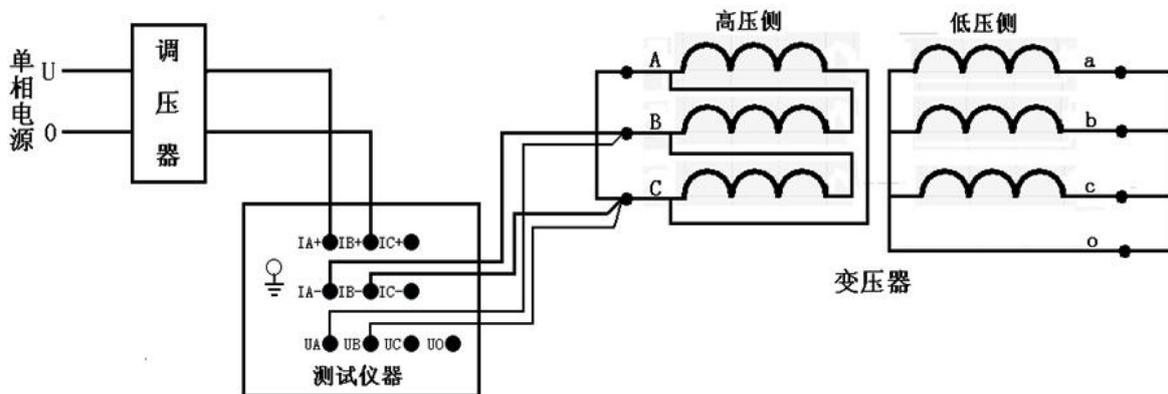
在容量测试界面下, 设置好相关的参数后, 选择“D 形分相容量”, 其测试界面如下图所示:

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz				
阻抗电压:		负载损耗:		
测试容量:		判定容量:		
判定形式:				
按确认键锁定AB相, 按退出键返回上级				

在此状态下, 接通试验电源, 调节调压器, 使试验电压慢慢的升高 (如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器), 待数据稳定后, 按“确认”键, AB 相测量结束, 出现如下图界面:

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz				
阻抗电压:		负载损耗:		
测试容量:		判定容量:		
判定形式:				
按确认键测量BC相, 按退出键返回上级				

在此状态下,不要退出测量状态,将调压器输出电压调零(如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器),改接线到BC相,CA间短接,其接线如下图所示:



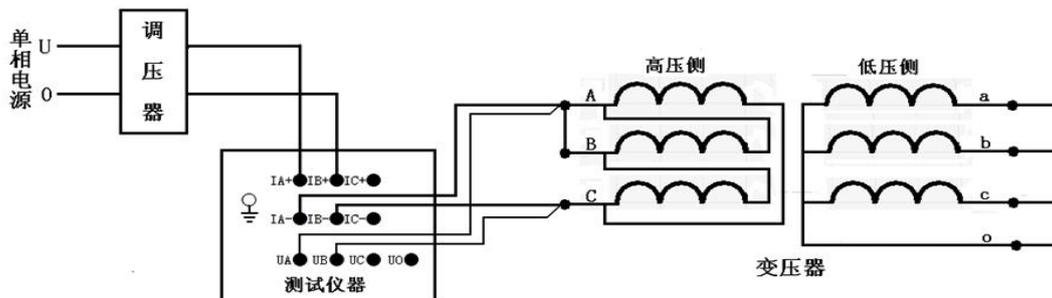
接好后按“确认”键,调节调压器给BC相加压(如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器),此时测量“BC”相的数据,如下图所示:

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz				
阻抗电压:		负载损耗:		
测试容量:		判定容量:		
判定形式:				
按确认键锁定BC相, 按退出键返回上级				

待数据稳定后,按“确认”键,BC相测量结束,出现如下图界面:

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz				
阻抗电压:		负载损耗:		
测试容量:		判定容量:		
判定形式:				
按确认键测量CA相, 按退出键返回上级				

在此状态下, 不要退出测量状态, 将调压器输出电压调零(如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器), 改接线到 CA 相, AB 间短接, 其接线如下图所示:



接好线后按“确认”键, 调节调压器给 CA 相加压(如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器), 此时测量“CA”相的数据, 如下图所示:

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz				
阻抗电压: %		负载损耗:0.000kW		
测试容量:0.000kVA		判定容量:0.000kVA		
判定形式:				
按确认键锁定数据, 按退出键返回上级				

待数据稳定后, 按“确认”键, 三相测量结束, 仪器根据三相测量数据计算出变压器容量。如下图所示:

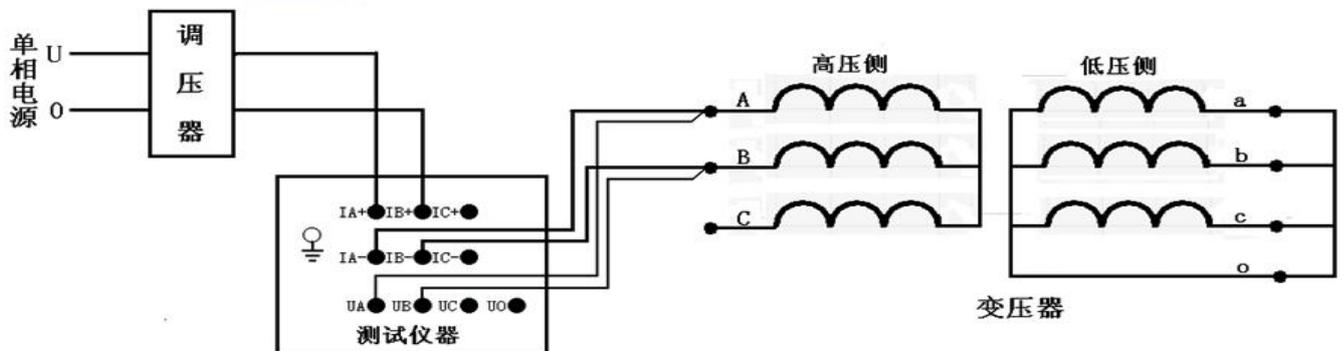
■■■■+13.7V		容量分析		■■■■-13.8V	
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W	
AB	0.000	0.000	0.000	00.00	
BC	0.000	0.000	0.000	00.00	
CA	0.000	0.000	0.000	00.00	
三相	0.000	0.000	0.000	00.00	
频率:00.00Hz					
阻抗电压: %		负载损耗:0.000kW			
测试容量:0.000kVA		判定容量:0.000kVA			
判定形式:					
按取消键取消锁定,按退出键返回上级					

将调压器输出电压调零并断开试验电源（如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器）。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据（掉电不丢失）；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。（注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电）。

（四）星形分相容量测试

对于加压侧绕组为Y、另一侧为yn、y或d联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在AB、BC、CA相加压，测量变压器容量。

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧A端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧B端；同时变压器的低压侧要可靠短路，并确保接触电阻可以忽略，以免影响测试数据。其接线方法如下图所示：



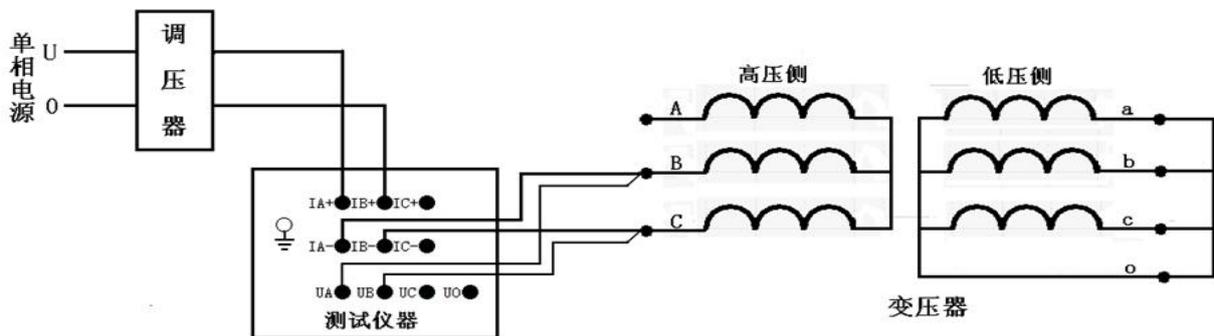
在容量测试界面下，设置好相关的参数后，选择“星形分相容量”，其测试界面如下图所示：

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz				
阻抗电压:		负载损耗:		
测试容量:		判定容量:		
判定形式:				
按确认键锁定AB相, 按退出键返回上级				

在此状态下, 接通试验电源, 调节调压器, 使试验电压慢慢的升高 (如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器), 待数据稳定后, 按“确认”键, 出现如下图界面:

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz				
阻抗电压:		负载损耗:		
测试容量:		判定容量:		
判定形式:				
按确认键测量BC相, 按退出键返回上级				

在此状态下, 不要退出测量状态, 将调压器输出电压调零 (如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器), 改接线到 BC 相, 其接线如下图所示:



