

ZX-BZK2变压器 短路阻抗/空负载测试仪



目 录

一、产品概述.....	- 2 -
二、性能特点.....	- 2 -
三、技术指标.....	- 3 -
四、面板介绍.....	- 4 -
五、变压器特性参数测量说明.....	- 5 -
六、开机界面.....	- 6 -
七、单相变压器短路阻抗测量操作.....	- 6 -
1. 单相短路阻抗接线.....	- 6 -
2. 单相参数设置.....	- 7 -
3. 单相短路阻抗测量.....	- 8 -
八、三相变压器短路阻抗测量操作.....	- 10 -
1. 三相短路阻抗接线.....	- 10 -
2. 三相短路阻抗自动测试接线.....	- 11 -
3. 三绕组变压器测量接线.....	- 12 -
4. 三相参数设置.....	- 12 -
5. 三相短路阻抗测量【三相同测】.....	- 13 -
6. 三相短路阻抗测量【三相手动】.....	- 15 -
九、变压器零序阻抗测量操作.....	- 16 -
1. 仪器接线.....	- 16 -
2. 仪器操作.....	- 17 -
十、系统设置.....	- 18 -
十一、数据处理.....	- 20 -
十二、注意事项.....	- 21 -
十四、仪器校验说明.....	- 21 -
十五、空载测试.....	- 22 -
1. 加压绕组是星形联接测试.....	- 23 -
2. 参数设置.....	- 24 -
十六、负载测试.....	- 27 -
1. 参数设置.....	- 28 -
十七、售后服务.....	- 30 -
十八、附录.....	- 31 -

一、产品概述

本产品是专门用于变压器空载损耗、负载损耗、短路阻抗和零序阻抗测试的仪器。仪器内部采用先进的六路同步交流采样及数字信号处理技术，成功的解决了低功率因数测量及多路信号在市电条件下同步测量和计算的难题。线电压测量引入向量计算，而非传统的乘固定系数($\sqrt{3}$)，从而能更真实反映变压器试品的线电压。仪器测量参数引入了必要的校正(如：电压校正、电流校正、温度校正、频率校正)，使测得的参数具有更好的参照性和可比性。测量数据准确可靠，功能强大，性能优越，重复性好。也可完全取代传统仪表的测试方法，可显示并记录用户关心的所有测量数据，可作为现场高精度交流指示仪表使用。

变压器空负载测试，提供常规测试参数，既有三相测量功能，也有单相法测量功能。

短路阻抗测试根据《DL/T 1093—2008 电力变压器绕组变形的电抗法检测判断导则》在空负载测试的基础上专门开发的仪器。输入变压器参数，便可进行单、三相测试，自动计算出变压器绕组动稳定状态参数(Z_{ke} , Z_k , X_k , L_k)，测试结果非常直观，是现场测试变压器有无绕组变形的快速测试仪器。短路阻抗法是判断绕组变形的传统方法，根据 GB1094.5-2003 和 IEC60076-5:2000 规定，短路电抗的变化量是判断变压器绕组有无变形的唯一判据。测量变压器绕组参数是检验变压器的制造工艺水平和判断运输过程中变压器绕组有无不良影响的有效手段。适用于电力变压器(单相或三相)出厂、大修、预试以及交接试验中负载阻抗测试。常规试验项目中的基本项目，其原理是在现场对电力变压器进行短路阻抗(%)测试，并与铭牌值或出厂值进行比较，能发现出厂试验后经运输、安装和运行中严重故障电流等所造成的绕组位移、变形等缺陷(《2000 年中国供电国际会议》中规定超过 $\pm 3\%$ 的短路变化应视为显著变化)。

变压器特性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。用于现场和试验室条件下对配变、35KV 级及以上主变压器进行短路阻抗测量的仪器。仪器采用大屏幕彩色液晶显示，中文菜单及提示，触控操作，简单方便。配有高速热敏打印机，有记录存储功能，方便数据的存储和打印；保存的数据可通过 U 盘转存到计算机。仪器体积小、重量轻，便于携带，现场使用极为方便，使用该仪器可大大提高工作效率，减轻劳动强度。该仪器设计精巧，性能优越，功能强大，是用户的首选产品。

二、性能特点

1. 三相短路阻抗测量

显示三相电压、电流、功率；短路阻抗(Z_k)、短路电抗(X_k)、短路电感(L_k)、短路阻抗电压(Z_{ke})，自动计算出变压器折算到额定温度、额定电流下的阻抗电压百分比，以

及与铭牌阻抗的误差百分比。三相变压器单相法测试，可用于检查三相变压器单相的缺陷。

2. 单相短路阻抗的测量

除测量单相变压器的短路阻抗、与铭牌阻抗误差百分比外，还测量变压器的阻抗、电抗、电阻、电感值方便用户数据对比。

3. 零序阻抗的测量

零序阻抗的测量适用于高压侧星形接线带中性点的变压器，仪器可记录零序阻抗、零序电抗、零序电感、阻抗角、零序电阻。

4. 负载损耗测试

具有三相变压器低电压等值负载测试功能，比较各单相的负载电流、负载损耗的变化和对称性来判断变压器性能。

5. 空载损耗测试

具有三相变压器空载测试功能，通过对各相空载损耗的分析比较，观察空载损耗在各相铁心中的分布状况，发现绕组与铁芯磁路有无局部缺陷，判断变压器铁心结构是否有松动等。它是判断产品合格与否的辅助方法，也是查找故障的有效方法。

如果无三相试验电源或者需要对三个铁芯柱进行缺陷分析时，则可以对三相变压器进行单相空载试验。

6. 在仪器允许的测量范围可直接测量，超出测量范围可外接电压互感器，仪器可设置外接电压互感器的变比，直接显示施加的电压值。

7. 仪器采用大屏幕彩色高分辨率触控液晶，中文菜单，中文提示，操作简便。

8. 仪器备有 232 接口，可外扩功能。

9. 仪器自带打印机，可打印显示数据。

10. 内置不掉电存储器，可储存 160 组测量数据。

11. 仪器备有 U 盘接口，用于存取测试数据。

12. 永久日历、时钟功能，可进行时间校准。

13. 仪器测量范围宽、精度高、稳定性好；体积小、重量轻方便测量。

三、技术指标

1. 基本量程

1) 电压输入：测量范围 1~660V

10V ~ 600V ±(读数×0.2% ±0.05%(量程))

2) 电流输入：测量范围 1mA~ 110A

1A~ 100A, 0.1A~10A \pm (读数 \times 0.2% \pm 0.05%(量程))

3) 功率: $\cos\Phi > 0.1$ \pm (读数 \times 0.5% \pm 0.05%(量程))

0.02 < $\cos\Phi$ < 0.1 \pm (读数 \times 1.0% \pm 0.05%(量程))

4) 频率测量: 45~65(Hz) 准确度 \pm 0.003Hz

5) 相位测量: 0.00° ~ 360° 准确度 \pm 0.1°

6) 短路阻抗: 0~100% 测量精度: \pm 0.5%

7) 仪器显示: 5 位数字

2. 扩充量程: 电压电流可通过互感器扩充到所需的任意值, 其它相应参量仪器能按互感器的倍率自动地做相应调整。

3. 其它参数

1) 环境温度: -10°C~45°C

2) 相对湿度: \leq 90%RH

3) 预热时间: <5 分钟

4) 工作电源: AC 220V \pm 10% 50Hz \pm 5Hz

5) 外形尺寸: 325 \times 278 \times 145mm

6) 仪器重量: 4.25kg (不包括测试线)

四、面板介绍

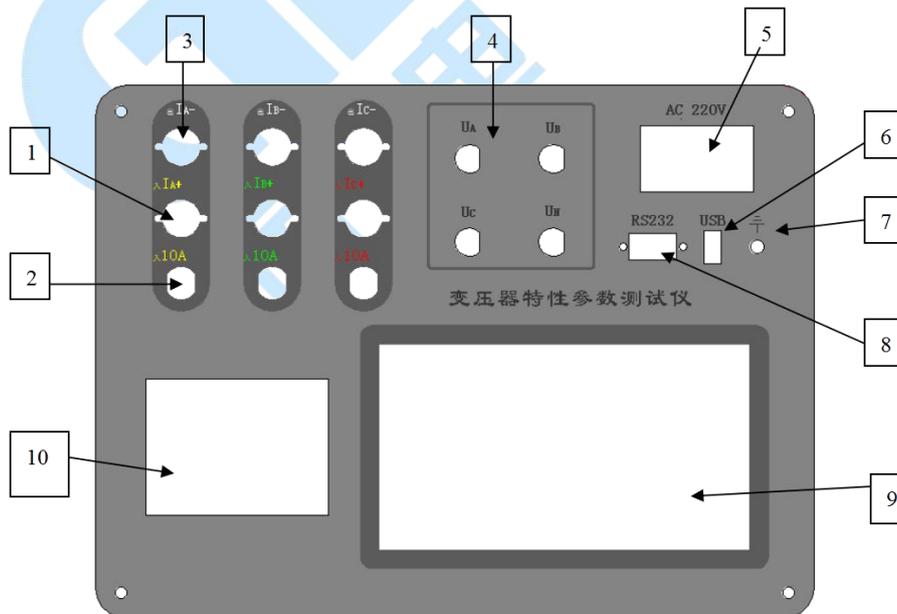


图 1

1. 电流输入端子 100A: 入 IA+、入 IB+、入 IC+ 。

2. 电流输入端子 10A : 入 10A、入 10A、入 10A 。

3. 电流输出端子：出 IA-、出 IB-、出 IC- 。
4. 电压输入端子：UA、UB、UC、UN 。
5. AC220V：电源插座, 开关及保险管位置 (2A 保险) 。
6. USB：U 盘接口, 插入 U 盘后可以将数据存储到 U 盘。
7. ≡ 端子：仪器接地端子。
8. RS-232：通讯接口, 功能扩展接口。
9. 液晶+触控操作：数据显示, 触控操作及参数输入。
10. 打印机：测试数据打印。

