



高电科技
HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY

www.hzhv.com



HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY

CT3400

干式变压器材质分析仪

使用说明书

杭州高电科技有限公司

HANGZHOU HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY CO.,LTD

电话：0571-89935600 传真：0571-89935608

前 言

当前配电变压器生产中，用铝线代替铜线作为导体材质已成为行业公开的潜规则，之所以出现这种情况，主要原因是铝线变压器与铜线变压器相比能节省成本，具有较强经济性。变压器是根据电磁感应原理制成的一种静止的电气设备，它具有变换电压、变换电流、变换阻抗的功能，在工程各个领域得到广泛应用。如果变压器采用铝线代替铜线，铝线代替铜线有什么后果？耗电量更大 用电质量差！

首先，从原理上讲，两者作为导电材料使用，差别主要在于导电率的差异，铜线要比铝线导电率高，铜线的电量损耗更低，同样一根粗细的线，电阻比铝小，输送同样的功率，消耗的电量就比较小，最终会导致用户用电的质量上有所差别。

从成本上考虑，铜线与铝线的差别还在于价格方面，相同单位的铜线价格大约是铝线的两倍多。除非企业用相关技术把这个损耗控制在国家的规定范围之内，这也是可以的，但迄今为止还未有相应的技术。此外，由于铜线的导热性能较铝线高，在安全方面，长时间使用的话，铜线较铝线有优势。

如果出现在招标项目中以铝线代替铜线，那就存在着严重不诚信行为。

本分析仪集变压器材质测试、容量测试、特性测试、直阻测试、变比测试于一身，是我公司针对这种问题专门开发的一种高精度仪器，既能轻松检测出干式变压器是否以铝代铜以次充好，还能准确测试变压器容量，可准确检测用户是否改、换变压器铭牌。又能对各种变压器的容量、负载损耗、空载损耗、阻抗电压、空载电流等工频参数进行准确测量。

该仪器除具有体积小、重量轻、测量准确度高、稳定性好等特性外，还采用大屏幕液晶显示窗口、图形式菜单操作并配有汉字提示，集多参数于一屏的显示界面，人机对话界面友好，操作简便、易学等优点，大大提高了工作效率，是各级电力用户、质监部门的首选产品。

目 录

第一章 功能特点.....	3
第二章 技术指标.....	3
第三章 结构外观.....	3
第四章 界面介绍及操作说明.....	5
第五章 工作原理及使用方法.....	16
第六章 使用注意事项.....	21
第七章 附录：允许偏差.....	22
第八章 装箱清单.....	26

第一章 功能特点

- 1、可准确判断 10KV 干式变压器的材质。
- 2、可以盲测 10KV 配电变压器的容量及 35KV、110KV、220KV 的变压器容量
- 3、可测量各种类型变压器的负载损耗、空载损耗、短路电压、空载电流等。
- 4、可自动进行波形畸变校正，温度校正，电压校正（非额定电压下的空载试验），电流校正（非额定电流条件下的短路试验），操作人员只需根据变压器类型输入校正指数，仪器即可自动计算出校正后的结果，非常适合没有做稍大容量变压器短路试验条件的单位。
- 5、允许外接电压互感器和电流互感器进行扩展量程测量，可测量任意参数的被试品。
- 6、测试仪采用 7.0 英寸，800*480 图形点阵的高亮度、宽温、宽视角、阳光下清晰可视的全触摸型工业级彩色液晶屏。
全汉字菜单及图形操作提示实现友好的人机对话，触摸按键使操作更简便，可适应冬夏各季。
- 7、用户可随时将测试的数据通过微型打印机将结果打印出来。

第二章 技术指标

1、输入特性

有源部分：电压测量范围：0~10V

电流测量范围：0~10A

无源部分：

电压测量范围：0~750V 宽量限（可以外接电压互感器）。

电流测量范围：0~100A 内部全部自动切换量程（可以外接电流互感器）。

2、准确度：

电压、电流、频率：±0.2%

功率：±0.5%（ $\cos\Phi > 0.1$ ），±1.0%（ $0.02 < \cos\Phi < 0.1$ ）

3、变比测试精度：0.2%

4、工作温度：-10℃~+40℃

5、充电电源：交流 160V~260V

6、绝缘：(1) 电压、电流输入端对机壳的绝缘电阻 $\geq 100M\Omega$ 。

(2) 工作电源输入端对外壳之间可承受工频 2KV（有效值）、历时 1 分钟试验。

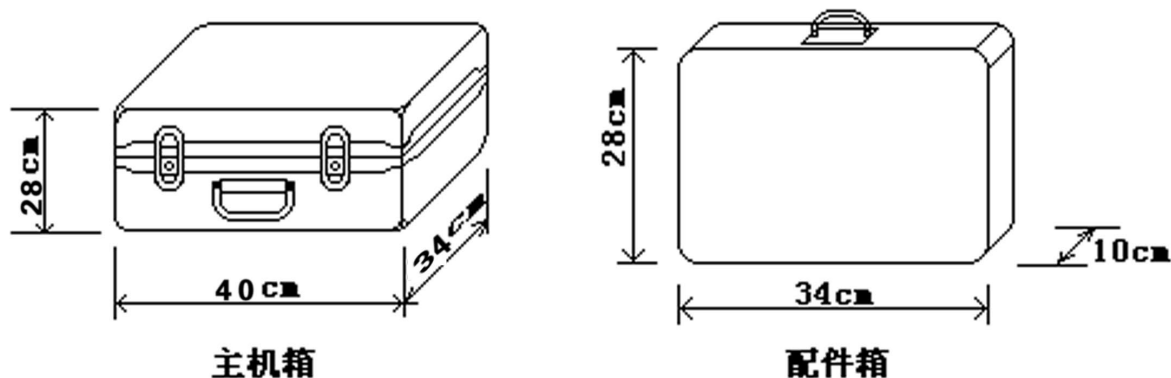
7、体积：40cm×34cm×18cm

8、重量：7Kg

第三章 结构外观

仪器由主机和配件箱两部分组成，其中主机是仪器的核心，所有的电气部分都在主机内部，其主机外箱采用高强度进口防水注塑机箱，坚固耐用，配件箱用来放置测试导线及工具。

3.1 结构尺寸



图一 主机与配件箱尺寸

3.2 面板布置



图二 面板布置图

如图二所示：仪器左上部分是变压器特性测试输入端子，有电压输入端子（ U_a 、 U_b 、 U_c 、 U_n ）输入范围（0-750V），电流输入端子（ I_{a+} 、 I_{a-} 、 I_{b+} 、 I_{b-} 、 I_{c+} 、 I_{c-} ）输入范围（0-100A）；上中部是容量测试端子，包括（ U_a 、 U_b 、 U_c 、 U_n ； I_a 、 I_b 、 I_c ）；变比测试端子，温度采集，数据采集端子，右上部还有接地、电源插座、工作开关；面板左下方为液晶显示屏；液晶右侧为打印机和控制键盘。

1、液晶说明

测试仪采用 7.0 英寸，800*480 图形点阵的高亮度、宽温、宽视角、阳光下清晰可视的全触摸型工业级彩色液晶屏。

2、按键说明

键盘共有 16 个键，分别为：F1、 F2 、F3、 F4、确定、取消、数字键。

各键功能如下：

F1 F2 F3 F4 为多功能能按键，具体实现参见具体帮助菜单。

确定键：各菜单中的功能见界面的详细说明。

取消键：返回键，如果正在测试过程中，测试结束同时返回上一级界面。

数字键：在主菜单中按下此键直接进入子菜单，设置菜单下可以对数据进行修改。

第四章 界面介绍及操作说明

4.1 开机界面



图三 开机界面

• 主界面包含两部分：

- 使用外部按键时 F1 帮助，F2 打印。
- 左上部分为时钟实时显示，在彩色液晶上可以直接点击时钟的显示部分或者使用外部键盘 F3 按键可以修改时钟。
- 右上部分为内部锂电池电源的电量指示，当图标显示为欠电时，请及时充电，在彩色液晶上可以直接点击锂电池显示部分或使用外部按键 F4 键可查看具体参数。
- 下部分为菜单的按键选择部分，可以在液晶屏上直接触摸相应图片部分，也可以按动外部键盘对应的数字进入到相应的子菜单。