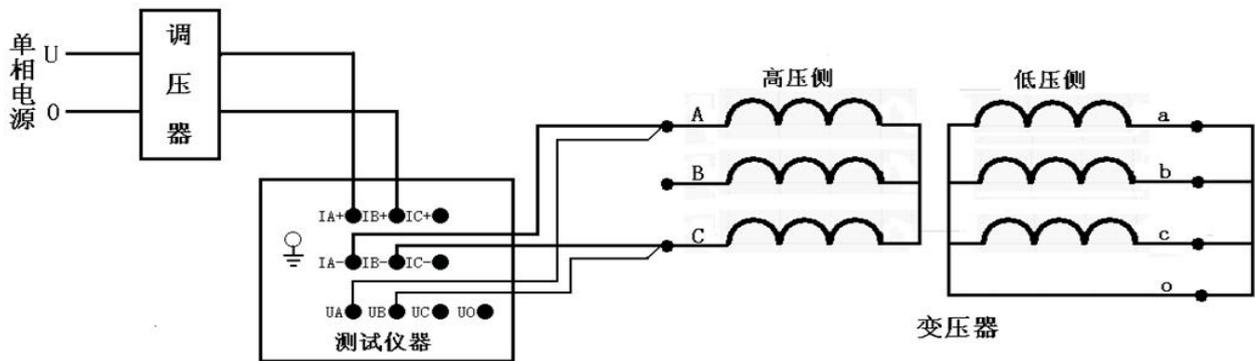
接好后按“确认”键, 调节调压器给 BC 相加压 (如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器), 此时测量“BC”相的数据, 如下图所示:

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz				
阻抗电压:		负载损耗:		
测试容量:		判定容量:		
判定形式:				
按确认键锁定BC相, 按退出键返回上级				

待数据稳定后，按“确认”键，BC相测量结束，出现如下图界面：

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz				
阻抗电压:		负载损耗:		
测试容量:		判定容量:		
判定形式:				
按确认键测量CA相, 按退出键返回上级				

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零（如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器），改接线到CA相，其接线如下图所示：



接好后按“确认”键，调节调压器给CA相加压（如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器），此时测量“CA”相的数据，

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz				
阻抗电压: %		负载损耗:0.000kW		
测试容量:0.000kVA		判定容量:0.000kVA		
判定形式:				
按确认键锁定数据,按退出键返回上级				

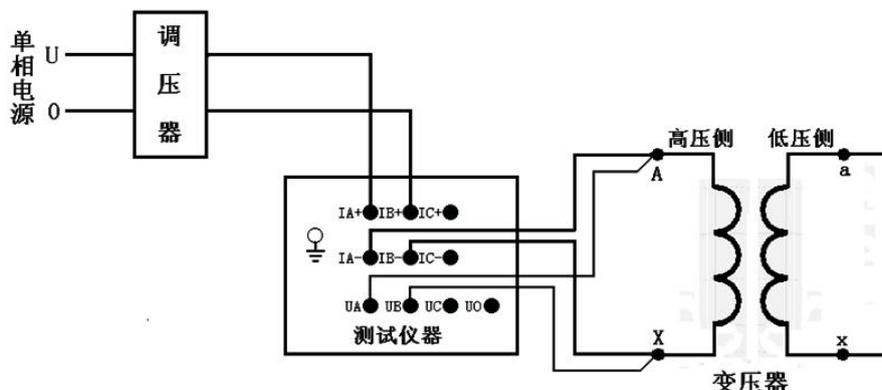
待数据稳定后,按“确认”键,三相测量结束,仪器根据三相数据计算出变压器容量。如下图所示:

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz				
阻抗电压: %		负载损耗:0.000kW		
测试容量:0.000kVA		判定容量:0.000kVA		
判定形式:				
按取消键取消锁定,按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源(如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器)。按“打印”键打印当前测试的数据;当数据锁定后,按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失);按“取消”键退出锁定状态;按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意:每次测试结束或测试中间换线时,一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源,以防触电)。

(五) 单相变压器容量测试

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 X 端（如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器）。其接线方法如下图所示：



在容量测试界面下，设置好相关的参数后，选择“单相容量”，其测试界面如下图所示：

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
三相				
频率:00.00Hz				
阻抗电压: %		负载损耗:0.000 kW		
测试容量:0.000 kVA		判定容量:0.000 kVA		
判定形式:				
按确认键锁定数据, 按退出键返回上级				

在此状态下，接通单相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高（如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要操作调压器），待数据稳定后，按“确认”键锁定当前测试数据

容量分析				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
三相				
频率:00.00Hz				
阻抗电压: %		负载损耗:0.000 kW		
测试容量:0.000 kVA		判定容量:0.000 kVA		
判定形式:				
按取消键取消锁定, 按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源（如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要连接调压器）。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据（掉电不丢失）；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。（注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电）。

七、变压器空载损耗测试操作说明

空载试验必须在额定频率(正弦波形)和额定电压下进行,使一个绕组达到额定励磁,其余绕组开路。一般选择变压器低压绕组侧为试验绕组,空载试验电源质量要符合国家标准规定,最好使用调压设备,电压能以零开始升压,这样便于及早发现问题和降低操作过电压,所测得的空载试验数据的误差应符合 GB/T6451 或有关标准的规定。(空载损耗允许偏差+15%,空载电流偏差+30%)

如果在做大型变压器试验时外接了电压、电流互感器,其精度不能低于 0.2 级。

在现场不具备测试电源的条件下,若对低压侧额定电压为 10kV 的中型变压器进行三相空载损耗试验,建议采用中间变压器(如 10/0.4 配电变压器),对中型电力变压器在现场进行空载试验,即现由仪器测量出中间变压器的空载损耗,再测量经中间变压器后对大型变压器的空载损耗,两者相减后即可得到大型变压器的空载损耗值,但需要注意中间变压器低压侧所需用的电流是否保证变电站的供电安全,由于空载试验时波形发生畸变,所测量的结果存在一定的偏差,对电源容量要求见附录(仅供参考)。

(一) 开机界面

接好电源线,打开电源,液晶屏显示界面如下图所示:

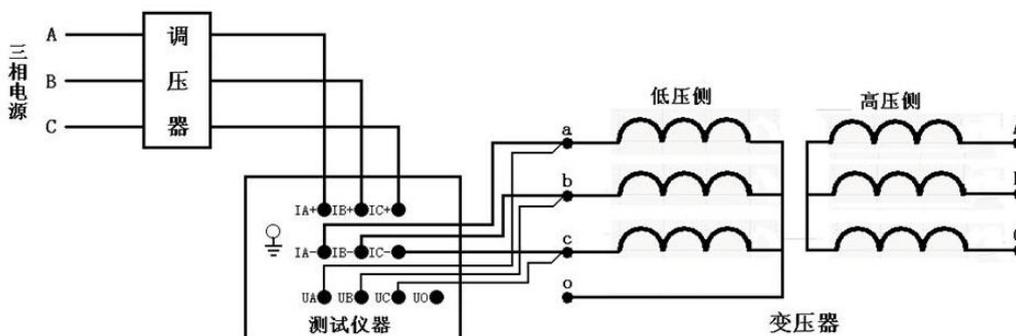


按键盘上“↑”、“↓”键来选择项目,当光标停在所要选择的项目上时,按下键盘上的“确认”键进入下一级菜单。

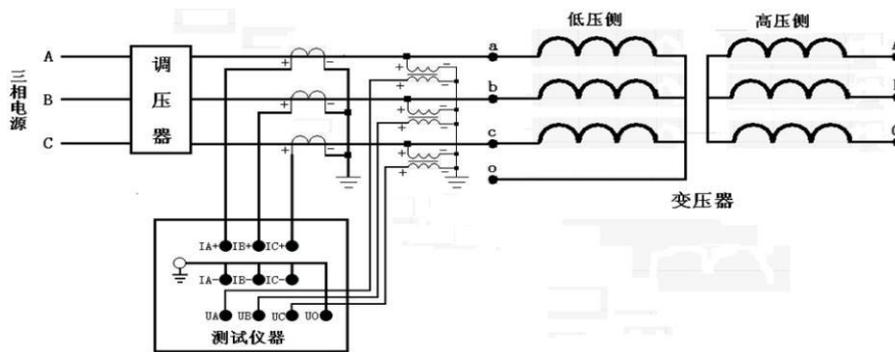
(二) 三相三线空载损耗测试

将三相电源的“U_a”、“U_b”、“U_c”分别接入仪器的“IA+”、“IB+”、“IC+”接线端子;将仪器的“IA-”、“IB-”、“IC-”及“UA”、“UB”、“UC”分别接到变压器的低压侧。变压器的高压侧开路。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时,接线方法如下图所示:



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:



在开机主菜单状态下，选择“空载损耗”项目，进入“空载损耗”项目菜单，如下图所示：



在测试之前，首先要进行相关的参数设置。在上图中光标指向“参数设置”项，此时按键盘上的“确认”键进入右边的参数设置，“↑”、“↓”键选择待修改的项，再按“确认”键进入待修改项的输入项，“←”、“→”键选择输入位置；“↑”、“↓”键改变当前光标所在位置数值的大小，“↑”键数值增大，“↓”键数值减小。

各参数说明如下：

- 1) 设备编号：可输入最多十位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。
- (2) 额定高压：变压器加压侧额定电压，单位：kV
- (3) 额定容量：变压器的额定容量，单位：kVA。
- (4) 额定温度：用于将与温度有关的测试参数从当前油温校正到额定温度，单位：℃。
- (5) 当前油温：被测变压器当前油温，用于将测试结果校正到额定温度，单位：℃。
- (6) 电压变比：外接一次电压互感器变比，若不接外部电压互感器，则电压变比应设为1(初始值)。
- (7) 电流变比：外接一次电流互感器变比，若不接外部电流互感器，则电流变比应设为1(初始值)。
- (8) 额定低压，单位：kV。

上述的参数应根据实际情况输入，否则会得到错误的测试结果。当所有的参数已设置好后，返回到上图的状态，按“↓”键选择“测试项目”，如下图所示：



按“确认”键进入测试项目的选择，按“↓”键选择“三相三线空载”，按“确认”键进入测试界面，如下图所示：

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流:00% 波形畸变:00%				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键锁定数据,按退出键返回上级				

在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高到额定电压，待数据稳定后，按“确认”键锁定当前测试数据：

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流:00% 波形畸变:00%				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按取消键取消锁定,按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