五、变压器特性参数测量说明

1. 试验电源及特点

仪器即可单相测试, 也可三相测试; 即可手动测试, 也可自动测试。超出仪器测量范围时可以外接互感器测量。适用于任意变压器试品的测量。(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。)

2. 试验要求及注意事项

- ① 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, 并确保接触良好, 电阻可以忽略, 否则影响测试数据的精度。
- ② 试验前应准确地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)。
- ③ 双绕组变压器短路阻抗及负载损耗测量从变压器的高压侧加压, 供给电流, 另一侧短路, 还应在两极限分接位置上进行测量。
- ④ 三绕组变压器短路阻抗及负载损耗测量应在成对的绕组间进行, 其他绕组开路。三相三绕组变压器的接线与选择测量位置一致。测量位置选择高-低, 则测试线接高压端, 低压短路, 其他开路; 选择高-中, 则测试线接高压端, 中压短路, 其他开路; 选择中-低, 则测试线接中压端, 低压短路, 其他开路。
- ⑤ 自耦变压器可视同双绕组变压器, 对于具有独立第三绕组的自耦变压器, 可视同三绕组变压器。
- ⑥ 变压器高压或中压侧出线套管装有环形电流互感器时, 试验前电流互感器的二次侧要短接。
- ⑦ 当试验电源容量小或电流比较大时可以通过调压器调压, 降低一定的测试电流。精

度也能够满足。

⑧ 不同容量的绕组间测量时，施加电流应以较小容量的额定电流为准，试验结果中负载损耗应注明容量；短路阻抗应折算到大容量一侧。

⑨ 仪器有 100A 档也有 10A 档，测试时应根据测试电流的大小选择。

六、开机界面

1. 当仪器按要求接好测试线及电源线后，打开电源开关，液晶显示开机界面：（见图 2）



图 2

延时几秒钟后显示主菜单界面：（图 3）



图 3

界面说明：最上面为窗口标题条；中间为主要显示区；下面为提示条及时钟显示框。

七、单相变压器短路阻抗测量操作

1. 单相短路阻抗接线

按照仪器接线图接线，根据仪器量程选择接线，将仪器与变压器接好测试线。

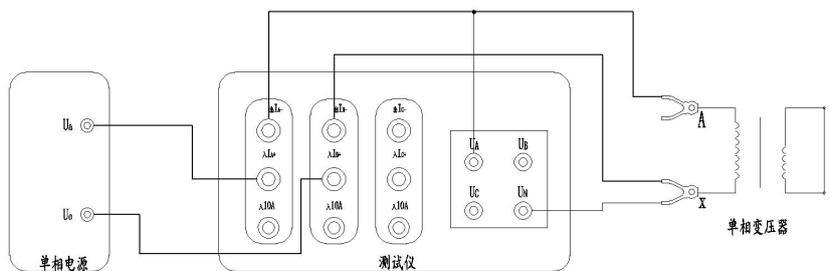


图 4 单相变压器直接接线图

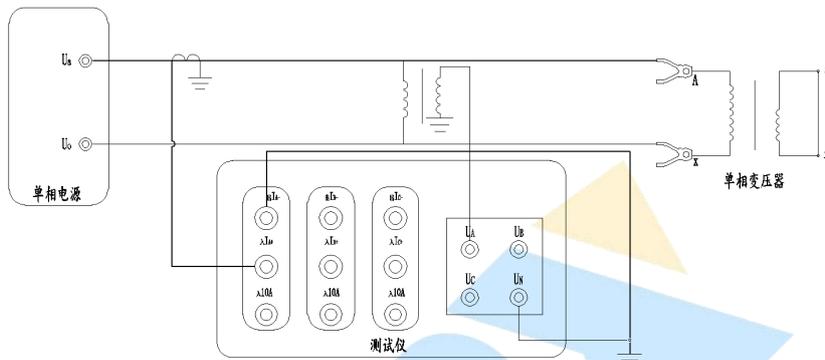


图 5 单相变压器外接电压互感器和电流互感器接线图

2. 单相参数设置

主菜单点击单相短路阻抗按钮，进入参数设置界面：（图 6）

界面说明：界面大体与图 3 界面相同，右侧按钮控制块，用于按钮操作。

在参数设置界面，仪器显示最近保存参数，若与当前试品参数不一致，点击触控界面上的输入框或图标按钮重新设置即可，参数设置完成后，点击“保存”图标按钮保存当前参数，点击“测试”图标按钮进入测试界面。



图 6

输入参数说明：

1) 试品参数：

额定容量：待测变压器的额定容量，单位:kVA；

分接电压：指加压绕组所在的分接电压，单位:kV；

铭牌阻抗：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。

测量位置：高一低、高一中、中一低；（注：多用于三相三绕组变压器）。

分接位置：与分接电压对应位置

测量温度：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。

校正温度：用于将与温度有关的测试参数从当前测试温度校正到额定温度，单位:°C。

2) 用户测试参数

试品编号：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。

CT 变 比：是指外接电流互感器的变比，无互感器时默认变比为 1。

PT 变 比：是指外接电压互感器的变比，无互感器时默认变比为 1。

电流档位：分为 10A，100A；测试根据测试电流大小选择合适档位。

锁屏电流：是指在测量状态中，达到该电流后仪器自动记录测试数据并停止测量；

测试人员：输入测量人员姓名，用于记录存档。

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、短路电感，则不需要输入辅助参数也可测量；如果同时需要测阻抗电压值，则要输入全部试品参数，否则会得到错误的测试结果。当所有的参数已设置好后，点击“测试”按钮进入测量界面。

提示：

- 分接电压的输入要与分接位置相对应。
- 使用仪器的单相变压器测量分体式三相变压器测试，输入参数要输入额定容量的 1/3。

3. 单相短路阻抗测量

当测量参数输入完毕，按测试按钮进入单相测量界面：（见图 7）



单相阻抗测量：

分接位置：2 锁屏电流：1.000A
 测试位置：高一低

U =	235.34	V	$\angle\varphi =$	61.238	°
I =	968.75	mA	P =	109.69	W
Frq=	235.34	Hz	Cos =	0.4812	
Zk =	254.51	Ω	测量ZK% =	4.0565	%
Xk =	212.96	Ω	折算ZK% =	4.2499	%
Rk =	139.36	Ω	误差 Δ ZK% =	-1.166	%
Lk =	677.88	mH			

测试完毕，请检测。

17:26:33

右侧按钮：锁屏、重测、保存、打印、波形显示、谐波测量、退出

图 7

单相测量界面说明

界面可以看成上下五部分，最上面为当前试品输入参数；中间为实测电参量；

下面为根据试品实测电参量计算出的试品各参量，右边为按钮操作控制按钮，底部为信息提示条及时钟显示。

U：施加电压

I：施加电流

$\angle \phi$ ：测量 U、I 相位角

P：有功功率

Cos：功率因数

Frq：试验频率

单相测量参数

说明：

Zk：测量阻抗

Xk：测量感抗

Rk：测量电阻

Lk：测量电感

ZK%：阻抗电压 Z%的结果值

$\Delta ZK\%$ ：测得的阻抗电压和设定的标准阻抗电压的差的百分比

- 1) Zk、Xk、Rk 和 Lk 测试参数和辅助参数无关，如果只测量这四个参数，可不需要输入辅助参数；如果同时需要阻抗电压值，则要输入全部辅助参数，阻抗电压的计算必须依赖这些辅助参数。阻抗电压测量结果应该和变压器出厂值一致。
- 2) 使用调压器时，测试状态下用调压器加压，应稍微加一点压，电压、电流、功率、频率等电参量自动显示，然后匀速加压，当快加到预定电流时应放慢调压速度，达到预定电流听见鸣响后停止加压，保持一段时间，待仪器自动锁屏（或按“锁屏”按钮锁屏）后，记录电压、电流并显示短路阻抗电压及各测试参量，调压器归零。
- 3) 测试稳定后，按“波形显示”按钮显示 U、I 测量波形。
- 4) 测试稳定后，按“谐波测量”按钮显示 U、I 测量谐波。
- 5) 按“打印”按钮，直接打印出试验报告。
- 6) 按“保存”按钮保存数据，底部有提示信息。若存入 U 盘，按“保存”按钮前插入 U 盘，即可在仪器保存测试记录时，再在 U 盘保存一份测试记录。
- 7) 按“退出”按钮返回主菜单界面。

八、三相变压器短路阻抗测量操作

1. 三相短路阻抗接线

变压器低压侧绕组短路，高压侧施加额定频率的额定电流，测量变压器的阻抗电压、短路阻抗、短路电抗、绕组电感等参数。

1) 三相短路阻抗单相法手动测试

用于无三相试验电源或者需要对三个铁芯柱进行缺陷分析时，则可以对三相变压器进行单相测量试验。仪器采用 A 相测试单元分别对变压器 AB、BC、CA 三相进行测试。最后将三次测试结果换算为三相测试参数。

① 加压绕组为星形连接 (Y, d 和 Y, y) 的变压器接线:

采用单相电源 (调压器), 在 Y 绕组的一对线端上依次接线加压测试 (依次在变压器的高压侧 AB、BC、CA 相加压), 低压侧短路。

现以测量 AB 相为例说明: 将单相电源的 “ U_a ” 接仪器 A 相的输入端子 “入 IA+” (或入 10A), 将仪器 A 相的输出端子 “出 IA-” 及 “UA” 接到变压器的高压侧 A 相; 单相电源的零相 “ U_0 ” 接到仪器 B 相的输入端子 “入 IB+”, 将仪器 B 相的输出端子 “出 IB-” 及 “UN” 接到变压器的高压侧 B 相, 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。接线如下图所示。