4.2 参数设置

参数设置			
容量测试参数		特性测试参数	
参比容量	500.0 KVA	额定容量	125.0 KVA
分接档位	分接数3档位2	额定低压	0.4KV
试品编号	123456	CT 变比	1.0
		PT 变比	1.0
公共参数			
变压器类型	油浸变S7.9.11	连接组别	Yyn0
额定 高压	10.0 KV	校正温标	75 °C
阻抗 电压	6.00	试品油温	20.00
下一页			

图四 参数设置

公共参数为做变压器的容量及特性试验时候必须设定的参数,进行容量测试时对容量测试参数部分进行正确的设置,同样,进行特性测试时对容量特性参数部分进行正确的设置。

公共参数部分的各个参数说明:

➤ 变压器类型:指变压器的不同类型。油浸式变压器的测试类型分为 S7、S9、S11、S13、S15;干式变压器的测试类型为:SCB9 和 SCB10;非标变压器的测试类型为:非标、JB73、JB64。

➤ 联结组别:根据变压器的内部接线方式可分为 Yyn0、Dyn11 和 Yzn11 三种情况,只有明确变压器的联结组别才可准确判断出被测变压器的型式。

➤ 额定高压:指被试变压器施压侧的额定电压值,用于区别不同电压等级的变压器;相同容量、不同电压等级变压器的短路试验参数值是不同的;要做到准确判断,就必须输入被试变压器的高压侧额定电压。

➤ 阻抗电压:当测试非标变压器和干式变压器时,必须输入此项参数,才可正确测出实际容量及特性参数。阻抗电压的取值范围 2.0%~20.0%。

➤ 当前温度及温标:

输入当前被测变压器的本体温度,用于对测试结果做温度校正。因容量判断主要依据是变压器的短路试验的数据(阻抗电压和短路损耗),根据我们所测出的实际数据,按要求校正到额定条件时的短路损耗数值,在查表得到被试变压器的实际容量;

变压器短路试验(测量短路损耗)时将测试功率测试结果校正到温标(短路试验的额定条件为温标),不做此项校正时输入温标即可(校正公式为: $P = K \times PK$, 其中 K 代表电阻温度系数,其算法为 $K = (235 + \text{温标}) / (235 + t)$, 式中 t 为测试时实际温度,对于阻抗电压的校正,也是根据公式用实测值进行自动校正,公式如下:

$$U_K = \sqrt{U_{KT}^2 + (P_{KT} / 10S_N)^2 (k^2 - 1)}$$

式中 UKT 代表当前温度实测阻抗电压百分比,PKT 代表当前温度下实测短路损耗,SN 表示被测变压器的额定容量。

测试结果是非额定电流的校正,同时国标要求变压器的短路损耗应在环境温度为“温标”设定值时进行,所以额定条件的数据都是在“温标”时的标准数值,为了准确判断容量,必须将测试结果校正,因此当前温度的准确直接影响容量的判断结果。

当前温度的取值范围: -35℃~75℃。

容量参数部分的各个参数说明:

➤ 分接档位:指变压器分接开关当前位置;配变通常都有三个分接位置,通常在 2 分接测量,如果分接位置不在标准档位,而又不愿改变分接位置,必须输入当前的正确位置。

➤ 参比容量:对测试变压器容量数据的参照比对。

➤ 试品编号:为 6 位数字或大写英文字母组成。

特性参数部分的各个参数说明:

➤ 变压器容量:指被测变压器的额定容量,单位 KVA。

- 额定高压：高压侧的额定电压，单位 KV；
- 额定低压：低压侧的额定电压，单位 KV；
- PT 变比即电压变比：当需要外接电压互感器进行测量时，此参数代表外接电压互感器的变比（如：10000V/100V 的电压互感器应输入 100），不外接电压互感器测量时，此参数应设为 1。
- CT 变比即电流变比：当需要外接电流互感器进行测量时，此参数代表外接电流互感器的变比（如：100A/5A 的电流互感器应输入 20），不需外接电流互感器测量时，此参数应设为 1。

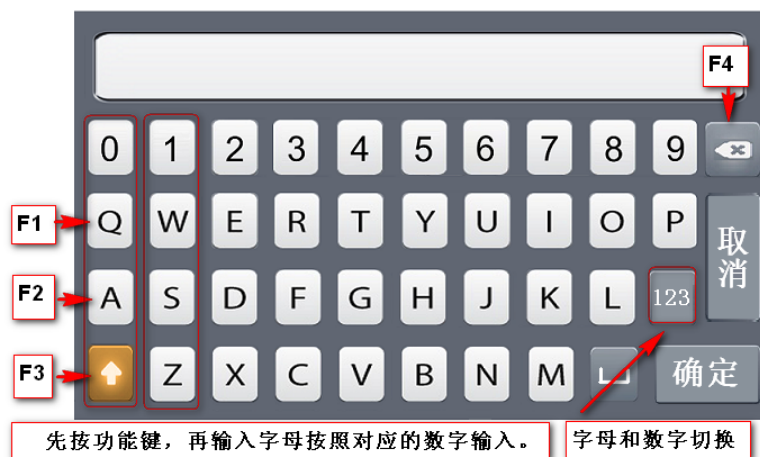
参数的修改操作说明：

选择型参数：对于有左右箭头指向的参数为选择型参数，使用触摸功能可以在彩色液晶上的左右箭头指向区域直接点击，使用外部按键时用 F2 键移动光标到相应的参数位置，光标所在的位置为参数的名称呈现灰色底的状态，F3 为向左翻页，F4 为右翻页，正确选择所需要的参数即可，参数修改完后自动保存。

输入型参数：对于没有左右箭头指向的参数为输入型参数，使用触摸功能可以在彩色液晶上的数值显示区域直接点击后自动弹出小键盘，在小键盘上正确输入，输入完毕按确认键即可完成参数的修改。使用外部按键时用 F2 键移动光标到相应的参数位置，光标所在的位置为参数的名称呈现灰色底的状态，此时按外部键盘上的确认键即可弹出小键盘，使用小键盘相对应的外部按键输入即可。

试品编号的外部键盘输入方法：弹出下面的键盘后，按照屏幕下方的提示操作即可。F1F2F3 功能键分别代表英文字母第一行第二行第三行的字母，每个字母的输入对照上面的数字输入即可，F4 是回退键。

例如：输入 GT588，按 F2 键，屏幕提示"0:A 1:S 2:D 3:F 4:G 5:H 6:J 7:K 8:L 9:123"，按下 G 对应的字母 4，按 F1 键，屏幕提示"0:Q 1:W 2:E 3:R 4:T 5:Y 6:U 7:I 8:O 9:P"，按下 T 对应的字母 4，要转换成数字输入状态，按 F2 键，按 9 键，屏幕提示"0~9 数字 F1:q~p F2a~l F3 z~m F4 回退"，按下 588，按下确认键确认输入即可。



图五 英文字母键盘

注意：触摸屏幕和外部键盘在修改参数的时候最好单独使用同一种输入方法。

触摸按钮 **下一页**，或者在没有参数项被选择的情况下按‘确定’键进入到变压器的本体参数这是界面。



图七 变压器本体参数设置

该界面左栏是变压器直阻的高低压侧直阻的数据，高压侧直阻用 RAB、RAC、RBC 表示，单位是欧姆，低压侧用 rab、rac、rbc 表示，单位是毫欧姆，直阻的输入方法可以直接点击屏幕上要修改数据的相应的位置修改即可，也可以使用外部键盘进行操作，按照盘操作提示操作即可。

界面右栏是变压器外观数据，标有自动采集的部分如果为 ✔，分析仪外部连接本公司自主研发的高精度电子卡尺，数据会自动采集并显示在液晶屏幕上，如果都为 ✘，则需要人工进行输入，方法同直阻的输入方法，不再赘述。