各参数说明如下：

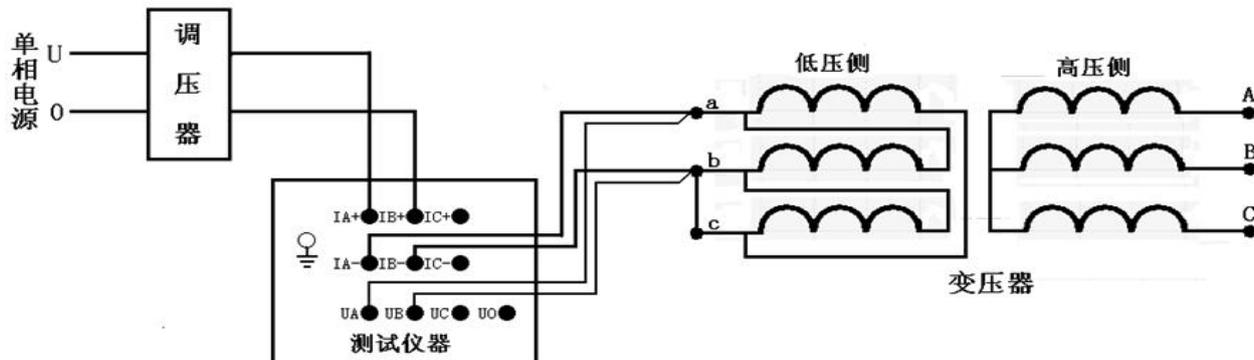
- (1)有效值V：当前条件下的实测 ab、bc、ca 相的电压有效值，单位：V。
- (2)平均值V：当前条件下的实测 ab、bc、ca 相的电压平均值，单位：V。
- (3)电流A：当前条件下的实测 a 相、b 相、c 相的电流有效值，单位：A。
- (4)功率W：当前条件下的实测 ab 相、bc 相、ca 相的有功功率，单位：W。
- (5)三相：表示三相平均值，功率为三相总和。
- (6)频率：试验电源频率，单位：Hz。
- (7)相位：电压和电流的相位差，单位：°（度）。
- (8)COSΦ：功率因数。
- (9)空载电流：空载电流百分比。
- (10)波形畸变：三相电压平均值和电压有效值的误差百分比。
- (11)铁芯形式：根据所测得的空载损耗值判断得到的铁芯形式。
- (12)空载损耗：校正到额定电压下的空载损耗值(在计算额定电压空载损耗时，因与选的钢片材料和磁通密度有关，结果有可能不是很准确，用户可以根据实测空载损耗自己手动校正，或者施加额定电压测量)。

(三) D形分相空载损耗测试

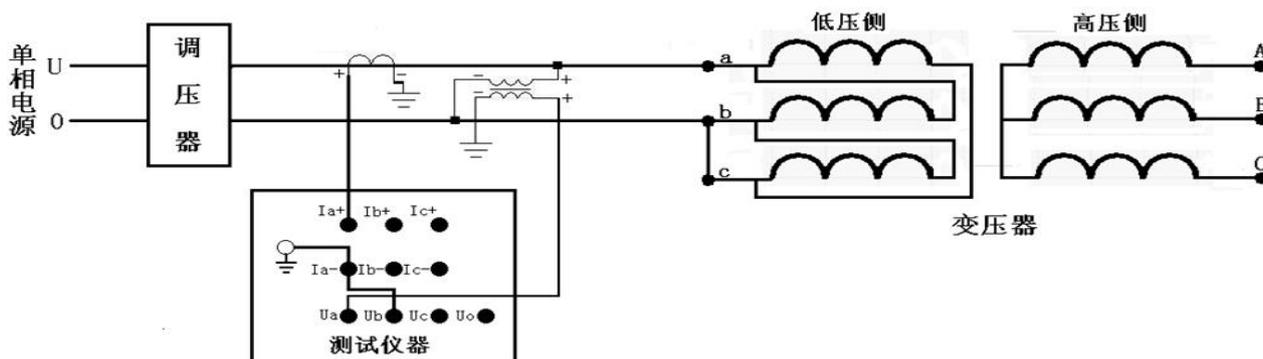
对于加压侧绕组为D、另一侧为yn、y或d联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在ab、bc、ca相加压，非加压绕组应依次短路，测量变压器空载电流和空载损耗。

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的低压侧a端，将“IB-”及“UB”接到变压器的低压侧b端，bc间短接；变压器高压侧开路。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：



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：



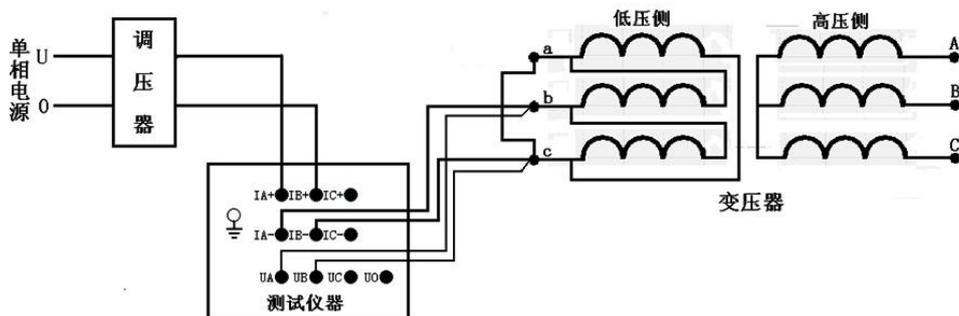
在空载测试主界面下，设置好相关的参数后，选择“D形分相空载”，其测试界面如下图所示：

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流: 波形畸变:				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键锁定AB相, 按退出键返回上级				

在此状态下，接通试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢的升高到额定电压，待数据稳定后，按“确认”键，出现如下图界面：

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流: 波形畸变:				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键测量BC相, 按退出键返回上级				

在此状态下, 不要退出测量状态, 将调压器输出电压调零, 改接线到 bc 相, ca 间短接, 其接线如下图所示:



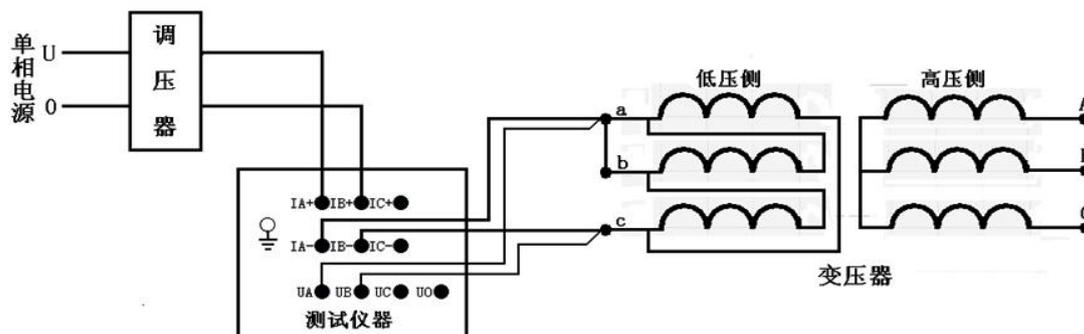
接好后按“确认”键, 调节调压器给 bc 相加压, 此时测量“BC”相的数据, 如下图所示:

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流: 波形畸变:				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键锁定BC相, 按退出键返回上级				

待数据稳定后, 按“确认”键, bc 相测量结束, 出现如下图界面:

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流: 波形畸变:				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键测量CA相, 按退出键返回上级				

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 ca 相，ab 间短接，其接线如下图所示：



接好线后按“确认”键，调节调压器给 ca 相加压，此时测量“CA”相的数据，

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流:00% 波形畸变:00%				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键锁定数据, 按退出键返回上级				

待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器空载电流和空载损耗。如下图所示：

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流:00% 波形畸变:00%				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按取消键取消锁定, 按退出键返回上级				

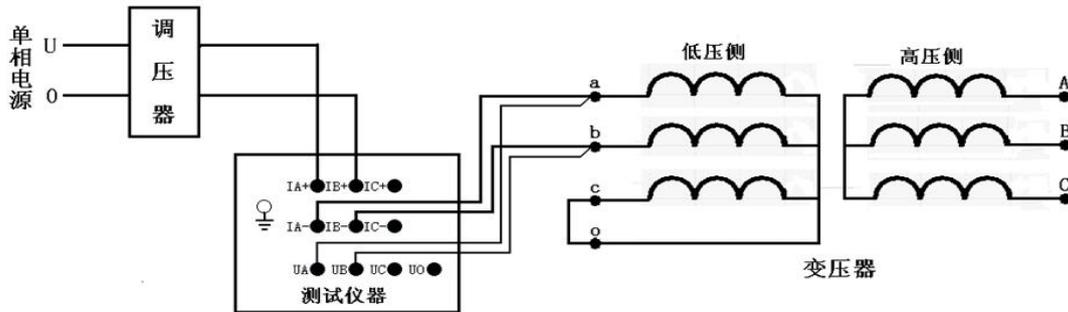
将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(四) 星形分相空载损耗测试

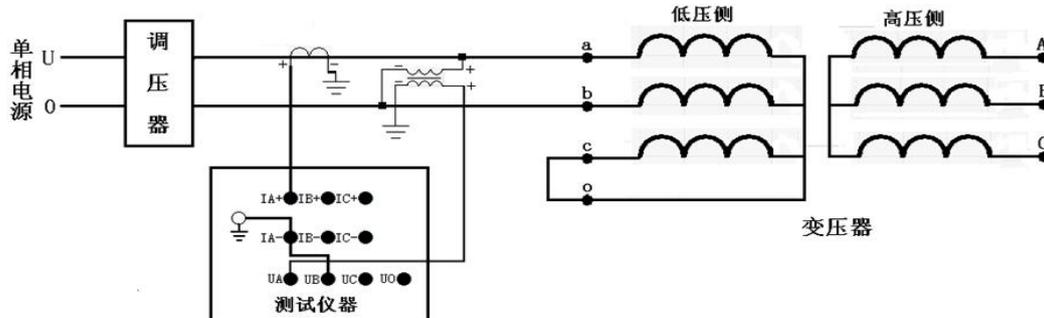
对于加压侧绕组为 Y、Yn 另一侧为 y 或 d 联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在 ab、bc、ca 相加压，未加压相与 o 相短接，测量变压器空载电流和空载损耗。