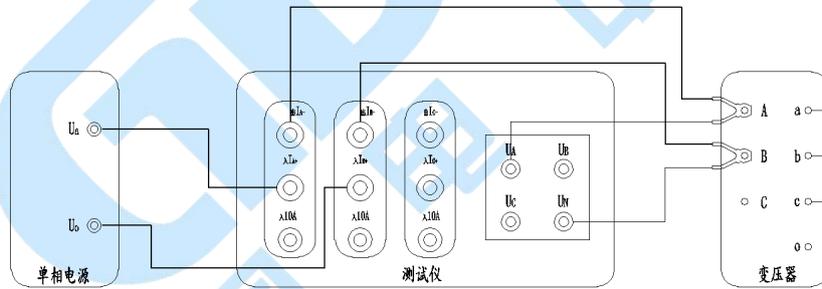


图 8 星接-单相直接接线图

当测试电压、测试电流超过仪器的测量范围时, 应外接电压、电流互感器, 接线如下图所示。

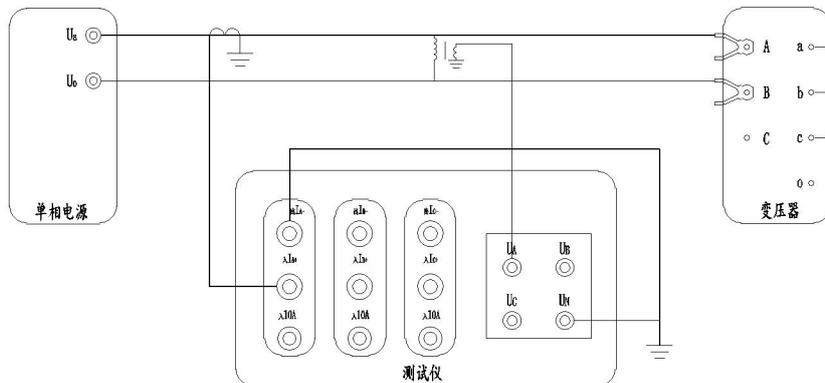


图 9 星接-单相外接电压互感器和电流互感器接线图

② 加压绕组为△形连接（D，y）的变压器：

将低压侧短路，在高压侧轮对 D 连接的一对绕组加压，不参加试验的绕组短接。采用单相电源（调压器加压）测量三次，分别为：AB 加压，BC 短路；BC 加压，CA 短路；AC 加压，AB 短路。绕组中的电流应为额定电流 I_n 的 $2/\sqrt{3}$ 倍，即 $1.15I_n$ 。

现以测量 AB 相为例说明：将单相电源的“ U_a ”接入仪器 A 相的输入端子“入 $IA+$ ”（或入 10A），将仪器 A 相的输出端子“出 $IA-$ ”及“ U_A ”接到变压器的高压侧 A 相；单相电源的零相“ U_0 ”接到仪器 B 相的输入端子“入 $IB+$ ”，将仪器 B 相的输出端子“出 $IB-$ ”及“ U_N ”接到变压器的高压侧 B 相，变压器的 BC 相短路；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。接线如下图所示。

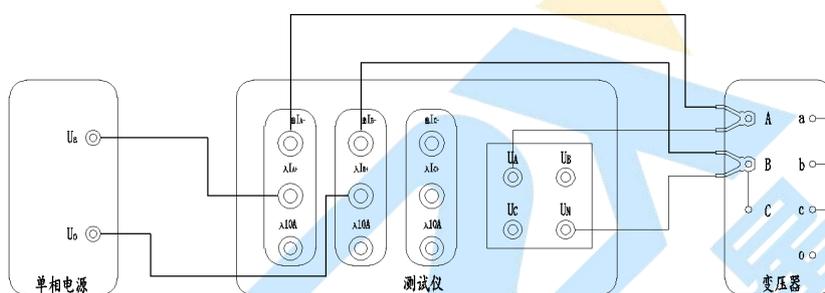


图 10 △接-直接接线图

当测试电压、测试电流超过仪器的测量范围时，应外接电压、电流互感器，接线如下图

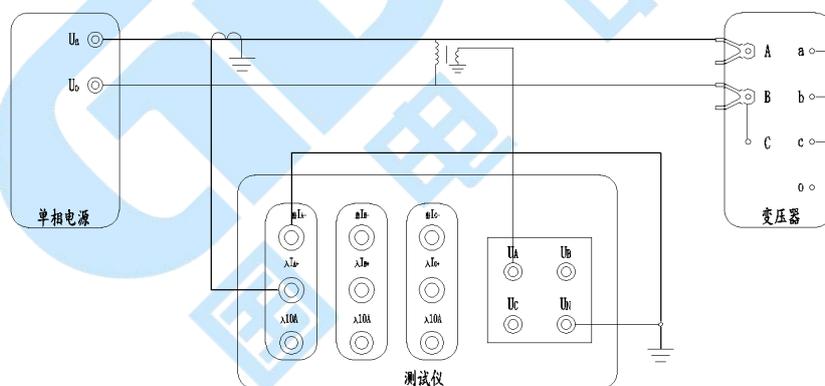


图 11 △接-外接电压互感器、外接电流互感器接线图

2. 三相短路阻抗自动测试接线

无论加压绕组为△形连接还是星形连接，接线方式一样。ABC 三相对应接线即可。

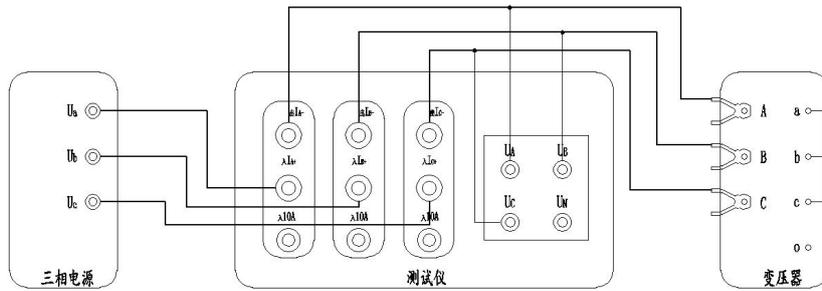


图 12 三相自动（同测）接线图

3. 三绕组变压器测量接线

测量结果应在成对的绕组间进行，其他绕组开路。三相三绕组变压器的接线与选择测量位置一致。测量位置选择高-低，则测试线接高压端，低压短路，其他开路；选择高-中，则测试线接高压端，中压短路，其他开路；选择中-低，则测试线接中压端，低压短路，其他开路。

4. 三相参数设置

点击三相短路阻抗按钮，进入参数设置界面（图 13）

接好测试线，确认接线无误后，开启电源准备测量。在主菜单界面单击三相阻抗按钮，进入三相短路阻抗参数输入界面，如下图所示：



图 13

输入参数说明：

① 试品参数：

额定容量：待测变压器的额定容量，单位:kVA；

分接电压：指加压绕组所在的分接电压，单位:kV；

铭牌阻抗：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。

测量位置：高一低、高一中、中一低；（注：多用于三相三绕组变压器）。

分接位置：与分接电压对应位置

测量接线：单相阻抗、Y/Y 联结、Y/ Δ 联结、 Δ /Y 联结 (AX-BY-CZ)、 Δ /Y 联结 (AX-CZ-BY)。
YN/yn 联结，YN/ Δ 联结。

测量温度：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： $^{\circ}\text{C}$ 。

校正温度：用于将与温度有关的测试参数从当前测试温度校正到额定温度，单位： $^{\circ}\text{C}$ 。

② 用户测试参数

试品编号：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。

CT 变比：是指外接电流互感器的变比，无互感器时默认变比为 1。

PT 变比：是指外接电压互感器的变比，无互感器时默认变比为 1。

测量模式：采用单相电源，依次在 AB、BC、CA 相加压，完成三相的轮流测试。分为：

三相同测：接好三相测试线自动进行三相测试。

三相手动：三相变压器采用固定 A, B 两相输出作为单相，分别对变压器的各相进行测试。

锁屏电流：是指在测量状态中，达到该电流后仪器自动记录测试数据并停止测量；

测试人员：输入测量人员姓名，用于记录存档。

电流档位：分为 100A、10A 两档。

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、短路电感，则不需要输入辅助参数；如果同时需要测阻抗电压值，则要输入全部试品参数，否则会得到错误的测试结果。当所有的参数已设置好后，点击“测试”按钮进入测量界面。

提示 1：

- 分接电压的输入要与分接位置相对应，否则影响短路阻抗电压测试数据。
- 测量接线：选择 2/3/4/5 三相变压器绕组联结方式选项。
- 测量模式：选择“三相同测”或“单手动”测量模式。其他参数与单相短路阻抗测试设置相同。

提示 2：

- 依变压器接线端的连接组别来选择参数输入中“测量接线”相对应的接线方式。
- 三相三绕组变压器的中-低，中压为 Y, 低压短路，不考虑低压连接方式，选择 Y/ Δ 或 Y/Y 均可。

说明：三相测量采用单相电源用单相法测量三相，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，即三相变压器单相法测量。

5. 三相短路阻抗测量【三相同测】

将仪器与变压器接好测试线，输入好测试参数，且测量模式选择“三相同测”，按测试

按钮进入三相测量界面，如下图所示：



图 14

三相测试界面说明：

整个界面可以看成上下两部分，上面“黑体”标题项为试品实测电参量部分；上面“蓝体”标题项为根据试品实测电参量计算出的试品各相电容参数，从左到右分别为 A 相、B 相、C 相电容参数。