4.3 容量实验



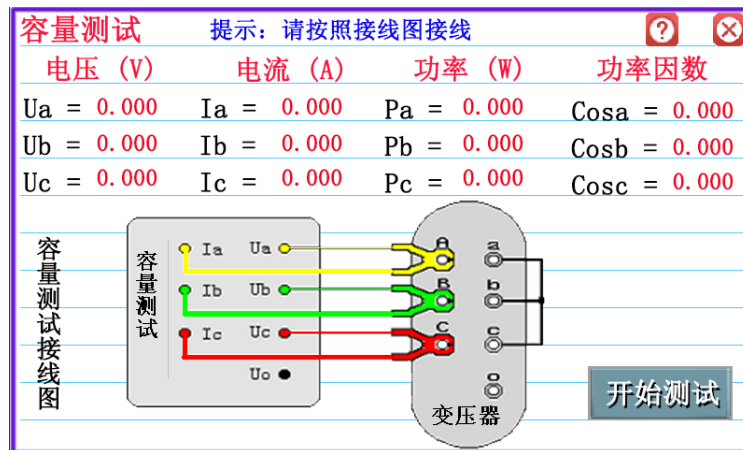
图八 容量实验

可以在液晶屏上直接触摸相应图片部分，也可以按动外部键盘对应的数字进入到相应的子菜单。

4.3.1 容量测试

正确设置了容量参数后，再进行容量的测试功能。

试验第一步：按照提示的接线图接线，对于 250KVA 以上的变压器，要使用相应规格的短路线。



图九 容量测试接线

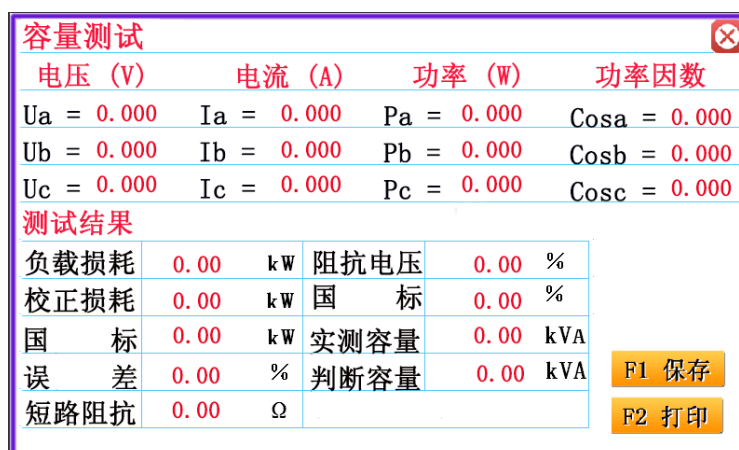
试验第二步：接好试验线后，检查无误既可试验，使用触摸功能可以在彩色液晶上的‘开始测试’按钮区域直接点击，使用外部按键时按‘确认’按键，‘开始测试’按钮转换成‘测试中..’按钮，同时仪器发出滴滴的声响提示正在进行测试，测试完毕自动结束。如果确认数据稳定也可以人工结束，同样使用触摸功能可以在彩色液晶上的‘测试中’按钮区域直接点击，使用外部按键时按‘确认’按键，结束测试，测试仪自动给出测试的结果。

如果采集数据出现问题，测试仪提示"采集失败，请检查接线！"；

试验第三步：测试完毕出现容量测试判别结果，包括：当前测试条件下实测的短路损耗（负载损耗）数值、判定的变压器参数下国标规定的短路损耗数值、校正到额定试验条件下的短路损耗数值、校正后的短路损耗数值与国标参数下短路损耗值的百分数误差。当前条件下实测阻抗电压数值、判定的国标阻抗电压数值、判定容量、实测容量、变压器的实测阻抗；如果在判定容量显示为“No type”说明实测容量值在两相临容量之间，无法归档；

如果显示屏提示“负载损耗异常，请用有源负载测试”，则返回主菜单，使用“有源负载”项目进行测试以效验容量测试的结果。

试验结果参见图六；



图十 容量测试结果

试验第四步：测试结果的保存和打印。如使用触摸功能可以在彩色液晶上的‘F1 保存’按钮区域直接点击，使用外部按键时按‘F1’按键，测试仪即可把测试的结果进行保存。在‘结果查询’子

菜单可以查询到保存的记录。

结果查询			
变压器类型	油浸变S7, 9, 11	连接组别	Yyn0
额定 高压	10.0KV	校正温标	75℃
阻抗 电压	4.00	试品油温	20.00
分接 档位	分接数3, 档位2	试品编号	12354
测试结果		存储总数:	12
负载损耗	1.17 kW	阻抗电压	3.60 %
校正损耗	1.41 kW	国 标	4.00 %
国 标	1.25 kW	实测容量	82 kVA
误 差	13.43 %	判断容量	80 kVA
短路阻抗	66.46 Ω	判定: S9.11配变 (参考)	
存储时间:	2015-02-06 14:36:50		

图十一 容量测试结果查询

4.3.2 有源负载

正确设置了特性参数后，再进行有源负载的测试功能。

按照“测试钳接在被试变压器的高压侧，低压侧要良好短接”的原则接好线后，按确定键测试；测试完毕后结果显示在液晶屏上，测试结果包括：三相测试电压值（ U_a 、 U_b 、 U_c ）、三相测试电流值（ I_a 、 I_b 、 I_c ）、三相实测损耗值（ P_a 、 P_b 、 P_c ）、校正到额定试验条件下（额定电流、温度校正到设定温标）的短路损耗数值、校正到额定条件的阻抗电压，被测变压器的高压电阻和高压电抗。

有源负载			
电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)	功率因数
$U_a = 0.000$	$I_a = 0.000$	$P_a = 0.000$	$\text{Cosa} = 0.000$
$U_b = 0.000$	$I_b = 0.000$	$P_b = 0.000$	$\text{Cosb} = 0.000$
$U_c = 0.000$	$I_c = 0.000$	$P_c = 0.000$	$\text{Cosc} = 0.000$

有源负载测试接线图

图十二 有源负载试验操作提示

有源负载			
电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)	功率因数
$U_a = 0.000$	$I_a = 0.000$	$P_a = 0.000$	$\text{Cosa} = 0.000$
$U_b = 0.000$	$I_b = 0.000$	$P_b = 0.000$	$\text{Cosb} = 0.000$
$U_c = 0.000$	$I_c = 0.000$	$P_c = 0.000$	$\text{Cosc} = 0.000$
测试结果			
负载损耗:	0.00 kW		
校正损耗:	0.00 kW	电阻: 0.00 Ω	
阻抗电压:	0.00 %	电抗: 0.00	

图十三 有源负载测试结果屏

4.3.3 结果查询

可以对保存的结果进行浏览、打印、删除、上传等功能。

4.4 特性试验



图十四 特性试验

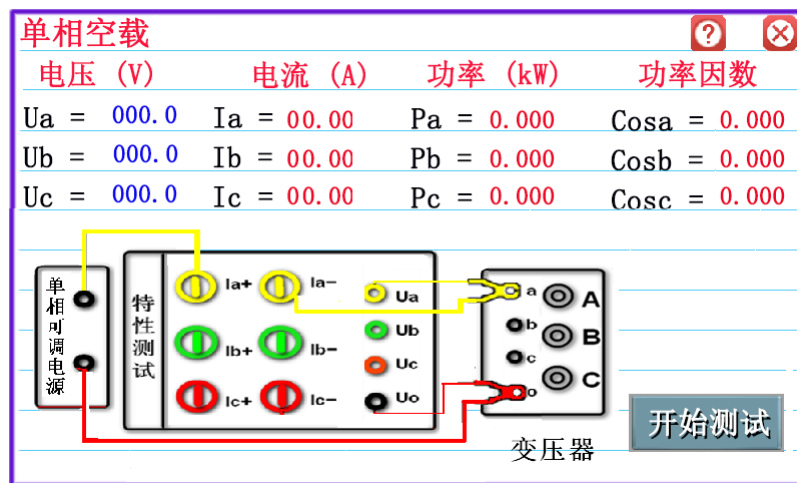
4.4.1 单相空载

为确保仪器的准确度，在低压侧施加额定电压值，比如低压侧电压为 0.4KV，变压器的 A、B、C 各相做单相空载试验时必须使用单相交流可调电源。

在参数设置界面中，正确设置测试的变压器容量，额定高压、额定低压，按铭牌所标值输入。

做 A 相空载时，将黄色测试钳子夹在变压器低压侧的 a 相接线柱，将红色测试钳子夹在变压器低压侧的公共端；测试钳得粗细线，按接线示意图联接（粗线接电流，细线接电压）。