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的低压侧 a 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的低压侧 b 端，co 或 c 相上的其它绕组短接；同时变压器的高压侧开路。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：



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：



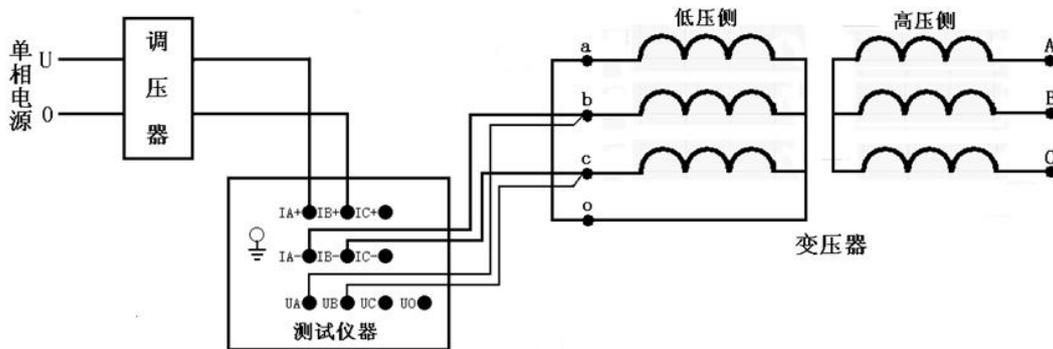
在空载损耗主界面下，设置好相关的参数后，选择“星形分相空载”，其测试界面如下图所示：

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流: 波形畸变:				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键锁定AB相, 按退出键返回上级				

在此状态下，接通试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢的升高到 $2/\sqrt{3}$ 倍额定电压，待数据稳定后，按“确认”键，出现如下图界面：

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流: 波形畸变:				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键测量BC相, 按退出键返回上级				

在此状态下, 不要退出测量状态, 将调压器输出电压调零, 改接线到 bc 相, ao 或 a 相上的其它绕组短接, 其接线如下图所示:



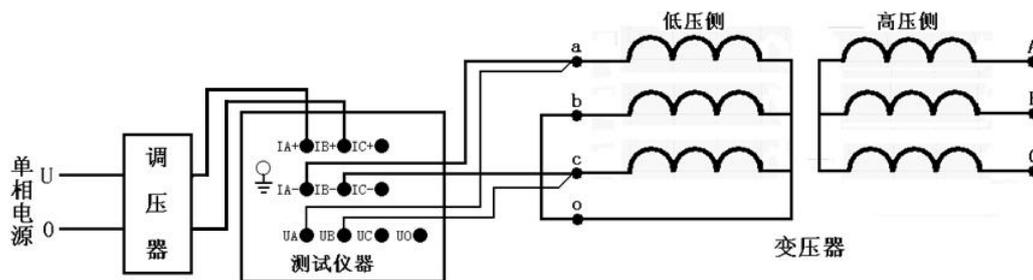
接好线后按“确认”键, 调节调压器给 bc 相加压, 此时测量“BC”相的数据, 如下图所示:

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流: 波形畸变:				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键锁定BC相, 按退出键返回上级				

待数据稳定后, 按“确认”键, bc 相测量结束, 出现如下图界面:

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流: 波形畸变:				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键测量CA相, 按退出键返回上级				

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 ca 相，bo 或 b 相上的其它绕组短接，其接线如下图所示：



接好线后按“确认”键，调节调压器给 ca 相加压，此时测量“CA”相的数据，

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流:00% 波形畸变:00%				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键锁定数据, 按退出键返回上级				

待数据稳定后，按“确认”结束测量，仪器根据三相测量数据计算出变压器空载电流和空载损耗。如下图所示：

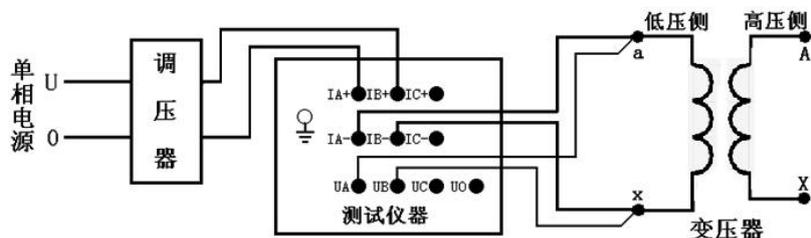
空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流:00% 波形畸变:00%				
铁芯形式:				
空载损耗:				
按取消键取消锁定, 按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

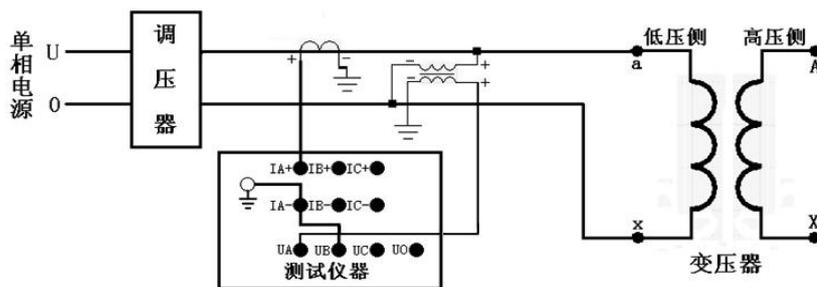
(五) 单相空载损耗测试

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的低压侧 a 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的低压侧 x 端，变压器的高压侧开路。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：



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：



在空载损耗主界面下，设置好相关的参数后，选择“单相空载”，其测试界面如下图所示：

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流:		波形畸变:		
铁芯形式:				
空载损耗:				
按确认键锁定数据, 按退出键返回上级				

在此状态下，接通单相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高到额定电压，待数据稳定后，按“确认”键锁定当前测试数据，出现如下图界面：

空载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
空载电流:		波形畸变:		
铁芯形式:				
空载损耗:				
按取消键取消锁定, 按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

八、变压器负载损耗测试操作说明

额定条件下的测试

试验必须在额定频率（正弦波形）和额定电流下进行，一般选择变压器一次侧绕组侧为试验绕组，二次侧（大电流侧）人工短路，短路导线截面积应不小于变压器导线截面积，其长度要尽可能短，并确保接触电阻可以忽略，以免影响测试结果。

非额定条件下的测试

由于现场的实际情况，受条件的限制，无法对被测试变压器施加以额定频率的额定电压，特别是对大中型变压器试验，在现场更难以做到。建议利用小电流进行试验测试，根据国标要求，试验电流达到额定电流的 25~50%即可满足试验要求。

试验要求及注意

试验前应准确地测量被试变压器地绕组温度，油浸变压器以油面温度作为绕组温度，干式变压器应在线圈地不同部位（不小于三个点）的温度平均值作为绕组温度。如果在做大型变压器试验时外接了电压、电流互感器，其精度不能低于 0.2 级。对电源容量要求见附录（仅供参考）。

双绕组变压器从试品得一侧供给额定电流，另一侧短路，还应在两极限分接位置上进行。其测量结果应在成对得绕组间进行，其他绕组开路。高压绕组与中压绕组间测量，低压绕组开路；高压绕组和低压绕组间测量，中压绕组开路；中压绕组与低压绕组间测量，高压绕组开路。自耦变压器可视同双绕组变压器，对于具有独立第三绕组得自耦变压器，可视同三绕组变压器。

（一）开机界面

接好电源线，打开电源，液晶屏显示界面如下图所示：

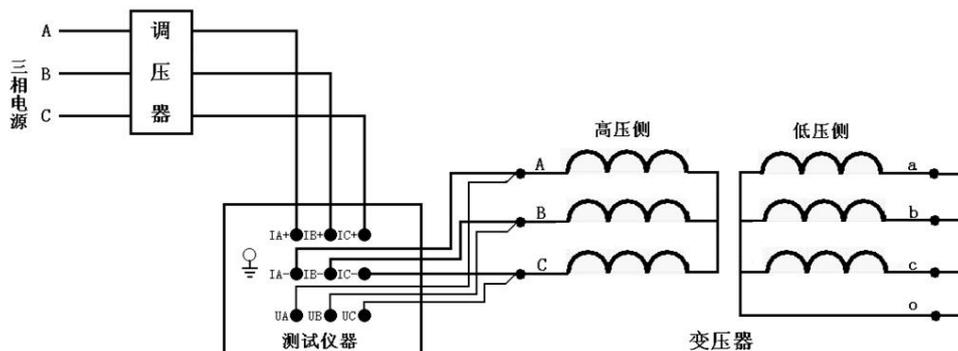


按键盘上“↑”、“↓”键来选择项目，当光标停在所要选择的项目上时，按下键盘上的“确认”键进入下一级菜单。

（二）三相三线负载损耗测试

将三相电源的“U_a”、“U_b”、“U_c”分别接入仪器的“IA+”、“IB+”、“IC+”接线端子；将仪器的“IA-”、“IB-”、“IC-”及“UA”、“UB”、“UC”分别接到变压器的高压侧。若三相电源带有零相，将三相电源的零相“U₀”接到仪器的“U0”接线端子。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：