测试完成后，自动显示测试结果，用户可进行保存或打印等操作。各项操作直接点击相应图标按钮即可。

如果要打印数据，点击“打印”图标按钮；存储数据点击“保存”图标按钮，如果还需测量点击“重测”图标按钮；点击“退出”图标按钮，返回主界面。

其他形式三相测量，与上述雷同（接线详见前面测试接线）此处不再重复说明。

三相测试界面各参数说明如下：

- ① 电压（有效值）：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压有效值。
- ② 电流（有效值）：当前条件下的实测 A 相、B 相、C 相的电流有效值。
- ③ 相位：电压和电流的相位差，单位:度。
- ④ 功率：当前条件下的实测 AB 相、BC 相、CA 相的有功功率。
- ⑤ 频率：试验电源频率，单位:Hz。
- ⑥ 短路阻抗 Z_k 、短路电抗 X_k ：当前条件下的实测 AB 相、BC 相、CA 相的短路阻抗、短路电抗。
- ⑦ 绕组电感 L_k ：当前条件下的实测 AB 相、BC 相、CA 相的短路电感值。
- ⑧ 阻抗电压 Z_{ke} ：每相实测的阻抗电压。
- ⑨ 试品阻抗 $ZK\%$ ：实测变压器阻抗电压。
- ⑩ 阻抗误差 $\Delta ZK\%$ ：实测变压器阻抗电压与变压器标称的阻抗电压的差的百分比。

6. 三相短路阻抗测量【三相手动】

测试注意事项

测试接线前，完全断开试验电源（调压器归零并断电后）再进行接线操作。根据加压绕组类型选择接线方式。详见“三相短路阻抗单相法测试接线”说明图 8、图 9、图 10、图 11。将仪器与变压器接好测试线，输入好测试参数，且测量模式选择“单相手动”，按测试按钮进入三相手动测量界面，如下图所示（图 15）：

若加压侧绕组为 Y、另一侧为 y 或 d 联结的三相变压器，低压侧短路，依次在变压器高压侧 AB、BC、CA 相加压，测量变压器短路阻抗，并将三次单相测试结果转换到三相测试结果在三相测试界面显示。

将外部单相电源的“Ua”、“Uo”接入仪器的“入 IA+”、“入 IB+”接线端子；将仪器的“出 IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将电源的“出 IB-”及仪器的“UN”接到变压器的高压侧 B 端。其接线方法参见图 8。

在主界面点击“三相短路阻抗”图标按钮，进入参数设置界面，点击【测量接线】旁的“


图 15

刚进入此界面时，对应加压绕组按钮为灰色，绕组标识“AB BC CA”为白色。

当测试数据稳定后按“锁屏”按钮记录当前测试相，或加压到锁屏电流后自动锁屏记录当前测试相。然后根据液晶底部提示进行下一步操作。具体测试过程如下：

在此状态下，接通试验电源，微调调压器，先给试品加一点电压，然后在上面的测试界面上选择加压绕组对应的按钮使其变红，启动当前绕组的测量，待仪器对试品加压有数据显

示时，缓慢调节调压器，使试验电压慢慢的升高，电源升到一定数值停止升压。等待测试数据稳定后，按“锁屏”按钮，对应的绕组标识 AB 由白色变为红色，说明当前测试绕组 AB 数据有效，否则，点击“重测”按钮重新测试加压绕组，待数据稳定后重复前面的操作，按“锁屏”按钮，使加压绕组标识变红，AB 相测量结束；也可缓慢调压使加压电流等于锁屏电流，仪器鸣响停止加压并保持一段时间，仪器会自动锁屏并记录当前测试绕组。可以对当前测试保存或打印。

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器归零、断电，根据变压器联结类型继续测试下一绕组，测量 BC 相，测试过程与 AB 相测试相同，直到三相绕组测试完成，加压绕组标识全变红。

三相测试完成点击“综合计算”按钮，对测试的三绕组数据进行计算，得出变压器的整体短路阻抗数据，显示界面与“三相测试”界面相同。

测试完一相绕组或三相测试结束，按“保存”按钮保存当前记录（若插有 U 盘将再在 U 盘内保存一份测试记录）；按“打印”按钮打印当前记录；按“波形显示”按钮显示当前测试 UI 波形；按“谐波测量”按钮显示当前测试 UI 谐波；按“退出”按钮返回主界面。

注意 1：加压电流不要超过锁屏电流，因为超过锁屏电流仪器自动锁屏不再测试，一般锁屏电流设置成小于或等于额定电流。

注意 2：测试绕组可以不按 AB、BC、CA 顺序测量，只要对应加压绕组测试完就可进行综合计算。

注意 3：三相三绕组变压器的中-低，中压为 Y，低压短路，不考虑低压连接方式，选择 Y/ Δ 或 Y/Y 均可。

九、变压器零序阻抗测量操作

零序阻抗测量适用于高压侧星形接带中性点的变压器，接线方式为将高压三相并起来，低压开路。

1. 仪器接线

零序阻抗测量将单相电源的“Ua”接到仪器 A 相的“入 IA+”接线端子，将变压器高压侧 A、B、C 三相短路接到仪器 A 相的“出 IA-”及“UA”接线端子，将电源的零相“Uo”接到仪器 B 相的“入 IB+”接线端子，变压器高压侧中性点 N 接到仪器 B 相的“出 IB-”及“UN”接线端子，变压器低压侧开路。接线图如下图所示：

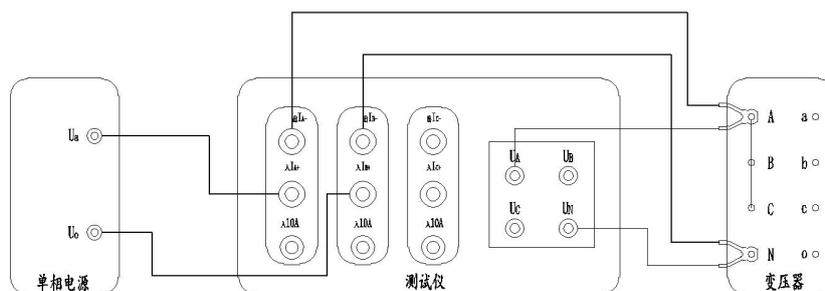


图 16 零序阻抗直接接线图

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

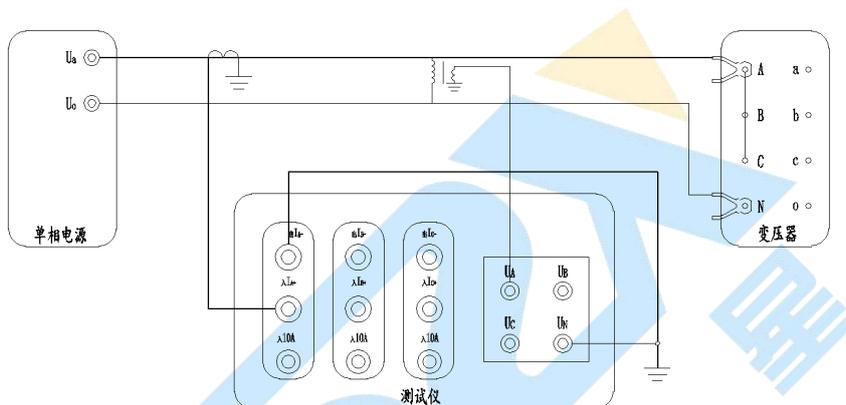


图 17 零序阻抗外接电压互感器、外接电流互感器接线图

2. 仪器操作

在主菜单界面，单击“零序阻抗”按钮，进入参数输入界面，下图所示：参数设置，与单相短路阻抗参数设置方法相同。



图 18

参数设置好后单击“测试”按钮进入零序阻抗测量界面：如下图所示



图 19

图 19 中参数：

- ① I: 电流有效值, 单位: A;
- ② U: 电压有效值, 单位: KV;
- ③ P: 有功功率, 单位: W;
- ④ Frq: 工频频率, 单位: Hz;
- ⑤ $|Z|$: 零序阻抗, 单位: Ω ;
- ⑥ X: 零序电抗, 单位: Ω ;
- ⑦ L: 零序电感, 单位: H;
- ⑧ Φ : 阻抗角, 单位: 度;
- ⑨ R: 零序电阻, 单位: Ω 。

测试结束, 按“保存”按钮保存当前记录 (若插有 U 盘将再在 U 盘内保存一份测试记录); 按“打印”按钮打印当前记录; 按“波形显示”按钮显示当前测试 UI 波形; 按“谐波测量”按钮显示当前测试 UI 谐波; 按“退出”按钮返回主界面。

注意: 零序阻抗测试, 实验电压不要超过额定相电压。

十、系统设置

在主菜单界面单击系统设置按钮, 进入如下界面:

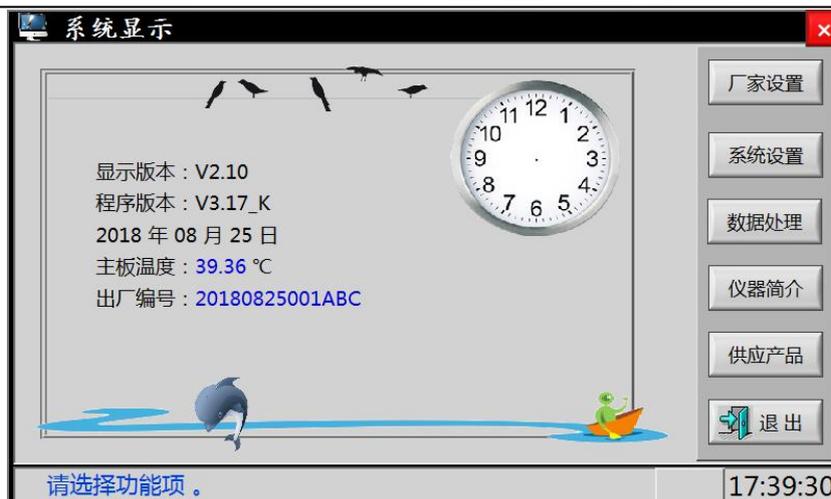


图 20

再点击右侧“系统设置”按钮，打开如下界面：

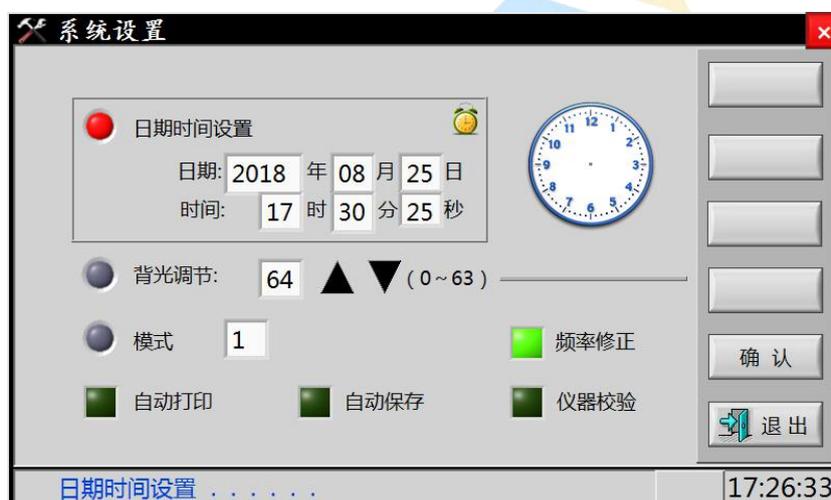


图 21

在此界面，可以进行日期时钟设置、液晶背光设置等，设置好后按“确认”按钮保存当前参数设置，按“退出”按钮返回上级菜单。具体说明如下：

1. 日期时间设置：进行日期时间的修改。
2. 背光调节：可以设置仪器背光，进行对比度设置，按确认键保存。
3. 模式：
 - ① 模式 1：传统短路阻抗测量接线算法（角接非测试相短接）。
 - ② 模式 0：短路阻抗测量接线新算法（角接非测试相无须短接）。

仪器开机默认模式 1。模式 0 设置须开机后在此界面设置，设置后按确认键确认。重新开机后恢复模式 1 状态。

4. 自动打印、自动保存：复选框选中有效，按确认键保存。
5. 频率修正：系统默认选中，重新开机后恢复选中状态。。
6. 仪器校验：仪器校验时必须选中。重新开机后恢复取消状态。点亮后配合短路阻抗参数

设置的测量接线=YN/yn 联结，用于仪器校验。详见“十五、仪器校验说明”。

十一、数据处理

在主菜单界面单击系统设置按钮，进入如下界面：



图 22

- 1) 【本机导入 U 盘】：进入数据处理界面，点击本机导入 U 盘旁的单选按钮选择本机导入 U 盘功能；再点击输入框输入要导的记录范围，如 5~20，最后单击屏幕右侧功能条上的“确认”按钮开始导入 U 盘。说明：此项后面的“1~150”指的是本机内存存储的记录条数范围。
- 2) 【PC 机通讯】：功能扩展（备用）。
- 3) 【U 盘读取】：可以将保存到 U 盘的测量记录读到仪器液晶屏上显示，并可打印当前显示记录。操作及界面显示与“内存读取”功能相同。
- 4) 【内存读取】：在数据处理界面单击内存读取单选按钮，再按“确认”按钮进入内存读取界面，如下图所示：

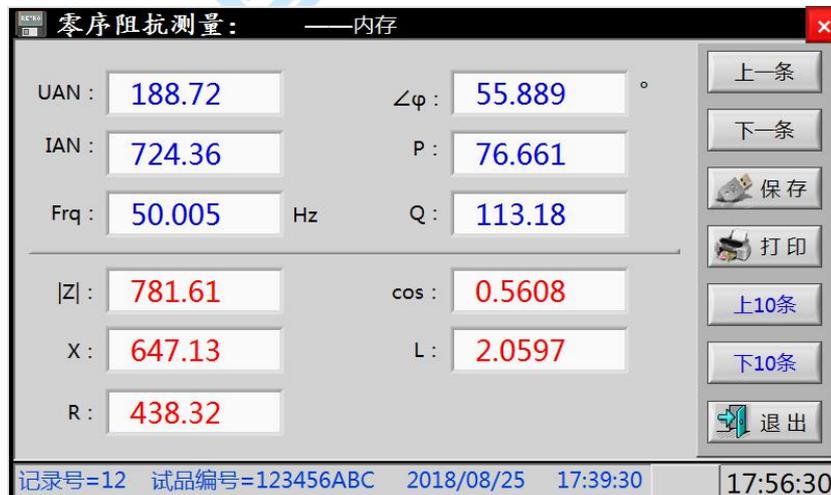


图 22

十二、注意事项

1. 使用仪器时请按本说明书接线和操作。
2. 接地端子或电源线中的接地端应就近可靠接地。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合理的试品参数，仪器内部的运算处理都要依赖于输入的试品参数。
4. 测试菜单项选择和实际测试项目及接线要一致。
5. 电流回路用粗线连接，电压回路用细线连接。接线图中“入 IA+、入 IB+、入 IC+”和 A、B、C 三相的“入 10A”为电流输入端子，“出 IA+、出 IB+、出 IC+”为电流输出端子。
6. 低压侧短路线要足够粗，要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。
7. 试验加压时，注意监测电流不要超过仪器额定电流，以免损坏仪器及设备。可以通过 PT、CT 并设置好 PT、CT 变比值即可测量。请不要在电压或电流输入过载条件下工作。
8. 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。
9. 调压器加压过程中，若发现数据异常，如电压数据不变，应停止加压，重新启动仪器测试。
10. 由于变压器剩磁会对结果产生影响，建议丢弃第一次测量结果，多测几次，直到数据可靠。
11. 为安全起见，一次测试完成后应储存数据，然后断开三相测试电源，再翻看锁定数据或从存储器中仔细查看各项数据。
12. 内存最多可储存 160 次测量结果，超过 160 次时最老的记录将被覆盖，请注意及时抄录或导出到 U 盘备份。
13. 仪器出现故障，请及时和本公司联系，不要自行开机拆卸。

十四、仪器校验说明

变压器特性参数测试仪校验分为两部分，具体说明如下：

1. 100A 档校验

【校验测试接线】三相标准源电流进线分别接被校仪器的 入 IA+、入 IB+、入 IC+端子，

出线分别接被校仪器的出 IA-、出 IB-、出 IC-端子；三相标准源电压线对应接被校仪器的 UA、UB、UC、UN。

【校验测试仪器设置】进入“三相阻抗测量”设置界面，选择“电流档位”设置为 100A，锁屏电流设置为 120A。（设置方法：将变压器容量设置尽量大（如 50000kVA，10kV），使变压器的额定电流大于 120A，在将锁屏电流设为 120A。以使锁屏电流大于所有校验电流，否则锁屏自动停止，不能校验），点击测试按钮即可进行仪器校验。

2. 10A 档校验

【校验测试接线】三相标准源电流进线分别接被校仪器的 ABC 三相的 入 10A 端子，出线分别接被校仪器的出 IA-、出 IB-、出 IC-端子；三相标准源电压线对应接被校仪器的 UA、UB、UC、UN。

【校验测试仪器设置】进入“三相阻抗测量”设置界面，选择“电流档位”设置为 10A，锁屏电流设置为 10A 以上即可。设置方法同上（也可修改 100A 测试时的参数，将电流档改为 10A，其余参数不变）。点击测试按钮即可进行仪器校验。

注意：测量接线=“YN/yn”。在系统设置界面选择“仪器校验”。

十五、空载测试

三相变压器空载试验的方法（三相三柱式铁芯）：

三相变压器空载试验是在低压侧将额定频率的正弦波形的额定电压施加于选定绕组，其余绕组开路的测试。三相变压器单相法空载试验是将三相变压器的一相依次短路，在其它两相铁芯中供给额定励磁，测量其空载损耗和电流。一相短路的目的是使该相铁芯中没有磁通通过，因而该相也就不产生损耗。这样每次测量的是两相铁芯的损耗。

空载试验必须在正弦的频率和额定电压下进行，使一个绕组达到额定励磁，其余绕组开路，绕组中有开口三角形连接的应使其闭合，所测得的空载损耗应符合 GB/T6451 或有关标准的规定，其允许偏差为+15%，空载电流允许偏差为+30%。

变压器的空载损耗是施加空载电压和频率的函数。空载损耗和空载电流对施加电压的波形畸变非常敏感。GB1094.1—1996 规定了对空载损耗进行波形校正的方法（对空载电流没有规定进行波形校正）。

三相变压器空载测量方式，分为三相同测、单相手动

➤ 单相手动，即三相变压器单相法测试：

用于无三相试验电源或者需要对三个铁芯柱进行缺陷分析时，则可以对三相变压器进行单相测试试验。仪器采用 A 相测试单元分别对变压器 AB、BC、CA 三相进行测试。最后将三次

测试结果换算为三相测试参数。

接线方式为：单相电源 U+ 接仪器 A 相电流的入 IA+ 或入 10A 端子，出线出 IA- 端子接变压器试品；单相电源 U- 接仪器变压器另一相端子；变压器端子钳上的细线分别接仪器的 UA、UN 端子。变压器侧分别手动倒接测试线，完成对变压器 AB、BC、CA 三相分别测试。

1. 加压绕组是星形联接测试

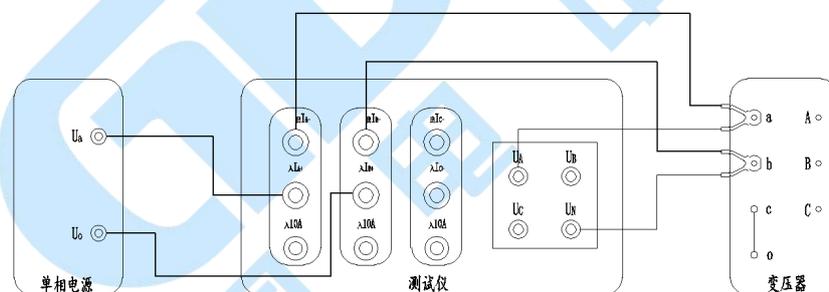
单相法空载试验时，如果励磁绕组为星形联接法，则应采用二相串联励磁，励磁电压为 $2/\sqrt{3}$ 倍额定电压；应分别从变压器的低压侧 a—b，b—c，c—a 供给电源，施加额定频率的电压进行测量。