接线无误后，接通单相可调交流电源调压到 231V，按‘开始测试’键，进行 A 相的测试，待数值稳定后按‘A 相测试’键此时完成 a 相测试。注意：完成 a 相测试后必须先断开所施加的 231V 交流电源，然后换相测试（每测试完一相必须先断开电源）。



图十五 单相空载接线提示图

a) 做 B 相空载时，将黄色测试钳子夹在变压器低压侧的 b 相接线柱，将红色测试钳子夹在变压

器低压侧的公共端；接线无误后，接通单相可调交流电源调压到 231V，待数值稳定后按 ‘B 相测试’ 键此时完成 B 相测试。

b) 做 C 相空载时，将黄色测试钳子夹在变压器低压侧的 c 相接线柱，将红色测试钳子夹在变压器低压侧的公共端；接线无误后，接通单相可调交流电源调压到 231V，待数值稳定后按 ‘C 相测试’ 键此时完成 C 相测试。

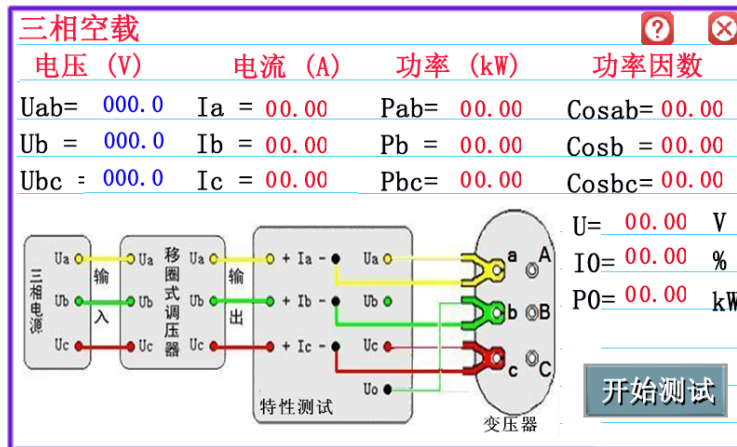
c) 三相分别测试完毕后显示实测空载损耗以及校正后的空载损耗（这里的校正是指非额定电压条件下空载试验时将测量的功率损耗和空载电流校正到额定电压条件时的数值）。

单相空载测试			
电压 (V)	电流 (A)	功率 (kW)	功率因数
Ua = 000.0	Ia = 00.00	Pa = 0.000	Cosa = 0.00
Ub = 000.0	Ib = 00.00	Pb = 0.000	Cosb = 0.00
Uc = 000.0	Ic = 00.00	Pc = 0.000	Cosc = 0.00
测试结果			
空载损耗:	0.00 kW	空载电流:	0.00 %
校正损耗:	0.00 kW	校正电流:	0.00 %
国家标准:	0.00 kW	国标:	0.00 %
误差:	0.00 %	误差:	0.00 %
			F2 打印

图十六 单相空载接线结果图

4.4.2 三相空载

正确设置了特性参数后，再进行三相空载的测试功能。



图十七 三相空载接线图

a) 对于电压或者电流超过仪器量程的，要经过 PT 或 CT 来测量变压器的空载损耗，在参数设置界面正确设置 PT 变比以及 CT 变比值。

b) 接线无误后，在低压侧施加额定电压值，比如低压侧电压为 0.4KV，则接通三相可调交流电源到 400V 左右，点击 ‘开始测试’，或者直接按外部按键 ‘确认’ 按键开始测试，待数值稳定后再次点击界面按键，或者直接按外部按键 ‘确认’ 按键，测试仪可自动计算出实际的空载损耗数据。

c) 三线空载屏分别显示出当前各相的实际电压、电流、功率，以及校正后的空载电流百分比 $I_0\%$ 、校正后的空载损耗（非额定电压条件下空载试验时将测量的功率损耗和空载电流校正到额定电压条件

时的数值)。

三相空载测试			
电压 (V)	电流 (A)	功率 (kW)	功率因数
Uab= 000.0	Ia = 00.00	Pab= 00.00	Cosab= 00.00
Ub = 000.0	Ib = 00.00	Pb = 00.00	Cosb = 00.00
Ubc = 000.0	Ic = 00.00	Pbc= 00.00	Cosbc= 00.00
测试结果			
空载损耗:	0.00 kW	空载电流:	0.00 %
校正损耗:	0.00 kW	校正电流:	0.00 %
国家标准:	0.00 kW	国标:	0.00 %
误差:	0.00 %	误差:	0.00 %
			F2 打印

图十八 三相空载结果图

4.4.3 单相短路

a)为确保仪器测量数据的准确度，变压器的 A、B、C 各相做单相短路试验时，施加于测试电路的电流必须大于 50%额定电流。

b)正确设置了特性参数后，再进行单相短路的测试功能

c)在参数设置界面中，正确设置测试的变压器容量，额定高压、额定低压，按铭牌所标值输入。

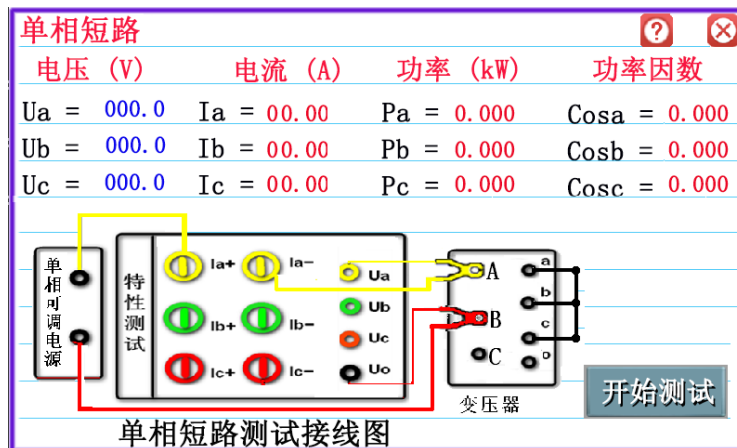
d)测量步骤

第一步，黄色测试钳子夹在变压器高压侧的 A 相接线柱，红色测试钳子夹在变压器高压侧的 B 相接线柱；测试钳得粗细线，按接线示意图联接（粗线接电流，细线接电压）。接线无误后，接通单相交流电源，施加于测试电路的电流必须大于 50%额定电流。点击‘开始测试’，或者直接按外部按键‘确认’按键开始测试，待数值稳定后按‘A 相测试’键此时完成 A 相测试。

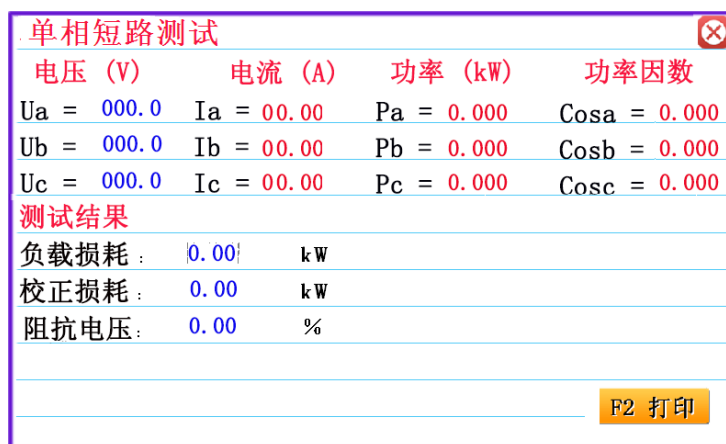
第二步，黄色测试钳子夹在变压器高压侧的 B 相接线柱，红色测试钳子夹在变压器高压侧的 C 相接线柱；接通单相交流电源，待数值稳定后按‘B 相测试’键此时完成 B 相测试。