在开机主界面的状态下，选择“负载损耗”项目，进入“负载损耗”项目测试菜单，如下图所示：

■■■■+13.7V 负载损耗 ■■■■-13.8V	
参数设置 历史记录 测试项目 返回	设备编号： 额定高压： kV(加压侧) 额定容量： kVA 额定温度： ℃ 当前油温： ℃ 高压电阻： mΩ 低压电阻： uΩ 额定低压： 0.40 kV 返回
10-02-02 13:13:13	

在测试之前，首先要进行相关的参数设置。在上图中光标指向“参数设置”项，此时按键盘上的“确认”键进入右边的参数设置，“↑”、“↓”键选择待修改的项，再按“确认”键进入待修改项的输入项，“←”、“→”键选择输入位置；“↑”、“↓”键改变当前光标所在位置数值的大小，“↑”键数值增大，“↓”键数值减小。

各参数说明如下：

- (1) 设备编号：可输入最多十位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。
- (2) 额定高压：变压器加压侧额定电压，单位:kV
- (3) 额定容量：变压器的额定容量，单位:kVA。
- (4) 额定温度：用于将与温度有关的测试参数从当前油温校正到额定温度，单位:℃。
- (5) 当前油温：被测变压器当前油温，用于将测试结果校正到额定温度，单位:℃。
- (6) 高压电阻：当前油温下高压侧的平均相间直流电阻(如果是单相电阻，应乘以2，如果不在当前油温下测的结果，应按公式1转换为当前油温),单位:mΩ。
- (7) 低压电阻：当前油温下低压侧的平均相间直流电阻(如果是单相电阻，应乘以2，如果不在当前油温下测的结果，应按公式转1换为当前油温),单位:uΩ。
- (8) 额定低压：单位:kV。

$$R_t = R_{t1} \times \frac{235+t}{235+t1} \quad \text{公式}$$

t:当前油温 t1:测试直流电阻时的油温 Rt1: t1时的直流电阻。

高压电阻，低压电阻，额定低压是电阻法算负载损耗时的参数，如果小容量变压器可以输入0. 仪器会用系数法算负载损耗，但是大容量变压器应该准确输入这些参数，用电阻法算出的负载损耗为准，否则系数法算出的结果会偏大很多。

上述的参数应根据实际情况输入，否则会得到错误的测试结果。当所有的参数已设置好后，返回到负载损耗主界面的状态，按“↓”键选择“测试项目”，如下图所示：

■■■■+13.7V 负载损耗 ■■■■-13.8V	
参数设置 历史记录 测试项目 返回	星形分相负载 D形分相负载 三相三线负载 单相负载 返回
10-02-02 13:13:13	

按“确认”键进入测试项目的选择，按“↓”键选择“三相三线负载”，按“确认”键进入测试界面，如下图所示：

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:0.00%				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键锁定数据,按退出键返回上级				

在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按“确认”键锁定当前测试数据，出现如下图界面：

■+13.7V 负载损耗 ■-13.8V				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:0.00%				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按取消键取消锁定,按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

各参数说明如下：

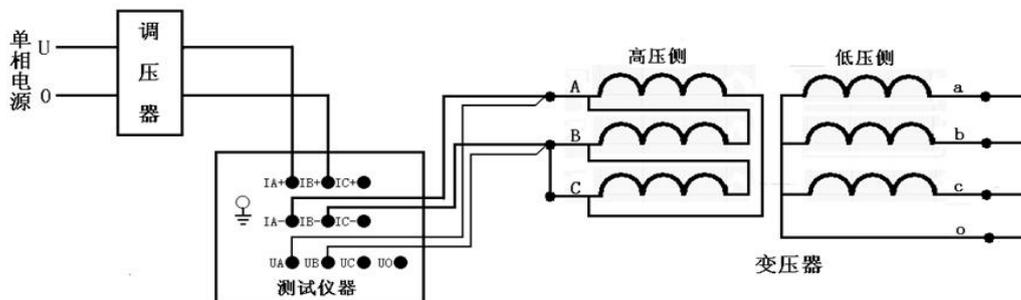
- (1)有效值 V：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压有效值，单位：V。
- (2)平均值 V：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压平均值，单位：V。
- (3)电流 A：当前条件下的实测 A 相、B 相、C 相的电流有效值，单位：A。
- (4)功率 W：当前条件下的实测 AB 相、BC 相、CA 相的有功功率，单位：W。
- (5)三相：表示三相平均值，功率为三相总和。
- (6)频率：试验电源频率，单位：Hz。
- (7)相位：电压和电流的相位差，单位：°（度）。
- (8)COSΦ：功率因数。
- (9)阻抗电压：折算到额定电流、额定温度下的阻抗电压百分比。
- (10)系数法负载损耗：用系数法折算到额定电流、额定温度下的负载损耗，单位：kW。
- (11)电阻法负载损耗：用电阻法折算到额定电流、额定温度下的负载损耗，单位：kW。

(三) D形分相负载损耗测试

对于加压侧绕组为D、另一侧为yn、y或d联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在AB、BC、CA相加压，非加压绕组应依次短路，测量变压器阻抗电压和负载损耗。

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧A端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧B端，BC间短接。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：



在负载损耗主界面下，设置好相关的参数后，选择“D形分相负载”，其测试界面如下图所示：

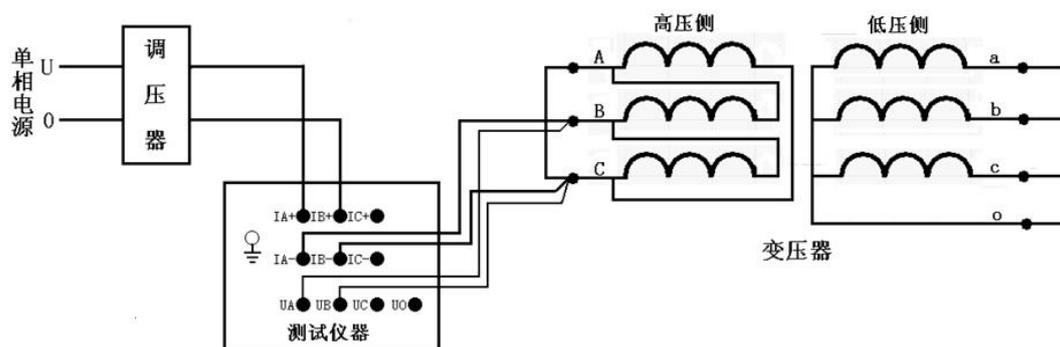
负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键锁定AB相, 按退出键返回上级				

图 8-3-2

在此状态下，接通试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢的升高，待数据稳定后，按“确认”键，出现如下图界面：

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键测量BC相, 按退出键返回上级				

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 BC 相，CA 间短接，其接线如下图所示：



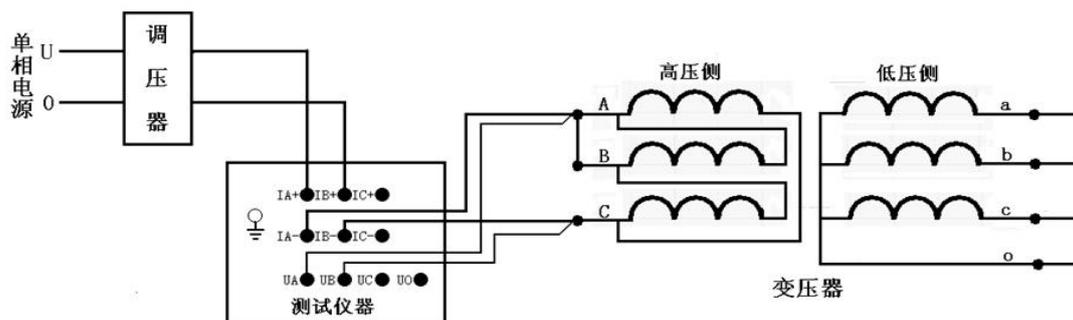
接好线后按“确认”键，调节调压器给 BC 相加压，此时测量“BC”相的数据，如下图所示：

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键锁定BC相, 按退出键返回上级				

待数据稳定后，按“确认”键，出现如下图界面：

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键测量CA相, 按退出键返回上级				

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 CA 相，AB 间短接，其接线如下图所示：



接好线后调节调压器给 CA 相加压，此时测量“CA”相的数据，

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:0.00%				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键锁定数据, 按退出键返回上级				

待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器阻抗电压和负载损耗。如下图所示：

■■■■+13.7V 负载损耗 ■■■■-13.8V				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:0.00%				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按取消键取消锁定, 按退出键返回上级				

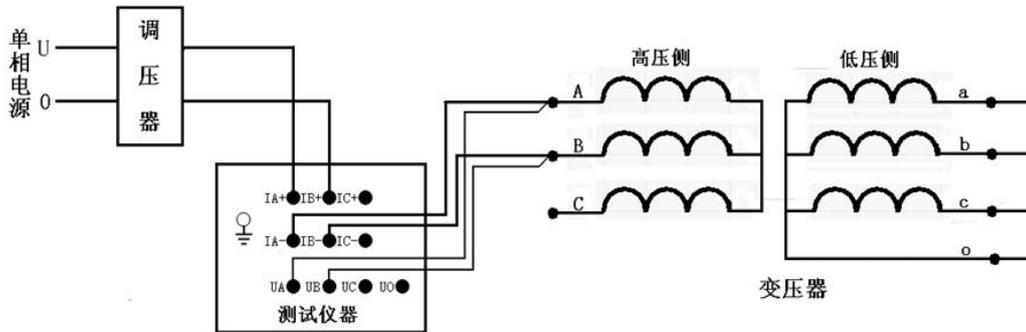
将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(四) 星形分相负载损耗测试