当施加电压的绕组为“Y”接时（非供电绕组可以短路）或“YN”接法时，施加最大电压 $U=2U_N/\sqrt{3}$ ，测量方法见表 1-1；

表 1-1 励磁绕组为 Y 形联接时测量单相空载的方法

测量顺序	供电	短路	测量
1	a—b	c—o 或 C 相上的其它绕组	POAB, Ioab
2	b—c	a—o 或 A 相上的其它绕组	POBC, Iobc
3	a—c	b—o 或 B 相上的其它绕组	POAC, Ioac

现以 ab 相测量为例，使用外接电源测试接线如下图所示：



星接—单相直接接线图

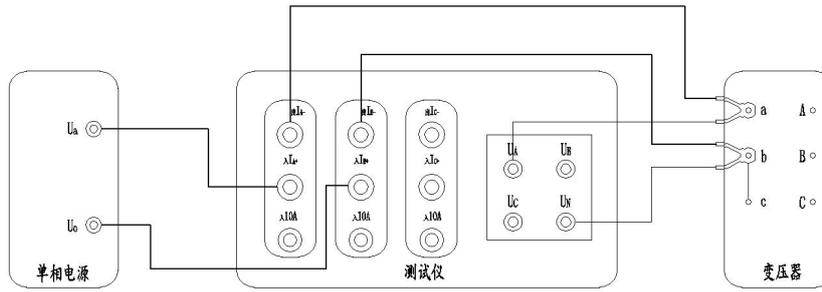
如果励磁绕组为三角形联接法，则应采用二相并联励磁，第三相短路，励磁电压为额定电压。测试时除两相施加电源外，还应短路非加压相（ab 相测量，bc 短路；bc 相测量，ac 相短路；ac 相测量，ab 相短路），依次得出三相测量数据，再折算出测试三相测试结果。当施加电压的绕组是“D”联结时，测量方法见表 1-2；

表 1-2 励磁绕组为 D 形联接时单相空载的测量方法

测量顺序	供电	短路	测量
1	a—b	b—c	PAB, Iab
2	b—c	a—c	PBC, Ibc

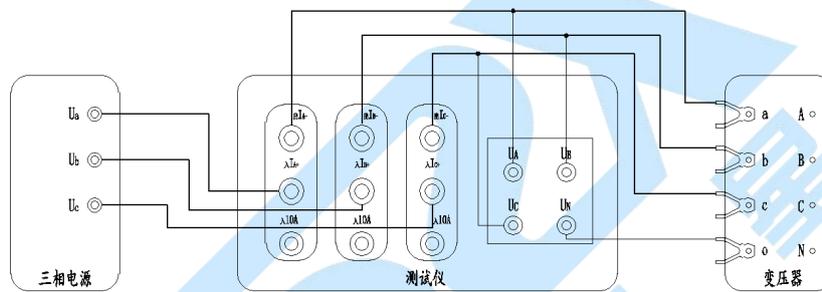
3	a—c	a—b	PAC, Iac
---	-----	-----	----------

现以 ab 相测量为例，使用外接电源测试接线如下图所示：



△接—单相直接接线图

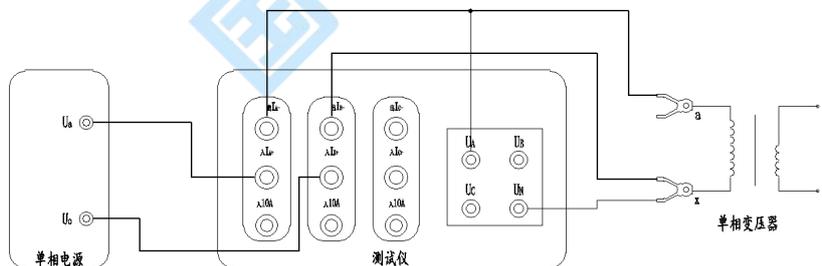
- 三相同测是指仪器和变压器三相同同时接好测试线，对 ab、bc、ca 三相同同时加压，接线图如下所示：



三相直接接线图

说明 1：在三相五铁芯柱变压器进行单相空载试验，铁芯柱中的磁通是额定磁通，但上下铁轭及旁轭中的磁通不是额定磁通，而且铁轭中的磁通分布是比较复杂的分布，三次单相空载试验时，铁轭及旁轭中的磁通是变化的，因此对于三相五铁芯柱变压器不能由三次单相空载试验的结果得到变压器的空载损耗。

单相变压器空载接线图如下



2. 参数设置

在主界面点击空载测量图标按钮，即可进入空载测试参数设置界面，如下图所示：

空载参数设置:

试品参数		用户测试参数	
额定容量:	50.0 kVA	试品编号:	1234567ABC
额定低压:	0.400 kV	CT 变比:	1.000
测量接线:	星形联结	PT 变比:	1.000
试品温度:	26.00 °C	测量模式:	三相同测
折算温度:	75.00 °C	锁屏电压:	400.00 V
校正指数:	2.00	测试人员:	张三
		选择电源:	10A

保存 测试 退出

请输入测试参数 19:01:25

参数设置界面，仪器显示最近保存参数，若与当前试品参数不一致，点击触控界面上的输入框或图标按钮重新设置即可，参数设置完成后，点击“保存”图标按钮保存当前参数，点击“测试”图标按钮进入测试界面。

输入参数说明:

(1) 试品参数:

额定容量: 待测变压器的额定容量，单位:kVA;

额定低压: 指变压器低压侧的额定电压，单位:kV;

试品类型: 被试变压器低压侧接线类别，“单相变压器”，“星形联结”，“角形联结”

单相变压器: 用于单相变压器测试。

星形联结: 变压器低压侧是星形联结的测试;

角形联结: 变压器低压侧是角形联结的测试。

校正指数: 将空载损耗校正到额定电压，热轧硅钢片 $n \approx 1.8$ ，冷轧硅钢片 $n \approx 1.9 \sim 2$ 。

CT、PT 变比: 当通过外部互感器间接测试大电流或高电压时的变比系数。

测量模式: 三相变压器测试方式分为两种分别是三相同测，单相手动。

三相同测: 接好三相测试线自动进行三相测试;

单相手动: 三相变压器采用单相法，分别对变压器的各相进行测试。

锁屏电压: 用于设置变压器低压侧加压时的自动锁屏电压，此电压不大于额定电压，当测试时加压到此电压时，仪器鸣响，加压停止并保持一段时间，仪器自动锁屏停止测试，记录此时的测试结果。

测试人员: 输入测量人员姓名，用于记录存档。

电流档位: 分为 100A、10A 两档。根据测试电流大小选择合适档位。

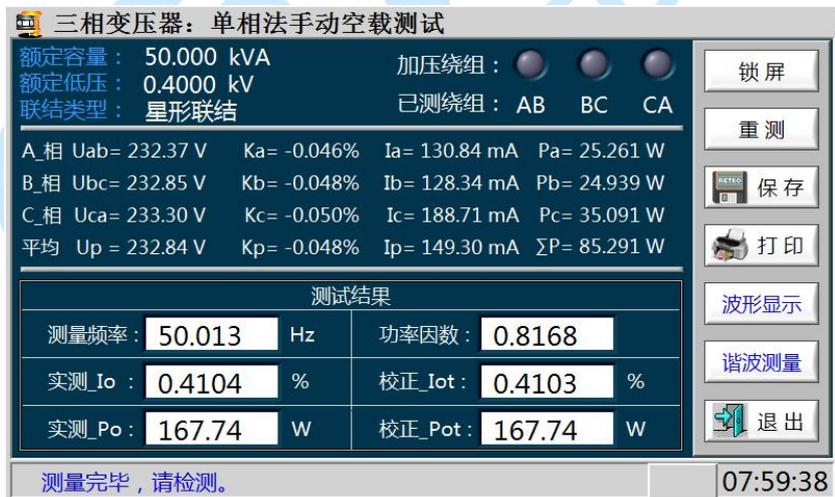
设置好试品参数后，单击保存键保存当前设置参数，当三相测量选择“三相同测”时，单击测试键进入三相测试界面，如下图所示:



此界面各参数定义如下：

- | | |
|--------------------|---------------|
| Uab、Ubc、Uca 为三相线电压 | Up 为三相电压均值 |
| Iab、Ibc、Ica 为三相电流 | Ip 为三相电流均值 |
| Pa、Pb、Pc 为三相功率 | ΣP 为三相总功率 |
| Frq 为加压频率 | Kq 为三相加压波形畸变率 |
| cos 为功率因数 | (用于评价波形优劣) |

当三相测量选择“三相手动”时，为单相法对三相变压器的测量。单击测试键，进入测试界面，如下图所示：



在此界面，分别进行 AB、BC，CA 三相测试，三相测试完成自动显示测试结果。

对于铁芯为三柱的三相变压器其三相磁路不平衡，a、b 和 b、c 两相磁路相对应，c、a 两相磁路较长。所以，a、b 和 b、c 两相测得的空载损耗和空载电流近似相等，c、a 两相测得的空载损耗和空载电流应大于 a、b 和 b、c 两相，其增大的比例随铁芯结构的不同而存在一定的差异。

对于铁芯为五柱的三相变压器，由于每次励磁的磁路是相似的，均是二铁芯柱、二旁轭和上、下铁轭，所以三次测量的空载损耗和空载电流基本是相同的。

如果实测结果 W1 与 W2 有较大差别，或 W3 与 W1、W2 之间的关系超过一般同类产品的比例时，则证明铁芯的某部分可能存在缺陷，需要对产品进行进一步的试验及分析。