第三步，黄色测试钳子夹在变压器高压侧的 C 相接线柱，红色测试钳子夹在变压器高压侧的 A 相接线柱；接通单相交流电源，待数值稳定后按‘C 相测试’键此时完成 C 相测试。

e)测试完毕显示出当前各相的实际电压、电流、功率，校正后的短路电压百分比 $U_k\%$ 即阻抗电压、测试负载损耗以及校正后的负载损耗（非额定电流条件下短路试验时将测量的功率损耗和短路电压校正到额定电流条件时的数值）。



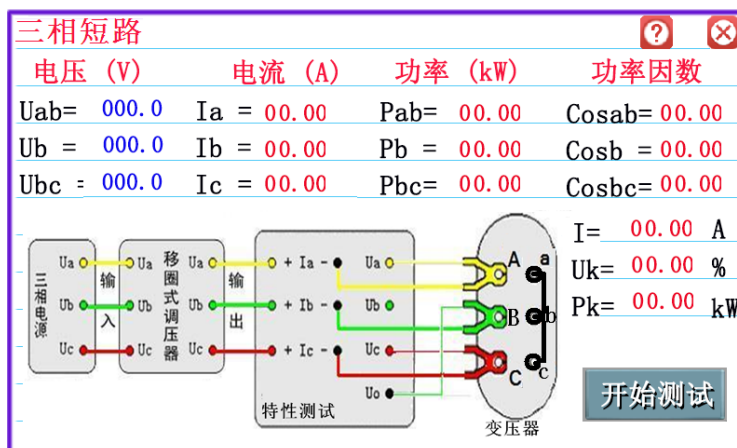
图十九 单相短路接线图



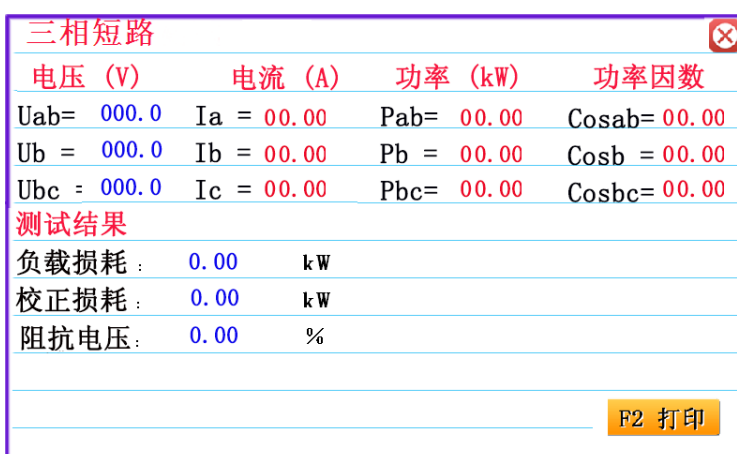
图二十 单相短路结果图

4.4.4 三相短路

- 为确保仪器测量数据的准确度，施加于测试电路的电流必须大于 50%额定电流。
- 在参数设置界面中，正确设置测试的变压器容量，额定高压、额定低压，按铭牌所标值输入。
- 按照接线图接线，做负载实验时变压器的非加压侧的三个出线端人工短连接。
- 接线无误后，如使用触摸功能可以在彩色液晶上的‘开始测试’按钮区域直接点击，或使用外部按键时按‘确认’按键，‘开始测试’按钮转换成‘测试中...’按钮，施加电流电压，等待数据稳定后，人工按键结束测试。使用触摸功能时在彩色液晶上的‘测试中...’按钮区域直接点击，使用外部按键时按‘确认’按键，结束测试，测试仪自动给出测试的结果。
- 测试完毕显示出当前各相的实际电压、电流、功率，校正后的短路电压百分比 $U_k\%$ 即阻抗电压、测试负载损耗以及校正后的负载损耗（非额定电流条件下短路试验时将测量的功率损耗和短路电压校正到额定电流条件时的数值）。



图二十一 三相短路接线图

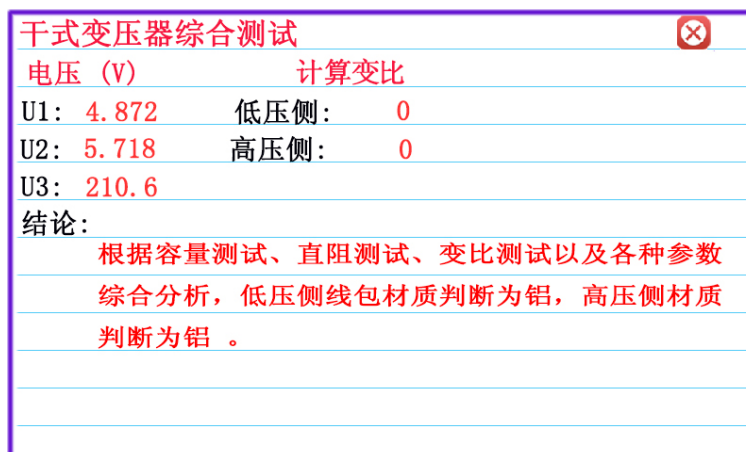


图二十二 三相短路结果图

4.5 综合实验

此界面是变压器材质测试的主要结果界面。

进行此实验之前要对变压器的所有参数进行测试，包括变压器的容量，变压器的直阻，变压器的外观参数都要进行准确的测试。



第五章 工作原理及使用方法

以下将分为二部分来介绍：有源变压器容量、负载损耗测量部分和无源变压器损耗测量部分。

5.1 有源变压器容量、负载损耗测量部分

1. 基本概念

有源容量试验：通过一些必要的数据来确定某个变压器的实际容量值；从而检查出被试变压器铭牌容量是否真实。

2. 测试方法

容量测试仪配有三把测试钳（黄、绿、红），每只钳子分别引出两根测试线，一根粗线、一根细线，粗线接到仪器面板上容量测试端子对应颜色的电流端子（Ia、Ib、Ic），细线接到仪器面板上容量测试端子对应颜色的电压端子（Ua、Ub、Uc），将钳头按颜色分别夹在被试变压器的高压侧各相接线柱上，变压器的低压侧要用专用短接线良好短接。

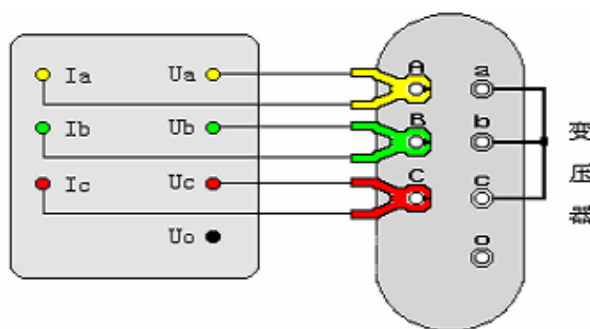


图 5-1 容量测试接线图

接好线后，按下列操作步骤进行设置：

- 设定当前温度，通过外部按键 F2 移动光标到‘当前温度’选项，用外部按键 F3、F4 调节温度数值，要求尽量准确，最好以温度计的示值为准。
- 设置高压侧额定电压，通过外部按键 F2 移动光标到‘额定高压’选项，用外部按键 F3、F4 调节额定高压档，例如被测变压器是 10KV/400V 的配变，则将本项设置为 10KV
- 设置分接档位，通过外部按键 F2 移动光标到‘分接档位’选项，用外部按键 F3、F4 调节该选项，通常将分接打到 2 分接位置，如遇被测变压器分接在其他位置，则将该选项设置到正确位置。
- 设置阻抗电压，通过外部按键 F2 移动光标到‘阻抗电压’选项，用外部按键 F3、F4 调节该选项，使之与铭牌所标注的数值相同。
- 设置联结组别，通过外部按键 F2 移动光标到‘联结组别’选项，用外部按键 F3、F4 调节该选项，使之与铭牌所标注的联结组别相同。
- 开始测试，进入到‘容量测试’子菜单，点击‘开始测试’选项，或者按‘确定’键即可开始测试。
- 测试完毕，选择‘F1’键可将结果保存到内部存储器中，如不需保存，则不选此项。按‘F2’可将测试结果打印出来。