对于加压侧绕组为 Y、另一侧为 y 或 d 联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在 AB、BC、CA 相加压，测量变压器阻抗电压和负载损耗。

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 B 端。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：



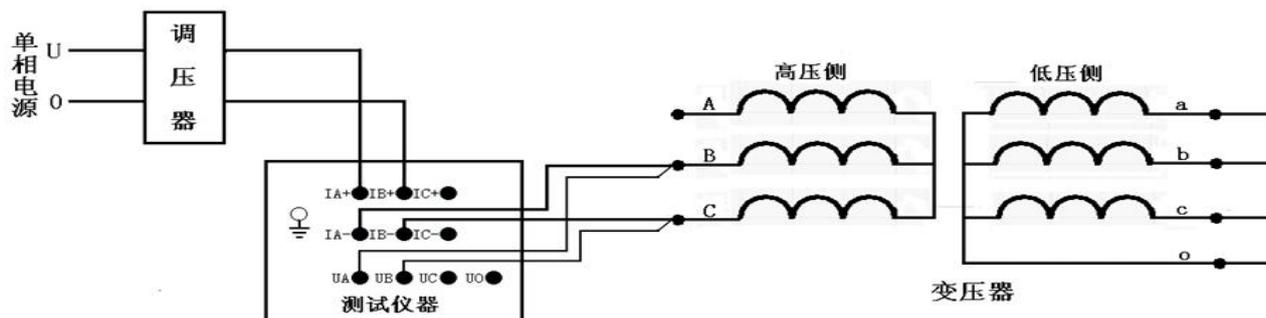
在负载损耗主界面下，设置好相关的参数后，选择“星形分相负载”，其测试界面如下图所示：

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键锁定AB相, 按退出键返回上级				

在此状态下，接通试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢的升高，待数据稳定后，按“确认”键，出现如下图所示界面：

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC				
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键测量BC相, 按退出键返回上级				

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 BC 相，其接线如下图所示：



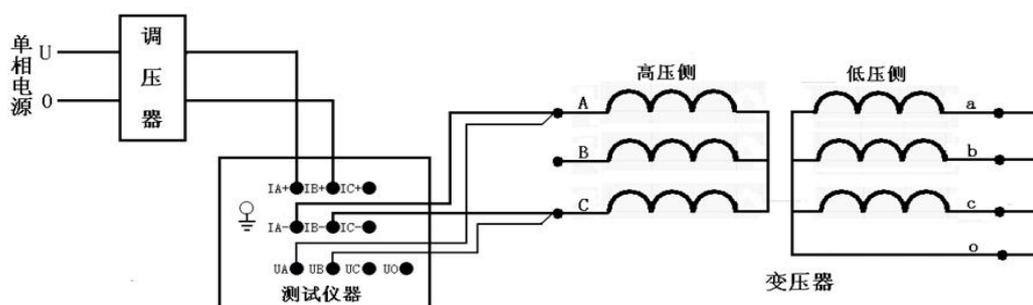
接好线后按“确认”键，调节调压器给 BC 相加压，此时测量“BC”相的数据，如下图所示：

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键锁定BC相, 按退出键返回上级				

待数据稳定后，按“确认”键，BC 相测量结束，出现如下图界面：

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA				
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键测量CA相, 按退出键返回上级				

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 CA 相，其接线如下图所示：



接好线后按“确认”键，调节调压器给 CA 相加压，此时测量“CA”相的数据，如下图所示：

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:0.00%				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键锁定数据, 按退出键返回上级				

待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器阻抗电压和负载损耗。如下图所示：

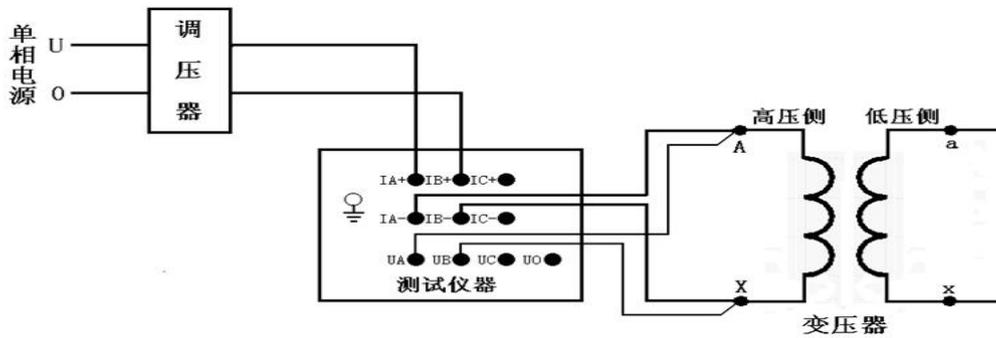
■■■■+13.7V 负载损耗 ■■■■-13.8V				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
BC	0.000	0.000	0.000	00.00
CA	0.000	0.000	0.000	00.00
三相	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:0.00%				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按取消键取消锁定, 按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(五) 单相变压器负载损耗测试

将单相电源的“U”、“0”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 X 端。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：



在负载损耗主界面下，设置好相关的参数后，选择“单相负载”，其测试界面如下图所示：

负载损耗				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
三相				
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:0.00%				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按确认键锁定数据,按退出键返回上级				

在此状态下，接通单相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按“确认”键锁定当前测试数据。

■■■■+13.7V 负载损耗 ■■■■-13.8V				
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W
AB	0.000	0.000	0.000	00.00
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00				
阻抗电压:0.00%				
系数法负载损耗:				
电阻法负载损耗:				
按取消键取消锁定,按退出键返回上级				

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。

九、历史数据的读取

选择“历史记录”，按“确认”键进入历史记录的界面。仪器能够记录 80 组数据，并且自动更新数据，打开的记录为最新存储的记录。如三相三线负载测试记录，如下图所示：

■■■■+13.7V		负载损耗		■■■■-13.8V	
参数设置	已存储 3 条		剩余空间 77 条		
历史记录	删除		返回		
测试项目	编号	测试时间			
返回	001	2010-02-04 13:13:13			
	002	2010-02-03 13:13:13			
	003	2010-02-02 13:13:13			
10-02-04 13:13:13					

在此状态下按“←”、“→”键选择“删除”、“返回”，当光标指向“删除”时，按下“确认”键，界面将提示是否删除全部记录，选择“否”，不删除；选择“是”，则删除全部历史记录。选择“返回”，则返回上一级菜单。

在此状态下按“↓”键，则进入如下图所示界面：

■■■■+13.7V		负载损耗		■■■■-13.8V	
参数设置	已存储 3 条		剩余空间 77 条		
历史记录	删除		返回		
测试项目	编号	测试时间			
返回	001	2010-02-04 13:13:13			
	002	2010-02-03 13:13:13			
	003	2010-02-02 13:13:13			
10-02-04 13:13:13					

按下“确认”键，则进入如下图所示界面：

■■■■+13.7V		负载损耗(三相三线)		返回	删除	■■■■-13.8V	
相别	有效值V	平均值V	电流A	功率W			
AB	0.000	0.000	0.000	00.00			
BC	0.000	0.000	0.000	00.00			
CA	0.000	0.000	0.000	00.00			
三相	0.000	0.000	0.000	00.00			
频率:00.00Hz 相位:0.00° COSΦ:0.00							
阻抗电压:0.00%							
系数法负载损耗:							
电阻法负载损耗:							
按确认键锁定数据,按退出键返回上级							

在此状态下，按“←”、“→”键选择“返回”、“删除”，当光标指向“删除”时，按下“确认”键，则删除当前条记录。选择“返回”，则返回上一级菜单。按“打印”键，则打印当前条数据。如果按“↓”键，则显示已设置的参数，如下图所示；按“↑”则返回上图。



十、系统设置

在开机界面的状态下，选择“系统设置”，如下图所示



状态下，按“↑”、“↓”键来选择要修改的项目(如“日期”、“时间”、“USB”),选中后，按“确认”键进入数值修改(日期和时间)，“←”、“→”键选择需要校正的位置；“↑”、“↓”键改变当前光标所在位置数值的大小；“↑”键数值增大，“↓”键数值减小。USB模式通过“←”、“→”键来选择，U盘对应面板上的扁口USB座，只能插U盘用；通讯对应面板上的方口USB座，只能与上位机通信用；根据用户所需，选择不同的功能。设置完成后，直接保存返回。

十一、历史数据的 U 盘存储

在开机界面的“系统设置”中选择 USB 的功能为 U 盘功能(注：USB 功能切换，须重新启动仪器才能生效)。插入 U 盘，进入到历史记录界面，如下图所示：

■■■■+13.7V X X X X ■■■■-13.8V	
参数设置	已存储 3 条 剩余空间 77 条
历史记录	删除 返回 复制到U盘
测试项目	编号 测试时间
返回	001 2010-02-04 13:13:13
	002 2010-02-03 13:13:13
	003 2010-02-02 13:13:13
10-02-02 13:13:13	

移动光标选中“复制到 U 盘”，按确认键，将历史数据复制到 U 盘中，复制成功如下图所示：

■■■■+13.7V X X X X ■■■■-13.8V	
参数设置	已存储 3 条 剩余空间 77 条
历史记录	删除 返回 复制到U盘
测试项目	复制成功
返回	
10-02-02 13:13:13	