说明：1、电压校正系数 $n=2$ ；波形校正 $P_o=P_o' (1+K_p)$ ， K_p 指波形畸变率。

2、当试验频率 f 与额定频率 f_r 有差异、且偏差不大于 $\pm 5\%$ 时，频率校正如下：

a、当磁通一定时，频率和电压成正比，施加电压应用 U_f 代替 U_r ，按下式计算：

$$U_f=U_r * (f/f_r) = U_r * (f/50)$$

式中： U_f ——频率为 f 时，产生额定磁通的励磁电压，单位为 kV；

U_r ——频率为额定值 f_r 时的变压器低压侧的额定电压，单位为 kV。

b、空载损耗按冷轧硅钢片校正。

注：空载测试方法：低压端施加电压（但要不超过额定电压），高压端开路；

负载测试方法：高压端施加电流（但要不超过额定电流），低压端短路。

空载测试中，高压侧有高压，请远离！注意安全！

十六、负载测试

变压器的短路阻抗和负载损耗测量习惯上称为负载试验。变压器的负载试验是在相应分接位置和额定频率下对变压器的一侧绕组（通常为被试一对绕组中电压较高的一侧绕组）施加近似正弦波形的额定电流或不小于 50% 额定电流的任一电流，另一绕组用足够大面积的导体短路（三绕组变压器的非被试绕组应开路），然后测量负载损耗和短路阻抗的实验。

三相变压器负载测量方式，分为三相同测（三相法）、三相手动（单相法）。变压器负载测量接线与变压器短路阻抗测量接线相同，可参见前面短路阻抗测试接线。

（一）、三相手动测量 用于无三相试验电源或者需要对三个铁芯柱进行缺陷分析时，则可以对三相变压器进行单相测量试验。仪器采用 A 相测量单元分别对变压器 AB、BC、CA 三相进行测试。最后将三次测试结果换算为三相测试结果。

接线方式为：单相电源 U_+ 接仪器 A 相电流的入 IA_+ 或入 10A 端子，出线出 IA_- 端子接变压器试品；单相电源 U_- 接仪器 B 相电流的入 IB_+ 或入 10A 端子，出线出 IB_- 端子接变压器试品；变压器端子钳上的细线分别接仪器的 UA 、 UN 端子。变压器侧分别手动倒接测试线，完成对变压器 AB、BC、CA 三相分别测试。

具体测试接线为：

1、当供电绕组是星形联接时，将变压器的低压侧短路，分别从变压器高压侧 A—B，B—C，C—A 供给电源，施加额定频率的（额定）电流进行测量。

2、当供电绕组是三角形联接时，除双相施加电源外，还应依次短路一相（A 相短路，BC 相供

电；B相短路，AC相供电；C相短路，AB相供电），得出三次测量数据，再折算出三相测试结果。

（二）、三相同测 是指仪器和变压器三相同同时接好测试线一起对三相同同时测试。具体接线说明参见前面短路阻抗部分（负载接线与短路阻抗接线完全相同）。

1. 参数设置

在主界面点击空载测量图标按钮，即可进入空载测试参数设置界面，如下图所示：



在参数设置界面，仪器显示最近保存参数，若与当前试品参数不一致，点击触控界面上的输入框或图标按钮重新设置即可，参数设置完成后，点击“保存”图标按钮保存当前参数，点击“测试”图标按钮进入测试界面。

输入参数说明：

（1）试品参数：

额定容量：待测变压器的额定容量，单位:kVA；

额定高压：指变压器高压侧的额定电压，单位:kV；

测试接线：指被试变压器高压侧接线类别，“单相变压器”，“星形联结”，“角形联结”：

单相变压器：用于单相变压器测试；

星形联结：变压器高压侧是星形联结的测试；

角形联结：变压器高压侧是角形联结的测试。

试品温度：指被试变压器的绕组油温。

折算温度：测试结果转换到标准温度。油浸式变压器折算温度是 75℃（A、B、E 级绝缘）；

干式变压器折算温度是 125℃（C、F、H 级绝缘）

绕组材质：铜 $\alpha=235$ ，铝 $\alpha=225$

CT、PT 变比：当通过外部互感器间接测试大电流或高电压时的变比系数。

测量模式：用于三相测量方式选择，三相测试方式分为两种，分别是：

三相同测：三相变压器接好测试线三相一起测试。

三相手动：三相变压器采用固定 A 相测量，分别对变压器的各相进行测试。用单相电源，依次在 AB、BC、CA 相加压，非加压绕组依次短路，完成三相的轮流测试。

锁屏电流：用于设置变压器高压侧施加的自动锁屏电流，此电流要不大于额定电流，当测试电流达到额定电流时，仪器鸣响，停止加压并保持一段时间，仪器自动锁屏，停止测试，并记录此时的测试结果。

测试人员：输入测量人员姓名，用于记录存档。

电流档位：分为 100A、10A 两档。根据测试电流大小选择合适电流。

设置好试品参数后，单击保存键保存当前设置参数，当三相测量选择“三相同测”时，单击测试键进入测试界面，如下图所示：

三相负载测量：			
电压(V)	电流(mA)	功率(W)	
Uab : 236.48	Ia : 555.99	Pa : 36.165	锁屏
Ubc : 235.09	Ib : 538.06	Pb : 35.041	重测
Uca : 237.66	Ic : 549.16	Pc : 37.010	保存
Up : 236.41	Ip : 547.74	ΣP : 108.22	打印
Frq: 49.978	Ie : 1.6667	cos: 0.4833	波形显示
测试结果			
实测_Pk: 1.0020 kW	校正_Pkt: 1.1766 kW	谐波测量	
实测_Uk: 4.1534 %	校正_Ukt: 4.3340 %	退出	
测量完毕，请检测。			14:19:39

此界面，待测试数据稳定后，点击“锁屏”按钮停止测试。此时点击“打印”按钮可打印数据，按“存储”按钮存储数据，按“退出”按钮返回上级界面。各参数说明同空载测试说明。

当三相测量选择“三相手动”时，单击测试图标，进入测试界面，如下图所示：

三相变压器：单相法手动负载测试

额定容量：50.000 kVA	加压绕组： <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
额定高压：17.320 kV	已测绕组：AB	BC	CA
联结类型：星形联结			

A_相	Uab= 236.16 V	Ia= 471.21 mA	Pa= 52.968 W
B_相	Ubc= 235.52 V	Ib= 472.22 mA	Pb= 53.803 W
C_相	Uca= 234.57 V	Ic= 474.86 mA	Pc= 54.432 W
平均	Up = 235.42 V	Ip= 472.76 mA	ΣP= 161.20 W

测试结果			
测量频率：	49.980	Hz	功率因数：
			0.4840
实测_Uk：	4.1500	%	校正_Ukt：
			4.3305
实测_Pk：	1.0018	kW	校正_Pkt：
			1.1763

测量完毕，请检测。

15:59:38

此界面，分别进行 AB、BC，CA 三相测试，三相测试完成自动显示测试结果。

十七、售后服务

凡购买本公司产品的用户均享受以下的售后服务：

- ❖ 仪表自售出之日起一个月内，如有质量问题，我公司免费更换新表，但用户不能自行拆机。属用户使用不当（如错插电源、进水、外观机械性损伤）的情况不在此范围。
- ❖ 仪表一年内凡质量问题由我公司免费维修。
- ❖ 仪表自售出之日起超过一年时，我公司负责长期维修，适当收取材料费。
- ❖ 若仪表出现故障，应请专职维修人员或寄回本公司修理，不得自行拆开仪表，否则造成的损失我公司不負責任。

十八、附录

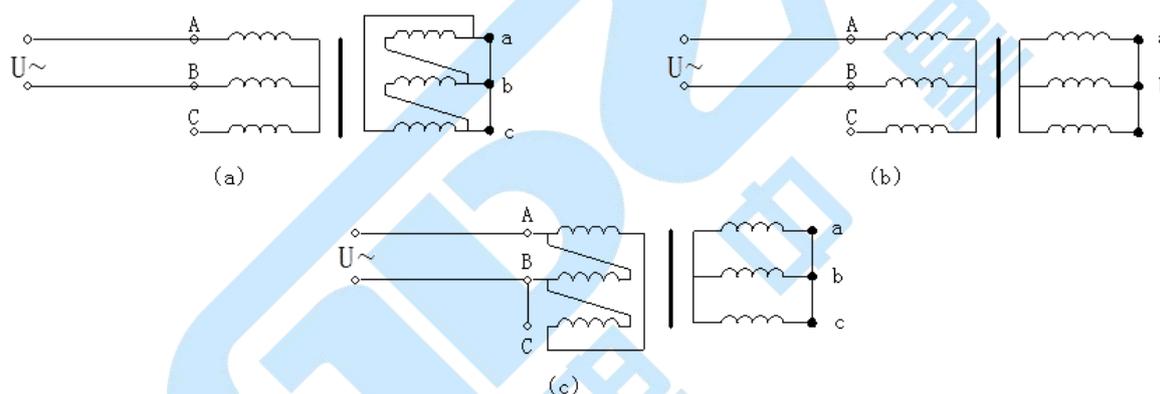
仪器试品测试-说明:

测得数据可进行横比、纵比偏差对比,以判断变压器的绕组有无变形或位移及位移变形的程度。

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) 仪器重新启动
打印机不打印	1) 打印机故障 2) 仪器主板故障 3) 打印纸决装好 (热敏纸只能在一侧打印) 4) 打印机电源未接好