有源负载试验的接线方法与容量测试完全相同，操作也同样简单，值得注意的是，有源负载试验的参数设置是参数设置界面中‘特性参数设置’，一定要正确设置。

5.2 无源变压器损耗测量部分

1. 基本概念

空载试验：从变压器的某一绕组（一般从二次低压侧）施加正弦波额定频率的额定电压，其余绕组开路，测量空载电流和空载损耗。如果试验条件有限，电源电压达不到额定电压，可在非额定电压条件下试验，这种试验方法误差较大，一般只用于检查变压器有无故障，只有试验电压达到额定电压的70%以上才可用来测试空载损耗。

短路试验：将变压器低压大电流侧人工短联接，从电压高的一侧线圈的额定分接头处通入额定频率的试验电压，使绕组中电流达到额定值，然后测量输入功率和施加的电压（即短路损耗和短路电压）以及电流值。

2. 测试方法

根据不同的测试项目以下分别进行介绍：

(1) 对单相变压器空载损耗的测量：将变压器非测试端开路，电压、电流都直接接入。单相接法等效于以往的单功率表法，适用于测量单相变压器。

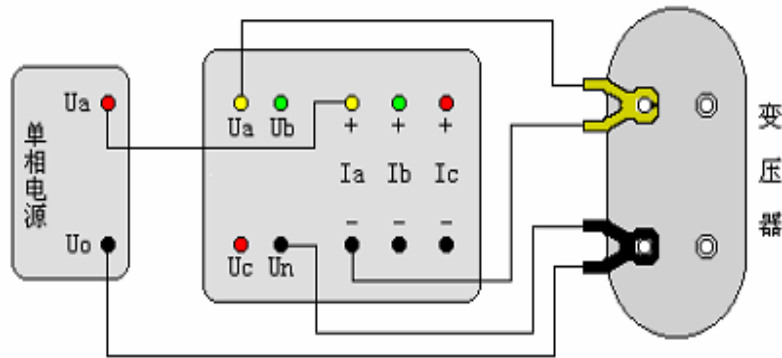


图 5-2 直接接入测量单相变压器空载损耗

(2) 对单相变压器短路（负载）损耗的测量：与测量单相变压器空载损耗的接线方式基本相同，可参照图十九接线；不同点只是做短路试验时变压器的非测试端人工短连接。

(3) 单相电源分相对三相变压器空载损耗的测量：当做三相空载试验后发现损耗超过标准时，应分别测量三相损耗，通过对各相空载损耗的分析比较，观察空载损耗在各相的分布情况，以检查各相绕组或磁路中有无局部缺陷。基本方法是将三相变压器当作三台单相变压器，轮换加压，即依次将变压器的一相绕组短路，其他两相绕组施加电压，测量空载损耗和空载电流。根据被测变压器的绕组连接方式可分为图 5-3（a.b.c.）所示三种情况；接线按照图 5-4 所示：

a. 加压绕组为 Δ 连接：

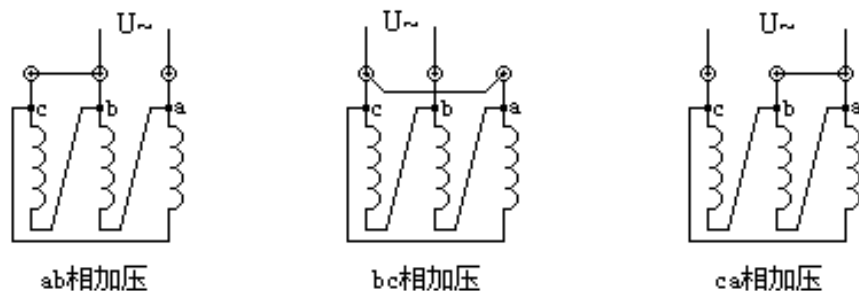


图 5-3 a

测量时依次对 ab、bc、ca 相加压，非加压绕组短接，测得的损耗按以下公式计算：

$$P_0 = \frac{P_{0ab} + P_{0bc} + P_{0ca}}{2} \quad I_0 = \frac{0.289 \times (I_{0ab} + I_{0bc} + I_{0ca})}{I_n}$$

※ 注：式中 I_n 为试验线圈的额定电流

b. 加压绕组为 Y 连接，且有中性点引出：

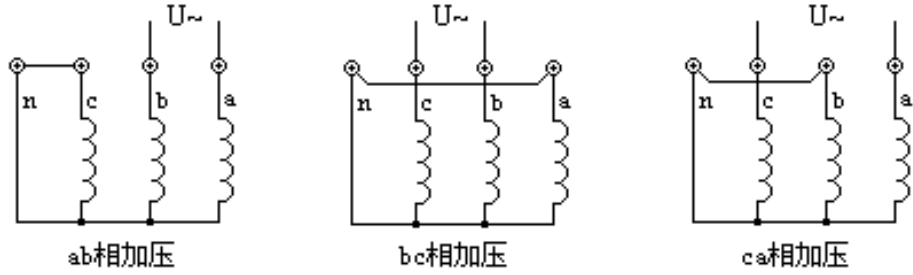


图 5-3 b

测量时非加压绕组短接；施加的电压为二倍的相电压，损耗结果计算按式 1，空载电流结果按式 2（式中 0.289 改为 0.333）。

c. 加压绕组为 Y 连接，无中性点引出：

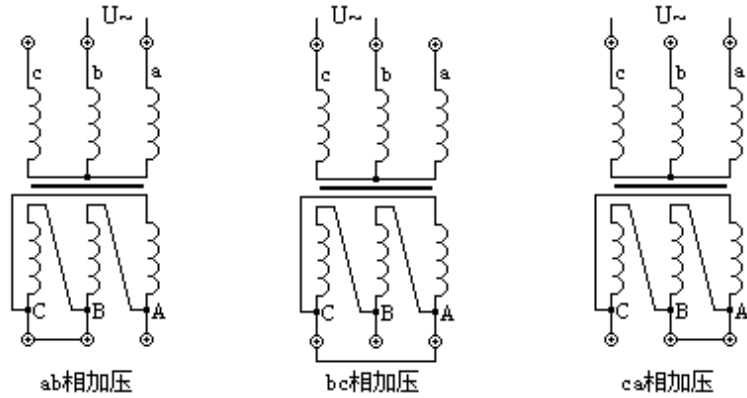
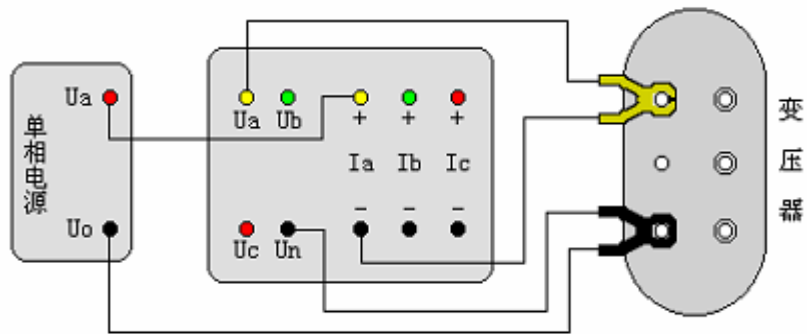
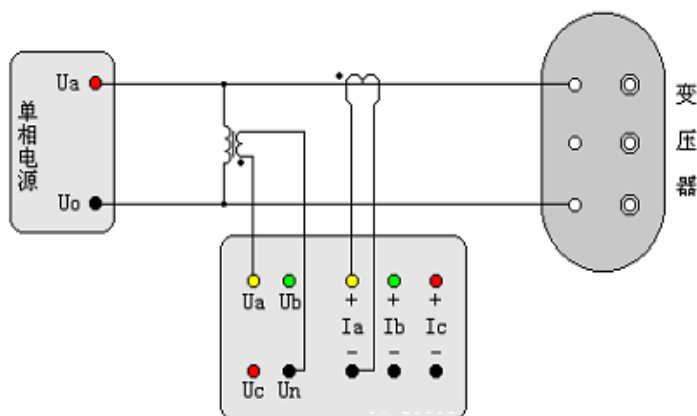