几秒钟后，返回到历史记录界面。若 U 盘中已有同名的文件，则提示是否覆盖，如下图所示：

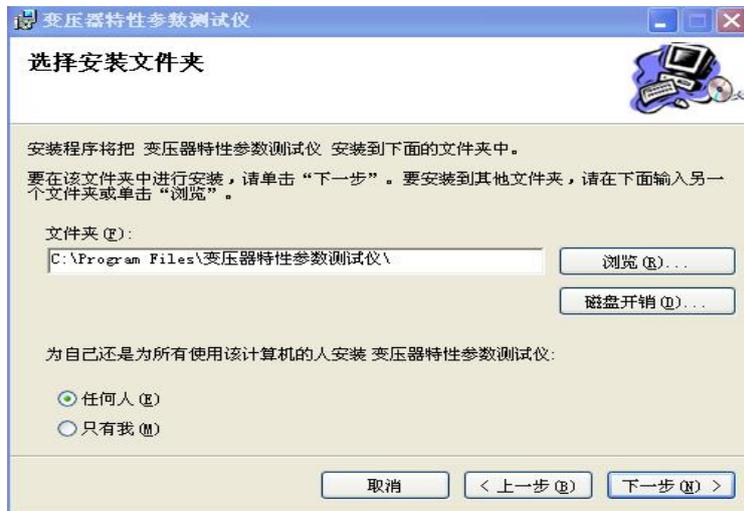
■■■■+13.7V X X X X ■■■■-13.8V	
参数设置	已存储 3 条 剩余空间 77 条
历史记录	删除 返回 复制到U盘
测试项目	文件已存在是否覆盖
返回	
<input checked="" type="checkbox"/> 否 是	
10-02-02 13:13:13	

选择“否”，则文件不保存，直接返回，如果选择“是”，则将之前的覆盖，请注意备份。

十二、上位机管理软件

(一) 软件安装

双击安装文件，选择软件安装的路径后，根据提示连续点击几次“下一步”即开始安装。如下图所示



(二) 软件使用

软件安装完成后，界面如下图所示（以下以短路阻抗为例）



控制按钮：

导 入：导入上位机保存的文件记录

导 出：导出文件记录为 TXT 格式文件

打 印：打印测试记录

端口配置：设置通讯方式和波特率

连 接：上位机和仪器之间的连接通讯

参数设置：将上位机的参数发送到仪器

测 试：开始测试

搜索数据：上传下位机的测试数据记录

退 出：退出程序

首先进行端口配置，选择好波特率（仪器的波特率为 19.2Kb/S）后点连接，如果仪器和连接线没问题，软件会提示连接成功（不成功查找连接线和端口配置是否正确），然后选择要试验的项目和模式，再输入参数点**参数设置**后，点**测 试**开始试验。测试完成的结果放在当前数据里面。按**导 出**将当前数据里面的测试结果保存到你选择的路径。如果要上传历史数据点**搜索数据**然后选择单条或全部上传。

十三、注意事项

1. 使用本仪器时请按本说明书接线和操作。
2. 接地端子应就近可靠接地, 接好测试线后开机, 在测试过程中, 切不可拆除测试线, 以免发生事故, 一次测试完成后应锁定数据, 然后断开测试电源, 再查看或打印锁定数据或者移动拆除测试线。
3. 测试开始前请输入正确的辅助参数, 仪器的测量结果都依赖于输入的辅助参数。
4. 测试时注意变压器分接开关位置, 不同位置的测量结果也不同, 如果要测量阻抗电压, 变压器必须在额定分接位置。
5. 空载损耗测量时, 在非额定电压条件下, 电压校正是一种近似校正, 所以请尽量在额定电压条件下进行测量。
6. 负载损耗测量时, 试验应尽量快速进行, 以减少绕组温升所引起的误差。
7. 负载损耗测量时, 低压侧短路线要足够粗, 可以承受低压侧额定电流, 并且连接可靠, 确保接触电阻可以忽略。
8. 测试菜单项选择和实际测试项目及接线要一致。
9. 电流回路用粗线连接, 电压回路用细线连接。
10. 请不要在电压或电流输入过载条件下工作。
11. 内存最多可储存 80 次测量结果, 超过 80 次时最老的记录将被覆盖, 请注意及时抄录或通过上位上传到电脑保存或转存到移动 U 盘中。

十四、附件(装箱单)

1. 主机	1 台
2. 电源线	1 根
3. 测试线	1 套
4. 保险丝管	2 只
5. 说明书	1 本
6. 打印纸	2 卷
7. 大电流短路扁铜线	1 根
8. 短接线 (2 米)	1 根
9. 接地线	1 根
10. 鳄鱼夹	3 只

十五、售后服务

本产品为带电池仪器, 保修期一年。

本仪器内置电池, 建议每3个月充放电维护一次充放电步骤: 放完电量→充满电量→放少许电量后存放(因未定期充放电维护出现问题的, 恕不享受电池免费维修服务)

自行拆卸仪器后果自负, 本公司不再负责维修!

附录一 仪器常见故障及分析

常见故障	故障原因
液晶无显示	1)液晶对比度需要调节 2)仪器主板故障 3)电源故障
不能测试	1)夹子未夹牢 2)电源没有接好 3)仪器内部接线松动
打印机不打印	1)打印机故障 2)仪器主板故障 3)打印纸没装好(热敏纸只能在一侧打印) 4)打印机电源未接好

附录二 空载损耗试验时试验电源容量的确定

为了选用合适的试验电源，必须在试验前确定其容量。根据被试变压器的铭牌容量及铭牌所载的空载电流百分数(无铭牌或铭牌未给出数值的，可查取同型式变压器的额定数据)，在额定电压下进行试验时，按下式计算：

$$S' \geq (SN \times 10\% \times K) / 100$$

式中 S' --试验所需三相电源容量；

SN --变压器额定容量；

10%--空载电流百分比。

K --系数 电源为调压器时 K=2.5 电源为发电机 K=5；

根据经验下面的公式也实用

$$S' \geq SN \times K$$

式中 S' --试验所需三相电源容量；

SN --变压器额定容量；

K --经验系数，可在 0.05~0.10 间选取

如果用单相电源，电源容量=三相电源容量/1.5

附录三 负载损耗、短路阻抗、容量分析,试验时试验电源容量的确定

所需三相电源容量 S 可按下式计算：

$$S \geq SN \times (U_k\% / 100) \times (I_k / I_N)^2$$

所需试验三相电压 U_k 为：

$$U_k > U_N \times (U_k\% / 100) \times (I_k / I_N)$$

式中 SN、U_N--分别为额定容量的额定电压；

I_N、I_k--分别为额定电流和短路试验电流；

S、U_k--分别是所需的视在功率和短路试验电压；

U_k%--被试变压器短路电压百分数(%) (即：阻抗电压)。

如果用单相电源，电源容量=三相电源容量/1.5

例：被测试变压器额定容量 50kVA，阻抗电压为 4%，

如果试验时用额定电流，I_k/I_N =1，电源容量应大于 (50×4)/100=2kW

如果试验时用 50%的额定电流，I_k/I_N=0.5，电源容量应大于 2KW×0.5×0.5=0.5kW

附录四 国标 GB1094.1 与 IEC76.1 允许偏差对照表

项 目	允 许 偏 差			
	国 标 GB1094.1-85	IEC76.1-76	国 标 GB1094.1-96	IEC76.1-93
1、总损耗 1) 空载损耗 2) 负载损耗	+10% +15% +15%	+10% +15% +15%	+10% +15% +15%	+10% +15% +15%
2、主分接上的空载电压比(额定电压比)	取下列值中的较小值: 1) $\pm 0.5\%$ 2) 额定电流下实际阻抗电压的 $\pm 10\%$ (自耦变压器和增压变压器的阻抗值较小,因而会产生一些误差,故此条不适用)由制造厂与使用部门商定	规定的第一对绕组	主分接取下列值较小值 1) 规定电压比的 $\pm 0.5\%$ 2) 实际阻抗电压百分数的 $\pm 10\%$	
其他分接上的空载电压比		其他绕组对	其他分接协议,但不低于 1) 和 2) 中的较小值	
3、额定电流下的阻抗电压 1) 主分接为中间分接或间两分接中之一时 ①双绕组变压器②多绕组变压器 2) 其他情况	1) ①双绕组变压器: 该分接的规定值的 $\pm 10\%$ ②多绕组变压器: 指定一对绕组的规定值的 $\pm 10\%$, 第二对绕组的规定值的 $\pm 15\%$ 2) 其他成对绕组的偏差, 需经协商并说明	有二个独立绕组的变压器或多绕组变压器中规定的第一对独立绕组	主分接: 当阻抗值 $\geq 10\%$ 时为 $\pm 7.5\%$ 当阻抗值 $< 10\%$ 为 $\pm 10\%$ 其他分接: 当阻抗值 $\geq 10\%$ 时为 $\pm 10\%$ 当阻抗值 $< 10\%$ 为 $\pm 15\%$	
		自耦连接的一对绕组或多绕组变压器中规定的第二对绕组	主分接为 $\pm 10\%$ 其他分接为 $\pm 15\%$	
4、任一分接的短路阻抗	不少于上项 1) 的偏差值	其他绕组时	$\pm 15\%$ 按协议正偏差可加大	
5、空载电流	标准值(或设计值)的 +30%			