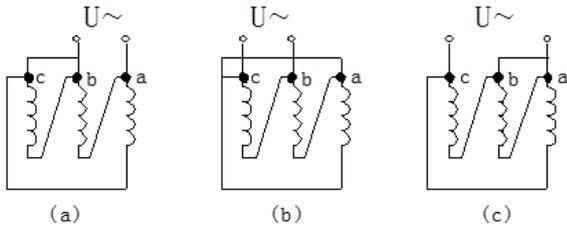
附录二: 单相电源短路阻抗试验接线图, 单相电源负载损耗试验接线图



单相电源短路试验接线图

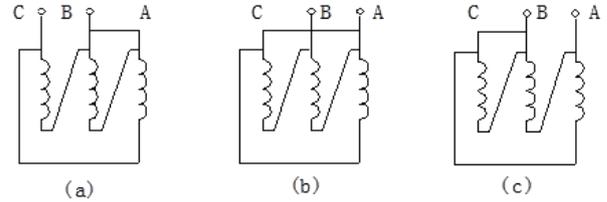
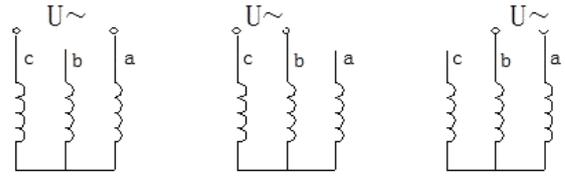
(a) Y, d接法; (b) Y, y接法; (c) D, y接法;

附录三: 单相测试空载时各种接线方法的变压器短路方法:



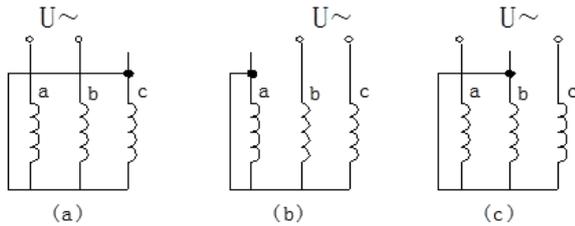
单相试验从△侧加压接线图

(a) ab相加压; (b) bc相加压; (c) ca相加压;



单相试验时二次侧绕组对应相短路

(a) a c相加压; (b) b c相加压; (c) a b相加压;



单相试验时加压绕组为Y接线且有中性点引出

(a) ab相加压; (b) bc相加压; (c) ca相加压;

附录四：在低电压下的空载损耗的校正

空载试验时所加低电压，通常选择在 5%~10%额定电压范围内，换算到额定电压时误差较大，可按下式进行计算：

$$P_0 = P'_0 \left(\frac{U}{U_n} \right)^n$$

式中：

U' 试验时所加电压；

U_n 绕组额定电压；

P'_0 电压为 U' 时测得的空载损耗；

P_0 相当于额定电压下的空载损耗；

n 指数，数值决定于铁芯硅钢片种类，热轧的取 1.8，冷轧的取 1.9~2。

本仪器 $n=2$ 。

附录五：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：

$$S' = S_n I_{0\%}$$

式中：

S' 试验所需电源容量；

S_n 变压器额定容量；

I₀% 空载电流百分比。

附录六：负载损耗试验时试验电源容量的确定

负载损耗试验所需电源容量 S 可按下式计算：

$$S \geq S_n \frac{U_k}{100} \left(\frac{I_k}{I_n} \right)^2$$

所需试验电压 U_k 为：

$$U_k = U_n \frac{U_k\%}{100} \frac{I_k}{I_n}$$

式中：

S_n、U_n 分别为额定容量和额定电压；

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（%）。

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

附录八 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	+10%	+10%	+10%	+10%
1) 空载损耗	+15%	+15%	+15%	+15%
2) 负载损耗	+15%	+15%	+15%	+15%

2、主分接上的空载电压比(额定电压比) 其他分接上的空载电压比	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 $\pm 10\%$	
		其他绕组对	其他分接 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 $+30\%$			

附录九 变压器技术参数

6-10KV 电压等级 30kVA-1600kVA 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	S10	S11		
30	0.13	0.11	0.09	0.60			2.8	4.0
50	0.17	0.15	0.12	0.87			2.5	
63	0.20	0.17	0.14	1.04			2.5	
80	0.25	0.22	0.18	1.25			2.2	
100	0.29	0.25	0.20	1.50			2.2	
125	0.34	0.29	0.24	1.80			2.0	
160	0.40	0.34	0.28	2.20			1.9	
200	0.48	0.41	0.34	2.60			1.8	
250	0.56	0.48	0.39	3.05			1.7	
315	0.67	0.57	0.47	3.65			1.6	
400	0.80	0.68	0.56	4.3			1.5	
500	0.96	0.82	0.67	5.10			1.4	
630	1.20	1.02	0.84	6.20			1.3	
800	1.40	1.19	0.98	7.50			1.2	
1000	1.70	1.45	1.19	10.30			1.1	
1250	1.95	1.66	1.37	12.80			1.0	
1600	2.40	2.04	1.68	14.50			0.9	

6-10kV 电压等级

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	S10	S11		
630kVA-6300kVA 双绕组无励磁调压变压器（低压为 6kV 或 3kV）								
630	1.04	0.92	0.81	7.29	6.89	6.89	1.3	4.5
800	1.26	1.12	0.98	8.91	8.42	8.42	1.2	5.5
1000	1.49	1.32	1.16	10.44	9.86	9.86	1.1	
1250	1.76	1.56	1.37	12.42	11.73	11.73	1.0	
1600	2.12	1.88	1.65	14.85	14.03	14.03	0.9	

2000	2.52	2.24	1.96	17.82	16.83	16.83	0.9	
2500	2.97	2.64	2.31	20.70	19.55	19.55	0.8	
3150	3.51	3.12	2.73	24.30	22.95	22.95	0.8	
4000	4.32	3.84	3.36	28.80	27.20	27.20	0.7	
5000	5.13	4.56	3.99	33.03	31.20	31.20	0.7	
6300	6.12	5.44	4.76	36.90	34.85	34.85	0.6	
200kVA-1600kVA 双绕组有载调压变压器（低压为 0.4kV）								
200	0.48	0.41	0.34	3.056 / 3.24	2.89 / 3.06	2.89 / 3.06	1.8 / 1.9	4
250	0.56	0.48	0.39	3.60 / 3.69	3.40 / 3.49	3.40 / 3.49	1.7 / 1.8	
315	0.67	0.57	0.47	4.32 / 4.41	4.08 / 4.17	4.08 / 4.17	1.6 / 1.7	
400	0.80	0.68	0.56	5.22 / 5.40	4.93 / 5.10	4.93 / 5.10	1.5 / 1.6	
500	0.96	0.82	0.67	6.21 / 6.44	5.89 / 6.08	5.87 / 6.08	1.4 / 1.5	
630	1.20	1.02	0.84	7.65	7.23	7.23	1.3	4.5
800	1.40	1.19	0.98	9.36	8.84	8.84	1.2	
1000	1.70	1.45	1.19	10.98	10.37	10.37	1.1	
1250	1.95	1.66	1.37	13.05	12.33	12.33	1.0	
1600	2.40	2.04	1.68	15.57	14.71	14.71	0.90	

注：表中斜线上方数值为 Yyno 联结组变压器用；斜线下方数值为 Dyn11 联结组变压器用。

35KV 电压等级 50kVA-1600kVA 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	S10	S11		
50	0.24	0.20	0.17	1.22			2.00	6.5
100	0.34	0.29	0.24	2.03			1.80	
125	0.38	0.33	0.27	2.39			1.75	
160	0.41	0.35	0.29	2.84			1.65	
200	0.48	0.41	0.34	3.33			1.55	
250	0.57	0.49	0.40	3.96			1.40	
315	0.68	0.58	0.48	4.77			1.40	
400	0.82	0.70	0.58	5.76			1.30	
500	0.97	0.83	0.68	6.93			1.30	

630	1.20	1.02	0.84	8.28	1.25
800	1.40	1.19	0.98	9.90	1.05
1000	1.70	1.45	1.19	12.15	1.00
1250	2.00	1.70	1.40	14.67	0.85
1600	2.40	2.04	1.68	17.55	0.75

35KV 电压等级 50kVA-1600kVA 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	S10	S11		

800kVA-31500kVA 双绕组无励磁调压变压器（低压为 3-10kV 级）

800	1.24	1.08	0.93	9.90	9.40	9.40	1.05	6.5
1000	1.44	1.26	1.08	12.20	11.50	11.50	1.00	
1250	1.76	1.54	1.32	14.70	13.90	13.90	0.90	
1600	2.12	1.86	1.59	17.60	16.60	16.60	0.85	
2000	2.72	2.38	2.04	19.40	18.30	18.30	0.75	
2500	6.20	2.80	2.40	20.70	19.60	19.60	0.75	
3150	3.80	3.33	2.85	24.30	23.00	23.00	0.70	7.0
4000	4.52	3.96	3.39	28.80	27.20	27.20	0.70	
5000	5.40	4.73	4.05	33.10	31.20	31.20	0.60	
6300	6.56	5.74	4.92	36.90	34.90	34.90	0.60	7.5
8000	9.20	8.05	6.90	41.00	39.00	39.00	0.55	
10000	10.90	9.52	8.16	48.00	46.00	46.00	0.55	
12500	12.80	11.20	9.60	57.00	54.00	54.00	0.55	
16000	15.20	13.30	11.40	70.00	66.00	66.00	0.50	8.0
20000	18.00	15.80	13.50	84.00	80.00	80.00	0.50	
25000	21.30	18.70	16.00	99.00	94.00	94.00	0.40	
31500	25.30	22.20	19.00	119.00	113.00	113.00	0.40	

2000kVA-12500kVA 双绕组有载调压变压器（低压为 3-10kV 级）高压分接范围 $\pm 3 \times 2.5\%$

2000	2.88	2.52	2.16	18.80	17.70	17.70	1.00	6.5
2500	3.40	2.98	2.55	21.80	20.60	20.60	1.00	

3150	4.04	3.54	3.03	26.00	24.60	24.60	0.90	7.0
4000	4.84	4.24	3.63	30.70	29.00	29.00	0.90	
5000	5.80	5.08	4.35	36.00	34.00	34.00	0.85	
6300	7.04	6.16	5.28	38.70	36.60	36.60	0.85	7.5
8000	9.84	8.61	7.38	42.80	40.40	40.40	0.75	
10000	11.60	10.15	98.70	50.60	47.80	47.80	0.75	
12500	13.68	11.97	10.26	59.90	56.60	56.60	0.70	8.0