图 5-3 c

由于没有引出中性点，无法对非加压绕组短路时，则测量时必须将二次绕组的相应相短路施加的电压应为二倍的相电压。



单相电源测量三相变压器空载损耗



单相电源外接 PT 和 CT 测量三相变压器空载损耗

图 5-4

(4) 单相电源对三相变压器的短路（负载）损耗的测量：

受电源条件限制（没有三相电源或电源容量较小）时，以及在制造过程或运行中需逐相检查以确定故障相时，可用单相电源进行短路试验；试验方法是将被测变压器的低压三相的出线端短路连接，在高压侧进行三次测量，根据被测变压器的绕组连接方式可分为以下两种情况，见 a、b；接线与单相电源测量三相变压器空载损耗的情况相同，可参照图 5-4 接线，二次侧全部短接。

注意：短路电流大于 50%额定电流测量的数据才准确。

a. 加压绕组为△连接

加压侧按图 5-4 方式接线，与之不同的是非加压侧（低压侧）的三相出线端需人工短连接。绕组中的电流应为额定电流的 $2/\sqrt{3}$ 倍，测得的数值可按下面公式换算三相短路损耗和短路电压：

$$P_K = \frac{P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}}{2} \quad U_k \% = \frac{U_{kAB} + U_{kBC} + U_{kCA}}{3U_n} \times 100\%$$

※ 注：式中 U_n 为加压侧额定电压

b. 加压绕组为 Y 连接

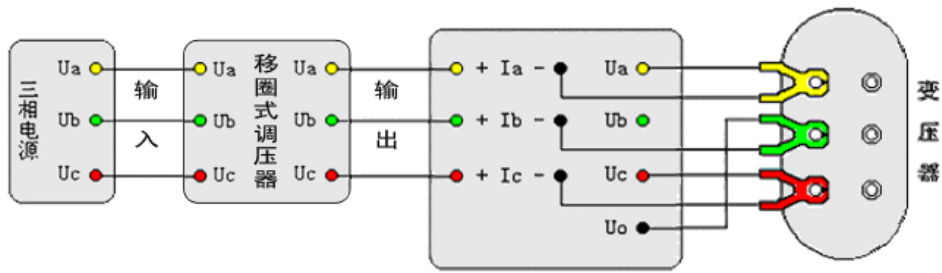
依次在任两相之间加压，同时非加压侧的三相出线端人工短连接。

$$P_K = \frac{P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}}{2} \quad U_k \% = \frac{\sqrt{3}(U_{kAB} + U_{kBC} + U_{kCA})}{6U_n} \times 100\%$$

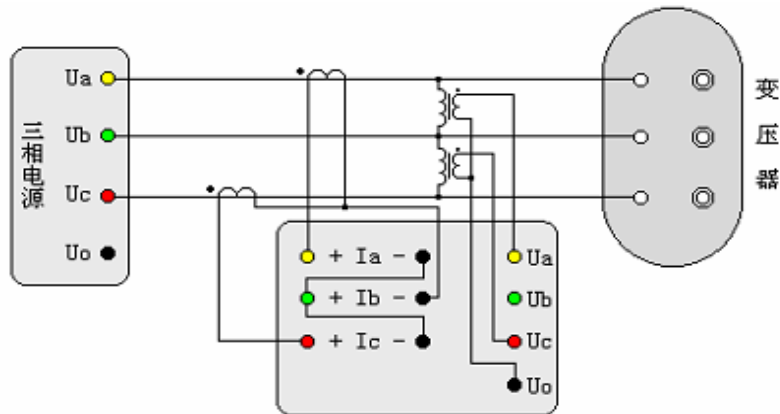
※ 注：式中 U_n 为加压侧额定电压

(5) 三相三线电源测量变压器空载损耗：将变压器非测试端开路，按图 5-5 接线；

注意：我们这里采用方法相当于以往的两功率表法，只测量 U_{AB} 和 U_{CB} 两相电压值，结果为两相的平均值；同时功率损耗也只测量 P_{AB} 和 P_{CB} 两相功率，总损耗为两相功率损耗之和。



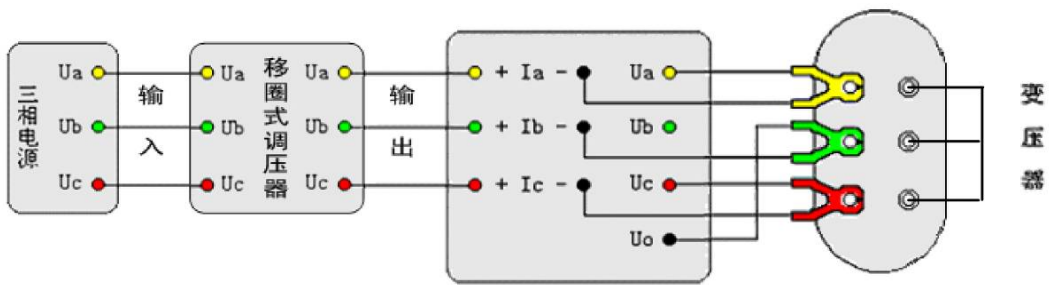
三相三线测量空载损耗



三相三线经 PT 和 CT 测量空载损耗

图 5-5

(6) 三相三线电源测量变压器短路（负载）损耗：与三相三线变压器测量空载损耗的接线方式基本相同，按照图 5-6 接线，做短路实验时变压器的非加压侧的三个出线端人工短连接。如果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一定要短接。



三相三线测量短路损耗

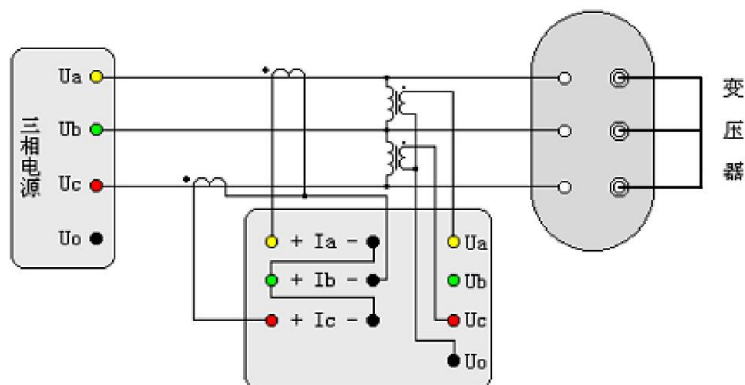


图 5-6 三相三线经 PT 和 CT 测量负载损耗

第六章 使用注意事项

6.1. 安全测试

1. 在测量过程中一定不要接触测试线的金属部分，以避免被电击伤。
2. 测量接线一定要严格按说明书操作，否则后果自负。
3. 测试之前一定要认真检查设置的参数是否正确。
4. 最好使用有地线的电源插座。
5. 不能在电压和电流超量程的情况下工作。
6. 短路试验时，非加压侧的短接必须良好，否则会对测试结果有影响。
7. 做短路试验时，如果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一定要短接。
8. 试验接线工作必须在被试线路接地的情况下进行，防止感应电压触电。所有短路、接地和引线都应有足够的截面，且必须连接牢靠。测试组织工作要严密，通信顺畅，以保证测试工作安全顺利进行。
9. 变压器容量测试仪标准配置短路线 100mm²×0.8m，在测量超过 1000KVA 时，短路线应相应加倍或更粗才能保证测量的精度。

6.2. 充电

当仪器剩余电量不足 10%时，应进行充电，每次充电一定要充 10 个小时以上，一定要充满，尽量不要在仪器剩余电量不足 10%时测试，并且在充电时不允许测试。

6.3. 触摸屏使用

触摸屏亮度的调节：

在主菜单下，用触摸方式按锂电池显示部分或使用外部按键 F4 键可进入到‘锂电池电量查询’菜单，用触摸方式点按亮度调节可修改液晶屏的亮度，最大 64，最小 4。如下图所示：