附录五 变压器技术参数

6-10KV 电压等级 三相油浸式配电变压器

额定容量 kVA	空载损耗 kW						负载 损耗 kW	空载 电流 %	短路阻 抗 %
	S9	S10	S11	S12	S13	S15	S9		
30	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.033	0.61	2.8	4.0
50	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10	0.043	0.89	2.5	
63	0.20	0.18	0.15	0.13	0.11	0.05	1.06	2.5	
80	0.25	0.20	0.18	0.15	0.13	0.06	1.28	2.2	
100	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15	0.075	1.54	2.2	
125	0.34	0.27	0.24	0.20	0.17	0.085	1.84	2.0	
160	0.40	0.31	0.27	0.24	0.20	0.10	2.25	1.9	
200	0.48	0.38	0.33	0.28	0.24	0.12	2.65	1.8	
250	0.56	0.46	0.40	0.34	0.29	0.14	3.10	1.7	
315	0.67	0.54	0.48	0.41	0.34	0.17	3.75	1.6	
400	0.80	0.65	0.57	0.49	0.41	0.20	4.40	1.5	
500	0.96	0.78	0.68	0.58	0.48	0.24	5.30	1.4	
630	1.20	0.92	0.81	0.69	0.57	0.32	6.20	1.3	
800	1.40	1.12	0.98	0.84	0.70	0.38	7.50	1.2	
1000	1.70	1.32	1.15	0.99	0.83	0.45	10.30	1.1	
1250	1.95	1.56	1.36	1.17	0.97	0.53	12.80	1.0	
1600	2.40	1.88	1.64	1.41	1.17	0.63	14.50	0.9	

注：负载损耗 S10 比 S9 下降 5% 。 S11 比 S9 下降 5% 。

20KV 电压等级 三相油浸式配电变压器

额定容量 kVA	空载损耗 kW	负载损耗 kW	空载电流 %	短路阻抗 %
	S11			
30	0.10	0.66	2.1	5.5
50	0.13	0.96	2.0	
63	0.15	1.15	1.9	
80	0.18	1.37	1.8	
100	0.20	1.65	1.6	
125	0.24	1.98	1.5	
160	0.29	2.42	1.4	
200	0.34	2.86	1.3	
250	0.40	3.35	1.2	
315	0.48	4.01	1.1	
400	0.57	4.73	1.0	
500	0.68	5.66	1.0	
630	0.81	6.82	0.9	
800	0.98	8.25	0.8	
1000	1.15	11.33	0.7	
1250	1.38	13.20	0.7	
1600	1.68	15.95	0.6	

35KV 电压等级 三相油浸式配电变压器

额定容量 kVA	空载损耗 kW			负载损耗 kW	空载电 流 %	短路阻 抗 %
	S9	S10	S11	S9		
50	0.21	0.18	0.16	1.21	2.0	6.5
100	0.29	0.26	0.23	2.02	1.8	
125	0.34	0.30	0.27	2.38	1.7	
160	0.36	0.32	0.28	2.83	1.6	
200	0.43	0.38	0.34	3.33	1.5	
250	0.51	0.45	0.40	3.96	1.4	
315	0.61	0.54	0.48	4.77	1.4	
400	0.73	0.65	0.58	5.76	1.3	
500	0.86	0.77	0.68	6.93	1.2	
630	1.04	0.93	0.83	8.28	1.1	
800	1.23	1.10	0.98	9.90	1.0	
1000	1.44	1.29	1.15	12.15	1.0	
1250	1.76	1.58	1.40	14.67	0.9	
1600	2.12	1.90	1.69	17.55	0.8	

注：负载损耗 S10 比 S9 下降 5% 。 S11 比 S9 下降 5% 。

6-10kV 电压等级三相油浸式电力变压器

额定容量	空载损耗 kW			负载损耗 kW	空载电流 %	短路 阻抗 %
	S9	S10	S11	S9		
630	1.03	0.92	0.82	7.29	1.1	4.5
800	1.26	1.13	1.00	8.91	1.0	5.5
1000	1.48	1.33	1.18	10.44	1.0	
1250	1.75	1.57	1.40	12.42	0.9	
1600	2.11	1.89	1.68	14.85	0.8	
2000	2.52	2.26	2.01	17.82	0.8	
2500	2.97	2.67	2.37	20.70	0.8	
3150	3.51	3.15	2.80	24.30	0.7	
4000	4.32	3.88	3.45	28.80	0.7	
5000	5.13	4.61	4.10	33.03	0.7	
6300	6.12	5.50	4.89	36.90	0.6	

注：负载损耗 S10 比 S9 下降 5%。S11 比 S9 下降 5%。

35kV 电压等级三相油浸式电力变压器

额定容量	空载损耗 kW			负载损耗 kW	空载电流 %	短路 阻抗 %
	S9	S10	S11	S9		
630	1.04	0.93	0.83	8.28	1.1	6.5
800	1.23	1.10	0.98	9.90	1.0	
1000	1.44	1.29	1.15	12.15	1.0	
1250	1.76	1.58	1.40	14.67	0.9	
1600	2.12	1.90	1.69	17.55	0.8	
2000	2.72	2.44	2.17	19.35	0.8	
2500	3.20	2.88	2.56	20.70	0.8	
3150	3.80	3.42	3.04	24.30	0.7	7.0
4000	4.52	4.06	3.61	28.80	0.7	
5000	5.40	4.86	4.32	33.03	0.7	
6300	6.56	5.90	5.24	36.90	0.6	7.5
8000	9.00	8.10	72.0	40.50		
10000	10.88	9.79	87.0	47.70		
12500	12.60	11.30	10.08	56.70		8.0
16000	15.20	13.68	12.16	69.30		
20000	18.00	16.20	14.40	83.70		
25000	21.28	19.15	17.02	99.00		
31500	25.28	22.75	20.22	118.8	0.6	

注：负载损耗 S10 比 S9 下降 5%。S11 比 S9 下降 5%。

6-10KV 电压等级 三相干式配电变压器

额定容量 kVA	空载损耗 kW						负载 损耗 kW	空载 电流 %	短路阻 抗 %
	S9	S10	S11	S12	S13	S15	S9		
30	0.22	0.19	0.17	0.15	0.135	0.07	0.67	2.3	4.0
50	0.31	0.27	0.24	0.215	0.195	0.09	0.94	2.2	
80	0.42	0.37	0.33	0.295	0.265	0.12	1.29	1.7	
100	0.45	0.40	0.36	0.32	0.29	0.13	1.48	1.7	
125	0.53	0.47	0.42	0.375	0.34	0.15	1.74	1.5	
160	0.61	0.54	0.48	0.43	0.385	0.17	2.00	1.5	
200	0.70	0.62	0.55	0.495	0.445	0.20	2.37	1.3	
250	0.81	0.72	0.64	0.575	0.515	0.23	2.59	1.3	
315	0.99	0.88	0.79	0.705	0.635	0.28	3.27	1.1	
400	1.10	0.98	0.88	0.785	0.705	0.31	3.75	1.1	
500	1.31	1.16	1.04	0.93	0.835	0.36	4.59	1.1	
630	1.51	1.34	1.20	1.07	0.965	0.42	5.53	0.9	
630	1.46	1.30	1.17	1.04	0.935	0.41	5.61	0.9	
800	1.71	1.52	1.36	1.215	1.095	0.48	6.55	0.9	
1000	1.99	1.77	1.59	1.415	1.275	0.55	7.65	0.9	
1250	2.35	2.09	1.88	1.67	1.505	0.65	9.10	0.9	
1600	2.76	2.45	2.20	1.96	1.765	0.76	11.05	0.9	
2000	3.40	3.05	2.74	2.44	2.195	1.00	13.6	0.7	
2500	4.00	3.60	3.24	2.88	2.59	1.20	16.15	0.7	
1600	2.76	2.45	2.20	1.96	1.765	0.76	12.28	0.9	8.0
2000	3.40	3.05	2.70	2.44	2.195	1.00	15.02	0.7	
2500	4.00	3.60	3.24	2.88	2.59	1.20	17.76	0.7	

注：负载损耗 S10 比 S9 下降 5%。S11 比 S9 下降 5%。

20KV 电压等级 三相干式配电变压器

额定容量 kVA	空载损耗 kW			负载 损耗 kW	空载 电流 %	短路阻抗 %
	S9	S10	S11	S9		
50	0.38	0.34	0.30	1.23	2.4	6.0
100	0.60	0.54	0.47	1.98	2.2	
160	0.75	0.67	0.58	2.47	1.8	
200	0.82	0.73	0.65	2.95	1.8	
250	0.94	0.84	0.73	3.44	1.6	
315	1.08	0.97	0.84	4.10	1.6	
400	1.28	1.15	1.00	4.90	1.4	
500	1.50	1.35	1.17	5.80	1.4	
630	1.70	1.53	1.32	6.88	1.2	
800	1.95	1.75	1.52	8.23	1.2	
1000	2.30	2.07	1.79	9.72	1.0	
1250	2.65	2.38	2.06	11.50	1.0	
1600	3.10	2.79	2.41	13.78	1.0	
2000	3.60	3.24	2.80	16.30	0.8	
2500	4.30	3.87	3.34	19.35	0.8	

注：负载损耗 S10 比 S9 下降 5% 。 S11 比 S9 下降 5% 。

35KV 电压等级 三相干式配电变压器

额定容量 kVA	空载损耗 kW			负载 损耗 kW	空载 电流 %	短路阻抗 %
	S9	S10	S11	S9		
50	0.50	0.45	0.40	1.42	2.8	6.0
100	0.70	0.63	0.56	2.08	2.4	
160	0.88	0.79	0.70	2.79	1.8	
200	0.98	0.88	0.78	3.30	1.8	
250	1.10	0.99	0.88	3.75	1.6	
315	1.31	1.17	1.04	4.48	1.6	
400	1.53	1.37	1.22	5.36	1.4	
500	1.80	1.62	1.44	6.57	1.4	
630	2.07	1.86	1.65	7.65	1.2	
800	2.40	2.16	1.92	9.00	1.2	
1000	2.70	2.43	2.16	10.40	1.0	
1250	3.15	2.83	2.52	12.70	0.9	
1600	3.60	3.24	2.88	15.40	0.9	
2000	4.25	3.82	3.40	18.10	0.9	
2500	4.95	4.45	3.96	21.70	0.9	

注：负载损耗 S10 比 S9 下降 5% 。 S11 比 S9 下降 5% 。