触摸屏校准：

触摸屏有 2 种方式进入到校准模式。

校准方式 1：在开机状态下，如果 4 秒内快速点击触摸屏的非触控区域超过 20 次，则进入触摸屏校准模式。

步骤如下：（1）4 秒内快速点击触摸屏的非触控区域超过 20 次；（2）蜂鸣器长鸣 1 秒，听到蜂鸣器叫时停止点击；（3）进入到校准模式，按照十字交叉线的提示点击触摸屏的指定位置校准触摸屏；（4）校准结束，返回进入到校准前的画面；

校准方式 2：在主菜单下，用触摸方式按锂电池显示部分或使用外部按键 F4 键可进入到‘锂电池电量查询’菜单，连续点击 3 次数字‘9’键启动一次触摸屏的校准过程。

校准如图所示：



第七章 附录：允许偏差

在测试损耗、变压比、阻抗电压、空载电流以及绕阻电阻的过程中，试验结果必须保证不超过允许偏差。

允许的偏差在国家标准中都有明确的规定，见表 1。为了和国际接轨和对比，同时也把国际电工委员会 IEC76 的规定同时列于表 1 中。

如果在合同技术规范书中另有规定时，则应按技术规范书的规定执行。

表 1 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
总损耗	+10%	+10%	+10%	+10%
空载损耗	+15%	+15%	+15%	+15%
负载损耗	+15%	+15%	+15%	+15%
主分接上的空载电压比（额定电压比）	取下列值中的较小值 a. $\pm 0.5\%$ b. 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）		规定的第一对绕阻	主分接取下列值较小值 a. 规定电压比的 $\pm 0.5\%$ b. 实际阻抗电压百分数的 $\pm 10\%$
其他分接上的空载电压比	由制造厂与使用部门商定			其他分接 按协议，但不低于 a 和 b 中的较小值
			其他绕阻对	按协议，但不低于 a 和 b 中的较小值

额定电流下的阻抗 电压 主分接为中间分接 或中间两分接中之 一时 双绕阻变压器 多绕阻变压器 其他情况	a. 1. 双绕阻变压器：该分接的 规定值的±10% 2. 多绕阻变压器：指定一对绕 阻的规定值的±10%，第二对绕 阻规定值的±15% b. 其他成对绕阻的偏差，需经 协商并说明	有二个独立绕阻 的变压器或多绕 阻变压器中规定 的第一对独立绕 阻	主分接： 当阻抗值≥10%时为±7.5% 当阻抗值<10%时为±10% 其他分接： 当阻抗值≥10%时为±10% 当阻抗值<10%时为±15%
		自耦连接的一对 绕阻或多绕阻变 压器中规定的第 二对绕阻	主分接为±10% 其他分接为±15%
4. 任一分接的短路 阻抗	不少于上项 a 的偏差值	其他绕阻时	±15%按协议正偏差可加大
5. 空载电流	标准值（或设计值）的+30%		

10kV(6kV)系列配电变压器技术参数

额定容量 (kVA)	高 额 定 电 流 (A)	低 额 定 电 流 (A)	空载损耗 (kW)			负载损耗 (kW)				阻抗电压 (%)	空载电流 (%)		
						S7		S9/S11					
			S7	S9	S11	Yyn0	Dyn11	Yyn0	Dyn11	S7/S9/S11	S7	S9	S11
30	1.732	43.3	0.15	0.13	0.1	0.8	0.8	0.6	0.63	4.0	1.96	1.47	1.47
50	2.887	72.17	0.19	0.17	0.13	1.15	1.25	0.87	0.91	4.0	1.82	1.4	1.4
63	3.637	90.94	0.22	0.2	0.15	1.4	1.50	1.04	1.09	4.0	1.75	1.33	1.33
80	4.619	115.5	0.27	0.25	0.18	1.65	1.80	1.25	1.31	4.0	1.68	1.26	1.26
100	5.774	144.3	0.32	0.29	0.2	2.0	2.15	1.5	1.58	4.0	1.61	1.12	1.12
125	7.217	180.4	0.37	0.34	0.24	2.45	2.55	1.8	1.89	4.0	1.54	1.05	1.05
160	9.238	230.9	0.46	0.4	0.29	2.85	3.10	2.2	2.31	4.0	1.47	0.98	0.98
200	11.55	288.7	0.54	0.48	0.33	3.5	3.60	2.6	2.73	4.0	1.47	0.91	0.91
250	14.43	360.9	0.64	0.56	0.4	4.0	4.10	3.05	3.2	4.0	1.40	0.84	0.84
315	18.19	454.7	0.76	0.67	0.48	4.8	4.90	3.65	3.83	4.0	1.40	0.77	0.77
400	23.09	577.4	0.92	0.8	0.57	5.8	6.00	4.3	4.52	4.0	1.33	0.70	0.70
500	28.87	721.7	1.08	0.96	0.68	6.9	7.15	5.15	5.41	4.0	1.33	0.70	0.70
630	36.37	909.4	1.3	1.2	0.81	8.1	8.50	6.2	6.2	4.5	1.26	0.63	0.63
800	46.19	1155	1.54	1.4	0.98	9.9	10.4	7.5	7.5	4.5	1.05	0.56	0.56
1000	57.74	1443	1.8	1.7	1.15	11.6	12.2	10.3	10.3	4.5	0.84	0.49	0.49
1250	72.17	1804	2.2	1.95	1.36	13.8	14.5	12.0	12.0	4.5	0.84	0.42	0.42
1600	92.38	2309	2.65	2.4	1.64	16.5	17.3	14.5	14.5	4.5	0.77	0.42	0.42
2000	115.47	2887	3.52	3.07	1.94	19.8	19.8	17.80	17.80	4.5	0.77	0.42	0.42
2500	144.34	3609	5.50	4.80	2.40	23.0	23.0	20.70	20.70	4.5	0.77	0.42	0.42

备注：表中高额定电流、低额定电流是 10KV/400V 配变计算值

6KV、10KV 级 SC(B)10 无励磁调压配电变压器

额 定	高压 KV	高压分接	低压 KV	联接组标	空载耗损 W	不同的绝缘耐压热等级下的负载损耗不同	空载	短路阻抗/%
-----	-------	------	-------	------	--------	--------------------	----	--------

容量		范围				B(100℃)	F(120℃)	H(145℃)	电流/%		
30						190	670	710	760	2.0	4.0
50						270	940	1000	1070	2.0	
80						370	1290	1380	1480	1.5	
100						400	1480	1570	1690	1.5	
125						470	1740	1850	1980	1.3	
160						540	2000	2130	2280	1.3	
200						620	1370	2530	2710	1.1	
250						720	2590	2760	2960	1.1	
315	6					880	3270	3470	3730	1.0	
400	6.3					980	3750	3990	4280	1.0	
500	6.6	±5	0.4	Dyn11		1160	4590	4880	5230	1.0	
630	10	±2×2.5		Yyn0		1340	5530	5880	6290	0.85	
630	10.5					1300	5610	5960	6400	0.85	6.0
800	11					1520	6550	6960	7460	0.85	
1000						1770	7650	8130	8760	0.85	
1250						2090	9100	9690	10300	0.85	
1600						2450	1100	11700	12500	0.85	
2000						3050	1360	14400	15500	0.70	
2500						3600	1610	17100	18400	0.70	
1600						2450	1220	12900	13900	0.85	8.0
2000						3050	1500	15900	17100	0.70	
2500						3600	1770	18800	20200	0.70	

第八章 装箱清单

序 号	名 称	数 量	单 位
1	干式变压器材质分析仪	1	台
2	变 压 器 直 阻 测 试 仪	1	台
3	电源线	1	套
4	测试线	1	套
5	短接线	1	只
6	扳手	1	套
7	负载线	1	份
8	说明书	1	份
9	检验报告	1	份
10	数传电子尺		
11	产品合格证	1	份